

(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  
2018年5月31日(31.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/097287 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 13/06 (2006.01) G03B 15/00 (2006.01)  
G02B 13/04 (2006.01) G03B 17/08 (2006.01)  
G02B 13/18 (2006.01) G03B 17/14 (2006.01)  
G02B 15/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/042406

(22) 国際出願日: 2017年11月27日(27.11.2017)

(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 2016-230322 2016年11月28日(28.11.2016) 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: 山下 敦 司 (YAMASHITA, Atsushi); 〒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: 福田 充 広 (FUKUDA, Mitsuhiro); 〒1010047 東京都千代田区内神田2丁目5番3号 児谷ビル1階 Tokyo (JP).

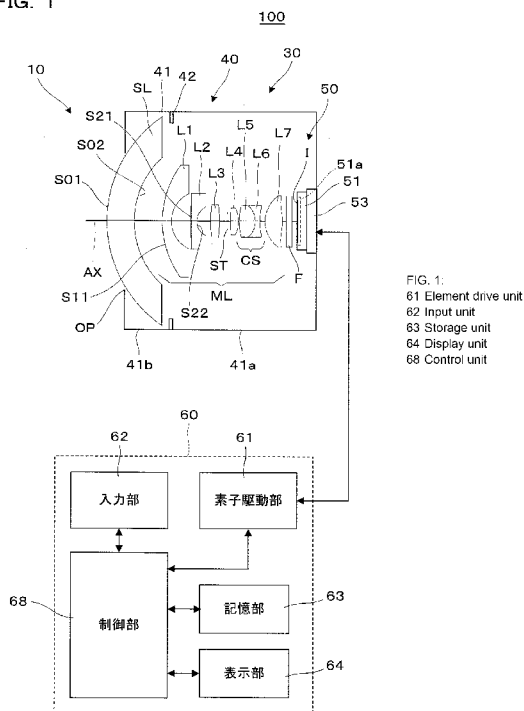
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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,

(54) Title: IMAGING OPTICAL SYSTEM, LENS UNIT, AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 撮像光学系、レンズユニット、及び撮像装置

FIG. 1



(57) Abstract: The present invention provides an imaging optical system having an angle of view of 180° or more and having sufficiently small changes in image formation performance and angle of view between different medium environments although being compact. An imaging optical system 10 substantially comprises a main lens ML, and a supplementary lens SL for use in an aqueous medium or for use in air, wherein an image formation position is located closer to the object side than an imaging surface I in the state of the main lens ML alone, the main lens ML comprises a plurality of lenses, the supplementary lens SL comprises one negative lens, and in a state where the main lens ML and the supplementary lens SL are combined, desired image formation performance is obtained, and the following conditional expression (1) is satisfied:  $-42 \leq f_A/f_M \leq -17$  where  $f_A$  is the focal length of the supplementary lens SL, and  $f_M$  is the focal length of the main lens ML.

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：小型でありながら、 $180^\circ$ 以上の画角を有し、異なる媒質環境において結像性能変化及び画角変化が十分小さい撮像光学系を提供する。撮像光学系10は、主レンズMLと、水性媒質中用又は空気中用の補助レンズSLとから実質的になり、主レンズML単体の状態では結像位置が撮像面Iよりも物体側にあり、主レンズMLは複数枚のレンズからなり、補助レンズSLは1枚の負レンズからなり、主レンズMLと補助レンズSLとを組み合わせた状態で所望の結像性能が得られ、次の条件式(1)  $-4.2 \leq f_A / f_M \leq -1.7$  を満たす。ここで、値  $f_A$  は補助レンズSLの焦点距離であり、値  $f_M$  は主レンズMLの焦点距離である。

## 明 細 書

**発明の名称 : 撮像光学系、レンズユニット、及び撮像装置**

### 技術分野

[0001] 本発明は、例えば水陸両用カメラのような異なる媒質環境に対応するカメラ用の撮像光学系、レンズユニット、及び撮像装置に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、水陸両用光学系においては、水中でも十分に広角で、水陸のどちらでも同程度の画角を有し、かつ同程度の高い結像性能を得られるようなものの要望が高まっている。ここで、主要な構成要素であるレンズ系に対して収差を補正するレンズを組み合わせた水陸両用の撮像光学系が公知となっている。（例えば、特許文献1及び2参照）。また、水と接するレンズが物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有し、水中で約 $180^\circ$ の光束を集光する水中専用の撮像光学系が公知となっている（例えば、特許文献3参照）。

[0003] 特許文献1の撮像光学系では、空气中及び水中において、結像性能変化はほとんどないが、空气中時と水中時とで画角が $15^\circ$ 以上変動するという問題がある。特許文献2の撮像光学系では、水中の解像度よりも空气中の解像度が低下し、画角も $10^\circ$ 程度変化するという問題がある。また、特許文献3の撮像光学系では、水中で最大 $180^\circ$ の画角が示されているが、水中専用設計のため空气中での光学性能については考慮されていない。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開昭57-4017号公報

特許文献2：特開平6-242369号公報

特許文献3：特開平7-84180号公報

### 発明の概要

[0005] 本発明は上記事情に鑑み、小型でありながら、 $180^\circ$ 以上の画角を有し

、異なる媒質環境において結像性能変化及び画角変化が十分小さい撮像光学系を提供することを目的とする。

[0006] また、本発明は、上記撮像光学系を備えたレンズユニット及び撮像装置を提供することを目的とする。

[0007] 上記した目的をのうち少なくとも一つを実現するために、本発明の一側面を反映した撮像光学系は、主レンズと、水性媒質中用又は空気中用の補助レンズとから実質的になり、主レンズ単体の状態では結像位置が撮像面よりも物体側にあり、主レンズは複数枚のレンズからなり、補助レンズは1枚の負レンズからなり、主レンズと補助レンズとを組み合わせた状態で所望の結像性能が得られ、以下の条件式を満たす。

$$-4.2 \leq f_A / f_M \leq -1.7 \quad \dots \quad (1)$$

ここで、値  $f_A$  は補助レンズの焦点距離であり、値  $f_M$  は主レンズの焦点距離である。また、所望の結像性能とは、補助レンズで十分な補正を行うことにより、非点隔差を小さくすることや、結像位置が撮像面に合うことを意味する。また、水性媒質とは、海水、淡水等の他に液体状の物質も含む。

[0008] また、上記した目的をのうち少なくとも一つを実現するために、本発明の一側面を反映したレンズユニットは、上述の撮像光学系と、撮像光学系を保持する鏡筒とを備える。

[0009] また、上記した目的をのうち少なくとも一つを実現するために、本発明の一側面を反映した撮像装置は、上述の撮像光学系と、撮像光学系から得られる像を検出する撮像素子とを備える。

## 図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の一実施形態の撮像光学系を備えるレンズユニット及び撮像装置を説明する図である。

[図2]図2Aは、実施例1の空気中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図であり、図2Bは、実施例1の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図である。

[図3]図3A及び3Bは、実施例1の空気中用補助レンズを組み込んだ撮像光

学系の収差図を示し、図 3 C 及び 3 D は、実施例 1 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図であり、図 3 E 及び 3 F は、比較例 1 の撮像光学系の収差図である。

[図4]図 4 A は、実施例 2 の空气中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図であり、図 4 B は、実施例 2 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図である。

[図5]図 5 A 及び 5 B は、実施例 2 の空气中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図を示し、図 5 C 及び 5 D は、実施例 2 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図であり、図 5 E 及び 5 F は、比較例 2 の撮像光学系の収差図である。

[図6]図 6 A は、実施例 3 の空气中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図であり、図 6 B は、実施例 3 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図である。

[図7]図 7 A 及び 7 B は、実施例 3 の空气中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図を示し、図 7 C 及び 7 D は、実施例 3 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図であり、図 7 E 及び 7 F は、比較例 3 の撮像光学系の収差図である。

[図8]図 8 A は、実施例 4 の空气中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図であり、図 8 B は、実施例 4 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図である。

[図9]図 9 A 及び 9 B は、実施例 4 の空气中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図を示し、図 9 C 及び 9 D は、実施例 4 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図であり、図 9 E 及び 9 F は、比較例 4 の撮像光学系の収差図である。

[図10]図 10 A は、実施例 5 の空气中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図であり、図 10 B は、実施例 5 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図である。

[図11]図 11 A 及び 11 B は、実施例 5 の空气中用補助レンズを組み込んだ

撮像光学系の収差図を示し、図 1 1 C 及び 1 1 D は、実施例 5 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図であり、図 1 1 E 及び 1 1 F は、比較例 5 の撮像光学系の収差図である。

[図12]図 1 2 A は、実施例 6 の空气中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図であり、図 1 2 B は、実施例 6 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系等を示す断面図である。

[図13]図 1 3 A 及び 1 3 B は、実施例 6 の空气中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図を示し、図 1 3 C 及び 1 3 D は、実施例 6 の水性媒質中用補助レンズを組み込んだ撮像光学系の収差図であり、図 1 3 E 及び 1 3 F は、比較例 6 の撮像光学系の収差図である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 図 1 は、本発明の一実施形態である撮像装置 1 0 0 を示す断面図である。撮像装置 1 0 0 は、画像信号を形成するためのカメラモジュール 3 0 と、カメラモジュール 3 0 を動作させることにより撮像装置 1 0 0 としての機能を発揮させる処理部 6 0 とを備える。

[0012] カメラモジュール 3 0 は、撮像光学系 1 0 を内蔵するレンズユニット 4 0 と、撮像光学系 1 0 によって形成された被写体像を画像信号に変換するセンサー部 5 0 とを備える。

[0013] レンズユニット 4 0 は、広角光学系である撮像光学系 1 0 と、撮像光学系 1 0 を組み込んだ鏡筒 4 1 とを備える。撮像光学系 1 0 の全画角は、1 8 0 ° 以上である。撮像光学系 1 0 は、主レンズ M L と補助レンズ S L とで構成されている。鏡筒 4 1 は、樹脂、金属、樹脂にグラスファイバーを混合したもの等で形成され、レンズ等を内部に収納し保持している。鏡筒 4 1 を金属や、樹脂にグラスファイバーを混合したもので形成する場合、樹脂よりも熱膨張しにくく、撮像光学系 1 0 を安定して固定することができる。鏡筒 4 1 は、物体側からの光を入射させる開口 O P を有する。

[0014] 撮像光学系 1 0 を構成する主レンズ M L 及び補助レンズ S L は、それらを構成するレンズのフランジ部若しくは外周部において鏡筒 4 1 の内面側に直

接的又は間接的に保持されており、光軸AX方向及び光軸AXに垂直な方向に関しての位置決めがなされている。鏡筒41は、主レンズMLを保持する第1ホルダー部41aと、補助レンズSLを保持する第2ホルダー部41bとを有している。第2ホルダー部41bは、着脱機構42を有して第1ホルダー部41aに対して着脱可能となっており、媒質に応じて補助レンズSLを適宜交換できるようになっている。第1及び第2ホルダー部41a、41b等の各部材の接続部分は、防水や耐水圧の処理が適宜なされている。

[0015] センサー部50は、撮像光学系（広角光学系）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と、この撮像素子51を支持する基板52とを備える。撮像素子51は、例えばCMOS型のイメージセンサーである。基板52は、撮像素子51を動作させるための配線、周辺回路等を備える。撮像素子51は、不図示のホルダー部材によって光軸AXに対して位置決めして固定されている。このホルダー部材は、レンズユニット40の鏡筒41に嵌合するように位置決めされた状態で固定されている。

[0016] 撮像素子51は、撮像面1としての光電変換部51a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51aには、画素つまり光電変換素子が2次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。

[0017] なお、レンズユニット40とセンサー部50との間には、フィルターF等を配置することができる。フィルターFは、光学的ローパスフィルター、IRカットフィルター、撮像素子のシールガラス等を想定した平行平板である。フィルターFは、別体のフィルター部材として配置することもできるが、別体として配置せず、撮像光学系10を構成するいずれかのレンズ面にその機能を付与することができる。例えば、赤外カットフィルターの場合、赤外カットコートを1枚又は複数枚のレンズの表面上に施してもよい。

[0018] 処理部60は、素子駆動部61と、入力部62と、記憶部63と、表示部

64と、制御部68とを備える。素子駆動部61は、制御部68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を動作させている。また、素子駆動部61は、制御部68の制御下で撮像素子51からのYUVその他のデジタル画素信号をそのまま或いは加工して外部回路へ出力する。入力部62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り、記憶部63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等を保管する部分であり、表示部64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。制御部68は、素子駆動部61、入力部62、記憶部63等の動作を統括的に制御しており、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ことができる。

[0019] なお、詳細な説明を省略するが、処理部60の具体的な機能は、本撮像装置100が組み込まれる機器の用途に応じて適宜調整される。撮像装置100は、例えば水性媒質中用及び空気中用の両方に用いられる水陸両用のカメラ等の装置に搭載可能である。

[0020] 以下、図1を参照して、第1実施形態の撮像光学系（広角光学系）10等について説明する。なお、図1で例示した撮像光学系10は、後述する実施例1の空気中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Aと略同一の構成となっている。

[0021] 図示の撮像光学系（広角光学系）10は、主レンズMLと、補助レンズSLとから実質的になる。既に説明したように、補助レンズSLは、主レンズMLに対して着脱可能であり、例えば水（又は水性媒質）又は空気等の媒質に応じて交換可能となっている。主レンズML単体の状態では、その結像位置は撮像面Iよりも物体側（又は被写体側）にある。詳細は後述するが、主レンズMLは複数枚のレンズからなり、補助レンズSLは空気用及び水性媒質中用のいずれも1枚の負レンズからなり、主レンズMLと補助レンズSLとを組み合わせた状態で所望の結像性能が得られるようになっている。ここ

で、所望の結像性能とは、補助レンズSLで十分な補正を行うことにより、非点隔差を小さくすることや、結像位置が撮像面Iに合うことを意味する。また、水性媒質とは、海水、淡水等の他に液体状の物質も含む。空気や水性媒質のように、互いに異なる屈折率や分散を持つ媒質において、同じ光学系で撮影しようとする、それぞれの媒質で発生する収差や得られる画角が異なってしまう、それぞれの媒質で十分な光学性能を得ることが困難となる。この際、媒質に応じて補助レンズSLを変えることで、光学系全系ではどちらの媒質でも所望の光学性能を得ることができる。水性媒質中では屈折率が空气中よりも大きく、画角が空气中よりも狭くなる。これを防ぐために、上述のように、補助レンズSLに負のパワーを持たせることによって光学系を広角化し、空气中と水中との間の画角変動を抑えるようにすればよい。

[0022] 撮像光学系10のうち主レンズMLは、撮像光学系10の主要な構成要素であり、物体側から順に、負の第1レンズL1、負の第2レンズL2、正の第3レンズL3、開口絞り（又は絞り）ST、正の第4レンズL4、正の第5レンズL5、負の第6レンズL6、及び正の第7レンズL7から実質的になる。主レンズMLを負先行とすることで、入射瞳位置を物体側に配置することができ、広角ながら前玉径の小さい光学系を実現できる。また、第1及び第2レンズL1、L2を負とすることで、第1レンズL1のみを負とする場合よりもパワーが分割され、各レンズで発生する非点収差や誤差感度を低減することができる。また、第3レンズL3を正とすることで、負の第1及び第2レンズL1、L2で発生する歪曲収差、色収差、球面収差等を補正することができる。また、第4及び第5レンズL4、L5を正とすることで、光束径を比較的早い段階で収斂させ、光学全長を短くでき、球面収差の増大も抑制できる。また、第6レンズL6を負とすることで、開口絞りSTより後ろの群内の正レンズ（具体的には、第4、第5、及び第7レンズL4、L5、L7）で発生する歪曲収差、色収差、球面収差等を補正することができる。また、第7レンズL7を正レンズとすることで、イメージセンサーへの光線入射角を比較的小さく抑えることができる。以上のような構成により、

撮像光学系 10 は、広角化、小型化、及び高性能化を両立できる。

[0023] 第 1 レンズ L1 の物体側面 S11 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状となっている。これにより、第 1 レンズ L1 の物体側面 S11 への光線入射角を小さくして非点収差等の発生を抑えることができる。また、第 2 レンズ L2 の像側面 S22 は、物体側面 S21 よりも像側に強い凹面を向けている。第 2 レンズ L2 は、全体で負のパワーを持っているが、光線の面への入射角が小さい、像側面 S22 の凹面を物体側面 S21 より強くすることで、第 2 レンズ L2 で十分な負のパワーを確保しながら、第 2 レンズ L2 で発生する非点収差等を小さく抑えることができる。また、第 5 及び第 6 レンズ L5, L6 は接合レンズ CS となっている。これにより、第 5 及び第 6 レンズ L5, L6 がそれぞれ単レンズの場合よりも球面収差及び色収差を良好に補正することができる。

[0024] 補助レンズ SL は、主レンズ ML より物体側に装着される。これにより、主レンズ ML の光路の途中に補助レンズ SL を配置する光学系よりも、補助レンズ SL の偏芯感度を低くすることができ、良好な光学性能を維持できる。また、ユーザーの操作性が良くなり、装着機構も簡素化できる。補助レンズ SL の物体側面 S01 は、物体側に凸面を向けている。これにより、補助レンズ SL の物体側面 S01 は、半画角 90° 以上の光線を取り込むことができる。なお、補助レンズ SL は、撮像光学系 10 において、収差補正の他に、防水、耐水圧、耐落下衝撃等の機能も持たせている。

[0025] 撮像光学系 10 は、以下の条件式 (1) を満たす。

$$-4.2 \leq f_A / f_M \leq -1.7 \quad \dots \quad (1)$$

ここで、値  $f_A$  は補助レンズ SL の焦点距離であり、値  $f_M$  は主レンズ ML の焦点距離である。

[0026] 条件式 (1) の値  $f_A / f_M$  の下限を上回ること、補助レンズ SL のパワーが弱すぎないため、補助レンズ SL の加工性を確保しつつ光学系が大型化することを防ぐことができる。一方、条件式 (1) の値  $f_A / f_M$  の上限を下回ること、補助レンズ SL のパワーが強すぎないため、補助レンズ S

Lで発生する収差を小さくしたり、誤差感度を小さくしたりすることができ、光学系全体で良好な光学性能を得ることができる。

[0027] また、撮像光学系10は、条件式(1)に追加して、以下の条件式(2)をさらに満たす。

$$-4.2 \leq f_{AA}/f_M \leq -2.8 \quad \dots \quad (2)$$

ここで、値 $f_{AA}$ は空气中用の補助レンズSLの焦点距離であり、値 $f_M$ は主レンズMLの焦点距離である。

[0028] 条件式(2)の値 $f_{AA}/f_M$ の下限を上回ること、空气中において、補助レンズSLのパワーが弱すぎないため、補助レンズSLの加工性を確保しつつ光学系が大型化することを防ぐことができる。一方、条件式(2)の値 $f_{AA}/f_M$ の上限を下回ること、補助レンズSLのパワーが強すぎないため、補助レンズSLで発生する収差を小さくしたり、誤差感度を小さくしたりすることができ、光学系全体で良好な光学性能を得ることができる。

[0029] また、撮像光学系10は、条件式(1)に追加して、以下の条件式(3)をさらに満たす。

$$-3.1 \leq f_{AW}/f_M \leq -1.7 \quad \dots \quad (3)$$

ここで、値 $f_{AW}$ は水性媒質中用の補助レンズSLの焦点距離であり、値 $f_M$ は主レンズMLの焦点距離である。

[0030] 条件式(3)の値 $f_{AW}/f_M$ の下限を上回ること、水性媒質中において、補助レンズSLのパワーが弱すぎないため、補助レンズSLの加工性を確保しつつ光学系が大型化することを防ぐことができる。一方、条件式(3)の値 $f_{AW}/f_M$ の上限を下回ること、補助レンズSLのパワーが強すぎないため、補助レンズSLで発生する収差を小さくしたり、誤差感度を小さくしたりすることができ、光学系全体で良好な光学性能を得ることができる。

[0031] また、撮像光学系10は、条件式(1)に追加して、以下の条件式(4)をさらに満たす。

$$-6 \leq (R_{2AA} + R_{1AA}) / (R_{2AA} - R_{1AA}) \leq -3 \quad \dots$$

(4)

ここで、値  $R_{1AA}$  は空气中用の補助レンズ  $S_L$  の物体側面  $S_{O1}$  の曲率半径であり、値  $R_{2AA}$  は空气中用の補助レンズ  $S_L$  の像側面  $S_{O2}$  の曲率半径である。

[0032] 条件式 (4) の値  $(R_{2AA} + R_{1AA}) / (R_{2AA} - R_{1AA})$  の下限を上回ること、物体側面の曲率半径と像側面の曲率半径との間に、ある程度の差がつくため、補助レンズ  $S_L$  のパワーが得られ、補助レンズ  $S_L$  の大型化を防げたり、レンズの加工性が向上したりする。一方、条件式 (4) の値  $(R_{2AA} + R_{1AA}) / (R_{2AA} - R_{1AA})$  の上限を下回ること、補助レンズ  $S_L$  の物体側面の曲率半径と像側面の曲率半径との間に差がつきすぎないため、補助レンズ  $S_L$  で発生する非点収差等を小さく抑えることができる。

[0033] また、撮像光学系 10 は、条件式 (1) に追加して、以下の条件式 (5) をさらに満たす。

$$-9 \leq (R_{2AW} + R_{1AW}) / (R_{2AW} - R_{1AW}) \leq -3 \quad \dots$$

(5)

ここで、値  $R_{1AW}$  は水性媒質中用の補助レンズ  $S_L$  の物体側面  $S_{O1}$  の曲率半径であり、値  $R_{2AW}$  は水性媒質中用の補助レンズ  $S_L$  の像側面  $S_{O2}$  の曲率半径である。

[0034] 条件式 (5) の値  $(R_{2AW} + R_{1AW}) / (R_{2AW} - R_{1AW})$  の下限を上回ること、物体側面の曲率半径と像側面の曲率半径との間に、ある程度の差がつくため、補助レンズ  $S_L$  のパワーが得られ、補助レンズ  $S_L$  の大型化を防げたり、レンズの加工性が向上したりする。一方、条件式 (5) の値  $(R_{2AW} + R_{1AW}) / (R_{2AW} - R_{1AW})$  の上限を下回ること、補助レンズ  $S_L$  の物体側面の曲率半径と像側面の曲率半径との間に差がつきすぎないため、補助レンズ  $S_L$  で発生する非点収差等を小さく抑えることができる。

[0035] また、撮像光学系 10 は、条件式 (1) に追加して、以下の条件式 (6)

をさらに満たす。

$$0.5 \leq f_{AW} / f_{AA} \leq 0.9 \quad \dots \quad (6)$$

ここで、値  $f_{AW}$  は水性媒質中用の補助レンズ S L の焦点距離であり、値  $f_{AA}$  は空气中用の補助レンズ S L の焦点距離である。

[0036] 条件式 (6) の値  $f_{AW} / f_{AA}$  の下限を上回ること、水性媒質中用の補助レンズ S L のパワーが空气中用の補助レンズ S L のパワーに比べて強くなりすぎないため、水性媒質中時の画角が空气中時の画角より大きくなりすぎずにすむ。一方、条件式 (6) の値  $f_{AW} / f_{AA}$  の上限を下回ること、水性媒質中用の補助レンズ S L のパワーが空气中用の補助レンズ S L のパワーに比べて弱くなりすぎないため、水性媒質中時の画角が空气中時の画角より小さくなりすぎずにすむ。

[0037] なお、撮像光学系 10 は、実質的にパワーを持たないその他の光学素子（例えばレンズ、フィルター部材等）をさらに有するものであってもよい。

[0038] 以上説明した撮像光学系等では、補助レンズ S L は媒質に応じて交換可能であり、このように媒質に応じて補助レンズ S L を変えることで、光学系全系では空気や水性媒質のように屈折率や分散が互いに異なる媒質においても所望の光学性能を得ることができる。また、補助レンズ S L に負のパワーを持たせることにより、光学系が広角化し、空气中用の補助レンズ S L から水性媒質中用の補助レンズ S L に切り替えた際の画角変動を抑えることができる。このように、補助レンズ S L が負のパワーを有するため、主レンズ M L と組み合わせて撮像面 I にピントが合うように、主レンズ M L 単体では、ピント位置が撮像面 I よりも物体側にある。また、補助レンズ S L を 1 枚とすることで、主レンズ M L との組み合わせ時の作業性が良好となる。以上のことにより、本実施形態の撮像光学系 10 及び撮像装置 100 は、水性媒質中でも例えば魚眼レンズのように画角  $180^\circ$  以上と十分に広角で、空気中と水性媒質中とで結像性能変化が小さく、画角変化も  $5^\circ$  程度と十分小さく、小型で高性能なものとなる。

[0039] [実施例]

以下、本発明の撮像光学系等の実施例を示す。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

$F\ n\ o$  :  $F$  ナンバー

$w$  : 半画角

$y\ m\ a\ x$  : 最大像高

$T\ L$  : レンズ全長（光学全長）（最も物体側のレンズ面から撮像面までの光軸上距離）

$B\ F$  : バックフォーカス

$R$  : 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

$\nu\ d$  : レンズ材料のアッベ数

各実施例において、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  $X$  軸を取り、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

$R$  : 基準曲率半径

$K$  : 円錐定数

[0040] （実施例 1）

実施例 1 の撮像光学系の全体諸元を以下の表 1 に示す。

[表 1]

|         | 空气中  | 水中   |
|---------|------|------|
| $f(mm)$ | 1.33 | 1.03 |

|          |       |       |
|----------|-------|-------|
| Fno      | 2.42  | 2.42  |
| w(°)     | 100.0 | 97.5  |
| ymax(mm) | 2.33  | 2.33  |
| TL(mm)   | 21.11 | 27.00 |
| BF(mm)   | 1.46  | 1.46  |

[0041] 実施例1の撮像光学系のレンズ面のデータを以下の表2に示す。なお、以下の表1等において、面番号を「Surf. N」で表し、開口絞りを「ST」で表し、無限大を「INF」で表している。また、「image」は撮像素子の撮像面I（又は撮像光学系の結像面）を表している。また、「r1」及び「r2」は補助レンズにおける空气中又は水中の曲率半径を表している。「d1」及び「d2」は補助レンズにおける空气中又は水中の軸上面間隔を表している。「n1」及び「 $\nu$ 1」は補助レンズにおける空气中又は水中のd線に対する屈折率及びアッペ数をそれぞれ表している。

〔表2〕

| Surf. N | R(mm)   | D(mm) | nd      | $\nu$ d |
|---------|---------|-------|---------|---------|
| 1       | r1      | d1    | n1      | $\nu$ 1 |
| 2       | r2      | d2    |         |         |
| 3       | 10.413  | 1.00  | 1.91082 | 35.3    |
| 4       | 3.326   | 2.20  |         |         |
| 5*      | -14.343 | 0.64  | 1.53048 | 55.7    |
| 6*      | 1.899   | 1.54  |         |         |
| 7       | 12.702  | 1.00  | 2.00270 | 19.3    |
| 8       | -12.538 | 0.86  |         |         |
| 9(ST)   | INF     | 0.36  |         |         |
| 10      | 13.916  | 0.85  | 1.72916 | 54.7    |
| 11      | 9.485   | 0.10  |         |         |
| 12      | 10.413  | 1.76  | 1.72916 | 54.7    |
| 13      | 3.326   | 0.01  | 1.51400 | 42.8    |

|     |         |      |         |      |
|-----|---------|------|---------|------|
| 14  | -14.343 | 0.50 | 1.92286 | 20.9 |
| 15  | 1.899   | 0.58 |         |      |
| 16* | 12.702  | 1.93 | 1.53048 | 55.7 |
| 17* | -12.538 | 0.43 |         |      |
| 18  | INF     | 0.61 | 1.51680 | 64.2 |
| 19  | INF     | 0.63 |         |      |

image

[0042] 実施例1の撮像光学系のレンズ面の非球面係数を以下の表3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3〕

第5面

K=0.000, A4=2.6107E-02, A6=-7.2545E-03, A8=1.0482E-03,  
A10=-8.1561E-05, A12=2.6580E-06

第6面

K=0.000, A4=3.0016E-02, A6=1.3133E-02, A8=-1.5587E-02,  
A10=5.4692E-03, A12=-7.2262E-04

第16面

K=-6.187, A4=1.5425E-02, A6=-1.6216E-03, A8=1.7490E-04,  
A10=-8.2247E-06, A12=1.9982E-07

第17面

K=0.611, A4=1.0690E-02, A6=3.1096E-03, A8=-6.0656E-04,  
A10=3.4317E-05, A12=7.0148E-08

[0043] 表2に示す実施例1の補助レンズにおける空気中又は水中の曲率半径、軸上面間隔、d線に対する屈折率、及びアッペ数を以下の表4に示す。

〔表4〕

空気中      水中

|         |         |         |
|---------|---------|---------|
| r1      | 13.916  | 20.614  |
| r2      | 9.485   | 15.957  |
| d1      | 3.00    | 2.00    |
| d2      | 3.11    | 10.00   |
| n1      | 2.00060 | 2.00060 |
| $\nu$ 1 | 25.5    | 25.5    |

[0044] 実施例1の撮像光学系において、主レンズ単体の場合の画面中心結像位置を以下の表5に示す。なお、表5において、撮像光学系に補助レンズを組み込んだ場合の結像位置を原点としている（以降の実施例も同様）。

〔表5〕

主レンズ単体の画面中心結像位置(mm)：-0.04

[0045] 実施例1及び比較例1の撮像光学系の最大画角における非点隔差を以下の表6に示す。なお、比較例1は、主レンズMLのみで構成される撮像光学系である（以降の比較例も同様）。

〔表6〕

空气中・補助レンズ付き（実施例1）：0.009

水中・補助レンズ付き（実施例1）：0.003

空气中・主レンズのみ（比較例1）：0.104

表6に示すように、撮像光学系10に補助レンズSLを組み込むことにより、収差補正を行うことで、良好な光学性能を得ることができることがわかる。一方、主レンズMLのみの場合には、収差補正が不足していることがわかる。

[0046] 図2A及び2Bは、実施例1の撮像光学系10A等の断面図である。具体的には、図2Aは、空气中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Aの断面図であり、図2Bは、水中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Aの断面図である。撮像光学系10Aは、主レンズMLと、空气中用又は水中用の補助レンズSLとから実質的になる。主レンズMLは、物体側から順に、負の第1レンズL1、負の第2レンズL2、正の第3レンズL

3、開口絞り（又は絞り）S T、正の第4レンズL 4、正の第5レンズL 5、負の第6レンズL 6、及び正の第7レンズL 7から実質的になる。補助レンズS Lは、1枚の負レンズから実質的になる。主レンズM Lの第7レンズL 7と撮像素子5 1との間には、適当な厚さのフィルターFが配置されている。フィルターFは、光学的ローパスフィルター、I Rカットフィルター、撮像素子5 1のシールガラス等を想定した平行平板である。符号Iは、撮像素子5 1の被投影面である撮像面を示す。なお、符号F、Iについては、以降の実施例でも同様である。

[0047] 図3 A及び3 Bは、実施例1の空气中用の補助レンズS Lを組み込んだ撮像光学系1 0 Aの収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図3 C及び3 Dは、実施例1の水中用の補助レンズS Lを組み込んだ撮像光学系1 0 Aの収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図3 E及び3 Fは、比較例1の主レンズM Lのみで構成される撮像光学系の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。上記球面収差図において、「F 2.4」はFナンバーを表す。上記非点収差図では、実線がサジタル像面を表し、点線がメリジオナル像面を表す。

[0048] （実施例2）

実施例2の撮像光学系の全体諸元を以下の表7に示す。

〔表7〕

|                       | 空气中   | 水中    |
|-----------------------|-------|-------|
| f(mm)                 | 1.34  | 1.03  |
| Fno                   | 2.42  | 2.42  |
| w(°)                  | 100.0 | 97.5  |
| y <sub>max</sub> (mm) | 2.33  | 2.33  |
| TL(mm)                | 20.81 | 25.23 |
| BF(mm)                | 1.41  | 1.41  |

[0049] 実施例2の撮像光学系のレンズ面のデータを以下の表8に示す。

〔表8〕

| Surf. N | R(mm)   | D(mm) | nd      | $\nu_d$ |
|---------|---------|-------|---------|---------|
| 1       | r1      | d1    | n1      | $\nu_1$ |
| 2       | r2      | d2    |         |         |
| 3       | 11.224  | 1.00  | 1.91082 | 35.3    |
| 4       | 3.273   | 2.11  |         |         |
| 5*      | -29.167 | 0.65  | 1.53048 | 55.7    |
| 6*      | 1.887   | 1.46  |         |         |
| 7       | 24.765  | 1.39  | 2.00270 | 19.3    |
| 8       | -9.025  | 0.86  |         |         |
| 9(ST)   | INF     | 0.30  |         |         |
| 10      | 22.240  | 0.83  | 1.72916 | 54.7    |
| 11      | -3.756  | 0.10  |         |         |
| 12      | 6.083   | 1.69  | 1.72916 | 54.7    |
| 13      | -2.457  | 0.01  | 1.51400 | 42.8    |
| 14      | -2.457  | 0.50  | 1.92286 | 20.9    |
| 15      | 5.719   | 0.66  |         |         |
| 16*     | 3.077   | 1.82  | 1.53048 | 55.7    |
| 17*     | -4.955  | 0.40  |         |         |
| 18      | INF     | 0.61  | 1.51680 | 64.2    |
| 19      | INF     | 0.61  |         |         |

image

[0050] 実施例2の撮像光学系のレンズ面の非球面係数を以下の表9に示す。

[表9]

第5面

$K=0.000$ ,  $A4=2.4520E-02$ ,  $A6=-7.2725E-03$ ,  $A8=1.0574E-03$ ,

$A10=1.0574E-03$ ,  $A12=1.0574E-03$

第6面

$K=0.000$ ,  $A4=3.2707E-02$ ,  $A6=7.0369E-03$ ,  $A8=-1.1818E-02$ ,

$A10=4.2892E-03$ ,  $A12=-6.1056E-04$

第16面

$K=-5.928$ ,  $A4=1.5528E-02$ ,  $A6=-1.5478E-03$ ,  $A8=1.8921E-04$ ,

$A10=-8.9726E-06$ ,  $A12=3.4445E-07$

第17面

$K=0.183$ ,  $A4=1.2103E-02$ ,  $A6=2.8716E-03$ ,  $A8=-5.7878E-04$ ,

$A10=4.7290E-05$ ,  $A12=-1.1043E-06$

[0051] 表 8 に示す実施例 2 の補助レンズにおける空气中又は水中の曲率半径、軸上面間隔、 $d$  線に対する屈折率、及びアッペ数を以下の表 10 に示す。

〔表 10〕

|         | 空气中     | 水中      |
|---------|---------|---------|
| $r1$    | 14.073  | 17.376  |
| $r2$    | 9.748   | 13.565  |
| $d1$    | 3.00    | 2.00    |
| $d2$    | 2.81    | 8.23    |
| $n1$    | 1.84666 | 1.84666 |
| $\nu 1$ | 23.8    | 23.8    |

[0052] 実施例 2 の撮像光学系において、主レンズ単体の場合の画面中心結像位置を以下の表 11 に示す。

〔表 11〕

主レンズ単体の画面中心結像位置(mm) : -0.03

[0053] 実施例 2 及び比較例 2 の撮像光学系の最大画角における非点隔差を以下の表 12 に示す。

〔表 12〕

空气中・補助レンズ付（実施例 2） : 0.008

水中・補助レンズ付き（実施例 2） : -0.004

空气中・主レンズのみ（比較例 2） : 0.086

表 12 に示すように、撮像光学系 10 に補助レンズ SL を組み込むことに

より、収差補正を行うことで、良好な光学性能を得ることができることがわかる。一方、主レンズMLのみの場合には、収差補正が不足していることがわかる。

[0054] 図4A及び4Bは、実施例2の撮像光学系10B等の断面図である。具体的には、図4Aは、空気中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Bの断面図であり、図4Bは、水中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Bの断面図である。撮像光学系10Bは、主レンズMLと、空気中用又は水中用の補助レンズSLとから実質的になる。主レンズMLは、物体側から順に、負の第1レンズL1、負の第2レンズL2、正の第3レンズL3、開口絞り（又は絞り）ST、正の第4レンズL4、正の第5レンズL5、負の第6レンズL6、及び正の第7レンズL7から実質的になる。補助レンズSLは、1枚の負レンズから実質的になる。主レンズMLの第7レンズL7と撮像素子51との間には、適当な厚さのフィルターFが配置されている。フィルター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。

[0055] 図5A及び5Bは、実施例2の空気中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Bの収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図5C及び5Dは、実施例2の水中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Bの収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図5E及び5Fは、比較例2の主レンズMLのみで構成される撮像光学系の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。

[0056] （実施例3）

実施例3の撮像光学系の全体諸元を以下の表13に示す。

〔表13〕

|       | 空気中   | 水中   |
|-------|-------|------|
| f(mm) | 1.33  | 1.07 |
| Fno   | 2.43  | 2.43 |
| w(°)  | 100.0 | 97.5 |

|                       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|
| y <sub>max</sub> (mm) | 2.33  | 2.33  |
| TL(mm)                | 21.11 | 27.00 |
| BF(mm)                | 1.41  | 1.41  |

[0057] 実施例3の撮像光学系のレンズ面のデータを以下の表14に示す。

〔表14〕

| Surf. N | R(mm)   | D(mm) | nd      | $\nu_d$ |
|---------|---------|-------|---------|---------|
| 1       | r1      | d1    | n1      | $\nu_1$ |
| 2       | r2      | d2    |         |         |
| 3       | 10.700  | 1.00  | 1.91082 | 35.3    |
| 4       | 3.388   | 2.21  |         |         |
| 5*      | -23.656 | 0.61  | 1.53048 | 55.7    |
| 6*      | 1.979   | 1.71  |         |         |
| 7       | 17.191  | 1.37  | 2.00270 | 19.3    |
| 8       | -12.377 | 1.07  |         |         |
| 9(ST)   | INF     | 0.30  |         |         |
| 10      | 14.419  | 0.84  | 1.72916 | 54.7    |
| 11      | -4.315  | 0.12  |         |         |
| 12      | 6.400   | 1.80  | 1.72916 | 54.7    |
| 13      | -2.529  | 0.01  | 1.51400 | 42.8    |
| 14      | -2.529  | 0.50  | 1.92286 | 20.9    |
| 15      | 6.379   | 0.66  |         |         |
| 16*     | 3.030   | 1.87  | 1.53048 | 55.7    |
| 17*     | -6.493  | 0.40  |         |         |
| 18      | INF     | 0.61  | 1.51680 | 64.2    |
| 19      | INF     | 0.61  |         |         |
| image   |         |       |         |         |

[0058] 実施例3の撮像光学系レンズ面の非球面係数を以下の表15に示す。

〔表15〕

## 第5面

$K=0.000$ ,  $A4=2.4548E-02$ ,  $A6=-7.2698E-03$ ,  $A8=1.0701E-03$ ,  
 $A10=-8.3082E-05$ ,  $A12=2.6679E-06$

## 第6面

$K=0.000$ ,  $A4=2.7299E-02$ ,  $A6=8.3567E-03$ ,  $A8=-1.2622E-02$ ,  
 $A10=4.3432E-03$ ,  $A12=-5.5821E-04$

## 第16面

$K=-5.517$ ,  $A4=1.5456E-02$ ,  $A6=-1.5504E-03$ ,  $A8=1.8761E-04$ ,  
 $A10=-9.3742E-06$ ,  $A12=2.2435E-07$

## 第17面

$K=1.415$ ,  $A4=1.0229E-02$ ,  $A6=2.6996E-03$ ,  $A8=-5.6199E-04$ ,  
 $A10=5.1167E-05$ ,  $A12=-2.2542E-06$

[0059] 表 1 4 に示す実施例 3 の補助レンズにおける空气中又は水中の曲率半径、軸上面間隔、d 線に対する屈折率、及びアッペ数を以下の表 1 6 に示す。

〔表 1 6〕

|         | 空气中     | 水中      |
|---------|---------|---------|
| r1      | 14.297  | 29.424  |
| r2      | 9.630   | 17.772  |
| d1      | 3.00    | 2.00    |
| d2      | 3.15    | 7.55    |
| n1      | 1.90366 | 1.83400 |
| $\nu$ 1 | 31.3    | 37.4    |

[0060] 実施例 3 の撮像光学系において、主レンズ単体の場合の画面中心結像位置を以下の表 1 7 に示す。

〔表 1 7〕

主レンズ単体の画面中心結像位置(mm) : -0.04

[0061] 実施例 3 及び比較例 3 の撮像光学系の最大画角における非点隔差を以下の表 1 8 に示す。

## 〔表 1 8〕

空气中・補助レンズ付（実施例 3）：0.007

水中・補助レンズ付き（実施例 3）：-0.003

空气中・主レンズのみ（比較例 3）：0.100

表 1 8 に示すように、撮像光学系 1 0 に補助レンズ S L を組み込むことにより、収差補正を行うことで、良好な光学性能を得ることができることがわかる。一方、主レンズ M L のみの場合には、収差補正が不足していることがわかる。

[0062] 図 6 A 及び 6 B は、実施例 3 の撮像光学系 1 0 C 等の断面図である。具体的には、図 6 A は、空气中用の補助レンズ S L を組み込んだ撮像光学系 1 0 C の断面図であり、図 6 B は、水中用の補助レンズ S L を組み込んだ撮像光学系 1 0 C の断面図である。撮像光学系 1 0 C は、主レンズ M L と、空气中用又は水中用の補助レンズ S L とから実質的になる。主レンズ M L は、物体側から順に、負の第 1 レンズ L 1、負の第 2 レンズ L 2、正の第 3 レンズ L 3、開口絞り（又は絞り）S T、正の第 4 レンズ L 4、正の第 5 レンズ L 5、負の第 6 レンズ L 6、及び正の第 7 レンズ L 7 から実質的になる。補助レンズ S L は、1 枚の負レンズから実質的になる。主レンズ M L の第 7 レンズ L 7 と撮像素子 5 1 との間には、適当な厚さのフィルター F が配置されている。フィルター F は、光学的ローパスフィルター、I R カットフィルター、撮像素子 5 1 のシールガラス等を想定した平行平板である。

[0063] 図 7 A 及び 7 B は、実施例 3 の空气中用の補助レンズ S L を組み込んだ撮像光学系 1 0 C の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図 7 C 及び 7 D は、実施例 3 の水中用の補助レンズ S L を組み込んだ撮像光学系 1 0 C の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図 7 E 及び 7 F は、比較例 3 の主レンズ M L のみで構成される撮像光学系の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。

[0064] （実施例 4）

実施例 4 の撮像光学系の全体諸元を以下の表 1 9 に示す。

〔表 19〕

|           | 空气中   | 水中    |
|-----------|-------|-------|
| f (mm)    | 1.33  | 1.07  |
| Fno       | 2.43  | 2.43  |
| w(°)      | 100.0 | 97.5  |
| ymax (mm) | 2.33  | 2.33  |
| TL (mm)   | 21.79 | 26.14 |
| BF (mm)   | 1.41  | 1.41  |

[0065] 実施例 4 の撮像光学系のレンズ面のデータを以下の表 20 に示す。

〔表 20〕

| Surf. N | R (mm)  | D (mm) | nd      | $\nu_d$ |
|---------|---------|--------|---------|---------|
| 1       | r1      | d1     | n1      | $\nu_1$ |
| 2       | r2      | d2     |         |         |
| 3       | 10.980  | 1.12   | 1.91082 | 35.3    |
| 4       | 3.398   | 2.22   |         |         |
| 5*      | -23.041 | 0.61   | 1.53048 | 55.7    |
| 6*      | 1.919   | 1.61   |         |         |
| 7       | 24.575  | 1.32   | 2.00270 | 19.3    |
| 8       | -10.687 | 0.95   |         |         |
| 9(ST)   | INF     | 0.35   |         |         |
| 10      | 19.768  | 0.87   | 1.72916 | 54.7    |
| 11      | -4.004  | 0.14   |         |         |
| 12      | 5.908   | 1.83   | 1.72916 | 54.7    |
| 13      | -2.616  | 0.01   | 1.51400 | 42.8    |
| 14      | -2.616  | 0.50   | 1.92286 | 20.9    |
| 15      | 5.762   | 0.59   |         |         |
| 16*     | 3.034   | 1.90   | 1.53048 | 55.7    |
| 17*     | -5.281  | 0.40   |         |         |

18            INF        0.61        1.51680    64.2

19            INF        0.61

image

[0066] 実施例4の撮像光学系のレンズ面の非球面係数を以下の表21に示す。

〔表21〕

第5面

$K=0.000$ ,  $A4=2.4763E-02$ ,  $A6=-7.2354E-03$ ,  $A8=1.0571E-03$ ,

$A10=-8.2628E-05$ ,  $A12=2.7074E-06$

第6面

$K=0.000$ ,  $A4=2.9158E-02$ ,  $A6=9.8126E-03$ ,  $A8=-1.3791E-02$ ,

$A10=4.8809E-03$ ,  $A12=-6.6456E-04$

第16面

$K=-5.841$ ,  $A4=1.5554E-02$ ,  $A6=-1.5390E-03$ ,  $A8=1.8332E-04$ ,

$A10=-9.3128E-06$ ,  $A12=3.5838E-07$

第17面

$K=0.665$ ,  $A4=1.0476E-02$ ,  $A6=3.1216E-03$ ,  $A8=-5.7633E-04$ ,

$A10=4.0517E-05$ ,  $A12=-7.8815E-07$

[0067] 表20に示す実施例4の補助レンズにおける空气中又は水中の曲率半径、軸上面間隔、d線に対する屈折率、及びアッペ数を以下の表22に示す。

〔表22〕

|         | 空气中     | 水中      |
|---------|---------|---------|
| r1      | 14.213  | 32.344  |
| r2      | 9.801   | 20.620  |
| d1      | 3.00    | 2.00    |
| d2      | 3.16    | 8.51    |
| n1      | 1.80610 | 1.83481 |
| $\nu$ 1 | 33.3    | 42.7    |

[0068] 実施例4の撮像光学系において、主レンズ単体の場合の画面中心結像位置

を以下の表 2 3 に示す。

〔表 2 3〕

主レンズ単体の画面中心結像位置(mm) : -0.03

[0069] 実施例 4 及び比較例 4 の撮像光学系の最大画角における非点隔差を以下の表 2 4 に示す。

〔表 2 4〕

空气中・補助レンズ付き（実施例 4） : 0.001

水中・補助レンズ付き（実施例 4） : -0.002

空气中・主レンズのみ（比較例 4） : 0.079

表 2 4 に示すように、撮像光学系 1 0 に補助レンズ S L を組み込むことにより、収差補正を行うことで、良好な光学性能を得ることができることがわかる。一方、主レンズ M L のみの場合には、収差補正が不足していることがわかる。

[0070] 図 8 A 及び 8 B は、実施例 4 の撮像光学系 1 0 D 等の断面図である。具体的には、図 8 A は、空气中用の補助レンズ S L を組み込んだ撮像光学系 1 0 D の断面図であり、図 8 B は、水中用の補助レンズ S L を組み込んだ撮像光学系 1 0 D の断面図である。撮像光学系 1 0 D は、主レンズ M L と、空气中用又は水中用の補助レンズ S L とから実質的になる。主レンズ M L は、物体側から順に、負の第 1 レンズ L 1、負の第 2 レンズ L 2、正の第 3 レンズ L 3、開口絞り（又は絞り）S T、正の第 4 レンズ L 4、正の第 5 レンズ L 5、負の第 6 レンズ L 6、及び正の第 7 レンズ L 7 から実質的になる。補助レンズ S L は、1 枚の負レンズから実質的になる。主レンズ M L の第 7 レンズ L 7 と撮像素子 5 1 との間には、適当な厚さのフィルター F が配置されている。フィルター F は、光学的ローパスフィルター、I R カットフィルター、撮像素子 5 1 のシールガラス等を想定した平行平板である。

[0071] 図 9 A 及び 9 B は、実施例 4 の空气中用の補助レンズ S L を組み込んだ撮像光学系 1 0 D の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図 9 C 及び 9 D は、実施例 4 の水中用の補助レンズ S L を組み込んだ撮像光学

系 1 O D の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図 9 E 及び 9 F は、比較例 4 の主レンズ M L のみで構成される撮像光学系の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。

[0072] （実施例 5）

実施例 5 の撮像光学系の全体諸元を以下の表 2 5 に示す。

〔表 2 5〕

|                       | 空气中   | 水中    |
|-----------------------|-------|-------|
| f (mm)                | 1.34  | 1.06  |
| Fno                   | 2.43  | 2.43  |
| w (°)                 | 100.0 | 97.5  |
| y <sub>max</sub> (mm) | 2.33  | 2.34  |
| TL (mm)               | 22.58 | 24.17 |
| BF (mm)               | 1.60  | 1.60  |

[0073] 実施例 5 の撮像光学系のレンズ面のデータを以下の表 2 6 に示す。

〔表 2 6〕

| Surf. N | R (mm)   | D (mm) | nd      | $\nu_d$ |
|---------|----------|--------|---------|---------|
| 1       | r1       | d1     | n1      | $\nu_1$ |
| 2       | r2       | d2     |         |         |
| 3       | 11.480   | 1.00   | 1.91082 | 35.3    |
| 4       | 3.285    | 2.08   |         |         |
| 5*      | -153.424 | 0.50   | 1.53048 | 55.7    |
| 6*      | 2.176    | 1.53   |         |         |
| 7       | 20.890   | 2.36   | 2.00270 | 19.3    |
| 8       | -9.481   | 1.20   |         |         |
| 9(ST)   | INF      | 0.30   |         |         |
| 10      | 24.731   | 0.71   | 1.72916 | 54.7    |
| 11      | -4.573   | 0.10   |         |         |
| 12      | 4.757    | 1.32   | 1.72916 | 54.7    |

|     |        |      |         |      |
|-----|--------|------|---------|------|
| 13  | -3.520 | 0.01 | 1.51400 | 42.8 |
| 14  | -3.520 | 0.50 | 1.92286 | 20.9 |
| 15  | 4.500  | 0.83 |         |      |
| 16* | 3.300  | 1.75 | 1.53048 | 55.7 |
| 17* | -6.310 | 0.49 |         |      |
| 18  | INF    | 0.61 | 1.51680 | 64.2 |
| 19  | INF    | 0.70 |         |      |

image

[0074] 実施例5の撮像光学系のレンズ面の非球面係数を以下の表27に示す。

〔表27〕

第5面

$K=0.000$ ,  $A4=2.2915E-02$ ,  $A6=-7.2802E-03$ ,  $A8=1.0618E-03$ ,  
 $A10=-8.0622E-05$ ,  $A12=2.5509E-06$

第6面

$K=0.000$ ,  $A4=2.6707E-02$ ,  $A6=-7.3507E-04$ ,  $A8=-4.7759E-03$ ,  
 $A10=1.5042E-03$ ,  $A12=-1.6586E-04$

第16面

$K=-5.491$ ,  $A4=1.3592E-02$ ,  $A6=-1.5996E-03$ ,  $A8=1.7021E-04$ ,  
 $A10=2.3834E-06$ ,  $A12=-1.7387E-06$

第17面

$K=2.506$ ,  $A4=1.1759E-02$ ,  $A6=1.2336E-03$ ,  $A8=-5.8142E-04$ ,  
 $A10=1.0844E-04$ ,  $A12=-8.4810E-06$

[0075] 表26に示す実施例5の補助レンズにおける空气中又は水中の曲率半径、軸上面間隔、d線に対する屈折率、及びアッペ数を以下の表28に示す。

〔表28〕

|    | 空气中    | 水中     |
|----|--------|--------|
| r1 | 14.380 | 25.700 |
| r2 | 9.272  | 13.755 |

|         |         |         |
|---------|---------|---------|
| d1      | 3.00    | 2.00    |
| d2      | 3.58    | 6.17    |
| n1      | 1.90366 | 1.83400 |
| $\nu$ 1 | 31.3    | 37.4    |

[0076] 実施例5の撮像光学系において、主レンズ単体の場合の画面中心結像位置を以下の表29に示す。

〔表29〕

主レンズ単体の画面中心結像位置(mm) : -0.05

[0077] 実施例5及び比較例5の撮像光学系の最大画角における非点隔差を以下の表30に示す。

〔表30〕

空气中・補助レンズ付き（実施例5） : 0.016

水中・補助レンズ付き（実施例5） : -0.018

空气中・主レンズのみ（比較例5） : 0.130

表30に示すように、撮像光学系10に補助レンズSLを組み込むことにより、収差補正を行うことで、良好な光学性能を得ることができることがわかる。一方、主レンズMLのみの場合には、収差補正が不足していることがわかる。

[0078] 図10A及び10Bは、実施例5の撮像光学系10E等の断面図である。具体的には、図10Aは、空气中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Eの断面図であり、図10Bは、水中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Eの断面図である。撮像光学系10Eは、主レンズMLと、空气中用又は水中用の補助レンズSLとから実質的になる。主レンズMLは、物体側から順に、負の第1レンズL1、負の第2レンズL2、正の第3レンズL3、開口絞り（又は絞り）ST、正の第4レンズL4、正の第5レンズL5、負の第6レンズL6、及び正の第7レンズL7から実質的になる。補助レンズSLは、1枚の負レンズから実質的になる。主レンズMLの第7レンズL7と撮像素子51との間には、適当な厚さのフィルターFが配置

されている。フィルター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。

[0079] 図11A及び11Bは、実施例5の空气中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Eの収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図11C及び11Dは、実施例5の水中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Eの収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図11E及び11Fは、比較例5の主レンズMLのみで構成される撮像光学系の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。

[0080] （実施例6）

実施例6の撮像光学系の全体諸元を以下の表31に示す。

〔表31〕

|                       | 空气中   | 水中    |
|-----------------------|-------|-------|
| f(mm)                 | 1.34  | 1.07  |
| Fno                   | 2.43  | 2.43  |
| w(°)                  | 100.0 | 97.5  |
| y <sub>max</sub> (mm) | 2.34  | 2.33  |
| TL(mm)                | 21.84 | 24.85 |
| BF(mm)                | 1.45  | 1.45  |

[0081] 実施例6の撮像光学系のレンズ面のデータを以下の表32に示す。

〔表32〕

| Surf. N | R(mm)    | D(mm) | nd      | $\nu_d$ |
|---------|----------|-------|---------|---------|
| 1*      | r1       | d1    | n1      | $\nu_1$ |
| 2*      | r2       | d2    |         |         |
| 3       | 11.481   | 1.01  | 1.91082 | 35.3    |
| 4       | 3.281    | 2.12  |         |         |
| 5*      | -59.464  | 0.51  | 1.53048 | 55.7    |
| 6*      | 2.194    | 1.33  |         |         |
| 7       | -266.734 | 2.09  | 2.00270 | 19.3    |

|       |        |      |         |      |
|-------|--------|------|---------|------|
| 8     | -7.332 | 1.49 |         |      |
| 9(ST) | INF    | 0.30 |         |      |
| 10    | 17.929 | 0.76 | 1.72916 | 54.7 |
| 11    | -4.609 | 0.22 |         |      |
| 12    | 4.845  | 1.38 | 1.72916 | 54.7 |
| 13    | -3.699 | 0.01 | 1.51400 | 42.8 |
| 14    | -3.699 | 0.50 | 1.92286 | 20.9 |
| 15    | 4.480  | 0.77 |         |      |
| 16*   | 3.148  | 1.85 | 1.53048 | 55.7 |
| 17*   | -5.744 | 0.42 |         |      |
| 18    | INF    | 0.61 | 1.51680 | 64.2 |
| 19    | INF    | 0.63 |         |      |

Image

[0082] 実施例6の撮像光学系のレンズ面の非球面係数を以下の表33に示す。

[表33]

第1面(空气中)

$K=0$ ,  $A_4=1.81E-05$ ,  $A_6=-1.90E-07$ ,  $A_8=6.26E-10$ ,

$A_{10}=-8.37E-13$ ,  $A_{12}=0$

第2面(空气中)

$K=0$ ,  $A_4=1.16E-05$ ,  $A_6=3.54E-07$ ,  $A_8=-2.29E-08$ ,

$A_{10}=3.68E-11$ ,  $A_{12}=0$

第1面(水中)

$K=0$ ,  $A_4=-8.1055E-08$ ,  $A_6=-1.2121E-08$ ,  $A_8=-2.0167E-12$ ,

$A_{10}=0$ ,  $A_{12}=0$

第2面(水中)

$K=0$ ,  $A_4=-2.9932E-06$ ,  $A_6=-2.9891E-07$ ,  $A_8=6.3524E-09$ ,

$A_{10}=-1.9722E-11$ ,  $A_{12}=0$

第5面

$K=0.000$ ,  $A4=2.4488E-02$ ,  $A6=-7.6446E-03$ ,  $A8=1.0547E-03$ ,  
 $A10=-7.5158E-05$ ,  $A12=2.2437E-06$

第6面

$K=0.000$ ,  $A4=3.0291E-02$ ,  $A6=-6.6315E-04$ ,  $A8=-5.1987E-03$ ,  
 $A10=1.5622E-03$ ,  $A12=-1.6485E-04$

第16面

$K=-5.327$ ,  $A4=1.5322E-02$ ,  $A6=-1.7361E-03$ ,  $A8=2.1605E-04$ ,  
 $A10=-7.5695E-06$ ,  $A12=-3.2531E-07$

第17面

$K=0.651$ ,  $A4=1.4307E-02$ ,  $A6=1.6541E-03$ ,  $A8=-6.7327E-04$ ,  
 $A10=1.1215E-04$ ,  $A12=-7.6886E-06$

[0083] 表3 2 に示す実施例6の補助レンズにおける空气中又は水中の曲率半径、  
 軸上面間隔、d線に対する屈折率、及びアッペ数を以下の表3 4 に示す。

〔表3 4〕

|         | 空气中     | 水中      |
|---------|---------|---------|
| r1      | 20.048  | 25.799  |
| r2      | 10.791  | 15.992  |
| d1      | 4.34    | 1.40    |
| d2      | 1.50    | 7.45    |
| n1      | 1.63000 | 1.60000 |
| $\nu$ 1 | 23.9    | 31.1    |

[0084] 実施例6の撮像光学系において、主レンズ単体の場合の画面中心結像位置  
 を以下の表3 5 に示す。

〔表3 5〕

主レンズ単体の画面中心結像位置(mm) : -0.04

[0085] 実施例6及び比較例6の撮像光学系の最大画角における非点隔差を以下の  
 表3 6 に示す。

〔表3 6〕

空气中・補助レンズ付き（実施例6）：0.012

水中・補助レンズ付き（実施例6）：0.027

空气中・主レンズのみ（比較例6）：0.122

表36に示すように、撮像光学系10に補助レンズSLを組み込むことにより、収差補正を行うことで、良好な光学性能を得ることができることがわかる。一方、主レンズMLのみの場合には、収差補正が不足していることがわかる。

[0086] 図12A及び12Bは、実施例6の撮像光学系10F等の断面図である。具体的には、図12Aは、空气中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Fの断面図であり、図12Bは、水中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Fの断面図である。撮像光学系10Fは、主レンズMLと、空气中用又は水中用の補助レンズSLとから実質的になる。主レンズMLは、物体側から順に、負の第1レンズL1、負の第2レンズL2、正の第3レンズL3、開口絞り（又は絞り）ST、正の第4レンズL4、正の第5レンズL5、負の第6レンズL6、及び正の第7レンズL7から実質的になる。補助レンズSLは、1枚の負レンズから実質的になる。主レンズMLの第7レンズL7と撮像素子51との間には、適当な厚さのフィルターFが配置されている。フィルター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。

[0087] 図13A及び13Bは、実施例6の空气中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Fの収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図13C及び13Dは、実施例6の水中用の補助レンズSLを組み込んだ撮像光学系10Fの収差図（球面収差及び非点収差）を示している。また、図13E及び13Fは、比較例6の主レンズMLのみで構成される撮像光学系の収差図（球面収差及び非点収差）を示している。

[0088] 以下の表37は、参考のため、各条件式（1）～（6）に対応する各実施例1～6の値をまとめたものである。

[表37]

|        |        | 実施例1  | 実施例2  | 実施例3  | 実施例4  | 実施例5  | 実施例6  |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 条件式(1) | 条件式(2) | -32.8 | -40.7 | -34.1 | -41.5 | -28.1 | -33.2 |
|        | 条件式(3) | -25.8 | -24.0 | -25.0 | -30.4 | -17.6 | -27.3 |
| 条件式(4) |        | -5.3  | -5.5  | -5.1  | -5.4  | -4.6  | -3.3  |
| 条件式(5) |        | -7.9  | -8.1  | -4.1  | -4.5  | -3.3  | -4.3  |
| 条件式(6) |        | 0.79  | 0.59  | 0.73  | 0.73  | 0.63  | 0.82  |

[0089] 以上において、実際のレンズ測定の場合においては、本願でいうレンズ面の曲率半径とは、レンズ中央近傍（具体的には、レンズ外径に対して10%以内の中央領域）での形状測定値を最小自乗法でフィッティングした際の近似曲率半径のことを指す。また、例えば2次の非球面係数を使用した場合には、非球面定義式の基準曲率半径に2次の非球面係数も勘案した曲率半径も含める。

[0090] 以上、実施形態に即して撮像光学系10等について説明したが、本発明に係る撮像光学系10は、上記実施形態又は実施例に限るものではなく様々な変形が可能である。

[0091] また、上記実施形態において、主レンズML及び補助レンズSLを鏡筒41に固定される構成としたが、合焦等のために適宜移動させることもできる。

[0092] また、上記実施形態において、1つの主レンズMLと1つの補助レンズSLとで構成される撮像光学系10について説明したが、1つの主レンズMLと1つの補助レンズSLとの組み合わせを1つのユニットとして、2つのユニットを撮像素子51側で向き合うように組み合わせた撮像光学系としてもよい。この場合、360°の全周を撮影することができる。

## 請求の範囲

[請求項1] 主レンズと、水性媒質中用又は空気中用の補助レンズとから実質的になり、

前記主レンズ単体の状態では結像位置が撮像面よりも物体側にあり

、

前記主レンズは複数枚のレンズからなり、

前記補助レンズは1枚の負レンズからなり、

前記主レンズと前記補助レンズとを組み合わせた状態で所望の結像性能が得られ、

以下の条件式を満たす、撮像光学系。

$$-4.2 \leq f_A / f_M \leq -1.7 \quad \dots \quad (1)$$

ここで、

$f_A$  : 前記補助レンズの焦点距離

$f_M$  : 前記主レンズの焦点距離

[請求項2] 前記主レンズは、物体側から順に、負の第1レンズ、負の第2レンズ、正の第3レンズ、絞り、正の第4レンズ、正の第5レンズ、負の第6レンズ、及び正の第7レンズから実質的になる、請求項1に記載の撮像光学系。

[請求項3] 前記水性媒質用及び空気中用のいずれか一方の前記補助レンズは、前記主レンズに対して着脱可能である、請求項1及び2のいずれか一項に記載の撮像光学系。

[請求項4] 前記補助レンズは、前記主レンズより前記物体側に装着される、請求項1から3までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

[請求項5] 以下の条件式を満たす、請求項1から4までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

$$-4.2 \leq f_{AA} / f_M \leq -2.8 \quad \dots \quad (2)$$

ここで、

$f_{AA}$  : 空気中用の前記補助レンズの焦点距離

$f_M$  : 前記主レンズの焦点距離

[請求項6] 以下の条件式を満たす、請求項1から5までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

$$-3.1 \leq f_{AW} / f_M \leq -1.7 \quad \dots \quad (3)$$

ここで、

$f_{AW}$  : 水性媒質中用の前記補助レンズの焦点距離

$f_M$  : 前記主レンズの焦点距離

[請求項7] 前記補助レンズの物体側面は、前記物体側に凸面を向けている、請求項1から6までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

[請求項8] 以下の条件式を満たす、請求項1から7までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

$$-6 \leq (R_{2AA} + R_{1AA}) / (R_{2AA} - R_{1AA}) \leq -3 \quad \dots \quad (4)$$

ここで、

$R_{1AA}$  : 空气中用の前記補助レンズの前記物体側面の曲率半径

$R_{2AA}$  : 空气中用の前記補助レンズの像側面の曲率半径

[請求項9] 以下の条件式を満たす、請求項1から8までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

$$-9 \leq (R_{2AW} + R_{1AW}) / (R_{2AW} - R_{1AW}) \leq -3 \quad \dots \quad (5)$$

ここで、

$R_{1AW}$  : 水性媒質中用の前記補助レンズの前記物体側面の曲率半径

$R_{2AW}$  : 水性媒質中用の前記補助レンズの前記像側面の曲率半径

[請求項10] 以下の条件式を満たす、請求項1から9までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

$$0.5 \leq f_{AW} / f_{AA} \leq 0.9 \quad \dots \quad (6)$$

ここで、

$f_{AW}$  : 水性媒質中用の前記補助レンズの焦点距離

f A A : 空气中用の前記補助レンズの焦点距離

[請求項11] 前記主レンズは、物体側から順に、第1レンズ、第2レンズ、第3レンズ、絞り、第4レンズ、第5レンズ、第6レンズ、及び第7レンズから実質的になり、

前記第1レンズの物体側面は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状である、請求項1から10までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

[請求項12] 前記主レンズは、物体側から順に、第1レンズ、第2レンズ、第3レンズ、絞り、第4レンズ、第5レンズ、第6レンズ、及び第7レンズから実質的になり、

前記第2レンズの像側面は、前記第2レンズの物体側面よりも像側に強い凹面を向けている、請求項1から11までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

[請求項13] 前記主レンズは、物体側から順に、第1レンズ、第2レンズ、第3レンズ、絞り、第4レンズ、第5レンズ、第6レンズ、及び第7レンズから実質的になり、

第5及び第6レンズは接合レンズである、請求項1から12までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

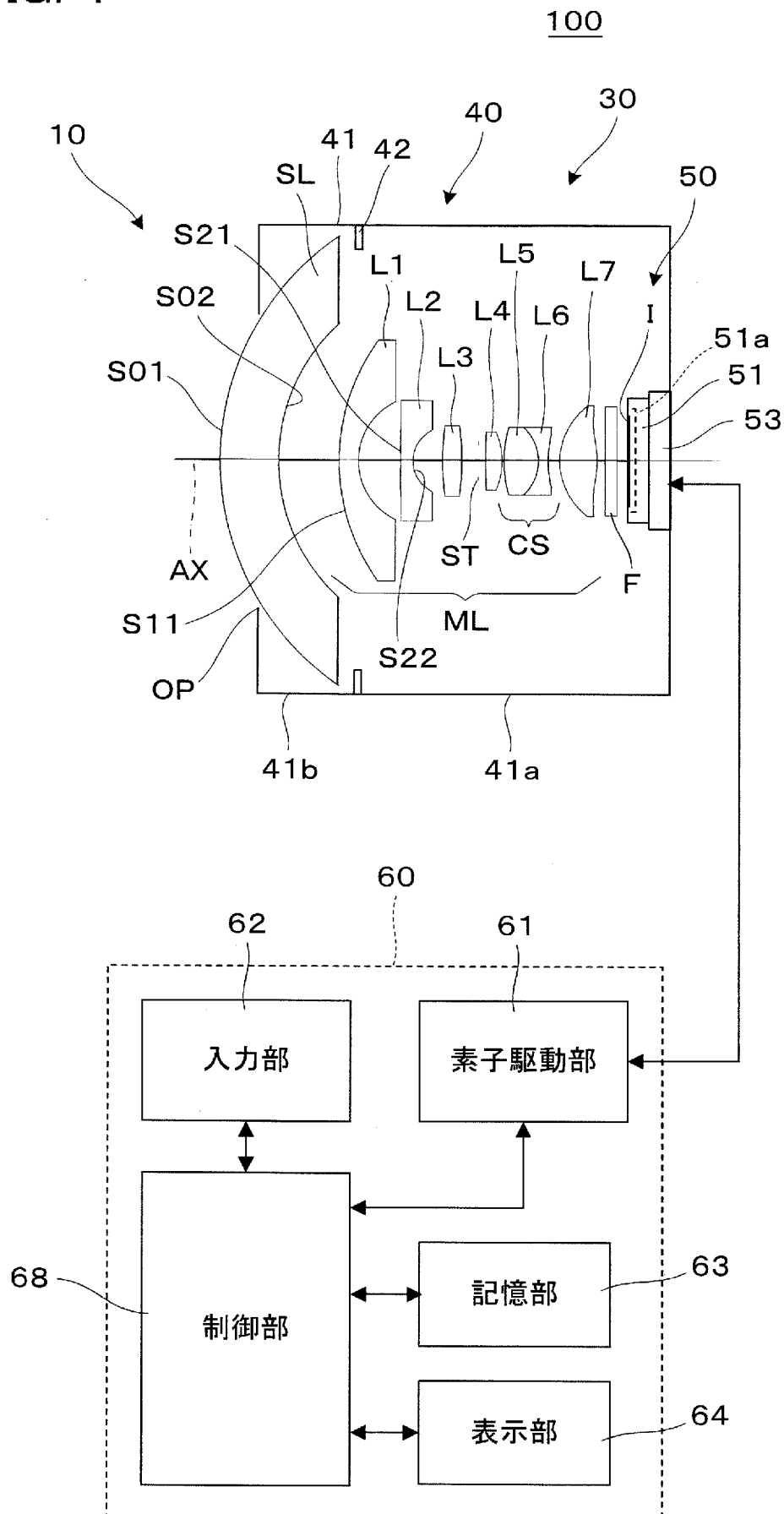
[請求項14] 空气中及び水性媒質中の両方に用いられる、請求項1から13までのいずれか一項に記載の撮像光学系。

[請求項15] 請求項1から14までのいずれか一項に記載の撮像光学系と、  
前記撮像光学系を保持する鏡筒と、  
を備える、レンズユニット。

[請求項16] 請求項1から14までのいずれか一項に記載の撮像光学系と、  
前記撮像光学系から得られる像を検出する撮像素子と、  
を備える、撮像装置。

[図1]

FIG. 1



[図2]

FIG. 2A

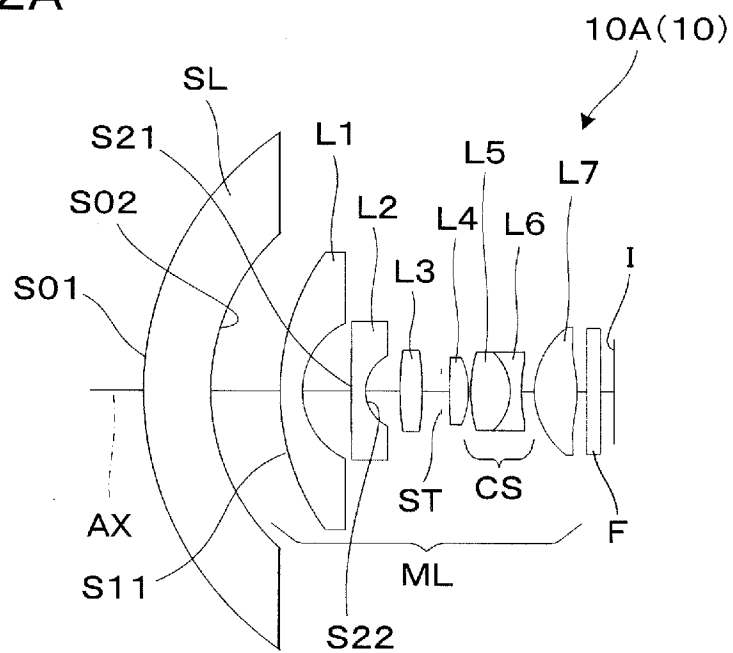
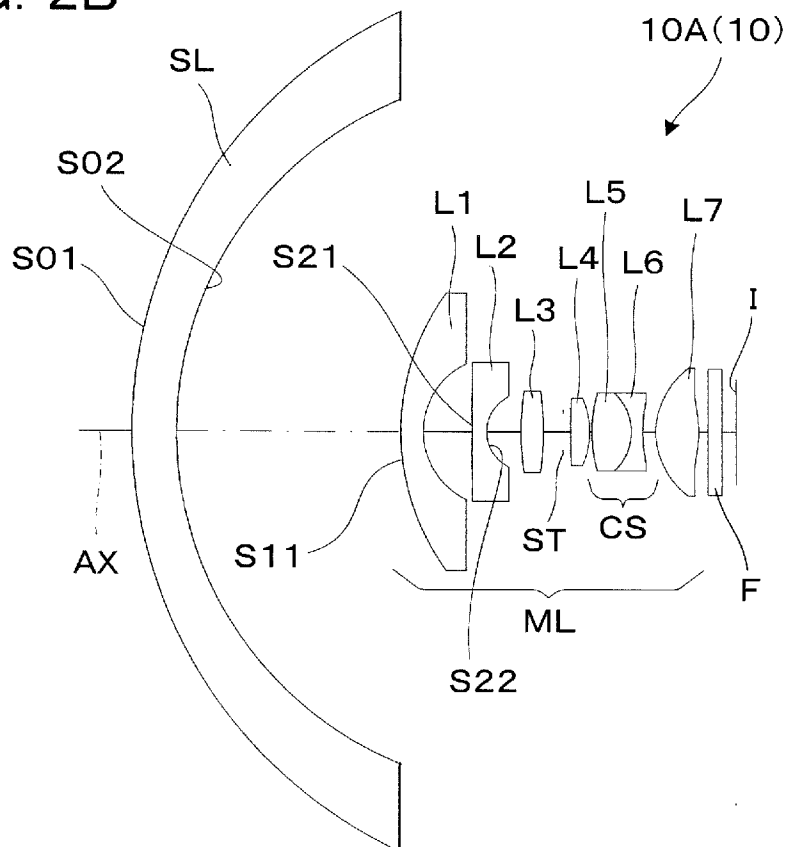


FIG. 2B



[図3]

FIG. 3A

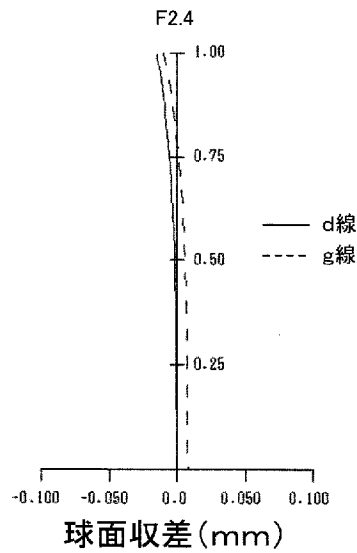


FIG. 3B

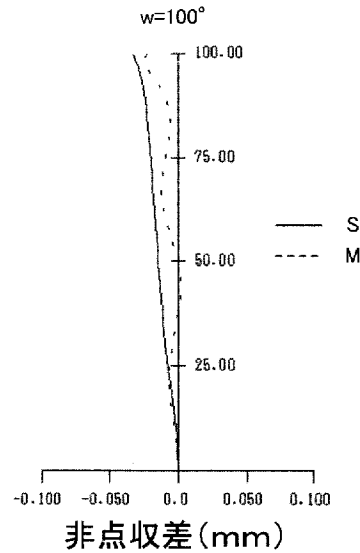


FIG. 3C

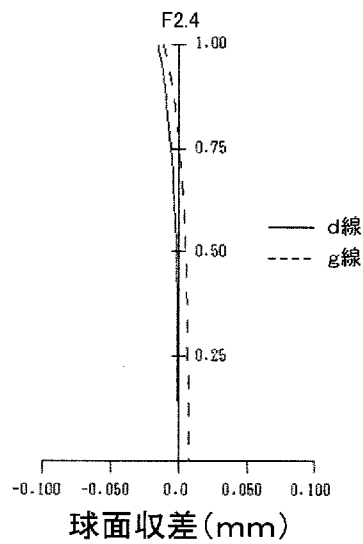


FIG. 3D

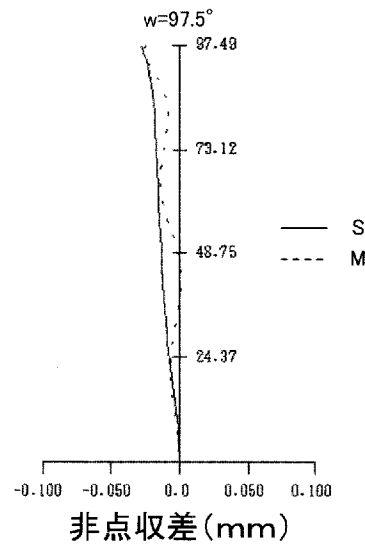


FIG. 3E

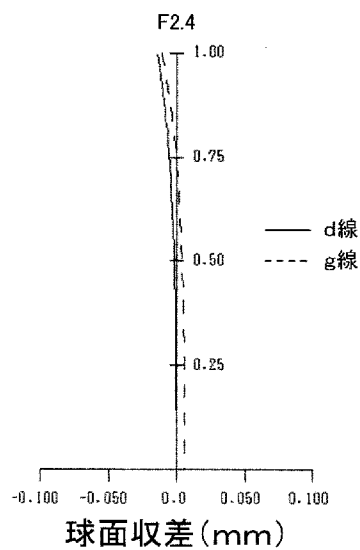
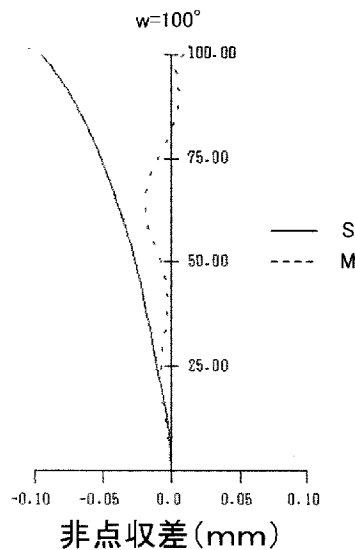


FIG. 3F



[図4]

FIG. 4A

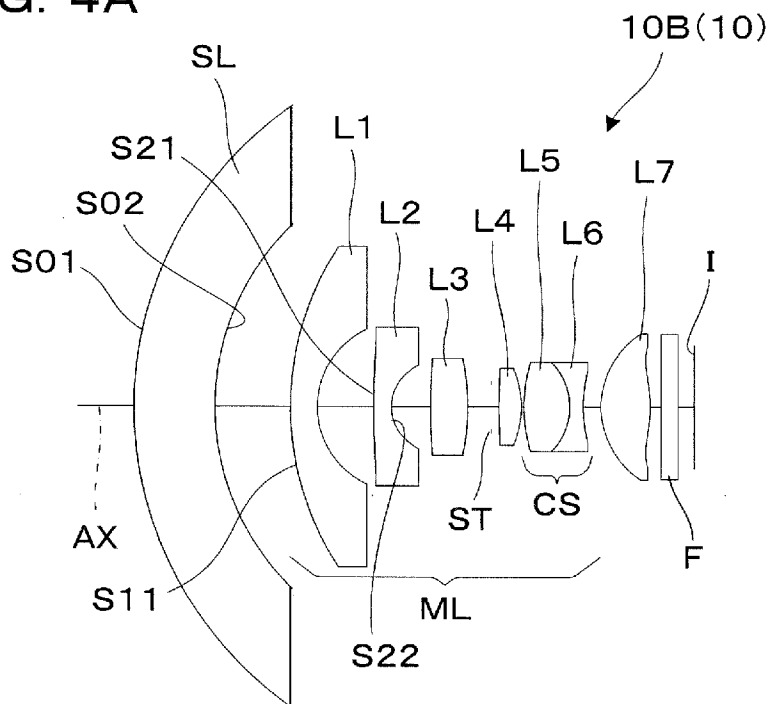
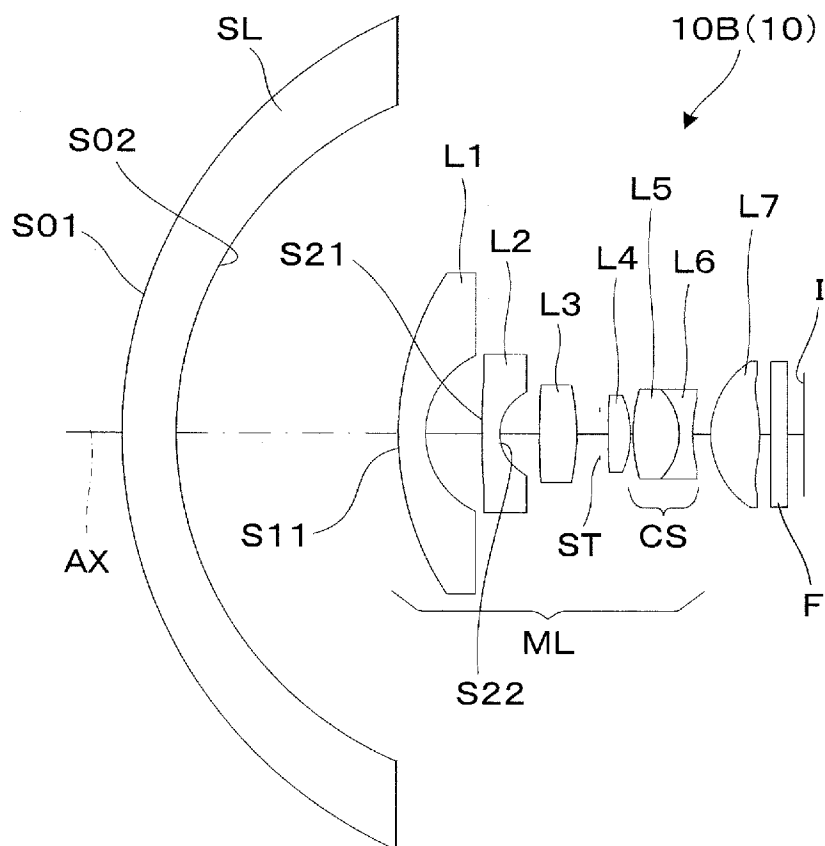


FIG. 4B



[図5]

FIG. 5A

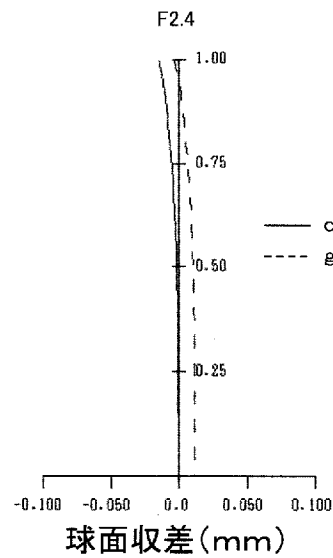


FIG. 5B

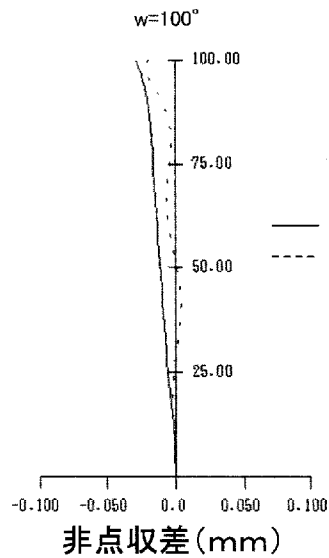


FIG. 5C

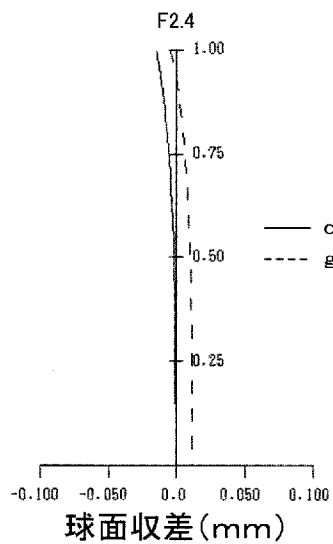


FIG. 5D

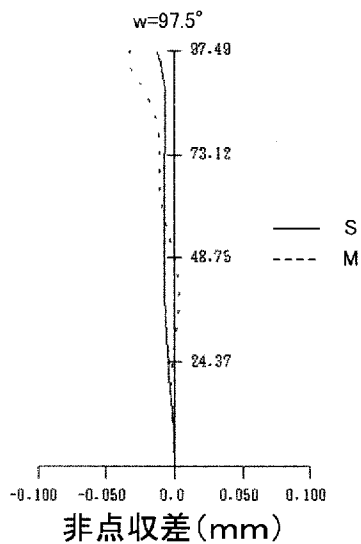


FIG. 5E

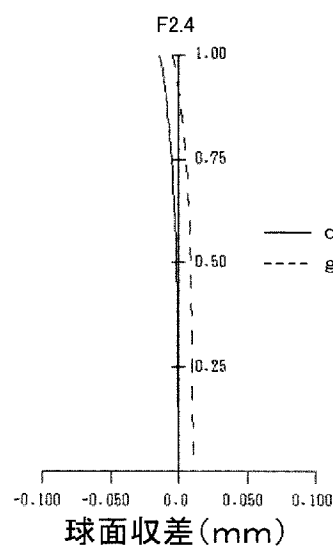
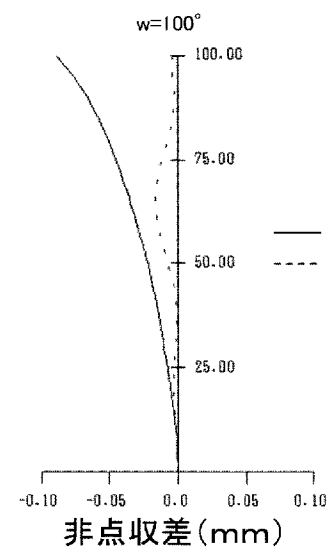


FIG. 5F



[図6]

FIG. 6A

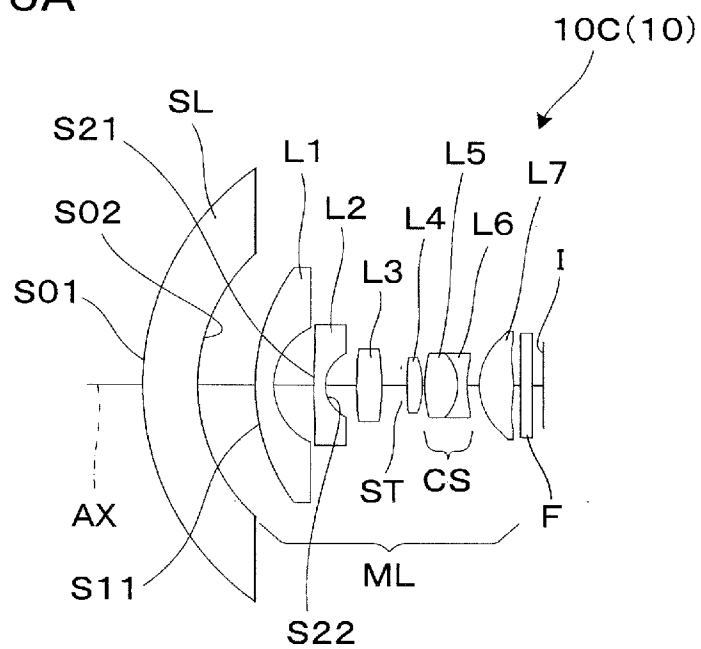
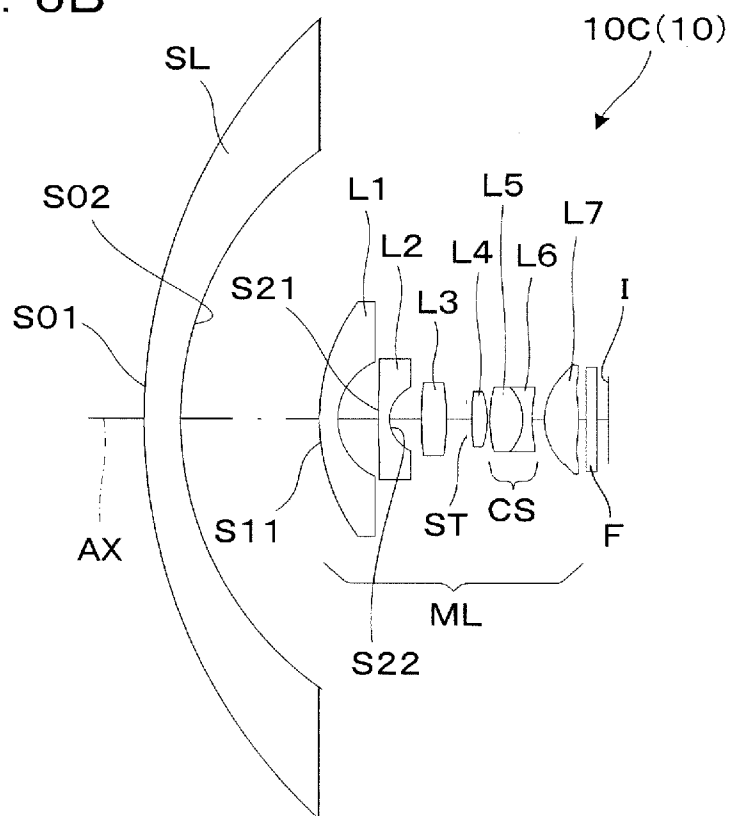


FIG. 6B



[図7]

FIG. 7A

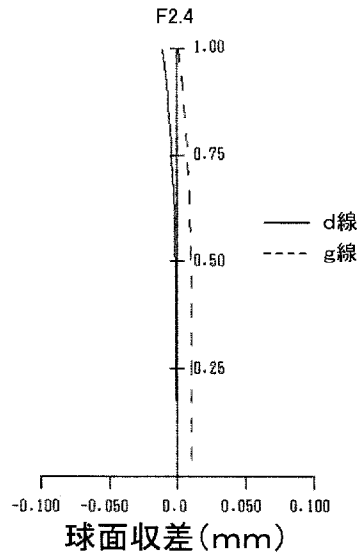


FIG. 7B

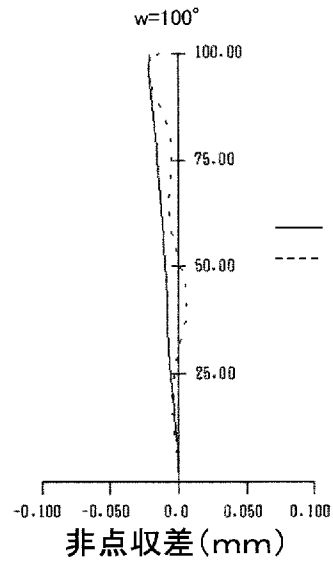


FIG. 7C

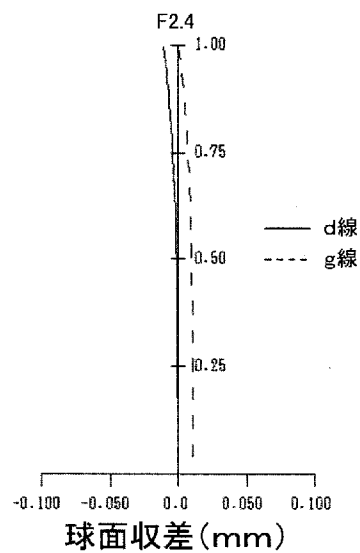


FIG. 7D

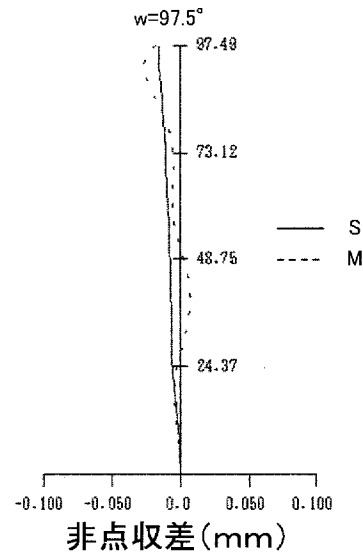


FIG. 7E

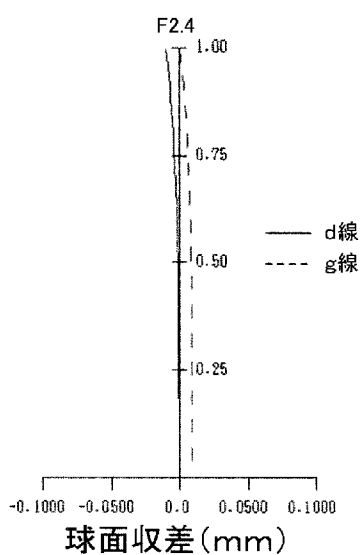
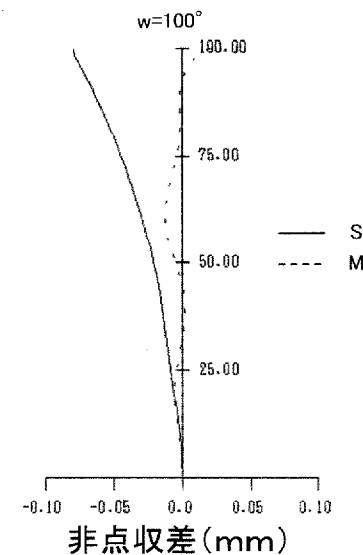


FIG. 7F



[図8]

FIG. 8A

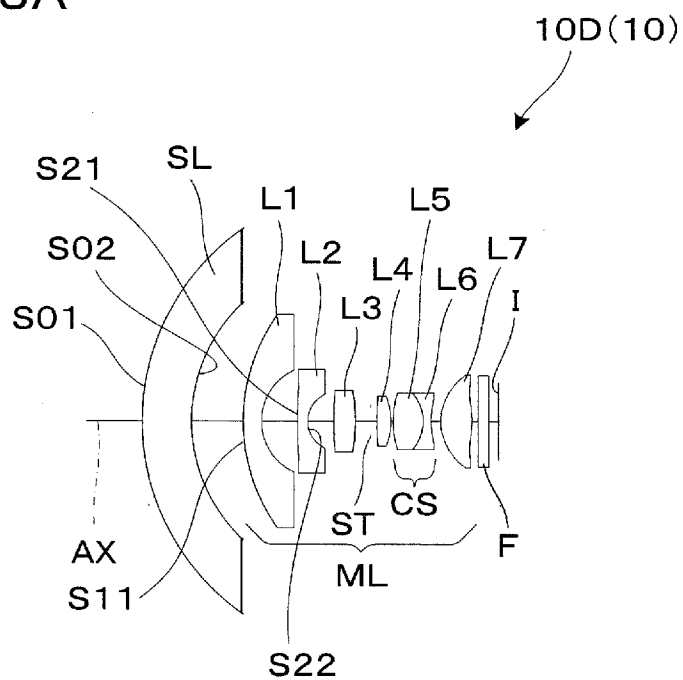
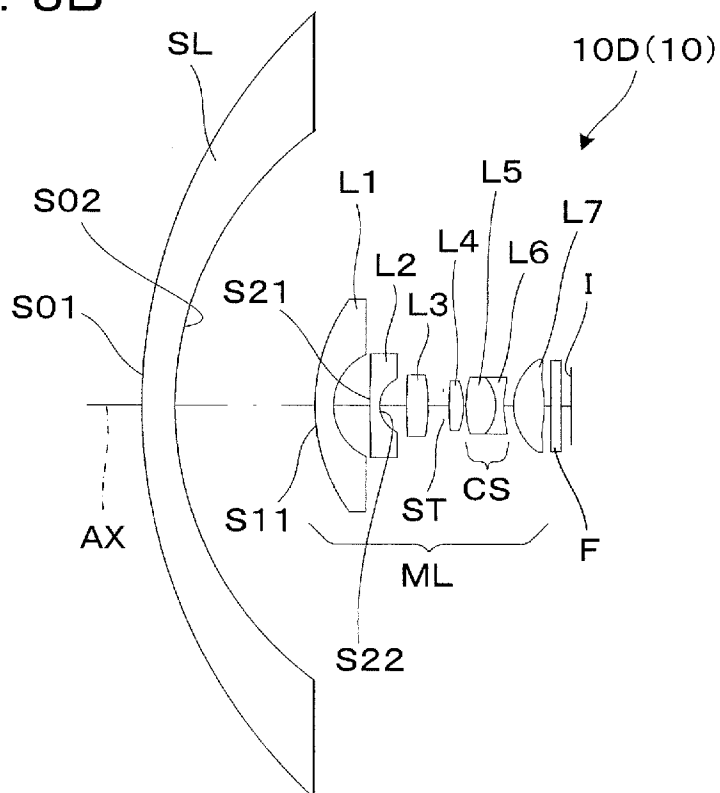


FIG. 8B



[図9]

FIG. 9A

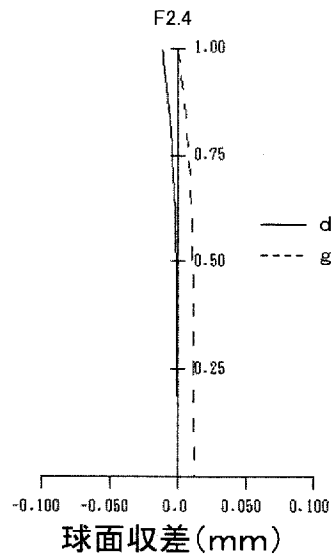


FIG. 9B

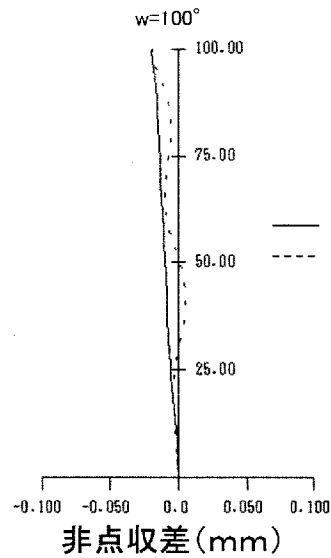


FIG. 9C

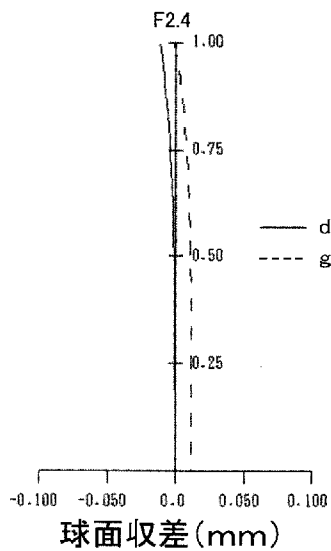


FIG. 9D

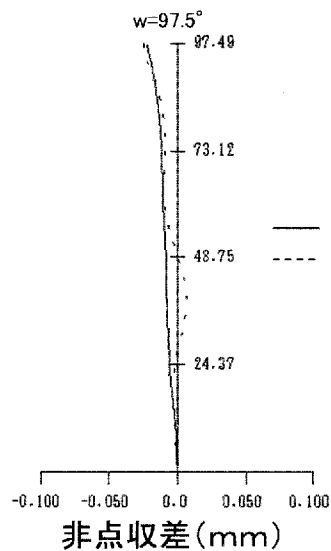


FIG. 9E

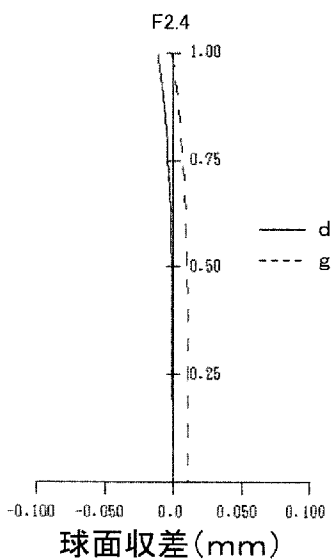
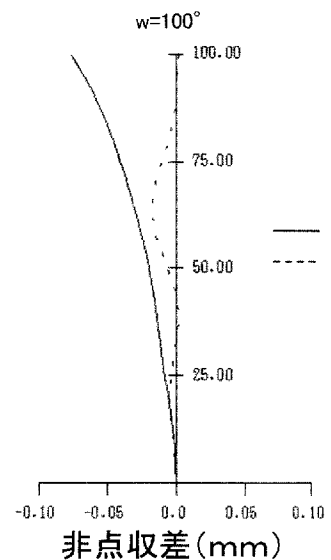


FIG. 9F



[図10]

FIG. 10A

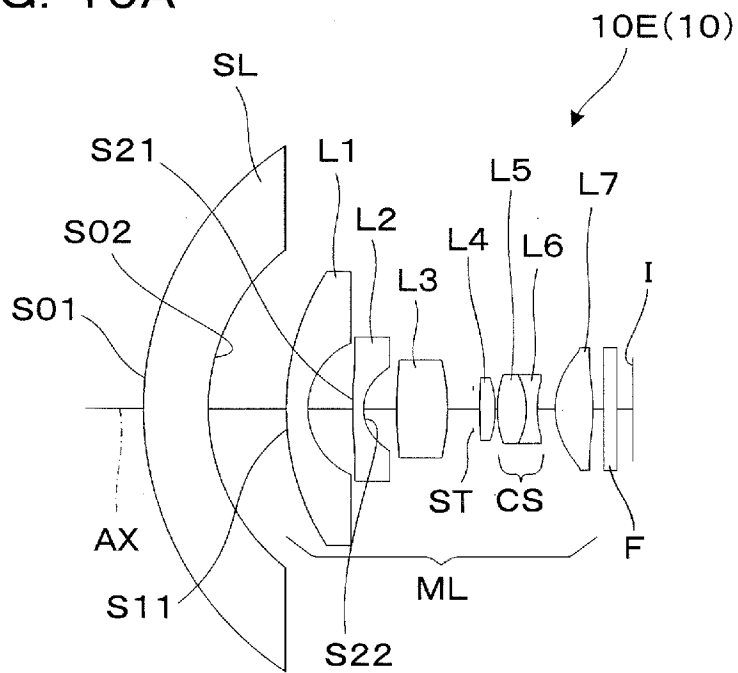
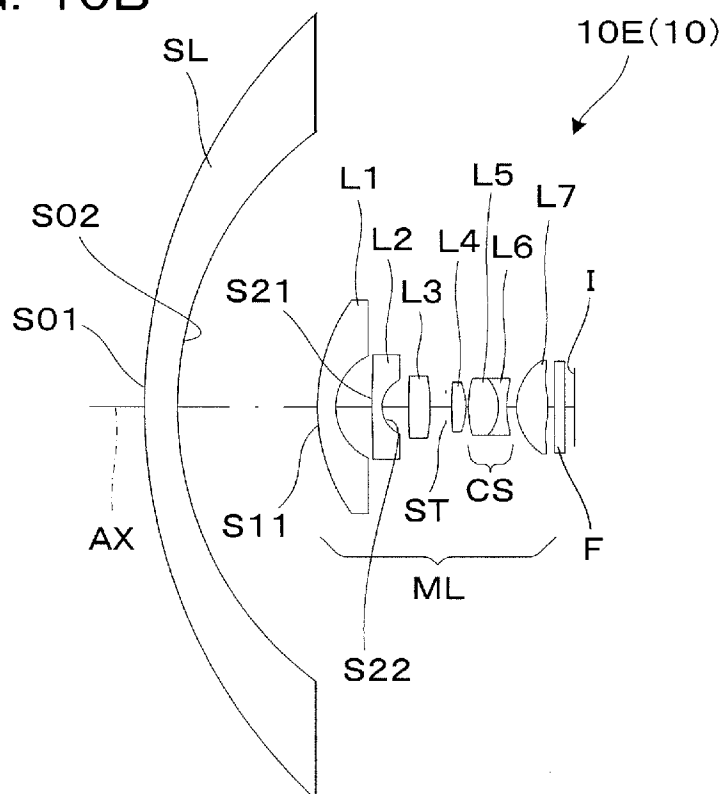


FIG. 10B



[図11]

FIG. 11A

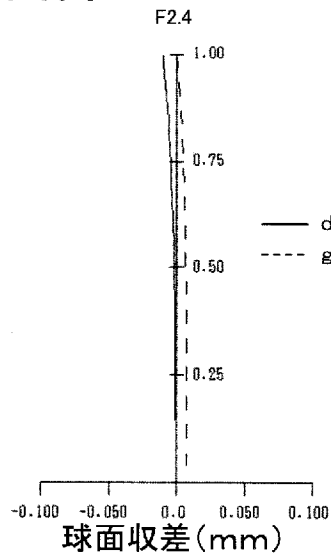


FIG. 11B

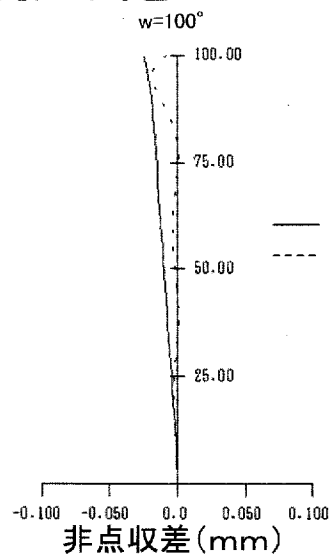


FIG. 11C

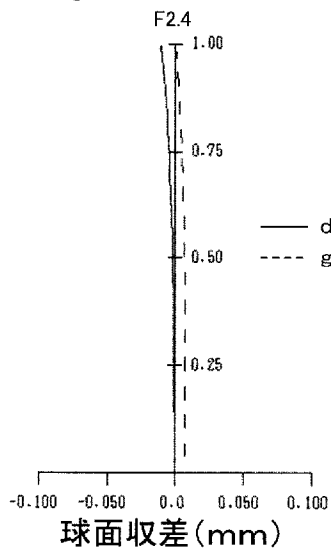


FIG. 11D

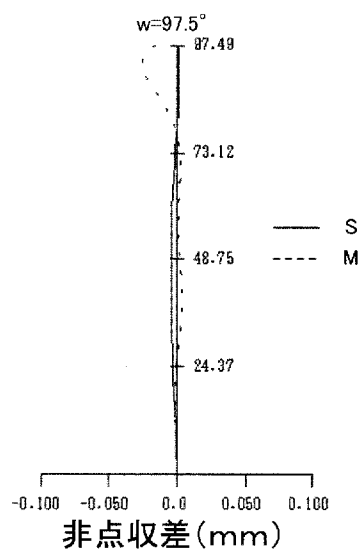


FIG. 11E

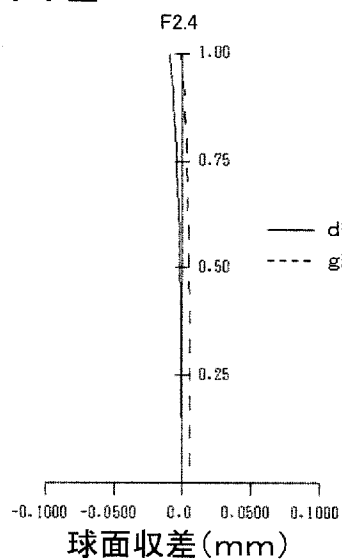
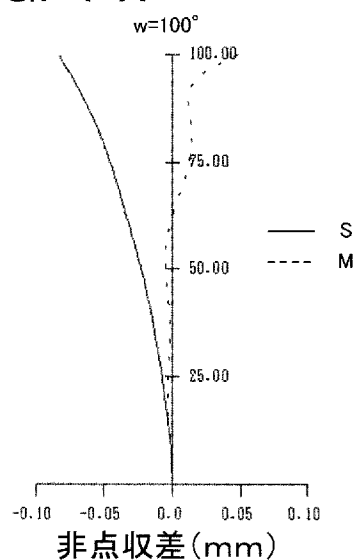


FIG. 11F



[図12]

FIG. 12A

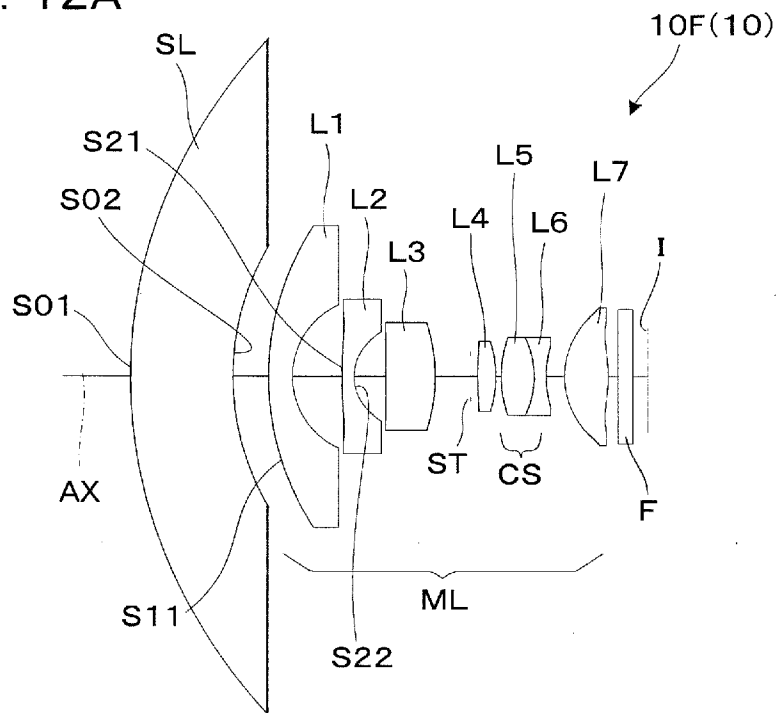
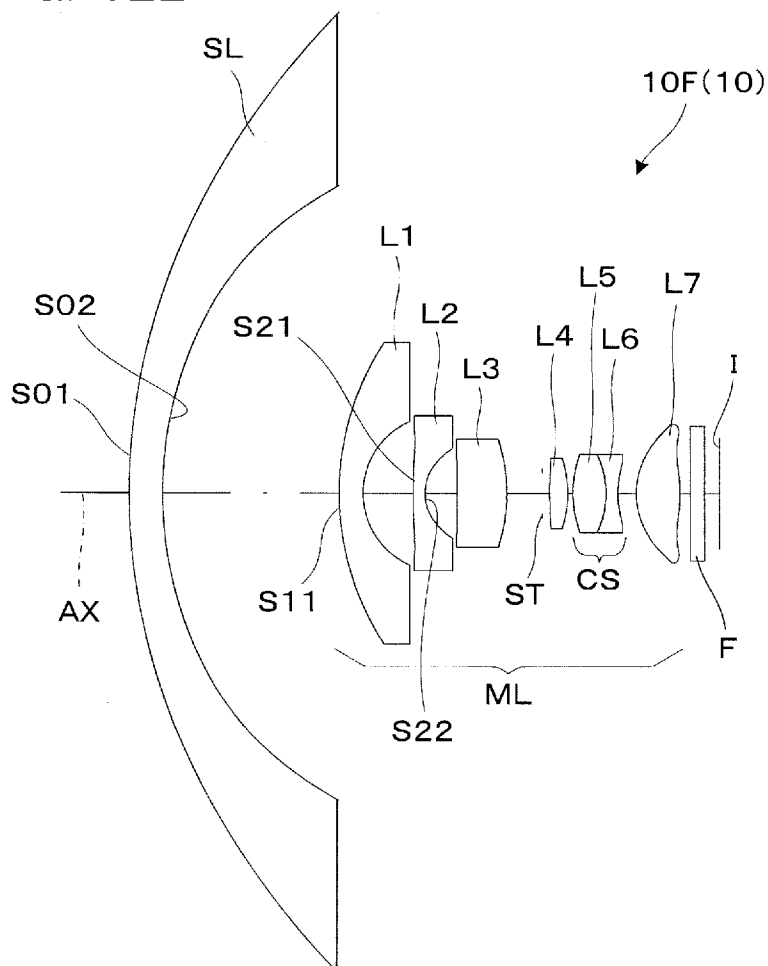


FIG. 12B



[図13]

FIG. 13A

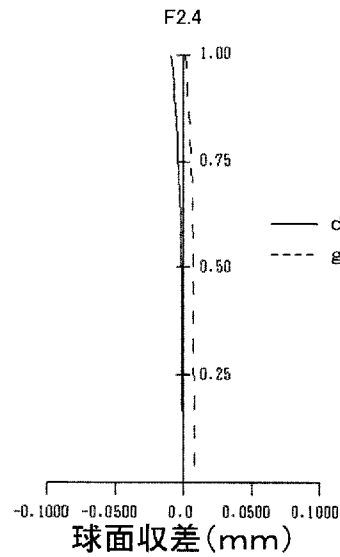


FIG. 13B

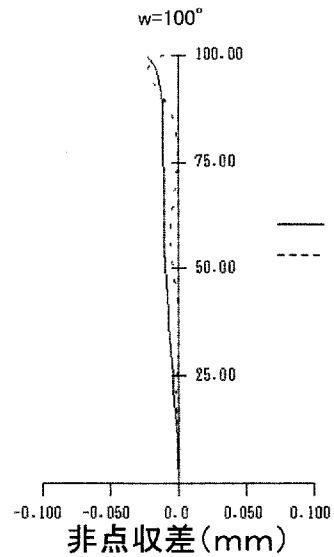


FIG. 13C

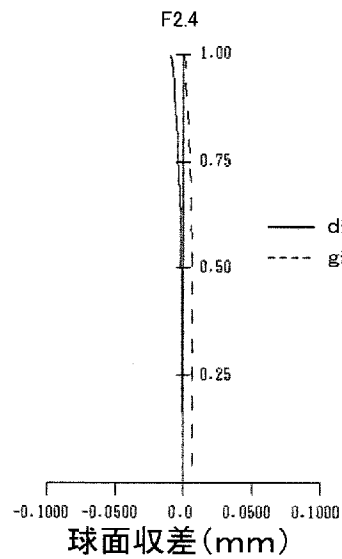


FIG. 13D

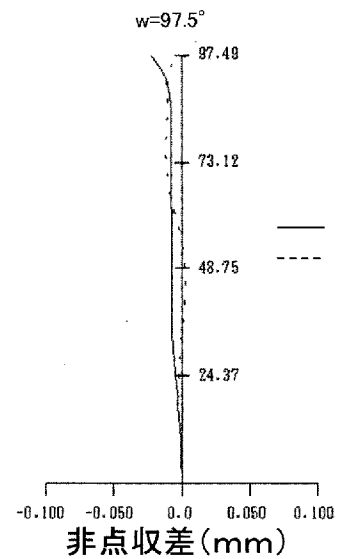


FIG. 13E

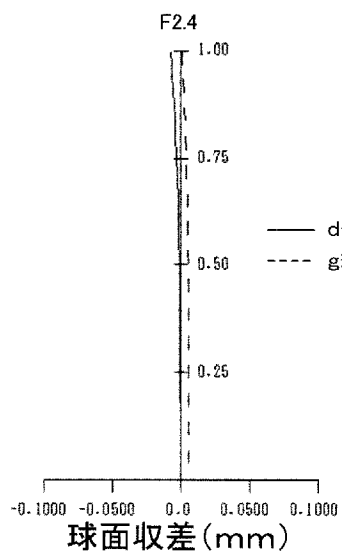
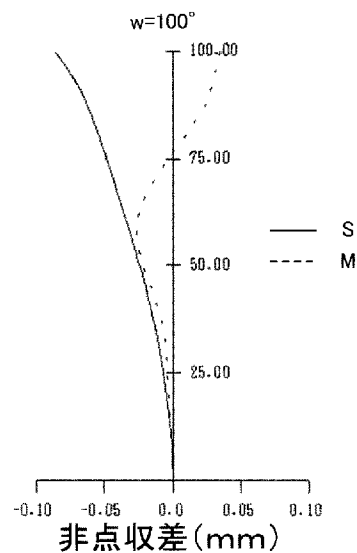


FIG. 13F



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/042406

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G02B13/06(2006.01)i, G02B13/04(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G02B15/06(2006.01)i, G03B15/00(2006.01)i, G03B17/08(2006.01)i, G03B17/14(2006.01)i

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. G02B13/06, G02B13/04, G02B13/18, G02B15/06, G03B15/00, G03B 17/08, G03B17/14

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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<br>Y    | WO 2010/110350 A1 (FUJIFILM CORP.) 30 September 2010, paragraphs [0015]-[0021], fig. 1-2, etc. & US 2012/0022327 A1, paragraphs [0026]-[0032], fig. 1-2, etc. & JP 2010-220844 A & EP 2413177 A1 & CN 102362208 A & KR 10-2011-0137781 A | 1, 3-10, 14-16<br>2, 11-13 |
| Y         | JP 2014-102291 A (RICOH CO., LTD.) 05 June 2014, embodiments 1-5 (Family: none)                                                                                                                                                          | 2, 11-13                   |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

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

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

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**

International application No.

PCT/JP2017/042406

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                  | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | US 9477064 B1 (LARGAN PRECISION CO., LTD.) 25 October 2016, embodiments 2-3, 5, etc. & TW M512713 U | 1-16                  |
| A         | JP 54-085721 A (BOLEX INT SA) 07 July 1979, entire text, all drawings & DE 2851152 A1 & CH 623139 A | 1-16                  |
| A         | JP 2002-116491 A (INON KK) 19 April 2002, embodiments 2 (Family: none)                              | 1-16                  |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B13/06(2006.01)i, G02B13/04(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G02B15/06(2006.01)i,  
G03B15/00(2006.01)i, G03B17/08(2006.01)i, G03B17/14(2006.01)i

## 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))

Int.Cl. G02B13/06, G02B13/04, G02B13/18, G02B15/06, G03B15/00, G03B17/08, G03B17/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2018年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2018年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2018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<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<br>Y          | WO 2010/110350 A1 (富士フイルム株式会社) 2010.09.30, 段落<br>[0015]-[0021], 図 1-2 等 & US 2012/0022327 A1, 段落[0026]-[0032]<br>, 図 1-2 等 & JP 2010-220844 A & EP 2413177 A1 & CN 102362208 A<br>& KR 10-2011-0137781 A | 1, 3-10, 14-16<br>2, 11-13 |
| Y               | JP 2014-102291 A (株式会社リコー) 2014.06.05, 実施例 1-5 等 (フ<br>ァミリーなし)                                                                                                                                           | 2, 11-13                   |

☑ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

|                                                               |                                                                      |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの                                 | 「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの       |
| 「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                         | 「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                       |
| 「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) | 「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 |
| 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                                      | 「&」同一パテントファミリー文献                                                     |
| 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願                                   |                                                                      |

国際調査を完了した日

14.02.2018

国際調査報告の発送日

27.02.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

殿岡 雅仁

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

2 V

4748

| C (続き) . 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 |
| Y                     | US 9477064 B1 (LARGAN PRECISION CO., LTD.) 2016.10.25, 実施例 2-3, 5 等 & TW M512713 U        | 1-16           |
| A                     | JP 54-085721 A (ボレツクス・インタナショナル・ソシエテ・アノニム) 1979.07.07, 全文、全図 & DE 2851152 A1 & CH 623139 A | 1-16           |
| A                     | JP 2002-116491 A (有限会社イノン) 2002.04.19, 実施例 2 等 (ファミリーなし)                                  | 1-16           |