

(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
2022年1月6日(06.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/004572 A1

(51) 国際特許分類:

G03B 11/00 (2021.01) G03B 15/05 (2021.01)
G03B 15/02 (2021.01) H04N 5/225 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/024055

(22) 国際出願日: 2021年6月25日(25.06.2021)

(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 2020-112267 2020年6月30日(30.06.2020) 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).

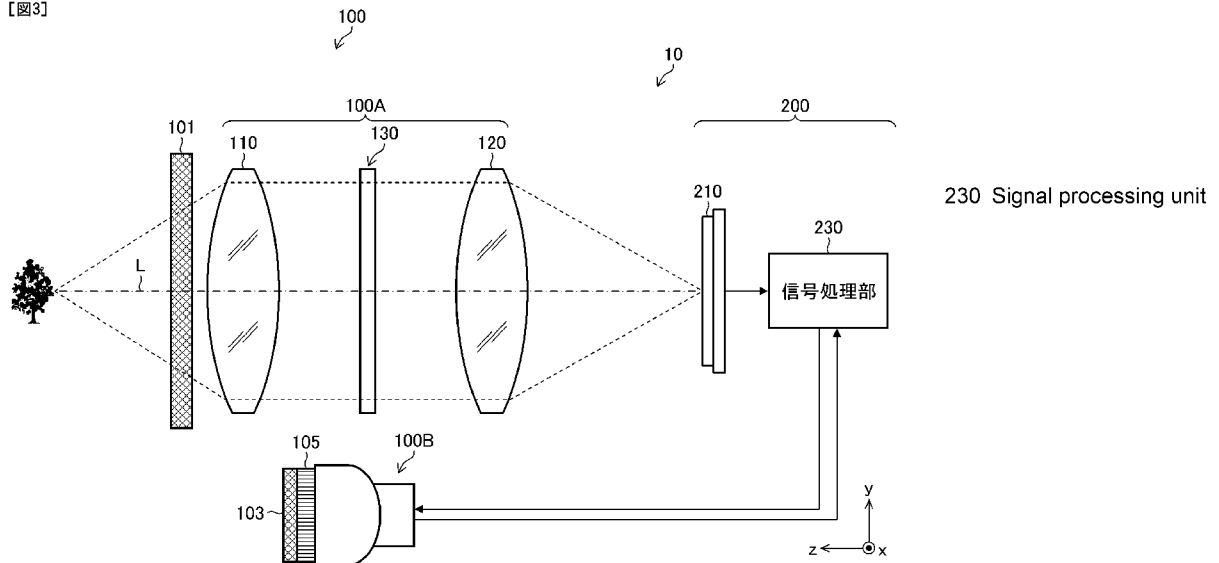
(72) 発明者: 岸根 慶延 (KISHINE, Yasunobu); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP). 川中子 睦 (KAWANAGO, Atsushi); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP). 岡田 和佳 (OKADA, Kazuyoshi); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).

(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 新都心国際特許事務所 Tokyo (JP).

(54) Title: LENS DEVICE, IMAGING DEVICE, AND IMAGING METHOD

(54) 発明の名称: レンズ装置、撮像装置、及び撮像方法

[図3]



(57) Abstract: Provided are a lens device, an imaging device, and an imaging method for suppressing overexposure by dimming or shielding total reflected light. The lens device (100) comprises: an optical system (100A); a wavelength polarizing filter unit (130) that is disposed at or near a pupil position of the optical system (100A) and that includes a plurality of optical filters in which a plurality of opening regions are arranged in a plurality of aperture regions and which include two or more optical filters for transmitting light having partially different wavelength bands, and a plurality of first polarizing filters which are arranged in the plurality of opening regions and include at least two first polarizing filters having different polarization directions; and a first circular polarizing optical element (101) located between a subject and the wavelength polarizing filter unit.

[続葉有]

(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, IT, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 全反射光を減光又は遮光することにより、露出がオーバとなることを抑制するレンズ装置、撮像装置、及び撮像方法を提供する。レンズ装置(100)は、光学系(100A)と、光学系(100A)の瞳位置または瞳位置の近傍に配置された波長偏光フィルタユニット(130)であって、複数の開口領域を、複数の開口領域に配置される複数の光学フィルタであって、一部の波長帯域が異なる光を透過させる2つ以上の光学フィルタを含む複数の光学フィルタと、複数の開口領域に配置される複数の第1の偏光フィルタであって、少なくとも、偏光方向が互いに異なる2つの第1の偏光フィルタと、を有する波長偏光フィルタユニット(130)と、被写体と波長偏光フィルタユニットとの間には、第1の円偏光光学素子(101)と、を備える。

明 細 書

発明の名称： レンズ装置、撮像装置、及び撮像方法

技術分野

[0001] 本発明は、マルチスペクトル画像を撮像するためのレンズ装置、撮像装置、及び撮像方法に関する。

背景技術

[0002] 偏光を利用して撮像を行う技術に関して、特許文献1では、第1偏光で被写体を照射して得る第1及び第2の偏光画像と、第2偏光で被写体を照射して得る第3及び第4の偏光画像から、被写体の画像を形成する技術が記載されている。

[0003] また、特許文献2には、照明ユニットから照射された光の正反射光を抑制するために、照明ユニットの発光部から撮像面までの光路上に第1偏光フィルタを設け、撮像面から撮像素子までの光路上に第1偏光フィルタと偏光面が90°異なる第2偏光フィルタを設ける技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-82424号公報

特許文献2：特開平10-320538号公報

発明の概要

[0005] 本開示の技術に係る一つの実施形態は、全反射光を減光又は遮光することにより、露出がオーバとなることを抑制するレンズ装置、撮像装置、及び撮像方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一の実施形態であるレンズ装置は、被写体の光学像を結像させるレンズを含む光学系と、光学系の瞳位置または瞳位置の近傍に配置された波長偏光フィルタユニットであって、複数の開口領域と、複数の開口領域に配置される複数の光学フィルタであって、少なくとも一部の波長帯域が異なる

光を透過させる2つ以上の光学フィルタを含む複数の光学フィルタと、複数の開口領域に配置される複数の第1の偏光フィルタであって、少なくとも、偏光方向が互いに異なる2つの第1の偏光フィルタと、を有する波長偏光フィルタユニットと、被写体と波長偏光フィルタユニットとの間には、第1の円偏光光学素子と、を備える。

[0007] 好ましくは、第1の円偏光光学素子は、被写体で全反射された円偏光の照明光を、第1の偏光フィルタのそれぞれの偏光方向とは異なる偏光方向を有する直線偏光に変換する。

[0008] 好ましくは、第1の円偏光光学素子は、光学軸が、少なくとも一つの第1の偏光フィルタの偏光方向に対して45°異なる位置に配置される。

[0009] 好ましくは、第1の円偏光光学素子は、光学系の内部に設けられ波長偏光フィルタユニットよりも被写体側に設けられている。

[0010] 好ましくは、第1の円偏光光学素子は、波長偏光フィルタユニットと一体に設けられている。

[0011] 好ましくは、波長偏光フィルタユニットは、開口領域に、互いに異なる光学軸を有する第1の円偏光光学素子を有し、第1の円偏光光学素子のそれぞれの光学軸は、対応する開口領域に設けられる第1の偏光フィルタの偏光方向に対して45°異なる位置に配置される。

[0012] 好ましくは、波長偏光フィルタユニットは、開口領域に、第1の偏光フィルタの偏光方向が60°間隔で設けられている。

[0013] 好ましくは、波長偏光フィルタユニットは、開口領域の少なくとも一つが、照明光を通過させる開口領域を有する。

[0014] 好ましくは、自然光の照明光を円偏光の照明光に変換する第2の円偏光光学素子を備える。

[0015] 好ましくは、第1の円偏光光学素子と第2の円偏光光学素子とは一体に設けられている。

[0016] 本発明の他の態様である撮像装置は、上述のレンズ装置と、自然光の照明光を直線偏光に変換する第2の偏光フィルタと、第2の偏光フィルタを透過

した直線偏光を有する照明光を円偏光に変換する第2の円偏光光学素子と、を有する第1の照明装置と、互いに異なる偏光方向を有する複数の偏光素子を備え、複数の開口領域のいずれかを透過した光を選択的に受光する複数の画素群を含む撮像素子と、を備える。

[0017] 本発明の他の態様である撮像装置は、上述のレンズ装置と、自然光の照明光を直線偏光に変換する第2の偏光フィルタと、第2の偏光フィルタを透過した直線偏光を有する照明光を円偏光に変換する第2の円偏光光学素子と、を有する第1の照明装置と、互いに異なる偏光方向を有する複数の偏光素子を備え、複数の開口領域のいずれかを透過した光を選択的に受光する複数の画素群を含む撮像素子と、を備える撮像装置であって、レンズ装置の開口領域の少なくとも一つは、第1の照明装置から円偏光の照明光を透過させる。

[0018] 本発明の他の態様である撮像装置は、上述のレンズ装置と、自然光の照明光を直線偏光に変換する第2の偏光フィルタを有する第2の照明装置と、互いに異なる偏光方向を有する複数の偏光素子を備え、複数の開口領域のいずれかを透過した光を選択的に受光する複数の画素群を含む撮像素子と、を備える撮像装置であって、レンズ装置の開口領域の少なくとも一つは、第2の照明装置から直線偏光の照明光を透過させる。

[0019] 本発明の他の態様である撮像方法は、上述の撮像装置を使用した撮像方法であって、被写体で反射された照明光が、第1の円偏光光学素子を透過するステップを含む。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は、全反射光を撮像し露出がオーバとなる場合について説明する。

[図2]図2は、照明装置の位置を調節する手法を説明する図である。

[図3]図3は、第1の実施形態に係る撮像装置の概略構成を示す図である。

[図4]図4は、信号処理部及び照明装置の構成を示す図である。

[図5]図5は、撮像素子の概略構成を示す図である。

[図6]図6は、1つ画素の概略構成を示す断面図である。

[図7]図7は、レンズ装置100の外観斜視図である。

[図8]図8は、レンズ装置の光軸L方向における断面図である。

[図9]図9は、枠体の外観図である。

[図10]図10は、波長偏光フィルタユニットの構成例を示す図である。

[図11]図11は、波長偏光フィルタユニットを示す概念図である。

[図12]図12は、本実施形態の具体例1を説明する図である。

[図13]図13は、本実施形態の具体例2を説明する図である。

[図14]図14は、本実施形態の具体例3を説明する図である。

[図15]図15は、枠体に遮蔽部材を装着する様子を示す図である。

[図16]図16は、撮像装置を使用した撮像方法を示したフロー図である。

[図17]図17は、枠体の変形例に関して説明する図である。

[図18]図18は、波長偏光フィルタユニットの変形例を示す図である。

[図19]図19は、本実施形態における波長偏光フィルタユニットの示す概念図である。

[図20]図20は、本実施形態における波長偏光フィルタユニットの示す概念図である。

[図21]図21は、本実施形態の具体例1を説明する図である。

[図22]図22は、本実施形態における波長偏光フィルタユニットの構成例を示す図である。

[図23]図23は、本実施形態における波長偏光フィルタユニットの示す概念図である。

[図24]図24は、本実施形態の具体例1を示す図である。

[図25]図25は、本実施形態の具体例2を示す図である。

[図26]図26は、本実施形態における波長偏光フィルタユニットの変形例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、添付図面にしたがって本発明に係るレンズ装置、撮像装置、及び撮像方法の好ましい実施の形態について説明する。

[0022] 先ず、図1及び図2を用いて、従来の偏光マルチスペクトルカメラ（撮像

装置)における課題を説明する。

[0023] 図1は、全反射光を撮像し露出がオーバとなる場合について説明する図である。

[0024] 撮像装置10は、後で説明するように偏光マルチスペクトルカメラである(図3参照)。撮像装置10は、複数のスペクトル画像を取得する場合には、撮像して得られた各偏光画像に対して強い行列演算の混信除去を行い、各偏光に対応する複数のスペクトル画像を取得している。したがって、露出オーバな画素があると露出の程度により、その画素の周囲で各画像の黒つぶれ、白黒反転、混色、などの画質不良が生じる場合がある。したがって、特に偏光マルチスペクトルカメラ(撮像装置10)での撮像の場合には露出がオーバとなった状態での撮像を避ける必要がある。

[0025] 図1に示すように、照明装置100B(図3)から出射した照明光 W_f は、被写体で反射して全反射光 W_r 及び拡散光 d となる。反射した光のうち全反射光 W_r が撮像装置10の撮像素子210(図3)で受光されることが、露出オーバの主な発生原因となっている。さらに、照明光 W_f が鏡筒内を通過する同軸落射照明(又は同軸照明)では、上述した被写体の全反射光だけではなく、レンズの表面での反射での全反射光も同様に露出オーバの発生原因となる。

[0026] このような、照明光 W_f が被写体で反射した全反射光 W_r を起因とした露出オーバを抑制する手法として、図2に示すような手法が考えられる。図2は、照明装置100Bの位置(照明光 W_f の照射方向)を調節する手法を説明する図である。

[0027] 同図に示すように、照明装置100Bの位置を調節及び/又は照明光 W_f の照射方向を調節することにより、全反射光 W_r が撮像装置10に入らないようにする。これにより、撮像装置10に全反射光 W_r が入ることは回避することができる。しかしながら、同図に示すように被写体を斜め(20deg以上)から照明すると反射光が偏光してしまう場合がある。そして、被写体を斜めから照明して反射光が偏光した状態で撮像が行われると、スペクト

ル画像の画質不良の原因となる。したがって、撮像装置 10（偏光マルチスペクトルカメラ）により、撮像を行う場合に被写体に照明光を斜めから当てることは好ましくない。

[0028] そこで、本発明では、照明光 W_f の全反射光 W_r が撮像素子 210 に到達する前に遮光又は減光させることで、露出オーバーになることを抑制する技術を提案する。

[0029] <第 1 の実施形態>

<撮像装置の構成>

図 3 は、第 1 の実施形態に係る撮像装置 10 の概略構成を示す図である。第 1 の実施形態に係る撮像装置 10 はマルチスペクトル画像を撮像する撮像装置（マルチスペクトルカメラ）10 であり、レンズ装置 100 と、撮像装置本体 200 と、照明装置 100B を備える。撮像装置本体 200 は、撮像素子 210 と、信号処理部 230 と、を備える。レンズ装置 100 は、第 1 のレンズ 110 と第 2 のレンズ 120 で構成される光学系 100A と、第 1 のレンズ 110 の被写体側に配置される $1/4$ 波長板（第 1 の円偏光光学素子）101 と、光学系 100A の瞳位置又は瞳位置の近傍に配置された波長偏光フィルタユニット 130 と、を備える。また、照明装置 100B（第 1 の照明装置）は、照明装置 100B から照射される照明光 W_f を直線偏光に変換する偏光フィルタ（第 2 の偏光フィルタ）105 と、直線偏光に変換された照明光 W_f を円偏光に変換する $1/4$ 波長板（第 2 の円偏光光学素子）103 とを備える。

[0030] <画像生成部の構成>

図 4 は、信号処理部 230 及び照明装置 100B の構成を示す図である。信号処理部 230 は、撮像素子から出力される信号にアナログ信号処理を施すアナログ信号処理部 232 と、画像生成部 234 と、係数記憶部 236 と、を備える。画像生成部 234（プロセッサ）は、本発明に係る撮像方法をコンピュータに実行させる撮像プログラムのコンピュータ読み取り可能なコードを記録した ROM（Read Only Memory）等の非一時的

記録媒体（不図示）及び作業用の一時的記憶領域（不図示）を備え、撮像素子210から出力される複数の画像信号（異なる偏光方向に対応する画像信号）に基づいて、光学系100Aに配置された複数の光学フィルタの波長帯域にそれぞれ対応する複数の画像（スペクトル画像）を生成する。画像生成部234は、波長帯域 λ_1 、 λ_2 、及び λ_3 の画像（3バンドのマルチスペクトル画像）を生成することができる。

[0031] 上述した画像生成部234の機能は、各種のプロセッサ（processor）及び記録媒体を用いて実現できる。各種のプロセッサには、例えばソフトウェア（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）、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。各機能は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（例えば、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。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。

[0032] 上述した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コンピュータ（例えば、画像生成部234を構成する各種のプロセッサや電気回路、及び／又はそれらの組み合わせ）で読み取り可能なコードをROM等の非一時的記録媒体に記憶しておき、コンピュータがそのソフトウェアを参照する。

[0033] 撮像装置10は、不図示のシャッタレリーズスイッチ等から撮影指示入力を受け付けると、撮像素子210における露光制御を行う。この露光制御に

より撮像素子210の受光面に結像された被写体の光学像は、撮像素子210により電気信号に変換される。撮像素子210の各画素には、フォトダイオード212に入射する光の光量に応じた電荷が蓄積され、撮像素子210からは各画素に蓄積された電荷量に応じた電気信号が画像信号として読み出され、出力される。

[0034] <照明装置の構成>

照明装置100Bは、上述した光学系100Aに配置された複数の光学フィルタの波長帯域（波長帯域 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ）を含む分光特性（波長帯域等）を有する照明光Wfを被写体に照射する光源320と、光源320による照明光Wfの照射を制御する光源制御部310と、を備える。なお、光源320から出射する光は自然光であるが、偏光フィルタ105で直線偏光に、1/4波長板103で円偏光に変換される。

[0035] <撮像素子の構成>

図5は、撮像素子210の概略構成を示す図であり、図6は、図5に示した1つ画素の概略構成を示す断面図である。撮像素子210は、CMOS（Complementary Metal-Oxide Semiconductor）型の撮像素子（イメージセンサ）であり、ピクセルアレイ層211、偏光フィルタ素子アレイ層213、及びマイクロレンズアレイ層215を有するモノクローム型の撮像素子である。各層は、像面側から物体側に向かって、ピクセルアレイ層211、偏光フィルタ素子アレイ層213（複数の偏光素子）、マイクロレンズアレイ層215の順で配置される。なお、撮像素子210は、CMOS型に限らず、XYアドレス型、又はCCD（Charge Coupled Device）型のイメージセンサでもよい。

[0036] ピクセルアレイ層211は、多数のフォトダイオード212（複数の画素群）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212は、1つの画素を構成する。各フォトダイオード212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。

[0037] 偏光フィルタ素子アレイ層213は、偏光方向（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214A、214B、214C、214D（複数の偏光素子）を二次元的に配列して構成される。偏光フィルタ素子214A、214B、214C、214Dの偏光方向は、例えば 0° 、 45° 、 90° 、 135° とすることができる。また、これらの偏光方向は、波長偏光フィルタユニット130における偏光フィルタ144（図11参照）の偏光方向に対応させることができる。撮像素子210は、これら偏光フィルタ素子214A～214Dにより、複数の開口領域を透過した光のいずれかを選択的に受光する複数の画像群を含む。これらの偏光フィルタ素子214A～214Bはフォトダイオード212と同じ間隔で配置され、画素ごとに備えられる。

[0038] マイクロレンズアレイ層215は、各画素に配列されたマイクロレンズ216を備える。

[0039] <レンズ装置の構成>

図7はレンズ装置100の外観斜視図であり、図8はレンズ装置100の光軸L方向における断面図である。これらの図に示すように、レンズ装置100は鏡筒102に第1のレンズ110及び第2のレンズ120とから構成される単一の撮像光学系が配置される。第1のレンズ110及び第2のレンズ120は、複数のレンズから構成されるレンズ群でもよい。また、鏡筒102には、レンズ装置100の瞳位置（瞳近傍）にスリット108が形成されており、このスリット108に波長偏光フィルタユニット130が挿入されて、光軸が撮像光学系の光軸Lと一致した状態で配置される。

[0040] 図9は枠体132の外観図であり、図10は波長偏光フィルタユニット130の構成例を示す図である。具体的には、図9の（a）部分～（f）部分は、それぞれ背面図、上面図、左側面図、底面図、斜視図、正面図である。図9の（e）部分及び（f）部分に示すように、枠体132は4つの開口領域132A～132Dを備える。開口領域132A～132Dの形状は扇型に限らず、円形、短冊形、矩形、多角形等他の形状でもよい。本実施形態に

おいては、3つの開口領域を設ければ足りるので開口領域132Dは、図10に示すように遮蔽部材Bで遮光している。なお、後述する他の実施形態（第3の実施形態）では、遮光せずに開口領域132Dを使用する。また、本例では、開口領域132Dを遮蔽部材Bで遮光することにより、開口領域132A～132Cを有効としているが、これに限定されない。例えば、遮蔽部材Bを備えずに開口領域132Dに、開口領域132A～132Cのいずれか一つと同じ波長帯域の光学フィルタ及び同じ偏光方向の偏光フィルタを配置してもよい。

[0041] また、遮光されていない3つの開口領域（132A～132C）（枠体132の裏面側）には、図9の（a）部分及び図10に示すように、フィルタセット140A～140C（光学フィルタ、偏光フィルタ）がそれぞれ配置される。フィルタセット140A～140Cは接着剤で固定してもよい。

[0042] 図11は、波長偏光フィルタユニット130を示す概念図である。

[0043] 波長偏光フィルタユニット130は、開口領域132A～132Dを有する。開口領域132Aには、フィルタセット140Aが配置されている。フィルタセット140Aは、被写体側から波長帯域 λ_1 を透過させる光学フィルタ142Aと偏光方向が 0° の偏光フィルタ144（第1の偏光フィルタ）Aとが配置されて構成されている。開口領域132Bには、フィルタセット140Bが配置されている。フィルタセット140Bは、被写体側から波長帯域 λ_2 を透過させる光学フィルタ142Bと偏光方向が 60° の偏光フィルタ144（第1の偏光フィルタ）Bとが配置されて構成されている。開口領域132Cには、フィルタセット140Cが配置されている。フィルタセット140Cは、被写体側から波長帯域 λ_3 を透過させる光学フィルタ142Cと偏光方向 120° の偏光フィルタ144（第1の偏光フィルタ）Cとが配置されて構成されている。開口領域132Dには、遮蔽部材Bが配置されている。なお、本例では波長帯域 λ_1 のスペクトル画像、波長帯域 λ_2 のスペクトル画像、及び波長帯域 λ_3 の3つのスペクトル画像を取得するので偏光フィルタ144A～144Cは、偏光方向が互いに異なる。例えば、

2つのスペクトル画像を取得する場合には、少なくとも2つの偏光方向が互いに異なる偏光フィルタが使用される。また、 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、及び $\lambda 3$ は一部の波長帯域が異なる。

[0044] 図12は、本実施形態の具体例1を説明する図である。

[0045] 第1のレンズ110の被写体側には、1/4波長板（第1の円偏光光学素子）101が設けられている。また、照明装置100Bの照射方向には、光源320側から偏光フィルタ（第2の偏光フィルタ）105と1/4波長板（第2の円偏光光学素子）103とが設けられている。ここで、偏光フィルタ105の偏光方向（偏光軸）は α° となるように配置される（ α はユーザが決定する任意の数値）。また、1/4波長板103は、光学軸が $(\alpha + 45)^\circ$ に配置される。これにより、1/4波長板103を透過した照明光Wfは右回りの円偏光となる。

[0046] 1/4波長板101は、光学軸が β° に配置される（ β はユーザが決定する任意の数値である。但し β は -45° 、 $+15^\circ$ 、 $+115^\circ$ ではない）。これにより、1/4波長板101を透過した全反射光Wrは、 $(\beta + 45)^\circ$ の偏光方向を有する直線偏光となる。

[0047] 照明装置100Bは、自然光の照明光Wfを出射し、偏光フィルタ105により直線偏光（偏光方向 α° ）の照明光Wfに変換される。また、直線偏光に変換された照明光Wfは、1/4波長板103を透過して、右回りの円偏光に変換される。右回りの円偏光に変換された照明光Wfは被写体で反射する。反射した照明光Wfのうち全反射光Wrは、左回りの円偏光となる。全反射光Wrは、1/4波長板101を透過すると $(\beta + 45)^\circ$ の偏光方向を有する直線偏光となる。なお、 $(\beta + 45)^\circ$ は、偏光フィルタ144のいずれの偏光方向（ 120° 、 60° 、及び 0° ）とは異なる。これにより、全反射光Wrは、偏光フィルタ144の偏光方向との違いにより、減光されて撮像素子210に到達することになる。また、全反射光Wrの偏光方向 $(\beta + 45)^\circ$ と偏光フィルタ144の偏光方向とが直交する関係にある場合には、全反射光Wrは遮光され、撮像素子210には到達しない。

[0048] 以上で説明したように、本例では、全反射光 W_r を1/4波長板101を透過させることにより、全反射光 W_r が、波長偏光フィルタユニット130の偏光フィルタ144の偏光方向(0° 、 60° 、 120°)と異なる偏光方向($\beta + 45^\circ$)の直線偏光を有する全反射光 W_r に変換されている。そして、変換された全反射光 W_r は、偏光フィルタ144を透過する際に、減光又は遮光されるので、全反射光 W_r に起因した露出オーバを抑制することができる。また、本例では、照明光 W_f は一旦円偏光に変換され、その後全反射光 W_r は直線偏光に変換されるので、ユーザは全反射光 W_r の直線偏光の方向を、偏光フィルタ144の偏光方向に応じて高い自由度で設けることができる。

[0049] 図13は、本実施形態の具体例2を説明する図である。本例では、1/4波長板101の光学軸が偏光フィルタ144Aの偏光方向に対して 45° 異なる位置に配置される。

[0050] 同図に示した例では、偏光方向(偏光軸)が 0° になるように偏光フィルタ105を配置する。また、1/4波長板103は、光学軸が $+45^\circ$ になるように配置されている。また、1/4波長板101は、光学軸が $+45^\circ$ になるように配置されている。

[0051] 照明装置100Bから出射された自然光の照明光 W_f は、偏光フィルタ105を透過して、偏光方向が 0° の直線偏光となる。その後、照明光 W_f は、1/4波長板103を透過することにより、右回りの円偏光となり、被写体で反射する。全反射光 W_r は、左回りの円偏光となって、1/4波長板101を透過し、偏光方向が 90° の直線偏光となる。

[0052] これにより、開口領域132Aに設けられる偏光フィルタ144Aの偏光方向は 0° であるので、偏光方向 90° の全反射光 W_r は遮光される。また、開口領域132Bにおいて、全反射光 W_r は、偏光フィルタ144B(偏光方向 60°)との偏光方向との違いにより、開口領域132Cにおいて、全反射光 W_r は、偏光フィルタ144C(偏光方向 120°)との偏光方向との違いにより、減光される。

[0053] 以上で説明したように、本例では、全反射光 W_r を1/4波長板101を透過させることにより、全反射光 W_r が、開口領域132Aの偏光フィルタ144Aの偏光方向(0°)と 90° 異なる偏光方向(90°)の直線偏光に変換される。また、全反射光 W_r は、1/4波長板101を透過することにより、開口領域132Bの偏光フィルタ144B及び開口領域132Cの偏光フィルタ144Cの偏光方向とは異なる偏光方向を有する直線偏光に変換される。これにより、本例では、全反射光 W_r は、開口領域132Aでは遮光され、開口領域132B及び132Cでは減光され、全反射光 W_r に起因した露出オーバを抑制することができる。

[0054] 図14は、本実施形態の具体例3を説明する図である。本例では、1/4波長板101の光学軸が偏光フィルタ144Bの偏光方向に対して 45° 異なる位置に配置される。

[0055] 同図に示した例では、偏光方向(偏光軸)が 0° になるように偏光フィルタ105を配置する。また、1/4波長板103は、光学軸が $+45^\circ$ になるように配置されている。また、1/4波長板101は、光学軸が $+105^\circ$ になるように配置されている。

[0056] 照明装置100Bから出射された自然光の照明光 W_f は、偏光フィルタ105を透過して、偏光方向が 0° の直線偏光となる。その後、照明光 W_f は、1/4波長板103を透過することにより、右回りの円偏光となり、被写体で反射する。全反射光 W_r は、左回りの円偏光となって、1/4波長板101を透過し、偏光方向が 150° の直線偏光となる。これにより、開口領域132Bに設けられる偏光フィルタ144Bの偏光方向は 60° であるので、偏光方向 150° の全反射光 W_r は遮光される。また、開口領域132Aにおいて、全反射光 W_r は、偏光フィルタ144A(偏光方向 0°)との偏光方向との違いにより、開口領域132Cにおいて、全反射光 W_r は、偏光フィルタ144C(偏光方向 120°)との偏光方向との違いにより、減光される。

[0057] 以上で説明したように、本例では、全反射光 W_r を1/4波長板101を

透過させることにより、全反射光 W_r が、開口領域132Bの偏光フィルタ144Bの偏光方向(60°)と 90° 異なる偏光方向 150° の直線偏光に変換される。また、全反射光 W_r は、 $1/4$ 波長板101を透過することにより、開口領域132Aの偏光フィルタ144A及び開口領域132Cの偏光フィルタ144Cの偏光方向とは異なる偏光方向を有する直線偏光に変換される。これにより、本例では、全反射光 W_r は、開口領域132Bでは遮光され、開口領域132B及び132Cでは減光され、全反射光 W_r に起因した露出オーバを抑制することができる。

[0058] <画像生成処理>

次に、上述した構成のレンズ装置100及び撮像装置本体200を用いた画像生成処理について説明する。なお、ここでは波長偏光フィルタユニット130において光学フィルタの波長帯域が3種類($\lambda_1 \sim \lambda_3$)で偏光方向も3種類(例えば 0° , 45° , 90°)、撮像素子210の偏光方向は4種類(0° , 45° , 90° , 135°)であるものとする。この場合、例えば図10に示す枠体132(開口領域132D)を遮蔽部材Bで遮光して使用することができる。

[0059] <混信除去の係数群>

波長帯域($\lambda_1 \sim \lambda_3$)に対応した画像を得るには、撮像素子210の各画素から各波長帯域に対応した画素信号を分離して抽出する必要があるが、これらの画像データには混信(クロストーク)が生じている。すなわち、各画素には各波長帯域の光が入射するため、生成される画像は波長帯域 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の画像が混合した画像となる。このため、画像生成部234は、混信除去処理を行って各波長帯域($\lambda_1 \sim \lambda_3$)の画像データを生成する。

[0060] レンズ装置100から出射した各波長帯域 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の光が各画素で受光される割合(混信比率)は、光学フィルタ142A~142Cが透過させる光の波長帯域 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の設定、偏光フィルタ144A~144Cが透過させる光の偏光方向の設定、撮像素子210の各画素が受光する光の偏光方向(4方向)の設定から一意に定まり、事前に求めることができる。画像生成

部234は、この混信比率を、複数の開口領域のうち特定の開口領域以外の開口領域を遮蔽する複数の遮蔽部材を用いて、複数の遮蔽部材のうちいずれかがレンズ装置100に装着された状態で取得した複数の画像から算出することができる。

[0061] 図15は、枠体132に遮蔽部材を装着する様子を示す図である。同図の(a)部分に示すように、遮蔽部材139は、枠体132の開口領域132A～132Dのうちいずれかを開放して残りを遮蔽する複数の遮蔽部材を備える。具体的には、遮蔽部材139A～139Dは、それぞれ開口領域132A、132B、132C、132D（特定の開口領域）以外の開口領域を遮蔽する。図15の(b)部分は、遮蔽部材139Aを装着した状態の枠体132を示す。なお、上述のように開口領域及び偏光方向が3種類以下である場合（例えば、4つの開口のうち1つ以上を遮蔽する場合、あるいは3つ以下の開口領域を有する光学部材を用いる場合）は、遮蔽部材も3種類以下でよい。以下、開口領域及び偏光方向が3種類である場合について説明する。

[0062] この場合、遮蔽部材139A～139Cを1つずつ用いて撮像することにより、3つの波長帯域にそれぞれ対応した3つの画像が得られる。画像生成部234は、これらの画像から混信除去処理のための係数群（混信除去行列の各要素）を算出し、係数記憶部236がこれら係数群を記憶する。

[0063] 画像生成部234は、係数記憶部236から係数群を取得し、各画素から得られる画素信号から、以下に示す式1によって各波長帯域 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ に対応した画素信号を算出し、各波長帯域 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の画像データを生成する。式1では例えば、波長帯域 λ_1 （偏光方向 0° の偏光フィルタ素子214A）に対応する画素信号を x_1 、波長帯域 λ_2 （偏光方向 45° の偏光フィルタ素子214B）に対応する画素信号を x_2 、波長帯域 λ_3 （偏光方向 90° の偏光フィルタ素子214C）に対応する画素信号を x_3 とする。また行列Aは、係数記憶部236から取得される。画像生成部234は、この3個の画素信号 x_1 、 x_2 、 x_3 から、行列Aを用いた下記の式1によって、混

信除去が行われた波長帯域 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ のスペクトル画像に対応した画素信号 $X 1$ 、 $X 2$ 、 $X 3$ （画像データ）を取得する。画像生成部234で生成された各波長帯域 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ 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。

[0064] [数1]

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

[0065] [数2]

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \quad \cdots \text{ (式 1)}$$

[0066] <撮像方法>

次に、撮像装置10を使用した撮像方法に関して説明する。

[0067] 図16は、撮像装置10を使用した撮像方法を示したフロー図である。

[0068] 先ず、照明装置100Bを点灯し、照明光 $W f$ により被写体を照明する（ステップS1）。照明光 $W f$ は、照明装置100Bから出射した際は自然光であるが、偏光フィルタ105で直線偏光の照明光 $W f$ に変換され、 $1/4$ 波長板103により円偏光を有する照明光 $W f$ となる。

[0069] 次に、被写体で反射された光のうち、全反射光 $W r$ は $1/4$ 波長板101を透過して直線偏光となる（ステップS2）。直線偏光である全反射光 $W r$ は、偏光フィルタ144との偏光方向の差異に応じて減光又は遮光される。

[0070] そして、撮像素子210には、減光された全反射光 $W r$ や、被写体表面で拡散反射した光が到達して撮像され（ステップS3）、複数のスペクトル画像を得ることができる。

[0071] 上述の各構成及び機能は、任意のハードウェア、ソフトウェア、或いは両

者の組み合わせによって適宜実現可能である。例えば、上述の処理ステップ（処理手順）をコンピュータに実行させるプログラム、そのようなプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体（非一時的記録媒体）、或いはそのようなプログラムをインストール可能なコンピュータに対しても本発明を適用することが可能である。

[0072] <枠体の変形例>

図17は、枠体の変形例に関して説明する図である。同図に示す枠体133は、3つの開口領域133A～133Cを有する。開口領域133A～133Cの各々は、中心角 120° を有し、等しい面積を有する領域である。上述した枠体132は4つの開口領域132A～132Dを有し、開口領域132Dは遮蔽部材Bで塞がれている。したがって、予め3つの開口領域133A～133Cを有する枠体133を使用してもよい。なお、枠体の形状、開口領域の数、開口領域の形状は上述した例以外の態様も採用され得る。

[0073] <波長偏光フィルタユニットの変形例>

図18は、波長偏光フィルタユニット130の変形例を示す図である。なお、各開口領域に配置される光学フィルタの波長帯域（ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ）及び偏光フィルタの偏光方向（ 0° 、 60° 、 120° ）を示している。

[0074] 図18（a）で示される波長偏光フィルタユニット130では、3つの開口領域はそれぞれ 120° の中心角を有する扇型である。このように、開口領域の形状を均等に中心角 120° を有する扇型にすることで、3つの開口領域の面積を均等とすることができる。図18（b）で示される波長偏光フィルタユニット130では、波長帯域 λ_3 に対応する開口領域の中心角は 180° であり、波長帯域 λ_2 に対応する開口領域は中心角 120° であり、波長帯域 λ_1 に対応する開口領域は 60° である。このように、開口領域に応じて、開口領域の面積を変えてもよい。図18（c）で示される波長偏光フィルタユニット130では、各開口領域の形状を短冊型としている。図に向かって左側に短冊型の波長帯域 λ_3 に対応する開口領域が設けられており、中央に短冊型の波長帯域 λ_2 に対応する開口領域が設けられており、図に

向かって右側に短冊型の波長帯域 λ_1 に対応する開口領域が設けられている。このように、開口領域は扇型だけでなく様々な形状を採用することができる。図18(d)で示される波長偏光フィルタユニット130では、各波長帯域に対応する開口領域が同心円形状となっている。具体的には、波長帯域 λ_1 に対応する開口領域は最も中心の円の領域であり、その外側に波長帯域 λ_2 に対応する開口領域が設けられており、最も外側に波長帯域 λ_3 に対応する開口領域が設けられている。このように、開口領域は扇型だけでなく様々な形状を採用することができる。

[0075] <第2の実施形態>

次に、第2の実施形態に関して説明する。本実施形態では、1/4波長板(第1の円偏光光学素子)146が枠体132の開口領域132A~132Cの各々に配置される。

[0076] 図19は、本実施形態における波長偏光フィルタユニット130の構成例を示す図である。

[0077] 波長偏光フィルタユニット130のフィルタセット140は、光学フィルタ142、偏光フィルタ144、及び1/4波長板146の3枚で構成されている。具体的には、開口領域132Aに対応するフィルタセット140A、開口領域132Bに対応するフィルタセット140B、及び開口領域132Cに対応するフィルタセット140Cは、それぞれ光学フィルタ142、偏光フィルタ144、及び1/4波長板146の3枚で構成されている。

[0078] 図20は、本実施形態における波長偏光フィルタユニット130の示す概念図である。

[0079] 開口領域132Aには、フィルタセット140Aが配置されている。フィルタセット140Aは、被写体側から、光学軸が+45°で配置された1/4波長板146A、波長帯域 λ_1 を透過させる光学フィルタ142A、及び偏光方向が0°の偏光フィルタ144Aが配置されて構成されている。開口領域132Bには、フィルタセット140Bが配置されている。フィルタセット140Bは、被写体側から、光学軸が+105°で配置された1/4波

長板 1 4 6 B、波長帯域 λ_2 を透過させる光学フィルタ 1 4 2 B、及び偏光方向が 60° の偏光フィルタ 1 4 4 B が配置されて構成されている。開口領域 1 3 2 C には、フィルタセット 1 4 0 C が配置されている。フィルタセット 1 4 0 C は、被写体側から、光学軸が $+165^\circ$ で配置された $1/4$ 波長板 1 4 6 C、波長帯域 λ_3 を透過させる光学フィルタ 1 4 2 C、及び偏光方向 120° の偏光フィルタ 1 4 4 C が配置されて構成されている。開口領域 1 3 2 D には、遮蔽部材 B が配置されている。

[0080] 図 2 1 は、本実施形態の具体例 1 を説明する図である。

[0081] 枠体 1 3 2 の第 1 のレンズ 1 1 0 の被写体側には、各開口領域 1 3 2 A ~ 1 3 2 C に $1/4$ 波長板 (1 4 6 A ~ 1 4 6 C) (第 1 の円偏光光学素子) が設けられている。なお、 $1/4$ 波長板 1 4 6 A ~ 1 4 6 C は、波長偏光フィルタユニット 1 3 0 と一体に設けられてもよいし、別体で設けられてもよい。 $1/4$ 波長板 1 4 6 A ~ 1 4 6 C が波長偏光フィルタユニット 1 3 0 と別体で設けられる場合には、 $1/4$ 波長板 1 4 6 A ~ 1 4 6 C は、波長偏光フィルタユニット 1 3 0 よりも被写体側に設けられる。

[0082] 同図に示した例では、偏光方向が 0° になるように偏光フィルタ 1 0 5 を配置する。また、 $1/4$ 波長板 1 0 3 は、光学軸が $+45^\circ$ になるように配置されている。

[0083] 照明装置 1 0 0 B から出射された自然光の照明光 W_f は、偏光フィルタ 1 0 5 を透過して、偏光方向が 0° の直線偏光となる。その後、照明光 W_f は、 $1/4$ 波長板 1 0 3 を透過することにより、右回りの円偏光となり被写体で反射する。全反射光 W_r は、左回りの円偏光となって、各開口領域 1 3 2 A ~ 1 3 2 C に設けられている $1/4$ 波長板 1 4 6 A ~ 1 4 6 C に入射する。具体的には、開口領域 1 3 2 A においては、全反射光 W_r は、光学軸が $+45^\circ$ で設けられた $1/4$ 波長板 1 4 6 A を透過すると、偏光方向が 90° の直線偏光の光に変換される。そして、開口領域 1 3 2 A においては、偏光フィルタ 1 4 4 A は偏光方向 0° を有するので、偏光方向 90° を有する直線偏光の全反射光 W_r は、偏光方向が 90° 異なるので遮光される。同様に、

開口領域 132B においては、全反射光 W_r は、光学軸が $+105^\circ$ で設けられた $1/4$ 波長板 146B を透過すると、偏光方向が 150° の直線偏光の光に変換される。そして、開口領域 132B においては、偏光フィルタ 144B は偏光方向 60° を有するので、偏光方向 150° を有する直線偏光の全反射光 W_r は、偏光方向が 90° 異なるので遮光される。同様に、開口領域 132C においては、全反射光 W_r は、光学軸が $+165^\circ$ で設けられた $1/4$ 波長板 146C を透過すると、偏光方向が 210° の直線偏光の光に変換される。そして、開口領域 132C においては、偏光フィルタ 144C は偏光方向 120° を有するので、偏光方向 210° を有する直線偏光の全反射光 W_r は、偏光方向が 90° 異なるので遮光される。

[0084] このように、本実施形態においては、開口領域 132A～132C の各領域において、全反射光 W_r は偏光フィルタ 144A～144C に遮光される。これにより、本実施形態では、全反射光 W_r は撮像素子 210 に到達せず、露出オーバーとなることを抑制することができる。

[0085] <第3の実施形態>

次に、第3の実施形態に関して説明する。本実施形態では、照明光 W_f を鏡筒 102 内を透過させて、同軸落射照明により被写体を照らす。

[0086] 図22は、本実施形態における波長偏光フィルタユニット 130 の構成例を示す図である。

[0087] 波長偏光フィルタユニット 130 は、開口領域 132D が素抜けとなっている。具体的には、開口領域 132D は、遮蔽部材 B、フィルタセット 140 等を有していなく、照明光 W_f を通す領域である。

[0088] 図23は、本実施形態における波長偏光フィルタユニット 130 の示す概念図である。なお、図11と同じ箇所は、同じ符号を付して説明を省略する。

[0089] 波長偏光フィルタユニット 130 は、開口領域 132A～132D を有する。開口領域 132A～132C にはそれぞれフィルタセット 140 が設けられる。一方、開口領域 132D は照明光 W_f を透過させるため、素抜けと

なっている。なお、開口領域 132D には、照明光 Wf に影響を与えないフィルタ、例えば透明フィルタなどを設けてもよい。

[0090] 図 24 は、本実施形態の具体例 1 を示す図である。

[0091] 同図に示した例では、偏光方向（偏光軸）が 0° になるように偏光フィルタ 105 を配置する。また、 $1/4$ 波長板 103 は、光学軸が $+45^\circ$ になるように配置されている。また、 $1/4$ 波長板 101 は、光学軸が $+45^\circ$ になるように配置されている。

[0092] 照明装置 100B から出射された自然光の照明光 Wf は、偏光フィルタ 105 を透過して、偏光方向が 0° の直線偏光となる。その後、照明光 Wf は、 $1/4$ 波長板 103 を透過することにより、右回りの円偏光となる。レンズ装置 100 の鏡筒 102 には、照明光挿入部 121 が設けられている。照明光 Wf は、照明光挿入部 121 から鏡筒 102 の内部に入り、開口領域 132D を通って被写体に到達する。このように照明光 Wf を鏡筒 102 の内部を通して被写体を照射することにより、同軸落射照明となる。

[0093] $1/4$ 波長板 101 は、光学軸が β となるように配置されている。そして、全反射光 Wr は、 $1/4$ 波長板 101 を透過すると $(\beta + 45)^\circ$ の偏光方向を有する直線偏光となる。 $(\beta + 45)^\circ$ は、偏光フィルタ 144A ~ 144C の偏光方向 (0° 、 60° 、 120°) とは異なる。これにより、全反射光 Wr は、偏光フィルタ 144 の偏光方向との違いにより、減光されて撮像素子 210 に到達することになる。また、全反射光 Wr の偏光方向 ($\beta + 45)^\circ$ と偏光フィルタ 144 の偏光方向とが直交する関係にある場合には、全反射光 Wr は遮光され、撮像素子 210 には到達しない。

[0094] 以上で説明したように、本例では、照明装置 100B から出射した照明光 Wf が、偏光フィルタ 105 及び $1/4$ 波長板 103 を透過して、照明光挿入部 121 から鏡筒 102 に入る。そして、照明光 Wf は、同軸落射照明により被写体を照らすことができる。

[0095] 図 25 は、本実施形態の具体例 2 を示す図である。

[0096] 同図に示した例では、偏光方向（偏光軸）が 0° になるように偏光フィル

タ 105 を配置する。また、1/4 波長板 101 は、光学軸が 45° で照明光 Wf 及び全反射光 Wr を透過させるように配置される。

[0097] 照明装置 100B から出射した自然光の照明光 Wf は、偏光方向が 0° に配置された偏光フィルタ 105 を透過して直線偏光を有する照明光 Wf となる。なお、本例の照明装置 100B（第 2 の照明装置）は偏光フィルタ 105 を備える。レンズ装置 100 の鏡筒 102 には、照明光挿入部 121 が設けられている。直線偏光を有する照明光 Wf は、照明光挿入部 121 から鏡筒 102 に入り、開口領域 132D を通過する。その後、照明光 Wf は、光学軸が +45° に設けられた 1/4 波長板 101 を透過して右回りの円偏光となり被写体の表面で反射する。全反射光 Wr は、左回りの円偏光となり光学軸が +45° に設けられた 1/4 波長板 101 を透過する。全反射光 Wr は、1/4 波長板 101 を透過すると 90° の偏光方向を有する直線偏光となる。これにより、偏光フィルタ 144A～144C の各々の偏光方向と全反射光 Wr の偏光方向（90°）との違いにより、全反射光 Wr は減光又は遮光される。具体的には、開口領域 132A では、偏光方向が 0° の偏光フィルタ 144A が設けられているので、全反射光 Wr の偏光方向（90°）との違いは 90° なり、全反射光 Wr は遮光される。また、開口領域 132B では、偏光方向が 60° の偏光フィルタ 144B が設けられているので、全反射光 Wr の偏光方向（90°）との違いは 30° なり、全反射光 Wr は減光される。また、開口領域 132C では、偏光方向が 120° の偏光フィルタ 144C が設けられているので、全反射光 Wr の偏光方向（90°）との違いは 30° なり、全反射光 Wr は減光される。

[0098] 以上で説明したように、本例では、照明装置 100B から出射した照明光 Wf が、偏光フィルタ 105 を透過して、照明光挿入部 121 から鏡筒 102 に入る。そして、照明光 Wf は、同軸落射照明により被写体を照らすことができる。

[0099] 図 26 は、本実施形態における波長偏光フィルタユニット 130 の変形例を示す図である。なお、各開口領域に配置される光学フィルタの波長帯域（

$\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ ）、偏光フィルタの偏光方向（ 0° 、 60° 、 120° ）
、及び照明用の領域（照明）を示している。

[0100] 図26（a）は、中心角 120° の扇型になっている3つの開口領域の外周に照明用の領域を配置している。このように、照明用の領域を配置することにより、照明はリング照明となり、均等に被写体を照らすことができる。図26（b）は、短冊形状に設けられた開口領域の一部に照明用の領域を配置している。このように、一部に照明用の領域を配置することにより、被写体の一部を集中的に照らすことができる。図26（c）は、同心円形状の各フィルタの最も外周側に、照明用の領域を配置している。このように、照明用の領域を配置することにより、照明はリング照明となり、均等に被写体を照らすことができる。なお、照明光 Wf は結像光路の内を通過させてもよいし、外を通過させてもよい。

[0101] 以上で本発明の例に関して説明してきたが、本発明は上述した実施の形態に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であることは言うまでもない。

符号の説明

[0102] 10 : 撮像装置
100 : レンズ装置
100A : 光学系
100B : 照明装置
101 : $1/4$ 波長板
102 : 鏡筒
103 : $1/4$ 波長板
105 : 偏光フィルタ
108 : スリット
110 : 第1のレンズ
120 : 第2のレンズ
130 : 波長偏光フィルタユニット

1 3 2	: 枠体
1 4 0	: フィルタセット
1 4 2	: 光学フィルタ
1 4 4	: 偏光フィルタ
1 4 6	: $1/4$ 波長板
2 0 0	: 撮像装置本体
2 1 0	: 撮像素子
2 3 0	: 信号処理部
2 3 2	: アナログ信号処理部
2 3 4	: 画像生成部
2 3 6	: 係数記憶部
3 1 0	: 光源制御部
3 2 0	: 光源
B	: 遮蔽部材
L	: 光軸

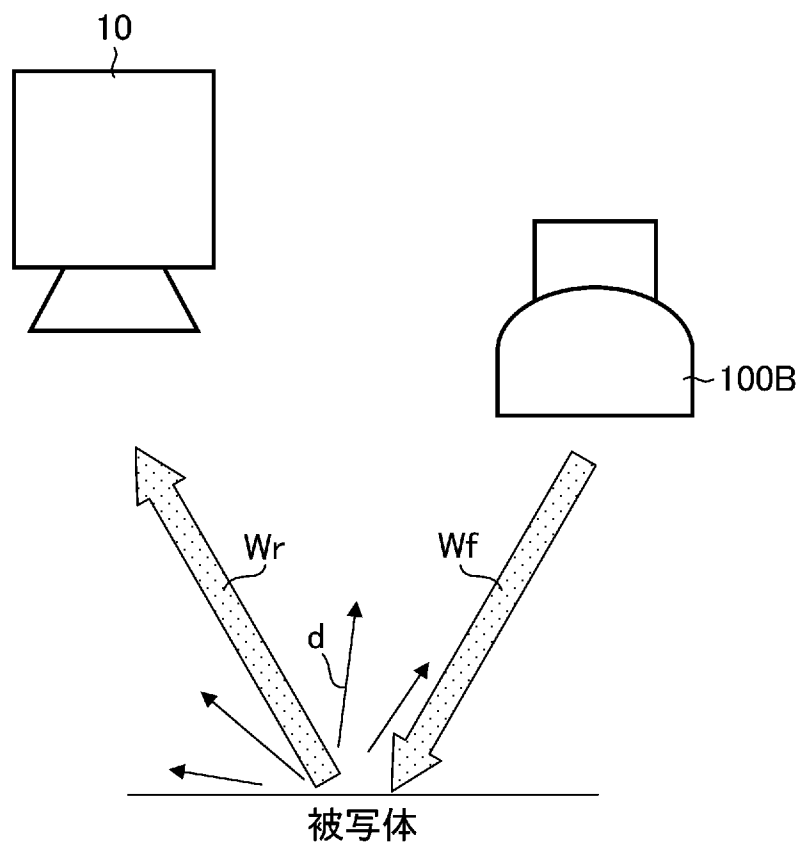
請求の範囲

- [請求項1] 被写体の光学像を結像させるレンズを含む光学系と、
前記光学系の瞳位置または前記瞳位置の近傍に配置された波長偏光フィルタユニットであって、
複数の開口領域と、
前記複数の開口領域に配置される複数の光学フィルタであって、
少なくとも一部の波長帯域が異なる光を透過させる2つ以上の光学フィルタを含む複数の光学フィルタと、
前記複数の開口領域に配置される複数の第1の偏光フィルタであって、
少なくとも、偏光方向が互いに異なる2つの第1の偏光フィルタと、
、
を有する波長偏光フィルタユニットと、
前記被写体と前記波長偏光フィルタユニットとの間には、第1の円偏光光学素子と、
を備えるレンズ装置。
- [請求項2] 前記第1の円偏光光学素子は、
前記被写体で全反射された円偏光の照明光を、前記第1の偏光フィルタのそれぞれの前記偏光方向とは異なる偏光方向を有する直線偏光に変換する、
請求項1に記載のレンズ装置。
- [請求項3] 前記第1の円偏光光学素子は、光学軸が、少なくとも一つの前記第1の偏光フィルタの前記偏光方向に対して45°異なる位置に配置される請求項1又は2に記載のレンズ装置。
- [請求項4] 前記第1の円偏光光学素子は、
前記光学系の内部に設けられ前記波長偏光フィルタユニットよりも被写体側に設けられている請求項1から3のいずれか1項に記載のレンズ装置。

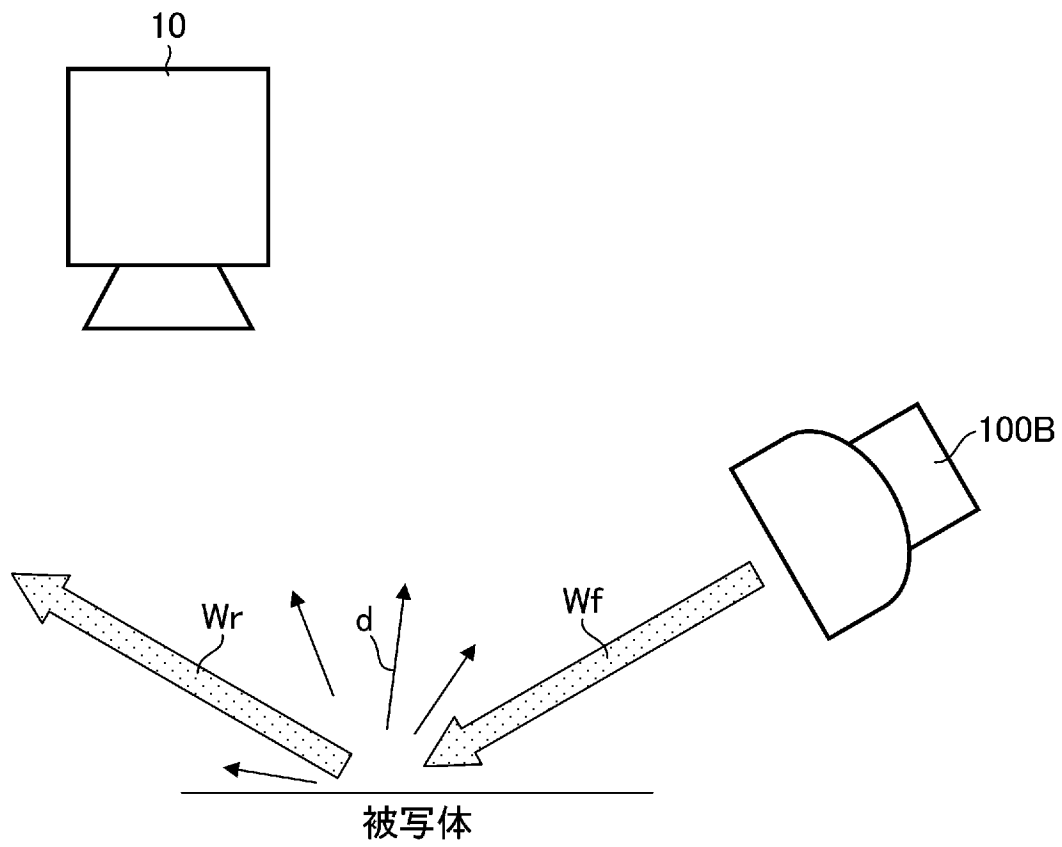
- [請求項5] 前記第1の円偏光光学素子は、前記波長偏光フィルタユニットと一体に設けられている請求項4に記載のレンズ装置。
- [請求項6] 前記波長偏光フィルタユニットは、
前記開口領域に、互いに異なる光学軸を有する前記第1の円偏光光学素子を有し、
前記第1の円偏光光学素子のそれぞれの前記光学軸は、
対応する前記開口領域に設けられる前記第1の偏光フィルタの前記偏光方向に対して45°異なる位置に配置される請求項4又は5に記載のレンズ装置。
- [請求項7] 前記波長偏光フィルタユニットは、前記開口領域に、前記第1の偏光フィルタの前記偏光方向が60°間隔で設けられている請求項1から6のいずれか1項に記載のレンズ装置。
- [請求項8] 前記波長偏光フィルタユニットは、
前記開口領域の少なくとも一つが、照明光を通過させる前記開口領域を有する請求項1から7のいずれか1項に記載のレンズ装置。
- [請求項9] 照明光を円偏光の照明光に変換する第2の円偏光光学素子を備える請求項1から8のいずれか1項に記載のレンズ装置。
- [請求項10] 前記第1の円偏光光学素子と前記第2の円偏光光学素子とは一体に設けられている請求項9に記載のレンズ装置。
- [請求項11] 請求項1から7のいずれか1項に記載のレンズ装置と、
自然光の照明光を直線偏光に変換する第2の偏光フィルタと、
前記第2の偏光フィルタを透過した前記直線偏光を有する照明光を円偏光に変換する第2の円偏光光学素子と、を有する第1の照明装置と、
互いに異なる偏光方向を有する複数の偏光素子を備え、
前記複数の開口領域のいずれかを透過した光を選択的に受光する複数の画素群を含む撮像素子と、
を備える撮像装置。

- [請求項12] 請求項8に記載のレンズ装置と、
自然光の照明光を直線偏光に変換する第2の偏光フィルタと、
前記第2の偏光フィルタを透過した前記直線偏光を有する照明光を円偏光に変換する第2の円偏光光学素子と、を有する第1の照明装置と、
互いに異なる偏光方向を有する複数の偏光素子を備え、
前記複数の開口領域のいずれかを透過した光を選択的に受光する複数の画素群を含む撮像素子と、
を備える撮像装置であって、
前記レンズ装置の前記開口領域の少なくとも一つは、
前記第1の照明装置から前記円偏光の照明光を透過させる撮像装置。
。
- [請求項13] 請求項9又は10に記載のレンズ装置と、
自然光の照明光を直線偏光に変換する第2の偏光フィルタを有する第2の照明装置と、
互いに異なる偏光方向を有する複数の偏光素子を備え、前記複数の開口領域のいずれかを透過した光を選択的に受光する複数の画素群を含む撮像素子と、
を備える撮像装置であって、
前記レンズ装置の前記開口領域の少なくとも一つは、
前記第2の照明装置から前記直線偏光の照明光を透過させる撮像装置。
- [請求項14] 請求項11から請求項13のいずれか1項に記載の撮像装置を使用した撮像方法であって、
前記被写体で反射された照明光が、前記第1の円偏光光学素子を透過するステップを含む撮像方法。

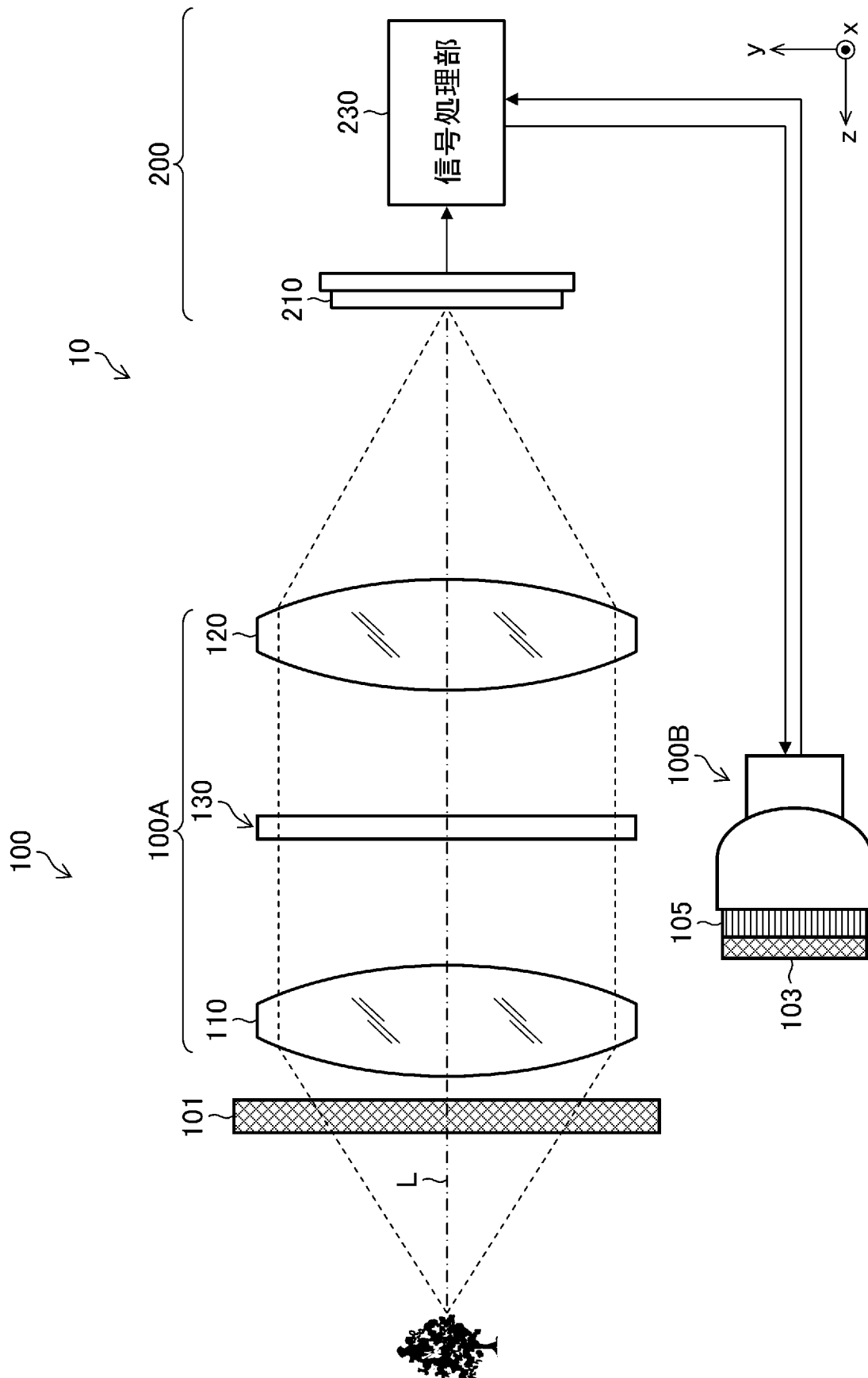
[図1]



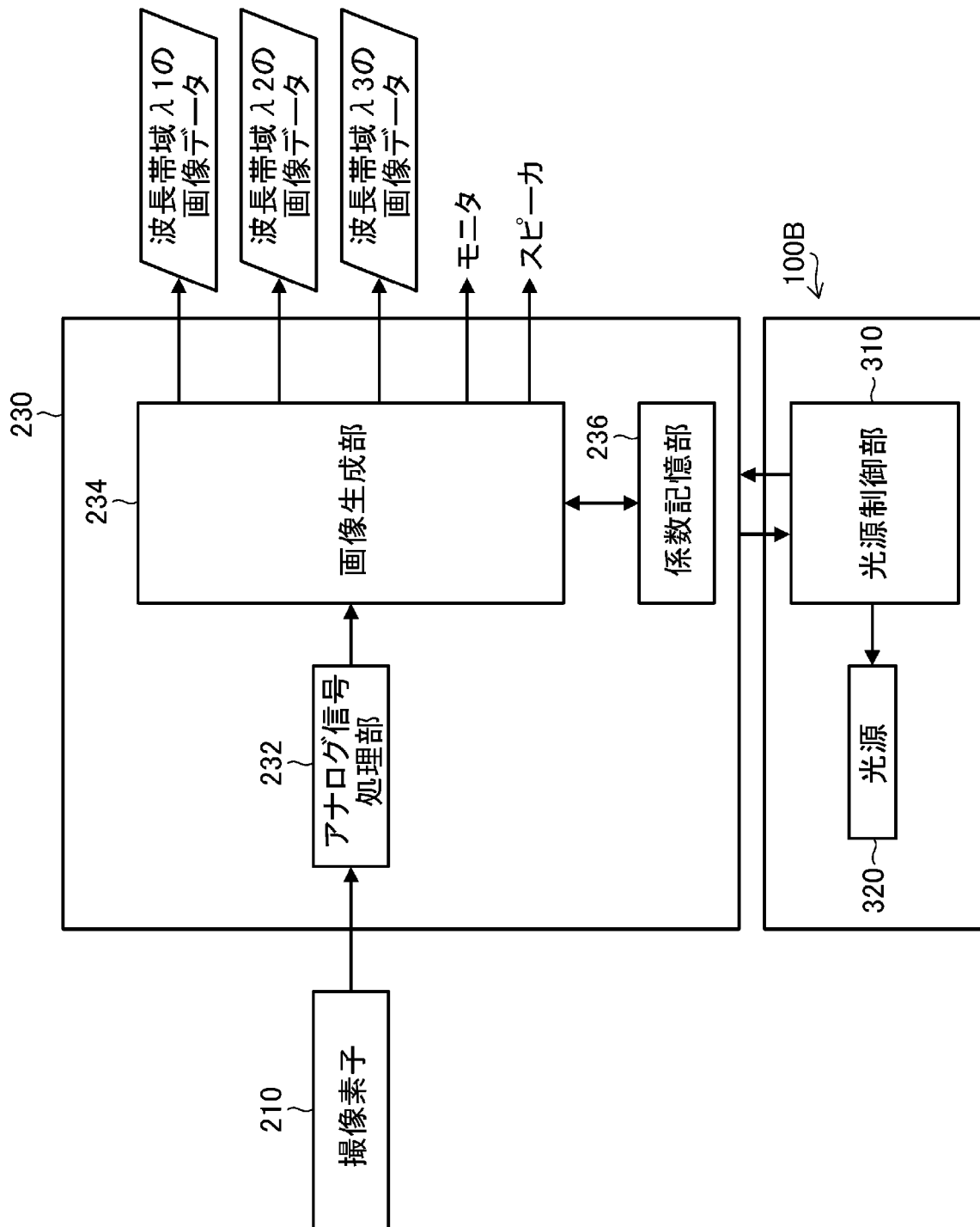
[図2]



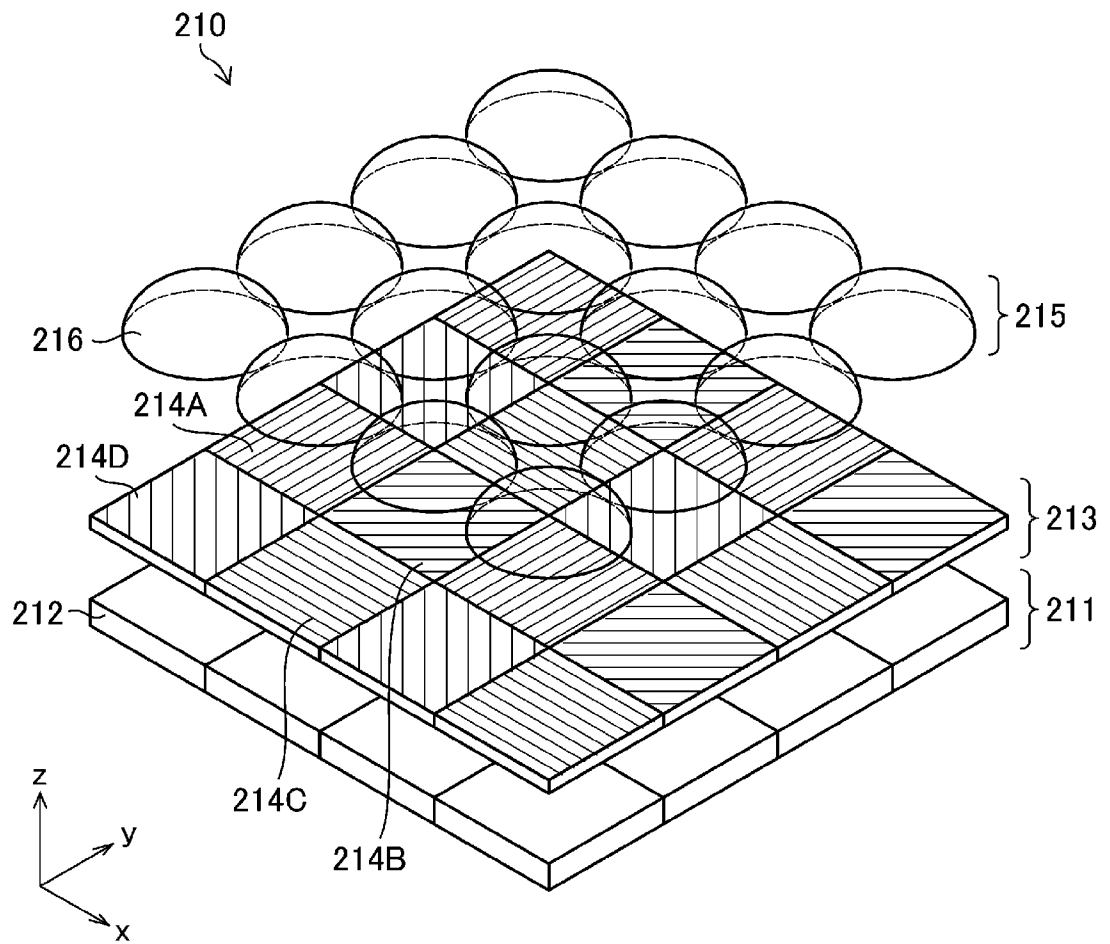
[図3]



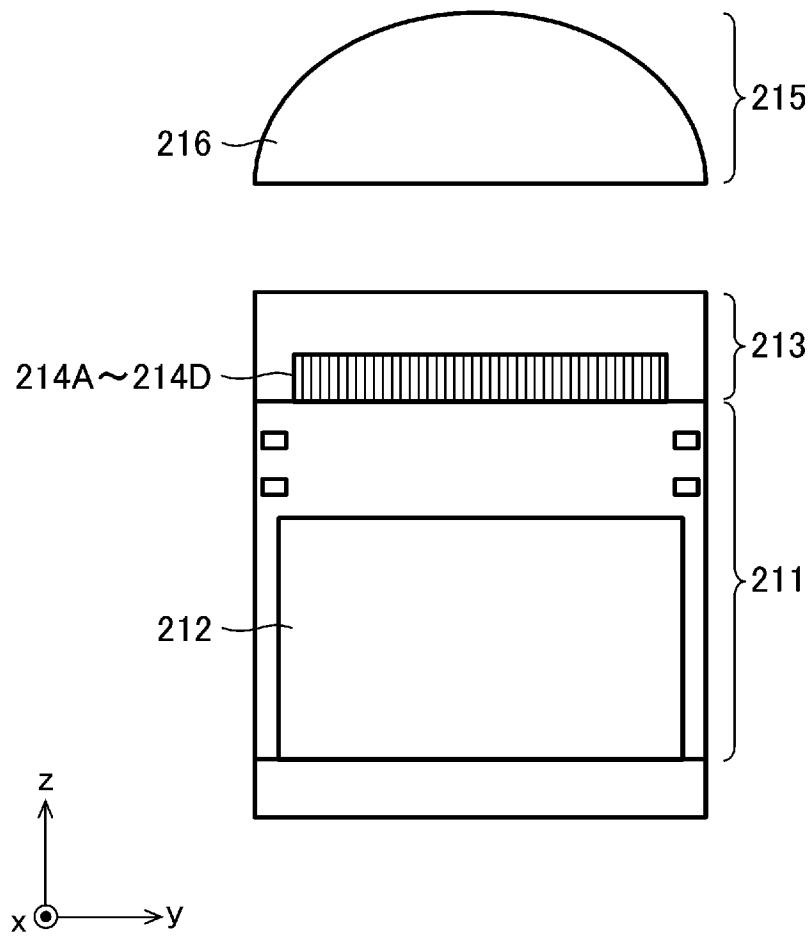
[図4]



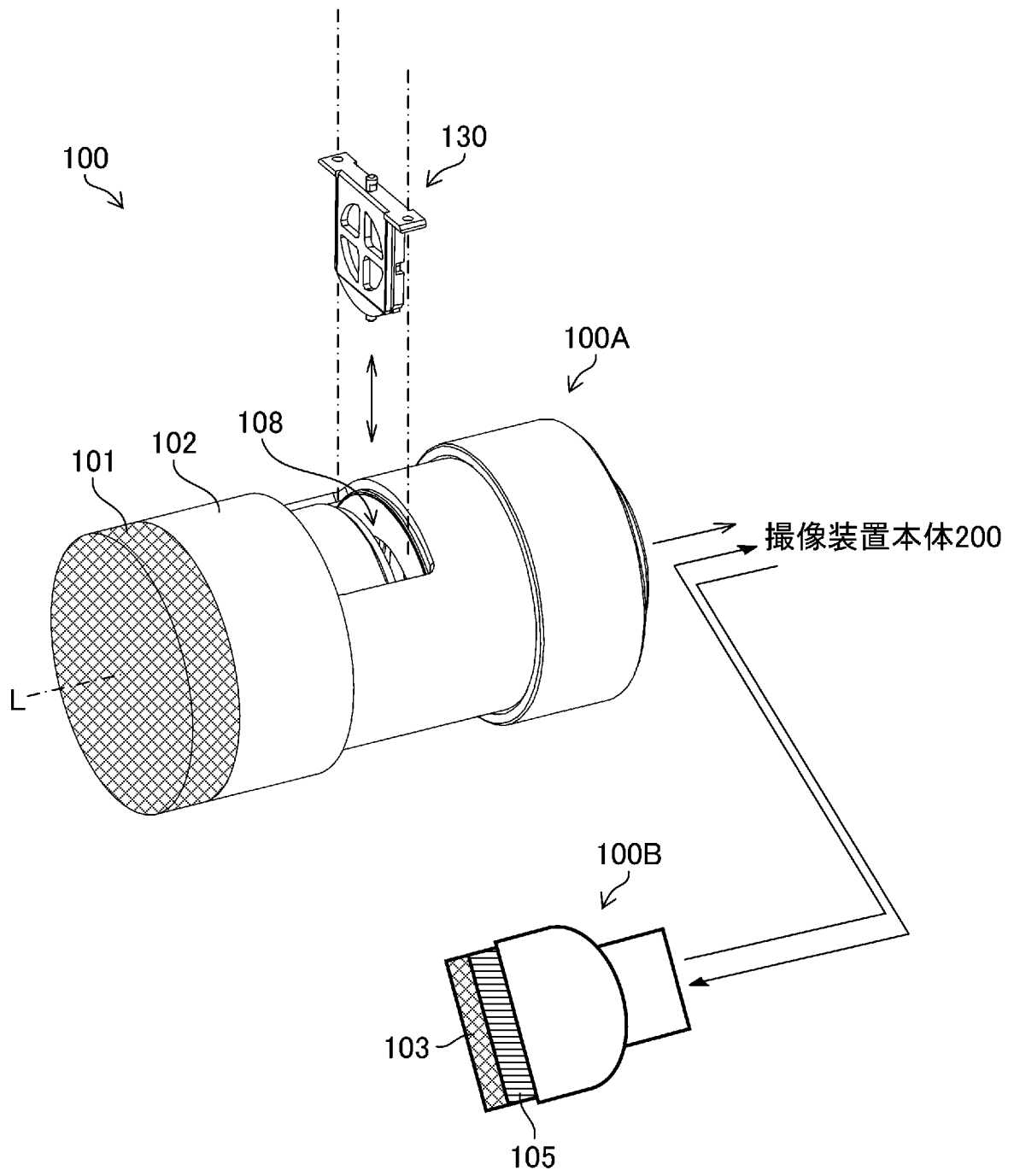
[図5]



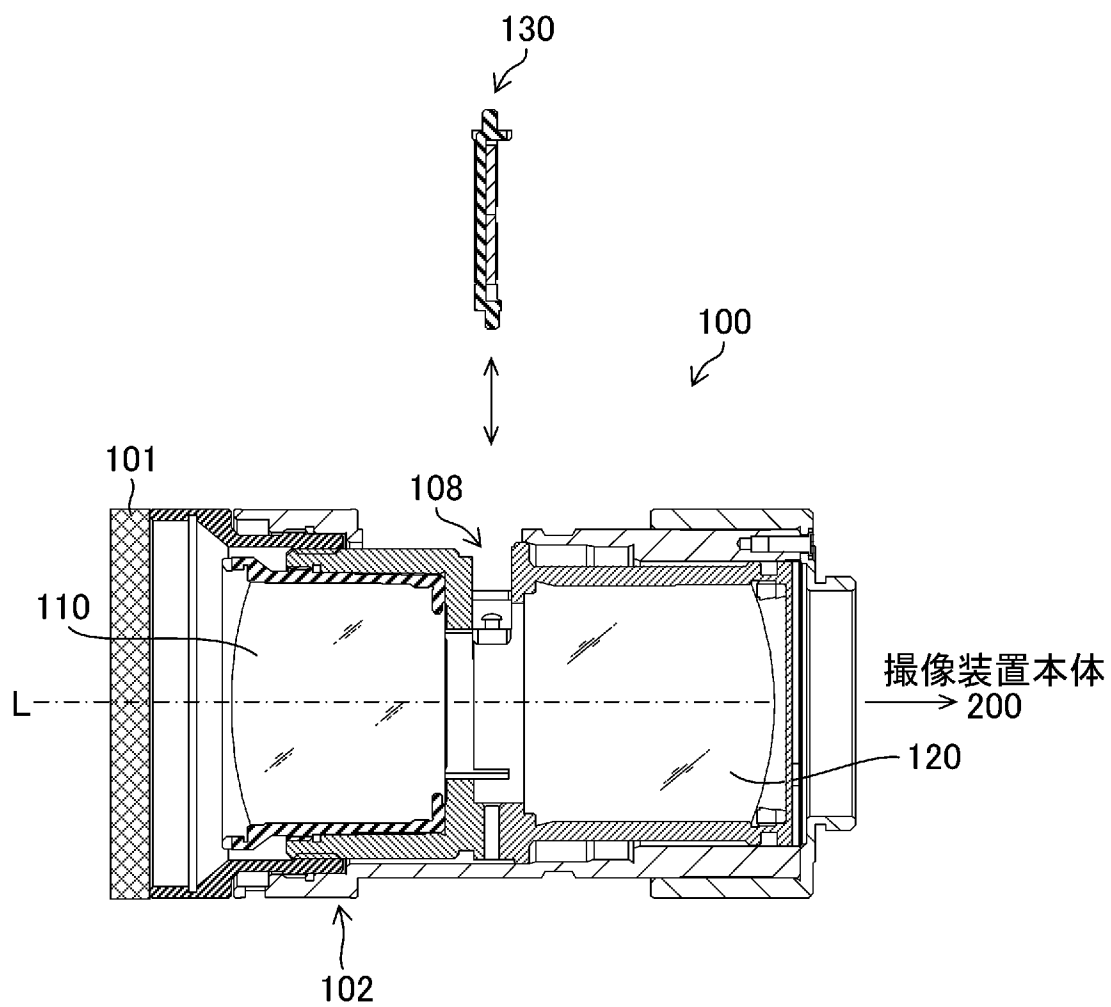
[図6]



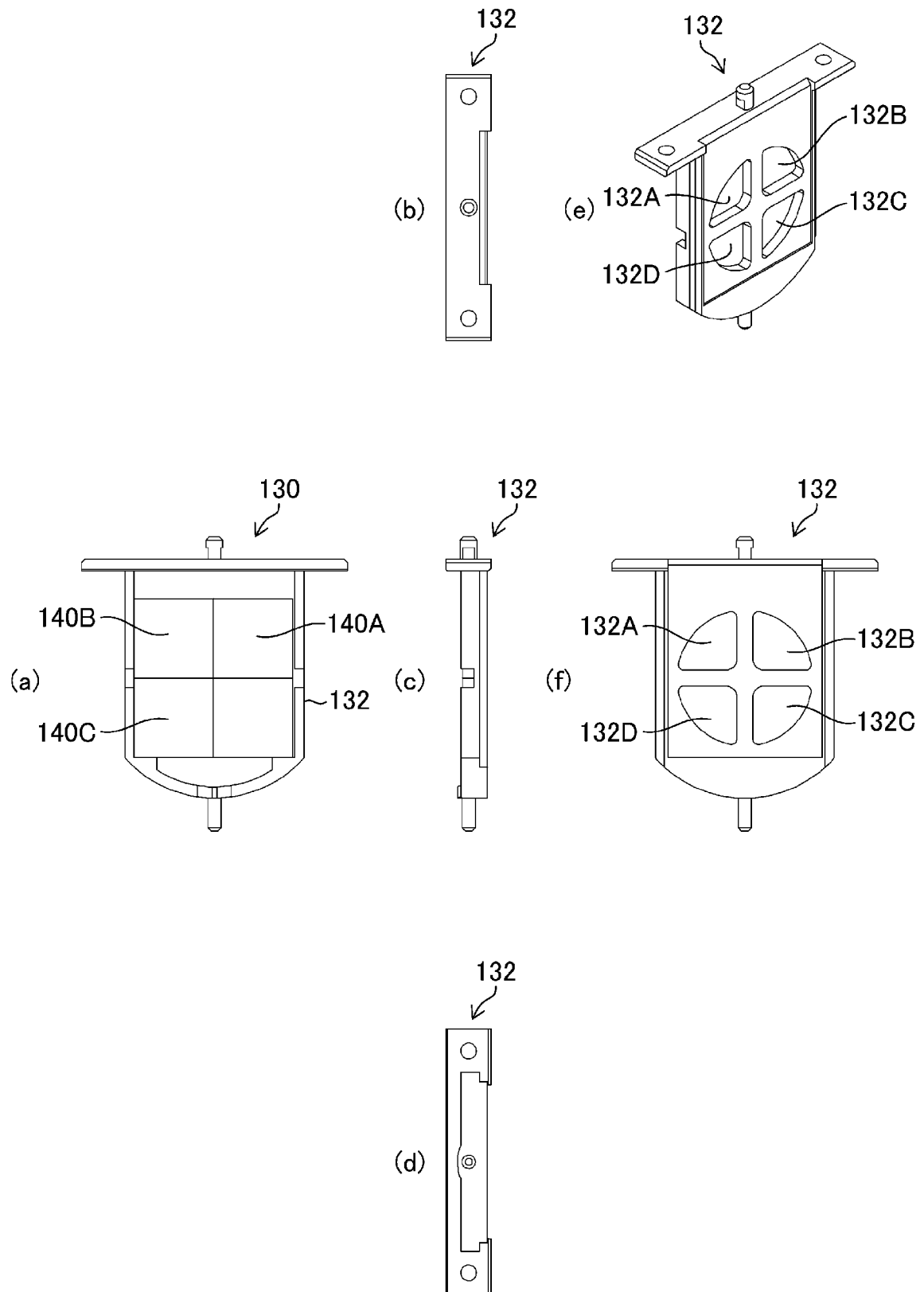
[図7]



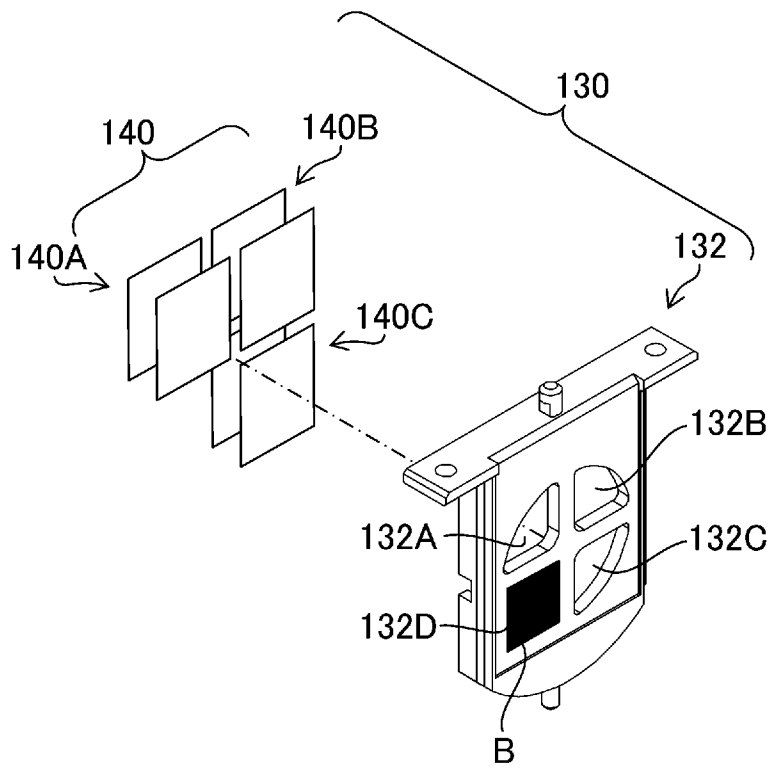
[図8]



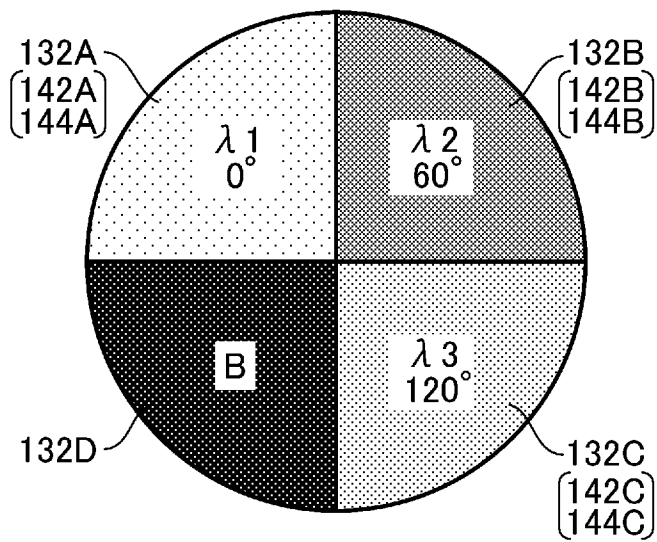
[図9]



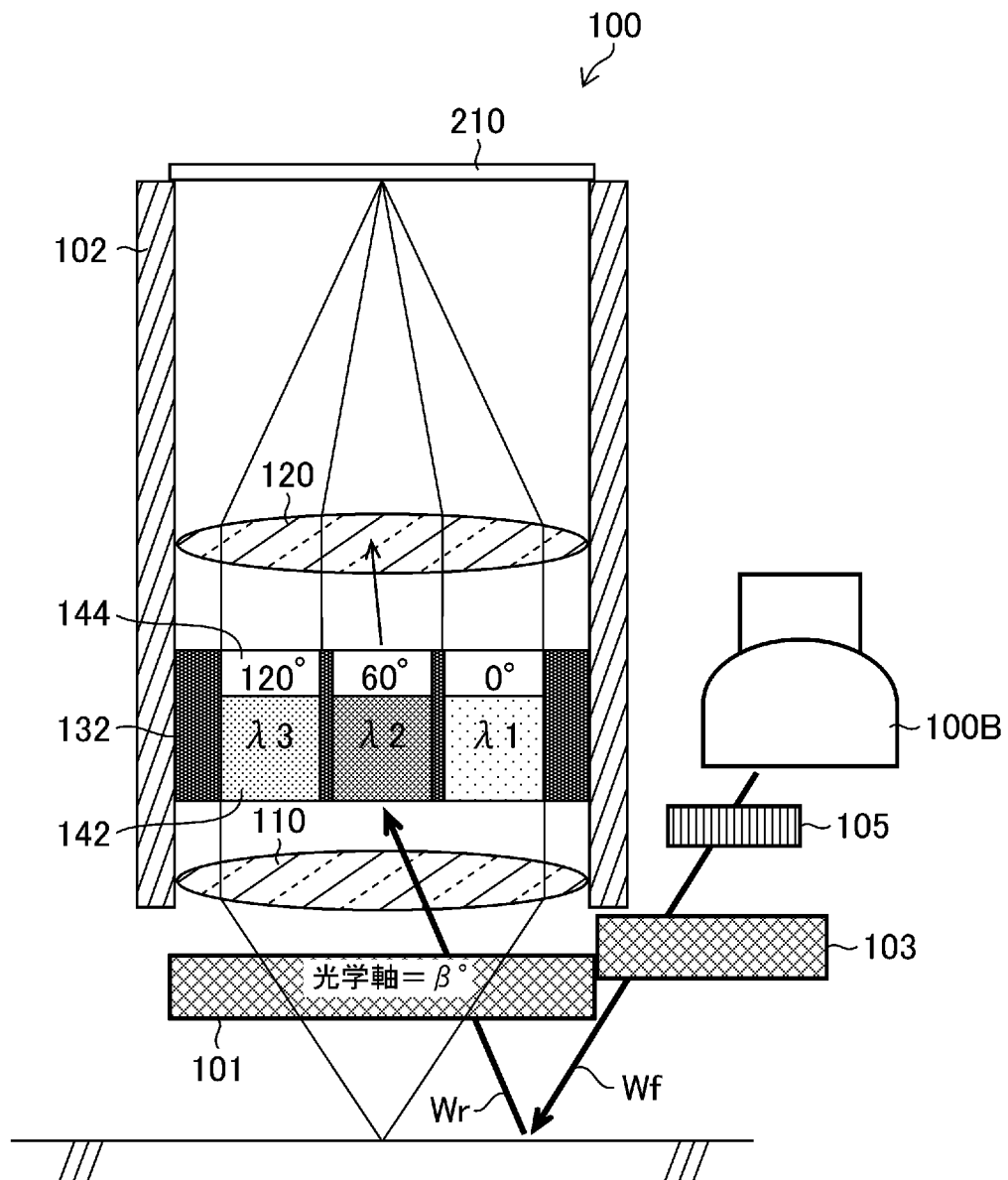
[図10]



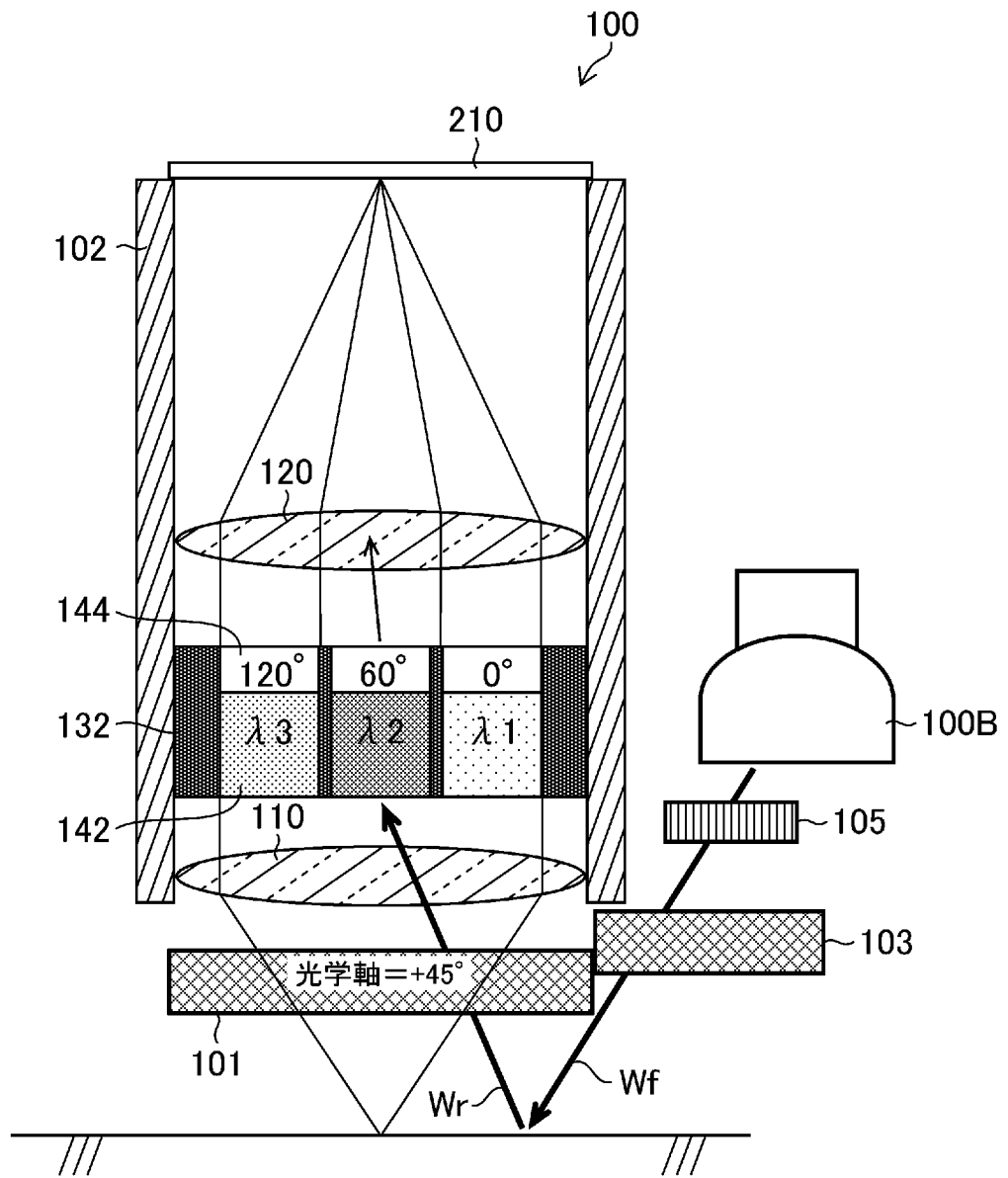
[図11]



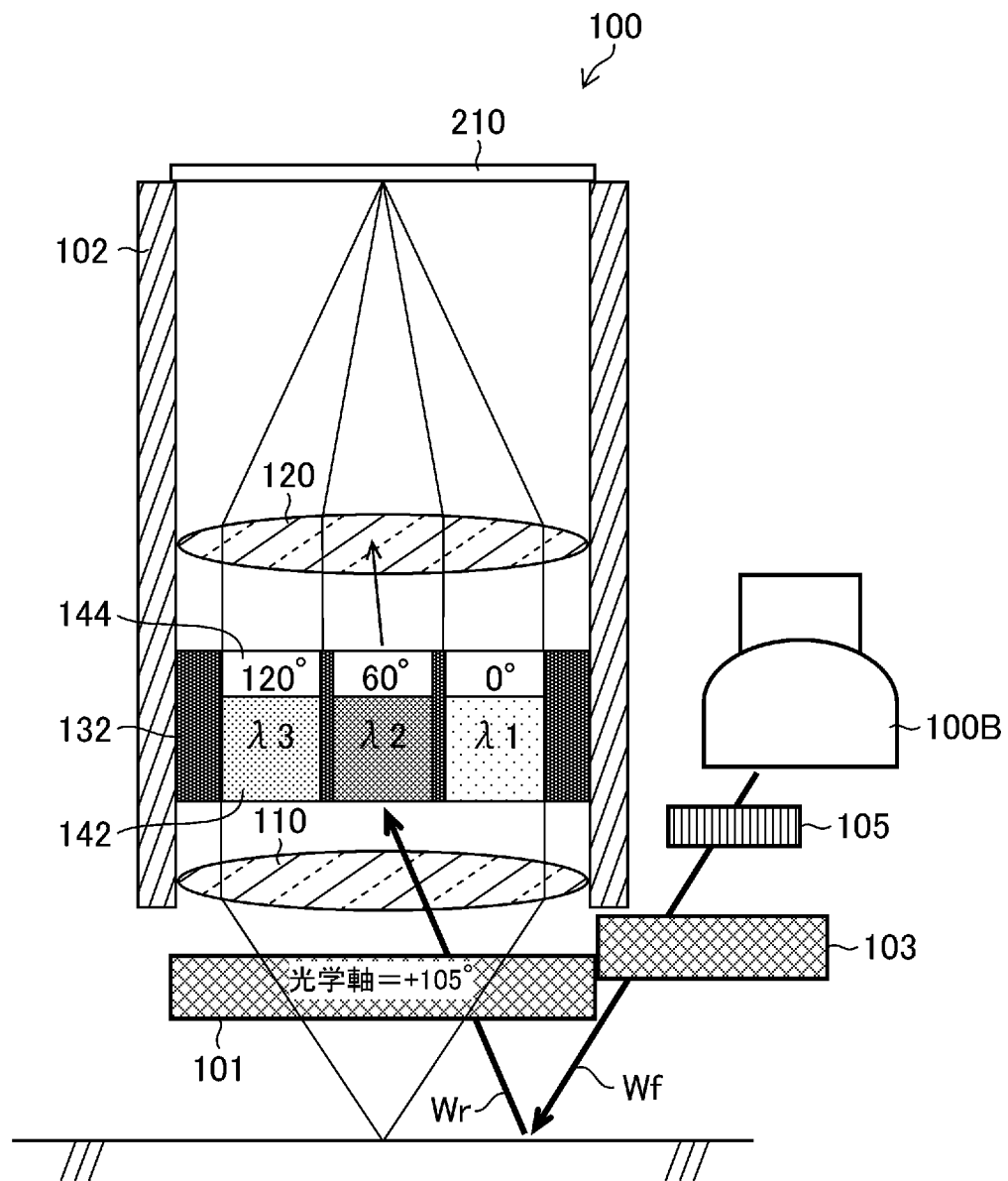
[図12]



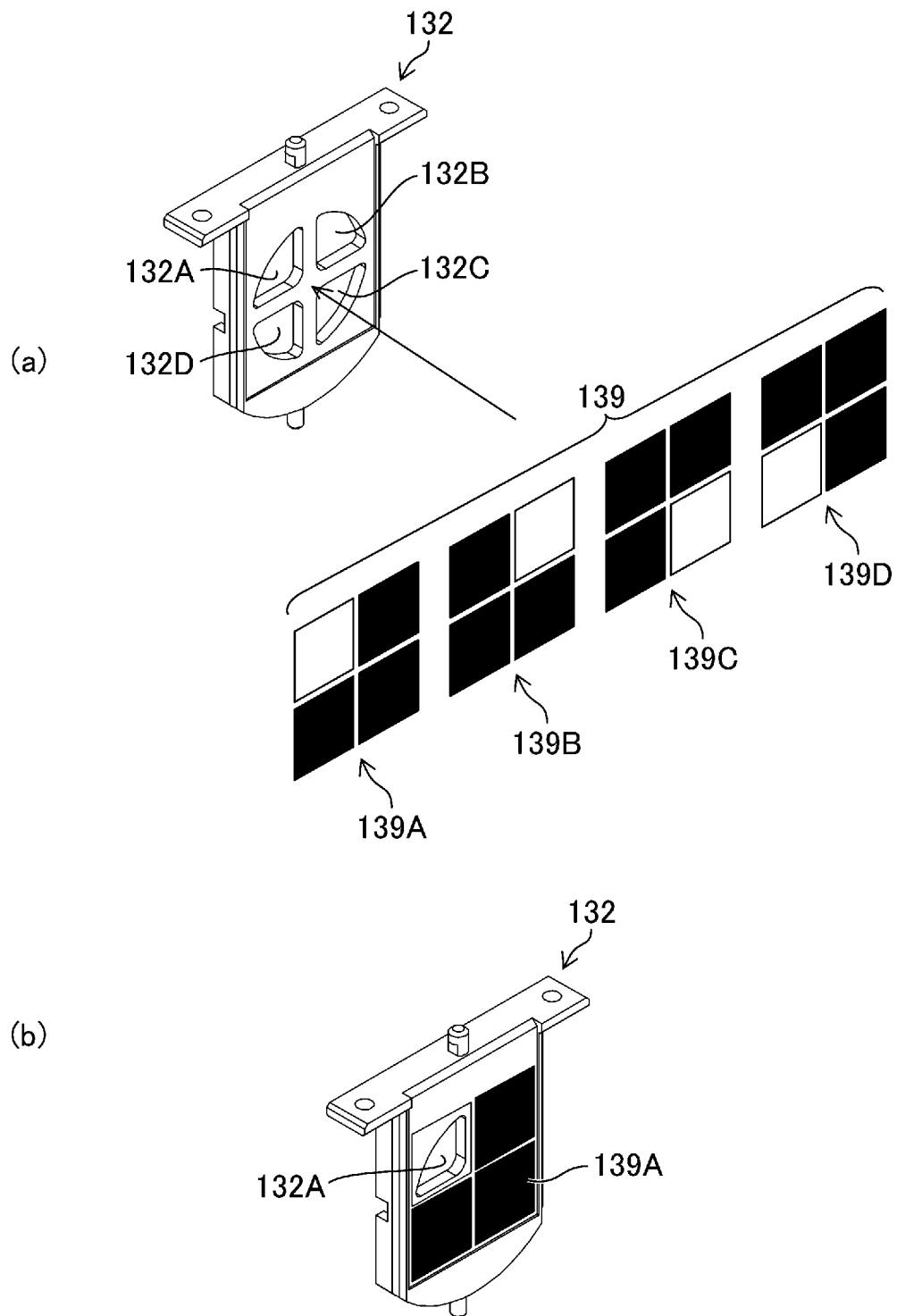
[図13]



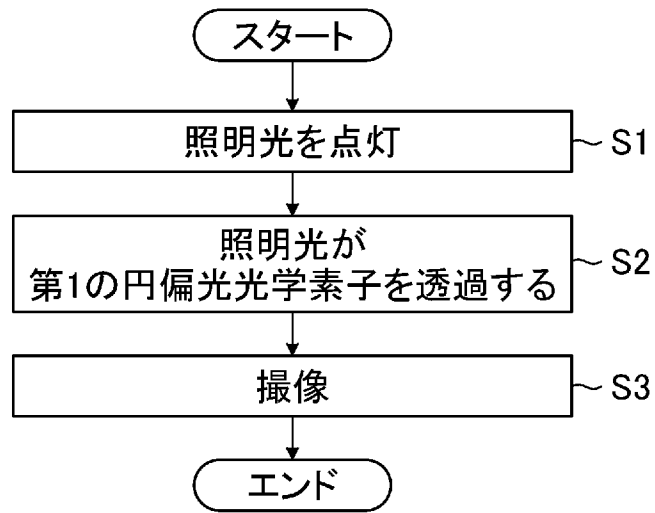
[図14]



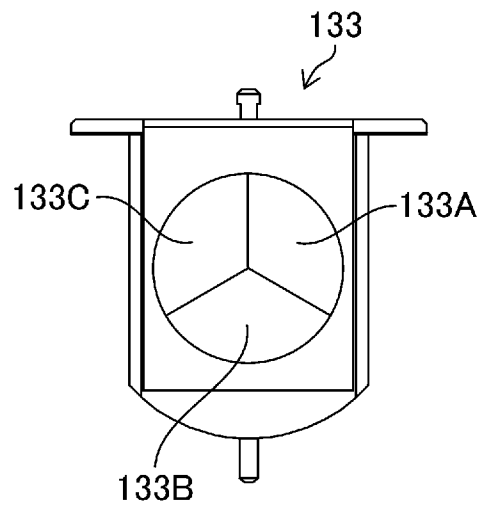
[図15]



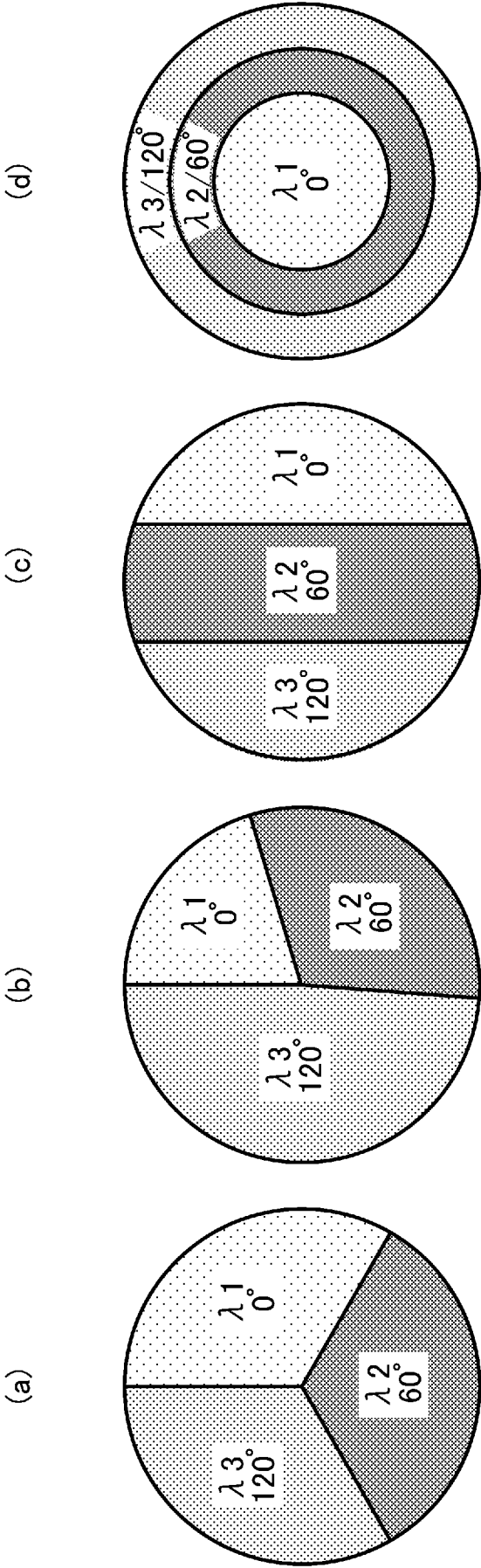
[図16]



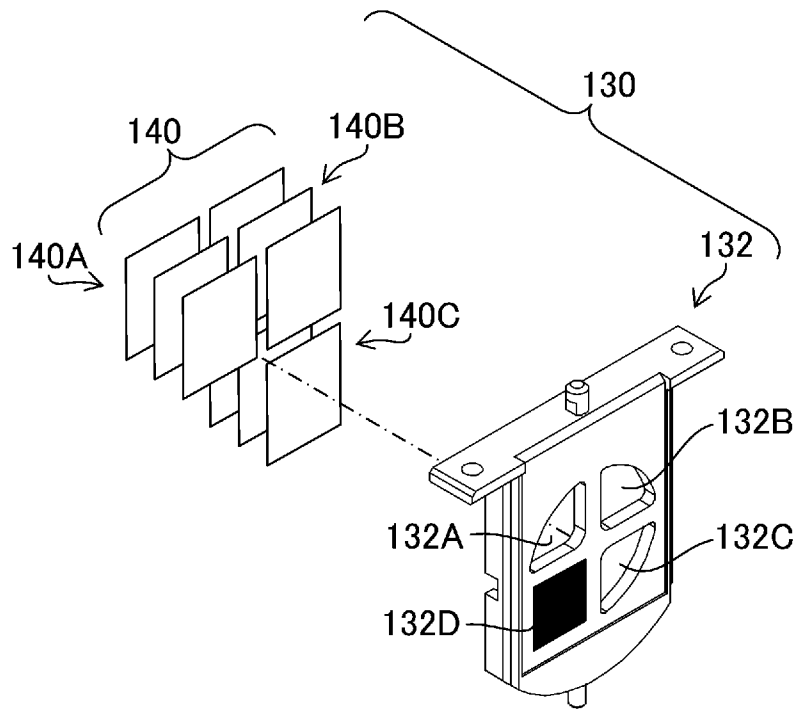
[図17]



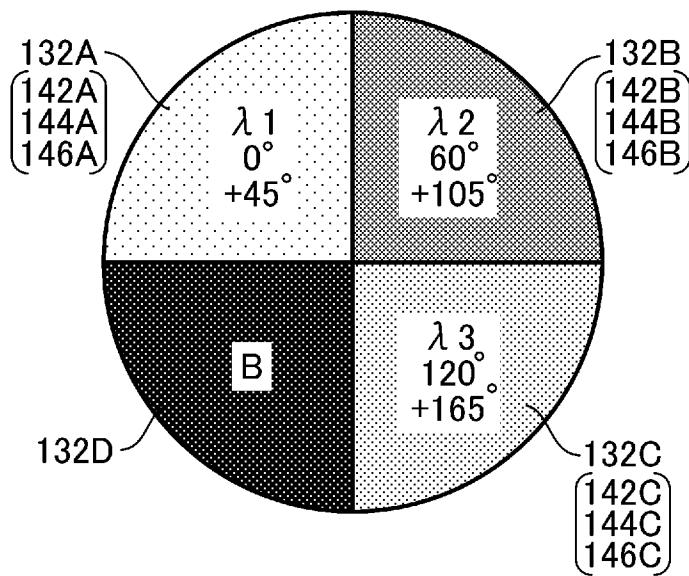
[図18]



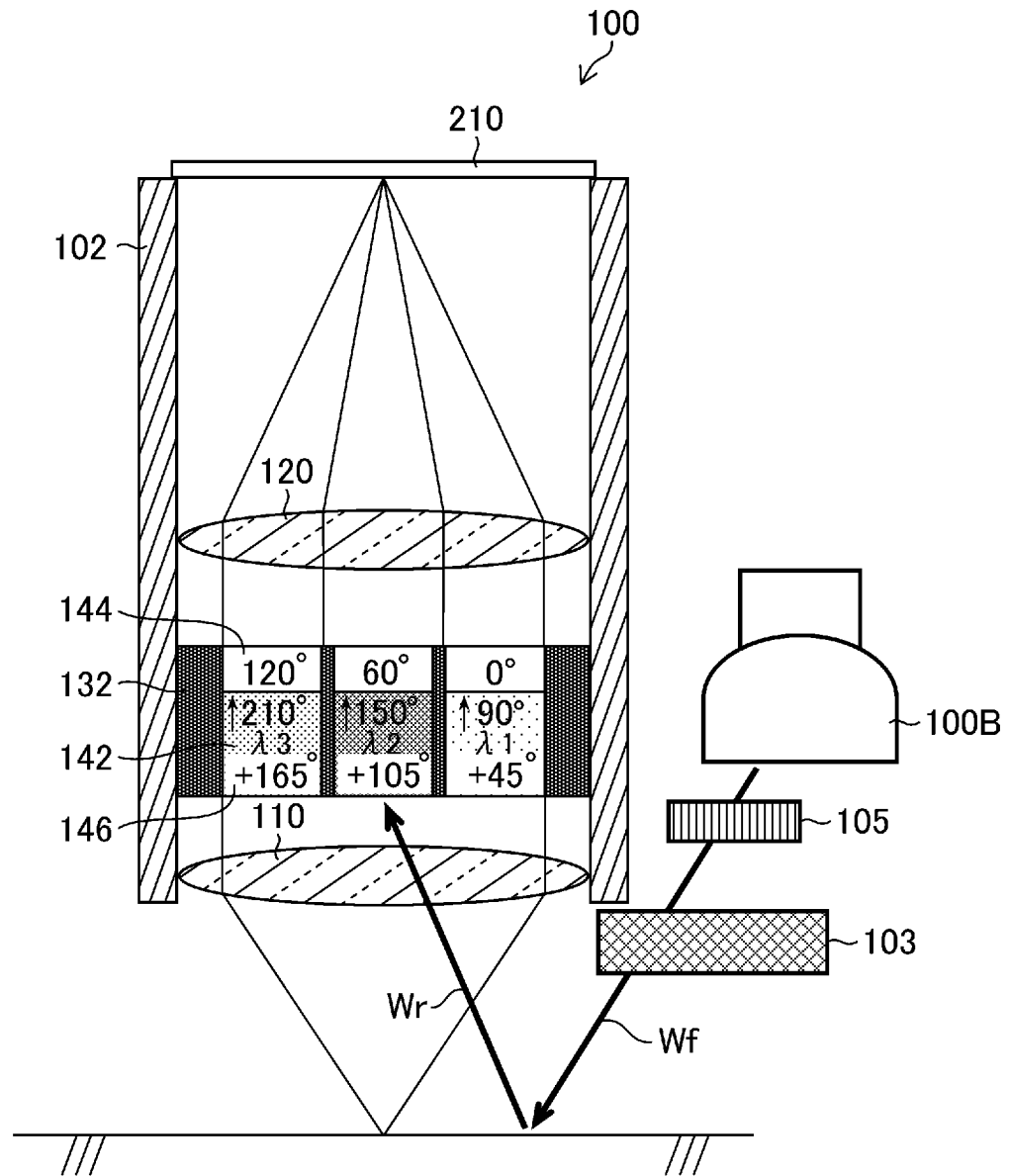
[図19]



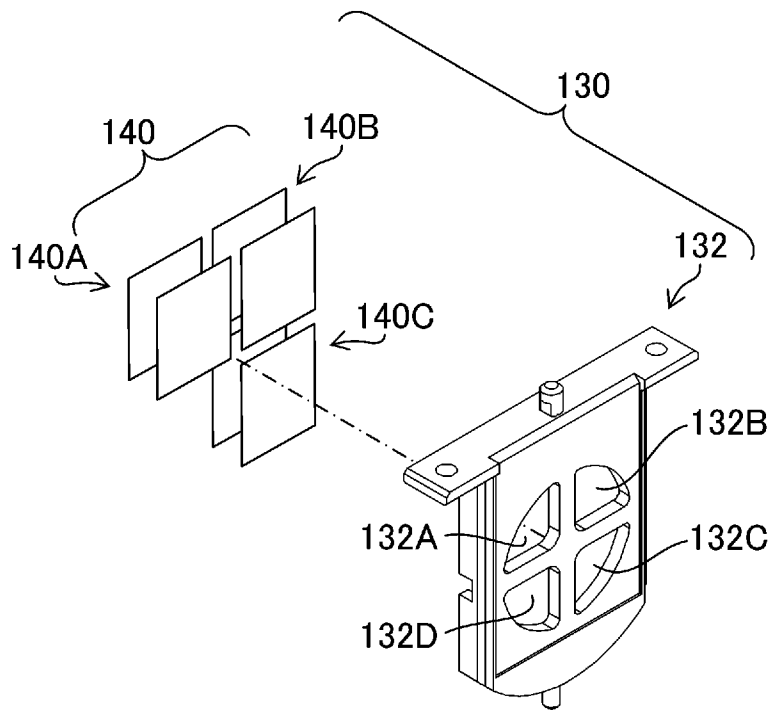
[図20]



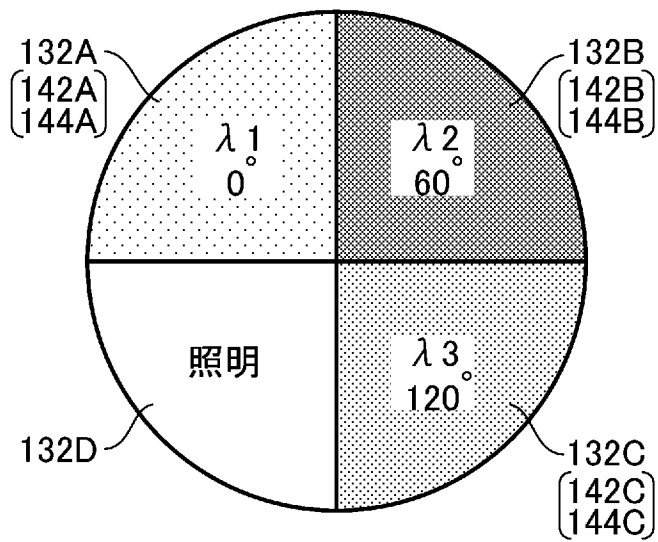
[図21]



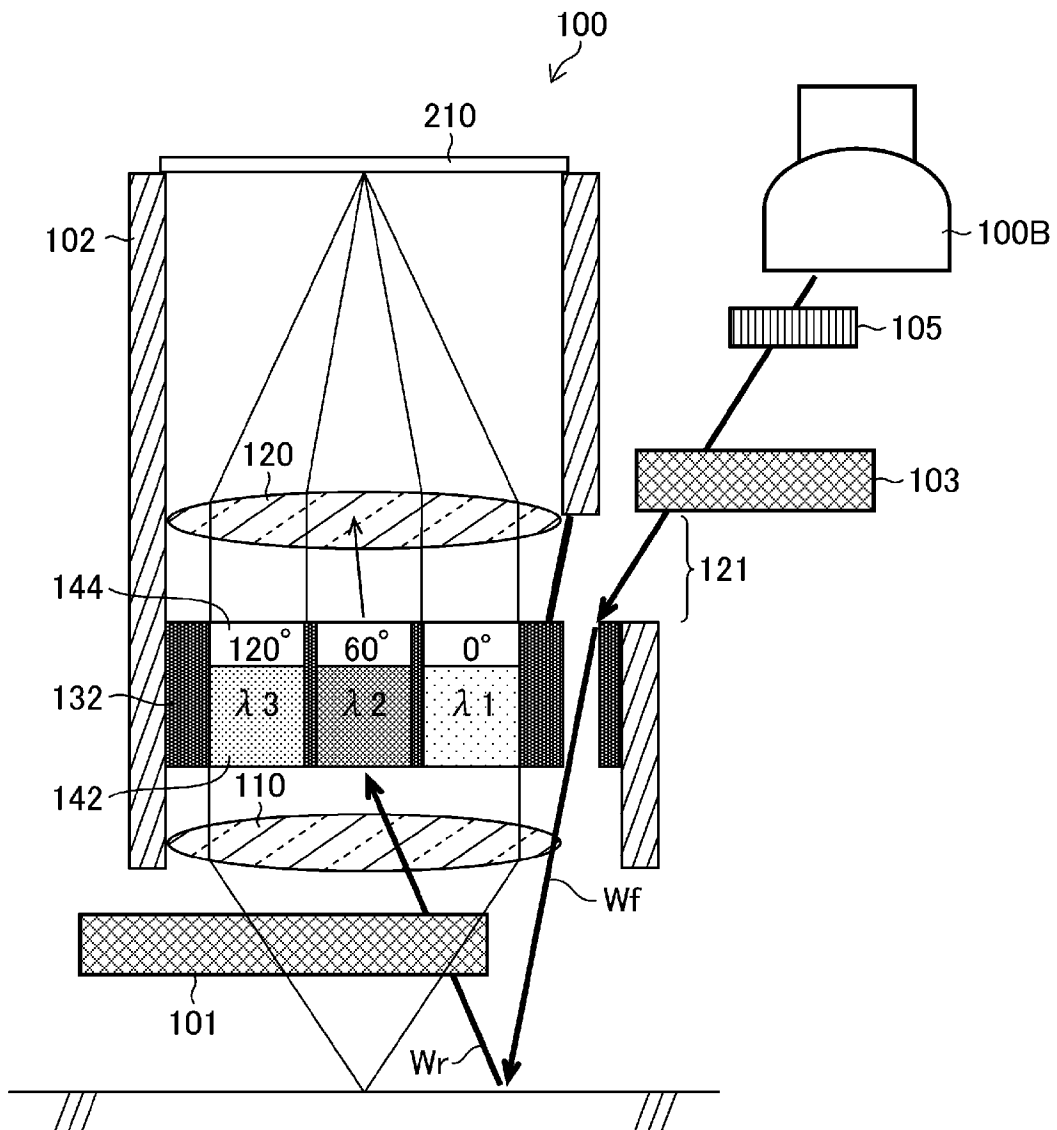
[図22]



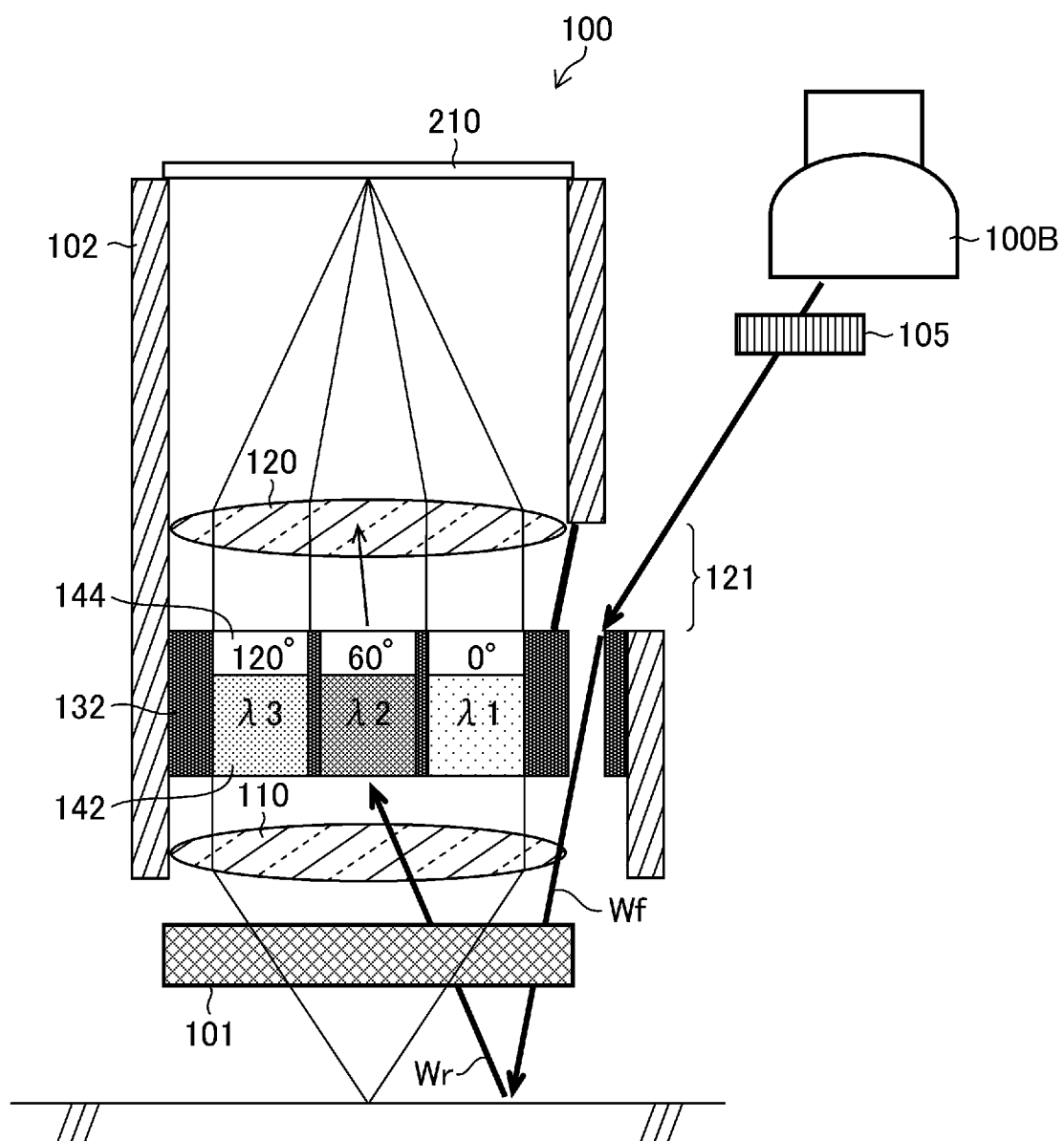
[図23]



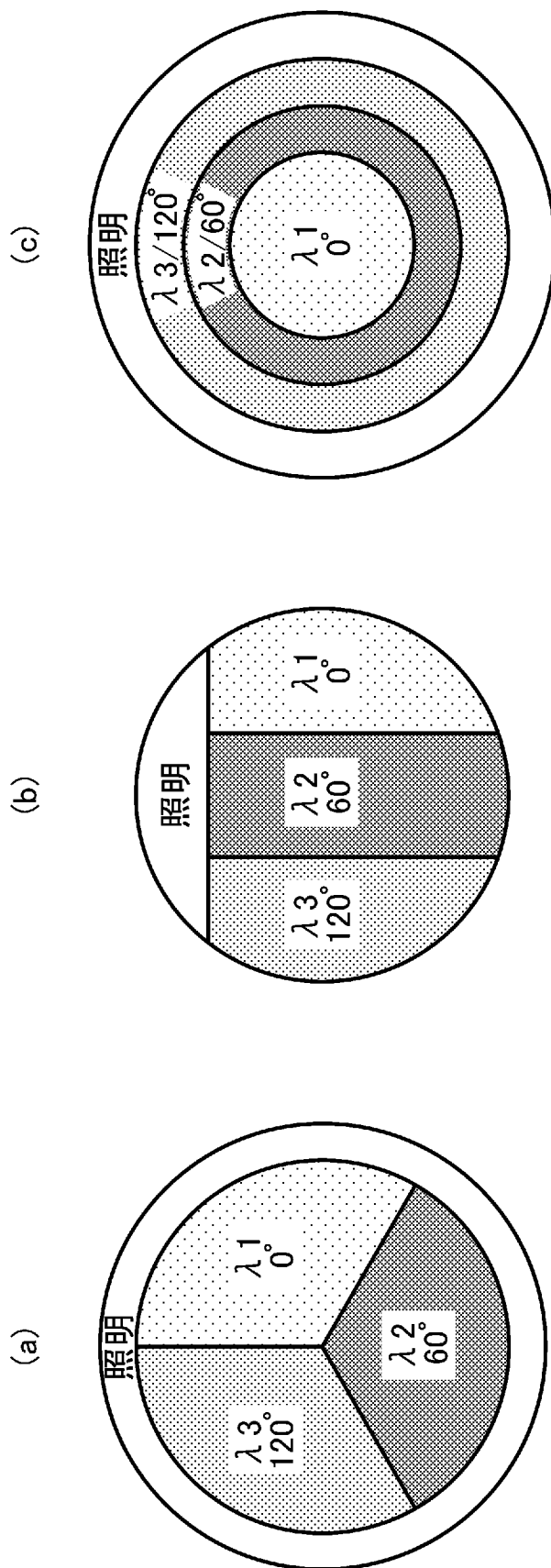
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/024055

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03B 11/00 (2021.01)i; G03B 15/02 (2021.01)i; G03B 15/05 (2021.01)i; H04N 5/225 (2006.01)i

FI: G03B11/00; G03B15/05; G03B15/02 R; H04N5/225 400; H04N5/225 100; H04N5/225 600

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)

G03B11/00; G03B15/02; G03B15/05; H04N5/225

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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 IP MANAGEMENT CO., LTD.) 06 February 2014 (2014-02-06) claims, entire text, all drawings	1-14
A	JP 2008-20570 A (SEIKO EPSON CORP.) 31 January 2008 (2008-01-31) claims, entire text, all drawings	1-14
A	JP 2005-243879 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 08 September 2005 (2005-09-08) claims, entire text, all drawings	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier 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
31 August 2021 (31.08.2021)

Date of mailing of the international search report
07 September 2021 (07.09.2021)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application no.

PCT/JP2021/024055

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2014/020791 A1	06 Feb. 2014	US 2015/0130962 A1 all claims, paragraphs, and figures CN 103703770 A (Family: none)	
JP 2008-20570 A	31 Jan. 2008	(Family: none)	
JP 2005-243879 A	08 Sep. 2005	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G03B 11/00(2021.01)i; G03B 15/02(2021.01)i; G03B 15/05(2021.01)i; H04N 5/225(2006.01)i FI: G03B11/00; G03B15/05; G03B15/02 R; H04N5/225 400; H04N5/225 100; H04N5/225 600														
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）） G03B11/00; G03B15/02; G03B15/05; H04N5/225														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2021年													
日本国実用新案登録公報	1996-2021年													
日本国登録実用新案公報	1994-2021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IPマネジメント株式会社）06.02.2014（2014-02-06） 請求の範囲、全文、全図	1-14												
A	JP 2008-20570 A（セイコーエプソン株式会社）31.01.2008（2008-01-31） 特許請求の範囲、全文、全図	1-14												
A	JP 2005-243879 A（住友重機械工業株式会社）08.09.2005（2005-09-08） 特許請求の範囲、全文、全図	1-14												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 31.08.2021	国際調査報告の発送日 07.09.2021													
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） 越河 勉 2V 9313 電話番号 03-3581-1101 内線 3271													

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/JP2021/024055

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 all claims, paragraphs, and figures CN 103703770 A	
JP	2008-20570	A	31.01.2008	(ファミリーなし)	
JP	2005-243879	A	08.09.2005	(ファミリーなし)	