Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTO/SB/08a (01-10)
Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	16/046,643
	Filing Date	July 26, 2018
	First Named Inventor	Angus Pacala
	Art Unit	2414
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	103033-1096583

EXAMINER SIGNATURE			
Examiner Signature /JOHN R LEE/		Date Considered 02/05/2021	

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

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

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

U.S. PATENTS						
Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code [1]	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages Columns Lines Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	4634272	A	1987-01-06	Endo	
	2	5982552	A	Nov 9, 1999	Nakama et al.	
	3	4676599	A	1987-06-30	Cruz	
	4	4702600	A	1987-10-27	Handrich, et al.	
	5	4358851	A	07-25-1989	Scifres, Donald R., et al.	
	6	4744667	A	1988-05-17	Fay, et al.	
	7	6133989	A	2000-10-17	Stettner, et al.	
	8	6414746	B1	2004-02-10	Stettner, et al.	
	9	6690019	B2	2004-02-10	Stettner, et al.	
	10	6721262	B1	Apr 13, 2004	Jordache et al.	
	11	7433042	B1	Oct 7, 2008	Cavanaugh et al.	
	12	7091462	B2	2006-08-15	Wilson, et al.	
	13	D531525	S1	11-07-2006	Dold, et al.	
	14	7170542	B2	01-30-2007	Hanina, et al.	
	15	7295298	B2	11-13-2007	Willhoeft, et al.	
	16	7345271	B2	03-18-2008	Boehlau, et al.	
	17	7421159	B2	09-02-2008	Yang, et al.	
	18	7808706	B2	10-05-2010	Fadel, et al.	
	19	8013983	B2	09-06-2011	Lin, et al.	
	20	8130367		03-06-2012	Stettner, et al.	
	21	D659030	S1	05-08-2012	Anselment, et al.	
	22	8319949	B2	11-27-2012	Cantin, et al.	
	23	8374405	B2	02-12-2013	Lee, et al.	
	24	4851664		02-22-1994	Rieger, Harry	
	25	5288992		06/28/2011	Fohl, Timothy	

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	26	7969558		01/03/2012	Hall, David S.	
	27	8089618		12/11/2012	Yang, Dezhong	
	28	8330840		05/06/2014	Lenchenkov, Victor	
	29	8717488		03/15/2016	Shpunt, Alexander, et al.	
	30	9285477		07/05/2016	Smith, Scott T., et al.	
	31	9383753		11/09/1982	Templeton, Bradley, et al.	
	32	6721262	B1	Apr 13 2004	Jordache et al.	
	33	7433042	B1	Oct 7 2008	Cavanaugh et al.	
	34	8384997	B2	02-26-2013	Shpunt, et al.	
	35	8494252	B2	07-23-2013	Freedman, et al.	
	36	8675181	B2	03-18-2014	Hall	
	37	8742325	B1	06-03-2014	Droz, et al.	
	38	8743176	B2	06-03-2014	Stettner, et al.	
	39	8761495	B2	06-14-2014	Freedman, et al.	
	40	8767190	B2	07-01-2014	Hall	
	41	8829406	B2	09-09-2014	Akerman, et al.	
	42	8836922	B1	09-16-2014	Pennecot, et al.	
	43	8848039	B2	09-30-2014	Spektor, et al.	
	44	9041915	B2	05-26-2015	Earnhart, et al.	
	45	9063549	B1	06-23-2015	Pennecot, et al.	
	46	9071763	B1	06-30-2015	Templeton, et al.	
	47	9086273	B1	07-21-2015	Gruver, et al.	
	48	9111444	B2	08-18-2015	Kaganovich	
	49	9157790	B2	10-13-2015	Shpunt, et al.	
	50	9164511	B1	10-20-2015	Ferguson, et al.	
	51	9176051	B2	11-03-2015	Mappes, et al.	
	52	9229109	B2	01-05-2016	Stettner, et al.	

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	53	9285464	B2	03-15-2016	Pennecot, et al.	
	54	9299731	B1	03-29-2016	Lenius, et al.	
	55	9368936	B1	06-14-2016	Lenius, et al.	
	56	9369689	B2	06-14-2016	Tran, et al.	
	57	9425654	B2	08-23-2016	Lenius, et al.	
	58	9435891	B2	09-06-2016	Oggier	
	59	9470520	B2	10-18-2016	Schwarz, et al.	
	60	9489601	B2	11-08-2016	Fairfield, et al.	
	61	9525863	B2	12-20-2016	Nawasra, et al.	
	62	9529079	B1	12-27-2016	Droz, et al.	
	63	6374024	B1	04-16-2002	Iijima	
	64	6014232	A	01-11-2000	Clarke	
	65	6255133	B1	07-03-2001	Ormond	
	66	5267016	A	11-30-1993	Meinzer, et al.	

U.S. PATENT APPLICATION PUBLICATIONS

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code [1]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages Columns Lines Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	67	20100008588	A1	Jan 14 2010	Feldkhun et al.	
	68	20120320164	A1	Dec 20 2012	Lipton	
	69	20150292948	A1	Oct 15 2015	Goldring et al.	
	70	20160150963	A1	Jun 2 2016	Roukes et al.	
	71	20170289524	A1	Oct 5 2017	Pacala et al.	
	72	20030047752	A1	03-2003	Campbell Joe C.	
	73	20040223071	A1	11-2004	Wells David	
	74	20050030409	A1	02-2005	Matherson Kevin J.	

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	75	20060244851	A1	11-2006	Cartlidge; Andrew G.	
	76	20070007563	A1	01-2007	Mouli; Chandra	
	77	20040061502	A1	Apr 1, 2004	Hasser	
	78	20150131080	A1	May 2015	Retterath, et al.	
	79	20160291134	A1	Oct 6 2016	Droz, et al.	
	80	20080153189	A1	06-2008	Plaine; Glenn-Yves	
	81	20090016642	A1	01-2009	Hart; Douglas P.	
	82	20090040629	A1	02-2009	Bechtel; Jon H.	
	83	20100110275	A1	05-2010	Mathieu; Gilles	
	84	20110037849	A1	02-2011	NICLA88; Cristiano	
	85	20130300840	A1	11-2013	Borowski; Andre	
	86	20140269796	A1	09-2014	Geske; Jonathan	
	87	20160327779	A1	11-2016	Hillman; Elizabeth	
	88	20170289524	A1	10-2017	Pacala Angus	
	89	20070060806		07-03-15	Hunter et al.	
	90	20070228262		07-10-04	Cantin et al.	
	91	20100204964	A1	08-12-2010	Pack, et al.	
	92	20110025843	A1	02-03-2011	Oggier, et al.	
	93	20110116262	A1	05-19-2011	Marson	
	94	20120044476	A1	02-23-2012	Earnhart, et al.	
	95	20120140109	A1	06-07-2012	Shpunt, et al.	
	96	20120287417	A1	11-15-2012	Mimeault	

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	97	20130044310	A1	02-21-2013	Mimeault	
	98	20130141549	A1	06-06-2013	Beers, et al.	
	99	20130206967	A1	08-15-2013	Shpunt, et al.	
	100	20130294089	A1	11-07-2013	Freedman, et al.	
	101	20140118335	A1	05-01-2014	Gurman	
	102	20140158900	A1	06-12-2014	Dae-Kun, Yoon	
	103	20140118493	A1	05-01-2014	Sali, et al.	
	104	20140153001	A1	06-05-2014	Chayat, et al.	
	105	20140168631	A1	06-19-2014	Haslim, et al.	
	106	20140176933	A1	06-26-2014	Haslim, et al.	
	107	20140285628	A1	09-25-2014	Shpunt, et al.	
	108	20140291491	A1	10-02-2014	Shpunt, et al.	
	109	20140313519	A1	10-23-2014	Shpunt, et al.	
	110	20140375977	A1	12-25-2014	Ludwig, et al.	
	111	20140376092	A1	12-25-2014	Mor	
	112	20150002636	A1	01-01-2015	Brown, et al.	
	113	20150184999	A1	07-02-2015	Stettner	
	114	20150316473	A1	11-05-2015	Kester, et al.	
	115	20150355470	A1	12-10-2015	Herschbach	
	116	20150358601	A1	12-10-2015	Oggier	
	117	20150379371	A1	12-31-2015	Yoon, et al.	
	118	20160003946	A1	01-07-2016	Gilliland, et al.	
	119	20160047895	A1	02-18-2016	Dussan	

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	120	20160047896	A1	02-18-2016	Dussan	
	121	20160047897	A1	02-18-2016	Dussan	
	122	20160047898	A1	02-18-2016	Dussan	
	123	20160047899	A1	02-18-2016	Dussan	
	124	20160047900	A1	02-18-2016	Dussan	
	125	20160047903	A1	02-18-2016	Dussan	
	126	20160097858	A1	04-07-2016	Mundhenk, et al.	
	127	20160218727	A1	07-28-2016	Maki	
	128	20160265902	A1	09-15-2016	Nawasra, et al.	
	129	~~20160291434~~ 20160291134	A1	10-16-2016	Droz, et al.	
	130	20160306032	A1	10-20-2016	Schwarz, et al.	
	131	20160328619	A1	11-10-2016	Yi, et al.	
	132	20170219426	A1	08-03-2017	Ouster, Inc.	
	133	2009/0295910	A1	12/03/2009	Mir Jose et al.	
	134	2010/0020306	A1	01/28/2010	Hall David S.	
	135	2010/0123893	A1	05/20/2010	YanQ DezhonQ	
	136	2011/0032398	A1	02/10/2011	Lenchenkov Victor	
	137	201110216304	A1	09/08/2011	Hall David S.	
	138	2012/0154914	A1	06/21/2012	MoriQuchi Chihiro et al.	
	139	2012/0182464	A1	07/19/2012	Shpunt Alexander et al.	
	140	2014/0211194	A1	07/31/2014	Pacala Angus et al.	
	141	2015/0192677	A1	07/09/2015	Yu Tianyue et al.	
	142	2015/0293224	A1	10/15/2015	Eldada Louay et al.	

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	143	2015/0378241	A1	12/31/2015	Eldada Louay	
	144	2016/0047901	A1	02/18/2016	Pacala Angus et al.	
	145	2016/0049765	A1	02/18/2016	Eldada Louay	
	146	2016/0161600	A1	06/09/2016	Eldada Louay et al.	
	147	20170350983	A1	Dec 7, 2017	Hall, et al.	
	148	2017269215	A1	Sept 21, 2017	Hall, et al.	
	149	2017269209	A1	Sept 21, 2017	Hall, et al.	
	150	2017269198	A1	Sept 21, 2017	Hall, et al.	
	151	2017269197	A1	Sept 21, 2017	Hall, et al.	
	152	2017219695	A1	Aug 3, 2017	Hall, et al.	
	153	2017146640	A1	May 25, 2017	Hall, et al.	
	154	20090179142	A1	July 16 2009	Duparre, et al.	
	155	20030006676	A1	Jan 09, 2003	Smith, et al.	

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number[3]	Country Code[2]	Kind Code[4]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	PagesColumnsLines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T[5]
	156	2016125165	WO	A1	Aug 11 2016	Verifood Ltd		
	157	2124069	EP	A1	2009-11-25	Ibeo Automobile Sensor Gmbh		

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	158	07-049417	JP	A	02-22-2007	Onaka Sueo		
	159	3002548	EP	A1	2016-09-14	Sick AG		
	160	2015052616	WO	A1	2015-04-16	Koninklijke Philips N.V.		
	161	2016116733	WO	A1	2016-07-28	Momcilo, et al.		
	162	2017132704	WO	A1	Aug 3, 2017	Velodyne Lidar, Inc.		
	163	H3-6407	JP	A	Jan 11, 1991	Daido Steel Co. Ltd.		

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS) title of the article (when appropriate) title of the item (book magazine journal serial symposium catalog etc.) date page(s) volume-issue number(s) publisher city andor country where published.	T[5]
	164	PCTUS2017039306 "International Search Report and Written Opinion" November 7 2017 21 pages	
	165	PCTUS2017039306 "Invitation to Pay Add'l Fees and Partial Search Report" August 31 2017 2 pages	
	166	PCTUS2017/048379 "International Search Report and Written Opinion" November 2, 2017, 15 pages	
	167	Non-Final Office Action mailed July 28, 2017 in U.S. Patent Application No. 15/419,053, filed January 30, 2017, 26 pages	
	168	VELODYNE LIDAR, INC., HDL-32E Data Sheet 2010, 2017.	
	169	VELODYNE LIDAR, INC., HDL-32E, User's Manual 2010.; August 2016.	
	170	VELODYNE LIDAR, INC., HDL-32E, HDL-32E, webpage: http://www.velodynelidar.com/hdl-32e.html; retrieved December 6, 2017.	
	171	VELODYNE LIDAR, INC., HDL-64E Data Sheet, 2017.	
	172	VELODYNE LIDAR, INC., HDL-64E S2 and S2.1; User's Manual and Programming Guide 2007; Firmware version 4; 2007, revision November 2012.	

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	173	VELODYNE LIDAR, INC., HDL-64E, S3; User's Manual and Programming Guide revision J; 2007.; December 2017.	
	174	VELODYNE LIDAR, INC., HDL-64E; webpage: http://www.velodynelidar.com/hdl-64e.html; retrieved December 6, 2017.	
	175	VELODYNE LIDAR, INC., VLP-16 data sheet, Puck, Real Time 3D Lidar Sensor, 2014.	
	176	VELODYNE LIDAR INC., Velodyne Lidar Puck; User's Manual and Programming Guide; 2014.	
	177	VELODYNE LIDAR, INC., VLP-16; retrieved via website: http://www.velodynelidar.com/vlp-16.html; December 6, 2017.	
	178	VELODYNE, LIDAR, INC.; Puck Hi-Res Data Sheet; Sept 2016.	
	179	VELODYNE LIDAR, INC.; Puck Hi-Res User Manual; Sept. 2016.	
	180	VELODYNE LIDAR, INC.; Puck Hi-Res retrieved via website: http://www.velodynelidar.com/vlp-16-hi-res.html; December 13, 2017.	
	181	VELODYNE LIDAR, INC.; Puck Lite Data Sheet; February 2016.	
	182	VELODYNE LIDAR, INC.; Puck Lite User Manual; February 2016.	
	183	VELODYNE LIDAR, INC.; Puck Lite, Our Lightest Sensor Ever, April 2016; retrieved via website: http://www.velodynelidar.com/vlp-16-lite.html; December 13, 2017.	
	184	VeLODYNE LIDAR, INC.,; Ultra Puck VLP-32C; November 2017; retrieved via website: http://www.velodynelidar.com/vlp-32c.html; December 13, 2017.	
	185	BRONZI, Danilo, "100 000 Frames/s 64x32 Single Photon Detector Array for 2-D Imaging and 3-D Ranging", IEEE Journal of Selected Topic in Quantum Electronics, Vol. 20, No. 6, November/December 2014; 10 pages	
	186	QUANERGY SYSTEMS EX, 1005, Review of Scientific Instruments; Volume 72, Number 4, April 2001, 13 pages.	
	187	ITZLER, Mark A., "Geiger-mode avalance photodiode focal plane arrays for three-dimensional imaging LADAR"; Princeton LIghtwave, Inc., Proc of SPIE Vol 7808 780890C-, 14 pages.	

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTOSB08a (01-10)
Approved for use through 07312012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995 no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	Herewith
	Filing Date	January 25, 2018
	First Named Inventor	Angus PACALA
	Art Unit	Not yet assigned
	Examiner Name	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	188	COVA, Sergio D.; "Single-Photon Counting Detectors, IEEE Photonics Journal; Vol. 3, Number 2, April 2011, 5 pages.	
	189	GUERRIERI, Fabrizio, "Two-Dimensional SPAD Imaging Camera for Photon Counting, Volume 2, Number 5, October 2010, 17 pages.	
	190	CHARBON, Edoardo, et al. "SPAD-Based Sensors"; TOF Range-Imaging Cameras, Remondino, F.,; Stoppa D. (Eds.), 2013, V, 240 p. 138 Illus., 85 Illus. In color., Hardcover ISBN 978-3-642-27522-7, 2013.	

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature	/JOHN R LEE/	Date Considered	02/05/2021

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

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

CERTIFICATION STATEMENT

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

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

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application and to the knowledge of the person signing the certification after making

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /J.R.L/

EAST Search History

EAST Search History (Prior Art)

JL; updated from patent.

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	Time Stamp
S161	126	Pacala-Angus$.in.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S162	93	Frichtl-Mark$.in.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S163	87	Ouster.as.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S164	240	(H04N13/0217).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S165	224	(H04N13/0207).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S166	453	(H04N13/0203).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S167	105	(H04N13/0495).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S168	48	(H04N13/0488).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S169	11,497	(G02B3/0056).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR;	OR	ON	2021/01/26 07:23

			FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB			
S170	2,508	(G02B3/0037).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S171	4,278	(G02B3/0006).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S172	7,892	(G02B5/005).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S173	16,486	(G02B5/208).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S174	10,779	(G02B5/20).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S175	3,134	(G02B27/2214).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S176	1,226	(G02B27/22).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S177	140,652	((3d or "3-d" or (three adj dimension$4)) same (image or imager or imaging or distance)) and (pixel or array) and (aperture or stop or pinhole or (pin adj hole))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S178	85,210	S177 and ((bulk with optic$4) or lens or objective)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23

S179	4,834	S178 and (collimating with lens)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S180	1,632	S178 and (diffusing or diffuser) with (detect$4 or sens$4 or pixel or photodetect$4 or photosens$4 or spad or pd)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S181	261	S179 and S180	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S182	243	(S179 or S180) and (single with photon with avalanche)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S183	98	(S179 or S180) and (resonan$4 with cavity with (photodiode or diode))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S184	6,111	(S179 or S180) and (transmit$4 or emitt$4 or laser or led)	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S185	148	(resonan$4 adj cavity adj (photodiode or diode))	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S186	2,416	(G01J1/08).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S187	5,486	(G02B6/002).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S188	3,653	(G01J1/02).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO;	OR	ON	2021/01/26 07:23

			JPO; DERWENT; IBM_TDB			
S189	1,544	(G01J1/0266).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S190	220	(G01J1/029).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S191	3,097	(H04N13/218).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S192	16,809	(G02B30/27).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23
S193	3,507	(G02B27/46).CPC.	US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB	OR	ON	2021/01/26 07:23

2/5/2021 4:35:52 PM
C:\Users\jlee\Documents\EAST\Workspaces\16046643_faom_3.wsp

PTO/SB/08a (01-10)
Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

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

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	16/046,643
	Filing Date	July 26, 2018
	First Named Inventor	Angus Pacala
	Art Unit	2878
	Examiner Name	John R Lee
	Attorney Docket Number	103033-1096583-P001USC2

U.S. PATENTS

Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code [1]	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	6028306	A	02-22-2000	Hayashi	

U.S. PATENT APPLICATION PUBLICATIONS

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code [1]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	2	20080037114		Feb 14, 2008	Sheblee et al.	
	3	20200041646		Feb 6, 2020	Pacala et al.	
	4	20200116560		Apr 16, 2020	Pacala et al.	
	5	20200116836		Apr 16, 2020	Pacala et al.	
	6	20200209355		Jul 2, 2020	Pacala et al.	

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number [3]	Country Code [2]	Kind Code [4]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T [5]
	7	07181023	JP		Jul 18, 1995	Komatsu Ltd		
	8	09257440	JP		Oct 3, 1997	Takaoka Electric Mfg Co Ltd		
	9	10311950	JP		Nov 24, 1998	Olympus Optical Co Ltd		
	10	2004247461	JP		Sep 2, 2004	Toyota Central Res & Dev Lab Inc		
	11	2012202776	JP		Oct 22, 2012	Toyota Central R&D Labs Inc		
	12	2012530917	JP		Dec 6, 2012	Toyota Motor Europe NV/SA		

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTO/SB/08a (01-10)
Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	16/046,643
	Filing Date	July 26, 2018
	First Named Inventor	Angus Pacala
	Art Unit	2878
	Examiner Name	John R Lee
	Attorney Docket Number	103033-1096583-P001USC2

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc.), date, page(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T[5]
	13	15/880,491 , "Corrected Notice of Allowability", February 25, 2021, 2 pages	
	14	15/880,491 , "Notice of Allowability", March 16, 2021, 2 pages	
	15	Application No 16/584,515 , Notice of Allowance, Mailed On March 12, 2021, 11 pages	
	16	Application No CN201780015714.1 , Office Action, Mailed On March 11, 2021, 18 pages	
	17	Application No DKPA201970244 , Office Action, Mailed On February 12, 2021, 3 pages	
	18	Application No JP2019-516177 , Office Action, Mailed On April 1, 2021, 4 pages	

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature		Date Considered	

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

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

CERTIFICATION STATEMENT

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

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

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Field

PTO/SB/08a (01-10)
Approved for use through 07/31/2012. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	16/046,643
	Filing Date	July 26, 2018
	First Named Inventor	Angus Pacala
	Art Unit	2878
	Examiner Name	John R Lee
	Attorney Docket Number	103033-1096583-P001USC2

OR

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

☐ See attached certification statement.

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

☐ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

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

Signature	/ William L. Shaffer /	Date (YYYY-MM-DD)	2021-04-07
Name/Print	William L. Shaffer	Registration Number	37,234

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

Espacenet

JPH09257440A TWO-DIMENSIONAL-ARRAY-TYPE CONFOCAL OPTIC DEVICE

Applicants: TAKAOKA ELECTRIC MFG CO LTD

Inventors: ISHIHARA MITSUHIRO

Classifications:
IPC ***G01B11/24; G02B3/00;*** (IPC1-7): G01B11/24; G02B3/00;

Priorities: JP9468296A 1996-03-26

Application: JPH09257440A·1996-03-26

Publication: JPH09257440A·1997-10-03

Published as: **JP3350918B2;** JPH09257440A

TWO-DIMENSIONAL-ARRAY-TYPE CONFOCAL OPTIC DEVICE

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optic system wherein a structure is simple, manufacture is easy, illumination efficiency is high and observation in color and fluorescent light is possible by positioning a pin hole array having the same array as that of a micro lens array on its focal face, projecting passed illumination light to an object and receiving reflected light. SOLUTION: Illumination light which passed through a light path branch optic element 5 is incident to a micro lens array 6 and condensed to a focus of each micro lens. A pin hole array is placed at this focal position, while each pin hole exists at a focal position of condensed illumination light. The illumination light which passed through a pin hole is incident to an objective lens 8, is made into circular polarized light by a 1/4-wavelength plate 10, and an image of the pin hole is projected onto an object A. Reflected light incident to an image forming optic part 16 is condensed by an image forming lens 12 so that an image of a face of the micro lens array 6 may be formed on a two-dimensional photoelectric sensor 15, and a confocal image can be obtained on the sensor 15.

(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9－257440

(43)公開日　平成９年(1997)10月３日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ		技術表示箇所
Ｇ０１Ｂ　11/24			Ｇ０１Ｂ　11/24	Ｚ	
Ｇ０２Ｂ　3/00			Ｇ０２Ｂ　3/00	Ａ	

審査請求　未請求　請求項の数５　ＦＤ　（全　８　頁）

(21)出願番号　特願平8－94682

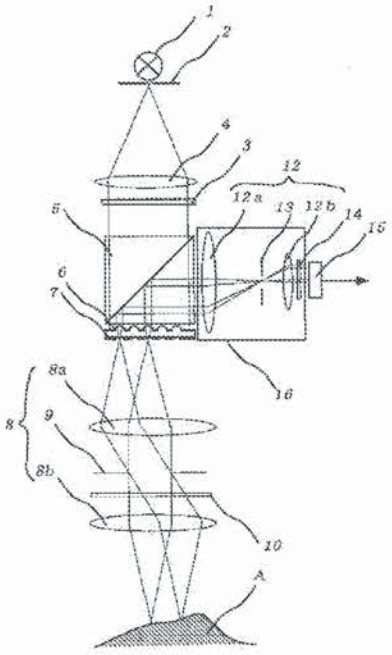
(22)出願日　平成８年(1996)３月26日

(71)出願人　000002842
株式会社高岳製作所
東京都千代田区大手町２丁目２番１号

(72)発明者　石原　満宏
愛知県西春日井郡西枇杷島町芳野町３丁目１番地　株式会社高岳製作所技術開発センター内

(54)【発明の名称】　２次元配列型共焦点光学装置

(57)【要約】
【課題】本発明は、構造が簡素で製作が容易、照明効率が高く、光源として白色光が使用可能で、カラー観察、蛍光観察もできる２次元配列型共焦点光学装置を提供することを目的とする。
【解決手段】光源部１からの照明光をピンホールアレイ部７から効率よく通過させるためにマイクロレンズアレイ部６を設け、２次元光電センサ１５上にはこのマイクロレンズアレイ部６の像が、２次元光電センサ１５の画素配列の空間周波数に対して１／２以下に帯域制限されて結像するように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】　照明光を射出する光源部と、照明光と反射光との光路を分岐させる光路分岐光学素子と、前記光路分岐光学素子を通過した照明光を複数の光点として集光させる2次元的に配列された複数のマイクロレンズよりなるマイクロレンズアレイ部と、前記マイクロレンズアレイ部と同一配列の配列をもつ、前記マイクロレンズアレイ部の焦点面に位置させたピンホールアレイ部と、前記ピンホールアレイ部を通過した照明光を集光して物体に投影し、物体からの反射光を集光して前記ピンホールアレイ部に導く対物レンズと、前記ピンホールアレイ部を通過して前記光路分岐光学素子により分岐された物体からの反射光を受光して電気信号に変換する2次元光電センサと、前記光路分岐光学素子と前記2次元光電センサとの間に位置しマイクロレンズアレイ部の像を前記2次元光電センサ上に結像させる結像光学部とにより構成されることを特徴とする2次元配列型共焦点光学装置。

【請求項2】　結像光学系により2次元光電センサ上に結像するマイクロレンズアレイ部の像の空間周波数を、2次元光電センサの画素配列の空間周波数の1／2以下とする手段を有することを特徴とする請求項1記載の2次元配列型共焦点光学装置。

【請求項3】　マイクロレンズアレイ部のマイクロレンズの形状は六角形または四角形であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の2次元配列型共焦点光学装置。

【請求項4】　光源部とマイクロレンズアレイ部の間に位置し光源部から射出された照明光を直線偏光とする偏光子と、対物レンズの光路のうち、マイクロレンズアレイ部と物体との間の位置に配置された1／4波長板と、マイクロレンズアレイ部と2次元光電センサの間に位置し前記偏光子とは直交ニコルとなるように配置された検光子とを持つことを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3記載の2次元配列型共焦点光学装置。

【請求項5】　光路分岐光学素子はダイクロイックミラーであることを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3記載の2次元配列型共焦点光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体の3次元形状計測を行うために用いられる光学装置であり、特に共焦点光学系を用いた光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】共焦点光学系を用いると、物体の3次元形状が計測できることが知られている。従来技術の説明に先立ち共焦点光学系による一般的な3次元形状計測の方法を解説する。共焦点光学系の基本構成を図10に示す。点光源101からでた光はハーフミラー102を透して対物レンズ103により集光され、物体に投影される。物体から反射した光は再び対物レンズ103に入射しハーフミラー102を介して点光源101と光学的に同じ位置にあるピンホール104に入射し、ピンホール104を通過した光の量が検出器105により計測される。これが共焦点光学系の基本的な構成である。このような光学系を用いると物体表面上の点のz方向の位置が次のようにして計測できる。物体表面が点光源101に共役な位置にある場合、反射光は同じく共役な位置であるピンホール104面に収束しほとんどの反射光がピンホール104を通過する。しかし物体表面が点光源に共役な位置から離れるとピンホール104を通過する光量は急速に減少する（図中に破線で光路を図示）。このことから物体と対物レンズ103との距離を変化させて検出器105が最大出力を示す点を見つければ物体表面のz位置を特定できる。物体あるいは共焦点光学系を2次元的（xy方向）に走査してこのようなz位置計測を行えば物体の3次元形状が計測できる。これが共焦点光学系による3次元形状計測の原理である。

【0003】2次元的（xy方向）走査をして物体の3次元形状を計測する場合、1点毎に物体と対物レンズ103の距離を変化させてz位置計測するのではなく、物体と対物レンズ103の距離が一定の位置でxy方向に2次元的に走査して面的な光量データを得て（以下このような面的な光量データを共焦点画像と呼ぶことにする）、物体と対物レンズ103の距離を変化させて同様に共焦点画像を得るようにし、物体と対物レンズ103の距離が互いに異なるこれらの多数の共焦点画像から、画像の各点毎に光量が最大値を与える画像を見つける処理を行うことで物体の3次元形状を求めることもできる。この方が原理的な方法より高速である。このように共焦点画像を用いて3次元計測を行う場合、共焦点画像を得る方法としては、レーザービームを光学偏向素子（AO素子、EO素子、ガルバノミラー、ポリゴンミラーなど）で走査する方法が一般的であるが、より高速に共焦点画像を得るため、またはより簡単な構造とするために共焦点光学系を2次元的に配列することで光学的な走査をしないで共焦点画像を得る光学系（以下ではこのような光学系を2次元配列型共焦点光学系と呼ぶことにする）が特開平4－265918号公報および特開平7－181023号公報で開示されている。これらの従来技術について以下説明する。

【0004】特開平4－265918号公報による装置（以下従来技術Aとする）を図7に示す。白色光源1からでた光をコリメートレンズ4により平行光として、ピンホールアレイ部7に照射する。ここにピンホールアレイ部7はピンホールを多数同一平面に配列したものである。ピンホールアレイ部7の各ピンホールを通過した光は個々が点光源とみなされ、点光源が配列されているのと同等である。ピンホールを通過した光はハーフミラー71を透過して後、レンズ8aと8bと絞り9とで構成

された対物レンズ8により物体Aに投影される。物体Aから反射してきた光は対物レンズ8で集光され、ハーフミラー71により光路を偏向せられてCCDセンサ72上に到達する。以上の構成はちょうど共焦点光学系を並列に配列したのと同等である。一般に共焦点光学系を複数並べる場合、共焦点光学系間の距離はピンホール径の5から10倍必要であるが、この装置はピンホールの径を非常に小さくすることで、全体として無理のない大きさで共焦点光学系を並列に配列し、検出器部分に一般的には必要となるピンホールを開口率の低い（画素に対する光電変換素子の比率が小さい）CCDセンサ72を用いることで不要としている。

【0005】特開平7－181023号公報による装置（以下従来技術Bとする）を図8に示す。光源がレーザー光源81であり径の大きい平行光を得るためにビームエキスパンダー82を用いている。この装置は、本来光源側と検出器側に別々に必要となるピンホールアレイ部7を共通化し、ハーフミラーをなくし、検出器アレイ部83をピンホールアレイ部7とほぼ同一の平面に置くことで従来技術Aと比べてコンパクトにしている。ピンホールアレイ部7付近の詳細を図9に示し、より詳細に述べる。上からマスク部61、反射型ホログラム部62、マイクロレンズアレイ部6、検出器アレイ部83、ピンホールアレイ部7に分かれている。マスク部61を通過した平行光は、反射型ホログラム部62に入射し、0次回折光がマイクロレンズアレイ部6に入射して集光されピンホールアレイ部7を通過する。物体からの反射光が戻ってきてピンホールアレイ部7を再び通過すると、マイクロレンズアレイ部6によって集光され平行光となり、反射型ホログラム部62に入射する。反射型ホログラム部62は1次回折光を斜め方向に反射し、三たびマイクロレンズアレイ部6により集光されて、検出器アレイ部83に収束するようになっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来技術Aおいてはピンホールアレイ部7のピンホール位置と、それに対応する反射光の結像位置に対してCCDセンサ72の光電変換素子の位置が正確にあっている必要があり、それらの位置合わせが難しいという問題がある。CCDセンサ72の画素中の光電変換素子自体が検出器側のピンホールの役目を果させる必要があり、非常に高いレベルの位置決め（サブミクロンオーダー）が必要となる。また、ピンホールアレイ部7のピンホール径やピンホールピッチはCCDセンサ72の光電変換素子（2μm程度）及び画素ピッチ（10μm程度）と同じにする必要があるがこのように構成すると、照明光がピンホールを通過する割合（照明光率）が著しく悪くなり計測に必要な光量を得ることは難しい。特開平4－265918号公報では照明光率をよくするためにマイクロレンズをピンホールと同軸で配置することが述べられているが、10μm径のマイクロレンズでスポット径2μm程度の集光は光の回折を考慮すれば実際上不可能であり、スポット径が大きいために十分な改善とはならない。

【0007】従来技術Bは光源側、検出器側のピンホールを共通化しているため従来技術Aの場合のように、ピンホールと光電変換素子との位置合わせの問題はなく、またCCDセンサによるマイクロレンズサイズの制約もないため光量不足の問題も回避できる。しかしながら構造が非常に複雑であるため、製作には大規模な設備が必要となる問題がある（ピンホールアレイ、検出器アレイ、それらの読み出し回路を一体的に製造する技術は半導体プロセス技術であり専用の製造ラインが必要となる、マイクロレンズアレイや反射ホログラムを積層し、ピンホールアレイと精密な位置合わせを行い張り合わせる工程も専用の製造設備が無くては製作できない）。また、反射型ホログラムの効果を十分に発揮させる必要から、光源は基本的にレーザーに限られるので、干渉が発生しやすく3次元形状計測に不都合である。例えば、物体の表面に波長オーダーの凹凸がある場合、ちょうど1／2波長の凹凸があるところでは反射光が干渉により消されてしまい計測できなくなる問題がある。また、カラー観察もできない。さらに、バイオ分野で行われる蛍光観察に用いるには、照明光と反射光をダイクロイックミラーで分ける必要があるがこの構成では不可能である。

【0008】そこで本発明は、構造が簡単で製作が容易であり、照明光率が高く、光源として白色光（単色光ではない光）を用いることが可能で、カラー観察、蛍光観察もできる2次元配列型共焦点光学系を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】目的達成のために、照明光を射出する光源部と、照明光と反射光との光路を分岐させる光路分岐光学素子と、前記光路分岐光学素子を通過した照明光を複数の光点として集光させる2次元的に配列された複数のマイクロレンズよりなるマイクロレンズアレイ部と、前記マイクロレンズアレイ部と同一配列の配列をもつ、前記マイクロレンズアレイ部の焦点面に位置させたピンホールアレイ部と、前記ピンホールアレイ部を通過した照明光を集光して物体に投影し、物体からの反射光を集光して前記ピンホールアレイ部に導く対物レンズと、前記ピンホールアレイ部を通過して前記光路分岐光学素子により分岐された物体からの反射光を受光して電気信号に変換する2次元光電センサと、前記光路分岐光学素子と前記2次元光電センサとの間に位置しマイクロレンズアレイ部の像を前記2次元光電センサ上に結像させる結像光学部とにより構成する。このように構成すれば、投受光のピンホールアレイの位置合わせの問題はなくなり、照明光を効率的に物体に照射することができ、光源は白色光でもよく、構造も比較的簡単で実現が容易である。

【００１０】また、結像光学系により２次元光電センサ上に結像するマイクロレンズアレイ部の像の空間周波数を、２次元光電センサの画素配列の空間周波数の１／２以下とする手段持つことでマイクロレンズと２次元光電センサの画素との対応を厳密にとる必要が無くなる。

【００１１】また、マイクロレンズ部のマイクロレンズの形状を六角形または四角形とすることにより、より効率的に照明光伝達することができかつマイクロレンズアレイ部の基板ガラスからの照明光の反射を低減することができる。

【００１２】また、光源部とマイクロレンズアレイ部の間に位置し光源部から射出された照明光を直線偏光とする偏光子と、対物レンズの光路のうち、マイクロレンズアレイ部と物体との間の位置に配置された１／４波長板と、マイクロレンズアレイ部と２次元光電センサの間に位置し前記偏光子とは直交ニコルとなるように配置された検光子とを持つようにすることで、ピンホールアレイやマイクロレンズアレイの照明光の反射による迷光を低減することができる。

【００１３】また、光路分岐光学素子をダイクロイックミラーとすれば蛍光観察が可能となる。

【００１４】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図１に本発明の実施の形態の第一の例を示す。以下照明光の経路に従って本発明の構成を説明する。光源部１よりでた照明光はピンホール２で点光源となりコリメーターレンズ４により平行光となって偏光子３で直線偏光として射出される。光路分岐光学素子５は偏光ビームスプリッターであり直線偏光の照明光をそのまま通過させる。光路分岐光学素子５を通過した照明光はマイクロレンズアレイ部６に入射し各マイクロレンズの焦点に集光される。マイクロレンズアレイ部６の焦点位置にはピンホールアレイ部７が設置され、各マイクロレンズにより集光された照明光の焦点の位置に各ピンホールが存在する形となっている。ピンホールを通過した照明光は対物レンズ８に入射し、対物レンズ８内部に設けた１／４波長板１０により円偏光となって、ピンホールの像を物体Ａに投影する。対物レンズ８は、内部にテレセントリック絞り９とレンズ８ａと８ｂとをもつ両側テレセントリックなレンズであり、物体Ａあるいは光学系を光軸方向に移動させても倍率変化が発生しないようになっている。物体Ａからの反射光は、再び対物レンズ８に入射して、１／４波長板１０により照明光と直交する直線偏光となり、集光されて再びピンホールアレイ部７に到達する。ピンホールアレイ部７のピンホールを通過した反射光は、マイクロレンズアレイ部６により平行光束となって射出される。反射光は照明光とは直交する直線偏光光であるから偏光ビームスプリッターである光路分岐光学素子５により偏向されて結像光学部１６に入射する。結像光学部１６に入射した反射光は、レンズ１２ａとレンズ１２ｂと絞り１３とより構成される結像レンズ１２によりマイクロレンズアレイ部６の面を２次元光電センサ１５上に結像させるように集光され、ローパスフィルター１４によりマイクロレンズアレイ部６の像の空間周波数が、２次元光電センサ１５の画素配列の空間周波数の１／２に帯域制限されて２次元光電センサ１５上に到達するようになっている。これにより２次元光電センサ１５上には共焦点画像が得られ、２次元光電センサ１５により光電変換されて電気信号として出力される。ここで、絞り１３はマイクロレンズ表面の反射光やピンホールのエッジ付近で散乱した光、マイクロレンズの加工誤差によりピンホールを通過できなかった光などの迷光をＮＡを制限することでカットするために設けている。

【００１５】次に図２、図３を用いてマイクロレンズアレイ部６とピンホールアレイ部７の構成を詳細に説明する。図２は側面図であり図３は上面図である。図２に示すように、ガラス基板上面に多数のマイクロレンズが形成され、そのマイクロレンズ表面には照明光に最適化された減反射コーティングがなされている。またガラス基板下面には遮光膜が蒸着されフォトリソグラフィーの技術によりピンホールパターンが形成されている。上面と同様に下面も減反射コーティングが施してある。図３に示すように、各マイクロレンズは六角形状であり、ピンホールは各マイクロレンズの中心部に位置するように形成されている。この例ではマイクロレンズアレイ部６とピンホールアレイ部７とはガラス基板の上下面に一体に形成してあるが、必ずしも一体化されている必要はない。以下本発明の第一の実施形態における作用の特徴的な部分を詳述する。

【００１６】まず、本発明では、光路分岐光学素子５を、対物レンズ８からみてピンホールアレイ７の後ろ側に持ってきている（従来技術Ａでは前側）。このため、ピンホールアレイ部７のピンホールが照明光および反射光の共用ピンホールとなり、従来技術ＡのようにピンホールアレイとＣＣＤセンサの光電変換素子部との位置合わせは必要としない。また、従来技術Ｂの反射ホログラムのように単色光を前提とした光路分岐光学素子５を用いる必要がないことから、光源として白色光源が使用できカラー観察が可能となる。また、本発明においてはマイクロレンズに入射した光はそのほとんどがピンホールを通過することが可能であることから、高い照明効率を得ることが可能である。マイクロレンズに入射した光のほとんどがピンホールを通過できるのはピンホールの大きさとピッチについて従来技術Ａのような制限がない（図１の結像レンズ１２の倍率で結像の大きさを自由に変えることができる）ためである。例えば結像レンズ１２の倍率を１／５とすればマイクロレンズ径（ピンホールピッチ）は約５０μｍ、ピンホール径は約１０μｍでよく（２次元光電センサ１５の画素ピッチが１０μｍ

で、ピンホール径はピンホールピッチの１／５と考えた場合）、このとき（マイクロレンズ径５０μmの時）１０μmのスポットを得ることは回折を考慮しても十分に可能である。また、本発明の光源として従来技術Bと同じようにレーザー光（直線偏光）を使用した場合、各光学部品での光の損失を無視し、物体Aは理想的なミラー面であって反射率１００％であると仮定して従来技術Bと比較してみると、従来技術Bでは反射ホログラム部に入射した光のうち検出器アレイ部に到達できる光は２４％（反射ホログラムの回折効率が４０％のとき）であるのに対し、本発明ではほぼ１００％であって非常に高い照明効率となる。

【００１７】マイクロレンズの形状を六角形としたのはマイクロレンズ以外のガラス基板面をほとんど無くすためである。これにより、マイクロレンズに入射しない光をできるだけ少なくなくし照明効率を高めている。四角形でも同等の効果が得られる。例えば円形のマイクロレンズの場合、マイクロレンズ間にガラス基板面がかなり存在する。この部分に照射される光はピンホールを通過しないから、六角形や四角形のマイクロレンズに比べ照明効率が低いことになる。

【００１８】光路分岐光学素子５が、対物レンズ８からみてピンホールアレイ部７の後ろ側にある構成の場合、一般的に問題となるのは迷光である。図１からわかるように、マイクロレンズアレイ部６で照明光が反射すると、反射光は迷光となって２次元光電センサ１５に到達して画像を劣化させる。六角形のマイクロレンズはこの迷光を防ぐ作用もある。つまり、マイクロレンズに入射した照明光のほとんどはピンホールを通過するから六角形のマイクロレンズはマイクロレンズ表面の表面反射光以外の反射成分は原理的には無い。表面反射は減反射コーティングにより問題となら無い程度に減らすことができる。四角形でも同様である。円形のマイクロレンズのようにマイクロレンズ以外のガラス基板面が多く存在する場合は、この部分を遮光膜でマスクする必要があり、この遮光膜からの反射成分がまた問題となる。

【００１９】以上のように六角形又は四角形のマイクロレンズは原理的には非常に有効であるが、実際は、加工誤差のためにマイクロレンズに入射した光がピンホールに収束せず、ピンホール周辺の遮光膜で反射して迷光となる可能性がある。また、マイクロレンズ同志の境界での反射や光路分岐光学素子５で分岐された照明光が何かに反射して迷光となって画像を劣化させる等の可能性がある。特に、物体Aの反射率が低い場合はこのような迷光を無視できなくなるため除去が必要である。除去の方法として本実施の形態の例では、図１に示すように偏光子３により照明光を直線偏光とし、光路分岐光学素子５として偏光ビームスプリッターを用い、１／４波長板１０により照明光と物体Aからの反射光との偏光面を９０度異ならせている。これにより１／４波長板１０に入射する前で発生した迷光は光路分岐光学素子５で偏向されることはなく２次元光電センサ１０には入射しないようにしている。この場合偏光ビームスプリッターが検光子の役目をしていることになる、もちろん偏光ビームスプリッターとはべつに検光子を設けても同様の効果を得ることができる。物体Aの反射率が高ければこのような対策は必要ない。つまり、偏光子３、１／４波長板１０、は必要なく、光路分岐光学素子５も無偏光ビームスプリッターでよい。

【００２０】次に結像光学部１６について図４を用いて詳述する。図４では光路分岐光学素子５による９０度偏向は省略されている。また、図中ｆａはレンズ１２ａの焦点距離であり、ｆｂはレンズ１２ｂの焦点距離である。この光学系はマイクロレンズアレイ６の面と２次元光電センサ１５のセンサ面が共役となっている。マイクロレンズから射出される物体Aからの反射光はピンホールを理想的な点と考えれば平行光であるが、実際にはピンホールは面積を持っているから光軸に対して角度を持った光が存在する。またマイクロレンズの開口による回折光も存在しておりこれも光軸に対して角度をもった光である。結像レンズ１２はこれら全ての光を含めて２次元光電センサ１５のセンサ面上にマイクロレンズアレイ６の像を結像させる。絞り１３はこの光軸に対して角度を持った光を制御している。小さくしすぎると回折光が通過できなくなりマイクロレンズから射出される平行光成分のみが２次元光電センサ１５上に到達することになるため解像度が低下する。逆に大きくしすぎると、光軸に対して必要以上に大きく角度を持った光は迷光である可能性が高いから、これもまた画像を劣化させる。

【００２１】図５に２次元光電センサ１５上での像の強度分布を示す。図中破線はローパスフィルタ１４が無い場合の強度分布である。この場合はマイクロレンズの像（山の部分）と２次元光電センサ１５の画素との位置を厳密に合わせる必要がある。これらが合っていないとエイリアシングが発生して、正しい結果が得られない。このような厳密な位置合わせを避ける方法としてローパスフィルター１４を通す方法が考えられる。ローパスフィルター１４を通すことにより空間周波数が帯域制限され図５の実線で示すような平滑波形となり、マイクロレンズの像と画素との厳密な位置合わせの必要がなくなる。帯域制限は、サンプリング定理から２次元光電センサ１５の画素間隔がなす空間周波数の１／２以上をカットするようにする。この例ではローパスフィルター１４を用いて帯域制限しているが、結像レンズ１２自体のＭＴＦを条件を満たすように設計しておくことも可能であり、絞り１３を絞って結像光学部１６のＮＡを下げるようにしても実現できる。

【００２２】図６に本発明の実施の形態の第二の例を示す。第一の例との違いは光源部１が水銀ランプであり、偏光部品（偏光子３、１／４波長板１０）がなく、光路

分岐光学素子5がダイクロイックミラーであることだけであり、その他は第一の例と全く同じである。ダイクロイックミラーである光路分岐光学素子5は照明光である紫外線を透過し、物体Aからの蛍光を反射する。このようにして物体Aの蛍光観察が可能である。

【００２３】以上の実施の形態は本発明の例にすぎず、これに限られるものではない。例えば、マイクロレンズアレイ部6とピンホールアレイ部7とは別々のガラス基板上に形成されても良いし、ガラス基板でなくても良い。例えば光学樹脂でも良い。また、マイクロレンズの形状も必ずしも六角形、四角形である必要はなく、円形や三角形であってもこれは本発明の範疇である。また、光路分岐光学素子5で分岐される照明系の光学系と撮像系の光学系との位置関係が逆であっても光学的には同等である。照明光も白色光だけでなく、レーザー光も使用できる。

【００２４】

【発明の効果】本発明の2次元配列型共焦点光学装置は、微妙な位置合わせや調整が必要となる部分がないため一般的な光学系の組立調整だけで製作が可能であり、それ以上の技術、製造設備を特に用意することもないため、製造組立が非常に簡単になる。また照明効率が非常に高く、かつ単色光を前提とした光学部品を使用する必要がないため照明光に白色光を用いることができ、カラー観察が可能である。またダイクロイックミラーを用いれば蛍光観察も可能となる。また白色光の使用により3次元計測における物体表面状態による反射光の干渉の問題も回避できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施の形態の第一の例を示した図である。

【図２】本発明のマイクロレンズアレイ部とピンホールアレイ部の側面図である。

【図３】本発明のマイクロレンズアレイ部とピンホールアレイ部の上面図である。

【図４】本発明の結像光学系を説明するための図である。

【図５】本発明のマイクロレンズの像と２次元光電センサの画素との対応を説明するための図である。

【図６】本発明の実施の形態の第二の例を示した図である。

【図７】従来技術Ａを説明するための図である。

【図８】従来技術Ｂを説明するための図である。

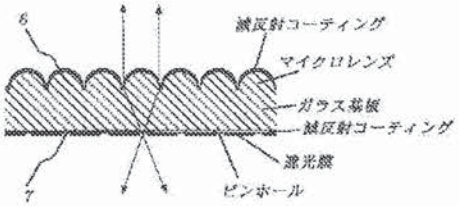
【図９】従来技術Ｂのピンホールアレイ部付近を説明するための図である。

【図１０】共焦点光学系の基本構成を示す図である。

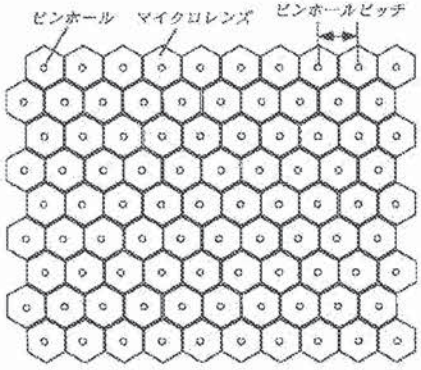
【符号の説明】

1	光源部
2	ピンホール
3	偏光子
5	光路分岐光学素子
6	マイクロレンズアレイ部
7	ピンホールアレイ部
8a	レンズ
8b	レンズ
9	テレセントリック絞り
10	1／4波長板
12a	レンズ
12b	レンズ
13	絞り
14	ローパスフィルター
15	2次元光電センサ

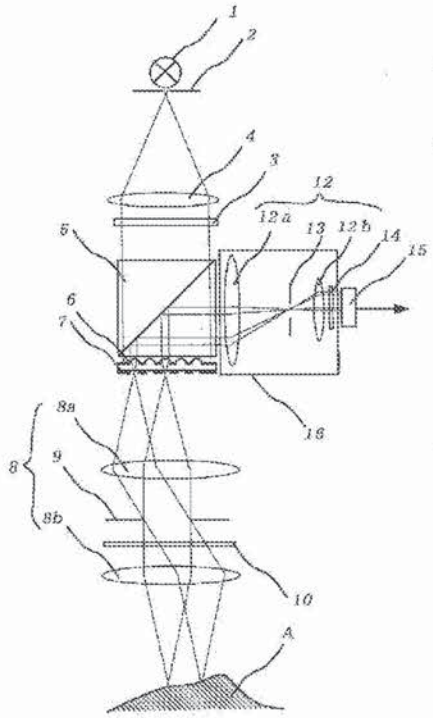
【図2】



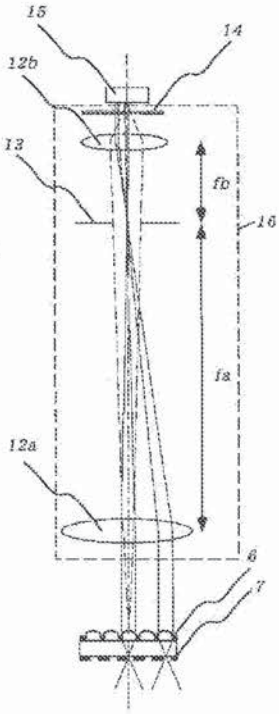
【図3】



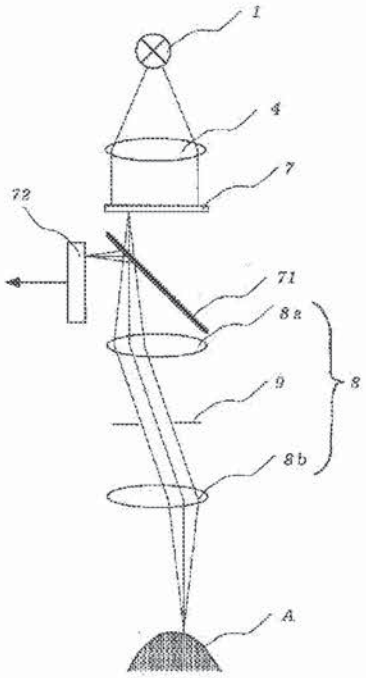
【図1】



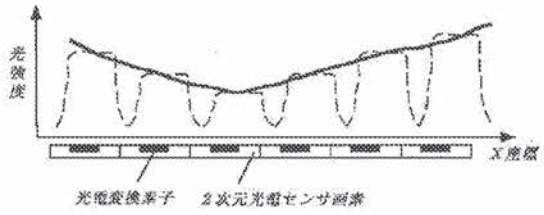
【図4】



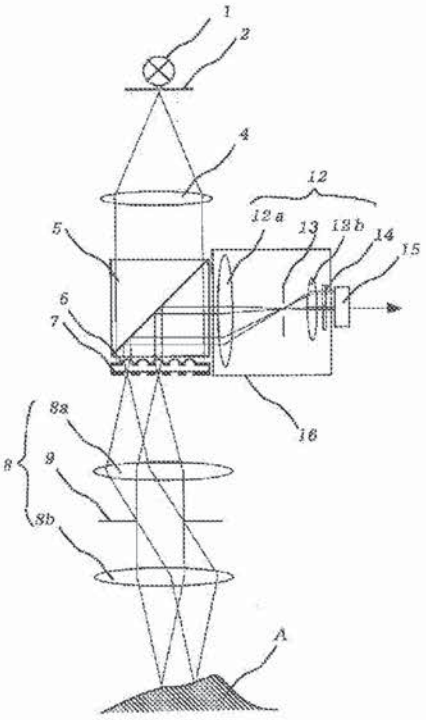
【図7】



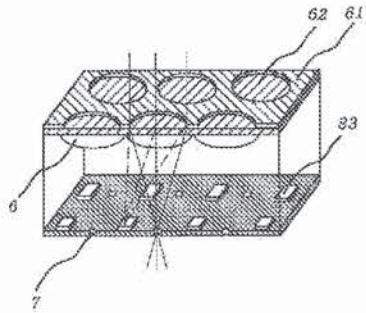
【図5】



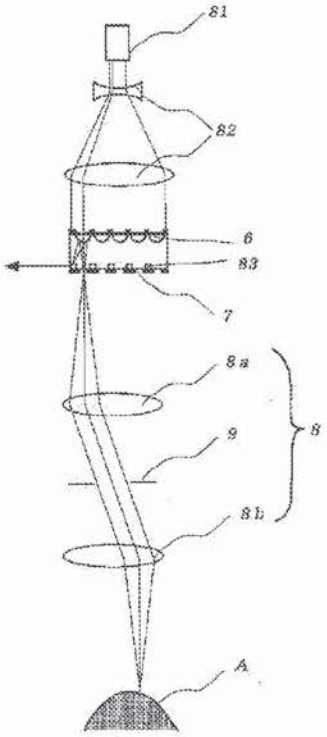
【図6】



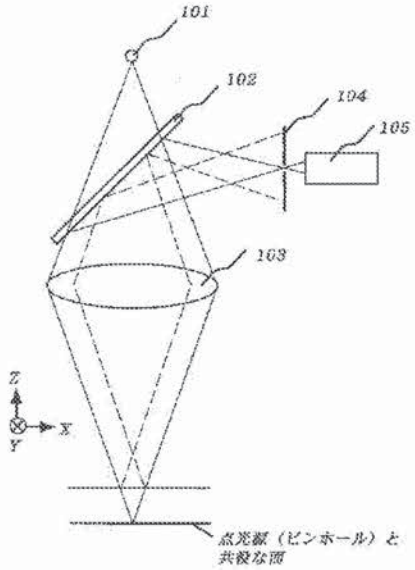
【図9】



【図8】



【図10】



(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9－257440

(43)公開日　平成９年(1997)10月３日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ		技術表示箇所
Ｇ０１Ｂ　11/24			Ｇ０１Ｂ　11/24	Ｚ	
Ｇ０２Ｂ　3/00			Ｇ０２Ｂ　3/00	Ａ	

審査請求　未請求　請求項の数５　ＦＤ　（全　８　頁）

(21)出願番号　特願平8－94682

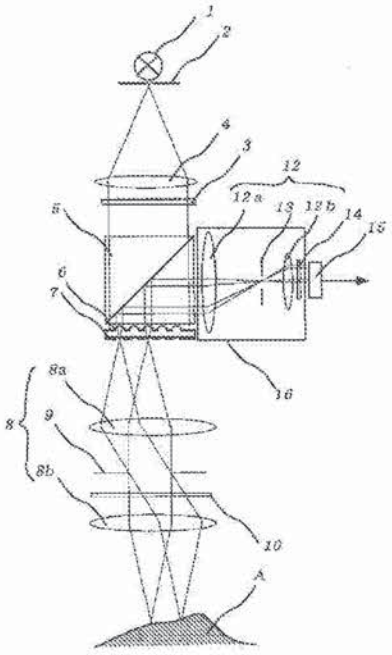
(22)出願日　平成８年(1996)３月26日

(71)出願人　000002842
株式会社高岳製作所
東京都千代田区大手町２丁目２番１号

(72)発明者　石原　満宏
愛知県西春日井郡西枇杷島町芳野町３丁目１番地　株式会社高岳製作所技術開発センター内

(54)【発明の名称】　２次元配列型共焦点光学装置

(57)【要約】
【課題】本発明は、構造が簡素で製作が容易、照明効率が高く、光源として白色光が使用可能で、カラー観察、蛍光観察もできる２次元配列型共焦点光学装置を提供することを目的とする。
【解決手段】光源部１からの照明光をピンホールアレイ部７から効率よく通過させるためにマイクロレンズアレイ部６を設け、２次元光電センサ１５上にはこのマイクロレンズアレイ部６の像が、２次元光電センサ１５の画素配列の空間周波数に対して１／２以下に帯域制限されて結像するように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】　照明光を射出する光源部と、照明光と反射光との光路を分岐させる光路分岐光学素子と、前記光路分岐光学素子を通過した照明光を複数の光点として集光させる2次元的に配列された複数のマイクロレンズよりなるマイクロレンズアレイ部と、前記マイクロレンズアレイ部と同一配列の配列をもつ、前記マイクロレンズアレイ部の焦点面に位置させたピンホールアレイ部と、前記ピンホールアレイ部を通過した照明光を集光して物体に投影し、物体からの反射光を集光して前記ピンホールアレイ部に導く対物レンズと、前記ピンホールアレイ部を通過して前記光路分岐光学素子により分岐された物体からの反射光を受光して電気信号に変換する2次元光電センサと、前記光路分岐光学素子と前記2次元光電センサとの間に位置しマイクロレンズアレイ部の像を前記2次元光電センサ上に結像させる結像光学部とにより構成されることを特徴とする2次元配列型共焦点光学装置。

【請求項2】　結像光学系により2次元光電センサ上に結像するマイクロレンズアレイ部の像の空間周波数を、2次元光電センサの画素配列の空間周波数の1／2以下とする手段を有することを特徴とする請求項1記載の2次元配列型共焦点光学装置。

【請求項3】　マイクロレンズアレイ部のマイクロレンズの形状は六角形または四角形であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の2次元配列型共焦点光学装置。

【請求項4】　光源部とマイクロレンズアレイ部の間に位置し光源部から射出された照明光を直線偏光とする偏光子と、対物レンズの光路のうち、マイクロレンズアレイ部と物体との間の位置に配置された1／4波長板と、マイクロレンズアレイ部と2次元光電センサの間に位置し前記偏光子とは直交ニコルとなるように配置された検光子とを持つことを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3記載の2次元配列型共焦点光学装置。

【請求項5】　光路分岐光学素子はダイクロイックミラーであることを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3記載の2次元配列型共焦点光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体の3次元形状計測を行うために用いられる光学装置であり、特に共焦点光学系を用いた光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】共焦点光学系を用いると、物体の3次元形状が計測できることが知られている。従来技術の説明に先立ち共焦点光学系による一般的な3次元形状計測の方法を解説する。共焦点光学系の基本構成を図10に示す。点光源101からでた光はハーフミラー102を透して対物レンズ103により集光され、物体に投影される。物体から反射した光は再び対物レンズ103に入射しハーフミラー102を介して点光源101と光学的に同じ位置にあるピンホール104に入射し、ピンホール104を通過した光の量が検出器105により計測される。これが共焦点光学系の基本的な構成である。このような光学系を用いると物体表面上の点のz方向の位置が次のようにして計測できる。物体表面が点光源101に共役な位置にある場合、反射光は同じく共役な位置であるピンホール104面に収束しほとんどの反射光がピンホール104を通過する。しかし物体表面が点光源に共役な位置から離れるとピンホール104を通過する光量は急速に減少する（図中に破線で光路を図示）。このことから物体と対物レンズ103との距離を変化させて検出器105が最大出力を示す点を見つければ物体表面のz位置を特定できる。物体あるいは共焦点光学系を2次元的（xy方向）に走査してこのようなz位置計測を行えば物体の3次元形状が計測できる。これが共焦点光学系による3次元形状計測の原理である。

【0003】2次元的（xy方向）走査をして物体の3次元形状を計測する場合、1点毎に物体と対物レンズ103の距離を変化させてz位置計測するのではなく、物体と対物レンズ103の距離が一定の位置でxy方向に2次元的に走査して面的な光量データを得て（以下このような面的な光量データを共焦点画像と呼ぶことにする）、物体と対物レンズ103の距離を変化させて同様に共焦点画像を得るようにし、物体と対物レンズ103の距離が互いに異なるこれらの多数の共焦点画像から、画像の各点毎に光量が最大値を与える画像を見つける処理を行うことで物体の3次元形状を求めることもできる。この方が原理的な方法より高速である。このように共焦点画像を用いて3次元計測を行う場合、共焦点画像を得る方法としては、レーザービームを光学偏向素子（AO素子、EO素子、ガルバノミラー、ポリゴンミラーなど）で走査する方法が一般的であるが、より高速に共焦点画像を得るため、またはより簡単な構造とするために共焦点光学系を2次元的に配列することで光学的な走査をしないで共焦点画像を得る光学系（以下ではこのような光学系を2次元配列型共焦点光学系と呼ぶことにする）が特開平4－265918号公報および特開平7－181023号公報で開示されている。これらの従来技術について以下説明する。

【0004】特開平4－265918号公報による装置（以下従来技術Aとする）を図7に示す。白色光源1からでた光をコリメートレンズ4により平行光として、ピンホールアレイ部7に照射する。ここにピンホールアレイ部7はピンホールを多数同一平面に配列したものである。ピンホールアレイ部7の各ピンホールを通過した光は個々が点光源とみなされ、点光源が配列されているのと同等である。ピンホールを通過した光はハーフミラー71を透過して後、レンズ8aと8bと絞り9とで構成

された対物レンズ8により物体Aに投影される。物体Aから反射してきた光は対物レンズ8で集光され、ハーフミラー71により光路を偏向せられてCCDセンサ72上に到達する。以上の構成はちょうど共焦点光学系を並列に配列したのと同等である。一般に共焦点光学系を複数並べる場合、共焦点光学系間の距離はピンホール径の5から10倍必要であるが、この装置はピンホールの径を非常に小さくすることで、全体として無理のない大きさで共焦点光学系を並列に配列し、検出器部分に一般的には必要となるピンホールを開口率の低い（画素に対する光電変換素子の比率が小さい）CCDセンサ72を用いることで不要としている。

【0005】特開平7－181023号公報による装置（以下従来技術Bとする）を図8に示す。光源がレーザー光源81であり径の大きい平行光を得るためにビームエキスパンダー82を用いている。この装置は、本来光源側と検出器側に別々に必要となるピンホールアレイ部7を共通化し、ハーフミラーをなくし、検出器アレイ部83をピンホールアレイ部7とほぼ同一の平面に置くことで従来技術Aと比べてコンパクトにしている。ピンホールアレイ部7付近の詳細を図9に示し、より詳細に述べる。上からマスク部61、反射型ホログラム部62、マイクロレンズアレイ部6、検出器アレイ部83、ピンホールアレイ部7に分かれている。マスク部61を通過した平行光は、反射型ホログラム部62に入射し、0次回折光がマイクロレンズアレイ部6に入射して集光されピンホールアレイ部7を通過する。物体からの反射光が戻ってきてピンホールアレイ部7を再び通過すると、マイクロレンズアレイ部6によって集光され平行光となり、反射型ホログラム部62に入射する。反射型ホログラム部62は1次回折光を斜め方向に反射し、三たびマイクロレンズアレイ部6により集光されて、検出器アレイ部83に収束するようになっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来技術Aおいてはピンホールアレイ部7のピンホール位置と、それに対応する反射光の結像位置に対してCCDセンサ72の光電変換素子の位置が正確にあっている必要があり、それらの位置合わせが難しいという問題がある。CCDセンサ72の画素中の光電変換素子自体が検出器側のピンホールの役目を果させる必要があり、非常に高いレベルの位置決め（サブミクロンオーダー）が必要となる。また、ピンホールアレイ部7のピンホール径やピンホールピッチはCCDセンサ72の光電変換素子（2μm程度）及び画素ピッチ（10μm程度）と同じにする必要があるがこのように構成すると、照明光がピンホールを通過する割合（照明光率）が著しく悪くなり計測に必要な光量を得ることは難しい。特開平4－265918号公報では照明光率をよくするためにマイクロレンズをピンホールと同軸で配置することが述べられているが、10μm径のマイクロレンズでスポット径2μm程度の集光は光の回折を考慮すれば実際上不可能であり、スポット径が大きいために十分な改善とはならない。

【0007】従来技術Bは光源側、検出器側のピンホールを共通化しているため従来技術Aの場合のように、ピンホールと光電変換素子との位置合わせの問題はなく、またCCDセンサによるマイクロレンズサイズの制約もないため光量不足の問題も回避できる。しかしながら構造が非常に複雑であるため、製作には大規模な設備が必要となる問題がある（ピンホールアレイ、検出器アレイ、それらの読み出し回路を一体的に製造する技術は半導体プロセス技術であり専用の製造ラインが必要となる、マイクロレンズアレイや反射ホログラムを積層し、ピンホールアレイと精密な位置合わせを行い張り合わせる工程も専用の製造設備が無くては製作できない）。また、反射型ホログラムの効果を十分に発揮させる必要から、光源は基本的にレーザーに限られるので、干渉が発生しやすく3次元形状計測に不都合である。例えば、物体の表面に波長オーダーの凹凸がある場合、ちょうど1／2波長の凹凸があるところでは反射光が干渉により消されてしまい計測できなくなる問題がある。また、カラー観察もできない。さらに、バイオ分野で行われる蛍光観察に用いるには、照明光と反射光をダイクロイックミラーで分ける必要があるがこの構成では不可能である。

【0008】そこで本発明は、構造が簡単で製作が容易であり、照明光率が高く、光源として白色光（単色光ではない光）を用いることが可能で、カラー観察、蛍光観察もできる2次元配列型共焦点光学系を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】目的達成のために、照明光を射出する光源部と、照明光と反射光との光路を分岐させる光路分岐光学素子と、前記光路分岐光学素子を通過した照明光を複数の光点として集光させる2次元的に配列された複数のマイクロレンズよりなるマイクロレンズアレイ部と、前記マイクロレンズアレイ部と同一配列の配列をもつ、前記マイクロレンズアレイ部の焦点面に位置させたピンホールアレイ部と、前記ピンホールアレイ部を通過した照明光を集光して物体に投影し、物体からの反射光を集光して前記ピンホールアレイ部に導く対物レンズと、前記ピンホールアレイ部を通過して前記光路分岐光学素子により分岐された物体からの反射光を受光して電気信号に変換する2次元光電センサと、前記光路分岐光学素子と前記2次元光電センサとの間に位置しマイクロレンズアレイ部の像を前記2次元光電センサ上に結像させる結像光学部とにより構成する。このように構成すれば、投受光のピンホールアレイの位置合わせの問題はなくなり、照明光を効率的に物体に照射することができ、光源は白色光でもよく、構造も比較的簡単で実現が容易である。

【００１０】また、結像光学系により２次元光電センサ上に結像するマイクロレンズアレイ部の像の空間周波数を、２次元光電センサの画素配列の空間周波数の１／２以下とする手段持つことでマイクロレンズと２次元光電センサの画素との対応を厳密にとる必要が無くなる。

【００１１】また、マイクロレンズ部のマイクロレンズの形状を六角形または四角形とすることにより、より効率的に照明光伝達することができかつマイクロレンズアレイ部の基板ガラスからの照明光の反射を低減することができる。

【００１２】また、光源部とマイクロレンズアレイ部の間に位置し光源部から射出された照明光を直線偏光とする偏光子と、対物レンズの光路のうち、マイクロレンズアレイ部と物体との間の位置に配置された１／４波長板と、マイクロレンズアレイ部と２次元光電センサの間に位置し前記偏光子とは直交ニコルとなるように配置された検光子とを持つようにすることで、ピンホールアレイやマイクロレンズアレイの照明光の反射による迷光を低減することができる。

【００１３】また、光路分岐光学素子をダイクロイックミラーとすれば蛍光観察が可能となる。

【００１４】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図１に本発明の実施の形態の第一の例を示す。以下照明光の経路に従って本発明の構成を説明する。光源部１よりでた照明光はピンホール２で点光源となりコリメーターレンズ４により平行光となって偏光子３で直線偏光として射出される。光路分岐光学素子５は偏光ビームスプリッターであり直線偏光の照明光をそのまま通過させる。光路分岐光学素子５を通過した照明光はマイクロレンズアレイ部６に入射し各マイクロレンズの焦点に集光される。マイクロレンズアレイ部６の焦点位置にはピンホールアレイ部７が設置され、各マイクロレンズにより集光された照明光の焦点の位置に各ピンホールが存在する形となっている。ピンホールを通過した照明光は対物レンズ８に入射し、対物レンズ８内部に設けた１／４波長板１０により円偏光となって、ピンホールの像を物体Ａに投影する。対物レンズ８は、内部にテレセントリック絞り９とレンズ８ａと８ｂとをもつ両側テレセントリックなレンズであり、物体Ａあるいは光学系を光軸方向に移動させても倍率変化が発生しないようになっている。物体Ａからの反射光は、再び対物レンズ８に入射して、１／４波長板１０により照明光と直交する直線偏光となり、集光されて再びピンホールアレイ部７に到達する。ピンホールアレイ部７のピンホールを通過した反射光は、マイクロレンズアレイ部６により平行光束となって射出される。反射光は照明光とは直交する直線偏光光であるから偏光ビームスプリッターである光路分岐光学素子５により偏向されて結像光学部１６に入射する。結像光学部１６に入射した反射光は、レンズ１２ａとレンズ１２ｂと絞り１３とより構成される結像レンズ１２によりマイクロレンズアレイ部６の面を２次元光電センサ１５上に結像させるように集光され、ローパスフィルター１４によりマイクロレンズアレイ部６の像の空間周波数が、２次元光電センサ１５の画素配列の空間周波数の１／２に帯域制限されて２次元光電センサ１５上に到達するようになっている。これにより２次元光電センサ１５上には共焦点画像が得られ、２次元光電センサ１５により光電変換されて電気信号として出力される。ここで、絞り１３はマイクロレンズ表面の反射光やピンホールのエッジ付近で散乱した光、マイクロレンズの加工誤差によりピンホールを通過できなかった光などの迷光をＮＡを制限することでカットするために設けている。

【００１５】次に図２、図３を用いてマイクロレンズアレイ部６とピンホールアレイ部７の構成を詳細に説明する。図２は側面図であり図３は上面図である。図２に示すように、ガラス基板上面に多数のマイクロレンズが形成され、そのマイクロレンズ表面には照明光に最適化された減反射コーティングがなされている。またガラス基板下面には遮光膜が蒸着されフォトリソグラフィーの技術によりピンホールパターンが形成されている。上面と同様に下面も減反射コーティングが施してある。図３に示すように、各マイクロレンズは六角形状であり、ピンホールは各マイクロレンズの中心部に位置するように形成されている。この例ではマイクロレンズアレイ部６とピンホールアレイ部７とはガラス基板の上下面に一体に形成してあるが、必ずしも一体化されている必要はない。以下本発明の第一の実施形態における作用の特徴的な部分を詳述する。

【００１６】まず、本発明では、光路分岐光学素子５を、対物レンズ８からみてピンホールアレイ７の後ろ側に持ってきている（従来技術Ａでは前側）。このため、ピンホールアレイ部７のピンホールが照明光および反射光の共用ピンホールとなり、従来技術ＡのようにピンホールアレイとＣＣＤセンサの光電変換素子部との位置合わせは必要としない。また、従来技術Ｂの反射ホログラムのように単色光を前提とした光路分岐光学素子５を用いる必要がないことから、光源として白色光源が使用できカラー観察が可能となる。また、本発明においてはマイクロレンズに入射した光はそのほとんどがピンホールを通過することが可能であることから、高い照明効率を得ることが可能である。マイクロレンズに入射した光のほとんどがピンホールを通過できるのはピンホールの大きさとピッチについて従来技術Ａのような制限がない（図１の結像レンズ１２の倍率で結像の大きさを自由に変えることができる）ためである。例えば結像レンズ１２の倍率を１／５とすればマイクロレンズ径（ピンホールピッチ）は約５０μｍ、ピンホール径は約１０μｍでよく（２次元光電センサ１５の画素ピッチが１０μｍ

で、ピンホール径はピンホールピッチの１／５と考えた場合）、このとき（マイクロレンズ径５０μmの時）１０μmのスポットを得ることは回折を考慮しても十分に可能である。また、本発明の光源として従来技術Ｂと同じようにレーザー光（直線偏光）を使用した場合、各光学部品での光の損失を無視し、物体Ａは理想的なミラー面であって反射率１００％であると仮定して従来技術Ｂと比較してみると、従来技術Ｂでは反射ホログラム部に入射した光のうち検出器アレイ部に到達できる光は２４％（反射ホログラムの回折効率が４０％のとき）であるのに対し、本発明ではほぼ１００％であって非常に高い照明効率となる。

【００１７】マイクロレンズの形状を六角形としたのはマイクロレンズ以外のガラス基板面をほとんど無くすためである。これにより、マイクロレンズに入射しない光をできるだけ少なくなくし照明効率を高めている。四角形でも同等の効果が得られる。例えば円形のマイクロレンズの場合、マイクロレンズ間にガラス基板面がかなり存在する。この部分に照射される光はピンホールを通過しないから、六角形や四角形のマイクロレンズに比べ照明効率が低いことになる。

【００１８】光路分岐光学素子５が、対物レンズ８からみてピンホールアレイ部７の後ろ側にある構成の場合、一般的に問題となるのは迷光である。図１からわかるように、マイクロレンズアレイ部６で照明光が反射すると、反射光は迷光となって２次元光電センサ１５に到達して画像を劣化させる。六角形のマイクロレンズはこの迷光を防ぐ作用もある。つまり、マイクロレンズに入射した照明光のほとんどはピンホールを通過するから六角形のマイクロレンズはマイクロレンズ表面の表面反射光以外の反射成分は原理的には無い。表面反射は減反射コーティングにより問題となら無い程度に減らすことができる。四角形でも同様である。円形のマイクロレンズのようにマイクロレンズ以外のガラス基板面が多く存在する場合は、この部分を遮光膜でマスクする必要があり、この遮光膜からの反射成分がまた問題となる。

【００１９】以上のように六角形又は四角形のマイクロレンズは原理的には非常に有効であるが、実際は、加工誤差のためにマイクロレンズに入射した光がピンホールに収束せず、ピンホール周辺の遮光膜で反射して迷光となる可能性がある。また、マイクロレンズ同志の境界での反射や光路分岐光学素子５で分岐された照明光が何かに反射して迷光となって画像を劣化させる等の可能性がある。特に、物体Ａの反射率が低い場合はこのような迷光を無視できなくなるため除去が必要である。除去の方法として本実施の形態の例では、図１に示すように偏光子３により照明光を直線偏光とし、光路分岐光学素子５として偏光ビームスプリッターを用い、１／４波長板１０により照明光と物体Ａからの反射光との偏光面を９０度異ならせている。これにより１／４波長板１０に入射する前で発生した迷光は光路分岐光学素子５で偏向されることはなく２次元光電センサ１０には入射しないようにしている。この場合偏光ビームスプリッターが検光子の役目をしていることになる、もちろん偏光ビームスプリッターとはべつに検光子を設けても同様の効果を得ることができる。物体Ａの反射率が高ければこのような対策は必要ない。つまり、偏光子３、１／４波長板１０、は必要なく、光路分岐光学素子５も無偏光ビームスプリッターでよい。

【００２０】次に結像光学部１６について図４を用いて詳述する。図４では光路分岐光学素子５による９０度偏向は省略されている。また、図中ｆａはレンズ１２ａの焦点距離であり、ｆｂはレンズ１２ｂの焦点距離である。この光学系はマイクロレンズアレイ６の面と２次元光電センサ１５のセンサ面が共役となっている。マイクロレンズから射出される物体Ａからの反射光はピンホールを理想的な点と考えれば平行光であるが、実際にはピンホールは面積を持っているから光軸に対して角度を持った光が存在する。またマイクロレンズの開口による回折光も存在しておりこれも光軸に対して角度をもった光である。結像レンズ１２はこれら全ての光を含めて２次元光電センサ１５のセンサ面上にマイクロレンズアレイ６の像を結像させる。絞り１３はこの光軸に対して角度を持った光を制御している。小さくしすぎると回折光が通過できなくなりマイクロレンズから射出される平行光成分のみが２次元光電センサ１５上に到達することになるため解像度が低下する。逆に大きくしすぎると、光軸に対して必要以上に大きく角度を持った光は迷光である可能性が高いから、これもまた画像を劣化させる。

【００２１】図５に２次元光電センサ１５上での像の強度分布を示す。図中破線はローパスフィルタ１４が無い場合の強度分布である。この場合はマイクロレンズの像（山の部分）と２次元光電センサ１５の画素との位置を厳密に合わせる必要がある。これらが合っていないとエイリアシングが発生して、正しい結果が得られない。このような厳密な位置合わせを避ける方法としてローパスフィルター１４を通す方法が考えられる。ローパスフィルター１４を通すことにより空間周波数が帯域制限され図５の実線で示すような平滑波形となり、マイクロレンズの像と画素との厳密な位置合わせの必要がなくなる。帯域制限は、サンプリング定理から２次元光電センサ１５の画素間隔がなす空間周波数の１／２以上をカットするようにする。この例ではローパスフィルター１４を用いて帯域制限しているが、結像レンズ１２自体のＭＴＦを条件を満たすように設計しておくことも可能であり、絞り１３を絞って結像光学部１６のＮＡを下げるようにしても実現できる。

【００２２】図６に本発明の実施の形態の第二の例を示す。第一の例との違いは光源部１が水銀ランプであり、偏光部品（偏光子３、１／４波長板１０）がなく、光路

分岐光学素子5がダイクロイックミラーであることだけであり、その他は第一の例と全く同じである。ダイクロイックミラーである光路分岐光学素子5は照明光である紫外線を透過し、物体Aからの蛍光を反射する。このようにして物体Aの蛍光観察が可能である。

【0023】以上の実施の形態は本発明の例にすぎず、これに限られるものではない。例えば、マイクロレンズアレイ部6とピンホールアレイ部7とは別々のガラス基板上に形成されても良いし、ガラス基板でなくても良い。例えば光学樹脂でも良い。また、マイクロレンズの形状も必ずしも六角形、四角形である必要はなく、円形や三角形であってもこれは本発明の範疇である。また、光路分岐光学素子5で分岐される照明系の光学系と撮像系の光学系との位置関係が逆であっても光学的には同等である。照明光も白色光だけでなく、レーザー光も使用できる。

【0024】

【発明の効果】本発明の2次元配列型共焦点光学装置は、微妙な位置合わせや調整が必要となる部分がないため一般的な光学系の組立調整だけで製作が可能であり、それ以上の技術、製造設備を特に用意することもないため、製造組立が非常に簡単になる。また照明効率が非常に高く、かつ単色光を前提とした光学部品を使用する必要がないため照明光に白色光を用いることができ、カラー観察が可能である。またダイクロイックミラーを用いれば蛍光観察も可能となる。また白色光の使用により3次元計測における物体表面状態による反射光の干渉の問題も回避できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の第一の例を示した図である。

【図2】本発明のマイクロレンズアレイ部とピンホールアレイ部の側面図である。

【図3】本発明のマイクロレンズアレイ部とピンホールアレイ部の上面図である。

【図4】本発明の結像光学系を説明するための図である。

【図5】本発明のマイクロレンズの像と2次元光電センサの画素との対応を説明するための図である。

【図6】本発明の実施の形態の第二の例を示した図である。

【図7】従来技術Aを説明するための図である。

【図8】従来技術Bを説明するための図である。

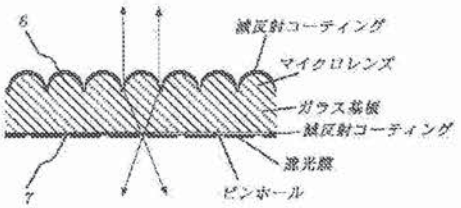
【図9】従来技術Bのピンホールアレイ部付近を説明するための図である。

【図10】共焦点光学系の基本構成を示す図である。

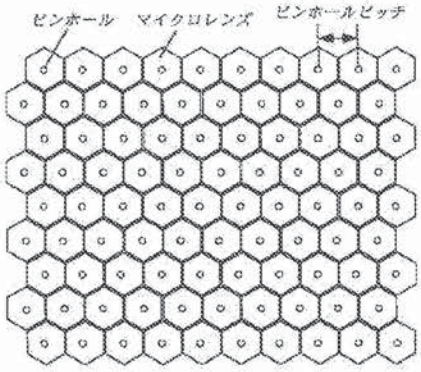
【符号の説明】

1　光源部
2　ピンホール
3　偏光子
5　光路分岐光学素子
6　マイクロレンズアレイ部
7　ピンホールアレイ部
8a　レンズ
8b　レンズ
9　テレセントリック絞り
10　1／4波長板
12a　レンズ
12b　レンズ
13　絞り
14　ローパスフィルター
15　2次元光電センサ

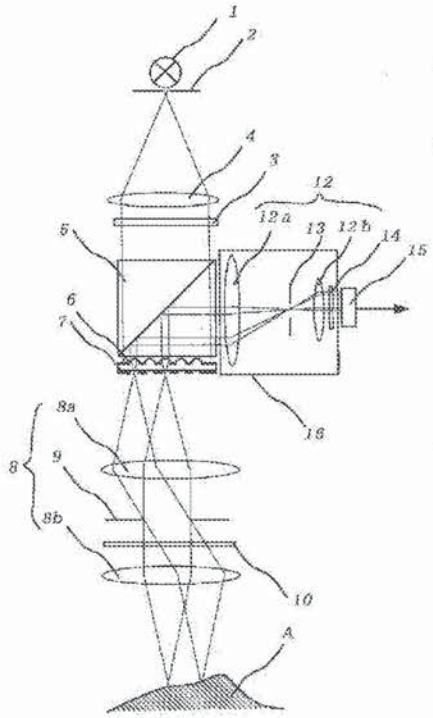
【図2】



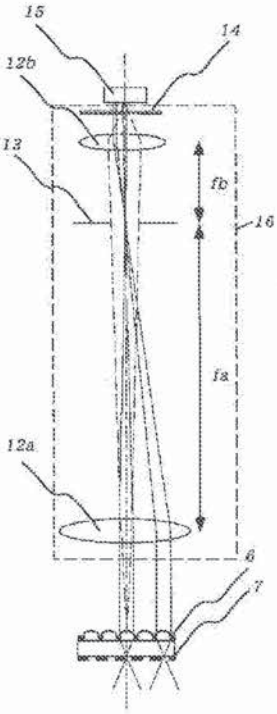
【図3】



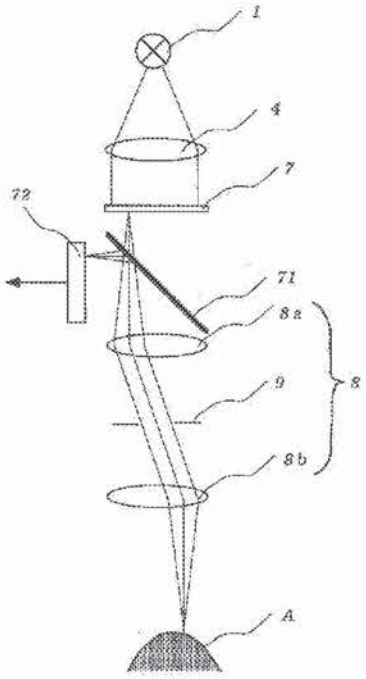
【図1】



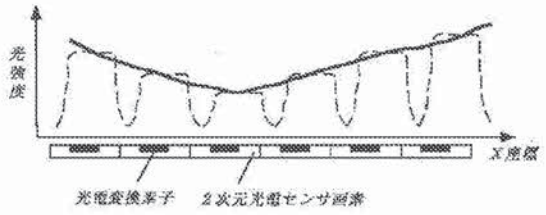
【図4】



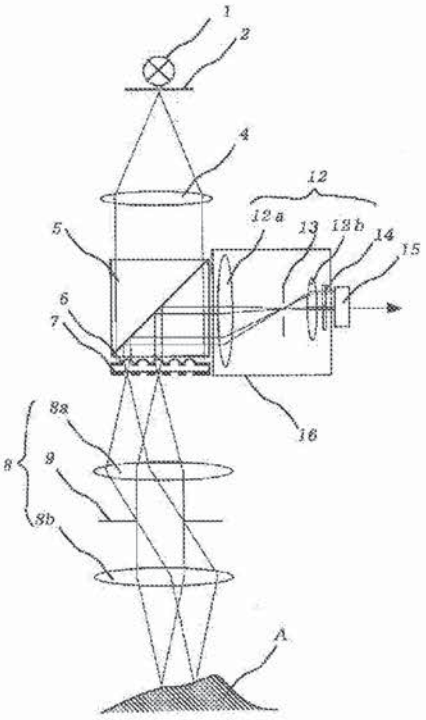
【図7】



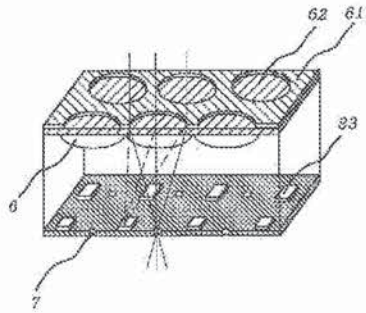
【図5】



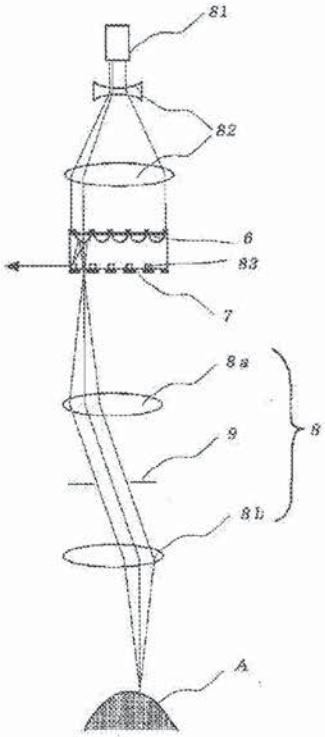
【図6】



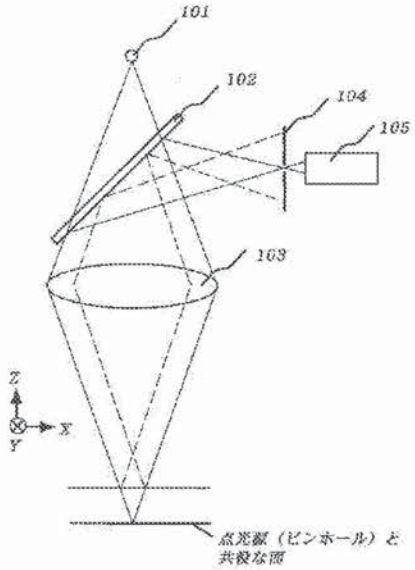
【図9】



【図8】



【図10】



(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2012-530917
(P2012-530917A)
(43)公表日　平成24年12月6日(2012.12.6)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01S 17/10	(2006.01)	G01S	17/10	5J084
G01S 7/487	(2006.01)	G01S	7/487	
G01S 17/89	(2006.01)	G01S	17/89	

審査請求 未請求　予備審査請求 有　（全 21 頁）

(21)出願番号　特願2012-516669 (P2012-516669)
(86)(22)出願日　平成22年6月18日 (2010.6.18)
(85)翻訳文提出日　平成23年12月22日 (2011.12.22)
(86)国際出願番号　PCT/EP2010/058652
(87)国際公開番号　WO2010/149593
(87)国際公開日　平成22年12月29日 (2010.12.29)
(31)優先権主張番号　0910717.8
(32)優先日　平成21年6月22日 (2009.6.22)
(33)優先権主張国　英国 (GB)
(31)優先権主張番号　0910744.2
(32)優先日　平成21年6月22日 (2009.6.22)
(33)優先権主張国　英国 (GB)

(71)出願人　511312997
トヨタ　モーター　ヨーロッパ　ナームロゼ　フェンノートシャップ／ソシエテ　アノニム
ベルギー国，ベー－１１４０　ブリュッセル，アブニュ　デュ　ブルジェ　６０
(74)代理人　100099759
弁理士　青木　篤
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田　準一
(74)代理人　100122965
弁理士　水谷　好男
(74)代理人　100141162
弁理士　森　啓

最終頁に続く

(54)【発明の名称】パルス光による光学式距離計

(57)【要約】
飛行時間測定に基づいた光学式距離計は、オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射し、オブジェクトからの反射光を受信し、受信器はフォトンカウントモードで動作して検出されたフォトンに対してパルスを生成する。受信器上でフォトン検出の可変確率が存在し、且つ、コントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）は光レベルに基づいて、受信器のフォトン検出確率を制御する。光レベルに基づいて検出確率を制御することによって、光学部品を使用する経費を伴うことなく、受信器は増加したダイナミックレンジを有する。これは、検出確率が制御される間、受信器がフォトンカウントモードにあるので、非常に弱い信号を検出する間であっても適用することができる。光レベルは受信器自身の出力によって、或いは受信器の外部の別の検出器によって、表すことができる。
【選択図】図３

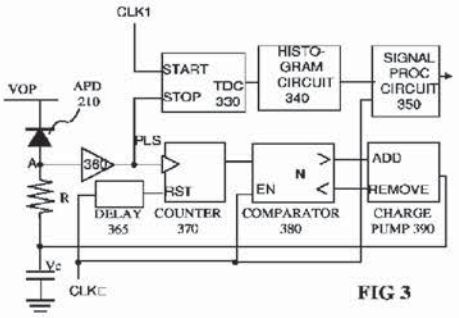


FIG 3

【特許請求の範囲】
【請求項１】
飛行時間測定に基づく光学式距離計であって、オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射する照射装置（３０）と前記オブジェクトからの光を受信するように構成された受信器（２１０）とを有し、前記受信器は検出フォトンに対してパルスを発生するためにフォトンカウントモードで動作し、且つ、前記受信器上でフォトン検出の可変確率を要求するものであり、前記光学式距離計はさらに、前記受信器のフォトン検出確率を光レベルに基づいて制御するためのコントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）を備える、光学式距離計。
【請求項２】
請求項１に記載の光学式距離計において、前記コントローラは、オプションとしての全ての種類のノイズレベルと同様に、前記光レベルを表すために、前記受信器の出力からの入力を有する、光学式距離計。
【請求項３】
請求項１または２に記載の光学式距離計において、前記コントローラは、一定の期間にわたって前記パルスをカウントし、且つ、そのカウントを閾値と比較するための装置（３７０、３８０）を有し、前記コントローラは前記フォトン検出確率を増加させまたは減少させるために前記比較における出力を使用するように構成されている、光学式距離計。
【請求項４】
請求項１乃至３の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記受信器は、前記フォトン検出確率を変更するための手段を有する光学式受信部品を備え、前記コントローラは前記フォトン検出確率を変更することによって前記フォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項５】
請求項４に記載の光学式距離計において、前記光学式受信部品はアバランシェフォトダイオード（２１０）を備え、前記コントローラは前記アバランシェフォトダイオードの逆バイアス電圧を変更することによって前記フォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項６】
請求項１乃至５の何れか１項に記載の光学式距離計において、予め定義された期間にわたってそれぞれのパルスの記録を記憶するように構成されたメモリと、前記メモリに記録されたパルスを合計するように構成された加算器（４７５）と、カウンタの出力を閾値と比較するように構成された比較器（３８０）とを有する、光学式距離計。
【請求項７】
請求項６に記載の光学式距離計において、前記メモリは、予め定義された期間にわたって、それぞれのパルスの最新の記録を常に記録するように構成されたシフトレジスタ（４７０）である、光学式距離計。
【請求項８】
請求項１乃至７の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記受信器からのパルスが入力された場合カウント数を増分し、予め既定された期間間隔でカウント数を減分するように構成された差動カウンタ（５７０）を有する、光学式距離計。
【請求項９】
請求項１乃至８の何れか１項に記載の光学式距離計において、ヒストグラムに従ってノイズから求める信号を区別し、且つ前記求める信号の飛行時間を決定するためのヒストグラム回路（３４０）を有する、光学式距離計。
【請求項１０】
オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信するように適応された受信器を使用する方法において、前記方法は、受信光の、検出され受信されたフォトンに対してパルスを生成するために、前記受信器をフォトンカウントモードで動作させ、前記受信器においてフォトン検出の可変確率が

存在し、さらに、光レベルに基づいて、前記受信器のフォトン検出確率を制御する、各ステップを有する、受信器を使用する方法。

【請求項１１】

請求項１０に記載の方法において、受信した光の飛行時間を決定するステップを有する、受信器を使用する方法。

【請求項１２】

請求項１０または１１に記載の方法において、さらに、ある期間にわたってパルスをカウントし、このカウントを閾値と比較し、さらに、前記比較出力に応答して前記フォトン検出確率を増加させまたは減少させる、各ステップをさらに備える、受信器を使用する方法。

【請求項１３】

請求項１０乃至１２の何れか１項に記載の方法において、予め定義された期間にわたってそれぞれのパルスの最新の記録を記憶するステップをさらに備える、受信器を使用する方法。

【請求項１４】

オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信するように適合された受信器の操作方法において使用するために適したコントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）において、前記コントローラは、前記受信器をフォトンカウントモードで制御し、受信光の検出された受信フォトンに対してパルスを生成するように適合されており、前記受信器上にはフォトン検出の可変確率が存在し、前記コントローラは光レベルを表す信号を受信するための入力を有し、光レベルに基づいて、前記受信器のフォトン検出確率を制御するように構成されている、受信器の操作方法。

【請求項１５】

処理エンジン上で実行された場合、請求項１４に記載のコントローラまたは請求項１乃至９の何れか１項に記載の距離計を実行する、コンピュータプログラム製品。

【請求項１６】

請求項１５に記載のコンピュータプログラム製品を記憶する、機械可読信号記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明はカメラに関し、特に、光学式距離計、この距離計の操作方法、さらにこの方法で使用される受信器および対応するコントローラに関する。特に、本発明は、自動車用の応用において有利な使用方法を見出すことができる。

【背景技術】

【０００２】

照射光と反射時間との間の経過時間を測定することによって距離を検出するための装置の形状で、ＴＯＦ（飛行時間）に基づいた光学式距離計を提供することは既知である。反射光（信号）およびバックグランド光（ノイズ）の両方が検出されるけれども、信号処理によってノイズ光を取り除くことによって、信号成分を抽出することができる。屋外又はその他の明るい環境下での操作のために、日中と夜間とのかなりの明度差に基づいて、大きなダイナミックレンジが必要とされる。広いダイナミックレンジを達成するために、ＴＯＦベースの光学式距離計に対し、２つのダイナミックレンジ拡大方法が知られている。１つは光学に基づいており、他方は自動感度適応を使用する。

【０００３】

光学に基づく方法の一例は、光検出器の前の光減衰器によって入射光を調整することを含む（特許文献１）。他の例は、複数の光検出器を用いて分離した光を検出することを含む（特許文献２）。さらに、異なるパワーを有する複数のレーザ源による照射も、知られている（特許文献３）。

【０００４】

特許文献１の方法では、光検出器のモノリシック（一体）アレイの場合、各光検出器への入射光を別々に制御することはできない。そのため、モノリシックアレイ全体のダイナミックレンジを拡張することは不可能である。特許文献２の方法は、モノリシックアレイの場合であってもダイナミックレンジを拡張することができるが、光を分離するための複雑でしかも高価な光学系が必要である。特許文献３の方法は、レーザ源のパワーを変えることによって信号成分のダイナミックレンジを拡張することができるが、太陽光のダイナミックレンジはレーザパワーに依存しないので、拡張することはできない。自動感度適応に基づく方法の事例は、逆バイアス電圧（特許文献２）を変えることによって、フォトンカウントモードとアナログモード間で切り替えることを含み、アバランシェフォトダイオード（特許文献４、特許文献５）の出力に基づいて逆バイアス電圧を調整することが公開されている。特許文献２の方法では、逆バイアス電圧を変えることによってモードを簡単に切り替えることができるが、異なるモードに対して異なる２種類の信号処理を必要とするために、システムが複雑化する。特許文献４および特許文献５の方法では、アナログ測定モードのために、単一のフォトンのような非常に弱い信号を検出することができない。光検出器の２Ｄモノリシックアレイの場合、発散ビームがターゲットに伝送されるので、遠いターゲットからの反射は非常に弱い。このような非常に弱い信号は、アナログ測定では検出することができない。単一光子アバランシェダイオードを用いたＣＭＯＳにおける低コスト３Ｄイメージセンサの事例が、非特許文献１に示されている。数多くのＴＯＦ測定が行われ、ハードウエア又はソフトウエアによって処理される。ヒストグラムが形成され、閾値操作によってノイズが除去される。深度値は多くの測定、この与えられた事例では１００００測定、の平均に基づいている。使用した平均の光学パワーは７５０μＷであった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２０００－００２７６５号公報

【特許文献２】特許第２８２００９５号

【特許文献３】特開２０００－２０６２４６号公報

【特許文献４】特開平０１－２５７２８９号公報

【特許文献５】特開２００７－０７８４２４号公報

【非特許文献】

【０００６】

【非特許文献１】“Ｄｅｓｉｇｎ ａｎｄ Ｃｈａｒａｃｔｅｒｉｚａｔｉｏｎ ｏｆ ａ ＣＭＯＳ ３－Ｄ Ｉｍａｇｅ Ｓｅｎｓｏｒ Ｂａｓｅｄ ｏｎ Ｓｉｎｇｌｅ Ｐｈｏｔｏｎ Ａｖａｌａｎｃｈｅ Ｄｉｏｄｅｓ”Ｃ．Ｎｉｃｌａｓｓ Ａ．Ｒｏｃｈａｓ、Ｐ．Ａ．Ｂｅｓｓｅ Ｅ．Ｃｈａｒｂｏｎ ＩＥＥＥ Ｊｏｕｒｎａｌ ｏｆ Ｓｏｌｉｄ－Ｓｔａｔｅ Ｃｉｒｃｕｉｔｓ、ｖｏｌ．４０、ｎ．９、Ｓｅｐ．２００５

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

本発明の目的は、代替的なカメラおよび特に光学式距離計、このような距離計を操作する方法、このような方法で使用される受信器および対応するコントローラ、を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

第１の観点によれば、本発明は、飛行時間測定に基づいた光学式距離計を提供し、この光学式距離計は、オブジェクトに向ってパルス光を放射する照射装置と、オブジェクトからの光を受信するように配置された光受信器を有し、この受信器はフォトンカウントモードで動作して、検出されたフォトンまたはフォトンのグループに対してパルスを発生し、この受信器は可変のフォトン検出確率を有し、さらにこの受信器は、この受信器のフォト

ン検出確率を光のレベルに基づいて制御するためのコントローラを有している。

【０００９】

光レベルに基づいて検出確率を制御することによって、受信器は拡大されたダイナミックレンジを有することができる。これは、非常に弱い信号を検出する場合であっても当てはまる。何故なら、検出確率が制御されている間でも、受信器は依然としてフォトンカウントモードであるから。これは、非常に強い日照時であっても当てはまる。何故なら、受信器のフォトン検出率を下げて飽和を防止することができるので。その上、オブジェクトからの反射強度は、距離とオブジェクトの反射性に依存している。本発明に係る方法および装置は、このようなオブジェクトの特性に依存せずに、動作可能である。本発明の実施例は、ダイナミックレンジを拡大するために光学部品を使用するよりも、簡単でしかも安価である。光のレベルは、受信器の出力を一定の期間にわたってカウントすることによって、或いは受信器の外部の別の検出器によって、或いはその他の何らか方法で、表示され得る。本発明の実施例の利点は、光学式距離計のダイナミックレンジを著しく改善し、その結果、ダイナミックレンジに最早、限界を必要としないことを含む。

【００１０】

本発明の実施例は他の追加的な特徴を有することが可能であり、このような追加的特徴の幾つかが従属の請求項に述べられており、以下にさらに詳細に説明されている。

【００１１】

他の観点によれば、オブジェクトに向ってパルス光を伝送することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信する受信器を使用する、対応する方法を提供し、この方法は、検出されたフォトンまたはフォトングループに対してパルスを生成するために受信器をフォトンカウントモードで動作させること、受信器が可変のフォトン検出確率を有すること、光のレベルに基づいてフォトン検出確率を制御すること、の各ステップを有する。

【００１２】

他の観点によれば、受信器を動作させる上記の方法においての使用に適した、対応するコントローラを提供する。このコントローラによってパルス光がオブジェクトに伝送され、オブジェクトからパルス光が受信され、且つ、このコントローラは検出されたフォトンまたはフォトングループに対してパルスを生成するために受信器をフォトンカウントモードで動作させるように適応されており、受信器は可変のフォトン検出確率を有し、コントローラは、例えば全てのノイズレベルと同様に光レベルを示す信号を受信するための入力を有し、受信器の信号に基づいて受信器のフォトン検出確率を制御するように構成されている。アバランシェフォトダイオードの降伏電圧は温度に敏感であるため、暗計数率と同様にフォトン検出確率は、特に自動車用の応用に対して、変動する。この効果は、受信器の出力に基づいてフォトン検出確率を制御することによって、補償することができる。この出力は、太陽光および暗計数のような、信号（光）レベルと例えば全てのノイズレベルを表示する。従って、本発明の重要な利点の１つは、ＡＰＤ特性の変動を補償することである。これらの特性は、受信器の出力レベルをモニタすることによって、光レベル調整と同時に補償され得る。

【００１３】

全ての追加の特徴を共に組み合わせることができ、さらに全ての観点と組み合わせることができる。特に他の従来技術に対するその他の利点は、当業者にとって明らかである。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】一実施例に係る光学式距離計の照明および受信部分を示す。

【図２】図１の実施例またはその他の実施例のための光検出器の２Ｄアレイを、１個のピクセルの拡大図と共に示す図である。

【図３】一実施例に係る、１個のピクセルのための受信器の構成を示す。

【図４】一実施例に従って飛行時間を決定するための、照射、反射および検出パルスのタイミング図を示す。

【図５】図３の実施例において使用される、リセット信号と２つのクロック信号に対するタイミング図を示す。
【図６】他の実施例に係る、１個のピクセルのための受信器の、シフトレジスタを使用した代替構成を示す。
【図７】他の実施例に係る、１個のピクセルのための受信器の、差動カウンタを使用したさらに他の代替構成を示す。
【図８】本発明の全ての実施例と共に使用可能な処理システムの１構成を示す。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
以下、添付の図面を参照し、本発明の特定の実施例について説明するが、本発明はこれに限定されず、特許請求の範囲のみに限定される。記載した図面は概略図であり、且つ、非限定的である。図面において、幾つかの要素のサイズは、説明目的のために誇張されており、且つ、縮尺どおりに描かれてはいない。本願の明細書および特許請求の範囲において“備える”と言う用語が使用された場合、これは、他の要素またはステップを排除するものではない。特別に言及しない場合、単数の名詞はその名詞が複数の場合を含んでいる。
【００１６】
特許請求の範囲で使用された“備える”と言う用語は、その前に列挙した手段に限定するものとして解釈されるべきではなく、他の要素またはステップを排除しない。従って、“手段ＡおよびＢを備える装置”との表現の範囲は、構成要素ＡおよびＢのみからなる装置に限定されるべきではない。これは、本発明に関して、装置の関連構成要素のみがＡおよびＢであることを意味する。
【００１７】
さらに、明細書および特許請求の範囲における用語、第１、第２、第３等は、類似の要素間を区別するために使用され、必ずしも順序または時系列を示すものではない。このように使用された用語は、適切な状況下で相互に交換可能であり、此処に記載した発明の実施例は、此処に記載しあるいは図示したのとは別の順序で動作可能である。
【００１８】
さらに、明細書および特許請求の範囲における用語、最上部、底部、上、下等は、説明目的のために使用されており、必ずしも相互の位置を説明するものではない。このように使用された用語は、適切な状況下で相互に交換可能であり、此処に説明した発明の実施例は、此処に記載したのとは異なる他の配置で動作可能であることを理解すべきである。
【００１９】
特許請求の範囲に使用された用語“備える”はその前に列挙した手段に限定されると解釈すべきではなく、他の要素またはステップを排除するものでないことに注意すべきである。従って、これは、記載した特徴、整数、ステップまたは構成要素の存在を特定していると解釈すべきで、１つまたはそれ以上の他の特徴、整数、ステップまたは構成要素またはそれらのグループの存在または追加を排除するものではない。従って、“手段ＡおよびＢを備える装置”との表現の範囲は、構成要素ＡおよびＢのみからなる装置に限定されるべきではない。本発明に関して、これは、装置の関連構成要素のみがＡおよびＢであることを意味している。
【００２０】
この明細書を通して、“一実施例”または“実施例”との言及は、実施例に関連して記載された特定の特徴、構成または特性が本発明の少なくとも１個の実施例に含まれることを意味している。従って、この明細書を通して種々の場所での“一実施例において”または“実施例において”との句の出現は、必ずしも全てが同じ実施例を参照するものではないが、同じ実施例を参照しても良い。さらに、当業者にとってこの開示から明らかなように、特定の特徴、構成または特性は１個またはそれ以上の実施例において、全ての適切な方法で組み合わされても良い。
【００２１】

同様に、本発明の典型的な実施例の記載において、本発明の種々の特徴は、開示を合理化し、種々の発明的観点の１個またはそれ以上の理解を助ける目的で、往々にして共にグループかされて、１個の実施例、図またはその説明となることを認識すべきである。この開示の方法は、しかしながら、１個の発明が、特許請求の範囲の発明が各請求項に明示的に述べられているもの以上の特徴を必要とすることを反映している、と解釈すべきではない。むしろ、以下の特許請求の範囲が反映する様に、発明的な観点は、以前に開示された１個の実施例の全ての特徴よりも少ないものに存在する。従って、詳細な説明に続く特許請求の範囲は、詳細な説明に明示的に組み込まれ、各請求項はそれ自身で本発明の独立した実施例と同等である。

【００２２】

さらに、此処に記載された幾つかの実施例は、他の実施例に含まれる他の特徴の全てではなく幾つかを含むが、異なる実施例の特徴の組合せは、本発明の範囲内であるとされるべきであり、当業者によって理解されるように異なる実施例を形成する。例えば、以下の請求の範囲において、請求項に記載された実施例の全ては、全ての組合せにおいて使用可能である。

【００２３】

此処に提供する説明において、多くの具体的な詳細が述べられている。しかしながら、本発明の実施例はこれらの具体的な詳細なしで実施することができる。他の例では、この記載の理解を捕らえにくくしないために、周知の方法、構造、および技術は詳細に示していない。

【００２４】

以下に、本発明の複数の実施例の詳細な説明によって、本発明を説明する。本発明の他の実施例が本発明の技術開示を離れることなく、当業者の知識によって構成できることは明らかである。この発明は、添付の請求の範囲の文言のみによって限定される。

【００２５】

少なくとも幾つかの実施例では、飛行時間測定に基づいた光学式距離計を含んでおり、この光学式距離計は、オブジェクトに向って繰り返してパルス光を放射する照射装置と、フォトンカウントモードで動作する光受信装置を備えている。受信装置は、検出された各フォトンまたはフォトングループに対してパルスを発生する。さらに、上記受信装置のフォトン検出確率を、この受信装置の出力に基づいて、または、他の幾つかの光レベルの指示に基づいて制御するためのコントローラを含んでいる。本発明の実施例に係る光学式距離計は、受信器の出力に基づいてフォトン検出確率を制御するので、追加の光学部品を伴うことなくそのダイナミックレンジを拡大することができる。さらに、この装置は、フォトンカウントモードで動作するので、遠いターゲットからの非常に弱い信号を検出することができる。追加の光学部品を伴うことなく、広いダイナミックレンジを有する光学式距離計を達成することができる。コンパクトな電子回路によって、比較的低いレーザパワーで長距離の測定が可能である。

【００２６】

［追加的特徴］

追加的特徴は以下の通りである。

記載した光学式距離計はさらに、パルス数を一定の閾値と比較する装置を含むことができる。この結果が正の出力となる場合（即ち、パルス数が閾値よりも高い場合）、検出器のフォトン検出確率を低下させる。出力が負の場合（即ち、パルス数が閾値以下の場合）、検出器のフォトン検出確率を増加させる。

【００２７】

パルス数を既定の閾値と比較することによって、フォトン計数率を一定に保つことができる。従って、簡単な構造によってダイナミックレンジを拡大することができる。

【００２８】

光学式距離計は、フォトンカウントモードで光を受信するための光受信部品を有し、さらに、フォトン検出確率を調整するための手段を有している。例えば、光学式距離計はア

バランシェフォトダイオードを有することができ、さらに、コントローラはアバランシェフォトダイオードの逆バイアス電圧を変化させることによって、フォトン検出確率を制御することができる。アバランシェフォトダイオードを受信装置として利用し、逆バイアス電圧を変えることによってフォトン検出確率を制御するので、比較的単純な構造でフォトン検出確率を調整することが可能となる。

【００２９】

本光学式距離計は、受信装置からのパルスの存在を各ビットにおいて既定の期間記憶するために、例えばシフトレジスタのような、メモリ装置またはバッファ装置を持つことができる。さらに、本距離計は、例えば、シフトレジスタにおけるビット数をカウントすることによってパルスの存在を表す、パルス数をカウントするためのカウンタを有しており、さらに、カウンタの出力を閾値と比較するための比較器を有している。

【００３０】

本光学式距離計において、それぞれが単位時間当たり１個のパルスの存在またはその反対を表すＮビットが、メモリまたはバッファ装置内、例えば、Ｎビットシフトレジスタ内に記憶され、それらは単位時間毎に更新される。フォトン検出確率を制御するために必要な情報は単位時間毎に獲得されるので、本発明の実施例に係る距離計はフォトン検出確率をさらに速やかに制御することができる。

【００３１】

本光学式距離計は、受信装置からパルスが入力された場合カウント数を増加させ、既定期間間隔でカウント数を減少させる、差動カウンタを有することができる。現在のカウント数はメモリ装置、例えばレジスタ内に記憶されても良い。この方法により、受信装置の出力レベルと既定レベルとの差が、差動カウンタのカウント値として記憶される。メモリ装置はシフトレジスタである必要はないので、フォトン検出確率をより速やかに且つ比較的小さい回路で制御することができる。

【００３２】

［図１：一実施例に係る光学式距離計の照明および受信部分］

走査タイプと非走査タイプの２種類のレーザ距離計がある。何れのタイプも本発明の実施例において使用することができる。走査タイプは、平行レーザ光をターゲットに対して走査しながら繰り返して伝送し、１個の光検出器によって反射を検出する。平行光であるために、ターゲット表面でのパワー密度は強化され、その結果として、光ＳＮＲは高くなる。高い空間分解能を有するレンジマップを獲得するために、小さなピッチでの時間のかかる走査が必要となる。リアルタイムでの測定が必要な、典型的な自動車応用の場合、ビームは水平方向に小さなピッチで走査され、測定時間を短縮するために数個の垂直走査層のみがある。一方、非走査タイプは、通常一度でターゲットオブジェクト全体をカバーする発散光を伝送し、光検出器の２Ｄ焦点面によってその反射を検出する。１回の照射によって複数点の測定が可能であるため、空間分解能が高く且つ高速測定であるという利点を有することができる。反対に、発散光であるためターゲット表面でのパワー密度が低く、例えば太陽光のようなバックグランド光を抑えることがさらに重要となる。バックグランド光を抑えるために、送信光（信号）およびバックグランド光（ノイズ）の両者を、検出器を飽和させることなく検出する必要がある。従って、日中と夜とでまたは日向と日陰で（例えば、開放道路とトンネル間で）明度差が極めて大きい、特に屋外環境では、大きな明度ダイナミックレンジが好ましい。

【００３３】

非走査タイプ距離計は照射部分と検出部分を備えている。図１は、本発明の一実施例であり得る距離計の構成を示している。図の上半分に照明部分を示し、下半分に受信部分を示している。照明部分において、クロック発生器６０が光のパルスを駆動するために設けられている。これは、印刷回路基板ＰＣＢ５０上にマウントされている。別の方法として、幾つかの電子部品を単一のチップ上に集積化することもできる。複数のレーザダイオードＬＤ３０が、光のパルスを作るために、関連するＬＤ駆動部分４０と共に配置されている。ＬＤからの光は、ターゲットオブジェクト７０に伝送される前に、例えば、フレネル

レンズ２０のようなレンズと拡散器１０を通過する。反射は受信部分によって獲得され、２Ｄアレイ光検出器１００に達する前に、干渉フィルタ８０およびレンズ９０を通過する。このアレイは図２にその詳細が示されている。他の受信器の実施例では２Ｄアレイを有する必要はなく、例えば単一の検出器または検出器ラインを有していても良い。

【００３４】

［図２：１個のピクセルの拡大図と光検出器の２Ｄアレイ］

図２に示すように、本発明の一実施例は光検出器のアレイを使用する。検出器の１個が拡大されている。２Ｄ光検出器アレイの各ピクセルはＡＰＤ（アバランシェフォトダイオード）２１０と周辺回路２２０を有している。ＡＰＤは光感知領域２００を有しており、図示の事例ではこの領域は円形であるが、他の形状も選定可能である。

【００３５】

［図３：ピクセルの１個に対する受信器の構成］

図３は、それぞれのピクセル素子の構成を示す。ＡＰＤ２１０は電源ＶＯＰに接続されて示されている。他端はノードＡ、抵抗Ｒ及びコンデンサＣを介して接地されている。ノードＡからの出力はバッファ３６０を介して周辺回路２２０に供給される。周辺回路は、直列に接続された、ＴＤＣ（時間デジタル変換器）３３０、ヒストグラム回路３４０および信号処理回路３５０を備えている。バッファからの出力はさらに、直列に接続された、カウンタ３７０、比較器３８０および電荷ポンプ３９０に供給される。クロック発生器（図示せず）が周期ＴのＣＬＫ１と周期ＭＴのＣＬＫ２を提供する。ＣＬＫ１はＬＤアレイのパルスタイミングを定義し、ＣＬＫ２は、Ｍパルスの照射後、信号処理によって距離の計算を開始するタイミングを定義する。ＣＬＫ１はＬＤアレイと２Ｄ光検出器アレイに供給され、且つ、ＣＬＫ２は２Ｄ光検出器アレイにのみ提供される。ＬＤアレイに提供されたＣＬＫ１はそれぞれのＬＤ駆動回路に分配され、その後、それぞれのＬＤは発光する。レーザを、ＴＯＦの精度を上げる短いパルスを形成する、ＬＥＤのような別の光源に置き換えることができる。速い応答と狭いスペクトルバンドの故に、ＬＥＤよりもむしろレーザ光が好ましい。しかしながら、ＬＥＤを適用することもできる。本発明は主にレーザを参照して説明されるが、本発明はこれに限定されるものではない。

【００３６】

レーザ発光は例えばフレネルレンズのようなレーザによって、平行化／視準化され、その後拡散器によって拡散され、ターゲットに向って伝送される。拡散器は、入射光のビーム発散角を定義する、それ自身の特性を有している。それぞれのＬＤからの発光は統合され、円錐ビームを形成することができる。ターゲットはこの円錐ビームによって照射され、その反射が光検出器の２Ｄアレイによって一度に検出される。このようにして、高い空間分解能を有するレンジマップを獲得することができる。拡散器を使用する別の利点は、“見かけ上の光源”のサイズを拡大することである。“見かけ上の光源”とは、レーザ安全性のＩＥＣ標準によって定義された用語であり、最小限の網膜像を形成する、リアルまたはバーチャルなオブジェクトとして定義される。一定のレーザ出力パワーを仮定すると、大きな見かけ上の光源が眼の安全性のためには好ましい。拡散器を利用して見かけ上の光源を拡大することによって、眼の安全性を確保することができる。

【００３７】

ターゲット上で反射された光は干渉フィルタとレンズを通過し、光検出器のアレイ上に像を形成する。アレイ上に集中された入射光は、ＡＰＤによって検出される。入射光の特定の波長或いは波長範囲のみが干渉フィルタを通過することができる。レーザ波長とフィルタの透過バンドを調整することによって、バックグランド光の殆どをブロックすることができる。典型的なレーザバンド幅は数ｎｍであるが、波長の中心は温度変動によってシフトすることがある。広い温度条件での動作を保証するために、フィルタの通過または透明バンドは１０ｎｍ以上、典型的には数十ｎｍに広げることが好ましい。従って、バックグランド光を完全にブロックすることはできず、幾つかの実施例ではバックグランド光を信号処理によって抑制することが必要である。

【００３８】

ＡＤＰはフォトダイオードの一種であり、高電界を支持する。アバランシェ動作には２つのモードがある。一方はリニアモードであり、逆バイアス電圧が降伏電圧よりも少し小さく、他のモードはガイガーモードであり、逆バイアス電圧が降伏電圧よりも高い。ＡＰＤにフォトンが入射すると、一対のホールおよび電子が生成され、高電界によって加速される。加速されたホールと電子の衝突によって、別の電子ホール対が次から次に雪崩のように生成される。リニアモード動作では、生成速度は蒸発速度よりも小さく、そのため、雪崩は自身で停止し得る。出力電流は入射光に比例するので、入射光のパワーを測定することができる。デジタル形式で動作する前述のガイガーモードとは対照的に、リニアモード動作はアナログであり、従ってアナログ測定と呼ばれる。ガイガーモード動作において、単一のフォトンはアバランシェ現象をトリガすることができ、これは逆バイアス電圧を降伏電圧以下に低下させることによって、停止することができる。このアバランシェ停止動作は、クエンチングと呼ばれる。最も簡単なクエンチング回路は、ＡＰＤに直列な抵抗Ｒによって実現できる。アバランシェ電流は抵抗の電圧を増加させると同様に、ＡＰＤのバイアス電圧を降下させる。その結果、アバランシェ電流がバイアス電圧の降下によって停止され得る。このクエンチング回路によって、入射フォトンが検出され、電圧パルスとしてカウントされる。ガイガーモードはフォトンカウントモードと呼ばれる。本発明はＡＰＤに限定されない。例えば、その代わりにＰＭＴ（光電子増倍管）がある。さらに、本発明は個々のフォトンを検出することに限定されない。１００％のフォトン検出確率は理論的に不可能であるため、実際はフォトングループがアバランシェをトリガする。例えば、２０％のフォトン検出確率の場合、５個のフォトングループが平均で１個のアバランシェをトリガすることが可能である。

【００３９】

リニアモードの感度はＱＥ（量子効率）と暗電流によって表すことができる。ＱＥは入射フォトン１個に対するホール電子対の発生パーセントとして定義される。暗電流は、入射フォトンがない場合でも流れる電流であり、熱ノイズの最小レベルである。ＮＥＰ（ノイズ等価電力）はＱＥから計算することができる。例えば、暗電流が１００ｎＡの場合、ＱＥは５０％であり、単一の電子の電荷は１．６×１０$^{-19}$Ｑ、ＮＥＰは５０［ｎＡ］／１．６×１０$^{-19}$／０．５＝１．２５×１０^{12}［フォトン／秒］である。一方、フォトンカウンタの感度は、フォトン検出確率および暗計数率によって表すことができる。ガイガーモードＡＰＤがクエンチされない場合、アバランシェ電流は流れ続け、その結果、ＱＥは無限大となる。ガイガーモードＡＰＤがクエンチされた場合、アバランシェパルスの生成は入射フォトンに関する確率現象であり、この確率はフォトン検出確率と呼ばれる。リニアモードにおける暗電流と同様に、ガイガーモードにおいてアバランシェパルスは熱的にトリガされ、アバランシェパルスの周波数は暗計数率として表すことができる。この実施例において、ＡＰＤはガイガーモードで動作する。最近、ＣＭＯＳ処理技術によって作られたガイガーモードのＡＰＤが開発され、２Ｄアレイの低コスト実現が可能となった（非特許文献１）。ＴＤＣ、ヒストグラム回路、信号処理回路、カウンタ、比較器および電荷ポンプのような、それぞれのピクセルにおける電子部品は、同じＣＭＯＳプロセスを用いて単一のチップで実現することができる。

【００４０】

ＣＬＫ１およびＣＬＫ２はＴＤＣおよびカウンタに分散される。フォトンのＡＰＤへの到着後のそれぞれのピクセルの動作を、図３を用いて説明する。フォトンの到着によってアバランシェ電流がトリガされると、ノードＡの電位は高くなる。この電位上昇によって、バッファを介してパルスが生成され、ＴＤＣおよびカウンタに出力される。ＴＤＣはＣＬＫ１からＰＬＳへの経過期間を測定し、それをデジタル値として出力する。ＰＬＳが観測されない場合、デフォルトの最大値が出力される。ヒストグラム回路は、アドレスがＴＤＣ出力に対応するメモリを増加させ、それによって出力値を捨てる。ＴＤＣ出力がデフォルトの最大値である場合、メモリは増分されない。ＣＬＫ１のＭサイクルを繰り返した後、ＣＬＫ２のタイミングで、ヒストグラムメモリが信号処理回路に投入され、ＴＯＦが、最大値が記憶されたメモリのアドレスに基づいて計算される。それぞれのピクセルから

のＴＯＦは、図示しない読み出し回路を介してアレイから、此処で詳細に説明する必要のない確立した手順に従って、順次読み出すことができる。

【００４１】

［図４：照射、反射および検出パルスのタイミングチャート］

上記で述べたように、バックグランド光を干渉フィルタによって完全にブロックすることは、往々にしてできないので、検出されたフォトンは送信光（信号）およびバックグランド光（ノイズ）の両方を含んでいる。オプションとして、図４を用いてバックグランド光の抑制について説明する。測定の間、距離計およびターゲットに移動がないことを仮定すると、レーザ光が繰り返し伝送され検出される場合、検出タイミングは一定である。従って、ＴＯＦは、多くの繰り返し測定から静的に特定することができる。多く（Ｍ）の測定からヒストグラムを作成すると、そのヒストグラムはＴＯＦの時点においてピークを有する、即ち、隣接するビンの１個またはそれ以上が他よりもより充満している。バックグランド光のフォトンの到着時間はＣＬＫ１（レーザ伝送）に関係していないので、その測定はヒストグラムにおいて均等に分布している。信号処理回路によって、ヒストグラム中のピーク位置を抽出することによって、真のＴＯＦを特定することができ、且つ、バックグランド光の効果を抑制することができる。このようなヒストグラムの１例が図４に示されており、光学ＳＮＲが０．０１である場合の実際の測定結果を備えている。非常に低いＳＮＲの場合であっても、ヒストグラムピークを確実に抽出できることを、理解すべきである。ＴＯＦはそれぞれのピクセルにおいて独立に測定され、その結果、複数のＴＯＦから２Ｄ深度マップを得ることができる。

【００４２】

この実施例において、ピーク抽出の最も簡単な方法が説明されているが、本発明によってピーク抽出の他の方法もまた可能である。例えば、ビンを平滑化した後に最大値を検索することもできる。この平滑化は、ビンの幅が小さい場合、ビンの変動に対してその確実性を強化する。おおよそのピーク位置を特定した後、重心を抽出することも、同様に効果的である。

【００４３】

上記のヒストグラム処理によってピーク位置を正確に特定するために、充分な数の測定値が必要となる。平均のフォトン検出数は統計的に変動し、その分散はフォトンショットノイズと呼ばれる。このショットノイズはポアソン分布に従い、その分散は検出数の２乗根に等しい。ピーク抽出の精度は、特に検出数が小さい場合に、ショットノイズによって低下する。最大値ビンの位置が検索された場合、変動は、Ｓｑｒｔ（Ｎｓ）によって表すことが可能で、此処で、Ｎｓは最大値ビンの値を意味する。Ｎｓが１００であると仮定すると、変動は１０であり、従ってＳＮは１０となる。Ｎｓが１００００であると仮定すると、変動は１００となり、従ってＳＮは１００となる。ピーク抽出の確実性は測定の数に依存することがわかる。さらに、遠いターゲットの検出は、到着するフォトンの数が少ないために、不利である。

【００４４】

以下に、高すぎるフォトン係数率（即ち、フォトン計数短サイクル）の問題について考察する。ガイガーモードにおけるＡＰＤは、フォトンを検出することができない不感時間を有している。上記で述べたように、単一のフォトン検出（または、フォトングループの検出）のために、逆バイアス電圧を降伏電圧以上に増加させる必要がある。アバランシェを停止させるためにクエンチング回路によってバイアス電圧を低下させた後、そのバイアスを再び増加させるためには、ある時間を要する。この要求される時間が、不感時間と呼ばれる。ガイガーモードにおいて、平均のフォトン計数サイクルをこの不感時間よりも短くすることはできない。フォトン検出サイクルが不感時間に近い場合、検出されたフォトンの数は最早、到着フォトン数に比例しない。その上、ヒストグラム形状のゆがみに基づいて、ピーク位置は真の位置よりも短い方向にシフトし得る。この効果は、フォトン検出サイクルが不感時間の１０倍よりも小さくなった場合に、重要となる。典型的な不感時間が５０ｎｓであると仮定すると、フォトン検出サイクルが５００ｎｓよりも小さくなると

、ゆがみの効果は重要となる。この問題は、ターゲットまでの距離が短い場合または太陽光が明るい場合、フォトン検出率の増加によって発生する。

【００４５】

従って、フォトン検出サイクルが長すぎる場合も短すぎる場合も、フォトンショットノイズおよびヒストグラム歪にそれぞれ基づいて、不利である。ＴＯＦの正しい検出のためには、入射光強度の範囲を限定する必要があることが分かる。上限および下限の比が、光検出器のダイナミックレンジを表し、これは、特に、屋外条件下の操作に対して重要なパラメータである。

【００４６】

［図５：パルスカウントのためのリセット信号およびクロック信号のタイミングチャート］

本発明の実施例において、光学受信器は、フォトンカウントモードが可能であり、フォトン検出確率を調整するための手段を有していると指摘されている。ガイガーモードＡＰＤは、逆バイアス電圧を降伏電圧以上に変化させることによって制御が可能である。ダイナミックレンジは、入射光および、同様に例えばノイズレベルが変化しても、フォトン検出率を一定に保持することによって、拡大される。フォトン検出率に基づいて逆バイアス電圧を調整する方法を、図３および図５の信号タイミング図を用いて説明する。カウンタ３７０は、ＡＰＤからのパルスを、遅延素子３６５による遅延後のＣＬＫ２に基づいてリセット信号ＲＳＴが入力されるまで、カウントし続ける。カウントされた数値は、ＭＴ時間内のフォトン検出数である。ＥＮが入力された場合、比較器はカウントされた数値を既定の閾値Ｎと比較し、カウントされた数値が大きい場合Ａｄｄ信号を出力し、大きくない場合Ｒｅｍｏｖｅ信号を出力する。“Ａｄｄ信号”が電荷ポンプに入力されると、Ｖｃが増加する。反対に、“Ｒｅｍｏｖｅ信号”が電荷ポンプに入力されると、Ｖｃが減少する。その結果、ＰＬＳ出力率を一定にする目的で、ＡＰＤの逆バイアス電圧が調整される。

【００４７】

コンデンサはＶｃの変動を安定化する機能を有する。検出フォトン（またはフォトングループ）の数が時間ＭＴ内にＮより大きい場合、逆バイアス電圧は減少し、その結果、フォトン検出確率は低下し、また、その逆もまた同じとなる。従って、逆バイアスは常に調整されて検出されたフォトンの数をＮの近くに維持する。原理上、カウンタまたは比較器への入力は、周囲光レベルを表示する全ての光検出器から取ることができる。入力光が変化した場合であっても、フォトン検出数を一定に維持することができるので、ヒストグラムのピークを正確に抽出することができ、その結果、ダイナミックレンジを拡大することができる。

【００４８】

［図６：第２の実施例、受信装置のシフトレジスタを用いた代替的構成］

図６に第２の実施例を示す。図３のカウンタは、Ｍビットシフトレジスタ４７０と加算器４７５によって置き換えられる。ＣＬＫ１は、遅延素子３６５によって１パルスだけ遅延され、シフトレジスタに入力される。シフトレジスタは期間Ｔで更新される。ＡＰＤからパルスが入力されると、上位１ビットが１となり、さらに、シフトレジスタが更新されると、下位１ビットが放棄される。Ｍビットシフトレジスタは常に、最新のＭ期間の情報を記憶して、パルスの存在を表す。パルス照射ごとに、加算器は、１にセットされたビットの数をカウントし、それを比較器に出力する。比較器の動作は図３のものと同じであるが、しかし、ＥＮの期間はＭＴの代わりにＴである。その結果、Ｖｃの更新期間はＭ倍だけ短くなり、入射光および同様にノイズレベルの突然の変化に従って、さらに速やかに調整することができる。

【００４９】

［図７：第３の実施例、差動カウンタを用いた代替的構成］

図７に第３の実施例を示し、この実施例において図３のカウンタと比較器は差動カウンタ５７０に置き換えられている。差動カウンタは、ＡＰＤからＰＬＳが入力されると増分され、ＴＲＧが入力されると減分される。ＥＮが入力されると、カウントされた数値の符

号が出力される。フォトン検出サイクルがＴＲＧサイクルよりも長い場合、蓄積されたカウントは正であり、Ｖｃは電荷ポンプによって低下させられる。逆バイアス電圧が増加するので、光検出確率は強化される。フォトン検出サイクルがＴＲＧサイクルよりも短い場合、動作は逆となる。その結果、逆バイアス電圧は、フォトン検出サイクルとＴＲＧを均一化する目的で制御が可能となる。フォトン検出のタイミングサイクルはＴＲＧサイクルを変更することによって容易に設定することができる。Ｖｃのサイクルを更新することは、ＥＮのサイクルを変えることによって行うことができ、その結果、Ｖｃの速やかな制御が可能となる。その上、図６のＭビットシフトレジスタ４７０が不要であるため、回路が簡略化される。簡略化された回路はＬＳＩにおいてコンパクトな実装を可能とする。光検出器のモノリシックアレイとしての実装の場合、それぞれのピクセルの領域をコンパクトにすることは、フィルファクタおよびピクセル数の両者に対して、非常に重要である。

【００５０】

［実施］

ハードウエア回路の形で説明されているけれども、幾つかの部分は、例えば、汎用マイクロプロセッサまたは特定用途向け集積回路のような従来型の処理ハードウエアによって実行される、全てのコンピュータ言語でのソフトウエアによって実現可能である。例えば、本発明の実施例に係るコントローラは、ハードウエア、コンピュータソフトウエアまたは両方の組合せとして実現することができる。コントローラは、汎用プロセッサ、組み込みプロセッサ、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）またはその他のプログラマブル論理デバイス、ディスクリートゲートまたはトランジスタロジック、ディスクリートハードウエア部品、または此処に記載した機能を実施するように設計された全ての組合せ、を含むことができる。プロセッサを、計算装置の組合せ、例えば、ＦＰＧＡとマイクロプロセッサの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、ＦＰＧＡと連結する１個またはそれ以上のマイクロプロセッサ、またはその他のこのような構成として、実現しても良い。

【００５１】

上記で示したように、本発明はさらに、本発明において使用されるプロセッサシステムを提供する。この処理システムは、計算装置または処理エンジン、例えばマイクロプロセッサ、を含むことができる。本発明の実施例または特許請求の範囲に従って上記で説明した全ての方法は、図８に示すような処理システム４０において実現することができる。図８は、処理システム４０の一構成を示し、このシステムは、少なくとも１つの形状のメモリ、例えば、ＲＡＭ、ＲＯＭ等を含むメモリサブシステム４２に接続された、カスタマイズ可能な即ちプログラマブルプロセッサ４１を含んでいる。プロセッサ４１または複数のプロセッサは、汎用プロセッサまたは特殊用途向けプロセッサであって良く、さらに、例えば、他の機能を実行する他の部品を有するチップのような装置中に含まれていても良い。このようにして、本発明の実施例に係る方法の１個またはそれ以上の観点を、デジタル電子回路において、またはコンピュータハードウエア、ファームウエア、ソフトウエア、またはこれらの組合せにおいて実現することが可能である。処理システムは、少なくとも１個のディスクドライブ、および／またはＣＤ－ＲＯＭドライブおよび／またはＤＶＤドライブを有する、記憶サブシステム４３を含んでいても良い。幾つかの実装において、ディスプレイシステムとキーボードシステムを、例えばパラメータ値のような情報をユーザがマニュアルで入力するために、ユーザインターフェースサブシステム４４の一部として含むようにしても良い。データを入力し且つ出力するポートも含んでいても良い。ネットワーク接続、種々のデバイスへのインターフェース等のような更なる素子を含んでいても良いが、しかし、これらは図８には示されていない。処理システム４０の種々の素子は、図８に示すバスサブシステム４５を介したものを含む、種々の方法で結合されても良い。図８のバスサブシステム４５は、単純化のために単一バスとして示すが、当業者は少なくとも１つのバスのシステムを含むことを理解することができる。メモリサブシステム４２のメモリは、命令セットの一部または全て（何れの場合も４６で示されている）をある時期に保持することができる。この命令セットは処理システム４０上で実行された場合、此

処に記載した方法の実施例のステップを実現する。

【００５２】

ソフトウエアは、既定の期間にわたってパルスのそれぞれの記録を記憶するように構成された、例えばシフトレジスタ（４７０）のようなメモリデバイスから、読み出しまたは書き込みを行うように適応されていても良い。

【００５３】

このようなコンピュータプログラム製品は、プログラマブルプロセッサによる実行のために、機械可読コードを搬送するキャリア媒体中に、有体に具現化され得る。このように、本発明は、コンピュータプログラム製品を搬送するキャリア媒体に関し、このコンピュータプログラム製品は、計算手段上で実行された場合に上述した全ての方法を実行するための命令を提供するものである。“キャリア媒体”と言う用語は、プロセッサに実行のための命令を提供することを共有する、全ての媒体に言及する。このような媒体は、多くの形状を取ることができる。この形状は、不揮発性媒体および伝送媒体を含むがこれらに限定されることはない。不揮発性媒体は、大容量記憶装置の一部である記憶装置のような、例えば、光または磁気ディスクを含む。コンピュータ可読媒体の共通形状は、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ、フレキシブルディスクまたはフロッピイディスク、テープ、メモリチップまたはカートリッジ、または、コンピュータが読み出すことのできるその他全ての媒体を含む。コンピュータ可読媒体の種々の形状は、実行のためにプロセッサへ１個またはそれ以上の命令の１個またはそれ以上のシーケンスを搬送することが含まれる。コンピュータプログラム製品は、例えば、ＬＡＮ、ＷＡＮまたはインターネットのようなネットワークにおける搬送波を介して伝送することができる。伝送媒体は、電波および赤外での通信の間に生成されるもののような、音響波または光波の形状を取ることができる。伝送媒体は、コンピュータ内のバスを構成する配線を含む、同軸ケーブル、銅線、光ファイバを含む。

【図１】

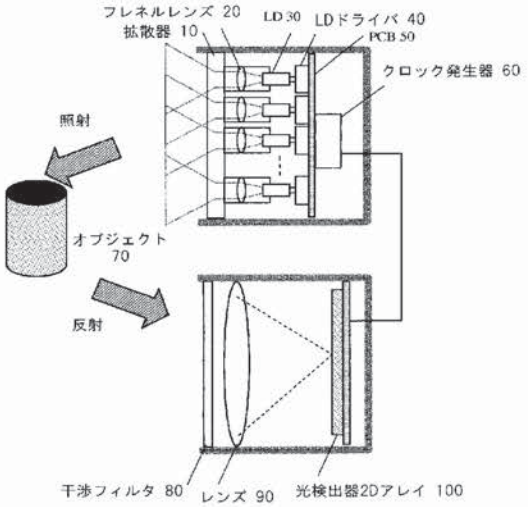


FIG 1

【図２】

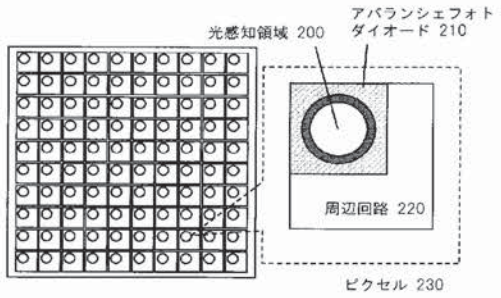


FIG 2

【図３】

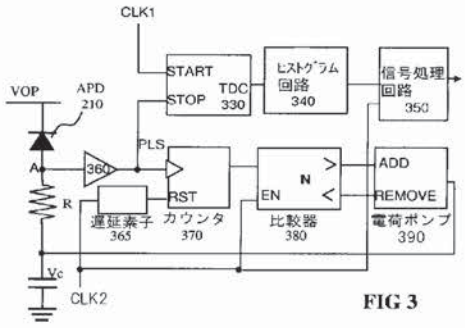


FIG 3

【図４】

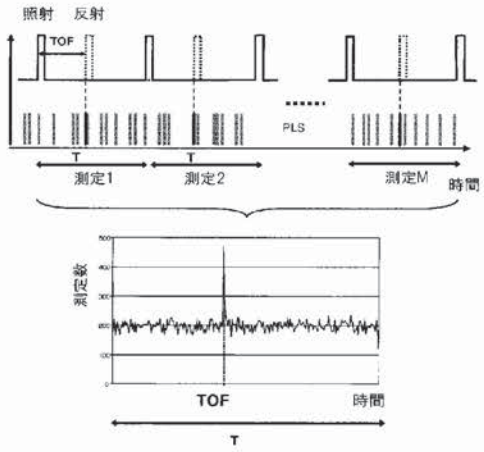
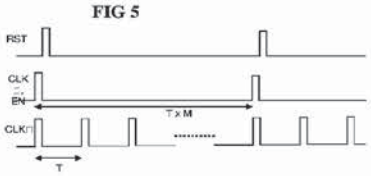


FIG 4

【図５】

FIG 5



【図６】

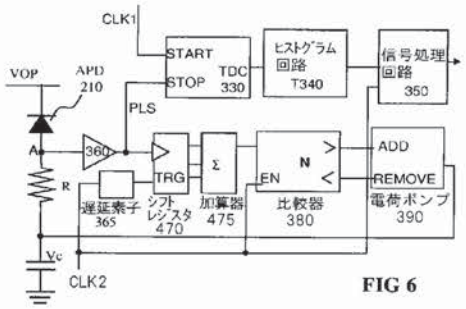


FIG 6

【図７】

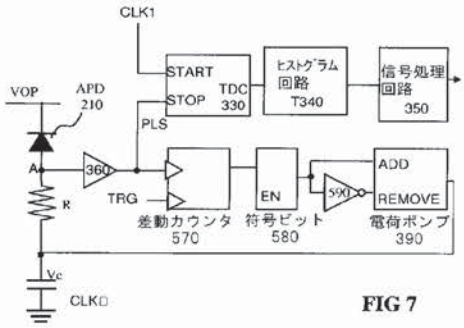


FIG 7

【図８】

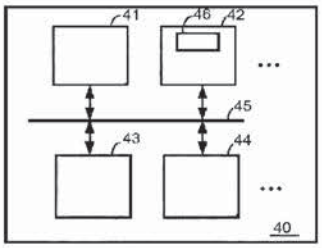


FIG. 8

【手続補正書】
【提出日】平成23年12月26日(2011.12.26)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
飛行時間測定に基づく光学式距離計であって、オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射する照射装置（３０）と、前記オブジェクトからの光を受信するように構成された光受信器（２１０）とを有し、前記受信器は検出フォトンに対してパルスを発生するためにフォトンカウントモードで動作し、且つ、前記受信器上でフォトン検出の可変確率を要求するものであり、前記光学式距離計はさらに、前記受信器のフォトン検出確率を光レベルに基づいて制御するためのコントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）を有し、前記コントローラは前記パルスを一定期間にわたって受信し且つフォトンのカウントを閾値と比較するデバイス（３７０，３８０）を有し、前記コントローラは、前記比較の結果を前記フォトン検出確率を増加または減少させるために使用するように構成されている、光学式距離計。
【請求項２】
請求項１に記載の光学式距離計において、前記コントローラは、前記光レベルを表すために、前記受信器の出力からの入力を有する、光学式距離計。
【請求項３】
請求項２に記載の光学式距離計において、前記デバイス（３７０、３８０）は、全てのノイズレベルと同様に、光のレベルを示す信号を受信するように適応され、前記受信器の信号に基づいて、前記光受信器のフォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項４】
請求項１乃至３の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記受信器は、前記フォトン検出確率を変更するための手段を有する光学式受信部品を備え、前記コントローラは前記フォトン検出確率を変更することによって前記フォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項５】
請求項１～４の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記光学式受信部品はアバランシェフォトダイオード（２１０）を備え、前記コントローラは前記アバランシェフォトダイオードの逆バイアス電圧を変更することによって前記フォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項６】
請求項１乃至５の何れか１項に記載の光学式距離計において、予め定義された期間にわたってそれぞれのパルスの記録を記憶するように構成されたメモリと、前記メモリに記録されたパルスを合計するように構成された加算器（４７５）と、カウンタの出力を閾値と比較するように構成された比較器（３８０）とを有する、光学式距離計。
【請求項７】
請求項６に記載の光学式距離計において、前記メモリは、予め定義された期間にわたって、それぞれのパルスの最新の記録を常に記録するように構成されたシフトレジスタ（４７０）である、光学式距離計。
【請求項８】
請求項１乃至７の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記受信器からのパルスが入力された場合カウント数を増分し、予め既定された期間間隔でカウント数を減分するように構成された差動カウンタ（５７０）を有する、光学式距離計。

【請求項９】
請求項１乃至８の何れか１項に記載の光学式距離計において、ヒストグラムに従ってノイズから求める信号を区別し、且つ前記求める信号の飛行時間を決定するためのヒストグラム回路（３４０）を有する、光学式距離計。
【請求項１０】
オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信するように適応された受信器を使用する方法において、前記方法は、受信光の、検出され受信されたフォトンに対してパルスを生成するために、前記受信器をフォトンカウントモードで動作させ、前記受信器においてフォトン検出の可変確率が存在し、光レベルに基づいて、前記受信器のフォトン検出確率を制御し、前記パルスを一定期間にわたってカウントし且つ前記カウントを閾値と比較し、さらに、前記比較の出力に応答して前記フォトン検出確率を増加させ或いは減少させる、各ステップを備える、受信器を使用する方法。
【請求項１１】
請求項１０に記載の方法において、受信した光の飛行時間を決定するステップを有する、受信器を使用する方法。
【請求項１２】
請求項１０または１１に記載の方法において、予め定義された期間にわたってそれぞれのパルスの最新の記録を記憶するステップをさらに備える、受信器を使用する方法。
【請求項１３】
オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信するように適合された受信器の操作方法において使用するために適したコントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）において、前記コントローラは、前記受信器をフォトンカウントモードで制御し、受信光の検出された受信フォトンに対してパルスを生成するように適合されており、前記受信器上にはフォトン検出の可変確率が存在し、前記コントローラは光レベルを表す信号を受信するための入力を有し、光レベルに基づいて、前記受信器のフォトン検出確率を制御するように構成され、前記コントローラは前記パルスを一定期間にわたって受信し、且つフォトンのカウントを閾値と比較するデバイス（３７０，３８０）を有し、前記コントローラは、前記比較の結果を前記フォトン検出確率を増加または減少させるために使用するように構成されている、受信器の操作方法。
【請求項１４】
処理エンジン上で実行された場合、請求項１３に記載のコントローラまたは請求項１乃至９の何れか１項に記載の距離計を実行する、コンピュータプログラム製品。
【請求項１５】
請求項１４に記載のコンピュータプログラム製品を記憶する、機械可読信号記憶媒体。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/058652

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S17/89 G01S7/481 G01S7/487 G01S7/489 G01S7/497
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008/246944 A1 (REDMAN BRIAN [US] ET AL) 9 October 2008 (2008-10-09) * abstract paragraphs [0007], [00 9]	1-16
Y	JP 1 257289 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 13 October 1989 (1989-10-13) cited in the application * abstract	1-16
A	JP 2004 309234 A (HIOKI ELECTRIC WORKS) 4 November 2004 (2004-11-04) * abstract	1-16

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 October 2010	12/11/2010

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax (+31-70) 340-3016	Van den Bosch, I

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/058652

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 061 336 A2 (TOPCON CORP [JP]) 20 December 2000 (2000-12-20) * abstract paragraphs [0001], [00 2], [0 13] - [0015], [0 29], [0 42] figures 1, 3 claims 1, 2	1-16
A	DANIEL G. FOUCHE: "Detection and false-alarm probabilities for laser radars that use Geiger-mode detectors" APPLIED OPTICS, vol. 42, no. 27, 20 September 2003 (2003-09-20), pages 5388-5398, XP002606040 * abstract page 5388, column 2 - page 5391, column 2	1-16
A	DATABASE INSPEC [Online] THE INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB; January 2000 (2000-01), MAZMANISHVILI A S: "Photocount distribution from the coherent signal recorded by a detector with variable efficiency against the background of noise" XP002606017 Database accession no. 6776164 * abstract & RADIOPHYSICS AND QUANTUM ELECTRONICS CONSULTANTS BUREAU USA, vol. 43, no. 1, 1 January 2000 (2000-01-01), pages 65-75, ISSN: 0033-8443	1-16

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2010/058652

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2008246944	A1	09-10-2008	NONE		
JP 1257289	A	13-10-1989	JP	1951312 C	10-07-1995
			JP	6072925 B	14-09-1994
JP 2004309234	A	04-11-2004	JP	4245956 B2	02-04-2009
EP 1061336	A2	20-12-2000	JP	2000356677 A	26-12-2000
			US	6483121 B1	19-11-2002

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 クリステアーノ ニクラス
愛知県日進市岩崎台１－２２０８－２
(72)発明者 エドアルド シャルボン
オランダ国, エヌエルー２５８７ ベーエム デン ハーグ, フェオールンセストラート ２４
(72)発明者 曽我 峰樹
愛知県日進市岩崎台４－７０６－２
(72)発明者 柳原 弘道
東京都武蔵野市吉祥寺北町４丁目－１３－１８コート吉祥寺４０３

Ｆターム(参考) 5J084 AA05 AD01 BA04 BA07 BA36 BA40 BB02 BB06 CA31 CA32
CA52 CA70 DA01 DA08 EA06 EA12

Espacenet

JP2004247461A MONITOR DEVICE AND METHOD

Applicants: AISIN SEIKI,TOYOTA CENTRAL RES & DEV

Inventors: ITO HIROSHI,KATO SATORU,SUGANUMA HIROYUKI

Classifications:
IPC ***G01S17/02; G01S17/88; H01L31/12;*** (IPC1-7): G01S17/02; G01S17/88; H01L31/12;

Priorities: JP2003034954A 2003-02-13

Application: JP2004247461A 2003-02-13

Publication: JP2004247461A 2004-09-02

Published as: JP2004247461A;**JP4427954B2**

MONITOR DEVICE AND METHOD

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a monitor device which can variously monitor a monitoring area. SOLUTION: The device is provided with a VCSEL array 12 where a plurality of laser diodes 13 are two-dimensionally arranged, a projection lens 14 facing the front face of the array 12 and a photo detection part 16 receiving reflected light obtained by reflecting the light emitted from the projection lens 14 on an object to be monitored 42. Since the two-dimensionally arranged diodes 13 can two-dimensionally scan the object to be monitored 42, much more information on the object 42 can be acquired, and the object 42 can accurately be monitored. A thinning processing for making a plurality of the laser diodes 13 emit light at a prescribed rate is performed before the object 42 is detected. A system is shifted to a minute monitoring processing for making a plurality of the laser diodes 13 emit light at a rate larger than the prescribed rate after the object 42 is detected. Since information on the object 42 can minutely be acquired by the minute monitoring processing, the object 42 can accurately be monitored. COPYRIGHT: (C)2004,JPO&NCIPI

(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2012-530917
(P2012-530917A)
(43)公表日　平成24年12月6日(2012.12.6)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01S 17/10	(2006.01)	G01S	17/10	5J084
G01S 7/487	(2006.01)	G01S	7/487	
G01S 17/89	(2006.01)	G01S	17/89	

審査請求 未請求　予備審査請求 有　（全 21 頁）

(21)出願番号　特願2012-516669 (P2012-516669)
(86)(22)出願日　平成22年6月18日 (2010.6.18)
(85)翻訳文提出日　平成23年12月22日 (2011.12.22)
(86)国際出願番号　PCT/EP2010/058652
(87)国際公開番号　WO2010/149593
(87)国際公開日　平成22年12月29日 (2010.12.29)
(31)優先権主張番号　0910717.8
(32)優先日　平成21年6月22日 (2009.6.22)
(33)優先権主張国　英国 (GB)
(31)優先権主張番号　0910744.2
(32)優先日　平成21年6月22日 (2009.6.22)
(33)優先権主張国　英国 (GB)

(71)出願人　511312997
トヨタ　モーター　ヨーロッパ　ナームロゼ　フェンノートシャップ／ソシエテ　アノニム
ベルギー国，ベー－１１４０　ブリュッセル，アブニュ　デュ　ブルジェ　６０
(74)代理人　100099759
弁理士　青木　篤
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田　準一
(74)代理人　100122965
弁理士　水谷　好男
(74)代理人　100141162
弁理士　森　啓

最終頁に続く

(54)【発明の名称】パルス光による光学式距離計

(57)【要約】
飛行時間測定に基づいた光学式距離計は、オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射し、オブジェクトからの反射光を受信し、受信器はフォトンカウントモードで動作して検出されたフォトンに対してパルスを生成する。受信器上でフォトン検出の可変確率が存在し、且つ、コントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）は光レベルに基づいて、受信器のフォトン検出確率を制御する。光レベルに基づいて検出確率を制御することによって、光学部品を使用する経費を伴うことなく、受信器は増加したダイナミックレンジを有する。これは、検出確率が制御される間、受信器がフォトンカウントモードにあるので、非常に弱い信号を検出する間であっても適用することができる。光レベルは受信器自身の出力によって、或いは受信器の外部の別の検出器によって、表すことができる。
【選択図】図３

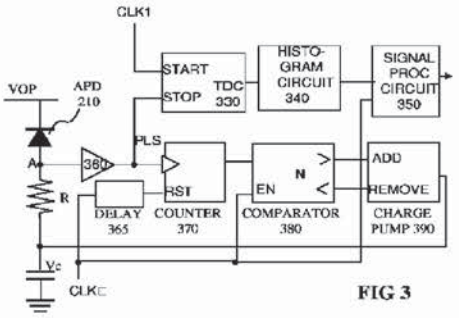


FIG 3

【特許請求の範囲】
【請求項１】
飛行時間測定に基づく光学式距離計であって、オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射する照射装置（３０）と前記オブジェクトからの光を受信するように構成された受信器（２１０）とを有し、前記受信器は検出フォトンに対してパルスを発生するためにフォトンカウントモードで動作し、且つ、前記受信器上でフォトン検出の可変確率を要求するものであり、前記光学式距離計はさらに、前記受信器のフォトン検出確率を光レベルに基づいて制御するためのコントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）を備える、光学式距離計。
【請求項２】
請求項１に記載の光学式距離計において、前記コントローラは、オプションとしての全ての種類のノイズレベルと同様に、前記光レベルを表すために、前記受信器の出力からの入力を有する、光学式距離計。
【請求項３】
請求項１または２に記載の光学式距離計において、前記コントローラは、一定の期間にわたって前記パルスをカウントし、且つ、そのカウントを閾値と比較するための装置（３７０、３８０）を有し、前記コントローラは前記フォトン検出確率を増加させまたは減少させるために前記比較における出力を使用するように構成されている、光学式距離計。
【請求項４】
請求項１乃至３の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記受信器は、前記フォトン検出確率を変更するための手段を有する光学式受信部品を備え、前記コントローラは前記フォトン検出確率を変更することによって前記フォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項５】
請求項４に記載の光学式距離計において、前記光学式受信部品はアバランシェフォトダイオード（２１０）を備え、前記コントローラは前記アバランシェフォトダイオードの逆バイアス電圧を変更することによって前記フォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項６】
請求項１乃至５の何れか１項に記載の光学式距離計において、予め定義された期間にわたってそれぞれのパルスの記録を記憶するように構成されたメモリと、前記メモリに記録されたパルスを合計するように構成された加算器（４７５）と、カウンタの出力を閾値と比較するように構成された比較器（３８０）とを有する、光学式距離計。
【請求項７】
請求項６に記載の光学式距離計において、前記メモリは、予め定義された期間にわたって、それぞれのパルスの最新の記録を常に記録するように構成されたシフトレジスタ（４７０）である、光学式距離計。
【請求項８】
請求項１乃至７の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記受信器からのパルスが入力された場合カウント数を増分し、予め既定された期間間隔でカウント数を減分するように構成された差動カウンタ（５７０）を有する、光学式距離計。
【請求項９】
請求項１乃至８の何れか１項に記載の光学式距離計において、ヒストグラムに従ってノイズから求める信号を区別し、且つ前記求める信号の飛行時間を決定するためのヒストグラム回路（３４０）を有する、光学式距離計。
【請求項１０】
オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信するように適応された受信器を使用する方法において、前記方法は、受信光の、検出され受信されたフォトンに対してパルスを生成するために、前記受信器をフォトンカウントモードで動作させ、前記受信器においてフォトン検出の可変確率が

存在し、さらに、光レベルに基づいて、前記受信器のフォトン検出確率を制御する、各ステップを有する、受信器を使用する方法。

【請求項１１】

請求項１０に記載の方法において、受信した光の飛行時間を決定するステップを有する、受信器を使用する方法。

【請求項１２】

請求項１０または１１に記載の方法において、さらに、ある期間にわたってパルスをカウントし、このカウントを閾値と比較し、さらに、前記比較出力に応答して前記フォトン検出確率を増加させまたは減少させる、各ステップをさらに備える、受信器を使用する方法。

【請求項１３】

請求項１０乃至１２の何れか１項に記載の方法において、予め定義された期間にわたってそれぞれのパルスの最新の記録を記憶するステップをさらに備える、受信器を使用する方法。

【請求項１４】

オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信するように適合された受信器の操作方法において使用するために適したコントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）において、前記コントローラは、前記受信器をフォトンカウントモードで制御し、受信光の検出された受信フォトンに対してパルスを生成するように適合されており、前記受信器上にはフォトン検出の可変確率が存在し、前記コントローラは光レベルを表す信号を受信するための入力を有し、光レベルに基づいて、前記受信器のフォトン検出確率を制御するように構成されている、受信器の操作方法。

【請求項１５】

処理エンジン上で実行された場合、請求項１４に記載のコントローラまたは請求項１乃至９の何れか１項に記載の距離計を実行する、コンピュータプログラム製品。

【請求項１６】

請求項１５に記載のコンピュータプログラム製品を記憶する、機械可読信号記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明はカメラに関し、特に、光学式距離計、この距離計の操作方法、さらにこの方法で使用される受信器および対応するコントローラに関する。特に、本発明は、自動車用の応用において有利な使用方法を見出すことができる。

【背景技術】

【０００２】

照射光と反射時間との間の経過時間を測定することによって距離を検出するための装置の形状で、ＴＯＦ（飛行時間）に基づいた光学式距離計を提供することは既知である。反射光（信号）およびバックグランド光（ノイズ）の両方が検出されるけれども、信号処理によってノイズ光を取り除くことによって、信号成分を抽出することができる。屋外又はその他の明るい環境下での操作のために、日中と夜間とのかなりの明度差に基づいて、大きなダイナミックレンジが必要とされる。広いダイナミックレンジを達成するために、ＴＯＦベースの光学式距離計に対し、２つのダイナミックレンジ拡大方法が知られている。１つは光学に基づいており、他方は自動感度適応を使用する。

【０００３】

光学に基づく方法の一例は、光検出器の前の光減衰器によって入射光を調整することを含む（特許文献１）。他の例は、複数の光検出器を用いて分離した光を検出することを含む（特許文献２）。さらに、異なるパワーを有する複数のレーザ源による照射も、知られている（特許文献３）。

【０００４】

特許文献１の方法では、光検出器のモノリシック（一体）アレイの場合、各光検出器への入射光を別々に制御することはできない。そのため、モノリシックアレイ全体のダイナミックレンジを拡張することは不可能である。特許文献２の方法は、モノリシックアレイの場合であってもダイナミックレンジを拡張することができるが、光を分離するための複雑でしかも高価な光学系が必要である。特許文献３の方法は、レーザ源のパワーを変えることによって信号成分のダイナミックレンジを拡張することができるが、太陽光のダイナミックレンジはレーザパワーに依存しないので、拡張することはできない。自動感度適応に基づく方法の事例は、逆バイアス電圧（特許文献２）を変えることによって、フォトンカウントモードとアナログモード間で切り替えることを含み、アバランシェフォトダイオード（特許文献４、特許文献５）の出力に基づいて逆バイアス電圧を調整することが公開されている。特許文献２の方法では、逆バイアス電圧を変えることによってモードを簡単に切り替えることができるが、異なるモードに対して異なる２種類の信号処理を必要とするために、システムが複雑化する。特許文献４および特許文献５の方法では、アナログ測定モードのために、単一のフォトンのような非常に弱い信号を検出することができない。光検出器の２Ｄモノリシックアレイの場合、発散ビームがターゲットに伝送されるので、遠いターゲットからの反射は非常に弱い。このような非常に弱い信号は、アナログ測定では検出することができない。単一光子アバランシェダイオードを用いたＣＭＯＳにおける低コスト３Ｄイメージセンサの事例が、非特許文献１に示されている。数多くのＴＯＦ測定が行われ、ハードウエア又はソフトウエアによって処理される。ヒストグラムが形成され、閾値操作によってノイズが除去される。深度値は多くの測定、この与えられた事例では１００００測定、の平均に基づいている。使用した平均の光学パワーは７５０μＷであった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２０００－００２７６５号公報

【特許文献２】特許第２８２００９５号

【特許文献３】特開２０００－２０６２４６号公報

【特許文献４】特開平０１－２５７２８９号公報

【特許文献５】特開２００７－０７８４２４号公報

【非特許文献】

【０００６】

【非特許文献１】“Ｄｅｓｉｇｎ ａｎｄ Ｃｈａｒａｃｔｅｒｉｚａｔｉｏｎ ｏｆ ａ ＣＭＯＳ ３－Ｄ Ｉｍａｇｅ Ｓｅｎｓｏｒ Ｂａｓｅｄ ｏｎ Ｓｉｎｇｌｅ Ｐｈｏｔｏｎ Ａｖａｌａｎｃｈｅ Ｄｉｏｄｅｓ”Ｃ．Ｎｉｃｌａｓｓ Ａ．Ｒｏｃｈａｓ、Ｐ．Ａ．Ｂｅｓｓｅ Ｅ．Ｃｈａｒｂｏｎ ＩＥＥＥ Ｊｏｕｒｎａｌ ｏｆ Ｓｏｌｉｄ－Ｓｔａｔｅ Ｃｉｒｃｕｉｔｓ、ｖｏｌ．４０、ｎ．９、Ｓｅｐ．２００５

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

本発明の目的は、代替的なカメラおよび特に光学式距離計、このような距離計を操作する方法、このような方法で使用される受信器および対応するコントローラ、を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

第１の観点によれば、本発明は、飛行時間測定に基づいた光学式距離計を提供し、この光学式距離計は、オブジェクトに向ってパルス光を放射する照射装置と、オブジェクトからの光を受信するように配置された光受信器を有し、この受信器はフォトンカウントモードで動作して、検出されたフォトンまたはフォトンのグループに対してパルスを発生し、この受信器は可変のフォトン検出確率を有し、さらにこの受信器は、この受信器のフォト

ン検出確率を光のレベルに基づいて制御するためのコントローラを有している。

【０００９】

光レベルに基づいて検出確率を制御することによって、受信器は拡大されたダイナミックレンジを有することができる。これは、非常に弱い信号を検出する場合であっても当てはまる。何故なら、検出確率が制御されている間でも、受信器は依然としてフォトンカウントモードであるから。これは、非常に強い日照時であっても当てはまる。何故なら、受信器のフォトン検出率を下げて飽和を防止することができるので。その上、オブジェクトからの反射強度は、距離とオブジェクトの反射性に依存している。本発明に係る方法および装置は、このようなオブジェクトの特性に依存せずに、動作可能である。本発明の実施例は、ダイナミックレンジを拡大するために光学部品を使用するよりも、簡単でしかも安価である。光のレベルは、受信器の出力を一定の期間にわたってカウントすることによって、或いは受信器の外部の別の検出器によって、或いはその他の何らか方法で、表示され得る。本発明の実施例の利点は、光学式距離計のダイナミックレンジを著しく改善し、その結果、ダイナミックレンジに最早、限界を必要としないことを含む。

【００１０】

本発明の実施例は他の追加的な特徴を有することが可能であり、このような追加的特徴の幾つかが従属の請求項に述べられており、以下にさらに詳細に説明されている。

【００１１】

他の観点によれば、オブジェクトに向ってパルス光を伝送することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信する受信器を使用する、対応する方法を提供し、この方法は、検出されたフォトンまたはフォトングループに対してパルスを生成するために受信器をフォトンカウントモードで動作させること、受信器が可変のフォトン検出確率を有すること、光のレベルに基づいてフォトン検出確率を制御すること、の各ステップを有する。

【００１２】

他の観点によれば、受信器を動作させる上記の方法においての使用に適した、対応するコントローラを提供する。このコントローラによってパルス光がオブジェクトに伝送され、オブジェクトからパルス光が受信され、且つ、このコントローラは検出されたフォトンまたはフォトングループに対してパルスを生成するために受信器をフォトンカウントモードで動作させるように適応されており、受信器は可変のフォトン検出確率を有し、コントローラは、例えば全てのノイズレベルと同様に光レベルを示す信号を受信するための入力を有し、受信器の信号に基づいて受信器のフォトン検出確率を制御するように構成されている。アバランシェフォトダイオードの降伏電圧は温度に敏感であるため、暗計数率と同様にフォトン検出確率は、特に自動車用の応用に対して、変動する。この効果は、受信器の出力に基づいてフォトン検出確率を制御することによって、補償することができる。この出力は、太陽光および暗計数のような、信号（光）レベルと例えば全てのノイズレベルを表示する。従って、本発明の重要な利点の１つは、ＡＰＤ特性の変動を補償することである。これらの特性は、受信器の出力レベルをモニタすることによって、光レベル調整と同時に補償され得る。

【００１３】

全ての追加の特徴を共に組み合わせることができ、さらに全ての観点と組み合わせることができる。特に他の従来技術に対するその他の利点は、当業者にとって明らかである。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】一実施例に係る光学式距離計の照明および受信部分を示す。

【図２】図１の実施例またはその他の実施例のための光検出器の２Ｄアレイを、１個のピクセルの拡大図と共に示す図である。

【図３】一実施例に係る、１個のピクセルのための受信器の構成を示す。

【図４】一実施例に従って飛行時間を決定するための、照射、反射および検出パルスのタイミング図を示す。

【図５】図３の実施例において使用される、リセット信号と２つのクロック信号に対するタイミング図を示す。
【図６】他の実施例に係る、１個のピクセルのための受信器の、シフトレジスタを使用した代替構成を示す。
【図７】他の実施例に係る、１個のピクセルのための受信器の、差動カウンタを使用したさらに他の代替構成を示す。
【図８】本発明の全ての実施例と共に使用可能な処理システムの１構成を示す。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
以下、添付の図面を参照し、本発明の特定の実施例について説明するが、本発明はこれに限定されず、特許請求の範囲のみに限定される。記載した図面は概略図であり、且つ、非限定的である。図面において、幾つかの要素のサイズは、説明目的のために誇張されており、且つ、縮尺どおりに描かれてはいない。本願の明細書および特許請求の範囲において“備える”と言う用語が使用された場合、これは、他の要素またはステップを排除するものではない。特別に言及しない場合、単数の名詞はその名詞が複数の場合を含んでいる。
【００１６】
特許請求の範囲で使用された“備える”と言う用語は、その前に列挙した手段に限定するものとして解釈されるべきではなく、他の要素またはステップを排除しない。従って、“手段ＡおよびＢを備える装置”との表現の範囲は、構成要素ＡおよびＢのみからなる装置に限定されるべきではない。これは、本発明に関して、装置の関連構成要素のみがＡおよびＢであることを意味する。
【００１７】
さらに、明細書および特許請求の範囲における用語、第１、第２、第３等は、類似の要素間を区別するために使用され、必ずしも順序または時系列を示すものではない。このように使用された用語は、適切な状況下で相互に交換可能であり、此処に記載した発明の実施例は、此処に記載しあるいは図示したのとは別の順序で動作可能である。
【００１８】
さらに、明細書および特許請求の範囲における用語、最上部、底部、上、下等は、説明目的のために使用されており、必ずしも相互の位置を説明するものではない。このように使用された用語は、適切な状況下で相互に交換可能であり、此処に説明した発明の実施例は、此処に記載したのとは異なる他の配置で動作可能であることを理解すべきである。
【００１９】
特許請求の範囲に使用された用語“備える”はその前に列挙した手段に限定されると解釈すべきではなく、他の要素またはステップを排除するものでないことに注意すべきである。従って、これは、記載した特徴、整数、ステップまたは構成要素の存在を特定していると解釈すべきで、１つまたはそれ以上の他の特徴、整数、ステップまたは構成要素またはそれらのグループの存在または追加を排除するものではない。従って、“手段ＡおよびＢを備える装置”との表現の範囲は、構成要素ＡおよびＢのみからなる装置に限定されるべきではない。本発明に関して、これは、装置の関連構成要素のみがＡおよびＢであることを意味している。
【００２０】
この明細書を通して、“一実施例”または“実施例”との言及は、実施例に関連して記載された特定の特徴、構成または特性が本発明の少なくとも１個の実施例に含まれることを意味している。従って、この明細書を通して種々の場所での“一実施例において”または“実施例において”との句の出現は、必ずしも全てが同じ実施例を参照するものではないが、同じ実施例を参照しても良い。さらに、当業者にとってこの開示から明らかなように、特定の特徴、構成または特性は１個またはそれ以上の実施例において、全ての適切な方法で組み合わされても良い。
【００２１】

同様に、本発明の典型的な実施例の記載において、本発明の種々の特徴は、開示を合理化し、種々の発明的観点の１個またはそれ以上の理解を助ける目的で、往々にして共にグループかされて、１個の実施例、図またはその説明となることを認識すべきである。この開示の方法は、しかしながら、１個の発明が、特許請求の範囲の発明が各請求項に明示的に述べられているもの以上の特徴を必要とすることを反映している、と解釈すべきではない。むしろ、以下の特許請求の範囲が反映する様に、発明的な観点は、以前に開示された１個の実施例の全ての特徴よりも少ないものに存在する。従って、詳細な説明に続く特許請求の範囲は、詳細な説明に明示的に組み込まれ、各請求項はそれ自身で本発明の独立した実施例と同等である。

【００２２】

さらに、此処に記載された幾つかの実施例は、他の実施例に含まれる他の特徴の全てではなく幾つかを含むが、異なる実施例の特徴の組合せは、本発明の範囲内であるとされるべきであり、当業者によって理解されるように異なる実施例を形成する。例えば、以下の請求の範囲において、請求項に記載された実施例の全ては、全ての組合せにおいて使用可能である。

【００２３】

此処に提供する説明において、多くの具体的な詳細が述べられている。しかしながら、本発明の実施例はこれらの具体的な詳細なしで実施することができる。他の例では、この記載の理解を捕らえにくくしないために、周知の方法、構造、および技術は詳細に示していない。

【００２４】

以下に、本発明の複数の実施例の詳細な説明によって、本発明を説明する。本発明の他の実施例が本発明の技術開示を離れることなく、当業者の知識によって構成できることは明らかである。この発明は、添付の請求の範囲の文言のみによって限定される。

【００２５】

少なくとも幾つかの実施例では、飛行時間測定に基づいた光学式距離計を含んでおり、この光学式距離計は、オブジェクトに向って繰り返してパルス光を放射する照射装置と、フォトンカウントモードで動作する光受信装置を備えている。受信装置は、検出された各フォトンまたはフォトングループに対してパルスを発生する。さらに、上記受信装置のフォトン検出確率を、この受信装置の出力に基づいて、または、他の幾つかの光レベルの指示に基づいて制御するためのコントローラを含んでいる。本発明の実施例に係る光学式距離計は、受信器の出力に基づいてフォトン検出確率を制御するので、追加の光学部品を伴うことなくそのダイナミックレンジを拡大することができる。さらに、この装置は、フォトンカウントモードで動作するので、遠いターゲットからの非常に弱い信号を検出することができる。追加の光学部品を伴うことなく、広いダイナミックレンジを有する光学式距離計を達成することができる。コンパクトな電子回路によって、比較的低いレーザパワーで長距離の測定が可能である。

【００２６】

［追加的特徴］

追加的特徴は以下の通りである。

記載した光学式距離計はさらに、パルス数を一定の閾値と比較する装置を含むことができる。この結果が正の出力となる場合（即ち、パルス数が閾値よりも高い場合）、検出器のフォトン検出確率を低下させる。出力が負の場合（即ち、パルス数が閾値以下の場合）、検出器のフォトン検出確率を増加させる。

【００２７】

パルス数を既定の閾値と比較することによって、フォトン計数率を一定に保つことができる。従って、簡単な構造によってダイナミックレンジを拡大することができる。

【００２８】

光学式距離計は、フォトンカウントモードで光を受信するための光受信部品を有し、さらに、フォトン検出確率を調整するための手段を有している。例えば、光学式距離計はア

バランシェフォトダイオードを有することができ、さらに、コントローラはアバランシェフォトダイオードの逆バイアス電圧を変化させることによって、フォトン検出確率を制御することができる。アバランシェフォトダイオードを受信装置として利用し、逆バイアス電圧を変えることによってフォトン検出確率を制御するので、比較的単純な構造でフォトン検出確率を調整することが可能となる。

【００２９】

本光学式距離計は、受信装置からのパルスの存在を各ビットにおいて既定の期間記憶するために、例えばシフトレジスタのような、メモリ装置またはバッファ装置を持つことができる。さらに、本距離計は、例えば、シフトレジスタにおけるビット数をカウントすることによってパルスの存在を表す、パルス数をカウントするためのカウンタを有しており、さらに、カウンタの出力を閾値と比較するための比較器を有している。

【００３０】

本光学式距離計において、それぞれが単位時間当たり１個のパルスの存在またはその反対を表すＮビットが、メモリまたはバッファ装置内、例えば、Ｎビットシフトレジスタ内に記憶され、それらは単位時間毎に更新される。フォトン検出確率を制御するために必要な情報は単位時間毎に獲得されるので、本発明の実施例に係る距離計はフォトン検出確率をさらに速やかに制御することができる。

【００３１】

本光学式距離計は、受信装置からパルスが入力された場合カウント数を増加させ、既定期間間隔でカウント数を減少させる、差動カウンタを有することができる。現在のカウント数はメモリ装置、例えばレジスタ内に記憶されても良い。この方法により、受信装置の出力レベルと既定レベルとの差が、差動カウンタのカウント値として記憶される。メモリ装置はシフトレジスタである必要はないので、フォトン検出確率をより速やかに且つ比較的小さい回路で制御することができる。

【００３２】

［図１：一実施例に係る光学式距離計の照明および受信部分］

走査タイプと非走査タイプの２種類のレーザ距離計がある。何れのタイプも本発明の実施例において使用することができる。走査タイプは、平行レーザ光をターゲットに対して走査しながら繰り返して伝送し、１個の光検出器によって反射を検出する。平行光であるために、ターゲット表面でのパワー密度は強化され、その結果として、光ＳＮＲは高くなる。高い空間分解能を有するレンジマップを獲得するために、小さなピッチでの時間のかかる走査が必要となる。リアルタイムでの測定が必要な、典型的な自動車応用の場合、ビームは水平方向に小さなピッチで走査され、測定時間を短縮するために数個の垂直走査層のみがある。一方、非走査タイプは、通常一度でターゲットオブジェクト全体をカバーする発散光を伝送し、光検出器の２Ｄ焦点面によってその反射を検出する。１回の照射によって複数点の測定が可能であるため、空間分解能が高く且つ高速測定であるという利点を有することができる。反対に、発散光であるためターゲット表面でのパワー密度が低く、例えば太陽光のようなバックグランド光を抑えることがさらに重要となる。バックグランド光を抑えるために、送信光（信号）およびバックグランド光（ノイズ）の両者を、検出器を飽和させることなく検出する必要がある。従って、日中と夜とでまたは日向と日陰で（例えば、開放道路とトンネル間で）明度差が極めて大きい、特に屋外環境では、大きな明度ダイナミックレンジが好ましい。

【００３３】

非走査タイプ距離計は照射部分と検出部分を備えている。図１は、本発明の一実施例であり得る距離計の構成を示している。図の上半分に照明部分を示し、下半分に受信部分を示している。照明部分において、クロック発生器６０が光のパルスを駆動するために設けられている。これは、印刷回路基板ＰＣＢ５０上にマウントされている。別の方法として、幾つかの電子部品を単一のチップ上に集積化することもできる。複数のレーザダイオードＬＤ３０が、光のパルスを作るために、関連するＬＤ駆動部分４０と共に配置されている。ＬＤからの光は、ターゲットオブジェクト７０に伝送される前に、例えば、フレネル

レンズ２０のようなレンズと拡散器１０を通過する。反射は受信部分によって獲得され、２Ｄアレイ光検出器１００に達する前に、干渉フィルタ８０およびレンズ９０を通過する。このアレイは図２にその詳細が示されている。他の受信器の実施例では２Ｄアレイを有する必要はなく、例えば単一の検出器または検出器ラインを有していても良い。

【００３４】

［図２：１個のピクセルの拡大図と光検出器の２Ｄアレイ］

図２に示すように、本発明の一実施例は光検出器のアレイを使用する。検出器の１個が拡大されている。２Ｄ光検出器アレイの各ピクセルはＡＰＤ（アバランシェフォトダイオード）２１０と周辺回路２２０を有している。ＡＰＤは光感知領域２００を有しており、図示の事例ではこの領域は円形であるが、他の形状も選定可能である。

【００３５】

［図３：ピクセルの１個に対する受信器の構成］

図３は、それぞれのピクセル素子の構成を示す。ＡＰＤ２１０は電源ＶＯＰに接続されて示されている。他端はノードＡ、抵抗Ｒ及びコンデンサＣを介して接地されている。ノードＡからの出力はバッファ３６０を介して周辺回路２２０に供給される。周辺回路は、直列に接続された、ＴＤＣ（時間デジタル変換器）３３０、ヒストグラム回路３４０および信号処理回路３５０を備えている。バッファからの出力はさらに、直列に接続された、カウンタ３７０、比較器３８０および電荷ポンプ３９０に供給される。クロック発生器（図示せず）が周期ＴのＣＬＫ１と周期ＭＴのＣＬＫ２を提供する。ＣＬＫ１はＬＤアレイのパルスタイミングを定義し、ＣＬＫ２は、Ｍパルスの照射後、信号処理によって距離の計算を開始するタイミングを定義する。ＣＬＫ１はＬＤアレイと２Ｄ光検出器アレイに供給され、且つ、ＣＬＫ２は２Ｄ光検出器アレイにのみ提供される。ＬＤアレイに提供されたＣＬＫ１はそれぞれのＬＤ駆動回路に分配され、その後、それぞれのＬＤは発光する。レーザを、ＴＯＦの精度を上げる短いパルスを形成する、ＬＥＤのような別の光源に置き換えることができる。速い応答と狭いスペクトルバンドの故に、ＬＥＤよりもむしろレーザ光が好ましい。しかしながら、ＬＥＤを適用することもできる。本発明は主にレーザを参照して説明されるが、本発明はこれに限定されるものではない。

【００３６】

レーザ発光は例えばフレネルレンズのようなレーザによって、平行化／視準化され、その後拡散器によって拡散され、ターゲットに向って伝送される。拡散器は、入射光のビーム発散角を定義する、それ自身の特性を有している。それぞれのＬＤからの発光は統合され、円錐ビームを形成することができる。ターゲットはこの円錐ビームによって照射され、その反射が光検出器の２Ｄアレイによって一度に検出される。このようにして、高い空間分解能を有するレンジマップを獲得することができる。拡散器を使用する別の利点は、“見かけ上の光源”のサイズを拡大することである。“見かけ上の光源”とは、レーザ安全性のＩＥＣ標準によって定義された用語であり、最小限の網膜像を形成する、リアルまたはバーチャルなオブジェクトとして定義される。一定のレーザ出力パワーを仮定すると、大きな見かけ上の光源が眼の安全性のためには好ましい。拡散器を利用して見かけ上の光源を拡大することによって、眼の安全性を確保することができる。

【００３７】

ターゲット上で反射された光は干渉フィルタとレンズを通過し、光検出器のアレイ上に像を形成する。アレイ上に集中された入射光は、ＡＰＤによって検出される。入射光の特定の波長或いは波長範囲のみが干渉フィルタを通過することができる。レーザ波長とフィルタの透過バンドを調整することによって、バックグランド光の殆どをブロックすることができる。典型的なレーザバンド幅は数ｎｍであるが、波長の中心は温度変動によってシフトすることがある。広い温度条件での動作を保証するために、フィルタの通過または透明バンドは１０ｎｍ以上、典型的には数十ｎｍに広げることが好ましい。従って、バックグランド光を完全にブロックすることはできず、幾つかの実施例ではバックグランド光を信号処理によって抑制することが必要である。

【００３８】

ＡＤＰはフォトダイオードの一種であり、高電界を支持する。アバランシェ動作には２つのモードがある。一方はリニアモードであり、逆バイアス電圧が降伏電圧よりも少し小さく、他のモードはガイガーモードであり、逆バイアス電圧が降伏電圧よりも高い。ＡＰＤにフォトンが入射すると、一対のホールおよび電子が生成され、高電界によって加速される。加速されたホールと電子の衝突によって、別の電子ホール対が次から次に雪崩のように生成される。リニアモード動作では、生成速度は蒸発速度よりも小さく、そのため、雪崩は自身で停止し得る。出力電流は入射光に比例するので、入射光のパワーを測定することができる。デジタル形式で動作する前述のガイガーモードとは対照的に、リニアモード動作はアナログであり、従ってアナログ測定と呼ばれる。ガイガーモード動作において、単一のフォトンはアバランシェ現象をトリガすることができ、これは逆バイアス電圧を降伏電圧以下に低下させることによって、停止することができる。このアバランシェ停止動作は、クエンチングと呼ばれる。最も簡単なクエンチング回路は、ＡＰＤに直列な抵抗Ｒによって実現できる。アバランシェ電流は抵抗の電圧を増加させると同様に、ＡＰＤのバイアス電圧を降下させる。その結果、アバランシェ電流がバイアス電圧の降下によって停止され得る。このクエンチング回路によって、入射フォトンが検出され、電圧パルスとしてカウントされる。ガイガーモードはフォトンカウントモードと呼ばれる。本発明はＡＰＤに限定されない。例えば、その代わりにＰＭＴ（光電子増倍管）がある。さらに、本発明は個々のフォトンを検出することに限定されない。１００％のフォトン検出確率は理論的に不可能であるため、実際はフォトングループがアバランシェをトリガする。例えば、２０％のフォトン検出確率の場合、５個のフォトングループが平均で１個のアバランシェをトリガすることが可能である。

【００３９】

リニアモードの感度はＱＥ（量子効率）と暗電流によって表すことができる。ＱＥは入射フォトン１個に対するホール電子対の発生パーセントとして定義される。暗電流は、入射フォトンがない場合でも流れる電流であり、熱ノイズの最小レベルである。ＮＥＰ（ノイズ等価電力）はＱＥから計算することができる。例えば、暗電流が１００ｎＡの場合、ＱＥは５０％であり、単一の電子の電荷は１．６×１０$^{-19}$Ｑ、ＮＥＰは５０［ｎＡ］／１．６×１０$^{-19}$／０．５＝１．２５×１０^{12}［フォトン／秒］である。一方、フォトンカウンタの感度は、フォトン検出確率および暗計数率によって表すことができる。ガイガーモードＡＰＤがクエンチされない場合、アバランシェ電流は流れ続け、その結果、ＱＥは無限大となる。ガイガーモードＡＰＤがクエンチされた場合、アバランシェパルスの生成は入射フォトンに関する確率現象であり、この確率はフォトン検出確率と呼ばれる。リニアモードにおける暗電流と同様に、ガイガーモードにおいてアバランシェパルスは熱的にトリガされ、アバランシェパルスの周波数は暗計数率として表すことができる。この実施例において、ＡＰＤはガイガーモードで動作する。最近、ＣＭＯＳ処理技術によって作られたガイガーモードのＡＰＤが開発され、２Ｄアレイの低コスト実現が可能となった（非特許文献１）。ＴＤＣ、ヒストグラム回路、信号処理回路、カウンタ、比較器および電荷ポンプのような、それぞれのピクセルにおける電子部品は、同じＣＭＯＳプロセスを用いて単一のチップで実現することができる。

【００４０】

ＣＬＫ１およびＣＬＫ２はＴＤＣおよびカウンタに分散される。フォトンのＡＰＤへの到着後のそれぞれのピクセルの動作を、図３を用いて説明する。フォトンの到着によってアバランシェ電流がトリガされると、ノードＡの電位は高くなる。この電位上昇によって、バッファを介してパルスが生成され、ＴＤＣおよびカウンタに出力される。ＴＤＣはＣＬＫ１からＰＬＳへの経過期間を測定し、それをデジタル値として出力する。ＰＬＳが観測されない場合、デフォルトの最大値が出力される。ヒストグラム回路は、アドレスがＴＤＣ出力に対応するメモリを増加させ、それによって出力値を捨てる。ＴＤＣ出力がデフォルトの最大値である場合、メモリは増分されない。ＣＬＫ１のＭサイクルを繰り返した後、ＣＬＫ２のタイミングで、ヒストグラムメモリが信号処理回路に投入され、ＴＯＦが、最大値が記憶されたメモリのアドレスに基づいて計算される。それぞれのピクセルから

のＴＯＦは、図示しない読み出し回路を介してアレイから、此処で詳細に説明する必要のない確立した手順に従って、順次読み出すことができる。

【００４１】

［図４：照射、反射および検出パルスのタイミングチャート］

上記で述べたように、バックグランド光を干渉フィルタによって完全にブロックすることは、往々にしてできないので、検出されたフォトンは送信光（信号）およびバックグランド光（ノイズ）の両方を含んでいる。オプションとして、図４を用いてバックグランド光の抑制について説明する。測定の間、距離計およびターゲットに移動がないことを仮定すると、レーザ光が繰り返し伝送され検出される場合、検出タイミングは一定である。従って、ＴＯＦは、多くの繰り返し測定から静的に特定することができる。多く（Ｍ）の測定からヒストグラムを作成すると、そのヒストグラムはＴＯＦの時点においてピークを有する、即ち、隣接するビンの１個またはそれ以上が他よりもより充満している。バックグランド光のフォトンの到着時間はＣＬＫ１（レーザ伝送）に関係していないので、その測定はヒストグラムにおいて均等に分布している。信号処理回路によって、ヒストグラム中のピーク位置を抽出することによって、真のＴＯＦを特定することができ、且つ、バックグランド光の効果を抑制することができる。このようなヒストグラムの１例が図４に示されており、光学ＳＮＲが０．０１である場合の実際の測定結果を備えている。非常に低いＳＮＲの場合であっても、ヒストグラムピークを確実に抽出できることを、理解すべきである。ＴＯＦはそれぞれのピクセルにおいて独立に測定され、その結果、複数のＴＯＦから２Ｄ深度マップを得ることができる。

【００４２】

この実施例において、ピーク抽出の最も簡単な方法が説明されているが、本発明によってピーク抽出の他の方法もまた可能である。例えば、ビンを平滑化した後に最大値を検索することもできる。この平滑化は、ビンの幅が小さい場合、ビンの変動に対してその確実性を強化する。おおよそのピーク位置を特定した後、重心を抽出することも、同様に効果的である。

【００４３】

上記のヒストグラム処理によってピーク位置を正確に特定するために、充分な数の測定値が必要となる。平均のフォトン検出数は統計的に変動し、その分散はフォトンショットノイズと呼ばれる。このショットノイズはポアソン分布に従い、その分散は検出数の２乗根に等しい。ピーク抽出の精度は、特に検出数が小さい場合に、ショットノイズによって低下する。最大値ビンの位置が検索された場合、変動は、Ｓｑｒｔ（Ｎｓ）によって表すことが可能で、此処で、Ｎｓは最大値ビンの値を意味する。Ｎｓが１００であると仮定すると、変動は１０であり、従ってＳＮは１０となる。Ｎｓが１００００であると仮定すると、変動は１００となり、従ってＳＮは１００となる。ピーク抽出の確実性は測定の数に依存することがわかる。さらに、遠いターゲットの検出は、到着するフォトンの数が少ないために、不利である。

【００４４】

以下に、高すぎるフォトン係数率（即ち、フォトン計数短サイクル）の問題について考察する。ガイガーモードにおけるＡＰＤは、フォトンを検出することができない不感時間を有している。上記で述べたように、単一のフォトン検出（または、フォトングループの検出）のために、逆バイアス電圧を降伏電圧以上に増加させる必要がある。アバランシェを停止させるためにクエンチング回路によってバイアス電圧を低下させた後、そのバイアスを再び増加させるためには、ある時間を要する。この要求される時間が、不感時間と呼ばれる。ガイガーモードにおいて、平均のフォトン計数サイクルをこの不感時間よりも短くすることはできない。フォトン検出サイクルが不感時間に近い場合、検出されたフォトンの数は最早、到着フォトン数に比例しない。その上、ヒストグラム形状のゆがみに基づいて、ピーク位置は真の位置よりも短い方向にシフトし得る。この効果は、フォトン検出サイクルが不感時間の１０倍よりも小さくなった場合に、重要となる。典型的な不感時間が５０ｎｓであると仮定すると、フォトン検出サイクルが５００ｎｓよりも小さくなると

、ゆがみの効果は重要となる。この問題は、ターゲットまでの距離が短い場合または太陽光が明るい場合、フォトン検出率の増加によって発生する。

【００４５】

従って、フォトン検出サイクルが長すぎる場合も短すぎる場合も、フォトンショットノイズおよびヒストグラム歪にそれぞれ基づいて、不利である。ＴＯＦの正しい検出のためには、入射光強度の範囲を限定する必要があることが分かる。上限および下限の比が、光検出器のダイナミックレンジを表し、これは、特に、屋外条件下の操作に対して重要なパラメータである。

【００４６】

［図５：パルスカウントのためのリセット信号およびクロック信号のタイミングチャート］

本発明の実施例において、光学受信器は、フォトンカウントモードが可能であり、フォトン検出確率を調整するための手段を有していると指摘されている。ガイガーモードＡＰＤは、逆バイアス電圧を降伏電圧以上に変化させることによって制御が可能である。ダイナミックレンジは、入射光および、同様に例えばノイズレベルが変化しても、フォトン検出率を一定に保持することによって、拡大される。フォトン検出率に基づいて逆バイアス電圧を調整する方法を、図３および図５の信号タイミング図を用いて説明する。カウンタ３７０は、ＡＰＤからのパルスを、遅延素子３６５による遅延後のＣＬＫ２に基づいてリセット信号ＲＳＴが入力されるまで、カウントし続ける。カウントされた数値は、ＭＴ時間内のフォトン検出数である。ＥＮが入力された場合、比較器はカウントされた数値を既定の閾値Ｎと比較し、カウントされた数値が大きい場合Ａｄｄ信号を出力し、大きくない場合Ｒｅｍｏｖｅ信号を出力する。“Ａｄｄ信号”が電荷ポンプに入力されると、Ｖｃが増加する。反対に、“Ｒｅｍｏｖｅ信号”が電荷ポンプに入力されると、Ｖｃが減少する。その結果、ＰＬＳ出力率を一定にする目的で、ＡＰＤの逆バイアス電圧が調整される。

【００４７】

コンデンサはＶｃの変動を安定化する機能を有する。検出フォトン（またはフォトングループ）の数が時間ＭＴ内にＮより大きい場合、逆バイアス電圧は減少し、その結果、フォトン検出確率は低下し、また、その逆もまた同じとなる。従って、逆バイアスは常に調整されて検出されたフォトンの数をＮの近くに維持する。原理上、カウンタまたは比較器への入力は、周囲光レベルを表示する全ての光検出器から取ることができる。入力光が変化した場合であっても、フォトン検出数を一定に維持することができるので、ヒストグラムのピークを正確に抽出することができ、その結果、ダイナミックレンジを拡大することができる。

【００４８】

［図６：第２の実施例、受信装置のシフトレジスタを用いた代替的構成］

図６に第２の実施例を示す。図３のカウンタは、Ｍビットシフトレジスタ４７０と加算器４７５によって置き換えられる。ＣＬＫ１は、遅延素子３６５によって１パルスだけ遅延され、シフトレジスタに入力される。シフトレジスタは期間Ｔで更新される。ＡＰＤからパルスが入力されると、上位１ビットが１となり、さらに、シフトレジスタが更新されると、下位１ビットが放棄される。Ｍビットシフトレジスタは常に、最新のＭ期間の情報を記憶して、パルスの存在を表す。パルス照射ごとに、加算器は、１にセットされたビットの数をカウントし、それを比較器に出力する。比較器の動作は図３のものと同じであるが、しかし、ＥＮの期間はＭＴの代わりにＴである。その結果、Ｖｃの更新期間はＭ倍だけ短くなり、入射光および同様にノイズレベルの突然の変化に従って、さらに速やかに調整することができる。

【００４９】

［図７：第３の実施例、差動カウンタを用いた代替的構成］

図７に第３の実施例を示し、この実施例において図３のカウンタと比較器は差動カウンタ５７０に置き換えられている。差動カウンタは、ＡＰＤからＰＬＳが入力されると増分され、ＴＲＧが入力されると減分される。ＥＮが入力されると、カウントされた数値の符

号が出力される。フォトン検出サイクルがＴＲＧサイクルよりも長い場合、蓄積されたカウントは正であり、Ｖｃは電荷ポンプによって低下させられる。逆バイアス電圧が増加するので、光検出確率は強化される。フォトン検出サイクルがＴＲＧサイクルよりも短い場合、動作は逆となる。その結果、逆バイアス電圧は、フォトン検出サイクルとＴＲＧを均一化する目的で制御が可能となる。フォトン検出のタイミングサイクルはＴＲＧサイクルを変更することによって容易に設定することができる。Ｖｃのサイクルを更新することは、ＥＮのサイクルを変えることによって行うことができ、その結果、Ｖｃの速やかな制御が可能となる。その上、図６のＭビットシフトレジスタ４７０が不要であるため、回路が簡略化される。簡略化された回路はＬＳＩにおいてコンパクトな実装を可能とする。光検出器のモノリシックアレイとしての実装の場合、それぞれのピクセルの領域をコンパクトにすることは、フィルファクタおよびピクセル数の両者に対して、非常に重要である。

【００５０】

［実施］

ハードウエア回路の形で説明されているけれども、幾つかの部分は、例えば、汎用マイクロプロセッサまたは特定用途向け集積回路のような従来型の処理ハードウエアによって実行される、全てのコンピュータ言語でのソフトウエアによって実現可能である。例えば、本発明の実施例に係るコントローラは、ハードウエア、コンピュータソフトウエアまたは両方の組合せとして実現することができる。コントローラは、汎用プロセッサ、組み込みプロセッサ、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）またはその他のプログラマブル論理デバイス、ディスクリートゲートまたはトランジスタロジック、ディスクリートハードウエア部品、または此処に記載した機能を実施するように設計された全ての組合せ、を含むことができる。プロセッサを、計算装置の組合せ、例えば、ＦＰＧＡとマイクロプロセッサの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、ＦＰＧＡと連結する１個またはそれ以上のマイクロプロセッサ、またはその他のこのような構成として、実現しても良い。

【００５１】

上記で示したように、本発明はさらに、本発明において使用されるプロセッサシステムを提供する。この処理システムは、計算装置または処理エンジン、例えばマイクロプロセッサ、を含むことができる。本発明の実施例または特許請求の範囲に従って上記で説明した全ての方法は、図８に示すような処理システム４０において実現することができる。図８は、処理システム４０の一構成を示し、このシステムは、少なくとも１つの形状のメモリ、例えば、ＲＡＭ、ＲＯＭ等を含むメモリサブシステム４２に接続された、カスタマイズ可能な即ちプログラマブルプロセッサ４１を含んでいる。プロセッサ４１または複数のプロセッサは、汎用プロセッサまたは特殊用途向けプロセッサであって良く、さらに、例えば、他の機能を実行する他の部品を有するチップのような装置中に含まれていても良い。このようにして、本発明の実施例に係る方法の１個またはそれ以上の観点を、デジタル電子回路において、またはコンピュータハードウエア、ファームウエア、ソフトウエア、またはこれらの組合せにおいて実現することが可能である。処理システムは、少なくとも１個のディスクドライブ、および／またはＣＤ－ＲＯＭドライブおよび／またはＤＶＤドライブを有する、記憶サブシステム４３を含んでいても良い。幾つかの実装において、ディスプレイシステムとキーボードシステムを、例えばパラメータ値のような情報をユーザがマニュアルで入力するために、ユーザインターフェースサブシステム４４の一部として含むようにしても良い。データを入力し且つ出力するポートも含んでいても良い。ネットワーク接続、種々のデバイスへのインターフェース等のような更なる素子を含んでいても良いが、しかし、これらは図８には示されていない。処理システム４０の種々の素子は、図８に示すバスサブシステム４５を介したものを含む、種々の方法で結合されても良い。図８のバスサブシステム４５は、単純化のために単一バスとして示すが、当業者は少なくとも１つのバスのシステムを含むことを理解することができる。メモリサブシステム４２のメモリは、命令セットの一部または全て（何れの場合も４６で示されている）をある時期に保持することができる。この命令セットは処理システム４０上で実行された場合、此

処に記載した方法の実施例のステップを実現する。

【００５２】

ソフトウエアは、既定の期間にわたってパルスのそれぞれの記録を記憶するように構成された、例えばシフトレジスタ（４７０）のようなメモリデバイスから、読み出しまたは書き込みを行うように適応されていても良い。

【００５３】

このようなコンピュータプログラム製品は、プログラマブルプロセッサによる実行のために、機械可読コードを搬送するキャリア媒体中に、有体に具現化され得る。このように、本発明は、コンピュータプログラム製品を搬送するキャリア媒体に関し、このコンピュータプログラム製品は、計算手段上で実行された場合に上述した全ての方法を実行するための命令を提供するものである。“キャリア媒体”と言う用語は、プロセッサに実行のための命令を提供することを共有する、全ての媒体に言及する。このような媒体は、多くの形状を取ることができる。この形状は、不揮発性媒体および伝送媒体を含むがこれらに限定されることはない。不揮発性媒体は、大容量記憶装置の一部である記憶装置のような、例えば、光または磁気ディスクを含む。コンピュータ可読媒体の共通形状は、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ、フレキシブルディスクまたはフロッピイディスク、テープ、メモリチップまたはカートリッジ、または、コンピュータが読み出すことのできるその他全ての媒体を含む。コンピュータ可読媒体の種々の形状は、実行のためにプロセッサへ１個またはそれ以上の命令の１個またはそれ以上のシーケンスを搬送することが含まれる。コンピュータプログラム製品は、例えば、ＬＡＮ、ＷＡＮまたはインターネットのようなネットワークにおける搬送波を介して伝送することができる。伝送媒体は、電波および赤外での通信の間に生成されるもののような、音響波または光波の形状を取ることができる。伝送媒体は、コンピュータ内のバスを構成する配線を含む、同軸ケーブル、銅線、光ファイバを含む。

【図１】

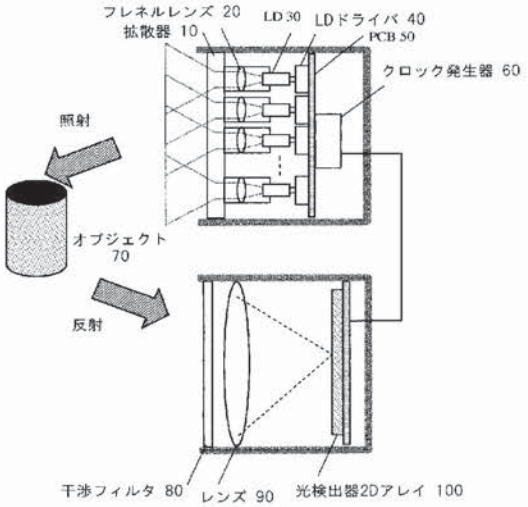


FIG 1

【図２】

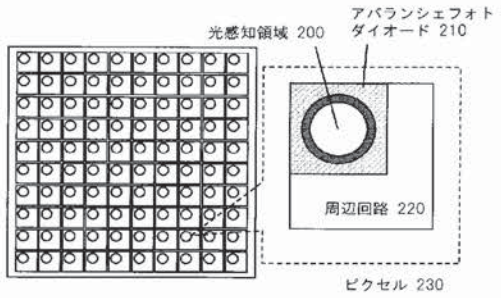


FIG 2

【図３】

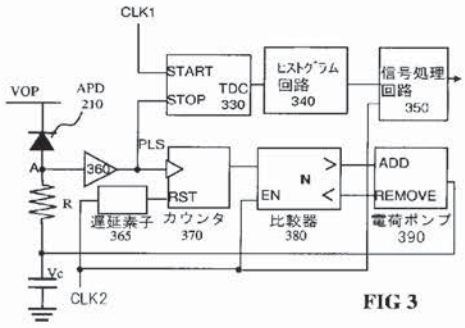


FIG 3

【図４】

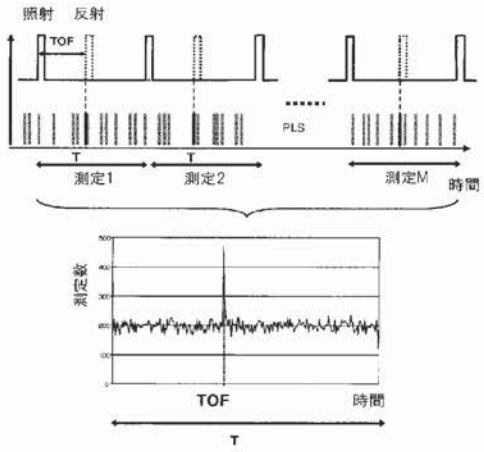
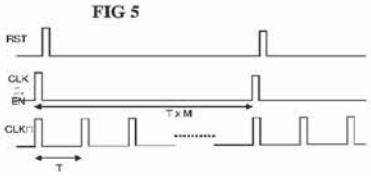


FIG 4

【図５】

FIG 5



【図６】

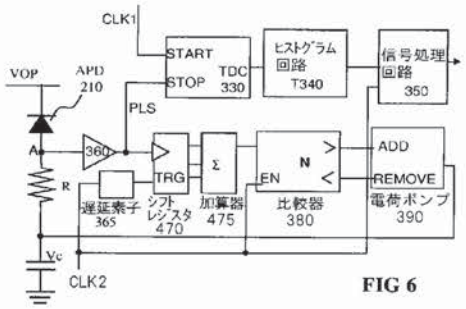


FIG 6

【図７】

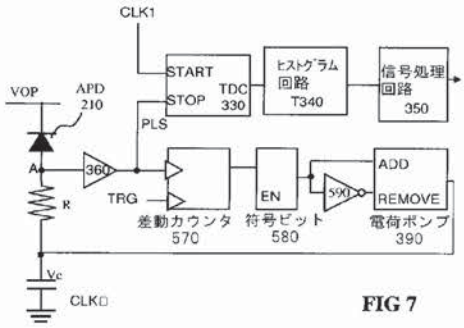


FIG 7

【図８】

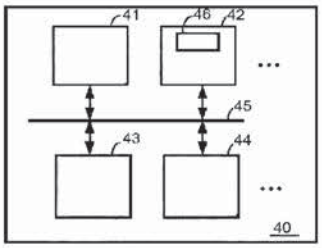


FIG. 8

【手続補正書】
【提出日】平成23年12月26日(2011.12.26)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
飛行時間測定に基づく光学式距離計であって、オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射する照射装置（３０）と、前記オブジェクトからの光を受信するように構成された光受信器（２１０）とを有し、前記受信器は検出フォトンに対してパルスを発生するためにフォトンカウントモードで動作し、且つ、前記受信器上でフォトン検出の可変確率を要求するものであり、前記光学式距離計はさらに、前記受信器のフォトン検出確率を光レベルに基づいて制御するためのコントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）を有し、前記コントローラは前記パルスを一定期間にわたって受信し且つフォトンのカウントを閾値と比較するデバイス（３７０，３８０）を有し、前記コントローラは、前記比較の結果を前記フォトン検出確率を増加または減少させるために使用するように構成されている、光学式距離計。
【請求項２】
請求項１に記載の光学式距離計において、前記コントローラは、前記光レベルを表すために、前記受信器の出力からの入力を有する、光学式距離計。
【請求項３】
請求項２に記載の光学式距離計において、前記デバイス（３７０、３８０）は、全てのノイズレベルと同様に、光のレベルを示す信号を受信するように適応され、前記受信器の信号に基づいて、前記光受信器のフォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項４】
請求項１乃至３の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記受信器は、前記フォトン検出確率を変更するための手段を有する光学式受信部品を備え、前記コントローラは前記フォトン検出確率を変更することによって前記フォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項５】
請求項１～４の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記光学式受信部品はアバランシェフォトダイオード（２１０）を備え、前記コントローラは前記アバランシェフォトダイオードの逆バイアス電圧を変更することによって前記フォトン検出確率を制御するように構成されている、光学式距離計。
【請求項６】
請求項１乃至５の何れか１項に記載の光学式距離計において、予め定義された期間にわたってそれぞれのパルスの記録を記憶するように構成されたメモリと、前記メモリに記録されたパルスを合計するように構成された加算器（４７５）と、カウンタの出力を閾値と比較するように構成された比較器（３８０）とを有する、光学式距離計。
【請求項７】
請求項６に記載の光学式距離計において、前記メモリは、予め定義された期間にわたって、それぞれのパルスの最新の記録を常に記録するように構成されたシフトレジスタ（４７０）である、光学式距離計。
【請求項８】
請求項１乃至７の何れか１項に記載の光学式距離計において、前記受信器からのパルスが入力された場合カウント数を増分し、予め既定された期間間隔でカウント数を減分するように構成された差動カウンタ（５７０）を有する、光学式距離計。

【請求項９】
請求項１乃至８の何れか１項に記載の光学式距離計において、ヒストグラムに従ってノイズから求める信号を区別し、且つ前記求める信号の飛行時間を決定するためのヒストグラム回路（３４０）を有する、光学式距離計。
【請求項１０】
オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信するように適応された受信器を使用する方法において、前記方法は、受信光の、検出され受信されたフォトンに対してパルスを生成するために、前記受信器をフォトンカウントモードで動作させ、前記受信器においてフォトン検出の可変確率が存在し、光レベルに基づいて、前記受信器のフォトン検出確率を制御し、前記パルスを一定期間にわたってカウントし且つ前記カウントを閾値と比較し、さらに、前記比較の出力に応答して前記フォトン検出確率を増加させ或いは減少させる、各ステップを備える、受信器を使用する方法。
【請求項１１】
請求項１０に記載の方法において、受信した光の飛行時間を決定するステップを有する、受信器を使用する方法。
【請求項１２】
請求項１０または１１に記載の方法において、予め定義された期間にわたってそれぞれのパルスの最新の記録を記憶するステップをさらに備える、受信器を使用する方法。
【請求項１３】
オブジェクト（７０）に向ってパルス光を照射することによって生成されたオブジェクトからのパルス光を受信するように適合された受信器の操作方法において使用するために適したコントローラ（３７０、３８０、３９０；３６５、４７０、４７５、３８０、３９０；５７０、５８０、５９０、３９０）において、前記コントローラは、前記受信器をフォトンカウントモードで制御し、受信光の検出された受信フォトンに対してパルスを生成するように適合されており、前記受信器上にはフォトン検出の可変確率が存在し、前記コントローラは光レベルを表す信号を受信するための入力を有し、光レベルに基づいて、前記受信器のフォトン検出確率を制御するように構成され、前記コントローラは前記パルスを一定期間にわたって受信し、且つフォトンのカウントを閾値と比較するデバイス（３７０，３８０）を有し、前記コントローラは、前記比較の結果を前記フォトン検出確率を増加または減少させるために使用するように構成されている、受信器の操作方法。
【請求項１４】
処理エンジン上で実行された場合、請求項１３に記載のコントローラまたは請求項１乃至９の何れか１項に記載の距離計を実行する、コンピュータプログラム製品。
【請求項１５】
請求項１４に記載のコンピュータプログラム製品を記憶する、機械可読信号記憶媒体。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/058652

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S17/89 G01S7/481 G01S7/487 G01S7/489 G01S7/497
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008/246944 A1 (REDMAN BRIAN [US] ET AL) 9 October 2008 (2008-10-09) * abstract paragraphs [0007], [00 9]	1-16
Y	JP 1 257289 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 13 October 1989 (1989-10-13) cited in the application * abstract	1-16
A	JP 2004 309234 A (HIOKI ELECTRIC WORKS) 4 November 2004 (2004-11-04) * abstract	1-16

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 October 2010	12/11/2010

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax (+31-70) 340-3016	Van den Bosch, I

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/058652

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 061 336 A2 (TOPCON CORP [JP]) 20 December 2000 (2000-12-20) * abstract paragraphs [0001], [00 2], [0 13] - [0015], [0 29], [0 42] figures 1, 3 claims 1, 2	1-16
A	DANIEL G. FOUCHE: "Detection and false-alarm probabilities for laser radars that use Geiger-mode detectors" APPLIED OPTICS, vol. 42, no. 27, 20 September 2003 (2003-09-20), pages 5388-5398, XP002606040 * abstract page 5388, column 2 - page 5391, column 2	1-16
A	DATABASE INSPEC [Online] THE INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB; January 2000 (2000-01), MAZMANISHVILI A S: "Photocount distribution from the coherent signal recorded by a detector with variable efficiency against the background of noise" XP002606017 Database accession no. 6776164 * abstract & RADIOPHYSICS AND QUANTUM ELECTRONICS CONSULTANTS BUREAU USA, vol. 43, no. 1, 1 January 2000 (2000-01-01), pages 65-75, ISSN: 0033-8443	1-16

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2010/058652

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2008246944	A1	09-10-2008	NONE		
JP 1257289	A	13-10-1989	JP	1951312 C	10-07-1995
			JP	6072925 B	14-09-1994
JP 2004309234	A	04-11-2004	JP	4245956 B2	02-04-2009
EP 1061336	A2	20-12-2000	JP	2000356677 A	26-12-2000
			US	6483121 B1	19-11-2002

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 クリステアーノ ニクラス
愛知県日進市岩崎台１－２２０８－２
(72)発明者 エドアルド シャルボン
オランダ国, エヌエルー２５８７ ベーエム デン ハーグ, フェオールンセストラート ２４
(72)発明者 曽我 峰樹
愛知県日進市岩崎台４－７０６－２
(72)発明者 柳原 弘道
東京都武蔵野市吉祥寺北町４丁目－１３－１８コート吉祥寺４０３

Ｆターム(参考) 5J084 AA05 AD01 BA04 BA07 BA36 BA40 BB02 BB06 CA31 CA32
CA52 CA70 DA01 DA08 EA06 EA12

Patent Translate
Powered by EPO and Google

Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

DESCRIPTION JPH07181023A

[0001]

13 INDUSTRIAL APPLICABILITY The present invention relates to a three-dimensional shape measuring device to which a cofocal optical system is applied, and particularly to a cofocal optical device that performs three-dimensional measurement using a hologram or a diffraction grating type half mirror.

[0002]

20 [Problems to be Solved by Conventional Techniques and Inventions] There is a so-called confocal optical system as a technique for measuring a distance.

22 FIG. 22 shows the principle of the confocal optical system.

[0003]

26 In FIG. 22, the light of the light source 1 is focused by the lens 12 and then incident on the half mirror 31 through the pinhole PH1 arranged at the focal point F1.

28 The light of the light source 1 becomes the light equivalent to the point light source by the pinhole PH1 arranged at the focal point F1. The light reflected by the half mirror 31 is collected by the lens 8 and projected onto the surface of the object 9. In this case, the case where the surface of the object 9 is located at the focal position F2 of the lens 8 is shown, and the object 9 is moved and scanned in the XYZ directions by the three-dimensional moving stage 40. The light scattered on the surface of the object 9 passes through the lens 8 and passes through the half mirror 31, and then is focused on the point F3 conjugate with the focal position of the light source 1. A pinhole PH2 is placed at the position of the focal point F3 so that the passing light is detected by the optical sensor 10.

[0004]

40 According to this configuration, as shown in FIGS. 23 (a) and 23 (b), when the object surface Z0 deviates from the front and rear Z1 and Z2 of the focal position F2, the focal point F3 on the conjugate point side moves and the light is emitted by the action of the pinhole. The output of the sensor 10 is significantly reduced.

44 FIG. 24 shows the relationship between the position of the object surface and the output of the optical sensor 10.

[0005]

49 According to this configuration, the object 9 to be measured is displaced in the Z-axis direction (optical axis direction) for each XY coordinate position by the three-dimensional moving stage 40, and the output of the optical sensor 10 is sampled according to this displacement. The Z position when the sampling output is maximized can be detected as the surface position of the object 9.

54 Therefore, if the XY coordinate positions are sequentially changed to perform the same measurement, the three-dimensional measurement of the object to be measured 9 can be performed.

[0006]

60 However, this conventional device has a drawback that it takes a lot of time to detect the surface shape because only one point of information in space can be obtained at each measurement time point.

[0007]

66 Therefore, in Japanese Patent Application Laid-Open No. 4-265918, the confocal optical system is arranged two-dimensionally so that the positions of each object are detected in parallel, and the configuration is shown in FIG.

[0008]

72 That is, in the device shown in FIG. 25, the light of the light source 1 becomes parallel light through the lenses 12 and 2 and is incident on the pinhole array PHA1.

74 The pinhole array PHA1 has pinholes arranged in a matrix.

75 The light that has passed through the pinhole array PHA1 passes through the half mirror 31, is collected by the lenses 8a and 8b, and is projected onto the object 9 to be measured.

77 The object 9 to be measured is placed on a moving stage 35 that can be displaced in the Z-axis direction. The light reflected by the object 9 to be measured is focused by the lenses 8a and 8b, reflected by the half mirror 31, and imaged at a position conjugate with the pinhole array

PHA1. A pinhole array PHA2 is arranged at this imaging position, and the light passing through the pinhole is detected by each optical sensor 10 of the optical sensor array.

[0009]

85 According to this conventional configuration, the output of each optical sensor 10 of the optical sensor array is sampled separately while the moving stage 35 is displaced in the Z-axis direction, and the Z direction when each optical sensor output is maximized. The position can be detected as the surface position of the object 9.

[0010]

92 According to this conventional technique, it is not necessary to move the moving stage in the XY directions, so that the measurement time can be shortened as compared with the conventional configuration shown in FIG. 22 above.

[0011]

98 By the way, also in the device shown in FIG. 25, it is necessary to move the moving stage 35 at a higher speed in order to further increase the shape measurement time, but since the moving stage 35 must place the measurement target. , There is a limit to its high-speed movement.

101 That is, for example, a very heavy and large measurement target, a measurement target that cannot withstand the inertial force due to high-speed displacement because it has a very delicate structure, and the like are difficult to move by the high-speed moving stage.

[0012]

107 As a method for solving this problem, it is conceivable to fix the measurement target 9 and move and displace the measuring instrument itself in the Z direction.

109 However, in order to displace the measuring instrument at high speed, the measuring instrument itself must be small and lightweight, its structure must be robust, and it must be able to withstand the inertial force due to the high speed displacement.

112 However, in the conventional technique shown in FIG. 25, since measures for high-speed movement are not taken, problems such as the confocal optical system being broken may occur when moving at high speed.

115 Especially in the confocal optical system, it is important to always accurately position the pinhole arrays PHA1 and PHA2 at the position conjugate with respect to the half mirror 31 so that the confocal optical system is always effective. In the past, there was a limit to satisfying both the fact and the demand for smaller size and lighter weight.

[0013]

122 Further, the half mirror 31 of FIG. 25 usually uses a prism type, but since this prism type requires a cubic region, the focal position of the light source (pinhole array PHA1) and the focal point of the light receiving light (pinhole array PHA2). Must be located outside the cube region where the half mirror 31 is located, so that the distance from the lens 8a to each focal point cannot be less than the length of the cube of the half mirror 31.

127 Further, the geometric distance between the focal point of the light source of the confocal unit and the focal point of the light receiving light with respect to the half mirror 31 is different for each confocal unit. Therefore, in the conventional configuration shown in FIG. 25, there is a limit to the size and weight reduction, and it is necessary to accurately align the focus of the light source and the focus of the light receiving.

[0014]

135 The present invention has been made in view of such circumstances, and a confocal optical device capable of reducing the size and weight of the device, performing three-dimensional shape measurement at high speed and with high accuracy, and facilitating the alignment of each part. The purpose is to provide.

[0015]

142 Means and Actions for Solving the Problems In the present invention, a light source, a first opening that allows light emitted from the light source to pass through to be point source light, and light that has passed through the first opening. An objective lens that condenses light on the object to be measured, a second opening located on a surface conjugate to the condensing surface on the object to be measured, and light that detects light that has passed through the second opening. In a cofocal optical device having a detector, the first and second openings are arranged at the same position and shared by the same opening, and the detection surface of the optical detector is shared by the same opening. It is characterized in that it is arranged on almost the same surface as the portion.

[0016]

154 According to the invention, the first and second openings are shared by the same opening, and the detection surface of the photodetector is arranged on the same surface as the same opening. , The second aperture and the photodetector can be easily aligned, and the configuration of these parts can be made thin, compact, and robust.

[0017]

161 Further, according to the present invention, a light source, an optical element that receives light from the light source and acts as a half mirror and a diffraction lattice, and an optical element that is arranged in close contact with or close to the optical element, and 0 from the

optical element. A first condensing means for condensing the next light, a pinhole for passing the light condensed by the first condensing means, and a pinhole for condensing the light passing through the pinhole to the object to be measured. A second condensing means for projecting light and condensing the light scattered by the object to be measured to the pinhole is provided, and the optical element is provided via the pinhole and the first condensing means. The primary diffracted light of the re-incident light is incident on the first condensing means, and further includes a light detector that receives the primary diffracted light condensed by the first condensing means. I am trying to do it.

[0018]

175 That is, according to the configuration of the present invention, since the focal point of the light source and the focal point of the light receiving light of the confocal optical system are at the same position, it is sufficient to arrange a common pinhole for both focal points at this position, so that a stable confocal focus can be obtained. The effect can be obtained, the alignment of each focus becomes unnecessary, and the device can be made smaller and lighter.

181 In addition, since optical elements such as a flat hologram and a flat diffraction grating half mirror are used to obtain the effects of the half mirror and the diffraction grating, the confocal optical system should be arranged in an extremely thin region. Can be done.

[0019]

187 Further, in the present invention, a parallel slit light generating means for generating parallel slit light that is sequentially moved and scanned and a plurality of openings for passing light are arranged two-dimensionally, and the parallel slit light from the parallel light generating means is incident. An optical element that acts as a half mirror and a diffractive element by incident light that has passed through the aperture array and the aperture array, and is arranged close to the optical element to collect 0th-order light from the optical element. A lens array in which a plurality of lenses to be formed are two-dimensionally arranged, a pinhole array in which a plurality of pinholes for passing light collected by each lens of the lens array are two-dimensionally arranged, and each of the pinholes. The optical element is provided with a condensing means for condensing the light passing through the object and projecting it onto the object to be measured, and condensing the light scattered by the object to be measured on each pinhole. The optical detector that receives the primary diffracted light of the light re-incident through the lens array is incident on the lens array, and further receives the primary diffracted light collected by each lens of the lens array. A plurality of two-dimensionally arranged light detector arrays and at least a part of the parallel slit light generating means, aperture array, optical element, lens array, pinhole array, condensing means, and light detector array are arranged in the optical axis direction. A three-dimensional distance measuring means that measures the three-dimensional distance of the object to be measured based on the moving control means to be moved and the output of

each optical detector corresponding to the moving scanning of the parallel slit light and the movement control of the moving control means. I am trying to prepare for.

[0020]

211 According to the invention, parallel slit light is incident on a confocal optical system in which an aperture, a lens, a pinhole, and a photodetector are arranged two-dimensionally, and each photodetector receives reflected light from an object to be measured. To do.

214 Then, the three-dimensional distance measurement of the object to be measured is performed based on the output of each photodetector corresponding to the moving scan of the parallel slit light and the moving scanning by the movement control means.

[0021]

220 Further, in the present invention, a surface light generating means for generating a surface light, an aperture array in which a plurality of openings for passing light are two-dimensionally arranged and the surface light from the surface light generating means is incident, and the opening array. An optical element that acts as a half mirror and a diffractive element and a plurality of lenses that are arranged close to the optical element and collect the 0th-order light from the optical element are two-dimensional. The lens array arranged in the above, the pinhole array in which a plurality of pinholes for passing the light collected by each lens of the lens array are arranged in two dimensions, and the light passing through each pinhole are collected. It is provided with a condensing means for projecting light onto the object to be measured and condensing the light scattered by the object to be measured to each pinhole, and the optical element is regenerated via the pinhole and the lens array. Light in which the primary diffracted light of the incident light is incident on the lens array, and a plurality of light detectors that receive the primary diffracted light collected by each lens of the lens array are arranged in two dimensions. The detector array, the movement control means for moving at least a part of the surface light generating means, the aperture array, the optical element, the lens array, the pinhole array, the condensing means, and the light detector array in the optical axis direction, and the movement. It is provided with a three-dimensional distance measuring means for measuring the three-dimensional distance of the object to be measured based on the output of each of the light detectors corresponding to the movement control of the control means.

[0022]

243 According to the invention, a surface ray is incident on a confocal optical system in which an aperture, a lens, a pinhole, and a photodetector are arranged two-dimensionally, and each photodetector receives reflected light from an object to be measured. ..

246 Then, the three-dimensional distance measurement of the object to be measured is performed based on the output of each photodetector corresponding to the movement scanning by the

movement control means.

[0023]

252 Hereinafter, the present invention will be described in detail with reference to Examples shown in the accompanying drawings.

[0024]

257 FIG. 2 shows the basic configuration of the present invention.

[0025]

261 In FIG. 2, the laser light (or monochromatic light equivalent to the laser light) output from the light source 1 becomes parallel light 3 by the lens 2 and is incident on the reflective hologram 4.

264 The reflective hologram 4 acts as a half mirror and a diffraction grating, and is exposed by parallel light forming an angle Φ with the optical axis direction as shown in FIG. 3A.

266 When this hologram 4 is developed so as to have a diffraction efficiency of 40%, for example, when the parallel light shown by the solid line in FIG. 3B is incident, the 0th-order light (-dotted chain line) and the 1st-order light (broken line) are generated. It is obtained with an intensity of 60% and 40% of the incident light, respectively.

270 Further, if parallel light in the direction opposite to that in FIG. 3 (b) is incident on this hologram, as shown in FIG. 3 (c), the 0th-order light and the primary light are 60% and 40% of the incident light, respectively. Obtained with strength.

[0026]

276 In FIG. 2, slit parallel light is incident on the hologram 4 in the same direction as in FIG. 3 (b), and the 0th-order light is focused on the focal position 6 by the lens 5 close to the reflective hologram 4.

279 A pinhole 7 is arranged at the focal position 6, and light passes through the hole of the pinhole 7.

281 The light that has passed through the pinhole 7 is again focused by the lens 8 and irradiated onto the object to be measured 9.

283 The light reflected by the object 9 to be measured is collected again by the lens 8 and passes through the pinhole 7 again.

285 The light that has passed through the pinhole 7 is collected by the lens 5 and incident on the hologram 4 as parallel light in the opposite direction to the parallel light 3 from the light source.

288 As shown in FIG. 3C, the first-order diffracted light of the parallel light incident on the hologram 4 is reflected at an angle Φ and condensed through the lens 5.

290 A photodetector 10 is arranged at this condensing position, and detects the amount of light incident by the photodetector 10.

[0027]

295 That is, according to this configuration, the focal position on the light source side and the focal position on the light receiving side of the confocal optical system are the same position 6, and the pinhole 7 can be shared.

298 Therefore, a stable confocal effect can be obtained, and the conventional alignment between the focus of the light source and the focus of the received light source becomes unnecessary.

300 Further, by making the reflective hologram 4 function as a half mirror, it is possible to realize miniaturization (flattening) and weight reduction that could not be achieved by the conventional configuration.

[0028]

306 FIG. 1 shows a first embodiment of the present invention, in which the present apparatus includes a fixed portion 20 and a movable portion 30 that moves along the optical axis direction (Z direction).

[0029]

312 The laser light generated from the laser light source 1 is converted into slit parallel light by the lenses 11 and 12, and is deflected by the polyhedral rotating mirror 13.

314 The deflected slit parallel light is incident on the telecentricly arranged cylindrical lens 2, is deflected in the optical axis direction, and is sequentially scanned in the direction of arrow A shown by rotation by the polyhedron rotating mirror 13.

317 The polyhedral rotation mirror 13 is rotationally scanned by the movement control unit 50. In this way, the parallel slit light La scanned in the A direction is sequentially incident from the fixed portion 20 to the movable portion 30.

[0030]

323 A galvano mirror may be used instead of the polyhedral rotating mirror 13, and an f— θ lens may be used instead of the cylindrical lens 2 to perform constant velocity scanning.

[0031]

328 At the light inlet of the movable portion 30, an aperture array 14 in which an aperture 14a for effectively injecting light into each lens 5a of the lens array 5 is formed at a position corresponding to each lens is arranged, and a half is arranged below the aperture 14a. A reflective hologram 4 that functions as a mirror and a diffraction lattice is arranged.

332 The reflective hologram 4 functions in the same manner as that shown in FIGS. 2 and 3 above.

334 The vertical positional relationship between the reflective hologram 4 and the aperture array 14 may be reversed.

[0032]

339 Under the reflective hologram 4, a lens array 5 is arranged close to or in close contact with the reflective hologram 4, and the 0th-order light of the light incident on the hologram 4 is focused on the focal position of each lens 5a.

342 Each pinhole 7a of the pinhole array 7 is arranged at the focal position of each lens 5a, and each of the focused light passes through the pinhole 7a. The width of the parallel slit light is smaller than the pitch of each lens 5a of the lens array 5.

[0033]

348 The lenses 8a and 8b are a so-called telecentric system, and all images of the pinhole array 7 are imaged in parallel in the optical axis direction.

350 Therefore, even when the movable portion 30 is moved in the optical axis (Z-axis) direction, the XY positions of the light spots formed on the measurement object 9 do not change.

[0034]

355 The light scattered by the measuring object 9 is collected by the lenses 8b and 8a, passes through the pinhole array 7 having a cofocal effect, is incident on the lens array 5, and is transmitted from the lens 2 by the individual lenses 5a of the lens array 5. It is incident on the reflective hologram 4 in the same direction as shown in FIG. 3 (c) as parallel light in the direction opposite to the emitted slit parallel light.

360 The primary diffracted light of the reflective hologram 4 is again incident on the individual lenses 5a of the lens array 5 and condensed at an angle Φ, respectively. The photodetector array 10 is arranged so that the individual photodetectors 10a are arranged at each of these light collection positions.

[0035]

367 In such a configuration, the measuring object 9 is fixedly arranged on an appropriate table 33.

369 On the other hand, the movable unit 30 is moved along the optical axis (Z axis) direction by the movement control unit 50 in synchronization with the rotational scanning by the polyhedral rotation mirror 13. In the three-dimensional measuring unit 60, the outputs of the individual detectors 10a of the photodetector array 10 are sequentially sampled as the movable unit 30 moves, and the Z position when each output is maximized is the position of

the object surface. Detect as.

[0036]

378 Further, in such a configuration, the aperture array 14, the reflective hologram 4, the lens array 5, the photodetector array 10 and the pinhole array 7 are integrally formed in a plane by using a semiconductor process as shown in FIGS. 4 and 5. Is formed.

[0037]

384 That is, in FIGS. 4 and 5, the aperture array 14 is formed of a light-shielding plate, and the aperture 14a is formed at a position corresponding to each lens 5a of the plate.

386 For the light-shielding film of the aperture array 14, for example, a three-layer film of Cr2O3 / Cr / Cr2O3 is formed by sputtering.

388 The light reflected by Cr in the intermediate layer of the three-layer film is multiple-reflected and attenuated by the Cr2O3 film.

[0038]

393 In this case, the lens array 5 uses a flat plate microlens (PML).

394 The flat plate microlens creates a plurality of lens 5a portions by forming a refractive index distribution by selectively diffusing ions in a flat glass substrate 5. A non-reflective coating is applied to the light incident portion of each lens portion 5a of the lens array 5.

[0039]

400 Therefore, the hologram 4 exposed and developed as shown in FIG. 3A is brought into close contact with the glass substrate 5 of the lens array thus produced, and the aperture array 14 is further formed on the hologram 4.

403 If heat resistance during manufacturing of the hologram 4 becomes a problem, the aperture array 14 may be formed on the glass substrate of the lens array 5, and then the exposure-developed hologram 4 may be brought into close contact with the aperture array 14. ..

[0040]

409 Further, the photodetector array 10 and the pinhole array 7 are formed on the flat glass substrate 15 having the non-reflective coating on the contact surface with the glass substrate 5 at a pitch corresponding to the lens pitch of 5 of the lens array.

[0041]

415 Then, the flat glass substrate 15 on which the photodetector array 10 and the pinhole array 7

are formed and the glass substrate 5 on which the aperture array 14, the hologram 4 and the lens array 5 are formed are aligned and brought into close contact with each other. , Form this part.

[0042]

422 When joining the microlens substrate 5 and the glass sensor substrate 15, it is possible to prevent inconvenient reflection at the interface between these substrates by filling a transparent refracting liquid having a refractive index substantially the same as that of glass between them. it can.

[0043]

429 Similarly, when joining the microlens substrate 5 and the hologram 4, a transparent refracting liquid having substantially the same refractive index as glass is filled between them to prevent inconvenient reflection between these substrates. You can also.

[0044]

435 FIG. 6 shows the manufacturing process of the pinhole array 7 and the photodetector array 10, and the details thereof will be described below in the order of manufacturing.

[0045]

440 (a) Flat glass substrate 15 (b) A transparent conductive film (TCO) 16 is formed on the flat glass substrate 15.

442 TCO uses SnO2 or the like.

443 (c) Except for the photodetection element portion 17 and the pinhole portion 18 is removed from the transparent conductive film 16 by, for example, etching.

445 The reason why the transparent conductive film of the pinhole portion is left in this step is to prevent the glass at the opening of the pinhole from being eroded by the etching in the subsequent step (g).

448 (d) Amorphous silicon 19 is formed on this.

449 (e) The pinhole portion 18 of the amorphous silicon 19 is removed by etching or the like.

450 (f) The nickel film 21 is formed. (g) For example, the nickel film 21 is removed from the nickel film 21 except for the photodetector portion 22 and the pinhole portion 23. In addition, each opening of the pinhole is also formed by etching. (h) A transparent insulating film 24 is formed on this upper layer. (i) Further, a nickel film 25 is formed. (j) The pinhole portion 26 of the nickel film 25 is formed by etching.

[0046]

458 Through these series of treatments, a photodetector element composed of amorphous silicon 19, a transparent anode electrode 17, and a metal cathode electrode 22 is formed, and a light-shielding portion of a pinhole is formed by nickel films 23 and 25.

[0047]

464 FIG. 7 shows another manufacturing method, and the details thereof will be described below in the order of manufacturing.

[0048]

469 (a) Flat glass substrate 15 (b) A transparent conductive film (TCO) 16 is formed on the flat glass substrate 15.

471 (c) Except for the photodetection element portion 17 and the pinhole portion 18 is removed from the transparent conductive film 16 by, for example, etching.

473 The reason why the transparent conductive film of the pinhole portion is left in this step is to prevent the glass at the opening of the pinhole from being eroded by the etching in the subsequent steps (e) and (k).

476 (d) Amorphous silicon 19 is formed on this. (e) The pinhole portion 18 of the amorphous silicon 19 is removed by etching or the like. (f) The nickel film 21 is formed. (g) Except for the photodetector portion 22 is removed from the nickel film 21 by, for example, etching. (h) An insulating film 24 is formed on this upper layer. (i) The pinhole portion 27 is removed from the insulating film 24 and the amorphous silicon 19 by etching or the like. (j) A nickel film 25 is formed. (k) The pinhole 26 portion of the nickel film 25 is removed by etching to form a pinhole.

[0049]

486 Through these series of treatments, a photodetector element composed of amorphous silicon 19, a transparent anode electrode 17, and a metal cathode electrode 22 is formed, and a light-shielding portion of a pinhole is formed by a nickel film 25.

[0050]

492 FIG. 8 shows still another manufacturing method, and the details thereof will be described below according to the manufacturing order.

[0051]

497 (a) Flat glass substrate 15 (b) A transparent conductive film (TCO) 16 is formed on the flat glass substrate 15.

499 (c) Except for the photodetection element portion 17 and the pinhole portion 18 is removed

from the transparent conductive film 16 by, for example, etching.

501 The reason why the transparent conductive film of the pinhole portion is left in this step is to prevent the glass at the opening of the pinhole from being eroded by the etching in the subsequent step (j).

504 (d) Amorphous silicon 19 is formed on this. (e) The nickel film 21 is formed. (f) Except for the photodetector portion 22 is removed from the nickel film 21 by, for example, etching. (g) An insulating film 24 is formed on this upper layer. (h) The pinhole portion 27 is removed from the insulating film 24 by etching or the like.

[0052]

511 (i) A nickel film 25 is formed.

512 (j) The nickel film 25 and the pinhole portion 28 of the amorphous silicon 19 are removed by etching to form a pinhole.

[0053]

517 Through these series of treatments, a photodetector element composed of amorphous silicon 19, a transparent anode electrode 17, and a metal cathode electrode 22 is formed, and a light-shielding portion of a pinhole is formed by a nickel film 25.

520 That is, according to this manufacturing method, the pinhole portions of the nickel film 25 and the amorphous silicon 19 are removed every time by etching in the step (j).

[0054]

525 FIG. 9 shows a photodetector array 10 composed of n × m photodetectors S11 to Snm and a circuit configuration for reading signals of these photodetectors S11 to Snm, and shows an odd-row photodetector. Is connected to the analog multiplexer M1 with a common connection line for each column, and the photodetectors in even rows are connected to the analog multiplexer M2 with a common connection line for each column.

530 The hatched photodetectors E1 to Em are for generating the read timing signals VD1 and VD2 in line units, and the photodetector F is for outputting the start timing signal FD of one read scan. It is a thing.

[0055]

536 The region surrounded by the broken line in FIG. 9 is the irradiation region at a certain point in time of the parallel slit light La in FIG. 1, and the irradiation region is moved and scanned in the direction of arrow A by scanning with the polyhedral rotating mirror.

539 That is, the moving scanning of the parallel slit light is performed alternately in the order of odd-numbered rows → even-numbered rows, and the signal detected by the photodetector of the odd-numbered rows is sequentially read out column by column by the multiplexer M1 to

obtain even-numbered rows of light. The signals detected by the detector are sequentially read out in sequence by the multiplexer M2.

[0056]

547 According to such a configuration, even when the incident parallel slit light is incident across the odd-numbered rows and the even-numbered rows, both signals can be read independently from each row.

550 Therefore, the photodetectors can be arranged close to each other, the area of the light-shielding portion of the aperture array 14 can be reduced, and the configuration of this portion can be further miniaturized.

[0057]

556 In FIG. 9, the hatched photodetectors E1 to Em for generating the timing signal are arranged at the matrix position where the pinhole 7 at the end of the photodetector matrix should be located, and are arranged from the fixed portion 20. The parallel slit light La is directly incident.

560 The signal VD1 is a signal for determining the read timing of odd-numbered lines, and the signal VD2 is a signal for determining the read timing of even-numbered lines. Further, the photodetector F for generating the reading start timing signal FD is arranged at a matrix position where the pinhole 7 should be located at the opposite end to the photodetector E1 in the first row, for example.

[0058]

568 FIG. 10 shows the timing of the output signals V1 and V2 from the timing signals FD, VD1, VD2 and the multiplexers M1 and M2. In this case, each photodetector S11 to Smn functions as a charge storage type. It acts to read the output of the odd-numbered line detector at the falling edge of VD1 and to read the output of the even-numbered line detector at the falling edge of VD2.

573 Therefore, according to this circuit configuration, while the light is incident on the odd-numbered row detector, the output of the even-numbered row detector that has already accumulated charge is read out, and vice versa, and so on.

[0059]

579 Instead of the multiplexers M1 and M2, the charge transfer method applied in the CCD camera sensor may be used.

[0060]

584 Further, in the above circuit, the signal VD1 is delayed and the output of the even-numbered line detector is read out by using this delay signal as a trigger, and the signal VD2 is delayed and the output of the odd-numbered line detector is read out by using this delay signal as a trigger. You may.

588 Further, the rise of the signals VD1 and VD2 may be delayed, and the output of each detector may be read by these delay signals.

[0061]

593 FIG. 11 shows another embodiment of the present invention. In this case, instead of using the scanning slit parallel light as in the previous embodiment of FIG. 1, a non-scanning parallel plane ray Lb is used. Try to use it.

596 Further, the movable portion 30 is composed of only the lens 8a, and the other portions are arranged on the fixed portion 20 side.

598 Other configurations are the same as those in the embodiment of FIG. 1, and components that achieve the same function are designated by the same reference numerals.

[0062]

603 That is, in FIG. 11, the laser light generated from the laser light source 1 is converted into Lb by the cylindrical lenses 12 and 2 into parallel plane rays, and is incident on the aperture array 14.

606 The light that has passed through the aperture of the aperture array 14 is focused on the measuring object 9 via the hologram 4, the lens array 5, the pinhole array 7, and the lenses 8a and 8b, as described above. The light scattered by the measuring object 9 is incident on the hologram 4 via the lenses 8b and 8a, the pinhole array 7, and the lens array 5, is diffracted by the hologram 4, and is incident on each detector of the photodetector array 10. Will be done.

[0063]

615 In this case, since the parallel plane ray Lb is used, the return light of the parallel plane ray Lb is simultaneously incident on all the detectors of the photodetector array 10.

[0064]

620 According to this embodiment, since the movable portion 30 is composed of only the lens 8b, the loading weight can be reduced and the configuration for mobile scanning can be simplified.

[0065]

626 Even when the parallel plane ray Lb is used as shown in FIG. 11, as shown in FIG. 1, the lower portion (aperture array 14, hologram 4, lens array 5, light detection) is provided by the aperture array 14. The instrument array 10, the pinhole array 7, and the lenses 8a and 8b) may be configured as movable parts.

630 Further, in FIG. 11, all the components other than the measurement target object 9 may be configured as the movable portion 30.

[0066]

635 FIG. 12 shows yet another embodiment of the present invention, in which case the entire device is configured as a movable portion 30.

637 Further, as a light source for generating a surface ray, a laser light source array 40 in which a plurality of laser elements are arranged in a matrix is used.

639 This laser light source array is known as a PHOTONICS RESERCH INCORPORATED array type surface emitting semiconductor laser.

641 Further, the lens array 50 is used as a lens for changing the light beam output from the array type surface emitting semiconductor laser 40 into parallel light. Other configurations are the same as those of the embodiment of FIG. 1 or FIG. 11, and the components that achieve the same function are designated by the same reference numerals.

[0067]

648 That is, in FIG. 12, the laser light generated from the laser light source 40 is converted into parallel plane rays by the lens array 50 and incident on the aperture array 14.

650 The light that has passed through the aperture of the aperture array 14 is focused on the measuring object 9 via the hologram 4, the lens array 5, the pinhole array 7, and the lenses 8a and 8b, as described above. The light scattered by the measuring object 9 is incident on the hologram 4 via the lenses 8b and 8a, the pinhole array 7, and the lens array 5, is diffracted by the hologram 4, and is incident on each detector of the photodetector array 10. Will be done.

[0068]

659 In this embodiment, the array type surface emitting semiconductor laser 40 may be sequentially emitted in row units to function as slit light as in the previous embodiment of FIG.

[0069]

665 FIG. 13 shows still another embodiment of the present invention. In this embodiment, a diffraction grating type half mirror 41 as shown in FIG. 14 is used instead of the reflective hologram 4 in each of the above embodiments. , The 1/4 wavelength plate 42 is interposed

between the lenses 8a and 8b.

669 In FIG. 13, the arrangement position of the 1/4 wavelength plate 42 may be any position as long as it is in the optical path of the confocal optical system.

[0070]

674 The diffraction grating type half mirror 41 acts as a half mirror and a diffraction grating like the reflection type hologram 4, and is disclosed in Japanese Patent Application Laid-Open No. 61-17103.

677 That is, a plurality of inclined surfaces are provided on the transparent members 43 and 44 having substantially the same refractive index, and a polarization-dependent reflective film 45 is formed on these inclined surfaces to form a relief type diffraction grating. It is supported by parallel flat plates 46 and 47 provided on the.

681 The reflective film 45 is configured to have a transmittance of approximately 100% for P-polarized light and approximately 100% for S-polarized light.

[0071]

686 Therefore, in FIG. 13, when a P-polarized wave is emitted from the light source 1 using a laser having a linear polarization characteristic, the P-polarized wave is incident on the diffraction grating type half mirror 41, and most of the P-polarized wave is transmitted.

689 Further, this P-polarized wave is circularly polarized through the 1/4 wavelength plate 42, and is focused on the object to be measured 9 by the objective lens 8b. The light reflected by the object 9 to be measured becomes an S-polarized wave by passing through the 1/4 wavelength plate 42, and is incident on the diffraction grating type half mirror 41 through the lens 8a and the pinhole 7, and the half mirror 41 It is reflected by the reflective film 45 of the above and is incident on the light detector 10.

[0072]

698 In the embodiment shown in FIGS. 2, 11 or 12, the diffraction grating half mirror 41 as shown in FIG. 14 may be used instead of the hologram 4.

700 Of course, in that case, the 1/4 wavelength plate 42 is arranged in the optical path of the confocal optical system.

[0073]

705 Next, FIG. 15 shows a modified example of the thin plate-shaped optical device portion shown in FIG. 5, and in this case, the microlens array 5 and the glass substrate 15 are brought into close contact with each other as shown in FIG. Instead, the microlens array 5 and the photodetector array 10 are brought into close contact with each other.

[0074]

712 That is, the function of the photodetector array 10 and the pinhole array 7 are configured by the configuration of the upper light-shielding film 51, the lower light-shielding film 52, the upper insulating film 53, the lower insulating film 54, the upper electrode 55, the lower electrode 56, and the photodetector portion 57. The function of the above is realized, and such a component is brought into close contact with the microlens array 5 by a refractive index adjusting liquid 58 or the like.

[0075]

721 FIG. 16 shows the manufacturing process of the photodetector array 10 and the pinhole array 7 in the configuration of FIG. 15, and the details thereof will be described below in the order of manufacturing.

[0076]

727 (a) Flat glass substrate 15 (b) A lower light-shielding film 52 is formed on the flat glass substrate 15.

729 (c) A pinhole array 7A is formed on the lower light-shielding film 52.

730 (d) A lower insulating film 54 is formed on this.

731 (e) Further, a lower electrode 56 is formed on the lower electrode 56. (f) A pattern of the lower electrode 56 is formed.

733 (g) Further, a light detection portion (amorphous silicon) 57 is formed on the photodetector portion 57. (h) A pinhole array 7B is formed on the photodetector portion 57. (i) Film the upper electrode 55 (j) Form the pattern of the upper electrode 55. (k) The upper insulating film 53 is formed. (l) The upper light-shielding film 51 is formed. (m) A pinhole array 7C is formed on the upper light-shielding film 51, and an opening 7D of a photodetector is formed. Next, FIG. 17 shows that the photodetector portion 57 is made of a single crystal silicon semiconductor instead of amorphous silicon. The same components as those shown in FIG. 15 are designated by the same reference numerals.

[0077]

744 That is, in this case, a SiO2 film is formed on both sides of the silicon substrate by a thermal oxidation method or a CVD method, and a pn junction is formed by using a thermal diffusion method or an ion implantation method using the SiO2 film as a mask to form a photodetector. Form an array part.

748 After that, the SiO2 film is formed and patterned again, and the pinhole array portion is formed by an etching technique such as the RIE method. Then, the photodetector array having the pinholes thus created is brought into close contact with the microlens array 5 by the refractive index adjusting liquid 58. In the case of close contact with the microlens, the

silicon and the microlens array may be directly bonded by using the bonding SOI technique. Further, instead of single crystal silicon, a material capable of photoelectric conversion such as a III-V semiconductor may be used. Further, the upper electrode 55 and the lower electrode 56 may be sandwiched as in the examples of FIGS. 15 and 17, but may be formed in the same plane as shown in FIG.

[0078]

760 Next, FIG. 19A shows yet another modification of the thin plate-shaped optical device portion shown in FIGS. 5 and 15, and FIG. 19B is a plan view of the annular photodetector 10a. Is.

[0079]

765 That is, in FIG. 19, the action of the half mirror is realized by the half mirror coating film 59, and the light reflected by the half mirror film 59 can be detected by the photodetector 10 by making the photodetector 10 annular. I am trying to do it.

[0080]

771 In the configuration shown in FIG. 19, the light from the light source passes through the aperture array 14 formed of the light-shielding film, is collected by the microlens of the microlens array 5, and the pinhole 7a formed on the glass substrate 15 Pass through.

774 The reflected light from the object to be measured passes through the pinhole 7a, is reflected by the half mirror coating film 59, and is incident on the annular photodetector 10a.

[0081]

779 The annular photodetector 10 and the pinhole array 7 are formed on the glass substrate 15 by using a semiconductor process.

[0082]

784 FIG. 20 shows a modified example of the circuit configuration for reading the signal of each detector of the photodetector array 10 shown in FIG. 9, and in this case, each detector is divided into four blocks. I am trying to do it.

[0083]

790 That is, the photodetector in row (4n-3) is connected to the analog multiplexer M1, the photodetector in row (4n-2) is connected to the analog multiplexer M2, and the photodetector in row (4n-1) is analog. It is connected to the multiplexer M3, and the 4n-row photodetector is connected to the analog multiplexer M4. By increasing the number of

divisions as compared with the previous two-division embodiment, the signal reading speed is increased. There is.

[0084]

799 The analog multiplexer may be connected to the photodetector array by wire bonding or the like, or may be monolithically configured on the same substrate as the photodetector array.

801 Further, not only the row direction but also the column direction may be divided into a plurality of blocks.

[0085]

806 Next, as shown in FIGS. 11 and 12, FIG. 21 illustrates a signal readout circuit of the photodetector array when the surface light is irradiated. In this case, the photodetector array has a transistor or the like. The XY address method incorporating the switching element of is adopted.

810 A charge transfer method may be adopted as the read method.

[0086]

814 By the way, in the embodiment shown in FIGS. 1, 11 and 12, the object 9 to be measured is fixed, but the object 9 to be measured is placed on the XY moving stage so as to be movable, and the measurement target area. May be changed as appropriate so that measurement can be performed.

818 Further, by configuring the XY moving stage or the movable portion 30 so as to be finely displaced in the XY direction, higher resolution measurement becomes possible.

[0087]

823 Further, in the embodiment shown in FIGS. 1, 11 and 12, the measuring instrument side may be fixed and the object 9 to be measured may be moved and scanned in the three-dimensional direction to perform three-dimensional measurement.

[0088]

829 Further, the configuration of the confocal optical system is shown as an example, and other configurations may be adopted as long as the same functions as those shown in the examples can be achieved.

[0089]

835 INDUSTRIAL APPLICABILITY As described above, according to the present invention, since

the focal point of the light source and the focal point of the light receiving light of the confocal optical system are obtained by pinholes arranged at the same position, the measuring device is compact, lightweight and robust. If it is adopted in a configuration in which the whole or a part of the measuring device is moved, it is very advantageous in various aspects such as high-speed measurement, alignment, stability, and measurement accuracy.

(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7－181023

(43)公開日　平成７年(1995)７月18日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
Ｇ０１Ｂ　11/24		C		
Ｇ０２Ｂ　7/28				
			Ｇ０２Ｂ　7/ 11	M

審査請求　未請求　請求項の数10　ＯＬ　（全 17 頁）

(21)出願番号　特願平6－231549

(22)出願日　平成６年(1994)９月27日

(31)優先権主張番号　特願平5－245438

(32)優先日　平５(1993)９月30日

(33)優先権主張国　日本（ＪＰ）

(71)出願人　000001236
株式会社小松製作所
東京都港区赤坂二丁目３番６号

(72)発明者　若井　秀之
神奈川県平塚市万田1200　株式会社小松製作所研究所内

(72)発明者　溝口　清和
神奈川県平塚市万田1200　株式会社小松製作所研究所内

(72)発明者　鈴木　徹
神奈川県平塚市万田1200　株式会社小松製作所研究所内

(74)代理人　弁理士　木村　高久

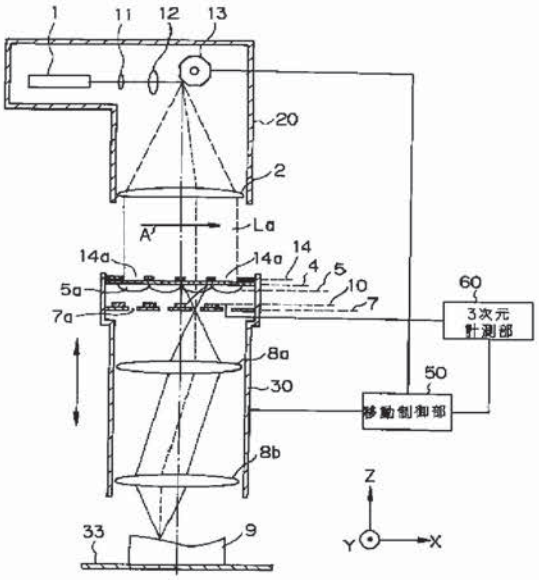
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　共焦点光学装置

(57)【要約】

【目的】装置の小型軽量化を図ると共に、３次元形状計測を高速に精度よくなし得、更に各部の位置合わせを容易にできる共焦点光学装置を提供することを目的とする。

【構成】光源と、この光源から発した光を通過させて点光源光にする第１の開口部と、この第１の開口部を通過した光を被計測物体上に集光する対物レンズと、この被計測物体上の集光面に共役な面に位置する第２の開口部と、該第２の開口部を通過した光を検出する光検出器とを有する共焦点光学装置において、前記第１及び第２の開口部を同一位置に配して同一開口部で共用すると共に、前記光検出器の検出面を前記共用される同一の開口部とほぼ同一の面上に配設することを特徴とする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】光源と、この光源から発した光を通過させて点光源光にする第１の開口部と、この第１の開口部を通過した光を被計測物体上に集光する対物レンズと、この被計測物体上の集光面に共役な面に位置する第２の開口部と、該第２の開口部を通過した光を検出する光検出器とを有する共焦点光学装置において、

前記第１及び第２の開口部を同一位置に配して同一の開口部をもって共用すると共に、前記光検出器の検出面を前記共用される同一の開口部とほぼ同一の面上に配設するようにしたことを特徴とする共焦点光学装置。

【請求項２】光源と、

この光源からの光を入射してハーフミラーおよび回折格子の作用をなす光学素子と、

この光学素子に密着または近接して配設され、光学素子からの０次光を集光する第１の集光手段と、

この第１の集光手段によって集光された光を通過させるピンホールと、

このピンホールを通過した光を集光して被計測物体に投光するとともに、被計測物体で散乱された光を前記ピンホールに集光する第２の集光手段と、

を備えると共に、

前記光学素子は、前記ピンホールおよび前記第１の集光手段を介して再入射された光の１次回折光を前記第１の集光手段に入射するものであり、

さらに前記第１の集光手段によって集光された前記１次回折光を受光する光検出器を備えるようにした共焦点光学装置。

【請求項３】順次移動走査される平行スリット光を発生する平行スリット光発生手段と、

光通過用の開口が複数個２次元的に配置され、前記平行光発生手段からの平行スリット光を入射する開口アレイと、

前記開口アレイを通過した光が入射され、ハーフミラーおよび回折素子の作用をなす光学素子と、

前記光学素子に近接して配設され、光学素子からの０次光を集光するレンズが複数個２次元的に配列されたレンズアレイと、

前記レンズアレイの各レンズによって集光された光を通過させるピンホールが複数個２次元配列されたピンホールアレイと、

前記各ピンホールを通過した光を集光して被計測物体に投光するとともに、被計測物体で散乱された光を各ピンホールに集光する集光手段と、

備えると共に、

前記光学素子は、前記各ピンホールおよび前記レンズアレイを介して再入射された光の１次回折光を前記レンズアレイに入射するものであり、

さらに前記レンズアレイの各レンズによって集光された前記１次回折光を受光する光検出器が複数個２次元配列

2

された光検出器アレイと、

前記平行スリット光発生手段、開口アレイ、光学素子、レンズアレイ、ピンホールアレイ、集光手段および光検出器アレイの少なくとも一部を光軸方向に移動させる移動制御手段と、

前記平行スリット光の移動走査および前記移動制御手段の移動制御に対応する前記各光検出器の出力に基づき前記被計測物体の３次元距離計測を行う３次元距離計測手段と、

を備えるようにした共焦点光学装置。

【請求項４】前記開口アレイ、光学素子、レンズアレイ、ピンホールアレイおよび光検出器アレイは、積層構造をとっていることを特徴とする請求項３記載の共焦点光学装置。

【請求項５】前記光検出器アレイの各光検出器はマトリックス状に２次元配置され、かつこれら検出器は複数のブロックに区分されるとともに、各ブロックの光検出器は共通な接続線で接続されて各ブロック毎に共通の信号取り出し回路に接続されている請求項３記載の共焦点光学装置。

【請求項６】３次元距離計測手段は、前記平行スリット光の移動走査にともなって、各ブロック単位に光検出器の検出信号の読み取りを順次実行することを特徴とする請求項３記載の共焦点光学装置。

【請求項７】面光線を発生する面光線発生手段と、光通過用の開口が複数個２次元的に配置され、前記面光線発生手段からの面光線を入射する開口アレイと、

前記開口アレイを通過した光が入射され、ハーフミラーおよび回折素子の作用をなす光学素子と、

この光学素子に近接して配設され、光学素子からの０次光を集光するレンズが複数個２次元的に配列されたレンズアレイと、

前記レンズアレイの各レンズによって集光された光を通過させるピンホールが複数個２次元配列されたピンホールアレイと、

前記各ピンホールを通過した光を集光して被計測物体に投光するとともに、被計測物体で散乱された光を各ピンホールに集光する集光手段と、

備えると共に、

前記光学素子は、前記各ピンホールおよび前記レンズアレイを介して再入射された光の１次回折光を前記レンズアレイに入射するものであり、

さらに前記レンズアレイの各レンズによって集光された前記１次回折光を受光する光検出器が複数個２次元配列された光検出器アレイと、

前記面光線発生手段、開口アレイ、光学素子、レンズアレイ、ピンホールアレイ、集光手段および光検出器アレイの少なくとも一部を光軸方向に移動させる移動制御手段と、

前記移動制御手段の移動制御に対応する前記各光検出器

の出力に基づき前記被計測物体の３次元距離計測を行う３次元距離計測手段と、
を備えるようにした共焦点光学装置。
【請求項８】前記開口アレイ、光学素子、レンズアレイ、ピンホールアレイおよび光検出器アレイは、積層構造をとっていることを特徴とする請求項７記載の共焦点光学装置。
【請求項９】前記面光線発生手段は、複数の発光素子がマトリックス状に配列された光源アレイである請求項７記載の共焦点光学装置。
【請求項１０】光通過用の開口が複数個２次元配置された開口アレイと、
ハーフミラー及び回折格子の作用をなす光学素子と、
前記開口アレイの各開口を通過した光を集光するレンズが複数個２次元配列されたレンズアレイと、
前記各レンズによって集光された光を通過させるピンホールが複数個２次元配列されたピンホールアレイと、
前記ピンホールアレイの各ピンホールに再入射された光の前記光学素子での反射光の前記レンズによる集光光が入射される光検出器が複数個２次元配列された光検出器アレイと、
を有し、これら開口アレイ、光学素子、レンズアレイ、ピンホールアレイ、光検出器アレイの積層構造からなる光学装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】この発明は共焦点光学系を応用した３次元形状計測装置に関し、特にホログラムや回折格子型ハーフミラーを利用して３次元計測を行う共焦点光学装置に関するものである。
【０００２】
【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】距離を測定する技術として所謂共焦点光学系がある。図２２に共焦点光学系の原理を示す。
【０００３】図２２において、光源１の光はレンズ１２で集光された後、焦点Ｆ1に配置されたピンホールＰＨ1を介してハーフミラー３１に入射される。光源１の光は焦点Ｆ1に配置されたピンホールＰＨ1によって点光源と等価な光になる。ハーフミラー３１で反射された光はレンズ８によって集光されて物体９の表面に投光される。この場合はレンズ８の焦点位置Ｆ2に物体９の表面がある場合を示しており、物体９は３次元移動ステージ４０によってＸ－Ｙ－Ｚ方向に移動走査される。物体９の表面で散乱した光はレンズ８を通りハーフミラー３１を透過した後、光源１の焦点位置と共役な点Ｆ3に集光される。この焦点Ｆ3の位置にピンホールＰＨ2を置き、通過する光を光センサ１０で検出するようにする。
【０００４】かかる構成によれば、図２３(a)(b)に示す如く、物体表面Ｚ0が焦点位置Ｆ2の前後Ｚ1、Ｚ2に外れた場合、共役点側の焦点Ｆ3が移動しピンホールの作用

で光センサ１０の出力が著しく低下する。図２４に物体表面の位置と光センサ１０の出力との関係を示す。
【０００５】かかる構成によれば、３次元移動ステージ４０によって被計測物体９をＸ－Ｙ座標位置毎にＺ軸方向（光軸方向）に変位させ、この変位にともなって光センサ１０の出力をサンプリングし、サンプリング出力が最大になったときのＺ位置を物体９の表面位置として検出することができる。従って、順次Ｘ－Ｙ座標位置を変化させて同様の計測を行うようにすれば、被計測物体９の３次元計測を行うことができる。
【０００６】しかし、この従来装置では、各計測時点において空間の１点の情報しか得られないために、表面形状の検出に多くの時間を必要とする欠点がある。
【０００７】そこで、特開平４－２６５９１８号公報においては、共焦点光学系を２次元的に配置し、各物体位置を並列に検出するようにしており、図２５にその構成を示す。
【０００８】すなわちこの図２５に示す装置では、光源１の光はレンズ１２、２を介して平行光となりピンホールアレイＰＨA1に入射される。ピンホールアレイＰＨA1は、ピンホールがマトリックス状に配設されたものである。ピンホールアレイＰＨA1を通過した光はハーフミラー３１を透過し、レンズ８ａ、８ｂによって集光され、被計測物体９に投光される。被計測物体９はＺ軸方向に変位可能な移動ステージ３５上に載置されている。被計測物体９で反射された光はレンズ８ａ、８ｂで集光され、ハーフミラー３１で反射され、ピンホールアレイＰＨA1と共役な位置に結像する。この結像位置にピンホールアレイＰＨA2を配設し、ピンホールを通過する光を、光センサアレイの各光センサ１０で検出する。
【０００９】かかる従来構成によれば、移動ステージ３５をＺ軸方向に変位させながら、光センサアレイの個々の光センサ１０の出力を別々にサンプリングし、各々の光センサ出力が最大になったときのＺ方向位置を物体９の表面位置として検出することができる。
【００１０】この従来技術によれば、ＸＹ方向に移動ステージを移動させる必要がなくなるので、先の図２２に示す従来構成より計測時間を短縮することができる。
【００１１】ところで、この図２５に示す装置においても、形状計測時間を更に高速化するためには移動ステージ３５を更に高速移動させる必要があるが、移動ステージ３５は計測対象を載置しなくてはいけないので、その高速移動には限界がある。すなわち、例えば、非常に重く大きな計測対象や、非常に繊細な構造を有するために高速変位による慣性力に耐えられない計測対象等は、高速移動ステージによる移動が困難となる。
【００１２】この問題を解決するための手法として、計測対象９を固定して計測器自体をＺ方向に移動変位させることが考えられる。しかし、計測器を高速変位させる

ためには、計測器自体が小型軽量でかつその構造が堅牢で高速変位による慣性力に耐えられなくてはならない。ところが、図２５に示す従来技術では、高速移動用の対策がなされていないために、高速移動した場合、共焦点光学系がくずれるなどの問題が発生する可能性がある。特に共焦点光学系においては、共焦点光学系が常に有効になるように、ピンホールアレイＰＨＡ1、ＰＨＡ2をハーフミラー３１に対して共役な位置に常に正確に位置させることが重要であるが、このことと小型軽量化の要望とを双方満足させるには従来限界があった。

【００１３】また、図２５のハーフミラー３１は通常プリズム型が使用されるが、このプリズム型は立方体領域を必要とするため、光源の焦点位置（ピンホールアレイＰＨＡ1）と受光の焦点（ピンホールアレイＰＨＡ2）はハーフミラー３１のある立方体領域の外側に配置しなくてはならず、このためレンズ８ａから各々の焦点までの距離はハーフミラー３１の立方体の長さより小さくすることはできない。また、共焦点ユニットの光源の焦点と受光の焦点のハーフミラー３１に対する幾何学的な距離は共焦点ユニット毎に違ったものとなる。よって、図２５に示す従来構成では小型、軽量化には限界があると共に、光源の焦点と受光の焦点の正確な位置合わせが必要になる。

【００１４】この発明はこのような実情に鑑みてなされたもので、装置の小型軽量化を図ると共に、３次元形状計測を高速に精度よくなし得、更に各部の位置合わせを容易にできる共焦点光学装置を提供することを目的とする。

【００１５】

【課題を解決するための手段及び作用】この発明では、光源と、この光源から発した光を通過させて点光源光にする第１の開口部と、この第１の開口部を通過した光を被計測物体上に集光する対物レンズと、この被計測物体上の集光面に共役な面に位置する第２の開口部と、該第２の開口部を通過した光を検出する光検出器とを有する共焦点光学装置において、前記第１及び第２の開口部を同一位置に配して同一開口部で共用すると共に、前記光検出器の検出面を前記共用される同一の開口部とほぼ同一の面上に配設するようにしたことを特徴とする。

【００１６】係る発明によれば、第１及び第２の開口を同一開口で共用すると共に、この同一開口とほぼ同一の面に光検出器の検出面を配設するようにしており、これにより、第１、第２の開口および光検出器の精度のよい位置合わせを容易になし得るとともに、これら部分の構成を薄型、小型、堅牢にできる。

【００１７】またこの発明によれば、光源と、この光源からの光を入射してハーフミラーおよび回折格子の作用をなす光学素子と、この光学素子に密着または近接して配設され、光学素子からの０次光を集光する第１の集光手段と、この第１の集光手段によって集光された光を通過させるピンホールと、このピンホールを通過した光を集光して被計測物体に投光するとともに、被計測物体で散乱された光を前記ピンホールに集光する第２の集光手段とを備えると共に、前記光学素子は、前記ピンホールおよび前記第１の集光手段を介して再入射された光の１次回折光を前記第１の集光手段に入射するものであり、さらに前記第１の集光手段によって集光された前記１次回折光を受光する光検出器を備えるようにしている。

【００１８】すなわち係る本発明の構成によれば、共焦点光学系の光源の焦点と受光の焦点は同じ位置であるため、この位置に両焦点に共通のピンホールを配置すればよくなるので、安定した共焦点効果が得られると共に、各焦点の位置合わせが不要になり、さらに装置の小型軽量化を図ることができる。また、平板状のホログラムや平板状の回折格子型ハーフミラーなどの光学素子を用いて、ハーフミラー及び回折格子の作用を得るようにしているので、極めて薄い領域に共焦点光学系を配置することができる。

【００１９】またこの発明では、順次移動走査される平行スリット光を発生する平行スリット光発生手段と、光通過用の開口が複数個２次元的に配置され、前記平行光発生手段からの平行スリット光を入射する開口アレイと、前記開口アレイを通過した光が入射され、ハーフミラーおよび回折素子の作用をなす光学素子と、前記光学素子に近接して配設され、光学素子からの０次光を集光するレンズが複数個２次元的に配列されたレンズアレイと、前記レンズアレイの各レンズによって集光された光を通過させるピンホールが複数個２次元配列されたピンホールアレイと、前記各ピンホールを通過した光を集光して被計測物体に投光するとともに、被計測物体で散乱された光を各ピンホールに集光する集光手段と備えると共に、前記光学素子は、前記各ピンホールおよび前記レンズアレイを介して再入射された光の１次回折光を前記レンズアレイに入射するものであり、さらに前記レンズアレイの各レンズによって集光された前記１次回折光を受光する光検出器が複数個２次元配列された光検出器アレイと、前記平行スリット光発生手段、開口アレイ、光学素子、レンズアレイ、ピンホールアレイ、集光手段および光検出器アレイの少なくとも一部を光軸方向に移動させる移動制御手段と、前記平行スリット光の移動走査および前記移動制御手段の移動制御に対応する前記各光検出器の出力に基づき前記被計測物体の３次元距離計測を行う３次元距離計測手段とを備えるようにしている。

【００２０】係る発明によれば、開口、レンズ、ピンホール、光検出器が２次元的に配列された共焦点光学系に平行スリット光を入射し、各光検出器で被計測物体からの反射光を受光する。そして、平行スリット光の移動走査および前記移動制御手段による移動走査に対応する前記各光検出器の出力に基づき前記被計測物体の３次元距離計測を行う。

【００２１】またこの発明では、面光線を発生する面光線発生手段と、光通過用の開口が複数個２次元的に配置され、前記面光線発生手段からの面光線を入射する開口アレイと、前記開口アレイを通過した光が入射され、ハーフミラーおよび回折素子の作用をなす光学素子と、この光学素子に近接して配設され、光学素子からの０次光を集光するレンズが複数個２次元的に配列されたレンズアレイと、前記レンズアレイの各レンズによって集光された光を通過させるピンホールが複数個２次元配列されたピンホールアレイと、 前記各ピンホールを通過した光を集光して被計測物体に投光するとともに、被計測物体で散乱された光を各ピンホールに集光する集光手段と備えると共に、前記光学素子は、前記各ピンホールおよび前記レンズアレイを介して再入射された光の１次回折光を前記レンズアレイに入射するものであり、さらに前記レンズアレイの各レンズによって集光された前記１次回折光を受光する光検出器が複数個２次元配列された光検出器アレイと、前記面光線発生手段、開口アレイ、光学素子、レンズアレイ、ピンホールアレイ、集光手段および光検出器アレイの少なくとも一部を光軸方向に移動させる移動制御手段と、前記移動制御手段の移動制御に対応する前記各光検出器の出力に基づき前記被計測物体の３次元距離計測を行う３次元距離計測手段とを備えるようにしている。

【００２２】係る発明によれば、開口、レンズ、ピンホール、光検出器が２次元的に配列された共焦点光学系に面光線を入射し、各光検出器で被計測物体からの反射光を受光する。そして、前記移動制御手段による移動走査に対応する前記各光検出器の出力に基づき前記被計測物体の３次元距離計測を行う。

【００２３】

【実施例】以下この発明を添付図面に示す実施例に従って詳細に説明する。

【００２４】図２にこの発明の基本的構成を示す。

【００２５】図２において、光源１から出力されたレーザ光（或いは該レーザ光に準ずる単色光）は、レンズ２によって平行光３になって反射型ホログラム４に入射される。反射型ホログラム４は、ハーフミラーおよび回折格子の作用をなすもので、図３(a)に示すように、光軸方向と角度Φを成す平行光によって露光される。このホログラム４を例えば回折効率４０％となるように現像処理した場合は、図３(b)の実線で示す平行光を入射すると、０次光（一点鎖線）、１次光（破線）が各々入射光の６０％、４０％の強度で得られる。また、このホログラムに図３(b)とは逆向きの平行光を入射すれば、図３(c)に示すように、０次光、１次光が各々入射光の６０％、４０％の強度で得られる。

【００２６】図２においては、このホログラム４に図３(b)と同じ方向でスリット平行光が入射され、その０次光は反射型ホログラム４に近接したレンズ５によってその焦点位置６に集光される。この焦点位置６にピンホール７が配置され、該ピンホール７の孔を光が通過する。ピンホール７を通過した光は、再びレンズ８によって集光され、被計測物体９上に照射される。被計測物体９で反射された光はレンズ８によって再び集光されてピンホール７を再び通過する。ピンホール７を通過した光はレンズ５によって集光され、光源からの平行光３とは逆向きの平行光としてホログラム４に入射される。ホログラム４に入射された平行光の１次回折光は、図３(c)に示すように、角度Φをもって反射されてレンズ５を介して集光される。この集光位置に光検出器１０が配置され、該光検出器１０によって入射された光の光量を検出する。

【００２７】すなわち、この構成によれば、共焦点光学系の光源側の焦点位置と受光側の焦点位置とが同じ位置６となり、ピンホール７を共通化することができる。したがって安定した共焦点効果が得られると共に、従来のような光源の焦点と受光の焦点との位置合わせが不要になる。さらに、反射型ホログラム４をハーフミラーとして機能させることにより、従来の構成ではなし得なかった小型化（平面化）および軽量化を実現できる。

【００２８】図１は、この発明の第１の実施例を示すもので、本装置は固定部２０と、光軸方向（Ｚ方向）に沿って移動する可動部３０とで構成されている。

【００２９】レーザ光源１から発生されたレーザ光はレンズ１１、１２によってスリット平行光に変換され、多面体回転ミラー１３によって偏向される。偏向されたスリット平行光は、テレセントリックに配置されたシリンドリカルレンズ２に入射され、光軸方向に偏向されるとともに、多面体回転ミラー１３による回転によって図示矢印Ａ方向に順次走査される。多面体回転ミラー１３は移動制御部５０によって回転走査される。このようにして、固定部２０から可動部３０に対してＡ方向に走査される平行スリット光Ｌａが順次入射される。

【００３０】なお、多面体回転ミラー１３の代わりにガルバノミラーを使用してもよく、またシリンドリカルレンズ２の代わりにｆ－θレンズを採用して等速走査を行うようにしてもよい。

【００３１】可動部３０の光入口には、レンズアレイ５の個々のレンズ５ａに光を有効に入射させるための開口１４ａが各レンズに対応する位置に形成された開口アレイ１４が配置され、その下にハーフミラーおよび回折格子として機能する反射型ホログラム４が配置されている。反射型ホログラム４は、先の第２図及び第３図に示したものと同様に機能する。なお、反射型ホログラム４と開口アレイ１４の上下の位置関係を逆にしてもよい。

【００３２】反射型ホログラム４の下には、レンズアレイ５が反射型ホログラム４に近接または密着して配置され、ホログラム４に入射された光の０次光を各レンズ５ａの焦点位置にそれぞれ集光する。各レンズ５ａの焦点

位置には、ピンホールアレイ７の各ピンホール７ａが配置され、前記集光された各光はピンホール７ａを通過する。なお、前記平行スリット光の幅はレンズアレイ５の各レンズ５ａのピッチより細いものとする。

【００３３】レンズ８ａ、８ｂは、所謂テレセントリック系であり、ピンホールアレイ７の全ての像を光軸方向に平行に結像する。したがって、可動部３０を光軸（Ｚ軸）方向に移動した場合でも、計測物体９上に結像する光点のＸ－Ｙ位置は変化しない。

【００３４】計測物体９で散乱した光は、レンズ８ｂ，８ａによって集光され、共焦点効果を持つピンホールアレイ７を通過し、レンズアレイ５に入射され、レンズアレイ５の個々のレンズ５ａによってレンズ２から出射されたスリット平行光とは逆向きの平行光として図３(c)に示したのと同じ方向に反射型ホログラム４に入射する。反射型ホログラム４の１次回折光は再びレンズアレイ５の個々のレンズ５ａに入射され、それぞれ角度Φで集光される。これら各集光位置に個々の光検出器１０ａが配置されるように光検出器アレイ１０を配置する。

【００３５】かかる構成においては、計測物体９は適宜のテーブル３３上に固定配置する。一方、可動部３０は、移動制御部５０によって多面体回転ミラー１３による回転走査に同期して光軸（Ｚ軸）方向にそって移動される。３次元計測部６０では、可動部３０の移動に伴って光検出器アレイ１０の個々の検出器１０ａの出力を順次サンプリングし、各々の出力が最大になったときのＺ位置を物体表面の位置として検出する。

【００３６】また、かかる構成において、開口アレイ１４、反射型ホログラム４、レンズアレイ５、光検出器アレイ１０およびピンホールアレイ７は、図４および図５に示すように、半導体プロセスを用いて平面状に一体的に形成される。

【００３７】すなわち、図４及び図５において、開口アレイ１４は遮光プレートから成っており、このプレートの各レンズ５ａに対応した位置に開口１４ａが形成されている。開口アレイ１４の遮光膜は、例えば、Ｃｒ2O3／Ｃｒ／Ｃｒ2O3の３層膜をスパッタリングで形成する。上記３層膜の中間層のＣｒで反射された光はＣｒ２O3膜によって多重反射し減衰する。

【００３８】レンズアレイ５は、この場合平板マイクロレンズ（ＰＭＬ）を用いるようにしている。平板マイクロレンズは、平面状のガラス基板５中にイオンを選択的に拡散することによって屈折率分布を形成することにより複数のレンズ５ａ部分を作成する。このレンズアレイ５の各レンズ部分５ａの光の入射部分には、無反射コートが施されている。

【００３９】したがって、このようにして作成したレンズアレイのガラス基板５上に、図３(a)に示した要領で露光現像したホログラム４を密着させ、さらにその上に開口アレイ１４を形成するようにする。なお、ホログラム４の製造時の耐熱性が問題となる場合は、レンズアレイ５のガラス基板上に開口アレイ１４を形成した後、その上に露光現像されたホログラム４を密着するようにしてもよい。

【００４０】また、ガラス基板５との密着面に無反射コートが施された平面ガラス基板１５に、前記レンズアレイの５のレンズピッチに対応するピッチで光検出器アレイ１０およびピンホールアレイ７を形成する。

【００４１】そして、光検出器アレイ１０およびピンホールアレイ７が形成された平面ガラス基板１５と、前記開口アレイ１４、ホログラム４及びレンズアレイ５が形成されたガラス基板５とを位置合わせして密着させることにより、この部分を形成する。

【００４２】なお、マイクロレンズ基板５とガラスセンサ基板１５を接合する場合、これらの間にガラスとほぼ同じ屈折率を有する透明屈折液を充填するようにして、これら基板界面での不都合な反射を防ぐことができる。

【００４３】また、同様に、マイクロレンズ基板５とホログラム４を接合する場合、これらの間にガラスとほぼ同じ屈折率を有する透明屈折液を充填するようにして、これら基板間での不都合な反射を防ぐこともできる。

【００４４】図６は、ピンホールアレイ７及び光検出器アレイ１０の製造過程を示すもので、以下その詳細を製造順に説明する。

【００４５】(a)平面ガラス基板１５

(b)平面ガラス基板１５上に透明導電膜（ＴＣＯ）１６を形成する。ＴＣＯはＳｎO2等を使用する。

(c)例えばエッチングなどにより透明導電膜１６から光検出素子部分１７、ピンホール部分１８以外を除去する。なお、この工程で、ピンホール部分の透明導電膜を残すのは、この後の工程(g)のエッチングでピンホールの開口部のガラスが侵食されるのを防ぐためである。

(d)この上にアモルファスシリコン１９を形成する。

(e)アモルファスシリコン１９のピンホール部分１８をエッチングなどを用いて除去する。

(f)ニッケル膜２１を形成する。

(g)例えばエッチングなどによりニッケル膜２１から光検出素子部分２２、ピンホール部分２３以外を除去する。また、ピンホールの各開口もエッチングによって形成する。

(h)この上層に透明絶縁膜２４を形成する。

(i)さらに、ニッケル膜２５を形成する。

(j)ニッケル膜２５のピンホール部分２６をエッチングによって形成する。

【００４６】これら一連の処理によって、アモルファスシリコン１９、透明アノード電極１７および金属カソード電極２２から成る光検出素子を形成すると共に、ピンホールの遮光部分をニッケル膜２３、２５によって形成する。

【００４７】図７は、他の製造方法を示すもので、以下

その詳細を製造順に説明する。
【００４８】(a)平面ガラス基板１５
(b)平面ガラス基板１５上に透明導電膜（ＴＣＯ）１６を形成する。
(c)例えばエッチングなどにより透明導電膜１６から光検出素子部分１７、ピンホール部分１８以外を除去する。なお、この工程で、ピンホール部分の透明導電膜を残すのは、この後の工程(e)(k)のエッチングでピンホールの開口部のガラスが侵食されるのを防ぐためである。
(d)この上にアモルファスシリコン１９を形成する。
(e)アモルファスシリコン１９のピンホール部分１８をエッチングなどを用いて除去する。
(f)ニッケル膜２１を形成する。
(g)例えばエッチングなどによりニッケル膜２１から光検出素子部分２２以外を除去する。
(h)この上層に絶縁膜２４を形成する。
(i)エッチングなどにより絶縁膜２４およびアモルファスシリコン１９からピンホール部分２７を除去する。
(j)ニッケル膜２５を形成する。
(k)エッチングによってニッケル膜２５のピンホール２６部分を除去しピンホールを形成する。
【００４９】これら一連の処理によって、アモルファスシリコン１９、透明アノード電極１７および金属カソード電極２２から成る光検出素子を形成すると共に、ピンホールの遮光部分をニッケル膜２５によって形成する。
【００５０】図８は、更に別の製造方法を示すもので、以下その詳細を製造順に従って説明する。
【００５１】(a)平面ガラス基板１５
(b)平面ガラス基板１５上に透明導電膜（ＴＣＯ）１６を形成する。
(c)例えばエッチングなどにより透明導電膜１６から光検出素子部分１７、ピンホール部分１８以外を除去する。なお、この工程で、ピンホール部分の透明導電膜を残すのは、この後の工程(j)のエッチングでピンホールの開口部のガラスが侵食されるのを防ぐためである。
(d)この上にアモルファスシリコン１９を形成する。
(e)ニッケル膜２１を形成する。
(f)例えばエッチングなどによニッケル膜２１から光検出素子部分２２以外を除去する。
(g)この上層に絶縁膜２４を形成する。
(h)エッチングなどにより絶縁膜２４からピンホール部分２７を除去する。
【００５２】(i)ニッケル膜２５を形成する。
(j)エッチングによってニッケル膜２５およびアモルファスシリコン１９のピンホール部分２８を除去しピンホールを形成する。
【００５３】これら一連の処理によって、アモルファスシリコン１９、透明アノード電極１７および金属カソード電極２２から成る光検出素子を形成すると共に、ピンホールの遮光部分をニッケル膜２５によって形成する。すなわち、この製造方法によれば、工程(j)のエッチングによって、ニッケル膜２５およびアモルファスシリコン１９のピンホール部分を一度に削除するようにしている。
【００５４】図９は、ｎ×ｍ個の光検出器Ｓ11～Ｓnmから成る光検出器アレイ１０とこれら光検出器Ｓ11～Ｓnmの信号を読み出すの為の回路構成を示すもので、奇数行の光検出器は列毎に共通な接続線でアナログマルチプレクサＭ１に接続され、偶数行の光検出器は列毎に共通な接続線でアナログマルチプレクサＭ２に接続されている。ハッチングが施された光検出器Ｅ1～Ｅmは行単位の読み出しタイミング信号ＶＤ1、ＶＤ2を発生するためのもので、また光検出器Ｆは１回の読み取り走査の開始タイミング信号ＦＤを出力させるためのものである。
【００５５】図９の破線で囲まれた領域が図１の平行スリット光Ｌaのある時点における照射領域であり、前記多面体回転ミラーによる走査によって該照射領域が矢印Ａ方向に移動走査される。すなわち、平行スリット光の移動走査は、奇数行→偶数行の順番に交互に行われ、奇数行の光検出器で検出された信号はマルチプレクサＭ１によって順次列毎に読み出され、偶数行の光検出器で検出された信号はマルチプレクサＭ２によって順次列毎に読み出される。
【００５６】かかる構成によれば、入射平行スリット光が奇数行と偶数行にまたがって入射された場合でも、両者の信号を各行から独立して読みだすことができる。したがって、各光検出器を接近させて配置することができるとともに、開口アレイ１４の遮光部分の面積を小さくすることができ、この部分の構成をより小型化することができる。
【００５７】なお、図９において、ハッチングが施されたタイミング信号発生用の光検出器Ｅ1～Ｅmは、光検出器マトリックスの端のピンホール７が位置されるべきマトリックス位置に配置され、固定部２０からの平行スリット光Ｌaが直接入射される。信号ＶＤ1は奇数行の読み出しタイミングを判断するための信号であり、信号ＶＤ2は偶数行の読み出しタイミングを判断するための信号である。また、読み取り開始タイミング信号ＦＤ発生用の光検出器Ｆは、例えば第１行目の光検出器Ｅ1と逆端においてピンホール７が位置されるべきマトリックス位置に配置される。
【００５８】図１０は、各タイミング信号ＦＤ，ＶＤ1、ＶＤ2及びマルチプレクサM1、M2からの出力信号Ｖ1、Ｖ2のタイミングを示すもので、各光検出器Ｓ11～Ｓmnはこの場合、電荷蓄積型として機能するので、ＶＤ1の立下がりで奇数行の検出器の出力を読み出し、ＶＤ2の立下がりで偶数行の検出器の出力を読み出すよう作用する。したがって、この回路構成によれば、奇数行の検出器に光が入射されている間に、既に電荷蓄積された偶数行の検出器の出力を読み出す、あるいはその逆を交互

に繰り返す。

【００５９】なお、マルチプレクサM1、M2の代わりにＣＣＤカメラセンサで応用されている電荷転送方法を用いるようにしてもよい。

【００６０】また、上記回路において、信号ＶＤ1を遅延させこの遅延信号をトリガとして偶数行の検出器の出力を読み出すとともに、信号ＶＤ2を遅延させこの遅延信号をトリガとして奇数行の検出器の出力を読み出すようにしてもよい。さらに、信号ＶＤ1およびＶＤ2の立上がりをそれぞれ遅延させ、これらの遅延信号によって各検出器の出力の読み出しを行うようにしてもよい。

【００６１】図１１は、この発明の他の実施例を示すもので、この場合は先の図１の実施例のように走査型のスリット平行光を用いるのではなく、非走査型の平行面光線Ｌbを用いるようにする。また、可動部３０をレンズ８ａのみで構成し、その他の部分を固定部２０側に配設するようにしている。その他の構成は図１の実施例と同様であり、同じ機能を達成する構成要素には同一符号を付してある。

【００６２】すなわち、図１１において、レーザ光源１から発生されたレーザ光はシリンドリカルレンズ１２、２によって平行面光線にＬbに変換され、開口アレイ１４に入射される。開口アレイ１４の開口を通過した光は、前記同様、ホログラム４、レンズアレイ５、ピンホールアレイ７、レンズ８ａ、８ｂを経由して計測物体９に集光される。計測物体９で散乱した光は、レンズ８ｂ，８ａ、ピンホールアレイ７、レンズアレイ５を経由してホログラム４に入射され、該ホログラム４で回折されて光検出器アレイ１０の各検出器に入射される。

【００６３】この場合は、平行面光線Ｌbを用いるようにしているので、光検出器アレイ１０の全ての検出器に平行面光線Ｌbの帰り光が同時に入射される。

【００６４】かかる実施例によれば、可動部３０をレンズ８ｂのみで構成しているので、荷搬重量を軽くでき、移動走査の為の構成を簡素化することができる。

【００６５】なお、図１１のように、平行面光線Ｌbを用いた場合においても、先の図１に示したように、開口アレイ１４により下の部分（開口アレイ１４、ホログラム４、レンズアレイ５、光検出器アレイ１０、ピンホールアレイ７、レンズ８ａ，８ｂ）を可動部分として構成するようにしてもよい。さらに、図１１において、計測対象物体９以外の全ての構成要素を可動部３０として構成するようにしてもよい。

【００６６】図１２は、この発明の更に別の実施例を示すもので、この場合は装置全体を可動部３０として構成している。また、面光線を発生するための光源として、複数のレーザエレメントがマトリックス配置されたレーザ光源アレイ４０を用いるようにしている。このレーザ光源アレイは、PHOTONICS RESERCH INCORPORATED のアレイタイプ面発光半導体レーザとして公知である。また、前記アレイタイプ面発光半導体レーザ４０から出力される光線を平行光に変化するためのレンズとして、レンズアレイ５０を用いるようにしている。その他の構成は図１または図１１の実施例と同様であり、同じ機能を達成する構成要素には同一の符号を付してある。

【００６７】すなわち、図１２において、レーザ光源４０から発生されたレーザ光はレンズアレイ５０によって平行面光線に変換され、開口アレイ１４に入射される。開口アレイ１４の開口を通過した光は、前記同様、ホログラム４、レンズアレイ５、ピンホールアレイ７、レンズ８ａ、８ｂを経由して計測物体９に集光される。計測物体９で散乱した光は、レンズ８ｂ，８ａ、ピンホールアレイ７、レンズアレイ５を経由してホログラム４に入射され、該ホログラム４で回折されて光検出器アレイ１０の各検出器に入射される。

【００６８】なお、この実施例において、アレイタイプ面発光半導体レーザ４０を行単位に順次発光させ、先の図１の実施例のようにスリット光として機能させるようにしてもよい。

【００６９】図１３は、この発明の更に別の実施例を示すもので、この実施例では先の各実施例における反射型ホログラム４の代わりに、図１４に示すような回折格子型ハーフミラー４１を用いると共に、レンズ８ａ、８ｂの間に１／４波長版４２を介在させるようにしている。なお、図１３において、１／４波長版４２の配設位置は、共焦点光学系の光路中であれば、任意位置でよい。

【００７０】上記回折格子型ハーフミラー４１は、上記反射型ホログラム４と同様、ハーフミラー及び回折格子として作用するもので、特開昭６１－１７１０３号公報にその開示がある。すなわち、ほぼ同一屈折率を有する透明部材４３，４４に複数の傾斜面を設けると共に、これら傾斜面に偏光依存性の反射膜４５を形成してレリーフ型の回折格子を形成しており、その両側に設けられた平行平板４６、４７で支持されている。反射膜４５は、Ｐ偏光に対してはほぼ１００％の透過率を有し、Ｓ偏光に対しほぼ１００％の反射率を有するよう構成されている。

【００７１】したがって、図１３において、直線偏光特性を有するレーザを用いて光源１からＰ偏光波を発射すると、このＰ偏光波は回折格子型ハーフミラー４１に入射され、そのほとんどが透過される。さらにこのＰ偏光波は、１／４波長版４２を通って円偏光になり、対物レンズ８ｂによって被計測物体９上に集光される。被計測物体９で反射された光は１／４波長版４２を通過することによりＳ偏光波になり、レンズ８ａ，ピンホール７を介して回折格子型ハーフミラー４１に入射され、該ハーフミラー４１の反射膜４５で反射されて、光検出器１０に入射されることになる。

【００７２】なお、先の図２，図１１または図１２に示した実施例においても、ホログラム４の代わりに図１４

に示したような回折格子型ハーフミラー４１を用いるようにしてもよい。勿論その場合には、共焦点光学系の光路中に１／４波長版４２を配設するようにする。

【００７３】次に、図１５は先の図５に示した薄板状光学器部分の変形例を示すものであり、この場合は、先の図５のようにマイクロレンズアレイ５とガラス基板１５を密着させるのではなく、マイクロレンズアレイ５と光検出器アレイ１０を密着させるようにしている。

【００７４】すなわち、上部遮光膜５１，下部遮光膜５２，上部絶縁膜５３，下部絶縁膜５４，上部電極５５，下部電極５６および光検出器部分５７による構成によって光検出器アレイ１０の機能とピンホールアレイ７の機能を実現し、かかる構成部分を屈折率調整液５８などによってマイクロレンズアレイ５と密着させるようにしている。

【００７５】図１６は、図１５の構成における光検出器アレイ１０およびピンホールアレイ７の製造過程を示すもので、以下その詳細を製造順に説明する。

【００７６】(a)平面ガラス基板１５

(b)平面ガラス基板１５上に下部遮光膜５２を成膜する。

(c)下部遮光膜５２にピンホールアレイ７Ａを形成する。

(d)この上に下部絶縁膜５４を形成する。

(e)更にこの上に下部電極５６を成膜する

(f)下部電極５６のパターンを形成する。

(g)更にこの上に光検出部分（アモルファスシリコン）５７を成膜する

(h)光検出器部分５７にピンホールアレイ７Ｂを形成する。

(i)上部電極５５を成膜する

(j)上部電極５５のパターンを形成する。

(k)上部絶縁膜５３を成膜する。

(l)上部遮光膜５１を成膜する。

(m)上部遮光膜５１にピンホールアレイ７Ｃを形成するとともに、光検出器の開口部７Ｄを形成する

次に、図１７は光検出器部分５７をアモルファスシリコンではなく、単結晶シリコン半導体で構成した例を示すもので、図１５に示したものと同じ構成要素については同一符号を付している。

【００７７】すなわち、この場合はシリコン基板の両面に熱酸化法やＣＶＤ法を用いてＳｉO2膜を形成し、このＳｉO2膜をマスクとして熱拡散法やイオン注入法を用いてｐｎ接合を形成し、光検出器アレイ部分を形成する。この後再度ＳｉO2膜を形成、パターニングし、ＲＩＥ法などのエッチング技術によってピンホールアレイ部分を形成する。そして、このようにして作成したピンホールを有する光検出器アレイを屈折率調整液５８によってマイクロレンズアレイ５と密着させる。なお、マイクロレンズとの密着の際は、張り合わせＳＯＩ技術を用いて、直接シリコンとマイクロレンズアレイを接合するようにしてもよい。また、単結晶シリコンの代わりにＩＩＩ－Ｖ族半導体などの光電変換の可能な材料を用いるようにしても良い。さらに、上部電極５５および下部電極５６は図１５や図１７の例のように、サンドイッチ状にしてもよいが、図１８に示すように、同一平面内に形成するようにしてもよい。

【００７８】次に、図１９(a)は、図５や図１５に示した薄板状光学器部分のさらに別の変形例を示すものであり、同図(b)は円環状光検出器１０ａの平面図である。

【００７９】すなわちこの図１９においては、ハーフミラーの作用をハーフミラーコーティング膜５９で実現すると共に、光検出器１０を円環状にすることによってハーフミラー膜５９で反射された光を光検出器１０で検出できるようにしている。

【００８０】かかる図１９に示す構成においては、光源からの光は遮光膜で形成された開口アレイ１４を透過し、マイクロレンズアレイ５のマイクロレンズによって集光され、ガラス基板１５上に形成されたピンホール７ａを通過する。被計測物体からの反射光はピンホール７ａを通過した後、ハーフミラーコーティング膜５９で反射されて円環状光検出器１０ａに入射される。

【００８１】円環状光検出器１０とピンホールアレイ７はガラス基板１５上に半導体プロセスを用いて形成する。

【００８２】図２０は、先の図９に示した光検出器アレイ１０の各検出器の信号を読み出すの為の回路構成の変形例を示すもので、この場合は各検出器を４つのブロックに分割するようにしている。

【００８３】すなわち、(４ｎ－３)行の光検出器はアナログマルチプレクサM1に接続され、(４ｎ－２)行の光検出器はアナログマルチプレクサM2に接続され、(４ｎ－１)行の光検出器はアナログマルチプレクサM3に接続され、４ｎ行の光検出器はアナログマルチプレクサM4に接続されており、先の２分割の実施例に比べてその分割数を増やすことで、信号読み出しの高速化を図るようにしている。

【００８４】なお、アナログマルチプレクサは、光検出器アレイとワイヤボンディングなどで結線してもよいし、光検出器アレイと同一基板内にモノリシックに構成してもよい。また、行方向のみならず列方向を複数のブロックに分割するようにしてもよい。

【００８５】次に、図２１は、図１１や図１２に示したように、面光線が照射される場合の光検出器アレイの信号読み出し回路を例示するもので、この場合は光検出器アレイにトランジスタなどのスイッチング素子を組み込んだＸ－Ｙアドレス方式を採用するようにしている。なお、読み出し方式として電荷転送方式を採用するようにしてもよい。

【００８６】ところで、図１、図１１および図１２に示

す実施例では、被計測物体９は固定するようにしたが、被計測物体９をＸ－Ｙ移動ステージに載せて移動可能に構成し、計測対象領域を適宜変えて計測できるようにしても良い。さらに、このＸ－Ｙ移動ステージまたは可動部３０をＸ－Ｙ方向に微小変位可能に構成することによりより高分解能の計測が可能になる。

【００８７】また、図１、図１１および図１２に示す実施例において、計測器側を全て固定とし、被計測物体９を３次元方向に移動走査して３次元計測を行うようにしても良い。

【００８８】また、共焦点光学系の構成は一例を示したもので、実施例に示したものと同一の機能を達成できるものであれば、他の構成を採用するようにしてもよい。

【００８９】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明によれば、共焦点光学系の光源の焦点と受光の焦点を同一位置に配したピンホールによって得るようにしたので、計測装置を小型軽量かつ堅牢にすることができ、計測装置の全体又は一部を移動する構成に採用すれば、高速計測、位置合わせ、安定性、計測精度などの各種の面で非常に有利となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明を第１実施例を示す図。

【図２】この発明を原理的に示す図

【図３】ホログラムの露光態様などを示す図。

【図４】ホログラム、レンズアレイおよび光検出器アレイなどの部分の構成を示す斜視断面図。

【図５】ホログラム、レンズアレイおよび光検出器アレイなどの部分の構成を示す断面図。

【図６】光検出器アレイ及びピンホールアレイ部分の製造手順の一例を示す工程図。

【図７】光検出器アレイ及びピンホールアレイ部分の他の製造手順を示す工程図。

【図８】光検出器アレイ及びピンホールアレイ部分の他の製造手順を示す工程図。

【図９】光検出器アレイの駆動回路の一例を示す図。

【図１０】上記駆動回路の各信号のタイムチャート。

【図１１】この発明の第２実施例を示す図。

【図１２】この発明の第３実施例を示す図。

【図１３】この発明の第４実施例を示す図。

【図１４】第４実施例で用いられる回折格子型ハーフミラーを示す図。

【図１５】ホログラム、レンズアレイおよび光検出器アレイなどの部分の他の構成を示す断面図。

【図１６】図１５の構成の製造手順の一例を示す工程図。

【図１７】ホログラム、レンズアレイおよび光検出器アレイなどの部分の他の構成を示す断面図。

【図１８】ホログラム、レンズアレイおよび光検出器アレイなどの部分の他の構成を示す断面図。

【図１９】この発明の第５実施例を示す図。

【図２０】光検出器アレイの駆動回路の他の構成例を示す図。

【図２１】光検出器アレイの駆動回路の他の構成例を示す図。

【図２２】共焦点光学系の原理図。

【図２３】共焦点光学系の焦点のずれ態様を示す図。

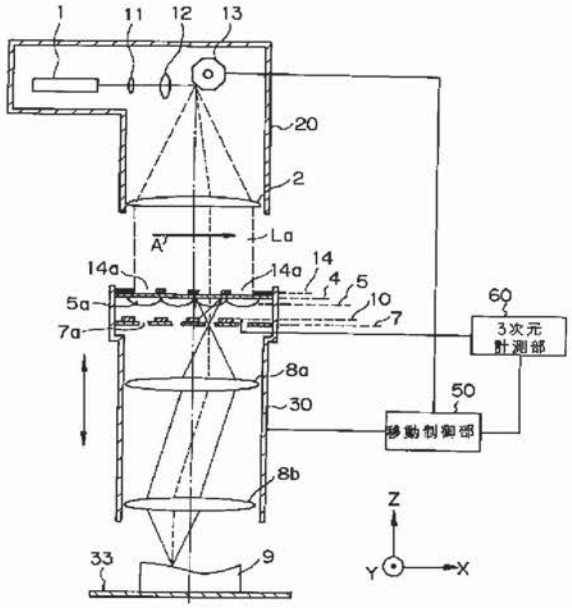
【図２４】物体表面のレンズからの距離に対応する光センサ出力を示す図。

【図２５】共焦点光学系を用いた従来の３次元形状計測器の一例を示す図。

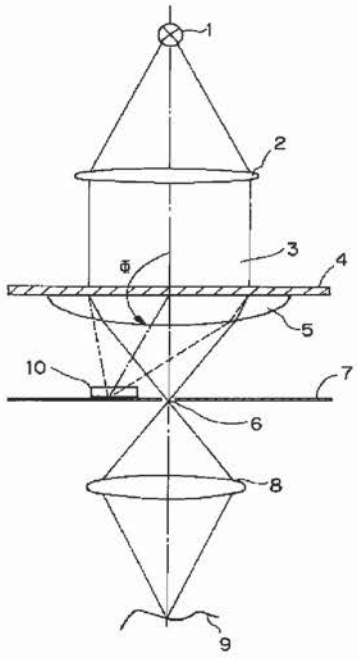
【符号の説明】

１…光源
２…レンズ
３…平行光
４…反射ホログラム
５…レンズアレイ
７…ピンホールアレイ
８…レンズ
９…被計測物体
１０…光検出器アレイ
１４…開口アレイ
１５…ガラス基板
１６…透明導電膜
１９…アモルファスシリコン
２０…固定部
２１…ニッケル膜
２４…絶縁膜
２５…ニッケル膜
３０…可動部
４０…移動ステージ
４１…回折格子型ハーフミラー
５０…移動制御部
６０…３次元計測部

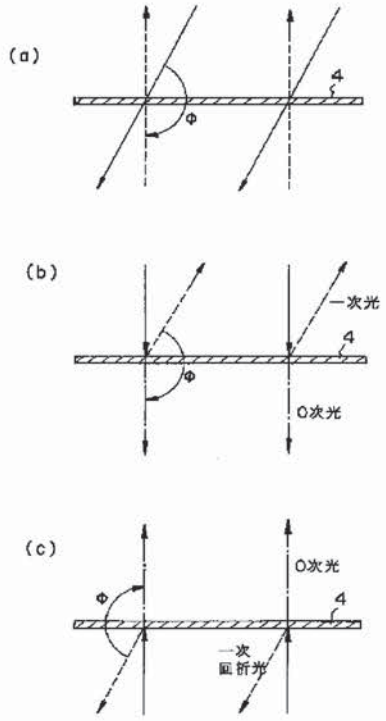
【図１】



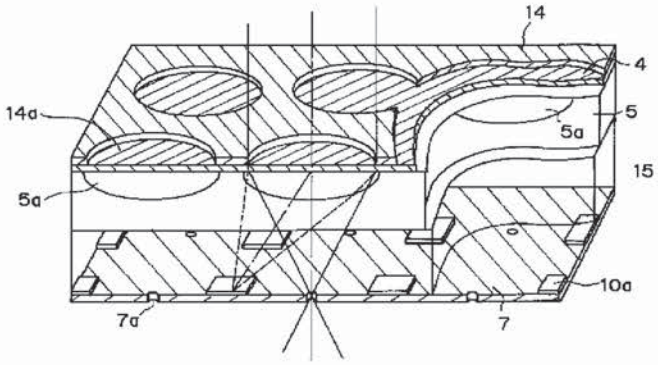
【図２】



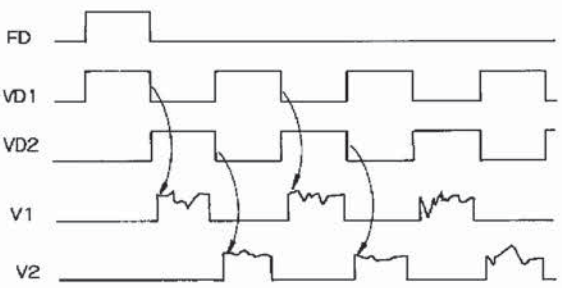
【図３】



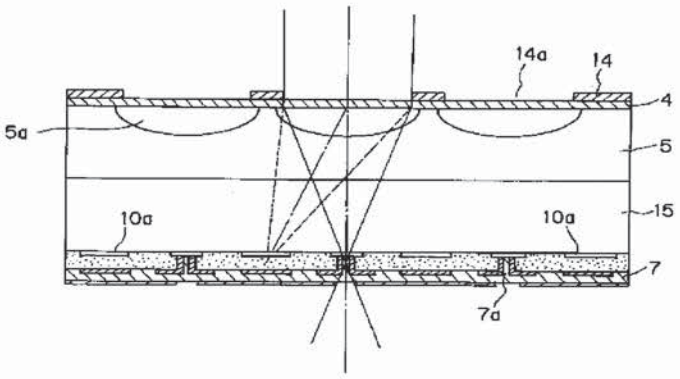
【図４】



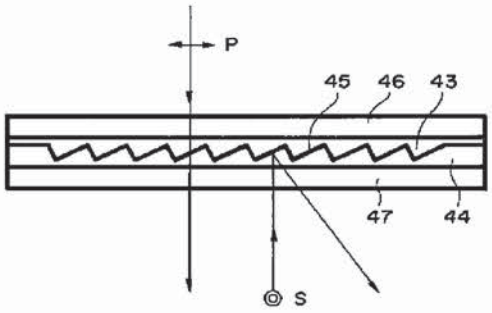
【図１０】



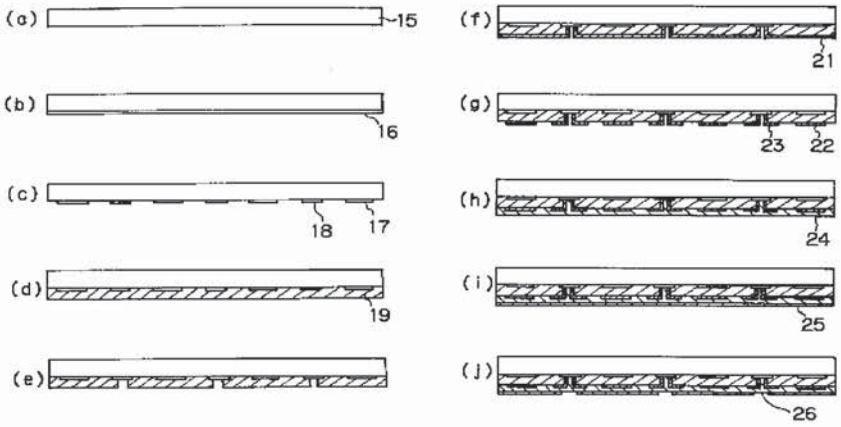
【図５】



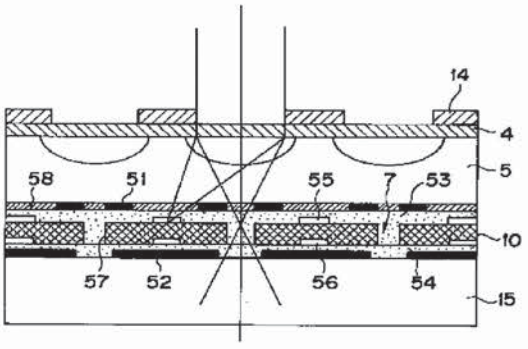
【図１４】



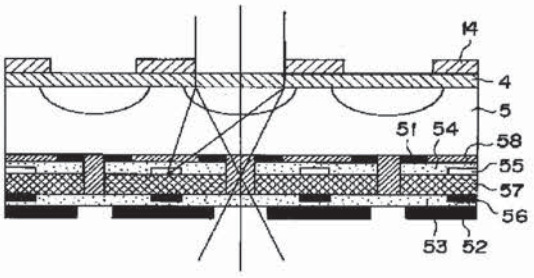
【図６】



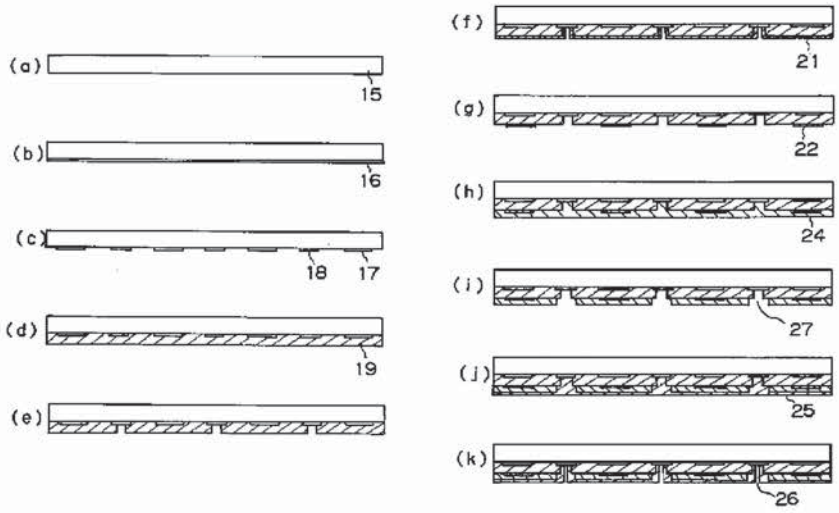
【図１５】



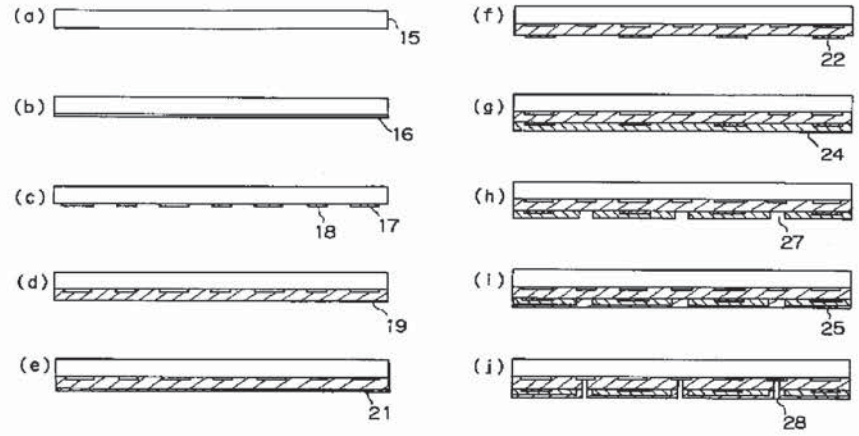
【図１７】



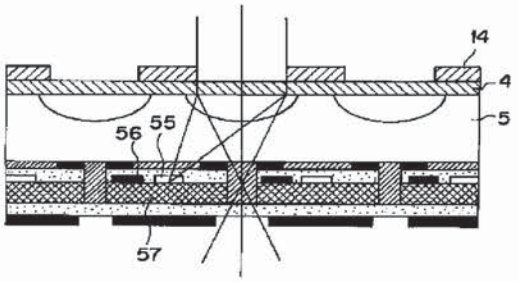
【図７】


(a)
15
(b)
16
(c)
18
17
(d)
19
(e)
(f)
21
(g)
22
(h)
24
(i)
27
(j)
25
(k)
26

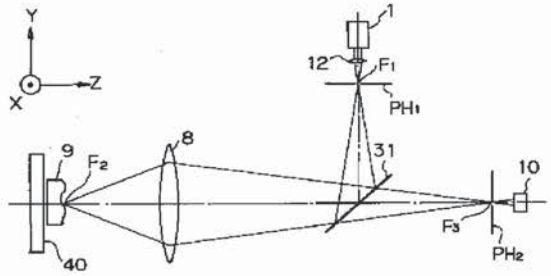
【図８】


(a)
15
(b)
16
(c)
18
17
(d)
19
(e)
21
(f)
22
(g)
24
(h)
27
(i)
25
(j)
28

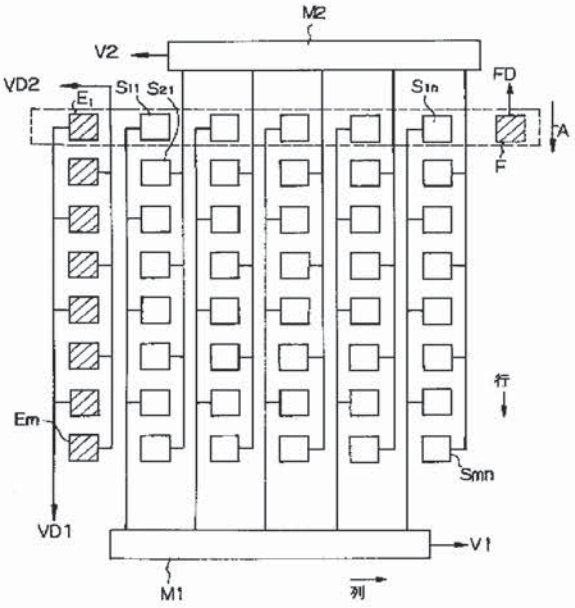
【図１８】


14
4
5
56
55
57

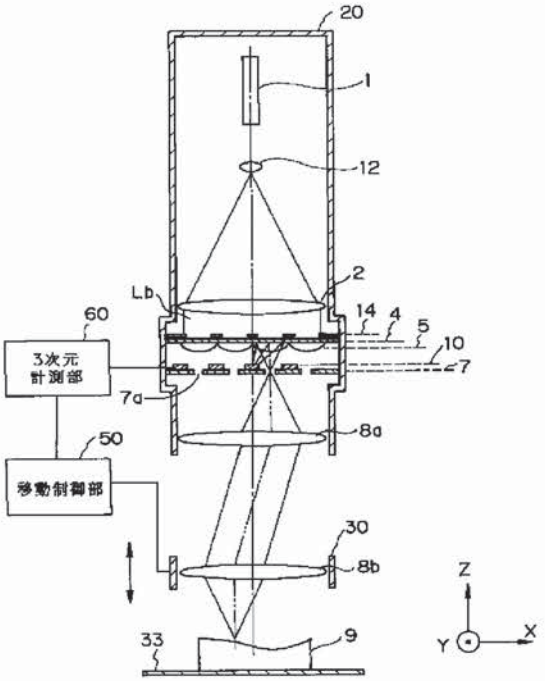
【図２２】


Y
Z
X
1
12
F1
PH1
9
F2
8
31
10
40
F3
PH2

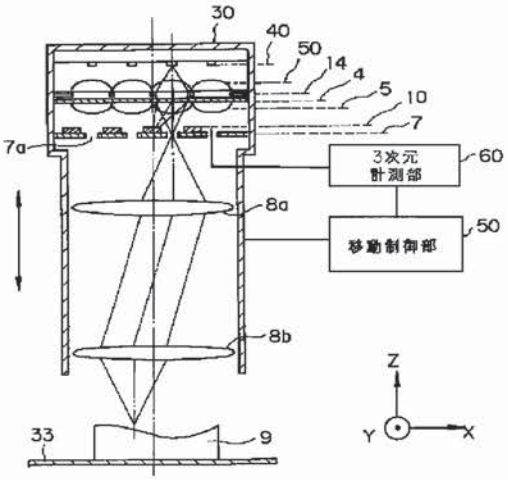
【図９】



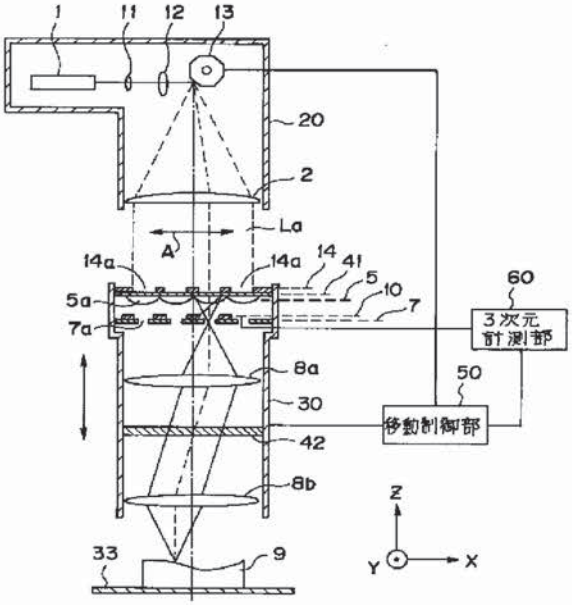
【図１１】



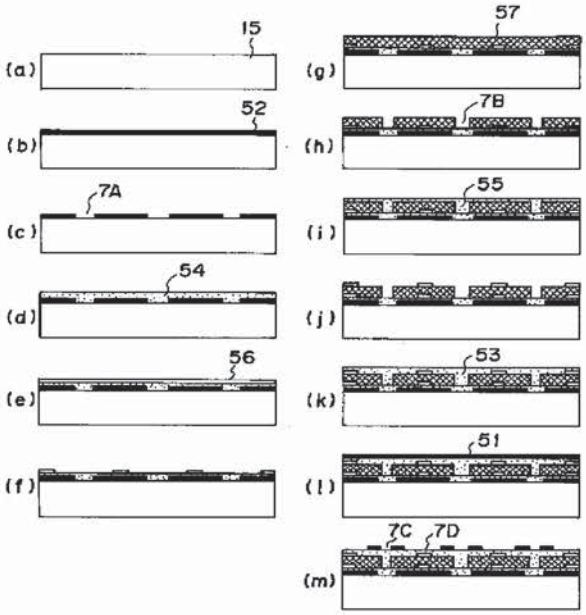
【図１２】



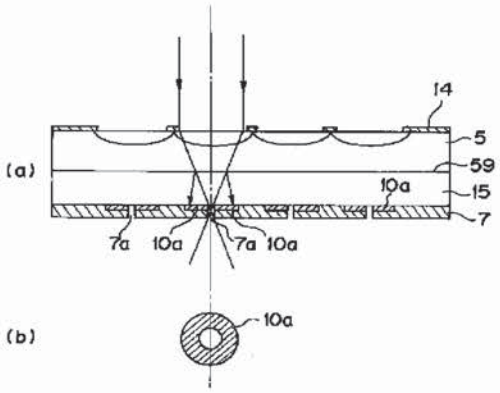
【図１３】



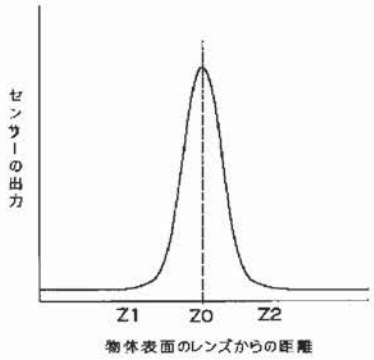
【図１６】



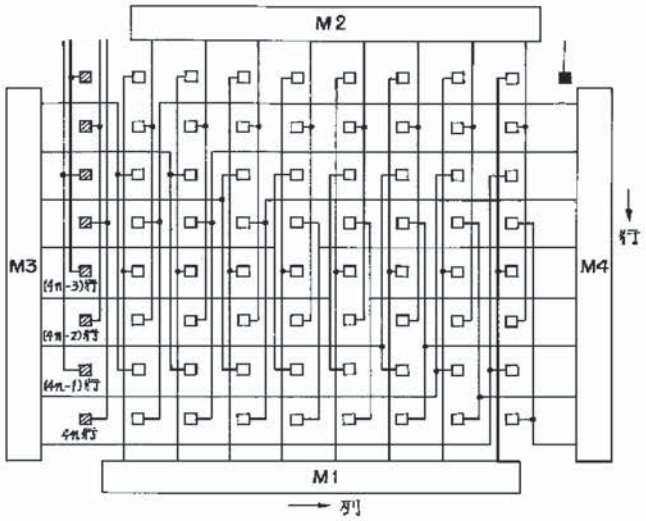
【図１９】



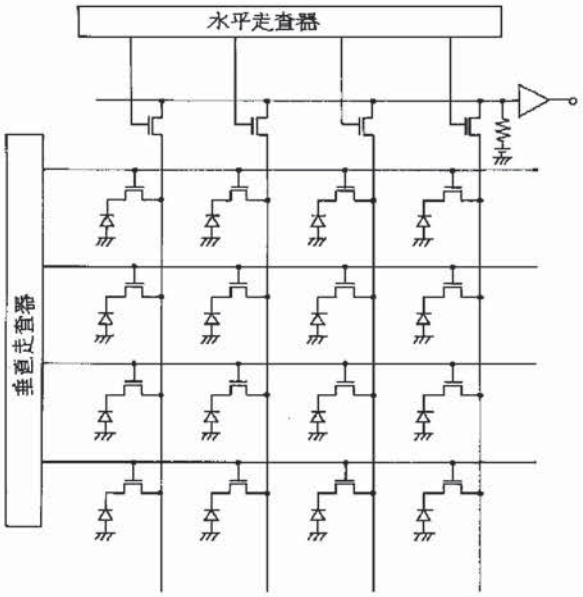
【図２４】



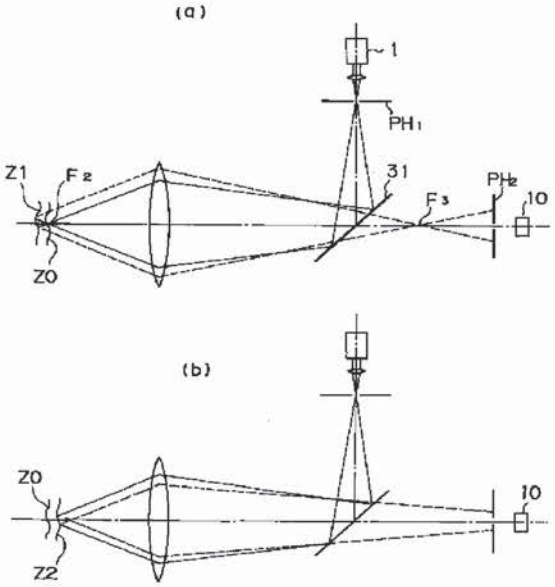
【図２０】



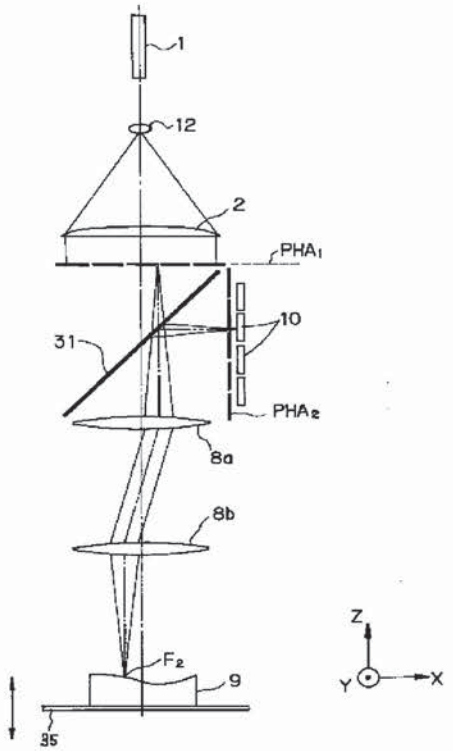
【図２１】


水平走査器
垂直走査器

【図２３】


(a)
1
PH1
Z1
F2
31
F3
PH2
10
Z0
(b)
Z0
10
Z2

【図２５】


1
12
2
PHA1
10
31
PHA2
8a
8b
F2
9
35
Z
Y
X

フロントページの続き

(72)発明者　寺田　啓治
神奈川県平塚市万田1200　株式会社小松製作所研究所内
(72)発明者　守屋　正人
神奈川県平塚市万田1200　株式会社小松製作所研究所内
(72)発明者　安藤　学
神奈川県平塚市万田1200　株式会社小松製作所研究所内
(72)発明者　塩　耕史
神奈川県平塚市万田1200　株式会社小松製作所研究所内

Patent Translate
Powered by EPO and Google

Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

DESCRIPTION JP2012202776A

10 Distance measuring device

[0001]

14 The present invention relates to a distance measuring device.

[0002]

18 Conventionally, a distance measuring device that irradiates an object to be measured with an optical pulse, measures the response time required from the emission of the optical pulse to receiving the reflected light pulse, and measures the distance to the object to be measured. It is used. In the distance measuring device, when the distance to the object to be measured becomes long, the signal intensity due to the reflected light pulse becomes small due to factors such as disturbance, and the measurement accuracy deteriorates. On the other hand, if the photodetector is adjusted so that it can detect a weak signal, the photodetector becomes saturated with high-intensity reflected light such as a reflected light pulse from a measurement object located at a short distance, and measurement becomes impossible.

[0003]

30 In particular, a distance measuring device for a vehicle is required to have a performance capable of accurately measuring a distance to a measurement object in a wide range from several tens of centimeters to 100 m or more ahead.

33 The intensity of reflected light changes in inverse proportion to the square of the distance. For example, when the distance to the object to be measured changes from 1 m to 100 m or more, the intensity of the reflected light changes by four orders of magnitude or more. Usually, the dynamic range of a photodetector is about 2 to 3 digits. If the intensity of the reflected light changes by four orders of magnitude or more, the dynamic range of the photodetector

becomes insufficient.

[0004]

42 In order to solve this problem, various methods for expanding the dynamic range of the photodetector have been studied.

44 For example, the reflected light from the distance measurement object is separated into a plurality of received lights, the separated received lights are attenuated by different amounts of light attenuation, and the signal whose level is equal to or higher than a predetermined discrimination threshold and is the smallest is selected. , A pulse laser ranging device that measures the reciprocating time of the pulsed laser beam based on the selected signal and the transmitted light to the ranging object has been proposed (Patent Document 1).

[0005]

53 When low-intensity incident light is incident on the light-receiving optical system, the output of the highly sensitive first light-receiving element (avalanche photodiode: APD) is used, and high-intensity incident light is incident on the light-receiving optical system. In this case, a radar device using the output of a low-sensitivity second light receiving element (PIN type photodiode: PD) has been proposed (Patent Documents 2 and 3).

[0006]

61 特公平７－６９４２２号公報

62 特開２００８－２０２０３号公報

63 特開２００８－２０２０４号公報

[0007]

67 However, the apparatus described in Patent Document 1 requires an optical system that separates the reflected light from the distance measuring object into a plurality of received lights, a plurality of optical attenuators, and a plurality of photodetectors (light receiving elements). There is a problem that the entire device becomes large.

71 Further, if an optical attenuator is provided for each photodetector, there is a problem that the total amount of received light is reduced and the signal noise ratio (S / N) is lowered.

[0008]

76 Further, in the devices described in Patent Documents 2 and 3, two types of light receiving elements having different operating principles, a first light receiving element (APD) and a second light receiving element (PD), are required, and the configuration of the drive circuit is complicated. There is a problem of becoming.

80 Further, the intensity of the reflected light incident on the light receiving optical system changes according to the distance from the object to be measured, and there may be an intensity range that cannot be measured between APD and PD having significantly different light receiving sensitivities. There is sex.

[0009]

87 The present invention has been made to solve the above problems, and an object of the present invention is to expand the intensity range (dynamic range) of reflected light that can be detected by a light detector with a simple configuration, and to measure. It is an object of the present invention to provide a distance measuring device capable of accurately measuring the distance to a measurement object regardless of the distance to the object.

[0010]

95 In order to achieve the above object, the invention according to claim 1 is a light projecting unit that projects measurement light onto a measurement object and condensing optics that collects reflected light reflected by the measurement object. The system, a photodetector in which a plurality of light receiving elements having a constant light receiving sensitivity are arranged in the irradiated surface, and the condensing optical system and the photodetector are arranged, and the light receiving elements are arranged on the irradiated surface. A light amount distribution conversion element that converts the light amount distribution of the reflected light collected by the condensing optical system so that a predetermined light amount distribution can be obtained according to the position where each of the plurality of light receiving elements is arranged, and the above. It is a distance measuring device including a control unit that acquires detection signals from a plurality of light receiving elements and calculates the distance to the measurement target based on the acquired plurality of detection signals.

[0011]

111 According to the second aspect of the present invention, the control unit selects a detection signal that has not reached the saturation level from the plurality of acquired detection signals, and reaches the measurement object based on the selected detection signal. The distance measuring device according to claim 1, wherein the distance is calculated, or the sum signal of a plurality of acquired detection signals is obtained, and the distance to the measurement object is calculated based on the obtained sum signal.

[0012]

120 According to the third aspect of the present invention, in the photodetector, the plurality of light receiving elements are arranged in a plurality of sets, and the light amount distribution

conversion element changes the amount of received light between the plurality of sets. The control unit acquires the detection signals for each of the plurality of sets, selects the detection signals that have not reached the saturation level from the acquired plurality of detection signals, and selects the detection signals that have not reached the saturation level. Calculate the distance to the measurement target based on the selected detection signal, or obtain the sum signal of the acquired plurality of detection signals and calculate the distance to the measurement target based on the obtained sum signal. The distance measuring device according to claim 1 or 2.

[0013]

133 The distance measurement according to any one of claims 1 to 3, wherein the invention according to claim 4 is a Geiger mode APD array in which the photodetector has a plurality of avalanche photodiodes operating in Geiger mode. It is a device.

[0014]

139 The invention according to claim 5 is a light-shielding plate which is arranged between the condensing optical system and the light amount distribution conversion element to allow the reflected light to pass through and to block the light emitted around the opening. The distance measuring apparatus according to any one of claims 1 to 4, further comprising a light receiving field limiting unit for limiting the light receiving field.

[0015]

147 The invention according to claim 6 is any of claims 1 to 5, wherein the light amount distribution conversion element has a function of diffusing the reflected light collected by the condensing optical system toward the photodetector. The distance measuring device according to item 1.

[0016]

154 The invention according to claim 7 is the distance measuring device according to any one of claims 1 to 6, wherein the light amount distribution conversion element is a diffusion plate that diffuses and transmits incident reflected light.

[0017]

160 According to the eighth aspect of the present invention, the light amount distribution conversion element includes a reflecting mirror having an opening and having the light detector side as a reflecting surface, and a light transmitting plate for transmitting reflected light passing through the opening. The distance measurement according to any one of claims

1 to 6, wherein a slope that reflects the reflected light incident at a position facing the opening of the light transmitting plate in the direction of the reflecting mirror is arranged. It is a device.

[0018]

170 The invention according to claim 9 is the distance measuring device according to any one of claims 1 to 6, wherein the light amount distribution conversion element is a diffracting optical element that diffracts incident reflected light.

[0019]

176 According to the distance measuring device of the present invention, the intensity range (dynamic range) of the reflected light that can be detected by the light detector can be expanded with a simple configuration, and the measurement target can be expanded regardless of the distance to the measurement target. The distance can be measured accurately.

[0020]

184 It is the schematic which shows an example of the structure of the distance measuring apparatus which concerns on 1st Embodiment of this invention.

186 It is an exploded perspective view which shows an example of the structure of the light receiving part of the distance measuring apparatus.

188 It is a figure which shows the light amount distribution on the irradiated surface of a photodetector.

190 It is a schematic diagram which shows the relationship between the total incident light amount and the output signal of each element.

192 It is a flowchart which shows the processing routine of "distance calculation processing".

193 It is a flowchart which shows an example of the processing routine of "detection signal identification processing".

195 It is a flowchart which shows the other processing routine of "detection signal identification processing".

197 (A) to (E) are schematic diagrams showing various configuration examples of the light amount distribution conversion element.

199 It is a figure which shows an example of the structure of the photodetector in the distance measuring apparatus which concerns on 2nd Embodiment of this invention, and the light amount distribution on the irradiated surface of the said light detector.

202 It is a top view which shows an example of the structure of the Geiger mode APD array used as a photodetector.

204 It is a graph which shows the output photon number with respect to the total number of absorbed photons when using the Geiger mode APD array.

206 (A) is a plan view showing an example of the configuration of a split detector type photodetector, and (B) is a schematic view showing an example of modularizing each unit.

208 (A) and (B) are diagrams showing various variations of the light amount distribution on the irradiated surface of the photodetector.

[0021]

213 Hereinafter, an example of the embodiment of the present invention will be described in detail with reference to the drawings.

[0022]

218 <First Embodiment> (Rough configuration of a distance measuring device) First, an example of a configuration of a distance measuring device will be described.

220 Here, an example will be described in which the distance measuring device is configured as a laser radar device capable of measuring the distance to an object in a wide range by utilizing the straightness of the laser beam.

223 FIG. 1 is a schematic view showing an example of the configuration of a distance measuring device according to the first embodiment of the present invention.

225 FIG. 2 is an exploded perspective view showing an example of the configuration of the light receiving unit of the distance measuring device.

[0023]

230 As shown in FIG. 1, the distance measuring device 10 is referred to as an object to be measured (hereinafter, referred to as an "object".

232), A light projecting unit 20 that projects the measurement light, a light receiving unit 30 that receives the reflected light reflected by the object to be measured, and a control unit 40 that performs various calculations and controls each unit of the device. There is.

235 Further, a display unit 42 for displaying a measurement result or the like may be connected to the control unit 40.

237 The light projection unit 20 includes a laser light source 24 that emits measurement light, a drive unit 26 that drives the laser light source 24, and a projection optical system 22 that projects the measurement light onto an object.

[0024]

243 The drive unit 26 is electrically connected to the control unit 40.

244 The drive unit 26 lights and drives the laser light source 24 based on the control signal from the control unit 40.

246 As the laser light source 24, a semiconductor laser (LD) or the like can be used.

247 For example, a semiconductor laser having an oscillation wavelength of 1.55 μm or the like

can be used.

249 The laser light source 24 usually has a built-in photodetector for an output monitor.

250 The detection signal from the built-in light detection unit is input to the control unit 40 via the drive unit 26 as a "measurement light output signal".

[0025]

255 The light receiving unit 30 is a condensing optical system 32 that collects the reflected light reflected by the object, a light receiving field limiting unit 34 that is arranged at the focal position of the condensing optical system 32 and limits the light receiving field, and condensing optics. It includes a light amount distribution conversion element 36 that converts the light amount distribution of the reflected light collected by the system 32, and a photodetector 38 that detects the reflected light.

261 Each of these parts is arranged in this order from the incident side of the reflected light.

262 The photodetector 38 is electrically connected to the control unit 40.

[0026]

266 The photodetector 38 includes a plurality of light receiving elements 50 as described later, and the optical signal received by each of the plurality of light receiving elements 50 is photoelectrically converted into an electric signal.

269 The electrical signal photoelectrically converted by the photodetector 38 is input to the control unit 40 as a "reflected light detection signal".

271 In the present embodiment, the reflected light detection signal is input corresponding to each of the elements 1 to 3 described later.

[0027]

276 As shown in FIG. 2, in the present embodiment, the photodetector 38 includes a plurality of light receiving elements 50.

278 Each of the plurality of light receiving elements 50 is arranged in an array in the irradiated surface 38A of the photodetector 38.

280 In the illustrated example, six light receiving elements 501 to 506 are arranged in a one-dimensional array in the irradiated surface 38A.

282 On the left side of the center line in the arrangement direction of the light receiving elements 50, the light receiving elements 503, 502, and 501 are arranged in this order from the center line.

285 On the right side of the center line, light receiving elements 504, 505, and 506 are arranged in this order from the center line.

287 When it is not necessary to distinguish the light receiving elements 501 to 506, they are collectively referred to as the light receiving element 50.

[0028]

292 As the light receiving element 50, a photodiode such as a PIN type photodiode (PD) or an avalanche photodiode (APD) can be used.

294 For example, when a semiconductor laser having an oscillation wavelength of 1.55 μm or the like is used as the laser light source 24, a photodiode having a wavelength of 1.55 μm and having sensitivity to infrared rays can be used as the light receiving element 50.

[0029]

300 The control unit 40 includes an A / D converter, a storage unit such as a ROM and a RAM, and a central processing unit such as a CPU.

302 The ROM stores programs and various data for executing various processing routines such as calculation of the distance to the measurement target.

304 The RAM is used as a work area or the like for performing various operations performed by the CPU.

306 As described above, the output signal of the measurement light and the detection signal of the reflected light are input to the control unit 40.

308 These analog signals input to the control unit 40 are converted into digital signals by an A / D converter (not shown) and held in a storage unit (not shown).

[0030]

313 (Light amount distribution conversion) Next, how the light amount distribution of the reflected light is converted will be described.

315 First, the operation of the light receiving unit 30 will be described with reference to FIG.

316 As described above, the light receiving unit 30 includes a condensing optical system 32, a light receiving field view limiting unit 34, a light amount distribution conversion element 36, and a photodetector 38.

319 The reflected light reflected by the object is incident on the condensing optical system 32, condensed by the condensing optical system 32, and irradiated to the light receiving visual field limiting unit 34.

[0031]

325 The light amount distribution conversion element 36 is not particularly limited as long as it has a function of converting the light amount distribution of the reflected light into a desired light amount distribution.

328 For example, a filter having a transmittance distribution may be used, but in order to detect a weak optical signal with high accuracy, a filter having a small amount of light loss is preferable.

331 As the light amount distribution conversion element 36, as described later, a diffuser plate

that diffuses and transmits the incident reflected light, a light guide plate provided with a reflector having an opening, a diffracting optical element that diffracts the incident reflected light, and the like are used. Can be done.

335 The details of these configurations will be described later.

[0032]

339 The light receiving field view limiting unit 34 is composed of a light-shielding plate provided with an opening 34A for passing reflected light.

341 The reflected light passes through the opening 34A, and the ambient light emitted around the opening 34A is blocked by the light-shielding plate.

343 By limiting the light receiving field of view, excess ambient light is blocked.

344 In the illustrated example, the light receiving field limiting unit 34 has a slit-shaped opening 34A whose length direction is orthogonal to the arrangement direction of the light receiving elements 50.

[0033]

350 The reflected light that has been condensed by the condensing optical system 32 and has passed through the aperture 34A is incident on the light amount distribution conversion element 36.

353 The light amount distribution conversion element 36 converts the light amount distribution of the reflected light so that a non-uniform light amount distribution can be obtained on the irradiated surface 38A of the photodetector 38.

356 The light amount distribution on the irradiated surface 38A is preset according to the position where each of the plurality of light receiving elements 50 is arranged.

358 The photodetector 38 detects reflected light having a non-uniform light amount distribution.

[0034]

362 FIG. 3 is a diagram showing a light intensity distribution (light intensity distribution) on the irradiated surface 38A of the photodetector 38.

364 The light intensity distribution is represented by shading, and the darker the light, the larger the light, and the lighter the light, the smaller the light.

366 In the illustrated example, the reflected light that has passed through the slit-shaped opening 34A of the light receiving field limiting portion 34 is spread in the arrangement direction of the light receiving element 50 by the light amount distribution conversion element 36, and reaches the irradiated surface 38A of the photodetector 38. Be irradiated.

370 The amount of light on the irradiated surface 38A is the largest at the center line in the arrangement direction of the light receiving element 50, and decreases toward the outside from the center line.

[0035]

376 Here, the light receiving elements 503 and 504 in the first row from the center line are "element 1", the light receiving elements 502 and 505 in the second row from the center line are "element 2", and the light receiving elements 501 and the light receiving elements 501 in the third row from the center line. Let 506 be "element 3".

380 The light amount distribution is set according to the position where each of the elements 1 to 3 is arranged so that the light amount decreases by 1/10 from the center to the outside.

[0036]

385 (Expansion of Dynamic Range) FIG. 4 is a schematic diagram showing the relationship between the total amount of incident light and the output voltage (detection signal) of each element.

388 In general, the light receiving element 50 becomes saturated when the amount of light exceeds a certain level, and a correct detection signal cannot be obtained.

390 Moreover, even if the amount of light is too small, the detection signal is buried in noise.

391 Therefore, the detectable range of the amount of light from which a correct detection signal can be obtained is limited to the range from "noise level (lower limit)" to "saturation level (upper limit)".

[0037]

397 When the light amount distribution is set so that the light amount decreases from the element 1 to the element 3, the detection signal from each element with respect to the total incident light amount draws a curve having a different inclination for each element, as shown in FIG.

400 That is, the "element 1" at the position with the largest amount of light reaches the saturation level first, and the "element 2" at the position with the next largest amount of light reaches the saturation level next and has the highest amount of light. The "element 3" at a small position finally reaches the saturation level.

[0038]

407 Therefore, by selecting the detection signal from the element in the detectable range according to the total incident light amount, the photodetector 38 as a whole can obtain the detection signal over a wide light amount range. ..

410 That is, the intensity range (dynamic range) of the reflected light that can be detected by the photodetector 38 is expanded.

412 For example, the detection signal of "element 1" is selected until "element 1" is saturated, the detection signal of "element 2" is selected when "element 1" is saturated, and "element 3" is selected when "element 2" is saturated. '' Detection signal is selected.

[0039]

418 In the present embodiment, the light amount distribution is given so that the light amount decreases by 1/10, but it is sufficient if the detection signal from the light receiving element within the detectable range can be selected. The light amount distribution on the irradiated surface 38A of the photodetector 38 may be set according to the detectable range of the light receiving element 50.

[0040]

426 (Distance calculation processing and detection signal identification processing) Next, the operation of the above-mentioned distance measuring device 10 will be described.

428 FIG. 5 is a flowchart showing a processing routine of "distance calculation processing" executed by the control unit 40.

430 Further, FIG. 6 is a flowchart showing a processing routine of "detection signal identification processing" executed as a subroutine of "distance calculation processing".

[0041]

435 The processing routine of the "distance calculation process" is started at the timing when the light projecting unit 20 of the distance measuring device 10 projects the measurement light onto the object.

438 That is, the control unit 40 inputs a control signal to the drive unit 26 that drives the laser light source 24 so as to project the measurement light onto the object.

440 The drive unit 26 lights and drives the laser light source 24 based on the control signal from the control unit 40.

442 The measurement light emitted from the laser light source 24 is projected onto the object by the projection optical system 22.

444 The output signal of the measurement light is input to the control unit 40.

[0042]

448 In step S100, the "measurement light output signal" is acquired from the drive unit 26.

449 Next, in step S102, the timing at which the measurement light is projected is calculated based on the acquired "measurement light output signal", and the calculated projection timing is stored.

[0043]

455 Next, the light receiving unit 30 of the distance measuring device 10 receives the reflected light from the object.

457 As described above, the reflected light collected by the condensing optical system 32 and

passed through the aperture 34A is spread in the arrangement direction of the light receiving element 50 by the light amount distribution conversion element 36, and is spread on the irradiated surface 38A of the photodetector 38. Be irradiated.

461 The photodetector 38 detects reflected light having a non-uniform light amount distribution.

462 When the reflected light is detected by the photodetector 38, the detected signal of the reflected light is input to the control unit 40.

[0044]

467 In step S104, the "reflected light detection signal" is acquired from the photodetector 38.

468 The control unit 40 acquires three types of detection signals corresponding to each of the elements 1 to 3.

470 Next, the "detection signal identification process" for specifying the detection signal used in step S106 is executed.

472 Here, the "detection signal identification process" will be described with reference to FIG.

[0045]

476 As shown in FIG. 6, first, in step S200, it is determined whether or not the detection signal of the "element 1" is less than the saturation level.

478 If the saturation level has not been reached, an affirmative determination is made in step S200, the process proceeds to step 202, the detection signal of "element 1" is selected in step 202, and the routine ends.

481 When the saturation level is reached, a negative determination is made in step S200 and the process proceeds to step 204.

[0046]

486 Next, in step S204, it is determined whether or not the detection signal of the "element 2" is less than the saturation level.

488 If the saturation level has not been reached, an affirmative determination is made in step S204, the process proceeds to step 206, the detection signal of "element 2" is selected in step 206, and the routine ends.

491 When the saturation level is reached, a negative determination is made in step S204, and the process proceeds to step 208.

[0047]

496 Next, in step S208, it is determined whether or not the detection signal of the "element 3" is less than the saturation level.

498 If the saturation level has not been reached, an affirmative determination is made in step S208, the process proceeds to step 210, the detection signal of "element 3" is selected in

step 210, and the routine ends.

501 When the saturation level is reached, a negative determination is made in step S208, and the process proceeds to step 212.

[0048]

506 In step 212, it is displayed that the signal is saturated.

507 That is, it notifies that there is no valid detection signal and ends the routine.

508 In the "distance calculation process", it is determined whether or not a valid detection signal exists based on the "notification".

510 When the signal is saturated, it is difficult to calculate the exact distance, but the presence of an object can be detected.

[0049]

515 Next, returning to FIG. 5, as a result of performing the "detection signal specifying process" in step S108, it is determined whether or not a valid detection signal exists.

517 That is, it is determined whether or not the detection signal from the element within the detectable range could be selected.

519 If a valid detection signal exists, a positive determination is made in step S108 and the process proceeds to step S110. If a valid detection signal does not exist, a negative determination is made and the routine ends.

522 In step S110, the timing at which the reflected light is received is calculated based on the acquired "reflection light detection signal", and the calculated light reception timing is stored.

[0050]

528 Next, in step 112, the response time required from the projection of the measurement light to the reception of the reflected light is calculated based on the timing of projecting the acquired measurement light and the timing of receiving the reflected light.

531 Then, based on the calculated response time, the distance to the object to be measured is calculated, and the routine is terminated.

533 The distance to the measurement object obtained by the calculation may be displayed on the display unit 42 as the measurement result.

[0051]

538 In the above-mentioned "detection signal identification process", an example of selecting a detection signal from an element within the detectable range has been described, but a sum signal of the detection signals from each element may be used.

541 FIG. 7 is a flowchart showing another processing routine of "detection signal identification

processing" .

543 As shown in FIG. 7, first, in step S300, the sum (sum signal) of the detection signals of the elements 1 to 3 is calculated.

545 Next, in step 302, it is determined whether or not the sum signal is below the saturation level.

[0052]

549 If the saturation level has not been reached, an affirmative determination is made in step S302, the process proceeds to step 304, and the sum signal is used as a detection signal in step 304 to end the routine.

552 When the saturation level is reached, a negative determination is made in step S302 and the process proceeds to step 306.

554 In step 306, it is displayed that the signal is saturated.

555 That is, it notifies that there is no valid detection signal and ends the routine.

[0053]

559 (Example of Configuration of Light Amount Distribution Conversion Element) Next, the configuration of the light quantity distribution conversion element 36 will be described.

561 8 (A) to 8 (E) are schematic views showing various configuration examples of the light amount distribution conversion element.

563 FIG. 8A is an example in which a diffractive optical element 36A that diffracts the incident reflected light is used as the light amount distribution conversion element.

565 As the diffractive optical element 36A, a diffractive optical element (DOE), a holographic optical element (HOE), or the like, which can arbitrarily design the wave surface of the diffracted light, can be used.

568 According to these optical elements, the light amount distribution on the irradiated surface 38A, the spreading angle of the diffracted light, and the like can be arbitrarily designed.

[0054]

573 When the diffractive optical element 36A is used as the light amount distribution conversion element, the light receiving visual field limiting unit 34 may be arranged apart from the diffractive optical element 36A as shown in FIG. 8 (A).

576 Further, as shown in FIG. 8B, the light receiving field view limiting unit 34 may be arranged so as to be in contact with the diffraction optical element 36A.

[0055]

581 FIG. 8C shows an example in which a diffuser plate 36B that diffuses and transmits the incident reflected light is used as the light amount distribution conversion element.

583 It is only necessary to dispose the diffuser plate 36B between the light receiving field of view

limiting unit 34 and the photodetector 38, and the dynamic range of the photodetector can be expanded with the simplest configuration.

586 As the diffusing plate 36B, a conventionally known diffusing plate such as a frost type diffusing plate or a diffusing plate in which a milky white light diffusing substance is dispersed in glass or resin can be used.

[0056]

592 Further, with an isotropic diffusion plate, diffusion may not be possible in a desired direction and angle, for example, diffusion is performed in the same direction as the length direction of the slit.

595 Therefore, by using the anisotropic diffuser as the diffuser 36B, the spread of the diffused light can be reduced.

597 When the diffuser plate 36B is used as the light amount distribution conversion element, as shown in FIG. 8C, the diffuser plate 36B is brought into contact with the photodetector 38 in order to reduce the light leaking out of the light receiving region. It is preferable to arrange it in.

601 Further, as shown in FIG. 8C, the light receiving field view limiting portion 34 may be arranged so as to be in contact with the diffusion plate 36B.

[0057]

606 8 (D) and 8 (E) are examples of using a light guide plate 36C provided with a reflector having an opening as a light amount distribution conversion element.

608 As shown in FIGS. 8D and 8E, the light guide plate 36C transmits the reflected light that has passed through the reflector 31 having the opening 31A and the light detector 38 side as the reflecting surface, and the opening 31A. A light transmitting plate 33 for transmitting is provided.

612 A slope 35 that reflects the incident reflected light in the direction of the reflecting mirror 31 is arranged at a position facing the opening 31A of the light transmitting plate 33.

[0058]

617 In the illustrated example, the surface of the light transmitting plate 33 on the light emitting side is cut out in a V shape to form two slopes 35, whereby a groove extending in the length direction of the slit-shaped opening 34A is formed. ..

620 In the light guide plate 36C, the reflected light that has passed through the slit-shaped opening 34A of the light receiving field limiting portion 34 is partially reflected in the direction of the reflector 31 by the slope 35, and the direction of the light detector 38 by the reflector 31. By being reflected by the light receiving element 50, it is expanded (guided) in the arrangement direction of the light receiving element 50 and irradiated to the irradiated surface 38A of the light detector 38.

[0059]

629 When the light guide plate 36C is used as the light amount distribution conversion element, it is preferable to arrange the light guide plate 36C so as to be in contact with the photodetector 38 as shown in FIG. 8 (D).

632 Further, as shown in FIG. 8D, the light receiving field view limiting unit 34 may be arranged so as to be in contact with the light guide plate 36C.

[0060]

637 As described above, according to the present embodiment, a plurality of light receiving elements are arranged in a one-dimensional array in the irradiated surface of the photodetector, and the reflected light having a non-uniform light amount distribution is transmitted to the plurality of light receiving elements. By converting the light amount distribution of the reflected light with the light amount distribution conversion element so as to be irradiated, it is possible to obtain a detection signal over a wide light amount range even if the light receiving sensitivities of the plurality of light receiving elements are the same. become.

645 That is, the intensity range (dynamic range) of the reflected light that can be detected by the photodetector is expanded.

[0061]

650 <Second Embodiment> Next, another configuration of the distance measuring device of the present invention will be described.

652 FIG. 9 is a diagram showing an example of the configuration of a photodetector in the distance measuring device according to the second embodiment of the present invention and the light amount distribution on the irradiated surface of the photodetector.

655 Since the photodetector 38 has the same configuration as the distance measuring device according to the first embodiment except that a photodetector in which a plurality of light receiving elements 50 are arranged in a two-dimensional array is used, the same configuration portion is used. The description of the above will be omitted.

[0062]

662 As shown in FIG. 9, in the present embodiment, each of the plurality of light receiving elements 50 is arranged in a two-dimensional array in the irradiated surface 38A of the photodetector 38.

665 In the illustrated example, 36 light receiving elements 5011 to 5066 are arranged in a matrix of 6 rows and 6 columns.

667 Here, the light receiving elements 50 arranged in m rows and n columns are referred to as

"light receiving elements 50 mn".

669 On the left side of the center line in the arrangement direction of the light receiving elements 50, the light receiving elements 50m3, 50m2, and 50m1 are arranged in this order from the center line.

672 On the right side of the center line, light receiving elements 50 m4, 50 m5, and 50 m6 are arranged in this order from the center line.

674 When it is not necessary to distinguish the light receiving elements 501 to 5066, they are collectively referred to as the light receiving element 50.

[0063]

679 A Geiger mode APD array can be used as the photodetector 38 in which the plurality of light receiving elements 50 are arranged in a two-dimensional array.

681 FIG. 10 is a plan view showing an example of the configuration of the Geiger mode APD array used as the photodetector 38 in the present embodiment.

683 A Geiger mode APD array is an APD array in which a plurality of avalanche photodiodes (APDs) operating in Geiger mode are arranged in a two-dimensional matrix.

685 Normally, the Geiger mode APD array has a structure in which APDs are connected in parallel in two dimensions, and is used as a photon counter.

[0064]

690 Each APD outputs a constant pulse when a photon is incident.

691 All APDs are connected to one read channel, and the pulse output from each APD becomes one large pulse, and the number of photons detected by the APD array can be measured by the magnitude of this pulse.

694 In other words, an APD array having N APDs can detect 2N gradations of light.

695 That is, by reducing the size of the APD and increasing the number of APDs, the dynamic range of the photodetector is expanded.

697 On the other hand, when the number of APDs is increased, the area of the element separation band increases and the effective light receiving ratio (fill factor) decreases.

[0065]

702 In this embodiment, a plurality of light receiving elements (APDs) 50 are arranged in a matrix of m rows and n columns.

704 Hereinafter, in the present embodiment, the light receiving element 50 is paraphrased as "APD50".

706 Further, in the present embodiment, the plurality of APD 50s are divided into a plurality of sets 52, and the "detection signal" from the photodetector 38 is input corresponding to each of the plurality of sets 52.

709 In the illustrated example, 36 APDs 5011 to 5066 are arranged in a matrix of 6 rows and 6

columns, APD50m3 and 50m4 in the first column from the center line are "group 521", and APD50m2 in the second column from the center line. And 50m5 are referred to as "group 522", and APD50m1 and 50m6 in the third row from the center line are referred to as "group 523".

[0066]

717 FIG. 11 is a graph showing the number of output photons with respect to the total number of absorbed photons when the Geiger mode APD array is used.

719 The horizontal axis represents the total number of absorbed photons, and the vertical axis represents the number of output photons.

721 As the photodetector 38, the Geiger mode APD array shown in FIG. 10 is used, and the light amount distribution conversion element 36 is used on the irradiated surface 38A of the photodetector 38 so that different light amounts can be obtained for each of the groups 521 to 523. Designed.

[0067]

728 Here, 90% of the total light amount is irradiated to the APD50 constituting the "group 521", and 9% of the total light amount is irradiated to the APD50 constituting the "group 522" to form the "group 523". The light amount distribution is set according to the position where each of the groups 521 to 523 is arranged so that the APD 50 is irradiated with light of 0.9% of the total light amount.

[0068]

736 For comparison, "Homo" in the graph is the output when a uniform amount of light is applied to each of the plurality of APD50s (that is, the irradiated surface 38A of the photodetector 38) as in the conventional case. Detection signal).

739 "Hetero 1st row" represents the output from the APD50 constituting "Group 521", "Hetero 2nd row" represents the output from the APD50 constituting "Group 522", and "Hetero 3rd row" represents the output from "Group 523". Represents the output from the APD50 that constitutes.

743 Further, "Hetero" is an output from the APD50 constituting the "group 521" (Hetero 1st row), an output from the APD50 constituting the "group 522" (Hetero 2nd row), and an APD50 constituting the "group 523". Represents the sum (sum signal) of the output from (Hetero 3rd row).

[0069]

750 When the irradiated surface 38A of the photodetector 38 is irradiated with a uniform amount of light, the inclination becomes gentle from about 20 absorbed photons, and when the

absorbed photons reach 100, the light becomes almost flat. The output of the detector 38 becomes saturated.

754 On the other hand, in the present embodiment, the tilt is maintained until the number of absorbed photons becomes close to 1000 by irradiating the reflected light obtained by converting the light amount distribution so that the light amount distribution becomes non-uniform on the irradiated surface 38A. be able to.

758 As a result, the dynamic range can be expanded 10 times or more as compared with the conventional case.

[0070]

763 For example, when selecting any of the "detection signals (Hetero 1st row / Hetero 2nd row / Hetero 3rd row)" corresponding to each of the groups 521 to 523, even if the number of absorbed photons is close to 1000, the "detection signal (Hetero 1st row / Hetero 2nd row / Hetero 3rd row)" Since the "detection signal" is not saturated, the reflected light can be detected by selecting the detection signal of the set 523.

768 Further, even when the "hetero" of each detection signal of the set 521 to the set 523 is used, the "sum signal" is not saturated even if the number of absorbed photons is close to 1000, so that the reflected light is reflected by the "sum signal". Can be detected.

[0071]

774 As described above, according to the present embodiment, a plurality of light receiving elements are arranged in a two-dimensional array in the irradiated surface of the photodetector, and the reflected light having a non-uniform light amount distribution is transmitted to the plurality of light receiving elements. By converting the light amount distribution of the reflected light with the light amount distribution conversion element so as to be irradiated, it is possible to obtain a detection signal over a wide light amount range even if the light receiving sensitivities of the plurality of light receiving elements are the same. become.

782 That is, the intensity range (dynamic range) of the reflected light that can be detected by the photodetector is expanded.

[0072]

787 Further, even when the Geiger mode APD array is used as the photodetector, the dynamic range of the photodetector is expanded without increasing the number of APDs, that is, without lowering the effective light receiving ratio (fill factor). Can be done.

[0073]

793 <Other Modifications> (Light-Receiving Field of View Limiting Part) In the above embodiment,

the light-receiving field of view becomes wider than necessary, and extraneous ambient light such as outdoor sunlight is incident to increase noise. In order to avoid this, an example of providing a light receiving visual field limiting portion (opening diaphragm) having a slit-shaped opening has been described, but if there is another mechanism for limiting the light receiving visual field, the light receiving visual field limiting portion may be omitted. ..

799 For example, the intensity distribution may be given to the measurement light projected on the object by the light projecting optical system of the light projecting unit or the like.

[0074]

804 (Application to a split detector type photodetector) The present invention can also be applied to a split detector type photodetector.

806 FIG. 12A is a plan view showing an example of the configuration of a split detector type photodetector, and FIG. 12B is a schematic view showing an example in which each unit is modularized.

809 As shown in FIG. 12 (A), when the photodetector 38 is a split detector type photodetector divided into a plurality of units 381 to 384, the amount of light for each of the plurality of units 381 to 384 Modules that transform the distribution may be formed.

[0075]

815 For example, as shown in FIG. 12B, the module including the unit 381 includes a light receiving field view limiting unit 341, a light amount distribution conversion element 361, and a unit 381.

818 The light amount distribution conversion element 361 converts the light amount distribution of the reflected light that has passed through the opening 34A1 of the light receiving visual field limiting unit 341 so that the light amount distribution on the irradiated surface of the unit 381 becomes non-uniform.

822 In order to reduce crosstalk between each of the plurality of units 381 to 384, the light amount distribution conversion element 361 should arbitrarily design the light amount distribution on the irradiated surface, the spread angle of the diffracted light, and the like. Diffractive optical elements such as DOE and HOE are preferable.

[0076]

829 (Modified Example of Light Amount Distribution) In the above embodiment, an example in which the light amount on the irradiated surface is the largest at the center line in the arrangement direction of the light receiving elements and becomes smaller toward the outside from the center line has been described. It suffices to irradiate the reflected light with a non-uniform light amount distribution, and the light amount distribution is not limited to the above example.

835 It may be changed as appropriate according to the position where a plurality of light receiving

elements are arranged.

837 13 (A) and 13 (B) are views showing various variations of the light amount distribution on the irradiated surface of the photodetector.

839 As shown in FIGS. 13A and 13B, the light amount distribution on the irradiated surface 38A of the photodetector 38 may be the light amount distribution of the central object.

841 For example, as shown in FIG. 13 (A), the amount of light may be increased toward the central portion and decreased toward the peripheral portion.

843 On the contrary, as shown in FIG. 13B, the amount of light may be smaller in the central portion and larger in the peripheral portion.

[0077]

848 10 Distance measuring device 20 Light projecting unit 22 Light projecting optical system 24 Laser light source 26 Driving unit 30 Light receiving unit 31A Opening 31 Reflector 32 Condensing optical system 33 Light transmitting plate 34A Opening 34 Light receiving field limiting unit 35 Slope 36 Light intensity Distribution conversion element 36A Diffraction optical element 36B Diffuse plate 36C Light guide plate 38 Light detector 38A Irradiated surface 40 Control unit 42 Display unit 50 Light receiving element 52 sets

(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2012-202776
(P2012-202776A)
(43)公開日　平成24年10月22日(2012.10.22)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01S 17/10	(2006.01)	G01S 17/10		2F112
G01C 3/06	(2006.01)	G01C 3/06	120Q	5J084

審査請求 未請求　請求項の数 9　OL　（全 22 頁）

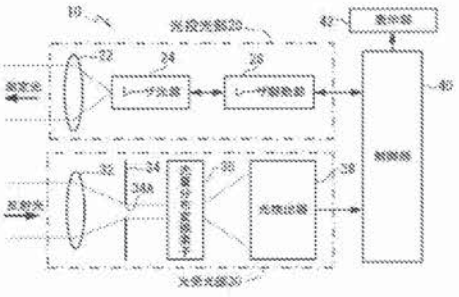
(21)出願番号　特願2011-66673 (P2011-66673)
(22)出願日　平成23年3月24日 (2011.3.24)

(71)出願人　000003609
株式会社豊田中央研究所
愛知県長久手市横道41番地の1
(74)代理人　100079049
弁理士　中島　淳
(74)代理人　100084995
弁理士　加藤　和詳
(72)発明者　松原　弘幸
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1　株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者　伊藤　晃太
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1　株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】距離測定装置

(57)【要約】
【課題】光検出器のダイナミックレンジを簡易な構成で拡大することができ、測定対象物までの距離に拘らず、測定対象物までの距離を精度よく測定することができる距離測定装置を提供する。
【解決手段】距離測定装置は、測定対象物に対し測定光を投光する光投光部と、測定対象物で反射された反射光を集光する集光光学系と、一定の受光感度を有する複数の受光素子が被照射面内に配置された光検出器と、集光光学系と光検出器との間に配置された光量分布変換素子と、複数の受光素子から検出信号を取得し、取得された複数の検出信号に基づいて測定対象物までの距離を演算する制御部と、を備える。光量分布変換素子は、被照射面において、複数の受光素子の各々が配置される位置に応じて、予め定めた光量分布が得られるように、集光光学系で集光された反射光の光量分布を変換する。
【選択図】図1



【特許請求の範囲】
【請求項１】
測定対象物に対し測定光を投光する光投光部と、
前記測定対象物で反射された反射光を集光する集光光学系と、
一定の受光感度を有する複数の受光素子が被照射面内に配置された光検出器と、
前記集光光学系と前記光検出器との間に配置され、前記被照射面において前記複数の受光素子の各々が配置される位置に応じて予め定めた光量分布が得られるように、前記集光光学系で集光された反射光の光量分布を変換する光量分布変換素子と、
前記複数の受光素子から検出信号を取得し、取得された複数の検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する制御部と、
を備えた距離測定装置。
【請求項２】
前記制御部は、取得された複数の検出信号から飽和レベルに到達していない検出信号を選択して、選択された検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、又は取得された複数の検出信号の和信号を求め、得られた和信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、請求項１に記載の距離測定装置。
【請求項３】
前記光検出器は、前記複数の受光素子が複数の組に分けて配置されており、
前記光量分布変換素子は、前記複数の組間で受光光量が変化するように反射光の光量分布を変換し、
前記制御部は、前記複数の組毎に検出信号を取得し、取得された複数の検出信号から飽和レベルに到達していない検出信号を選択して、選択された検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、又は取得された複数の検出信号の和信号を求め、得られた和信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、請求項１又は請求項２に記載の距離測定装置。
【請求項４】
前記光検出器は、ガイガーモードで動作する複数のアバランシェフォトダイオードを有するガイガーモードＡＰＤアレイである、請求項１から３までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項５】
前記集光光学系と前記光量分布変換素子との間に配置され、前記反射光を通過させる開口と当該開口の周囲に照射される光を遮断する遮光板とを有し、受光視野を制限する受光視野制限部を、更に備えた、請求項１から４までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項６】
前記光量分布変換素子は、前記集光光学系で集光された反射光を前記光検出器に向けて拡散させる機能を備える、請求項１から５までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項７】
前記光量分布変換素子は、入射した反射光を拡散透過する拡散板である、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項８】
前記光量分布変換素子は、開口部を備え前記光検出器側が反射面とされた反射鏡、及び前記開口部を通過した反射光を透過させる光透過板を備え、前記光透過板の前記開口部に対向する位置に入射した反射光を、前記反射鏡の方向に反射する斜面が配置された、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項９】
前記光量分布変換素子は、入射した反射光を回折する回折光学素子である、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、距離測定装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、測定対象物に対し光パルスを照射し、光パルスが射出されてから反射光パルスを受光するまでに要した応答時間を計測して、測定対象物までの距離を測定する距離測定装置が用いられている。距離測定装置では、測定対象物までの距離が長くなると、外乱等の要因により反射光パルスによる信号強度が小さくなり、測定精度が低下する。一方、微弱信号を検出できるように光検出器を調整すると、近距離に在る測定対象物からの反射光パルス等、高強度の反射光より光検出器が飽和して測定不能となる。
【０００３】
特に、車両用の距離測定装置には、数十ｃｍから１００ｍ以上先までの広い範囲で、測定対象物までの距離を精度よく測定できる性能が要求される。反射光の強度は、距離の二乗に反比例して変化する。例えば、測定対象物までの距離が１ｍから１００ｍ以上先まで変化すると、反射光の強度は４桁以上変化することになる。通常、光検出器のダイナミックレンジは２桁から３桁程度である。反射光の強度が４桁以上変化すると、光検出器のダイナミックレンジが不足する。
【０００４】
この問題を解決するために、光検出器のダイナミックレンジを拡大する手法が種々検討されている。例えば、測距対象物からの反射光を複数の受信光に分離し、分離された受信光を各々異なった光減衰量で減衰し、レベルが所定の弁別閾値以上でかつ最小の信号を選択し、選択された信号と測距対象物への送信光とに基づきパルスレーザ光の往復時間を計時するパルスレーザ測距装置が提案されている（特許文献１）。
【０００５】
また、低輝度な入射光が受光光学系に入射した場合には、高感度な第１の受光素子（アバランシェフォトダイオード：ＡＰＤ）の出力を用い、高輝度な入射光が受光光学系に入射した場合には、低感度な第２の受光素子（ＰＩＮ型フォトダイオード：ＰＤ）の出力を用いるレーダ装置が提案されている（特許文献２、特許文献３）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】特公平７－６９４２２号公報
【特許文献２】特開２００８－２０２０３号公報
【特許文献３】特開２００８－２０２０４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
しかしながら、特許文献１に記載の装置では、測距対象物からの反射光を複数の受信光に分離する光学系、複数の光減衰器、及び複数の光検出器（受光素子）が必要となり、装置全体が大型化するという問題がある。また、光検出器毎に光減衰器を設けたのでは、総受光量が減少してしまい、シグナルノイズ比（Ｓ／Ｎ）が低下するという問題がある。
【０００８】
また、特許文献２、３に記載の装置では、第１の受光素子（ＡＰＤ）と第２の受光素子（ＰＤ）という動作原理の異なる２種類の受光素子が必要となり、駆動回路の構成が複雑化するという問題がある。また、受光光学系に入射する反射光の強度は、測定対象物からの距離に応じて変化するものであり、受光感度が大幅に異なるＡＰＤとＰＤとでは、測定不能となる強度範囲が生じる可能性がある。
【０００９】
本発明は、上記問題を解決すべく成されたものであり、本発明の目的は、光検出器が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）を簡易な構成で拡大することができ、測定対象物までの距離に拘らず、測定対象物までの距離を精度よく測定することができる

距離測定装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１０】
上記目的を達成するために請求項１に記載の発明は、測定対象物に対し測定光を投光する光投光部と、前記測定対象物で反射された反射光を集光する集光光学系と、一定の受光感度を有する複数の受光素子が被照射面内に配置された光検出器と、前記集光光学系と前記光検出器との間に配置され、前記被照射面において前記複数の受光素子の各々が配置される位置に応じて予め定めた光量分布が得られるように、前記集光光学系で集光された反射光の光量分布を変換する光量分布変換素子と、前記複数の受光素子から検出信号を取得し、取得された複数の検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する制御部と、を備えた距離測定装置である。
【００１１】
請求項２に記載の発明は、前記制御部が、取得された複数の検出信号から飽和レベルに到達していない検出信号を選択して、選択された検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、又は取得された複数の検出信号の和信号を求め、得られた和信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、請求項１に記載の距離測定装置である。
【００１２】
請求項３に記載の発明は、前記光検出器が、前記複数の受光素子が複数の組に分けて配置されており、前記光量分布変換素子が、前記複数の組間で受光光量が変化するように反射光の光量分布を変換し、前記制御部が、前記複数の組毎に検出信号を取得し、取得された複数の検出信号から飽和レベルに到達していない検出信号を選択して、選択された検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、又は取得された複数の検出信号の和信号を求め、得られた和信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、請求項１又は請求項２に記載の距離測定装置である。
【００１３】
請求項４に記載の発明は、前記光検出器が、ガイガーモードで動作する複数のアバランシェフォトダイオードを有するガイガーモードＡＰＤアレイである、請求項１から３までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１４】
請求項５に記載の発明は、前記集光光学系と前記光量分布変換素子との間に配置され、前記反射光を通過させる開口と当該開口の周囲に照射される光を遮断する遮光板とを有し、受光視野を制限する受光視野制限部を、更に備えた、請求項１から４までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１５】
請求項６に記載の発明は、前記光量分布変換素子が、前記集光光学系で集光された反射光を前記光検出器に向けて拡散させる機能を備える、請求項１から５までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１６】
請求項７に記載の発明は、前記光量分布変換素子が、入射した反射光を拡散透過する拡散板である、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１７】
請求項８に記載の発明は、前記光量分布変換素子が、開口部を備え前記光検出器側が反射面とされた反射鏡、及び前記開口部を通過した反射光を透過させる光透過板を備え、前記光透過板の前記開口部に対向する位置に入射した反射光を、前記反射鏡の方向に反射する斜面が配置された、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１８】
請求項９に記載の発明は、前記光量分布変換素子は、入射した反射光を回折する回折光学素子である、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【発明の効果】
【００１９】

本発明の距離測定装置によれば、光検出器が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）を簡易な構成で拡大することができ、測定対象物までの距離に拘らず、測定対象物までの距離を精度よく測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２０】

【図１】本発明の第１の実施の形態に係る距離測定装置の構成の一例を示す概略図である。

【図２】距離測定装置の光受光部の構成の一例を示す分解斜視図である。

【図３】光検出器の被照射面における光量分布を示す図である。

【図４】全入射光量と各素子の出力信号との関係を表す模式図である。

【図５】「距離演算処理」の処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図６】「検出信号特定処理」の処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図７】「検出信号特定処理」の他の処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図８】（Ａ）～（Ｅ）は光量分布変換素子の種々の構成例を示す模式図である。

【図９】本発明の第２の実施の形態に係る距離測定装置における光検出器の構成の一例と、当該光検出器の被照射面における光量分布を示す図である。

【図１０】光検出器として使用されるガイガーモードＡＰＤアレイの構成の一例を示す平面図である。

【図１１】ガイガーモードＡＰＤアレイを使用した場合の吸収された全光子数に対する出力フォトン数を表すグラフである。

【図１２】（Ａ）は分割ディテクタ方式の光検出器の構成の一例を示す平面図であり、（Ｂ）は各ユニットをモジュール化した例を示す模式図である。

【図１３】（Ａ）及び（Ｂ）は光検出器の被照射面における光量分布の種々の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２１】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例を詳細に説明する。

【００２２】

＜第１の実施の形態＞

（距離測定装置の概略構成）

まず、距離測定装置の構成の一例について説明する。ここでは、距離測定装置を、レーザ光の直進性を利用して、広い範囲で対象物までの距離を測定できるレーザレーダ装置として構成した例について説明する。図１は本発明の第１の実施の形態に係る距離測定装置の構成の一例を示す概略図である。図２は距離測定装置の光受光部の構成の一例を示す分解斜視図である。

【００２３】

図１に示すように、距離測定装置１０は、測定対象物（以下、「対象物」という。）に対し測定光を投光する光投光部２０、測定対象物で反射された反射光を受光する光受光部３０、及び各種演算等を行うと共に装置各部を制御する制御部４０を備えている。また、制御部４０には、測定結果等を表示する表示部４２が接続されていてもよい。光投光部２０は、測定光を射出するレーザ光源２４、レーザ光源２４を駆動する駆動部２６、及び測定光を対象物に投光する投光光学系２２を備えている。

【００２４】

駆動部２６は、制御部４０に電気的に接続されている。駆動部２６は、制御部４０からの制御信号に基づいて、レーザ光源２４を点灯駆動する。レーザ光源２４としては、半導体レーザ（ＬＤ）等を使用することができる。例えば、発振波長１．５５μｍの半導体レーザ等を使用することができる。なお、レーザ光源２４には、通常、出力モニタ用の光検出部が内蔵されている。内蔵された光検出部からの検出信号は、「測定光の出力信号」として駆動部２６を介して制御部４０に入力される。

【００２５】

光受光部３０は、対象物で反射された反射光を集光する集光光学系３２、集光光学系３２の焦点位置に配置されて受光視野を制限する受光視野制限部３４、集光光学系３２で集光された反射光の光量分布を変換する光量分布変換素子３６、及び反射光を検出する光検出器３８を備えている。これら各部は、反射光の入射側からこの順に配置されている。光検出器３８は、制御部４０に電気的に接続されている。

【００２６】

光検出器３８は、後述する通り複数の受光素子５０を備えており、複数の受光素子５０の各々で受光した光信号は電気信号に光電変換される。光検出器３８で光電変換された電気信号は、「反射光の検出信号」として制御部４０に入力される。本実施の形態では、反射光の検出信号は、後述する素子１～素子３の各々に対応して入力される。

【００２７】

図２に示すように、本実施の形態では、光検出器３８は複数の受光素子５０を備えている。複数の受光素子５０の各々は、光検出器３８の被照射面３８Ａ内にアレイ状に配置されている。図示した例では、６個の受光素子５０_{1}～５０_{6}が、被照射面３８Ａ内に一次元アレイ状に配列されている。受光素子５０の配列方向の中心線の左側には、受光素子５０_{3}、５０_{2}、５０_{1}が中心線からこの順に配置されている。上記中心線の右側には、受光素子５０_{4}、５０_{5}、５０_{6}が中心線からこの順に配置されている。なお、受光素子５０_{1}～５０_{6}を区別する必要がない場合には、受光素子５０と総称する。

【００２８】

受光素子５０としては、ＰＩＮ型フォトダイオード（ＰＤ）、アバランシェフォトダイオード（ＡＰＤ）等のフォトダイオードを使用することができる。例えば、レーザ光源２４として発振波長１．５５μｍの半導体レーザ等を使用する場合には、受光素子５０としては、波長１．５５μｍを含む赤外線に感度を有するフォトダイオードを使用することができる。

【００２９】

制御部４０は、Ａ／Ｄ変換器、ＲＯＭ、ＲＡＭ等の記憶部、ＣＰＵ等の中央処理装置を備えている。ＲＯＭには、測定対象物までの距離の演算等、種々の処理ルーチンを実行するためのプログラムや各種データ等が記憶されている。ＲＡＭは、ＣＰＵによって行われる各種演算等を行うワークエリア等として使用される。制御部４０には、上述した通り、測定光の出力信号、反射光の検出信号が入力される。制御部４０に入力されたこれらのアナログ信号は、Ａ／Ｄ変換器（図示せず）でデジタル信号に変換され、記憶部（図示せず）に保持される。

【００３０】

（光量分布変換）

次に、反射光の光量分布が変換される様子について説明する。まず、図２を参照して光受光部３０の動作を説明する。上述した通り、光受光部３０は、集光光学系３２、受光視野制限部３４、光量分布変換素子３６、及び光検出器３８を備えている。対象物で反射された反射光は、集光光学系３２に入射し、集光光学系３２で集光されて、受光視野制限部３４に照射される。

【００３１】

光量分布変換素子３６は、反射光の光量分布を所望の光量分布に変換する機能を備えていれば特に制限はない。例えば、透過率分布を有するフィルタ等を用いてもよいが、微弱な光信号を精度よく検出するためには、光量損失の少ないものが好ましい。光量分布変換素子３６としては、後述する通り、入射した反射光を拡散透過する拡散板、開口部を備えた反射鏡を備えた導光板、入射した反射光を回折する回折光学素子等を用いることができる。これらの詳細に構成については後述する。

【００３２】

受光視野制限部３４は、反射光を通過させる開口３４Ａを備えた遮光板で構成されている。反射光は開口３４Ａを通過し、開口３４Ａの周囲に照射された外乱光は遮光版で遮断される。受光視野を制限することにより、余分な外乱光を遮断する。図示した例では、受

光視野制限部３４は、受光素子５０の配列方向と直交する方向を長さ方向とするスリット状の開口３４Ａを有している。

【００３３】

集光光学系３２で集光され、開口３４Ａを通過した反射光は、光量分布変換素子３６に入射する。光量分布変換素子３６は、光検出器３８の被照射面３８Ａにおいて不均一な光量分布が得られるように、反射光の光量分布を変換する。被照射面３８Ａにおける光量分布は、複数の受光素子５０の各々が配置される位置に応じて予め設定されている。光検出器３８は、不均一な光量分布を有する反射光を検出する。

【００３４】

図３は光検出器３８の被照射面３８Ａにおける光量分布（光強度分布）を示す図である。光量分布は濃淡で表され、濃い部分ほど光量が大きく、淡い部分ほど光量が小さいことを示している。図示した例では、受光視野制限部３４のスリット状の開口３４Ａを通過した反射光は、光量分布変換素子３６により受光素子５０の配列方向に拡げられて、光検出器３８の被照射面３８Ａに照射される。被照射面３８Ａにおける光量は、受光素子５０の配列方向の中心線で最も大きく、中心線から外側に行くほど小さくなる。

【００３５】

ここでは、中心線から１列目の受光素子５０_{3}及び５０_{4}を「素子１」、中心線から２列目の受光素子５０_{2}及び５０_{5}を「素子２」、中心線から３列目の受光素子５０_{1}及び５０_{6}を「素子３」とする。中心から外側に行くに従って光量が１／１０ずつ低下するように、素子１～素子３の各々が配置される位置に応じて光量分布が設定されている。

【００３６】

（ダイナミックレンジの拡大）

図４は全入射光量と各素子の出力電圧（検出信号）との関係を表す模式図である。一般に、受光素子５０は、ある光量以上になると飽和して、正しい検出信号が得られなくなる。また、光量が小さ過ぎても、検出信号がノイズに埋もれてしまう。このため、正しい検出信号が得られる光量の検出可能範囲は、「ノイズレベル（下限）」から「飽和レベル（上限）」までの範囲に限定される。

【００３７】

素子１から素子３に向かって光量が低下するように光量分布を設定した場合、全入射光量に対する各素子からの検出信号は、図４に示すように、素子毎に傾きの異なる曲線を描く。即ち、最も光量が大きい位置に在る「素子１」は、最も先に飽和レベルに到達し、次に光量が大きい位置に在る「素子２」は、次に飽和レベルに到達し、最も光量が小さい位置に在る「素子３」は、最後に飽和レベルに到達する。

【００３８】

従って、全入射光量に応じて、検出可能範囲に在る素子からの検出信号を選択することで、光検出器３８全体としては、広い光量範囲に亘って検出信号を得ることができるようになる。即ち、光検出器３８が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）が拡大する。例えば、「素子１」が飽和するまでは「素子１」の検出信号を選択し、「素子１」が飽和すると「素子２」の検出信号を選択し、「素子２」が飽和すると「素子３」の検出信号を選択する。

【００３９】

なお、本実施の形態では、光量が１／１０ずつ低下するように光量分布を付与しているが、検出可能範囲に在る受光素子からの検出信号を選択することが可能であればよく、受光素子５０の検出可能範囲に応じて、光検出器３８の被照射面３８Ａにおける光量分布を設定すればよい。

【００４０】

（距離演算処理及び検出信号特定処理）

次に、上記の距離測定装置１０の動作について説明する。図５は制御部４０で実行される「距離演算処理」の処理ルーチンを示すフローチャートである。また、図６は「距離演算処理」のサブルーチンとして実行される「検出信号特定処理」の処理ルーチンを示すフ

ローチャートである。

【００４１】

「距離演算処理」の処理ルーチンは、距離測定装置１０の光投光部２０が、対象物に対し測定光を投光するタイミングで開始される。即ち、制御部４０は、対象物に対し測定光を投光するように、レーザ光源２４を駆動する駆動部２６に制御信号を入力する。駆動部２６は、制御部４０からの制御信号に基づいて、レーザ光源２４を点灯駆動する。レーザ光源２４から射出された測定光は、投光光学系２２により対象物に対して投光される。制御部４０には、測定光の出力信号が入力される。

【００４２】

ステップＳ１００で、駆動部２６から「測定光の出力信号」を取得する。次に、ステップＳ１０２で、取得された「測定光の出力信号」に基づいて、測定光が投光されたタイミングを計算し、計算された投光タイミングを記憶する。

【００４３】

次に、距離測定装置１０の光受光部３０は、対象物からの反射光を受光する。上述した通り、集光光学系３２で集光され、開口３４Ａを通過した反射光は、光量分布変換素子３６により受光素子５０の配列方向に拡げられて、光検出器３８の被照射面３８Ａに照射される。光検出器３８は、不均一な光量分布を有する反射光を検出する。光検出器３８で反射光が検出されると、制御部４０には、反射光の検出信号が入力される。

【００４４】

ステップＳ１０４で、光検出器３８から「反射光の検出信号」を取得する。制御部４０は、素子１～素子３の各々に対応する３種類の検出信号を取得する。次に、ステップＳ１０６で使用する検出信号を特定する「検出信号特定処理」を実行する。ここで、図６を参照して「検出信号特定処理」について説明する。

【００４５】

図６に示すように、まず、ステップＳ２００で、「素子１」の検出信号が飽和レベル未満か否かを判定する。飽和レベルに到達していない場合には、ステップＳ２００で肯定判定してステップ２０２に進み、ステップ２０２で「素子１」の検出信号を選択して、ルーチンを終了する。飽和レベルに到達した場合には、ステップＳ２００で否定判定してステップ２０４に進む。

【００４６】

次に、ステップＳ２０４で、「素子２」の検出信号が飽和レベル未満か否かを判定する。飽和レベルに到達していない場合には、ステップＳ２０４で肯定判定してステップ２０６に進み、ステップ２０６で「素子２」の検出信号を選択して、ルーチンを終了する。飽和レベルに到達した場合には、ステップＳ２０４で否定判定してステップ２０８に進む。

【００４７】

次に、ステップＳ２０８で、「素子３」の検出信号が飽和レベル未満か否かを判定する。飽和レベルに到達していない場合には、ステップＳ２０８で肯定判定してステップ２１０に進み、ステップ２１０で「素子３」の検出信号を選択して、ルーチンを終了する。飽和レベルに到達した場合には、ステップＳ２０８で否定判定してステップ２１２に進む。

【００４８】

ステップ２１２では、信号飽和である旨を表示する。即ち、有効な検出信号が存在しないことを通知して、ルーチンを終了する。なお、「距離演算処理」では、当該「通知」に基づいて、有効な検出信号が存在するか否かを判定する。信号が飽和している場合、正確な距離の算出は困難であるが、物体の存在は検出できる。

【００４９】

次に、図５に戻って、ステップＳ１０８で、「検出信号特定処理」を行った結果、有効な検出信号が存在するか否かを判定する。即ち、検出可能範囲に在る素子からの検出信号を選択することができたか否かを判定するのである。有効な検出信号が存在する場合には、ステップＳ１０８で肯定判定してステップＳ１１０に進み、有効な検出信号が存在しない場合には、否定判定してルーチンを終了する。ステップＳ１１０では、取得された「反

射光の検出信号」に基づいて、反射光が受光されたタイミングを計算し、計算された受光タイミングを記憶する。

【００５０】

次に、ステップ１１２で、取得された測定光の投光タイミングと反射光の受光タイミングとに基づいて、測定光が投光されてから反射光を受光するまでに要した応答時間を計算する。そして、計算された応答時間に基づいて、測定対象物までの距離を演算して、ルーチンを終了する。なお、演算により得られた測定対象物までの距離を、測定結果として表示部４２に表示してもよい。

【００５１】

なお、上記の「検出信号の特定処理」では、検出可能範囲に在る素子からの検出信号を選択する例について説明したが、各素子からの検出信号の和信号を用いてもよい。図７は「検出信号特定処理」の他の処理ルーチンを示すフローチャートである。図７に示すように、まず、ステップＳ３００で、素子１～素子３の検出信号の和（和信号）を計算する。次に、ステップ３０２で、和信号が飽和レベル未満か否かを判定する。

【００５２】

飽和レベルに到達していない場合には、ステップＳ３０２で肯定判定してステップ３０４に進み、ステップ３０４で和信号を検出信号として、ルーチンを終了する。飽和レベルに到達した場合には、ステップＳ３０２で否定判定してステップ３０６に進む。ステップ３０６では、信号飽和である旨を表示する。即ち、有効な検出信号が存在しないことを通知して、ルーチンを終了する。

【００５３】

（光量分布変換素子の構成例）

次に、光量分布変換素子３６の構成について説明する。図８（Ａ）～（Ｅ）は光量分布変換素子の種々の構成例を示す模式図である。図８（Ａ）は、光量分布変換素子として、入射した反射光を回折する回折光学素子３６Ａを用いた例である。回折光学素子３６Ａとしては、回折光の波面を任意に設計可能な、回折光学素子（Digital Optics Elements：ＤＯＥ）、ホログラフィック光学素子（Holographic Optical Element：ＨＯＥ）等を用いることができる。これらの光学素子によれば、被照射面３８Ａにおける光量分布、回折光の拡がり角度等を、任意に設計することができる。

【００５４】

なお、光量分布変換素子として回折光学素子３６Ａを用いる場合には、図８（Ａ）に示すように、受光視野制限部３４を、回折光学素子３６Ａから離間して配置してもよい。また、図８（Ｂ）に示すように、受光視野制限部３４を、回折光学素子３６Ａと接するように配置してもよい。

【００５５】

図８（Ｃ）は、光量分布変換素子として、入射した反射光を拡散透過する拡散板３６Ｂを用いた例である。受光視野制限部３４と光検出器３８との間に、拡散板３６Ｂを配置するだけでよく、最も簡易な構成で光検出器のダイナミックレンジを拡大することができる。拡散板３６Ｂとしては、フロスト型拡散板、ガラスや樹脂内に乳白色の光拡散物質を分散させた拡散板等、従来公知の拡散板を用いることができる。

【００５６】

また、等方的な拡散板では、例えば、スリットの長さ方向と同じ方向に拡散する等、所望の方向・角度で拡散ができない場合がある。従って、拡散板３６Ｂとして異方性拡散板を用いることで、拡散光の拡がりを低減することができる。なお、光量分布変換素子として拡散板３６Ｂを用いる場合には、図８（Ｃ）に示すように、受光領域外に漏出する光を低減するために、拡散板３６Ｂを光検出器３８と接するように配置することが好ましい。また、図８（Ｃ）に示すように、受光視野制限部３４を、拡散板３６Ｂと接するように配置してもよい。

【００５７】

図８（Ｄ）及び（Ｅ）は、光量分布変換素子として、開口部を有する反射鏡を備えた導

光板３６Ｃを用いた例である。図８（Ｄ）及び（Ｅ）に示すように、導光板３６Ｃは、開口部３１Ａを有し且つ光検出器３８側が反射面とされた反射鏡３１、及び開口部３１Ａを通過した反射光を透過させる光透過板３３を備えている。光透過板３３の開口部３１Ａに対向する位置には、入射した反射光を反射鏡３１の方向に反射する斜面３５が配置されている。

【００５８】

図示した例では、光透過板３３の光出射側の面をＶ字状に切り欠いて２つの斜面３５を形成することで、スリット状の開口３４Ａの長さ方向に延びる溝が形成されている。上記の導光板３６Ｃでは、受光視野制限部３４のスリット状の開口３４Ａを通過した反射光は、斜面３５により一部が反射鏡３１の方向に反射され、反射鏡３１により光検出器３８の方向に反射されることで、受光素子５０の配列方向に拡げられて（導光されて）、光検出器３８の被照射面３８Ａに照射される。

【００５９】

なお、光量分布変換素子として導光板３６Ｃを用いる場合には、図８（Ｄ）に示すように、導光板３６Ｃを光検出器３８と接するように配置することが好ましい。また、図８（Ｄ）に示すように、受光視野制限部３４を、導光板３６Ｃと接するように配置してもよい。

【００６０】

以上説明したとおり、本実施の形態によれば、光検出器の被照射面内に複数の受光素子を一次元アレイ状に配置すると共に、複数の受光素子に不均一な光量分布の反射光が照射されるように、光量分布変換素子で反射光の光量分布を変換することで、複数の受光素子の受光感度が同一であっても、広い光量範囲に亘って検出信号を得ることができるようになる。即ち、光検出器が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）が拡大する。

【００６１】

＜第２の実施の形態＞

次に、本発明の距離測定装置の他の構成ついて説明する。図９は本発明の第２の実施の形態に係る距離測定装置における光検出器の構成の一例と、当該光検出器の被照射面における光量分布を示す図である。光検出器３８として、複数の受光素子５０が二次元アレイ状に配置された光検出器を用いた以外は、第１の実施の形態に係る距離測定装置と同じ構成であるため、同じ構成部分については説明を省略する。

【００６２】

図９に示すように、本実施の形態では、複数の受光素子５０の各々は、光検出器３８の被照射面３８Ａ内に二次元アレイ状に配置されている。図示した例では、３６個の受光素子50_{11}～50_{66}が、６行６列のマトリクス状に配列されている。ここでは、ｍ行ｎ列に配列された受光素子５０を「受光素子50_{mn}」と表記する。受光素子５０の配列方向の中心線の左側には、受光素子50_{m3}、50_{m2}、50_{m1}が中心線からこの順に配置されている。上記中心線の右側には、受光素子50_{m4}、50_{m5}、50_{m6}が中心線からこの順に配置されている。なお、受光素子50_{11}～50_{66}を区別する必要がない場合には、受光素子５０と総称する。

【００６３】

上記の複数の受光素子５０が二次元アレイ状に配置された光検出器３８としては、ガイガーモードＡＰＤアレイを用いることができる。図１０は、本実施の形態で光検出器３８として使用されるガイガーモードＡＰＤアレイの構成の一例を示す平面図である。ガイガーモードＡＰＤアレイは、ガイガーモードで動作する複数のアバランシェフォトダイオード（ＡＰＤ）が、二次元マトリクス状に配列されたＡＰＤアレイである。通常、ガイガーモードＡＰＤアレイは、ＡＰＤを２次元に並列接続した構造とされ、フォトンカウンターとして使用される。

【００６４】

各ＡＰＤは、フォトンが入射すると一定のパルスを出力する。全部のＡＰＤは１個の読

み出しチャンネルに接続されており、各ＡＰＤから出力されたパルスは１つの大きなパルスとなり、このパルスの大きさによりＡＰＤアレイが検出したフォトン数を測定することができる。換言すれば、Ｎ個のＡＰＤを有するＡＰＤアレイでは、2^N階調の光を検出することができる。即ち、ＡＰＤのサイズを小さくし、ＡＰＤの個数を増やすことで、光検出器のダイナミックレンジは拡大する。一方、ＡＰＤの個数を増やすと、素子分離帯の面積が増加し、有効受光割合（フィルファクタ）が低下する。

【００６５】

本実施の形態では、複数の受光素子（ＡＰＤ）５０が、ｍ行ｎ列のマトリクス状に配列されている。以下、本実施の形態では、受光素子５０を「ＡＰＤ５０」と言い換える。また、本実施の形態では、複数のＡＰＤ５０は、複数の組５２に分けられおり、光検出器３８からの「検出信号」は、複数の組５２の各々に対応して入力される。図示した例では、３６個のＡＰＤ50_{11}～50_{66}が、６行６列のマトリクス状に配列されており、中心線から１列目のＡＰＤ50_{m3}及び50_{m4}を「組52_1」、中心線から２列目のＡＰＤ50_{m2}及び50_{m5}を「組52_2」、中心線から３列目のＡＰＤ50_{m1}及び50_{m6}を「組52_3」とする。

【００６６】

図１１はガイガーモードＡＰＤアレイを使用した場合の吸収された全光子数に対する出力フォトン数を表すグラフである。横軸が吸収された全光子数を表し、縦軸が出力フォトン数を表す。光検出器３８として、図１０に示すガイガーモードＡＰＤアレイを用い、光検出器３８の被照射面３８Ａにおいて、組52_1～組52_3の各々について、異なる光量が得られるように光量分布変換素子３６を設計した。

【００６７】

ここでは、「組52_1」を構成するＡＰＤ５０に全光量の９０％の光が照射され、「組52_2」を構成するＡＰＤ５０に全光量の９％の光が照射され、「組52_3」を構成するＡＰＤ５０に全光量の０．９％の光が照射されるように、組52_1～組52_3の各々が配置される位置に応じて光量分布が設定されている。

【００６８】

グラフ中の「Homo」は、比較のために、従来と同様に、複数のＡＰＤ５０の各々に（即ち、光検出器３８の被照射面３８Ａに）均一な光量の光を照射した場合の出力（検出信号）を表している。「Hetero 1st row」は「組52_1」を構成するＡＰＤ５０からの出力を表し、「Hetero 2nd row」は「組52_2」を構成するＡＰＤ５０からの出力を表し、「Hetero 3rd row」は「組52_3」を構成するＡＰＤ５０からの出力を表している。また、「Hetero」は、「組52_1」を構成するＡＰＤ５０からの出力（Hetero 1st row）、「組52_2」を構成するＡＰＤ５０からの出力（Hetero 2nd row）、及び「組52_3」を構成するＡＰＤ５０からの出力（Hetero 3rd row）の和（和信号）を表している。

【００６９】

光検出器３８の被照射面３８Ａに均一な光量の光を照射した場合には、吸収フォトン数が約２０あたりから傾きが緩やかになり、吸収フォトン数が１００になると略横ばいになって、光検出器３８の出力が飽和してしまう。これに対し、本実施の形態では、被照射面３８Ａで不均一な光量分布となるように、光量分布を変換した反射光を照射することで、吸収フォトン数が１０００近くになるまで傾きを保つことができる。これにより、従来と比較して、ダイナミックレンジを１０倍以上に拡大することができる。

【００７０】

例えば、組52_1～組52_3の各々に対応する「検出信号（Hetero 1st row／Hetero 2nd row／Hetero 3rd row）」の何れかを選択する場合には、吸収フォトン数が１０００近くでも組52_3の「検出信号」は飽和していないので、組52_3の検出信号を選択することで、反射光を検出することができる。また、組52_1～組52_3の各検出信号の「和信号（Hetero）」を用いる場合にも、吸収フォトン数が１０００近くでも「和信号」は飽和していないので、「和信号」により反射光を検出することができる。

【００７１】

以上説明したとおり、本実施の形態によれば、光検出器の被照射面内に複数の受光素子を二次元アレイ状に配置すると共に、複数の受光素子に不均一な光量分布の反射光が照射されるように、光量分布変換素子で反射光の光量分布を変換することで、複数の受光素子の受光感度が同一であっても、広い光量範囲に亘って検出信号を得ることができるようになる。即ち、光検出器が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）が拡大する。

【００７２】

また、光検出器としてガイガーモードＡＰＤアレイを用いた場合にも、ＡＰＤの個数を増やすことなく、即ち、有効受光割合（フィルファクタ）が低下させることなく、光検出器のダイナミックレンジを拡大することができる。

【００７３】

＜その他の変形例＞

（受光視野制限部）

なお、上記の実施の形態では、受光視野が必要以上に広くなり、屋外の太陽光等の外乱光が余分に入射してノイズが増加するのを避けるために、スリット状の開口を有する受光視野制限部（開口絞り）を備える例について説明したが、受光視野を制限する他の機構を有する場合には、受光視野制限部を省略してもよい。例えば、光投光部の投光光学系等により、対象物に投光する測定光に強度分布を付与してもよい。

【００７４】

（分割ディテクタ方式の光検出器への応用）

また、本発明は分割ディテクタ方式の光検出器にも適用することができる。図１２（Ａ）は分割ディテクタ方式の光検出器の構成の一例を示す平面図であり、図１２（Ｂ）は各ユニットをモジュール化した例を示す模式図である。図１２（Ａ）に示すように、光検出器３８が、複数のユニット38_1～38_4に分割された分割ディテクタ方式の光検出器である場合には、複数のユニット38_1～38_4の各々について、光量分布を変換するモジュールを形成してもよい。

【００７５】

例えば、図１２（Ｂ）に示すように、ユニット38_1を含むモジュールは、受光視野制限部34_1、光量分布変換素子36_1、及びユニット38_1を備えている。光量分布変換素子36_1は、ユニット38_1の被照射面での光量分布が不均一となるように、受光視野制限部34_1の開口$34A_1$を通過した反射光の光量分布を変換する。なお、複数のユニット38_1～38_4の各々の間でのクロストークを低減するために、光量分布変換素子36_1としては、被照射面における光量分布、回折光の拡がり角度等を、任意に設計することができる、ＤＯＥやＨＯＥ等の回折光学素子が好ましい。

【００７６】

（光量分布の変形例）

なお、上記の実施の形態では、被照射面における光量が、受光素子の配列方向の中心線で最も大きく、中心線から外側に行くほど小さくなる例について説明したが、不均一な光量分布の反射光を照射できればよく、光量分布は上記の例に限定されない。複数の受光素子が配置される位置に応じて、適宜変更してもよい。図１３（Ａ）及び（Ｂ）は光検出器の被照射面における光量分布の種々の変形例を示す図である。図１３（Ａ）及び（Ｂ）に示すように、光検出器３８の被照射面３８Ａにおける光量分布を、中心対象の光量分布としてもよい。例えば、図１３（Ａ）に示すように、中央部分ほど光量を大きく、周辺部分ほど光量を小さくしてもよい。また、逆に、図１３（Ｂ）に示すように、中央部分ほど光量を小さく、周辺部分ほど光量を大きくしてもよい。

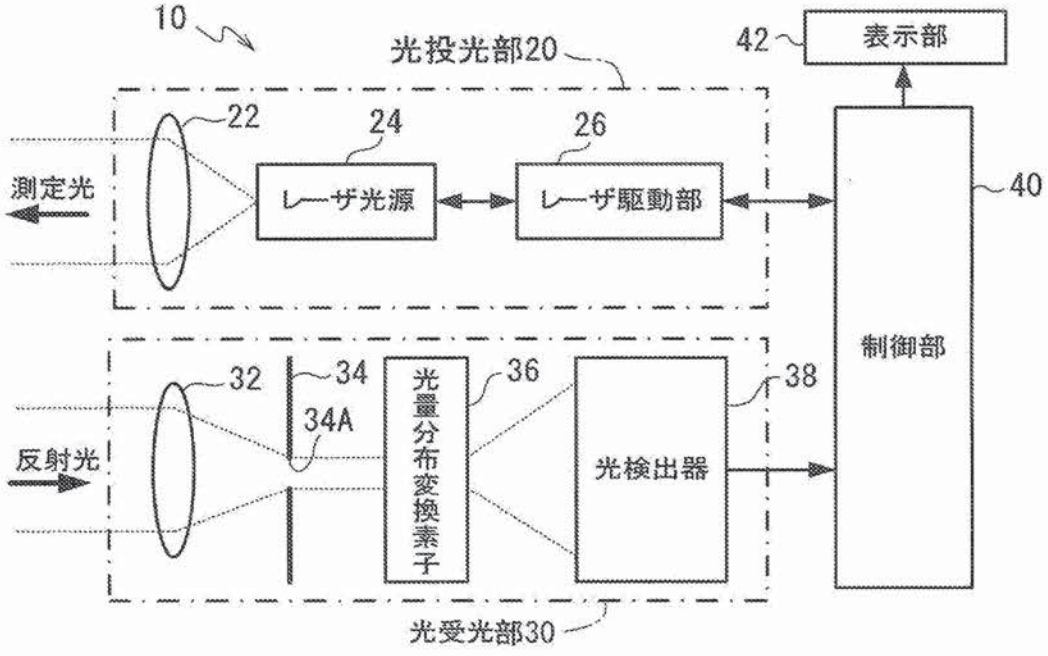
【符号の説明】

【００７７】

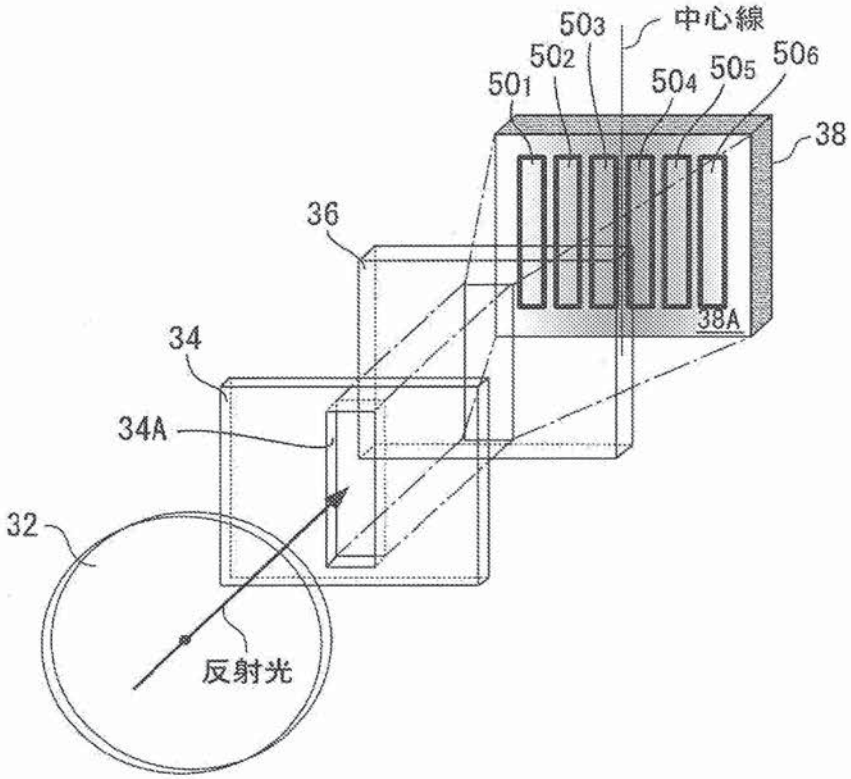
１０　距離測定装置
２０　光投光部
２２　投光光学系

２４　レーザ光源
２６　駆動部
３０　光受光部
３１Ａ　開口部
３１　反射鏡
３２　集光光学系
３３　光透過板
３４Ａ　開口
３４　受光視野制限部
３５　斜面
３６　光量分布変換素子
３６Ａ　回折光学素子
３６Ｂ　拡散板
３６Ｃ　導光板
３８　光検出器
３８Ａ　被照射面
４０　制御部
４２　表示部
５０　受光素子
５２　組

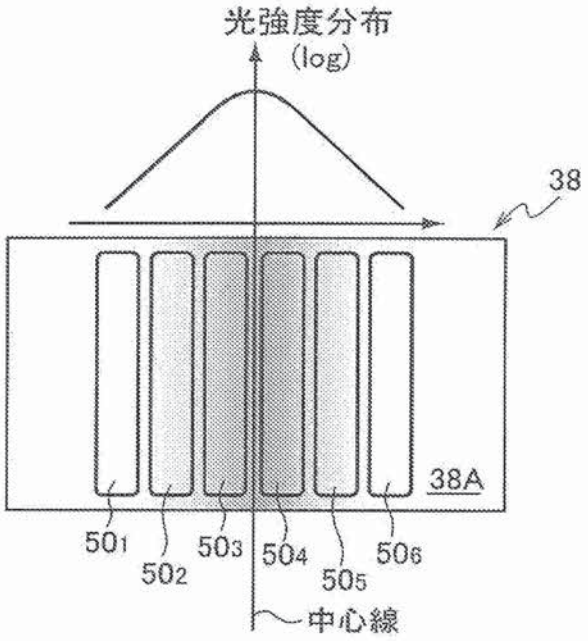
【図１】



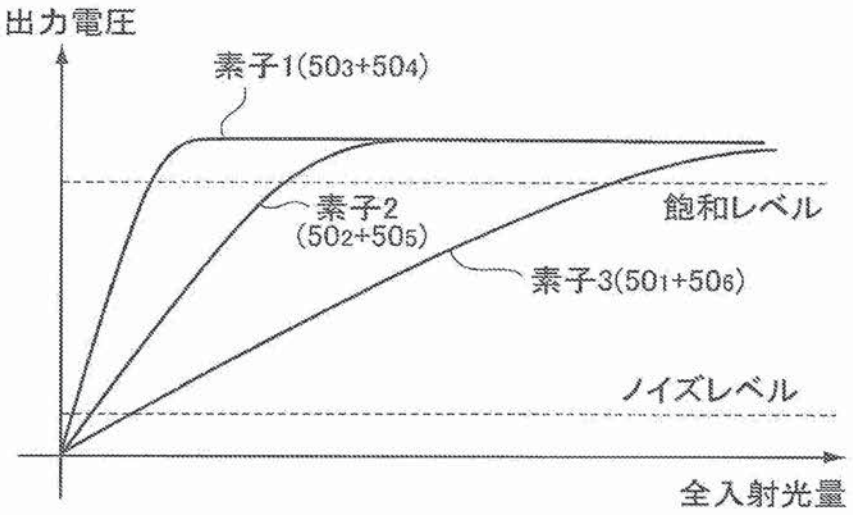
【図２】


503
中心線
502
501
504
505
506
38
36
38A
34
34A
32
反射光

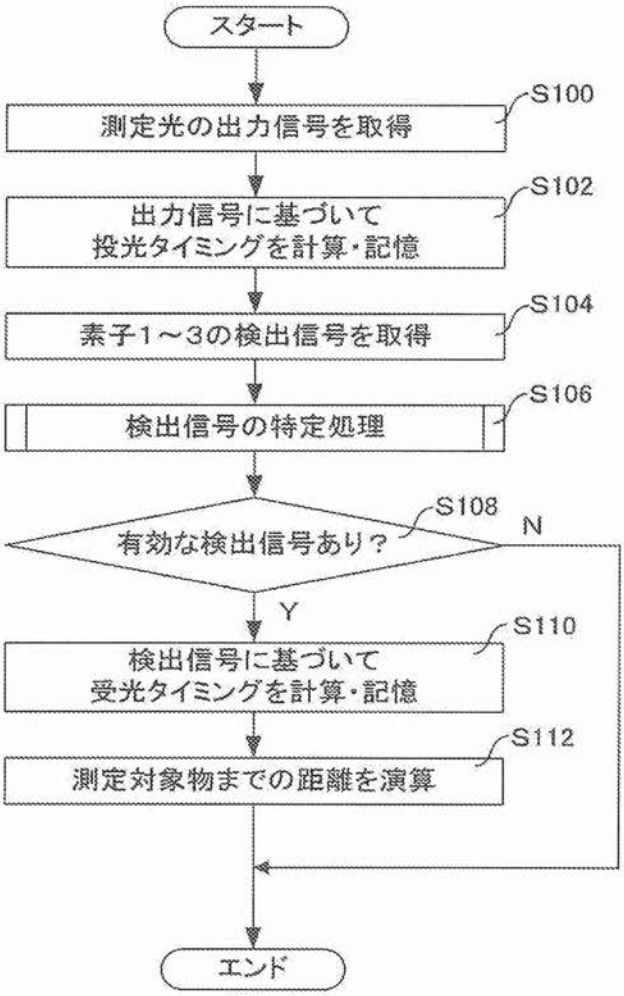
【図３】


光強度分布
(log)
38
38A
501
502
503
504
505
506
中心線

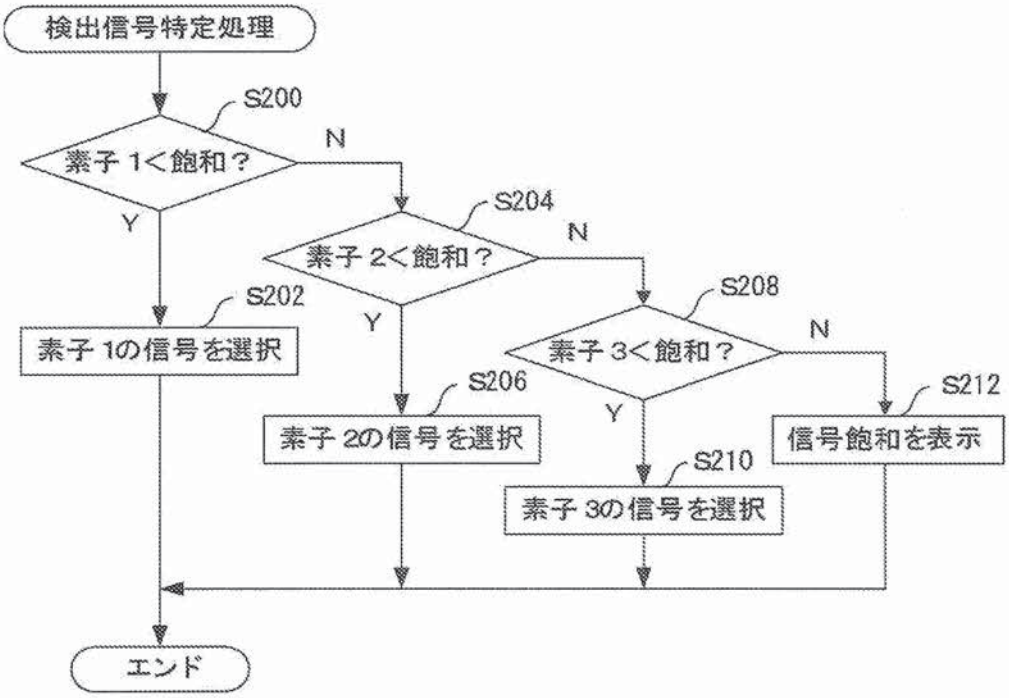
【図４】



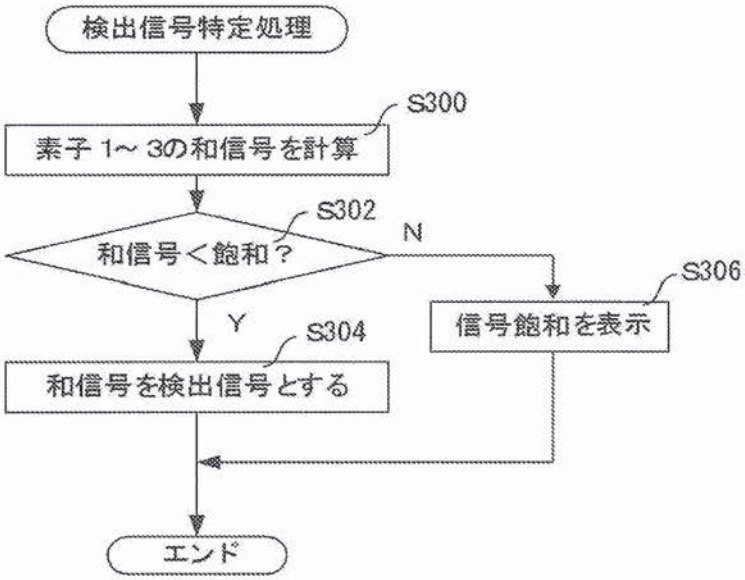
【図５】


スタート
S100
測定光の出力信号を取得
S102
出力信号に基づいて
投光タイミングを計算・記憶
S104
素子1～3の検出信号を取得
S106
検出信号の特定処理
S108
有効な検出信号あり？
N
Y
S110
検出信号に基づいて
受光タイミングを計算・記憶
S112
測定対象物までの距離を演算
エンド

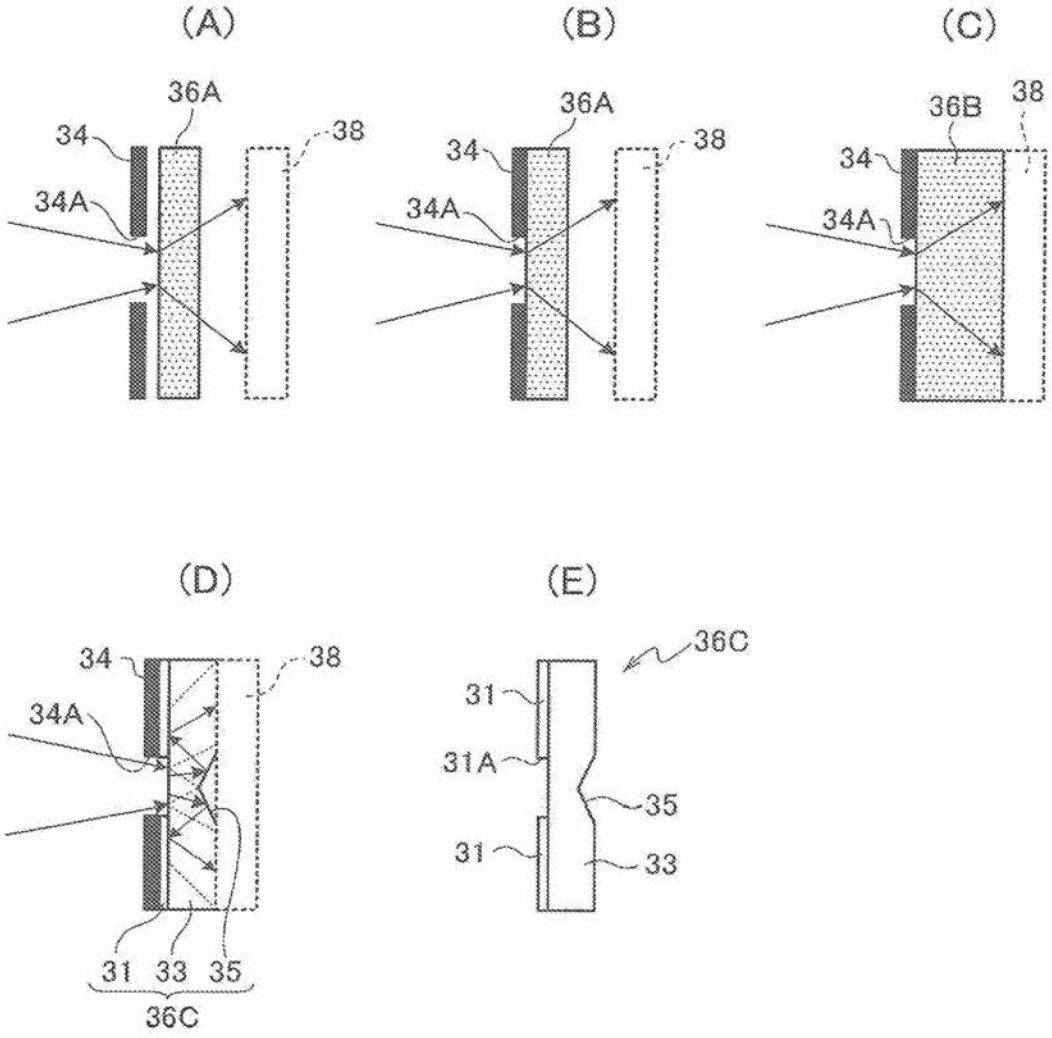
【図６】


検出信号特定処理
S200
素子 1<飽和？
N
Y
S204
素子 2<飽和？
N
Y
S208
素子 3<飽和？
N
Y
S202
素子 1の信号を選択
S206
素子 2の信号を選択
S210
素子 3の信号を選択
S212
信号飽和を表示
エンド

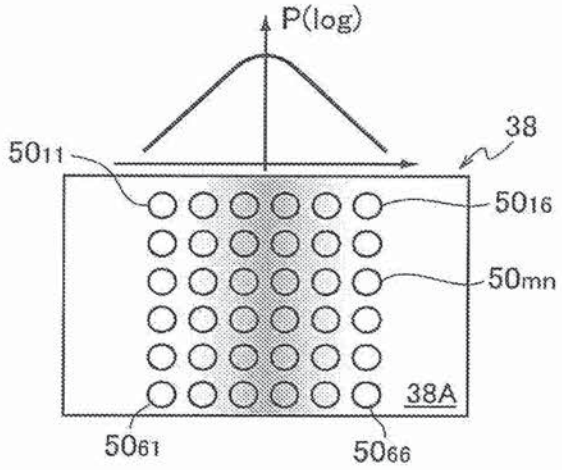
【図７】


検出信号特定処理
S300
素子 1～ 3の和信号を計算
S302
和信号＜飽和？
N
Y
S304
和信号を検出信号とする
S306
信号飽和を表示
エンド

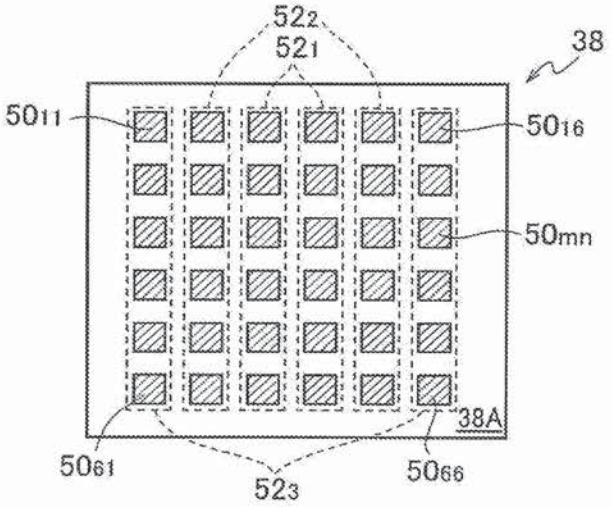
【図８】


(A)
36A
34
34A
38
(B)
36A
34
34A
38
(C)
36B
38
34
34A
(D)
34
34A
38
31
33
35
36C
(E)
36C
31
31A
35
31
33

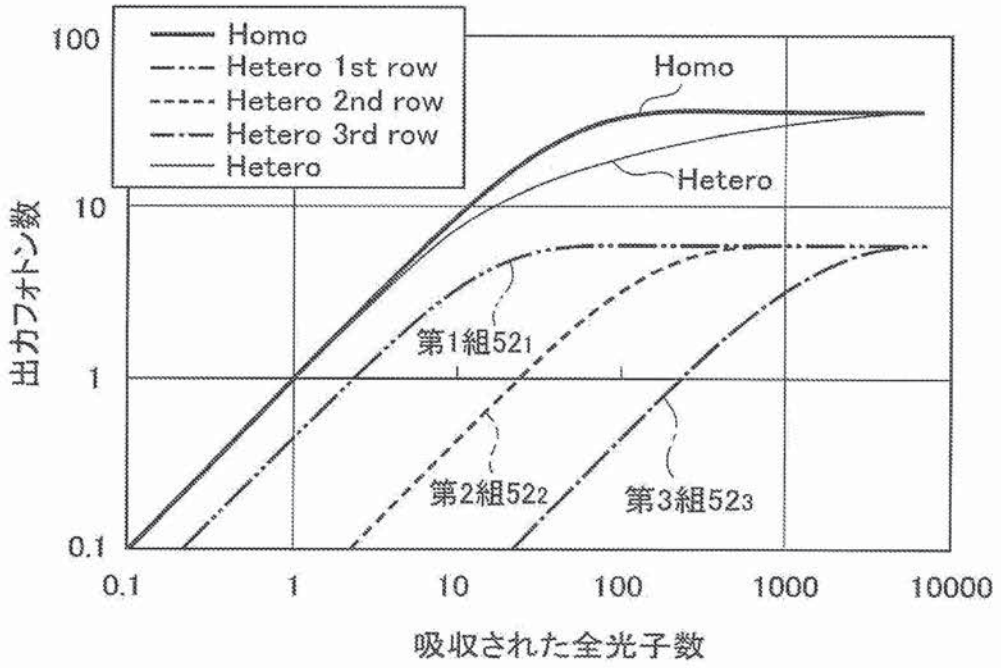
【図９】


P(log)
38
50_{11}
50_{16}
50_{mn}
38A
50_{61}
50_{66}

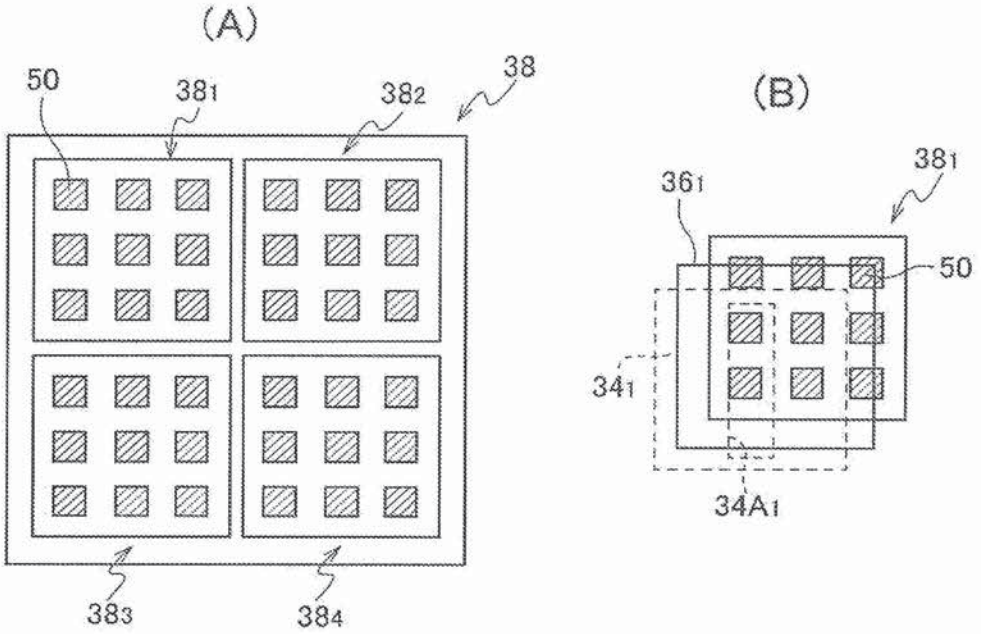
【図１０】


52_2
52_1
38
50_{11}
50_{16}
50_{mn}
38A
50_{61}
50_{66}
52_3

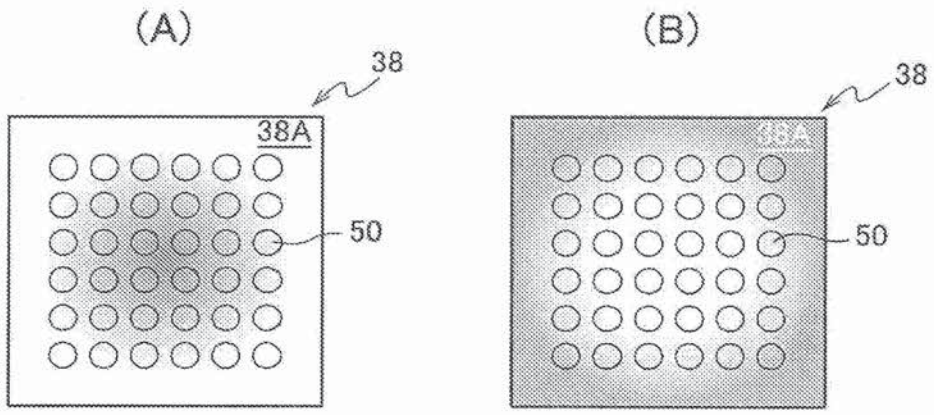
【図１１】


Homo
Hetero 1st row
Hetero 2nd row
Hetero 3rd row
Hetero
100
10
1
0.1
出力フォトン数
Homo
Hetero
第1組52₁
第2組52₂
第3組52₃
0.1
1
10
100
1000
10000
吸収された全光子数

【図１２】


(A)
50
38₁
38₂
38
38₃
38₄
(B)
36₁
38₁
50
34₁
34A₁

【図１３】



フロントページの続き

(72)発明者　曽我　峰樹
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道４１番地の１　株式会社豊田中央研究所内

Ｆターム(参考) 2F112 AD01 BA01 BA03 BA06 CA12 DA04 DA13 DA19 DA25 DA28
DA32 DA40 EA05 FA07 FA19 FA50
5J084 AA05 AD01 BA04 BA36 BA39 BA40 BB01 BB20 BB21 BB37
BB40 CA03 CA23 CA45 CA49 CA70 DA01 DA07 DA08 DA09
EA06 EA07

(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2012-202776
(P2012-202776A)
(43)公開日　平成24年10月22日(2012.10.22)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01S 17/10	(2006.01)	G01S 17/10		2F112
G01C 3/06	(2006.01)	G01C 3/06	120Q	5J084

審査請求 未請求　請求項の数 9　OL　（全 22 頁）

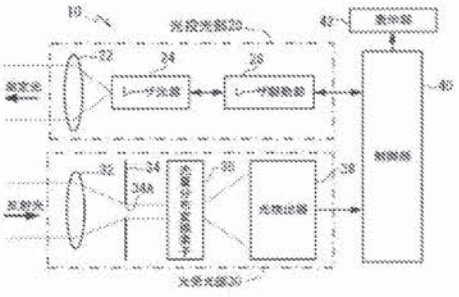
(21)出願番号　特願2011-66673 (P2011-66673)
(22)出願日　平成23年3月24日 (2011.3.24)

(71)出願人　000003609
株式会社豊田中央研究所
愛知県長久手市横道41番地の1
(74)代理人　100079049
弁理士　中島　淳
(74)代理人　100084995
弁理士　加藤　和詳
(72)発明者　松原　弘幸
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1　株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者　伊藤　晃太
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1　株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】距離測定装置

(57)【要約】
【課題】光検出器のダイナミックレンジを簡易な構成で拡大することができ、測定対象物までの距離に拘らず、測定対象物までの距離を精度よく測定することができる距離測定装置を提供する。
【解決手段】距離測定装置は、測定対象物に対し測定光を投光する光投光部と、測定対象物で反射された反射光を集光する集光光学系と、一定の受光感度を有する複数の受光素子が被照射面内に配置された光検出器と、集光光学系と光検出器との間に配置された光量分布変換素子と、複数の受光素子から検出信号を取得し、取得された複数の検出信号に基づいて測定対象物までの距離を演算する制御部と、を備える。光量分布変換素子は、被照射面において、複数の受光素子の各々が配置される位置に応じて、予め定めた光量分布が得られるように、集光光学系で集光された反射光の光量分布を変換する。
【選択図】図1



【特許請求の範囲】
【請求項１】
測定対象物に対し測定光を投光する光投光部と、
前記測定対象物で反射された反射光を集光する集光光学系と、
一定の受光感度を有する複数の受光素子が被照射面内に配置された光検出器と、
前記集光光学系と前記光検出器との間に配置され、前記被照射面において前記複数の受光素子の各々が配置される位置に応じて予め定めた光量分布が得られるように、前記集光光学系で集光された反射光の光量分布を変換する光量分布変換素子と、
前記複数の受光素子から検出信号を取得し、取得された複数の検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する制御部と、
を備えた距離測定装置。
【請求項２】
前記制御部は、取得された複数の検出信号から飽和レベルに到達していない検出信号を選択して、選択された検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、又は取得された複数の検出信号の和信号を求め、得られた和信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、請求項１に記載の距離測定装置。
【請求項３】
前記光検出器は、前記複数の受光素子が複数の組に分けて配置されており、
前記光量分布変換素子は、前記複数の組間で受光光量が変化するように反射光の光量分布を変換し、
前記制御部は、前記複数の組毎に検出信号を取得し、取得された複数の検出信号から飽和レベルに到達していない検出信号を選択して、選択された検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、又は取得された複数の検出信号の和信号を求め、得られた和信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、請求項１又は請求項２に記載の距離測定装置。
【請求項４】
前記光検出器は、ガイガーモードで動作する複数のアバランシェフォトダイオードを有するガイガーモードＡＰＤアレイである、請求項１から３までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項５】
前記集光光学系と前記光量分布変換素子との間に配置され、前記反射光を通過させる開口と当該開口の周囲に照射される光を遮断する遮光板とを有し、受光視野を制限する受光視野制限部を、更に備えた、請求項１から４までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項６】
前記光量分布変換素子は、前記集光光学系で集光された反射光を前記光検出器に向けて拡散させる機能を備える、請求項１から５までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項７】
前記光量分布変換素子は、入射した反射光を拡散透過する拡散板である、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項８】
前記光量分布変換素子は、開口部を備え前記光検出器側が反射面とされた反射鏡、及び前記開口部を通過した反射光を透過させる光透過板を備え、前記光透過板の前記開口部に対向する位置に入射した反射光を、前記反射鏡の方向に反射する斜面が配置された、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【請求項９】
前記光量分布変換素子は、入射した反射光を回折する回折光学素子である、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、距離測定装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、測定対象物に対し光パルスを照射し、光パルスが射出されてから反射光パルスを受光するまでに要した応答時間を計測して、測定対象物までの距離を測定する距離測定装置が用いられている。距離測定装置では、測定対象物までの距離が長くなると、外乱等の要因により反射光パルスによる信号強度が小さくなり、測定精度が低下する。一方、微弱信号を検出できるように光検出器を調整すると、近距離に在る測定対象物からの反射光パルス等、高強度の反射光より光検出器が飽和して測定不能となる。
【０００３】
特に、車両用の距離測定装置には、数十ｃｍから１００ｍ以上先までの広い範囲で、測定対象物までの距離を精度よく測定できる性能が要求される。反射光の強度は、距離の二乗に反比例して変化する。例えば、測定対象物までの距離が１ｍから１００ｍ以上先まで変化すると、反射光の強度は４桁以上変化することになる。通常、光検出器のダイナミックレンジは２桁から３桁程度である。反射光の強度が４桁以上変化すると、光検出器のダイナミックレンジが不足する。
【０００４】
この問題を解決するために、光検出器のダイナミックレンジを拡大する手法が種々検討されている。例えば、測距対象物からの反射光を複数の受信光に分離し、分離された受信光を各々異なった光減衰量で減衰し、レベルが所定の弁別閾値以上でかつ最小の信号を選択し、選択された信号と測距対象物への送信光とに基づきパルスレーザ光の往復時間を計時するパルスレーザ測距装置が提案されている（特許文献１）。
【０００５】
また、低輝度な入射光が受光光学系に入射した場合には、高感度な第１の受光素子（アバランシェフォトダイオード：ＡＰＤ）の出力を用い、高輝度な入射光が受光光学系に入射した場合には、低感度な第２の受光素子（ＰＩＮ型フォトダイオード：ＰＤ）の出力を用いるレーダ装置が提案されている（特許文献２、特許文献３）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】特公平７－６９４２２号公報
【特許文献２】特開２００８－２０２０３号公報
【特許文献３】特開２００８－２０２０４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
しかしながら、特許文献１に記載の装置では、測距対象物からの反射光を複数の受信光に分離する光学系、複数の光減衰器、及び複数の光検出器（受光素子）が必要となり、装置全体が大型化するという問題がある。また、光検出器毎に光減衰器を設けたのでは、総受光量が減少してしまい、シグナルノイズ比（Ｓ／Ｎ）が低下するという問題がある。
【０００８】
また、特許文献２、３に記載の装置では、第１の受光素子（ＡＰＤ）と第２の受光素子（ＰＤ）という動作原理の異なる２種類の受光素子が必要となり、駆動回路の構成が複雑化するという問題がある。また、受光光学系に入射する反射光の強度は、測定対象物からの距離に応じて変化するものであり、受光感度が大幅に異なるＡＰＤとＰＤとでは、測定不能となる強度範囲が生じる可能性がある。
【０００９】
本発明は、上記問題を解決すべく成されたものであり、本発明の目的は、光検出器が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）を簡易な構成で拡大することができ、測定対象物までの距離に拘らず、測定対象物までの距離を精度よく測定することができる

距離測定装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１０】
上記目的を達成するために請求項１に記載の発明は、測定対象物に対し測定光を投光する光投光部と、前記測定対象物で反射された反射光を集光する集光光学系と、一定の受光感度を有する複数の受光素子が被照射面内に配置された光検出器と、前記集光光学系と前記光検出器との間に配置され、前記被照射面において前記複数の受光素子の各々が配置される位置に応じて予め定めた光量分布が得られるように、前記集光光学系で集光された反射光の光量分布を変換する光量分布変換素子と、前記複数の受光素子から検出信号を取得し、取得された複数の検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する制御部と、を備えた距離測定装置である。
【００１１】
請求項２に記載の発明は、前記制御部が、取得された複数の検出信号から飽和レベルに到達していない検出信号を選択して、選択された検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、又は取得された複数の検出信号の和信号を求め、得られた和信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、請求項１に記載の距離測定装置である。
【００１２】
請求項３に記載の発明は、前記光検出器が、前記複数の受光素子が複数の組に分けて配置されており、前記光量分布変換素子が、前記複数の組間で受光光量が変化するように反射光の光量分布を変換し、前記制御部が、前記複数の組毎に検出信号を取得し、取得された複数の検出信号から飽和レベルに到達していない検出信号を選択して、選択された検出信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、又は取得された複数の検出信号の和信号を求め、得られた和信号に基づいて前記測定対象物までの距離を演算する、請求項１又は請求項２に記載の距離測定装置である。
【００１３】
請求項４に記載の発明は、前記光検出器が、ガイガーモードで動作する複数のアバランシェフォトダイオードを有するガイガーモードＡＰＤアレイである、請求項１から３までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１４】
請求項５に記載の発明は、前記集光光学系と前記光量分布変換素子との間に配置され、前記反射光を通過させる開口と当該開口の周囲に照射される光を遮断する遮光板とを有し、受光視野を制限する受光視野制限部を、更に備えた、請求項１から４までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１５】
請求項６に記載の発明は、前記光量分布変換素子が、前記集光光学系で集光された反射光を前記光検出器に向けて拡散させる機能を備える、請求項１から５までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１６】
請求項７に記載の発明は、前記光量分布変換素子が、入射した反射光を拡散透過する拡散板である、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１７】
請求項８に記載の発明は、前記光量分布変換素子が、開口部を備え前記光検出器側が反射面とされた反射鏡、及び前記開口部を通過した反射光を透過させる光透過板を備え、前記光透過板の前記開口部に対向する位置に入射した反射光を、前記反射鏡の方向に反射する斜面が配置された、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【００１８】
請求項９に記載の発明は、前記光量分布変換素子は、入射した反射光を回折する回折光学素子である、請求項１から６までの何れか１項に記載の距離測定装置である。
【発明の効果】
【００１９】

本発明の距離測定装置によれば、光検出器が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）を簡易な構成で拡大することができ、測定対象物までの距離に拘らず、測定対象物までの距離を精度よく測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２０】

【図１】本発明の第１の実施の形態に係る距離測定装置の構成の一例を示す概略図である。

【図２】距離測定装置の光受光部の構成の一例を示す分解斜視図である。

【図３】光検出器の被照射面における光量分布を示す図である。

【図４】全入射光量と各素子の出力信号との関係を表す模式図である。

【図５】「距離演算処理」の処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図６】「検出信号特定処理」の処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図７】「検出信号特定処理」の他の処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図８】（Ａ）～（Ｅ）は光量分布変換素子の種々の構成例を示す模式図である。

【図９】本発明の第２の実施の形態に係る距離測定装置における光検出器の構成の一例と、当該光検出器の被照射面における光量分布を示す図である。

【図１０】光検出器として使用されるガイガーモードＡＰＤアレイの構成の一例を示す平面図である。

【図１１】ガイガーモードＡＰＤアレイを使用した場合の吸収された全光子数に対する出力フォトン数を表すグラフである。

【図１２】（Ａ）は分割ディテクタ方式の光検出器の構成の一例を示す平面図であり、（Ｂ）は各ユニットをモジュール化した例を示す模式図である。

【図１３】（Ａ）及び（Ｂ）は光検出器の被照射面における光量分布の種々の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２１】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例を詳細に説明する。

【００２２】

＜第１の実施の形態＞

（距離測定装置の概略構成）

まず、距離測定装置の構成の一例について説明する。ここでは、距離測定装置を、レーザ光の直進性を利用して、広い範囲で対象物までの距離を測定できるレーザレーダ装置として構成した例について説明する。図１は本発明の第１の実施の形態に係る距離測定装置の構成の一例を示す概略図である。図２は距離測定装置の光受光部の構成の一例を示す分解斜視図である。

【００２３】

図１に示すように、距離測定装置１０は、測定対象物（以下、「対象物」という。）に対し測定光を投光する光投光部２０、測定対象物で反射された反射光を受光する光受光部３０、及び各種演算等を行うと共に装置各部を制御する制御部４０を備えている。また、制御部４０には、測定結果等を表示する表示部４２が接続されていてもよい。光投光部２０は、測定光を射出するレーザ光源２４、レーザ光源２４を駆動する駆動部２６、及び測定光を対象物に投光する投光光学系２２を備えている。

【００２４】

駆動部２６は、制御部４０に電気的に接続されている。駆動部２６は、制御部４０からの制御信号に基づいて、レーザ光源２４を点灯駆動する。レーザ光源２４としては、半導体レーザ（ＬＤ）等を使用することができる。例えば、発振波長１．５５μｍの半導体レーザ等を使用することができる。なお、レーザ光源２４には、通常、出力モニタ用の光検出部が内蔵されている。内蔵された光検出部からの検出信号は、「測定光の出力信号」として駆動部２６を介して制御部４０に入力される。

【００２５】

光受光部３０は、対象物で反射された反射光を集光する集光光学系３２、集光光学系３２の焦点位置に配置されて受光視野を制限する受光視野制限部３４、集光光学系３２で集光された反射光の光量分布を変換する光量分布変換素子３６、及び反射光を検出する光検出器３８を備えている。これら各部は、反射光の入射側からこの順に配置されている。光検出器３８は、制御部４０に電気的に接続されている。

【００２６】

光検出器３８は、後述する通り複数の受光素子５０を備えており、複数の受光素子５０の各々で受光した光信号は電気信号に光電変換される。光検出器３８で光電変換された電気信号は、「反射光の検出信号」として制御部４０に入力される。本実施の形態では、反射光の検出信号は、後述する素子１～素子３の各々に対応して入力される。

【００２７】

図２に示すように、本実施の形態では、光検出器３８は複数の受光素子５０を備えている。複数の受光素子５０の各々は、光検出器３８の被照射面３８Ａ内にアレイ状に配置されている。図示した例では、６個の受光素子５０_{1}～５０_{6}が、被照射面３８Ａ内に一次元アレイ状に配列されている。受光素子５０の配列方向の中心線の左側には、受光素子５０_{3}、５０_{2}、５０_{1}が中心線からこの順に配置されている。上記中心線の右側には、受光素子５０_{4}、５０_{5}、５０_{6}が中心線からこの順に配置されている。なお、受光素子５０_{1}～５０_{6}を区別する必要がない場合には、受光素子５０と総称する。

【００２８】

受光素子５０としては、ＰＩＮ型フォトダイオード（ＰＤ）、アバランシェフォトダイオード（ＡＰＤ）等のフォトダイオードを使用することができる。例えば、レーザ光源２４として発振波長１．５５μｍの半導体レーザ等を使用する場合には、受光素子５０としては、波長１．５５μｍを含む赤外線に感度を有するフォトダイオードを使用することができる。

【００２９】

制御部４０は、Ａ／Ｄ変換器、ＲＯＭ、ＲＡＭ等の記憶部、ＣＰＵ等の中央処理装置を備えている。ＲＯＭには、測定対象物までの距離の演算等、種々の処理ルーチンを実行するためのプログラムや各種データ等が記憶されている。ＲＡＭは、ＣＰＵによって行われる各種演算等を行うワークエリア等として使用される。制御部４０には、上述した通り、測定光の出力信号、反射光の検出信号が入力される。制御部４０に入力されたこれらのアナログ信号は、Ａ／Ｄ変換器（図示せず）でデジタル信号に変換され、記憶部（図示せず）に保持される。

【００３０】

（光量分布変換）

次に、反射光の光量分布が変換される様子について説明する。まず、図２を参照して光受光部３０の動作を説明する。上述した通り、光受光部３０は、集光光学系３２、受光視野制限部３４、光量分布変換素子３６、及び光検出器３８を備えている。対象物で反射された反射光は、集光光学系３２に入射し、集光光学系３２で集光されて、受光視野制限部３４に照射される。

【００３１】

光量分布変換素子３６は、反射光の光量分布を所望の光量分布に変換する機能を備えていれば特に制限はない。例えば、透過率分布を有するフィルタ等を用いてもよいが、微弱な光信号を精度よく検出するためには、光量損失の少ないものが好ましい。光量分布変換素子３６としては、後述する通り、入射した反射光を拡散透過する拡散板、開口部を備えた反射鏡を備えた導光板、入射した反射光を回折する回折光学素子等を用いることができる。これらの詳細に構成については後述する。

【００３２】

受光視野制限部３４は、反射光を通過させる開口３４Ａを備えた遮光板で構成されている。反射光は開口３４Ａを通過し、開口３４Ａの周囲に照射された外乱光は遮光版で遮断される。受光視野を制限することにより、余分な外乱光を遮断する。図示した例では、受

光視野制限部３４は、受光素子５０の配列方向と直交する方向を長さ方向とするスリット状の開口３４Ａを有している。

【００３３】

集光光学系３２で集光され、開口３４Ａを通過した反射光は、光量分布変換素子３６に入射する。光量分布変換素子３６は、光検出器３８の被照射面３８Ａにおいて不均一な光量分布が得られるように、反射光の光量分布を変換する。被照射面３８Ａにおける光量分布は、複数の受光素子５０の各々が配置される位置に応じて予め設定されている。光検出器３８は、不均一な光量分布を有する反射光を検出する。

【００３４】

図３は光検出器３８の被照射面３８Ａにおける光量分布（光強度分布）を示す図である。光量分布は濃淡で表され、濃い部分ほど光量が大きく、淡い部分ほど光量が小さいことを示している。図示した例では、受光視野制限部３４のスリット状の開口３４Ａを通過した反射光は、光量分布変換素子３６により受光素子５０の配列方向に拡げられて、光検出器３８の被照射面３８Ａに照射される。被照射面３８Ａにおける光量は、受光素子５０の配列方向の中心線で最も大きく、中心線から外側に行くほど小さくなる。

【００３５】

ここでは、中心線から１列目の受光素子５０_{3}及び５０_{4}を「素子１」、中心線から２列目の受光素子５０_{2}及び５０_{5}を「素子２」、中心線から３列目の受光素子５０_{1}及び５０_{6}を「素子３」とする。中心から外側に行くに従って光量が１／１０ずつ低下するように、素子１～素子３の各々が配置される位置に応じて光量分布が設定されている。

【００３６】

（ダイナミックレンジの拡大）

図４は全入射光量と各素子の出力電圧（検出信号）との関係を表す模式図である。一般に、受光素子５０は、ある光量以上になると飽和して、正しい検出信号が得られなくなる。また、光量が小さ過ぎても、検出信号がノイズに埋もれてしまう。このため、正しい検出信号が得られる光量の検出可能範囲は、「ノイズレベル（下限）」から「飽和レベル（上限）」までの範囲に限定される。

【００３７】

素子１から素子３に向かって光量が低下するように光量分布を設定した場合、全入射光量に対する各素子からの検出信号は、図４に示すように、素子毎に傾きの異なる曲線を描く。即ち、最も光量が大きい位置に在る「素子１」は、最も先に飽和レベルに到達し、次に光量が大きい位置に在る「素子２」は、次に飽和レベルに到達し、最も光量が小さい位置に在る「素子３」は、最後に飽和レベルに到達する。

【００３８】

従って、全入射光量に応じて、検出可能範囲に在る素子からの検出信号を選択することで、光検出器３８全体としては、広い光量範囲に亘って検出信号を得ることができるようになる。即ち、光検出器３８が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）が拡大する。例えば、「素子１」が飽和するまでは「素子１」の検出信号を選択し、「素子１」が飽和すると「素子２」の検出信号を選択し、「素子２」が飽和すると「素子３」の検出信号を選択する。

【００３９】

なお、本実施の形態では、光量が１／１０ずつ低下するように光量分布を付与しているが、検出可能範囲に在る受光素子からの検出信号を選択することが可能であればよく、受光素子５０の検出可能範囲に応じて、光検出器３８の被照射面３８Ａにおける光量分布を設定すればよい。

【００４０】

（距離演算処理及び検出信号特定処理）

次に、上記の距離測定装置１０の動作について説明する。図５は制御部４０で実行される「距離演算処理」の処理ルーチンを示すフローチャートである。また、図６は「距離演算処理」のサブルーチンとして実行される「検出信号特定処理」の処理ルーチンを示すフ

ローチャートである。

【００４１】

「距離演算処理」の処理ルーチンは、距離測定装置１０の光投光部２０が、対象物に対し測定光を投光するタイミングで開始される。即ち、制御部４０は、対象物に対し測定光を投光するように、レーザ光源２４を駆動する駆動部２６に制御信号を入力する。駆動部２６は、制御部４０からの制御信号に基づいて、レーザ光源２４を点灯駆動する。レーザ光源２４から射出された測定光は、投光光学系２２により対象物に対して投光される。制御部４０には、測定光の出力信号が入力される。

【００４２】

ステップＳ１００で、駆動部２６から「測定光の出力信号」を取得する。次に、ステップＳ１０２で、取得された「測定光の出力信号」に基づいて、測定光が投光されたタイミングを計算し、計算された投光タイミングを記憶する。

【００４３】

次に、距離測定装置１０の光受光部３０は、対象物からの反射光を受光する。上述した通り、集光光学系３２で集光され、開口３４Ａを通過した反射光は、光量分布変換素子３６により受光素子５０の配列方向に拡げられて、光検出器３８の被照射面３８Ａに照射される。光検出器３８は、不均一な光量分布を有する反射光を検出する。光検出器３８で反射光が検出されると、制御部４０には、反射光の検出信号が入力される。

【００４４】

ステップＳ１０４で、光検出器３８から「反射光の検出信号」を取得する。制御部４０は、素子１～素子３の各々に対応する３種類の検出信号を取得する。次に、ステップＳ１０６で使用する検出信号を特定する「検出信号特定処理」を実行する。ここで、図６を参照して「検出信号特定処理」について説明する。

【００４５】

図６に示すように、まず、ステップＳ２００で、「素子１」の検出信号が飽和レベル未満か否かを判定する。飽和レベルに到達していない場合には、ステップＳ２００で肯定判定してステップ２０２に進み、ステップ２０２で「素子１」の検出信号を選択して、ルーチンを終了する。飽和レベルに到達した場合には、ステップＳ２００で否定判定してステップ２０４に進む。

【００４６】

次に、ステップＳ２０４で、「素子２」の検出信号が飽和レベル未満か否かを判定する。飽和レベルに到達していない場合には、ステップＳ２０４で肯定判定してステップ２０６に進み、ステップ２０６で「素子２」の検出信号を選択して、ルーチンを終了する。飽和レベルに到達した場合には、ステップＳ２０４で否定判定してステップ２０８に進む。

【００４７】

次に、ステップＳ２０８で、「素子３」の検出信号が飽和レベル未満か否かを判定する。飽和レベルに到達していない場合には、ステップＳ２０８で肯定判定してステップ２１０に進み、ステップ２１０で「素子３」の検出信号を選択して、ルーチンを終了する。飽和レベルに到達した場合には、ステップＳ２０８で否定判定してステップ２１２に進む。

【００４８】

ステップ２１２では、信号飽和である旨を表示する。即ち、有効な検出信号が存在しないことを通知して、ルーチンを終了する。なお、「距離演算処理」では、当該「通知」に基づいて、有効な検出信号が存在するか否かを判定する。信号が飽和している場合、正確な距離の算出は困難であるが、物体の存在は検出できる。

【００４９】

次に、図５に戻って、ステップＳ１０８で、「検出信号特定処理」を行った結果、有効な検出信号が存在するか否かを判定する。即ち、検出可能範囲に在る素子からの検出信号を選択することができたか否かを判定するのである。有効な検出信号が存在する場合には、ステップＳ１０８で肯定判定してステップＳ１１０に進み、有効な検出信号が存在しない場合には、否定判定してルーチンを終了する。ステップＳ１１０では、取得された「反

射光の検出信号」に基づいて、反射光が受光されたタイミングを計算し、計算された受光タイミングを記憶する。

【００５０】

次に、ステップ１１２で、取得された測定光の投光タイミングと反射光の受光タイミングとに基づいて、測定光が投光されてから反射光を受光するまでに要した応答時間を計算する。そして、計算された応答時間に基づいて、測定対象物までの距離を演算して、ルーチンを終了する。なお、演算により得られた測定対象物までの距離を、測定結果として表示部４２に表示してもよい。

【００５１】

なお、上記の「検出信号の特定処理」では、検出可能範囲に在る素子からの検出信号を選択する例について説明したが、各素子からの検出信号の和信号を用いてもよい。図７は「検出信号特定処理」の他の処理ルーチンを示すフローチャートである。図７に示すように、まず、ステップＳ３００で、素子１～素子３の検出信号の和（和信号）を計算する。次に、ステップ３０２で、和信号が飽和レベル未満か否かを判定する。

【００５２】

飽和レベルに到達していない場合には、ステップＳ３０２で肯定判定してステップ３０４に進み、ステップ３０４で和信号を検出信号として、ルーチンを終了する。飽和レベルに到達した場合には、ステップＳ３０２で否定判定してステップ３０６に進む。ステップ３０６では、信号飽和である旨を表示する。即ち、有効な検出信号が存在しないことを通知して、ルーチンを終了する。

【００５３】

（光量分布変換素子の構成例）

次に、光量分布変換素子３６の構成について説明する。図８（Ａ）～（Ｅ）は光量分布変換素子の種々の構成例を示す模式図である。図８（Ａ）は、光量分布変換素子として、入射した反射光を回折する回折光学素子３６Ａを用いた例である。回折光学素子３６Ａとしては、回折光の波面を任意に設計可能な、回折光学素子（Digital Optics Elements：ＤＯＥ）、ホログラフィック光学素子（Holographic Optical Element：ＨＯＥ）等を用いることができる。これらの光学素子によれば、被照射面３８Ａにおける光量分布、回折光の拡がり角度等を、任意に設計することができる。

【００５４】

なお、光量分布変換素子として回折光学素子３６Ａを用いる場合には、図８（Ａ）に示すように、受光視野制限部３４を、回折光学素子３６Ａから離間して配置してもよい。また、図８（Ｂ）に示すように、受光視野制限部３４を、回折光学素子３６Ａと接するように配置してもよい。

【００５５】

図８（Ｃ）は、光量分布変換素子として、入射した反射光を拡散透過する拡散板３６Ｂを用いた例である。受光視野制限部３４と光検出器３８との間に、拡散板３６Ｂを配置するだけでよく、最も簡易な構成で光検出器のダイナミックレンジを拡大することができる。拡散板３６Ｂとしては、フロスト型拡散板、ガラスや樹脂内に乳白色の光拡散物質を分散させた拡散板等、従来公知の拡散板を用いることができる。

【００５６】

また、等方的な拡散板では、例えば、スリットの長さ方向と同じ方向に拡散する等、所望の方向・角度で拡散ができない場合がある。従って、拡散板３６Ｂとして異方性拡散板を用いることで、拡散光の拡がりを低減することができる。なお、光量分布変換素子として拡散板３６Ｂを用いる場合には、図８（Ｃ）に示すように、受光領域外に漏出する光を低減するために、拡散板３６Ｂを光検出器３８と接するように配置することが好ましい。また、図８（Ｃ）に示すように、受光視野制限部３４を、拡散板３６Ｂと接するように配置してもよい。

【００５７】

図８（Ｄ）及び（Ｅ）は、光量分布変換素子として、開口部を有する反射鏡を備えた導

光板３６Ｃを用いた例である。図８（Ｄ）及び（Ｅ）に示すように、導光板３６Ｃは、開口部３１Ａを有し且つ光検出器３８側が反射面とされた反射鏡３１、及び開口部３１Ａを通過した反射光を透過させる光透過板３３を備えている。光透過板３３の開口部３１Ａに対向する位置には、入射した反射光を反射鏡３１の方向に反射する斜面３５が配置されている。

【００５８】

図示した例では、光透過板３３の光出射側の面をＶ字状に切り欠いて２つの斜面３５を形成することで、スリット状の開口３４Ａの長さ方向に延びる溝が形成されている。上記の導光板３６Ｃでは、受光視野制限部３４のスリット状の開口３４Ａを通過した反射光は、斜面３５により一部が反射鏡３１の方向に反射され、反射鏡３１により光検出器３８の方向に反射されることで、受光素子５０の配列方向に拡げられて（導光されて）、光検出器３８の被照射面３８Ａに照射される。

【００５９】

なお、光量分布変換素子として導光板３６Ｃを用いる場合には、図８（Ｄ）に示すように、導光板３６Ｃを光検出器３８と接するように配置することが好ましい。また、図８（Ｄ）に示すように、受光視野制限部３４を、導光板３６Ｃと接するように配置してもよい。

【００６０】

以上説明したとおり、本実施の形態によれば、光検出器の被照射面内に複数の受光素子を一次元アレイ状に配置すると共に、複数の受光素子に不均一な光量分布の反射光が照射されるように、光量分布変換素子で反射光の光量分布を変換することで、複数の受光素子の受光感度が同一であっても、広い光量範囲に亘って検出信号を得ることができるようになる。即ち、光検出器が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）が拡大する。

【００６１】

＜第２の実施の形態＞

次に、本発明の距離測定装置の他の構成ついて説明する。図９は本発明の第２の実施の形態に係る距離測定装置における光検出器の構成の一例と、当該光検出器の被照射面における光量分布を示す図である。光検出器３８として、複数の受光素子５０が二次元アレイ状に配置された光検出器を用いた以外は、第１の実施の形態に係る距離測定装置と同じ構成であるため、同じ構成部分については説明を省略する。

【００６２】

図９に示すように、本実施の形態では、複数の受光素子５０の各々は、光検出器３８の被照射面３８Ａ内に二次元アレイ状に配置されている。図示した例では、３６個の受光素子５０_{11}～５０_{66}が、６行６列のマトリクス状に配列されている。ここでは、ｍ行ｎ列に配列された受光素子５０を「受光素子５０_{mn}」と表記する。受光素子５０の配列方向の中心線の左側には、受光素子５０_{m3}、５０_{m2}、５０_{m1}が中心線からこの順に配置されている。上記中心線の右側には、受光素子５０_{m4}、５０_{m5}、５０_{m6}が中心線からこの順に配置されている。なお、受光素子５０_{11}～５０_{66}を区別する必要がない場合には、受光素子５０と総称する。

【００６３】

上記の複数の受光素子５０が二次元アレイ状に配置された光検出器３８としては、ガイガーモードＡＰＤアレイを用いることができる。図１０は、本実施の形態で光検出器３８として使用されるガイガーモードＡＰＤアレイの構成の一例を示す平面図である。ガイガーモードＡＰＤアレイは、ガイガーモードで動作する複数のアバランシェフォトダイオード（ＡＰＤ）が、二次元マトリクス状に配列されたＡＰＤアレイである。通常、ガイガーモードＡＰＤアレイは、ＡＰＤを２次元に並列接続した構造とされ、フォトンカウンターとして使用される。

【００６４】

各ＡＰＤは、フォトンが入射すると一定のパルスを出力する。全部のＡＰＤは１個の読

み出しチャンネルに接続されており、各ＡＰＤから出力されたパルスは１つの大きなパルスとなり、このパルスの大きさによりＡＰＤアレイが検出したフォトン数を測定することができる。換言すれば、Ｎ個のＡＰＤを有するＡＰＤアレイでは、2^N階調の光を検出することができる。即ち、ＡＰＤのサイズを小さくし、ＡＰＤの個数を増やすことで、光検出器のダイナミックレンジは拡大する。一方、ＡＰＤの個数を増やすと、素子分離帯の面積が増加し、有効受光割合（フィルファクタ）が低下する。

【００６５】

本実施の形態では、複数の受光素子（ＡＰＤ）５０が、ｍ行ｎ列のマトリクス状に配列されている。以下、本実施の形態では、受光素子５０を「ＡＰＤ５０」と言い換える。また、本実施の形態では、複数のＡＰＤ５０は、複数の組５２に分けられおり、光検出器３８からの「検出信号」は、複数の組５２の各々に対応して入力される。図示した例では、３６個のＡＰＤ50_{11}～50_{66}が、６行６列のマトリクス状に配列されており、中心線から１列目のＡＰＤ50_{m3}及び50_{m4}を「組52_1」、中心線から２列目のＡＰＤ50_{m2}及び50_{m5}を「組52_2」、中心線から３列目のＡＰＤ50_{m1}及び50_{m6}を「組52_3」とする。

【００６６】

図１１はガイガーモードＡＰＤアレイを使用した場合の吸収された全光子数に対する出力フォトン数を表すグラフである。横軸が吸収された全光子数を表し、縦軸が出力フォトン数を表す。光検出器３８として、図１０に示すガイガーモードＡＰＤアレイを用い、光検出器３８の被照射面３８Ａにおいて、組52_1～組52_3の各々について、異なる光量が得られるように光量分布変換素子３６を設計した。

【００６７】

ここでは、「組52_1」を構成するＡＰＤ５０に全光量の９０％の光が照射され、「組52_2」を構成するＡＰＤ５０に全光量の９％の光が照射され、「組52_3」を構成するＡＰＤ５０に全光量の０．９％の光が照射されるように、組52_1～組52_3の各々が配置される位置に応じて光量分布が設定されている。

【００６８】

グラフ中の「Homo」は、比較のために、従来と同様に、複数のＡＰＤ５０の各々に（即ち、光検出器３８の被照射面３８Ａに）均一な光量の光を照射した場合の出力（検出信号）を表している。「Hetero 1st row」は「組52_1」を構成するＡＰＤ５０からの出力を表し、「Hetero 2nd row」は「組52_2」を構成するＡＰＤ５０からの出力を表し、「Hetero 3rd row」は「組52_3」を構成するＡＰＤ５０からの出力を表している。また、「Hetero」は、「組52_1」を構成するＡＰＤ５０からの出力（Hetero 1st row）、「組52_2」を構成するＡＰＤ５０からの出力（Hetero 2nd row）、及び「組52_3」を構成するＡＰＤ５０からの出力（Hetero 3rd row）の和（和信号）を表している。

【００６９】

光検出器３８の被照射面３８Ａに均一な光量の光を照射した場合には、吸収フォトン数が約２０あたりから傾きが緩やかになり、吸収フォトン数が１００になると略横ばいになって、光検出器３８の出力が飽和してしまう。これに対し、本実施の形態では、被照射面３８Ａで不均一な光量分布となるように、光量分布を変換した反射光を照射することで、吸収フォトン数が１０００近くになるまで傾きを保つことができる。これにより、従来と比較して、ダイナミックレンジを１０倍以上に拡大することができる。

【００７０】

例えば、組52_1～組52_3の各々に対応する「検出信号（Hetero 1st row／Hetero 2nd row／Hetero 3rd row）」の何れかを選択する場合には、吸収フォトン数が１０００近くでも組52_3の「検出信号」は飽和していないので、組52_3の検出信号を選択することで、反射光を検出することができる。また、組52_1～組52_3の各検出信号の「和信号（Hetero）」を用いる場合にも、吸収フォトン数が１０００近くでも「和信号」は飽和していないので、「和信号」により反射光を検出することができる。

【００７１】

以上説明したとおり、本実施の形態によれば、光検出器の被照射面内に複数の受光素子を二次元アレイ状に配置すると共に、複数の受光素子に不均一な光量分布の反射光が照射されるように、光量分布変換素子で反射光の光量分布を変換することで、複数の受光素子の受光感度が同一であっても、広い光量範囲に亘って検出信号を得ることができるようになる。即ち、光検出器が検出できる反射光の強度範囲（ダイナミックレンジ）が拡大する。

【００７２】

また、光検出器としてガイガーモードＡＰＤアレイを用いた場合にも、ＡＰＤの個数を増やすことなく、即ち、有効受光割合（フィルファクタ）が低下させることなく、光検出器のダイナミックレンジを拡大することができる。

【００７３】

＜その他の変形例＞

（受光視野制限部）

なお、上記の実施の形態では、受光視野が必要以上に広くなり、屋外の太陽光等の外乱光が余分に入射してノイズが増加するのを避けるために、スリット状の開口を有する受光視野制限部（開口絞り）を備える例について説明したが、受光視野を制限する他の機構を有する場合には、受光視野制限部を省略してもよい。例えば、光投光部の投光光学系等により、対象物に投光する測定光に強度分布を付与してもよい。

【００７４】

（分割ディテクタ方式の光検出器への応用）

また、本発明は分割ディテクタ方式の光検出器にも適用することができる。図１２（Ａ）は分割ディテクタ方式の光検出器の構成の一例を示す平面図であり、図１２（Ｂ）は各ユニットをモジュール化した例を示す模式図である。図１２（Ａ）に示すように、光検出器３８が、複数のユニット38_1～38_4に分割された分割ディテクタ方式の光検出器である場合には、複数のユニット38_1～38_4の各々について、光量分布を変換するモジュールを形成してもよい。

【００７５】

例えば、図１２（Ｂ）に示すように、ユニット38_1を含むモジュールは、受光視野制限部34_1、光量分布変換素子36_1、及びユニット38_1を備えている。光量分布変換素子36_1は、ユニット38_1の被照射面での光量分布が不均一となるように、受光視野制限部34_1の開口$34A_1$を通過した反射光の光量分布を変換する。なお、複数のユニット38_1～38_4の各々の間でのクロストークを低減するために、光量分布変換素子36_1としては、被照射面における光量分布、回折光の拡がり角度等を、任意に設計することができる、ＤＯＥやＨＯＥ等の回折光学素子が好ましい。

【００７６】

（光量分布の変形例）

なお、上記の実施の形態では、被照射面における光量が、受光素子の配列方向の中心線で最も大きく、中心線から外側に行くほど小さくなる例について説明したが、不均一な光量分布の反射光を照射できればよく、光量分布は上記の例に限定されない。複数の受光素子が配置される位置に応じて、適宜変更してもよい。図１３（Ａ）及び（Ｂ）は光検出器の被照射面における光量分布の種々の変形例を示す図である。図１３（Ａ）及び（Ｂ）に示すように、光検出器３８の被照射面３８Ａにおける光量分布を、中心対象の光量分布としてもよい。例えば、図１３（Ａ）に示すように、中央部分ほど光量を大きく、周辺部分ほど光量を小さくしてもよい。また、逆に、図１３（Ｂ）に示すように、中央部分ほど光量を小さく、周辺部分ほど光量を大きくしてもよい。

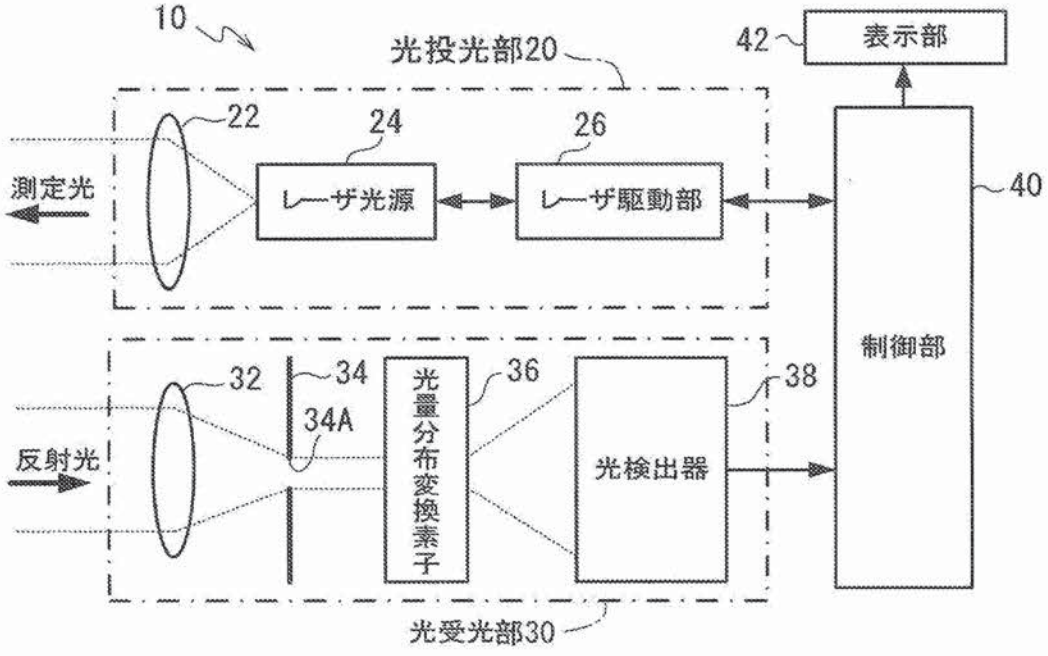
【符号の説明】

【００７７】

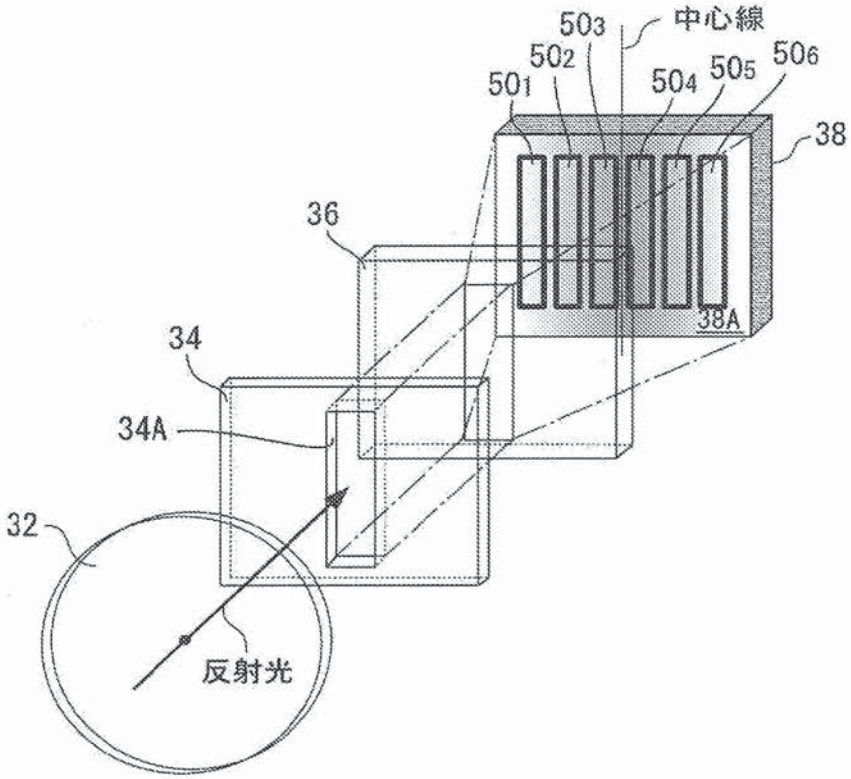
１０　距離測定装置
２０　光投光部
２２　投光光学系

２４　レーザ光源
２６　駆動部
３０　光受光部
３１Ａ　開口部
３１　反射鏡
３２　集光光学系
３３　光透過板
３４Ａ　開口
３４　受光視野制限部
３５　斜面
３６　光量分布変換素子
３６Ａ　回折光学素子
３６Ｂ　拡散板
３６Ｃ　導光板
３８　光検出器
３８Ａ　被照射面
４０　制御部
４２　表示部
５０　受光素子
５２　組

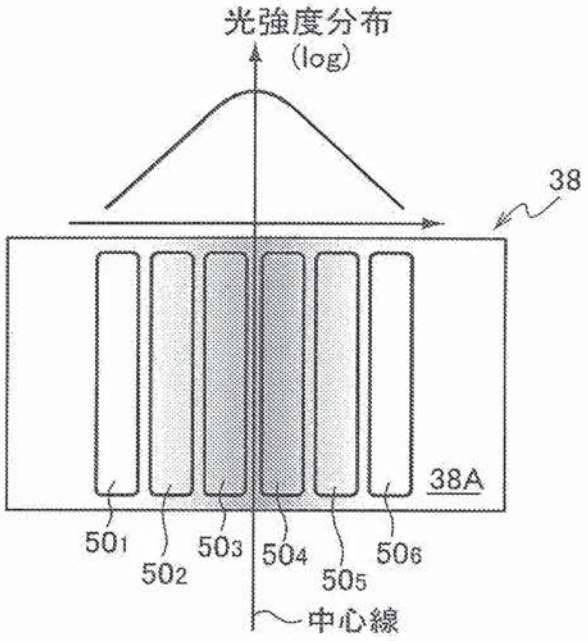
【図１】



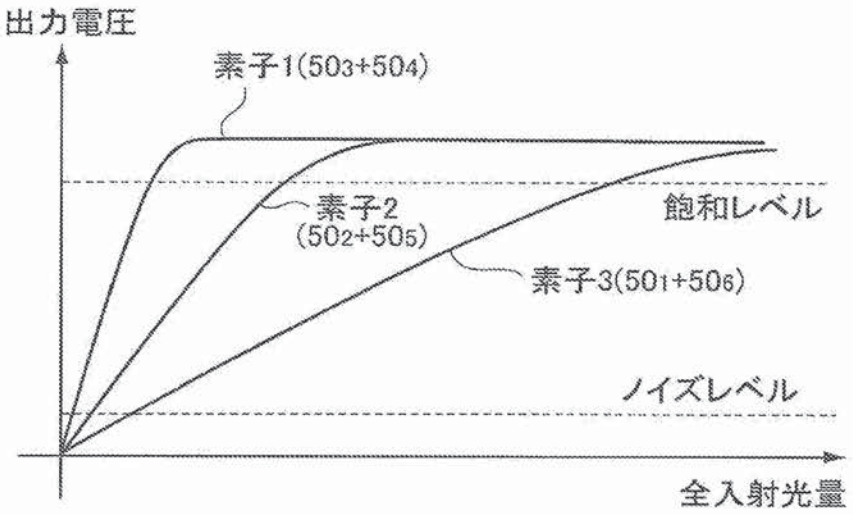
【図２】


503
中心線
502
501
504
505
506
38
36
38A
34
34A
32
反射光

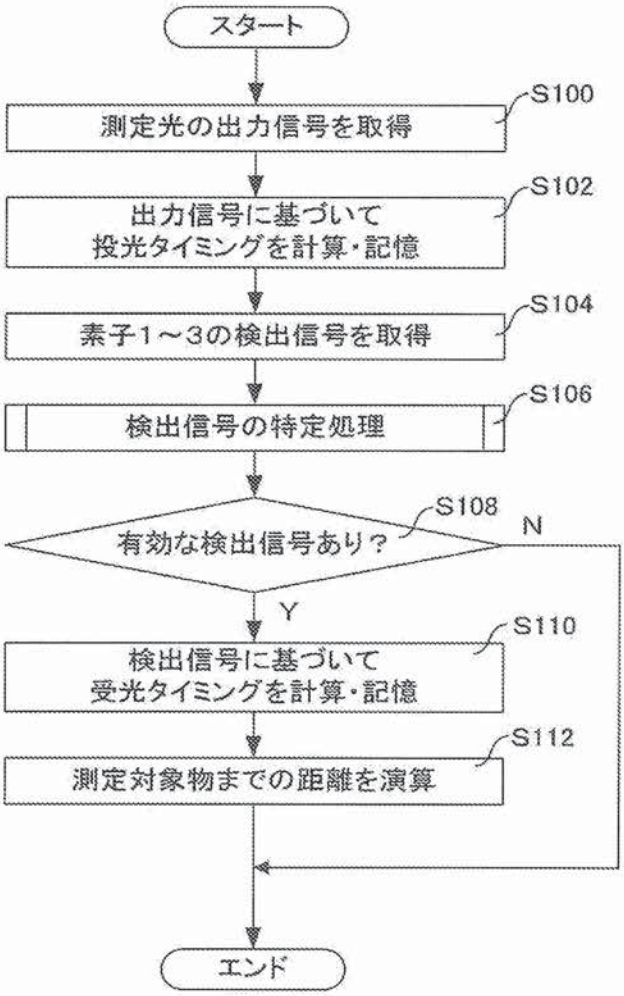
【図３】


光強度分布
(log)
38
38A
501
502
503
504
505
506
中心線

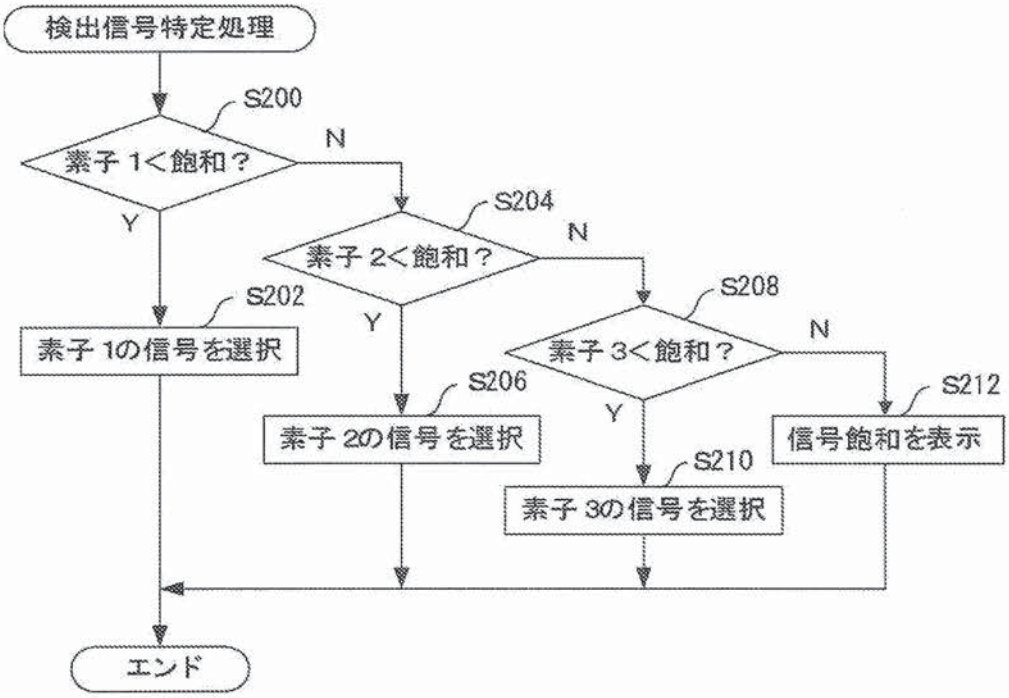
【図４】



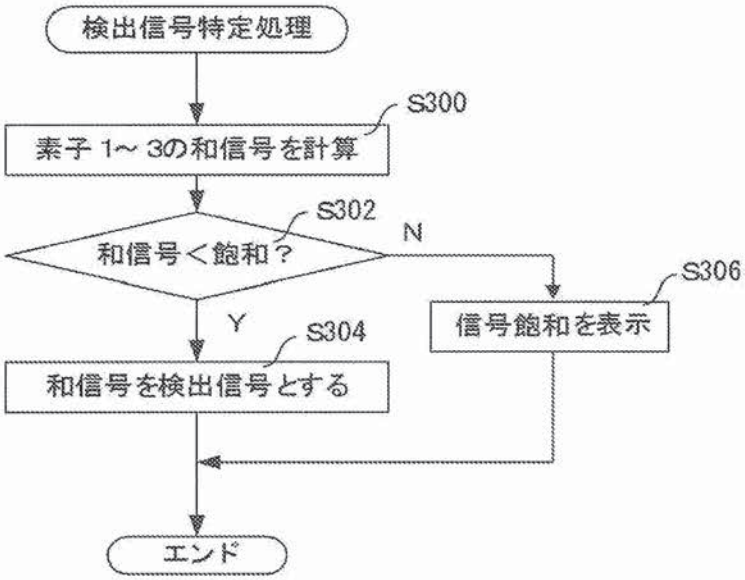
【図５】


スタート
S100
測定光の出力信号を取得
S102
出力信号に基づいて
投光タイミングを計算・記憶
S104
素子1～3の検出信号を取得
S106
検出信号の特定処理
S108
有効な検出信号あり？
N
Y
S110
検出信号に基づいて
受光タイミングを計算・記憶
S112
測定対象物までの距離を演算
エンド

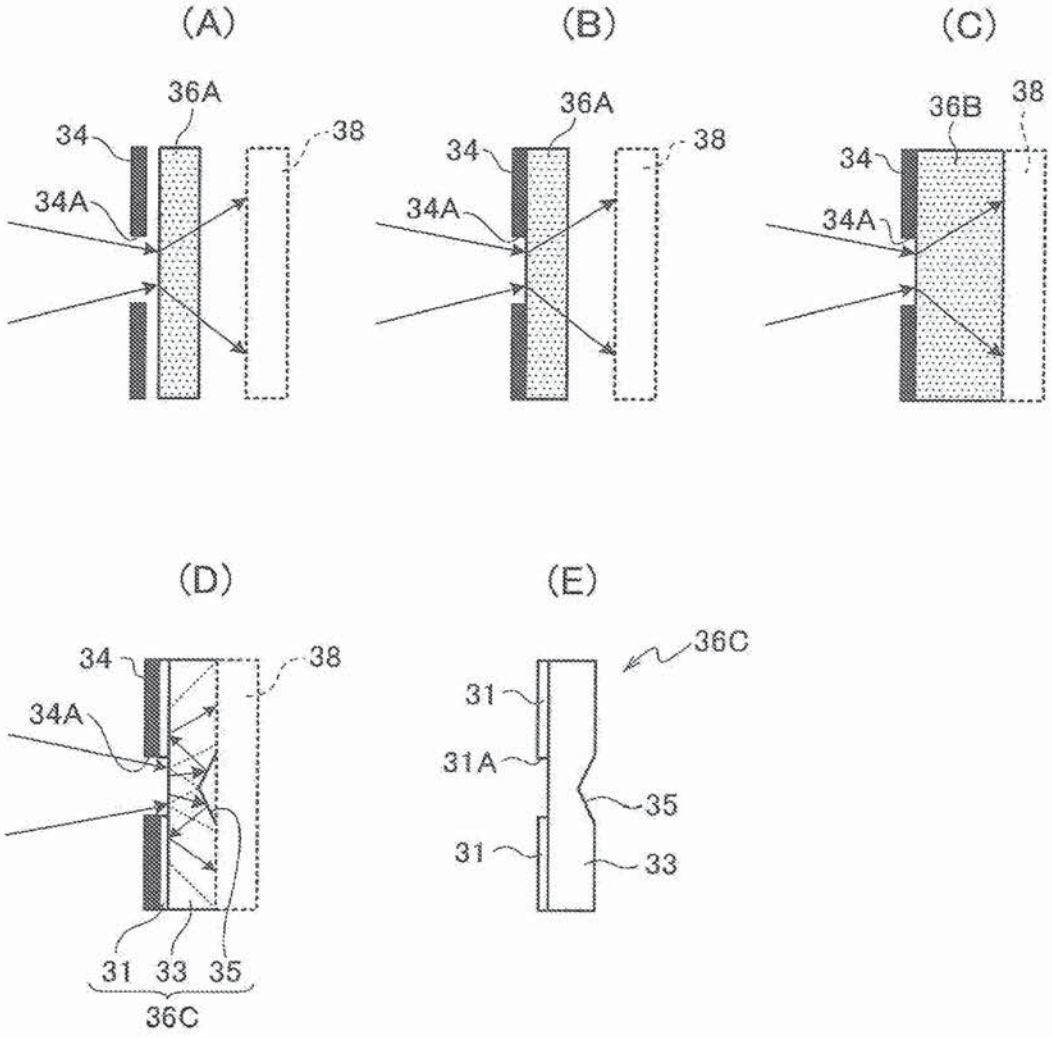
【図６】


検出信号特定処理
S200
素子 1<飽和？
N
Y
S204
素子 2<飽和？
N
Y
S208
素子 3<飽和？
N
Y
S202
素子 1の信号を選択
S206
素子 2の信号を選択
S210
素子 3の信号を選択
S212
信号飽和を表示
エンド

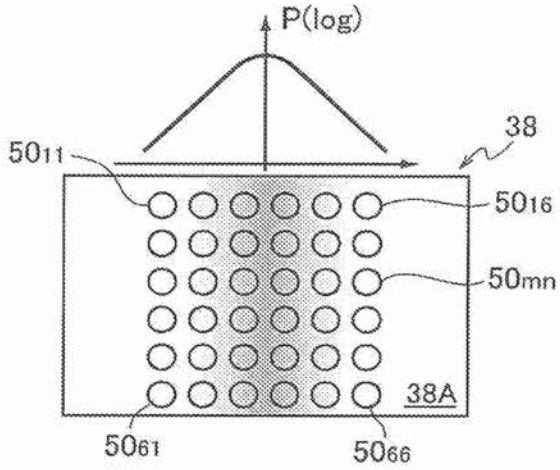
【図７】


検出信号特定処理
S300
素子 1～ 3の和信号を計算
S302
和信号＜飽和？
N
Y
S304
和信号を検出信号とする
S306
信号飽和を表示
エンド

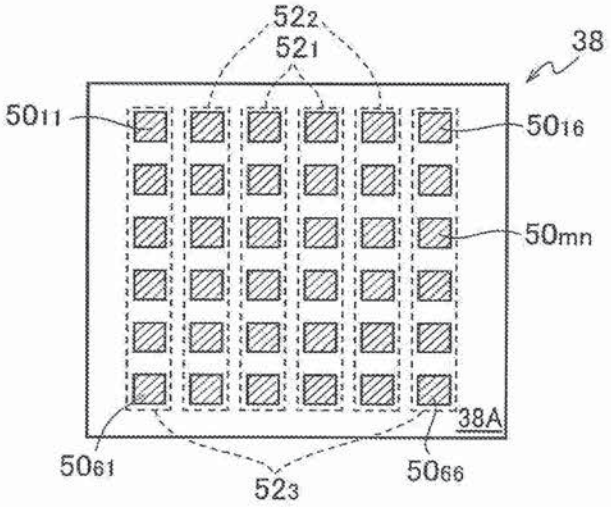
【図８】


(A)
36A
34
34A
38
(B)
36A
34
34A
38
(C)
36B
38
34
34A
(D)
34
34A
38
31
33
35
36C
(E)
36C
31
31A
35
31
33

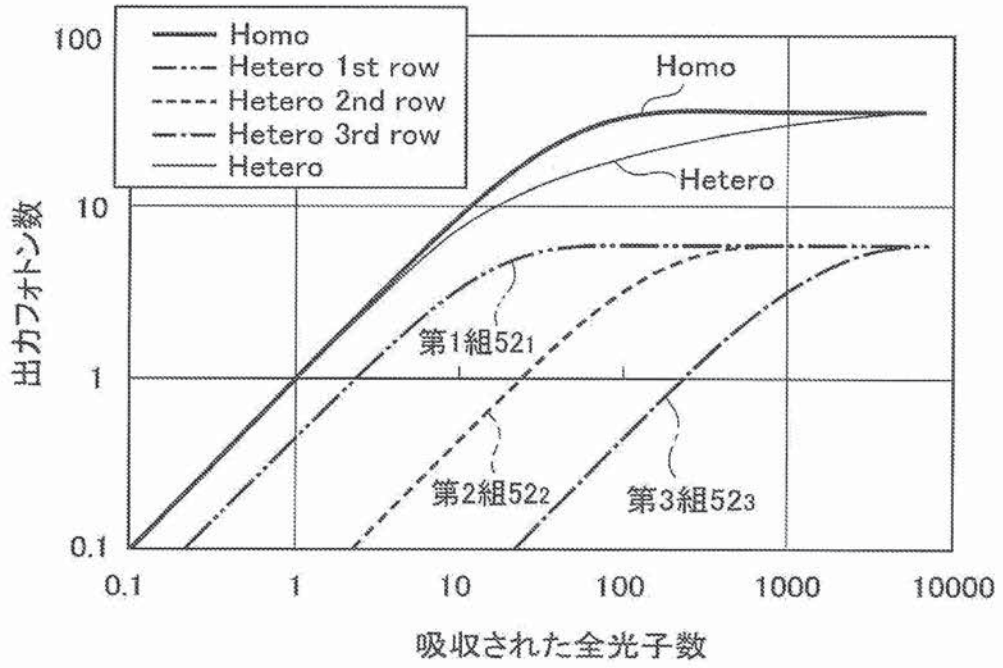
【図９】


P(log)
38
50_{11}
50_{16}
50_{mn}
38A
50_{61}
50_{66}

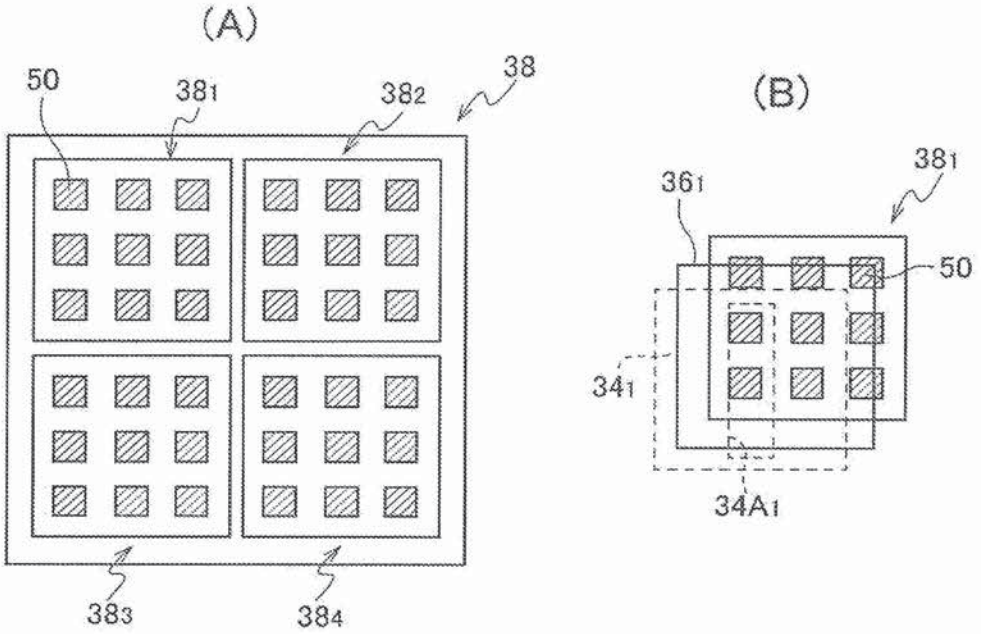
【図１０】


52_2
52_1
38
50_{11}
50_{16}
50_{mn}
38A
50_{61}
50_{66}
52_3

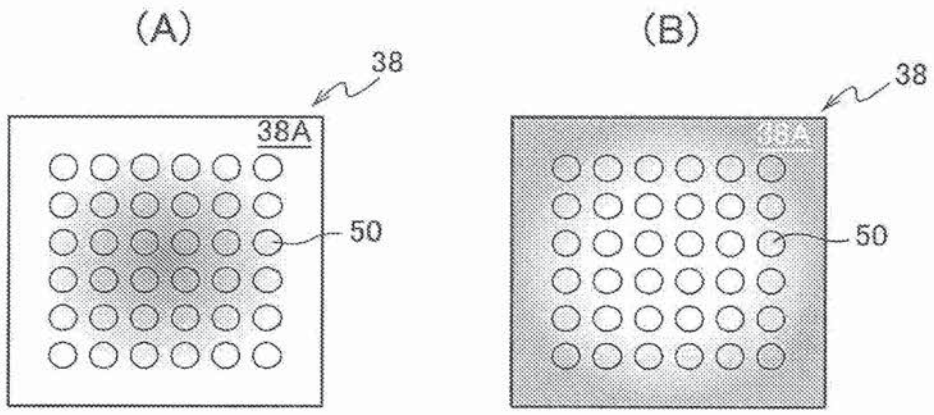
【図１１】


Homo
Hetero 1st row
Hetero 2nd row
Hetero 3rd row
Hetero
100
10
1
0.1
出力フォトン数
Homo
Hetero
第1組52₁
第2組52₂
第3組52₃
0.1
1
10
100
1000
10000
吸収された全光子数

【図１２】


(A)
50
38₁
38₂
38
38₃
38₄
(B)
36₁
38₁
50
34₁
34A₁

【図１３】



フロントページの続き

(72)発明者　曽我　峰樹
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道４１番地の１　株式会社豊田中央研究所内

Ｆターム(参考) 2F112 AD01 BA01 BA03 BA06 CA12 DA04 DA13 DA19 DA25 DA28
DA32 DA40 EA05 FA07 FA19 FA50
5J084 AA05 AD01 BA04 BA36 BA39 BA40 BB01 BB20 BB21 BB37
BB40 CA03 CA23 CA45 CA49 CA70 DA01 DA07 DA08 DA09
EA06 EA07

(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10－311950

(43)公開日　平成10年(1998)11月24日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	ＦＩ
Ｇ０２Ｂ　21/00		Ｇ０２Ｂ　21/00
21/06		21/06
21/36		21/36

審査請求　未請求　請求項の数４　ＯＬ　（全 18 頁）

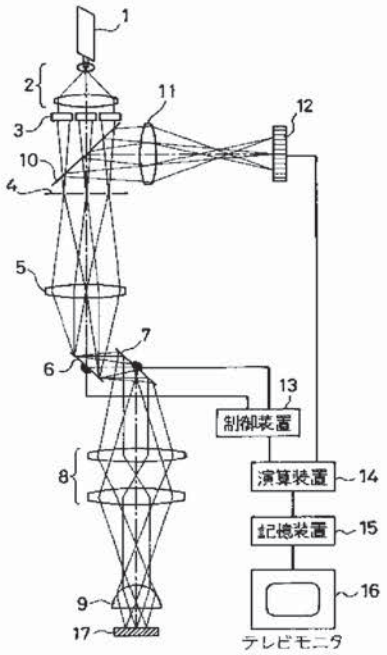
(21)出願番号　特願平9－123946

(22)出願日　平成９年(1997)５月14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　林　真市
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　篠原　泰司

(54)【発明の名称】　走査型顕微鏡

(57)【要約】
【課題】照明効率が良く且つリアルタイムで観察するのに適した共焦点走査を行う走査型顕微鏡を提供すること。
【解決手段】レーザ１の光は、マイクロレンズアレー３によって分割され、各光束の焦点位置に配置された共焦点板４の微小開口により、複数の点光源と等価な多重点光源が生成される。生成された各点光源は、ガルバノミラー６，７によってｘ，ｙ方向へ走査され、対物レンズ９を介して標本１７を照明する。標本面での反射光は逆行し、共焦点板４の微小開口を透過して共焦効果を得た後、ハーフミラー１０によって偏向され、撮影レンズ１１によって共焦点像をイメージセンサ１２に結像する。演算装置１４には、イメージセンサ１２からの撮像信号と制御装置１３からのガルバノミラー６，７の偏向量が入力され、記憶装置１５を介して標本像がテレビモニタ１６に表示されるようになっている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　規則正しく配列された複数の点光源又はそれに準じる焦点を生成する多重点光源生成手段と、複数の前記点光源又はそれに準じる焦点によって分割された小領域で走査を行う走査手段と、前記複数の点光源又はそれに準じる焦点と共役な位置に配置された複数の検出側微小開口と、前記複数の検出側微小開口を透過した光を夫々独立に受光する複数の受光素子からなる受光手段と、前記走査手段の与える偏向量及び前記受光手段によって受光された信号より標本の像を形成する標本像生成手段とを備えていることを特徴とする走査型共焦点顕微鏡。

【請求項２】　規則正しく配列された複数の線光源又はそれに準じる線状焦点を生成する多重線光源生成手段と、隣接した前記線光源又はそれに準じる線状焦点によって挟まれた小領域で走査を行う走査手段と、前記複数の線光源又はそれに準じる線状焦点と共役な位置に配置された検出側線状開口と、前記検出側線状開口と共役な位置に配置された複数の受光素子からなる受光手段と、前記走査手段の与える偏向量及び前記受光手段によって受光された信号より標本の像を形成する標本像生成手段とを備えていることを特徴とする走査型共焦点顕微鏡。

【請求項３】　超短パルスレーザよりなる光源手段と、前記光源手段からの光束を複数の光束に分割する光束分割手段と、前記光束分割手段により分割された複数の光束から規則正しく配列した複数の焦点を生成する多重焦点生成手段と、複数の前記焦点によって分割された小領域で走査を行う走査手段と、前記複数の焦点の略共役位置に配置された複数の受光素子からなる受光手段と、前記走査手段の与える偏向量及び前記受光手段によって受光された信号より標本の蛍光像を形成する標本像生成手段とを備えていることを特徴とする走査型蛍光顕微鏡。

【請求項４】　超短パルスレーザよりなる光源手段と、前記光源手段からの光束を複数の光束に分割する光束分割手段と、前記光束分割手段により分割された複数の光束から規則正しく配列した複数の線状焦点を生成する多重線状焦点生成手段と、隣接する前記線状焦点によって挟まれた小領域で走査を行う走査手段と、前記複数の線状焦点の略共役位置に配置された複数の受光素子からなる受光手段と、前記走査手段の与える偏向量及び前記受光手段によって受光された信号より標本の蛍光像を形成する標本像生成手段とを備えていることを特徴とする走査型蛍光顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、共焦点走査を行うタイプの走査型顕微鏡に関する。

【０００２】

【従来の技術】このタイプの顕微鏡は、例えばT.R.Corle and G.S.Kino,"Confocal ScanningOptical Microscopy and Related Imaging Systems",Academic Press(1966)に示されているように、従来より数多くの種類のものが提案され、製品化されているが、それらに用いられている共焦点走査装置の種類から、それらを大きく分けて、シングルビーム走査装置を用いたものと、マルチビーム走査装置を用いたものの２種類に分類することができる。そこで、以下に、それらの２種類の顕微鏡の基本構成を説明しておく。

2

【０００３】先ず、図１１によって、シングルビーム走査装置を用いた共焦点顕微鏡（以下、シングルビーム走査型顕微鏡という）の基本構成を説明する。光源より発した光束は、集光レンズによって一点に集光され、そこに配置された第一の微小開口の透過像は、第一のリレーレンズと対物レンズを介して標本上に結像される。標本によって反射された光束は、対物レンズと第一のリレーレンズとの間に配置されたビームスプリッタによって、第一の微小開口の方向とは異なる方向へ偏向される。偏向された光束は、第二のリレーレンズによって、第一の微小開口の共役位置にある第二の微小開口に集光され、その透過光の強度が、例えばフォトマルチプライアなどの検出器によって検出されるようになっている。

【０００４】また、対物レンズとビームスプリッタの間には走査装置が配置されている。この走査装置は、例えばガルバノミラーやポリゴンミラーを有していて、第一の微小開口の像を標本面上で走査する。この走査装置と検出器に接続されているコントローラは、走査装置による光束の偏向量から、標本上での第一の微小開口の結像位置を検出し、その検出信号と、その結像位置における検出器からの出力信号とによって、広い領域での標本像を得るようにし、それを、例えばテレビモニタのような画像出力装置に表示させるようになっている。尚、光源としてシングルモード発振レーザを用いた場合には、上記した第一の微小開口の配置を省略されることが多い。

【０００５】次に、特表平１－５０３４９３号公報に開示されているように、マルチビーム走査装置の一例としてニポーディスクを用いた場合における共焦点顕微鏡の基本構成を、図１２を用いて説明する。光源より発した光束は、コンデンサレンズによってニポーディスク上に照射される。ニポーディスクに設けられた複数の小開口を透過することによって分割された複数の光束は、夫々、リレーレンズと対物レンズを介して標本上の一点に集光される。標本から反射した光束は、対物レンズとリレーレンズを介して再びニポーディスクの小開口上に集光される。

【０００６】ニポーディスクとコンデンサレンズとの間に配置されたビームスプリッタは、ニポーディスクからの透過光を、光源とは異なる方向へ偏向させ、それを撮影レンズがイメージセンサ上に集光させる。そのため、イメージセンサ上には、標本の反射率に比例した像が得られ、それが画像出力装置に表示されることになる。ニ

ポーディスクに設けられた複数の小開口は、所定の間隔を空けて設けられているので、標本上に一度に当たる照明は多重スポット照明となる。しかし、ニポーディスクをモータによって高速に回転させているので、短時間で全ての標本面上を走査でき、肉眼による共焦点の観察が可能になる。

【０００７】このように、両者の基本構成の差異からも分かるように、シングルビーム走査型顕微鏡は、光源の照明効率などが良い代わりに、顕微鏡の視野全体を走査するのに時間がかかることから、ビデオレートでのリアルタイムの観察が不可能である。その点、マルチビーム走査装置を用いた共焦点顕微鏡（以下、マルチビーム走査型顕微鏡という）は、上記のようにニポーディスクを用いているものも含め、走査時間が非常に短いので、ビデオレートでのリアルタイムの観察が行え、極めて好都合である。本発明は、このようなマルチビーム走査装置を用いた共焦点顕微鏡に関するものであり、その従来例としては、上記した特表平１－５０３４９３号公報のほかに特開平５－６０９８０号公報，特開平８－２１１２９６号公報などに記載されたものがある。

【０００８】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このようなリアルタイムの観察に好適なマルチビーム走査型顕微鏡においても、種々の問題点がある。それらの問題点の一つとして、照明効率の問題がある。即ち、走査装置として、上記のようにニポーディスクを用いた場合には、光源から発せられた光の殆どが、ニポーディスクの、小開口を設けていない面で遮られてしまうため、照明効率が著しく悪くなり、そのままでは蛍光観察などが実質的に行えない状態になってしまう。そこで、その点を改善するための幾つかの方法が提案されているが、その一つの方法が、上記した特開平５－６０９８０号公報に開示されている。

【０００９】その方法によれば、光源としてレーザを用い、且つコンデンサレンズとビームスプリッタとの間にはマイクロレンズアレーのような集光手段を設けることによって、レーザからの光を分割してニポーディスクの各開口位置に集光するようにし、しかも、モータによってその集光手段をニポーディスクと一体的に回転させるようにしている。しかし、この方法の場合には、照明効率が飛躍的に向上し、蛍光観察も可能となるが、反面、集光手段とニポーディスクを一体的に製作するのが極めて面倒になるという問題点がある。

【００１０】また、ニポーディスクを用いる場合も含め、従来のマルチビーム走査型顕微鏡においては、標本の位置と受光素子の位置が１対１に対応しているので、顕微鏡の光学系で決まる解像性を保持したまま標本像を取り込むようにするためには、受光手段として、ＣＣＤなどの高集積なイメージセンサを多く用いていた。しかしながら、イメージセンサは、高集積になるほど単位画素当たりの受光面積が小さくなり、感度が低下してしまうため、マルチビーム走査型顕微鏡は、シングルビーム走査型顕微鏡に比べ、高感度の検出ができないという問題点がある。更に、イメージセンサの消費電力は、受光素子の数に比例するので、高集積なイメージセンサほど消費電力が大きいという問題点がある。そのため、イメージセンサに代えて、消費電力の少ない高感度撮像管を用いることも考えられるが、その場合には、イメージセンサよりも解像性が劣ってしまうという問題点がある。

【００１１】更に、ニポーディスクを用いないマルチビーム走査型顕微鏡についても数多く提案されているが、上記した特開平８－２１１２９６号公報には、複数の点光源のマトリックスよりなる光源手段と、その各光源と共役な位置に配置された検出手段を用い、各点光源を周期的に点滅させることによって標本の走査を行い、機械的可動部を無くすようにしたものが開示されている。しかし、この従来例の場合にも、光源より発する光は大部分が遮蔽されてしまい、走査スポット部分のみを照明光として使用するようにしているため、照明効率は著しく低いものとなっている。また、受光手段としては、やはり高集積なイメージセンサを用いなければならず、受光感度を高くすることができない。その上、各高集積な点光源と検出器との位置合わせにも、困難を伴うという問題点がある。

【００１２】本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、照明効率の良いリアルタイム観察の可能な走査型顕微鏡を提供することである。また、本発明のもう一つの目的は、高感度な受光素子を使用でき、例えば蛍光像の観察のように非常に暗い標本像の観察も可能な走査型顕微鏡を提供することである。本発明の更にもう一つの目的は、共焦点顕微鏡の有する高解像性を損なわず且つ広い視野を保ったまま、受光素子の総数を少なくし、消費電力を少なくした安価な走査型顕微鏡を提供することである。

【００１３】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の走査型顕微鏡は、規則正しく配列された複数の点光源又はそれに準じる焦点を生成する多重点光源生成手段と、複数の前記点光源又はそれに準じる焦点によって分割された小領域で走査を行う走査手段と、前記複数の点光源又はそれに準じる焦点と共役な位置に配置された複数の検出側微小開口と、前記複数の検出側微小開口を透過した光を夫々独立に受光する複数の受光素子からなる受光手段と、前記走査手段の与える偏向量及び前記受光手段によって受光された信号より標本の像を形成する標本像生成手段とを備えているようにする。また、上記の目的を達成するために、本発明の走査型顕微鏡は、規則正しく配列された複数の線光源又はそれに準じる線状焦点を生成する多重線光源生成手段と、隣接した前記線光源又はそれに準じる線状焦点によって挟まれ

た小領域で走査を行う走査手段と、前記複数の線光源又はそれに準じる線状焦点と共役な位置に配置された検出側線状開口と、前記検出側線状開口と共役な位置に配置された複数の受光素子からなる受光手段と、前記走査手段の与える偏向量及び前記受光手段によって受光された信号より標本の像を形成する標本像生成手段とを備えているようにする。更に、上記の目的を達成するために、本発明の走査型顕微鏡は、超短パルスレーザよりなる光源手段と、前記光源手段からの光束を複数の光束に分割する光束分割手段と、前記光束分割手段により分割された複数の光束から規則正しく配列した複数の焦点を生成する多重焦点生成手段と、複数の前記焦点によって分割された小領域で走査を行う走査手段と、前記複数の焦点の略共役位置に配置された複数の受光素子からなる受光手段と、前記走査手段の与える偏向量及び前記受光手段によって受光された信号より標本の蛍光像を形成する標本像生成手段とを備えているようにする。更にまた、上記の目的を達成するために、本発明の走査型顕微鏡は、超短パルスレーザよりなる光源手段と、前記光源手段からの光束を複数の光束に分割する光束分割手段と、前記光束分割手段により分割された複数の光束から規則正しく配列した複数の線状焦点を生成する多重線状焦点生成手段と、隣接する前記線状焦点によって挟まれた小領域で走査を行う走査手段と、前記複数の線状焦点の略共役位置に配置された複数の受光素子からなる受光手段と、前記走査手段の与える偏向量及び前記受光手段によって受光された信号より標本の蛍光像を形成する標本像生成手段とを備えているようにする。

【００１４】

【発明の実施の形態】本願の発明の実施の形態については、先ず、上記の目的を達成することができる走査型顕微鏡に関する四つの発明の実施態様と夫々の作用効果について説明し、次に、その四つの発明に付加して適用することの可能な四つの好適な構成とその作用効果を説明し、その後に、図１～図１０を用いて夫々の実施例を説明することにする。

【００１５】そこで、先ず、請求項１に記載されている発明について説明する。本発明の顕微鏡は、規則的に配列された複数の点光源又はそれに準じる焦点を生成する多重点光源生成手段と、その点光源又は焦点によって分割された小領域で走査する走査手段と、その点光源又は焦点と共役な位置に配置された複数の検出側微小開口と、それらの検出側微小開口を透過した光を個々に受光する複数の受光素子からなる受光手段と、上記の走査手段の与える偏向量と上記の受光手段によって受光された信号から標本像を形成する標本像生成手段とで構成されている。

【００１６】本発明の顕微鏡によれば、多重点光源生成手段によって生成された複数の点光源又はそれに準じる焦点を、標本上に投影するようにしたから、光源光の遮蔽率が低く、効率の良い照明が可能になる。また、周知のように、標本の視野全面を照明するための走査時間は、走査を行う領域の面積に比例するが、本発明によれば、標本上に投影された複数の点光源又はそれに準じる焦点によって分割された小領域の範囲で走査すればよいから、従来のシングルビーム走査型顕微鏡に比べて、高速に画像を生成することが可能であり、リアルタイムで標本像を観察することが可能になる。

【００１７】更に、上記したようなニポーディスクを用いる顕微鏡とは異なり、受光素子は、各点光源又はそれに準じる各焦点に対し１対１の関係で配置すればよいから、受光素子の総数は著しく少なくて済み、また、夫々の間隔も広くすることが可能になる。そのため、受光手段として、高感度であって素子の大きいフォトマルチプライアなどの採用が可能になり、高感度な蛍光像の検出が可能になる。また、受光素子の総数を、点光源又はそれに準じる焦点の数と同じにでき、且つ受光素子相互の間隔を広くできることから、点光源又はそれに準じる焦点と受光素子との位置合わせが容易になる。

【００１８】また、本発明における標本像生成手段が、像形成手段と画像記憶装置とを含んでおり、画像記憶装置には、予め、各受光素子の夫々の受光面上での位置座標と走査手段の与える偏向量とから演算される標本の位置を表す番地が設定されていて、像形成手段が、それらの番地に、受光素子からの信号に対応した値を書き込んでゆき、標本像を形成するようにしておけば、一回の走査が終了した時点においては、記憶装置内に標本の視野全体の画像が形成されることになり、それを画像表示装置に表示すれば、標本像を観察することが可能になる。

【００１９】更に、本発明においては、上記の点光源又は焦点が、相互に所定の角度をなす二組の等間隔な平行線によって形成される交点上に配置されるようし、また、走査手段が、焦点によって分割された平行四辺形の小領域を走査するようにすると、好都合である。特に、小領域の形状が長方形又は正方形になるようにすると、走査手段の製作が容易となる。また、点光源又は焦点を、走査手段の走査方向に対して微小な角度を有する等間隔な平行線上に等間隔に配置するようにしても好適となる。即ち、そのようにした場合には、走査手段を、一方向のみに走査させるだけでよいことになり、二次元領域を走査する場合に比べて、走査手段の構成を更に簡略化することが可能になる。更に、その場合、隣接する領域の走査軌跡が接するか又は一部重なるようにすれば、一方向の走査により、照明ムラのない全体の標本像を形成することが可能になる。

【００２０】本発明における多重点光源生成手段としては、ダイオードレーザマトリックスを用いることができる。ダイオードレーザマトリックスは、平面内に配列された半導体レーザの集合であり、規則正しく配列された点光源の集合体とみなすことができる。また、本発明に

おける走査手段としては、ガルバノミラー、ポリゴンミラー又は音響光学素子を用いると好適であり、いずれの場合も、簡単な構成で、高速且つ安定した走査を行うことが可能になる。

【００２１】本発明における受光手段としては、イメージセンサ，フォトマルチプライア，フォトンカウンタなどを用いると好適である。イメージセンサを用いた場合には、受光素子が規則正しく配列されているので、それらの受光素子を各点光源との共役位置に配置するのが容易になる。また、上記した検出側微小開口と相似形に配列されたフォトマルチプライアを用いた場合には、通常のイメージセンサを用いた場合より、高感度な標本像の検出が可能になり、蛍光像の検出なども可能になる。更に、上記した検出側微小開口と相似形に配列されたフォトンカウンタを用いた場合には、フォトマルチプライアを用いた場合より、更に高感度な標本像の検出が可能になり、微弱な蛍光像の検出なども可能になる。

【００２２】更に、本発明における多重点光源生成手段を、一つ若しくは複数の点光源、又はそれに準じる光を生成する光源手段と、その光源手段からの光束を複数の光束に分割する光束分割手段と、その光束分割手段により分割された光束より複数の焦点を生成する多重焦点生成手段とで構成するようにしても、複数の点光源に準じる複数の焦点を生成することが可能である。

【００２３】その場合、光源手段としてレーザ光源を用いると、高輝度な点光源が得られる。また、光束分割手段と多重焦点生成手段とを、複数の光ファイバで兼ねるようにすることが可能である。光ファイバの入射端に光源光を入射させれば、出射端を点光源とすることができる。更に、光束分割手段と多重焦点生成手段とを、マイクロレンズアレーで兼用するようにすれば、構成が簡単になる。しかし、マイクロレンズアレーのみでは、点光源に準じた焦点を生成できないこともある。そこで、その場合には、マイクロレンズアレーは光束分割手段としてのみ使用することにし、多重焦点生成手段としては多孔板を用い、それに形成された複数の小開口をマイクロレンズアレーの焦点位置に配置するようにしても差し支えない。しかも、そのようにした場合には、光学系の構成によって、それらの小開口が上記した検出側微小開口を兼ねるようにすれば、構成が簡単になり、且つ多孔板の小開口と検出側微小開口との位置出しを不要にすることが可能になる。

【００２４】次に、請求項２に記載されている発明について説明する。上記した請求項１に記載の発明においては、点光源又はそれに準じる焦点を使用しているのに対して、本発明においては、線光源又はそれに準じる線状焦点を使用する点が、大きく異なる点である。従って、共通する構成もあるので、それらについては簡単に説明することにする。

【００２５】本発明の顕微鏡は、規則的に配列された複数の線光源又はそれに準じる線状焦点を生成する多重線光源生成手段と、その線光源又は線状焦点によって挟まれた小領域で走査する走査手段と、その線光源又は線状焦点と共役な位置に配置された複数の検出側線状開口と、それらの検出側線状開口と共役な位置に配置された複数の受光素子からなる受光手段と、上記の走査手段の与える偏向量と上記の受光手段によって受光された信号から標本像を形成する標本像生成手段とで構成している。

【００２６】本発明によれば、多重線光源生成手段によって生成された複数の線光源又はそれに準じる線状焦点を標本上に投影するようにしたから、光源光の遮蔽率が低く、効率の良い照明が可能になる。また、標本の視野全面を照明するための走査は、標本上に投影された隣り合う線光源又は線状焦点同志を結ぶ線分上のみで行わせることも可能となり、上記した請求項１に記載の発明の場合よりも、全走査に要する時間を短縮し、超高速化するのに適している。

【００２７】また、本発明の場合には、線光源又は線状焦点の長手方向に対して垂直な方向にしか共焦点効果が得られないが、オプティカルセクショニング効果による三次元像の構築は可能であり、光軸方向の走査を組み合わせることにより、高速な三次元画像の取り込みが可能になる。更に、受光素子は、各線光源又は各線状焦点と共役な位置に配置すればよいので、従来のイメージセンサを受光手段として用いた共焦点顕微鏡に比べ、受光素子の総数は少なくて済み、また、夫々の間隔も広くすることが可能になるため、線光源又は線状焦点と受光素子との位置合わせが容易になる。

【００２８】本発明においても、標本像生成手段が、像形成手段と画像記憶装置とを含んでいて、像形成手段が、画像記憶装置に設けられた所定の番地に、受光素子からの信号に対応した値を書き込んで、標本像を形成していくようにしておけば、一回の走査が終了した時点においては、記憶装置内に標本の視野全体の画像が形成されることになり、画像表示装置によって標本像を観察することが可能になる。

【００２９】また、本発明においては、線光源又は線状焦点を、互いに平行に且つ等間隔に配列し、走査手段が、線光源又は線状焦点の長手方向に対して所定の角度をなす方向へ一方向のみ走査するようにすれば、短い走査時間で視野全体の標本像を形成することができる。特に、線光源又は線状焦点の長手方向に対して直角方向へ一方向のみ走査するようにすれば、最短時間で全体の標本像を形成することが可能になる。

【００３０】本発明においても、走査手段としては、ガルバノミラー、ポリゴンミラー又は音響光学素子を用いると好適であり、簡単な構成で、高速且つ安定した走査を行うことが可能になる。また、本発明における受光手段としては、検出側線状開口と相似形に配列したライン

センサを用いれば、受光素子の位置合わせが簡単になる。

【００３１】更に、本発明における多重線光源生成手段を、一つ若しくは複数の点光源又はそれに準じる光を生成する光源手段と、その光源手段からの光束を複数の光束に分割する光束分割手段と、その光束分割手段により分割された光束より複数の線状焦点を生成する線状焦点生成手段とで構成するようにすれば、高輝度の線状焦点を効率よく得ることが可能となる。

【００３２】その場合、光源手段としてレーザ光源を用いると、高輝度な点光源が得られるようになる。また、光束分割手段としては、複数の光ファイバを用いるようにしてもよい。光ファイバの入射端に光源光を入射させれば、出射端で光束の分割が可能になる。更に、レーザアレーを用い、光源手段と光束分割手段とを兼ねるようにすれば、構成が簡単になる。

【００３３】本発明における線状焦点生成手段として、シリンドリカルレンズアレーを用いれば、光源手段より発した平行光束から、複数の線状焦点を生成することが可能になる。また、シリンドリカルレンズアレーだけでは、線光源に準じる線状焦点が得られない場合には、シリンドリカルレンズアレーのほかに、複数の線状開口を有するスリット板を用いるようにし、それらの線状開口をシリンドリカルレンズアレーの各焦点位置に配置させるようにすればよい。更に、光学系の構成によって、それらの線状開口が上記した検出側線状開口を兼ねるようにすれば、構成が簡単になり、且つスリット板の線状開口と検出側線状開口との位置出しを行う必要がなくなる。更にまた、シリンドリカルレンズアレーが、光束分割手段と線状焦点生成手段とを兼ねるようにすることも可能である。

【００３４】次に、請求項３に記載されている発明について説明する。本発明の顕微鏡は、特に蛍光観察に好適なものであって、超短パルスレーザよりなる光源手段と、その光源手段からの光束を複数の光束に分割する光束分割手段と、その光束分割手段により分割された複数の光束から規則正しく配列された複数の焦点を生成する多重焦点生成手段と、隣接する複数の焦点によって囲まれた小領域で走査を行う走査手段と、上記焦点の略共役位置に配置された複数の受光素子からなる受光手段と、走査手段の与える偏向量と受光手段によって受光された信号とによって標本の蛍光像を形成する標本像生成手段とで構成されている。

【００３５】ところで、赤外光又は近赤外光を発する超短パルスレーザを用いた２光子又は多光子励起による蛍光観察法においては、共焦点観察の場合と同様なオプティカルセクショニング効果の得られることが、例えばドイツ特許ＤＥ４４１４９４０Ａ１号公報などで知られている。このような、２光子又は多光子励起による蛍光観察法においては、標本を照射した照明光は、二つ又はそれ以上の光子がセットとなって蛍光分子の励起を行うため、照明光の波長の１／２又はそれ以下の波長で励起した場合と同等な蛍光が放出される。そして、蛍光強度は励起光強度の２乗か又はそれ以上のパワーに比例するので、励起光が焦点を結んだ部分のみで強い蛍光強度が得られることになり、結像側の共焦点開口なしにオプティカルセクショニング効果を得ることが可能となっている。

【００３６】そこで、本発明においては、光源手段として超短パルスレーザを用いることにし、そこから発した光束を光束分割手段が分割し、多重焦点生成手段によって複数の規則正しく配列された焦点を生成するようにしている。それによって、走査手段は、隣接する複数の焦点によって囲まれた小領域を走査するだけで、標本の全視野の蛍光像を得ることが可能になるため、従来のシングルビーム走査装置を用いた２光子又は多光子走査型蛍光顕微鏡に比べ、高速に画像を生成することができ、リアルタイムの観察が可能になる。

【００３７】本発明においても、標本像生成手段が、像形成手段と画像記憶装置とを含んでいて、像形成手段が、画像記憶装置に設けられた所定の番地に、受光素子からの信号に対応した値を書き込んで、標本像を形成していくようにしておけば、一回の走査が終了した時点においては、記憶装置内に標本の視野全体の画像が形成されることになり、画像表示装置によって標本像を観察することが可能になる。

【００３８】また、本発明においては、上記の複数の焦点が、相互に所定の角度をなす二組の等間隔な平行線によって形成される交点上に配置されるようし、また、走査手段が、焦点によって分割された平行四辺形の小領域を走査するようにすると、好都合である。特に、小領域の形状が長方形又は正方形になるようにすると、走査手段の製作が容易となる。また、焦点を、走査手段の走査方向に対して微小な角度を有する等間隔な平行線上に等間隔に配置するようにしても好適となる。即ち、そのようにした場合には、走査手段を、一方向のみに走査させるだけでよいことになり、二次元領域を走査する場合に比べて、走査手段の構成を更に簡略化することが可能になる。更に、その場合、隣接する領域の走査軌跡が接するか又は一部重なるようにすれば、一方向の走査により、照明ムラのない全体の標本像を形成することが可能になる。

【００３９】本発明における光束分割手段と多重焦点生成手段とを、マイクロレンズアレーで兼用させることが可能である。また、複数の光ファイバで兼用させることも可能である。それによって、構成が簡単になる。また、本発明においても、走査手段として、ガルバノミラー、ポリゴンミラー又は音響光学素子を用いると好適であり、簡単な構成で、高速且つ安定した走査を行うことが可能になる。更にまた、受光手段としてフォトンカウ