2017212835 21 Aug 2018

calibration pixel is less than a present threshold value or if a difference (or if a ratio between incident photon counts read by the first and second calibration pixels is less than a preset threshold value, etc.) and decrease the heat output of the temperature regulator accordingly, thereby decreasing the output wavelength of the illumination source. However, in this implementation, if the fourth calibration circuit records an incident photon count greater than the incident photon counts recorded by the other calibration circuits in the system, the system can determine that the center output wavelength of the illumination source is less than the effective operating wavelength of the first calibration circuit and can increase the heat output of the temperature regulator accordingly, as shown in FIGURE 2D, thereby increasing the output wavelength of the illumination source. Alternatively, the system can implement template matching techniques to match incident photon counts recorded by the set of calibration pixels during a sampling period to a photon count template and modify the heat output of the temperature regulator accordingly, as described above.

[0046] In a similar example in which the lens layer is misaligned with the aperture layer: the first calibration lens is offset from the first aperture by a first distance and thus outputs light toward the optical filter at an angle of -0.5° from normal to the optical filter; the second calibration lens is offset from the second aperture by the first distance and thus outputs light toward the optical filter at an angle of 0.5° from normal to the optical filter; the third calibration lens is laterally offset from the third aperture by a second distance greater than the first distance and thus outputs light toward the optical filter at an angle of 1.5° from normal to the optical filter; and the fourth calibration lens is laterally offset from the fourth aperture by a third distance greater than the second distance and thus outputs light toward the optical filter at an angle of 2.5° from normal to the optical filter.

[0047] In another example, the system performs an initial calibration by: scanning the illumination source across a range of output wavelengths (e.g., by varying the temperature of the illumination source across an operating range); recording incident photon counts per unit time across the set of calibration pixels in a calibration template for various output wavelengths of the illumination source during the scan (or at each discrete temperature of the illumination source during the scan); recording incident photon counts per unit time across the sense pixels for

2017212835 21 Aug 2018

various output wavelength of the illumination source during the scan; identifying a particular illumination source wavelength (or temperature) yielding a highest incident photon counts per unit time across the sense pixels; and setting a particular calibration template – corresponding to the particular illumination source wavelength – from the scan as a target calibration template. Later, during operation, the system can vary the output wavelength of the illumination source (e.g., by varying the temperature of the illumination source) to match incident photon counts per unit time across the set of calibration pixels to the target calibration template.

[0048] However, the calibration apertures and calibration lenses can be nominally offset according to any other schema and can be offset in any other way due to manufacturing defects, manufacturing limitations, etc. The system can also implement any other method or technique to characterize alignment between the effective operating wavelength of the calibration circuit – and therefore the sensing circuit – and the illumination source and to modify the heat output of the temperature regulator accordingly.

9. Extended Two-Dimensional Calibration Circuit

[0049] In another implementation, the system includes calibration circuits arranged along multiple axes. For example, the system can include: a first calibration circuit arranged at an origin position and configured to pass light toward the optical filter at an angle of 0° in a nominal system assembly; a second calibration circuit laterally offset (e.g., offset along an X-axis) from the first calibration circuit and configured to pass light toward the optical filter at an angle of 1° in the nominal system assembly; a third calibration circuit laterally offset from the second calibration circuit and configured to pass light toward the optical filter at an angle of 2° in the nominal system assembly; a fourth calibration circuit longitudinally offset (e.g., offset along a Y-axis) from the first calibration circuit and configured to pass light toward the optical filter at an angle of 1° in the nominal system assembly; and a fifth calibration circuit longitudinally offset from the third calibration circuit and configured to pass light toward the optical filter at an angle of 2° in the nominal system assembly. This two-dimensional array of calibration circuits can thus collect incident photon data symptomatic of both a lateral offset and longitudinal offset of

2017212835 21 Aug 2018

the lens layer relative to the aperture layer, and the system can modify the heat output of the temperature regulator based on absolute or relative differences between incident photon counts recorded across the five calibration pixels, such as according to methods and techniques described above, in order to align the center output wavelength of the illumination source to the effective operating wavelength of the sensing circuit, thereby compensating for both the lateral offset and the longitudinal offset of the lens layer relative to the aperture layer.

10. Multiple Illumination Sources

[0050] In one variation, the system further includes multiple discrete illumination sources. In this variation, each illumination source is paired with: one discrete bulk transmitting optic; a calibration circuit (or set of calibration circuits) integrated into the aperture layer, lens layer, the optical filter, and the pixel layer; and an optical bypass interposed between the illumination source and the calibration aperture(s) of the corresponding calibration circuit(s). For example, the system can include: a first bulk transmitting optic and a second bulk transmitting optic on opposing longitudinal sides of the bulk receiving optic; a first illumination optic behind the first bulk transmitting optic; and a second illumination optic behind the second bulk transmitting optic. In this example, each illumination source and its corresponding bulk transmitting optic can project a set of illuminating beams into the fields of view of corresponding sensing circuits in the system, thereby achieving twice the illumination power per field of view of the sensing circuits compared to a system with a single like illumination source.

[0051] However, in this variation, various illumination sources in the system may exhibit differences in their outputs during operation, such as different center output wavelengths for a particular operating temperature and/or different changes in center output wavelength per change in operating temperature. The system can therefore include a discrete optical bypass and calibration circuit(s) per illumination source. In particular, in the foregoing example, the system can include a first optical bypass extending from the first illumination source to a first calibration aperture over a first longitudinal side of the aperture layer; a second optical bypass extending from the second illumination source to a second calibration aperture over a second longitudinal side of the aperture layer opposite

2017212835 21 Aug 2018

the first side of the aperture layer; a first temperature regulator thermally coupled to the first illumination source; and a second temperature regulator thermally coupled to the second illumination source and controlled independently of the first temperature regulator. The system can thus implement the foregoing methods and techniques to match the center output wavelength of the first illumination source to the effective operating wavelength of its corresponding calibration circuit independently of the second illumination source; and vice versa.

[0052] However, in this variation, the system can include any other number and configuration of illumination sources, bulk transmitting optics, optical bypasses, temperature regulators, and calibration circuits in order to illuminate fields of view defined by the sensing circuits and to match the output wavelength of each illumination source to the effective operating wavelength of the sensing circuits.

[0053] The systems and methods described herein can be embodied and/or implemented at least in part as a machine configured to receive a computer-readable medium storing computer-readable instructions. The instructions can be executed by computer-executable components integrated with the application, applet, host, server, network, website, communication service, communication interface, hardware/firmware/software elements of a user computer or mobile device, wristband, smartphone, or any suitable combination thereof. Other systems and methods of the embodiment can be embodied and/or implemented at least in part as a machine configured to receive a computer-readable medium storing computer-readable instructions. The instructions can be executed by computer-executable components integrated by computer-executable components integrated with apparatuses and networks of the type described above. The computer-readable medium can be stored on any suitable computer readable media such as RAMs, ROMs, flash memory, EEPROMs, optical devices (CD or DVD), hard drives, floppy drives, or any suitable device. The computer-executable component can be a processor but any suitable dedicated hardware device can (alternatively or additionally) execute the instructions.

[0054] The present disclosure further provides a calibration system and method, as broadly set out in the following clauses:

Clauses

Clause 1. A calibration system comprising:

2017212835 21 Aug 2018

an aperture layer defining a first calibration aperture;

a lens layer comprising a first calibration lens substantially axially aligned with the first calibration aperture;

an optical filter adjacent the lens layer opposite the aperture layer;

a pixel layer adjacent the optical filter opposite the lens layer, the pixel layer comprising a first calibration pixel substantially axially aligned with the first calibration lens,

wherein the first calibration pixel is constructed to detect light power of an illumination source configured to output a band of wavelengths of light as a function of a parameter; and

a first regulator configured to modify the parameter of the illumination source based on a light power detected by the first calibration pixel.

Clause 2. The calibration system of clause 1 further comprising a sensing circuit, the sensing circuit comprising:

a sense aperture defined in the aperture layer;

a sense lens substantially axially aligned with the sense aperture; and

a sense pixel substantially aligned with the sense lens.

Clause 3. The calibration system of clause 2 wherein the sensing circuit shares the optical filter that is adjacent the lens layer opposite the aperture layer.

Clause 4. The calibration system of clause 1 further comprising:

a bulk transmitting optic; and

a bulk receiving optic,

wherein the illumination source is offset behind the bulk transmitting optic.

Clause 5. The calibration system of clause 1 further comprising an optical bypass extending from the illumination source to the first calibration aperture.

Clause 6. The calibration system of clause 1 wherein the first regulator comprises a temperature regulator, the temperature regulator being configured to modify a

2017212835 21 Aug 2018

temperature of the illumination source based on the light power detected by the first calibration pixel.

Clause 7. The calibration system of clause 1 wherein the first regulator modifies a duty cycle of the illumination source.

Clause 8. The calibration system of clause 1 wherein the first regulator modifies the parameter of the illumination source based on piezoelectric effects.

Clause 9. The calibration system of clause 1 further comprising a diffuser adjacent the optical filter opposite the lens layer.

Clause 10. The calibration system of clause 1 wherein the aperture layer further defines a second calibration aperture, the lens layer comprises a second calibration lens axially offset from the second calibration aperture, the pixel layer comprises a second calibration pixel aligned with a ray extending through the second aperture and the second calibration lens, and the first regulator is configured to modify the parameter of the illumination source based on a light power detected by the first calibration pixel and the second calibration pixel.

Clause 11. The method of clause 10 further comprising an optical bypass extending from the illumination source to the first calibration aperture and the second calibration aperture.

Clause 12. The calibration system of clause 1 wherein the aperture layer further defines one or more additional calibration apertures including at least a second calibration aperture, a third calibration aperture and a fourth calibration aperture,

wherein the lens layer comprises one or more additional calibration lenses including at least a second calibration lens, a third calibration lens and a fourth calibration lens,

wherein each pair of calibration aperture and calibration lens is offset by a unique distance with respect to the others such that each calibration lens outputs light toward the optical filter at a unique nominal angle with respect to the others,

2017212835 21 Aug 2018

wherein the pixel layer further comprises one or more additional calibration pixels including at least a second calibration pixel aligned with a ray extending through the second aperture and the second calibration lens, a third calibration pixel aligned with a ray extending through the third aperture and the third calibration lens, and a fourth calibration pixel aligned with a ray extending through the fourth aperture, and

wherein the first regulator is configured to modify the parameter of the illumination source based on a light power detected by the first calibration pixel and the additional calibration pixels.

Clause 13. The calibration system of clause 12, wherein the calibration system further comprises an optical bypass extending from the illumination source to at least one calibration aperture of the calibration apertures.

Clause 14. The calibration system of clause 12, wherein the calibration system further comprises one or more optical bypasses and one or more additional illumination sources; and
each of the one or more optical bypasses extends from at least one of the illumination sources to at least one of the calibration apertures.

Clause 15. The calibration system of clause 1 further comprising another illumination source, wherein each illumination source is configured to output a different band of wavelengths of light as a function of the parameter; and

a second calibration aperture, a second calibration lens, a second calibration pixel and a second regulator are provided for the other illumination source, wherein the second regulator is controlled independent of the first regulator.

Clause 16. A calibration method comprising:

obtaining a first light power detected by a first calibration pixel axially aligned with a first calibration lens axially aligned with a first calibration aperture;

obtaining one or more additional light powers detected by one or more additional calibration pixels, respectively, each additional calibration pixel being

2017212835 21 Aug 2018

axially offset from a corresponding calibration lens axially offset from a corresponding calibration aperture by a unique offset distance; and

based on the first light power and the additional light powers, tuning an illumination source configured to output a band of wavelengths of light as a function of a parameter by actuating a regulator coupled to the illumination source, or tuning an optical filter.

Clause 17. The calibration method of clause 16 wherein the illumination source is configured to output the band of wavelengths of light in a distribution pattern centered at a central wavelength, and wherein the central wavelength is varied by changing the temperature of the illumination source based on the first light power and the additional light powers.

Clause 18. The calibration method of clause 17 further comprising determining whether a central wavelength of the illumination source during an active period is greater than a central wavelength of the illumination source during a sampling period based on the first light power and the additional light powers, and wherein the regulator maintains, decreases or increases the temperature of the illumination source based on the determination.

Clause 19. The calibration method of clause 16 wherein the regulator modifies a duty cycle of the illumination source in order to tune the illumination source.

Clause 20. The calibration method of clause 16 wherein the regulator modifies the parameter of the illumination source based on piezoelectric effects.

Clause 21. The calibration method of clause 16 wherein the regulator is actuated to maintain a peak incident photon count per unit time based on the first light power and the additional light powers.

Clause 22. The calibration method of clause 18 wherein if the first light power is greater than one of the additional light powers, it is determined that the central wavelength of the illumination source during the active period is either matched to

2017212835 21 Aug 2018

or is greater than the central wavelength of the illumination source during the sampling period.

Clause 23. The calibration method of clause 18 wherein if the first light power is less than a first threshold value or if a difference between the first light power and one of the additional light powers is less than a second threshold value, it is determined that the central wavelength of the illumination source is low and the regulator increases the central wavelength of the illumination source.

Clause 24. The calibration method of clause 18 wherein if one of the additional light powers is greater than the first light power, it is determined that the central wavelength of the illumination source during the active period is less than the central wavelength of the illumination source during the sampling period and the regulator decreases the central wavelength of the illumination source.

Clause 25. The calibration method of clause 16 wherein obtaining the first light power comprises calculating a first photon count of photons and obtaining the one or more additional light powers comprises calculating one or more photon count of photons, respectively.

Clause 26. The calibration method of clause 16 further comprising tuning a center wavelength of the optical filter by angle tuning.

[0055] As a person skilled in the art will recognize from the previous detailed description and from the figures and claims, modifications and changes can be made to the embodiments of the invention without departing from the scope of this invention as defined in the following claims.

2017212835 26 Feb 2019

CLAIMS

What is claimed is:

1. An optical system comprising:

a receiver module comprising a bulk receiver optic, an aperture layer including a plurality of sense apertures, a lens layer including a plurality of sense lenses and a pixel layer including a plurality of sense pixels, wherein the aperture layer, the lens layer and the pixel layer are arranged to form a plurality of sensing circuits with each sensing circuit in the plurality of sensing circuits defining a discrete, non-overlapping field of view beyond a threshold distance in a field external to the optical system and including a sense aperture from the plurality of sense apertures, a sense lens from the plurality of sense lenses and a sense pixel from the plurality of sense pixels.

2. The optical system as claimed in claim 1 wherein each sense pixel is configured to output a signal or stream of signals corresponding to a count of photons incident on the sense pixel within a single sampling period and wherein the system further comprises a processor and a computer-readable medium, the processor configured to execute instructions stored in the computer-readable medium to transform incident photon counts and photon timing information with known positions of the fields of view for each sense pixel into a virtual three-dimensional representation of the field external to the system.

3. The optical system as claimed in claim 1 wherein the system is configured to function as a static image sensor that collects two- or three-dimensional distance data of a space or volume in the field external to the system.

4. The optical system as claimed in claim 1 wherein the bulk receiver optics has a focal plane, the plurality of sense of apertures is coincident with the focal plane and each sensing circuit in the plurality of sensing circuits is optically behind the bulk receiver optic and receives light from the bulk receiver optic.

2017212835 26 Feb 2019

5. The optical system as claimed in claim 1 wherein the sense pixel in each of the plurality of sensing circuits is configured to detect the same wavelength and further comprises a diffuser that jumbles light received at the sensing circuit before the light reaches the sensing pixel.

6. The optical system as claimed in claim 1 wherein the system is configured to function as an image sensor that, when rotated about an axis parallel to a column of sense apertures, collects three-dimensional distance data of a volume occupied by the system.

7. The optical system as claimed in any one of claims 1 to 6 wherein the sense pixel in each sensing circuit comprises a plurality of single-photon avalanche diode detectors (SPADs).

8. The optical system as claimed in any one of claims 1 to 7 wherein the optical system further comprising an emitter module comprising a bulk transmitter optic and an illumination source, and wherein the illumination source comprises a plurality of emitters, each emitter in the plurality of emitters configured to project a discrete illuminating beam at an operating wavelength through the bulk transmitter optic into the field external to the optical system and wherein each sensing circuit further comprises an optical filter positioned between the bulk receiver optic and the sense pixel, the optical filter configured to pass a band of wavelengths of light including the operating wavelength while blocking light outside the band.

9. The optical system as claimed in claim 8 wherein the optical filter in each sensing circuit in the plurality of sensing circuits is part of a filter layer that spans across the plurality of sensing circuits and is configured to pass the same band of wavelengths of light through each of the plurality of sensing circuits.

10. The optical system as claimed in claim 8 wherein the illumination source comprises a plurality of lasers.

2017212835 26 Feb 2019

11. The optical system as claimed in claim 10 wherein the plurality of lasers is fabricated on a single chip and exhibit substantially similar output wavelength characteristics as a function of temperature.

12. The optical system as claimed in claim 10 wherein the plurality of lasers are arranged in an array characterized by an emitter pitch distance substantially identical to a sense aperture pitch distance.

13. The optical system as claimed in claim 8 wherein the illumination source comprises a monolithic vertical cavity surface emitting laser (VCSEL) array of optical emitters.

14. The optical system as claimed in any one of claims 8 to 13 wherein the bulk receiver optic and the bulk transmitter optic are arranged in plane and laterally offset from each other.

15. The optical system as claimed in claim 14 further comprising a temperature sensor thermally coupled to the illumination source.

16. The optical system as claimed in any one of claims 8 to 15 further comprising a regulator operatively coupled to the illumination source and configured to modify a parameter of the illumination source.

17. The optical system as claimed in claim 16 wherein the regulator comprises a temperature regulator configured to modify a temperature of the illumination source.

18. The optical system as claimed in claim 16 wherein:

the receiver module further comprises a calibration channel including a calibration aperture from the aperture layer, a calibration lens aligned with the calibration aperture, a calibration pixel substantially aligned with the calibration lens, and an optical filter;

2017212835 26 Feb 2019

the illumination source is configured to project a first portion of light into a field ahead of the optical system and project a second portion of light onto the calibration pixel in the calibration channel; and

the regulator is configured to modify a temperature of the plurality of emitters based on a light power detected by the calibration pixel in the calibration channel.

19. The optical system as claimed in any one of claims 1 to 7 wherein each sensing circuit further comprises an optical filter positioned between the bulk receiver optic and the sense pixel, the optical filter configured to pass a narrow band of wavelengths of light while blocking light outside the band; and wherein the bulk receiving optic, sense aperture, sense lens, optical filter, and the sense pixel cooperate to collect light, to collimate light, to reject all light outside of a narrow band of wavelengths, and to detect light reaching the sense pixel.

20. An optical system for performing distance measurements, the optical system comprising:

an emitter module comprising a bulk transmitter optic and an illumination source, and wherein the illumination source comprises a plurality of lasers, each laser in the plurality of lasers configured to project a discrete illuminating beam at an operating wavelength through the bulk transmitter optic into a field external to the optical system; and

a receiver module comprising a bulk receiver optic, an aperture layer including a plurality of sense apertures, a lens layer including a plurality of sense lenses, a pixel layer including a plurality of sense pixels and an optical filter layer positioned between the bulk receiver optic and the plurality of sense pixels, the optical filter layer configured to pass a band of wavelengths of light including the operating wavelength while blocking light outside the band;

wherein the aperture layer, the lens layer, the filter layer and the pixel layer are arranged to form a plurality of sensing circuits with each sensing circuit in the plurality of sensing circuits defining a discrete, non-overlapping field of view beyond a threshold distance in the field external to the optical system and including a sense aperture from the plurality of sense apertures, a sense lens from the

2017212835 26 Feb 2019

plurality of sense lenses, an optical filter from the filter layer, and a sense pixel from the plurality of sense pixels.

21. The optical system for performing distance measurements as claimed in claim 20 further comprising a temperature regulator operatively coupled to the illumination source and configured to modify a temperature of the illumination source.

22. The optical system for performing distance measurements as claimed in claim 21 wherein:

the receiver module further comprises a calibration channel including a calibration aperture from the aperture layer, a calibration lens aligned with the calibration aperture, a calibration pixel substantially aligned with the calibration lens, and an optical filter from the filter layer;

the illumination source is configured to project a first portion of light into a field ahead of the optical system and project a second portion of light onto the calibration pixel in the calibration channel; and

the temperature regulator is configured to modify a temperature of the plurality of lasers based on a light power detected by the calibration pixel in the calibration channel.

23. The optical system for performing distance measurements as claimed in any one of claims 20 to 22 wherein each sense pixel is configured to output a signal or stream of signals corresponding to a count of photons incident on the sense pixel within a single sampling period and wherein the system further comprises a processor and a computer-readable medium, the processor configured to execute instructions stored in the computer-readable medium to transform incident photon counts and photon timing information with known positions of the fields of view for each sense pixel into a virtual three-dimensional representation of the field external to the system.

24. The optical system for performing distance measurements as claimed in claim 23 wherein the plurality of lasers is fabricated on a single chip and

2017212835 26 Feb 2019

exhibit substantially similar output wavelength characteristics as a function of temperature.

25. The optical system for performing distance measurements as claimed in any one of claims 20 to 24 wherein the sense pixel in each sensing circuit comprises a plurality of single-photon avalanche diode detectors (SPADs) and the illumination source comprises a monolithic vertical cavity surface emitting laser (VCSEL) array of optical emitters.

26. An optical system for performing distance measurements, the optical system comprising:

a receiver module comprising a bulk receiver optic, an aperture layer including a plurality of apertures, a lens layer including a plurality of lenses, a pixel layer including a plurality of pixels and an optical filter layer positioned between the bulk receiver optic and the pixel layer, the receiver module further including a plurality of sensing circuits and at least one calibration channel, wherein each sensing circuit in the plurality of sensing circuits defines a discrete, non-overlapping field of view beyond a threshold distance in the field external to the optical system and wherein each sensing circuit in the plurality of sensing circuits and the at least one calibration channel includes an aperture from the plurality of apertures, a lens from the plurality of lenses, a filter from the filter layer and a pixel from the plurality of pixels; and

an emitter module comprising a bulk transmitter optic and an illumination source comprising a plurality of optical emitters configured to output light at an operating wavelength as a function of a parameter, project a first portion of the light through the bulk transmitter optic into a field ahead of the optical system and project a second portion of the light onto the pixel in the at least one calibration channel; and

a regulator configured to modify the parameter of the plurality of optical emitters based on a light power detected by the pixel in the calibration channel.

27. The optical system for performing distance measurements as claimed in claim 26 wherein the regulator comprises a temperature regulator

2017212835 26 Feb 2019

configured to modify a temperature of the illumination source based on the light power detected by the pixel in the at least one calibration channel.

28. The optical system for performing distance measurements as claimed in claim 26 wherein the regulator modifies a duty cycle of the illumination source.

29. The optical system for performing distance measurements as claimed in claim 26 wherein, for each sensing circuit in the plurality of sensing circuits, the lens in the sensing circuit is aligned with the aperture in the sensing circuit and the pixel in the sensing circuit is substantially aligned with the lens in the sensing circuit; and wherein each sensing circuit in the plurality of sensing circuits defines a discrete, non-overlapping field of view beyond a threshold distance in the field external to the optical system.

30. The optical system for performing distance measurements as claimed in any one of claims 26 to 29 further comprising an optical bypass extending from the illumination source to at pixel in the at least one calibration channel.

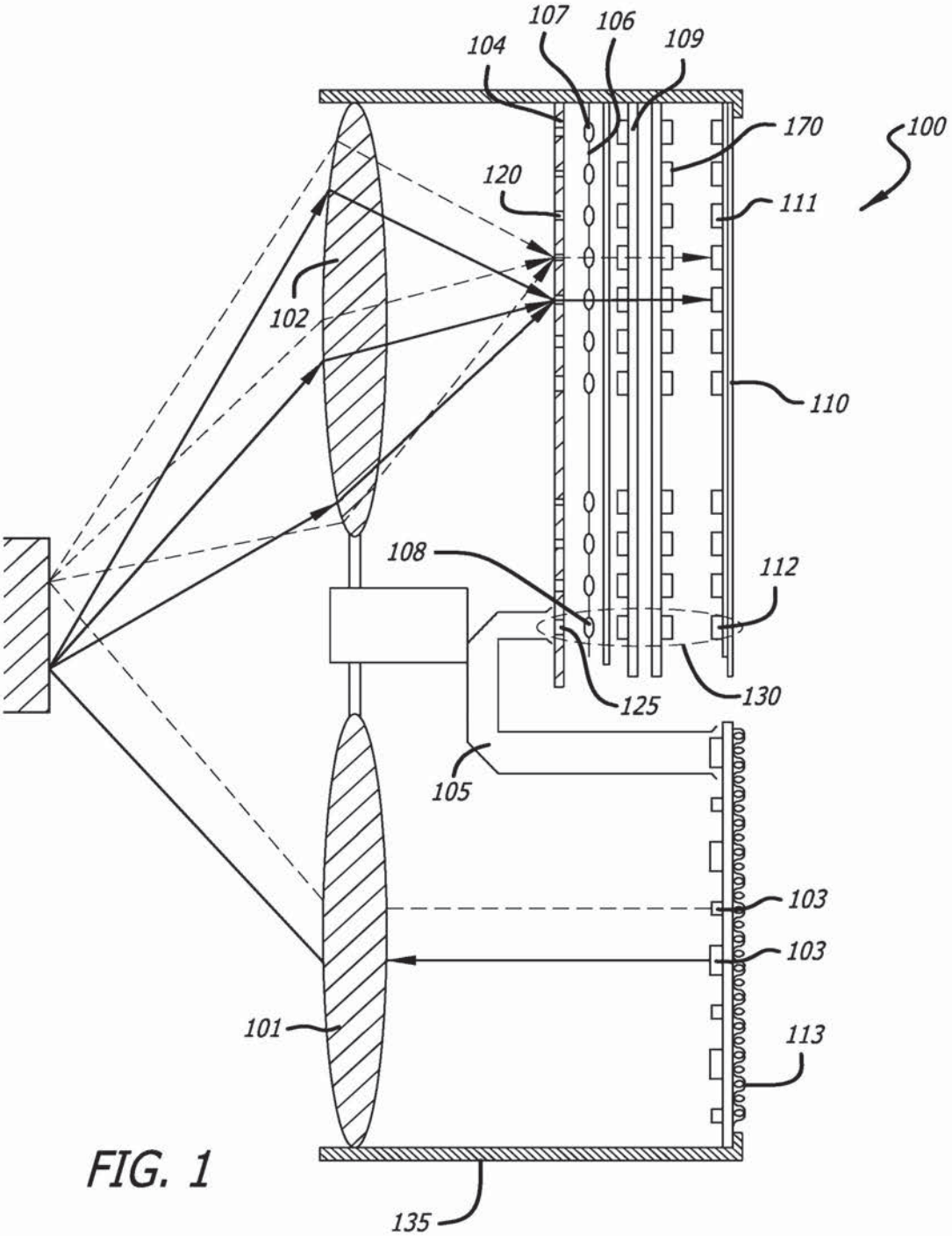
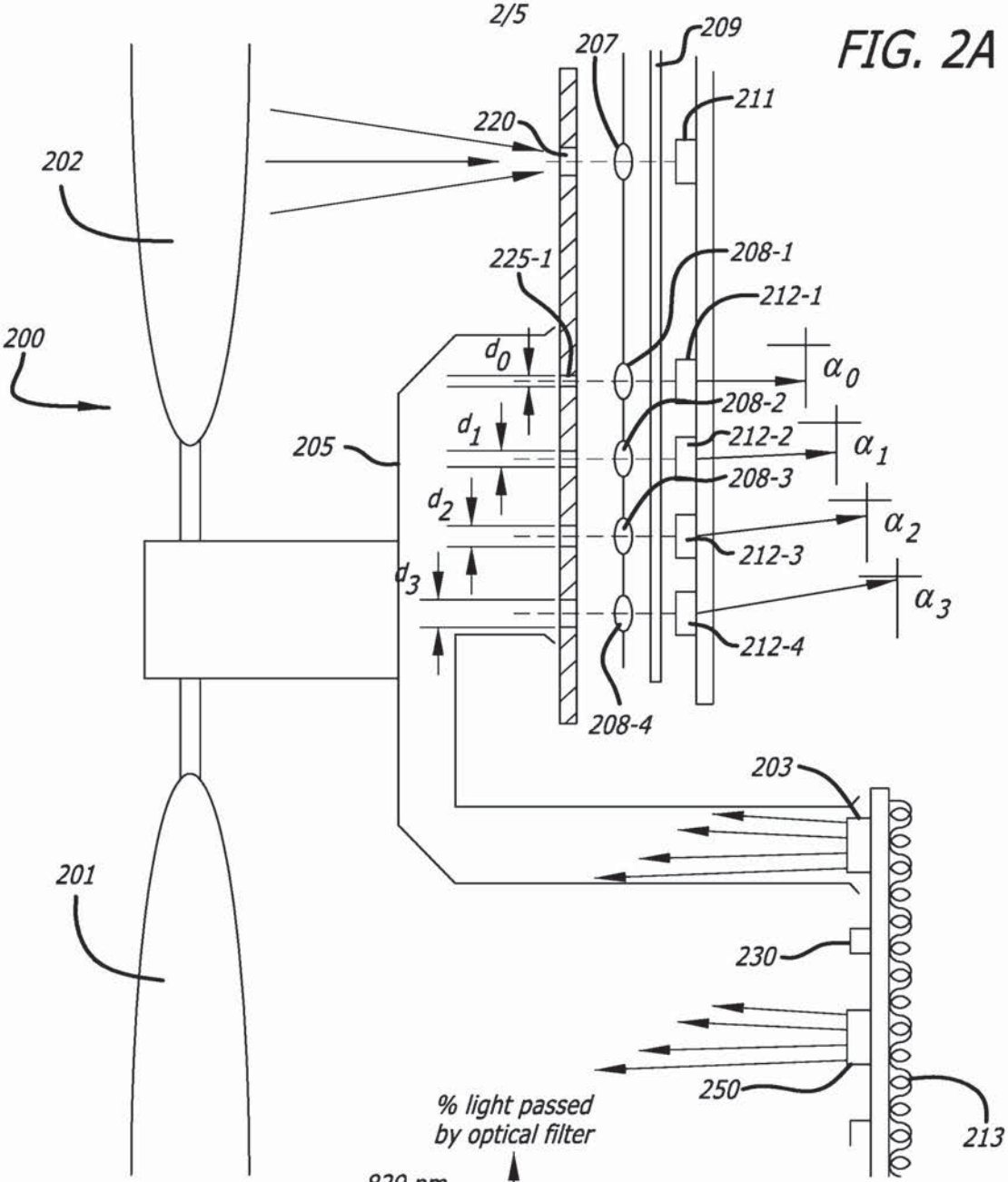

107
106
104
109
170
100
120
111
102
110
108
112
125
130
105
103
103
101
113
135

FIG. 1

FIG. 2A


202
200
201
205
220
225-1
207
209
211
208-1
212-1
208-2
212-2
208-3
212-3
208-4
212-4
d_0
d_1
d_2
d_3
α_0
α_1
α_2
α_3
203
230
250
213

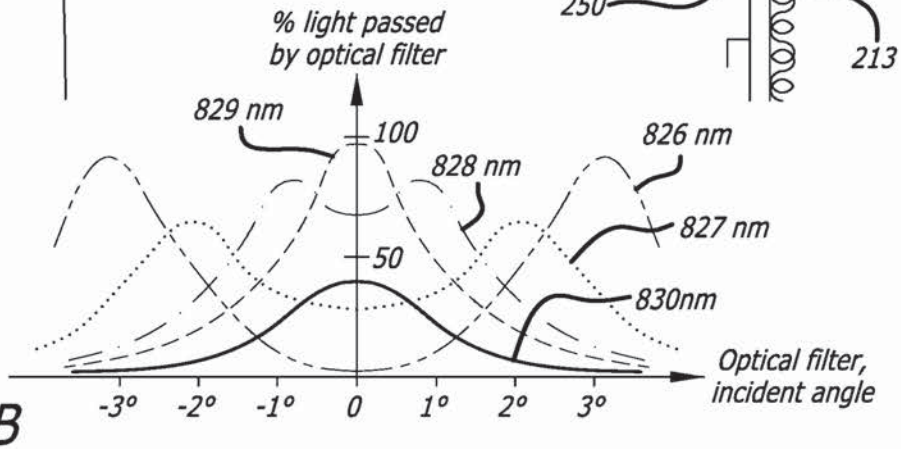

% light passed by optical filter
829 nm
828 nm
826 nm
827 nm
830nm
100
50
-3°
-2°
-1°
0
1°
2°
3°
Optical filter, incident angle

FIG. 2B

Optical Filter λ_{nom}: 829 nm

d_0: ~0 μm
d_1: +10 μm
d_2: +20 μm
d_3: +30 μm

Laser Temperature	Laser Output λ (nm)	Incident Photon Count (% of maximum)			
		Calibration Circuit 1 (d_0 = 0°)	Calibration Circuit 2 (d_1 = 1°)	Calibration Circuit 3 (d_2 = 2°)	Calibration Circuit 4 (d_3 = 3°)
T1	827	40	60	100	30
T2	828	90	100	30	0
T3	**829**	**100**	**90**	**30**	**5**
T4	830	50	45	15	0
T5	831	10	5	0	0

target → (T3)

increase TR power

decrease TR power

FIG. 2C

Optical Filter λ_{nom}: 829 nm

d_0: -10 μm
d_1: ~0 μm
d_2: +10 μm
d_3: +20 μm

Laser Temperature	Laser Output λ (nm)	Incident Photon Count (% of maximum)			
		Calibration Circuit 1 (d_0 = -1°)	Calibration Circuit 2 (d_1 = 0°)	Calibration Circuit 3 (d_2 = 1°)	Calibration Circuit 4 (d_3 = 2°)
T0	826	15	5	15	60
T1	827	70	45	70	100
T2	**828**	**100**	**90**	**100**	**45**
T3	829	90	100	90	15
T4	830	45	50	45	0

target → (T2)

increase TR power

decrease TR power

FIG. 2D

FIG. 3A

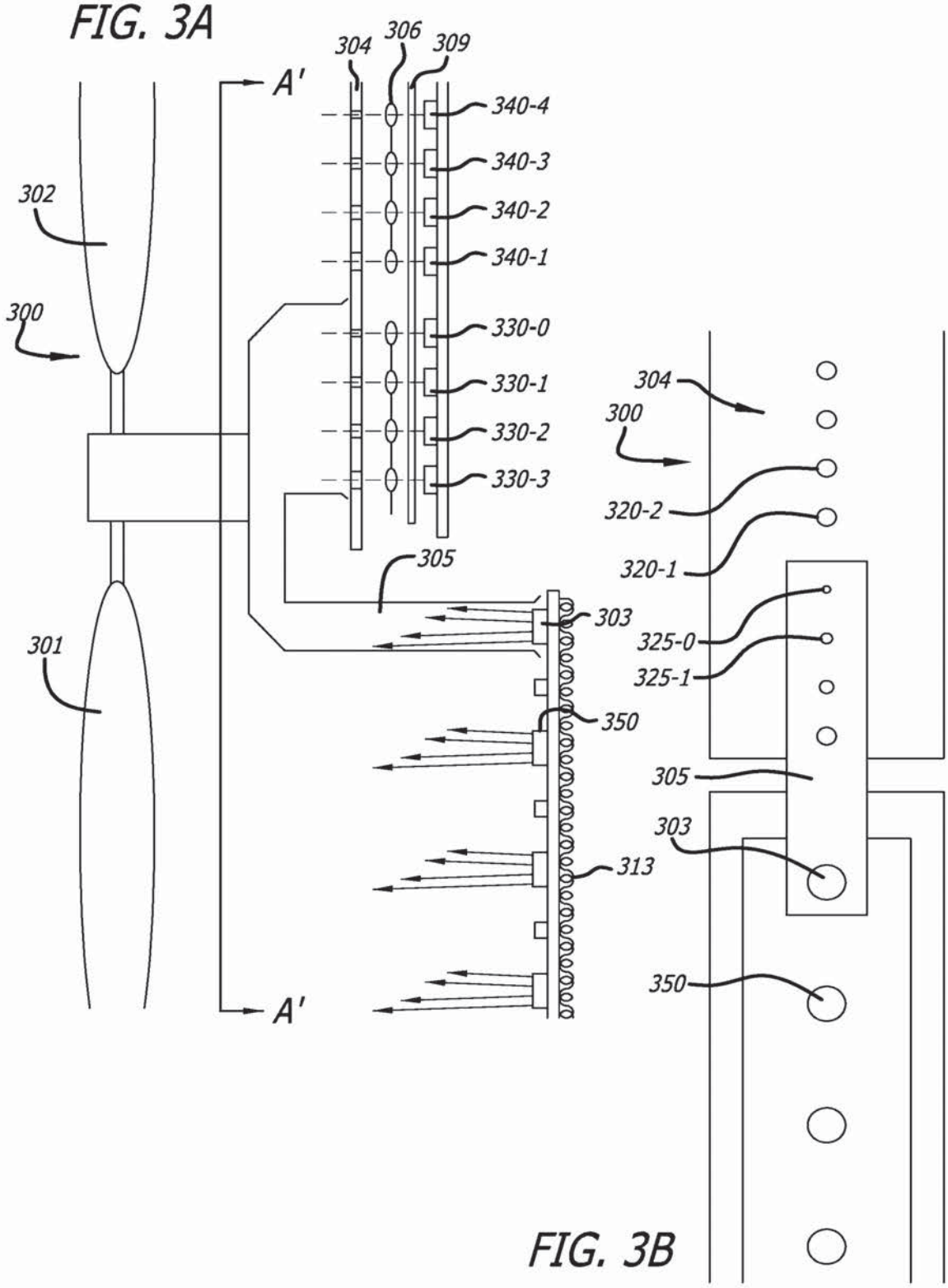

304
306
309
A'
340-4
340-3
340-2
340-1
302
300
330-0
330-1
330-2
330-3
305
303
301
350
313
A'
304
300
320-2
320-1
325-0
325-1
305
303
350

FIG. 3B

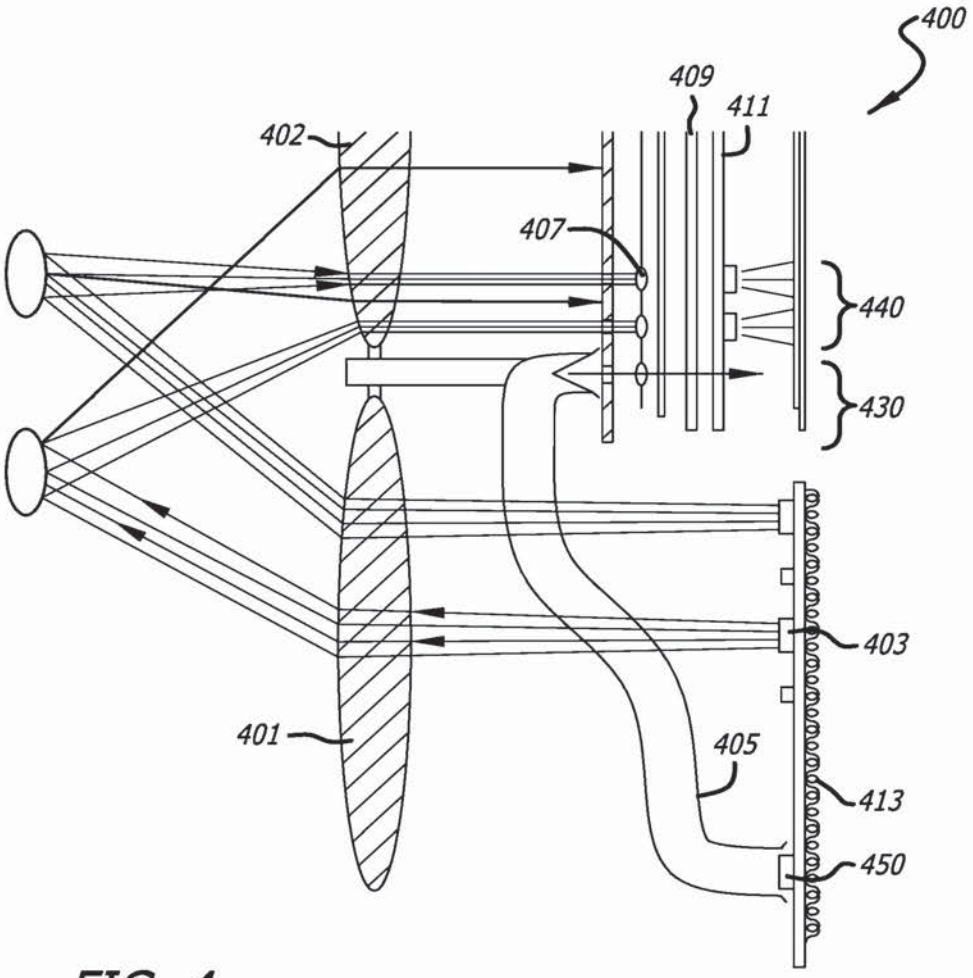


FIG. 4

(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2010-128122
(P2010-128122A)
(43)公開日　平成22年6月10日(2010.6.10)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G02B 7/34	(2006.01)	G02B 7/11	C	2H011
G03B 13/36	(2006.01)	G03B 3/00	A	2H051
H04N 5/232	(2006.01)	H04N 5/232	H	2H151
H04N 101/00	(2006.01)	H04N 101:00		5C122

審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 24 頁）

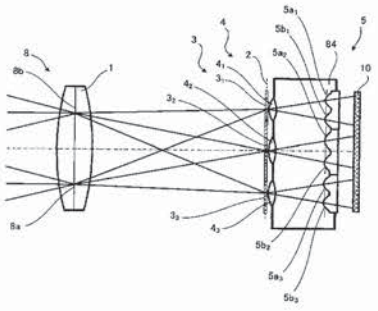
(21)出願番号　特願2008-301912 (P2008-301912)
(22)出願日　平成20年11月27日 (2008.11.27)

(71)出願人　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100139103
弁理士　小山　卓志
(74)代理人　100097777
弁理士　韮澤　弘
(74)代理人　100139114
弁理士　田中　貞嗣
(74)代理人　100088041
弁理士　阿部　龍吉
(74)代理人　100092495
弁理士　蛭川　昌信
(74)代理人　100095120
弁理士　内田　亘彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】撮像装置

(57)【要約】　（修正有）
【課題】撮影用の撮像素子と焦点検出用の受光素子を共用とし、焦点検出用光路を必要としない撮像装置を提供する。
【解決手段】撮影レンズ１による物体像を受光する撮像素子１０と、撮像素子１０の近傍で撮影レンズ１側に挿入退避可能な焦点検出用フィルター部８４を有し、焦点検出用フィルター部８４は、撮影レンズ１側より、複数の開口部を有する視野絞り２と、視野絞り２面上の焦点検出エリア近傍に配置されたコンデンサーレンズ４と、視野絞り２の開口部に対応して合焦精度を確保し得る間隔を以て並ぶ一対の開口部を有する瞳分割絞り５と、各瞳分割絞り５の開口部に対応して配置された複数の再結像レンズを持つ再結像レンズ群を有し、焦点検出用フィルター部８４が撮影光路中に挿入された状態で撮像素子１０から得られる光強度分布を表す出力信号の位相差を検出することにより焦点検出を行い、撮影時には焦点検出用フィルター部８４が光路から退避する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
撮影レンズと、
該撮影レンズによる物体像を受光する撮像素子と、
焦点検出用フィルター部と、
を有し、
前記焦点検出用フィルター部は、前記撮影レンズ側より順に、
第１の開口部を複数有する視野絞りと、
前記視野絞り近傍に配置されたコンデンサーレンズと、
合焦精度を確保し得る間隔を以て並ぶ第２の開口部を複数有する瞳分割絞りと、
前記第２の開口部に対応して配置された複数の再結像レンズを持つ再結像レンズ群と、
を有し、
前記視野絞りは前記撮像素子と略共役な位置に配置され、
前記撮影レンズの異なる領域をそれぞれ通過した二つの光束が、前記異なる第１の開口部をそれぞれ通過した後に、異なる前記再結像レンズにそれぞれ入射するように、前記複数の第１の開口部は形成され、
前記焦点検出用フィルター部は、前記撮影レンズと前記撮像素子の間の光路であって、前記撮像素子の近傍に挿入退避可能に配置され、
焦点検出時には前記焦点検出用フィルター部が前記光路に挿入され、撮影時には前記焦点検出用フィルター部が前記光路から退避する
ことを特徴する撮像装置。
【請求項２】
前記視野絞りは、互いに隣り合う少なくともｎ個（ｎ≧２）の前記第１の開口部をもち、
前記再結像レンズ群は、第ｎ＋１個の前記再結像レンズを備え、
第ｎ－１番目及び第ｎ番目の再結像レンズは前記第ｎ－１番目の前記第１の開口部に対応し且つ互いに隣り合う一対の再結像レンズであり、
第ｎ番目及び第ｎ＋１番目の再結像レンズは前記第ｎ番目の前記第１の開口部に対応し且つ互いに隣り合う一対の再結像レンズであり、
前記第ｎ－１番目の再結像レンズと前記ｎ＋１番目の再結像レンズは異なる位置に配置される
ことを特徴とする請求項１に記載の撮像装置。
【請求項３】
前記視野絞りとは別の視野絞りを有し、
該別の視野絞りは、互いに隣り合う少なくともｎ個（ｎ≧２）の第１の開口部を備え、
前記視野絞りと前記別の開口絞りは平行に配置されている
ことを特徴とする請求項２に記載の撮像装置。
【請求項４】
前記視野絞りとは別の視野絞りを備え、
該別の視野絞りは、互いに隣り合う少なくともｎ個（ｎ≧２）の第１の開口部を備え、
前記視野絞りと前記別の視野絞りは直交するように配置されている
ことを特徴とする請求項１または請求項２に記載の撮像装置。
【請求項５】
前記焦点検出時、前記再結像レンズによって前記撮像素子に投影された前記第１の開口部の像が、他の前記第１の開口部の像と干渉しないように構成される
ことを特徴とする請求項１乃至請求項４のいずれか１つに記載の撮像装置。
【請求項６】
前記焦点検出用フィルター部は板状部材であって、
前記コンデンサーレンズと前記再結像レンズ群の間が透明材質で満たされている
ことを特徴とする請求項１乃至請求項５のいずれか１つに記載の撮像装置。

【請求項７】
前記撮像素子は、少なくとも３色のカラーフィルターを有し、
前記撮像素子に投影された前記視野絞りの像は、少なくとも前記３色のカラーフィルターを含む大きさである
ことを特徴とする請求項１乃至請求項６のいずれか１つに記載の撮像装置。
【請求項８】
焦点検出時、前記焦点検出用フィルター部と前記撮像素子との位置関係により、前記撮像素子からの出力信号を選択的に使用して焦点検出を行う
ことを特徴とする請求項１乃至請求項７のいずれか１つに記載の撮像装置。
【請求項９】
前記撮像装置は、表示用ディスプレーを備え、
前記焦点検出用フィルター部が光路に挿入された状態と退避された状態のそれぞれで、撮像素子からの出力を表示用ディスプレーに表示可能である
ことを特徴とする請求項１乃至請求項８のいずれか１つに記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、撮像装置に関し、特に所謂位相差式オートフォーカス（ＡＦ）システムを用いた撮像装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、特許文献１に示すような焦点検出系が知られている。特許文献１では、図１７に示すように、撮影レンズ５０１とクイックリターンミラーやハーフミラー等（不図示）を経た光路上にこの焦点検出系が配置されている。この焦点検出系において、５０２は撮影レンズ５０１の予定結像面、５０３は予定結像面５０２の近傍に配置されたフィールドレンズである。また、５０４は２次光学系（再結像レンズ群）であり、２次結像レンズ５４１、５４２及び５４３を有する。２次結像レンズ５４２は、撮影レンズ５０１の光軸と一致するように配置され、２次結像レンズ５４１と５４３は、撮影対物レンズ１の光軸に対して対称に配置されている。５０５は受光手段で、３つの受光素子列５５１、５５２、５５３により構成されている。３つの受光素子列５５１、５５２、５５３は、３つの２次結像レンズ５４１、５４２、５４３に対応して配置されている。５０６は絞りであり、３つの開口部５６１、５６２、５６３を有している。３つの開口部５６１、５６２、５６３は、２次結像レンズ５４１、５４２、５４３に対応して配置されている。５０７は撮影レンズ５０１の射出瞳であり、後述するようにフィールドレンズ５０３等により３つに分割されている。
【０００３】
この焦点検出系では、撮像面と概略等価な位置に1次結像面（予定結像面５０２）が設定されている。視野絞りは、その1次結像面近傍に配置され焦点検出エリアを形成する。コンデンサーレンズ（フィールドレンズ５０３）は、1次結像面近傍に配置される。明るさ絞り（絞り５０６）は、複数開口部により瞳分割を行う。複数の再結像レンズ（２次結像レンズ）及び受光素子列（受光手段５０５）は、それぞれの明るさ絞りに対応して配置されている。また、コンデンサーレンズは、撮影レンズ内の異なる領域をそれぞれ明るさ絞りに投影している。また、再結像レンズは1次結像位置の空中像を対応する明るさ絞りを通して受光素子列に投影する。
【０００４】
この焦点検出系は、複数の焦点検出エリアの各々について検出を行うために、それぞれ

一対の再結像レンズを持っている。そして、１つの再結像レンズを複数の焦点検出エリアの再結像のために用いている。

【０００５】

第１７図に示すように、この焦点検出系では、視野絞り面に３つの焦点検出エリアが一方向に並んでいる。また、この焦点検出系は、各々の焦点検出エリアに対応するように、一対の再結像レンズからなる再結像レンズ群５０４を備えている。これらの再結像レンズ群５０４は、一方向に並ぶ３つの再結像レンズ５４１，５４２，５４３で構成されている。そして、中心の焦点検出エリアに対しては外側両方の再結像レンズ５４１，５４３が対応しており、これらにより焦点検出を行う。また、外側の焦点検出エリアに対しては外側片方の再結像レンズ５４１と中心の再結像レンズ５４２が対応しており、これらにより焦点検出を行う。また、紙面の垂直方向にも同様に焦点検出系を配置できる旨が開示されている。

【特許文献１】特開平１－２６６５０３号公報

【０００６】

また、焦点検出系の薄型化、測距エリアの拡大を目的とした構成を図１８に示す。図１８に示す構成では、被写体側より　撮影光学系２０１、撮像面と等価な位置にある視野絞り面２０２、視野絞り面２０２の近傍に設定された視野絞２０３、視野絞り面２０２の近傍に配置されるコンデンサーレンズ２０４、コンデンサーレンズ２０４から離れた位置に配置された明るさ絞り２０５、明るさ絞り２０５の近傍に配置される再結像レンズ群２０６、そして、再結像レンズ群２０６に対応する受光部材２０７が、被写体側からこの順で配置されている。

【０００７】

ここで、視野絞り２０３は開口（以下、視野開口ともいう。）を有し、この視野開口により焦点検出エリアが規定されている。また、明るさ絞り２０５は瞳分割を行うためのもので、瞳分割絞りということができる。この明るさ絞り２０５は複数の開口205_{a1}～205_{a3}，205_{b1}～205_{b1}（以下、瞳分割絞り開口ともいう。）を有している。また、再結像レンズ２０６群は、複数の再結像レンズ206_{a1}～206_{a3}，206_{b1}～206_{b2}を有している。また、受光部材２０７は、複数の光電変換部207_{a1}～207_{a1}，207_{b1}～207_{b3}を有している。光電変換部は複数の光電変換素子（受光素子）で構成され、瞳分割絞り開口の並ぶ方向と同じ方向に各光電変換素子（受光素子）が配列されている。

【０００８】

上記構成のうち、視野絞り２０３（視野開口）、コンデンサーレンズ２０４、明るさ絞り２０５、再結像レンズ群２０６及び受光部材２が、一般に焦点検出系と称されている。

【０００９】

図１８の焦点検出系では、上記目的を実現するために、３つの視野開口で視野絞りを構成し、それぞれの視野開口に対して焦点検出用の部材を配置している。図１８では、撮影レンズ２０１内に仮想領域208_a，208_bを想定している。また、視野絞り面２０２近傍に、視野絞り２０３が配置されている。この視野絞り２０３は、視野開口203_1、203_2及び203_3で構成されている。そして、それぞれの視野開口203_1、203_2及び203_3に対応して、瞳分割絞り開口205_{a1}～205_{b3}、再結像レンズ206_{a1}～206_{b3}、光電変換部207_{a1}～207_{b3}が配置されている。

【００１０】

また、視野開口203_1の近傍にコンデンサーレンズ204_1が配置され、コンデンサーレンズ204_1による仮想領域208_aの共役位置に瞳分割絞り開口205_{a1}が配置され、その瞳分割絞り開口205_{a1}の近傍に再結像レンズ206_{a1}が配置されている。再結像レンズ206_{a1}は視野開口203_1上の像を、コンデンサーレンズ204_1、瞳分割絞り開口205_{a1}を介して光電変換面207_{a1}上に投影する。

【００１１】

同様にして、仮想領域208_b、視野開口203_1、コンデンサーレンズ204_1、瞳分割絞り開口205_{b1}、再結像レンズ206_{b1}、光電変換面207_{b1}の組み合わせ、仮想領

域２０８$_{a}$、視野開口２０３$_{2}$、コンデンサーレンズ２０４$_{2}$、瞳分割絞り開口２０５$_{a2}$、再結像レンズ２０６$_{a2}$、光電変換面２０７$_{a2}$の組み合わせ、仮想領域２０８$_{b}$、視野開口２０３$_{2}$、コンデンサーレンズ２０４$_{2}$、瞳分割絞り開口２０５$_{b2}$、再結像レンズ２０６$_{b2}$、光電変換面２０７$_{b2}$の組み合わせ、仮想領域２０８$_{a}$、視野開口２０３$_{3}$、コンデンサーレンズ２０４$_{3}$、瞳分割絞り開口２０５$_{a3}$、再結像レンズ２０６$_{a3}$、光電変換面２０７$_{a3}$の組み合わせ、及び、仮想領域２０８$_{b}$、視野開口２０３$_{3}$、コンデンサーレンズ２０４$_{3}$、瞳分割絞り開口２０５$_{b3}$、再結像レンズ２０６$_{b3}$、光電変換面２０７$_{b3}$の組み合わせで、焦点検出に必要な構成が実現される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１２】

しかしながら　このような焦点検出系は、被写体を撮像するための撮像素子に加え、焦点検出用の受光素子が必要となる。また、撮影光学系の光路から分割された焦点検出光学系用の光路が必要となる。

【００１３】

本発明は、このような従来技術の課題に鑑みてなされたものであり、所謂位相差式オートフォーカス（ＡＦ）システムでありながら、被写体撮影用の撮像素子と焦点検出用の受光素子を共用とし、焦点検出用光路を必要としない撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１４】

上記目的を達成するために、本発明の撮像装置は、撮影レンズと、該撮影レンズによる物体像を受光する撮像素子と、焦点検出用フィルター部と、を有し、前記焦点検出用フィルター部は、前記撮影レンズ側より順に、第１の開口部を複数有する視野絞りと、前記視野絞り近傍に配置されたコンデンサーレンズと、合焦精度を確保し得る間隔を以て並ぶ第２の開口部を複数有する瞳分割絞りと、前記第２の開口部に対応して配置された複数の再結像レンズを持つ再結像レンズ群と、を有し、前記視野絞りは前記撮像素子と略共役な位置に配置され、前記撮影レンズの異なる領域をそれぞれ通過した二つの光束が、前記異なる第１の開口部をそれぞれ通過した後に、異なる前記再結像レンズにそれぞれ入射するように、前記複数の第１の開口部は形成され、前記焦点検出用フィルター部は、前記撮影レンズと前記撮像素子の間の光路であって、前記撮像素子の近傍に挿入退避可能に配置され、焦点検出時には前記焦点検出用フィルター部が前記光路に挿入され、撮影時には前記焦点検出用フィルター部が前記光路から退避することが好ましい。

【発明の効果】

【００１５】

本発明によれば、撮影用の撮像素子と焦点検出用の受光素子を共用とし、焦点検出用光路を必要としない撮像装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１６】

本実施形態の撮像装置について説明する。本実施形態の撮像装置は、撮影レンズと、該撮影レンズによる物体像を受光する撮像素子と、焦点検出用フィルター部を有する。ここで、焦点検出用フィルター部は、撮影レンズ側より順に、撮像素子と略共役な位置に配置され、第１の開口部を複数有する視野絞りと、視野絞り近傍に配置されたコンデンサーレンズと、合焦精度を確保し得る間隔を以て並ぶ第２の開口部を複数有する瞳分割絞りと、第２の開口部に対応して配置された複数の再結像レンズを持つ再結像レンズ群を有する。そして、撮影レンズの異なる領域をそれぞれ通過した二つの光束が、異なる第１の開口部をそれぞれ通過した後に、異なる再結像レンズにそれぞれ入射するように、複数の第１の開口部は形成されている。さらに、焦点検出用フィルター部は、撮影レンズと撮像素子の間の光路であって、撮像素子の近傍に挿入退避可能に配置され、焦点検出時には焦点検出用フィルター部が光路に挿入され、撮影時には焦点検出用フィルター部が光路から退避す

る。

【００１７】

このように、撮影光路中に焦点検出用フィルター部を挿入することで、光路及び受光素子を撮影用とＡＦ用で共用できる。このとき、視野絞りと撮像素子（結像面）の間隔は小さい方が良い。ここで、視野絞りと撮像素子の間隔は、第１の開口部の像が互いにセンサー上で干渉しない（重なり合わない）ようにすることが重要となる。そのため、開口部の大きさは、視野絞りと撮像素子の間隔を定める重要な要素となる。そこで、第１の開口部を複数もつことで、それぞれの開口の大きさを小さくできる。その結果、視野絞りと撮像素子（結像面）の間隔を小さくすることができる。また、視野絞りと撮像素子を小さくできる。

【００１８】

また、視野絞りは、互いに隣り合う少なくともｎ個（ｎ≧２）の第１の開口部をもち、再結像レンズ群は、第ｎ＋１個の再結像レンズを備え、第ｎ－１番目及び第ｎ番目の再結像レンズは第ｎ－１番目の第１の開口部に対応し且つ互いに隣り合う一対の再結像レンズであり、第ｎ番目及び第ｎ＋１番目の再結像レンズは第ｎ番目の第１の開口部に対応し且つ互いに隣り合う一対の再結像レンズであり、第ｎ－１番目の再結像レンズとｎ＋１番目の再結像レンズは異なる位置に配置されることが好ましい。

【００１９】

第１の開口部の各々は視野絞りとしての役割を持つが、焦点検出エリアを規定する役割も持っている。よって、第１の開口部がｎ個（ｎ≧２）の場合、焦点検出エリアもｎ個となる。そして、１つの第１の開口部に対して隣り合う一対の再結像レンズが対応するので、焦点検出エリアの各々についても隣り合う一対の再結像レンズが対応することになる。このように、それぞれの再結像レンズが隣り合うことで、焦点検出エリアと再結像レンズとの距離を小さくしても、再結像レンズに入射する光線の入射角を抑えやすく、収差を抑えやすい。

【００２０】

特に、上述の第ｎ番目及び第ｎ＋１番目の再結像レンズを、第ｎ番目の焦点検出エリアに対応させて配置するのが好ましい。このようにすることで、再結像レンズｎ＋１個にてｎ個の焦点検出エリアにおける焦点検出が行える。すなわち、焦点検出系の構成を簡単にし、視野絞りと撮像素子の間隔も小さくしやすくなる。また、それぞれの焦点検出エリアに対する焦点検出の構造を独立させる必要がないので、それぞれの焦点検出エリアを近づけやすくなる。これにより、複数の並んだ視野開口があたかも一つの測距エリアを形成していると見なせるので、一つの測距エリアで焦点検出を行うのと同等の焦点検出を行なうことができる。

【００２１】

また、一つの焦点検出エリアに対しては、一対の再結像レンズが隣り合う配置となるので、同じ受光素子列に複数の（他の）焦点検出エリアからの光線が入ることを防ぎやすくなる。この場合、開口絞りから再結像レンズ群までの間に遮光部材を配置する必要がなくなるので、焦点検出系の薄型化に貢献することができる。

【００２２】

このように構成すると、瞳分割絞り、再結像レンズ群の構成を簡略にできると。加えて、複数の焦点検出エリアを有するにもかかわらず、各々の焦点検出エリアを近づけやすく、且つ、その焦点検出エリアに再結像レンズ群を近づけることができる。よって、簡略且つ薄型な構成でありながらも、必要な焦点検出能力が確保できる焦点検出系を提供できる。これは焦点検出用フィルター部の挿入退避の構成が簡易になる効果もある。

【００２３】

また、視野絞りとは別の視野絞りを有し、別の視野絞りは、互いに隣り合う少なくともｎ個（ｎ≧２）の第１の開口部を備え、視野絞りと別の開口絞りは平行に配置されていることが好ましい。

【００２４】

このようにすることで、焦点検出エリアを広げることができる。それとともに、複数の開口絞りにおける第１の開口部に基づく焦点検出出力を合わせて評価することで、安定した精度の高い焦点検出が可能となる。

【００２５】

また、視野絞りとは別の視野絞りを有し、別の視野絞りは、互いに隣り合う少なくともｎ個（ｎ≧２）の第１の開口部を備え、視野絞りと別の開口絞りは直交するように配置されていることが好ましい。

【００２６】

焦点検出エリアを直交する２つの方向に設けることで、様々な被写体に対して合焦することができる。

【００２７】

また、焦点検出時、再結像レンズによって撮像素子に投影された第１の開口部の像が、他の第１の開口部の像と干渉しないように構成されることが好ましい。

【００２８】

複数の第１の開口部の各々は、対応する一対の再結像レンズによって投影される。その際、１つの第１の開口部の像が他の第１の開口部の像と干渉しないようすることで、焦点検出の精度を確保することができる。

【００２９】

好ましくは　この投影倍率を１／２倍以下にすることが望ましい。更に望ましくは１／３倍以下にすることが望ましい。

【００３０】

また、焦点検出用フィルター部は板状部材であって、コンデンサーレンズと再結像レンズの間が透明材質で満たされていることが好ましい。

【００３１】

焦点検出用フィルター部を概略１枚のプレート状にすることで、光路への挿入退避が容易になる。

【００３２】

また、撮像素子は、少なくとも３色のカラーフィルターを有し、撮像素子に投影された視野絞りの像は、少なくとも３色のカラーフィルターを含む大きさであることが好ましい。

【００３３】

一つの第１の開口部からの光に基づいて、全ての色情報を再現することができる。すなわち、全ての色情報を使うことで、焦点検出時に色収差の影響を考慮することができる。よって、安定した焦点検出が行える。

【００３４】

また、焦点検出時、焦点検出用フィルター部と撮像素子との位置関係により、撮像素子からの出力信号を選択的に使用して焦点検出を行うことが好ましい。

【００３５】

例えば、各視野絞りに対応する画素を、焦点検出用フィルターの挿入ごとに選択する。このようにすれば、焦点検出用フィルターの挿入位置がばらついても、焦点検出に対する影響を抑えることができる。そのため、挿入退避毎の焦点検出フィルター部の精度をそれほど厳しくしなくとも、安定した焦点検出ができる。

【００３６】

また、撮像装置は、表示用ディスプレーを備え、焦点検出用フィルター部が光路に挿入された状態と退避された状態のそれぞれで、撮像素子からの出力を表示用ディスプレーに表示可能であることが好ましい。

【００３７】

そのため、焦点検出フィルター部を光路中に挿入すると、表示可能画素数（視野絞りの数に相当）が少なくなる。しかしながら、撮影画素数（10M等）に対して表示画素数（0.3M等）が少なければ、被写体の表示は可能になる。よって、この構成により、焦点検出時

でもフレーミングが可能である。

【００３８】

さらに、撮像素子から画像信号が出力されてから１秒以内に、その画像信号に基づいた画像が表示されることが好ましい。

【００３９】

撮像素子から画像信号が出力されてから１秒以上かかるのであれば、焦点検出フィルター部が挿入される前の画像をそのまま表示する方法が有利になる場合がある。

【００４０】

さらに、第１の開口部の数は７００００個以上であり、撮像素子の画素数は第１の開口部の数の３６倍以上であることが好ましい。

【００４１】

視野絞りにおける第１の開口の数は、フレーミング画像の解像度に影響する。この点を考慮すると、視野絞りにおける第１の開口の数は、７００００個以上が望ましい。また、撮像素子の画素数は視野開口の３６倍以上にするのが好ましい。このようにすることで、色情報や焦点検出用フィルター部と撮像面の位置のずれを補償しやすくなる。なお、ここでは、フレーミング画像の解像度とは、焦点検出用フィルター挿入時の表示用ディスプレーの解像度のことである。また、70000画素はほぼQVGA、0.3M画素はVGAに相当する。

【００４２】

以下に、本願発明の実施の形態を説明する。図１は本願発明の第１の実施の形態の撮像装置を示す。図１において、視野絞り３、コンデンサーレンズ４、瞳分割絞り５及び再結像レンズ群６の構成は図２０と同様である。また、２は視野絞り面、８ａ，８ｂは撮影レンズ1における仮想領域である。

【００４３】

ここで、３_{1}，３_{2}，３_{3}は第１の開口部であって、視野絞り３における各開口（視野開口）に相当する。４_{1}，４_{2}，４_{3}はコンデンサーレンズである。$５ａ_{1}$、$５ａ_{2}$、$５ａ_{3}$、$５ｂ_{1}$、$５ｂ_{2}$、$５ｂ_{3}$は第２の開口部であって、瞳分割絞り５における各開口に相当する。

【００４４】

本実施形態の撮像装置では、図２０における光電変換部の代わりに撮像素子１０が用いられている。また、コンデンサーレンズ４及び再結像レンズ群６が一体となって、焦点検出フィルター８４を形成している。そして、この焦点検出フィルター８４を、撮影光路から挿入退避ができる構成となっている。ンデンサーレンズ４及び再結像レンズ群６は別体として撮影光路からの挿入退避を行っても良いが、コンデンサーレンズ４及び再結像レンズ群６を一体とすることで、挿入退避時にそれぞれの位置関係を保つのが容易となる。このように、第１実施形態の撮像装置は、焦点検出フィルター８４を撮影光路から挿入退避することで、焦点検出が撮像素子１０で行なえるようになっている。

【００４５】

図２は、第２の実施の形態の撮像装置の構成を説明したものである。

【００４６】

図２（ａ）、図２（ｂ）では、　図１と同様に、視野絞り面２近傍に視野絞り３が配置されている。視野絞り３の開口３_{1}，３_{2}，３_{3}は一列に並んでいる。これらの開口は視野開口であって、焦点検出エリアを形成している。そして、それぞれの視野開口３_{1}，３_{2}，３_{3}に対応して、コンデンサーレンズ４（４_{1}，４_{2}，４_{3}）、瞳分割絞り５の開口（５_{1}，５_{2}，５_{3}，５_{4}）、再結像レンズ群６（６_{1}，６_{2}，６_{3}，６_{4}）が、それぞれ同じ方向に並べて配置されている。また、視野絞り面２と共役な位置には、光電変換面７が配置されている。光電変換面７は、受光部材７Ａに設けた受光素子列（$７ａ_{1}$、$７ａ_{2}$、$７ａ_{3}$、$７ｂ_{1}$、$７ｂ_{2}$、$７ｂ_{3}$）で構成されている。受光素子列の並ぶ方向は、再結像レンズ群６の各レンズと同じ方向である。

【００４７】

視野開口３_{1}の近傍には、コンデンサーレンズ４_{1}が配置されている。視野開口３_{1}とコンデンサーレンズ４_{1}には、仮想領域８_{a}からと仮想領域８_{b}からの光が通過する。仮想領

域８$_a$のコンデンサーレンズ４$_1$による共役位置には、瞳分割絞り５の開口５$_1$が配置されている。そして、開口５$_1$の近傍に、再結像レンズ６$_1$が配置されている。再結像レンズ６$_1$は、視野開口３$_1$の像を、コンデンサーレンズ４$_1$、瞳分割絞り５の開口５$_1$を通して光電変換面７$_{a1}$上に略投影する。

【００４８】

また、仮想領域８$_b$のコンデンサーレンズ４$_1$による共役位置には、瞳分割絞り５の開口５$_2$が配置されている。そして、開口５$_2$の近傍に、再結像レンズ６$_2$が配置されている。再結像レンズ６$_2$は、視野開口３$_1$の像を、コンデンサーレンズ４$_1$瞳分割絞り５の開口５$_2$を通して光電変換面７$_{b1}$上に略投影する。

【００４９】

視野開口３$_2$の近傍には、コンデンサーレンズ４$_2$が配置されている。視野開口３$_2$とコンデンサーレンズ４$_2$には、仮想領域８$_a$からと仮想領域８$_b$からの光が通過する。仮想領域８$_a$のコンデンサーレンズ４$_2$による共役位置には、瞳分割絞り５の開口５$_2$が配置されている。そして、開口５$_2$の近傍に、再結像レンズ６$_2$が配置されている。再結像レンズ６$_2$は、視野開口３$_2$の像を、コンデンサーレンズ４$_2$、瞳分割絞り５の開口５$_2$を通して光電変換面７$_{a2}$上に略投影する。

【００５０】

また、仮想領域８$_b$のコンデンサーレンズ４$_2$による共役位置には、瞳分割絞り５の開口５$_3$が配置されている。そして、開口５$_3$の近傍に、再結像レンズ６$_3$が配置されている。再結像レンズ６$_3$は、視野開口３$_2$上の像を、コンデンサーレンズ４$_2$、瞳分割絞り５の開口５$_3$を通して光電変換面７$_{b2}$上に略投影する。

【００５１】

視野開口３$_3$の近傍には、コンデンサーレンズ４$_3$が配置されている。視野開口３$_3$とコンデンサーレンズ４$_3$には、仮想領域８$_a$からと仮想領域８$_b$のからの光が通過する。仮想領域８$_a$のコンデンサーレンズ４$_3$による共役位置には、瞳分割絞り５の開口５$_3$が配置されている。そして、開口５$_3$の近傍に、再結像レンズ６$_3$が配置されている。再結像レンズ６$_3$は、視野開口３$_3$の像をコンデンサーレンズ４$_3$、瞳分割絞り５の開口５$_3$を通して光電変換面７$_{a3}$上に略投影する。

【００５２】

また、仮想領域８$_b$のコンデンサーレンズ４$_3$による共役位置には、瞳分割絞り５の開口５$_4$が配置されている。そして、開口５$_4$近傍に、再結像レンズ６$_4$が配置されている。再結像レンズ６$_4$は、視野開口３$_3$の像を、コンデンサーレンズ４$_3$、瞳分割絞り開口５$_4$を通して光電変換面７$_4$上に略投影する。

【００５３】

各光電変換面７はＣＣＤ、ＣＭＯＳ等の受光部材によって形成されている。

各光電変換面７から得られる強度分布の信号は、信号処理部Ｓに導かれる。信号処理部Ｓでは、仮想領域８$_a$，８$_b$と視野開口３$_1$，３$_2$，３$_3$（各焦点検出エリア）の組み合わせで決まる光路通過したそれぞれの光束について、その強度分布における位相差を検出する。そして、検出した位相差に基づいて、信号処理部Ｓは、撮影レンズ１に焦点合わせのための移動量を算出し、駆動手段に対して撮影レンズ１の移動を指示する。

【００５４】

本実施形態の撮像装置では、様々な焦点検出を行なうことができる。例えば、視野開口３$_2$のみを用いた場合、スポット的な焦点検出を行うことができる。この場合は、光電変換面７$_{a2}$と光電変換面７$_{b2}$で受光した強度分布の位相差を検出し、その位相差の大小により撮影レンズ１の移動量を決定する。この例では、光電変換面７$_{a2}$と光電変換面７$_{b2}$で受光した強度分布の位相差が０であれば合焦状態であり、図２（ａ）に示す状態となる。

【００５５】

一方、視野開口３$_2$を介して得た被写体の像が撮影レンズ１側にずれた状態では、光電変換面７$_{a2}$での位相が、下側方向の位相差をもつ（光電変換面７$_{a2}$で形成される像の重心位置が、光電変換面７$_{a2}$の中心位置から光電変換面７$_{b2}$側にずれる）。撮影レンズ１側と

は逆側にピントがずれた状態では、光電変換面7_{a2}での位相が、上側方向の位相差をもつ。他の焦点検出エリア３についても同様である。

【００５６】

また、複数の視野開口を用いて焦点検出を行うことも可能である。例えば、視野開口3_1，3_2，3_3の３つの視野開口を使った場合、焦点検出エリアは３つとなる。このように複数の焦点検出エリアにて合焦検出を行う場合、光電変換面7_{b1}、7_{b2}、7_{b3}での強度分布に基づいて、焦点検出エリア（視野開口3_1，3_2，3_3）における強度分布を検出する。そして、検出したそれぞれの強度分布の位相差の大小により、撮影レンズ１の移動量を決定する。任意に２つの焦点検出エリア３を選択して焦点検出を行ってもよい。

【００５７】

この図２（ａ）、図２（ｂ）で示すように、瞳分割絞り５の開口5_2、再結像レンズ6_2は、視野開口3_1と視野開口3_2に対して共通に対応している（視野開口3_1を通過した光束と、視野開口3_2を通過した光束のそれぞれが、瞳分割絞り５の開口5_2と再結像レンズ6_2を通過する）。但し、それぞれの視野開口に対応する仮想領域は異なり、視野開口3_1は仮想領域8_b、視野開口3_2は仮想領域8_aに対応している。同様に、瞳分割絞り５の開口5_3、再結像レンズ6_3は、視野開口3_2と視野開口3_3に対して共通に対応している。

【００５８】

図２の構成では、視野開口の数は比較例（図２０）と同じ３つである。ただし、図２の構成では、再結像レンズは４つであるのに対して、比較例では6つである。

【００５９】

このように、図２の構成では、それぞれの視野開口から再結像レンズまでの光束の重なりを気にする必要がない。そのため、それぞれの視野開口の配置について、離散性（視野開口が離れ離れになる割合）はかなり小さくすることができる。また、再結像レンズ群６への入射角も小さくできるので収差的にも有利であり、視野の広がりに対して薄型化もしやすい。さらに、光電変換面７も同一平面に配置できるので部材のコストや組み立てコストが抑えやすくなる、また、離散性が小さくできるので、7_{a1}，7_{a2}，7_{a3}の出力と、7_{b1}，7_{b2}，7_{b3}の出力とを連続的な出力として取り扱いやすく、測距エリアの拡大や測距可能なデフォーカス量の拡大に有利である。

【００６０】

図３（ａ），３（ｂ）は、本実施形態の焦点検出系と従来の焦点検出系との比較を示す図である。図３（ａ）は、図２（ａ），２（ｂ）でも示した本願実施形態の焦点検出系一つである。

【００６１】

本実施の形態では、従来の焦点検出系に比べて、コンデンサーレンズ４と再結像レンズ群６のパワーを無理せず強くできることから、焦点検出系の薄型化が達成できる。

【００６２】

図４は先述の各実施の形態の焦点検出系に対して、特定方向の視野開口を多くし、視野を延ばした実施の形態である。図２（ａ），２（ｂ）に示した実施の形態では一方向に視野開口が３つのケースであったが、ここでは４つ以上の視野開口を一列に並べたものである。

【００６３】

図４において、１８ａ，１８ｂは撮影レンズ１１における仮想領域で、１２は視野絞り面である。視野絞り面１２近傍には視野絞り１３が配置されている。そして、ｎ個の視野絞り１３の開口13_1，13_2，13_3，・・・13_{n-1}，13_nが一列に並んでいる。これらの開口は視野開口であって、焦点検出エリアを形成している。この各視野開口の並ぶ方向は、仮想領域１８ａ，１８ｂの並ぶ方向と同一である。それぞれの視野開口の大きさは同じであり、等間隔で隣接して配置されている。そうすることで、焦点検出系を整然と構成できるほかに、コスト低減に有利となるので、このように構成することが望ましい。

【００６４】

各視野開口13_1，13_2，13_3，・・・13_{n-1}，13_nから光軸方向に離れた近傍に

は、コンデンサーレンズ14_1，14_2，14_3，・・・14_{n-1}，14_nが配置されている。各コンデンサーレンズは各視野開口に対応すると共に、その光軸が互いに異なる。

【００６５】

また、視野絞り面１２から撮影レンズ１１と反対の方向に所定量離れた位置には、瞳分割絞り１５が配置されている。瞳分割絞り１５では、光軸に垂直な面上に、（ｎ＋１個）の瞳分割絞り１５の開口15_1，15_2，15_3，・・・15_{n-1}，15_n，15_{n+1}が配置されている。それぞれの開口の形大きさは同じで、各開口は等間隔で並んでいる。

【００６６】

又、光軸方向に透視したとき、瞳分割絞り１５の開口15_iと瞳分割絞り１５の開口15_{i+1}の各々の間に、視野開口13_iがあることが望ましい。ここでのｉは１～ｎである。それにより、各瞳分割絞り１５の開口への光線入射角を小さくしやすくできるので、小型化と収差の低減に有利となる。

【００６７】

コンデンサーレンズ14_1，14_nを除いて、コンデンサーレンズ14_iは仮想領域１８ａと瞳分割絞り１５の開口15_iを共役関係とし、仮想領域１８ｂと瞳分割絞り１５の開口15_{i+1}を共役関係とするように構成される。コンデンサーレンズ14_1は、仮想領域１８ａと瞳分割絞り１５の開口15_1を共役関係とするように構成され、コンデンサーレンズ14_nは、仮想領域１８ｂと瞳分割絞り１５の開口15_{n+1}を共役関係とするように構成される。

【００６８】

これを実現するために各コンデンサーレンズのパワーは等しく、各コンデンサーレンズの光軸と対応する各開口中心の位置関係は少しずつ異なることが望ましい。

【００６９】

各瞳分割絞り１５の開口15_i（ｉは１～ｎ＋１）の近傍には、再結像レンズ群１６が配置される。再結像レンズ群１６の位置は、瞳分割絞り１５の位置から光軸方向沿ってある程度ずれた位置である。この再結像レンズ群１６は、複数の再結像レンズ16_iを持つ。

【００７０】

又、再結像レンズ群１６により、各視野開口１３の面と略共役な面(仮想面)が形成される。この共役な面に２次結像面が想定され、受光部材１７Ａの光電変換面１７である受光素子列が配置される。

【００７１】

再結像レンズ16_i（ただしｉは１～ｎ）は、コンデンサーレンズ14_i、瞳分割絞り１５の開口15_iを介して、視野開口13_i上の像を受光部材の光電変換面17_{ai}上（２次結像面上）に投影する。また、再結像レンズ16_i（ただしｉは２～ｎ+１）は、コンデンサーレンズ14_{i-1}、瞳分割絞り１５の開口15_iを介して、視野開口13_{i-1}上の像を光電変換面17_{bi}上（2次結像面上）に投影する。

【００７２】

２次結像面上には光電変換面１７が配置されている。この光電変換面１７は、光電変換面17_{a1}，17_{a2}，17_{b1}，17_{a3}，17_{b2}，・・・17_{ai}，$17_{b(i-1)}$，$17_{a(i+1)}$，17_{bi}，$17_{a(i+2)}$，$17_{b(i+1)}$，・・・17_{an}，$17_{b(n-1)}$，17_{bn}が並んでいる。ここで、17_{a1}と17_{a2}の間及び$17_{b(n-1)}$と17_{bn}の間以外は、等間隔で同じ長さの光電変換面が並んでいる。ここでの光電変換面１７は位相差情報をとる有効エリアを指しており、実際の製造プロセスでは一体のものとして構成しても良い。

【００７３】

本実施形態の撮像装置では、焦点検出系の薄型と広い測距視野を実現できる。コンデンサーレンズ１４と瞳分割絞り１５の間隔を小さくするには、コンデンサーレンズ１４のパワーを強くする必要がある。本実施形態では、一つ一つの視野開口の大きさを小さくすることができるため、コンデンサーレンズ１４の径も小さくでき、結果として容易にコンデンサーレンズ１４のパワーを強くできる。同様に再結像レンズ群１６のパワーも強くでき

る。

【００７４】

また、それぞれの視野開口同士を密接に構成できるので、視野全体における視野開口の離散性を小さくできる。そのため、一つ一つの視野開口の大きさを小さくしても、複数の視野開口をまとめて一つの視野開口として扱うことができる。このようにして焦点検出を行うことで、全体では大きな視野開口を持った焦点検出系として焦点検出ができる。この場合、焦点検出が可能なデフォーカス量も大きくできる。

【００７５】

このようなコンデンサーレンズ、再結像レンズ群の列を平行に密に並べて構成することで、2次元の画像情報を得ることもできる。

【００７６】

図５は焦点検出系を焦点検出フィルター部として光路からの挿入着脱ができる構成にしたものである。コンデンサーレンズ、再結像レンズ群の列を平行に密に並べて構成することで、挿入時に2次元の画像情報を得ることができる。そして、この画像情報をファインダー情報として表示してもよい。これにより　光学ファインダーを配置することなく被写体を観察しながら焦点検出を行うことができる。

【００７７】

尚、この実施の形態では、クロストーク等を防ぐために各視野開口１３の間に視野枠を配置している。

【００７８】

これに加えて、もしくはこれに代えて、図６に示すように再結像レンズ群１６と光電変換面１７の間に遮光壁１９を配置してもよい。特に遮光壁１９は、光電変換面$17_{b(i-2)}$と17_{ai}との間を区切るように配置すると効果的である。つまり、再結像レンズ１６群の各レンズで形成される像どうしの間に遮光壁１９を設けることで、再結像レンズ１６群の各レンズにおける有効光束の光量を確保しつつ、隣のレンズからの光束を遮ることができる。この遮光壁１９も、焦点検出フィルター部の一部として光路からの挿入着脱ができる構成とするのが好ましい。

【００７９】

図７は、図２に示した実施の形態の焦点検出系を、さらに２方向に十字状に測距エリアを広げた形態を示すものである。このようにすることで、焦点検出を行う位相差情報も２方向にて使うことができる。

【００８０】

図７では、撮影レンズ２１において、２組の仮想領域（２８ａと２８ｂの対、２８ｃと２８ｄの対）を想定する。一組は仮想領域２８ａ，２８ｂで、もう一組は仮想領域２８ｃ，２８ｄとする。

【００８１】

それぞれの組の仮想領域は、異なる方向（ここでは２８aと２８ｂが水平方向、２８ｃと２８ｄが垂直方向）に並んでいる。撮像面と等価な視野絞り面２２（不図示）の近傍に開口絞り２３が配置されている。開口絞り２３は、視野開口23_{21}，23_{22}，23_{23}，23_{12}，23_{32}が設けられている。視野開口は視野絞り２３の開口部であって、これにより５つの焦点検出エリアが形成されることになる。各々の視野開口が各々の焦点検出エリアに対応する。なお、中心の視野開口23_{22}では、垂直方向と水平方向の２つの焦点検出エリアが交差した状態となっている。

【００８２】

視野開口23_{22}を中心にして、視野開口23_{21}と23_{22}と23_{23}がこの順で一直線上（ここでは水平方向）に配置されている。また、視野開口23_{22}を中心ににして、視野開口23_{12}と23_{22}と23_{32}が（視野開口23_{21}，23_{22}，23_{23}の並ぶ方向とは垂直方向に）一直線上に並んでいる。

【００８３】

この時、仮想領域２８ａ，２８ｂの並ぶ方向と視野開口23_{21}，23_{22}，23_{23}の並ぶ

方向は、撮影レンズ２１の光軸を中心にして、それぞれ同一方向となっている。また、仮想領域２８ｃ，２８ｄの並ぶ方向と23_{12}，23_{22}，23_{32}の並ぶ方向は、撮影レンズ２１の光軸を中心にして、それぞれ同一方向である。

【００８４】

視野開口23_{21}の近傍には、コンデンサーレンズ24_{21}が配置され、同様に視野開口23_{22}，23_{23}，23_{12}，23_{32}のそれぞれの近傍には、コンデンサーレンズ24_{22}，24_{23}，24_{12}，24_{32}が配置される。コンデンサーレンズの光軸は各々異なる。

【００８５】

仮想領域２８ａのコンデンサーレンズ24_{22}による共役位置には、瞳分割絞り２５の開口25_{h22}が配置される。そして、同様に仮想領域２８ｂ，２８ｃ，２８ｄのコンデンサーレンズ24_{22}による共役位置には、各仮想領域に対応して瞳分割絞り２５の開口25_{h23}，25_{v22}，25_{v32}が配置される。更に、仮想領域２８ａ，２８ｂのコンデンサーレンズ24_{21}の共役位置には、瞳分割絞り２５の開口25_{h21}（仮想領域２８ａに対応），25_{h22}（仮想領域２８ｂに対応）が配置される。

【００８６】

他のコンデンサーレンズ24_{23}，24_{12}，24_{32}の対応関係についても、上述のコンデンサーレンズ24_{21}の対応関係を、撮影レンズ２１の光軸を軸にして回転移動させた構成となっている。

【００８７】

すなわち、仮想領域２８ａ，２８ｂのコンデンサーレンズ24_{23}の共役位置には、瞳分割絞り２５の開口25_{h23}，25_{h24}が配置される。また、仮想領域２８ｃ，２８ｄのコンデンサーレンズ24_{12}の共役位置には、瞳分割絞り２５の開口25_{v12}，25_{v22}が配置される。さらに、仮想領域２８ｃ，２８ｄのコンデンサーレンズ24_{32}の共役位置には、瞳分割絞り２５の開口25_{v32}，25_{v42}が配置される。

【００８８】

瞳分割絞の開口25_{h21}，25_{h22}，25_{h23}，25_{h24}，25_{v12}，25_{v22}，25_{v32}，25_{v42}の近傍に、それぞれ再結像レンズ26_{h21}，26_{h22}，26_{h23}，26_{h24}，26_{v12}，26_{v22}，26_{v32}，26_{v42}が配置される。図５では簡略のため再結像レンズ群２６を図示していないが、各瞳分割絞り２５と一体に再結像レンズ群２６が配置されていると考えればよい。

【００８９】

水平方向の再結像レンズの機能を説明する。

【００９０】

再結像レンズ26_{h21}は、視野開口23_{21}上の像をコンデンサーレンズ24_{21}、瞳分割絞り２５の開口25_{h21}を通じて、光電変換面27_{ha21}上に投影する。

【００９１】

再結像レンズ26_{h22}は、視野開口23_{21}上の像をコンデンサーレンズ24_{21}、瞳分割絞り２５の開口25_{h22}を通じて、光電変換面27_{hb21}上に投影し、また、視野開口23_{22}上の像をコンデンサーレンズ24_{22}、瞳分割絞り２５の開口25_{h22}を通じて、光電変換面27_{ha22}上に投影する。

【００９２】

再結像レンズ26_{h23}は、視野開口23_{22}上の像をコンデンサーレンズ24_{22}、瞳分割絞り２５の開口25_{h23}を通じて、光電変換面27_{hb22}上に投影し、また、視野開口23_{23}上の像をコンデンサーレンズ24_{23}、瞳分割絞り２５の開口25_{h23}を通じて、光電変換面27_{ha23}上に投影する。

【００９３】

再結像レンズ26_{h24}は、視野開口23_{23}上の像をコンデンサーレンズ24_{23}、瞳分割絞り２５の開口25_{h24}を通じて、光電変換面27_{hb23}上に投影する。

【００９４】

垂直方向の再結像レンズの機能を説明する。

【００９５】
再結像レンズ２６$_{v12}$は、視野開口２３$_{12}$上の像をコンデンサーレンズ２４$_{12}$、瞳分割絞り２５の開口２５$_{v12}$を通じて、光電変換面２７$_{vc12}$上に投影する。
【００９６】
再結像レンズ２６$_{v22}$は、視野開口２３$_{12}$上の像をコンデンサーレンズ２４$_{12}$、瞳分割絞り２５の開口２５$_{v22}$を通じて、光電変換面２７$_{vd12}$上に投影し、また、視野開口２３$_{22}$上の像をコンデンサーレンズ２４$_{22}$、瞳分割絞り２５の開口２５$_{v22}$を通じて、光電変換面２７$_{vc22}$上に投影する。
【００９７】
再結像レンズ２６$_{v32}$は、視野開口２３$_{22}$上像をコンデンサーレンズ２４$_{22}$、瞳分割絞り２５開口２５$_{v32}$を通じて、光電変換面２７$_{vd22}$上に投影し、また、視野開口２３$_{32}$上の像をコンデンサーレンズ２４$_{32}$、瞳分割絞２５のり開口２５$_{v32}$を通じて、光電変換面２７$_{vc32}$上に投影する。
【００９８】
再結像レンズ２６$_{v42}$は、視野開口２３$_{32}$上の像をコンデンサーレンズ２４$_{32}$、瞳分割絞り２５の開口２５$_{v42}$を通じて、光電変換面２７$_{vd32}$上に投影する。
【００９９】
光電変換面２７の各光電変換面は各視野開口２３と略共役面に配置する。
【０１００】
図８は、図７のような十字状の焦点検出エリア（焦点検出視野）をそれぞれ、縦方向と横方向に延ばしたものである。画面の縦方向及び横方向ともに、焦点検出エリアを広げることができる。図８において、４８ａ，４８ｂ，４８ｃ，４８ｄは、撮像レンズ３１における仮想領域である。この例では、撮像レンズ３１の光軸を中心に、焦点検出エリアの視野絞り３３の開口（視野開口）を縦方向に５つ、横方向に５つ並べて持ち、それぞれの中心の視野開口３３$_{33}$を交差させている。視野開口は、図示のように計９つあり、中心の視野開口３３$_{33}$は、縦方向、横方向の位相差を検出できるようになっている。これにより、焦点検出精度を高めている。
【０１０１】
それぞれの焦点検出エリアに対応して、それぞれ異なる光軸を持つコンデンサーレンズ３４が配置される。それぞれのコンデンサーレンズ３４は、隣り合う再結像レンズの対に向かって光束を導く作用をなす。なお、隣り合う再結像レンズの対は、視野開口に対応して配置されたレンズ対である。
【０１０２】
再結像レンズ群３６は１２の再結像レンズからなり、縦方向及び横方向にそれぞれ6つのレンズが並んでいる。それぞれの再結像レンズの配置は、撮影レンズ３１の光軸を中心に対称的に配置されている。一番外側の4つの再結像レンズ以外は、隣り合う２つの視野開口から入射する光束を後続の受光素子列（光電変換面３７）に導く。
【０１０３】
撮影レンズ３１の仮想領域３８ａ，３８ｂ，３８ｃ，３８ｄ、開口絞り３３、コンデンサーレンズ３４、瞳分割絞り３５、再結像レンズ群３６、光電変換面３７の対応は、縦方向、横方向共に図３にて説明した関係となっている。
【０１０４】
図９に示す実施の形態は、図４の焦点検出系を縦方向と横方向にそれぞれ複数列並べたものである。図９では、視野絞り４３の開口（視野開口）、再結像レンズ群４６、受光素子列（光電変換面）４７などは模式的にあらわしている。図８のような十字状のものを2次元的に広げたものである。
【０１０５】
図８と同様に、４８ａ，４８ｂ，４８ｃ，４８ｄは仮想領域である。視野開口４３$_{ij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）は、仮想領域４８ａ，４８ｂの並び方向にｍ個、仮想領域４８ｃ，４８ｄの並び方向にｎ個というように、マトリックス状に配置されている。また、視

野開口４３$_{ij}$の近傍に、各視野開口に対応したコンデンサーレンズ４４$_{ij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）（図では視野開口４３と一体で記載）が配置されている。

【０１０６】

なお、ｍ，ｎは図６に示すように、並び順に1ずつ増加するものとする。

【０１０７】

視野開口の各々は、縦方向と横方向の位相差の検出に対応している。視野開口は、縦方向と横方向に長い焦点検出エリアを重ねた十字形状の開口部としてもよいし、量検出エリアをカバーする正方形や長方形等の開口部でもよい。

【０１０８】

各コンデンサーレンズによる仮想領域面の共役面上に、瞳分割絞り４５を配置する。瞳分割絞り４５は、開口４５$_{hij}$（１＜ｉ＜ｍ＋１，１＜ｊ＜ｎ）と開口４５$_{vij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ＋１）を有する。開口４５$_{hij}$は、横方向の位相差情報を得るために、横方向にｍ＋１個の開口部からなる開口の列を、縦方向にｎ列平行に配置したものである。一方、開口４５$_{vij}$は、縦方向の位相差情報を得るために、縦方向にｎ＋1個の開口部からなる開口の列を、横方向にｍ列平行に配置したものである。

【０１０９】

この配置は、コンデンサーレンズ４４ｉｊにより、仮想領域４８ａと開口４５$_{hij}$、仮想領域４８ｂと開口４５$_{h(i+1)j}$、仮想領域４８ｃと開口４５$_{vij}$、仮想領域４８ｄと開口４５$_{vi(j+1)}$が共役関係になるようにする。

【０１１０】

そして、瞳分割絞り４５の開口の各々に対応するように、再結像レンズ群４６を近接して配置する。再結像レンズ群４６は、再結像レンズ４６$_{hij}$（１＜ｉ＜ｍ＋１，１＜ｊ＜ｎ）、４６$_{hij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ＋１）（図では瞳分割絞り４５の開口と一体に記載）で構成されている。

【０１１１】

また、各視野開口４３$_{ij}$と略共役な面を2次結像面と想定した場合、この2次結像面上に光電変換面４７を配置する。光電変換面４７は、光電変換面４７$_{ahij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）、４７$_{bhij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）、４７$_{cvij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）、４７$_{dvij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）で構成されている。視野開口４３ｉｊの各々の像は、再結像レンズ４６$_{hij}$，４６$_{vij}$により各光電変換面上に再結像する。

【０１１２】

横方向の位相差検出を行うための光電変換面４７$_{ahij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）、４７$_{bhij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）は、両端を除き、同じ列にて図３のように交互に配置される。縦方向の位相差検出を行うための光電変換面４７$_{cvij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）、４７$_{dvij}$（１＜ｉ＜ｍ，１＜ｊ＜ｎ）は、両端を除き、同じ列にて図３のように交互に配置される。

【０１１３】

仮想領域４８ａを通過した光束は、視野開口４３$_{ij}$、コンデンサーレンズ４４$_{ij}$、瞳分割絞り４５の開口４５$_{hij}$、再結像レンズ４６$_{hij}$を通して、光電変換面４７$_{ahij}$に導かれる。そして、視野開口４３$_{ij}$付近の像が光電変換面４７$_{ahij}$に再結像される。

【０１１４】

また、仮想領域４８ｂを通過した光束は、視野開口４３ｉｊ、コンデンサーレンズ４４ｉｊ、瞳分割絞り４５の開口４５$_{hi(j+1)}$、再結像レンズ４６$_{hi(j+1)}$を通して、光電変換面４７$_{bhij}$に導かれる。そして、視野開口４３$_{ij}$付近の像が光電変換面４７$_{bhij}$に再結像される。

【０１１５】

同様に、仮想領域４８ｃを通過した光束は、視野開口４３$_{ij}$、コンデンサーレンズ４４$_{ij}$、瞳分割絞り４５の開口４５$_{vij}$、再結像レンズ４６$_{vij}$を通して光電変換面４７$_{cvij}$に導かれる。そして、視野開口４３$_{ij}$付近の像が光電変換面４７$_{cvij}$に再結像される。

【０１１６】

また、仮想領域４８ｄを通過した光束は、視野開口４３$_{ij}$、コンデンサーレンズ４４$_{ij}$、瞳分割絞り４５の開口４５$_{v(i+1)j}$、再結像レンズ４６$_{v(i+1)j}$を通して、光電変換面４７$_{dvij}$に導かれる。そして、視野開口４３$_{ij}$付近の像が光電変換面４７$_{dvij}$に再結像される。

【０１１７】

このように、本実施の形態の焦点検出フィルター部では、大きな測距エリアを、２方向の位相差情報をとり、且つ、薄型の焦点検出系で構成できる。また、視野開口を、離散性を小さいまま細分化することにより精度の高い焦点検出系が構成できる。尚、クロストーク等を防ぐために視野開口上に視野枠を構成したり、再結像レンズと光電変換面の間に遮光壁４９（不図示）を配置してもよい。

【０１１８】

前述のように、この焦点検出フィルター部は撮影光路からの挿入退避できるように構成し、撮影時が退避し、焦点検出時は挿入されるように構成する。又、撮像素子からの出力で被写体像を観察する構成の場合、焦点検出フィルター部の挿入時及び退避時とも、被写体を観察できるように構成してもよい。この時、撮像素子の画素数は500万画素以上であることが好ましい。

【０１１９】

また、本願による再結像系の倍率は図４のような一方向の位相差情報で焦点検出する場合は１／２倍以下、図７、図８のような２方向の位相差情報で焦点検出する場合は１／３倍以下とすると、効率よく光電変換面を構成できるので好ましい。

【０１２０】

図１０で数値実施例を説明する。図９のような２次元的な広がりを持つ例で説明する。図１０では、説明のため、一つのｈ方向の断面の一部で説明する。この数値実施例では、仮想領域を視野絞り面から－１００ｍｍに想定している。また、視野絞り５３の開口（視野開口）の中心の間隔（ピッチ）は、水平方向（ｈ方向）のピッチ（ｆｈ）が０．０２ｍｍ、垂直方向（ｖ方向）のピッチ（ｆｖ）が０．０２ｍｍである。また、コンデンサーレンズ５４と再結像レンズ群５６の間は光学媒質で埋められていて、これによりプレート５０が構成されている。

【０１２１】

換言すると、プレート５０の撮影レンズ側面に、コンデンサーレンズ５４（アレイ５４ａ）が形成され、光電変換面５７側面に再結像レンズ群５６（アレイ５６ａ）が形成されている。

【０１２２】

ここでは、プレート５０は樹脂で構成する。媒質の屈折率を１．５とし、コンデンサーレンズ５４（各レンズ面）の曲率半径ｒｃを０．１３ｍｍ、再結像レンズ群５６（各レンズ面）の曲率半径ｒを０．０３４ｍｍとする。プレートの厚みｄｐは０．４ｍｍ、瞳分割絞り５５の開口は再結像レンズ５６（レンズ面）と一体となっており、その形状は、直径φｓを０．０１３ｍｍとした円である。また、再結像レンズ５６と光電変換面５７の間隔ｄａは０．１ｍｍとなっている。そして、焦点検出系は、その倍率が約１／３倍となるように構成されている。

【０１２３】

ｈ方向、ｖ方向において、再結像レンズの並ぶ間隔（ピッチ）も、コンデンサーレンズ５４と同様に約０．０２ｍｍである。ここでは、コンデンサーレンズ５４の焦点距離を０．２７ｍｍ、再結像レンズの焦点距離を０．０９ｍｍと想定している。視野絞り５３の中心から撮影レンズの光軸５１までの距離 をｈとすると、コンデンサーレンズ５４から光軸５１までの距離ｈｃは０．９９７３×ｈである。尚、視野絞り５３の中心から光軸５１方向に伸ばした位置に、隣り合う再結像レンズの中間点が配置されている。それぞれの光電変換面５７の受光範囲は、ｓｈ（水平方向）×ｓｖ（垂直方向）は０．００６７ｍｍ×０．００６７ｍｍとなる。

【０１２４】

さらに、遮光壁５９を、隣り合う再結像レンズ５６の中間位置と光電変換面５７の間に配置すると良い。尚、焦点検出光学系の倍率を１／３とすると、隣り合う再結像レンズ５６の中間位置の中心と光電変換面５７との間に、正規光束（焦点検出に用いる光束）が通らない空間ができる。この例では、遮光壁５９は、隣り合う再結像レンズ５６の中間位置を中心に、０．００６７ｍｍ×０．００６７ｍｍのエリアに配置している。

【０１２５】

また、視野開口５３に視野枠５３ａを配置している。この遮光壁５９や、視野枠５３ａで一つの再結像レンズ５６が対応する光電変換面５７のクロストークを効率よく防止できる。

【０１２６】

図１１は、光電変換部材４７を光軸方向からみたレイアウトを示す。この図は、一体化された光電変換部４７の一部のレイアウトを拡大したものである。光電変換部４７には、垂直方向、水平方向にマトリックス状に受光素子列が並んで配置されている。

【０１２７】

図中、斜線が施された四角の中が焦点検出に用いない部分、ａ、ｂ、ｃ、ｄと記された四角はそれぞれ図７の仮想領域４８ａ，４８ｂ，４８ｃ，４８ｄに対応する光電変換部分の範囲である。

【０１２８】

太線で囲まれた四角の範囲は光軸方向に投射した視野開口４３の範囲である。太線で囲まれた四角の範囲は、光電変換手段４７の範囲より水平垂直それぞれ３倍であることがわかる。

【０１２９】

円で示したのが光軸方向に投射した瞳分割絞り開口４５とその近傍に配置される再結像レンズ４６の有効範囲である。実線の円が図７の仮想領域４８ａ，４８ｂに対応する水平方向の位相情報を検出する瞳分割絞り開口４５と再結像レンズ４７、点線の円が、図７の仮想領域４８ｃ，４８ｄに対応する垂直方向の位相情報を検出する瞳分割絞り開口４５に対応する。

【０１３０】

このような構成にすることで、焦点検出フィルター部が1枚のプレートで構成できるので撮影レンズ光路からの挿入退避の構成が簡易になる。また、この数値実施例においては焦点検出時撮影レンズのF値が4より明るい場合、F4に絞りこむことでクロストークの影響を遮光壁の負担を少なくしても抑えることができる。

【０１３１】

図１２は、従来のカメラボディのレイアウト例である。この撮像装置は、焦点検出時やフレーミング時、光路中にはいり、撮影時の光路から退避するクイックリターンミラー７３とサブミラー７７を備える。そして、クイックリターンミラー７３の反射光路上に構成されるファインダー光学系７６を有し、クイックリターンミラー７３を透過しサブミラー７７で反射した光路上に焦点検出光学系７４が配置されている。クイックリターンミラー７３とサブミラー７７が退避した状態の光路上にＣＣＣ，ＣＭＯＳ等の撮像素子７５の撮像面が配置される。

【０１３２】

図１３、図１４、図１５、図１６は 実際のカメラボディへの搭載例である。それぞれ撮影レンズをボディと一体化しても良いし、交換可能としてもよい。

【０１３３】

図１３の撮像装置は、フレーミング時、光路中にはいり、撮影時の光路から退避するクイックリターンミラー７３を備える。そして、クイックリターンミラー７３の反射光路上に構成されるファインダー光学系７６を有する。さらに撮像素子７５の物体側近傍に焦点検出時光路中にはいり、撮影時光路かた退避する焦点検出フィルター部を備える。光路から退避する方向は、紙面に対して垂直方向へスライドするとボディ全体の大きさ形状に大きな影響を与えないので好ましい。クイックリターンミラーがハーフミラーで構成させ

る場合、焦点検出時もクイックリターンミラーを光路中に配置でき、焦点検出時もフレーミングできる。

【０１３４】

図１４の撮影装置は、撮像素子への光路とファインダーへの光路を分割するハーフミラーを配置し、さらに撮像素子７５の物体側近傍に焦点検出時光路中にはいり、撮影時光路から退避する焦点検出フィルター部を備える。光路から退避する方向は、紙面に対して垂直方向へスライドするとボディ全体の大きさ形状に大きな影響を与えないので好ましい。このように構成するころで、焦点検出時、撮影時もフレーミングを行うことができる。

【０１３５】

図１５の撮影装置は、撮像素子からの出力をボディ背面の液晶ディスプレーに表示して、フレーミングを行える構成である。また、図１６は、図１５の構成に加え接眼レンズを通して表示素子を観察することでフレーミングを行うEVFを備えた撮像装置である。どちらも撮像素子７５の物体側近傍に焦点検出時光路中にはいり、撮影時光路から退避する焦点検出フィルター部を備える。焦点検出フィルターの視野開口の数を十分多くし（７５００個以上が望ましい）、撮像素子の画素数を十分多くし（視野開口の数の３６倍以上）にすることで、焦点検出時、撮影時を含めてフレーミングが可能となる。クイックyリターンミラー等のファインダーへの光路分割ミラーがないのでボディ厚が薄くなり、また、撮影レンズのFバック（撮影レンズの最終レンズから撮像面までの距離）が短くできるので、撮影レンズ自体の構成も簡易にできる。

【図面の簡単な説明】

【０１３６】

【図１】本願発明の第１の実施の形態を示す図である。

【図２】本願発明の第２の実施の形態を示す図である。

【図３】第１実施形態と従来例との比較を示す図である。

【図４】第１実施形態において視野を延ばした実施の形態を示す図である。

【図５】光路からの挿入着脱ができる焦点検出フィルター部を示す図である。

【図６】遮光壁を配置した実施形態を示す図である。

【図７】図２に示した実施の形態の焦点検出をさらに２方向に十字状に測距エリアを広げた形態を示す図である。

【図８】図７に示した実施形態において視野を延ばした実施の形態を示す図である。

【図９】本願発明の第３の実施の形態を示す図である。

【図１０】数値実施例を示す図である。

【図１１】光電変換部材を光軸方向からみたレイアウトを示す図である。

【図１２】撮像装置への搭載例を示す図である。

【図１３】撮像装置への搭載例を示す図である。

【図１４】撮像装置への搭載例を示す図である。

【図１５】撮像装置への搭載例を示す図である。

【図１６】撮像装置への搭載例を示す図である。

【図１７】従来の焦点検出系を示す図である。

【図１８】従来の別の焦点検出系を示す図である。

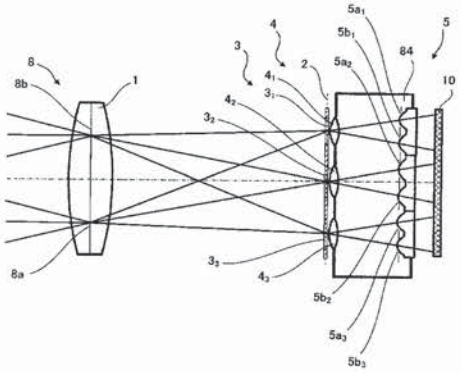
【符号の説明】

【０１３７】

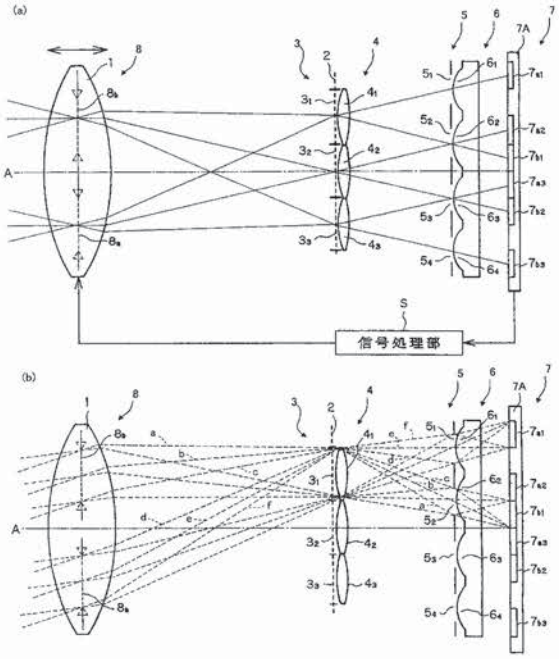
１，１１，２１，３１，４１，７１…撮影レンズ
２，１２，２２，３２，４２，６２…視野絞り面
３，１３，２３，３３，４３…視野開口
４，１４，２４，３４，４４…コンデンサーレンズ
５，１５，２５，３５，４５…瞳分割絞り開口
６，１６，２６，３６，４６…再結像レンズ
７，１７，２７，３７，４７…光電変換面
８，１８，２８，３８，４８…仮想領域

９，１９，２９，３９，４９，６９…遮光壁
７２，８２，９２…カメラ本体
７３，９３…クイックリターンミラー
７４…ＡＦ光学系
１０，２０，７５，８５，９５…撮像素子
７６…ファインダー光学系
７７…サブミラー
８３…ハーフミラー
８４…焦点検出用フィルター部
Ａ…光軸
Ｓ…信号処理部

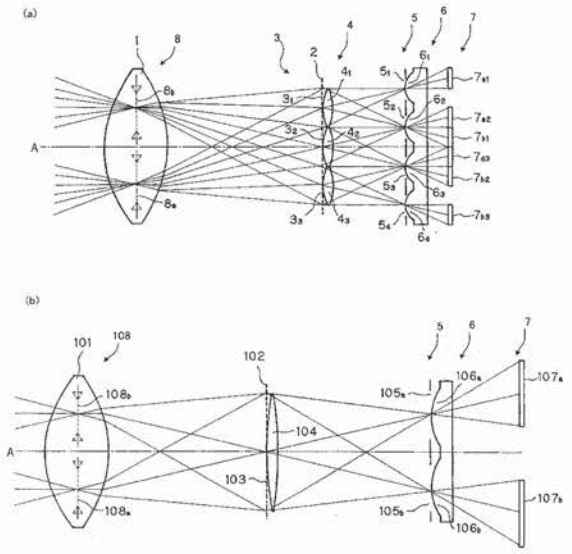
【図１】



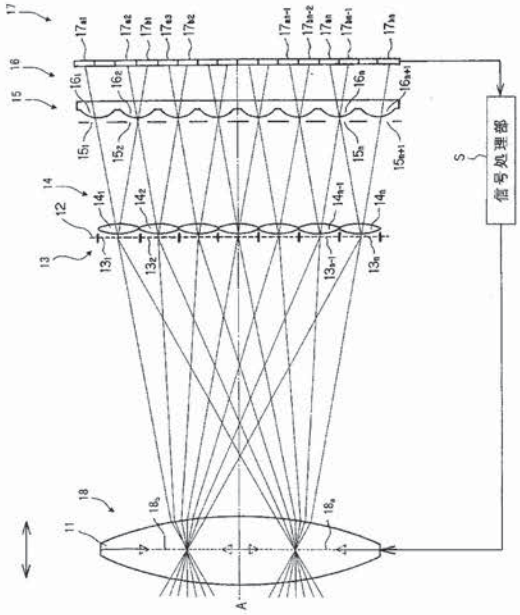
【図２】



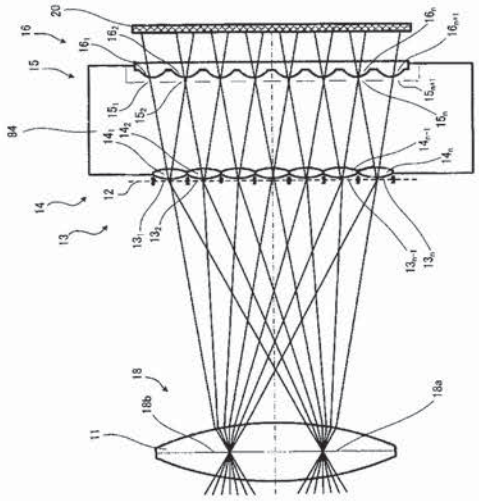
【図３】



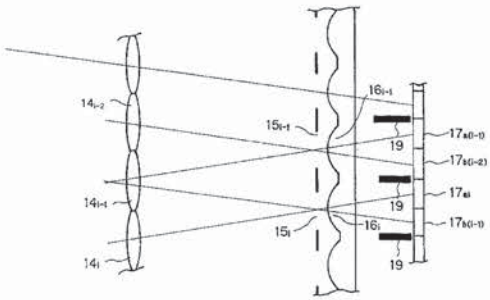
【図４】



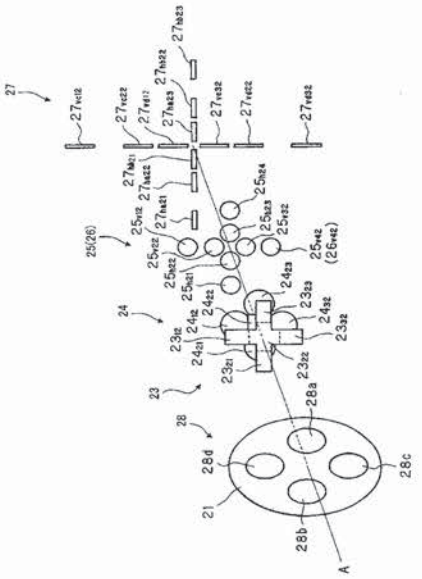
【図５】



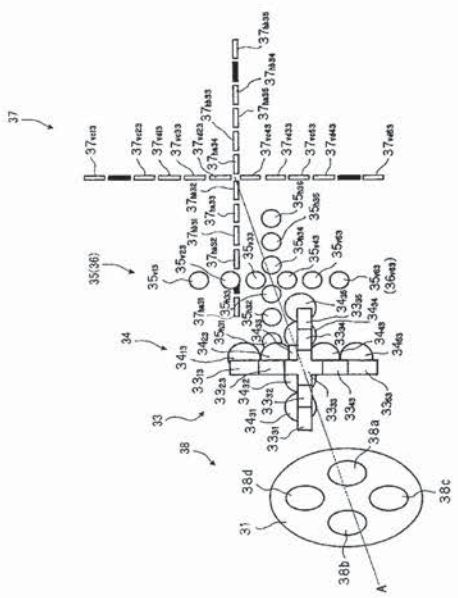
【図６】



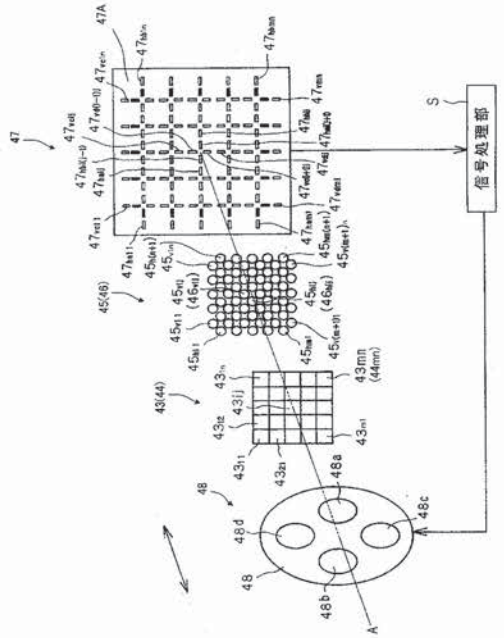
【図７】



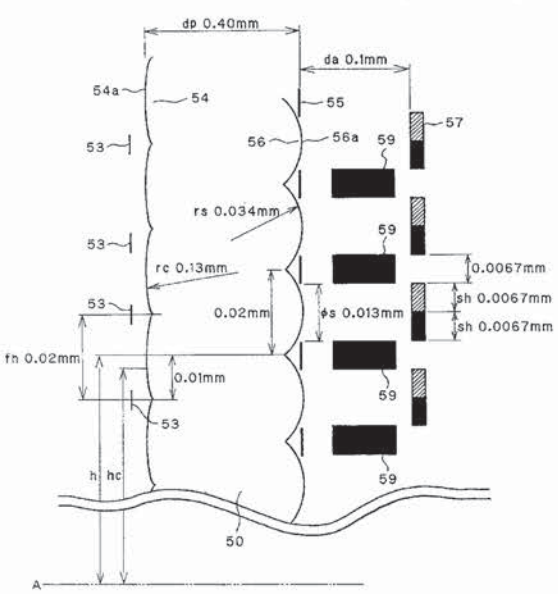
【図８】



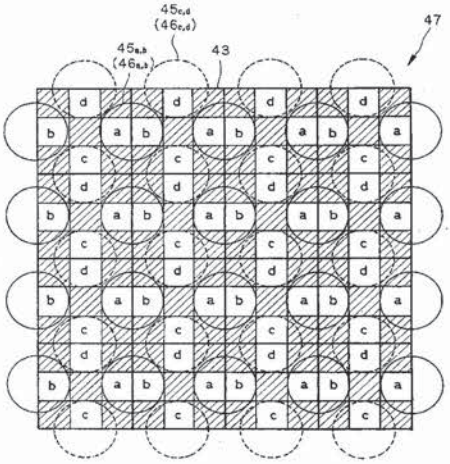
【図９】


信号処理部

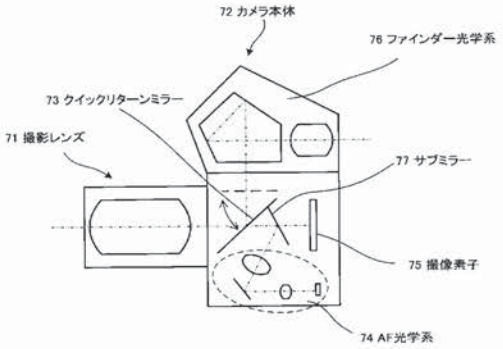
【図１０】


dp 0.40mm
da 0.1mm
rs 0.034mm
rc 0.13mm
0.02mm
φs 0.013mm
fh 0.02mm
0.01mm
0.0067mm
sh 0.0067mm
sh 0.0067mm

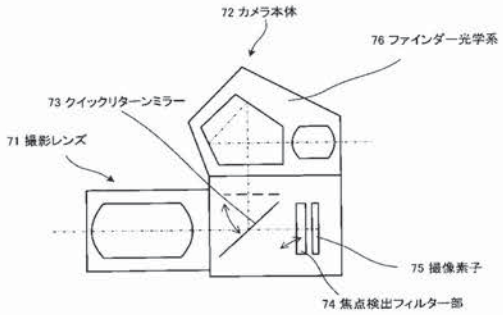
【図１１】



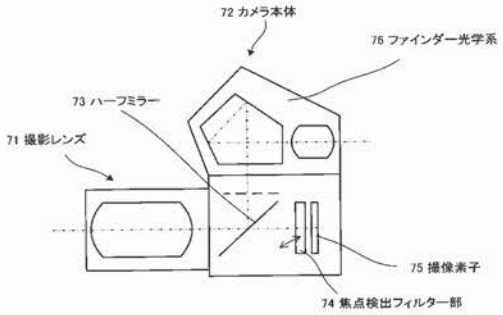
【図１２】



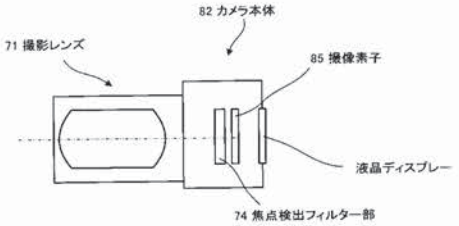
【図１３】



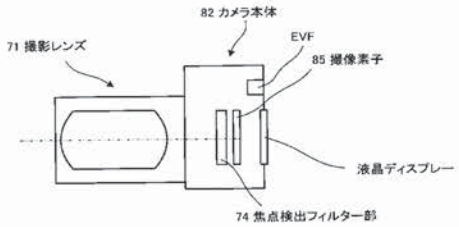
【図１４】



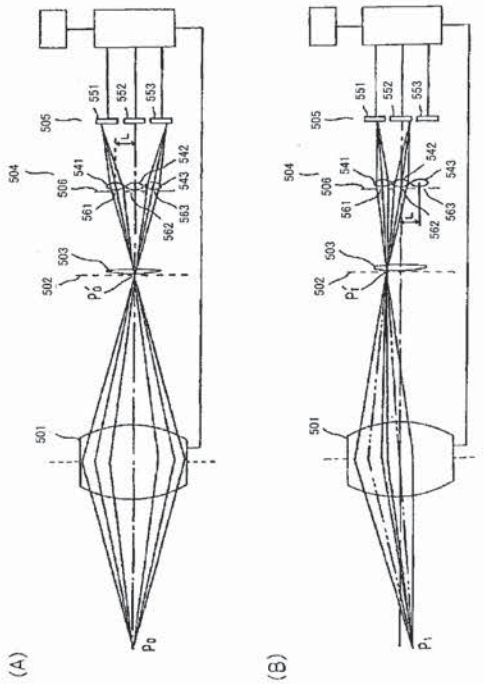
【図１５】



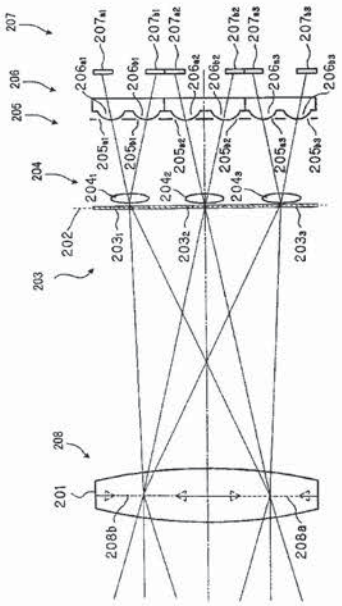
【図１６】



【図１７】


(A)
(B)
501
502
503
504
505
506
541
542
543
551
552
553
561
562
563
L
P_0
P_1
P_0'
P_1'

【図１８】


201
202
203
204
206
207
208
208a
208b

フロントページの続き

(74)代理人 100095980
弁理士 菅井 英雄
(74)代理人 100094787
弁理士 青木 健二
(74)代理人 100091971
弁理士 米澤 明
(72)発明者 後藤 尚志
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号 オリンパス株式会社内

Ｆターム(参考) 2H011 BA23 BB01 BB02
2H051 BA06 BA14 CB06 CB09 CB10 CB26 DA08
2H151 BA06 BA14 CB06 CB09 CB10 CB26 DA08
5C122 DA04 EA53 EA59 FB02 FB03 FB16 FB17 FD01 FD07 FK12
GE11 HA82 HA86

(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2013-181912
(P2013-181912A)
(43)公開日　平成25年9月12日(2013.9.12)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01N 21/27	(2006.01)	G01N 21/27	A	2G059

審査請求 未請求　請求項の数 16　ＯＬ　（全 33 頁）

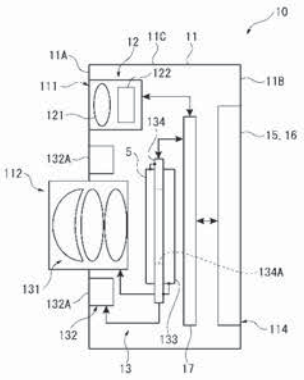
(21)出願番号　特願2012-47230 (P2012-47230)
(22)出願日　平成24年3月2日 (2012.3.2)

(71)出願人　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　110000637
特許業務法人樹之下知的財産事務所
(72)発明者　櫻井　和▲徳▼
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

Ｆターム(参考)　2G059 AA01 BB11 CC09 CC13 EE02 EE10 EE12 FF01 GG02 HH01 HH02 JJ03 JJ11 KK04 MM01 MM10 MM12 NN02

(54)【発明の名称】成分分析装置

(57)【要約】
【課題】検査対象物に非接触で成分分析を実施でき、かつ、携帯性が良好な小型の成分分析装置を提供する。
【解決手段】成分分析装置１０は、筐体１１と、光源部１３２と、検査対象物からの光を筐体１１内部に導く光入射部１３１と、入射光から所定波長の光を取り出す波長可変干渉フィルター５と、取り出された光を受光し分光画像を撮像する撮像部１３３と、分光画像に基づいて検査対象物の成分分析を実施する制御部１７と、成分分析結果を表示させるディスプレイ１５と、を具備し、光入射部１３１、撮像部１３３、及び制御部１７は、筐体１１内に設けられ、波長可変干渉フィルター５は、固定反射膜を有する固定基板と、固定基板に対向して配置され、固定反射膜に反射膜間ギャップを介して対向する可動反射膜を有する可動基板と、反射膜間ギャップのギャップ量を変更する静電アクチュ―エーターと、を備えた。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
筐体と、
前記筐体内部に設けられ、検査対象物に対して光を射出する光源部と、
前記検査対象物により反射された光を前記筐体内部に導く入射光学系と、
前記筐体内部に設けられ、前記入射光学系から入射された光から所定波長の光を取り出す波長可変干渉フィルターと、
前記筐体内部に設けられ、前記波長可変干渉フィルターにより取り出された光を受光し分光画像を撮像する撮像部と、
前記筐体内部に設けられ、前記分光画像に基づいて前記検査対象物の成分分析を実施する制御部と、を具備し、
前記波長可変干渉フィルターは、ファブリーペローエタロンである
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項２】
請求項１に記載の成分分析装置において、
前記入射光学系は、前記検査対象物の虚像を前記撮像部に結像する複数のレンズ群と、入射光の入射角を所定角度以下に制限する光入射角調整手段とを備えた
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項３】
請求項２に記載の成分分析装置において、
前記光入射角調整手段は、
前記波長可変干渉フィルターの光入射面に対して直交する光入射方向に沿って所定厚み寸法を有する複数の光透過部、及び複数の遮光部を有し、前記光入射方向に対して直交する面内で、これらの前記光透過部及び前記遮光部が交互に隣接配置された視野角制限板を備えた
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項４】
請求項１から請求項３のいずれかに記載の成分分析装置において、
前記撮像部は、前記波長可変干渉フィルターの光射出面に設けられている
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項５】
請求項１から請求項４のいずれかに記載の成分分析装置において、
前記波長可変干渉フィルターは、可視光域から近赤外域における所定波長の光を取り出す
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項６】
請求項１から請求項４のいずれかに記載の成分分析装置において、
前記筐体内部に設けられ、前記検査対象物から反射された光から、可視光域の光を受光して、カラー画像を撮像するカラー撮像部と、
前記カラー撮像部に光を導くカラー画像用入射光学系と、
前記カラー撮像部により撮像された前記カラー画像を表示する表示手段と、
を備えたことを特徴とする成分分析装置。
【請求項７】
請求項１から請求項６のいずれかに記載の成分分析装置において、
前記撮像部は、モノクロ画像撮像用の撮像素子を備えた
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項８】
請求項１から請求項７のいずれかに記載の成分分析装置において、
前記光源部は、異なる波長の光を射出する複数の光源を備え、
前記制御部は、分析する成分に対応した波長の光を射出する光源を点灯駆動させる

ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項９】
請求項１から請求項８のいずれかに記載の成分分析装置において、
前記光源部は、可視光を射出する可視光源を備えた
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項１０】
請求項１から請求項９のいずれかに記載の成分分析装置において、
前記制御部は、
分析対象の成分の吸光スペクトルから抽出された特徴量と、前記分析対象成分の成分含有率との相関データが記憶される記憶手段と、
前記波長可変干渉フィルターにより取り出す光の波長を設定するフィルター駆動手段と、
前記分光画像における各画素の光量、及び前記相関データに基づいて、検査対象物の前記分析対象成分の含有率及び含有量を分析する成分分析手段と、
を備えた
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項１１】
請求項１０に記載の成分分析装置において、
前記検査対象物の温度を検出する温度検出センサーを備え、
前記制御部は、
検出された温度に基づいて、各成分の吸光スペクトルを補正する補正手段を備えた
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項１２】
請求項１０または請求項１１に記載の成分分析装置において、
前記検査対象物は、食品であり、
前記成分分析手段は、前記検査対象物に含まれる脂質、糖質、タンパク質、及び水分のいずれかの成分の含有率及び含有量を分析し、前記検査対象物のカロリーを算出する
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項１３】
請求項１２に記載の成分分析装置において、
前記検査対象物が載置されることで質量を測定する質量測定部を備え、
前記成分分析手段は、前記検査対象物に含まれる前記分析対象成分の含有率と、測定された前記検査対象物の質量とから、前記検査対象物における前記分析対象成分の含有量を算出する
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項１４】
請求項１２に記載の成分分析装置において、
前記制御部は、
前記検査対象物の撮像画像から当該検査対象物の体積を推算し、前記成分分析手段により分析される所定の成分に対する含有率に基づいて前記検査対象物の比重を推算し、これらの推算された体積及び比重から前記検査対象物の質量を算出する質量推算手段を備え、
前記成分分析手段は、前記検査対象物に含まれる前記分析対象成分の含有率と、推算された前記検査対象物の質量とから、前記検査対象物における前記分析対象成分の含有量を算出する
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項１５】
請求項１２に記載の成分分析装置において、
前記制御部は、
前記検査対象物の撮像画像から当該検査対象物の体積を推算し、予め設定された比重と、推算された体積とから前記検査対象物の質量を算出する質量推算手段を備え、

前記成分分析手段は、前記検査対象物の前記分析対象成分の含有率と、推算された前記検査対象物の質量とから、前記検査対象物の前記分析対象成分の含有量を算出する
ことを特徴とする成分分析装置。
【請求項１６】
請求項１４又は請求項１５に記載の成分分析装置において、
前記質量推算手段は、前記検査対象物とともに、大きさが既知である基準物質が撮像された撮像画像に基づいて、前記検査対象物の体積を推算する
ことを特徴とする成分分析装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、分光画像を撮像し、撮像された分光画像から検査対象物の成分を分析する成分分析装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、測定対象の成分を分析する成分分析装置が知られている（例えば、特許文献１，２参照）。
特許文献１に記載の装置は、食品のカロリー測定装置である。この装置は、閉空間に設けられた回転テーブルに検査対象物の食品を載置し、光源部から食品に光を照射し、食品からの反射光または透過光を受光部において受光する。ここで、光源部は、ハロゲンランプから照射される光をライトチョッパにより複数のパルス状の光に分割させ、分割された光を音響光学素子により２ｎｍの分解能で分光させ、分光された光を反射ミラーにより食品に向かって照射させている。そして、この装置は、受光部で受光された光に基づいて、成分分析を行い、カロリーを算出する。
【０００３】
また、特許文献２に記載の装置は、検査対象物に対して検出ヘッド部を接触させ、検出ヘッド部に設けられた投光ヘッドから検査対象物に光を照射させる。そして、検査対象物で拡散された光を受光ヘッドに透過させる。受光ヘッドは、光ファイバー束により装置内部に誘導され、分光センサーユニットにより分光されて分光された光が受光される。分光センサーユニットは、光ファイバー束の出光側端面にイオンアシスト蒸着により設けられる連続可変干渉フィルター（いわゆるリニアバリアブルフィルター）が設けられ、この連続可変干渉フィルターにより分光された光を光電変換素子により受光する。そして、受光した光のスペクトルに基づいて、検査対象物の成分分析を実施する。すなわち、特許文献２に記載の装置は、検出ヘッドに接触した検査対象物の一点に対して、成分分析を実施する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２００５－２９２１２８号公報
【特許文献２】特開２００５－１２７８４７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
ところで、例えば食品等を検査対象物として成分分析を行う装置において、外出先等に容易に持ち運びができ、手軽に成分分析を実施可能な小型装置が望まれている。
これに対して、上述した特許文献１の装置では、光源部に、音響光学素子が用いられており、このような音響光学素子は、装置サイズが大きく、携帯が可能な小型機器に適さない。また、検査対象物を閉空間内の回転テーブルに設置して成分分析を行う装置であるため、この点からも、小型機器に適していないという課題がある。
特許文献２の装置は、特許文献１よりは小型ではあるが、検出ヘッド部から光ファイバ

一束により分光センサーユニットまで導光する構成であるため、例えばポケットサイズ等の持ち運びが容易となるサイズまでの小型化をすることができない。これに加え、検出ヘッド部に検査対象物を接触させる必要があり、例えば食品を検査対象物とする場合に、衛生上好ましくなく、接触させた一部のみの成分分析しかできないという課題がある。

【０００６】

本発明は、検査対象物に非接触で成分分析を実施でき、かつ、携帯性が良好な小型の成分分析装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明の成分分析装置は、筐体と、前記筐体内部に設けられ、検査対象物に対して光を射出する光源部と、前記検査対象物により反射された光を前記筐体内部に導く入射光学系と、前記筐体内部に設けられ、前記入射光学系から入射された光から所定波長の光を取り出す波長可変干渉フィルターと、前記筐体内部に設けられ、前記波長可変干渉フィルターにより取り出された光を受光し分光画像を撮像する撮像部と、前記筐体内部に設けられ、前記分光画像に基づいて前記検査対象物の成分分析を実施する制御部と、を具備し、前記波長可変干渉フィルターは、ファブリーペローエタロンであることを特徴とする。

【０００８】

本発明では、成分分析装置は、筐体内部に設けられた光源部から検査対象物に対して光を照射し、検査対象物で反射された光を入射光学系から筐体内部の波長可変干渉フィルターにより入射させる。そして、波長可変干渉フィルターにより取り出された所定波長の光を撮像部で受光（撮像）させ、制御部は、撮像部で撮像された分光画像に基づいて、検査対象物の成分分析を実施し、その結果を表示手段に表示させる。

ここで、本発明では、筐体内部に波長可変干渉フィルターと、撮像部とが設けられ、波長可変干渉フィルターにより、入射光から特定の波長の光が取り出される。この波長可変干渉フィルターは、ファブリーペリーエタロンにより構成されるものであり、２つのミラーによる多重干渉を利用して所定波長の光を取り出すものであるため、厚み寸法を極めて小さくすることができる。例えば、取り出す光の波長が近赤外域であれば、ミラー間のギャップを例えば２μｍ以下に設定されていればよく、第一基板及び第二基板の厚み寸法は、基板剛性を考慮しても、例えば１ｍｍ以下にすることが可能となる。したがって、例えばＡＯＴＦ（音響光学チューナブルフィルター）やＬＣＴＦ（液晶チューナブルフィルター）等のような大型の分光素子を用いた成分分析装置に比べて、小型化が可能となる。

また、本発明では、検査対象物の撮像画像（分光画像）に基づいて、制御部で成分分析を実施する。したがって、検査対象物に対して非接触で成分分析を実施でき、検査対象物が例えば食品である場合であっても衛生面での問題がなく、接触による検査対象物の破損等も生じない。

これに加え、分光画像に基づいて、成分分析を実施する場合、検査対象物における所定の一点に対する成分分析に加え、分光画像として取得された範囲全体に対して成分分析を実施することができる。すなわち、１つの分光画像から、複数の点に対する成分分析を実施することができる。これにより、検査対象物における成分分布の解析や、検査対象物の全体での成分含有率の算出等も容易に行うことができ、検査対象物に対するより詳細な成分分析を実施することができる。

また、検出ヘッドを検査対象物に接触させて検査対象物の一点の成分分析を実施する従来の装置で複数点に対する成分分析を実施する場合では、検出ヘッドの接触位置を変更し、接触位置における光強度を再度測定する必要があり、煩雑となる。これに対して、本発明では、分光画像内の検査対象物の各点に対する成分分析を１つの分光画像から、容易に実施することができる。

【０００９】

本発明の成分分析装置において、前記入射光学系は、前記検査対象物の虚像を前記撮像部に結像する複数のレンズ群と、入射光の入射角を所定角度以下に制限する光入射角調整手段とを備えていることが好ましい。

本発明では、レンズ群により入射光の入射角を一定の角度以下に制限することができ、これに加えて、光入射角調整手段により、更に入射角を制限する。このような構成では、撮像部には、入射角外からの光の入射が制限されるため、検査対象物の各点からの光を、撮像部に形成される検査対象物の虚像の各点（各画素）に適切に対応付けることができる。つまり、分光画像における所定の一点は、検査対象物の対応する一点に対応した光強度を有するため、制御部は、分光画像の各画素の光強度に基づいて、より精度よく成分分析を実施することができる。したがって、検査対象物の所定の一点に対する成分分析と、撮像画像における検査対象物全体に対する成分分析との双方に対して、高精度な成分分析を実施することができる。

【００１０】

本発明の成分分析装置において、前記波長可変干渉フィルターの光入射面に対して直交する光入射方向に沿って所定厚み寸法を有する複数の光透過部、及び複数の遮光部を有し、前記光入射方向に対して直交する面内で、これらの前記光透過部及び前記遮光部が交互に隣接配置された視野角制限板を備えていることが好ましい。

【００１１】

入射光学系を構成するレンズ群として、テレセントリックレンズを用い、光入射角調整手段として、テレセントリックレンズの焦点位置に設けられる絞りを用いる構成としてもよいが、レンズ群を構成するレンズの数が増大することが考えられる。これに対して、画像内の所定点における吸光スペクトルから、当該所定点に対する成分分析を実施する場合、必ずしもテレセントリックレンズを用いる必要がない。この場合、所定厚み寸法を有する光透過部及び遮光部を交互に配置し、光入射角が遮光部により制限される視野角制限板を用いることで、波長可変干渉フィルターに入射光を入射させる構成としてもよい。このような構成では、テレセントリックレンズを用いた構成に比べて、より成分分析装置の薄型化を図れ、携帯性を向上させることができる。

また、遮光部により所定入射角の範囲外（入射角外）からの光を遮光することができるので、上記発明と同様に、分光画像内の各点（各画素）は、検査対象物における各点に対応した光強度を有する。したがって、制御部は、分光画像の各点に対する高精度な成分分析を実施することができる。

【００１２】

本発明の成分分析装置において、前記撮像部は、前記波長可変干渉フィルターの光射出面に設けられていることが好ましい。

ここで、撮像部が波長可変干渉フィルターの光射出面に設けられているとは、波長可変干渉フィルターに対して撮像部が直接設けられている構成の他、例えば、波長可変干渉フィルターとの間に基板を介して撮像部が設けられる構成等をも含む。このような基板としては、例えば波長可変干渉フィルターを固定する基板、波長可変干渉フィルターを収納する光学パッケージの一部、ギャップ変更部に対して信号を出力するための回路基板等が挙げられる。

本発明では、波長可変干渉フィルターの光射出面に撮像部が設けられているため、波長可変干渉フィルターと撮像部とを限りなく近接して配置することができ、成分分析装置をより小型にすることができる。

【００１３】

本発明の成分分析装置において、前記波長可変干渉フィルターは、可視光域から近赤外域における所定波長の光を取り出すことが好ましい。

この発明では、波長可変干渉フィルターは、反射膜間ギャップが変更されることで、可視光域から近赤外光域までの光を取り出す。このような構成では、１つの波長可変干渉フィルター及び撮像部により、カラー画像（可視光画像）と、検査対象物の成分分析を実施するための近赤外域の分光画像とをそれぞれ取得することができる。このように、カラー画像が取得されると、例えば、成分分析装置に撮像画像を表示させる表示手段が設けられている場合、表示手段に可視画像を表示させることで、検査対象物における成分検査範囲を容易に確認することができる。

【００１４】
本発明の成分分析装置において、前記筐体内部に設けられ、前記検査対象物から反射された光から、可視光域の光を受光して、カラー画像を撮像するカラー撮像部と、前記カラー撮像部に光を導くカラー画像用入射光学系と、前記カラー撮像部により撮像された前記カラー画像を表示する表示手段と、備えたことが好ましい。
【００１５】
上記発明のように、撮像部により、カラー画像と、近赤外域の画像を取得してもよいが、本発明に示すように、別途カラー画像を撮像するためのカラー撮像部を備える構成としてもよい。この場合でも、表示手段にカラー画像を表示させることで、検査対象物における成分分析を実施する範囲を容易に確認することができる。
【００１６】
本発明の成分分析装置において、前記撮像部は、モノクロ画像撮像用の撮像素子を備えることが好ましい。
撮像部で、カラー画像を取得する場合、各画素に対してＲＧＢのカラーフィルターを配置した撮像素子を、画素数分だけ配置する必要があり、各画素に配置する撮像素子のサイズが小さくなる。一方、別途カラー撮像部を設ける構成では、撮像部では、所定波長の近赤外光を取得すればよいため、各画素に対して１つの撮像素子を配置すればよい。したがって、各画素に対して３つの撮像素子を設ける場合に比べて、撮像素子の受光面を大きくできる。これにより、光量の検出精度を向上させることができ、成分分析の精度の向上をも図ることができる。
【００１７】
本発明の成分分析装置において、前記光源部は、異なる波長の光を射出する複数の光源を備え、前記制御部は、分析する成分に対応した波長の光を射出する光源を点灯駆動させることが好ましい。
本発明では、成分分析を実施するために必要な波長の光を射出する光源が、分析する成分の吸光スペクトルに応じて複数種類設けられている。このような構成では、光源を全て点灯させることなく、成分分析に必要な波長に対応して順次光源を点灯させることが可能となり、省電力化を図ることができる。
【００１８】
本発明の成分分析装置において、前記光源部は、可視光を射出する可視光源を備えることが好ましい。
光源部として、可視光を射出する可視光源が設けられているため、例えば、外光が弱い場合であっても、可視光源により検査対象物に可視光を照射することができ、容易に検査対象物を画像内に収めることができる。また、可視画像（カラー画像）を撮像し、表示手段に表示させる場合においても、可視光源により検査対象物に可視光を照射することで、良好なカラー画像を撮像できる。
【００１９】
本発明の成分分析装置において、前記制御部は、分析対象の成分の吸光スペクトルから抽出された特徴量と、前記分析対象成分の成分含有率との相関データが記憶される記憶手段と、前記波長可変干渉フィルターにより取り出す光の波長を設定するフィルター駆動手段と、前記分光画像における各画素の光量、及び前記相関データに基づいて、検査対象物の前記分析対象成分の含有率及び含有量を分析する成分分析手段と、を備えていることが好ましい。
【００２０】
本発明では、制御部は、フィルター駆動手段により波長可変干渉フィルターの反射膜間ギャップを制御することで、入射光から成分分析に必要な特定波長の光を取り出すことができ、撮像部により当該特定波長の分光画像を取得することができる。そして、成分分析手段は、撮像された分光画像における各画素の光量と、相関データとに基づいて、例えばケモメトリックス法等の手法を用いることで、容易に分析対象成分の含有率や含有量を求めることができる。

【００２１】
本発明の成分分析装置において、前記検査対象物の温度を検出する温度検出センサーを備え、前記制御部は、検出された温度に基づいて、各成分の吸光スペクトルを補正する補正手段を備えることが好ましい。
本発明では、検査対象物の温度を検出する温度検出センサーを備え、制御部の補正手段は、分析対象の成分の吸光スペクトルを補正する。一般に、検査対象物に含まれる各成分は、温度変化により吸光スペクトルが変化する。例えば、基準温度T_1で波長λ_1において特徴量が検出される成分であっても、温度T_2では、吸光スペクトルが変化し、波長λ_2において特徴量が検出される場合がある。
本発明では、上述のように温度が変化した場合でも、吸光スペクトルを補正して、特徴量が検出される波長を検出することができる。したがって、このような補正した吸光スペクトルに基づいて、成分分析に必要な特徴量を取得するので、正確な成分分析を実施することができる。
【００２２】
本発明の成分分析装置において、前記検査対象物は、食品であり、前記成分分析手段は、前記検査対象物に含まれる脂質、糖質、タンパク質、及び水分のいずれかの成分の含有率及び含有量を分析し、前記検査対象物のカロリーを算出することが好ましい。
本発明では、成分分析手段は、食品における脂質、糖質、タンパク質、及び水分のいずれかの成分の含有率及び含有量を分析する。脂質、糖質、タンパク質、及び水分は、食品におけるカロリー計算に用いられる成分である。したがって、これらの成分の含有率及び含有量が分析されることで、当該食品のカロリーを計算することができ、ユーザーの健康増進を支援できる。
【００２３】
本発明の成分分析装置において、前記検査対象物が載置されることで質量を測定する質量測定部を備え、前記成分分析手段は、前記検査対象物に含まれる前記分析対象成分の含有率と、測定された前記検査対象物の質量とから、前記検査対象物における前記分析対象成分の含有量を算出することが好ましい。
本発明では、質量測定部により、検査対象物の正確な質量を測定することができる。したがって、測定された質量と、成分分析手段により分析された分析対象成分の含有率とに基づいて、分析対象成分の正確な含有量を算出することができる。また、脂質、糖質、タンパク質の含有量が算出されれば、食品の正確なカロリーを算出することが可能となる。
【００２４】
本発明の成分分析装置において、前記制御部は、前記検査対象物の撮像画像から当該検査対象物の体積を推算し、前記成分分析手段により分析される所定の成分に対する含有率に基づいて前記検査対象物の比重を推算し、これらの推算された体積及び比重から前記検査対象物の質量を算出する質量推算手段を備え、前記成分分析手段は、前記検査対象物に含まれる前記分析対象成分の含有率と、推算された前記検査対象物の質量とから、前記検査対象物における前記分析対象成分の含有量を算出することが好ましい。
本発明では、制御部は、質量推算手段を備え、この質量推算手段は、撮像画像に基づいて、検査対象物の体積を推算する。比重の推算としては、例えば水分の成分含有量を用いることが好ましいが、その他の成分の含有量を用いて算出されてもよい。そして、質量推算手段は、算出された比重及び体積に基づいて、検査対象物の質量を算出する。
このような構成では、上述した質量測定部により測定される質量に比べて誤差が生じるが、検査対象物を質量測定部に載置する等の工程が不要であり、より手軽に検査対象物に対する分析対象成分の含有量を計算することができる。
【００２５】
本発明の成分分析装置において、前記制御部は、前記検査対象物の撮像画像から当該検査対象物の体積を推算し、予め設定された比重と、推算された体積とから前記検査対象物の質量を算出する質量推算手段を備え、前記成分分析手段は、前記検査対象物の前記分析対象成分の含有率と、推算された前記検査対象物の質量とから、前記検査対象物の前記分

析対象成分の含有量を算出することが好ましい。
一般に、食品における比重がほぼ同じ値となる。したがって、推算された体積と、食品の平均的な比重とにより、検査対象物の大凡の質量を算出することができる。本発明では、上述の発明に比べて質量の誤差が大きくなるが、より簡単な処理によりカロリー計算を実施でき、処理速度の向上や、処理負荷に伴う電力消費量の軽減を図ることができる。
【００２６】
本発明の成分分析装置において、前記質量推算手段は、前記検査対象物とともに、大きさが既知である基準物質が撮像された撮像画像に基づいて、前記検査対象物の体積を推算することが好ましい。
検査対象物の体積を推算する方法としては、例えば撮像画像を取得する際に実施するピント合わせ処理により、検査対象物と成分分析装置との距離を取得し、撮像画像を分析して検査対象物の体積を求めることもできる。また、２視点からの撮像画像に基づいて、３次元画像を作成し、体積を推算することも可能である。しかしながら、携帯性が高い小型の成分分析装置において、複雑な画像処理を実施することは、省電力化の面で好ましくない。これに対して、本発明では、例えば寸法や面積等が既知である基準物質と、検査対象物とを有する撮像画像を用いることで、簡単な画像認識により、基準物質に対する検査対象物の寸法比等を容易に算出することができ、検査対象物の体積を容易に推算することができる。
【図面の簡単な説明】
【００２７】
【図１】本発明に係る第一実施形態の成分分析装置の正面構成を示す斜視図。
【図２】第一実施形態の成分分析装置の背面構成を示す斜視図。
【図３】第一実施形態の成分分析装置の断面構成を示す概略図。
【図４】第一実施形態の光源部から射出される照明光の分光スペクトル。
【図５】第一実施形態の波長可変干渉フィルターの概略構成を示す平面図。
【図６】図５におけるＶＩ－ＶＩ線を断面した際の断面図。
【図７】第一実施形態の成分分析装置の概略構成を示すブロック図。
【図８】第一実施形態の成分分析装置による成分分析方法を示すフローチャート。
【図９】ディスプレイに表示される検査対象物の撮像画像の一例を示す図。
【図１０】図９の指定ポイントの吸光スペクトルを示す図。
【図１１】成分含有率の分析結果を表示したディスプレイの表示例を示す図。
【図１２】成分含有率の分析結果を表示したディスプレイの他の表示例を示す図。
【図１３】成分含有量及びカロリーの分析結果を表示したディスプレイの表示例を示す図。
【図１４】第二実施形態の成分分析装置の断面構成を示す概略図。
【図１５】視野角制限板の概略構成を示す斜視図。
【図１６】視野角制限板の他の例を示す斜視図。
【図１７】視野角制限板の更に他の例を示す斜視図。
【図１８】第四実施形態の成分分析装置における背面の概略構成を示す斜視図。
【発明を実施するための形態】
【００２８】
［第一実施形態］
以下、本発明の第一実施形態に係る成分分析装置について、図面に基づいて説明する。
［成分分析装置の概略構成］
図１は、第一実施形態の成分分析装置の正面構成を示す斜視図である。図２は、成分分析装置の背面構成を示す斜視図である。図３は、成分分析装置の断面構成を示す概略図である。
成分分析装置１０は、図１から図３に示すように、筐体１１と、可視光撮像モジュール１２と、近赤外撮像モジュール１３と、温度検出センサー１４と、ディスプレイ１５（表示手段）と、操作部１６と、制御部１７と、を備えている。

【００２９】
［筐体１１の構成］
筐体１１は、例えば厚み寸法が１～２ｃｍ程度で、衣服のポケット等により容易に収納可能な薄型箱状に形成されている。この筐体１１は、図１に示すように、正面１１Ａに面して、可視光撮像モジュール１２が配置される可視撮像窓１１１、近赤外撮像モジュール１３が配置される近赤外撮像窓１１２、及び温度検出センサー１４が配置されるセンサー窓１１３を備えている。また、筐体１１は、図２に示すように、背面１１Ｂに面して、ディスプレイ１５が配置される表示窓１１４を備えている。更に、筐体１１は、側面１１Ｃの一部に、操作部１６の一つを構成するシャッターボタンを備える。
【００３０】
［可視光撮像モジュール１２の構成］
可視光撮像モジュール１２は、筐体１１の可視撮像窓１１１に臨んで設けられる可視光入射部１２１（カラー画像用入射光学系）と、カラー撮像部１２２とを備える。
なお、図３では、可視光入射部１２１は、１つのレンズにより構成される例を示すが、実際には、複数のレンズにより構成されており、これらのレンズにより検査対象物の虚像をカラー撮像部に結像する。
カラー撮像部１２２は、複数の撮像素子を備えて構成されている。これらの撮像素子は、例えば、１画素につき、Ｒ（赤）用の撮像素子、Ｇ（緑）用の撮像素子、Ｂ（青）用の撮像素子を備え、それぞれ、受光する色に対応したカラーフィルター（Ｒ，Ｇ，Ｂ）を有している。
そして、カラー撮像部１２２は、各撮像素子で受光された光に基づいたカラー画像信号を制御部１７に出力する。
【００３１】
［近赤外撮像モジュール１３の構成］
近赤外撮像モジュール１３は、近赤外撮像窓１１２に臨んで設けられる光入射部１３１と、近赤外撮像窓１１２に臨んで設けられる光源部１３２と、光入射部１３１からの光が入射する波長可変干渉フィルター５と、波長可変干渉フィルター５により取り出された光を受光する撮像部１３３と、制御基板１３４とを備えている。
【００３２】
（光入射部１３１の構成）
光入射部１３１は、図３に示すように、複数のレンズにより構成されており、本発明の入射光学系を構成する。この光入射部１３１は、これらの複数のレンズにより、視野角が所定角度以下に制限されており、視野角内の検査対象物の虚像を、波長可変干渉フィルター５を介して撮像部１３３に結像する。また、これらの複数のレンズの内の一部は、例えばユーザーにより操作部１６が操作されることで、レンズ間隔を調整することが可能となり、これにより、取得する画像の拡大縮小が可能となる。本実施形態では、光入射部１３１を構成するこれらのレンズとして、テレセントリックレンズを用いることが好ましい。このようなテレセントリックレンズでは、入射光の光軸を主光線に対して平行な方向に揃えることができ、後述する波長可変干渉フィルター５の固定反射膜５４や可動反射膜５５に対して垂直に入射させることが可能となる。また、光入射部１３１を構成するレンズとしてテレセントリックレンズを用いる場合、テレセントリックレンズの焦点位置に絞りが設けられる。この絞りは、本発明の光入射角調整手段を構成し、制御部１７（図７参照）により絞り径が制御されることで、視野角を制御することが可能となる。なお、レンズ群や絞り等によって制限する入射光の入射角度は、レンズ設計等により異なるが、光学軸から２０度以下に制限されることが好ましい。
【００３３】
（光源部１３２の構成）
光源部１３２は、図１及び図３に示すように、近赤外撮像窓１１２の外周部に沿って、円環状に配列して配置される複数の光源１３２Ａ（ＬＥＤ）を備えている。なお、本実施形態では、光源１３２ＡとしてＬＥＤを例示するが、例えばレーザー光源等が用いられて

いてもよい。光源１３２ＡとしてＬＥＤやレーザー光源が用いられることで、光源部１３２の小型化、省電力化を図ることができる。

【００３４】

図４は、本実施形態の光源部１３２から射出される照明光の分光スペクトルを示す。

光源部１３２は、図４に示すように、発光波長が異なる複数種類の光源１３２Ａを備える。具体的には、可視光（図４における実線の光）を射出する可視光源と、発光波長帯域が異なる近赤外光（図４における一点鎖線の光）を射出する複数種の近赤外光源とを備える。

ここで、複数種の近赤外光源は、それぞれ、５０～１００ｎｍ帯域幅を有し、これらの近赤外光源の光を組み合わせることで、近赤外域の各波長に対して略一様な光量を有する光（図４における破線の光）を射出することが可能となる。また、本実施形態の成分分析装置１０では、成分分析の対象となる成分の吸光スペクトルに対応した分光画像に基づいて、成分分析を実施する。ここで、本実施形態では、制御基板１３４は、光源１３２Ａのうち、分析対象となる成分の吸光スペクトルに対応した波長の光源１３２Ａを点灯させ、その他の光源１３２Ａを消灯させる。これにより、より省電力化を促進でき、効率的な成分分析を実施できる。

なお、可視光源は、発光波長帯域が異なる複数種の光源により構成されていてもよい。

【００３５】

（波長可変干渉フィルター５の構成）

図５は、波長可変干渉フィルターの概略構成を示す平面図である。図６は、図５のＶＩ－ＶＩ線を断面した際の波長可変干渉フィルターの断面図である。

波長可変干渉フィルター５は、ファブリーペローエタロンである。この波長可変干渉フィルター５は、例えば矩形板状の光学部材であり、厚み寸法が例えば５００μｍ程度に形成される固定基板５１と、厚み寸法が例えば２００μｍ程度に形成される可動基板５２を備えている。これらの固定基板５１及び可動基板５２は、それぞれ例えば、ソーダガラス、結晶性ガラス、石英ガラス、鉛ガラス、カリウムガラス、ホウケイ酸ガラス、無アルカリガラスなどの各種ガラスや、水晶などにより形成されている。そして、これらの固定基板５１及び可動基板５２は、固定基板５１の第一接合部５１３及び可動基板の第二接合部５２３が、例えばシロキサンを主成分とするプラズマ重合膜などにより構成された接合膜５３（第一接合膜５３１及び第二接合膜５３２）により接合されることで、一体的に構成されている。

【００３６】

固定基板５１には、固定反射膜５４が設けられ、可動基板５２には、可動反射膜５５が設けられている。これらの固定反射膜５４および可動反射膜５５は、反射膜間ギャップＧ１を介して対向配置されている。そして、波長可変干渉フィルター５には、この反射膜間ギャップＧ１のギャップ量を調整（変更）するのに用いられる静電アクチュエーター５６が設けられている。この静電アクチュエーター５６は、固定基板５１に設けられた固定電極５６１と、可動基板５２に設けられた可動電極５６２とにより構成されている。これらの固定電極５６１，可動電極５６２は、電極間ギャップＧ２を介して対向する。ここで、これらの固定電極５６１，可動電極５６２は、それぞれ固定基板５１及び可動基板５２の基板表面に直接設けられる構成であってもよく、他の膜部材を介して設けられる構成であってもよい。ここで、電極間ギャップＧ２のギャップ量は、反射膜間ギャップＧ１のギャップ量より大きい。

また、波長可変干渉フィルター５を固定基板５１（可動基板５２）の基板厚み方向から見た図５に示すようなフィルター平面視において、固定基板５１及び可動基板５２の平面中心点Ｏは、固定反射膜５４及び可動反射膜５５の中心点と一致し、かつ後述する可動部５２１の中心点と一致する。

なお、以降の説明に当たり、固定基板５１または可動基板５２の基板厚み方向から見た平面視、つまり、固定基板５１、接合膜５３、及び可動基板５２の積層方向から波長可変干渉フィルター５を見た平面視を、フィルター平面視と称する。

【００３７】
（固定基板の構成）
固定基板５１には、エッチングにより電極配置溝５１１および反射膜設置部５１２が形成されている。この固定基板５１は、可動基板５２に対して厚み寸法が大きく形成されており、固定電極５６１および可動電極５６２間に電圧を印加した際の静電引力や、固定電極５６１の内部応力による固定基板５１の撓みはない。
また、固定基板５１の頂点Ｃ１には、切欠部５１４が形成されており、波長可変干渉フィルター５の固定基板５１側に、後述する可動電極パッド５６４Ｐが露出する。
【００３８】
電極配置溝５１１は、フィルター平面視で、固定基板５１の平面中心点Ｏを中心とした環状に形成されている。反射膜設置部５１２は、前記平面視において、電極配置溝５１１の中心部から可動基板５２側に突出して形成されている。この電極配置溝５１１の溝底面は、固定電極５６１が配置される電極設置面５１１Ａとなる。また、反射膜設置部５１２の突出先端面は、反射膜設置面５１２Ａとなる。
また、固定基板５１には、電極配置溝５１１から、固定基板５１の外周縁の頂点Ｃ１，頂点Ｃ２に向かって延出する電極引出溝５１１Ｂが設けられている。
【００３９】
電極配置溝５１１の電極設置面５１１Ａには、固定電極５６１が設けられている。より具体的には、固定電極５６１は、電極設置面５１１Ａのうち、後述する可動部５２１の可動電極５６２に対向する領域に設けられている。また、固定電極５６１上に、固定電極５６１及び可動電極５６２の間の絶縁性を確保するための絶縁膜が積層される構成としてもよい。
そして、固定基板５１には、固定電極５６１の外周縁から、頂点Ｃ２方向に延出する固定引出電極５６３が設けられている。この固定引出電極５６３の延出先端部（固定基板５１の頂点Ｃ２に位置する部分）は、制御基板１３４に接続される固定電極パッド５６３Ｐを構成する。
なお、本実施形態では、電極設置面５１１Ａに１つの固定電極５６１が設けられる構成を示すが、例えば、平面中心点Ｏを中心とした同心円となる２つの電極が設けられる構成（二重電極構成）などとしてもよい。
【００４０】
反射膜設置部５１２は、上述したように、電極配置溝５１１と同軸上で、電極配置溝５１１よりも小さい径寸法となる略円柱状に形成され、当該反射膜設置部５１２の可動基板５２に対向する反射膜設置面５１２Ａを備えている。
この反射膜設置部５１２には、図６に示すように、固定反射膜５４が設置されている。この固定反射膜５４としては、例えばＡｇ等の金属膜や、Ａｇ合金等の合金膜を用いることができる。また、例えば高屈折層をTiO_2、低屈折層をSiO_2とした誘電体多層膜を用いてもよい。さらに、誘電体多層膜上に金属膜（又は合金膜）を積層した反射膜や、金属膜（又は合金膜）上に誘電体多層膜を積層した反射膜、単層の屈折層（TiO_2やSiO_2等）と金属膜（又は合金膜）とを積層した反射膜などを用いてもよい。
【００４１】
また、固定基板５１の光入射面（固定反射膜５４が設けられない面）には、固定反射膜５４に対応する位置に反射防止膜を形成してもよい。この反射防止膜は、低屈折率膜および高屈折率膜を交互に積層することで形成することができ、固定基板５１の表面での可視光の反射率を低下させ、透過率を増大させる。
【００４２】
そして、固定基板５１の可動基板５２に対向する面のうち、エッチングにより、電極配置溝５１１、反射膜設置部５１２、及び電極引出溝５１１Ｂが形成されない面は、第一接合部５１３を構成する。この第一接合部５１３には、第一接合膜５３１が設けられ、この第一接合膜５３１が、可動基板５２に設けられた第二接合膜５３２に接合されることで、上述したように、固定基板５１及び可動基板５２が接合される。

【００４３】
（可動基板の構成）
可動基板５２は、図５に示すようなフィルター平面視において、平面中心点Ｏを中心とした円形状の可動部５２１と、可動部５２１と同軸であり可動部５２１を保持する保持部５２２と、保持部５２２の外側に設けられた基板外周部５２５と、を備えている。
また、可動基板５２には、図５に示すように、頂点Ｃ２に対応して、切欠部５２４が形成されており、波長可変干渉フィルター５を可動基板５２側から見た際に、固定電極パッド５６３Ｐが露出する。
【００４４】
可動部５２１は、保持部５２２よりも厚み寸法が大きく形成され、例えば、本実施形態では、可動基板５２の厚み寸法と同一寸法に形成されている。この可動部５２１は、フィルター平面視において、少なくとも反射膜設置面５１２Ａの外周縁の径寸法よりも大きい径寸法に形成されている。そして、この可動部５２１には、可動電極５６２及び可動反射膜５５が設けられている。
なお、固定基板５１と同様に、可動部５２１の固定基板５１とは反対側の面には、反射防止膜が形成されていてもよい。このような反射防止膜は、低屈折率膜および高屈折率膜を交互に積層することで形成することができ、可動基板５２の表面での可視光の反射率を低下させ、透過率を増大させることができる。
【００４５】
可動電極５６２は、電極間ギャップＧ２を介して固定電極５６１に対向し、固定電極５６１と同一形状となる環状に形成されている。また、可動基板５２には、可動電極５６２の外周縁から可動基板５２の頂点Ｃ１に向かって延出する可動引出電極５６４を備えている。この可動引出電極５６４の延出先端部（可動基板５２の頂点Ｃ１に位置する部分）は、制御基板１３４に接続される可動電極パッド５６４Ｐを構成する。
可動反射膜５５は、可動部５２１の可動面５２１Ａの中心部に、固定反射膜５４と反射膜間ギャップＧ１を介して対向して設けられる。この可動反射膜５５としては、上述した固定反射膜５４と同一の構成の反射膜が用いられる。
なお、本実施形態では、上述したように、電極間ギャップＧ２のギャップ量が反射膜間ギャップＧ１のギャップ量よりも大きい例を示すがこれに限定されない。例えば、測定対象光として赤外線や遠赤外線を用いる場合等、測定対象光の波長域によっては、反射膜間ギャップＧ１のギャップ量が、電極間ギャップＧ２のギャップ量よりも大きくなる構成としてもよい。
【００４６】
保持部５２２は、可動部５２１の周囲を囲うダイアフラムであり、可動部５２１よりも厚み寸法が小さく形成されている。このような保持部５２２は、可動部５２１よりも撓みやすく、僅かな静電引力により、可動部５２１を固定基板５１側に変位させることが可能となる。この際、可動部５２１が保持部５２２よりも厚み寸法が大きく、剛性が大きくなるため、保持部５２２が静電引力により固定基板５１側に引っ張られた場合でも、可動部５２１の形状変化が起こらない。したがって、可動部５２１に設けられた可動反射膜５５の撓みも生じず、固定反射膜５４及び可動反射膜５５を常に平行状態に維持することが可能となる。
なお、本実施形態では、ダイアフラム状の保持部５２２を例示するが、これに限定されず、例えば、平面中心点Ｏを中心として、等角度間隔で配置された梁状の保持部が設けられる構成などとしてもよい。
【００４７】
基板外周部５２５は、上述したように、フィルター平面視において保持部５２２の外側に設けられている。この基板外周部５２５の固定基板５１に対向する面は、第一接合部５１３に対向する第二接合部５２３を備えている。そして、この第二接合部５２３には、第二接合膜５３２が設けられ、上述したように、第二接合膜５３２が第一接合膜５３１に接合されることで、固定基板５１及び可動基板５２が接合されている。

【００４８】
（波長可変干渉フィルター５のサイズ及び配置位置）
そして、本実施形態の成分分析装置１０では、カラー画像は可視光撮像モジュール１２により撮像される。したがって、波長可変干渉フィルター５は、近赤外域の光を透過可能な寸法に形成されていればよい。したがって、反射膜間ギャップＧ１としては、例えば１μｍ以下に設定することで、１次ピーク波長又は２次ピーク波長として近赤外光を取り出すことが可能となる。また、上述したように、固定基板５１の厚み寸法は、例えば５００μｍ程度であり、可動基板５２の厚み寸法は例えば２００μｍ程度に形成されている。したがって、波長可変干渉フィルター５の全体厚み寸法としては、１ｍｍ以下の厚み寸法に抑えることができる。

【００４９】
また、本実施形態では、波長可変干渉フィルター５の可動基板５２の固定基板５１とは反対側の面（光射出面）は、基板外周部５２５が制御基板１３４に固定されている。この制御基板１３４は、固定電極パッド５６３Ｐや可動電極パッド５６４Ｐが接続される端子部を有し、例えば、ＦＰＣ（Flexible printed circuits）等により各パッド５６３Ｐ，５６４Ｐが端子部に接続されている。また、制御基板１３４の波長可変干渉フィルター５が設けられる面とは反対側の面には、撮像部１３３が固定されている。そして、固定反射膜５４及び可動反射膜５５による多重干渉により取り出された光は、制御基板１３４に設けられた光通過孔１３４Ａを通過して撮像部１３３に受光されることで、撮像部１３３により分光画像が撮像される。すわなち、本実施形態では、制御基板１３４の一方の面に波長可変干渉フィルター５が取り付けられ、制御基板１３４の他方の面に撮像部１３３が取り付けられる構成となり、波長可変干渉フィルター５及び撮像部１３３が近接配置されることになる。これにより、近赤外撮像モジュール１３の更なる薄型化を図れ、成分分析装置１０の小型化、薄型化を図ることができる。
なお、波長可変干渉フィルター５が制御基板１３４に固定される構成を示したが、これに限定されず、例えば波長可変干渉フィルター５がパッケージに格納されており、このパッケージを制御基板１３４に固定する構成などとしてもよい。さらには、波長可変干渉フィルター５が、制御基板１３４以外の基板や筐体１１内に設けられた固定部に固定されており、波長可変干渉フィルター５と制御基板１３４との距離が近接して設けられる構成などとしてもよい。
また、本実施形態では、カラー画像は、可視光撮像モジュール１２により撮像されるため、近赤外撮像モジュール１３において近赤外域における分光画像が撮像されればよい。したがって、波長可変干渉フィルター５を透過する光のうち、例えば２次以降のピーク波長として透過される可視光（及び紫外光）を遮光するために、近赤外域の波長の光のみを透過させる近赤外ハイパスフィルターが設けられていてもよい。このような近赤外ハイパスフィルターとしては、近赤外撮像モジュール１３における入射光の光路上であれば、いかなる位置に設けられていてもよく、例えば、撮像部１３３及び波長可変干渉フィルター５の間や、光入射部１３１及び波長可変干渉フィルター５の間、光入射部１３１のレンズ群の間、成分分析装置１０の近赤外撮像窓１１２などが例示できる。

【００５０】
（撮像部１３３の構成）
撮像部１３３は、波長可変干渉フィルター５を透過した近赤外光を受光する複数の撮像素子を備えている。このような撮像部１３３としては、例えばＣＣＤやＣＭＯＳ等のイメージセンサ等を用いることができる。また、本実施形態では、可視光撮像モジュール１２によりカラー画像を撮像するため、撮像部１３３は、赤外域の所定波長のモノクロ画像が撮像されればよく、モノクロ画像撮像用の撮像素子が用いられ、１画素に対して１つの撮像素子が設けられる。このような撮像部１３３では、例えば１画素にＲ、Ｇ、Ｂに対応した撮像素子を配置する必要があるカラー画像撮像用の撮像部に比べ、１画素辺りの受光面を大きくでき、測定対象波長の光量をより効率よく受光することができる。これにより、成分分析に必要な十分な受光量を確保でき、分析精度を向上させることができる。

なお、上述のように、光路内に近赤外ハイパスフィルターが設けられる構成では、撮像部１３３として、近赤外域から可視光域（又は紫外域）の広範囲に対して感度特性を有するイメージセンサを用いることができる。一方、近赤外ハイパスフィルターが設けられない構成では、波長可変干渉フィルター５から２次ピークや３次ピークとして透過される可視光域または紫外域の光を受光させないために、紫外から可視光域に対して感度特性が低く、近赤外域に対して感度特性が高、例えばGaAsフォトセンサー等の撮像素子を用いることができる。

そして、撮像部１３３は、各撮像素子で受光された光に基づいた分光画像の画像信号（分光画像信号）を、制御基板１３４を介して制御部１７に出力する。

【００５１】

（制御基板１３４の構成）

制御基板１３４は、近赤外撮像モジュール１３の動作を制御する回路基板であり、光入射部１３１，光源部１３２，波長可変干渉フィルター５，撮像部１３３に接続される。そして、制御基板１３４は、制御部１７から入力される制御信号に基づいて、各構成の動作を制御する。例えばユーザーによりズーム操作が行われると、光入射部１３１の所定のレンズを移動させたり、絞りの絞り径を変化させたりする。また、成分分析のために検査対象物の撮像が実施する操作が行われると、制御部１７からの制御信号に基づいて、光源部１３２の各光源１３２Ａの点灯及び消灯を制御し、制御信号に基づいた所定電圧を波長可変干渉フィルター５の静電アクチュエーター５６に印加する。そして、撮像部１３３で撮像された分光画像（分光画像信号）を制御部１７に出力する。

【００５２】

［温度検出センサー１４の構成］

温度検出センサー１４は、筐体１１のセンサー窓１１３に臨んで配置されており、検査対象物の温度を検出する。この温度検出センサー１４としては、例えばサーモパイルアレイや、非接触型ボロメーター等を用いることができる。

【００５３】

（ディスプレイ１５の構成）

ディスプレイ１５は、筐体１１の表示窓１１４に面して設けられる。ディスプレイ１５としては、画像を表示可能な構成であればいかなるものであってもよく、例えば液晶パネルや有機ＥＬパネルなどを例示できる。

また、本実施形態のディスプレイ１５は、タッチパネルを兼ねており、操作部１６の一つとしても機能する。

【００５４】

（操作部１６の構成）

操作部１６は、上述のように、側面１１Ｃに設けられるシャッターボタンや、ディスプレイ１５に設けられるタッチパネル等により構成される。ユーザーにより入力操作が行われると、操作部１６は、入力操作に応じた操作信号を制御部１７に出力する。なお、操作部１６としては、上記の構成に限られず、例えば、タッチパネルに代えて、複数の操作ボタン等が設けられる構成などとしてもよい。

【００５５】

（制御部１７の構成）

図７は、成分分析装置１０の概略構成を示すブロック図である。

制御部１７は、例えばＣＰＵやメモリー等が組み合わされることで構成され、成分分析装置１０の全体動作を制御する。この制御部１７は、図７に示すように、記憶部１８（記憶手段）及び演算部１９を備える。

【００５６】

記憶部１８は、成分分析装置１０の全体動作を制御するためのＯＳや、各種機能を実現するためのプログラムや、各種データが記憶される。また、記憶部１８には、取得した分光画像やカラー画像、成分分析結果等を一時記憶する一時記憶領域を備える。

そして、記憶部１８には、各種データとしては、波長可変干渉フィルター５の静電アク

チュエーター５６に印加する駆動電圧に対する、当該波長可変干渉フィルター５を透過する光の波長の関係を示すＶ－λデータが記憶される。

また、記憶部１８には、温度に対する、各成分の吸光スペクトルの補正値が記憶される。

更に、記憶部１８には、分析対象の各成分に対する吸光スペクトルから抽出された特徴量（特定波長における吸光度）と、成分含有率との相関を示す相関データ（例えば検量線）が記憶される。

更に、記憶部１８には、検査対象物の種別と、当該検査対象物の鮮度判定時に用いられる成分との関係を示す鮮度判定データが記憶される。

【００５７】

演算部１９は、記憶部１８に記憶されたプログラムを読み込むことで各種処理を実行され、分析対象設定手段１９１、補正手段１９２、光源駆動手段１９３、フィルター駆動手段１９４、画像取得手段１９５、成分分析手段１９６、質量推算手段１９７、鮮度判定手段１９８、及びデータ表示手段１９９を備える。

【００５８】

分析対象設定手段１９１は、例えばユーザーによる操作部１６の操作により、分析する対象となる成分を設定する。また、ユーザーにより分析対象の成分が指定されない場合、初期設定として、脂質、糖質、タンパク質、及び水分が分析対象として設定される。なお、ユーザーの操作により、初期設定に設定される成分が適宜変更可能な構成としてもよい。

【００５９】

補正手段１９２は、温度検出センサー１４により検出された検査対象物の温度に基づいて、吸光スペクトルを補正する。

光源駆動手段１９３は、近赤外撮像モジュール１３の制御基板１３４に光源部１３２を駆動させるための制御信号を出力する。

フィルター駆動手段１９４は、記憶部１８に記憶されたＶ－λデータに基づいて、波長可変干渉フィルター５により取り出す光の波長を設定するための駆動電圧を設定し、制御基板１３４に制御信号を出力する。

【００６０】

画像取得手段１９５は、ユーザーにより操作部１６のシャッターボタンが操作されたタイミングで、可視光撮像モジュール１２のカラー撮像部１２２により撮像されるカラー画像を取得する。また、画像取得手段１９５は、ユーザーにより操作部１６のシャッターボタンが操作されたタイミングから、近赤外撮像モジュール１３の撮像部１３３により撮像される分光画像を順次取得する。

成分分析手段１９６は、図７に示すように、含有率分析手段１９６Ａ、含有量算出手段１９６Ｂ、及びカロリー算出手段１９６Ｃを備える。

含有率分析手段１９６Ａは、取得された分光画像の各画素の光量から吸光度を算出し、記憶部１８に記憶された相関データを用いて各成分に対する含有率を分析する。

含有量算出手段１９６Ｂは、含有率分析手段１９６Ａにより算出された各成分の含有率と、後述する質量推算手段１９７により推算される検査対象物の質量とに基づいて、各成分の含有量を算出する。

カロリー算出手段１９６Ｃは、各成分の含有量に基づいて、検査対象物全体のカロリーを計算する。

【００６１】

質量推算手段１９７は、撮像画像に基づいて、検査対象物の体積を推算し、推算した体積に基づいて、検査対象物の質量を推算する。

鮮度判定手段１９８は、記憶部１８に記憶された鮮度判定データに基づいて、検査対象物の鮮度を判定する。

データ表示手段１９９は、画像取得手段１９５により取得されたカラー画像や分光画像、成分分析手段１９６により分析された分析結果や、鮮度判定手段１９８により推算され

た体積や質量、鮮度判定手段１９８の判定結果などを、ディスプレイ１５に表示させる。
なお、演算部１９による具体的な処理については、後述する。

【００６２】

［成分分析装置１０による検査対象物の成分分析処理］

次に、上述したような成分分析装置１０による成分分析処理について、図面に基づいて以下に説明する。

図８は、成分分析装置１０による成分分析処理のフローチャートである。

図８に示すように、本実施形態の成分分析装置１０により成分分析を実施する場合、まず、吸光度を算出するための基準受光量を取得する初期処理を実施する（Ｓ１）。このＳ１では、例えば白色板等の基準校正板に対して撮像が行われることで実施され、各波長における受光量Ｉ$_0$が測定される。具体的には、演算部１９は、フィルター駆動手段１９４により静電アクチュエーター５６に印加する電圧を順次切り替え、所定の近赤外波長域（例えば７００ｎｍ～１５００ｎｍ）に対して、例えば１０ｎｍ間隔で透過波長を切り替えさせる。そして、各波長に対する受光量を撮像部１３３で検出し、記憶部１８に記憶する。ここで、演算部１９は、基準校正板の１点のみの受光量を基準受光量としてもよく、各分光画像のうち、基準校正板の画素範囲を特定し、特定した画素範囲内の所定個数の画素又は全画素における受光量の平均値を算出してもよい。

【００６３】

次に、成分分析装置１０の被写体として検査対象物をセットし、検査対象物に対する成分分析を実施する。

ここで、検査対象物の各成分に対する含有量の算出、カロリー計算を行う場合、検査対象物の体積を推算するために、予め設定されたサイズが既知である皿に検査対象物を載置して成分分析を実施する。なお、含有量やカロリー計算を実施しない場合、例えば、検査対象物の鮮度、糖度、化学物質含有率等、検査対象物の体積を推算する必要がない場合は、皿に載置された状態でなくてもよい。

【００６４】

検査対象物の成分分析では、演算部１９は、分析対象設定手段１９１により、分析対象の成分を設定する（Ｓ２）。

具体的には、分析対象設定手段１９１は、ユーザーによる操作部１６の操作により、分析対象の成分が設定されている場合、設定された成分を分析対象とする。また、分析対象の成分が設定されていない場合、初期設定である脂質、糖質、タンパク質、及び水分を、分析対象の成分とする。

また、このＳ２では、検査対象物の各成分の成分含有率のみを分析するか、成分含有量まで分析するかを選択することが可能である。成分含有量を分析する場合は、質量推算手段１９７による質量推算処理が実施される（後述）。

さらに、ユーザーの操作部１６の操作により、鮮度の分析を実施する旨が選択された場合、分析対象設定手段１９１は、例えばディスプレイ１５に検査対象物の種別を選択させる旨を表示する。そして、ユーザーにより、検査対象物の種別が選択されると、分析対象設定手段１９１は、記憶部１８に記憶された鮮度判定データに基づいて、鮮度判定のために分析すべき成分を分析対象の成分として設定する。例えば、青果に対しての鮮度は、一般にクロロフィルの含有量により判定でき、魚の鮮度は、アデノシン三リン酸等により判定できる。

【００６５】

次に、ユーザーにより成分分析装置１０の可視光入射部１２１が検査対象物に向けられることで、画像取得手段１９５は、検査対象物のカラー画像を撮像する。図９は、成分分析装置１０を検査対象物に向けた際に撮像されたカラー画像の一例である。なお、この時点では、撮像画像を画像データとして一時記憶手段に記憶させる必要はなく、近赤外域の分光画像も取得される必要がない。そして、データ表示手段１９９は、可視光撮像モジュール１２により撮像された画像を、例えば図９に示すように、ディスプレイ１５にリアルタイムで表示させる（Ｓ３）。

なお、本実施形態では、検査対象物全体の成分分析の他、指定ポイントＰに対する成分分析が可能となり、この場合、図９に示すように、成分分析対象の指定ポイントＰがディスプレイ１５上に表示される。

また、本例では、ディスプレイ１５にカラー画像が表示される例を示すが、例えば可視光撮像モジュール１２が設けられていない構成では、ディスプレイ１５に近赤外域における所定波長の分光画像を撮像し、ディスプレイ１５にリアルタイムで表示させる処理をしてもよい。

【００６６】

次に、補正手段１９２は、温度検出センサー１４により検出される検査対象物の温度分布から、検査対象物の各点における温度を検出し、各成分における吸光スペクトルを補正する（Ｓ４）。具体的には、補正手段１９２は、Ｓ２において設定された分析対象の成分の吸光スペクトルにおいて、特徴量が検出される波長に対して、記憶部１８に記憶された補正データの補正値を掛けあわせる。例えば、基準温度T_0において、成分Ａの含有率によって波長λ_{A0}の吸光度が変化する場合、基準温度T_0における成分Ａの特徴量は、波長λ_{A0}の吸光度となる。しかしながら、温度T_1では、成分Ａの含有率によって波長λ_{A1}の吸光度が変化する場合があり、この場合、温度T_1における成分Ａの特徴量は、波長λ_{A1}の吸光度となる。特に、水分は、温度変化による吸光スペクトルの変化が大きいことが知られており、各成分の分析を行う上で、特徴量が検出される波長を補正する必要がある。

これに対して、本実施形態の補正手段１９２は、記憶部１８に記憶される各成分の各温度に対する補正値を読み出し、波長λ_{A0}に補正値を掛けあわせ、温度T_1に対して特徴量が検出される波長λ_{A1}を算出して測定対象波長とする。また、検査対象物の部位によって温度が異なる場合、各部位の温度に対応して、それぞれ測定対象波長を算出する。

【００６７】

次に、演算部１９は、ユーザーの操作部１６の操作により、例えばシャッターボタンが押される等により、画像撮像操作が行われたか否かを判定する（Ｓ５）。

Ｓ５において、画像撮像操作が行われていない場合、Ｓ３及びＳ４の処理を継続し、操作が行われるまで待機する。

一方、画像撮像操作が行われた場合、演算部１９の光源駆動手段１９３，フィルター駆動手段１９４，画像取得手段１９５により撮像処理が実施される（Ｓ６）。

【００６８】

このＳ６の撮像処理では、光源駆動手段１９３は、近赤外撮像モジュール１３の制御基板１３４に光源部１３２を駆動させるための制御信号を出力する。この時、光源駆動手段１９３は、光源１３２Ａを全点灯させるのではなく、Ｓ４により設定された測定対象波長に対応した光源１３２Ａを順次切り替えて点灯させる。

例えば、成分Ａ、Ｂの含有率によって、測定対象波長λ_A，λ_Bの吸光度が変化する場合、測定対象波長λ_A，λ_Bの分光画像、又は、測定対象波長λ_A，λ_Bを中心とした所定範囲の波長域の分光画像が取得されればよい。この場合、光源駆動手段１９３は、例えば測定対象波長λ_Aの光源１３２Ａを点灯させ、分光画像が取得された後に、測定対象波長λ_Bの光源１３２Ａを点灯させる。

なお、波長λ_A，λ_Bの光源１３２Ａを同時に点灯させる処理をしてもよい。この場合でも、全ての光源１３２Ａを全点灯させる場合に比べて、省電力化を図ることができる。

また、本実施形態では、成分分析に必要な特徴量を得るために必要な波長に対してのみ、分光画像を取得する例を示すが、これに限定されない。例えば、近赤外域において、１０ｎｍ間隔毎の分光画像を順次取得する構成としてもよい。この場合でも、取得する分光画像の波長に応じて、順次光源１３２Ａを切り替えることで、省電力化を図れる。

【００６９】

さらに、Ｓ６では、フィルター駆動手段１９４は、記憶部１８に記憶されたＶ－λデータに基づいて、波長可変干渉フィルター５により取り出す光の波長を設定するための駆動電圧を設定し、制御基板１３４に制御信号を出力する。これにより、制御基板１３４は、

波長可変干渉フィルター５の静電アクチュエーター５６に設定された駆動電圧を印加し、波長可変干渉フィルター５から設定電圧に応じた波長の光が取り出される。

ここで、フィルター駆動手段１９４は、光源駆動手段１９３と同様に、Ｓ４により設定された測定対象波長に対応した駆動電圧を順次切り替えて静電アクチュエーター５６に印加させる。

なお、上述したように、近赤外域において、１０ｎｍ間隔毎の分光画像を順次取得する構成としてもよく、この場合、フィルター駆動手段１９４は、波長可変干渉フィルター５を透過する光の波長が１０ｎｍピッチで順次切り替わるように、静電アクチュエーター５６に印加する駆動電圧を一定間隔で切り替えさせる。

【００７０】

そして、Ｓ６では、画像取得手段１９５は、ユーザーにより操作部１６のシャッターボタンが操作されたタイミングから、近赤外撮像モジュール１３の撮像部１３３により撮像される分光画像を順次取得する。具体的には、光源駆動手段１９３により発光させる光源１３２Ａが切り替えられ、フィルター駆動手段１９４により、波長可変干渉フィルター５に印加される電圧が切り替えられたタイミングから、所定時間経過後（例えば、１０ｍｓｅｃ）に撮像部１３３で撮像された分光画像を取得する。

そして、画像取得手段１９５は、取得した分光画像を記憶部１８の一時記憶領域に記憶する。

なお、画像取得手段１９５は、ユーザーにより操作部１６のシャッターボタンが操作されたタイミングで、さらに、可視光撮像モジュール１２のカラー撮像部１２２により撮像されるカラー画像を取得して一時記憶領域に記憶してもよい、

【００７１】

この後、成分分析手段１９６は、得られた複数の分光画像に基づいて、Ｓ２で設定された各成分に対する含有率を分析する（Ｓ７）。

Ｓ７の成分分析処理では、まず、含有率分析手段１９６Ａは、Ｓ１において取得しておいた基準受光量I_0と、撮像された波長λの分光画像の各画素における受光量I_λとに基づいて、以下の式（１）により、各画素における波長λの吸光度A_λを算出する。

【００７２】

［数１］

$$A_\lambda = -\log(I_\lambda / I_0) \quad \cdots (1)$$

【００７３】

ここで、図１０は、図９の点Ｐにおける吸光度の例を示す。含有率分析手段１９６Ａは、取得された各波長の分光画像の各画素に対して吸光度を算出し、図１０に示すような吸光スペクトルを取得する。

なお、図１０は、７５０ｎｍから１０５０ｎｍの範囲において、波長可変干渉フィルター５を透過させる波長を１０ｎｍ毎に切り替えて分光画像を取得した場合の吸光スペクトルである。これに対して、Ｓ２で設定された成分の特徴量を取得するための測定対象波長または、測定対象波長を中心とした所定波長範囲内の吸光スペクトルが取得される処理であってもよい。

【００７４】

この後、含有率分析手段１９６Ａは、算出された吸光度A_λと、記憶部１８に記憶された相関データとに基づいて、各成分の含有率を分析する。この成分含有率の分析方法としては、従来用いられているケモメトリックス法により行うことができる。ケモメトリックス法としては、例えば、重回帰分析、主成分回帰分析、部分最小二乗法等の方法を用いることができる。なお、これらのケモメトリックス法を用いた各分析手法については、従来用いられている技術であるため、ここでの説明は省略する。

また、含有率分析手段１９６Ａは、取得した分光画像から、検査対象物が映し出されている画素範囲を特定し、検査対象物全体における各成分の含有率を算出する。

検査対象物の特定は、撮像部１３３により得られる分光画像に基づいて特定するものであってもよく、カラー撮像部１２２により取得されたカラー画像に基づいて特定されるも

のであってもよい。検査対象物の特定方法としては、従来の画像処理技術を用いることができ、例えば、画像内のエッジ検出等により、検査対象物が映し出されている画素範囲を特定する。なお、記憶部１８に検査対象物の形状特徴値が記憶されている場合、形状特徴値に基づいて画像を分析して検査対象物を特定してもよく、その他、いかなる画像処理を用いて検査対象物を特定してもよい。そして、含有率分析手段１９６Ａは、各成分に対して、特定された検査対象物の各画素における含有率の平均値を算出し、検査対象物全体における成分含有率とする。なお、検査対象物全体の成分含有率としては、特定された検査対象物の画素範囲から、複数個の画素をピックアップし、これらの画素に対して分析された成分含有率を平均してもよい。

【００７５】

この後、Ｓ２において、分析対象として、各成分の含有量やカロリーが設定されているか否かを判定する（Ｓ８）。

Ｓ８において、成分含有量やカロリーが設定されている場合、質量推算手段１９７は、検査対象物の質量を推算する（Ｓ９）。

【００７６】

このＳ９では、質量推算手段１９７は、まず、撮像画像に基づいて検査対象物の体積を推算する。撮像画像としては、取得された分光画像のうちの１つであってもよく、撮像中のカラー画像であってもよい。

本実施形態では、上述したように、成分含有量やカロリーを算出する場合では、検査対象物は、図９に示すように、サイズが既知である皿Ｋ（基準物質）に載置された状態で撮像される。したがって、質量推算手段１９７は、撮像画像に基づいて、皿Ｋのサイズと検査対象物のサイズとを比較することで、検査対象物の大凡の体積を推算する。

なお、本実施形態では、皿Ｋを基準物質として検査対象物の体積を推算しているが、皿Ｋに限定されず、例えば、スケールやマーカーを基準物質として、検査対象物とともに撮像して体積を推算する処理をしてもよい。

また、基準物質を用いた体積の推算に限定されず、例えば、画像処理により検査対象物の体積を推算してもよい。例えば、検査対象物を異なる角度から撮像した撮像画像を用い、３次元分析処理により検査対象物の体積を求める処理を行ってもよい。

【００７７】

また、質量推算手段１９７は、Ｓ７により分析された水分の含有率に基づいて、検査対象物の比重を推定する。一般に、検査対象物として食品を対象とする場合、比重は含水率が支配的であり、比重は含水率であると仮定した場合でも大きな誤差は生じない。したがって、本実施形態では、質量推算手段１９７は、分析された含水率を比重と推定する。そして、質量推算手段１９７は、推定した比重と、先に求めた検査対象物の体積とに基づいて、検査対象物の質量を推算する。

【００７８】

この後、含有量算出手段１９６Ｂは、Ｓ９で推算した質量と、Ｓ７により分析された各成分の含有率とに基づいて、各成分の含有量を算出する（Ｓ１０）。また、Ｓ２においてカロリーの分析が設定されている場合、カロリー算出手段１９６Ｃは、Ｓ１０により算出された脂質、糖質、タンパク質の含有量から、式（２）に基づいて、検査対象物のカロリーを算出する。

【００７９】

［数２］

カロリー（kcal）≒脂質量(g)×９＋タンパク質量(g)×４＋糖質量(g)×４　…（２）

【００８０】

そして、Ｓ１０の後、又は、Ｓ８において成分含有量やカロリーが設定されていない場合、すなわち、各成分の含有率、鮮度、糖度等のみが選択されている場合、データ表示手段１９９は、得られた成分分析結果を、ディスプレイ１５に表示させる（Ｓ１１）。

図１１は、成分含有率の分析結果を表示したディスプレイ１５の表示例である。図１２は、成分含有率の分析結果を示す他の表示例である。図１３は、成分含有量及びカロリー

の分析結果を表示したディスプレイ１５の表示例である。

【００８１】

分析対象として、各成分の含有率が設定されている場合は、データ表示手段１９９は、Ｓ７により分析された各成分の含有率を表示させる。ここで、分析対象として鮮度が選択されている場合、鮮度判定手段１９８は、Ｓ２において、記憶部１８に記憶される鮮度判定データに基づいて、ユーザーにより選択された検査対象物の種別に対応した成分の分析結果から、鮮度の判定を実施する。例えば、リンゴ等の青果では、鮮度はクロロフィルの含有率から算出することができる。

また、図１１では、鮮度（Frechness）、糖度（Sugar）、化学物質含有率（Chemicals）が表示される例を示すが、その他、例えば含水率等の各種成分の含有率が１画面内に表示されるものであってもよい。

図１１では、分析結果として、棒グラフにより、各成分に対する含有率を表示させる例を示したがこれに限定されず、例えば、成分含有率が数値により表示されていてもよく、円グラフ等により表示させてもよい。棒グラフにより各成分の含有率を表示させる場合、例えば図１１に示すように、標準的な糖度を示すラインF_Bや、鮮度や化学物質含有率のボーダーを示すラインS_B，C_Bを表示させることが好ましい。

【００８２】

また、分析結果の表示としては、指定ポイントＰに対する結果のみが表示されていてもよく、検査対象物全体の分析結果が表示されていてもよい。また、これらの表示を適宜切り替え可能な構成とすることがより好ましい。

さらに、本実施形態では、各画素に対して、成分の含有率を分析するため、図１２に示すように、成分の含有率の分布を表示させることができる。ここで、図１２（Ａ）は、カラー画像の例であり、（Ｂ）は、糖度（糖質含有率）の分布を示す図である。図１２（Ｂ）では、糖度が所定値以上の部位が斜線部で示されているが、例えば糖度によって、色分けした結果画面が表示されてもよい。図１２に示すように、木全体に実ったリンゴから糖度が所定値以上であるリンゴを容易に判別することが可能となるため、例えば農業を営むユーザーが、収穫物を収穫する際に、容易に収穫対象を判別することが可能となる。

【００８３】

また、Ｓ１０の処理が実施された場合は、データ表示手段１９９は、図１３に示すような分析結果を表示させる。

一般に、調理した料理のカロリーや栄養素含有量を求める場合、代表的な料理のカロリーや栄養素含有量が示された食品成分表から摂取する料理を探す必要があり、食品成分表に示される料理としても、代表的なものに限定された。また、例えば創作料理等に対するカロリーや栄養素含有量は、栄養士などの専門知識を有するものが算出する必要があった。これに対して、本実施形態では、分光画像に基づいて各成分の吸光度に基づいて成分分析を実施するため、食品成分表や専門の知識等が不要であり、調理した料理の種類に関わらず、容易にカロリーや含有栄養素量を確認することが可能となる。

【００８４】

［第一実施形態の作用効果］

本実施形態では、成分分析装置１０は、筐体１１を備える。この筐体１１の近赤外撮像窓１１２には、光入射部１３１及び光源部１３２が配置され、筐体１１の内部には、光入射部１３１により導かれた入射光が入射する波長可変干渉フィルター５と、波長可変干渉フィルター５により取り出された光を受光し分光画像を撮像する撮像部１３３と、分光画像に基づいて検査対象物の成分分析等を実施する制御部１７とが設けられている。

このような成分分析装置１０では、分光画像に基づいて、検査対象物の成分分析を実施するので、成分分析装置１０を検査対象物に接触させる必要がなく、検査対象物の破損を防止できる。また、検査対象物が食品であっても、非接触で成分分析を実施できるので衛生上の問題がない。

これに加え、分光画像に基づいた成分分析では、検査対象物の所定の一点に対する成分分析と、分光画像として撮像された範囲（例えば検査対象物全体）の成分分析とを実施す

ることができる。

そして、本実施形態では、入射光から所定波長の光を取り出す素子として波長可変干渉フィルター５が用いられている。この波長可変干渉フィルター５は、固定反射膜５４が設けられた固定基板５１と、可動反射膜５５が設けられた可動基板５２と、Ｇ１の間隔を調整するための静電アクチュエーター５６とを備えた光学基板であり、例えばＬＣＴＦやＡＯＴＦ等と比べて、厚み寸法を小さくすることができる。したがって、このような波長可変干渉フィルター５を用いた成分分析装置１０では、装置の小型化、薄型化を図ることができる。

【００８５】

本実施形態では、波長可変干渉フィルター５の可動基板５２が制御基板１３４の一面側に固定され、制御基板１３４の他面側には撮像部１３３が固定される。そして、制御基板１３４には、光通過孔１３４Ａが設けられ、波長可変干渉フィルター５を透過した光は、光通過孔１３４Ａを通過して撮像部１３３に入射する。

このような構成では、波長可変干渉フィルター５と撮像部１３３とを近接配置することができる。したがって、例えば波長可変干渉フィルター５及び撮像部１３３の間にスペースを設けて配置する場合に比べて、近赤外撮像モジュール１３や成分分析装置１０の更なる小型化、薄型化を図ることができる。また、制御基板１３４の光通過孔１３４Ａを基準として、波長可変干渉フィルター５の各反射膜５４，５５に対する撮像部１３３のアライメント調整が精度よく実施できる。

さらに、波長可変干渉フィルター５及び撮像部１３３を制御基板１３４に固定するため、波長可変干渉フィルター５及び制御基板１３４の端子部への接続や、撮像部１３３及び制御基板１３４の端子部への接続を容易に実施できる。また、長いリード線が不要となるので配線スペースが不要となり、その分だけ成分分析装置１０及び近赤外撮像モジュール１３をより小型に構成することができる。

【００８６】

本実施形態では、光入射部１３１は、複数のレンズによりテレセントリック光学系が構成され、テレセントリックレンズの焦点位置に光入射角調整手段である絞りが設けられ、入射角が質量測定部２０度以下に制限されている。

このため、入射光の光軸を主光線に対して平行にでき、波長可変干渉フィルター５に対して垂直に光を入射させることができる。このため、波長可変干渉フィルター５により、所定の測定対象波長の光を透過させることができ、所望波長に対する高精度な分光画像を取得することができる。したがって、分光画像の所定の一点に対して、正確な成分分析を実施でき、これらの分析結果から、検査対象物の正確な成分分析を実施することができる。

【００８７】

本実施形態では、可視光撮像モジュール１２を備え、可視光撮像モジュール１２により、カラー画像が撮像される。そして、データ表示手段１９９は、撮像されたカラー画像をディスプレイ１５上に表示する。

このため、ユーザーは、ディスプレイ１５により表示されるカラー画像を確認することで、容易に検査対象物の成分分析範囲を確認することができる。

【００８８】

本実施形態では、光源部１３２は、発光波長が異なる複数の光源１３２Ａを備える。そして、光源駆動手段１９３は、分光画像の取得時において、光源１３２Ａを順次駆動させる。すなわち、光源駆動手段１９３は、分析対象の成分の特徴量を取得するために必要な測定対象波長に対応した光源１３２Ａを点灯駆動させる。

このような構成では、必要な光源１３２Ａを駆動させるので、例えば、光源１３２Ａを全点灯させる場合に比べて、省電力化を図れる。特に、本実施形態のように、小型で、かつ携帯型の成分分析装置１０では、搭載可能な電池が限られており、大電力を供給することが困難となる。これに対して、上記のように省電力化を図ることで、電池の長寿命化を図ることができる。

【００８９】
本実施形態では、撮像部１３３は、モノクロ画像撮像用の複数の撮像素子を備える。
このため、撮像素子として、カラー画像撮像用の撮像素子を用いる構成、つまり１画素に付き、ＲＧＢ用の撮像素子がそれぞれ配置される構成に比べて、１つ辺りの撮像素子の受光面を大きくでき、受光量を大きくすることができる。これにより、撮像部１３３から各撮像素子から出力される信号値も大きくなり、精度の高い分光画像を取得でき、より正確な成分分析を実施することができる。
【００９０】
本実施形態の光源部１３２は、可視光を射出する光源１３２Ａを備える。このため、撮像環境が暗所である場合でも、可視光撮像モジュール１２によりカラー画像を撮像することができ、検査対象物の撮像範囲を容易に確認することができる。
【００９１】
本実施形態の制御部１７は、分析対象となる成分に対する特徴量と、当該成分の含有率との関係を示す相関データを備える。また、制御部１７の演算部１９は、波長可変干渉フィルター５の静電アクチュエーター５６に印加する駆動電圧を設定するフィルター駆動手段１９４と、測定対象波長の分光画像から、分析対象の成分を分析する成分分析手段１９６とを備える。
このため、フィルター駆動手段１９４の制御により、波長可変干渉フィルター５から測定対象波長の光を取り出すことができ、撮像部１３３により測定対象波長の分光画像を撮像することができる。また、成分分析手段１９６は、撮像された分光画像における光量に基づいて吸光度を算出でき、この吸光度と、相関データとにより、容易に成分分析を実施することができる。
【００９２】
本実施形態では、温度検出センサー１４を備え、制御部１７の補正手段１９２は、温度検出センサー１４により検出された検査対象物の各部位の温度に基づいて、吸光スペクトルの特徴量が検出される波長を補正して、補正した波長を測定対象波長とする。これにより、検査対象物の温度が基準温度と異なる場合は、検査対象物内で温度分布が存在する場合であっても、特徴量が検出される測定対象波長に対応した分光画像を取得することができる。したがって、成分分析手段１９６は、補正後の測定対象波長に対する分光画像に基づいて成分分析を実施することで、より精度の高い成分分析を実施することができる。
【００９３】
本実施形態では、食品を検査対象物としており、含有率分析手段１９６Ａは、脂質、糖質、タンパク質、及び水分の成分含有率を分析し、含有量算出手段１９６Ｂは、得られた含有率と、推算された検査対象物の質量から各成分の含有量を算出し、カロリー算出手段１９６Ｃは、算出された各成分の含有量から、検査対象物のカロリーを算出する。
すなわち、本実施形態の成分分析装置１０では、健康管理の基本となる脂質、糖質、タンパク質、及び水分の含有率、含有量、及び検査対象物の食品のカロリーを算出することができる。また、成分分析装置１０は、上述したように、携帯可能な小型のサイズであるため、手軽に持ち運びができ、例えば外出先等でも手軽に、検査対象物のカロリーを調べることができる。これにより、例えば生活習慣病の改善や食事療法の支援等、ユーザーの健康増進に貢献することができる。
【００９４】
本実施形態の質量推算手段１９７は、検査対象物の撮像画像から体積を推算し、含有率分析手段１９６Ａにより分析された検査対象物の含水率を比重として推定し、これらの体積及び比重に基づいて検査対象物の質量を推算する。
このように、検査対象物の質量が推算されることで、検査対象物に含まれる各成分の含有量やカロリーをより正確に算出することができる。
【００９５】
［第二実施形態］
上記第一実施形態では、光入射角制限手段の例として、可視光入射部１２１を構成する

レンズにテレセントリックレンズを適用し、絞りにより視野角を調整する例を示した。この場合、多くのテレセントリックレンズを組み合わせて入射光学系を構成する必要があり、光入射部１３１における厚み寸法が増大することが考えられる。

これに対して、第二実施形態では、入射光学系としてテレセントリックレンズが設けられず、代わりに、光入射角制限手段として、視野角制限板が用いられる点で、上記第一実施形態と相違する。

【００９６】

図１４は、第二実施形態における成分分析装置の断面構成を示す概略図である。

図１５は、視野角制限板の概略構成を示す斜視図である。

図１４に示すように、第二実施形態の成分分析装置１０Ａにおける光入射部１３１は、複数のレンズと、視野角制限板１３１Ａを備える。

この視野角制限板１３１Ａは、図１５に示すように、入射光の進行方向（Ｚ方向）に沿う厚み寸法が所定値（例えば１００μｍから２００μｍ程度）である第一視野角制限板１３１Ａ１と、第二視野角制限板１３１Ａ２とを組み合わせて構成される。

第一視野角制限板１３１Ａ１は、Ｚ方向に対して直交する面内で、Ｘ方向に長手となる光透過部１３１Ａ３及び遮光部１３１Ａ４が、Ｙ方向に沿って交互に配列された光学部材である。第二視野角制限板１３１Ａ２は、Ｚ方向に対して直交する面内で、Ｙ方向に長手となる光透過部１３１Ａ３及び遮光部１３１Ａ４が、Ｘ方向に沿って交互に配列された光学部材である。

このような視野角制限板１３１Ａでは、波長可変干渉フィルター５への入射角が所定角度以上である光は、遮光部１３１Ａ４により遮光され、入射角が所定角度未満の光が光透過部１３１Ａ３を透過して波長可変干渉フィルター５に入射する。

【００９７】

なお、視野角制限板１３１Ａとしては、図１５に示すような構成に限られない。

図１６及び図１７は、視野角制限板の他の例を示す図である。

視野角制限板１３１Ａとしては、図１６に示すように、入射光の進行方向（Ｚ方向）に沿う厚み寸法が所定値（例えば１００μｍから２００μｍ程度）であり、Ｚ方向に対して直交する断面が正方形状の光透過部１３１Ａ３及び遮光部１３１Ａ４を、Ｘ方向及びＹ方向に沿って交互に配置した構成であってもよい。

また、図１６に示すように、遮光板１３１Ｂ１に対して、複数の孔部１３１Ｂ２を形成し、孔部１３１Ｂ２を透過した光を波長可変干渉フィルター５に入射させる視野角制限板１３１Ｂとしてもよい。この場合、各孔部１３１Ｂ２を撮像部１３３の各撮像素子に対応させることがより好ましい。また、筒外周面により遮光部が形成され、筒内部に透光部が設けられる筒状体をＸ方向及びＹ方向に沿ってアレイ状に配置した視野角制限板等を用いてもよい。

【００９８】

［第二実施形態の作用効果］

本実施形態では、光入射部１３１は、視野角制限板１３１Ａを備える。この視野角制限板１３１Ａは、固定基板５１及び可動基板５２に対して直交する方向、すなわち、光進行方向（Ｚ方向）に沿って所定厚み寸法を有する第一視野角制限板１３１Ａ１及び第二視野角制限板１３１Ａ２を備える。また、第一視野角制限板１３１Ａ１は、Ｘ方向に長手となる複数の光透過部１３１Ａ３、遮光部１３１Ａ４がＹ方向に沿って交互に配列され、第二視野角制限板１３１Ａ２は、Ｙ方向に長手となる複数の光透過部１３１Ａ３、遮光部１３１Ａ４がＸ方向に沿って交互に配列されている。

このような構成では、遮光部１３１Ａ４により、所定の入射角以上の光を遮光することができるので、上記第一実施形態と同様に、検査対象物からの入射光の角度を所定角度未満に制限することができる。また、テレセントリックレンズを用いて光入射角を制限する構成に比べて、光入射部１３１の厚み寸法を小さくでき、近赤外撮像モジュール１３及び成分分析装置１０の更なる小型化、薄型化を図ることができる。

【００９９】

［第三実施形態］
次に本発明に係る第三実施形態について以下に説明する。
上述した第一実施形態では、質量推算手段１９７は、含有率分析手段１９６Ａにより分析された含水率に基づいて検査対象物の比重を推定し、推定した比重と、推算された体積とに基づいて検査対象物の質量を推算した。
これに対して、第三実施形態では、質量推算手段１９７は、比重の推定を実施しない点で上記第一実施形態と相違する。
なお、第三実施形態は、第一実施形態と同様の構成を有するため、第一実施形態に用いた図面を用いて以下説明する。
【０１００】
検査対象物として食品を対象とする場合、比重はほぼ一定の値と採ることが知られている。したがって、本実施形態では、質量推算手段１９７は、予め設定された比重と、推算された体積とを用いて検査対象物の質量を推算する。
なお、例えば記憶部１８に、検査対象物の種別に対する一般的な比重が記憶されたテーブルデータが記憶され、ユーザーにより指定された検査対象物の種別と、テーブルデータとに基づいて比重を推定するものであってもよい。
【０１０１】
本実施形態では、質量推算手段１９７は、検査対象物の撮像画像から体積を推算し、予め設定された比重に基づいて、検査対象物の質量を算出する。
このような処理では、上記第一実施形態に比べて、算出された質量の誤差は大きくなるが、より簡単な処理により各成分の含有量の算出及びカロリーの算出が実施でき、処理負荷に伴う電力消費量の軽減を図ることができる。
【０１０２】
［第四実施形態］
次に、本発明に係る第四実施形態について、以下に説明する。
上述した第一実施形態では、質量推算手段１９７により検査対象物の質量を推算して、推算した質量と、分析された各成分の含有率とに基づいて各成分の含有量やカロリーを算出した。
これに対して、本実施形態は、検査対象物の質量を計測し、計測された質量と、各成分の含有率とに基づいて各成分の含有量やカロリーを算出する点で上記第一実施形態と相違する。
図１８は、第四実施形態の成分分析装置１０Ｂの背面１１Ｂの概略構成を示す斜視図である。
本実施形態の成分分析装置１０Ｂは、背面１１Ｂに質量測定部２０を備えている。なお、質量測定部２０の配置位置としては、図１８に示すように、背面１１Ｂのディスプレイ１５の周囲に設けられる構成としてもよく、正面１１Ａに設けられる構成としてもよい。
ここで、ディスプレイ１５への接触を防止するために、背面１１Ｂに凹状部が設けられ、凹状部内に表示窓１１４が設けられる構成、又は背面１１Ｂに凸状部が設けられ、凸状部に質量測定部２０が設けられる構成等とすることが好ましい。
そして、質量測定部２０は、検査対象物が載置されることで、検査対象物の質量を測定する質量測定用のセンサーであり、検査対象物の正確な質量を測定することが可能となる。
【０１０３】
本実施形態では、上記第一実施形態における質量推算手段１９７が不要となる。したがって、上記第一実施形態におけるＳ９の処理が省略され、Ｓ１０の処理において、含有量算出手段１９６Ｂは、含有率分析手段１９６Ａにより分析された各成分の含有率と、質量測定部２０により計測された検査対象物の質量とに基づいて、各成分の含有量を算出する。
【０１０４】
［第四実施形態の作用効果］

本実施形態の成分分析装置１０Ｂでは、筐体１１の背面１１Ｂに質量測定部２０が設けられ、検査対象物の質量を直接計測することができる。

このため、検査対象物の正確な質量を測定できるため、含有量算出手段１９６Ｂは、正確な検査対象物の質量に基づいて、各成分の正確な含有量を算出することができ、カロリー算出手段１９６Ｃは、検査対象物のより正確なカロリーを算出することができる。これにより、成分分析装置１０Ｂは、精度の高い成分分析結果をディスプレイ１５に表示することができる。

また、本実施形態では、質量推算手段１９７が不要であり、質量推算手段１９７による体積推算処理、比重推定処理、質量推算処理も不要となる。特に、質量推算手段１９７による体積推算では、撮像画像の画像処理により体積を推算するが、画像処理を実施する場合、当該画像処理のアルゴリズム等にもよるが、処理負荷が増大し、電池消費量も大きくなることが考えられる。これに対して、本実施形態では、質量推算に伴う各種演算が不要となるため、処理負荷を軽減でき、省電力化を図ることができる。

【０１０５】

〔他の実施形態〕

なお、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、上記各実施形態では、成分分析装置１０（１０Ａ，１０Ｂ）は、可視光撮像モジュール１２を備え、可視光撮像モジュール１２により、カラー画像が撮像される例を示した。これに対して、可視光撮像モジュール１２が設けられない構成としてもよい。この場合、ディスプレイ１５に、近赤外撮像モジュール１３により撮像された分光画像を表示させてもよい。

また、波長可変干渉フィルター５が、可視光域から近赤外域における所定波長の光を分光可能な構成としてもよく、可視光撮像モジュール１２の代わりに、近赤外撮像モジュール１３によりカラー画像を撮像することができる。

【０１０６】

また、上記実施形態では、近赤外域に対して特徴量を有する成分に対しての成分分析を実施したが、波長可変干渉フィルター５により可視光域から近赤外域の光を分光可能な構成とすることで、可視光域に対して特徴量を有する成分の分析をも実施することができる。同様に、波長可変干渉フィルター５を紫外域の光をも分光可能な構成としてもよく、この場合、さらに紫外域に対して特徴量を有する成分に対する分析や、紫外光に反応する物質の検出や、当該物質の分布状態の分析等を実施することができる。

さらに、検査対象物として、食品を対象としたが、これに限定されず、その他の物質を対象としてもよい。この場合、検査したい検査対象物や、分析対象の成分に応じて、近赤外撮像モジュール１３により取得する分光画像の波長を設定することが好ましい。

【０１０７】

上記第一実施形態では、波長可変干渉フィルター５と撮像部１３３との間に制御基板１３４を介在させる構成を例示したが、波長可変干渉フィルター５の光射出面に撮像部１３３が直接固定される構成などとしてもよい。また、波長可変干渉フィルター５及び撮像部１３３が、それぞれ、筐体１１の内部に設けられる固定片等に直接又は間接的に固定される構成としてもよい。この場合、例えば波長可変干渉フィルター５及び撮像部１３３を当接させた状態で固定する等、波長可変干渉フィルター５及び撮像部１３３を近接配置することが好ましい。

また、波長可変干渉フィルター５が単体で、筐体１１の内部に収納される構成に限らず、例えば、波長可変干渉フィルター５を光通過孔が設けられた光学パッケージ内に収納し、この光学パッケージを筐体１１内部に収納する構成としてもよい。この場合でも、光学パッケージの外面に、波長可変干渉フィルター５の固定電極パッド５６３Ｐや可動電極パッド５６４Ｐに接続される端子部を設けることで、光学パッケージ内部の波長可変干渉フィルター５に設けられた静電アクチュエーター５６に電圧を印加することができる。

更に、波長可変干渉フィルター５及び撮像部１３３が、制御基板１３４に固定される例

を示したが、その他の基板に固定される構成等としてもよい。

【０１０８】

波長可変干渉フィルター５は、電圧印加により反射膜間ギャップＧ１のギャップ量を変動させる静電アクチュエーター５６を備える構成としたが、これに限定されない。

例えば、固定電極５６１の代わりに、第一誘電コイルを配置し、可動電極５６２の代わりに第二誘電コイルまたは永久磁石を配置した誘電アクチュエーターを用いる構成としてもよい。

更に、静電アクチュエーター５６の代わりに圧電アクチュエーターを用いる構成としてもよい。この場合、例えば保持部５２２に下部電極層、圧電膜、及び上部電極層を積層配置させ、下部電極層及び上部電極層の間に印加する電圧を入力値として可変させることで、圧電膜を伸縮させて保持部５２２を撓ませることができる。

【０１０９】

また、本実施形態では、波長可変干渉フィルターとして、固定基板５１及び可動基板５２が互いに対向する状態で接合され、固定基板５１に固定反射膜５４が設けられ、可動基板５２に可動反射膜５５が設けられる構成としたが、これに限らない。

すなわち、上記実施形態において、波長可変干渉フィルターであるファブリーペローエタロンの一例を例示したが、上記構成に限られない。例えば、固定基板５１及び可動基板５２が接合されておらず、これらの基板間に圧電素子等の反射膜間ギャップを変更するギャップ変更部が設けられる構成などとしてもよい。

また、２つ基板により構成される構成に限られない。例えば、１つの基板上に犠牲層を介して２つの反射膜を積層し、犠牲層をエッチング等により除去してギャップを形成した波長可変干渉フィルターを用いてもよい。

【０１１０】

また、上記実施形態では、携帯可能な小型の成分分析装置１０、１０Ａ、１０Ｂを例示したが、例えば、携帯電話やスマートフォン等、携帯型端末装置に、本発明の成分分析装置が搭載される構成などとしてもよい。

【０１１１】

また、成分分析装置１０、１０Ａ、１０Ｂが、インターネット等を介して、サーバ装置と通信可能な構成としてもよく、このような場合、例えば記憶部１８に記憶される相関データ等を、サーバ装置の記憶手段から取得する構成などとしてもよい。上述のように、携帯型端末装置に本発明の成分分析装置が搭載されるような場合では、携帯型端末装置の通信手段を用いてサーバ装置を通信することができる。

このように、サーバ装置と通信可能な構成とすることで、成分分析装置１０、１０Ａ、１０Ｂから送信される食品のカロリーや成分含有量を、医療機関等に設置されたサーバ装置に送信することもできる。この場合、例えば、医者等の医療関係者が、ユーザーの健康管理を行ったり、ユーザーに対して健康指導や情報提供を行ったりすることもでき、より利用の拡大を図ることができる。

【０１１２】

さらに、成分分析装置１０、１０Ａ、１０Ｂに、加速度センサーやジャイロセンサーを内蔵してもよく、このような構成では、例えばユーザーの活動量や、消費カロリーを算出することができる。この場合、ユーザーの摂取カロリーと消費カロリーとを同時に管理することで、ユーザーの健康増進活動をより効率的に支援することができる。

【０１１３】

上記実施形態では、光源部１３２を構成する光源１３２Ａとして、発光波長が異なる複数の光源１３２Ａを有し、光源駆動手段１９３は、測定対象波長に応じて、順次光源１３２Ａを駆動させた。これに対して、光源部１３２として、近赤外域の広い波長域をカバー可能な光源を１つまたは複数設ける構成としてもよい。この場合、光源駆動手段１９３は、光源を順次切り替えて駆動させる必要がなく、処理の簡略化を図れる。

また、光源部１３２に可視光源が設けられない構成としてもよい。この場合でも、外光が十分であれば、検査対象物のカラー画像をディスプレイ１５上に表示させることができ

る。また、外光が不十分である場合には、例えば、近赤外光の光源を用いて、近赤外域の分光画像をディスプレイ１５に表示させることもできる。

【０１１４】

上記実施形態では、温度検出センサー１４を備え、補正手段１９２は、検出された温度に基づいて、分析対象の成分の特徴量を取得可能な波長を補正し、測定対象波長とした。

これに対して、温度検出センサー１４が設けられない構成などとしてもよい。この場合でも、温度による吸光スペクトルの変化が小さい成分に対しては、誤差の少ない成分分析を実施することができる。

【０１１５】

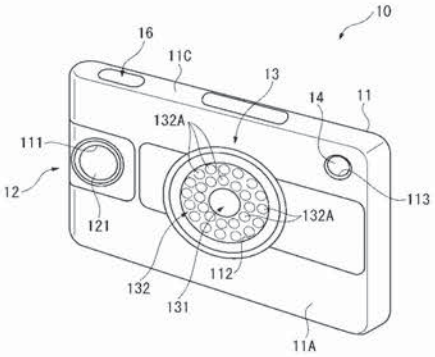
その他、本発明の実施の際の具体的な構造は、本発明の目的を達成できる範囲で他の構造等に適宜変更できる。

【符号の説明】

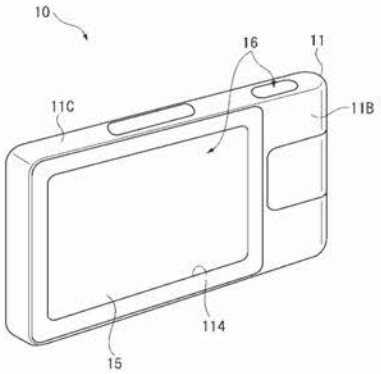
【０１１６】

５…波長可変干渉フィルター、１０，１０Ａ，１０Ｂ…成分分析装置、１１…筐体、１２…可視光撮像モジュール、１３…近赤外撮像モジュール、１４…温度検出センサー、１５…ディスプレイ（表示手段）、１６…操作部、１７…制御部、１８…記憶部（記憶手段）、１９…演算部、２０…質量測定部、５１…固定基板、５２…可動基板、５４…固定反射膜、５５…可動反射膜、５６…静電アクチュエーター、１２１…可視光入射部（カラー画像用入射光学系）、１２２…カラー撮像部、１３１…光入射部（入射光学系）、１３１Ａ，１３１Ｂ…視野角制限板（光入射角調整手段）、１３１Ａ１…第一視野角制限板、１３１Ａ２…第二視野角制限板、１３１Ａ３…光透過部、１３１Ａ４…遮光部、１３１Ｂ１…遮光板（遮光部）、１３１Ｂ２…孔部（光透過部）、１３２…光源部、１３２Ａ…光源、１３３…撮像部、１３４…制御基板、１３４Ａ…光通過孔、１９１…分析対象設定手段、１９２…補正手段、１９３…光源駆動手段、１９４…フィルター駆動手段、１９５…画像取得手段、１９６…成分分析手段、１９６Ａ…含有率分析手段、１９６Ｂ…含有量算出手段、１９６Ｃ…カロリー算出手段、１９７…質量推算手段、１９８…鮮度判定手段、１９９…データ表示手段。

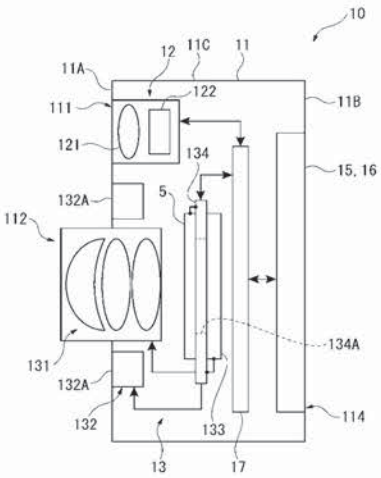
【図１】


10
16
11C
13
14
11
132A
111
12
113
121
132A
112
132
131
11A

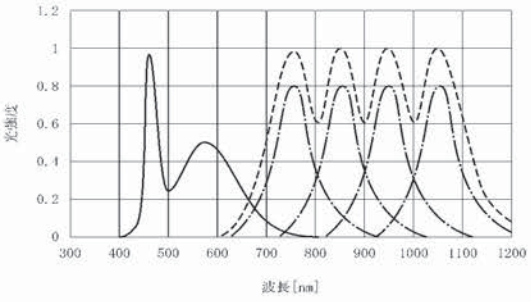
【図２】


10
16
11
11C
11B
114
15

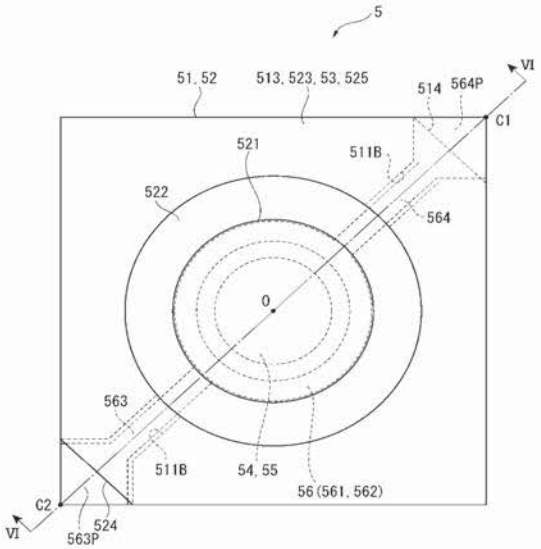
【図３】


10
12
11C
11
11A
122
11B
111
121
134
15, 16
132A
5
112
134A
131
132A
132
133
114
13
17

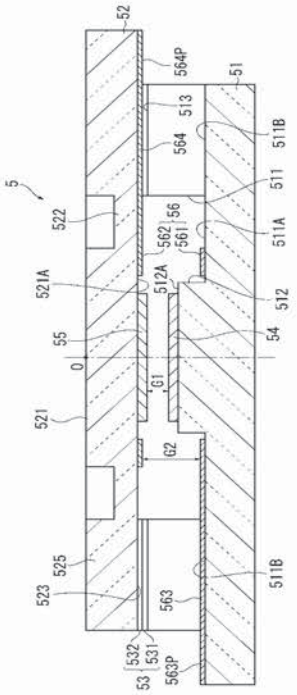
【図４】


1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
波長[nm]

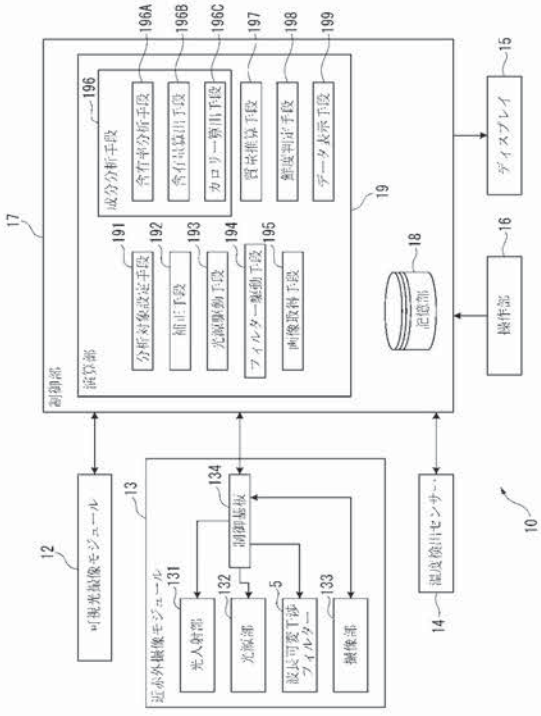
【図５】


5
51, 52
513, 523, 53, 525
514
564P
VI
C1
521
511B
522
564
0
563
511B
54, 55
56(561, 562)
C2
VI
563P
524

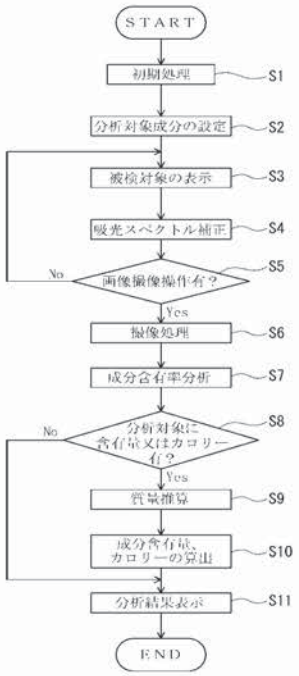
【図６】


52
564P
51
513
564
511B
511
5
522
56
562
561
511A
521A
512A
512
55
54
0
61
521
G2
525
523
563
511B
532
531
53
563P

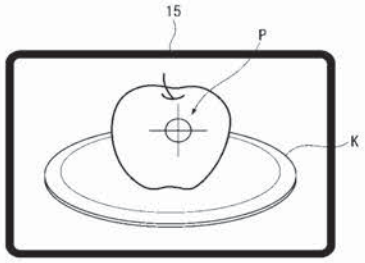
【図７】


196A
196B
196C
197
198
199
15
196
成分分析手段
含有率分析手段
含有量算出手段
カロリー算出手段
質量演算手段
鮮度判定手段
データ表示手段
ディスプレイ
19
17
191
192
193
194
195
18
16
分析対象設定手段
補正手段
光源駆動手段
フィルター駆動手段
画像取得手段
記憶部
操作部
制御部
演算部
134
制御基板
12
可視光撮像モジュール
13
131
132
5
133
近赤外撮像モジュール
光入射部
光源部
波長可変干渉フィルター
撮像部
混度検出センサー
14
10

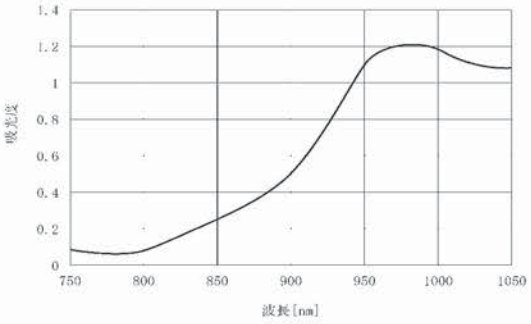
【図８】


START
初期処理
S1
分析対象成分の設定
S2
被検対象の表示
S3
吸光スペクトル補正
S4
No
画像撮像操作有？
S5
Yes
撮像処理
S6
成分含有率分析
S7
No
分析対象に含有量又はカロリー有？
S8
Yes
質量演算
S9
成分含有量、カロリーの算出
S10
分析結果表示
S11
END

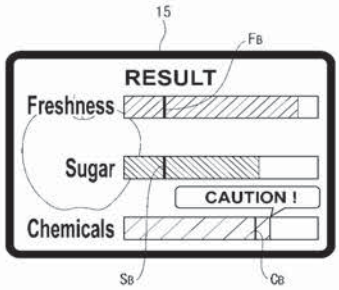
【図９】



【図１０】

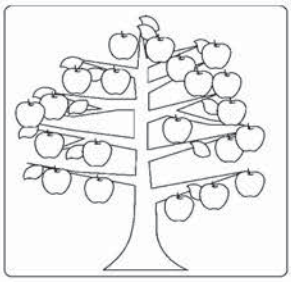


【図１１】

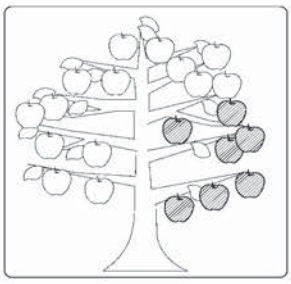


【図１２】

(A)



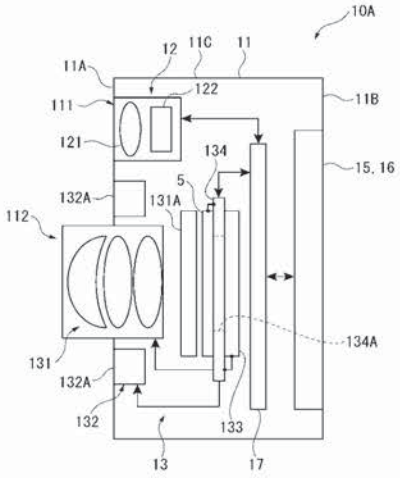
(B)



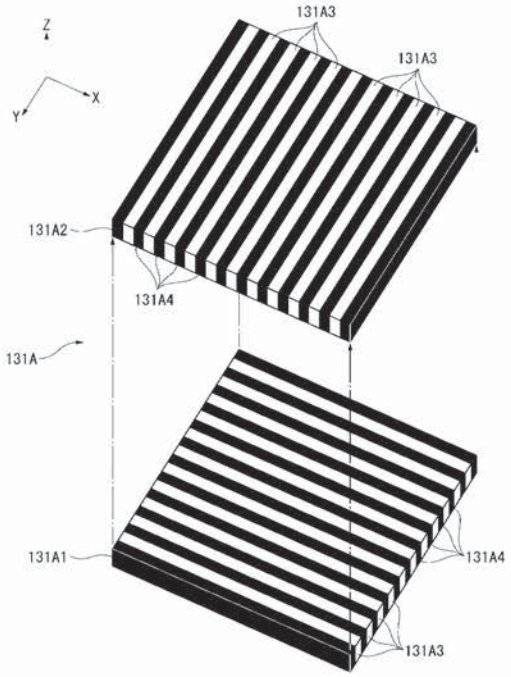
【図１３】

カロリー：	857.8 kcal
脂質：	81.4 g
タンパク質：	26.4 g
糖質：	5.0 g
水分：	58 %

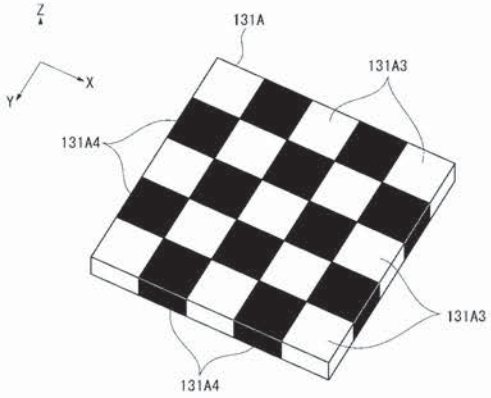
【図１４】



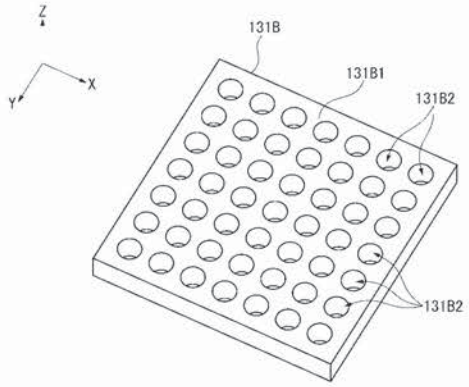
【図１５】



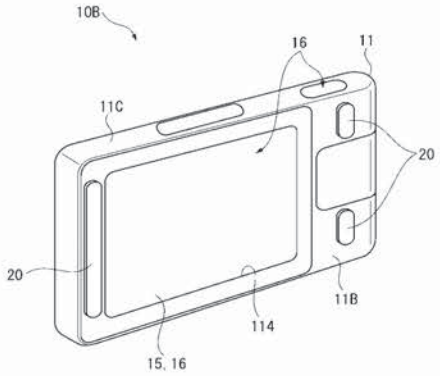
【図１６】



【図１７】



【図１８】



(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2015-137987
(P2015-137987A)
(43)公開日　平成27年7月30日(2015.7.30)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01C 3/06	(2006.01)	G01C	3/06	120P	2F065
G01B 11/00	(2006.01)	G01B	11/00	H	2F112

審査請求 未請求　請求項の数 8　OL　（全 8 頁）

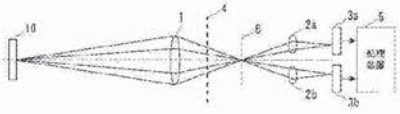
(21)出願番号　特願2014-10957(P2014-10957)
(22)出願日　平成26年1月24日(2014.1.24)

(71)出願人　000006666
アズビル株式会社
東京都千代田区丸の内２丁目７番３号
(74)代理人　100064621
弁理士　山川　政樹
(74)代理人　100098394
弁理士　山川　茂樹
(72)発明者　上野　達也
東京都千代田区丸の内２丁目７番３号　アズビル株式会社内

Ｆターム(参考)　2F065 AA06 DD04 DD06 FF01 FF04 FF05 HH00 JJ02 JJ03 JJ05 JJ25 JJ26 LL04 QQ21 QQ31
2F112 AC01 AC03 AC06 BA05 BA07 CA12 DA04 DA32 FA35

(54)【発明の名称】距離センサおよび距離計測方法

(57)【要約】
【課題】物体の表面状態の影響を受け難くし、演算量を少なくする。
【解決手段】距離センサは、物体１０からの光を集光する集光光学系１と、集光光学系１からの光を２つに分割して個別に結像させる２つのセパレータレンズ２ａ，２ｂと、セパレータレンズ２ａ，２ｂによって分割され集光された光を個別に受光する１次元または２次元の２つの撮像素子３ａ，３ｂと、集光光学系１とセパレータレンズ２ａ，２ｂとの間に配置され、光が通過する開口の形状の自己相関関数がデルタ関数に近似した符号化開口を有するマスク４と、撮像素子３ａ，３ｂで得られた２つの画像の重心の間隔を基に物体１０と撮像素子３ａ，３ｂとの距離を決定する処理装置５とを備える。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
物体からの光を集光する集光光学系と、
この集光光学系からの光を２つに分割して個別に結像させる２つのセパレータレンズと、
この２つのセパレータレンズによって分割され集光された光を個別に受光する１次元または２次元の２つの撮像素子と、
前記集光光学系と前記セパレータレンズとの間または前記セパレータレンズと前記撮像素子との間に配置され、光が通過する開口の形状の自己相関関数がデルタ関数に近似した符号化開口を有するマスクと、
前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の間隔を基に前記物体と前記撮像素子との距離を決定する処理手段とを備えることを特徴とする距離センサ。
【請求項２】
請求項１記載の距離センサにおいて、
前記処理手段は、
前記２つの画像の重心の間隔と、前記物体と前記集光光学系の焦点位置との距離を対応付けて予め記憶する記憶手段と、
前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の位置をそれぞれ検出する画像重心位置検出手段と、
この画像重心位置検出手段での検出結果を基に、前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の間隔を算出する重心間隔算出手段と、
この重心間隔算出手段が算出した重心の間隔に対応する、物体と集光光学系の焦点位置との距離の値を前記記憶手段から取得し、物体と撮像素子との距離を決定する距離決定手段とを備えることを特徴とする距離センサ。
【請求項３】
請求項１または２記載の距離センサにおいて、
さらに、対象とする物体が存在すると想定される監視空間に光を投光する投光器を備えることを特徴とする距離センサ。
【請求項４】
請求項１乃至３のいずれか１項に記載の距離センサにおいて、
さらに、前記集光光学系は、可変焦点機構を備え、
前記記憶手段は、前記２つの画像の重心の間隔と、前記物体と前記焦点位置の距離との関係を、前記集光光学系の焦点距離毎に予め記憶し、
前記距離決定手段は、前記集光光学系の焦点距離毎に前記記憶手段に記憶されている関係のうち、前記集光光学系の現在の焦点距離に対応する関係を用いて、前記重心間隔算出手段が算出した重心の間隔に対応する距離の値を決定することを特徴とする距離センサ。
【請求項５】
物体からの光を集光する集光光学系からの光を２つのセパレータレンズによって２つに分割する分割ステップと、
前記集光光学系と前記セパレータレンズとの間または前記セパレータレンズと撮像素子との間に配置され、形状の自己相関関数がデルタ関数に近似した符号化開口を有するマスクを介して、前記２つのセパレータレンズによって分割され集光された光を１次元または２次元の２つの前記撮像素子で個別に受光する受光ステップと、
前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の間隔を基に前記物体と前記撮像素子との距離を決定する処理ステップとを含むことを特徴とする距離計測方法。
【請求項６】
請求項５記載の距離計測方法において、
前記処理ステップは、
前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の位置をそれぞれ検出する画像重心位置検出ステップと、

この画像重心位置検出ステップでの検出結果を基に、前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の間隔を算出する重心間隔算出ステップと、
前記２つの画像の重心の間隔と、前記物体と前記集光光学系の焦点位置との距離を対応付けて予め記憶している記憶手段を参照し、前記重心間隔算出ステップで算出した重心の間隔に対応する、物体と集光光学系の焦点位置との距離の値を前記記憶手段から取得し、物体と撮像素子との距離を決定する距離決定ステップとを含むことを特徴とする距離計測方法。
【請求項７】
請求項５または６記載の距離計測方法において、
さらに、対象とする物体が存在すると想定される監視空間に光を投光する投光ステップを含むことを特徴とする距離計測方法。
【請求項８】
請求項５乃至７のいずれか１項に記載の距離計測方法において、
さらに、前記集光光学系は、可変焦点機構を備え、
前記記憶手段は、前記２つの画像の重心の間隔と、前記物体と前記焦点位置の距離との関係を、前記集光光学系の焦点距離毎に予め記憶し、
前記距離決定ステップは、前記集光光学系の焦点距離毎に前記記憶手段に記憶されている関係のうち、前記集光光学系の現在の焦点距離に対応する関係を用いて、前記重心間隔算出ステップで算出した重心の間隔に対応する距離の値を決定することを特徴とする距離計測方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、物体からの光により物体との距離を計測する距離センサおよび距離計測方法に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
従来より、三角測量法の原理で作動する距離センサが知られている（特許文献１参照）。このような距離センサでは、物体からの光がＣＣＤなどの位置検出素子に入射するが、センサから物体までの距離に応じて位置検出素子に入射する光の位置が変わる。したがって、この光の位置を測定することにより、センサから物体までの距離を求めることが可能である。
三角測量法の原理で作動する距離センサでは、物体の表面状態（例えば鏡面物体か否か、色むらの有無など）によって位置検出素子上で検出される光の位置が変わってしまうため、距離の計測誤差が発生するという問題点があった。
【０００３】
物体の表面状態の影響を受け難い距離センサとして、特許文献２に開示された距離センサが知られている。この距離センサでは、ぼけ量の解析が容易となるように構造化した光通過手段を通して物体からの光を取り込み、この光通過手段を通過した光を収束するレンズ系によって構成されたテレセントリック光学系を通過した光を、２つ以上の光に分離し、これら分離した光から、互いに相違する合焦位置の画像をそれぞれ取り込み、これら画像を用いて物体の距離を演算するようにしている。この距離センサでは、ぼけ量の解析が容易となるように構造化した光通過手段を用いることにより、物体の表面状態の影響を受け難くすることができる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２００２－２５０６２３号公報
【特許文献２】特許第２９６３９９０号公報
【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
上記のように、三角測量法の原理で作動する距離センサでは、物体の表面状態によって距離の計測誤差が発生するという問題点があった。
一方、特許文献２に開示された距離センサでは、物体の表面状態の影響を受け難くすることができる。しかし、特許文献２に開示された距離センサでは、互いに相違する２つ以上の合焦位置の画像をそれぞれ取り込み、これら２つ以上の画像に対してフーリエ変換を含む演算処理を行って、物体との距離を求めるため、演算量が多くなるという問題点があった。
【０００６】
本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、物体の表面状態の影響を受け難くすることができ、従来よりも演算量を少なくすることができる距離センサおよび距離計測方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明の距離センサは、物体からの光を集光する集光光学系と、この集光光学系からの光を２つに分割して個別に結像させる２つのセパレータレンズと、この２つのセパレータレンズによって分割され集光された光を個別に受光する１次元または２次元の２つの撮像素子と、前記集光光学系と前記セパレータレンズとの間または前記セパレータレンズと前記撮像素子との間に配置され、光が通過する開口の形状の自己相関関数がデルタ関数に近似した符号化開口を有するマスクと、前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の間隔を基に前記物体と前記撮像素子との距離を決定する処理手段とを備えることを特徴とするものである。
また、本発明の距離センサの１構成例において、前記処理手段は、前記２つの画像の重心の間隔と、前記物体と前記集光光学系の焦点位置との距離を対応付けて予め記憶する記憶手段と、前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の位置をそれぞれ検出する画像重心位置検出手段と、この画像重心位置検出手段での検出結果を基に、前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の間隔を算出する重心間隔算出手段と、この重心間隔算出手段が算出した重心の間隔に対応する、物体と集光光学系の焦点位置との距離の値を前記記憶手段から取得し、物体と撮像素子との距離を決定する距離決定手段とを備えることを特徴とするものである。
【０００８】
また、本発明の距離センサの１構成例は、さらに、対象とする物体が存在すると想定される監視空間に光を投光する投光器を備えることを特徴とするものである。
また、本発明の距離センサの１構成例において、さらに、前記集光光学系は、可変焦点機構を備え、前記記憶手段は、前記２つの画像の重心の間隔と、前記物体と前記焦点位置の距離との関係を、前記集光光学系の焦点距離毎に予め記憶し、前記距離決定手段は、前記集光光学系の焦点距離毎に前記記憶手段に記憶されている関係のうち、前記集光光学系の現在の焦点距離に対応する関係を用いて、前記重心間隔算出手段が算出した重心の間隔に対応する距離の値を決定することを特徴とするものである。
【０００９】
また、本発明の距離計測方法は、物体からの光を集光する集光光学系からの光を２つのセパレータレンズによって２つに分割する分割ステップと、前記集光光学系と前記セパレータレンズとの間または前記セパレータレンズと撮像素子との間に配置され、形状の自己相関関数がデルタ関数に近似した符号化開口を有するマスクを介して、前記２つのセパレータレンズによって分割され集光された光を１次元または２次元の２つの前記撮像素子で個別に受光する受光ステップと、前記２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の間隔を基に前記物体と前記撮像素子との距離を決定する処理ステップとを含むことを特徴とするものである。
【発明の効果】

【００１０】
本発明によれば、符号化開口を備えたマスクを用いることにより、物体の表面状態の影響を受け難くすることができる。また、本発明では、２つの撮像素子で得られる２つの画像の重心の間隔を算出すれば、物体と撮像素子との距離を求めることができるので、従来の距離センサと比較して演算量を少なくすることができる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】本発明の実施の形態に係る距離センサの構成を示すブロック図である。
【図２】本発明の実施の形態に係る距離センサの処理装置の構成例を示すブロック図である。
【図３】物体の距離の変化による画像の重心間隔の変化を説明するための図である。
【図４】本発明の実施の形態に係るマスクの平面図である。
【図５】本発明の実施の形態において撮像素子で得られる画像の１例を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図１は本発明の実施の形態に係る距離センサの構成を示すブロック図である。距離センサは、物体１０からの光を集光する集光光学系１と、集光光学系１からの光を２つに分割して個別に結像させる２つのセパレータレンズ２ａ，２ｂと、セパレータレンズ２ａ，２ｂによって分割され集光された光を個別に受光する１次元または２次元の２つの撮像素子３ａ，３ｂと、集光光学系１とセパレータレンズ２ａ，２ｂとの間に配置され、光が通過する開口の形状の自己相関関数がデルタ関数に近似した符号化開口を有するマスク４と、撮像素子３ａ，３ｂで得られた２つの画像の重心の間隔を基に物体１０と撮像素子３ａ，３ｂとの距離を決定する処理装置５とを備えている。
【００１３】
物体１０からの光は、集光光学系１によって集光され、マスク４に入射する。入射した光のうち一部はマスク４によって遮られ、マスク４の符号化開口部に入射した光のみがマスク４を通過する。符号化開口は、マスク４を集光光学系１（またはセパレータレンズ２ａ，２ｂ）側から見たときの開口部の平面形状の自己相関関数がデルタ関数に近似した貫通孔（または貫通孔の集合）である。このような符号化開口については、例えば特許文献２に開示されている。
【００１４】
図１における６は集光光学系１の結像面である。２つのセパレータレンズ２ａ，２ｂは、この結像面６と撮像素子３ａ，３ｂとの間に配置される。セパレータレンズ２ａ，２ｂは、集光光学系１およびマスク４を通過した光を結像面６よりも後方の位置で２つに分割する。
【００１５】
撮像素子３ａ，３ｂは、例えば画素が線状に配置された１次元のＣＣＤ、または画素がマトリクス状に配置された２次元のＣＣＤからなる。セパレータレンズ２ａ，２ｂによって分割され集光された光を撮像素子３ａ，３ｂで個別に受光することにより、１次元または２次元の画像を２つ得ることができる。
【００１６】
処理装置５は、撮像素子３ａで得られた画像の重心と撮像素子３ｂで得られた画像の重心の間隔を基に物体１０と撮像素子３ａ，３ｂとの距離を決定する。図２は処理装置５の構成例を示すブロック図である。処理装置５は、撮像素子３ａ，３ｂで得られる２つの画像の重心の間隔と、物体１０と撮像素子３ａ，３ｂの距離とを対応付けて予め記憶する記憶部５０と、撮像素子３ａ，３ｂで得られる２つの画像の重心の位置をそれぞれ検出する画像重心位置検出部５１と、画像重心位置検出部５１での検出結果を基に、撮像素子３ａ，３ｂで得られる２つの画像の重心の間隔を算出する重心間隔算出部５２と、重心間隔算出部５２が算出した重心の間隔に対応する、物体１０と撮像素子３ａ，３ｂとの距離の値

を記憶部５０から取得する距離決定部５３とから構成される。

【００１７】

物体１０からの光が撮像素子３ａ，３ｂ上で結像したことによって得られる２つの画像の重心の間隔は、物体１０と集光光学系１の焦点位置（図３（Ａ）～図３（Ｃ）の７）との距離によって変わる。例えば図３（Ａ）のように物体１０が焦点位置７にある場合と比較して物体１０が近距離にある場合には、撮像素子３ａ，３ｂで得られる２つの画像の重心の間隔が狭くなる（図３（Ｂ））。反対に物体１０が焦点位置７より遠ざかると、撮像素子３ａ，３ｂで得られる２つの画像の重心の間隔が広くなる（図３（Ｃ））。このように、撮像素子３ａ，３ｂで得られる２つの画像の重心の間隔は、物体１０と集光光学系１の焦点位置７との距離に依存する。したがって、２つの画像の重心の間隔を計算することができれば、物体１０と撮像素子３ａ，３ｂとの距離を求めることができる。

【００１８】

記憶部５０は、撮像素子３ａ，３ｂで得られる２つの画像の重心の間隔と、物体１０と集光光学系１の焦点位置７との距離とを対応付けて予め記憶している。

図４に集光光学系１側から見たマスク４の平面形状の１例を示し、図５（Ａ）に撮像素子３ａで得られる画像の１例を示し、図５（Ｂ）に撮像素子３ｂで得られる画像の１例を示す。ここでは、記載を容易にするため、２次元の撮像素子３ａ，３ｂを用いるものとする。また、マスク４に形成される開口を２つの三日月型の開口とする。三日月型の開口は符号化開口ではないが、ここでは便宜的に２つの三日月型の開口で符号化開口を表現するものとする。

【００１９】

画像重心位置検出部５１は、撮像素子３ａ上での画像の重心（図５（Ａ）の３０ａ）の位置と撮像素子３ｂ上での画像の重心（図５（Ｂ）の３０ｂ）の位置とを検出する。なお、画像の重心位置を求める技術は画像処理において周知の技術であるので、詳細な説明は省略する。ここで、画像の重心としては、画像の形状重心と輝度重心とがあるが、本発明では、画像の形状重心の位置を求めてもよいし、画像の輝度重心の位置を求めてもよい。

【００２０】

重心間隔算出部５２は、画像重心位置検出部５１での検出結果を基に、撮像素子３ａ，３ｂで得られる２つの画像の重心の間隔を算出する。撮像素子３ａと３ｂの間隔は固定値であるから、撮像素子３ａ上での画像の重心の位置と撮像素子３ｂ上での画像の重心の位置とを検出することができれば、これら重心の間隔を算出することができる。

【００２１】

距離決定部５３は、重心間隔算出部５２が算出した重心の間隔に対応する、物体１０と集光光学系１の焦点位置７との距離の値を記憶部５０から取得し、物体１０と撮像素子３ａ，３ｂとの距離を決定する。集光光学系１の焦点位置７は既知であるので、物体１０と集光光学系１の焦点位置７との距離が分かれば、物体１０と撮像素子３ａ，３ｂとの距離を決定することができる。

本実施の形態では、符号化開口を備えたマスク４を用いることにより、物体１０の表面状態の影響を受け難くすることができる。また、本実施の形態では、撮像素子３ａ，３ｂで得られる２つの画像の重心の間隔を求めればよいので、特許文献２に開示された距離センサと比較して演算量を少なくすることができる。

【００２２】

なお、本実施の形態において、対象とする物体１０が存在すると想定される監視空間に光を投光する投光器を設けるようにしてもよい。これにより、投光器無しでは物体１０からの反射光量が弱過ぎて物体検知ができないような場合でも、物体１０と撮像素子３ａ，３ｂとの距離を計測することができる。

【００２３】

また、本実施の形態では、集光光学系１とセパレータレンズ２ａ，２ｂとの間、より正確には集光光学系１と集光光学系１の結像面６との間にマスク４を配置しているが、これに限るものではなく、結像面６とセパレータレンズ２ａ，２ｂとの間にマスク４を配置し

てもよいし、セパレータレンズ２ａ，２ｂと撮像素子３ａ，３ｂとの間にマスク４を配置してもよい。

【００２４】

また、本実施の形態では、固定焦点の集光光学系１を用いる場合について説明しているが、焦点距離を変化させることが可能な可変焦点機構を備えた集光光学系１を用いてもよい。ただし、この場合は、２つの画像の重心の間隔と、物体１０と集光光学系１の焦点位置７の距離との関係が、集光光学系１の焦点距離に応じて変化する。そこで、２つの画像の重心の間隔と、物体１０と集光光学系１の焦点位置７の距離との関係を、集光光学系１の焦点距離毎に記憶部５０に記憶させておく。距離決定部５３は、集光光学系１の焦点距離毎に記憶部５０に記憶されている関係のうち、集光光学系１の現在の焦点距離に対応する関係を用いて、重心間隔算出部５２が算出した重心の間隔に対応する距離の値を決定すればよい。

なお、セパレータレンズ２ａ，２ｂの近傍に絞りマスクを配置してもよい、これにより、不必要な光の混入を防止することができる。

【００２５】

本実施の形態で説明した処理装置５は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、記憶装置及びインタフェースを備えたコンピュータと、これらのハードウェア資源を制御するプログラムによって実現することができる。ＣＰＵは、記憶装置に格納されたプログラムに従って本実施の形態で説明した処理を実行する。

【産業上の利用可能性】

【００２６】

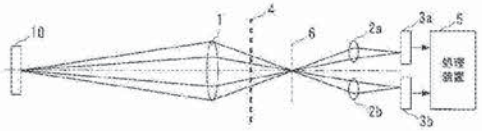
本発明は、物体からの光により物体との距離を計測する技術に適用することができる。

【符号の説明】

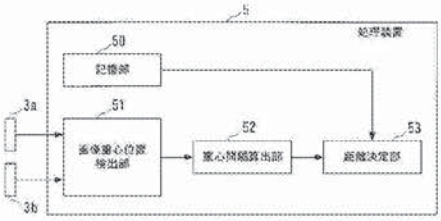
【００２７】

１…集光光学系、２ａ，２ｂ…セパレータレンズ、３ａ，３ｂ…撮像素子、４…マスク、５…処理装置、５０…記憶部、５１…画像重心位置検出部、５２…重心間隔算出部、５３…距離決定部。

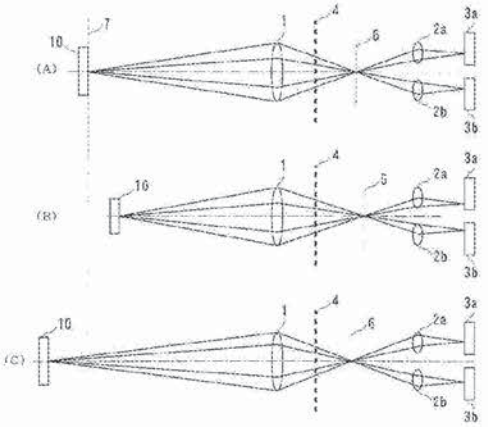
【図１】


10
1
4
6
2a
3a
5
処理装置
2b
3b

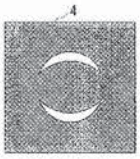
【図２】


5
処理装置
50
記憶部
3a
51
多像重心位置検出部
52
重心間隔算出部
53
距離決定部
3b

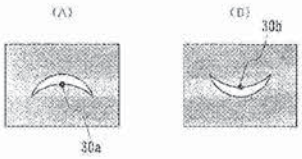
【図３】


(A)
10
7
1
4
6
2a
3a
2b
3b
(B)
10
1
4
5
2a
3a
2b
3b
(C)
10
1
4
6
2a
3a
2b
3b

【図４】


4

【図５】


(A)
(D)
30b
30a

(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2016-534346
(P2016-534346A)
(43)公表日　平成28年11月4日(2016.11.4)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01S 7/481	***(2006.01)***	G01S	7/481	Z	2H045
G01S 17/89	***(2006.01)***	G01S	17/89		5J084
G01S 17/93	***(2006.01)***	G01S	17/93		
G02B 26/10	***(2006.01)***	G02B	26/10	B	
		G02B	26/10	G	

審査請求 有　予備審査請求 未請求　（全 26 頁）

(21)出願番号　特願2016-536095 (P2016-536095)
(86)(22)出願日　平成26年7月23日 (2014.7.23)
(85)翻訳文提出日　平成28年3月18日 (2016.3.18)
(86)国際出願番号　PCT/US2014/047864
(87)国際公開番号　WO2015/026471
(87)国際公開日　平成27年2月26日 (2015.2.26)
(31)優先権主張番号　13/971,606
(32)優先日　平成25年8月20日 (2013.8.20)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　502208397
グーグル　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９４０４３　マウンテン　ビュー　アンフィシアター　パークウェイ　１６００
(74)代理人　100079108
弁理士　稲葉　良幸
(74)代理人　100126480
弁理士　佐藤　睦
(72)発明者　ベネコット，ゲタン
アメリカ合衆国，カリフォルニア州　９４０４３，マウンテン　ビュー，アンフィシアター　パークウェイ　１６００，グーグル　インコーポレイテッド内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】共用伝送／受光経路を備えたＬＩＤＡＲプラットフォームを回転させる装置及び方法

(57)【要約】
ＬＩＤＡＲ装置は１つ以上の光源から発せられる光パルスを伝送し得るとともに反射された光パルスを受光し得る。反射された光パルスはその後１つ以上の検出器により検出される。ＬＩＤＡＲ装置は（ｉ）１つ以上の光源からの光をコリメートしてＬＩＤＡＲ装置の環境内に伝送するコリメートされた光を提供し且つ（ｉｉ）反射光を１つ以上の検出器上に合焦させるレンズを含み得る。レンズは１つ以上の光源からの光の伝送経路内の湾曲した焦点面及び１つ以上の検出器の受光経路内の湾曲した焦点面を定義し得る。１つ以上の光源は伝送経路内の湾曲した焦点面に沿って配置され得る。１つ以上の検出器は受光経路内の湾曲した焦点面に沿って配置され得る。
【選択図】図２

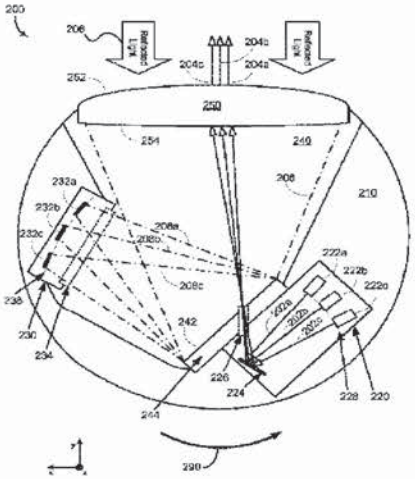


FIG. 2

【特許請求の範囲】
【請求項１】
軸を中心として回転するように構成され、伝送ブロックと、受光ブロックと、共有空間とを含む内部空間を備え、前記伝送ブロックは出口孔を有し、前記受光ブロックは入口孔を有する、ハウジングと、
前記出口孔を通って前記共有空間に入り伝送経路を介して前記共有空間を通過する複数の光ビームを出射するように構成されており、前記光ビームは波長範囲の波長を有する光を含む、前記伝送ブロック内の複数の光源と、
前記波長範囲の波長を有する光を検出するように構成された、前記受光ブロック内の複数の検出器と、
前記ハウジングに取り付けられており、前記伝送経路を介して前記光ビームを受光し、前記ＬＩＤＡＲ装置の環境内に伝送する前記光ビームをコリメートし、前記ＬＩＤＡＲ装置の前記環境内の１つ以上の対象物により反射された前記コリメートされた光ビームのうち１つ以上からの光を含む光を集光し、前記集光された光を前記共有空間と前記受光ブロックの前記入口孔とを通って延伸する受光経路を介して前記検出器上に合焦させるように構成されたレンズと、
を備える、光検出及び測距（ＬＩＤＡＲ）装置。
【請求項２】
前記複数の検出器のうちの各検出器は前記複数の光源のうちの対応する光源と関連付けられており、前記レンズは、各検出器上に、前記集光された光の、前記検出器の対応する光源からの光を含む部分をそれぞれ合焦させるように構成されている、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項３】
前記出口孔は前記伝送ブロックを前記共有空間から分離する壁の中にある、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項４】
前記出口孔に近接した反射面をさらに備え、前記受光経路は前記反射面による反射を含む、請求項３のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項５】
前記壁は透明な材料を備え、前記反射面は前記透明な材料の一部を被覆し、前記出口孔は、前記透明な材料の、前記反射面により被覆されていない部分に対応する、請求項４のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項６】
前記伝送経路は、前記共有空間において、少なくとも部分的に前記受光経路と重なる、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項７】
前記レンズは前記伝送ブロック内の湾曲した焦点面と前記受光ブロック内の湾曲した焦点面とを定義する、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項８】
前記複数の光源のうちの前記光源は前記伝送ブロック内の前記湾曲した焦点面に略対応するパターンで配置され、前記複数の検出器のうちの前記検出器は前記受光ブロック内の前記湾曲した焦点面に略対応するパターンで配置される、請求項７のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項９】
前記レンズは非球面とトロイダル面とを有する、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項１０】
前記トロイダル面は前記ハウジング内の前記共有空間にあり、前記非球面は前記ハウジングの外側にある、請求項９のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項１１】
前記軸は略垂直である、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項１２】

前記伝送ブロック内に鏡をさらに備え、前記鏡は前記光ビームを前記出口孔に向かって反射するように構成されている、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項１３】
前記受光ブロックは不活性ガスを含む密閉環境を備える、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項１４】
前記入口孔は、前記波長範囲の波長を有する光は通し他の波長を有する光は減衰させる材料を備える、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項１５】
前記複数の光源の各光源はそれぞれレーザダイオードを備える、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項１６】
前記複数の検出器の各検出器はそれぞれアバランシェフォトダイオードを備える、請求項１のＬＩＤＡＲ装置。
【請求項１７】
伝送ブロックと、受光ブロックと、共有空間とを含む内部空間を備え、前記伝送ブロックは出口孔を有し、前記受光ブロックは入口孔を有する、光検出及び測距（ＬＩＤＡＲ）装置のハウジングを、軸を中心として回転させることと、
前記伝送ブロック内の複数の光源によって、伝送経路を介して前記共有空間に入る、波長範囲の波長を有する光を含む複数の光ビームを出射することと、
前記伝送経路に沿って前記ハウジングに取り付けられたレンズにおいて前記光ビームを受光することと、
前記レンズによって、前記ＬＩＤＡＲ装置の環境内に伝送する前記光ビームをコリメートすることと、
前記レンズによって、前記ＬＩＤＡＲ装置の前記環境内の１つ以上の対象物により反射された前記コリメートされた光ビームのうち１つ以上からの光を集光することと、
前記集光された光を、前記共有空間及び前記受光ブロックの前記入口孔を通って延伸する受光経路を介して、前記レンズにより前記受光ブロック内の複数の検出器上に合焦させることと、
前記受光ブロック内の前記複数の検出器によって、前記波長範囲の波長を有する前記合焦された光からの光を検出することと、を備える、方法。
【請求項１８】
前記複数の検出器の各検出器は前記複数の光源のうちの対応する光源と関連付けられており、前記方法は、
各検出器上に、前記レンズによって、前記集光された光の、前記検出器の対応する光源からの光を含む部分をそれぞれ合焦させることをさらに備える、請求項１７の方法。
【請求項１９】
前記共有空間内の反射面によって、前記合焦された光を、前記受光経路に沿って前記受光ブロックの前記入口孔に向かって反射することをさらに備え、前記反射面は前記出口孔に近接しており、前記受光経路は前記反射面により前記反射することを含む、請求項１７の方法。
【請求項２０】
前記伝送ブロック内の鏡によって、前記出射された光ビームを、前記出口孔に向かって反射すること
をさらに備える、請求項１７の方法。
【発明の詳細な説明】
【背景技術】
【０００１】
[0001] 本明細書中に別途記載のない限り、本項に記載された事柄は、本願の特許請求の範囲に対する先行技術ではなく、本項への包含により先行技術であると認められるものではない。

【０００２】
[0002] 車両は、運転者からの入力がほとんど又は全く無い状態で車両が環境内を移動する自律モードで動作するように構成されることが可能である。そのような自律走行車両は、車両が動作する環境についての情報を検出するように構成された１つ以上のセンサを含み得る。
【０００３】
[0003] そのようなセンサの１つが光検出及び測距（ＬＩＤＡＲ）装置である。ＬＩＤＡＲは、ある場面全体をスキャンして環境内の反射面を示す「ポイントクラウド」を組み立てながら、環境特徴までの距離を推定することができる。ポイントクラウドの個々の点は、レーザパルスを伝送すること、もしあれば環境内の対象物から反射されて返ってくるパルスを検出すること、及び伝送されたパルスと反射されたパルスの受波との間の遅延時間に従って対象物までの距離を判定することにより決定され得る。単一のレーザ又は１組のレーザを場面全体にわたって迅速に且つ繰り返しスキャンして、場面内の反射物体までの距離についての連続した実時間の情報を提供することもできる。各距離を測定しつつ測定された距離とレーザの配向とを組み合わせることによって、三次元位置を、返ってくる各パルスと関連付けることが可能になる。このようにして、全スキャン範囲について、環境内の反射特徴の位置を示す点の三次元地図が生成され得る。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００４】
[0004] 一例においては、軸を中心として回転するように構成されたハウジングを含む光検出及び測距（ＬＩＤＡＲ）装置が提供される。ハウジングは、伝送ブロックと、受光ブロックと、共有空間とを含む内部空間を備える。伝送ブロックは出口孔を有し、受光ブロックは入口孔を有する。ＬＩＤＡＲ装置は伝送ブロック内に複数の光源も有している。複数の光源は、出口孔を通って共有空間に入り伝送経路を介して共有空間を通過する複数の光ビームを出射するように構成されている。光ビームは、波長範囲の波長を有する光を含む。ＬＩＤＡＲ装置は受光ブロック内に複数の検出器も含んでいる。複数の検出器は、波長範囲の波長を有する光を検出するように構成されている。ＬＩＤＡＲ装置は、ハウジングに取り付けられたレンズも含んでいる。レンズは、（ｉ）伝送経路を介して光ビームを受光し、（ｉｉ）ＬＩＤＡＲ装置の環境内に伝送する光ビームをコリメートし、（ｉｉｉ）ＬＩＤＡＲ装置の環境内の１つ以上の対象物により反射されたコリメートされた光ビームのうち１つ以上からの光を含む光を集光し、（ｉｖ）集光された光を、共有空間と受光ブロックの入口孔とを通って延伸する受光経路を介して、検出器上に合焦させるように構成されている。
【０００５】
[0005] 別の一例においては、軸を中心として光検出及び測距（ＬＩＤＡＲ）装置のハウジングを回転させることを伴う方法が提供される。ハウジングは、伝送ブロックと、受光ブロックと、共有空間とを含む内部空間を備える。伝送ブロックは出口孔を有し、受光ブロックは入口孔を有する。方法はさらに、伝送ブロック内の複数の光源によって複数の光ビームを出射することを伴う。複数の光ビームは伝送経路を介して共有空間に入る。光ビームは、波長範囲の波長を有する光を含む。方法はさらに、伝送経路に沿ってハウジングに取り付けられたレンズにおいて光ビームを受光することを伴う。方法はさらに、レンズによって、ＬＩＤＡＲ装置の環境内に伝送する光ビームをコリメートすることを含む。方法はさらに、レンズによって、ＬＩＤＡＲ装置の環境内の１つ以上の対象物により反射されたコリメートされた光ビームのうち１つ以上からの光を集光することを伴う。方法はさらに、集光された光を、共有空間及び受光ブロックの入口孔を通って延伸する受光経路を介して、レンズにより受光ブロック内の複数の検出器上に合焦させることを伴う。方法はさらに、受光ブロック内の複数の検出器によって、波長範囲の波長を有する合焦された光からの光を検出することを伴う。
【０００６】

[0006] これら並びに他の態様、利点、及び代替案は、適当な場合には添付の図面を参照して以下の詳細な説明を読むことにより、当業者には明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【０００７】

【図１】[0007] 例示的なＬＩＤＡＲ装置のブロック図である。

【図２】[0008] 例示的なＬＩＤＡＲ装置の断面図である。

【図３Ａ】[0009] 本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、様々な構成要素が取り付けられた例示的なＬＩＤＡＲ装置の斜視図である。

【図３Ｂ】[0010] ハウジングの内部空間を示すために様々な構成要素が取り除かれた状態の、図３Ａに示す例示的なＬＩＤＡＲ装置の斜視図である。

【図４】[0011] 本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による例示的な伝送ブロックを示す図である。

【図５Ａ】[0012] 例示的な一実施形態による例示的な光源の図である。

【図５Ｂ】[0013] 例示的な一実施形態による、シリンドリカルレンズと組み合わせた図５Ａの光源の図である。

【図５Ｃ】[0014] 例示的な一実施形態による、図５Ｂの光源とシリンドリカルレンズとの組み合わせの別の図である。

【図６Ａ】[0015] 本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、例示的な受光ブロックを示す図である。

【図６Ｂ】[0016] 図６Ａの受光ブロックに含まれている３つの検出器の側面図である。

【図７Ａ】[0017] 本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、非球面とトロイダル面とを備えた例示的なレンズ。

【図７Ｂ】[0018] 図７Ａに示す例示的なレンズ７５０の断面図である。

【図８Ａ】[0019] 本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、車両に搭載された例示的なＬＩＤＡＲ装置を示す図である。

【図８Ｂ】[0020] 本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、図８Ａに示すＬＩＤＡＲ装置が１つ以上の対象物を含む環境をスキャンしている筋書きを示す図である。

【図９】[0021] 本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【０００８】

[0022] 以下の詳細な説明は、開示されるシステム、装置及び方法の様々な特徴及び機能を、添付の図面を参照して説明するものである。図面中、文脈がそうでないと規定しない限りは、同様の符号は同様の構成要素と同一であると見なす。本明細書に記載の説明的なシステム、装置及び方法の実施形態は限定的であることを意図されてはいない。当業者によれば、開示されるシステム、装置及び方法の特定の態様は、多様な異なる構成で配置及び組み合わせ可能であり、本明細書においてはそのすべてが想定されることが、容易に理解されるであろう。

【０００９】

[0023] 光検出及び測距（ＬＩＤＡＲ）装置は、複数の光源から発せられる光パルスを伝送してもよく、また、反射された光パルスを受光してもよい。この反射された光パルスはその後複数の検出器により検出される。本明細書に記載の例においては、複数の光源からの光をコリメートし且つ反射光を複数の検出器上に合焦させる伝送／受光レンズを含むＬＩＤＡＲ装置が提供される。コリメート用の伝送レンズ及び合焦用の受光レンズに代えてこれらの機能の両方を行う伝送／受光レンズを用いることにより、寸法、費用、及び／又は複雑さに関して利点がもたらされ得る。

【００１０】

[0024] ＬＩＤＡＲ装置は、軸を中心として回転するように構成されたハウジングを備える。いくつかの例においては、軸は略垂直である。ハウジングは、複数の光源を含む伝送

ブロック、複数の検出器を含む受光ブロック、出射された光が伝送ブロックから伝送／受光レンズへと通過するとともに反射光が伝送／受光レンズから受光ブロックへと通過する共有空間、及び出射された光をコリメートし反射光を合焦させる伝送／受光レンズなどの様々な構成要素を含む内部空間を有していてもよい。様々な構成要素を含むハウジングを回転させることにより、いくつかの例においては、ＬＩＤＡＲ装置の環境の３６０度視野の三次元地図が、様々な構成要素の配置の頻繁な再校正を行うことなく決定され得る。

【００１１】

[0025] いくつかの例においては、ハウジングは、伝送ブロックと受光ブロックとの間に無線周波数（ＲＦ）及び光学的遮蔽を含んでいてもよい。例えば、ハウジングは、ＲＦ遮蔽を提供するために、金属、金属インク、又は金属フォームにより形成及び／又は被覆されてもよい。遮蔽のために用いられる金属は、例えば、銅又はニッケルを含み得る。

【００１２】

[0026] 伝送ブロックに含まれる複数の光源は、例えば、レーザダイオードを含んでいてもよい。一例においては、光源はおよそ９０５ｎｍの波長を有する光を放射する。伝送／受光レンズは光源により出射された光を伝送経路を通じて受け取るが、いくつかの例においては、その伝送経路が鏡又はプリズムなどの反射素子を含んでいてもよい。反射素子を含むことによって伝送経路は折り曲げられ、より寸法の小さな伝送ブロック、及びひいてはより小さなＬＩＤＡＲ装置のハウジングが提供され得る。また、伝送経路は伝送ブロックの出口孔を含み、出射された光はこれを通って共有空間に入り伝送／受光レンズへと通過する。

【００１３】

[0027] いくつかの例においては、複数の光源の各光源は、シリンドリカルレンズ又はアシリンドリカルレンズなど、それぞれレンズを含む。光源はコリメートされていない光ビームを放射してもよく、この光ビームは第２の方向よりも第１の方向により多く発散する。これらの例においては、光源のそれぞれのレンズは、コリメートされていない光ビームを第１の方向に予めコリメートして部分的にコリメートされた光ビームを提供し、それによって第１の方向への発散を減少させてもよい。いくつかの例においては、部分的にコリメートされた光ビームは、第２の方向よりも第１の方向により少なく発散する。伝送／受光レンズは、１つ以上の光源から伝送ブロックの出口孔を介して部分的にコリメートされた光ビームを受光する。また、伝送／受光レンズは、部分的にコリメートされた光ビームをコリメートして、ＬＩＤＡＲ装置の環境へと伝送されるコリメートされた光ビームを提供する。この例においては、光源により出射された光は第１の方向よりも第２の方向により大きな発散を有していてもよく、出口孔は光源からの光のビームの垂直及び水平の範囲を収容可能である。

【００１４】

[0028] ハウジングは伝送／受光レンズを搭載しており、これを通って複数の光源からの光がハウジングから出ることが可能であるとともに、反射光がハウジングに入り受光ブロックに到達することができる。伝送／受光レンズは、複数の光源により出射された光をコリメートし受光ブロック内の複数の検出器上に反射光を合焦させるのに十分な光パワーを有していてもよい。一例においては、伝送／受光レンズは、ハウジングの外側の非球面形状を備えた表面と、ハウジングの内側のトロイダル形状を備えた表面と、およそ１２０ｍｍの焦点距離とを有する。

【００１５】

[0029] 受光ブロックに含まれる複数の検出器は、例えば、窒素などの不活性ガスを充填された密閉環境内のアバランシェフォトダイオードを含み得る。受光ブロックは入口孔を含んでいてもよく、これを通って伝送／受光レンズからの合焦された光が検出器の方に向かって通過する。いくつかの例においては、入口孔は、複数の光源により出射された波長範囲内の波長を有する光は通し他の波長を有する光は減衰させるフィルタリング窓を含んでいてもよい。

【００１６】

[0030] ＬＩＤＡＲ装置から環境内へと伝送されたコリメートされた光は、環境内の１つ以上の対象物に反射して対象物反射光を提供し得る。伝送／受光レンズは、対象物反射光を集光し、その対象物反射光を焦点経路（「受光経路」）を介して複数の検出器上に合焦させてもよい。いくつかの例においては、受光経路は、合焦された光を複数の検出器に向ける反射面を含んでいてもよい。追加的又は代替的には、反射面は、受光ブロックへと向かう合焦された光を折り曲げてもよく、それによって共有空間及びＬＩＤＡＲ装置のハウジングの空間の節約を提供することができる。

【００１７】

[0031] いくつかの例においては、反射面は、伝送ブロックと共有空間との間に出口孔を含む壁を画定してもよい。この場合、伝送ブロックの出口孔は、反射面の透明及び／又は非反射性の部分に対応する。透明の部分は反射面の穴又は切欠部であってもよい。代替的には、反射面は透明基板（例えばガラス）上に反射性材料の層を形成することにより形成されてもよく、透明の部分は、基板の、反射性材料で被覆されていない部分であってもよい。このように、共有空間は伝送経路及び受光経路の両方に用いられ得る。いくつかの例においては、伝送経路は、共有空間内で少なくとも部分的に受光経路と重なっている。

【００１８】

[0032] 出口孔の垂直及び水平の範囲は、光源からの出射光ビームのビーム幅を収容するのに十分である。しかしながら、出口孔は非反射性の性質が、受光経路内の集光され合焦された光の一部が反射面で受光ブロックの検出器へと向かって反射するのを妨げる。したがって、出口孔の寸法を最小化し集光された光の損失部分を少なくするためには、伝送ブロックからの出射光ビームのビーム幅を縮小するのが望ましい。上記のいくつかの例においては、出口孔を通って通過するビーム幅の縮小は、各光源に隣接したシリンドリカルレンズ又はアシリンドリカルレンズなどそれぞれのレンズを含むことで、出射光ビームを部分的にコリメートすることにより、達成され得る。

【００１９】

[0033] 追加的又は代替的には、出射光ビームのビーム幅を縮小するべく、いくつかの例においては、伝送／受光レンズは、垂直面及び／又は水平面内に実質的な湾曲を有する焦点面を定義するように構成されていてもよい。例えば、伝送／受光レンズは、非球面と、垂直面及び／又は水平面に沿って湾曲した焦点面を提供する上述のトロイダル面とを有するように構成されていてもよい。この構成においては、伝送ブロック内の光源は、伝送ブロック内の伝送／受光レンズの湾曲した焦点面に沿って配置されてもよく、受光ブロック内の検出器は受光ブロック内の伝送／受光レンズの湾曲した焦点面上に配置されてもよい。したがって、湾曲した焦点面に沿って配置された光源からの出射光ビームは、略平行及び／又は発散性の光ビーム用の孔よりも小さな寸法を有する出口孔に収束し得る。

【００２０】

[0034] 光源のそのような湾曲した配置を容易にするために、いくつかの例においては、光源は、１つ以上の垂直配向されたプリント回路基板（ＰＣＢ）の湾曲端縁上に、ＰＣＢの湾曲端縁がＰＣＢの垂直面内の焦点面の湾曲と略一致するように、取り付けられてもよい。この例においては、１つ以上のＰＣＢは、伝送ブロック内に、１つ以上のＰＣＢの水平面内の焦点面の湾曲と略一致する水平湾曲に沿って取り付けられてもよい。例えば、伝送ブロックは４つのＰＣＢを含んでいてもよく、各ＰＣＢは、伝送ブロック内の伝送／受光レンズの湾曲した焦平面に沿って６４個の光源を提供するように、１６個の光源を搭載している。この例においては、６４個の光源は、出射光ビームが伝送ブロックの出口孔に向かって収束するように、伝送／受光レンズにより定義される湾曲した焦点面に略対応するパターンで配置される。

【００２１】

[0035] 受光ブロックについて、いくつかの例においては、複数の検出器は、受光ブロックに取り付けられたフレキシブルＰＣＢ上に、伝送／受光レンズの焦点面の形状に適合するように配設される。例えば、フレキシブルＰＣＢは、焦点面の形状に対応した表面を有する２つの挟持片の間に保持されてもよい。さらに、この例においては、複数の検出器の

各々が、複数ある光源の各光源に対応する伝送／受光レンズからの合焦された光を受光するように、フレキシブルＰＣＢ上に配置されてもよい。この例においては、検出器は、受光ブロック内の伝送／受光レンズの湾曲した焦点面に略対応するパターンで配置されてもよい。したがって、この例においては、伝送／受光レンズは、複数ある検出器の各検出器上に、その検出器に対応する光源からの光を含む集光された光のそれぞれの部分を合焦させるように構成されていてもよい。

【００２２】

[0036] よって、本開示のいくつかの実施形態は、共用伝送／受光レンズを用いるＬＩＤＡＲ装置のためのシステム及び方法を提供する。いくつかの例においては、そのようなＬＩＤＡＲ装置は、光源からの光が、集光された光を検出器の方に向かって反射する反射面に含まれる小さな出口孔を通過するように、伝送を行う光源及び受光を行う検出器のための湾曲した焦平面を提供するように構成された共用レンズを含み得る。

【００２３】

[0037] 図１は、例示的なＬＩＤＡＲ装置１００のブロック図である。ＬＩＤＡＲ装置１００は、ＬＩＤＡＲ装置１００内に含まれる伝送ブロック１２０、受光ブロック１３０、共有空間１４０、及びレンズ１５０などの様々な構成要素の配置を収容するハウジング１１０を備える。ＬＩＤＡＲ装置１００は様々な構成要素の配置を含み、この配置は、伝送ブロック１２０から、レンズ１５０によりコリメートされるとともにコリメートされた光ビーム１０４としてＬＩＤＡＲ装置１００の環境へと伝送される出射光ビーム１０２を提供するほか、ＬＩＤＡＲ装置１００の環境内の１つ以上の対象物からの反射光１０６をレンズ１５０によって集光し、合焦された光１０８として受光ブロック１３０に向かって合焦させる。反射光１０６は、ＬＩＤＡＲ装置１００の環境内の１つ以上の対象物により反射されたコリメートされた光ビーム１０４からの光を含む。出射光ビーム１０２及び合焦された光１０８は、やはりハウジング１１０に含まれている共有空間１４０を通過する。いくつかの例においては、出射光ビーム１０２は伝送経路により共有空間１４０を通って伝播しており、合焦された光１０８は受光経路により共有空間１４０を通って伝播している。いくつかの例においては、伝送経路は共有空間１４０において少なくとも部分的に受光経路と重なる。ＬＩＤＡＲ装置１００は、受光ブロック１３０が受光した合焦された光１０８を処理することによって、ＬＩＤＡＲ装置１００の環境内の１つ以上の対象物の態様（例えば位置、形状など）を判定することができる。例えば、ＬＩＤＡＲ装置１００は、出射光ビーム１０２に含まれるパルスが伝送ブロック１２０により出射された時刻と、合焦された光１０８に含まれる対応するパルスが受光ブロック１３０により受光された時刻とを比較し、その比較に基づいて１つ以上の対象物とＬＩＤＡＲ装置１００との間の距離を判定することができる。

【００２４】

[0038] ＬＩＤＡＲ装置１００に含まれるハウジング１１０は、ＬＩＤＡＲ装置１００に含まれる様々な構成要素を取り付けるためのプラットフォームを提供し得る。ハウジング１１０は、ハウジング１１０の内部空間に含まれるＬＩＤＡＲ装置１００の様々な構成要素を支持することが可能な任意の材料から形成可能である。例えば、ハウジング１１０は、プラスチック又は金属などの構造材から形成されてもよい。

【００２５】

[0039] いくつかの例においては、ハウジング１１０は、周辺光及び／又は伝送ブロック１２０からの出射光ビーム１０２の受光ブロック１３０への意図せぬ伝送を低減するための光学的遮蔽用に構成されていてもよい。ＬＩＤＡＲ装置１００の環境の周辺光からの光学的遮蔽は、ハウジング１１０の外面を、環境からの周辺光を遮断する材料で形成及び／又は被覆することによって達成することができる。さらに、ハウジング１１０の内面が、伝送ブロック１２０を受光ブロック１３０から光学的に隔離するべく、上記の材料を含み及び／又はこの材料により被覆されて、出射光ビーム１０２がレンズ１５０に到達する前に受光ブロック１３０が出射光ビーム１０２を受光するのを防止してもよい。

【００２６】

[0040] いくつかの例においては、ハウジング１１０は、ＬＩＤＡＲ装置１１０の周囲の環境からの電磁ノイズ（例えば無線周波数（ＲＦ）ノイズなど）及び／又は伝送ブロック１２０と受光ブロック１３０との間の電磁ノイズを低減させるための電磁遮蔽用に構成されていてもよい。電磁遮蔽は、伝送ブロック１２０により出射される出射光ビーム１０２の品質を向上させるとともに、受光ブロック１３０により受光及び／又は提供される信号のノイズを低減させることができる。電磁遮蔽は、電磁放射を吸収する金属、金属インク、金属フォーム、炭素フォームなどの材料、又は電磁放射を吸収するように構成された任意の他の材料でハウジング１１０を形成及び／又は被覆することにより達成することができる。電磁遮蔽のために使用可能な金属は、例えば銅又はニッケルを含み得る。

【００２７】

[0041] いくつかの例においては、ハウジング１１０は、略円筒形の形状を有するように、且つＬＩＤＡＲ装置１００の軸を中心として回転するように構成されていてもよい。例えば、ハウジング１１０は、およそ１０センチメートルの直径を備えた略円筒形の形状を有し得る。いくつかの例においては、軸は略垂直である。様々な構成要素を含むハウジング１１０を回転させることによって、いくつかの例においては、ＬＩＤＡＲ装置１００の環境の３６０度視野の三次元地図を、ＬＩＤＡＲ装置１００の様々な構成要素の配置の頻繁な再校正を行うことなく決定することができる。追加的又は代替的には、ＬＩＤＡＲ装置１００は、ＬＩＤＡＲ装置１００の視野を制御するべくハウジング１１０の回転軸を傾けるように構成されていてもよい。

【００２８】

[0042] 図１には図示されていないが、ＬＩＤＡＲ装置１００は、ハウジング１１０のための取り付け構造を任意選択的に含み得る。取り付け構造は、ＬＩＤＡＲ装置１００の軸を中心としてハウジング１１０を回転させるためのモータ又は他の手段を含んでいてもよい。代替的には、取り付け構造は、ＬＩＤＡＲ装置１００以外の装置及び／又はシステムに含まれていてもよい。

【００２９】

[0043] いくつかの例においては、伝送ブロック１２０、受光ブロック１３０、及びレンズ１５０といったＬＩＤＡＲ装置１００の様々な構成要素は、各構成要素及び／又は各構成要素に含まれる下位構成要素の配置の校正の負担を軽くするために、所定の位置で取り外し可能にハウジング１１０に取り付けられてもよい。このように、ハウジング１１０は、ＬＩＤＡＲ装置１００の組み立て、整備、校正、及び製造を容易にするために、ＬＩＤＡＲ装置１００の様々な構成要素のためのプラットフォームを提供する。

【００３０】

[0044] 伝送ブロック１２０は複数の光源１２２を含み、これらの光源は複数の出射光ビーム１０２を出口孔１２４を介して出射するように構成されていてもよい。いくつかの例においては、複数の出射光ビーム１０２の各々は、複数の光源１２２の１つに対応する。伝送ブロック１２０は、光源１２２と出口孔１２４との間の出射光ビーム１０２の伝送経路に沿って、鏡１２６を任意選択的に含んでいてもよい。

【００３１】

[0045] 光源１２２は、レーザダイオード、発光ダイオード（ＬＥＤ）、垂直共振器面発光レーザ（ＶＣＳＥＬ）、有機発光ダイオード（ＯＬＥＤ）、高分子発光ダイオード（ＰＬＥＤ）、発光高分子（ＬＥＰ）、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）、微小電気機械システム（ＭＥＭＳ）、又は複数の出射光ビーム１０２を提供するべく光を選択的に伝送、反射、及び／又は出射するように構成された任意の他の素子を含み得る。いくつかの例においては、光源１２２は、受光ブロック１３０内に含まれる検出器１３２により検出可能な波長範囲の出射光ビーム１０２を出射するように構成されていてもよい。波長範囲は、例えば、電磁スペクトルの紫外線部分、可視部分、及び／又は赤外線部分であり得る。いくつかの例においては、波長範囲は、レーザによって提供されるような狭い波長範囲であってもよい。一例においては、波長範囲は、およそ９０５ｎｍの波長を含む。さらに、光源１２２は、出射光ビーム１０２をパルスの形で出射するように構成されていてもよい。いくつ

かの例においては、複数の光源１２２は、１つ以上の基板（例えばプリント回路基板（ＰＣＢ）、フレキシブルＰＣＢなど）上に配設され、出口孔１２４に向かって複数の光ビーム１０２を出射するように配置されてもよい。

【００３２】

[0046] いくつかの例においては、複数の光源１２２は、出射光ビーム１０２に含まれるコリメートされていない光ビームを出射するように構成されていてもよい。例えば、出射ビーム１０２は、複数の光源１２２により出射されたコリメートされていない光ビームに起因して、伝送経路に沿った１つ以上の方向に発散してもよい。いくつかの例においては、伝送経路に沿った任意の位置における出射光ビーム１０２の垂直及び水平の範囲は、複数の光源１２２により出射されたコリメートされていない光ビームの発散の範囲に基づいていてもよい。

【００３３】

[0047] 出射光ビーム１０２の伝送経路に沿って配置された出口孔１２４は、複数の光源１２２により出射された複数の光ビーム１０２の垂直及び水平の範囲を出口孔１２４において収容するように構成されていてもよい。ただし、図１に示されるブロック図は、説明の便宜のため、機能モジュールとの関連において記載されている。しかしながら、図１のブロック図の機能モジュールは、他の位置で物理的に実装されてもよい。例えば、出口孔１２４は伝送ブロック１２０に含まれるものとして図示されているが、出口孔１２４は物理的に伝送ブロック１２０及び共有空間１４０の両方に含まれることが可能である。例えば、伝送ブロック１２０と共有空間１４０とが、出口孔１２４を含む壁によって分離されていてもよい。この場合、出口孔１２４は壁の透明の部分に対応していてもよい。一例においては、透明の部分は壁の穴又は切欠部であってもよい。別の一例においては、壁は不透明な材料で被覆された透明基板（例えばガラス）から形成されていてもよく、出口孔１２４は基板の不透明な材料で被覆されていない部分であってもよい。

【００３４】

[0048] ＬＩＤＡＲ装置１００のいくつかの例においては、出口孔１２４の寸法は、複数の光ビーム１０２の垂直及び水平の範囲を収容しつつ最小化することが望ましいかもしれない。例えば、出口孔１２４の寸法を最小化することは、ハウジング１１０の機能という点で上述した光源１２２の光学的遮蔽を向上させ得る。追加的又は代替的には、伝送ブロック１２０と共有空間１４０とを分離する壁は、合焦された光１０８の受光経路に沿って配置されてもよく、したがって出口孔１２４は、合焦された光１０８のうちより大きな部分が壁に到達できるように最小化され得る。例えば、壁は反射性材料（例えば共有空間１４０の反射面１４２）で被覆されていてもよく、受光経路は合焦された光１０８を反射性材料によって受光ブロック１３０の方へと反射することを含んでいてもよい。この場合、出口孔１２４の寸法を最小化することによって、合焦された光１０８のうちより大きな部分が壁を被覆している反射性材料に反射することが可能となる。

【００３５】

[0049] 出口孔１２４の寸法を最小化するために、いくつかの例においては、光源１２２により出射されたコリメートされていない光ビームを部分的にコリメートして出射光ビーム１０２の垂直及び水平の範囲を最小化しひいては出口孔１２４の寸法を最小化することによって、出射光ビーム１０２の発散が減少されてもよい。例えば、複数ある光源１２２の各光源は、光源に隣接して配置されたシリンドリカルレンズを含み得る。光源は対応するコリメートされていない光ビームを出射してもよく、この光ビームは第２の方向よりも第１の方向により多く発散する。シリンドリカルレンズは、第１の方向のコリメートされていない光ビームを予めコリメートして部分的にコリメートされた光ビームを提供し、それによって第１の方向の発散を減少させてもよい。いくつかの例においては、部分的にコリメートされた光ビームは、第２の方向よりも第１の方向により少なく発散する。同様に、複数ある光源１２２の他の光源からのコリメートされていない光ビームは、第１の方向に縮小されたビーム幅を有していてもよく、したがって出射光ビーム１０２は、部分的にコリメートされた光ビームによってより小さな発散を有していてもよい。この例において

は、出口孔１２４の垂直及び水平の範囲のうち少なくとも一方が、光ビーム１０２を部分的にコリメートすることによって縮小されてもよい。

【００３６】

[0050] 追加的又は代替的には、出口孔１２４の寸法を最小化するべく、いくつかの例においては、光源１２２は、伝送ブロック１２０により定義される略湾曲面に沿って配置されてもよい。湾曲面は、出射光ビーム１０２が出口孔１２４に向かって収束するように、またひいては出口孔１２４における出射光ビーム１０２の垂直及び水平の範囲が伝送ブロック１２０の湾曲面に沿った光源１２２の配置によって縮小されるように構成されていてもよい。いくつかの例においては、伝送ブロック１２０の湾曲面は、複数の光ビーム１０２が伝送経路に沿って複数の光源１２２の前の中央領域に向かって収束するように、出射光ビーム１０２の発散の第１の方向に沿った湾曲と、出射光ビーム１０２の発散の第２の方向に沿った湾曲とを含み得る。

【００３７】

[0051] 光源１２２のそのような湾曲した配置を容易にするために、いくつかの例においては、光源１２２は、１つ以上の方向に沿って湾曲を有するフレキシブル基板（例えばフレキシブルＰＣＢ）上に配設されてもよい。例えば、湾曲したフレキシブル基板は、出射光ビーム１０２の発散の第１の方向と出射光ビーム１０２の発散の第２の方向とに沿って湾曲していてもよい。追加的又は代替的には、光源１２２のそのような湾曲した配置を容易にするために、いくつかの例においては、光源１２２は、１つ以上の垂直配向されたプリント回路基板（ＰＣＢ）の湾曲端縁上に、ＰＣＢの湾曲端縁が第１の方向（例えばＰＣＢの垂直面）の湾曲と略一致するように、配設されてもよい。この例においては、１つ以上のＰＣＢは、伝送ブロック１２０内に、第２の方向（例えば１つ以上のＰＣＢの水平面）の湾曲と略一致する水平湾曲に沿って取り付けられてもよい。例えば、伝送ブロック１２０は４つのＰＣＢを含んでいてもよく、各ＰＣＢは、伝送ブロック１２０の湾曲面に沿って６４個の光源を提供するように、１６個の光源を搭載している。この例においては、６４個の光源は、出射光ビーム１０２が伝送ブロック１２０の出口孔１２４に向かって収束するように、あるパターンで配置される。

【００３８】

[0052] 伝送ブロック１２０は、光源１２２と出口孔１２４との間の出射光ビーム１０２の伝送経路に沿って、鏡１２６を任意選択的に含んでいてもよい。伝送ブロック１２０内に鏡１２６を含むことによって、出射光ビーム１０２の伝送経路は折り曲げられ、伝送経路が折り曲げられない別の伝送ブロックの寸法よりも小さな寸法を有するＬＩＤＡＲ装置１００の伝送ブロック１２０及びハウジング１１０を提供することができる。

【００３９】

[0053] 受光ブロック１３０は複数の検出器１３２を含み、これらは合焦された光１０８を入口孔１３４を介して受光するように構成されていてもよい。いくつかの例においては、複数の検出器１３２の各々は、合焦された光１０８の、複数の光源１２２のうち対応する光源により出射されＬＩＤＡＲ装置１００の環境内の１つ以上の対象物に反射された光ビームに対応する部分を受光するように構成及び配置される。受光ブロック１３０は、任意選択的には、不活性ガス１３６を有する密閉環境内に検出器１３２を含んでいてもよい。

【００４０】

[0054] 検出器１３２は、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、フォトトランジスタ、カメラ、能動画素センサ（ＡＰＳ）、電荷結合素子（ＣＣＤ）、極低温検出器、又は出射光ビーム１０２の波長範囲の波長を有する合焦された光１０８を受光するように構成された任意の他の光のセンサを備え得る。

【００４１】

[0055] 検出器１３２の各々が、合焦された光１０８の、複数の光源１２２のうち対応する光源に由来する部分を受光することを容易にするために、検出器１３２は、１つ以上の基板上に配設され、それに応じて配置されてもよい。例えば、光源１２２は伝送ブロック

１２０の湾曲面に沿って配置されてもよく、検出器１３２もまた受光ブロック１３０の湾曲面に沿って配置されてもよい。受光ブロック１３０の湾曲面は、受光ブロック１３０の湾曲面の１つ以上の軸に沿って同様に湾曲していてもよい。したがって、検出器１３２の各々は、元々は複数の光源１２２のうち対応する光源により出射された光を受光するように構成されている。

【００４２】

[0056] 受光ブロック１３０の湾曲面を提供するために、検出器１３２は、伝送ブロック１２０内に配設された光源１２２と同様に、１つ以上の基板上に配設されてもよい。例えば、検出器１３２は、各々が光源１２２のうち対応する光源から発せられる合焦された光を受光するように、フレキシブル基板（例えばフレキシブルＰＣＢ）上に配設されフレキシブル基板の湾曲面に沿って配置されてもよい。この例においては、フレキシブル基板は、受光ブロック１３０の湾曲面の形状に対応した表面を有する２つの挟持片の間に保持されてもよい。したがって、この例においては、フレキシブル基板を受光ブロック１３０上へと摺動すること及び２つの挟持片を用いてこの基板を正しい曲率に保持することによって、受光ブロック１３０の組み立てを簡略化することが可能である。

【００４３】

[0057] 受光経路に沿って通過する合焦された光１０８は、入口孔１３４を介して検出器１３２により受光されてもよい。いくつかの例においては、入口孔１３４は、複数の光源１２２により出射された波長範囲内の波長を有する光は通し他の波長を有する光は減衰させるフィルタリング窓を含んでいてもよい。この例においては、検出器１３２は、波長範囲内の波長を有する光を実質的に含む合焦された光１０８を受光する。

【００４４】

[0058] いくつかの例においては、受光ブロック１３０に含まれる複数の検出器１３２は、例えば、不活性ガス１３６を充填された密閉環境内のアバランシェフォトダイオードを含んでいてもよい。不活性ガス１３６は、例えば窒素を含み得る。

【００４５】

[0059] 共有空間１４０は、伝送ブロック１２０からレンズ１５０への出射光ビーム１０２用の伝送経路を含むとともに、レンズ１５０から受光ブロック１３０への合焦された光１０８用の受光経路を含む。いくつかの例においては、伝送経路は、共有空間１４０において、少なくとも部分的に受光経路と重なる。共有空間１４０内に伝送経路と受光経路とを含むことにより、ＬＩＤＡＲ装置１００の組み立て、製造、及び／又は整備の寸法、費用、及び／又は複雑さに関して利点がもたらされ得る。

【００４６】

[0060] いくつかの例においては、共有空間１４０は反射面１４２を含んでいてもよい。反射面１４２は、受光経路に沿って配置され、合焦された光１０８を入口孔１３４へ向かって及び検出器１３２上へと反射するように構成され得る。反射面１４２は、合焦された光１０８を受光ブロック１３０内の入口孔１３４に向かって反射するように構成されたプリズム、鏡、又は任意の他の光学素子を備えていてもよい。いくつかの例においては、壁が共有空間１４０を伝送ブロック１２０から分離する。これらの例においては、壁は透明基板（例えばガラス）を備えていてもよく、反射面１４２は壁に反射性の被覆を備え、出口孔１２４のための被覆されていない部分を有していてもよい。

【００４７】

[0061] 反射面１４２を含む実施形態においては、反射面１４２は、伝送ブロック１２０内の鏡１２６と同様に受光経路を折り曲げることによって、共有空間１４０の寸法を縮小することができる。追加的又は代替的には、いくつかの例においては、反射面１４２は、合焦された光１０３を受光ブロック１３０に向けて、ハウジング１１０内の受光ブロック１３０の配置にさらに柔軟性をもたらしてもよい。例えば、反射面１４２の傾きを変化させると、合焦された光１０８がハウジング１１０の内部空間の様々な部分へと反射されることになり得るため、受光ブロック１３０はハウジング１１０内の対応する位置に配置され得る。追加的又は代替的には、この例においては、ＬＩＤＡＲ装置１００は、反射面１

４２の傾きを変化させることによって校正されてもよい。

【００４８】

[0062] ハウジング１１０に取り付けられたレンズ１５０は、伝送ブロック１２０内の光源１２２からの出射光ビーム１０２をコリメートし且つＬＩＤＡＲ装置１００の環境内の１つ以上の対象物からの反射光１０６を受光ブロック１３０内の検出器１３２上に合焦させる光パワーを有していてもよい。一例においては、レンズ１５０はおよそ１２０ｍｍの焦点距離を有する。コリメート用の伝送レンズと合焦用の受光レンズとに代えて、同一のレンズ１５０を用いてこれらの両機能を実施することにより、寸法、費用、及び／又は複雑さに関して利点がもたらされ得る。いくつかの例においては、出射光ビーム１０２をコリメートしてコリメートされた光ビーム１０４を提供することで、コリメートされた光ビーム１０４がＬＩＤＡＲ装置１００の環境内の１つ以上の対象物まで移動する距離を判定することができる。

【００４９】

[0063] 例示的な筋書きでは、伝送経路に沿って通過する光源１２２からの出射光ビーム１０２は、ＬＩＤＡＲ装置１００の環境にコリメートされた光ビーム１０４を提供するべく、レンズ１５０によってコリメートされてもよい。コリメートされた光ビーム１０４は次いでＬＩＤＡＲ装置１００の環境内の１つ以上の対象物に反射し、反射光１０６としてレンズ１５０に返ってきてもよい。すると、レンズ１５０は反射光１０６を集光し、合焦された光１０８として受光ブロック１３０内に含まれる検出器１３２上に合焦してもよい。いくつかの例においては、ＬＩＤＡＲ装置１００の環境内の１つ以上の対象物の態様は、出射光ビーム１０２を合焦された光ビーム１０８と比較することによって判定され得る。態様は、例えば、１つ以上の対象物の距離、形状、色彩、及び／又は材料を含んでいてもよい。追加的には、いくつかの例においては、ハウジング１１０を回転させることによって、ＬＩＤＡＲ装置１００の周囲の三次元地図が決定されてもよい。

【００５０】

[0064] いくつかの例においては、複数の光源１２２は伝送ブロック１２０の湾曲面に沿って配置されたているが、その場合レンズ１５０は、伝送ブロック１２０の湾曲面に対応した焦点面を有するように構成されていてもよい。例えば、レンズ１５０は、ハウジング１１０の外側には非球面を、共有空間１４０に面したハウジング１１０の内側にはトロイダル面を、備えていてもよい。この例においては、レンズ１５０の形状が、レンズ１５０が出射光ビーム１０２をコリメートし且つ反射光１０６を合焦させることを可能にする。また、この例においては、レンズ１５０の形状が、レンズ１５０が伝送ブロック１２０の湾曲面に対応した焦点面を有することを可能にする。いくつかの例においては、レンズ１５０により提供される焦点面は、伝送ブロック１２０の湾曲形状に略一致する。また、いくつかの例においては、検出器１３２は、同様に受光ブロック１３０の湾曲形状に配置されて、レンズ１５０により提供される湾曲した焦点面に沿って合焦された光１０８を受光してもよい。したがって、いくつかの例においては、受光ブロック１３０の湾曲面もまた、レンズ１５０により提供される湾曲した焦点面に略一致していてもよい。

【００５１】

[0065] 図２は、例示的なＬＩＤＡＲ装置２００の断面図である。この例においては、ＬＩＤＡＲ装置２００は、伝送ブロック２２０と、受光ブロック２３０と、共有空間２４０と、レンズ２５０とを収容するハウジング２１０を含む。説明のため、図２はｘ－ｙ－ｚ軸を示しており、ここでｚ軸は略垂直方向にあり、ｘ軸及びｙ軸は略水平面を定義する。

【００５２】

[0066] ＬＩＤＡＲ装置２００に含まれる様々な構成要素の構造、機能、及び動作は、図１に記載のＬＩＤＡＲ装置１００に含まれる対応する構成要素と同様である。例えば、ハウジング２１０、伝送ブロック２２０、受光ブロック２３０、共有空間２４０、及びレンズ２５０は、それぞれ図１に記載のハウジング１１０、伝送ブロック１２０、受光ブロック１３０、及び共有空間１４０と同様である。

【００５３】

[0067] 伝送ブロック２２０は、レンズ２５０により定義された湾曲した焦点面２２８に沿って配置された複数の光源２２２ａ～ｃを含む。複数の光源２２２ａ～ｃは、それぞれ波長範囲内の波長を有する複数の光ビーム２０２ａ～ｃを出射するように構成されていてもよい。例えば、複数の光源２２２ａ～ｃは、波長範囲内の波長を有する複数の光ビーム２０２ａ～ｃを出射するレーザダイオードを備えていてもよい。複数の光ビーム２０２ａ～ｃは、鏡２２４によって、出口孔２２６を通って共有空間２４０内へと反射され、レンズ２５０の方に向かう。複数の光源２２２ａ～ｃ、鏡２２４、及び出口孔２２６の構造、機能、及び動作は、それぞれ図１のＬＩＤＡＲ装置１００の説明において述べられた複数の光源１２２、鏡１２４、及び出口孔２２６と同様であってもよい。

【００５４】

[0068] 図２は湾曲した焦点面２２８がｘ－ｙ平面（水平面）内で湾曲していることを示しているが、追加的又は代替的には、複数の光源２２２ａ～ｃは、垂直面内で湾曲した焦点面に沿って配置されてもよい。例えば、湾曲した焦点面２２８は垂直面内の湾曲を有していてもよく、複数の光源２２２ａ～ｃは、湾曲した焦点面２２８に沿って垂直に配置されるとともに鏡２２４に向けられ出口孔２２６を通して反射される光ビームを出射するように構成された追加的な光源を含んでいてもよい。

【００５５】

[0069] 湾曲した焦点面２２８に沿って複数の光源２２２ａ～ｃを配置することにより、複数の光ビーム２０２ａ～ｃは、いくつかの例においては、出口孔２２６に向かって収束し得る。したがって、これらの例においては、出口孔２２６は、複数の光ビーム２０２ａ～ｃの垂直及び水平の範囲を収容可能としつつ、最小の寸法決めがなされていてもよい。また、いくつかの例においては、湾曲した焦点面２２８はレンズ２５０により定義されていてもよい。例えば、湾曲した焦点面２２８は、レンズ２５０の形状及び構成により、レンズ２５０の焦点面に対応していてもよい。この例においては、複数の光源２２２ａ～ｃは、レンズ２５０によって伝送ブロックに定義される焦点面に沿って配置されていてもよい。

【００５６】

[0070] 複数の光ビーム２０２ａ～ｃは、伝送ブロック２２０と、出口孔２２６と、共有空間２４０とを通りレンズ２５０に向かって延伸する伝送経路を伝播する。レンズ２５０は、複数の光ビーム２０２ａ～ｃをコリメートして、コリメートされた光ビーム２０４ａ～ｃをＬＩＤＡＲ装置２００の環境内へと提供する。コリメートされた光ビーム２０４ａ～ｃはそれぞれ複数の光ビーム２０２ａ～ｃに対応する。いくつかの例においては、コリメートされた光ビーム２０４ａ～ｃは、反射光２０６としてＬＩＤＡＲ装置２００の環境内の１つ以上の対象物に反射する。反射光２０６は、共有空間２４０を通って受光ブロック２３０上へと延伸する受光経路に沿って伝わる合焦された光２０８として、共有空間２４０内へとレンズ２５０により合焦されてもよい。例えば、合焦された光２０８は、受光ブロック２３０に向かって伝播する合焦された光２０８ａ～ｃとして、反射面２４２により反射されてもよい。

【００５７】

[0071] レンズ２５０は、複数の光ビーム２０２ａ～ｃをコリメートし且つレンズ２５０の形状及び構成により受光経路２０８に沿って受光ブロック２３０に向かって反射光２０６を合焦させることが可能であってもよい。例えば、レンズ２５０は、ハウジング２１０の外側に面した非球面２５２と、共有空間２４０に面したトロイダル面２５４とを有していてもよい。コリメート用の伝送レンズと合焦用の受光レンズとに代えて、同一のレンズ２５０を用いてこれらの両機能を実施することにより、寸法、費用、及び／又は複雑性に関して利点がもたらされ得る。

【００５８】

[0072] 出口孔２２６は、伝送ブロック２２０を共有空間２４０から分離する壁２４４に含まれている。いくつかの例においては、壁２４４は、反射性材料２４２で被覆された透明な材料（例えばガラス）から形成されていてもよい。この例においては、出口孔２２６

は、壁２４４の、反射性材料２４２で被覆されていない部分に対応していてもよい。追加的又は代替的には、出口孔２２６は壁２４４に穴又は切欠を備え得る。

【００５９】

[0073] 合焦された光２０８は、反射面２４２により反射され、受光ブロック２３０の入口孔２３４の方に向けられる。いくつかの例においては、入口孔２３４は、複数の光源２２２ａ～ｃにより出射された複数の光ビーム２０２ａ～ｃの波長範囲の波長は通し他の波長は減衰させるように構成されたフィルタリング窓を備えていてもよい。合焦された光２０８から反射面２４２により反射された合焦された光２０８ａ～ｃはそれぞれ複数の検出器２３２ａ～ｃ上へと伝播する。入口孔２３４及び複数の検出器２３２ａ～ｃの構造、機能、及び動作はそれぞれ、図１に記載のＬＩＤＡＲ装置１００に含まれる入口孔１３４及び複数の検出器１３２に類似している。

【００６０】

[0074] 複数の検出器２３２ａ～ｃは、受光ブロック２３０の湾曲した焦点面２３８に沿って配置されてもよい。図２は湾曲した焦点面２３８がｘ－ｙ平面（水平面）に沿って湾曲していることを示しているが、追加的又は代替的には、湾曲した焦点面２３８は垂直面内で湾曲していてもよい。焦点面２３８の湾曲は、レンズ２５０によっても定義される。例えば、湾曲した焦点面２３８は、受光経路に沿ってレンズ２５０により投影された光の、受光ブロック２３０における焦点面に対応していてもよい。

【００６１】

[0075] 合焦された光２０８ａ～ｃの各々は、それぞれ出射光ビーム２０２ａ～ｃに対応しており、それぞれ複数の検出器２３２ａ～ｃ上に向けられる。例えば、検出器２３２ａは、ＬＩＤＡＲ装置２００の環境内の１つ以上の対象物に反射したコリメートされた光ビーム２０４ａに対応する、合焦された光２０８ａを受光するように構成及び配置されている。この例においては、コリメートされた光ビーム２０４ａは、光源２２２ａにより出射された光ビーム２０２ａに対応する。したがって、検出器２３２ａは光源２２２ａによって出射された光を受光し、検出器２３２ｂは光源２２２ｂによって出射された光を受光し、検出器２３２ｃは光源２２２ｃにより出射された光を受光する。

【００６２】

[0076] 受光した光２０８ａ～ｃを出射光ビーム２０２ａ～ｃと比較することにより、ＬＩＤＡＲ装置２００の環境内の１つ以上の対象物の少なくとも１つの態様が判定され得る。例えば、複数の光ビーム２０２ａ～ｃが複数の光源２２２ａ～ｃにより出射された時刻と複数の検出器２３２ａ～ｃが合焦された光２０８ａ～ｃを受光した時刻とを比較することによって、ＬＩＤＡＲ装置２００とＬＩＤＡＲ装置２００の環境内の１つ以上の対象物との間の距離が判定され得る。いくつかの例においては、形状、色彩、材料などといった他の態様もまた判定され得る。

【００６３】

[0077] いくつかの例においては、ＬＩＤＡＲ装置２００の周囲の三次元地図を決定するために、ＬＩＤＡＲ装置２００が軸を中心として回転されてもよい。例えば、ＬＩＤＡＲ装置２００は、矢印２９０により図示されるように、略垂直軸を中心として回転されてもよい。ＬＩＤＡＲ装置２００は、矢印２９０により示されるように、軸を中心として反時計回りに回転されることが図示されているが、追加的又は代替的には、ＬＩＤＡＲ装置２００は時計回りの方向に回転されてもよい。いくつかの例においては、ＬＩＤＡＲ装置２００は、軸を中心として３６０度回転されてもよい。他の例においては、ＬＩＤＡＲ装置２００は、ＬＩＤＡＲ装置２００の３６０度の視野のうち一部に沿って正逆回転されてもよい。例えば、ＬＩＤＡＲ装置２００は、完全に回転することなく軸を中心として前後にぐらつくプラットフォームに搭載されてもよい。

【００６４】

[0078] 図３Ａは、本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、様々な構成要素が取り付けられた例示的なＬＩＤＡＲ装置３００の斜視図である。図３Ｂは、ハウジング３１０の内部空間を示すために様々な構成要素が取り除かれた状態の、図３Ａに示す

例示的なＬＩＤＡＲ装置３００の斜視図である。ＬＩＤＡＲ装置３００の構造、機能、及び動作は、図１及び２にそれぞれ記載のＬＩＤＡＲ装置１００及び２００と同様である。例えば、ＬＩＤＡＲ装置３００はハウジング３１０を含み、このハウジングは伝送ブロック３２０、受光ブロック３３０、及びレンズ３５０を収容しているが、これらはそれぞれ図１に記載のハウジング１１０、伝送ブロック１２０、受光ブロック１３０、及びレンズ１５０と同様である。また、図１に記載のコリメートされた光ビーム１０４及び反射光１０６と同様、コリメートされた光ビーム３０４はレンズ３５０からＬＩＤＡＲ装置３００の環境の方に向かって伝播するとともに、反射光３０６として環境内の１つ以上の対象物に反射する。

【００６５】

[0079] ＬＩＤＡＲ装置３００は、取り付け構造３６０に取り付けられるとともに軸を中心として回転され、ＬＩＤＡＲ装置３００の周囲の環境の３６０度の視界を提供することができる。いくつかの例においては、取り付け構造３６０は、１つ以上の方向に傾いてＬＩＤＡＲ装置３００の回転軸を変更し得る可動プラットフォームを備えていてもよい。

【００６６】

[0080] 図３Ｂに図示されるように、ＬＩＤＡＲ装置３００の様々な構成要素は、ハウジング３１０に取り外し可能に取り付けることができる。例えば、伝送ブロック３２０は１つ以上のプリント回路基板（ＰＣＢ）を備えていてもよく、このＰＣＢはハウジング３１０内の伝送ブロック３２０を取り付け可能な部分に嵌装される。また、受光ブロック３３０は、フレキシブル基板に取り付けられた複数の検出器３３２を備えていてもよく、複数の検出器を含むブロックとしてハウジング３１０に取り外し可能に取り付けられ得る。同様に、レンズ３５０は、ハウジング３１０の別の側面に取り付けられてもよい。

【００６７】

[0081] 複数の光ビーム３０２は、伝送ブロック３２０によって共有空間３４０内及びレンズ３５０の方へと伝送されてもよく、コリメートされてコリメートされた光ビーム３０４となる。同様に、受光された光３０６は、レンズ３５０によって合焦され、共有空間３４０を通って受光ブロック３３０上へと向けられてもよい。

【００６８】

[0082] 図４は、本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による例示的な伝送ブロック４２０を示す。伝送ブロック４２０は、図１乃至３に記載の伝送ブロック１２０、２２０、及び３２０に対応していてもよい。例えば、伝送ブロック４２０は、図２の伝送ブロック２２０に含まれる複数の光源２２２ａ～ｃと同様の複数の光源４２２ａ～ｃを含む。また、光源４２２ａ～ｃは、垂直面内で湾曲している焦点面４２８に沿って配置される。光源４２２ａ～ｃは、出口孔４２６を通って壁４４４内で収束し伝播する複数の光ビーム４０２ａ～ｃを出射するように構成されている。

【００６９】

[0083] 複数の光源４２２ａ～ｃは垂直面内で湾曲している焦点面４２８に沿って配置可能であるが、追加的又は代替的には、複数の光源４２２ａ～ｃは、水平面内で湾曲する焦点面又は垂直及び水平の両方に湾曲した焦点面に沿って配置されてもよい。例えば、複数の光源４２２ａ～ｃは、三次元格子パターンで配置され得る。例えば、伝送ブロック４２０は複数のプリント回路基板（ＰＣＢ）を備えていてもよく、このＰＣＢは、複数の光源４２２ａ～ｃのような光源の列が各ＰＣＢの垂直軸に沿うように、垂直に取り付けられる。また、複数のＰＣＢの各々は、三次元格子パターンを提供するべく、他の垂直に取り付けられたＰＣＢに隣接して、水平に湾曲した平面に沿って配置されてもよい。

【００７０】

[0084] 図４に示されるように、光ビーム４０２ａ～ｃは出口孔４２６に向かって収束し、これが、図２に記載の出口孔２２６と同様、光ビーム４０２ａ～ｃの垂直及び水平の範囲を収容しつつ出口孔４２６の寸法を最小化することを可能にする。

【００７１】

[0085] 図１の説明において上記したように、光源１２２からの光は、出口孔１２４を通

るように部分的にコリメートされ得る。図５Ａ、５Ｂ、及び５Ｃは、そのような部分的なコリメートがどのようにして達成され得るのかの一例を図示する。この例においては、光源５００は、レーザダイオード５０２とシリンドリカルレンズ５０４とからなる。図５Ａに示されるように、レーザダイオード５０２は、速軸５０８に対応する短い寸法と遅軸５１０に対応する長い寸法とを備えた孔５０６を有する。図５Ｂ及び５Ｃは、コリメートされていないレーザビーム５１２がレーザダイオード５０２から出射されていることを示す。レーザビーム５１２は、速軸５０８により定義される一方の方向と、遅軸５１０により定義される別の概ね直交する方向という、２方向に発散する。図５Ｂは速軸５０８に沿ったレーザビーム５１２の発散を示し、その一方で図５Ｃは遅軸５１０に沿ったレーザビーム５１２の発散を示す。レーザビーム５１２は、遅軸５１０に沿ってよりも速軸５０８に沿っての方が、より迅速に発散する。

【００７２】

[0086] １つの具体例においては、レーザダイオード５０２は、約８９６ｎｍから約９１０ｎｍまでの波長範囲（公称波長９０５ｎｍ）の光のパルスを出射するＯｓｒａｍ社のＳＰＬ　ＤＬ９０＿３ナノスタックパルスレーザダイオードである。この具体例では、孔は、速軸に対応する約１０ミクロンの短い寸法と、遅軸に対応する約２００ミクロンの長い寸法とを有する。この具体例におけるレーザビームの発散は、速軸に沿って約２５度及び遅軸に沿って約１１度である。この具体例は説明的なものに過ぎないことが理解されるべきである。レーザダイオード５０２は、異なる構成、異なる孔寸法、異なるビーム発散を有し得るものであり、及び／又は異なる波長を出射し得る。

【００７３】

[0087] 図５Ｂ及び５Ｃに示されるように、シリンドリカルレンズ５０４は、そのシリンダ軸５１４が概ね遅軸５１０に平行且つ速軸５０８に垂直の状態で、孔５０６の前に配置されてもよい。この配置においては、シリンドリカルレンズ５０４はレーザビーム５１２を速軸５０８に沿って予めコリメートすることができ、その結果部分的にコリメートされたレーザビーム５１６がもたらされる。いくつかの例においては、このように予めコリメートすることにより、速軸５０８に沿った発散が約１度以下にまで低減される。それにもかかわらず、遅軸５１０に沿った発散はシリンドリカルレンズ５０４によっては大部分が不変であり得るため、レーザビーム５１６は部分的にのみコリメートされる。このように、レーザダイオードにより出射されたコリメートされていないレーザビーム５１２が遅軸５１０に沿ってよりも速軸５０８に沿ってより大きな発散を有する一方で、シリンドリカルレンズ５０４により提供される部分的にコリメートされたレーザビーム５１６は、速軸５０８に沿ってよりも遅軸５１０に沿ってより大きな発散を有し得る。また、コリメートされていないレーザビーム５１２及び部分的にコリメートされたレーザビーム５１６における遅軸５１０に沿った発散は、実質的に等しくてもよい。

【００７４】

[0088] 一例においては、シリンドリカルレンズ５０４は、約６００ミクロンの直径を有し孔５０６の前方約２５０ミクロンに配置されたマイクロロッドレンズである。マイクロロッドレンズの材料は、例えば、溶融シリカ又はＳｃｈｏｔｔ社のＢＫ７のようなホウケイ酸クラウンガラスであり得る。代替的には、マイクロロッドレンズは、成形プラスチックシリンダ又はアシリンダであり得る。シリンドリカルレンズ５０４は速軸５０８に沿った拡大を提供するためにも用いられ得る。例えば、前述のように孔５０６の寸法が１０ミクロン×２００ミクロンであり、シリンドリカルレンズ５０４が上述のようにマイクロロッドレンズである場合には、シリンドリカルレンズ５０４は、（速軸５０８に対応する）短い方の寸法を約２０倍に拡大してもよい。この拡大は孔５０６の短い方の寸法を長い方の寸法と概ね同一にまで効果的に伸張する。その結果、レーザビーム５１６からの光が例えば検出器上に合焦されるとき、その集光スポットは孔５０６の長方形のスリット形状の代わりに略正方形状を有し得る。

【００７５】

[0089] 図６Ａは、本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、例示的な受

光ブロック６３０を示す。図６Ｂは、図６Ａの受光ブロック６３０に含まれている３つの検出器６３２ａ～ｃの側面図を示す。受光ブロック６３０は、図１乃至３に記載の受光ブロック１３０、２３０、及び３３０に対応していてもよい。例えば、図２に記載の受光ブロック２３０、検出器２３２、及び湾曲平面２３８と同様に、受光ブロック６３０は、レンズ６５０により定義された湾曲面６３８に沿って配置された複数の検出器６３２ａ～ｃを含む。図２に記載の合焦された光２０８ａ～ｃ、レンズ２５０、反射面２４２、及び検出器２３２ａ～ｃとそれぞれ同様に、レンズ６５０からの合焦された光６０８ａ～ｃは反射面６４２を含む受光経路に沿って検出器６３２ａ～ｃ上に伝播する。

【００７６】

[0090] 受光ブロック６３０はフレキシブル基板６８０を備え、その上には複数の検出器６３２ａ～ｃが湾曲面６３８に沿って配置されている。フレキシブル基板６８０は、湾曲面６３８を有する受光ブロックハウジング６９０に取り付けられることによって、湾曲面６３８に一致する。図６に示されるように、湾曲面６３８は、受光ブロック６３０の垂直軸及び水平軸に沿って湾曲した検出器６３２ａ～ｃの配置を含む。

【００７７】

[0091] 図７Ａ及び７Ｂは、本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、非球面７５２とトロイダル面７５４とを備えた例示的なレンズ７５０を示す。図７Ｂは、図７Ａに示す例示的なレンズ７５０の断面図を示す。レンズ７５０は、図１乃至３に含まれるレンズ１５０、２５０、及び３５０に対応していてもよい。例えば、レンズ７５０は、光源からトロイダル面７５４に入射する光をコリメートして非球面７５２から出て伝播するコリメートされた光にするとともに非球面７５２から入ってくる反射光を検出器上に合焦させるように構成されていてもよい。非球面７５２とトロイダル面７５４とを含むレンズ７５０の構造は、レンズ７５０が上記の例において説明したコリメート及び合焦の両方の機能を実施することを可能にする。

【００７８】

[0092] いくつかの例においては、レンズ７５０は、非球面７５２及びトロイダル面７５４によって、レンズ７５０を通って伝播する光の焦点面を定義する。これらの例においては、トロイダル面７５４に入る光を提供する光源は定義された焦点面に沿って配置されていてもよく、非球面７５２に入る光から合焦された光を受光する検出器もまた定義された焦点面に沿って配置されていてもよい。

【００７９】

[0093] コリメート用の伝送レンズ及び合焦用の受光レンズに代えてこれらの機能（伝送された光のコリメート及び受光した光の合焦）の両方を行うレンズ７５０を用いることにより、寸法、費用、及び／又は複雑さに関して利点がもたらされ得る。

【００８０】

[0094] 図８Ａは、本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、車両８００に搭載された例示的なＬＩＤＡＲ装置８１０を示す。図８Ａは車両８００の右側面図、正面図、背面図、及び上面図を示す。車両８００は図８においては自動車として図示されているが、他の例が考えられる。例えば、車両８００とは、数ある例の中でも、トラック、バン、セミトレーラ・トラック、オートバイ、ゴルフカート、オフロード車両、又は農作業車両を意味し得る。

【００８１】

[0095] 図８Ａに示されるＬＩＤＡＲ装置８１０の構造、機能、及び動作は、図１乃至３に示される例示的なＬＩＤＡＲ装置１００、２００、及び３００と同様である。例えば、ＬＩＤＡＲ装置８１０は、軸を中心として回転しＬＩＤＡＲ装置８１０の周囲環境の三次元地図を決定するように構成されていてもよい。回転を容易にするため、ＬＩＤＡＲ装置８１０はプラットフォーム８０２上に搭載されていてもよい。いくつかの例においては、プラットフォーム８０２は、車両８００がＬＩＤＡＲ装置８１０の回転軸を制御することを可能にする可動台を備えていてもよい。

【００８２】

[0096] ＬＩＤＡＲ装置８１０は車両８００上の特定の位置に搭載されるように図示されているが、いくつかの例においては、ＬＩＤＡＲ装置８１０は車両８００上の他の場所に搭載されてもよい。例えば、ＬＩＤＡＲ装置８１０は車両８００の上、車両８００の側部、車両８００の下、車両８００のボンネット上、及び／又は車両８００のトランク上のどこに搭載されてもよい。

【００８３】

[0097] ＬＩＤＡＲ装置８１０はレンズ８１２を含み、図１乃至３に記載のレンズ１５０、２５０、及び３５０と同様、コリメートされた光はこのレンズを通ってＬＩＤＡＲ装置８１０からＬＩＤＡＲ装置８１０の周囲環境へと伝送される。同様に、レンズ８１２はまた、周囲環境内の１つ以上の対象物に反射されたＬＩＤＡＲ装置８１０の周囲環境からの反射光を受光するように構成されていてもよい。

【００８４】

[0098] 図８Ｂは、本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、図８Ａに示すＬＩＤＡＲ装置８１０が１つ以上の対象物を含む環境８３０をスキャンしている筋書きを示す。この例示的な筋書きにおいて、車両８００は環境８３０内の道路８２２上を移動していてもよい。プラットフォーム８０２により定義される軸を中心としてＬＩＤＡＲ装置８１０を回転させることにより、ＬＩＤＡＲ装置８１０は、車線境界線８２４ａ～ｂ、他の車両８２６ａ～ｃ、及び／又は道路標識８２８といった周囲環境８３０内の対象物の態様を判定することができてもよい。このように、ＬＩＤＡＲ装置８１０は、対象物の距離、形状、色彩、及び／又は材料の種類を含め、周囲環境８３０内の対象物についての情報を車両８００に提供することができる。

【００８５】

[0099] 図９は、本明細書に記載の少なくともいくつかの実施形態による、ＬＩＤＡＲ装置の動作の方法９００のフローチャートである。図９に示される方法９００は、例えばＬＩＤＡＲ装置１００、２００、及び３００とともに用いられ得る方法の一実施形態を提示する。方法９００は、ブロック９０２～９１２のうち１つ以上により示される１つ以上の動作、機能、又は作用を含み得る。ブロックは順番に示されているが、場合によってはこれらのブロックは並行して及び／又は本明細書に記載されたものとは異なる順序で実施されてもよい。また、様々なブロックが組み合わされてより少数のブロックにされたり、分割されて追加的なブロックにされたり、及び／又は所望の実装形態に基づいて除去されたりしてもよい。

【００８６】

[00100] さらに、方法９００ならびに本明細書に記載の他のプロセス及び方法について、フローチャートは本発明の諸実施形態の１つの考え得る実装形態の機能性及び動作を示す。この点に関して、各ブロックは、モジュール、セグメント、あるいは製造又は動作プロセスの一部を表していてもよい。

【００８７】

[00101] ブロック９０２において、方法９００は、光検出及び測距（ＬＩＤＡＲ）装置のハウジングを軸を中心として回転させることを含む。ここで、ハウジングは伝送ブロックと、受光ブロックと、共有空間とを含む内部空間を備え、伝送ブロックは出口孔を有し、受光ブロックは入口孔を有する。

【００８８】

[00102] ブロック９０４において、方法９００は、伝送ブロック内の複数の光源によって、伝送経路を介して共有空間に入る複数の光ビームを出射することを含む。光ビームは波長範囲の波長を有する光を含んでいる。

【００８９】

[00103] ブロック９０６において、方法９００は、伝送経路に沿ってハウジングに取り付けられたレンズにおいて光ビームを受光することを含む。

【００９０】

[00104] ブロック９０８において、方法９００は、レンズによって、ＬＩＤＡＲ装置の

環境内に伝送する光ビームをコリメートすることを含む。

【００９１】

[00105] ブロック９１０において、方法９００は、集光された光を、共有空間及び受光ブロックの入口孔を通って延伸する受光経路を介して、レンズにより受光ブロック内の複数の検出器上に合焦させることを含む。

【００９２】

[00106] ブロック９１２において、方法９００は、受光ブロック内の複数の検出器によって、波長範囲の波長を有する合焦された光からの光を検出することを含む。

【００９３】

[00107] 例えば、ＬＩＤＡＲ装置２００のようなＬＩＤＡＲ装置が、軸を中心として回転されてもよい（ブロック９０２）。伝送ブロック２２０のような伝送ブロックは、波長範囲の波長を有する光ビームを出口孔及び共有空間を通してレンズへと出射する複数の光源を含んでいてもよい（ブロック９０４）。光ビームは、レンズによって受光され（ブロック９０６）、ＬＩＤＡＲ装置の環境へと伝送するためにコリメートされてもよい（ブロック９０８）。すると、コリメートされた光はＬＩＤＡＲ装置の環境内の１つ以上の対象物に反射し、レンズによって集光された反射光として戻ってきてもよい。次に、レンズは、集光された光を、共有空間及び受光ブロックの入口孔を通って延伸する受光経路を介して、受光ブロック内の複数の検出器上に合焦してもよい（ブロック９１０）。その後、受光ブロック内の複数の検出器は、光源からの出射光ビームの波長範囲の波長を有する合焦された光からの光を検出してもよい（ブロック９１２）。

【００９４】

[00108] 例において、記載された装置及び動作方法は、軸を中心として回転されるとともにコリメートされた光を伝送し反射光を合焦するように構成されたＬＩＤＡＲ装置を含む。コリメート及び合焦は共用レンズによって行われてもよい。コリメート用の伝送レンズ及び合焦用の受光レンズに代えてこれらの機能の両方を行う共用レンズを用いることにより、寸法、費用、及び／又は複雑性に関して利点がもたらされ得る。また、いくつかの例においては、共用レンズは湾曲した焦点面を定義してもよい。これらの例においては、共用レンズを通して光を出射する光源と、共用レンズにより合焦された光を受光する検出器とが、共用レンズにより定義される湾曲した焦点面に沿って配置されてもよい。

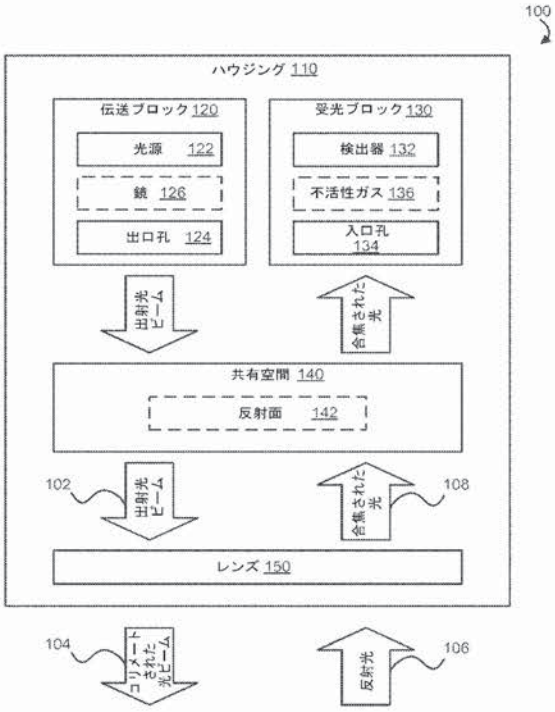
【００９５】

[00109] 本明細書に記載の配置は例示を目的としたものに過ぎないことが理解されるべきである。したがって、当業者には、他の配置及び他の要素（例えば機械、インタフェース、機能、順序、及び機能のグループ分けなど）を代わりに用いることが可能であり、いくつかの要素は所望の結果に応じて完全に省略され得ることがわかるであろう。さらに、記載されている要素の多くは、別々のもしくは分散した構成要素として、又は任意の適切な組み合わせ及び位置で他の構成要素と連携して実装され得る機能実体であり、あるいは、独立した構造として記載されている他の構造要素が組み合わされてもよい。

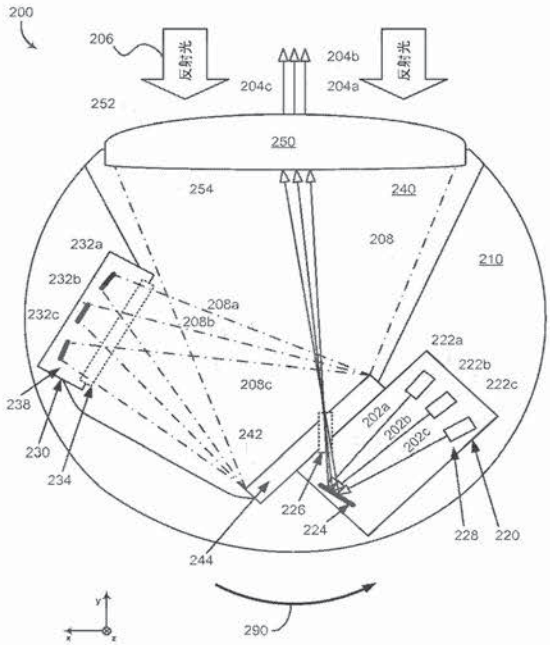
【００９６】

[00110] 本明細書においては様々な態様及び実施形態が開示されているが、当業者には、他の態様及び実施形態が明らかであろう。本明細書に記載の様々な態様及び実施形態は説明を目的とするものであって限定することを意図してはおらず、その真の範囲は、以下の特許請求の範囲と、そのような特許請求の範囲に認められる均等物の全範囲とにより示される。本明細書において用いられている用語は特定の実施形態を説明することのみを目的としており、限定的であることは意図されていないことも理解されるべきである。

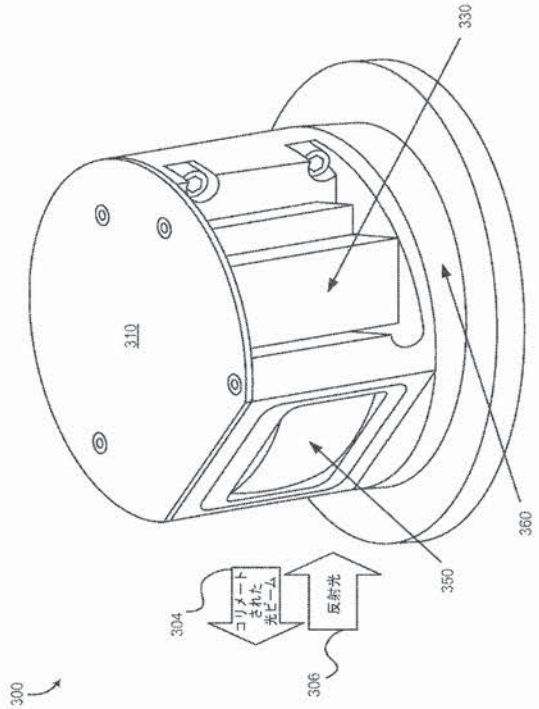
【図１】


100
ハウジング 110
伝送ブロック 120
光源 122
鏡 126
出口孔 124
受光ブロック 130
検出器 132
不活性ガス 136
入口孔 134
出射光ビーム
合焦された光
共有空間 140
反射面 142
102
出射光ビーム
合焦された光
108
レンズ 150
104
コリメートされた光ビーム
反射光
106

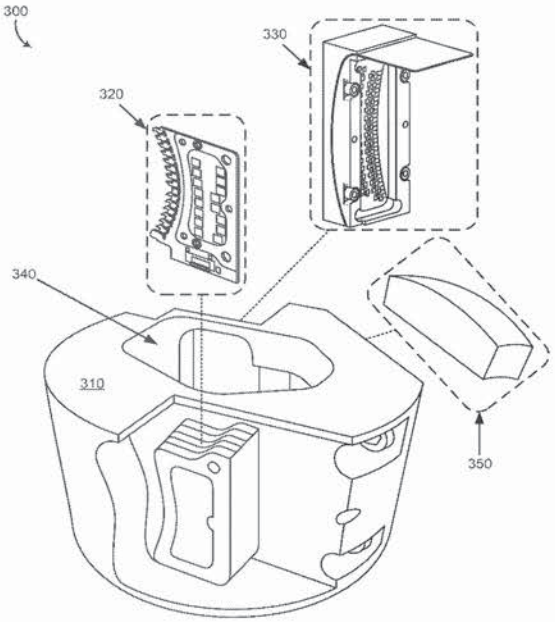
【図２】


200
206
反射光
204b
204c
204a
反射光
252
250
254
240
208
210
232a
232b
232c
208a
208b
208c
222a
222b
222c
202a
202b
202c
238
230
234
242
226
224
228
220
244
290

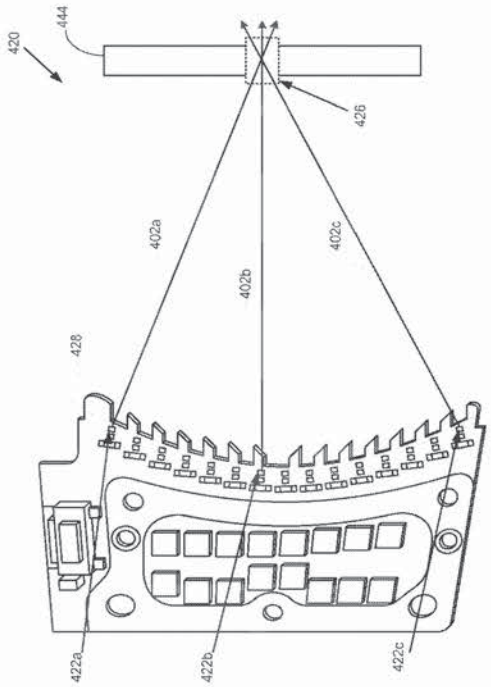
【図３Ａ】


330
310
360
350
304
コリメートされた光ビーム
反射光
306
300

【図３Ｂ】


300
330
320
340
310
350

【図４】



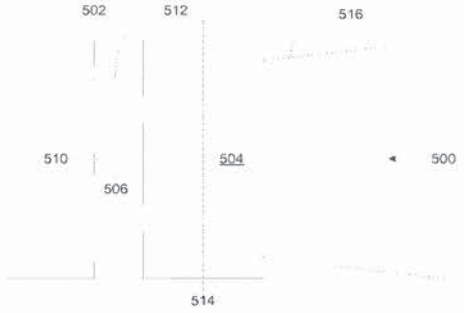
【図５Ａ】



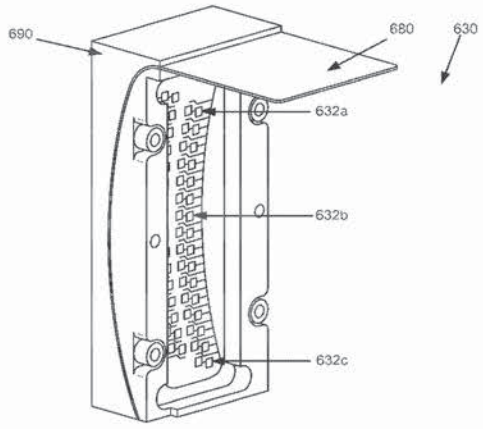
【図５Ｂ】



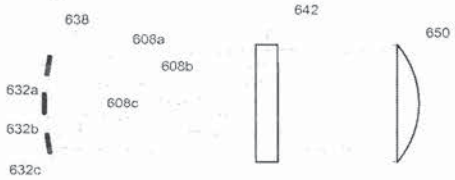
【図５Ｃ】



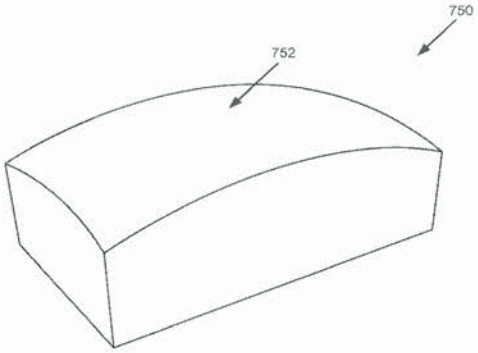
【図６Ａ】



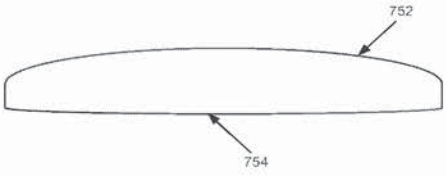
【図６Ｂ】



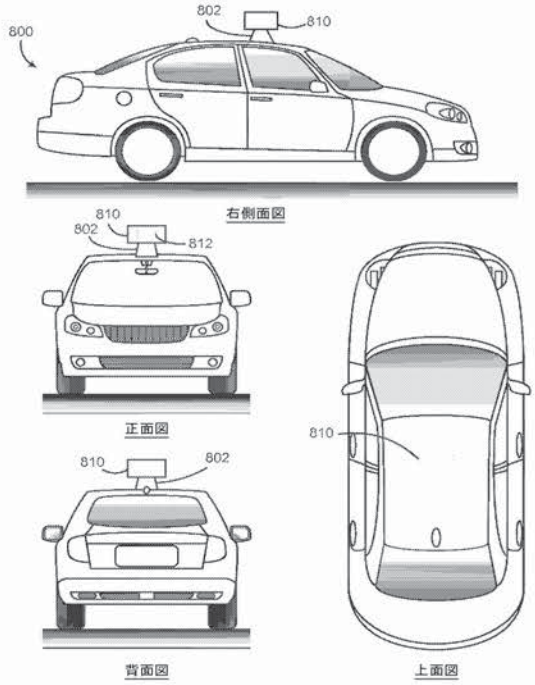
【図７Ａ】



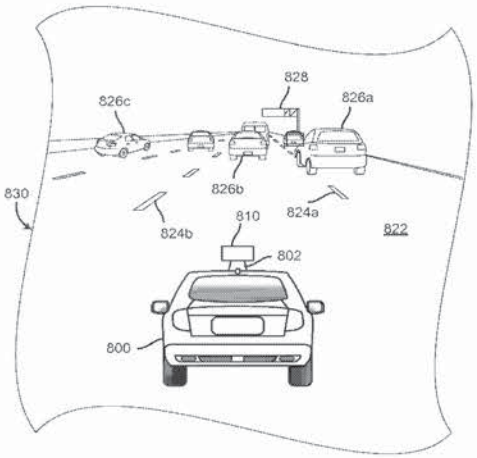
【図７Ｂ】



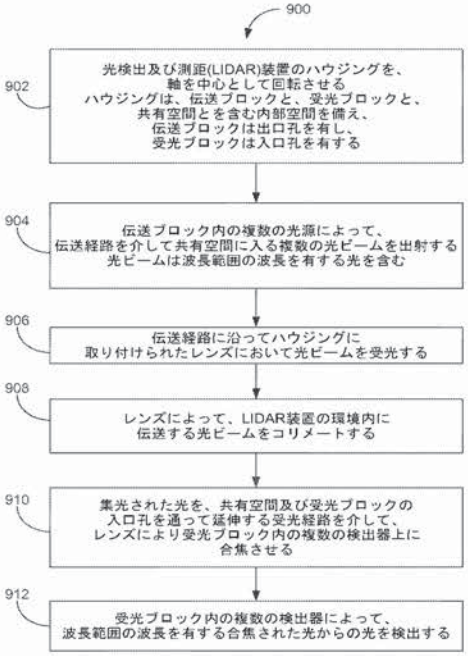
【図８Ａ】


800
802
810
右側面図
810
802
812
正面図
810
802
背面図
810
上面図

【図８Ｂ】


828
826c
826a
826b
830
824b
824a
822
810
802
800

【図９】


900
902
光検出及び測距(LIDAR)装置のハウジングを、
軸を中心として回転させる
ハウジングは、伝送ブロックと、受光ブロックと、
共有空間とを含む内部空間を備え、
伝送ブロックは出口孔を有し、
受光ブロックは入口孔を有する
904
伝送ブロック内の複数の光源によって、
伝送経路を介して共有空間に入る複数の光ビームを出射する
光ビームは波長範囲の波長を有する光を含む
906
伝送経路に沿ってハウジングに
取り付けられたレンズにおいて光ビームを受光する
908
レンズによって、LIDAR装置の環境内に
伝送する光ビームをコリメートする
910
集光された光を、共有空間及び受光ブロックの
入口孔を通って延伸する受光経路を介して、
レンズにより受光ブロック内の複数の検出器上に
合焦させる
912
受光ブロック内の複数の検出器によって、
波長範囲の波長を有する合焦された光からの光を検出する

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2014/047864

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 13/66(2006.01)i, G01S 13/48(2006.01)i, G01S 13/88(2006.01)i

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 13/66; G06F 15/00; G01B 11/14; G01B 11/26; G01C 3/08; G01S 13/48; G01S 13/88

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean utility models and applications for utility models
Japanese utility models and applications for utility models

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
eKOMPASS(KIPO internal) & keywords: LIDAR, source, rotate, lens, detector

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008-0316463 A1 (OKADA et al.) 25 December 2008 See abstract, paragraphs [0032]-[0056], [0099]-[0103] and figures 1-3, 8.	1-20
Y	US 2011-0216304 A1 (HALL) 08 September 2011 See abstract, paragraphs [0030]-[0034], [0041]-[0059], claim 1 and figures 1-9, 14-15.	1-20
A	US 2010-0302528 A1 (HALL) 02 December 2010 See paragraphs [0015]-[0040], claim 16 and figures 1-3.	1-20
A	US 2011-0255070 A1 (PHILLIPS et al.) 20 October 2011 See abstract, paragraphs [0036]-[0051] and figures 1-7.	1-20
A	US 6115128 A (VANN) 05 September 2000 See abstract, claims 1-6 and figures 1A-8.	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent 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
19 November 2014 (19.11.2014)	**19 November 2014 (19.11.2014)**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-472-7140	KANG, Sung Chul Telephone No. +82-42-481-8405

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2014/047864

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008-0316463 A1	25/12/2008	CN 101241182 A	13/08/2008
		CN 101241182 B	02/11/2011
		CN 102176023 A	07/09/2011
		CN 102176023 B	17/07/2013
		EP 1956391 A2	13/08/2008
		EP 1956391 A3	06/01/2010
		EP 1956391 B1	05/10/2011
		JP 2008-216238 A	18/09/2008
		JP 5056362 B2	24/10/2012
		US 7580117 B2	25/08/2009
US 2011-0216304 A1	08/09/2011	EP 2388615 A1	23/11/2011
		US 8767190 B2	01/07/2014
		WO 2011-146523 A2	24/11/2011
		WO 2011-146523 A3	19/01/2012
US 2010-0302528 A1	02/12/2010	US 8675181 B2	18/03/2014
		WO 2010-141631 A1	09/12/2010
US 2011-0255070 A1	20/10/2011	US 2014-125966 A1	08/05/2014
		US 8629977 B2	14/01/2014
US 06115128 A	05/09/2000	None	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,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,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,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,IR,IS,JP,KE,KG,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,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(72)発明者 ドロー，ピエールーイヴス
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００，グーグル インコーポレイテッド内
(72)発明者 ウーリッヒ，ドリュー ユージーン
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００，グーグル インコーポレイテッド内
(72)発明者 グルーヴァー，ダニエル
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００，グーグル インコーポレイテッド内
(72)発明者 モリス，ザカリー
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００，グーグル インコーポレイテッド内
(72)発明者 レヴァンドフスキ，アンソニー
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００，グーグル インコーポレイテッド内

Ｆターム(参考) 2H045 AG09 BA02 BA22
5J084 AA05 AB01 AC02 AD01 BA04 BA05 BA36 BA38 BA48 BB01
BB11 BB21 CA03 DA01 DA02 DA05 EA31

Electronic Acknowledgement Receipt

EFS ID:	40471694
Application Number:	16046643
International Application Number:	
Confirmation Number:	1720
Title of Invention:	OPTICAL IMAGING SYSTEM WITH A PLURALITY OF SENSE CHANNELS
First Named Inventor/Applicant Name:	Angus Pacala
Customer Number:	20350
Filer:	David Brian Raczkowski/LaRenda Meyer
Filer Authorized By:	David Brian Raczkowski
Attorney Docket Number:	103033-P001USC2-1096583
Receipt Date:	03-SEP-2020
Filing Date:	26-JUL-2018
Time Stamp:	20:47:19
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1		IDS-P001USC2.pdf	251159 b49ad3e6eedeaee901ebc084cfda8009480 7a180	yes	6

	Multipart Description/PDF files in .zip description		
	Document Description	**Start**	**End**
	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	3	6
	Transmittal Letter	1	2

Warnings:					
Information:					
2	Non Patent Literature	NPL-YANG_WavelengthTuning.pdf	251703 5692b511409b18251fc70067d5db2bc6b9fd0278	no	3
Warnings:					
Information:					
3	Non Patent Literature	SA-Notice-Allowance.PDF	213400 2c160b6ec164ea9880ad77b7dbd8fabf013c6005	no	1
Warnings:					
The page size in the PDF is too large. The pages should be 8.5 x 11 or A4. If this PDF is submitted, the pages will be resized upon entry into the Image File Wrapper and may affect subsequent processing					
Information:					
4	Non Patent Literature	TH-Office-Action.pdf	64087 65933b3b9b777f6f3665e6b2e7342a1d034c0a79	no	2
Warnings:					
Information:					
5	Non Patent Literature	SG-search-written-opinion.pdf	270779 b87cde113961f9fafc34766834aaf6bab6c046f7	no	9
Warnings:					
Information:					
6	Non Patent Literature	RU-first-office-action-with-translation-of-search-report.pdf	223218 a8e6eb776b93352f9a8e92e3e409350fd0452bbd	no	10
Warnings:					
Information:					

7	Non Patent Literature	JP-First-OA.PDF	89768 bd6183bb762e394c30ac68371e5da96937a96c01	no	4
Warnings:					
Information:					
8	Non Patent Literature	EP-Examination-Report.pdf	80519 6c2b1f887fab179b87d6e34fdc6390be1e2efad2	no	4
Warnings:					
Information:					
9	Non Patent Literature	EP-Examination-Report_3-6.pdf	129968 a1195ce418452d2a3fd26337e44a7fd3e5b329c5	no	5
Warnings:					
Information:					
10	Non Patent Literature	2017212835-Notice-of-Acceptance.PDF	199403 bf739a7eea10fba8e8b1ac067b754fa42a914358	no	3
Warnings:					
Information:					
11	Non Patent Literature	2017212835-Second-Examination-Report.PDF	222152 555ec8845f5dc588eea441305a47c6cc1e553889	no	3
Warnings:					
Information:					
12	Non Patent Literature	2017212835-First-Examination-Report.PDF	313840 1cac62b19b60b4f72e49a83a473a0f7b5473a064	no	5
Warnings:					
Information:					
13	Non Patent Literature	ISR-WO.pdf	809559 6853460c44418a9b240c6446686f298a9e977f18	no	10
Warnings:					
Information:					

14	Non Patent Literature	ISR-IPER.pdf	846791 f10cdc31c6dc98f3f8a6aa6792758a398fb0e8a2	no	11
Warnings:					
Information:					
15	Foreign Reference	WO2015163074A1-1.pdf	816341 ee57ce28f8cf7affcc788ecc39496976dc7ad2a8	no	61
Warnings:					
Information:					
16	Foreign Reference	CN103234527B.pdf	495062 acd934c71d136395f19b7e1a9bef25605bd9e8aa	no	6
Warnings:					
Information:					
17	Foreign Reference	JPH07318325A_with-engl-abstract.pdf	1429661 2478ef30b5b072bc8e3011a559560a1884aa3c59	no	19
Warnings:					
Information:					
18	Non Patent Literature	NPL-Contini_TimeDomain-Proceedings-of-SPIE.pdf	478429 d17a7bc156a40af7686f46bf769a1e9659a69c54	no	5
Warnings:					
Information:					
19	Non Patent Literature	NPL-wavelengthTuning-Seong-Seok-Yang.pdf	296739 3662241185a5a5e567c0874b3263621da3a1ae81	no	3
Warnings:					
Information:					
20	Non Patent Literature	EP-extended-search-report-9-19-19.pdf	183010 99a133be18d1d11ff5bd4f4546bdd7410a6b87c2	no	6
Warnings:					
Information:					

21	Foreign Reference	AU2017212835B2.pdf	3650663 2f7c7186d291991b1733b1a2ca3979de83df0802	no	45
Warnings:					
Information:					
22	Foreign Reference	JP2010128122A.pdf	681043 d47549c94f3cd68f79117e40856d38dc2f90b412	no	24
Warnings:					
Information:					
23	Foreign Reference	JP2013181912A.pdf	1014512 dedcf203f4a8c746c289210f3c73f674bd648dbc	no	33
Warnings:					
Information:					
24	Foreign Reference	JP2015137987A.pdf	2788417 b3a42f4a777c3e5281d5ec85f73055a428f4cde3	no	8
Warnings:					
Information:					
25	Foreign Reference	JP2016534346A.pdf	800535 f3b2584051812a41cf9b22fc0b151e807fae582c	no	26
Warnings:					
Information:					
26	Non Patent Literature	JP-Decision-to-Grant.pdf	77662 bafc120017cb927e35a35e9b444031fb70d67fba	no	1
Warnings:					
Information:					
		Total Files Size (in bytes):	16678420		

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

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

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.	10809359	B2	Oct 20, 2020	Pacala et al.	
	2.	10809380	B2	Oct 20, 2020	Pacala	

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
	3.	20180167602	A1	Jun 14, 2018	Pacala et al.	
	4.	20180209841	A1	Jul 26, 2018	Pacala et al.	
	5.	20180306907	A1	Oct 25, 2018	Pacala et al.	
	6.	20180329065	A1	Nov 15, 2018	Pacala et al.	
	7.	20190018111	A1	Jan 17, 2019	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]

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 and/or country where published.	T[5]
	8.	15/880,491 , "Non-Final Office Action", November 12, 2020, 9 pages	
	9.	CN201780068584.8 , "Office Action", November 3, 2020, 20 pages	
	10.	KR10-2019-7011974 , "Office Action", December 16, 2020, 4 pages	
	11.	RU2018130989 , "Notice of Decision to Grant", December 14, 2020, 21 pages	
	12.	SG11201806442Y , "Notice of Decision to Grant", December 22, 2020, 5 pages	

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		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.

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	41653077
Application Number:	16046643
International Application Number:	
Confirmation Number:	1720
Title of Invention:	OPTICAL IMAGING SYSTEM WITH A PLURALITY OF SENSE CHANNELS
First Named Inventor/Applicant Name:	Angus Pacala
Customer Number:	20350
Filer:	William Leland Shaffer/LaRenda Meyer
Filer Authorized By:	William Leland Shaffer
Attorney Docket Number:	103033-P001USC2-1096583
Receipt Date:	14-JAN-2021
Filing Date:	26-JUL-2018
Time Stamp:	20:05:38
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1		IDS-P001USC2.pdf	186089 bd61ee195e4c3bea24a3bc8ff29dc4181976 1e46	yes	4

	Multipart Description/PDF files in .zip description		
	Document Description	**Start**	**End**
	Transmittal Letter	1	2
	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	3	4
Warnings:			
Information:			
	Total Files Size (in bytes):	186089	

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111
If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.
National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371
If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.
New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office
If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

I hereby certify that this correspondence is being filed via EFS-Web with the United States Patent and Trademark Office on January 14, 2021.

KILPATRICK TOWNSEND & STOCKTON LLP

By: /La Renda Meyer-Johnson/

PATENT
Attorney Docket No.: 103033-1096583-P001USC2
Client Ref. No.: P001USC2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:	Confirmation No.: 1720
Angus Pacala	Examiner: Not yet assigned
Application No.: 16/046,643	Technology Center/Art Unit: 2414
Filed: July 26, 2018	
For: OPTICAL IMAGING SYSTEM WITH A PLURALITY OF SENSE CHANNELS	INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT
Customer No.: 20350	

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

Commissioner:

The references cited on attached form PTO/SB/08A are being called to the attention of the Examiner. In accordance with the provisions of 37 CFR §1.98(a)(2), copies of any cited U.S. Patents and U.S. Patent Application Publications are not provided. Copies of the remaining cited references are provided.

It is respectfully requested that the cited references be expressly considered during the prosecution of this application, and the references be made of record therein and appear among the "references cited" on any patent to issue therefrom.

As provided for by 37 CFR §1.97(g) and (h), no inference should be made that the information and references cited are prior art merely because they are in this statement and no

representation is being made that a search has been conducted or that this statement encompasses all the possible relevant information.

This Information Disclosure Statement is being filed ***before*** the mailing date of the first Office Action on the merits.

Applicant believes that no fee is required for submission of this statement. However, if any additional fees are due for the submission of this Information Disclosure Statement, please deduct those fees from Deposit Account No. 20-1430.

Respectfully submitted,

/ William L. Shaffer /

William L. Shaffer
Registration No. 37,234

KILPATRICK TOWNSEND & STOCKTON LLP

Attachment

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	16/046,643
	First Named Inventor	Angus Pacala
	Art Unit	2414
	Examiner Name	
	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

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

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]

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 and/or country where published.	T[5]
	1	15/880,491 , "Notice of Allowance", February 2, 2021, 7 pages	
	2	IN201847031610 , "First Examination Report", January 28, 2021, 5 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.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	16/046,643
	First Named Inventor	Angus Pacala
	Art Unit	2414
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	103033-1096583-P001USC2

[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 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)	2021-02-09
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.**

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
	First Named Inventor	Angus Pacala
	Art Unit	2414
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	103033-1096583-P001USC2

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	41881254
Application Number:	16046643
International Application Number:	
Confirmation Number:	1720
Title of Invention:	OPTICAL IMAGING SYSTEM WITH A PLURALITY OF SENSE CHANNELS
First Named Inventor/Applicant Name:	Angus Pacala
Customer Number:	20350
Filer:	William Leland Shaffer/LaRenda Meyer
Filer Authorized By:	William Leland Shaffer
Attorney Docket Number:	103033-P001USC2-1096583
Receipt Date:	09-FEB-2021
Filing Date:	26-JUL-2018
Time Stamp:	17:25:30
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)	IDS-P001USC2.pdf	129059 53214220e97df1d25e2d954e5358c666a37f340c	no	3

Warnings:

Information:	
This is not an USPTO supplied IDS fillable form	
Total Files Size (in bytes):	129059

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111
If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.
National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371
If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.
New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office
If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

Electronic Acknowledgement Receipt	
EFS ID:	41881709
Application Number:	16046643
International Application Number:	
Confirmation Number:	1720
Title of Invention:	OPTICAL IMAGING SYSTEM WITH A PLURALITY OF SENSE CHANNELS
First Named Inventor/Applicant Name:	Angus Pacala
Customer Number:	20350
Filer:	William Leland Shaffer/LaRenda Meyer
Filer Authorized By:	William Leland Shaffer
Attorney Docket Number:	103033-P001USC2-1096583
Receipt Date:	09-FEB-2021
Filing Date:	26-JUL-2018
Time Stamp:	17:51:00
Application Type:	Utility under 35 USC 111(a)

Payment information:

Submitted with Payment	no

File Listing:

Document Number	Document Description	File Name	File Size(Bytes)/ Message Digest	Multi Part /.zip	Pages (if appl.)
1	Non Patent Literature	India-First-Examination-Report.pdf	4059484 f77667ff8cd2ae8cfeb27e83ecc7f27e0c6c8645	no	5

Warnings:

Information:	
Total Files Size (in bytes):	4059484

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

New Applications Under 35 U.S.C. 111

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

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

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
16/046,643	07/26/2018	Angus Pacala	103033-P001USC2-1096583	1720

20350 7590 02/10/2021

Kilpatrick Townsend & Stockton LLP - West Coast
Mailstop: IP Docketing - 22
1100 Peachtree Street
Suite 2800
Atlanta, GA 30309

EXAMINER	
LEE, JOHN R	

ART UNIT	PAPER NUMBER
2878	

NOTIFICATION DATE	DELIVERY MODE
02/10/2021	ELECTRONIC

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

The time period for reply, if any, is set in the attached communication.

Notice of the Office communication was sent electronically on above-indicated "Notification Date" to the following e-mail address(es):

KTSDocketing2@kilpatrick.foundationip.com
ipefiling@kilpatricktownsend.com

PTOL-90A (Rev. 04/07)

Office Action Summary	Application No. 16/046,643	Applicant(s) Pacala et al.	
	Examiner JOHN R LEE	Art Unit 2878	AIA (FITF) Status Yes

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

Period for Reply

A SHORTENED STATUTORY PERIOD FOR REPLY IS SET TO EXPIRE 3 MONTHS FROM THE MAILING DATE OF THIS COMMUNICATION.

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

Status

1)☑ Responsive to communication(s) filed on 07/26/2018.

☐ A declaration(s)/affidavit(s) under **37 CFR 1.130(b)** was/were filed on _____.

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

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

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

Disposition of Claims*

5) ☑ Claim(s) 1-40 is/are pending in the application.

5a) Of the above claim(s) _____ is/are withdrawn from consideration.

6) ☑ Claim(s) 1-34 is/are allowed.

7) ☑ Claim(s) 35-38 is/are rejected.

8) ☑ Claim(s) 39-40 is/are objected to.

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

* If any claims have been determined allowable, you may be eligible to benefit from the **Patent Prosecution Highway** program at a participating intellectual property office for the corresponding application. For more information, please see http://www.uspto.gov/patents/init_events/pph/index.jsp or send an inquiry to **PPHfeedback@uspto.gov.**

Application Papers

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

11)☑ The drawing(s) filed on 07/26/2018 is/are: a)☑ accepted or b)☐ objected to by the Examiner.

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

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

Priority under 35 U.S.C. § 119

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

Certified copies:

a)☐ All b)☐ Some** c)☐ None of the:

1.☐ Certified copies of the priority documents have been received.

2.☐ Certified copies of the priority documents have been received in Application No. _____.

3.☐ Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this National Stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).

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

Attachment(s)

1) ☑ Notice of References Cited (PTO-892)

2) ☑ Information Disclosure Statement(s) (PTO/SB/08a and/or PTO/SB/08b) Paper No(s)/Mail Date See Continuation Sheet.

3) ☐ Interview Summary (PTO-413) Paper No(s)/Mail Date _____.

4) ☐ Other: _____.

Continuation of Attachment(s) 2) Information Disclosure Statement(s) (PTO/SB/08a and/or PTO/SB/08b) Paper No(s)/Mail Date: 07/26/2018; 03/21/2019; 01/31/2020; 04/27/2020; 06/18/2020; 07/28/2020; 09/03/2020; 02/28/2020; 01/14/2021.

Notice of Pre-AIA or AIA Status

The present application, filed on or after March 16, 2013, is being examined under the first inventor to file provisions of the AIA.

Double Patenting

The nonstatutory double patenting rejection is based on a judicially created doctrine grounded in public policy (a policy reflected in the statute) so as to prevent the unjustified or improper timewise extension of the "right to exclude" granted by a patent and to prevent possible harassment by multiple assignees. A nonstatutory double patenting rejection is appropriate where the conflicting claims are not identical, but at least one examined application claim is not patentably distinct from the reference claim(s) because the examined application claim is either anticipated by, or would have been obvious over, the reference claim(s). See, e.g., *In re Berg*, 140 F.3d 1428, 46 USPQ2d 1226 (Fed. Cir. 1998); *In re Goodman*, 11 F.3d 1046, 29 USPQ2d 2010 (Fed. Cir. 1993); *In re Longi*, 759 F.2d 887, 225 USPQ 645 (Fed. Cir. 1985); *In re Van Ornum*, 686 F.2d 937, 214 USPQ 761 (CCPA 1982); *In re Vogel*, 422 F.2d 438, 164 USPQ 619 (CCPA 1970); *In re Thorington*, 418 F.2d 528, 163 USPQ 644 (CCPA 1969).

A timely filed terminal disclaimer in compliance with 37 CFR 1.321(c) or 1.321(d) may be used to overcome an actual or provisional rejection based on nonstatutory double patenting provided the reference application or patent either is shown to be commonly owned with the examined application, or claims an invention made as a result of activities undertaken within the scope of a joint research agreement. See MPEP § 717.02 for applications subject to examination under the first inventor to file provisions of the AIA as explained in MPEP § 2159. See MPEP § 2146 *et seq.* for applications not subject to examination under the first inventor to file provisions of the AIA. A terminal disclaimer must be signed in compliance with 37 CFR 1.321(b).

The USPTO Internet website contains terminal disclaimer forms which may be used. Please visit www.uspto.gov/patent/patents-forms. The filing date of the application in which the form is filed determines what form (e.g., PTO/SB/25, PTO/SB/26, PTO/AIA/25, or PTO/AIA/26) should be used. A web-based eTerminal Disclaimer may be filled out completely online using web-screens. An eTerminal Disclaimer that meets all requirements is auto-processed and approved immediately upon submission. For more information about eTerminal Disclaimers, refer to www.uspto.gov/patents/process/file/efs/guidance/eTD-info-I.jsp.

Claims 35-38 are provisionally rejected on the ground of nonstatutory double patenting as being unpatentable over claims 22-26 of copending Application No. 15/880,491 (reference application). Although the claims at issue are not identical, they are not patentably distinct from each other because of the following reasons.

Regarding claim 35 of the present application, the limitations therein are covered by claim 22 of the reference application. Note that while the reference application claim 22 does not explicitly recite "a plurality of discrete apertures coincident with the focal plane" (see claim 35, line 5), persons having ordinary skill in the art would recognize that the claimed structure would have discrete apertures given the recitation of discrete channels and a plurality of apertures corresponding thereto. Also, having the apertures at the focal plane of the bulk imaging optic would have been obvious to persons having ordinary skill in the art so as to provide for proper optical alignment of the various structures. Also, the "field external" in line 8 of claim 35 corresponds to the location of "field ahead" in lines 7-8 of claim 22. Regarding the last line of claim 35, persons having ordinary skill in the art would recognize that apertures such as those recited in claim 22 of the reference application have fields of view.

Claim 36 of the present application is covered by claim 22, 25, and 26 combined of the reference application.

Claim 37 of the present application is covered by claim 22, 23, and 24 combined of the reference application.

Claim 38 of the present application is covered by claim 22, 25, and 26 combined of the reference application.

This is a provisional nonstatutory double patenting rejection because the patentably indistinct claims have not in fact been patented.

Allowable Subject Matter

Claims 1-34 are allowed.

Claims 39 and 40 are objected to as being dependent upon a rejected base claim, but would be allowable if rewritten in independent form including all of the limitations of the base claim and any intervening claims.

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

Regarding claim 1, the prior art fails to teach or fairly suggest an optical imaging system comprising: a bulk imaging optic having a focal plane; an array of pixels; and an aperture layer disposed between the bulk imaging optic and the array of pixels, the aperture layer including a plurality of discrete apertures coincident with the focal plane, wherein the aperture layer and pixel layer are arranged to form a plurality of sense channels defining a plurality of discrete, non-overlapping fields of view beyond a threshold distance in a field external to the optical imaging system, each sense channel in the plurality of sense channels including a pixel from the array of pixels and an aperture from the plurality of apertures that defines the field of view for its respective pixel, and wherein a pixel area of

each pixel in the plurality of sense channels is larger than an area of its corresponding aperture in the plurality of apertures.

Claims 2-12 are allowed by virtue of their claim dependency upon allowed claim 1.

Regarding claim 13, the prior art fails to teach or fairly suggest an optical imaging system comprising: a bulk imaging optic having a focal plane; an array of pixels of substantially uniform pixel area, each pixel in the array of pixels including a plurality of subpixels distributed across its pixel area; and an aperture layer disposed between the bulk imaging optic and the array of pixels, the aperture layer including a plurality of discrete apertures of substantially uniform area formed coincident with the focal plane and stop regions interposed between adjacent apertures in the aperture layer, wherein the aperture layer and pixel layer are arranged to form a plurality of sense channels defining a plurality of discrete, non-overlapping fields of view beyond a threshold distance in a field external to the optical imaging system, each sense channel in the plurality of sense channels including an aperture from the plurality of apertures and a pixel from the array of pixels with the aperture of each channel defining the field of view for its respective pixel, and wherein the area of the aperture in each channel is smaller than the pixel area of its respective pixel.

Claims 14-16 are allowed by virtue of their claim dependency upon allowed claim 13.

Regarding claim 17, the prior art fails to teach or fairly suggest an optical imaging system comprising: a bulk imaging optic having a focal plane; an optical assembly having a plurality of sense channels defining a plurality of discrete, non-overlapping fields of view beyond a threshold distance in a field external to the bulk imaging optic, the optical assembly comprising: an array of pixels of substantially uniform pixel area, each pixel in the array of pixels including a plurality of subpixels distributed across its pixel area; an aperture layer disposed between the bulk receiver optic and the array of pixels, the aperture layer including a plurality of discrete apertures of substantially uniform area formed coincident with the focal plane and stop regions between adjacent apertures; a lens layer

including a plurality of lenses arranged to receive light passed through the aperture and pass the received light towards the array of pixels; and an optical filter layer disposed between the bulk imaging optic and the array of pixels, the optical filter layer configured to receive light passed through the bulk imaging optic and pass a narrow band of radiation while blocking radiation outside that band; wherein each sense channel in the optical assembly includes a pixel from the array of pixels, an aperture from the aperture layer that defines the field of view for its respective pixel and has an area that is smaller than a sensing area of its respective pixel, a lens from the lens layer and a filter from the optical filter layer.

Claims 18-26 are allowed by virtue of their claim dependency upon allowed claim 17.

Regarding claim 27, the prior art fails to teach or fairly suggest an optical imaging system comprising: a bulk imaging optic having a focal plane; a plurality of pixels arranged in a pixel array in which adjacent pixels in the array are spaced apart from each other in a first dimension by a pixel pitch; and an aperture layer disposed between the bulk imaging optic and the plurality of pixels arranged in the pixel array, the aperture layer including a plurality of discrete apertures of substantially uniform size coincident with the focal plane and stop regions between adjacent apertures, wherein the plurality of discrete apertures are arranged in an aperture array in which adjacent apertures in the aperture array are spaced apart from each other in the first dimension by an aperture pitch and wherein the aperture array is aligned with the pixel array and a maximum linear dimension of each aperture in the aperture array is less than the pixel pitch; and wherein the aperture layer and pixel layer are arranged to form a plurality of sense channels defining a plurality of discrete, non-overlapping fields of view beyond a threshold distance in a field external to the optical imaging system, each sense channel in the plurality of sense channels including a pixel from the array of pixels and an aperture from the plurality of apertures that defines the field of view for its respective pixel.

Claims 28-34 are allowed by virtue of their claim dependency upon allowed claim 27.

Regarding claim 39, the prior art fails to teach or fairly suggest an optical imaging system comprising: a bulk imaging optic having a focal plane; an array of pixels; and an aperture layer disposed between the bulk imaging optic and the array of pixels, the aperture layer including a plurality of discrete apertures coincident with the focal plane, wherein the aperture layer and pixel layer are arranged to form a plurality of sense channels defining a plurality of discrete, non-overlapping fields of view beyond a threshold distance in a field external to the optical imaging system, each sense channel in the plurality of sense channels including a pixel from the array of pixels and an aperture from the plurality of apertures that defines the field of view for its respective pixel and wherein the pixel in each of the plurality of sense channels comprises a plurality of SPADs distributed across a pixel area of the pixel that is larger than an area of its corresponding aperture.

Claim 40 would be allowed by virtue of their claim dependency upon objected to, but otherwise allowable claim 39.

Conclusion

The prior art made of record and not relied upon is considered pertinent to applicant's disclosure. The additional references made of record disclose optical imaging systems of interest.

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to JOHN R. LEE whose telephone number is (571)272-2477. The examiner can normally be reached on Monday - Friday, 8:00 am - 5 pm.

Examiner interviews are available via telephone, in-person, and video conferencing using a USPTO supplied web-based collaboration tool. To schedule an interview, applicant is encouraged to use the USPTO Automated Interview Request (AIR) at http://www.uspto.gov/interviewpractice.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Georgia Epps can be reached on (571) 272- 2328. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 571-273-8300.

Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR. Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only. For more information about the PAIR system, see https://ppair-my.uspto.gov/pair/PrivatePair. Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free). If you would like assistance from a USPTO Customer Service Representative or access to the automated information system, call 800-786-9199 (IN USA OR CANADA) or 571-272-1000.

/JOHN R LEE/
Primary Examiner, Art Unit 2878

Notice of References Cited	Application/Control No. 16/046,643	Applicant(s)/Patent Under Reexamination Pacala et al.	
	Examiner JOHN R LEE	Art Unit 2878	Page 1 of 1

U.S. PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date MM-YYYY	Name	CPC Classification	US Classification
*	A	US-20200116559-A1	04-2020	PACALA; Angus	G01S7/4816	1/1
*	B	US-20200036959-A1	01-2020	PACALA; Angus	G02B5/208	1/1
*	C	US-10760957-B2	09-2020	Pacala; Angus	G01J3/0208	1/1
*	D	US-10739189-B2	08-2020	Pacala; Angus	G01S17/894	1/1
*	E	US-10663586-B2	05-2020	Pacala; Angus	H01L31/02027	1/1
*	F	US-10222475-B2	03-2019	Pacala; Angus	H01L31/02027	1/1
	G					
	H					
	I					
	J					
	K					
	L					
	M					

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

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

NON-PATENT DOCUMENTS

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

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

Search Notes	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent Under Reexamination
	16/046,643	Pacala et al.
	Examiner	Art Unit
	JOHN R LEE	2878

CPC - Searched*		
Symbol	Date	Examiner
H04N13/0217, H04N13/0207, H04N13/0203, H04N13/0495, H04N13/0488, G02B3/0056, G02B3/0037, G02B3/0006, G02B5/005, G02B5/208, G02B5/20, G02B27/2214, G02B27/22, G01J1/08, G02B6/002, G01J1/02, G01J1/0266, G01J1/029, H04N13/218, G02B30/27, G02B27/46	01/26/2021	jl

CPC Combination Sets - Searched*		
Symbol	Date	Examiner

US Classification - Searched*			
Class	Subclass	Date	Examiner

* See search history printout included with this form or the SEARCH NOTES box below to determine the scope of the search.

Search Notes		
Search Notes	Date	Examiner
Inventor name search.	01/26/2021	jl
Assignee search.	01/26/2021	jl
Consulted SN: 62/232,222; 15/276,532; 15/419,053; 15/861,330; 15/880,491; PCT/US17/39306; 62/112,553; 62/227,558; 15/934,338 and 16/584,515.	01/26/2021	jl
EAST; see search history print out.	01/26/2021	jl

Search Notes	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent Under Reexamination
	16/046,643	Pacala et al.
	Examiner	Art Unit
	JOHN R LEE	2878

Interference Search			
US Class/CPC Symbol	US Subclass/CPC Group	Date	Examiner

Index of Claims	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent Under Reexamination
	16/046,643	Pacala et al.
	Examiner	Art Unit
	JOHN R LEE	2878

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

CLAIMS

☐ Claims renumbered in the same order as presented by applicant ☐ CPA ☐ T.D. ☐ R.1.47

CLAIM		DATE								
Final	Original	02/05/2021								
	1	=								
	2	=								
	3	=								
	4	=								
	5	=								
	6	=								
	7	=								
	8	=								
	9	=								
	10	=								
	11	=								
	12	=								
	13	=								
	14	=								
	15	=								
	16	=								
	17	=								
	18	=								
	19	=								
	20	=								
	21	=								
	22	=								
	23	=								
	24	=								
	25	=								
	26	=								
	27	=								
	28	=								
	29	=								
	30	=								
	31	=								
	32	=								
	33	=								
	34	=								
	35	✓								
	36	✓								
	37	✓								
	38	✓								
	39	O								
	40	O								

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

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.	7433042	B1	10-07-2008	Cavanaugh	

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.	20110228142	A1	09-22-2011	Brueckner, et al.	
	3.	20090236505	A1	09-24-2009	Pallaro, 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]

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 and/or country where published.	T[5]

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

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	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.	10183541	B2	01-22-2019	Van Den Bossche, et al.	
	2.	9551791	B2	01-24-2017	Van Den Bossche, 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
	3.	20180299554	A1	10-18-2018	Dirk van Dyck	

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]
	4.	3045935	EP	A1	07-20-2016	XenomatiX BVBA		
	5.	3316000	EP	A1	05-02-2018	Xenomatix Nv		
	6.	2018065428	WO	A3	04-12-2018	Xenomatix Nv		
	7.	2018065427	WO	A1	04-12-2018	Xenomatix Nv		
	8.	2018065429	WO	A1	04-12-2018	Xenomatix Nv		

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

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	Not yet assigned
	Attorney Docket Number	103033-P001USC2-1096583

	9.	2018065426	WO	A1	04-12-2018	Xenomatix Nv		
	10.	2018122415	WO	A1	07-05-2018	Xenomatix Nv		
	11.	2018197441	WO	A1	11-01-2018	Xenomatix Nv		

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 and/or country where published.	T[5]

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

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

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.	5188286		Feb 23, 1993	PENCE IV	
	2.	5268748		Dec 7, 1993	Van Hijningen et al.	
	3.	6043873		Mar 28, 2000	Ramer et al.	
	4.	6104516		Aug 15, 2000	MAJIMA	
	5.	7683962		Mar 23, 2010	BORDER et al.	
	6.	7873601		Jan 18, 2011	Kushwah	
	7.	7876456		Jan 25, 2011	SESKO	
	8.	8504529		Aug 6, 2013	Zheng et al.	
	9.	9330464		May 3, 2016	Ackerman et al.	
	10.	10557750		Feb 11, 2020	Pacala 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
	11.	20050046850		Mar 3, 2005	Chow	
	12.	20080218612		Sep 11, 2008	Border et al.	
	13.	20100250700		Sep 30, 2010	O'Brien et al.	
	14.	20110022566		Jan 27, 2011	Beaverson et al.	
	15.	20110283113		Nov 17, 2011	Moffat et al.	
	16.	20110320865		Dec 29, 2011	Jain et al.	
	17.	20130110779		May 2, 2013	Taylor et al.	
	18.	20130111262		May 2, 2013	Taylor et al.	
	19.	20140006354		Jan 2, 2014	Parkison et al.	
	20.	20150124094		May 7, 2015	LOONG et al.	
	21.	20150186287		Jul 2, 2015	Kass	
	22.	20170038459		Feb 9, 2017	Kubacki et al.	
	23.	20170303829		Oct 26, 2017	Cohen et al.	
	24.	20180038959		Feb 8, 2018	Akatsu et al.	
	25.	20180152691		May 31, 2018	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]
	26.	07318325	JP		Dec 8, 1995	Matsushita Electric Works Ltd.		

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

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

	27.	101563595	CN		Oct 21, 2009	Koninkl Philips Electronics NV		
	28.	2010128122	JP		Jun 10, 2010	Olympus Corp		
	29.	2012055966	WO		May 3, 2012	Max-Planck-Gesellschaft Zur Foerderung Der Wissenschaften E.V.		
	30.	2615566	EP		Jul 17, 2013	Nexenta Systems, Inc.		
	31.	103234527	CN		Aug 7, 2013	Nanjing University of Science And Technology		
	32.	2013181912	JP		Sep 12, 2013	Seiko Epson Corp.		
	33.	2015137987	JP		Jul 30, 2015	Azbil Corp.		
	34.	2015163074	WO		Oct 29, 2015	SHARP KABUSHIKI KAISHA		
	35.	2016534346	JP		Nov 4, 2016	Google Inc.		
	36.	2017212835	AU		Jun 27, 2019	Ouster, Inc.		

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 and/or country where published.	T[5]
	37.	15/419,053 , "Corrected Notice of Allowability", March 12, 2018, 8 pages	
	38.	Application No 15/419,053 , Notice of Allowance, Mailed On January 26, 2018, 12 pages	
	39.	15/934,338 , "Corrected Notice of Allowability", January 13, 2020, 2 pages	
	40.	Application No 15/934,338 , Non-Final Office Action, Mailed On May 15, 2019, 16 pages	
	41.	Application No 15/934,338 , Notice of Allowance, Mailed On September 17, 2019, 10 pages	
	42.	AU2017212835 , "First Examination Report", September 24, 2018, 5 pages	
	43.	AU2017212835 , "Notice of Acceptance", February 28, 2019, 3 pages	
	44.	AU2017212835 , "Second Examination Report", October 24, 2018, 3 pages	

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

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

	45.	CONTINI et al., "Time-Domain Diffuse Optics: Towards Next Generation Devices", Proceedings SPIE Diffuse Optical Imaging V, Volume 9538, July 10, 2015, 95380A page	
	46.	Application No EP17745102.8 , Extended European Search Report, Mailed On September 9, 2019, 6 pages	
	47.	Application No EP17745102.8 , Office Action, Mailed On July 16, 2020, 4 pages	
	48.	Application No EP17745102.8 , Office Action, Mailed On March 6, 2020, 5 pages	
	49.	Application No JP2018-559175 , Notice of Decision to Grant, Mailed On August 11, 2020, 1 page	
	50.	Application No JP2018-559175 , Office Action, Mailed On December 23, 2019, 6 pages	
	51.	Application No PCT/US2017/015683 , International Preliminary Report on Patentability, Mailed On August 9, 2018, 12 pages	
	52.	Application No PCT/US2017/015683 , International Search Report and Written Opinion, Mailed On April 17, 2017, 12 pages	
	53.	Application No RU2018130989 , Office Action, Mailed On April 27, 2020, 21 pages	
	54.	Application No SG11201806442Y , Written Opinion, Mailed On January 28, 2020, 9 pages	
	55.	Application No TH1801004505 , Office Action, Mailed On August 6, 2019, 2 pages	
	56.	YANG et al., "Wavelength Tuning of Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers by an Internal Device Heater", IEEE Photonics Technology Letters, Volume 20, Issue 20, October 15, 2008, pp. 1679 - 1681	
	57.	Application No ZA2018/05645 , Notice of Allowance, Mailed On September 3, 2019, 1 page	

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.

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

Bibliographic Data

Application No: 16/046,643

Foreign Priority claimed: ○ Yes ◉ No

35 USC 119 (a-d) conditions met: ☐ Yes ☑ No ☐ Met After Allowance

Verified and Acknowledged: /JOHN R LEE/ (Examiner's Signature) | (Initials)

Title: OPTICAL IMAGING SYSTEM WITH A PLURALITY OF SENSE CHANNELS

FILING or 371(c) DATE	CLASS	GROUP ART UNIT	ATTORNEY DOCKET NO.
07/26/2018	250	2878	103033-P001USC2-1096583
RULE			

APPLICANTS

Ouster, Inc., San Francisco, CA,

INVENTORS

Angus Pacala, San Francisco, CA, UNITED STATES

Mark Frichtl, San Francisco, CA, UNITED STATES

CONTINUING DATA

This application is a CON of 15880491 01/25/2018

15880491 is a CON of 15276532 09/26/2016 PAT 9992477

15276532 has PRO of 62232222 09/24/2015

FOREIGN APPLICATIONS

IF REQUIRED, FOREIGN LICENSE GRANTED**

09/05/2018

** SMALL ENTITY **

STATE OR COUNTRY

UNITED STATES

ADDRESS

Kilpatrick Townsend & Stockton LLP - West Coast
Mailstop: IP Docketing - 22
1100 Peachtree Street
Suite 2800
Atlanta, GA 30309
UNITED STATES

FILING FEE RECEIVED

$1,085

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	LEE, John R.
	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

U.S. PATENT APPLICATION PUBLICATIONS

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code[1]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1.	2010149389	A1	07-17-2010	Goto	
	2.	2013044187	A1	02-27-2013	Hammes, et al.	
	3.	2012141104	A1	06-07-2012	DeLuca	

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]
	4.	2015136100	WO	A2	2015-09-17	Mesa Imaging AG		

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 and/or country where published.	T[5]
	5.	China National Intellectual Property Administration, Office Action received in Chinese application No. CN201780015714.1, mailed June 28, 2020, 10 pages.	X

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.

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

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

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.	5659420	A	Aug 19, 1997	Wakai et al.	
	2	5953110	A	Sep 14, 1999	Burns	

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
	3	20020003617	A1	Jan 10, 2002	Doemens et al.	
	4	20070057211	A1	Mar 15, 2007	Bahlman et al.	
	5	20150319349	A1	Nov 5, 2015	Mishra et al.	
	6	20150362585	A1	Dec 17, 2015	Ghosh 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	2014150856	WO		Sep 25, 2014	Pelican Imaging Corporation		
	8	2908166	EP		Aug 19, 2015	Yokogawa Electric Corporation		

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 and/or country where published.	T[5]
	9	DKPA201970244 , "Office Action", April 24, 2020, 8 pages	

EXAMINER SIGNATURE

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

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

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

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.	8836922	B1	Sep 16, 2014	Pennecot et al.	
	2.	9989406	B2	Jun 5, 2018	Pacala et al.	
	3.	6374024	B1	Apr 16, 2002	Iijima, Ryuta	

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
	4.	20130229646	A1	Sep 5, 2013	Sakurai	
	5.	20150260830	A1	Sep 17, 2015	Ghosh 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]
	6	0095725	EP	A1	12-07-1983	Tokyo Shibaura Denki Kabushiki Kaisha		

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 and/or country where published.	T[5]

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.

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

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

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.	10809359	B2	Oct 20, 2020	Pacala et al.	
	2.	10809380	B2	Oct 20, 2020	Pacala	

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
	3.	20180167602	A1	Jun 14, 2018	Pacala et al.	
	4.	20180209841	A1	Jul 26, 2018	Pacala et al.	
	5.	20180306907	A1	Oct 25, 2018	Pacala et al.	
	6.	20180329065	A1	Nov 15, 2018	Pacala et al.	
	7.	20190018111	A1	Jan 17, 2019	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]

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 and/or country where published.	T[5]
	8.	15/880,491 , "Non-Final Office Action", November 12, 2020, 9 pages	
	9.	CN201780068584.8 , "Office Action", November 3, 2020, 20 pages	
	10.	KR10-2019-7011974 , "Office Action", December 16, 2020, 4 pages	
	11.	RU2018130989 , "Notice of Decision to Grant", December 14, 2020, 21 pages	
	12.	SG11201806442Y , "Notice of Decision to Grant", December 22, 2020, 5 pages	

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

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

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

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.	8645810	B2	Feb 4, 2014	Sharon et al.	
	2	8762798	B2	Jun 24, 2014	Hu et al.	
	3	9281841	B2	Mar 8, 2016	Chen et al.	
	4	9866241	B2	Jan 9, 2018	Yen et al.	
	5	9992477	B2	Jun 5, 2018	Pacala et al.	
	6	10063849	B2	Aug 28, 2018	Pacala et al.	
	7	10291261	B2	May 14, 2019	Yen 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
	8	20130038941	A1	Feb 14, 2013	Pesach et al.	
	9	20140267878	A1	Sep 18, 2014	Geelen et al.	
	10	20170299700	A1	Oct 19, 2017	Pacala et al.	
	11	20180032396	A1	Feb 1, 2018	Sharon et al.	
	12	20180059222	A1	Mar 1, 2018	Pacala et al.	
	13	20190097653	A1	Mar 28, 2019	Zhang et al.	
	14	20190103885	A1	Apr 4, 2019	Chang et al.	
	15	20190288713	A1	Sep 19, 2019	Kumar 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]
	16	20070112679	KR		Nov 27, 2007	Samsung Sdi Co., Ltd.		
	17	2018057084	WO		Mar 29, 2018	Ouster, Inc.		

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

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

	18	2017330180	AU		Oct 10, 2019	Ouster, Inc.		

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 and/or country where published.	T[5]
	19	15/276,532 , "Non-Final Office Action", December 15, 2017, 15 pages	
	20	15/276,532 , "Notice of Allowance", April 11, 2018, 7 pages	
	21	15/861,330 , "Notice of Allowance", May 29, 2018, 11 pages	
	22	AU2017330180 , "Notice of Acceptance", June 17, 2019, 3 pages	
	23	LE et al., "On the Use of Hard-Decision LDPC Decoders on MLC NAND Flash Memory", 15th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD), March 2018, 6 pages	
	24	PCT/US2017/039306 , "International Preliminary Report on Patentability", April 4, 2019, 17 pages	
	25	SE1950477-8 , "Office Action", January 27, 2020, 8 pages	

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