



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	ISSUE DATE	PATENT NO.	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
13/639,401	07/15/2014	8781269	4074-036	4170

67272 7590 06/25/2014
Axinn Veltrop Harkrider LLP
114 West 47th Street
New York, NY 10036

ISSUE NOTIFICATION

The projected patent number and issue date are specified above.

Determination of Patent Term Adjustment under 35 U.S.C. 154 (b) (application filed on or after May 29, 2000)

The Patent Term Adjustment is 91 day(s). Any patent to issue from the above-identified application will include an indication of the adjustment on the front page.

If a Continued Prosecution Application (CPA) was filed in the above-identified application, the filing date that determines Patent Term Adjustment is the filing date of the most recent CPA.

Applicant will be able to obtain more detailed information by accessing the Patent Application Information Retrieval (PAIR) WEB site (<http://pair.uspto.gov>).

Any questions regarding the Patent Term Extension or Adjustment determination should be directed to the Office of Patent Legal Administration at (571)-272-7702. Questions relating to issue and publication fee payments should be directed to the Application Assistance Unit (AAU) of the Office of Data Management (ODM) at (571)-272-4200.

APPLICANT(s) (Please see PAIR WEB site <http://pair.uspto.gov> for additional applicants):

Rudolf Huber, Aldingen-Aixheim, GERMANY;
Wolfgang Andreasch, Weinstadt, GERMANY;
Martin Huonker, Dietingen, GERMANY;

The United States represents the largest, most dynamic marketplace in the world and is an unparalleled location for business investment, innovation, and commercialization of new technologies. The USA offers tremendous resources and advantages for those who invest and manufacture goods here. Through SelectUSA, our nation works to encourage and facilitate business investment. To learn more about why the USA is the best country in the world to develop technology, manufacture products, and grow your business, visit SelectUSA.gov.

PART B - FEE(S) TRANSMITTAL

Complete and send this form, together with applicable fee(s), to: Mail **Mail Stop ISSUE FEE**
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
or Fax (571)-273-2885

INSTRUCTIONS: This form should be used for transmitting the **ISSUE FEE** and **PUBLICATION FEE** (if required). Blocks 1 through 5 should be completed where appropriate. All further correspondence including the Patent, advance orders and notification of maintenance fees will be mailed to the current correspondence address as indicated unless corrected below or directed otherwise in Block 1, by (a) specifying a new correspondence address; and/or (b) indicating a separate "FEE ADDRESS" for maintenance fee notifications.

CURRENT CORRESPONDENCE ADDRESS (Note: Use Block 1 for any change of address)

67272 7590 03/10/2014
Axinn Veltrop Harkrider LLP
114 West 47th Street
New York, NY 10036

Note: A certificate of mailing can only be used for domestic mailings of the Fee(s) Transmittal. This certificate cannot be used for any other accompanying papers. Each additional paper, such as an assignment or formal drawing, must have its own certificate of mailing or transmission.

Certificate of Mailing or Transmission

I hereby certify that this Fee(s) Transmittal is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage for first class mail in an envelope addressed to the Mail Stop ISSUE FEE address above, or being facsimile transmitted to the USPTO (571) 273-2885, on the date indicated below.

(Depositor's name)
(Signature)
(Date)

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
13/639,401	12/20/2012	Rudolf Huber	4074-036	4170

TITLE OF INVENTION: METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PROFILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBER

APPLN. TYPE	ENTITY STATUS	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	UNDISCOUNTED	\$960	\$0	\$0	\$960	06/10/2014

EXAMINER	ART UNIT	CLASS-SUBCLASS
ULLAH, AKME	2874	385-018000

1. Change of correspondence address or indication of "Fee Address" (37 CFR 1.363).
☐ Change of correspondence address (or Change of Correspondence Address form PTO/SB/122) attached.
☐ "Fee Address" indication (or "Fee Address" Indication form PTO/SB/47; Rev 03-02 or more recent) attached. Use of a **Customer Number is required.**

2. For printing on the patent front page, list
(1) The names of up to 3 registered patent attorneys or agents OR, alternatively,
(2) The name of a single firm (having as a member a registered attorney or agent) and the names of up to 2 registered patent attorneys or agents. If no name is listed, no name will be printed.

1 Michael D. Bednarek
2 Axinn Veltrop &
3 Harkrider LLP

3. ASSIGNEE NAME AND RESIDENCE DATA TO BE PRINTED ON THE PATENT (print or type)

PLEASE NOTE: Unless an assignee is identified below, no assignee data will appear on the patent. If an assignee is identified below, the document has been filed for recordation as set forth in 37 CFR 3.11. Completion of this form is NOT a substitute for filing an assignment.

(A) NAME OF ASSIGNEE

(B) RESIDENCE: (CITY and STATE OR COUNTRY)

TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH **Ditzingen, Germany**

Please check the appropriate assignee category or categories (will not be printed on the patent): ☐ Individual ☒ Corporation or other private group entity ☐ Government

4a. The following fee(s) are submitted:

- ☒ Issue Fee
☐ Publication Fee (No small entity discount permitted)
☐ Advance Order - # of Copies _____

4b. Payment of Fee(s): (Please first reapply any previously paid issue fee shown above)

- ☐ A check is enclosed.
☐ Payment by credit card. Form PTO-2038 is attached.
☒ The Director is hereby authorized to charge the required fee(s), any deficiency, or credits any overpayment, to Deposit Account Number 013050 (enclose an extra copy of this form).

5. Change in Entity Status (from status indicated above)

- ☐ Applicant certifying micro entity status. See 37 CFR 1.29
☐ Applicant asserting small entity status. See 37 CFR 1.27
☐ Applicant changing to regular undiscounted fee status.

NOTE: Absent a valid certification of Micro Entity Status (see forms PTO/SB/15A and 15B), issue fee payment in the micro entity amount will not be accepted at the risk of application abandonment.

NOTE: If the application was previously under micro entity status, checking this box will be taken to be a notification of loss of entitlement to micro entity status.

NOTE: Checking this box will be taken to be a notification of loss of entitlement to small or micro entity status, as applicable.

NOTE: This form must be signed in accordance with 37 CFR 1.31 and 1.33. See 37 CFR 1.4 for signature requirements and certifications.

Authorized Signature /Michael D. Bednarek/

Date June 10, 2014

Typed or printed name Michael D. Bednarek

Registration No. 32,329

Electronic Patent Application Fee Transmittal				
Application Number:		13639401		
Filing Date:		20-Dec-2012		
Title of Invention:		METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PROFILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBER		
First Named Inventor/Applicant Name:		Rudolf Huber		
Filer:		Michael D. Bednarek/Jennifer Leen		
Attorney Docket Number:		4074-036		
Filed as Large Entity				
U.S. National Stage under 35 USC 371 Filing Fees				
Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Basic Filing:				
Pages:				
Claims:				
Miscellaneous-Filing:				
Petition:				
Patent-Appeals-and-Interference:				
Post-Allowance-and-Post-Issuance:				
Utility Appl Issue Fee	1501	1	960	960
Extension-of-Time:				

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Miscellaneous:				
Total in USD (\$)				960

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	19258271
Application Number:	13639401
International Application Number:	
Confirmation Number:	4170
Title of Invention:	METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PROFILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBER
First Named Inventor/Applicant Name:	Rudolf Huber
Customer Number:	67272
Filer:	Michael D. Bednarek/Jennifer Leen
Filer Authorized By:	Michael D. Bednarek
Attorney Docket Number:	4074-036
Receipt Date:	10-JUN-2014
Filing Date:	20-DEC-2012
Time Stamp:	12:38:09
Application Type:	U.S. National Stage under 35 USC 371

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	Deposit Account
Payment was successfully received in RAM	\$ 960
RAM confirmation Number	10227
Deposit Account	013050
Authorized User	
The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows: Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.20 (Post Issuance fees) Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.21 (Miscellaneous fees and charges)	

File Listing:					
Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Issue Fee Payment (PTO-85B)	4074-036_IssFeeTrns.pdf	1114470	no	1
			5d50ff62c015311e86578c20f845ea359ff0b c3c		
Warnings:					
Information:					
2	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	30706	no	2
			c6b6e8e2407935d460ab78666fd3bda52b6 dc57e		
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			1145176		
This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503. <u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application. <u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course. <u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.					



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

NOTICE OF ALLOWANCE AND FEE(S) DUE

67272 7590 03/10/2014
Axinn Veltrop Harkrider LLP
114 West 47th Street
New York, NY 10036

EXAMINER

ULLAH, AKM E

ART UNIT

PAPER NUMBER

2874

DATE MAILED: 03/10/2014

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
13/639,401	12/20/2012	Rudolf Huber	4074-036	4170

TITLE OF INVENTION: METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PROFILE
CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBER

APPLN. TYPE	ENTITY STATUS	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	UNDISCOUNTED	\$960	\$0	\$0	\$960	06/10/2014

THE APPLICATION IDENTIFIED ABOVE HAS BEEN EXAMINED AND IS ALLOWED FOR ISSUANCE AS A PATENT. PROSECUTION ON THE MERITS IS CLOSED. THIS NOTICE OF ALLOWANCE IS NOT A GRANT OF PATENT RIGHTS. THIS APPLICATION IS SUBJECT TO WITHDRAWAL FROM ISSUE AT THE INITIATIVE OF THE OFFICE OR UPON PETITION BY THE APPLICANT. SEE 37 CFR 1.313 AND MPEP 1308.

THE ISSUE FEE AND PUBLICATION FEE (IF REQUIRED) MUST BE PAID WITHIN THREE MONTHS FROM THE MAILING DATE OF THIS NOTICE OR THIS APPLICATION SHALL BE REGARDED AS ABANDONED. THIS STATUTORY PERIOD CANNOT BE EXTENDED. SEE 35 U.S.C. 151. THE ISSUE FEE DUE INDICATED ABOVE DOES NOT REFLECT A CREDIT FOR ANY PREVIOUSLY PAID ISSUE FEE IN THIS APPLICATION. IF AN ISSUE FEE HAS PREVIOUSLY BEEN PAID IN THIS APPLICATION (AS SHOWN ABOVE), THE RETURN OF PART B OF THIS FORM WILL BE CONSIDERED A REQUEST TO REAPPLY THE PREVIOUSLY PAID ISSUE FEE TOWARD THE ISSUE FEE NOW DUE.

HOW TO REPLY TO THIS NOTICE:

I. Review the ENTITY STATUS shown above. If the ENTITY STATUS is shown as SMALL or MICRO, verify whether entitlement to that entity status still applies.

If the ENTITY STATUS is the same as shown above, pay the TOTAL FEE(S) DUE shown above.

If the ENTITY STATUS is changed from that shown above, on PART B - FEE(S) TRANSMITTAL, complete section number 5 titled "Change in Entity Status (from status indicated above)".

For purposes of this notice, small entity fees are 1/2 the amount of undiscounted fees, and micro entity fees are 1/2 the amount of small entity fees.

II. PART B - FEE(S) TRANSMITTAL, or its equivalent, must be completed and returned to the United States Patent and Trademark Office (USPTO) with your ISSUE FEE and PUBLICATION FEE (if required). If you are charging the fee(s) to your deposit account, section "4b" of Part B - Fee(s) Transmittal should be completed and an extra copy of the form should be submitted. If an equivalent of Part B is filed, a request to reapply a previously paid issue fee must be clearly made, and delays in processing may occur due to the difficulty in recognizing the paper as an equivalent of Part B.

III. All communications regarding this application must give the application number. Please direct all communications prior to issuance to Mail Stop ISSUE FEE unless advised to the contrary.

IMPORTANT REMINDER: Utility patents issuing on applications filed on or after Dec. 12, 1980 may require payment of maintenance fees. It is patentee's responsibility to ensure timely payment of maintenance fees when due.

PART B - FEE(S) TRANSMITTAL

Complete and send this form, together with applicable fee(s), to: **Mail** **Mail Stop ISSUE FEE**
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
or Fax (571)-273-2885

INSTRUCTIONS: This form should be used for transmitting the ISSUE FEE and PUBLICATION FEE (if required). Blocks 1 through 5 should be completed where appropriate. All further correspondence including the Patent, advance orders and notification of maintenance fees will be mailed to the current correspondence address as indicated unless corrected below or directed otherwise in Block 1, by (a) specifying a new correspondence address; and/or (b) indicating a separate "FEE ADDRESS" for maintenance fee notifications.

CURRENT CORRESPONDENCE ADDRESS (Note: Use Block 1 for any change of address)

67272 7590 03/10/2014
Axinn Veltrop Harkrider LLP
114 West 47th Street
New York, NY 10036

Note: A certificate of mailing can only be used for domestic mailings of the Fee(s) Transmittal. This certificate cannot be used for any other accompanying papers. Each additional paper, such as an assignment or formal drawing, must have its own certificate of mailing or transmission.

Certificate of Mailing or Transmission

I hereby certify that this Fee(s) Transmittal is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage for first class mail in an envelope addressed to the Mail Stop ISSUE FEE address above, or being facsimile transmitted to the USPTO (571) 273-2885, on the date indicated below.

(Depositor's name)
(Signature)
(Date)

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
13/639,401	12/20/2012	Rudolf Huber	4074-036	4170

TITLE OF INVENTION: METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PROFILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBER

APPLN. TYPE	ENTITY STATUS	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	UNDISCOUNTED	\$960	\$0	\$0	\$960	06/10/2014

EXAMINER	ART UNIT	CLASS-SUBCLASS
ULLAH, AKME	2874	385-018000

1. Change of correspondence address or indication of "Fee Address" (37 CFR 1.363).

- ☐ Change of correspondence address (or Change of Correspondence Address form PTO/SB/122) attached.
- ☐ "Fee Address" indication (or "Fee Address" Indication form PTO/SB/47; Rev 03-02 or more recent) attached. **Use of a Customer Number is required.**

2. For printing on the patent front page, list

- (1) The names of up to 3 registered patent attorneys or agents OR, alternatively, 1 _____
- (2) The name of a single firm (having as a member a registered attorney or agent) and the names of up to 2 registered patent attorneys or agents. If no name is listed, no name will be printed. 2 _____
- 3 _____

3. ASSIGNEE NAME AND RESIDENCE DATA TO BE PRINTED ON THE PATENT (print or type)

PLEASE NOTE: Unless an assignee is identified below, no assignee data will appear on the patent. If an assignee is identified below, the document has been filed for recordation as set forth in 37 CFR 3.11. Completion of this form is NOT a substitute for filing an assignment.

(A) NAME OF ASSIGNEE

(B) RESIDENCE: (CITY and STATE OR COUNTRY)

Please check the appropriate assignee category or categories (will not be printed on the patent): ☐ Individual ☐ Corporation or other private group entity ☐ Government

4a. The following fee(s) are submitted:

- ☐ Issue Fee
- ☐ Publication Fee (No small entity discount permitted)
- ☐ Advance Order - # of Copies _____

4b. Payment of Fee(s): (**Please first reapply any previously paid issue fee shown above**)

- ☐ A check is enclosed.
- ☐ Payment by credit card. Form PTO-2038 is attached.
- ☐ The Director is hereby authorized to charge the required fee(s), any deficiency, or credits any overpayment, to Deposit Account Number _____ (enclose an extra copy of this form).

5. **Change in Entity Status** (from status indicated above)

- ☐ Applicant certifying micro entity status. See 37 CFR 1.29
- ☐ Applicant asserting small entity status. See 37 CFR 1.27
- ☐ Applicant changing to regular undiscounted fee status.

NOTE: Absent a valid certification of Micro Entity Status (see forms PTO/SB/15A and 15B), issue fee payment in the micro entity amount will not be accepted at the risk of application abandonment.

NOTE: If the application was previously under micro entity status, checking this box will be taken to be a notification of loss of entitlement to micro entity status.

NOTE: Checking this box will be taken to be a notification of loss of entitlement to small or micro entity status, as applicable.

NOTE: This form must be signed in accordance with 37 CFR 1.31 and 1.33. See 37 CFR 1.4 for signature requirements and certifications.

Authorized Signature _____ Date _____

Typed or printed name _____ Registration No. _____



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
13/639,401	12/20/2012	Rudolf Huber	4074-036	4170
67272 7590 03/10/2014 Axinn Veltrop Harkrider LLP 114 West 47th Street New York, NY 10036			EXAMINER ULLAH, AKM E	
			ART UNIT 2874	PAPER NUMBER

DATE MAILED: 03/10/2014

Determination of Patent Term Adjustment under 35 U.S.C. 154 (b) (application filed on or after May 29, 2000)

The Patent Term Adjustment to date is 18 day(s). If the issue fee is paid on the date that is three months after the mailing date of this notice and the patent issues on the Tuesday before the date that is 28 weeks (six and a half months) after the mailing date of this notice, the Patent Term Adjustment will be 18 day(s).

If a Continued Prosecution Application (CPA) was filed in the above-identified application, the filing date that determines Patent Term Adjustment is the filing date of the most recent CPA.

Applicant will be able to obtain more detailed information by accessing the Patent Application Information Retrieval (PAIR) WEB site (<http://pair.uspto.gov>).

Any questions regarding the Patent Term Extension or Adjustment determination should be directed to the Office of Patent Legal Administration at (571)-272-7702. Questions relating to issue and publication fee payments should be directed to the Customer Service Center of the Office of Patent Publication at 1-(888)-786-0101 or (571)-272-4200.

OMB Clearance and PRA Burden Statement for PTOL-85 Part B

The Paperwork Reduction Act (PRA) of 1995 requires Federal agencies to obtain Office of Management and Budget approval before requesting most types of information from the public. When OMB approves an agency request to collect information from the public, OMB (i) provides a valid OMB Control Number and expiration date for the agency to display on the instrument that will be used to collect the information and (ii) requires the agency to inform the public about the OMB Control Number's legal significance in accordance with 5 CFR 1320.5(b).

The information collected by PTOL-85 Part B is required by 37 CFR 1.311. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450. Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether disclosure of these records is required by the Freedom of Information Act.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspection or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

Notice of Allowability	Application No. 13/639,401	Applicant(s) HUBER ET AL.	
	Examiner Akm Enayet Ullah	Art Unit 2874	AIA (First Inventor to File) Status No

-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address--

All claims being allowable, PROSECUTION ON THE MERITS IS (OR REMAINS) CLOSED in this application. If not included herewith (or previously mailed), a Notice of Allowance (PTOL-85) or other appropriate communication will be mailed in due course. **THIS NOTICE OF ALLOWABILITY IS NOT A GRANT OF PATENT RIGHTS.** This application is subject to withdrawal from issue at the initiative of the Office or upon petition by the applicant. See 37 CFR 1.313 and MPEP 1308.

1. ☒ This communication is responsive to 7/19/2013.
☐ A declaration(s)/affidavit(s) under **37 CFR 1.130(b)** was/were filed on _____.

2. ☐ An election was made by the applicant in response to a restriction requirement set forth during the interview on _____; the restriction requirement and election have been incorporated into this action.

3. ☒ The allowed claim(s) is/are 1-15. As a result of the allowed claim(s), you may be eligible to benefit from the **Patent Prosecution Highway** program at a participating intellectual property office for the corresponding application. For more information, please see http://www.uspto.gov/patents/init_events/pph/index.jsp or send an inquiry to FPHfeedback@uspto.gov.

4. ☒ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).
Certified copies:
a) ☒ All b) ☐ Some *c) ☐ None of the:
1. ☒ Certified copies of the priority documents have been received.
2. ☐ Certified copies of the priority documents have been received in Application No. _____.
3. ☐ Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this national stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).
* Certified copies not received: _____.

Applicant has THREE MONTHS FROM THE "MAILING DATE" of this communication to file a reply complying with the requirements noted below. Failure to timely comply will result in ABANDONMENT of this application.
THIS THREE-MONTH PERIOD IS NOT EXTENDABLE.

5. ☐ CORRECTED DRAWINGS (as "replacement sheets") must be submitted.
☐ including changes required by the attached Examiner's Amendment / Comment or in the Office action of Paper No./Mail Date _____.
Identifying indicia such as the application number (see 37 CFR 1.84(c)) should be written on the drawings in the front (not the back) of each sheet. Replacement sheet(s) should be labeled as such in the header according to 37 CFR 1.121(d).

6. ☐ DEPOSIT OF and/or INFORMATION about the deposit of BIOLOGICAL MATERIAL must be submitted. Note the attached Examiner's comment regarding REQUIREMENT FOR THE DEPOSIT OF BIOLOGICAL MATERIAL.

Attachment(s)

1. ☒ Notice of References Cited (PTO-892)	5. ☐ Examiner's Amendment/Comment
2. ☒ Information Disclosure Statements (PTO/SB/08), Paper No./Mail Date <u>10/4/2012 & 7/19/2013</u>	6. ☒ Examiner's Statement of Reasons for Allowance
3. ☐ Examiner's Comment Regarding Requirement for Deposit of Biological Material	7. ☐ Other _____.
4. ☐ Interview Summary (PTO-413), Paper No./Mail Date _____.	

/Akm Enayet Ullah/ Primary Examiner, Art Unit 2874	
---	--

The present application is being examined under the pre-AIA first to invent provisions.

Reasons For Allowance

Allowable Subject Matter

The following is an examiner's statement of reasons for allowance:

Claims 1- 14 are allowed over the prior art as of record since certain key features of the claimed invention are not taught fairly suggested by prior art.

For an example in claim 5, in an arrangement for generating a laser beam (3) with different beam profile characteristics, characterized by:

a multi-clad fibre (1), in particular a double-clad fibre with one inner fibre core (4) and at least one outer ring core (6), and a switchable device with at least two switch positions in which an input laser beam is electively coupled either at least into the inner fibre core of the multi-clad fiber or at least into at least one outer ring core of the multi-clad fiber or electively, a first laser beam is coupled at least into the inner fiber (4) of the multi-clad fiber (1) and a different, second laser beam is coupled at least into at least one outer ring core of the multi-clad fiber.

Any comments considered necessary by applicant must be submitted no later than the payment of the issue fee and, to avoid processing delays, should preferably accompany the issue fee. Such submissions should be clearly labeled "Comments on Statement of Reasons for Allowance."

Contact Information

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to Akm Enayet Ullah whose telephone number is (571)272-2361. The examiner can normally be reached on Monday through Thursday from 6:30 am to 5 pm.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Uyen-Chau Le, can be reached on 571-272-2397. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 571-273-8300. Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR. Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only. For more information about the PAIR system, see <http://pair-direct.uspto.gov>. Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free).

/Akm Enayet Ullah/

Primary Examiner, Art Unit 2874

Notice of References Cited	Application/Control No. 13/639,401	Applicant(s)/Patent Under Reexamination HUBER ET AL.	
	Examiner Akm Enayet Ullah	Art Unit 2874	Page 1 of 1

U.S. PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date MM-YYYY	Name	Classification
*	A	US-3,941,670	03-1976	Pratt, Jr., George W.	204/157.61
*	B	US-7,372,877	05-2008	Shirakawa et al.	372/6
*	C	US-7,379,648	05-2008	Brooks et al.	385/126
*	D	US-7,379,237	05-2008	Di Teodoro et al.	359/341.41
*	E	US-7,720,340	05-2010	Lewis et al.	385/127
*	F	US-7,839,902	11-2010	Li et al.	372/6
*	G	US-7,738,166	06-2010	Murison et al.	359/341.3
*	H	US-7,809,225	10-2010	Bouma et al.	385/123
*	I	US-7,933,479	04-2011	Gonthier et al.	385/43
*	J	US-8,094,370	01-2012	Lewis, Steffan	359/341.1
*	K	US-8,076,632	12-2011	Kreysing et al.	250/251
*	L	US-8,456,523	06-2013	Stork genannt Wersborg, Ingo	348/90
	M	US-			

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date MM-YYYY	Country	Name	Classification
	N					
	O					
	P					
	Q					
	R					
	S					
	T					

NON-PATENT DOCUMENTS

*		Include as applicable: Author, Title Date, Publisher, Edition or Volume, Pertinent Pages)
	U	
	V	
	W	
	X	

*A copy of this reference is not being furnished with this Office action. (See MPEP § 707.05(a).)
Dates in MM-YYYY format are publication dates. Classifications may be US or foreign.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
 United States Patent and Trademark Office
 Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
 P.O. Box 1450
 Alexandria, Virginia 22313-1450
 www.uspto.gov

BIB DATA SHEET

CONFIRMATION NO. 4170

SERIAL NUMBER 13/639,401	FILING or 371(c) DATE 12/20/2012 RULE	CLASS 385	GROUP ART UNIT 2874	ATTORNEY DOCKET NO. 4074-036		
APPLICANTS INVENTORS Rudolf Huber, Aldingen-Aixheim, GERMANY; Wolfgang Andreasch, Weinstadt, GERMANY; Martin Huonker, Dietingen, GERMANY; ** CONTINUING DATA ***** This application is a 371 of PCT/EP11/55484 04/08/2011 ** FOREIGN APPLICATIONS ***** GERMANY 10 2010 003 750.8 04/08/2010 ** IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED ** 05/14/2013						
Foreign Priority claimed ☒ Yes ☐ No 35 USC 119(a-d) conditions met ☒ Yes ☐ No Verified and Acknowledged /AKM E ULLAH/ Examiner's Signature		☐ Met after Allowance AU Initials	STATE OR COUNTRY GERMANY	SHEETS DRAWINGS 5	TOTAL CLAIMS 15	INDEPENDENT CLAIMS 2
ADDRESS Axinn Veltrop Harkrider LLP 114 West 47th Street New York, NY 10036 UNITED STATES						
TITLE Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber						
FILING FEE RECEIVED 1380	FEES: Authority has been given in Paper No. _____ to charge/credit DEPOSIT ACCOUNT No. _____ for following:			☐ All Fees ☐ 1.16 Fees (Filing) ☐ 1.17 Fees (Processing Ext. of time) ☐ 1.18 Fees (Issue) ☐ Other _____ ☐ Credit		

EAST Search History**EAST Search History (Interference)**

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	Time Stamp
L12	902	(laser adj3 beam) with (different adj5 beam).clm.	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 11:50
L13	0	(multi adj3 fiber near5 fibre).clm.	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 11:51
L14	7	(multi adj3 clad near5 fibre).clm.	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 11:51
L15	34	(multi adj3 clad near5 fiber).clm.	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 11:52
L16	9	(multi adj3 clad near5 fiber)same(double adj5 clad).clm.	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 11:53
L17	52	(INNER ADJ5 CORE)SAME(OUTER ADJ3 RING ADJ2 CORE).CLM.	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 11:55
L18	0	(LASER ADJ5 BEAM)NEAR10 (COUPL\$3)SAME(INNER ADJ3 FIBER ADJ5 CORE).CLM.	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 11:57
L19	7755	(SECOND ADJ5 LASER ADJ3 BEAM).CLM.	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 11:58
L20	0	(OUTER ADJ3 RING ADJ5 CORE)SAME(MULTI ADJ5 CLAD\$3 ADJ5 FIBER).CLM.	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 11:59
L21	354	12 AND 19	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 12:00
L22	1	17 AND 21	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 12:00
L23	0	14 AND 15 AND 16	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 12:00
L24	0	15 AND 17	US-PGPUB; USPAT; UPAD	OR	OFF	2014/02/27 12:00

2/ 27/ 2014 12:05:55 PM

Receipt date: 07/19/2013

13639401 - GAU: 2874

Doc code: IDS

PTO/SB/03a (01-10)

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office, U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		13639401	
	Filing Date		2012-12-20	
	First Named Inventor	Rudolf HUBER		
	Art Unit	2883		
	Examiner Name	TBD		
	Attorney Docket Number	4074-036		

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /A.U./

U.S.PATENTS							
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	
	1						
If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.							
U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS							
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	
	1	20020172485	A1	2002-11-21	KEATON et al.		
If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.							
FOREIGN PATENT DOCUMENTS							
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	3833993	DE	A1	1990-04-12	Messerschmitt Boelkow Blohm	
If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button.							
NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS							
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.					

Receipt date: 07/19/2013

13639401 - GAU: 2874

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		13639401
	Filing Date		2012-12-20
	First Named Inventor	Rudolf HUBER	
	Art Unit		2883
	Examiner Name	TBD	
Attorney Docket Number		4074-036	

1	Copy of Extended European Search Report dated July 1, 2013	☐
If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button		
EXAMINER SIGNATURE		
Examiner Signature	/Akm Ullah/	Date Considered 02/27/2014
*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.		
¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.		

Receipt date: 07/19/2013

13639401 - GAU: 2874

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	13639401
	Filing Date	2012-12-20
	First Named Inventor	Rudolf HUBER
	Art Unit	2883
	Examiner Name	TBD
	Attorney Docket Number	4074-036

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☒ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☐ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Michael D. Bednarek/	Date (YYYY-MM-DD)	2013-07-19
Name/Print	Michael D. Bednarek	Registration Number	32,329

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

<i>Search Notes</i> 	Application/Control No. 13639401	Applicant(s)/Patent Under Reexamination HUBER ET AL.
	Examiner AKM ULLAH	Art Unit 2874

CPC- SEARCHED		
Symbol	Date	Examiner

CPC COMBINATION SETS - SEARCHED		
Symbol	Date	Examiner

US CLASSIFICATION SEARCHED			
Class	Subclass	Date	Examiner
385	14-16, 18, 24, 88-92 and 147	2/27/2014	AU

SEARCH NOTES		
Search Notes	Date	Examiner
EAST, INVENTOR and ASSIGNEE	2/27/2014	AU

INTERFERENCE SEARCH			
US Class/ CPC Symbol	US Subclass / CPC Group	Date	Examiner
All the class and subclasses mentioned above		2/27/2014	AU

--	--

Receipt date: 10/04/2012

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

13639401 - GAU: 2874

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		
	Filing Date		2012-10-04
	First Named Inventor	Rudolf HUBER	
	Art Unit	TBD	
	Examiner Name	TBD	
	Attorney Docket Number	4074-036	

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /A.U./

U.S.PATENTS						Remove
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	4475788	A	1984-10-09	Tomassini et al.	
	2	4575181	A	1986-03-11	Ishikawa	
	3	5684642	A	1997-11-04	Zumoto et al.	

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

Add

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS						Remove
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20020071647	A1	2002-06-13	Manzur	
	2	20060251367	A1	2006-11-09	Seifert et al.	
	3	20020168139	A1	2002-11-14	Clarkson et al.	

Receipt date: 10/04/2012 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		13639401 - GAU: 2874	
	Filing Date		2012-10-04	
	First Named Inventor	Rudolf HUBER		
	Art Unit	TBD		
	Examiner Name	TBD		
	Attorney Docket Number	4074-036		

	4	20020172485	A1	2002-11-21	Keaton et al.	
	5	20060263024	A1	2006-11-23	Dong et al.	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button. **Add**

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								Remove
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ² i	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1	4200587	DE	C1	1993-04-01	Kobayashi et al.		☐
	2	3833992	DE	A1	1990-04-12	Messerschmitt Boelkow		☐
	3	2284892	FR	A1	1976-04-09	Thomson CSF		☐
	4	2449689	GB	A	2008-12-03	Fujitsu Limited		☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button **Add**

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS				Remove
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵	
	1	Copy of International Search Report dated May 6, 2011	☐	

Receipt date: 10/04/2012 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		13639401 - GAU: 2874	
	Filing Date		2012-10-04	
	First Named Inventor	Rudolf HUBER		
	Art Unit	TBD		
	Examiner Name	TBD		
	Attorney Docket Number	4074-036		

	2	Copy of German Office Action dated November 22, 2010	☐
--	---	--	--------------------------

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button **Add**

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature	/Akm Ullah/	Date Considered	02/27/2014
--------------------	-------------	-----------------	------------

***EXAMINER:** Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

Receipt date: 10/04/2012 INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		13639401 - GAU: 2874
	Filing Date		2012-10-04
	First Named Inventor	Rudolf HUBER	
	Art Unit	TBD	
	Examiner Name	TBD	
	Attorney Docket Number	4074-036	

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☒ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Michael D. Bednarek/	Date (YYYY-MM-DD)	2012-10-04
Name/Print	Michael D. Bednarek	Registration Number	32,329

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /A.U./

<i>Index of Claims</i> 	Application/Control No. 13639401	Applicant(s)/Patent Under Reexamination HUBER ET AL.
	Examiner AKM ULLAH	Art Unit 2874

✓	Rejected	-	Cancelled	N	Non-Elected	A	Appeal
=	Allowed	÷	Restricted	I	Interference	O	Objected

☒ Claims renumbered in the same order as presented by applicant ☐ CPA ☐ T.D. ☐ R.1.47										
CLAIM		DATE								
Final	Original	02/27/2014								
	1	=								
	2	=								
	3	=								
	4	=								
	5	=								
	6	=								
	7	=								
	8	=								
	9	=								
	10	=								
	11	=								
	12	=								
	13	=								
	14	=								
	15	=								

EAST Search History

EAST Search History (Prior Art)

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	Time Stamp
L1	29027	(laser adj2 beam) with different with beam	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:28
L2	695909	((multiclad adj2 fiber or fibre)or(multi-clad adj3 fiber or fibre))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:29
L3	27	((multiclad adj2 fiber or fibre)or(multi-clad adj3 fiber or fibre))same(inner near10 core)same(outer adj3 ring near10 core)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:30
L4	1034	(switch\$3)same(laser adj3 beam with coupl\$3)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:31
L5	11	1 and 2 and 4	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:32
L6	1	3 and 5	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:32
L7	11	1 and 2 and 4	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:38
L8	594	1 and 2	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:38
L9	110	8 and (switch\$3)and(laser adj3 beam with coupl\$3)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:39
L10	48	8 and (switch\$3 with position\$3)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	OFF	2014/02/27 11:40

EAST Search History

L11	23	9 and 10	USPAT	OR	OFF	2014/02/27 11:40
-----	----	----------	-------	----	-----	---------------------

2/ 27/ 2014 11:45:49 AM

Issue Classification 	Application/Control No. 13639401	Applicant(s)/Patent Under Reexamination HUBER ET AL.
	Examiner Akm Enayet Ullah	Art Unit 2874

CPC		
Symbol	Type	Version

CPC Combination Sets				
Symbol	Type	Set	Ranking	Version

NONE		Total Claims Allowed:	
(Assistant Examiner)	(Date)	15	
/Akm Enayet Ullah/ Primary Examiner.Art Unit 2874	02-27-2014	O.G. Print Claim(s)	O.G. Print Figure
(Primary Examiner)	(Date)	5	1

Issue Classification 	Application/Control No. 13639401	Applicant(s)/Patent Under Reexamination HUBER ET AL.
	Examiner Akm Enayet Ullah	Art Unit 2874

US ORIGINAL CLASSIFICATION						INTERNATIONAL CLASSIFICATION													
CLASS		SUBCLASS				CLAIMED					NON-CLAIMED								
385		18				G	0	2	B	6 / 02 (2006.01.01)									
CROSS REFERENCE(S)						G	0	2	B	6 / 35 (2006.01.01)									
CLASS	SUBCLASS (ONE SUBCLASS PER BLOCK)																		
385	147																		

NONE		Total Claims Allowed:	
		15	
(Assistant Examiner)	(Date)		
/Akm Enayet Ullah/ Primary Examiner.Art Unit 2874	02-27-2014	O.G. Print Claim(s)	O.G. Print Figure
(Primary Examiner)	(Date)	5	1

Issue Classification 	Application/Control No. 13639401	Applicant(s)/Patent Under Reexamination HUBER ET AL.
	Examiner Akm Enayet Ullah	Art Unit 2874

☒ Claims renumbered in the same order as presented by applicant ☐ CPA ☐ T.D. ☐ R.1.47															
Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original	Final	Original
	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
	6														
	7														
	8														
	9														
	10														
	11														
	12														
	13														
	14														
	15														

NONE		Total Claims Allowed:	
		15	
(Assistant Examiner)	(Date)		
/Akm Enayet Ullah/ Primary Examiner.Art Unit 2874	02-27-2014	O.G. Print Claim(s)	O.G. Print Figure
(Primary Examiner)	(Date)	5	1



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING OR 371(C) DATE	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO./TITLE
13/639,401	12/20/2012	Rudolf Huber	4074-036

CONFIRMATION NO. 4170

67272

Axinn Veltrop Harkrider LLP
114 West 47th Street
New York, NY 10036

PUBLICATION NOTICE



OC000000063502174

Title:Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber

Publication No.US-2013-0223792-A1

Publication Date:08/29/2013

NOTICE OF PUBLICATION OF APPLICATION

The above-identified application will be electronically published as a patent application publication pursuant to 37 CFR 1.211, et seq. The patent application publication number and publication date are set forth above.

The publication may be accessed through the USPTO's publicly available Searchable Databases via the Internet at www.uspto.gov. The direct link to access the publication is currently <http://www.uspto.gov/patft/>.

The publication process established by the Office does not provide for mailing a copy of the publication to applicant. A copy of the publication may be obtained from the Office upon payment of the appropriate fee set forth in 37 CFR 1.19(a)(1). Orders for copies of patent application publications are handled by the USPTO's Office of Public Records. The Office of Public Records can be reached by telephone at (703) 308-9726 or (800) 972-6382, by facsimile at (703) 305-8759, by mail addressed to the United States Patent and Trademark Office, Office of Public Records, Alexandria, VA 22313-1450 or via the Internet.

In addition, information on the status of the application, including the mailing date of Office actions and the dates of receipt of correspondence filed in the Office, may also be accessed via the Internet through the Patent Electronic Business Center at www.uspto.gov using the public side of the Patent Application Information and Retrieval (PAIR) system. The direct link to access this status information is currently <http://pair.uspto.gov/>. Prior to publication, such status information is confidential and may only be obtained by applicant using the private side of PAIR.

Further assistance in electronically accessing the publication, or about PAIR, is available by calling the Patent Electronic Business Center at 1-866-217-9197.

Office of Data Management, Application Assistance Unit (571) 272-4000, or (571) 272-4200, or 1-888-786-0101

Doc code: IDS

PTO/SB/03a (01-10)

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office, U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		13639401
	Filing Date		2012-12-20
	First Named Inventor	Rudolf HUBER	
	Art Unit	2883	
	Examiner Name	TBD	
	Attorney Docket Number	4074-036	

U.S.PATENTS							
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	
	1						
If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.							
U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS							
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	
	1	20020172485	A1	2002-11-21	KEATON et al.		
If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.							
FOREIGN PATENT DOCUMENTS							
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ²	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	3833993	DE	A1	1990-04-12	Messerschmitt Boelkow Blohm	
If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button							
NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS							
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.					

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	13639401
	Filing Date	2012-12-20
	First Named Inventor	Rudolf HUBER
	Art Unit	2883
	Examiner Name	TBD
Attorney Docket Number		4074-036

1	Copy of Extended European Search Report dated July 1, 2013	☐
If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button		
EXAMINER SIGNATURE		
Examiner Signature		Date Considered
*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.		
¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.		

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number	13639401
	Filing Date	2012-12-20
	First Named Inventor	Rudolf HUBER
	Art Unit	2883
	Examiner Name	TBD
	Attorney Docket Number	4074-036

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☒ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☐ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Michael D. Bednarek/	Date (YYYY-MM-DD)	2013-07-19
Name/Print	Michael D. Bednarek	Registration Number	32,329

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

No documents available for this priority number.



Espacenet

Bibliographic data: DE3833993 (A1) — 1990-04-12

Light-guide and irradiation device.

Inventor(s): HESSEL STEFAN DR [DE]; FRANK FRANK DR [DE]; WONDRAZEK FRITZ DR [DE] ± (HESSEL, STEFAN, DR., 8000 MUENCHEN, DE.; FRANK, FRANK, DR., 8017 EBERSBERG, DE.; WONDRAZEK, FRITZ, DR., 8068 PFAFFENHOFEN, DE)

Applicant(s): MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE] ± (MESSERSCHMITT-BOELKOW-BLOHM GMBH, 8012 OTTOBRUNN, DE)

Classification: - international: A61B18/20; A61B18/24; A61N5/06; G02B27/09; G02B6/293; G02B6/42; (IPC1-7): A61B17/36; A61N5/06; G02B6/26
- cooperative: A61B18/24; G02B6/4296

Application number: DE19883833993 19881006

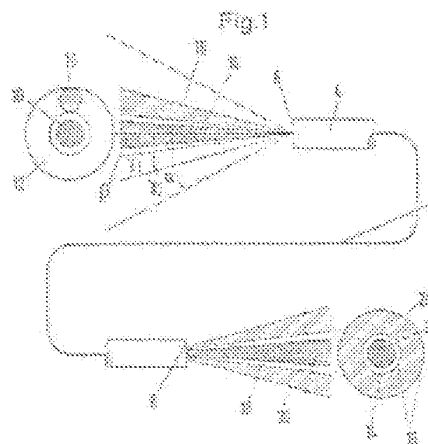
Priority number(s): DE19883833993 19881006

Also published as: EP0362466 (A2) EP0362466 (A3) JPH02126206 (A)

Abstract not available for DE3833993 (A1)

Abstract of corresponding document: EP0362466 (A2)

For the laser light irradiation of, in particular, biological materials by means of a light guide (2) for transmitting laser light from the light source to the application location, a plurality of mutually independent ray bundles (14, 16) are transmitted by a single common light guide in such a way that a plurality of different coupling-in angular areas (10, 12) are assigned to the light guide on the input side (6) between the light source and the proximal guide end, and a plurality of different coupling-out angular areas (18, 20), in each case corresponding to one of the coupling-in angular areas, are assigned to the light guide on the output side (8) between the distal guide end and the application location, and each coupling-in angular area and assigned coupling-out angular area (10, 18 and 12, 20); in each case has running through it one of the mutually independent ray bundles (14 and 16).



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3833993 A1

⑲ Aktenzeichen: P 38 33 893.5
⑳ Anmeldetag: 6. 10. 88
㉑ Offenlegungstag: 12. 4. 90

⑤ Int. Cl. 8:
G02B 6/26
A 61 N 5/06
A 61 B 17/36

DE 3833993 A1

⑮ Anmelder:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012
Ottobrunn, DE

⑰ Erfinder:

Hessel, Stefan, Dr., 8000 München, DE; Frank, Frank,
Dr., 8017 Ebersberg, DE; Wondrazek, Fritz, Dr., 80668
Pfaffenhofen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑭ Lichtleiter- und Bestrahlungseinrichtung

Zur Laserlichtbestrahlung von insbesondere biologischen Materialien mittels eines Lichtleiters (2) zur Laserlichtübertragung von der Lichtquelle zur Applikationsstelle werden mehrere voneinander unabhängige Strahlenbündel (14, 16) durch einen einzigen gemeinsamen Lichtleiter in der Weise übertragen, daß dem Lichtleiter auf der Eintrittsseite (6) zwischen Lichtquelle und proximalen Leiterende mehrere unterschiedliche Einkoppelwinkelbereiche (10, 12) und auf der Austrittsseite (8) zwischen distalem Leiterende und Applikationsstelle mehrere unterschiedliche, jeweils einem der Einkoppelwinkelbereiche entsprechende Auskoppelwinkelbereiche (18, 20) zugeordnet sind und jeder Ein- und zugeordnete Auskoppelwinkelbereich (10, 18 bzw. 12, 20) von jeweils einem der voneinander unabhängigen Strahlenbündel (14 bzw. 16) durchsetzt ist.

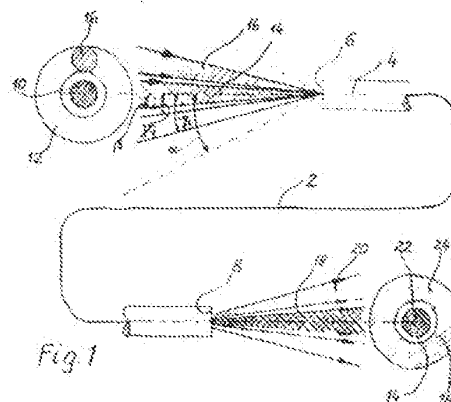


Fig. 1

DE 3833993 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Lichtleiteranordnung, und insbesondere ein medizinisches Applikationssteil, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie eine Bestrahlungseinrichtung für insbesondere biologische Materialien mittels optischer Strahlung, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 2.

Es ist bekannt, daß Lasersstrahlen bei medizinischer, aber auch anderer, technischer Anwendung je nach Wellenlänge, Betriebsart (cw-, Puls- oder Q-switch-Betrieb) und Bestrahlungsparametern, wie Bestrahlungsenergie und -intensität, oder Abstrahlcharakteristik, an der Applikationsstelle unterschiedliche Wirkungen auslösen. So hat etwa die 1,06 µm-Strahlung eines Neodym-YAG-Lasers auf biologische Gewebe einen mehr koagulierenden Effekt, während eine langwelligere Laserstrahlung eine mehr schneidende Wirkung besitzt. Sollen die verschiedenartigen Bestrahlungswirkungen nacheinander oder gleichzeitig jeweils dosiert in unterschiedlichen Teilzonen der Applikationsstelle erreicht werden, so ergibt sich die Schwierigkeit, daß bei den bekannten Einrichtungen der beanspruchten Art wegen der beengten Platzverhältnisse, z. B. im Lumen von organischen Hohlgefäßen, lediglich ein einziger Lichtleiter ohne Umschalt- oder Steuerungsmöglichkeit am distalen Ende zur Verfügung steht und daher eine solche multifunktionale Anwendung nur in sehr begrenztem Umfang und auch dann nur durch einen nicht immer zulässigen und jedenfalls bedienungsaufwendigen Austausch des Applikationssystems einschließlich des Lichtleiters möglich ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung der beanspruchten Art so auszubilden, daß mit einem einzigen Lichtleiter auf baulich einfache Weise und ohne Steueraufwand am distalen Ende mehrere verschiedenartige, jeweils individuell dosierbare Bestrahlungswirkungen in räumlich voneinander getrennten Teilzonen der Applikationsstelle zu erzielen sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 gekennzeichnete Lichtleiteranordnung bzw. die im Anspruch 2 gekennzeichnete Bestrahlungseinrichtung gelöst.

Erfindungsgemäß werden mehrere, voneinander unabhängige Strahlenbündel von einer einzigen Lichtleiterfaser in der Weise übertragen, daß sie unter jeweils unterschiedlichen Einkoppelwinkeln in das proximale Lichtleiterende eingestrahlt werden und aufgrund dadurch ausgenutzter, spezifischer Eigenschaften des Lichtleiters in räumlich voneinander abgegrenzten Auskoppelwinkelbereichen am distalen Leiterende austreten, ohne daß es hier irgendwelcher Trenn- oder gar Steuerorgane für die emittierten Strahlenbündel bedarf. Mit den erfindungsgemäßen Einrichtungen gelingt es allein durch proximalseitige Steuereingriffe, für die — anders als am distalen Leiterende — in baulicher Hinsicht ausreichend Raum vorhanden ist, mehrere unterschiedliche Applikationswirkungen jeweils einzeln dosierbar wahlweise simultan oder wechselweise in verschiedenen, sich gewünschtenfalls aber auch überdeckenden Teilzonen der Applikationsstelle zu erzielen. Die Erfindung eignet sich daher in hervorragender Weise für medizinische Anwendungsfälle in beengten Behandlungsfeldern, wo der therapeutische Gesamterfolg von der Synergiewirkung mehrerer verschiedenartiger und jeweils einzeln dosierbarer optischer Bestrahlungs- und insbesondere Laserlichteffekte abhängt.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung

sind die Ein- und Auskoppelwinkelbereiche gemäß Anspruch 3 vorzugsweise bezüglich der Lichtleiter-Mittellachse radialsymmetrisch gestaffelt, so daß sich auch bei Lichtleitern mit begrenzter maximaler Apertur noch problemlos eine deutliche Trennung der einzelnen Strahlenbündel erzielen läßt. Aus dem gleichen Grund werden diese gemäß Anspruch 4 zweckmäßigerweise jeweils in Form konvergenter, auf die Lichtleiter-Eintrittsfläche fokussierter Lichtkegel eingekoppelt. Für die getrennte Lichtbündel-Übertragung ist bei Laserlicht-Wellenlängen in der Größenordnung von 3 µm bis 2 µm als Lichtleiter, wie gemäß Anspruch 5 bevorzugt, eine übliche Multimoda-Lichtleiter-Glasfaser vollständig ausreichend.

Die unterschiedlichen Einzeleffekte der Strahlenbündel werden gemäß Anspruch 6 vorzugsweise dadurch erzielt, daß sich die Strahlenbündel hinsichtlich Strahlungsleistung, Betriebsart und/oder Wellenlänge voneinander unterscheiden bzw. unabhängig voneinander steuerbar sind. In baulich besonders einfacher Weise werden die Strahlenbündel gemäß Anspruch 7 zweckmäßigerweise nach Art einer Zweipunkt-Steuerung selektiv in das proximale Lichtleiterende eingekoppelt.

Für die verschiedenartigen Lichtbündel ist gemäß Anspruch 8 eine mehrteilige Lichtquelle mit mehreren, voneinander getrennten Lichterzeugern vorgesehen. Gemäß einer zweiten, baulich wesentlich einfacheren Variante wird jedoch gemäß Anspruch 9 eine einteilige Lichtquelle mit einem nachgeschalteten Strahlungsteiler zur Aufspaltung der Lichtstrahlung in die einzelnen Strahlenbündel verwendet, wobei in diesem Fall für Strahlenbündel unterschiedlicher Wellenlänge gemäß Anspruch 10 bevorzugt ein eine multichromatische Lichtstrahlung emittierender Laser und als Strahlteiler ein die Laserstrahlung wellenlängenabhängig aufspaltendes Prisma vorgesehen ist. In baulich besonders einfacher Weise wird die selektive Ansteuerung der einzelnen Einkoppelwinkelbereiche mit den zugeordneten Strahlenbündeln gemäß Anspruch 11 zweckmäßigerweise durch einen umschaltbaren Spiegel- oder ein ähnliches lichtablenkendes oder -sperrendes Schaltelement mit mindestens einer aktiven, jeweils einem der Einkoppelwinkelbereiche zugeordneten Schaltposition bewirkt.

Anhand der in den Figuren schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele wird die Erfindung nachfolgend näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen Lichtleiter zur Übertragung zweier voneinander unabhängiger Strahlenbündel einschließlich der jeweils zugeordneten, unterschiedlichen Ein- und Auskoppelwinkelbereiche;

Fig. 2 eine Bestrahlungseinrichtung mit einem am proximalseitigen Lichtleiterende angeordneten, selektiv verstellbaren Lichtdeflektor in Form eines Prismas zum wechselweisen Umschalten der von einer Lichtquelle emittierten Strahlung auf unterschiedliche Auskoppelwinkelbereiche;

Fig. 3 eine Bestrahlungseinrichtung mit einem zwischen Lichtquelle und Lichtleiter angeordneten Strahlteiler zur Aufspaltung der Lichtstrahlung in zwei parallele, jeweils unter unterschiedlichen Winkeln ein- und ausgekoppelte Lichtbündel;

Fig. 4 eine Bestrahlungseinrichtung mit einer einzigen Laserlicht-Quelle für gleichzeitig zwei Wellenlängen einschließlich des ein- und auskoppelseitigen Strahlenverlaufs; und

Fig. 5 eine Bestrahlungseinrichtung mit zweiteiliger Lichtquelle zur getrennten Lichtbündelerzeugung ein-

schließlich der jeweiligen Ein- und Abstrahlcharakteristika.

Fig. 1 zeigt einen Lichtleiter 2 in Form einer Multimode-Einzelfaser mit senkrecht zur Lichtleiterachse 4 verlaufenden Ein- und Austrittsflächen 6, 8 und einem durch den Öffnungswinkel α definierten Akzeptanzkegel. Dem Lichtleiter 2 sind am proximalen Leiterende innerhalb des Akzeptanzkegels zwei unterschiedliche Einkoppelwinkelbereiche zugeordnet, nämlich ein innerer Einkoppelwinkelbereich 10, der durch einen auf die Eintrittsfläche 6 gerichteten, zur Leiterachse 4 koaxialen Zentralkegel mit dem halben Scheitelwinkel β gebildet wird, sowie ein den inneren Kegelbereich 10 ringförmig umschließender, äußerer Einkoppelwinkelbereich 12, welcher von ebenfalls auf die Eintrittsfläche 6 gerichteten und zur Lichtleiterachse 4 koaxialen Kegelmantelflächen mit jeweils gegenüber dem Winkel β stufenweise erhöhten, halben Scheitelwinkeln γ bzw. γ' begrenzt wird.

Innerhalb jedes Einkoppelwinkelbereichs 10, 12 wird jeweils ein konvergentes Strahlenbündel, nämlich das kreuzschraffierte, achsensymmetrische Strahlenbündel 14 einerseits und das schräg eingestrahlte Strahlenbündel 16 andererseits auf die Eintrittsfläche 6 des Lichtleiters 4 fokussiert und aufgrund der spezifischen Transmissionseigenschaften einer Lichtleitfaser 2 wird das zentrale Strahlenbündel 14 am distalen Leiterende in einem dem Einkoppelwinkelbereich 10 entsprechenden, achsensymmetrischen Auskoppelwinkelbereich 18 abgestrahlt, während das schräge Strahlenbündel 16 den Lichtleiter 2 innerhalb eines dem Einkoppelwinkelbereich 12 entsprechenden Auskoppelwinkelbereichs 20 als vom zentralen Strahlenbündel getrenntes, ringförmiges Lichtbündel verläßt. Die Größe der Einkoppelwinkelbereiche 10, 12 ist unter Berücksichtigung der numerischen Apertur des Lichtleiters 2 dabei so zu wählen, daß bei möglichst geringen Transmissionsverlusten sich die Strahlenbündel 14, 16 an der Auskoppelseite nicht überlappen. Auf diese Weise lassen sich allein durch Steuerungseingriffe von der Einkoppelseite des Lichtleiters 2 her gleichzeitig oder zeitlich hintereinander mehrere, voneinander unabhängige Strahlenbündel 14, 16 am distalen Leiterende unter verschiedenen Abstrahlcharakteristika und gewünschtenfalls verschiedenen Wellenlängen in voneinander getrennten Teilzonen 22, 24 der Applikationsstelle zur Einwirkung bringen, ohne den Lichtleiter 2 auswechseln zu müssen.

Die Bestrahlungseinrichtung gemäß Fig. 2a, b enthält neben dem in Fig. 1 gezeigten Lichtleiter 2 eine Laserlichtquelle 26 und eine zwischen dieser und dem proximalen Leiterende wirksamen Optik mit einer Fokussierlinse 28 und einem unmittelbar vor der einkoppelseitigen Endfläche 6 des Lichtleiters 2 angeordneten, selektiv in den Strahlengang der Fokussierlinse 28 einschwenkbaren Lichtdeflektor 30 in Form eines Prismas, durch das das konvergente Laserlichtbündel wechselweise zwischen dem achsensymmetrischen, zentralen Einkoppelwinkelbereich 10 (Fig. 2a) und dem hierzu schräg versetzten Einkoppelwinkelbereich 12 umschaltbar ist, wodurch die Abstrahlcharakteristik am distalen Leiterende 8 derart verändert wird, daß die Laserlichtstrahlung dort einmal in einem dem Einkoppelwinkelbereich 10 entsprechenden, zentralen Auskoppelwinkelbereich 18 und dann in der aktiven Schaltposition des Prismas 30 in den ringkegelförmigen Auskoppelwinkelbereich 20 abgestrahlt wird.

Bei der Bestrahlungseinrichtung gemäß Fig. 3 wird durch einen parallelen Versatz eines von einer Laser-

lichtquelle 26 erzeugten Laserstrahls vor der einkoppelseitigen Fokussierlinse 28 eine selektiv steuerbare Abstrahlcharakteristik am distalseitigen Ende 8 des Lichtleiters 2 bewirkt, wobei gemäß Fig. 3 ein Strahlteiler 32 vor der Fokussierlinse 28 angeordnet ist, der den Laserstrahl in zwei parallele Bündel 14, 16 aufteilt, so daß sich am distalseitigen Leiterende 8 gleichzeitig beide Abstrahlcharakteristika 18 und 20 ergeben. Wird anstelle des Strahlteilers 32 ein selektiv einschwenkbarer Spiegel verwendet, so läßt sich — ähnlich wie bei der Einrichtung gemäß Fig. 2 — eine wechselweise Umschaltung des Laserstrahls zwischen dem zentralen und dem ringkegelförmigen Auskoppelbereich 18 und 20 erreichen.

Fig. 4 zeigt eine Bestrahlungseinrichtung mit einer Laserlichtquelle 26, die gleichzeitig zwei unterschiedliche Wellenlängen, z. B. eine 1,06 μm - und eine 1,32 μm -Strahlung erzeugt. Die Laserstrahlung wird zunächst durch ein Prisma 34 hinsichtlich der Wellenlänge getrennt, und anschließend wird die 1,32 μm -Strahlung 14 axial, also innerhalb des zentralen Einkoppelwinkelbereichs 10 gemäß Fig. 1, und die 1,06 μm -Strahlung 16 mit Hilfe eines Reflektors 36 schräg, also innerhalb des Einkoppelwinkelbereichs 12, auf das proximale Leiterende 6 fokussiert, so daß die langwelligere Strahlung am distalen Leiterende 8 innerhalb des Auskoppelwinkelbereichs 18 austritt und auf die zentrale Teilzone 22 der Applikationsstelle auftrifft, während die kurzwelligere 1,06 μm -Strahlung vom distalen Leiterende 8 mit der ringkegelförmigen Abstrahlcharakteristik 20 emittiert wird und an der Applikationsstelle in der Ringzone 24 zur Einwirkung gebracht werden kann.

Die Bestrahlungseinrichtung gemäß Fig. 5 enthält eine zweiteilige Lichtquelle mit zwei unabhängig voneinander steuerbaren Lasern zur Erzeugung der z. B. hinsichtlich Wellenlänge, Betriebsart und/oder Leistung verschiedenartigen Laserlichtbündel 14, 16, von denen das eine — wiederum entsprechend dem Einkoppelwinkelbereich 10 gemäß Fig. 1 — axial und das andere mit Hilfe eines Spiegelsystems 38 innerhalb des Einkoppelwinkelbereichs 12 gemäß Fig. 1 schräg in das proximale Leiterende 6 eingekoppelt wird. Je nachdem, ob beide Strahlenbündel 14, 16 gleichzeitig oder zeitversetzt eingestrahlt werden, lassen sich am distalen Leiterende 8 entweder beide Abstrahlcharakteristika 18, 20 simultan erreichen oder es kann abwechselnd von der einen auf die andere Abstrahlcharakteristik umgeschaltet werden.

Die beschriebenen Lichtleiter- und Bestrahlungsanordnungen eignen sich insbesondere zur medizinischen Laserapplikation mit dünnen Endoskopen oder Kathetern. So erzeugen z. B. in der Gastroenterologie und Pneumologie thermisch wirkende Neodym-YAG-Laser mit einem herkömmlichen Lichtleiter bei senkrechtem Auftreffen der Laserstrahlung auf das Gewebe eine kreisförmige bestrahlte Fläche mit einem ausgeprägten Temperaturmaximum im Flächenmittelpunkt. Mit den erfindungsgemäßen Einrichtungen hingegen läßt sich durch gezielte Dosierung der beiden Strahlenbündel 14, 16, also etwa durch eine einfache Umschaltung der Einkoppelung entsprechend den Fig. 2, 3 oder 5, eine unabhängig von der zentralen Teilzone 22 bestrahlte Ringfläche 24 erzeugen und dadurch eine wesentlich gleichmäßigere Temperaturverteilung mit einem vorzugsweise koagulierenden Effekt auf das biologische Gewebe erzielen. Wird dagegen eine blutarme abtragende oder schneidende Wirkung des Laserstrahls gewünscht, so lassen sich beide Abstrahlcharakteristika simultan verwenden. So wird etwa mit den Einrichtungen gemäß den

Fig. 4 und 5 das Gewebe durch die langwelligere Laserstrahlung im Zentrum der Applikationsstelle vaporisiert, während die umliegende Ringzone 24 durch die kurzwelligere Laserstrahlung koaguliert wird.

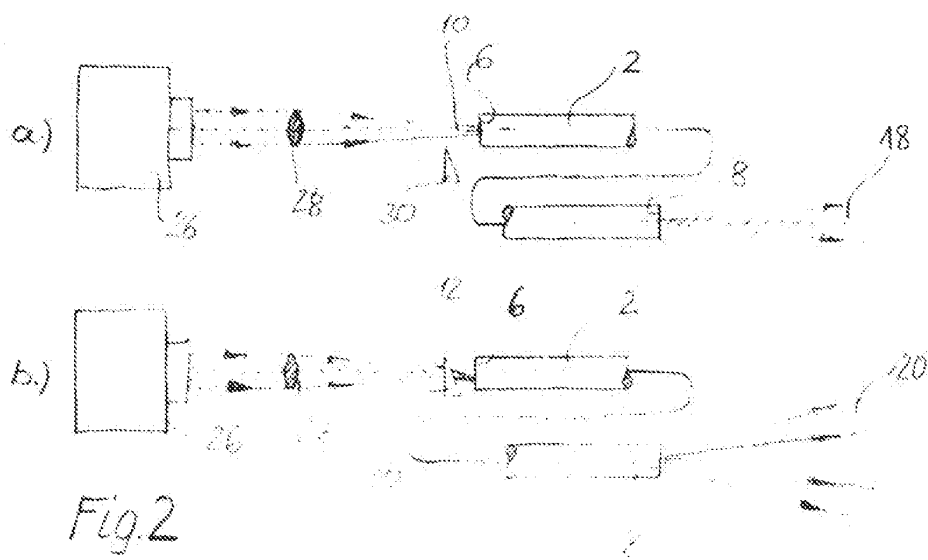
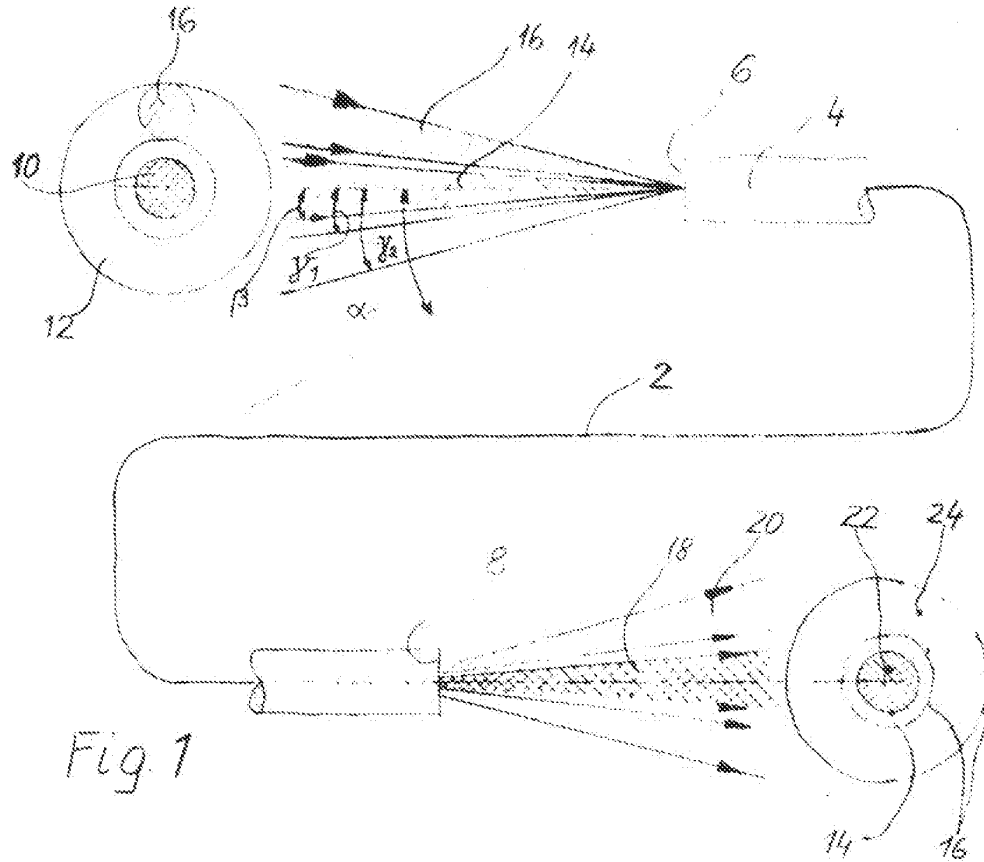
Patentansprüche

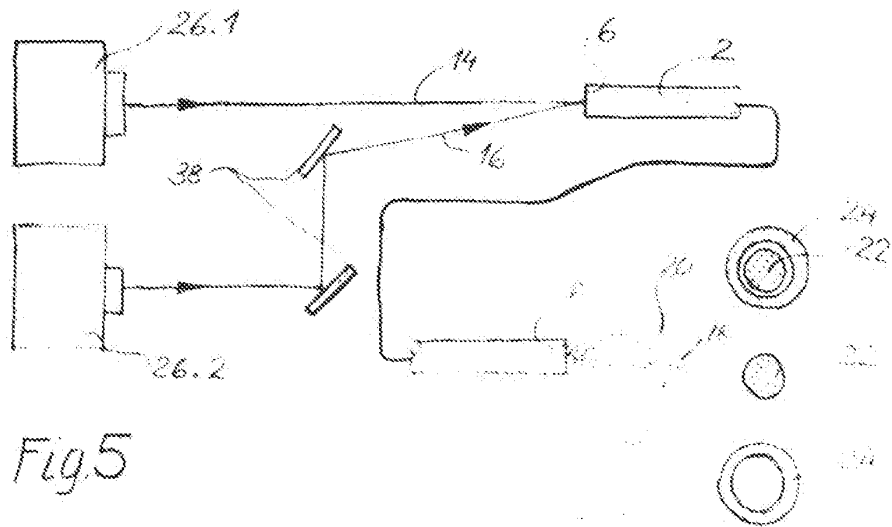
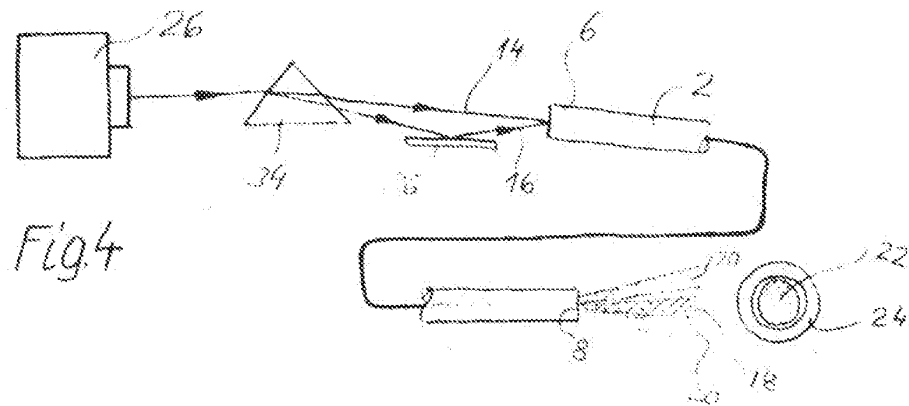
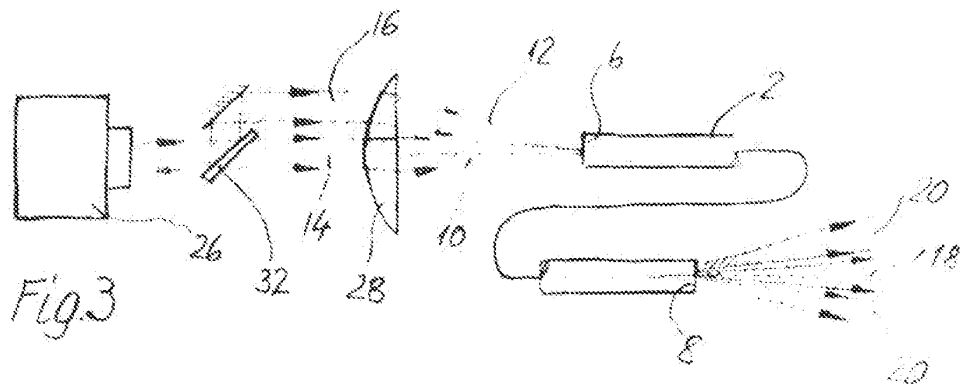
1. Lichtleitereinrichtung, insbesondere medizinischen Applikationsteil zur Lichtwellen-, insbesondere Laserlichtübertragung von einer Lichtquelle zu einer Applikationsstelle, dadurch gekennzeichnet, daß zur Übertragung mehrerer voneinander unabhängiger optischer Strahlenbündel (14, 16) ein einziger gemeinsamer Lichtleiter (2) vorgesehen und diesem auf der Eintrittsseite zwischen Lichtquelle und proximalem Leiterende (6) mehrere unterschiedliche Einkoppelwinkelbereiche (10, 12) und auf der Austrittsseite zwischen distalem Leiterende (8) und Applikationsstelle (22, 24) mehrere unterschiedliche, jeweils einem der Einkoppelwinkelbereiche entsprechende Auskoppelwinkelbereiche (18, 20) zugeordnet sind und jeder Ein- und zugeordnete Auskoppelwinkelbereich (10, 18 bzw. 12, 20) von jeweils einem der voneinander unabhängigen Strahlenbündel (14 bzw. 16) durchsetzt ist.
2. Bestrahlungseinrichtung für insbesondere biologische Materialien mittels optischer Strahlung, mit einem Lichtleiter zur Lichtwellen-, insbesondere Laserlichtübertragung von einer Lichtquelle zu einer Applikationsstelle, sowie mit einer zwischen Lichtquelle und proximalem Leiterende angeordneten Optik zur Einkoppelung der von der Lichtquelle erzeugten Strahlung in den Lichtleiter, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere, voneinander unabhängige Strahlenbündel (14, 16) durch die Optik (28 bis 36) in jeweils unterschiedlichen Einkoppelwinkelbereichen (10, 12) in die Eintrittsfläche (6) eines einzelnen Lichtleiters (2) eingestrahlt werden derart, daß sie am distalen Leiterende (8) getrennt voneinander in jeweils unterschiedlichen Auskoppelwinkelbereichen (18, 20) austreten.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Ein- und der zugeordnete Auskoppelwinkelbereich (10, 18) durch einen zur Lichtleiterachse (4) zentrischen Innenkegel gebildet ist, der ringförmig von mehreren, zum Innenkegel konzentrischen, jeweils einen weiteren Ein- bzw. zugeordneten Auskoppelwinkelbereich (12, 20) begrenzenden Kegelmantelflächen mit jeweils stufenweise bis zum Akzeptanzwinkel (α) des Lichtleiters (2) erhöhtem Öffnungswinkel (γ_1 , γ_2) umschlossen ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlenbündel (14, 16) in den Einkoppelwinkelbereichen (10, 12) jeweils als konvergente, auf die Lichtleiter-Eintrittsfläche (6) fokussierte Lichtkegel ausgebildet sind.
5. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (2) eine Multimode-Lichtleitfaser ist.
6. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlenbündel (14, 16) hinsichtlich Strahlungsleistung, Betriebsart und/oder Wellenlänge verschiedenartig bzw. unabhängig voneinander steuerbar sind.
7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlen-

bündel (14, 16) selektiv in das proximale Leiterende einkoppelbar sind.

8. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine mehrteilige Lichtquelle (26.1, 26.2) zur getrennten Erzeugung mindestens zweier, unter unterschiedlichen Einkoppelwinkeln auf den Lichtleiter (2) gerichteter Strahlenbündel (14, 16) vorgesehen ist.
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, daß eine einzige Lichtquelle (26) vorgesehen ist und die Optik einen Strahlteiler (32, 34) zur Aufteilung der Lichtstrahlung auf die einzelnen Einkoppelwinkelbereiche (10, 12) enthält.
10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (26) als Laser mit gleichzeitig mehreren Wellenlängen ausgebildet und als Strahlteiler ein Prisma (34) zur Aufteilung des Laserlichtes in jeweils monochromatische Lichtbündel (14, 16) vorgesehen ist.
11. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Optik mindestens einen umschaltbaren Lichtdeflektor (30, 32, 36, 38) mit einer oder mehreren aktiven, jeweils einem der Einkoppelwinkelbereiche (12) zugeordneten Schaltpositionen enthält.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen





Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	16361500
Application Number:	13639401
International Application Number:	
Confirmation Number:	4170
Title of Invention:	Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber
First Named Inventor/Applicant Name:	Rudolf Huber
Customer Number:	67272
Filer:	Michael D. Bednarek/Geraldine Bird
Filer Authorized By:	Michael D. Bednarek
Attorney Docket Number:	4074-036
Receipt Date:	19-JUL-2013
Filing Date:	20-DEC-2012
Time Stamp:	11:31:06
Application Type:	U.S. National Stage under 35 USC 371

Payment information:

Submitted with Payment	no
------------------------	----

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Non Patent Literature	4074-036-EESR.pdf	372570 3301941d75c350adeca5f5b1f6c626e49ad2192e	no	6

Warnings:

Information:

2	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	4074-036-Supplds.pdf	525126	no	4
			84ad01c4aa0cf1c47a9d90231da18ebb5a55fe11		
Warnings:					
Information:					
This is not an USPTO supplied IDS fillable form					
3	Foreign Reference	FRef1.pdf	1504492	no	7
			469b3d97650a7f9da5b6b0f64aa9c1b4e5acc98		
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			2402188		
This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503. <u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application. <u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course. <u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.					



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NUMBER	FILING or 371(c) DATE	GRP ART UNIT	FIL FEE REC'D	ATTY. DOCKET NO	TOT CLAIMS	IND CLAIMS
13/639,401	12/20/2012		1380	4074-036	15	2

CONFIRMATION NO. 4170

67272

AXINN, VELTROP & HARKRIDER LLP
Attn. Patent Department
114 West 47th Street
New York, NY 10036

FILING RECEIPT



OC000000061240817

Date Mailed: 05/20/2013

Receipt is acknowledged of this non-provisional patent application. The application will be taken up for examination in due course. Applicant will be notified as to the results of the examination. Any correspondence concerning the application must include the following identification information: the U.S. APPLICATION NUMBER, FILING DATE, NAME OF APPLICANT, and TITLE OF INVENTION. Fees transmitted by check or draft are subject to collection. Please verify the accuracy of the data presented on this receipt. **If an error is noted on this Filing Receipt, please submit a written request for a Filing Receipt Correction. Please provide a copy of this Filing Receipt with the changes noted thereon. If you received a "Notice to File Missing Parts" for this application, please submit any corrections to this Filing Receipt with your reply to the Notice. When the USPTO processes the reply to the Notice, the USPTO will generate another Filing Receipt incorporating the requested corrections**

Inventor(s)

Rudolf Huber, Aldingen-Aixheim, GERMANY;
Wolfgang Andreasch, Weinstadt, GERMANY;
Martin Huonker, Dietingen, GERMANY;

Applicant(s)

Rudolf Huber, Aldingen-Aixheim, GERMANY;
Wolfgang Andreasch, Weinstadt, GERMANY;
Martin Huonker, Dietingen, GERMANY;

Assignment For Published Patent Application

TRUMPF LASER- UND SYSTEMTECHNIK GMBH, Ditzingen, DE

Power of Attorney: The patent practitioners associated with Customer Number 67272

Domestic Priority data as claimed by applicant

This application is a 371 of PCT/EP11/55484 04/08/2011

Foreign Applications (You may be eligible to benefit from the **Patent Prosecution Highway** program at the USPTO. Please see <http://www.uspto.gov> for more information.)

GERMANY 10 2010 003 750.8 04/08/2010

Permission to Access - A proper **Authorization to Permit Access to Application by Participating Offices** (PTO/SB/39 or its equivalent) has been received by the USPTO.

If Required, Foreign Filing License Granted: 05/14/2013

The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is **US 13/639,401**

Projected Publication Date: 08/29/2013

Non-Publication Request: No

Early Publication Request: No
Title

Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile
Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber

Preliminary Class

Statement under 37 CFR 1.55 or 1.78 for AIA (First Inventor to File) Transition Applications:

PROTECTING YOUR INVENTION OUTSIDE THE UNITED STATES

Since the rights granted by a U.S. patent extend only throughout the territory of the United States and have no effect in a foreign country, an inventor who wishes patent protection in another country must apply for a patent in a specific country or in regional patent offices. Applicants may wish to consider the filing of an international application under the Patent Cooperation Treaty (PCT). An international (PCT) application generally has the same effect as a regular national patent application in each PCT-member country. The PCT process **simplifies** the filing of patent applications on the same invention in member countries, but **does not result** in a grant of "an international patent" and does not eliminate the need of applicants to file additional documents and fees in countries where patent protection is desired.

Almost every country has its own patent law, and a person desiring a patent in a particular country must make an application for patent in that country in accordance with its particular laws. Since the laws of many countries differ in various respects from the patent law of the United States, applicants are advised to seek guidance from specific foreign countries to ensure that patent rights are not lost prematurely.

Applicants also are advised that in the case of inventions made in the United States, the Director of the USPTO must issue a license before applicants can apply for a patent in a foreign country. The filing of a U.S. patent application serves as a request for a foreign filing license. The application's filing receipt contains further information and guidance as to the status of applicant's license for foreign filing.

Applicants may wish to consult the USPTO booklet, "General Information Concerning Patents" (specifically, the section entitled "Treaties and Foreign Patents") for more information on timeframes and deadlines for filing foreign patent applications. The guide is available either by contacting the USPTO Contact Center at 800-786-9199, or it can be viewed on the USPTO website at <http://www.uspto.gov/web/offices/pac/doc/general/index.html>.

For information on preventing theft of your intellectual property (patents, trademarks and copyrights), you may wish to consult the U.S. Government website, <http://www.stopfakes.gov>. Part of a Department of Commerce initiative, this website includes self-help "toolkits" giving innovators guidance on how to protect intellectual property in specific countries such as China, Korea and Mexico. For questions regarding patent enforcement issues, applicants may call the U.S. Government hotline at 1-866-999-HALT (1-866-999-4158).

LICENSE FOR FOREIGN FILING UNDER
Title 35, United States Code, Section 184
Title 37, Code of Federal Regulations, 5.11 & 5.15

GRANTED

The applicant has been granted a license under 35 U.S.C. 184, if the phrase "IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED" followed by a date appears on this form. Such licenses are issued in all applications where the conditions for issuance of a license have been met, regardless of whether or not a license may be required as set forth in 37 CFR 5.15. The scope and limitations of this license are set forth in 37 CFR 5.15(a) unless an earlier license has been issued under 37 CFR 5.15(b). The license is subject to revocation upon written notification. The date indicated is the effective date of the license, unless an earlier license of similar scope has been granted under 37 CFR 5.13 or 5.14.

This license is to be retained by the licensee and may be used at any time on or after the effective date thereof unless it is revoked. This license is automatically transferred to any related applications(s) filed under 37 CFR 1.53(d). This license is not retroactive.

The grant of a license does not in any way lessen the responsibility of a licensee for the security of the subject matter as imposed by any Government contract or the provisions of existing laws relating to espionage and the national security or the export of technical data. Licensees should apprise themselves of current regulations especially with respect to certain countries, of other agencies, particularly the Office of Defense Trade Controls, Department of State (with respect to Arms, Munitions and Implements of War (22 CFR 121-128)); the Bureau of Industry and Security, Department of Commerce (15 CFR parts 730-774); the Office of Foreign Assets Control, Department of Treasury (31 CFR Parts 500+) and the Department of Energy.

NOT GRANTED

No license under 35 U.S.C. 184 has been granted at this time, if the phrase "IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED" DOES NOT appear on this form. Applicant may still petition for a license under 37 CFR 5.12, if a license is desired before the expiration of 6 months from the filing date of the application. If 6 months has lapsed from the filing date of this application and the licensee has not received any indication of a secrecy order under 35 U.S.C. 181, the licensee may foreign file the application pursuant to 37 CFR 5.15(b).

SelectUSA

The United States represents the largest, most dynamic marketplace in the world and is an unparalleled location for business investment, innovation, and commercialization of new technologies. The U.S. offers tremendous resources and advantages for those who invest and manufacture goods here. Through SelectUSA, our nation works to promote and facilitate business investment. SelectUSA provides information assistance to the international investor community; serves as an ombudsman for existing and potential investors; advocates on behalf of U.S. cities, states, and regions competing for global investment; and counsels U.S. economic development organizations on investment attraction best practices. To learn more about why the United States is the best country in the world to develop technology, manufacture products, deliver services, and grow your business, visit <http://www.SelectUSA.gov> or call +1-202-482-6800.



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

U.S. APPLICATION NUMBER NO.	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO.
13/639,401	Rudolf Huber	4074-036
67272 AXINN, VELTROP & HARKRIDER LLP Attn. Patent Department 114 West 47th Street New York, NY 10036		INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/EP11/55484
		I.A. FILING DATE 04/08/2011
		PRIORITY DATE 04/08/2010

CONFIRMATION NO. 4170
371 ACCEPTANCE LETTER



Date Mailed: 05/20/2013

NOTICE OF ACCEPTANCE OF APPLICATION UNDER 35 U.S.C 371 AND 37 CFR 1.495

The applicant is hereby advised that the United States Patent and Trademark Office in its capacity as a Designated / Elected Office (37 CFR 1.495), has determined that the above identified international application has met the requirements of 35 U.S.C. 371, and is ACCEPTED for national patentability examination in the United States Patent and Trademark Office.

The United States Application Number assigned to the application is shown above and the relevant dates are:

12/20/2012
DATE OF RECEIPT OF 35 U.S.C. 371(c)(1),
(c)(2) and (c)(4) REQUIREMENTS

12/20/2012
DATE OF COMPLETION OF ALL
35 U.S.C. 371 REQUIREMENTS

A Filing Receipt (PTO-103X) will be issued for the present application in due course. **THE DATE APPEARING ON THE FILING RECEIPT AS THE " FILING DATE" IS THE DATE ON WHICH THE LAST OF THE 35 U.S.C. 371 (c)(1), (c)(2) and (c)(4) REQUIREMENTS HAS BEEN RECEIVED IN THE OFFICE. THIS DATE IS SHOWN ABOVE.** The filing date of the above identified application is the international filing date of the international application (Article 11(3) and 35 U.S.C. 363). Once the Filing Receipt has been received, send all correspondence to the Group Art Unit designated thereon.

The following items have been received:

- Copy of the International Application filed on 10/04/2012
- English Translation of the IA filed on 10/04/2012
- Copy of the International Search Report filed on 10/04/2012
- Preliminary Amendments filed on 10/04/2012
- Information Disclosure Statements filed on 10/04/2012
- Oath or Declaration filed on 12/20/2012
- U.S. Basic National Fees filed on 10/04/2012
- Assignee Statement for PGPUB filed on 10/04/2012
- Priority Documents filed on 10/04/2012
- Authorization to Permit Access filed on 12/20/2012

Applicant is reminded that any communications to the United States Patent and Trademark Office must be mailed to the address given in the heading and include the U.S. application no. shown above (37 CFR 1.5)

DEBORAH A THOMAS

Telephone: (571) 272-7175

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD Substitute for Form PTO-875						Application or Docket Number 13/639,401	
APPLICATION AS FILED - PART I							
(Column 1)		(Column 2)		SMALL ENTITY		OTHER THAN SMALL ENTITY	
FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA	RATE(\$)	FEE(\$)		RATE(\$)	FEE(\$)
BASIC FEE (37 CFR 1.16(a), (b), or (c))	N/A	N/A	N/A			N/A	280
SEARCH FEE (37 CFR 1.16(k), (l), or (m))	N/A	N/A	N/A			N/A	480
EXAMINATION FEE (37 CFR 1.16(o), (p), or (q))	N/A	N/A	N/A			N/A	720
TOTAL CLAIMS (37 CFR 1.16(i))	15	minus 20 = *			OR	x 80 =	0.00
INDEPENDENT CLAIMS (37 CFR 1.16(h))	2	minus 3 = *			OR	x 420 =	0.00
APPLICATION SIZE FEE (37 CFR 1.16(s))	If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper, the application size fee due is \$310 (\$155 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s).						0.00
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT (37 CFR 1.16(j))							0.00
			TOTAL			TOTAL	1480
* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.							
APPLICATION AS AMENDED - PART II							
(Column 1)		(Column 2)		(Column 3)		SMALL ENTITY	
AMENDMENT A	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE(\$)	ADDITIONAL FEE(\$)		RATE(\$)
	Total (37 CFR 1.16(i))	*	Minus **	=	x =	OR	x =
	Independent (37 CFR 1.16(h))	*	Minus ***	=	x =	OR	x =
	Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))					OR	
	FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))					OR	
			TOTAL ADD'L FEE		OR	TOTAL ADD'L FEE	
(Column 1)		(Column 2)		(Column 3)		SMALL ENTITY	
AMENDMENT B	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT	HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE(\$)	ADDITIONAL FEE(\$)		RATE(\$)
	Total (37 CFR 1.16(i))	*	Minus **	=	x =	OR	x =
	Independent (37 CFR 1.16(h))	*	Minus ***	=	x =	OR	x =
	Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))					OR	
	FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))					OR	
			TOTAL ADD'L FEE		OR	TOTAL ADD'L FEE	
* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3. ** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20". *** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3". The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest found in the appropriate box in column 1.							



UNITED STATES PATENT and TRADEMARK OFFICE

COMMISSIONER FOR PATENTS
UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
P.O. Box 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450
www.uspto.gov

AXINN, VELTROP & HARKRIDER LLP
Attn. Patent Department
114 West 47th Street
New York NY 10036

MAILED

MAY 10 2013

In re Application of	:	DECISION ON	PCT LEGAL ADMINISTRATION
HUBER et al	:		
Application No.: 13/639,401	:		
International App. No.: PCT/EP2011/055484	:		
Int. Filing Date: 8 April 2011	:		
Priority Date: 8 April 2010	:	REQUEST UNDER	
Attorney's Docket No.: 4074-036	:		
For: Method and Arrangement for...	:		
By Means of...	:	37 CFR 1.497(d)	

This is a decision on applicants' "RESPONSE TO NOTIFICATION OF MISSING REQUIREMENTS UNDER 35 USC 371 AND REQUEST TO CORRECT INVENTORSHIP UNDER 37 CFR 1.497(d)" filed on 20 December 2012, adding joint inventor, Martin Huonker, in the executed declaration. The \$130.00 processing fee has been charged to Deposit Account No. 01-3050.

BACKGROUND

On 4 October 2012, applicants filed a Transmittal Letter for entry into the national stage in the United States of America. Filed with the Transmittal Letter was, *inter alia*, the requisite basic national fee. No executed oath or declaration was filed at such time.

On 24 October 2012, the United States Designated/Elected Office (DO/EO/US) mailed a "NOTIFICATION OF MISSING REQUIREMENTS UNDER 35 U.S.C. 371 IN THE UNITED STATES DESIGNATED/ELECTED OFFICE (DO/EO/US)" (Form PCT/DO/EO/905) which informed applicant, *inter alia*, that an "Oath or declaration of the inventors, in compliance with 37 CFR 1.47(a) and (b), identifying the application by International application number and international filing date" must be submitted within two (2) months from date of this Notice or by 32 months from the priority date, whichever is later, in order to avoid abandonment of the national stage application:

On 20 December 2012, applicants filed the current request, which included, *inter alia*, a statement under 37 CFR 1.497(d) adding Martin Huonker to the declaration.

DISCUSSION

A submission under 37 CFR 1.497(d) must include:

- (1) a statement from each person being added as an inventor and from each person being deleted as an inventor that the error in inventorship occurred without deceptive intention on his or her part;
- (2) the fee set forth in § 1.17(I); and
- (3) If an assignment has been executed by any of the original named inventors, the written consent of the assignee (see 37 CFR §3.73(b) of this chapter).

A review of the application file reveals that applicants have satisfied items (1) - (3) under 37 CFR 1.497(d).

With respect to item (1), the statement submitted by Martin Huonker is sufficient because the statement states that the error in inventorship occurred without a deceptive intent.

With respect to item (2), the processing fee of \$130.00 has been charged to the Deposit Account No.: 01-3050.

With respect to item (3), as Annegret Schmid, has the authority to act on behalf of the assignee, TRUMP Laser- und Systemtechnik GmbH. As such, the assignee, consents to the addition of Martin Huonker on the executed declaration, and has filed the requisite papers. As a result, it has establish its right to take action under 37 CFR §3.73(b).

Accordingly, the request is deemed to satisfy requirements (1), (2), and (3) under 37 CFR 1.497(d).

CONCLUSION

For the reasons above, the request under 37 CFR 1.497(d) is **GRANTED**.

This application is being returned to the United States Designated/Elected Office (DO/EO/US) for continued processing consistent with this decision.



Rafael Bacares
PCT Legal Examiner
PCT Legal Office
Telephone: (571) 272-3276
Facsimile: (571) 273-0459

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

DECLARATION FOR UTILITY OR DESIGN PATENT APPLICATION (37 CFR 1.63)		Attorney Docket Number	4074-036
		First Named Inventor	Rudolf HUBER
☐ Declaration Submitted With Initial Filing OR ☒ Declaration Submitted After Initial Filing (surcharge (37 CFR 1.16(f)) required)		<i>COMPLETE IF KNOWN</i>	
		Application Number	13/639,401
		Filing Date	10/04/2012
		Art Unit	TBD
		Examiner Name	TBD

I hereby declare that: (1) Each inventor's residence, mailing address, and citizenship are as stated below next to their name; and (2) I believe the inventor(s) named below to be the original and first inventor(s) of the subject matter which is claimed and for which a patent is sought on the invention titled:

Method And Arrangement For Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber

(Title of the Invention)

the application of which was made or was authorized to be made by me and

☐ is attached hereto

OR

☒ was filed on (MM/DD/YYYY) 10/04/2012 as United States Application Number or PCT International Application Number 13/639,401 and was amended on (MM/DD/YYYY) _____ (if applicable).

I hereby state that I have reviewed and understand the contents of the above identified application, including the claims, as amended by any amendment specifically referred to above.

I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in 37 CFR 1.56, including for continuation-in-part applications, material information which became available between the filing date of the prior application and the national or PCT international filing date of the continuation-in-part application.

Authorization To Permit Access To Application by Participating Offices

☒ If checked, the undersigned hereby grants the USPTO authority to provide the European Patent Office (EPO), the Japan Patent Office (JPO), the Korean Intellectual Property Office (KIPO), the World Intellectual Property Office (WIPO), and any other intellectual property offices in which a foreign application claiming priority to the above-identified patent application is filed access to the above-identified patent application. See 37 CFR 1.14(c) and (h). This box should not be checked if the applicant does not wish the EPO, JPO, KIPO, WIPO, or other intellectual property office in which a foreign application claiming priority to the above-identified patent application is filed to have access to the above-identified patent application.

In accordance with 37 CFR 1.14(h)(3), access will be provided to a copy of the above-identified patent application with respect to: 1) the above-identified patent application-as-filed; 2) any foreign application to which the above-identified patent application claims priority under 35 U.S.C. 119(a)-(d) if a copy of the foreign application that satisfies the certified copy requirement of 37 CFR 1.55 has been filed in the above-identified patent application; and 3) any U.S. application-as-filed from which benefit is sought in the above-identified patent application.

In accordance with 37 CFR 1.14(c), access may be provided to information concerning the date of filing the Authorization to Permit Access to Application by Participating Offices.

[Page 1 of 3]

This collection of information is required by 35 U.S.C. 115 and 37 CFR 1.63. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 21 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

DECLARATION — Utility or Design Patent Application

Claim of Foreign Priority Benefits

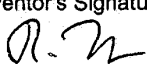
I hereby claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. 119(a)-(d) or (f), or 365(b) of any foreign application(s) for patent, inventor's or plant breeder's rights certificate(s), or 365(a) of any PCT international application which designated at least one country other than the United States of America, listed below and have also identified below, by checking the box, any foreign application for patent, inventor's or plant breeder's rights certificate(s), or any PCT international application having a filing date before that of the application on which priority is claimed.

Prior Foreign Application Number(s)	Country	Foreign Filing Date (MM/DD/YYYY)	Priority Not Claimed	Certified Copy Attached?	
				YES	NO
10 2010 003 750.8	DE	04/08/2010	☐	☐	☒
PCT/EP2011/055484	WO	04/08/2011	☐	☐	☒
			☐	☐	☐
			☐	☐	☐

☐ Additional foreign application number(s) are listed on a supplemental priority data sheet PTO/SB/02B attached hereto.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

DECLARATION — Utility or Design Patent Application

Direct all correspondence to: ☒		The address associated with Customer Number: 67272		OR ☐ Correspondence address below	
Name					
Address					
City		State		Zip	
Country		Telephone		Email	
WARNING: Petitioner/applicant is cautioned to avoid submitting personal information in documents filed in a patent application that may contribute to identity theft. Personal information such as social security numbers, bank account numbers, or credit card numbers (other than a check or credit card authorization form PTO-2038 submitted for payment purposes) is never required by the USPTO to support a petition or an application. If this type of personal information is included in documents submitted to the USPTO, petitioners/applicants should consider redacting such personal information from the documents before submitting them to the USPTO. Petitioner/applicant is advised that the record of a patent application is available to the public after publication of the application (unless a non-publication request in compliance with 37 CFR 1.213(a) is made in the application) or issuance of a patent. Furthermore, the record from an abandoned application may also be available to the public if the application is referenced in a published application or an issued patent (see 37 CFR 1.14). Checks and credit card authorization forms PTO-2038 submitted for payment purposes are not retained in the application file and therefore are not publicly available. I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under 18 U.S.C. 1001 and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issued thereon. I hereby acknowledge that any willful false statement made in this declaration is punishable under 18 U.S.C. 1001 by fine or imprisonment of not more than five (5) years, or both.					
NAME OF SOLE OR FIRST INVENTOR:		☐ A petition has been filed for this unsigned inventor			
Given Name (first and middle (if any))		Family Name or Surname			
Rudolf		HUBER			
Inventor's Signature 			Date 04.12.2012		
Residence: City	State	Country		Citizenship	
Aldingen-Aixheim		DE		DE	
Mailing Address					
Albstrasse 31					
City	State	Zip		Country	
Aldingen-Aixheim		D-78554		DE	
☒ Additional inventors or a legal representative are being named on the <u>1</u> supplemental sheet(s) PTO/SB/02A or 02LR attached hereto					

[Page 3 of 3]

DECLARATION	ADDITIONAL INVENTOR(S) Supplemental Sheet
Page 1 of 1	

Name of Additional Joint Inventor, if any:		☐ A petition has been filed for this unsigned inventor	
Given Name (first and middle (if any))		Family Name or Surname	
Wolfgang		ANDREASCH	
Inventor's Signature <i>Wolfgang Andreasch</i>		Date 06.12.2012	
Weinstadt Residence: City	State	DE Country	DE Citizenship
Weinbergstrasse 2/1			
Mailing Address			
Weinstadt City	State	D-71384 Zip	DE Country
Name of Additional Joint Inventor, if any:		☐ A petition has been filed for this unsigned inventor	
Given Name (first and middle (if any))		Family Name or Surname	
Martin		HUONKER	
Inventor's Signature <i>MH</i>		Date 12/14/12	
Dietingen Residence: City	State	DE Country	DE Citizenship
Einsteinweg 24			
Mailing Address			
Dietingen City	State	78661 Zip	DE Country
Name of Additional Joint Inventor, if any:		☐ A petition has been filed for this unsigned inventor	
Given Name (first and middle (if any))		Family Name or Surname	
Inventor's Signature		Date	
Residence: City	State	Country	Citizenship
Mailing Address			
City	State	Zip	Country

This collection of information is required by 35 U.S.C. 115 and 37 CFR 1.63. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 21 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.

4074-US 6
SP1012045AET

4074-036

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:	Customer No. 67272
RUDOLF HUBER ET AL.	Confirmation No.: 4170
Serial No.: 13/639,401	Art Unit: TBD
Filed: October 4, 2012	Examiner: TBD
For: METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PROFILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBER	

WRITTEN CONSENT OF ASSIGNEE

Mail Stop: Application Branch
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH is the sole Assignee of the above-identified application. An Assignment document attesting to this fact was recorded in the Assignment Branch of the U.S. Patent and Trademark Office on December 13, 2012 at Reel/Frame 029459/0570.

TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH consents to correction of the inventorship in this application. Rudolf Huber, Wolfgang Andreasch and Martin Huonker should be the named inventors in this application. The undersigned has the authority to act on behalf of Applicant TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH.

NYDOCS\1465399.v1

Serial No. 13/639,401
Inventor: HUBER et al.

Attorney Dkt. No. 4074-036

Date: Dec 19, 2012

i. V. A. Schmid

Name: *Annegret Schmid*

Title: *European Patent Attorney*

Electronic Patent Application Fee Transmittal				
Application Number:		13639401		
Filing Date:				
Title of Invention:		Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber		
First Named Inventor/Applicant Name:		Rudolf HUBER		
Filer:		Michael D. Bednarek/Geraldine Bird		
Attorney Docket Number:		4074-036		
Filed as Large Entity				
U.S. National Stage under 35 USC 371 Filing Fees				
Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Basic Filing:				
Pages:				
Claims:				
Miscellaneous-Filing:				
Oath/decl > 30 months from priority date	1617	1	130	130
Processing Fee, except for Provis. apps	1808	1	130	130
Petition:				
Patent-Appeals-and-Interference:				
Post-Allowance-and-Post-Issuance:				

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Extension-of-Time:				
Miscellaneous:				
Total in USD (\$)				260

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	14528941
Application Number:	13639401
International Application Number:	
Confirmation Number:	4170
Title of Invention:	Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber
First Named Inventor/Applicant Name:	Rudolf HUBER
Customer Number:	67272
Filer:	Michael D. Bednarek/Geraldine Bird
Filer Authorized By:	Michael D. Bednarek
Attorney Docket Number:	4074-036
Receipt Date:	20-DEC-2012
Filing Date:	
Time Stamp:	15:13:05
Application Type:	U.S. National Stage under 35 USC 371

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	Deposit Account
Payment was successfully received in RAM	\$260
RAM confirmation Number	2219
Deposit Account	013050
Authorized User	
The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows: Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.17 (Patent application and reexamination processing fees) Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.21 (Miscellaneous fees and charges)	

File Listing:					
Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Miscellaneous Incoming Letter	4074-036-ReqCorr.pdf	163488	no	2
			1078ca33e714a5cd69747947986e3b01c80b54a7		
Warnings:					
Information:					
2	Miscellaneous Incoming Letter	4074-036-Stat.pdf	90521	no	1
			4adaa6296534d6cfa80cc1c4f20a58230b79778e		
Warnings:					
Information:					
3	Oath or Declaration filed	4074-036-Dec.pdf	602910	no	4
			1e38fb5614f0e65040ea8d6d6ad3f662ad5d3a2		
Warnings:					
Information:					
4	Miscellaneous Incoming Letter	4074-036-Assignee-Con.pdf	150631	no	2
			dce403d1474934bd1f3329307d40dc4347f1595f		
Warnings:					
Information:					
5	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	31930	no	2
			8689d4837a5866c6062a9981722720e6678d3d74		
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			1039480		
This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503. <u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application. <u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course. <u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.					

4074-036

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:	Customer No. 67272
RUDOLF HUBER ET AL.	Confirmation No.: 4170
Serial No.: 13/639,401	Art Unit: TBD
Filed: October 4, 2012	Examiner: TBD
For: METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PROFILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBER	

**RESPONSE TO NOTIFICATION OF MISSING REQUIREMENTS UNDER 35 USC 371
AND REQUEST TO CORRECT INVENTORSHIP UNDER 37 CFR 1.497(d)**

Mail Stop: Application Branch
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicants respectfully request the Office to correct the inventorship in the above application. The inventive entity of the above-identified application was set forth in error in the corresponding International application and the Application Data Sheet which was submitted to the Office on October 4, 2012. Specifically, besides Rudolf Huber and Wolfgang Andreasch, Martin Huonker should be added as an inventor. Such error arose without any deceptive intention on the part of the persons named as inventors or on the part of the person who through error was not named as an inventor.

In compliance with 37 CFR 1.497(d), Applicants are submitting herewith the enclosed documents:

Application Serial No. 13/639,401
Inventor: Rudolf HUBER et al.

Attorney Dkt. No. 4074-036

- 1) A statement from each person being added as an inventor that the error in inventorship occurred without deceptive invention on his or her part;
- 2) a Declaration signed by the actual inventors as required by 35 USC 371(c)(4);
- 3) the processing fee set forth in §1.17(i);
- 4) the surcharge of \$130 for late submission of the Oath or Declaration; and
- 5) the Written Consent of Assignee TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH.

AXINN VELTROP HARKRIDER LLP
950 F Street, N.W.
Washington, D.C. 20004
Tel: 202-912-4700

Respectfully submitted
RUDOLF HUBER ET AL.

Date: December 20, 2012

By: /Michael D. Bednarek/
Michael D. Bednarek
Registration No. 32,329

4074-036

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:	Customer No. 67272
RUDOLF HUBER ET AL.	Confirmation No.: 4170
Serial No.: 13/639,401	Art Unit: TBD
Filed: October 4, 2012	Examiner: TBD
For: METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PROFILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBER	

STATEMENT OF LACK OF DECEPTIVE INTENTION

Mail Stop: Application Branch
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The inventive entity of the above-identified application is different than that set forth in the corresponding international application. Specifically, besides Rudolf Huber and Wolfgang Andreasch, Martin Huonker should be added as an inventor. Such error arose without any deceptive intention on the part of the inventors.

I hereby state that the error in inventorship occurred without deceptive intent on my part.

Date: 11/04/2012



Martin Huonker
Einsteinweg 24
78661 Dietingen
Germany

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD Substitute for Form PTO-875						Application or Docket Number 13/639,401	
APPLICATION AS FILED - PART I							
(Column 1)		(Column 2)		SMALL ENTITY		OTHER THAN SMALL ENTITY	
FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA	RATE(\$)	FEE(\$)		RATE(\$)	FEE(\$)
BASIC FEE (37 CFR 1.16(a), (b), or (c))	N/A	N/A	N/A			N/A	390
SEARCH FEE (37 CFR 1.16(k), (l), or (m))	N/A	N/A	N/A			N/A	500
EXAMINATION FEE (37 CFR 1.16(o), (p), or (q))	N/A	N/A	N/A			N/A	250
TOTAL CLAIMS (37 CFR 1.16(j))	15	minus 20 = *			OR	x 62 =	0.00
INDEPENDENT CLAIMS (37 CFR 1.16(h))	2	minus 3 = *			OR	x 250 =	0.00
APPLICATION SIZE FEE (37 CFR 1.16(s))	If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper, the application size fee due is \$310 (\$155 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s).						0.00
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT (37 CFR 1.16(j))							0.00
			TOTAL			TOTAL	1140
* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.							
APPLICATION AS AMENDED - PART II							
(Column 1)		(Column 2)		(Column 3)		SMALL ENTITY	
AMENDMENT A		CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE(\$)	ADDITIONAL FEE(\$)
	Total (37 CFR 1.16(i))	*	Minus	**	=	x	=
	Independent (37 CFR 1.16(h))	*	Minus	***	=	x	=
	Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))						
	FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))						
						TOTAL ADD'L FEE	
(Column 1)		(Column 2)		(Column 3)		OTHER THAN SMALL ENTITY	
AMENDMENT B		CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE(\$)	ADDITIONAL FEE(\$)
	Total (37 CFR 1.16(i))	*	Minus	**	=	x	=
	Independent (37 CFR 1.16(h))	*	Minus	***	=	x	=
	Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))						
	FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))						
						TOTAL ADD'L FEE	
						TOTAL ADD'L FEE	
* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3. ** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20". *** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3". The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest found in the appropriate box in column 1.							

MULTIPLE DEPENDENT CLAIM FEE CALCULATION SHEET Substitute for Form PTO-1360 (For use with Form PTO/SB/06)							Application Number 13639401		Filing Date				
							Applicant(s) Rudolf HUBER						
							* May be used for additional claims or amendments						
CLAIMS	AS FILED		AFTER FIRST AMENDMENT		AFTER SECOND AMENDMENT			*		*		*	
	Indep	Depend	Indep	Depend	Indep	Depend		Indep	Depend	Indep	Depend	Indep	Depend
1			1										
2				1									
3				1									
4				1									
5			1										
6				1									
7				1									
8				1									
9				1									
10				1									
11				1									
12				1									
13				1									
14				1									
15				1									
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
Total Indep	0		2		0								
Total Depend	0		13		0								
Total Claims	0		15		0								

51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

U.S. APPLICATION NUMBER NO.	FIRST NAMED APPLICANT	ATTY. DOCKET NO.
13/639,401	Rudolf HUBER	4074-036

67272

AXINN, VELTROP & HARKRIDER LLP

Attn. Patent Department

114 West 47th Street

New York, NY 10036

INTERNATIONAL APPLICATION NO.

PCT/EP11/55484

I.A. FILING DATE

04/08/2011

PRIORITY DATE

04/08/2010

CONFIRMATION NO. 4170
371 FORMALITIES LETTER



0000000057237386

Date Mailed: 10/24/2012

**NOTIFICATION OF MISSING REQUIREMENTS UNDER 35 U.S.C. 371
IN THE UNITED STATES DESIGNATED/ELECTED OFFICE (DO/EO/US)**

The following items have been submitted by the applicant or the IB to the United States Patent and Trademark Office as a Designated Office (37 CFR 1.494):

- Priority Document
- Copy of the International Application filed on 10/04/2012
- English Translation of the IA filed on 10/04/2012
- Copy of the International Search Report filed on 10/04/2012
- Preliminary Amendments filed on 10/04/2012
- Information Disclosure Statements filed on 10/04/2012
- U.S. Basic National Fees filed on 10/04/2012
- Assignee Statement for PGPU filed on 10/04/2012
- Priority Documents filed on 10/04/2012

The applicant needs to satisfy supplemental fees problems indicated below.

The following items **MUST** be furnished within the period set forth below in order to complete the requirements for acceptance under 35 U.S.C. 371:

- Oath or declaration of the inventors, in compliance with 37 CFR 1.497(a) and (b), identifying the application by the International application number and international filing date.
- To avoid abandonment, a surcharge (for late submission of filing fee, search fee, examination fee or oath or declaration) as set forth in 37 CFR 1.492(h) of \$130 for a non-small entity, must be submitted with the missing items identified in this letter.

SUMMARY OF FEES DUE:

Total additional fees required for this application is **\$130** for a Large Entity:

- **\$130** Surcharge.

ALL OF THE ITEMS SET FORTH ABOVE MUST BE SUBMITTED WITHIN TWO (2) MONTHS FROM THE DATE OF THIS NOTICE OR BY 32 MONTHS FROM THE PRIORITY DATE FOR THE APPLICATION, WHICHEVER IS LATER. FAILURE TO PROPERLY RESPOND WILL RESULT IN ABANDONMENT.

The time period set above may be extended by filing a petition and fee for extension of time under the provisions of 37 CFR 1.136(a).

Applicant is reminded that any communications to the United States Patent and Trademark Office must be mailed to the address given in the heading and include the U.S. application no. shown above (37 CFR 1.5)

page 1 of 2

Registered users of EFS-Web may alternatively submit their reply to this notice via EFS-Web.

<https://sportal.uspto.gov/authenticate/AuthenticateUserLocalEPF.html>

For more information about EFS-Web please call the USPTO Electronic Business Center at **1-866-217-9197** or visit our website at <http://www.uspto.gov/ebc>.

If you are not using EFS-Web to submit your reply, you must include a copy of this notice.

DEBORAH A THOMAS

Telephone: (571) 272-7175

TRANSMITTAL LETTER TO THE UNITED STATES DESIGNATED/ELECTED OFFICE (DO/EO/US) CONCERNING A SUBMISSION UNDER 35 U.S.C. 371		ATTORNEY'S DOCKET NUMBER 4074-036
INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/EP2011/055484		U.S. APPLICATION NO. (If known, see 37 CFR 1.5)
INTERNATIONAL FILING DATE 8 April 2011 (08.04.2011)		PRIORITY DATE CLAIMED 8 April 2010 (08.04.2010)
TITLE OF INVENTION Method and Arrangement for Generating a Laser Beam Having a Differing Beam Profile Characteristic By Means of ...		
APPLICANT(S) FOR DO/EO/US HUBER, Rudolf; ANDREASCH, Wolfgang		
Applicant herewith submits to the United States Designated/Elected Office (DO/EO/US) the following items and other information:		
1. ☒ This is a FIRST submission of items concerning a submission under 35 U.S.C. 371. 2. ☐ This is a SECOND or SUBSEQUENT submission of items concerning a submission under 35 U.S.C. 371. 3. ☐ This is an express request to begin national examination procedures (35 U.S.C. 371(f)). The submission must include items (5), (6), (9) and (21) indicated below. 4. ☒ The US has been elected (Article 31). 5. ☒ A copy of the International Application as filed (35 U.S.C. 371(c)(2)) a. ☒ is attached hereto (required only if not communicated by the International Bureau). b. ☐ has been communicated by the International Bureau. c. ☐ is not required, as the application was filed in the United States Receiving Office (RO/US). 6. ☒ An English language translation of the International Application as filed (35 U.S.C. 371(c)(2)). a. ☒ is attached hereto. b. ☐ has been previously submitted under 35 U.S.C. 154(d)(4). 7. ☒ Amendments to the claims of the International Application under PCT Article 19 (35 U.S.C. 371(c)(3)) a. ☐ are attached hereto (required only if not communicated by the International Bureau). b. ☐ have been communicated by the International Bureau. c. ☐ have not been made; however, the time limit for making such amendments has NOT expired. d. ☒ have not been made and will not be made. 8. ☐ An English language translation of the amendments to the claims under PCT Article 19 (35 U.S.C. 371(c)(3)). 9. ☐ An oath or declaration of the inventor(s) (35 U.S.C. 371(c)(4)). 10. ☐ An English language translation of the annexes of the International Preliminary Examination Report under PCT Article 36 (35 U.S.C. 371(c)(5)). Items 11 to 20 below concern document(s) or information included: 11. ☒ An Information Disclosure Statement under 37 CFR 1.97 and 1.98. 12. ☐ An assignment document for recording. A separate cover sheet in compliance with 37 CFR 3.28 and 3.31 is included. 13. ☒ A preliminary amendment. 14. ☒ An Application Data Sheet under 37 CFR 1.76. 15. ☐ A substitute specification. 16. ☐ A power of attorney and/or change of address letter. 17. ☐ A computer-readable form of the sequence listing in accordance with PCT Rule 13ter.3 and 37 CFR 1.821- 1.825. 18. ☐ A second copy of the published International Application under 35 U.S.C. 154(d)(4). 19. ☐ A second copy of the English language translation of the international application under 35 U.S.C. 154(d)(4).		

This collection of information is required by 37 CFR 1.414 and 1.491-1.492. The information is required to obtain or retain a benefit by the public, which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 15 minutes to complete, including gathering information, preparing, and submitting the completed form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Mail Stop PCT, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

U.S. APPLICATION NO. (if known, see 37 CFR 1.5)		INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/EP2011/055484		ATTORNEY'S DOCKET NUMBER 4074-036	
20. Other items or information:					
The following fees have been submitted				CALCULATIONS	
				PTO USE ONLY	
21.	☒	Basic national fee (37 CFR 1.492(a)).....		\$ 380	
22.	☒	Examination fee (37 CFR 1.492(c))		\$ 250	
If the written opinion prepared by ISA/US or the international preliminary examination report prepared by IPEA/US indicates all claims satisfy provisions of PCT Article 33(1)-(4).....				\$ 0	
All other situations.....				\$250	
23.	☒	Search fee (37 CFR 1.492(b))		\$ 620	
If the written opinion of the ISA/US or the International preliminary examination report prepared by IPEA/US indicates all claims satisfy provisions of PCT Article 33(1)-(4).....				\$ 0	
Search fee (37 CFR 1.445(a)(2)) has been paid on the international application to the USPTO as an International Searching Authority.....				\$120	
International Search Report prepared by an ISA other than the US and provided to the Office or previously communicated to the US by the IB.....				\$490	
All other situations.....				\$620	
TOTAL OF 21, 22 and 23 =					
☐ Additional fee for specification and drawings filed in paper over 100 sheets (excluding sequence listing in compliance with 37 CFR 1.821(c) or (e) in an electronic medium or computer program listing in an electronic medium) (37 CFR 1.492(j)). The fee is \$310 for each additional 50 sheets of paper or fraction thereof.					
Total Sheets	Extra Sheets	Number of each additional 50 or fraction thereof (round up to a whole number)		RATE	
- 100 =	/50 =			x \$310	\$
Surcharge of \$130.00 for furnishing any of the search fee, examination fee, or the oath or declaration after the date of commencement of the national stage (37 CFR 1.492(h)).				\$	
CLAIMS	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA	RATE	\$	
Total claims	15 - 20 =	0	x \$ 60	\$	
Independent claims	2 - 3 =	0	x \$250	\$	
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM(S) (if applicable)			+ \$450	\$	
TOTAL OF ABOVE CALCULATIONS =				\$ 1,250	
☐ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27. Fees above are reduced by 1/2.					
SUBTOTAL =				\$ 1,250	
Processing fee of \$130.00 for furnishing the English translation later than 30 months from the earliest claimed priority date (37 CFR 1.492(i)).				\$	
TOTAL NATIONAL FEE =				\$ 1,250	
Fee for recording the enclosed assignment (37 CFR 1.21(h)). The assignment must be accompanied by an appropriate cover sheet (37 CFR 3.28, 3.31). \$40.00 per property				\$	
TOTAL FEES ENCLOSED =				\$ 1,250	
				Amount to be refunded:	\$
				Amount to be charged	\$ 1,250

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

- a. ☐ A check in the amount of \$ _____ to cover the above fees is enclosed.
- b. ☒ Please charge my Deposit Account No. 013050 in the amount of \$ 1,250 to cover the above fees.
- c. ☒ The Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees which may be required, or credit any overpayment to Deposit Account No. 013050.
- d. ☐ Fees are to be charged to a credit card. **WARNING:** Information on this form may become public. **Credit card information should not be included on this form.** Provide credit card information and authorization on PTO-2038. The PTO-2038 should only be mailed or faxed to the USPTO. However, when paying the basic national fee, the PTO-2038 may NOT be faxed to the USPTO.

ADVISORY: If filing by EFS-Web, do **NOT** attach the PTO-2038 form as a PDF along with your EFS-Web submission. Please be advised that this is **not** recommended and by doing so your **credit card information may be displayed via PAIR**. To protect your information, it is recommended paying fees online by using the electronic payment method.

NOTE: Where an appropriate time limit under 37 CFR 1.495 has not been met, a petition to revive (37 CFR 1.137(a) or (b)) must be filed and granted to restore the International Application to pending status.

SEND ALL CORRESPONDENCE TO:

IP@avhlaw.com

/Michael D. Bednarek/

SIGNATURE

Michael D. Bednarek

NAME

32,329

REGISTRATION NUMBER

Privacy Act Statement

The **Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579)** requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether disclosure of these records is required by the Freedom of Information Act.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (*i.e.*, GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspection or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	4074-036
		Application Number	
Title of Invention	Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber		
The application data sheet is part of the provisional or nonprovisional application for which it is being submitted. The following form contains the bibliographic data arranged in a format specified by the United States Patent and Trademark Office as outlined in 37 CFR 1.76. This document may be completed electronically and submitted to the Office in electronic format using the Electronic Filing System (EFS) or the document may be printed and included in a paper filed application.			

Secrecy Order 37 CFR 5.2

☐ Portions or all of the application associated with this Application Data Sheet may fall under a Secrecy Order pursuant to 37 CFR 5.2 (Paper filers only. Applications that fall under Secrecy Order may not be filed electronically.)

Applicant Information:

Applicant 1					Remove
Applicant Authority		☒ Inventor		☐ Legal Representative under 35 U.S.C. 117	☐ Party of Interest under 35 U.S.C. 118
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix	
	Rudolf		HUBER		
Residence Information (Select One) ☐ US Residency ☒ Non US Residency ☐ Active US Military Service					
City	Aldingen-Aixheim	Country Of Residenceⁱ	DE		
Citizenship under 37 CFR 1.41(b)ⁱ		DE			
Mailing Address of Applicant:					
Address 1	Albstrasse 31				
Address 2					
City	Aldingen-Aixheim	State/Province			
Postal Code	D-78554	Countryⁱ	DE		
Applicant 2					Remove
Applicant Authority		☒ Inventor		☐ Legal Representative under 35 U.S.C. 117	☐ Party of Interest under 35 U.S.C. 118
Prefix	Given Name	Middle Name	Family Name	Suffix	
	Wolfgang		ANDREASCH		
Residence Information (Select One) ☐ US Residency ☒ Non US Residency ☐ Active US Military Service					
City	Weinstadt	Country Of Residenceⁱ	DE		
Citizenship under 37 CFR 1.41(b)ⁱ		DE			
Mailing Address of Applicant:					
Address 1	Weinbergstrasse 2/1				
Address 2					
City	Weinstadt	State/Province			
Postal Code	D-71384	Countryⁱ	DE		
All Inventors Must Be Listed - Additional Inventor Information blocks may be generated within this form by selecting the Add button.					Add

Correspondence Information:

Enter either Customer Number or complete the Correspondence Information section below.
For further information see 37 CFR 1.33(a).

☐ An Address is being provided for the correspondence Information of this application.

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	4074-036
		Application Number	
Title of Invention	Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber		
Customer Number	67272		
Email Address	IP@avhlaw.com	Add Email	Remove Email

Application Information:

Title of the Invention	Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber		
Attorney Docket Number	4074-036	Small Entity Status Claimed	☐
Application Type	Nonprovisional		
Subject Matter	Utility		
Suggested Class (if any)		Sub Class (if any)	
Suggested Technology Center (if any)			
Total Number of Drawing Sheets (if any)	5	Suggested Figure for Publication (if any)	

Publication Information:

☐	Request Early Publication (Fee required at time of Request 37 CFR 1.219)
☐	Request Not to Publish. I hereby request that the attached application not be published under 35 U.S.C. 122(b) and certify that the invention disclosed in the attached application has not and will not be the subject of an application filed in another country, or under a multilateral international agreement, that requires publication at eighteen months after filing.

Representative Information:

Representative information should be provided for all practitioners having a power of attorney in the application. Providing this information in the Application Data Sheet does not constitute a power of attorney in the application (see 37 CFR 1.32). Enter either Customer Number or complete the Representative Name section below. If both sections are completed the Customer Number will be used for the Representative Information during processing.			
Please Select One:	☒ Customer Number	☐ US Patent Practitioner	☐ Limited Recognition (37 CFR 11.9)
Customer Number	67272		

Domestic Benefit/National Stage Information:

This section allows for the applicant to either claim benefit under 35 U.S.C. 119(e), 120, 121, or 365(c) or indicate National Stage entry from a PCT application. Providing this information in the application data sheet constitutes the specific reference required by 35 U.S.C. 119(e) or 120, and 37 CFR 1.78(a)(2) or CFR 1.78(a)(4), and need not otherwise be made part of the specification.			
Prior Application Status	Pending	Remove	
Application Number	Continuity Type	Prior Application Number	Filing Date (YYYY-MM-DD)
	a 371 of international	PCT/EP2011/055484	2011-04-08
Additional Domestic Benefit/National Stage Data may be generated within this form by selecting the Add button.			Add

Foreign Priority Information:

Application Data Sheet 37 CFR 1.76		Attorney Docket Number	4074-036
		Application Number	
Title of Invention	Method And Arrangement for Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber		

This section allows for the applicant to claim benefit of foreign priority and to identify any prior foreign application for which priority is not claimed. Providing this information in the application data sheet constitutes the claim for priority as required by 35 U.S.C. 119(b) and 37 CFR 1.55(a).

Remove

Application Number	Country ⁱ	Parent Filing Date (YYYY-MM-DD)	Priority Claimed
10 2010 003 750.8	DE	2010-04-08	☒ Yes ☐ No

Additional Foreign Priority Data may be generated within this form by selecting the Add button.

Add

Assignee Information:

Providing this information in the application data sheet does not substitute for compliance with any requirement of part 3 of Title 37 of the CFR to have an assignment recorded in the Office.

Assignee 1

Remove

If the Assignee is an Organization check here. ☒

Organization Name	TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH
-------------------	--------------------------------------

Mailing Address Information:

Address 1	Johann-Maus-Straße 2		
Address 2			
City	Ditzingen	State/Province	
Country ⁱ	DE	Postal Code	D-71254
Phone Number		Fax Number	
Email Address			

Additional Assignee Data may be generated within this form by selecting the Add button.

Add

Signature:

A signature of the applicant or representative is required in accordance with 37 CFR 1.33 and 10.18. Please see 37 CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Michael D. Bednarek/		Date (YYYY-MM-DD)	2012-10-04
First Name	Michael	Last Name	Bednarek	Registration Number
				32329

This collection of information is required by 37 CFR 1.76. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 23 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application data sheet form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of: RUDOLF HUBER ET AL. Serial No.: U.S. Nat'l. Stage of PCT/EP2011/055484 filed 04/08/2011 Filed: October 4, 2012 For: METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PROFILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBER	ATTN. APPLICATION BRANCH Customer No. 67272
--	--

**PRELIMINARY AMENDMENT ACCOMPANYING U.S. NATIONAL STAGE
APPLICATION FILING**

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Prior to the examination of the above-identified application, please amend the application as follows:

Amendments to the Specification: begin on page 2.

Amendments to the Claims: reflected in the listing of claims that begins on page 3 of this paper.

Amendments to the Drawings: None

Remarks: begin on page 8 of this paper.

Serial No.: U.S. Nat'l. Phase of PCT/EP2011/055484
Art Unit: Unknown
Inventor: Rudolf HUBER et al.

Attorney's Docket No.: 4074-036
Page 2

Amendments to the Specification:

Please add the following new paragraph on page 1 of the specification, after the heading
“METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A
DIFFERING BEAM PROFILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD
FIBER”.

This application is a national stage application of International Application No.
PCT/EP2011/055484 (WO 2011/124671 A1) filed April 8, 2011, which is herein incorporated by
reference in its entirety.

Amendments to the Claims:

This listing of claims replaces all prior versions, and listings, of claims in this application.

Listing of Claims:

1. (Original) A method for generating a laser beam (3) with different beam profile characteristics,

characterised in that:

a laser beam (2; 61, 62) is coupled into the fibre end (1a) of a multi-clad fibre (1), in particular a double-clad fibre, and emitted from the other fibre end (1b) of the multi-clad fibre (1), and

for the generation of different beam profile characteristics of the output laser beam (3), either the input laser beam (2; 61, 62) is electively either coupled at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) or at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1) or, electively, a first laser beam (61) is coupled at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) and a different, second laser beam (62) is coupled at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1).

2. (Original) A method according to claim 1, characterised in that, for electively coupling of the laser beam (2) into the multi-clad fibre (1), relative motion takes place between the input laser beam (2) and the coupling-side face (8) of the multi-clad fibre (1) in a direction (12) transverse to the laser beam (2).

3. (Currently Amended) A method according to claim 1 ~~or 2~~, characterised in that, for electively coupling of the laser beam (2) into the multi-clad fibre (1), the input laser beam (2) with respectively different beam cross-sections, in particular with respectively different beam diameters, is projected onto the coupling-side face (8) of the multi-clad fibre (1).

4. (Currently Amended) A method according to ~~one of the preceding claims~~ claim 1, characterised in that, for the coupling of the laser beam (2) into both the inner fibre core (4) and at least one outer ring core (6), the input laser beam (2) is divided into at least two sub-beams (2a, 2b), each of which is coupled into one of the cores (4, 6) of the multi-clad fibre (1).

5. (Original) An arrangement (10; 20; 30; 60) for generating a laser beam (3) with different beam profile characteristics,

characterised by:

a multi-clad fibre (1), in particular a double-clad fibre with one inner fibre core (4) and at least one outer ring core (6), and

a switchable device (11, 13; 21, 22; 23; 31, 32; 65) with at least two switch positions in which an input laser beam (2; 61, 62) is electively coupled either at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) or at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1) or, electively, a first laser beam (61) is coupled at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) and a different, second laser beam (62) is coupled at least into at least one

outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1).

6. (Original) An arrangement according to claim 5, characterised in that the switchable device comprises adjustable deflection optics (11, 22, 31, 32) which, in their at least two switch positions, deflect an input laser beam (2) in a direction (12) transverse to the axis of the coupling-side face (8) to varying extents and/or a control device (13) which, in its at least two switch positions, moves the coupling-side face (8) of the multi-clad fibre (1) in a direction (12) transverse to the input laser beam (2) to varying extents.

7. (Original) An arrangement according to claim 6, characterised in that the deflection optics comprises an optical element (22, 31, 32) which can be positioned in at least two different switch positions transverse to the laser axis.

8. (Currently Amended) An arrangement according to ~~claims 5 to 7~~ claim 5, characterised in that the switchable device comprises adjustable optics (21; 23) or an adjustable aperture which, in their at least two switch positions, project the input laser beam (2) with different beam cross-sections, in particular with different beam diameters, onto the coupling-side face (8) of the double-clad fibre (1).

9. (Original) An arrangement according to claim 8, characterised in that the adjustable optics (23) can be moved back and forth along the laser beam axis between their at least two

switch positions.

10. (Original) An arrangement according to claim 7, characterised in that the optical element (31) or an aperture is arranged in one switch position outside the beam path of the laser beam (2) and in at least one other switch position at least partially in the beam path of the laser beam (2).

11. (Original) An arrangement according to claim 10, characterised in that the optical element is formed by a beam divider, in particular an optical wedge plate (31), which can be moved into the laser beam (2), to divide the input laser beam (2) into at least two sub-beams (2a, 2b) each of which is coupled into one of the cores (4, 6) of the multi-clad fibre (1).

12. (Currently Amended) An arrangement according to ~~one of claims 5 to 11~~ claim 5, characterised in that the diameter (2 r1) of the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) is maximum approximately 200 µm, in particular maximum approximately 150 µm and preferably maximum approximately 120 µm.

13. (Currently Amended) An arrangement according to ~~one of claims 5 to 12~~ claim 5, characterised in that the ring thickness (r3 - r2) of the at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1) is greater than or equal to the diameter (2 r1) of the inner fibre core (4).

14. (Currently Amended) An arrangement according to ~~one of claims 5 to 13~~ claim 5,

characterised in that, for the multi-clad fibre (1), the numerical aperture of a first cladding (5) surrounding the inner fibre core (4) is higher than the numerical aperture of a second cladding (7) surrounding the at least one outer ring core (6).

15. (Currently Amended) An arrangement according to ~~one of claims 5 to 14~~ claim 5, characterised in that the switchable device (65) comprises, on the input side, two optical fibres (63, 64) via which two different laser beams (61, 62) can be supplied, whereby the switchable device (65) electively couples one laser beam (61) at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) and the other laser beam (62) at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1).

Serial No.: U.S. Nat'l. Phase of PCT/EP2011/055484
Art Unit: Unknown
Inventor: Rudolf HUBER et al.

Attorney's Docket No.: 4074-036
Page 8

REMARKS

This application claims priority to International Patent Application No. PCT/EP2011/055484 filed April 8, 2011 and to German Patent Application No. 10 2010 003 750.8 filed April 8, 2010. This Preliminary Amendment is being filed to remove the multiple dependences from claims 3, 4, 8, 12, 13, 14 and 15 as filed. No new matter has been added. Claims 1-15 will remain pending upon entry of this Preliminary Amendment. A favorable action on the merits of the pending claims is respectfully requested.

Should the Examiner have any questions or determine that any further action is desirable to place this application in even better condition for issue, the Examiner is encouraged to telephone applicants' undersigned representative at the number listed below.

AXINN VELTROP HARKRIDER LLP
950 F Street, N.W.
Washington, D.C. 20004

Tel: 202/912-4700

Respectfully submitted,

RUDOLF HUBER ET AL.

Date: October 4, 2012

By: /Michael D. Bednarek/
Michael Bednarek
Registration No. 32,329

**METHOD AND ARRANGEMENT FOR THE GENERATION OF A LASER BEAM WITH
DIFFERENT BEAM PROFILE CHARACTERISTICS BY MEANS OF A MULTI-CLAD
FIBRE**

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

[001] The invention concerns a method and arrangement for the generation of a laser beam with different beam profile characteristics.

2. Description of Related Art

[002] In materials processing by means of laser beams, different processes and applications have different requirements for characteristic laser beam parameters such as focal diameter, intensity distribution or beam profile quality at the processing point. Therefore, changing a process or application in a laser machining system usually involves the necessary resetting work, which may range from relatively simple replacement of individual optical components to transfer to a different system.

[003] For example, DE 38 33 992 A1 describes a method for achieving specific laser beam properties in which the laser beams of two laser beam sources are coupled into a conventional optical fibre at different coupling angles. A beam is thus created, depending on the coupling angles of the two laser beams, with various wavelengths which are selected to suit the biological or medical processing task at hand. In addition to the use of two laser sources, this method may also employ just one laser source with a variable wavelength. The coupling conditions into the optical fibre depend greatly on the wavelength here. However, if, for example, the applications do not have different wavelengths or rather even require the use of a single wavelength, the method outlined proves not to be optimum on account of its disproportionate complexity for such cases and its limiting specialisation in applications of a different type. Moreover, the method proposed is limited to the beam formation dependent on the wavelength which, in turn, leads to limitations for its potential applications.

SUMMARY OF THE INVENTION

[004] Therefore, the object of the present invention is to indicate a method for generating a laser beam with different laser beam profile characteristics which, using several laser beam sources or just one laser beam source, in particular with a single wavelength, allows an application-specific change to the laser beam characteristics with relatively little effort, and to provide an arrangement for this method. A further aim is to expand the range of adaptation potential of beam profile characteristics to miscellaneous applications as far as possible, while reducing the complexity of the arrangement and the method.

[005] In accordance with the invention, this object is solved by a method in which a laser beam is coupled into one fibre end of a multi-clad fibre, in particular a double-clad fibre, and coupled out of the other end of the multi-clad fibre and, to generate different beam profile characteristics of the output laser beam, the input laser beam is electively coupled either at least into the inner fibre core of the multi-clad fibre or at least into at least one outer ring core of the multi-clad fibre or, however, electively a first laser beam is coupled at least into the inner fibre core of the multi-clad fibre and a different, second laser beam is coupled at least into at least one outer ring core of the multi-clad fibre.

[006] In this invention, a multi-clad fibre means a fibre with one inner fibre core and at least one outer ring core, for example a double-clad fibre with a single outer ring core or also a triple-clad fibre with an additional outer ring core adjacent to the first outer ring core. To change the beam profile characteristics of the output laser beam, the input laser beam is coupled variously into one or more of the cores of the multi-clad fibre.

[007] For the sake of simplicity, the invention will be described in the following using a double-clad fibre. It will be clear to an expert that the principle of the invention can easily also be transferred to multi-clad fibres with additional outer ring cores adjacent to the first outer ring core.

[008] A double-clad fibre with two cores has an inner fibre core and cladding surrounding this fibre core that is as thin and low-refractive as possible. This is followed by a single outer ring core which is also surrounded by low-refractive second cladding. This may be followed by an additional layer of glass which determines the external diameter of the fibre but has no influence on its function in terms of beam

guidance. This is completed by a coating of a synthetic material such as silicone and/or nylon which serves to protect the fibre.

[009] By using a double-clad fibre, the present invention makes it possible to choose between different beam profile characteristics at the fibre output, depending on whether the beam is coupled into the inner fibre core, the outer ring core or into both the inner fibre core and the outer ring core. In material processing using laser beams, in particular using high power in the kW range, the ability to switch between these coupling variants makes it possible, for example to choose between a comparatively good beam quality with a sharp focus as is required, for example, for a laser cutting process, and, in contrast, a 'reduced' beam quality with a 'blurred' focus with almost uniform intensity distribution in the beam cross-section, which is particularly suitable for welding processes.

[0010] To achieve a high laser beam quality, the laser beam is coupled into the inner fibre core of the double-clad fibre, which, in this case, behaves like a conventional standard fibre, the fibre core of which is surrounded by low-refractive cladding. However, if a laser beam with a wider profile and, for example, with uniform intensity is required, the laser beam is coupled into the outer ring core or into both the inner fibre core and the outer ring core. Depending on the application, therefore, at the output of the double-clad fibre, a laser beam can be achieved with a filled circular profile in accordance with the inner fibre core, with a ring profile in accordance with the outer ring core, with a filled circular profile in accordance with the two core areas together (with a narrow missing ring through the first cladding) or with the corresponding intermediate stages of the stated profile characteristics.

[0011] In a preferred version of the method in accordance with the invention, for the elective coupling of the laser beam into the double-clad fibre, relative motion takes place between the input laser beam and the coupling-side face of the double-clad fibre in a direction transverse to the laser beam, in particular in the form of parallel displacement. If the coupling-side face of the double-clad fibre is moved transverse to the laser beam, no additional optical elements are required to switch between the various couplings. With sufficiently long free beam propagation of the laser beam before it strikes the double-clad fibre, angular deflection of the laser beam, which is also understood as deflection transverse to the axis of the coupling-side face, is also possible in order to couple the laser beam into the inner fibre core and/or into the outer

ring core of the double-clad fibre. In this case, this involves rotation of the laser beam axis about a point instead of displacement, whereby the change in the angle of incidence should remain negligible for the coupling.

[0012] In another preferred version of the method in accordance with the invention, for electively coupling of the laser beam into the double-clad fibre, the input laser beam is projected with different beam cross-sections, in particular with different beam diameters, onto the coupling-side face of the double-clad fibre. These different beam diameters can be set, for example with optics that can travel along the laser beam axis such as a lens or aperture which, depending on its travel position, couples the laser beam either only into the inner fibre core or into the outer ring core or into both the inner fibre core and the outer ring core. Alternatively, a different beam cross-section or diameter can also be set by optics such as a lens or aperture being electively moved into or out of the beam path of the laser beam. In another alternative, the beam cross-section or diameter can be adapted to desired coupling conditions into the double-clad fibre using a laser source with alternative guidance options via optical fibres with different beam guidance characteristics, which can, for example, be set via the diameter of the beam guidance optical fibre core. This principle of choosing the coupling conditions into the double-clad fibre can also be applied to the use of the laser beam sources assigned to the upstream optical fibres, in particular to laser beam sources of different beam qualities.

[0013] In another preferred version of the method in accordance with the invention, for the coupling of the laser beam both into the inner fibre core and into the at least one outer ring core, the input laser beam is divided into at least two sub-beams, each of which is coupled into one of the two cores of the double-clad fibre. This allows the division of the beam power between the inner fibre core and the outer ring core to be particularly well controlled if they are to be used simultaneously. With the two sub-beams, it is also possible, in a particularly easy fashion, to omit the area of the first cladding of the double-clad fibre in connection with coupling. Specifically for applications in the high-power area, it is important that no laser beam is coupled into the first or second cladding of the double-clad fibre. Any such beam coupled into the cladding is propagated with a large angle in relation to the fibre axis in the inner fibre core or outer ring core and emerges at the fibre end also with a large angle, as a result of which connecting optics can become heated. In addition, a beam in the second cladding can

destroy the coating of the fibre. To safely prevent the propagation of the laser beam in the cladding, mode strippers can be used, for example. Accordingly, it is preferred also not to couple any laser beam into the double-clad fibre during the switching process in order to prevent any propagation in the cladding. This can be done, for example, by switching the laser off or deflecting the beam into an absorber by using beam shutters.

[0014] In another aspect, the invention also concerns an arrangement suitable for implementing the method described above. The arrangement in accordance with the invention comprises a double-clad fibre with one inner fibre core and at least one outer ring core and a switchable device with at least two switch positions in which the input laser beam is electively coupled either at least into the inner fibre core of the double-clad fibre or at least into the at least one outer ring core of the double-clad fibre or, electively, a first laser beam is coupled at least into the inner fibre core of the multi-clad fibre and a different, second laser beam is coupled at least into one outer ring core of the multi-clad fibre.

[0015] In a preferred embodiment of the arrangement in accordance with the invention, the switchable device is formed by adjustable deflection optics which, in their at least two switch positions, deflect an input laser beam in a direction transverse to the axis of the coupling-side face of the double-clad fibre to varying extents or formed by a control device which, in its at least two switch positions, moves the coupling-side face in a direction transverse to the input laser beam to varying extents. Deflection optics in accordance with the invention mean any adjustable optics that couples a laser beam, depending on the adjustment position, into at least partially different fibre areas of the double-clad fibre.

[0016] In another preferred embodiment of the arrangement in accordance with the invention, the switchable device is formed by mobile optics or a mobile aperture which, in their at least two switch positions, project the input laser beam with different beam cross-sections, in particular with different beam diameters, onto the coupling-side face of the double-clad fibre. The mobile optics can, for example, be prisms, plane-parallel (glass) plates, convex and concave lenses, mirrors, diffractive optical elements, etc. individually or in combinations.

[0017] It is particularly preferred for the optics to be formed by a beam divider, in particular by an optical wedge plate that can be moved into the laser beam, to divide the input laser beam into at least two sub-beams, each of which is coupled into

one of the cores of the double-clad fibre. Advantageously, the division of the intensity between the inner fibre core and the outer ring core depends on how far the beam divider intervenes in the beam path. This makes it possible to adapt the intensity division and thus the beam profile of the output laser beam optimally to each application.

[0018] However, the wedge plate can also be used as a beam switch to couple the laser beam in its entirety either into the inner fibre core or into the outer ring core. Moving/displacing the coupling optics transverse to the optical axis of the laser beam causes a comparable effect. In this version, the coupling optics are located in the beam path in the switchable states, producing different beam deflections, depending on the position of the coupling optics. As the beam is not divided here and the intensities cannot be divided via sub-beams, it is preferred to deflect either into the inner fibre core or into the outer ring core and to switch between at least two states representing these positions.

[0019] Preferably, the diameter of the inner fibre core of the double-clad fibre is maximum approximately 200 μm , in particular maximum approximately 150 μm , preferably maximum approximately 120 μm . For example, with a diameter of the inner fibre core of approximately 100 μm , a good quality of the output laser beam can be achieved for demanding laser applications, such as laser cutting processes, in connection with the beam being coupled into the inner fibre core.

[0020] The ring thickness of the at least one outer ring core of the double-clad fibre is preferably greater than or equal to the diameter of the inner fibre core. The outer ring diameter corresponds to the wider laser beam profile required for specific applications, such as laser welding, and is approximately 600 μm or 400 μm , for example, depending on the application.

[0021] In an advantageous embodiment of the arrangement in accordance with the invention, the numerical aperture of the first cladding surrounding the inner fibre core is higher than the numerical aperture of the second cladding surrounding the at least one outer ring core in a double-clad fibre. As a result, a beam coupled inadvertently into the first cladding can penetrate the second cladding and be emitted and displayed there by a mode stripper. This facilitates the adjustment of the inner fibre core and fault monitoring. For example, the first cladding has a standard numerical aperture of 0.22 (tolerance ± 0.02), whereby the second cladding in this case preferably has a numerical aperture of 0.18 (tolerance ± 0.015) and should be thick enough to guide the laser

beam well, for example 10 μm thick, preferably less, such as 3 to 5 μm , with a cladding core diameter ratio (CCDR) of 1.2. The first cladding forms a conventional transport fibre with the inner fibre core.

[0022] In another preferred embodiment, the switchable device has, on the input side, at least two optical fibres via which at least two different laser beams can be supplied, whereby the switchable device electively couples one laser beam at least into the inner fibre core of the multi-clad fibre and the other laser beam at least into at least one outer ring core of the multi-clad fibre.

[0023] The embodiments described with the use of one or more laser beam sources can also be used in combination, for example within a cascaded system.

[0024] Further advantages of the invention are provided in the following description and the drawing. The embodiments shown and described should not be considered to be an exhaustive list. They are instead examples for the purposes of describing the invention. Similarly, the above-mentioned characteristics and those described below can be used individually or in any combinations.

[0025] The invention is presented in a number of embodiments in the drawing and will be described in further detail in the following description. The presentation in the figures in the drawing should only be considered to be an outline. It contains no restrictions in respect of details or dimensions and is not to scale.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0026] Figs. 1 to 3 show three arrangements in accordance with the invention for generating a laser beam with different beam profile characteristics, in which a laser beam is coupled into the fibre end of a double-clad fibre and emitted from the other fibre end of the double-clad fibre;

[0027] Fig. 4 shows the radial course of the refractive index of the double-clad fibre shown in Figs. 1 to 3.

[0028] Figs. 5a to 5c show various possible beam profiles of the laser beam emitted from the double-clad fibre in Figs. 1 to 3; and

[0029] Fig. 6 shows another arrangement in accordance with the invention for generating a laser beam with different beam profile characteristics, whereby, electively, a first laser beam is coupled into the inner fibre core of a double-clad fibre and a different, second laser beam is coupled both into the inner fibre core and into the outer ring core of the double-clad fibre.

DETAILED DESCRIPTION

[0030] Figs. 1 to 3 show three different arrangements 10, 20, 30 for generating a laser beam with different beam profile characteristics, whereby the laser beam is coupled into one fibre end 1a of a multi-clad fibre 1, which is a double-clad fibre 1 in the present case, and is emitted from the other fibre end 1b of the double-clad fibre 1. The input laser beam is labelled 2 and the emitted laser beam is labelled 3.

[0031] As shown in Fig. 1, the double-clad fibre 1 has an inner fibre core 4 (for example of undoped quartz glass) with a refractive index n_1 and thin first cladding 5 (for example of doped quartz glass) surrounding the inner fibre core 4, the refractive index n_2 of which is lower than n_1 . This is followed by an outer ring core 6 (for example of undoped quartz glass) with refractive index n_3 which is also surrounded by low-refractive second cladding 7 (for example of doped quartz glass) with refractive index n_4 . The refractive indices n_1 and n_3 can be the same or different; the same applies to the refractive indices n_2 and n_4 . This may be followed by an additional layer of glass (not shown) which determines the external diameter of the fibre but has no influence on its function in terms of beam guidance. This is typically completed by a coating (not shown) of a synthetic material such as silicone and/or nylon which serves to protect the fibre.

[0032] Fig. 4 shows an outline of the radial dependence of the refractive index n within the double-clad fibre 1, where $n_1 = n_3$ and $n_2 = n_4$. The figure shows an area with radius r_1 and high refractive index n_1 corresponding to the inner fibre core 4, a ring area between radii r_1 and r_2 with lower refractive index n_2 corresponding to the first cladding 5, a ring area with external radius r_3 and high refractive index n_1 corresponding to the outer ring core 6 and, finally, the second cladding 7 with low refractive index n_2 . On account of the lower refractive index of the cladding 5, 7, light is guided in the inner fibre core 4 and in the outer ring core 6 by means of total reflection.

[0033] To change the beam profile characteristics of the emitted laser beam 3, it is possible, as described below in detail, for the input laser beam 2 striking the coupling-side face 8 of the double-clad fibre 1 to be coupled, by means of a switchable device, electively either into the inner fibre core 4 or into the outer ring core 6 or both into the inner fibre core 4 and into the outer ring core 6 of the double-clad fibre 1.

[0034] In the arrangement 10 shown in Fig. 1, the switchable device for electively coupling the laser beam 2 into the double-clad fibre 1 is formed by adjustable deflection optics 11 with two switch positions, which are represented by continuous and dotted lines. In these two switch positions, the laser beam 2 focused on the coupling-side face 8 is deflected in a direction 12 transverse to the axis of the coupling-side face 8 to varying extents, in particular displaced in parallel to varying extents. In one switch position, the laser beam 2 is coupled centrically or eccentrically to the fibre axis only into the inner fibre core 4 and in the other switch position it is coupled eccentrically to the fibre axis only into the outer ring core 6. In the first case, the emitted laser beam 3 has the beam profile shown in Fig. 5a, i.e. a narrow filled circular profile 51 corresponding to the inner fibre core 4, and a comparatively high beam quality with a sharp focus, as is required for material processing, for example for a laser cutting process. In the second case, the emitted laser beam 3 has the wider beam profile shown in Fig. 5b, i.e. a ring profile 52 corresponding to the outer ring core 6, and a comparatively lower beam quality, as is required for material processing, for example for a laser welding process. Under suitable coupling conditions into the outer ring core 6, the emitted laser beam 3 has a top hat ring beam profile, the quality of which is suitable for many applications.

[0035] The deflection optics 11, the components of which are not shown individually in Fig. 1, are based on beam deflection principles familiar to an expert. In particular, a deflection mirror can be used here. The location of the coupling into the

coupling-side face of the double-clad fibre 1 can be determined by the angular position of the deflection mirror or the deflection mirror can deflect the beam, depending on position, to various outputs which, in turn, define various coupling areas. A semireflecting deflection mirror or a deflection mirror that is only partially in the beam path can also perform the described function of a beam divider. Preferably, the deflection optics 11 contain additional means for coupling the laser beam 2 into the coupling-side face 8 of the double-clad fibre 1, such as, for example, a focusing lens, which can alternatively also be arranged before or after the deflection optics 11.

[0036] A sufficiently long double-clad fibre 1 also allows for angularly homogeneous intensity distribution in the output laser beam 3 with eccentric coupling of the laser beam 2 to the fibre axis into the inner fibre core 4 or the outer ring core 6.

[0037] If, however, the beam is coupled both into the inner fibre core 4 and into the outer ring core 6 of the double-clad fibre 1, the output laser beam 3 has the uniformly filled wide beam profile 53 shown in Fig. 5c with an omitted ring corresponding to the first cladding 5.

[0038] Alternatively (or in addition) to the deflection optics 11, the switchable device for electively coupling the laser beam 2 into the double-clad fibre 1 can also be formed, for example, by a motor-driven control device 13 which displaces the coupling-side face 8 of the double-clad fibre 1 in a direction 12 transverse to the input laser beam 2 to varying extents, whereby the laser beam 2 focused on the coupling-side face 8 can be coupled either into the inner fibre core 4 or into the outer ring core 6.

[0039] In the arrangement 20 shown in Fig. 2a, the switchable device for electively coupling the laser beam 2 into the double-clad fibre 1 is formed by adjustable telescopic/expansion optics 21 which are shown here only in outline. In their switch positions, not shown here, the telescopic/expansion optics 21 expand the input laser beam 2 to different beam diameters. Depending on the beam diameter, the laser beam 2 is then projected by coupling optics (for example a lens) 22 with different beam diameters, in this case different focal diameters, onto the coupling-side face 8 of the double-clad fibre 1. As shown with continuous and dotted lines, the laser beam 2 is, for example, coupled centrically only into the inner fibre core 4 in one switch position of the telescopic/expansion optics 21 and coupled centrically both into the inner fibre core 4 and into the outer ring core 6 in another switch position. In the first case, the output laser beam 3 has beam profile 51 and in the second case beam profile 53.

[0040] Via the diameter of the expanded laser beam 2, the proportion of the laser beam coupled into the outer ring core 6 can be set continuously and thus also the intensity distribution into the inner fibre core 4 and the outer ring core 6, allowing the beam profile of the output laser beam 3 to be adapted to each application optimally.

[0041] In the arrangement 20 shown in Fig. 2b, the switchable device for electively coupling the laser beam 2 into the double-clad fibre 1 is formed by focusing optics 23 shown here as a lens which can be displaced along the laser beam axis to various switch positions, which are represented by continuous, dotted, and dashed and dotted lines. In these switch positions, the input laser beam 2 is coupled by the focusing optics 23 with different beam diameters onto the coupling-side face 8 of the double-clad fibre 1. In one switch position, the focused laser beam 2 is coupled centrically only into the inner fibre core 4. In the two other switch positions, the defocused laser beam 2 is coupled centrically both into the inner fibre core 4 and into the outer ring core 6. In the first case, the output laser beam 3 has beam profile 51 and in the second case beam profile 53.

[0042] In the arrangement 30 shown in Fig. 3, the switchable device for electively coupling the laser beam 2 into the double-clad fibre 1 is formed by a beam switch implemented here only by way of example as an optical wedge plate 31 which can be adjusted continuously between two end positions that are shown with continuous and dotted lines. In one of its end positions, the optical wedge plate 31 is arranged outside the beam path of the input laser beam 2 so that the entire input laser beam 2 is coupled via coupling optics (for example a lens) 32 only into the inner fibre core 4, whereby the output laser beam 3 has beam profile 51. In its other end position, shown by the dotted line, the wedge plate 31 is arranged in the entire beam path of the laser beam 2 so that the entire laser beam 2 is deflected by the wedge plate 31 and is coupled via the coupling optics 32 only into the outer ring core 6, whereby the output laser beam 3 has beam profile 52.

[0043] Moving/displacing the coupling optics 32 transverse to the optical axis of the laser beam 2 causes a comparable effect. In this version, the coupling optics 32 are located in the beam path in the switchable states, producing different beam deflections, depending on the position of the coupling optics 32. As the beam is not divided here and the intensities cannot be divided via sub-beams, it is preferred to

deflect either into the inner fibre core 4 or into the outer ring core 6 and to switch between at least two states representing these positions.

[0044] As indicated with a dotted line, partially introducing the wedge plate 31 into the input laser beam 2 creates two sub-beams 2a, 2b, so that here, for example, the optical wedge plate 31 acts as a beam divider. The first sub-beam 2a is not influenced by the wedge plate 31 and thus continues to be coupled via the coupling optics 32 into the inner fibre core 4, while the second sub-beam 2b is deflected by the wedge plate 31 in relation to the first sub-beam 2a and coupled via the coupling optics 32 into the outer ring core 6. The output laser beam 3 has beam profile 53. Partially introducing the wedge plate 31 into the input laser beam 2 therefore creates two sub-beams 2a, 2b, with a division of intensity between the inner fibre core 4 and the outer ring core 6, depending on the degree of introduction, whereby the beam profile of the output laser beam 3 can be optimally adapted to each application.

[0045] Moreover, the two sub-beams 2a, 2b offer the significant advantage that they omit the area of the first cladding 5 in connection with coupling. Specifically for applications in the high-power area, it is important that no laser beam is coupled into the inner or outer cladding 5, 7. This beam is propagated with a large angle in the inner core or outer ring core and emerges at the fibre end also with a large angle, as a result of which connecting optics can become heated. In addition, the beam in the outer cladding 7 can destroy the coating of the fibre 1.

[0046] A diameter of the inner fibre core 4 of approximately 100 μm guarantees, for typical applications with high power in the kW range, the production of good beam profile quality in connection with coupling the laser beam 2 into the inner fibre core 4. The first cladding 5 is already sufficiently thick, at approximately 10 μm , preferably at approximately 5 μm , to guide the laser beam well. With a ring thickness of the outer ring core 6 of approximately 240 μm , the external diameter of the outer ring core 6 is approximately 600 μm . For certain applications, such as laser welding, this corresponds to the necessary widening of the laser beam profile.

[0047] Fig. 6 shows another arrangement 60 for generating a laser beam with different beam profile characteristics, whereby, electively, a first laser beam 61 is coupled into the inner fibre core 4 of the double-clad fibre 1 and a different, second laser beam 62 is coupled both into the inner fibre core 4 and into the outer ring core 6 of the double-clad fibre 1. The two laser beams 61, 62, which can, for example, have different

beam qualities, are guided in optical fibres 63, 64 to switching optics 65 (for example an optical switch system), shown here only in outline, which can be switched between two switch positions. In one switch position, the first laser beam 61 with the higher beam quality is coupled into the inner fibre core 4 of the double-clad fibre 1 and, in the second switch position, the second laser beam 62 is coupled both into the inner fibre core 4 and into the outer ring core 6 of the double-clad fibre 1. In the first case, the output laser beam 3 has beam profile 51 and in the second case beam profile 53. The double-clad fibre 1 leads to a laser processing machine (not shown) so that the arrangement 60 is used to switch laser beams 61, 62 with different beam qualities for the laser processing machine. However, the laser beam 62 can also only be directed at the outer ring core 6 of the double-clad fibre 1 via the switching optics 65.

[0048] Up to now, laser processing machines that are to be supplied with several laser beams of different beam qualities needed several sockets for the various optical fibres and a corresponding optical switch system to allow the various laser beams to be coupled into the following beam path. For a desired laser beam, the appropriate optical fibre cable has to be manually replugged, which is undesirable on account of an increased risk of soiling, or beam guidance optics are required on the laser processing machines themselves. This is disadvantageous as several optical fibre cables have to be laid within the laser processing machine, the entire switching optics have to be mounted and moved on the axis system of the laser processing machine and the size of the switching optics, in connection with the space available, limits the possibilities or the possible optical concepts.

[0049] In the arrangement 60, the switching optics 65 are supplied on the input side by two lasers with the two laser beams of different beam qualities, and the respective laser beams 61, 62 are coupled into the central double-clad fibre 1 via the switching optics 65. In this way, the switching between the two laser beams 61, 62 is separated from the axis system of the laser processing machine and takes place outside the laser processing machine itself. The laser beams are then supplied to the machine via the double-clad fibre 1. One or more additional light-guiding ring cores around the outer ring core 6 are also conceivable so that additional laser beams with different beam qualities can be guided via the switching optics 65.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A method for generating a laser beam (3) with different beam profile characteristics, characterised in that a laser beam (2; 61, 62) is coupled into the fibre end (1a) of a multi-clad fibre (1), in particular a double-clad fibre, and emitted from the other fibre end (1b) of the multi-clad fibre (1), and for the generation of different beam profile characteristics of the output laser beam (3), either the input laser beam (2; 61, 62) is electively either coupled at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) or at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1) or, electively, a first laser beam (61) is coupled at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) and a different, second laser beam (62) is coupled at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1).
2. A method according to claim 1, characterised in that, for electively coupling of the laser beam (2) into the multi-clad fibre (1), relative motion takes place between the input laser beam (2) and the coupling-side face (8) of the multi-clad fibre (1) in a direction (12) transverse to the laser beam (2).
3. A method according to claim 1 or 2, characterised in that, for electively coupling of the laser beam (2) into the multi-clad fibre (1), the input laser beam (2) with respectively different beam cross-sections, in particular with respectively different beam diameters, is projected onto the coupling-side face (8) of the multi-clad fibre (1).
4. A method according to one of the preceding claims, characterised in that, for the coupling of the laser beam (2) into both the inner fibre core (4) and at least one outer ring core (6), the input laser beam (2) is divided into at least two sub-beams (2a, 2b), each of which is coupled into one of the cores (4, 6) of the multi-clad fibre (1).
5. An arrangement (10; 20; 30; 60) for generating a laser beam (3) with different beam profile characteristics, characterised by:
a multi-clad fibre (1), in particular a double-clad fibre with one inner fibre core (4) and at least one outer ring core (6), and a switchable device (11, 13; 21, 22; 23; 31, 32; 65) with at least two switch positions in which an input laser beam (2; 61, 62) is electively coupled

either at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) or at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1) or, electively, a first laser beam (61) is coupled at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) and a different, second laser beam (62) is coupled at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1).

6. An arrangement according to claim 5, characterised in that the switchable device comprises adjustable deflection optics (11, 22, 31, 32) which, in their at least two switch positions, deflect an input laser beam (2) in a direction (12) transverse to the axis of the coupling-side face (8) to varying extents and/or a control device (13) which, in its at least two switch positions, moves the coupling-side face (8) of the multi-clad fibre (1) in a direction (12) transverse to the input laser beam (2) to varying extents.

7. An arrangement according to claim 6, characterised in that the deflection optics comprises an optical element (22, 31, 32) which can be positioned in at least two different switch positions transverse to the laser axis.

8. An arrangement according to claims 5 to 7, characterised in that the switchable device comprises adjustable optics (21; 23) or an adjustable aperture which, in their at least two switch positions, project the input laser beam (2) with different beam cross-sections, in particular with different beam diameters, onto the coupling-side face (8) of the double-clad fibre (1).

9. An arrangement according to claim 8, characterised in that the adjustable optics (23) can be moved back and forth along the laser beam axis between their at least two switch positions.

10. An arrangement according to claim 7, characterised in that the optical element (31) or an aperture is arranged in one switch position outside the beam path of the laser beam (2) and in at least one other switch position at least partially in the beam path of the laser beam (2).

11. An arrangement according to claim 10, characterised in that the optical element is formed by a beam divider, in particular an optical wedge plate (31), which can be moved into the laser beam (2), to divide the input laser beam (2) into at least two sub-beams (2a, 2b) each of which is coupled into one of the cores (4, 6) of the multi-clad fibre (1).

12. An arrangement according to one of claims 5 to 11, characterised in that the diameter ($2 r_1$) of the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) is maximum approximately 200 μm , in particular maximum approximately 150 μm and preferably maximum approximately 120 μm .

13. An arrangement according to one of claims 5 to 12, characterised in that the ring thickness ($r_3 - r_2$) of the at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1) is greater than or equal to the diameter ($2 r_1$) of the inner fibre core (4).

14. An arrangement according to one of claims 5 to 13, characterised in that, for the multi-clad fibre (1), the numerical aperture of a first cladding (5) surrounding the inner fibre core (4) is higher than the numerical aperture of a second cladding (7) surrounding the at least one outer ring core (6).

15. An arrangement according to one of claims 5 to 14, characterised in that the switchable device (65) comprises, on the input side, two optical fibres (63, 64) via which two different laser beams (61, 62) can be supplied, whereby the switchable device (65) electively couples one laser beam (61) at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) and the other laser beam (62) at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1).

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

The invention concerns a method for generating a laser beam (3) with different beam profile characteristics, whereby a laser beam (2) is coupled into one fibre end (1a) of a multi-clad fibre (1), in particular a double-clad fibre, and emitted from the other fibre end (1b) of the multi-clad fibre (1) and whereby, to generate different beam profile characteristics of the output laser beam (3), the input laser beam (2) is electively coupled either at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) or at least into at least one outer ring core (6) of the multi-clad fibre (1), as well as a corresponding arrangement (10).

(Fig. 1)

1/5

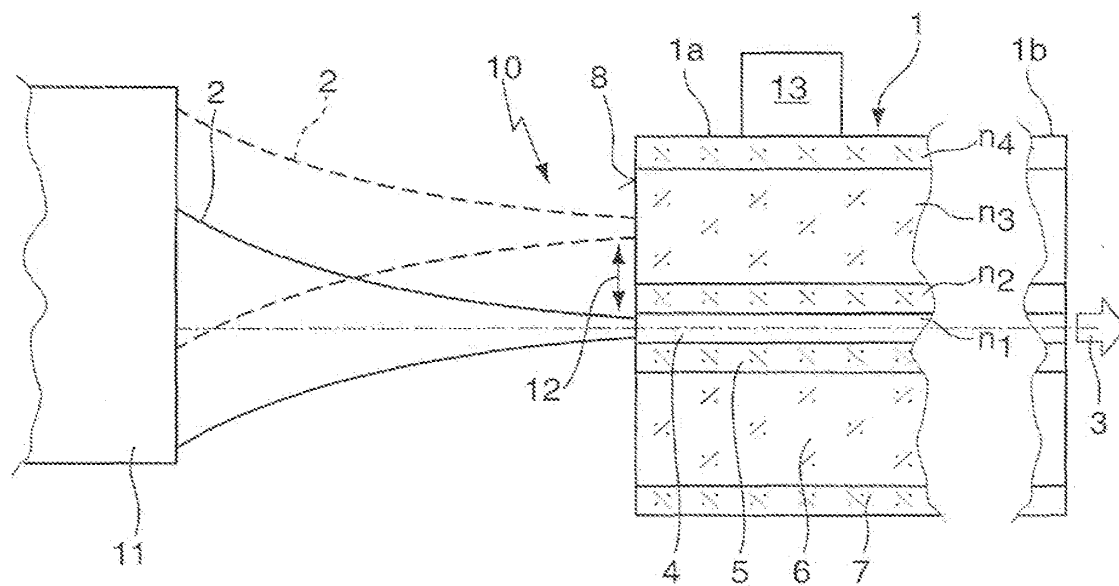


Fig. 1

2 / 5

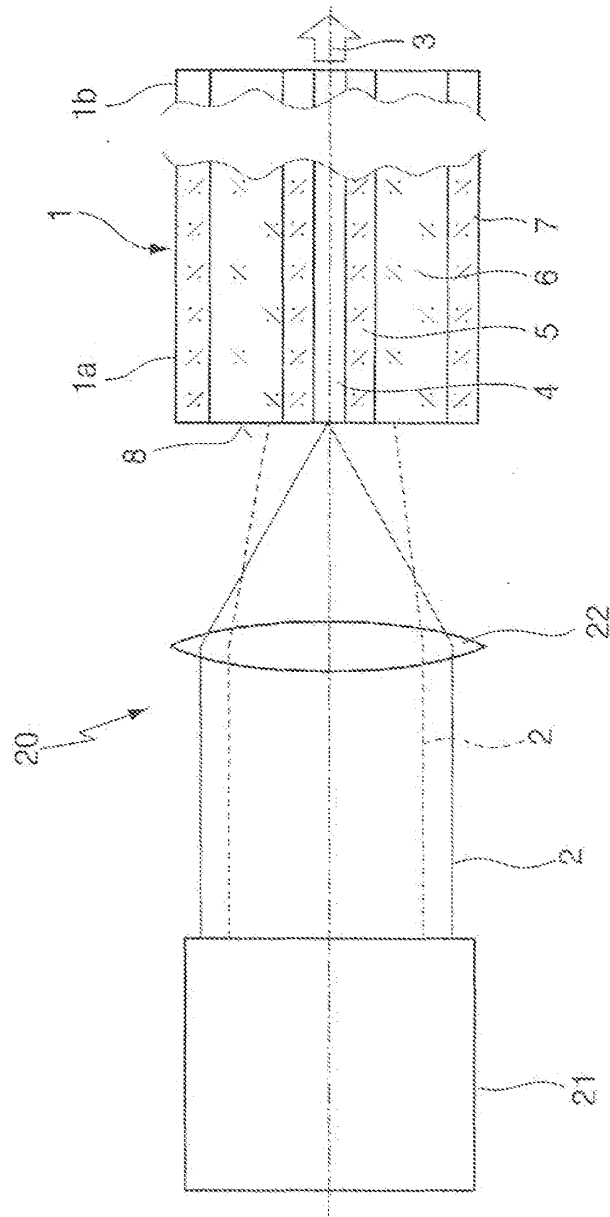


Fig. 2a

3/5

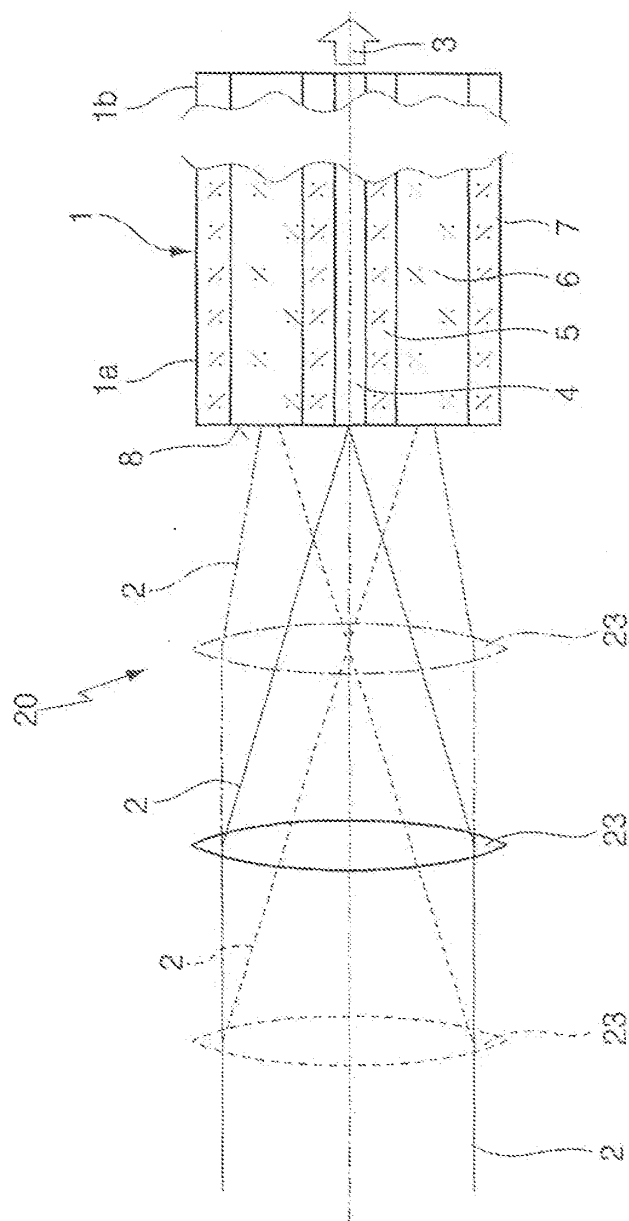


Fig. 2b

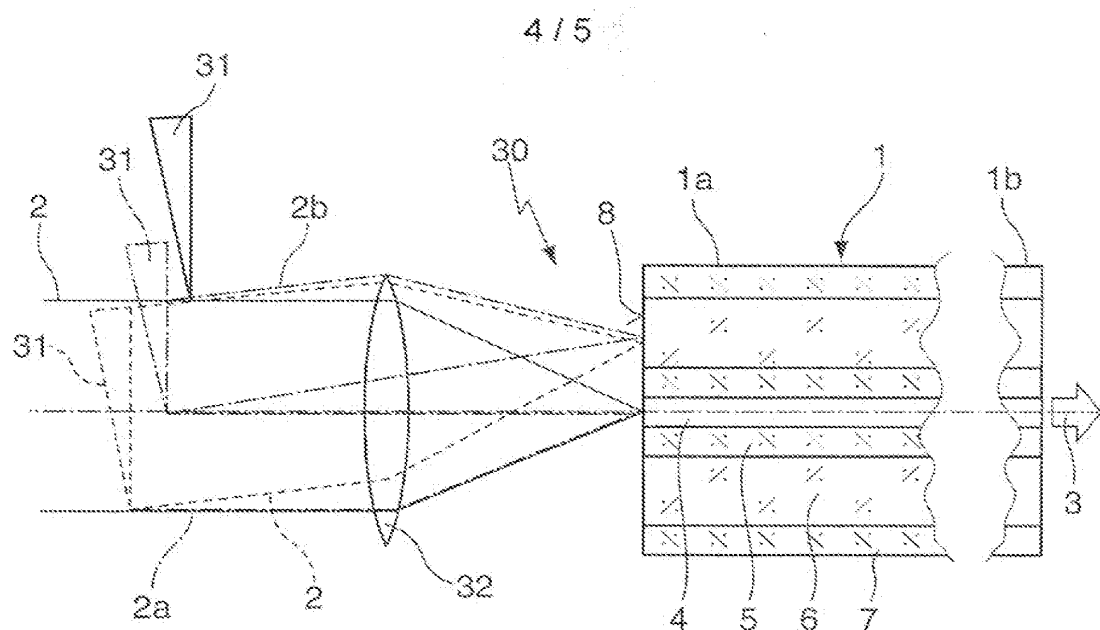


Fig. 3

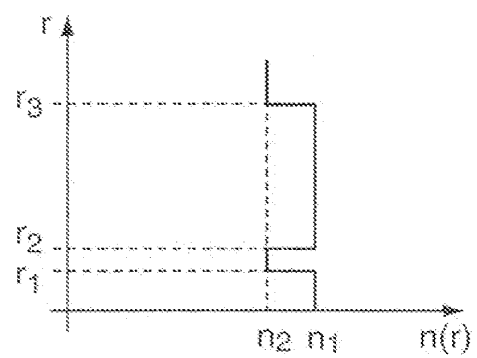


Fig. 4

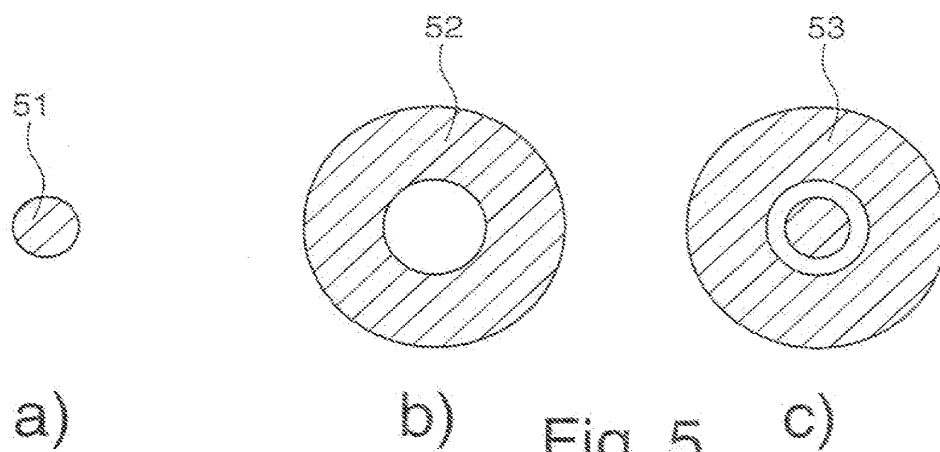
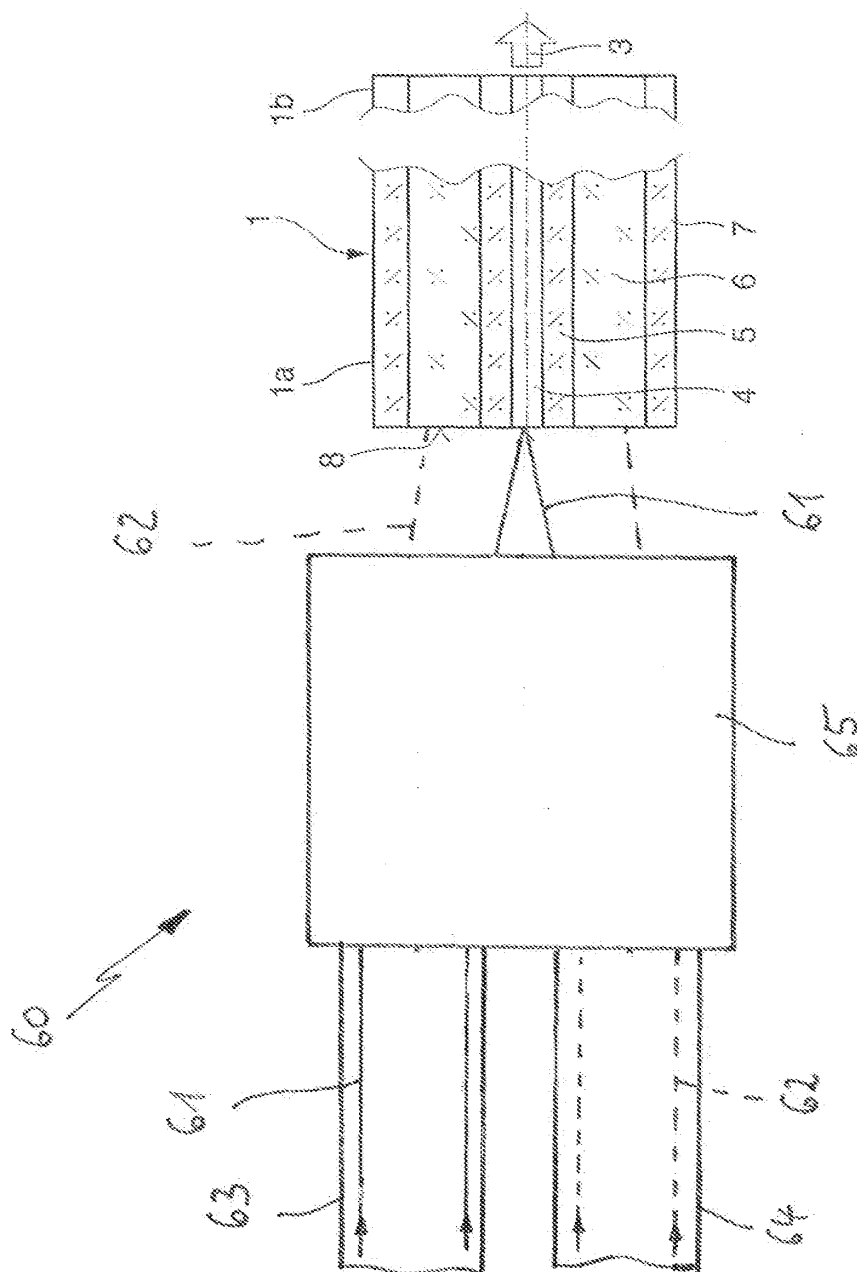


Fig. 5

5/5



2

Doc code: IDS

Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

PTO/SB/08a (01-10)

Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		
	Filing Date		2012-10-04
	First Named Inventor	Rudolf HUBER	
	Art Unit	TBD	
	Examiner Name	TBD	
	Attorney Docket Number	4074-036	

U.S.PATENTS						Remove
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code ¹	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	4475788	A	1984-10-09	Tomassini et al.	
	2	4575181	A	1986-03-11	Ishikawa	
	3	5684642	A	1997-11-04	Zumoto et al.	

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

Add

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS						Remove
Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code ¹	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20020071647	A1	2002-06-13	Manzur	
	2	20060251367	A1	2006-11-09	Seifert et al.	
	3	20020168139	A1	2002-11-14	Clarkson et al.	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number			
	Filing Date		2012-10-04	
	First Named Inventor	Rudolf HUBER		
	Art Unit	TBD		
	Examiner Name	TBD		
	Attorney Docket Number	4074-036		

	4	20020172485	A1	2002-11-21	Keaton et al.	
	5	20060263024	A1	2006-11-23	Dong et al.	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button. **Add**

FOREIGN PATENT DOCUMENTS								Remove
Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number ³	Country Code ² i	Kind Code ⁴	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T ⁵
	1	4200587	DE	C1	1993-04-01	Kobayashi et al.		☐
	2	3833992	DE	A1	1990-04-12	Messerschmitt Boelkow		☐
	3	2284892	FR	A1	1976-04-09	Thomson CSF		☐
	4	2449689	GB	A	2008-12-03	Fujitsu Limited		☐

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button **Add**

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS				Remove
Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T ⁵	
	1	Copy of International Search Report dated May 6, 2011	☐	

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		
	Filing Date		2012-10-04
	First Named Inventor	Rudolf HUBER	
	Art Unit	TBD	
	Examiner Name	TBD	
	Attorney Docket Number	4074-036	

	2	Copy of German Office Action dated November 22, 2010	☐
--	---	--	--------------------------

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button **Add**

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature		Date Considered	
--------------------	--	-----------------	--

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

¹ See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. ² Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). ³ For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. ⁴ Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. ⁵ Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)	Application Number		
	Filing Date		2012-10-04
	First Named Inventor	Rudolf HUBER	
	Art Unit	TBD	
	Examiner Name	TBD	
	Attorney Docket Number	4074-036	

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☒ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Michael D. Bednarek/	Date (YYYY-MM-DD)	2012-10-04
Name/Print	Michael D. Bednarek	Registration Number	32,329

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these records.
2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.
3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.
4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).
5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.
6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).
7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.
8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.
9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 42 00 587 C 1

51 Int. Cl.⁵:
A61 B 17/36
G 02 B 6/18
G 02 B 6/22

21 Aktenzeichen: P 42 00 587.6-35
22 Anmeldetag: 11. 1. 92
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 1. 4. 93

DE 42 00 587 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Schott Glaswerke, 6500 Mainz, DE

74 Vertreter:

Fuchs, J., Dr.-Ing. Dipl.-Ing. B.Com.; Luderschmidt,
W., Dipl.-Chem. Dr.phil.nat.; Seids, H., Dipl.-Phys.;
Mehler, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Weiß, C.,
Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anwälte, 6200 Wiesbaden

72 Erfinder:

Kobayashi, Noboru; Bader, Hubert, 6500 Mainz, DE

66 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

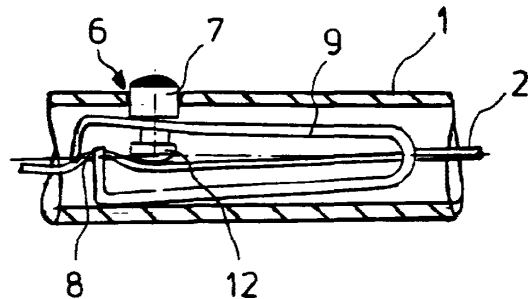
DE 39 12 400 C1

DE 38 33 992 A1

GERRARD, A., BURCH, J.M.: Introduction to Matrix
Methods in Optics London: John Wiley & Sons, 1975
S.151-161 - ISBN 0-471-29685-6;

64 Lichtwellenapplikator zum Schneiden und Koagulieren von biologischem Gewebe

57 Die Erfindung betrifft einen Lichtwellenapplikator zum Schneiden und Koagulieren von biologischem Gewebe. Dabei weist der Applikator eine flexible Lichtleitfaser (2) auf mit einem über ihren Querschnitt nichtkonstanten Brechzahlprofil. Das Licht eines Lasers (3) wird über eine Fokussiereinrichtung (4) endseitig in die Lichtleitfaser (2) eingespeist. Behandlungsseitig weist die Lichtleitfaser (2) ein freies Ende auf, so daß sie gezielt an die zu behandelnde Stelle im menschlichen Körper geführt werden kann, um entsprechend dem eingestellten Abstrahlwinkel (13) die durchzuführende Behandlung vorzunehmen. Zwischen dem Einspeisungsende und dem freien, behandlungsseitigen Ende ist ein Manipulator (6) angeordnet, der gezielt in einem Teilbereich der Lichtleitfaser (2) dieser eine Krümmung (8) zur Überkopplung des Laserlichtes über Bereiche unterschiedlicher Brechungsindizes verleihen kann, so daß am freien, behandlungsseitigen Ende das Laserlicht mit einem großen Abstrahlwinkel zur Koagulation oder bei Entkrümmung der Lichtleitfaser (2) ein kleiner Abstrahlwinkel (13) zur schneidenden Behandlung austritt.



DE 42 00 587 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Lichtwellenapplikator, der ohne schwere operative Eingriffe eine Laserbehandlung im menschlichen Körper ermöglicht. Dabei wird zum Schneiden von Gewebe eine möglichst hohe Lichtintensität am Zielort gefordert, um einen hohen Schneideffekt zu erreichen. Zu diesem Zweck sind Lichtleitfasern mit kleinen Numerischen Aperturen vorteilhaft, da der Lichtstrahl dann mit kleinem Öffnungswinkel austritt und bei einer vorgewählten Entfernung von der zu behandelnden Stelle einen kleinen Laserfleck mit einer hohen Lichtleistungsdichte erzeugt. Dagegen ist eine Lichtleitfaser mit höherer Numerischer Apertur zum Koagulieren des Gewebes vorteilhafter. Der Lichtstrahl tritt dabei mit großem Öffnungswinkel aus und erzeugt in der vorgewählten Entfernung an der zu behandelnden Stelle einen großen Lichtfleck mit einer dementsprechend niedrigen Lichtleistungsdichte.

Zur Durchführung einer derartigen Laserbehandlung wird in der DE 38 33 992 A1 eine Lichtleiter-Bestrahlungseinrichtung für Laserschneiden und Koagulieren gezeigt, bei der in einer einzigen Faser zwei Laserlichtbündel schräg eingekoppelt werden, wobei das erste Lichtbündel am distalen Faserende axial und das zweite Lichtbündel zirkumferenziell abgestrahlt wird. Nachteilig bei der Einrichtung nach dem Stand der Technik ist es, daß eine aufwendig geteilte Fokussieroptik verwendet wird und zur Durchführung der einzelnen operativen Verfahren eine aufwendige Umschalttechnik erforderlich ist.

Weiterhin sind im Stand der Technik, so zum Beispiel in der DE 39 12 400 C1, eine optische Stufenindexfaser zur Übertragung von Laserlichtstrahlung mit hoher Leistung beschrieben, welche ein im Kern treppenförmig abgestuftes Profil besitzt, wobei die Strahlung im Kernbereich eingekoppelt wird. Die Faser ist geeignet, bei kleinen Biegeradien die Strahlung vollständig, d. h. ohne Abstrahlungsverluste, nach außen zu übertragen in der Art, daß bei Überschreiten eines bestimmten Biegeradius die Strahlung vom inneren Kernbereich in einen äußeren Kernbereich überkoppelt und dann sowohl im Kernbereich als auch im Außenbereich weitergeleitet wird. Derartige Überkopplungseffekte sind in der Nachrichtentechnik unerwünscht, da sie zu fehlerhaften Informationsübertragungen führen.

Es ist vor dem aufgezeigten Hintergrund die Aufgabe der Erfindung, einen Lichtwellenapplikator für medizinische Zwecke so weiterzuentwickeln, daß sein Einsatz und seine Handhabung zum Schneiden und Koagulieren von biologischem Gewebe schnell und einfach erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

In der Praxis besteht bei der Laserbehandlung der Bedarf, während des Eingriffes bestehende Blutungen durch Koagulieren des Gewebes und der Gefäße zum Stillstand zu bringen. Dies wird gemäß der Erfindung erreicht durch die Verwendung einer Lichtleitfaser mit speziellem Profil, bei der mit einem manipulierenden Teil des Applikators definiert Änderungen derart hervorgerufen werden, daß der Abstrahlwinkel der Laserstrahlung geändert werden kann. Dazu werden Lichtleitfasern mit Profilen verwendet, welche Licht mit unterschiedlichen Aperturen führen können. Insbesondere werden dabei Gradientenindexprofile oder treppenförmige Stufenprofile bevorzugt.

Der Manipulator des faseroptischen Applikators be-

steht aus einem mechanischen Teil, der eine definierte S-förmige Krümmung in einem Teilbereich der Lichtleitfaser hervorruft. Die Krümmungsradien sind hierbei so klein, daß Strahlungsüberkopplungen von einem inneren Kernbereich der Faser in einen äußeren Kernbereich der Faser erfolgen. Ohne besondere Manipulation der Faser wird die Strahlung durch Totalreflexion innerhalb des Kerns weitergeleitet und tritt am distalen Ende der Faser mit der minimalen Numerischen Apertur aus. Wird statt dessen die Faser mittels des Manipulators einer S-förmigen Krümmung unterworfen, so koppelt an der Krümmungsstelle Strahlung vom Kernbereich in den äußeren Kernbereich über, und die Strahlung wird im weiteren Verlauf sowohl im Kernbereich als auch im umgebenden äußeren Bereich geführt. Am distalen Ende tritt dann die Strahlung mit einer maximalen Numerischen Apertur aus. Im ersten Fall wird die Laserstrahlung zum Schneiden, im zweiten Fall zum Koagulieren verwendet. Durch den Einsatz eines Manipulators zur Einleitung des Überkopplungseffektes in einer Lichtleitfaser wurde in vorteilhafter Weise erreicht, daß die Laserbehandlung im menschlichen Körper vereinfacht wurde, wobei die Bestrahlungseinrichtung selbst wesentlich kostengünstiger herzustellen ist.

Nach einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung ist mittels des Manipulators eine Druckkraft zur Krümmung der Faser aufbringbar. Eine be- oder entlastende Druckkraft mittels des Manipulators einzuleiten, bedeutet für den behandelnden Arzt eine leichte Handhabung des Applikators, um im menschlichen Körper an der zu behandelnden Stelle schnell und einfach nach dem Schneidvorgang die sofortige Blutstillungsbehandlung einzuleiten.

Zweckmäßigerweise ist der Manipulator als federnde Bügelklemme ausgebildet, die die Lichtleitfaser mittels endseitig versetzt angeordneter Klemmstifte ein- klemmt, wobei ein Klemmstift die Faser über- und der entgegengerichtete Klemmstift die Faser untergreift.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Bügelklemme am übergreifenden Bereich einen Druckknopf mit einem Stempel auf, der beim Klemmvorgang gegen die Lichtleitfaser preßbar ist, wobei der untergreifende Klemmstift die Lichtleitfaser zwischen dem übergreifenden Klemmstift und dem Stempel einklemmt. Durch diese Klemmanordnung wird die Lichtleitfaser in eine S-förmige Krümmung gedrückt, die zu dem beschriebenen Überkopplungseffekt führt.

Nach einer Ausführungsform der Erfindung ist die Lichtleitfaser eine Stufenindexfaser mit einem Kernbereich und einem Mantel, wobei der Glaskern doppelstufige Brechungsindizes aufweist in der Art, daß der Brechungsindex des inneren Kernbereiches größer ist als der Brechungsindex des äußeren Kernbereiches und der Glasmantel einen kleineren Brechungsindex besitzt als der äußere Kernbereich.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist die Lichtleitfaser eine Stufenindexfaser mit einem Glaskern und einem Mantel aus einem Kunststoffcoating, wobei der Glaskern einen höheren Brechungsindex besitzt als der Kunststoffmantel und das Coating aus zwei Coatinglagen besteht, von denen die innere Lage einen Brechungsindex besitzt, welcher niedriger ist als der Brechungsindex der äußeren Lage.

Nach einer weiteren Ausführungsform ist die Lichtleitfaser eine Stufenindexfaser mit einem Kernbereich, einem Zwischenmantel, einem weiteren Kernbereich und einem Fasermantel, wobei der innere Kernbereich

einen kleineren Brechungsindex hat als der äußere Kernbereich und der Zwischenmantel einen kleineren Brechungsindex hat als der innere Kernbereich und der Fasermantel einen Brechungsindex hat, der kleiner ist oder gleich dem Brechungsindex des Zwischenmantels.

Nach einer weiteren zweckmäßigen Ausbildung der Erfindung weist die optische Faser einen Kern und einen Mantel auf, wobei der Kern einen gradientenförmigen Brechzahlverlauf aufweist, der im wesentlichen nach einem r^2 -Gesetz verläuft, wobei der Kern an der Grenzfläche zum Mantel einen kleineren Brechungsindex besitzt als die Kernmitte.

In Weiterbildung weist die Stufenindexfaser einen Kern und einen Mantel auf, wobei der Kern einen gradientenförmigen Brechzahlverlauf besitzt, der im wesentlichen nach einem r^2 -Gesetz verläuft, der Kernbereich vom Mantel durch einen Zwischenmantel getrennt ist und der Zwischenmantel einen kleineren Brechungsindex aufweist als der Kernbereich.

Die Erfindung wird nunmehr anhand der in den Figuren schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Applikators gemäß der Erfindung,

Fig. 2 eine geschnittene Teilansicht eines Manipulators in der entspannten Stellung,

Fig. 3 eine teilweise geschnittene Stufenindexfaser in der entspannten Stellung nach **Fig. 2**,

Fig. 4 eine weitere geschnittene Teilansicht eines Manipulators in der gespannten Stellung,

Fig. 5 eine teilweise geschnittene, S-förmig gekrümmte Stufenindexfaser gemäß **Fig. 4**,

Fig. 6 eine schematische Darstellung des Brechzahlverlaufes entlang des Querschnittes einer Ausführungsform einer Stufenindexfaser,

Fig. 7 eine weitere schematische Darstellung des Brechzahlverlaufes entlang des Querschnittes einer Stufenindexfaser in einer anderen Ausführungsform.

Die **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Lichtwellenapplikators zum Schneiden und Koagulieren von biologischem Gewebe. Dabei weist der Applikator einen armierten Lichtwellenleiter **1** mit einer flexiblen optischen Stufenindexfaser **2** auf, in die das Licht eines Lasers **3** über eine Fokussiereinrichtung **4** einseitig eingekoppelt wird. Zur Trennung oder zum Wechseln des Lichtwellenleiters **1** ist an dessen Einkopplungsende ein optischer Stecker **5** vorgesehen, der mit der Fokussiereinrichtung **4** verbindbar ist.

Behandlungsseitig (distal) kann die Stufenindexfaser **2** gezielt an die zu behandelnde Stelle geführt werden, um entsprechend dem Abstrahlwinkel **13** die gewünschte Behandlung im menschlichen Körper vorzunehmen. Zwischen dem Einkopplungsende und dem freien behandlungsseitigen Ende des Lichtwellenleiters **1** ist ein Manipulator **6** angeordnet, der gezielt in einem Teilbereich des Lichtwellenleiters **1** der Stufenindexfaser **2** eine Krümmung **8** verleihen kann, so daß am freien behandlungsseitigen Ende das Laserlicht in einem großen Abstrahlwinkel **13** zur Koagulation von Gewebe oder bei Entkrümmung des Lichtwellenleiters **1** ein kleiner Abstrahlwinkel **13** zur schneidenden Behandlung austritt.

Zur Krümmung **8** der Stufenindexfaser **2** (**Fig. 4**) wird eine Druckkraft über einen Druckknopf **7** am Manipulator **6** auf die Stufenindexfaser **2** ausgeübt, so daß der Überkopplungseffekt in der Stufenindexfaser **2** zur Koagulationsbehandlung entsteht. Bei Entlastung des Druckknopfes **7** (**Fig. 2**) bildet sich die Krümmung **8**

zurück, so daß der Überkopplungseffekt aufgehoben wird und die Bestrahlungseinrichtung zum Schneiden benutzt werden kann. Dies erfolgt durch eine einfache entlastende Handbewegung des behandelnden Arztes am Manipulator **6**.

Der Manipulator **6** selbst ist als eine federnde Bügelklemme **9** ausgebildet. Die Bügelklemme **9** weist dabei endseitig versetzt angeordnete Klemmstifte **10**, **11** auf, die die Stufenindexfaser **2** zangenartig einklemmen. Der Klemmstift **10** übergreift die Stufenindexfaser **2** von oben her, wobei der Klemmstift **11** die Stufenindexfaser von unten her untergreift. Mit dem übergreifenden Bereich der Bügelklemme **9** ist der Druckknopf **7** verbunden, der mit einem Stempel **12** zusammenwirkt.

Beim Klemmvorgang wird der Stempel **12** von oben her gegen die Stufenindexfaser **2** gepreßt. Die dadurch hervorgerufene S-förmige Krümmung **8** erfolgt dadurch, daß der untergreifende Klemmstift **11** zwischen dem oberhalb angeordneten übergreifenden Klemmstift **10** und dem Stempel **12** eindringt.

Fig. 3 zeigt die Stufenindexfaser **2** mit den Brechungsprofilen n_1 , n_2 und n_3 ohne den Manipulator **6** in nicht gekrümmtem Zustand. Ohne besondere Manipulation der Stufenindexfaser **2** wird die Strahlung durch Totalreflexion innerhalb des Kernes **14** mit der Brechzahl n_1 weitergeleitet, so daß am distalen Ende der Stufenindexfaser **2** die Strahlung mit der minimalen Numerischen Apertur austritt. Wird statt dessen die Stufenindexfaser **2**, wie in **Fig. 4** dargestellt, einer S-förmigen Krümmung **8** unterworfen, so koppelt an der Krümmungsstelle **8** die Strahlung vom Kernbereich **14** mit der Brechzahl n_1 in den umgebenden Kernbereich **15** mit der Brechzahl n_2 über und tritt dann am distalen Ende mit der maximalen Numerischen Apertur aus.

Aufgrund dieser einfachen Betätigungseinrichtung kann die Stufenindexfaser **2** zum Schneiden, dargestellt in den **Fig. 2** und **3**, und zum Koagulieren, dargestellt in den **Fig. 4** und **5**, eingesetzt werden.

Die Stufenindexfaser **2** kann dabei verschiedene Ausführungsformen aufweisen. In einer Ausführung mit einem treppenförmigen Brechzahlprofil, dargestellt in **Fig. 6**, wird der Laserstrahl in den inneren Kernbereich mit der Brechzahl n_1 fokussiert. Dabei muß gelten, daß das Strahlungsprodukt ($\Theta_L \times D_L$) des Laserstrahls kleiner oder gleich der entsprechenden Größe $2 \times NA_1 \times D_1$ der Faser ist, wobei NA_1 die Numerische Apertur und D_1 der Durchmesser des inneren Kernbereiches der Faser ist. Das Strahlprodukt ist eine wichtige Kenngröße des Strahls. Für einen zur Achse rotationsymmetrischen Strahl ist es das Produkt aus dem Durchmesser D in Metern mit einem vollen Divergenzwinkel Θ in rad des Strahls an seiner engsten Stelle (Taille). Die entsprechende Größe bei einer Faser ist das Produkt aus dem Akzeptanzvollwinkel des Faserkerns Θ_F mit dem Durchmesser D_K des Faserkerns in Metern. Näherungsweise wird im allgemeinen der Akzeptanzvollwinkel Θ_F der Faser ausgedrückt durch den Wert $2NA$, wobei NA die Numerische Apertur der Faser ist und die Beziehung gilt: $\sin(\Theta_F/2) = NA$.

Die Numerische Apertur wird bestimmt durch die Brechzahldifferenz zwischen der strahlungsleitenden Schicht mit der Brechzahl n_1 und der Nachbarschicht mit der Brechzahl n_2 :

$$2NA_1 = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}.$$

Hierbei ist vorausgesetzt, daß $n_1 > n_2$ gilt. Aus der Angabe der Numerischen Apertur kann der Fachmann

mit der Kenntnis der Faserbestandteile die richtigen Brechzahlen bzw. Brechzahlverhältnisse angeben.

Als Beispiel ist in Fig. 6 das Brechzahlprofil einer Faser dargestellt, die einen Kern mit den Brechzahlen n_1 und n_2 , mit $n_1 > n_2$ und einen Mantel mit der Brechzahl n_3 besitzt, wobei $n_2 > n_3$ ist. Ein Laserstrahl

mit $(\Theta_L \times D_L) \leq 2NA_1 \times D_1$, wobei

$$NA_1 = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

und D_1 der Durchmesser des Kernes A ist, wird in den Kernbereich fokussiert.

Ohne eine Manipulation (Fig. 3) der Faser wird die Strahlung durch Totalreflexion innerhalb des Kernes 14 weitergeleitet und tritt am distalen Ende der Faser mit der minimalen Numerischen Apertur NA_1 aus. Wird statt dessen die Faser z. B. mittels des Manipulators 6 (Fig. 5) einer S-förmigen Krümmung 8 unterworfen, so koppelt an der Krümmungsstelle Strahlung vom Kernbereich 14 in den Kernbereich 15 über, und die Strahlung wird im weiteren Verlauf sowohl im Kernbereich 14 als auch im Kernbereich 15 geführt. Am distalen Ende tritt dann die Strahlung aus mit einer Numerischen Apertur

$$NA_3 = (NA_1^2 + NA_2^2)^{1/2},$$

wobei

$$NA_2 = (n_2^2 - n_3^2)^{1/2}$$

ist. Im ersten Fall (Fig. 3) wird die Laserstrahlung zum Schneiden, im zweiten Fall (Fig. 5) zum Koagulieren verwendet.

Nach einer weiteren Ausführungsform kann die gleiche Wirkung erzielt werden, wenn statt eines Doppelkernes 14, 15 ein einfacher Kern mit der Brechzahl n_1 verwendet wird, dafür aber der Faser-Überzug in einer Doppelschicht derart ausgebildet ist, daß die erste Überzugsschicht einen Brechungsindex n_2 besitzt, der kleiner ist als der Brechungsindex n_3 des Fasermantels. Hierbei gilt wieder $n_1 > n_2 > n_3$. Die Strahlung wird nach Betätigen des Manipulators 6 sowohl im Faserkern als auch im Fasermantel geführt.

In einer dritten Ausführungsform besteht die Faser, deren Brechzahlprofil in Fig. 7 dargestellt ist, aus einem Kernbereich D mit der Brechzahl n_1 , der durch eine Zwischenmantelschicht Z mit der Brechzahl n_2 von einem weiteren Kernbereich E mit der Brechzahl n_3 getrennt ist. An den Kernbereich E schließt sich der Fasermantel G mit der Brechzahl n_4 an. Es gilt die Bedingung $n_3 > n_1 > n_2 \geq n_4$.

Die Laserstrahlung wird wiederum in den Kern D mit dem Brechungsindex n_1 eingekoppelt und tritt am distalen Faserende mit der Numerischen Apertur

$$NA_1 = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

aus. Wird der Manipulator 6 betätigt, so koppelt Laserstrahlung an der Krümmungsstelle 8 über den Zwischenmantel Z in den Kernbereich E mit dem Brechungsindex n_3 über und wird dann sowohl vom Kern D als auch bevorzugt vom Kern E geführt und tritt am distalen Faserende mit der Numerischen Apertur

$$NA_3 = (n_3^2 - n_4^2)^{1/2}$$

Nach einer weiteren, nicht dargestellten Ausführungsform hat der Kernbereich einer Faser mit einem Mantel einen gradientenförmigen Brechzahlverlauf, der im wesentlichen nach einem r^2 -Gesetz verläuft, und eine Brechzahl n_1 in der Fasermitte und eine Brechzahl n_2 an der Grenzfläche zum Fasermantel mit $n_1 > n_2$ aufweist. Der Kernbereich der Faser ist so überdimensioniert, daß das Strahlprodukt $(\Theta_L \times D_1)$ des Lasers relativ klein ist und bei einer r^2 -Faser gegeben ist durch $(NA \times DK)$, wobei

$$NA = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

ist. Die Laserstrahlung wird derartig in die Faser eingekoppelt, daß sich in der Faser die Lasermoden mit ebener Wellenfront ausbreiten, wie dies z. B. bei A. Gerrard, H. M. Burch, Introduction to Matrix Methods in Optics, Kapitel III, 9, beschrieben ist. Die Laserstrahlung breitet sich bei unbetätigtem Manipulator 6 somit nur in einem kleinen Bereich in der Kernmitte aus und tritt am distalen Ende mit kleinerer Numerischer Apertur aus, als es der Beziehung

$$NA = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

entspricht.

Nach dem Betätigen des Manipulators 6 werden durch die induzierte Faserkrümmung 8 Modenkopplungseffekte derart ausgelöst, daß sich nun die Laserstrahlung längs des gesamten Faserkerns ausbreitet und am distalen Faserende mit der Numerischen Apertur

$$NA = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

austritt.

Patentansprüche

1. Lichtwellenapplikator zum Schneiden und Koagulieren von biologischem Gewebe mittels Laserstrahlung, der eine flexible Lichtleitfaser (2) aufweist mit einem über ihren Querschnitt nichtkonstanten Brechzahlprofil, wobei die Numerische Apertur der Lichtleitfaser gezielt und reproduzierbar durch Betätigen eines Manipulators (6) veränderbar ist, wobei der Manipulator (6) der Lichtleitfaser (2) in einem ihrer Teilbereiche eine Krümmung (8) zu verleihen vermag, derart, daß eine Überkopplung des Laserlichtes über Bereiche unterschiedlicher Brechungsindizes der Lichtleitfaser (2) stattfindet.

2. Lichtwellenapplikator nach Anspruch 1, bei dem mittels des Manipulators (6) eine Druckkraft auf die Lichtleitfaser (2) zur Erzeugung der Krümmung (8) aufbringbar ist, wobei im Krümmungsbereich der Lichtleitfaser (2) die Überkopplung des Laserlichtes stattfindet zur Koagulation und bei Entlastung der Druckkraft die Strahlung zum Schneiden einsetzbar ist.

3. Lichtwellenapplikator nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Manipulator (6) als federnde Bügelschlinge (9) ausgebildet ist, welche die Lichtleitfaser (2) mittels distal versetzt angeordneter Klemmstifte (10, 11) einklemmt, wobei der Klemmstift (10) die Lichtleitfaser (2) übergreift und der entgegengerichtete Klemmstift (11) die Lichtleitfaser untergreift.

4. Lichtwellenapplikator nach einem der Ansprü-

che 1 bis 3, bei dem die Bügelklemme (9) am übergreifenden Bereich einen Druckknopf (7) mit einem Stempel (12) aufweist, der beim Klemmvorgang gegen die Lichtleitfaser (2) preßbar ist und bei dem der untergreifende Klemmstift (11) die Lichtleitfaser (2) zwischen dem übergreifenden Klemmstift (10) und dem Stempel (12) einklemmt.

5. Lichtwellenapplikator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Lichtleitfaser (2) eine Stufenindexfaser mit einem Kern und einem Mantel ist, wobei der Kern doppelstufige Brechungsindizes besitzt, in der Art, daß der Brechungsindex (n_1) des inneren Kernbereiches größer ist als der Brechungsindex (n_2) des äußeren Kernbereiches und der Mantel einen kleineren Brechungsindex (n_3) besitzt als der äußere Kernbereich.

6. Lichtwellenapplikator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Lichtleitfaser (2) eine Stufenindexfaser mit einem inneren Kernbereich (D), einem Zwischenmantel (F), einem äußeren Kernbereich (E) und einem Fasermantel (G) ist, wobei der innere Kernbereich (D) einen kleineren Brechungsindex (n_1) hat als der äußere Kernbereich (E), der Zwischenmantel (F) einen kleineren Brechungsindex (n_2) hat als der innere Kernbereich (D) und der Fasermantel (G) einen Brechungsindex (n_4) hat, der kleiner oder gleich dem Brechungsindex (n_2) des Zwischenmantels (F) ist.

7. Lichtwellenapplikator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Lichtleitfaser (2) eine Stufenindexfaser mit einem Kern und einem Mantel aus einem doppelschichtigen Kunststoffüberzug ist, wobei der Kern einen höheren Brechungsindex (n_1) besitzt als der Mantel und der Überzug aus zwei Lagen besteht, von denen die innere Lage einen Brechungsindex (n_2) besitzt, welcher niedriger ist als der Brechungsindex (n_3) der äußeren Lage.

8. Lichtwellenapplikator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Lichtleitfaser (2) einen Kern und einen Mantel aufweist, wobei der Kern einen gradientenförmigen Brechzahlverlauf besitzt, der im wesentlichen nach einem r^2 -Gesetz folgt, und der Kern an der Grenzfläche zum Mantel einen kleineren Brechungsindex besitzt als die Kernmitte.

9. Lichtwellenapplikator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Lichtleitfaser (2) einen Kern und einen Mantel aufweist, wobei der Kern einen gradientenförmigen Brechzahlverlauf besitzt, der im wesentlichen nach einem r^2 -Gesetz verläuft und der Kernbereich vom Mantelbereich durch einen Zwischenmantel getrennt ist, welcher einen kleineren Brechungsindex hat als der Kernbereich.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

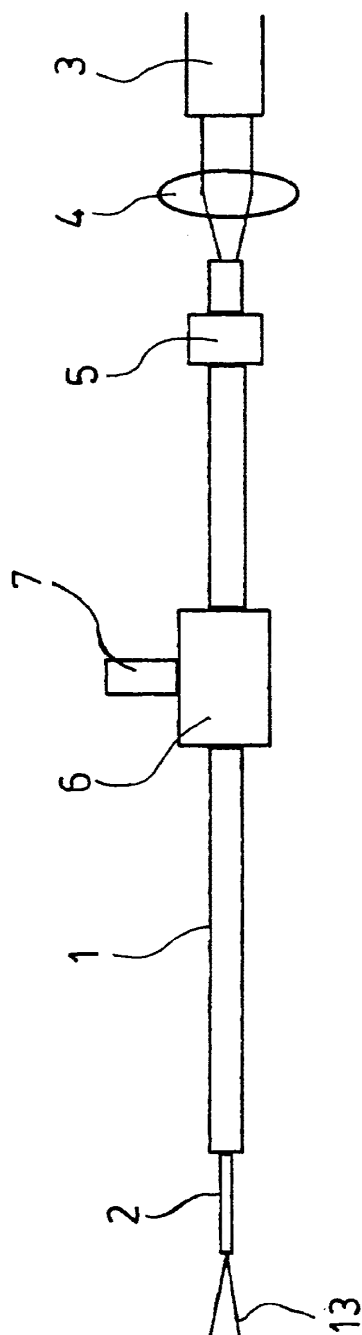


Fig. 1

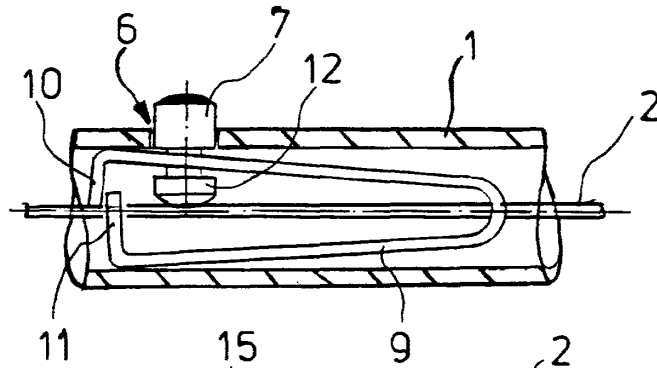


Fig. 2

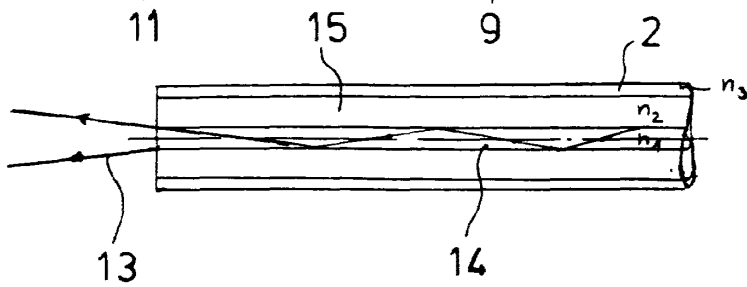


Fig. 3

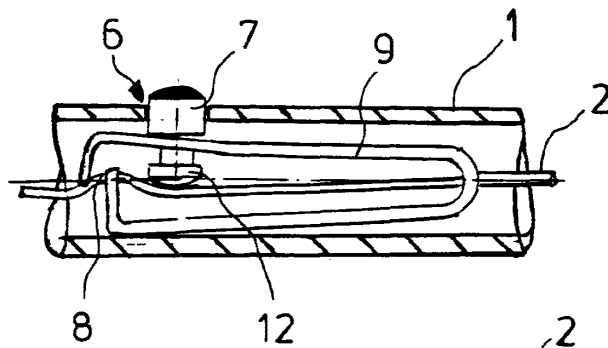


Fig. 4

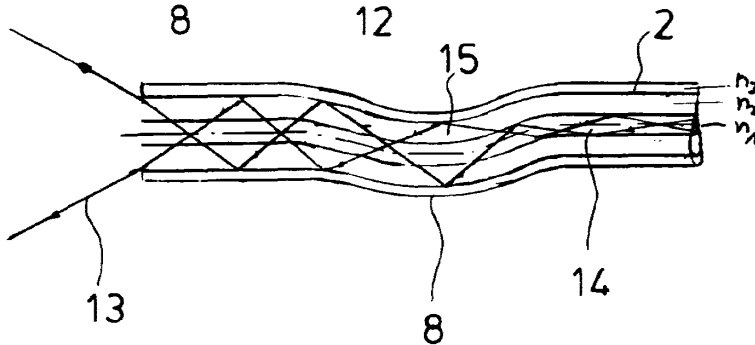


Fig. 5

Fig. 6

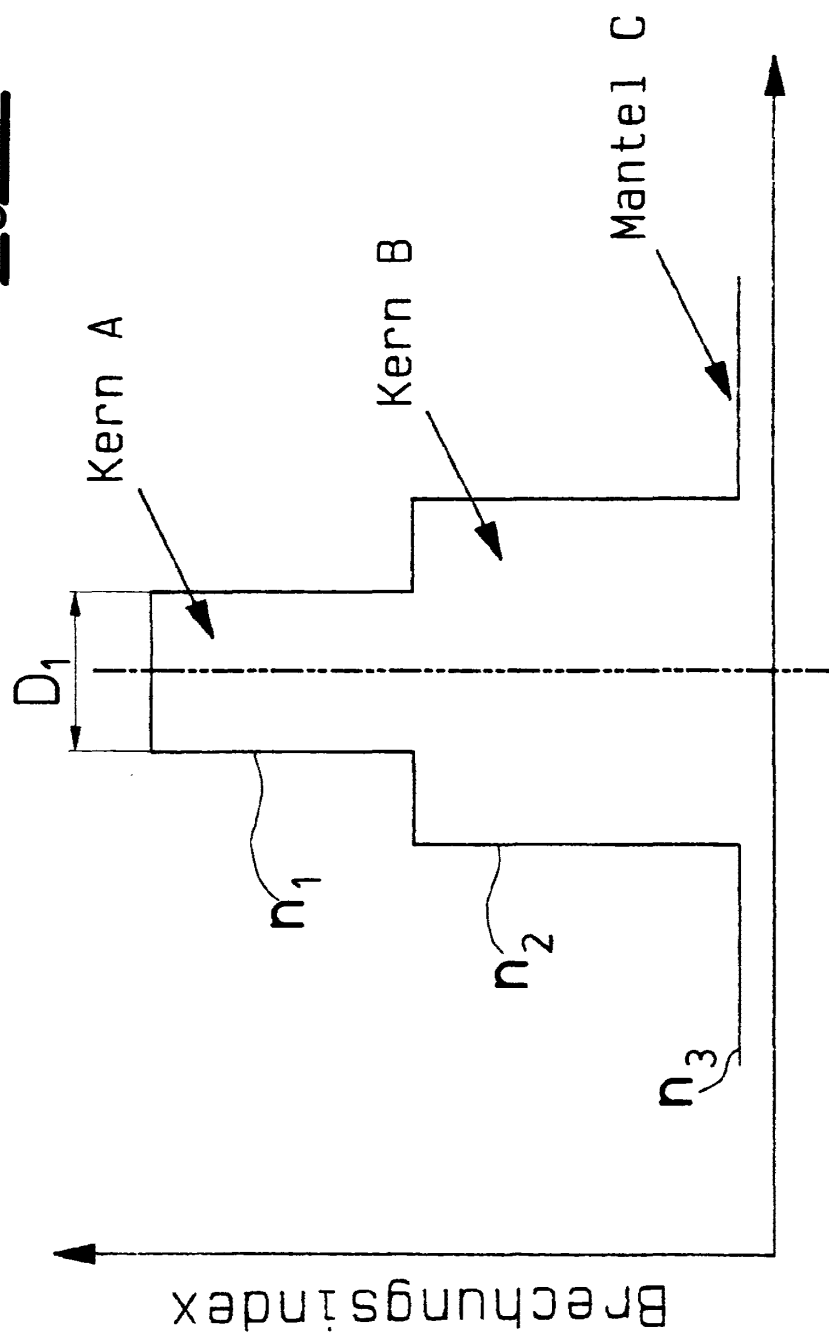
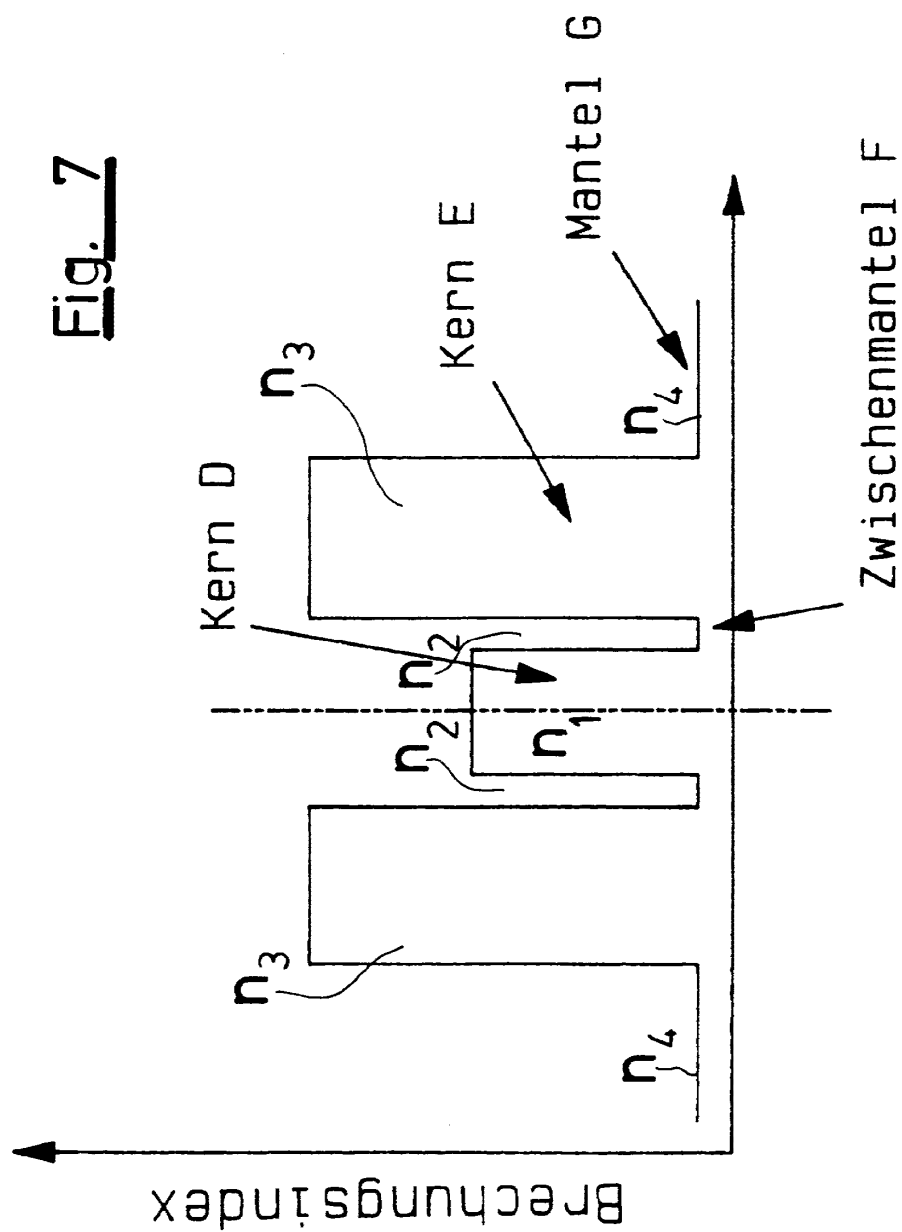


Fig. 7



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3833992 A1

②1 Aktenzeichen: P 38 33 992.7
②2 Anmeldetag: 6. 10. 88
④3 Offenlegungstag: 12. 4. 90

⑤1 Int. Cl. 5:
A 61 B 17/36
A 61 N 5/06
G 02 B 6/26

DE 3833992 A1

⑦1 Anmelder:
Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012
Ottobrunn, DE

⑦2 Erfinder:
Hessel, Stefan, Dr., 8000 München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Bestrahlungseinrichtung

Bei der Bestrahlungseinrichtung nach der Hauptanmeldung P 3833993 5, bei der ein schneidend wirkendes Laserlichtbündel (24) axial und ein koagulierend wirkendes Laserlichtbündel (34) schräg in eine einzige Lichtleitfaser (2) eingekoppelt werden, derart, daß das erste Lichtbündel am distalen Lichtleiterende (28) mit axialer Abstrahlcharakteristik innerhalb eines zentralkegelförmigen Auskoppelwinkelbereichs (30) und das zweite Lichtbündel mit zirkumferenzieller Abstrahlcharakteristik innerhalb eines vom zentralkegelförmigen Auskoppelwinkelbereich getrennten und diesen ringkegelförmig umschließenden Auskoppelwinkelbereich (40) austritt, wird erfindungsgemäß in einem das distale Lichtleiterende aufnehmenden Gehäuseteil (6) eine beiden Auskoppelwinkelbereichen (30, 40) zugeordnete, optische Fokussiereinrichtung (10) angeordnet, durch welche die beiden Lichtbündel unter Beibehalt ihrer zueinander coaxialen, räumlichen Zuordnung auf einen außerhalb des Gehäuseteils liegenden Applikationsbereich (F) fokussiert werden.

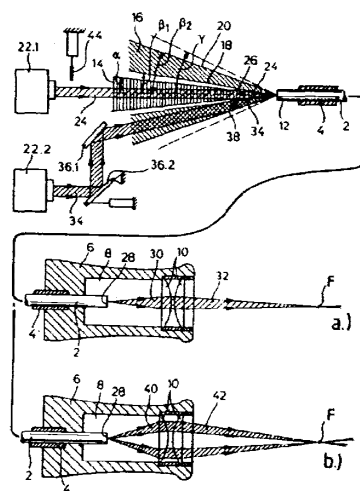


FIG. 1

DE 3833992 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Bestrahlungseinrichtung, insbesondere zum kontaktlosen Schneiden und Koagulieren von biologischem Gewebe mittels optischer Strahlung hoher Intensität, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Es ist bekannt, daß der therapeutische Effekt von Laser-Strahlen auf biologisches Gewebe wellenlängenabhängig ist. So läßt sich mit einer langwelligeren Laserstrahlung von z. B. 2,94 oder auch 1,32 μm eine vorwiegend schneidende Wirkung erzielen, während eine kurzwelligere Laserstrahlung, z. B. die 1,06 μm Strahlung eines Neodym-Lasers eine vorwiegend koagulierende Wirkung besitzt. Bei dem aus der DE-OS 37 17 142 bekannten Bestrahlungsgerät werden die beiden Laserstrahlungen durch eine einzige, umschaltbare Laserlichtquelle erzeugt und nacheinander über ein und denselben Quarzlichtleiter zur Applikationsstelle übertragen. Häufig müssen jedoch im Operationsfeld beide Wirkungen gleichzeitig in räumlich voneinander abgegrenzten Teilzonen, nämlich die präzise, kontaktlose Schnittwirkung im Zentrum und der blutstillende Koagulationseffekt an den Randflächen der Schnittstelle zur Anwendung kommen, was bei diesem bekannten Gerät nicht möglich ist.

Bei dem aus der Hauptanmeldung P 38 33 993.5 bekannten Bestrahlungsgerät wird eine einzige Lichtleiterfaser in der Weise mehrfach genutzt, daß zwei Laserlichtbündel verschiedener Wellenlänge in jeweils unterschiedlichen Einkoppelwinkelbereichen so in die Lichtleiterfaser eingestrahlt werden, daß das eine Lichtbündel am distalen Lichtleiterende mit axialer Abstrahlcharakteristik zentralkegelförmig und das andere Lichtbündel mit zirkumferenzieller Abstrahlcharakteristik in Form eines das zentralkegelförmige Lichtbündel umschließenden und zu diesem coaxialen Ringkegels austritt, wodurch auf baulich sehr einfache Weise eine selbsttätige Aufteilung der beiden Lichtbündel auf räumlich voneinander abgegrenzte Auskoppelwinkelbereiche am distalen Lichtleiterende gewährleistet wird und sich allein durch proximalseitige Steuereingriffe einerseits ein koagulierender und andererseits ein ablativer Laserlichteffekt wahlweise simultan oder zeitlich nacheinander jeweils individuell dosierbar an der Applikationsstelle erzielen läßt.

Erfindungsgemäß soll die Bestrahlungseinrichtung der eingangs genannten Art so ausgebildet werden, daß unter Beibehalt einer einzigen Lichtleiterfaser eine räumlich getrennte auf ein präzises, kontaktloses Schneiden von biologischem Gewebe bei gleichzeitiger Blutstillung abgestimmte Lichtbündelführung und -konzentration auf den Applikationsbereich garantiert wird, ohne daß es abstrahlseitig der Lichtleiterfaser irgendwelcher selektiv wirkender Steuer- oder Trennorgane für die Lichtbündel bedarf.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Patentanspruch 1 gekennzeichnete Bestrahlungseinrichtung gelöst.

Aufbauend auf das Bestrahlungsgerät nach dem Hauptpatent, auf das hiermit voll inhaltlich Bezug genommen wird, wird erfindungsgemäß allein durch Anordnung einer baulich einfachen Fokussiereinrichtung abstrahlseitig des distalen Lichtleiterendes erreicht, daß die beiden, unabhängig voneinander steuerbaren Lichtbündel mit jeweils zu einem Bereich außerhalb des Gehäuseteils hin zunehmender Leistungsdichte derart abgelenkt werden, daß die schneidend wirkende, also etwa

2,94 μm Strahlung einen zum Applikationsbereich konvergierenden, zentralen Lichtkegel und die koagulierend wirkende also etwa 1,06 μm Strahlung einen den Zentralkegel ringförmig umschließenden und zu diesem coaxialen Außenkegel bildet, wodurch mit äußerst geringem Bauaufwand eine für ein gleichzeitiges Schneiden und Koagulieren z. B. in der Parenchymchirurgie optimale Lichtbündelführung und -konzentration und eine problemlose, simultane Bedienung im Operationsfeld gewährleistet wird.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung besitzen beide Lichtbündel gemäß Anspruch 2 einen gemeinsamen Fokuspunkt, wodurch es dem behandelnden Arzt möglich ist, allein durch Abstandsänderung des Gehäuseteils vom Operationsfeld beide Lichtbündel-Einzeleffekte gemeinsam zu verstärken oder abzuschwächen. Gemäß einem weiteren, bevorzugten Aspekt der Erfindung ist jedoch nach Anspruch 3 der Fokuspunkt des ringkegelförmig ausgekoppelten, koagulierend wirkenden Lichtbündels vom Gehäuseteil weiter entfernt als der Fokuspunkt des zentral ausgekoppelten, schneidend wirkenden Lichtbündels, so daß sich die beiden Lichtbündel-Einzeleffekte wiederum allein durch Abstandsänderungen des Gehäuseteils vom Operationsfeld und ohne weitere Steuereingriffe noch erheblich besser dosieren lassen, derart, daß sich der eine Einzeleffekt verstärkt und gleichzeitig der andere abschwächt, wenn das Operationsfeld relativ zum Gehäuseteil im Bereich zwischen den Fokuspunkten der Lichtbündel bewegt wird. Eine baulich besonders einfache Ausbildung der Fokussiereinrichtung mit voneinander beabstandeten Fokuspunkten wird zweckmäßigerweise dadurch erreicht, daß als Fokussiereinrichtung gemäß Anspruch 4 ein asphärisches Linsensystem bzw. gemäß Anspruch 5 für Lichtbündel unterschiedlicher Wellenlängen ein von beiden Lichtbündeln durchstrahltes Linsensystem aus einem Material hoher Farbdispersion vorgesehen ist. Aus Handhabungsgründen ist das Gehäuseteil gemäß Anspruch 6 vorzugsweise als Fokussierhandstück ausgebildet.

Abgesehen von den erwähnten Abstandsänderungen sind die unterschiedlichen Einzeleffekte der Lichtbündel gemäß Anspruch 7 vorzugsweise auch jeweils individuell dadurch einstellbar, daß die Lichtbündel hinsichtlich Strahlungsleistung, Wellenlänge und/oder Betriebsart verschiedenartig bzw. unabhängig voneinander steuerbar sind.

Zur Erzeugung der beiden Lichtbündel in Form von Laserlichtbündeln unterschiedlicher Wellenlänge mit jeweils individuell dosierbarer Intensität sind gemäß Anspruch 8 vorzugsweise zwei getrennte Laserlichtquellen mit nachgeschalteter, einkoppelseitiger Optik oder in weiterer baulicher Vereinfachung gemäß Anspruch 9 eine einzige, entsprechend der gewünschten, individuellen Dosierung wellenlängenumschaltbare Laserlichtquelle mit einem nachgeschalteten, die Laserstrahlung wellenlängenabhängig auf den zugeordneten Einkoppelwinkelbereich ablenkenden Prisma vorgesehen, wobei zum selektiven Ein- und Ausblenden jedes Lichtbündels gemäß Anspruch 10 vorzugsweise ein umschaltbares, optisches Element im Strahlengang der einkoppelseitigen Optik angeordnet ist, wodurch sich auf baulich einfache Weise auch jeder der beiden Einzeleffekte für sich allein zur Anwendung bringen läßt.

Die Erfindung wird nunmehr anhand der in den Fig. schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Bestrahlungseinrichtung zum gleichzeiti-

gen Schneiden (a) und Koagulieren (b) von biologischem Gewebe; und

Fig. 2 die Bestrahlungseinrichtung gemäß Fig. 1 mit einer modifizierten Laserlichtquelle und einem abgewandelten Linsensystem.

Gemäß Fig. 1 enthält die Bestrahlungseinrichtung eine flexible Multimode-Lichtleitfaser 2 einschließlich einer Faserhülle 4, sowie ein am distalen Lichtleiterende angeordnetes Gehäuseteil 6 in Form eines Fokussierhandstücks mit einem zentralen, das distale Lichtleiterende aufnehmenden Hohlraum 8, in dem sich eine als Linsensystem ausgebildete Fokussiereinrichtung 10 befindet.

Auf der senkrecht zur Faser-Längsachse verlaufenden Einkoppel-Stirnfläche 12 sind die Lichtleitfaser 2 innerhalb des in Fig. 1 gestrichelt gezeichneten Akzeptanzkegels (Akzeptanzwinkel γ) zwei unterschiedliche Einkoppelwinkelbereiche 14 und 16 zugeordnet, von denen der eine — 14 — durch einen zur Faserlängsachse koaxialen Innenkegel mit dem halben Scheitelwinkel α und der zweite — 16 — durch einen zum Innenkegel 14 koaxialen und diesen ringförmig umschließenden Außenkegel gebildet wird, welcher letzterer von zwei Kegelmantelflächen 18 und 20, die einen gegenüber dem Winkel α stufenweise erhöhten Öffnungswinkel β_1 bzw. β_2 besitzen, begrenzt wird.

Der schneidende Effekt der Bestrahlungseinrichtung wird durch ein von einer Laserlichtquelle 22.1 emittiertes Lichtbündel 24 erzeugt, das eine hauptsächlich ablativ, vaporisierende Wirkung auf biologisches Gewebe, also eine Wellenlänge von z. B. 2,94 μm besitzt und durch eine Fokussierlinse 26 innerhalb des Einkoppelwinkelbereichs 14 auf die Lichtfaser-Stirnfläche 12 fokussiert wird, so daß es an der distalen, ebenfalls senkrecht zur Lichtfaser-Längsachse verlaufenden Faser-Stirnfläche 28 mit axialer Abstrahlcharakteristik innerhalb eines dem Einkoppelwinkelbereich 14 geometrisch entsprechenden, zentralkegelförmigen Auskoppelwinkelbereichs 30 in den Hohlraum 8 austritt und durch das Sammellinsensystem 10 in Form eines in Strahlungsrichtung konvergenten, zentralen Lichtkegels 32 auf einen außerhalb des Gehäuseteils 6 liegenden Fokuspunkt F fokussiert wird (Fig. 1a).

Um zusätzlich zum schneidenden auch zugleich einen blutstillenden Effekt durch Gewebekoagulation im Operationsfeld zu erzielen, ist eine zweite Laserlichtquelle 22.2 vorgesehen, die ein hauptsächlich koagulierend wirkendes Lichtbündel 34 mit einer Wellenlänge von z. B. 1,06 μm erzeugt, welches über ein Spiegelsystem 36 und eine Fokussierlinse 38 in Form eines innerhalb des zweiten Einkoppelwinkelbereichs 16 liegenden Lichtkegels auf die Lichtfaser-Stirnfläche 12 fokussiert wird. Aufgrund der andersartigen Einkoppelung tritt dieses Lichtbündel 34 am distalen Lichtfaserende mit zirkumferenzialer Abstrahlcharakteristik in einem dem Einkoppelwinkelbereich 16 bezüglich der Flächennormalen der Lichtfaser-Stirnflächen 12 bzw. 28 geometrisch entsprechenden Auskoppelwinkelbereich 40, also in Form des in Fig. 1b kreuzschraffierten Ringkegels, in den Hohlraum 8 aus, derart, daß es das Sammellinsensystem 10 radial außerhalb des zentralen Lichtbündels 24 durchdringt und dabei ebenfalls auf den Fokuspunkt F fokussiert wird, so daß es einen zum schneidend wirkenden Zentralkegel 32 koaxialen und diesen ringförmig umschließenden Außenkegel 42 mit zum Fokalbereich F hin zunehmender Koagulationswirkung bildet.

Aufgrund der besonderen, räumlichen Zuordnung der beiden Laserlichtkegel 32, 42 mit Hilfe des für beide

Wellenlängen transparenten, fokussierenden Linsensystems 10 wird somit die schneidend wirkende 2,94 μm Laserstrahlung auf das Zentrum des Operationsfeldes gelenkt, während die 1,06 μm Strahlung den umliegenden Randbereich koaguliert, so daß ein präzises kontaktloses Schneiden von biologischem Gewebe mit der zentralen Laserstrahlung 24 bzw. 32 bei gleichzeitiger Blutstillung durch Koagulation der randseitigen Schnittflächen mit dem Laserstrahlbündel 34 bzw. 42 möglich ist.

Durch eine Änderung des Abstands des Gehäuseteils 6 vom Operationsfeld können der Koagulations- und der Ablations-Effekt gemeinsam variiert werden. Zur individuellen Dosierung der beiden Laserlichteffekte unabhängig voneinander sind die Laserlichtquellen 22.1 und 22.2 hinsichtlich der Betriebsparameter, z. B. der Strahlungsleistung, der Betrachtungsdauer oder der Betriebsart jeweils einzeln steuerbar. Eine wechselseitige Umschaltung von dem einen auf den anderen Laserlichteffekt läßt sich nicht nur durch entsprechende Steuerung der beiden Lichtquellen 22, sondern auch durch umschaltbare, im Strahlengang der Laserlichtbündel 24 und 34 angeordnete, optische Elemente erreichen, also etwa eine in den Strahlengang des Lichtbündels 24 einführbare Blende 44 oder den umklappbaren Spiegel 36.2 des Spiegelsystems 36.

Die in Fig. 2 gezeigte Bestrahlungseinrichtung unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel im Wesentlichen nur durch eine andere Art des einkoppelseitigen Lichterzeugungssystems sowie dadurch, daß die Lichtbündel unterschiedliche Fokuspunkte besitzen. Die dem ersten Ausführungsbeispiel entsprechenden Bauelemente sind daher durch das gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet. Bei dem Bestrahlungssystem gemäß Fig. 2 ist nur eine einzige Lichtquelle 22.3 vorhanden, etwa in Form eines Neodym-YAG-Lasers der zwischen zwei unterschiedlichen Wellenlängen, nämlich einer hauptsächlich schneidend wirkenden Laserstrahlung von z. B. 1,32 μm und einer hauptsächlich koagulierend wirkenden Laserstrahlung von z. B. 1,06 μm , umschaltbar ist. Durch ein dem Laser 22.3 nachgeschaltetes Prisma 46 wird die Laserstrahlung wellenlängenabhängig abgelenkt, so daß das langwelligere Laser-Lichtbündel 24 in der der Fig. 1 entsprechenden Weise zentral in die Faser-Stirnfläche 12 eingekoppelt wird und an dem distalen Ende des Gehäuseteils 6 in Form eines schneidend wirkenden Zentralkegels 32 austritt, während die am Prisma 46 stärker abgelenkte, kurzwelligere Laserstrahlung über einen Spiegel 48 innerhalb des Einkoppelwinkelbereichs 16 gemäß Fig. 1 schräg in die Lichtleitfaser 2 eingekoppelt und am distalen Ende des Gehäuseteils 6 in Form eines den Zentralkegel 32 ringförmig umschließenden Außenkegels 42 abgestrahlt wird. Durch Verwendung von asphärischen Linsen 10 oder durch gezielte Ausnutzung der chromatischen Linsenfehler mit optischen Materialien hoher Farbdispersion für das Linsensystem 10 wird der Fokuspunkt F_1 des Außenkegels 42 in Strahlungsrichtung vor den Fokuspunkt F_2 des Zentralkegels 32 gelegt. Somit können durch einfache Variation des Arbeitsabstandes des Gehäuseteils 6 vom Operationsfeld innerhalb des Fokusabstandes e die schneidende Wirkung des zentralen Lichtbündels 32 und die koagulierende Wirkung des außenliegenden Lichtbündels 42 gegenseitig zueinander selektiv verändert werden.

Im übrigen ist die Bau- und Betriebsweise der in Fig. 2 gezeigten Bestrahlungseinrichtung die gleiche wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel.

Patentsprüche

1. Bestrahlungseinrichtung, insbesondere zum kontaktlosen Schneiden und Koagulieren von biologischem Gewebe, mittels optischer Strahlung hoher Intensität, bei der zur Übertragung zweier voneinander unabhängiger Lichtbündel eine einzige gemeinsame Lichtleitfaser vorgesehen ist, in die die beiden Lichtbündel eintrittseitig in jeweils unterschiedlichen Einkoppelwinkelbereichen eingestrahlt werden derart, daß das eine Lichtbündel am distalen Lichtleitfaserende mit axialer Abstrahlcharakteristik innerhalb eines ersten, zur Faser-Längsachse zentralkegelförmigen Auskoppelwinkelbereichs und das andere Lichtbündel mit zirkumferenzieller Abstrahlcharakteristik innerhalb eines vom ersten getrennten und diesen ringkegelförmig umschließenden, zweiten Auskoppelwinkelbereichs austritt, wobei für das zentral ausgekoppelte Lichtbündel eine vorwiegend schneidende und für das ringkegelförmig ausgekoppelte eine vorwiegend koagulierende Licht-, insbesondere Laserlichtstrahlung vorgesehen ist, nach der Deutschen Patentanmeldung P 38 33 993.5, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem das distale Lichtleiterende aufnehmenden Gehäuseteil (6) eine beiden Auskoppelwinkelbereichen (30, 40) zugeordnete, optische Fokussiereinrichtung (10) angeordnet ist, durch welche die beiden Lichtbündel (24, 34) unter Beibehalt ihrer zueinander coaxialen, räumlichen Zuordnung auf einen außerhalb des Gehäuseteils liegenden Applikationsbereich (F , F_1 , F_2) fokussiert werden.
2. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide Lichtbündel (24, 34) einen gemeinsamen Fokuspunkt (F) im Applikationsbereich besitzen.
3. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtbündel (24, 34) in Richtung ihrer gemeinsamen Strahlungsachse hintereinanderliegende Fokuspunkte (F_1 , F_2) besitzen, wobei der Fokuspunkt (F_1) des ringkegelförmig ausgekoppelten Lichtbündels (34) vom Gehäuseteil (6) weiter entfernt ist als der Fokuspunkt (F_2) des zentral ausgekoppelten Lichtbündels (24).
4. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Fokussiereinrichtung (10) ein von beiden Lichtbündeln (24, 34) durchstrahltes, asphärisches Linsensystem vorgesehen ist.
5. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß für Lichtbündel (24, 34) unterschiedlicher Wellenlänge als Fokussiereinrichtung (10) ein von beiden Lichtbündeln durchstrahltes Linsensystem aus einem Material hoher Farbdispersion vorgesehen ist.
6. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuseteil (6) als Fokussierhandstück ausgebildet ist.
7. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtbündel (24, 34) hinsichtlich Strahlungsleistung, Wellenlänge und/oder Betriebsart verschiedenartig bzw. unabhängig voneinander steuerbar sind.
8. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

zur gleichzeitigen Erzeugung beider Lichtbündel (24, 34) zwei getrennte Laserlichtquellen (22.1, 22.2) mit unterschiedlichen Wellenlängen und einer einkoppelseitigen Optik (26, 36, 38) zur Einkoppelung der Lichtbündel innerhalb des jeweils vorgegebenen Einkoppelwinkelbereichs (14 bzw. 16) vorgesehen sind.

9. Bestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine einzige Laserlichtquelle (22.3) zur Erzeugung der beiden Lichtbündel (24, 34) mit unterschiedlichen Wellenlängen und eine einkoppelseitige Optik (46, 48) einschließlich eines die Lichtbündel wellenlängenabhängig ablenkenden Prismas (46) vorgesehen sind.

10. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die einkoppelseitige Optik mindestens ein umschaltbares optisches Element (36.2, 44) zum selektiven Ein- und Ausblenden zumindest eines der Lichtbündel (24, 34) enthält.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

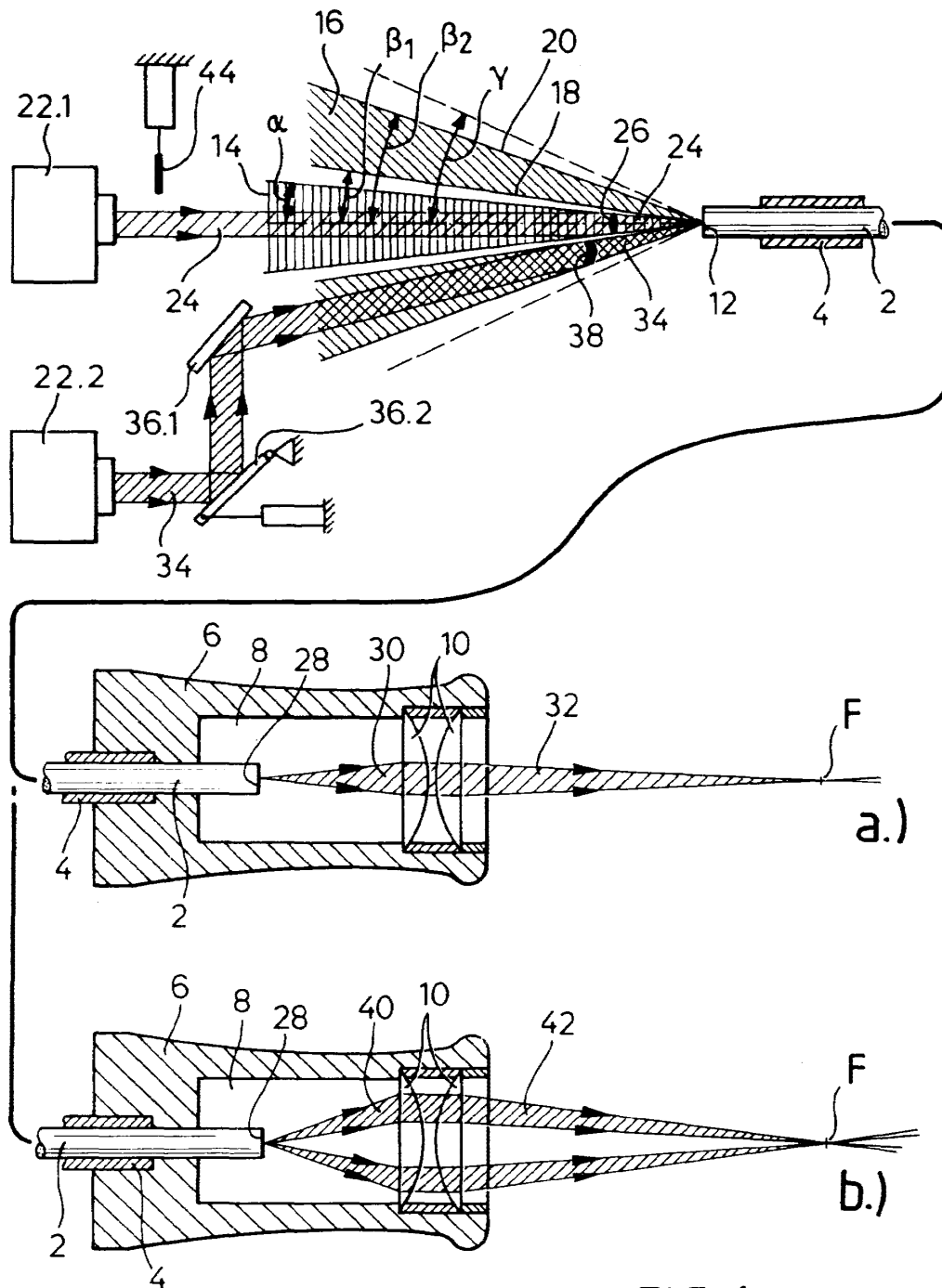


FIG. 1

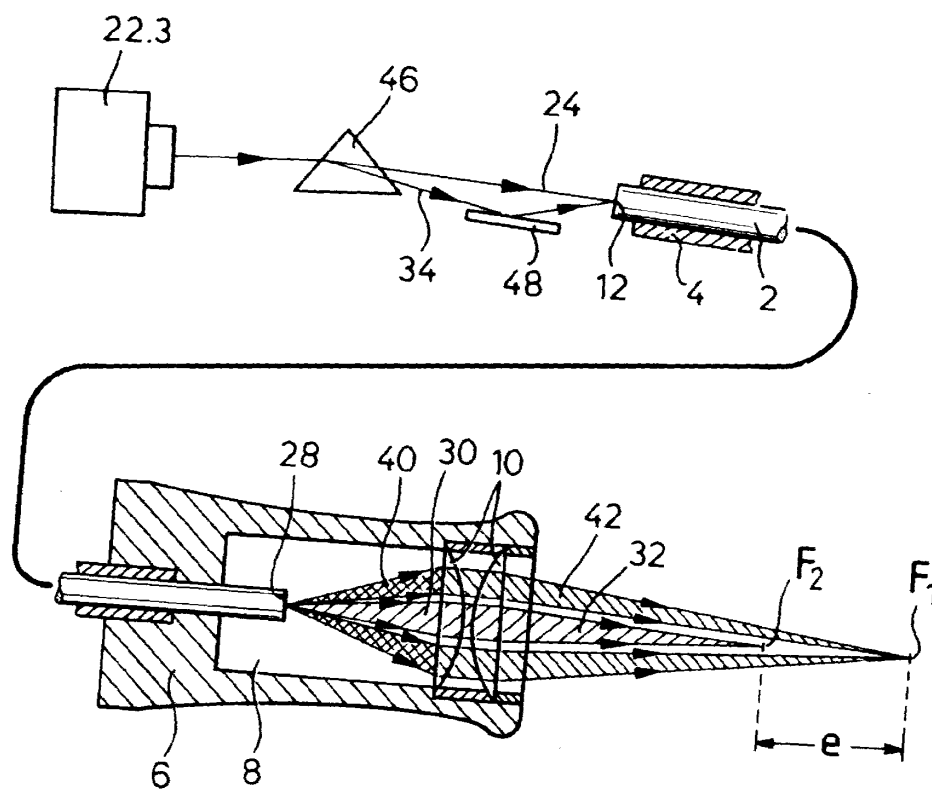


FIG. 2

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 284 892

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 74 31151

(54) Coupleur variable pour fibres optiques.

(51) Classification internationale (Int. Cl.²). G 02 B 27/10, 5/14; H 04 B 9/00.

(22) Date de dépôt 13 septembre 1974, à 16 h 29 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 15 du 9-4-1976.

(71) Déposant : Société dite : «THOMSON-CSF», résidant en France.

(72) Invention de : Luigi d'Auria, Benoît Le Guen et Eric Spitz.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire :

La présente invention concerne les coupleurs variables pour fibres optiques.

Il doit être compris, dans tout ce qui suit que l'on désigne par le mot fibre aussi bien une fibre unique qu'un faisceau de fibres, 5 étant bien entendu que les fibres individuelles associées dans le faisceau véhiculent toutes alors la même information sur la même porteuse.

Le dispositif proposé résoud de façon simple et économique le problème du prélèvement réglable d'une partie du signal circulant 10 dans une ligne de communication optique, et permet de faire varier le taux de prélèvement de 0 à 100 %.

L'intérêt d'un tel dispositif se manifeste par exemple lorsqu'une communication optique doit être établie entre un émetteur unique et plusieurs récepteurs différemment éloignés. Si l'on désire que mal- 15 gré l'atténuation variable consécutive aux différentes longueurs de transmission, les signaux reçus par les divers récepteurs présentent même amplitude, on est conduit à effectuer des prélèvements à des taux différents du signal émis par la source ; plusieurs coupleurs selon l'invention seront alors mis en série, réglés chacun avec un 20 taux de prélèvement correspondant à la distance du récepteur associé.

L'invention propose, pour effectuer ce prélèvement réglable, d'interrompre la fibre à l'endroit où doit s'effectuer le prélèvement et de rétablir la liaison entre l'orifice de sortie de la portion de fibre côté émetteur et l'orifice d'entrée, côté récepteur par des moyens de 25 focalisation optique formant l'image de l'orifice de sortie sur l'orifice d'entrée et suffisamment ouverts pour que le faisceau divergent émanant de la fibre émettrice soit entièrement capté ; des moyens de prélèvement variable, réfléchissants ou réfringents, sont alors introduits sur le parcours des rayons lumineux entre les deux orifices d'en- 30 trée et de sortie, et permettent de projeter sur l'orifice d'entrée d'une troisième fibre une partie du rayonnement en provenance de la fibre côté émetteur.

L'invention et les avantages qu'elle présente seront mieux compris à l'aide de la description ci-après et des dessins annexés où : 35 la figure 1 représente un premier exemple de réalisation du dispositif

selon l'invention, utilisant un objectif unique et un miroir plan;

la figure 2 représente un second exemple de réalisation du dispositif selon l'invention, utilisant un objectif unique et un prisme;

5 la figure 3 représente un troisième exemple de réalisation du dispositif selon l'invention, utilisant un objectif unique et une lame à face parallèles;

la figure 4 représente un quatrième exemple de réalisation du dispositif selon l'invention, utilisant deux objectifs et un prisme;

10 la figure 5 représente un cinquième exemple de réalisation du dispositif selon l'invention, utilisant trois objectifs et un miroir plan.

Sur la figure 1, qui concerne un premier exemple de réalisation du dispositif selon l'invention, sont représentées trois fibres optiques identiques : la fibre 1 est la fibre émettrice, les fibres 2 et 3 sont les fibres réceptrices ; les extrémités des fibres 1 et 2 sont alignées sur un même axe O_1O_2 , passant par le centre des orifices respectifs 10 et 20 des fibres 1 et 2. Cet axe O_1O_2 est l'axe optique d'un objectif 4, dont le centre optique C est situé au milieu de la longueur O_1O_2 ; la longueur O_1O_2 est elle même choisie égale au quadruple de la focale f de l'objectif 4, qui, travaillant ainsi au grandissement -1, forme sur l'orifice 20 une image de l'orifice 10, de même dimension que ce dernier. Un miroir plan 5, dont la partie réfléchissante est orientée vers l'objectif 4, est disposé en position inclinée (45° dans le cas de la figure 1) par rapport à l'axe O_1O_2 ; ce miroir peut se déplacer dans son propre plan vers la gauche ou vers la droite, suivant un mouvement de translation parallèle à TT' , en couissant sur deux glissières 510 et 520, parallèles à TT' . L'extrémité de la fibre 3 est disposée symétriquement à celle de la fibre 2 par rapport au plan dans lequel se déplace le miroir 5 ; l'orifice 20 est ainsi l'image vue dans le miroir 5 de l'orifice 30, centré sur O_3 , de la fibre 3, et ceci quelle que soit la position du miroir 5.

Suivant sa position, le miroir 5 peut se trouver soit complète-

ment en dehors du faisceau lumineux 402 focalisé par l'objectif 4 sur l'orifice 20, ce qui permet à la fibre 2 de recueillir tout le rayonnement émis par la fibre 1, soit occulter partiellement (comme représenté sur la figure 1) ou totalement ce faisceau; dans ce dernier cas, partie ou totalité du rayonnement émis par la fibre 1 se trouve concentrée sur l'orifice 30 de la fibre 3. En faisant coulisser le miroir 5, il est ainsi possible de prélever au profit de la fibre 3 une fraction variant entre 0 et 100 % du rayonnement lumineux circulant de la fibre 1 vers la fibre 2.

Les pertes en énergie d'un tel coupleur peuvent être extrêmement faibles; pour les réduire au maximum, l'objectif est muni de couches antireflets, et sa pupille d'entrée présente un diamètre suffisant pour recevoir dans son intégralité le faisceau divergent émis par la fibre 1. Le demi-angle au sommet du faisceau conique 401 émis par l'orifice 10 d'une fibre de 50 μ m environ de diamètre, à propagation multimode, varie entre 5° pour une fibre à très faible perte et une valeur maximale de 30°, ce qui permet de calculer l'ouverture minimale à donner à l'objectif, dont le diamètre est de l'ordre de 5 mm.

Les figures 2 et 3 concernent deux autres exemples de réalisation du dispositif selon l'invention; dans lesquels le dispositif d'ensemble de la figure 1, formé par les trois fibres 1, 2 et 3 et l'objectif 4 de grandissement $\times 1$ ont été conservés, mais où le miroir mobile 5 constituant les moyens de prélèvement réglable a été remplacé par des organes réfringents. Sur ces deux figures ont été uniquement représentés le faisceau 402 de lumière convergente issu de l'objectif 4, les moyens de prélèvement mis en oeuvre et les extrémités des fibres 2 et 3.

Sur la figure 2, on peut voir un prisme à section triangulaire partiellement introduit sur le trajet du faisceau convergent 402 et orienté de telle façon qu'il soit au minimum de déviation pour le rayon moyen du faisceau, confondu avec l'axe optique O_1O_2 . Une partie des rayons du faisceau se propage directement pour pénétrer dans l'orifice 20 de la fibre 2; l'autre partie, qui rencontre le

Le prisme 50, est déviée de son trajet et pénètre dans la fibre 3 par l'orifice 30. Le prisme est mobile suivant une direction de translation $T_0T'_0$ contenue dans le plan de symétrie du prisme et perpendiculaire à l'arête de ce dernier.

- 5 Sur la figure 3, le prisme de la figure 2 est remplacé par une lame à faces parallèles 51 inclinée par rapport à l'axe du faisceau. La portion du faisceau convergent qui rencontre la lame 51 subit une translation en rapport avec l'épaisseur de la lame et l'inclinaison de cette dernière par rapport à l'axe et pénètre dans
10 l'orifice 30 de la fibre 3. La lame 51 est mobile par translation soit perpendiculairement à l'axe O_1O_2 , soit dans le plan de ses faces.

Dans le cas de la figure 2 comme celui de la figure 3, le réglage du taux de prélèvement s'effectue en agissant sur la profondeur de pénétration de l'élément réfringent dans le faisceau.

- 15 Bien que, dans les figures 2 et 3, les moyens biréfringents de prélèvement aient été représentés interposés entre l'objectif 4 et les orifices 20 et 30, l'invention fonctionne également en interposant ces mêmes moyens entre l'orifice 10 et l'objectif 4.

- 20 Les figures 1, 2 et 3 représentent une optique de grandissement -1 permettant de coupler des fibres 1, 2 et 3 de même diamètre d. En changeant le grandissement de l'optique, il devient possible de coupler avec une fibre 1 de diamètre d deux fibres 2 et 3 présentant un diamètre d' identique, mais différent de d.

- 25 La figure 4 représente un quatrième exemple de réalisation de l'invention. Deux objectifs 41 et 42 ayant même focale f et des axes optiques confondus O_1O_2 , constituent les moyens de focalisation optiques et y remplacent l'objectif unique 4 de la figure 1. Les orifices respectifs 10 et 20 des fibres 1 et 2 sont centrés en F_1 et F_2 , foyers respectifs des objectifs 41 et 42. Le rayonnement émergeant par l'orifice 10 de la fibre 1 sous forme d'un faisceau divergent est transformé en un faisceau parallèle par l'objectif 41.
30 Le prisme 50, mobile suivant une direction $T_2T'_2$ perpendiculaire à l'axe optique O_1O_2 , intercepte une partie variable de ces rayons parallèles. La partie des rayons non interceptée par le prisme 50

pénètre dans l'objectif 42 parallèlement à son axe optique et forme une image de l'orifice 10 centrée sur le foyer F_2 , c'est-à-dire sur l'orifice 20 de la fibre 2. La portion des rayons interceptée par le prisme 50 fournit un second faisceau parallèle qui pénètre
5 dans l'objectif 42 en faisant un certain angle avec son axe optique et se trouve ainsi concentré en un point O_3 situé dans le plan focal de l'objectif 42, mais en dehors de l'axe optique; l'orifice 30 de la fibre 3 est centré sur le point O_3 et recueille ainsi la portion de rayonnement issue de la fibre 1 et déviée par le prisme 50. Ce
10 dispositif, comparé à celui de la figure 2, nécessite un objectif supplémentaire, mais permet par contre d'utiliser le prisme en faisceau parallèle, et donc dans des conditions parfaites de stigmatisme.

Un cinquième exemple de réalisation est fourni par la figure 5
15 dans laquelle on retrouve, pour les fibres 1 et 2 et les objectifs 41 et 42 la même disposition que dans la figure 4, mais où le prisme mobile 50 est remplacé par un miroir 5, incliné de 45° par rapport à l'axe F_1F_2 et mobile par translation dans son propre plan en coulisant sur les deux glissières 510 et 520 ; sur la figure 5, la
20 direction de translation du miroir 5 est représentée perpendiculaire au plan de la figure. La fraction du faisceau lumineux parallèle interceptée par le miroir 5 est recueillie par un objectif 43, identique aux deux objectifs 41 et 42, qui la projette sur l'orifice 30 de la fibre 3, orifice qui est centré sur le point F_3 , image du
25 point F_1 .

Le coupleur objet de la présente invention peut également être utilisé comme mélangeur; il permet alors d'introduire en proportion réglable dans une même fibre 1, considérée alors comme réceptrice, les signaux en provenance de deux fibres 2 et 3, faisant alors fonction
30 de fibres émettrices.

REVENDICATIONS

1 - Coupleur variable pour fibres optiques destiné à répartir le rayonnement issu de l'orifice d'une première fibre entre les orifices d'une seconde et d'une troisième fibre, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens optiques de focalisation pour former une
5 première image de l'orifice de la première fibre sur l'orifice de la seconde fibre et des moyens de prélèvement du rayonnement, mobiles par translation, pour intercepter une fraction réglable entre 0 et 1 du rayonnement issu de la première fibre et coopérant avec lesdits moyens optiques de focalisation pour former une seconde image
10 de l'orifice de la première fibre sur l'orifice de la troisième fibre.

2 - Coupleur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de prélèvement du rayonnement comportent un miroir plan.

15 3 - Coupleur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de prélèvement du rayonnement comportent un prisme transparent à section triangulaire.

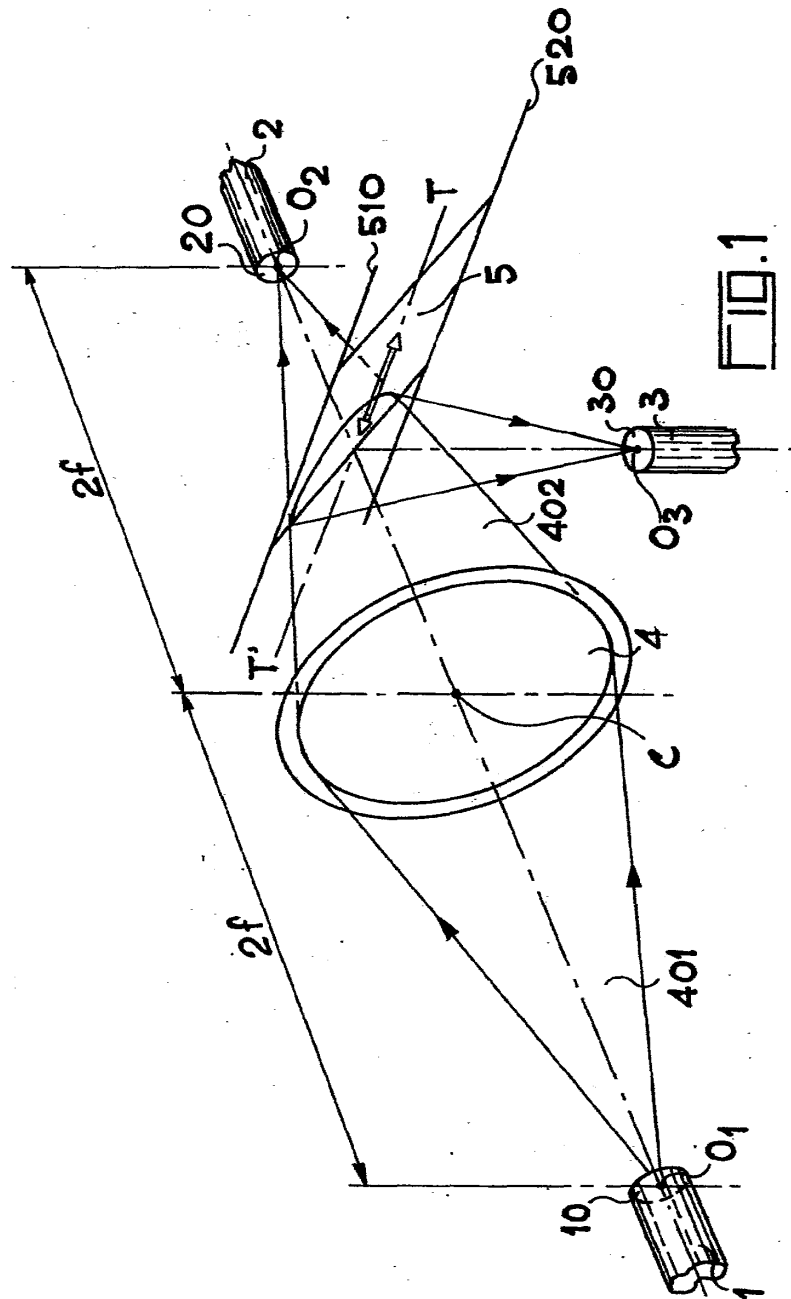
4 - Coupleur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de prélèvement du rayonnement comportent une lame
20 transparente à faces parallèles.

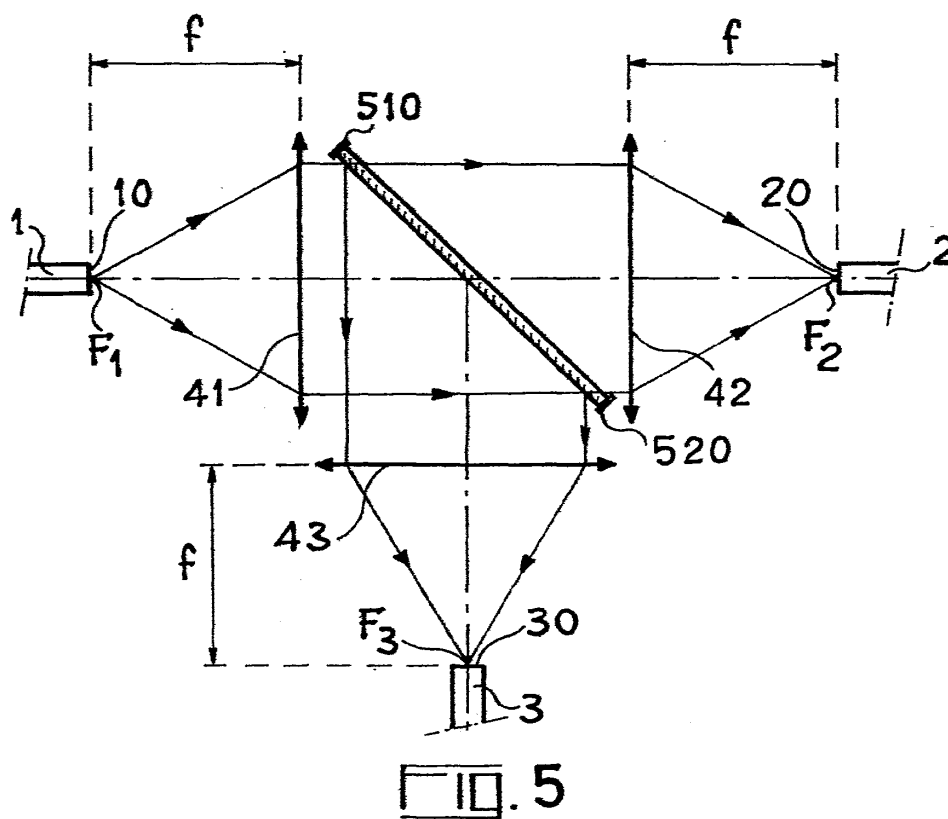
5 - Coupleur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens optiques de focalisation sont constitués par un objectif travaillant au grandissement -1.

6 - Coupleur suivant la revendication 3, caractérisé en ce que
25 lesdits moyens optiques de focalisation comportent un premier et un deuxième objectif ayant même axe optique, l'orifice de la première fibre étant situé dans le plan focal objet du premier objectif et les orifices des seconde et troisième fibres dans le plan focal image du second objectif; ledit prisme étant interposé entre lesdits objectifs
30 et étant mobile suivant une direction de translation perpendiculaire audit axe optique.

7 - Coupleur suivant la revendication 2, caractérisé en ce que lesdits moyens optiques de focalisation comportent un premier et un deuxième objectif ayant même axe optique; les orifices des première

et seconde fibres étant respectivement situés aux foyers desdits premier et second objectifs; ledit miroir plan étant disposé entre lesdits premier et second objectifs dans un plan faisant un angle sensiblement égal à 45° avec ledit axe optique et étant mobile par
5 translation dans ledit plan; un troisième objectif coopérant avec ledit miroir pour recevoir la fraction de rayonnement interceptée et la projeter en son foyer sur l'orifice de la troisième fibre.





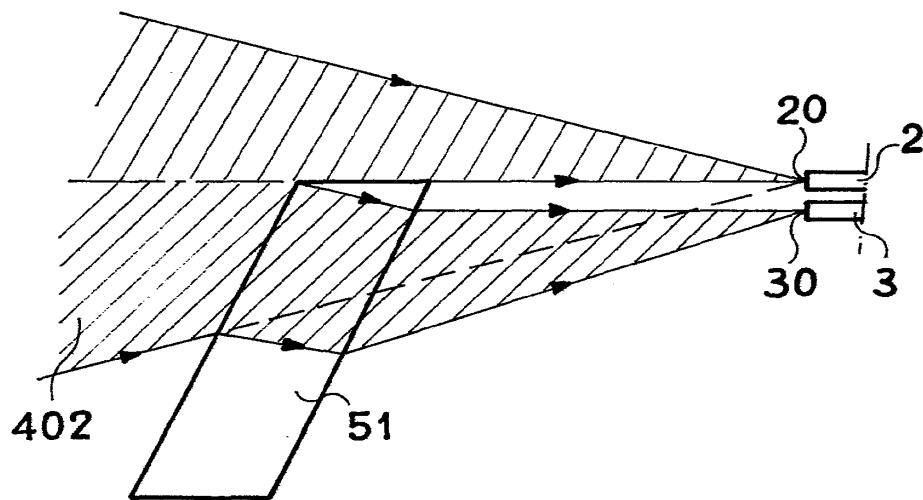


FIG. 3

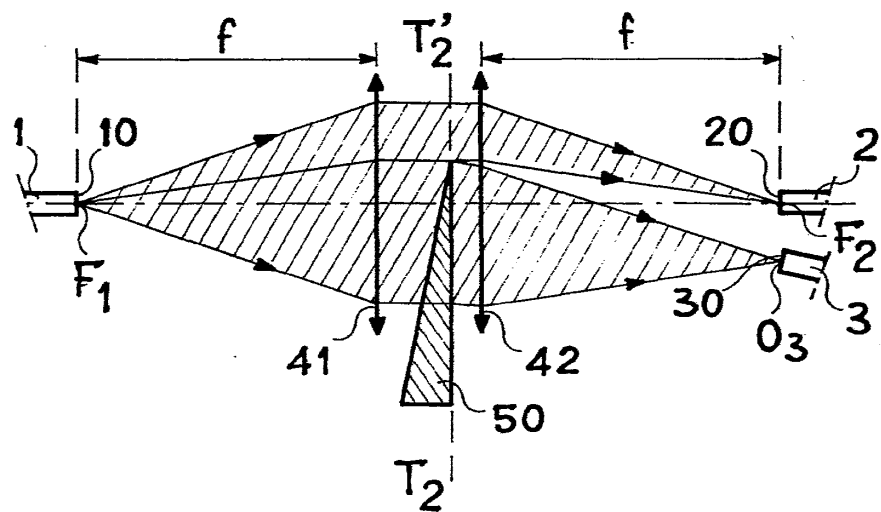


FIG. 4

(12) **UK Patent Application** (19) **GB** (11) **2 449 689** (13) **A**

(43) Date of A Publication **03.12.2008**

(21) Application No: **0710437.5**

(22) Date of Filing: **31.05.2007**

(71) Applicant(s):
Fujitsu Limited
(Incorporated in Japan)
1-1 Kamikodanaka 4-chome, Nakahara-ku,
Kawasaki-shi, Kanagawa 211-8588, Japan

(72) Inventor(s):
Michael Charles Parker
Makiko Hisatomi

(74) Agent and/or Address for Service:
Abel & Imray
20 Red Lion Street, LONDON, WC1R 4PQ,
United Kingdom

(51) INT CL:
G02B 6/02 (2006.01) **G02B 6/02** (2006.01)

(56) Documents Cited:
WO 2006/072025 A2 **WO 2003/093885 A2**
Parker et al, "Hollow-Core Radially-Chirped Bragg
Fiber for Quasi-metallic Photonic Bandgap Light
Confinement" [online] 2006, Fujitsu and Uni. Of Essex
JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 23,
NO. 11, NOVEMBER 2005, Hisatomi et al, "Binary
Multi-Zoned Microstructured Fiber: A Comparative
Dispersion Analysis of Radially Chirped Bragg Fiber",
pages 3551 to 3557

(58) Field of Search:
INT CL **G02B**
Other: **EPODOC; WPI; TXTE; INTERNET**

(54) Abstract Title: **Zoned optical fibre**

(57) An optical fibre 400 (500; 600; 700; 900; 1000) comprising a core 410 (510; 610; 910; 1010) and at least one cylinder 450 455 (550, 555; 650, 655; 755; 950, 955; 1050, 1055) together forming a plurality of zones. In use, the zones have a primary optical function of confining light within the fibre 400 (500; 600; 700; 900; 1000). Successive zones have different refractive indices and different widths. At least one of the zones comprises a material that exhibits a second optical function such as optical gain or controllable refractive index.

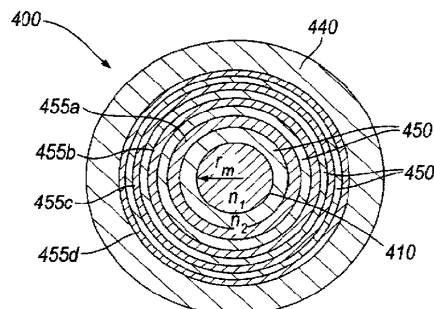


Fig.5

1/6

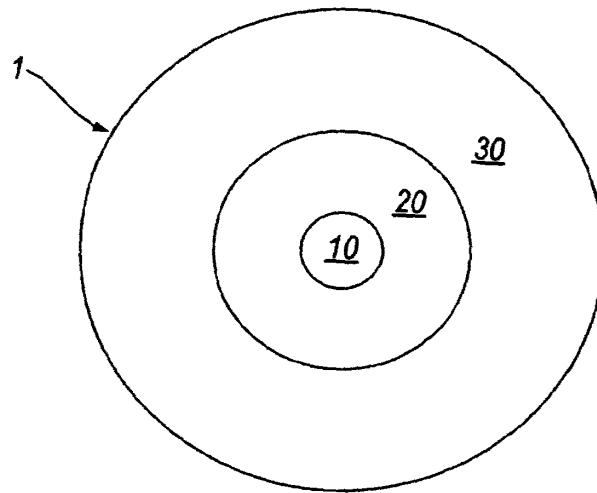


Fig. 1

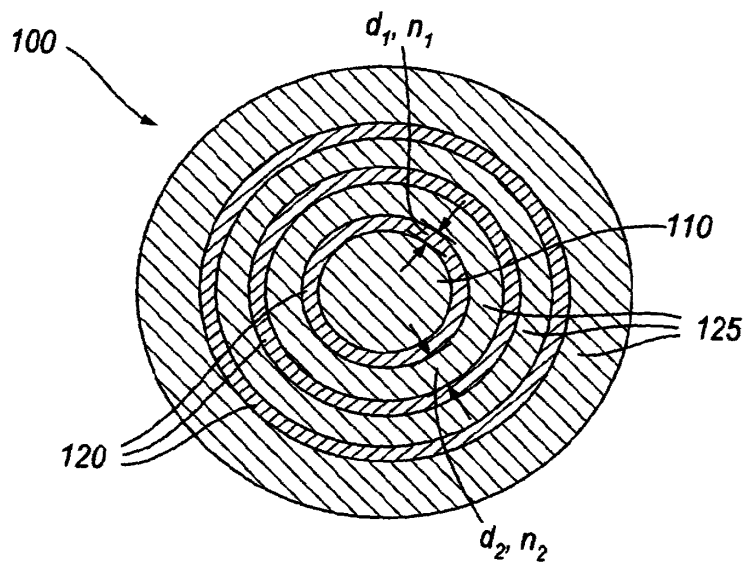


Fig. 2

2/6

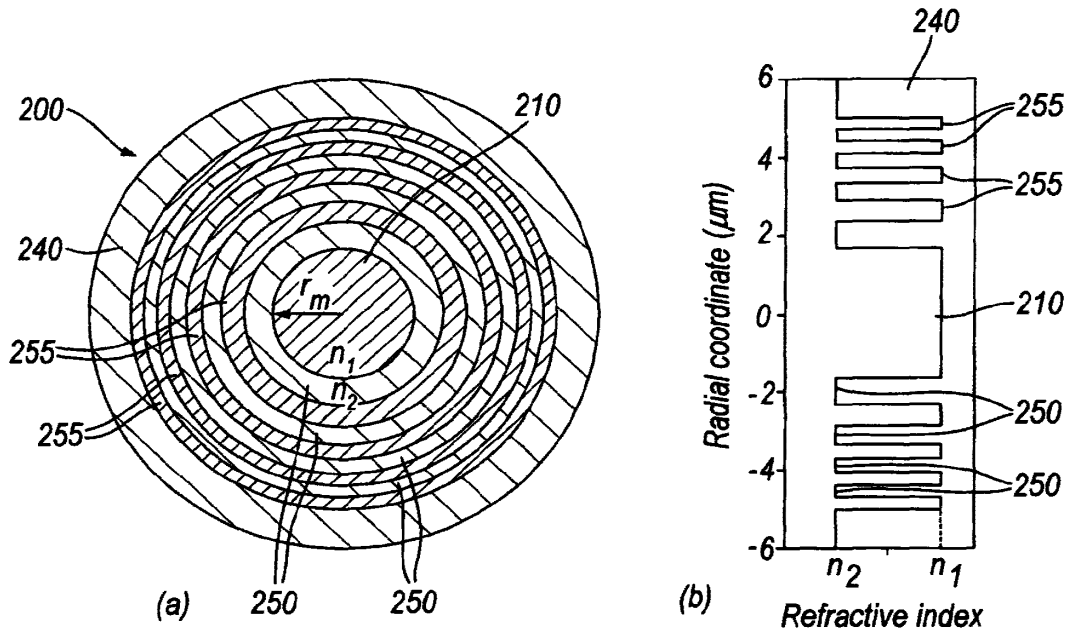


Fig.3

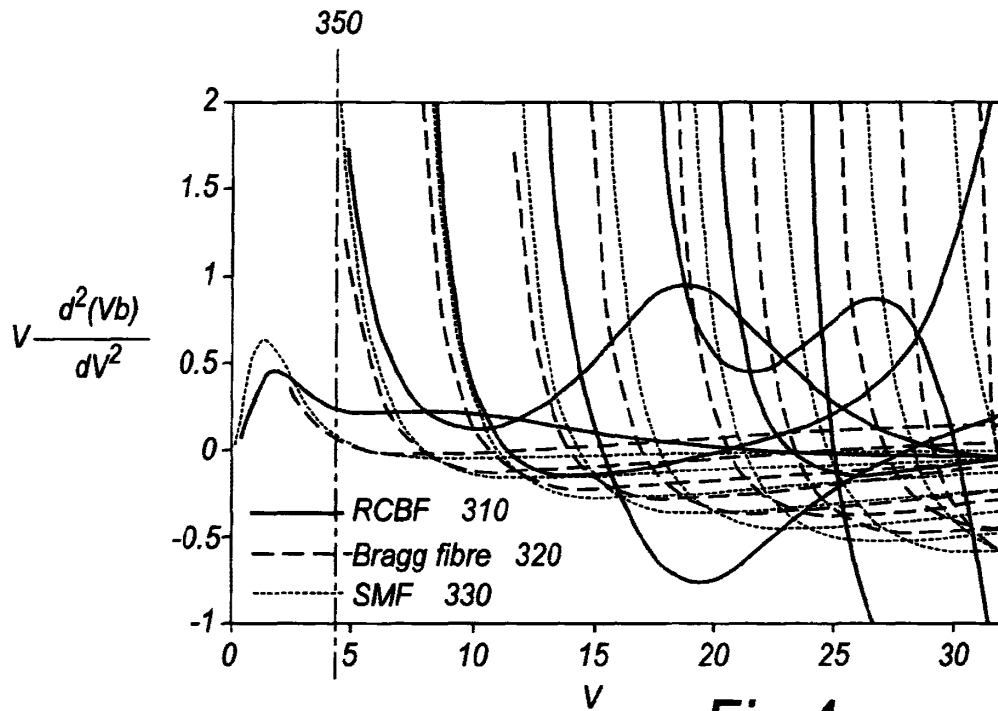


Fig.4

3/6

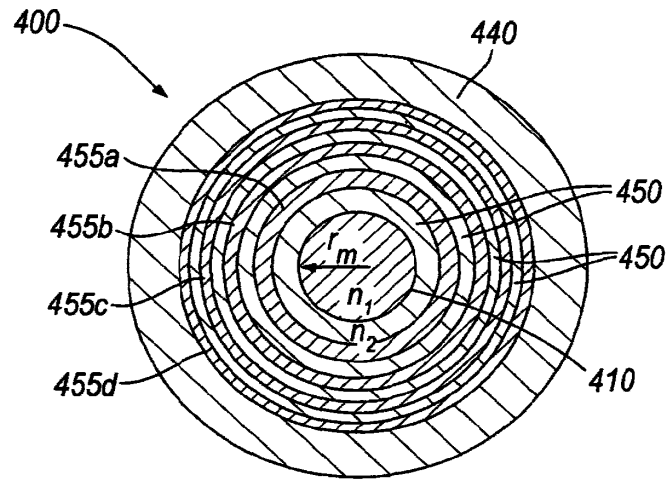


Fig.5

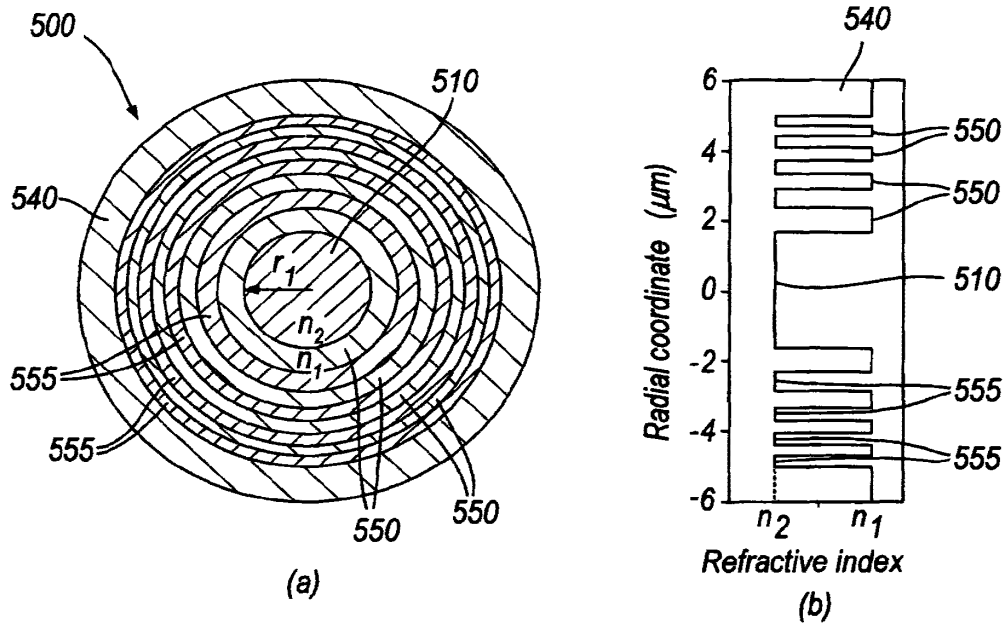


Fig.6

4/6

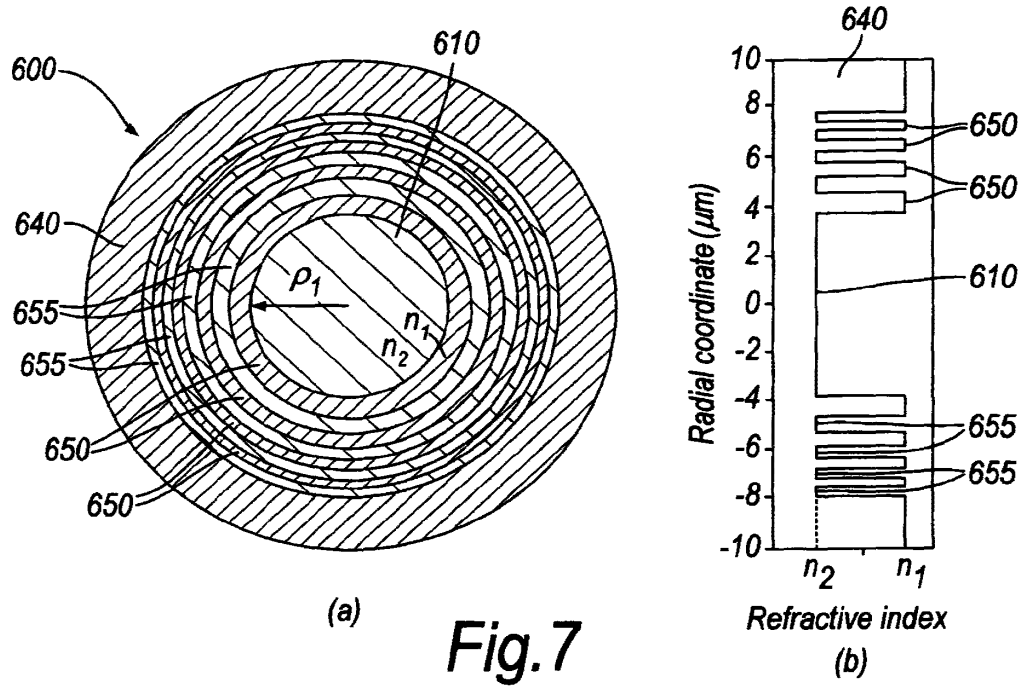


Fig. 7

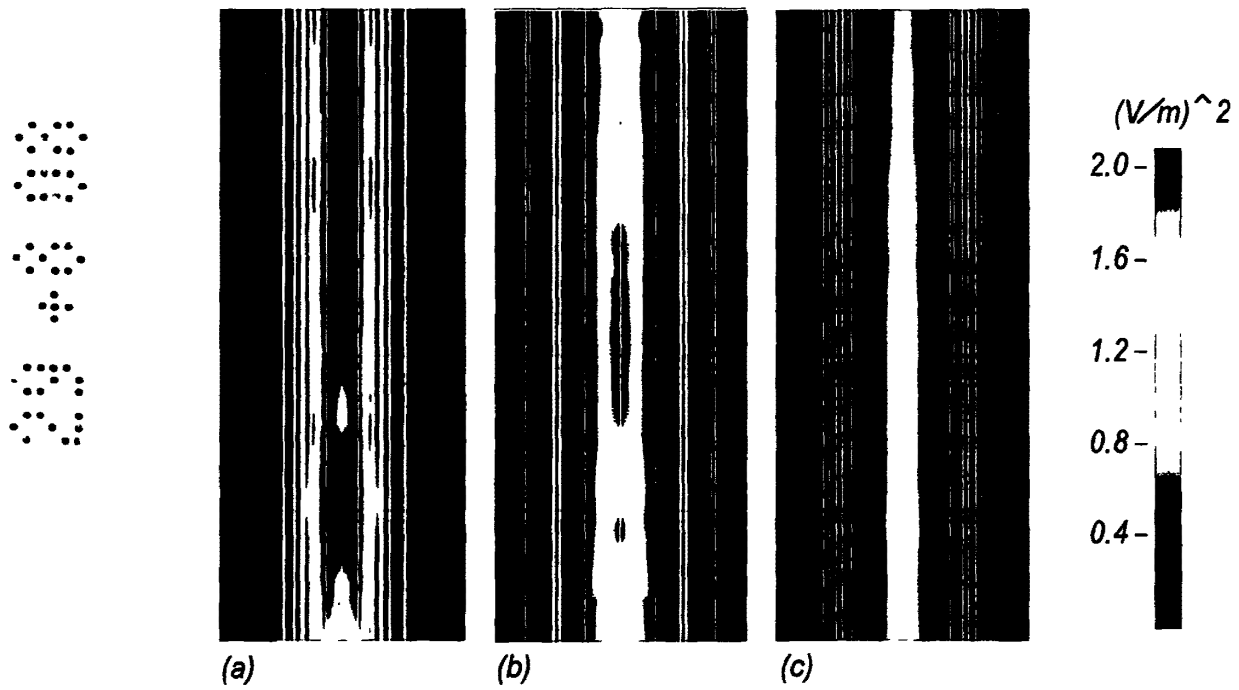


Fig. 8

5/6

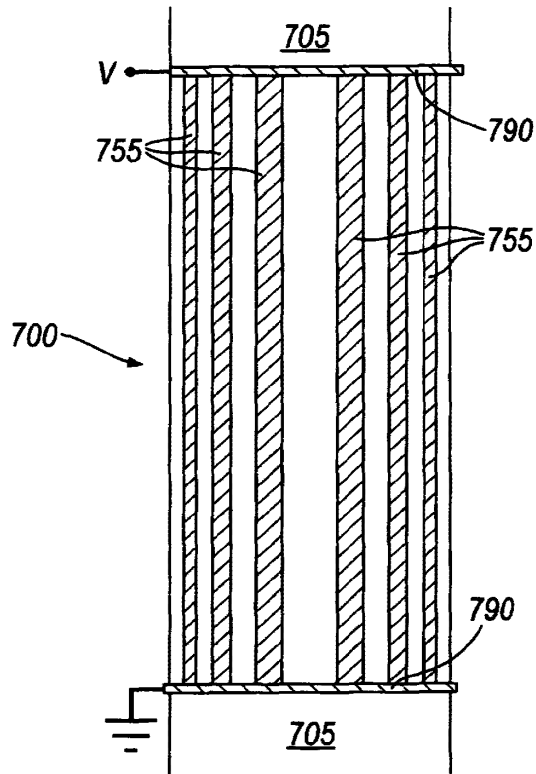


Fig.9

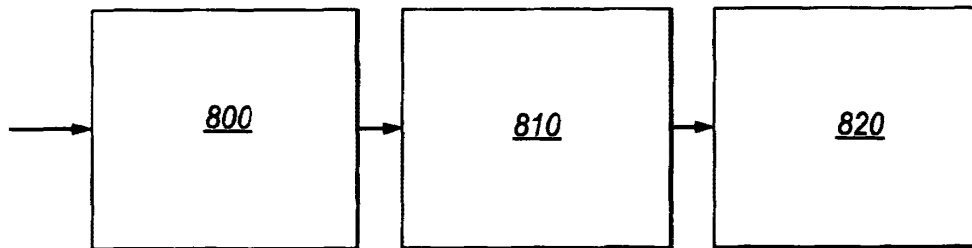
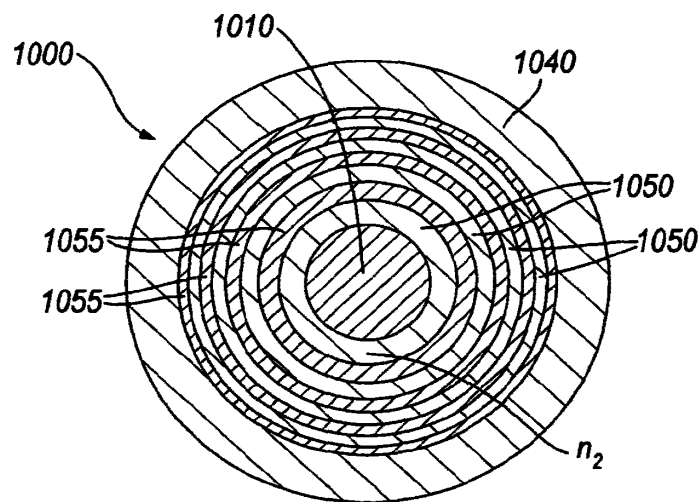
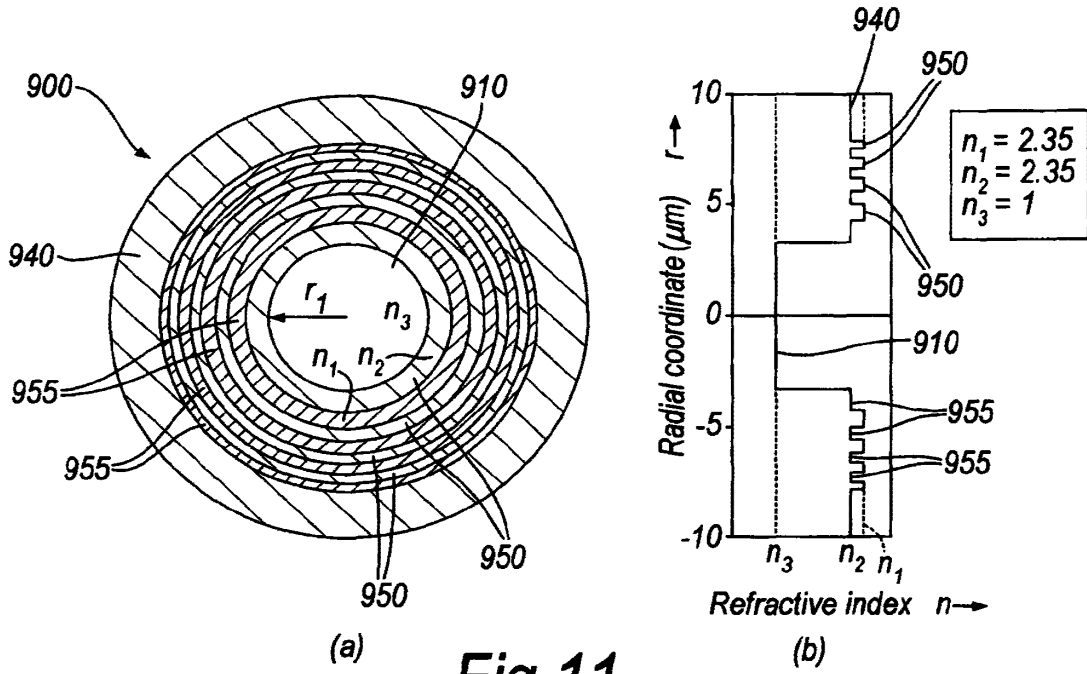


Fig.10



A Method and Apparatus Relating to Optical FibresField of the Invention

5

This invention relates to optical fibres. More particularly, the invention relates to an optical fibre comprising a core and a plurality of concentric cylinders surrounding the core, the core and the plurality of cylinders together forming a
10 plurality of zones that confine light within the fibre, and wherein successive zones have different refractive indices and have a width that varies with radius. Even more particularly, although not exclusively, the invention relates to radially chirped Bragg fibres (RCBF).

15

Background Art

Optical fibres are used to guide light signals. They are used in many different applications, including sensing, short-range
20 precision delivery of light and long-distance communications. When an optical fibre is used to guide a light signal, the optical properties of the fibre can have a significant effect on the guided signal. For example, when a light signal travels over long distances in an optical fibre, various
25 undesirable effects can occur, including attenuation of the signal due to losses in the fibre, and chromatic dispersion (different frequencies of the light travelling at different speeds). When high-power light signals are transmitted, problems can result from non-linearities in the refractive
30 index of the material from which the fibre is made; at very high powers, the fibre can suffer catastrophic failure due to self-focusing effects.

There is increasing interest in hollow-core optical fibre (i.e. fibre having an air-filled or vacuum core), due to its many applications. Such fibre presents reduced attenuation loss to light guided down the hollow core, since material absorption losses are greatly reduced. Similarly, problems associated with high-power signals are greatly reduced. Hollow-core fibre can also be used to guide solid objects such as atoms (e.g. entangled molecules for quantum computing), ions (excited-state transport), carbon nanospheres or other particulate matter from one location to another. It can also be used for sensing applications (remote sensing), since the fibre's core can be filled with a microfluid, so that the fibre's optical properties (e.g. absorption, degree of evanescence, and modal field diameter) are influenced by the presence of specified molecules in the microfluid.

US 7110649 (Fujitsu Ltd) and Makiko Hisatomi, Michael C. Parker, Stuart D. Walker, "Binary Multi-Zoned Microstructured Fiber: A Comparative Dispersion Analysis of Radially Chirped Bragg Fibre, *J Lighwave Tech* 23, pp. 3551 - 3557 (2005), the whole contents of which are hereby incorporated by reference, describe an unusual kind of optical fibre, comprising a number of concentric cylinders, or "zones" of optical material. At the junction of two zones the refractive index changes between lower and higher values discontinuously. The radius of the m th zone is:

$$r_m = \sqrt{mr_1}$$

In some ways that structure is reminiscent of a Fresnel zone plate, which of course is a plate having a number of concentric zones. The zoned structure has a focusing property, as does the Fresnel zone plate, and also the Fresnel zone plate has a square root variation for the radii of its zones.

Thus in Fig. 3 of the present drawings, an example RCBF 200 has zones 250, 255 that again decrease in width according to the above square-root law, but the index is constant within each zone 250, 255, so the structure is binary in its refractive index. Thus core 210 and 2nd, 4th and subsequent even-numbered rings 255 are made from a material having a first, higher, refractive index; the 1st, 3rd, subsequent odd-numbered rings 250, and outer cladding 240 are made from a material having a second, lower refractive index.

Fibres substantially of the kind described in US 7110649 are described herein as "radially chirped Bragg fibres" (RCBFs): their key feature is the radial chirping of the radial widths, i.e. the progressive decrease in the widths with increasing radius.

Chromatic dispersion is a phenomenon that causes different wavelengths of light in a signal to travel at different speeds, causing chirping of the signal's spectrum and broadening of signal pulses. Broadening of optical pulses causes an increase in the time that must be left between signal pulses in order for them to remain distinguishable, and hence a decrease in the useable signal bandwidth provided by the fibre. If dispersion is left uncorrected, pulsed optical signals will, over sufficient distances, break up. Known methods of addressing chromatic dispersion include transmitting signal pulses at a signal wavelength at which the optical fibre exhibits zero dispersion (unfortunately, fibre losses tend to be relatively high at that wavelength), and interspersing lengths of "standard" fibre (the principal fibre used for long-haul telecommunications) with lengths of dispersion compensation fibre (DCF), which is fibre that exhibits dispersion having the opposite sign to the dispersion exhibited by the standard fibre, so that the net dispersion experienced by the signal pulses is zero.

For "next-generation" high speed (>40Gbps) optical networks, dispersion is potentially a serious problem, as at high data rates optical networks are sensitive to chromatic dispersion. The networks require tuneable devices, but DCFs
5 can only compensate a fixed amount of dispersion and are not tuneable; hence they are not suitable for dynamic, high-speed optical networking.

More generally, next-generation, high-speed networks would benefit from flexible, dynamic components that provide
10 rapid network reconfigurations that are actively controlled and do not require network operators to keep extensive stock of fixed-property alternative components. One particular drawback of DCFs (or any fixed dispersion compensator) is that a large number of spare components is required, in order to
15 cover the whole range of desired dispersion with different lengths of DCF. Provision of a variable dispersion compensator (VDC) would enable dynamic re-configuration of a network, and hence reduce operational costs.

Various VDC devices have been suggested, including the
20 virtually-imaged phased array (VIPA), fibre Bragg gratings (FBGs), arrayed waveguide gratings (AWGs), lattice filters, and electronic compensation. Although several such ideas have been known for some time, they are still immature technologies, and they tend to have strongly constrained
25 bandwidth-dispersion products (i.e. higher ranges of variable dispersion tend to be available only for narrower bandwidths). VIPA is the most developed solution for tuneable dispersion compensation; however, it is rather large in size, power-hungry, and slow, as its switching is mechanical. FBGs are a
30 fibre-based technology, and hence coupling to standard single-mode fibre (SMF) is straightforward; however, ripple in both the amplitude response and group-delay response is generally high across the device's passband. AWGs and other planar

light circuit (PLC) technologies are promising, as they have the potential to miniaturise photonic components; however, those technologies have a smaller tuning range, and are still immature.

5 In most optical fibres in use today, including SMF (see SMF 1 in Fig. 1), propagating light is mostly confined to a core 10, which is surrounded by a layer of cladding 20. Both the core 10 and the cladding 20 are typically glass, but the core 10 is made of a higher-refractive-index material, whilst
10 the cladding 20 is of a lower-refractive-index material, so that light in the core 10 undergoes total internal reflection at the core-cladding interface. (Most optical fibres are encased in a protective jacket 30, which is not shown in the accompanying drawings other than Fig. 1, for ease of
15 illustration.)

Another class of fibres is the Bragg fibre (see Bragg fibre 100 in Fig. 2), a fibre in which a core 110 is surrounded by concentric rings 120, 125 of material, with every second ring 125 being of the same material as the core
20 110 and having the same width as each other second ring 125, and every other ring 120 being of a different material from the second rings 125 and having the same width as each other ring 120. Bragg fibres show superficial similarity to RCBFs but, despite those similarities (and their similar names),
25 they guide light by a very different mechanism. As discussed above, RCBFs guide light by periodic refocusing, a phenomenon resulting from the Fresnel-lens-like nature of their zonal structure. Bragg fibre, on the other hand, consists of concentric rings of different refractive indices, where the
30 incremental radius of each ring represents a constant quarter-wavelength path length change such that light at the Bragg wavelength is reflected back into the core by the photonic bandgap effect; they do not exhibit the characteristic

periodic refocusing of RCBF. RCBF is not translationally periodic, and does not exhibit a photonic band gap (at least not in a conventional manner); one cannot readily understand the properties of RCBF using known theories of the operation of Bragg fibres.

W02005/053116 (Corning) teaches a double-clad, hollow-core, Bragg fibre (i.e. a Bragg fibre in which there are two groups of the concentric rings having different thicknesses, forming an outer cladding region and an inner cladding/outer core region). The inner cladding/outer core region includes an inner, interface, portion in which there are a plurality of regions of optically active dopants. In an alternative embodiment, the optically active dopants are disposed in the hollow core of the fibre. The fibre is said to work by encouraging coupling of energy from surface modes at the core/cladding interface to modes in the core. However, use of surface modes is inefficient; normally, one aims to suppress them. The fibre has to be designed to encourage their excitation and the cross-coupling. Moreover, the energy coupling can occur in both directions, with energy being lost from the core modes to the surface modes.

Fig. 4 shows dispersion characteristics of examples of SMF 330, Bragg fibre 320 and RCBF 310. In Fig. 4, the abscissa (the normalised frequency V) is given by

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \text{ and the normalised propagation constant } b \text{ is given}$$

$$\text{by } b = \frac{n_{eff}^2 - n_2^2}{n_1^2 - n_2^2} \text{ with } n_{eff} \text{ being the effective refractive index of}$$

the mode and a being the appropriate diameter of the

structure. The ordinate $V \frac{d^2(Vb)}{dV^2}$ is a measure of the normalised dispersion exhibited by each type of fibre.

In recent years, a great deal of attention has been focused on another class of optical fibre, called "photonic crystal fibres" (PCFs). Various PCF structures have been proposed. Most of those structures include a core, which may
 5 be solid, or an elongate hole, running along the length of the fibre, and a cladding comprising a plurality of elongate holes embedded in a matrix material, which, in the case of a solid-core fibre, is typically the same material as the core of the fibre. The cladding holes are typically arranged in a
 10 periodic pattern, usually a lattice having six-fold symmetry. The fibres typically guide light by one of two mechanisms. In the first, the cladding exhibits a photonic band-gap, so that light of at least one range of frequencies is unable to propagate in the cladding, essentially due to interference
 15 effects. In the second, light is confined to the core by total internal reflection, as in standard fibres, with the required index difference resulting from the effective refractive index of the cladding being lower than that of the core as a result of the holes in the cladding.

20 Sigang Yang, Yejin Zhang, Shizhong Xie in "*Transformation of a single mode photonic crystal fibre into a tunable dispersion compensator*", We3-P1, ECOC '06, Cannes, France, September 2006, discloses a fibre having translational symmetry, a periodic hexagonal structure, which is not
 25 chirped. The fibre is a VDC photonic crystal fibre (VDC-PCF) which has a large negative dispersion when a specific set of holes is filled with index-tuneable polymer. In their scheme, the dispersion of the fibre is made tuneable by changing the refractive index of the polymer. The VDC-PCF is a "holey
 30 fibre" of the kind discussed above: the fibre is fabricated from silica glass, with an array of micro-scale holes that run along the entire length of the fibre. The arrangement of the

holes is periodic, with the holes arranged on a triangular lattice, giving six-fold rotational symmetry.

In common with other holey fibres, the Yang fibre has a complex dispersion map, with its dispersion depending
5 significantly on the size and distribution of the cladding holes; the underlying principles of its geometry, including its guidance mechanism - the generation of a photonic band gap - are complex.

The present invention seeks to ameliorate at least some
10 of the above-mentioned problems.

Disclosure of the Invention

In a first aspect, the invention provides an optical fibre
15 comprising a core and at least one cylinder concentric with and surrounding the core, the core and the at least one cylinder together forming a plurality of zones, said zones having a primary optical function, in use, of confining light within the fibre, and successive zones having different
20 refractive indices and different widths; CHARACTERISED IN THAT at least one of the zones comprises a material that exhibits a secondary optical function.

Preferably, at least one of the cylinders comprises a material that exhibits the secondary optical function. The
25 core may or may not exhibit the secondary optical function.

The fibre does not guide light by virtue of a conventional (periodic) photonic band gap. Preferably, the fibre does not include cladding holes.

The zones are of course formed in the transverse cross-
30 section of the fibre, and extend along at least a major part of its length. The cylinders may have a circular cross-section, or they may have a non-circular cross-section.

The widths of the zones may decrease with increasing radius. The decrease may be monotonic. The outer diameter of the m th zone may be the radius of the core times the square root of m . (Where herein the value of a physical parameter is specified mathematically, that value is of course accurate only within the reasonable limits of manufacture and/or measurement; thus, for example, fibres in which the outer diameter of the m th zone is only substantially equal to the radius of the core times the square root of m are encompassed by the statement in the preceding sentence. Also, the square-root relationship presupposes closely similar refractive indices for the different zones, such that overall optical path lengths are in the same proportion as geometric path lengths; where the optical and geometric path lengths differ significantly, the optical path length is preferred.)

The outer diameter of the m th zone may be a constant plus a given radius times the square root of m .

The widths may increase with increasing radius. The increase may be monotonic.

There may be two cylinders in addition to the core. There may be more than two cylinders in addition to the core. There may be five cylinders in addition to the core. There may be nine or ten cylinders in addition to the core. There may be more than ten cylinders in addition to the core.

It may be that every other zone has same refractive index; i.e. in an example fibre with five cylinders, the core, 2nd cylinder, and 4th cylinder may have the same refractive index and the 1st ring, 3rd ring, and 5th ring may have the same refractive index.

The material exhibiting the secondary optical function may be, for example, a polymer (e.g. PMMA - poly methyl methacrylate) or a glass (e.g. Erbium-doped glass).

The core may be a hollow core. The core may be filled with a fluid, that is a liquid or a gas. There may be a vacuum in the core.

In a group of example embodiments of the invention, the secondary optical function is optical gain. Thus, at least one of the cylinders may be formed from an active material. That active cylinder may be the first cylinder. The core may include an active material, which may be solid or liquid.

The active cylinders may be separated from each other by passive (non-active) cylinders. Although this group of embodiments is concerned with amplification of modes, in contrast to the Corning paper discussed above, it does not require excitation of surface modes, and so the active cylinders need not be adjacent to the core, or continuous with each other.

The secondary optical function may be a controllable optical property. In another group of example embodiments of the invention, the secondary optical function is controllable refractive index. Controllable refractive index can be used to enable overall dispersion control.

Returning to Fig. 4, one can see that if the range of V is chosen where $V \frac{d^2(Vb)}{dV^2}$ is positive then RCBF 310 has negative dispersion, which can be used for dispersion compensation. The inventors have noted that in the vicinity of the cut-off frequency 350 (i.e. the normalised frequency above which the fibre ceases to be single-mode), which in the example of Fig. 4 is just under $V=5$, the dispersion of the RCBF 310 is significant; in contrast, Bragg fibre 320 and SMF 330 have a dispersion close to zero at that frequency. The inventors have realised that that relatively high dispersion near the cut-off wavelength 350 makes RCBF 310 a good choice of fibre for dispersion compensation. In use, an optical fibre will

tend to guide lowest-order-mode light most effectively when the light is as close as possible to the cut-off wavelength for higher modes. The high dispersion shown at the cut-off wavelength 350 in Fig. 4 is therefore particularly

5 advantageous.

The material that exhibits the secondary optical function may be a material with similar thermal expansion to a material from which the rest of the fibre is comprised, but a different rate of change of refractive index with temperature (e.g.
10 appropriately engineered PMMA). The material that exhibits the secondary optical function may be a material the refractive index of which changes when a voltage is applied across the material. The material that exhibits the secondary optical function may be a polymer incorporating a non-linear
15 chromophore. Examples of suitable arrangements are given for example in M. Oh, et al., "Recent Advances in Electrooptic Polymer Modulators Incorporating Highly Nonlinear Chromophore", *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* 7, p826 (2001) and G. Xu, et al., "Organic
20 electro-optic modulator using transparent conducting oxides as electrodes", *Optics Express* 13, p7380 (2005)

One or more of the zones may exhibit a secondary optical function in the form of a controllable refractive index. Every other zone may have a controllable refractive index. It
25 may be that only the central zone (i.e. the core) has a controllable refractive index. It may be that the central zone and the first zone have controllable refractive indices.

The material may exhibit an optical non-linearity, for example a non-linear refractive index.

30 The size of the non-linear effect may be controllable.

The fibre may, in use, guide light by periodically refocusing it. The period of the refocusing may be chosen to achieve quasi-phase-matching (QPM) with the optical non-

linearity. Thus, the geometry of example embodiments of the invention, for example the RCBF geometry, may be exploited to enhance by QPM the efficiency of optical nonlinear effects. That may be achieved by phase-matching of modes in a
5 multimoded waveguide structure; thus, the modes may become spatially and periodically "mode-locked". In mode-locking, the propagation constant for the modes differ by a constant increment, so that the modes come back into phase after a length determined by the constant.

10 The fibre may be a fibre for use in a communication system.

In a second aspect, the invention provides use of a fibre according to the first aspect of the invention to provide varying dispersion compensation in an optical network.

15 As discussed above, since an appropriate compensation amount has to be calculated for each link in network, fixed dispersion DCF does not enable dynamic reconfiguration. Also, the compensation required can vary from link to link, so a large number of spare DCFs is required; hence, a large
20 inventory is required, and there is a lack of flexibility. Use of a fibre according to an example embodiment of the invention can enable a drastic reduction in inventory, and hence in maintenance costs.

Fibres according to embodiments of the invention may
25 provide a large tuning range. As discussed above, next-generation high-speed (>40Gbps) networks with dynamic and flexible network configurations are more sensitive to dispersion than legacy networks; hence tuneable dispersion is wanted. Example embodiments of the invention may provide more
30 efficient use of network capacity by enabling dynamic reconfiguration of the dispersion compensation provided in the network, and hence reduced operational costs.

Thus, in a third aspect, the invention provides an optical network comprising a fibre according to the first aspect of the invention.

Embodiments of the invention may be especially useful in coherent transmission systems. Thus, the fibre may be used to provide a coarse dispersion control, in conjunction with another dispersion compensator used to provide fine dispersion control. The other dispersion compensator may be a digital signal processor.

In a fourth aspect, the invention provides use of an optical fibre according to the first aspect of the invention, the fibre having a cut-off wavelength, the use comprising propagating along the fibre light having a wavelength within 200 nm of the cut-off wavelength to achieve a dispersion of more than 1000 ps/nm.

The dispersion may be more than 2000 ps/nm. The wavelength may be within 100 nm of the cut-off wavelength.

In a fifth aspect, the invention provides a method of dispersion compensation, the method including propagating light in a fibre according to the first aspect of the invention, at a wavelength near to a cut-off wavelength of the fibre.

The dispersion may be more than 1000 ps/nm. The wavelength may be within 200 nm of the cut-off wavelength.

In a sixth aspect, the invention provides a method of amplifying a light signal, comprising propagating the light signal along a an amplifying fibre as described above and being a fibre according to the first aspect of the invention, and using the optical gain to supply energy to an evanescent part of a mode of the fibre core.

The mode may be the fundamental mode of the fibre core.

In a seventh aspect, the invention provides an amplifier, a laser or a sensor including a fibre according to the first aspect of the invention.

It will be appreciated that features of the present invention described in relation to any aspect of the present invention are equally applicable to the other aspects of the present invention.

Brief Description of the Drawings

10

Certain illustrative embodiments of the invention will now be described in detail, by way of example only, with reference to the accompanying schematic drawings, in which:

Fig. 1 is a transverse cross-section through an example of a prior-art standard single-mode fibre (SMF);

Fig. 2 is a transverse cross-section through an example of a prior-art Bragg fibre;

Fig. 3 is (a) a transverse cross-section through an example of a prior art, solid-core, Fresnel-zoned (RCBF) fibre, and (b) a plot of the radial variation of the refractive index of the fibre;

Fig. 4 is a plot showing the normalised dispersion characteristics of the prior-art fibre of Figs. 1 to 3;

Fig. 5 is a transverse cross-section through a first example of a fibre according to an embodiment of the invention

Fig. 6 is (a) a transverse cross-section through a second example of a fibre according to an embodiment of the invention, being a solid-core, nonlinear, RCBF, and (b) a corresponding refractive-index profile with $r_1=1.67$ microns;

Fig. 7 is (a) a transverse cross-section through a third example of a fibre according to an embodiment of the invention, being another solid-core, nonlinear RCBF, and (b) a corresponding refractive-index profile with $\rho_1=3.92$ microns;

Fig. 8 is a 2D plot showing modal evolution along 55 micron lengths of the fibres of Figs. 6 and 7, with: (a) $r_1=1.67$ microns, input light source $D_s=9$ microns, $\Lambda=17$ microns, (b) $\rho_1=3.92$ microns, input light source $D_s=9$ microns, $\Lambda=30$ microns, (c) $\rho_1=3.92$ microns, input light source $D_s=6$ microns, $\Lambda=43$ microns;

Fig. 9 is a schematic longitudinal cross-section through a fourth example fibre according to an embodiment of the invention, incorporating electro-optically active material;

Fig. 10 is a block diagram showing how variable dispersion compensation may be used in conjunction with digital signal processing;

Fig. 11 is (a) a transverse cross-section through a fifth example of a fibre according to an embodiment of the invention, being a hollow-core, amplifying RCBF, and (b) a corresponding refractive-index profile; and

Fig. 12 is a transverse cross-section through a sixth example of a fibre according to an embodiment of the invention, being a solid-core, amplifying RCBF, including amplifying material in its core.

Detailed Description

As discussed above, a radially chirped Bragg fibre (RCBF) features concentric zones of alternating materials along the fibre length, with the radius of the m th zone given by a square-root relationship. The radii of RCBF zones are not periodic, and RCBF guides light by periodically refocusing the light within the fibre structure.

The zoned structure can be regarded as a longitudinal equivalent of a binary Fresnel zone plate, such that light is guided by periodic refocusing back within the fibre structure. Alternatively, the periodic refocusing of the light within the

fibre core can be viewed as being analogous to the Talbot self-imaging effect, exploited within multi-mode interference (MMI) couplers. However, rather than employing an essentially periodic grating as is required for the 1D case, the cylindrical geometry of a fibre requires aperiodic gratings to achieve the same self-imaging effect.

An example RCBF utilises a simple Fresnel zoning geometry to achieve the refocusing effect. Figs. 6 and 7 show schematic cross-sections of two example solid-core RCBF waveguide geometries. Each fibre 500, 600 includes a material with a nonlinear refractive index in its core 510, 610.

In the fibre 500 of Fig. 6, the centre (geometric) radius (i.e. the radius of core 510) is $r_1 = 1.67$ microns, with a core refractive index of $n_2=2.25$. Zones 555 have the same index, whilst the index of zones 550 and outer cladding 540 is $n_1=2.35$. There are 9 zones 550, 555. The fibre 600 of Fig. 7 has a larger central zone 610, having a radius $\rho_1=3.92$ microns. However, rather than having the simple zone radii of the Fresnel formula, this fibre 600 has the same zone radii increments as the fibre 500 of Fig. 6, such that the radii of subsequent zones 650, 655 are given by $\rho_m=\rho_1+(r_m-r_1)$, where $\rho_1=3.92$ microns, $r_1=1.67$ microns, and r_m follows from the square-root Fresnel formula. (Outer cladding 640 is again not part of the Fresnel pattern.)

We have used a fully vectorial 3D finite-difference time-domain (FDTD) package, Poynting for Optics, to simulate electric field evolution in our RCBF designs. Fig.8(a) shows the evolution of a linearly-polarised $D_s=9$ micron width Gaussian input mode source, having a wavelength $\lambda = 1.55$ micron along a 55 micron-length of the fibre 500 shown in Fig. 6. The periodic refocusing of the light is a marked effect, with a spatial period of $\Lambda=17$ microns within the low refractive index core 510 of the fibre 500. The vertical

lines indicate the boundaries of the zones 550, 555. In the FDTD simulation, time steps were $dt=133as$, whilst a minimum spatial resolution of $dx=dy=100nm$ for transverse dimensions, and $dz=50nm$ (along the fibre axis) were employed. Fig. 8(b) and 8(c) show how the spatial period Λ can be tuned by varying both fibre geometry and also the Gaussian diameter D_s of the illuminating light. In this case, the period Λ can be increased by either increasing the radius of the central zone 510, e.g. Λ can be increased to $\Lambda=30$ microns for the central zone radius of $\rho_1=3.92$ microns of fibre 600. Furthermore, reducing the diameter of the source light to $D_s=6$ microns also increases the spatial period further to $\Lambda=43$ microns. In those two latter cases, the FDTD simulation parameters were increased slightly to $dt=144as$ and $dx=dy=131nm$, with $dz=50nm$, in order to accommodate the larger fibre structure 600 within the computing memory resources.

The periodic refocusing may thus be used to achieve phase-matching of nonlinear effects resulting from the nonlinear refractive index of core 510, 610.

In the example embodiment of the invention shown in Fig. 5, a RCBF 400 has a similar structure to the RCBF 200 of Fig. 3. RCBF 400 comprises a zeroth zone, inner core 410 made of a material having a first refractive index, and a plurality of concentric, annular zones or rings, the even-numbered ones 455 of which have another refractive index, and the odd-numbered ones 450 of which have a third refractive index (as does outer cladding 440). The radius of the m th zone is again given by the square-root relationship.

The outer radius of the outermost of the annular zones has in this example a diameter equal to that of standard SMF; i.e., 9-10 microns.

Of course, in alternative embodiments, the fibre of the invention could have a different structure, for example the

structure of fibre 500 or fibre 600, or a hollow-core structure.

A fibre having the structure of fibre 400, and zones 455 that exhibit a secondary optical function, is an example of an embodiment of the invention.

With reference to Fig. 5, the inner core 410 is passive but each even-numbered ring 455 is made of an active material. When that active material is an amplifying material this offers various advantages such as:

10

- 1) differential gain of the evanescent tail, leading to overall higher amplification;
- 2) highly efficient fibre laser;

15

In addition if the inner core is hollow this offers the additional advantages:

- 3) ultra-high light intensities at centre of hollow core, without fears of material damage due to the high concentration of optical power;
- 4) spatially different optical pumping (i.e. in the cladding), compared with the main lobe of signal light (at centre of hollow core).

20

Example applications of such a device include high-sensitivity sensing, ultra-high power optical fibre laser for use in welding, and concentrated high-intensity optical power delivery.

The advantage for high-intensity optical power delivery is that the majority of the optical power of the mode resides at the centre of the hollow-core, and only the evanescent tail finds itself in the material surrounding the hollow core. If the surrounding material is active and offers optical gain,

30

then it will amplify only the relatively low power of the evanescent tail. Since that power is relatively low, the active, amplifying material is less likely to suffer from gain saturation effects, and so can provide a high gain. The
5 guiding mechanism of the RCBF acts to maintain the overall shape of the guided mode, in both hollow-core and surrounding material. Hence, as the evanescent tail increases in power, optical power is automatically shifted from the surrounding material towards the centre of the hollow core, so as to
10 maintain the same overall modal shape of the guided mode. Hence the evanescent tail is continually losing power towards the hollow-core, so that it will continue to benefit from the high differential gain afforded by its relatively lower power. In such a way, very high gains and optical powers may be
15 achieved, before the evanescent tail itself accumulates sufficient optical power to start causing gain saturation effects within the amplifying medium.

By bringing the two ends of the hollow-core MSF together into a closed ring configuration, or simply placing reflectors
20 at either end of the hollow core device, a laser may be constructed. For the ring laser case, power must be coupled out of the device either by evanescent coupling (which typically involves passage of the light through the material side of the hollow-core fibre); or by introducing a "Y"-shaped
25 hollow-core splitter within the ring configuration, so that a proportion of the light is automatically fed out, yet remains within an air-core geometry (to avoid any dangers of material damage due to the high optical intensities).

A significant aspect of the potential of the device for
30 sensing applications lies in its enhanced sensitivity to very low concentrations of an analyte under consideration. The amplifying medium can increase the power of the sensing signal (e.g. the Raman signature, if Raman spectroscopy is used to

analyze the solution in question) so as to make it easier to measure.

The geometry of the RCBF also allows more efficient optical pumping to invert the active medium. Often, in fibre amplifier geometries, the optical pumping power is located at the centre of the waveguide, alongside the optical signal to be amplified. However, by making the first annular zone around the hollow-core the active region, a number of benefits arise: the total cross-sectional area of the active region is potentially higher than that of the hollow-core, which allows greater efficiency of inversion of the amplifying medium, since the pumping power is at a lower intensity and is less likely to saturate the inverting material. It also therefore allows a higher optical pumping power, as there are less likely to be nonlinear effects occurring in the cladding regions, which might reduce efficiency and cause unwanted side-effects (e.g. spurious harmonic generation, and cross-phase/gain modulations etc.) Additional filtering to separate the signal from the pump is also therefore unnecessary, so reducing device complexity. Of course, some of the advantages are also present if a passive solid-core design (rather than the hollow-core geometry) surrounded by active zones/cladding is adopted. In that case, the avoidance of unwanted nonlinear effects in the core is still achieved, as well as the greater efficiency and high optical power advantages already noted.

Ultra high-power fibre lasers are becoming increasingly important, but the high intensities can cause problems for solid-core devices (e.g. end-facet damage, and any impurities or defects cause reflections and higher than expected local concentration of optical power leading to local heating and possible fracture or damage). However, by employing a hollow-core fibre where the majority of the optical power is

concentrated at the centre, where there is no material, many of these problems are avoided, so allowing ever higher optical powers to be employed, e.g. for spot-welding applications, or other high energy concentration applications.

5 Complex combinations of active and passive zones are also possible. For example, with the hollow- or solid-core geometries, all odd zones (i.e. first cylinder or annulus surrounding the core, followed by the 3rd annulus etc may be made active, with even zones (i.e. zeroth zone or core and 2nd zone etc) made passive. Conversely, all even zones (i.e. the
10 central solid-core and 2nd, 4th zones etc.) may be made active and the odd-order zones made passive. Other combinations are possible, e.g. the first zone and all consequent higher-order zones may be made active, with only the core made passive.

15 The waveguide dispersion of the fibre of Fig. 3 is given by:

$$D/L = -\frac{(n_1 - n_2)}{c\lambda} V \frac{d^2(Vb)}{dV^2} \text{ [ps/nm/km]}$$

It is interesting to note why, by employing an essentially "radially chirped" MSF geometry, our RCBF design
20 exhibits a strong dispersive characteristic, as noted above. It can be considered by analogy to chirped FBGs for dispersion compensation, where the associated longitudinal Bragg grating is chirped along the fibre axis and the light is chromatically dispersed by the grating as it propagates along the fibre. In
25 the case of the RCBF geometry, the chirping is transverse to the fibre axis (i.e. transverse to the propagation of the light.) Intuitively, that might be thought therefore not to impart any dispersion onto the light. However, transversal and longitudinal grating structures are essentially
30 equivalent, imparting similar filtering and dispersion characteristics onto the light. Given that, one can

understand why a radially chirped MSF structure also exhibits a strong dispersive nature.

Our RCBF fibre exhibits no periodicity (e.g. translational, or radial) and relies on the Fresnel (re)focusing effect in order to confine light to the centre of the fibre and effect waveguiding. Variation of the Fresnel lens causes the lensing properties (e.g. focal length, degree of chromatic aberration) of the fibre to change. Variation of the Fresnel lens is caused by introducing a variable refractive index in the various zones of the Fresnel lens. The RCBF fibre has a circular symmetry due to the overall cylindrical geometry of the fibre; hence the index variations should also maintain that circular, rotational symmetry. Varying the refractive index of the zones changes the lens properties of the RCBF and hence changes the dispersive characteristics of the fibre, and so allows variable dispersion compensation.

In contrast, the Yang approach to VDC (described above) employs a photonic crystal fibre (PCF) geometry. Here, the PCF causes a photonic band (PBG) to arise due to the translational periodicity of its holey hexagonal symmetry. The PBG confines the light to the centre of the fibre and causes waveguiding. A photonic bandgap is analysed using a dispersion diagram/map, which plots the variation of propagation constant with wavenumber. By introducing variations in the holey structure of the PCF geometry, the dispersion diagram can be modified, so as to cause an overall change in the dispersion properties of the fibre. In order to preserve the cylindrical, rotational symmetry of the fibre, any variations in the holey structure must also have rotational symmetry: hence the variation in holey refractive index exhibits a hexagonal, 6-fold rotational symmetry. Varying the refractive index of the holey hexagonal ring

changes the dispersion map of the fibre, and hence allows variable dispersion compensation.

Thus, compared with the Yang fibre discussed above, RCBF fibre according to an example embodiment of the invention has a fully "concentric-circular" design, with full circular (rotational) symmetry, without holes. Rather than relying on holes in a translationally periodic (often hexagonal) geometry to create a photonic bandgap and hence confine and guide the light, the fibre employs concentric circles, with aperiodic zoning (i.e. non-periodic geometry) to guide the light by repeated refocusing, analogous to a longitudinally extended Fresnel zone plate. As such, the design fully (and more efficiently) exploits the circular symmetry required in a microstructured fibre (MSF) to make it dispersive. In having a fully circular-symmetric design, the RCBF achieves a higher dispersion for a given length of fibre, so that shorter lengths, and/or lower control voltages are required, with the additional advantage that a more compact VDC unit is made possible.

As discussed above, RCBFs of the type known in the prior art provide a fixed amount of dispersion when operated near their cut-off wavelength. However, in a dynamically reconfigurable network, signal pulses may arrive at a point having travelled along different network paths, experiencing different dispersions, and hence requiring different dispersion compensation. The fibre of the example embodiment of the invention meets that need by providing an actively variable amount of dispersion compensation.

Thus, in another example embodiment of the invention the inner core 410 and each even-numbered ring 455 is made, not of an amplifying material as discussed above but of a material the refractive index of which is variable, in this example because the material is an electro-optic material.

(Alternatively, only the odd-numbered zones are made of an electro-optic material.)

Tuning of the dispersion in RCBF can be achieved by fabricating the fibre with a material of controllable refractive index n_1 for every other zone or for particular zones. By having a material whose refractive index can be changed by external control, the dispersion property of the fibre is altered, so that different amounts of dispersion can be compensated, depending on the external control. The geometry of the fibre 400 of Fig. 5 is one such variable dispersion compensation (VDC) MSF scheme. There are a number of ways in which the refractive index of material can be changed: mechanically, thermo-optically, electro-optically. Amongst such schemes, electro-optic methods tend to provide the fastest switching response.

An example of an electro-optic approach is shown in Fig. 9. Fibre 700 is connected in line with two standard fibres 705. Electro-optic tuning of the dispersion of fibre 700 is achieved by creating a potential difference along its length, within each even-numbered ring 755, using indium tin oxide (ITO) electrodes 790. Electrodes 790 are arranged at each end of the fibre 700, surrounding the fibre in the vicinity of its join to the standard fibres 705.

This embodiment of the invention aims to achieve tuneable dispersion compensation in the well-established DCF regime, without the conventional bandwidth-dispersion constraint; however, this is probably at the expense of size and speed. That said, it is to be expected that future optical transmission systems will still require relatively coarse and (possibly slow) VDC, in conjunction with a higher-speed, fine dispersion compensation system. For example, future coherent detection transmission systems can theoretically compensate for all dispersion using digital signal processing (DSP)

techniques. But it would still make sense to employ optical VDC using the invention for "coarse" and relatively slow dispersion compensation and to use the DSP for residual, higher-speed dispersion compensation. Such an approach takes away a lot of the load from the DSP (allowing it to perform other important additional functions more efficiently), and uses relatively straightforward optics to perform a useful, underlying compensation function. A discussion of the use of DSP techniques for variable dispersion compensation is given in S.J. Savory et al., "Transmission of 42.8Gbit/s Polarization Multiplexed NRZ-QPSK over 6400km of Standard Fiber with no Optical Dispersion Compensation", *Proceedings of Optical Fiber Communications conference (OFC'07)*, Paper OTuA1, Anaheim, March 2007.

Fig. 10 is a simple 3 block diagram indicating how VDC is used in conjunction with DSP for coarse/fine dispersion compensation. In this example system, a light signal including dispersion that is to be compensated passes first into coarse VDC 800, which includes an active RCBF according to an example embodiment of the invention. The coarsely compensated signal then passes into coherent detector 810, where a local oscillator is used to retrieve the optical phase of the signal. A DSP 820 is then used for fine dispersion compensation of residual optical phase impairments in the retrieved phase of the signal.

It will be understood that, as propagating light is typically most concentrated at the centre of core 410, variations in the refractive index of core 410 have most effect on the dispersion provided by fibre 400. In an alternative example embodiment of the invention, only core 410 has an actively controlled refractive index. In another example embodiment, only the core 410 and ring 455a have actively controlled refractive indices, whereas rings 455b-d

do not, and need not be made of a material having a variable refractive index. Similarly, in another example embodiment, only the core 410, and the inner two rings 455 a, b have the variable refractive index.

5 The core of a fibre according to an embodiment of the invention may be a hollow core, or it may be a solid core that exhibits the secondary function, or it may be a simple, passive solid core.

For example, the fibre 900 of Fig. 11 has a hollow core
10 910, surrounded by a first set of cylinders 950, which are passive glass, and which alternate with a second set of cylinders 955, which are doped with amplifying, active ions. Outer region 940 is again passive.

In another example (Fig. 12), a fibre 1000 includes a
15 solid core 1010, which is made of a material having a variable refractive index, with cylinders 1055 being made of the same material. Between the core 1010 and the active cylinders 1050, and between each active cylinder 1055 are provided passive cylinders 1050. Thus, the dispersion provided by the
20 fibre 1000 may be varied by simultaneously altering the refractive indices of the active core 1010 and the active cylinders 1055.

Appropriate methods for manufacturing fibres according to the invention will readily present themselves to the skilled
25 artisan. For example, to form a hollow-core RCBF, hollow cylindrical preforms, each positioned and dimensioned to correspond to a zone in the final fibre, may be assembled concentrically and drawn to appropriate dimensions. The zone or zones having the secondary optical function will in this
30 example be formed from cylinders made from an appropriate material. A solid core RCBF may be produced by a similar method, with the addition of a central solid cane, around which the concentric hollow performs are positioned.

Whilst the present invention has been described and illustrated with reference to particular embodiments, it will be appreciated by those of ordinary skill in the art that the invention lends itself to many different variations not specifically illustrated herein. Some examples of such variations and alternatives have been described above.

Where in the foregoing description, integers or elements are mentioned which have known, obvious or foreseeable equivalents, then such equivalents are herein incorporated as if individually set forth. Reference should be made to the claims for determining the true scope of the present invention, which should be construed so as to encompass any such equivalents. It will also be appreciated by the reader that integers or features of the invention that are described as preferable, advantageous, convenient or the like are optional and do not limit the scope of the independent claims.

Claims

1. An optical fibre comprising a core and at least one
5 cylinder concentric with and surrounding the core, the core
and the at least one cylinder together forming a plurality of
zones, said zones having a primary optical function, in use,
of confining light within the fibre, and successive zones
having different refractive indices and different widths;
- 10 CHARACTERISED IN THAT at least one of the zones comprises a
material that exhibits a secondary optical function.
2. A fibre as claimed in claim 1, in which the widths of the
zones decrease with increasing radius.
3. A fibre as claimed in claim 2, in which the decrease is
15 monotonic.
4. A fibre as claimed in claim 3, in which the outer
diameter of the mth zone is the radius of the core times the
square root of m.
5. A fibre as claimed in claim 3, in which the outer
20 diameter of the mth zone is a constant plus a given radius
times the square root of m.
6. A fibre as claimed in claim 1, in which the widths of the
zones increase with increasing radius.
7. A fibre as claimed in any preceding claim, in which there
25 are two cylinders in addition to the core.
8. A fibre as claimed in any of claims 1 to 6, in which
there are more than two cylinders in addition to the core.
9. A fibre as claimed in any preceding claim, in which every
other zone has the same refractive index.
- 30 10. A fibre as claimed in any preceding claim, in which the
material exhibiting the secondary optical function is a
polymer or a glass.
11. A fibre as claimed in any preceding claim, in which the
core is a hollow core.

12. A fibre as claimed in any of claims 1 to 11, in which the secondary optical function is optical gain.
13. A fibre as claimed in claim 12, in which the at least one of the cylinders is formed from an active material.
- 5 14. A fibre as claimed in claim 13, in which that active cylinder is the first cylinder.
15. A fibre as claimed in any of claims 12 to 14, in which the core includes an active material.
16. A fibre as claimed in any of claims 1 to 11, in which the
10 secondary optical function is a controllable optical property.
17. A fibre as claimed in claim 16, in which the secondary optical function is controllable refractive index.
18. A fibre as claimed in claim 17, in which the material that exhibits the secondary optical function is a material
15 with similar thermal expansion to a material from which the rest of the fibre is comprised, but a different rate of change of refractive index with temperature.
19. A fibre as claimed in claim 17, in which the material that exhibits the secondary optical function is a material the
20 refractive index of which changes when a voltage is applied across the material.
20. A fibre as claimed in any of claims 17 to 19, in which one or more of the zones exhibits a secondary optical function in the form of a controllable refractive index.
- 25 21. A fibre as claimed in claim 20, in which every other zone has a controllable refractive index.
22. A fibre as claimed in claim 20, in which only the central zone (i.e. the core) has a controllable refractive index.
23. A fibre as claimed in claim 20, in which the central zone
30 and the first zone have a controllable refractive index.
24. A fibre as claimed in any of claims 1 to 11, in which the secondary optical function is an optical non-linearity.

25. A fibre as claimed in claim 24, in which the size of the non-linear effect is controllable.
26. A fibre as claimed in any preceding claim, which, in use, guides light by periodically refocusing it.
- 5 27. A fibre as claimed in claim 26 when dependent on claim 25, in which the period of the refocusing is chosen to achieve quasi-phase-matching with the optical non-linearity.
28. Use of a fibre according to any of claims 21 to 23 to provide varying dispersion compensation in an optical network.
- 10 29. Use as claimed in claim 28, in which the fibre is used to provide a coarse dispersion control, in conjunction with another dispersion compensator used to provide fine dispersion control.
30. An optical network comprising a fibre according to any of
15 claims 1 to 27.
31. Use of an optical fibre according to any of claims 21 to 23, the fibre having a cut-off wavelength, the use comprising propagating along the fibre light having a wavelength within 200 nm of the cut-off wavelength to achieve a dispersion of
20 more than 1000 ps/nm/km.
32. A method of dispersion compensation, the method including propagating light in a fibre according to any of claims 21 to 23, at a wavelength near to a cut-off wavelength of the fibre.
33. A method of amplifying a light signal, comprising
25 propagating the light signal along a fibre according to any of claims 12 to 15, and using the optical gain to supply energy to an evanescent part of a mode of the fibre core.
34. A method as claimed in claim 33, in which the mode is the fundamental mode of the fibre core.
- 30 35. An amplifier, a laser or a sensor including a fibre according to any of claims 1 to 27.

36. A device substantially as herein described, with reference to Figs. 5, 6, 7, 9, 11 and 12 of the accompanying drawings.

32

Application No: GB0710437.5

Examiner: Donal Grace

Claims searched: 1 to 36

Date of search: 26 September 2007

Patents Act 1977: Search Report under Section 17

Documents considered to be relevant:

Category	Relevant to claims	Identity of document and passage or figure of particular relevance
A	-	Parker et al, "Hollow-Core Radially-Chirped Bragg Fiber for Quasi-metallic Photonic Bandgap Light Confinement" [online] 2006, Fujitsu and Uni. Of Essex < http://ieeexplore.ieee.org/iel5/10904/34305/01636518.pdf?tp=&isnumber=&arnumber=1636518 > [Accessed 24 Sept 2007]
A	-	JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 23, NO. 11, NOVEMBER 2005, Hisatomi et al, "Binary Multi-Zoned Microstructured Fiber: A Comparative Dispersion Analysis of Radially Chirped Bragg Fiber", pages 3551 to 3557 < http://ieeexplore.ieee.org/iel5/50/33146/01561384.pdf?arnumber=1561384 > [Accessed on 24 Sept 2007]
A	-	WO 2003/093885 A2 (E.I. DU PONT DE NEMOURS & CO)
A	-	WO 2006/072025 A2 (IMRA AMERICA)

Categories:

X Document indicating lack of novelty or inventive step	A Document indicating technological background and/or state of the art.
Y Document indicating lack of inventive step if combined with one or more other documents of same category.	P Document published on or after the declared priority date but before the filing date of this invention.
& Member of the same patent family	E Patent document published on or after, but with priority date earlier than, the filing date of this application.

Field of Search:

Search of GB, EP, WO & US patent documents classified in the following areas of the UKC^X :

Worldwide search of patent documents classified in the following areas of the IPC

G02B

The following online and other databases have been used in the preparation of this search report

EPODOC; WPI; TXTE; INTERNET

International Classification:

Subclass	Subgroup	Valid From
G02B	0006/02	01/01/2006
G02B	0006/02	01/01/2006

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

PCT

An

KOHLER SCHMID MÖBUS
Ruppmannstrasse 27
D-70565 Stuttgart
ALLEMAGNE

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERMITTLUNG DES
INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS
UND DES SCHRIFTLICHEN BESCHEIDS DER
INTERNATIONALEN RECHERCHENBEHÖRDE
ODER DER ERKLÄRUNG

(Regel 44.1 PCT)

Absendedatum (Tag/Monat/Jahr) 6 Mai 2011 (06-05-2011)	
Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts SP10120PCT-2	WEITERES VORGEHEN siehe Punkte 1 und 4 unten
Internationales Aktenzeichen PCT/EP2011/055484	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 8 April 2011 (08-04-2011)
Anmelder TRUMPF LASER UND SYSTEMTECHNIK GMBH	

- ☒ Dem Anmelder wird mitgeteilt, dass der internationale Recherchenbericht und der schriftliche Bescheid der Internationalen Recherchenbehörde erstellt wurden und ihm hiermit übermittelt werden.
Einreichung von Änderungen und einer Erklärung nach Artikel 19:
 Der Anmelder kann auf eigenen Wunsch die Ansprüche der internationalen Anmeldung ändern (siehe Regel 46):
Bis wann sind Änderungen einzureichen?
 Die Frist zur Einreichung solcher Änderungen beträgt üblicherweise zwei Monate ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts.
Wo sind Änderungen einzureichen?
 Unmittelbar beim Internationalen Büro der WIPO, 34, chemin des Colombettes, CH-1211 Genf 20, Fax: +41 22 338 82 70
 Nähere Hinweise finden sich im *PCT-Leitfaden für Anmelder*, Internationale Phase, Absätze 9004 - 9011.
- ☐ Dem Anmelder wird mitgeteilt, dass kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird und dass ihm hiermit die Erklärung nach Artikel 17 (2) a) sowie der schriftliche Bescheid der Internationalen Recherchenbehörde übermittelt werden.
- ☐ Hinsichtlich eines Widerspruchs gegen die Entrichtung einer zusätzlichen Gebühr (zusätzlicher Gebühren) nach Regel 40.2 wird dem Anmelder mitgeteilt, dass
 - ☐ der Widerspruch und die Entscheidung hierüber zusammen mit einem etwaigen Antrag auf Übermittlung des Wortlauts sowohl des Widerspruchs als auch der Entscheidung hierüber an die Bestimmungsämter dem Internationalen Büro übermittelt worden sind.
 - ☐ noch keine Entscheidung über den Widerspruch vorliegt; der Anmelder wird benachrichtigt, sobald eine Entscheidung getroffen wurde.
- 4. Zur Erinnerung:**
 Der Anmelder kann beim Internationalen Büro eine informelle Stellungnahme zum schriftlichen Bescheid der Internationalen Recherchenbehörde einreichen. Das Internationale Büro sendet allen Bestimmungsämtern eine Kopie dieser Stellungnahme, sofern nicht ein internationaler vorläufiger Prüfungsbericht erstellt worden ist bzw. gerade erstellt wird. Nach Ablauf von 30 Monaten seit dem Prioritätsdatum wird eine solche Stellungnahme auch der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.
 Kurz nach Ablauf von 18 Monaten seit dem Prioritätsdatum wird die internationale Anmeldung vom Internationalen Büro veröffentlicht. Will der Anmelder die Veröffentlichung verhindern oder auf einen späteren Zeitpunkt verschieben, so muss vor Abschluss der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung eine Erklärung über die Zurücknahme der internationalen Anmeldung oder des Prioritätsanspruchs beim Internationalen Büro eingeben (Regel 90bis.1 bzw. 90bis.3 PCT).
 In Bezug auf einige Bestimmungsämter ist innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung einzureichen, wenn der Anmelder den Eintritt in die nationale Phase verschieben und erst 30 Monaten nach dem Prioritätsdatum (in manchen Ämtern sogar noch später) vornehmen möchte; ansonsten muss der Anmelder innerhalb von 20 Monaten seit dem Prioritätsdatum die für den Eintritt in die nationale Phase vor diesen Bestimmungsämtern vorgeschriebenen Handlungen vornehmen.
 Bei anderen Bestimmungsämtern gilt die Frist von 30 Monaten (oder eine etwaige längere Frist) auch dann, wenn innerhalb von 19 Monaten kein solcher Antrag eingereicht wird.
 Genaue Angaben zu den jeweils geltenden Fristen in den einzelnen Ämtern finden sich unter www.wipo.int/pct/de/texts/time_limits.html und im *PCT-Leitfaden für Anmelder*, Nationale Kapitel.

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde



Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patenlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

PAREDES SANCHEZ, Luis-Miguel
Tel: +31 (0)70 340-3650

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts SP10120PCT-2	WEITERES VORGEHEN siehe Formblatt PCT/ISA/220 sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
internationales Aktenzeichen PCT/EP2011/055484	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 08/04/2011	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 08/04/2010
Anmelder TRUMPF LASER UND SYSTEMTECHNIK GMBH		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 4 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. **Grundlage des Berichts**
 - a. Hinsichtlich der **Sprache** beruht die internationale Recherche auf

☒ der internationalen Anmeldung in der Sprache, in der sie eingereicht wurde
☐ einer Übersetzung der internationalen Anmeldung in die folgende Sprache _____, bei der es sich um die Sprache der Übersetzung handelt, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (Regeln 12.3 a) und 23.1 b)).
 - b. ☐ Dieser internationale Recherchenbericht wurde erstellt unter Berücksichtigung der **Berichtigung eines offensichtlichen Fehlers**, die nach Regel 91 von dieser Behörde genehmigt wurde bzw. dieser Behörde mitgeteilt wurde (Regel 43.6b/s. (a)).
 - c. ☐ Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** siehe Feld Nr. I.
2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld Nr. II).
3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld Nr. III).
4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:
5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld Nr. IV angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.
6. Hinsichtlich der **Zeichnungen**
 - a. ist folgende Abbildung der **Zeichnungen** mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 3

☐ wie vom Anmelder vorgeschlagen
☐ wie von der Behörde ausgewählt, weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.
☒ wie von der Behörde ausgewählt, weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.
 - b. ☐ wird keine der Abbildungen mit der Zusammenfassung veröffentlicht.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/055484

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. G02B6/28	G02B6/42	B23K26/06 G02B27/09 G02B6/26
ADD.		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
G02B B23K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 42 00 587 C1 (KOBAYASHI, NOBORU ET AL.) 1. April 1993 (1993-04-01) Zusammenfassung; Abbildungen 5,7 Spalte 1, Zeile 21	1-15
Y	DE 38 33 992 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 12. April 1990 (1990-04-12) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	1-15
A	US 5 684 642 A (ZUMOTO NOBUYUKI [JP] ET AL) 4. November 1997 (1997-11-04) Zusammenfassung; Abbildungen 13,14	1-14
A	FR 2 284 892 A1 (THOMSON CSF [FR]) 9. April 1976 (1976-04-09) Zusammenfassung; Abbildungen 2-4	1-14
-/-		
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *I* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
26. April 2011		06/05/2011
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.O. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040. Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Faderl, Ingo

Formblatt PCT/SA/210 (Blatt 2) (April 2005)

Seite 1 von 2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2011/055484

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 475 788 A (TOMASSINI MAURIZIO [IT] ET AL) 9. Oktober 1984 (1984-10-09) Zusammenfassung; Abbildung 2	1-14
A	US 2002/168139 A1 (CLARKSON WILLIAM ANDREW [GB] ET AL) 14. November 2002 (2002-11-14) Zusammenfassung; Abbildung 5	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/055484

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
① DE 4200587	C1	01-04-1993	KEINE
② DE 3833992	A1	12-04-1990	EP 0366856 A2 09-05-1990 JP 2102644 A 16-04-1990
③ US 5684642	A	04-11-1997	DE 19503675 A1 24-08-1995 GB 2286900 A 30-08-1995 JP 3531199 B2 24-05-2004 JP 7227686 A 29-08-1995
④ FR 2284892	A1	09-04-1976	DE 2540761 A1 25-03-1976 JP 51056239 A 17-05-1976 US 3977764 A 31-08-1976
⑤ US 4475788	A	09-10-1984	DE 3263201 D1 30-05-1985 EP 0057164 A2 04-08-1982 IT 1170643 B 03-06-1987
⑥ US 2002168139	A1	14-11-2002	KEINE

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

An:

siehe Formular PCT/ISA/220

PCT

**SCHRIFTLICHER BESCHIED DER
INTERNATIONALEN
RECHERCHENBEHÖRDE
(Regel 43bis.1 PCT)**

Absendedatum
(Tag/Monat/Jahr)
210 (Blatt 2)

siehe Formular PCT/ISA/

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts
siehe Formular PCT/ISA/220

WEITERES VORGEHEN
siehe Punkt 2 unten

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2011/055484

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)
08.04.2011

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)
08.04.2010

Internationale Patentklassifikation (IPC) oder nationale Klassifikation und IPC
INV. G02B6/28 G02B6/42 B23K26/06 G02B27/09 G02B6/26

Anmelder
TRUMPF LASER UND SYSTEMTECHNIK GMBH

1. Dieser Bescheid enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- ☒ Feld Nr. I Grundlage des Bescheids
- ☐ Feld Nr. II Priorität
- ☐ Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- ☐ Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- ☒ Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Regel 43bis.1 a) i) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- ☐ Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- ☐ Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- ☐ Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

2. **WEITERES VORGEHEN**

Wird ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung gestellt, so gilt dieser Bescheid als schriftlicher Bescheid der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde ("IPEA"); dies trifft nicht zu, wenn der Anmelder eine andere Behörde als diese als IPEA wählt und die gewählte IPEA dem Internationalen Büro nach Regel 66.1 bis b) mitgeteilt hat, dass schriftliche Bescheide dieser Internationalen Recherchenbehörde nicht anerkannt werden.

Wenn dieser Bescheid wie oben vorgesehen als schriftlicher Bescheid der IPEA gilt, so ist der Anmelder aufgefordert, bei der IPEA vor Ablauf von 3 Monaten ab dem Tag, an dem das Formblatt PCT/ISA/220 abgesandt wurde oder vor Ablauf von 22 Monaten ab dem Prioritätsdatum, je nachdem, welche Frist später abläuft, eine schriftliche Stellungnahme und, wo dies angebracht ist, Änderungen einzureichen.

Weitere Optionen siehe Formblatt PCT/ISA/220.

3. Nähere Einzelheiten siehe die Anmerkungen zu Formblatt PCT/ISA/220.

Name und Postanschrift der
Internationalen Recherchenbehörde



Europäisches Patentamt
P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk - Pays Bas
Tel. +31 70 340 - 2040
Fax: +31 70 340 - 3016

Datum der Fertigstellung
dieses Bescheids

siehe Formular
PCT/ISA/210

Bevollmächtigter Bediensteter

Faderl, Ingo

Tel. +31 70 340-3455



Feld Nr. I Grundlage des Bescheids

1. Hinsichtlich der **Sprache** beruht der Bescheid auf
 - ☒ der internationalen Anmeldung in der Sprache, in der sie eingereicht wurde
 - ☐ einer Übersetzung der internationalen Anmeldung in die folgende Sprache, bei der es sich um die Sprache der Übersetzung handelt, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (Regeln 12.3 a) und 23.1 b)).
2. ☐ Dieser Bescheid wurde erstellt unter Berücksichtigung der **Berichtigung eines offensichtlichen Fehlers**, die nach Regel 91 von dieser Behörde genehmigt wurde bzw. dieser Behörde mitgeteilt wurde (Regel 43bis.1 a)).
3. Hinsichtlich der **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz**, die in der internationalen Anmeldung offenbart wurde, ist der Bescheid auf der Grundlage eines Sequenzprotokolls erstellt worden, das
 - a. (Form)
 - ☐ in Papierform
 - ☐ in elektronischer Form
 - b. (Zeitpunkt)
 - ☐ in der eingereichten internationalen Anmeldung
 - ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in elektronischer Form
 - ☐ bei der Behörde nachträglich für die Zwecke der Recherche
4. ☐ Wurden mehr als eine Version oder Kopie eines Sequenzprotokolls eingereicht, so sind zusätzlich die erforderlichen Erklärungen, dass die Information in den nachgereichten oder zusätzlichen Kopien mit der Information in der Anmeldung in der eingereichten Fassung übereinstimmt bzw. nicht über sie hinausgeht, vorgelegt worden.
5. Zusätzliche Bemerkungen:

Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Regel 43*bis*.1 a) i) hinsichtlich der Neuheit, der
erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur
Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit	Ja: Ansprüche <u>1-15</u> Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit	Ja: Ansprüche Nein: Ansprüche <u>1-15</u>
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ja: Ansprüche: <u>1-15</u> Nein: Ansprüche:

2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

Zu Punkt V und VIII

Begründete Feststellung hinsichtlich der Klarheit, der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung.

Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

- D1 DE 42 00 587 C1 (KOBAYASHI, NOBORU ET AL.) 1. April 1993
- D2 DE 38 33 992 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM) 12. April 1990, in der Anmeldung erwähnt
- D3 US 5 684 642 A (ZUMOTO NOBUYUKI ET AL) 4. November 1997

Die vorliegende Anmeldung erfüllt im Prinzip nicht die Erfordernisse der Regel 13 PCT, weil der Gegenstand der Ansprüche 1 und 5 nicht einheitlich ist. Verbunden mit dem Wort "oder" (Zeile 17 in Anspruch 1 bzw. Zeile 18 in Anspruch 5) beinhalten die unabhängigen Ansprüche zwei Varianten, die nicht das gleiche Problem lösen. In der ersten Variante (Abbildungen 1-5) wird nur in den Kern und/oder den Ringkern eingekoppelt, in der zweiten Variante (Abbildung 6) wird in den ganzen zentralen Bereich bis einschliesslich des Ringkerns eingekoppelt. Eine durch die Abbildung 6 dargestellte Anordnung bietet daher nicht den in der Anmeldung beschriebenen Vorteil, dass sich kein Licht im inneren/ersten Cladding (5) ausbreitet.

Die erste Variante der Ansprüche (Zeilen 1-17 in Anspruch 1 bzw. Zeilen 1-18 in Anspruch 5) wurde bereits in der Anmeldung EP2001052309 eingereicht und auch dort in diesem Sinne gesucht. Deswegen wird im diesem Bescheid, die Nichteinheitlichkeit nicht erhoben. Beide Beurteilungen werden aber separat angeführt.

A. Bescheid für die erste Variante der Ansprüche:

(d.h. die Alternative vor dem Wort "oder" in Zeile 17 in Anspruch 1 bzw. Zeile 18 in Anspruch 5, also Zeilen 1-17 in Anspruch 1 bzw. Zeilen 1-18 in Anspruch 5):

- 1 Der Gegenstand der Ansprüche 1 und 5 ist neu und erfinderisch im Sinne von Artikel 33(2) und 33(3) PCT. V
O
- 1.1 Dokument D1 offenbart (die Verweise in Klammern beziehen sich auf dieses Dokument): Anordnung und Verfahren zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik eines Laserstrahls (siehe Abbildung 5), wobei der Laserstrahl (3) in das eine Faserende (Abb.5, rechte Seite) einer Mehrfachclad-Faser, insbesondere einer Doppelclad-Faser (siehe Abbildung 7), eingekoppelt und aus dem anderen Faserende (Abb. 5, linke Seite) der Mehrfachclad-Faser ausgekoppelt wird, und dass zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des ausgekoppelten Laserstrahls der einfallende Laserstrahl wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (Abb. 7, Kern D) der Mehrfachclad-Faser, oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (Abb. 7, Kern E) der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt wird.
- 1.2 Die oben genannten Ansprüche unterscheiden sich gegenüber D1 dadurch, dass die Veränderung der Strahlencharakteristik bereits beim Einkoppeln des einfallenden Laserstrahls in die Faser festgelegt wird. Dies löst das Problem, der kontrollierten Ausbreitung des Lichts in der Faser. Es ist von Bedeutung, dass keine Strahlung in das Cladding gekoppelt wird, da sonst der umgebende Mantel oder die Auskoppeloptik beschädigt werden könnten. Bei der Verformung des Lichtleiters durch die Vorrichtung (6, 7, 12) aus D1 ist die kontrollierte Lichtleitung in der Faser an der Verformungsstelle nicht gegeben. Das Licht wird mehr oder weniger unkontrolliert vom inneren Kern in den äusseren (oder umgekehrt) übergekoppelt, dabei gelangt auch Licht in das dazwischen liegende Cladding. V
O
- 1.3 Dokument D2 zeigt, dass eine Einkopplung in eine Multimodefaser unter verschiedenen Winkeln möglich ist (siehe D2, Abb. 1). Auch werden längenmässig beabstandete Foki aufgezeigt (siehe D2, Abb. 2), jedoch gibt es keine Andeutung dafür den Laserstrahl wahlweise in den Kern oder/und in einen Ringkern einzukoppeln, da D2 nicht auf Multikern- bzw. Multicladfasern eingeht. In D2 werden lediglich verschiedene Moden der Multimodefaser für verschiedene Wellenlängen ausgenutzt, um verschiedene Abstrahlwinkel zu erhalten.
- 1.4 Eine Kombination der Dokumente D1 und D2 würde also nicht zu der von Anmelder vorgeschlagenen Lösung führen. Die Ansprüche sind somit neu und erfinderisch. V
O

B. Bescheid für die zweite Variante der Ansprüche:

(die Alternative nach dem Wort "oder" in Zeile 17 in Anspruch 1 bzw. Zeile 18 in Anspruch 5).

- 2 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse des Artikels 33(1) PCT, weil der Gegenstand der Ansprüche 1 und 5 im Sinne von Artikel 33(3) PCT keine erfinderische Tätigkeit beinhaltet.
- 2.1 Dokument D1 offenbart (die Verweise in Klammern beziehen sich auf dieses Dokument): Anordnung und Verfahren zum Erzeugen eines Laserstrahls (siehe Abbildung 5) mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, wobei ein Laserstrahl (3) in das eine Faserende (Abb.5, rechte Seite) einer Mehrfachclad-Faser (siehe Abb. 7), insbesondere einer Doppelclad-Faser (idem), eingekoppelt und aus dem anderen Faserende (Abb. linke Seite) der Mehrfachclad-Faser ausgekoppelt wird, wobei zum Erzeugen unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristiken des ausgekoppelten Laserstrahls (3) wahlweise ein erster Laserstrahl zumindest in den inneren Faserkern (Abb. 7, Kern D) der Mehrfachclad-Faser und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (Abb. 7, Kern E) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.
- 2.2 Das Problem bezüglich D1 ist somit wie bereits eingangsseitig verschiedene Laserstrahlprofile in die Faser eingekoppelt werden können. Dieses Problem wird durch D2 gelöst (siehe D2, Abb. 2). Dort werden verschiedene Laserquellen in die Faser eingekoppelt. Es wäre für den Fachmann durchaus offensichtlich, verschiedenartige Linsen oder Abstände (siehe D2, Abb. 1 Referenz 26 und 38) zu verwenden um verschiedene Wellenlängen unterschiedlich einzukoppeln, wenn sich daraus ein Vorteil ergäbe. Eine durch die Abbildung 6 (siehe Anmeldung) dargestellte Anordnung bietet auch nicht den Vorteil, dass sich kein Licht im inneren/ersten Cladding (5) ausbreitet. Ferner ist eine solche Einkopplungsanordnung Standard beim optischen Pumpen von Faserlasern oder Faserverstärkern, also für den Fachmann ebenfalls bekannt.
- 2.3 Die abhängigen Ansprüche enthalten keine Merkmale, die in Kombination mit den Merkmalen irgendeines Anspruchs, auf den sie sich beziehen, die Erfordernisse in Bezug auf Neuheit bzw. erfinderische Tätigkeit im Sinne von Artikel 33(2) bzw. 33(3) PCT erfüllen.

Mögliche Schritte nach Erhalt des internationalen Recherchenberichts (ISR) und des schriftlichen Bescheids der Internationalen Recherchenbehörde (WO-ISA)

Allgemeine Hinweise	Zu allen am oder nach dem 1.1.2004 eingereichten internationalen Anmeldungen erstellt die zuständige internationale Recherchenbehörde (ISA) zusammen mit dem internationalen Recherchenbericht (ISR) einen schriftlichen Bescheid (WO-ISA). Anders als der frühere schriftliche Bescheid der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde (IPEA) (Regel 66.2 PCT) muß der WO-ISA vom Anmelder nicht beantwortet werden, sondern wird lediglich im weiteren Verfahrensverlauf berücksichtigt. In diesem Dokument werden die möglichen Schritte erläutert.
Änderung der Ansprüche gemäß Artikel 19 PCT	Innerhalb von 2 Monaten nach dem Datum der Absendung des ISR und des WO-ISA kann der Anmelder gemäß Artikel 19 PCT unmittelbar beim Internationalen Büro der WIPO geänderte Ansprüche einreichen. An diesem Verfahren hat sich durch die PCT-Reform im Jahr 2004 nichts geändert. Nähere Informationen sind Regel 46 PCT sowie dem Formblatt PCT/ISA/220 und den Anmerkungen zu diesem Formblatt zu entnehmen.
Antrag auf internationale vorläufige Prüfung	Grundsätzlich gilt der WO-ISA als schriftlicher Bescheid der IPEA. Daher dürfte es in vielen Fällen nicht notwendig sein, einen Antrag auf internationale vorläufige Prüfung zu stellen. Wünscht der Anmelder dies dennoch, so ist der Antrag vor Ablauf einer Frist von 3 Monaten ab dem Tag an dem ISR/ WO-ISA übermittelt werden, oder von 22 Monaten ab dem Prioritätsdatum zu stellen, je nachdem, welche Frist später abläuft (Regel 54bis PCT). Änderungen nach Artikel 34 PCT können wie bisher bei der IPEA eingereicht werden, normalerweise bei Antragstellung (Regel 66.1 b) PCT). Wurde eine internationale vorläufige Prüfung beantragt und wurden keine Stellungnahmen/Änderungen eingereicht, so wandelt die IPEA den WO-ISA in einen IPRP (internationaler vorläufiger Bericht zur Patentfähigkeit) um, der im Wesentlichen den Inhalt des WO-ISA widerspiegelt. Die Zurücknahme des Antrags auf internationale vorläufige Prüfung ist immer noch möglich (Artikel 37 PCT).
Einreichung einer informellen Stellungnahme	Nach Erhalt des ISR/WO-ISA kann der Anmelder unmittelbar beim Internationalen Büro der WIPO informell zum WO-ISA Stellung nehmen. Diese Stellungnahme wird den Bestimmungsämtern zusammen mit dem IPRP (internationaler vorläufiger Bericht zur Patentfähigkeit) nach Ablauf von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum übermittelt. Siehe auch nächster Abschnitt.
Ende der internationalen Phase	Am Ende der internationalen Phase wandelt das Internationale Büro der WIPO den WO-ISA (oder, wenn ein Prüfungsantrag gestellt wurde, den schriftlichen Bescheid der IPEA) in einen IPRP um, der dann ggf. mit der informellen Stellungnahme den Bestimmungsämtern übermittelt wird. Der IPRP ersetzt den früheren IPEA (internationaler vorläufiger Prüfungsbericht).
Einschlägige PCT-Regeln & weitere Informationsquellen	Regel 43 PCT, Regel 43bis PCT, Regel 44 PCT, Regel 44bis PCT, PCT Newsletter 12/2003, ABI. 11/2003, ABI. 12/2003

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Oktober 2011 (13.10.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/124671 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G02B 6/28 (2006.01) G02B 27/09 (2006.01)
G02B 6/42 (2006.01) G02B 6/26 (2006.01)
B23K 26/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/055484

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. April 2011 (08.04.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 003 750.8 8. April 2010 (08.04.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): TRUMPF LASER UND SYSTEMTECHNIK
GMBH [DE/DE]; Johann-Maus-Str. 2, 71254 Ditzingen
(DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HUBER, Rudolf [DE/
DE]; Albstasse 31, 78554 Aldingen-Aixheim (DE). AN-
DREASCH, Wolfgang [DE/DE]; Weinbergstrasse 2/1,
71384 Weinstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PRO-
FILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBRE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ERZEUGEN EINES LASERSTRAHLS MIT UNTERSCHIED-
LICHER STRAHLPROFILCHARAKTERISTIK MITTELS EINER MEHRFACHCLAD-FASER

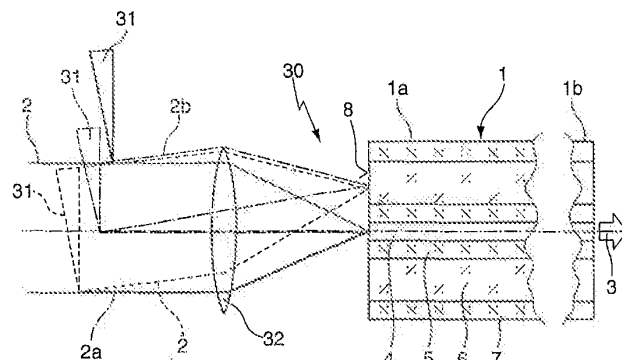


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for generating a laser beam (3) having a differing beam profile characteristic, wherein a laser beam (2) is coupled into one end (1a) of a multi-clad fibre (1), in particular a double-clad fibre, and is coupled out of the other end (1b) of the multi-clad fibre (1) and wherein for generating differing beam profile characteristics of the coupled-out laser beam (3) the incident laser beam (2) is selectively coupled either at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) or at least into at least one outer annular core (6) of the multi-clad fibre (1). The invention further relates to a corresponding arrangement (10).

(57) Zusammenfassung:



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines Laserstrahls (3) mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, wobei ein Laserstrahl (2) in das eine Faserende (1a) einer Mehrfachclad-Faser (1), insbesondere einer Doppelclad-Faser, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende (1b) der Mehrfachclad-Faser (1) ausgekoppelt wird und wobei zum Erzeugen unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristiken des ausgekoppelten Laserstrahls (3) der einfallende Laserstrahl (2) wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfach-

5

10

15

20

Verfahren und Anordnung zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher
Strahlprofilcharakteristik mittels einer Mehrfachclad-Faser

- 25 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik.

In der Materialbearbeitung durch Laserstrahlung ergeben sich für verschiedene Prozesse und Anwendungen jeweils unterschiedliche Erfordernisse an charakteristische Laserstrahlparameter, wie z.B. Fokusbereich, Intensitätsverteilung
30 oder Strahlprofilbeschaffenheit an der Bearbeitungsstelle. Üblicherweise ist daher ein Prozess- oder Applikationswechsel bei einer Laserbearbeitungsanlage mit einem entsprechenden Umrüstungsaufwand verbunden, der von einem relativ ein-

fachen Austausch einzelner optischer Komponenten bis hin zum Übergang auf eine andere Anlage reichen kann.

Aus der DE 38 33 992 A1 ist beispielsweise ein Verfahren zum Erreichen bestimmter Laserstrahleigenschaften bekannt, bei dem die Laserstrahlen zweier Laserstrahlquellen unter verschiedenen Einkopplungswinkeln in eine konventionelle Lichtleitfaser eingekoppelt werden. Dabei erfolgt eine Strahlformung in Abhängigkeit von den Einkopplungswinkeln der beiden Laserstrahlen mit unterschiedlichen Wellenlängen, welche für die jeweilige biologische oder medizinische Bearbeitungsaufgabe passend gewählt werden. Neben der Verwendung zweier Laserquellen kann bei diesem Verfahren auch eine einzige Laserquelle zum Einsatz kommen, deren Wellenlänge umschaltbar ist. Die Einkopplungsbedingung in die Lichtleitfaser hängt hierbei wesentlich von der jeweiligen Wellenlänge ab. Wenn die Applikationen jedoch beispielsweise keine unterschiedlichen Wellenlängen oder vielmehr sogar die Verwendung einer einzigen Wellenlänge erfordern, erweist sich das geschilderte Verfahren wegen einer für solche Fälle unverhältnismäßigen Komplexität und einer einschränkenden Spezialisierung auf Anwendungen einer anderen Art als nicht optimal. Weiterhin ist das vorgeschlagene Verfahren auf die wellenlängenabhängige Strahlformung beschränkt, was wiederum zu Einschränkungen für seine Anwendungsmöglichkeiten führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlichen Laserstrahlprofilcharakteristiken anzugeben, welches unter Verwendung mehrerer Laserstrahlquellen oder nur einer einzigen Laserstrahlquelle, insbesondere mit einer einzigen Wellenlänge, eine anwendungsspezifische Änderung der Laserstrahlcharakteristik mit verhältnismäßig geringem Aufwand erlaubt, sowie eine Anordnung dazu bereitzustellen. Außerdem ist dabei angestrebt, bei reduzierter Komplexität der Anordnung bzw. des Verfahrens gleichzeitig das Spektrum der Anpassungsmöglichkeiten von Strahlprofilcharakteristiken an diverse Applikationen möglichst weit auszudehnen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, bei dem ein Laserstrahl in das eine Faserende einer Mehrfachclad-Faser, insbesondere einer Doppelclad-Faser, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende der Mehrfach-

lad-Faser ausgekoppelt wird und zum Erzeugen unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristiken des ausgekoppelten Laserstrahls der einfallende Laserstrahl wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern der Mehrfachclad-Faser oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt wird oder aber wahlweise ein erster Laserstrahl zumindest in den inneren Faserkern der Mehrfachclad-Faser und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt werden.

- 10 Unter einer Mehrfachclad-Faser wird im Sinne der Erfindung eine Faser mit einem inneren Faserkern und zumindest einem äußeren Ringkern verstanden, beispielsweise eine Doppelclad-Faser mit einem einzigen äußeren Ringkern oder aber auch eine Tripleclad-Faser mit einem sich dem ersten äußeren Ringkern anschließenden weiteren äußeren Ringkern. Zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des ausgekoppelten Laserstrahls wird der einfallende Laserstrahl unterschiedlich in einen oder mehrere der Kerne der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt.

Der Einfachheit halber wird die Erfindung in der folgenden Beschreibung anhand einer Doppelclad-Faser beschrieben, wobei für den Fachmann ersichtlich ist, dass das erfindungsgemäße Prinzip ohne weiteres auch auf Mehrfachclad-Fasern mit weiteren, sich an den ersten äußeren Ringkern anschließenden äußeren Ringkernen übertragbar ist.

Eine Doppelclad-Faser mit zwei Kernen weist einen inneren Faserkern sowie ein diesen Faserkern umgebendes, möglichst dünnes und niedrig brechendes Cladding auf. Daran anschließend folgt ein einzelner äußerer Ringkern, der ebenfalls von einem niedrig brechenden zweiten Cladding umgeben ist. Darüber kann eine weitere Schicht aus Glas folgen, die den Außendurchmesser der Faser festlegt, aber keinen Einfluss auf deren Funktion im Sinne der Strahlführung hat. Den Abschluss bildet ein Coating aus einem Kunststoffmaterial, wie Silikon und/oder Nylon, das dem Schutz der Faser dient.

Durch die Verwendung einer Doppelclad-Faser kann erfindungsgemäß je nach Einkopplung in den inneren Faserkern, in den äußeren Ringkern oder sowohl in

den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern zwischen verschiedenen Strahlprofilcharakteristiken am Faserausgang gewählt werden. Bei der Materialbearbeitung mittels Laserstrahlung, insbesondere unter Verwendung hoher Leistungen im kW-Bereich, ermöglicht eine Umschaltung zwischen diesen Einkopplungsvarianten beispielsweise die Wahl zwischen einer vergleichsweise guten Strahlqualität mit einem scharfen Fokus, wie sie z.B. für einen Laserschneidprozess erforderlich ist, und einer demgegenüber „verminderten“ Strahlqualität mit einem „verwaschenen“ Fokus und mit nahezu gleichmäßiger Intensitätsverteilung im Strahlquerschnitt, die sich insbesondere für Schweißprozesse eignet.

Um eine hohe Laserstrahlqualität zu erhalten, wird der Laserstrahl in den inneren Faserkern der Doppelclad-Faser eingekoppelt, die sich in diesem Fall wie eine konventionelle Standardfaser verhält, deren Faserkern von einem niedrig brechenden Cladding umgeben ist. Wird hingegen ein Laserstrahl mit verbreitertem Profil, mit beispielsweise gleichmäßiger Intensität, benötigt, so wird der Laserstrahl in den äußeren Ringkern oder sowohl in den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern eingekoppelt. Je nach Anwendung lässt sich so am Ausgang der Doppelclad-Faser ein Laserstrahl mit einem gefüllten Kreisprofil gemäß dem inneren Faserkern, mit einem Ringprofil gemäß dem äußeren Ringkern, mit einem gefüllten Kreisprofil gemäß den beiden Kernbereichen zusammen (mit einem schmalen fehlenden Ring durch das erste Cladding) oder aber mit den entsprechenden Zwischenstufen der genannten Profilcharakteristiken erhalten.

In einer bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls in die Doppelclad-Faser eine Relativbewegung zwischen dem einfallenden Laserstrahl und der einkoppelseitigen Stirnfläche der Doppelclad-Faser in einer Richtung quer zum Laserstrahl, insbesondere in Form einer Parallelverschiebung. Wird die einkoppelseitige Stirnfläche der Doppelclad-Faser quer zum Laserstrahl bewegt, so sind keine zusätzlichen optischen Elemente erforderlich, um zwischen den unterschiedlichen Einkopplungen umzuschalten. Bei einer ausreichend langen Freistrahpropagation des Laserstrahls vor seinem Auftreffen auf die Doppelclad-Faser ist auch eine winkelförmige Ablenkung des Laserstrahls, die ebenfalls als Ablenkung quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche verstanden wird, möglich, um den Laserstrahl in den

inneren Faserkern und/oder in den äußeren Ringkern der Doppelclad-Faser einzukoppeln. Es handelt sich in diesem Fall um eine Drehung der Laserstrahlachse um einen Punkt anstelle einer Verschiebung, wobei die Veränderung des Einfallswinkels für die Einkopplung vernachlässigbar bleiben soll.

5

In einer weiteren bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls in die Doppelclad-Faser der einfallende Laserstrahl mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche der Doppelclad-Faser abgebildet. Diese unterschiedlichen Strahldurchmesser können beispielsweise mit einer entlang der Laserstrahlachse verfahrbaren Optik, wie z.B. eine Linse oder Blende, eingestellt werden, die abhängig von ihrer Verfahrposition den Laserstrahl entweder nur in den inneren Faserkern oder in den äußeren Ringkern oder sowohl in den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern einkoppelt. Alternativ kann ein anderer Strahlquerschnitt bzw. -durchmesser auch dadurch eingestellt werden, dass eine Optik, wie z.B. eine Linse, oder eine Blende wahlweise in den Strahlengang des Laserstrahls hinein- oder herausbewegt wird. In einer weiteren Alternative kann der Strahlquerschnitt bzw. -durchmesser durch Verwendung einer Laserquelle mit der wahlweisen Führung über Lichtwellenleiter unterschiedlicher Strahlführungscharakteristik, wie sie bspw. über den Durchmesser des strahlungsführenden Lichtwellenleiterkerns eingestellt werden kann, an gewünschte Einkoppelverhältnisse in die Doppelclad-Faser angepasst werden. Dieses Prinzip der Wahl der Einkoppelverhältnisse in die Doppelclad-Faser ist dabei auch auf die Verwendung der vorgelagerten Lichtwellenleiter zugeordneten Laserstrahlquellen, insbesondere auf Laserstrahlquellen unterschiedlicher Strahlqualitäten, übertragbar.

In einer anderen bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum Einkoppeln des Laserstrahls sowohl in den inneren Faserkern als auch in den mindestens einen äußeren Ringkern der einfallende Laserstrahl in mindestens zwei Teilstrahlen geteilt, die jeweils in einen der beiden Kerne der Doppelclad-Faser eingekoppelt werden. Auf diese Weise lässt sich zum einen die Aufteilung der Strahlungsleistung zwischen dem inneren Faserkern und dem äußeren Ringkern, wenn diese gleichzeitig angesprochen werden sollen, besonders gut

kontrollieren. Zum anderen ist es mit den beiden Teilstrahlen besonders einfach möglich, den Bereich des ersten Claddings der Doppelclad-Faser bei der Einkoppelung auszusparen. Denn es ist gerade für Anwendungen im Hochleistungsbereich wichtig, dass keine Laserstrahlung in das erste oder zweite Cladding der Doppelclad-Faser eingekoppelt wird. Eine solche ins Cladding eingekoppelte Strahlung propagiert mit großem Winkel bezüglich der Faserachse im inneren Faserkern oder äußeren Ringkern und tritt am Faserende ebenfalls unter großem Winkel aus, wodurch sich eine daran anschließende Optik aufheizen kann. Zudem kann im zweiten Cladding befindliche Strahlung das Coating der Faser zerstören. Um die Ausbreitung von Laserstrahlung in den Claddings sicher zu verhindern, können beispielsweise Modestripper eingesetzt werden. Entsprechend bevorzugt ist es daher auch, keine Laserstrahlung während des Schaltvorgangs in die Doppelclad-Faser einzukoppeln, um eine mögliche Propagation in den Claddings zu verhindern. Dies kann beispielsweise durch ein Ausschalten des Lasers oder aber auch eine Ablenkung der Strahlung in einen Absorber durch Verwendung von Strahlverschlüssen erfolgen.

Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt auch eine zum Durchführen des oben beschriebenen Verfahrens geeignete Anordnung, die erfindungsgemäß eine Doppelclad-Faser mit einem inneren Faserkern und mindestens einem äußeren Ringkern sowie eine schaltbare Vorrichtung mit mindestens zwei Schaltstellungen aufweist, in denen der einfallende Laserstrahl wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern der Doppelclad-Faser oder zumindest in den mindestens einen äußeren Ringkern der Doppelclad-Faser eingekoppelt wird oder aber wahlweise ein erster Laserstrahl zumindest in den inneren Faserkern der Mehrfachclad-Faser und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist die schaltbare Vorrichtung durch eine verstellbare Ablenkoptik, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen einen einfallenden Laserstrahl in Richtung quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche der Doppelclad-Faser unterschiedlich weit ablenkt, oder durch eine Stelleinrichtung, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen die einkoppelseitige Stirnfläche in Richtung quer zum einfallenden Laser-

strahl unterschiedlich weit bewegt, gebildet. Unter einer Ablenkoptik im Sinne der Erfindung ist jede verstellbare Optik zu verstehen, die einen Laserstrahl in Abhängigkeit der Verstellposition in zumindest teilweise unterschiedliche Faserbereiche der Doppelclad-Faser einkoppelt.

5

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist die schaltbare Vorrichtung durch eine bewegbare Optik oder Blende gebildet, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen den einfallenden Laserstrahl mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnseite der Doppelclad-Faser abbildet. Die bewegbare Optik kann beispielsweise Prismen, planparallele (Glas)Platten, Sammel- und Zerstreuungslinsen, Spiegel, diffraktive optische Elemente etc. einzeln oder in Kombinationen aufweisen.

15 Besonders bevorzugt ist die Optik durch einen Strahlteiler, insbesondere durch eine in den Laserstrahl hinein bewegbare optische Keilplatte, zum Teilen des einfallenden Laserstrahls in mindestens zwei Teilstrahlen gebildet, welche jeweils in einen der Kerne der Doppelclad-Faser eingekoppelt werden. Vorteilhaft ist dabei die Aufteilung der Intensität zwischen dem inneren Faserkern und dem äußeren Ringkern davon abhängig, wie weit der Strahlteiler in den Strahlengang eingreift. Dies ermöglicht es, die Intensitätsaufteilung und damit das Strahlprofil des ausgekoppelten Laserstrahls optimal an die jeweilige Applikation anzupassen.

25 Die Keilplatte kann aber ebenso als Strahlweiche eingesetzt werden, um den Laserstrahl in seiner Gesamtheit entweder in den inneren Faserkern oder in den äußeren Ringkern einzukoppeln. Einen vergleichbaren Effekt ruft die Bewegung/Verschiebung der Einkoppeloptik quer zur optischen Achse des Laserstrahls hervor. Die Einkoppeloptik befindet sich bei dieser Variante in den schaltbaren Zuständen jeweils im Strahlengang, wobei sich je nach Position der Einkoppeloptik unterschiedliche Strahlablenkungen ergeben. Da hierbei keine Strahlteilung vorgenommen wird und somit eine Aufteilung der Intensitäten nicht über Teilstrahlen erfolgen kann, wird bevorzugt entweder in den inneren Faserkern oder den äußeren Ringkern abgelenkt und zwischen zumindest zwei, diese Positionen repräsentierenden Zuständen geschaltet.

30

Vorzugsweise beträgt der Durchmesser des inneren Faserkerns der Doppelclad-Faser höchstens ca. 200 μm , insbesondere höchstens ca. 150 μm , vorzugsweise höchstens ca. 120 μm . Beispielsweise lässt sich mit einem Durchmesser des inneren Faserkerns von ca. 100 μm eine für anspruchsvolle Laseranwendungen, wie z.B. für Laserschneidprozesse, gute Qualität des ausgekoppelten Laserstrahls bei einer Einkopplung in den inneren Faserkern erreichen.

Die Ringstärke des mindestens einen äußeren Ringkerns der Doppelclad-Faser wird bevorzugt größer oder gleich dem Durchmesser des inneren Faserkerns gewählt. Der äußere Ringdurchmesser entspricht dabei dem für bestimmte Anwendungen, wie z.B. für Laserschweißen, erforderlichen breiteren Laserstrahlprofil und beträgt applikationsspezifisch beispielsweise ca. 600 μm oder 400 μm .

In einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist bei der Doppelclad-Faser die numerische Apertur des den inneren Faserkern umgebenden ersten Claddings höher als die numerische Apertur des den mindestens einen äußeren Ringkern umgebenden zweiten Claddings. Hierdurch kann versehentlich in das erste Cladding eingekoppelte Strahlung in das zweite Cladding eindringen und dort von einem Modestripper ausgekoppelt und angezeigt werden. Dies erleichtert die Justage des inneren Faserkerns sowie die Fehlerüberwachung. Das erste Cladding weist beispielsweise eine standardmäßige numerische Apertur von 0,22 (Toleranz $\pm 0,02$) auf, wobei das zweite Cladding in diesem Fall bevorzugt eine numerische Apertur von 0,18 (Toleranz $\pm 0,015$) aufweist, und sollte ausreichend dick sein, um die Laserstrahlung gut zu führen, z.B. 10 μm dick, bevorzugt weniger, wie 3 bis 5 μm , bei einem Kern-Mantel-Verhältnis (CCDR) von 1,2. Das erste Cladding bildet dabei mit dem inneren Faserkern eine konventionelle Transportfaser nach.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform weist die schaltbare Vorrichtung eingangssseitig mindestens zwei Lichtleiter auf, über die mindestens zwei unterschiedliche Laserstrahlen zuführbar sind, wobei die schaltbare Vorrichtung wahlweise den einen Laserstrahl zumindest in den inneren Faserkern der Mehrfach-

lad-Faser und den anderen Laserstrahl zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern der Mehrfachclad-Faser einkoppelt.

Die beschriebenen Ausführungsformen unter Verwendung einer oder mehrerer
5 Laserstrahlquellen können auch kombiniert Anwendung finden, bspw. innerhalb eines kaskadierten Systems.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind
10 nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr einen beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden.

15

Die Erfindung ist in einigen Ausführungsbeispielen in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es versteht sich, dass die Darstellung in den Figuren der Zeichnung jeweils nur schematisch zu verstehen ist. Sie enthält keinerlei Einschränkungen im Hinblick auf Einzelheiten
20 oder Abmessungen und ist nicht maßstabsgetreu. Es zeigen:

Fig. 1 bis 3 drei erfindungsgemäße Anordnungen zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, bei denen ein Laserstrahl in das eine Faserende einer Doppelclad-Faser eingekoppelt und aus dem anderen Faserende der Doppelclad-Faser ausgekoppelt wird;
25

Fig. 4 den radialen Verlauf des Brechungsindex der in Fig. 1 bis 3 gezeigten Doppelclad-Faser;
30

Fig. 5a bis 5c verschiedene mögliche Strahlprofile des aus der Doppelclad-Faser der Fig. 1 bis 3 ausgekoppelten Laserstrahls; und

Fig. 6 eine weitere erfindungsgemäße Anordnung zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, wobei wahlweise ein erster Laserstrahl in den inneren Faserkern einer Doppelclad-Faser und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl sowohl in den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern der Doppelclad-Faser eingekoppelt werden.

Fig. 1 bis 3 zeigen drei verschiedene Anordnungen 10, 20, 30 zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, wobei der Laserstrahl in das eine Faserende 1a einer Mehrfachclad-Faser 1, die im vorliegenden Fall als Doppelclad-Faser 1 ausgebildet ist, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende 1b der Doppelclad-Faser 1 ausgekoppelt wird. Der einfallende Laserstrahl ist mit 2 und der ausgekoppelte Laserstrahl schematisch mit 3 bezeichnet.

Wie in Fig. 1 gezeigt, weist die Doppelclad-Faser 1 einen inneren Faserkern 4 (z.B. aus undotiertem Quarzglas) mit einem Brechungsindex n_1 sowie ein den inneren Faserkern 4 umgebendes dünnes erstes Cladding 5 (z.B. aus dotiertem Quarzglas) auf, dessen Brechungsindex n_2 niedriger ist als n_1 . Daran anschließend folgt ein äußerer Ringkern 6 (z.B. aus undotiertem Quarzglas) mit dem Brechungsindex n_3 , der ebenfalls von einem niedrig brechenden zweiten Cladding 7 (z.B. aus dotiertem Quarzglas) mit Brechungsindex n_4 umgeben ist. Die Brechungsindizes n_1 und n_3 können gleich oder unterschiedlich sein; gleiches gilt für die Brechungsindizes n_2 und n_4 . Darüber kann eine weitere Schicht aus Glas folgen (nicht gezeigt), die den Außendurchmesser der Faser festlegt, aber keinen Einfluss auf deren Funktion im Sinne der Strahlführung hat. Den Abschluss bildet typischerweise ein Coating (nicht gezeigt) aus einem Kunststoffmaterial, wie Silikon und/oder Nylon, zum Schutz der Faser.

Fig. 4 zeigt schematisch die radiale Abhängigkeit des Brechungsindex n innerhalb der Doppelclad-Faser 1, bei der $n_1 = n_3$ und $n_2 = n_4$ ist. Dargestellt sind ein dem inneren Faserkern 4 entsprechender Bereich mit Radius r_1 und hohem Bre-

chungsindex n_1 , ein dem ersten Cladding 5 entsprechender Ringbereich zwischen den Radien r_1 und r_2 mit niedrigerem Brechungsindex n_2 , ein dem äußeren Ringkern 6 entsprechender Ringbereich mit Außenradius r_3 und hohem Brechungsindex n_1 , sowie abschließend das zweite Cladding 7 mit niedrigem Brechungsindex n_2 . Aufgrund des niedrigeren Brechungsindex der Claddings 5, 7 wird Licht im inneren Faserkern 4 und im äußeren Ringkern 6 jeweils durch Totalreflexion geführt.

Zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des ausgekoppelten Laserstrahls 3 kann, wie unten im Detail beschrieben, der auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 einfallende Laserstrahl 2 mittels einer schaltbaren Vorrichtung wahlweise in den inneren Faserkern 4 oder in den äußeren Ringkern 6 oder sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt werden.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung 10 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine verstellbare Ablenkoptik 11 mit zwei Schaltstellungen gebildet, welche mit durchgezogenen und gestrichelten Linien dargestellt sind. In diesen beiden Schaltstellungen wird der auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 fokussierte Laserstrahl 2 in Richtung 12 quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche 8 unterschiedlich weit ablenkt, insbesondere unterschiedlich weit parallelverschoben. In der einen Schaltstellung wird der Laserstrahl 2 zentrisch oder exzentrisch zur Faserachse nur in den inneren Faserkern 4 und in der anderen Schaltstellung exzentrisch zur Faserachse nur in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das in Fig. 5a gezeigte Strahlprofil, nämlich ein dem inneren Faserkern 4 entsprechendes schmales ausgefülltes Kreisprofil 51, sowie eine vergleichsweise hohe Strahlqualität mit einem scharfen Fokus auf, wie es bei der Materialbearbeitung z.B. für einen Laserschneidprozess erforderlich ist. Im zweiten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das in Fig. 5b gezeigte breitere Strahlprofil, nämlich ein dem äußeren Ringkern 6 entsprechendes Ringprofil 52, sowie eine vergleichsweise geringere Strahlqualität auf, wie es bei der Materialbearbeitung z.B. für einen Laserschweißprozess gewünscht ist. Unter geeigneten

Einkopplungsbedingungen in den äußeren Ringkern 6 weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 ein Top-Hat-Ringstrahlprofil auf, dessen Qualität für viele Applikationen geeignet ist.

- 5 Die Ablenkoptik 11, deren Komponenten in Fig. 1 nicht im Einzelnen dargestellt sind, beruht auf dem Fachmann bekannten Prinzipien der Strahlablenkung. Insbesondere kann hierbei ein Ablenkspiegel zum Einsatz kommen, wobei der Ort der Einkopplung in die einkoppelseitige Stirnfläche der Doppelclad-Faser 1 durch die Winkelstellung des Ablenkspiegels bestimmt werden kann oder der Ablenkspiegel die Strahlung positionsabhängig auf verschiedenen Ausgänge lenken kann, die wiederum verschiedene Einkoppelbereiche definieren. Ein teildurchlässiger oder nur zum Teil im Strahlengang befindlicher Ablenkspiegel kann dabei auch die beschriebene Funktion eines Strahlteilers erfüllen. Bevorzugt beinhaltet die Ablenkoptik 11 zusätzliche Mittel zur Einkopplung des Laserstrahls 2 in die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1, wie beispielsweise eine Fokussierlinse, die alternativ aber auch vor oder nach der Ablenkoptik 11 angeordnet sein kann.

- Eine ausreichend lange Doppelclad-Faser 1 ermöglicht auch bei exzentrischer Einkopplung des Laserstrahls 2 zur Faserachse in den inneren Faserkern 4 oder in den äußeren Ringkern 6 eine winkelmäßig homogene Intensitätsverteilung im ausgekoppelten Laserstrahl 3.

- Wird hingegen sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt, so weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das in **Fig. 5c** gezeigte gleichmäßig ausgefüllte breite Strahlprofil **53** mit einem entsprechend dem ersten Cladding 5 ausgesparten Ring auf.

- Alternativ (oder auch zusätzlich) zur Ablenkoptik 11 kann die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 auch durch eine z.B. motorisch angetriebene Stelleinrichtung **13** gebildet sein, die die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 in Richtung 12 quer zum einfallenden Laserstrahl 2 unterschiedlich weit verschiebt, wodurch der auf die

einkoppelseitige Stirnfläche 8 fokussierte Laserstrahl 2 entweder in den inneren Faserkern 4 oder in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt werden kann.

Bei der in **Fig. 2a** gezeigten Anordnung 20 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine hier lediglich schematisch gezeigte verstellbare Teleskop/Aufweitungsoptik **21** gebildet. In ihren hier nicht näher gezeigten Schaltstellungen weitet die Teleskop/Aufweitungsoptik 21 den einfallenden Laserstrahl 2 auf jeweils unterschiedliche Strahldurchmesser auf. Abhängig vom Strahldurchmesser wird der Laserstrahl 2 dann von einer Einkopplungsoptik (z.B. Linse) **22** mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, in diesem Fall unterschiedlichen Fokusdurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 abgebildet. Wie mit durchgezogenen und gestrichelten Linien dargestellt ist, wird der Laserstrahl 2 beispielsweise in einer Schaltstellung der Teleskop/Aufweitungsoptik 21 zentrisch nur in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt und in einer anderen Schaltstellung zentrisch sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 und im zweiten Fall das Strahlprofil 53 auf.

Über den Durchmesser des aufgeweiteten Laserstrahls 2 können der Anteil der in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelten Laserstrahlung und damit die Leistungsaufteilung auf den inneren Faserkern 4 und den äußeren Ringkern 6, stufenlos eingestellt werden, wodurch das Strahlprofil des ausgekoppelten Laserstrahls 3 optimal an die jeweilige Applikation angepasst werden kann.

25

Bei der in **Fig. 2b** gezeigten Anordnung 20 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine hier als Linse dargestellte Fokussieroptik **23** gebildet, die entlang der Laserstrahlachse in verschiedene Schaltstellungen verschiebbar ist, welche mit durchgezogenen, gestrichelten und strichpunktierten Linien dargestellt sind. In diesen Schaltstellungen wird der einfallende Laserstrahl 2 von der Fokussieroptik 23 mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt. In der einen Schaltstellung wird der fo-

30

kussierte Laserstrahl 2 zentrisch nur in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt; in den beiden anderen Schaltstellungen wird der defokussierte Laserstrahl 2 zentrisch sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51
5 und im zweiten Fall das Strahlprofil 53 auf.

Bei der in Fig. 3 gezeigten Anordnung 30 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine hier lediglich beispielhaft als optische Keilplatte 31 ausgeführten Strahlweiche gebildet, der zwischen zwei Endstellungen stufenlos verstellbar ist, welche mit
10 durchgezogenen und gestrichelten Linien dargestellt sind. In ihrer einen Endstellung ist die optische Keilplatte 31 außerhalb des Strahlengangs des einfallenden Laserstrahls 2 angeordnet, so dass der gesamte einfallende Laserstrahl 2 über eine Einkopplungsoptik (z.B. Linse) 32 nur in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt wird, wodurch der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 aufweist. In
15 ihrer anderen gestrichelt dargestellten Endstellung ist die Keilplatte 31 im gesamten Strahlengang des Laserstrahls 2 angeordnet, so dass der gesamte Laserstrahl 2 von der Keilplatte 31 abgelenkt und über die Einkopplungsoptik 32 nur in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt wird, wodurch der ausgekoppelte Laserstrahl 3
20 das Strahlprofil 52 aufweist.

Einen vergleichbaren Effekt ruft die Bewegung/Verschiebung der Einkoppeloptik 32 quer zur optischen Achse des Laserstrahls 2 hervor. Die Einkoppeloptik 32 befindet sich bei dieser Variante in den schaltbaren Zuständen jeweils im Strahlengang, wobei sich je nach Position der Einkoppeloptik 32 unterschiedliche
25 Strahlablenkungen ergeben. Da hierbei keine Strahlteilung vorgenommen wird und somit eine Aufteilung der Intensitäten nicht über Teilstrahlen erfolgen kann, wird bevorzugt entweder in den inneren Faserkern 4 oder den äußeren Ringkern 6 abgelenkt und zwischen zumindest zwei, diese Positionen repräsentierenden Zuständen geschaltet.
30

Wie strichpunktiert angedeutet, führt ein teilweises Einbringen der Keilplatte 31 in den einfallenden Laserstrahl 2 zur Bildung zweier Teilstrahlen 2a, 2b, so dass hier

die optische Keilplatte 31 beispielhaft als Strahlteiler dient. Der erste Teilstrahl 2a wird von der Keilplatte 31 nicht beeinflusst und daher über die Einkopplungsoptik 32 weiterhin in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt, während der zweite Teilstrahl 2b durch die Keilplatte 31 gegenüber dem ersten Teilstrahl 2a abgelenkt und über die Einkopplungsoptik 32 in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt wird. Der ausgekoppelte Laserstrahl 3 weist das Strahlprofil 53 auf. Ein teilweises Einbringen der Keilplatte 31 in den einfallenden Laserstrahl 2 führt also zur Bildung zweier Teilstrahlen 2a, 2b mit einer vom Maß der Einbringung abhängigen Aufteilung der Intensität zwischen dem inneren Faserkern 4 und dem äußeren Ringkern 6, wodurch das Strahlprofil des ausgekoppelten Laserstrahls 3 optimal an die jeweilige Applikation angepasst werden kann.

Weiterhin bieten die zwei Teilstrahlen 2a, 2b den wesentlichen Vorteil, den Bereich des ersten Claddings 5 bei der Einkopplung auszusparen. Es ist nämlich insbesondere für Anwendungen im Hochleistungsbereich wichtig, dass keine Laserstrahlung ins innere oder äußere Cladding 5, 7 eingekoppelt wird. Diese Strahlung propagiert mit großem Winkel im inneren Kern oder äußeren Ringkern und tritt am Faserende ebenfalls unter großem Winkel aus, wodurch sich die daran anschließende Optik aufheizen kann. Zudem kann die im äußeren Cladding 7 befindliche Strahlung das Coating der Faser 1 zerstören.

Ein Durchmesser des inneren Faserkerns 4 von ca. 100 μm gewährleistet bei typischen Anwendungen mit hohen Leistungen im kW-Bereich die Erzeugung einer guten Strahlprofilqualität bei Einkopplung des Laserstrahls 2 in den inneren Faserkern 4. Das erste Cladding 5 ist bereits mit ca. 10 μm , bevorzugt mit ca. 5 μm , ausreichend dick, um die Laserstrahlung gut zu führen. Bei einer Ringstärke des äußeren Ringkerns 6 von ca. 240 μm beträgt der Außendurchmesser des äußeren Ringkerns 6 ca. 600 μm . Das entspricht für bestimmte Anwendungen, wie z.B. Laserschweißen, der erforderlichen Verbreiterung des Laserstrahlprofils.

30

Fig. 6 zeigt eine weitere Anordnung **60** zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, wobei wahlweise ein erster Laserstrahl **61** in den inneren Faserkern 4 der Doppelclad-Faser 1 und ein unterschiedlicher

zweiter Laserstrahl 62 sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt werden. Die beiden Laserstrahlen 61, 62, die z.B. unterschiedliche Strahlqualitäten aufweisen können, werden jeweils in Lichtleitern 63, 64 zu einer hier lediglich schematisch gezeigten Umschaltoptik 65 (z.B. optisches Weichensystem) geführt, die zwischen zwei Schaltstellungen umschaltbar ist. In der einen Schaltstellung wird der die höhere Strahlqualität aufweisende erste Laserstrahl 61 in den inneren Faserkern 4 der Doppelclad-Faser 1 und in der anderen Schaltstellung der zweite Laserstrahl 62 sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 und im zweiten Fall das Strahlprofil 53 auf. Die Doppelclad-Faser 1 führt zu einer Laserbearbeitungsmaschine (nicht gezeigt), so dass die Anordnung 60 zum Umschalten von Laserstrahlen 61, 62 unterschiedlicher Strahlqualität für die Laserbearbeitungsmaschine dient. Der Laserstrahl 62 kann über die Umschaltoptik 65 aber auch nur auf den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 ausgerichtet werden.

Bisher benötigten Laserbearbeitungsmaschinen, die mit mehreren Laserstrahlen unterschiedlicher Strahlqualität versorgt werden sollen, mehrere Steckeraufnahmen für die zugehörigen Lichtleiterkabel und ein entsprechendes optisches Weichensystem, mit dem die unterschiedlichen Laserstrahlen in den nachfolgenden Strahlengang eingekoppelt werden können. Für einen gewünschten Laserstrahl muss entweder das zugehörige Lichtleitkabel manuell umgesteckt werden, was aufgrund einer erhöhten Verschmutzungsgefahr unerwünscht ist, oder man benötigt an der Laserbearbeitungsmaschinen selbst eine Strahlführungsoptik. Dies ist nachteilig, da innerhalb der Laserbearbeitungsmaschine mehrere Lichtleitkabel verlegt werden müssen, die ganze Umschaltoptik auf dem Achssystem der Laserbearbeitungsmaschine untergebracht und bewegt werden muss und die Größe der Umschaltoptik in Verbindung mit dem zur Verfügung stehenden Raum die Möglichkeiten bzw. die möglichen optischen Konzepte einschränkt.

Bei der Anordnung 60 wird die Umschaltoptik 65 eingangsseitig von zwei Lasern mit den beiden Laserstrahlen unterschiedlicher Strahlqualität versorgt, und die

jeweiligen Laserstrahlen 61, 62 werden über die Umschaltoptik 65 in die zentrale Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt. Dadurch ist die Umschaltung zwischen den beiden Laserstrahlen 61, 62 vom Achssystem der Laserbearbeitungsmaschine getrennt und erfolgt außerhalb der eigentlichen Laserbearbeitungsmaschine, der
5 dann der jeweilige Laserstrahl über die Doppelclad-Faser 1 zugeführt wird. Denkbar sind auch ein oder mehrere weitere lichtführende Ringkerne um den äußeren Ringkern 6 herum, so dass noch weitere Laserstrahlen unterschiedlicher Strahlqualität über die Umschaltoptik 65 geführt werden können.

Patentansprüche

5

1. Verfahren zum Erzeugen eines Laserstrahls (3) mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, dadurch gekennzeichnet, dass ein Laserstrahl (2; 61, 62) in das eine Faserende (1a) einer Mehrfachclad-Faser (1), insbesondere einer Doppelclad-Faser, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende (1b) der Mehrfachclad-Faser (1) ausgekoppelt wird, und dass zum Erzeugen unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristiken des ausgekoppelten Laserstrahls (3) entweder der einfallende Laserstrahl (2; 61, 62) wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt wird oder wahlweise ein erster Laserstrahl (61) zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl (62) zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls (2) in die Mehrfachclad-Faser (1) zwischen dem einfallenden Laserstrahl (2) und der einkoppelseitigen Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) eine Relativbewegung in einer Richtung (12) quer zum Laserstrahl (2) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls (2) in die Mehrfachclad-Faser (1) der einfallende Laserstrahl (2) mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) abgebildet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einkoppeln des Laserstrahls (2) sowohl in den inneren Faserkern (4) als auch in den mindestens einen äußeren Ringkern (6) der einfallende Laserstrahl (2) in mindestens zwei Teilstrahlen (2a, 2b) geteilt wird, die jeweils in einen der Kerne (4, 6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.
5. Anordnung (10; 20; 30; 60) zum Erzeugen eines Laserstrahls (3) mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, gekennzeichnet durch:
eine Mehrfachclad-Faser (1), insbesondere eine Doppelclad-Faser, mit einem inneren Faserkern (4) und mindestens einem äußeren Ringkern (6),
sowie
eine schaltbare Vorrichtung (11, 13; 21, 22; 23; 31, 32; 65) mit mindestens zwei Schaltstellungen, in denen ein einfallender Laserstrahl (2; 61, 62) wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) oder zumindest in den mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt wird oder wahlweise ein erster Laserstrahl (61) zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl (62) zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.
6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die schaltbare Vorrichtung eine verstellbare Ablenkoptik (11, 22, 31, 32) aufweist, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen einen einfallenden Laserstrahl (2) in Richtung (12) quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche (8) unterschiedlich weit ablenkt, und/oder eine Stelleinrichtung (13), die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen die einkoppelseitige Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) in einer Richtung (12) quer zum einfallenden Laserstrahl (2) unterschiedlich weit bewegt.
7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Ablenkoptik ein in mindestens zwei unterschiedlichen Schaltstellungen quer zur La-

serachse positionierbares optisches Element (22, 31, 32) aufweist.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die schaltbare Vorrichtung eine verstellbare Optik (21; 23) oder Blende aufweist, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen den einfallenden Laserstrahl (2) mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppel-
seitige Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) abbildet.
9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die verstellbare Optik (23) entlang der Laserstrahlachse zwischen ihren mindestens zwei Schaltstellungen hin- und her bewegbar ist.
10. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (31) oder eine Blende in einer Schaltstellung außerhalb des Strahlengangs des Laserstrahls (2) und in mindestens einer anderen Schaltstellung zumindest teilweise im Strahlengang des Laserstrahls (2) angeordnet ist.
11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element durch einen Strahlteiler, insbesondere durch eine in den Laserstrahl (2) hinein bewegbare optische Keilplatte (31), zum Teilen des einfallenden Laserstrahls (2) in mindestens zwei Teilstrahlen (2a, 2b) gebildet ist, welche jeweils in einen der Kerne (4, 6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.
12. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser ($2 r_1$) des inneren Faserkerns (4) der Mehrfachclad-Faser (1) höchstens ca. 200 μm , insbesondere höchstens ca. 150 μm , vorzugsweise höchstens ca. 120 μm , beträgt.
13. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringstärke ($r_3 - r_2$) des mindestens einen äußeren Ringkerns (6)

der Mehrfachclad-Faser (1) größer oder gleich dem Durchmesser ($2 r_1$) des inneren Faserkerns (4) ist.

5 14. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Mehrfachclad-Faser (1) die numerische Apertur eines den inneren Faserkern (4) umgebenden ersten Claddings (5) höher ist als die numerische Apertur eines den mindestens einen äußeren Ringkern (6) umgebenden zweiten Claddings (7).

10 15. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die schaltbare Vorrichtung (65) eingangsseitig zwei Lichtleiter (63, 64) aufweist, über die zwei unterschiedliche Laserstrahlen (61, 62) zuführbar sind, wobei die schaltbare Vorrichtung (65) wahlweise den einen Laserstrahl (61) zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser
15 (1) und den anderen Laserstrahl (62) zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) einkoppelt.

1 / 5

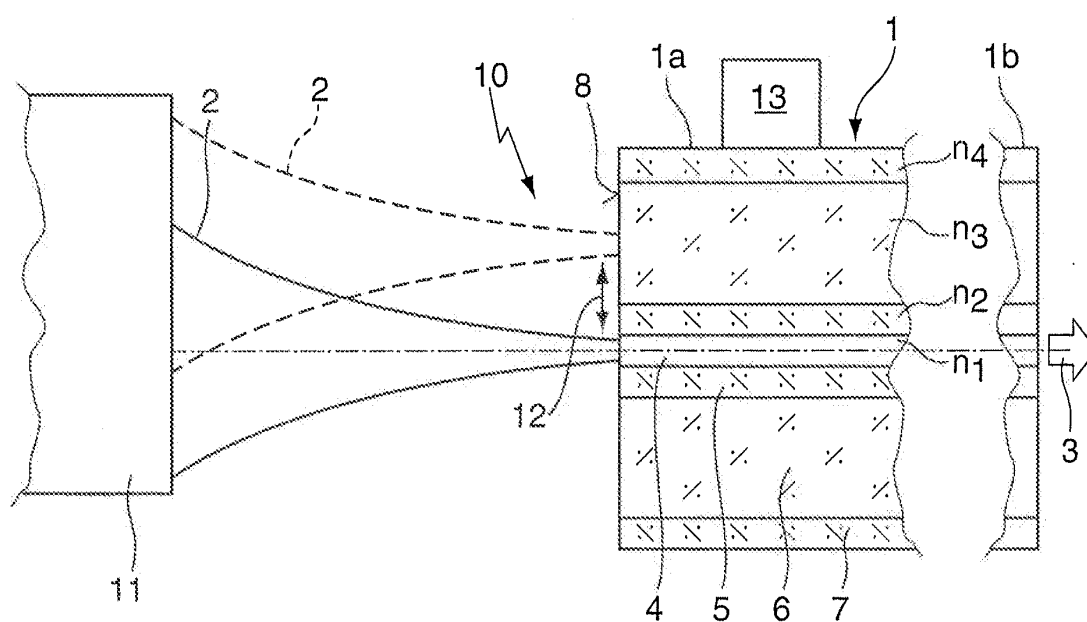


Fig. 1

2 / 5

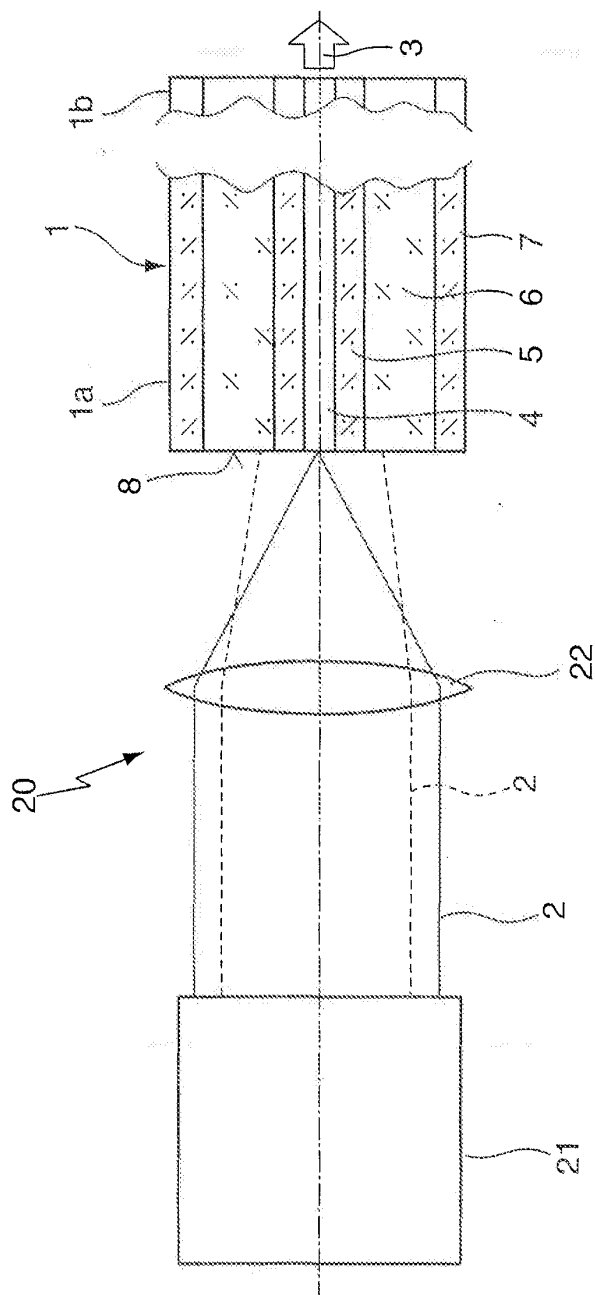


Fig. 2a

3/5

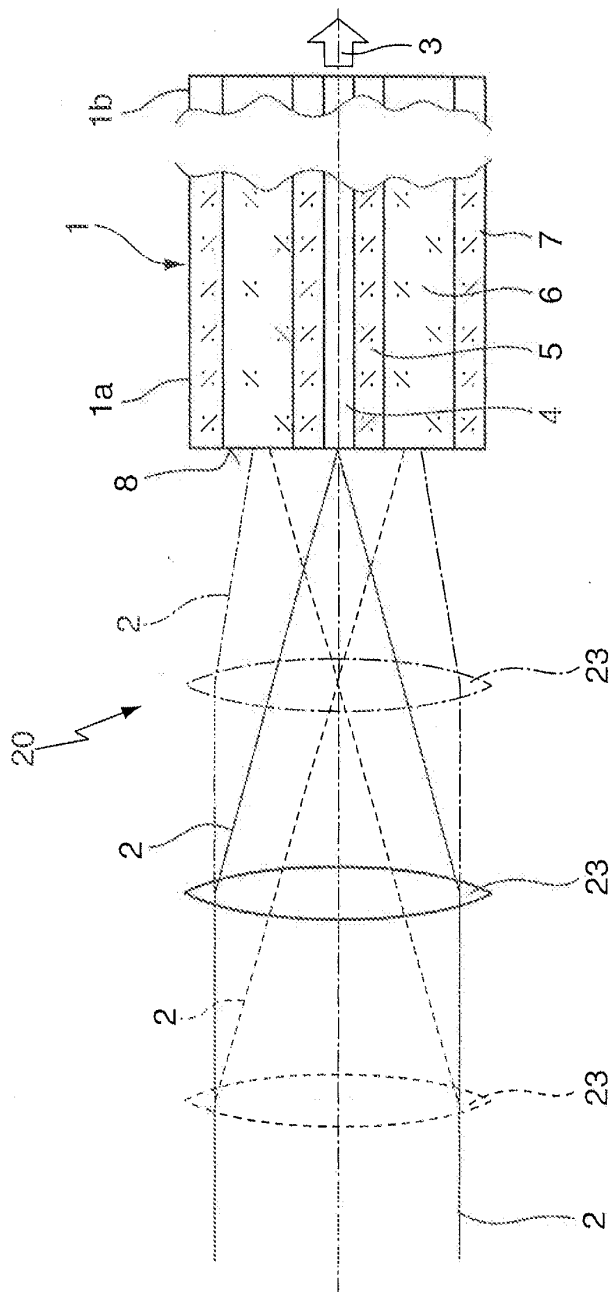


Fig. 2b

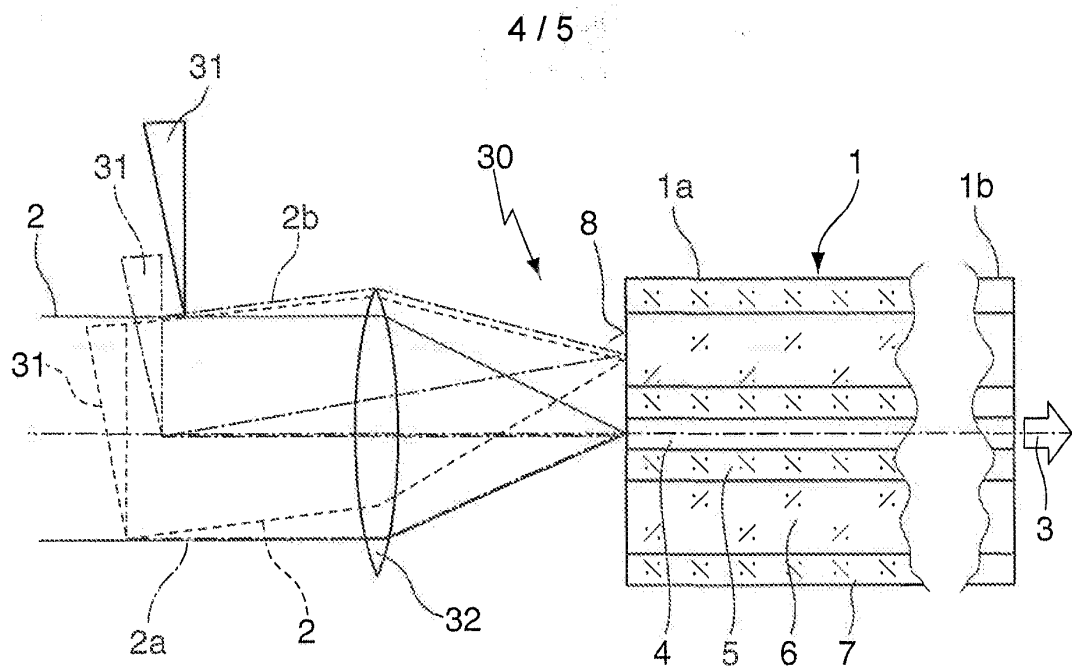


Fig. 3

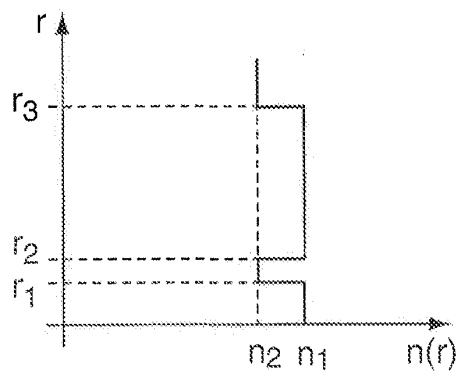


Fig. 4

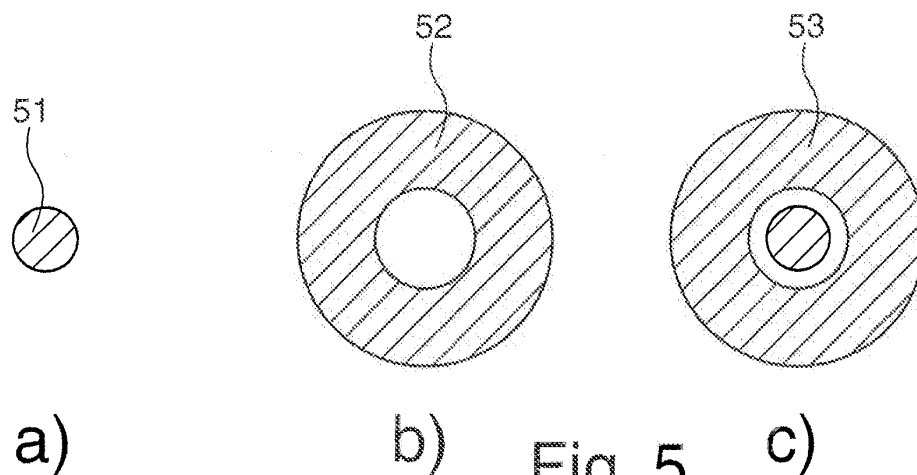


Fig. 5

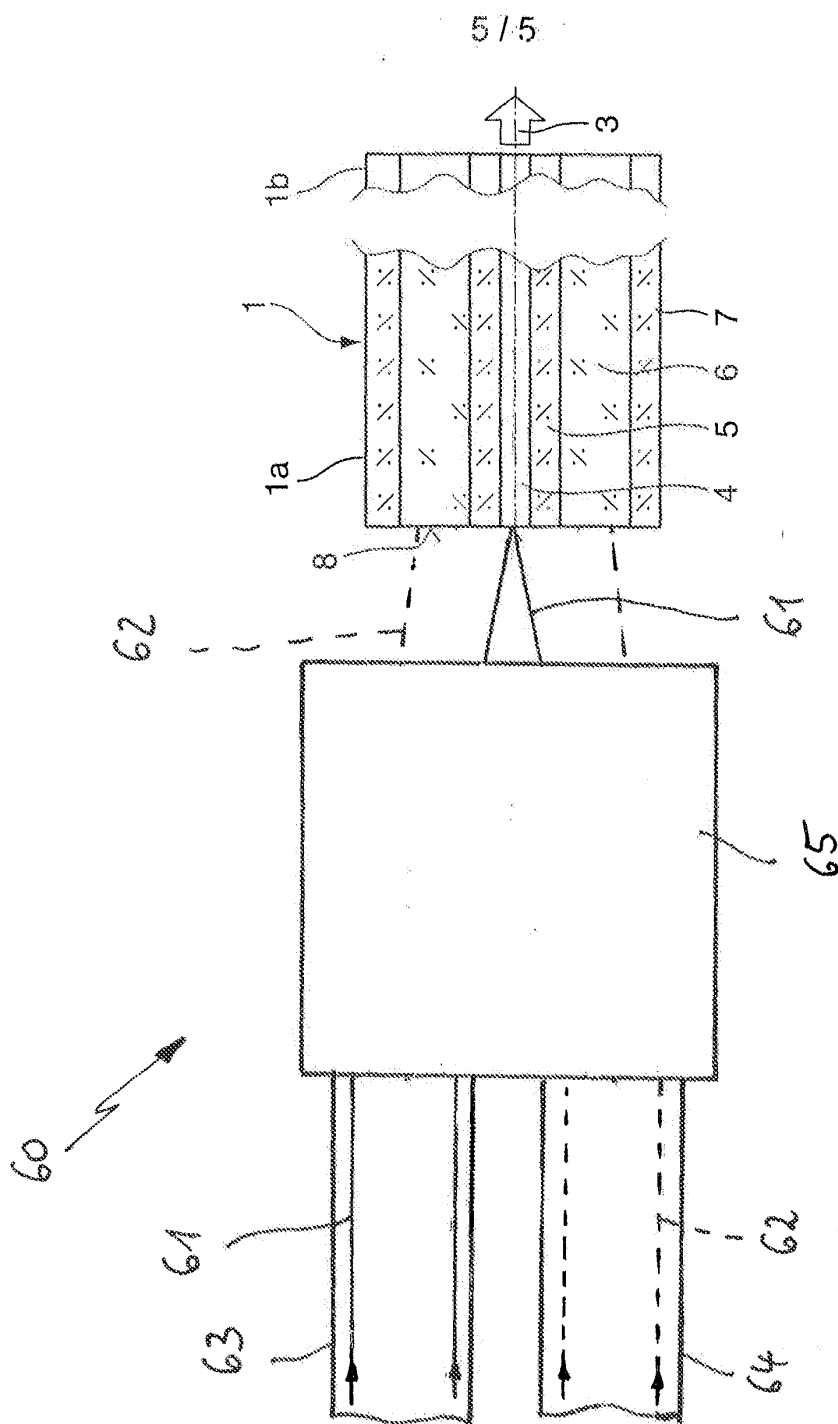


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/055484

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02B6/28 G02B6/42 B23K26/06 G02B27/09 G02B6/26
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 42 00 587 C1 (KOBAYASHI, NOBORU ET AL.) 1 April 1993 (1993-04-01) abstract; figures 5,7 column 1, line 21 -----	1-15
Y	DE 38 33 992 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 12 April 1990 (1990-04-12) cited in the application abstract; figures 1,2 -----	1-15
A	US 5 684 642 A (ZUMOTO NOBUYUKI [JP] ET AL) 4 November 1997 (1997-11-04) abstract; figures 13,14 -----	1-14
A	FR 2 284 892 A1 (THOMSON CSF [FR]) 9 April 1976 (1976-04-09) abstract; figures 2-4 ----- -/-	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 April 2011

Date of mailing of the international search report

06/05/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Faderl, Ingo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/055484

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 475 788 A (TOMASSINI MAURIZIO [IT] ET AL) 9 October 1984 (1984-10-09) abstract; figure 2 -----	1-14
A	US 2002/168139 A1 (CLARKSON WILLIAM ANDREW [GB] ET AL) 14 November 2002 (2002-11-14) abstract; figure 5 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/055484

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4200587	C1	01-04-1993	NONE	
DE 3833992	A1	12-04-1990	EP JP	0366856 A2 2102644 A
US 5684642	A	04-11-1997	DE GB JP JP	19503675 A1 2286900 A 3531199 B2 7227686 A
FR 2284892	A1	09-04-1976	DE JP US	2540761 A1 51056239 A 3977764 A
US 4475788	A	09-10-1984	DE EP IT	3263201 D1 0057164 A2 1170643 B
US 2002168139	A1	14-11-2002	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/055484

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. G02B6/28	G02B6/42	B23K26/06
ADD.		G02B27/09
		G02B6/26
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
G02B B23K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 42 00 587 C1 (KOBAYASHI, NOBORU ET AL.) 1. April 1993 (1993-04-01) Zusammenfassung; Abbildungen 5,7 Spalte 1, Zeile 21	1-15
Y	DE 38 33 992 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 12. April 1990 (1990-04-12) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	1-15
A	US 5 684 642 A (ZUMOTO NOBUYUKI [JP] ET AL) 4. November 1997 (1997-11-04) Zusammenfassung; Abbildungen 13,14	1-14
A	FR 2 284 892 A1 (THOMSON CSF [FR]) 9. April 1976 (1976-04-09) Zusammenfassung; Abbildungen 2-4	1-14
	- / - -	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
26. April 2011		06/05/2011
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2340, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Faderl, Ingo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/055484

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 475 788 A (TOMASSINI MAURIZIO [IT] ET AL) 9. Oktober 1984 (1984-10-09) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1-14
A	US 2002/168139 A1 (CLARKSON WILLIAM ANDREW [GB] ET AL) 14. November 2002 (2002-11-14) Zusammenfassung; Abbildung 5 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/055484

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4200587	C1	01-04-1993	KEINE
DE 3833992	A1	12-04-1990	EP 0366856 A2 09-05-1990 JP 2102644 A 16-04-1990
US 5684642	A	04-11-1997	DE 19503675 A1 24-08-1995 GB 2286900 A 30-08-1995 JP 3531199 B2 24-05-2004 JP 7227686 A 29-08-1995
FR 2284892	A1	09-04-1976	DE 2540761 A1 25-03-1976 JP 51056239 A 17-05-1976 US 3977764 A 31-08-1976
US 4475788	A	09-10-1984	DE 3263201 D1 30-05-1985 EP 0057164 A2 04-08-1982 IT 1170643 B 03-06-1987
US 2002168139	A1	14-11-2002	KEINE

Electronic Patent Application Fee Transmittal				
Application Number:				
Filing Date:				
Title of Invention:		Method And Arrangement For Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber		
First Named Inventor/Applicant Name:		RUDOLF HUBER		
Filer:		Michael D. Bednarek/Geraldine Bird		
Attorney Docket Number:		4074-036		
Filed as Large Entity				
U.S. National Stage under 35 USC 371 Filing Fees				
Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Basic Filing:				
National Stage Fee	1631	1	380	380
National Stage Search - all other cases	1632	1	620	620
National Stage Exam - all other cases	1633	1	250	250
Pages:				
Claims:				
Miscellaneous-Filing:				
Petition:				
Patent-Appeals-and-Interference:				

Description	Fee Code	Quantity	Amount	Sub-Total in USD(\$)
Post-Allowance-and-Post-Issuance:				
Extension-of-Time:				
Miscellaneous:				
Total in USD (\$)				1250

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	13911378
Application Number:	13639401
International Application Number:	PCT/EP11/55484
Confirmation Number:	4170
Title of Invention:	Method And Arrangement For Generating A Laser Beam Having A Differing Beam Profile Characteristic By Means Of A Multi-Clad Fiber
First Named Inventor/Applicant Name:	RUDOLF HUBER
Customer Number:	67272
Filer:	Michael D. Bednarek/Geraldine Bird
Filer Authorized By:	Michael D. Bednarek
Attorney Docket Number:	4074-036
Receipt Date:	04-OCT-2012
Filing Date:	
Time Stamp:	16:38:34
Application Type:	U.S. National Stage under 35 USC 371

Payment information:

Submitted with Payment	yes
Payment Type	Deposit Account
Payment was successfully received in RAM	\$1250
RAM confirmation Number	5327
Deposit Account	013050
Authorized User	
The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows: Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. 1.492 (National application filing, search, and examination fees) Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.17 (Patent application and reexamination processing fees)	

Charge any Additional Fees required under 37 C.F.R. Section 1.21 (Miscellaneous fees and charges)					
File Listing:					
Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Transmittal of New Application	4074-036-Trns1390.pdf	245554	no	4
			8bed7480ead3971e6112a09f4ea6843d7091fa1f1		
Warnings:					
Information:					
2	Application Data Sheet	4074-036-ADSsb0014.pdf	1089186	no	4
			3d1aaa060a1c925ea383dc7313ecb062fac2bbb4		
Warnings:					
Information:					
3	Preliminary Amendment	4074-036-PreAmdscanned.pdf	80971	no	8
			0642d4b96306d0486173c9779144043c394b06ca		
Warnings:					
Information:					
4	Specification	4074-036-Appspecification.pdf	99324	no	13
			b2a940d6f3eff40ec2c243b936ca2cbe1dc49dd0		
Warnings:					
Information:					
5	Claims	4074-036-Claims.pdf	55024	no	3
			a9afd4a679d8310ca61f4fca3a81d4a99fa682a0		
Warnings:					
Information:					
6	Abstract	4074-036-Abstract.pdf	45450	no	1
			d04ba2c6bb14eb2d84893b60bd46198265ac1d11		
Warnings:					
Information:					
7	Drawings-only black and white line drawings	4074-036-Drgs.pdf	371076	no	5
			5ff00049c339b24439b5490dbd8669dd89cf13a5		
Warnings:					
Information:					
8	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	4074-036-IDSIDS.pdf	612827	no	5
			3f55a7bd02eb1cadc2f9f6b73785dcba1b759b24		
Warnings:					
Information:					

9	Foreign Reference	FA1DE4200587.pdf	477234	no	10
			252626afdeebeeb16ab20dda891814295e40ec10		
Warnings:					
Information:					
10	Foreign Reference	FA2DE3833992.pdf	428926	no	6
			d4d0878a28415bca4da95ed7b21f9786a9adb3eb		
Warnings:					
Information:					
11	Foreign Reference	FA3FR2284892.pdf	447179	no	11
			94b3fd4da71260495f3b5fda2dbe2f80cd836513		
Warnings:					
Information:					
12	Foreign Reference	FA4GB2449689.pdf	1532483	no	40
			5e17fb385c2bca08aa6ee1b305bc33ef20e032b4		
Warnings:					
Information:					
13	Non Patent Literature	4074-036-ISR.pdf	4235744	no	12
			825279df78877f808bcb14a958182c4578640c5a		
Warnings:					
Information:					
14	Non Patent Literature	4074-036-GermanOA.pdf	308921	no	3
			590d4d836d59e1ab98eea44adc842151e13e41e6		
Warnings:					
Information:					
15	Documents submitted with 371 Applications	4074-036-WOPub.pdf	3629445	no	34
			0ac4cc83d5d40105899b0e77fd69fbf84c136593		
Warnings:					
Information:					
16	Fee Worksheet (SB06)	fee-info.pdf	33182	no	2
			d4dc249f01730b4574e16e3219867e4a15904d43		
Warnings:					
Information:					
Total Files Size (in bytes):			13692526		

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung DE 10 2010 003 750.8 über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2010 003 750.8

Anmeldetag: 08. April 2010

Anmelder/Inhaber: TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH,
71254 Ditzingen/DE

Bezeichnung: Verfahren und Anordnung zum Verändern der Strahl-
profilcharakteristik eines Laserstrahls mittels einer
Mehrfachclad-Faser

IPC: G 02 B 27/09, G 02 B 6/036, B 23 K 26/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der Teile der am 08. April 2010 eingereichten elektronischen Dokumente dieser Patentanmeldung unabhängig von gegebenenfalls durch das Druckverfahren bedingten Farbabweichungen.

München, den 23. Februar 2011
Deutsches Patent- und Markenamt
Die Präsidentin
Im Auftrag



Büchs

A 916
5.09



5 Anmelder:

TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH
Johann-Maus-Straße 2
D-71254 Ditzingen

10

 Vertreter:

Kohler Schmid Möbus
Patentanwälte
Ruppmannstraße 27
D-70565 Stuttgart

15

20

Verfahren und Anordnung zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik eines
Laserstrahls mittels einer Mehrfachclad-Faser

25 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Verändern der
Strahlprofilcharakteristik eines Laserstrahls.

In der Materialbearbeitung durch Laserstrahlung ergeben sich für verschiedene
Prozesse und Anwendungen jeweils unterschiedliche Erfordernisse an charakte-
30 ristische Laserstrahlparameter, wie z.B. Fokusdurchmesser, Intensitätsverteilung
oder Strahlprofilbeschaffenheit an der Bearbeitungsstelle. Üblicherweise ist daher
ein Prozess- oder Applikationswechsel bei einer Laserbearbeitungsanlage mit ei-
nem entsprechenden Umrüstungsaufwand verbunden, der von einem relativ ein-

fachen Austausch einzelner optischer Komponenten bis hin zum Übergang auf eine andere Anlage reichen kann.

Aus der DE 38 33 992 A1 ist beispielsweise ein Verfahren zum Erreichen bestimmter Laserstrahleigenschaften bekannt, bei dem die Laserstrahlen zweier Laserstrahlquellen unter verschiedenen Einkopplungswinkeln in eine konventionelle Lichtleitfaser eingekoppelt werden. Dabei erfolgt eine Strahlformung in Abhängigkeit von den Einkopplungswinkeln der beiden Laserstrahlen mit unterschiedlichen Wellenlängen, welche für die jeweilige biologische oder medizinische Bearbeitungsaufgabe passend gewählt werden. Neben der Verwendung zweier Laserquellen kann bei diesem Verfahren auch eine einzige Laserquelle zum Einsatz kommen, deren Wellenlänge umschaltbar ist. Die Einkopplungsbedingung in die Lichtleitfaser hängt hierbei wesentlich von der jeweiligen Wellenlänge ab. Wenn die Applikationen jedoch beispielsweise keine unterschiedlichen Wellenlängen oder vielmehr sogar die Verwendung einer einzigen Wellenlänge erfordern, erweist sich das geschilderte Verfahren wegen einer für solche Fälle unverhältnismäßigen Komplexität und einer einschränkenden Spezialisierung auf Anwendungen einer anderen Art als nicht optimal. Weiterhin ist das vorgeschlagene Verfahren auf die wellenlängenabhängige Strahlformung beschränkt, was wiederum zu Einschränkungen für seine Anwendungsmöglichkeiten führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Verändern des Laserstrahlprofils anzugeben, welches unter Verwendung einer einzigen Laserstrahlquelle, insbesondere mit einer einzigen Wellenlänge, eine anwendungsspezifische Änderung der Laserstrahlcharakteristik mit verhältnismäßig geringem Aufwand erlaubt, sowie eine Anordnung dazu bereitzustellen. Außerdem ist dabei angestrebt, bei reduzierter Komplexität der Anordnung bzw. des Verfahrens gleichzeitig das Spektrum der Anpassungsmöglichkeiten von Strahlprofilcharakteristiken an diverse Applikationen möglichst weit auszudehnen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, bei dem der Laserstrahl in das eine Faserende einer Mehrfachclad-Faser, insbesondere einer Doppelclad-Faser, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende der Mehrfachclad-Faser ausgekoppelt wird und zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des

ausgekoppelten Laserstrahls der einfallende Laserstrahl wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern der Mehrfachclad-Faser oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt wird.

- 5 Unter einer Mehrfachclad-Faser wird im Sinne der Erfindung eine Faser mit einem inneren Faserkern und zumindest einem äußeren Ringkern verstanden, beispielsweise eine Doppelclad-Faser mit einem einzigen äußeren Ringkern oder aber auch eine Tripleclad-Faser mit einem sich dem ersten äußeren Ringkern anschließenden weiteren äußeren Ringkern. Zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des ausgekoppelten Laserstrahls wird der einfallende Laserstrahl unterschiedlich in einen oder mehrere der Kerne der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt.

- Der Einfachheit halber wird die Erfindung in der folgenden Beschreibung anhand einer Doppelclad-Faser beschrieben, wobei für den Fachmann ersichtlich ist, dass das erfindungsgemäße Prinzip ohne weiteres auch auf Mehrfachclad-Fasern mit weiteren, sich an den ersten äußeren Ringkern anschließenden äußeren Ringkernen übertragbar ist.

- Eine Doppelclad-Faser mit zwei Kernen weist einen inneren Faserkern sowie einen diesen Faserkern umgebendes, möglichst dünnes und niedrig brechendes Cladding auf. Daran anschließend folgt ein einzelner äußerer Ringkern, der ebenfalls von einem niedrig brechenden zweiten Cladding umgeben ist. Darüber kann eine weitere Schicht aus Glas folgen, die den Außendurchmesser der Faser festlegt, aber keinen Einfluss auf deren Funktion im Sinne der Strahlführung hat. Den Abschluss bildet ein Coating aus einem Kunststoffmaterial, wie Silikon und/oder Nylon, das dem Schutz der Faser dient.

- Durch die Verwendung einer Doppelclad-Faser kann erfindungsgemäß je nach Einkopplung in den inneren Faserkern, in den äußeren Ringkern oder sowohl in den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern zwischen verschiedenen Strahlprofilcharakteristiken am Faserausgang gewählt werden. Bei der Materialbearbeitung mittels Laserstrahlung, insbesondere unter Verwendung hoher Leistungen im kW-Bereich, ermöglicht eine Umschaltung zwischen diesen Einkopplungsvarianten beispielsweise die Wahl zwischen einer vergleichsweise gu-

ten Strahlqualität mit einem scharfen Fokus, wie sie z.B. für einen Laserschneidprozess erforderlich ist, und einer demgegenüber „verminderten“ Strahlqualität mit einem „verwaschenen“ Fokus und mit nahezu gleichmäßiger Intensitätsverteilung im Strahlquerschnitt, die sich insbesondere für Schweißprozesse eignet.

5

Um eine hohe Laserstrahlqualität zu erhalten, wird der Laserstrahl in den inneren Faserkern der Doppelclad-Faser eingekoppelt, die sich in diesem Fall wie eine konventionelle Standardfaser verhält, deren Faserkern von einem niedrig brechenden Cladding umgeben ist. Wird hingegen ein Laserstrahl mit verbreitertem

10 Profil, mit beispielsweise gleichmäßiger Intensität, benötigt, so wird der Laserstrahl in den äußeren Ringkern oder sowohl in den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern eingekoppelt. Je nach Anwendung lässt sich so am Ausgang der Doppelclad-Faser ein Laserstrahl mit einem gefüllten Kreisprofil gemäß dem inneren Faserkern, mit einem Ringprofil gemäß dem äußeren Ringkern, mit

15 einem gefüllten Kreisprofil gemäß den beiden Kernbereichen zusammen (mit einem schmalen fehlenden Ring durch das erste Cladding) oder aber mit den entsprechenden Zwischenstufen der genannten Profilcharakteristiken erhalten.

In einer bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt zum

20 wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls in die Doppelclad-Faser eine Relativbewegung zwischen dem einfallenden Laserstrahl und der einkoppelseitigen Stirnfläche der Doppelclad-Faser in einer Richtung quer zum Laserstrahl, insbesondere in Form einer Parallelverschiebung. Wird die einkoppelseitige Stirnfläche der Doppelclad-Faser quer zum Laserstrahl bewegt, so sind keine zusätzlichen optischen Elemente erforderlich, um zwischen den unterschiedlichen Einkopplungen

25 umzuschalten. Bei einer ausreichend langen Freistrahpropagation des Laserstrahls vor seinem Auftreffen auf die Doppelclad-Faser ist auch eine winkelförmige Ablenkung des Laserstrahls, die ebenfalls als Ablenkung quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche verstanden wird, möglich, um den Laserstrahl in den

30 inneren Faserkern und/oder in den äußeren Ringkern der Doppelclad-Faser einzukoppeln. Es handelt sich in diesem Fall um eine Drehung der Laserstrahlachse um einen Punkt anstelle einer Verschiebung, wobei die Veränderung des Einfallswinkels für die Einkopplung vernachlässigbar bleiben soll.

In einer weiteren bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls in die Doppelclad-Faser der einfallende Laserstrahl mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche der Doppelclad-Faser abgebildet. Diese unterschiedlichen Strahldurchmesser können beispielsweise mit einer entlang der Laserstrahlachse verfahrbaren Optik, wie z.B. eine Linse oder Blende, eingestellt werden, die abhängig von ihrer Verfahrsposition den Laserstrahl entweder nur in den inneren Faserkern oder in den äußeren Ringkern oder sowohl in den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern einkoppelt. Alternativ kann ein anderer Strahlquerschnitt bzw. -durchmesser auch dadurch eingestellt werden, dass eine Optik, wie z.B. eine Linse, oder eine Blende wahlweise in den Strahlengang des Laserstrahls hinein- oder herausbewegt wird.

In einer anderen bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum Einkoppeln des Laserstrahls sowohl in den inneren Faserkern als auch in den mindestens einen äußeren Ringkern der einfallende Laserstrahl in mindestens zwei Teilstrahlen geteilt, die jeweils in einen der beiden Kerne der Doppelclad-Faser eingekoppelt werden. Auf diese Weise lässt sich zum einen die Aufteilung der Strahlungsleistung zwischen dem inneren Faserkern und dem äußeren Ringkern, wenn diese gleichzeitig angesprochen werden sollen, besonders gut kontrollieren. Zum anderen ist es mit den beiden Teilstrahlen besonders einfach möglich, den Bereich des ersten Claddings der Doppelclad-Faser bei der Einkoppelung auszusparen. Denn es ist gerade für Anwendungen im Hochleistungsbereich wichtig, dass keine Laserstrahlung in das erste oder zweite Cladding der Doppelclad-Faser eingekoppelt wird. Eine solche ins Cladding eingekoppelte Strahlung propagiert mit großem Winkel bezüglich der Faserachse im inneren Faserkern oder äußeren Ringkern und tritt am Faserende ebenfalls unter großem Winkel aus, wodurch sich eine daran anschließende Optik aufheizen kann. Zudem kann im zweiten Cladding befindliche Strahlung das Coating der Faser zerstören. Um die Ausbreitung von Laserstrahlung in den Claddings sicher zu verhindern, können beispielsweise Modestripper eingesetzt werden. Entsprechend bevorzugt ist es daher auch, keine Laserstrahlung während des Schaltvorgangs in die Doppelclad-Faser einzukoppeln, um eine mögliche Propagation in den Claddings zu ver-

hindern. Dies kann beispielsweise durch ein Ausschalten des Lasers oder aber auch eine Ablenkung der Strahlung in einen Absorber durch Verwendung von Strahlverschlüssen erfolgen.

- 5 Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt auch eine zum Durchführen des oben beschriebenen Verfahrens geeignete Anordnung, die erfindungsgemäß eine Doppelclad-Faser mit einem inneren Faserkern und mindestens einem äußeren Ringkern sowie eine schaltbare Vorrichtung mit mindestens zwei Schaltstellungen aufweist, in denen der einfallende Laserstrahl wahlweise entweder zumindest in
10 den inneren Faserkern der Doppelclad-Faser oder zumindest in den mindestens einen äußeren Ringkern der Doppelclad-Faser eingekoppelt wird.

- In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist die schaltbare Vorrichtung durch eine verstellbare Ablenkoptik, die in ihren mindes-
15 tens zwei Schaltstellungen den einfallenden Laserstrahl in Richtung quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche der Doppelclad-Faser unterschiedlich weit ablenkt, oder durch eine Stelleinrichtung, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen die einkoppelseitige Stirnfläche in Richtung quer zum einfallenden Laserstrahl unterschiedlich weit bewegt, gebildet. Unter einer Ablenkoptik im Sinne der
20 Erfindung ist jede verstellbare Optik zu verstehen, die den Laserstrahl in Abhängigkeit der Verstellposition in zumindest teilweise unterschiedliche Faserbereiche der Doppelclad-Faser einkoppelt.

- In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist die schaltbare Vorrichtung durch eine bewegbare Optik oder Blende gebildet, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen den einfallenden Laserstrahl mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnseite der Doppelclad-Faser abbildet. Die bewegbare Optik kann beispielsweise Prismen, planparal-
25 lele (Glas)Platten, Sammel- und Zerstreuungslinsen, Spiegel, diffraktive optische Elemente etc. einzeln oder in Kombinationen aufweisen.
30

Besonders bevorzugt ist die Optik durch einen Strahlteiler, insbesondere durch eine in den Laserstrahl hinein bewegbare optische Keilplatte, zum Teilen des ein-

fallenden Laserstrahls in mindestens zwei Teilstrahlen gebildet, welche jeweils in einen der Kerne der Doppelclad-Faser eingekoppelt werden. Vorteilhaft ist dabei die Aufteilung der Intensität zwischen dem inneren Faserkern und dem äußeren Ringkern davon abhängig, wie weit der Strahlteiler in den Strahlengang eingreift.

- 5 Dies ermöglicht es, die Intensitätsaufteilung und damit das Strahlprofil des ausgekoppelten Laserstrahls optimal an die jeweilige Applikation anzupassen.

Die Keilplatte kann aber ebenso als Strahlweiche eingesetzt werden, um den Laserstrahl in seiner Gesamtheit entweder in den inneren Faserkern oder in den äußeren Ringkern einzukoppeln. Einen vergleichbaren Effekt ruft die Bewegung/Verschiebung der Einkoppeloptik quer zur optischen Achse des Laserstrahls hervor. Die Einkoppeloptik befindet sich bei dieser Variante in den schaltbaren Zuständen jeweils im Strahlengang, wobei sich je nach Position der Einkoppeloptik unterschiedliche Strahlablenkungen ergeben. Da hierbei keine Strahlteilung

10 vorgenommen wird und somit eine Aufteilung der Intensitäten nicht über Teilstrahlen erfolgen kann, wird bevorzugt entweder in den inneren Faserkern oder den äußeren Ringkern abgelenkt und zwischen zumindest zwei, diese Positionen repräsentierenden Zuständen geschaltet.

- 20 Vorzugsweise beträgt der Durchmesser des inneren Faserkerns der Doppelclad-Faser höchstens ca. 200 μm , insbesondere höchstens ca. 150 μm , vorzugsweise höchstens ca. 120 μm . Beispielsweise lässt sich mit einem Durchmesser des inneren Faserkerns von ca. 100 μm eine für anspruchsvolle Laseranwendungen, wie z.B. für Laserschneidprozesse, gute Qualität des ausgekoppelten Laserstrahls
- 25 bei einer Einkopplung in den inneren Faserkern erreichen.

- Die Ringstärke des mindestens einen äußeren Ringkerns der Doppelclad-Faser wird bevorzugt größer oder gleich dem Durchmesser des inneren Faserkerns gewählt. Der äußere Ringdurchmesser entspricht dabei dem für bestimmte Anwendungen, wie z.B. für Laserschweißen, erforderlichen breiteren Laserstrahlprofil
- 30 und beträgt applikationsspezifisch beispielsweise ca. 600 μm oder 400 μm .

In einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist bei der Doppelclad-Faser die numerische Apertur des den inneren Faserkern umgebenden ersten Claddings höher als die numerische Apertur des den mindestens einen äußeren Ringkern umgebenden zweiten Claddings. Hierdurch kann verse-

5 hentlich in das erste Cladding eingekoppelte Strahlung in das zweite Cladding eindringen und dort von einem Modestripper ausgekoppelt und angezeigt werden. Dies erleichtert die Justage des inneren Faserkerns sowie die Fehlerüberwachung. Das erste Cladding weist beispielsweise eine standardmäßige numerische Apertur von 0,22 (Toleranz $\pm 0,02$) auf, wobei das zweite Cladding in diesem Fall

10 bevorzugt eine numerische Apertur von 0,18 (Toleranz $\pm 0,015$) aufweist, und sollte ausreichend dick sein, um die Laserstrahlung gut zu führen, z.B. 10 μm dick, bevorzugt weniger, wie 3 bis 5 μm , bei einem Kern-Mantel-Verhältnis (CCDR) von 1,2. Das erste Cladding bildet dabei mit dem inneren Faserkern eine konventionel-

le Transportfaser nach.

15 Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr einen beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung. Ebenso können die

20 vorstehend genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden.

Die Erfindung ist in einigen Ausführungsbeispielen in der Zeichnung dargestellt

25 und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es versteht sich, dass die Darstellung in den Figuren der Zeichnung jeweils nur schematisch zu verstehen ist. Sie enthält keinerlei Einschränkungen im Hinblick auf Einzelheiten oder Abmessungen und ist nicht maßstabsgetreu. Es zeigen:

30 Fig. 1 bis 3 drei erfindungsgemäße Anordnungen zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik eines Laserstrahls, der in das eine Faserende einer Doppelclad-Faser eingekoppelt und aus dem anderen Faserende der Doppelclad-Faser ausgekoppelt wird;

Fig. 4 den radialen Verlauf des Brechungsindex der in Fig. 1 bis 3 gezeigten Doppelclad-Faser; und

Fig. 5a bis 5c verschiedene mögliche Strahlprofile des aus der Doppelclad-Faser der Fig. 1 bis 3 ausgekoppelten Laserstrahls.

Fig. 1 bis 3 zeigen drei verschiedene Anordnungen **10**, **20**, **30** zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik eines Laserstrahls, der in das eine Faserende **1a** einer Mehrfachclad-Faser **1**, die im vorliegenden Fall als Doppelclad-Faser **1** ausgebildet ist, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende **1b** der Doppelclad-Faser **1** ausgekoppelt wird. Der einfallende Laserstrahl ist mit **2** und der ausgekoppelte Laserstrahl schematisch mit **3** bezeichnet.

Wie in Fig. 1 gezeigt, weist die Doppelclad-Faser **1** einen inneren Faserkern **4** (z.B. aus undotiertem Quarzglas) mit einem Brechungsindex n_1 sowie ein den inneren Faserkern **4** umgebendes dünnes erstes Cladding **5** (z.B. aus dotiertem Quarzglas) auf, dessen Brechungsindex n_2 niedriger ist als n_1 . Daran anschließend folgt ein äußerer Ringkern **6** (z.B. aus undotiertem Quarzglas) mit dem Brechungsindex n_3 , der ebenfalls von einem niedrig brechenden zweiten Cladding **7** (z.B. aus dotiertem Quarzglas) mit Brechungsindex n_4 umgeben ist. Die Brechungsindizes n_1 und n_3 können gleich oder unterschiedlich sein; gleiches gilt für die Brechungsindizes n_2 und n_4 . Darüber kann eine weitere Schicht aus Glas folgen (nicht gezeigt), die den Außendurchmesser der Faser festlegt, aber keinen Einfluss auf deren Funktion im Sinne der Strahlführung hat. Den Abschluss bildet typischerweise ein Coating (nicht gezeigt) aus einem Kunststoffmaterial, wie Silikon und/oder Nylon, zum Schutz der Faser.

Fig. 4 zeigt schematisch die radiale Abhängigkeit des Brechungsindex n innerhalb der Doppelclad-Faser **1**, bei der $n_1 = n_3$ und $n_2 = n_4$ ist. Dargestellt sind ein dem inneren Faserkern **4** entsprechender Bereich mit Radius r_1 und hohem Brechungsindex n_1 , ein dem ersten Cladding **5** entsprechender Ringbereich zwischen den Radien r_1 und r_2 mit niedrigerem Brechungsindex n_2 , ein dem äußeren Ring-

kern 6 entsprechender Ringbereich mit Außenradius r_3 und hohem Brechungsindex n_1 , sowie abschließend das zweite Cladding 7 mit niedrigem Brechungsindex n_2 . Aufgrund des niedrigeren Brechungsindex der Claddings 5, 7 wird Licht im inneren Faserkern 4 und im äußeren Ringkern 6 jeweils durch Totalreflexion geführt.

Zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des ausgekoppelten Laserstrahls 3 kann, wie unten im Detail beschrieben, der auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 einfallende Laserstrahl 2 mittels einer schaltbaren Vorrichtung wahlweise in den inneren Faserkern 4 oder in den äußeren Ringkern 6 oder sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt werden.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung 10 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine verstellbare Ablenkoptik 11 mit zwei Schaltstellungen gebildet, welche mit durchgezogenen und gestrichelten Linien dargestellt sind. In diesen beiden Schaltstellungen wird der auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 fokussierte Laserstrahl 2 in Richtung 12 quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche 8 unterschiedlich weit ablenkt, insbesondere unterschiedlich weit parallelverschoben. In der einen Schaltstellung wird der Laserstrahl 2 zentrisch oder exzentrisch zur Faserachse nur in den inneren Faserkern 4 und in der anderen Schaltstellung exzentrisch zur Faserachse nur in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das in Fig. 5a gezeigte Strahlprofil, nämlich ein dem inneren Faserkern 4 entsprechendes schmales ausgefülltes Kreisprofil 51, sowie eine vergleichsweise hohe Strahlqualität mit einem scharfen Fokus auf, wie es bei der Materialbearbeitung z.B. für einen Laserschneidprozess erforderlich ist. Im zweiten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das in Fig. 5b gezeigte breitere Strahlprofil, nämlich ein dem äußeren Ringkern 6 entsprechendes Ringprofil 52, sowie eine vergleichsweise geringere Strahlqualität auf, wie es bei der Materialbearbeitung z.B. für einen Laserschweißprozess gewünscht ist. Unter geeigneten Einkopplungsbedingungen in den äußeren Ringkern 6 weist der ausgekoppelte

Laserstrahl 3 ein Top-Hat-Ringstrahlprofil auf, dessen Qualität für viele Applikationen geeignet ist.

Die Ablenkoptik 11, deren Komponenten in Fig. 1 nicht im Einzelnen dargestellt sind, beruht auf dem Fachmann bekannten Prinzipien der Strahlablenkung. Insbesondere kann hierbei ein Ablenkspiegel zum Einsatz kommen, wobei der Ort der Einkopplung in die einkoppelseitige Stirnfläche der Doppelclad-Faser 1 durch die Winkelstellung des Ablenkspiegels bestimmt werden kann oder der Ablenkspiegel die Strahlung positionsabhängig auf verschiedenen Ausgänge lenken kann, die wiederum verschiedene Einkoppelbereiche definieren. Ein teildurchlässiger oder nur zum Teil im Strahlengang befindlicher Ablenkspiegel kann dabei auch die beschriebene Funktion eines Strahlteilers erfüllen. Bevorzugt beinhaltet die Ablenkoptik 11 zusätzliche Mittel zur Einkopplung des Laserstrahls 2 in die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1, wie beispielsweise eine Fokussierlinse, die alternativ aber auch vor oder nach der Ablenkoptik 11 angeordnet sein kann.

Eine ausreichend lange Doppelclad-Faser 1 ermöglicht auch bei exzentrischer Einkopplung des Laserstrahls 2 zur Faserachse in den inneren Faserkern 4 oder in den äußeren Ringkern 6 eine winkelmäßig homogene Intensitätsverteilung im ausgekoppelten Laserstrahl 3.

Wird hingegen sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt, so weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das in **Fig. 5c** gezeigte gleichmäßig ausgefüllte breite Strahlprofil 53 mit einem entsprechend dem ersten Cladding 5 ausgesparten Ring auf.

Alternativ (oder auch zusätzlich) zur Ablenkoptik 11 kann die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 auch durch eine z.B. motorisch angetriebene Stelleinrichtung 13 gebildet sein, die die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 in Richtung 12 quer zum einfallenden Laserstrahl 2 unterschiedlich weit verschiebt, wodurch der auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 fokussierte Laserstrahl 2 entweder in den inneren Faserkern 4 oder in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt werden kann.

Bei der in **Fig. 2a** gezeigten Anordnung 20 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine hier lediglich schematisch gezeigte verstellbare Teleskop/Aufweitungsoptik **21** gebildet. In ihren hier nicht näher gezeigten Schaltstellungen weitet die Teleskop/Aufweitungsoptik 21 den einfallenden Laserstrahl 2 auf jeweils unterschiedliche Strahldurchmesser auf. Abhängig vom Strahldurchmesser wird der Laserstrahl 2 dann von einer Einkopplungsoptik (z.B. Linse) **22** mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, in diesem Fall unterschiedlichen Fokussdurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 abgebildet. Wie mit durchgezogenen und gestrichelten Linien dargestellt ist, wird der Laserstrahl 2 beispielsweise in einer Schaltstellung der Teleskop/Aufweitungsoptik 21 zentrisch nur in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt und in einer anderen Schaltstellung zentrisch sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 und im zweiten Fall das Strahlprofil 53 auf.

Über den Durchmesser des aufgeweiteten Laserstrahls 2 können der Anteil der in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelten Laserstrahlung und damit die Leistungsaufteilung auf den inneren Faserkern 4 und den äußeren Ringkern 6, stufenlos eingestellt werden, wodurch das Strahlprofil des ausgekoppelten Laserstrahls 3 optimal an die jeweilige Applikation angepasst werden kann.

Bei der in **Fig. 2b** gezeigten Anordnung 20 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine hier als Linse dargestellte Fokussieroptik **23** gebildet, die entlang der Laserstrahlachse in verschiedene Schaltstellungen verschiebbar ist, welche mit durchgezogenen, gestrichelten und strichpunktierten Linien dargestellt sind. In diesen Schaltstellungen wird der einfallende Laserstrahl 2 von der Fokussieroptik 23 mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt. In der einen Schaltstellung wird der fokussierte Laserstrahl 2 zentrisch nur in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt; in den beiden anderen Schaltstellungen wird der defokussierte Laserstrahl 2 zent-

risch sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 und im zweiten Fall das Strahlprofil 53 auf.

- 5 Bei der in Fig. 3 gezeigten Anordnung 30 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine hier lediglich beispielhaft als optische Keilplatte **31** ausgeführten Strahlweiche gebildet, der zwischen zwei Endstellungen stufenlos verstellbar ist, welche mit durchgezogenen und gestrichelten Linien dargestellt sind. In ihrer einen Endstellung ist die optische Keilplatte 31 außerhalb des Strahlengangs des einfallenden Laserstrahls 2 angeordnet, so dass der gesamte einfallende Laserstrahl 2 über eine Einkopplungsoptik (z.B. Linse) **32** nur in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt wird, wodurch der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 aufweist. In ihrer anderen gestrichelt dargestellten Endstellung ist die Keilplatte 31 im gesamten Strahlengang des Laserstrahls 2 angeordnet, so dass der gesamte Laserstrahl 2 von der Keilplatte 31 abgelenkt und über die Einkopplungsoptik 32 nur in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt wird, wodurch der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 52 aufweist.
- 15
- 20 Einen vergleichbaren Effekt ruft die Bewegung/Verschiebung der Einkoppeloptik 32 quer zur optischen Achse des Laserstrahls 2 hervor. Die Einkoppeloptik 32 befindet sich bei dieser Variante in den schaltbaren Zuständen jeweils im Strahlengang, wobei sich je nach Position der Einkoppeloptik 32 unterschiedliche Strahlablenkungen ergeben. Da hierbei keine Strahlteilung vorgenommen wird und somit eine Aufteilung der Intensitäten nicht über Teilstrahlen erfolgen kann, wird bevorzugt entweder in den inneren Faserkern 4 oder den äußeren Ringkern 6 abgelenkt und zwischen zumindest zwei, diese Positionen repräsentierenden Zuständen geschaltet.
- 25
- 30 Wie strichpunktiert angedeutet, führt ein teilweises Einbringen der Keilplatte 31 in den einfallenden Laserstrahl 2 zur Bildung zweier Teilstrahlen **2a**, **2b**, so dass hier die optische Keilplatte 31 beispielhaft als Strahlteiler dient. Der erste Teilstrahl 2a wird von der Keilplatte 31 nicht beeinflusst und daher über die Einkopplungsoptik

32 weiterhin in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt, während der zweite Teilstrahl 2b durch die Keilplatte 31 gegenüber dem ersten Teilstrahl 2a abgelenkt und über die Einkopplungsoptik 32 in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt wird. Der ausgekoppelte Laserstrahl 3 weist das Strahlprofil 53 auf. Ein teilweises Einbringen der Keilplatte 31 in den einfallenden Laserstrahl 2 führt also zur Bildung zweier Teilstrahlen 2a, 2b mit einer vom Maß der Einbringung abhängigen Aufteilung der Intensität zwischen dem inneren Faserkern 4 und dem äußeren Ringkern 6, wodurch das Strahlprofil des ausgekoppelten Laserstrahls 3 optimal an die jeweilige Applikation angepasst werden kann.

10

Weiterhin bieten die zwei Teilstrahlen 2a, 2b den wesentlichen Vorteil, den Bereich des ersten Claddings 5 bei der Einkopplung auszusparen. Es ist nämlich insbesondere für Anwendungen im Hochleistungsbereich wichtig, dass keine Laserstrahlung ins innere oder äußere Cladding 5, 7 eingekoppelt wird. Diese Strahlung propagiert mit großem Winkel im inneren Kern oder äußeren Ringkern und tritt am Faserende ebenfalls unter großem Winkel aus, wodurch sich die daran anschließende Optik aufheizen kann. Zudem kann die im äußeren Cladding 7 befindliche Strahlung das Coating der Faser 1 zerstören.

15

20

Ein Durchmesser des inneren Faserkerns 4 von ca. 100 μm gewährleistet bei typischen Anwendungen mit hohen Leistungen im kW-Bereich die Erzeugung einer guten Strahlprofilqualität bei Einkopplung des Laserstrahls 2 in den inneren Faserkern 4. Das erste Cladding 5 ist bereits mit ca. 10 μm , bevorzugt mit ca. 5 μm , ausreichend dick, um die Laserstrahlung gut zu führen. Bei einer Ringstärke des

25

äußeren Ringkerns 6 von ca. 240 μm beträgt der Außendurchmesser des äußeren Ringkerns 6 ca. 600 μm . Das entspricht für bestimmte Anwendungen, wie z.B. Laserschweißen, der erforderlichen Verbreiterung des Laserstrahlprofils.

Patentansprüche

5

10

15

20

25

30

1. Verfahren zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik eines Laserstrahls (2),
dadurch gekennzeichnet,
dass der Laserstrahl (2) in das eine Faserende (1a) einer Mehrfachclad-Faser (1), insbesondere einer Doppelclad-Faser, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende (1b) der Mehrfachclad-Faser (1) ausgekoppelt wird, und
dass zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des ausgekoppelten Laserstrahls (3) der einfallende Laserstrahl (2) wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1), oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls (2) in die Mehrfachclad-Faser (1) zwischen dem einfallenden Laserstrahl (2) und der einkoppelseitigen Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) eine Relativbewegung in einer Richtung (12) quer zum Laserstrahl (2) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls (2) in die Mehrfachclad-Faser (1) der einfallende Laserstrahl (2) mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) abgebildet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einkoppeln des Laserstrahls (2) sowohl in den inneren Faserkern (4) als auch in den mindestens einen äußeren Ringkern (6) der

einfallende Laserstrahl (2) in mindestens zwei Teilstrahlen (2a, 2b) geteilt wird, die jeweils in einen der Kerne (4, 6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.

- 5 5. Anordnung (10; 20; 30) zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik eines Laserstrahls (2), gekennzeichnet durch:
eine Mehrfachclad-Faser (1), insbesondere eine Doppelclad-Faser, mit einem inneren Faserkern (4) und mindestens einem äußeren Ringkern (6),
sowie
10 eine schaltbare Vorrichtung (11, 13; 21, 22; 23; 31, 32) mit mindestens zwei Schaltstellungen, in denen der einfallende Laserstrahl (2) wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) oder zumindest in den mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt wird.
- 15 6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die schaltbare Vorrichtung eine verstellbare Ablenkoptik (11, 22, 31, 32) aufweist, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen den einfallenden Laserstrahl (2) in Richtung (12) quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche (8) unterschiedlich weit ablenkt, und/oder eine Stelleinrichtung (13), die in ihren
20 mindestens zwei Schaltstellungen die einkoppelseitige Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) in einer Richtung (12) quer zum einfallenden Laserstrahl (2) unterschiedlich weit bewegt.
- 25 7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Ablenkoptik ein in mindestens zwei unterschiedlichen Schaltstellungen quer zur Laserachse positionierbares optisches Element (22, 31, 32) aufweist.
- 30 8. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die schaltbare Vorrichtung eine verstellbare Optik (21; 23) oder Blende aufweist, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen den einfallenden Laserstrahl (2) mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) abbildet.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die verstellbare Optik (23) entlang der Laserstrahlachse zwischen ihren mindestens zwei Schaltstellungen hin- und her bewegbar ist.

5

10. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (31) oder eine Blende in einer Schaltstellung außerhalb des Strahlengangs des Laserstrahls (2) und in mindestens einer anderen Schaltstellung zumindest teilweise im Strahlengang des Laserstrahls (2) angeordnet ist.

10

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element durch einen Strahlteiler, insbesondere durch eine in den Laserstrahl (2) hinein bewegbare optische Keilplatte (31), zum Teilen des einfallenden Laserstrahls (2) in mindestens zwei Teilstrahlen (2a, 2b) gebildet ist, welche jeweils in einen der Kerne (4, 6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.

15

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser ($2 r_1$) des inneren Faserkerns (4) der Mehrfachclad-Faser (1) höchstens ca. 200 μm , insbesondere höchstens ca. 150 μm , vorzugsweise höchstens ca. 120 μm , beträgt.

20

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringstärke ($r_3 - r_2$) des mindestens einen äußeren Ringkerns (6) der Mehrfachclad-Faser (1) größer oder gleich dem Durchmesser ($2 r_1$) des inneren Faserkerns (4) ist.

25

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Mehrfachclad-Faser (1) die numerische Apertur eines den inneren Faserkern (4) umgebenden ersten Claddings (5) höher ist als die numerische Apertur eines den mindestens einen äußeren Ringkern (6) umgebenden zweiten Claddings (7).

30

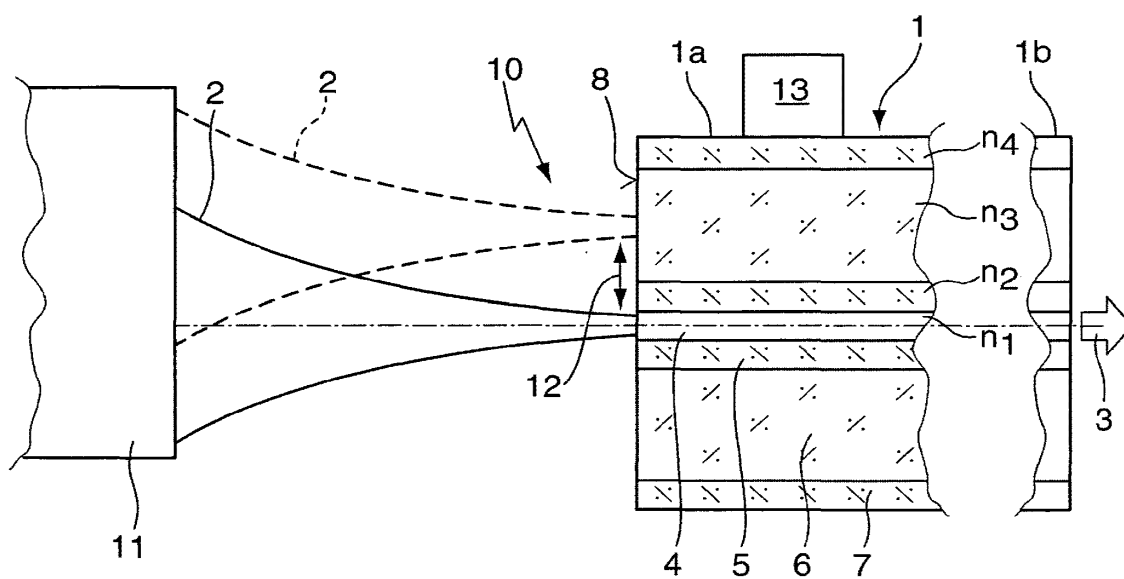


Fig. 1

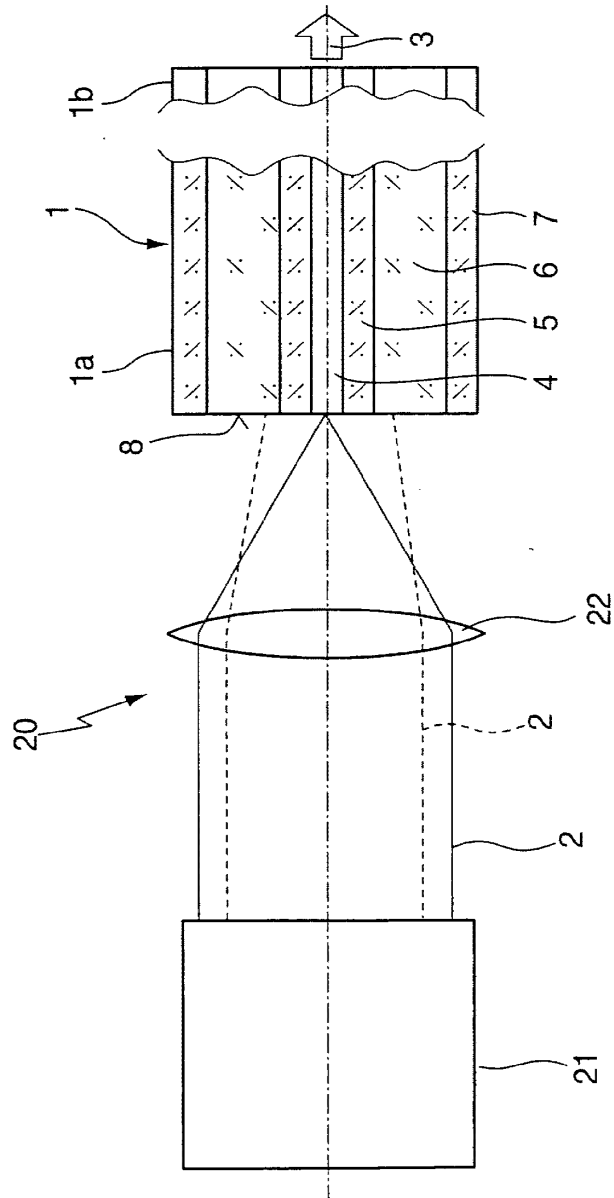


Fig. 2a

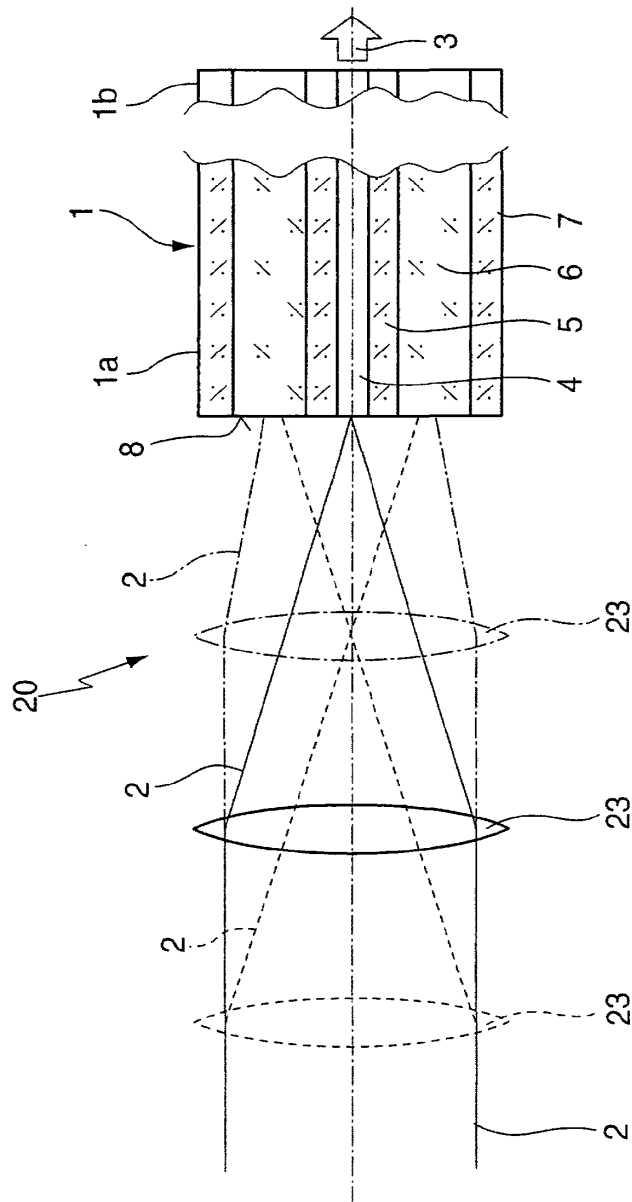


Fig. 2b

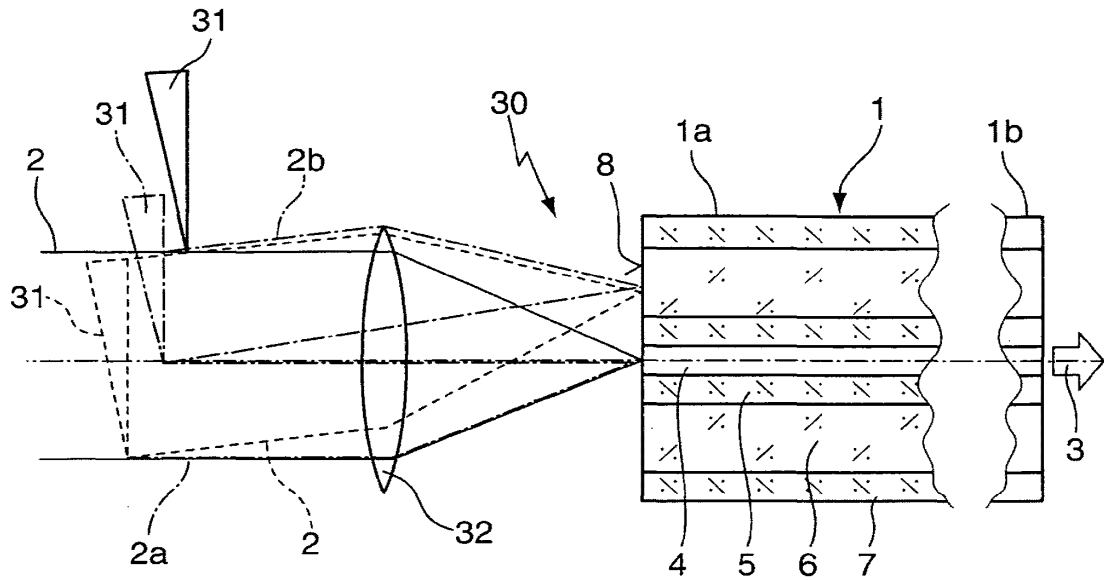


Fig. 3

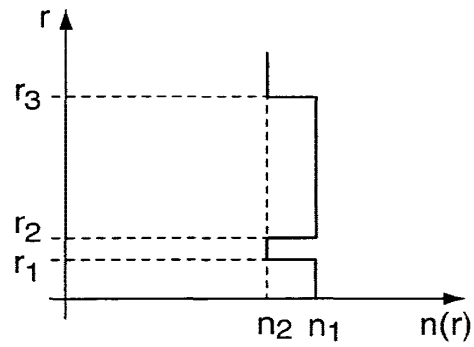


Fig. 4

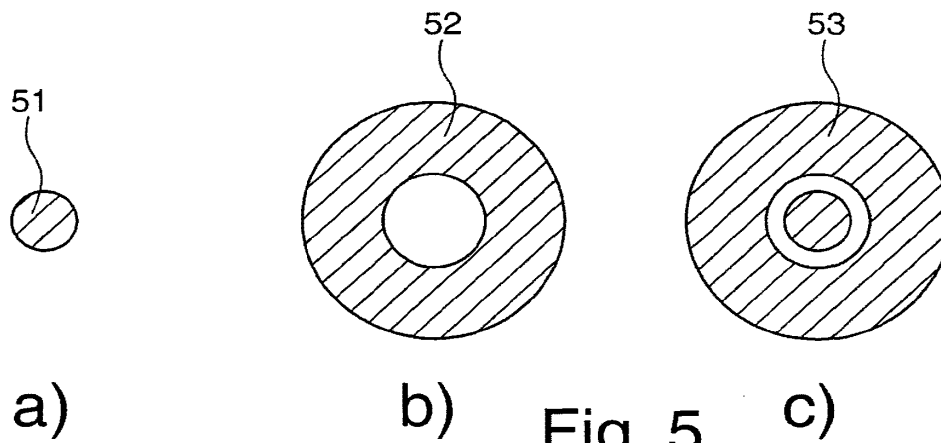


Fig. 5

5

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik eines Laserstrahls (2), wobei der Laserstrahl (2) in das eine Faserende (1a) einer Mehrfachclad-Faser (1), insbesondere einer Doppelclad-Faser, eingekoppelt und
10 aus dem anderen Faserende (1b) der Mehrfachclad-Faser(1) ausgekoppelt wird und wobei zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des ausgekoppelten Laserstrahls (3) der einfallende Laserstrahl (2) wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt wird, sowie
15 eine entsprechende Anordnung (10).

(Fig. 1)

**DOCUMENT MADE AVAILABLE UNDER THE
PATENT COOPERATION TREATY (PCT)**

International application number:	PCT/EP2011/055484
International filing date:	08 April 2011 (08.04.2011)
Document type:	Certified copy of priority document
Document details:	Country/Office: DE
	Number: 10 2010 003 750.8
	Filing date: 08 April 2010 (08.04.2010)
Date of receipt at the International Bureau:	09 May 2011 (09.05.2011)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a),(b) or (b-bis)

PCT-ANTRAG

Ausdruck (Original in elektronischem Format)

0	Vom Anmeldeamt auszufüllen	
0-1	Internationales Aktenzeichen	PCT/EP2011/055484
0-2	Internationales Anmeldedatum	08 APR 2011 (08.04.2011)
0-3	Name des Anmeldeamts und "PCT International Application"	RO/EP
0-4	Formular PCT/RO/101 PCT-Antrag	
0-4-1	Erstellt mit	PCT Online Filing Version 3.5.000.221 MT/FOP 20020701/0.20.5.9
0-5	Antragsersuchen Der Unterzeichnete beantragt, daß die vorliegende internationale Anmeldung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens behandelt wird	
0-6	(Vom Anmelder gewähltes) Anmeldeamt	Europäisches Patentamt (EPA) (RO/EP)
0-7	Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts	SP10120PCT-2
I	Bezeichnung der Erfindung	VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ERZEUGEN EINES LASERSTRAHLS MIT UNTERSCHIEDLICHER STRAHLPROFILCHARAKTERISTIK MITTELS EINER MEHRFACHCLAD-FASER
II	Anmelder	
II-1	Diese Person ist	Nur Anmelder
II-2	Anmelder für	Alle Bestimmungsstaaten
II-4	Name	TRUMPF LASER UND SYSTEMTECHNIK GMBH
II-5	Anschrift	Johann-Maus-Str. 2 71254 Ditzingen Deutschland
II-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
II-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE
III-1	Anmelder und/oder Erfinder	
III-1-1	Diese Person ist	Anmelder und Erfinder
III-1-2	Anmelder für	Nur US
III-1-4	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	HUBER, Rudolf
III-1-5	Anschrift	Albstrasse 31 78554 Aldingen-Aixheim Deutschland
III-1-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
III-1-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE

PCT-ANTRAG

Ausdruck (Original in elektronischem Format)

III-2	Anmelder und/oder Erfinder	
III-2-1	Diese Person ist	Anmelder und Erfinder
III-2-2	Anmelder für	Nur US
III-2-4	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	ANDREASCH, Wolfgang
III-2-5	Anschrift	Weinbergstrasse 2/1 71384 Weinstadt Deutschland
III-2-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
III-2-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE
V	BESTIMMUNGEN	
V-1	Die Einreichung dieses Antrags umfaßt gemäß Regel 4.9 Absatz a die Bestimmung aller Vertragsstaaten, für die der PCT am internationalen Anmeldedatum verbindlich ist, und, insoweit verfügbar, für jede Art von Schutzrecht und sowohl für ein regionales als auch für ein nationales Patent	
V-2	Feld V-2 kann nur dazu benutzt werden, die betreffenden Bestimmungen (unwiderruflich) auszuschließen, falls die internationale Anmeldung, zum Zeitpunkt ihrer Einreichung oder nachträglich gemäß Regel 26bis.1, in Feld Nr. VI die Priorität einer in dem betreffenden Staat eingereichten früheren nationalen Anmeldung beansprucht, um zu vermeiden, daß diese frühere nationale Anmeldung nach nationalem Recht ihre Wirkung verliert.	DE
VI-1	Priorität einer früheren nationalen Anmeldung beansprucht	
VI-1-1	Anmeldedatum	08. April 2010 (08.04.2010)
VI-1-2	Nummer	102010003750.8
VI-1-3	Staat	DE
VI-2	Einbeziehung durch Verweis : Ist ein in Artikel 11 Absatz 1 Ziffer iii Buchstabe d oder e genannter Bestandteil der internationalen Anmeldung oder ein in Regel 20.5 Absatz a genannter Teil der Beschreibung, der Ansprüche oder der Zeichnungen nicht anderswo in der internationalen Anmeldung, aber vollständig in einer früheren Anmeldung enthalten, deren Priorität, zu dem Datum, an dem ein oder mehrere in Artikel 11 Absatz 1 Ziffer iii genannte Bestandteile zuerst beim Anmeldeamt eingegangen sind, beansprucht wird, so wird dieser Bestandteil oder Teil, vorbehaltlich der Bestätigung nach Regel 20.6, für die Zwecke der Regel 20.6 in diese internationale Anmeldung einbezogen.	

PCT-ANTRAG

Ausdruck (Original in elektronischem Format)

VII-1	Gewählte Internationale Recherchenbehörde	Europäisches Patentamt (EPA) (ISA/EP)	
VII-2	Antrag auf Nutzung der Ergebnisse einer früheren Recherche; Bezugnahme auf diese frühere Recherche		
VII-2-1	Anmeldedatum	16. Februar 2011 (16.02.2011)	
VII-2-2	Aktenzeichen	PCT/EP2011/052309	
VII-2-3	Staat (oder regionales Amt)	EP	
VII-2-4	Erklärung (Regel 4.12 Ziffer ii):	Diese internationale Anmeldung ist die gleiche, oder im wesentlichen gleiche, wie die Anmeldung, hinsichtlich der die frühere Recherche durchgeführt wurde, außer daß sie gegebenenfalls in einer anderen Sprache eingereicht worden ist.	
VII-2-5	Die folgenden Unterlagen sind der ISA in einer für sie akzeptablen Art und Weise zugänglich und brauchen daher nicht vom Anmelder eingereicht zu werden (Regel 12bis.1 Absatz f):		
VIII	Erklärungen	Anzahl der Erklärungen	
VIII-1	Erklärung hinsichtlich der Identität des Erfinders	—	
VIII-2	Erklärung hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, zum Zeitpunkt des internationalen Anmeldedatums, ein Patent zu beantragen und zu erhalten	—	
VIII-3	Erklärung hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, zum Zeitpunkt des internationalen Anmeldedatums, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen	—	
VIII-4	Erfindererklärung (nur im Hinblick auf die Bestimmung der Vereinigten Staaten von Amerika)	—	
VIII-5	Erklärung hinsichtlich unschädlicher Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit	—	
IX	Kontrollliste	Anzahl der Blätter	Elektronische Datei(en) beigefügt
IX-1	Antrag (inklusive Erklärungsblätter)	4	✓
IX-2	Beschreibung	17	✓
IX-3	Ansprüche	4	✓
IX-4	Zusammenfassung	1	✓
IX-5	Zeichnung(en)	5	✓
IX-7	INSGESAMT	31	

PCT-ANTRAG

Ausdruck (Original in elektronischem Format)

	Beigefügte Unterlagen	Unterlage(n) in Papierform beigefügt	Elektronische Datei(en) beigefügt
IX-8	Blatt für die Gebührenberechnung	–	✓
IX-18	PCT-SAFE Datenträger	–	–
IX-19	Sonstige(s)	Schreiben an OMPI	✓
IX-20	Nr. der Abb. der Zeichn., die mit der Zusammenf. veröffentlicht werden soll	1	
IX-21	Sprache der int. Anmeldung	Deutsch	
X-1	Unterschrift des Anmelders, des Anwalts oder des Gemeinsamen Vertreters	(PKCS7 digitale Unterschrift)	
X-1-1	Name	20	
X-1-2	Name der unterzeichnenden Person	DE, Kohler Schmid Möbus Patentanwälte, C. Rank 16024	
X-1-3	Eigenschaft	(Vertreter)	

VOM ANMELDEAMT AUSZUFÜLLEN

10-1	Datum des tatsächlichen Eingangs dieser internationalen Anmeldung	08 APR 2011 (08.04.2011)
10-2	Zeichnung(en):	X
10-2-1	Eingegangen	
10-2-2	Nicht eingegangen	
10-3	Geändertes Eingangsdatum aufgrund nachträglich, jedoch fristgerecht eingeg. Unterlage(n) oder Zeichnung(en) zur Vervollständigung dieser int. Anmeldung	
10-4	Datum des fristgerechten Eingangs der Berichtigung nach PCT Artikel 11(2)	
10-5	Internationale Recherchenbehörde	ISA/EP
10-6	Übermittlung des Recherchenexemplars bis zur Zahlung der Recherchegebühr aufgeschoben	

VOM INTERNATIONALEN BÜRO AUSZUFÜLLEN

11-1	Datum des Eingangs des Aktenexemplars beim Internationalen Büro	
-------------	--	--

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCTNOTIFICATION OF THE RECORDING
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

To:

TRUMPF LASER- UND SYSTEMTECHNIK GMBH
Johann-Maus-Str. 2
71254 Ditzingen
ALLEMAGNE

Date of mailing (<i>day/month/year</i>) 04 October 2012 (04.10.2012)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference SP10120PCT-2	
International application No. PCT/EP2011/055484	International filing date (<i>day/month/year</i>) 08 April 2011 (08.04.2011)

1. The following indications appeared on record concerning:

☒ the applicant
 ☐ the inventor
 ☐ the agent
 ☐ the common representative

Name and Address TRUMPF LASER UND SYSTEMTECHNIK GMBH Johann-Maus-Str. 2 71254 Ditzingen Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	E-mail address	

2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person
 ☒ the name
 ☐ the address
 ☐ the nationality
 ☐ the residence

Name and Address TRUMPF LASER- UND SYSTEMTECHNIK GMBH Johann-Maus-Str. 2 71254 Ditzingen Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	E-mail address ☐ Notifications by e-mail authorized	

3. Further observations, if necessary:

4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office
☐ the International Searching Authority
☐ the Authority(ies) specified for supplementary search

☐ the International Preliminary Examining Authority
☒ the designated Offices concerned
☐ the elected Offices concerned
☐ other:

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer Rochaix Thomas e-mail pt06.pct@wipo.int Telephone No. +41 22 338 74 06
Facsimile No. +41 22 338 89 70	

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Oktober 2011 (13.10.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/124671 A1

PCT

(51) Internationale Patentklassifikation:

G02B 6/28 (2006.01) G02B 27/09 (2006.01)
G02B 6/42 (2006.01) G02B 6/26 (2006.01)
B23K 26/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/055484

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. April 2011 (08.04.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 003 750.8 8. April 2010 (08.04.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): TRUMPF LASER UND SYSTEMTECHNIK
GMBH [DE/DE]; Johann-Maus-Str. 2, 71254 Ditzingen
(DE).

(72) Erfinder: und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HUBER, Rudolf [DE/
DE]; Albstrasse 31, 78554 Aldingen-Aixheim (DE). AN-
DREASCH, Wolfgang [DE/DE]; Weinbergstrasse 2/1,
71384 Weinstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR GENERATING A LASER BEAM HAVING A DIFFERING BEAM PRO-
FILE CHARACTERISTIC BY MEANS OF A MULTI-CLAD FIBRE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ERZEUGEN EINES LASERSTRAHLS MIT UNTERSCHIED-
LICHER STRAHLPROFILCHARAKTERISTIK MITTELS EINER MEHRFACHCLAD-FASER

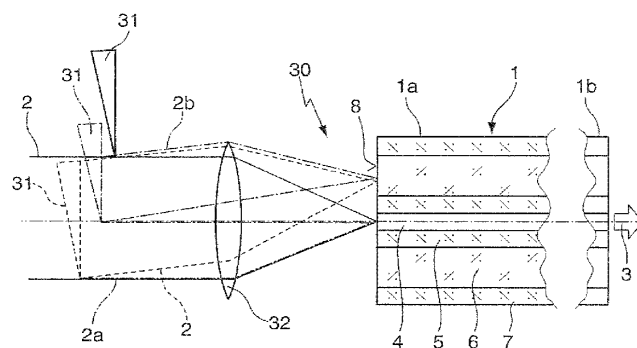


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for generating a laser beam (3) having a differing beam profile characteristic, wherein a laser beam (2) is coupled into one end (1a) of a multi-clad fibre (1), in particular a double-clad fibre, and is coupled out of the other end (1b) of the multi-clad fibre (1) and wherein for generating differing beam profile characteristics of the coupled-out laser beam (3) the incident laser beam (2) is selectively coupled either at least into the inner fibre core (4) of the multi-clad fibre (1) or at least into at least one outer annular core (6) of the multi-clad fibre (1). The invention further relates to a corresponding arrangement (10).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/124671 A1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines Laserstrahls (3) mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, wobei ein Laserstrahl (2) in das eine Faserende (1a) einer Mehrfachclad-Faser (1), insbesondere einer Doppelclad-Faser, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende (1b) der Mehrfachclad-Faser (1) ausgekoppelt wird und wobei zum Erzeugen unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristiken des ausgekoppelten Laserstrahls (3) der einfallende Laserstrahl (2) wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt wird, sowie eine entsprechende Anordnung (10).

5

10

15

20

Verfahren und Anordnung zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher
Strahlprofilcharakteristik mittels einer Mehrfachclad-Faser

- 25 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik.

In der Materialbearbeitung durch Laserstrahlung ergeben sich für verschiedene Prozesse und Anwendungen jeweils unterschiedliche Erfordernisse an charakteristische Laserstrahlparameter, wie z.B. Fokusbereich, Intensitätsverteilung
30 oder Strahlprofilbeschaffenheit an der Bearbeitungsstelle. Üblicherweise ist daher ein Prozess- oder Applikationswechsel bei einer Laserbearbeitungsanlage mit einem entsprechenden Umrüstaufwand verbunden, der von einem relativ ein-

fachen Austausch einzelner optischer Komponenten bis hin zum Übergang auf eine andere Anlage reichen kann.

Aus der DE 38 33 992 A1 ist beispielsweise ein Verfahren zum Erreichen bestimmter Laserstrahleigenschaften bekannt, bei dem die Laserstrahlen zweier Laserstrahlquellen unter verschiedenen Einkopplungswinkeln in eine konventionelle Lichtleitfaser eingekoppelt werden. Dabei erfolgt eine Strahlformung in Abhängigkeit von den Einkopplungswinkeln der beiden Laserstrahlen mit unterschiedlichen Wellenlängen, welche für die jeweilige biologische oder medizinische Bearbeitungsaufgabe passend gewählt werden. Neben der Verwendung zweier Laserquellen kann bei diesem Verfahren auch eine einzige Laserquelle zum Einsatz kommen, deren Wellenlänge umschaltbar ist. Die Einkopplungsbedingung in die Lichtleitfaser hängt hierbei wesentlich von der jeweiligen Wellenlänge ab. Wenn die Applikationen jedoch beispielsweise keine unterschiedlichen Wellenlängen oder vielmehr sogar die Verwendung einer einzigen Wellenlänge erfordern, erweist sich das geschilderte Verfahren wegen einer für solche Fälle unverhältnismäßigen Komplexität und einer einschränkenden Spezialisierung auf Anwendungen einer anderen Art als nicht optimal. Weiterhin ist das vorgeschlagene Verfahren auf die wellenlängenabhängige Strahlformung beschränkt, was wiederum zu Einschränkungen für seine Anwendungsmöglichkeiten führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlichen Laserstrahlprofilcharakteristiken anzugeben, welches unter Verwendung mehrerer Laserstrahlquellen oder nur einer einzigen Laserstrahlquelle, insbesondere mit einer einzigen Wellenlänge, eine anwendungsspezifische Änderung der Laserstrahlcharakteristik mit verhältnismäßig geringem Aufwand erlaubt, sowie eine Anordnung dazu bereitzustellen. Außerdem ist dabei angestrebt, bei reduzierter Komplexität der Anordnung bzw. des Verfahrens gleichzeitig das Spektrum der Anpassungsmöglichkeiten von Strahlprofilcharakteristiken an diverse Applikationen möglichst weit auszudehnen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, bei dem ein Laserstrahl in das eine Faserende einer Mehrfachclad-Faser, insbesondere einer Doppelclad-Faser, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende der Mehrfachc-

lad-Faser ausgekoppelt wird und zum Erzeugen unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristiken des ausgekoppelten Laserstrahls der einfallende Laserstrahl wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern der Mehrfachclad-Faser oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt wird oder aber wahlweise ein erster Laserstrahl zumindest in den inneren Faserkern der Mehrfachclad-Faser und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt werden.

Unter einer Mehrfachclad-Faser wird im Sinne der Erfindung eine Faser mit einem inneren Faserkern und zumindest einem äußeren Ringkern verstanden, beispielsweise eine Doppelclad-Faser mit einem einzigen äußeren Ringkern oder aber auch eine Tripleclad-Faser mit einem sich dem ersten äußeren Ringkern anschließenden weiteren äußeren Ringkern. Zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des ausgekoppelten Laserstrahls wird der einfallende Laserstrahl unterschiedlich in einen oder mehrere der Kerne der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt.

Der Einfachheit halber wird die Erfindung in der folgenden Beschreibung anhand einer Doppelclad-Faser beschrieben, wobei für den Fachmann ersichtlich ist, dass das erfindungsgemäße Prinzip ohne weiteres auch auf Mehrfachclad-Fasern mit weiteren, sich an den ersten äußeren Ringkern anschließenden äußeren Ringkernen übertragbar ist.

Eine Doppelclad-Faser mit zwei Kernen weist einen inneren Faserkern sowie einen diesen Faserkern umgebendes, möglichst dünnes und niedrig brechendes Cladding auf. Daran anschließend folgt ein einzelner äußerer Ringkern, der ebenfalls von einem niedrig brechenden zweiten Cladding umgeben ist. Darüber kann eine weitere Schicht aus Glas folgen, die den Außendurchmesser der Faser festlegt, aber keinen Einfluss auf deren Funktion im Sinne der Strahlführung hat. Den Abschluss bildet ein Coating aus einem Kunststoffmaterial, wie Silikon und/oder Nylon, das dem Schutz der Faser dient.

Durch die Verwendung einer Doppelclad-Faser kann erfindungsgemäß je nach Einkopplung in den inneren Faserkern, in den äußeren Ringkern oder sowohl in

den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern zwischen verschiedenen Strahlprofilcharakteristiken am Faserausgang gewählt werden. Bei der Materialbearbeitung mittels Laserstrahlung, insbesondere unter Verwendung hoher Leistungen im kW-Bereich, ermöglicht eine Umschaltung zwischen diesen Einkopplungsvarianten beispielsweise die Wahl zwischen einer vergleichsweise guten Strahlqualität mit einem scharfen Fokus, wie sie z.B. für einen Laserschneidprozess erforderlich ist, und einer demgegenüber „verminderten“ Strahlqualität mit einem „verwaschenen“ Fokus und mit nahezu gleichmäßiger Intensitätsverteilung im Strahlquerschnitt, die sich insbesondere für Schweißprozesse eignet.

Um eine hohe Laserstrahlqualität zu erhalten, wird der Laserstrahl in den inneren Faserkern der Doppelclad-Faser eingekoppelt, die sich in diesem Fall wie eine konventionelle Standardfaser verhält, deren Faserkern von einem niedrig brechenden Cladding umgeben ist. Wird hingegen ein Laserstrahl mit verbreitertem Profil, mit beispielsweise gleichmäßiger Intensität, benötigt, so wird der Laserstrahl in den äußeren Ringkern oder sowohl in den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern eingekoppelt. Je nach Anwendung lässt sich so am Ausgang der Doppelclad-Faser ein Laserstrahl mit einem gefüllten Kreisprofil gemäß dem inneren Faserkern, mit einem Ringprofil gemäß dem äußeren Ringkern, mit einem gefüllten Kreisprofil gemäß den beiden Kernbereichen zusammen (mit einem schmalen fehlenden Ring durch das erste Cladding) oder aber mit den entsprechenden Zwischenstufen der genannten Profilcharakteristiken erhalten.

In einer bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls in die Doppelclad-Faser eine Relativbewegung zwischen dem einfallenden Laserstrahl und der einkoppelseitigen Stirnfläche der Doppelclad-Faser in einer Richtung quer zum Laserstrahl, insbesondere in Form einer Parallelverschiebung. Wird die einkoppelseitige Stirnfläche der Doppelclad-Faser quer zum Laserstrahl bewegt, so sind keine zusätzlichen optischen Elemente erforderlich, um zwischen den unterschiedlichen Einkopplungen umzuschalten. Bei einer ausreichend langen Freistrahpropagation des Laserstrahls vor seinem Auftreffen auf die Doppelclad-Faser ist auch eine winkelförmige Ablenkung des Laserstrahls, die ebenfalls als Ablenkung quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche verstanden wird, möglich, um den Laserstrahl in den

inneren Faserkern und/oder in den äußeren Ringkern der Doppelclad-Faser einzukoppeln. Es handelt sich in diesem Fall um eine Drehung der Laserstrahlachse um einen Punkt anstelle einer Verschiebung, wobei die Veränderung des Einfallswinkels für die Einkopplung vernachlässigbar bleiben soll.

5

In einer weiteren bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls in die Doppelclad-Faser der einfallende Laserstrahl mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche der Doppelclad-Faser abgebildet. Diese unterschiedlichen Strahldurchmesser können beispielsweise mit einer entlang der Laserstrahlachse verfahrbaren Optik, wie z.B. eine Linse oder Blende, eingestellt werden, die abhängig von ihrer Fahrposition den Laserstrahl entweder nur in den inneren Faserkern oder in den äußeren Ringkern oder sowohl in den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern einkoppelt. Alternativ kann ein anderer Strahlquerschnitt bzw. -durchmesser auch dadurch eingestellt werden, dass eine Optik, wie z.B. eine Linse, oder eine Blende wahlweise in den Strahlengang des Laserstrahls hinein- oder herausbewegt wird. In einer weiteren Alternative kann der Strahlquerschnitt bzw. -durchmesser durch Verwendung einer Laserquelle mit der wahlweisen Führung über Lichtwellenleiter unterschiedlicher Strahlführungscharakteristik, wie sie bspw. über den Durchmesser des strahlungsführenden Lichtwellenleiterkerns eingestellt werden kann, an gewünschte Einkoppelverhältnisse in die Doppelclad-Faser angepasst werden. Dieses Prinzip der Wahl der Einkoppelverhältnisse in die Doppelclad-Faser ist dabei auch auf die Verwendung der vorgelagerten Lichtwellenleiter zugeordneten Laserstrahlquellen, insbesondere auf Laserstrahlquellen unterschiedlicher Strahlqualitäten, übertragbar.

In einer anderen bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum Einkoppeln des Laserstrahls sowohl in den inneren Faserkern als auch in den mindestens einen äußeren Ringkern der einfallende Laserstrahl in mindestens zwei Teilstrahlen geteilt, die jeweils in einen der beiden Kerne der Doppelclad-Faser eingekoppelt werden. Auf diese Weise lässt sich zum einen die Aufteilung der Strahlungsleistung zwischen dem inneren Faserkern und dem äußeren Ringkern, wenn diese gleichzeitig angesprochen werden sollen, besonders gut

30

kontrollieren. Zum anderen ist es mit den beiden Teilstrahlen besonders einfach möglich, den Bereich des ersten Claddings der Doppelclad-Faser bei der Einkoppelung auszusparen. Denn es ist gerade für Anwendungen im Hochleistungsbereich wichtig, dass keine Laserstrahlung in das erste oder zweite Cladding der Doppelclad-Faser eingekoppelt wird. Eine solche ins Cladding eingekoppelte Strahlung propagiert mit großem Winkel bezüglich der Faserachse im inneren Faserkern oder äußeren Ringkern und tritt am Faserende ebenfalls unter großem Winkel aus, wodurch sich eine daran anschließende Optik aufheizen kann. Zudem kann im zweiten Cladding befindliche Strahlung das Coating der Faser zerstören. Um die Ausbreitung von Laserstrahlung in den Claddings sicher zu verhindern, können beispielsweise Modestripper eingesetzt werden. Entsprechend bevorzugt ist es daher auch, keine Laserstrahlung während des Schaltvorgangs in die Doppelclad-Faser einzukoppeln, um eine mögliche Propagation in den Claddings zu verhindern. Dies kann beispielsweise durch ein Ausschalten des Lasers oder aber auch eine Ablenkung der Strahlung in einen Absorber durch Verwendung von Strahlverschlüssen erfolgen.

Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt auch eine zum Durchführen des oben beschriebenen Verfahrens geeignete Anordnung, die erfindungsgemäß eine Doppelclad-Faser mit einem inneren Faserkern und mindestens einem äußeren Ringkern sowie eine schaltbare Vorrichtung mit mindestens zwei Schaltstellungen aufweist, in denen der einfallende Laserstrahl wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern der Doppelclad-Faser oder zumindest in den mindestens einen äußeren Ringkern der Doppelclad-Faser eingekoppelt wird oder aber wahlweise ein erster Laserstrahl zumindest in den inneren Faserkern der Mehrfachclad-Faser und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern der Mehrfachclad-Faser eingekoppelt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist die schaltbare Vorrichtung durch eine verstellbare Ablenkoptik, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen einen einfallenden Laserstrahl in Richtung quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche der Doppelclad-Faser unterschiedlich weit ablenkt, oder durch eine Stelleinrichtung, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen die einkoppelseitige Stirnfläche in Richtung quer zum einfallenden Laser-

strahl unterschiedlich weit bewegt, gebildet. Unter einer Ablenkoptik im Sinne der Erfindung ist jede verstellbare Optik zu verstehen, die einen Laserstrahl in Abhängigkeit der Verstellposition in zumindest teilweise unterschiedliche Faserbereiche der Doppelclad-Faser einkoppelt.

5

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist die schaltbare Vorrichtung durch eine bewegbare Optik oder Blende gebildet, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen den einfallenden Laserstrahl mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnseite der Doppel-

10 clad-Faser abbildet. Die bewegbare Optik kann beispielsweise Prismen, planparallele (Glas)Platten, Sammel- und Zerstreuungslinsen, Spiegel, diffraktive optische Elemente etc. einzeln oder in Kombinationen aufweisen.

15 Besonders bevorzugt ist die Optik durch einen Strahlteiler, insbesondere durch eine in den Laserstrahl hinein bewegbare optische Keilplatte, zum Teilen des einfallenden Laserstrahls in mindestens zwei Teilstrahlen gebildet, welche jeweils in einen der Kerne der Doppelclad-Faser eingekoppelt werden. Vorteilhaft ist dabei die Aufteilung der Intensität zwischen dem inneren Faserkern und dem äußeren

20 Ringkern davon abhängig, wie weit der Strahlteiler in den Strahlengang eingreift. Dies ermöglicht es, die Intensitätsaufteilung und damit das Strahlprofil des ausgekoppelten Laserstrahls optimal an die jeweilige Applikation anzupassen.

Die Keilplatte kann aber ebenso als Strahlweiche eingesetzt werden, um den Laserstrahl in seiner Gesamtheit entweder in den inneren Faserkern oder in den äußeren Ringkern einzukoppeln. Einen vergleichbaren Effekt ruft die Bewegung/Verschiebung der Einkoppeloptik quer zur optischen Achse des Laserstrahls hervor. Die Einkoppeloptik befindet sich bei dieser Variante in den schaltbaren Zuständen jeweils im Strahlengang, wobei sich je nach Position der Einkoppeloptik unterschiedliche Strahlablenkungen ergeben. Da hierbei keine Strahlteilung

25 vorgenommen wird und somit eine Aufteilung der Intensitäten nicht über Teilstrahlen erfolgen kann, wird bevorzugt entweder in den inneren Faserkern oder den äußeren Ringkern abgelenkt und zwischen zumindest zwei, diese Positionen repräsentierenden Zuständen geschaltet.

30

Vorzugsweise beträgt der Durchmesser des inneren Faserkerns der Doppelclad-Faser höchstens ca. 200 μm , insbesondere höchstens ca. 150 μm , vorzugsweise höchstens ca. 120 μm . Beispielsweise lässt sich mit einem Durchmesser des inneren Faserkerns von ca. 100 μm eine für anspruchsvolle Laseranwendungen, wie z.B. für Laserschneidprozesse, gute Qualität des ausgekoppelten Laserstrahls bei einer Einkopplung in den inneren Faserkern erreichen.

Die Ringstärke des mindestens einen äußeren Ringkerns der Doppelclad-Faser wird bevorzugt größer oder gleich dem Durchmesser des inneren Faserkerns gewählt. Der äußere Ringdurchmesser entspricht dabei dem für bestimmte Anwendungen, wie z.B. für Laserschweißen, erforderlichen breiteren Laserstrahlprofil und beträgt applikationsspezifisch beispielsweise ca. 600 μm oder 400 μm .

In einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist bei der Doppelclad-Faser die numerische Apertur des den inneren Faserkern umgebenden ersten Claddings höher als die numerische Apertur des den mindestens einen äußeren Ringkern umgebenden zweiten Claddings. Hierdurch kann versehentlich in das erste Cladding eingekoppelte Strahlung in das zweite Cladding eindringen und dort von einem Modestripper ausgekoppelt und angezeigt werden. Dies erleichtert die Justage des inneren Faserkerns sowie die Fehlerüberwachung. Das erste Cladding weist beispielsweise eine standardmäßige numerische Apertur von 0,22 (Toleranz $\pm 0,02$) auf, wobei das zweite Cladding in diesem Fall bevorzugt eine numerische Apertur von 0,18 (Toleranz $\pm 0,015$) aufweist, und sollte ausreichend dick sein, um die Laserstrahlung gut zu führen, z.B. 10 μm dick, bevorzugt weniger, wie 3 bis 5 μm , bei einem Kern-Mantel-Verhältnis (CCDR) von 1,2. Das erste Cladding bildet dabei mit dem inneren Faserkern eine konventionelle Transportfaser nach.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform weist die schaltbare Vorrichtung eingangsseitig mindestens zwei Lichtleiter auf, über die mindestens zwei unterschiedliche Laserstrahlen zuführbar sind, wobei die schaltbare Vorrichtung wahlweise den einen Laserstrahl zumindest in den inneren Faserkern der Mehrfach-

lad-Faser und den anderen Laserstrahl zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern der Mehrfachclad-Faser einkoppelt.

Die beschriebenen Ausführungsformen unter Verwendung einer oder mehrerer
5 Laserstrahlquellen können auch kombiniert Anwendung finden, bspw. innerhalb eines kaskadierten Systems.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind
10 nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr einen beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden.

15 Die Erfindung ist in einigen Ausführungsbeispielen in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es versteht sich, dass die Darstellung in den Figuren der Zeichnung jeweils nur schematisch zu verstehen ist. Sie enthält keinerlei Einschränkungen im Hinblick auf Einzelheiten oder Abmessungen und ist nicht maßstabsgetreu. Es zeigen:
20

Fig. 1 bis 3 drei erfindungsgemäße Anordnungen zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, bei denen ein Laserstrahl in das eine Faserende einer Doppelclad-Faser eingekoppelt und aus dem anderen Faserende der Doppelclad-Faser ausgekoppelt wird;
25

Fig. 4 den radialen Verlauf des Brechungsindex der in Fig. 1 bis 3 gezeigten Doppelclad-Faser;
30

Fig. 5a bis 5c verschiedene mögliche Strahlprofile des aus der Doppelclad-Faser der Fig. 1 bis 3 ausgekoppelten Laserstrahls; und

Fig. 6 eine weitere erfindungsgemäße Anordnung zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, wobei wahlweise ein erster Laserstrahl in den inneren Faserkern einer Doppelclad-Faser und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl sowohl in den inneren Faserkern als auch in den äußeren Ringkern der Doppelclad-Faser eingekoppelt werden.

Fig. 1 bis 3 zeigen drei verschiedene Anordnungen **10**, **20**, **30** zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, wobei der Laserstrahl in das eine Faserende **1a** einer Mehrfachclad-Faser **1**, die im vorliegenden Fall als Doppelclad-Faser **1** ausgebildet ist, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende **1b** der Doppelclad-Faser **1** ausgekoppelt wird. Der einfallende Laserstrahl ist mit **2** und der ausgekoppelte Laserstrahl schematisch mit **3** bezeichnet.

Wie in Fig. 1 gezeigt, weist die Doppelclad-Faser **1** einen inneren Faserkern **4** (z.B. aus undotiertem Quarzglas) mit einem Brechungsindex n_1 sowie ein den inneren Faserkern **4** umgebendes dünnes erstes Cladding **5** (z.B. aus dotiertem Quarzglas) auf, dessen Brechungsindex n_2 niedriger ist als n_1 . Daran anschließend folgt ein äußerer Ringkern **6** (z.B. aus undotiertem Quarzglas) mit dem Brechungsindex n_3 , der ebenfalls von einem niedrig brechenden zweiten Cladding **7** (z.B. aus dotiertem Quarzglas) mit Brechungsindex n_4 umgeben ist. Die Brechungsindizes n_1 und n_3 können gleich oder unterschiedlich sein; gleiches gilt für die Brechungsindizes n_2 und n_4 . Darüber kann eine weitere Schicht aus Glas folgen (nicht gezeigt), die den Außendurchmesser der Faser festlegt, aber keinen Einfluss auf deren Funktion im Sinne der Strahlführung hat. Den Abschluss bildet typischerweise ein Coating (nicht gezeigt) aus einem Kunststoffmaterial, wie Silikon und/oder Nylon, zum Schutz der Faser.

Fig. 4 zeigt schematisch die radiale Abhängigkeit des Brechungsindex n innerhalb der Doppelclad-Faser **1**, bei der $n_1 = n_3$ und $n_2 = n_4$ ist. Dargestellt sind ein dem inneren Faserkern **4** entsprechender Bereich mit Radius r_1 und hohem Bre-

chungsindex n_1 , ein dem ersten Cladding 5 entsprechender Ringbereich zwischen den Radien r_1 und r_2 mit niedrigerem Brechungsindex n_2 , ein dem äußeren Ringkern 6 entsprechender Ringbereich mit Außenradius r_3 und hohem Brechungsindex n_1 , sowie abschließend das zweite Cladding 7 mit niedrigem Brechungsindex n_2 . Aufgrund des niedrigeren Brechungsindex der Claddings 5, 7 wird Licht im inneren Faserkern 4 und im äußeren Ringkern 6 jeweils durch Totalreflexion geführt.

Zum Verändern der Strahlprofilcharakteristik des ausgekoppelten Laserstrahls 3 kann, wie unten im Detail beschrieben, der auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 einfallende Laserstrahl 2 mittels einer schaltbaren Vorrichtung wahlweise in den inneren Faserkern 4 oder in den äußeren Ringkern 6 oder sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt werden.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung 10 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine verstellbare Ablenkoptik 11 mit zwei Schaltstellungen gebildet, welche mit durchgezogenen und gestrichelten Linien dargestellt sind. In diesen beiden Schaltstellungen wird der auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 fokussierte Laserstrahl 2 in Richtung 12 quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche 8 unterschiedlich weit ablenkt, insbesondere unterschiedlich weit parallelverschoben. In der einen Schaltstellung wird der Laserstrahl 2 zentrisch oder exzentrisch zur Faserachse nur in den inneren Faserkern 4 und in der anderen Schaltstellung exzentrisch zur Faserachse nur in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das in **Fig. 5a** gezeigte Strahlprofil, nämlich ein dem inneren Faserkern 4 entsprechendes schmales ausgefülltes Kreisprofil 51, sowie eine vergleichsweise hohe Strahlqualität mit einem scharfen Fokus auf, wie es bei der Materialbearbeitung z.B. für einen Laserschneidprozess erforderlich ist. Im zweiten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das in **Fig. 5b** gezeigte breitere Strahlprofil, nämlich ein dem äußeren Ringkern 6 entsprechendes Ringprofil 52, sowie eine vergleichsweise geringere Strahlqualität auf, wie es bei der Materialbearbeitung z.B. für einen Laserschweißprozess gewünscht ist. Unter geeigneten

Einkopplungsbedingungen in den äußeren Ringkern 6 weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 ein Top-Hat-Ringstrahlprofil auf, dessen Qualität für viele Applikationen geeignet ist.

- 5 Die Ablenkoptik 11, deren Komponenten in Fig. 1 nicht im Einzelnen dargestellt sind, beruht auf dem Fachmann bekannten Prinzipien der Strahlablenkung. Insbesondere kann hierbei ein Ablenkspiegel zum Einsatz kommen, wobei der Ort der Einkopplung in die einkoppelseitige Stirnfläche der Doppelclad-Faser 1 durch die Winkelstellung des Ablenkspiegels bestimmt werden kann oder der Ablenkspiegel die Strahlung positionsabhängig auf verschiedenen Ausgänge lenken kann, die wiederum verschiedene Einkoppelbereiche definieren. Ein teildurchlässiger oder nur zum Teil im Strahlengang befindlicher Ablenkspiegel kann dabei auch die beschriebene Funktion eines Strahlteilers erfüllen. Bevorzugt beinhaltet die Ablenkoptik 11 zusätzliche Mittel zur Einkopplung des Laserstrahls 2 in die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1, wie beispielsweise eine Fokussierlinse, die alternativ aber auch vor oder nach der Ablenkoptik 11 angeordnet sein kann.

- Eine ausreichend lange Doppelclad-Faser 1 ermöglicht auch bei exzentrischer Einkopplung des Laserstrahls 2 zur Faserachse in den inneren Faserkern 4 oder in den äußeren Ringkern 6 eine winkelmäßig homogene Intensitätsverteilung im ausgekoppelten Laserstrahl 3.

- Wird hingegen sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt, so weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das in **Fig. 5c** gezeigte gleichmäßig ausgefüllte breite Strahlprofil **53** mit einem entsprechend dem ersten Cladding 5 ausgesparten Ring auf.

- Alternativ (oder auch zusätzlich) zur Ablenkoptik 11 kann die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 auch durch eine z.B. motorisch angetriebene Stelleinrichtung **13** gebildet sein, die die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 in Richtung 12 quer zum einfallenden Laserstrahl 2 unterschiedlich weit verschiebt, wodurch der auf die

einkoppelseitige Stirnfläche 8 fokussierte Laserstrahl 2 entweder in den inneren Faserkern 4 oder in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt werden kann.

Bei der in **Fig. 2a** gezeigten Anordnung 20 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine hier lediglich schematisch gezeigte verstellbare Teleskop/Aufweitungsoptik **21** gebildet. In ihren hier nicht näher gezeigten Schaltstellungen weitet die Teleskop/Aufweitungsoptik 21 den einfallenden Laserstrahl 2 auf jeweils unterschiedliche Strahldurchmesser auf. Abhängig vom Strahldurchmesser wird der Laserstrahl 2 dann von einer Einkopplungsoptik (z.B. Linse) **22** mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, in diesem Fall unterschiedlichen Fokussdurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 abgebildet. Wie mit durchgezogenen und gestrichelten Linien dargestellt ist, wird der Laserstrahl 2 beispielsweise in einer Schaltstellung der Teleskop/Aufweitungsoptik 21 zentrisch nur in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt und in einer anderen Schaltstellung zentrisch sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 und im zweiten Fall das Strahlprofil 53 auf.

Über den Durchmesser des aufgeweiteten Laserstrahls 2 können der Anteil der in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelten Laserstrahlung und damit die Leistungsaufteilung auf den inneren Faserkern 4 und den äußeren Ringkern 6, stufenlos eingestellt werden, wodurch das Strahlprofil des ausgekoppelten Laserstrahls 3 optimal an die jeweilige Applikation angepasst werden kann.

Bei der in **Fig. 2b** gezeigten Anordnung 20 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine hier als Linse dargestellte Fokussieroptik **23** gebildet, die entlang der Laserstrahlachse in verschiedene Schaltstellungen verschiebbar ist, welche mit durchgezogenen, gestrichelten und strichpunktierten Linien dargestellt sind. In diesen Schaltstellungen wird der einfallende Laserstrahl 2 von der Fokussieroptik 23 mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern auf die einkoppelseitige Stirnfläche 8 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt. In der einen Schaltstellung wird der fo-

kussierte Laserstrahl 2 zentrisch nur in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt; in den beiden anderen Schaltstellungen wird der defokussierte Laserstrahl 2 zentrisch sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 und im zweiten Fall das Strahlprofil 53 auf.

Bei der in Fig. 3 gezeigten Anordnung 30 ist die schaltbare Vorrichtung zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls 2 in die Doppelclad-Faser 1 durch eine hier lediglich beispielhaft als optische Keilplatte **31** ausgeführten Strahlweiche gebildet, der zwischen zwei Endstellungen stufenlos verstellbar ist, welche mit durchgezogenen und gestrichelten Linien dargestellt sind. In ihrer einen Endstellung ist die optische Keilplatte 31 außerhalb des Strahlengangs des einfallenden Laserstrahls 2 angeordnet, so dass der gesamte einfallende Laserstrahl 2 über eine Einkopplungsoptik (z.B. Linse) **32** nur in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt wird, wodurch der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 aufweist. In ihrer anderen gestrichelt dargestellten Endstellung ist die Keilplatte 31 im gesamten Strahlengang des Laserstrahls 2 angeordnet, so dass der gesamte Laserstrahl 2 von der Keilplatte 31 abgelenkt und über die Einkopplungsoptik 32 nur in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt wird, wodurch der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 52 aufweist.

Einen vergleichbaren Effekt ruft die Bewegung/Verschiebung der Einkoppeloptik 32 quer zur optischen Achse des Laserstrahls 2 hervor. Die Einkoppeloptik 32 befindet sich bei dieser Variante in den schaltbaren Zuständen jeweils im Strahlengang, wobei sich je nach Position der Einkoppeloptik 32 unterschiedliche Strahlablenkungen ergeben. Da hierbei keine Strahlteilung vorgenommen wird und somit eine Aufteilung der Intensitäten nicht über Teilstrahlen erfolgen kann, wird bevorzugt entweder in den inneren Faserkern 4 oder den äußeren Ringkern 6 abgelenkt und zwischen zumindest zwei, diese Positionen repräsentierenden Zuständen geschaltet.

Wie strichpunktiert angedeutet, führt ein teilweises Einbringen der Keilplatte 31 in den einfallenden Laserstrahl 2 zur Bildung zweier Teilstrahlen **2a**, **2b**, so dass hier

die optische Keilplatte 31 beispielhaft als Strahlteiler dient. Der erste Teilstrahl 2a wird von der Keilplatte 31 nicht beeinflusst und daher über die Einkopplungsoptik 32 weiterhin in den inneren Faserkern 4 eingekoppelt, während der zweite Teilstrahl 2b durch die Keilplatte 31 gegenüber dem ersten Teilstrahl 2a abgelenkt und über die Einkopplungsoptik 32 in den äußeren Ringkern 6 eingekoppelt wird. Der ausgekoppelte Laserstrahl 3 weist das Strahlprofil 53 auf. Ein teilweises Einbringen der Keilplatte 31 in den einfallenden Laserstrahl 2 führt also zur Bildung zweier Teilstrahlen 2a, 2b mit einer vom Maß der Einbringung abhängigen Aufteilung der Intensität zwischen dem inneren Faserkern 4 und dem äußeren Ringkern 6, wodurch das Strahlprofil des ausgekoppelten Laserstrahls 3 optimal an die jeweilige Applikation angepasst werden kann.

Weiterhin bieten die zwei Teilstrahlen 2a, 2b den wesentlichen Vorteil, den Bereich des ersten Claddings 5 bei der Einkopplung auszusparen. Es ist nämlich insbesondere für Anwendungen im Hochleistungsbereich wichtig, dass keine Laserstrahlung ins innere oder äußere Cladding 5, 7 eingekoppelt wird. Diese Strahlung propagiert mit großem Winkel im inneren Kern oder äußeren Ringkern und tritt am Faserende ebenfalls unter großem Winkel aus, wodurch sich die daran anschließende Optik aufheizen kann. Zudem kann die im äußeren Cladding 7 befindliche Strahlung das Coating der Faser 1 zerstören.

Ein Durchmesser des inneren Faserkerns 4 von ca. 100 μm gewährleistet bei typischen Anwendungen mit hohen Leistungen im kW-Bereich die Erzeugung einer guten Strahlprofilqualität bei Einkopplung des Laserstrahls 2 in den inneren Faserkern 4. Das erste Cladding 5 ist bereits mit ca. 10 μm , bevorzugt mit ca. 5 μm , ausreichend dick, um die Laserstrahlung gut zu führen. Bei einer Ringstärke des äußeren Ringkerns 6 von ca. 240 μm beträgt der Außendurchmesser des äußeren Ringkerns 6 ca. 600 μm . Das entspricht für bestimmte Anwendungen, wie z.B. Laserschweißen, der erforderlichen Verbreiterung des Laserstrahlprofils.

30

Fig. 6 zeigt eine weitere Anordnung **60** zum Erzeugen eines Laserstrahls mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, wobei wahlweise ein erster Laserstrahl **61** in den inneren Faserkern 4 der Doppelclad-Faser 1 und ein unterschiedlicher

zweiter Laserstrahl **62** sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt werden. Die beiden Laserstrahlen 61, 62, die z.B. unterschiedliche Strahlqualitäten aufweisen können, werden jeweils in Lichtleitern **63**, **64** zu einer hier lediglich schematisch gezeigten Umschaltoptik **65** (z.B. optisches Weichensystem) geführt, die zwischen zwei Schaltstellungen umschaltbar ist. In der einen Schaltstellung wird der die höhere Strahlqualität aufweisende erste Laserstrahl 61 in den inneren Faserkern 4 der Doppelclad-Faser 1 und in der anderen Schaltstellung der zweite Laserstrahl 62 sowohl in den inneren Faserkern 4 als auch in den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt. Im ersten Fall weist der ausgekoppelte Laserstrahl 3 das Strahlprofil 51 und im zweiten Fall das Strahlprofil 53 auf. Die Doppelclad-Faser 1 führt zu einer Laserbearbeitungsmaschine (nicht gezeigt), so dass die Anordnung 60 zum Umschalten von Laserstrahlen 61, 62 unterschiedlicher Strahlqualität für die Laserbearbeitungsmaschine dient. Der Laserstrahl 62 kann über die Umschaltoptik 65 aber auch nur auf den äußeren Ringkern 6 der Doppelclad-Faser 1 ausgerichtet werden.

Bisher benötigten Laserbearbeitungsmaschinen, die mit mehreren Laserstrahlen unterschiedlicher Strahlqualität versorgt werden sollen, mehrere Steckeraufnahmen für die zugehörigen Lichtleiterkabel und ein entsprechendes optisches Weichensystem, mit dem die unterschiedlichen Laserstrahlen in den nachfolgenden Strahlengang eingekoppelt werden können. Für einen gewünschten Laserstrahl muss entweder das zugehörige Lichtleitkabel manuell umgesteckt werden, was aufgrund einer erhöhten Verschmutzungsgefahr unerwünscht ist, oder man benötigt an der Laserbearbeitungsmaschinen selbst eine Strahlführungsoptik. Dies ist nachteilig, da innerhalb der Laserbearbeitungsmaschine mehrere Lichtleitkabel verlegt werden müssen, die ganze Umschaltoptik auf dem Achssystem der Laserbearbeitungsmaschine untergebracht und bewegt werden muss und die Größe der Umschaltoptik in Verbindung mit dem zur Verfügung stehenden Raum die Möglichkeiten bzw. die möglichen optischen Konzepte einschränkt.

Bei der Anordnung 60 wird die Umschaltoptik 65 eingangsseitig von zwei Lasern mit den beiden Laserstrahlen unterschiedlicher Strahlqualität versorgt, und die

jeweiligen Laserstrahlen 61, 62 werden über die Umschaltoptik 65 in die zentrale Doppelclad-Faser 1 eingekoppelt. Dadurch ist die Umschaltung zwischen den beiden Laserstrahlen 61, 62 vom Achssystem der Laserbearbeitungsmaschine getrennt und erfolgt außerhalb der eigentlichen Laserbearbeitungsmaschine, der
5 dann der jeweilige Laserstrahl über die Doppelclad-Faser 1 zugeführt wird. Denkbar sind auch ein oder mehrere weitere lichtführende Ringkerne um den äußeren Ringkern 6 herum, so dass noch weitere Laserstrahlen unterschiedlicher Strahlqualität über die Umschaltoptik 65 geführt werden können.

Patentansprüche

5

1. Verfahren zum Erzeugen eines Laserstrahls (3) mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, dadurch gekennzeichnet, dass ein Laserstrahl (2; 61, 62) in das eine Faserende (1a) einer Mehrfachclad-Faser (1), insbesondere einer Doppelclad-Faser, eingekoppelt und aus dem anderen Faserende (1b) der Mehrfachclad-Faser (1) ausgekoppelt wird, und dass zum Erzeugen unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristiken des ausgekoppelten Laserstrahls (3) entweder der einfallende Laserstrahl (2; 61, 62) wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) oder zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt wird oder wahlweise ein erster Laserstrahl (61) zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl (62) zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls (2) in die Mehrfachclad-Faser (1) zwischen dem einfallenden Laserstrahl (2) und der einkoppelseitigen Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) eine Relativbewegung in einer Richtung (12) quer zum Laserstrahl (2) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum wahlweisen Einkoppeln des Laserstrahls (2) in die Mehrfachclad-Faser (1) der einfallende Laserstrahl (2) mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppelseitige Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) abgebildet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einkoppeln des Laserstrahls (2) sowohl in den inneren Faserkern (4) als auch in den mindestens einen äußeren Ringkern (6) der einfallende Laserstrahl (2) in mindestens zwei Teilstrahlen (2a, 2b) geteilt wird, die jeweils in einen der Kerne (4, 6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.
5. Anordnung (10; 20; 30; 60) zum Erzeugen eines Laserstrahls (3) mit unterschiedlicher Strahlprofilcharakteristik, gekennzeichnet durch:
eine Mehrfachclad-Faser (1), insbesondere eine Doppelclad-Faser, mit einem inneren Faserkern (4) und mindestens einem äußeren Ringkern (6), sowie
eine schaltbare Vorrichtung (11, 13; 21, 22; 23; 31, 32; 65) mit mindestens zwei Schaltstellungen, in denen ein einfallender Laserstrahl (2; 61, 62) wahlweise entweder zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) oder zumindest in den mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt wird oder wahlweise ein erster Laserstrahl (61) zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) und ein unterschiedlicher zweiter Laserstrahl (62) zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.
6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die schaltbare Vorrichtung eine verstellbare Ablenkoptik (11, 22, 31, 32) aufweist, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen einen einfallenden Laserstrahl (2) in Richtung (12) quer zur Achse der einkoppelseitigen Stirnfläche (8) unterschiedlich weit ablenkt, und/oder eine Stelleinrichtung (13), die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen die einkoppelseitige Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) in einer Richtung (12) quer zum einfallenden Laserstrahl (2) unterschiedlich weit bewegt.
7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Ablenkoptik ein in mindestens zwei unterschiedlichen Schaltstellungen quer zur La-

serachse positionierbares optisches Element (22, 31, 32) aufweist.

- 5 8. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die schaltbare Vorrichtung eine verstellbare Optik (21; 23) oder Blende aufweist, die in ihren mindestens zwei Schaltstellungen den einfallenden Laserstrahl (2) mit jeweils unterschiedlichen Strahlquerschnitten, insbesondere mit jeweils unterschiedlichen Strahldurchmessern, auf die einkoppel-
seitige Stirnfläche (8) der Mehrfachclad-Faser (1) abbildet.
- 10 9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die verstellbare Optik (23) entlang der Laserstrahlachse zwischen ihren mindestens zwei Schaltstellungen hin- und her bewegbar ist.
- 15 10. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (31) oder eine Blende in einer Schaltstellung außerhalb des Strahlengangs des Laserstrahls (2) und in mindestens einer anderen Schaltstellung zumindest teilweise im Strahlengang des Laserstrahls (2) angeordnet ist.
- 20 11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element durch einen Strahlteiler, insbesondere durch eine in den Laserstrahl (2) hinein bewegbare optische Keilplatte (31), zum Teilen des einfallenden Laserstrahls (2) in mindestens zwei Teilstrahlen (2a, 2b) gebildet ist, welche jeweils in einen der Kerne (4, 6) der Mehrfachclad-Faser (1) eingekoppelt werden.
- 25 12. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser ($2 r_1$) des inneren Faserkerns (4) der Mehrfachclad-Faser (1) höchstens ca. 200 μm , insbesondere höchstens ca. 150 μm , vorzugsweise höchstens ca. 120 μm , beträgt.
- 30 13. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringstärke ($r_3 - r_2$) des mindestens einen äußeren Ringkerns (6)

der Mehrfachclad-Faser (1) größer oder gleich dem Durchmesser ($2 r_1$) des inneren Faserkerns (4) ist.

- 5 14. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Mehrfachclad-Faser (1) die numerische Apertur eines den inneren Faserkern (4) umgebenden ersten Claddings (5) höher ist als die numerische Apertur eines den mindestens einen äußeren Ringkern (6) umgebenden zweiten Claddings (7).
- 10 15. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die schaltbare Vorrichtung (65) eingangsseitig zwei Lichtleiter (63, 64) aufweist, über die zwei unterschiedliche Laserstrahlen (61, 62) zuführbar sind, wobei die schaltbare Vorrichtung (65) wahlweise den einen Laserstrahl (61) zumindest in den inneren Faserkern (4) der Mehrfachclad-Faser (1) und den anderen Laserstrahl (62) zumindest in mindestens einen äußeren Ringkern (6) der Mehrfachclad-Faser (1) einkoppelt.
- 15

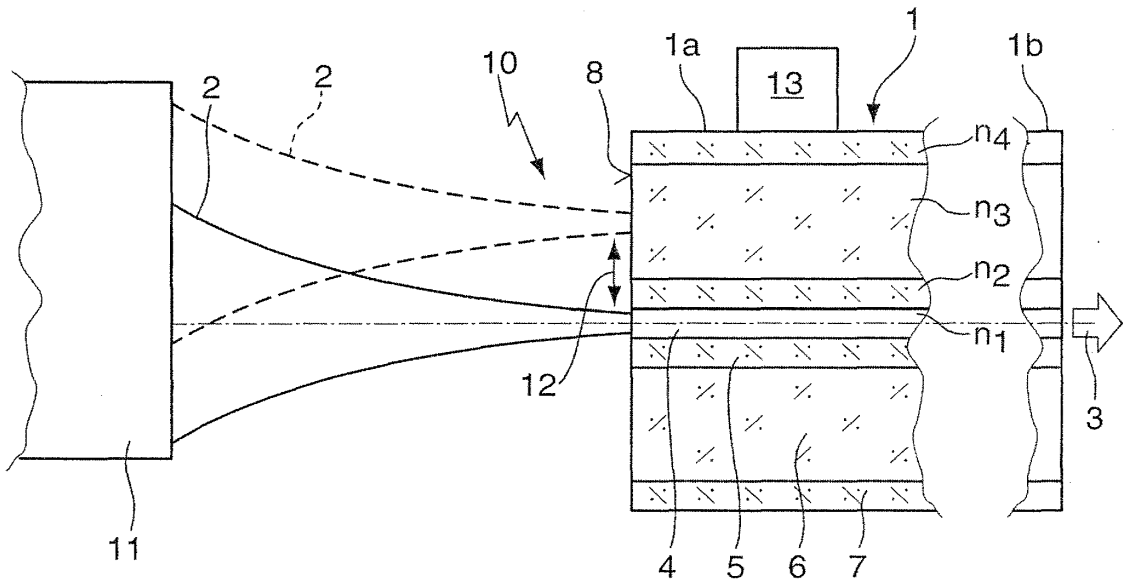


Fig. 1

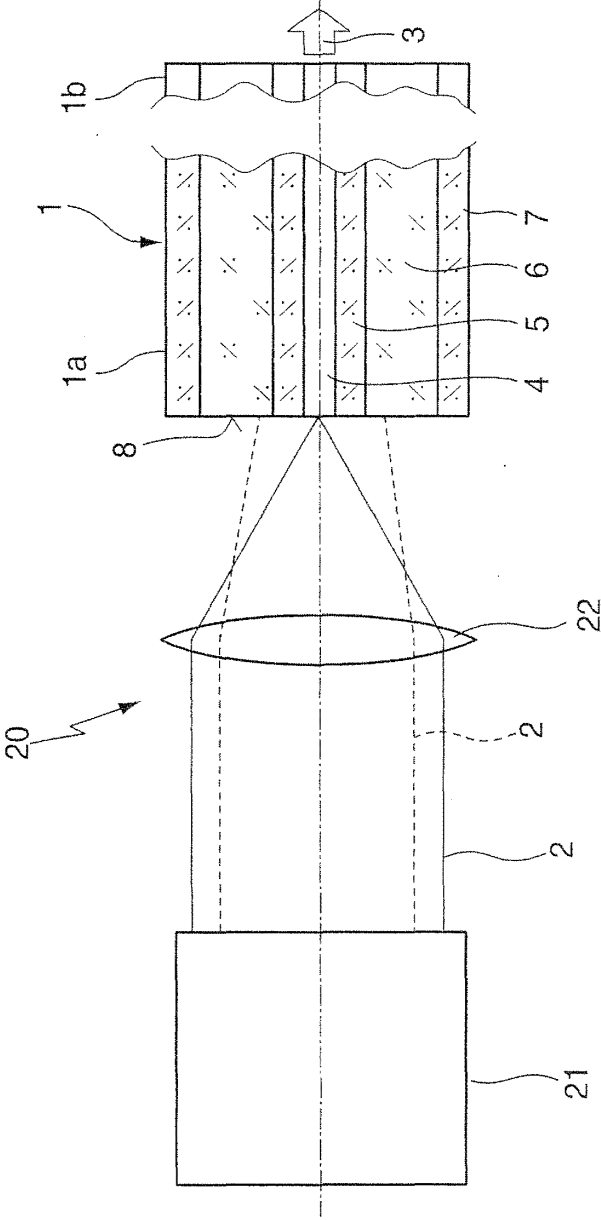


Fig. 2a

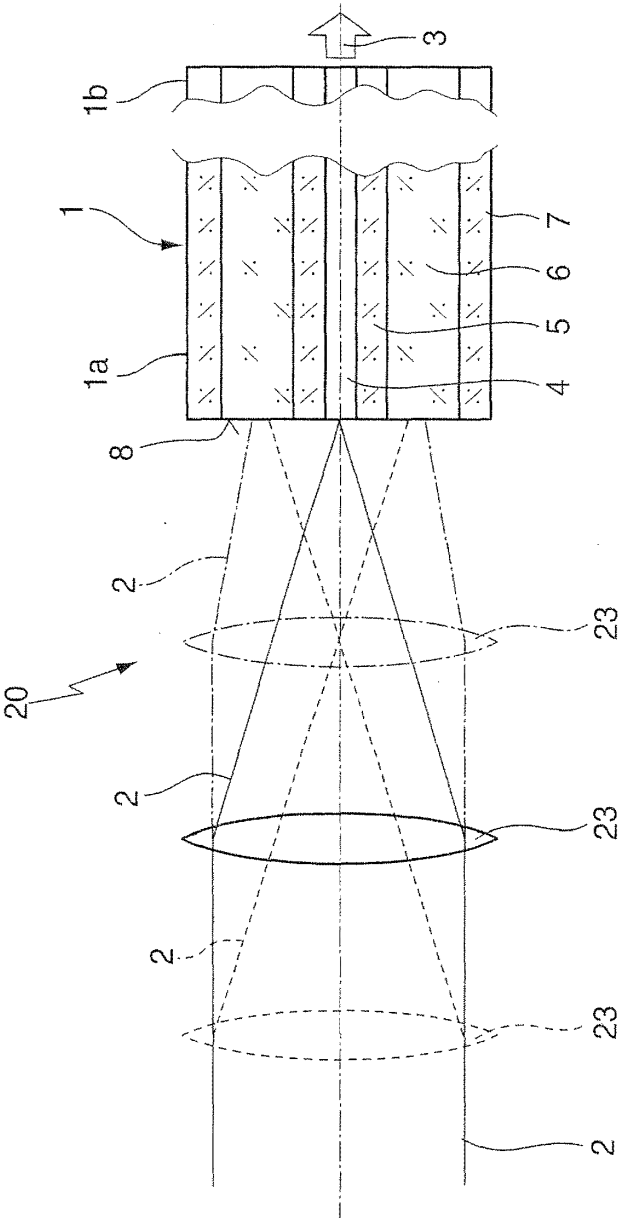


Fig. 2b

4 / 5

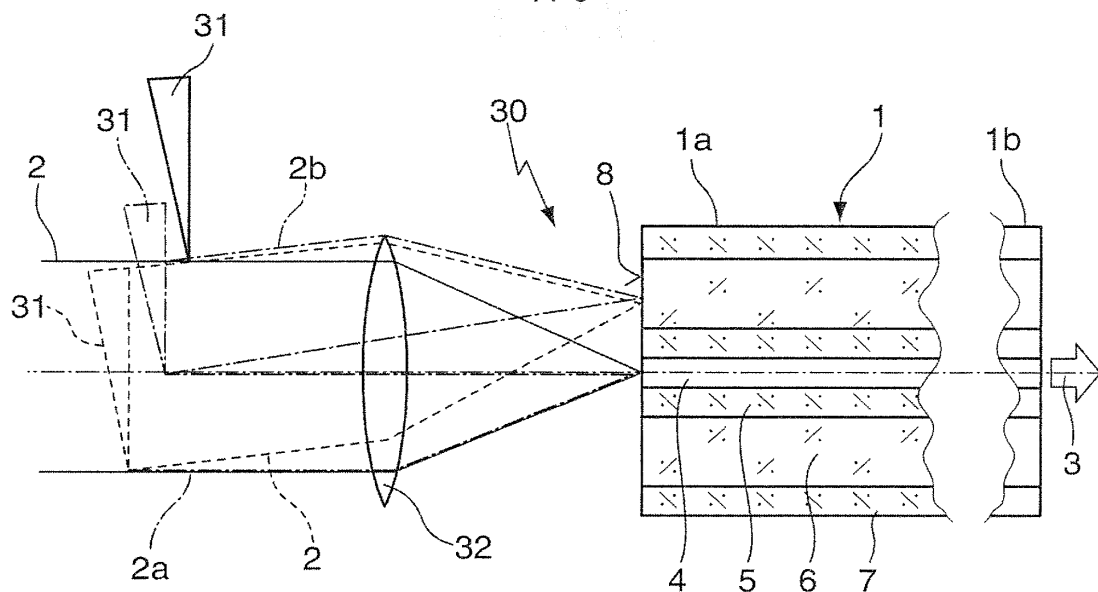


Fig. 3

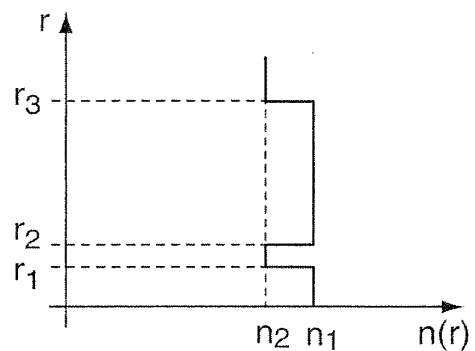
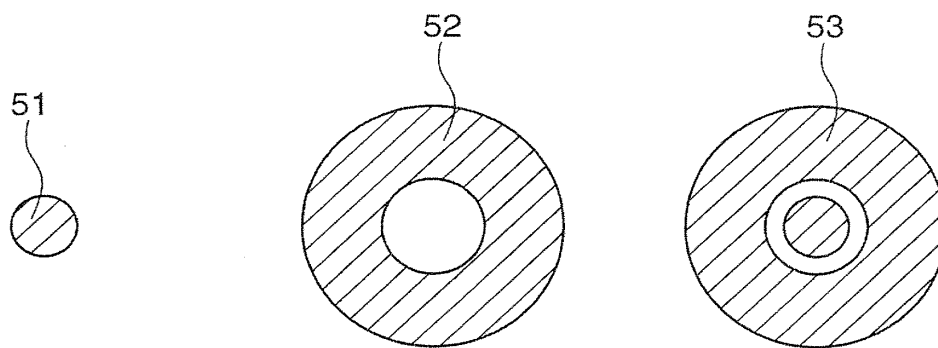


Fig. 4



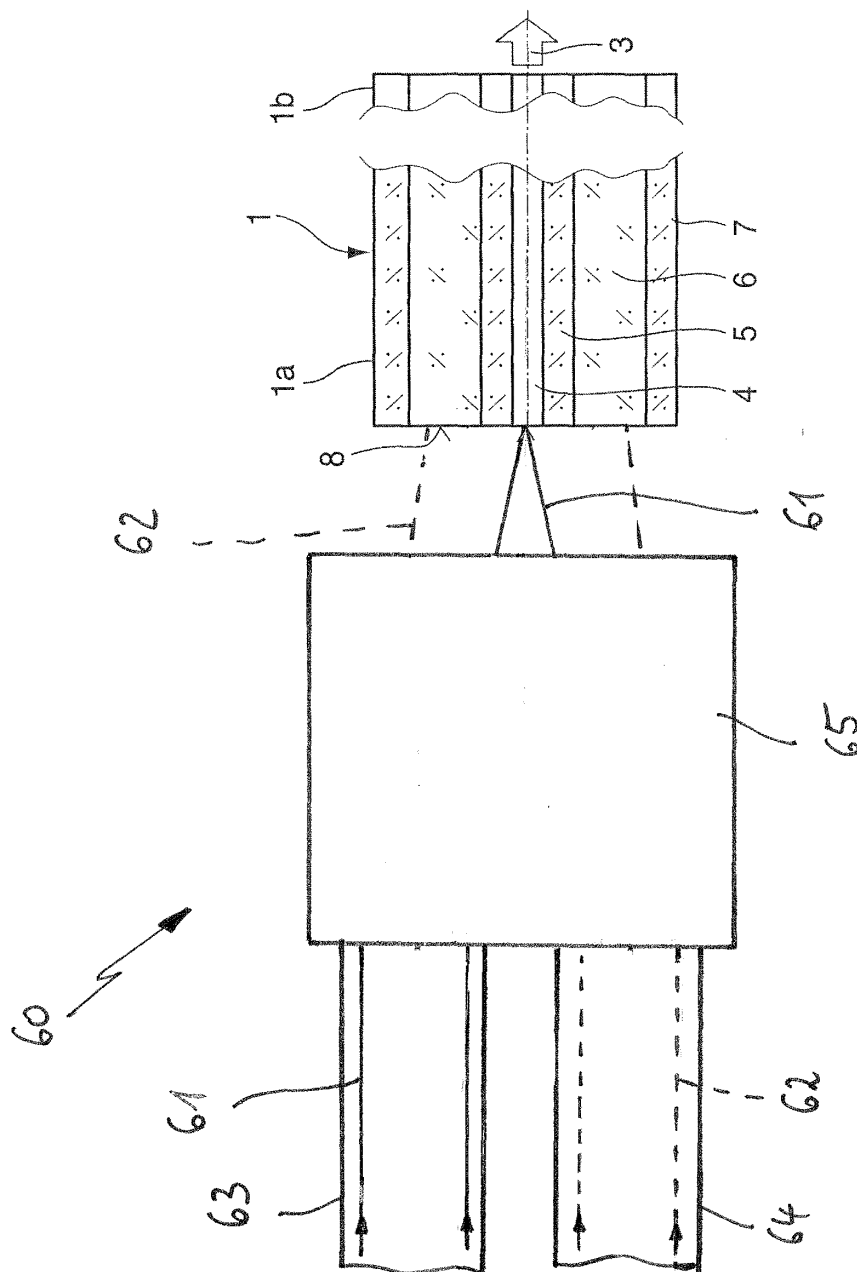
a)

b)

c)

Fig. 5

5 / 5

6
1 f

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/055484

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02B6/28 G02B6/42 B23K26/06 G02B27/09 G02B6/26
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 42 00 587 C1 (KOBAYASHI, NOBORU ET AL.) 1 April 1993 (1993-04-01) abstract; figures 5,7 column 1, line 21 -----	1-15
Y	DE 38 33 992 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 12 April 1990 (1990-04-12) cited in the application abstract; figures 1,2 -----	1-15
A	US 5 684 642 A (ZUMOTO NOBUYUKI [JP] ET AL) 4 November 1997 (1997-11-04) abstract; figures 13,14 -----	1-14
A	FR 2 284 892 A1 (THOMSON CSF [FR]) 9 April 1976 (1976-04-09) abstract; figures 2-4 ----- -/--	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 April 2011

Date of mailing of the international search report

06/05/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Faderl, Ingo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/055484

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 475 788 A (TOMASSINI MAURIZIO [IT] ET AL) 9 October 1984 (1984-10-09) abstract; figure 2 -----	1-14
A	US 2002/168139 A1 (CLARKSON WILLIAM ANDREW [GB] ET AL) 14 November 2002 (2002-11-14) abstract; figure 5 -----	1-15

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/055484

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4200587	C1	01-04-1993	NONE
DE 3833992	A1	12-04-1990	EP 0366856 A2 09-05-1990 JP 2102644 A 16-04-1990
US 5684642	A	04-11-1997	DE 19503675 A1 24-08-1995 GB 2286900 A 30-08-1995 JP 3531199 B2 24-05-2004 JP 7227686 A 29-08-1995
FR 2284892	A1	09-04-1976	DE 2540761 A1 25-03-1976 JP 51056239 A 17-05-1976 US 3977764 A 31-08-1976
US 4475788	A	09-10-1984	DE 3263201 D1 30-05-1985 EP 0057164 A2 04-08-1982 IT 1170643 B 03-06-1987
US 2002168139	A1	14-11-2002	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/055484

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G02B6/28 G02B6/42 B23K26/06 G02B27/09 G02B6/26
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G02B B23K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 42 00 587 C1 (KOBAYASHI, NOBORU ET AL.) 1. April 1993 (1993-04-01) Zusammenfassung; Abbildungen 5,7 Spalte 1, Zeile 21 -----	1-15
Y	DE 38 33 992 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 12. April 1990 (1990-04-12) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 -----	1-15
A	US 5 684 642 A (ZUMOTO NOBUYUKI [JP] ET AL) 4. November 1997 (1997-11-04) Zusammenfassung; Abbildungen 13,14 -----	1-14
A	FR 2 284 892 A1 (THOMSON CSF [FR]) 9. April 1976 (1976-04-09) Zusammenfassung; Abbildungen 2-4 ----- -/--	1-14

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. April 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/05/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Faderl, Ingo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/055484

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 475 788 A (TOMASSINI MAURIZIO [IT] ET AL) 9. Oktober 1984 (1984-10-09) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1-14
A	US 2002/168139 A1 (CLARKSON WILLIAM ANDREW [GB] ET AL) 14. November 2002 (2002-11-14) Zusammenfassung; Abbildung 5 -----	1-15

Formblatt PCT/ISA/210 (Fortsetzung von Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/055484

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4200587	C1	01-04-1993	KEINE
DE 3833992	A1	12-04-1990	EP 0366856 A2 JP 2102644 A
US 5684642	A	04-11-1997	DE 19503675 A1 GB 2286900 A JP 3531199 B2 JP 7227686 A
FR 2284892	A1	09-04-1976	DE 2540761 A1 JP 51056239 A US 3977764 A
US 4475788	A	09-10-1984	DE 3263201 D1 EP 0057164 A2 IT 1170643 B
US 2002168139	A1	14-11-2002	KEINE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD Substitute for Form PTO-875				Application or Docket Number 13/639,401		Filing Date 12/20/2012		☐ To be Mailed	
ENTITY: ☒ LARGE ☐ SMALL ☐ MICRO									
APPLICATION AS FILED – PART I									
(Column 1)		(Column 2)							
FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA		RATE (\$)		FEE (\$)			
☐ BASIC FEE (37 CFR 1.16(a), (b), or (c))	N/A	N/A		N/A					
☐ SEARCH FEE (37 CFR 1.16(k), (i), or (m))	N/A	N/A		N/A					
☐ EXAMINATION FEE (37 CFR 1.16(o), (p), or (q))	N/A	N/A		N/A					
TOTAL CLAIMS (37 CFR 1.16(i))	minus 20 =		*	X \$ =					
INDEPENDENT CLAIMS (37 CFR 1.16(h))	minus 3 =		*	X \$ =					
☐ APPLICATION SIZE FEE (37 CFR 1.16(s))	If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper, the application size fee due is \$310 (\$155 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s).								
☐ MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT (37 CFR 1.16(j))									
* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.						TOTAL			
APPLICATION AS AMENDED – PART II									
(Column 1)		(Column 2)		(Column 3)					
AMENDMENT	10/04/2012	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE (\$)		ADDITIONAL FEE (\$)	
	Total (37 CFR 1.16(i))	* 63	Minus	** 63	= 0	X \$60 =		0	
	Independent (37 CFR 1.16(h))	* 2	Minus	***2	= 0	X \$250 =		0	
	☐ Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))								
	☒ FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))							450	
						TOTAL ADD'L FEE		450	
(Column 1)		(Column 2)		(Column 3)					
AMENDMENT		CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA	RATE (\$)		ADDITIONAL FEE (\$)	
	Total (37 CFR 1.16(i))	*	Minus	**	=	X \$ =			
	Independent (37 CFR 1.16(h))	*	Minus	***	=	X \$ =			
	☐ Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))								
	☐ FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))								
						TOTAL ADD'L FEE			
* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3. ** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20". *** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3". The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest number found in the appropriate box in column 1.									

LDRC
/CHERRI FITZGERALD/

This collection of information is required by 37 CFR 1.16. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.