(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年12月17日(17.12.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/250774 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 5/20 (2006.01)　*H04N 5/369* (2011.01)
G02B 5/30 (2006.01)　*H04N 9/07* (2006.01)
H04N 5/225 (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2020/021936

(22) 国際出願日：　2020年6月3日(03.06.2020)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

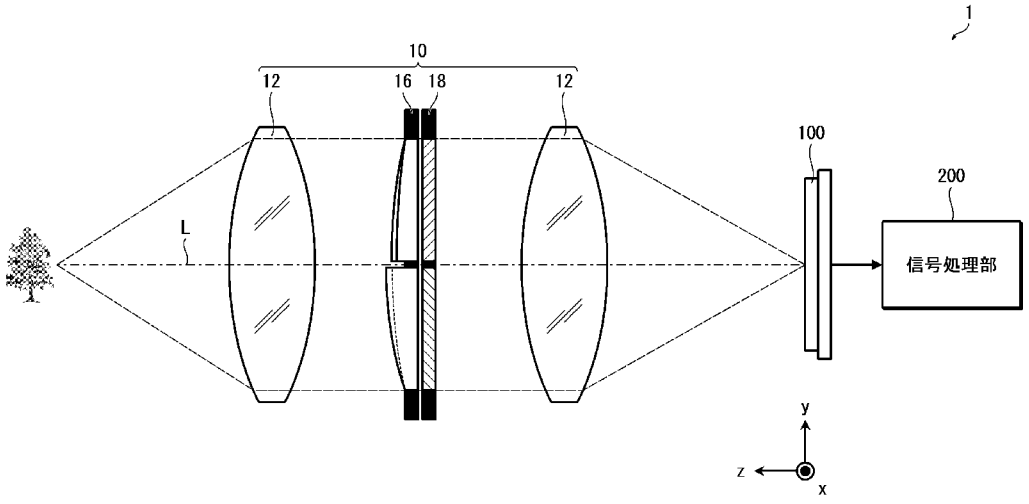
(30) 優先権データ：
特願 2019-108830　2019年6月11日(11.06.2019)　JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (**FUJIFILM CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布２丁目２６番３０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 岡田　和佳 (**OKADA, Kazuyoshi**); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町１丁目３２４番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP). 岸根 慶延 (**KISHINE, Yasunobu**); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町１丁目３２４番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP). 川中子 睦 (**KAWANAGO, Atsushi**); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町１丁目３２４番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).

(54) **Title:** IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称： 撮像装置



200　Signal processing unit

(57) **Abstract:** The present invention provides an imaging device for capturing a good-quality multispectral image. An imaging device (1) is provided with: an imaging optical system (10) having a pupil region divided into a plurality of regions including a first pupil region and a second pupil region different from the first pupil region, and provided with a polarization filter that polarizes light passing through the first pupil region and the second pupil region in directions different from each other; an imaging element (100) including a first pixel that receives the light passing through the first

WO 2020/250774 A1

［続葉有］

(74) 代理人：松 浦　憲 三 (MATSUURA, Kenzo)；〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目６番１号 新宿住友ビル２３階 私書箱第１７６号 新都心国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

pupil region, and a second pixel that receives the light passing through the second pupil region; and a signal processing unit (200) that processes a signal outputted from the imaging element (100), and outputs at least first image data comprising an output signal of the first pixel, and second image data comprising an output signal of the second pixel. In the imaging optical system (10), the wavelengths of light passing through the first pupil region and the second pupil region are different from each other, and the aberration properties of regions corresponding to the first pupil region and the second pupil region are different from each other.

(57) 要約：良好な画質のマルチスペクトル画像を撮像する撮像装置を提供する。撮像装置（１）は、瞳領域が、第１の瞳領域、及び、第１の瞳領域とは異なる第２の瞳領域を含む複数の領域に分割され、第１の瞳領域及び第２の瞳領域を通過する光を互いに異なる方向に偏光する偏光フィルタを備えた撮像光学系（１０）と、第１の瞳領域を通過する光を受光する第１の画素、及び、第２の瞳領域を通過する光を受光する第２の画素を含む撮像素子（１００）と、撮像素子（１００）から出力される信号を処理し、少なくとも第１の画素の出力信号からなる第１の画像データ、及び、第２の画素の出力信号からなる第２の画像データを出力する信号処理部（２００）と、を備える。撮像光学系（１０）は、第１の瞳領域及び第２の瞳領域を通過する光の波長が互いに異なり、かつ、第１の瞳領域及び第２の瞳領域に対応する領域の収差特性が互いに異なる。

明　細　書

発明の名称 ： 撮像装置

技術分野

[0001]　本発明は、撮像装置に関する。

背景技術

[0002]　特許文献１には、偏光特性及び色特性の異なる複数の透光領域を有する偏光カラーフィルタ板と、偏光特性の異なる複数の偏光フィルタを備えた撮像素子と、を使用して、複数の波長帯域の画像（マルチスペクトル画像）を撮像する技術が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2014/020791号

発明の概要

[0004]　本開示の技術に係る１つの実施形態は、良好な画質のマルチスペクトル画像を撮像する撮像装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0005]　（１）瞳領域が、第１の瞳領域、及び、第１の瞳領域とは異なる第２の瞳領域を含む複数の領域に分割され、第１の瞳領域及び第２の瞳領域を通過する光を互いに異なる方向に偏光する偏光子を備えた撮像光学系と、第１の瞳領域を通過する光を受光する第１の画素、及び、第２の瞳領域を通過する光を受光する第２の画素を含む撮像素子と、撮像素子から出力される信号を処理し、少なくとも第１の画素の出力信号からなる第１の画像データ、及び、第２の画素の出力信号からなる第２の画像データを出力するプロセッサと、を備え、撮像光学系は、第１の瞳領域及び第２の瞳領域を通過する光の波長が互いに異なり、かつ、第１の瞳領域及び第２の瞳領域に対応する領域の収差特性が互いに異なる、撮像装置。

[0006]　（２）上記（１）の撮像装置において、撮像光学系は、更に、第１の瞳領

域及び第２の瞳領域を通過する光の光量が互いに異なる。

[0007] （３）上記（１）又は（２）の撮像装置において、撮像光学系は、第１の瞳領域に配置される第１の光学素子及び第２の瞳領域に配置される第１の光学素子とは異なる第２の光学素子を備え、第１の光学素子及び第２の光学素子によって、第１の瞳領域及び第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される。

[0008] （４）上記（３）の撮像装置において、第１の光学素子は、第１の波長帯域の光を透過させ、第２の光学素子は、第１の波長帯域とは異なる第２の波長帯域の光を透過させる。

[0009] （５）上記（４）の撮像装置において、第１の光学素子は、第１の透過率を有し、第２の光学素子は、第１の透過率とは異なる第２の透過率を有する。

[0010] （６）上記（３）から（５）のいずれか一の撮像装置において、第１の光学素子は、第１の開口面積を有し、第２の光学素子は、第１の開口面積とは異なる第２の開口面積を有する。

[0011] （７）上記（３）から（６）のいずれか一の撮像装置において、第１の光学素子及び第２の光学素子は、レンズ形状を有し、撮像光学系は、第１の光学素子及び第２の光学素子の曲率が個別に調整されて、第１の瞳領域及び第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される。

[0012] （８）上記（３）から（６）のいずれか一の撮像装置において、第１の光学素子及び第２の光学素子は、平板形状を有し、撮像光学系は、第１の光学素子及び第２の光学素子の厚さが個別に調整されて、第１の瞳領域及び第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される。

[0013] （９）上記（３）から（６）のいずれか一の撮像装置において、第１の光学素子及び第２の光学素子は、平板形状を有し、撮像光学系は、第１の光学素子及び第２の光学素子の傾きが個別に調整されて、第１の瞳領域及び第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される。

[0014] （１０）上記（３）から（６）のいずれか一の撮像装置において、第１の

光学素子及び第２の光学素子は、平板形状を有し、撮像光学系は、第１の光学素子及び第２の光学素子の片面の傾きが個別に調整されて、第１の瞳領域及び第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される。

[0015] （１１）上記（３）から（１０）のいずれか一の撮像装置において、第１の光学素子及び第２の光学素子が一体化されて１つの光学素子で構成される。

[0016] （１２）上記（１）から（１１）のいずれか一の撮像装置において、撮像光学系は、瞳領域が同心円状に分割される

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明に係る撮像装置の第１の実施の形態の概略構成を示す図

[図2]バンドパスフィルタユニットの正面図

[図3]各バンドパスフィルタの透過波長特性の一例を示すグラフ

[図4]偏光フィルタユニットの正面図

[図5]撮像素子の画素の配列の概略構成を示す図

[図6]撮像素子の概略構成を示す図

[図7]１つ画素の概略構成を示す断面図

[図8]１つの画素ブロックにおける偏光フィルタ素子の配列パターンの一例を示す図

[図9]１つの画素ブロックにおける分光フィルタ素子の配列パターンの一例を示す図

[図10]分光フィルタ素子の透過波長特性の一例を示すグラフ

[図11]信号処理部の概略構成を示すブロック図

[図12]画像生成の概念図

[図13]撮像装置による画像生成の概念図

[図14]図２に示すバンドパスフィルタユニットの１４－１４断面図

[図15]図３に示すバンドパスフィルタユニットの１５－１５断面図

[図16]第２の実施の形態のバンドパスフィルタユニットの構成を示す図

[図17]図１６の１７－１７断面図

[図18]図１６の１８－１８断面図

[図19]第３の実施の形態のバンドパスフィルタユニットの構成を示す図

[図20]図１９の２０－２０断面図

[図21]図１９の２１－２１断面図

[図22]コマ収差が残存するレンズにおいて非対称な瞳分割で結像位置がずれる様子を模式的に示した図

[図23]傾きの設定の概念図

[図24]第３の実施の形態のバンドパスフィルタユニットの他の一例を示す図

[図25]図２４の２５－２５断面図

[図26]図２４の２６－２６断面図

[図27]瞳領域の分割態様の他の一例を示す図

[図28]バンドパスフィルタの曲率を調整して収差を補正する場合の一例を示す図

[図29]収差の補正手法の他の一例を示す図

[図30]収差の補正手法の他の一例を示す図

[図31]本実施の形態のバンドパスフィルタユニットの構成を示す図

[図32]本実施の形態のバンドパスフィルタユニットに備えられる各バンドパスフィルタの透過波長特性の一例を示すグラフ

[図33]、本実施の形態のバンドパスフィルタユニットに備えられる各バンドパスフィルタの透過波長特性の一例を示すグラフ

[図34]瞳領域の開口形状の他の一例を示す図

[図35]各瞳領域に対応するバンドパスフィルタを一体化して１つのバンドパスフィルタとして構成する場合の一例を示す図

発明を実施するための形態

[0018] 以下、添付図面に従って本発明の好ましい実施の形態について詳説する。

[0019] 《第１の実施の形態》

［撮像装置の基本構成］

図１は、本発明に係る撮像装置の第１の実施の形態の概略構成を示す図で

ある。

[0020] 本実施の形態の撮像装置は、４バンドのマルチスペクトル画像を撮像する撮像装置である。本実施の形態の撮像装置は、主として、撮像光学系１０と、撮像素子１００と、信号処理部２００と、を備える。

[0021] ［撮像光学系］

撮像光学系１０は、複数のレンズ１２を組み合わせて構成される。撮像光学系１０は、その光路中にバンドパスフィルタユニット１６及び偏光フィルタユニット１８を有する。また、撮像光学系１０は、図示しない焦点調節機構を有する。焦点調節機構は、たとえば、撮像光学系１０の全体を光軸Ｌに沿って前後移動させて、焦点を調節する。

[0022] 図２は、バンドパスフィルタユニットの正面図である。

[0023] バンドパスフィルタユニット１６は、４つの開口領域１６Ａ１～１６Ａ４を備えた枠体１６Ａと、その枠体１６Ａの各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４に備えられた４つのバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４と、で構成される。なお、以下においては、必要に応じて、開口領域１６Ａ１を第１開口領域１６Ａ１、開口領域１６Ａ２を第２開口領域１６Ａ２、開口領域１６Ａ３を第３開口領域１６Ａ３、開口領域１６Ａ４を第４開口領域１６Ａ４と称して、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４を区別する。また、第１開口領域１６Ａ１に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ１を第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１、第２開口領域１６Ａ２に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ２を第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２、第３開口領域１６Ａ３に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ３を第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３、第４開口領域１６Ａ４に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ４を第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４と称して、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４を区別する。

[0024] 枠体１６Ａは、円環状の枠本体１６ａと、枠本体１６ａの内側を仕切る間仕切り１６ｂと、を有する。枠体１６Ａは、枠本体１６ａの内側を十字状の間仕切り１６ｂによって、周方向に４等分割されて、４つの開口領域１６Ａ１～１６Ａ４が備えられる。枠本体１６ａは、撮像光学系１０の絞り（開口

絞り）を構成する。撮像光学系１０は、枠体１６Ａによって、瞳領域が４つの領域Ｚ１～Ｚ４に分割される（瞳分割）。以下、必要に応じて、分割された各領域Ｚ１～Ｚ４をそれぞれ第１瞳領域Ｚ１、第２瞳領域Ｚ２、第３瞳領域Ｚ３、第４瞳領域Ｚ４と称する。各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４は、撮像光学系１０の４つの瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する。すなわち、第１開口領域１６Ａ１は、第１瞳領域Ｚ１に対応する。第２開口領域１６Ａ２は、第２瞳領域Ｚ２に対応する。第３開口領域１６Ａ３は、第３瞳領域Ｚ３に対応する。第４開口領域１６Ａ４は、第４瞳領域Ｚ４に対応する。

[0025] 撮像光学系１０の各瞳領域Ｚ１～Ｚ４は、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４によって、通過する光の波長帯域が制限される。すなわち、第１瞳領域Ｚ１は、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１によって、通過する光の波長帯域が制限される。第２瞳領域Ｚ２は、第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２によって、通過する光の波長帯域が制限される。第３瞳領域Ｚ３は、第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３によって、通過する光の波長帯域が制限される。第４瞳領域Ｚ４は、第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４によって、通過する光の波長帯域が制限される。バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、光学素子の一例である。

[0026] 図３は、各バンドパスフィルタの透過波長特性の一例を示すグラフである。

[0027] 各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、それぞれ異なる波長帯域の光を透過させる。具体的には、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１は、波長帯域λ１の光を透過させる。第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２は、波長帯域λ２の光を透過させる。第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３は、波長帯域λ３の光を透過させる。第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４は、波長帯域λ４の光を透過させる。

[0028] また、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を個別に補正する機能を有する。この点については、後に詳述する。

[0029] 以上の構成のバンドパスフィルタユニット１６によって、撮像光学系１０は、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域を通過する光の波長が互いに異なるものとなる。

[0030] 図４は、偏光フィルタユニットの正面図である。

[0031] 偏光フィルタユニット１８は、４つの開口領域１８Ａ１、１８Ａ２を備えた枠体１８Ａと、その枠体１８Ａの各開口領域１８Ａ１～１８Ａ４に備えられた４つの偏光フィルタ１８Ｂ１～１８Ｂ４と、で構成される。なお、以下においては、必要に応じて、開口領域１８Ａ１を第１開口領域１８Ａ１、開口領域１８Ａ２を第２開口領域１８Ａ２、開口領域１８Ａ３を第３開口領域１８Ａ３、開口領域１８Ａ４を第４開口領域１８Ａ４と称して、４つの開口領域１８Ａ１～１８Ａ４を区別する。また、第１開口領域１８Ａ１に備えられる偏光フィルタ１８Ｂ１を第１偏光フィルタ１８Ｂ１、第２開口領域１８Ａ２に備えられる偏光フィルタ１８Ｂ２を第２偏光フィルタ１８Ｂ２、第３開口領域１８Ａ３に備えられる偏光フィルタ１８Ｂ３を第３偏光フィルタ１８Ｂ３、第４開口領域１８Ａ４に備えられる偏光フィルタ１８Ｂ４を第４偏光フィルタ１８Ｂ４と称して、各偏光フィルタ１８Ｂ１～１８Ｂ４を区別する。

[0032] 枠体１８Ａは、バンドパスフィルタユニット１６の枠体１６Ａと同じ形状を有する。したがって、円環状の枠本体１８ａ及び間仕切り１８ｂを有する。枠体１８Ａは、その枠本体１８ａ内周部を十字状の間仕切り１８ｂによって、周方向に４等分割されて、４つの開口領域１８Ａ１～１８Ａ４が備えられる。各開口領域１８Ａ１～１８Ａ４は、バンドパスフィルタユニット１６の各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４に重ねて配置される。すなわち、第１開口領域１８Ａ１は、バンドパスフィルタユニット１６の第１開口領域１６Ａ１に重ねて配置される。第２開口領域１８Ａ２は、バンドパスフィルタユニット１６の第２開口領域１６Ａ２に重ねて配置される。第３開口領域１８Ａ３は、バンドパスフィルタユニット１６の第３開口領域１６Ａ３に重ねて配置される。第４開口領域１８Ａ４は、バンドパスフィルタユニット１６の第４

開口領域１６Ａ４に重ねて配置される。したがって、バンドパスフィルタユニット１６の第１開口領域１６Ａ１を通過した光は、偏光フィルタユニット１８の第１開口領域１８Ａ１を通過する。また、バンドパスフィルタユニット１６の第２開口領域１６Ａ２を通過した光は、偏光フィルタユニット１８の第２開口領域１８Ａ２を通過する。また、バンドパスフィルタユニット１６の第３開口領域１６Ａ３を通過した光は、偏光フィルタユニット１８の第３開口領域１８Ａ３を通過する。また、バンドパスフィルタユニット１６の第４開口領域１６Ａ４を通過した光は、偏光フィルタユニット１８の第４開口領域１８Ａ４を通過する。

[0033] 各開口領域１８Ａ１～１８Ａ４に備えられる偏光フィルタ１８Ｂ１～１８Ｂ４は、互いに異なる偏光方向の光を透過させる。具体的には、第１開口領域１８Ａ１に備えられる第１偏光フィルタ１８Ｂ１は、偏光方向θ１（たとえば、θ１＝０°）の光を透過させる。第２開口領域１８Ａ２に備えられる第２偏光フィルタ１８Ｂ２は、偏光方向θ２（たとえば、θ２＝４５°）の光を透過させる。第３開口領域１８Ａ３に備えられる第３偏光フィルタ１８Ｂ３は、偏光方向θ３（たとえば、θ３＝９０°）の光を透過させる。第４開口領域１８Ａ４に備えられる第４偏光フィルタ１８Ｂ４は、偏光方向θ４（たとえば、θ４＝１３５°）の光を透過させる。よって、したがって、第１瞳領域Ｚ１を通過する光は偏光方向θ１で偏光し、第２瞳領域Ｚ２を通過する光は偏光方向θ２で偏光し、第３瞳領域Ｚ３を通過する光は偏光方向θ３で偏光し、第４瞳領域Ｚ４を通過する光は偏光方向θ４で偏光する。偏光フィルタ１８Ｂ１～１８Ｂ４は、偏光子の一例である。

[0034] 以上の構成の撮像光学系１０によれば、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域から特性の異なる光が出射される。すなわち、偏光方向θ１かつ波長帯域λ１の光（第１の光）、偏光方向θ２かつ波長帯域λ２の光（第２の光）、偏光方向θ３かつ波長帯域λ３の光（第３の光）、及び、偏光方向θ４かつ波長帯域λ４の（第４の光）が出射される。第１の光は、瞳領域Ｚ１を通過する光であり、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１及び第１偏光フィルタ１８

Ｂ１を通過する光である。第２の光は、瞳領域Ｚ２を通過する光であり、第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２及び第２偏光フィルタ１８Ｂ２を通過する光である。第３の光は、瞳領域Ｚ３を通過する光であり、第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３及び第３偏光フィルタ１８Ｂ３を通過する光である。第４の光は、瞳領域Ｚ４を通過する光であり、第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４及び第４偏光フィルタ１８Ｂ４を通過する光である。

[0035] ［撮像素子］

図５は、撮像素子の画素の配列の概略構成を示す図である。

[0036] 同図に示すように、撮像素子１００は、その受光面に複数種類の画素Ｐ１～Ｐ１６を有する。各画素Ｐ１～Ｐ１６は、水平方向（ｘ軸方向）及び垂直方向（ｙ軸方向）に沿って、一定ピッチで規則的に配列される。

[0037] 本実施の形態の撮像素子１００は、隣接する１６個（４×４個）の画素Ｐ１～Ｐ１６で１つの画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）が構成され、この画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）が、水平方向（ｘ軸方向）及び垂直方向（ｙ軸方向）に沿って規則的に配列される。以下、必要に応じて、画素Ｐ１を第１画素Ｐ１、画素Ｐ２を第２画素Ｐ２、画素Ｐ３を第３画素Ｐ３、画素Ｐ４を第４画素Ｐ４、画素Ｐ５を第５画素Ｐ５、画素Ｐ６を第６画素Ｐ６、画素Ｐ７を第７画素Ｐ７、画素Ｐ８を第８画素Ｐ８、画素Ｐ９を第９画素Ｐ９、画素Ｐ１０を第１０画素Ｐ１０、画素Ｐ１１を第１１画素Ｐ１１、画素Ｐ１２を第１２画素Ｐ１２、画素Ｐ１３を第１３画素Ｐ１３、画素Ｐ１４を第１４画素Ｐ１４、画素Ｐ１５を第１５画素Ｐ１５、画素Ｐ１６を第１６画素Ｐ１６として、各画素Ｐ１～Ｐ１６を区別する。各画素Ｐ１～Ｐ１６は、それぞれ異なる光学特性を有する。

[0038] 図６は、撮像素子の概略構成を示す図である。また、図７は、１つ画素（図６の破線部）の概略構成を示す断面図である。

[0039] 撮像素子１００は、ピクセルアレイ層１１０、偏光フィルタ素子アレイ層１２０、分光フィルタ素子アレイ層１３０及びマイクロレンズアレイ層１４０を有する。各層は、像面側から物体側に向かって、ピクセルアレイ層１１

０、偏光フィルタ素子アレイ層１２０、分光フィルタ素子アレイ層１３０、マイクロレンズアレイ層１４０の順で配置される。

[0040] ピクセルアレイ層１１０は、多数のフォトダイオード１１２を二次元的に配列して構成される。１つのフォトダイオード１１２は、１つの画素を構成する。各フォトダイオード１１２は、水平方向（ｘ方向）及び垂直方向（ｙ方向）に沿って規則的に配置される。

[0041] 偏光フィルタ素子アレイ層１２０は、透過させる光の偏光方向が異なる４種類の偏光フィルタ素子１２２Ａ～１２２Ｄを二次元的に配列して構成される。以下、必要に応じて、偏光フィルタ素子１２２Ａを第１偏光フィルタ素子１２２Ａ、偏光フィルタ素子１２２Ｂを第２偏光フィルタ素子１２２Ｂ、偏光フィルタ素子１２２Ｃを第３偏光フィルタ素子１２２Ｃ、偏光フィルタ素子１２２Ｄを第４偏光フィルタ素子１２２Ｄとして、各偏光フィルタ素子１２２Ａ～１２２Ｄを区別する。

[0042] 各偏光フィルタ素子１２２Ａ～１２２Ｄは、フォトダイオード１１２と同じ間隔で配置され、画素ごとに備えられる。各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）において、各偏光フィルタ素子１２２Ａ～１２２Ｄは、規則的に配列される。

[0043] 図８は、１つの画素ブロックにおける偏光フィルタ素子の配列パターンの一例を示す図である。

[0044] 同図に示すように、本実施の形態の撮像装置１では、第１画素Ｐ１、第３画素Ｐ３、第９画素Ｐ９、第１１画素Ｐ１１に第１偏光フィルタ素子１２２Ａが備えられる。また、第２画素Ｐ２、第４画素Ｐ４、第１０画素Ｐ１０、第１２画素Ｐ１２に第２偏光フィルタ素子１２２Ｂが備えられる。また、第３画素Ｐ３、第７画素Ｐ７、第１３画素Ｐ１３、第１５画素Ｐ１５に第３偏光フィルタ素子１２２Ｃが備えられる。また、第４画素Ｐ４、第８画素Ｐ８、第１４画素Ｐ１４、第１６画素Ｐ１６に第４偏光フィルタ素子１２２Ｄが備えられる。

[0045] 各偏光フィルタ素子１２２Ａ～１２２Ｄは、互いに異なる偏光方向の光を

透過させる。具体的には、第１偏光フィルタ素子１２２Ａは、偏光方向θＡ（たとえば、θＡ＝４５°）の光を透過させる。第２偏光フィルタ素子１２２Ｂは、偏光方向θＢ（たとえば、θＢ＝９０°）の光を透過させる。第３偏光フィルタ素子１２２Ｃは、偏光方向θＣ（たとえば、θＡ＝１３５°）の光を透過させる。第４偏光フィルタ素子１２２Ｄは、偏光方向θＤ（たとえば、θＤ＝０°）の光を透過させる。

[0046] 分光フィルタ素子アレイ層１３０は、透過波長特性の異なる４種類の分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄを二次元的に配列して構成される。以下、必要に応じて、分光フィルタ素子１３２Ａを第１分光フィルタ素子１３２Ａ、分光フィルタ素子１３２Ｂを第２分光フィルタ素子１３２Ｂ、分光フィルタ素子１３２Ｃを第３分光フィルタ素子１３２Ｃ、分光フィルタ素子１３２Ｄを第４分光フィルタ素子１３２Ｄとして、各分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄを区別する。

[0047] 各分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄは、フォトダイオード１１２と同じ間隔で配置され、画素ごとに備えられる。各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）において、各分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄは、規則的に配列される。

[0048] 図９は、１つの画素ブロックにおける分光フィルタ素子の配列パターンの一例を示す図である。

[0049] 同図に示すように、本実施の形態の撮像装置では、第１画素Ｐ１、第２画素Ｐ２、第５画素Ｐ５及び第６画素Ｐ６に第１分光フィルタ素子１３２Ａが備えられる。また、第３画素Ｐ３、第４画素Ｐ４、第７画素Ｐ７及び第８画素Ｐ８に第２分光フィルタ素子１３２Ｂが備えられる。また、第９画素Ｐ９、第１０画素Ｐ１０、第１３画素Ｐ１３及び第１４画素Ｐ１４に第３分光フィルタ素子１３２Ｃが備えられる。また、第１１画素Ｐ１１、第１２画素Ｐ１２、第１５画素Ｐ１５及び第１６画素Ｐ１６に第４分光フィルタ素子１３２Ｄが備えられる。

[0050] 図１０は、各分光フィルタ素子の透過波長特性の一例を示すグラフである

。

[0051] 同図において、Ａは、第１分光フィルタ素子１３２Ａの透過波長特性を示している。Ｂは第２分光フィルタ素子１３２Ｂの透過波長特性を示している。Ｃは、第３分光フィルタ素子１３２Ｃの透過波長特性を示している。Ｄは第４分光フィルタ素子１３２Ｄの透過波長特性を示している。各分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄは、互いに異なる透過波長特性を有する。

[0052] なお、図１０は、第１分光フィルタ素子１３２Ａが、青色（Blue，Ｂ）の光を透過させる分光フィルタ素子で構成され、第２分光フィルタ素子１３２Ｂが、緑色（Green，Ｇ）の光を透過させる分光フィルタ素子で構成され、第３分光フィルタ素子１３２Ｃが、赤色（Red，Ｒ）の光を透過させる分光フィルタ素子で構成され、第４分光フィルタ素子１３２Ｄが、赤外光（Infrared，ＩＲ）を透過させる分光フィルタ素子で構成される場合の例を示している。

[0053] ここで、図１０に示すように、撮像光学系１０の各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４が透過させる光の波長帯域λ１～λ４は、各分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄが透過させる波長帯域の範囲内で設定される。すなわち、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４が透過させる光の波長帯域λ１～λ４は、各分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄが透過させる波長帯域が重なり合う領域で設定される。換言すると、各分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄは、撮像光学系１０の各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の透過波長帯域をカバーするように、その透過波長帯域が設定される。このため、各分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄは、広帯域の光を透過させるフィルタが使用される。

[0054] マイクロレンズアレイ層１４０は、多数のマイクロレンズ１４２を二次元的に配列して構成される。各マイクロレンズ１４２は、フォトダイオード１１２と同じ間隔で配置され、１画素ごとに備えられる。マイクロレンズ１４２は、撮像光学系１０からの光をフォトダイオード１１２に効率よく集光させる目的で備えられる。

[0055] 以上のように構成される撮像素子１００は、各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）において、各画素Ｐ１～Ｐ１６が、次のように撮像光学系１０からの光を受光する。すなわち、第１画素Ｐ１は、第１分光フィルタ素子１３２Ａ（透過波長特性Ａ）及び第１偏光フィルタ素子１２２Ａ（偏光方向θＡ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第２画素Ｐ２は、第１分光フィルタ素子１３２Ａ（透過波長特性Ａ）及び第２偏光フィルタ素子１２２Ｂ（偏光方向θＢ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第３画素Ｐ３は、第２分光フィルタ素子１３２Ｂ（透過波長特性Ｂ）及び第１偏光フィルタ素子１２２Ａ（偏光方向θＡ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第４画素Ｐ４は、第２分光フィルタ素子１３２Ｂ（透過波長特性Ｂ）及び第２偏光フィルタ素子１２２Ｂ（偏光方向θＢ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第５画素Ｐ５は、第１分光フィルタ素子１３２Ａ（透過波長特性Ａ）及び第３偏光フィルタ素子１２２Ｃ（偏光方向θＣ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第６画素Ｐ６は、第１分光フィルタ素子１３２Ａ（透過波長特性Ａ）及び第４偏光フィルタ素子１２２Ｄ（偏光方向θＤ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第７画素Ｐ７は、第２分光フィルタ素子１３２Ｂ（透過波長特性Ｂ）及び第３偏光フィルタ素子１２２Ｃ（偏光方向θＣ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第８画素Ｐ８は、第２分光フィルタ素子１３２Ｂ（透過波長特性Ｂ）及び第４偏光フィルタ素子１２２Ｄ（偏光方向θＤ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第９画素Ｐ９は、第３分光フィルタ素子１３２Ｃ（透過波長特性Ｃ）及び第１偏光フィルタ素子１２２Ａ（偏光方向θＡ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第１０画素Ｐ１０は、第３分光フィルタ素子１３２Ｃ（透過波長特性Ｃ）及び第２偏光フィルタ素子１２２Ｂ（偏光方向θＢ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第１１画素Ｐ１１は、第４分光フィルタ素子１３２Ｄ（透過波長特性Ｄ）及び第１偏光フィルタ素子１２２Ａ（偏光方向θＡ）を介して、撮像光学系１０からの

光を受光する。また、第１２画素Ｐ１２は、第４分光フィルタ素子１３２Ｄ（透過波長特性Ｄ）及び第２偏光フィルタ素子１２２Ｂ（偏光方向θＢ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第１３画素Ｐ１３は、第３分光フィルタ素子１３２Ｃ（透過波長特性Ｃ）及び第３偏光フィルタ素子１２２Ｃ（偏光方向θＣ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第１４画素Ｐ１４は、第３分光フィルタ素子１３２Ｃ（透過波長特性Ｃ）及び第４偏光フィルタ素子１２２Ｄ（偏光方向θＤ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第１５画素Ｐ１５は、第４分光フィルタ素子１３２Ｄ（透過波長特性Ｄ）及び第３偏光フィルタ素子１２２Ｃ（偏光方向θＣ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。また、第１６画素Ｐ１６は、第４分光フィルタ素子１３２Ｄ（透過波長特性Ｄ）及び第４偏光フィルタ素子１２２Ｄ（偏光方向θＤ）を介して、撮像光学系１０からの光を受光する。このように、各画素Ｐ１～Ｐ１６は、互いに異なる光学特性を有することにより、それぞれ特性の異なる光を受光する。すなわち、波長帯域及び偏光方向の異なる光を受光する。

[0056] ［信号処理部］

信号処理部２００は、撮像素子１００から出力される信号を処理して、４バンドのマルチスペクトル画像の画像データを生成する。すなわち、撮像光学系１０のバンドパスフィルタユニット１６を透過する４種類の波長帯域λ１～λ４の画像データを生成する。

[0057] 図１１は、信号処理部の概略構成を示すブロック図である。

[0058] 同図に示すように、信号処理部２００は、アナログ信号処理部２００Ａ、画像生成部２００Ｂ及び係数記憶部２００Ｃを含む。

[0059] アナログ信号処理部２００Ａは、撮像素子１００の各画素から出力されるアナログの画素信号を取り込み、所定の信号処理（たとえば、相関二重サンプリング処理、増幅処理等）を施した後、デジタル信号に変換して出力する。

[0060] 画像生成部２００Ｂは、デジタル信号に変換された後の画素信号に所定の

信号処理を施して、各波長帯域λ１～λ４の画像データを生成する。

[0061] 図１２は、画像生成の概念図である。

[0062] 各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）には、１６個の画素Ｐ１～Ｐ１６が含まれる。したがって、各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）から各画素Ｐ１～Ｐ１６の画素信号を分離して抽出することにより、１６個の画像データＤ１～Ｄ１６が生成される。しかし、この１６個の画像データＤ１～Ｄ１６には、混信（クロストーク）が生じている。すなわち、各画素Ｐ１～Ｐ１６には、各波長帯域の光が入射するため、生成される画像は、各波長帯域の画像が所定の割合で混合した画像となる。このため、画像生成部２００Ｂは、混信除去処理を行って、各波長帯域の画像データを生成する。

[0063] 以下、信号処理部２００において行われる混信除去処理について説明する。

[0064] 各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）の第１画素Ｐ１で得られる画素信号（信号値）をα１、第２画素Ｐ２で得られる画素信号をα２、第３画素Ｐ３で得られる画素信号をα３、第４画素Ｐ４で得られる画素信号をα４、第５画素Ｐ５で得られる画素信号（信号値）をα５、第６画素Ｐ６で得られる画素信号をα６、第７画素Ｐ７で得られる画素信号をα７、第８画素Ｐ８で得られる画素信号をα８、第９画素Ｐ９で得られる画素信号（信号値）をα９、第１画素Ｐ１で得られる画素信号（信号値）をα１、第２画素Ｐ２で得られる画素信号をα２、第３画素Ｐ３で得られる画素信号をα３、第４画素Ｐ４で得られる画素信号をα４、第１０素Ｐ１０で得られる画素信号（信号値）をα１０、第１１画素Ｐ１１で得られる画素信号（信号値）をα１１、第１２画素Ｐ１２で得られる画素信号をα１２、第１３画素Ｐ１３で得られる画素信号をα１３、第１４画素Ｐ１４で得られる画素信号をα１４、第１５画素Ｐ１５で得られる画素信号（信号値）をα１５、第１６画素Ｐ１６で得られる画素信号をα１６とする。各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）からは、１６個の画素信号α１～α１６が得られる。画像生成部２００Ｂは、この１６個の画素信号α１～α１６から各波長帯域λ１～λ４の光に対応した４つの画素信

号β１～β４を算出し、混信を除去する。具体的には、下記の行列Ａを用いた式１によって、各波長帯域λ１～λ４の光に対応した４つの画素信号β１～β４を算出し、混信を除去する。

[0065] [数1]

$$A=\begin{bmatrix} a11 & a12 & a13 & a14 & a15 & a16 & a17 & a18 & a19 & a110 & a111 & a112 & a113 & a114 & a115 & a116 \\ a21 & a22 & a23 & a24 & a25 & a26 & a27 & a28 & a29 & a210 & a211 & a212 & a213 & a214 & a215 & a216 \\ a31 & a32 & a33 & a34 & a35 & a36 & a37 & a38 & a39 & a310 & a311 & a312 & a313 & a314 & a315 & a316 \\ a41 & a42 & a43 & a44 & a45 & a46 & a47 & a48 & a49 & a410 & a411 & a412 & a413 & a414 & a415 & a416 \end{bmatrix}$$

[0066] [数2]

$$\begin{bmatrix} \beta 1 \\ \beta 2 \\ \beta 3 \\ \beta 4 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} a11 & a12 & a13 & a14 & a15 & a16 & a17 & a18 & a19 & a110 & a111 & a112 & a113 & a114 & a115 & a116 \\ a21 & a22 & a23 & a24 & a25 & a26 & a27 & a28 & a29 & a210 & a211 & a212 & a213 & a214 & a215 & a216 \\ a31 & a32 & a33 & a34 & a35 & a36 & a37 & a38 & a39 & a310 & a311 & a312 & a313 & a314 & a315 & a316 \\ a41 & a42 & a43 & a44 & a45 & a46 & a47 & a48 & a49 & a410 & a411 & a412 & a413 & a414 & a415 & a416 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \alpha 1 \\ \alpha 2 \\ \alpha 3 \\ \alpha 4 \\ \alpha 5 \\ \alpha 6 \\ \alpha 7 \\ \alpha 8 \\ \alpha 9 \\ \alpha 10 \\ \alpha 11 \\ \alpha 12 \\ \alpha 13 \\ \alpha 14 \\ \alpha 15 \\ \alpha 16 \end{bmatrix} \quad \cdots \text{式１}$$

[0067] なお、画素信号β１は波長帯域λ１の光に対応した画素信号、画素信号β２は波長帯域λ２の光に対応した画素信号、画素信号β３は波長帯域λ３の光に対応した画素信号、画素信号β４は波長帯域λ４の光に対応した画素信号である。したがって、画素信号β１からは波長帯域λ１の画像データが生成され、画素信号β２からは波長帯域λ２の画像データが生成され、画素信号β３からは波長帯域λ３の画像データが生成され、画素信号β４からは波長帯域λ４の画像データが生成される。以下、上記の式１によって混信を除去できる理由について説明する。

[0068] 混信は、各画素Ｐ１～Ｐ１６に各波長帯域λ１～λ４の光が混入することで発生する。撮像光学系１０から出射した各波長帯域λ１～λ４の光が、各画素Ｐ１～Ｐ１６で受光される割合（混信比率）をｂｉｊ（ｉ＝１～４、ｊ

＝１～４）とする。ここで、ｂ１１は、波長帯域λ１の光が第１画素Ｐ１で受光される割合、ｂ１２は、波長帯域λ２の光が第１画素Ｐ１で受光される割合、ｂ１３は、波長帯域λ３の光が第１画素Ｐ１で受光される割合、ｂ１４は、波長帯域λ４の光が第１画素Ｐ１で受光される割合である。また、ｂ２１は、波長帯域λ１の光が第２画素Ｐ２で受光される割合、ｂ２２は、波長帯域λ２の光が第２画素Ｐ２で受光される割合、ｂ２３は、波長帯域λ３の光が第２画素Ｐ２で受光される割合、ｂ２４は、波長帯域λ４の光が第２画素Ｐ２で受光される割合である。また、ｂ３１は、波長帯域λ１の光が第３画素Ｐ３で受光される割合、ｂ３２は、波長帯域λ２の光が第３画素Ｐ３で受光される割合、ｂ３３は、波長帯域λ３の光が第３画素Ｐ３で受光される割合、ｂ３４は、波長帯域λ４の光が第３画素Ｐ３で受光される割合である。また、ｂ４１は、波長帯域λ１の光が第４画素Ｐ４で受光される割合、ｂ４２は、波長帯域λ２の光が第４画素Ｐ４で受光される割合、ｂ４３は、波長帯域λ３の光が第４画素Ｐ４で受光される割合、ｂ４４は、波長帯域λ４の光が第４画素Ｐ４で受光される割合である。また、ｂ５１は、波長帯域λ１の光が第５画素Ｐ５で受光される割合、ｂ５２は、波長帯域λ２の光が第５画素Ｐ５で受光される割合、ｂ５３は、波長帯域λ３の光が第５画素Ｐ５で受光される割合、ｂ５４は、波長帯域λ４の光が第５画素Ｐ５で受光される割合である。た、ｂ６１は、波長帯域λ１の光が第６画素Ｐ６で受光される割合、ｂ６２は、波長帯域λ２の光が第６画素Ｐ６で受光される割合、ｂ６３は、波長帯域λ３の光が第６画素Ｐ６で受光される割合、ｂ６４は、波長帯域λ４の光が第６画素Ｐ６で受光される割合である。た、ｂ７１は、波長帯域λ１の光が第７画素Ｐ７で受光される割合、ｂ７２は、波長帯域λ２の光が第７画素Ｐ７で受光される割合、ｂ７３は、波長帯域λ３の光が第７画素Ｐ７で受光される割合、ｂ７４は、波長帯域λ４の光が第７画素Ｐ７で受光される割合である。また、ｂ８１は、波長帯域λ１の光が第８画素Ｐ８で受光される割合、ｂ８２は、波長帯域λ２の光が第８画素Ｐ８で受光される割合、ｂ８３は、波長帯域λ３の光が第８画素Ｐ８で受光される割合、

ｂ８４は、波長帯域λ４の光が第８画素Ｐ８で受光される割合である。また、ｂ９１は、波長帯域λ１の光が第９画素Ｐ９で受光される割合、ｂ９２は、波長帯域λ２の光が第９画素Ｐ９で受光される割合、ｂ９３は、波長帯域λ３の光が第９画素Ｐ９で受光される割合、ｂ９４は、波長帯域λ４の光が第９画素Ｐ９で受光される割合である。また、ｂ１０１は、波長帯域λ１の光が第１０画素Ｐ１０で受光される割合、ｂ１０２は、波長帯域λ２の光が第１０画素Ｐ１０で受光される割合、ｂ１０３は、波長帯域λ３の光が第１０画素Ｐ１０で受光される割合、ｂ１０４は、波長帯域λ４の光が第１０画素Ｐ１０で受光される割合である。また、ｂ１１１は、波長帯域λ１の光が第１１画素Ｐ１１で受光される割合、ｂ１１２は、波長帯域λ２の光が第１１画素Ｐ１１で受光される割合、ｂ１１３は、波長帯域λ３の光が第１１画素Ｐ１１で受光される割合、ｂ１１４は、波長帯域λ４の光が第１１画素Ｐ１１で受光される割合である。また、ｂ１２１は、波長帯域λ１の光が第１２画素Ｐ１２で受光される割合、ｂ１２２は、波長帯域λ２の光が第１２画素Ｐ１２で受光される割合、ｂ１２３は、波長帯域λ３の光が第１２画素Ｐ１２で受光される割合、ｂ１２４は、波長帯域λ４の光が第１２画素Ｐ１２で受光される割合である。また、ｂ１３１は、波長帯域λ１の光が第１３画素Ｐ１３で受光される割合、ｂ１３２は、波長帯域λ２の光が第１３画素Ｐ１３で受光される割合、ｂ１３３は、波長帯域λ３の光が第１３画素Ｐ１３で受光される割合、ｂ１３４は、波長帯域λ４の光が第１３画素Ｐ１３で受光される割合である。また、ｂ１４１は、波長帯域λ１の光が第１４画素Ｐ１４で受光される割合、ｂ１４２は、波長帯域λ２の光が第１４画素Ｐ１４で受光される割合、ｂ１４３は、波長帯域λ３の光が第１４画素Ｐ１４で受光される割合、ｂ１４４は、波長帯域λ４の光が第１４画素Ｐ１４で受光される割合である。また、ｂ１５１は、波長帯域λ１の光が第１５画素Ｐ１５で受光される割合、ｂ１５２は、波長帯域λ２の光が第１５画素Ｐ１５で受光される割合、ｂ１５３は、波長帯域λ３の光が第１５画素Ｐ１５で受光される割合、ｂ１５４は、波長帯域λ４の光が第１５画素Ｐ１５で受光される

割合である。また、ｂ１６１は、波長帯域λ１の光が第１６画素Ｐ１６で受光される割合、ｂ１６２は、波長帯域λ２の光が第１６画素Ｐ１６で受光される割合、ｂ１６３は、波長帯域λ３の光が第１６画素Ｐ１６で受光される割合、ｂ１６４は、波長帯域λ４の光が第１６画素Ｐ１６で受光される割合である。この割合ｂｉｊは、バンドパスフィルタユニット１６の各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４が透過させる光の波長帯域λ１～λ４の設定、偏光フィルタユニット１８の各開口領域１８Ａ１～１８Ａ４が透過させる光の偏光方向θ１、θ２の設定、撮像素子１００の各画素Ｐ１～Ｐ１６の透過波長特性Ａ～Ｄ、及び、撮像素子１００の各画素Ｐ１～Ｐ１６が受光する光の偏光方向θＡ～θＣの設定から一意に定まり、事前に求めることができる。

[0069] 各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）の各画素Ｐ１～Ｐ１６で得られる画素信号α１～α１６と、各波長帯域λ１～λ４の光に対応する画素信号β１～β４との間には、次の関係が成り立つ。

[0070] 第１画素Ｐ１で得られる画素信号α１に関して、「ｂ１１＊β１＋ｂ１２＊β２＋ｂ１３＊β３＋ｂ１４＊β４＝α１…式２」が成り立つ（「＊」は、積算の記号）。

[0071] 第２画素Ｐ２で得られる画素信号α２に関して、「ｂ２１＊β１＋ｂ２２＊β２＋ｂ２３＊β３＋ｂ２４＊β４＝α２…式３」が成り立つ。

[0072] 第３画素Ｐ３で得られる画素信号α３に関して、「ｂ３１＊β１＋ｂ３２＊β２＋ｂ３３＊β３＋ｂ３４＊β４＝α３…式４」が成り立つ。

[0073] 第４画素Ｐ４で得られる画素信号α４に関して、「ｂ４１＊β１＋ｂ４２＊β２＋ｂ４３＊β３＋ｂ４４＊β４＝α４…式５」が成り立つ。

[0074] 第５画素Ｐ５で得られる画素信号α５に関して、「ｂ５１＊β１＋ｂ５２＊β２＋ｂ５３＊β３＋ｂ５４＊β４＝α５…式６」が成り立つ。

[0075] 第６画素Ｐ６で得られる画素信号α６に関して、「ｂ６１＊β１＋ｂ６２＊β２＋ｂ６３＊β３＋ｂ６４＊β４＝α６…式７」が成り立つ。

[0076] 第７画素Ｐ７で得られる画素信号α７に関して、「ｂ７１＊β１＋ｂ７２＊β２＋ｂ７３＊β３＋ｂ７４＊β４＝α７…式８」が成り立つ。

[0077] 第８画素Ｐ８で得られる画素信号α８に関して、「ｂ８１＊β１＋ｂ８２＊β２＋ｂ８３＊β３＋ｂ８４＊β４＝α８…式９」が成り立つ。

[0078] 第９画素Ｐ９で得られる画素信号α９に関して、「ｂ９１＊β１＋ｂ９２＊β２＋ｂ９３＊β３＋ｂ９４＊β４＝α９…式１０」が成り立つ。

[0079] 第１０画素Ｐ１０で得られる画素信号α１０に関して、「ｂ１０１＊β１＋ｂ１０２＊β２＋ｂ１０３＊β３＋ｂ１０４＊β４＝α１０…式１１」が成り立つ。

[0080] 第１１画素Ｐ１１で得られる画素信号α１１に関して、「ｂ１１１＊β１＋ｂ１１２＊β２＋ｂ１１３＊β３＋ｂ１１４＊β４＝α１１…式１２」が成り立つ。

[0081] 第１２画素Ｐ１２で得られる画素信号α１２に関して、「ｂ１２１＊β１＋ｂ１２２＊β２＋ｂ１２３＊β３＋ｂ１２４＊β４＝α１２…式１３」が成り立つ。

[0082] 第１３画素Ｐ１３で得られる画素信号α１３に関して、「ｂ１３１＊β１＋ｂ１３２＊β２＋ｂ１３３＊β３＋ｂ１３４＊β４＝α１３…式１４」が成り立つ。

[0083] 第１４画素Ｐ１４で得られる画素信号α１４に関して、「ｂ１４１＊β１＋ｂ１４２＊β２＋ｂ１４３＊β３＋ｂ１４４＊β４＝α１４…式１５」が成り立つ。

[0084] 第１５画素Ｐ１５で得られる画素信号α１５に関して、「ｂ１５１＊β１＋ｂ１５２＊β２＋ｂ１５３＊β３＋ｂ１５４＊β４＝α１５…式１６」が成り立つ。

[0085] 第１６画素Ｐ１６で得られる画素信号α１６に関して、「ｂ１６１＊β１＋ｂ１６２＊β２＋ｂ１６３＊β３＋ｂ１６４＊β４＝α１６…式１７」が成り立つ。

[0086] ここで、上記式２～１７の連立方程式は、行列Ｂを用いた下記の式１８で表わすことができる。

[0087]

[数3]

$$B = \begin{bmatrix} b11 & b12 & b13 & b14 \\ b21 & b22 & b23 & b24 \\ b31 & b32 & b33 & b34 \\ b41 & b42 & b43 & b44 \\ b51 & b52 & b53 & b54 \\ b61 & b62 & b63 & b64 \\ b71 & b72 & b73 & b74 \\ b81 & b82 & b83 & b84 \\ b91 & b92 & b93 & b94 \\ b101 & b102 & b103 & b104 \\ b111 & b112 & b113 & b114 \\ b121 & b122 & b123 & b124 \\ b131 & b132 & b133 & b134 \\ b141 & b142 & b143 & b144 \\ b151 & b152 & b153 & b154 \\ b161 & b162 & b163 & b164 \end{bmatrix}$$

[0088] [数4]

$$\begin{bmatrix} b11 & b12 & b13 & b14 \\ b21 & b22 & b23 & b24 \\ b31 & b32 & b33 & b34 \\ b41 & b42 & b43 & b44 \\ b51 & b52 & b53 & b54 \\ b61 & b62 & b63 & b64 \\ b71 & b72 & b73 & b74 \\ b81 & b82 & b83 & b84 \\ b91 & b92 & b93 & b94 \\ b101 & b102 & b103 & b104 \\ b111 & b112 & b113 & b114 \\ b121 & b122 & b123 & b124 \\ b131 & b132 & b133 & b134 \\ b141 & b142 & b143 & b144 \\ b151 & b152 & b153 & b154 \\ b161 & b162 & b163 & b164 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta 1 \\ \beta 2 \\ \beta 3 \\ \beta 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha 1 \\ \alpha 2 \\ \alpha 3 \\ \alpha 4 \\ \alpha 5 \\ \alpha 6 \\ \alpha 7 \\ \alpha 8 \\ \alpha 9 \\ \alpha 10 \\ \alpha 11 \\ \alpha 12 \\ \alpha 13 \\ \alpha 14 \\ \alpha 15 \\ \alpha 16 \end{bmatrix} \quad \cdots \text{ 式１８}$$

[0089] 式２～１７の連立方程式の解であるβ１～β４は、上記式１８の両辺に行列Ｂの逆行列B^{-1}をかけることで算出される。

[0090]

[数5]

$$\begin{bmatrix}\beta 1\\ \beta 2\\ \beta 3\\ \beta 4\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}b11 & b12 & b13 & b14\\ b21 & b22 & b23 & b24\\ b31 & b32 & b33 & b34\\ b41 & b42 & b43 & b44\\ b51 & b52 & b53 & b54\\ b61 & b62 & b63 & b64\\ b71 & b72 & b73 & b74\\ b81 & b82 & b83 & b84\\ b91 & b92 & b93 & b94\\ b101 & b102 & b103 & b104\\ b111 & b112 & b113 & b114\\ b121 & b122 & b123 & b124\\ b131 & b132 & b133 & b134\\ b141 & b142 & b143 & b144\\ b151 & b152 & b153 & b154\\ b161 & b162 & b163 & b164\end{bmatrix}^{-1}*\begin{bmatrix}\alpha 1\\ \alpha 2\\ \alpha 3\\ \alpha 4\\ \alpha 5\\ \alpha 6\\ \alpha 7\\ \alpha 8\\ \alpha 9\\ \alpha 10\\ \alpha 11\\ \alpha 12\\ \alpha 13\\ \alpha 14\\ \alpha 15\\ \alpha 16\end{bmatrix}\quad\cdots\ \text{式１９}$$

[0091] このように、各波長帯域λ１～λ４に対応した画素信号β１～β４は、撮像光学系１０から出射される各波長帯域λ１～λ４の光が、画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）の各画素Ｐ１～Ｐ１６で受光される割合に基づいて、各画素Ｐ１～Ｐ１６の信号値（画素信号）α１～α１６から算出できる。

[0092] 上記式１は、上記式１９の逆行列Ｂ$^{-1}$をＡとしたものである（Ｂ$^{-1}$＝Ａ）。したがって、式１における行列Ａの各要素ａｉｊは、行列Ｂの逆行列Ｂ$^{-1}$を求めることで取得できる。

[0093] 係数記憶部２００Ｃは、混信除去処理を行うための行列Ａの各要素ａｉｊを係数群として記憶する。

[0094] 画像生成部２００Ｂは、係数記憶部２００Ｃから係数群を取得し、各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）の各画素Ｐ１～Ｐ１６から得られる画素信号α１～α１６から、上記式１によって、各波長帯域λ１～λ４に対応した画素信号β１～β４を算出し、各波長帯域λ１～λ４の画像データを生成する。

[0095] 画像生成部２００Ｂで生成された各波長帯域λ１～λ４の画像データは、外部に出力され、必要に応じて記憶装置（不図示）に記憶される。また、必要に応じてディスプレイ（不図示）に表示される。

[0096] ［画像生成］

図１３は、撮像装置による画像生成の概念図である。

[0097] 撮像光学系１０に入射した光は、特性の異なる４種類の光となって、撮像素子１００に入射する。具体的には、偏光方向θ１かつ波長帯域λ１の光（第１の光）、偏光方向θ１かつ波長帯域λ２の光（第２の光）、偏光方向θ２かつ波長帯域λ３の光（第３の光）、及び、偏光方向θ２かつ波長帯域λ４の（第４の光）となって撮像素子１００に入射する。

[0098] 撮像素子１００の各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）では、撮像光学系１０から出射した各波長帯域の光が、各画素Ｐ１～Ｐ１６において、所定の割合ｂｉｊで受光される。すなわち、各画素Ｐ１～Ｐ１６に備えられる偏光フィルタ素子１２２Ａ～１２２Ｄ及び分光フィルタ素子１３２Ａ～１３２Ｄの作用によって、各波長帯域λ１～λ４の光が所定の割合ｂｉｊで受光される。

[0099] 信号処理部２００は、撮像素子１００の各画素ブロックＰＢ（Ｘ，Ｙ）の各画素Ｐ１～Ｐ１６から得られる画素信号α１～α１６から各波長帯域λ１～λ４の光に対応した画素信号β１～β４を算出し、各波長帯域λ１～λ４の画像データを生成する。すなわち、行列Ａを用いた式１による演算処理（混信除去処理）を行って、撮像素子１００から得られる各画素Ｐ１～Ｐ１６の画素信号α１～α１６から各波長帯域λ１～λ４の光に対応した画素信号β１～β４を算出し、各波長帯域λ１～λ４の画像データを生成する。

[0100] このように、本実施の形態の撮像装置によれば、１つの撮像光学系１０と１つ（単板）の撮像素子１００で４種類の波長帯域の画像（４バンドのマルチスペクトル画像）を撮像できる。

[0101] ［撮像光学系の収差補正］

上記のように、本実施の形態の撮像装置１は、撮像光学系１０の瞳領域を複数の領域に分割（瞳分割）し、各領域で波長域を制限することにより、マルチスペクトル画像の撮像を可能としている。

[0102] ところで、一般的な撮像光学系では、波長ごとに収差が異なる。したがって、一般的な撮像光学系を単純に瞳分割して、撮像に用いても、良好な画質のマルチスペクトル画像は得られない。なお、ここでの「一般的な撮像光学

系」とは、波長ごとの収差の特に補正していない撮像光学系、すなわち、波長ごとの収差が残存した撮像光学系を意味する。

[0103] 上記のように、本実施の形態の撮像装置１では、バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４が、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を個別に補正する機能を有する。具体的には、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４が、物体側及び像側の少なくとも一方の面に曲率を持ったレンズ形状を有し、その曲率が個別に調整されて、対応する領域の収差が個別に補正される。すなわち、バンドパスフィルタにレンズの機能を持たせることにより、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の光路長を個別に調整して、収差を補正する。

[0104] 図１４は、図２に示すバンドパスフィルタユニットの１４－１４断面図である。同図は、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１及び第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４の断面を示している。また、図１５は、図２に示すバンドパスフィルタユニットの１５－１５断面図である。同図は、第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２及び第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３の断面を示している。

[0105] 図１４及び図１５に示すように、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、いずれも片面（物体側（図１４及び図１５において左側）の面）が、曲面で構成される。撮像光学系１０は、このバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の片面の曲率が個別に調整されて、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差が補正される。具体的には、第１瞳領域Ｚ１に対応する領域については、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１の片面の曲率が調整されることによって、その収差が補正される。また、第２瞳領域Ｚ２に対応する領域については、第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２の片面の曲率が調整されることによって、その収差が補正される。また、第３瞳領域Ｚ３に対応する領域については、第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３の片面の曲率が調整されることによって、その収差が補正される。また、第４瞳領域Ｚ４に対応する領域については、第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４の物体側の面の曲率が調整されることによって、その収差が補正される。

[0106] 各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、片面の曲率を変えることにより、焦点距離が変わる。撮像光学系１０の各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の中心波長における焦点距離をｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４とする。焦点距離ｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４が大きい順に各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の焦点距離を短くする。

[0107] このように、撮像光学系１０は、バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４によって、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差が個別に補正される。この結果、撮像光学系１０は、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差特性が互いに異なるものとなる。

[0108] 本実施の形態の撮像装置１によれば、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を個別に制御できるので、波長ごとに収差を制御できる。これにより、良好な画質のマルチスペクトル画像を撮像できる。

[0109] 本実施の形態の手法は、既存の撮像レンズ（マルチスペクトル撮像用ではない一般的な撮像レンズ）にも適用できる。すなわち、本実施の形態の手法は、瞳分割された各領域にバンドパスフィルタを配置し、各バンドパスフィルタの曲率を調整するだけなので、既存の撮像レンズにも適用できる。したがって、本実施の形態の手法を用いることにより、既存の撮像レンズをマルチスペクトル撮像用の撮像レンズにすることもできる。

[0110] なお、本実施の形態では、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の片面にのみ曲率を持たせているが、両面に曲率を持たせてもよい。

[0111] 《第２の実施の形態》

本実施の形態の撮像装置においても、撮像光学系は、各瞳領域を通過する光の波長が互いに異なり、かつ、各瞳領域に対応する領域の収差特性が互いに異なる構成を有する。具体的には、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４によって、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域を通過する光の波長帯域が制限される。また、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４によって、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差が個別に補正さ

れて、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差特性が互いに異なるものとされる。収差の補正手法が異なる点以外は、上記第１の実施の形態の撮像装置１と同じである。したがって、ここでは、バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４による収差の補正手法について説明する。

[0112] 図１６は、本実施の形態のバンドパスフィルタユニットの構成を示す図である。なお、同図において、（Ａ）は、バンドパスフィルタユニットの側面図を示しており、（Ｂ）は、バンドパスフィルタユニットの正面図を示している。図１７は、図１６の１７－１７断面図である。同図は、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１及び第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４の断面を示している。また、図１８は、図１６の１８－１８断面図である。同図は、第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２及び第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３の断面を示している。

[0113] 図１６～図１８に示すように、本実施の形態のバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、平板形状を有する。撮像光学系１０は、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～Ｂ４の厚さ（光軸Ｌと平行な方向の厚さ）ｔ１～ｔ４を個別に調整することで、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差が個別に補正される。すなわち、厚さｔ１～ｔ４の違いにより、撮像光学系１０の全体では同じ物体距離であっても、後群にとっての物体距離が変化し、最終結像面の位置を波長帯域ごとに変化させることができる。このため、撮像光学系１０が持つ軸上色収差（色ごとの結像位置のずれ）を、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の厚さｔ１～ｔ４を変化させることによって、波長帯域ごとに個別に補正できる。たとえば、撮像光学系１０の各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の中心波長における焦点距離をｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４とした場合、焦点距離ｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４が小さい順に各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の厚さｔ１～ｔ４を厚くする。

[0114] このように、本実施の形態の撮像装置によれば、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を個別に制御できるので、波長ごとに収差を制御できる。これにより、良好な画質のマルチスペクトル画像を撮像できる。また、本実

施の形態の手法も既存の撮像レンズに適用できるので、既存の撮像レンズをマルチスペクトル撮像用の撮像レンズにすることができる。

[0115] 《第３の実施の形態》

本実施の形態の撮像装置においても、撮像光学系は、各瞳領域を通過する光の波長が互いに異なり、かつ、各瞳領域に対応する領域の収差特性が互いに異なる構成を有する。具体的には、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４によって、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域を通過する光の波長帯域が制限される。また、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４によって、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差が個別に補正されて、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差特性が互いに異なるものとされる。収差の補正手法が異なる点以外は、上記第１の実施の形態の撮像装置１と同じである。したがって、ここでは、バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４による収差の補正手法について説明する。

[0116] 図１９は、本実施の形態のバンドパスフィルタユニットの構成を示す図である。なお、同図において、（Ａ）は、バンドパスフィルタユニットの側面図を示しており、（Ｂ）は、バンドパスフィルタユニットの正面図を示している。図２０は、図１９の２０－２０断面図である。同図は、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１及び第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４の断面を示している。また、図２１は、図１９の２１－２１断面図である。同図は、第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２及び第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３の断面を示している。

[0117] 図１９～図２１に示すように、本実施の形態のバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、平板形状を有する。撮像光学系１０は、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～Ｂ４の傾きを個別に調整することで、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差が個別に補正される。

[0118] 図２２は、コマ収差が残存するレンズにおいて非対称な瞳分割で結像位置がずれる様子を模式的に示した図である。同図において、位置ｐ１は瞳分割

しない場合の結像位置を示し、位置ｐ２は瞳分割した場合の結像位置を示している。同図に示すように、中心結像点にコマ収差を発生させた状態で瞳分割することにより、中心の結像位置をずらすことができる。

[0119] 各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域に備えられたバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の傾きを個別に調整することにより、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する波長帯域ごとに軸上色収差を抑制できる。すなわち、波長帯域ごとに結像位置を変更できるので、撮像光学系１０が本来的に有する軸上色収差を波長帯域ごとにキャンセルできる。

[0120] 図２３は、傾きの設定の概念図である。

[0121] 絞りより前側の光学系のd線（５８７．６nm（黄）の輝線スペクトル）における焦点距離をｆ０、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域を通過する光の波長帯域の中心波長における焦点距離をそれぞれｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４とする。中心から開口重心へ引いたベクトルに絞り面内で直行するベクトルを回転中心とした角度をΘとする。角度Θは、物体側に傾ける方向を正とする。絞りより前側の光学系のd線における焦点距離ｆ０が、ｆ＞０の場合、焦点距離ｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４が小さい順に角度Θを大きくする。一方、絞りより前側の光学系のd線における焦点距離ｆ０が、ｆ＜０の場合、焦点距離ｆ１、ｆ２、ｆ３、ｆ４が大きい順に角度Θを大きくする。

[0122] 図２４は、本実施の形態のバンドパスフィルタユニットの他の一例を示す図である。なお、同図において、（Ａ）は、バンドパスフィルタユニットの側面図を示しており、（Ｂ）は、バンドパスフィルタユニットの正面図を示している。図２５は、図２４の２５－２５断面図である。同図は、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１及び第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４の断面を示している。また、図２６は、図２４の２６－２６断面図である。同図は、第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２及び第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３の断面を示している。

[0123] 図２４～図２６に示すように、本例のバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、片面に傾きを持った平板形状を有する（断面はくさび形状）。撮像

光学系１０は、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の片面の傾きを個別に調整することで、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差が個別に補正される。

[0124] このように、バンドパスフィルタ自体の傾きを調整するのではなく、片面の傾きを調整することによっても、同様の効果が得られる。

[0125] 《第４の実施の形態》

上記各実施の形態では、撮像光学系の瞳領域を周方向に等分割しているが、瞳領域の分割の態様は、これに限定されるものではない。

[0126] 図２７は、瞳領域の分割態様の他の一例（変形例）を示す図である。同図は、バンドパスフィルタユニットの正面図に相当する。

[0127] 上記のように、撮像光学系は、絞りを構成する枠本体１６ａの内周部を複数の領域に分割することにより、瞳領域が複数の領域に分割される。本例では、図２７に示すように、枠本体１６ａの内周部を複数のリング状の間仕切り１６ｂによって、同心円状に分割して、撮像光学系の瞳領域を複数の領域に分割している。

[0128] 図２７は、瞳領域を４つの領域に分割する場合の一例を示している。枠体１６Ａの４つの開口領域（第１開口領域１６Ａ１、第２開口領域１６Ａ２、第３開口領域１６Ａ３、第４開口領域１６Ａ４）は、それぞれ４つの瞳領域（第１瞳領域Ｚ１、第２瞳領域Ｚ２、第３瞳領域Ｚ３、第４瞳領域Ｚ４）に対応する。すなわち、第１開口領域１６Ａ１は、第１瞳領域Ｚ１に対応する。第２開口領域１６Ａ２は、第２瞳領域Ｚ２に対応する。第３開口領域１６Ａ３は、第３瞳領域Ｚ３に対応する。第４開口領域１６Ａ４は、第４瞳領域Ｚ４に対応する。

[0129] 各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の波長が互いに異なる点、及び、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差特性が互いに異なる点については、上記実施の形態の撮像光学系と同じである。すなわち、撮像光学系は、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４に備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４によって、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域を通過する光の波長帯域が制

限される。また、バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４によって、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差が個別に補正される。

[0130] 各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を補正する方法は、上記各実施の形態で説明した手法を採用できる。

[0131] 図２８は、バンドパスフィルタの曲率を調整して収差を補正する場合の一例を示す図である。同図は、図２７の２８－２８断面図に相当する。

[0132] 本例は、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の形状をレンズ形状とし、その曲率を個別に調整することにより、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を補正する場合の例を示している。

[0133] なお、図２８に示す例では、バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の片面（物体側の面）のみに曲率を持たせているが、両面に曲率を持たせる構成とすることもできる。また、像側の面に曲率を持たせる構成とすることもできる。

[0134] 本例のように、瞳領域を同心円状に分割した場合、分割による非対称性が発生しないという利点がある。一方、回折限界については、レンズの中心から外側に向かうにつれて低下するので、要求される画質に応じて、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に割り当てる波長帯域を設定することが好ましい（高画質が要求される波長帯域を中央の瞳領域に割り当てる。）。

[0135] 図２９は、収差の補正手法の他の一例を示す図である。同図は、バンドパスフィルタの厚さを調整して収差を補正する場合の一例を示している。

[0136] 本例では、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の形状を平板形状とし、その厚さを個別に調整することにより、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を補正する場合の例を示している。

[0137] 図３０は、収差の補正手法の他の一例を示す図である。同図は、バンドパスフィルタの傾きを調整して収差を補正する場合の一例を示している。

[0138] 本例では、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の形状を平板形状とし、その片面の傾きを個別に調整することにより、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を補正する場合の例を示している。

[0139] なお、図３０では、各バンドパスフィルタの片面の傾きを調整する場合の例を示しているが、バンドパスフィルタ自体の傾きを調整して、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を補正する構成とすることもできる。

[0140] また、上記各手法を組み合わせて、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を補正することもできる。たとえば、第１瞳領域Ｚ１については、第１バンドパスフィルタの曲率を調整して、その収差を補正し、他の瞳領域Ｚ２～Ｚ４については、各バンドパスフィルタ１６Ｂ２～１６Ｂ４の厚さを調整して、その収差を補正する構成とすることもできる。

[0141] 《第５の実施の形態》

撮像光学系の瞳領域を分割して、マルチスペクトル画像を撮像する場合、波長帯域ごとの光量差が大きい場合、良好なダイナミックレンジが得られない。たとえば、特定の波長帯域の画像だけが暗かったり、白飛びしたりする場合がある。本実施の形態の撮像装置では、各瞳領域の開口面積を個別に調整し、波長帯域ごとの光量を個別に調整する。各瞳領域の開口面積の調整は、バンドパスフィルタユニットを構成する枠体の各開口領域の面積（開口面積）を調整することにより実現される。各瞳領域の開口面積が、バンドパスフィルタユニットによって調整される点以外は、上記第１の実施の形態の撮像装置１と同じである。したがって、ここでは、バンドパスフィルタユニットの構成についてのみ説明する。

[0142] 図３１は、本実施の形態のバンドパスフィルタユニットの構成を示す図である。

[0143] 同図に示すように、本実施の形態のバンドパスフィルタユニット１６は、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４の外周の径が個別に調整されて、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４の面積（開口面積）が個別に調整される。撮像光学系は、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４の面積が個別に調整されることにより、対応する各瞳領域Ｚ１～Ｚ４の開口面積が個別に調整される。また、撮像光学系は、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４の開口面積が個別に調整されることにより、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の光量が個別に調整される。この結果、撮像光

学系は、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の光量が互いに異なるものとなる。

[0144] このように、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の光量を個別に調整することにより、波長帯域ごとの光量を個別に調整でき、良好なダイナミックレンジが得られる。

[0145] また、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４の開口面積を小さくすることにより、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を低減することもできる。したがって、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４の開口面積を個別に調整することにより、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応する領域の収差を個別に補正できる。たとえば、d線から離れるに従って開口面積を小さくする。通常の撮像レンズでは、d線付近を基準として設計するため、d線から離れるに従って収差が大きくなる。このため、d線から波長が離れるほど開口面積を小さくし、収差を低減することが好ましい。

[0146] なお、本実施の形態では、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４の外周の径を変えて、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４の面積を調整する構成としているが、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４の面積を調整する方法は、これに限定されるものではない。この他、たとえば、間仕切り１６ｂの幅を変えて、各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４の面積を調整することもできる。

[0147] 《第６の実施の形態》

上記のように、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の光量を個別に調整することにより、波長帯域ごとの光量を個別に調整でき、良好なダイナミックレンジが得られる。上記第５の実施の形態では、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４の開口面積を個別に調整して、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の光量を個別に調整している。本実施の形態では、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応して備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の透過率を調整して、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の光量を調整する。

[0148] 図３２は、本実施の形態のバンドパスフィルタユニットに備えられる各バンドパスフィルタの透過波長特性の一例を示すグラフである。

[0149] 上記のように、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１は、波長帯域λ１の光を

透過させる。第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２は、波長帯域λ２の光を透過させる。第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３は、波長帯域λ３の光を透過させる。第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４は、波長帯域λ４の光を透過させる。

[0150] 図３２に示すように、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、それぞれ異なる透過率で各波長帯域λ１～λ４の光を透過させる。

[0151] このように、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応して備えられるバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４の透過率を個別に調整して、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の光量を個別に調整することもできる。これにより、良好なダイナミックレンジが得られる。

[0152] また、開口面積を調整する方法の場合、開口面積を小さくし過ぎると、回折限界が低くなり、解像度が低下するが、本実施の形態のように、透過率を制御することにより、解像度も良好な画像が得られる。

[0153] なお、本実施の形態の調整手法は、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４の開口面積を調整する手法と組み合わせて使用することもできる。

[0154] 《第７の実施の形態》

本実施の形態では、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の帯域幅を調整して、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の光量を調整する。各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の帯域幅は、バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４で透過させる波長の帯域幅を変えることにより調整する。

[0155] 図３３は、本実施の形態のバンドパスフィルタユニットに備えられる各バンドパスフィルタの透過波長特性の一例を示すグラフである。

[0156] 図３３に示すように、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４は、透過させる波長帯域λ１～λ４の帯域幅が異なる。第１瞳領域Ｚ１は、第１バンドパスフィルタ１６Ｂ１が透過させる波長帯域λ１の帯域幅を調整することにより、光量が調整される。第２瞳領域Ｚ２は、第２バンドパスフィルタ１６Ｂ２が透過させる波長帯域λ２の帯域幅を調整することにより、光量が調整される。第３瞳領域Ｚ３は、第３バンドパスフィルタ１６Ｂ３が透過させる波長帯域λ３の帯域幅を調整することにより、光量が調整される。第４瞳

領域Ｚ４は、第４バンドパスフィルタ１６Ｂ４が透過させる波長帯域λ４の帯域幅を調整することにより、光量が調整される。

[0157] このように、各バンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４が透過させる波長帯域λ１～λ４の帯域幅を個別に調整して、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を通過する光の光量を個別に調整することもできる。これにより、良好なダイナミックレンジが得られる。

[0158] なお、本実施の形態の調整手法は、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４の開口面積を調整する手法、及び／又は、各瞳領域Ｚ１～Ｚ４を透過させる光の透過率を調整する手法と組み合わせて使用することもできる。

[0159] 《その他の実施の形態》

［瞳分割について］

上記実施の形態では、撮像光学系の瞳領域を４つの領域に分割する場合を例に説明したが、分割数については、これに限定されるものではない。撮像するバンド数（Ｎ）に応じて適宜設定できる（ただし、Ｎ≧２）。

[0160] また、分割の態様については、上記実施の形態で示したものに限定されず、他の態様（とえば、グリッド状に分割する態様等）を採用することもできる。同様に、各瞳領域の開口形状についても、上記実施の形態で示したものに限定されず、他の形状を採用することもできる。

[0161] 図３４は、瞳領域の開口形状の他の一例を示す図である。

[0162] 同図は、各瞳領域の開口形状を円形状とした場合の例を示している。この場合、バンドパスフィルタユニット１６の各開口領域１６Ａ１～１６Ａ４は、円形状とされる。瞳領域の開口形状は、この他、矩形状、多角形状等を採用することもできる。また、各瞳領域が異なる開口形状を有していてもよい。

[0163] また、上記実施の形態では、絞りの位置にバンドパスフィルタを配置することで、瞳領域を複数の領域に分割しているが、バンドパスフィルタを絞りの近傍に配置することによっても、実質的に瞳領域を複数の領域に分割でき、かつ、各領域を透過する光の波長帯域を制限できる。

[0164] ［各瞳領域を透過させる波長帯域の設定について］

分割した各瞳領域を透過させる波長帯域については、少なくとも一つの瞳領域（第１の瞳領域）が透過させる波長帯域と、他の一つの瞳領域（第２の瞳領域）が透過させる波長帯域とが異なっていればよい。したがって、同じ波長帯域の光を透過させる瞳領域を備えていてもよい。

[0165] ［各瞳領域を透過させる光の偏光方向について］

撮像光学系は、分割した瞳領域ごとに異なる偏光方向に偏光させる構成としてもよい。たとえば、上記第１の実施の形態の撮像光学系において、各偏光フィルタ１８Ｂ１～１８Ｂ４が透過させる光の偏光方向を互いに異なる方向としてもよい。

[0166] ［Ｎバンドのマルチスペクトル画像を撮像する場合について］

撮像素子に備えられる偏光フィルタ素子の種類をｎ種（ｎ≧２）、分光フィルタ素子の種類をｍ種（ｍ≧２）とすると、本発明の撮像装置では、最大で（ｎ×ｍ）バンドのマルチスペクトル画像を撮像できる。この場合、撮像素子の１つの画素ブロックは、偏光フィルタ素子と分光フィルタ素子との組み合わせが異なる（ｎ×ｍ）個の画素で構成される。

[0167] Ｎバンド（Ｎは２以上の整数）のマルチスペクトル画像を撮像する場合、撮像光学系はＮバンドの光を出射する構成とされ、撮像素子は、Ｎ≦（ｎ×ｍ）を満たす構成とされる。

[0168] いま、撮像素子に備えられる偏光フィルタ素子の種類をｎ種、分光フィルタ素子の種類をｍ種、ｎ×ｍ＝ｑとして、１つの画素ブロックがｑ個の画素で構成される場合を考える。この場合、撮像素子の各画素ブロックからは、ｑ個の画素信号α１、α２、…、αｑが出力される。撮像光学系が、ｋ種の波長帯域の光を出射する場合、このｑ個の画素信号α１、α２、…、αｑから混信を除去して、各波長帯域の画素信号β１、β２、…、βｋを算出するための演算式は、行列Ａを用いて、次のように定義される。

[0169]

[数6]

$$A = \begin{bmatrix} a11 & a12 & \cdots & a1q \\ a21 & a22 & \cdots & a2q \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ ak1 & ak2 & \cdots & akq \end{bmatrix}$$

[0170] [数7]

$$\begin{bmatrix} \beta 1 \\ \beta 2 \\ \vdots \\ \beta k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a11 & a12 & \cdots & a1q \\ a21 & a22 & \cdots & a2q \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ ak1 & ak2 & \cdots & akq \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \alpha 1 \\ \alpha 2 \\ \vdots \\ \alpha q \end{bmatrix}$$

[0171] 上記のように、行列Ａは、各波長帯域の光が、画素ブロックの各画素で受光される割合を要素とする行列Ｂの逆行列Ｂ$^{-1}$である。

[0172] ［混信除去処理について］

信号処理部では、混信除去処理を行わずに各波長帯域の画像データを生成することもできる。たとえば、２種類の波長帯域のマルチスペクトル画像を撮像する場合において、撮像光学系の瞳領域を第１の瞳領域及び第２の瞳領域に分割する。第１の瞳領域には、第１の波長帯域λ１の光を透過する第１のバンドパスフィルタ、及び、第１の偏光方向θ１の光を透過する第１の偏光フィルタを備える。一方、第２の瞳領域には、第１の波長帯域λ１とは異なる第２の波長帯域λ２の光を透過する第１のバンドパスフィルタ、及び、第１の偏光方向θ１と直交する第２の偏光方向θ２の光を透過する第２の偏光フィルタを備える。撮像素子は、１つの画素ブロックを２つの画素（第１の画素及び第２の画素）で構成する。第１の画素には、第１の偏光方向θ１の光を透過する第１の偏光フィルタ素子を備える。一方、第２の画素には、第２の偏光方向θ２の光を透過する偏光フィルタ素子を備える。これにより、第１の瞳領域を通過する光が第１の画素でのみ受光され、かつ、第２の瞳領域を通過する光が第２の画素でのみ受光される。したがって、このような

場合は混信除去処理を行わずに、各波長帯域の画像データを生成できる。また、混信が生じる場合であっても、その影響が少ない場合、あるいは、ユーザが許容できると認める場合には、混信除去処理を行わずに、各波長帯域の画像データを生成することもできる。

[0173] ［バンドパスフィルタの変形例１］

上記実施の形態では、分割した瞳領域ごとに独立してバンドパスフィルタを配置しているが、各瞳領域に対応するバンドパスフィルタを一体化して１つのバンドパスフィルタとして構成することもできる。

[0174] 図３５は、各瞳領域に対応するバンドパスフィルタを一体化して１つのバンドパスフィルタとして構成する場合の一例を示す図である。

[0175] 同図に示すように、本例のバンドパスフィルタは、分割した各瞳領域Ｚ１～Ｚ４に対応するバンドパスフィルタ１６Ｂ１～１６Ｂ４を一体化して、１つのバンドパスフィルタとして構成している。

[0176] ［バンドパスフィルタの変形例２］

上記実施の形態では、１つの開口領域から１種類の波長帯域の光を透過させる構成としているが、１つの開口領域から複数種類の波長帯域の光を透過させる構成とすることもできる。たとえば、複数種類の波長帯域を透過させるバンドパスフィルタ（いわゆるマルチバンドパスフィルタ）を使用することにより、１つの開口領域から複数種類の波長帯域を透過させることができる。この場合、１つの開口領域で透過させる波長帯域の数（透過波長帯域数）は、最大で撮像素子に備えられる分光フィルタ素子の種類の数までとされる。すなわち、１つの開口領域が有する透過波長帯域の数は、分光フィルタ素子の透過波長帯域の数以下で設定できる。

[0177] ［交換可能なバンドパスフィルタユニット］

撮像光学系は、バンドパスフィルタユニットを交換できる構成とすることが好ましい。これにより、波長帯域を変えて撮像できる。なお、上記のように、本発明の撮像装置では、最大でｎ×ｍバンドのマルチスペクトル画像を撮像できるので（ｎは撮像素子に備えられる偏光フィルタ素子の種類、ｍは

分光フィルタ素子の種類）、ｎ×ｍの範囲内でバンド数を変えて撮像することもできる。

[0178] バンドパスフィルタユニットは、各開口領域に対してバンドパスフィルタを着脱可能に保持する構成とすることが好ましい。これにより、バンドパスフィルタを交換するだけで、任意の波長帯域のマルチスペクトル画像を簡単に撮像できる。

[0179] なお、本例のように、波長帯域の切り換えを可能にすることを考慮して、撮像素子に備える分光フィルタ素子には、広帯域の光を透過させる分光フィルタ素子を使用することが好ましい。すなわち、選択可能な透過波長帯域をカバーする分光フィルタ素子を使用することが好ましい。

[0180] ［他の光学素子による収差補正］

上記実施の形態では、各瞳領域に対応して備えられたバンドパスフィルタによって、各瞳領域に対応する領域の収差を個別に補正する構成としているが、バンドパスフィルタとは別の光学素子によって、各瞳領域に対応する領域の収差を個別に補正する構成としてもよい。バンドパスフィルタによって各瞳領域に対応する領域の収差を補正することにより、部品点数を削減でき、かつ、構成を簡素化できる。

[0181] ［撮像素子の構成］

１つの画素ブロックを構成する画素の配列は、上記各実施の形態のものに限定されるものではない。１つの画素ブロックを構成する画素の数等に応じて画素の配列を適宜変更できる。

[0182] また、上記実施の形態では、偏光フィルタ素子及び分光フィルタ素子が、フォトダイオードとマイクロレンズとの間に配置される構成としているが、いずれか一方又は両方をマイクロレンズの前（被写体側）に配置する構成とすることもできる。なお、偏光フィルタ素子及び分光フィルタ素子をマイクロレンズとフォトダイオードとの間に配置することにより、隣接する画素に光が混入するのを効果的に防止できる。これにより、より混信を防止できる。

[0183] また、１つの画素ブロックの各画素に備える偏光フィルタ素子については、互いに異なる偏光方向の光を透過させる構成としてもよい。たとえば、上記第１の実施の形態の撮像素子において、各画素Ｐ１～Ｐ１６に備える偏光フィルタ素子が透過させる光の偏光方向を互いに異なる方向としてもよい。

[0184] ［信号処理部の構成］

信号処理部２００における画像生成部２００Ｂ（演算部）の機能は、各種のプロセッサ（processor）を用いて実現できる。各種のプロセッサには、たとえば、ソフトウェア（プログラム）を実行して各種の機能を実現する汎用的なプロセッサであるＣＰＵ（Central Processing Unit）が含まれる。また、上記各種のプロセッサには、画像処理に特化したプロセッサであるＧＰＵ（Graphics Processing Unit）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）などの製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス（Programmable Logic Device：ＰＬＤ）も含まれる。更に、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）などの特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路なども上記各種のプロセッサに含まれる。

[0185] 各部の機能は１つのプロセッサにより実現されてもよいし、同種又は異種の複数のプロセッサ（たとえば、複数のＦＰＧＡ、あるいはＣＰＵとＦＰＧＡの組み合わせ、又はＣＰＵとＧＰＵの組み合わせ）で実現されてもよい。また、複数の機能を１つのプロセッサで実現してもよい。複数の機能を１つのプロセッサで構成する例としては、第１に、サーバなどのコンピュータに代表されるように、１つ以上のＣＰＵとソフトウェアの組合せで１つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の機能として実現する形態がある。第２に、システムオンチップ（System On Chip：ＳｏＣ）などに代表されるように、システム全体の機能を１つのＩＣ（Integrated Circuit）チップで実現するプロセッサを使用する形態がある。このように、各種の機能は、ハードウェア的な構造として、上記各種のプロセッサを１つ以上用いて構成される。更に、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造は、より具

体的には、半導体素子などの回路素子を組み合わせた電気回路（circuitry）である。これらの電気回路は、論理和、論理積、論理否定、排他的論理和、及びこれらを組み合わせた論理演算を用いて上記の機能を実現する電気回路であってもよい。

[0186] 上記のプロセッサあるいは電気回路がソフトウェア（プログラム）を実行する際は、実行するソフトウェアのプロセッサ（コンピュータ）読み取り可能なコードをＲＯＭ（Read Only Memory）等の非一時的記録媒体に記憶しておき、プロセッサがそのソフトウェアを参照する。非一時的記録媒体に記憶しておくソフトウェアは、画像の入力、解析、表示制御等を実行するためのプログラムを含む。ＲＯＭではなく各種光磁気記録装置、半導体メモリ等の非一時的記録媒体にコードを記録してもよい。ソフトウェアを用いた処理の際には、たとえばＲＡＭ（Random Access Memory）が一時的記憶領域として用いられ、また、たとえば、不図示のＥＥＰＲＯＭ（Electronically Erasable and Programmable Read Only Memory）に記憶されたデータを参照することもできる。

[0187] 信号処理部２００の係数記憶部２００Ｃは、たとえば、ＲＯＭ（Read-only Memory）、ＥＥＰＲＯＭ（Electrically Erasable Programmable Read-only Memory）等のメモリで実現できる。

[0188] ［撮像装置の構成］

撮像装置は、撮像光学系の交換が可能なレンズ交換式の撮像装置として構成することもできる。この場合、行列Ａは、レンズ（撮像光学系）ごとに一意に定まるので、レンズごとに行列Ａを用意し、その係数群を係数記憶部に記憶させる。レンズが交換された場合は、交換されたレンズに対応する行列Ａの係数群を係数記憶部から読み出して、演算処理を実行し、各画像を生成する。

符号の説明

[0189] １ 撮像装置

１０ 撮像光学系

１２　レンズ

１６　バンドパスフィルタユニット

１６Ａ　枠体

１６Ａ１　第１開口領域

１６Ａ２　第２開口領域

１６Ａ３　第３開口領域

１６Ａ４　第４開口領域

１６Ｂ１　第１バンドパスフィルタ

１６Ｂ２　第２バンドパスフィルタ

１６Ｂ３　第３バンドパスフィルタ

１６Ｂ４　第４バンドパスフィルタ

１６ａ　枠本体

１６ｂ　間仕切り

１８　偏光フィルタユニット

１８Ａ　枠体

１８Ａ１　第１開口領域

１８Ａ２　第２開口領域

１８Ａ３　第３開口領域

１８Ａ４　第４開口領域

１８Ｂ１　第１偏光フィルタ

１８Ｂ２　第２偏光フィルタ

１８Ｂ３　第３偏光フィルタ

１８Ｂ４　第４偏光フィルタ

１８ａ　枠本体

１８ｂ　間仕切り

１００　撮像素子

１１０　ピクセルアレイ層

１１２　フォトダイオード

１２０　偏光フィルタ素子アレイ層

１２２Ａ　第１偏光フィルタ素子

１２２Ｂ　第２偏光フィルタ素子

１２２Ｃ　第３偏光フィルタ素子

１２２Ｄ　第４偏光フィルタ素子

１３０　分光フィルタ素子アレイ層

１３２Ａ　第１分光フィルタ素子

１３２Ｂ　第２分光フィルタ素子

１４０　マイクロレンズアレイ層

１４２　マイクロレンズ

２００　信号処理部

２００Ａ　アナログ信号処理部

２００Ｂ　画像生成部

２００Ｃ　係数記憶部

Ｄ１～Ｄ１６　画像データ

Ｌ　光軸

Ｐ１　第１画素

Ｐ２　第２画素

Ｐ３　第３画素

Ｐ４　第４画素

Ｐ５　第５画素

Ｐ６　第６画素

Ｐ７　第７画素

Ｐ８　第８画素

Ｐ９　第９画素

Ｐ１０　第１０画素

Ｐ１１　第１１画素

Ｐ１２　第１２画素

Ｐ１３　第１３画素

Ｐ１４　第１４画素

Ｐ１５　第１５画素

Ｐ１６　第１６画素

ＰＢ　画素ブロック

Ｚ１　第１瞳領域

Ｚ２　第２瞳領域

Ｚ３　第３瞳領域

Ｚ４　第４瞳領域

θ１　偏光方向

θ２　偏光方向

θ３　偏光方向

θ４　偏光方向

θＡ　偏光方向

θＢ　偏光方向

θＣ　偏光方向

θＤ　偏光方向

λ１　波長帯域

λ２　波長帯域

λ３　波長帯域

λ４　波長帯域

Ａ　第１分光フィルタ素子の透過波長特性

Ｂ　第２分光フィルタ素子の透過波長特性

Ｃ　第３分光フィルタ素子の透過波長特性

Ｄ　第４分光フィルタ素子の透過波長特性

請求の範囲

[請求項1] 瞳領域が、第１の瞳領域、及び、前記第１の瞳領域とは異なる第２の瞳領域を含む複数の領域に分割され、前記第１の瞳領域及び前記第２の瞳領域を通過する光を互いに異なる方向に偏光する偏光子を備えた撮像光学系と、

前記第１の瞳領域を通過する光を受光する第１の画素、及び、前記第２の瞳領域を通過する光を受光する第２の画素を含む撮像素子と、

前記撮像素子から出力される信号を処理し、少なくとも前記第１の画素の出力信号からなる第１の画像データ、及び、前記第２の画素の出力信号からなる第２の画像データを出力するプロセッサと、

を備え、

前記撮像光学系は、前記第１の瞳領域及び前記第２の瞳領域を通過する光の波長が互いに異なり、かつ、前記第１の瞳領域及び前記第２の瞳領域に対応する領域の収差特性が互いに異なる、

撮像装置。

[請求項2] 前記撮像光学系は、更に、前記第１の瞳領域及び前記第２の瞳領域を通過する光の光量が互いに異なる、

請求項１に記載の撮像装置。

[請求項3] 前記撮像光学系は、前記第１の瞳領域に配置される第１の光学素子及び前記第２の瞳領域に配置される前記第１の光学素子とは異なる第２の光学素子を備え、前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子によって、前記第１の瞳領域及び前記第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される、

請求項１又は２に記載の撮像装置。

[請求項4] 前記第１の光学素子は、第１の波長帯域の光を透過させ、前記第２の光学素子は、前記第１の波長帯域とは異なる第２の波長帯域の光を透過させる、

請求項３に記載の撮像装置。

[請求項5] 前記第１の光学素子は、第１の透過率を有し、前記第２の光学素子は、前記第１の透過率とは異なる第２の透過率を有する、

請求項４に記載の撮像装置。

[請求項6] 前記第１の光学素子は、第１の開口面積を有し、前記第２の光学素子は、前記第１の開口面積とは異なる第２の開口面積を有する、

請求項３から５のいずれか１項に記載の撮像装置。

[請求項7] 前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子は、レンズ形状を有し、

前記撮像光学系は、前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子の曲率が個別に調整されて、前記第１の瞳領域及び前記第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される、

請求項３から６のいずれか１項に記載の撮像装置。

[請求項8] 前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子は、平板形状を有し、

前記撮像光学系は、前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子の厚さが個別に調整されて、前記第１の瞳領域及び前記第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される、

請求項３から６のいずれか１項に記載の撮像装置。

[請求項9] 前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子は、平板形状を有し、

前記撮像光学系は、前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子の傾きが個別に調整されて、前記第１の瞳領域及び前記第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される、

請求項３から６のいずれか１項に記載の撮像装置。

[請求項10] 前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子は、平板形状を有し、

前記撮像光学系は、前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子の片面の傾きが個別に調整されて、前記第１の瞳領域及び前記第２の瞳領域に対応する領域の収差が個別に補正される、

請求項３から６のいずれか１項に記載の撮像装置。

[請求項11] 前記第１の光学素子及び前記第２の光学素子が一体化されて１つの

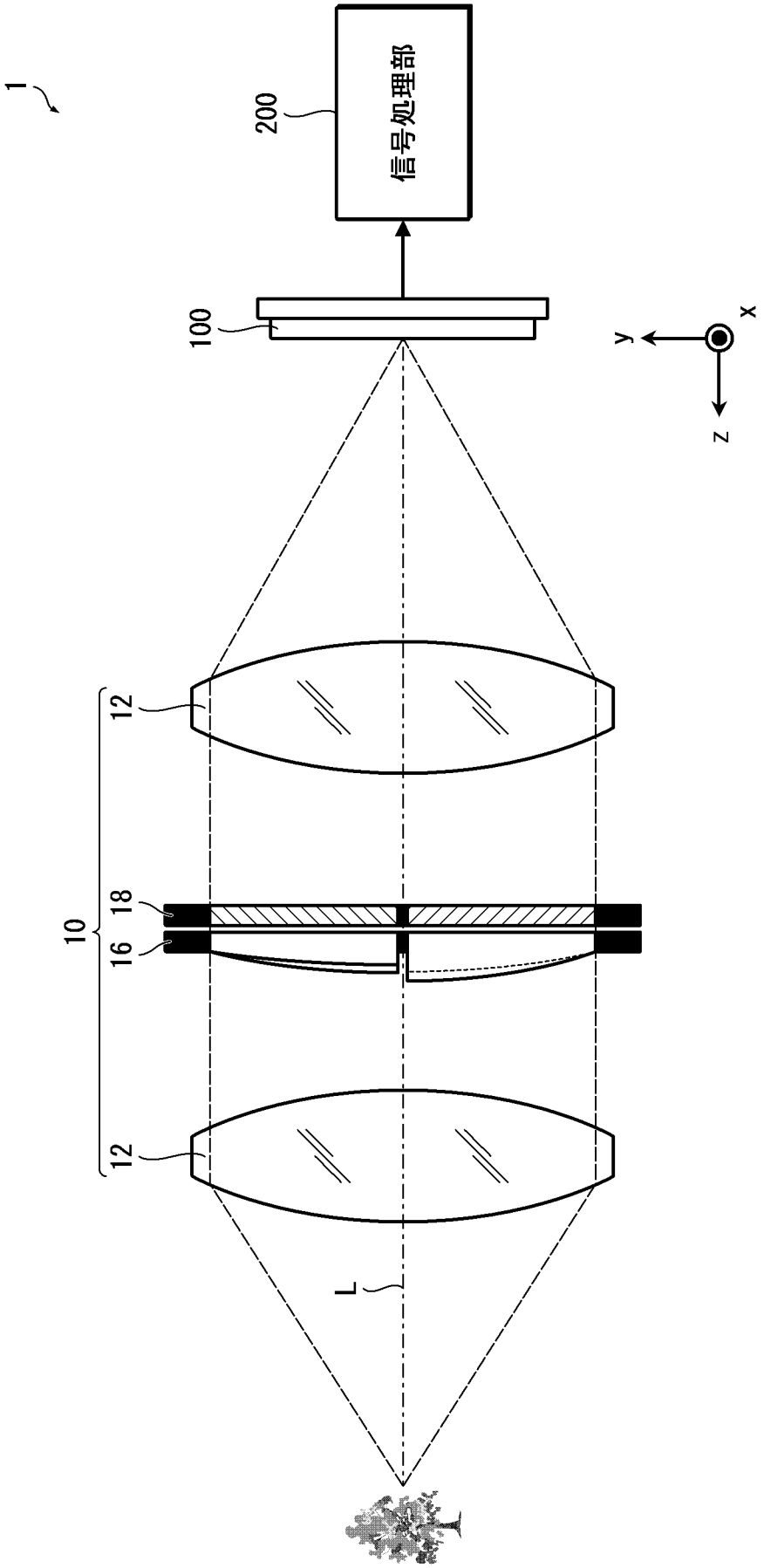
光学素子で構成される、

請求項３から１０のいずれか１項に記載の撮像装置。

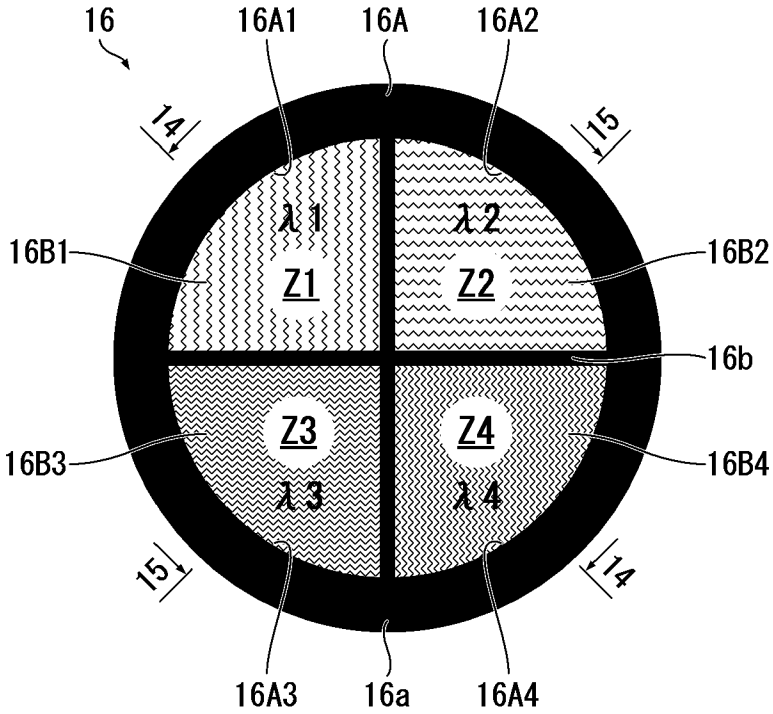
[請求項12] 前記撮像光学系は、瞳領域が同心円状に分割される、

請求項１から１１のいずれか１項に記載の撮像装置。

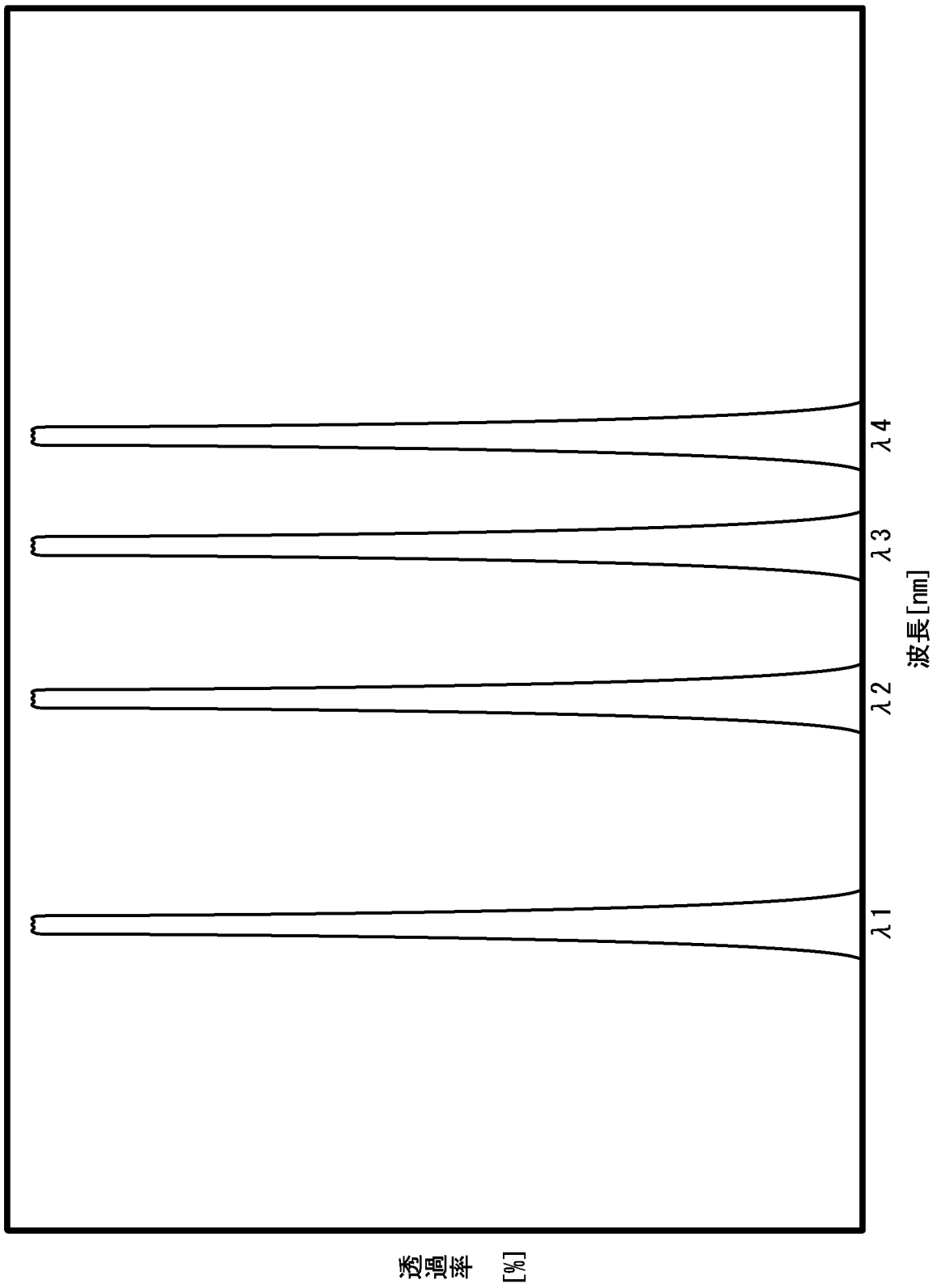
[図1]



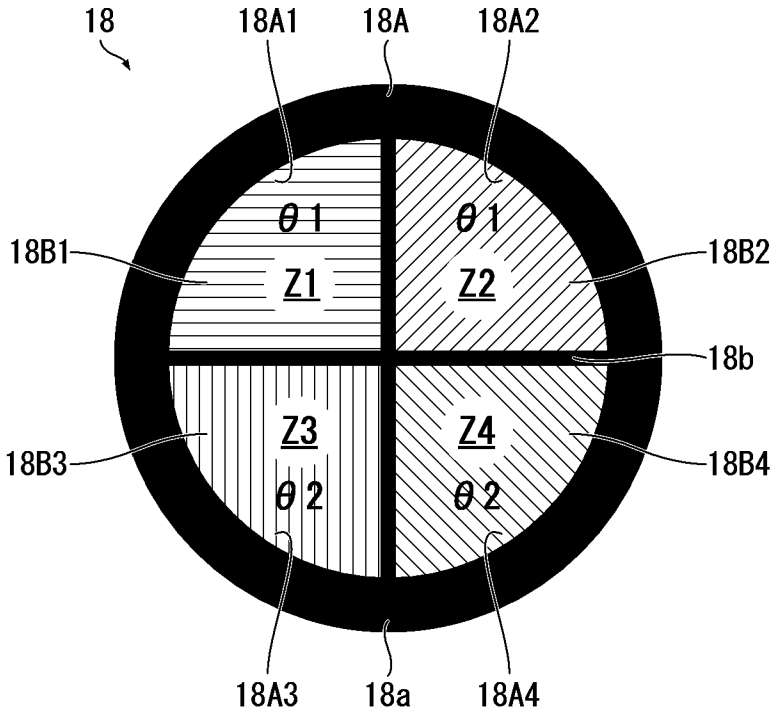
[図2]


16
16A1
16A
16A2
14
15
λ1
Z1
λ2
Z2
16B1
16B2
16b
Z3
λ3
Z4
λ4
16B3
16B4
15
14
16A3
16a
16A4

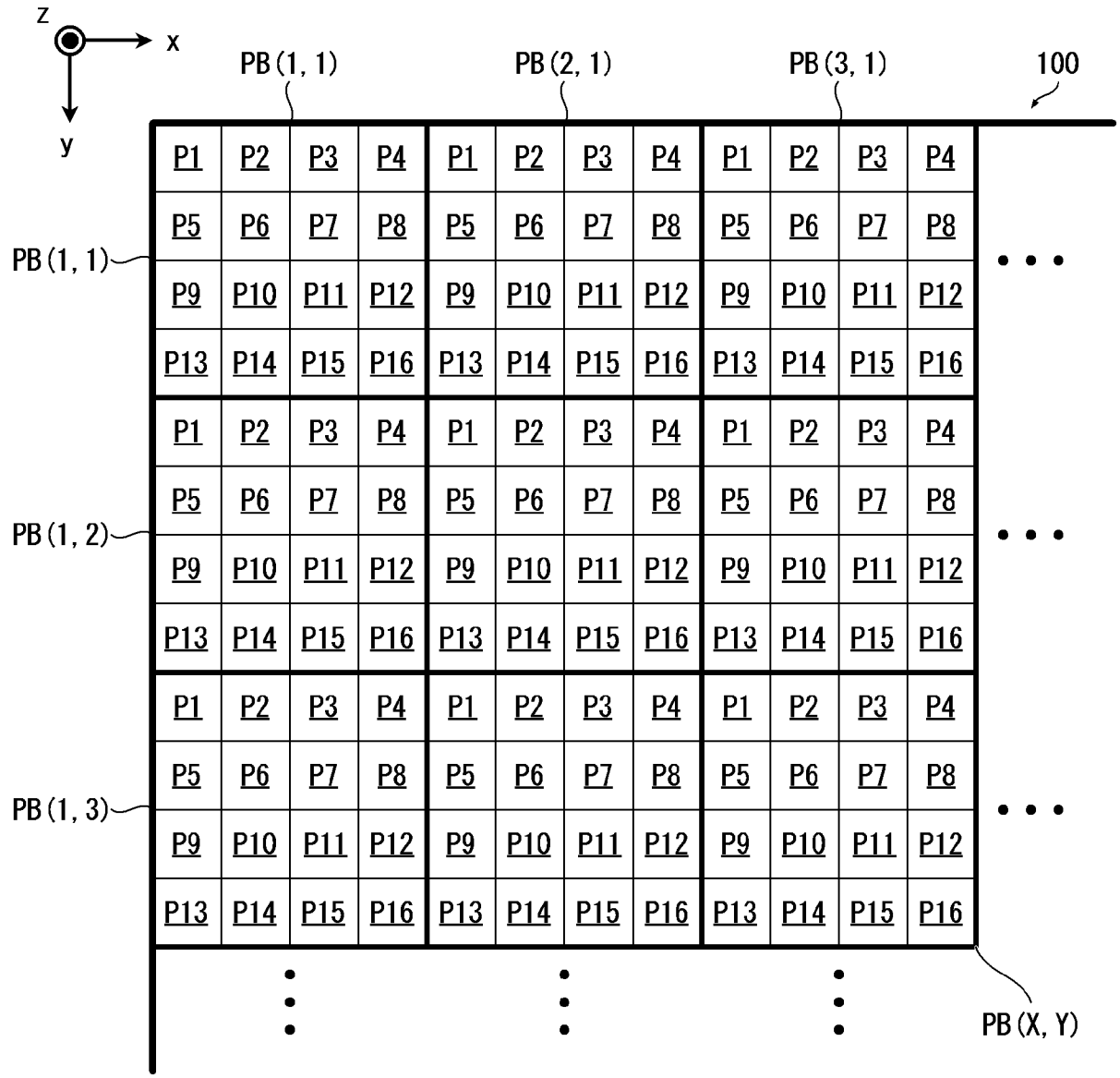
[図3]



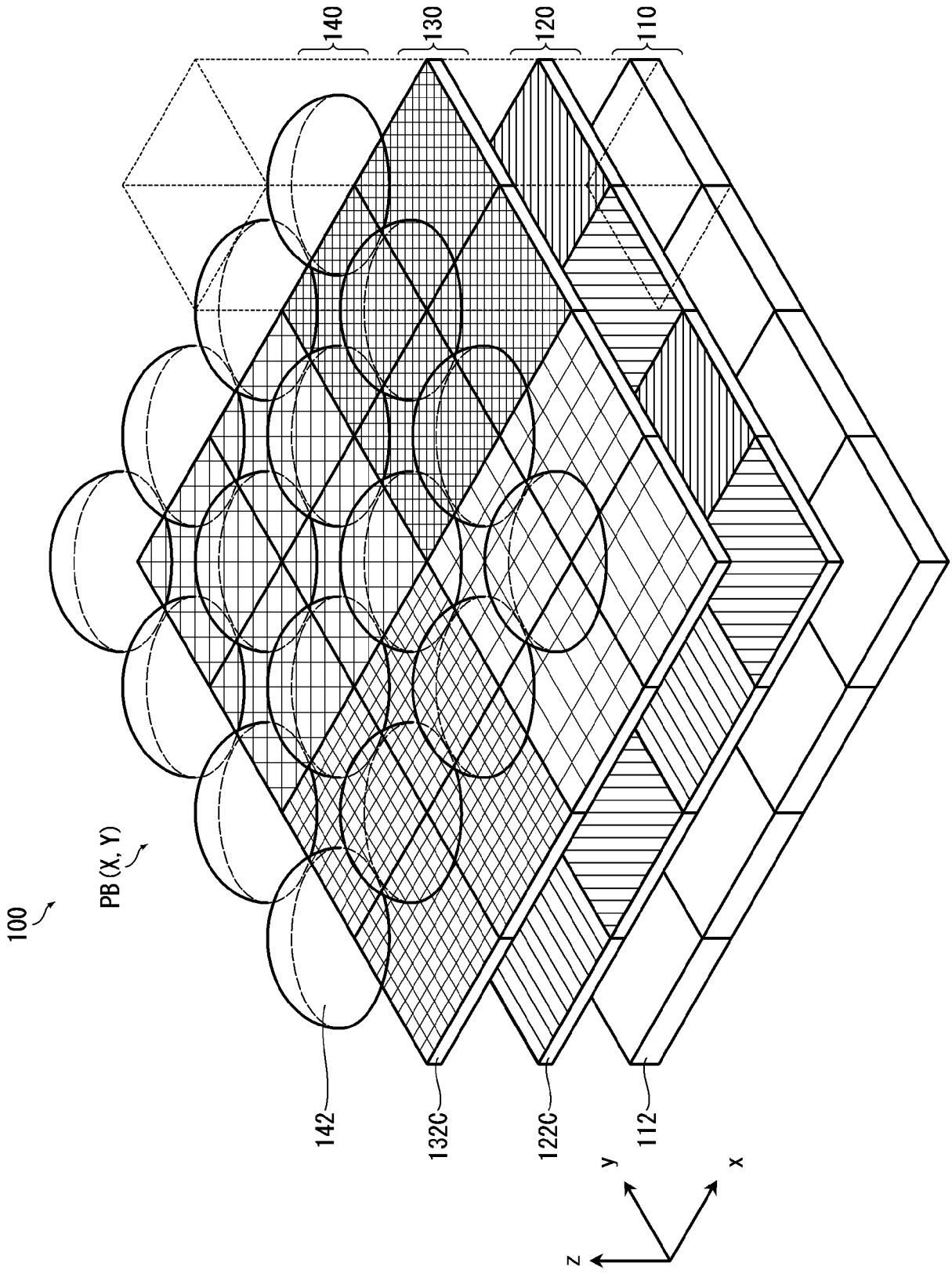
[図4]


18
18A1
18A
18A2
θ1
θ1
Z1
Z2
18B1
18B2
18b
Z3
Z4
θ2
θ2
18B3
18B4
18A3
18a
18A4

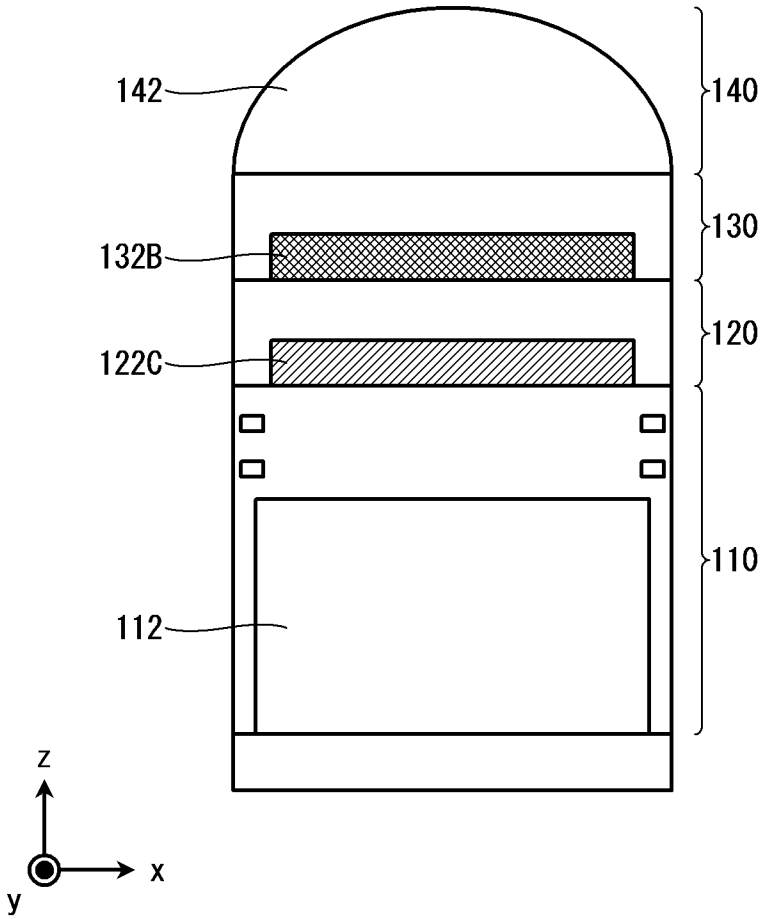
[図5]


z
x
y
PB (1, 1)
PB (2, 1)
PB (3, 1)
100
PB (1, 1)
PB (1, 2)
PB (1, 3)
PB (X, Y)
P1 P2 P3 P4 P1 P2 P3 P4 P1 P2 P3 P4
P5 P6 P7 P8 P5 P6 P7 P8 P5 P6 P7 P8
P9 P10 P11 P12 P9 P10 P11 P12 P9 P10 P11 P12
P13 P14 P15 P16 P13 P14 P15 P16 P13 P14 P15 P16

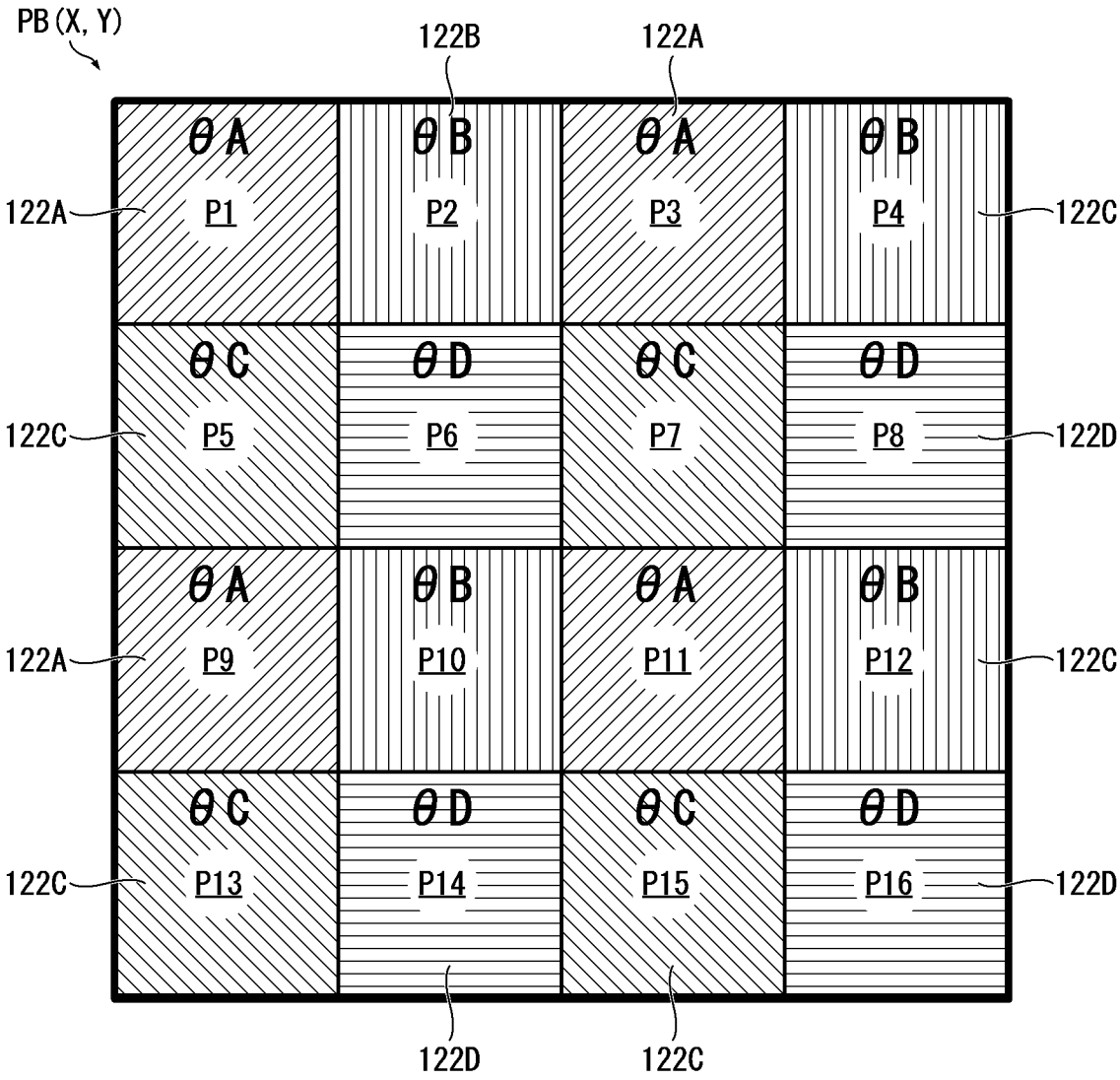
[図6]



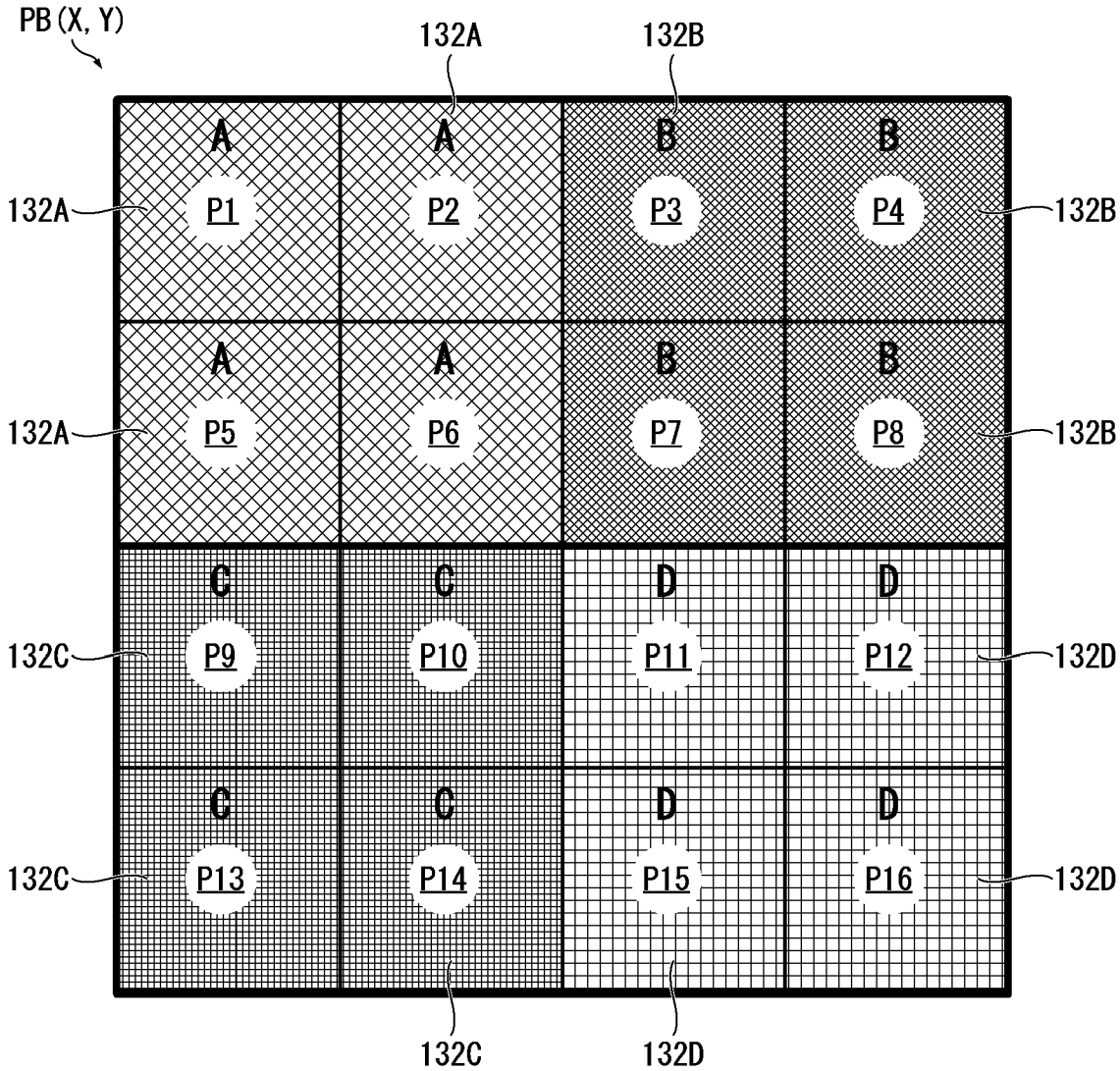
[図7]



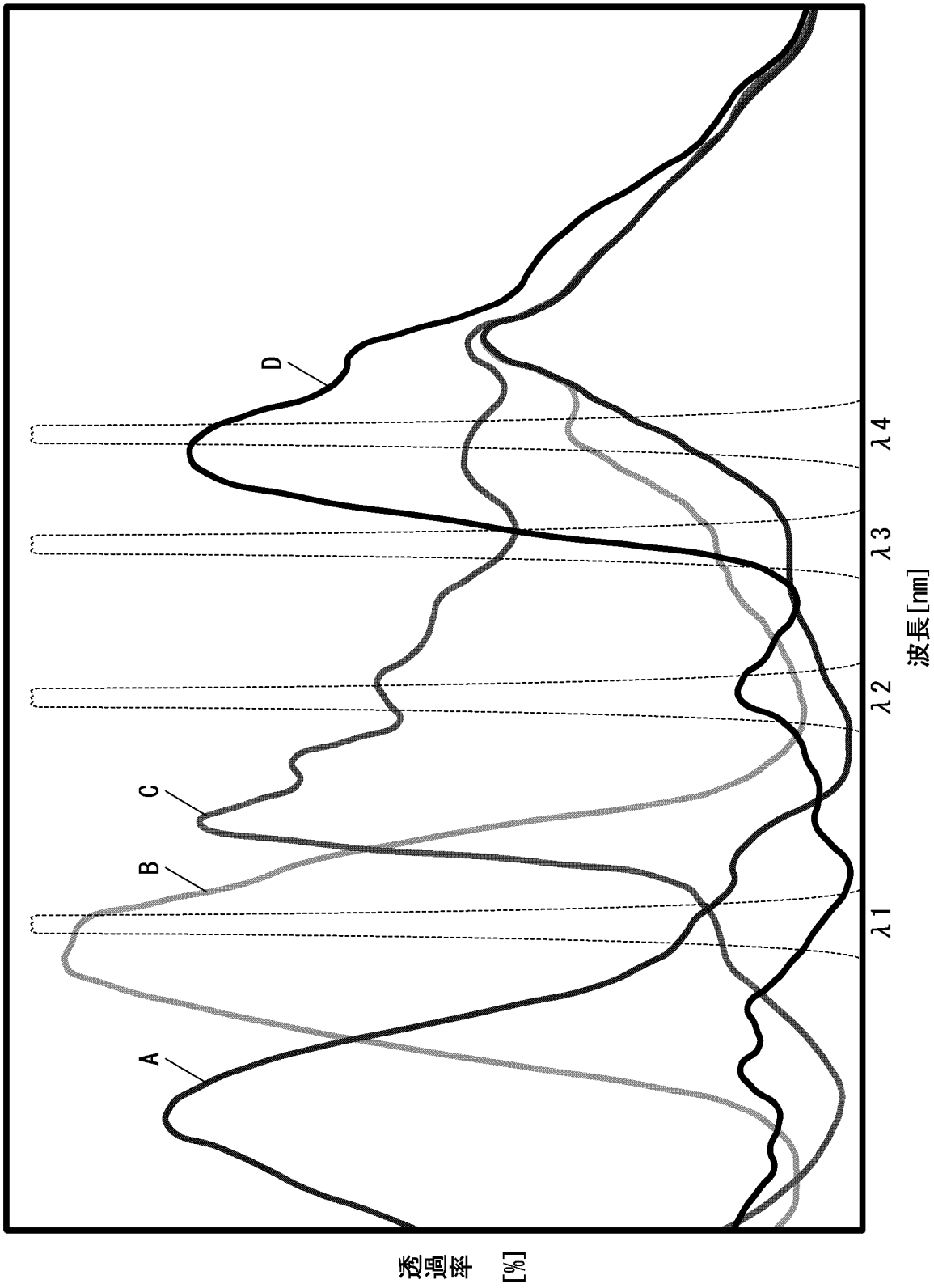
[図8]


PB(X, Y)
122B
122A
θA
P1
θB
P2
θA
P3
θB
P4
122A
122C
θC
P5
θD
P6
θC
P7
θD
P8
122C
122D
θA
P9
θB
P10
θA
P11
θB
P12
122A
122C
θC
P13
θD
P14
θC
P15
θD
P16
122C
122D
122D
122C

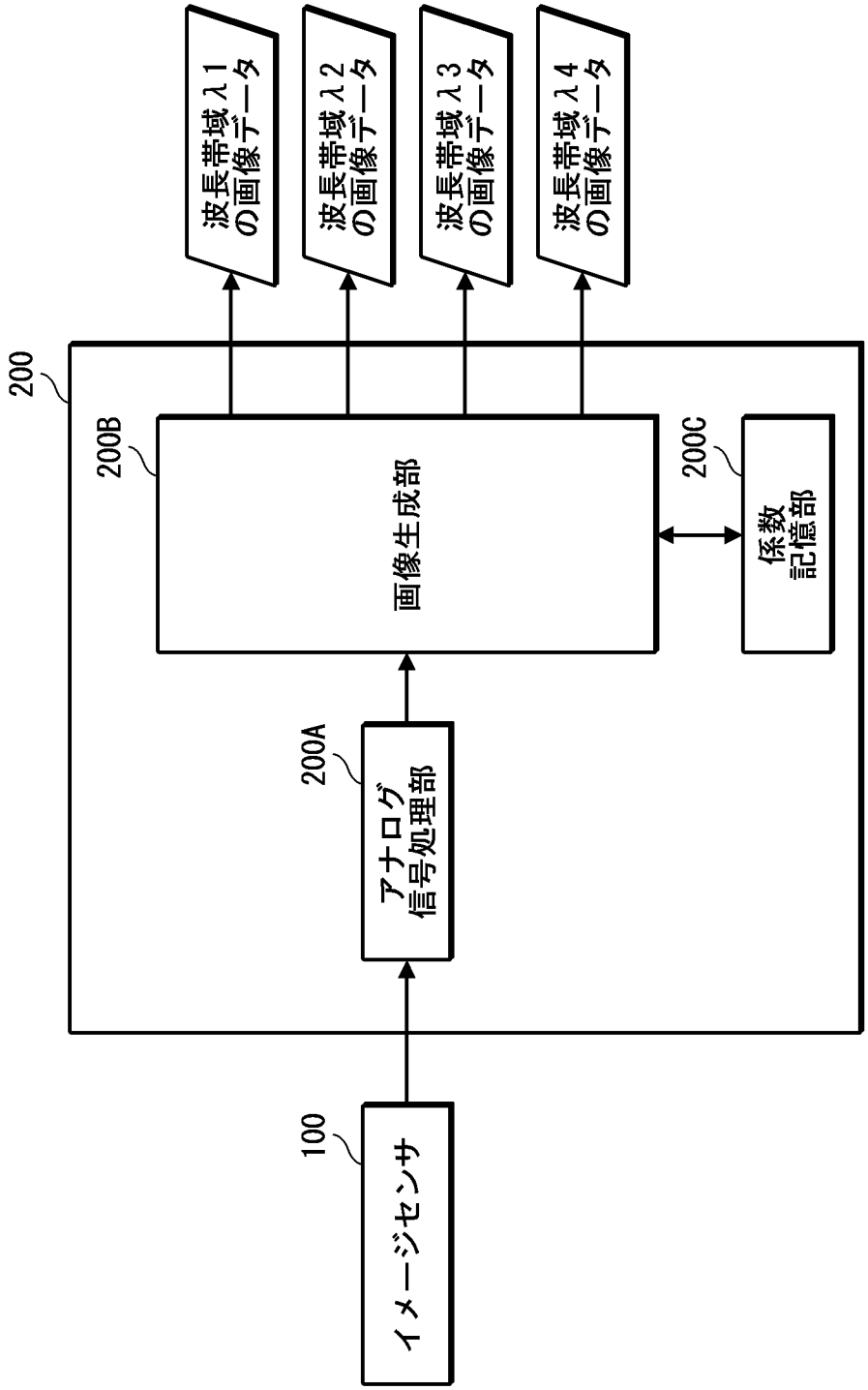
[図9]


PB(X, Y)
132A
132B
A
P1
A
P2
B
P3
B
P4
132A
132B
A
P5
A
P6
B
P7
B
P8
132A
132B
C
P9
C
P10
D
P11
D
P12
132C
132D
C
P13
C
P14
D
P15
D
P16
132C
132D
132C
132D

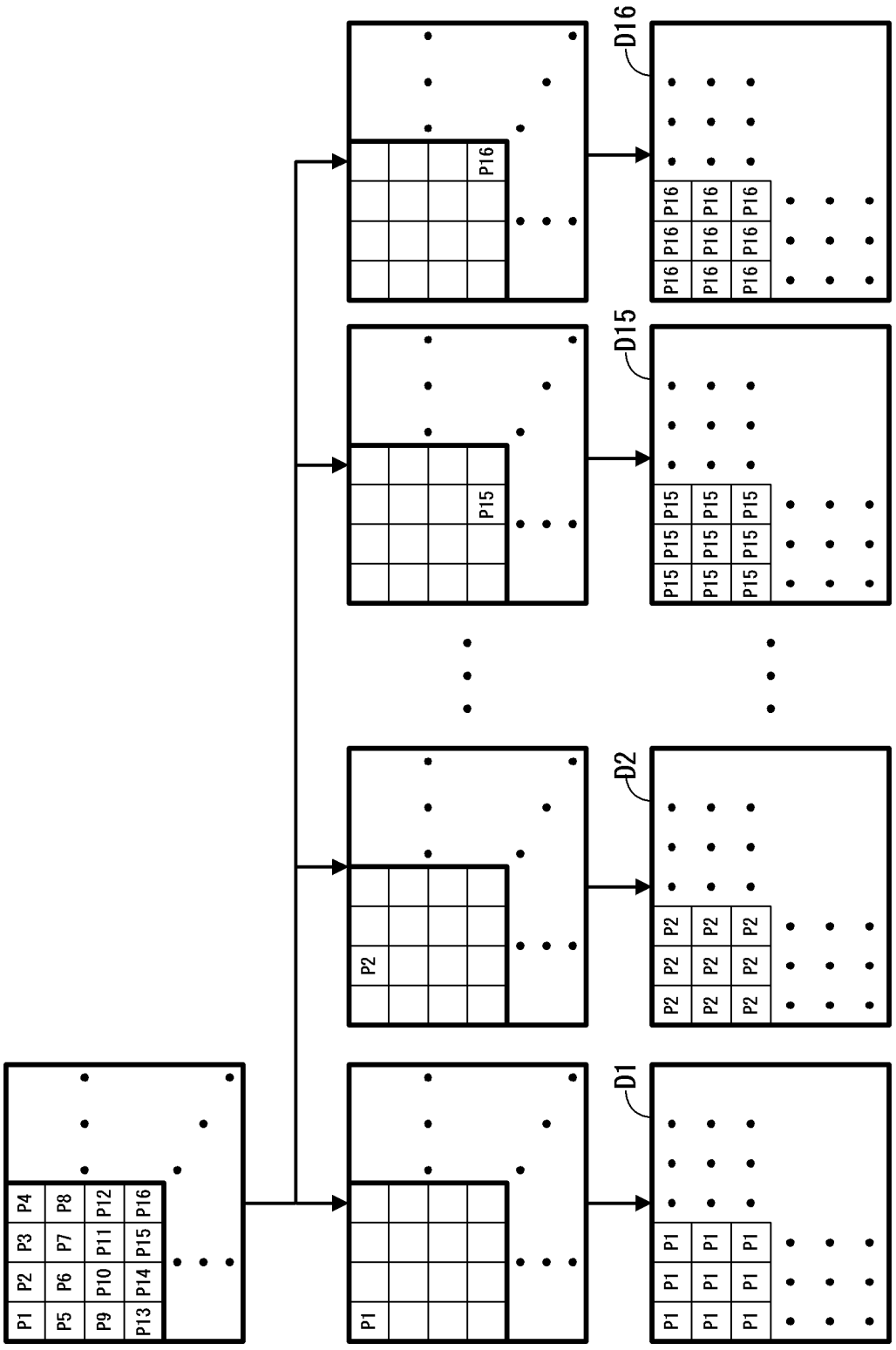
[図10]



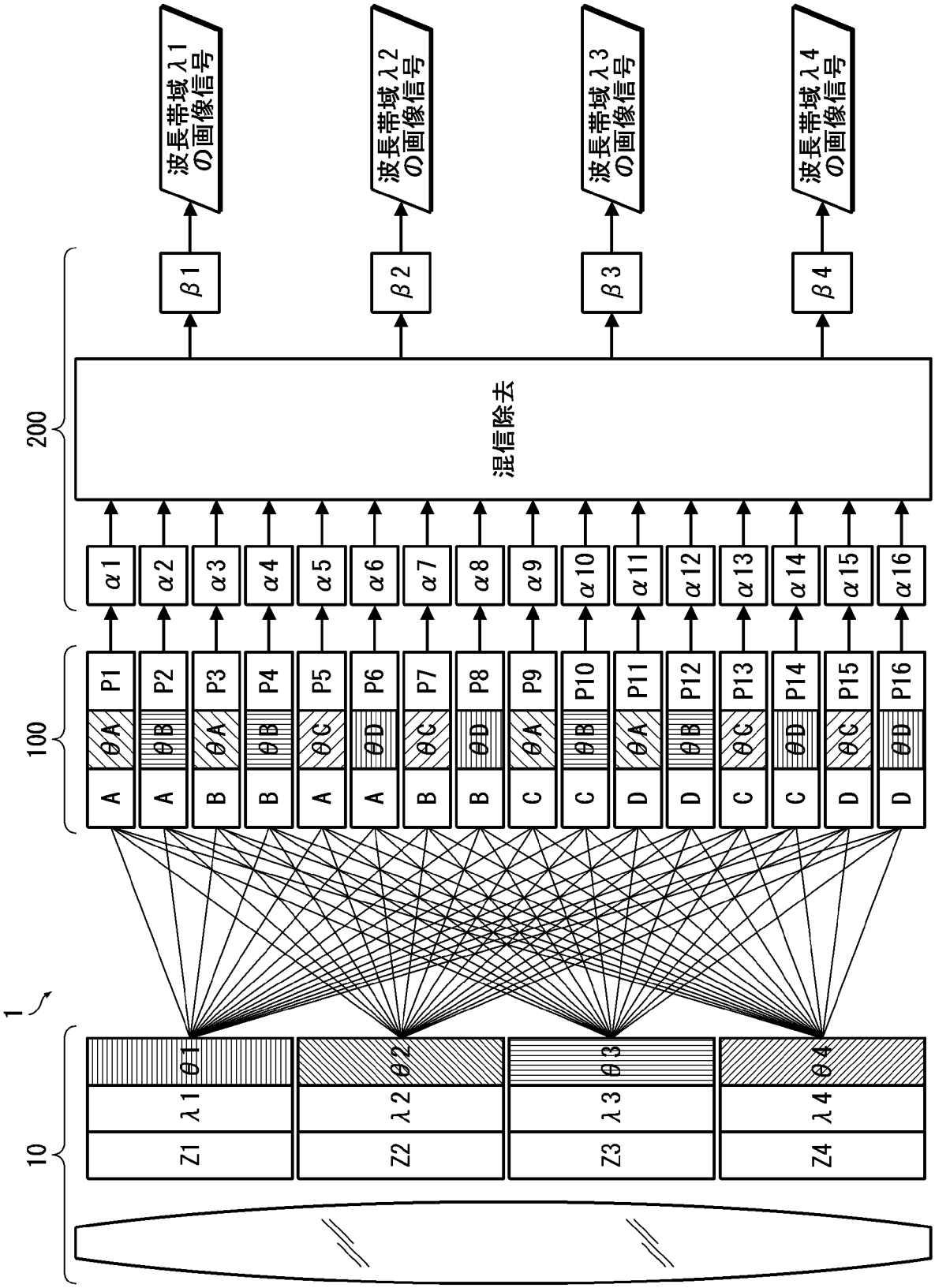
[図11]


波長帯域λ1の画像データ
波長帯域λ2の画像データ
波長帯域λ3の画像データ
波長帯域λ4の画像データ
200
200B
画像生成部
200C
係数記憶部
200A
アナログ信号処理部
100
イメージセンサ

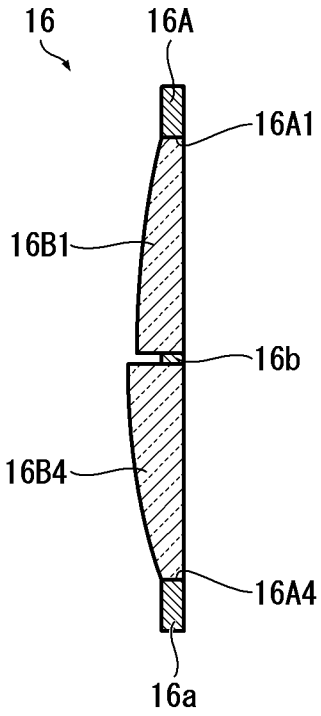
[図12]



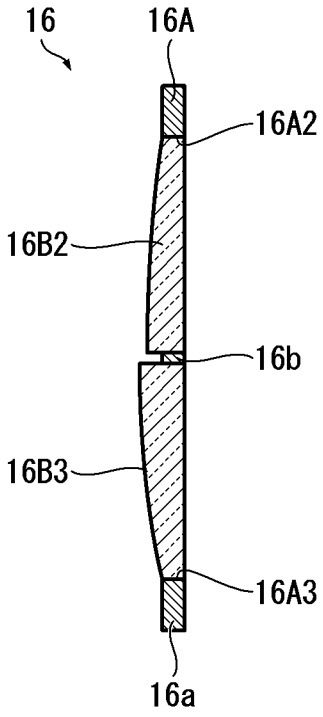
[図13]


波長帯域λ1の画像信号
波長帯域λ2の画像信号
波長帯域λ3の画像信号
波長帯域λ4の画像信号
β1
β2
β3
β4
混信除去
200
α1
α2
α3
α4
α5
α6
α7
α8
α9
α10
α11
α12
α13
α14
α15
α16
100
P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
P8
P9
P10
P11
P12
P13
P14
P15
P16
θA
θB
θC
θD
A
B
C
D
1
10
Z1 λ1 θ1
Z2 λ2 θ2
Z3 λ3 θ3
Z4 λ4 θ4

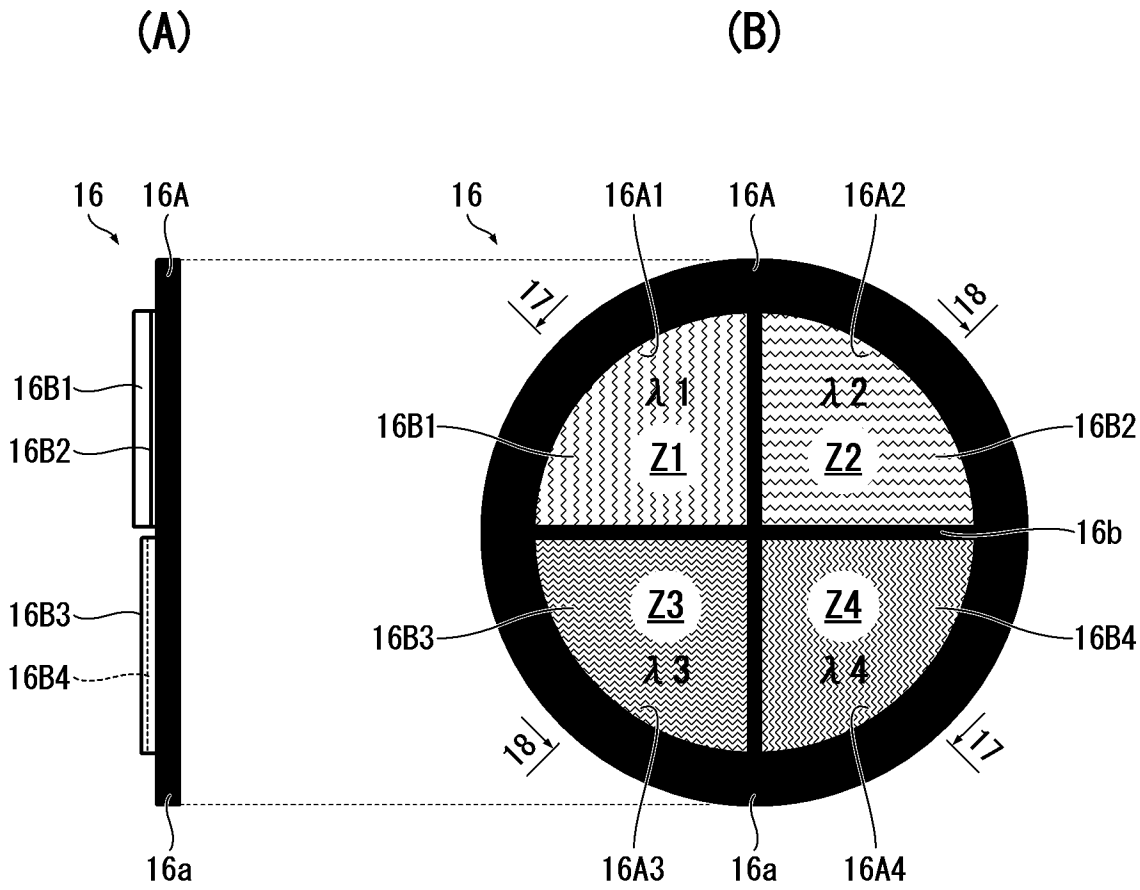
[図14]


16
16A
16A1
16B1
16b
16B4
16A4
16a

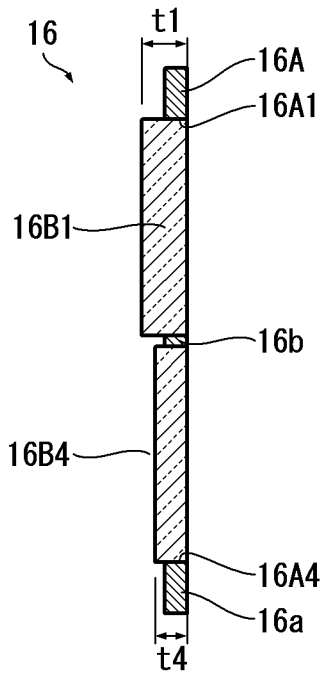
[図15]


16
16A
16A2
16B2
16b
16B3
16A3
16a

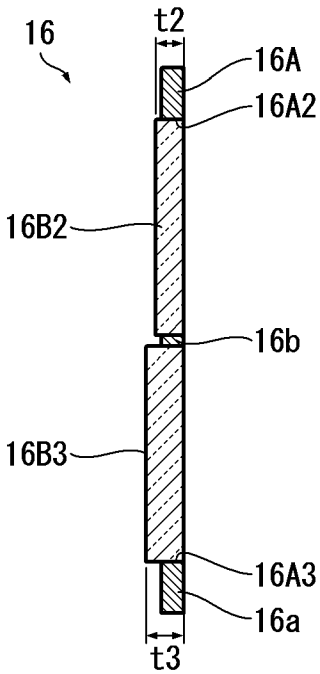
[図16]


(A)
(B)
16
16A
16B1
16B2
16B3
16B4
16a
16A1
16A2
17
18
λ1
λ2
Z1
Z2
16b
Z3
Z4
λ3
λ4
16A3
16A4

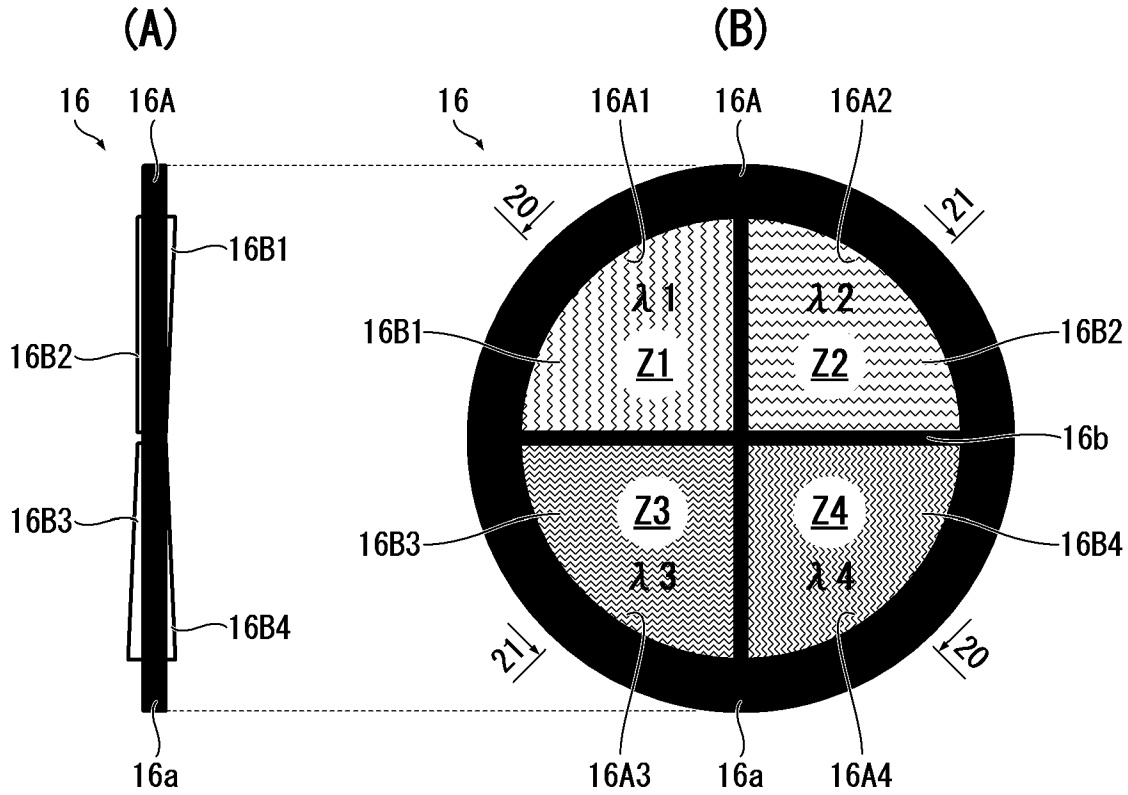
[図17]


16
t1
16A
16A1
16B1
16b
16B4
16A4
16a
t4

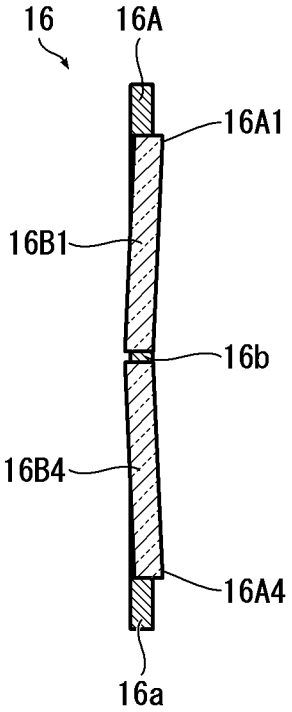
[図18]


16
t2
16A
16A2
16B2
16b
16B3
16A3
16a
t3

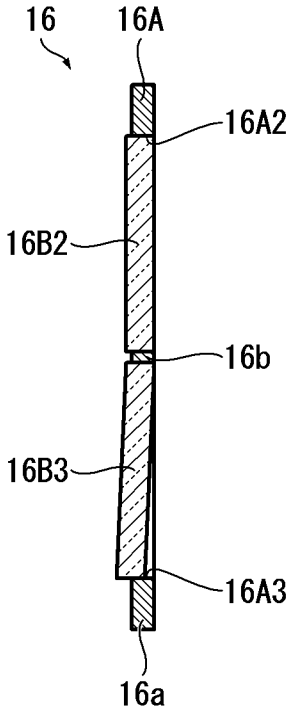
[図19]


(A)
16
16A
16B1
16B2
16B3
16B4
16a
(B)
16
16A1
16A
16A2
20
21
λ1
Z1
λ2
Z2
16B1
16B2
16b
Z3
λ3
Z4
λ4
16B3
16B4
21
20
16A3
16a
16A4

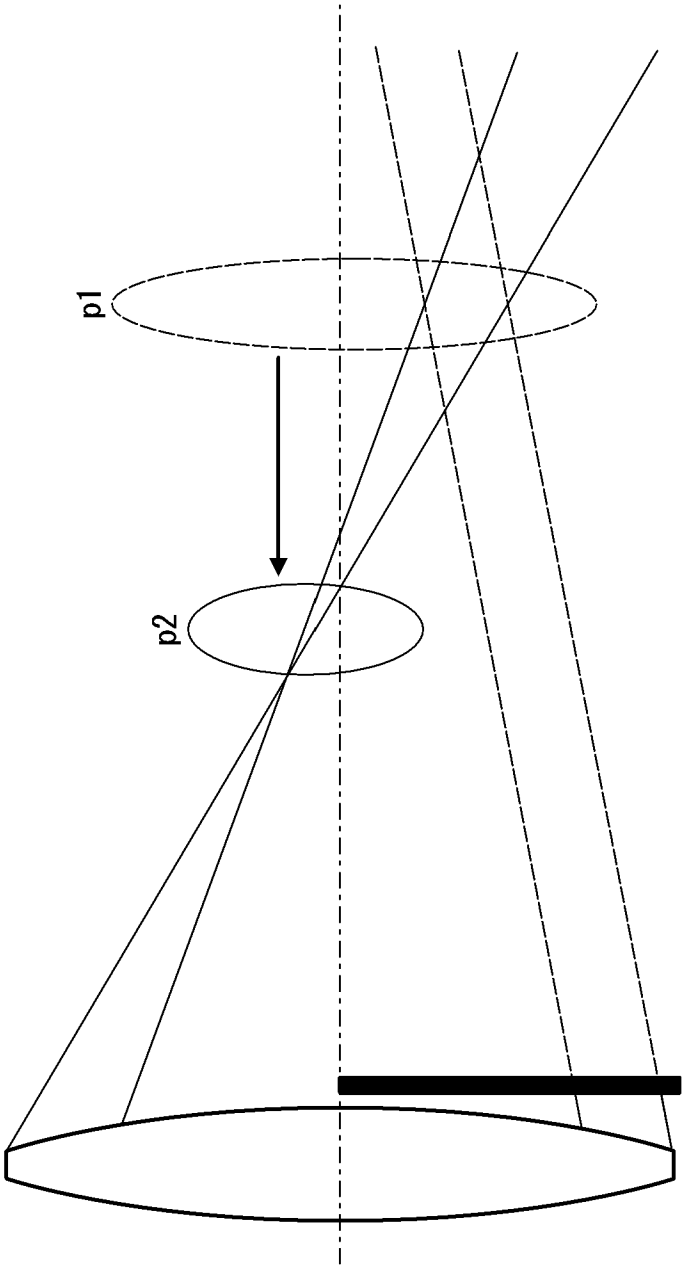
[図20]


16
16A
16A1
16B1
16b
16B4
16A4
16a

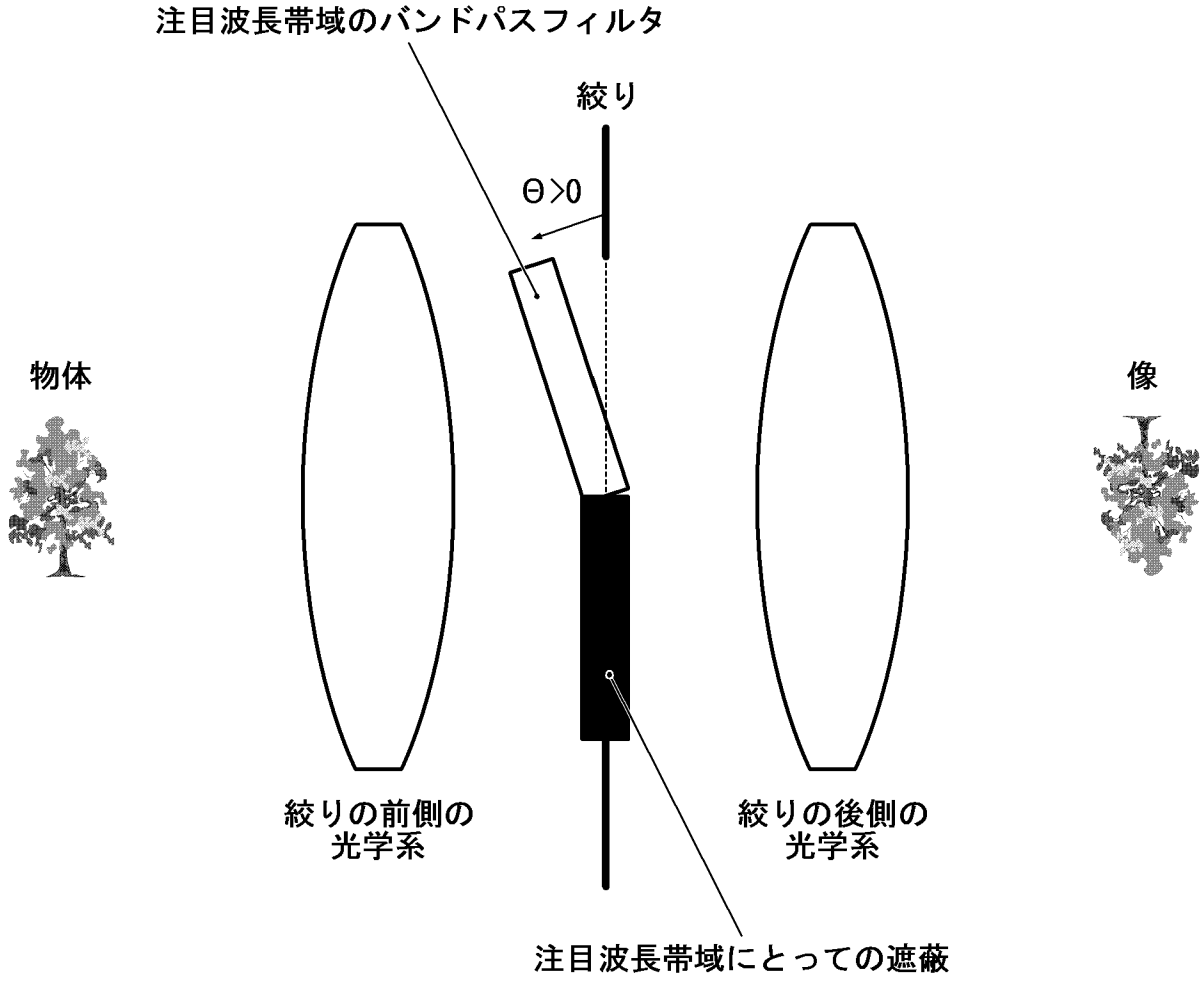
[図21]


16
16A
16A2
16B2
16b
16B3
16A3
16a

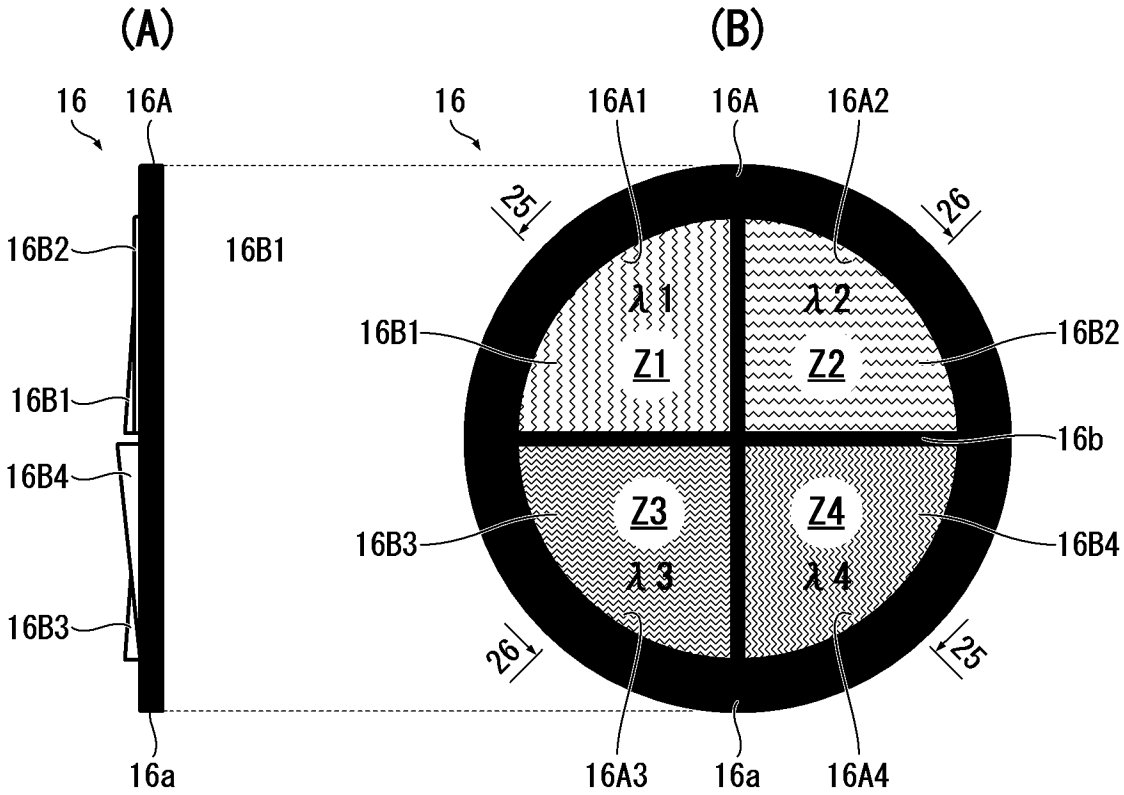
[図22]



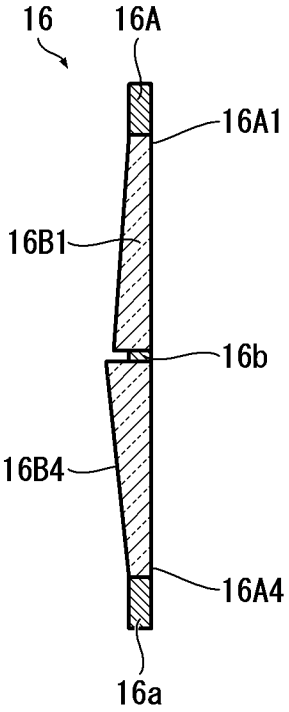
[図23]


注目波長帯域のバンドパスフィルタ
絞り
Θ>0
物体
像
絞りの前側の
光学系
絞りの後側の
光学系
注目波長帯域にとっての遮蔽

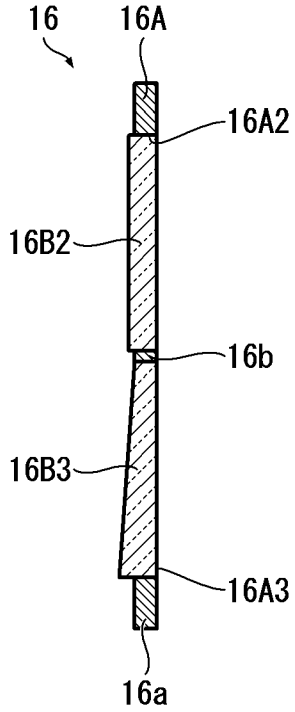
[図24]


(A)
(B)
16
16A
16B2
16B1
16B4
16B3
16a
16A1
16A2
16A3
16A4
25
26
λ1
λ2
λ3
λ4
Z1
Z2
Z3
Z4
16b

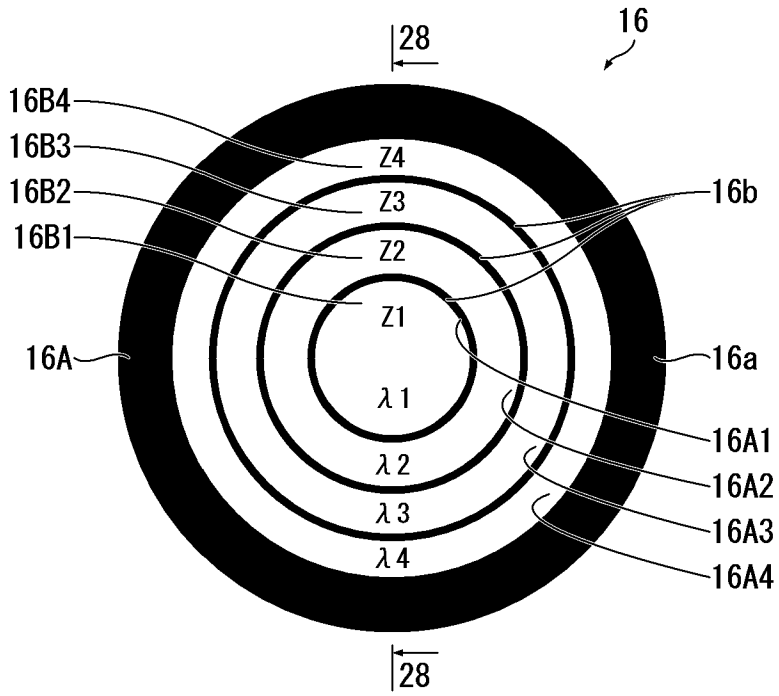
[図25]


16
16A
16A1
16B1
16b
16B4
16A4
16a

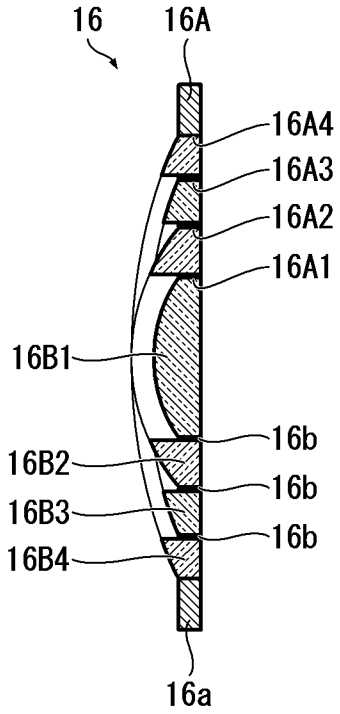
[図26]


16
16A
16A2
16B2
16b
16B3
16A3
16a

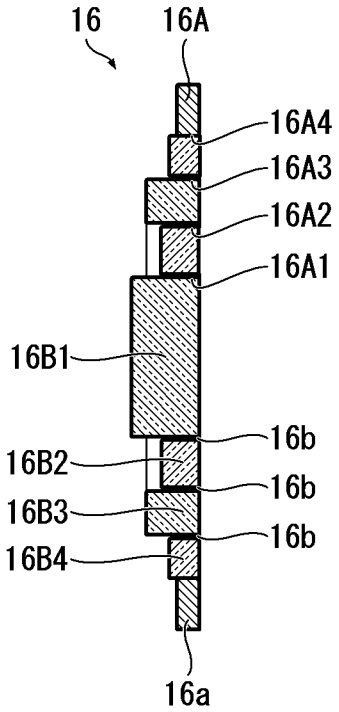
[図27]


28
16
16B4
16B3
16B2
16B1
Z4
Z3
Z2
Z1
16b
16A
16a
λ1
λ2
λ3
λ4
16A1
16A2
16A3
16A4
28

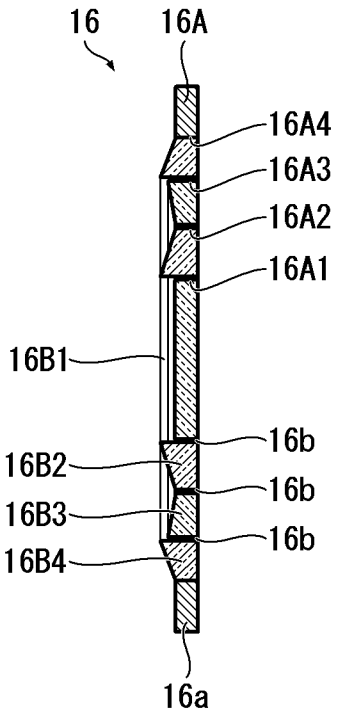
[図28]


16
16A
16A4
16A3
16A2
16A1
16B1
16b
16B2
16b
16B3
16b
16B4
16a

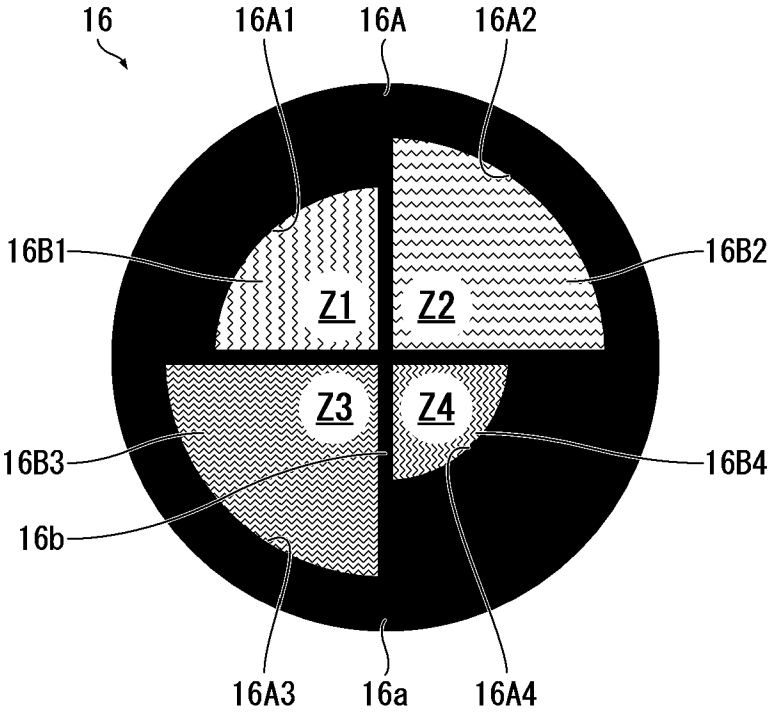
[図29]


16
16A
16A4
16A3
16A2
16A1
16B1
16b
16B2
16b
16B3
16b
16B4
16a

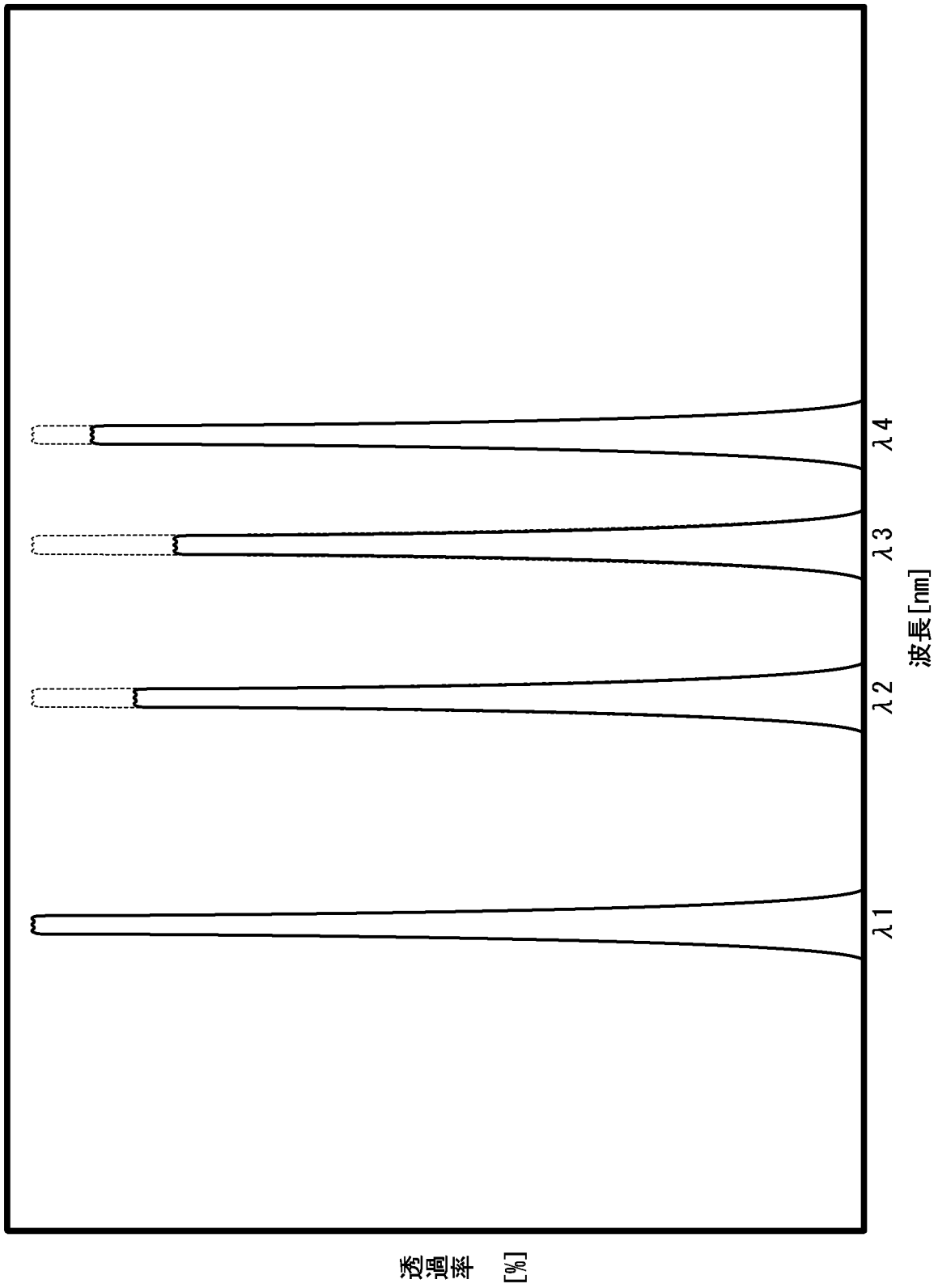
[図30]


16
16A
16A4
16A3
16A2
16A1
16B1
16b
16B2
16b
16B3
16b
16B4
16a

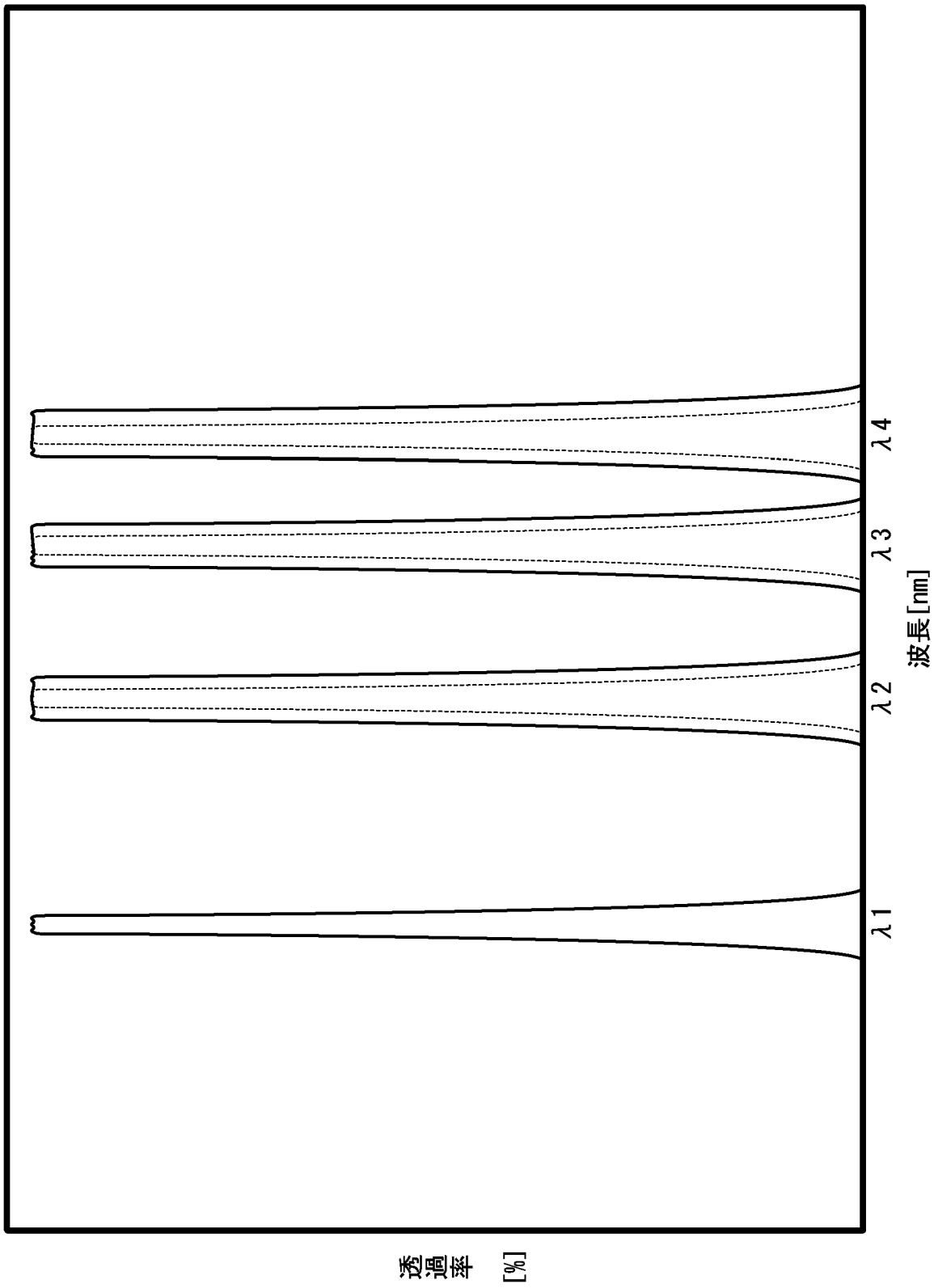
[図31]


16
16A1
16A
16A2
16B1
16B2
Z1
Z2
Z3
Z4
16B3
16B4
16b
16A3
16a
16A4

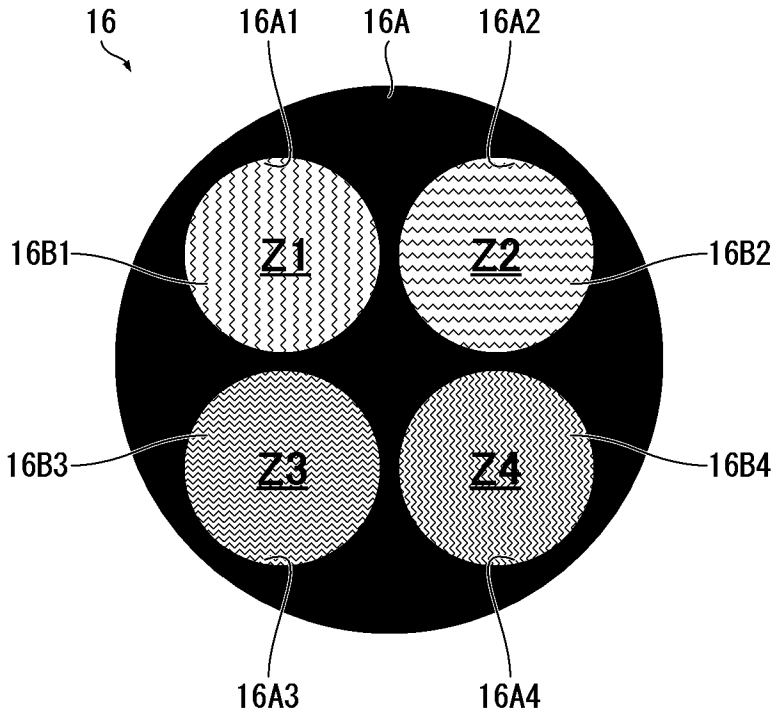
[図32]



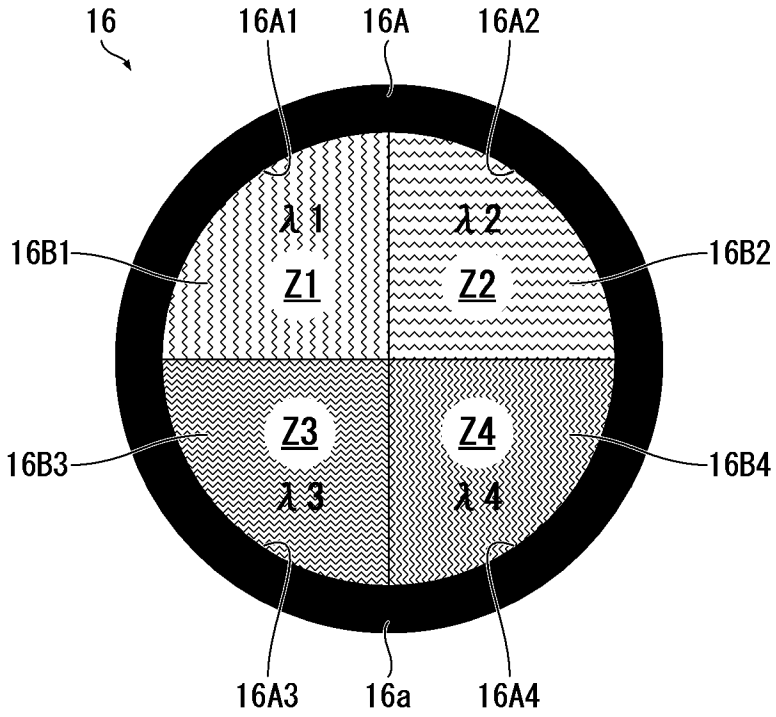
[図33]



[図34]


16
16A1
16A
16A2
16B1
Z1
Z2
16B2
16B3
Z3
Z4
16B4
16A3
16A4

[図35]


16
16A1
16A
16A2
λ1
λ2
16B1
Z1
Z2
16B2
Z3
Z4
16B3
16B4
λ3
λ4
16A3
16a
16A4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/021936

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G02B5/20(2006.01)i, G02B5/30(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/369(2011.01)i, H04N9/07(2006.01)i
FI: H04N9/07A, H04N5/369, H04N5/225300, G02B5/30, G02B5/20, H04N5/225400
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)
Int.Cl. G02B5/20, G02B5/30, H04N5/225, H04N5/369, H04N9/07

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/020791 A1 (PANASONIC CORPORATION) 06.02.2014 (2014-02-06), fig. 4	1-12
A	JP 2009-162847 A (NIKON CORPORATION) 23.07.2009 (2009-07-23), fig. 38	1-12
A	JP 2013-77935 A (SONY CORPORATION) 25.04.2013 (2013-04-25), fig. 1	1-12
A	JP 2012-247645 A (FUJIFILM CORPORATION) 13.12.2012 (2012-12-13), fig. 1, 7, 26	1-12
A	WO 2014/24745 A1 (FUJIFILM CORPORATION) 13.02.2014 (2014-02-13), fig. 9	1-12

☐ 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
29.07.2020	11.08.2020
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

WO 2014/020791 A1	06.02.2014	US 2015/0130962 A1 fig. 4 CN 103703770 A
JP 2009-162847 A	23.07.2009	(Family: none)
JP 2013-77935 A	25.04.2013	US 2013/0083172 A1 fig. 1 CN 103033940 A
JP 2012-247645 A	13.12.2012	(Family: none)
WO 2014/24745 A1	13.02.2014	US 2015/0156478 A1 fig. 9 EP 2881775 A1 CN 104520745 A

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/021936

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02B 5/20(2006.01)i; G02B 5/30(2006.01)i; H04N 5/225(2006.01)i; H04N 5/369(2011.01)i; H04N 9/07(2006.01)i
FI: H04N9/07 A; H04N5/369; H04N5/225 300; G02B5/30; G02B5/20; H04N5/225 400

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02B5/20; G02B5/30; H04N5/225; H04N5/369; H04N9/07

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2014/020791 A1（パナソニック株式会社）06.02.2014（2014-02-06） 図4	1-12
A	JP 2009-162847 A（株式会社ニコン）23.07.2009（2009-07-23） 図38	1-12
A	JP 2013-77935 A（ソニー株式会社）25.04.2013（2013-04-25） 図1	1-12
A	JP 2012-247645 A（富士フイルム株式会社）13.12.2012（2012-12-13） 図1,7,26	1-12
A	WO 2014/24745 A1（富士フイルム株式会社）13.02.2014（2014-02-13） 図9	1-12

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
29.07.2020	11.08.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
豊田　好一　5V 3568
電話番号 03-3581-1101 内線 3571

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/021936

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2014/020791 A1	06.02.2014	US 2015/0130962 A1 fig.4 CN 103703770 A	
JP 2009-162847 A	23.07.2009	（ファミリーなし）	
JP 2013-77935 A	25.04.2013	US 2013/0083172 A1 fig.1 CN 103033940 A	
JP 2012-247645 A	13.12.2012	（ファミリーなし）	
WO 2014/24745 A1	13.02.2014	US 2015/0156478 A1 fig.9 EP 2881775 A1 CN 104520745 A	