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.
10/921,938	01/09/2007	7159988	520.4417X00	1280

20457 7590 12/20/2006

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
SUITE 1800
ARLINGTON, VA 22209-3873

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 179 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 Customer Service Center of the Office of Patent Publication at (571)-272-4200.

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

Masahiko Yatsu, Fujisawa, JAPAN;
Koji Hirata, Yokohama, JAPAN;
Hidehiro Ikeda, Yokohama, JAPAN;

Petitioner Ex 1002 001

OIPE NOV 29 2006 PATENT & TRADEMARK OFFICE

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

520.44172X00

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)
020457 7590 08/29/2006

ANTONELLI, TERRY STOUT & KRAUS, LLP
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
SUITE 1800
ARLINGTON, VA 22209-3873

11/29/2006 HDEMESS2 00000111 10921938

01 FC:1501 1400.00 OP
02 FC:1504 300.00 OP
03 FC:8001 12.00 OP

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.

Ricardo E. Perez (Depositor's name)
Ricardo Perez (Signature)
11/29/2006 (Date)

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
10/921,938	08/20/2004	Masahiko Yatsu	~~520.4417X00~~ 520.44172X00	1280

TITLE OF INVENTION: PROJECTION OPTICAL UNIT AND PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS

APPL. TYPE	SMALL ENTITY	ISSUE FEE	PUBLICATION FEE	TOTAL FEE ($) DUE	DATE DUE
Nonprovisional	NO	$1400	$300	$1700	11/29/2006

EXAMINER	ART UNIT	CLASS-SUBCLASS
CRUZ, MAGDA	2851	353-069000

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.
agents OR, alternatively,
☐ "Fee Address" indication (or "Fee Address" Indication form PTO/SB/47; Rev 03-02 or more recent) attached. Use of Customer Number is required.

2. For printing on the patent front page, list
(1) the names of up to 3 registered patent attorneys 1 ANTONELLI, TERRY, STOUT AND KRAUS, LLP.
Or agents OR, alternatively,
(2) the name of 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.

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: **HITACHI, LTD.**

(B) RESIDENCE: (CITY and STATE OR COUNTRY): **TOKYO, JAPAN**

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 enclosed:
☒ Issue Fee
☒ Publication Fee (No small entity discount permitted)
☒ Advance Order - # of Copies 4

4b. Payment of Fee (s):
☐ A check in the amount of the fee(s) is enclosed.
☒ Payment by credit card. Form PTO-2038 is attached.
☒ The Director is hereby authorized by charge the required fee(s), or credit any overpayment, to Deposit Account Number 01-2135 (enclose an extra copy of this form).

5. Change in Entity Status (from status indicated above)
☐ a. Applicant claims SMALL ENTITY status. See 37 CFR 1.27.
☐ b. Applicant is no longer claiming SMALL ENTITY status. See 37 CFR 1.27(g)(2).

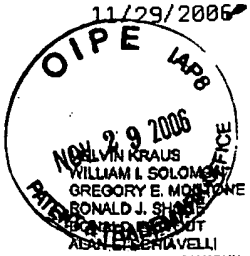
The Director of the USPTO is requested to apply the Issue Fee and Publication Fee (if any) or to re-apply any previously paid issue fee to the application identified above.
NOTE: The Issue Fee and Publication Fee (if required) will not be accepted from anyone other than the applicant; a registered attorney or agent; or the assignee or other party in interest as shown by the records of the United States patent and Trademark Office.

Authorized Signature Melvin Kraus Date: NOVEMBER 29, 2006

Typed or printed name Melvin Kraus Registration No. 22,466

This collection of information 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 tot eh 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.

PAGE 2/3 * RCVD AT 11/29/2006 11:30:44 AM [Eastern Standard Time] * SVR:USPTO-EFXRF-2/13 * DNIS:2732885 * CSID:7033126666 * DURATION (mm-ss):01-34



MELVIN KRAUS
WILLIAM I. SOLOMON
GREGORY E. MONTONE
RONALD J. SHORE
[illegible] STOUT
ALAN E. SEIDMAVELLI
PAUL J. SKWIERAWSKI*
ALFRED A. STADNICKI*

DONALD R. ANTONELLI (1935-2005)
*ADMITTED OTHER THAN VA

LAW OFFICES
ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP
SUITE 1800
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
ARLINGTON, VIRGINIA 22209

TELEPHONE (703) 312-6600
FACSIMILE (703) 312-6666
email@antonelli.com

OF COUNSEL
DAVID T. TERRY
JESSICA H. BUI*
LEONID D. THENOR*

PATENT AGENT
LARRY N. ANAGNOS

FACSIMILE TRANSMITTAL SHEET
NOVEMBER 29, 2006

TO: Mail Stop Issue Fee
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

RE: U.S. Patent Application No. **10/921,938**
For: PROJECTION OPTICAL UNIT AND PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS
Filing Date: 08/20/2004
Atty. Docket No. **520.44172X00**

From: Melvin Kraus

Fax Number: (571) 273-2885

Total Number of Pages: **3**

Items Attached: Issue Fee Transmittal Form -- 1 Page
Credit Card Payment Form – 1 Page

I hereby certify that on NOVEMBER 29, 2006, the above-identified documents are being facsimile transmitted to the United States Patent and Trademark Office.

Ricardo E. Perez — Ricardo Perez
Name (Print) Signature

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

020457 7590 08/29/2006

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
SUITE 1800
ARLINGTON, VA 22209-3873

EXAMINER	
CRUZ, MAGDA	
ART UNIT	PAPER NUMBER
2851	

DATE MAILED: 08/29/2006

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
10/921,938	08/20/2004	Masahiko Yatsu	520.4417X00	1280

TITLE OF INVENTION: PROJECTION OPTICAL UNIT AND PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS

APPLN. TYPE	SMALL ENTITY	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	NO	$1400	$300	$0	$1700	11/29/2006

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 SMALL ENTITY status shown above.

If the SMALL ENTITY is shown as YES, verify your current SMALL ENTITY status:

A. If the status is the same, pay the TOTAL FEE(S) DUE shown above.

B. If the status above is to be removed, check box 5b on Part B - Fee(s) Transmittal and pay the PUBLICATION FEE (if required) and twice the amount of the ISSUE FEE shown above, or

If the SMALL ENTITY is shown as NO:

A. Pay TOTAL FEE(S) DUE shown above, or

B. If applicant claimed SMALL ENTITY status before, or is now claiming SMALL ENTITY status, check box 5a on Part B - Fee(s) Transmittal and pay the PUBLICATION FEE (if required) and 1/2 the ISSUE FEE shown above.

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.

Petitioner Ex 1002 004

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)

020457 7590 08/29/2006

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
SUITE 1800
ARLINGTON, VA 22209-3873

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.
10/921,938	08/20/2004	Masahiko Yatsu	520.4417X00	1280

TITLE OF INVENTION: PROJECTION OPTICAL UNIT AND PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS

APPLN. TYPE	SMALL ENTITY	ISSUE FEE DUE	PUBLICATION FEE DUE	PREV. PAID ISSUE FEE	TOTAL FEE(S) DUE	DATE DUE
nonprovisional	NO	$1400	$300	$0	$1700	11/29/2006

EXAMINER	ART UNIT	CLASS-SUBCLASS
CRUZ, MAGDA	2851	353-069000

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 _____
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 credit any overpayment, to Deposit Account Number _____ (enclose an extra copy of this form).

5. **Change in Entity Status** (from status indicated above)
☐ a. Applicant claims SMALL ENTITY status. See 37 CFR 1.27. ☐ b. Applicant is no longer claiming SMALL ENTITY status. See 37 CFR 1.27(g)(2).

NOTE: The Issue Fee and Publication Fee (if required) will not be accepted from anyone other than the applicant; a registered attorney or agent; or the assignee or other party in interest as shown by the records of the United States Patent and Trademark Office.

Authorized Signature _____ Date _____

Typed or printed name _____ Registration No. _____

This collection of information 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.

Petitioner Ex 1002 005

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.
10/921,938	08/20/2004	Masahiko Yatsu	520.4417X00	1280

020457 7590 08/29/2006

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
SUITE 1800
ARLINGTON, VA 22209-3873

EXAMINER	
CRUZ, MAGDA	
ART UNIT	PAPER NUMBER
2851	

DATE MAILED: 08/29/2006

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 179 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 179 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.

Petitioner Ex 1002 006

Notice of Allowability	Application No.	Applicant(s)	
	10/921,938	YATSU ET AL.	
	Examiner	Art Unit	
	Magda Cruz	2851	

-- 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 *the Amendment filed on 08/03/2006*.

2. ☒ The allowed claim(s) is/are *1-6,9,31 and 32*.

3. ☒ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).
   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.

4. ☐ A SUBSTITUTE OATH OR DECLARATION must be submitted. Note the attached EXAMINER'S AMENDMENT or NOTICE OF INFORMAL PATENT APPLICATION (PTO-152) which gives reason(s) why the oath or declaration is deficient.

5. ☐ CORRECTED DRAWINGS (as "replacement sheets") must be submitted.
   (a) ☐ including changes required by the Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review (PTO-948) attached
      1) ☐ hereto or 2) ☐ to Paper No./Mail Date _____.
   (b) ☐ 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)
2. ☐ Notice of Draftperson's Patent Drawing Review (PTO-948)
3. ☐ Information Disclosure Statements (PTO-1449 or PTO/SB/08), Paper No./Mail Date _____
4. ☐ Examiner's Comment Regarding Requirement for Deposit of Biological Material
5. ☐ Notice of Informal Patent Application (PTO-152)
6. ☐ Interview Summary (PTO-413), Paper No./Mail Date _____ .
7. ☐ Examiner's Amendment/Comment
8. ☐ Examiner's Statement of Reasons for Allowance
9. ☐ Other _____.

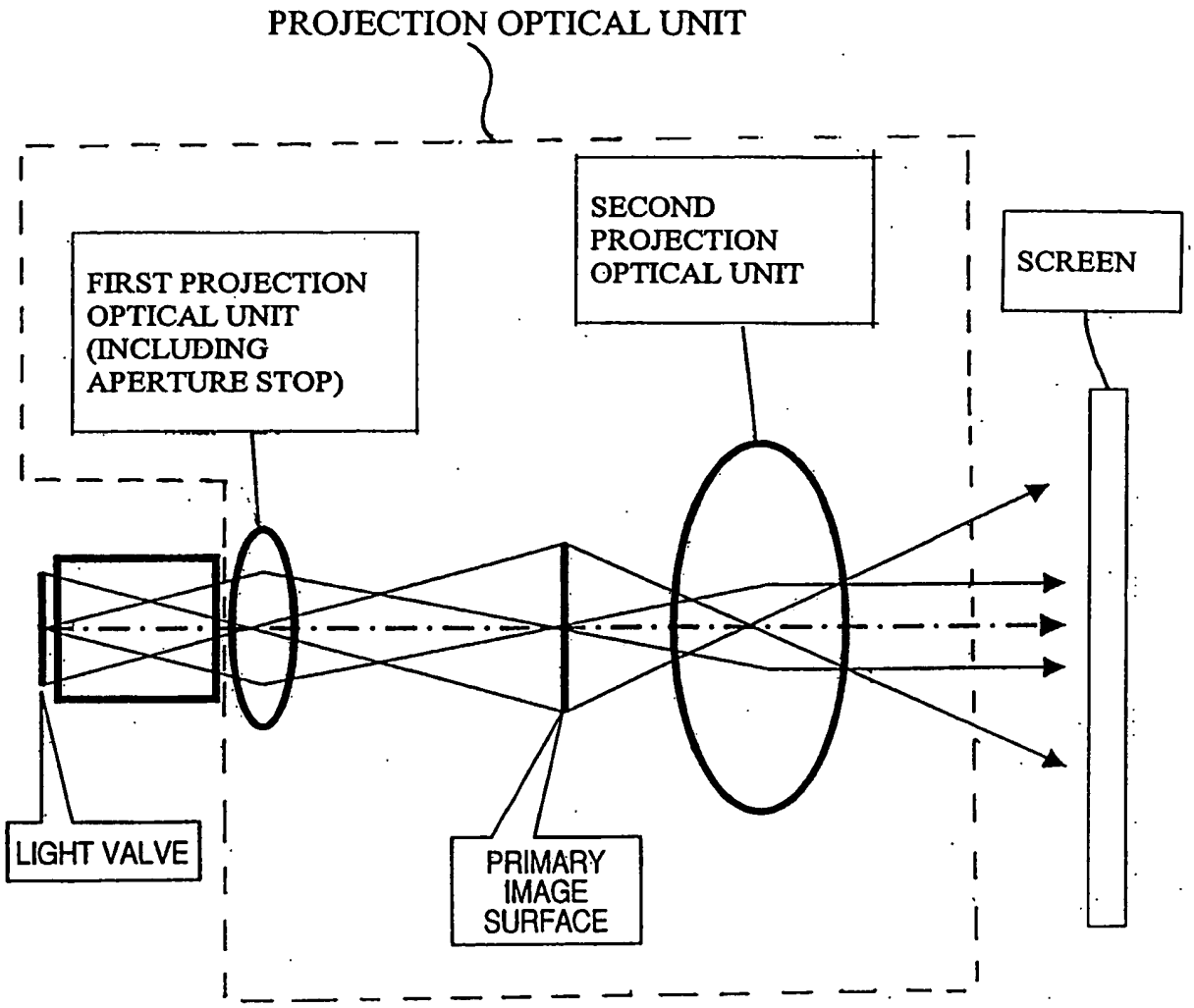
WB Perkey

William Perkey
Primary Examiner

OIPE IAP90
AUG 0 3 2006
PATENT & TRADEMARK OFFICE

approved for entry 8/18/06

FIG. 1



Issue Classification	Application/Control No. 10/921,938	Applicant(s)/Patent under Reexamination YATSU ET AL.
	Examiner Magda Cruz	Art Unit 2851

ISSUE CLASSIFICATION

ORIGINAL		INTERNATIONAL CLASSIFICATION											
CLASS	SUBCLASS	CLAIMED					NON-CLAIMED						
353	69	G	03	B	21	/14					/		
CROSS REFERENCES		G	02	B	23	/24					/		
CLASS	SUBCLASS (ONE SUBCLASS PER BLOCK)												
353	97 101 30 76	G	02	B	15	/14					/		
359	432 434 684 685	G	02	B	3	/10					/		
359	694 721 754 794	G	02	B	9	/06					/		
						/					/		
						/					/		

Magda Cruz 08/18/2006
(Assistant Examiner) (Date)

(Legal Instruments Examiner) (Date)

W.B. Perkey
(Primary Examiner) 08/18/06 (Date)

Total Claims Allowed: 9

O.G. Print Claim(s)	O.G. Print Fig.
1	43

☐ 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
1	1	8	31		61		91		121		151		181
2	2	9	32		62		92		122		152		182
3	3		33		63		93		123		153		183
4	4		34		64		94		124		154		184
5	5		35		65		95		125		155		185
6	6		36		66		96		126		156		186
	7		37		67		97		127		157		187
	8		38		68		98		128		158		188
7	9		39		69		99		129		159		189
	10		40		70		100		130		160		190
	11		41		71		101		131		161		191
	12		42		72		102		132		162		192
	13		43		73		103		133		163		193
	14		44		74		104		134		164		194
	15		45		75		105		135		165		195
	16		46		76		106		136		166		196
	17		47		77		107		137		167		197
	18		48		78		108		138		168		198
	19		49		79		109		139		169		199
	20		50		80		110		140		170		200
	21		51		81		111		141		171		201
	22		52		82		112		142		172		202
	23		53		83		113		143		173		203
	24		54		84		114		144		174		204
	25		55		85		115		145		175		205
	26		56		86		116		146		176		206
	27		57		87		117		147		177		207
	28		58		88		118		148		178		208
	29		59		89		119		149		179		209
	30		60		90		120		150		180		210

Petitioner Ex 1002 009

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. 1280

SERIAL NUMBER	FILING DATE	CLASS	GROUP ART UNIT	ATTORNEY DOCKET NO.
10/921,938	08/20/2004 RULE	353	2851	520.4417X00

APPLICANTS

Masahiko Yatsu, Fujisawa, JAPAN;

Koji Hirata, Yokohama, JAPAN;
Hidehiro Ikeda, Yokohama, JAPAN;

** CONTINUING DATA **********

none YC

** FOREIGN APPLICATIONS **********

JAPAN 2003-398395 11/28/2003 YC

IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED
** 10/18/2004

Foreign Priority claimed ☒ yes ☐ no 35 USC 119 (a-d) conditions met ☒ yes ☐ no ☐ Met after Allowance Verified and Acknowledged _____ Examiner's Signature Initials	STATE OR COUNTRY JAPAN	SHEETS DRAWING 51	TOTAL CLAIMS 32	INDEPENDENT CLAIMS 10

ADDRESS
20457
ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
SUITE 1800
ARLINGTON , VA
22209-3873

TITLE
Projection optical unit and projection image display apparatus

FILING FEE RECEIVED 1588	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

Petitioner Ex 1002 010

Search Notes

Application/Control No.	Applicant(s)/Patent under Reexamination
10/921,938	YATSU ET AL.
Examiner	**Art Unit**
Magda Cruz	2851

SEARCHED			
Class	Subclass	Date	Examiner
359	362, 432 434, 676 684-685 694	8/18/2006	MC
359	721, 754	8/18/2006	MC
359	794	8/18/2006	MC
353	69, 97 101	8/18/2006	MC
353	30, 76	8/18/2006	MC

INTERFERENCE SEARCHED			
Class	Subclass	Date	Examiner
See attachment for Interference Search		8/18/2006	MC

SEARCH NOTES (INCLUDING SEARCH STRATEGY)		
	DATE	EXMR
East search (updated)	8/18/2006	MC

Amendments to the Specification:

Page 5, amend the paragraph beginning at line 9 to read as follows.

approved for entry 8/18/06 MC

In order to attain the above object, the present invention takes a configuration in which, between an optical path ranging from an image display device to a screen, are arranged a first projection optical unit having positive refracting power for forming a first enlarged image, and a second projection optical unit having positive refracting power, positioned at the screen side of the first lens group and for forming a second enlarged image on the screen by further enlarging the first enlarged image obtained by the first projection optical unit, wherein the first enlarged image is formed closer to the image display element than to the second projection optical unit. The screen may include a Fresnel screen.

Page 17, amend the paragraph beginning at line 15 to read as follows:

Since one projection optical unit, as shown in dashed line in Fig. 1, is divided into the first projection optical unit and the second projection optical unit, although the total number of lenses increases, a distance between the secondary projection lens group and the first enlarged image can be reduced. Accordingly, even when the second projection optical unit is formed to take a wider-angle imaging scheme, size extension of the second projection optical unit can be prevented.

Petitioner Ex 1002 012

Interference Search:

	Hits	Search Text	DBs
9	5	((projection OR projector) SAME ((aperture ADJ stop) OR slit OR LIGHT OR SHIELD OR MASK OR DIAPHRAGM) SAME magnification SAME (positive ADJ refractive ADJ power)).clm.	US-PGPUB
10	1	((projection OR projector) SAME ((aperture ADJ stop) OR slit OR LIGHT OR SHIELD OR MASK OR DIAPHRAGM) SAME magnification SAME (enlarged ADJ image)).clm.	US-PGPUB

PTO/SB/06 (12-04)
Approved for use through 7/31/2006. OMB 0651-0032
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 displays a valid OMB control number.

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD

Substitute for Form PTO-875

Application or Docket Number: 10/921,938

APPLICATION AS FILED – PART I

FOR	(Column 1) NUMBER FILED	(Column 2) NUMBER EXTRA	SMALL ENTITY RATE ($)	SMALL ENTITY FEE ($)	OR	OTHER THAN SMALL ENTITY RATE ($)	OTHER THAN SMALL ENTITY FEE ($)
BASIC FEE (37 CFR 1.16(a), (b), or (c))							
SEARCH FEE (37 CFR 1.16(k), (i), or (m))							
EXAMINATION FEE (37 CFR 1.16(o), (p), or (q))							
TOTAL CLAIMS (37 CFR 1.16(i))	minus 20 =	*	X =		OR	X =	
INDEPENDENT CLAIMS (37 CFR 1.16(h))	minus 3 =	*	X =		OR	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 $250 ($125 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))							
			TOTAL			TOTAL	

* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.

APPLICATION AS AMENDED – PART II

AMENDMENT A — 8/3/06

	(Column 1) CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		(Column 2) HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	(Column 3) PRESENT EXTRA	SMALL ENTITY RATE ($)	SMALL ENTITY ADDITIONAL FEE ($)	OR	OTHER THAN SMALL ENTITY RATE ($)	OTHER THAN SMALL ENTITY ADDITIONAL FEE ($)
Total (37 CFR 1.16(j))	* 9	Minus	** 32	=	X =		OR	X =	
Independent (37 CFR 1.16(h))	* 2	Minus	*** 10	=	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	

19

AMENDMENT B

	(Column 1) CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		(Column 2) HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	(Column 3) PRESENT EXTRA	RATE ($)	ADDITIONAL FEE ($)		RATE ($)	ADDITIONAL FEE ($)
Total (37 CFR 1.16(j))	*	Minus	**	=	X =		OR	X =	
Independent (37 CFR 1.16(h))	*	Minus	***	=	X =		OR	X =	
Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))									
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 number found in the appropriate box in column 1.

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

OIPE IAP90
AUG 03 2006
PATENT & TRADEMARK OFFICE

520.44172X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: YATSU et al

Serial No.: 10/921,938

Filed: August 20, 2004

For: Projection Optical Unit And Projection Image Display Apparatus

Art Unit: 2851

Examiner: M. Cruz

AMENDMENT

Mail Stop: Amendment (No Fee)
Commissioner For Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

August 3, 2006

Sir:

The following amendments and remarks are respectfully submitted in connection with the above-identified application, in response to the Office Action dated June 6, 2006. The amendments are listed below and set forth on the following pages.

Amendments to the Specification;

Amendments to the Claims;

Amendments to the Drawings describing changes to drawing shown in the Appendix;

Remarks are included following the amendments; and

An Appendix including replacement drawing figures is attached following the Remarks.

Amendments to the Specification:

Page 5, amend the paragraph beginning at line 9 to read as follows.

In order to attain the above object, the present invention takes a configuration in which, between an optical path ranging from an image display device to a screen, are arranged a first projection optical unit having positive refracting power for forming a first enlarged image, and a second projection optical unit having positive refracting power, positioned at the screen side of the first lens group and for forming a second enlarged image on the screen by further enlarging the first enlarged image obtained by the first projection optical unit, wherein the first enlarged image is formed closer to the image display element than to the second projection optical unit. The screen may include a Fresnel screen.

Page 17, amend the paragraph beginning at line 15 to read as follows:

Since one projection optical unit, as shown in dashed line in Fig. 1, is divided into the first projection optical unit and the second projection optical unit, although the total number of lenses increases, a distance between the secondary projection lens group and the first enlarged image can be reduced. Accordingly, even when the second projection optical unit is formed to take a wider-angle imaging scheme, size extension of the second projection optical unit can be prevented.

Petitioner Ex 1002 016

Amendments to the Claims:

Please cancel claims 7, 8 and 10 - 30, which stand withdrawn from consideration as being drawn to a non-elected species, without prejudice or disclaimer of the subject matter thereof and without prejudice or the right to file a divisional application directed thereto.

This listing of claims will replace all prior versions, and listings, of claims in the application:

Listing of Claims:

1. (original) A projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising:

a first projection optical unit for forming a first enlarged image, said first projection optical unit having positive refractive power; and

a second projection optical unit positioned at an enlarged image side of said first projection optical unit in order to form a second enlarged image by further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit, said second projection optical unit having positive refractive power;

wherein the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit,

a magnification M1 of the first enlarged image is smaller than a magnification M2 of the second enlarged image, and

said first projection optical unit includes an aperture stop that defines an F-value of said entire projection optical unit.

2. (original) The projection optical unit according to claim 1, wherein said entire second projection optical unit is moved in an optical-axis direction thereof to allow a

Petitioner Ex 1002 017

projection distance and a projection size to be modified.

3. (original) The projection optical unit according to claim 1, further including a structure for moving said entire second projection optical unit in an optical-axis direction thereof.

4. (original) The projection optical unit according to claim 3, further including a structure for making variable an amount of eccentricity between an optical axis of said first projection optical unit and that of said second projection optical unit.

5. (original) The projection optical unit according to claim 4, wherein said entire first projection optical unit or a lens element which forms part thereof is adapted to be replaceable.

6. (original) The projection optical unit according to claim 4, wherein said entire second projection optical unit or a lens element which forms part thereof is adapted to be replaceable.

Claims 7 - 8 (canceled)

9. (original) A projection image display apparatus, comprising:

an image display element; and

a projection optical unit for projecting, in an enlarged form and onto a projection screen, an image displayed by said image display element, wherein said projection optical unit includes

a first projection optical unit and a second projection optical unit, both arranged on an optical path ranging from said image display element to the screen,

said first projection optical unit being adapted to form a first enlarged image and having positive refractive power, and

Petitioner Ex 1002 018

said second projection optical unit being positioned at an enlarged image side of said first projection optical unit, being adapted to form a second enlarged image by further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit, and having positive refractive power;

wherein the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit,

a magnification M1 of the first enlarged image is smaller than a magnification M2 of the second enlarged image, and

said first projection optical unit includes an aperture stop that defines an F-value of said entire projection optical unit.

Claims 10 - 30 (canceled)

31. (original) The projection image display apparatus according to claim 9, wherein an optical-axis center of said projection optical unit is made eccentric with respect to a center of the screen.

32. (currently amended) The projection image display apparatus according to claim 9, wherein the projection screen comprises at least a Fresnel screen~~, a center of the Fresnel screen being made eccentric with respect to a center of the projection screen~~.

Petitioner Ex 1002 019

REMARKS

The allowance of claims 1 - 6, 9, 31 and 32 is acknowledged. By the present amendment, a portion of claim 32 has been deleted in order to avoid illustration of the claimed subject matter at this time. Additionally, the non-elected claims have been canceled so that only allowed claims remain in this application.

Turning to the objection to the drawings, by the present amendment, Fig. 1 has been revised to recite the feature of a first projection unit (including an aperture stop) and a second projection unit, noting that the first and second projection units represent a part of a projection optical unit, as shown in broken line, and also illustrating a screen. Figs. 3, 13 and 23 have been amended to label an aperture stop surface of the first projection unit, which is described as the surface 14 in Table 1 at page 22, Table 2 at page 26 and Table 3 at page 30 wherein, page 51, line 16 to page 52, line 16 of the specification describe the feature that the first projection optical unit includes an aperture stop that defines an F-value of the entire projection optical unit. Furthermore, Fig. 56 has been amended to show the projection optical unit and the screen which may include a Fresnel screen, as recited in claim 32 and described at page 5 of the specification. Accordingly, applicants submit that replacement sheets of drawings are responsive to the objection to the drawings and illustrate the features now recited in the claims. Accordingly, the objection to the drawings should now be overcome.

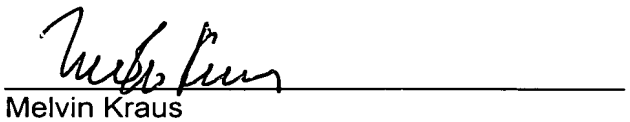
In view of the above amendments and remarks and the submission of replacement sheets of drawings, which should be acceptable, applicants submit that the informalities noted by the Examiner should now be overcome and issuance of a notice of allowance is respectfully requested.

Petitioner Ex 1002 020

To the extent necessary, applicants petition for an extension of time under 37 CFR 1.136. Please charge any shortage in the fees due in connection with the filing of this paper, including extension of time fees, to the deposit account of Antonelli, Terry, Stout & Kraus, LLP, Deposit Account No. 01-2135 (Case: 520.44172X00), and please credit any excess fees to such deposit account.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/jla
(703) 312-6600

Amendments to the Drawings:

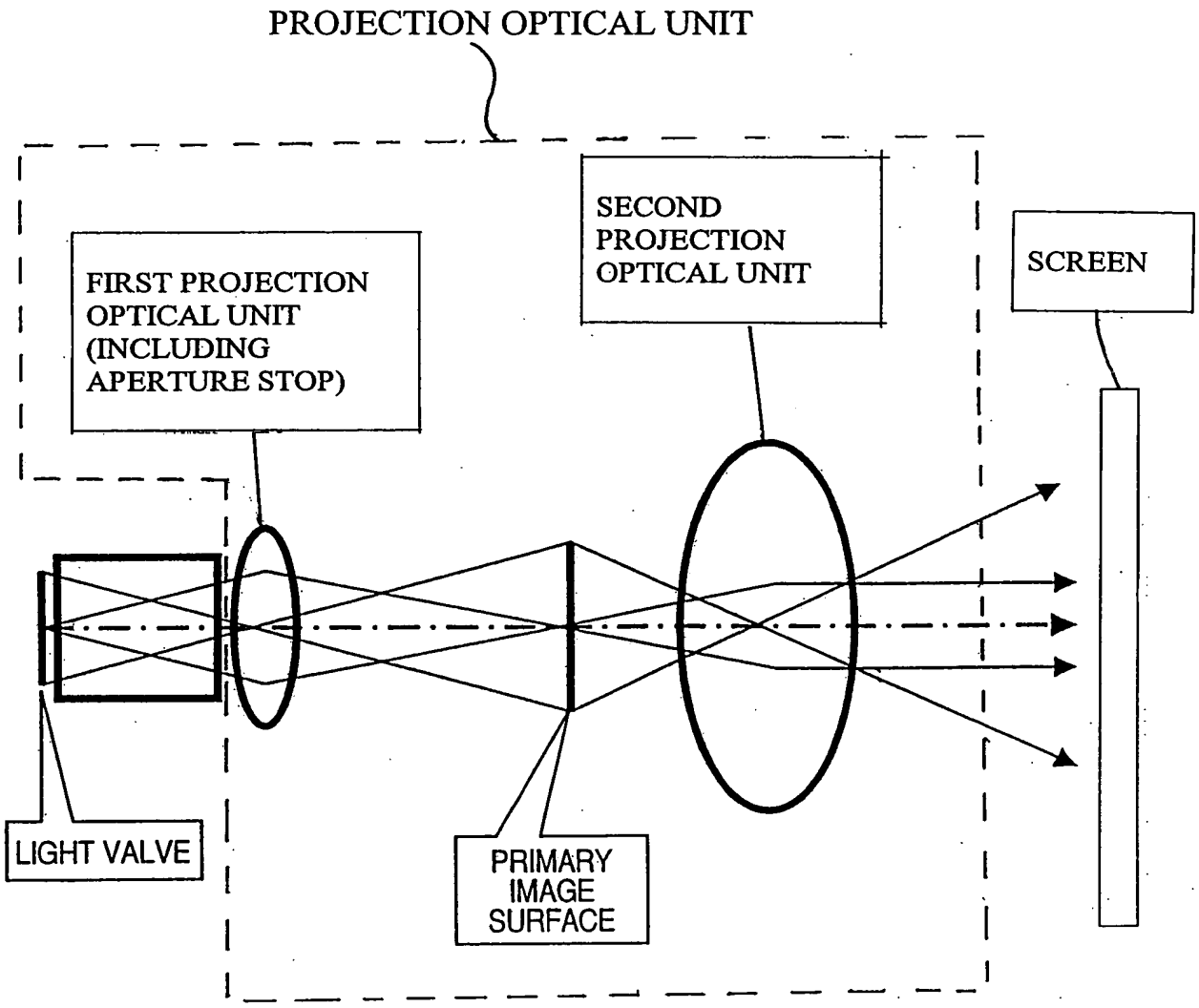
The attached sheets of drawings include changes to Figs. 1, 3, 13, 23 and 56. These sheets, which include Figs. 1, 3, 13, 23 and 56 replace the original sheets including Figs. 1, 3, 13, 23 and 56, in which Figs. 1, 3, 13 and 23 have been amended wherein Fig. 1 labels the projection optical unit which includes the first projection optical unit having the aperture step and the second projection optical unit, and a screen. Fig. 56 has been amended to show the projection optical unit and the screen which may include a Fresnel screen, and Figs. 3, 15 and 23 show the aperture stop surface.

Attachment: Replacement Sheets

Petitioner Ex 1002 022

OIPE IAP90
AUG 0 3 2006
PATENT & TRADEMARK OFFICE

FIG. 1



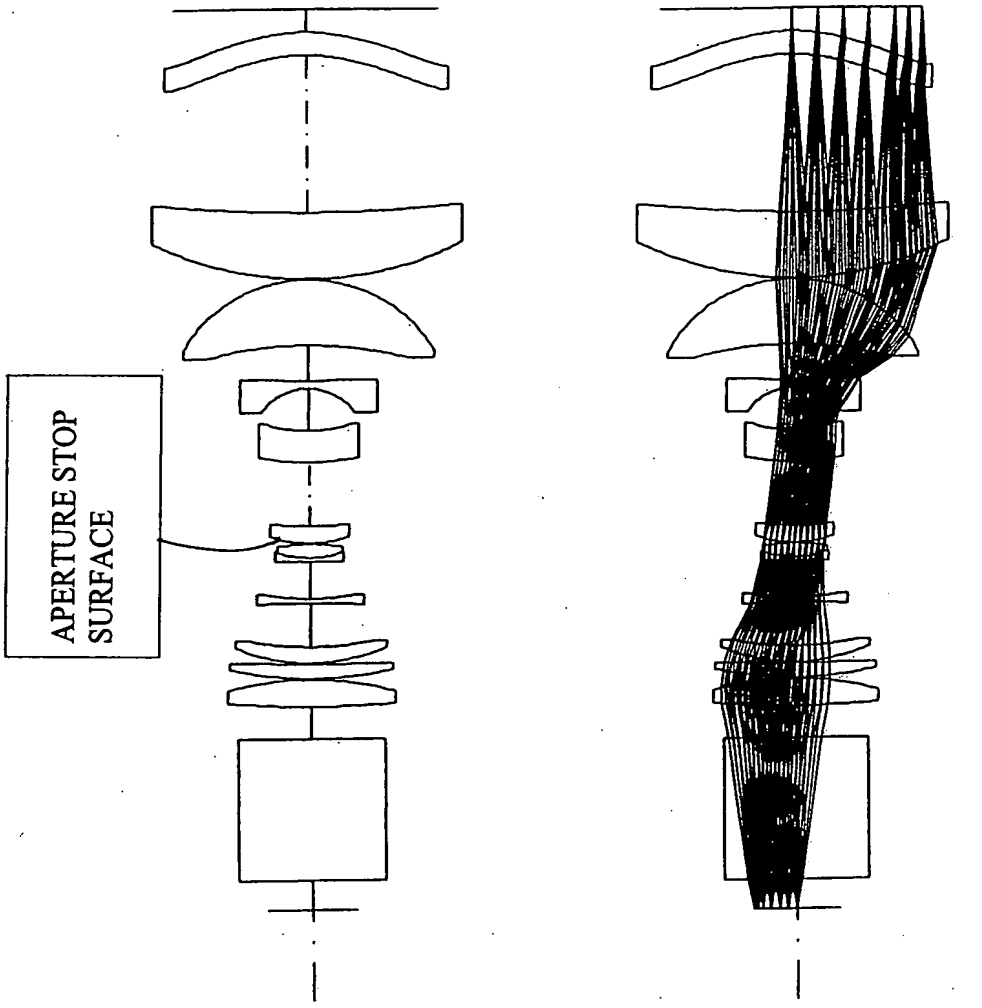


FIG. 3

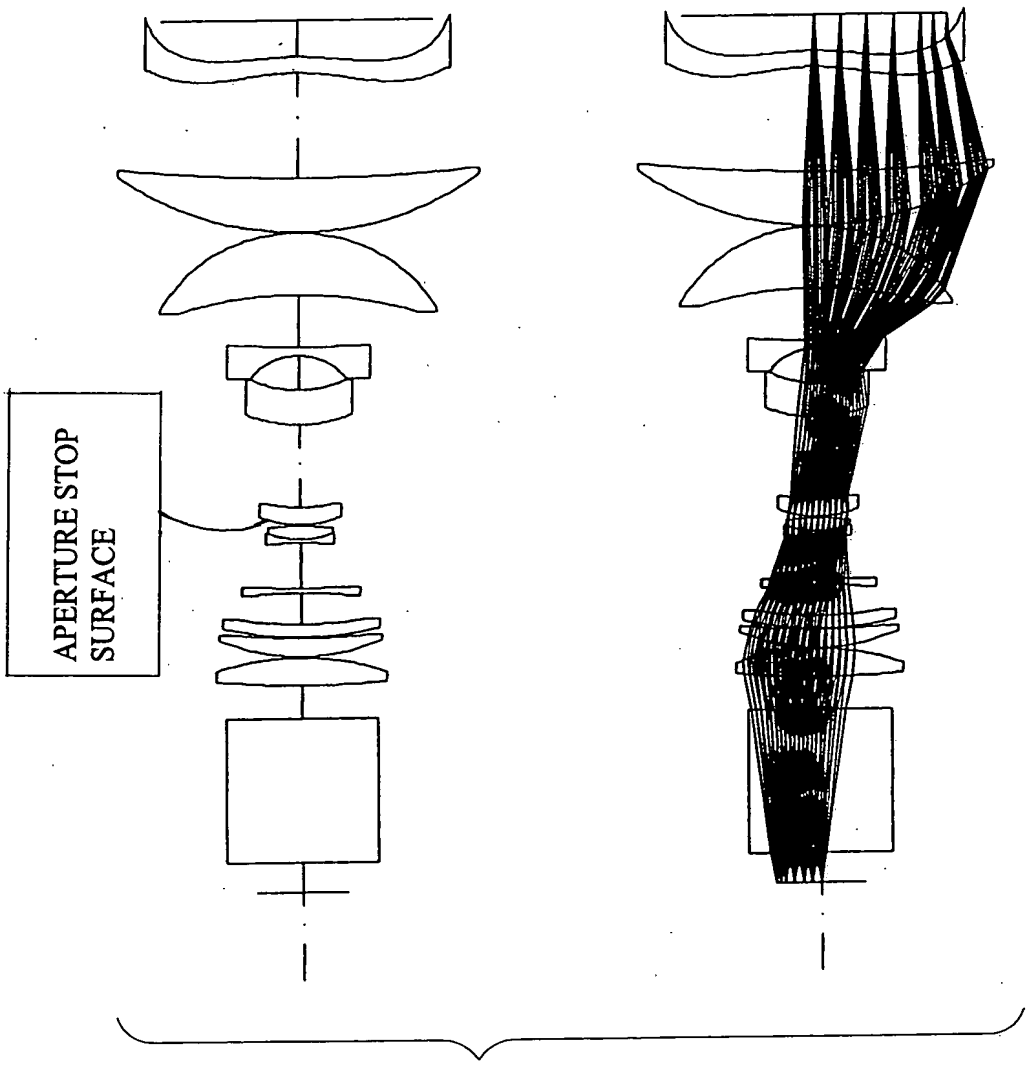


FIG. 13

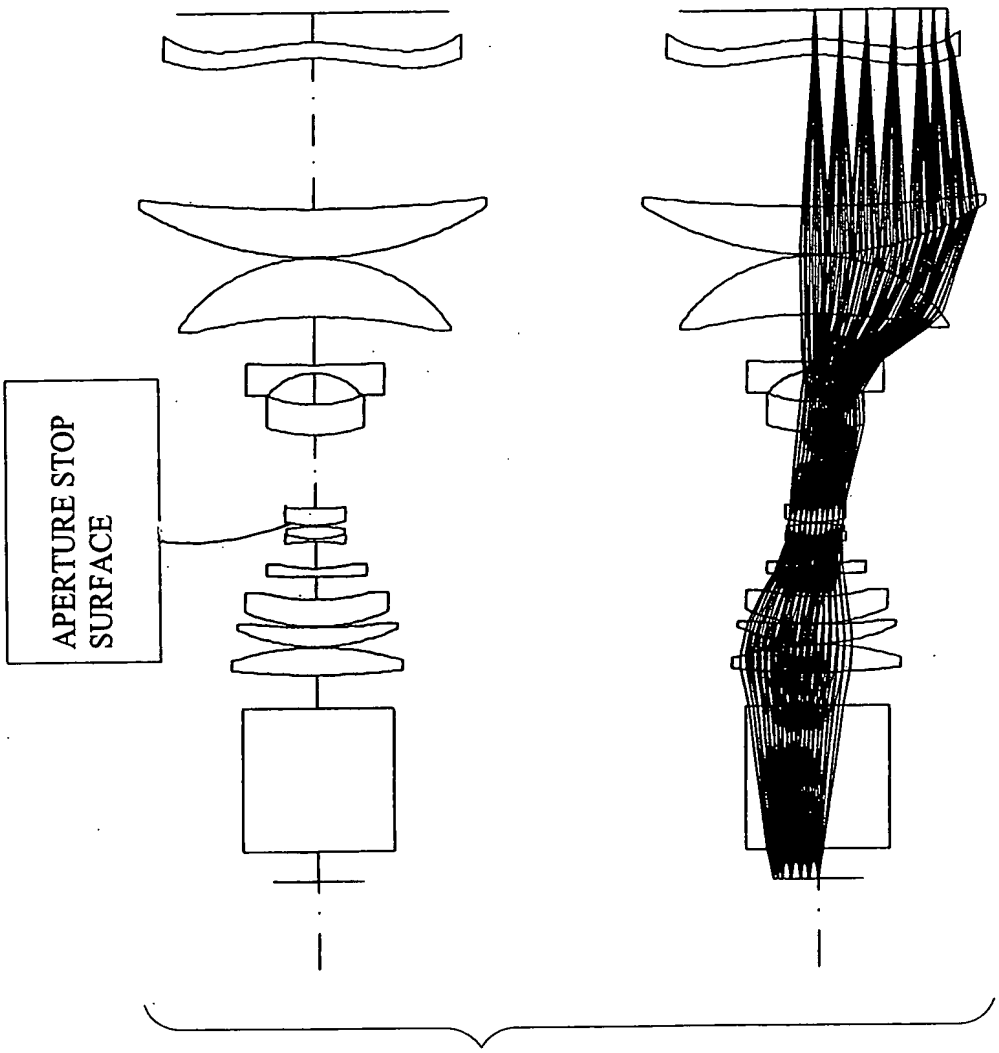
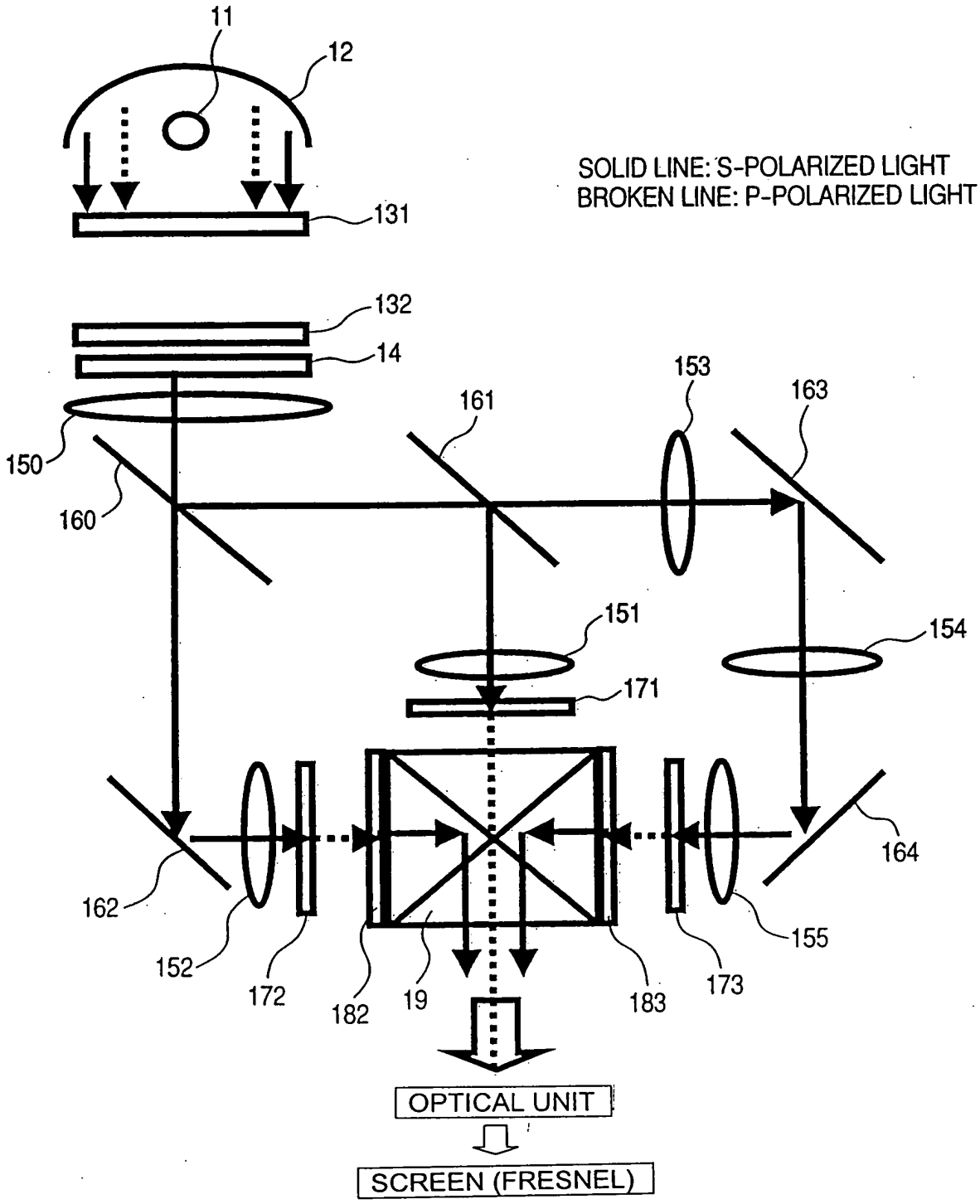


FIG. 23

FIG. 56


11
12
131
SOLID LINE: S-POLARIZED LIGHT
BROKEN LINE: P-POLARIZED LIGHT
132
14
150
160
161
153
163
151
154
171
162
152
172
182
19
183
173
155
164
OPTICAL UNIT
SCREEN (FRESNEL)

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.
10/921,938	08/20/2004	Masahiko Yatsu	520.4417X00	1280

20457 7590 06/06/2006

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
SUITE 1800
ARLINGTON, VA 22209-3873

EXAMINER	
CRUZ, MAGDA	

ART UNIT	PAPER NUMBER
2851	

DATE MAILED: 06/06/2006

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

Office Action Summary	Application No.	Applicant(s)	
	10/921,938	YATSU ET AL.	
	Examiner	Art Unit	
	Magda Cruz	2851	

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

Period for Reply

A SHORTENED STATUTORY PERIOD FOR REPLY IS SET TO EXPIRE 2 MONTH(S) OR THIRTY (30) DAYS, WHICHEVER IS LONGER, FROM THE MAILING DATE OF THIS COMMUNICATION.

- Extensions of time may be available under the provisions of 37 CFR 1.136(a). In no event, however, may a reply be timely filed after SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- If NO period for reply is specified above, the maximum statutory period will apply and will expire SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- Failure to reply within the set or extended period for reply will, by statute, cause the application to become ABANDONED (35 U.S.C. § 133). Any reply received by the Office later than three months after the mailing date of this communication, even if timely filed, may reduce any earned patent term adjustment. See 37 CFR 1.704(b).

Status

1)☒ Responsive to communication(s) filed on *20 August 2004*.

2a)☐ This action is **FINAL**. 2b)☐ This action is non-final.

3)☒ Since this application is in condition for allowance except for formal matters, prosecution as to the merits is closed in accordance with the practice under *Ex parte Quayle*, 1935 C.D. 11, 453 O.G. 213.

Disposition of Claims

4)☒ Claim(s) *1-32* is/are pending in the application.

4a) Of the above claim(s) *7,8 and 10-30* is/are withdrawn from consideration.

5)☒ Claim(s) *1-6,9,31 and 32* is/are allowed.

6)☐ Claim(s) _____ is/are rejected.

7)☐ Claim(s) _____ is/are objected to.

8)☐ Claim(s) _____ are subject to restriction and/or election requirement.

Application Papers

9)☐ The specification is objected to by the Examiner.

10)☒ The drawing(s) filed on *20 August 2004* is/are: a)☐ accepted or b)☒ objected to by the Examiner.

Applicant may not request that any objection to the drawing(s) be held in abeyance. See 37 CFR 1.85(a).

Replacement drawing sheet(s) including the correction is required if the drawing(s) is objected to. See 37 CFR 1.121(d).

11)☐ The oath or declaration is objected to by the Examiner. Note the attached Office Action or form PTO-152.

Priority under 35 U.S.C. § 119

12)☒ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).

a)☒ All b)☐ Some * c)☐ None of:

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)).

* See the attached detailed Office action for a list of the certified copies not received.

Attachment(s)

1) ☒ Notice of References Cited (PTO-892)
2) ☐ Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review (PTO-948)
3) ☒ Information Disclosure Statement(s) (PTO-1449 or PTO/SB/08) Paper No(s)/Mail Date *10/25/2004*.
4) ☐ Interview Summary (PTO-413) Paper No(s)/Mail Date. _____ .
5) ☐ Notice of Informal Patent Application (PTO-152)
6) ☐ Other: _____.

Petitioner Ex 1002 029

DETAILED ACTION

Election/Restrictions

1. Applicant's election without traverse of Species I (i.e. claims 1-6, 9 and 31-32) in the reply filed on 05/12/2006 is acknowledged.

2. Claims 7-8 and 10-30 are withdrawn from further consideration pursuant to 37 CFR 1.142(b) as being drawn to a nonelected species, there being no allowable generic or linking claim. Election was made **without** traverse in the reply filed on 05/12/2006.

Drawings

3. The drawings are objected to under 37 CFR 1.83(a). The drawings must show every feature of the invention specified in the claims. Therefore, the "first projection optical unit including an aperture stop that defines an F-value of the entire projection optical unit" (claims 1 and 9), "a first projection optical unit and a second projection optical unit, both arranged on an optical path ranging from an image display element to a screen" (claim 9), and "a projection screen comprising at least a Fresnel screen, a center of the Fresnel screen being made eccentric with respect to a center of the projection screen" (claim 32) must be shown or the feature(s) canceled from the claim(s). No new matter should be entered.

Corrected drawing sheets in compliance with 37 CFR 1.121(d) are required in reply to the Office action to avoid abandonment of the application. Any amended replacement drawing sheet should include all of the figures appearing on the immediate

prior version of the sheet, even if only one figure is being amended. The figure or figure number of an amended drawing should not be labeled as "amended." If a drawing figure is to be canceled, the appropriate figure must be removed from the replacement sheet, and where necessary, the remaining figures must be renumbered and appropriate changes made to the brief description of the several views of the drawings for consistency. Additional replacement sheets may be necessary to show the renumbering of the remaining figures. Each drawing sheet submitted after the filing date of an application must be labeled in the top margin as either "Replacement Sheet" or "New Sheet" pursuant to 37 CFR 1.121(d). If the changes are not accepted by the examiner, the applicant will be notified and informed of any required corrective action in the next Office action. The objection to the drawings will not be held in abeyance.

4. In addition to Replacement Sheets containing the corrected drawing figure(s), applicant is required to submit a marked-up copy of each Replacement Sheet including annotations indicating the changes made to the previous version. The marked-up copy must be clearly labeled as "Annotated Sheets" and must be presented in the amendment or remarks section that explains the change(s) to the drawings. See 37 CFR 1.121(d)(1). Failure to timely submit the proposed drawing and marked-up copy will result in the abandonment of the application.

Allowable Subject Matter

5. Claims 1-6, 9 and 31-32 are allowed.

6. The following is a statement of reasons for the indication of allowable subject matter:

Regarding claims 1 and 9, the prior art or record neither shows nor suggests a first projection optical unit having positive refractive power and a second projection optical unit having positive refractive power positioned at an enlarged image side of said first projection optical unit in order to form a second enlarged image by further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit, wherein the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit, a magnification M1 of the first enlarged image smaller than a magnification M2 of the second enlarged image, and said first projection optical unit includes an aperture stop that defines an F-value of said entire projection optical unit.

Conclusion

7. The prior art made of record and not relied upon is considered pertinent to applicant's disclosure.

Kataoka et al. (US Patent Number 4,924,244) discloses a lens system for a projection type apparatus having a high focusing performance.

Yatsu et al. (US Patent Number 5,048,939) teaches a zoom lens system.

Okuyama et al. (US Patent Number 5,648,871) shows a projection apparatus utilizing an anamorphic optical system.

Sugawara (US Patent Number 5,986,806) discloses an optical system having a first lens nit having a positive refractive power and a second lens unit having a positive refractive power.

Ikeda et al. (US Patent Number 6,975,460 B2) teaches a projection lens apparatus and projection type image display apparatus.

8. Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to Magda Cruz whose telephone number is (571) 272-2114. The examiner can normally be reached on Monday through Thursday 8:00-5:30 PM.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Judy Nguyen can be reached on (571) 272-2258. 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). If you would like assistance from a USPTO Customer Service Representative or access to the automated information system, call 800-786-9199 (IN USA OR CANADA) or 571-272-1000.

Magda Cruz
Patent Examiner

William Perkey
Primary Examiner

May 26, 2006

OIPE JC25 OCT 25 2004 PATENT & TRADEMARK OFFICE

Form PTO-1449 U.S. Department of Commerce
Equivalent Patent and Trademark Office

Atty. Docket No. 520.44172X00
Serial No. 10/921,938
Applicant: YATSU, et al
Filing Date: August 20, 2004
Group:

U.S. Patent Documents

Examiner Initials	Document No.	Date	Name	Class Subclass	Filing Date If Approp.

Foreign Patent Documents

	Document No.	Date	Country	Class Subclass	Translation Yes No
YMC	5-134213	5/93	Japan	—	(abstract)
YMC	6-194598	7/94	Japan	—	(abstract)
YMC	11-326759	11/99	Japan	—	(abstract)
YMC	2000-162544	6/00	Japan	—	(abstract)
YMC	2002-357768	12/02	Japan	—	(abstract)

Other Documents (including Author, Title, Date, Pertinent Pages, etc.)

Examiner Magda Cruz Date Considered May 25, 2006

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

Notice of References Cited	Application/Control No. 10/921,938	Applicant(s)/Patent Under Reexamination YATSU ET AL.	
	Examiner Magda Cruz	Art Unit 2851	Page 1 of 1

U.S. PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date MM-YYYY	Name	Classification
*	A	US-4,924,244	05-1990	Kataoka et al.	359/649
*	B	US-5,048,939	09-1991	Yatsu et al.	359/683
*	C	US-5,648,871	07-1997	Okuyama et al.	359/557
*	D	US-5,986,806	11-1999	Sugawara, Saburo	359/557
*	E	US-6,975,460	12-2005	Ikeda et al.	359/649
	F	US-			
	G	US-			
	H	US-			
	I	US-			
	J	US-			
	K	US-			
	L	US-			
	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.

Search Notes	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent under Reexamination	
	10/921,938	YATSU ET AL.	
	Examiner	Art Unit	
	Magda Cruz	2851	

SEARCHED			
Class	Subclass	Date	Examiner
359	362, 432 434, 676 684-685 694	5/25/2006	MC
359	721, 754	5/25/2006	MC
359	794	5/25/2006	MC
353	69, 97 101	5/25/2006	MC
353	30, 76	5/25/2006	MC

INTERFERENCE SEARCHED			
Class	Subclass	Date	Examiner

SEARCH NOTES (INCLUDING SEARCH STRATEGY)		
	DATE	EXMR
East search (see attachment)	5/25/2006	MC

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. 1280

SERIAL NUMBER	FILING OR 371(c) DATE / RULE	CLASS	GROUP ART UNIT	ATTORNEY DOCKET NO.
10/921,938	08/20/2004	353	2851	520.4417X00

APPLICANTS

Masahiko Yatsu, Fujisawa, JAPAN;
Koji Hirata, Yokohama, JAPAN;
Hidehiro Ikeda, Yokohama, JAPAN;

** CONTINUING DATA **********

none

** FOREIGN APPLICATIONS **********

JAPAN 2003-398395 11/28/2003

IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED **
10/18/2004

Foreign Priority claimed	STATE OR COUNTRY	SHEETS DRAWING	TOTAL CLAIMS	INDEPENDENT CLAIMS
☒ yes ☐ no	JAPAN	51	32	10

35 USC 119 (a-d) conditions met ☒ yes ☐ no ☐ Met after Allowance

Verified and Acknowledged _____ Examiner's Signature _____ Initials

ADDRESS
020457

TITLE

Projection optical unit and projection image display apparatus

FILING FEE RECEIVED	
1588	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

	Hits	Search Text
1	82	YATSU-MASAHIKO
2	498	HIRATA-KOJI
3	48	IKEDA-HIDEHIRO
4	32570	(HITACHI-LTD).asn.
5	1	("20050117123").PN.
6	5831	((353/69,101,30,76) or (359/362,432,434,676,684,685,694,721,754,794)).CCLS.
7	12533	((projection OR projector) SAME magnification)
8	170	((projection OR projector) SAME magnification SAME (refractive ADJ power))
9	84	YATSU-MASAHIKO
10	512	HIRATA-KOJI
11	14	S11 AND S8
12	49	IKEDA-HIDEHIRO
13	9	S13 AND S8
14	32896	(HITACHI-LTD).asn.
15	7	S15 AND S8
16	8	S9 AND S8
17	87	((projection OR projector) SAME magnification SAME (refractive ADJ power) SAME ((aperture ADJ stop) OR slit OR LIGHT OR SHIELD OR MASK OR DIAPHRAGM))
18	6288	((353/69,101,30,76,97) or (359/362,432,434,676,684,685,694,721,754,794)).CCLS.
19	13	S17 AND S18
20	4	S11 AND S18
21	3	S13 AND S18
22	21	S15 AND S18
23	3	S9 AND S18
24	1	JP-05134213-$.did.
25	1	JP-06194598-$.did.
26	1	JP-11326759-$.did.

	Hits	Search Text
27	1	JP-2000162544-$.did.
28	1	JP-2002357768-$.did.
29	283	(359/794).CCLS.
30	141	S29 AND ((aperture ADJ stop) OR slit OR LIGHT OR SHIELD OR MASK OR DIAPHRAGM)
31	1	S29 AND ((projection OR projector) SAME magnification SAME (refractive ADJ power) SAME ((aperture ADJ stop) OR slit OR LIGHT OR SHIELD OR MASK OR DIAPHRAGM))
32	371	YOKOTA-HIDEO
33	0	S32 AND ((projection OR projector) SAME magnification SAME (refractive ADJ power) SAME ((aperture ADJ stop) OR slit OR LIGHT OR SHIELD OR MASK OR DIAPHRAGM))
34	42	S32 AND ((projection OR projector) SAME ((aperture ADJ stop) OR slit OR LIGHT OR SHIELD OR MASK OR DIAPHRAGM))
35	9	("2795996" | "3751136").PN. OR ("5648871").URPN.
36	758	f-value
37	65	S36 AND (("353"/$.ccls.) OR ("359"/$.ccls.))

OIPE TAP40
MAY 12 2006
PATENT & TRADEMARK OFFICE

520.44172X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: YATSU et al

Serial No.: 10/921,938

Filed: August 20, 2004

For: Projection Optical Unit And Projection Image Display Apparatus

Art Unit: 2851

Examiner: M. Cruz

RESPONSE

Mail Stop: Response (No Fee)
Commissioner For Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

May 12, 2006

Sir:

The following remarks are respectfully submitted in connection with the above-identified application, in response to the Office Action dated April 17, 2006.

In response to the requirement for election of one species of the species identified as Species I - VI at pages 2 and 3 of the office action, applicants elect Species I and submit that claims 1 - 6, 9, 31 and 32 are readable thereon.

Favorable action in this application is respectfully requested.

To the extent necessary, applicants petition for an extension of time under 37 CFR 1.136. Please charge any shortage in the fees due in connection with the filing of this paper, including extension of time fees, to the deposit account of Antonelli,

Terry, Stout & Kraus, LLP, Deposit Account No. 01-2135 (Case: 520.44172X00), and please credit any excess fees to such deposit account.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/jla
(703) 312-6600

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.
10/921,938	08/20/2004	Masahiko Yatsu	520.4417X00	1280

20457 7590 04/17/2006

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
SUITE 1800
ARLINGTON, VA 22209-3873

EXAMINER	
CRUZ, MAGDA	

ART UNIT	PAPER NUMBER
2851	

DATE MAILED: 04/17/2006

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

Office Action Summary	Application No.	Applicant(s)	
	10/921,938	YATSU ET AL.	
	Examiner	Art Unit	
	Magda Cruz	2851	

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

Period for Reply

A SHORTENED STATUTORY PERIOD FOR REPLY IS SET TO EXPIRE 1 MONTH(S) OR THIRTY (30) DAYS, WHICHEVER IS LONGER, FROM THE MAILING DATE OF THIS COMMUNICATION.

- Extensions of time may be available under the provisions of 37 CFR 1.136(a). In no event, however, may a reply be timely filed after SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- If NO period for reply is specified above, the maximum statutory period will apply and will expire SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- Failure to reply within the set or extended period for reply will, by statute, cause the application to become ABANDONED (35 U.S.C. § 133). Any reply received by the Office later than three months after the mailing date of this communication, even if timely filed, may reduce any earned patent term adjustment. See 37 CFR 1.704(b).

Status

1)☒ Responsive to communication(s) filed on *20 August 2004*.

2a)☐ This action is **FINAL**. 2b)☒ This action is non-final.

3)☐ Since this application is in condition for allowance except for formal matters, prosecution as to the merits is closed in accordance with the practice under *Ex parte Quayle*, 1935 C.D. 11, 453 O.G. 213.

Disposition of Claims

4)☒ Claim(s) *1-32* is/are pending in the application.

4a) Of the above claim(s) _____ is/are withdrawn from consideration.

5)☐ Claim(s) _____ is/are allowed.

6)☐ Claim(s) _____ is/are rejected.

7)☐ Claim(s) _____ is/are objected to.

8)☒ Claim(s) *1-32* are subject to restriction and/or election requirement.

Application Papers

9)☐ The specification is objected to by the Examiner.

10)☐ The drawing(s) filed on _____ is/are: a)☐ accepted or b)☐ objected to by the Examiner.

Applicant may not request that any objection to the drawing(s) be held in abeyance. See 37 CFR 1.85(a).

Replacement drawing sheet(s) including the correction is required if the drawing(s) is objected to. See 37 CFR 1.121(d).

11)☐ The oath or declaration is objected to by the Examiner. Note the attached Office Action or form PTO-152.

Priority under 35 U.S.C. § 119

12)☒ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).

a)☒ All b)☐ Some * c)☐ None of:

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)).

* See the attached detailed Office action for a list of the certified copies not received.

Attachment(s)

1) ☐ Notice of References Cited (PTO-892)
2) ☐ Notice of Draftsperson's Patent Drawing Review (PTO-948)
3) ☐ Information Disclosure Statement(s) (PTO-1449 or PTO/SB/08) Paper No(s)/Mail Date _____.
4) ☐ Interview Summary (PTO-413) Paper No(s)/Mail Date. _____.
5) ☐ Notice of Informal Patent Application (PTO-152)
6) ☐ Other: _____.

DETAILED ACTION

Election/Restrictions

1. This application contains claims directed to the following patentably distinct species:

- Species I, a projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, wherein the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit, a magnification M1 of the first enlarged image is smaller than a magnification M2 of the second enlarged image, and said first projection optical unit includes an aperture stop that defines an F-value of said entire projection optical unit.
- Species II, a projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, wherein said first projection optical unit is in an almost telecentric relationship with respect to the image display element side and the first enlarged image side, and the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit.
- Species III, a projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, wherein said first projection optical unit includes at least, from the first enlarged image side in order, an aspherical plastic lens, two convex lenses, and a concave lens.

- Species IV, a projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising a third lens group having positive refractive power; wherein said third lens group includes lens element having a center of a convex shape with respect to the image display element side and having a periphery of a concave shape.
- Species V, a projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising, from a screen side in order, a first lens group, a second lens group, and a third lens group, and satisfying the following condition: $T_{2\text{-}3} > (D_{2I} + D_{3O})/2$.
- Species VI, a projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising, from a screen side in order, a first lens group, a second lens group, and a third lens group, and satisfying the following conditions:

$-2.2 < f_0/f_1 < -1.5$
$0.6 < f_0/f_2 < 0.9$
$0.3 < f_0/f_3 < 0.4$

The species are independent or distinct because they disclosed different means (e.g. different lens systems) for projecting an image into the screen.

Applicant is required under 35 U.S.C. 121 to elect a single disclosed species for prosecution on the merits to which the claims shall be restricted if no generic claim is finally held to be allowable. Currently, no claim appears to be generic.

Applicant is advised that a reply to this requirement must include an identification of the species that is elected consonant with this requirement, and a listing of all claims

readable thereon, including any claims subsequently added. An argument that a claim is allowable or that all claims are generic is considered nonresponsive unless accompanied by an election.

Upon the allowance of a generic claim, applicant will be entitled to consideration of claims to additional species which depend from or otherwise require all the limitations of an allowable generic claim as provided by 37 CFR 1.141. If claims are added after the election, applicant must indicate which are readable upon the elected species. MPEP § 809.02(a).

Conclusion

2. Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to Magda Cruz whose telephone number is (571) 272-2114. The examiner can normally be reached on Monday through Thursday 8:00-5:30 PM.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Judy Nguyen can be reached on (571) 272-2258. 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).

Magda Cruz
Patent Examiner
Art Unit 2851

April 11, 2006

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. 1280

SERIAL NUMBER	FILING DATE	CLASS	GROUP ART UNIT	ATTORNEY DOCKET NO.
10/921,938	08/20/2004 RULE	353	2851	520.4417X00

APPLICANTS

Masahiko Yatsu, Fujisawa, JAPAN;

Koji Hirata, Yokohama, JAPAN;
Hidehiro Ikeda, Yokohama, JAPAN;

** CONTINUING DATA **********

none YMC

** FOREIGN APPLICATIONS **********

JAPAN 2003-398395 11/28/2003 YMC

IF REQUIRED, FOREIGN FILING LICENSE GRANTED
** 10/18/2004

Foreign Priority claimed	STATE OR	SHEETS	TOTAL	INDEPENDENT
☒ yes ☐ no	COUNTRY	DRAWING	CLAIMS	CLAIMS
35 USC 119 (a-d) conditions met ☒ yes ☐ no ☐ Met after Allowance	JAPAN	51	32	10
Verified and Acknowledged _____ Examiner's Signature Initials				

ADDRESS
020457
ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP
1300 NORTH SEVENTEENTH STREET
SUITE 1800
ARLINGTON , VA
22209-3873

TITLE
Projection optical unit and projection image display apparatus

FILING FEE	FEES: Authority has been given in Paper	☐ All Fees
RECEIVED 1588	No. _____ to charge/credit DEPOSIT ACCOUNT No. _____ for following:	☐ 1.16 Fees (Filing) ☐ 1.17 Fees (Processing Ext. of time) ☐ 1.18 Fees (Issue) ☐ Other _____ ☐ Credit

OIPE JC25
OCT 25 2004
PATENT & TRADEMARK OFFICE

IPR

520.44172X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): M. YATSU, et al

Serial No.: 10/921,938

Filed: August 20, 2004

For: PROJECTION OPTICAL UNIT AND PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS

Group:

Examiner:

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT UNDER 37 CFR 1.97 & 1.98

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

October 25, 2004

Sir:

In the matter of the above-identified application, applicant(s) is/are submitting herewith a copy of the documents listed in the attached form equivalent to Form PTO-1449 for the Examiner's consideration.

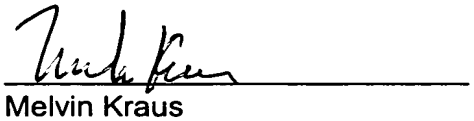
This information disclosure statement is being submitted within three months of the filing date.

To the extent that, the documents listed on the attached form equivalent to Form PTO-1449, are not in the English language, the requirement of 37 CFR 1.98(a)(3) for a concise explanation of the relevance is satisfied by an English language abstract and/or the discussion of these documents in the specification.

It is respectfully requested that this information disclosure statement be considered by the Examiner.

Please charge any shortage in the fees due in connection with the filing of this paper, including extension of time fees, to Deposit Account No. 01-2135 (520.44172X00) and please credit any excess fees to such deposit account.

Respectfully submitted,



Melvin Kraus
Registration No. 22,466
ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

MK/cee
Attachments
(703) 312-6600

OIPE JC25
OCT 25 2004
PATENT & TRADEMARK OFFICE

Form PTO-1449 or Equivalent | U.S. Department of Commerce Patent and Trademark Office

Atty. Docket No. 520.44172X00
Serial No. 10/921,938
Applicant: YATSU, et al
Filing Date: August 20, 2004
Group:

U.S. Patent Documents

Examiner Initials	Document No.	Date	Name	Class Subclass	Filing Date If Approp.

Foreign Patent Documents

	Document No.	Date	Country	Class Subclass	Translation Yes No
	5-134213	5/93	Japan		(abstract)
	6-194598	7/94	Japan		(abstract)
	11-326759	11/99	Japan		(abstract)
	2000-162544	6/00	Japan		(abstract)
	2002-357768	12/02	Japan		(abstract)

Other Documents (including Author, Title, Date, Pertinent Pages, etc.)

Examiner | Date Considered

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

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-134213
(43)Date of publication of application : 28.05.1993

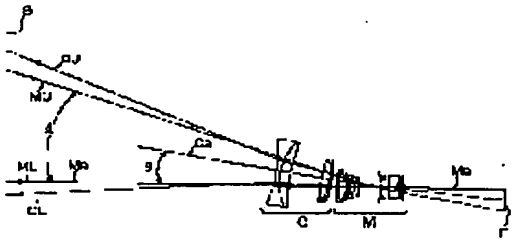
(51)Int.Cl. G02B 27/28
G02B 13/16
G02B 15/10
G03B 21/00

(21)Application number : 03-321263
(22)Date of filing : 08.11.1991

(71)Applicant : CANON INC
(72)Inventor : YOKOTA HIDEO

(54) PROJECTION DEVICE WITH ADDITIONAL OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:
PURPOSE: To obtain a projection image of excellent picture quality which has small curvature of field by specifying the optical arrangement of a projection system and the additional optical system.
CONSTITUTION: When the projection image F is enlarged and projected on the surface of a screen S through the projection system M and the additional optical system C which is arranged in front of the projection system M, the additional optical system C operates to switch the size of the projection image. In this case, the additional optical system C is mounted in an area wherein the angle of projection from the optical system Ma of the projection system M is large at a specific angle (? degree) to the optical axis Ma of the projection system M. Consequently, a difference in the incidence height from the optical axis of the additional optical system C when vertical (up-down) off-axis luminous flux is made incident on the additional optical system C is made small to reduce the distortion of the projection image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開平5－134213

(43)公開日　平成５年(1993)５月28日

(51)Int.Cl.[5]		識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
Ｇ０２Ｂ	27/28	Ｚ	9120－2K		
	13/16		8106－2K		
	15/10		8106－2K		
Ｇ０３Ｂ	21/00	Ｄ	7316－2K		

審査請求　未請求　請求項の数３(全　６　頁)

(21)出願番号　特願平3－321263

(22)出願日　平成３年(1991)11月８日

(71)出願人　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目30番２号

(72)発明者　横田　秀夫
東京都大田区下丸子３丁目30番２号　キヤノン株式会社内

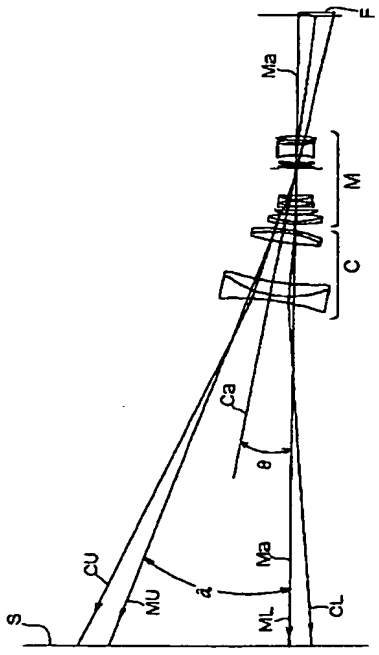
(74)代理人　弁理士　高梨　幸雄

(54)【発明の名称】　付加光学系を有した投影装置

(57)【要約】

【目的】　投影画像を付加光学系と投影系とを用いて光学性能を良好に維持しつつ斜方向に拡大投影することができる付加光学系を有した投影装置を得ること。

【構成】　投影画像Ｆを投影系Ｍと該投影系の前方に配置した付加光学系Ｃとを介してスクリーンＳ面上に拡大投影する際、該付加光学系は投影像の大きさを交換する作用を有し、かつ該投影系の光軸に対して所定の角度を有して配置していること。



Petitioner Ex 1002 053
2004 06 10 15:25

【特許請求の範囲】

【請求項１】　投影画像を投影系と該投影系の前方に配置した付加光学系とを介してスクリーン面上に拡大投影する際、該付加光学系は投影像の大きさを交換する作用を有し、かつ該投影系の光軸に対して所定の角度を有して配置していることを特徴とする付加光学系を有した投影装置。

【請求項２】　前記付加光学系は前記投影系の光軸に対して該投影系と該付加光学系との間に配置した角度設定手段により任意の角度に調整することができるようにしたことを特徴とする請求項１の付加光学系を有した投影装置。

【請求項３】　前記投影系単体の垂直方向の射出投影角をα、前記付加光学系を該投影系の前方に傾けて装着したときの該付加光学系の光軸と該投影系単体のときに射出する光束のうちの下端光線とのなす角をθとしたとき

$\alpha/3 \leqq \theta \leqq 2\alpha/3$

なる条件を満足することを特徴とする請求項１又は２の付加光学系を有した投影装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明は付加光学系を有した投影装置に関し、例えば撮影されたフィルム画像や液晶表示素子に表示した画像、そして一方向（例えばスクリーン面に投影する際の水平方向）に圧縮記録した画像等を投影画像（被投影光学素子）として用いスクリーン面に拡大投影する際に好適な付加光学系を有した投影装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】従来より投影画像を投影系によりスクリーン面上に拡大投影する他に投影系の前方にワイドコンバータやテレコンバータ等の付加光学系を着脱可能に装着して投影像の大きさを種々と変えて投影する投影装置が種々と提案されている。

【０００３】例えば特開平３－５７１４号公報では投影系の前方に光軸を同軸にして付加光学系を装着して投影像を変化させて投影した投影装置を提案している。又投影系の光軸に対して液晶等から成る投影画像を垂直方向にシフトして、投影像を光軸に対して非対称の斜方向に投影するようにした投影装置も提案されている。

【０００４】更にこのような投影装置において、撮影系の前方にワイドコンバータやテレコンバータ等の付加光学系を光軸に対して垂直方向にシフトして装着し、レンズ外径の小型化を図りつつ、投影像の大きさを変化させて斜方向に投影するようにした投影装置も提案されている。

【０００５】この他、水平方向に圧縮記録された画像を投影画像として用いアナモフィック系と投影系（マスターレンズ系）とを有する投影装置でスクリーン面上に横方向に拡大しワイド化を図って投影するようにした投影装置が、例えば特公昭４８－２４０４８号公報や特公昭６２－１７２０１号公報等で提案されている。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】一般に投影画像を投影系の光軸に対して垂直方向にずらして（シフトして）配置し、光軸とは非対称の斜方向に投影するようにした投影装置では、投射光線の片側の光線が絞りから遠くなり光軸からより離れてくる。この為画面の片側方向にのみ大きな像面歪曲が発生し、非対称な歪んだ投影像となってくる。

【０００７】このような投影装置にワイドコンバータ等の付加光学系を装着すると例えば図６（Ｂ）に示すように更に投影像１２ａが歪んでしまい観察しにくいという問題点があった。

【０００８】本発明は投影画像を投影系の光軸に対して垂直方向にシフトして配置すると共に該投影系の前方に付加光学系を装着して投影像の大きさを種々と変えて斜方向に拡大投影する際、投影系と付加光学系との光学的配置を適切に設定することにより、像面歪曲の発生が少なく、良好なる画質の投影像が得られる付加光学系を有した投影装置の提供を目的とする。

【０００９】

【課題を解決するための手段】本発明の付加光学系を有した投影装置は、投影画像を投影系と該投影系の前方に配置した付加光学系とを介してスクリーン面上に拡大投影する際、該付加光学系は投影像の大きさを交換する作用を有し、かつ該投影系の光軸に対して所定の角度を有して配置していることを特徴としている。

【００１０】特に本発明では、前記付加光学系は前記投影系の光軸に対して該投影系と該付加光学系との間に配置した角度設定手段により任意の角度に調整することができるようにしたことや、前記投影系単体の垂直方向の射出投影角をα、前記付加光学系を該投影系の前方に傾けて装着したときの該付加光学系の光軸と該投影系単体のときに射出する光束のうちの下端光線とのなす角をθとしたとき

$\alpha/3 \leqq \theta \leqq 2\alpha/3$

なる条件を満足すること等を特徴としている。

【００１１】

【実施例】図１は本発明に係る投影系と付加光学系の光学配置を示す実施例１の要部概略図である。図中Ｓはスクリーン、Ｍは正の屈折力を有した投影系（主光学系）、Ｃは付加光学系であり、ワイドコンバータ、テレコンバータ又はアナモフィック光学系等から成り、投影系Ｍの前方に投影系Ｍの光軸Ｍａに対して所定の角度傾けて配置している。Ｃａは付加光学系Ｃの光軸である。

【００１２】Ｆは投影画像であり、撮影された画像又は液晶表示素子より成る画像等から成り、投影系Ｍの光軸Ｍａに対して垂直方向（下方向）にシフトして配置している。同図では投影画像Ｆの上端が投影系Ｍの光軸Ｍａ

Petitioner Ex 1002 054

2004 06 10 15:25

と一致するように配置している。

【００１３】αは投影系Ｍ単体のときの投影画像Ｆの最軸外の上方光線ＭＵと下方光線ＭＬの垂直方向の射出投影角（垂直方向における最軸外の主光線ＭＵ，ＭＬとのなす角度）である。同図ではα＝１８度となっている。

【００１４】尚、本実施例では投影画像Ｆの上端が投影系Ｍの光軸Ｍａと一致ししている為に最軸外の下方光線ＭＬと光軸Ｍａとが一致している。

【００１５】ＣＵ，ＣＬは付加光学系Ｃを投影系Ｍの前方に傾けて配置したときの投影画像Ｆからの最軸外の垂直方向の上方光線と下方光線である。θは付加光学系Ｃの光軸Ｃａと投影系Ｍ単体のときの下方光線ＭＬとのなす角度である。同図ではθ＝９度となっている。

【００１６】本実施例では投影系Ｍの光軸Ｍａからの射出投影角の大きい領域内に付加光学系Ｃを投影系Ｍの光軸Ｍａに対して所定の角度（同図ではθ度）傾けて装着している。これにより垂直方向（上下方向）の軸外光束が付加光学系Ｃに入射するとき該付加光学系Ｃの光軸からの入射高の差を小さくし、投影像の歪みを小さくしている。特に本実施例では前述の角度αと角度θが

$$\alpha/3 \leqq \theta \leqq 2\alpha/3 \qquad \cdots\cdots (1)$$

となるように角要素を設定している。これにより投影像の歪みがより少なくなるようにしている。

【００１７】条件式（１）の下限値を越えると付加光学系Ｃが投影系Ｍの光軸Ｍａに対して平行に（同軸に）配置した場合とあまり変わらなくなり、投影像の歪みが増大してくるので良くない。又条件式の上限値を越えると軸外光線の付加光学系Ｃへの入射高が高くなり投影像の歪みが増大してくるので良くない。

【００１８】次に後述する数値実施例の投影系と付加光学系とを用いたとき、付加光学系を投影系の光軸に対して同軸に装着したときと、本発明の如く所定の角度傾けて装着したときの投影像の歪みの測定結果を表－１に示す。

【００１９】表－１では図２に示すように投影像の縦方向と横方向の長さを決め、縦方向の歪みをＷ１、横方向の歪みをＷ２としたとき

【００２０】

【数１】

$$W1 = \frac{L1+L2-2\times L5}{L1+L2} \times 100$$

$$W2 = \frac{L3-L4}{L3} \times 100$$

と定義している。

【００２１】このとき歪みＷ１は一般に言われるＴＶディストーションに相当し、歪みＷ２は投影画面の非対称度に相当している。

【００２２】図６（Ａ）は投影画像として長方形画像を用いたときの本発明による投影像、図６（Ｂ）は付加光学系を投影系と同軸としたときの図６（Ａ）と同様の投影像を示す。

【００２３】表－１及び図６（Ａ），（Ｂ）に示すように本発明によれば投影像の歪みが少なくなっていることが明らかである。

【００２４】尚、本実施例において付加光学系が球面系、例えばワイドコンバーターの場合は付加光学系の光軸Ｃａを投影系の光軸Ｍａに対して傾けて装着する場合、その回転中心が投影系の射出瞳の近傍とするのが収差補正上好ましい。又投影系がズームレンズのときで変倍により射出瞳の位置が変化しないときは射出瞳近傍が良く、射出瞳位置が変動するときは広角側での射出瞳近傍に設定するのが良い。

【００２５】投影画像として水平方向に圧縮記録した投影画像を用いるときは付加光学系は水平方向に画像を伸張させる光学作用を有するアナモフィック系より構成している。この場合は付加光学系の回転中心を前述の如く射出瞳の近傍にとらなくても同様な効果がある。

【００２６】図３は本発明の付加光学系を有した投影装置の概略図、図４は図３の投影本体３３に付加光学系本体３１を角度設定手段３２を介して結合する際のマウント部分の概略図である。

【００２７】図中３３は投影本体であり、投影系と照明手段とを収納している。３１は付加光学系本体であり、投影本体３３の前方に角度設定手段３２を介して所定の角度で装着している。角度設定手段３２の一方は投影本体３３の鏡筒のマウント部３３Ｍと結合する所定の開口を有するマウント部３２Ａを有している。又角度設定手段３２の他方は付加光学系本体３１と所定の角度で結合するような形状より成り、かつ付加光学系本体３１のネジ部３１Ｃと結合するネジ部３２Ｂを有している。

【００２８】本実施例ではこのような角度設定手段３２を用いることにより投影本体３３の前方に所定の角度を付与しつつ付加光学系本体３１を装着している。

【００２９】図５は本発明の投影装置の要部概略図である。本実施例では投影画像としてカラー液晶に形成された画像を用いている。

【００３０】図中５２は投影系、５１は付加光学系であり、投影系５２の前方に所定の角度傾けて装着している。７は白色光源でコリメートされた光束を射出している。３Ｒ，３Ｇ，３Ｂは各々赤用、緑用、青用の液晶表示素子（液晶ライトバルブ）である。液晶ライトバルブ（ＬＣＤ）３Ｒ，３Ｇ，３Ｂは制御信号によって光の透過率や反射率が変化する素子より成り、光源からの光を変調し、画像を形成している。

【００３１】４Ｒ，４Ｇ，４Ｂは各々フィールドレンズであり、液晶ライトバルブ３Ｒ，３Ｇ，３Ｂを効率的に照明する為のものである。６ａ，６ｂ，６ｃは各々反射ミラー、５１は赤反射ダイクロイックミラーで赤用の液晶表示素子３Ｒを照明している。５２，５３は緑反射ダ

Petitioner Ex 1002 055

2004 06 10 15:25

イクロイックミラーで緑用の液晶表示素子３Ｇを照明及び反射している。

【００３２】青用の液晶表示素子３Ｂは赤反射ダイクロイックミラー５１と緑反射ダイクロイックミラー５２を通過した青色光で照明される。５４は青反射ダイクロイックミラーである。光源７反射ミラー６ａ，６ｂ，６ｃ、ダイクロイックミラー５１，５２，５３，５４等は照明手段の一要素を構成している。

【００３３】同図においては白色光源７からの白色光をダイクロイックミラー（５１，５２，５３，５４）で赤、緑、青の各色光に色分解し、これら赤、緑、青の各色光により各々赤、緑、青用の液晶表示素子（３Ｒ，３Ｇ，３Ｂ）を照明し、これらの各色光に基づく液晶表示素子（３Ｒ，３Ｇ，３Ｂ）の像を投影系２と付加光学系１により図１に示すようにスクリーンＳ面上に重ねて投影し、カラー画像を得ている。

【００３４】尚、本発明の付加光学系を有した投影装置は図５の実施例に限られず図５の変形や単なる１枚の投影画像を投影する投影装置等にも同様に適用することができる。

【００３５】

【表１】

表　－　１

	歪　み	
	Ｗ１	Ｗ２
角度θ傾けたとき	4.4%	5.0%
同軸としたとき	5.4%	12.0%

次に本発明に係る図１の付加光学系と投影系の数値実施例を示す。数値実施例においてＲｉはスクリーン側より順に第ｉ番目のレンズ面の曲率半径、Ｄｉはスクリーン側より第ｉ番目のレンズ厚及び空気間隔、Ｎｉとνｉは夫々スクリーン側より順に第ｉ番目のレンズのガラスの屈折率とアッベ数である。

【００３６】

（数値実施例）

付加光学系　0.75×

R 1= -2.208	D 1= 0.054	N 1=1.69979	ν 1= 55.5	
R 2= 0.836	D 2= 0.141	N 2=1.72311	ν 2= 29.5	
R 3= 2.413	D 3= 0.434			
R 4= 3.132	D 4= 0.101	N 3=1.51825	ν 3= 64.2	
R 5= -0.993	D 5= 0.032	N 4=1.81265	ν 4= 25.4	
R 6= -1.397	D 6= 0.07			
投影系	F= 1	FNO= 5.7	ω= 0° ～18°	
R 7= 1.219	D 7= 0.024	N 5=1.81265	ν 5= 25.4	
R 8= 0.593	D 8= 0.079	N 6=1.51825	ν 6= 64.2	
R 9= -1.492	D 9= 0.001			
R10= 0.561	D10= 0.044	N 7=1.51825	ν 7= 64.2	
R11= 6.678	D11= 0.031			
R12= 4.235	D12= 0.016	N 8=1.77621	ν 8= 49.6	
R13= 0.451	D13= 0.048			
R14= -0.507	D14= 0.016	N 9=1.77621	ν 9= 49.6	
R15= 0.348	D15= 0.045	N10=1.85501	ν10= 23.9	
R16= 5.362	D16= 0.293			
R17= 絞り	D17= 0.007			
R18= 1.675	D18= 0.021	N11=1.69979	ν11= 55.5	
R19= -8.001	D19= 0.001			
R20= 0.466	D20= 0.030	N12=1.71615	ν12= 53.8	
R21= 1.316	D21= 0.081			
R22= -0.726	D22= 0.116	N13=1.73429	ν13= 28.5	
R23= 0.726	D23= 0.019			
R24=-585.529	D24= 0.030	N14=1.71615	ν14= 53.8	

Petitioner Ex 1002 056

2004 06 10 15:25

R25= -0.736　　D25=　0.001
R26=　1.855　　D26=　0.037　N15=1.71615　　ν15= 53.8
R27= -0.942

【００３７】

【発明の効果】本発明によれば前述の如く投影画像を投影系の光軸に対して垂直方向にシフトして配置すると共に該投影系の前方に付加光学系を装着して投影像の大きさを種々と変えて斜方向に拡大投影する際、投影系と付加光学系との光学的配置を適切に設定することにより、像面歪曲の発生が少なく、良好なる画質の投影像が得られる付加光学系を有した投影装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明に係る付加光学系と投影系の要部概略図

【図２】　投影像の歪みを示す説明図

【図３】　本発明の付加光学系を有した投影装置の概略図

【図４】　図３の一部分の拡大説明図

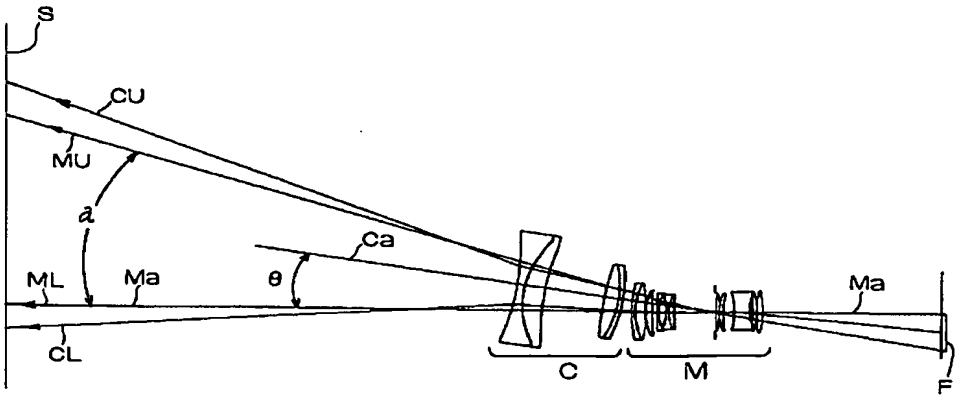
【図５】　本発明の一実施例の光学系の要部概略図

【図６】　投影像の歪みを示す説明図

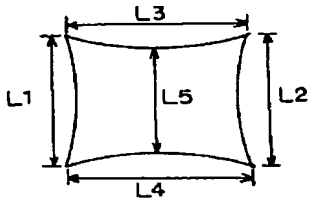
【符号の説明】

C，５１	付加光学系
M，５２	投影系
S	スクリーン
F	投影画像
３１	付加光学系本体
３２	角度設定手段
３３	投影本体

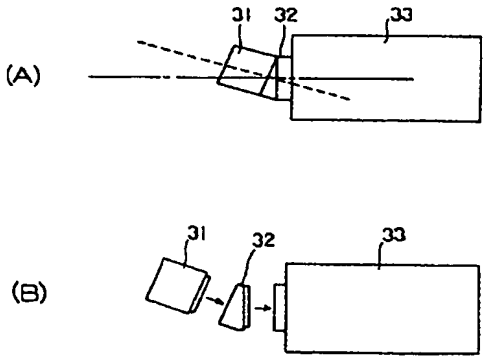
【図１】



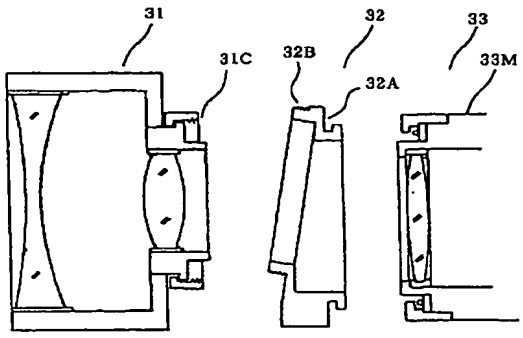
【図２】



【図３】

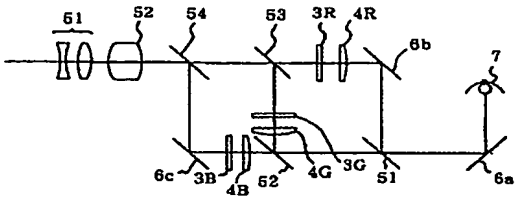


【図４】

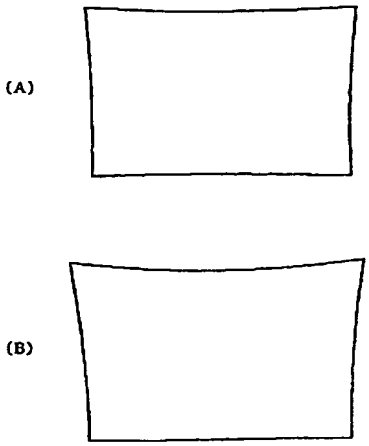


Petitioner Ex 1002 057
2004 06 10 15:25

【図５】



【図６】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-194598
(43)Date of publication of application : 15.07.1994

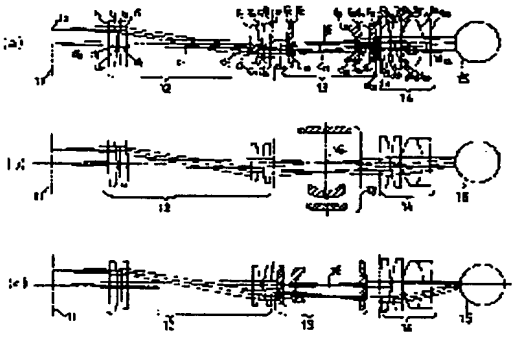
(51)Int.Cl. G02B 27/02
G02B 15/00
H04N 5/64

(21)Application number : 04-346088
(22)Date of filing : 25.12.1992

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD
(72)Inventor : YASUGAKI MASATO
KONUMA OSAMU
KIKUCHI HISAMI

(54) DISPLAY DEVICE OF HEAD MOUNTING TYPE

(57)Abstract:
PURPOSE: To observe a video at desired angle of view and desired magnification in a display device of head mounting type which projects the video displayed on a video display element to the eyeball of an observer.
CONSTITUTION: This device includes the video display element 11 displaying the video, and a projection optical system constituted of a 1st relay optical system 12, a 2nd relay optical system 13, and an ocular optical system 14 for projecting the video displayed by the element 11 to the eyeball of the observer; and the 2nd relay optical system 13 which is an afocal optical system is provided so that it can rotate centering around a shaft 16 perpendicular to an optical axis, and the projection magnification is varied at three steps by the rotation of the optical system 13.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開平6－194598

(43)公開日　平成６年(1994)７月15日

(51)Int.Cl.[5]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
Ｇ０２Ｂ　27/02		Ｚ　7036－2Ｋ		
15/00		9120－2Ｋ		
Ｈ０４Ｎ　5/64		５１１　Ａ　7205－5Ｃ		

審査請求　未請求　請求項の数１(全　８　頁)

(21)出願番号　特願平4－346088

(22)出願日　平成４年(1992)12月25日

(71)出願人　000000376
オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目43番２号

(72)発明者　安垣誠人
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目43番２号オリンパス光学工業株式会社内

(72)発明者　小沼　修
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目43番２号オリンパス光学工業株式会社内

(72)発明者　菊池久美
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目43番２号オリンパス光学工業株式会社内

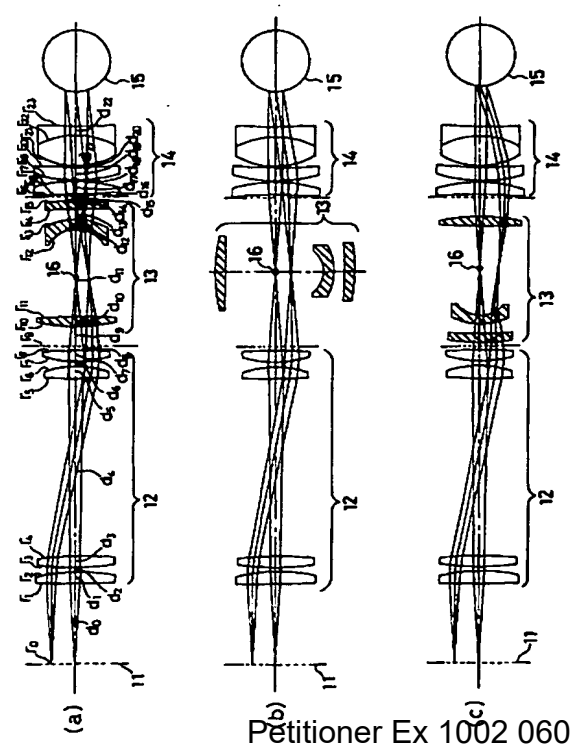
(74)代理人　弁理士　韮澤　弘　(外７名)

(54)【発明の名称】　頭部装着型ディスプレイ装置

(57)【要約】

【目的】　映像表示素子に表示された映像を観察者の眼球へ投影する頭部装着型ディスプレイ装置において、投影倍率を切り換え可能にして、所望の画角、倍率で映像を観察可能にする。

【構成】　映像を表示する映像表示素子１１と、映像表示素子１１によって表示された映像を観察者の眼球に投影するための第１のリレー光学系１２、第２のリレー光学系１３及び接眼光学系１４からなる投影光学系とを含み、アフォーカル光学系である第２のリレー光学系１３を光軸に対して垂直な軸１６を中心に回転可能に設け、この回転によって投影倍率を３段階で変更する。



Petitioner Ex 1002 060

【特許請求の範囲】

【請求項１】　映像を表示する映像表示素子と、前記映像表示素子によって表示された映像を観察者の眼球に投影する投影光学系とからなる頭部装着型ディスプレイ装置において、前記投影光学系の少なくとも一部の光学系を光軸に対して垂直な軸を中心に回転可能に設け、前記一部の光学系の前記回転によって投影倍率の変更を行うことを特徴とする頭部装着型ディスプレイ装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明は、観察者の頭部に保持する頭部装着型ディスプレイ装置に関し、特に、変倍機能を持った頭部装着型ディスプレイ装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】従来の頭部装着型ディスプレイ装置は、特開平３－１８８７７７号公報に示されるように、映像表示素子によって形成された映像は、初めに設定された画角で観察者の眼球に投影されている。しかし、このように画角を固定したものでは、観察する映像の種類によって種々の問題が生ずるおそれがある。すなわち、図１０（ａ）に示すように画角を広めに設定した場合、倍率は高くなるものの、長時間の観察には圧迫感が伴い、疲れやすくなったり、撮影時に解像度の低い映像に対しては図示のように曲線等が画素配列の凹凸の並びのように映ってしまう。また、同図（ｂ）に示すように画角を狭めに設定した場合、画面が小さく、迫力感に欠けたり、細かい映像が見えなくなったりする。

【０００３】また、このように画角を固定したものにおいて、例えば特開平４－１７７９８６号公報に示されるように、アスペクト比４：３のＮＴＳＣ方式の映像から１６：９のＨＤＴＶ方式の映像へ切り換えると、画面の上下がカットされて迫力が減少するように感じられる。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、映像表示素子に表示された映像を観察者の眼球へ投影する頭部装着型ディスプレイ装置において、投影倍率を切り換え可能にして、所望の画角、倍率で映像を観察可能にすることである。

【０００５】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の頭部装着型ディスプレイ装置は、映像を表示する映像表示素子と、前記映像表示素子によって表示された映像を観察者の眼球に投影する投影光学系とからなる頭部装着型ディスプレイ装置において、前記投影光学系の少なくとも一部の光学系を光軸に対して垂直な軸を中心に回転可能に設け、前記一部の光学系の前記回転によって

$$L_2 = \beta(1+\beta)f + \beta^2 L_1$$

の関係がある。このアフォーカル光学系１３において、物点と像点が一致するためには、$L_2 = L_1 - (1+$

投影倍率の変更を行うことを特徴とするものである。

【０００６】

【作用】本発明においては、投影光学系の少なくとも一部の光学系を光軸に対して垂直な軸を中心に回転可能に設け、この一部の光学系の回転によって投影倍率の変更を行うので、コンパクトな構成で好みの観察画角、倍率を選択することができる。また、これと電子ズームを併用することにより、連続的な変倍も可能となる。さらに、変倍のための光学系の状態を検知して、それによる像歪を打ち消すように、映像表示素子に表示する映像を補正することより、常に歪みのない映像を観察することができる。

【０００７】

【実施例】本発明は、基本的に、頭部装着型ディスプレイ装置の投影光学系に変倍機能を持たせて、好みの観察画角を選択できるようにするものである。また、画面のアスペクト比を例えば横長のものにしようとするとき、自動的に倍率を上げるようにするものである。そして、コンパクトな構成で変倍機能を得るために、リレー光学系を使用してその一部もしくは全部を光軸に垂直な軸の周りで回転させることにより変倍する方式を採用する。また、これと電子ズームを併用することにより、連続的な変倍も可能となる。さらに、変倍のための光学系の状態を検知して、それによる像歪を打ち消すように、映像表示素子に表示する映像を補正することより、常に歪みのない映像を観察可能にする。

【０００８】以下、図面を参照にして本発明のいくつかの実施例について説明する。図１に第１実施例のターレット変倍式頭部装着型ディスプレイ装置の光学系の１例を示す。図の（ａ）は低倍率、（ｂ）は中間倍率、（ｃ）は高倍率に切り換えた状態を示す。液晶表示素子等からなる映像表示素子１１から出た光線は、第１のリレー光学系１２によって第２のリレー光学系１３へ導かれる。この第２のリレー光学系１３の物体面と像面は、後記するように、同一面に重なるように構成されており、この物体面（像面）に第１のリレー光学系１２の像面が一致するように配置される。第２のリレー光学系１３の像は、接眼光学系１４によりこの頭部装着型ディスプレイ装置の装着者の眼球１５に投影される。

【０００９】ところで、第１のリレー光学系１２、第２のリレー光学系１３はアフォーカル光学系から構成されている。ここで、第２のリレー光学系１３を２枚の薄肉レンズで表し、その前群のレンズからの物点位置をL_1とし、後群レンズからの像点位置をL_2とし、前群レンズの焦点距離をｆ、このアフォーカル光学系の倍率をβ（後群レンズの焦点距離をｆ′とすると、$\beta = f'/f$で定義される。）とすると、

・・・・（１）

β）ｆを満足する必要があるので、

Petitioner Ex 1002 061

$$L_1 = f\ (1+\beta) / (1-\beta) \quad \cdots\cdots (2)$$

の位置に第１のリレー光学系１２の像面が一致するように構成する。

【００１０】このように、第２のリレー光学系１３は、物体面と像面が一致するように配置されているので、その物体面と像面が一致する面と光軸が交わる点１６を回転中心として、図１（ｃ）に示すように反転させても、接眼光学系１４の物体面、すなわち、第２のアフォーカルリレー光学系１３の像面は不動である。

【００１１】ところで、上記のような回転を考える場合、第２のアフォーカルリレー光学系１３をコンパクトに構成するためには、その物体面と像面が一致する面が、第２のアフォーカル光学系１３自身の中心付近に存在することが望ましい。そのためには、

$$0 < L_1 < (1+\beta)\ f \quad \cdots\cdots (3)$$

を満たす必要がある。

【００１２】また、第２のアフォーカルリレー光学系１３をこの光学系から外しても、全体の光学系の共役関係はくずれないため、図１（ｂ）に示すように、第２のリレー光学系１３を点１６を中心にしてほぼ９０°回転させ、実質的に光学系から除去して光束がレンズでケラレないようにすれば、第２のアフォーカルリレー光学系１３を反転させた場合と別の中間の倍率が得られる。

【００１３】以下、図１のレンズ系の数値例を示すが、r_0、r_1、r_2…は各レンズ面の曲率半径、d_0、d_1、d_2…は各レンズ面間の間隔、n_{d1}、n_{d2}…は各レンズのｄ線の屈折率、ν_{d1}、ν_{d2}…は各レンズのアッベ数である。以下のレンズデータは図１（ｃ）の状態を表す。

【００１４】

r_0 =	∞（表示面）	d_0 =25.7848	
r_1 =	306.1083	d_1 = 4.0000	n_{d1} =1.51633 ν_{d1} =64.15
r_2 =	-47.7603	d_2 = 1.0000	
r_3 =	55.0646	d_3 = 4.0000	n_{d2} =1.51633 ν_{d2} =64.15
r_4 =	-102.8609	d_4 =56.7116	
r_5 =	197.9326	d_5 = 4.0000	n_{d3} =1.51633 ν_{d3} =64.15
r_6 =	-27.7873	d_6 = 1.0000	
r_7 =	28.9316	d_7 = 4.0000	n_{d4} =1.51633 ν_{d4} =64.15
r_8 =	-216.5943	d_8 = 1.1773	
r_9 =	∞	d_9 = 1.0721	
r_{10}=	51.3367	d_{10}= 3.0000	n_{d5} =1.51633 ν_{d5} =64.15
r_{11}=	250.9523	d_{11}= 3.0000	
r_{12}=	17.7403	d_{12}= 3.0000	n_{d6} =1.51633 ν_{d6} =64.15
r_{13}=	8.4168	d_{13}=28.6919	
r_{14}=	196.9942	d_{14}= 3.0000	n_{d7} =1.51633 ν_{d7} =64.15
r_{15}=	-50.6047	d_{15}= 6.2360	
r_{16}=	∞	d_{16}= 0.7190	
r_{17}=	-247.9685	d_{17}= 4.4000	n_{d8} =1.51633 ν_{d8} =64.15
r_{18}=	-43.1797	d_{18}= 0.3000	
r_{19}=	41.4108	d_{19}= 4.2000	n_{d9} =1.61272 ν_{d9} =58.75
r_{20}=	185.3355	d_{20}= 0.3000	
r_{21}=	21.4474	d_{21}=10.0000	n_{d10}=1.60300 ν_{d10}=65.48
r_{22}=	-22.0988	d_{22}= 3.0000	n_{d11}=1.78472 ν_{d11}=25.68
r_{23}=	104.3221		

上記において、r_0は映像表示素子１１の表示面を示し、d_0は映像表示素子１１の表示面から第１のアフォーカルリレー光学系１２の第１面r_1までの間隔を表す。なお、第１面r_1から第８面r_8までが第１のアフォーカルリレー光学系１２を示し、第９面r_9から第１６面r_{16}までが第２のアフォーカルリレー光学系１３を示し、第１７面r_{17}から第２３面r_{23}までが接眼光学系１４を示す。図１（ａ）の状態は、上記のデータにおいて、第９面r_9と第１６面r_{16}の位置を一致させてその間を反転（１８０°回転）させたものであり、図１（ｂ）の状態は、第９面r_9から第１６面r_{16}の間を除去したものである。

【００１５】以上の例は、屈折共軸光学系であるが、図２に模式的に示すように、接眼光学系を曲面反射ミラー２５で構成することもできる。この場合、ディスプレイ装置を顔面２７に沿わせるため、映像表示素子２１から出た光線は、偏芯構成の第１のアフォーカルリレー光学系２２によって第２のアフォーカルリレー光学系２３へ

Petitioner Ex 1002 062

導かれ、第２のリレー光学系２３の像は、偏芯構成の別のリレー光学系２４により曲面反射ミラー２５の物体面に導かれ、この曲面反射ミラー２５により装着者の眼球２６に投影される。この場合も、変倍のために第２のアフォーカルリレー光学系２３は点１６を中心に反転可能になっている。

【００１６】このような変倍光学系の応用例の１つとして、ＮＴＳＣ方式とＨＤＴＶ方式の間の映像の切り換え時の自動変倍機能があげられる。すなわち、図３（ａ）に示すように、特開平４－１７７９８６号公報に示されているように、変倍しないでＮＴＳＣ画像をＨＤＴＶ画像へ切り換えると、画面上下部３１がカットされるため、画面が小さくなるように感じられる。これに対し、図１、図２に示したような変倍光学系を利用して、図３（ｂ）に示すように、ＮＴＳＣ画像からＨＤＴＶ画像への切り換え時に、自動的に第２リレー光学系１３、２３を回転させて倍率を上げるようにすれば、画面上下部３１がカットされても画面が小さく感じられることはない。

【００１７】また、本発明の第２実施例においては、上記第１実施例の頭部装着型ディスプレイ装置において、低倍より小さな画像、低倍と中倍もしくは中倍と高倍の中間の大きさの映像を得たい場合に、高い方の倍率を選び、その倍率で映像表示素子の表示領域を制限し、そこに圧縮された画像を表示することにより、中間の倍率の大きさの映像を得るものである。これを電子ズームと言う。図４において、低倍、中倍、高倍の映像は、図１、図２のような変倍光学系により選択的に得る。そして、例えば低倍と中倍の間の倍率の映像は、光学的には中倍の倍率で表示し、映像表示素子の表示領域の周辺４１をカットし、残りの領域４２に映像を圧縮して表示し、結果的に低倍と中倍の間の倍率を得ている。このように、光学系による変倍と電子ズームを組み合わせることにより、任意の倍率を得ることができ、電子ズームのみによっては達成できないズーム比が得られる。

【００１８】次に、第３実施例について説明する。この実施例は、図１、図２のような変倍光学系において、各倍率の歪曲収差（像歪）が異なるのを電子的に補正する実施例である。第１実施例の変倍光学系において、図５のブロック図に示すように、倍率切り換えをレバー５１を用いた手動式で行う場合、レバー部もしくは回転体に取り付けられたレンズ状態検出装置５２によりレンズ系の状態（倍率）を検出するようにすることができる。そして、各状態での像歪補正情報をメモリー５３に記憶しておき、像歪補正コントローラー５４は、レンズ状態検出装置５２からの情報を受け取り、メモリー５３を参照して像歪補正回路５５に送るべき補正情報を選択する。この補正情報に基づいて像歪補正回路５５は表示する映像信号５６を補正して、映像表示素子（ＬＣＤ）１１又は２１（図１、図２）に送る。

【００１９】手動のレバーの代わりに、電動スイッチを用いて変倍を行う場合も、電動スイッチからレンズ状態検出装置５２へ信号を送るか、レバー式と同様に回転体にレンズ状態検出装置５２を付けることにより、上記と同様の作用が得られる。

【００２０】図６に模式的に低倍、中倍、高倍の光学系の像歪（ａ）及びメモリー５３内の像歪補正情報（ｂ）を示してあり、例えば糸巻型の像歪を示す高倍において、図６（ｂ）の像歪補正情報に基づいてＬＣＤに表示する入力画像を補正する様子及び観察画像を図７に示す。このようにして、観察者は何れの状態においても歪みのない映像を観察することができる。

【００２１】次に、本発明の第４実施例について説明する。この実施例は、光学系の構成は第１実施例と同じであり、光学系の状態（倍率）ａ、ｂに応じて専用の像歪補正回路を設け、状態に応じて映像信号の経路を切り換える例である。すなわち、図８のブロック図に示すように、図５の場合と同様、切り換えをレバー又は電動スイッチ５１からレンズ状態検出装置５２によりレンズ系の状態を検出し、その検出情報が像歪補正コントローラー５４へ送られる。この実施例においては、像歪補正コントローラー５４は、受け取ったレンズ系の状態の情報に基づいて、切り換え器５７を適切な位置へ切り換える。映像信号５６は、切り換え器５７によって専用の像歪補正回路５８ａ又は５８ｂが選択され、それぞれ倍率に応じて像歪が補正され、映像表示素子（ＬＣＤ）１１又は２１へ送られる。

【００２２】次に、第５実施例について説明する。この実施例は、本発明の回転による変倍を前提として、この回転による変倍の補助及び収差補正を目的として、バリエーターとコンペンセータからなるズームレンズ系を加えたものであり、倍率を連続的に変化させたり、収差を補正することができる。図９はその模式的な光路図であり、映像表示素子２１からの光線は、光軸に沿って移動可能なレンズ６１と６２及びその間に配置された図１又は図２と同様なアフォーカル光学系６３からなる光学系により結像され、その像は偏芯構成のリレー光学系６４により曲面反射ミラー２５の物体面に導かれ、この曲面反射ミラー２５により装着者の眼球２６に投影される。この場合、レンズ６１と６２の間に配置されたアフォーカル光学系６３は点１６を中心に反転可能になっており、図１、図２の実施例と同様、この光学系の投影倍率を段階的に変更できる。また、レンズ６１と６２の矢印で示したような光軸方向の移動により、アフォーカル光学系６３の反転又は除去による収差変動を補正する。その代わりに又はそれに加えて、アフォーカル光学系６３による段階的な変倍の間の倍率に連続的に変倍する。

【００２３】以上、本発明の頭部装着型ディスプレイ装置をいくつかの実施例に基づいて説明してきたが、本発明はこれら実施例に限定されず種々の変形が可能であ

Petitioner Ex 1002 063

る。例えば、反転するアフォーカル光学系を、複数のレンズで構成する代わりに、図９に示すように、１枚の厚肉レンズ６３で構成することもできる。また、この反転する光学系として、アフォーカル光学系でなく、通常のレンズ系によって構成してもよい。その場合は、回転により一般にピントがずれるので、その補正を行うようにすればよい。

【００２４】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の頭部装着型ディスプレイ装置によると、投影光学系の少なくとも一部の光学系を光軸に対して垂直な軸を中心に回転可能に設け、この一部の光学系の回転によって投影倍率の変更を行うので、コンパクトな構成で好みの観察画角、倍率を選択することができる。また、これと電子ズームを併用することにより、連続的な変倍も可能となる。さらに、変倍のための光学系の状態を検知して、それによる像歪を打ち消すように、映像表示素子に表示する映像を補正することより、常に歪みのない映像を観察することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１実施例の頭部装着型ディスプレイ装置の光学系の１例を示す図である。

【図２】第１実施例の変形例の光学系を模式的に示す図である。

【図３】本発明の変倍光学系の１つの応用例を説明するための図である。

【図４】電子ズームと組み合わせた第２実施例の作用を説明するための図である。

【図５】第３実施例の像歪を電子的に補正するためのブロック図である。

【図６】第３実施例の光学系の像歪（ａ）とメモリー内の像歪補正情報（ｂ）を模式的に示す図である。

【図７】表示する入力画像を補正する様子及び観察画像を示す図である。

【図８】第４実施例の像歪を電子的に補正するためのブロック図である。

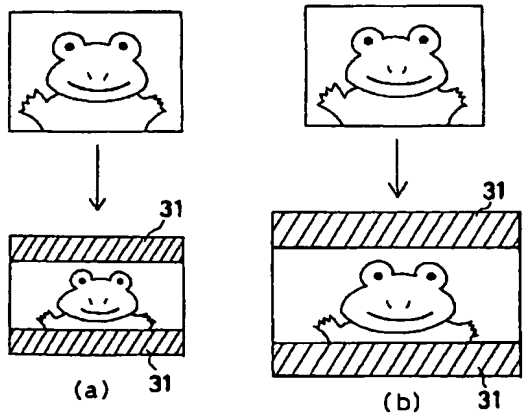
【図９】第５実施例の模式的な光路図である。

【図１０】従来技術の問題点を説明するための図である。

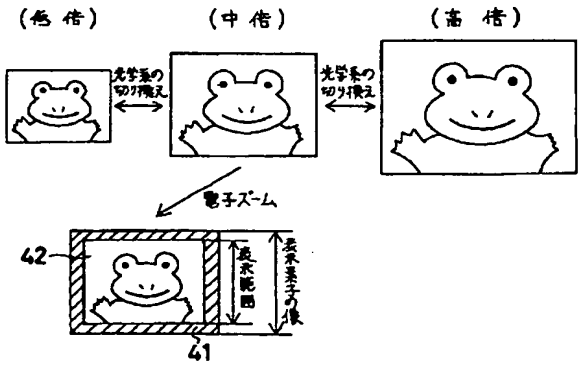
【符号の説明】

１１…映像表示素子
１２…第１のリレー光学系
１３…第２のリレー光学系
１４…接眼光学系
１５…眼球
１６…回転中心点
２１…映像表示素子
２２…第１のアフォーカルリレー光学系
２３…第２のアフォーカルリレー光学系
２４…リレー光学系
２５…曲面反射ミラー
２６…眼球
２７…顔面
３１…画面上下部
４１…表示領域の周辺
４２…表示範囲
５１…倍率切り換えをレバー又は電動スイッチ
５２…レンズ状態検出装置
５３…メモリー
５４…像歪補正コントローラー
５５…像歪補正回路
５６…映像信号
５７…切り換え器
５８ａ、５８ｂ…像歪補正回路
６１、６２…移動可能なレンズ
６３…アフォーカル光学系
６４…リレー光学系

【図３】

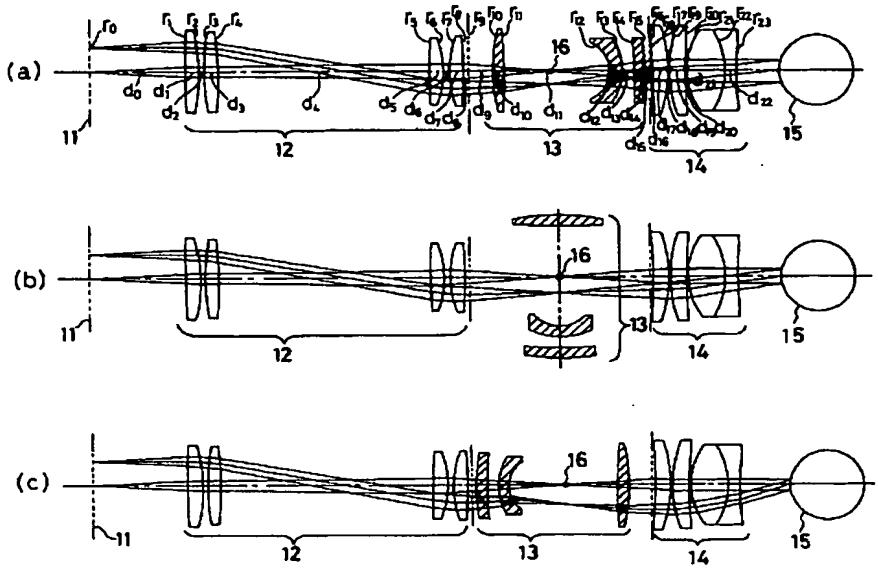


【図４】

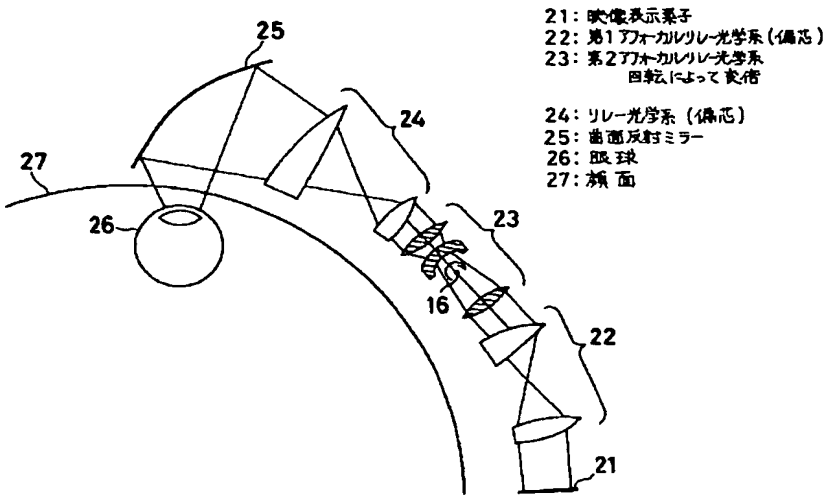


Petitioner Ex 1002 064

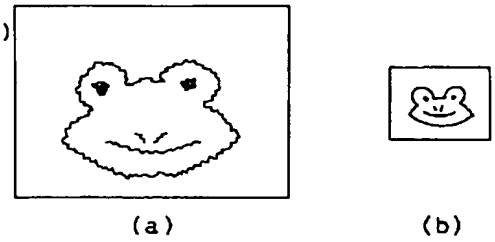
【図１】



【図２】

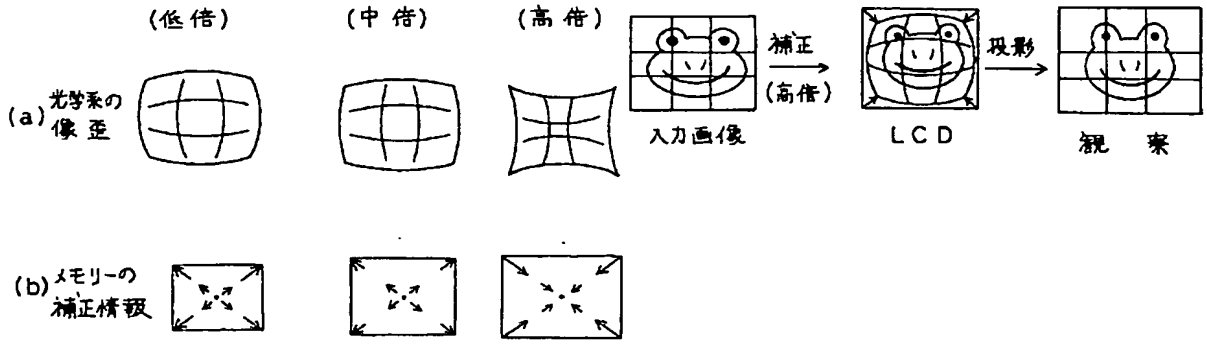


【図１０】



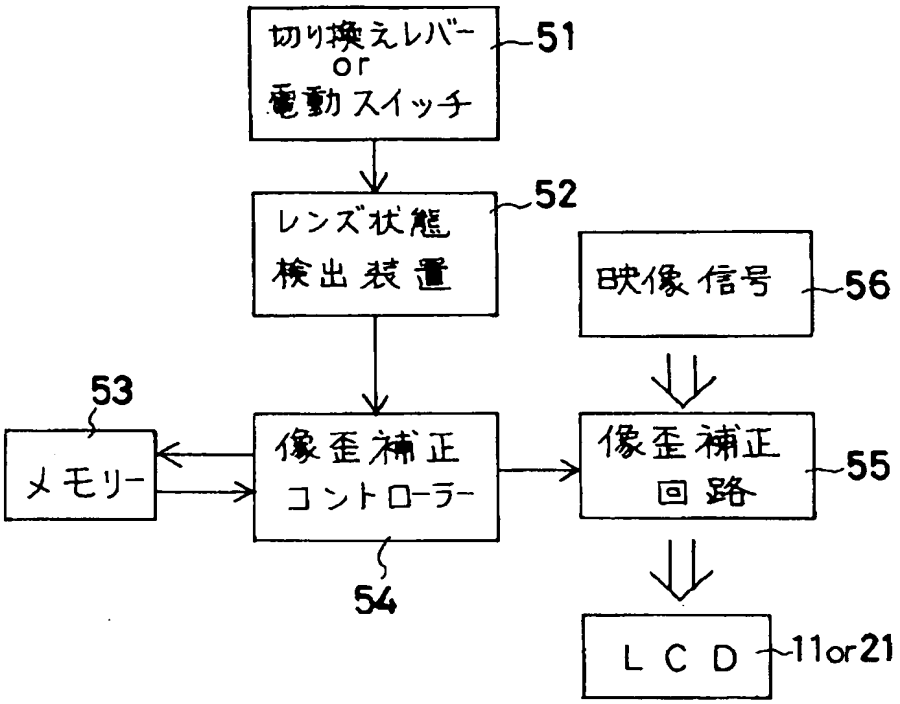
【図６】

【図７】

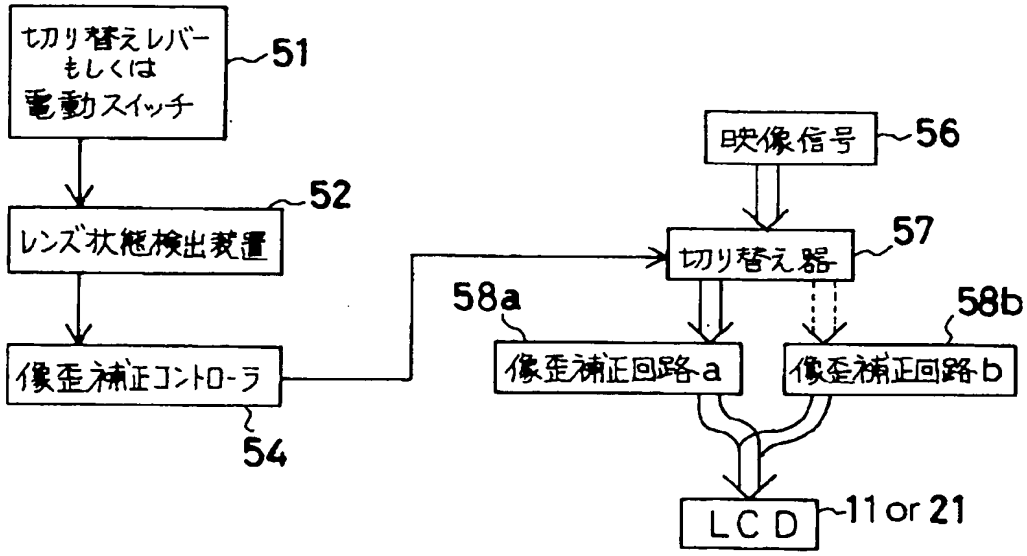


Petitioner Ex 1002 065

【図５】

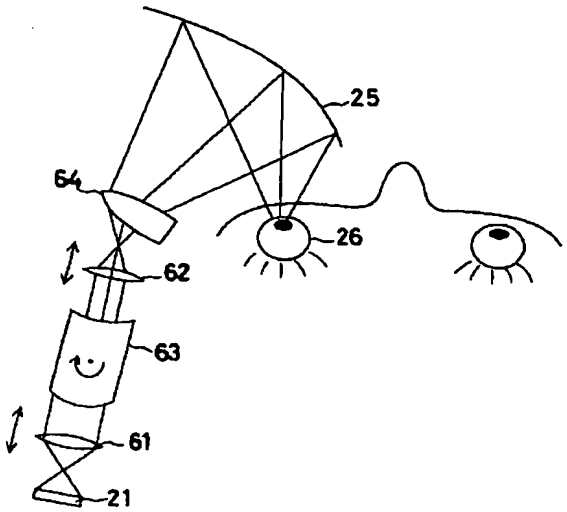


【図８】



Petitioner Ex 1002 066

【図９】



【手続補正書】
【提出日】平成５年４月２３日
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００２
【補正方法】変更
【補正内容】
【０００２】
【従来の技術】従来の頭部装着型ディスプレイ装置は、特開平３－１８８７７７号公報に示されるように、映像表示素子によって形成された映像は、初めに設定された画角で観察者の眼球に投影されている。しかし、このように画角を固定したものでは、観察する映像の種類によって種々の問題が生ずるおそれがある。すなわち、図１０（ａ）に示すように画角を広めに設定した場合、倍率は高くなるものの、長時間の観察には圧迫感が伴い、疲れやすくなったり、映像表示素子の画素が高倍率で拡大されるために、図示のように曲線等が画素配列の凹凸の並びのように映ってしまう。また、同図（ｂ）に示すように画角を狭めに設定した場合、画面が小さく、迫力感に欠けたり、細かい映像が見えなくなったりする。

Petitioner Ex 1002 067

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-326759
(43)Date of publication of application : 26.11.1999

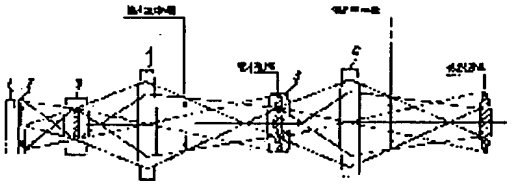
(51)Int.Cl. G02B 13/24
G02B 17/08
G02B 27/02
G02F 1/1335
G09F 9/00
H04N 5/74

(21)Application number : 10-134712
(22)Date of filing : 18.05.1998

(71)Applicant : RICOH CO LTD
(72)Inventor : KOBU MAKOTO
SAKUMA NOBUO

(54) PICTURE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a low-power and lightweight personal picture display device where the size of picture display can be freely designed.
SOLUTION: Relating to this picture display device equipped with a picture forming part 2 where luminous flux from a light source 1 is transmitted or reflected; the luminous flux passing through the picture forming part 2 is transmitted through or reflected by a projection lens and a field lens so as to form a display picture in the air. By arranging the combination of the projection lens and the field lens by plural steps, the enlargement ratio of the display picture is successively increased. To put it concretely, the display picture of the picture forming part is enlarged by the 1st projection lens 3 and the 1st field lens 4 so as to form a 1st aerial picture, and a 2nd aerial picture is formed by taking the 1st aerial picture as an input picture by the 2nd projection lens 5 and the 2nd field lens 6. Thus, the aerial picture is enlarged and displayed on a screen whose size is 20 to 30 or more inches even by a small original picture display element such as a liquid crystal display element where the picture forming part is set to 1 to 3 inches.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.05.2003
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) **公開特許公報（Ａ）**　(11)特許出願公開番号

特開平11－326759

(43)公開日　平成11年(1999)11月26日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	ＦＩ		
Ｇ０２Ｂ　13/24		Ｇ０２Ｂ　13/24		
17/08		17/08		Ａ
27/02		27/02		Ｚ
Ｇ０２Ｆ　1/1335		Ｇ０２Ｆ　1/1335		
Ｇ０９Ｆ　9/00	３５７	Ｇ０９Ｆ　9/00	３５７	

審査請求　未請求　請求項の数５　ＯＬ　（全７頁）　最終頁に続く

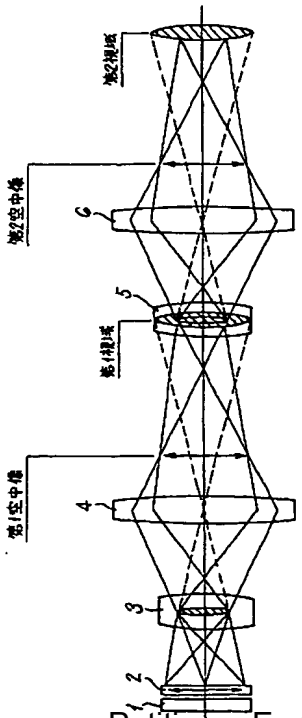
(21)出願番号　特願平10－134712

(22)出願日　平成10年(1998)５月18日

(71)出願人　000006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込１丁目３番６号
(72)発明者　小夫　真
東京都大田区中馬込１丁目３番６号・株式会社リコー内
(72)発明者　佐久間　伸夫
東京都大田区中馬込１丁目３番６号・株式会社リコー内
(74)代理人　弁理士　樺山　亨　（外１名）

(54)【発明の名称】　画像表示装置

(57)【要約】
【課題】本発明は、小電力で且つ軽量で、画像表示の大きさも自由に設計できるパーソナルな画像表示装置を提供するものである。
【解決手段】本発明は、光源１からの光束を透過または反射する画像形成部２を備え、画像形成部２を通過した光束が、投影レンズと視野レンズを透過または反射し、空中に表示画像を形成する画像表示装置であり、上記投影レンズと視野レンズの組み合わせを複数段配置して、表示画像の拡大率を順次、拡大できるように構成した。具体的には、第１投影レンズ３と第１視野レンズ４により画像形成部の表示画像を拡大して第１空中像を形成し、第２投影レンズ５と第２視野レンズ６により第１空中像を入力画像として第２空中像を形成する。これにより、画像形成部が１～３インチの液晶表示素子のような小さな原画表示素子でも、２０～３０インチ以上の画面に拡大して空中像を表示することができる。



Petitioner Ex 1002 069

【特許請求の範囲】
【請求項１】光源からの光束を透過または反射する画像形成部を備え、該画像形成部を通過した光束が、投影レンズと視野レンズを透過または反射し、空中に表示画像を形成する画像表示装置において、
上記投影レンズと視野レンズの組み合わせを複数段配置して、表示画像の拡大率を順次、拡大できるように構成したことを特徴とする画像表示装置。
【請求項２】請求項１に記載の画像表示装置において、第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせからなる第１の空中像形成用光学系で空中に投影される表示画像は、画像形成部に形成される入力画像を空中像として形成したものであり、第２の投影レンズと第２の視野レンズの組み合わせからなる第２の空中像形成用光学系で空中に投影される表示画像は、上記第１の空中像形成用光学系で形成された空中像を入力画像として第２の空中像を形成したものであり、その第２の空中像を形成するため、上記第２の投影レンズは、上記第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせで形成される視域内に配置されることを特徴とする画像表示装置。
【請求項３】請求項１または２に記載の画像表示装置において、第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせで形成される第１視域の大きさより、第２の投影レンズと第２の視野レンズの組み合わせで形成される第２視域の大きさを大きくすることを特徴とする画像表示装置。
【請求項４】請求項１または２に記載の画像表示装置において、第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせで形成される第１空中像形成用光学系の光路では、画像形成部に対する第１空中像の拡大率が高い条件であり、第２の投影レンズと第２の視野レンズの組み合わせで形成される第２空中像形成用光学系の光路では、第１空中像に対する第２空中像の拡大率が上記第１空中像形成用光学系と同等または小さい条件で、且つ第２視域を大きくする条件とすることを特徴とする画像表示装置。
【請求項５】請求項１，２，３または４に記載の画像表示装置において、第１の視野レンズは凸レンズであり、第２の視野レンズは凹面鏡で構成することを特徴とする画像表示装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は、パーソナルコンピュータ等からの出力情報や画像の表示、ビデオプレーヤやテレビジョン等の画像表示に用いられる画像表示装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】従来、パーソナルコンピュータ等の情報機器に用いられるパーソナルなデスクトップディスプレイとしてはＣＲＴ（Cathode-Ray Tube）ディスプレイが主流であったが、近年、直視タイプの液晶ディスプレイが主流になりつつある。この液晶ディスプレイは、ＣＲＴと比較して薄型で消費電力の低減が図れ、大まかに言っても５０％乃至５０％以下の省電力化が可能となる。また、消費電力をさらに低減させる液晶ディスプレイとして、ＳＴＮ（Super Twisted Nematic）タイプの液晶材料を使ったものが発表されている。
【０００３】さらに、液晶ディスプレイにはプロジェクタ型の液晶ディスプレイがあり、このプロジェクタ型液晶ディスプレイでは、画像形成部に液晶を用い、画像形成部に形成した画像を投影レンズによりスクリーンに投影して画像表示を行うため、画像表示の拡大を容易に行うことができる。しかし、プロジェクタ型液晶ディスプレイでは、大きな画面で明るい画像にするため、ハロゲンランプ等の１００Ｗ前後またはこれを越えるワット数の照明ランプを使うので、消費電力が大きいという欠点がある。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】パーソナルコンピュータ等の個人用情報機器の普及や、ビデオプレーヤ、デジタルビデオディスク（ＤＶＤ）プレーヤ等の発展に伴い、今後ディスプレイの形態は多様化していく方向にある。一例としては、１人用のディスプレイとして頭部に装着して使うヘッドマウントディスプレイ（以下、ＨＭＤ）が商品化されている。しかし、この商品は頭部に装着して使用するため、その使用に不快感を感じる場合や長時間の使用には耐え難いものがある。また、車載用の表示装置としてヘッドアップディスプレイ（以下、ＨＵＤ）等も商品化されており、用途に応じた種々の画像表示装置の開発が成されている。このように種々の情報機器及びその表示装置が開発、商品化されているが、益々情報化社会になるにつれ、パーソナルな情報機器や画像表示装置の消費電力の低減を図ることは止むことのない課題である。
【０００５】本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、デスクトップ用の直視タイプのディスプレイより更に消費電力を下げることができ、画像表示の大きさも自由に設計できるパーソナルな画像表示装置を提供することを目的とする。
【０００６】
【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項１に係る画像表示装置は、光源からの光束を透過または反射する画像形成部を備え、該画像形成部を通過した光束が、投影レンズと視野レンズを透過または反射し、空中に表示画像を形成する画像表示装置であり、上記投影レンズと視野レンズの組み合わせを複数段配置して、表示画像の拡大率を順次、拡大できるように構成したことを特徴とする。
【０００７】請求項２に係る画像表示装置は、請求項１の構成に加えて、第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせからなる第１の空中像形成用光学系で空中

Petitioner Ex 1002 070

に投影される表示画像は、画像形成部に形成される入力画像を空中像として形成したものであり、第２の投影レンズと第２の視野レンズの組み合わせからなる第２の空中像形成用光学系で空中に投影される表示画像は、上記第１の空中像形成用光学系で形成された空中像を入力画像として第２の空中像を形成したものであり、その第２の空中像を形成するため、上記第２の投影レンズは、上記第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせで形成される視域内に配置されることを特徴とする。

【０００８】請求項３に係る画像表示装置は、請求項１または２の構成に加えて、第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせで形成される第１視域の大きさより、第２の投影レンズと第２の視野レンズの組み合わせで形成される第２視域の大きさを大きくすることを特徴とする。

【０００９】請求項４に係る画像表示装置は、請求項１または２の構成に加えて、第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせで形成される第１空中像形成用光学系の光路では、画像形成部に対する第１空中像の拡大率が高い条件であり、第２の投影レンズと第２の視野レンズの組み合わせで形成される第２空中像形成用光学系の光路では、第１空中像に対する第２空中像の拡大率が上記第１空中像形成用光学系と同等または小さい条件で、且つ第２視域を大きくする条件とすることを特徴とする。

【００１０】請求項５に係る画像表示装置は、請求項１，２，３または４の構成に加えて、第１の視野レンズは凸レンズであり、第２の視野レンズは凹面鏡で構成することを特徴とする。

【００１１】

【発明の実施の形態】以下、本発明の構成、動作及び作用について図面を参照して詳細に説明する。まず、本発明に係る画像表示装置の基本となる空中像表示型の光学系について図４を参照して説明する。尚、図４には、本発明に係る空中像表示型の構成に加えて、比較例としてスクリーンに表示を行う場合の結像位置も合わせて示してある。

【００１２】図４に示す画像表示装置の光学系では、光軸上に光源１、画像形成部２、投影レンズ３、視野レンズ４が配置されている。画像形成部２には、例えば液晶表示パネル（ＬＣＤ）が用いられ、光源１から出射し、液晶表示パネルからなる画像形成部２を通過した光束は、投影レンズ３と視野レンズ４を透過し、空中に表示像として空中像を形成する。図４はこの空中像を形成した状態を示している。この空中像はスクリーンを用いないでオペレータが見られる直視タイプの画像である。但し、オペレータから画像が見られる領域（以下、視域という）が限られている。

【００１３】また、図４において、投影レンズ３の後方の視野レンズ４を光路から取り除き、図中のスクリーン結像位置にスクリーンを配置すれば、投影レンズ３により画像形成部の表示画像をスクリーン上に投影して表示する、スクリーン像型（プロジェクション型）の画像表示装置となる。

【００１４】ここで、各光学部品の配置と空中像（またはスクリーン像）との関係について述べる。図４において、投影レンズ３の主点から画像形成部２までの距離をＳｌ、投影レンズ３の主点からスクリーン結像位置までの距離をＳｌ'、視野レンズ４の主点から投影レンズ３の主点までの距離をＳｍ、視野レンズ４の主点から視域の中心までの距離をＳｍ'、視野レンズ４の主点から視野レンズの無い場合のスクリーン結像位置までの距離をＤｒ、視野レンズ４の主点から空中像位置までの距離をＤｖとした場合、視野レンズ４の焦点距離Ｍｆは、

$$Mf = Sm \times Sm' / (Sm - Sm')$$

であり、

$$Dv = Dr \times Mf / (Dr + Mf)$$

となる。

【００１５】また、視野レンズ無しの場合の投影レンズ３によるスクリーン上の倍率ＲＳＢは、

$$RSB = Sl' / Sl$$

であり、光路からスクリーンを除去し光路中に視野レンズ４を挿入して空中像を形成する場合の空中像の倍率ＶＳＢは、

$$VSB = (Dv / Dr) \times RSB$$

となり、画像形成部２の液晶表示パネルの対角大きさをＬＣＤとした場合、空中像の対角大きさＶＳＤは、

$$VSD = VSB \times LCD$$

となる。

【００１６】また、視野レンズ４での射出瞳の拡大倍率ＰｕＢは、

$$PuB = Sm' / Sm$$

であり、投影レンズ３の射出瞳直径がＰｕＤの時、視域の直径ＥＲＤは、

$$ERD = PuB \times PuD$$

となる。

【００１７】図４において上記の関係が成り立つ場合に、投影レンズ３と視野レンズ４を光路中の所定位置に配置した構成の場合、画像光束がオペレータの目に指向性よく照射され、空中に浮かんだ光像として認識できるので空中像型の画像表示を行う構成となる。また、視野レンズ４を光路中から取り除き、スクリーン結像位置にスクリーンを配置すれば、スクリーン上に投影された画像の反射光によりオペレータが光像を認識するスクリーン像型の画像表示の構成となる。従って、これら光学部品の光路中への挿入あるいは除去という簡単な操作で空中像型からスクリーン像型へ画像表示方式を変更することが可能である。

【００１８】尚、画像形成部２に液晶表示パネル（ＬＣＤ）を用いた例で説明したが、画像形成部２には、光空

Petitioner Ex 1002 071

間変調器やデジタルミラーデバイス等の表示素子を使うこともできる。また、視野レンズの代わりに凹面鏡を使うこともでき、この場合には空中像の位置や視域が投影レンズ側にできる。また、図４において視野レンズ４の代わりに凹球面鏡を用いる場合には、視野レンズの焦点距離Ｍｆに対して、凹球面鏡の曲率半径ＭＲは、

ＭＲ＝２Ｍｆ

となる。

【００１９】画像形成部２に透過型の液晶表示パネル（ＬＣＤ）を使う例の場合、スクリーン像型では、大きな画面で明るい画像にするため、光量の大きなハロゲンランプ等の光源が用いられるが、本発明に係る空中像型の表示方式では、オペレータが空中像を直視する方式のため、透過型液晶表示パネルの全面を均一に照射する冷陰極管のような面発光体（所謂バックライト方式）が適している。また、ハロゲンランプを使うこともできるが、この場合は、摺りガラスやオパールガラスのような光を散乱させる光学部材を光源と液晶表示パネルの間に挿入して、面発光の条件で照明するように構成する。このように面発光の条件で液晶表示パネルの全面を背後から均一に照明することにより、液晶表示パネルの光像は投影レンズ３に入射し、視野レンズ４により光像が収束させられ、視野レンズ４からＤｖ の位置に空中像が形成できる。その空中像に対応する視域の範囲にオペレータの眼を位置させることで、オペレータは空中像位置の表示画像を認識できる。

【００２０】図４で形成される空中像をオペレータが観察できる視域の大きさと画像形成部２である液晶表示パネルの画面サイズを拡大できる関係はシミュレーションによって表される。図５にシミュレーションにより求められた関係を示す。図５の縦軸は空中像をオペレータが見られる視域の大きさであり、上方が視域が大きくなっている。横軸は液晶表示パネルの表示画面の大きさを投影レンズ３と視野レンズ４でどの程度拡大できるかの表示画面の拡大倍率を示し、右方が拡大倍率が大きくなっている。図５から明らかなように、表示画面の拡大倍率を大きくすると視域の大きさは小さくなる。具体的には表示画面の拡大倍率が１０倍で、視域の大きさは直径１０ｃｍ以下である。また、拡大倍率が２～３倍であると、視域の大きさは直径４０ｃｍ程度になる。従って、表示画面の拡大倍率を大きく設定すると視域の大きさが小さくなり、視域からオペレータの眼が外れてしまうと、空中像が見えなくなるため、表示画面の拡大倍率と視域の大きさはバランスをもって設定しなければならない。

【００２１】この課題を解決する一つの手段を提供するのが本発明であり、本発明の画像表示装置では、投影レンズと視野レンズの組み合わせを複数段配置して、表示画像の拡大率を順次、拡大できるように構成したものである。すなわち、少なくとも２組の拡大光学系をもって拡大倍率と視域の確保を両立させるものである。

【００２２】図１は本発明による画像表示装置の光学系の一例を断面構成で示す図である。この構成では、図４に示した空中像型画像表示装置の基本構成に加えて、拡大率を上げるための投影レンズ５と視野レンズ６の組み合わせをもう１組追加して、２組の光学系を配置し、表示画像の拡大率を順次、拡大できるように構成したものである。すなわち、２組目の投影レンズ（以下、第２投影レンズ）５と視野レンズ（以下、第２視野レンズ）６の組み合わせで投影される画像は、１組目の投影レンズ（以下、第１投影レンズ）３と視野レンズ（以下、第１視野レンズ）４で形成された第１の空中像を入力画像とするので、さらに拡大した空中像を形成することができるようになる。尚、図１の構成においては、２組目の第２投影レンズ５は、１組目の第１投影レンズ３と第１視野レンズ４の組み合わせで形成される第１視域内に配置される。

【００２３】ここで、第１及び第２の空中像形成用の光学系で最終的にオペレータが空中像を認識しやすい構成例を示す。まず、最終的にオペレータが空中像を認識するには、第２の空中像形成用の光学系（第２投影レンズ５と第２視野レンズ６）による第２視域が大きいほど見やすさを確保できる。これは、オペレータが顔をある範囲動かしても空中像が見られる条件である。前述の図５の拡大倍率と視域の関係から明らかなように、視域を大きく確保するには、表示画面の拡大倍率を小さくする。従って、第２の空中像形成用の光学系（第２投影レンズ５と第２視野レンズ６）は、拡大倍率を１～４倍とし、視域を大きく確保するようにする。逆に第１の空中像形成用の光学系（第１投影レンズ３と第２視野レンズ４）は、拡大倍率を４～８倍と大きくし、視域を小さくする。これは、第１視域が小さくても、第２の空中像形成用光学系と第１視域は固定であり、特に、第２投影レンズ５は第１視域内に配置されているため、画面の周辺が欠ける等の問題がないからである。

【００２４】上記のような構成とすることにより、図１に示す第１及び第２の空中像形成用の光学系で得られる拡大倍率は、最大で３２倍となり、画像形成部２が１～３インチの画面サイズの原画表示素子（液晶表示パネル等）でも、２０～３０インチ以上の画面に拡大することが可能となる。また、図１に示す構成では、第１投影レンズ３と第１視野レンズ４の組み合わせからなる第１の空中像形成用光学系で投影される画像は、画像形成部２のＬＣＤ等に形成される入力画像を空中像として形成し、第２投影レンズ５と第２視野レンズの組み合わせからなる第２の空中像形成用光学系で投影される画像は、第１の空中像形成用光学系で形成された第１空中像を入力画像として第２空中像を形成するため、第２投影レンズ５は、第１投影レンズ３と第１視野レンズ４の組み合わせで形成される第１視域内に配置されることで、画像

Petitioner Ex 1002 072

光束の指向性が確保できる。従って、オペレータへの画像光束に指向性があるため、画像形成部２のバックライト用光源１の光量が少なくても明るい画像が得られる。このため、前述したスクリーン像型の画像表示装置や大画面のＣＲＴディスプレイ等に比べて、小電力での駆動が可能となる。

【００２５】また上述したように、図１に示す構成では、第１投影レンズ３と第１視野レンズ４の組み合わせで形成される第１視域の大きさより、第２投影レンズ５と第２視野レンズ６の組み合わせで形成される第２視域の大きさを大きくしており、さらには、第１投影レンズ３と第１視野レンズ４の組み合わせで形成される第１空中像形成用光学系の光路では、画像形成部２に対する第１空中像の拡大倍率が４～８倍と高い条件であり、第２投影レンズ５と第２視野レンズ６の組み合わせで形成される第２空中像形成用光学系の光路では、第１空中像に対する第２空中像の拡大倍率が１～４倍と第１空中像形成用光学系と同等または小さい条件で、且つ第２視域を大きくする条件となっているので、オペレータに広い視域を与えることができ、空中像が見やすい装置を構成することができる。

【００２６】（実施例１）次に、本発明による画像表示装置の具体的な実施例を示す。図２は本発明の一実施例を示す図であり、画像表示装置の概略構成を示す断面図である。この画像表示装置は、図１に示した構成と同様の光源１、画像形成部２、第１投影レンズ３、第１視野レンズ４、第２投影レンズ５、第２視野レンズ６、及び光路折り曲げ用の反射ミラー７を備えており、これらの構成部材を本体ケース８内に縦型に配設した構成となっている。画像形成部２は、例えば液晶表示パネル（ＬＣＤ）からなり、この液晶表示パネルの背面に配置された光源１は、例えば冷陰極管のような面発光体からなるバックライト方式の光源であり、液晶パネルの全体を背面から均一に照明するようになっている。また、光源１には、必要に応じて高輝度のバックライトの使用ができる。また、画像形成部２には、液晶表示パネル以外の表示素子、例えば光空間変調器やデジタルミラーデバイス等を使用することができる。

【００２７】第１投影レンズ３と第１視野レンズ４の組み合わせからなる第１の空中像形成用光学系と、第２投影レンズ５と第２視野レンズ６の組み合わせからなる第２の空中像形成用光学系の配置は、図１を参照して説明したものと同様であり、第１の空中像形成用光学系による第１視域の位置に第２投影レンズ５が配置されている。また、第２投影レンズ５と第２視野レンズ６の間には光路折り曲げ用の反射ミラー７が設けられており、第２投影レンズ５からの光束を略水平方向に折り曲げて、オペレータ（ＯＰ）が空中像を見やすいようにしている。また、このように反射ミラー７で光路を折り曲げることにより、光学系を縦型に配置することが可能となり、薄型の画像表示装置を提供することができる。尚、上記反射ミラー７として、反射率が２０～３０％以下のものを用い、反射ミラー７の背面側の本体ケース８を透明な材料で構成すると、オペレータ（ＯＰ）は空中像と重ねて、反射ミラー７の向う側の景色等を見ることができる。

【００２８】（実施例２）次に図３は本発明の別の実施例を示す図であり、画像表示装置の概略構成を示す断面図である。この画像表示装置は、図１に示した構成と同様の光源１、画像形成部２、第１投影レンズ３、第１視野レンズ４、第２投影レンズ５を備え、これらの構成部材が、斜めに設置された本体ケース１１内に配設されている。また、図３の構成では、オペレータ（ＯＰ）と対面する第２視野レンズが凹面鏡９で構成されており、該凹面鏡９は本体ケース１１の一端部に設けたレンズスタンド１０に支持されている。このように第２視野レンズは凸レンズの他に凹面鏡を用いて構成することができ、凹面鏡９を第２視野レンズとして用いた場合、凹面鏡９が光路折り曲げ用の反射鏡を兼ねるので、図２の構成で用いられている反射ミラーが不要となる。また、凹面鏡９の反射率を低くすると、オペレータ（ＯＰ）は空中像と重ねて、凹面鏡９の向う側の景色等を見ることができる。尚、第２視野レンズには、凹面鏡の他、ホログラフィック光学部品等も同様な機能を有するものとして使うことが可能である。

【００２９】図３において、画像形成部２は、液晶表示パネル（ＬＣＤ）や、その他の光空間変調器等の表示素子からなり、これら表示素子の背面に配置された光源１は、例えば冷陰極管のような面発光体からなるバックライト方式であり、液晶パネルの全体を背面から均一に照明するようになっている。また、光源１には、必要に応じて高輝度のバックライトを使用することができ、特に第２視野レンズを構成する凹面鏡９をケース外に設置した場合や、凹面鏡９が低反射率で背景が透けて見えるような場合にも、高輝度のバックライトを用いることにより、空中像を見やすくすることができる。

【００３０】

【発明の効果】以上説明したように、請求項１に係る発明では、光源からの光束を透過または反射する画像形成部を備え、該画像形成部を通過した光束が、投影レンズと視野レンズを透過または反射し、空中に表示画像を形成する画像表示装置において、上記投影レンズと視野レンズの組み合わせを複数段配置して、表示画像の拡大率を順次、拡大できるように構成したことにより、画像形成部が１～３インチの小さな原画表示素子でも、２０～３０インチ以上の画面に拡大して空中像を表示することができる。また、オペレータが空中像を直視するタイプであり、オペレータへの画像光束に指向性があるため、原画表示素子を通過する光量が少なくても明るい画像が得られる。このため、小電力での駆動が可能で軽量な画

Petitioner Ex 1002 073

像表示装置が提供できる。

【００３１】請求項２に係る発明では、請求項１に記載の画像表示装置において、第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせからなる第１の空中像形成用光学系で空中に投影される表示画像は、画像形成部に形成される入力画像を空中像として形成したものであり、第２の投影レンズと第２の視野レンズの組み合わせからなる第２の空中像形成用光学系で空中に投影される表示画像は、上記第１の空中像形成用光学系で形成された空中像を入力画像として第２の空中像を形成したものであり、その第２の空中像を形成するため、上記第２の投影レンズは、上記第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせで形成される視域内に配置されることにより、画像光束の指向性が確実に確保でき、小電力での駆動が可能で軽量な画像表示装置が提供できる。

【００３２】請求項３に係る発明では、請求項１または２に記載の画像表示装置において、第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせで形成される第１視域の大きさより、第２の投影レンズと第２の視野レンズの組み合わせで形成される第２視域の大きさを大きくすることにより、オペレータに対して広い視域を与えることができ、空中像が見やすい画像表示装置を提供できる。

【００３３】請求項４に係る発明では、請求項１または２に記載の画像表示装置において、第１の投影レンズと第１の視野レンズの組み合わせで形成される第１空中像形成用光学系の光路では、画像形成部に対する第１空中像の拡大率が高い条件であり、第２の投影レンズと第２の視野レンズの組み合わせで形成される第２空中像形成用光学系の光路では、第１空中像に対する第２空中像の拡大率が上記第１空中像形成用光学系と同等または小さい条件で、且つ第２視域を大きくする条件とすることにより、オペレータに対して広い視域を与えることができ、空中像が見やすい画像表示装置を提供できる。

【００３４】請求項５に係る発明では、請求項１，２，３または４に記載の画像表示装置において、第１の視野レンズは凸レンズであり、第２の視野レンズは凹面鏡で構成することにより、凹面鏡が光路を折り曲げる反射鏡の機能も有するため、装置内に光路を折り曲げるための平面鏡を別に設ける必要がなくなり、低コストで軽量な画像表示装置が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明に係る画像表示装置の空中像形成用光学系の構成例を示す図である。

【図２】本発明の一実施例を示す図であって、画像表示装置の概略構成を示す断面図である。

【図３】本発明の別の実施例を示す図であって、画像表示装置の概略構成を示す断面図である。

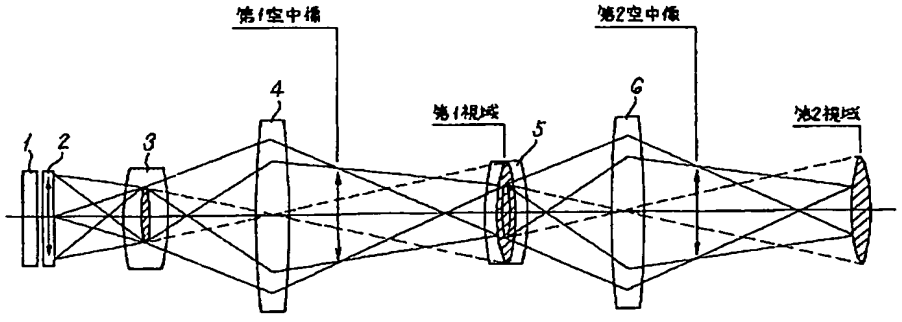
【図４】空中像型の画像表示装置の光学系の基本構成の一例を示す図である。

【図５】図４に示す光学系で空中像を表示する場合の表示画面の拡大倍率と視域の大きさの関係を示す図である。

【符号の説明】

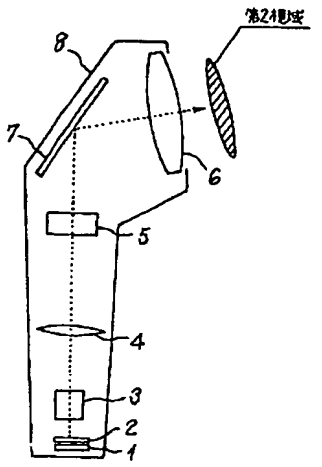
１：光源
２：画像形成部
３：第１投影レンズ
４：第１視野レンズ
５：第２投影レンズ
６：第２視野レンズ
７：反射ミラー
８：本体ケース
９：凹面鏡（第２視野レンズ）
１０：レンズスタンド
１１：本体ケース

【図１】



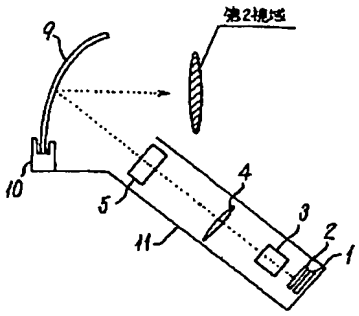
Petitioner Ex 1002 074

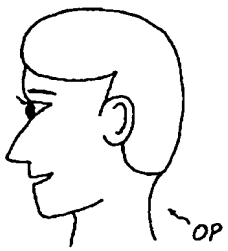
【図２】



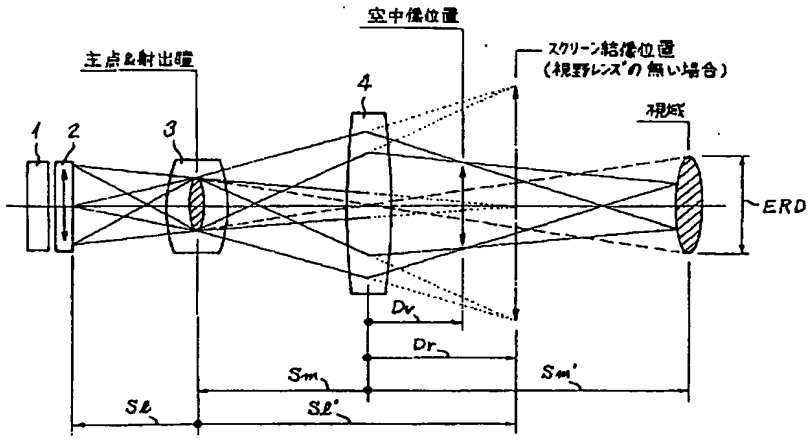


【図３】

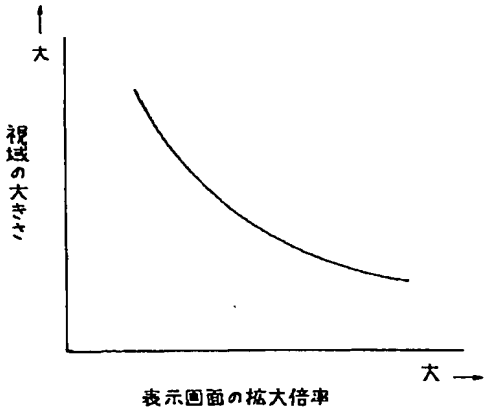




【図４】



【図５】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶	識別記号	FI	
H04N 5/74		H04N 5/74	A

Petitioner Ex 1002 075

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-162544
(43)Date of publication of application : 16.06.2000

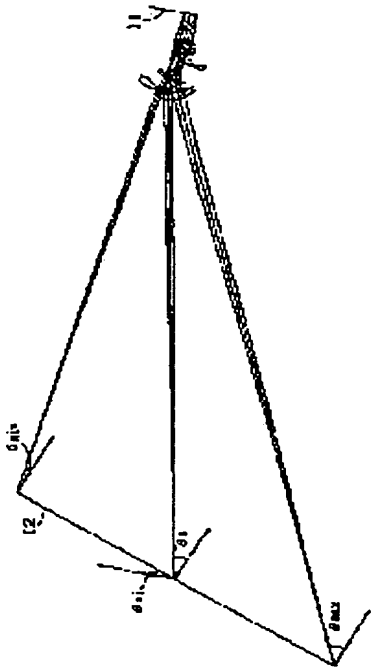
(51)Int.Cl. G02B 27/18
G02B 13/18
G02B 13/24

(21)Application number : 10-335472
(22)Date of filing : 26.11.1998

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD
(72)Inventor : OSAWA SATOSHI

(54) OBLIQUE PROJECTION OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain the oblique projection optical system with a wide field angle and high magnification which has its lens system and optical system reduced in overall length while having a sufficient oblique projection angle by eliminating intermediate real-image formation between a primary image plane and a secondary image plane and specifying the angle between the primary and secondary image planes and the angles between the normals of the secondary and primary image planes and the image plane center light beam.
SOLUTION: This is an oblique optical system which perform oblique enlargement projection from the primary image plane 11 to the secondary image plane 12 and equipped with ≥2 lens groups which are eccentric with each other and no intermediate real image is formed between the primary image plane 11 and secondary image plane 12; when the light beam connecting the center of the primary image plane 11 and the center of the secondary image plane 12 is the image plane center light beam, conditional expressions 15° <?oi<40° , 20° <?o<50° , and 0° ≤?i<5° are satisfied. Here, ?oi is the angle between the primary image plane 11 and secondary image plane 12, ?o is the angle between the normal of the secondary image plane and the image plane center light beam, and ?i is the angle between the normal of the primary image plane 11 and the image plane center light beam.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Petitioner Ex 1002 076

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2000－162544
（P2000－162544A）
(43)公開日　平成12年６月16日(2000.6.16)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	ＦＩ		テーマコード（参考）
Ｇ０２Ｂ 27/18		Ｇ０２Ｂ 27/18	Ｚ	２Ｈ０８７
13/18		13/18		９Ａ００１
13/24		13/24		

審査請求　未請求　請求項の数５　ＯＬ　（全 14 頁）

(21)出願番号　特願平10－335472

(22)出願日　平成10年11月26日(1998.11.26)

(71)出願人　000006079
ミノルタ株式会社
大阪府大阪市中央区安土町二丁目３番13号
大阪国際ビル

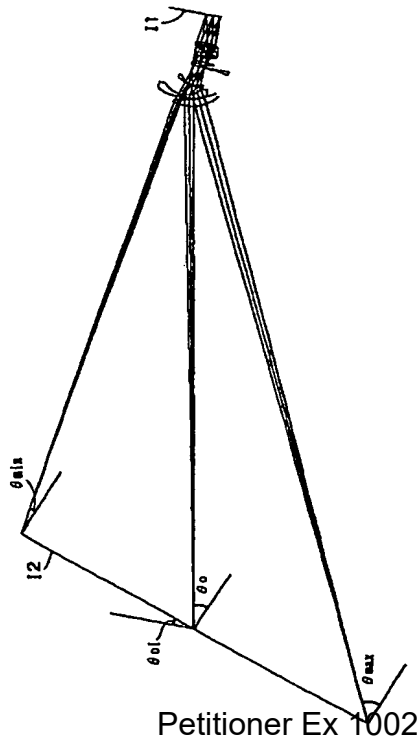
(72)発明者　大澤　聡
大阪市中央区安土町二丁目３番13号　大阪国際ビル　ミノルタ株式会社内

(74)代理人　100085501
弁理士　佐野　静夫

Ｆターム(参考)　2H087 KA06 LA03 NA02 NA11 PA09
PA17 PB09 QA02 QA07 QA12
QA22 QA26 QA34 QA41 QA46
RA05 RA12 RA13
9A001 BB06 KK16

(54)【発明の名称】　斜め投影光学系

(57)【要約】
【課題】　斜め投影角度を十分にとりながらレンズ径及び光学系全長のコンパクト化を達成した広画角・高倍率の斜め投影光学系を提供する。
【解決手段】　１次像面(I1)から２次像面(I2)への斜め方向の拡大投影を行う。互いに偏心した２つ以上のレンズ群を備え、１次像面(I1)から２次像面(I2)までに中間実像の結像がない。１次像面(I1)の画面中心と２次像面(I2)の画面中心とを結ぶ光線を画面中心光線とするとき、$15° < \theta oi < 40°$，$20° < \theta o < 50°$，$0° \leq \theta i < 5°$｛θoi：１次，２次像面(I1,I2)がなす角度，θo：２次像面(I2)の法線と画面中心光線とがなす角度，θi：１次像面(I1)の法線と画面中心光線とがなす角度｝を満たす。



Petitioner Ex 1002 077

【特許請求の範囲】
【請求項１】　１次像面から２次像面への斜め方向の拡大投影を行う斜め投影光学系であって、互いに偏心した２つ以上のレンズ群を備え、前記１次像面から前記２次像面までに中間実像の結像がなく、前記１次像面の画面中心と前記２次像面の画面中心とを結ぶ光線を画面中心光線とするとき、以下の条件式(1)～(3)を満たすことを特徴とする斜め投影光学系；
$15° < \theta oi < 40°$　…(1)
$20° < \theta o < 50°$　…(2)
$0° \leqq \theta i < 5°$　…(3)
ただし、
θoi：１次像面と２次像面とがなす角度、
θo：２次像面の法線と画面中心光線とがなす角度、
θi：１次像面の法線と画面中心光線とがなす角度、
である。
【請求項２】　最も拡大側のレンズが拡大側に凸の形状を両面に有し、そのレンズの縮小側面の曲率半径が拡大側面の曲率半径より大きく、前記画面中心光線が前記２次像面に対して斜めに位置する断面において以下の条件式(4)を満たすことを特徴とする請求項１記載の斜め投影光学系；
$1.2 < Pf/Pn < 2.7$　…(4)
ただし、
Pn：２次像面の法線となす角度の最も小さい主光線が最も拡大側のレンズ内を通過する距離、
Pf：２次像面の法線となす角度の最も大きい主光線が最も拡大側のレンズ内を通過する距離、
である。
【請求項３】　更に絞りを有し、前記画面中心光線が前記２次像面に対して斜めに位置する断面において以下の条件式(5)を満たす負レンズを、前記絞りより拡大側に少なくとも１枚有することを特徴とする請求項１記載の斜め投影光学系；
$1.7 < Nf/Nn < 3.5$　…(5)
ただし、
Nn：２次像面の法線となす角度の最も小さい主光線が負レンズ内を通過する距離、
Nf：２次像面の法線となす角度の最も大きい主光線が負レンズ内を通過する距離、
である。
【請求項４】　更に絞りを有し、その絞りの縮小側に隣接して負レンズを有し、その負レンズの縮小側に正負正の並びで少なくとも３枚のレンズを有し、その正負正の並びの中の負レンズの媒質が以下の条件式(6)及び(7)を満たすことを特徴とする請求項１記載の斜め投影光学系；
$Nb > 1.7$　…(6)
$\nu b < 40$　…(7)
ただし、
Nb：負レンズの媒質のｄ線に対する屈折率、
νb：負レンズの媒質のアッベ数、
である。
【請求項５】　最も縮小側のレンズが以下の条件式(8)を満たす両凸の正レンズであることを特徴とする請求項１記載の斜め投影光学系；
$0.1 < -Rs/Ri < 10$　…(8)
ただし、
Rs：正レンズの拡大側面の曲率半径、
Ri：正レンズの縮小側面の曲率半径、
である。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は斜め投影光学系に関するものであり、更に詳しくは、画像投影装置や画像読み取り装置に好適な、１次像面から２次像面への斜め方向の投影を行う斜め投影光学系に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】液晶ディスプレイ等に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投影装置が、従来より知られている。そして、スクリーンの大型化を達成しつつも投影装置全体をコンパクトにする目的で、画像を斜め方向からスクリーンに投影する投影装置が種々提案されている。この種の斜め投影装置では、投影光学系がスクリーンの中心から外れた位置に配置されるため、投影光学系が観察者の視界を妨げないという利点もある。しかし、この斜め投影装置によると、投影画像にいわゆる台形歪みが生じてしまう。この台形歪みを補正するための投影光学系も種々提案されている。例えば特開平５－１１９２８３号公報や特開平５－１３４２１３号公報で、台形歪みを補正するために部分的に偏心させた投影光学系が提案されている。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平５－１１９２８３号公報や特開平５－１３４２１３号公報で提案されている投影光学系は、コンパクト化や高性能化の点で十分に満足いくものではなかった。
【０００４】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、その目的は、斜め投影角度を十分にとりながらレンズ径及び光学系全長のコンパクト化を達成した、広画角・高倍率の斜め投影光学系を提供することにある。
【０００５】
【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第１の発明の斜め投影光学系は、１次像面から２次像面への斜め方向の拡大投影を行う斜め投影光学系であって、互いに偏心した２つ以上のレンズ群を備え、前記１次像面から前記２次像面までに中間実像の結像がなく、前記１次像面の画面中心と前記２次像面の画面中心とを結ぶ光線を画面中心光線とするとき、以下の条件式

Petitioner Ex 1002 078

(1)～(3)を満たすことを特徴とする。
15° ＜θoi＜40°　…(1)
20° ＜θo＜50°　…(2)
0° ≦θi＜5°　…(3)
ただし、
θoi：１次像面と２次像面とがなす角度、
θo　：２次像面の法線と画面中心光線とがなす角度、
θi　：１次像面の法線と画面中心光線とがなす角度、
である。
【０００６】第２の発明の斜め投影光学系は、上記第１の発明の構成において、最も拡大側のレンズが拡大側に凸の形状を両面に有し、そのレンズの縮小側面の曲率半径が拡大側面の曲率半径より大きく、前記画面中心光線が前記２次像面に対して斜めに位置する断面において以下の条件式(4)を満たすことを特徴とする。
1.2＜Pf／Pn＜2.7　…(4)
ただし、
Pn：２次像面の法線となす角度の最も小さい主光線が最も拡大側のレンズ内を通過する距離、
Pf：２次像面の法線となす角度の最も大きい主光線が最も拡大側のレンズ内を通過する距離、
である。
【０００７】第３の発明の斜め投影光学系は、上記第１の発明の構成において、更に絞りを有し、前記画面中心光線が前記２次像面に対して斜めに位置する断面において以下の条件式(5)を満たす負レンズを、前記絞りより拡大側に少なくとも１枚有することを特徴とする。
1.7＜Nf／Nn＜3.5　…(5)
ただし、
Nn：２次像面の法線となす角度の最も小さい主光線が負レンズ内を通過する距離、
Nf：２次像面の法線となす角度の最も大きい主光線が負レンズ内を通過する距離、
である。
【０００８】第４の発明の斜め投影光学系は、上記第１の発明の構成において、更に絞りを有し、その絞りの縮小側に隣接して負レンズを有し、その負レンズの縮小側に正負正の並びで少なくとも３枚のレンズを有し、その正負正の並びの中の負レンズの媒質が以下の条件式(6)及び(7)を満たすことを特徴とする。
Nb＞1.7　…(6)
νb＜40　…(7)
ただし、
Nb：負レンズの媒質のｄ線に対する屈折率、
νb：負レンズの媒質のアッベ数、
である。
【０００９】第５の発明の斜め投影光学系は、上記第１の発明の構成において、最も縮小側のレンズが以下の条件式(8)を満たす両凸の正レンズであることを特徴とする。
0.1＜-Rs／Ri＜10　…(8)
ただし、
Rs：正レンズの拡大側面の曲率半径、
Ri：正レンズの縮小側面の曲率半径、
である。
【００１０】
【発明の実施の形態】以下、本発明を実施した斜め投影光学系を、図面を参照しつつ説明する。図１～図３に、第１～第３の実施の形態にそれぞれ対応する、１次像面(I1)から２次像面(I2)までの光路全体を示す。図４～図６に、第１～第３の実施の形態にそれぞれ対応するレンズ構成及び光路を示す。なお、各光路図は後述する直交座標系(X,Y,Z)におけるYZ断面構成を示しており、図４～図６において*印が付された面Si(i=1,2,3,...)は非球面であることを示している。
【００１１】第１～第３の実施の形態は、１次像面(I1)から２次像面(I2)への斜め方向の拡大投影を行う、画像投影装置用の斜め投影光学系である。したがって、１次像面(I1)は２次元画像を表示する表示素子面{例えばＬＣＤ(liquid crystal display)の表示面}に相当し、２次像面(I2)は投影像面(つまりスクリーン面)に相当する。２次像面(I2)から１次像面(I1)への斜め方向の縮小投影を行う斜め投影光学系として、各実施の形態を画像読み取り装置に用いることも可能である。その場合、１次像面(I1)は画像読み取りを行う受光素子面{例えばＣＣＤ(Charge CoupledDevice)の受光面}に相当し、２次像面(I2)は読み取り画像面(つまりフィルム等の原稿面)に相当する。
【００１２】第１，第２の実施の形態において、最も拡大側{すなわち２次像面(I2)側}に位置する第１レンズ(G1)は、拡大側に凸の形状を両面(S2,S3)に有し、縮小側面(S3)の曲率半径が拡大側面(S2)の曲率半径より大きく、かつ、両面(S2,S3)が互いに偏心した軸対称非球面から成っている。そして、第１レンズ(G1)の縮小側{すなわち１次像面(I1)側}には、片面非球面の負の第２レンズ(G2)と、片面非球面の負の第３レンズ(G3)と、絞り(SP)と、負の第４レンズ(G4)と、片面非球面の正の第５レンズ(G5)と、正の第６レンズ(G6)と、負の第７レンズ(G7)と、正の第８レンズ(G8)と、片面非球面の正の第９レンズ(G9)と、が配置されている。また、各レンズ(G1～G9)や１，２次像面(I1,I2)は基準面(S1)に対して偏心しており、さらに第１レンズ(G1)の両面(S2,S3)は互いに偏心している。
【００１３】第３の実施の形態において、最も拡大側に位置する第１レンズ(G1)は、拡大側に凸の形状を両面(S2,S3)に有し、縮小側面(S3)の曲率半径が拡大側面(S2)の曲率半径より大きな正レンズである。そして、第１レンズ(G1)の縮小側には、片面非球面の負の第２レンズ(G2)と、片面非球面の負の第３レンズ(G3)と、絞り(SP)と、負の第４レンズ(G4)と、片面非球面の正の第５レン

Petitioner Ex 1002 079

ズ(G5)と、正の第６レンズ(G6)と、負の第７レンズ(G7)と、正の第８レンズ(G8)と、片面非球面の正の第９レンズ(G9)と、が配置されている。また、各レンズ(G1～G9)や１，２次像面(I1,I2)は基準面(S1)に対して偏心している。

【００１４】各実施の形態のように、互いに偏心した２つ以上のレンズ群を備え、１次像面(I1)から２次像面(I2)までに中間実像の結像がない構成とするのが望ましく、これにより、光学系全長をコンパクトにすることが可能となる。このような斜め投影光学系の光学構成において望ましい条件を以下に説明する。

【００１５】１次像面(I1)の画面中心と２次像面(I2)の画面中心とを結ぶ光線を画面中心光線とするとき、以下の条件式(1)～(3)を満たすことが望ましい。

$15° < \theta oi < 40°$　…(1)

$20° < \theta o < 50°$　…(2)

$0° \leqq \theta i < 5°$　…(3)

ただし、

θoi：１次像面(I1)と２次像面(I2)とがなす角度、

θo：２次像面(I2)の法線と画面中心光線とがなす角度、

θi：１次像面(I1)の法線と画面中心光線とがなす角度、

である。

【００１６】条件式(1)の下限を超えると、１次像面(I1)と２次像面(I2)とが平行に近くなるため、台形歪みを抑えようとすると、入射瞳と射出瞳とを近づける必要が生じる。このため、縮小側にテレセントリックな構成(瞳が遠くにある)をとることが困難になる。その結果、１次像面(I1)位置に配される表示素子{例えばＬＣＤ等の角度特性を有する光学素子}やその近傍に配される色分解・色合成系(ダイクロイックミラー，ダイクロイックプリズム等)によって色ムラが生じることになる。条件式(1)の上限を超えると、台形歪みを抑えるための各レンズの偏心量が過大となり、コマや非点収差の補正が困難になる。

【００１７】条件式(2)の下限を超えると、斜め投影の効果が少なくなる。例えば、フロントプロジェクターでは画面正面から観察できる利点がなくなり、リアプロジェクターでは薄型化の効果がなくなる。条件式(2)の上限を超えると、斜め投影による台形歪みを抑えることができなくなる。

【００１８】条件式(3)の条件範囲を外れると、１次像面(I1)の表示素子面に対して斜めから照明を行う必要が生じる。このため照明系が複雑になるとともに、ＬＣＤを用いた場合には映像の白黒反転等の問題が生じるのでコストが増加する。

【００１９】各実施の形態のように最も拡大側のレンズ(G1)が拡大側に凸の形状を両面に有し、そのレンズ(G1)の縮小側面(S3)の曲率半径が拡大側面(S2)の曲率半径より大きく、画面中心光線が２次像面(I2)に対して斜めに位置する断面において以下の条件式(4)を満たすことが望ましい。

$1.2 < Pf/Pn < 2.7$　…(4)

ただし、

Pn：２次像面(I2)の法線となす角度の最も小さい主光線が最も拡大側のレンズ(G1)内を通過する距離、

Pf：２次像面(I2)の法線となす角度の最も大きい主光線が最も拡大側のレンズ(G1)内を通過する距離、

である。

【００２０】２次像面(I2)の法線となす角度の最も小さい主光線とは、絞り(SP)に最も近い位置で２次像面(I2)を構成する主光線であり、その角度は図１～図３中に示すθminである。また、２次像面(I2)の法線となす角度の最も大きい主光線とは、絞り(SP)から最も遠い位置で２次像面(I2)を構成する主光線であり、その角度は図１～図３中に示すθmaxである。

【００２１】第１レンズ(G1)のレンズ面を両面とも拡大側に凸の形状にすることにより、(投影光学系を縮小系と見た場合)拡大側からの光線が第１レンズ(G1)の各面に大きな角度で当たることを防ぐことができる。したがって、過大な収差の発生を防止することができる。さらに、縮小側面(S3)の曲率半径を拡大側面(S2)の曲率半径より大きくすることにより、第１レンズ(G1)に正のパワーを与えることができる。これにより画面周辺からの光を絞り(SP)中心へ収束することが可能となり、その結果、最も拡大側の光学面(S2)から絞り(SP)までの距離を短縮して光学系全長をコンパクトにすることが可能となる。

【００２２】条件式(4)の下限を超えると、拡大側からの光線をY軸の負方向に曲げるプリズム効果が少なくなりすぎてしまい、斜め投影により発生する台形歪みや非点隔差の補正が困難になる。条件式(4)の上限を超えると、上記プリズム効果が過大になりすぎてしまい、第１レンズ(G1)で発生する非対称な色収差の補正が困難になる。

【００２３】画面中心光線が２次像面(I2)に対して斜めに位置する断面において以下の条件式(5)を満たす負レンズを、絞り(SP)より拡大側に少なくとも１枚有することが望ましい。なお、各実施の形態において条件式(5)を満たす負レンズは第２レンズ(G2)である。

$1.7 < Nf/Nn < 3.5$　…(5)

ただし、

Nn：２次像面(I2)の法線となす角度の最も小さい主光線が負レンズ(G2)内を通過する距離、

Nf：２次像面(I2)の法線となす角度の最も大きい主光線が負レンズ(G2)内を通過する距離、

である。

【００２４】絞り(SP)より拡大側に負レンズ(G2,G3)を配置することにより、縮小側のレンズバックを長くとる

Petitioner Ex 1002 080

ことが可能になる。このため、ダイクロイックプリズム等の色分解系の配置が容易になる。条件式(5)の下限を超えると、負レンズ(G2)によるプリズム効果が少なくなりすぎてしまい、最も拡大側に位置する第１レンズ(G1)のプリズム効果の補助と非対称な色収差の補正が困難になる。条件式(5)の上限を超えると、負レンズ(G2)によるプリズム効果が過大になりすぎてしまい、負レンズ(G2)で発生する非対称な色収差の補正が困難になる。

【００２５】また第１，第２の実施の形態のように、最も拡大側に位置する第１レンズ(G1)の両面(S2,S3)が共に非球面で、なおかつ、その両面(S2,S3)が互いに偏心した構成にするのが望ましい。これにより、X軸方向のパワーとY軸方向のパワーとが大きく異なる値をとるようにすることが可能になり、斜め投影により発生する非点隔差やX軸方向とY軸方向との倍率差の補正が容易になる。

【００２６】各実施の形態のように絞り(SP)の縮小側に隣接して負レンズ(G4)を有し、その負レンズ(G4)の縮小側に正負正の並びで少なくとも３枚のレンズ(G6～G8)を有し、その正負正の並びの中の負レンズ(G7)の媒質が以下の条件式(6)及び(7)を満たすことが望ましい。

$Nb>1.7$　…(6)

$\nu b<40$　…(7)

ただし、

Nb：負レンズ(G7)の媒質のｄ線に対する屈折率、

νb：負レンズ(G7)の媒質のアッベ数、

である。

【００２７】絞り(SP)の縮小側に隣接して負レンズ(G4)を配置することにより、縮小側のレンズバックが長くなるとともに縮小側がテレセントリックに近くなる。このため、投影光学系はＬＣＤやＣＣＤ等の入出力素子に適合しやすくなる。また、負レンズ(G4)の縮小側に正負正の並びで少なくとも３枚のレンズ(G6～G8)を配置することにより、絞り(SP)より縮小側のレンズ内の収差をバランス良く補正することが可能になる。条件式(6)の条件範囲を外れると、他の正レンズで発生する像面湾曲を抑えることができなくなり、条件式(7)の条件範囲を外れると、他の正レンズで発生する色収差を補正することができなくなる。

【００２８】また、最も縮小側のレンズ(G9)が以下の条件式(8)を満たす両凸の正レンズであることが望ましい。

$0.1<-Rs/Ri<10$　…(8)

ただし、

Rs：正レンズ(G9)の拡大側面(S19)の曲率半径、

Ri：正レンズ(G9)の縮小側面(S20)の曲率半径、

である。

【００２９】最も縮小側に両凸の正レンズを配置すると、縮小側がテレセントリックに近くなるため、投影光学系はＬＣＤやＣＣＤ等の入出力素子に適合しやすくなる。条件式(8)の下限を超えると、曲率半径Rsが小さくなりすぎて画面周辺での光線に対する角度が過大になるため、像面湾曲を抑えられなくなる。条件式(8)の上限を超えると、曲率半径Riが小さくなりすぎて画面周辺での歪曲補正が困難になる。

【００３０】また投影光学系を構成するレンズ面を、球面若しくは回転対称軸を有する非球面、又は球面若しくは回転対称軸を有する非球面の一部で構成することが更に望ましい。このような構成をとることにより、レンズ製造時のレンズ面形成を回転による加工で行うことが可能になる。したがって量産性に優れ、コスト的にも安く製造することが可能となる。

【００３１】

【実施例】以下、本発明を実施した斜め投影光学系の構成を、コンストラクションデータ，スポットダイアグラム等を挙げて、更に具体的に説明する。ここで例として挙げる実施例１～３は、前述した第１～第３の実施の形態にそれぞれ対応しており、各実施の形態を表す図(図１～図３；図４～図６)は、対応する各実施例のレンズ構成及び光路をそれぞれ示している。

【００３２】各実施例のコンストラクションデータにおいて、Si(i=0,1,2,3,...)は、２次像面(I2；スクリーン面)，偏心基準面(S1；光学作用無し)及び１次像面(I1)を含めた系において、２次像面(I2)側から数えてi番目の面であり、ri(i=0,1,2,3,...)は面Siの曲率半径である。また、di(i=0,1,2,3,...)は、２次像面(I2)側から数えてi番目の軸上面間隔を示しており、Ni(i=1,2,3,...)，νi(i=1,2,3,...)は２次像面(I2)側から数えてi番目のレンズ(Gi)のｄ線に対する屈折率(Nd)，アッベ数(νd)を示している。

【００３３】直交座標(X,Y,Z)においては、偏心基準面(S1)の中心位置を原点(0,0,0)とする面頂点座標(XDE,YDE,ZDE)=(X軸方向の平行偏心位置，Y軸方向の平行偏心位置，Z軸方向の平行偏心位置)で、平行偏心した先頭面の位置を表すとともに、その面の面頂点を中心とするX軸回りの回転角ADE(°)で、回転偏心(光路図中、紙面に向かって反時計回りを正とする。)を表す。また、X軸方向は紙面に対して垂直方向であり(光路図中、紙面の裏面方向を正とする。)、Y軸方向は偏心基準面(S1)と紙面とが交わる直線方向であり(光路図の上方向を正とする。)、Z軸方向は偏心基準面(S1)の法線方向である{1次像面(I1)側を正とする。}。

【００３４】*印が付された面Siは、非球面で構成された面であることを示し、各面頂点を基準とする直交座標系(x,y,z)において、非球面の面形状を表わす以下の式(AS)で定義されるものとする。各非球面データを他のデータと併せて示し、表１に各実施例の条件式対応値を示す。

$$z=(c\cdot h^2)/[1+\sqrt{\{1-(1+K)\cdot c^2\cdot h^2\}}]+(A\cdot h^4+B\cdot h^6+C\cdot h^8+D\cdot h^{10}+E\cdot h^{12}+F\cdot h^{14})$$

Petitioner Ex 1002 081

…(AS)

ただし式(AS)中、
z：光軸方向の基準面からの変位量、
h：光軸に対して垂直な方向の高さ($h^2=x^2+y^2$)、
c：近軸曲率、
K,A,B,C,D,E,F：非球面係数、
である。

【００３５】また、各実施例の光学性能をスポットダイアグラム(図７～図９)と歪曲図(図１０～図１２)で示す。スポットダイアグラムは１次像面(I1)での結像特性を示しており、歪曲図は２次像面(I2)での正方形状網目に対応する１次像面(I1)での光線位置を示している。評価領域は２次像面(I2)上でのX軸方向±400.0(mm)，Y軸方向±400.0(mm)であり、表２に各１次像面(I1)での評価位置を画角の座標(X,Y)で示す。なお、本来はスクリーン面である２次像面(I2)が投影像面であり表示素子面である１次像面(I1)が物体面であるが、各実施例では光学設計上縮小系とし、２次像面(I2)を物体面とみなして１次像面(I1)で光学性能を評価している。

【００３６】

《実施例１》

[面]	[曲率半径]	[軸上面間隔]	[屈折率]	[アッベ数]
S0(I2)	r0= ∞			
		d0=1160.000		
S1	r1= ∞			
		d1=--------		
S2*	r2= 69.134			
		d2=--------	N1=1.610	ν1=60.842
S3*	r3= 112.860			
		d3=--------		
S4*	r4= -914.414			
		d4= 4.919	N2=1.487	ν2=70.400
S5	r5= 44.553			
		d5=--------		
S6	r6= 77.058			
		d6= 2.400	N3=1.666	ν3=33.807
S7*	r7= 39.055			
		d7=--------		
S8(SP)	r8= ∞(有効半径=12.366)			
		d8=--------		
S9	r9= -566.242			
		d9= 2.400	N4=1.789	ν4=33.878
S10	r10= 208.397			
		d10=-------		
S11	r11= 73.058			
		d11= 7.054	N5=1.847	ν5=23.800
S12*	r12=-127.255			
		d12=-------		
S13	r13= 123.395			
		d13= 10.000	N6=1.527	ν6=66.442
S14	r14= -42.117			
		d14=-------		
S15	r15= -40.370			
		d15= 2.400	N7=1.827	ν7=24.338
S16	r16= 61.122			
		d16=-------		
S17	r17= 90.480			
		d17= 6.867	N8=1.620	ν8=60.300
S18	r18= -86.245			

Petitioner Ex 1002 082

d18=-------

S19 r19= 241.770

d19= 7.653 N9=1.620 ν9=60.300

S20* r20= -57.394

d20=-------

S21(I1)r21= ∞

【００３７】[第２面(S2)の非球面データ]

K= 0.000000

A= 0.255734×10^{-6}

B=-0.527656×10^{-9}

C= 0.374353×10^{-12}

D=-0.149379×10^{-15}

E= 0.289632×10^{-19}

F=-0.236418×10^{-23}

【００３８】[第３面(S3)の非球面データ]

K= 0.000000

A=-0.171116×10^{-7}

B= 0.239756×10^{-10}

C=-0.598782×10^{-14}

D= 0.387766×10^{-18}

E= 0.202913×10^{-23}

F=-0.103958×10^{-26}

【００３９】[第４面(S4)の非球面データ]

K= 0.000000

A= 0.318539×10^{-5}

B=-0.900723×10^{-9}

C= 0.207762×10^{-12}

D=-0.438354×10^{-17}

【００４０】[第７面(S7)の非球面データ]

K= 0.000000

A= 0.526169×10^{-5}

B= 0.133773×10^{-7}

C=-0.296741×10^{-10}

D= 0.539352×10^{-13}

【００４１】[第１２面(S12)の非球面データ]

K= 0.000000

A=-0.572556×10^{-7}

B=-0.115805×10^{-9}

C=-0.111923×10^{-12}

D= 0.114018×10^{-14}

【００４２】[第２０面(S20)の非球面データ]

K= 0.000000

A= 0.170860×10^{-5}

B=-0.203268×10^{-9}

C=-0.242768×10^{-12}

D=-0.408241×10^{-16}

【００４３】[２次像面(S0)の偏心データ]

ADE=-30.000000

【００４４】[第２面(S2)の偏心データ]

ＸＤＥ＝０．０００００，ＹＤＥ＝－１６．００６８４１，ＺＤＥ＝－２９．０１６６６５

ＡＤＥ＝ ２３．５９２４７０

【００４５】[第３面(S3)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE=-64.604686,ZDE= 17.236888

ADE= 46.883230

【００４６】[第４面(S4)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE= 33.934229,ZDE=-13.368730

ADE=-10.384854

【００４７】[第６面(S6)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE= 18.596182,ZDE= 13.457002

ADE=-27.475566

【００４８】[絞り面(S8)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE= 0.000000,ZDE= 50.000000

ADE= 0.000000

【００４９】[第９面(S9)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE=-21.791470,ZDE= 47.816265

ADE=-16.978165

【００５０】[第１１面(S11)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE= -7.724121,ZDE= 57.168388

ADE=-12.274777

【００５１】[第１３面(S13)の偏心データ]

ＸＤＥ＝０．０００００，ＹＤＥ＝－１１．３８５５９９，ＺＤＥ＝ ７４．３８２０８８

ＡＤＥ＝－１１．１８９６３１

【００５２】[第１５面(S15)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE=-14.283431,ZDE= 85.108727

ADE=-12.374372

【００５３】[第１７面(S17)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE=-10.768851,ZDE= 90.536112

ADE=-19.097371

【００５４】[第１９面(S19)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE=-14.539429,ZDE= 97.686059

ADE=-14.739778

【００５５】[１次像面(S21)の偏心データ]

XDE=0.000000,YDE= 7.877106,ZDE=172.319703

ADE=-10.568690

【００５６】

《実施例２》

[面] [曲率半径][軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

S0(I2) r0= ∞

Petitioner Ex 1002 083

d0=1160.000

S1 r1= ∞

d1=--------

S2* r2= 64.705

d2=-------- N1=1.610 ν1=60.835

S3* r3= 178.564

d3=--------

S4* r4= 355.434

d4= 1.400 N2=1.488 ν2=70.334

S5 r5= 33.755

d5=--------

S6 r6= 654.527

d6= 6.334 N3=1.601 ν3=37.631

S7* r7= 49.247

d7=--------

S8(SP) r8= ∞(有効半径=10.668)

d8=--------

S9 r9= -49.899

d9= 1.400 N4=1.587 ν4=48.492

S10 r10= 133.654

d10=--------

S11 r11= 87.253

d11= 10.378 N5=1.721 ν5=33.907

S12* r12= -71.804

d12=--------

S13 r13= 54.848

d13= 10.000 N6=1.487 ν6=70.400

S14 r14=1163.844

d14=--------

S15 r15=-879.324

d15= 1.400 N7=1.847 ν7=23.800

S16 r16= 51.448

d16=--------

S17 r17= 57.315

d17= 8.259 N8=1.487 ν8=70.400

S18 r18= -82.859

d18=--------

S19 r19= 60.852

d19= 10.019 N9=1.537 ν9=65.627

S20* r20=-105.997

d20=--------

S21(I1) r21= ∞

【００５７】[第２面(S2)の非球面データ]

K= 0.000000

A=-0.811078×10^{-7}

B= 0.156440×10^{-9}

C=-0.662642×10^{-13}

D= 0.134256×10^{-16}

【００５８】[第３面(S3)の非球面データ]

K= 0.000000

A= 0.222735×10^{-6}

B=-0.351703×10^{-10}

C= 0.445149×10^{-14}

D=-0.181886×10^{-18}

【００５９】[第４面(S4)の非球面データ]

K= 0.000000

A= 0.441671×10^{-5}

B=-0.166614×10^{-8}

Petitioner Ex 1002 084

C= 0.641959×10^{-12}
D= 0.981858×10^{-16}
【００６０】[第７面(S7)の非球面データ]
K= 0.000000
A= 0.953777×10^{-5}
B= 0.909686×10^{-8}
C=-0.316742×10^{-12}
D= 0.450759×10^{-13}
【００６１】[第１２面(S12)の非球面データ]
K= 0.000000
A= 0.133038×10^{-6}
B=-0.283660×10^{-10}
C= 0.420448×10^{-14}
D= 0.378473×10^{-16}
【００６２】[第２０面(S20)の非球面データ]
K= 0.000000
A= 0.259950×10^{-5}
B=-0.149358×10^{-9}
C= 0.417800×10^{-12}
D=-0.198571×10^{-15}
【００６３】[２次像面(S0)の偏心データ]
ADE=-30.000000
【００６４】[第２面(S2)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= 7.235465,ZDE=-52.004098
ADE=-10.878853
【００６５】[第３面(S3)の偏心データ]
ＸＤＥ＝０．０００００，ＹＤＥ＝－５２．０９６３４７，ＺＤＥ＝　７．７５８１４４
ＡＤＥ＝　２３．０７６００１
【００６６】[第４面(S4)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= 20.000000,ZDE= -2.308472
ADE= -9.165560
【００６７】[第６面(S6)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= 8.211415,ZDE= 8.865275
ADE=-11.151450
【００６８】[絞り面(S8)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= 0.000000,ZDE= 54.000000
ADE= 0.000000
【００６９】[第９面(S9)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= -8.582231,ZDE= 54.993967
ADE=-10.212655
【００７０】[第１１面(S11)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE=-13.954383,ZDE= 57.541540
ADE= -2.413227
【００７１】[第１３面(S13)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= -9.229185,ZDE= 72.410138
ADE= 0.461869
【００７２】[第１５面(S15)の偏心データ]
ＸＤＥ＝０．０００００，ＹＤＥ＝－２０．０００００，ＺＤＥ＝　９０．７６４９１９
ＡＤＥ＝　４．０３６７６７
【００７３】[第１７面(S17)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE=-12.527083,ZDE= 93.287290
ADE= -5.200504
【００７４】[第１９面(S19)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= -8.514606,ZDE=102.776142
ADE= -4.329949
【００７５】[１次像面(S21)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= 23.094709,ZDE=180.767199
ADE= -9.978634
【００７６】

《実施例３》

[面]　[曲率半径][軸上面間隔] [屈折率]　[アッベ数]

S0(I2) r0= ∞
d0=1160.000
S1 r1= ∞
d1=---------
S2 r2= 59.725
d2= 31.796 N1=1.738 ν1=50.656
S3 r3= 62.738
d3=---------
S4* r4= 167.959
d4= 2.500 N2=1.487 ν2=70.400
S5 r5= 41.689
d5=---------
S6 r6= 89.416
d6= 2.500 N3=1.614 ν3=36.037
S7* r7= 49.188
d7=---------
S8(SP) r8= ∞(有効半径= 8.765)

Petitioner Ex 1002 085

d8=--------
S9 r9= -26.002
d9= 3.758 N4=1.620 ν4=60.300
S10 r10=-355.801
d10=-------
S11 r11= 155.400
d11= 15.452 N5=1.612 ν5=60.711
S12* r12= -47.997
d12=-------
S13 r13= 69.490
d13= 10.000 N6=1.487 ν6=70.400
S14 r14= 897.565
d14=-------
S15 r15=-161.271
d15= 2.500 N7=1.847 ν7=23.800
S16 r16= 97.141
d16=-------
S17 r17= 85.520
d17= 12.999 N8=1.654 ν8=56.777
S18 r18= -80.068
d18=-------
S19 r19= 96.557
d19= 9.538 N9=1.620 ν9=60.300
S20* r20=-103.948
d20=-------
S21(I1)r21= ∞

【００７７】[第４面(S4)の非球面データ]
K= 0.000000
A= 0.327861×10^{-5}
B= 0.586672×10^{-9}
C=-0.104273×10^{-11}
D= 0.643637×10^{-15}
【００７８】[第７面(S7)の非球面データ]
K= 0.000000
A= 0.902997×10^{-5}
B=-0.878277×10^{-8}
C= 0.717799×10^{-10}
D=-0.833737×10^{-13}
【００７９】[第１２面(S12)の非球面データ]
K= 0.000000
A= 0.550585×10^{-6}
B=-0.370362×10^{-9}
C= 0.455352×10^{-12}
D=-0.175467×10^{-15}
【００８０】[第２０面(S20)の非球面データ]
K= 0.000000
A= 0.236800×10^{-5}
B=-0.251690×10^{-9}
C= 0.341436×10^{-12}
D= 0.446726×10^{-16}

【００８１】[２次像面(S0)の偏心データ]
ADE=-30.000000
【００８２】[第２面(S2)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE=-20.000000,ZDE=-37.362760
ADE= 14.945406
【００８３】[第４面(S4)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= 20.000000,ZDE= 13.622629
ADE= -9.873794
【００８４】[第６面(S6)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= 6.411200,ZDE= 31.201507
ADE= -8.474310
【００８５】[絞り面(S8)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= 0.000000,ZDE= 54.000000
ADE= 0.000000
【００８６】[第９面(S9)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= -8.514930,ZDE= 55.046071
ADE=-20.000000
【００８７】[第１１面(S11)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE=-17.119688,ZDE= 61.057269
ADE= -4.395377
【００８８】[第１３面(S13)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE= 4.599417,ZDE= 80.809865
ADE=-20.000000
【００８９】[第１５面(S15)の偏心データ]

Petitioner Ex 1002 086

XDE=0.000000,YDE=-20.000000,ZDE= 97.656431
ADE= 1.996363
【００９０】[第１７面(S17)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE=-12.332506,ZDE=101.901268
ADE= -6.894365
【００９１】[第１９面(S19)の偏心データ]
XDE=0.000000,YDE=-13.520380,ZDE=115.854404
ADE= -7.619947
【００９２】[１次像面(S21)の偏心データ]
ＸＤＥ＝０．０００００，ＹＤＥ＝　－３．８３５３２８，ＺＤＥ＝１８８．９５７０３７
ＡＤＥ＝　－９．４９２３７１
【００９３】
【表１】

《条件式対応値》

条件式		実施例１	実施例２	実施例３
(1)	θoi(°)	19.431	20.021	20.508
(2)	θo (°)	30.943	31.085	30.952
(3)	θi (°)	2.434	0.434	0.847
(4)	Pf／Pn	1.675	1.704	2.294
(5)	Nf／Nn	2.744(G2)	2.055(G2)	2.056(G2)
(6)	Nb	1.827	1.847	1.847
(7)	νb	24.338	23.800	23.800
(8)	-Rs／Ri	4.212	0.574	0.929

《スポットダイアグラムの評価位置》

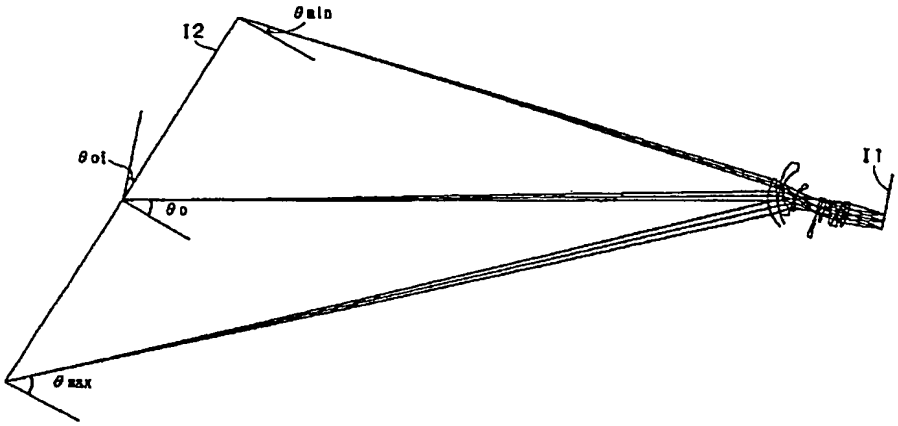
スクリーン上(mm) (X, Y)	実施例１画角(°) (X, Y)	実施例２画角(°) (X, Y)	実施例３画角(°) (X, Y)
(400, 0)	(-18.5, 0.896)	(-18.0, 1.019)	(-17.7, 0.879)
(400,-400)	(-15.9, 14.39)	(-15.5, 14.33)	(-15.3, 14.00)
(400, 400)	(-21.9,-18.1)	(-21.3,-17.7)	(-21.0,-17.5)
(0,-400)	(0.000, 14.44)	(0.000, 14.42)	(0.000, 14.05)
(0, 400)	(0.000,-18.0)	(0.000,-17.7)	(0.000,-17.5)
(0, 0)	(0.000, 0.943)	(0.000, 1.086)	(0.000, 0.953)

【００９４】
【表２】
【００９５】
【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、斜め投影角度を十分にとりながらレンズ径及び光学系全長のコンパクト化を達成した、広画角・高倍率の斜め投影光学系を実現することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】第１の実施の形態（実施例１）の光路図。
【図２】第２の実施の形態(実施例２)の光路図。
【図３】第３の実施の形態(実施例３)の光路図。
【図４】第１の実施の形態(実施例１)のレンズ構成及び光路を示す図。
【図５】第２の実施の形態(実施例２)のレンズ構成及び光路を示す図。
【図６】第３の実施の形態(実施例３)のレンズ構成及び光路を示す図。
【図７】実施例１のスポットダイアグラム。
【図８】実施例２のスポットダイアグラム。
【図９】実施例３のスポットダイアグラム。
【図１０】実施例１の歪曲図。
【図１１】実施例２の歪曲図。
【図１２】実施例３の歪曲図。
【符号の説明】
I1 …１次像面
I2 …２次像面

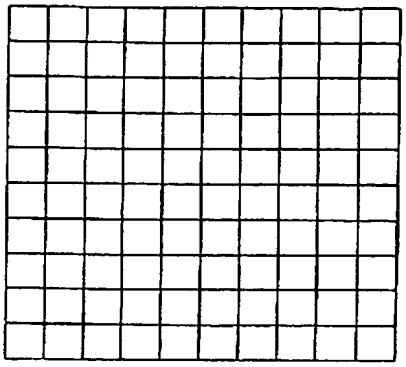
Petitioner Ex 1002 087

G1　…第１レンズ(最も拡大側のレンズ)
G2　…第２レンズ
G3　…第３レンズ
G4　…第４レンズ
G5　…第５レンズ
G6　…第６レンズ
G7　…第７レンズ
G8　…第８レンズ
G9　…第９レンズ(最も縮小側のレンズ)
SP　…絞り

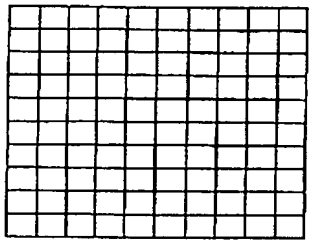
【図１】



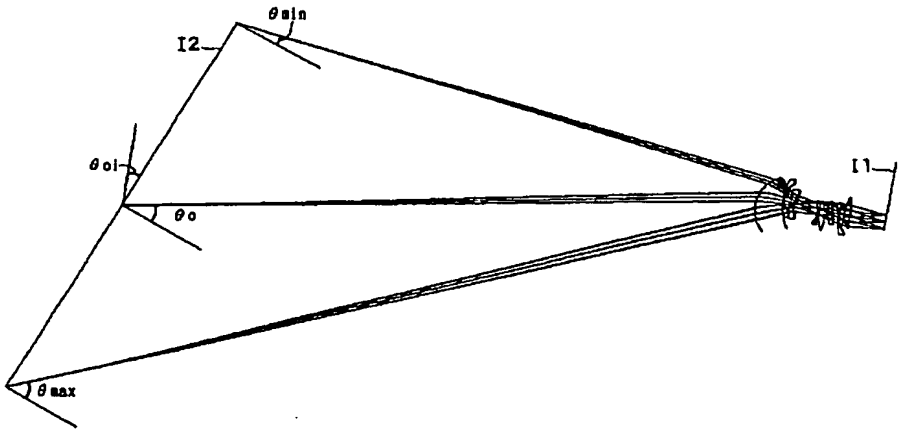
【図１０】



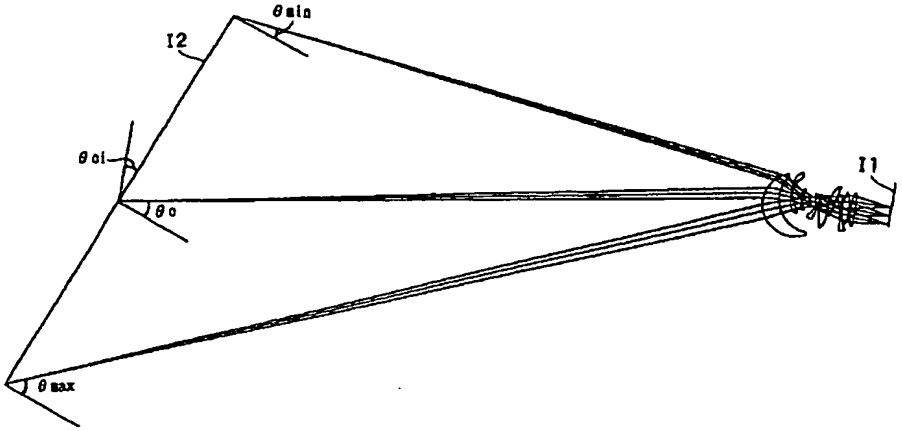
【図１１】



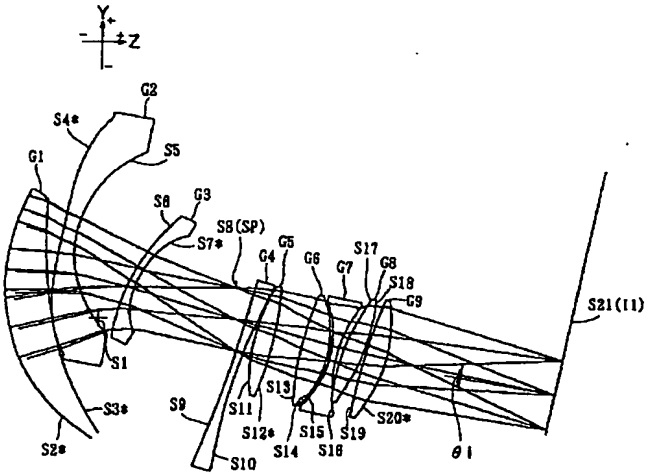
【図２】



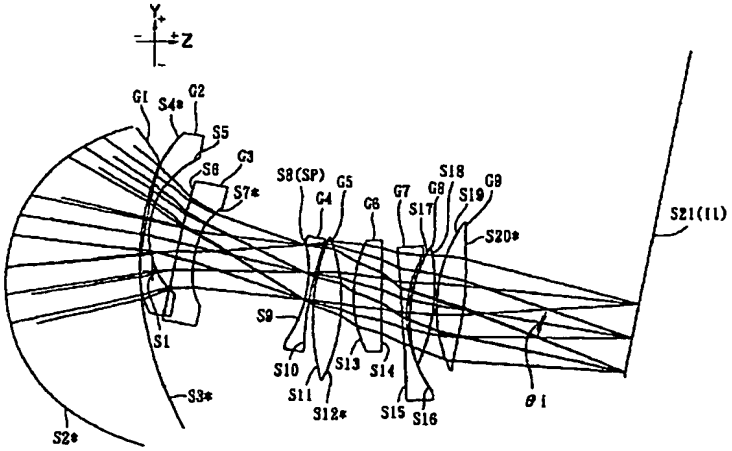
【図３】


θmin
I2
θoi
θo
I1
θmax

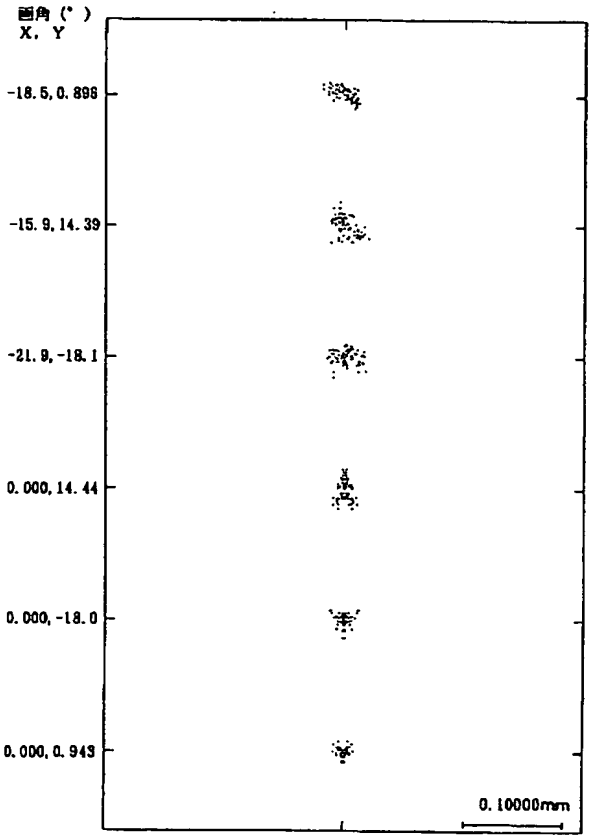
【図４】


Y
Z
G2
S4*
S5
G1
S6
G3
S8(SP)
S7*
G4
G5
G6
G7
S17
G8
S18
G9
S21(I1)
S1
S3*
S9
S11
S13
S12*
S14
S15
S19
S20*
S16
S2*
S10
θi

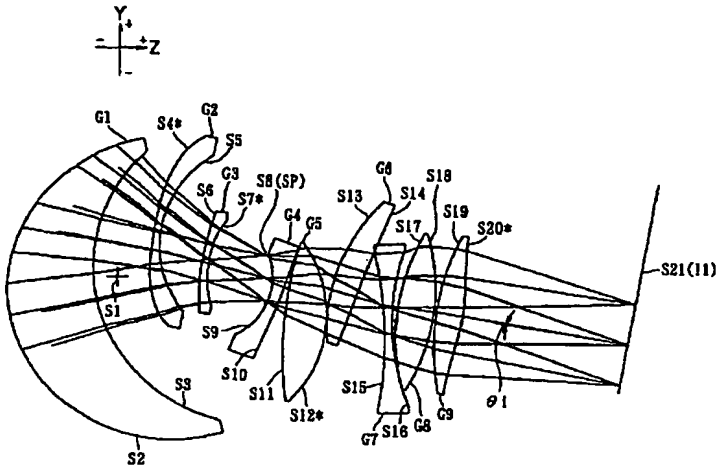
【図５】


Y
Z
G1
S4*
G2
S5
G3
S6
S7*
S8(SP)
G4
G5
G6
G7
S17
G8
S18
G9
S19
S20*
S21(I1)
S9
S1
S10
S13
S14
S3*
S11
S12*
S15
S16
θi
S2*

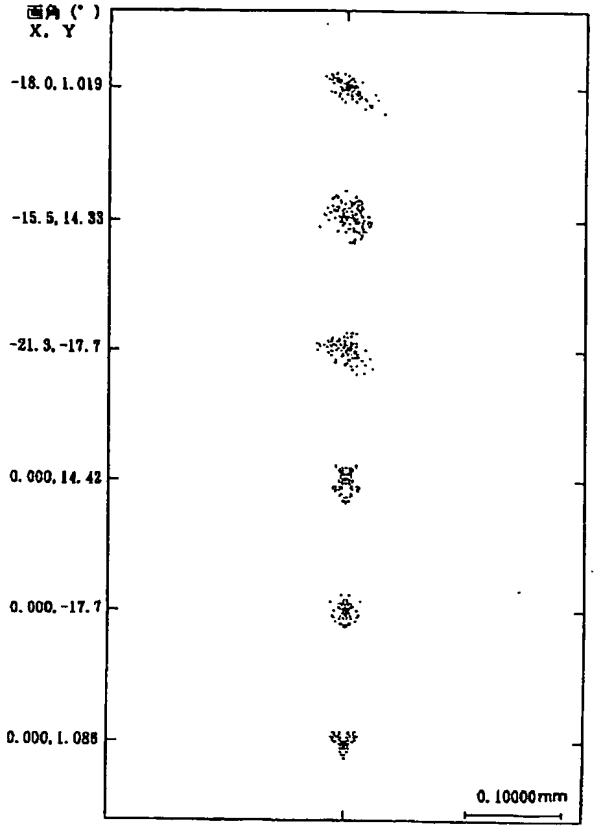
【図７】


画角(°)
X, Y
-18.5, 0.898
-15.9, 14.39
-21.9, -18.1
0.000, 14.44
0.000, -18.0
0.000, 0.943
0.10000mm

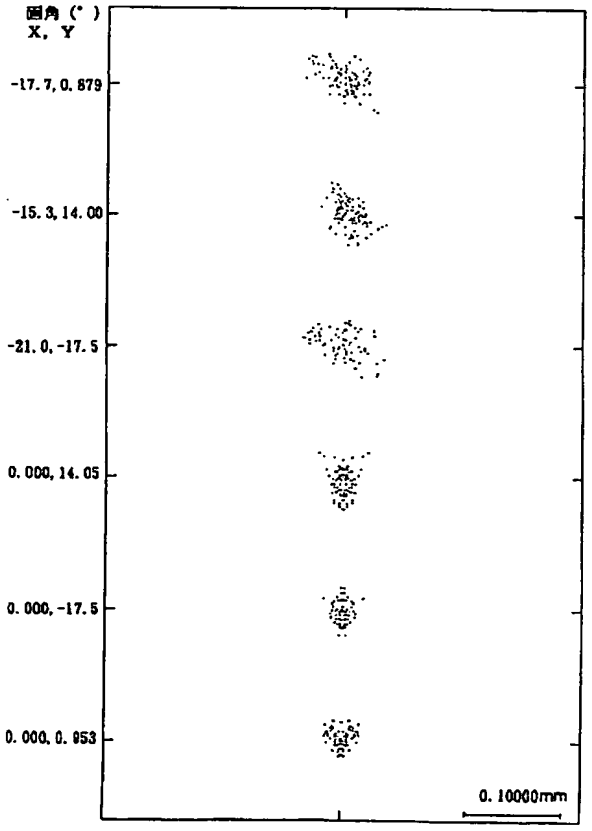
【図６】


Y
Z
G1
S4*
G2
S5
G3
S6
S7*
S8(SP)
G4
G5
S13
G6
S14
S18
S17
S19
S20*
S21(I1)
S1
S9
S10
S11
S12*
S3
S2
S15
G7
S16
G8
G9
θ1

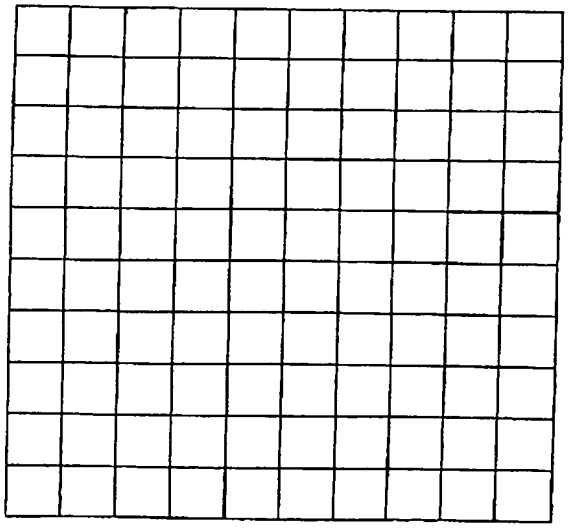
【図８】


画角 (°)
X, Y
-18.0, 1.019
-15.5, 14.33
-21.3, -17.7
0.000, 14.42
0.000, -17.7
0.000, 1.088
0.10000mm

【図９】


画角 (°)
X, Y
-17.7, 0.879
-15.3, 14.00
-21.0, -17.5
0.000, 14.05
0.000, -17.5
0.000, 0.953
0.10000mm

【図１２】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-357768
(43)Date of publication of application : 13.12.2002

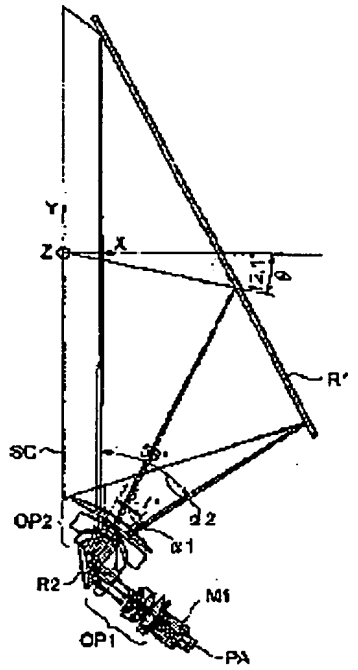
(51)Int.Cl. G02B 13/16
G02B 13/18
G03B 21/00
G03B 33/12

(21)Application number : 2001-164339
(22)Date of filing : 31.05.2001

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD
(72)Inventor : HAYASHI KOTARO
KUWA TOMIYOSHI

(54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM FOR PROJECTION

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-performance projection optical system for a projection with which a rear projection television can sufficiently be thinned and which can easily be manufactured.
SOLUTION: The projection optical system for a rear projection is provided with a first refraction lens system of positive power (OP1), a second refraction lens system of negative power (OP2) and a main mirror (R1) in order from a reduction side, and projects the magnified image of a display panel (PA) on a screen (SC). The first refraction lens system (OP1) is a coaxial system which has an optical axis which does not coincide with the screen center of the display panel (PA). The second refraction lens system (OP2) is an eccentric system consisting of a rotationally symmetrical lens. The outer diameters of the lenses of the second refraction lens system (OP2) are enlarged from the reduction side toward the enlarging side in order, and satisfy conditional expressions: 5≤?≤20, 0.35≤S1/XL≤0.5, wherein ? is an angle of incidence (°) when a principal ray from the screen center of the display panel (PA) is introduced upon the screen (SC), S1 is a projection distance and XL is the screen diagonal size of the screen (SC).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2002－357768
（P2002－357768A）
(43)公開日　平成14年12月13日(2002.12.13)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	ＦＩ		テーマコード（参考）
Ｇ０２Ｂ 13/16		Ｇ０２Ｂ 13/16		２Ｈ０８７
13/18		13/18		
Ｇ０３Ｂ 21/00		Ｇ０３Ｂ 21/00	Ｅ	
33/12		33/12		

審査請求　未請求　請求項の数５　ＯＬ　（全 18 頁）

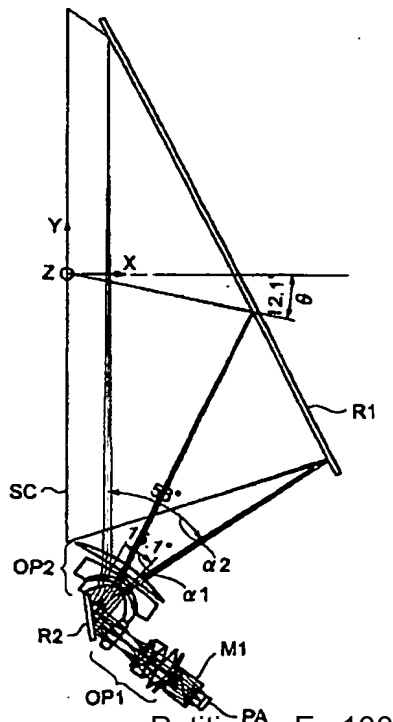
(21)出願番号　特願2001－164339(P2001－164339)
(22)出願日　平成13年５月31日(2001.5.31)

(71)出願人　000006079
ミノルタ株式会社
大阪府大阪市中央区安土町二丁目３番13号
大阪国際ビル
(72)発明者　林　宏太郎
大阪市中央区安土町二丁目３番13号　大阪国際ビル　ミノルタ株式会社内
(72)発明者　桑　富栄
大阪市中央区安土町二丁目３番13号　大阪国際ビル　ミノルタ株式会社内
(74)代理人　100085501
弁理士　佐野　静夫　（外１名）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　プロジェクション用投影光学系

(57)【要約】
【課題】　リアプロジェクションＴＶの十分な薄型化が可能で製造容易・高性能なプロジェクション用投影光学系を提供する。
【解決手段】　縮小側から順に、正パワーの第１屈折レンズ系(OP1)、負パワーの第２屈折レンズ系(OP2)、メインミラー(R1)を備え、表示パネル(PA)の画像をスクリーン(SC)に拡大投影するリアプロジェクション用投影光学系である。第１屈折レンズ系(OP1)は表示パネル(PA)の画面中心と一致しない光軸を有する共軸系であり、第２屈折レンズ系(OP2)は回転対称レンズから成る偏芯系であり、第２屈折レンズ系(OP2)のレンズ外径が縮小側から拡大側にかけて順に大きくなっており、条件式：$5 \leqq \theta \leqq 20$, $0.35 \leqq S1/XL \leqq 0.5$｛$\theta$：表示パネル(PA)の画面中心からの主光線がスクリーン(SC)に当たるときの入射角度(°)、S1：投影距離、XL：スクリーン(SC)の画面対角サイズ｝を満足する。



Petitioner Ex 1002 092

【特許請求の範囲】
【請求項１】　縮小側から順に、正のパワーを有する第１屈折レンズ系と、負のパワーを有する第２屈折レンズ系と、光路を折り曲げる平面ミラーと、を備え、表示パネルの画像をスクリーンに拡大投影するプロジェクション用投影光学系であって、
前記第１屈折レンズ系が複数のレンズから成るとともに、表示パネルの画面中心と一致しない光軸を有する共軸系であり、前記第２屈折レンズ系が複数の回転対称レンズから成るとともに、そのなかの少なくとも２枚の回転対称軸が互いに異なる偏芯系であり、前記第２屈折レンズ系のレンズ外径が縮小側から拡大側にかけて順に大きくなっており、更に以下の条件式(1)及び(2)を満足することを特徴とするプロジェクション用投影光学系；
$5 \leqq \theta \leqq 20$　…(1)
$0.35 \leqq S1/XL \leqq 0.5$　…(2)
ただし、
θ：表示パネルの画面中心からの主光線がスクリーンに当たるときの入射角度(°)、
S1：投影距離(最も拡大側のレンズ面からスクリーンまでの光路長)、
XL：スクリーンの画面対角サイズ、
である。
【請求項２】　更に以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項１記載のプロジェクション用投影光学系；
$2.0 \leqq \alpha 2/\alpha 1 \leqq 5.0$　…(3)
ただし、
$\alpha 1$：第２屈折レンズ系の縮小側での画角、
$\alpha 2$：第２屈折レンズ系の拡大側での画角、
である。
【請求項３】　前記第２屈折レンズ系が回転対称非球面レンズを少なくとも１枚含むことを特徴とする請求項１記載のプロジェクション用投影光学系。
【請求項４】　さらに前記第１屈折レンズ系と前記第２屈折レンズ系との間に、光路を折り曲げるミラーを有することを特徴とする請求項１記載のプロジェクション用投影光学系。
【請求項５】　さらに前記第１屈折レンズ系と前記第２屈折レンズ系との間に、光路を折り曲げるプリズムを有することを特徴とする請求項１記載のプロジェクション用投影光学系。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明はプロジェクション用投影光学系に関するものであり、例えば液晶パネルの画像をスクリーンに拡大投影するリアプロジェクションＴＶに好適なプロジェクション用投影光学系に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】液晶プロジェクター等の画像投影装置において、スクリーンの大型化を達成しながら投影装置全体を薄型化するために、画像を斜め方向からスクリーンに拡大投影する装置が特開平５－１３４２１３号公報，特開２０００－１６２５４４号公報等で提案されている。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】画像をスクリーンに対して斜め投影すると、投影画像にいわゆる台形歪みが生じる。特開平５－１３４２１３号公報で提案されている投影光学系では、スクリーン側に配置したアフォーカルコンバータを偏芯させることにより台形歪みを抑える構成になっている。しかし、開示されているアフォーカルコンバータでは倍率が低いため広角化が困難であり、リアプロジェクションＴＶの薄型化を達成することができない。また、特開２０００－１６２５４４号公報で提案されている投影光学系もリアプロジェクションＴＶを充分に薄型化できるほどの広角化は困難であり、使用するレンズを個別に偏芯させる必要があるため製造が難しいという問題もある。
【０００４】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、リアプロジェクションＴＶの十分な薄型化が可能で製造容易・高性能なプロジェクション用投影光学系を提供することを目的とする。
【０００５】
【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第１の発明のプロジェクション用投影光学系は、縮小側から順に、正のパワーを有する第１屈折レンズ系と、負のパワーを有する第２屈折レンズ系と、光路を折り曲げる平面ミラーと、を備え、表示パネルの画像をスクリーンに拡大投影するプロジェクション用投影光学系であって、前記第１屈折レンズ系が複数のレンズから成るとともに、表示パネルの画面中心と一致しない光軸を有する共軸系であり、前記第２屈折レンズ系が複数の回転対称レンズから成るとともに、そのなかの少なくとも２枚の回転対称軸が互いに異なる偏芯系であり、前記第２屈折レンズ系のレンズ外径が縮小側から拡大側にかけて順に大きくなっており、更に以下の条件式(1)及び(2)を満足することを特徴とする。
$5 \leqq \theta \leqq 20$　…(1)
$0.35 \leqq S1/XL \leqq 0.5$　…(2)
ただし、
θ：表示パネルの画面中心からの主光線がスクリーンに当たるときの入射角度(°)、
S1：投影距離(最も拡大側のレンズ面からスクリーンまでの光路長)、
XL：スクリーンの画面対角サイズ、
である。
【０００６】第２の発明のプロジェクション用投影光学系は、上記第１の発明の構成において、更に以下の条件

Petitioner Ex 1002 093

式(3)を満足することを特徴とする。

$2.0 \leqq \alpha 2 / \alpha 1 \leqq 5.0$　…(3)

ただし、

α1：第２屈折レンズ系の縮小側での画角、

α2：第２屈折レンズ系の拡大側での画角、

である。

【０００７】第３の発明のプロジェクション用投影光学系は、上記第１の発明の構成において、前記第２屈折レンズ系が回転対称非球面レンズを少なくとも１枚含むことを特徴とする。

【０００８】第４の発明のプロジェクション用投影光学系は、上記第１の発明の構成において、さらに前記第１屈折レンズ系と前記第２屈折レンズ系との間に、光路を折り曲げるミラーを有することを特徴とする。

【０００９】第５の発明のプロジェクション用投影光学系は、上記第１の発明の構成において、さらに前記第１屈折レンズ系と前記第２屈折レンズ系との間に、光路を折り曲げるプリズムを有することを特徴とする。

【００１０】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したリアプロジェクション用の投影光学系を、図面を参照しつつ説明する。図１～図４に第１～第４の実施の形態の光学構成及び投影光路を示し、それらの要部を拡大して図５～図８にそれぞれ示す。図１～図８は直交座標系(X,Y,Z)におけるXY断面図であり、紙面に対して垂直な方向がZ軸方向である。なお、座標系(X,Y,Z)の原点はスクリーン(SC)上の画面中心にある。

【００１１】各実施の形態の投影光学系は、縮小側から順に、ＰＢＳ(polarizing beam splitter)プリズム(M1)と、正のパワーを有する第１屈折レンズ系(OP1)と、負のパワーを有する第２屈折レンズ系(OP2)と、平面反射面で光路を折り曲げるメインミラー(R1)と、を備えており、YZ平面に対して平行に配置されたスクリーン(SC)に表示パネル(PA)の画像を拡大投影する構成になっている。さらに、第１屈折レンズ系(OP1)と第２屈折レンズ系(OP2)との間には光路を折り曲げる反射部材として、第１の実施の形態では中間ミラー(R2)が配置されており、第２，第３の実施の形態では中間プリズム(R3)が配置されている。第１，第２屈折レンズ系(OP1,OP2)間に反射部材を配置すると、第２屈折レンズ系(OP2)をスクリーン(SC)側へ寄せ易くなり、その結果、メインミラー(R1)での反射位置をスクリーン(SC)側に寄せてリアプロジェクションＴＶを薄型化することが可能になる。また、反射部材として中間プリズム(R3)を用いれば、光路を折り返しても近軸的な光路が空気よりも短くなるので光学性能が上げ易くなる。

【００１２】各実施の形態の投影光学系では、表示パネル(PA)として反射型液晶パネルを用いる構成になっている。つまり、ＰＢＳプリズム(M1)が照明光を表示パネル(PA)に導き、表示パネル(PA)が２次元映像の画素毎のON/OFFに応じた選択的な偏光制御により照明光の変調・反射を行い、表示パネル(PA)からの反射光のうち特定偏光のみをＰＢＳプリズム(M1)が透過させて投影光とする構成になっている。ＰＢＳプリズム(M1)を透過した投影光は、まず第１屈折レンズ系(OP1)に入射する。

【００１３】第１屈折レンズ系(OP1)は複数のレンズ(M2～M7)から成るとともに、表示パネル(PA)の画面中心と一致しない光軸(AX)を有する共軸系である。第１屈折レンズ系(OP1)の部分では各レンズ径にバラツキがあるため、レンズを偏芯させるとレンズ保持機構が複雑化するおそれがある。しかも、第１屈折レンズ系(OP1)の部分を偏芯系としても、リアプロジェクションＴＶを薄型化したり光学性能を向上させる効果がほとんど得られない。したがって、第１屈折レンズ系(OP1)を共軸系とすることは、レンズ保持機構を簡単にする上で有効である。また、第１屈折レンズ系(OP1)の光軸(AX)と表示パネル(PA)の画面中心とを一致しない構成にすると、表示パネル(PA)の画面中心からの主光線をスクリーン(SC)に対して斜めに入射させることができる。したがって、投影光学系の薄型化が可能となる。

【００１４】第２屈折レンズ系(OP2)は複数の回転対称レンズ(M8～M10)から成るとともに、そのなかの少なくとも２枚の回転対称軸が互いに異なる偏芯系である。例えば第１，第２，第４の実施の形態では(図５，図６，図８)、第２屈折レンズ系(OP2)を構成している３枚の回転対称レンズ(M8～M10)が各々異なった回転対称軸(a8,a9,a10)を有している。また第３の実施の形態では(図７)、第２屈折レンズ系(OP2)を構成している３枚の回転対称レンズ(M8～M10)のうち、２枚の回転対称レンズ(M9,M10)が共通の回転対称軸(a9-10)を有しており、残り１枚の回転対称レンズ(M8)がそれとは異なった回転対称軸(a8)を有している。

【００１５】上記のように少なくとも１枚の回転対称レンズ(M8～M10)を偏芯させて、第２屈折レンズ系(OP2)を２つ以上の共軸ブロックから成る偏芯系とすれば、製造困難な自由曲面を用いなくても、高い光学性能を保持しつつ投影光学系の広角化及び薄型化を達成することが可能である。また各回転対称レンズ(M8～M10)は、そのレンズ面が共軸の回転対称面であるため製造が容易であり、そのレンズ面として回転対称非球面を用いれば更に良好な光学性能を得ることが可能である。回転対称非球面レンズは自由曲面レンズに比べて製造が容易なので、偏芯系である第２屈折レンズ系(OP2)に回転対称非球面レンズを少なくとも１枚用いれば、低コストで光学性能を向上させることができる。

【００１６】また、第２屈折レンズ系(OP2)は負のパワーを有するため、第１屈折レンズ系(OP1)の拡大側での画角よりも第２屈折レンズ系(OP2)の拡大側での画角の方が大きくなる。したがって、第２屈折レンズ系(OP2)のレンズ外径は、縮小側から拡大側にかけて順に大きく

Petitioner Ex 1002 094

なる。このようにレンズ外径が順に大きくなる回転対称レンズ(M8～M10)で第２屈折レンズ系(OP2)を構成する場合、図１７に示すような鏡胴構成を採用することが望ましい。この鏡胴構成では、回転対称レンズ(M8～M10)をレンズ外径の小さいものから順次落とし込んで鏡胴(BL)にセットしていけばよい。このため、第２屈折レンズ系(OP2)のように回転対称レンズ(M8～M10)を個別に偏芯させるような偏芯系でも、回転対称レンズ(M8～M10)の組み込みは容易である。

【００１７】さらに高い光学性能を保持しつつ投影光学系を効果的に薄型化するには、以下の条件式(1)及び(2)を満足することが望ましい。

$5 \leqq \theta \leqq 20$　…(1)

$0.35 \leqq S1/XL \leqq 0.5$　…(2)

ただし、

θ：表示パネル(PA)の画面中心からの主光線がスクリーン(SC)に当たるときの入射角度(°)、

S1：投影距離(最も拡大側のレンズ面からスクリーン(SC)までの光路長)、

XL：スクリーン(SC)の画面対角サイズ、

である。

【００１８】条件式(1)及び(2)を満たすことにより、高い光学性能を維持しながらリアプロジェクションＴＶの薄型化を図ることができる。条件式(1)の下限を超えるか又は条件式(2)の上限を超えると、リアプロジェクションＴＶの薄型化を達成することが困難になる。逆に、条件式(1)の上限を超えるか又は条件式(2)の下限を超えると、光学性能の劣化が激しくなる。なお、入射角度θを5度以上としても、前述した第２屈折レンズ系(OP2)での偏芯によって性能を確保することが可能である。

【００１９】また、第２屈折レンズ系(OP2)による画角変化に関しては、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$2.0 \leqq \alpha 2/\alpha 1 \leqq 5.0$　…(3)

ただし、

$\alpha 1$：第２屈折レンズ系(OP2)の縮小側での画角、

$\alpha 2$：第２屈折レンズ系(OP2)の拡大側での画角、

である。

【００２０】条件式(3)の下限を超えると、投影距離が長くなるためリアプロジェクションＴＶの薄型化が困難になる。逆に、条件式(3)の上限を超えると、光学性能の劣化が激しくなる。

【００２１】

【実施例】以下、本発明を実施したリアプロジェクション用の投影光学系を、コンストラクションデータ等を挙げて更に具体的に説明する。ここで挙げる実施例１～４は、前述した第１～第４の実施の形態にそれぞれ対応しており、各実施の形態を表す図(図１～図４，図５～図８)は、対応する各実施例の光路等をそれぞれ示している。

【００２２】各実施例のコンストラクションデータでは、最も拡大側に位置するスクリーン(SC)から最も縮小側に位置する表示パネル(PA)までを含めた系において、拡大側から順に各光学要素の配置，面形状等の光学データを示している。各光学要素の配置は、それが属する共軸系ブロックの最も拡大側の光学面の配置と、それに続く各光学面間の軸上面間隔(T'，mm)とで表される。上記光学面の配置は、その面頂点をローカルな直交座標系の原点(0)として、グローバルな直交座標系(X,Y,Z)におけるローカル座標系の原点(0)及び座標軸ベクトル(VX,VY)の各座標データ(X,Y,Z)で表される。したがって、共軸系ブロックの回転対称軸の方向は、原点(0)での面法線ベクトル(VX)の座標データ(X,Y,Z)で表される。なお、グローバル座標系の原点(0,0,0)はスクリーン(SC)面上の画面中心にあるが、スクリーン(SC)のローカル座標系の原点(0)は主光線がスクリーン(SC)に垂直入射する位置にある。

【００２３】各光学要素の面形状は、光学面の曲率(C0，mm^{-1})及び曲率半径(CR，mm)で表される。各光学面の拡大側に位置する媒質のｄ線に対する屈折率(N)、縮小側に位置する媒質のｄ線に対する屈折率(N')、及び光学材料のアッベ数(νd)を併せて示す。また、図５～図８において*印が付された光学面は回転対称非球面であり、その面形状は面頂点を原点とするローカルな直交座標系(x,y,z)を用いた以下の式(AS)で定義される。その非球面データを他のデータと併せて示す。また、条件式の対応データ及び関連データを表１に示す。

【００２４】

$$x=(C0\cdot h^2)/\{1+\sqrt{(1-\varepsilon\cdot C0^2\cdot h^2)}\}+(A4\cdot h^4+A6\cdot h^6+A8\cdot h^8+A10\cdot h^{10}+A12\cdot h^{12}+A14\cdot h^{14}+A16\cdot h^{16})\quad\cdots(AS)$$

ただし、式(AS)中、

x：高さhの位置でのx軸方向の基準面からの変位量(面頂点基準)、

h：x軸に対して垂直な方向の高さ($h^2=y^2+z^2$)、

C0：近軸曲率(=1／CR)、

ε：２次曲面パラメータ、

Ai：i次の非球面係数(i=4,6,8,10,12,14,16)、

である。

【００２５】各実施例の光学性能をスポットダイアグラム(図９～図１２)と歪曲図(図１３～図１６)で示す。スポットダイアグラムは、スクリーン(SC)面での結像特性(mm)を示しており、各スポットダイアグラムの配置は、図に向かって下側が画面上方向、左側が画面横方向である。また、歪曲図は表示パネル(PA)面での長方形状網目に対応するスクリーン(SC)面での光線位置を示しており、実線が各実施例の歪曲格子であり、破線がアナモ比を考慮した理想像点の格子(歪曲無し)である。なお、図中の矢印の向きが画面上側である。

Petitioner Ex 1002 095

【００２６】《実施例１》
…スクリーン(SC)…
O :(　0.00000 , -117.72163 ,　0.00000)
VX:(1.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000)
VY:(0.00000000 ,-1.00000000 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
…メインミラー(R1)…
O :(　221.28995 , -117.86595 ,　0.00000)
VX:(0.89593256 , 0.44419010 , 0.00000000)
VY:(0.44419010 ,-0.89593256 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=-1.00000
…レンズ(M10)…
O :(　57.41672 , -301.51787 ,　0.00000)
VX:(-0.57811295 ,-0.81595675 , 0.00000000)
VY:(0.81595675 ,-0.57811295 , 0.00000000)
・レンズ面(M10-2)
N=1.00000,C0=0.00701209(CR=142.6108),N'=1.62408(νd=36.30)
T'=8.17705
・レンズ面(M10-1)
N=1.62408(νd=36.30),C0=0.00206201(CR=484.9637),N'=1.00000
…レンズ(M9)…
O :(　56.06118 , -315.80301 ,　0.00000)
VX:(-0.57076812 ,-0.82111129 , 0.00000000)
VY:(0.82111129 ,-0.57076812 , 0.00000000)
・レンズ面(M9-2)
N=1.00000,C0=0.00432756(CR=231.0771),N'=1.78517(νd=44.55)
T'=3.95331
・レンズ面(M9-1)
N=1.78517(νd=44.55),C0=0.02997850(CR=33.3572),N'=1.00000
…レンズ(M8)…
O :(　52.03978 , -323.57836 ,　0.00000)
VX:(-0.60126237 ,-0.79905167 , 0.00000000)
VY:(0.79905167 ,-0.60126237 , 0.00000000)
・レンズ面(M8-2)
N=1.00000,C0=0.03378570(CR=29.5983),N'=1.49329(νd=57.82)
[非球面データ]
ε=-1.99937
A16= 4.22210×10^{-24}
A14=-2.87198×10^{-21}
A12=-4.65912×10^{-18}
A10= 4.44764×10^{-15}
A8 = 5.17800×10^{-12}
A6 =-1.11332×10^{-8}
A4 = 1.23543×10^{-5}
T'=3
・レンズ面(M8-1)
N=1.49329(νd=57.82),C0=0.07751240(CR=12.9012),N'=1.00000
[非球面データ]
ε=-0.0980626
A12= 1.94618×10^{-17}
A10=-6.32529×10^{-15}
A8 =-9.41686×10^{-12}
A6 =-8.83489×10^{-9}
A4 = 1.46904×10^{-5}
…中間ミラー(R2)…
O :(　26.73528 , -368.11173 ,　0.00000)
VX:(-0.99072169 ,-0.13590636 , 0.00000000)
VY:(0.13590636 ,-0.99072169 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=-1.00000
…レンズ(M7～M2)…
O :(　40.90960 , -370.70999 ,　0.00000)
VX:(0.79643565 ,-0.60472328 , 0.00000000)
VY:(-0.60472328 ,-0.79643565 , 0.00000000)
・レンズ面(M7-2)
N=1.00000,C0=0.01982340(CR=50.4454),N'=1.65222(νd=33.84)
T'=12.6382
・レンズ面(M7-1)
N=1.65222(νd=33.84),C0=-0.00606742(CR=-164.8147),N'=1.00000
T'=26.6743
・レンズ面(M6-2)
N=1.00000,C0=0.00049024(CR=2039.8089),N'=1.49329(νd=57.82)
T'=3.92505
・レンズ面(M6-1)
N=1.49329(νd=57.82),C0=-0.01882660(CR=-53.1163),N'=1.00000
[非球面データ]
ε=-16.1713
A10= 8.92834×10^{-14}
A8 =-8.88266×10^{-11}
A6 = 4.39699×10^{-8}
A4 =-1.69572×10^{-8}
T'=0.501233
・レンズ面(M5-3)
N=1.00000,C0=-0.01242490(CR=-80.4835),N'=1.48914(νd=70.44)
T'=5.72023
・レンズ面(M5-2)
N=1.48914(νd=70.44),C0=-0.04032600(CR=-24.7979),N'=1.72310(νd=29.50)
T'=2
・レンズ面(M5-1)

Petitioner Ex 1002 096

N=1.72310(νd=29.50),C0=0.01509960(CR=66.2269),N'=1.00000
T'=0.646266
・レンズ面(M4-2)
N=1.00000,C0=0.01273930(CR=78.4972),N'=1.49451(νd=83.58)
T'=9.70266
・レンズ面(M4-1)
N=1.49451(νd=83.58),C0=-0.02737600(CR=-36.5283),N'=1.00000
T'=0.5
・レンズ面(M3-2)
N=1.00000,C0=0.00920907(CR=108.5886),N'=1.49451(νd=83.58)
T'=11.0958
・レンズ面(M3-1)
N=1.49451(νd=83.58),C0=-0.02456780(CR=-40.7037),N'=1.00000
T'=0.5
・レンズ面(M2-2)
N=1.00000,C0=-0.00571296(CR=-175.0406),N'=1.48914(νd=70.44)
T'=3.72243
・レンズ面(M2-1)
N=1.48914(νd=70.44),C0=-0.01266950(CR=-78.9297),N'=1.00000
…ＰＢＳプリズム(M1)…
O :(102.57440 , -421.17388 , 0.00000)
VX:(0.79696903 ,-0.60402017 , 0.00000000)
VY:(-0.60402017 ,-0.79696903 , 0.00000000)
・プリズム面(M1-2)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.62286(νd=60.29)
T'=29
・プリズム面(M1-1)
N=1.62286(νd=60.29),C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
T'=9.5
…表示パネル(PA)…
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
【００２７】《実施例２》
…スクリーン(SC)…
O :(0.00000 , -135.17457 , 0.00000)
VX:(1.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000)
VY:(0.00000000 ,-1.00000000 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
…メインミラー(R1)…
O :(278.23144 , -132.53069 , 0.00000)
VX:(0.88471579 , 0.46613086 , 0.00000000)
VY:(0.46613086 ,-0.88471579 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=-1.00000
…レンズ(M10)…
O :(58.20901 , -379.59952 , 0.00000)
VX:(-0.53822702 ,-0.84279990 , 0.00000000)
VY:(0.84279990 ,-0.53822702 , 0.00000000)
・レンズ面(M10-2)
N=1.00000,C0=0.00696317(CR=143.6128),N'=1.62408(νd=36.30)
T'=8.45764
・レンズ面(M10-1)
N=1.62408(νd=36.30),C0=0.00213202(CR=469.0388),N'=1.00000
…レンズ(M9)…
O :(55.14663 , -394.82043 , 0.00000)
VX:(-0.53236866 ,-0.84651261 , 0.00000000)
VY:(0.84651261 ,-0.53236866 , 0.00000000)
・レンズ面(M9-2)
N=1.00000,C0=0.00490205(CR=203.9963),N'=1.78517(νd=44.55)
T'=5
・レンズ面(M9-1)
N=1.78517(νd=44.55),C0=0.03236360(CR=30.8989),N'=1.00000
…レンズ(M8)…
O :(51.51479 , -402.29460 , 0.00000)
VX:(-0.55855863 ,-0.82946504 , 0.00000000)
VY:(0.82946504 ,-0.55855863 , 0.00000000)
・レンズ面(M8-2)
N=1.00000,C0=0.03488510(CR=28.6655),N'=1.49329(νd=57.82)
[非球面データ]
ε = -1.98968
A16= 3.81879×10^{-24}
A14=-1.50172×10^{-21}
A12=-5.24370×10^{-18}
A10= 3.19938×10^{-15}
A8 = 5.12079×10^{-12}
A6 =-1.03567×10^{-8}
A4 = 1.10280×10^{-5}
T'=3.3
・レンズ面(M8-1)
N=1.49329(νd=57.82),C0=0.07673950(CR=13.0311),N'=1.00000
[非球面データ]
ε = -0.107728
A12= 2.02451×10^{-17}
A10=-1.54271×10^{-14}
A8 =-6.39408×10^{-12}
A6 =-1.12662×10^{-8}
A4 = 1.10362×10^{-5}

Petitioner Ex 1002 097

…中間プリズム(R3)…
・プリズム面(R3-3)
O :(　61.87690 , -441.77463 ,　　0.00000)
VX:(-0.59453985 ,-0.80406615 , 0.00000000)
VY:(0.80406615 ,-0.59453985 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.62286(νd=60.29)
・プリズム面(R3-2)
O :(　31.08529 , -469.77029 ,　　0.00000)
VX:(-0.91978565 ,-0.39242114 , 0.00000000)
VY:(0.39242114 ,-0.91978565 , 0.00000000)
N=1.62286(νd=60.29),C0=0.00000000(CR=∞),N'=-1.62286(νd=60.29)
・プリズム面(R3-1)
O :(　46.91250 , -453.25486 ,　　0.00000)
VX:(0.99001784 ,-0.14094208 , 0.00000000)
VY:(-0.14094208 ,-0.99001784 , 0.00000000)
N=1.62286(νd=60.29),C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
…レンズ(M7～M2)…
O :(　52.13979 , -451.46819 ,　　0.00000)
VX:(0.98759619 ,-0.15701517 , 0.00000000)
VY:(-0.15701517 ,-0.98759619 , 0.00000000)
・レンズ面(M7-2)
N=1.00000,C0=0.01859130(CR=53.7886),N'=1.65222(νd=33.84)
T'=5.83284
・レンズ面(M7-1)
N=1.65222(νd=33.84),C0=-0.00611675(CR=-163.4855),
N'=1.00000
T'=26.2816
・レンズ面(M6-2)
N=1.00000,C0=0.00194320(CR=514.6151),N'=1.49329(νd=57.82)
T'=7.34246
・レンズ面(M6-1)
N=1.49329(νd=57.82),C0=-0.01766670(CR=-56.6037),
N'=1.00000
[非球面データ]
ε=-16.3058
A10= 6.19032×10^{-14}
A8 =-6.18080×10^{-11}
A6 = 3.42696×10^{-8}
A4 = 1.59229×10^{-6}
T'=0.624716
・レンズ面(M5-3)
N=1.00000,C0=-0.01213830(CR=-82.3839),N'=1.48914(νd=70.44)
T'=5.78057
・レンズ面(M5-2)
N=1.48914(νd=70.44),C0=-0.03398940(CR=-29.4209),
N'=1.72310(νd=29.50)
T'=2
・レンズ面(M5-1)
N=1.72310(νd=29.50),C0=0.01480260(CR=67.5557),N'=1.00000
T'=0.598845
・レンズ面(M4-2)
N=1.00000,C0=0.01293580(CR=77.3048),N'=1.49451(νd=83.58)
T'=9.61092
・レンズ面(M4-1)
N=1.49451(νd=83.58),C0=-0.02668840(CR=-37.4695),
N'=1.00000
T'=0.5
・レンズ面(M3-2)
N=1.00000,C0=0.00960970(CR=104.0615),N'=1.49451(νd=83.58)
T'=10.9003
・レンズ面(M3-1)
N=1.49451(νd=83.58),C0=-0.02400470(CR=-41.6585),
N'=1.00000
T'=0.622073
・レンズ面(M2-2)
N=1.00000,C0=-0.00706804(CR=-141.4819),N'=1.48914(νd=70.44)
T'=3.61904
・レンズ面(M2-1)
N=1.48914(νd=70.44),C0=-0.01194460(CR=-83.7198),
N'=1.00000
…ＰＢＳプリズム(M1)…
O :(　126.66239 , -465.61785 ,　　0.00000)
VX:(0.98819641 ,-0.15319222 , 0.00000000)
VY:(-0.15319222 ,-0.98819641 , 0.00000000)
・プリズム面(M1-2)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.62286(νd=60.29)
T'=29
・プリズム面(M1-1)
N=1.62286(νd=60.29),C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
T'=9.5
…表示パネル(PA)…
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
【００２８】《実施例３》
…スクリーン(SC)…
O :(　　0.00000 ,　-99.10297 ,　　0.00000)
VX:(1.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000)
VY:(0.00000000 ,-1.00000000 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000

Petitioner Ex 1002 098

…メインミラー(R1)…
O :(259.66849 , -97.49210 , 0.00000)
VX:(0.88586103 , 0.46395068 , 0.00000000)
VY:(0.46395068 ,-0.88586103 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=-1.00000
…レンズ(M10)…
O :(59.85589 , -376.16303 , 0.00000)
VX:(-0.57755938 ,-0.81634868 , 0.00000000)
VY:(0.81634868 ,-0.57755938 , 0.00000000)
・レンズ面(M10-2)
N=1.00000,C0=0.01340560(CR=74.5957),N'=1.52438(νd=52.20)
[非球面データ]
ε=-15.8666
A16=-3.19695×10^{-27}
A14= 1.32420×10^{-23}
A12=-1.68811×10^{-20}
A10=-8.01209×10^{-18}
A8 = 1.46367×10^{-13}
A6 =-6.52809×10^{-10}
A4 = 3.39628×10^{-6}
T'=4.00231
・レンズ面(M10-1)
N=1.52438(νd=52.20),C0=0.03122410(CR=32.0265),N'=1.00000
[非球面データ]
ε= -1.45465
A12= 1.14637×10^{-19}
A10=-5.61289×10^{-16}
A8 =-4.55572×10^{-13}
A6 = 1.14607×10^{-9}
A4 = 4.23244×10^{-6}
T'=12.9136
…レンズ(M9)…
・レンズ面(M9-2)
N=1.00000,C0=0.01539530(CR=64.9549),N'=1.71615(νd=53.94)
T'=4.71646
・レンズ面(M9-1)
N=1.71615(νd=53.94),C0=0.03238080(CR=30.8825),N'=1.00000
…レンズ(M8)…
O :(38.45251 , -404.89527 , 0.00000)
VX:(-0.53385623 ,-0.84557526 , 0.00000000)
VY:(0.84557526 ,-0.53385623 , 0.00000000)
・レンズ面(M8-2)
N=1.00000,C0=0.00409338(CR=244.2969),N'=1.48914(νd=70.44)
T'=2.5
・レンズ面(M8-1)
N=1.48914(νd=70.44),C0=0.02980210(CR=33.5547),N'=1.00000
…中間プリズム(R3)…
・プリズム面(R3-3)
O :(32.51288 , -421.05262 , 0.00000)
VX:(-0.56498737 ,-0.82509956 , 0.00000000)
VY:(0.82509956 ,-0.56498737 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.51872(νd=64.20)
・プリズム面(R3-2)
O :(13.09975 , -448.70470 , 0.00000)
VX:(-0.97498074 ,-0.22228935 , 0.00000000)
VY:(0.22228935 ,-0.97498074 , 0.00000000)
N=1.51872(νd=64.20),C0=0.00000000(CR=∞),N'=-1.51872(νd=64.20)
・プリズム面(R3-1)
O :(37.89781 , -462.58783 , 0.00000)
VX:(0.85644619 ,-0.51623630 , 0.00000000)
VY:(-0.51623630 ,-0.85644619 , 0.00000000)
N=1.51872(νd=64.20),C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
…レンズ(M7～M2)…
O :(44.00714 , -463.61510 , 0.00000)
VX:(0.87362411 ,-0.48660140 , 0.00000000)
VY:(-0.48660140 ,-0.87362411 , 0.00000000)
・レンズ面(M7-2)
N=1.00000,C0=0.02056290(CR=48.6313),N'=1.67764(νd=32.17)
T'=8.55412
・レンズ面(M7-1)
N=1.67764(νd=32.17),C0=-0.00133935(CR=-746.6308),N'=1.00000
T'=17.2329
・レンズ面(M6-2)
N=1.00000,C0=0.00080464(CR=1242.7918),N'=1.48914(νd=70.44)
T'=12.1087
・レンズ面(M6-1)
N=1.48914(νd=70.44),C0=-0.00127806(CR=-782.4359),N'=1.00000
T'=0.5
・レンズ面(M5-2)
N=1.00000,C0=0.00032139(CR=3111.4651),N'=1.52438(νd=52.20)
T'=6.86207
・レンズ面(M5-1)
N=1.52438(νd=52.20),C0=-0.01623620(CR=-61.5908),N'=1.00000
[非球面データ]
ε=-17.7282

Petitioner Ex 1002 099

A10= 3.55731×10^{-14}
A8 =-4.34291×10^{-11}
A6 = 2.42890×10^{-8}
A4 =-2.30835×10^{-7}
T'=0.5
・レンズ面(M4-3)
N=1.00000,C0=-0.00832572(CR=-120.1097),N'=1.48914(νd=70.44)
T'=5.14378
・レンズ面(M4-2)
N=1.48914(νd=70.44),C0=-0.03559030(CR=-28.0975),N'=1.72310(νd=29.50)
T'=7.82259
・レンズ面(M4-1)
N=1.72310(νd=29.50),C0=0.01682540(CR=59.4340),N'=1.00000
T'=1.10953
・レンズ面(M3-2)
N=1.00000,C0=0.01410160(CR=70.9139),N'=1.49451(νd=83.58)
T'=9.90093
・レンズ面(M3-1)
N=1.49451(νd=83.58),C0=-0.02908970(CR=-34.3764),N'=1.00000
T'=10.3996
・レンズ面(M2-2)
N=1.00000,C0=0.01020150(CR=98.0248),N'=1.48914(νd=70.44)
T'=9.7935
・レンズ面(M2-1)
N=1.48914(νd=70.44),C0=-0.01968720(CR=-50.7944),N'=1.00000
T'=1.8903
…ＰＢＳプリズム(M1)…
O :(125.06862 , -511.39018 , 0.00000)
VX:(0.87256280 ,-0.48850196 , 0.00000000)
VY:(-0.48850196 ,-0.87256280 , 0.00000000)
・プリズム面(M1-2)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.62286(νd=60.29)
T'=29
・プリズム面(M1-1)
N=1.62286(νd=60.29),C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
T'=9.5
…表示パネル(PA)…
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000

【００２９】《実施例４》

…スクリーン(SC)…
O :(0.00000 , -87.58703 , 0.00000)
VX:(1.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000)
VY:(0.00000000 ,-1.00000000 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
…メインミラー(R1)…
O :(269.02373 , -87.96623 , 0.00000)
VX:(0.86947132 , 0.49398343 , 0.00000000)
VY:(0.49398343 ,-0.86947132 , 0.00000000)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=-1.00000
…レンズ(M10)…
O :(94.84617 , -357.79054 , 0.00000)
VX:(-0.45163638 ,-0.89220209 , 0.00000000)
VY:(0.89220209 ,-0.45163638 , 0.00000000)
・レンズ面(M10-2)
N=1.00000,C0=0.01063870(CR=93.9964),N'=1.52978(νd=56.63)
T'=18.4819
・レンズ面(M10-1)
N=1.52978(νd=56.63),C0=0.00265322(CR=376.9005),N'=1.00000
…レンズ(M9)…
O :(88.33974 , -383.46883 , 0.00000)
VX:(-0.45334706 ,-0.89133408 , 0.00000000)
VY:(0.89133408 ,-0.45334706 , 0.00000000)
・レンズ面(M9-2)
N=1.00000,C0=0.00543818(CR=183.8850),N'=1.75798(νd=51.57)
T'=3
・レンズ面(M9-1)
N=1.75798(νd=51.57),C0=0.03335960(CR=29.9764),N'=1.00000
…レンズ(M8)…
O :(86.67082 , -390.96995 , 0.00000)
VX:(-0.50759652 ,-0.86159490 , 0.00000000)
VY:(0.86159490 ,-0.50759652 , 0.00000000)
・レンズ面(M8-2)
N=1.00000,C0=0.04603840(CR=21.7210),N'=1.49329(νd=57.82)
[非球面データ]
ε= -3.59064
A16=-1.43469×10^{-23}
A14= 3.20455×10^{-20}
A12=-1.70738×10^{-17}
A10=-8.24880×10^{-15}
A8 = 1.27615×10^{-11}
A6 =-3.74791×10^{-9}
A4 = 4.45433×10^{-6}
T'=3.3
・レンズ面(M8-1)
N=1.49329(νd=57.82),C0=0.10141400(CR=9.8606),N'=1.00000

Petitioner Ex 1002 100

[非球面データ]
ε = -0.329803
A12=-1.12282×10^{-17}
A10= 7.97989×10^{-15}
A8 =-9.15024×10^{-12}
A6 = 1.59189×10^{-8}
A4 = 1.29370×10^{-5}
…レンズ(M7～M2)…
O :(62.93988 , -431.10976 , 0.00000)
VX:(-0.50919903 ,-0.86064880 , 0.00000000)
VY:(0.86064880 ,-0.50919903 , 0.00000000)
・レンズ面(M7-2)
N=1.00000,C0=0.01720580(CR=58.1199),N'=1.83828(νd=21.12)
T'=11.1815
・レンズ面(M7-1)
N=1.83828(νd=21.12),C0=-0.00021566(CR=-4637.0360),N'=1.00000
T'=14.124
・レンズ面(M6-2)
N=1.00000,C0=0.00131767(CR=758.9154),N'=1.49329(νd=57.82)
T'=6.82074
・レンズ面(M6-1)
N=1.49329(νd=57.82),C0=-0.03176290(CR=-31.4833),N'=1.00000
[非球面データ]
ε = -3.50323
A10= 3.08137×10^{-15}
A8 =-9.27025×10^{-11}
A6 = 3.56405×10^{-8}
A4 =-4.91289×10^{-6}
T'=4.63612
・レンズ面(M5-3)
N=1.00000,C0=-0.01466730(CR=-68.1789),N'=1.49488(νd=83.17)
T'=5.55505
・レンズ面(M5-2)
N=1.49488(νd=83.17),C0=-0.04044480(CR=-24.7251),N'=1.83984(νd=23.54)
T'=2
・レンズ面(M5-1)
N=1.83984(νd=23.54),C0=0.01334750(CR=74.9204),N'=1.00000
T'=0.914076
・レンズ面(M4-2)
N=1.00000,C0=0.00924945(CR=108.1145),N'=1.49530(νd=82.66)
T'=7.75521
・レンズ面(M4-1)
N=1.49530(νd=82.66),C0=-0.02921380(CR=-34.2304),N'=1.00000
T'=0.5
・レンズ面(M3-2)
N=1.00000,C0=0.00795951(CR=125.6359),N'=1.55405(νd=47.26)
T'=7.87779
・レンズ面(M3-1)
N=1.55405(νd=47.26),C0=-0.01862050(CR=-53.7043),N'=1.00000
T'=0.5
・レンズ面(M2-2)
N=1.00000,C0=0.00246348(CR=405.9298),N'=1.75448(νd=36.98)
T'=5.77527
・レンズ面(M2-1)
N=1.75448(νd=36.98),C0=-0.01362500(CR=-73.3945),N'=1.00000
…ＰＢＳプリズム(M1)…
O :(29.01875 , -491.95964 , 0.00000)
VX:(-0.51074942 ,-0.85972963 , 0.00000000)
VY:(0.85972963 ,-0.51074942 , 0.00000000)
・プリズム面(M1-2)
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.62286(νd=60.29)
T'=29
・プリズム面(M1-1)
N=1.62286(νd=60.29),C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
T'=9.5
…表示パネル(PA)…
N=1.00000,C0=0.00000000(CR=∞),N'=1.00000
【００３０】
【表１】

<条件式の対応・関連データ>

実施例	(1)	(2)			(3)		
	θ(°)	S1(nm)	XL(nm)	S1/XL	α2(°)	α1(°)	α2/α1
1	12.1	477.21	1124.97	0.424	56.0	15.1	3.71
2	8.7	613.38	1438.91	0.426	56.4	16.0	3.53
3	8.1	608.82	1438.91	0.423	57.1	13.3	4.29
4	7.8	595.24	1438.91	0.414	56.9	19.4	2.93

【００３１】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、製造容易・高性能なプロジェクション用投影光学系を実現することが可能であり、本発明に係る投影光学系を用いることにより、リアプロジェクションＴＶの十分な薄型化を達成することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図１】第１の実施の形態(実施例１)の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図２】第２の実施の形態(実施例２)の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図３】第３の実施の形態(実施例３)の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図４】第４の実施の形態(実施例４)の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図５】図１の要部拡大図。

【図６】図２の要部拡大図。

【図７】図３の要部拡大図。

【図８】図４の要部拡大図。

【図９】実施例１のスポットダイアグラム。

【図１０】実施例２のスポットダイアグラム。

【図１１】実施例３のスポットダイアグラム。

【図１２】実施例４のスポットダイアグラム。

【図１３】実施例１の歪曲図。

【図１４】実施例２の歪曲図。

【図１５】実施例３の歪曲図。

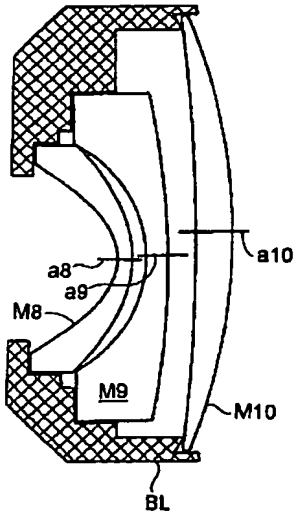
【図１６】実施例４の歪曲図。

【図１７】第１の実施の形態における第２屈折レンズ系の鏡胴構成を示す断面図。

【符号の説明】

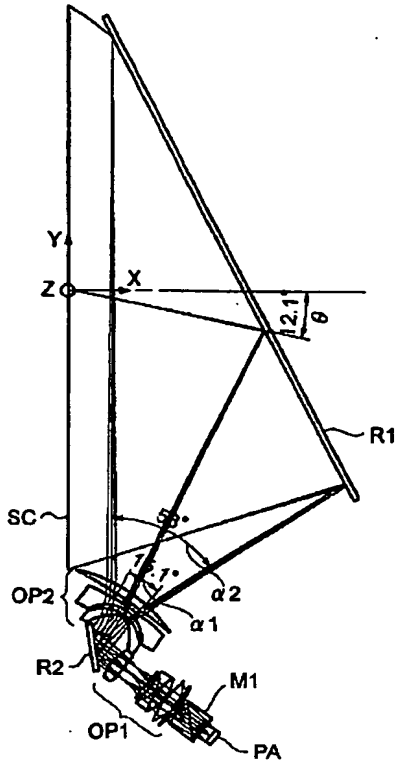
PA …表示パネル
M1 …ＰＢＳプリズム
OP1 …第１屈折レンズ系
R2 …中間ミラー
R3 …中間プリズム
OP2 …第２屈折レンズ系
R1 …メインミラー(平面ミラー)
SC …スクリーン

【図１７】

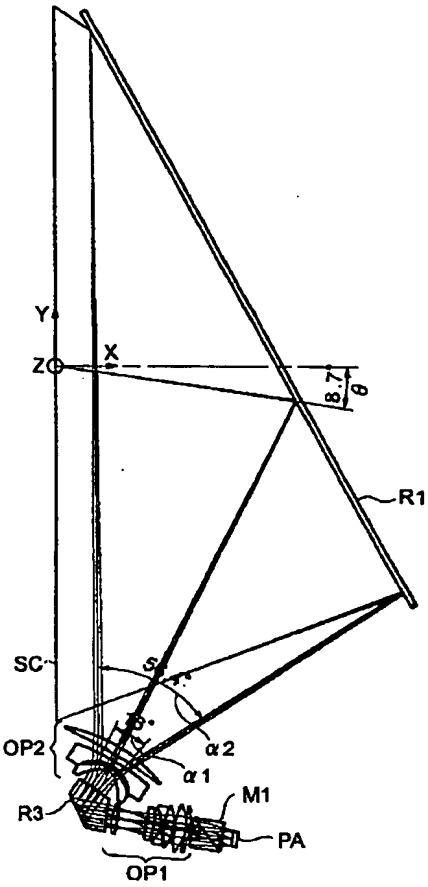


Petitioner Ex 1002 102

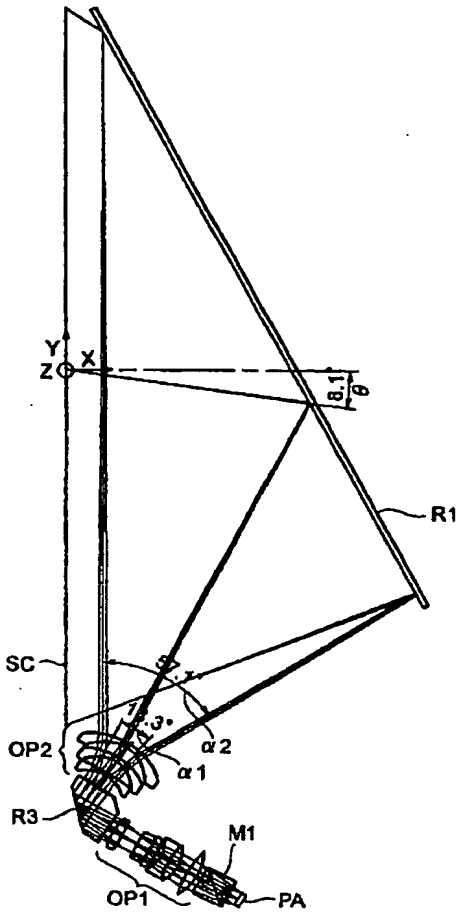
【図１】



【図２】

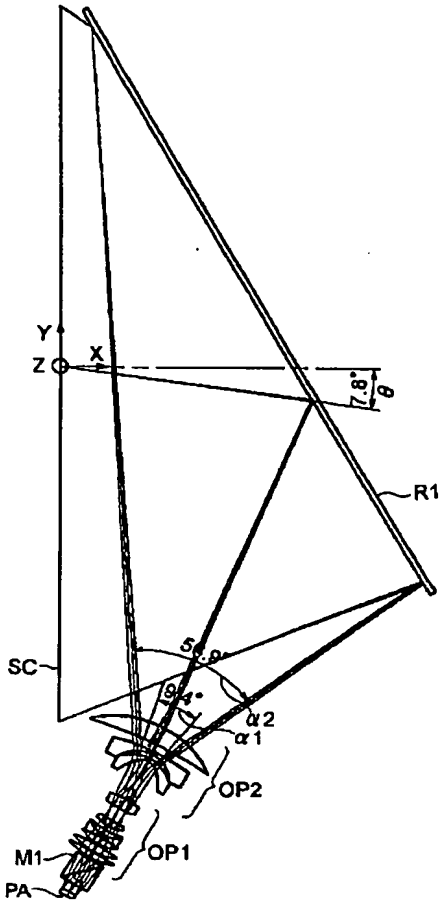


【図３】

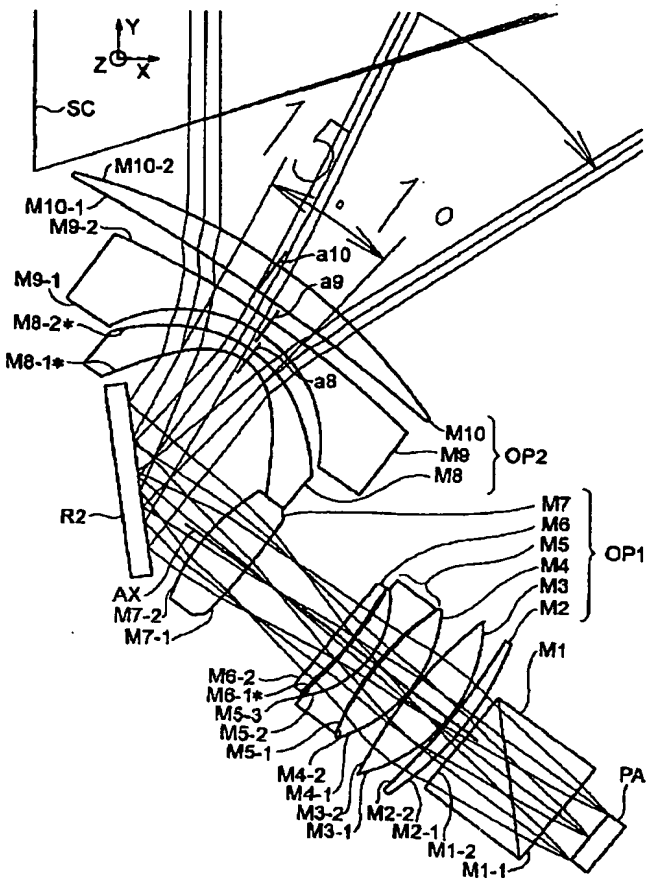


Petitioner Ex 1002 103

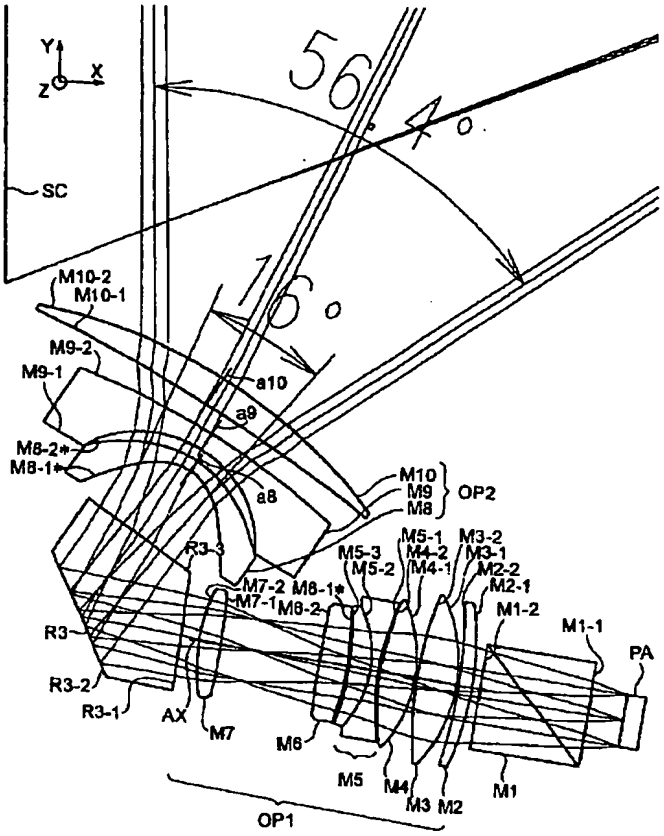
【図４】


Y
Z
X
7.8°
θ
R1
SC
5.9°
6.4°
α2
α1
OP2
M1
OP1
PA

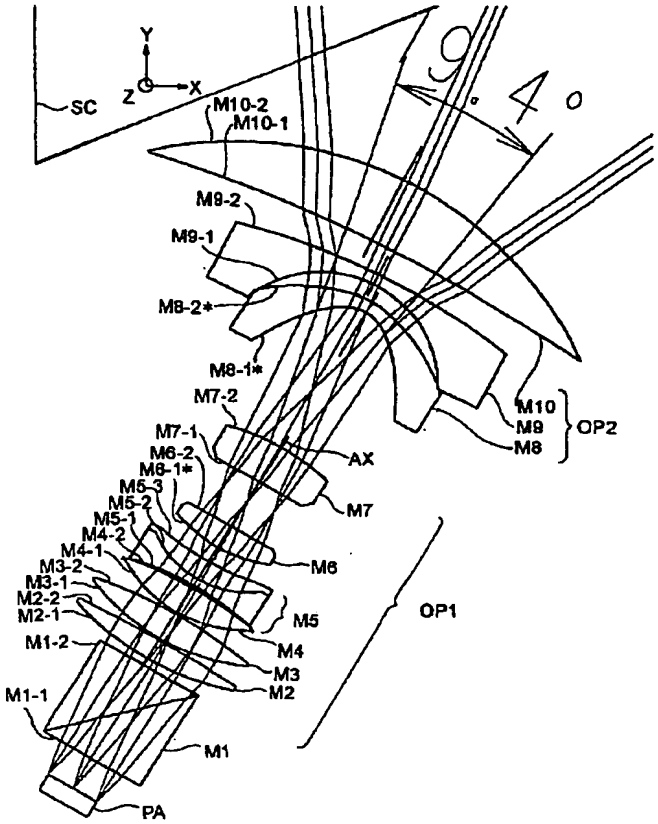
【図５】


Y
Z
X
SC
M10-2
M10-1
M9-2
M9-1
M8-2*
M8-1*
a10
a9
a8
M10
M9
M8
OP2
R2
M7
M6
M5
M4
M3
M2
OP1
AX
M7-2
M7-1
M6-2
M6-1*
M5-3
M5-2
M5-1
M1
M4-2
M4-1
M3-2
M3-1
M2-2
M2-1
M1-2
M1-1
PA

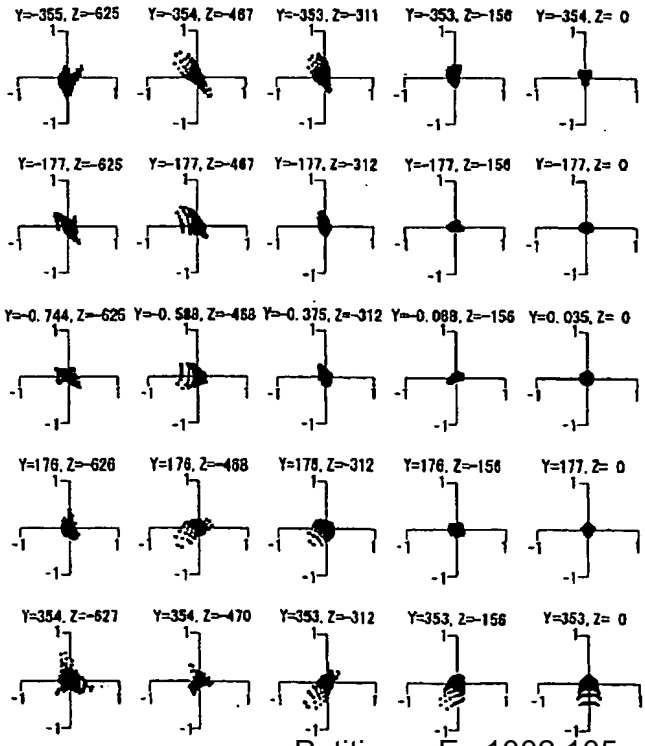
【図６】



【図８】

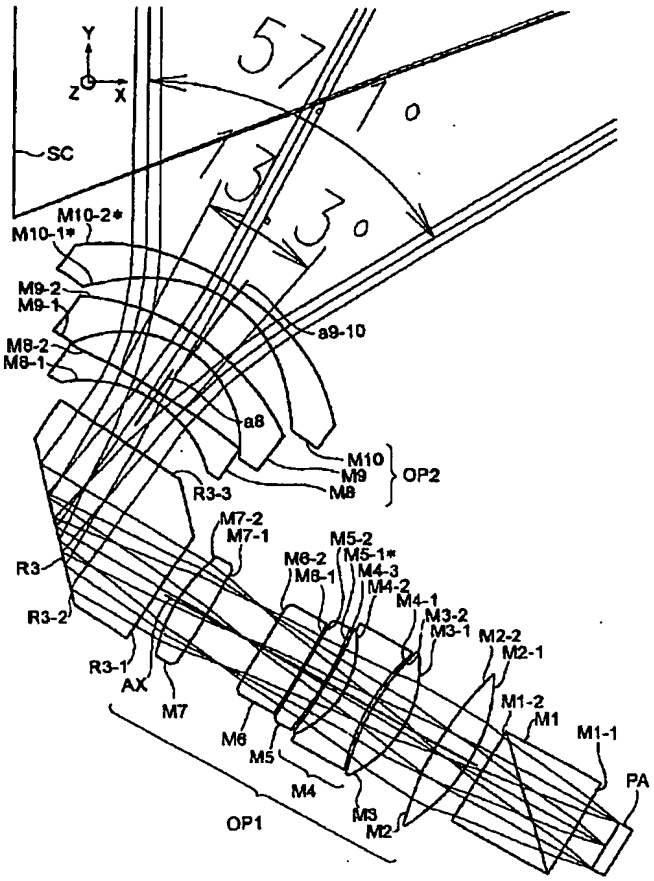


【図１０】

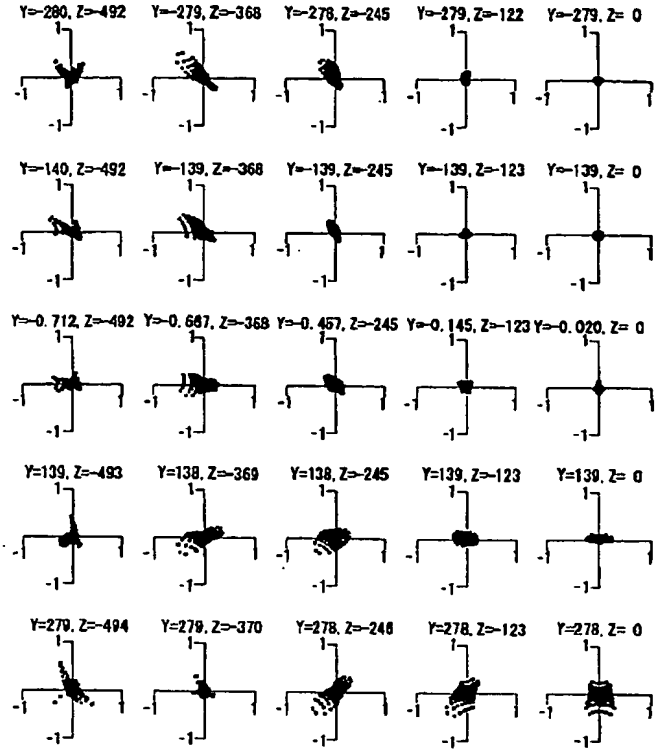


Petitioner Ex 1002 105

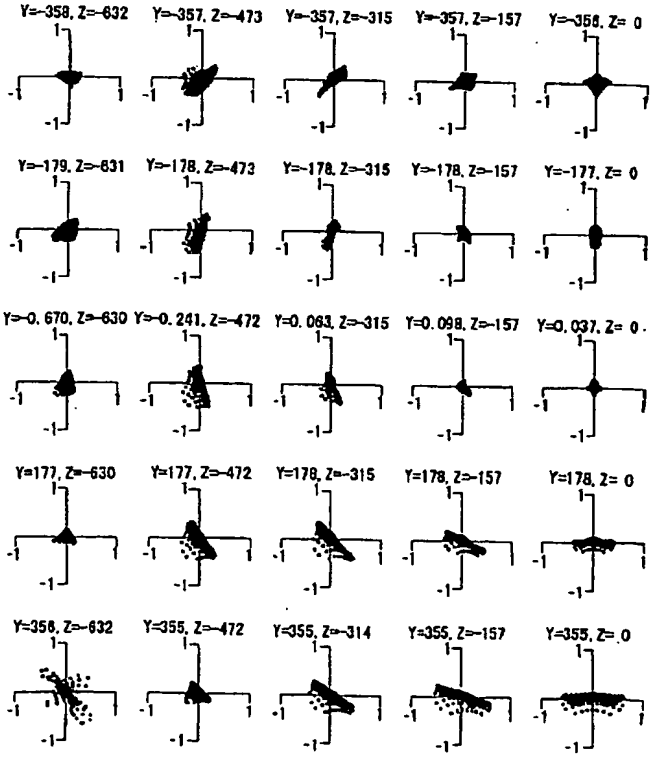
【図７】



【図９】

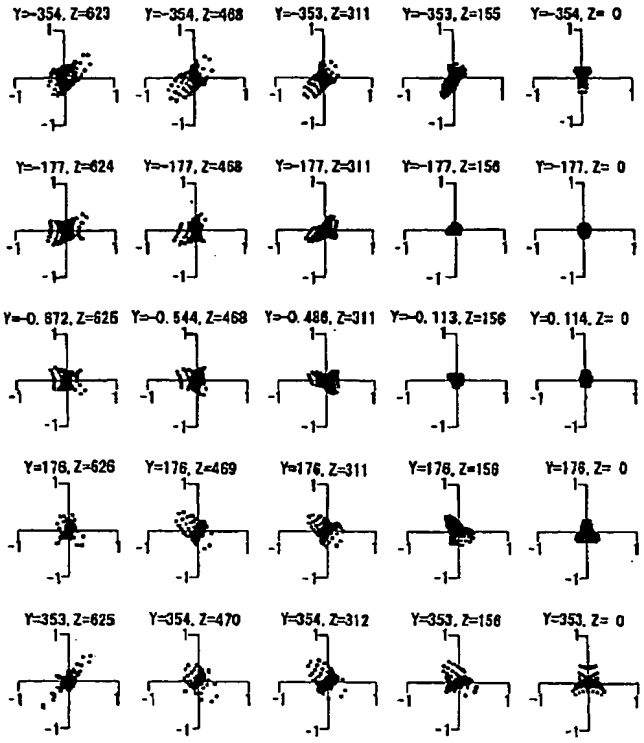


【図１１】

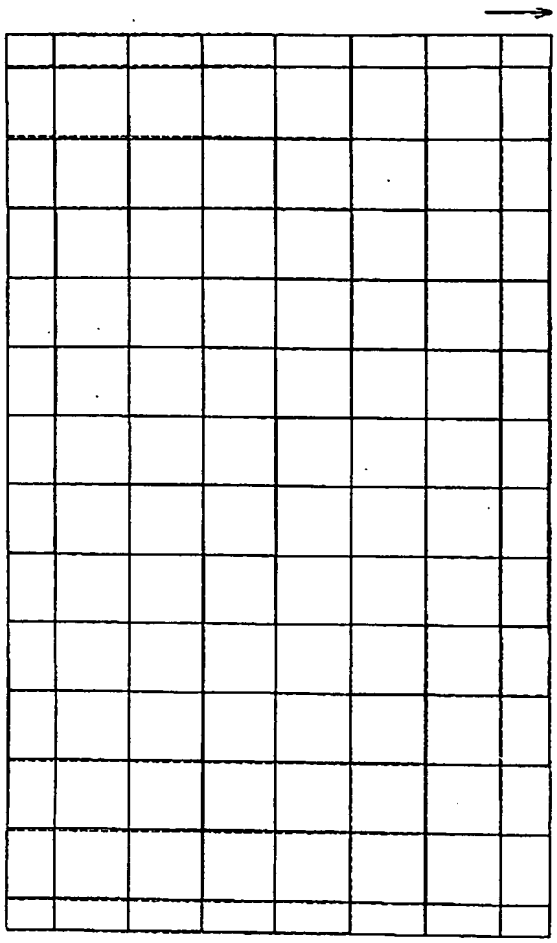


Petitioner Ex 1002 106

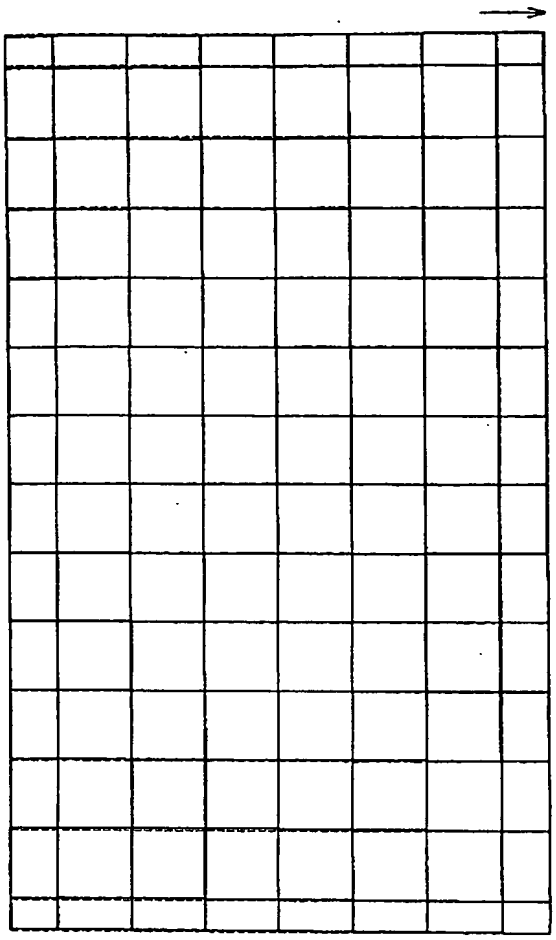
【図１２】


Y=-354, Z=623
Y=-354, Z=468
Y=-353, Z=311
Y=-353, Z=155
Y=-354, Z= 0
Y=-177, Z=624
Y=-177, Z=468
Y=-177, Z=311
Y=-177, Z=156
Y=-177, Z= 0
Y=-0. 672, Z=625
Y=-0. 544, Z=468
Y=-0. 486, Z=311
Y=-0. 113, Z=156
Y=0. 114, Z= 0
Y=176, Z=626
Y=176, Z=469
Y=176, Z=311
Y=176, Z=156
Y=176, Z= 0
Y=353, Z=625
Y=354, Z=470
Y=354, Z=312
Y=353, Z=156
Y=353, Z= 0

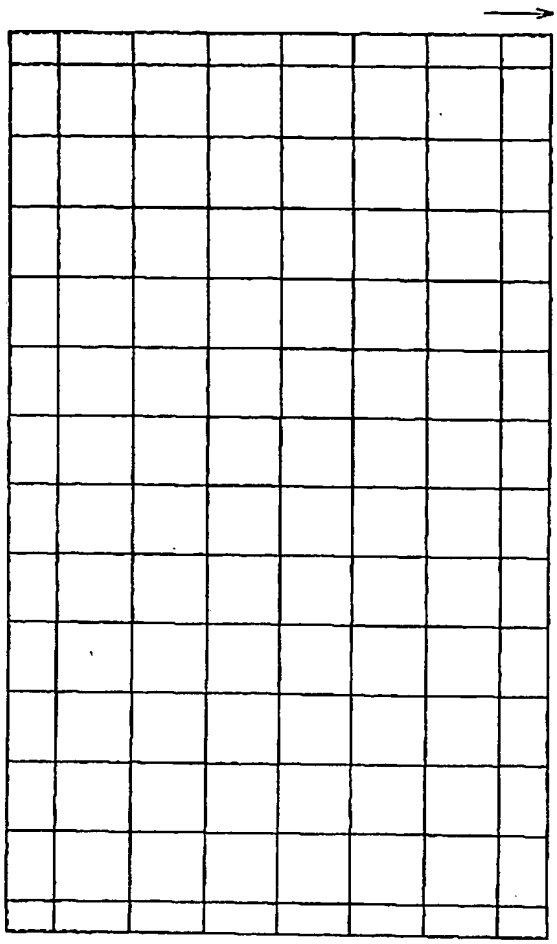
【図１３】



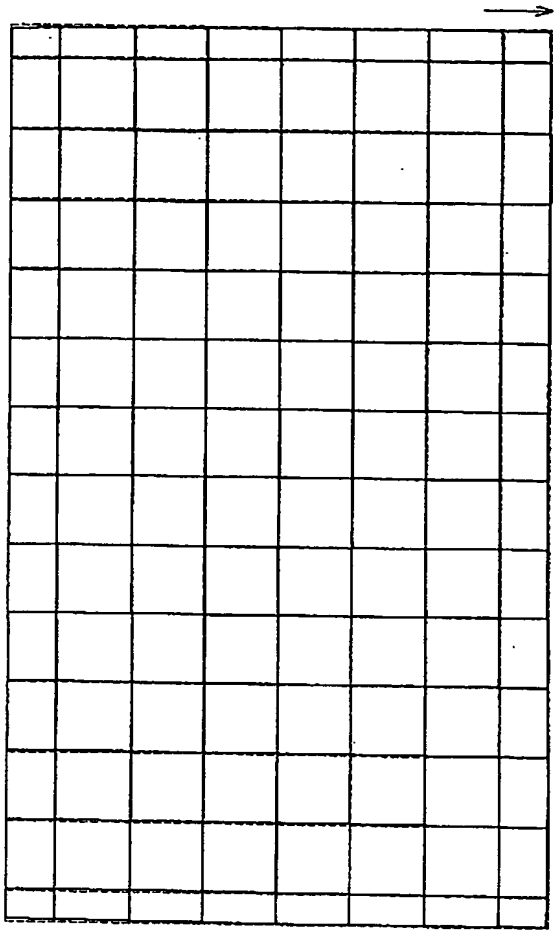
【図１４】



【図１５】



【図１６】



フロントページの続き

Ｆターム(参考) 2H087 KA06 KA07 LA01 PA09 PA18
PB10 QA02 QA07 QA12 QA17
QA22 QA26 QA32 QA34 QA41
QA45 QA46 RA05 RA12 RA41

Petitioner Ex 1002 109

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

13281 U.S. PTO 082004

PTO/SB/05 (08-03)
Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0032
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 displays a valid OMB control number.

UTILITY PATENT APPLICATION TRANSMITTAL

(Only for new nonprovisional applications under 37 CFR 1.53(b))

Attorney Docket No.	520.44172X00
First Inventor	YATSU, M.
Title	PROJECTION OPTICAL UNIT AND PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS
Express Mail Label No.	

APPLICATION ELEMENTS
SEE MPEP chapter 600 concerning utility patent application contents.

ADDRESS TO: **Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria VA 22313-1450**

17541 U.S.PTO 10/921938 082004

1. ☒ Fee Transmittal Form (e.g., PTO/SB/17) *(Submit an original and a duplicate for fee processing)*
2. ☐ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27.
3. ☒ Specification [*Total Pages:* **70**] *(preferred arrangement set forth below)*
   - -Descriptive title of the invention
   - -Cross Reference to Related Applications
   - -Statement Regarding Fed sponsored R & D
   - -Reference to sequence listing, a table, or a computer program listing appendix
   - -Background of the Invention
   - -Brief Summary of the Invention
   - -Brief Description of the Drawings *(if filed)*
   - -Detailed Description
   - -Claim(s)
   - -Abstract of the Disclosure
4. ☒ Drawing(s) *(35 U.S.C. 113)* [*Total Sheets:* **51**]
5. Oath or Declaration [*Total Sheets:* **4**]
   - a. ☒ Newly executed (original or copy)
   - b. ☐ Copy from a prior application (37 CFR 1.63 (d)) *(for continuation/divisional with Box 18 completed)*
     - i. ☐ DELETION OF INVENTOR(S) Signed statement attached deleting inventor(s) Named in the prior application, see 37 CFR 1.63(d)(2) and 1.33(b)
6. ☐ Application Data Sheet. See 37 CFR 1.76
7. ☐ CD-ROM or CD-R in duplicate, large table or Computer Program *(Appendix)*
8. Nucleotide and/or Amino Acid Sequence Submission *(if applicable, all necessary)*
   - a. ☐ Computer Readable Form (CRF)
   - b. Specification Sequence Listing on:
     - i. ☐ CD-ROM or CD-R (2 copies); or
     - ii. ☐ paper
   - c. ☐ Statements verifying identity of above copies

ACCOMPANYING APPLICATION PARTS

9. ☒ Assignment Papers (cover sheet & documents(s))
10. ☐ 37 CFR 3.73(b) Statement ☒ Power of Attorney *(when there is an assignee)*
11. ☐ English Translation Document *(if applicable)*
12. ☒ Information Disclosure Statement (IDS)/PTO-1449 ☒ Copies of IDS Citations
13. ☐ Preliminary Amendment
14. ☒ Return Receipt Postcard (MPEP 503) *(Should be specifically itemized)*
15. ☒ Certified Copy of Priority Document(s) *(if foreign priority is claimed)*
16. ☐ Nonpublication Request under 35 U.S.C. 122 (b)(2)(B)(i). Applicant must attach form PTO/SB/35 or its equivalent.
17. ☒ Other: **Credit Card Payment Form; Figs. 1-56;**

18. If a CONTINUING APPLICATION, *check appropriate box, and supply the requisite information below and in a preliminary amendment, or in an Application Data Sheet under 37 CFR 1.76:*

☐ Continuation ☐ Divisional ☐ Continuation-in-part (CIP) of prior application No.:

Prior application information: *Examiner:* _____ *Art Unit:* _____

For CONTINUATION OR DIVISIONAL APPS only: The entire disclosure of the prior application, from which an oath or declaration is supplied under Box 5b, is considered a part of the disclosure of the accompanying continuation or divisional application and is hereby incorporated by reference. The incorporation can only be relied upon when a portion has been inadvertently omitted from the submitted application parts.

19. CORRESPONDENCE ADDRESS

☒ Customer Number **020457** OR ☐ Correspondence address below

Name	**ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP**				
Address					
City		*State*		*Zip Code*	
Country		*Telephone*	**(703) 312-6600**	*Fax*	**(703) 312-6666**
Name (Print/Type)	**MELVIN KRAUS**		*Registration No. (Attorney/Agent)*		**22,466**
Signature				*Date*	**AUG. 20, 2004**

This collection of information is required by 37 CFR 1.53(b). 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: Mail Stop Patent Application, 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.

13281 - U.S. PTO
082004

PTO/SB/17 (10-03)
Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0032
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 displays a valid OMB control number.

FEE TRANSMITTAL for FY 2004

Effective 10/01/2003. Patent fees are subject to annual revision.

☐ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27

TOTAL AMOUNT OF PAYMENT **($) 1,628.00**

Complete if Known	
Application Number	**Not Yet Assigned**
Filing Date	**August 20, 2004**
First Named Inventor	**YATSU, M.**
Examiner Name	
Art Unit	
Attorney Docket No.	**520.44172X00**

METHOD OF PAYMENT (check all that apply)

☐ Check ☒ Credit Card ☐ Money Order ☐ Other ☐ None

☒ Deposit Account:

Deposit Account Number 01-2135

Deposit Account Name Antonelli, Terry, Stout & Kraus, LLP

The Director is authorized to: (*check all that apply*)

☐ Charge fee(s) indicated below ☒ Credit any overpayments

☒ Charge any additional fee(s) during the pendency of this application.

☐ Charge fee(s) indicated below, **except for the filing fee to the above-identified deposit account.**

FEE CALCULATION

1. BASIC FILING FEE

Large Entity Fee Code	Large Entity Fee ($)	Small Entity Fee Code	Small Entity Fee ($)	Fee Description	Fee Paid
1001	770	2001	385	Utility filing fee	770
1002	340	2002	170	Design filing fee	
1003	530	2003	265	Plant filing fee	
1004	770	2004	385	Reissue filing fee	
1005	160	2005	80	Provisional filing fee	
				SUBTOTAL (1)	770

2. EXTRA CLAIM FEES FOR UTILITY AND REISSUE

	Extra Claims		Fee from below		Fee Paid
Total Claims	32	-20** = 12	x 18	=	216.00
Indep. Claims	10	-3** = 7	x 86	=	602.00
Multiple Dependent				=	

Large Entity Fee Code	Large Entity Fee ($)	Small Entity Fee Code	Small Entity Fee ($)	Fee Description
1202	18	2202	9	Claims in excess of 20
1201	86	2201	43	Independent claims in excess of 3
1203	290	2203	145	Multiple dependent claim, if not paid
1204	86	2204	43	** Reissue independent claims over original patent
1205	18	2205	9	** Reissue claims in excess of 20 and over original patent

SUBTOTAL (2) $ 818.00

***or number previously paid, if greater; For Reissues, see above.*

FEE CALCULATION (continued)

3. ADDITIONAL FEES

Large Entity Fee Code	Large Entity Fee ($)	Small Entity Fee Code	Small Entity Fee ($)	Fee Description	Fee Paid
1051	130	2051	65	Surcharge – late filing fee or oath	
1052	50	2052	25	Surcharge – late provisional filing fee or cover sheet	
1053	130	1053	130	Non-English specification	
1812	2,520	1812	2,520	For filing a request for *ex parte* reexamination	
1804	920*	1804	920*	Requesting publication of SIR prior to Examination action	
1805	1,840*	1805	1,840*	Requesting publication of SIR after Examiner action	
1251	110	2251	55	Extension for reply within first month	
1252	420	2252	210	Extension for reply within second month	
1253	950	2253	475	Extension for reply within third month	
1254	1,480	2254	740	Extension for reply within fourth month	
1255	2,010	2255	1,005	Extension for reply within fifth month	
1401	330	2401	165	Notice of Appeal	
1402	330	2402	165	Filing a brief in support of an appeal	
1403	290	2403	145	Request for oral hearing	
1451	1,510	1451	1,510	Petition to institute a public use proceeding	
1452	110	2452	55	Petition to revive – unavoidable	
1453	1,330	2453	665	Petition to revive – unintentional	
1501	1,330	2501	665	Utility issue fee (or reissue)	
1502	480	2502	240	Design issue fee	
1503	640	2503	320	Plant issue fee	
1406	130	1460	130	Petitions to the Commissioner	
1807	50	1807	50	Processing fee under 37 CFR 1.17(q)	
1806	180	1806	180	Submission of Information Disclosure Stmt	
8021	40	8021	40	Recording each patent assignment per property (times number of properties)	40.00
1809	770	2809	385	Filing a submission after final rejection (37 CFR § 1.129(a))	
1810	770	2810	385	For each additional invention to be examined (37 CFR § 1.129(b))	
1801	770	2801	385	Request for Continued Examination (RCE)	
1802	900	1802	900	Request for expedited examination of a design application	
				Other fee (specify) _____	
				*Reduced by Basic Filing Fee Paid **SUBTOTAL (3) ($)**	40.00

SUBMITTED BY					
				Complete (*if applicable*)	
Name (Print/Type)	Melvin Kraus	*Registration No. (Attorney/Agent)*	22,466	*Telephone*	703-312-6600
Signature				*Date*	08/20/2004

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.

This collection of information is required by 37 CFR 1.17 and 1.27. 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.

Title of the Invention

Projection optical unit and projection image display apparatus

Claim of Priority

The present application claims priority from Japanese application serial no. JP2003-398395, filed on Nov. 28, 2003, the content of which is hereby incorporated by reference into this application.

Background of the invention

The present invention relates to a projection image display apparatus that displays images by projecting them onto the front of a screen or from the rear of the screen. The invention also relates to a projection optical unit used for such a display apparatus.

An image display apparatus that uses a projection optical unit to provide an enlarged on-screen projection of the images displayed by an image display element is required to obtain large enough an enlarged image on the screen, while at the same time, shortening the projection distance. A projection optical unit is known that is adapted to implement the above by projecting an image in enlarged form from an oblique direction with respect to a screen, as described in, for example, Japanese Patent Laid-

Open No. Hei 5-134213 (Patent document 1), 2000-162544 (Patent document 2), 2002-357768 (Patent document 3).

Summary of the invention

The projection of an image from an oblique direction with respect to a screen causes so-called trapezoidal distortion of the image projected. In order to solve this problem, according to foregoing Patent document 1, such trapezoidal distortion is suppressed using an eccentric afocal converter disposed at the screen side. The afocal converter disclosed in Patent document 1 is low in magnification, and thus, wide-angle imaging is difficult to achieve. Also, in the projection optical unit described in Patent document 2, it is difficult to achieve such wide-angle imaging that allows sufficient reduction in the thickness of a rear-projection color image display apparatus. There is yet another problem in that since each of the lenses used needs to be independently decentered, the projection optical unit is difficult to manufacture. Additionally, the projection optical unit described in Patent document 3 includes a first refractive lens system that has positive power, a second refractive lens system that has negative power, and an optical path folding mirror. Since at least two lenses in the second refractive lens system that has negative power are decentered with a

difference in rotational symmetry, there is the manufacturing-related problem in which position accuracy of each lens is difficult to achieve.

Furthermore, in each of the above conventional technologies, design has focused only on the projection optical unit and the optimal design has not been conducted for the entire system that includes illumination optics.

Problems with the projection optical unit used for the conventional color image display apparatus employing a transmission-type liquid-crystal panel as an image display element, include as described above, in addition to the difficulty in achieving wider-angle imaging required for a more compact design of the set, the difficulties in obtaining higher focusing performance to respond to the improvement of the panel in resolution, and in enhancing magnifications to cope with the downsizing of the panel and the color image display apparatus.

However, when a reflection-type liquid-crystal panel is used as an image display element, a high numerical aperture can be realized since pixel electrodes can be arranged on the reverse side of the liquid-crystal layer. Compared with the transmission-type liquid-crystal panel, therefore, the reflection-type liquid-crystal panel has the following features:

(1) Given the same resolution, the panel can be made

one size smaller;

(2) Given the same panel size, a larger number of pixels can be obtained (resolution enhancement).

For these reasons, the projection lens device used for the color image display apparatus employing the reflection-type liquid-crystal panel is required to be further improved in terms of focusing performance and magnification, compared with the display scheme using the transmission-type liquid-crystal panel. Furthermore, in the optics of the image display apparatus employing the reflection-type liquid-crystal panel, even longer back-focusing is required since, in addition to a color synthesizing prism, large air spacing exists between the image display element and the projection lens device.

Additionally, for the projection color image display apparatus mentioned above, great amounts of development investment have been required for the design and development of a new projection optical unit in order to match the effective screen size of the panel to be used.

In this way, to realize more compact dimensions of a rear-projection color image display apparatus, a projection optical unit is required that ensures wider-angle imaging, higher focusing performance, higher magnifications, and longer back-focusing. It is also desirable that even when a panel different in effective screen size and in scheme is

used, the amount of development investment should be minimized by partially modifying standard components without redesigning and redeveloping all illumination optics or the projection optical unit.

The present invention was made in view of the problems and situations mentioned above, and an object of the invention is to provide a technology that allows a more compact set to be obtained.

In order to attain the above object, the present invention takes a configuration in which, between an optical path ranging from an image display device to a screen, are arranged a first projection optical unit having positive refracting power for forming a first enlarged image, and a second projection optical unit having positive refracting power, positioned at the screen side of the first lens group and for forming a second enlarged image on the screen by further enlarging the first enlarged image obtained by the first projection optical unit, wherein the first enlarged image is formed closer to the image display element than to the second projection optical unit.

Also, a field lens group having positive refracting power is arranged between the first projection optical unit and the second projection optical unit, wherein a magnification M1 of the first enlarged image is made smaller than a magnification M2 of the second enlarged

image. Preferably, the first projection optical unit is designed so as to match an F-value of illumination optics telecentrically at the image display element side.

Since the first enlarged image obtained by the first projection optical unit is formed closer to the image display element than to the second projection optical unit, F2 (divergence angle of light rays) that is the F-value of the second lens group equals a value obtained by dividing F1, the F-value of the first lens group, by the magnification M1 of the first enlarged image. That is to say, F2=F1/M1. This makes it possible to increase F2 of the second projection optical unit, thus providing an advantage in implementing very-wide-angle imaging at a field angle exceeding 90 degrees.

Besides, the first enlarged image formed by the first projection optical unit is formed near the above-mentioned field lens group. Formation of the image at the first projection optical unit side, for example, does not affect the on-screen enlarged image, even if dirt sticks to the field lens group.

Methods for realizing a compact design of the projection image display apparatus itself include the following:

(1) Optical path folding means is provided between the above-mentioned second projection optical unit and the

field lens group. More specifically, a prism may be used as the technical means for folding an optical path. Use of a fold mirror allows realization of a more compact design with a suppressed increase in cost.

(2) Optical path folding means is further provided between the lens elements that constitute the first projection optical unit.

(3) Additionally, optical path folding means is provided between the lens elements that constitute the second projection optical unit.

Also, second methods for making more compact the projection color image display apparatus itself include the following:

(4) For a projection optical unit arrangement with two lens groups, the above-mentioned first projection optical unit and second projection optical unit are arranged so that the respective optical axes deviate. In other words, a further compact design can be achieved by disposing the second projection optical unit in a shifted position with respect to a first enlarged image and obtaining an on-screen enlarged image via a fold mirror.

(5) For another projection optical unit arrangement with two lens groups, the above-mentioned first projection optical unit is disposed so as to be approximately parallel to a horizontal direction of a screen. Furthermore,

optical path folding means is provided between the first projection optical unit and the second projection optical unit, and the second projection optical unit is disposed so as to be approximately vertical to the horizontal direction of the screen (i.e., the first projection optical unit and the second projection optical unit are arranged so that the respective optical axes are orthogonal to each other). Thus, a further compact design can be achieved by obtaining an on-screen enlarged image via a fold mirror.

A projection image display apparatus of a short projection distance is valid since the apparatus is not restricted by its installation location when used for discussion in a small room. Also, the apparatus, when used as a rear-projection image display apparatus, is particularly valid for reduction in the thickness of the entire apparatus.

Brief description of the Drawings

Fig. 1 is a configuration diagram of a projection optical unit according to the present invention;

Fig. 2 is a diagram showing the deviation of pupils due to an angle difference;

Fig. 3 is a configuration diagram of Embodiment 1 of a first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 4 is a diagram showing the aberration of white light rays in Embodiment 1 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 5 is a diagram showing the aberration of red light rays in Embodiment 1 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 6 is a diagram showing the aberration of green light rays in Embodiment 1 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 7 is a diagram showing the aberration of blue light rays in Embodiment 1 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 8 is a diagram showing the astigmatism and distortion occurring in Embodiment 1 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 9 is a spot diagram of white light rays in Embodiment 1 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 10 is a spot diagram of red light rays in Embodiment 1 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 11 is a spot diagram of green light rays in Embodiment 1 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 12 is a spot diagram of blue light rays in

Embodiment 1 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 13 is a configuration diagram of Embodiment 2 of a first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 14 is a diagram showing the aberration of white light rays in Embodiment 2 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 15 is a diagram showing the aberration of red light rays in Embodiment 2 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 16 is a diagram showing the aberration of green light rays in Embodiment 2 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 17 is a diagram showing the aberration of blue light rays in Embodiment 2 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 18 is a diagram showing the astigmatism and distortion occurring in Embodiment 2 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 19 is a spot diagram of white light rays in Embodiment 2 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 20 is a spot diagram of red light rays in Embodiment 2 of the first projection optical unit according

to the present invention;

Fig. 21 is a spot diagram of green light rays in Embodiment 2 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 22 is a spot diagram of blue light rays in Embodiment 2 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 23 is a configuration diagram of Embodiment 3 of a first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 24 is a diagram showing the aberration of white light rays in Embodiment 3 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 25 is a diagram showing the aberration of red light rays in Embodiment 3 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 26 is a diagram showing the aberration of green light rays in Embodiment 3 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 27 is a diagram showing the aberration of blue light rays in Embodiment 3 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 28 is a diagram showing the astigmatism and distortion occurring in Embodiment 3 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 29 is a spot diagram of white light rays in Embodiment 3 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 30 is a spot diagram of red light rays in Embodiment 3 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 31 is a spot diagram of green light rays in Embodiment 3 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 32 is a spot diagram of blue light rays in Embodiment 3 of the first projection optical unit according to the present invention;

Fig. 33 is a configuration diagram of Embodiment 1 of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 34 is a configuration diagram of Embodiment 2 of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 35 is a configuration diagram of Embodiment 3 of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 36 is a configuration diagram of Embodiment 4 of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 37 is a configuration diagram of Embodiment 5

of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 38 is a configuration diagram of Embodiment 6 of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 39 is a configuration diagram of Embodiment 7 of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 40 is a configuration diagram of Embodiment 8 of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 41 is a configuration diagram of Embodiment 9 of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 42 is a configuration diagram of Embodiment 10 of a second projection optical unit according to the present invention;

Fig. 43 is a configuration diagram of an optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 44 is an explanatory diagram of object points;

Fig. 45 is a diagram showing the aberration of white light rays in an optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined

according to the present invention;

Fig. 46 is a diagram showing the aberration of red light rays in the optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 47 is a diagram showing the aberration of green light rays in the optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 48 is a diagram showing the aberration of blue light rays in the optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 49 is an explanatory diagram of distortion in an optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 50 is a diagram that gives a supplementary description of distortion in the optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 51 is a diagram that explains the measurement of distortion in the optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 52 is a spot diagram of white light rays in the optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 53 is a spot diagram of red light rays in the optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 54 is a spot diagram of green light rays in the optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention;

Fig. 55 is a spot diagram of blue light rays in the optical system having a first projection optical unit and a second projection optical unit combined according to the present invention; and

Fig. 56 is a configuration diagram of an illumination system of a projection image display apparatus which uses projection optical units of the present invention.

Detailed Description of the Preferred Embodiments

First, the configuration of an illumination system of a projection image display apparatus which uses projection optical units according to the present invention

is described below using Fig. 56. In Fig. 56, a discharge lamp for emitting white light, such as a high-pressure mercury lamp, is used as a light source 11. The white light that is the natural light emitted from the light source 11 is reflected by a reflector 12 and then passed through a first multi-lens 131 and a second multi-lens 132, wherein the multi-lenses both serve as an integrator. After that, the light has its polarized state adjusted by a polarization transducer 14. The white light is separated into red light, green light, and blue light, by a color separating element constituted by dichroic mirrors 160 and 161. The luminous fluxes thus separated into red, green, and blue, are irradiated onto image display elements 171, 172, and 173 for the respective colors, via a just-in-focus lens 150, condenser lenses 151 and 152, and relay lenses 153, 154, and 155. A cross prism 19 conducts color syntheses on the fluxes emitted from the image display elements 171, 172, and 173 for red, green, and blue, and color-synthesized light is made to enter a projection lens.

The optical paths of each color fluxes are turned back by mirrors 162, 163, 164 and directed to the cross prism 19. A good efficiency of light usage can be obtained when the green light is color-synthesized as P-type polarized state and the red and blue light are color-synthesized as S-type polarized state. Therefore, the

cross prism 19 provides 1/2 wavelength plate 182, 183 which polarize the red and blue light as S-type polarized state.

Next, the basic configuration and functions of a projection optical unit according to the present invention are described below using Fig. 1. In the present invention, the projection optical unit for providing an enlarged projection of the images displayed by image display elements is divided into two lens groups. One of the lens groups constitutes a first projection optical unit that forms a first enlarged image, and the other lens group constitutes a second projection optical unit that forms a second enlarged image by further enlarging the first enlarged image, the second projection optical unit having positive refractive power.

Since one projection optical unit is divided into the first projection optical unit and the second projection optical unit, although the total number of lenses increases, a distance between the secondary projection lens group and the first enlarged image can be reduced. Accordingly, even when the second projection optical unit is formed to take a wider-angle imaging scheme, size extension of the second projection optical unit can be prevented.

Problems associated with coupling the first projection optical unit and the second projection optical unit, are described below using Fig. 2. Although more

specific data of the entire projection optical unit is described later herein, the first projection optical unit has a magnification of 3x in Embodiment 1 and the second projection optical unit has a magnification of 27x in Embodiment 1. If an F-value of the incident luminous flux irradiated from illumination optics onto the first projection optical unit is taken as F2.67, an F-value of the luminous flux emitted from the first projection optical unit becomes F8. This means that the flux that has entered the first projection optical unit at a cone angle of +/- 10.6 degrees becomes a flux with a cone angle of +/-3.6 degrees after exiting the first projection optical unit. As the angle of the flux diminishes, the amount of flux is deteriorated more significantly by a shift in pupil position between the first projection optical unit and the second projection optical unit. Originally, the shift in pupil position varies pupil diameters. However, positions of the pupils have been fixed and then the pupils have been moved according to the particular difference in angle in order to estimate substantial amounts of overlapping and/or shifting of the pupils.

Referring to Fig. 2, the pupil diameter of the first projection optical unit is taken as circle 1, and the pupil diameter of the second projection optical unit, as circle 2. Circle 1 is represented by numerical equation 1, and circle

2, by numerical equation 2.

[Numerical equation 1] $x^2+y^2=r^2$

[Numerical equation 2] $x^2+(y-\delta)^2=r^2$

An area of overlapping between circles 1 and 2 can be obtained by integrating, in a range of a crossing point (taken as x_0) of the two circles, a differential area between an upper half of the circle 1 represented by numerical equation 3, and a lower half of the circle 2 represented by numerical equation 4.

[Numerical equation 3] $y=\sqrt{(r^2-x^2)}$

[Numerical equation 4] $y=\delta-\sqrt{(r^2-x^2)}$

An equation of the integration can be derived from numerical equation 5 shown below, and thus, a ratio with respect to the area of $S_0=\pi r^2$ obtained when the pupils match can be determined. The crossing point x0 of the two circles can be calculated from numerical equation 6.

[Numerical equation 5]

$$S=\int\{x\sqrt{(r^2-x^2)}-[\delta-\sqrt{(r^2-x^2)}]\}\,dx$$
$$=[x\sqrt{(r^2-x^2)}+r^2\sin(x/r)-\delta x]$$
$$=2[x_0\sqrt{(r^2-x_0^2)}+r^2\sin(x_0/r)-\delta x_0]$$

[Numerical equation 6] $x_0 = \pm\sqrt{(r^2 - \delta^2/4)}$

For instance, if $\delta/r = 0.1$, then $S/S0 = 93.6\%$, and if $\delta/r = 0.2$, then $S/S0 = 87.3\%$.

It follows that for F8, $\tan\theta = 1/(2F) = 0.0625$, and for an angle difference of 0.1 degree, $\tan\theta = 0.00175$. In this case, $\delta/r = 0.00175/0.0625 = 0.028$ was obtained, which means that $S/S0 = 98.2\%$.

For an angle difference of 0.2 degrees, $\tan\theta = 0.00349$ can be obtained by calculation similar to the above. In that case, $\delta/r = 0.00349/0.0625 = 0.056$ was obtained, which means that $S/S0 = 96.4\%$. For 1 degree, $\delta/r = 0.279$ was obtained, which means that $S/S0 = 82.3\%$. It can be seen from these results that at the first enlarged image side, an angle difference reduces the amount of light more significantly as an F-value is increased in comparison with that obtained at the image display element side.

Hereinafter, embodiments of a first projection optical unit and a second projection optical unit according to the present invention are described using more specific lens data.

First, embodiments of a first projection optical unit, based on more specific lens data, are described below.

[Embodiment 1-1]

Embodiment 1 of a first projection optical unit is described using Figs. 3 to 12 and Table 1.

Table 1

Surface No.	Radius of Curvature	Intersurface Distance	Glass Material
Object surface	∞	6.528	
1	∞	31.342	BSC7_HOYA
2	∞	7.33	
3	190.8	6.1	TAF3_HOYA
4	−55.5	0.2	
5	67.059	3.29	TAF3_HOYA
6	382.4	0.2	
7	34.8	3.61	TAF3_HOYA
8	60.172	9.7	
9	−268.57	1	EFD8_HOYA
10	42.27	8.3	
11	−439.45	0.8	EFD8_HOYA
12	17.976	3.02	FCD1_HOYA
13	−40	0.2	
14(Aperture stop surface)	21.115	3.85	BACD18_HOYA
15	84.8	14.14	
16	50.616	6.92	EFD4_HOYA
17	25.943	9.39	
18	−11.008	1.8	FCD1_HOYA
19	605.74	7.86	
20	−72.6	14.58	TAF3_HOYA
21	−28.1	0.2	
22	65.31	14.71	TAF3_HOYA
23	264.92	34.82	
24	−31.65	5.11	PMMA
25	−31.113	5	
1st enlarged image surface	∞	0	

Surface No.	K	A	B	C	D	E
24	0	2.6583E−05	−7.3374E−08	1.4933E−10	−1.3814E−13	5.4234E−17
25	0	3.7074E−05	−1.1429E−07	2.2442E−10	−2.0717E−13	8.0805E−17

Fig. 3 is a configuration diagram and spot diagram of a first projection optical unit. This figure indicates the way the luminous flux irradiated from an image display element in a telecentric state converges telecentrically at a first enlarged image side.

Table 1 lists lens data, with an object surface 0, No. 1 to No. 25 surfaces, and an image surface being listed in that order as surface numbers. A radius of curvature takes a positive value when a center of the curvature is present at the right of an optical axis, and takes a negative value in a reverse case. An intersurface distance is a distance from a lens surface to next lens surface, on the optical axis.

The No. 24 and No. 25 surfaces are aspheric surfaces expressed by the following aspherical equation, and values of the respective aspherical coefficients are listed in the table:

$$z = (y^2/r) / \{1+\sqrt{(1-(1+K)\ y^2/r^2)}\} + A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10} + E \cdot h^{12}$$

Figs. 4 to 7 are diagrams showing how aberration occurs in Embodiment 1. Fig. 4 is an aberration diagram of the white light rays formed by synthesizing the rays having wavelengths of 650 nm, 550 nm, and 450 nm, wherein chromatic aberration is also shown so as to be

understandable at the same time. Fig. 5 is an aberration diagram of red light rays at the wavelength of 650 nm, Fig. 6 an aberration diagram of green light rays at the wavelength of 550 nm, and Fig. 7 an aberration diagram of blue light rays at the wavelength of 450 nm. These diagrams are shown in units of 0.05 mm, and each of the diagrams indicates the way the rays are well aberration-corrected.

Fig. 8 is a diagram of the astigmatism, and changes in distortion ratio, occurring in Embodiment 1. This diagram shows favorable data, with distortion ratios not greater than 0.1%.

Figs. 9 to 12 are spot diagrams pertaining to Embodiment 1. Fig. 9 is a spot diagram of the white light rays formed by synthesizing the rays having wavelengths of 650 nm, 550 nm, and 450 nm, wherein chromatic aberration is also shown so as to be understandable at the same time. Fig. 10 is a spot diagram of red light rays at the wavelength of 650 nm, Fig. 11 a spot diagram of green light rays at the wavelength of 550 nm, and Fig. 12 a spot diagram of blue light rays at the wavelength of 450 nm. These diagrams are shown in units of 0.1 mm, and each of the diagrams indicates the way the rays are well aberration-corrected.

A projection image display apparatus according to

the present invention is adapted so that an image display element for red, an image display element for green, and an image display element for blue can each be adjusted to the optimum position independently. The above spot diagrams represent the spots at the particular optimum position.

[Embodiment 1-2]

Embodiment 2 of a first projection optical unit is described below using Figs. 13 to 22 and Table 2.

Table 2

Surface No.	Radius of Curvature	Intersurface Distance	Glass Material
Object Surface	∞(Panel surface)	6.528	
1	∞	31.342	BSC7_HOYA
2	∞	7.33	
3	176.2237	6.1	TAF3_HOYA
4	−46.36	0.2	
5	36.3345	3.99	TAF3_HOYA
6	106.5	0.2	
7	58.895	2.82	TAF3_HOYA
8	65.436	6.87	
9	−79.8273	1	EFD8_HOYA
10	297.8	9.88	
11	−102.38	0.8	EFD8_HOYA
12	15.9636	3.02	FCD1_HOYA
13	−32.73	0.2	
14(Aperture stop surface)	18.6502	3.85	BACD18_HOYA
15	31.1066	17.97	
16	23.91	7.5	EFD4_HOYA
17	19.5	7.54	
18	−11.25378321	1.8	FCD1_HOYA
19	217.63	11.35	
20	−75	13.47	TAF3_HOYA
21	−30.6814	0.2	
22	57.0473	11.85	TAF3_HOYA
23	305.5642	22.95	
24	−37.4072	3.5	PMMA
25	−48.9025	7.876	
1st enlarged image surface	∞(Image surface)	0	

Surface No.	K	A	B	C	D	E
24	0	3.4526E−05	−3.6247E−08	3.3065E−11	−1.4755E−14	3.6803E−18
25	0	3.5425E−05	−5.1937E−08	8.6015E−11	−9.3416E−14	5.0304E−17

Fig. 13 is a configuration diagram and spot diagram of Embodiment 2 of a first projection optical unit according to the present invention. This figure indicates the way the luminous flux irradiated from an image display element in a telecentric state converges telecentrically at a first enlarged image side.

Table 2 lists lens data, with an object surface 0, No. 1 to No. 25 surfaces, and an image surface being listed in that order as surface numbers. A radius of curvature takes a positive value when a center of the curvature is present at the right of an optical axis, and takes a negative value in a reverse case. An intersurface distance is a distance from a lens surface to next lens surface, on the optical axis.

The No. 24 and No. 25 surfaces are aspheric surfaces expressed by the following aspherical equation, and values of the respective aspherical coefficients are listed in Table 2:

$$z = (y^2/r) / \{1+\sqrt{(1-(1+K)\,y^2/r^2)}\} + A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10} + E \cdot h^{12}$$

Figs. 14 to 17 are diagrams showing how aberration occurs in Embodiment 2. Fig. 14 is an aberration diagram of the white light rays formed by synthesizing the rays having wavelengths of 650 nm, 550 nm, and 450 nm, wherein

chromatic aberration is also shown so as to be understandable at the same time. Fig. 15 is an aberration diagram of red light rays at the wavelength of 650 nm, Fig. 16 an aberration diagram of green light rays at the wavelength of 550 nm, and Fig. 17 an aberration diagram of blue light rays at the wavelength of 450 nm. These diagrams are shown in units of 0.05 mm, and each of the diagrams indicates the way the rays are well aberration-corrected.

Fig. 18 is a diagram of the astigmatism, and changes in distortion ratio, occurring in Embodiment 2. This diagram shows favorable data, with distortion ratios not greater than 0.1%.

Figs. 19 to 22 are spot diagrams pertaining to Embodiment 2. Fig. 19 is a spot diagram of the white light rays formed by synthesizing the rays having wavelengths of 650 nm, 550 nm, and 450 nm, wherein chromatic aberration is also shown so as to be understandable at the same time. Fig. 20 is a spot diagram of red light rays at the wavelength of 650 nm, Fig. 21 a spot diagram of green light rays at the wavelength of 550 nm, and Fig. 22 a spot diagram of blue light rays at the wavelength of 450 nm. These diagrams are shown in units of 0.1 mm, and each of the diagrams indicates the way the rays are well aberration-corrected.

A projection image display apparatus according to the present invention is adapted so that an image display element for red, an image display element for green, and an image display element for blue can each be adjusted to the optimum position independently. The above spot diagrams represent the spots at the particular optimum position.

[Embodiment 1-3]

Embodiment 3 of a first projection optical unit is described below using Figs. 23 to 32 and Table 3.

Table 3

Surface No.	Radius of Curvature	Intersurface Distance	Glass Material
Object surface	∞	6.5280	
1	∞	31.342	BSC7_HOYA
2	∞	7.33	
3	127.7052	6.1	TAF3_HOYA
4	−49.5508	0.2	
5	34.2747	4.1764	TAF3_HOYA
6	104.1570	0.2	
7	31.6237	5.7931	TAF3_HOYA
8	34.6721	5.1651	
9	741.7637	1.8	EFD8_HOYA
10	32.1716	5.8572	
11	−33.5433	0.5618	EFD8_HOYA
12	15.4628	2.7796	FCD1_HOYA
13	−27.3183	0.2	
14(Aperture stop surface)	21.1404	3.85	BACD18_HOYA
15	302.9889	16.0096	
16	28.3531	6.6145	EFD4_HOYA
17	22.6032	6.9384	
18	−11.3689	1.8	FCD1_HOYA
19	212.0065	10.5911	
20	−89.0163	12.8067	TAF3_HOYA
21	−31.2439	0.2	
22	59.1155	10.4768	TAF3_HOYA
23	256.4774	32.9590	
24	−38.0308	3.5	PMMA
25	−35.1510	6.2208	
1st enlarged image surface	∞(Image surface)	0	

Surface No.	K	A	B	C	D	E
24	0	2.9332E−05	−3.1299E−08	3.7631E−11	−2.2287E−14	4.7490E−18
25	0	3.6927E−05	−4.4805E−08	5.1104E−11	−1.8533E−14	−1.4722E−18

Fig. 23 is a configuration diagram and spot diagram of Embodiment 3 of a first projection optical unit according to the present invention. This figure indicates the way the luminous flux irradiated from an image display element in a telecentric state converges telecentrically at a first enlarged image side.

Table 3 lists lens data, with an object surface 0, No. 1 to No. 25 surfaces, and an image surface being listed in that order as surface numbers. A radius of curvature takes a positive value when a center of the curvature is present at the right of an optical axis, and takes a negative value in a reverse case. An intersurface distance is a distance from a lens surface to next lens surface, on the optical axis.

The No. 24 and No. 25 surfaces are aspheric surfaces expressed by the following aspherical equation, and values of the respective aspherical coefficients are listed in Table 3:

$$z = (y^2/r) / \{1+\sqrt{(1-(1+K)\cdot y^2/r^2)}\} + A\cdot h^4 + B\cdot h^6 + C\cdot h^8 + D\cdot h^{10} + E\cdot h^{12}$$

Figs. 24 to 27 are diagrams showing how aberration occurs in Embodiment 3. Fig. 24 is an aberration diagram of the white light rays formed by synthesizing the rays having wavelengths of 650 nm, 550 nm, and 450 nm, wherein

chromatic aberration is also shown so as to be understandable at the same time. Fig. 25 is an aberration diagram of red light rays at the wavelength of 650 nm, Fig. 26 an aberration diagram of green light rays at the wavelength of 550 nm, and Fig. 27 an aberration diagram of blue light rays at the wavelength of 450 nm. These diagrams are shown in units of 0.05 mm, and each of the diagrams indicates the way the rays are well aberration-corrected.

Fig. 28 is a diagram of the astigmatism, and changes in distortion ratio, occurring in Embodiment 3. This diagram shows favorable data, with distortion ratios not greater than 0.1%.

Figs. 29 to 32 are spot diagrams pertaining to Embodiment 3. Fig. 29 is a spot diagram of the white light rays formed by synthesizing the rays having wavelengths of 650 nm, 550 nm, and 450 nm, wherein chromatic aberration is also shown so as to be understandable at the same time. Fig. 30 is a spot diagram of red light rays at the wavelength of 650 nm, Fig. 31 a spot diagram of green light rays at the wavelength of 550 nm, and Fig. 32 a spot diagram of blue light rays at the wavelength of 450 nm. These diagrams are shown in units of 0.1 mm, and each of the diagrams indicates the way the rays are well aberration-corrected.

A projection image display apparatus according to the present invention is adapted so that an image display element for red, an image display element for green, and an image display element for blue can each be adjusted to the optimum position independently. The above spot diagrams represent the spots at the particular optimum position.

When lens balls are taken as L1 to L13 in order from the image display element side in each of the data-based embodiments described above, focal length "f凹" of a concave lens L10 and focal length "f凸" of a combination of convex lenses L11 and L12 are standardized with total length L of the lenses and take the following values:

Embodiment 1　　f凹／L＝－0．１０８、f凸／L＝0．１６０
Embodiment 2　　f凹／L＝－0．１１３、f凸／L＝0．１７２
Embodiment 3　　f凹／L＝－0．１１４、f凸／L＝0．１７４

Next, embodiments of a second projection optical unit according to the present invention are described using more specific lens data.

[Embodiment 2-1]

Embodiments of a second projection optical unit according to the present invention are shown in Figs. 33 to 42. Each of these embodiments is described below using the

accompanying drawings. For Figs. 33 to 42, however, description is omitted since the respective embodiments seem to be made understandable similarly to Fig. 33 by referring to the data listed in Tables 4 to 12. Therefore, description is given, based primarily on Fig. 33.

The second projection optical unit shown in Fig. 33 further enlarges a first enlarged image obtained from a first projection optical unit by irradiating light from the left side of the second projection optical unit. In short, in a projection optical unit of the present invention, the image displayed on, for example, a liquid-crystal panel, is enlarged at two stages, one using a first lens unit and the other using a second lens unit. Optical calculation using the lens data listed in the tables below makes it possible that the second projection optical unit also has high optical performance.

As shown in Fig. 33, the second projection optical unit provides a first lens group 1, a second lens group 2 and a third lens group 3 in order to project in an enlarged form the image surface 4 formed by the first projection optical unit. The first lens group 1 includes a first lens element 11, a second lens element 12 and a third lens element 13. The second lens group 2 includes a forth lens element 21, a fifth lens element 22 and a sixth lens element 23. The third lens group 3 includes a seventh lens

element 31, a eighth lens element 32, a ninth lens element 33, a tenth lens element 34, a eleventh lens element 35, a twelfth lens element 36 and a thirteenth lens element 37. In Table 14 and 15, "fn" shows a focal length of the lens group or the lens element numbered "n".

Table 4

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	151.43541	4.5	1.492	57.9
3	41.1067	8.57	1	–
4	55.732	2	1.804	46.5
5	23	19.92	1	–
6	-41.105	4	1.847	23.8
7	89.12	5.02	1	–
8	324.7	10.5	1.699	30.1
9	-40.49	7.58	1	–
10	-24.0383	5	1.492	57.9
11	-26.22955	4.91	1	–
12	46.6	8	1.697	55.5
13	-550	31.98	1	–
14	292	3.72	1.847	23.8
15	-128.16	4.59	1	–
16	51	8.83	1.497	81.6
17	-24.397	2	1.847	23.8
18	51.75	1	1	–
19	44.4	9.34	1.497	81.6
20	-56.84	3.29	1	–
21	-23.11699	4.25	1.492	57.9
22	-23.67003	8.74	1	–
23	-28.03851	5	1.492	57.9
24	-39.44504	7.4	1	–
25	519.1	14.5	1.847	23.8
26	-57.15	5	1	–
27	Infinity	–	–	–

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	9.38948E-06	-7.95089E-09	5.91417E-12	-2.59805E-15	5.89630E-19
2	0	4.23722E-06	-3.53822E-10	-1.05402E-11	8.59179E-15	-2.65268E-18
10	0	-1.29568E-05	3.41557E-08	-7.00521E-11	1.14632E-13	3.38777E-17
11	0	-7.83237E-06	2.34579E-08	-4.31157E-11	7.15221E-14	-4.96275E-18
21	0	5.67205E-05	-4.33455E-09	-7.23421E-11	8.13128E-14	1.01703E-16
22	0	7.17389E-05	-1.99623E-08	-6.95659E-12	-8.43203E-14	2.19098E-16
23	0	3.21282E-05	1.71080E-08	-2.88990E-11	-4.28861E-14	6.19433E-17
24	0	9.99976E-06	4.78000E-08	-6.05943E-11	-1.00246E-14	3.02143E-17

Table 5

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	89.321	4.5	1.492	57.9
3	37.603	10.055	1	-
4	47.306	2	1.804	46.5
5	22.79	19.167	1	-
6	-129.17	2	1.847	23.8
7	40.204	13.969	1	-
8	-699.91	6.78	1.699	30.1
9	-43.006	6.559	1	-
10	-25.482	4.623	1.492	57.9
11	-33.435	3.076	1	-
12	51.141	8	1.697	55.5
13	-119.455	31.336	1	-
14	91.47	4.764	1.847	23.8
15	128.458	3.522	1	-
16	36.118	10.542	1.497	81.6
17	-21.518	2	1.847	23.8
18	89.257	1.969	1	-
19	51.705	8.01	1.497	81.6
20	-102.338	3.795	1	-
21	-28.178	4.155	1.492	57.9
22	-25.14	4.867	1	-
23	-30.384	4.58	1.492	57.9
24	-48.312	10.231	1	-
25	445.05	14.5	1.847	23.8
26	-59.275	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	5.69978E-06	-1.03270E-09	-7.42610E-14	2.93660E-16	0.00000E+00
2	0	2.41874E-06	4.03182E-09	-6.48449E-12	4.69028E-16	0.00000E+00
10	0	-9.63220E-06	3.25708E-08	-5.09953E-11	1.11528E-13	0.00000E+00
11	0	-7.78930E-06	2.09417E-08	-2.71403E-11	4.67136E-14	0.00000E+00
21	0	3.33539E-05	2.78360E-08	-6.83261E-11	4.81959E-14	0.00000E+00
22	0	6.20605E-05	3.64150E-09	-5.23463E-11	7.32597E-14	0.00000E+00
23	0	3.55801E-05	6.89950E-09	-4.50025E-11	3.61050E-14	0.00000E+00
24	0	9.48511E-06	4.12848E-08	-6.74424E-11	2.87720E-14	0.00000E+00

Table 6

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	94.38	4.57	1.492	57.9
3	36.448	8.539	1	-
4	39.735	2	1.804	46.5
5	21.85	20.884	1	-
6	-79.427	2	1.847	23.8
7	50.748	13.773	1	-
8	-143.365	7.961	1.699	30.1
9	-36.82	7.124	1	-
10	-24.37	4.827	1.492	57.9
11	-25.836	0.5	1	-
12	35.112	7.823	1.697	55.5
13	126.183	30.929	1	-
14	97.719	3.395	1.847	23.8
15	290.128	4.685	1	-
16	54.715	9.799	1.497	81.6
17	-21.399	2	1.847	23.8
18	101.576	1	1	-
19	49.763	10.27	1.497	81.6
20	-52.498	2.249	1	-
21	-26.914	4	1.492	57.9
22	-26.387	10.249	1	-
23	-27.334	4.722	1.492	57.9
24	-41.9	6.798	1	-
25	752.495	14.5	1.847	23.8
26	-57.145	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	7.39476E-06	-3.05169E-09	1.29568E-12	-7.78036E-17	0.00000E+00
2	0	3.70183E-06	2.30197E-09	-5.10070E-12	-8.28100E-17	0.00000E+00
10	0	-1.06004E-05	3.15151E-08	-4.62026E-11	8.91471E-14	0.00000E+00
11	0	-6.67002E-06	2.15127E-08	-2.85053E-11	4.76403E-14	0.00000E+00
21	0	3.70060E-05	2.62198E-08	-9.28702E-11	7.44670E-14	0.00000E+00
22	0	5.77088E-05	2.29302E-09	-5.01384E-11	4.35275E-14	0.00000E+00
23	0	3.55808E-05	6.89952E-09	-4.50025E-11	3.61050E-14	0.00000E+00
24	0	9.48511E-06	4.12848E-08	-6.74424E-11	2.87720E-14	0.00000E+00

Table 7

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	96.272	4.5	1.492	57.9
3	38.887	8.964	1	–
4	43.795	2	1.804	46.5
5	22.338	20.468	1	–
6	-71.685	3.071	1.847	23.8
7	58.915	13.317	1	–
8	-169.272	8	1.699	30.1
9	-39.983	7.921	1	–
10	-23.879	4.291	1.492	57.9
11	-25.361	0.5	1	–
12	38.048	7.315	1.697	55.5
13	256.247	32.33	1	–
14	126.489	3.501	1.847	23.8
15	-3032.738	3.95	1	–
16	51.373	9.554	1.497	81.6
17	-21.857	2	1.847	23.8
18	74.129	1	1	–
19	49.476	10.506	1.497	81.6
20	-42.937	2.409	1	–
21	-27.249	4	1.492	57.9
22	-29.701	7.318	1	–
23	-22.92	4.506	1.492	57.9
24	-33.036	8.325	1	–
25	551.053	14.5	1.847	23.8
26	-58.234	5	1	–
27	Infinity	–	–	–

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	7.38138E-06	-3.26580E-09	1.33965E-12	-5.61360E-17	0.00000E+00
2	0	4.48905E-06	1.34351E-09	-5.30479E-12	9.24183E-16	0.00000E+00
10	0	-1.07520E-05	3.09272E-08	-5.01466E-11	1.04715E-13	0.00000E+00
11	0	-7.05928E-06	2.17856E-08	-3.02041E-11	5.61766E-14	0.00000E+00
21	0	3.26985E-05	2.07055E-08	-1.21388E-10	1.51111E-13	0.00000E+00
22	0	5.10620E-05	-1.09151E-08	-4.33841E-11	2.50678E-14	0.00000E+00
23	0	4.21419E-05	1.07177E-08	-7.00023E-11	9.94258E-14	0.00000E+00
24	0	1.90739E-05	2.37272E-08	-5.28854E-11	2.63355E-14	0.00000E+00

Table 8

Surface	Rd	TH	nd	ν d
1	Infinity	596		
2	113.93	4.5	1.492	57.9
3	45.093	8.109	1	–
4	51.033	2	1.804	46.5
5	21.942	21.95	1	–
6	-51.995	4	1.847	23.8
7	103.239	11.853	1	–
8	-525.77	9.145	1.699	30.1
9	-40.819	7.066	1	–
10	-26.4	5	1.492	57.9
11	-27.754	0.5	1	–
12	36.254	6.799	1.697	55.5
13	119.678	32.821	1	–
14	179.013	3.814	1.847	23.8
15	-185.608	1.768	1	–
16	53.59	9.155	1.497	81.6
17	-23.188	2	1.847	23.8
18	57.622	1	1	–
19	48.5	9.393	1.497	81.6
20	-50.839	3.994	1	–
21	-27.136	4	1.492	57.9
22	-30.891	11.245	1	–
23	-26.713	5	1.492	57.9
24	-31.129	5.302	1	–
25	1923.53	14.5	1.847	23.8
26	-55.452	5	1	–
27	Infinity	–	–	–

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	6.35181E-06	-1.32042E-09	1.50471E-13	3.56963E-16	0.00000E+00
2	0	2.11474E-06	3.98613E-09	-6.53463E-12	1.81474E-15	0.00000E+00
10	0	-1.02931E-05	2.51426E-08	-3.07743E-11	4.97740E-14	0.00000E+00
11	0	-6.27111E-06	1.91231E-08	-2.22236E-11	3.12476E-14	0.00000E+00
21	0	3.84969E-05	1.89479E-08	-8.63546E-11	6.18055E-14	0.00000E+00
22	0	4.98121E-05	1.03342E-09	-3.64562E-11	1.39570E-15	0.00000E+00
23	0	2.96909E-05	1.60940E-08	-5.19460E-11	4.73874E-14	0.00000E+00
24	0	1.78764E-05	2.25405E-08	-3.95436E-11	1.98088E-14	0.00000E+00

Table 9

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	143.925	4.5	1.492	57.9
3	43.474	7.197	1	-
4	50.672	2	1.804	46.5
5	22.327	21.899	1	-
6	-46.727	2.746	1.847	23.8
7	94.009	9.626	1	-
8	389.86	11.056	1.699	30.1
9	-39.949	6.772	1	-
10	-27.861	5	1.492	57.9
11	-29.255	3.433	1	-
12	37.245	6.448	1.697	55.5
13	119.956	32.923	1	-
14	306.709	3.884	1.847	23.8
15	-113.027	1.318	1	-
16	61.97	8.832	1.497	81.6
17	-22.669	2	1.847	23.8
18	62.974	1	1	-
19	46.069	9.72	1.497	81.6
20	-49.622	2.796	1	-
21	-26.699	4	1.492	57.9
22	-31.09	9.238	1	-
23	-25.858	5	1.492	57.9
24	-31.863	9.113	1	-
25	719.259	14.5	1.847	23.8
26	-57.284	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	7.41310E-06	-3.13090E-09	1.39794E-12	-1.23509E-16	0.00000E+00
2	0	2.71372E-06	3.60725E-09	-7.37223E-12	2.17043E-15	0.00000E+00
10	0	-9.90995E-06	2.16060E-08	-2.64091E-11	3.54640E-14	0.00000E+00
11	0	-6.08815E-06	1.64517E-08	-1.85623E-11	2.22548E-14	0.00000E+00
21	0	3.88410E-05	1.81436E-08	-7.51838E-11	4.28144E-14	0.00000E+00
22	0	4.79896E-05	7.10203E-09	-2.55853E-11	-3.02056E-14	0.00000E+00
23	0	3.86814E-05	1.17892E-08	-4.90164E-11	4.60862E-14	0.00000E+00
24	0	2.66697E-05	1.56203E-08	-3.80999E-11	1.68612E-14	0.00000E+00

Table 10

Surface	Rd	TH	nd	ν d
1	Infinity	596		
2	136.746	4	1.492	57.9
3	40.121	2.48	1	–
4	35.297	2	1.816	46.6
5	23.305	24.305	1	–
6	-79.026	2	1.847	23.8
7	35.805	10.617	1	–
8	666.731	8.724	1.699	30.1
9	-39.205	4.712	1	–
10	-30.553	4.875	1.492	57.9
11	-36.63	15.682	1	–
12	66.376	8	1.697	55.5
13	-76.974	30.054	1	–
14	112.963	3.411	1.847	23.8
15	555.875	1.61	1	–
16	59.77	8.285	1.497	81.6
17	-21.498	2	1.847	23.8
18	53.871	1	1	–
19	46.012	8.992	1.497	81.6
20	-53.112	2.605	1	–
21	-25.52	4	1.492	57.9
22	-32.492	14.213	1	–
23	-41.591	4	1.492	57.9
24	-39.263	2.603	1	–
25	264.351	12.915	1.847	23.8
26	-74.144	5	1	–
27	Infinity	–	–	–

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	9.58608E-06	-4.08266E-09	1.14741E-12	1.33697E-16	0.00000E+00
2	0	6.03412E-06	7.67505E-09	-1.54579E-11	4.48365E-15	0.00000E+00
10	0	-1.48267E-05	1.70970E-08	-2.70638E-11	5.19430E-14	0.00000E+00
11	0	-1.09467E-05	1.37712E-08	-1.59448E-11	2.72140E-14	0.00000E+00
21	0	5.18069E-05	-1.43694E-08	-6.06068E-11	9.54935E-14	0.00000E+00
22	0	5.15159E-05	-8.36696E-09	-6.37484E-11	6.78810E-14	0.00000E+00
23	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Table 11

Surface	Rd	TH	nd	ν d
1	Infinity	596		
2	107.53	4	1.492	57.9
3	33.362	15.688	1	–
4	44.967	2	1.816	46.6
5	20.233	21.647	1	–
6	-55.919	4	1.847	23.8
7	55.019	3.687	1	–
8	151.307	9.724	1.699	30.1
9	-33.547	3.766	1	–
10	-29.697	5	1.492	57.9
11	-37.675	1.896	1	–
12	41.345	6.171	1.697	55.5
13	50488.451	31.142	1	–
14	53.4	3.805	1.847	23.8
15	189.029	4.721	1	–
16	60.669	8.982	1.497	81.6
17	-21.111	2	1.847	23.8
18	56.435	1	1	–
19	45.623	9.622	1.497	81.6
20	-54.328	0.5	1	–
21	-161.376	4	1.492	57.9
22	5879.089	16.449	1	–
23	-55.002	4	1.492	57.9
24	-58.343	2.158	1	–
25	1113.132	14.041	1.847	23.8
26	-58.123	5	1	–
27	Infinity	–	–	–

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	1.08587E-05	-5.70653E-09	1.53202E-12	1.28148E-16	0.00000E+00
2	0	8.60370E-06	8.50188E-09	-1.82568E-11	5.41080E-15	0.00000E+00
10	0	-3.32482E-06	1.03728E-08	4.75247E-12	6.69849E-14	0.00000E+00
11	0	-3.70398E-06	2.45996E-09	1.46863E-11	7.83244E-15	0.00000E+00
21	0	2.00195E-06	1.30050E-08	2.05974E-11	-3.51437E-14	0.00000E+00
22	0	1.23852E-05	7.76720E-09	-6.56793E-12	2.03190E-14	0.00000E+00
23	0	-1.47407E-05	9.35306E-09	3.35208E-12	-3.15128E-14	0.00000E+00
24	0	-1.46684E-05	9.54830E-09	5.86675E-12	-1.20468E-14	0.00000E+00

Table 12

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	107.697	4	1.492	57.9
3	34.176	13.434	1	–
4	58.628	2	1.816	46.6
5	22.741	20.847	1	–
6	-41.577	2	1.847	23.8
7	74.865	3.59	1	–
8	189.577	11.314	1.702	34.6
9	-37.603	3.582	1	–
10	-30.045	4	1.492	57.9
11	-37.921	0.5	1	–
12	56.028	9.027	1.74	50
13	-132.433	32.399	1	–
14	237.475	3.615	1.847	23.8
15	-78.584	7.141	1	–
16	137.917	7.227	1.497	81.6
17	-19.111	2	1.847	23.8
18	67.721	1.104	1	–
19	48.947	9.502	1.497	81.6
20	-39.443	0.5	1	–
21	260.671	4	1.492	57.9
22	61.197	6.717	1	–
23	-184.323	4	1.492	57.9
24	-101.106	14.412	1	–
25	174.931	13.09	1.847	23.8
26	-82.338	5	1	–
27	Infinity	–	–	–

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	9.87981E-06	-5.53910E-09	1.87701E-12	-4.73542E-17	0.00000E+00
2	0	7.75122E-06	5.03342E-09	-1.29693E-11	4.91184E-16	0.00000E+00
10	0	-1.21775E-06	-9.24022E-10	6.55637E-12	2.25956E-14	0.00000E+00
11	0	-1.11169E-07	-2.33462E-09	1.14346E-11	5.76967E-15	0.00000E+00
21	0	-2.15266E-06	3.63555E-10	1.91034E-11	-1.80540E-14	0.00000E+00
22	0	-2.07711E-06	3.40073E-09	-4.01429E-12	8.60232E-16	0.00000E+00
23	0	-1.20097E-05	3.34151E-09	-1.40100E-12	6.72588E-15	0.00000E+00
24	0	-5.61406E-06	-2.18317E-09	1.44287E-11	1.79912E-14	0.00000E+00

Table 13

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	99.811	4	1.492	57.9
3	34.003	14.034	1	-
4	48.218	2	1.816	46.6
5	22.314	20.907	1	-
6	-41.696	7.459	1.847	23.8
7	56.843	3.629	1	-
8	170.607	8.178	1.828	33.8
9	-64.265	0.979	1	-
10	286.843	5	1.492	57.9
11	-210.251	2.792	1	-
12	65.577	8.616	1.813	35.9
13	-111.102	30.904	1	-
14	354.585	4.377	1.847	23.8
15	-61.589	3.012	1	-
16	162.902	7.707	1.497	81.6
17	-19.031	2	1.847	23.8
18	54.095	1	1	-
19	56.209	7.531	1.497	81.6
20	-43.366	4.063	1	-
21	94.473	4	1.492	57.9
22	48.444	5.239	1	-
23	1172.561	5.454	1.492	57.9
24	-109.747	14.491	1	-
25	177.551	12.628	1.847	23.8
26	-87.026	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	Aspherical Coefficient					
	K	A	B	C	D	E
1	0	1.11939E-05	-5.42582E-09	1.39594E-12	1.98686E-16	0.00000E+00
2	0	9.65213E-06	8.27956E-09	-1.20252E-11	-3.52677E-15	0.00000E+00
10	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
11	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
21	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
22	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
23	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Table 14

	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5
f_0/f_1	−1.887	−1.627	−1.592	−1.565	−1.602
f_0/f_2	0.684	0.633	0.635	0.630	0.635
f_0/f_3	0.385	0.370	0.382	0.382	0.396
f_0/f_{11}	−0.198	−0.170	−0.187	−0.170	−0.149
f_0/f_{12}	−0.462	−0.409	−0.365	−0.393	−0.470
f_0/f_{13}	−0.708	−0.647	−0.642	−0.617	−0.577
f_0/f_{21}	0.444	0.343	0.325	0.306	0.356
f_0/f_{22}	−0.010	−0.086	0.002	−0.001	0.005
f_0/f_{23}	0.373	0.443	0.344	0.367	0.321
f_0/f_{31}	0.220	0.066	0.135	0.162	0.215
f_0/f_{32}	−0.091	−0.026	−0.150	−0.128	−0.119
f_0/f_{33}	−0.481	−0.405	−0.388	−0.431	−0.469
f_0/f_{34}	0.446	0.330	0.436	0.482	0.450
f_0/f_{35}	0.018	0.071	0.030	−0.016	−0.033
f_0/f_{36}	−0.100	−0.127	−0.129	−0.130	−0.038
f_0/f_{37}	0.377	0.372	0.368	0.371	0.365
T_{2-3}	31.980	31.336	30.929	32.330	32.821
$D_{30}/2$	11.000	10.713	10.880	10.982	11.000
$D_{21}/2$	15.000	14.924	15.000	15.102	15.015
$(D_{30}+D_{21})/2$	26.000	25.638	25.880	26.084	26.015
f_{L22L23}	−51.151	−102.625	−69.193	−60.959	−52.115
S1 Inflection Point	1	0	0	0	0
S2 Inflection Point	0	1	0	0	1
S10 Inflection Point	0	0	0	0	0
S11 Inflection Point	0	0	0	0	0
S21 Inflection Point	2	1	1	1	1
S22 Inflection Point	2	1	1	1	1
S23 Inflection Point	2	1	2	2	2
S24 Inflection Point	2	1	2	2	2

Table 15

	DATA6	DATA7	DATA8	DATA9	DATA10
f_0/f_1	-1.726	-1.667	-2.201	-2.147	-2.249
f_0/f_2	0.658	0.633	0.793	0.789	0.850
f_0/f_3	0.396	0.364	0.360	0.373	0.379
f_0/f_{11}	-0.180	-0.197	-0.231	-0.223	-0.216
f_0/f_{12}	-0.452	-0.255	-0.495	-0.496	-0.440
f_0/f_{13}	-0.636	-0.804	-0.722	-0.742	-0.848
f_0/f_{21}	0.426	0.419	0.557	0.508	0.405
f_0/f_{22}	0.004	-0.045	-0.064	-0.065	0.093
f_0/f_{23}	0.308	0.442	0.390	0.426	0.448
f_0/f_{31}	0.237	0.139	0.268	0.332	0.374
f_0/f_{32}	-0.159	-0.171	-0.180	-0.338	-0.354
f_0/f_{33}	-0.453	-0.502	-0.497	-0.484	-0.536
f_0/f_{34}	0.465	0.452	0.449	0.507	0.458
f_0/f_{35}	-0.042	-0.077	-0.072	-0.141	-0.111
f_0/f_{36}	-0.060	0.025	-0.007	0.052	0.113
f_0/f_{37}	0.368	0.334	0.355	0.343	0.330
T_{2-3}	32.923	30.054	31.142	32.399	30.904
$D_{30}/2$	11.000	10.899	11.000	8.063	8.062
$D_{21}/2$	15.000	15.000	15.013	21.022	20.953
$(D_{30}+D_{21})/2$	26.000	25.899	26.013	29.086	29.015
f_{L22L23}	-50.295	-44.154	-44.895	-36.746	-32.173
S1 Inflection Point	0	0	0	0	0
S2 Inflection Point	1	1	0	1	1
S10 Inflection Point	0	0	1	1	0
S11 Inflection Point	0	0	0	1	0
S21 Inflection Point	1	1	1	0	0
S22 Inflection Point	1	1	0	0	0
S23 Inflection Point	2	0	0	0	0
S24 Inflection Point	2	0	0	1	0

Next, an example of a projection optical system in which Embodiment 1 of a first projection optical unit and Embodiment 1 of a second projection optical unit are combined is described below using Figs. 43 to 55.

Fig. 43 is a configuration diagram of the projection optical system, wherein the second projection optical unit is Y-Z sectionally decentered by 9.8 mm with respect to the first projection optical unit. Layout suitable for a more compact design of the display apparatus for projecting an image from screen rear can thus be realized.

Fig. 44 is an explanatory diagram of object points. As a result of the first projection optical unit and the second projection optical unit having been decentered with respect to each other, rotational symmetry is not established, for which reason, vertical and horizontal points of image display elements, and half-way points between the vertical and horizontal points have been set as object points.

Figs. 45 to 48 are aberration diagrams of the projection optical system according to the present invention. Fig. 45 is an aberration diagram of the white light rays formed by synthesizing the rays having wavelengths of 650 nm, 550 nm, and 450 nm, wherein chromatic aberration is also shown so as to be understandable at the same time. Fig. 46 is an aberration

diagram of red light rays at the wavelength of 650 nm, Fig. 47 an aberration diagram of green light rays at the wavelength of 550 nm, and Fig. 48 an aberration diagram of blue light rays at the wavelength of 450 nm. These diagrams are shown in units of 0.05 mm, and each of the diagrams indicates the way the rays are well aberration-corrected.

Figs. 49 to 51 are explanatory diagrams relating to the distortional aberration generated by the projection optical system according to the present invention.

Fig. 49 is a diagram representing normal distortion vertically in a Y-axis direction. In order to compare the first projection optical unit and the decentered second projection optical unit in terms of distortional aberration, the first projection optical unit undertakes display with respect to image height, and the second projection optical unit undertakes display with respect to object height. Y-Z sectionally, comparison can be made in a 9.8 mm shifted condition as in Fig. 49. Except for the Y-Z section, calculation results need to be converted into distances from an optical axis of the first projection optical unit and from an optical axis of the second projection optical unit. Fig. 50 is a diagram showing an example of such conversions. Fig. 51 is an explanatory diagram of TV display distortional aberration. Very small values, i.e.,

0.02% for line segment ④ ⑤ with line segment ① ② as its reference, 0.01% for line segment ⑦ ⑧ with line segment ① ② as its reference, -0.02% for line segment ② ⑤ with line segment ① ③ as its reference, and 0.02% for line segment ② ⑧ with line segment ① ⑦ as its reference, are realized as calculation results.

Actual measurement of distortion is accomplished by deforming a rectangular frame associated with a TV frame. More specifically, a Y-direction is defined by a middle vertical line with respect to an average value of left and right vertical lines. Accordingly, a segment associated with line segment ④ ⑦ is line segment ⑤ ⑧ , which corresponds to an average value of the -0.02% and 0.02% mentioned above and thus takes an even smaller value. Since an X-direction is defined by a middle horizontal line with respect to an average value of upper and lower horizontal lines, a related segment takes a value almost equal to the calculation data described above.

Figs. 52 to 55 are spot diagrams of the projection optical system according to the present invention. Fig. 52 is a spot diagram of the white light rays formed by synthesizing the rays having wavelengths of 650 nm, 550 nm, and 450 nm, wherein chromatic aberration is also shown so as to be understandable at the same time. Fig. 53 is a spot diagram of red light rays at the wavelength of 650 nm,

Fig. 54 a spot diagram of green light rays at the wavelength of 550 nm, and Fig. 55 a spot diagram of blue light rays at the wavelength of 450 nm. These diagrams are shown in units of 0.1 mm, and each of the diagrams indicates the way the rays are well aberration-corrected.

A projection image display apparatus according to the present invention is adapted so that an image display element for red, an image display element for green, and an image display element for blue can each be adjusted to the optimum position independently. The above spot diagrams represent the spots at the particular optimum position.

As set forth above, it can be seen that high optical performance is also achieved in combination of the first projection optical unit and the second projection optical unit.

In the first projection optical unit of the present invention, an aperture stop for defining an F-value is disposed similarly to a normal lens. For the second projection optical unit, a peripheral flux equivalent to a central flux needs to be ensured to obtain a required peripheral illuminance (aperture efficiency).

The aperture stop for defining an F-value, however, cannot be disposed in the second projection optical unit. For example, if the aperture stop is disposed to match the rays in the middle of the screen, the rays on a periphery

thereof will be intercepted, or conversely if the aperture stop is disposed to match the rays on the periphery of the screen, the rays in the middle thereof will be intercepted.

The second projection optical unit has therefore been optically designed by setting a virtual aperture stop at a pupil position of the second projection optical unit. Light ray diagrams of the system actually formed by combining the first projection optical unit and the second projection optical unit indicate the way an F-value of the entire lens section can be defined by the aperture stop disposed in the first projection optical unit. The present embodiment is characterized in that when a projection optical system is constructed by combining a first projection optical unit and a second projection optical unit in this way, an aperture stop is disposed in the first projection optical unit.

In the light ray diagram of a primary projection lens, rays of the object height for a diagonal dimension of 0.7 inches are represented, and in the light ray diagram of a secondary projection lens, rays of the object height for the 2.6-inch diagonal dimension obtained by adding an optical axis shifting ratio of 7:1 to a diagonal dimension of 2.1 inches, are represented. For the projection optical system having the primary lens and the secondary lens in combination, rays of the object points within the Y-Z

section are represented since the system takes a rotationally asymmetrical configuration in which optical axes are shifted for reduced thickness of the display apparatus.

A projection optical unit 20 of the present invention includes a first lens group and a second lens group, both having positive refractive power. Accordingly, the image synthesized by a cross prism 19 is formed as an inverted image (first enlarged image) near a field lens by the first lens group, and this inverted image is projected on-screen as an erect image (second enlarged image) by the second lens group. In a general type of projection image display apparatus, the image projected in a screen-like format is inverted with respect to the image on an image display element. The present invention, however, is characterized by image erection.

In the projection color image display apparatus of the present invention, an optical axis of the second projection optical unit is decentered in substantially an X-axial positive direction on, for example, an X-Z plane, with respect to an optical axis of the first projection optical unit. A compact set having a short distance from a lower end of the screen to bottom can thus be realized. A more compact set can be realized by reducing a projection distance of the second projection optical unit and

decentering the second projection optical unit in an opposite direction to the above.

This means that a set having different optical performance can be achieved by sharing illumination optics and the first projection optical unit and varying only the projection distance of the second projection optical unit and the amount of eccentricity with respect to the first projection optical unit. Accordingly, model expansion of the set can be implemented with a minimum amount of investment, and in this context, the present invention is excellent in development efficiency.

Furthermore, decentering the optical axis of the second projection optical unit in a Z-axial direction on, for example, the X-Z plane, with respect to the optical axis of the first projection optical unit makes it unnecessary to dispose the second projection optical unit in the middle of the screen. This increases flexibility of internal layout of the set, allowing a more compact set to be realized.

Meanwhile, even if an effective screen size of a transmission-type liquid-crystal panel is changed, direct application to a set of the same form is possible just by changing part of illumination optics and changing only the first projection optical unit. A projection optical unit excellent in development efficiency of a set can therefore

be realized.

A magnification of the enlarged image obtained by the first projection optical unit differs according to an effective screen size of the image display element used. Preferably, however, the magnification ranges from about 2x to 7x. To ensure that a distance from the first projection optical unit to an image-forming position stays within the optimum range, and to limit external dimensions of the lenses of the first and second projection optical units to a range in which the lenses can be manufactured, it is further preferable that the magnification should range from 2x to 5x.

In addition, on the X-Z plane, the optical axis of the second projection optical unit is made eccentric with respect to the optical axis of the first projection optical unit, and this amount of eccentricity is selected as appropriate. By doing these, the amount of eccentricity with respect to, for instance, a transmission-type screen, can be arbitrarily changed. Even for the same screen size, therefore, the form of the set can be freely changed and hence the flexibility of design improves significantly.

While the use of a transmission-type liquid-crystal panel for the illumination optics of the present invention has been described above, it goes without saying that after images have been synthesized, the projection optical unit

of the present invention can be applied even when a reflection-type liquid-crystal panel is used as an image display element.

The projection optical unit of the present invention is not to be considered applicable only to a rear-projection image display apparatus, and is naturally also applicable to a front-projection image display apparatus for projecting an image from the front of a screen.

As described above, according to the projection optical unit of the present invention, very-wide-angle imaging required for a more compact design of the set, and high focusing performance can be simultaneously achieved, even at enhanced magnifications. In addition, even when the effective screen size of the image display element used is changed, this change can be accommodated by changing part of the projection optical unit. Therefore, the great advantage that the development costs required for size expansion of a set or for model expansion coupled with the modification of an image display element can be reduced is obtainable for a projection color image display apparatus that employs the projection optical unit described above. No conventional technologies have allowed the above cost reduction. For these reasons, according to the present invention, a compact design for a set can be realized.

What is claimed is:

1. A projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising:

a first projection optical unit for forming a first enlarged image, said first projection optical unit having positive refractive power; and

a second projection optical unit positioned at an enlarged image side of said first projection optical unit in order to form a second enlarged image by further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit, said second projection optical unit having positive refractive power;

wherein the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit,

a magnification M1 of the first enlarged image is smaller than a magnification M2 of the second enlarged image, and

said first projection optical unit includes an aperture stop that defines an F-value of said entire projection optical unit.

2. The projection optical unit according to claim 1, wherein said entire second projection optical unit is moved

in an optical-axis direction thereof to allow a projection distance and a projection size to be modified.

3. The projection optical unit according to claim 1, further including a structure for moving said entire second projection optical unit in an optical-axis direction thereof.

4. The projection optical unit according to claim 3, further including a structure for making variable an amount of eccentricity between an optical axis of said first projection optical unit and that of said second projection optical unit.

5. The projection optical unit according to claim 4, wherein said entire first projection optical unit or a lens element which forms part thereof is adapted to be replaceable.

6. The projection optical unit according to claim 4, wherein said entire second projection optical unit or a lens element which forms part thereof is adapted to be replaceable.

7. A projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising:

a first projection optical unit having positive refractive power; and

a second projection optical unit having positive

refractive power for further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit;

wherein said first projection optical unit is in an almost telecentric relationship with respect to the image display element side and the first enlarged image side, and the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit.

8. A projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising:

a first projection optical unit having positive refractive power; and

a second projection optical unit having positive refractive power for further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit;

wherein said second projection optical unit is in an almost telecentric relationship with respect to the first enlarged image side, and the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit.

9. A projection image display apparatus, comprising:

an image display element; and

a projection optical unit for projecting, in an enlarged form and onto a projection screen, an image

displayed by said image display element, wherein said projection optical unit includes

a first projection optical unit and a second projection optical unit, both arranged on an optical path ranging from said image display element to the screen,

said first projection optical unit being adapted to form a first enlarged image and having positive refractive power, and

said second projection optical unit being positioned at an enlarged image side of said first projection optical unit, being adapted to form a second enlarged image by further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit, and having positive refractive power;

wherein the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit,

a magnification M1 of the first enlarged image is smaller than a magnification M2 of the second enlarged image, and

said first projection optical unit includes an aperture stop that defines an F-value of said entire projection optical unit.

10. A projection image display apparatus, comprising:

an image display element; and

a projection optical unit for projecting, in an enlarged form and onto a screen, an image displayed by said image display element, wherein said projection optical unit includes

a first projection optical unit and a second projection optical unit, both arranged on an optical path ranging from said image display element to the screen,

said first projection optical unit having positive refractive power, and said second projection optical unit having positive refractive power for forming a second enlarged image by further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit;

wherein said first projection optical unit is in an almost telecentric relationship with respect to the image display element side and the first enlarged image side, and the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit.

11. A projection image display apparatus, comprising:

an image display element; and

a projection optical unit for projecting, in an enlarged form and onto a screen, an image displayed by said image display element, wherein said projection optical unit

includes

a first projection optical unit and a second projection optical unit, both arranged on an optical path ranging from said image display element to the screen,

said first projection optical unit having positive refractive power, and said second projection optical unit having positive refractive power for forming a second enlarged image by further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit;

wherein said second projection optical unit is in an almost telecentric relationship with respect to the first enlarged image side, and the first enlarged image is formed at the image display element side, rather than at said second projection optical unit.

12. A projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising:

a first projection optical unit for forming a first enlarged image, said first projection optical unit having positive refractive power; and

a second projection optical unit positioned at an enlarged image side of said first projection optical unit in order to form a second enlarged image by further enlarging the first enlarged image obtained by said first projection optical unit, said second projection optical

unit having positive refractive power;

wherein said first projection optical unit includes at least, from the first enlarged image side in order, an aspherical plastic lens, two convex lenses, and a concave lens.

13. The projection optical unit according to claim 12, wherein the standardized values obtained by dividing resultant focal length "f凸" of said two convex lenses and focal length "f凹" of said concave lens independently by overall length L of said first projection optical unit satisfy the following conditions:

$$0.10 < f凸/L < 0.20$$

$$-0.15 < f凹/L < -0.05$$

14. A projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising:

a first lens group having negative refractive power;

a second lens group having positive refractive power; and

a third lens group having positive refractive power;

wherein said third lens group includes a lens element having a center of a convex shape with respect to the image display element side and having a periphery of a concave shape.

15. A projection optical unit for enlarged

projection of an image displayed by an image display element, comprising, from a screen side in order, a first lens group, a second lens group, and a third lens group, and satisfying the following condition:

$T_{2.3} > (D_{2I}+D_{3O})/2$

where $T_{2.3}$: clearance between said second lens group and said third lens group,

D_{2I}: effective diameter of said second lens group at the incoming side thereof, and

D_{3O}: effective diameter of said third lens group at the outgoing side thereof.

16. A projection optical unit for enlarged projection of an image displayed by an image display element, comprising, from a screen side in order, a first lens group, a second lens group, and a third lens group, and satisfying the following conditions:

$-2.2 < f_0/f_1 < -1.5$

$0.6 < f_0/f_2 < 0.9$

$0.3 < f_0/f_3 < 0.4$

where f_0: focal length of the entire optical unit,

f_1: focal length of said entire first lens group,

f_2: focal length of said entire second lens group, and

f_3: focal length of said entire third lens group.

17. The projection optical unit according to claim

16, wherein said first lens group has negative refractive power, said second lens group has positive refractive power, and said third lens group has positive refractive power and includes a lens element having a center of a convex shape with respect to the image display element side and having a periphery of a concave shape.

18. The projection optical unit according to claim 16, further satisfying the following condition:

$T_{2.3} > (D_{2I}+D_{3O})/2$

where $T_{2.3}$: clearance between said second lens group and said third lens group,

D_{2I}: effective diameter of said second lens group at the incidence side thereof, and

D_{3O}: effective diameter of said third lens group at the exit side thereof.

19. The projection optical unit according to claim 16, wherein said third lens group includes a lens element constituted by laminating a lens which has negative refractive power and uses a glass material of high dispersibility, and a lens which has positive refractive power and uses a glass material whose dispersibility is lower than that of said lens having negative refractive power; said lens element having negative refractive power as a whole.

20. The projection optical unit according to claim

14, wherein at least either said first lens group, said second lens group, or said third lens group includes at least one aspherical lens.

21. The projection optical unit according to claim 20, wherein said aspherical lens comprises at least one inflection point on an aspheric surface thereof.

22. The projection optical unit according to claim 20, wherein said first lens group comprises a first lens element, a second lens element, and a third lens element; said third lens element being said aspherical lens.

23. The projection optical unit according to claim 20, wherein said first to third lens elements satisfy the following conditions:

$-0.24 < f_0/f_{11} < -0.14$

$-0.50 < f_0/f_{12} < -0.25$

$-0.85 < f_0/f_{13} < -0.55$

where f_0: focal length of the entire optical unit,

f_{11}: focal length of said first lens element of said first lens group,

f_{12}: focal length of said second lens element of said first lens group, and

f_{13}: focal length of said third lens element of said first lens group.

24. The projection optical unit according to claim 20, wherein said second lens group comprises a first lens

element, a second lens element, and a third lens element; said second lens element being said aspherical lens.

25. The projection optical unit according to claim 24, wherein said first to third lens elements satisfy the following conditions:

$$0.30 < f_0/f_{21} < 0.56$$

$$-0.10 < f_0/f_{22} < 0.10$$

$$0.30 < f_0/f_{23} < 0.45$$

where f_0: focal length of the entire optical unit,

f_{21}: focal length of said first lens element of said second lens group,

f_{22}: focal length of said second lens element of said second lens group, and

f_{23}: focal length of said third lens element of said second lens group.

26. The projection optical unit according to claim 20, wherein said third lens group comprises a first lens element, a second lens element, a third lens element, a fourth lens element, a fifth lens element, a sixth lens element, and a seventh lens element; at least one of said fifth and sixth lens elements being said aspherical lens.

27. The projection optical unit according to claim 26, wherein said first to seventh lens elements satisfy the following conditions:

$$0.05 < f_0/f_{31} < 0.40$$

$-0.40 < f_0/f_{32} < 0.00$

$-0.55 < f_0/f_{33} < -0.35$

$0.35 < f_0/f_{34} < 0.55$

$-0.15 < f_0/f_{35} < 0.10$

$-0.15 < f_0/f_{36} < 0.15$

$0.33 < f_0/f_{37} < 0.38$

where f_0: focal length of the entire optical unit,

f_{31}: focal length of said first lens element of said third lens group,

f_{32}: focal length of said second lens element of said third lens group, and

f_{33}: focal length of said third lens element of said third lens group.

f_{34}: focal length of said fourth lens element of said third lens group,

f_{35}: focal length of said fifth lens element of said third lens group, and

f_{36}: focal length of said sixth lens element of said third lens group.

f_{37}: focal length of said seventh lens element of said third lens group.

28. The projection optical unit according to claim 14, wherein an optical path changer for changing an optical path is disposed between said second lens group and said third lens group.

29. The projection optical unit according to claim 28, wherein said optical path changer includes a total-reflecting mirror.

30. The projection optical unit according to claim 28, wherein said optical path changer includes a prism element.

31. The projection image display apparatus according to claim 9, wherein an optical-axis center of said projection optical unit is made eccentric with respect to a center of the screen.

32. The projection image display apparatus according to claim 9, wherein the projection screen comprises at least a Fresnel screen, a center of the Fresnel screen being made eccentric with respect to a center of the projection screen.

Abstract of the Disclosure

A projection optical unit has two lens groups. A first projection optical unit disposed closest to an image display element, temporarily forms a first enlarged image (magnification: M1) at the image display element side, rather than at a second projection optical unit. The first enlarged image is subsequently projected in an enlarged form (magnification: M2, wherein M2>M1) onto a screen via the second projection optical unit. A field lens group having positive refractive power is disposed between the first projection optical unit and the second projection optical unit. Consequently, the relationship between F2, which is the F-value of the second projection optical unit, and F1, which is the F-value of the first projection optical unit, becomes F2=F1/M1, whereby it is possible to realize very-wide-angle imaging at a field angle exceeding 90 degrees.

FIG. 1

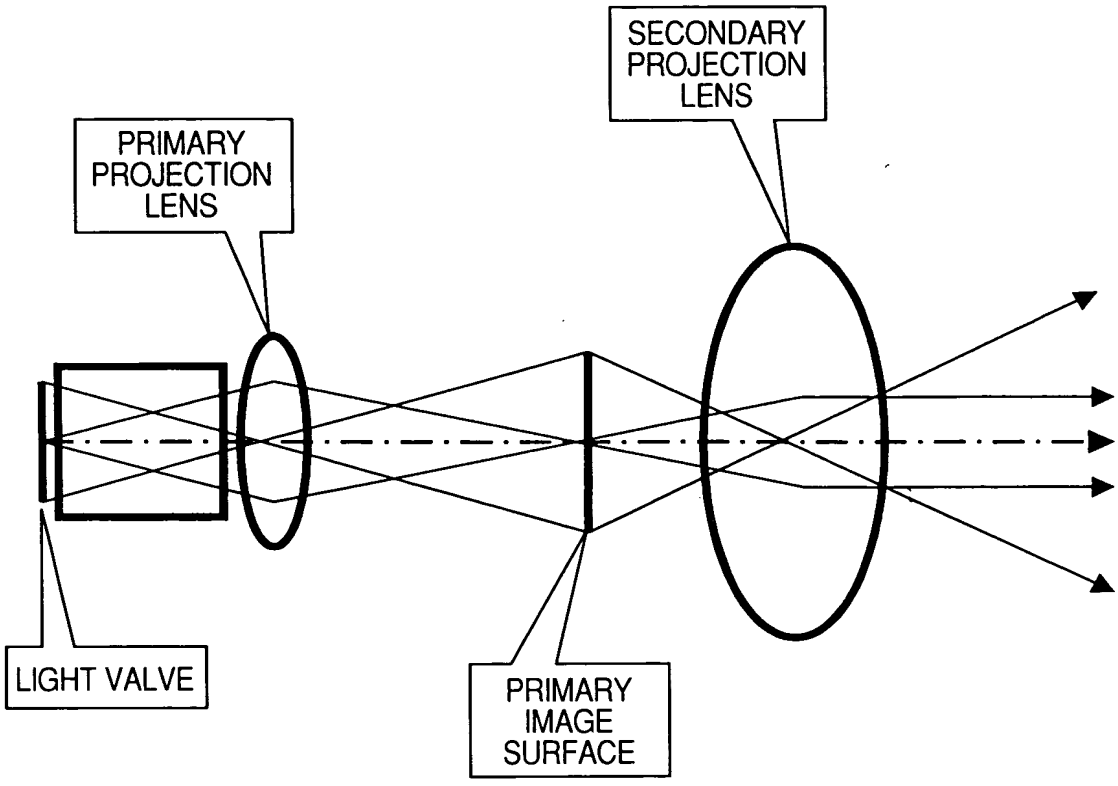
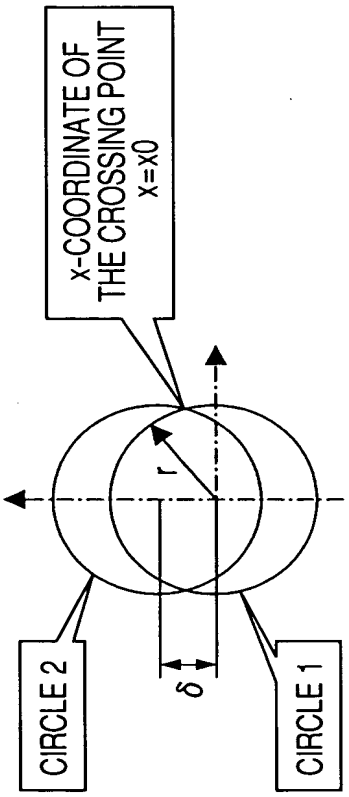
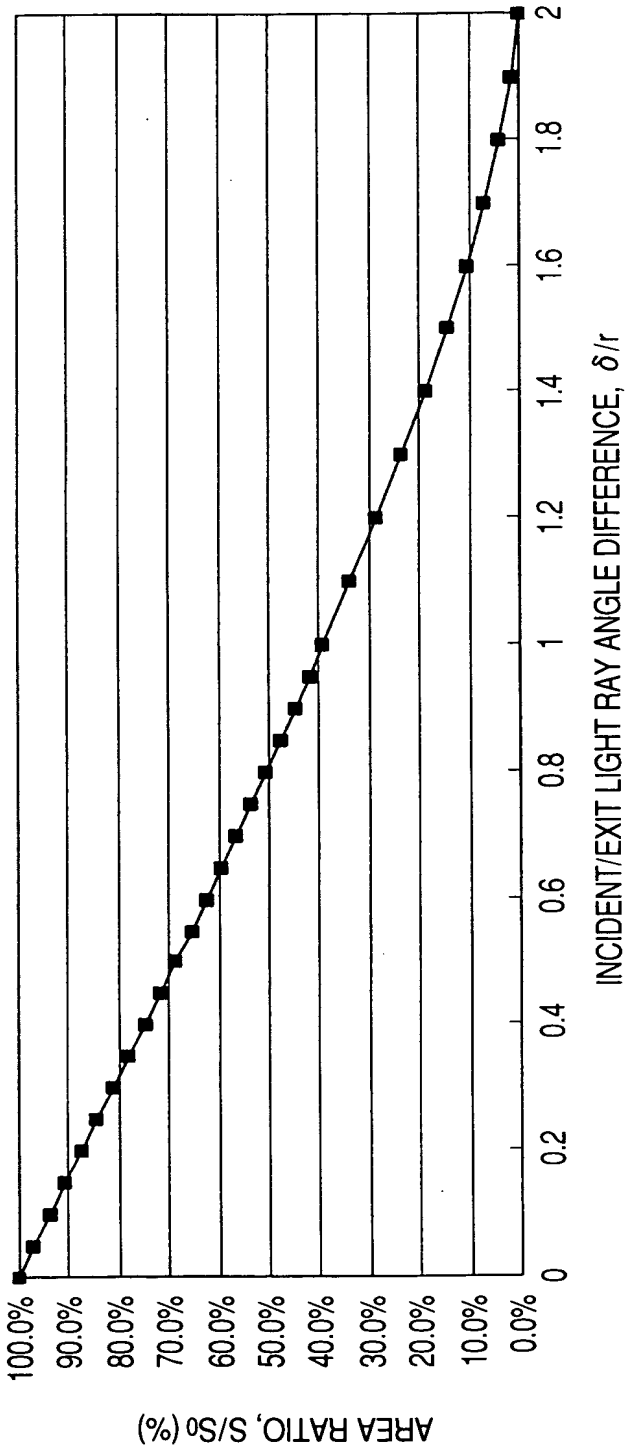

SECONDARY PROJECTION LENS
PRIMARY PROJECTION LENS
LIGHT VALVE
PRIMARY IMAGE SURFACE

FIG. 2


x-COORDINATE OF
THE CROSSING POINT
x=x0
r
δ
CIRCLE 2
CIRCLE 1


AREA RATIO, S/S0 (%)
100.0%
90.0%
80.0%
70.0%
60.0%
50.0%
40.0%
30.0%
20.0%
10.0%
0.0%
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
INCIDENT/EXIT LIGHT RAY ANGLE DIFFERENCE, δ/r

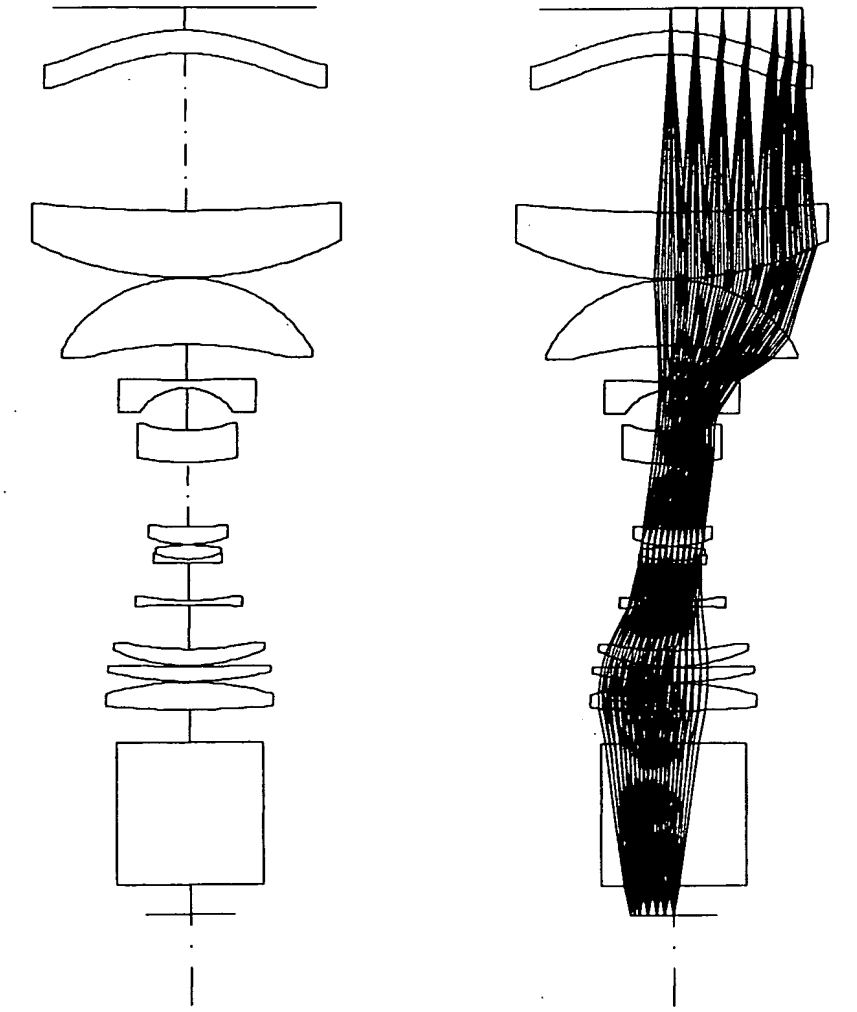


FIG. 3

FIG. 4

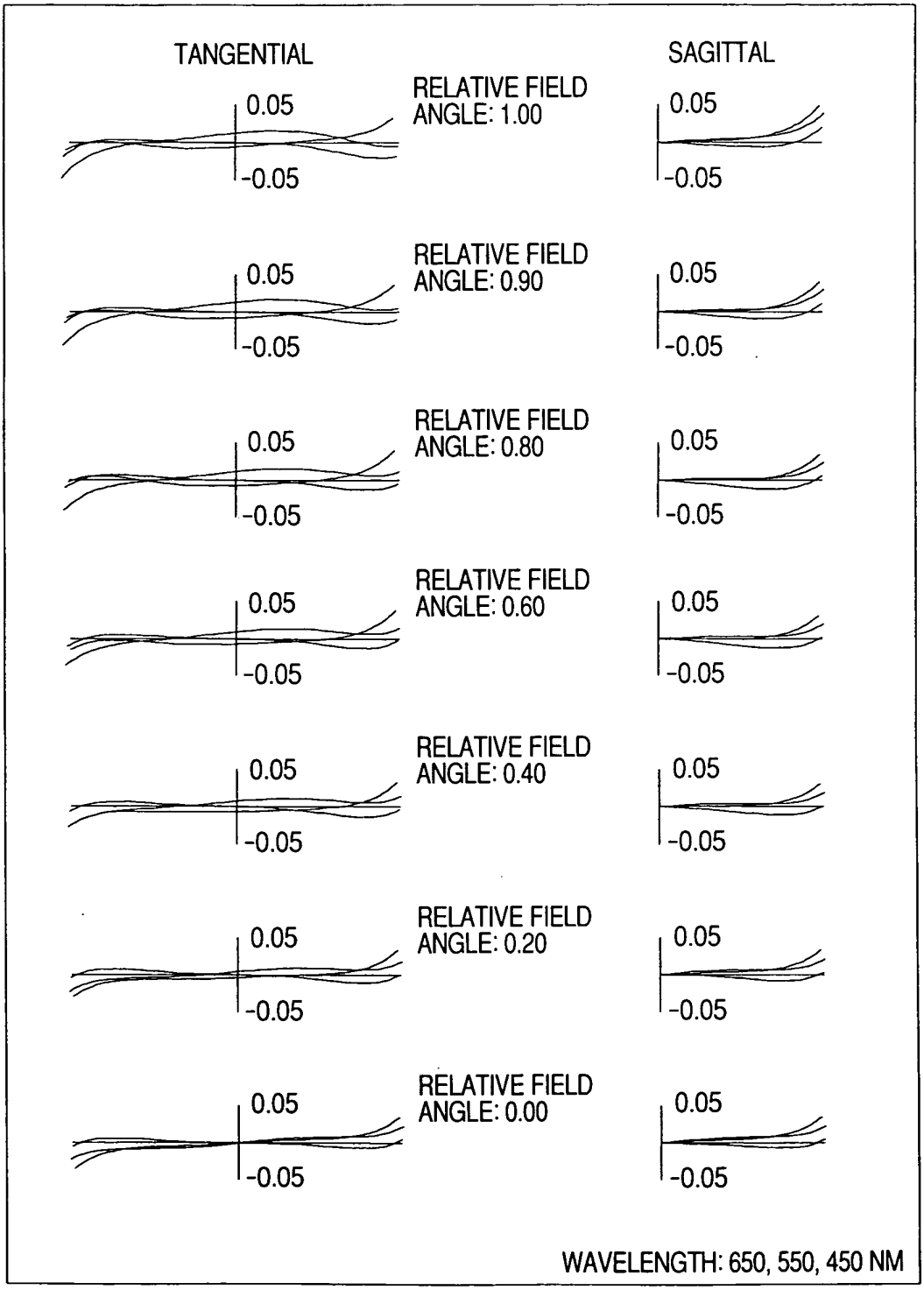

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
WAVELENGTH: 650, 550, 450 NM

FIG. 5

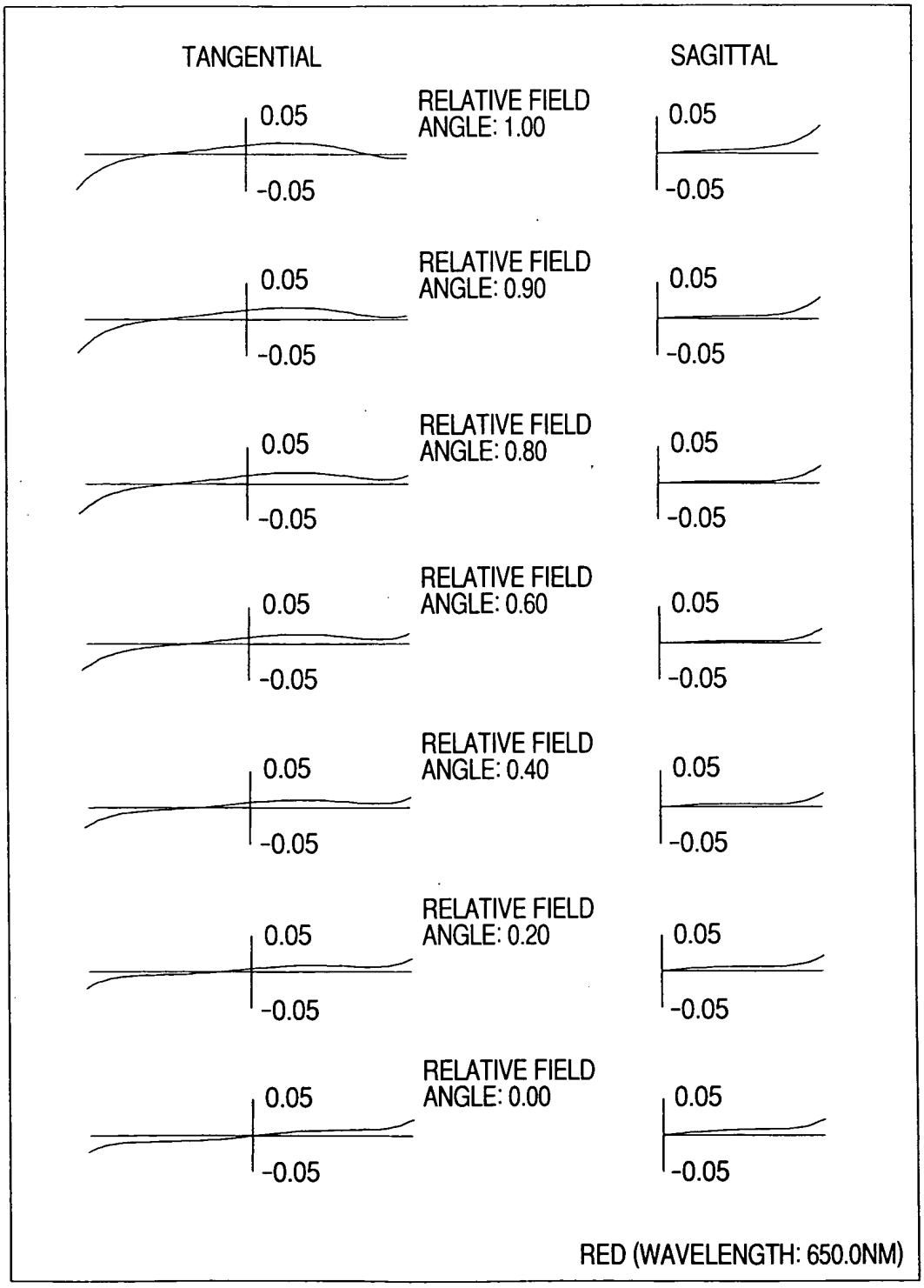

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
RED (WAVELENGTH: 650.0NM)

FIG. 6

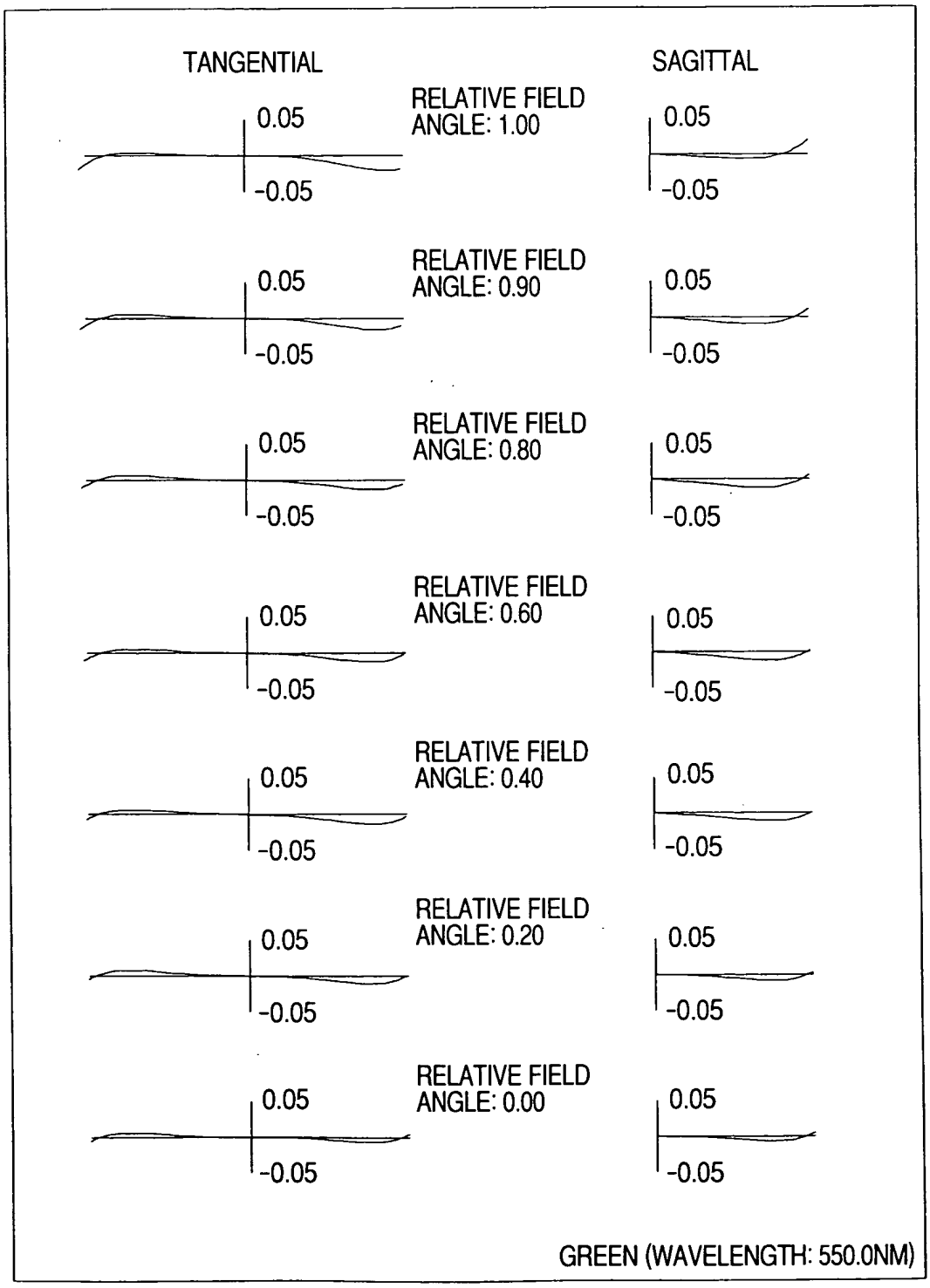

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
GREEN (WAVELENGTH: 550.0NM)

FIG. 7

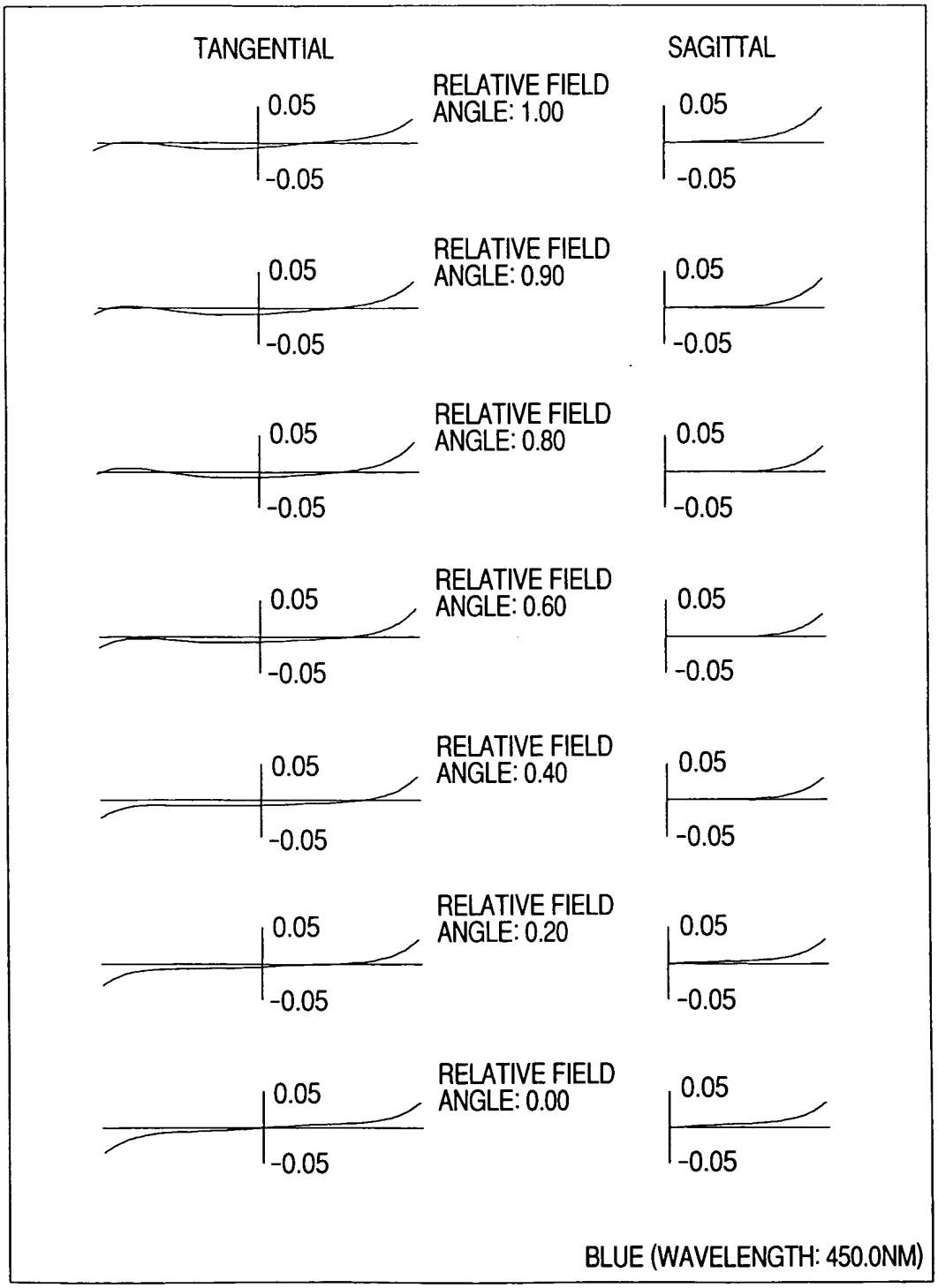

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
BLUE (WAVELENGTH: 450.0NM)

FIG. 8

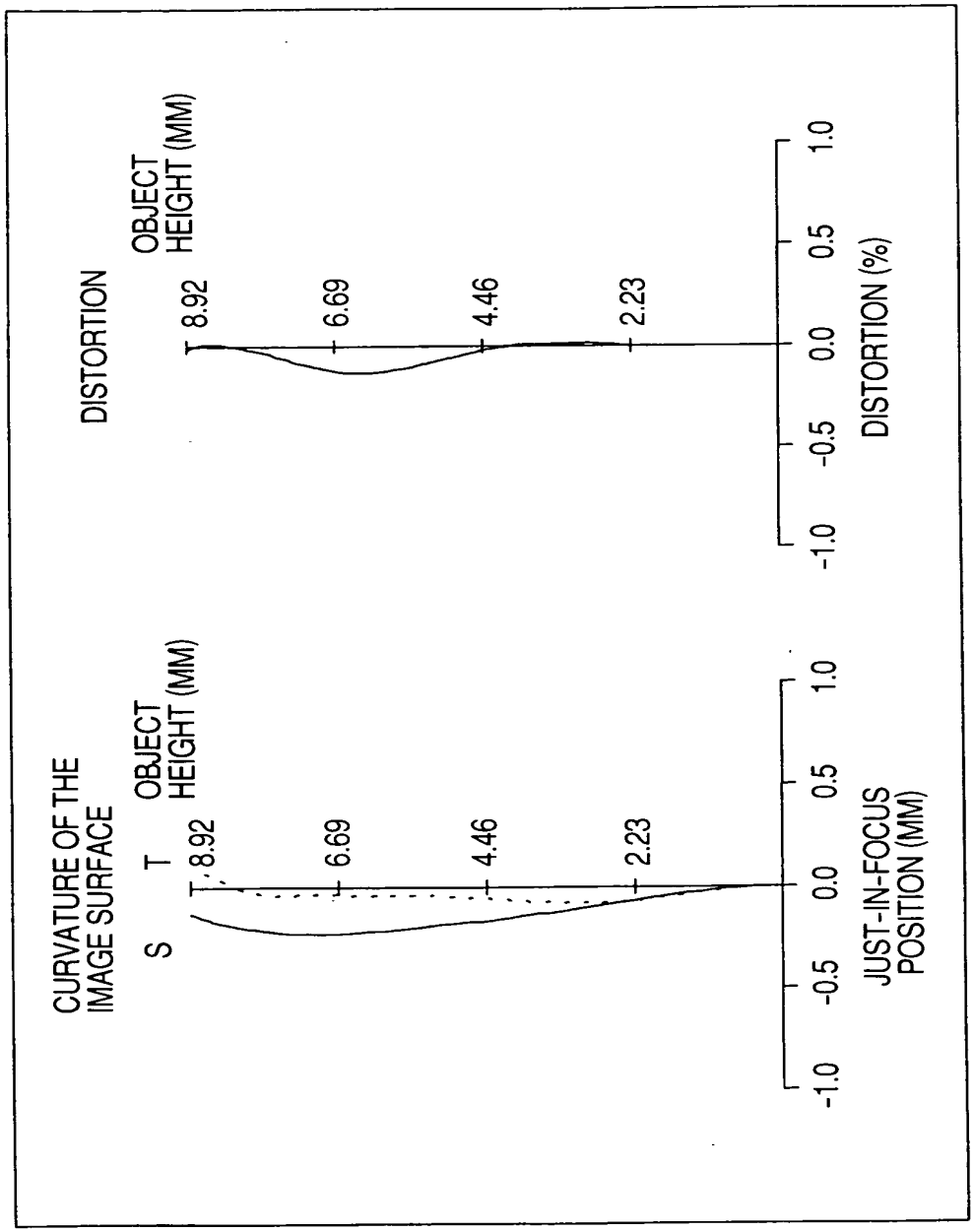

CURVATURE OF THE IMAGE SURFACE
S
T
OBJECT HEIGHT (MM)
8.92
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
JUST-IN-FOCUS POSITION (MM)
DISTORTION
OBJECT HEIGHT (MM)
8.92
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
DISTORTION (%)

FIG. 9

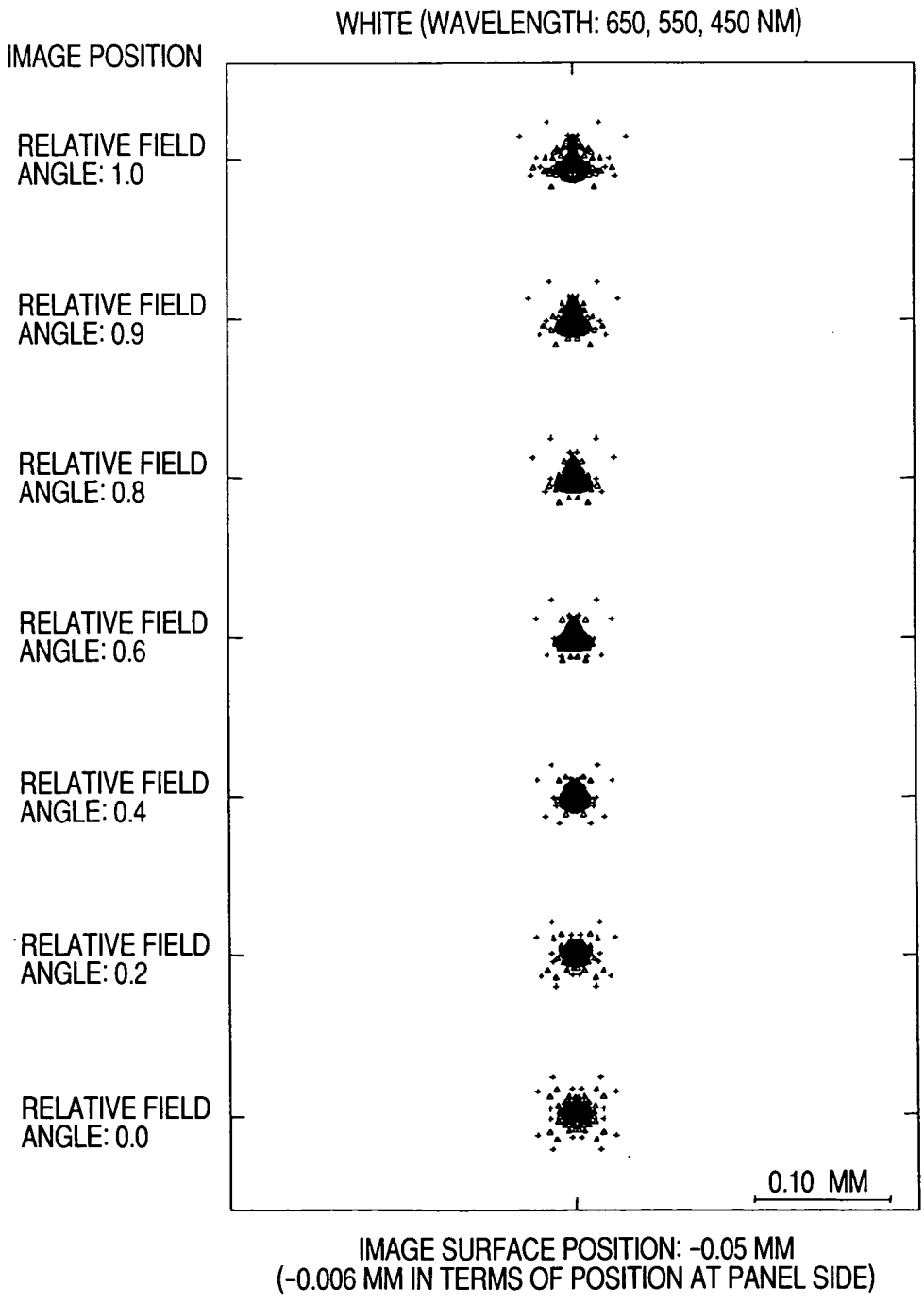

WHITE (WAVELENGTH: 650, 550, 450 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: -0.05 MM
(-0.006 MM IN TERMS OF POSITION AT PANEL SIDE)

FIG. 10

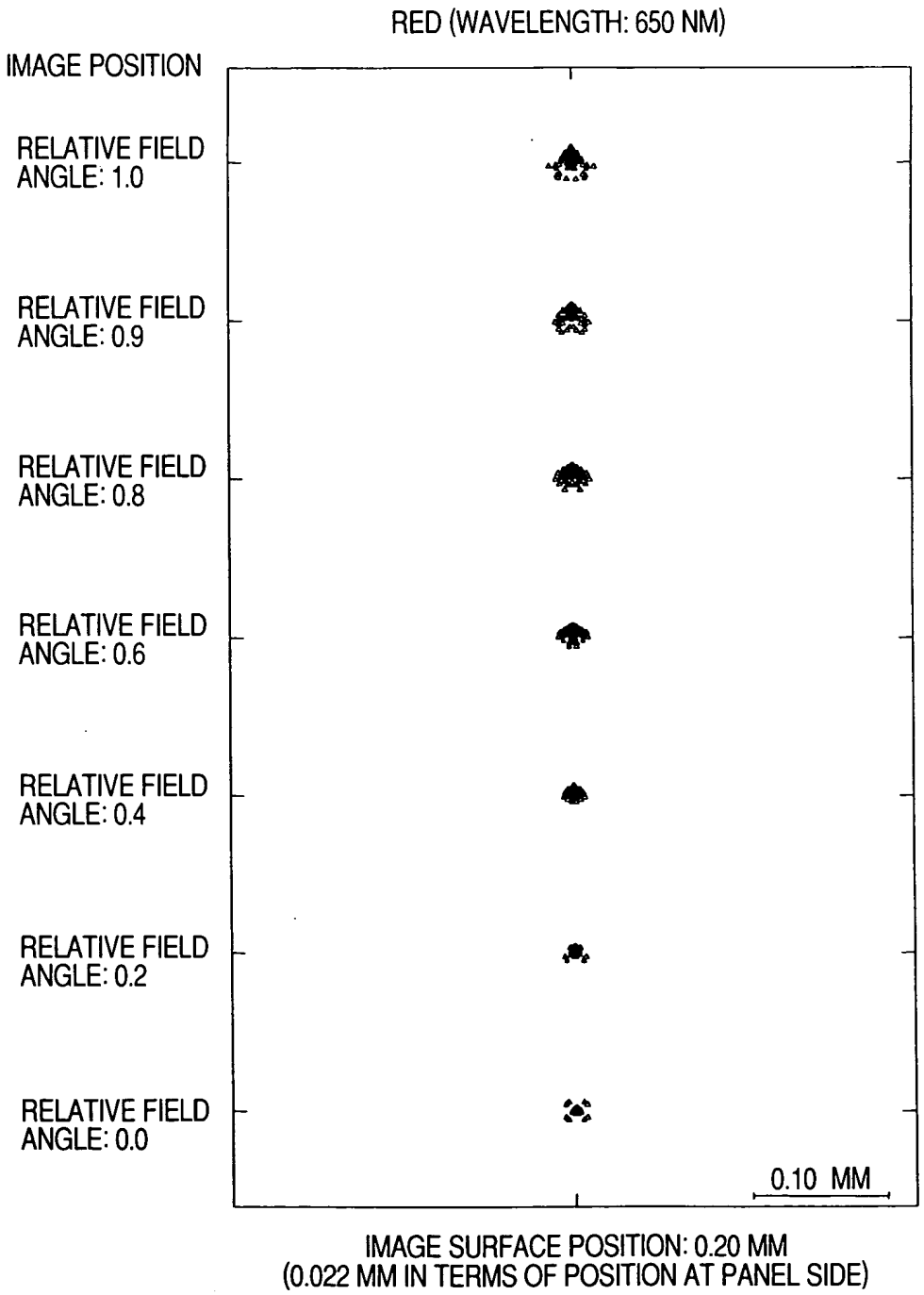

RED (WAVELENGTH: 650 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: 0.20 MM
(0.022 MM IN TERMS OF POSITION AT PANEL SIDE)

FIG. 11

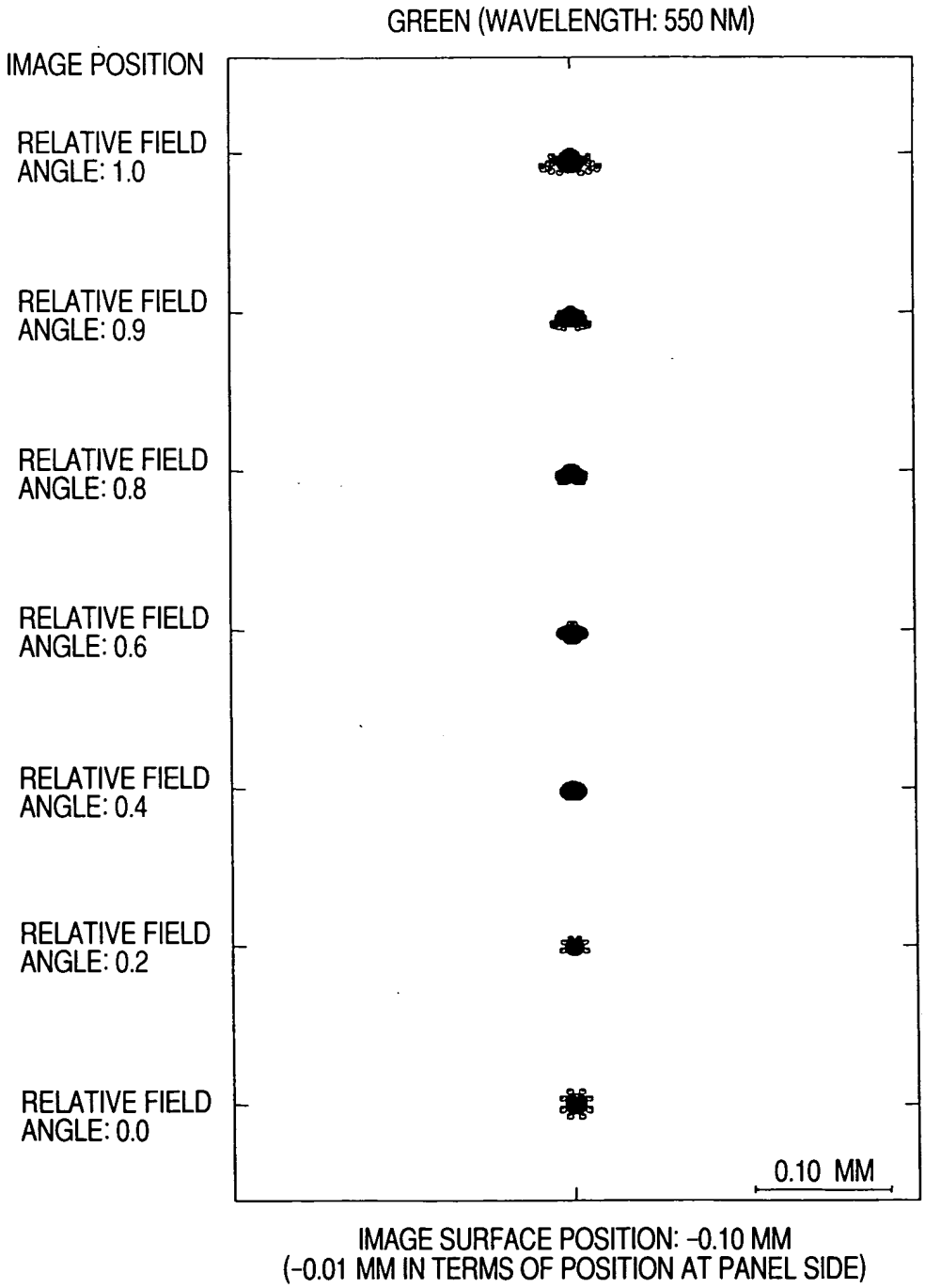
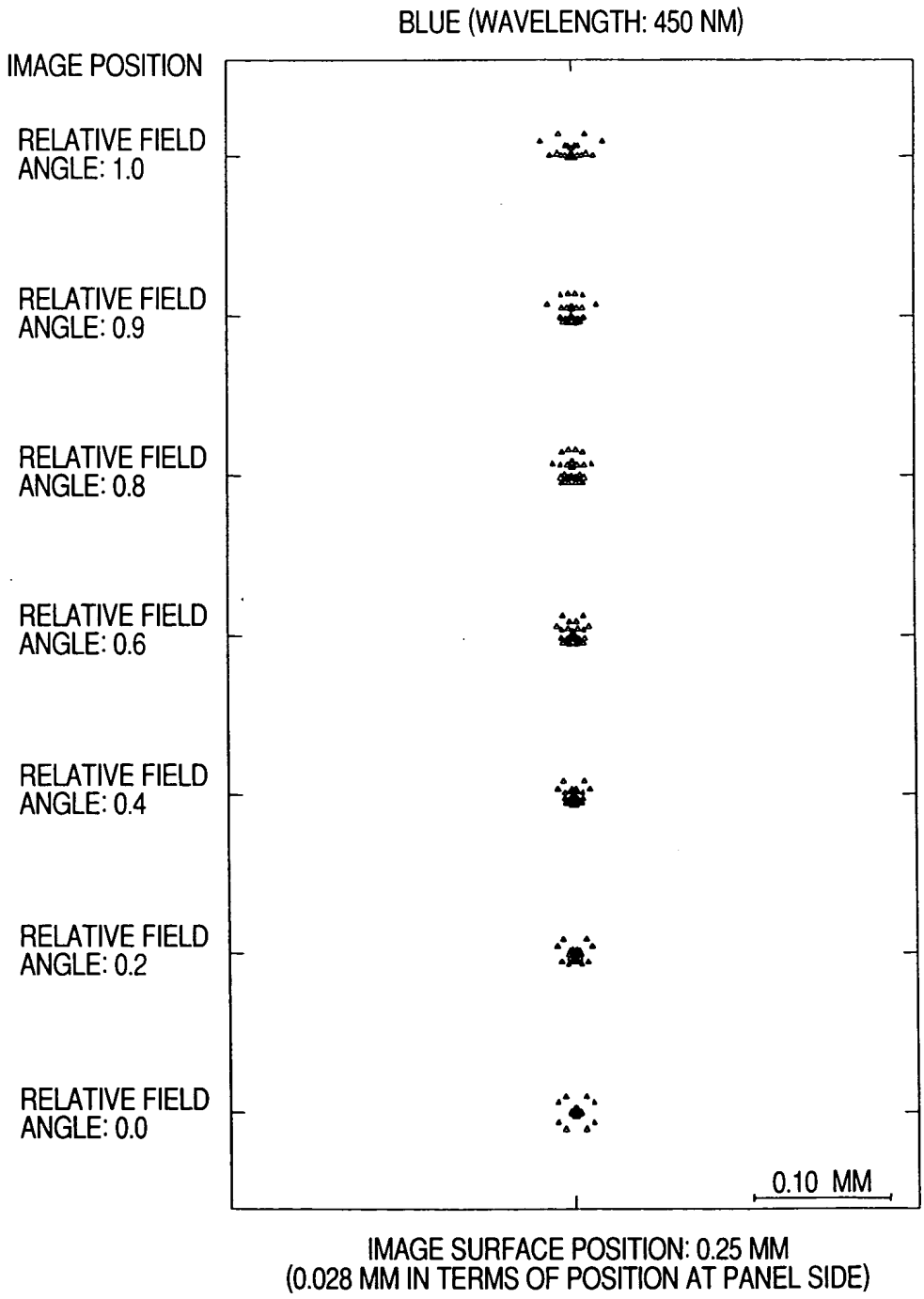

GREEN (WAVELENGTH: 550 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: -0.10 MM
(-0.01 MM IN TERMS OF POSITION AT PANEL SIDE)

FIG. 12


BLUE (WAVELENGTH: 450 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: 0.25 MM
(0.028 MM IN TERMS OF POSITION AT PANEL SIDE)

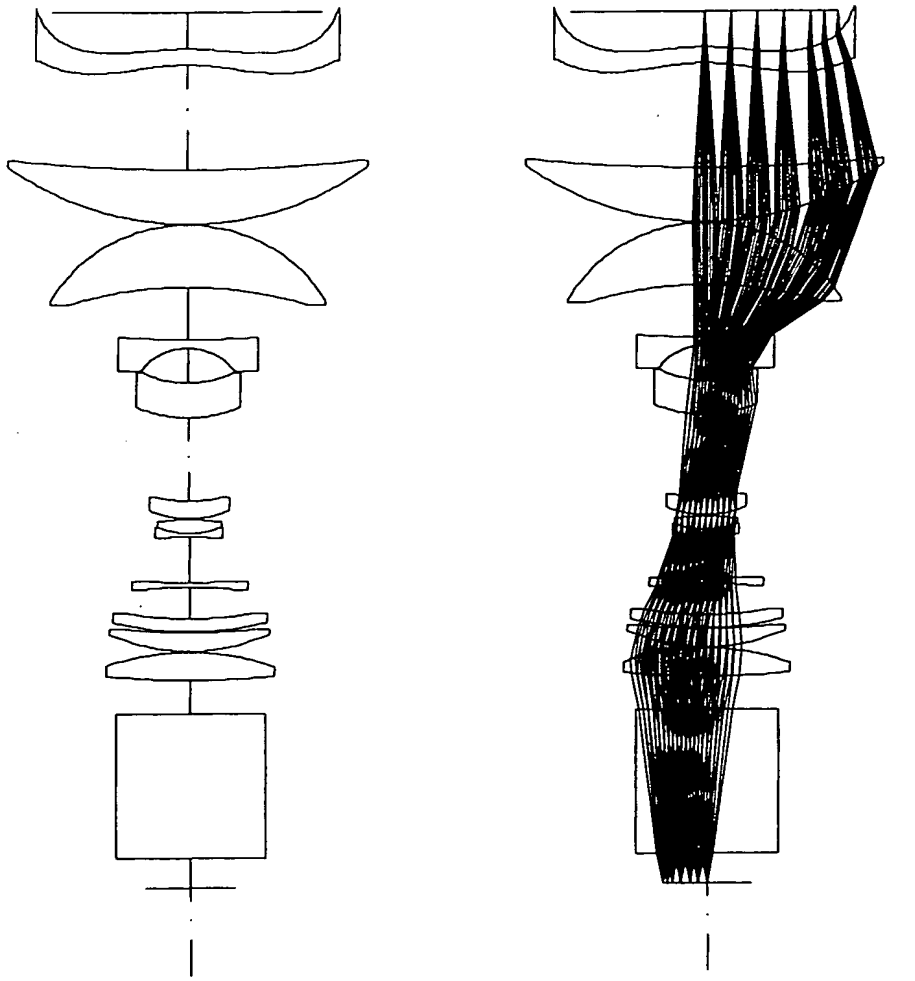


FIG. 13

FIG. 14

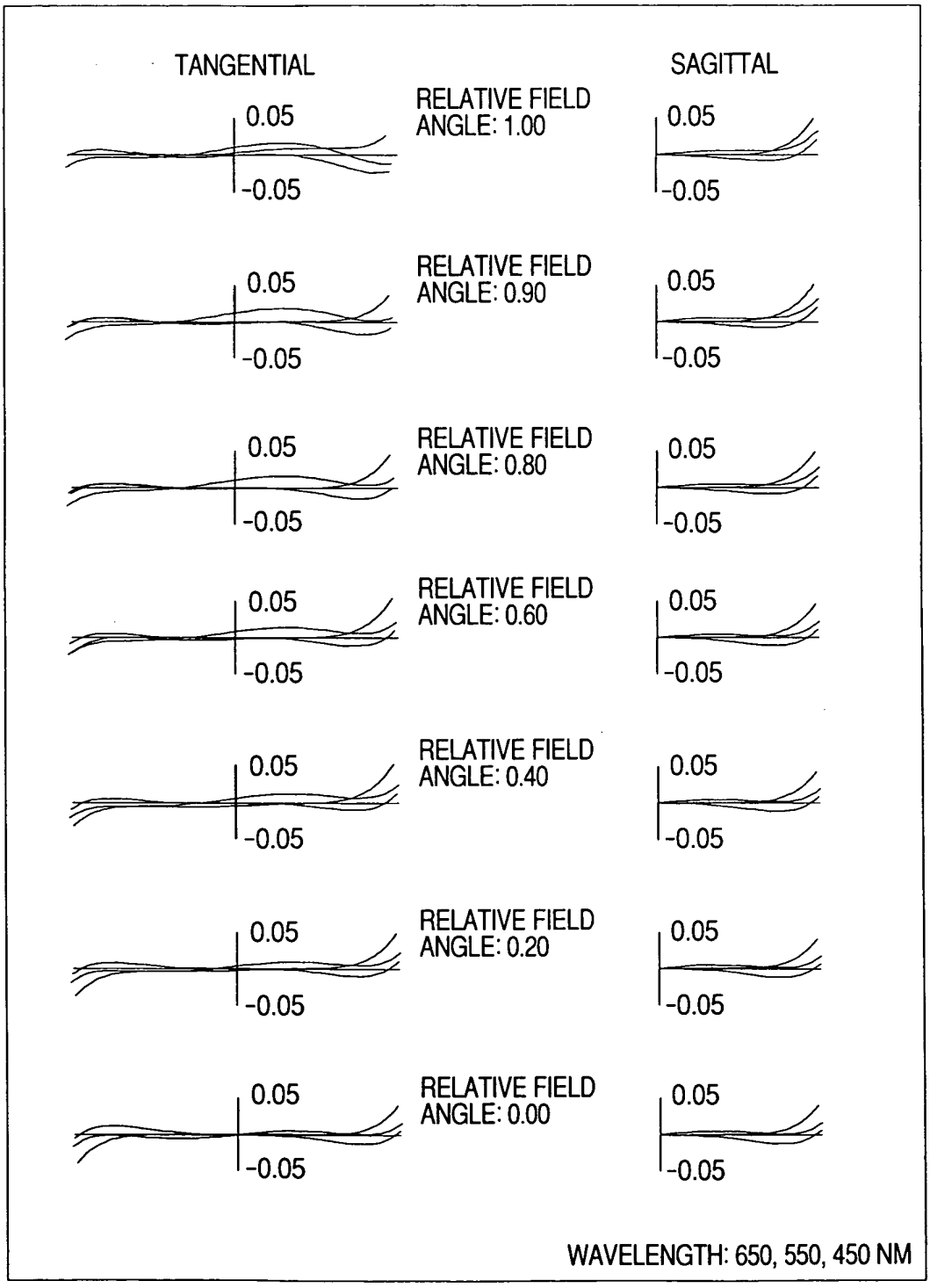

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
WAVELENGTH: 650, 550, 450 NM

FIG. 15

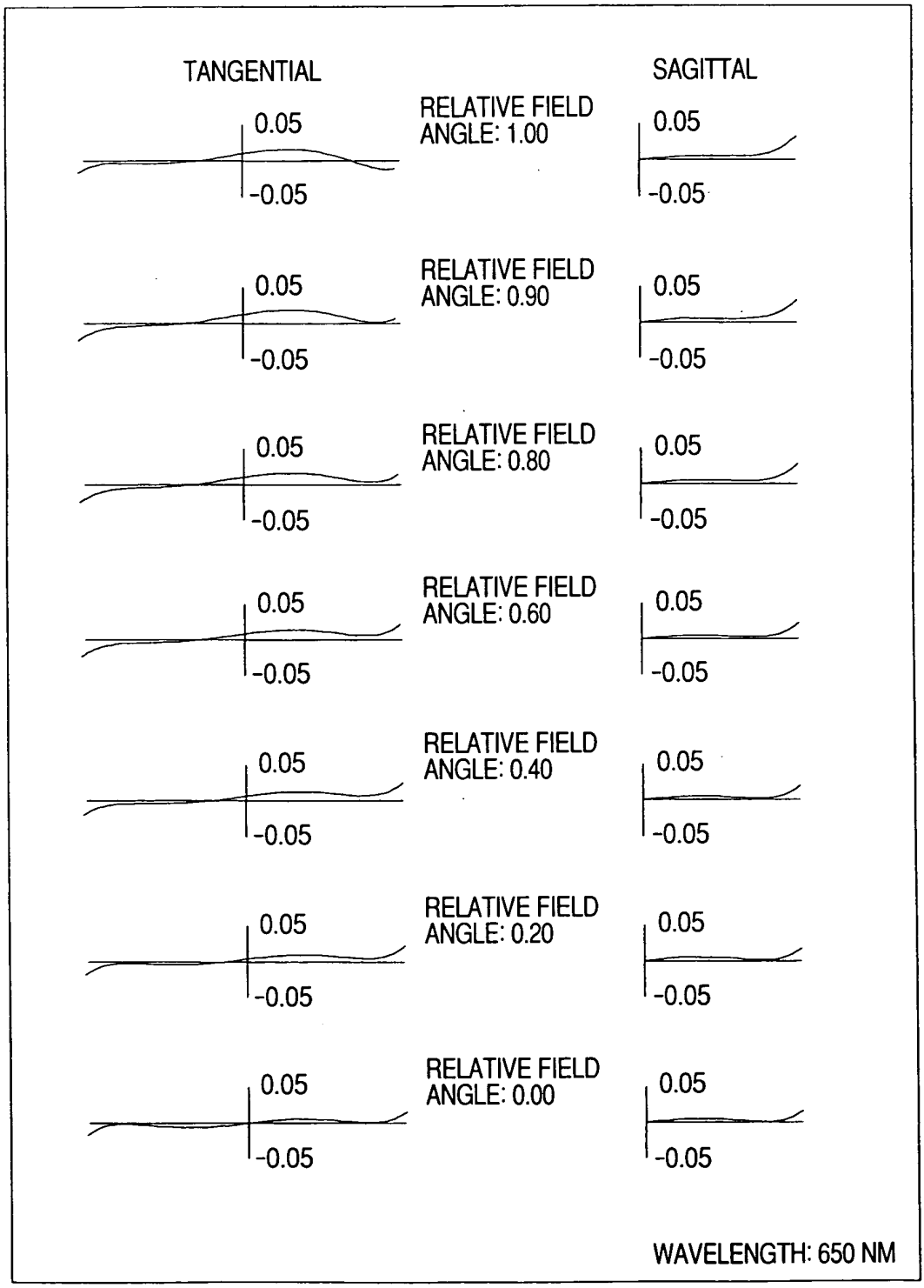

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
WAVELENGTH: 650 NM

FIG. 16

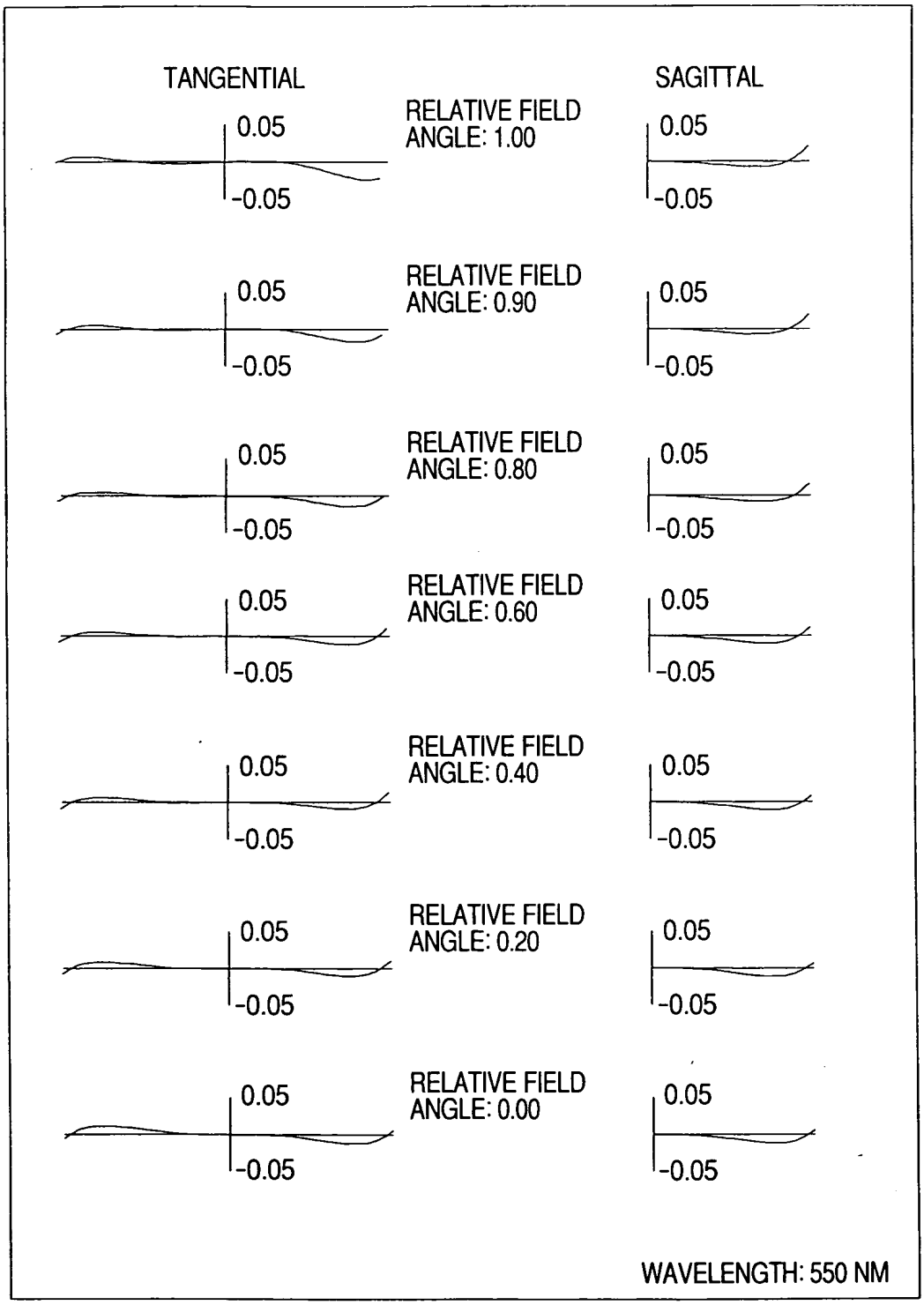

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
WAVELENGTH: 550 NM

FIG. 17

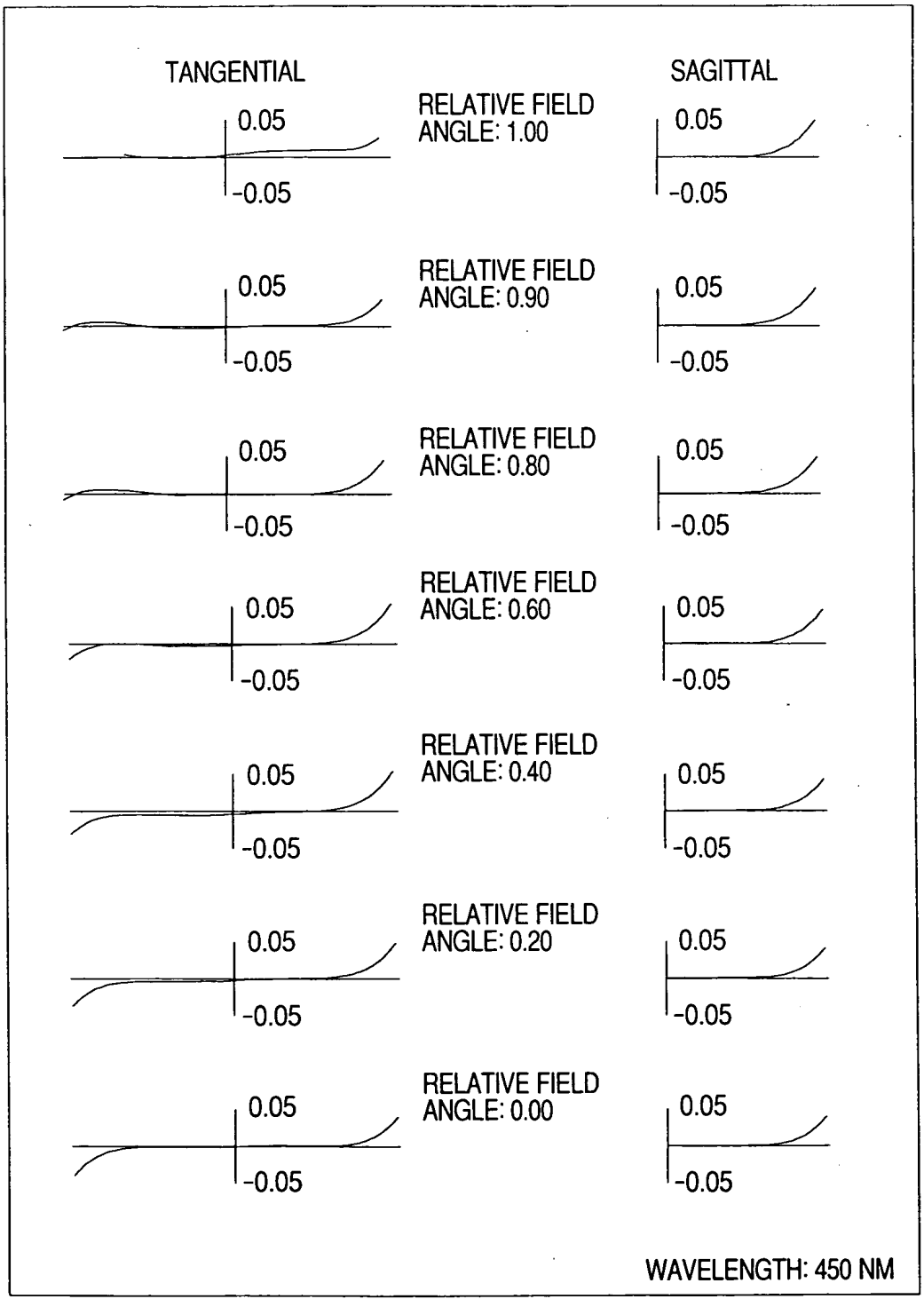

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
WAVELENGTH: 450 NM

FIG. 18

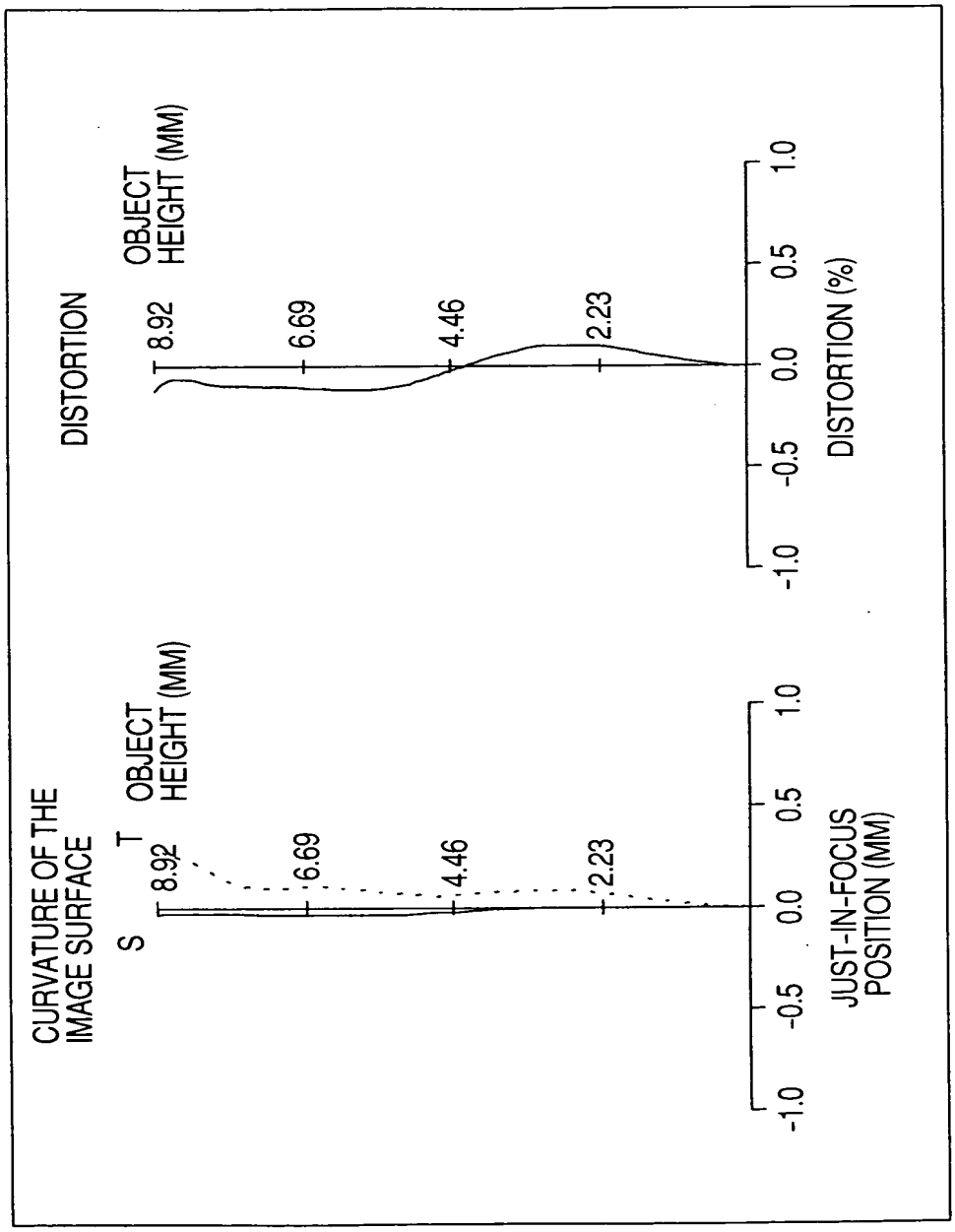

CURVATURE OF THE IMAGE SURFACE
S
T
OBJECT HEIGHT (MM)
8.92
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
JUST-IN-FOCUS POSITION (MM)
DISTORTION
OBJECT HEIGHT (MM)
8.92
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
DISTORTION (%)

FIG. 19

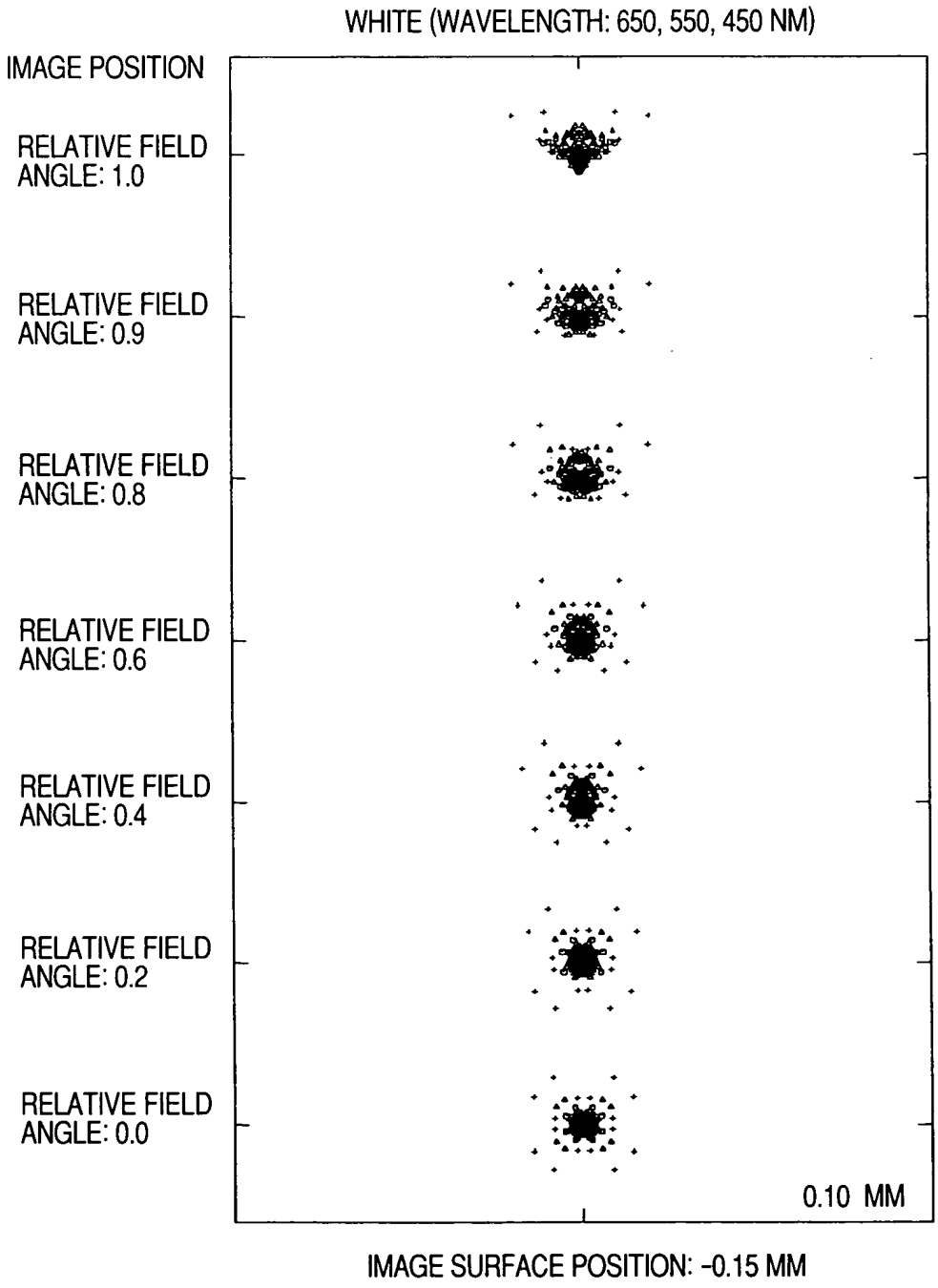

WHITE (WAVELENGTH: 650, 550, 450 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: -0.15 MM

FIG. 20

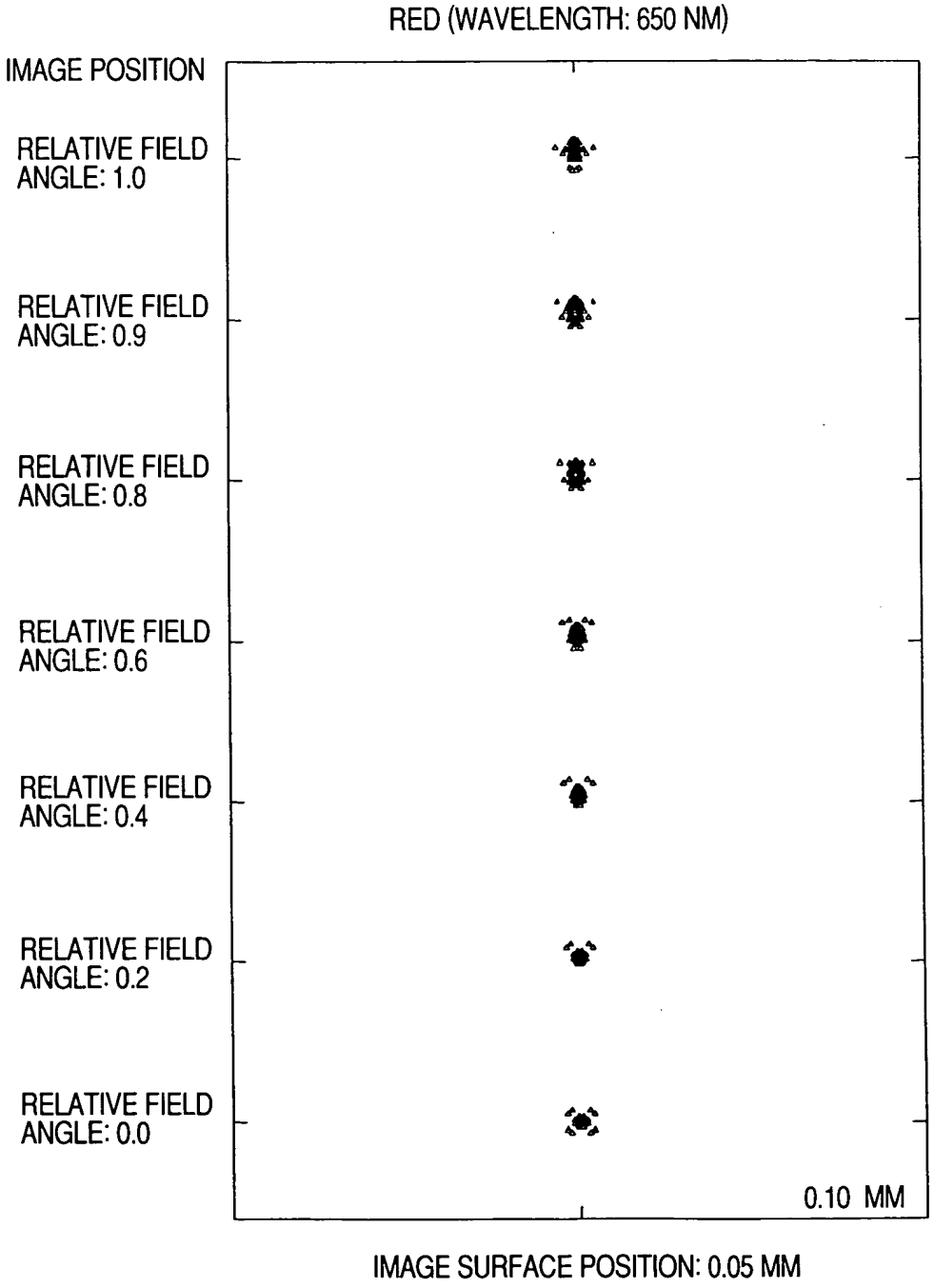

RED (WAVELENGTH: 650 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: 0.05 MM

FIG. 21

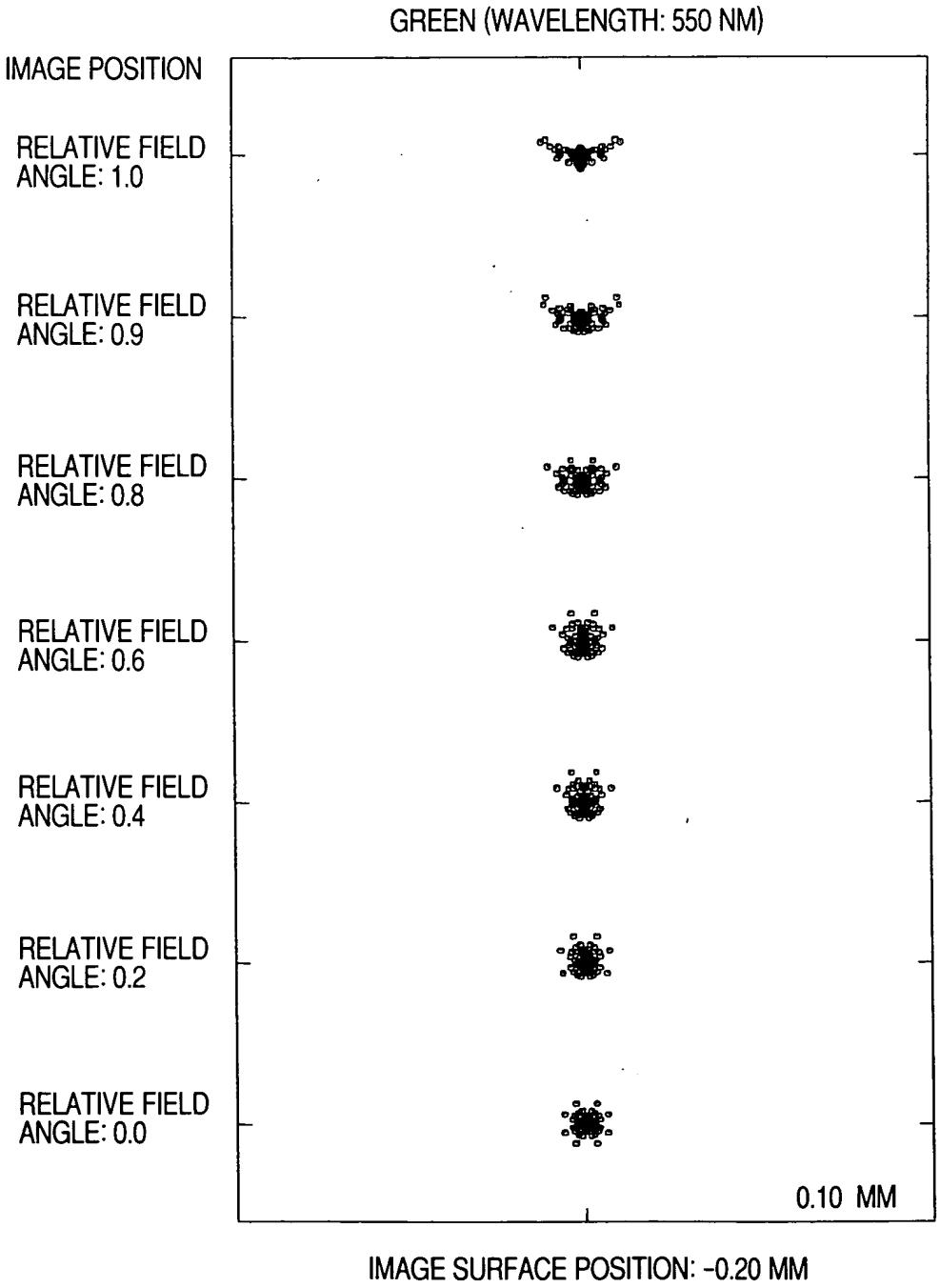
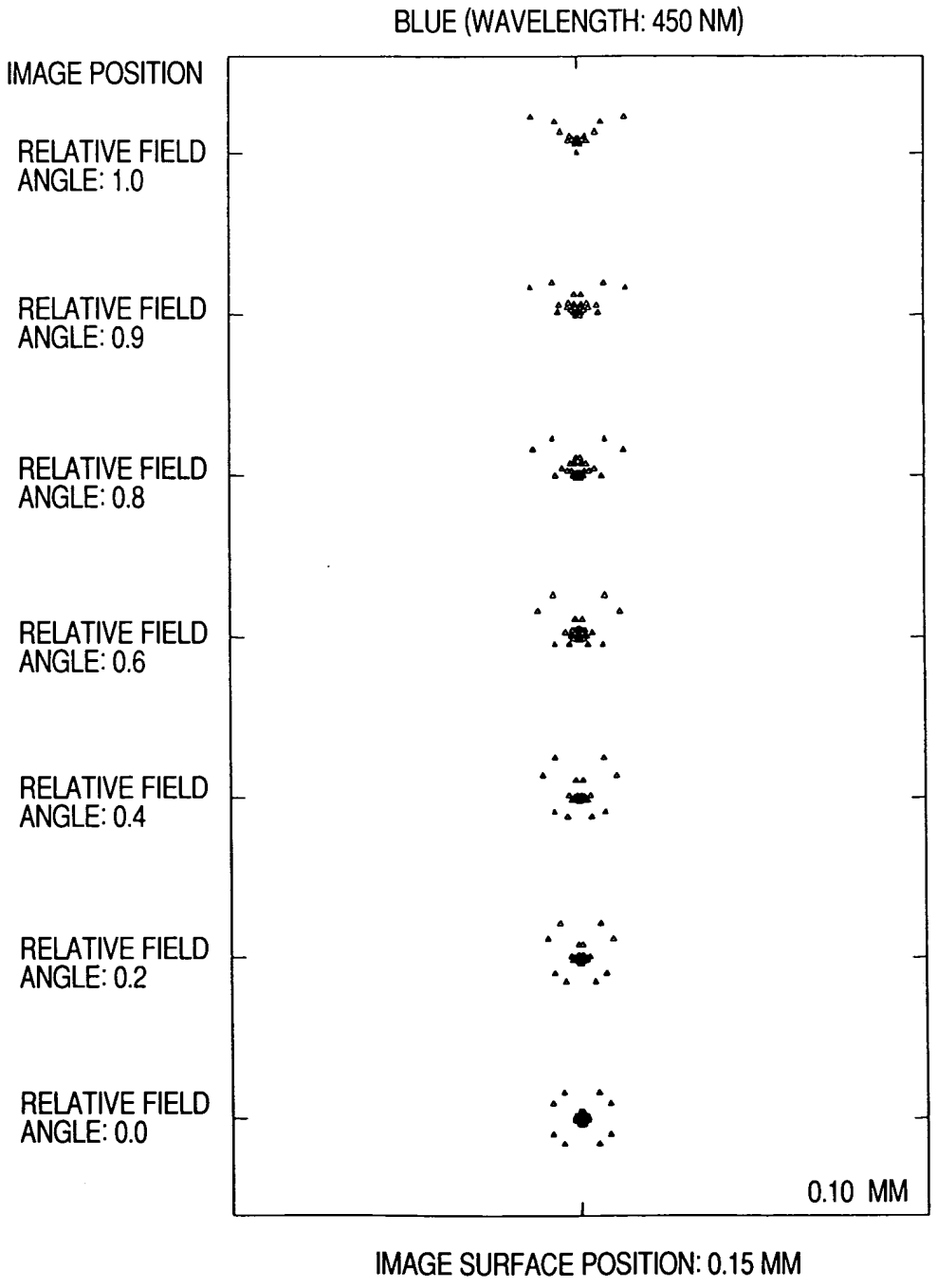

GREEN (WAVELENGTH: 550 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: -0.20 MM

FIG. 22


BLUE (WAVELENGTH: 450 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: 0.15 MM

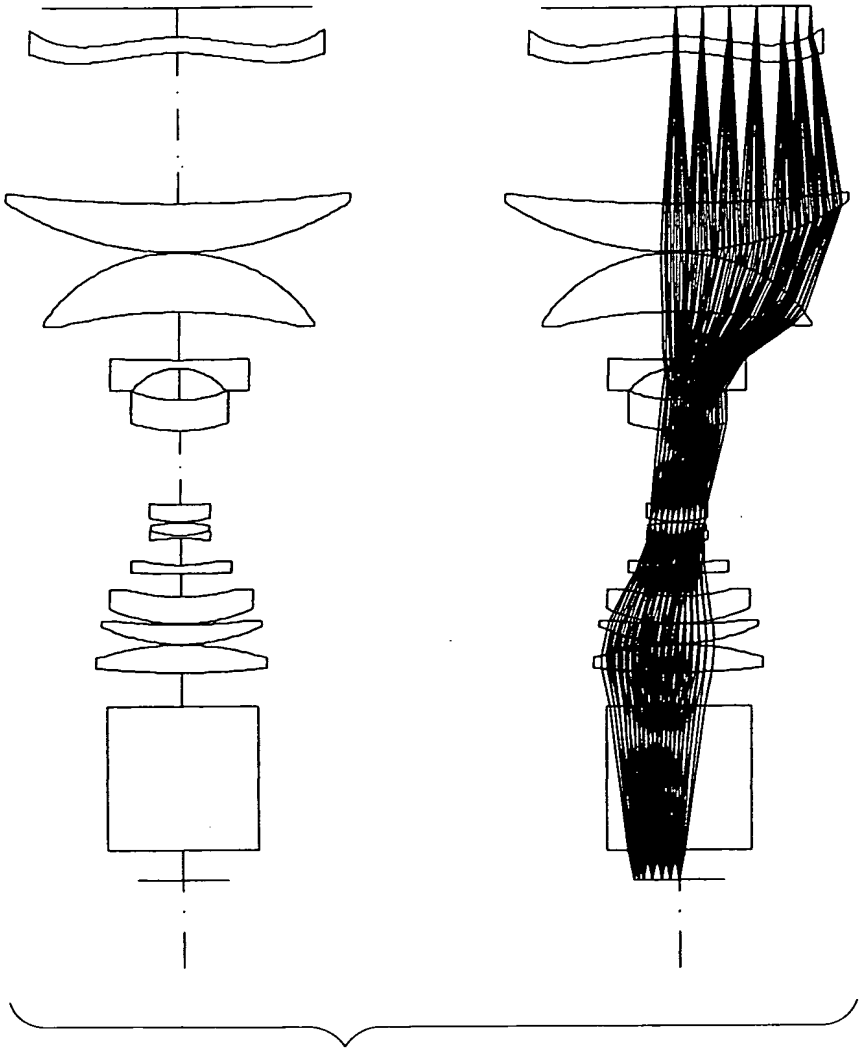


FIG. 23

FIG. 24

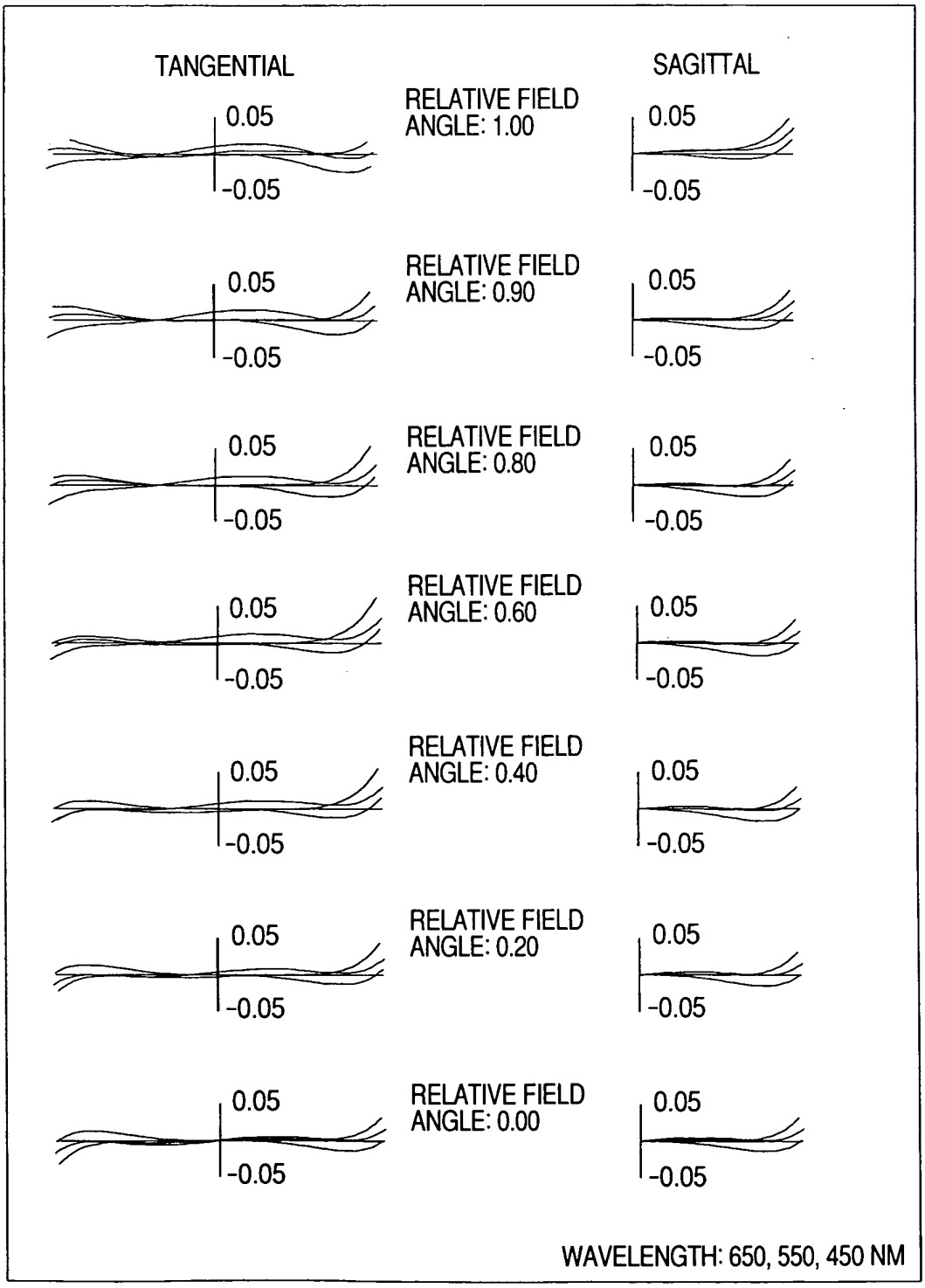

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
WAVELENGTH: 650, 550, 450 NM

FIG. 25

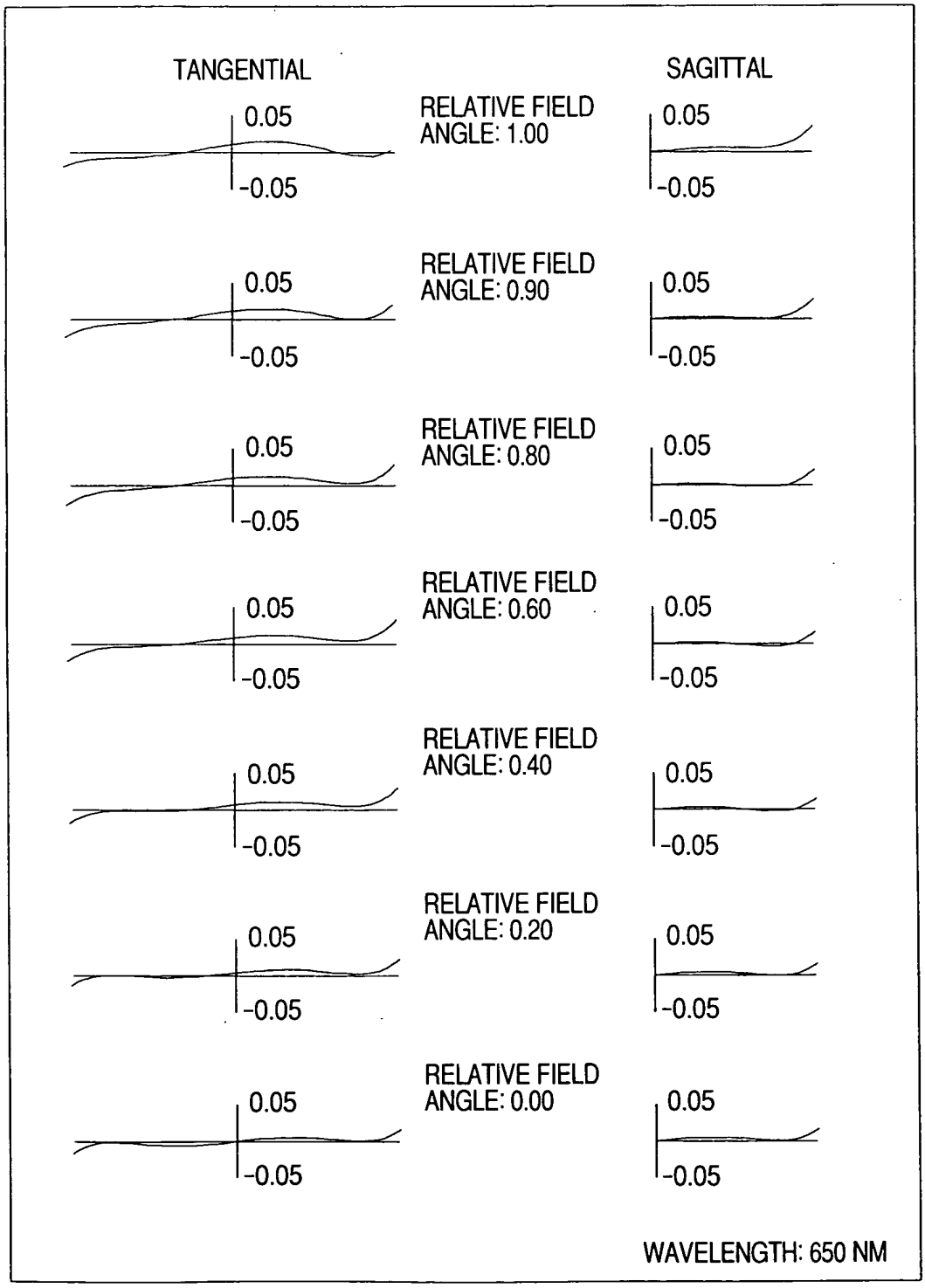

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
WAVELENGTH: 650 NM

FIG. 26

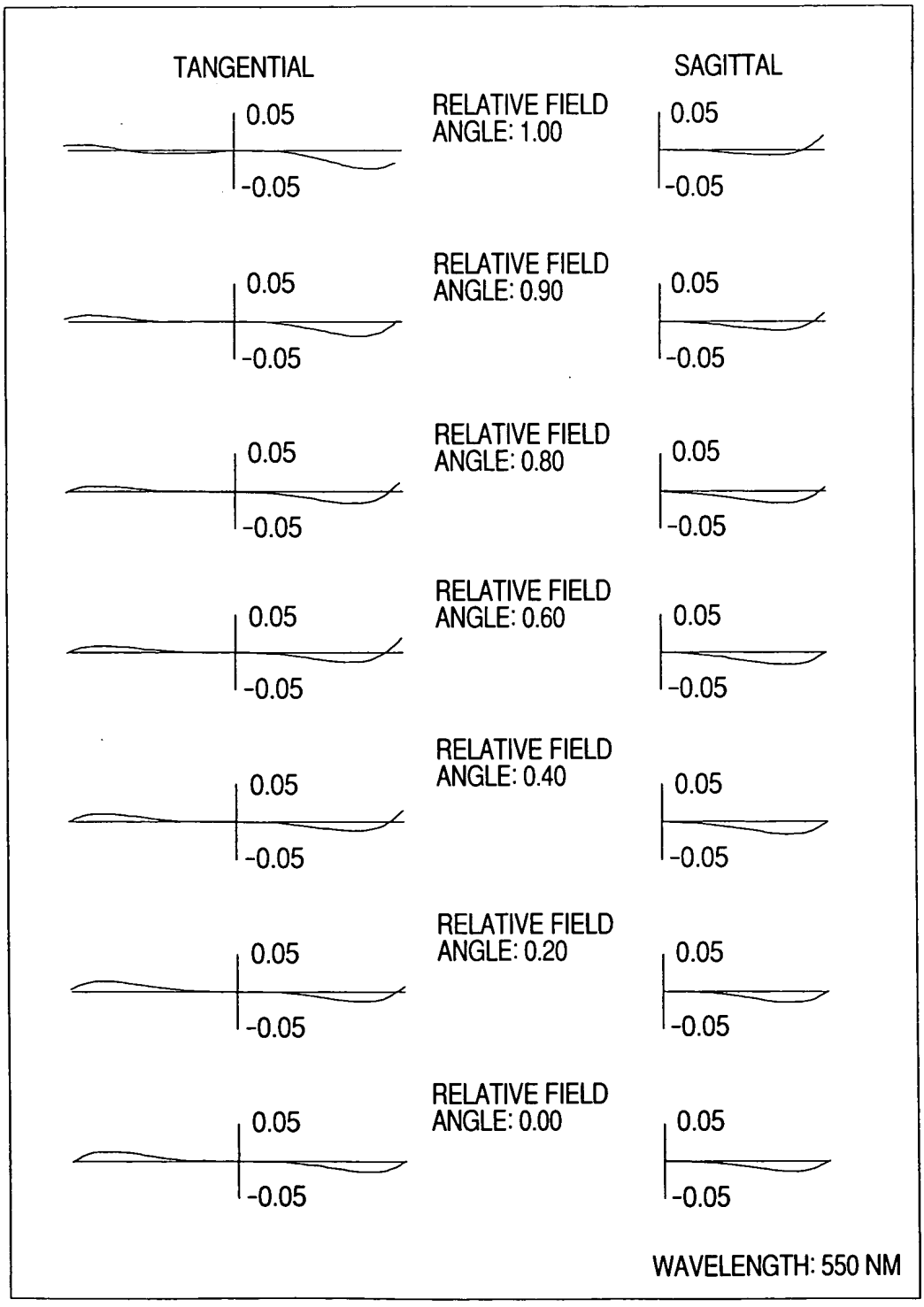

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
WAVELENGTH: 550 NM

FIG. 27

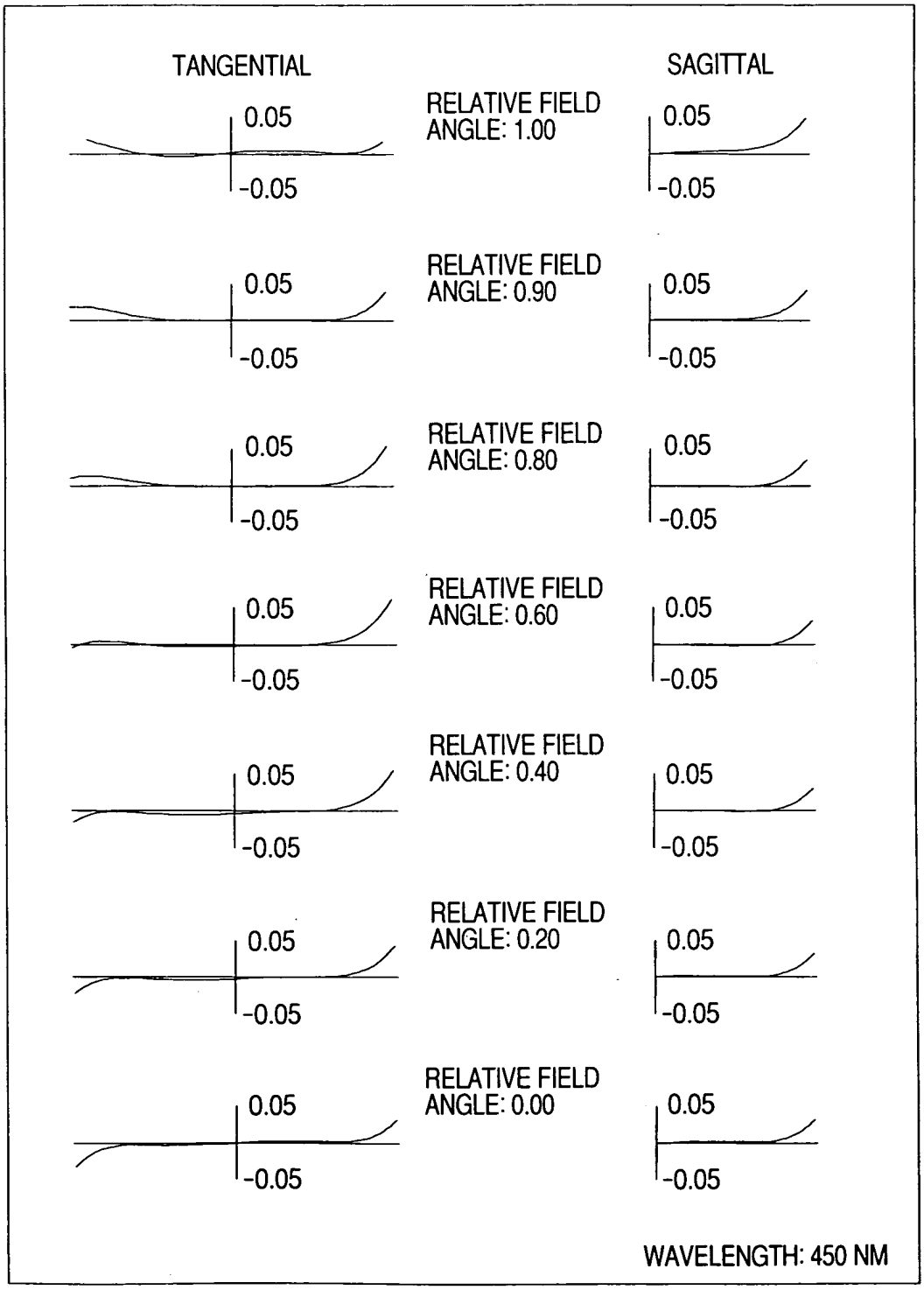

TANGENTIAL
SAGITTAL
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.00
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.90
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.80
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.60
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.40
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.20
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.00
0.05
-0.05
WAVELENGTH: 450 NM

FIG. 28

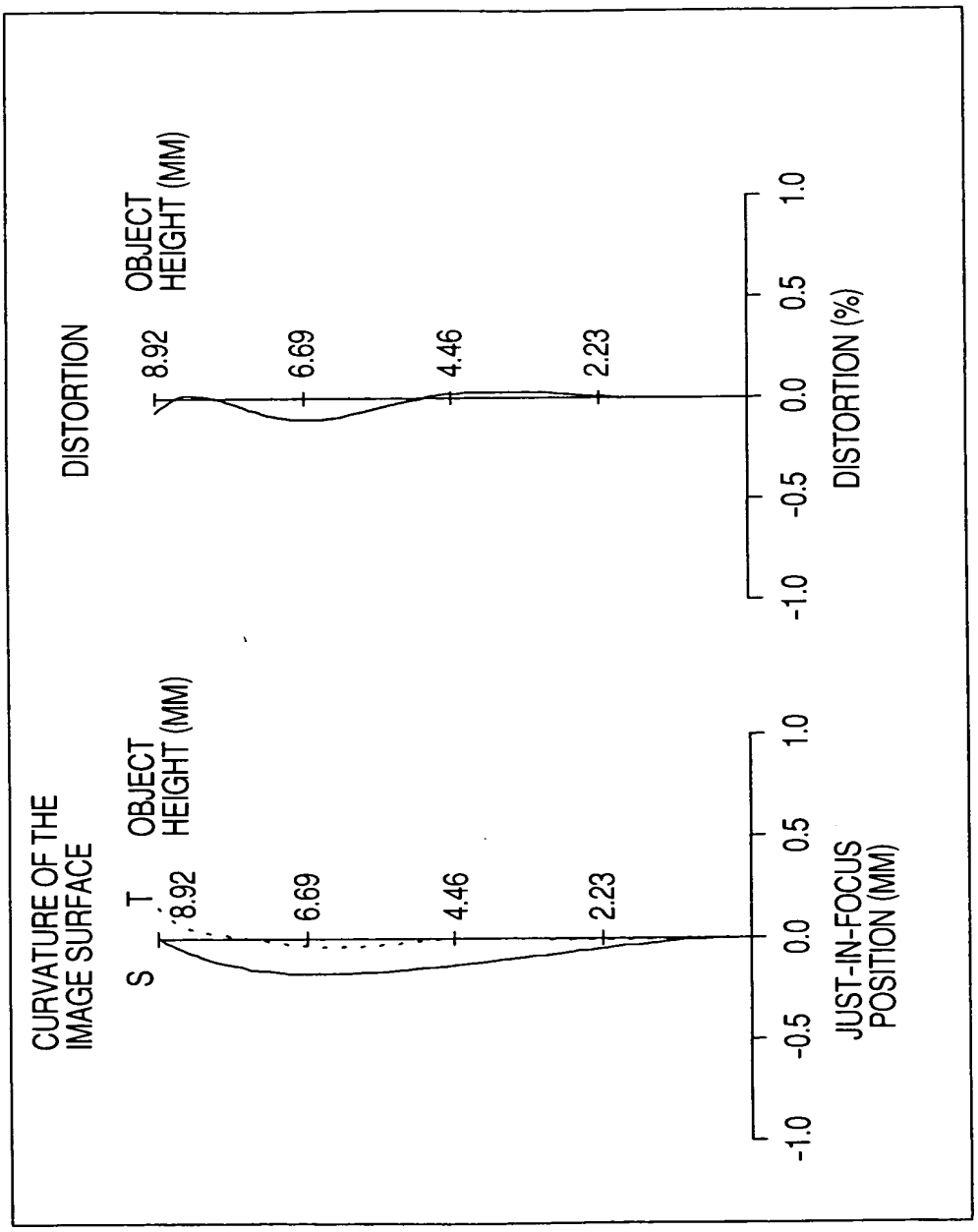

CURVATURE OF THE IMAGE SURFACE
S
T
OBJECT HEIGHT (MM)
8.92
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
JUST-IN-FOCUS POSITION (MM)
DISTORTION
OBJECT HEIGHT (MM)
8.92
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
DISTORTION (%)

FIG. 29

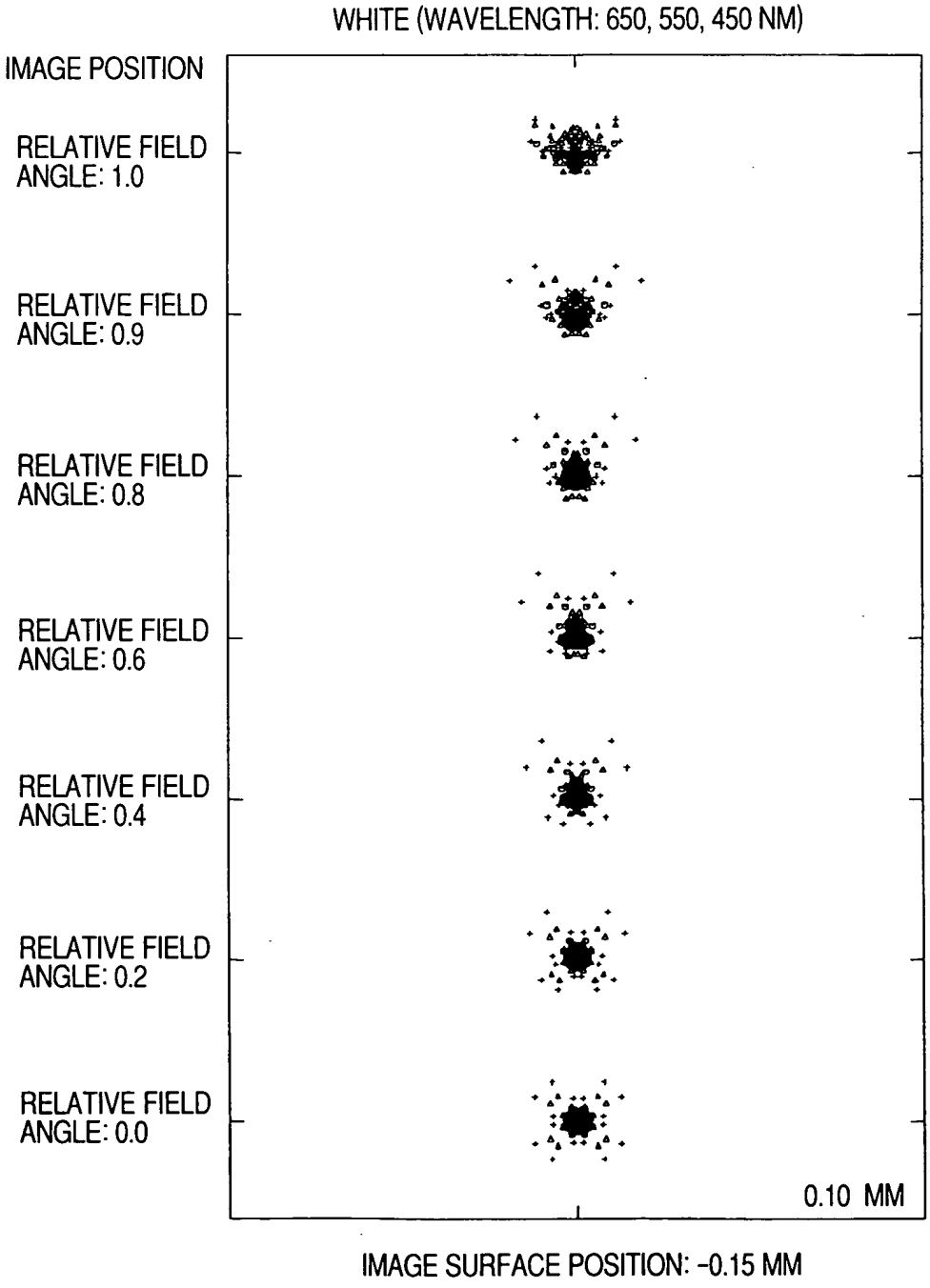

WHITE (WAVELENGTH: 650, 550, 450 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: -0.15 MM

FIG. 30

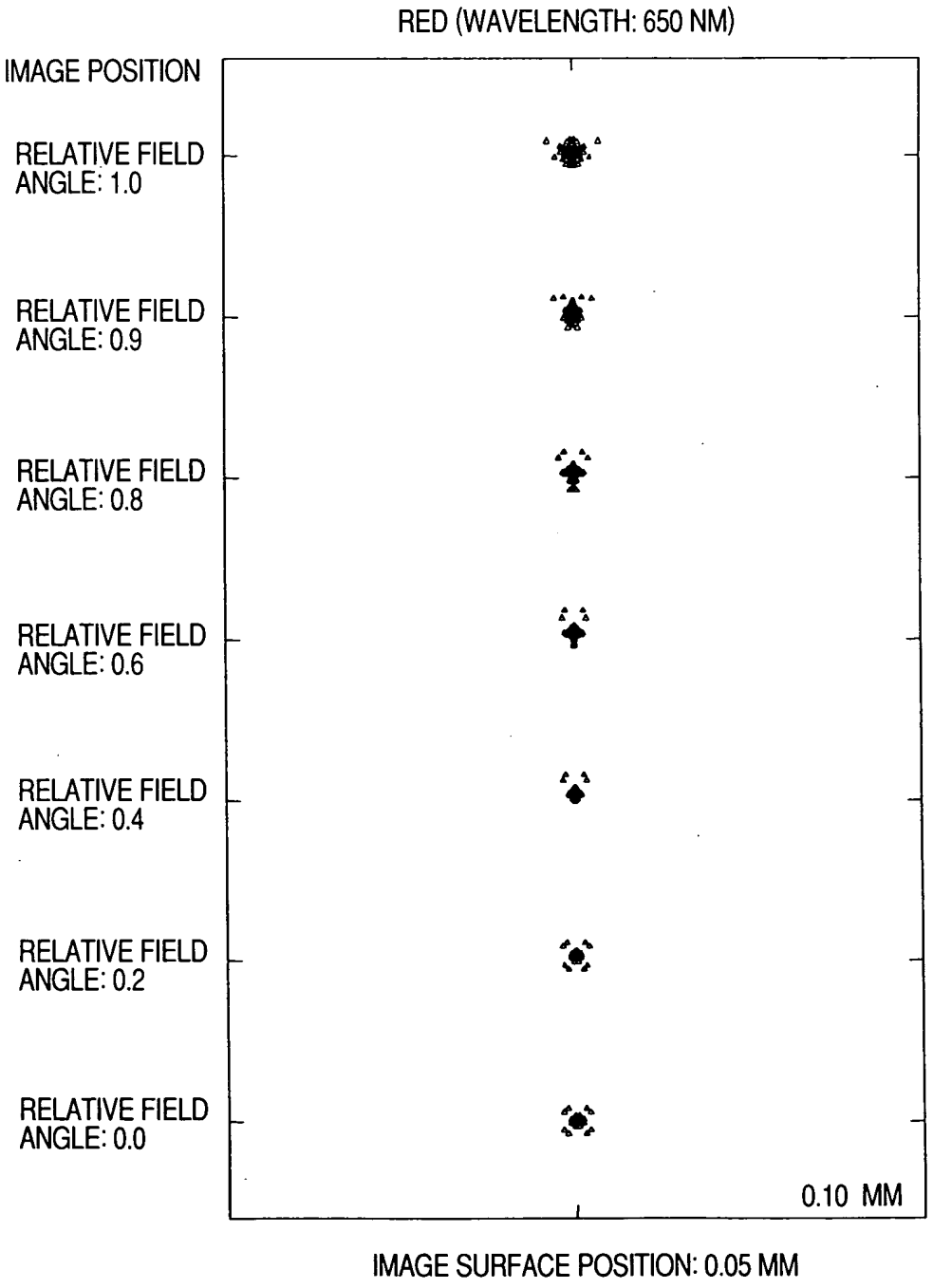

RED (WAVELENGTH: 650 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: 0.05 MM

FIG. 31

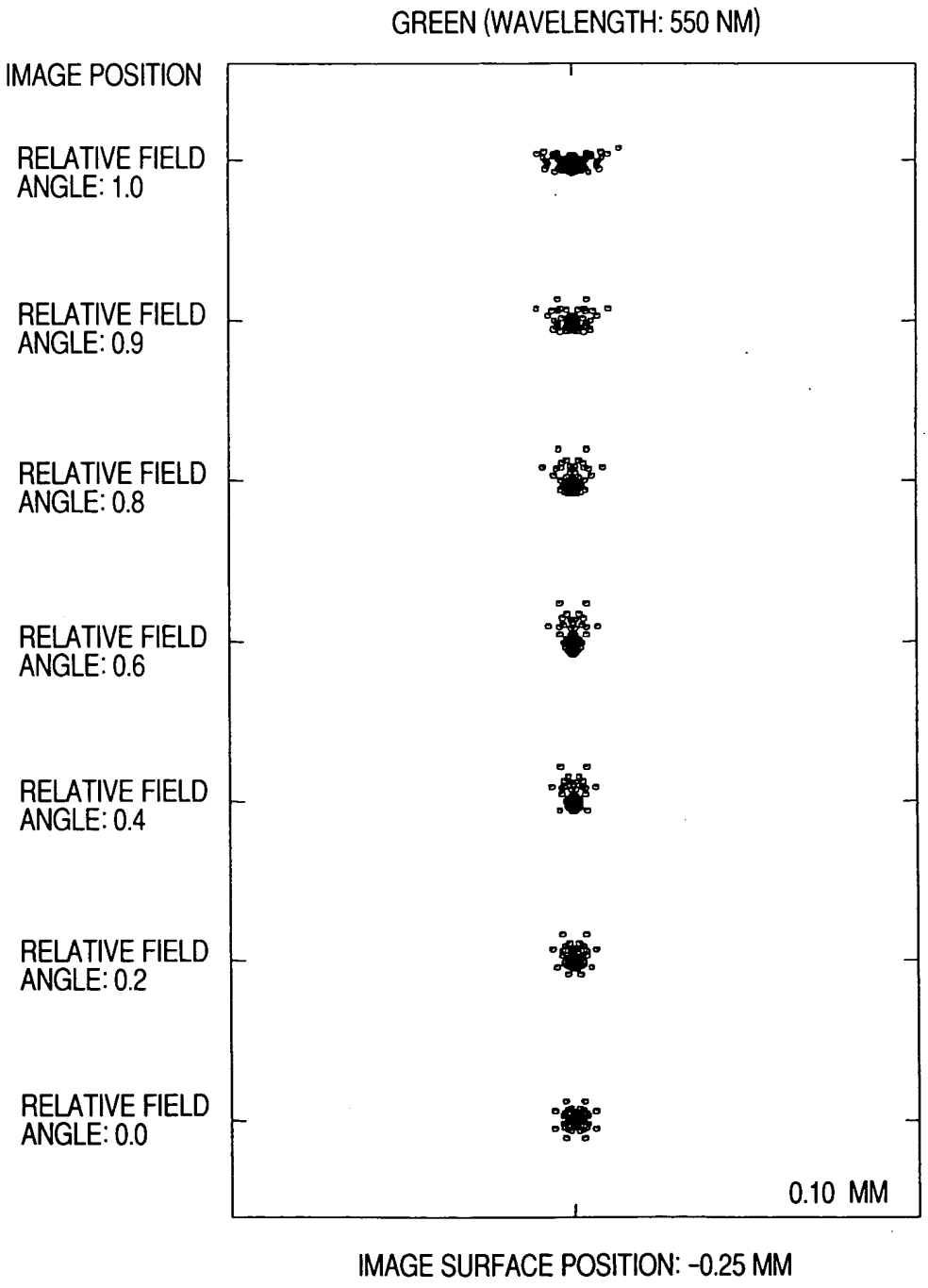

GREEN (WAVELENGTH: 550 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: -0.25 MM

FIG. 32

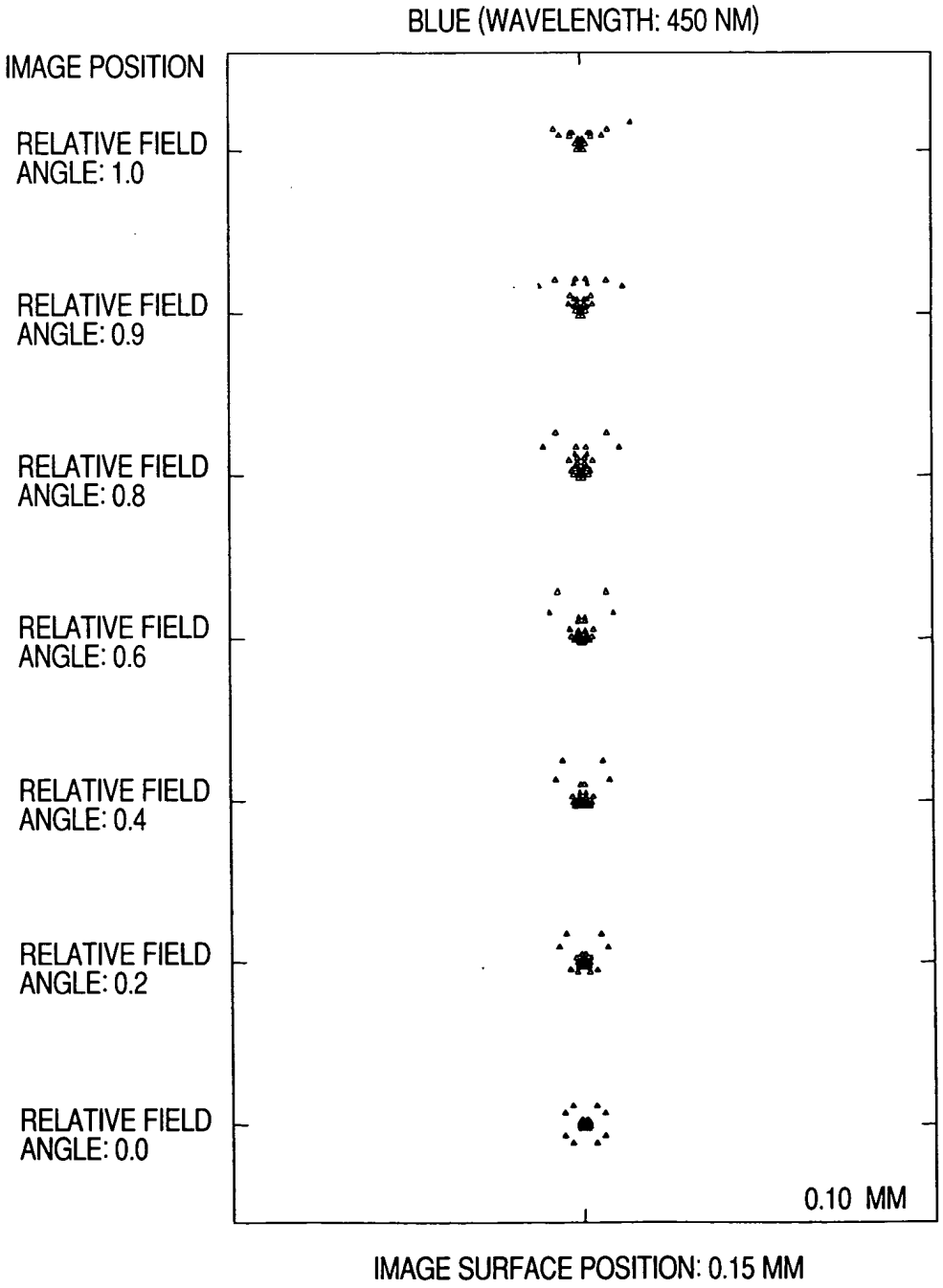

BLUE (WAVELENGTH: 450 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
0.10 MM
IMAGE SURFACE POSITION: 0.15 MM

FIG. 33

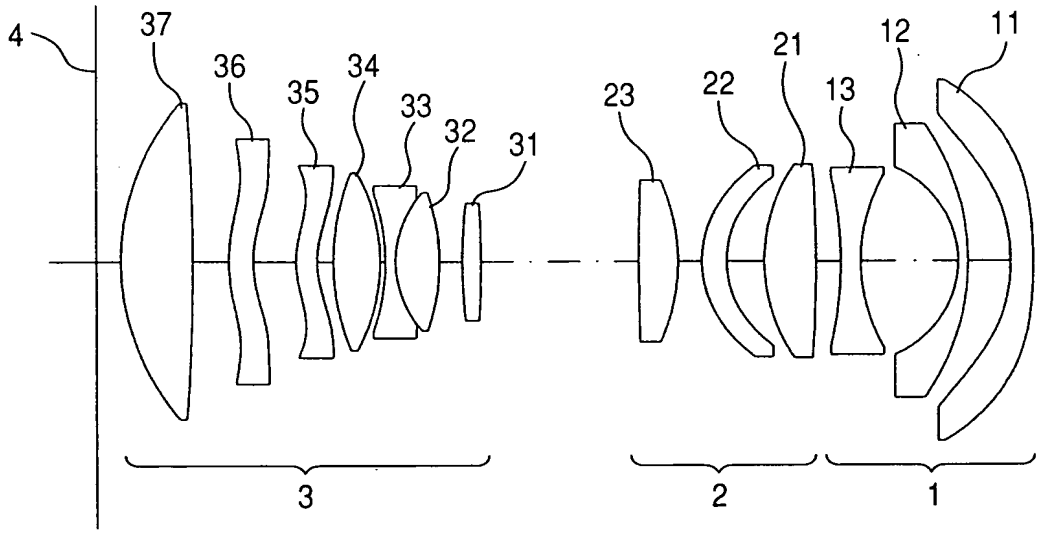


FIG. 34

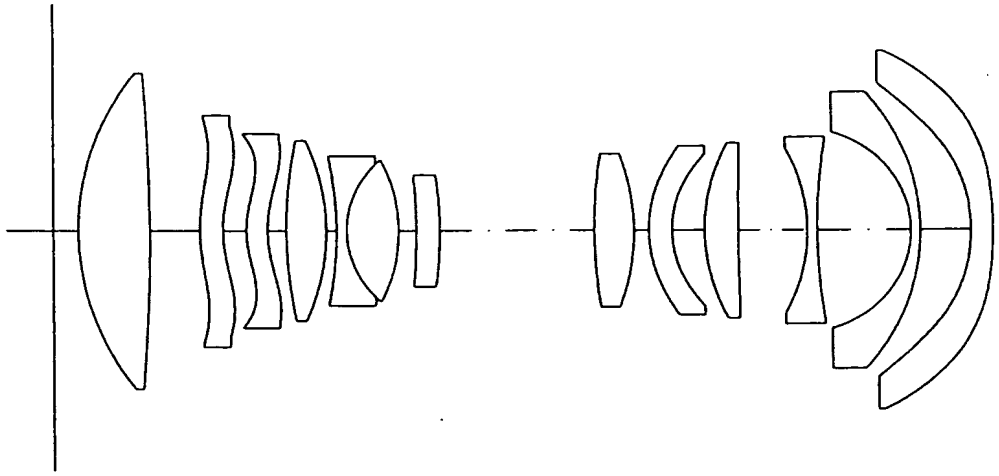


FIG. 35

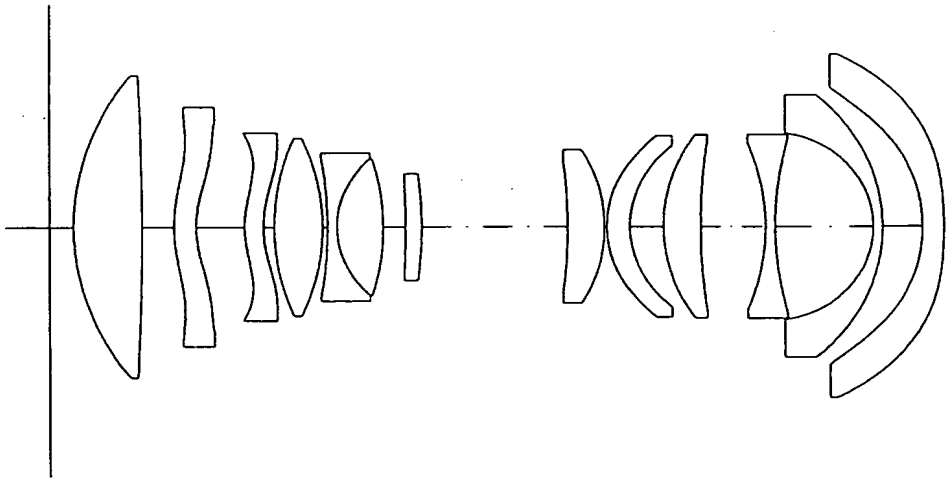


FIG. 36

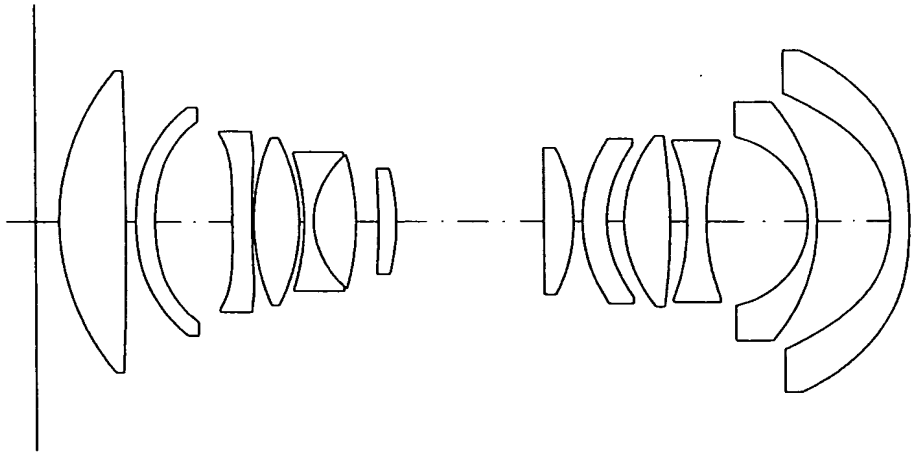


FIG. 37

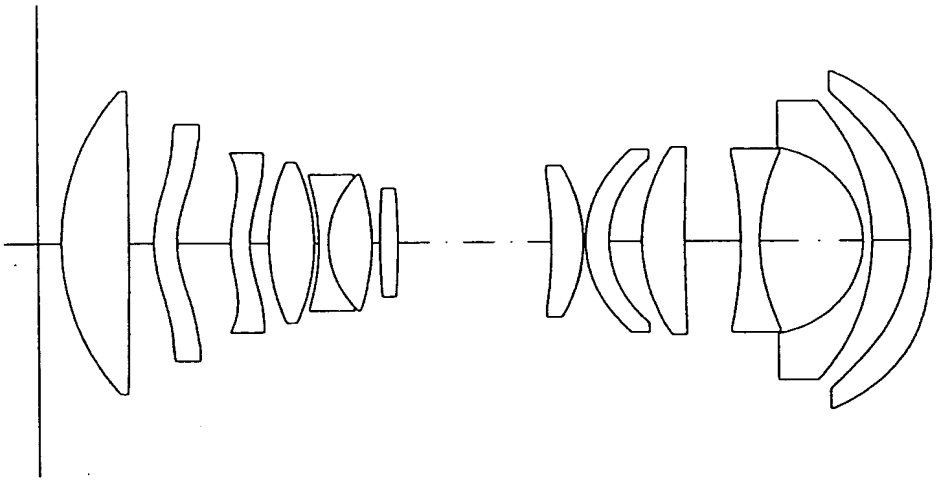


FIG. 38

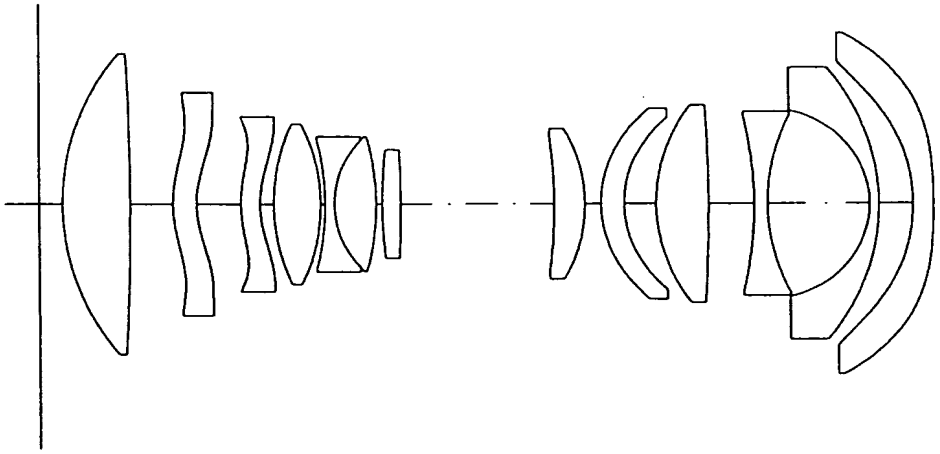


FIG. 39

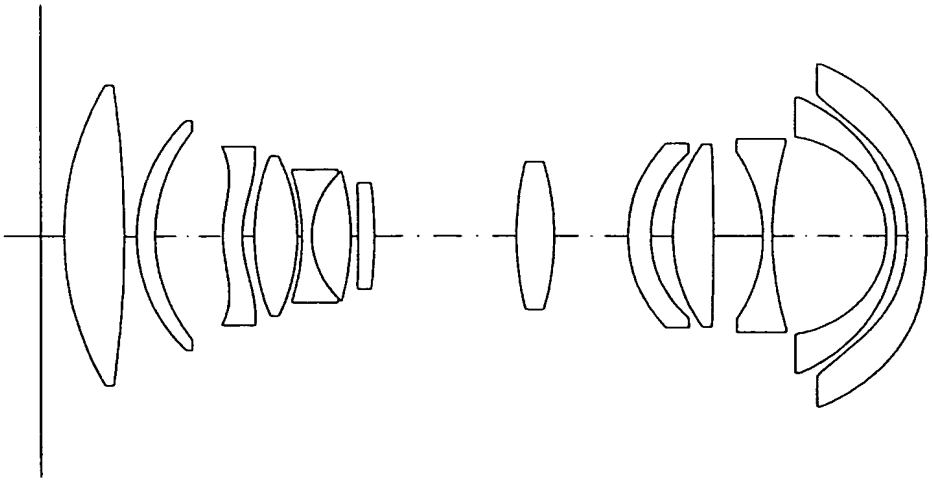


FIG. 40

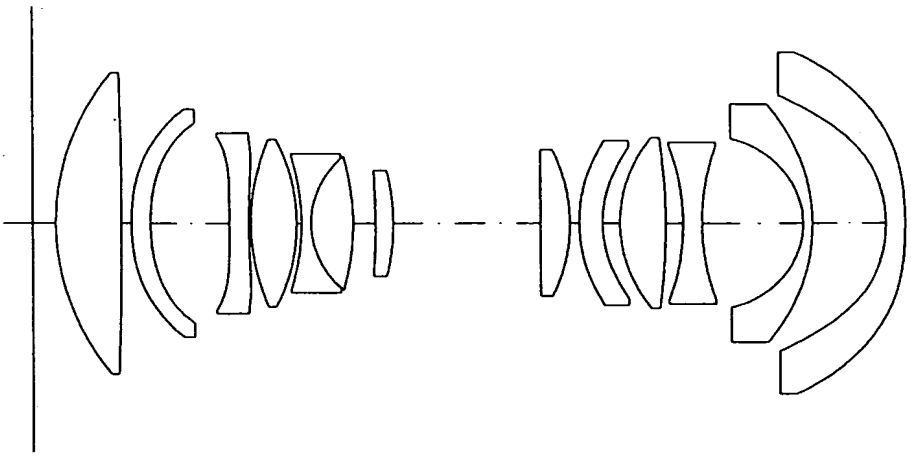


FIG. 41

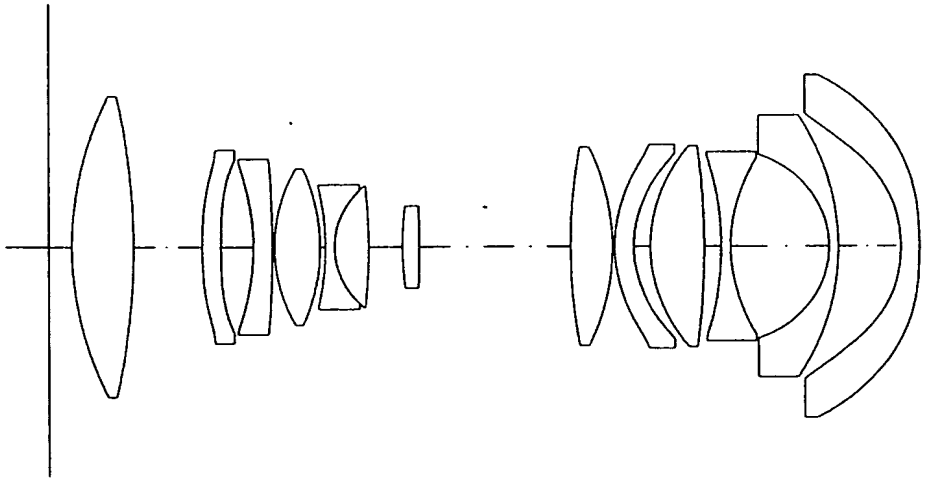


FIG. 42

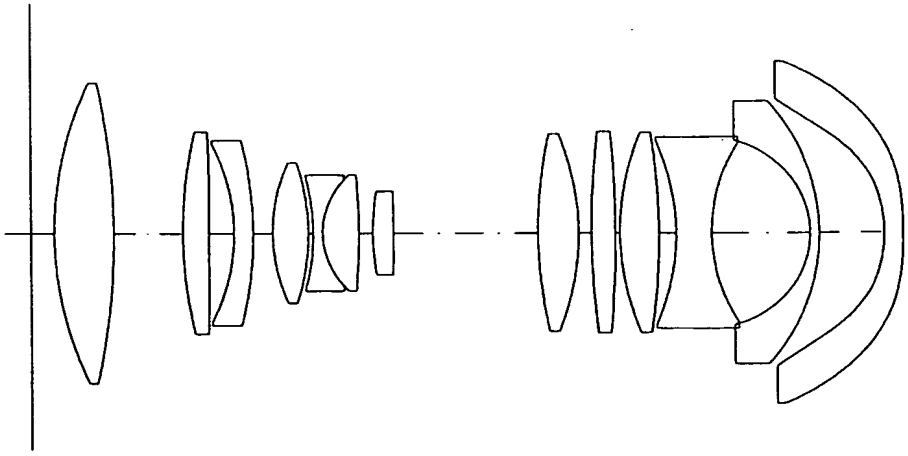


FIG. 43

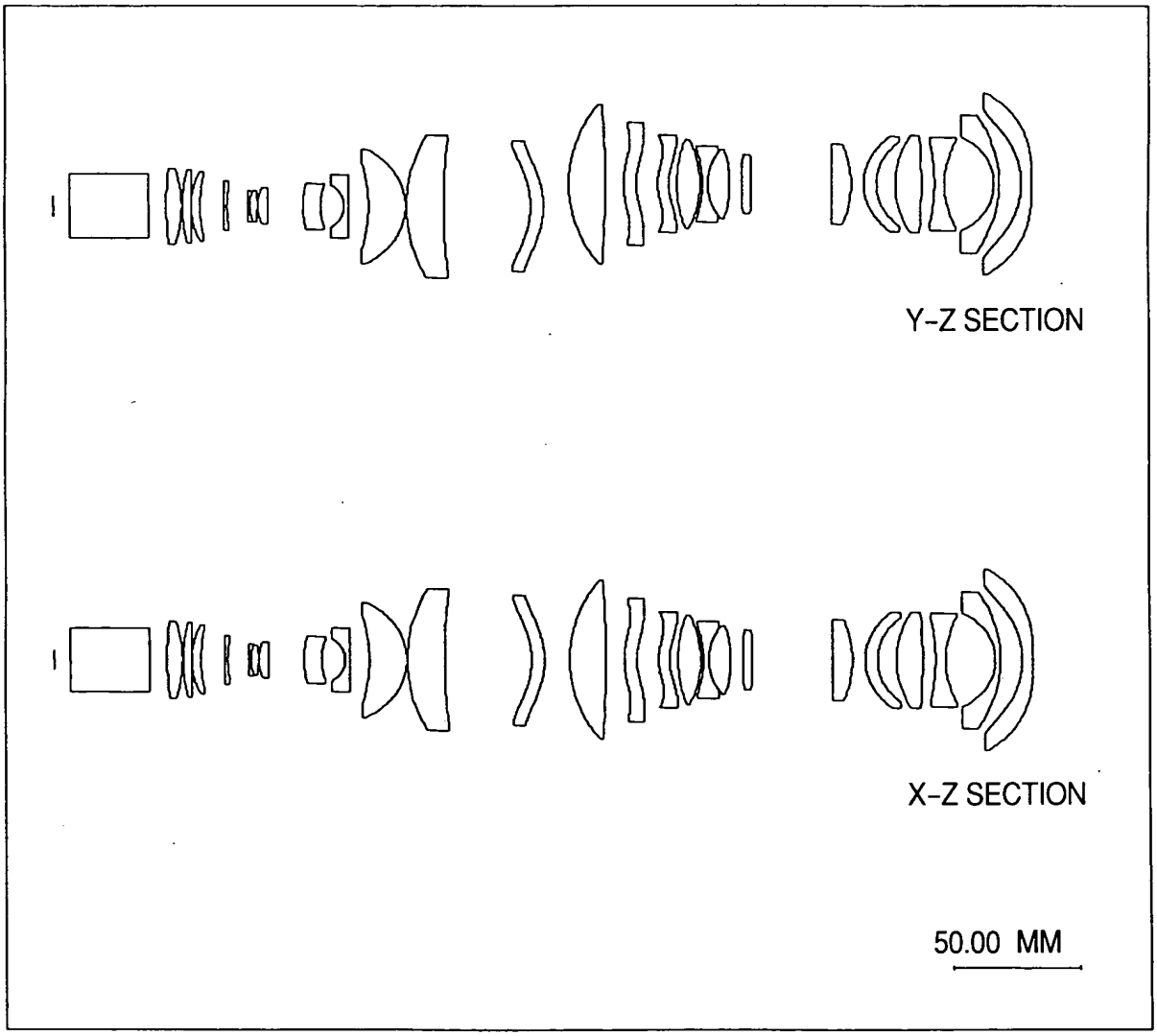


FIG. 44

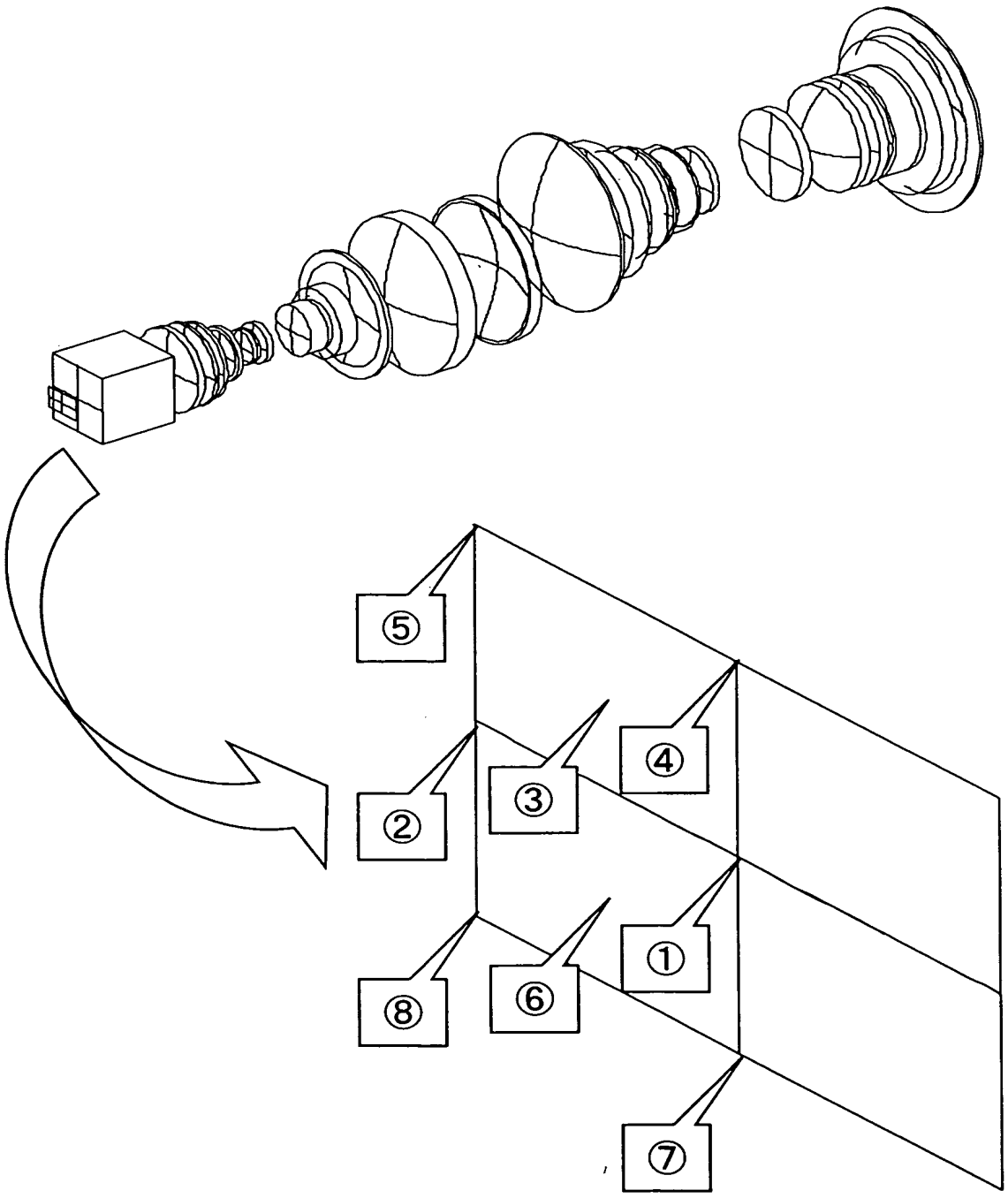


FIG. 45

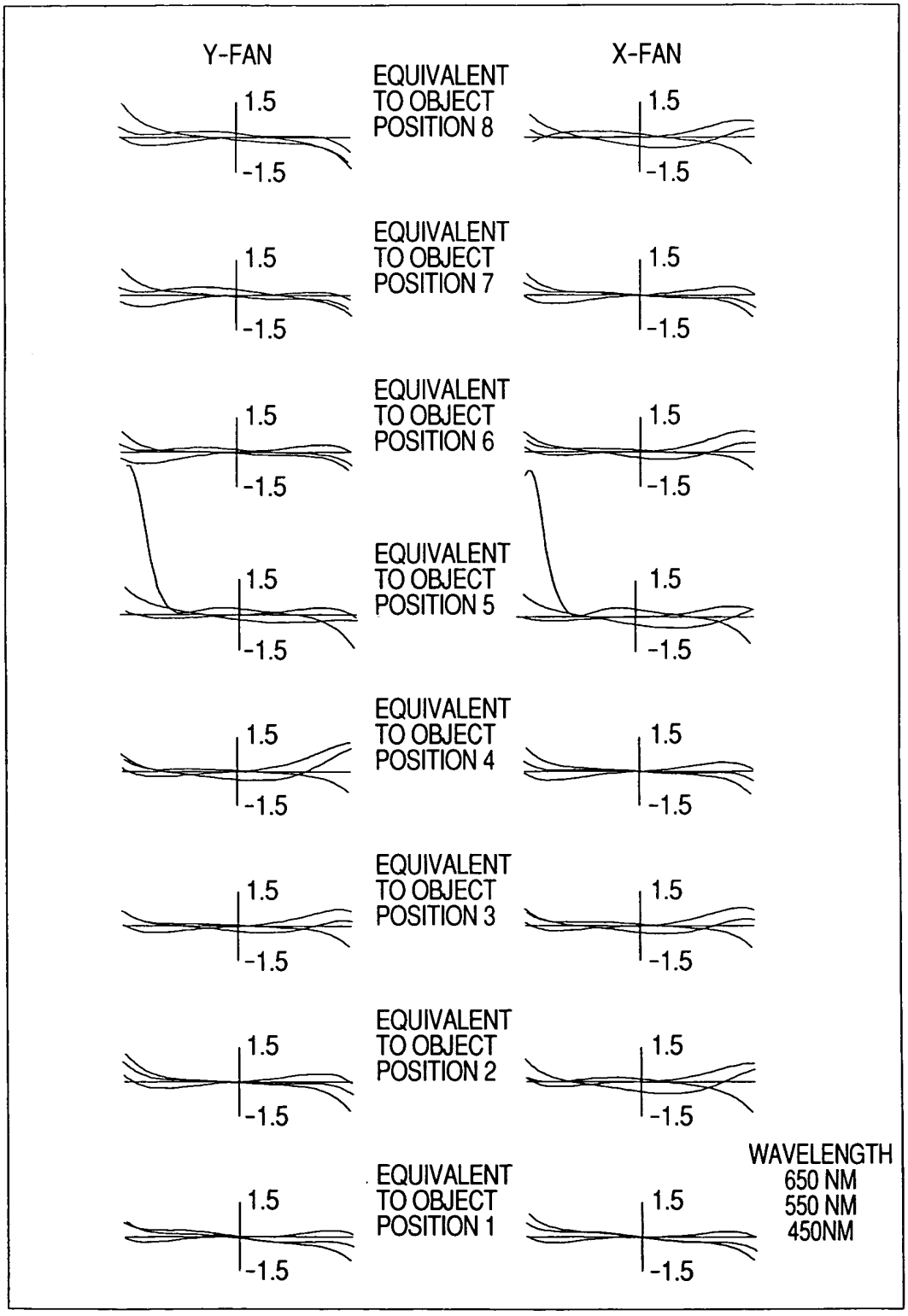

Y-FAN
X-FAN
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 8
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 7
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 6
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 5
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 4
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 3
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 2
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 1
1.5
-1.5
WAVELENGTH
650 NM
550 NM
450NM

FIG. 46

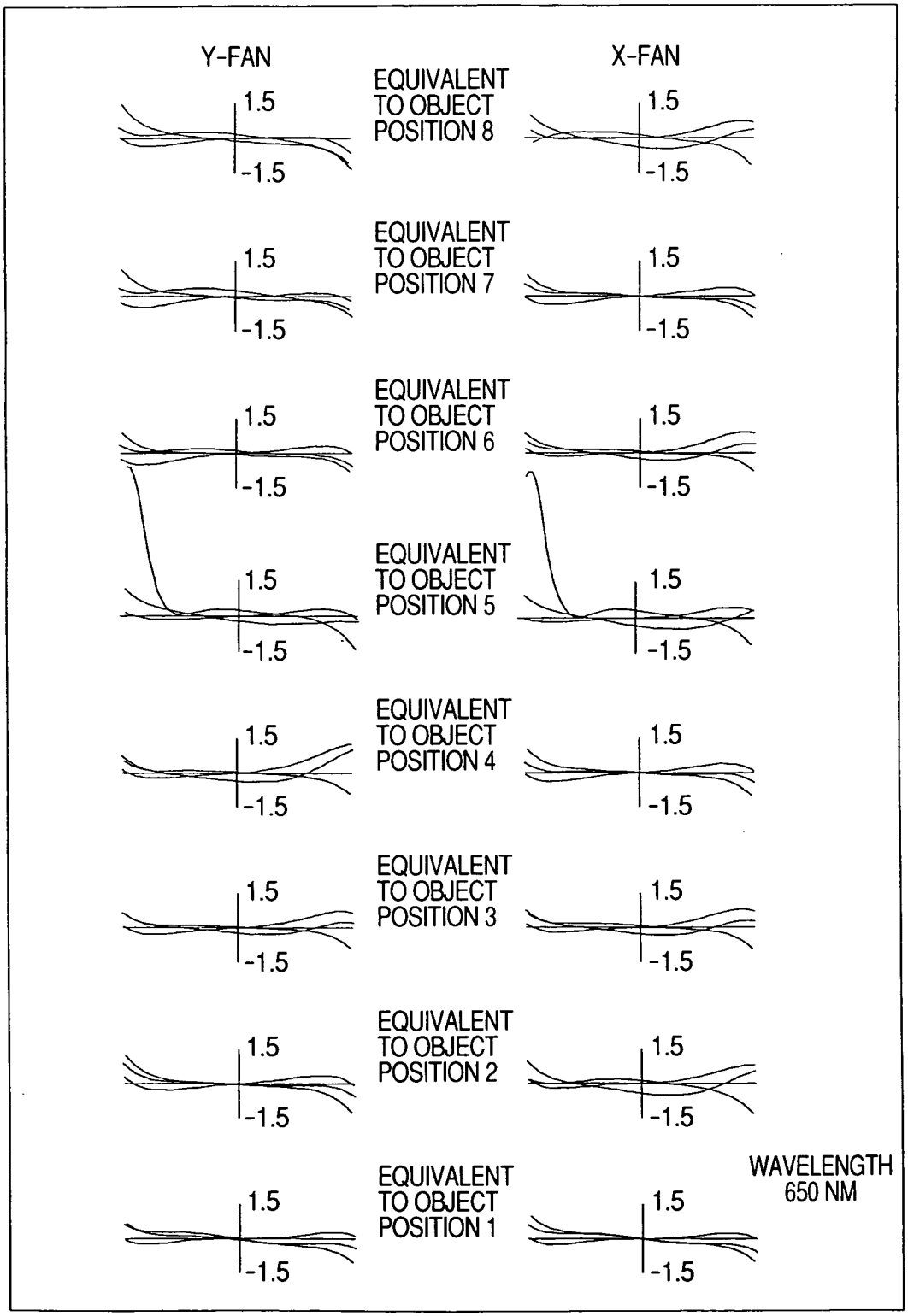

Y-FAN
X-FAN
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 8
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 7
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 6
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 5
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 4
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 3
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 2
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 1
1.5
-1.5
WAVELENGTH 650 NM

FIG. 47

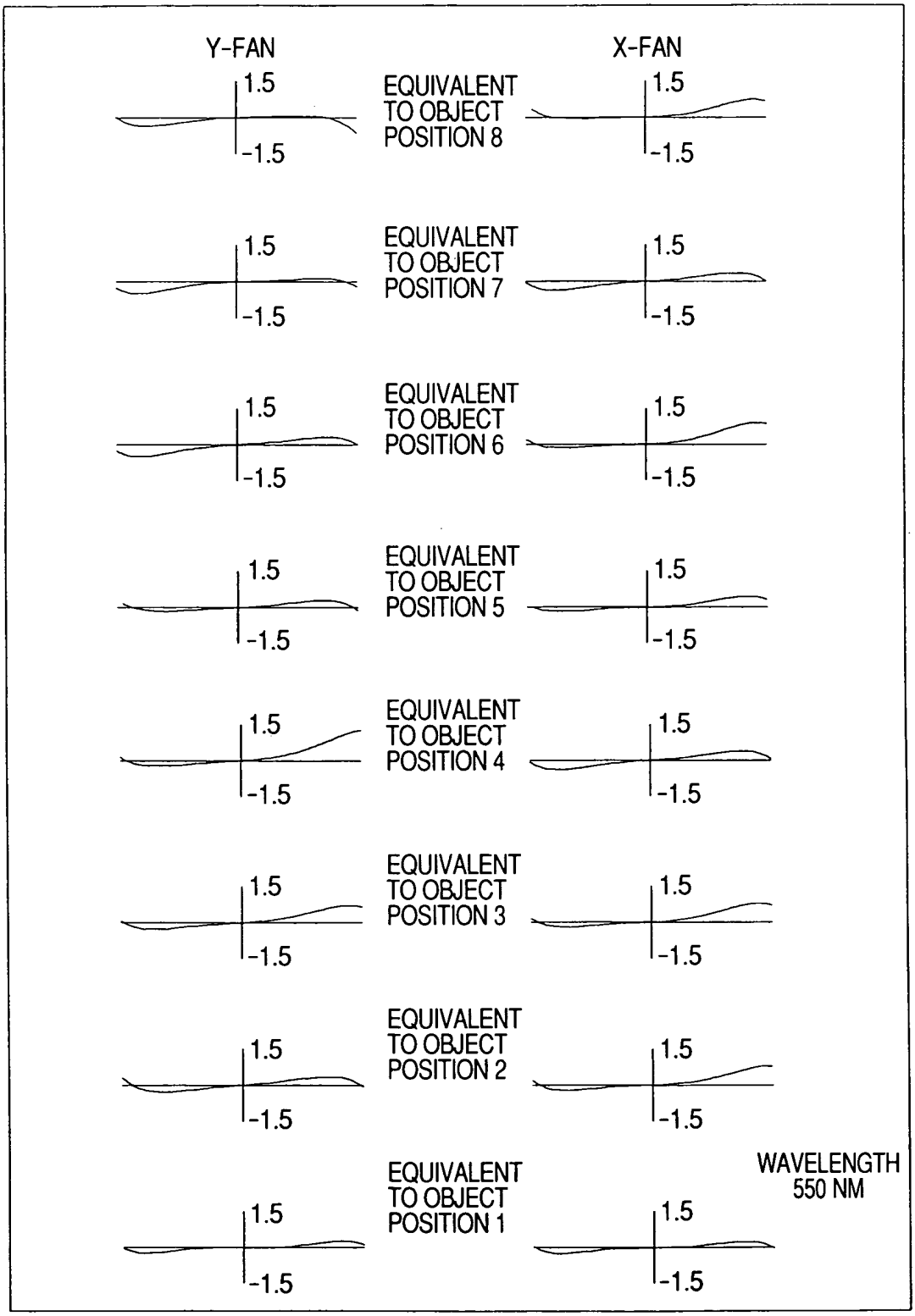

Y-FAN
X-FAN
1.5
-1.5
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 8
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 7
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 6
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 5
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 4
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 3
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 2
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 1
WAVELENGTH 550 NM

FIG. 48

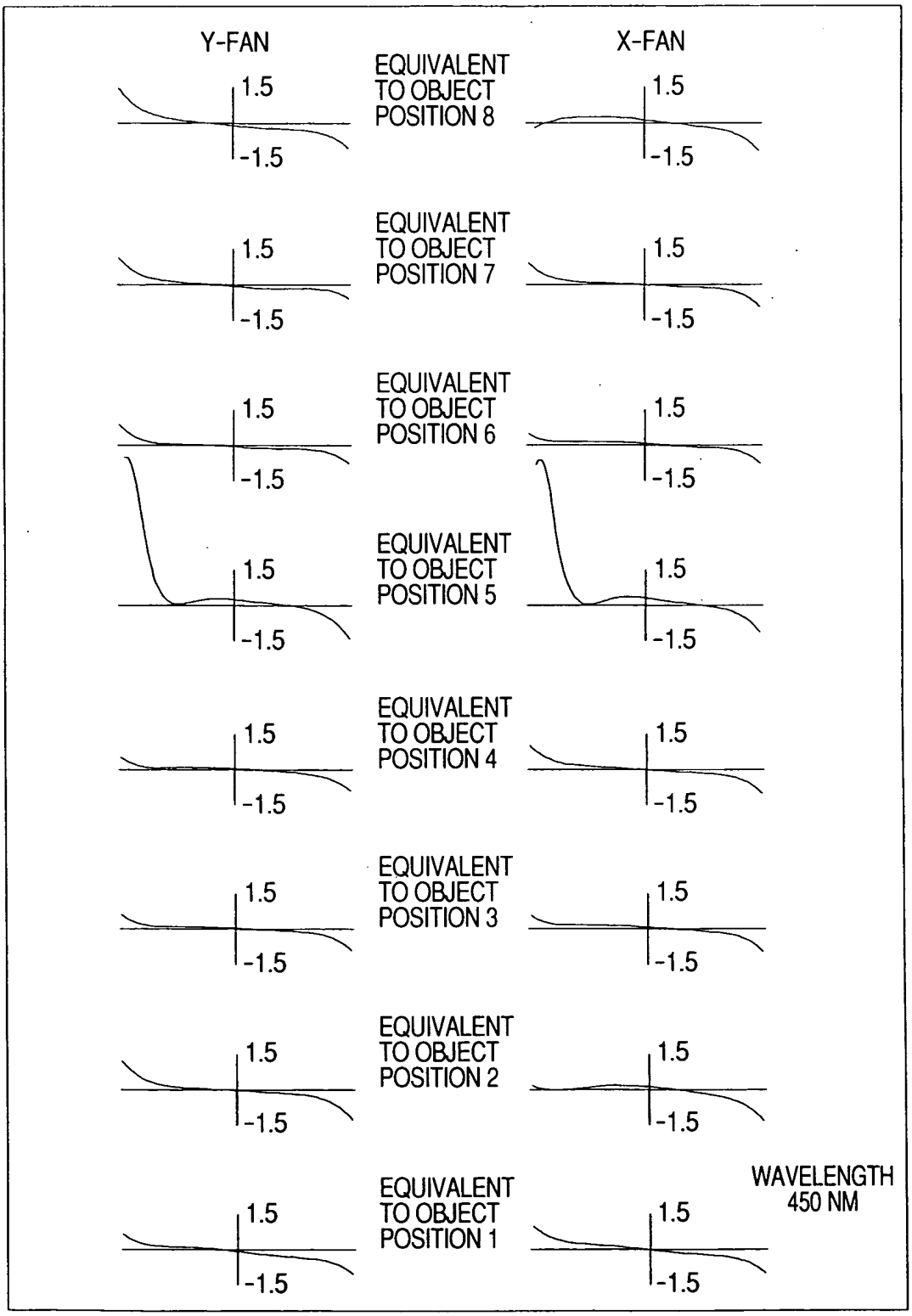

Y-FAN
X-FAN
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 8
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 7
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 6
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 5
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 4
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 3
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 2
EQUIVALENT TO OBJECT POSITION 1
1.5
-1.5
WAVELENGTH 450 NM

FIG. 49

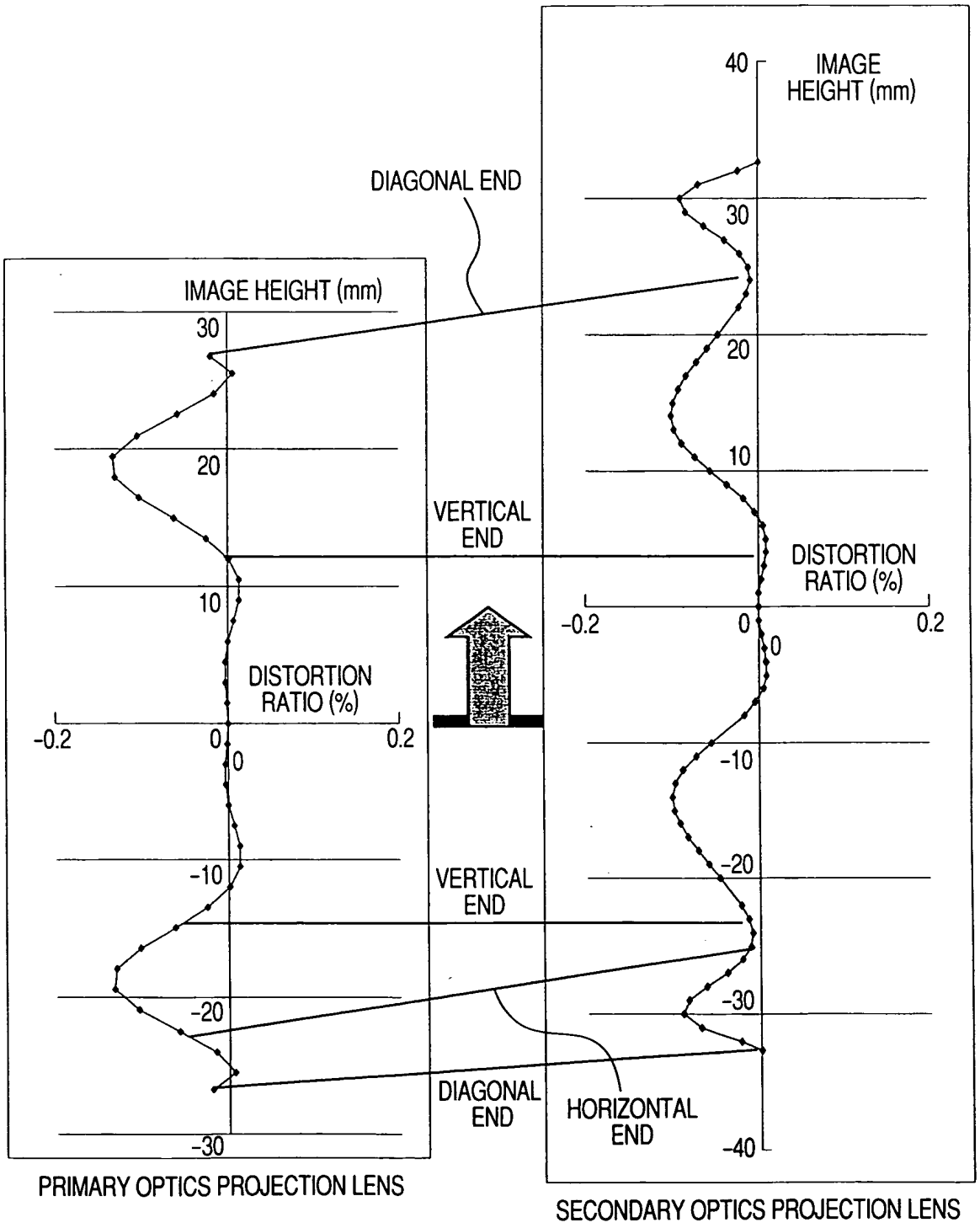

IMAGE HEIGHT (mm)
30
20
10
0
-10
-20
-30
DISTORTION RATIO (%)
-0.2
0
0.2
VERTICAL END
DIAGONAL END
PRIMARY OPTICS PROJECTION LENS
IMAGE HEIGHT (mm)
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
DISTORTION RATIO (%)
-0.2
0
0.2
VERTICAL END
DIAGONAL END
HORIZONTAL END
SECONDARY OPTICS PROJECTION LENS

FIG. 50

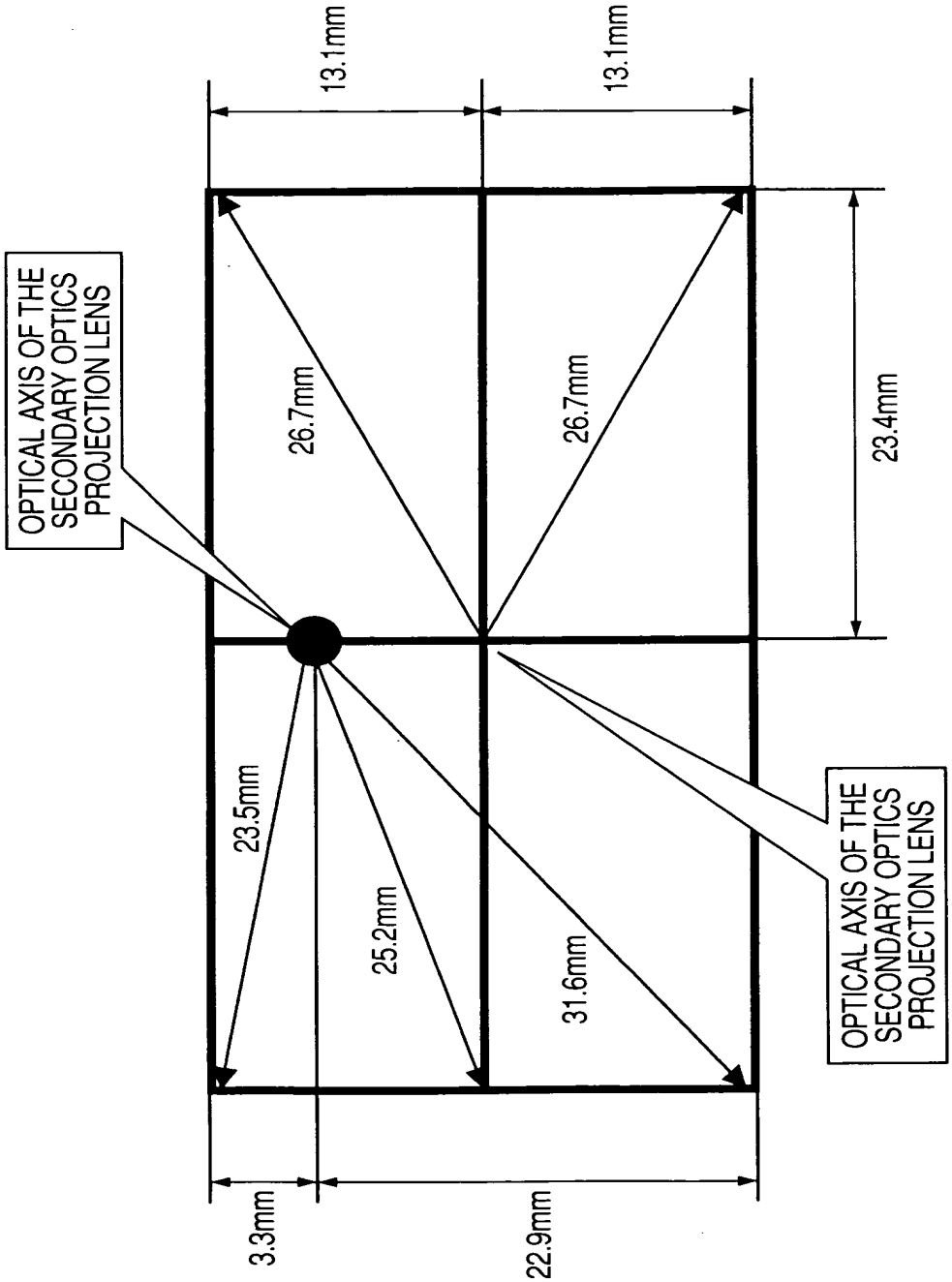

13.1mm
13.1mm
OPTICAL AXIS OF THE SECONDARY OPTICS PROJECTION LENS
26.7mm
26.7mm
23.4mm
23.5mm
25.2mm
31.6mm
OPTICAL AXIS OF THE SECONDARY OPTICS PROJECTION LENS
3.3mm
22.9mm

FIG. 51

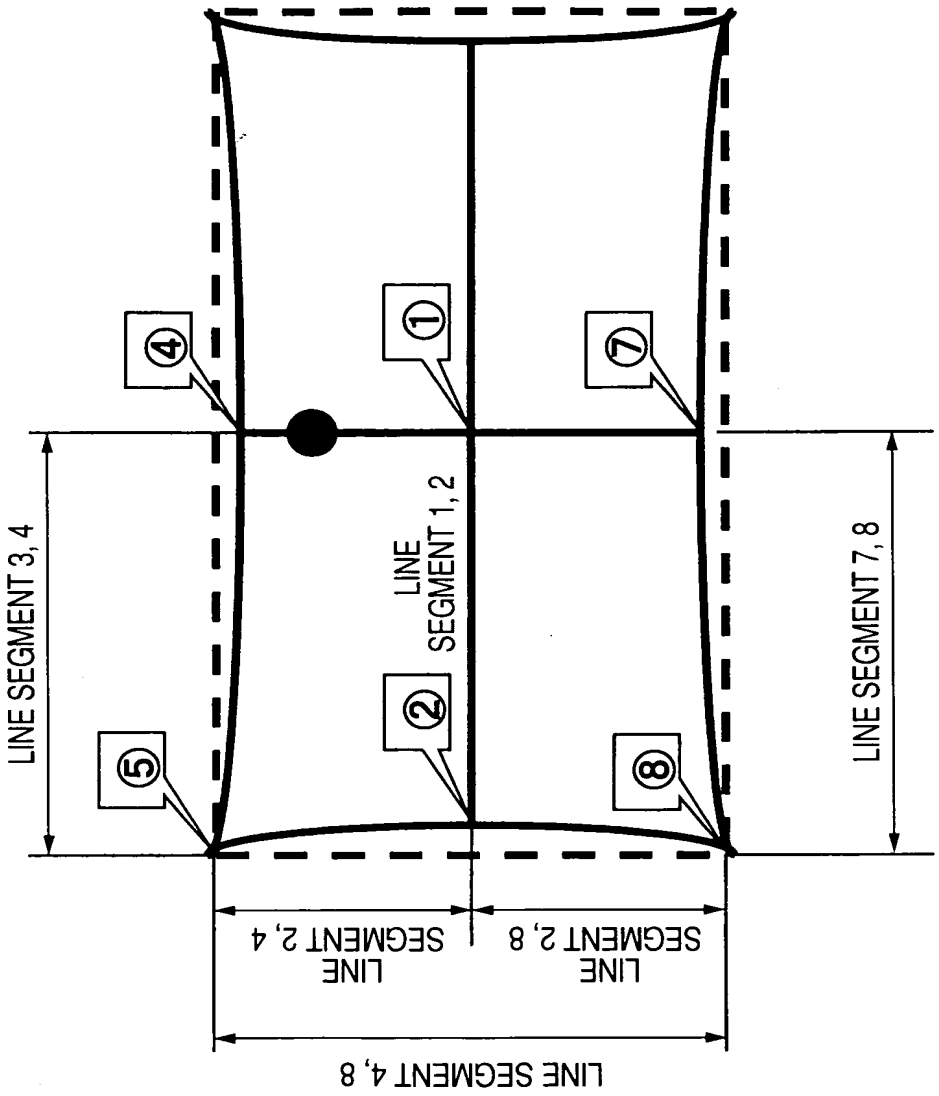

①
②
④
⑤
⑦
⑧
LINE SEGMENT 1, 2
LINE SEGMENT 3, 4
LINE SEGMENT 7, 8
LINE SEGMENT 2, 8
LINE SEGMENT 2, 4
LINE SEGMENT 4, 8

FIG. 52

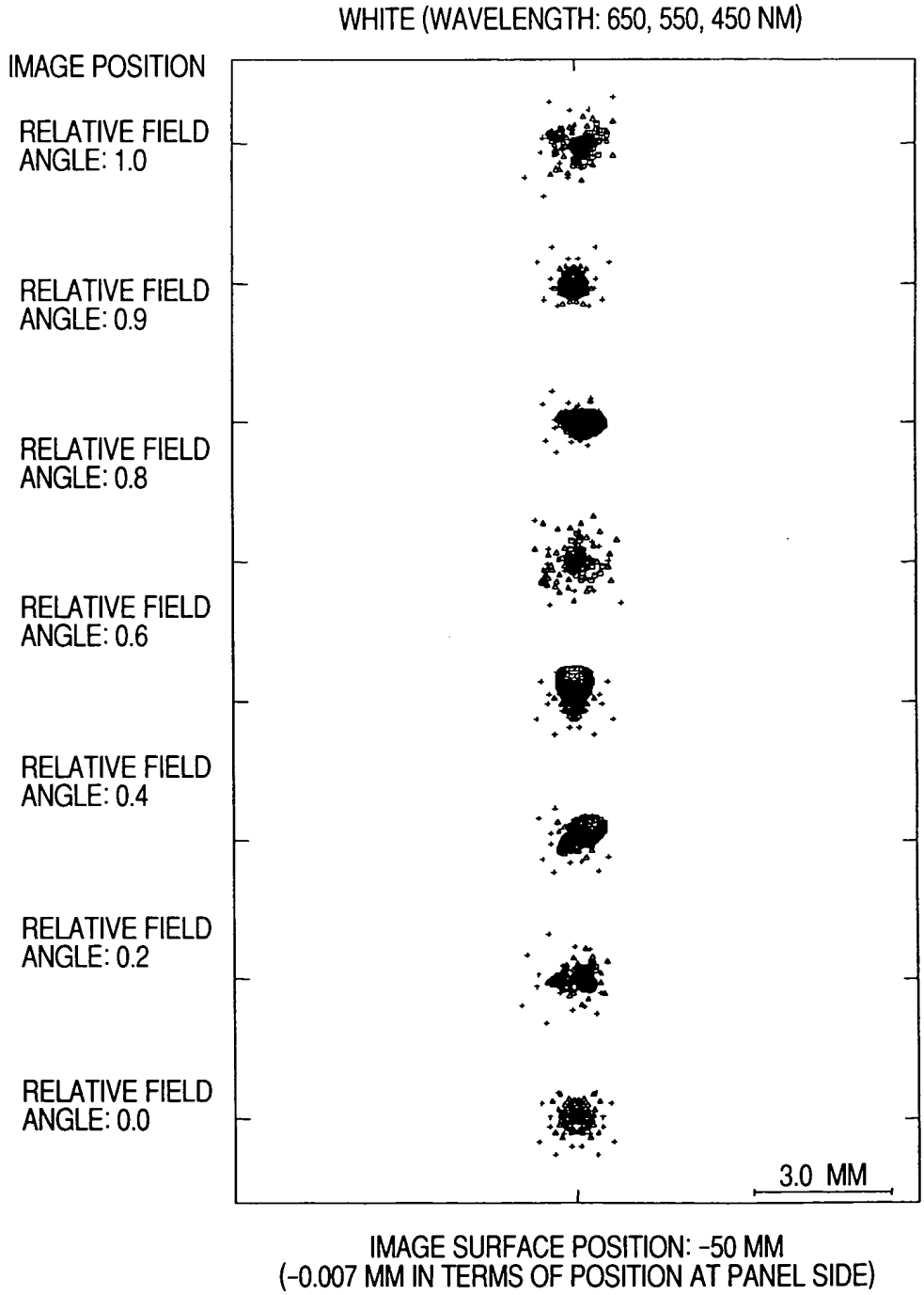

WHITE (WAVELENGTH: 650, 550, 450 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
3.0 MM
IMAGE SURFACE POSITION: -50 MM
(-0.007 MM IN TERMS OF POSITION AT PANEL SIDE)

FIG. 53

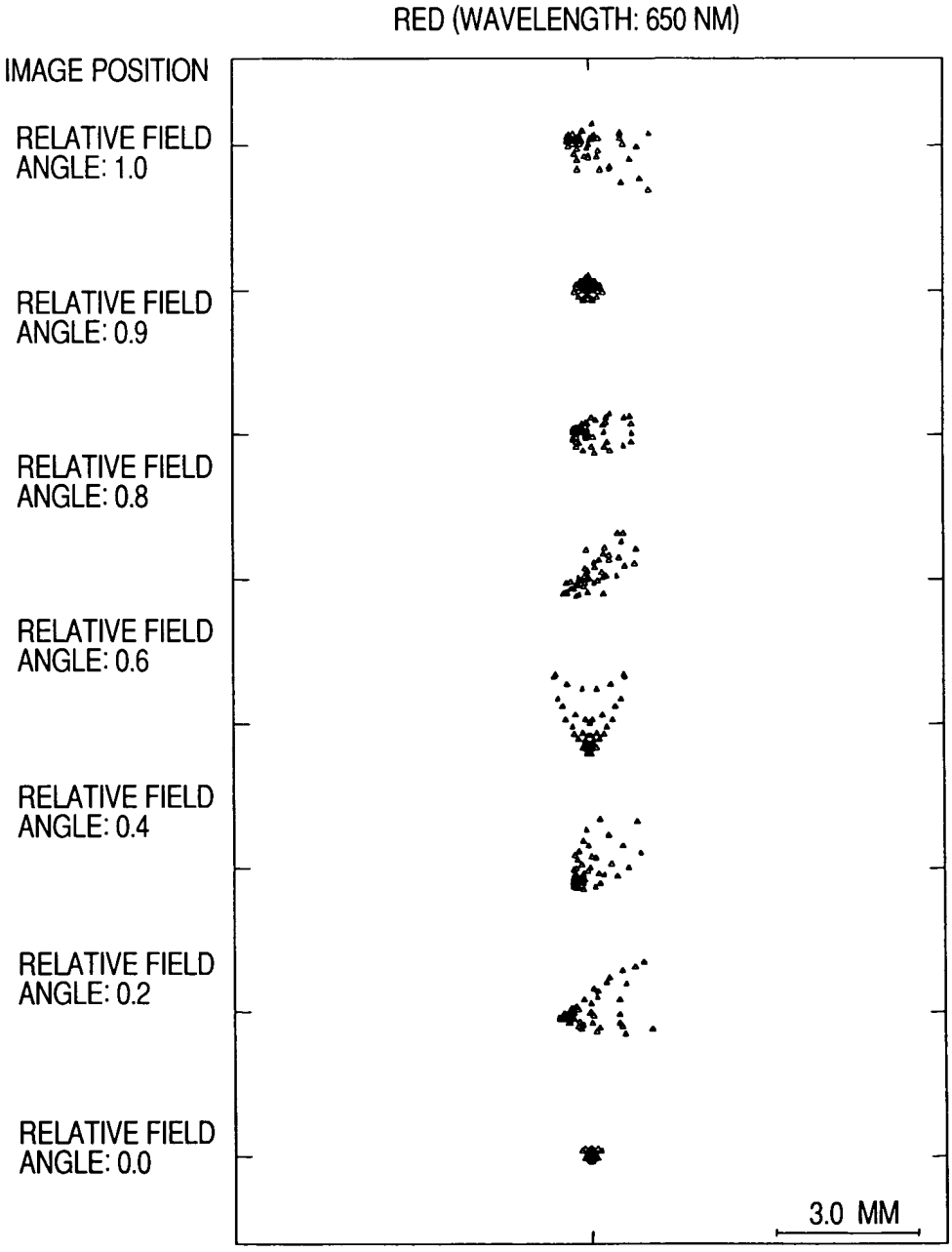

RED (WAVELENGTH: 650 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
3.0 MM
IMAGE SURFACE POSITION: 200 MM
(0.030 MM IN TERMS OF POSITION AT PANEL SIDE)

FIG. 54

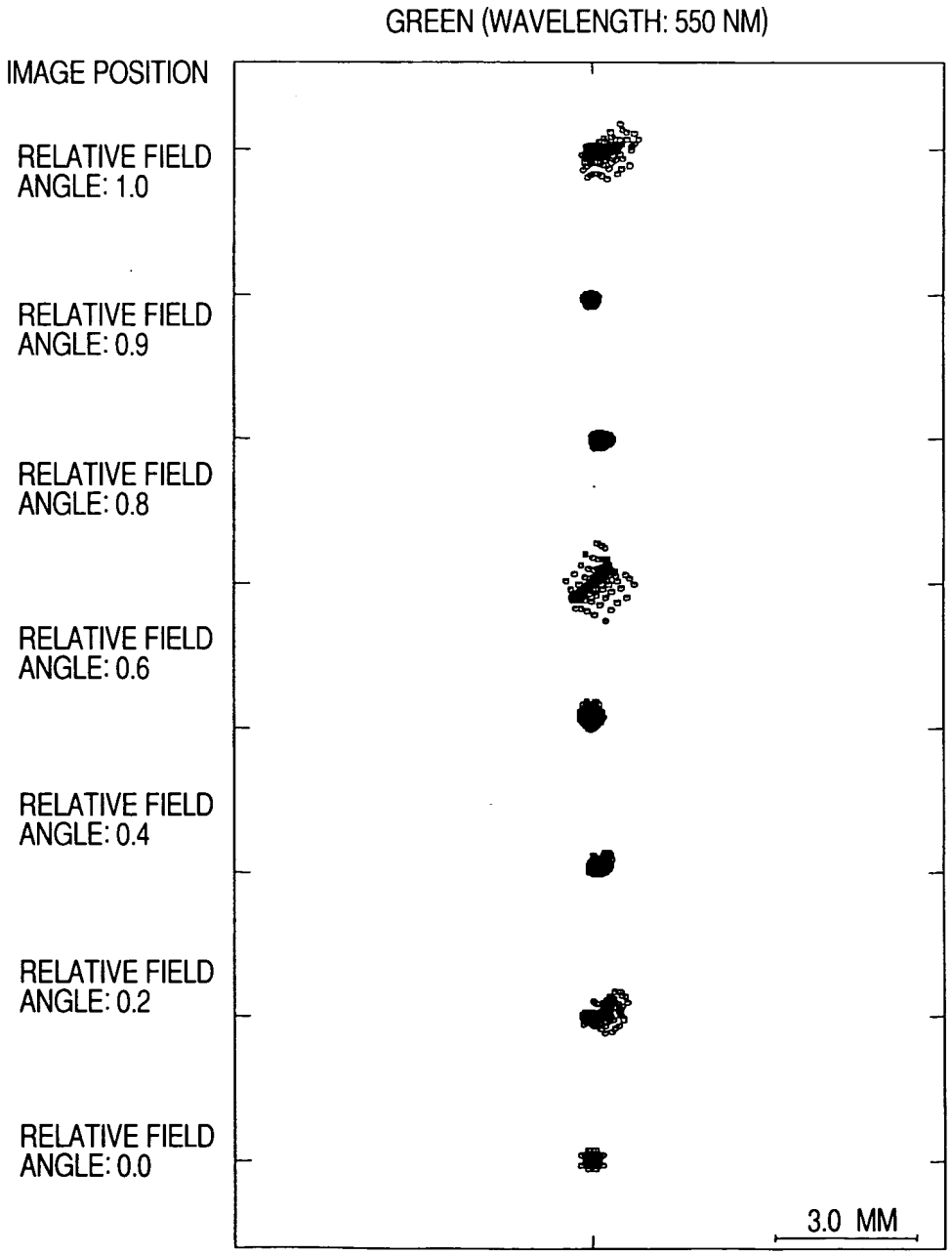

GREEN (WAVELENGTH: 550 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
3.0 MM
IMAGE SURFACE POSITION: -100 MM
(-0.015 MM IN TERMS OF POSITION AT PANEL SIDE)

FIG. 55

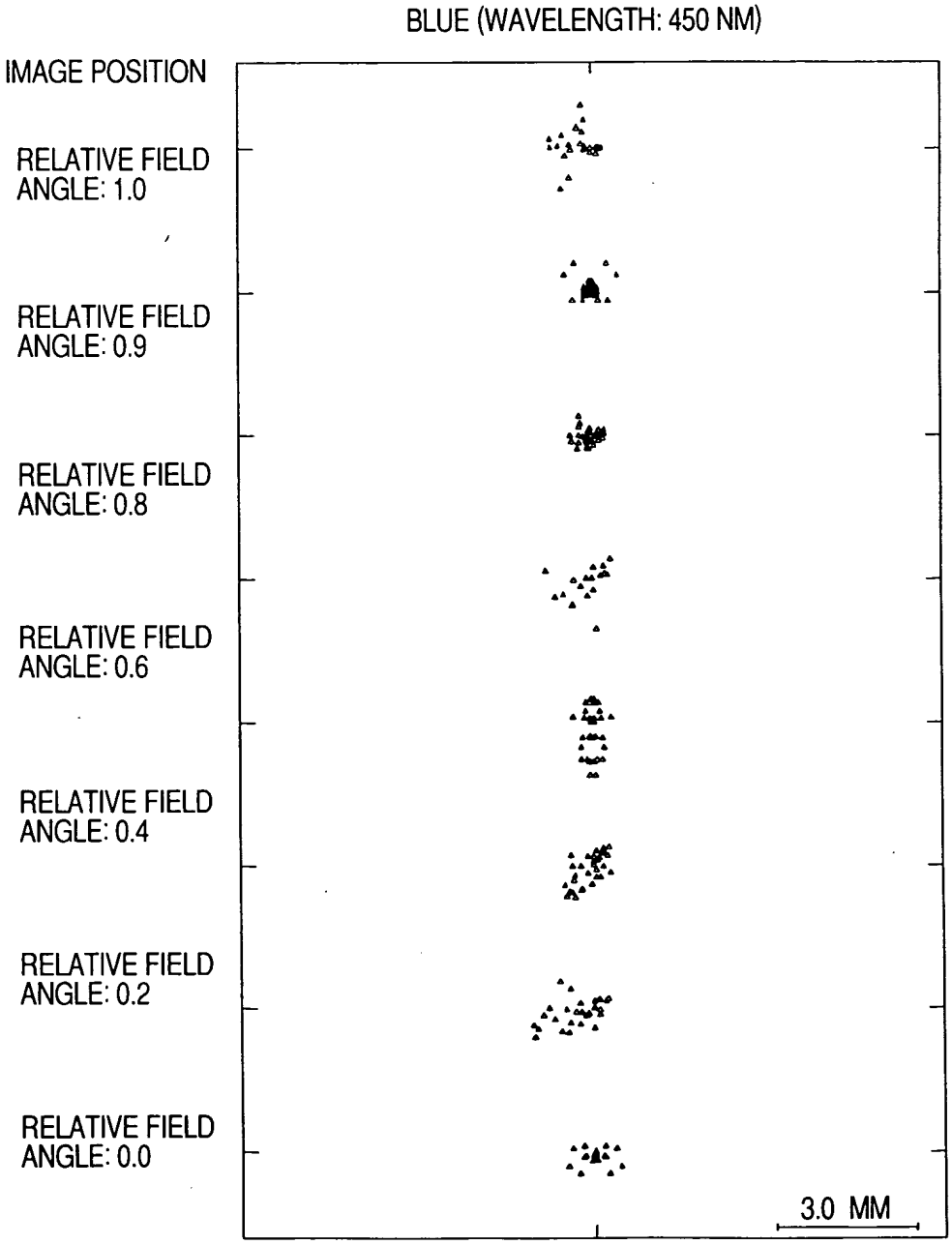
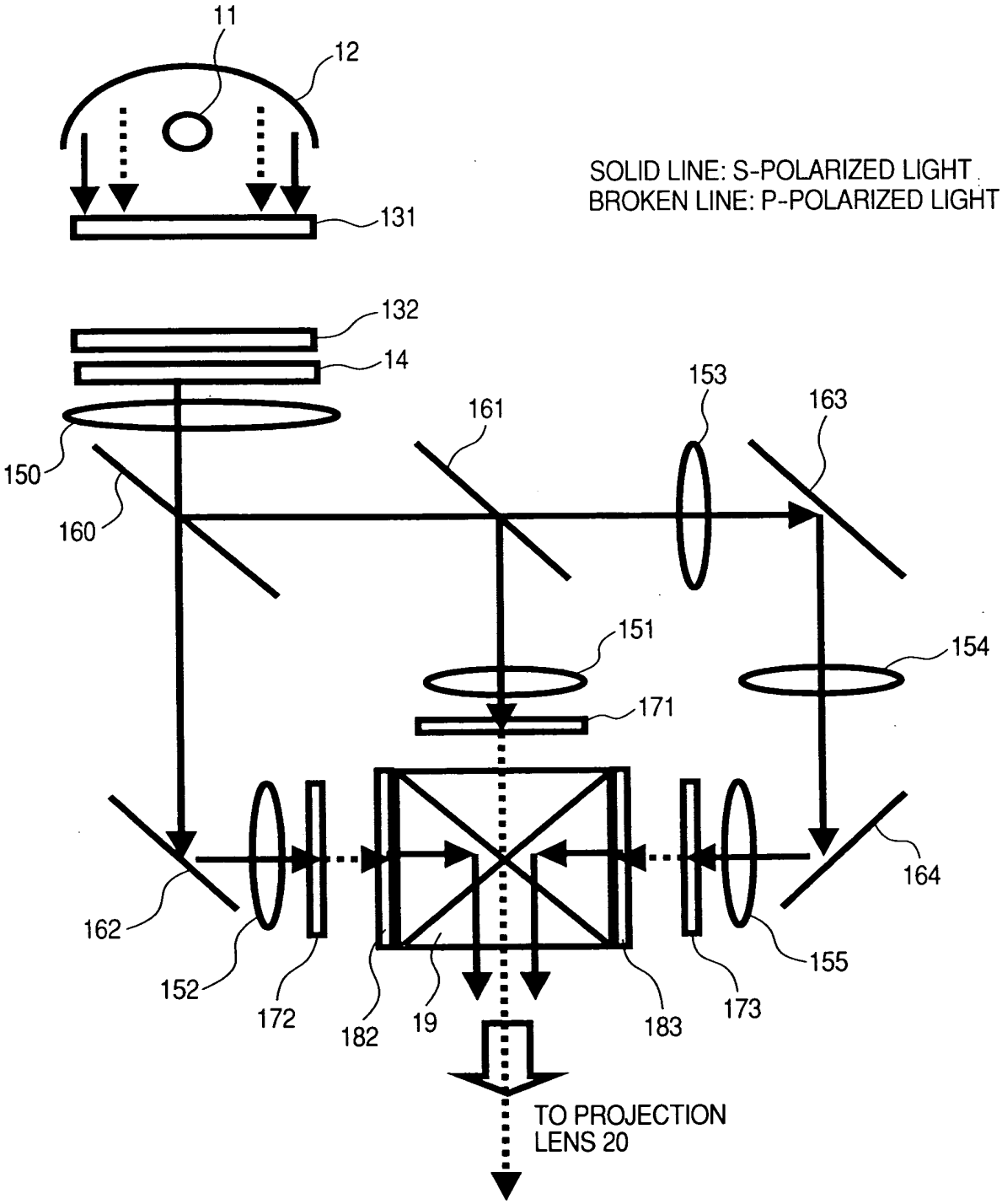

BLUE (WAVELENGTH: 450 NM)
IMAGE POSITION
RELATIVE FIELD ANGLE: 1.0
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.9
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.8
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.6
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.4
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.2
RELATIVE FIELD ANGLE: 0.0
3.0 MM
IMAGE SURFACE POSITION: 250 MM
(0.037 MM IN TERMS OF POSITION AT PANEL SIDE)

FIG. 56


11
12
131
SOLID LINE: S-POLARIZED LIGHT
BROKEN LINE: P-POLARIZED LIGHT
132
14
150
160
161
153
163
151
154
171
162
152
172
182
19
183
173
155
164
TO PROJECTION LENS 20

PTO/SB/106(5-00)
Approved for use through 10/31/02. OMB 0651-0032
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 displays a valid OMB control number.

Declaration and Power of Attorney for Patent Application

特許出願宣言書及び委任状

Japanese Language Declaration

日本語宣言書

私は、以下に記名された発明者として、ここに下記の通り宣言する ：	As a below named inventor, I hereby declare that:
私の住所、郵便の宛先そして国籍は、私の氏名の後に記載された通りである。	My residence, post office address and citizenship are as stated next to my name.
下記の名称の発明について、特許請求範囲に記載され、且つ特許が求められている発明主題に関して、私は、最初、最先且つ唯一の発明者である（唯一の氏名が記載されている場合）か、或いは最初、最先且つ共同発明者である（複数の氏名が記載されている場合）と信じている。	I believe I am the original, first and sole inventor (if only one name is listed below) or an original, first and joint inventor (if plural names are listed below) of the subject matter which is claimed and for which a patent is sought on the invention entitled
_____	PROJECTION OPTICAL UNIT AND PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS
_____	_____
上記発明の明細書はここに添付されているが、下記の欄がチェックされている場合は、この限りでない ：	The specification of which is attached hereto unless the following box is checked:
☐ _____ に日に出願され、 この出願の米国出願番号またはＰＣＴ国際出願番号は、 _____ であり、且つ _____ の日に補正された出願（該当する場合）	☐ was filed on _____ as United States Application Number or PCT International Application Number _____ and was amended on _____ (if applicable).
私は、上記の補正書によって補正された、特許請求範囲を含む上記明細書を検討し、且つ内容を理解していることをここに表明する。	I hereby state that I have reviewed and understand the contents of the above identified specification, including the claims, as amended by any amendment referred to above.
私は、連邦規則法典第３７編規則１．５６に定義されている、特許性について重量な情報を開示する義務があることを認める。	I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in Title 37, Code of Federal Regulations, Section 1.56.

Burden Hour Statement: This form is estimated to take 0.4 hours to complete. Time will vary depending upon the need of the individual case. Any comments on the amount of time you are required to complete this form should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, Washington, DC 20231. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, DC

Petitioner Ex 1002 234

PTO/SB/106(5-00)
Approved for use through 10/31/02. OMB 0651-0032
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 displays a valid OMB control number.

Japanese Language Declaration
（日本語宣言書）

私は、ここに、以下に記載した外国での特許出願または発明者証の出願、或いは米国以外の少なくとも一国を指定している米国法典第３５編題３６５条(a)によるＰＣＴ国際出願について、同第１１９条(a)-(d)項又は第３６５条(b)項に基づいて優先権を主張するとともに、優先権を主張する本出願の出願日よりも前の出願日を有する外国での特許出願または発明者証の出願、或いはＰＣＴ国際出願については、いかなる出願も、下記の枠内をチェックすることにより示した。

I hereby claim foreign priority under Title 35, United States Code, Section 119 (a)-(d) or 365(b) of any foreign application(s) for patent or inventor's certificate, or 365(a) of any PCT International apllication which designated at least one country other than the United States listed below and have also identified below, by checking the box, any foreign application for patent or inventor's certificate, or PCT International application having a filing date before that of the application for which priority is claimed.

Prior Foreign Application(s) 外国での先行出願			Priority Not Claimed 優先権主張なし
2003-398395 (Number) （番号）	Japan (Country) （国名）	28/November/2003 (Day/Month/Year Filed) （出願日／月／年）	☐
(Number) （番号）	(Country) （国名）	(Day/Month/Year Filed) （出願日／月／年）	☐

私は、ここに、下記のいかなる米国仮特許出願についても、その米国法典第３５編１１９条(e)項の利益を主張する。

I hereby claim the benefit under Title 35, United States Code, Section 119(e) of any United States provisional application(s) listed below.

(Application No.) （出願番号）	(Filing Date) （出願日）	(Application No.) （出願番号）	(Filing Date) （出願日）

私は、ここに、下記のいかなる米国出願についても、その米国法典第３５編第１２０条に基づく利益を主張し、又米国を指定するいかなるＰＣＴ国際出願についても、その同第３６５条（c)に基づく利益を主張する。また、本出願の各特許請求の範囲の主題が、米国法典第３５編第１１２条第１段に規定された態様で、先行する米国出願又はＰＣＴ国際出願に開示されていない場合においては、その先行出願の出願日と本国内出願日またはＰＣＴ国際出願日との間の期間中に入手された情報で、連邦規則法典第３７編規則１．５６に定義された特許性に関わる重要な情報について開示義務があることを承認する。

I hereby claim the benefit under Title 35, United States Code, Section 120 of any United States application(s), or 365(c) of any PCT international application designating the United States, listed below and, insofar as the subject matter of each of the claims of this application is not disclosed in the prior United States or PCT International application in the manner provided by the first paragraph of Title 35, United States Code Section 112, I acknowledge the duty to disclose information which is material to patentability as defined in Title 37, Code of Federal Regulations, Section 1.56 which became available between the filing date of the prior application and the national or PCT International filing date of application.

(Application No.) （出願番号）	(Filing Date) （出願日）	(Status: Patented, Pending, Abandoned) （現況 ： 特許許可、係属中、放棄）
(Application No.) （出願番号）	(Filing Date) （出願日）	(Status: Patented, Pending, Abandoned) （現況 ： 特許許可、係属中、放棄）

私は、ここに表明された私自身の知識に係わる陳述が真実であり、且つ情報と信ずることに基づく陳述が、真実であると信じられることを宣言し、さらに、故意に虚偽の陳述などを行った場合は、米国法典第１８編第１００１条に基づき、罰金または拘禁、若しくはその両方により処罰され、またそのような故意による虚偽の陳述は、本出願またはそれに対して発行されるいかなる特許も、その有効性に問題が生ずることを理解した上で陳述が行われたことを、ここに宣言する。

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 Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issued thereon.

Petitioner Ex 1002 235

PTO/SB/106(5-00)
Approved for use through 10/31/02. OMB 0651-0032
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 displays a valid OMB control number.

Japanese Language Declaration
（日本語宣言書）

委任状 ： 私は本出願を審査する手続を行い、且つ米国特許商標庁との全ての業務を遂行するために、記名された発明者として、下記の弁護士及び／または弁理士を任命する。（氏名及び登録番号を記載すること）

POWER OF ATTORNEY: As a named inventor, I hereby appoint the following attorney(s) and/or agent(s) to prosecute this application and transact all business in the Patent and Trademark Office connected therewith (list name and registration number).

Donald R. Antonelli, Reg. No. 20,296; David T. Terry, Reg. No. 20,178; Melvin Kraus, Reg. No. 22,466; William I. Solomon, Reg. No. 28,565; Gregory E. Montone, Reg. No. 28,141; Ronald J. Shore, Reg. No. 28,577; Donald E. Stout, Reg. No. 26,422; Alan E. Schiavelli, Reg. No. 32,087; James N. Dresser, Reg. No. 22,973 and Carl I. Brundidge, Reg. No. 29,621.

書類送付先

Send Correspondence to:

Antonelli, Terry, Stout & Kraus, LLP
Suite 1800, 1300 North Seventeenth Street
Arlington, Virginia 22209

直通電話連絡先 ： （氏名及び電話番号）

Direct Telephone Calls to: (name and telephone number)

Telephone: (703) 312-6600
Fax: (703) 312-6666

唯一または第一発明者氏名	Full name of sole or first inventor Masahiko YATSU
発明者の署名 M.Y ~~July~~ 日付 ~~July~~ ~~July 31, 2004~~	Inventor's signature Masahiko Yatsu Date July 30 2004
住所	Residence Fujisawa, Japan
国籍	Citizenship Japan
郵便の宛先	Post office Address c/o Hitachi, Ltd., Intellectual Property Group, 6-1,Marunouchi 1-chome,Chiyoda-ku,Tokyo 100-8220 ,Japan
第二共同発明者がいる場合、その氏名	Full name of second joint inventor, if any Koji HIRATA
第二共同発明者の署名 日付	Second inventor's signature Date Koji Hirata July. 30, 2004
住所	Residence Yokohama, Japan
国籍	Citizenship Japan
郵便の宛先	Post office Address c/o Hitachi, Ltd., Intellectual Property Group 6-1,Marunouchi 1-chome,Chiyoda-ku,Tokyo 100-8220 ,Japan

（第三以下の共同発明者についても同様に記載し、署名をすること）

(Supply similar information and signature for third and subsequent joint unventors.)

Petitioner Ex 1002 236

第三共同発明者がいる場合、その氏名		Full name of third joint inventor, if any Hidehiro IKEDA	
第三共同発明者の署名	日付	Third inventor's signature Hidehiro Ikeda	Date July 30,2004
住所		Residence Yokohama, Japan	
国籍		Citizenship Japan	
郵便の宛先		Post office Address c/o Hitachi, Ltd., Intellectual Property Group, 6-1,Marunouchi 1-chome,Chiyoda-ku,Tokyo 100-8220 ,Japan	
第四共同発明者がいる場合、その氏名		Full name of fourth joint inventor, if any	
第四共同発明者の署名	日付	Fourth inventor's signature	Date
住所		Residence	
国籍		Citizenship	
郵便の宛先		Post office Address	
第五共同発明者がいる場合、その氏名		Full name of fifth joint inventor, if any	
第五共同発明者の署名	日付	Fifth inventor's signature	Date
住所		Residence	
国籍		Citizenship	
郵便の宛先		Post office Address	
第六共同発明者がいる場合、その氏名		Full name of sixth joint inventor, if any	
第六共同発明者の署名	日付	Sixth inventor's signature	Date
住所		Residence	
国籍		Citizenship	
郵便の宛先		Post office Address	

Petitioner Ex 1002 237

PATENT APPLICATION SERIAL NO. _____

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
PATENT AND TRADEMARK OFFICE
FEE RECORD SHEET

08/23/2004 SZEWDIE1 00000011 10921938

01 FC:1001	770.00 OP
02 FC:1201	602.00 OP
03 FC:1202	216.00 OP

PTO-1556
(5/87)

*U.S. Government Printing Office: 2001 — 481-697/59173

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD
Effective October 1, 2003

Application or Docket Number
10921938

CLAIMS AS FILED - PART I

	(Column 1)	(Column 2)
TOTAL CLAIMS	32	
FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA
TOTAL CHARGEABLE CLAIMS	32 minus 20=	* 12
INDEPENDENT CLAIMS	10 minus 3 =	* 7
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT		☐

* If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2

SMALL ENTITY TYPE ☐			OR	OTHER THAN SMALL ENTITY	
RATE	FEE			RATE	FEE
BASIC FEE	385.00		OR	BASIC FEE	770.00
XS 9=			OR	XS18=	216
X43=			OR	X86=	602
+145=			OR	+290=	
TOTAL			OR	TOTAL	1588

CLAIMS AS AMENDED - PART II

AMENDMENT A

	(Column 1) CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		(Column 2) HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	(Column 3) PRESENT EXTRA
Total	*	Minus	**	=
Independent	*	Minus	***	=
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM				☐

1 7 8 9 10 11 12 14 15 16

SMALL ENTITY			OR	OTHER THAN SMALL ENTITY	
RATE	ADDITIONAL FEE			RATE	ADDITIONAL FEE
X$ 9=			OR	X$18=	
X43=			OR	X86=	
+145=			OR	+290=	
TOTAL ADDIT. FEE			OR	TOTAL ADDIT. FEE	

AMENDMENT B

	(Column 1) CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		(Column 2) HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	(Column 3) PRESENT EXTRA
Total	*	Minus	**	=
Independent	*	Minus	***	=
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM				☐

RATE	ADDITIONAL FEE			RATE	ADDITIONAL FEE
X$ 9=			OR	X$18=	
X43=			OR	X86=	
+145=			OR	+290=	
TOTAL ADDIT. FEE			OR	TOTAL ADDIT. FEE	

AMENDMENT C

	(Column 1) CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		(Column 2) HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR	(Column 3) PRESENT EXTRA
Total	*	Minus	**	=
Independent	*	Minus	***	=
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM				☐

RATE	ADDITIONAL FEE			RATE	ADDITIONAL FEE
X$ 9=			OR	X$18=	
X43=			OR	X86=	
+145=			OR	+290=	
TOTAL ADDIT. FEE			OR	TOTAL ADDIT. 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.

520.44172X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s):	M. YATSU et al
Serial No.:	Not Yet Assigned
Filed:	On Even Date Herewith
Title:	PROJECTION OPTICAL UNIT AND PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

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

August 20, 2004

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicants hereby claim the right of priority based on **Japanese** Patent Application No. 2003-398395, filed November 28, 2003.

A certified copy of said **Japanese** Application is attached.

Respectfully submitted,
ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/dks
Attachment
(703) 312-6600

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: ２００３年１１月２８日

出願番号
Application Number: 特願２００３－３９８３９５

[ST. 10/C]: [ＪＰ２００３－３９８３９５]

出願人
Applicant(s): 株式会社日立製作所

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

BEST AVAILABLE COPY

２００４年 ８月 ５日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office 小川 洋

出証番号 出証特２００４－３０６９５８７

【書類名】　特許願
【整理番号】　D03005681A
【あて先】　特許庁長官殿
【国際特許分類】　G02B 27/18
【発明者】
　【住所又は居所】　神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地　株式会社日立製作所デジタルメディア事業部内
　【氏名】　谷津　雅彦
【発明者】
　【住所又は居所】　神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地　株式会社日立製作所デジタルメディア事業部内
　【氏名】　平田　浩二
【発明者】
　【住所又は居所】　神奈川県横浜市戸塚区吉田町２９２番地　株式会社日立製作所デジタルメディア事業部内
　【氏名】　池田　英博
【特許出願人】
　【識別番号】　000005108
　【氏名又は名称】　株式会社　日立製作所
【代理人】
　【識別番号】　100075096
　【弁理士】
　【氏名又は名称】　作田　康夫
【選任した代理人】
　【識別番号】　100100310
　【弁理士】
　【氏名又は名称】　井上　学
【手数料の表示】
　【予納台帳番号】　013088
　【納付金額】　21,000円
【提出物件の目録】
　【物件名】　特許請求の範囲　1
　【物件名】　明細書　1
　【物件名】　図面　1
　【物件名】　要約書　1

【書類名】特許請求の範囲
【請求項１】
映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットにおいて、映像表示素子の正立した拡大像を形成するための再結像光学系を用いたことを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項２】
映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットにおいて、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、
第１の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、
該第１投写光学ユニットの拡大像側に位置し、前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットと、
を備え、前記第１の拡大像が前記第２投写光学ユニットよりも映像表示素子側において結像することを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項３】
前記該第１の拡大像の倍率Ｍ１が、前記第２の拡大像の倍率Ｍ２より小さいことを特徴とする請求項２に記載の投写光学ユニット。
【請求項４】
該第２投写光学ユニット全体を光軸方向に移動させることで、投写距離と投写サイズを変更することを特徴とする請求項３記載の投写光学ユニット。
【請求項５】
該第２投写光学ユニット全体を光軸方向に移動させる構造体を有することを特徴とする請求項４記載の投写光学ユニット。
【請求項６】
映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットにおいて、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、
該映像表示素子の第１の拡大像を形成する第１投写光学ユニットの光軸に対する、該第１の拡大像を更に拡大する第２投写光学ユニットの光軸の、偏心量を変えても、投写光学ユニット全体の光学性能の変化が小さいことを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項７】
該第１投写光学ユニットの光軸と、該第２投写光学ユニットの光軸の、偏心量を可変できる構造体を有することを特徴とする請求項６記載の投写光学ユニット。
【請求項８】
映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットにおいて、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、
第１の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、
該第１投写光学ユニットの拡大像側に位置し、前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットと、
を備え、該第１投写光学ユニットと、該第２投写光学ユニットは、その組合せを変えて全体としての投写光学ユニットを構成できることを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項９】
前記第１投写光学ユニット全体、もしくはその一部のレンズ素子を交換可能に構成したことを特徴とする請求項８記載の投写光学ユニット。
【請求項１０】
前記第２投写光学ユニット全体、もしくはその一部のレンズ素子を交換可能に構成したことを特徴とする請求項８記載の投写光学ユニット。
【請求項１１】
映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットにおいて、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、

第１の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、
該第１投写光学ユニットの拡大像側に位置し、前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットと、
を備え、該記第１投写光学ユニットに、該投写光学ユニット全体のＦ値を規定する開口絞りを設けたことを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項１２】
映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットにおいて、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、
第１の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、
該第１投写光学ユニットの拡大像側に位置し、前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットと、
を備え、該第２投写光学ユニットに、該投写光学ユニットのＦ値に相当する開口絞りが存在しないことを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項１３】
映像表示素子から拡大像までの光路に、前記画像の光の進行方向に沿って順に配置された、
正の屈折力を有する第１投写光学ユニット、及び
該第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大するための正の屈折力を有する第２投写光学ユニット、を備え、
該第１投写光学ユニットは映像表示素子側と、該第１の拡大像側にほぼテレセントリックな関係にあり、前記第１の拡大像が第２投写光学ユニットよりも映像表示素子側において結像することを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項１４】
映像表示素子から拡大像までの光路に、前記画像の光の進行方向に沿って順に配置された、
正の屈折力を有する第１投写光学ユニット、及び
該第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大するための正の屈折力を有する第２投写光学ユニット、を備え、
該第２投写光学ユニットは該第１の拡大像側にほぼテレセントリックな関係にあり、前記第１の拡大像が第２投写光学ユニットよりも映像表示素子側において結像することを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項１５】
映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットを有する投写型カラー映像表示装置において、映像表示素子の正立した拡大像を形成するための再結像光学系を用いたことを特徴とする投写型カラー映像表示装置。
【請求項１６】
映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットを有する投写型カラー映像表示装置において、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、
第１の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、
該第１投写光学ユニットの拡大像側に位置し、前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットと、
を備え、前記第１の拡大像が前記第２投写光学ユニットよりも映像表示素子側において結像することを特徴とする投写型カラー映像表示装置。
【請求項１７】
前記該第１の拡大像の倍率Ｍ１が、前記第２の拡大像の倍率Ｍ２より小さいことを特徴とする請求項１６に記載の投写型カラー映像表示装置。
【請求項１８】

該第２投写光学ユニット全体を光軸方向に移動させることで、投写距離と投写サイズを変更することを特徴とする請求項１７記載の投写型カラー映像表示装置。

【請求項１９】

第２投写光学ユニット全体を光軸方向に移動させる構造体を有することを特徴とする請求項１８記載の投写型カラー映像表示装置。

【請求項２０】

映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットを有する投写型カラー映像表示装置において、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、

該映像表示素子の第１の拡大像を形成する第１投写光学ユニットの光軸に対する、該第１の拡大像を更に拡大する第２投写光学ユニットの光軸の、偏心量を変えても、投写光学ユニット全体の光学性能の変化が小さいことを特徴とする投写型カラー映像表示装置。

【請求項２１】

該第１投写光学ユニットの光軸と、該第２投写光学ユニットの光軸の、偏心量を可変できる構造体を有することを特徴とする請求項２０記載の投写型カラー映像表示装置。

【請求項２２】

映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットを有する投写型カラー映像表示装置において、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、

第１の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、

該第１投写光学ユニットの拡大像側に位置し、前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットと、

を備え、該第１投写光学ユニットと、該第２投写光学ユニットは、その組合せを変えて全体としての投写光学ユニットを構成できることを特徴とする投写型カラー映像表示装置。

【請求項２３】

前記第１投写光学ユニット全体、もしくはその一部のレンズ素子を交換可能に構成したことを特徴とする請求項２２記載の投写型カラー映像表示装置。

【請求項２４】

前記第２投写光学ユニット全体、もしくはその一部のレンズ素子を交換可能に構成したことを特徴とする請求項２３記載の投写型カラー映像表示装置。

【請求項２５】

映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットを有する投写型カラー映像表示装置において、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、

第１の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、

該第１投写光学ユニットの拡大像側に位置し、前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットと、

を備え、該記第１投写光学ユニットに、該投写光学ユニット全体のＦ値を規定する開口絞りを設けたことを特徴とする投写型カラー映像表示装置。

【請求項２６】

映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットを有する投写型カラー映像表示装置において、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、

第１の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、

該第１投写光学ユニットの拡大像側に位置し、前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットと、

を備え、該第２投写光学ユニットに、該投写光学ユニットのＦ値に相当する開口絞りが存在しないことを特徴とする投写型カラー映像表示装置。

【請求項２７】

映像表示素子から拡大像までの光路に、前記画像の光の進行方向に沿って順に配置された、

正の屈折力を有する第１投写光学ユニット、及び
該第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大するための正の屈折力を有する第２投写光学ユニット、を備え、
該第１投写光学ユニットは映像表示素子側と、該第１の拡大像側にほぼテレセントリックな関係にあり、前記第１の拡大像が第２投写光学ユニットよりも映像表示素子側において結像することを特徴とする投写型カラー映像表示装置。
【請求項２８】
映像表示素子から拡大像までの光路に、前記画像の光の進行方向に沿って順に配置された、
正の屈折力を有する第１投写光学ユニット、及び
該第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大するための正の屈折力を有する第２投写光学ユニット、を備え、
該第２投写光学ユニットは該第１の拡大像側にほぼテレセントリックな関係にあり、前記第１の拡大像が第２投写光学ユニットよりも映像表示素子側において結像することを特徴とする投写型カラー映像表示装置。
【請求項２９】
映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットにおいて、映像表示素子から拡大像までの光路の間に配置された、
第１の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、
該第１投写光学ユニットの拡大像側に位置し、前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットと、
を備え、
前記第１投写光学ユニットには、少なくとも、第１拡大像側から順に、非球面プラスチックレンズと、曲率半径の絶対値の小さい面が互いに向かい合った２枚の凸レンズと、映像表示素子側に曲率半径の絶対値の小さい面を向けた凹レンズを有することを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項３０】
前記２枚の凸レンズの合成焦点距離ｆ凸と、前記凹レンズの焦点距離ｆ凹を、前記第１投写光学ユニットの全長で割った規格値が、下記条件を満足することを特徴とする請求項２９記載の投写光学ユニット。

$$-0.15 < f凸/L < -0.05$$
$$0.10 < f凹/L < 0.20$$

【請求項３１】
映像表示素子に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投写光学ユニットにおいて、スクリーン側から順に、第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群が配置され、前記第１レンズ群は負の屈折力を有し、前記第２レンズ群は正の屈折力を有し、前記第３レンズ群は正の屈折力を有し、かつ中心が映像表示素子側に対し凸の形状を有し、周辺は凹の形状を有するレンズエレメントを含むことを特徴とする投写光学ユニット。
【請求項３２】
映像表示素子に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投写光学ユニットにおいて、スクリーン側から順に、第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群が配置され、下記条件を満たす事を特徴とする投写光学ユニット。

$$T_{2-3} > (D_{2I}+D_{3O})/2$$

ただし、T_{2-3}：第２レンズ群と第3レンズ群の間隔距離
D_{2I}：第２レンズ群入射側有効径
D_{3O}：第３レンズ群出射側有効径
【請求項３３】
映像表示素子に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投写光学ユニットにおいて、スクリーン側から順に、第1レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群が配置され、下

記条件を満たす事を特徴とする投写光学ユニット。

$-2.2 < f_0/f_1 < -1.5$

$0.6 < f_0/f_2 < 0.9$

$0.3 < f_0/f_3 < 0.4$

ただし、f_0：全系の焦点距離

f_1：第１レンズ群全系の焦点距離

f_2：第２レンズ群全系の焦点距離

f_3：第３レンズ群全系の焦点距離

【請求項３４】

映像表示素子に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投写光学ユニットにおいて、スクリーン側から順に、第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群が配置され、前記第１レンズ群は負の屈折力を有し、前記第２レンズ群は正の屈折力を有し、前記第３レンズ群は正の屈折力を有し、かつ中心が映像表示素子側に対し凸の形状を有し、周辺は凹の形状を有するレンズエレメントを含むことを特徴とする請求項３２または３３に記載の投写光学ユニット。

【請求項３５】

映像表示素子に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投写光学ユニットにおいて、スクリーン側から順に、第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群が配置され、下記条件を満たす事を特徴とする請求項３３に記載の投写光学ユニット。

$T_{2-3} > (D_{2I}+D_{3O})/2$

ただし、T_{2-3}：第２レンズ群と第3レンズ群の間隔距離

D_{2I}：第２レンズ群入射側有効径

D_{3O}：第３レンズ群出射側有効径

【請求項３６】

前記第３レンズ群に、分散の高い硝材を用いた負の屈折力を有するレンズとそれよりも分散の低い硝材を用いた正の屈折力を有するレンズを貼合わせ、全体として負の屈折力を有するレンズエレメントを含むことを特徴とする請求項３1乃至３５のいずれかに記載の投写光学ユニット。

【請求項３７】

映像表示素子に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投写光学ユニットにおいて、スクリーン側から順に、第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群が配置され、前記第１レンズ群は負の屈折力を有し、前記第２レンズ群は正の屈折力を有し、前記第３レンズ群は正の屈折力を有し、第1レンズ群に少なくとも1面以上非球面を有することを特徴とする請求項３1乃至３６のいずれかに記載の投写光学ユニット。

【請求項３８】

映像表示素子に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投写光学ユニットにおいて、スクリーン側から順に、第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群が配置され、前記第1レンズ群は負の屈折力を有し、前記第２レンズ群は正の屈折力を有し、前記第３レンズ群は正の屈折力を有し、第２レンズ群に少なくとも1面以上非球面を有することを特徴とする請求項３１乃至３７のいずれかに記載の投写光学ユニット。

【請求項３９】

映像表示素子に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投写光学ユニットにおいて、スクリーン側から順に、第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群が配置され、前記第1レンズ群は負の屈折力を有し、前記第２レンズ群は正の屈折力を有し、前記第３レンズ群は正の屈折力を有し、第３レンズ群に少なくとも1面以上非球面を有することを特徴とする請求項３１乃至３８のいずれかに記載の投写光学ユニット。

【請求項４０】

前記非球面に、少なくとも1つ以上の変曲点を有することを特徴とする請求項３７乃至３９のいずれかに記載の投写光学ユニット。

【請求項４１】

前記第１レンズ群は、第１、第２、第３のレンズエレメントを有し、第３のレンズエレメントが非球面レンズであることを特徴とする請求項３１乃至４０のいずれかに記載の投写光学ユニット。

【請求項４２】

前記第１レンズ群は、第１、第２、第３のレンズエレメントを有し、該第１乃至第３のレンズエレメントが下記の条件を満たす事を特徴とする請求項３１乃至４１のいずれかに記載の投写光学ユニット。

$-0.24 < f_0/f_{11} < -0.14$

$-0.50 < f_0/f_{12} < -0.25$

$-0.85 < f_0/f_{13} < -0.55$

ただし、f_0：全系の焦点距離

f_{11}：第１レンズ群第1レンズエレメントの焦点距離

f_{12}：第１レンズ群第２レンズエレメントの焦点距離

f_{13}：第１レンズ群第３レンズエレメントの焦点距離

【請求項４３】

前記第２レンズ群は、第１、第２、第３のレンズエレメントを有し、第２のレンズエレメントが非球面レンズであることを特徴とする請求項３１乃至４２のいずれかに記載の投写光学ユニット。

【請求項４４】

前記第２レンズ群は、第１、第２、第３のレンズエレメントを有し、該第１乃至第３のレンズエレメントが下記の条件を満たす事を特徴とする請求項３１乃至４３のいずれかに記載の投写光学ユニット。

$0.30 < f_0/f_{21} < 0.56$

$-0.10 < f_0/f_{22} < 0.10$

$0.30 < f_0/f_{23} < 0.45$

ただし、f_0：全系の焦点距離

f_{21}：第２レンズ群第1レンズエレメントの焦点距離

f_{22}：第２レンズ群第２レンズエレメントの焦点距離

f_{23}：第２レンズ群第３レンズエレメントの焦点距離

【請求項４５】

前記第３レンズ群は、第１、第２、第３、第４、第５、第６、第７のレンズエレメントを有し、第５、第６のレンズエレメントうちの少なくとも1エレメントが非球面レンズであることを特徴とする請求項３１乃至４４のいずれかに記載の投写光学ユニット。

【請求項４６】

前記第３レンズ群は、第１、第２、第３、第４、第５、第６、第７のレンズエレメントを有し、該第１乃至第７のレンズエレメントが下記の条件を満たす事を特徴とする請求項３１乃至４５のいずれかに記載の投写光学ユニット。

$0.05 < f_0/f_{31} < 0.40$

$-0.40 < f_0/f_{32} < 0.00$

$-0.55 < f_0/f_{33} < -0.35$

$0.35 < f_0/f_{34} < 0.55$

$-0.15 < f_0/f_{35} < 0.10$

$-0.15 < f_0/f_{36} < 0.15$

$0.33 < f_0/f_{37} < 0.38$

ただし、f_0：全系の焦点距離

f_{31}：第３レンズ群第1レンズエレメントの焦点距離

f_{32}：第３レンズ群第２レンズエレメントの焦点距離

f_{33}：第３レンズ群第３レンズエレメントの焦点距離

f_{34}：第３レンズ群第４レンズエレメントの焦点距離

f_{35}：第３レンズ群第５レンズエレメントの焦点距離

f_{36}：第３レンズ群第６レンズエレメントの焦点距離
f_{37}：第３レンズ群第７レンズエレメントの焦点距離

【請求項４７】
映像表示素子に表示された画像をスクリーン上に拡大投影する投写光学ユニットにおいて、スクリーン側から順に、第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群が配置され、第２レンズ群と第３レンズ群の間に、光路折り返し手段を配置したことを特徴とする請求項３１乃至４６のいずれかに記載の投写光学ユニット。

【請求項４８】
前記光折り返し手段が全反射ミラーを含むことを特徴とする請求項４７に記載の投写光学ユニット。

【請求項４９】
前記光折り返し手段がプリズム素子を含むことを特徴とする請求項４７に記載の投写光学ユニット。

【請求項５０】
請求項３１乃至４９のいずれかに記載の投写光学ユニットを用いたことを特徴とする投写型カラー映像表示装置。

【請求項５１】
請求項３１乃至４９のいずれかに記載の投写光学ユニットを用いたことを特徴とする背面投写型カラー映像表示装置。

【請求項５２】
請求項５０記載の背面投写型カラー映像表示装置において、スクリーンの中心に対し、前記投写光学ユニットの光軸中心を偏心させることを特徴とする背面投写型カラー映像表示装置。

【請求項５３】
請求項５１記載の背面投写型カラー映像表示装置において、前記スクリーンは少なくともフレネルスクリーンを有し、前記フレネルスクリーンの中心を前記投写スクリーンの中心に対し偏心させることを特徴とする背面投写型カラー映像表示装置。

【書類名】明細書
【発明の名称】投写光学ユニット及び投写型カラー映像表示装置とこれを用いた背面投写型カラー映像表示装置
【技術分野】
【０００１】
本発明は、拡大画像をスクリーンに投影して画像表示を行う投写型カラー映像表示装置、該拡大画像をスクリーン背面から投影する背面投写型カラー映像表示装置、及びこれらに用いられる投写光学ユニットに関する。
【背景技術】
【０００２】
映像表示素子の映像を投写光学ユニットによってスクリーン上に拡大投影するカラー映像表示装置においては、スクリーン上で充分な大きさの拡大映像を得つつ投写距離を短縮することが要求される。これを実現するために、例えば下記特許文献１～３に記載されているように、スクリーンに対して斜め方向から拡大投写する構成の投写光学ユニットが知られている。
【０００３】
【特許文献１】特開平５－１３４２１３号公報
【０００４】
【特許文献２】特開２０００－１６２５４４号公報
【特許文献３】特開２００２－３５７７６８号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
映像をスクリーンに対して斜め方向から投写すると、投写映像に所謂台形歪みが生じる。これを解消するために、上記特許文献１に記載の投写光学ユニットでは、スクリーン側に配置したアフォーカルコンバータを偏心させて台形歪み抑える構成としている。特許文献１に開示されたアフォーカルコンバータは、倍率が低いため広角化が困難である。また上記特許文献２に記載の投写光学ユニットにおいては、背面投写型カラー映像表示装置として十分に薄型化できるほどの広角化は困難である。また、使用するレンズを個別に偏心させる必要があるため製造が難しいという問題点もある。さらに上記特許文献３に記載の投写光学ユニットは、正のパワーを有する第１屈折レンズ系と、負のパワーを有する第２屈折レンズ系と光路折り返しミラーとを有し、負のパワーを有する第２屈折レンズ系の内、少なくとも２枚は回転対称性が異なる偏心系としている。このため、製造時に各レンズの位置精度確保が難しいという問題点がある。
【０００６】
さらに、上記従来技術においては投写光学ユニットのみに着目し設計がなされており照明光学系を含めたシステム全体での最適設計がなされていなかった。
【０００７】
映像表示素子として透過型液晶パネルを用いた従来のカラー映像表示装置に使用される投写光学ユニットの課題として、前述したように、セットのコンパクト化に必要な広画角化の他に、パネルの高解像度化に対応したハイフォーカス化、及びパネルやカラー映像表示装置のダウンサイジング化に対応した高倍率化、が挙げられる。
【０００８】
一方、映像表示素子として反射型液晶パネルを用いた場合には、画素電極を液晶層の裏面に配置できるので高開口率が実現できる。このため、透過型液晶パネルに対して以下の特徴がある。
（１）同一解像度の場合にはパネルサイズを一回り小さくできる。
（２）同一パネルサイズの場合にはより多くの画素数が得られる(高解像度化)。
【０００９】
このため、反射型液晶パネルを用いたカラー映像表示装置に使用される投写レンズ装置

は、透過型液晶パネルを用いたものに対し、更なるハイフォーカス化、及び高倍率化が望まれる。さらに、反射型液晶パネルを使用した画像投影装置の光学系では、映像表示素子と投写レンズ装置の間には色合成プリズムの他に大きな空気間隔が存在するため、より一層長いバックフォーカスが必要となる。

【００１０】

また、以上述べた投写型カラー映像表示装置においては、使用するパネルの有効画面寸法に合わせて新規に投写光学ユニットを設計開発するため多額な開発投資を必要としていた。

【００１１】

このように、背面投写型カラー映像表示装置においては、寸法のコンパクト化を実現すべく、広画角でかつハイフォーカス、更に高倍率でバックフォーカスが長い投写光学ユニットが必要となる。また、有効画面寸法や方式が異なるパネルを使用した場合でも、新規に照明光学系の全てや投写光学ユニットを設計開発することなく、標準品の一部変更で対応可能にして開発投資の少なくすることが望ましい。

【００１２】

本発明は、このような課題に鑑みて為されたものであり、その目的は、セットのコンパクト化を実現可能な技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

上記目的を達成するために、本発明は、映像表示素子からスクリーンまでの光路の間に、第１の拡大像を形成するための正の屈折力を持つ第１投写光学ユニットと、該第１のレンズ群のスクリーン側に位置し前記第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して前記スクリーンに第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットとを配置し、前記第１の拡大像が前記第２投写光学ユニットよりも映像表示素子側において結像する構成を特徴とするものである。

【００１４】

また、第１投写光学ユニットと前記第２投写光学ユニットの間に正の屈折力を持つフィールドレンズ群を配置し、前記第１の拡大像の倍率Ｍ１を前記第２の拡大像の倍率Ｍ２より小さくする。また、前記第１投写光学ユニットは、映像表示素子側にテレセントリックで照明光学系のＦ値に合わせて設計するとよい。

【００１５】

第１投写光学ユニットによる第１の拡大像は、第２投写光学ユニットよりも映像表示素子側において結像するので第２群のＦ値であるＦ２（光線の発散角度）は、第１レンズ群のＦ値であるＦ１を第１の拡大像の倍率Ｍ１で除した値、すなはちＦ２＝Ｆ１／Ｍ１となる。このため第２投写光学ユニットのＦ２を大きくとれるので画角が９０度を超える超広角化に対して有利になる。

【００１６】

さらに、前記第１投写光学ユニットによる形成される第１の拡大像は、前記フィールドレンズ群近傍で結像する。例えば前記第1投写光学ユニット側に結像することでフィールドレンズ群にゴミが付着してもスクリーン上の拡大像に影響を与えることがない。

【００１７】

また、投写型カラー映像表示装置そのものをコンパクトにする第１の実現手段として、以下のものが挙げられる。

（１）前記第２投写光学ユニットとフィールドレンズ群の間に光路折り返し手段を設ける。この光路折返しの具体的な技術手段としてプリズムを用いてもよく、折り返しミラーを用いればコストアップを抑えてコンパクト化が実現できる。

（２）更に第１投写光学ユニットを構成するレンズ素子とレンズ素子の間に光路折り返し手段を設ける。

（３）加えて第２投写光学ユニット構成するレンズ素子とレンズ素子の間に光路折り返し手段を設ける。

また、投写型カラー映像表示装置そのものをコンパクトにする第２の実現手段として、以下のものが挙げられる。

（４）２つのレンズ群を有する投写光学ユニットの場合には、上記第１投写光学ユニットの光軸と上記第２投写光学ユニットの光軸をずらして配置する。すなわち、第２投写光学ユニットを第１の拡大像に対してシフトさせて配置し、折り返しミラーを介してスクリーン上に拡大像を得ることで更なるコンパクト化が実現できる。

（５）２つのレンズ群を有する投写光学ユニットの場合には、上記第１投写光学ユニットをスクリーン画面水平方向に概ね平行となるように配置する。更に、第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットとの間には光路折り返し手段を設け、該第２投写光学ユニットをスクリーン画面水平方向に対して概ね垂直となるように(すなわち、第１投写光学ユニットの光軸と第２投写光学ユニットの光軸とが互いに直交するように)配置し、折り返しミラーを介してスクリーン上に拡大像を得ることで更なるコンパクト化が実現できる。

【００１８】

投写距離が短い投写型カラー映像表示装置は、小さな部屋での打合せの際に、装置の設置場所の制約を受けず有効である。また、背面投写型カラー映像表示装置として用いる場合には、装置全体の薄型化にとって特に有効である。

【００１９】

投写距離を短くするためには、投写光学ユニットの広角化が不可欠であるが、従来の投写光学ユニットの場合での、広角化の際の問題点について、図５６と図５７を用いて説明する。

【００２０】

図５６は、照明光学系の基本構成図である。図５７は、投写光学ユニットの基本構成図である。

【００２１】

図５６で、光源１１から出射した自然光である白色光は、リフレクタ１２で反射され、インテグレータとしての第１のマルチレンズ１３１と第２のマルチレンズ１３２を経て、偏光変換素子１４で偏光状態をそろえされる。白色光はダイクロイックミラー１６０・１６１で構成される色分離手段によって、赤色、緑色、青色に分離される。赤色、緑色、青色に分離した各光束は、赤色用、緑色用、青色用の映像表示素子１７１、１７２、１７３に、合焦レンズ１５０とＣレンズ１５１、１５２と、リレーレンズ１５３、１５４、１５５によって、映像表示素子に照射される。各赤色用、緑色用、青色用の映像表示素子から出射した光束を色合成するのがクロスプリズム１９であり、色合成された白色光が投写レンズに入射する構成である。

【００２２】

図５７は、模式的に、映像表示素子とクロスプリズムと投写レンズ（凸レンズと凹レンズで構成）を経て光束が投写される様子を表している。

【００２３】

先の広角化に話を戻すと、広角化とは、投写レンズにとっては焦点距離を短くすることであり、単純には、投写レンズと映像表示素子の距離が短くなる。しかしながら、投写レンズと映像表示素子の間にはクロスプリズムが存在するので、通常は、投写レンズを凹凸の基本構成とする。このとき、投写レンズはレンズ枚数が増えると同時に、レンズ径も大きくなる。広角でレンズ径が大きい投写レンズは、背面ミラーで折り曲げた光束の光路が、投写レンズでけられる等の不具合が発生する。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２４】

図１を用いて、本発明の基本構成及び、その機能について説明する。図１では、映像表示素子に表示された画像を拡大投影する投写光学ユニットを、第１の拡大像を形成するための第１投写光学ユニットと、第１投写光学ユニットによって得られた第１の拡大像を更に拡大して第２の拡大像を形成するための、正の屈折力を持つ第２投写光学ユニットの２つのレンズ群で構成する。

【００２５】
第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットに分けたことで、全体のレンズ枚数は増えるが、第２投写レンズと第１拡大像の距離が短くできるので、第２投写光学ユニットを広角化しても、第２投写光学ユニットの大型化を防止できる。
【００２６】
第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットの接続の際の問題点について、図２を用いて説明する。
【００２７】
後で、具体的な投写光学ユニットの数値について説明するが、第１投写光学ユニットの実施例１は倍率３倍、第２投写光学ユニットの実施例１は倍率２７倍である。第１投写光学ユニットへの照明光学系からの入射光束のＦ値をＦ２．６７とすると、第１投写光学ユニットを出射した光束のＦ値は、Ｆ８となる。即ち、第１投写光学ユニットに入射したコーンアングル±１０．６度の光束は、第１投写光学ユニットを出射した後では、コーンアングル±３．６度の光束となる。光束の角度が小さくなっている分、第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットの瞳位置のずれで、光束量が大きく劣化する。瞳位置がずれれば、本来は瞳径も変化するのであるが、実質的な瞳の重なり／或いはずれの量を見積もるために、瞳位置を固定し、角度ずれ分、瞳を移動させた見積もりを実施した。
【００２８】
図２で、第１投写光学ユニットの瞳径を円１とし、第２投写光学ユニットの瞳径を円２とする。このとき、円１は数１で、円２は数２で表される。
【００２９】
（数１）$x^2+y^2=r^2$
【００３０】
（数２）$x^2+(y-\delta)^2=r^2$
円１と円２の重なる面積は、数３で示す円１の上側と、数４で示す円２の下側の式の差分を、２つの円の交点（x_0とする）の範囲で積分して求まる。
【００３１】
（数３）$y=\sqrt{(r^2-x^2)}$
【００３２】
（数４）$y=\delta-\sqrt{(r^2-x^2)}$
積分の式は、数５で求まるので、瞳が合致したときの面積$S_0=\pi r^2$に対する比率が求まる。なお、ｘ０は、数１と数２の交点で、数６で求まる。
【００３３】
（数５）$$S=\int\left|x\sqrt{(r^2-x^2)}-[\delta-\sqrt{(r^2-x^2)}]\right|dx$$
$$=[x\sqrt{(r^2-x^2)}+r^2\sin(x/r)-\delta x]$$
$$=2[x_0\sqrt{(r^2-x_0^2)}+r^2\sin(x_0/r)-\delta x_0]$$
【００３４】
（数６）$x_0=\pm\sqrt{(r^2-\delta^2/4)}$
例えば、$\delta/r=0.1$の場合で$S/S_0=93.6\%$、$\delta/r=0.2$の場合で$S/S_0=87.3\%$となる。
【００３５】
一方で、Ｆ８の場合は$\tan\theta=1/(2F)=0.00625$、角度ずれを０．１度とすると$\tan\theta=0.00175$となる。この場合、$\delta/r=0.00175/0.00625=0.028$であり、$S/S_0=98.2\%$となった。角度ずれが０．２度の場合でも同様に計算すると、$\tan\theta=0.00349$となる。この場合、$\delta/r=0.00349/0.00625=0.056$であり、$S/S_0=96.4\%$となった。一方、１度では、$\delta/r=0.279$であり、$S/S_0=82.3\%$にもなった。すなわち、第１拡大像側では、Ｆ値が映像表示素子側に比べて大きくしている分、角度ずれによる光量の減少が大きいことが分かる。
【００３６】

以下、本発明での第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットの具体的な数値実施例について説明する。先ず、第１投写光学ユニットの具体的な数値実施例について説明する。

〔実施例１－１〕

【００３７】

図３から図１２と表１を用いて第１投写光学ユニットの数値実施例１について説明する。図３は、第１投写光学ユニットの構成図と光線図である。映像表示素子からテレセントリックな状態で出射した光束が、第１拡大像側でテレセントリックに結像している様子がわかる。

【００３８】

表１は、レンズデータを示しており、面番号は物面を０、順に第１面から第２５面そして像面の順に並んでいる。曲率半径は光軸の右側に曲率の中心がある場合が正の値で逆の場合が負の値である。面間距離はレンズ面から次のレンズ面までの光軸上の距離である。

【００３９】

【表１】

表１

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	151.43541	4.5	1.492	57.9
3	41.1067	8.57	1	-
4	55.732	2	1.804	46.5
5	23	19.92	1	-
6	-41.105	4	1.847	23.8
7	89.12	5.02	1	-
8	324.7	10.5	1.699	30.1
9	-40.49	7.58	1	-
10	-24.0383	5	1.492	57.9
11	-26.22955	4.91	1	-
12	46.6	8	1.697	55.5
13	-550	31.98	1	-
14	292	3.72	1.847	23.8
15	-128.16	4.59	1	-
16	51	8.83	1.497	81.6
17	-24.397	2	1.847	23.8
18	51.75	1	1	-
19	44.4	9.34	1.497	81.6
20	-56.84	3.29	1	-
21	-23.11699	4.25	1.492	57.9
22	-23.67003	8.74	1	-
23	-28.03851	5	1.492	57.9
24	-39.44504	7.4	1	-
25	519.1	14.5	1.847	23.8
26	-57.15	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	9.38948E-06	-7.95089E-09	5.91417E-12	-2.59805E-15	5.89630E-19
2	0	4.23722E-06	-3.53822E-10	-1.05402E-11	8.59179E-15	-2.65268E-18
10	0	-1.29568E-05	3.41557E-08	-7.00521E-11	1.14632E-13	3.38777E-17
11	0	-7.83237E-06	2.34579E-08	-4.31157E-11	7.15221E-14	-4.96275E-18
21	0	5.67205E-05	-4.33455E-09	-7.23421E-11	8.13128E-14	1.01703E-16
22	0	7.17389E-05	-1.99623E-08	-6.95659E-12	-8.43203E-14	2.19098E-16
23	0	3.21282E-05	1.71080E-08	-2.88990E-11	-4.28861E-14	6.19433E-17
24	0	9.99976E-06	4.78000E-08	-6.05943E-11	-1.00246E-14	3.02143E-17

また、第２４面と第２５面が非球面であり、その断面形状は下記数７の非球面式で表され、その非球面係数は表の値である。

【００４０】

（数７）　$z=(y^2/r)/\{1+\sqrt{(1-(1+K)y^2/r^2)}\}+A\cdot h^4+B\cdot h^6+C\cdot h^8+D\cdot h^{10}+E\cdot h^{12}$

図４から図７が収差図である。図４は波長６５０ｎｍと５５０ｎｍと４５０ｎｍを一緒に表示した白色での収差図であり、色収差もわかる表示となっている。図５は波長６５０ｎｍでの赤色の収差図、図６は波長５５０ｎｍでの緑色の収差図、図７は波長４５０ｎｍでの青色の収差図である。単位は０．０５ｍｍであり、良好に収差補正されている様子がわかる。

【００４１】

図８は非点収差と歪曲率の図である。歪曲率は最大でも０．１％と良好な値を示してい

る。図９から図１２はスポット図である。図９は波長６５０ｎｍと５５０ｎｍと４５０ｎｍを一緒に表示した白色でのスポット図であり、色収差もわかる表示となっている。図１０は波長６５０ｎｍでの赤色のスポット図、図１１は波長５５０ｎｍでの緑色のスポット図、図１２は波長４５０ｎｍでの青色のスポット図である。単位は０．１ｍｍであり、良好に収差補正されている様子がわかる。

【００４２】

なお、スポット図にいては、赤色用映像表示素子と、緑色用映像表示素子と、青色用映像表示素子が独立の最適な位置に調整できるのでその、相当する位置でのスポットで表示した。

〔実施例１－２〕

【００４３】

図１３から図２２と表２を用いて第１投写光学ユニットの数値実施例２について説明する。図１３は、第１投写光学ユニットの構成図と光線図である。映像表示素子からテレセントリックな状態で出射した光束が、第１拡大像側でテレセントリックに結像している様子がわかる。

【００４４】

表２は、レンズデータを示しており、面番号は物面を０、順に第１面から第２５面そして像面の順に並んでいる。曲率半径は光軸の右側に曲率の中心がある場合が正の値で逆の場合が負の値である。面間距離はレンズ面から次のレンズ面までの光軸上の距離である。

【００４５】

【表２】

表２

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	89.321	4.5	1.492	57.9
3	37.603	10.055	1	-
4	47.306	2	1.804	46.5
5	22.79	19.167	1	-
6	-129.17	2	1.847	23.8
7	40.204	13.969	1	-
8	-699.91	6.78	1.699	30.1
9	-43.006	6.559	1	-
10	-25.482	4.623	1.492	57.9
11	-33.435	3.076	1	-
12	51.141	8	1.697	55.5
13	-119.455	31.336	1	-
14	91.47	4.764	1.847	23.8
15	128.458	3.522	1	-
16	36.118	10.542	1.497	81.6
17	-21.518	2	1.847	23.8
18	89.257	1.969	1	-
19	51.705	8.01	1.497	81.6
20	-102.338	3.795	1	-
21	-28.178	4.155	1.492	57.9
22	-25.14	4.867	1	-
23	-30.384	4.58	1.492	57.9
24	-48.312	10.231	1	-
25	445.05	14.5	1.847	23.8
26	-59.275	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	5.69978E-06	-1.03270E-09	-7.42610E-14	2.93660E-16	0.00000E+00
2	0	2.41874E-06	4.03182E-09	-6.48449E-12	4.69028E-16	0.00000E+00
10	0	-9.63220E-06	3.25708E-08	-5.09953E-11	1.11528E-13	0.00000E+00
11	0	-7.78930E-06	2.09417E-08	-2.71403E-11	4.67136E-14	0.00000E+00
21	0	3.33539E-05	2.78360E-08	-6.83261E-11	4.81959E-14	0.00000E+00
22	0	6.20605E-05	3.64150E-09	-5.23463E-11	7.32597E-14	0.00000E+00
23	0	3.55801E-05	6.89950E-09	-4.50025E-11	3.61050E-14	0.00000E+00
24	0	9.48511E-06	4.12848E-08	-6.74424E-11	2.87720E-14	0.00000E+00

また、第２４面と第２５面が非球面であり、その断面形状は上記数７に示した非球面式で表され、その非球面係数は表の値である。

【００４６】

図１４から図１７が収差図である。図１４は波長６５０ｎｍと５５０ｎｍと４５０ｎｍを一緒に表示した白色での収差図であり、色収差もわかる表示となっている。図１５は波長６５０ｎｍでの赤色の収差図、図１６は波長５５０ｎｍでの緑色の収差図、図１７は波長４５０ｎｍでの青色の収差図である。単位は０．０５ｍｍであり、良好に収差補正されている様子がわかる。

【００４７】

図１８は非点収差と歪曲率の図である。歪曲率は最大でも０．１％と良好な値を示している。図１９から図２２はスポット図である。図１９は波長６５０ｎｍと５５０ｎｍと４

５０ｎｍを一緒に表示した白色でのスポット図であり、色収差もわかる表示となっている。図２０は波長６５０ｎｍでの赤色のスポット図、図２１は波長５５０ｎｍでの緑色のスポット図、図２２は波長４５０ｎｍでの青色のスポット図である。単位は０．１ｍｍであり、良好に収差補正されている様子がわかる。

【００４８】

なお、スポット図にいては、赤色用映像表示素子と、緑色用映像表示素子と、青色用映像表示素子が独立の最適な位置に調整できるのでその、相当する位置でのスポットで表示した。

〔実施例１－３〕

【００４９】

図２３から図３２と表３を用いて第１投写光学ユニットの数値実施例３について説明する。図２３は、第１投写光学ユニットの構成図と光線図である。映像表示素子からテレセントリックな状態で出射した光束が、第１拡大像側でテレセントリックに結像している様子がわかる。

【００５０】

表３は、レンズデータを示しており、面番号は物面を０、順に第１面から第２５面そして像面の順に並んでいる。曲率半径は光軸の右側に曲率の中心がある場合が正の値で逆の場合が負の値である。面間距離はレンズ面から次のレンズ面までの光軸上の距離である。

【００５１】

【表３】

表３

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	94.38	4.57	1.492	57.9
3	36.448	8.539	1	-
4	39.735	2	1.804	46.5
5	21.85	20.884	1	-
6	-79.427	2	1.847	23.8
7	50.748	13.773	1	-
8	-143.365	7.961	1.699	30.1
9	-36.82	7.124	1	-
10	-24.37	4.827	1.492	57.9
11	-25.836	0.5	1	-
12	35.112	7.823	1.697	55.5
13	126.183	30.929	1	-
14	97.719	3.395	1.847	23.8
15	290.128	4.685	1	-
16	54.715	9.799	1.497	81.6
17	-21.399	2	1.847	23.8
18	101.576	1	1	-
19	49.763	10.27	1.497	81.6
20	-52.498	2.249	1	-
21	-26.914	4	1.492	57.9
22	-26.387	10.249	1	-
23	-27.334	4.722	1.492	57.9
24	-41.9	6.798	1	-
25	752.495	14.5	1.847	23.8
26	-57.145	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	7.39476E-06	-3.05169E-09	1.29568E-12	-7.78036E-17	0.00000E+00
2	0	3.70183E-06	2.30197E-09	-5.10070E-12	-8.28100E-17	0.00000E+00
10	0	-1.06004E-05	3.15151E-08	-4.62026E-11	8.91471E-14	0.00000E+00
11	0	-6.67002E-06	2.15127E-08	-2.85053E-11	4.76403E-14	0.00000E+00
21	0	3.70060E-05	2.62198E-08	-9.28702E-11	7.44670E-14	0.00000E+00
22	0	5.77088E-05	2.29302E-09	-5.01384E-11	4.35275E-14	0.00000E+00
23	0	3.55808E-05	6.89952E-09	-4.50025E-11	3.61050E-14	0.00000E+00
24	0	9.48511E-06	4.12848E-08	-6.74424E-11	2.87720E-14	0.00000E+00

また、第２４面と第２５面が非球面であり、その断面形状は上記数７に示した非球面式で表され、その非球面係数は表の値である。

【００５２】

図２４から図２７が収差図である。図２４は波長６５０ｎｍと５５０ｎｍと４５０ｎｍを一緒に表示した白色での収差図であり、色収差もわかる表示となっている。図２５は波長６５０ｎｍでの赤色の収差図、図２６は波長５５０ｎｍでの緑色の収差図、図２７は波長４５０ｎｍでの青色の収差図である。単位は０．０５ｍｍであり、良好に収差補正されている様子がわかる。

【００５３】

図２８は非点収差と歪曲率の図である。歪曲率は最大でも０．１％と良好な値を示している。図２９から図３２はスポット図である。図２９は波長６５０ｎｍと５５０ｎｍと４

５０ｎｍを一緒に表示した白色でのスポット図であり、色収差もわかる表示となっている。図３０は波長６５０ｎｍでの赤色のスポット図、図３１は波長５５０ｎｍでの緑色のスポット図、図３２は波長４５０ｎｍでの青色のスポット図である。単位は０．１ｍｍであり、良好に収差補正されている様子がわかる。

【００５４】

なお、スポット図にいては、赤色用映像表示素子と、緑色用映像表示素子と、青色用映像表示素子が独立の最適な位置に調整できるのでその、相当する位置でのスポットで表示した。

【００５５】

また、説明した各数値実施例での映像表示素子側から順位にレンズ玉をＬ１からＬ１３としたとき、凹レンズであるＬ１０の焦点距離ｆ凹と、凸レンズであるＬ１１からＬ１２の焦点距離ｆ凸の焦点距離は、レンズの全長Ｌで規格化し、それぞれ、以下の値である。

実施例１　　ｆ凹／Ｌ＝－０．１０８、ｆ凸／Ｌ＝０．１６０

実施例２　　ｆ凹／Ｌ＝－０．１１３、ｆ凸／Ｌ＝０．１７２

実施例３　　ｆ凹／Ｌ＝－０．１１４、ｆ凸／Ｌ＝０．１７４

次に、第２投写光学ユニットの具体的な数値実施例について説明する。

〔実施例２－１〕

【００５６】

以下本発明の実施例について図面を用いて説明する。図３３～４２に、本発明の一実施例である第２投写光学ユニットの説明図を示す。以下、図面を用いて説明するが、図３４～４２については、下記の表４～１２に示したデータから図３３と同様に理解できると思われるので、説明を略し、図３３を主にして説明する。

【００５７】

図３３で、左側の第１拡大像からさらに拡大する作用を有している。第２投写光学ユニットについても表のレンズデータを用いた光学計算をすれば、良好な光学性能でことは確認できる。

【００５８】

【表４】

表４

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	96.272	4.5	1.492	57.9
3	38.887	8.964	1	-
4	43.795	2	1.804	46.5
5	22.338	20.468	1	-
6	-71.685	3.071	1.847	23.8
7	58.915	13.317	1	-
8	-169.272	8	1.699	30.1
9	-39.983	7.921	1	-
10	-23.879	4.291	1.492	57.9
11	-25.361	0.5	1	-
12	38.048	7.315	1.697	55.5
13	256.247	32.33	1	-
14	126.489	3.501	1.847	23.8
15	-3032.738	3.95	1	-
16	51.373	9.554	1.497	81.6
17	-21.857	2	1.847	23.8
18	74.129	1	1	-
19	49.476	10.506	1.497	81.6
20	-42.937	2.409	1	-
21	-27.249	4	1.492	57.9
22	-29.701	7.318	1	-
23	-22.92	4.506	1.492	57.9
24	-33.036	8.325	1	-
25	551.053	14.5	1.847	23.8
26	-58.234	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	7.38138E-06	-3.26580E-09	1.33965E-12	-5.61360E-17	0.00000E+00
2	0	4.48905E-06	1.34351E-09	-5.30479E-12	9.24183E-16	0.00000E+00
10	0	-1.07520E-05	3.09272E-08	-5.01466E-11	1.04715E-13	0.00000E+00
11	0	-7.05928E-06	2.17856E-08	-3.02041E-11	5.61766E-14	0.00000E+00
21	0	3.26985E-05	2.07055E-08	-1.21388E-10	1.51111E-13	0.00000E+00
22	0	5.10620E-05	-1.09151E-08	-4.33841E-11	2.50678E-14	0.00000E+00
23	0	4.21419E-05	1.07177E-08	-7.00023E-11	9.94258E-14	0.00000E+00
24	0	1.90739E-05	2.37272E-08	-5.28854E-11	2.63355E-14	0.00000E+00

【００５９】

【表５】

表５

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	113.93	4.5	1.492	57.9
3	45.093	8.109	1	-
4	51.033	2	1.804	46.5
5	21.942	21.95	1	-
6	-51.995	4	1.847	23.8
7	103.239	11.853	1	-
8	-525.77	9.145	1.699	30.1
9	-40.819	7.066	1	-
10	-26.4	5	1.492	57.9
11	-27.754	0.5	1	-
12	36.254	6.799	1.697	55.5
13	119.678	32.821	1	-
14	179.013	3.814	1.847	23.8
15	-185.608	1.768	1	-
16	53.59	9.155	1.497	81.6
17	-23.188	2	1.847	23.8
18	57.622	1	1	-
19	48.5	9.393	1.497	81.6
20	-50.839	3.994	1	-
21	-27.136	4	1.492	57.9
22	-30.891	11.245	1	-
23	-26.713	5	1.492	57.9
24	-31.129	5.302	1	-
25	1923.53	14.5	1.847	23.8
26	-55.452	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	6.35181E-06	-1.32042E-09	1.50471E-13	3.56963E-16	0.00000E+00
2	0	2.11474E-06	3.98613E-09	-6.53463E-12	1.81474E-15	0.00000E+00
10	0	-1.02931E-05	2.51426E-08	-3.07743E-11	4.97740E-14	0.00000E+00
11	0	-6.27111E-06	1.91231E-08	-2.22236E-11	3.12476E-14	0.00000E+00
21	0	3.84969E-05	1.89479E-08	-8.63546E-11	6.18055E-14	0.00000E+00
22	0	4.98121E-05	1.03342E-09	-3.64562E-11	1.39570E-15	0.00000E+00
23	0	2.96909E-05	1.60940E-08	-5.19460E-11	4.73874E-14	0.00000E+00
24	0	1.78764E-05	2.25405E-08	-3.95436E-11	1.98088E-14	0.00000E+00

【００６０】

【表６】

表6

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	143.925	4.5	1.492	57.9
3	43.474	7.197	1	-
4	50.672	2	1.804	46.5
5	22.327	21.899	1	-
6	-46.727	2.746	1.847	23.8
7	94.009	9.626	1	-
8	389.86	11.056	1.699	30.1
9	-39.949	6.772	1	-
10	-27.861	5	1.492	57.9
11	-29.255	3.433	1	-
12	37.245	6.448	1.697	55.5
13	119.956	32.923	1	-
14	306.709	3.884	1.847	23.8
15	-113.027	1.318	1	-
16	61.97	8.832	1.497	81.6
17	-22.669	2	1.847	23.8
18	62.974	1	1	-
19	46.069	9.72	1.497	81.6
20	-49.622	2.796	1	-
21	-26.699	4	1.492	57.9
22	-31.09	9.238	1	-
23	-25.858	5	1.492	57.9
24	-31.863	9.113	1	-
25	719.259	14.5	1.847	23.8
26	-57.284	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	7.41310E-06	-3.13090E-09	1.39794E-12	-1.23509E-16	0.00000E+00
2	0	2.71372E-06	3.60725E-09	-7.37223E-12	2.17043E-15	0.00000E+00
10	0	-9.90995E-06	2.16060E-08	-2.64091E-11	3.54640E-14	0.00000E+00
11	0	-6.08815E-06	1.64517E-08	-1.85623E-11	2.22548E-14	0.00000E+00
21	0	3.88410E-05	1.81436E-08	-7.51838E-11	4.28144E-14	0.00000E+00
22	0	4.79896E-05	7.10203E-09	-2.55853E-11	-3.02056E-14	0.00000E+00
23	0	3.86814E-05	1.17892E-08	-4.90164E-11	4.60862E-14	0.00000E+00
24	0	2.66697E-05	1.56203E-08	-3.80999E-11	1.68612E-14	0.00000E+00

【００６１】

【表７】

表７

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	136.746	4	1.492	57.9
3	40.121	2.48	1	-
4	35.297	2	1.816	46.6
5	23.305	24.305	1	-
6	-79.026	2	1.847	23.8
7	35.805	10.617	1	-
8	666.731	8.724	1.699	30.1
9	-39.205	4.712	1	-
10	-30.553	4.875	1.492	57.9
11	-36.63	15.682	1	-
12	66.376	8	1.697	55.5
13	-76.974	30.054	1	-
14	112.963	3.411	1.847	23.8
15	555.875	1.61	1	-
16	59.77	8.285	1.497	81.6
17	-21.498	2	1.847	23.8
18	53.871	1	1	-
19	46.012	8.992	1.497	81.6
20	-53.112	2.605	1	-
21	-25.52	4	1.492	57.9
22	-32.492	14.213	1	-
23	-41.591	4	1.492	57.9
24	-39.263	2.603	1	-
25	264.351	12.915	1.847	23.8
26	-74.144	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	9.58608E-06	-4.08266E-09	1.14741E-12	1.33697E-16	0.00000E+00
2	0	6.03412E-06	7.67505E-09	-1.54579E-11	4.48365E-15	0.00000E+00
10	0	-1.48267E-05	1.70970E-08	-2.70638E-11	5.19430E-14	0.00000E+00
11	0	-1.09467E-05	1.37712E-08	-1.59448E-11	2.72140E-14	0.00000E+00
21	0	5.18069E-05	-1.43694E-08	-6.06068E-11	9.54935E-14	0.00000E+00
22	0	5.15159E-05	-8.36696E-09	-6.37484E-11	6.78810E-14	0.00000E+00
23	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【００６２】

【表８】

表８

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	107.53	4	1.492	57.9
3	33.362	15.688	1	-
4	44.967	2	1.816	46.6
5	20.233	21.647	1	-
6	-55.919	4	1.847	23.8
7	55.019	3.687	1	-
8	151.307	9.724	1.699	30.1
9	-33.547	3.766	1	-
10	-29.697	5	1.492	57.9
11	-37.675	1.896	1	-
12	41.345	6.171	1.697	55.5
13	50488.451	31.142	1	-
14	53.4	3.805	1.847	23.8
15	189.029	4.721	1	-
16	60.669	8.982	1.497	81.6
17	-21.111	2	1.847	23.8
18	56.435	1	1	-
19	45.623	9.622	1.497	81.6
20	-54.328	0.5	1	-
21	-161.376	4	1.492	57.9
22	5879.089	16.449	1	-
23	-55.002	4	1.492	57.9
24	-58.343	2.158	1	-
25	1113.132	14.041	1.847	23.8
26	-58.123	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	1.08587E-05	-5.70653E-09	1.53202E-12	1.28148E-16	0.00000E+00
2	0	8.60370E-06	8.50188E-09	-1.82568E-11	5.41080E-15	0.00000E+00
10	0	-3.32482E-06	1.03728E-08	4.75247E-12	6.69849E-14	0.00000E+00
11	0	-3.70398E-06	2.45996E-09	1.46863E-11	7.83244E-15	0.00000E+00
21	0	2.00195E-06	1.30050E-08	2.05974E-11	-3.51437E-14	0.00000E+00
22	0	1.23852E-05	7.76720E-09	-6.56793E-12	2.03190E-14	0.00000E+00
23	0	-1.47407E-05	9.35306E-09	3.35208E-12	-3.15128E-14	0.00000E+00
24	0	-1.46684E-05	9.54830E-09	5.86675E-12	-1.20468E-14	0.00000E+00

【００６３】

【表９】

表９

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	107.697	4	1.492	57.9
3	34.176	13.434	1	-
4	58.628	2	1.816	46.6
5	22.741	20.847	1	-
6	-41.577	2	1.847	23.8
7	74.865	3.59	1	-
8	189.577	11.314	1.702	34.6
9	-37.603	3.582	1	-
10	-30.045	4	1.492	57.9
11	-37.921	0.5	1	-
12	56.028	9.027	1.74	50
13	-132.433	32.399	1	-
14	237.475	3.615	1.847	23.8
15	-78.584	7.141	1	-
16	137.917	7.227	1.497	81.6
17	-19.111	2	1.847	23.8
18	67.721	1.104	1	-
19	48.947	9.502	1.497	81.6
20	-39.443	0.5	1	-
21	260.671	4	1.492	57.9
22	61.197	6.717	1	-
23	-184.323	4	1.492	57.9
24	-101.106	14.412	1	-
25	174.931	13.09	1.847	23.8
26	-82.338	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	9.87981E-06	-5.53910E-09	1.87701E-12	-4.73542E-17	0.00000E+00
2	0	7.75122E-06	5.03342E-09	-1.29693E-11	4.91184E-16	0.00000E+00
10	0	-1.21775E-06	-9.24022E-10	6.55637E-12	2.25956E-14	0.00000E+00
11	0	-1.11169E-07	-2.33462E-09	1.14346E-11	5.76967E-15	0.00000E+00
21	0	-2.15266E-06	3.63555E-10	1.91034E-11	-1.80540E-14	0.00000E+00
22	0	-2.07711E-06	3.40073E-09	-4.01429E-12	8.60232E-16	0.00000E+00
23	0	-1.20097E-05	3.34151E-09	-1.40100E-12	6.72588E-15	0.00000E+00
24	0	-5.61406E-06	-2.18317E-09	1.44287E-11	1.79912E-14	0.00000E+00

【００６４】

【表１０】

表１０

Surface	Rd	TH	nd	νd
1	Infinity	596		
2	99.811	4	1.492	57.9
3	34.003	14.034	1	-
4	48.218	2	1.816	46.6
5	22.314	20.907	1	-
6	-41.696	7.459	1.847	23.8
7	56.843	3.629	1	-
8	170.607	8.178	1.828	33.8
9	-64.265	0.979	1	-
10	286.843	5	1.492	57.9
11	-210.251	2.792	1	-
12	65.577	8.616	1.813	35.9
13	-111.102	30.904	1	-
14	354.585	4.377	1.847	23.8
15	-61.589	3.012	1	-
16	162.902	7.707	1.497	81.6
17	-19.031	2	1.847	23.8
18	54.095	1	1	-
19	56.209	7.531	1.497	81.6
20	-43.366	4.063	1	-
21	94.473	4	1.492	57.9
22	48.444	5.239	1	-
23	1172.561	5.454	1.492	57.9
24	-109.747	14.491	1	-
25	177.551	12.628	1.847	23.8
26	-87.026	5	1	-
27	Infinity	-	-	-

Surface	非球面係数					
	K	A	B	C	D	E
1	0	1.11939E-05	-5.42582E-09	1.39594E-12	1.98686E-16	0.00000E+00
2	0	9.65213E-06	8.27956E-09	-1.20252E-11	-3.52677E-15	0.00000E+00
10	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
11	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
21	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
22	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
23	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24	0	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【００６５】

【表１１】

表１１

	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5
f_0/f_1	-1.887	-1.627	-1.592	-1.565	-1.602
f_0/f_2	0.684	0.633	0.635	0.630	0.635
f_0/f_3	0.385	0.370	0.382	0.382	0.396
f_0/f_{11}	-0.198	-0.170	-0.187	-0.170	-0.149
f_0/f_{12}	-0.462	-0.409	-0.365	-0.393	-0.470
f_0/f_{13}	-0.708	-0.647	-0.642	-0.617	-0.577
f_0/f_{21}	0.444	0.343	0.325	0.306	0.356
f_0/f_{22}	-0.010	-0.086	0.002	-0.001	0.005
f_0/f_{23}	0.373	0.443	0.344	0.367	0.321
f_0/f_{31}	0.220	0.066	0.135	0.162	0.215
f_0/f_{32}	-0.091	-0.026	-0.150	-0.128	-0.119
f_0/f_{33}	-0.481	-0.405	-0.388	-0.431	-0.469
f_0/f_{34}	0.446	0.330	0.436	0.482	0.450
f_0/f_{35}	0.018	0.071	0.030	-0.016	-0.033
f_0/f_{36}	-0.100	-0.127	-0.129	-0.130	-0.038
f_0/f_{37}	0.377	0.372	0.368	0.371	0.365
T_{2-3}	31.980	31.336	30.929	32.330	32.821
$D_{30}/2$	11.000	10.713	10.880	10.982	11.000
$D_{21}/2$	15.000	14.924	15.000	15.102	15.015
$(D_{30}+D_{21})/2$	26.000	25.638	25.880	26.084	26.015
f_{L22L23}	-51.151	-102.625	-69.193	-60.959	-52.115
S1変曲点	1	0	0	0	0
S2変曲点	0	1	0	0	1
S10変曲点	0	0	0	0	0
S11変曲点	0	0	0	0	0
S21変曲点	2	1	1	1	1
S22変曲点	2	1	1	1	1
S23変曲点	2	1	2	2	2
S24変曲点	2	1	2	2	2

【００６６】

【表１２】

表１２

	DATA6	DATA7	DATA8	DATA9	DATA10
f_0/f_1	-1.726	-1.667	-2.201	-2.147	-2.249
f_0/f_2	0.658	0.633	0.793	0.789	0.850
f_0/f_3	0.396	0.364	0.360	0.373	0.379
f_0/f_{11}	-0.180	-0.197	-0.231	-0.223	-0.216
f_0/f_{12}	-0.452	-0.255	-0.495	-0.496	-0.440
f_0/f_{13}	-0.636	-0.804	-0.722	-0.742	-0.848
f_0/f_{21}	0.426	0.419	0.557	0.508	0.405
f_0/f_{22}	0.004	-0.045	-0.064	-0.065	0.093
f_0/f_{23}	0.308	0.442	0.390	0.426	0.448
f_0/f_{31}	0.237	0.139	0.268	0.332	0.374
f_0/f_{32}	-0.159	-0.171	-0.180	-0.338	-0.354
f_0/f_{33}	-0.453	-0.502	-0.497	-0.484	-0.536
f_0/f_{34}	0.465	0.452	0.449	0.507	0.458
f_0/f_{35}	-0.042	-0.077	-0.072	-0.141	-0.111
f_0/f_{36}	-0.060	0.025	-0.007	0.052	0.113
f_0/f_{37}	0.368	0.334	0.355	0.343	0.330
T_{2-3}	32.923	30.054	31.142	32.399	30.904
$D_{30}/2$	11.000	10.899	11.000	8.063	8.062
$D_{21}/2$	15.000	15.000	15.013	21.022	20.953
$(D_{30}+D_{21})/2$	26.000	25.899	26.013	29.086	29.015
f_{L22L23}	-50.295	-44.154	-44.895	-36.746	-32.173
S1変曲点	0	0	0	0	0
S2変曲点	1	1	0	1	1
S10変曲点	0	0	1	1	0
S11変曲点	0	0	0	1	0
S21変曲点	1	1	1	0	0
S22変曲点	1	1	0	0	0
S23変曲点	2	0	0	0	0
S24変曲点	2	0	0	1	0

以下、第１投写光学ユニットの実施例１と、第２投写光学ユニットの実施例１を組み合わせた例について、図４３から図５５を用いた説明する。図４３は、構成図であり、ＹＺ断面で第１投写光学ユニットに対して、第１投写光学ユニットを９．８ｍｍ偏心させている。この目的は、背面投写の際のコンパクトはレイアウトのためである。図４４は、物点の説明図である。第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを偏心させた結果、回転対称ではなくなるので、映像表示素子の上下左右の点と、途中の点を物点として設定した。

【００６７】

図４５から図４８が収差図である。図４５は波長６５０ｎｍと５５０ｎｍと４５０ｎｍを一緒に表示した白色での収差図であり、色収差もわかる表示となっている。図４６は波長６５０ｎｍでの赤色の収差図、図４７は波長５５０ｎｍでの緑色の収差図、図４８は波長４５０ｎｍでの青色の収差図である。単位は０．０５ｍｍであり、良好に収差補正されている様子がわかる。

【００６８】

図４９から図５１は歪曲に関する説明図である。図４９は、通常の歪曲をＹ軸方向の上下で表示した図である。第１投写光学ユニットと偏心させた第２投写光学ユニットの比較のために、第１投写光学ユニットは像高に対する表示を、第２投写光学ユニットは物高に対する表示を行っている。ＹＺ断面では、図４９のように９．８ｍｍずれして比較すれば良い。ＹＺ断面以外では、それぞれ、第１投写光学ユニットの光軸と第２投写光学ユニットの光軸からの距離で換算する必要がある。図５０がその換算図である。図５１ＴＶ表示

歪曲収差の説明図である。計算値において、線分（１）（２）を基準として線分（４）（５）が０．０２％、線分（１）（２）を基準として線分（７）（８）が０．０１％、線分（１）（３）を基準として線分（２）（５）が－０．０２％、線分（１）（７）を基準として線分（２）（８）が０．０２％と非常に小さい値を実現している。

【００６９】

また、実測においては、ＴＶ枠に対応する矩形枠の変形で歪曲は測定される。具体的には、Ｙ方向は、左右の縦線の平均値に対する中央の縦線で定義されるので、線分（４）（７）に対する線分（５）（８）であり先の－０．０２％と０．０２％の平均値に相当するので、更に小さな値となる。Ｘ方向は上下の横線の平均値に対する中央の横線で定義されるので、ほぼ、先に説明した計算値に等しい値となる。

【００７０】

図５２から図５５はスポット図である。図５２は波長６５０ｎｍと５５０ｎｍと４５０ｎｍを一緒に表示した白色でのスポット図であり、色収差もわかる表示となっている。図５３は波長６５０ｎｍでの赤色のスポット図、図５４は波長５５０ｎｍでの緑色のスポット図、図５５は波長４５０ｎｍでの青色のスポット図である。単位は０．１ｍｍであり、良好に収差補正されている様子がわかる。

【００７１】

なお、スポット図にいては、赤色用映像表示素子と、緑色用映像表示素子と、青色用映像表示素子が独立の最適な位置に調整できるのでその、相当する位置でのスポットで表示した。

【００７２】

以上の説明のように、第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットの組合せにおいても良好が光学性能を有していることがわかる。

【００７３】

また、本発明の投写型光学ユニット２１０は、正の屈折力を有する第１レンズ群と第２レンズ群を含むので、クロスプリズム２７により合成された映像を第１レンズ群２２でフィールドレンズ２３の近傍に倒立像（第１の拡大像）として結像し、この倒立像を第２レンズ群でスクリーン上に正立像（第２の拡大像）として投写する。一般の投写型カラー映像表示装置では、スクリーン状に投写された投写像は映像表示素子上の映像に対して倒立しているが、本発明では正立する特徴を備えている。

【００７４】

本発明の投写型カラー映像表示装置においては、第２投写光学ユニットの光軸を第１投写光学ユニットの光軸に対して、例えばＸＺ平面において略Ｘ軸の正方向に偏心させる。これにより、スクリーン下端から底面までの距離が短いコンパクトなセットが実現できる。さらに第２投写光学ユニットの投写距離を短縮するとともに上記とは逆側に偏心させることでコンパクトなセットが実現できる。

【００７５】

すなわち、照明光学系と第１投写光学ユニットは共用化し、第２投写光学ユニットの投写距離や両者の偏心量だけを変更することで全く異なったフォルムのセットを実現できる。このため、セットの機種展開を最小限の金型投資にて実現できるので開発効率に優れている。

【００７６】

さらに、第２投写光学ユニットの光軸を第１投写光学ユニットの光軸に対して、例えばＸＺ平面においてＺ軸方向に偏心させることで、第２投写光学ユニットをスクリーン画面中央に配置する必要がなくなる。これにより、セット内部のレイアウトの自由度が増すのでよりコンパクトなセットが実現できる。

【００７７】

一方、透過型液晶パネルの有効画面サイズが変わっても、照明光学系の一部の変更と、第１投写光学ユニットのみ変更するだけで、同一のフォルムのセットにそのまま適用可能となるのでセットの開発効率が優れた投写光学ユニットが実現できる。

【００７８】
第１投写光学ユニットにより得られる拡大像の倍率は、使用する映像表示素子の有効画面サイズにより異なるが２倍から７倍程度がよい。第１投写光学ユニットから結像位置までの距離を最適な範囲内に抑え、かつ第１及び第２投写光学ユニットのレンズ外形を製造可能な範囲とするためには、２倍から５倍以内にすると更に良い。
【００７９】
また、第２投写光学ユニットの光軸を第１投写光学ユニットの光軸に対してＸＺ平面上に偏心させ、この偏心量を適宜選択する。こうすることで、たとえば、透過型スクリーンに対する偏心量を任意に変更できる。従って、同一画面サイズでもセットのフォルムを自由に変更でき、デザインの自由度が大幅に向上する。
【００８０】
以上、本発明の照明光学系について透過型液晶パネルを用いた場合について説明したが、映像表示素子として反射形液晶パネルを用いる場合においても、映像が合成されたあとにおいては、本発明の投写光学ユニットが適用可能であることは言うまでもない。
【００８１】
なお、本発明による投写光学ユニットは、背面投写型カラー映像表示装置に限定されるものではなく、スクリーンの前面から投写する前面投写型カラー映像表示装置に適用できるのは、いうまでもないことである。
【００８２】
以上の通り、本発明の投写光学ユニットによれば、高倍率化してもセットのコンパクト化に必要な超広画角化とハイフォーカス化が両立できる。また使用する映像表示素子の有効画面サイズが変わっても投写光学ユニットの一部を変更することで対応が可能となるので、これを採用したカラー映像表示装置や背面投写型カラー映像表示装置では、セットのサイズ展開、映像表示素子の有効表示領域の変更に伴う機種展開に対する開発コストを低減できるという従来にない大きなメリットを得ることができる。
【図面の簡単な説明】
【００８３】
【図１】本発明に係る投写光学ユニットの構成図
【図２】角度ずれによる瞳のずれの見積もり図
【図３】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の構成図
【図４】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の白色の収差図
【図５】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の赤色の収差図
【図６】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の緑色の収差図
【図７】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の青色の収差図
【図８】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の非点収差と歪曲の図
【図９】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の白色のスポット図
【図１０】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の赤色のスポット図
【図１１】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の緑色のスポット図
【図１２】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例１の青色のスポット図
【図１３】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の構成図
【図１４】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の白色の収差図
【図１５】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の赤色の収差図
【図１６】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の緑色の収差図
【図１７】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の青色の収差図
【図１８】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の非点収差と歪曲の図
【図１９】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の白色のスポット図
【図２０】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の赤色のスポット図
【図２１】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の緑色のスポット図
【図２２】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例２の青色のスポット図
【図２３】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の構成図

【図２４】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の白色の収差図
【図２５】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の赤色の収差図
【図２６】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の緑色の収差図
【図２７】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の青色の収差図
【図２８】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の非点収差と歪曲の図
【図２９】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の白色のスポット図
【図３０】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の赤色のスポット図
【図３１】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の緑色のスポット図
【図３２】本発明に係る第１投写光学ユニットの実施例３の青色のスポット図
【図３３】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例１の構成図
【図３４】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例２の構成図
【図３５】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例３の構成図
【図３６】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例４の構成図
【図３７】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例５の構成図
【図３８】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例６の構成図
【図３９】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例７の構成図
【図４０】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例８の構成図
【図４１】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例９の構成図
【図４２】本発明に係る第２投写光学ユニットの実施例１０の構成図
【図４３】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた構成図
【図４４】物点の説明図
【図４５】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた白色の収差図
【図４６】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた赤色の収差図
【図４７】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた緑色の収差図
【図４８】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた青色の収差図
【図４９】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた歪曲の説明図
【図５０】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた歪曲の補足説明図
【図５１】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた歪曲の実測の説明図
【図５２】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた白色のスポット図
【図５３】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた赤色のスポット図
【図５４】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた緑色のスポット図
【図５５】本発明に係る第１投写光学ユニットと第２投写光学ユニットを組み合わせた青色のスポット図
【図５６】照明光学系の構成図
【図５７】従来のレトロフォーカス型の投写レンズの基本構成図

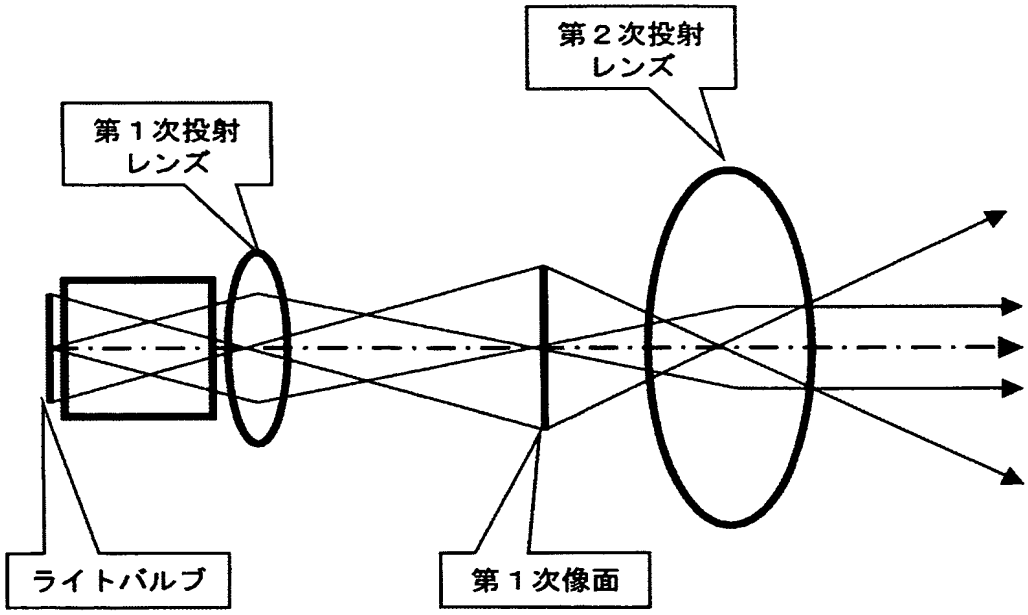
【符号の説明】

【００８４】

１…第１レンズ群、２…第２レンズ群、３…第３レンズ群。

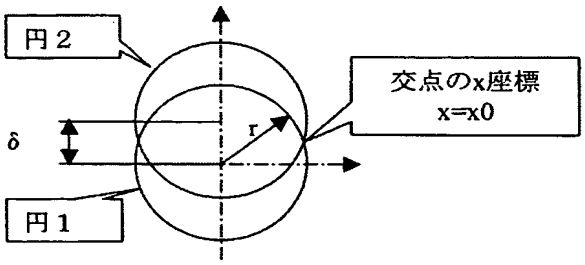
【書類名】図面
【図１】

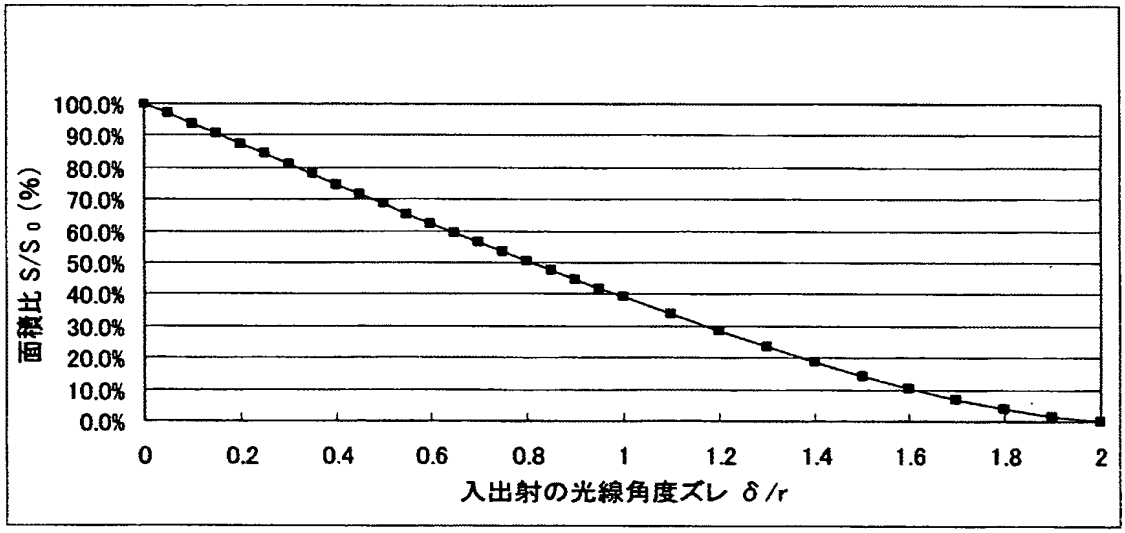
図１



【図２】

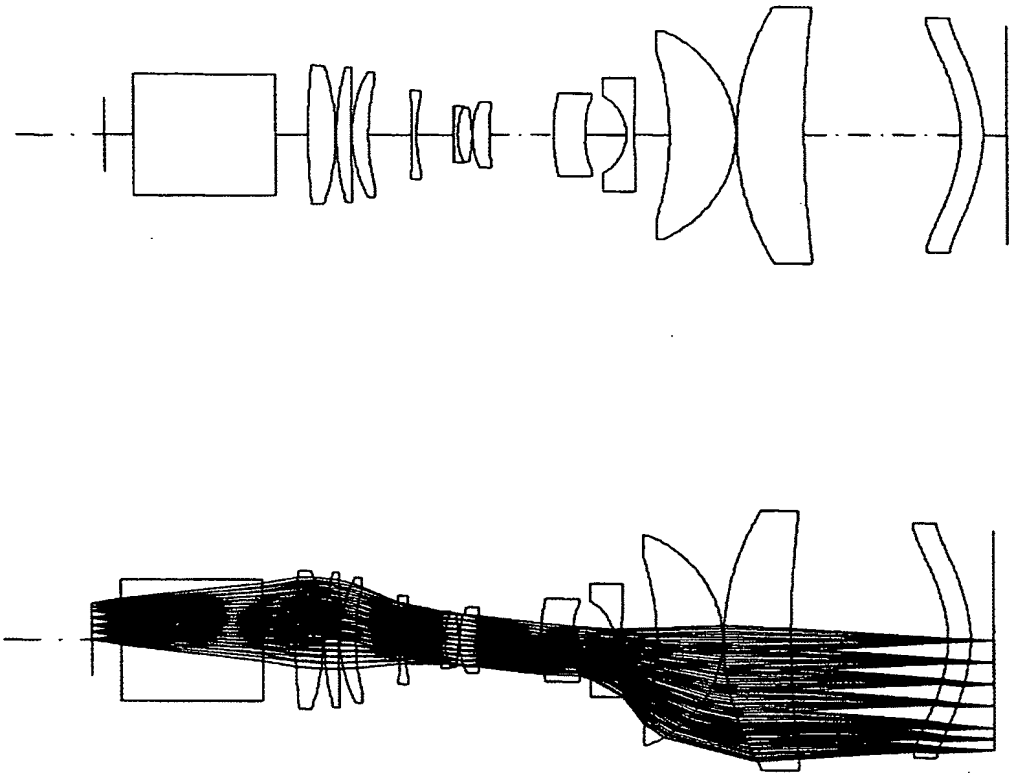
図２


円２
交点のx座標
x=x0
δ
r
円１


面積比 S/S₀ (%)
100.0%
90.0%
80.0%
70.0%
60.0%
50.0%
40.0%
30.0%
20.0%
10.0%
0.0%
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
入出射の光線角度ズレ δ/r

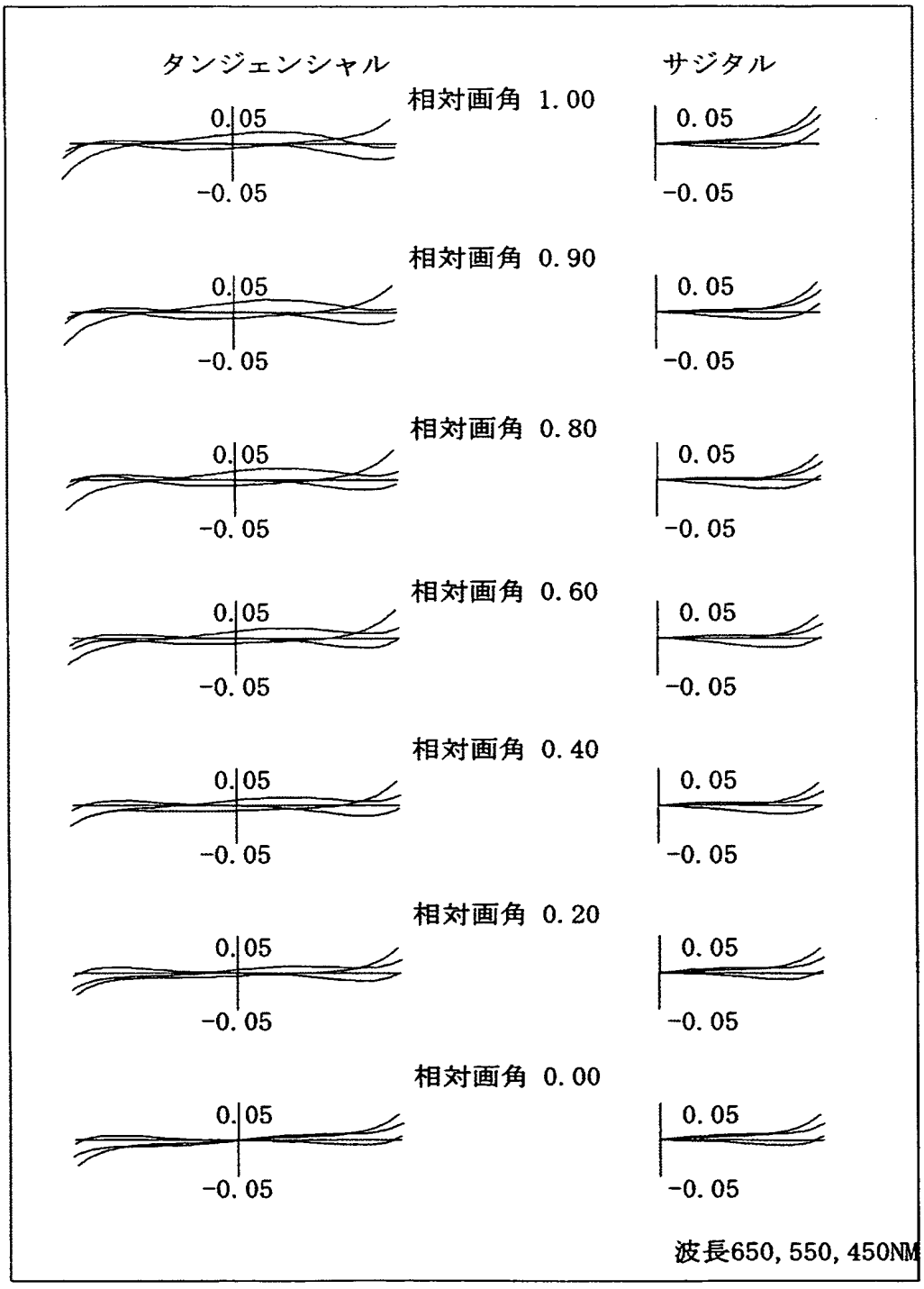
【図３】

図３



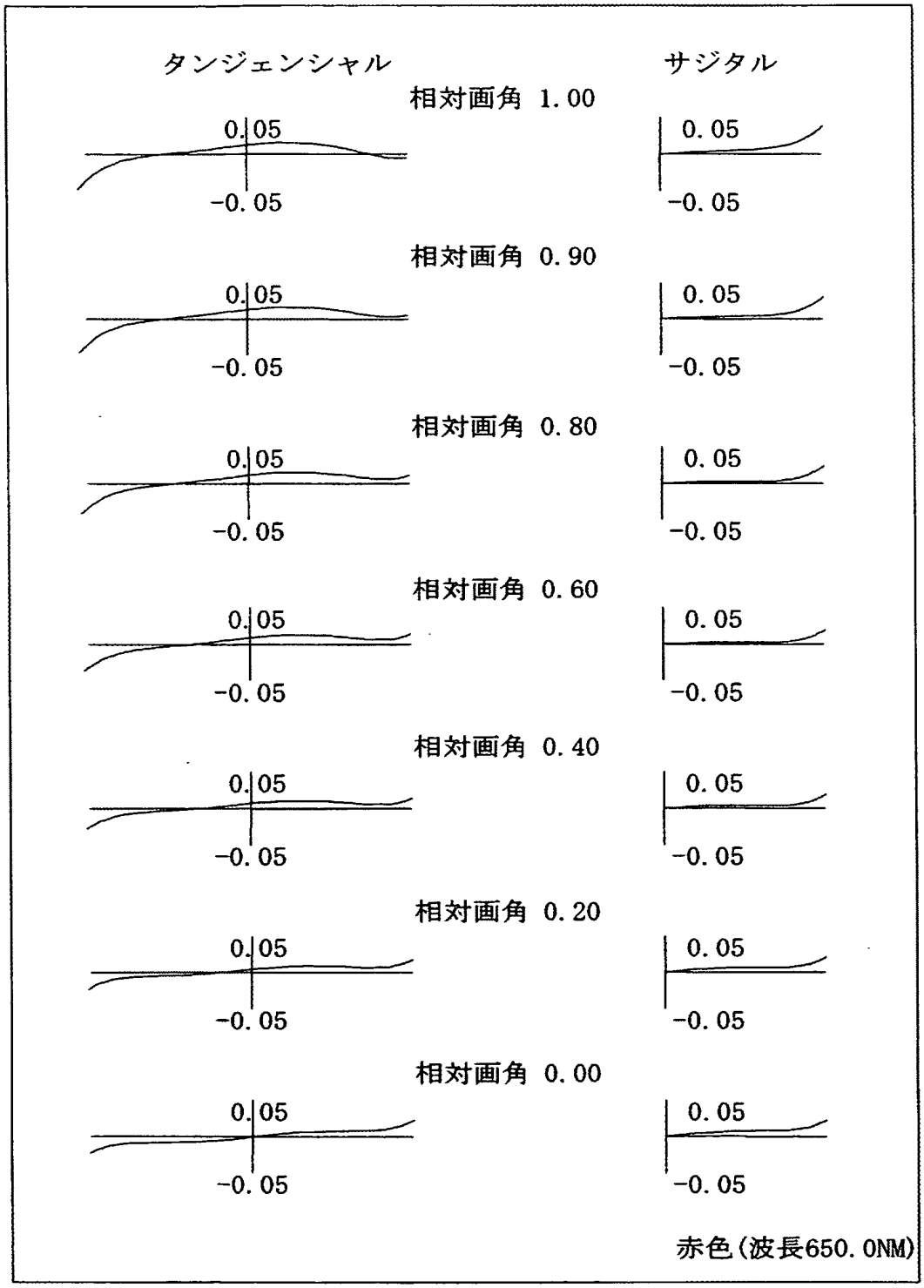
【図４】

図４


タンジェンシャル
サジタル
相対画角 1.00
相対画角 0.90
相対画角 0.80
相対画角 0.60
相対画角 0.40
相対画角 0.20
相対画角 0.00
0.05
-0.05
波長650, 550, 450NM

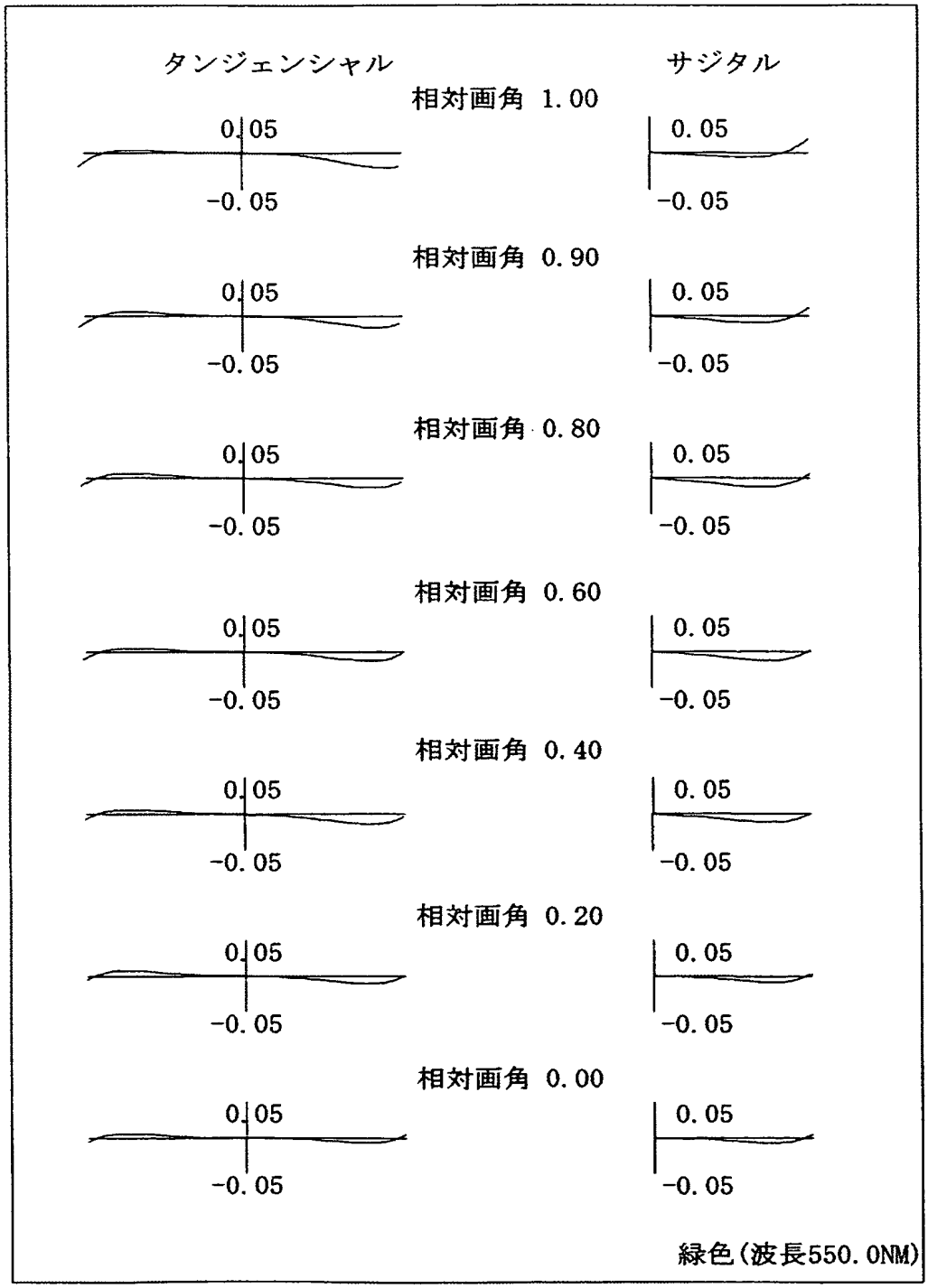
【図５】

図５


タンジェンシャル
サジタル
相対画角 1.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.90
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.80
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.60
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.40
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.20
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
赤色(波長650.0NM)

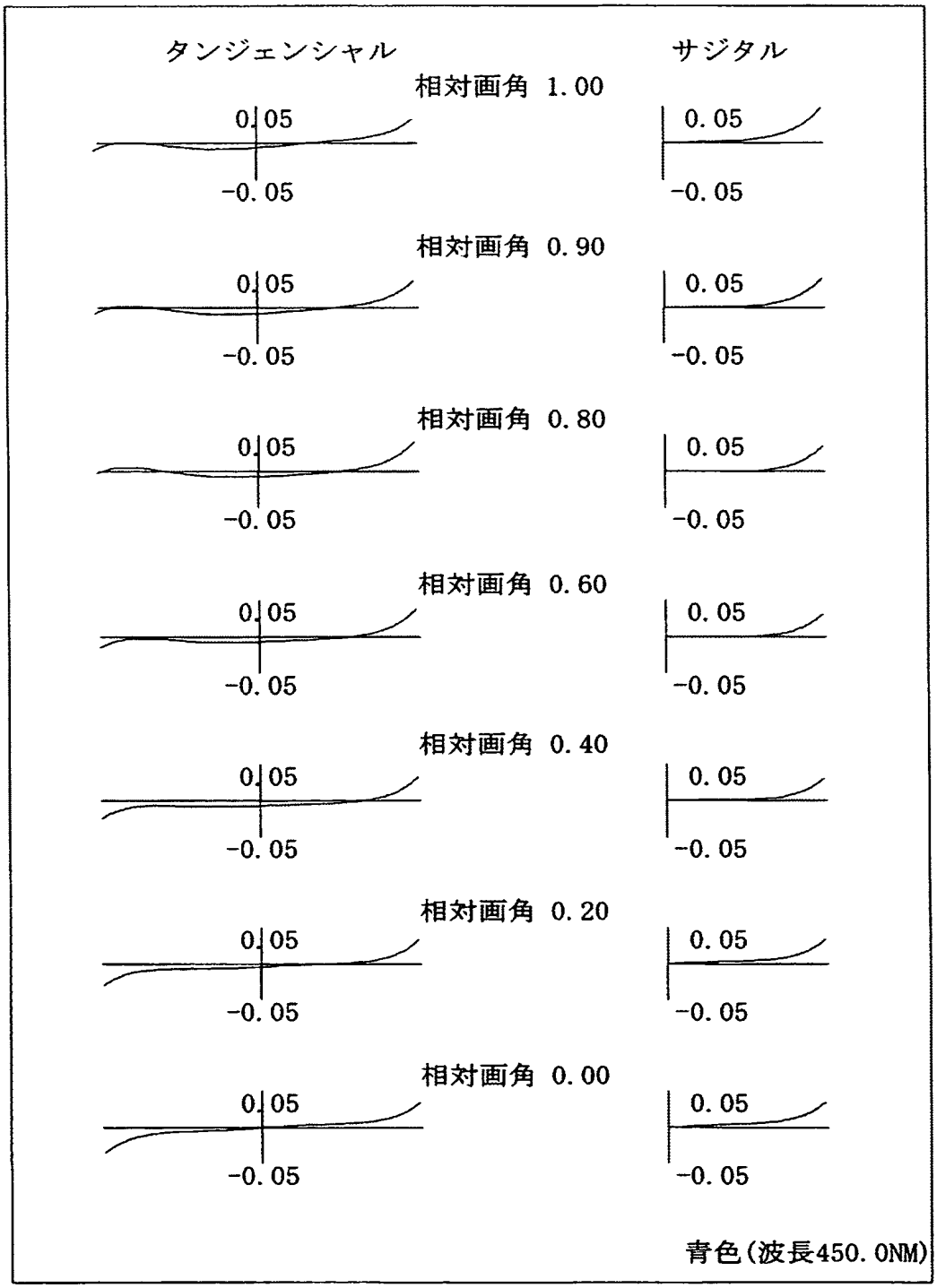
【図６】

図６


タンジェンシャル
サジタル
相対画角 1.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.90
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.80
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.60
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.40
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.20
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
緑色(波長550.0NM)

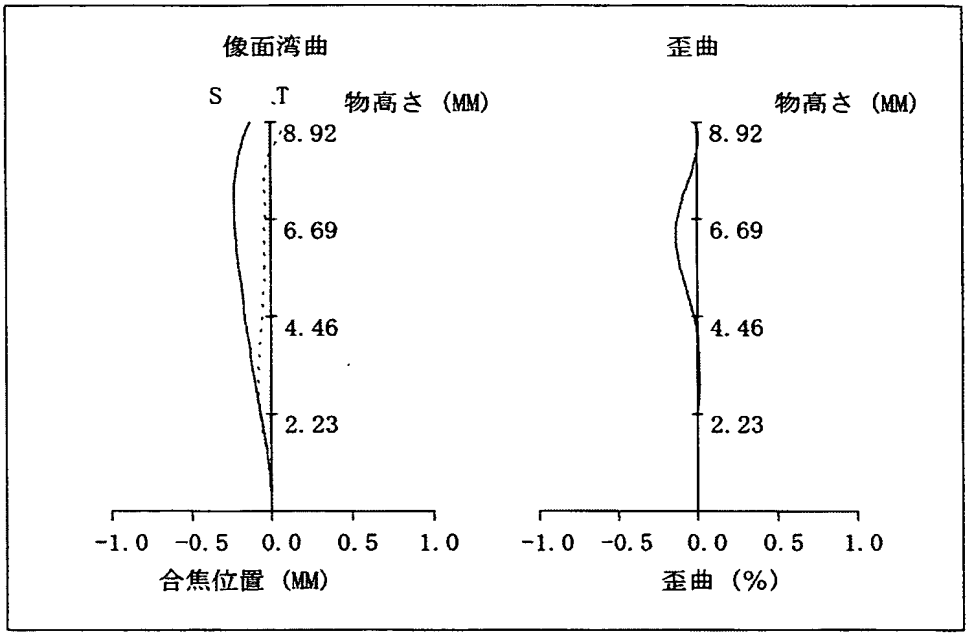
【図７】

図７


タンジェンシャル
サジタル
相対画角 1.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.90
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.80
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.60
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.40
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.20
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
青色(波長450.0NM)

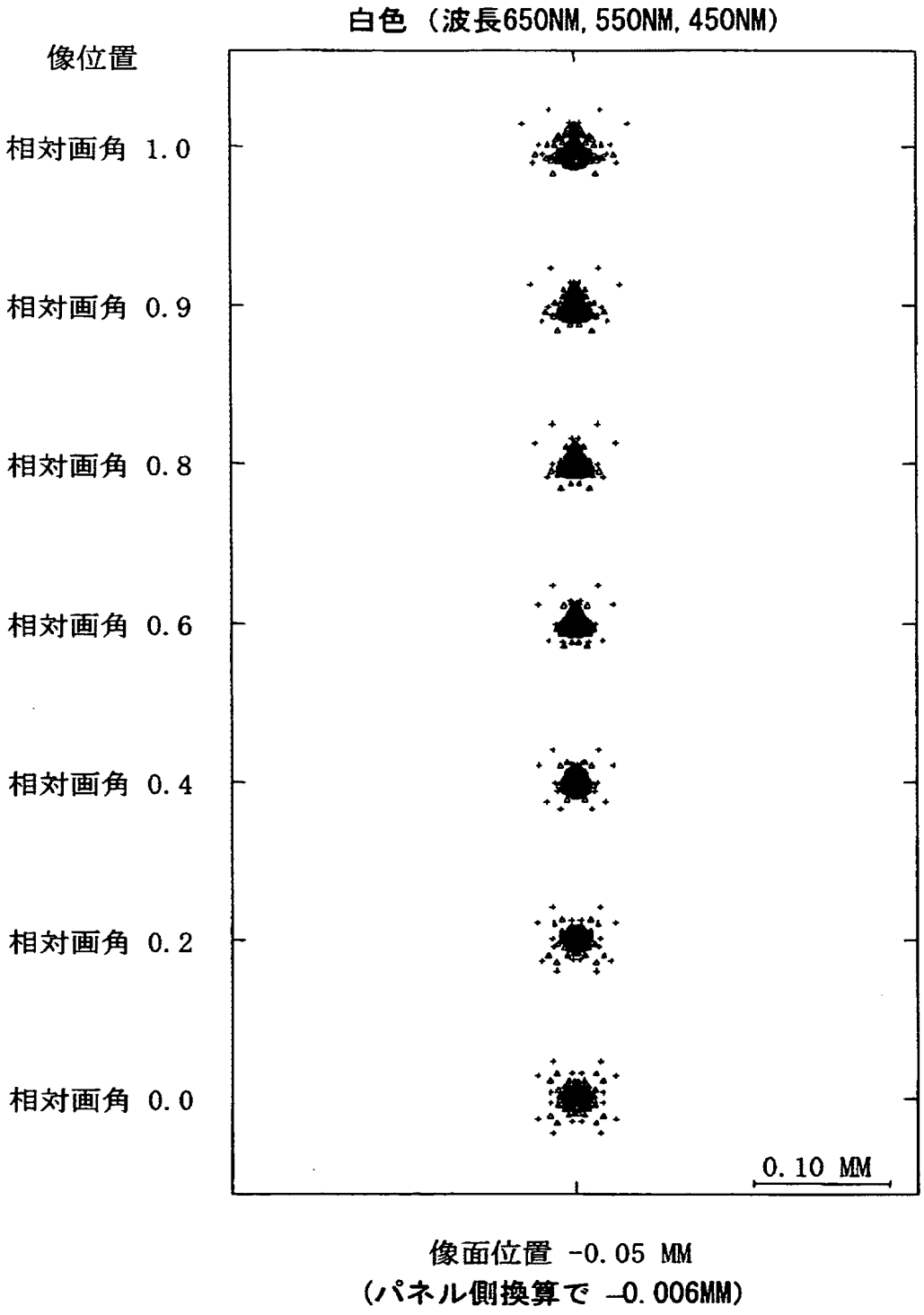
【図８】

図８


像面湾曲
S
T
物高さ（MM）
8.92
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
合焦位置（MM）
歪曲
物高さ（MM）
8.92
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
歪曲（%）

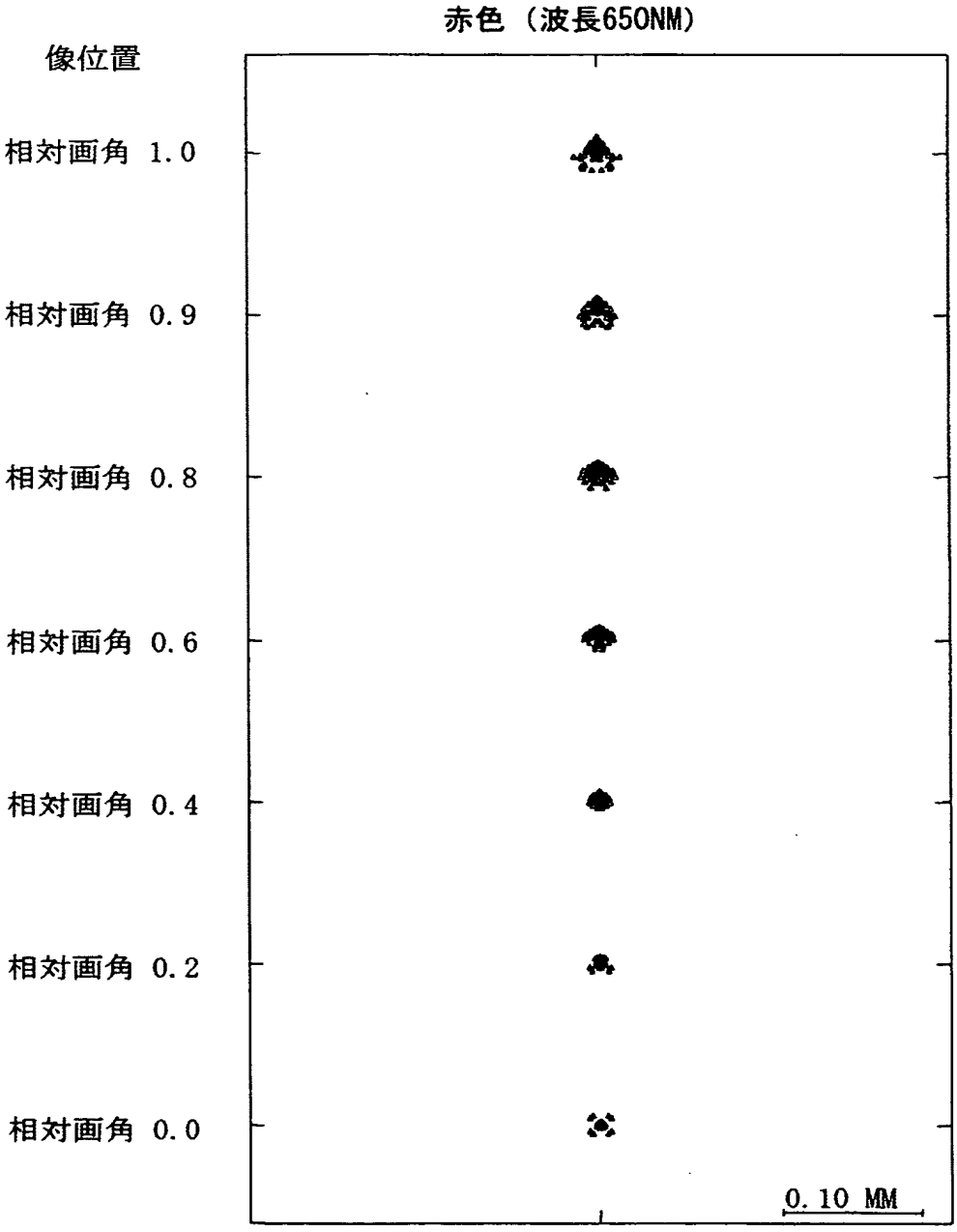
【図９】

図９


白色（波長650NM, 550NM, 450NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 -0.05 MM
（パネル側換算で -0.006MM）

【図１０】

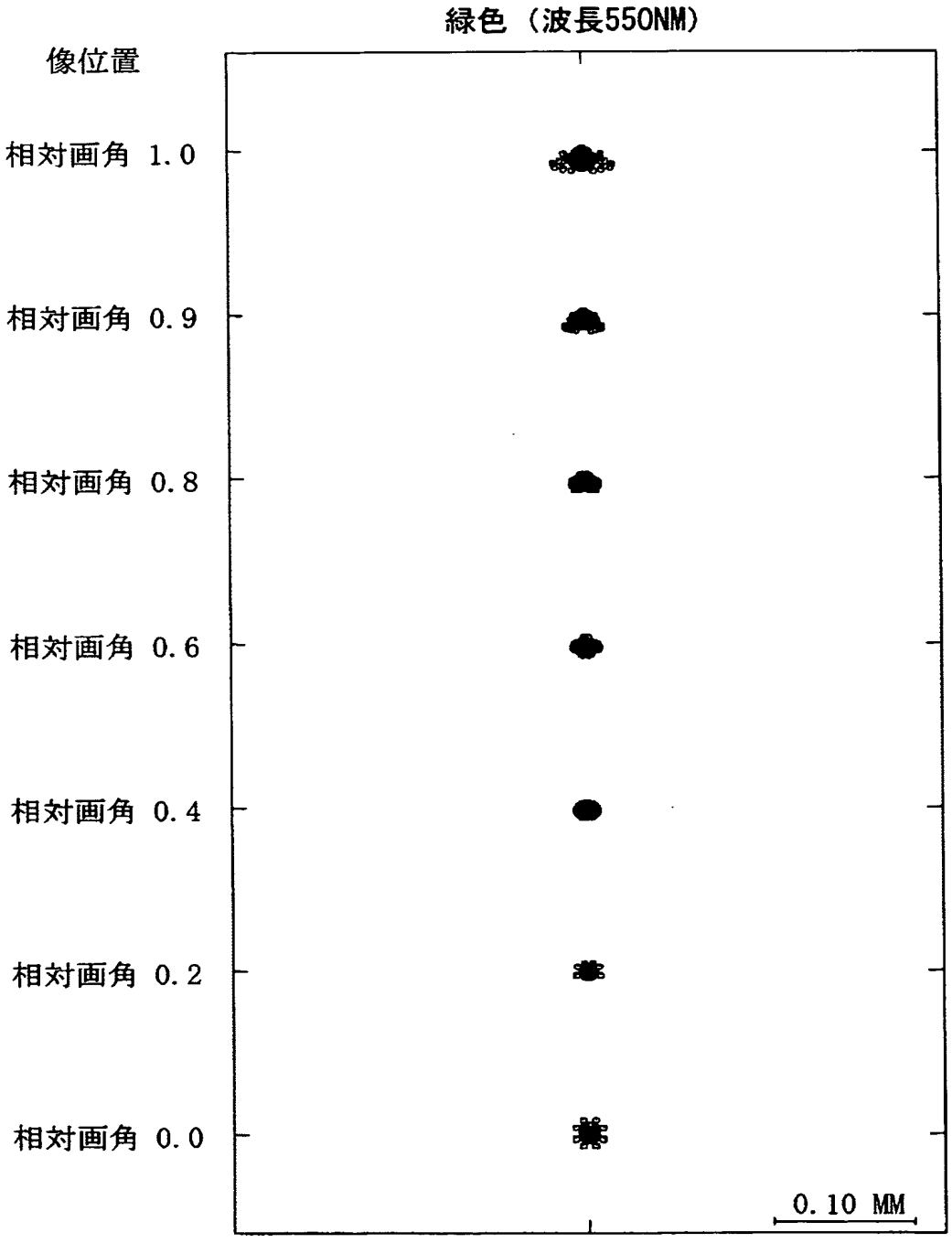
図１０



像面位置 0.20 MM
（パネル側換算で 0.022MM）

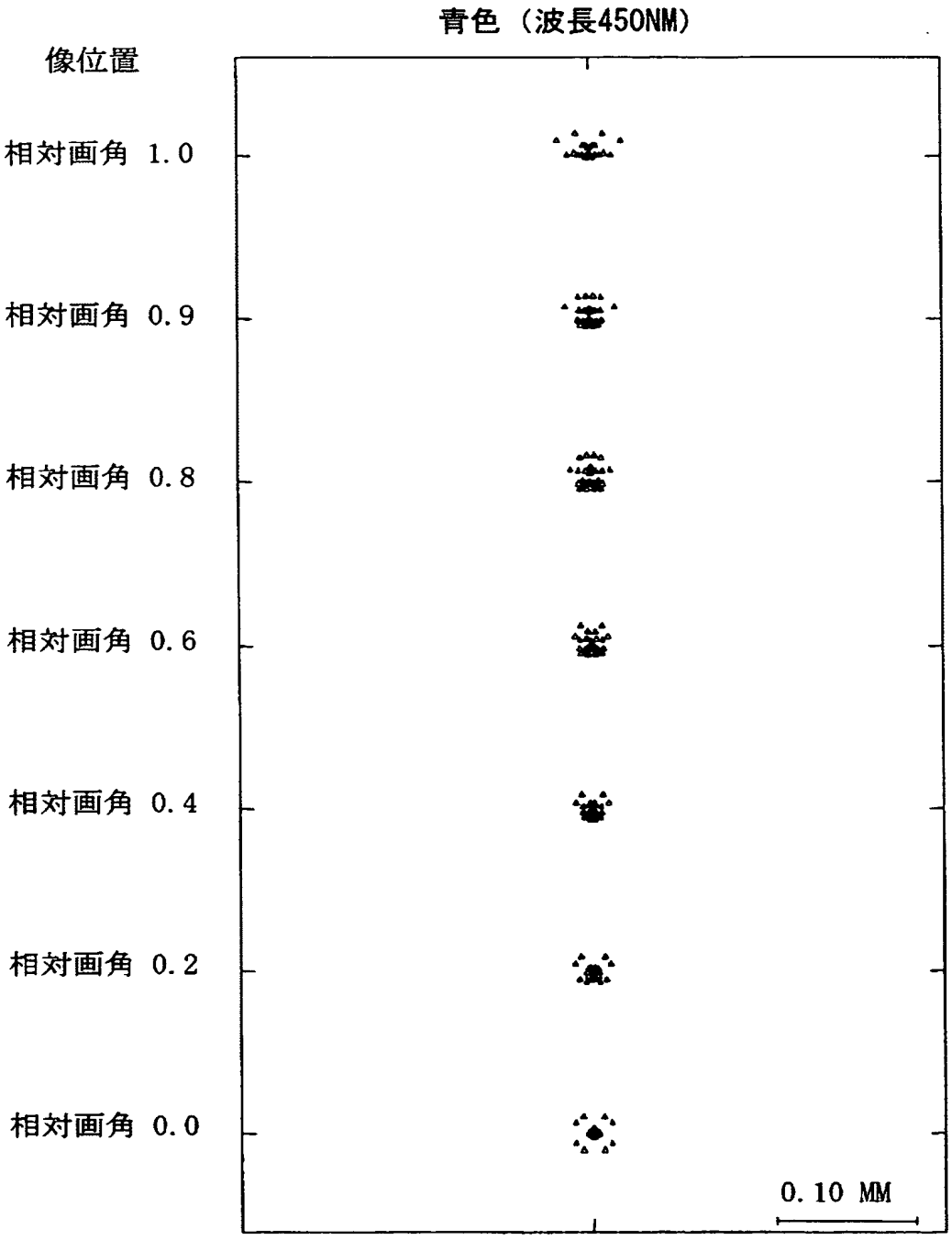
【図１１】

図１１


緑色（波長550NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 −0.10 MM
（パネル側換算で −0.011MM）

【図１２】

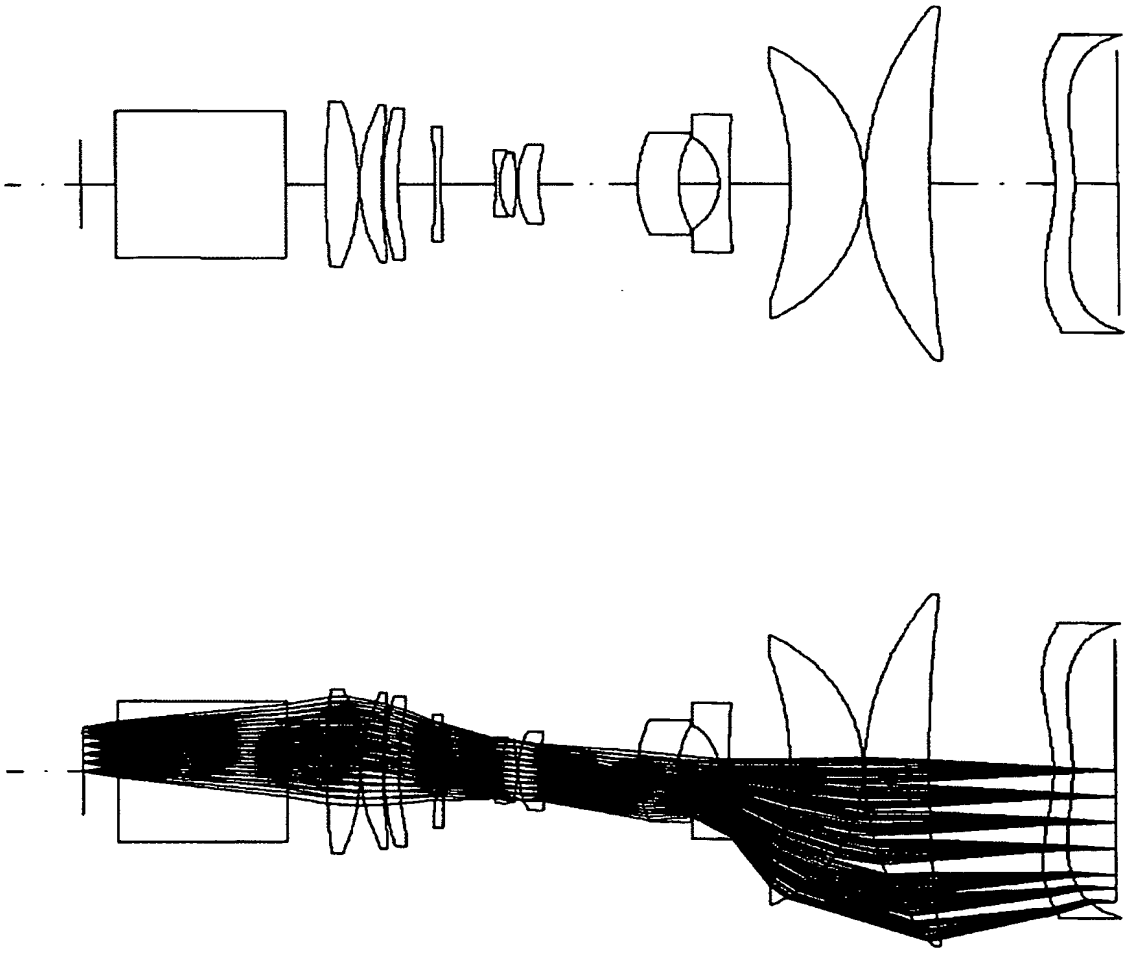
図１２



Petitioner Ex. 1002

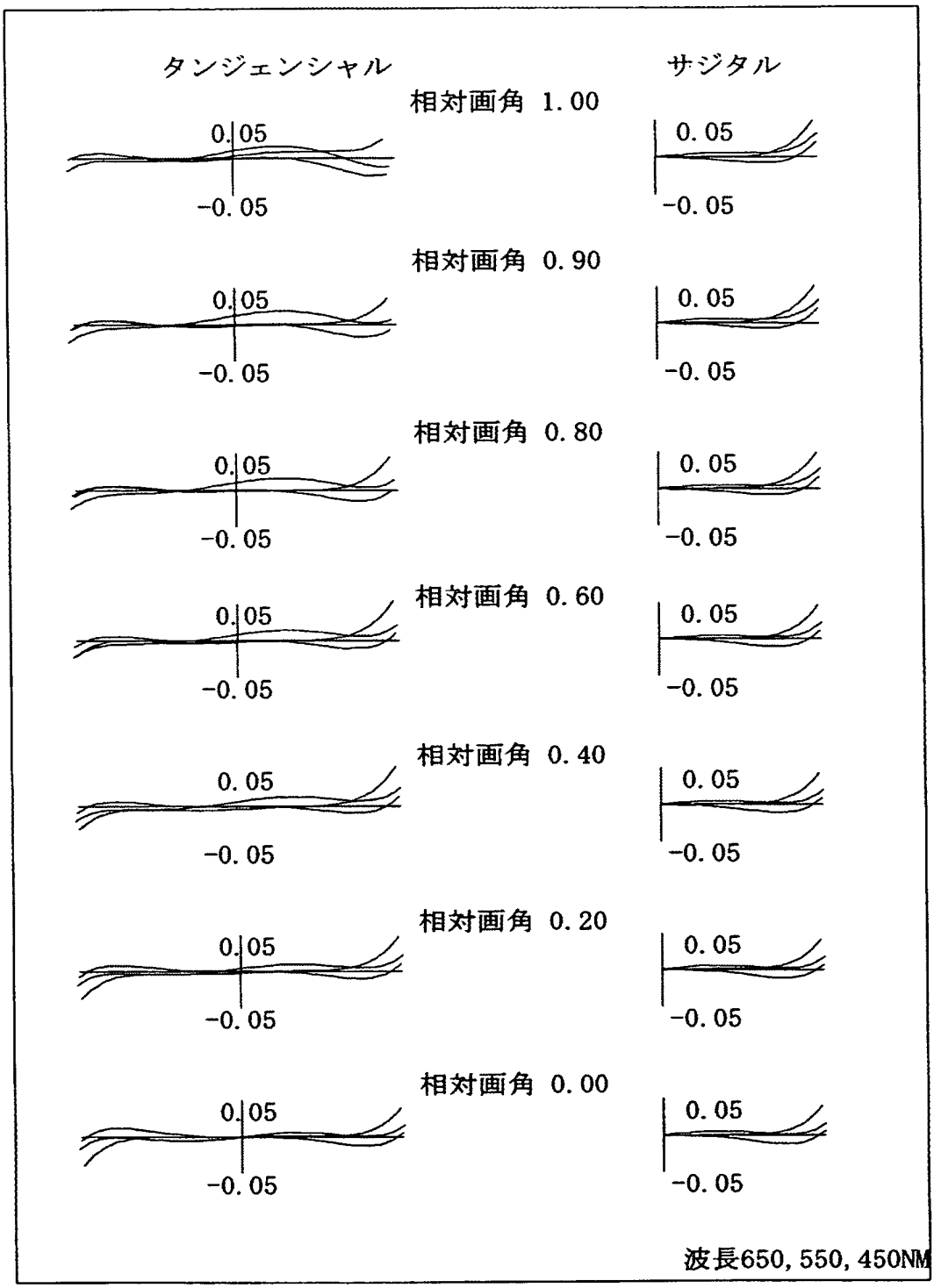
【図１３】

図１３



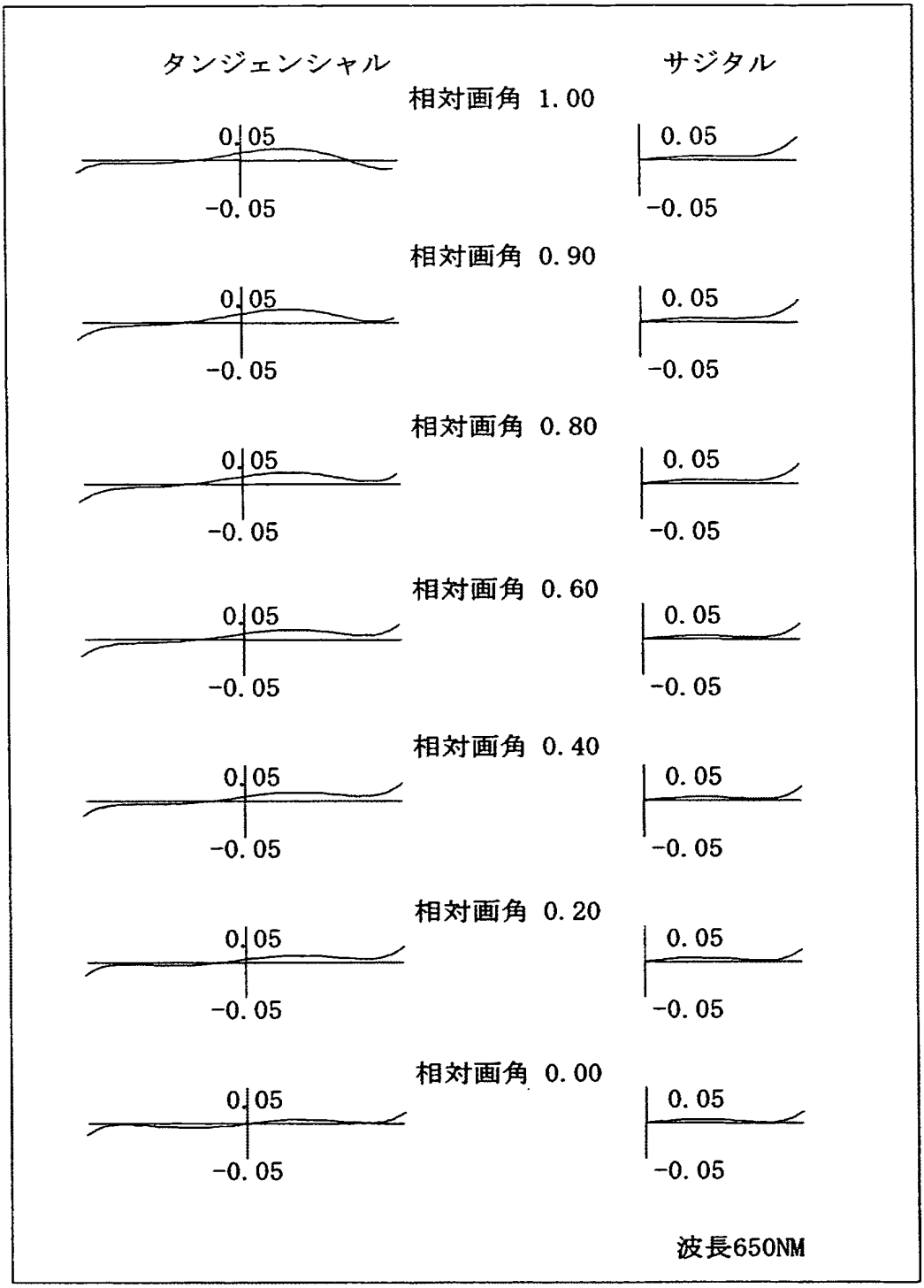
【図１４】

図１４


タンジェンシャル
サジタル
相対画角 1.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.90
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.80
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.60
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.40
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.20
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
波長650, 550, 450NM

【図１５】

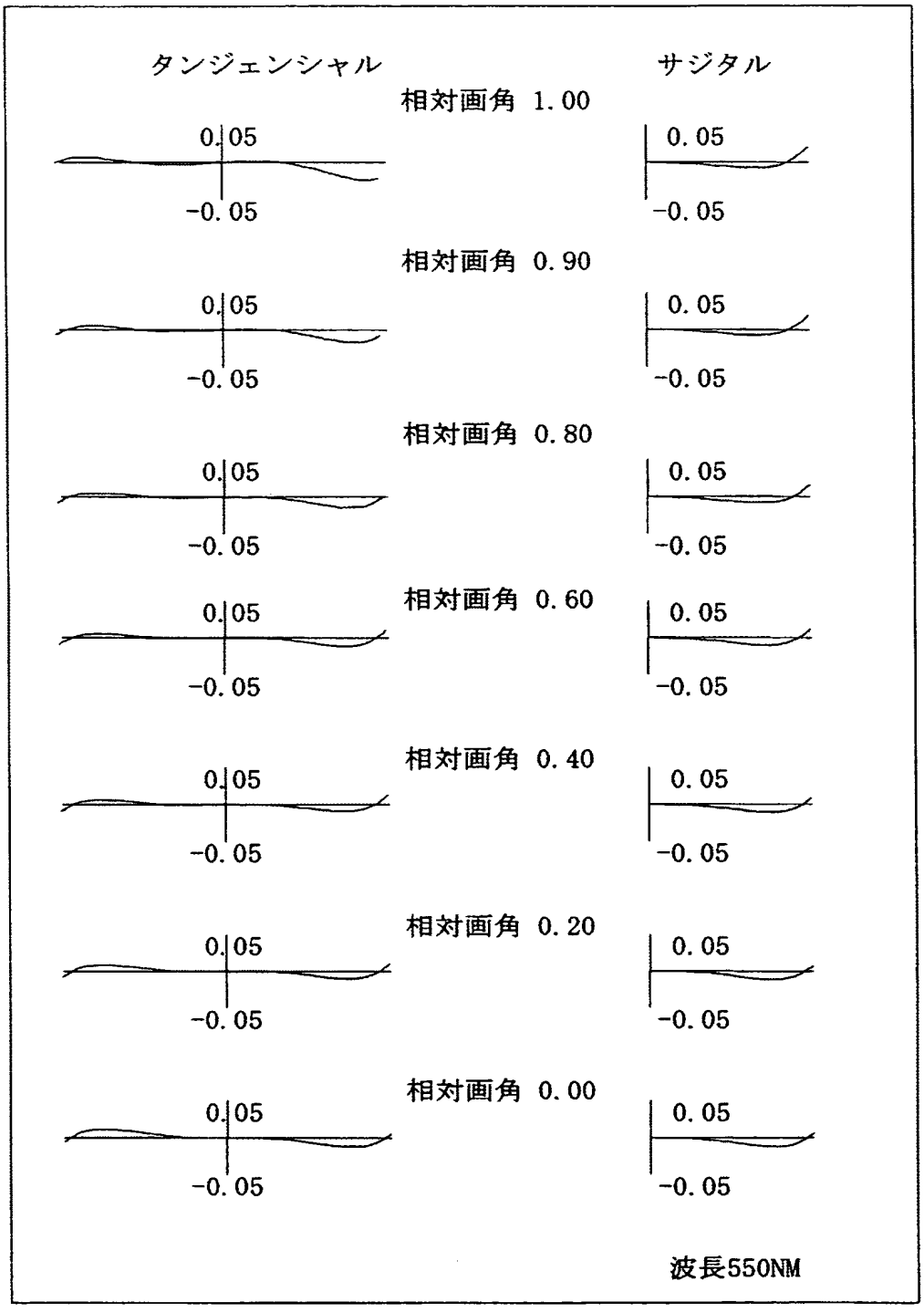
図１５



Petitioner-Ex 1006

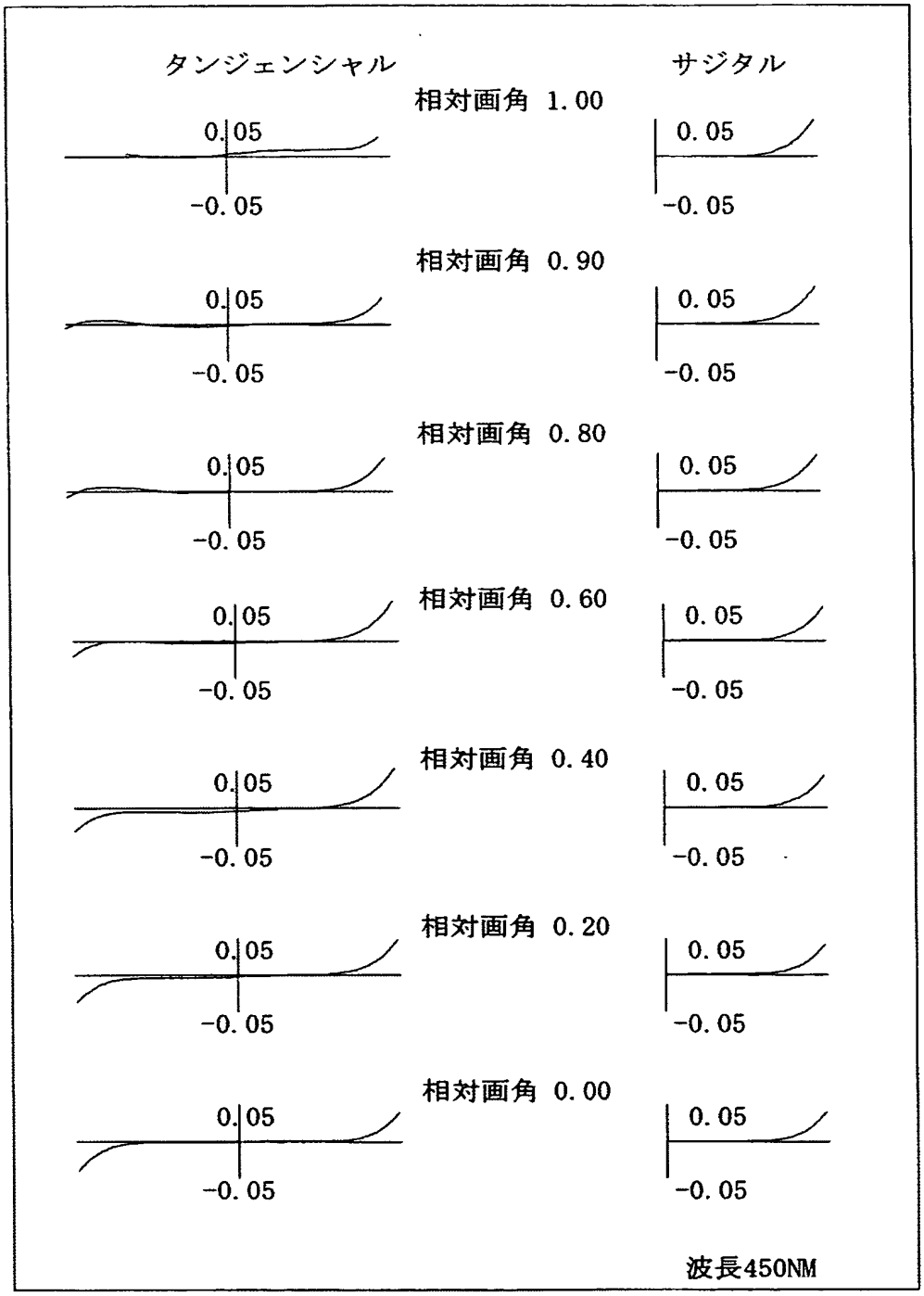
【図１６】

図１６


タンジェンシャル
サジタル
相対画角 1.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.90
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.80
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.60
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.40
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.20
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
波長550NM

【図１７】

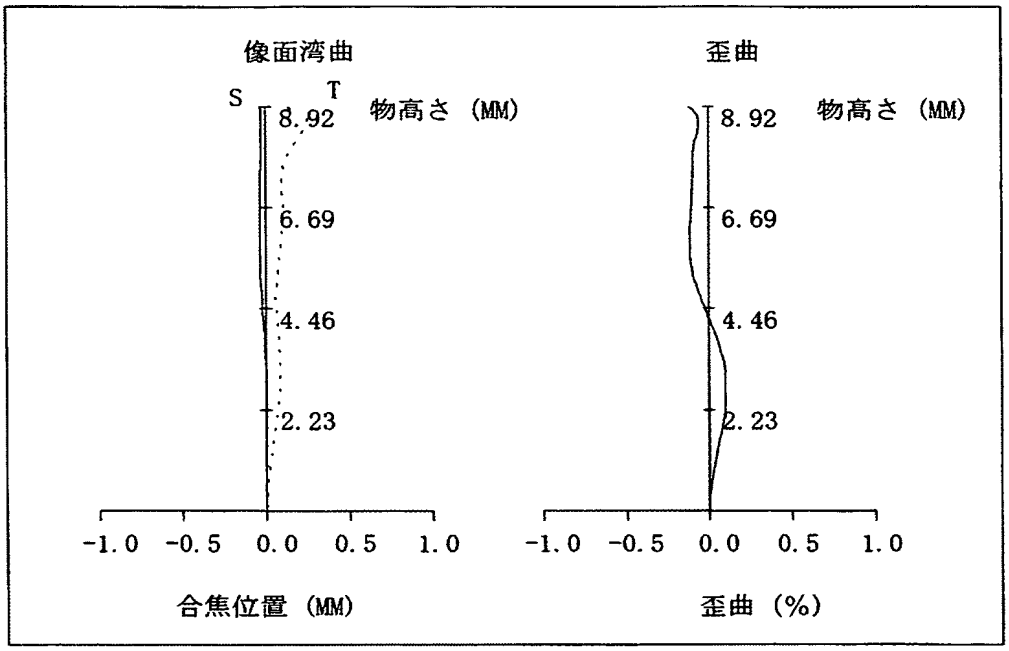
図１７



Petitioner Ex 1006 298

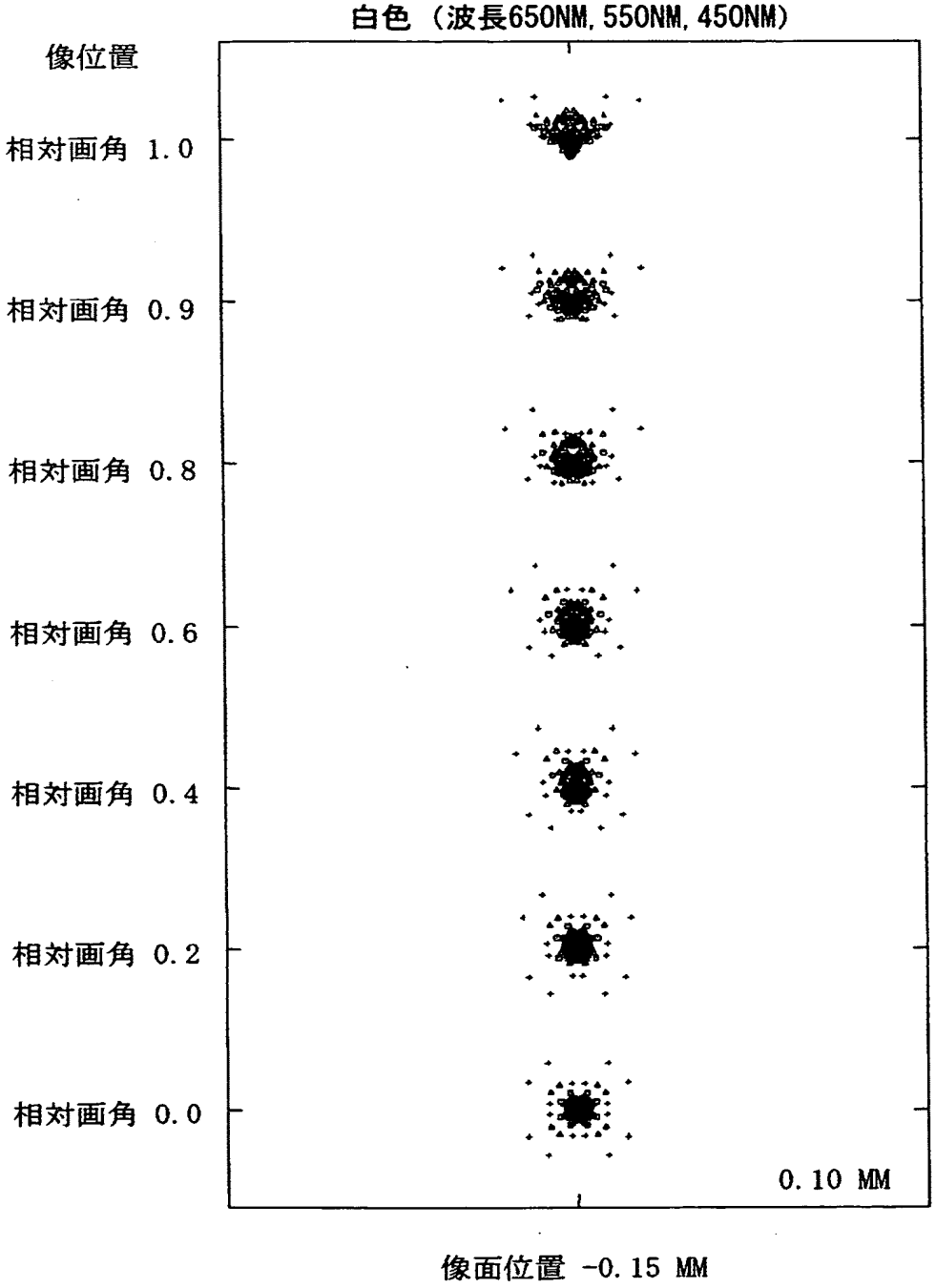
【図１８】

図１８


像面湾曲
S
T
8.92
物高さ（MM）
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
合焦位置（MM）
歪曲
8.92
物高さ（MM）
6.69
4.46
2.23
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
歪曲（%）

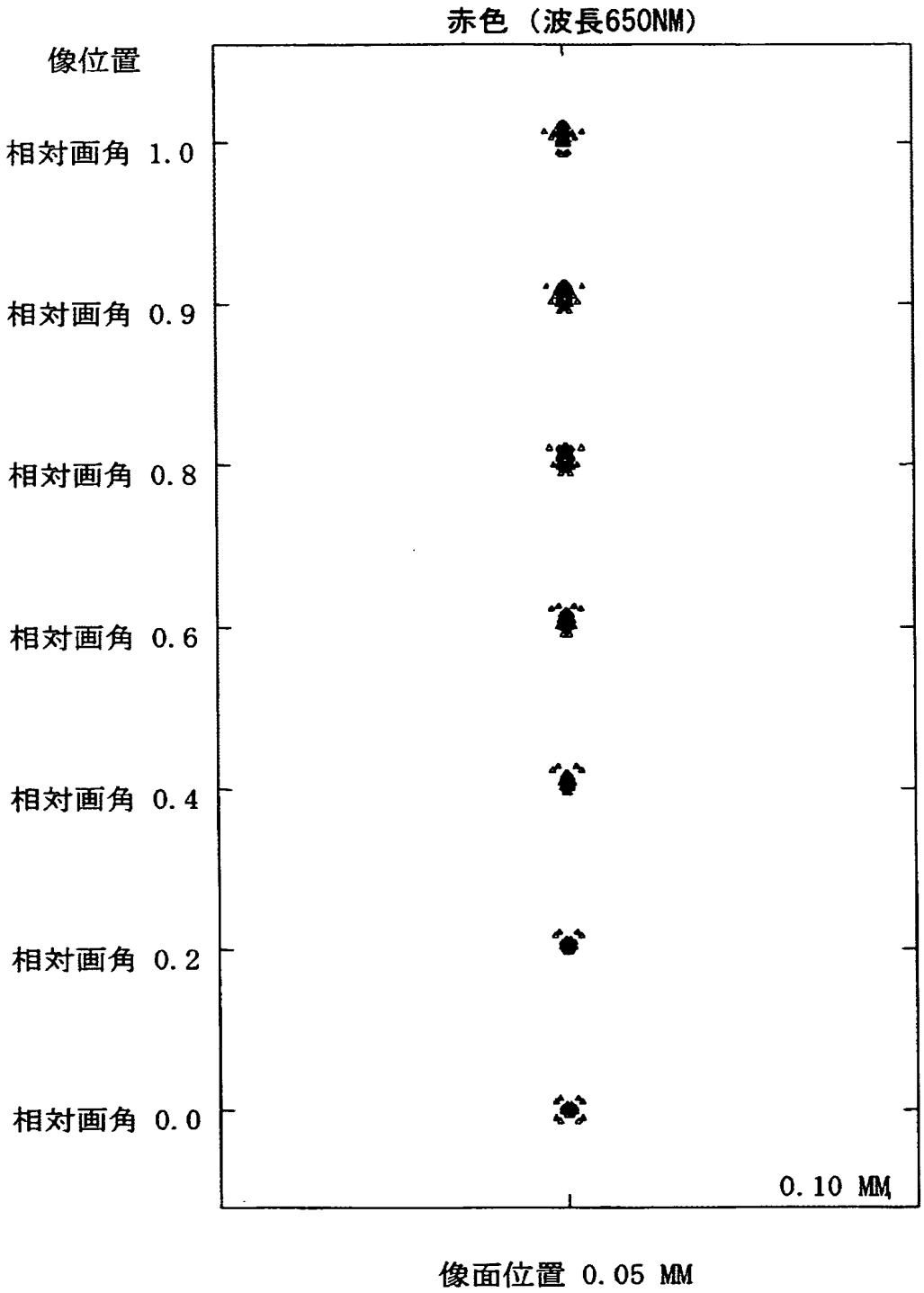
【図１９】

図１９


白色（波長650NM, 550NM, 450NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 -0.15 MM

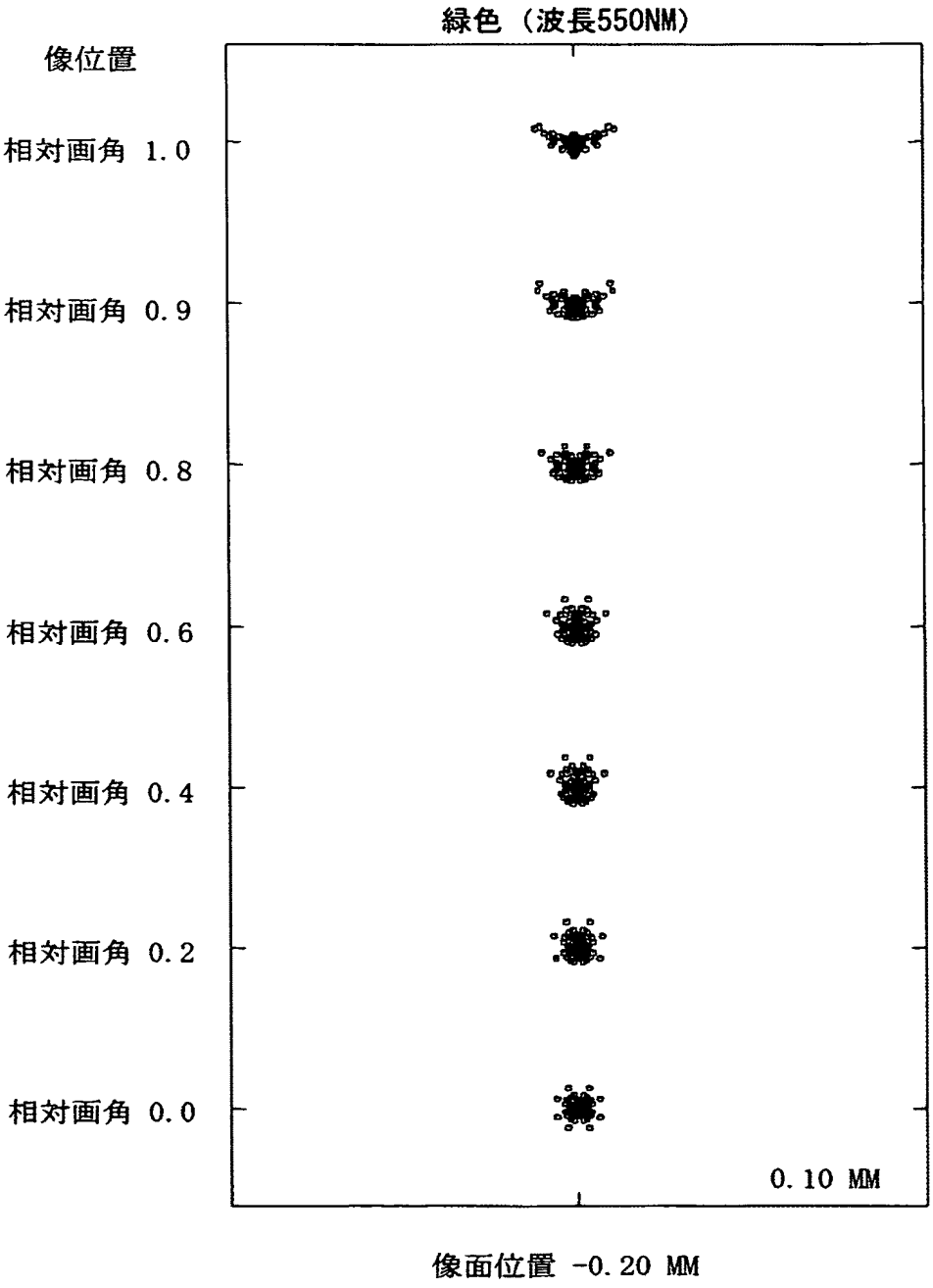
【図２０】

図２０


赤色（波長650NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 0.05 MM

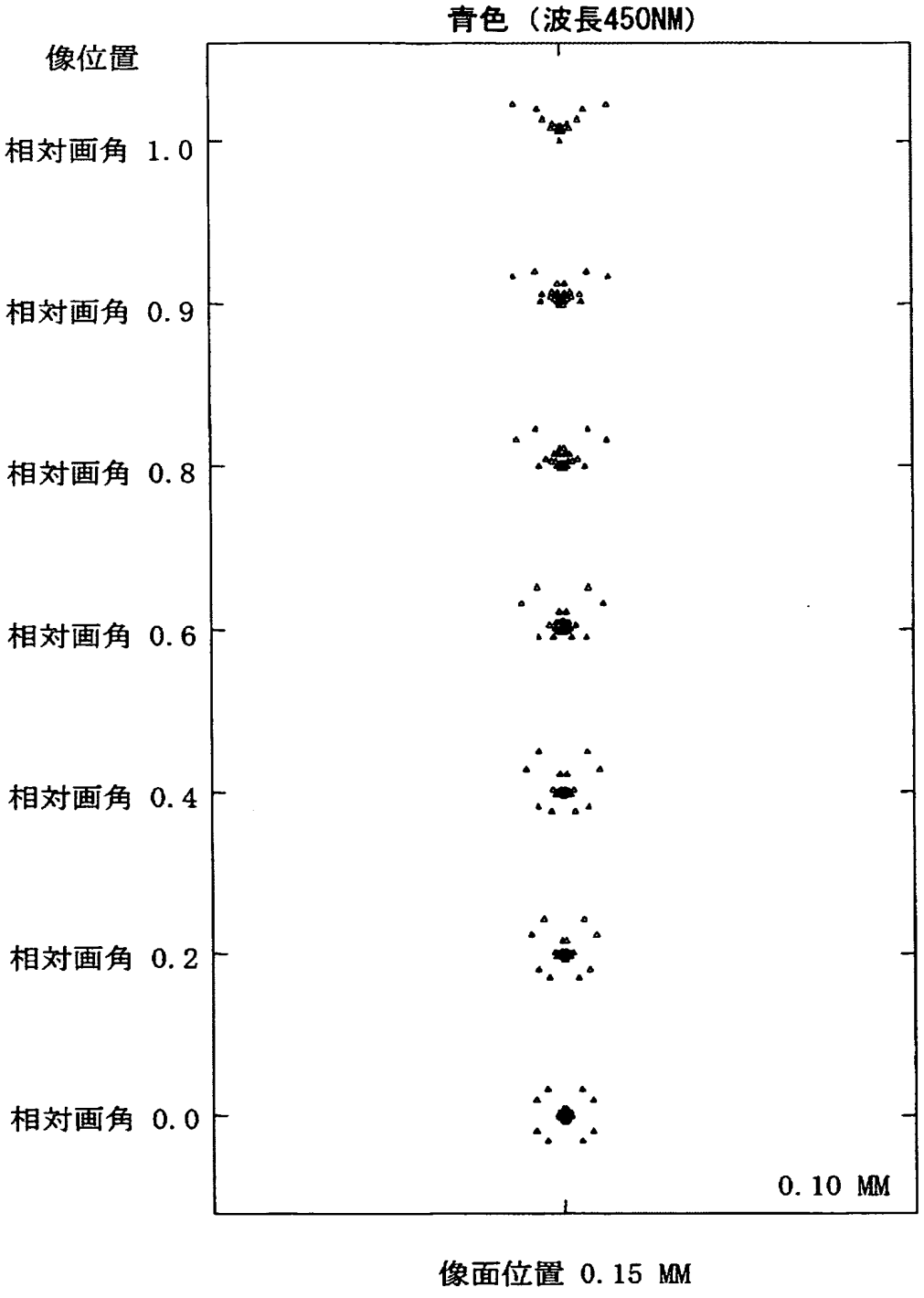
【図２１】

図２１


緑色（波長550NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 -0.20 MM

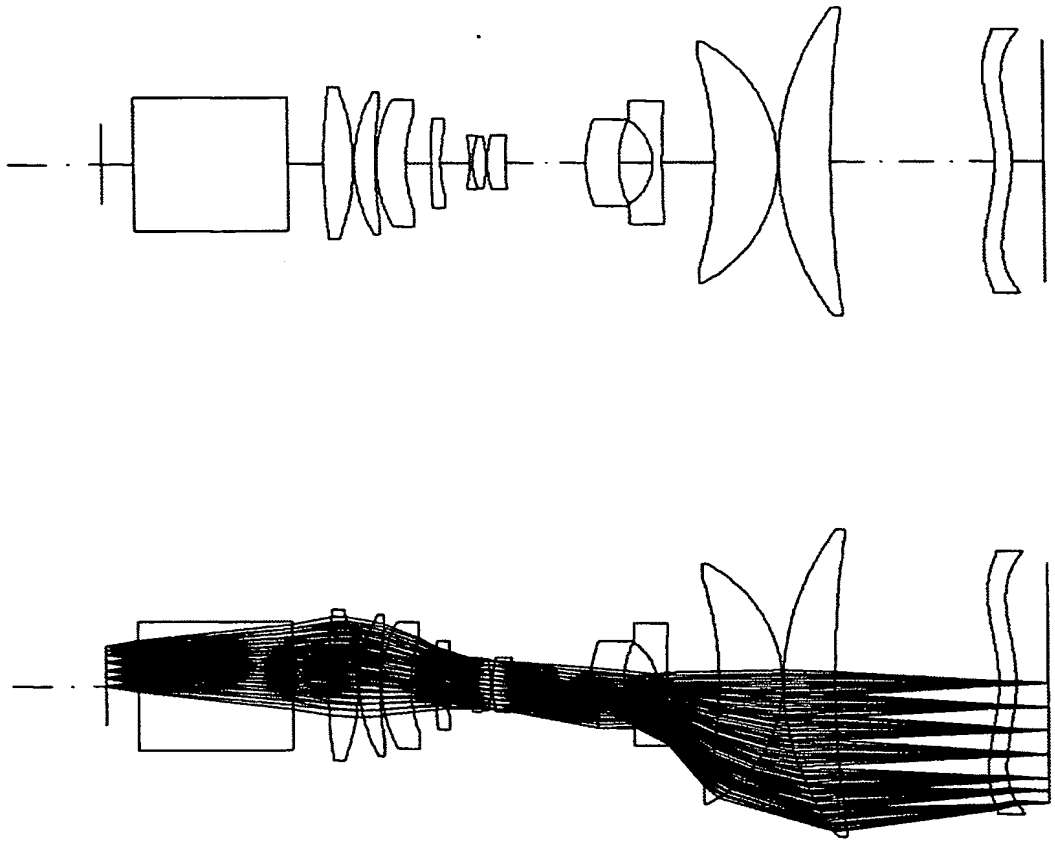
【図２２】

図２２


青色（波長450NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 0.15 MM

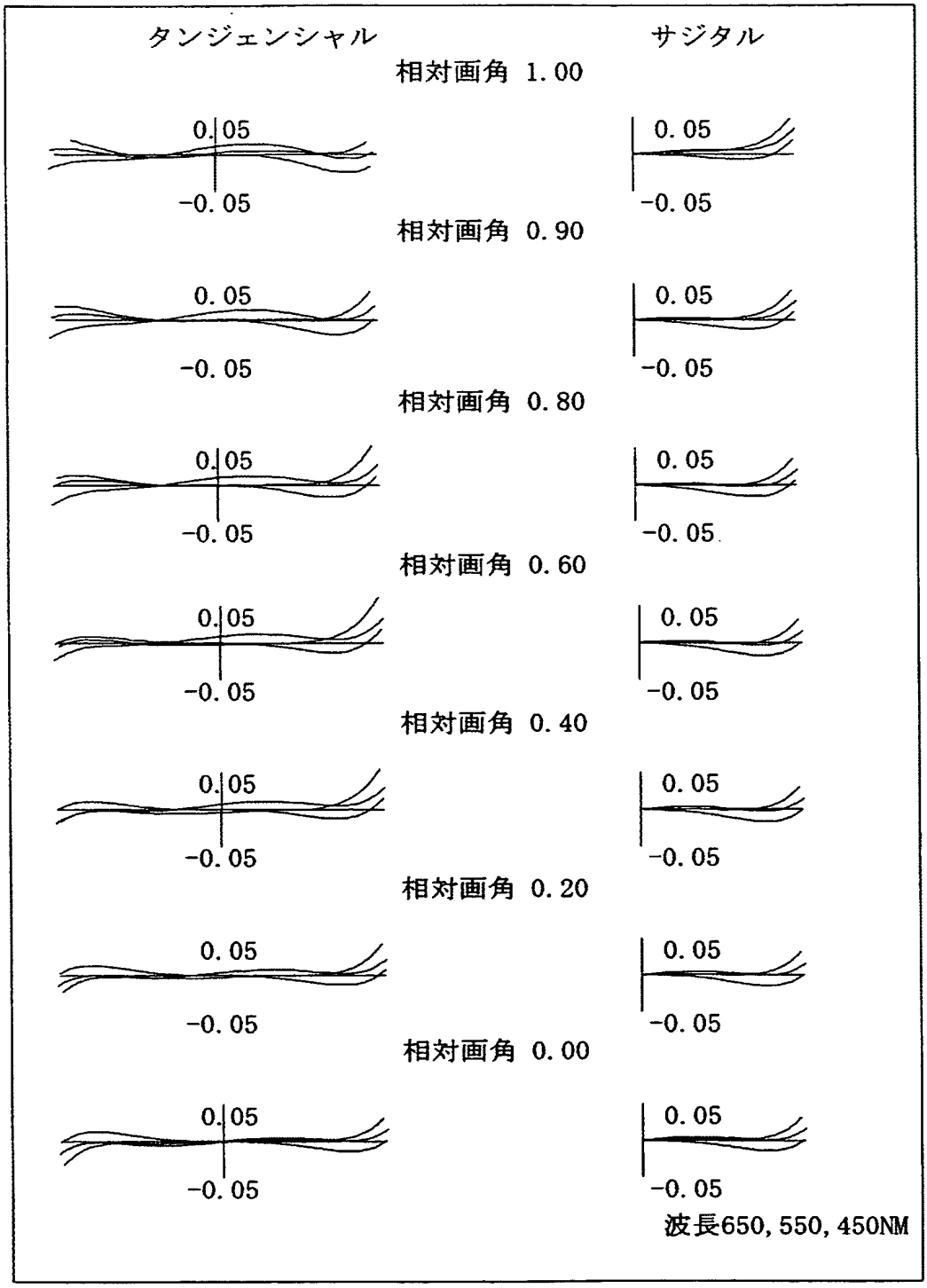
【図２３】

図２３



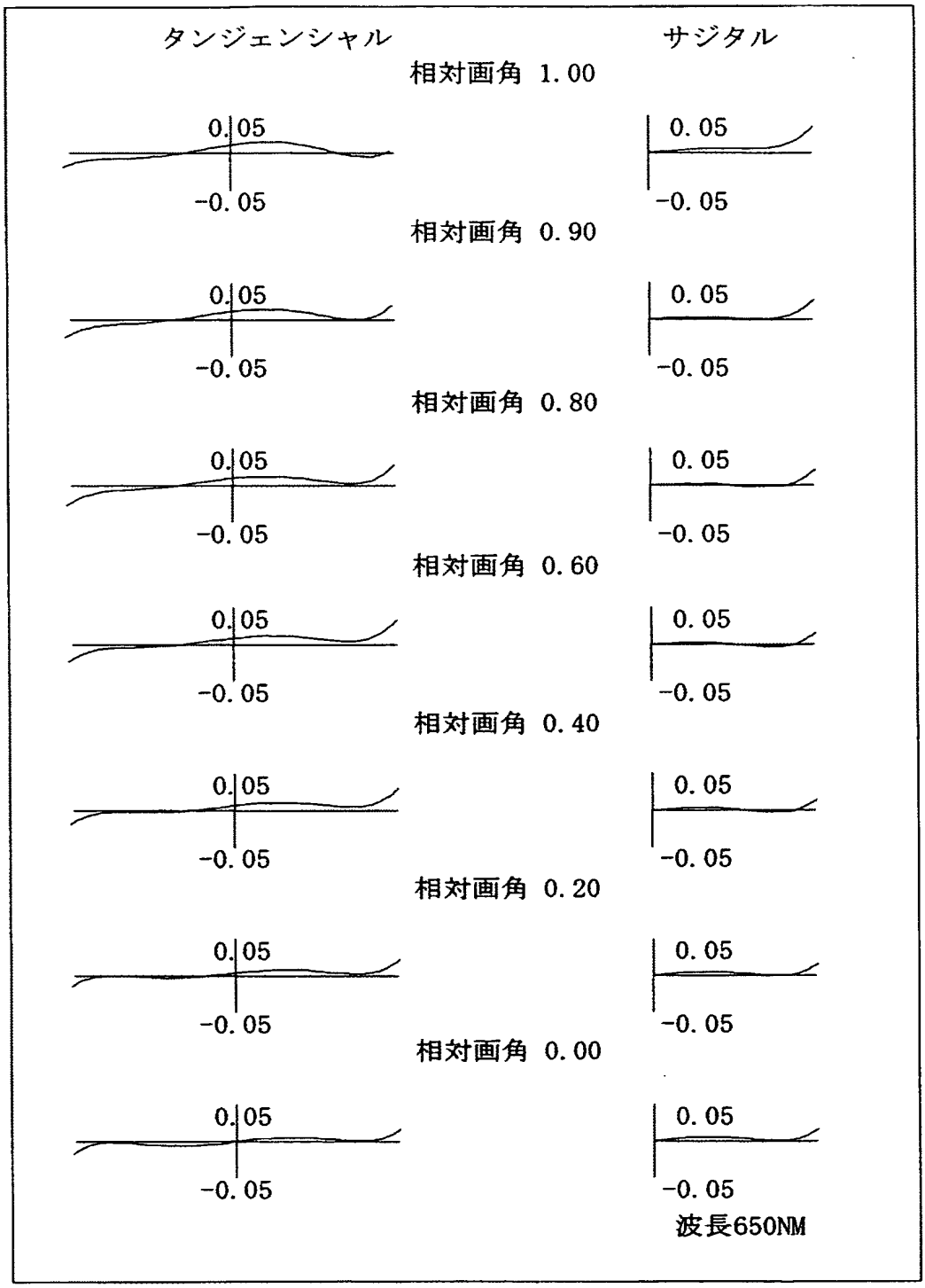
【図２４】

図２４


タンジェンシャル
サジタル
相対画角 1.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.90
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.80
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.60
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.40
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.20
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
波長650, 550, 450NM

【図２５】

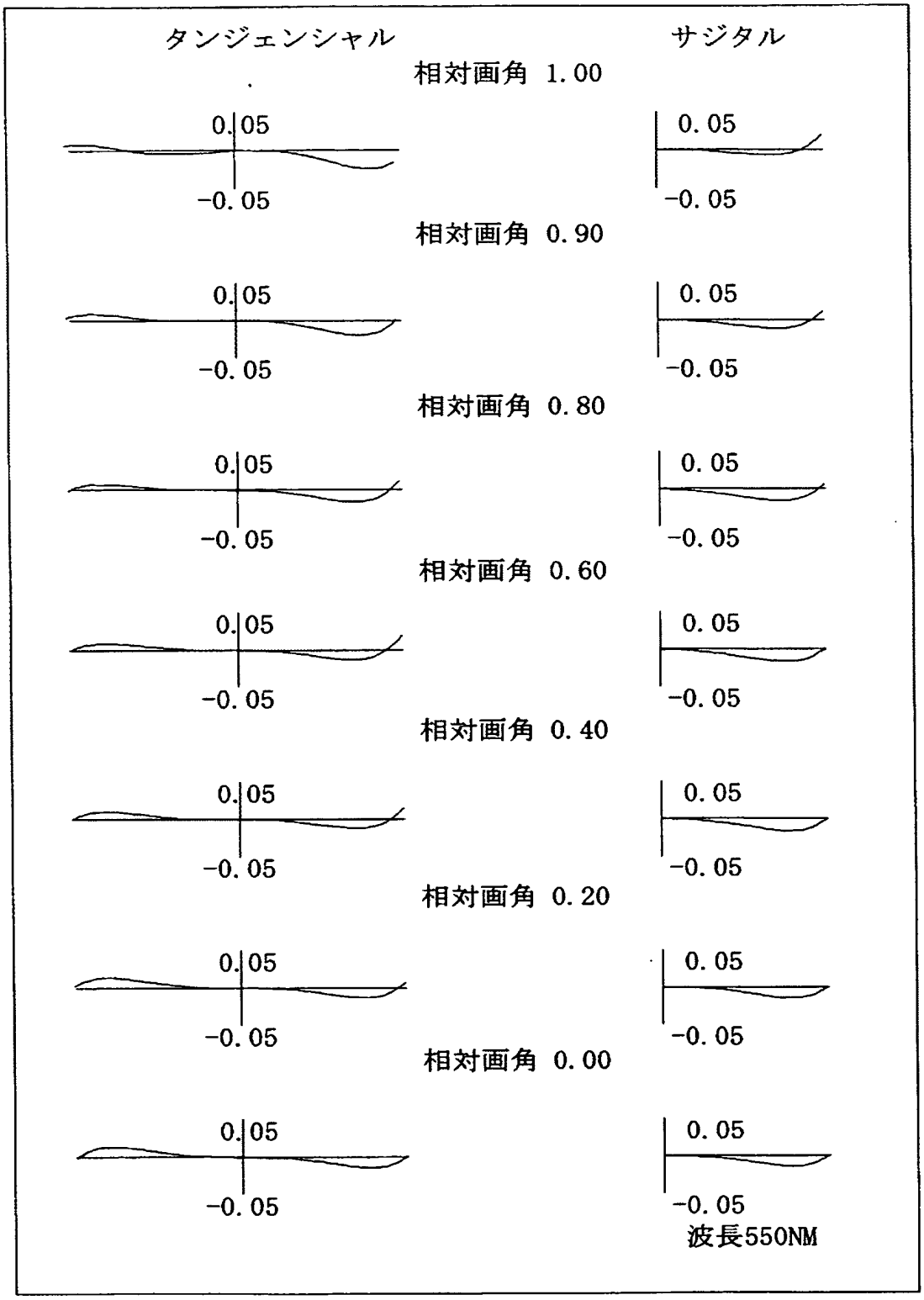
図２５



Petitioner Ex 1006

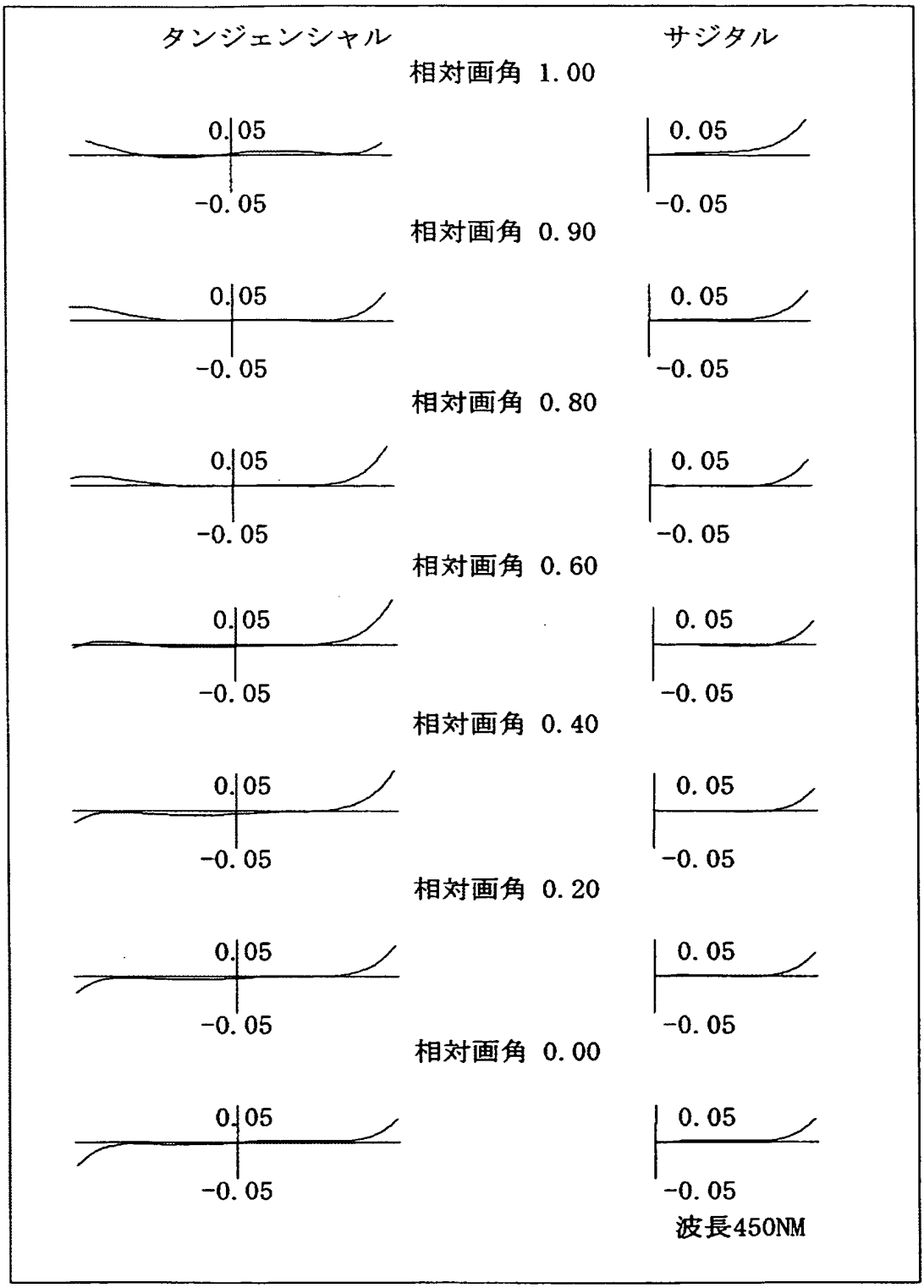
【図２６】

図２６


タンジェンシャル
サジタル
相対画角 1.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.90
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.80
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.60
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.40
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.20
0.05
-0.05
0.05
-0.05
相対画角 0.00
0.05
-0.05
0.05
-0.05
波長550NM

【図２７】

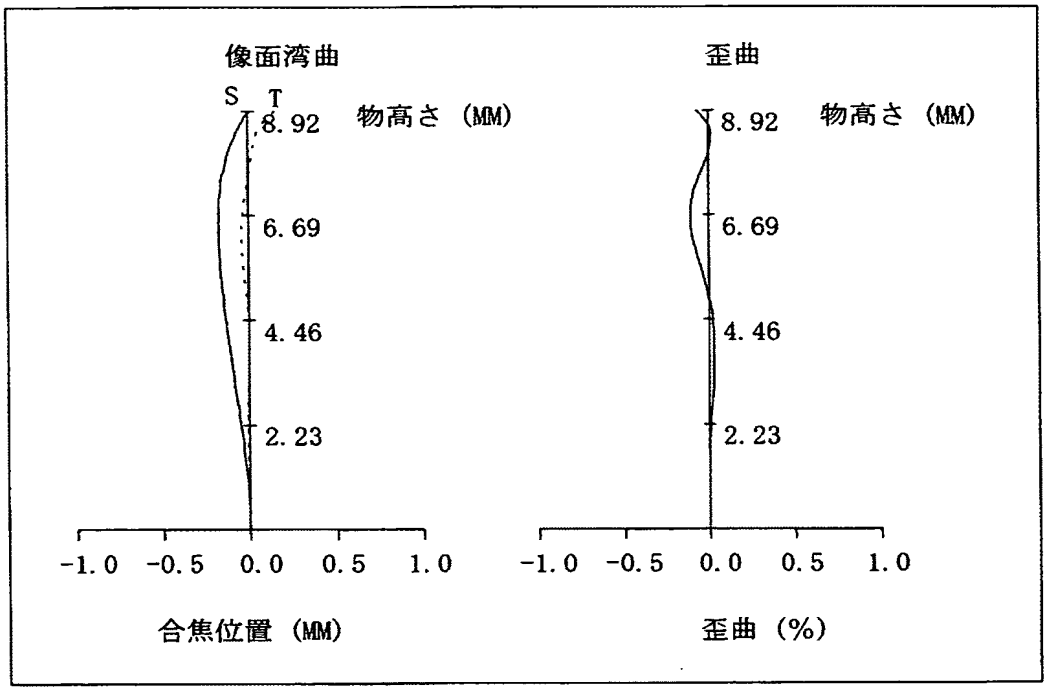
図２７



Petitioner-Ex 1006

【図２８】

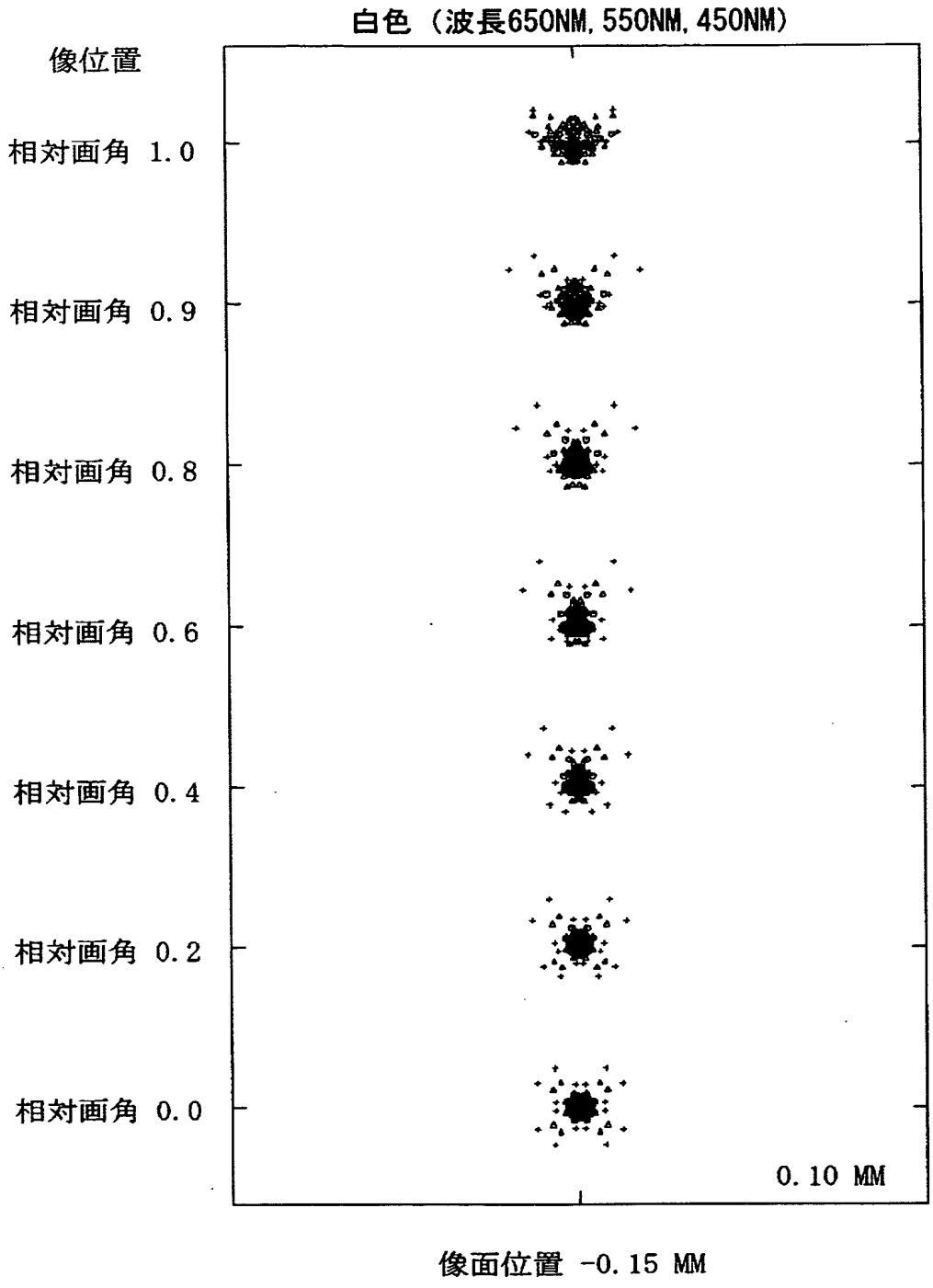
図２８



Petitioner Ex 1006

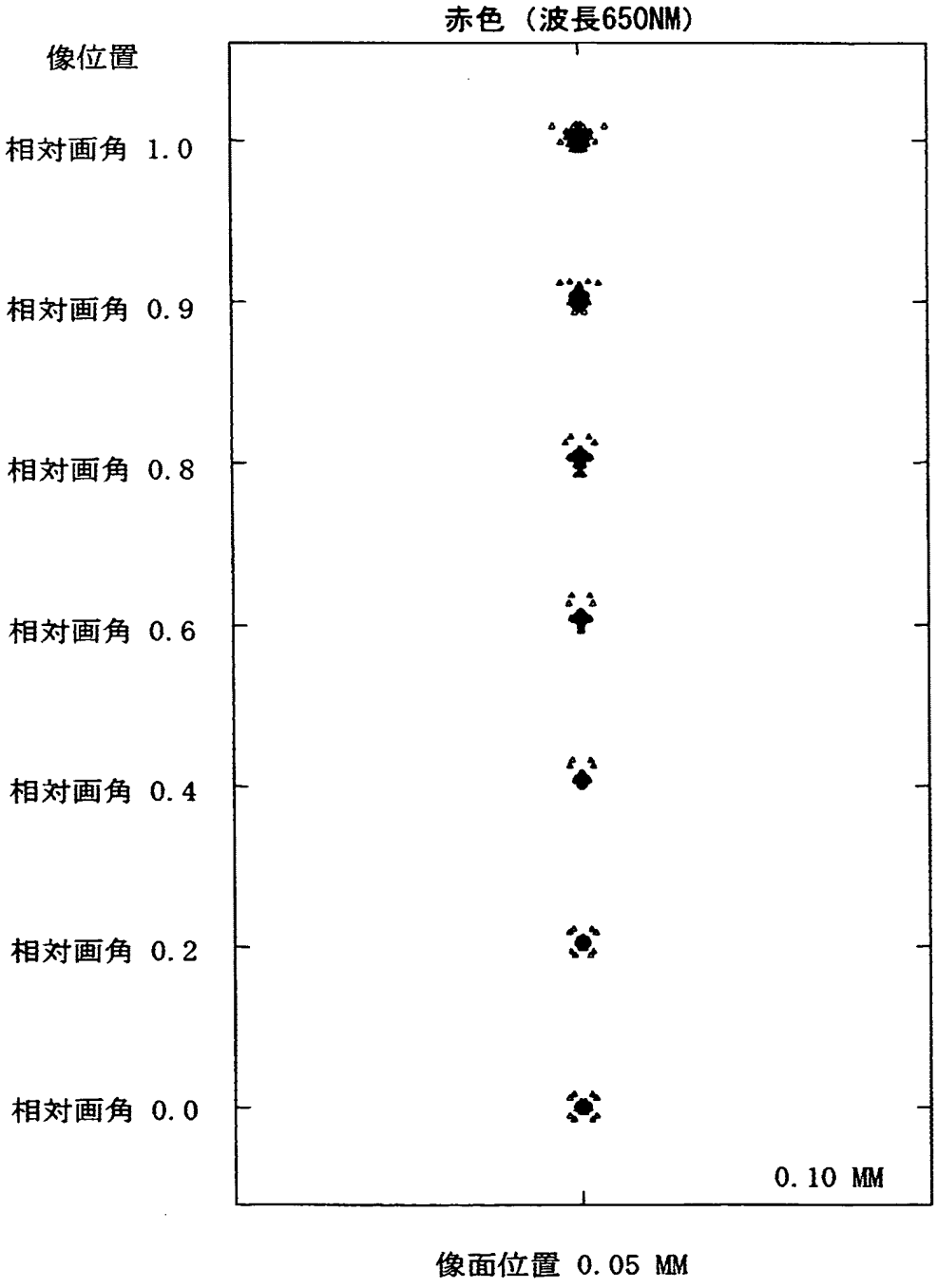
【図２９】

図２９


白色（波長650NM, 550NM, 450NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 -0.15 MM

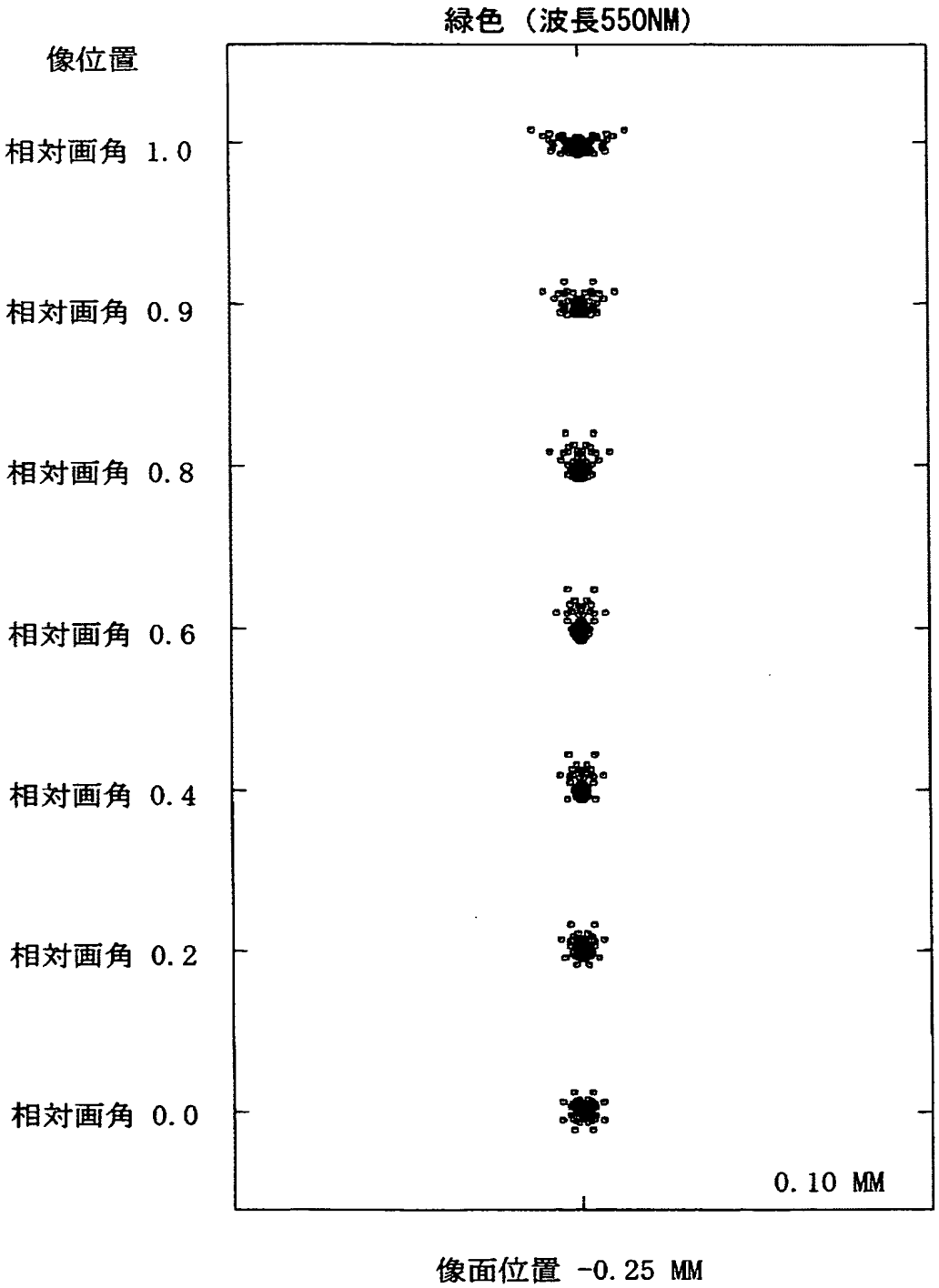
【図３０】

図３０


赤色（波長650NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 0.05 MM

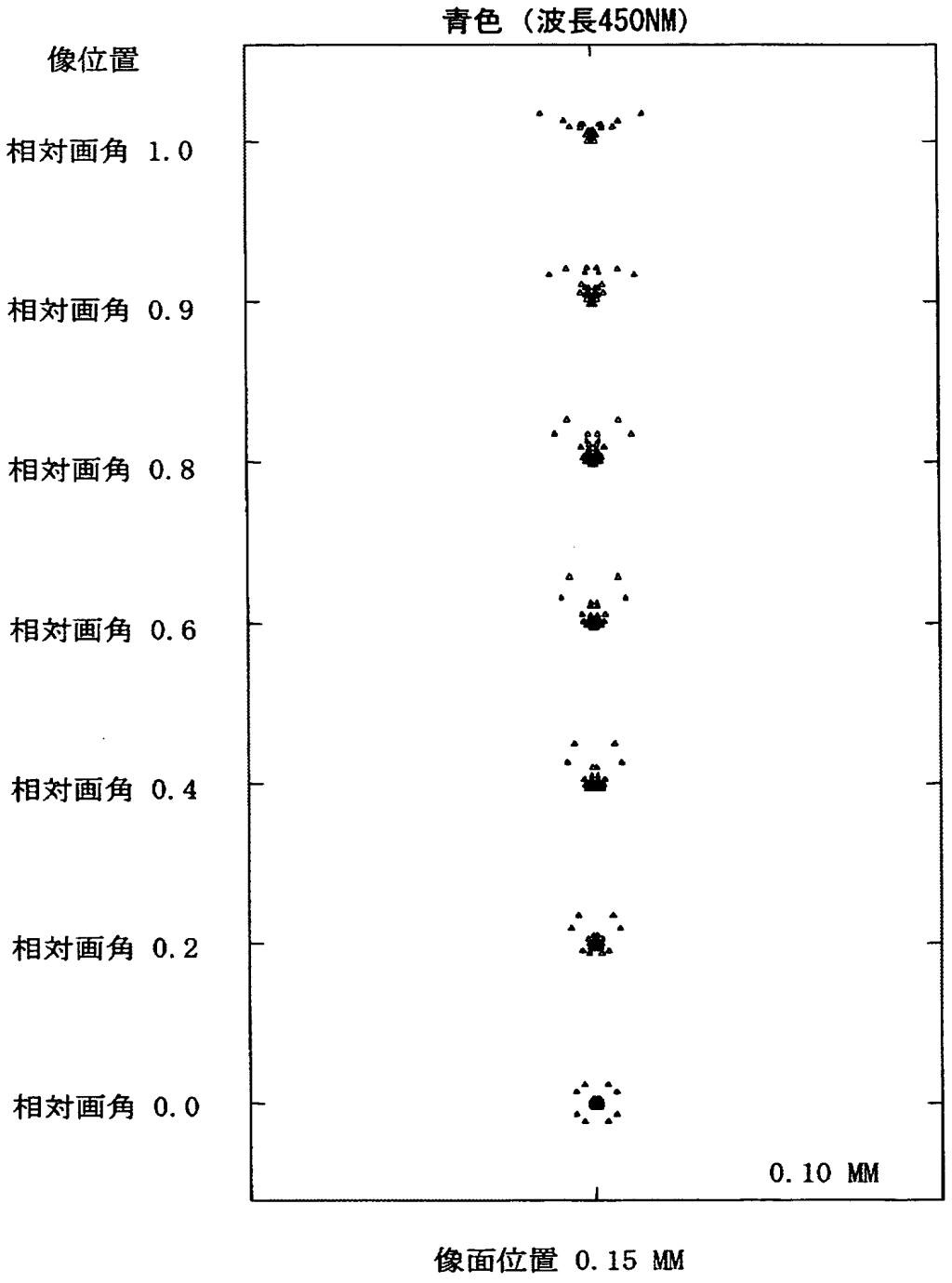
【図３１】

図３１


緑色（波長550NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 -0.25 MM

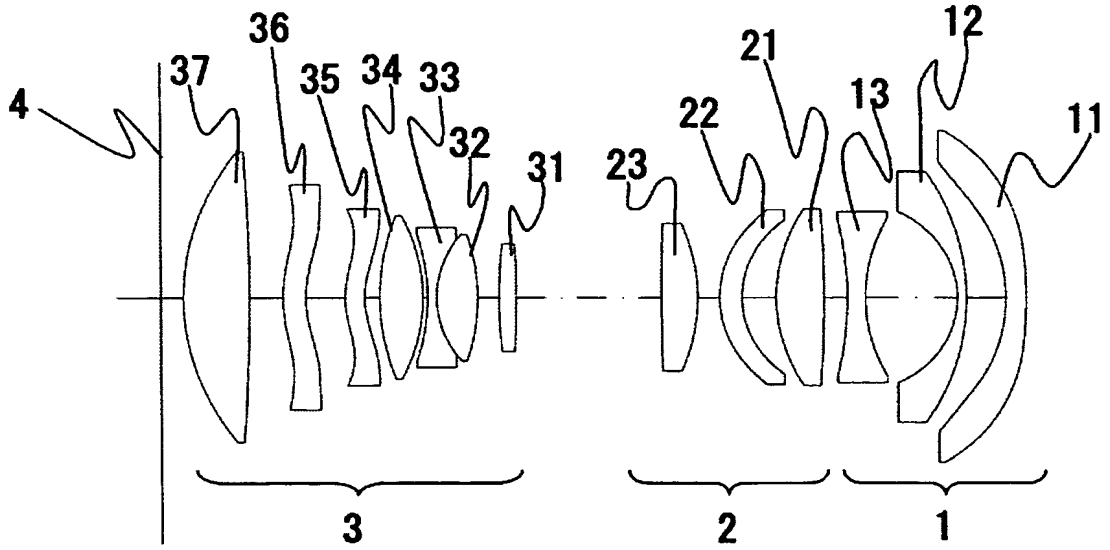
【図３２】

図３２


青色（波長450NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
0.10 MM
像面位置 0.15 MM

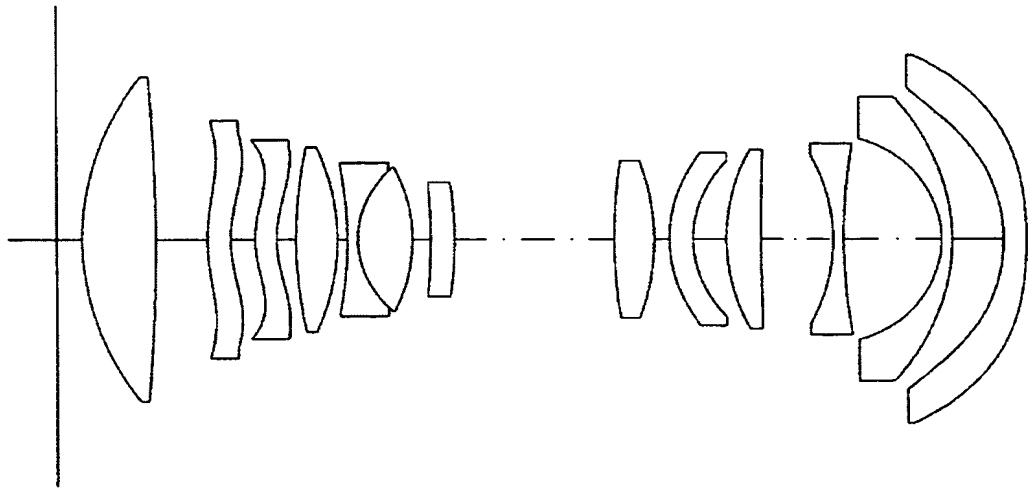
【図３３】

図３３



【図３４】

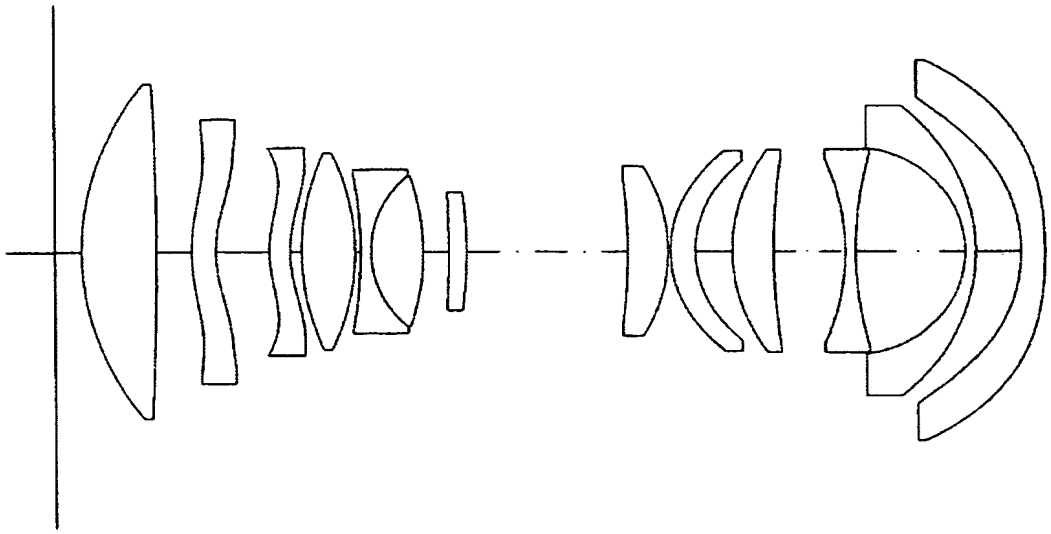
３４



Petitioner-Ex 1006

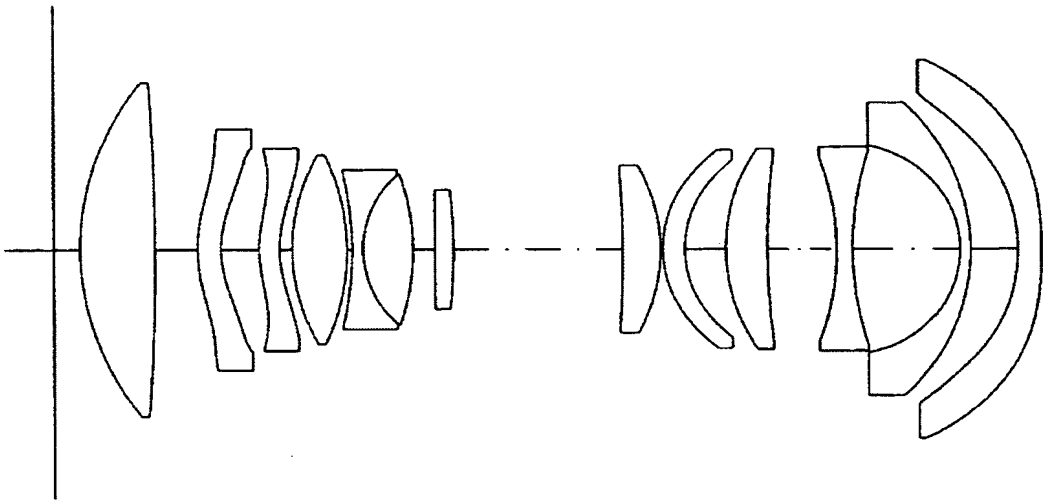
【図３５】

図３５



【図３６】

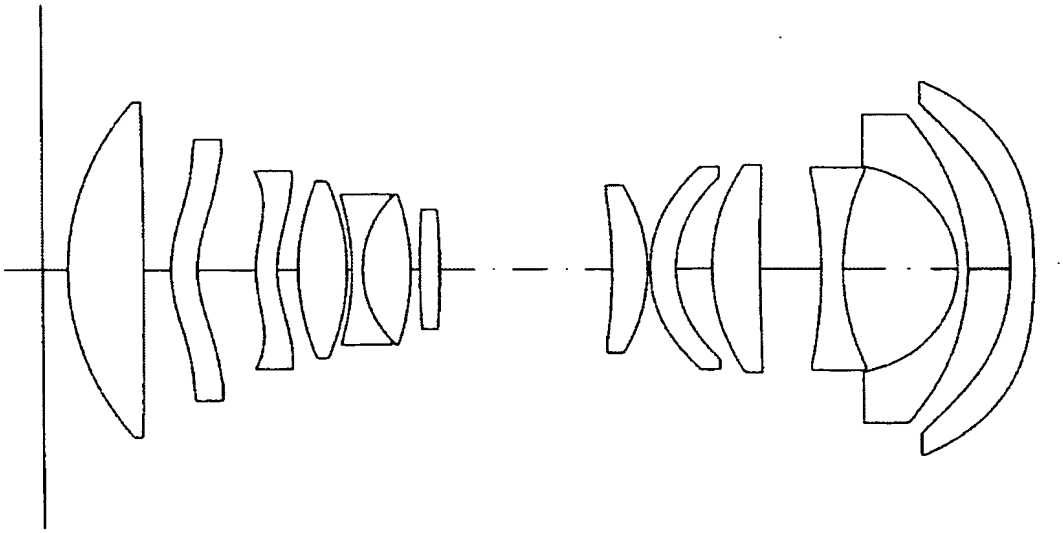
図３６



Petitioner Ex 1006

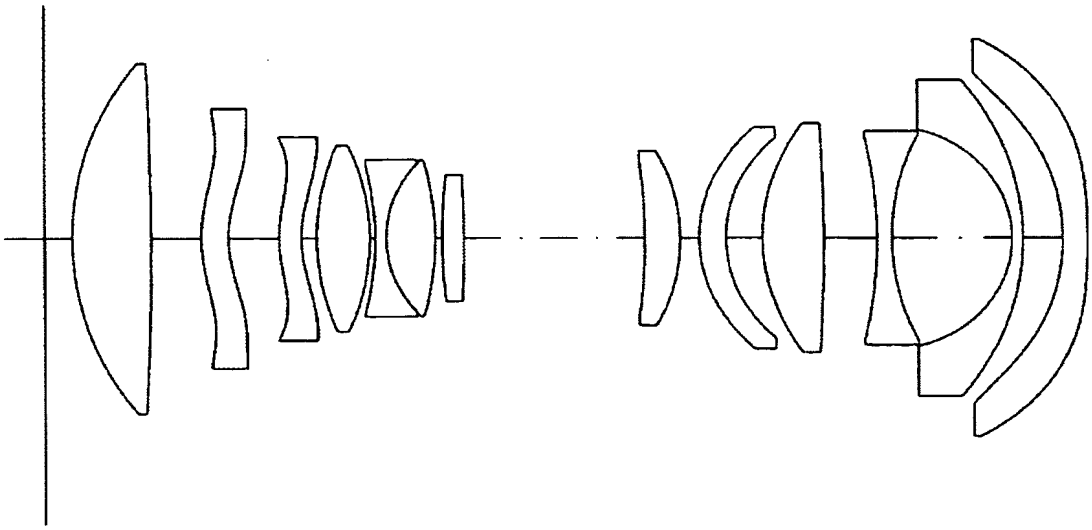
【図３７】

図３７



【図３８】

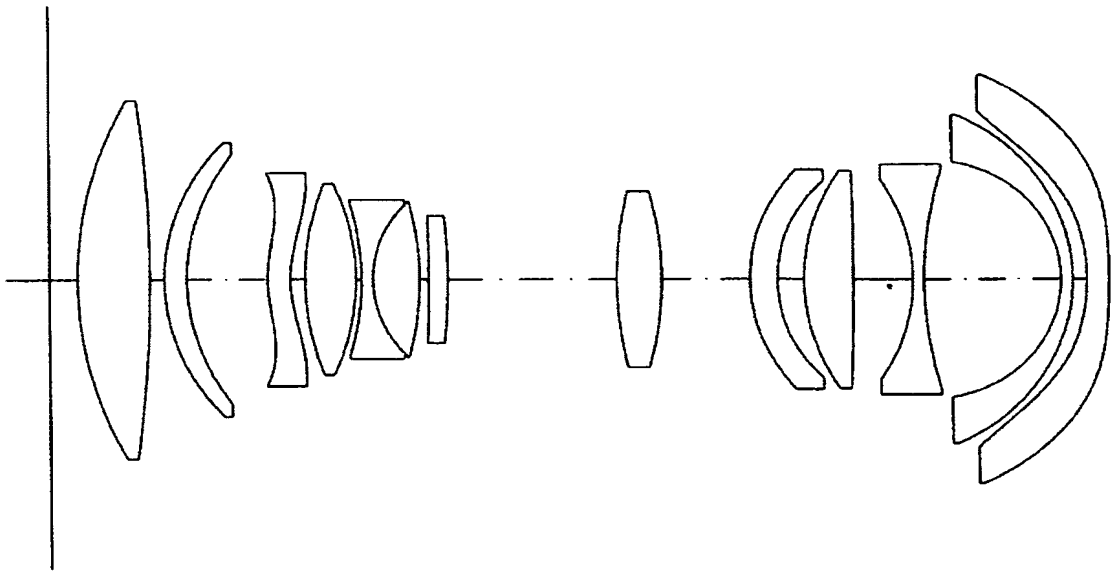
図３８



Petitioner Ex 1006

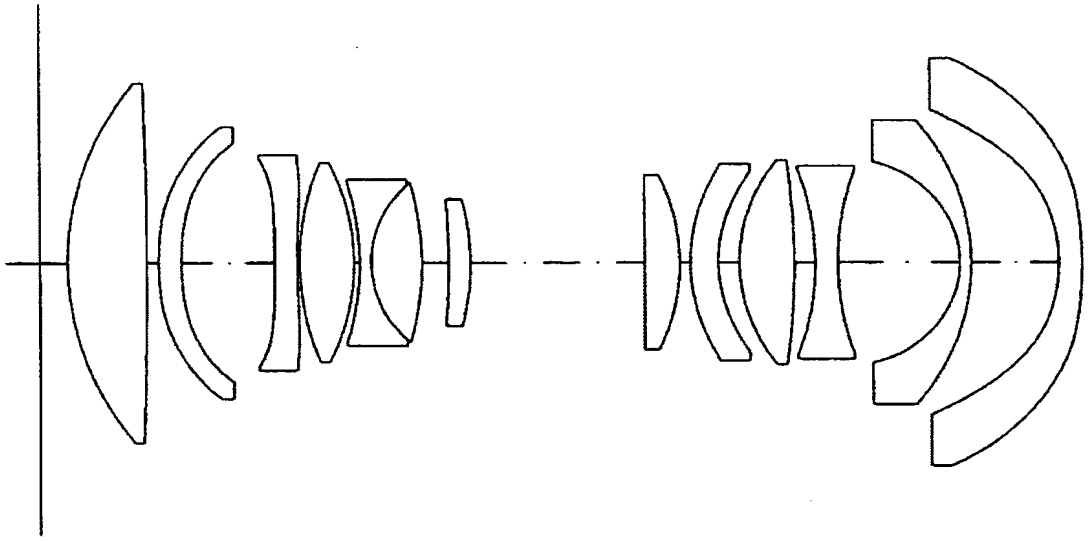
【図３９】

図３９



【図４０】

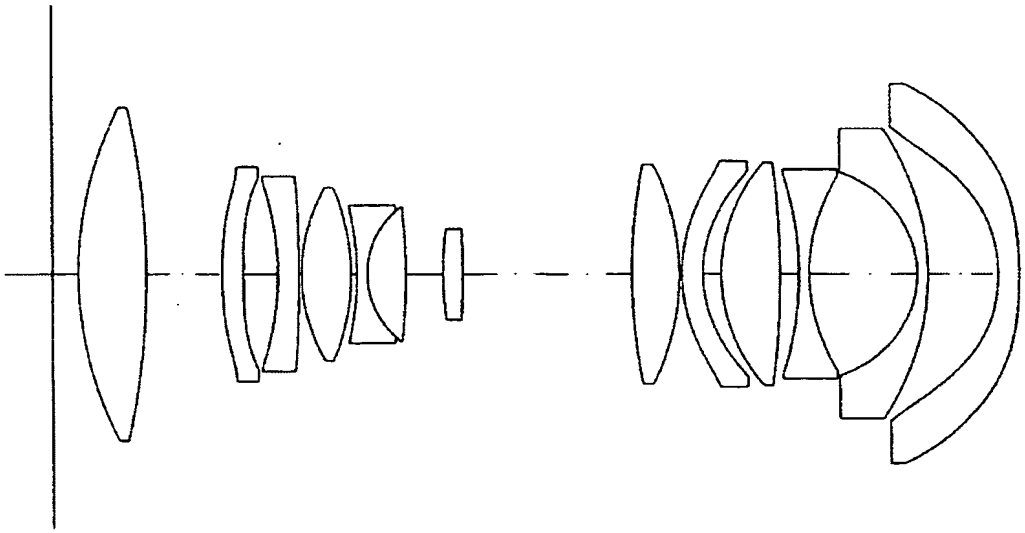
図４０



Petitioner Ex 1006

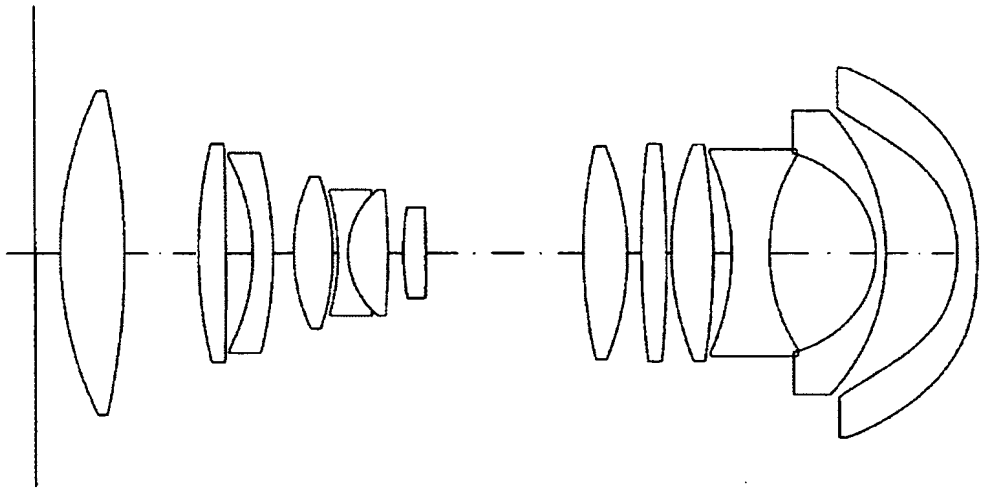
【図４１】

図４１



【図４２】

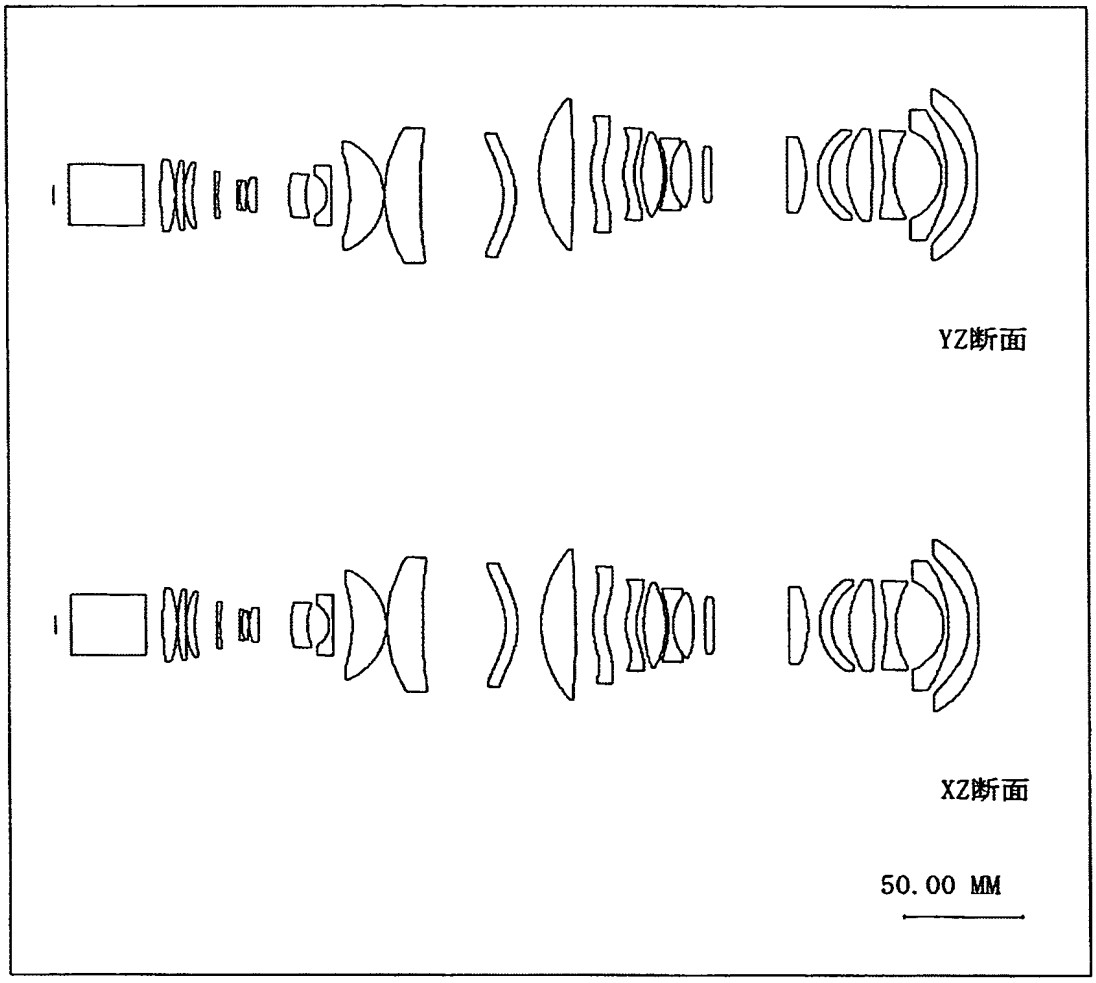
図４２



Petitioner Ex 1002

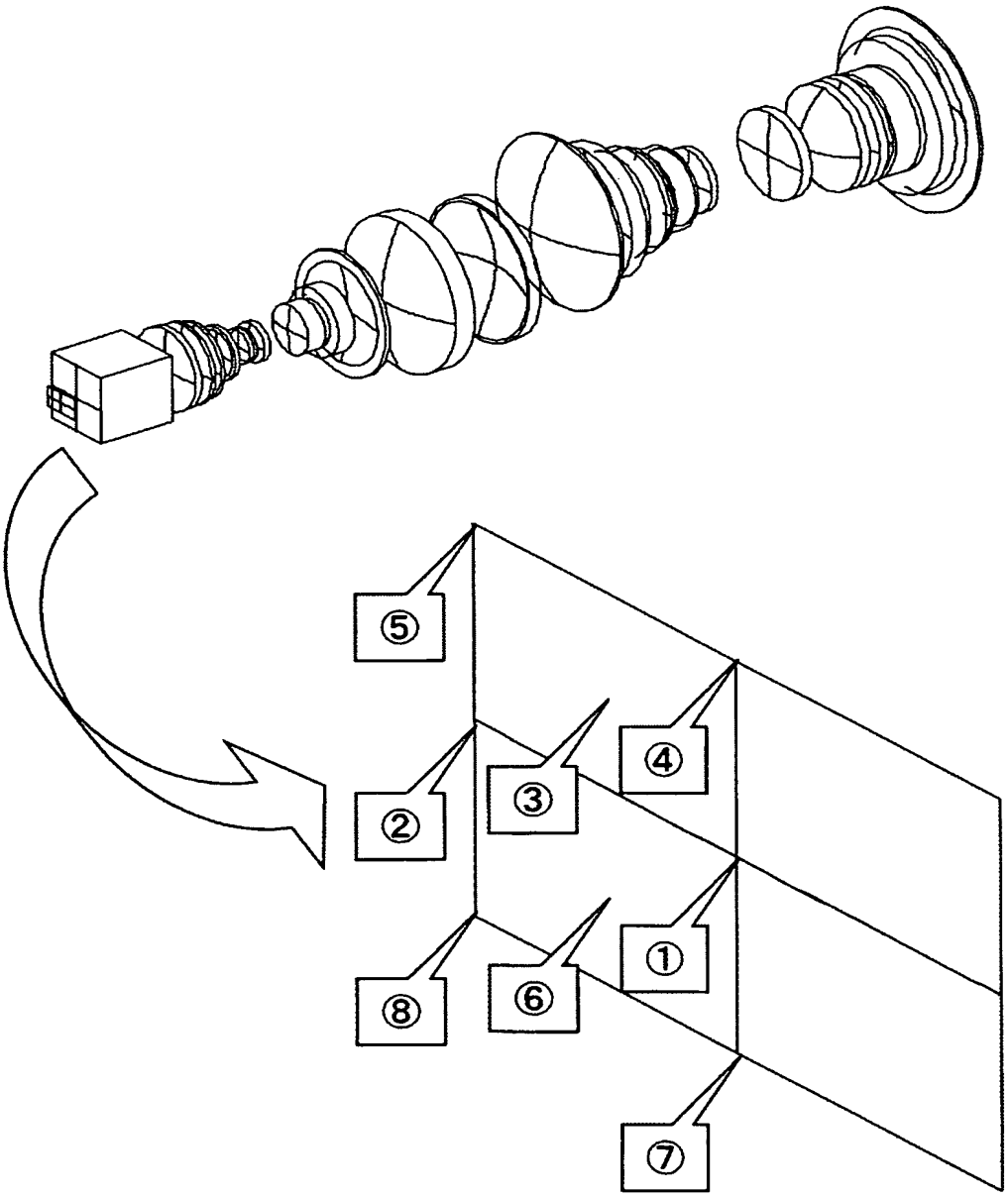
【図４３】

図４３



【図４４】

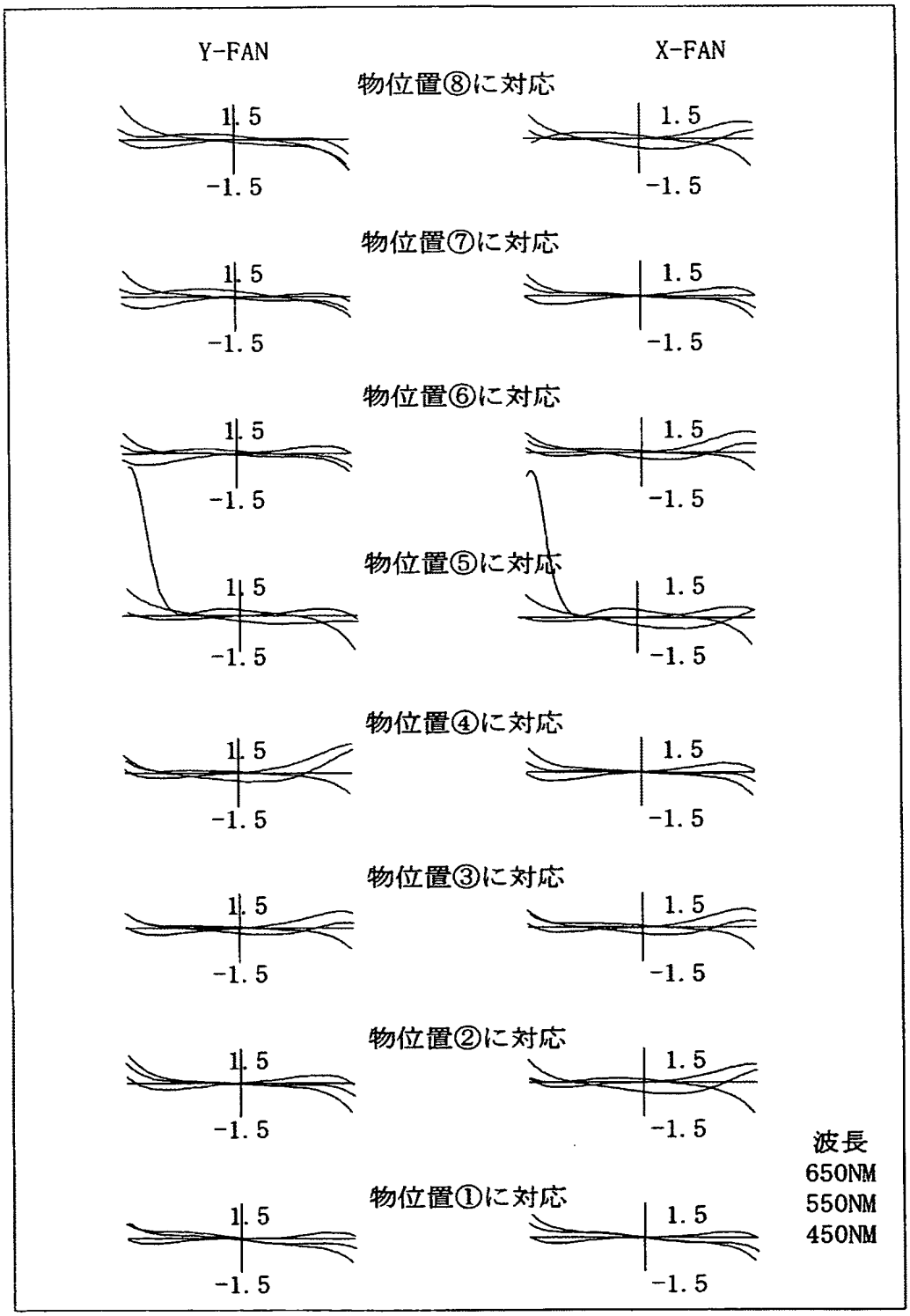
図４４



Petitioner Ex 1006

【図４５】

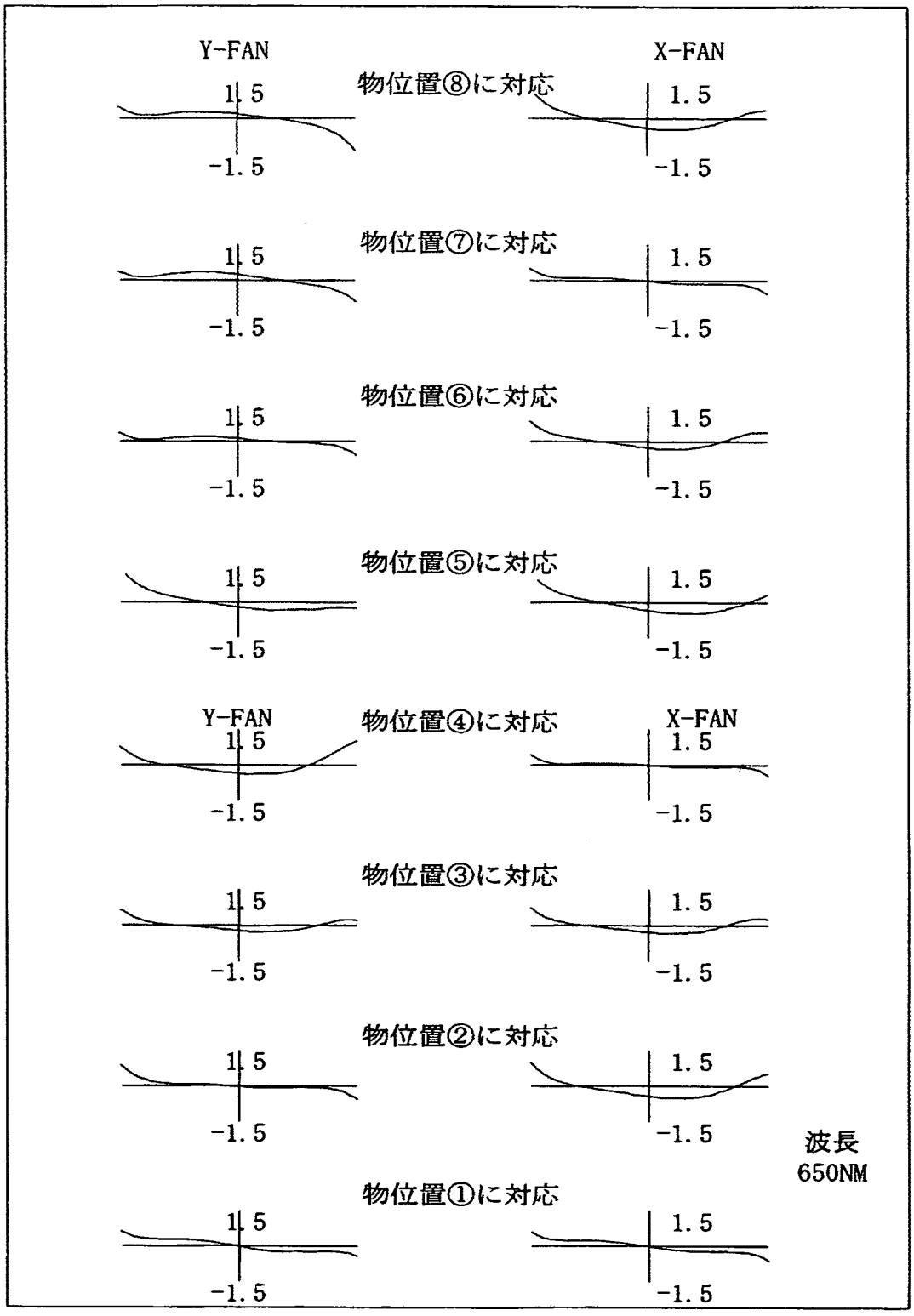
図４５



Petitioner-Ex 1006

【図４６】

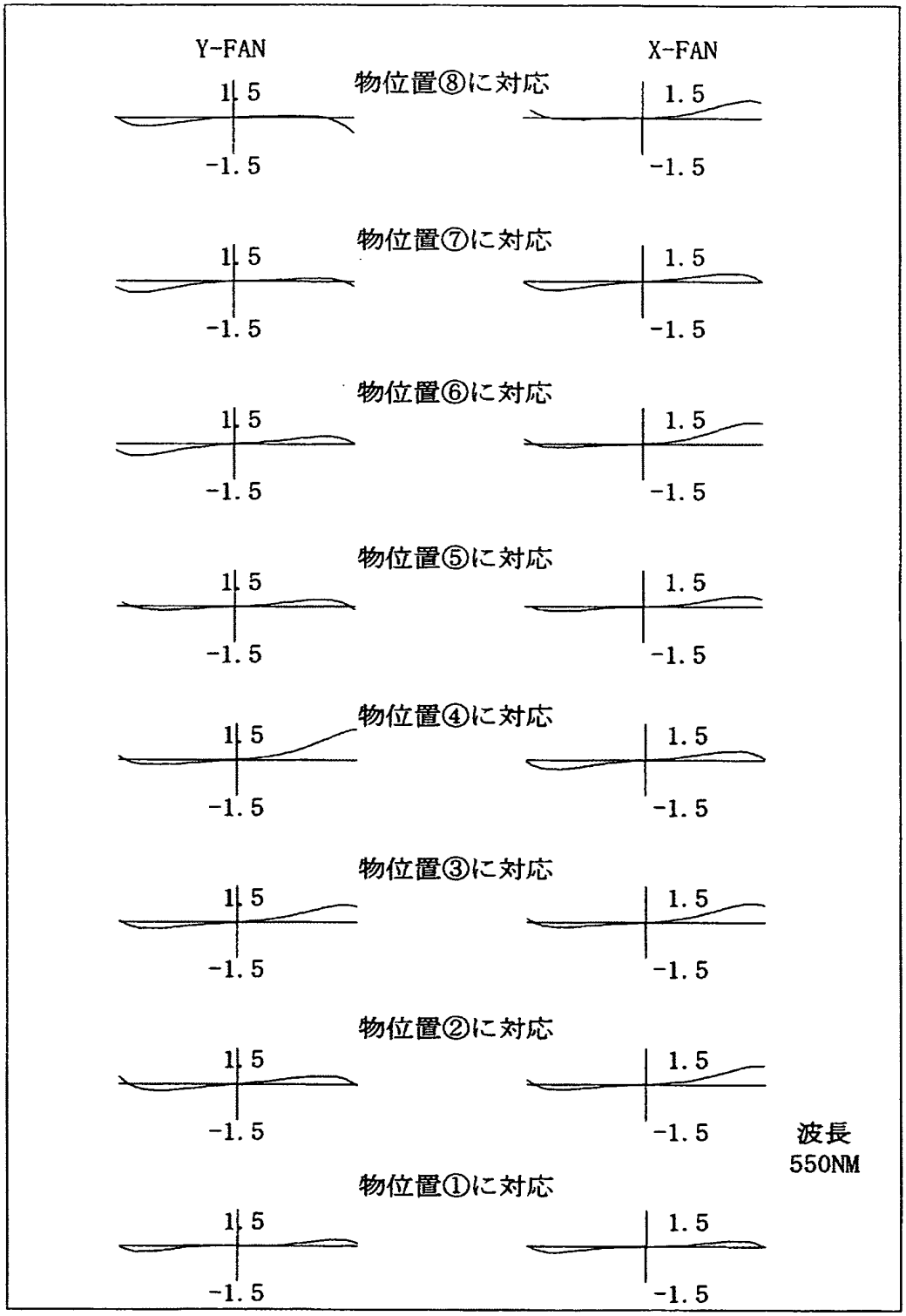
図４６



Petitioner-Ex 1006

【図４７】

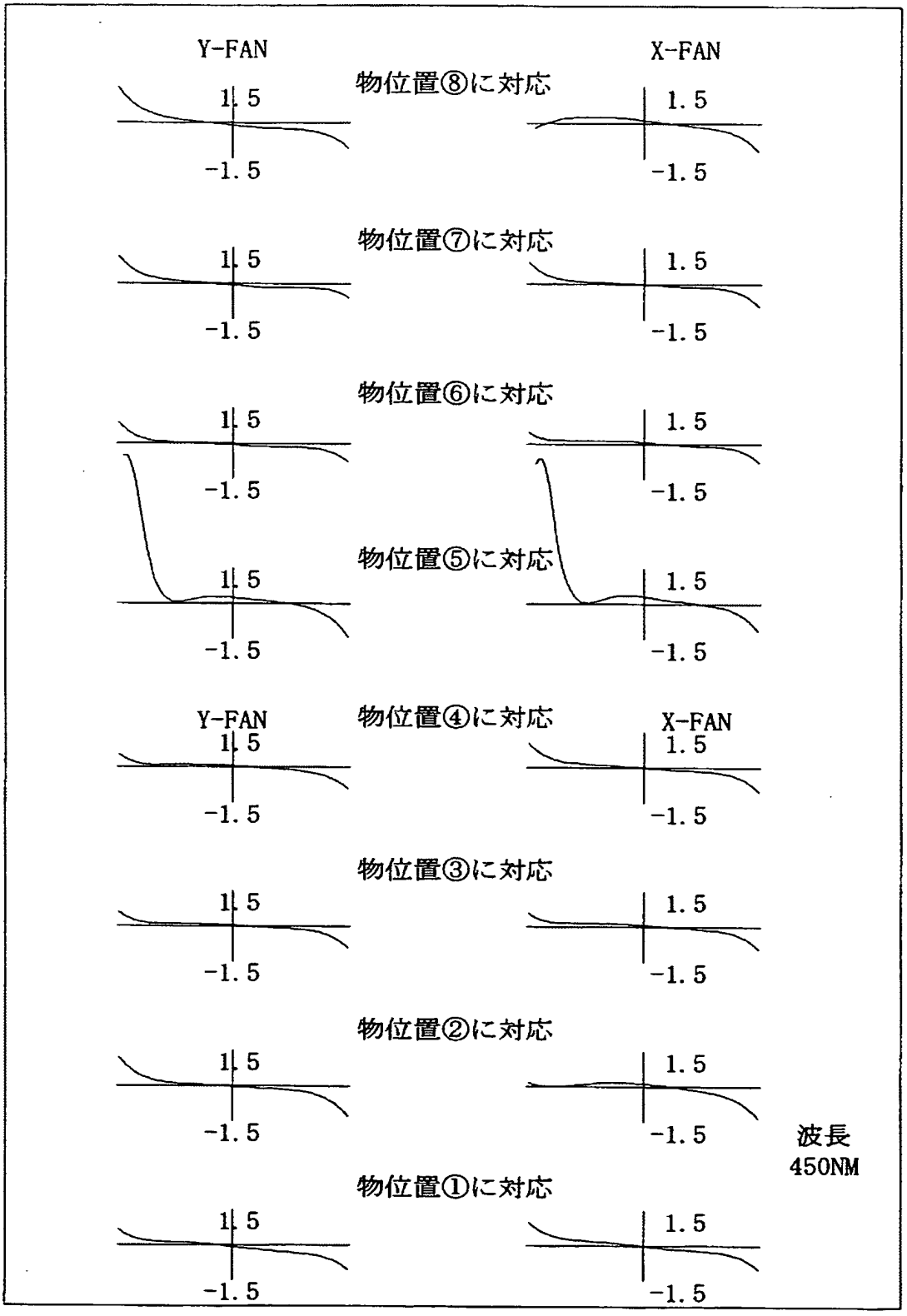
図４７



Petitioner-Ex 1062

【図４８】

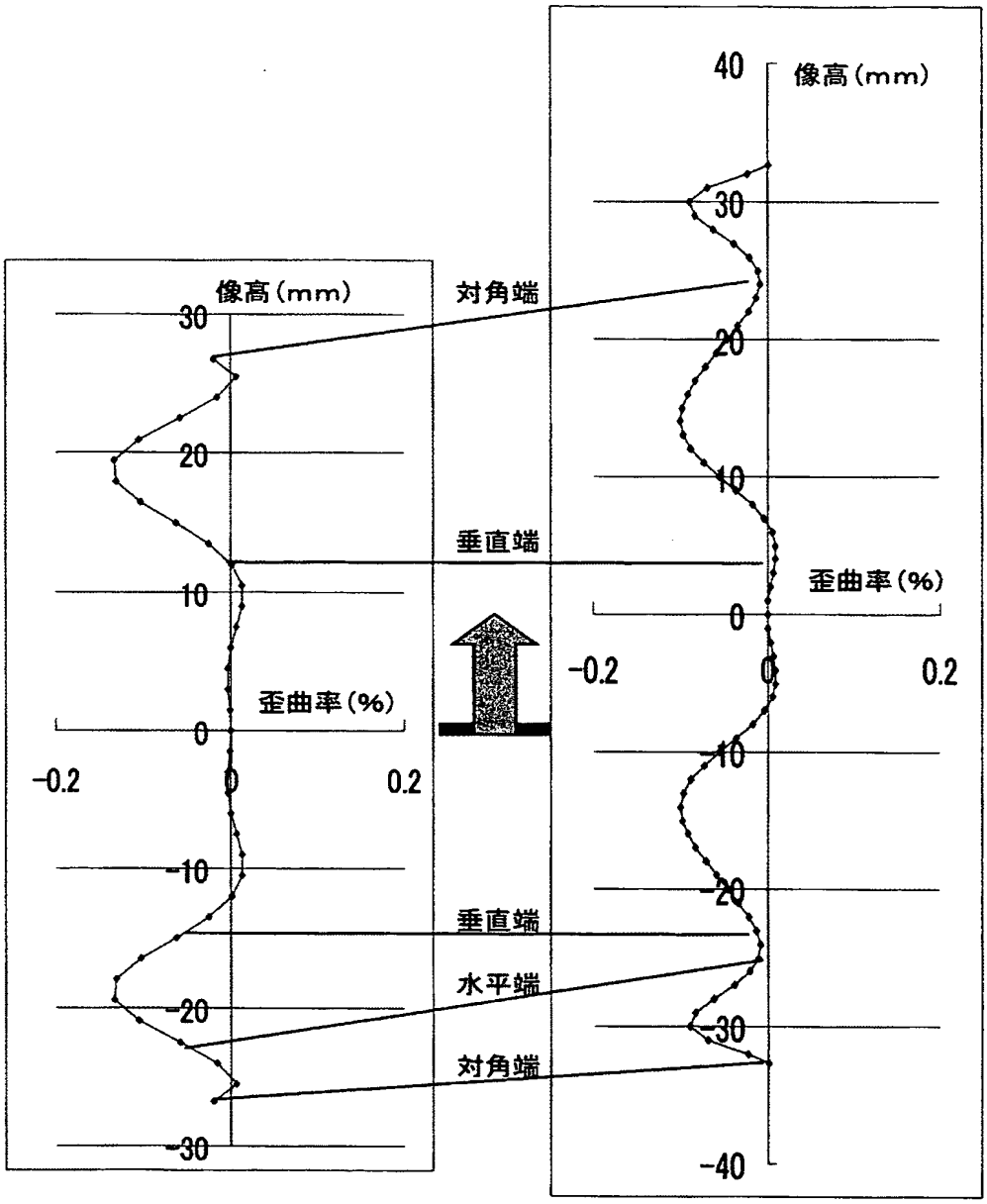
図４８



Petitioner-Ex 1006

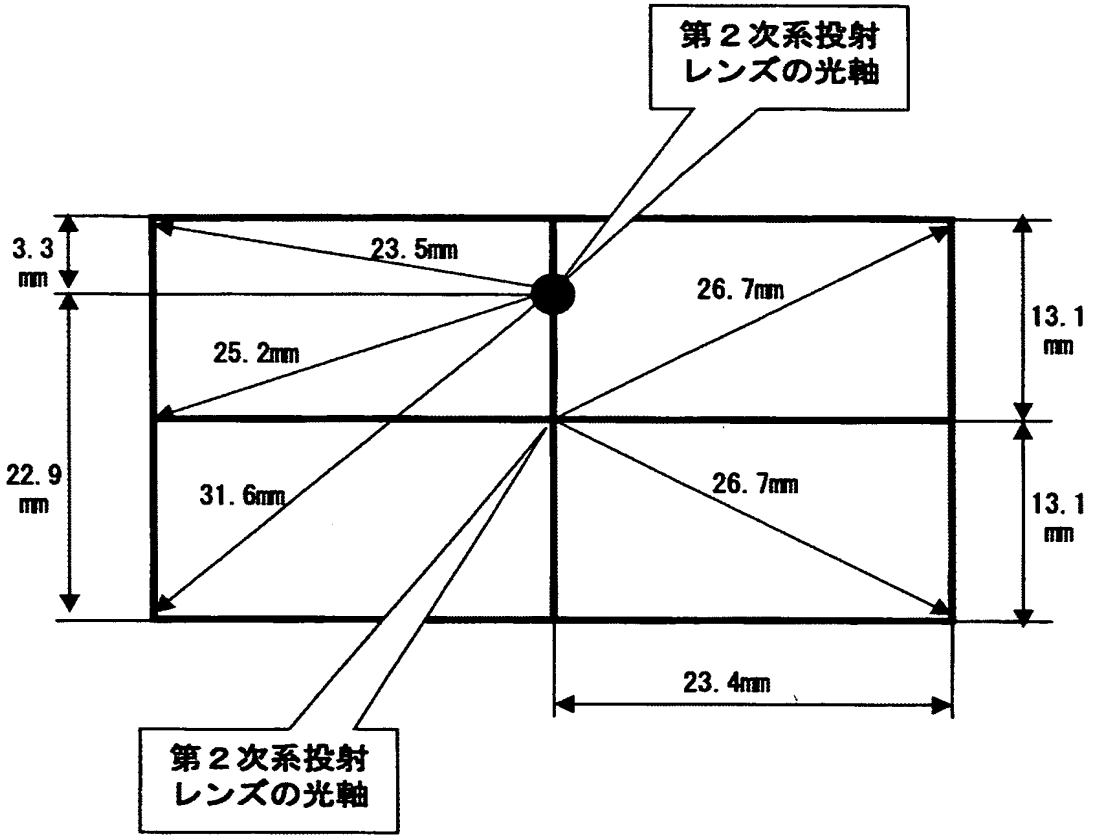
【図４９】

図４９


像高(mm)
30
20
10
0
-10
-20
-30
歪曲率(%)
-0.2
0
0.2
対角端
垂直端
垂直端
水平端
対角端
40
-40
第１次系投射レンズ
第２次系投射レンズ

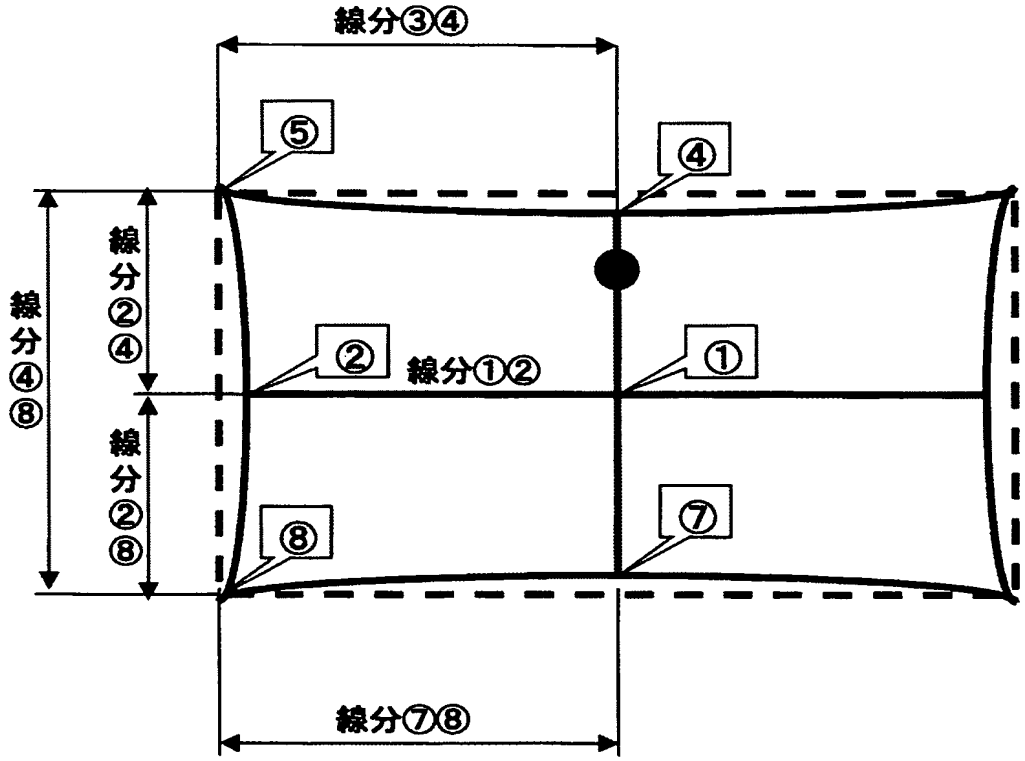
【図５０】

図５０


第２次系投射
レンズの光軸
3.3
mm
23.5mm
26.7mm
13.1
mm
25.2mm
22.9
mm
31.6mm
26.7mm
13.1
mm
23.4mm
第２次系投射
レンズの光軸

【図５１】

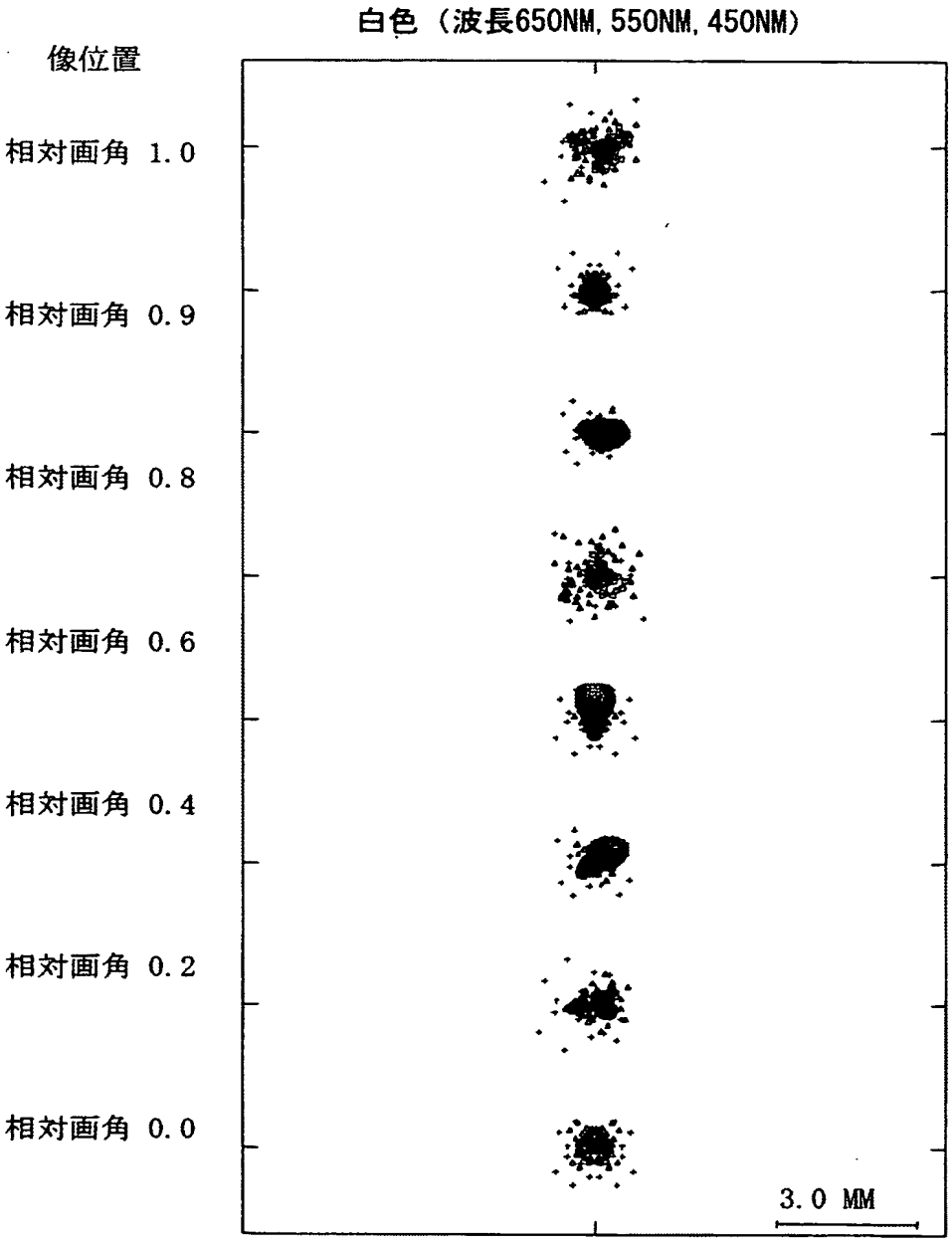
図５１



Petitioner-Ex 0006

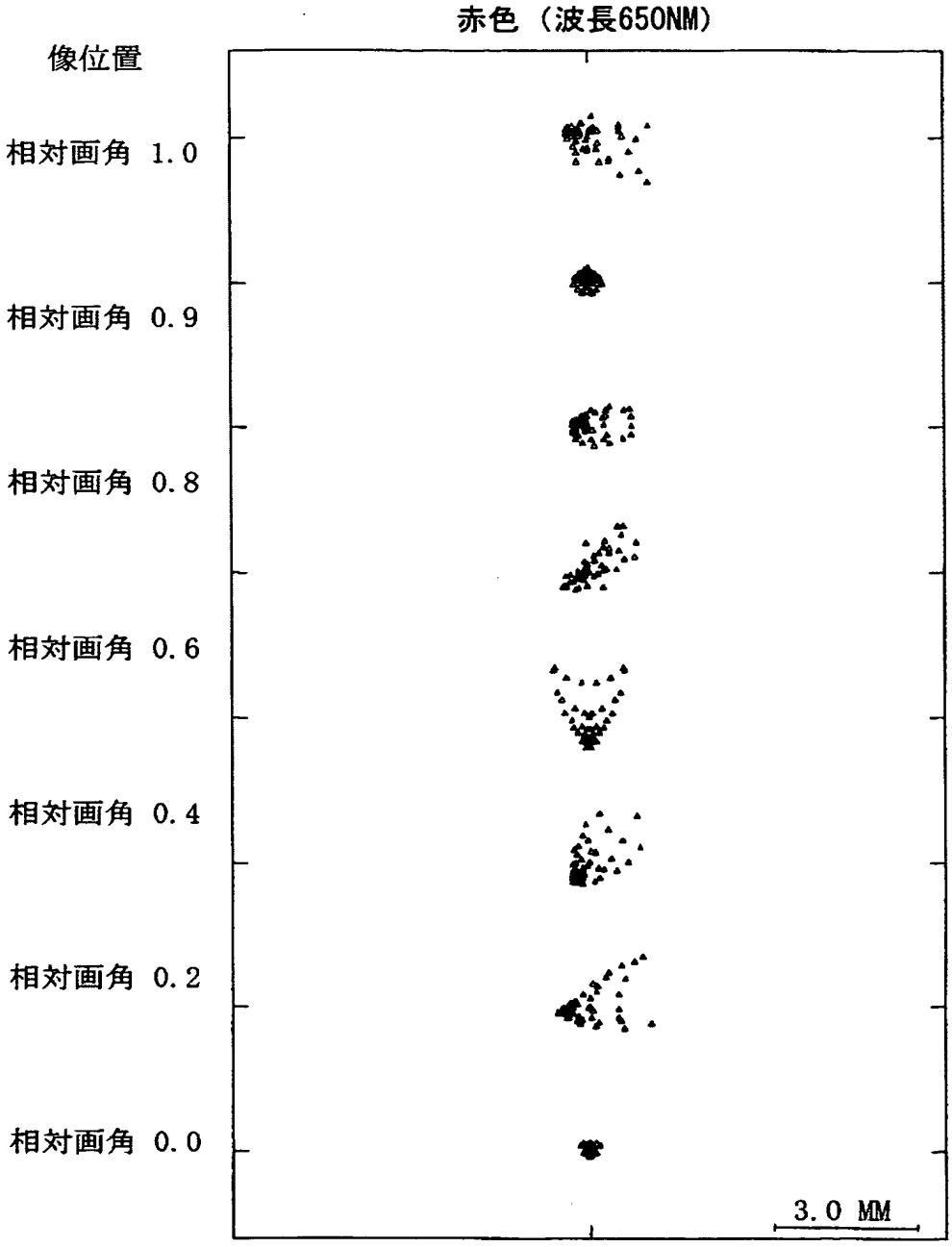
【図５２】

図５２


白色（波長650NM, 550NM, 450NM）
像位置
相対画角 1.0
相対画角 0.9
相対画角 0.8
相対画角 0.6
相対画角 0.4
相対画角 0.2
相対画角 0.0
3.0 MM
像面位置 -50 MM
（パネル側換算で -0.007MM）

【図５３】

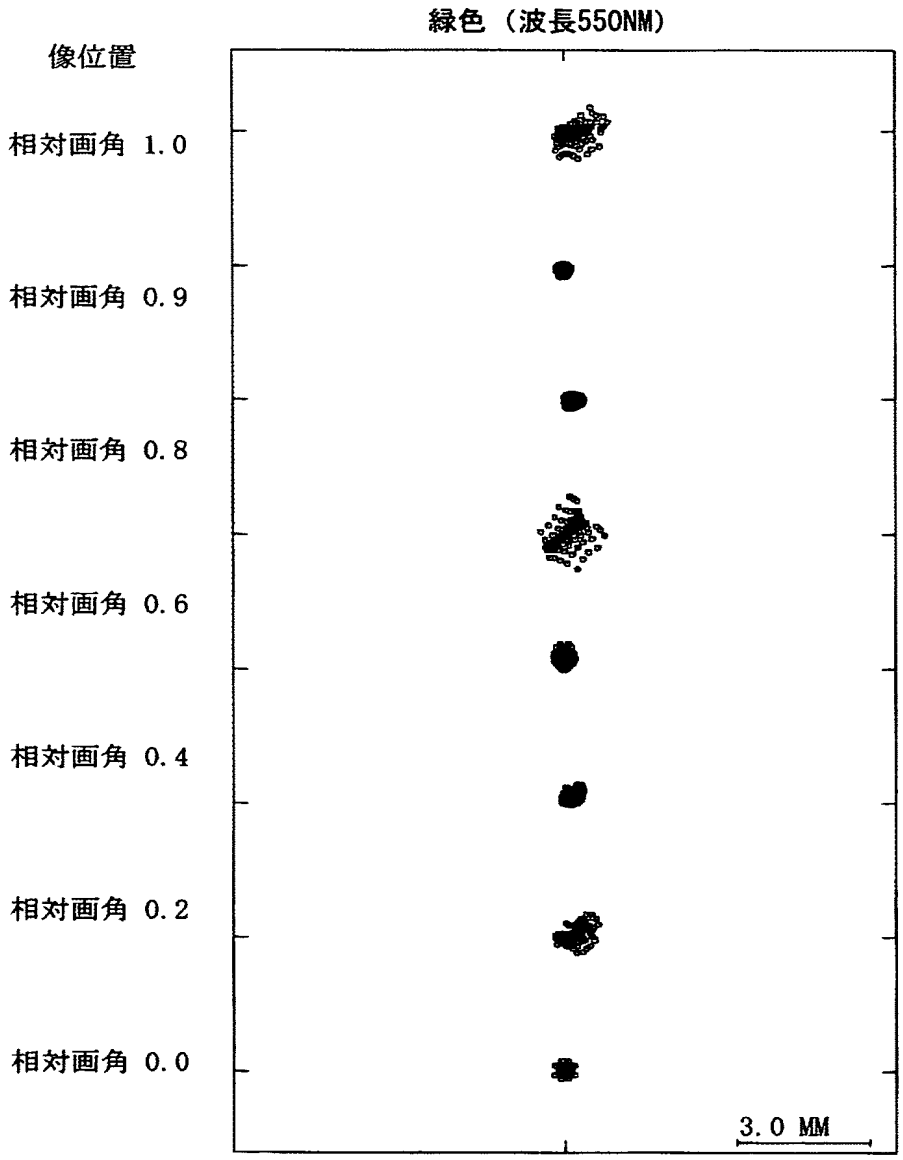
図５３



像面位置 200 MM
（パネル側換算で 0.030MM）

【図５４】

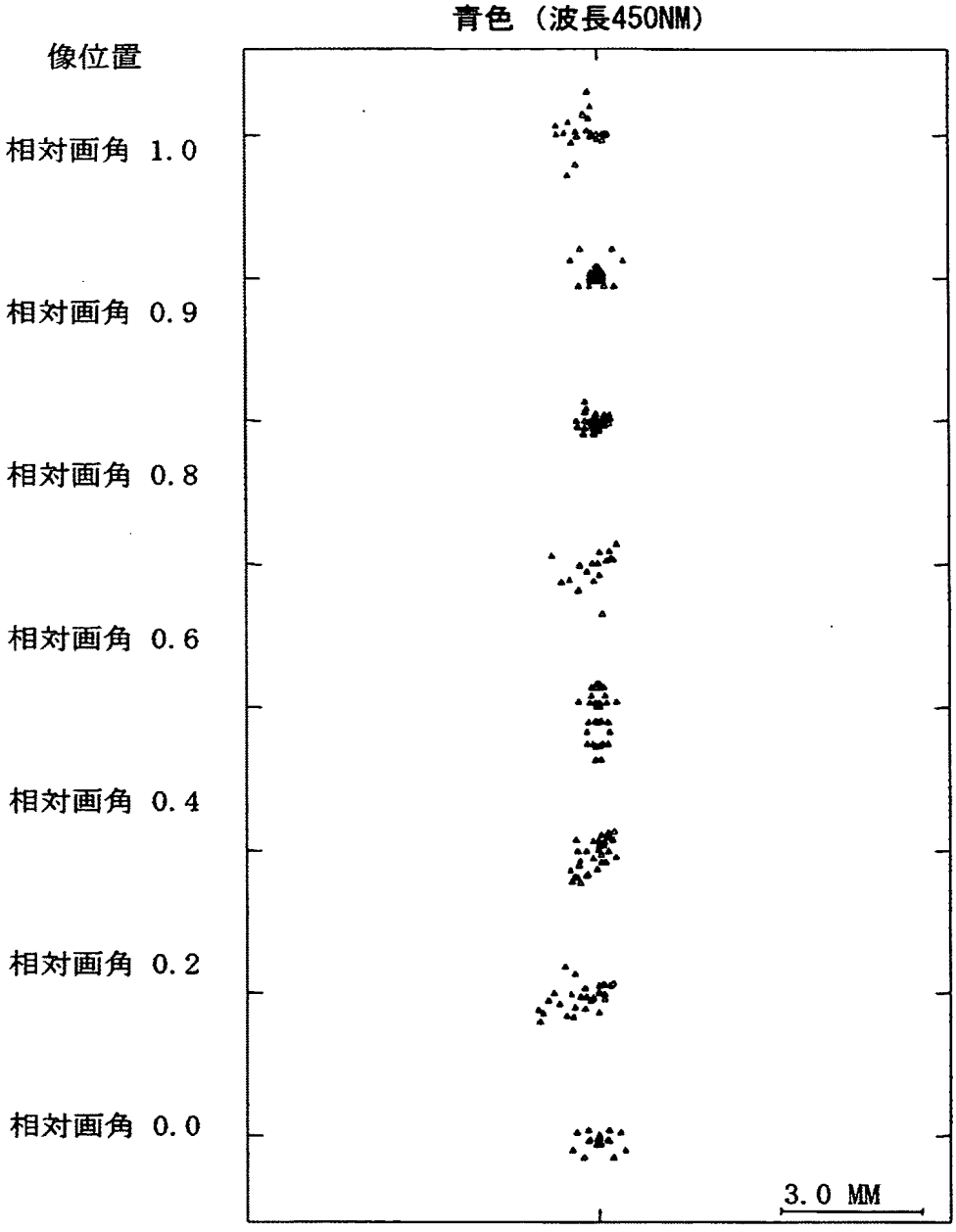
図５４



像面位置 −100 MM
（パネル側換算で −0.015MM）

【図５５】

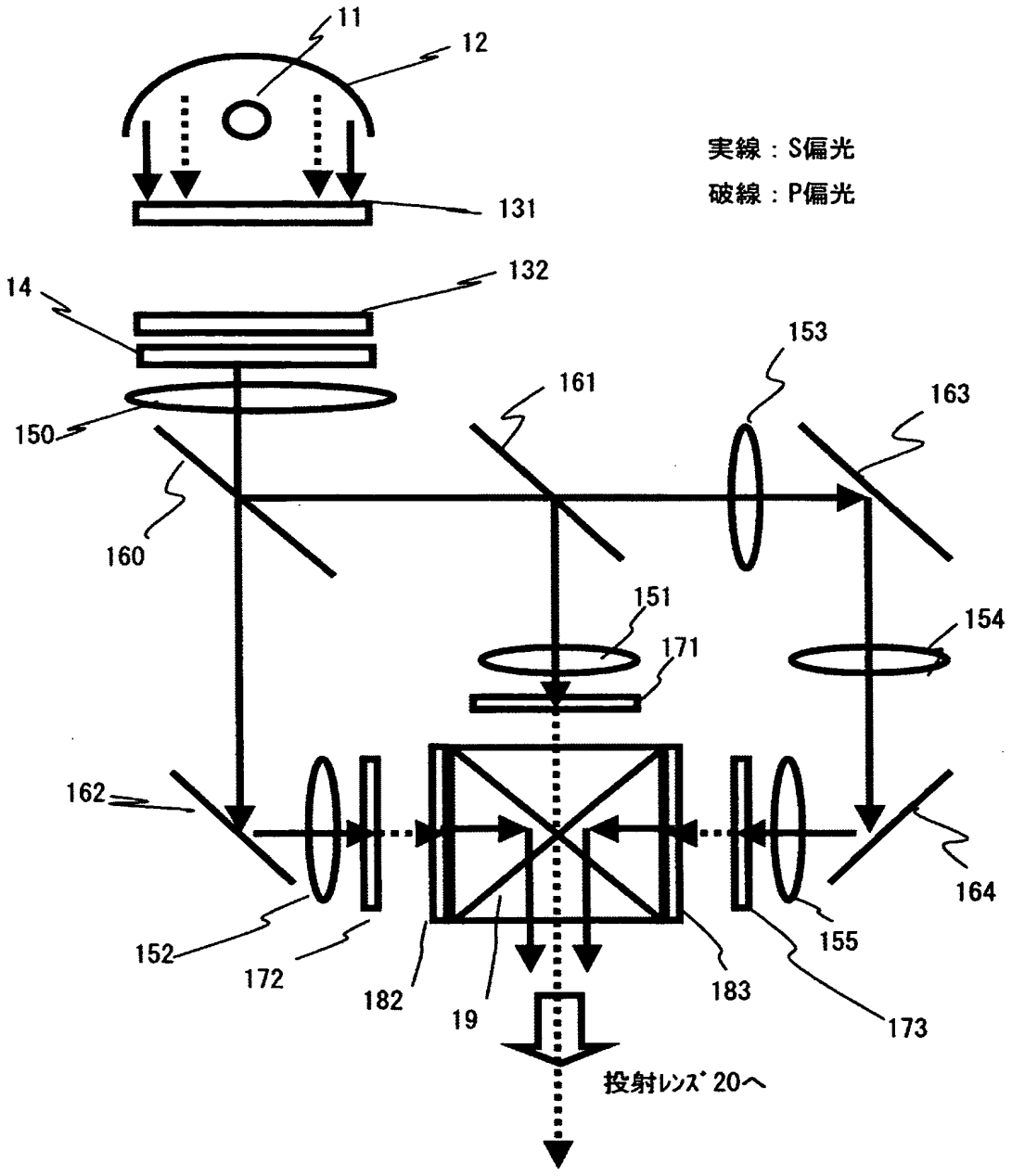
図５５



像面位置 250 MM
（パネル側換算で 0.037MM）

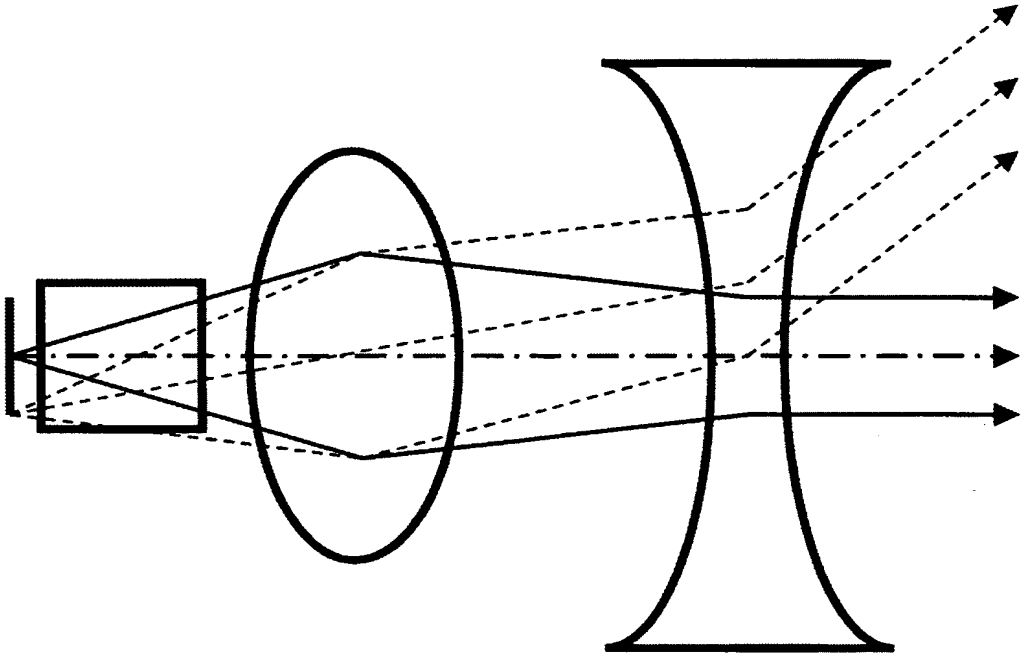
【図５６】

図５６


11
12
131
実線：S偏光
破線：P偏光
14
132
150
153
161
163
160
151
154
171
162
164
152
172
182
19
183
155
173
投射レンズ 20へ

【図５７】

図５７



Petitioner Ex. 1029

【書類名】要約書
【要約】
【課題】投写型カラー映像表示装置や背面投写型カラー映像表示装置において投写光学ユニットの投写距離を大幅に短縮しセットのコンパクト化のハイフォーカスを両立する。

【解決手段】　２つのレンズ群を有する投写レンズ装置の場合には、映像表示素子に最も近接して配置した第１投写光学ユニット(22)により形成される第１の拡大像（倍率Ｍ１）は、一旦第２投写光学ユニット(24)よりも映像表示素子側において結像する。この第１の拡大像を前記第２投写光学ユニットによりスクリーン上に拡大投写（倍率Ｍ２。但しＭ２＞Ｍ１）する。第１投写光学ユニットと前記第２投写光学ユニットの間に正の屈折力を持つフィールドレンズ群(23)を配置する。この結果、第２投写光学ユニットのＦ値であるＦ２と、第１投写光学ユニットのＦ値であるＦ１の関係がＦ２＝Ｆ１／Ｍ１となるので画角が９０度を超える超広角化が実現できる。
【選択図】　図５

認定・付加情報

特許出願の番号	特願２００３－３９８３９５
受付番号	５０３０１９６１６５２
書類名	特許願
担当官	第一担当上席　　００９０
作成日	平成１５年１２月　１日

＜認定情報・付加情報＞

【提出日】　平成15年11月28日

特願２００３－３９８３９５

出　願　人　履　歴　情　報

識別番号　［０００００５１０８］

１．変更年月日　１９９０年　８月３１日
［変更理由］　新規登録
住　所　東京都千代田区神田駿河台４丁目６番地
氏　名　株式会社日立製作所

Petitioner Ex 1002 327

13281 U.S. PTO 082004

PTO/SB/05 (08-03)
Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0032
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 displays a valid OMB control number.

UTILITY PATENT APPLICATION TRANSMITTAL

(Only for new nonprovisional applications under 37 CFR 1.53(b))

Attorney Docket No.	520.44172X00
First Inventor	YATSU, M.
Title	PROJECTION OPTICAL UNIT AND PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS
Express Mail Label No.	

APPLICATION ELEMENTS
SEE MPEP chapter 600 concerning utility patent application contents.

ADDRESS TO: **Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria VA 22313-1450**

17541 U.S.PTO 10/921938 082004

1. ☒ Fee Transmittal Form (e.g., PTO/SB/17) *(Submit an original and a duplicate for fee processing)*
2. ☐ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27.
3. ☒ Specification [*Total Pages:* **70**] *(preferred arrangement set forth below)*
   - -Descriptive title of the invention
   - -Cross Reference to Related Applications
   - -Statement Regarding Fed sponsored R & D
   - -Reference to sequence listing, a table, or a computer program listing appendix
   - -Background of the Invention
   - -Brief Summary of the Invention
   - -Brief Description of the Drawings *(if filed)*
   - -Detailed Description
   - -Claim(s)
   - -Abstract of the Disclosure
4. ☒ Drawing(s) *(35 U.S.C. 113)* [*Total Sheets:* **51**]
5. Oath or Declaration [*Total Sheets:* **4**]
   - a. ☒ Newly executed (original or copy)
   - b. ☐ Copy from a prior application (37 CFR 1.63 (d)) *(for continuation/divisional with Box 18 completed)*
     - i. ☐ DELETION OF INVENTOR(S) Signed statement attached deleting inventor(s) Named in the prior application, see 37 CFR 1.63(d)(2) and 1.33(b)
6. ☐ Application Data Sheet. See 37 CFR 1.76
7. ☐ CD-ROM or CD-R in duplicate, large table or Computer Program *(Appendix)*
8. Nucleotide and/or Amino Acid Sequence Submission *(if applicable, all necessary)*
   - a. ☐ Computer Readable Form (CRF)
   - b. Specification Sequence Listing on:
     - i. ☐ CD-ROM or CD-R (2 copies); or
     - ii. ☐ paper
   - c. ☐ Statements verifying identity of above copies

ACCOMPANYING APPLICATION PARTS

9. ☒ Assignment Papers (cover sheet & documents(s))
10. ☐ 37 CFR 3.73(b) Statement ☒ Power of Attorney *(when there is an assignee)*
11. ☐ English Translation Document *(if applicable)*
12. ☒ Information Disclosure Statement (IDS)/PTO-1449 ☒ Copies of IDS Citations
13. ☐ Preliminary Amendment
14. ☒ Return Receipt Postcard (MPEP 503) *(Should be specifically itemized)*
15. ☒ Certified Copy of Priority Document(s) *(if foreign priority is claimed)*
16. ☐ Nonpublication Request under 35 U.S.C. 122 (b)(2)(B)(i). Applicant must attach form PTO/SB/35 or its equivalent.
17. ☒ Other: **Credit Card Payment Form; Figs. 1-56;**

18. If a CONTINUING APPLICATION, *check appropriate box, and supply the requisite information below and in a preliminary amendment, or in an Application Data Sheet under 37 CFR 1.76:*

☐ Continuation ☐ Divisional ☐ Continuation-in-part (CIP) of prior application No.:

Prior application information: *Examiner:* _____ *Art Unit:* _____

For CONTINUATION OR DIVISIONAL APPS only: The entire disclosure of the prior application, from which an oath or declaration is supplied under Box 5b, is considered a part of the disclosure of the accompanying continuation or divisional application and is hereby incorporated by reference. The incorporation can only be relied upon when a portion has been inadvertently omitted from the submitted application parts.

19. CORRESPONDENCE ADDRESS

☒ Customer Number **020457** OR ☐ Correspondence address below

Name	**ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP**				
Address					
City		*State*		*Zip Code*	
Country		*Telephone*	**(703) 312-6600**	*Fax*	**(703) 312-6666**
Name (Print/Type)	**MELVIN KRAUS**		*Registration No. (Attorney/Agent)*		**22,466**
Signature				*Date*	**AUG. 20, 2004**

This collection of information is required by 37 CFR 1.53(b). 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: Mail Stop Patent Application, 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.

13281 - U.S. PTO
082004

PTO/SB/17 (10-03)
Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0032
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 displays a valid OMB control number.

FEE TRANSMITTAL for FY 2004

Effective 10/01/2003. Patent fees are subject to annual revision.

☐ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27

TOTAL AMOUNT OF PAYMENT **($) 1,628.00**

Complete if Known	
Application Number	Not Yet Assigned
Filing Date	August 20, 2004
First Named Inventor	YATSU, M.
Examiner Name	
Art Unit	
Attorney Docket No.	520.44172X00

METHOD OF PAYMENT (check all that apply)

☐ Check ☒ Credit Card ☐ Money Order ☐ Other ☐ None

☒ Deposit Account:

Deposit Account Number: 01-2135

Deposit Account Name: Antonelli, Terry, Stout & Kraus, LLP

The Director **is authorized to:** (*check all that apply*)

☐ Charge fee(s) indicated below ☒ Credit any overpayments

☒ Charge any additional fee(s) during the pendency of this application.

☐ Charge fee(s) indicated below, **except for the filing fee to the above-identified deposit account.**

FEE CALCULATION

1. BASIC FILING FEE

Large Entity Fee Code	Large Entity Fee ($)	Small Entity Fee Code	Small Entity Fee ($)	Fee Description	Fee Paid
1001	770	2001	385	Utility filing fee	770
1002	340	2002	170	Design filing fee	
1003	530	2003	265	Plant filing fee	
1004	770	2004	385	Reissue filing fee	
1005	160	2005	80	Provisional filing fee	
				SUBTOTAL (1)	770

2. EXTRA CLAIM FEES FOR UTILITY AND REISSUE

	Extra Claims		Fee from below		Fee Paid
Total Claims	32	-20** = 12	x 18	=	216.00
Indep. Claims	10	-3** = 7	x 86	=	602.00
Multiple Dependent				=	

Large Entity Fee Code	Large Entity Fee ($)	Small Entity Fee Code	Small Entity Fee ($)	Fee Description
1202	18	2202	9	Claims in excess of 20
1201	86	2201	43	Independent claims in excess of 3
1203	290	2203	145	Multiple dependent claim, if not paid
1204	86	2204	43	** Reissue independent claims over original patent
1205	18	2205	9	** Reissue claims in excess of 20 and over original patent

SUBTOTAL (2) $ 818.00

***or number previously paid, if greater; For Reissues, see above.*

FEE CALCULATION (continued)

3. ADDITIONAL FEES

Large Entity Fee Code	Large Entity Fee ($)	Small Entity Fee Code	Small Entity Fee ($)	Fee Description	Fee Paid
1051	130	2051	65	Surcharge – late filing fee or oath	
1052	50	2052	25	Surcharge – late provisional filing fee or cover sheet	
1053	130	1053	130	Non-English specification	
1812	2,520	1812	2,520	For filing a request for *ex parte* reexamination	
1804	920*	1804	920*	Requesting publication of SIR prior to Examination action	
1805	1,840*	1805	1,840*	Requesting publication of SIR after Examiner action	
1251	110	2251	55	Extension for reply within first month	
1252	420	2252	210	Extension for reply within second month	
1253	950	2253	475	Extension for reply within third month	
1254	1,480	2254	740	Extension for reply within fourth month	
1255	2,010	2255	1,005	Extension for reply within fifth month	
1401	330	2401	165	Notice of Appeal	
1402	330	2402	165	Filing a brief in support of an appeal	
1403	290	2403	145	Request for oral hearing	
1451	1,510	1451	1,510	Petition to institute a public use proceeding	
1452	110	2452	55	Petition to revive – unavoidable	
1453	1,330	2453	665	Petition to revive – unintentional	
1501	1,330	2501	665	Utility issue fee (or reissue)	
1502	480	2502	240	Design issue fee	
1503	640	2503	320	Plant issue fee	
1406	130	1460	130	Petitions to the Commissioner	
1807	50	1807	50	Processing fee under 37 CFR 1.17(q)	
1806	180	1806	180	Submission of Information Disclosure Stmt	
8021	40	8021	40	Recording each patent assignment per property (times number of properties)	40.00
1809	770	2809	385	Filing a submission after final rejection (37 CFR § 1.129(a))	
1810	770	2810	385	For each additional invention to be examined (37 CFR § 1.129(b))	
1801	770	2801	385	Request for Continued Examination (RCE)	
1802	900	1802	900	Request for expedited examination of a design application	
				Other fee (specify) _____	
				*Reduced by Basic Filing Fee Paid **SUBTOTAL (3) ($)**	40.00

SUBMITTED BY					
				Complete (*if applicable*)	
Name (Print/Type)	Melvin Kraus	*Registration No. (Attorney/Agent)*	22,466	*Telephone*	703-312-6600
Signature				*Date*	08/20/2004

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.

This collection of information is required by 37 CFR 1.17 and 1.27. 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.