

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5986454号
(P5986454)

(45) 発行日 平成28年9月6日 (2016.9.6)

(24) 登録日 平成28年8月12日 (2016.8.12)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 15/167 (2006.01)

GO 2 B 13/18 (2006.01)

GO 2 B 1/10 (2015.01)

GO 2 B 15/167

GO 2 B 13/18

GO 2 B 1/10

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-180515 (P2012-180515)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年8月16日 (2012.8.16)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-38214 (P2014-38214A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年2月27日 (2014.2.27)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成27年7月29日 (2015.7.29)		弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100107401
			弁理士 高橋 誠一郎
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レンズ装置及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

空気を介して隣接する凹レンズ面と凸レンズ面を有する光学系を含み、
該凹レンズ面と該凸レンズ面の少なくとも一方は、平均ピッチが400nm以下の複数の微細構造体を有する反射防止膜を有し、

該凹レンズ面と該凸レンズ面の前記少なくとも一方は、 f を前記光学系全体の焦点距離、 f_1 を該凹レンズ面と該凸レンズ面の間の空気層より物体側の光学系の焦点距離、 FNo を該光学系全体のFナンバー、 h を該反射防止膜を有する面における軸上換算光線高、 R_1 を該凹レンズ面と該凸レンズ面のうち物体側に位置する面の曲率半径、 R_2 を該凹レンズ面と該凸レンズ面のうち像側に位置する面の曲率半径、とするとき、

$$\frac{1.04}{29.3^\circ} \leq R_1 / R_2 \leq 1.3$$

ただし、 $D = f / FNo$ 、 $\theta_1 = \sin^{-1} \{ D / (2 \times f_1) \}$ 、 $\theta_2 = \sin^{-1} (h \times D / R_2)$ を満たす、ことを特徴とするレンズ装置。

【請求項 2】

前記微細構造体と、該微細構造体が設けられたレンズ面との間に、該微細構造体を構成する材料とは異なる材料から構成される単層膜又は多層膜より成る中間層を有する、ことを特徴とする請求項1に記載のレンズ装置。

【請求項 3】

前記中間層は有機樹脂からなる、ことを特徴とする請求項2に記載のレンズ装置。

【請求項 4】

前記中間層は、 n_b を前記微細構造体が設けられたレンズ面を構成するレンズの材料の屈折率、 n_i を前記中間層の材料の屈折率、 n_s を前記微細構造体の材料の屈折率とすると、

【数 2】

$$n_b \geq n_i \geq n_s$$

を満たすことを特徴とする請求項 2 に記載のレンズ装置。

【請求項 5】

前記反射防止膜は最表面の層の屈折率が 1.30 以下である多層膜からなり、入射角 0°における反射率は波長 400 ~ 750 nm において 0.5 % 以下である、ことを特徴とする請求項 1 に記載のレンズ装置。

10

【請求項 6】

前記反射防止膜は、入射角、 $\theta_2 - \theta_1$ 、において、波長 400 nm の光に対する反射率を R_A 、波長 700 nm の光に対する反射率を R_B とするとき、

【数 3】

$$0.1 < \frac{R_A}{R_B} < 1.5$$

を満たす、ことを特徴とする請求項 1 に記載のレンズ装置。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のレンズ装置と、該レンズ装置により結像される光を受光する撮像素子と、を有する撮像装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レンズ装置及びそれを有する撮像装置に関し、特に、レンズ装置内の光学部材の光学表面に反射防止性を有する微細構造を設けた反射防止膜を有するレンズ装置とそれを有する撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、ゴーストやフレアと呼ばれる光学素子表面の不要反射光による画質劣化が懸念されている。そこで、低い反射率を広い入射角度範囲で実現できる反射防止膜を用いた光学系に関する発明が提案されている。

30

例えば、特許文献 1 では開口絞りに対し凹面を向けている光透過部材にゾル - ゲル法を用いて形成された層を 1 層以上含む反射防止膜を構成する技術が開示されている。特許文献 2 では凹レンズ面と凸レンズ面が空気を介して対向している光学系において、少なくとも一つの部位に平均ピッチが 400 nm 以下の複数の微細凹凸構造よりなる反射防止構造を形成する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2005 - 316386 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 139775 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

広い波長域、広い入射角範囲で良好な反射防止効果を得るには光学系を構成するレンズ面への反射防止膜の適用箇所を適切に設定することが重要となる。しかしながら、特許文献 1 及び特許文献 2 の条件では、適用箇所の設定が不足しており、十分な反射防止効果を得ることができない。

そこで、本発明の目的は、光線入射角の大きい不要反射光を抑制することを可能にした

50

撮像装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するために、本発明のレンズ装置は、空気を介して隣接する凹レンズ面と凸レンズ面を有する光学系を含み、該凹レンズ面と該凸レンズ面の少なくとも一方は、平均ピッチが400nm以下の複数の微細構造体を有する反射防止膜を有し、該凹レンズ面と該凸レンズ面の前記少なくとも一方は、 f を前記光学系全体の焦点距離、 f_1 を該凹レンズ面と該凸レンズ面の間の空気層より物体側の光学系の焦点距離、 FNo を該光学系全体のFナンバー、 h を該反射防止膜を有する面における軸上換算光線高、 R_1 を該凹レンズ面と該凸レンズ面のうち物体側に位置する面の曲率半径、 R_2 を該凹レンズ面と該凸レ

10

【0006】

$$\frac{1.04}{29.3^\circ} \quad R_1 / R_2 < 1.3$$

ただし、 $D = f / FNo$ 、 $\theta_1 = \sin^{-1} \{ D / (2 \times f_1) \}$ 、 $\theta_2 = \sin^{-1} (h \times D / R_2)$ を満たすことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、光線入射角の大きい不要反射光を抑制し、ゴーストやフレアの発生を低減した撮像装置を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施例1におけるレンズ断面図

【図2】実施例1におけるゴースト光路図の一例

【図3】実施例1における201面の、(A)入射角度0°における分光反射率、(B)入射角度29.3°における分光反射率

【図4】実施例1における202面の、(A)入射角度0°における分光反射率、(B)入射角度29.3°における分光反射率

【図5】実施例2におけるレンズ断面図

【図6】実施例2におけるゴースト光路図の一例

30

【図7】実施例2における401面の、(A)入射角度0°における分光反射率、(B)入射角度38.4°における分光反射率

【図8】実施例3におけるレンズ断面図

【図9】実施例3におけるゴースト光路図の一例

【図10】実施例3における601面の、(A)入射角度0°における分光反射率、(B)入射角度40.6°における分光反射率

【図11】実施例3における602面の、(A)入射角度0°における分光反射率、(B)入射角度40.6°における分光反射率

【図12】本発明におけるゴースト光線の模式図

【発明を実施するための形態】

40

【0009】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。

図12は、本発明のレンズ装置の実施形態を示す模式図であって、数値実施例1に対応するレンズ装置の断面図である。ゴーストは図12(B)に示す面702と、図12(A)に示す面701の空気を介して隣り合う2面からの反射により発生する。以下、ゴーストが発生する原因となる、微小な空気層を介して隣り合う2面(図12においては面701と面702)を、本明細書においてゴースト反射面と記載する。

【0010】

図12(A)はレンズ断面図の一部と軸上ゴースト光線のうち最も光線高の高い光線が面701を通過した様子を表す。角度 θ_1 は、最も光線高の高いゴースト光線が面701

50

を透過した後に光軸に対して成す角度を表す。この角度 θ_1 は、入射光線の光束半径 D と、第 1 面から面 701 までの焦点距離 f_1 から以下の式 (1) で求められる。

【数 2】

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{D}{2 \times f_1} \quad (1)$$

【0011】

また、入射光線の光束半径 D はレンズ全系（光学系全体）の焦点距離 f とレンズ全系（光学系全体）の F ナンバー FNo から以下の式 (2) で求められる。

【数 3】

$$D = \frac{f}{FNo} \quad (2)$$

【0012】

この光束半径 D は撮像面上で画像を形成する正規光の入射瞳半径と同じ数値となる。本発明においてゴースト光を発生させる面として課題解決のための対象としている面 701 と 702 は非常に近い曲率で、なおかつ隣り合わせであるため、正規光とほぼ同様の光路をたどる。面 701、702 の曲率の関係については後述する。従って、本発明においては、このような正規光の入射瞳径と同じ数式を使用する。

【0013】

図 12 (B) は (A) に対し、面 702 を加えたレンズ断面図である。角度 θ_2 は軸上光線のうち最周辺を通る光線が通過する高さにおける面 702 の法線と光軸の成す角を表す。この角度 θ_2 は反射防止膜を構成する面における軸上換算光線高 h と入射光線の光束半径 D 、ゴースト反射面のうち像側に位置する面 702 の曲率半径 R_2 から以下の式 (3) で求められる。ここでいう軸上換算光線高 h とは、レンズ全系の焦点距離で正規化し、レンズ第 1 面入射光線高を 1 とした時の近軸追跡値とする。近軸追跡とは、 $\sin i \approx i$ (単位はラジアン) と近似した光線追跡である。

【数 4】

$$\theta_2 = \sin^{-1} \frac{h \times D}{R_2} \quad (3)$$

【0014】

面 702 に入射する軸上ゴースト光線のうち、最も入射角が大きいのは、最周辺を通る光線である。従って、最周辺を通る光線の面 702 に対する入射角は $|\theta_2 - \theta_1|$ である。本発明においては、その入射角は式 (4) を満たすように構成される。

$$\frac{29.3^\circ}{\sin \theta_1} \leq |\theta_2 - \theta_1| \quad (4)$$

【0015】

式 (4) を満たすと、レンズ最周辺を通る光線の入射角とレンズ中心を通る軸上ゴースト光線の入射角の差が大きくなる。従って、平均ピッチが 400 nm 以下の複数の微細構造体を持つ反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜の効果が十分に発揮され、ゴースト光が抑制される。また、式 (4) を考慮することにより、反射防止膜を導入する面より物体側の焦点距離 f_1 とゴースト反射面のうち像側に位置する面の曲率半径 R_2 から、反射防止膜の導入位置を決定できる。

【0016】

なお、面 701 と 702 の曲率半径は以下の式 (5) で制限される。なお R_1 はゴースト反射面のうち物体側に位置する面 701 の曲率半径である。

$$\frac{1.04}{R_1 / R_2} < 1.3 \quad (5)$$

【0017】

式 (5) を満たすと、面 701、702 に入射するゴースト光線の面に対する入射角が

10

20

30

40

50

それぞれ近い値を取る。従って、入射角が大きいゴースト光線の場合、面 701、702 のどちらにも大きい入射角で光線が反射する。本発明においては、このようなゴースト光を形成する 2 面どちらにも入射角の大きいゴースト光線に対し、平均ピッチが 400 nm 以下の複数の微細構造体を持つ反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜を少なくとも 1 面に構成する。これにより、反射防止膜の効果を従来技術より高くすることが可能になった。

【0018】

反射防止膜は、入射角が 0° における反射率が波長 400 ~ 750 nm において 0.5 % 以下である。さらに、反射防止膜は、入射角、 $\theta_2 - \theta_1$ 、において、波長 400 nm の光に対する反射率を R_A 、波長 700 nm の光に対する反射率を R_B としたとき、

【数 7】

$$0.1 < \frac{R_A}{R_B} < 1.5 \quad (6)$$

を満たす特性を有するものとする。

【実施例 1】

【0019】

以下、図 1 乃至 4 を参照して、本発明の第 1 の実施例による、撮像装置について説明する。

【0020】

図 1 は本発明の実施例 1 (数値実施例 1) であるズームレンズの構成図と、広角端で無限遠物体に合焦しているときの光路図である。焦点距離や物体距離の値は、後述する数値実施例を mm 単位で表したときの値である。物体距離は像面からの距離である。これらは以下の各実施例において、全て同じである。レンズ光路図において、第 1 レンズ群 101 はズームングに際して不動で、正の屈折力を有している。第 1 レンズ群 101 は、フォーカスのための屈折力を有し、全体又は一部の屈折力のあるレンズ群を移動することにより、フォーカスを行う。第 2 レンズ群 102 はズームング時に移動する、負の屈折力を持つレンズ群 (バリエータレンズ群) である。第 3 レンズ群 103 はズームング時に移動する、負の屈折力を持つレンズ群 (コンペンセーターレンズ群) である。この第 3 レンズ群 103 は、第 2 群レンズ群の移動に連動して光軸上を移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。SP は開口絞りであり、第 3 レンズ群 103 と第 4 レンズ群 104 との間に配置される。第 4 レンズ群 104 はズームングに際して不動で、結像のための正の屈折力を有するレンズ群 (リレーレンズ群) である。第 4 レンズ群 104 は最も距離の長い空気間隔を境に正の屈折力のレンズ群 1041 と正の屈折力のレンズ群 1042 で構成される。DG は色分解プリズムや光学フィルターであり、ガラスブロックとして示している。IP は像面であり、固体撮像素子 (光電変換素子) の撮像面に相当する。

【0021】

図 2 は本発明の実施例 1 (数値実施例 1) であるズームレンズの焦点距離 26.7 mm における、ゴースト光路の一例である。フォーカス位置を物体距離 2 m (もっとも物体側のレンズ面より) とし、光源を 3 m (もっとも物体側のレンズ面より) とした場合のゴースト光線の光路を表す。ここで光源から到達したゴースト光は、空気を介して隣接する面 202、面 201 を、その順に面反射し、撮像面 IP に到達する。面 201、202 には、平均ピッチが 400 nm 以下の複数の微細構造体を持つ反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜を構成している。この微細構造は硝材側から空気側に向けて、連続的に密度が減少するように微細な凹凸構造が複数構成されている。これにより実質的な屈折率が硝材側から空気側に向けて徐々に 1 に近づく構造になっている。これにより、反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜を実現している。

【0022】

また、反射防止膜の微細構造体と、該微細構造体が構成されているレンズ面との間には、該微細構造体を構成する材料とは異なる材料から構成される単層膜または多層膜よりなる中間層が形成されている。中間層は、有機樹脂で構成されていることが望ましい。この

10

20

30

40

50

中間層は微細構造体の屈折率とレンズ硝材の屈折率との屈折率差を調整する機能を有する。これにより、より高い反射防止性能を実現できる。レンズを構成するガラスの屈折率を n_b 、中間層の材料の屈折率を n_i 、微細構造体の材料の屈折率を n_s とした場合、以下の式(7)の条件を満たすことが望ましい。

【数8】

$$n_b \geq n_i \geq n_s \quad (7)$$

【0023】

この条件を満たす反射防止膜を設置することで、より高い反射防止効果を実現できる。本実施例の面201におけるd線(587.56nm)の屈折率は $n_b=1.497$ 、 $n_i=1.46$ 、 $n_s=1.4-1.0$ 、面202におけるd線(587.56nm)の屈折率は $n_b=1.883$ 、 $n_i=1.63$ 、 $n_s=1.4-1.0$ である。「1.4-1.0」とは屈折率が1.4から1.0まで中間層側から表面側に向けて連続的に減少していることを示す。

10

【0024】

本実施例の面201(凸レンズ面)における曲率半径 R_1 は-79.6mmであり、面202(凹レンズ面)における曲率半径 R_2 は-73.7mmである。いずれも、絞りに対し面の形状が凸となるように構成されている。 R_1/R_2 は1.08となる。従って、式(5)の条件を満たしている。この式(5)の条件を満たすと、ゴースト光を反射する2面のゴースト光線入射角が近い値を取る。

【0025】

20

本実施例の焦点距離26.7mmにおけるFナンバーは1.9である。また、反射防止膜を形成する面までの光学系の焦点距離 f_1 は188.7mmである。反射防止膜を構成する面における軸上換算光線高 h は2.4である。これから、式(2)より D は、

$$D = 26.7 / 1.9 = 14.05 \text{ mm}$$

と求められる。また、式(1)より、 θ_1 は、

$$\theta_1 = \sin^{-1}(14.05 / (2 \times 188.7)) = 2.1^\circ$$

と求められる。式(3)より、 θ_2 は、

$$\theta_2 = \sin^{-1}((2.4 \times 14.05) / (-73.7)) = -27.2^\circ$$

と求められる。従って、 $|\theta_2 - \theta_1|$ は29.3°であり、式(4)の条件を満たしている。式(4)の条件を満たすことにより、ゴースト光線のうちレンズ周辺部を通る光線の面への入射角が大きくなる。ゴースト光線のうちレンズ中心部を通る光線は入射角が小さいため、反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜の効果が高まる。

30

式(4)、式(5)を同時に満たすことでゴースト光線の反射面への入射角が2面とも大きくなり、反射防止膜の効果がより高まる。

【0026】

図3に、201面の入射角度0°における分光反射率(A)、入射角度29.3°($=\theta_2 - \theta_1$)における分光反射率(B)を示し、図4に、202面の、入射角度0°における分光反射率(A)、入射角度29.3°における分光反射率(B)を示す。201面、202面、共に、入射角0°における波長400~750nmに対する反射率は0.5%以下であり、反射の抑制に好適な光学特性を有する。

40

入射角29.3°($=\theta_2 - \theta_1$)における、波長400nmの光に対する反射率 R_A 、波長700nmの光に対する反射率 R_B の比(R_A/R_B)は、201面上の反射防止膜に対しては0.64であり、202面上の反射防止膜に対しては0.20であり、いずれの面も式(6)の条件を満たす。

【実施例2】

【0027】

以下、図5乃至7を参照して、本発明の第2の実施例による、撮像装置について説明する。

【0028】

図5は本発明の実施例2(数値実施例2)であるズームレンズの構成図と、広角端で無

50

限遠物体に合焦しているときの光路図である。レンズ光路図において、第1レンズ群301はズームに際して不動で、正の屈折力を有している。第1レンズ群301は、フォーカスのための屈折力を有し、全体又は一部の屈折力のあるレンズ群を移動することにより、フォーカスを行っている。第2レンズ群302はズーム時に移動する、負の屈折力を持つレンズ群（バリエータレンズ群）である。第3レンズ群303はズーム時に移動する、負の屈折力を持つレンズ群（コンペンサターレンズ群）である。この第3レンズ群303は、第2群レンズ群の移動に連動して光軸上を移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。SPは開口絞りであり、第3レンズ群303と第4レンズ群304との間に配置されている。第4レンズ群304はズームに際して不動で、結像のための正の屈折力を有するレンズ群（リレーレンズ群）である。第4レンズ群304は最も距離の長い空気間隔を境に正の屈折力のレンズ群3041と正の屈折力のレンズ群3042で構成されている。DGは色分解プリズムや光学フィルターであり、ガラスブロックとして示している。IPは像面であり、固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当している。

10

【0029】

図6は本発明の実施例2（数値実施例2）であるズームレンズの焦点距離164mmにおける、ゴースト光路の一例である。フォーカス位置を物体距離無限遠とし、光源を3m（もっとも物体側のレンズ面より）とした場合のゴースト光線の光路を表している。ここで光源から到達したゴースト光は、空気を介して隣接する面402、面401を、その順に面反射し、撮像面IPに到達している。面401には、平均ピッチが400nm以下の複数の微細構造体を持つ反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜を構成している。この微細構造は硝材側から空気側に向けて、連続的に密度が減少するように微細な凹凸構造が複数構成されている。これにより実質的な屈折率が硝材側から空気側に向けて徐々に1に近づく構造になっている。これにより、反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜を実現している。本発明においては、本実施例のようにゴースト光を反射する面の少なくとも一方に反射防止膜を構成することで、十分な効果を発揮する。

20

【0030】

本実施例の面401（凹レンズ面）における曲率半径 R_1 は156.0mmであり、面402（凸レンズ面）における曲率半径 R_2 は148.8mmである。いずれも、絞りに対し面の形状が凹となるように構成となっている。 R_1/R_2 は1.04となる。従って、式(5)の条件を満たしている。この上下限の条件を満たすと、ゴースト光を反射する2面のゴースト光線入射角が近い値を取る。面402におけるd線(587.56nm)の屈折率は $n_b=1.800$ 、 $n_i=1.63$ 、 $n_s=1.4-1.0$ である。「1.4-1.0」とは屈折率が1.4から1.0まで中間層側から表面側に向けて連続的に減少していることを示す。本実施例においても、式(7)の条件を満たすように構成され、光線入射角の大きい不要反射光を効果的に抑制している。

30

【0031】

本実施例の焦点距離164mmにおけるFナンバーは2.7である。また、反射防止膜を形成する面までの焦点距離 f_1 は-130.0mmである。反射防止膜を構成する面における軸上換算光線高 h は1.0である。式(2)よりDは、

40

$$D = 164 / 2.7 = 61.9 \text{ mm}$$

と求められる。また、式(1)より、 θ_1 は、

$$\theta_1 = \sin^{-1} (61.9 / (2 \times (-130.0))) = -13.8^\circ$$

と求められる。式(3)より、 θ_2 は、

$$\theta_2 = \sin^{-1} ((1.0 \times 61.9) / 148.8) = 24.6^\circ$$

と求められる。従って、 $|\theta_2 - \theta_1|$ は38.4であり、式(4)の条件を満たしている。式(4)の条件を満たすことにより、ゴースト光線のうちレンズ周辺部を通る光線の面への入射角が大きくなる。ゴースト光線のうちレンズ中心部を通る光線は入射角が小さいため、反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜の効果が高まる。

【0032】

50

式(4)、式(5)を同時に満たすことでゴースト光線の反射面への入射角が2面とも大きくなり、反射防止膜の効果がより高まる。

図7に、401面の入射角度 0° における分光反射率(A)、入射角度 $38.4^\circ (= \theta_2 - \theta_1)$ における分光反射率(B)を示す。401面の入射角 0° における波長400~750nmに対する反射率は0.5%以下であり、反射の抑制に好適な光学特性を有する。

入射角 $38.4^\circ (= \theta_2 - \theta_1)$ における、波長400nmの光に対する反射率 R_A 、波長700nmの光に対する反射率 R_B の比(R_A/R_B)は、401面上の反射防止膜に対しては0.20であり、式(6)の条件を満たす。

【実施例3】

【0033】

10

以下、図8乃至11を参照して、本発明の第3の実施例による、撮像装置について説明する。

【0034】

図8は本発明の実施例3(数値実施例3)であるズームレンズの構成図と、広角端で無限遠物体に合焦しているときの光路図である。レンズ光路図において、第1レンズ群501はズームングに際して不動で、正の屈折力を有している。第1レンズ群501は、フォーカスのための屈折力を有し、全体又は一部の屈折力のあるレンズ群を移動することにより、フォーカスを行う。第2レンズ群502はズームング時に移動する、負の屈折力を持つレンズ群(バリエータレンズ群)である。第3レンズ群503はズームング時に移動する、負の屈折力を持つレンズ群(コンペンサータレンズ群)である。この第3レンズ群503は、第2群レンズ群の移動に連動して光軸上を移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。SPは開口絞りであり、第3レンズ群503と第4レンズ群504との間に配置される。第4レンズ群504はズームングに際して不動で、結像のための正の屈折力を有するレンズ群(リレーレンズ群)である。第4レンズ群504は最も距離の長い空気間隔を境に正の屈折力のレンズ群5041と正の屈折力のレンズ群5042で構成される。DGは色分解プリズムや光学フィルターであり、ガラスブロックとして示している。IPは像面であり、固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面に相当する。

20

【0035】

図9は本発明の実施例3(数値実施例3)であるズームレンズの焦点距離150mmにおける、ゴースト光路の一例である。フォーカス位置を物体距離無限遠とし、光源を3m(もっとも物体側のレンズ面より)とした場合のゴースト光線の光路を表す。ここで光源から到達したゴースト光は、空気を介して隣接する面602、面601を、その順に面反射し、撮像面IPに到達する。面601、602には、平均ピッチが400nm以下の複数の微細構造体を持つ反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜を構成している。この微細構造は密度が下がるように微細な空孔を複数持つことにより、実質的な屈折率を1.30以下に低下させている。この微細構造を最表面の層(空気に接する層)に構成し、さらに下層を多層膜とすることにより、反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜を実現している。

30

【0036】

本実施例の面601(凸レンズ面)における曲率半径 R_1 は-28.9mmであり、面602(凹レンズ面)における曲率半径 R_2 は-25.06mmである。いずれも、絞りに対し面の形状が凸となるように構成されている。 R_1/R_2 は1.15となるので、式(5)の条件を満たしている。この式(5)の条件を満たすと、ゴースト光を反射する2面のゴースト光線入射角が近い値を取る。

40

【0037】

本実施例の焦点距離150mmにおけるFナンバーは2.1である。また、反射防止膜を形成する面までの光学系の焦点距離 f_1 は-422.9mmである。反射防止膜を構成する面における軸上換算光線高 h は0.25である。これから式(2)によりDは、

$$D = 150 / 2.1 = 71.4 \text{ mm}$$

と求められる。また、式(1)より、 θ_1 は、

$$\theta_1 = \sin^{-1} (71.4 / (2 \times (-422.9))) = -4.8^\circ$$

50

と求められる。式(3)より、 θ_2 は、

$$\theta_2 = \sin^{-1}((0.25 \times 71.4) / (-25.06)) = -45.4^\circ$$

と求められる。従って、 $|\theta_2 - \theta_1|$ は 40.6° であり、式(4)の条件を満たしている。式(4)の条件を満たすことにより、ゴースト光線のうちレンズ周辺部を通る光線の面への入射角が大きくなる。ゴースト光線のうちレンズ中心部を通る光線は入射角が小さいため、反射率抑制波長帯域の広い反射防止膜の効果が高まる。

式(4)、式(5)を同時に満たすことでゴースト光線の反射面への入射角が2面とも大きくなり、反射防止膜の効果がより高まる。

【0038】

図10に、601面の入射角度 0° における分光反射率(A)、入射角度 40.6° ($= \theta_2 - \theta_1$)における分光反射率(B)を示し、図11に、602面の、入射角度 0° における分光反射率(A)、入射角度 40.6° における分光反射率(B)を示す。601面、602面、共に、入射角 0° における波長 $400 \sim 750 \text{ nm}$ に対する反射率は 0.5% 以下であり、反射の抑制に好適な光学特性を有する。

入射角 40.6° ($= \theta_2 - \theta_1$)における、波長 400 nm の光に対する反射率 R_A 、波長 700 nm の光に対する反射率 R_B の比(R_A / R_B)は、601面上の反射防止膜に対しては 0.69 であり、602面上の反射防止膜に対しては 0.72 であり、いずれの面も式(6)の条件を満たす。

【0039】

以下に本発明の実施例1～3に対応する数値実施例1～3を示す。各数値実施例において、面番号は物体側からの面の順序を示し、 r は各面における曲率半径、 d は面の間隔、 n_d 、 v_d は各面における屈折率とアッペ数である。最後の3つの面は、フィルター等のガラスブロックである。

【0040】

非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正とし、 R を近軸曲率半径、 k を円錐形数、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 、 A_7 、 A_8 、 A_9 、 A_{10} 、 A_{11} 、 A_{12} をそれぞれ非球面係数としたとき、次式で表わす。

【数9】

$$X = \frac{H^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (1 + k)(H/R)^2}} + A_4 \cdot H^4 + A_6 \cdot H^6 + A_8 \cdot H^8 + A_{10} \cdot H^{10} + A_{12} \cdot H^{12} + A_3 \cdot H^3 + A_5 \cdot H^5 + A_7 \cdot H^7 + A_9 \cdot H^9 + A_{11} \cdot H^{11}$$

また、例えば「e-Z」は「 $\times 10^{-Z}$ 」を意味する。*印は非球面であることを示す。

【0041】

(数値実施例1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1		0.00		
2*	227.195	2.50	1.77250	49.6
3	33.736	19.76		
4	311.589	1.85	1.75500	52.3
5	80.391	13.54		
6	-80.728	1.75	1.75500	52.3
7	-17642.010	1.30		
8	135.169	6.62	1.80518	25.4
9	-339.711	1.16		
10	328.904	9.40	1.51633	64.1
11*	-74.094	11.86		

12	1211.778	8.57	1.49700	81.5	
13	-79.634	0.60			
14	-73.669	1.65	1.88300	40.8	
15	-126.215	0.20			
16	182.391	1.65	2.00330	28.3	
17	55.727	10.56	1.49700	81.5	
18	-405.898	0.20			
19	130.732	9.01	1.49700	81.5	
20	-91.216	0.20			
21	57.687	7.79	1.62041	60.3	10
22	1234.500	(可変)			
23	52.721	0.75	1.88300	40.8	
24	13.435	3.29			
25	67.192	0.75	1.88300	40.8	
26	36.490	2.83			
27	-48.656	4.75	1.80518	25.4	
28	-12.990	0.80	1.88300	40.8	
29	-1003.160	0.20			
30	33.652	2.54	1.68893	31.1	
31	1299.417	(可変)			20
32	-26.243	0.75	1.75500	52.3	
33	52.073	2.45	1.80809	22.8	
34	-173.421	(可変)			
35(絞リ)		1.40			
36	-2714.731	3.10	1.54814	45.8	
37	-50.891	0.20			
38	602.181	2.63	1.72047	34.7	
39	-91.266	0.20			
40	89.412	7.01	1.72047	34.7	
41	-29.829	1.20	1.92286	18.9	30
42	-376.636	34.00			
43	109.441	4.19	1.92286	18.9	
44	-71.553	6.52			
45	-271.962	1.20	1.88300	40.8	
46	21.754	5.08	1.49700	81.5	
47	5940.652	0.24			
48	35.588	7.15	1.49700	81.5	
49	-19.719	1.20	2.00330	28.3	
50	-139.767	0.15			
51	93.336	5.53	1.49700	81.5	40
52	-26.428	4.00			
53		33.00	1.60859	46.4	
54		13.20	1.51680	64.2	
55		(可変)			
像面					

非球面データ

第2面

K = -5.42173e+001 A 4= 1.90661e-006 A 6= 3.73103e-011 A 8= -1.91524e-013 A10= -6.77526e-019

A 3=-4.12872e-006 A 5=-1.32181e-008 A 7= 2.42261e-012 A 9= 2.44378e-015

第11面

K =-2.28238e+000 A 4=-2.08837e-007 A 6= 2.96604e-011 A 8= 3.48782e-013 A10=-1.18721e-016

A 3=-6.36724e-007 A 5= 5.61037e-010 A 7=-1.11164e-011 A 9=-3.18271e-016

各種データ

ズーム比 13.00

10

焦点距離	4.45	16.02	26.70	57.85
Fナンバー	1.90	1.91	1.91	2.80
画角	51.02	18.95	11.64	5.43
像高	5.50	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	300.27	300.27	300.27	300.27
BF	38.16	38.16	38.16	38.16

d22	0.56	30.70	37.70	44.28
d31	42.27	8.70	3.49	6.35
d34	9.00	12.43	10.63	1.19
d55	4.99	4.99	4.99	4.99

20

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	26.70
2	23	-16.80
3	32	-43.80
4	35	52.80

【 0 0 4 2 】

(数値実施例 2)

30

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	-321.282	1.80	1.80000	29.8
2	155.978	0.27		
3	148.778	5.00	1.43387	95.1
4	939.166	1.64		
5	7215.908	1.80	1.80000	29.8
6	142.263	1.56		
7	181.560	11.04	1.43387	95.1
8	-127.642	10.88		
9	-2147.703	4.17	1.43387	95.1
10	-253.410	0.15		
11	146.659	8.29	1.59240	68.3
12	-222.853	0.15		
13	59.292	7.70	1.77250	49.6
14	152.159	(可変)		
15*	228.519	0.70	1.88300	40.8
16	16.263	5.43		

40

50

17	-10268.316	6.59	1.80518	25.4
18	-15.549	0.70	1.75500	52.3
19	25.590	0.68		
20	20.925	5.61	1.60342	38.0
21	-53.448	1.38		
22	-24.853	0.70	1.83481	42.7
23	-134.693	(可変)		
24	-28.312	0.70	1.74320	49.3
25	46.740	2.80	1.84666	23.8
26	-2634.956	(可変)		
27(絞リ)		1.30		
28	394.928	5.18	1.65844	50.9
29	-33.348	0.15		
30	74.155	3.20	1.51823	58.9
31	3654.252	0.15		
32	83.980	7.00	1.51633	64.1
33	-31.528	1.50	1.83400	37.2
34	-336.280	35.20		
35	38.818	6.68	1.48749	70.2
36	-49.746	1.67		
37	-75.132	1.80	1.83481	42.7
38	27.229	6.15	1.51742	52.4
39	-399.526	2.67		
40	180.001	6.83	1.48749	70.2
41	-24.173	1.80	1.83400	37.2
42	-51.301	0.18		
43	58.679	4.80	1.51633	64.1
44	-104.601	4.50		
45		30.00	1.60342	38.0
46		16.20	1.51633	64.2
47		(可変)		

10

20

30

像面

非球面データ

第15面

$K = 8.58860e+000$ $A_4 = 7.05382e-006$ $A_6 = -1.80303e-008$ $A_8 = 7.49637e-011$ $A_{10} = -8.01854e-013$ $A_{12} = 5.80206e-015$
 $A_3 = -4.50041e-007$ $A_5 = 1.66019e-008$ $A_7 = -8.87373e-010$ $A_9 = 1.99340e-011$ $A_{11} = -1.17115e-013$

40

各種データ

ズーム比 20.00

焦点距離	8.20	16.40	33.29	109.33	164.00	11.32
Fナンバー	1.80	1.80	1.80	1.87	2.73	1.80
画角	33.85	18.54	9.38	2.88	1.92	25.92
像高	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	268.50	268.50	268.50	268.50	268.50	268.50
BF	41.33	41.33	41.33	41.33	41.33	41.33

50

d14	0.53	22.20	36.98	51.19	53.78	11.67
d23	56.24	31.47	14.23	3.29	5.68	43.64
d26	4.40	7.50	9.97	6.69	1.71	5.86
d47	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	67.24
2	15	-13.70
3	24	-42.20
4	27	65.91

10

【 0 0 4 3 】

(数値実施例 3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	959.780	2.30	1.81265	25.4
2	101.240	0.10		
3	101.060	10.15	1.48915	70.2
4	-873.870	0.20		
5	133.990	7.77	1.51825	64.2
6	-1406.740	0.00		
7	99.830	6.79	1.60548	60.7
8	368.440	0.20		
9	70.690	6.76	1.69979	55.5
10	166.410	(可変)		
11	60.980	0.80	1.83945	42.7
12	16.220	5.81		
13	-29.730	0.80	1.80811	46.6
14	47.690	2.24		
15	35.800	4.73	1.81265	25.4
16	-28.900	0.43		
17	-25.060	0.80	1.77621	49.6
18	142.670	(可変)		
19*	-26.074	0.80	1.79013	44.2
20	30.870	3.47	1.85501	23.9
21	736.140	(可変)		
22(絞り)		1.40		
23	-140.140	3.57	1.72794	38.0
24	-37.070	0.20		
25	68.870	4.98	1.51314	60.5
26	-69.050	0.20		
27	35.780	9.49	1.50229	66.0
28	-30.390	1.66	1.83932	37.2
29	542.750	15.69		
30	-770.530	4.69	1.51314	60.5
31	-34.660	0.20		
32	156.950	1.40	1.83932	37.2
33	17.570	7.55	1.50014	65.0

20

30

40

50

34 -183.300 0.20
 35 91.810 5.69 1.51977 52.4
 36 -24.460 1.40 1.80811 46.6
 37 268.360 0.30
 38 33.660 5.54 1.51977 52.4
 39 -46.300 4.73
 40 29.35 1.60718 38.0
 41 16.20 1.51825 64.2
 42 (可変)
 像面

10

非球面データ

第19面

K = 0.00000e+000 A 6= 2.36359e-008 A 8=-2.17787e-010 A10= 6.77619e-013

各種データ

ズーム比 15.02

焦点距離 10.00 19.67 39.99 100.04 150.09
 Fナンバー 1.80 1.80 1.80 1.80 2.10
 画角 28.82 15.62 7.83 3.15 2.10
 像高 5.50 5.50 5.50 5.50 5.50
 レンズ全長 215.48 215.48 215.48 215.49 215.47
 BF 41.84 41.84 41.84 41.86 41.83

20

d10 1.29 21.22 35.40 46.98 50.25
 d18 51.14 28.95 12.97 2.71 2.61
 d21 2.90 5.16 6.96 5.63 2.47
 d42 8.18 8.18 8.18 8.20 8.17

30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 77.99
 2 11 -13.79
 3 19 -34.00
 4 22 38.07

【 0 0 4 4 】

各条件式と本実施例との関係を以下の表 1 に示す。

【表 1】

	f	f ₁	FNo	h	D	θ ₁	θ ₂	R ₁ /R ₂	θ ₂ -θ ₁	R _A /R _B
実施例 1	26.7	188.7	1.9	2.4	14.05	2.1	-27.2	1.08	29.3	0.64, 0.20
実施例 2	164	-130.0	2.7	1.0	61.9	-13.8	24.6	1.04	38.4	0.20
実施例 3	150	-422.9	2.1	0.25	71.4	-4.8	-45.4	1.15	40.6	0.69, 0.72

40

【 0 0 4 5 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。また、実施例で例示した本発明のレンズ装置と、レンズ装置により結像される光を受光する撮像素子とを有する撮像装置を構成することにより、光線入射角の大きい不要反射光を抑制し、ゴーストやフ

50

レアの発生を低減した撮像装置を提供することができる。

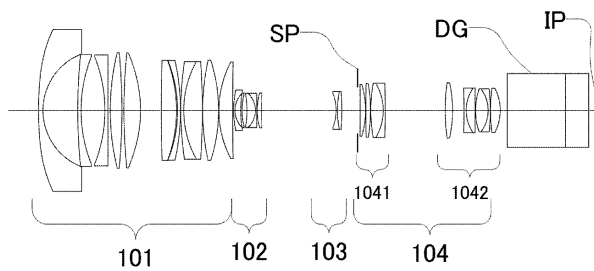
【符号の説明】

【 0 0 4 6 】

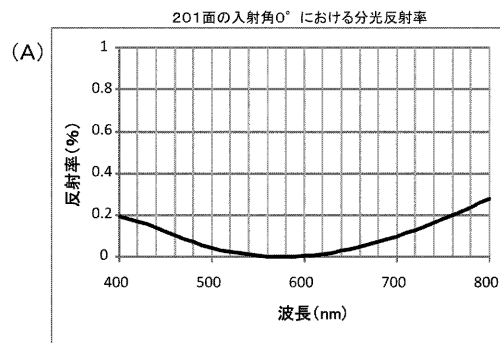
2 0 1、4 0 1、6 0 1 物体側ゴースト反射面

2 0 2、4 0 2、6 0 2 像側ゴースト反射面

【 図 1 】

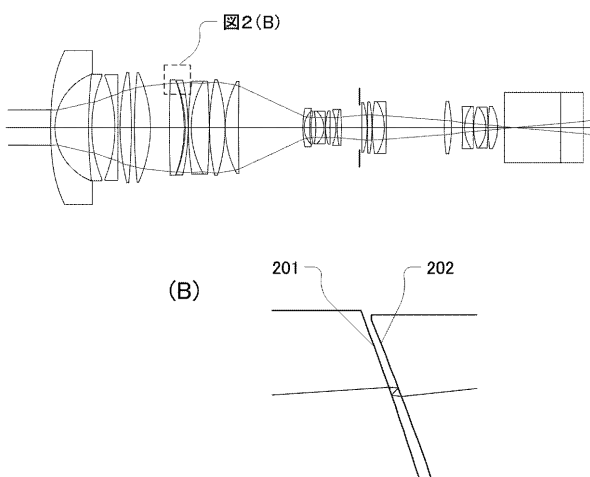


【 図 3 】

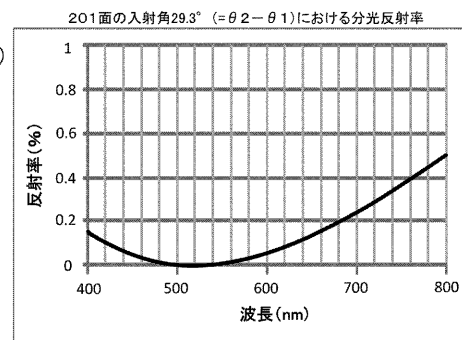


【 図 2 】

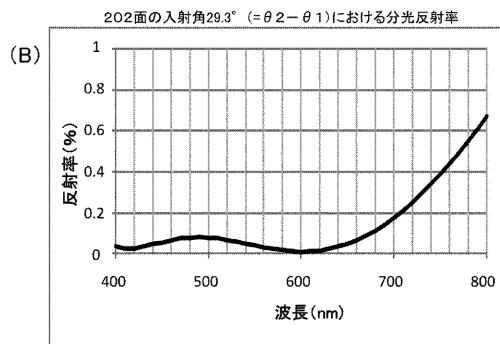
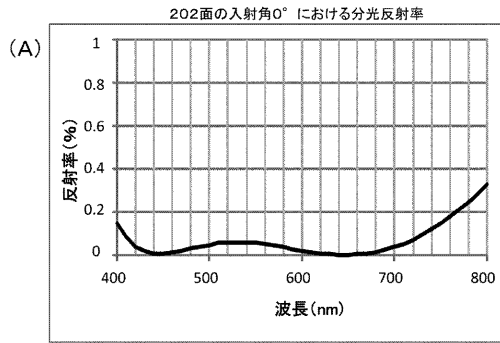
(A)



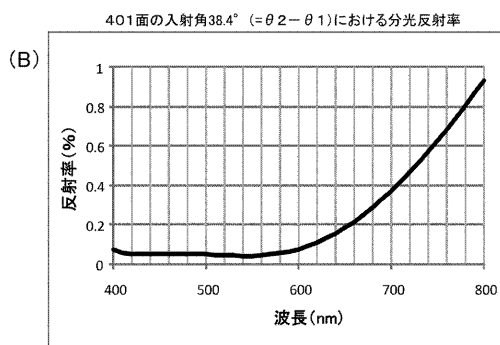
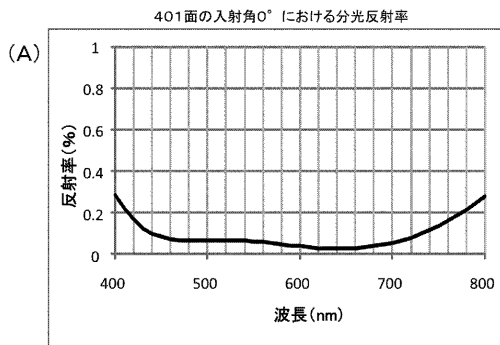
(B)



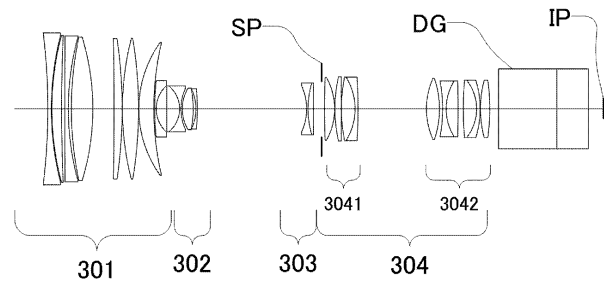
【図 4】



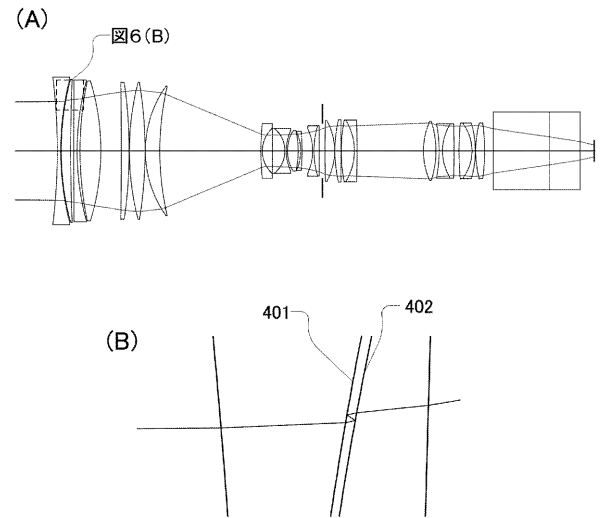
【図 7】



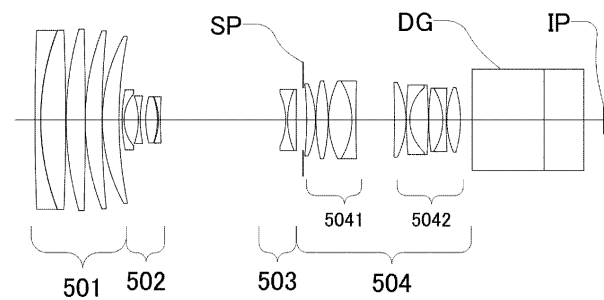
【図 5】



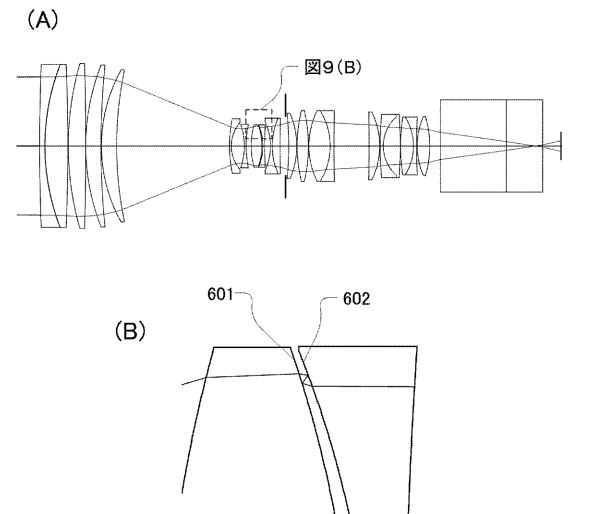
【図 6】



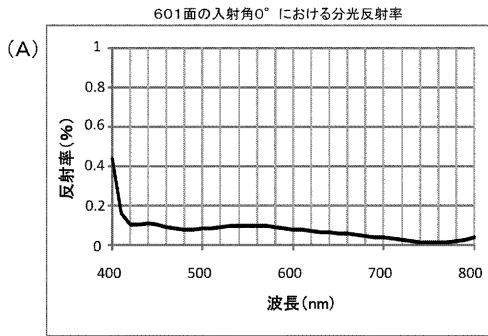
【図 8】



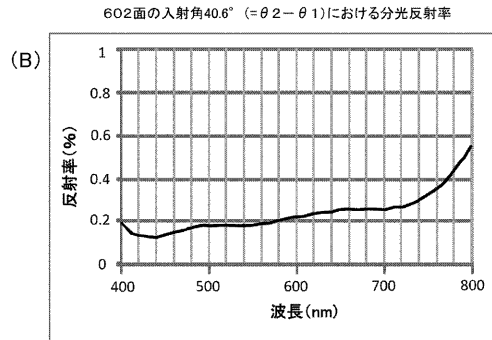
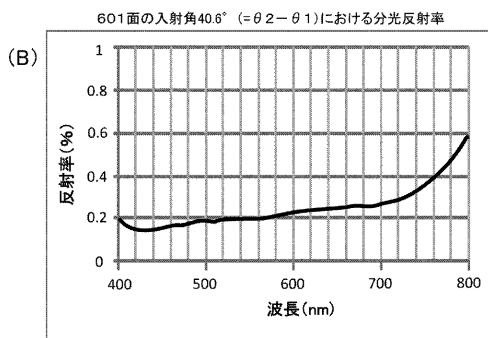
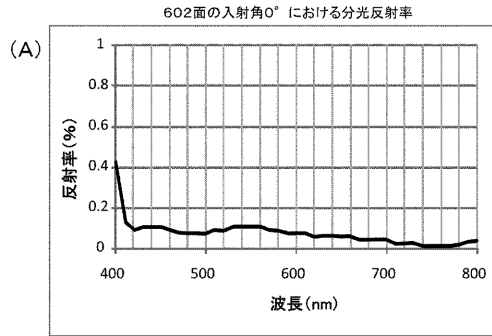
【図 9】



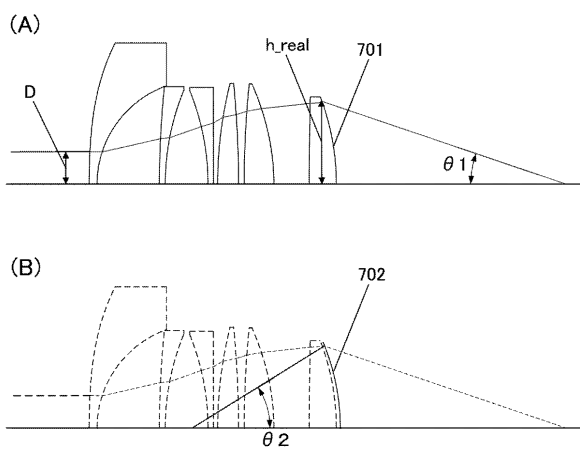
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(74)代理人 100134393

弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230

弁理士 田中 尚文

(72)発明者 入山 浩

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 堀井 康司

(56)参考文献 特開2010-078803(JP,A)

特開2012-047870(JP,A)

特開2010-266577(JP,A)

特開2010-097197(JP,A)

特開2009-145644(JP,A)

特開2011-081406(JP,A)

特開2011-000856(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04