

(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  
2023年7月20日(20.07.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/136167 A1

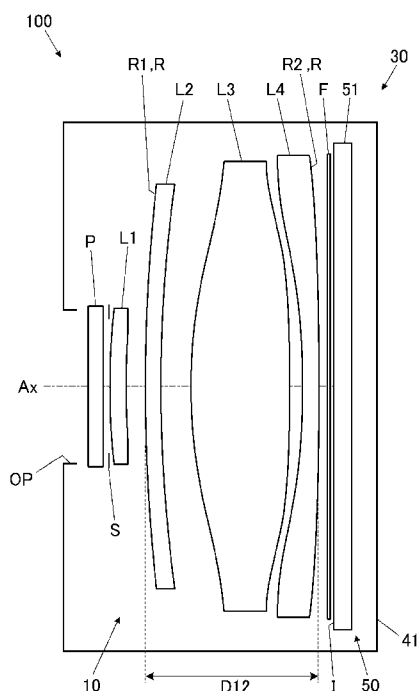
- (51) 国際特許分類:  
**G02B 17/08** (2006.01) **G03B 17/17** (2021.01)  
**G02B 13/18** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/048555
- (22) 国際出願日: 2022年12月28日(28.12.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2022-004753 2022年1月17日(17.01.2022) JP
- (71) 出願人: コニカミノルタ株式会社 (**KONICA MINOLTA, INC.**) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐野 永悟 (**SANO Eigo**); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人光陽国際特許事務所 (**KOYO INTERNATIONAL PATENT FIRM**);

〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目1番3号 東京宝塚ビル17階 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, CV, 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,

(54) Title: IMAGING OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 撮像光学系



(57) Abstract: A single-focus imaging optical system 10 that forms an image of a subject at a photoelectric conversion unit of an imaging element 51 has at least two transmission/reflection surfaces R that control the polarization of light and thereby control the transmission and reflection of the light. The imaging optical system 10 satisfies the following conditional expression. (1)  $0.50 < D12/f < 0.85$ , D12 being the distance between the two transmission/reflection surfaces R along the optical axis Ax, and f being the focal distance of the entire imaging optical system 10.

(57) 要約: 撮像光学系 10 は、撮像素子 51 の光電変換部に被写体像を結像させる単焦点の撮像光学系であって、光の偏光を制御することで光の透過と反射を制御する少なくとも2つの透過反射面 R を有している。撮像光学系 10 は、以下の条件式を満足する。  $0.50 < D12/f < 0.85$  ・ ・ ・ (1) ただし、D12: 2つの透過反射面 R の光軸 Ax 上での距離 f: 撮像光学系 10 全系の焦点距離

IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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)）

## 明 細 書

発明の名称：撮像光学系

### 技術分野

[0001] 本発明は、撮像光学系に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、スマートフォンなどの携帯端末やノートPC等に搭載される撮像光学系には、常に小型化が要求されている。

また、リモートワークの普及に伴って、ノートPCに搭載されるカメラには高画素化の要求も増えてきている。カメラを高画素化しようとする必要がでてくるが、ノートPCではカメラがディスプレイのベゼル部分に配置されることが多く、PC本体の厚みを決定する要因となり得るため、光学全長をより短くする必要がある。

[0003] しかしながら、センササイズ又は光学系の焦点距離が決定されると、光学全長の短縮化には限界があり、 $TTL/Y$  ( $TTL$ ：光学全長、 $Y$ ：対角像高) や  $TTL/f$  ( $f$ ：焦点距離) が概ね1.0を下回る光学系を実現するのは困難である。実際に小型化の要求が大きいスマートフォン向けの光学系でも、最も小型の設計解であっても  $TTL/Y=1.1$  程度となっている（例えば、特許文献1参照）。

また、光学全長を短縮するためには焦点距離も短くする必要があり、カメラの画角が広角化してしまうという課題がある。カメラの画角は広ければ良いというものでもなく、撮影用途に応じた適切な画角が決まっており、ある画角を保ったまま光学全長を短縮したいという要求は大きい。

[0004] このような光学系の短縮要求に対し、例えば特許文献2に記載の技術では、光線の反射と透過を制御することで、折り畳まれた光路を構成している。これにより、限られたレンズ枚数の中で光路長を確保し、光学全長を小さく抑えている。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 特許文献1：米国特許出願公開第2021/0223515号明細書

特許文献2：特開2005-352273号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献2の記載の撮像光学系では、収差補正が十分ではないなど、好適に小型化が図られているとは言い難い。

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、撮像光学系全体を好適に小型化することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本発明は、撮像素子の光電変換部に被写体像を結像させる単焦点の撮像光学系であって、

光の偏光を制御することで光の透過と反射を制御する少なくとも2つの透過反射面を有し、

以下の条件式を満足する。

$$0.50 < D_{12} / f < 0.85 \quad \dots (1)$$

ただし、

$D_{12}$ ：2つの透過反射面の光軸上での距離

$f$ ：撮像光学系全系の焦点距離

## 発明の効果

[0008] 本発明によれば、撮像光学系全体を好適に小型化することができる。

## 図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施形態に係る撮像装置の模式的な断面図である。

[図2]実施形態に係る撮像装置の概略の制御構成を示すブロック図である。

[図3]実施形態に係る撮像装置における偏光制御の原理を説明するための図である。

[図4A]実施例1の撮像光学系の光路図である。

[図4B]実施例1の撮像光学系の縦収差図である。

[図5A]実施例2の撮像光学系の光路図である。

[図5B]実施例2の撮像光学系の縦収差図である。

[図6A]実施例3の撮像光学系の光路図である。

[図6B]実施例3の撮像光学系の縦収差図である。

[図7A]実施例4の撮像光学系の光路図である。

[図7B]実施例4の撮像光学系の縦収差図である。

[図8A]実施例5の撮像光学系の光路図である。

[図8B]実施例5の撮像光学系の縦収差図である。

[図9A]実施例6の撮像光学系の光路図である。

[図9B]実施例6の撮像光学系の縦収差図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0010] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

[0011] [撮像装置の全体構成]

図1は、本実施形態に係る撮像装置100の模式的な断面図である。

この図に示すように、撮像装置100は、画像信号を形成するためのカメラモジュール30を備える。カメラモジュール30は、撮像光学系10とセンサー部50とを備える。

[0012] 撮像光学系10は、撮像素子51の撮像面（被投影面）1に被写体像を結像させるための単焦点の光学系であり、鏡筒41内に收容されている。撮像光学系10は、複数のレンズ（第1レンズL1～第4レンズL4）を備える。

撮像光学系10の構成の詳細については後述する。

[0013] 撮像光学系10を收容する鏡筒41は、物体側からの光を入射させる開口OPを有する。

また、鏡筒41には、第1レンズL1～第4レンズL4のうち少なくとも一部のレンズ又はレンズ群（例えば第2レンズL2～第4レンズL4）を光軸Axに沿って移動させる駆動機構42（図2参照）が設けられている。駆動機構42は、当該一部のレンズ又はレンズ群を光軸Ax上で移動させるこ

とにより、撮像光学系10の合焦の動作を可能にする。駆動機構42は、例えばボイスコイルモーターとガイドとを備える。なお、駆動機構42はボイスコイルモーター等に代えてステッピングモーター等で構成してもよい。

[0014] センサー部50は、撮像光学系10によって形成された被写体像を光電変換する撮像素子（固体撮像素子）51を備える。

撮像素子51は、例えばCMOS型のイメージセンサーである。撮像素子51は、光軸Axに対して位置決めされた状態で固定されている。この撮像素子51は、撮像面1としての光電変換部を有し、その周辺には、不図示の信号処理回路が形成されている。光電変換部には、画素つまり光電変換素子が二次元的に配置されている。なお、撮像素子51は、上述のCMOS型のイメージセンサーに限るものでなく、CCD等の他の撮像素子を組み込んだものであってもよい。

[0015] 図2は、撮像装置100の概略の制御構成を示すブロック図である。

この図に示すように、撮像装置100は、カメラモジュール30を動作させる処理部60を備える。

処理部60は、レンズ駆動部61と、素子駆動部62と、入力部63と、記憶部64と、画像処理部65と、表示部66と、制御部67とを備える。

[0016] レンズ駆動部61は、駆動機構42を動作させ、第1レンズL1～第4レンズL4のうちの一部のレンズ又はレンズ群（例えば第2レンズL2～第4レンズL4）を光軸Axに沿って移動させることにより、撮像光学系10の合焦等の動作を行わせる。

素子駆動部62は、制御部67から撮像素子51を駆動するための電圧やクロック信号の供給を受けて撮像素子51に付随する回路へ出力することによって、撮像素子51を動作させる。

入力部63は、ユーザーの操作又は外部装置からのコマンドを受け付ける部分である。

記憶部64は、撮像装置100の動作に必要な情報、カメラモジュール30によって取得した画像データ、画像処理に用いるレンズ補正データ等を保

管する部分である。

画像処理部 65 は、撮像素子 51 から出力された画像信号に対して画像処理を行う。画像処理部 65 では、画像信号が例えば動画像に対応するものであるとしてこれを構成するコマ画像に対して加工を施す。画像処理部 65 は、色補正、階調補正、ズーミング等の通常の画像処理の他に、記憶部 64 から読み出されたレンズ補正データに基づいて画像信号に対して歪み補正処理を実行する。

表示部 66 は、ユーザーに提示すべき情報、撮影した画像等を表示する部分である。なお、表示部 66 は、入力部 63 の機能を兼用できる。

制御部 67 は、レンズ駆動部 61、素子駆動部 62、入力部 63、記憶部 64、画像処理部 65、表示部 66 等の動作を統括的に制御し、例えばカメラモジュール 30 によって得た画像データに対して種々の画像処理を行う。

#### [0017] [撮像光学系の具体構成]

続いて、撮像光学系 10 についてより詳細に説明する。

図 1 に示すように、撮像光学系 10 は、本実施形態では、物体側から順に、第 1 平行平板 P と、開口絞り S と、第 1 レンズ L1 と、第 2 レンズ L2 と、第 3 レンズ L3 と、第 4 レンズ L4 と、第 2 平行平板 F と、から実質的に構成される。

[0018] 第 1 平行平板 P は、偏光機能を有するものであって、光の偏光状態を所定方向の直線偏光のみに揃えるための光学素子である。本実施形態の第 1 平行平板 P は、例えば、直線偏光板を想定した 0.2mm 厚の平行平板と、 $\lambda/4$  板を想定した 0.3mm 厚の平行平板とを合わせた 0.5mm 厚の平行平板である。

第 2 平行平板 F は、光学的ローパスフィルター、IR カットフィルター、撮像素子 51 のシールガラス等を想定した平行平板である。

[0019] 撮像光学系 10 は、光の偏光を制御することで光の透過と反射を制御する 2 つの透過反射面 R を有している。本実施形態では、第 1 レンズ L1 ~ 第 4 レンズ L4 のうちの 2 つのレンズ面（パワーを有する面）に、光の偏光を制御する偏光素子が付加されて、2 つの透過反射面 R（第 1 透過反射面 R1、

第2透過反射面R2)として機能する。

具体的に、本実施形態では、第2レンズL2の物体側面が第1透過反射面R1となっており、ハーフミラーコートが施されている。ハーフミラーは、入射光を所定の光量割合（例えば50:50）で透過光と反射光とに分離する光学素子である。また、第4レンズL4の像側面が第2透過反射面R2となっており、偏光ビームスプリッターの機能が付加されている。偏光ビームスプリッターは、特定の直線偏光を透過させるとともに、当該直線偏光に対して振動面が垂直な直線偏光を反射させる直線偏光選択光学素子である。

また、第4レンズL4の物体側面には $\lambda/4$ 板の機能が付加されている。 $\lambda/4$ 板は、位相差を $\lambda/4$  ( $90^\circ$ ) 与えて直線偏光を円偏光に（又は円偏光を直線偏光に）変換できる光学素子である。

[0020] 撮像光学系10における偏光制御の原理について説明する。図3は、撮像光学系10の偏光制御の原理を説明するための図である。ただし、図3では、分かり易さのために、本実施形態ではレンズ面に付加されている偏光素子を独立した光学素子として図示している。

撮像光学系10の全長を短縮化するためには、限られたスペースの中で光路長をできるだけ長く確保する必要がある。そこで本実施形態では、光の偏光状態によって光線の透過と反射を制御することで、光路が折り畳まれた光学系とし、これにより大幅な全長の短縮化を実現している。

[0021] 具体的に、撮像光学系10では、図3に示すように、ランダム偏光である外界の光線が、最も物体側に配置された偏光板によって直線偏光（例えば縦偏光）のみの光線とされた後、第1の $\lambda/4$ 板によって円偏光に変換（例えば右回りに円偏光化）される。円偏光に変換された光線は、ハーフミラーを透過した後にレンズ光学系を透過し、その後方（像側）に配置された第2の $\lambda/4$ 板によって、第1の $\lambda/4$ 板への入射時と同じ方向の直線偏光（例えば縦偏光）に変換される。直線偏光に変換された光線は、偏光ビームスプリッターによって物体側へ反射され、第2の $\lambda/4$ 板に再入射して再び円偏光に変換（例えば右回りに円偏光化）される。この光線は、レンズ光学系を透

過した後に、ハーフミラーによって反射されることで逆回り（例えば左回り）の円偏光とされつつ、再び像側へ向かう。ハーフミラーで反射された光線は、レンズ光学系を透過した後に、第2の $\lambda/4$ 板を透過することで、1度目の透過時とは直交する方向の直線偏光（例えば横偏光）に変換される。そのため、この光線は偏光ビームスプリッターで反射されることなく透過され、撮像素子に結像される。

上記図3の構成と本実施形態の撮像光学系10とは、偏光板及び第1の $\lambda/4$ 板が第1平行平板Pに、ハーフミラーが第2レンズL2の物体側面（第1透過反射面R1）に、レンズ光学系が第1レンズL1～第4レンズL4に、第2の $\lambda/4$ 板が第4レンズL4の物体側面に、偏光ビームスプリッターが第4レンズL4の像側面（第2透過反射面R2）に、それぞれ対応する。

[0022] このように、撮像光学系10では、ハーフミラーと偏光ビームスプリッター（すなわち2つの透過反射面R）によって光線の透過及び反射を繰り返すことにより、当該光線がレンズ光学系の光学面（レンズ面）を複数回通過する。例えば、レンズ光学系が2枚のレンズ構成であった場合、その光学面を光線が合計12回通過することになり、通常の光学系における6枚構成相当の収差補正作用を持たせることが可能となる。したがって、光学全長を短く抑えつつ、その3倍のレンズ枚数相当の光学性能を得ることができる。

なお、同じレンズ面を複数回通過するため、厳密には6枚構成ほどの面の自由度はないものの、非球面レンズなどを使用することで形状自由度を増加させ、6枚構成相当の性能に近づけることができる。

[0023] また、撮像光学系10は、以下の条件式（1）を満足する。

$$0.50 < D_{12} / f < 0.85 \quad \dots (1)$$

ただし、 $D_{12}$ は2つの透過反射面Rの光軸Ax上での距離であり、 $f$ は撮像光学系10全系の焦点距離である。

[0024] 条件式（1）は、2つの透過反射面R間の距離を適切に設定するための条件式である。前述の通り、できる限り折り畳んだ光路長を確保することが、収差補正の点では効果的であるものの、あまりに光路長を長く取ると光学全

長の観点で不利になってしまう。

$D_{12}/f$  が条件式 (1) の下限を上回ること、適度に折り畳んだ光路長を確保でき、良好な収差補正を行うことができる。一方、 $D_{12}/f$  が条件式 (1) の上限を下回ること、光学全長が大きくなり過ぎることを抑制できる。

[0025] また、撮像光学系 10 は、上記条件式 (1) に加えて、以下の条件式 (2) を満足するのが好ましい。

$$0 \leq DAS/f < 0.15 \quad \dots (2)$$

ただし、 $DAS$  は開口絞り  $S$  と第 1 レンズ  $L_1$  との光軸  $Ax$  上での距離であり、 $f$  は撮像光学系 10 全系の焦点距離である。

[0026] 条件式 (2) は、開口絞り  $S$  と最も物体側の第 1 レンズ  $L_1$  との光軸  $Ax$  上の距離を適切に設定し、レンズ径の小型化と収差補正の両立を図るための条件式である。

$DAS/f$  が条件式 (2) の下限を上回ること、開口絞り  $S$  と第 1 レンズ  $L_1$  の距離を適度に空けることができ、第 1 レンズ  $L_1$  を通過する光線位置を画角ごとに分けることができるため、良好な収差補正を行うことができる。一方、 $DAS/f$  が条件式 (2) の上限を下回ること、開口絞り  $S$  と第 1 レンズ  $L_1$  との距離が空き過ぎることがなくなり、第 1 レンズ  $L_1$  の径を小さく抑えることができる。

[0027] さらに、撮像光学系 10 は、以下の条件式 (3) を満足するのが好ましい。

$$1.90 < f_3/f < 4.00 \quad \dots (3)$$

ただし、 $f_3$  は第 3 レンズ  $L_3$  の焦点距離であり、 $f$  は撮像光学系 10 全系の焦点距離である。

[0028] 条件式 (3) は、正の第 3 レンズ  $L_3$  の焦点距離を適切に設定するための条件式である。第 3 レンズ  $L_3$  は 2 つの透過反射面  $R$  の間に配置されているため、光線が合計 3 回通過するレンズである。そのため、撮像光学系 10 の小型化と収差補正の両立をするためには焦点距離を適切に設定する必要がある。

る。

$f_3 / f$  が条件式 (3) の下限を上回ることによって第3レンズL3の屈折力が強くなり過ぎず、第3レンズL3で発生する収差を小さく抑えることができる。一方、 $f_3 / f$  が条件式 (3) の上限を下回ることによって、第3レンズL3の正の屈折力を適度に維持することができ、撮像光学系10の小型化を図ることができる。

[0029] [本実施形態の技術的効果]

以上のように、本実施形態によれば、光の偏光を制御することで光の透過と反射を制御する2つの透過反射面Rを有することにより、光線をレンズ面に複数回通過させることができる。これにより、所望の光学性能を達成しつつ、光学全長を短く抑えることができる。

また、撮像光学系10が条件式 (1) を満足することで、2つの透過反射面R間の距離を適切に設定できる。すなわち、 $D_{12} / f$  が条件式 (1) の下限を上回ることによって、適度に折り畳んだ光路長を確保して、良好な収差補正を行うことができる。また、 $D_{12} / f$  が条件式 (1) の上限を下回ることによって、光学全長が大きくなり過ぎることを抑制できる。

以上より、撮像光学系10全体を好適に小型化することができる。

なお、特に限定はされないが、本明細書では、 $TTL/Y$  ( $TTL$ : 光学全長、 $Y$ : 対角像高) が1.0を下回ることを撮像光学系10の「小型化」の指標としている。

[0030] また、本実施形態によれば、光の偏光状態を所定方向の直線偏光のみに揃えるための光学素子 (第1平行平板P) が、最も物体側に配置されている。これにより、効率よく撮像光学系10内の偏光制御を行うことができる。

[0031] また、本実施形態によれば、撮像光学系10が条件式 (2) を満足することで、開口絞りSと最も物体側の第1レンズL1との光軸Ax上の距離を適切に設定し、レンズ径の小型化と収差補正の両立を好適に図ることができる。すなわち、 $DA_S / f$  が条件式 (2) の下限を上回ることによって、開口絞りSと第1レンズL1の距離を適度に空けて、第1レンズL1を通過する光線位

置を画角ごとに分けることができ、良好な収差補正を行うことができる。また、 $DAS/f$ が条件式(2)の上限を下回ること、開口絞りSと第1レンズL1との距離が空き過ぎることがなく、第1レンズL1の径を小さく抑えることができる。

[0032] また、本実施形態によれば、光の偏光を制御する偏光素子（本実施形態では、第2の $\lambda/4$ 板と偏光ビームスプリッター）がレンズ面に付加されている。これにより、これらの偏光素子が個別に設けられる場合に比べ、光学全長を短くすることができる。

[0033] また、本実施形態によれば、合焦の際に一部のレンズ又はレンズ群を移動させる。これにより、アクチュエーターの負荷を低減できたり、レンズ群全体を繰り出す方式よりも移動量を小さく抑制できたりするようになる。

[0034] また、本実施形態によれば、撮像光学系10が条件式(3)を満足することで、正の第3レンズL3の焦点距離を適切に設定することができる。すなわち、 $f_3/f$ が条件式(3)の下限を上回ること、第3レンズL3の屈折力が強くなり過ぎず、第3レンズL3で発生する収差を小さく抑えることができる。また、 $f_3/f$ が条件式(3)の上限を下回ること、第3レンズL3の正の屈折力を適度に維持することができ、撮像光学系10の小型化を図ることができる。

[0035] 以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明を適用可能な実施形態は、上述した実施形態及びその変形例に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

[0036] 例えば、上記実施形態では、光の偏光を制御する偏光素子（直線偏光板、2つの $\lambda/4$ 板、偏光ビームスプリッター）のうち、第2の $\lambda/4$ 板と偏光ビームスプリッターがレンズ面に付加されることとした。しかし、これらの偏光素子は、いずれか少なくとも1つがレンズ面に付加されるのが好ましいが、レンズ面に付加されずに独立した光学素子として配置されてもよい。

また、上記実施形態では、透過反射面Rに相当する光学素子としてハーフミラー及び偏光ビームスプリッターを例示して説明したが、透過反射面Rは

光の偏光を制御することで光の透過と反射を制御するものであればよく、例えばコレステリック液晶等であってもよい。

また、撮像光学系 10 の具体構成は、上記実施形態のものに限定されず、少なくとも 2 つの透過反射面 R を有するもの（すなわち、折り畳まれた光路を有するもの）であればよい。

## 実施例 1

[0037] 以下、本発明の撮像光学系の実施例を示す。各実施例に使用する記号は下記の通りである。

f : 撮像光学系全系の焦点距離

f B : バックフォーカス

F no : F ナンバー

2 Y : 固体撮像素子の撮像面对角線長

R : 曲率半径

D : 軸上面間隔

N d : レンズ材料の d 線に対する屈折率

ν d : レンズ材料のアッペ数

各実施例において、レンズ面データの各面番号の後に「\*」が記載されている面が非球面形状を有する面であり、非球面の形状は、面の頂点を原点とし、光軸方向に X 軸をとり、光軸と垂直方向の高さを h として以下の「数 1」で表す。

[数1]

$$X = \frac{h^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)h^2/R^2}} + \sum A_i h^i$$

ただし、

A i : i 次の非球面係数

R : 曲率半径

K : 円錐定数

[0038] (実施例 1)

図 4 A 及び図 4 B に実施例 1 の撮像光学系の光路図及び縦収差図（球面収差、非点収差、歪曲収差）を示す。

実施例 1 の撮像光学系 10 は、上記実施形態の撮像光学系 10 に対応する。実施例 2 以降においても、特に断りのない限り、上記実施形態と同様の光学構成を有する撮像光学系 10 であるものとする。

[0039] 実施例 1 の撮像光学系の全体諸元を以下に示す。

$$f = 8.78\text{mm}$$

$$F\text{no} = 1.90$$

$$2Y = 15.86\text{mm}$$

[0040] 実施例 1 のレンズ面のデータを以下の表 I に示す。

[表 1]

表 I

| 面番号   | R(mm)    | D(mm) | Nd     | $\nu_d$ | 有効半径(mm) | 反射面   |
|-------|----------|-------|--------|---------|----------|-------|
| 1     | $\infty$ | 0.500 | 1.5163 | 64.1    | 2.74     |       |
| 2     | $\infty$ | 0.200 |        |         | 2.49     |       |
| 3(絞り) | $\infty$ | 0.050 |        |         | 2.31     |       |
| 4*    | 20.606   | 0.550 | 1.8061 | 40.7    | 2.48     |       |
| 5*    | 36.535   | 0.635 |        |         | 2.65     |       |
| 6*    | 47.310   | 0.550 | 1.5442 | 56.2    | 6.88     | 反射面 1 |
| 7*    | 61.037   | 1.019 |        |         | 6.94     |       |
| 8*    | 17.373   | 3.341 | 1.5533 | 71.7    | 7.51     |       |
| 9*    | -39.769  | 0.456 |        |         | 7.78     |       |
| 10*   | -23.488  | 0.550 | 1.6422 | 22.4    | 7.87     |       |
| 11*   | -96.012  | 0.290 |        |         | 7.97     | 反射面 2 |
| 12    | $\infty$ | 0.110 | 1.5163 | 64.1    | 8.03     |       |
| 13    | $\infty$ | 0.104 |        |         | 8.04     |       |

[0041] 実施例 1 のレンズ面の非球面係数を以下の表 II に示す。なお、これ以降（表のレンズデータを含む）において、10 のべき乗数（たとえば  $2.5 \times 10^{-02}$ ）を E（たとえば  $2.5E-02$ ）を用いて表すものとする。

[表2]

表 II

| 面番号 | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            | 11            |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| K   | -10.681       | -41.142       | 0.000         | -23.490       | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| A4  | -3.209364E-04 | -3.823027E-04 | -2.739951E-05 | -5.816734E-05 | -9.647781E-06 | 5.600769E-04  | 7.406948E-05  | -1.272874E-04 |
| A6  | -1.408081E-05 | -8.839341E-06 | -2.586937E-08 | 4.560088E-06  | -6.760469E-06 | -5.811542E-05 | 2.395512E-05  | 2.508112E-05  |
| A8  | 1.826406E-07  | -1.007949E-06 | 8.711727E-10  | -8.910046E-08 | 8.176494E-07  | 3.662535E-06  | -3.740048E-06 | -2.316409E-06 |
| A10 | -8.714150E-08 | -6.813428E-10 | -1.682670E-10 | -9.503769E-11 | -5.927187E-08 | -1.574521E-07 | 2.558389E-07  | 1.244534E-07  |
| A12 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 3.399094E-13  | 1.104042E-11  | 2.499538E-09  | 3.622953E-09  | -1.035846E-08 | -3.951358E-09 |
| A14 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 1.535425E-13  | -7.271993E-11 | -3.627916E-11 | 2.595140E-10  | 7.464886E-11  |
| A16 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 1.357342E-12  | 2.776935E-14  | -3.861173E-12 | -8.242409E-13 |
| A18 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | -1.382311E-14 | 1.763556E-15  | 3.093536E-14  | 4.911276E-15  |
| A20 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 5.716579E-17  | -7.332674E-18 | -1.023009E-16 | -1.220197E-17 |

[0042] 実施例 1 の撮像光学系における条件式 (1) ~ (3) の各数値を以下に示す。

$$\text{条件式 (1)} : D12 / f = 0.67$$

$$\text{条件式 (2)} : DAS / f = 0.01$$

$$\text{条件式 (3)} : f3 / f = 2.54$$

[0043] (実施例 2)

図 5 A 及び図 5 B に実施例 2 の撮像光学系の光路図及び縦収差図 (球面収差、非点収差、歪曲収差) を示す。

[0044] 実施例 2 の撮像光学系の全体諸元を以下に示す。

$$f = 8.60\text{mm}$$

$$Fno = 1.00$$

$$2Y = 15.86\text{mm}$$

[0045] 実施例 2 のレンズ面のデータを以下の表 III に示す。

[表3]

表 III

| 面番号   | R(mm)    | D(mm) | Nd     | $\nu d$ | 有効半径(mm) | 反射面   |
|-------|----------|-------|--------|---------|----------|-------|
| 1     | $\infty$ | 0.500 | 1.5163 | 64.1    | 4.73     |       |
| 2     | $\infty$ | 0.200 |        |         | 4.48     |       |
| 3(絞り) | $\infty$ | 0.000 |        |         | 4.30     |       |
| 4*    | 15.582   | 0.703 | 1.5442 | 56.2    | 4.31     |       |
| 5*    | 29.075   | 0.616 |        |         | 4.33     |       |
| 6*    | 47.429   | 0.556 | 1.5442 | 56.2    | 6.90     | 反射面 1 |
| 7*    | 37.243   | 0.951 |        |         | 6.93     |       |
| 8*    | 11.982   | 3.120 | 1.5533 | 71.7    | 7.68     |       |
| 9*    | 332.930  | 0.604 |        |         | 7.86     |       |
| 10*   | -32.791  | 0.550 | 1.8211 | 24.1    | 7.94     |       |
| 11*   | -80.637  | 0.121 |        |         | 7.97     | 反射面 2 |
| 12    | $\infty$ | 0.110 | 1.5163 | 64.1    | 7.95     |       |
| 13    | $\infty$ | 0.275 |        |         | 7.95     |       |

[0046] 実施例 2 のレンズ面の非球面係数を以下の表IVに示す。

[表4]

表 IV

| 面番号 | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            | 11            |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| K   | -6.167        | -21.037       | 0.000         | -25.103       | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| A4  | -2.524254E-04 | -3.482255E-04 | -3.541294E-05 | -2.851948E-04 | -3.354341E-04 | -3.651363E-04 | -1.923231E-04 | 5.116546E-05  |
| A6  | -1.124825E-05 | -9.626613E-06 | 7.335044E-07  | 5.878026E-06  | 7.044995E-06  | 2.584533E-05  | -6.182076E-06 | -9.497615E-06 |
| A8  | -2.392393E-07 | -3.347519E-07 | -2.015953E-08 | -4.724128E-08 | -6.546581E-07 | -2.353347E-06 | 1.393512E-06  | 1.096364E-06  |
| A10 | -4.358439E-09 | 1.969933E-10  | -1.998648E-10 | -6.142314E-10 | 4.644522E-08  | 1.502423E-07  | -7.475212E-08 | -6.354849E-08 |
| A12 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 4.062026E-12  | 6.656745E-12  | -2.293675E-09 | -6.213199E-09 | 2.092912E-09  | 2.166115E-09  |
| A14 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 3.568740E-13  | 7.145270E-11  | 1.608310E-10  | -3.062256E-11 | -4.513078E-11 |
| A16 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | -1.334310E-12 | -2.546928E-12 | 1.418963E-13  | 5.595362E-13  |
| A18 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 1.370854E-14  | 2.268256E-14  | 1.493459E-15  | -3.766513E-15 |
| A20 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | -5.976987E-17 | -8.674727E-17 | -1.437948E-17 | 1.055404E-17  |

[0047] 実施例 2 の撮像光学系における条件式 (1) ~ (3) の各数値を以下に示す。

$$\text{条件式 (1)} : D_{12} / f = 0.67$$

$$\text{条件式 (2)} : D_{AS} / f = 0.00$$

条件式 (3) :  $f_3 / f = 2.60$

[0048] (実施例 3)

図 6 A 及び図 6 B に実施例 3 の撮像光学系の光路図及び縦収差図 (球面収差、非点収差、歪曲収差) を示す。

[0049] 実施例 3 の撮像光学系の全体諸元を以下に示す。

$f = 7.43\text{mm}$

$F_{no} = 1.90$

$2Y = 15.86\text{mm}$

[0050] 実施例 3 のレンズ面のデータを以下の表 V に示す。

[表 5]

表 V

| 面番号   | R(mm)    | D(mm) | Nd     | $\nu_d$ | 有効半径(mm) | 反射面   |
|-------|----------|-------|--------|---------|----------|-------|
| 1     | $\infty$ | 0.500 | 1.5163 | 64.1    | 2.45     |       |
| 2     | $\infty$ | 0.200 |        |         | 2.17     |       |
| 3(絞り) | $\infty$ | 0.550 |        |         | 1.95     |       |
| 4*    | 9.000    | 0.572 | 1.8061 | 40.7    | 3.14     |       |
| 5*    | 12.318   | 0.802 |        |         | 3.25     |       |
| 6*    | 72.445   | 0.786 | 1.5442 | 56.2    | 6.25     | 反射面 1 |
| 7*    | 44.076   | 0.260 |        |         | 6.49     |       |
| 8*    | 15.120   | 2.410 | 1.5533 | 71.7    | 7.07     |       |
| 9*    | -22.151  | 0.581 |        |         | 7.35     |       |
| 10*   | -16.805  | 0.550 | 1.6422 | 22.4    | 7.55     |       |
| 11*   | -47.668  | 0.267 |        |         | 7.81     | 反射面 2 |
| 12    | $\infty$ | 0.110 | 1.5163 | 64.1    | 8.00     |       |
| 13    | $\infty$ | 0.126 |        |         | 8.01     |       |

[0051] 実施例 3 のレンズ面の非球面係数を以下の表 VI に示す。

[表6]

表 VI

| 面番号 | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            | 11            |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| K   | 0.070         | 3.850         | -71.299       | -80.000       | -4.425        | -3.916        | -0.969        | -33.245       |
| A4  | -1.001281E-04 | -2.755516E-04 | -8.259797E-05 | -2.512267E-04 | 3.643657E-04  | 1.919073E-03  | 8.704395E-05  | -4.609113E-04 |
| A6  | -3.429568E-05 | -4.093224E-05 | -4.035621E-07 | 4.185913E-06  | -3.286582E-05 | -1.623414E-04 | 4.418112E-05  | 6.238118E-05  |
| A8  | -9.338146E-07 | -1.782152E-06 | 2.117791E-08  | -1.181081E-07 | 3.176904E-06  | 9.192684E-06  | -6.605292E-06 | -5.131130E-06 |
| A10 | 1.830350E-08  | 1.654578E-08  | -4.006346E-11 | -4.423400E-10 | -2.685965E-07 | -3.969764E-07 | 3.747820E-07  | 2.664715E-07  |
| A12 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | -9.052115E-12 | 2.115757E-11  | 1.449867E-08  | 9.958201E-09  | -1.227513E-08 | -8.435301E-09 |
| A14 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 8.643293E-13  | -5.181308E-10 | -1.157082E-10 | 2.646096E-10  | 1.627912E-10  |
| A16 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 1.119132E-11  | 2.037486E-13  | -3.689270E-12 | -1.870580E-12 |
| A18 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | -1.279819E-13 | 6.429005E-15  | 2.957011E-14  | 1.174335E-14  |
| A20 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 5.896728E-16  | -3.657208E-17 | -1.016789E-16 | -3.096981E-17 |

[0052] 実施例3の撮像光学系における条件式(1)～(3)の各数値を以下に示す。

$$\text{条件式(1)} : D12 / f = 0.62$$

$$\text{条件式(2)} : DAS / f = 0.07$$

$$\text{条件式(3)} : f3 / f = 2.23$$

[0053] (実施例4)

図7A及び図7Bに実施例4の撮像光学系の光路図及び縦収差図(球面収差、非点収差、歪曲収差)を示す。

実施例4の撮像光学系10では、第2透過反射面R2が、第4レンズL4の像側面ではなく、第2平行平板F(の物体側面)となっている。

[0054] 実施例4の撮像光学系の全体諸元を以下に示す。

$$f = 8.89\text{mm}$$

$$Fno = 1.90$$

$$2Y = 15.86\text{mm}$$

[0055] 実施例4のレンズ面のデータを以下の表VIIに示す。

[表7]

表 VII

| 面番号   | R(mm)    | D(mm) | Nd     | $\nu d$ | 有効半径(mm) | 反射面   |
|-------|----------|-------|--------|---------|----------|-------|
| 1     | $\infty$ | 0.500 | 1.5163 | 64.1    | 2.77     |       |
| 2     | $\infty$ | 0.200 |        |         | 2.52     |       |
| 3(絞り) | $\infty$ | 0.150 |        |         | 2.34     |       |
| 4*    | 13.502   | 0.657 | 1.5442 | 56.2    | 2.70     |       |
| 5*    | 32.708   | 0.229 |        |         | 2.91     |       |
| 6*    | 30.961   | 0.796 | 1.5442 | 56.2    | 7.48     | 反射面 1 |
| 7*    | 31.940   | 1.170 |        |         | 7.53     |       |
| 8*    | 15.575   | 2.663 | 1.5533 | 71.7    | 7.80     |       |
| 9*    | -69.952  | 0.336 |        |         | 8.06     |       |
| 10*   | -37.359  | 0.550 | 1.6422 | 22.4    | 8.10     |       |
| 11*   | 237.312  | 0.350 |        |         | 8.16     |       |
| 12    | $\infty$ | 0.510 | 1.5163 | 64.1    | 8.11     | 反射面 2 |
| 13    | $\infty$ | 0.343 |        |         | 8.08     |       |

[0056] 実施例 4 のレンズ面の非球面係数を以下の表VIIIに示す。

[表8]

表 VIII

| 面番号 | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            | 11            |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| K   | -3.414        | -16.453       | 0.000         | -46.763       | -0.320        | 46.490        | 8.221         | -80.000       |
| A4  | -2.458757E-04 | -3.223638E-04 | -4.200035E-05 | -5.996469E-05 | -1.897558E-04 | 3.862978E-04  | 1.047167E-03  | 7.300828E-04  |
| A6  | -1.884248E-05 | -1.808649E-05 | 4.969197E-07  | 3.570102E-06  | -5.820808E-07 | -1.759644E-05 | -4.664938E-05 | -3.816919E-05 |
| A8  | 1.211171E-07  | -5.774877E-07 | -4.079768E-09 | -9.929939E-08 | 5.355924E-07  | -7.602577E-07 | -4.342209E-06 | -2.627956E-06 |
| A10 | -1.802495E-07 | -1.236785E-07 | -2.861259E-10 | -6.066843E-11 | -5.155503E-08 | 6.505215E-08  | 4.770359E-07  | 3.254014E-07  |
| A12 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 1.704178E-12  | 8.507953E-12  | 2.376156E-09  | -1.510733E-09 | -1.973791E-08 | -1.370237E-08 |
| A14 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 4.235834E-14  | -7.321161E-11 | -4.503436E-12 | 4.427458E-10  | 3.024008E-10  |
| A16 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 1.388474E-12  | 7.984803E-13  | -5.639241E-12 | -3.729485E-12 |
| A18 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | -1.375287E-14 | -1.272362E-14 | 3.816760E-14  | 2.433832E-14  |
| A20 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 5.328317E-17  | 6.394634E-17  | -1.060526E-16 | -6.554391E-17 |

[0057] 実施例 4 の撮像光学系における条件式 (1) ~ (3) の各数値を以下に示す。

$$\text{条件式 (1)} : D_{12} / f = 0.66$$

$$\text{条件式 (2)} : D_{AS} / f = 0.02$$

条件式 (3) :  $f_3 / f = 2.61$

[0058] (実施例 5)

図 8 A 及び図 8 B に実施例 5 の撮像光学系の光路図及び縦収差図 (球面収差、非点収差、歪曲収差) を示す。

実施例 5 の撮像光学系 10 では、レンズが第 1 レンズ L 1 ~ 第 3 レンズ L 3 の 3 枚であり、第 2 透過反射面 R 2 が第 3 レンズ L 3 の像側面となっている。

[0059] 実施例 5 の撮像光学系の全体諸元を以下に示す。

$f = 5.88\text{mm}$

$F_{no} = 1.90$

$2Y = 15.86\text{mm}$

[0060] 実施例 5 のレンズ面のデータを以下の表 IX に示す。

[表 9]

表 IX

| 面番号   | R(mm)    | D(mm) | Nd     | $\nu_d$ | 有効半径(mm) | 反射面   |
|-------|----------|-------|--------|---------|----------|-------|
| 1     | $\infty$ | 0.500 | 1.5163 | 64.1    | 2.41     |       |
| 2     | $\infty$ | 0.200 |        |         | 2.02     |       |
| 3(絞り) | $\infty$ | 0.550 |        |         | 1.55     |       |
| 4*    | -52.437  | 0.566 | 1.6690 | 19.5    | 2.53     |       |
| 5*    | -34.387  | 2.095 |        |         | 2.93     |       |
| 6*    | -13.411  | 0.550 | 1.6422 | 22.4    | 5.25     | 反射面 1 |
| 7*    | -32.938  | 0.129 |        |         | 5.86     |       |
| 8*    | -63.988  | 2.410 | 1.5445 | 56.0    | 6.10     |       |
| 9*    | -10.769  | 0.297 |        |         | 6.55     | 反射面 2 |
| 10    | $\infty$ | 0.500 | 1.5163 | 64.1    | 7.72     |       |
| 11    | $\infty$ | 0.403 |        |         | 7.85     |       |

[0061] 実施例 5 のレンズ面の非球面係数を以下の表 X に示す。

[表10]

表 X

| 面番号 | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| K   | -80.000       | -49.963       | 0.647         | 24.569        | 34.499        | 0.069         |
| A4  | -9.126885E-04 | -8.319307E-04 | -4.891874E-04 | -6.021901E-04 | -9.926873E-04 | -1.275176E-04 |
| A6  | -1.287297E-04 | -1.038508E-04 | -9.566929E-06 | 5.734977E-06  | 1.689368E-05  | -1.664399E-06 |
| A8  | 2.200728E-06  | 3.598033E-06  | -3.952278E-08 | 5.451780E-08  | 6.466153E-08  | 3.368951E-08  |
| A10 | -8.325290E-07 | -6.291596E-07 | 2.128233E-08  | 2.338425E-09  | -2.511915E-09 | -2.968784E-10 |
| A12 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | -3.395282E-10 | -7.007681E-12 | 7.238229E-12  | 1.036656E-11  |
| A14 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  |
| A16 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  |
| A18 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  |
| A20 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  |

[0062] 実施例 5 の撮像光学系における条件式 (1) ~ (3) の各数値を以下に示す。

$$\text{条件式 (1)} : D_{12} / f = 0.53$$

$$\text{条件式 (2)} : D_{AS} / f = 0.09$$

$$\text{条件式 (3)} : f_3 / f = 3.98$$

[0063] (実施例 6)

図 9 A 及び図 9 B に実施例 6 の撮像光学系の光路図及び縦収差図 (球面収差、非点収差、歪曲収差) を示す。

[0064] 実施例 6 の撮像光学系の全体諸元を以下に示す。

$$f = 9.50\text{mm}$$

$$F_{no} = 1.90$$

$$2Y = 15.86\text{mm}$$

[0065] 実施例 6 のレンズ面のデータを以下の表 XI に示す。

[表11]

表 XI

| 面番号   | R(mm)    | D(mm) | Nd     | $\nu_d$ | 有効半径(mm) | 反射面   |
|-------|----------|-------|--------|---------|----------|-------|
| 1     | $\infty$ | 0.500 | 1.5163 | 64.1    | 2.93     |       |
| 2     | $\infty$ | 0.200 |        |         | 2.68     |       |
| 3(絞り) | $\infty$ | 0.050 |        |         | 2.50     |       |
| 4*    | 37.573   | 0.591 | 1.8061 | 40.7    | 2.62     |       |
| 5*    | 856.877  | 0.200 |        |         | 2.80     |       |
| 6*    | 27.394   | 2.792 | 1.5442 | 56.2    | 8.47     | 反射面 1 |
| 7*    | 28.249   | 0.193 |        |         | 8.16     |       |
| 8*    | 16.990   | 3.722 | 1.5533 | 71.7    | 8.41     |       |
| 9*    | -47.556  | 0.213 |        |         | 8.44     |       |
| 10*   | -35.551  | 0.550 | 1.6422 | 22.4    | 8.33     |       |
| 11*   | 109.718  | 0.759 |        |         | 8.19     | 反射面 2 |
| 12    | $\infty$ | 0.110 | 1.5163 | 64.1    | 8.11     |       |
| 13    | $\infty$ | 0.337 |        |         | 8.10     |       |

[0066] 実施例 6 のレンズ面の非球面係数を以下の表XIIに示す。

[表12]

表 XII

| 面番号 | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            | 11            |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| K   | 16.144        | -80.000       | 0.000         | -4.530        | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| A4  | -2.963374E-04 | -2.633223E-04 | -1.086184E-07 | -4.290908E-05 | -6.117133E-05 | 9.247005E-04  | 9.196854E-04  | 5.042776E-05  |
| A6  | -8.678773E-06 | 1.477467E-07  | 2.955947E-09  | 4.886365E-06  | -2.792727E-06 | -1.084970E-04 | -1.116173E-04 | -8.432910E-06 |
| A8  | 5.202223E-07  | -9.921473E-07 | 3.221884E-09  | -9.266031E-08 | 4.562060E-07  | 5.945451E-06  | 7.035987E-06  | 7.643503E-07  |
| A10 | -6.586014E-08 | 2.865603E-08  | -1.327976E-10 | -2.060790E-10 | -3.566998E-08 | -2.146108E-07 | -2.796262E-07 | -3.762785E-08 |
| A12 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 7.487001E-13  | 8.658999E-12  | 1.440412E-09  | 5.410787E-09  | 7.478997E-09  | 1.121118E-09  |
| A14 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 7.951801E-14  | -3.653840E-11 | -9.535589E-11 | -1.344060E-10 | -2.144294E-11 |
| A16 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 5.665274E-13  | 1.137914E-12  | 1.573836E-12  | 2.567376E-13  |
| A18 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | -4.731252E-15 | -8.240845E-15 | -1.094704E-14 | -1.730435E-15 |
| A20 | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 0.000000E+00  | 1.610640E-17  | 2.679828E-17  | 3.425808E-17  | 4.956078E-18  |

[0067] 実施例 6 の撮像光学系における条件式 (1) ~ (3) の各数値を以下に示す。

$$\text{条件式 (1)} : D_{12} / f = 0.79$$

$$\text{条件式 (2)} : D_{AS} / f = 0.01$$

条件式 (3) :  $f_3 / f = 2.43$

### 産業上の利用の可能性

[0068] 以上のように、本発明は、撮像光学系全体を好適に小型化するのに有用である。

### 符号の説明

|        |       |         |
|--------|-------|---------|
| [0069] | 1 0   | 撮像光学系   |
|        | 5 1   | 撮像素子    |
|        | 1 0 0 | 撮像装置    |
|        | A x   | 光軸      |
|        | I     | 撮像面     |
|        | L 1   | 第1レンズ   |
|        | L 2   | 第2レンズ   |
|        | L 3   | 第3レンズ   |
|        | L 4   | 第4レンズ   |
|        | R     | 透過反射面   |
|        | R 1   | 第1透過反射面 |
|        | R 2   | 第2透過反射面 |
|        | P     | 第1平行平板  |
|        | F     | 第2平行平板  |
|        | S     | 開口絞り    |

## 請求の範囲

[請求項1] 撮像素子の光電変換部に被写体像を結像させる単焦点の撮像光学系であって、

光の偏光を制御することで光の透過と反射を制御する少なくとも2つの透過反射面を有し、

以下の条件式を満足する撮像光学系。

$$0.50 < D_{12} / f < 0.85 \quad \dots (1)$$

ただし、

$D_{12}$  : 2つの透過反射面の光軸上での距離

$f$  : 撮像光学系全系の焦点距離

[請求項2] 最も物体側に配置され、光の偏光状態を所定方向の直線偏光のみに揃えるための光学素子を備える請求項1に記載の撮像光学系。

[請求項3] 開口絞りと、前記開口絞りよりも像側に配置された第1レンズと、を備え、

以下の条件式を満足する請求項1又は2に記載の撮像光学系。

$$0 \leq D_{AS} / f < 0.15 \quad \dots (2)$$

ただし、

$D_{AS}$  : 開口絞りと第1レンズとの光軸上での距離

$f$  : 撮像光学系全系の焦点距離

[請求項4] 光の偏光を制御する偏光素子が付加されたレンズ面を有するレンズを備える請求項1～3のいずれか一項に記載の撮像光学系。

[請求項5] 合焦の際に一部のレンズ又はレンズ群を移動させる請求項1～4のいずれか一項に記載の撮像光学系。

[請求項6] 物体側から順に配置された、第1レンズ、第2レンズ及び第3レンズを備え、

以下の条件式を満足する請求項1～5のいずれか一項に記載の撮像光学系。

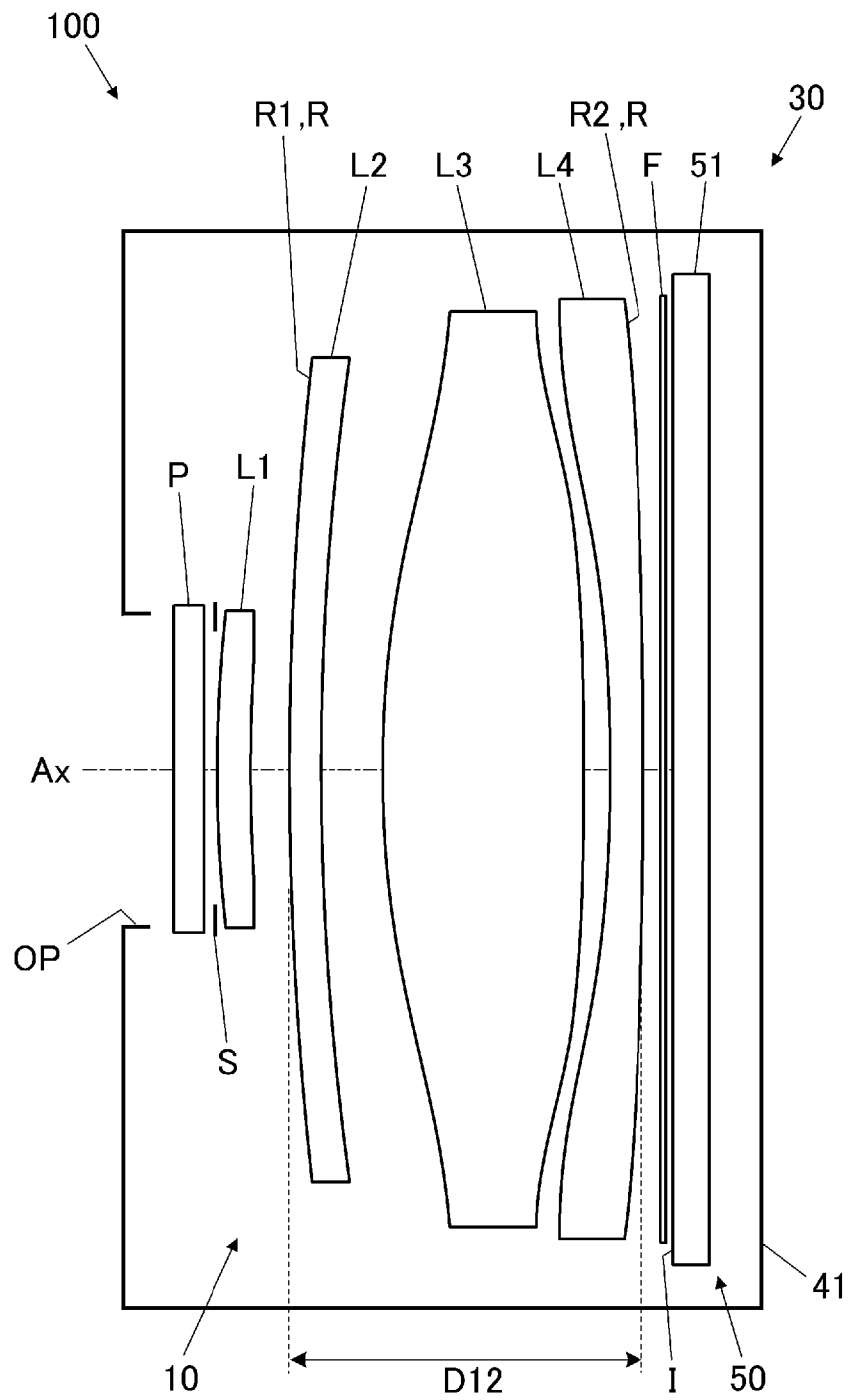
$$1.90 < f_3 / f < 4.00 \quad \dots (3)$$

ただし、

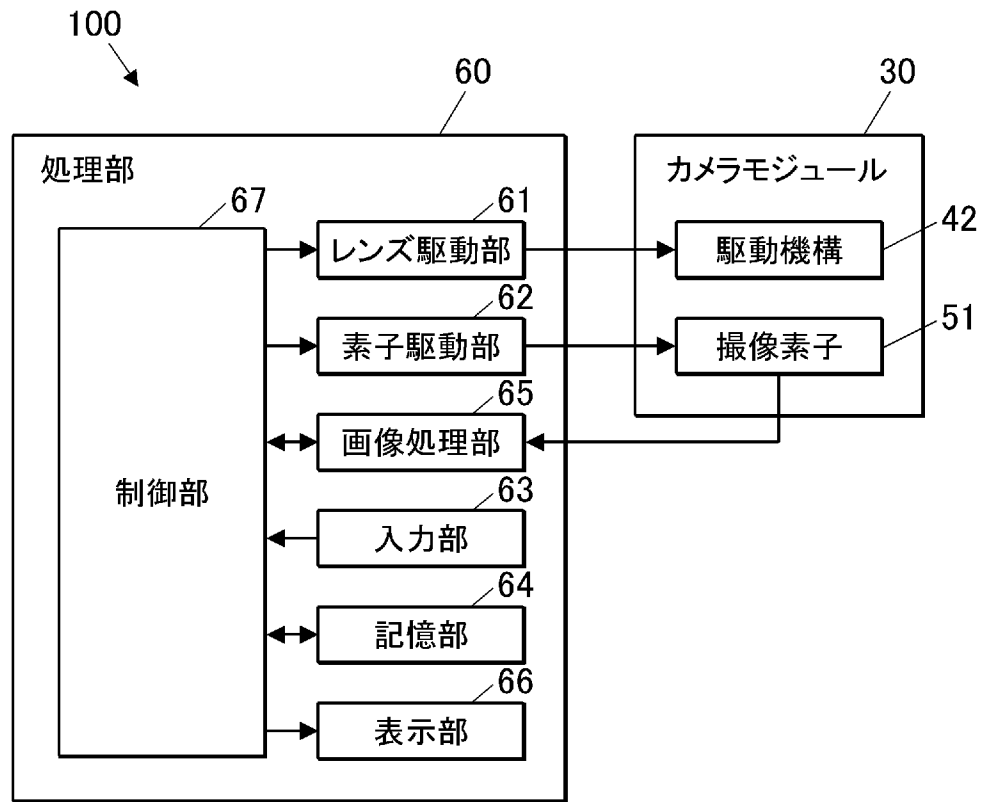
$f_3$  : 第3レンズの焦点距離

$f$  : 撮像光学系全系の焦点距離

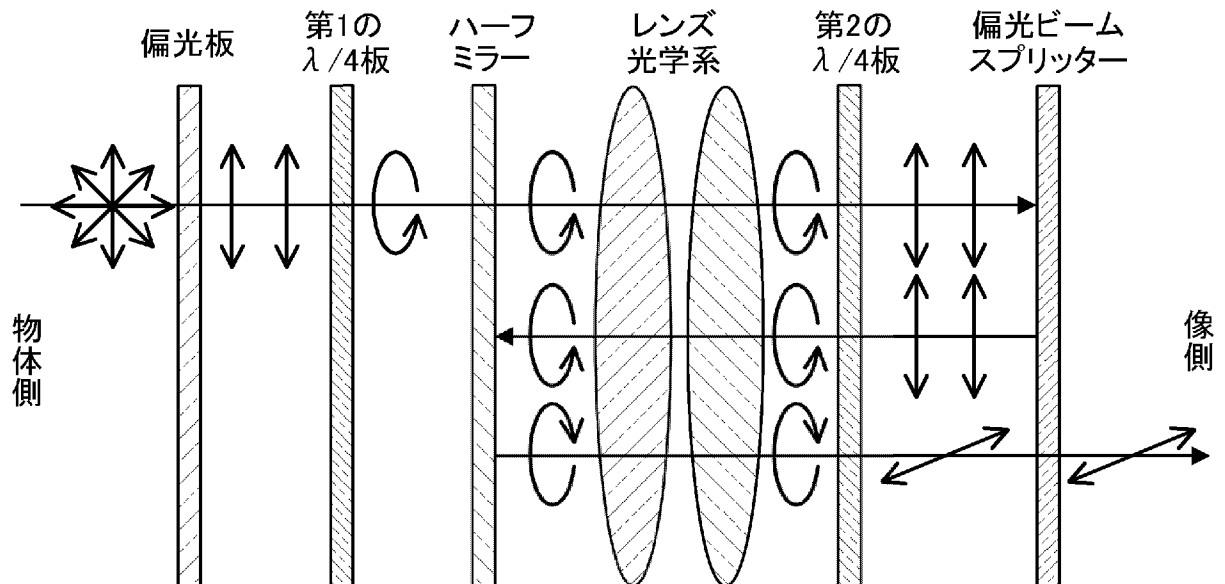
[図1]



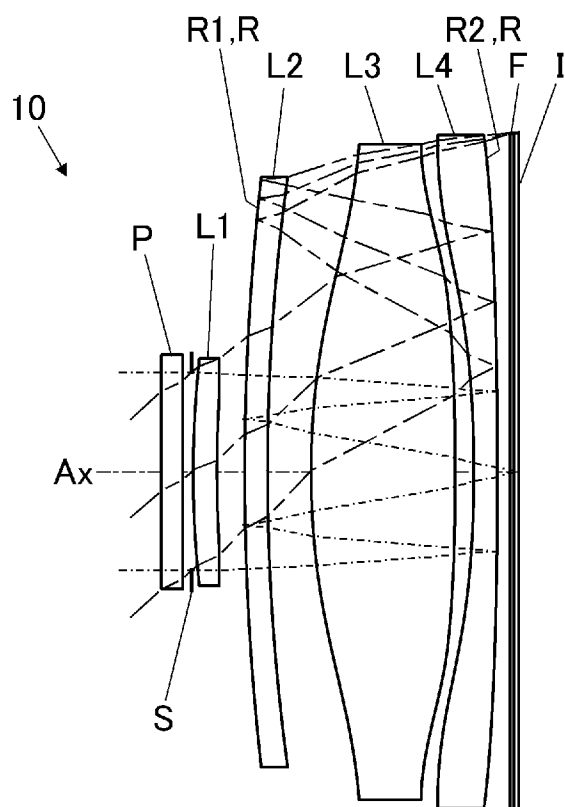
[図2]



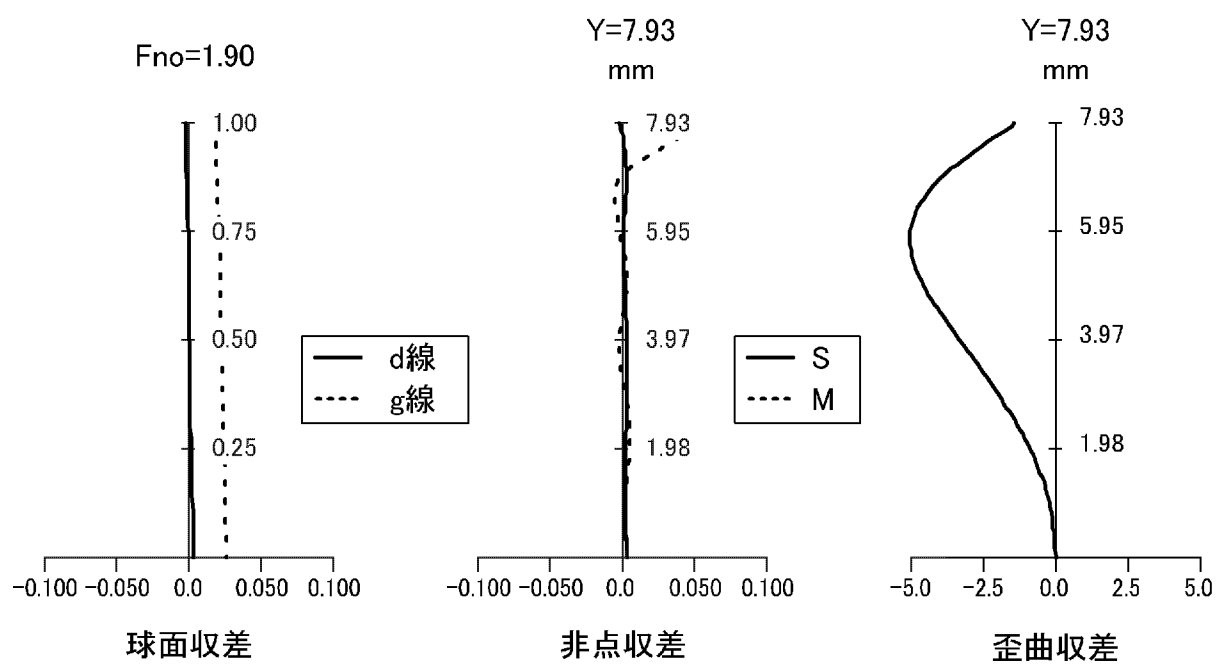
[図3]



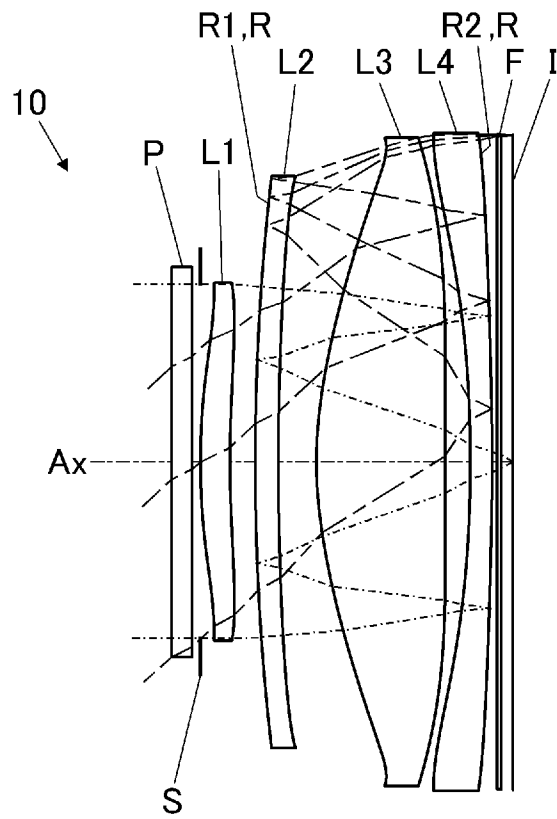
[図4A]



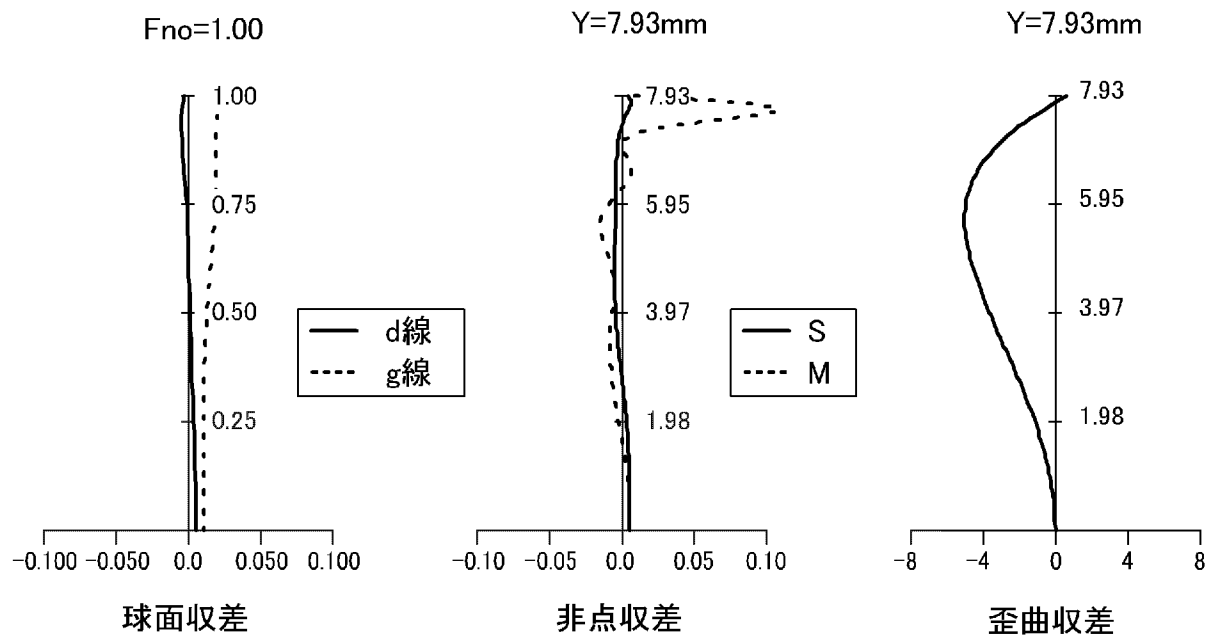
[図4B]



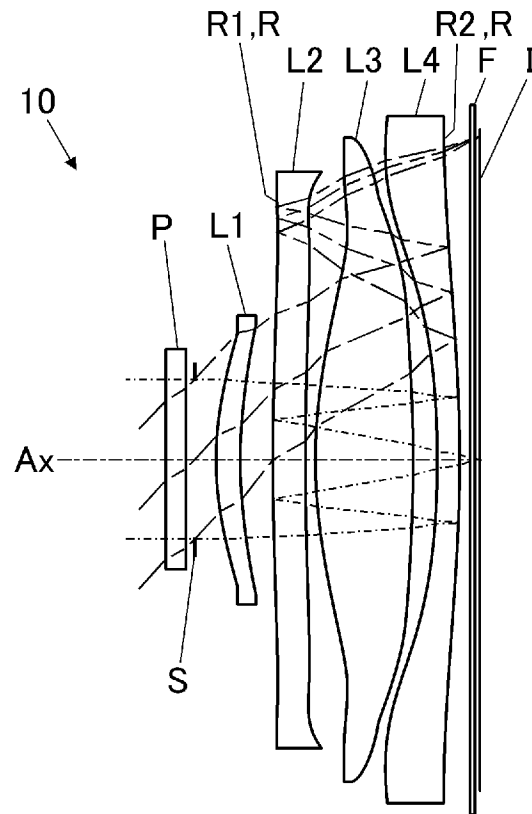
[図5A]



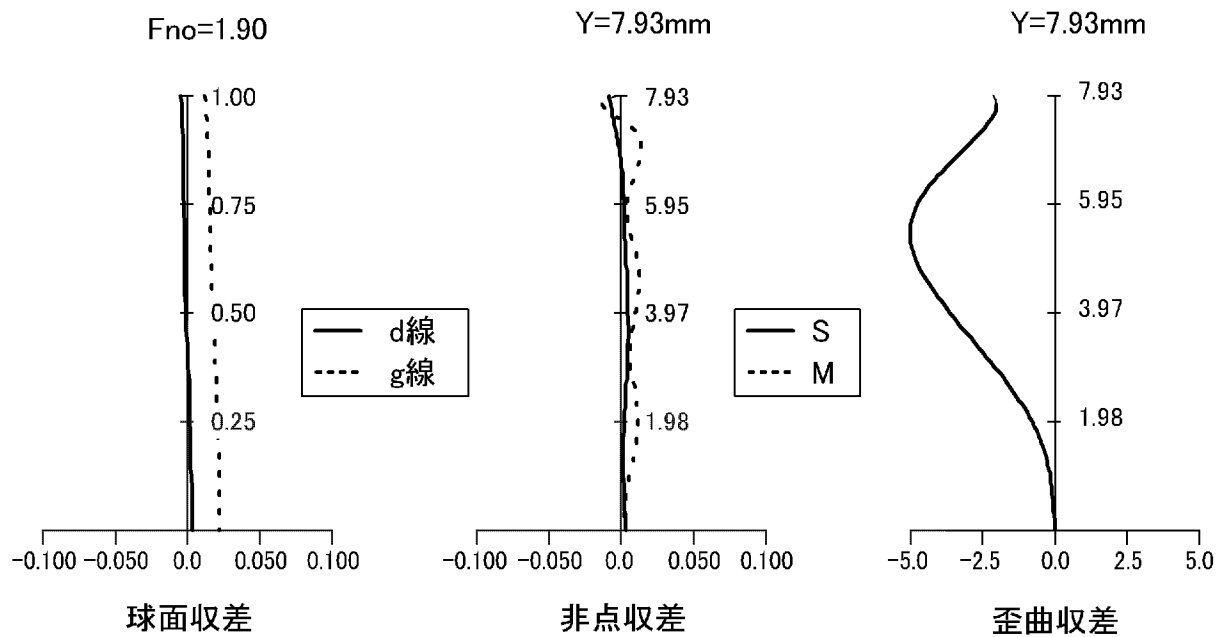
[図5B]



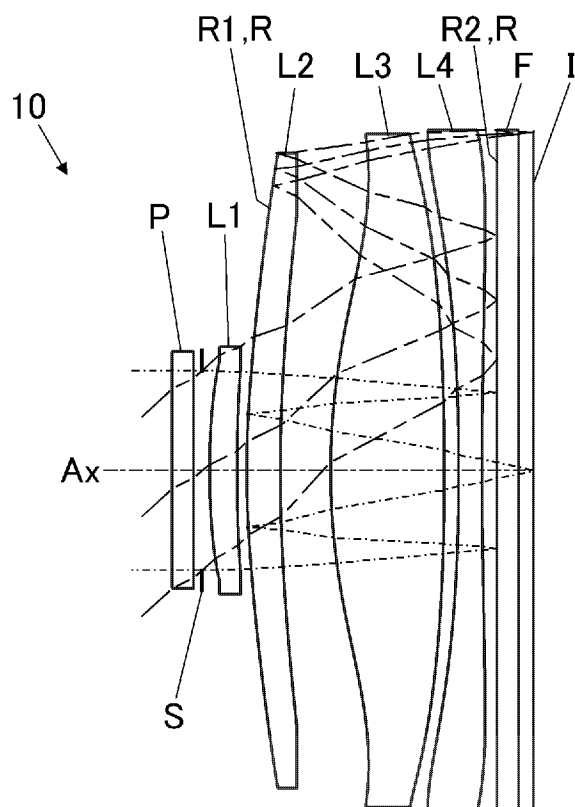
[図6A]



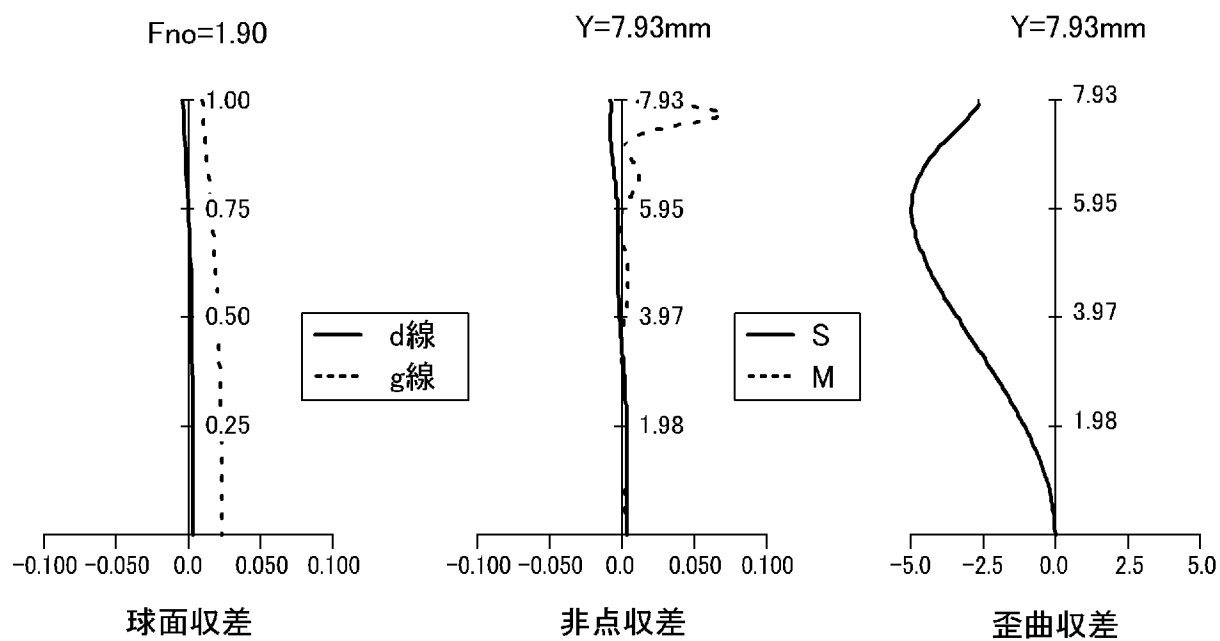
[図6B]



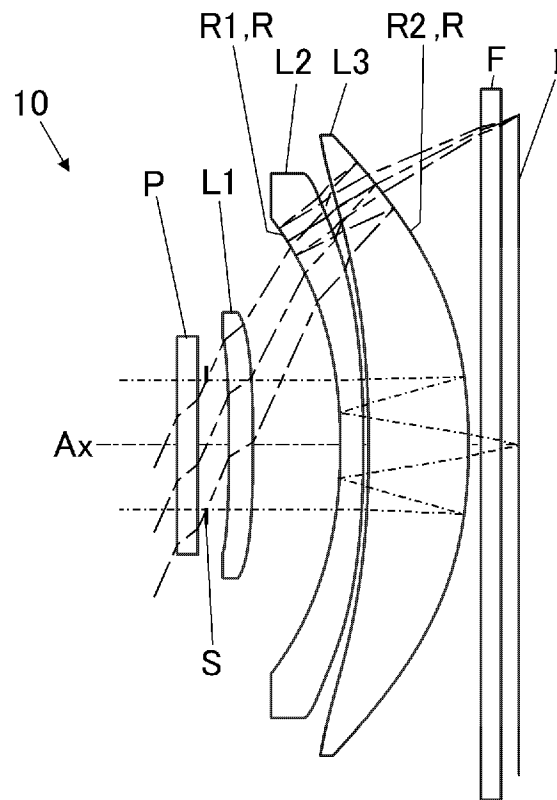
[図7A]



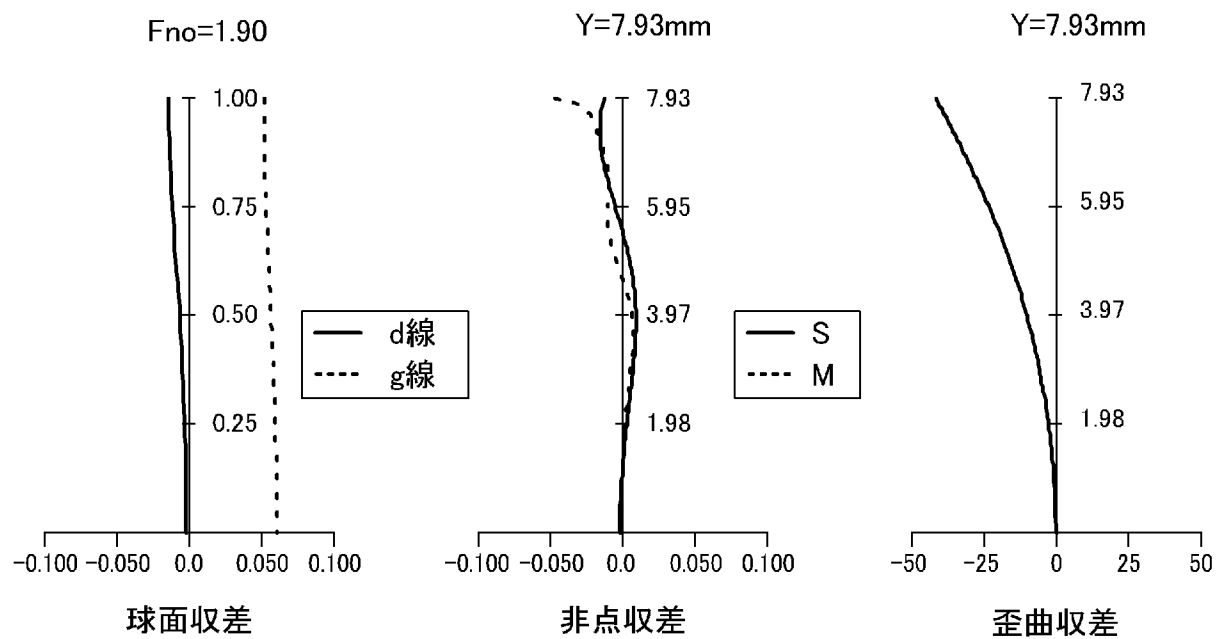
[図7B]



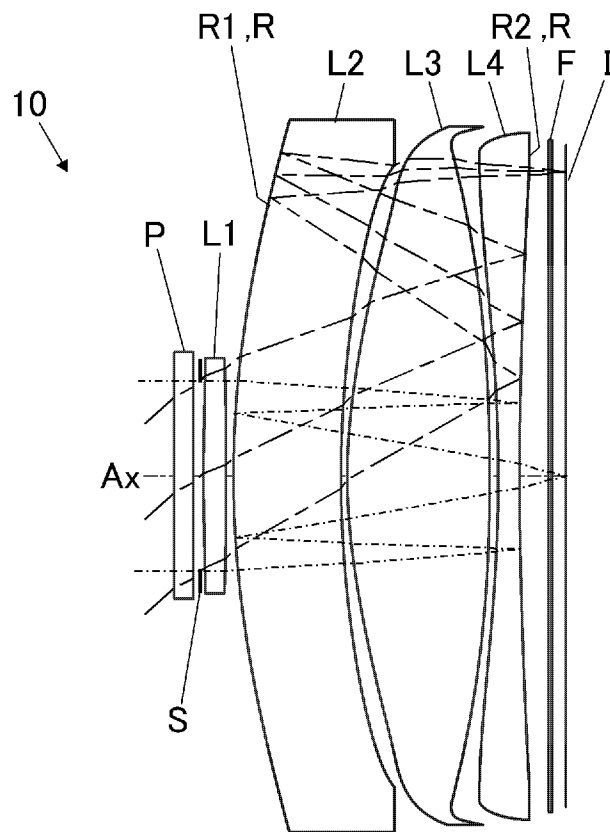
[図8A]



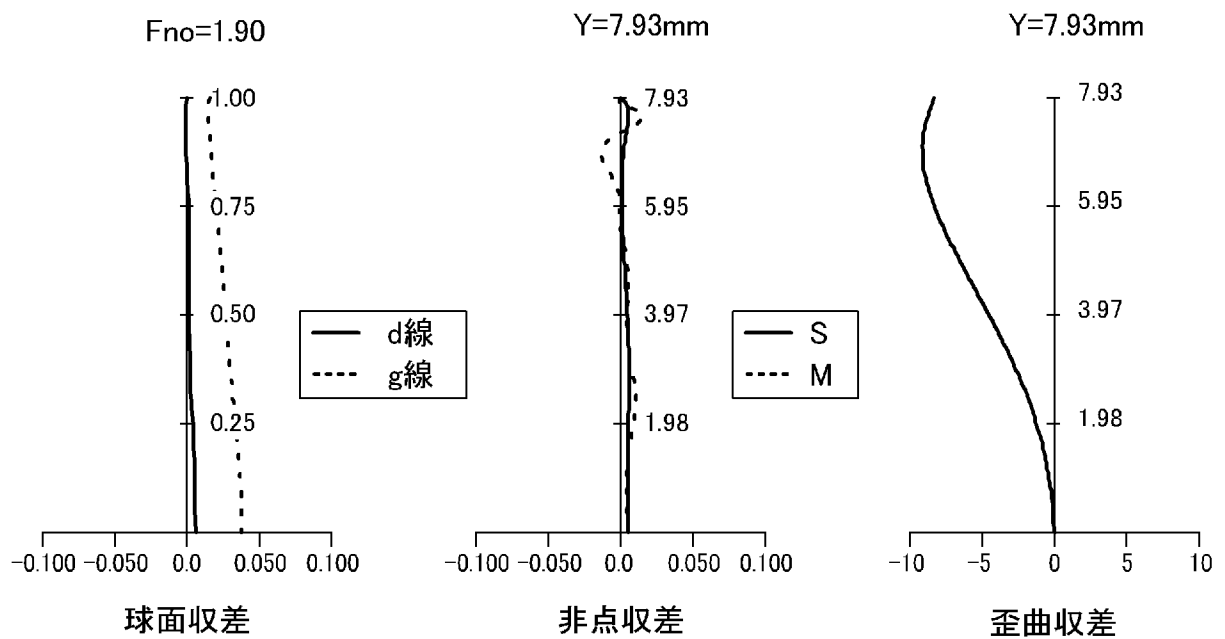
[図8B]



[図9A]



[図9B]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/048555

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G02B 17/08**(2006.01)i; **G02B 13/18**(2006.01)i; **G03B 17/17**(2021.01)i

FI: G02B17/08; G02B13/18; G03B17/17

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)

G02B17/08; G02B13/18; G03B17/17

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 1971-2023  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 2014-074743 A (NIKON CORP.) 24 April 2014 (2014-04-24)<br>paragraphs [0044]-[0065], fig. 7-12, etc.    | 1-3, 5                |
| Y         |                                                                                                           | 4                     |
| A         |                                                                                                           | 6                     |
| Y         | JP 2019-211663 A (CANON INC.) 12 December 2019 (2019-12-12)<br>paragraphs [0077]-[0079], fig. 1, 15, etc. | 4                     |
| A         | JP 2005-352273 A (KONICA MINOLTA OPTO INC.) 22 December 2005 (2005-12-22)<br>entire text, all drawings    | 1-6                   |
| A         | JP 2021-081530 A (CANON INC.) 27 May 2021 (2021-05-27)<br>entire text, all drawings                       | 1-6                   |
| A         | JP 2020-030302 A (CANON INC.) 27 February 2020 (2020-02-27)<br>entire text, all drawings                  | 1-6                   |
| A         | JP 7-120679 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 12 May 1995 (1995-05-12)<br>entire text, all drawings           | 1-6                   |

☒ 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

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**30 January 2023**

Date of mailing of the international search report

**07 February 2023**

Name and mailing address of the ISA/JP

**Japan Patent Office (ISA/JP)**  
**3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915**  
**Japan**

Authorized officer

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/048555

### C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                               | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | CN 113311518 A (GUANGZHOU JIAOHUI OPTOELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.) 27 August 2021 (2021-08-27)<br>entire text, all drawings | 1-6                   |
| <hr/>     |                                                                                                                                  |                       |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/048555**

| Patent document<br>cited in search report |             |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s)                                           | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 2014-074743 | A | 24 April 2014                        | (Family: none)                                                    |                                      |
| JP                                        | 2019-211663 | A | 12 December 2019                     | (Family: none)                                                    |                                      |
| JP                                        | 2005-352273 | A | 22 December 2005                     | (Family: none)                                                    |                                      |
| JP                                        | 2021-081530 | A | 27 May 2021                          | (Family: none)                                                    |                                      |
| JP                                        | 2020-030302 | A | 27 February 2020                     | US 2020/0064592 A1<br>entire text, all drawings<br>CN 110858032 A |                                      |
| JP                                        | 7-120679    | A | 12 May 1995                          | US 5517366 A<br>entire text, all drawings<br>US 5768039 A         |                                      |
| CN                                        | 113311518   | A | 27 August 2021                       | (Family: none)                                                    |                                      |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G02B 17/08(2006.01)i; G02B 13/18(2006.01)i; G03B 17/17(2021.01)i<br>FI: G02B17/08; G02B13/18; G03B17/17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 |                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 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））<br>G02B17/08; G02B13/18; G03B17/17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                 |                                                                       |
| 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<br><div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>日本国実用新案公報</div> <div>1922-1996年</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>日本国公開実用新案公報</div> <div>1971-2023年</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>日本国実用新案登録公報</div> <div>1996-2023年</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>日本国登録実用新案公報</div> <div>1994-2023年</div> </div> |                                                                                 |                                                                       |
| 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<br>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<br>請求項の番号                                                        |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JP 2014-074743 A（株式会社ニコン） 24.04.2014（2014-04-24）<br>段落 [0044] - [0065]、図7-12等   | 1-3, 5                                                                |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                 | 4                                                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                 | 6                                                                     |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JP 2019-211663 A（キヤノン株式会社） 12.12.2019（2019-12-12）<br>段落 [0077] - [0079]、図1, 15等 | 4                                                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JP 2005-352273 A（コニカミノルタオプト株式会社） 22.12.2005（2005-12-22）<br>全文全図                 | 1-6                                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JP 2021-081530 A（キヤノン株式会社） 27.05.2021（2021-05-27）<br>全文全図                       | 1-6                                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JP 2020-030302 A（キヤノン株式会社） 27.02.2020（2020-02-27）<br>全文全図                       | 1-6                                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | JP 7-120679 A（オリンパス光学工業株式会社） 12.05.1995（1995-05-12）<br>全文全図                     | 1-6                                                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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<br>“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<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献                                           |                                                                                 |                                                                       |
| 国際調査を完了した日<br>30.01.2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                 | 国際調査報告の発送日<br>07.02.2023                                              |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>殿岡 雅仁 2V 4748<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3271 |

| C. 関連すると認められる文献 |                                                                                                                |                |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A               | CN 113311518 A (GUANGZHOU JIAOHUI OPTOELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.)<br>27.08.2021 (2021 - 08 - 27)<br>全文全図 | 1-6            |
|                 |                                                                                                                |                |

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/JP2022/048555

| 引用文献 |             |   | 公表日        | パテントファミリー文献     | 公表日 |
|------|-------------|---|------------|-----------------|-----|
| JP   | 2014-074743 | A | 24.04.2014 | (ファミリーなし)       |     |
| JP   | 2019-211663 | A | 12.12.2019 | (ファミリーなし)       |     |
| JP   | 2005-352273 | A | 22.12.2005 | (ファミリーなし)       |     |
| JP   | 2021-081530 | A | 27.05.2021 | (ファミリーなし)       |     |
| JP   | 2020-030302 | A | 27.02.2020 | US 2020/0064592 | A1  |
|      |             |   |            | 全文全図            |     |
|      |             |   |            | CN 110858032    | A   |
| JP   | 7-120679    | A | 12.05.1995 | US 5517366      | A   |
|      |             |   |            | 全文全図            |     |
|      |             |   |            | US 5768039      | A   |
| CN   | 113311518   | A | 27.08.2021 | (ファミリーなし)       |     |