

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4862263号
(P4862263)

(45) 発行日 平成24年1月25日(2012.1.25)

(24) 登録日 平成23年11月18日(2011.11.18)

(51) Int.Cl. F 1
GO 2 B 13/04 (2006.01) GO 2 B 13/04 D
GO 2 B 13/18 (2006.01) GO 2 B 13/18

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2005-38308 (P2005-38308)
(22) 出願日 平成17年2月15日(2005.2.15)
(65) 公開番号 特開2005-316398 (P2005-316398A)
(43) 公開日 平成17年11月10日(2005.11.10)
審査請求日 平成20年1月23日(2008.1.23)
(31) 優先権主張番号 特願2004-105342 (P2004-105342)
(32) 優先日 平成16年3月31日(2004.3.31)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(74) 代理人 100077919
弁理士 井上 義雄
(72) 発明者 木村 陽子
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(72) 発明者 佐藤 治夫
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
審査官 荒井 良子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超広角レンズ、該超広角レンズを備えた撮影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有する第2レンズ群とからなり、

前記第1レンズ群は、物体から順に、第1負レンズ、第2負レンズ、第3負レンズを有し、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、前群と、後群とを有し、

合焦の際、前記第1レンズ群と前記前群とは光軸上の位置を固定され、前記後群は光軸方向に沿って移動し、

以下の条件式を満足することを特徴とする超広角レンズ。

$$-5.0 < f_1 / f < -0.5$$

$$0.2 < f_2 / f_r \leq 1.0$$

$$0.07 \leq f / TL < 0.10$$

f : 前記超広角レンズ全体の焦点距離

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

f_r : 前記後群の焦点距離

TL : 前記超広角レンズにおける最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離

【請求項 2】

前記第1レンズ群は、負の屈折力を有する非球面レンズを少なくとも1枚有することを

特徴とする請求項 1 に記載の超広角レンズ。

【請求項 3】

前記非球面レンズは、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の超広角レンズ。

$$0.0 < [(d_m - d_0) / h_m] / [(d_{30} - d_0) / h_{30}] < 3.0$$

d_0 : 前記非球面レンズの光軸上の厚さ(中心厚)

d_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効径の位置における光軸と平行な厚さ

d_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の 3 割位置における光軸と平行な厚さ

h_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効半径

h_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の 3 割位置における有効半径

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、負メニスカスレンズと、数枚の負レンズと、正レンズとを有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の超広角レンズ。

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群は、複数枚の非球面レンズを有しており、

以下の条件式を満足する非球面レンズが、前記複数枚の非球面レンズのうち最も物体側に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の超広角レンズ。

$$0.0 < [(d_m - d_0) / h_m] / [(d_{30} - d_0) / h_{30}] < 3.0$$

d_0 : 前記非球面レンズの光軸上の厚さ(中心厚)

d_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効径の位置における光軸と平行な厚さ

d_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の 3 割位置における光軸と平行な厚さ

h_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効半径

h_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の 3 割位置における有効半径

【請求項 6】

前記第 1 レンズ群は、以下の条件式を満足する非球面レンズが物体側から 2 枚目以降に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の超広角レンズ。

$$0.0 < [(d_m - d_0) / h_m] / [(d_{30} - d_0) / h_{30}] < 3.0$$

d_0 : 前記非球面レンズの光軸上の厚さ(中心厚)

d_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効径の位置における光軸と平行な厚さ

d_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の 3 割位置における光軸と平行な厚さ

h_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効半径

h_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の 3 割位置における有効半径

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は、接合レンズを少なくとも 1 つ有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の超広角レンズ。

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群は、複数の接合レンズを有することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の超広角レンズ。

【請求項 9】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の超広角レンズ。

$$0.07 \leq f / T L \leq 0.08$$

f : 前記超広角レンズ全体の焦点距離

TL : 前記超広角レンズにおける最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の超広角レンズを用いたことを特徴とする撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、大画角を有する大口径の超広角レンズ、該超広角レンズを備えた撮影装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来、通常の射影方式 ($y = f \cdot \tan$) で包括角 (画角) $2 = 100^\circ$ 以上の超広角レンズの提案は少なく、さらに $F2.8$ 程度の大口径の超広角レンズの提案は極めて少ない。このような超広角レンズは、例えば本願出願人などによって提案されている (特許文献 1, 2 を参照)。

【特許文献 1】特開平 5 - 34592 号公報

【特許文献 2】特開 2001 - 159732 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0003】

しかしながら、上記各特許文献に開示されている超広角レンズは、全て銀塩カメラの撮像範囲に対応した超広角レンズであり、デジタルカメラの撮像範囲に対応するものではない。このため、デジタルカメラの撮像範囲において包括角 $2 = 100^\circ$ 以上を満足する超広角レンズを構成しようとするれば、焦点距離がより短くなるためにバックフォーカスを確保することが困難となってしまうという問題がある。

【0004】

そこで本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、デジタルカメラの撮像範囲において大画角と、大口径とを有する超広角レンズ、該超広角レンズを備えた撮影装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために本発明は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有する第 2 レンズ群とからなり、

前記第 1 レンズ群は、物体から順に、第 1 負レンズ、第 2 負レンズ、第 3 負レンズを有し、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、前群と、後群とを有し、

合焦の際、前記第 1 レンズ群と前記前群とは光軸上の位置を固定され、前記後群は光軸方向に沿って移動し、

40

以下の条件式 (1)、(2)、(3) を満足することを特徴とする超広角レンズ。

(1) $-5.0 < f_1 / f < -0.5$

(2) $0.2 < f_2 / f_r < 1.0$

(3) $0.07 < f / TL < 0.10$

f : 前記超広角レンズ全体の焦点距離

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

f_r : 前記後群の焦点距離

TL : 前記超広角レンズにおける最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離

【0009】

50

また、本発明の超広角レンズでは、
前記第1レンズ群は、負の屈折力を有する非球面レンズを少なくとも1枚有することが望ましい。

【0010】

また、本発明の超広角レンズでは、
前記非球面レンズは、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。
 (4) $0.0 < [(d_m - d_0) / h_m] / [(d_{30} - d_0) / h_{30}] < 3.0$
 d_0 : 前記非球面レンズの光軸上の厚さ(中心厚)
 d_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効径の位置における光軸と平行な厚さ
 d_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の3割位置における光軸と平行な厚さ
 h_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効半径
 h_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の3割位置における有効半径

【0011】

また、本発明の超広角レンズでは、
前記第1レンズ群は、物体側から順に、負メニスカスレンズと、数枚の負レンズと、正レンズとを有することが望ましい。

【0012】

また、本発明の超広角レンズでは、
前記第1レンズ群は、複数枚の非球面レンズを有しており、
以下の条件式(4)を満足する非球面レンズが、前記複数枚の非球面レンズのうち最も物体側に配置されていることが望ましい。

(4) $0.0 < [(d_m - d_0) / h_m] / [(d_{30} - d_0) / h_{30}] < 3.0$
 d_0 : 前記非球面レンズの光軸上の厚さ(中心厚)
 d_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効径の位置における光軸と平行な厚さ
 d_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の3割位置における光軸と平行な厚さ
 h_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効半径
 h_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の3割位置における有効半径

また、本発明の超広角レンズでは、
前記第1レンズ群は、以下の条件式(4)を満足する非球面レンズが物体側から2枚目以降に配置されていることが望ましい。

(4) $0.0 < [(d_m - d_0) / h_m] / [(d_{30} - d_0) / h_{30}] < 3.0$
 d_0 : 前記非球面レンズの光軸上の厚さ(中心厚)
 d_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効径の位置における光軸と平行な厚さ
 d_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の3割位置における光軸と平行な厚さ
 h_m : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の最大有効半径
 h_{30} : 前記非球面レンズの像側のレンズ面の全有効径の3割位置における有効半径

また、本発明の超広角レンズでは、
前記第1レンズ群は、接合レンズを少なくとも1つ有することが望ましい。

また、本発明の超広角レンズでは、
前記第2レンズ群は、複数の接合レンズを有することが望ましい。

また、本発明の超広角レンズでは、
以下の条件式(4')を満足することが望ましい。

(4') $0.07 < f / T L < 0.08$

10

20

30

40

50

f : 前記超広角レンズ全体の焦点距離

TL : 前記超広角レンズにおける最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離

また、本発明は、上記超広角レンズを用いられていることを特徴とする撮影装置を提供する。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、デジタルカメラの撮像範囲において大画角と、大口径とを有する超広角レンズ、該超広角レンズを備えた撮影装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

写真レンズを含む対物光学系の設計において最も困難なことは、著しい大画角化と同時に大口径化を図ることである。このことは、ザイデル収差を余すところ無く補正することに他ならない。このような設計における困難性のため、銀塩カメラの撮像範囲において通常の射影方式では限界に近い包括角 $2\theta = 100^\circ$ 以上で、口径 $F2.8$ に達するレンズの発明提案は少ない。

【0015】

本発明は、デジタルカメラの撮像範囲において限界に近い包括角と大口径とを有する今までに無い仕様の超広角レンズを実現するものである。そしてさらに本発明は、常用可能なほど小型で、十分な周辺光量を確保し、かつ高い光学性能を有し、現代の量産技術で十分に製造可能な非球面レンズを用いて構成することができる超広角レンズを実現するものである。特に、非球面レンズは、その製造方法を考慮すれば量産性の低い精研削方式ではなく、量産性の高いガラスモールド方式で製造可能であることが望ましい。これにより、著しいコストダウンを図ることができるため、ユーザーメリットも大きくなる。

【0016】

まず、本発明の超広角レンズについて基本的な構造から説明する。本発明の超広角レンズは、基本的に負の屈折力を有する発散性レンズ群と正の屈折力を有する収斂性レンズ群とで構成された、いわゆるレトロフォーカスタイプのレンズである。

【0017】

発散性レンズ群は、物体側から順に、負メニスカスレンズと、数枚の負レンズと正レンズとによって構成されている。また、発散性レンズ群は、軸上収差と軸外収差を共に良好に補正するために、厚肉の接合レンズを有することが望ましい。また、以下の条件式の説明において述べるように、特徴的な非球面レンズによって軸外収差を中心に良好な収差補正を行うことができる。

【0018】

また、収斂性レンズ群は、光学系全体のマスターレンズとしての機能を持ち、基本的に凹凸凹（負・正・負群構成）のパワー配置を含むレンズ群を有している。近距離物点への合焦は、この収斂性レンズ群全体または該レンズ群の一部を移動させることによって行われる。さらに、合焦のために移動するレンズ群は、少なくとも凸凹凸（正・負・正群構成）のパワー配置を含むレンズ群を有していることが望ましい。また、収斂性レンズ群は、ペッツパール和の適切な設定と、球面収差および倍率色収差の良好な補正とを行うために、複数の接合レンズを有することが望ましい。

【0019】

上述した今までに無い仕様の本発明の大口径の超広角レンズは、製造が容易で適切な補正効果を有する非球面レンズの開発によって実現が可能となっている。本発明の超広角レンズにおいて、非球面は、軸外収差の補正の効果が大きいより物体側のレンズ面に導入されている。したがって、各像高に対応する軸外光線の光軸からの高さ $hbar$ が十分に分離独立し、各光束幅が少ない。このため、高次項のみを著しくコントロールすることによって、各像高に対する光束毎に比較的独立した収差補正を行うことができる。

【0020】

以上のように、非球面係数の高次項を有効に使用することによって、従来良好に補正す

10

20

30

40

50

ることができなかった周辺光束に対する収差を良好に補正すること可能となる。したがって、高次項の適切な設定は、周辺性能の改善に効果があり、ごく周辺の歪曲収差、下方コマ収差、および非点収差を良好に保つことができる。

【 0 0 2 1 】

したがって、光軸からの高さ h 、および $hbar$ を考慮した非球面の最適な設定位置と、上記非球面係数とをコントロールすることによって良好な収差補正が可能となる。また、レンズ設計においては設計可能であっても製造困難な設計解に到達してしまうことも多いが、本発明の超広角レンズは特に適切な非球面レンズの配置と非球面係数とを巧みにコントロールした形状制御が行われている。このため、今まで精研削方式やガラスモールド方式で製造することが困難であった凹面非球面レンズを、ガラスモールド方式によって製造可能な形状とし、かつ光学性能を向上させ、発散性レンズ群中におけるレンズ枚数の削減特に凸レンズ枚数の削減による小型化を達成することができる。

10

【 0 0 2 2 】

次に、本発明の超広角レンズについての各条件式を説明する。

【 0 0 2 3 】

上記条件式 (1) は、光学系全体の最適なパワー配置を規定するための条件式である。条件式 (1) の下限値を下回ると、バックフォーカスが不足し、必要なワーキングディスタンスを確保することができなくなってしまう。一方、条件式 (1) の上限値を上回ると、特に像面湾曲収差および非点収差が発生して光学性能を劣化させることとなってしまうため好ましくない。

20

【 0 0 2 4 】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式 (1) の下限値を -3.3 にすることが望ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式 (1) の上限値を -0.6 にすることが望ましい。

【 0 0 2 5 】

上記条件式 (2) は、正レンズ群における後群によって、最適なりアフォーカスを行うための条件式である。条件式 (2) の下限値を下回ると、合焦群のパワーが小さくなるため、該合焦群の移動量が増加し、至近距離を短くすることが困難となってしまう。一方、条件式 (2) の上限値を上回ると、合焦群のパワーが著しく大きくなり、近距離収差変動が増加してしまうため好ましくない。

30

【 0 0 2 6 】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式 (2) の上限値を 0.8 にすることが望ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式 (2) の下限値を 0.4 にすることが望ましい。

【 0 0 2 7 】

上記条件式 (3) は、光学系の大きさを決定するための条件式である。条件式 (3) の上限値を上回ると、諸収差が増大し光学性能が劣化してしまう。一方、下限値を下回ると、光学系のコンパクト化を図ることができなくなってしまう。

【 0 0 2 8 】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式 (3) の上限値を 0.10 にすることが望ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式 (3) の下限値を 0.05 にすることが望ましい。

40

【 0 0 2 9 】

上記条件式 (4) は、負レンズ群中の負の屈折力を有する非球面レンズの面形状を適切に設定するための条件式であり、非球面係数の数々のパラメータを駆使し、性能の向上と生産性の向上を共に図るための条件式である。この条件式 (4) は、非球面レンズにおける軸外光線の通る最大の高さ位置の厚みと有効径の $3/4$ の高さ位置の厚みとの比により、中心部と周辺部との非球面の擬似的な傾きとレンズ部品としての厚さの変化を表している。非球面レンズにおける軸外光線の通る最大の高さ位置では、主に非球面の高次項と円錐係数のコントロールが支配的であるため、有効径の $3/4$ の高さ位置近傍では円錐係数

50

と低次項のコントロールが重要な意味を有する。前述のように、収差補正上は有効径の3割の高さ位置近傍では球面収差、低画角の下方コマ収差、および歪曲収差を良好に補正し、最大有効径の高さ位置近傍では周辺部付近の歪曲収差、下方コマ収差、および非点収差を良好に補正することができる。

【0030】

また、ガラスモールド方式によってメニスカス形状で厚肉差が数十倍のレンズを製造する場合、量産の難易度が極端に上昇し、凹面側の接線角が 40° を越えると、高精度な面形状を成形することができなくなり、さらに接線角が増加し曲面が半球に近づけばモールドそのものが不可能となってしまうという現在の製造上の問題がある。

【0031】

したがって、条件式(4)の上限値を上回ると、前記非球面レンズの周辺部が著しく厚くなり製造することが困難になってしまう。また、収差補正上は、非球面の極小的な補正のバランスが崩れ、前述のように歪曲収差、非点収差、および球面収差などの補正状態が悪化してしまう。一方、条件式(4)の下限値を下回ると、非球面レンズの周辺部の曲率が著しく小さくなり、逆転してしまう。このため、非球面レンズの周辺部における収差の変化も極端に大きくなり、性能劣化を招くことになってしまう。そして遂には、周辺光束が結像されなくなってしまう。

【0032】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を0.3にすることが望ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式(4)の上限値を2.5にすることが望ましい。

【0033】

尚、本条件式に関わる非球面レンズが接合レンズの場合は、接合レンズを構成する各レンズが別々に製造されるため、単体の厚み(上記 d_0 、 d_m 、 d_{30} 等)によって条件式を計算する。

【0034】

また、本条件式に関わる非球面レンズがガラスと樹脂の複合型非球面レンズの場合、該非球面レンズが一体的に製造されるため、ガラスと樹脂の合計の厚さ(上記 d_0 、 d_m 、 d_{30} 等)によって条件式を計算する。

【0035】

また、上記負レンズ群中に複数枚の非球面レンズが存在している場合、その中で少なくとも1つの非球面レンズが本条件式を満たしていれば良い。また、この条件式を満たす非球面レンズは、複数枚存在する非球面レンズ中で最も物体側に配置することが、小型化と上述の収差補正のために望ましい。また、本条件式を満たす非球面レンズはさらに、非球面製造上の理由、小型化、および上述の収差補正上の理由から、レンズ系において物体側から2枚目以降に配置することが望ましく、この配置により本発明の効果を最大限に発揮することが可能となる。また、本発明の効果を最大限に発揮するために、少なくとも当該非球面の他にもう一つの非球面を設定し、軸外収差、特に下方コマ収差と球面収差の補正を補うことが、高性能化を実現することとなり望ましい。また、その非球面レンズは、生産性を考慮すれば、ガラスモールド方式による非球面レンズ、または樹脂とガラスの複合からなる複合型非球面レンズであることが望ましい。

【0036】

以下、添付図面に基づいて本発明の各実施例に係る超広角レンズについて説明する。

(第1実施例)

図1は、本発明の第1実施例に係る超広角レンズの構成、および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【0037】

本実施例に係る超広角レンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する発散性レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する収斂性レンズ群G2との負・正2つのレンズ群から構成されている。

【 0 0 3 8 】

発散性レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向け像側のレンズ面が非球面である負メニスカス非球面レンズ L 2 と、両凹形状の負レンズ L 3 と、両凹形状の負レンズ L 4 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 5 と厚肉の両凸形状の正レンズ L 6 との接合からなる接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 7 と両凸形状の正レンズ L 8 との接合からなる接合負レンズとから構成されている。ここで、前記両凹形状の負レンズ L 4 は、樹脂とガラスの複合からなる複合型レンズであり、物体側のレンズ面に樹脂が配置されており、この樹脂の物体側の面が非球面である。

【 0 0 3 9 】

10

収斂性レンズ群 G 2 は、物体側から順に、前群 G f と、後群 G r とから構成されている。前群 G f は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 9 と両凹形状の負レンズ L 1 0 との接合からなる接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 1 1 とからなる。また、後群 G r は、合焦のために移動する合焦群であり、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 1 2 と両凸形状の正レンズ L 1 3 との接合からなる接合正レンズと、両凸形状の正レンズ L 1 4 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 5 との接合からなる接合正レンズとからなる。

【 0 0 4 0 】

本実施例に係る超広角レンズにおいて、近距離合焦は合焦群のみを物体側へ向かって移動させることによって行われ、撮影距離（物体から像面 I までの距離） $R = 0.15 \text{ m}$ （撮影倍率 = - 0.2 倍）まで合焦することが可能である。

20

【 0 0 4 1 】

本実施例に係る超広角レンズは、上述のように開口絞り S 以降のレンズ群によって合焦が可能であるため、いわゆるレンズ内モーターによる合焦方式に適している。また、合焦群は 1 つの光学系として機能しているため、該合焦群をいわゆる防振レンズ群として使用することもできる。また、合焦群のみを光軸外しする構成とすることにより、合焦群をいわゆるシフトレンズ光学系として使用することもできる。

【 0 0 4 2 】

以下の表 1 に、本発明の第 1 実施例に係る超広角レンズの諸元の値を掲げる。

【 0 0 4 3 】

30

（全体諸元）において、 f は焦点距離、 2ω は画角（包括角）の最大値、 FNO は F ナンバーをそれぞれ示す。

【 0 0 4 4 】

（レンズデータ）において、面番号は物体側から数えたレンズ面の順番、 r_i は物体側から i 番目のレンズ面 R_i の曲率半径、 d_i はレンズ面 R_i とレンズ面 R_{i+1} との光軸上の面間隔、 n_i はレンズ面 R_i とレンズ面 R_{i+1} との間の媒質の d 線（ $d = 587.56 \text{ nm}$ ）に対する屈折率、アッベ数をそれぞれ示す。さらに、レンズデータ中の非球面には、面番号に星印（*）を付して曲率半径 r の欄には近軸曲率半径を示し、および各非球面係数は（非球面データ）の欄に記載する。（可変間隔データ）には、焦点距離 f 、撮影倍率、物体から第 1 レンズ面までの距離 $D0$ 、可変間隔の値、バックフォーカス Bf をそれぞれ示す。（条件式対応値）は各条件式の値を示す。なお、空気の屈折率 1.00000 は記載を省略している。

40

【 0 0 4 5 】

（非球面データ）において、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。諸元表に示す非球面は、光軸から垂直方向の高さ y における各非球面の頂点の接平面から光軸方向に沿った距離（サグ量）を x 、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r 、円錐係数を C_4, C_6, C_8, C_{10} とするとき、以下の非球面式で表される。尚、0（ゼロ）となる非球面係数はその記載を省略している。

$$x = (y^2 / r) / [1 + (1 - (y^2 / r^2))^{1/2}] + C_4 y^4 + C_6 y^6 + C_8 y^8 + C_{10} y^{10}$$

50

ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離 f 、曲率半径 r 、その他長さの単位は一般に「mm」が使われる。しかし光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。

【 0 0 4 6 】

尚、以下の全実施例の諸元値においても、本実施例と同様の符号を用いる。

(表 1)

(全体諸元)

$f = 9.60\text{mm}$

$2 = 114.55^\circ$

$FNO = 2.88$

10

(レンズデータ)

面番号	r	d	n
1)	45.3945	3.00	42.72 1.83481
2)	29.0000	6.53	
3)	32.0000	2.50	49.52 1.74443
4)	14.3577	10.62	
5)	-245.2229	2.00	65.44 1.60300
6)	26.8354	8.05	
7)	54.5332	0.45	38.09 1.55389
8)	-214.7108	1.80	49.60 1.77250
9)	22.0000	9.18	
10)	21.1820	1.80	42.72 1.83481
11)	11.9237	3.95	34.47 1.63980
12)	-35.9392	1.00	
13)	-67.7507	1.31	42.72 1.83481
14)	12.1685	3.35	34.47 1.63980
15)	-56.0634	2.50	
16>	開口絞り S	2.50	
17)	127.1981	3.18	41.50 1.57501
18)	-15.5718	1.00	42.72 1.83481
19)	51.6444	0.50	
20)	20.1245	3.97	64.19 1.51680
21)	-30.4005	D21	
22)	-280.1131	1.00	42.72 1.83481
23)	24.0089	4.73	82.52 1.49782
24)	-17.9838	0.20	
25)	303.0263	5.87	82.52 1.49782
26)	-10.7978	1.00	37.16 1.83400
27)	-21.6002	Bf	

20

30

40

(非球面データ (および各非球面係数))

面番号		C 4	C 6	C 8	C 10
4)	-0.9714	2.34470E-05	-4.84890E-08	-2.28780E-10	4.00550E-13
7)	-44.8014	-5.18780E-05	-7.53620E-08	-2.49430E-09	1.87240E-11

(可変間隔データ)

f 又は	9.60	-0.025	-0.2 ($R=0.15\text{m}$)
D0		362.267	25.560
D21	2.952	2.707	0.969

50

Bf 39.580 39.842 41.481

(条件式対応値)

(1) $f_1 / f = -2.15$

(2) $f_2 / f_r = 0.65$

(3) $f / TL = 0.08$

(4) $[(d_m - d_0) / h_m] / [(d_{30} - d_0) / h_{30}] = 1.57$

【0047】

図2(a), (b)はそれぞれ、本発明の第1実施例に係る超広角レンズの無限遠合焦時、撮影倍率 - 1 / 40 倍時の諸収差図である。

10

【0048】

各収差図において、FNOはFナンバー、NAは開口数、Yは像高をそれぞれ示す。尚、非点収差図および歪曲収差図においては、像高の最大値を示す。また、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーの値、または開口数の最大値を示す。また、d, gはそれぞれ、d線(= 587.56nm), g線(= 435.84nm)の収差曲線を示す。さらに、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリジオナル像面をそれぞれ示す。

【0049】

尚、以下に示す全実施例の諸収差図において、本実施例と同様の符号を用いる。

【0050】

20

各収差図より本実施例に係る超広角レンズは、無限遠合焦時において諸収差を良好に補正し、撮影倍率 - 1 / 40 倍時において近距離収差変動を良好に補正していることがわかる。

(第2実施例)

図3は、本発明の第2実施例に係る超広角レンズの構成、および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【0051】

本実施例に係る超広角レンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する発散性レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する収斂性レンズ群G2との負・正2つのレンズ群から構成されている。

30

【0052】

発散性レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向け像側のレンズ面が非球面である負メニスカス非球面レンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、負メニスカスレンズL4と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5と厚肉の両凸形状の正レンズL6との接合からなる接合正レンズと、両凹形状の負レンズL7と両凸形状の正レンズL8との接合からなる接合負レンズとから構成されている。ここで、前記負メニスカスレンズL4は、樹脂とガラスの複合からなる複合型レンズであり、物体側のレンズ面に樹脂が配置されており、この樹脂の物体側の面が非球面である。

【0053】

40

収斂性レンズ群G2は、物体側から順に、前群Gfと、後群Grとから構成されている。前群Gfは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL9と両凹形状の負レンズL10との接合からなる接合負レンズと、両凸形状の正レンズL11とからなる。また、後群Grは、合焦のために移動する合焦群であり、物体側から順に、両凹形状の負レンズL12と両凸形状の正レンズL13との接合からなる接合負レンズと、両凸形状の正レンズL14と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15との接合からなる接合正レンズとからなる。

【0054】

本実施例に係る超広角レンズにおいて、近距離合焦は合焦群のみを物体側へ向かって移動させることによって行われ、撮影距離 $R = 0.14\text{m}$ (撮影倍率 = - 0.29倍) ま

50

で合焦することが可能である。

【 0 0 5 5 】

本実施例に係る超広角レンズは、上述のように開口絞り S 以降のレンズ群によって合焦が可能であるため、いわゆるレンズ内モーターによる合焦方式に適している。また、合焦群は 1 つの光学系として機能しているため、該合焦群をいわゆる防振レンズ群として使用することもできる。また、合焦群のみを光軸外しする構成とすることにより、合焦群をいわゆるシフトレンズ光学系として使用することもできる。

【 0 0 5 6 】

以下の表 2 に、本発明の第 2 実施例に係る超広角レンズの諸元の値を掲げる。

(表 2)

10

(全体諸元)

$f = 9.61\text{mm}$

$2 = 114.14^\circ$

$FNO = 2.88$

(レンズデータ)

面番号	r	d	n
1)	46.0209	3.00	42.72 1.83481
2)	29.8742	6.55	
3)	33.4995	2.50	49.52 1.74443
4)	13.7722	8.50	
5)	163.1457	2.00	65.47 1.60300
6)	23.1139	4.87	
7)	37.1136	0.50	38.09 1.55389
8)	181.7413	1.80	49.61 1.77250
9)	22.7507	6.91	
10)	25.4702	1.80	42.72 1.83481
11)	11.7615	9.47	34.47 1.63980
12)	-33.1129	2.05	
13)	-71.1891	1.31	42.72 1.83481
14)	10.6009	4.79	34.47 1.63980
15)	-62.1288	2.50	
16>	開口絞り S	2.50	
17)	54.8944	4.07	41.42 1.57501
18)	-13.6904	2.00	42.72 1.83481
19)	37.4980	0.53	
20)	34.5873	4.28	64.10 1.51680
21)	-14.2889	D21	
22)	-58.2123	0.80	42.72 1.83481
23)	29.3607	4.99	82.52 1.49782
24)	-24.8031	0.10	
25)	52.2185	7.00	82.52 1.49782
26)	-16.1773	1.00	37.16 1.83400
27)	-25.2494	Bf	

20

30

40

(非球面データ (および各非球面係数))

面番号		C 4	C 6	C 8	C 10
4)	-0.5636	7.84270E-06	-5.71790E-08	-1.74450E-10	4.13950E-13
7)	-2.4604	-6.08040E-05	-3.80430E-08	-8.53170E-10	6.47390E-12

50

(可変間隔データ)

f 又は	9.61	-0.025	-0.29 (R=0.14m)
D0		362.521	11.090
D21	3.500	3.238	0.484
Bf	39.580	39.842	39.580

(条件式対応値)

(1) $f_1 / f = -1.63$

(2) $f_2 / f_r = 0.54$

(3) $f / TL = 0.07$

(4) $[(d_m - d_0) / h_m] / [(d_{30} - d_0) / h_{30}] = 1.40$

【0057】

図4(a), (b)はそれぞれ、本発明の第2実施例に係る超広角レンズの無限遠合焦時、撮影倍率 - 1 / 40 倍時の諸収差図である。

【0058】

各収差図より本実施例に係る超広角レンズは、無限遠合焦時において諸収差を良好に補正し、撮影倍率 - 1 / 40 倍時において近距離収差変動を良好に補正していることがわかる。

(第3実施例)

図5は、本発明の第3実施例に係る超広角レンズの構成、および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【0059】

本実施例に係る超広角レンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する発散性レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する収斂性レンズ群G2との負・正2つのレンズ群から構成されている。

【0060】

発散性レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向け像側のレンズ面が非球面である負メニスカス非球面レンズL2と、両凹形状の負レンズL3と、負メニスカスレンズL4と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5と厚肉の両凸形状の正レンズL6との接合からなる接合正レンズと、両凹形状の負レンズL7と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8とのとの接合からなる接合負レンズとから構成されている。ここで、前記負メニスカスレンズL4は、樹脂とガラスの複合からなる複合型レンズであり、物体側のレンズ面に樹脂が配置されており、この樹脂の物体側の面が非球面である。

【0061】

収斂性レンズ群G2は、物体側から順に、前群Gfと、後群Grとから構成されている。前群Gfは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL9と両凹形状の負レンズL10との接合からなる接合正レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11とからなる。また、後群Grは、合焦のために移動する合焦群であり、物体側から順に、両凹形状の負レンズL12と両凸形状の正レンズL13との接合からなる接合負レンズと、両凸形状の正レンズL14と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15との接合からなる接合正レンズとからなる。

【0062】

本実施例に係る超広角レンズにおいて、近距離合焦は合焦群のみを物体側へ向かって移動させることによって行われ、撮影距離 $R = 0.14\text{ m}$ (撮影倍率 = -0.28倍) まで合焦することが可能である。

【0063】

本実施例に係る超広角レンズは、上述のように開口絞りS以降のレンズ群によって合焦が可能であるため、いわゆるレンズ内モーターによる合焦方式に適している。また、合焦

10

20

30

40

50

群は1つの光学系として機能しているため、該合焦群をいわゆる防振レンズ群として使用することもできる。また、合焦群のみを光軸外しする構成とすることにより、合焦群をいわゆるシフトレンズ光学系として使用することもできる。

【0064】

以下の表3に、本発明の第3実施例に係る超広角レンズの諸元の値を掲げる。

(表3)

(全体諸元)

$f = 9.65\text{mm}$

$2 = 114.52^\circ$

$FNO = 2.88$

10

(レンズデータ)

面番号	r	d	n	
1)	60.4896	3.00	42.72	1.83481
2)	26.2008	6.55		
3)	32.2995	2.50	49.52	1.74443
4)	13.5923	8.50		
5)	-225.9333	2.00	65.47	1.60300
6)	90.8040	4.55		
7)	24.1865	0.50	38.09	1.55389
8)	40.0000	1.80	49.61	1.77250
9)	19.4914	6.91		
10)	21.1335	1.80	42.72	1.83481
11)	9.9257	9.47	34.47	1.63980
12)	-25.2857	2.05		
13)	-31.9557	1.31	42.72	1.83481
14)	8.1116	4.79	34.47	1.63980
15)	107.5828	2.36		
16>	開口絞りS	1.70		
17)	20.5509	4.91	41.42	1.57501
18)	-13.6110	0.75	42.72	1.83481
19)	223.7084	1.11		
20)	-29.8654	2.52	64.10	1.51680
21)	-11.9625	D21		
22)	-53.5813	0.80	42.72	1.83481
23)	21.2995	4.00	82.52	1.49782
24)	-20.7604	0.10		
25)	26.6951	7.00	82.52	1.49782
26)	-15.7178	1.00	37.17	1.83400
27)	-26.4813	Bf		

20

30

40

(非球面データ(および各非球面係数))

面番号	C4		C6	C8	C10
4)	-0.5636	-1.67550E-05	-9.14610E-09	-1.31720E-11	2.34160E-14
7)	-2.4604	-3.77460E-05	2.32070E-08	9.10260E-11	-4.65940E-13

(可変間隔データ)

f又は	9.65	-0.025	-0.28 (R=0.14m)
D0		366.938	15.176

50

D21	3.476	3.234	0.747
Bf	38.997	39.239	41.723

(条件式対応値)

(1) $f_1 / f = -0.86$

(2) $f_2 / f_r = 0.54$

(3) $f / TL = 0.08$

(4) $[(d_m - d_0) / h_m] / [(d_{30} - d_0) / h_{30}] = 1.30$

【0065】

図6(a), (b)はそれぞれ、本発明の第3実施例に係る超広角レンズの無限遠合焦時、撮影倍率 - 1 / 40 倍時の諸収差図である。

10

【0066】

各収差図より本実施例に係る超広角レンズは、無限遠合焦時において諸収差を良好に補正し、撮影倍率 - 1 / 40 倍時において近距離収差変動を良好に補正していることがわかる。

【0067】

次に、上記第1～第3実施例に係る超広角レンズを備えた一眼レフカメラについて説明する。図7は、本発明の第1～第3実施例に係る超広角レンズを備えた一眼レフカメラの構成を示す図である。

【0068】

20

上記第1～第3実施例に係る超広角レンズを備えた一眼レフカメラは、図7に示すように上記第1～第3実施例に係る超広角レンズを撮影光学系1としてカメラ本体2に備えている。そしてカメラ本体2内には被写体(不図示)側から順に、撮影光学系1を介し、ミラー3と、焦点板4と、プリズム5と接眼レンズ6とがファインダー光学系として配置されており、また、ミラー3の背後には撮像素子7が配置されている。

【0069】

斯かる構成の下、ファインダー観察時には、被写体光は、撮影レンズ1、ミラー3、焦点板4、プリズム5、接眼レンズ6を介して観察者の眼に導かれ肉眼観察される。そして撮影時には、ミラー3が光路外へ退避し、被写体光は撮像素子7へ導かれて被写体の撮影がなされる。

30

【0070】

以上、上記各実施例によれば、デジタルカメラの撮像範囲において包括角(画角) $2 = 100^\circ$ 以上の大画角と、F2.8の大口径とを有し、小型かつ高性能で近距離収差変動の少ない超広角レンズ、該超広角レンズを備える撮影装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】本発明の第1実施例に係る超広角レンズの構成、および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図2】本発明の第1実施例に係る超広角レンズの無限遠合焦時、撮影倍率 - 1 / 40 倍時の諸収差図である。

40

【図3】本発明の第2実施例に係る超広角レンズの構成、および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図4】本発明の第2実施例に係る超広角レンズの無限遠合焦時、撮影倍率 - 1 / 40 倍時の諸収差図である。

【図5】本発明の第3実施例に係る超広角レンズの構成、および各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図6】本発明の第3実施例に係る超広角レンズの無限遠合焦時、撮影倍率 - 1 / 40 倍時の諸収差図である。

【図7】本発明の第1～第3実施例に係る超広角レンズを備えた一眼レフカメラの構成を示す図である。

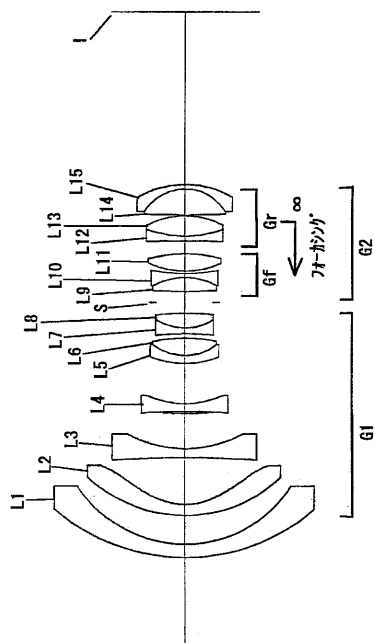
50

【符号の説明】

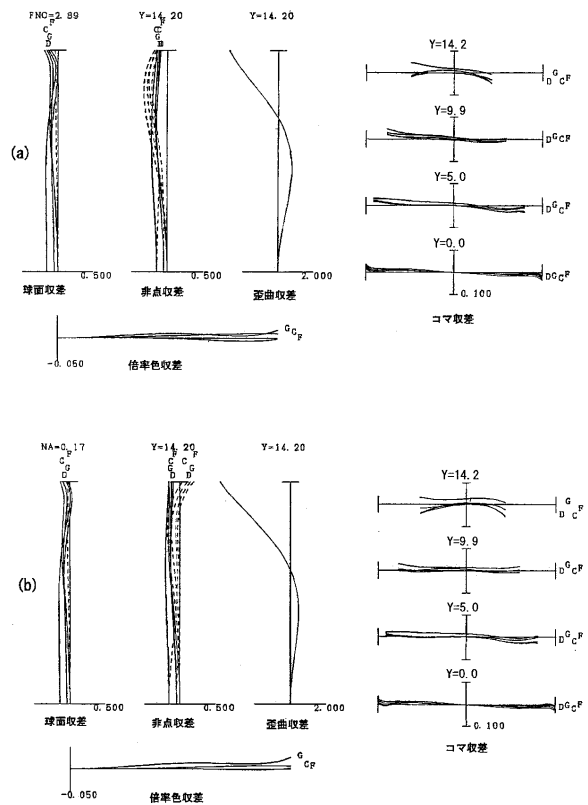
【 0 0 7 2 】

- G 1 発散性レンズ群（負レンズ群）
 G 2 収斂性レンズ群（正レンズ群）
 G f 前群
 G r 後群（合焦群）
 S 開口絞り
 I 像面

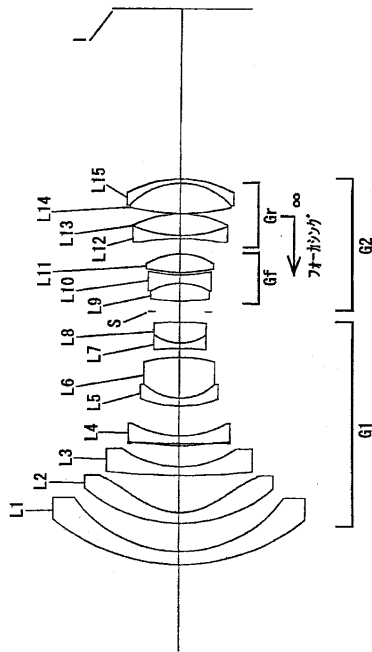
【図 1】



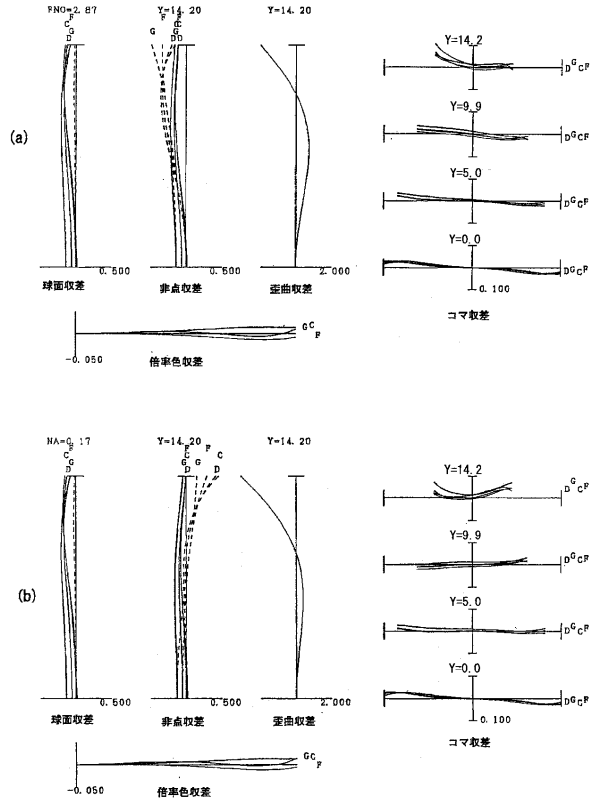
【図 2】



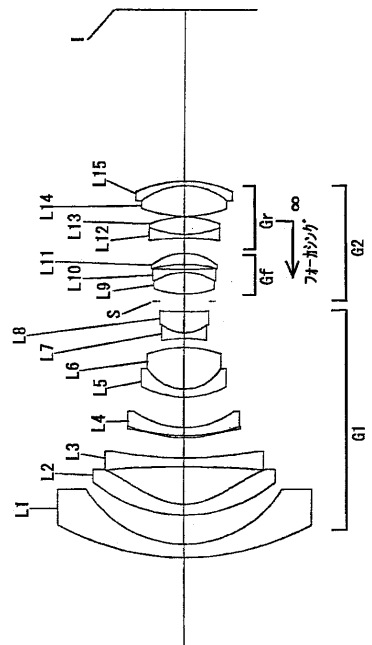
【図 3】



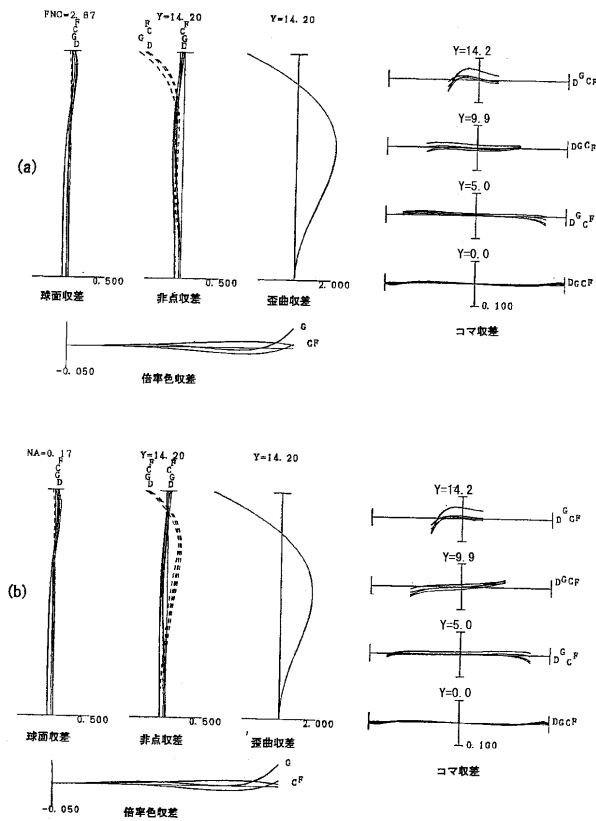
【図 4】



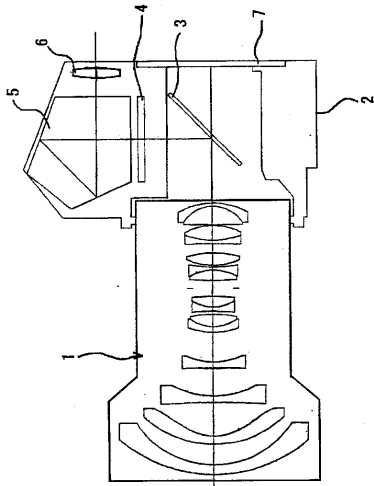
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-069768(JP,A)
特開2002-365534(JP,A)
特開平10-170824(JP,A)
国際公開第02/071124(WO,A1)
特開2004-324598(JP,A)
特開昭48-063720(JP,A)
特開昭51-122435(JP,A)
特開昭53-055119(JP,A)
特開昭62-173415(JP,A)
特開昭63-017421(JP,A)
特開平01-113714(JP,A)
特開平02-248910(JP,A)
特開平05-188287(JP,A)
特開平07-077651(JP,A)
特開平09-090218(JP,A)
特開平09-127413(JP,A)
特開平09-133861(JP,A)
特開平10-115777(JP,A)
特開平11-084232(JP,A)
特開平11-142728(JP,A)
特開平11-194266(JP,A)
特開平11-202195(JP,A)
特開2000-039553(JP,A)
特開2000-066092(JP,A)
特開2001-091827(JP,A)
特開2001-208967(JP,A)
特開2001-356262(JP,A)
特開2002-296497(JP,A)
特開2003-121735(JP,A)
特開2003-140038(JP,A)
特開2003-195164(JP,A)
特開2003-215448(JP,A)
特開2003-222794(JP,A)
特開2003-270530(JP,A)
特開2003-307674(JP,A)
特開2004-029282(JP,A)
特開2004-102162(JP,A)
特開2005-181852(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 13/04

G02B 13/18