

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-71502

(P2021-71502A)

(43) 公開日 令和3年5月6日(2021.5.6)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 13/16 (2006.01)	G O 2 B 13/16	2 H O 8 7
G 0 2 B 15/20 (2006.01)	G O 2 B 15/20	2 K 2 O 3
G 0 3 B 21/00 (2006.01)	G O 3 B 21/00	D
G O 2 B 13/18 (2006.01)	G O 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2019-195985 (P2019-195985)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	令和1年10月29日 (2019. 10. 29)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100110412
			弁理士 藤元 亮輔
		(74) 代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(74) 代理人	100121614
			弁理士 平山 倫也
		(72) 発明者	高橋 真
			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

最終頁に続く

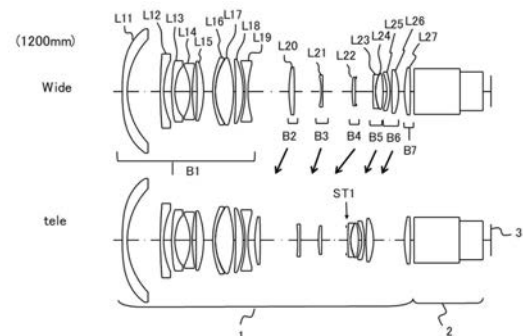
(54) 【発明の名称】 光学系、投射レンズ、画像投射装置および撮像レンズ

(57) 【要約】

【課題】簡易な構成でありながら良好な温度補償効果を有する光学系を提供する。

【解決手段】光学系1は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された、負または正の屈折力を有する第1群B1～B4と、絞りST1と、正の屈折力を有する第2群B5～B7とからなる。第1群と第2群のうち少なくとも一方に含まれる負レンズは、該負レンズのd線におけるアッペ数を ν_n とし、負レンズの屈折率温度係数を dn/dtn とすると、 $10 \leq \nu_n \leq 40$ および $dn/dtn < 0$ なる条件を満足する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

拡大共役側から縮小共役側に順に配置された、
負または正の屈折力を有する第 1 群と、
絞りと、
正の屈折力を有する第 2 群とからなり、
前記第 1 群と前記第 2 群のうち少なくとも一方に負レンズが含まれており、
前記負レンズは、該負レンズの d 線におけるアッベ数 v_n とし、前記負レンズの屈折率
温度係数を dn/dt_n とするとき、

$$10 \leq v_n \leq 40$$

$$dn/dt_n < 0$$

なる条件を満足することを特徴とする光学系。

10

【請求項 2】

前記第 1 群と前記第 2 群のうち少なくとも一方に正レンズが含まれており、
前記正レンズは、前記正レンズの d 線におけるアッベ数を v_p とし、前記正レンズの屈
折率温度係数を dn/dt_p とするとき、

$$62 \leq v_p \leq 110$$

$$0 < (dn/dt_p) / (dn/dt_n)$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

20

【請求項 3】

前記正レンズと前記負レンズは、前記正レンズの線膨張係数を α_p とし、前記負レンズ
の線膨張係数を α_n とするとき、

$$|\alpha_p - \alpha_n| \times 10^7 \leq 60$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記正レンズと前記負レンズが互いに接合された接合レンズを構成していることを特徴
とする請求項 2 または 3 に記載の光学系。

【請求項 5】

前記正レンズの屈折力を ϕ_p とし、前記負レンズの屈折力を ϕ_n とするとき、

$$-70 \leq [\phi_n / \phi_p] / [(dn/dt_n) / (dn/dt_p)] > 0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の光学系。

30

【請求項 6】

前記正レンズの屈折力を ϕ_p とし、前記負レンズの屈折力を ϕ_n とするとき、

$$-2 \leq \phi_n / \phi_p < 0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 2 から 5 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 7】

前記正レンズの屈折率温度係数を dn/dt_p とするとき、

$$-7 \leq [(dn/dt_p) - (dn/dt_n)] \times 10^6 \leq 5$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 2 から 6 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 8】

前記負レンズが、前記光学系の全長を L とし、前記絞りの位置から前記負レンズの絞り
側の面までの距離を L_n とするとき、

$$0 < L_n / L \leq 0.9$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の光学系。

40

【請求項 9】

前記負レンズの屈折力 ϕ_n とし、前記光学系の全体の屈折力を ϕ とするとき、

$$-0.5 \leq \phi_n / \phi < 0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 10】

前記前群と前記後群に含まれる複数のレンズ群のうち少なくとも一部を移動させて変倍

50

を行うことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 1 1】

請求項 1 から 1 0 のいずれか一項に記載の光学系を用いたことを特徴とする投射レンズ。

【請求項 1 2】

請求項 1 から 1 0 のいずれか一項に記載の光学系を投射レンズとして用いたことを特徴とする画像投射装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 から 1 0 のいずれか一項に記載の光学系を撮像のために用いることを特徴とする撮像レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、投射レンズや撮像レンズに用いられる光学系に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

プロジェクタ（画像投射装置）用の投射レンズやカメラ用の撮像レンズに用いられる光学系には、小型化や高精細化に加えて、温度変化によるピント変化（解像劣化）が少ないことが求められている。特許文献 1 には、温度センサにより検出された温度に応じてフォーカス制御する温度補償機能を有する投射レンズが開示されている。特許文献 2 には、複数の正レンズのガラス材の組み合わせによる温度補償機能を有する投射レンズが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2 0 1 2 - 1 3 9 8 2 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 8 - 1 3 2 5 6 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

しかしながら、特許文献 1 に開示された投射レンズでは、温度センサとフォーカス制御を行う制御部とが必要であり、構成が複雑になる。また特許文献 2 に開示された投射レンズのようにガラス材の組み合わせによる温度補償だけでは、十分な温度補償効果を得ることが困難である。

【0 0 0 5】

本発明は、簡易な構成でありながら良好な温度補償効果を得ることが可能な光学系を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 6】

本発明の一側面としての光学系は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された、負または正の屈折力を有する第 1 群と、絞りと、正の屈折力を有する第 2 群とからなり、第 1 群と第 2 群のうち少なくとも一方に負レンズが含まれている。負レンズは、該負レンズの d 線におけるアッベ数を v_n とし、負レンズの屈折率温度係数を dn/dt_n とするとき

$$10 \leq v_n \leq 40$$

$$dn/dt_n < 0$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【0 0 0 7】

上記光学系を用いた投射レンズ、画像投射装置および撮像レンズも本発明の他の一側面を構成する。

【発明の効果】

【0008】

簡易な構成でありながら高解像かつ温度変化時のピント変化が少ないレンズユニットを得る事ができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施例1である投射光学系の断面図。

【図2】実施例1の投射光学系の投射距離814mmにおける広角端での収差図。

【図3】実施例1の投射光学系の投射距離814mmにおける望遠端での収差図。

【図4】本発明の実施例2である投射光学系の断面図。

【図5】実施例2の投射光学系の投射距離814mmにおける広角端での収差図。

【図6】実施例2の投射光学系の投射距離814mmにおける望遠端での収差図。

【図7】本発明の実施例3である投射光学系の断面図。

【図8】実施例3の投射光学系の投射距離814mmにおける広角端での収差図。

【図9】実施例3の投射光学系の投射距離814mmにおける望遠端での収差図。

【図10】本発明の実施例4であるプロジェクタの断面図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。実施例の光学系は、プロジェクタ（画像投射装置）の投射レンズやカメラ用の撮像レンズの光学系として用いられる。

【0011】

一般に、光学系の軸上色収差等を低減して光学性能を向上させるためには、S-FPL51等の低分散の異常分散ガラスを材料とした正レンズを絞りの近傍に用いる。この正レンズの温度変化時の挙動について説明する。

【0012】

低分散の異常分散ガラスは、その屈折率の温度係数（ dn/dt ）が負であるため、温度が上昇した場合に正レンズの屈折力が弱まり、この結果、光学系の像面（ピント位置）がオーバー方向に移動する。また低分散の異常分散ガラスは、その dn/dt の絶対値が大きいいため、光学系全体としてもその影響が支配的となり、温度上昇時のピント変化がオーバー方向となり、解像感が低下する。このため、実施例では、低分散異常分散ガラスを用いて高い光学性能を実現する光学系について説明する。また温度変化に伴うピント移動（温度ピント変化）が少ない光学系について説明する。

【0013】

具体的には、拡大共役側から縮小共役側に順に、負または正の屈折力を有する前群（第1群）と、絞りと、正の屈折力を有する後群（第2群）とからなる光学系において、前群および後群のうち少なくとも一方に下記の条件式（1）、（2）を満足する負レンズを少なくとも1つ含ませる。また前群および後群のうち少なくとも一方に下記の条件式（3）、（4）を満足する正レンズを少なくとも1つ含ませてもよい。

$$1.0 \leq v_n \leq 4.0 \quad (1)$$

$$dn/dt_n < 0 \quad (2)$$

$$6.2 \leq v_p \leq 11.0 \quad (3)$$

$$0 < (dn/dt_p) / (dn/dt_n) \quad (4)$$

ただし、 v_n は負レンズのd線におけるアッベ数、 dn/dt_n は負レンズの屈折率温度係数、 v_p は正レンズのd線におけるアッベ数、 dn/dt_p は正レンズの屈折率温度係数を示す。

【0014】

条件式（1）、（2）を満足することで、光学系の色に関する性能を向上させ、光学系により投射または撮像する画像の高画質化を実現することができる。

【0015】

条件式(1)の下限を超えるとレンズの分散が大きくなりすぎ、良好な色性能を実現することができない。また、上限を超えるとレンズの分散が小さくなりすぎ、良好な色性能を実現することができない。

【0016】

条件式(1)を以下の条件式(1)'のように変更するとより好ましい。

$$20 \leq v_n \leq 40 \quad (1)'$$

条件式(2)の上限を超えると温度変化時のピント移動が大きくなりすぎ、良好な解像性能を実現することができない。

条件式(2)を以下の条件式(2)'のように変更するとより好ましい。

$$dn/dtn < -5 \quad (2)'$$

10

さらに、条件式(3)、(4)を満足するように負レンズと正レンズに屈折率温度係数が同符号のガラス材を用いることで、それぞれによる温度ピント変化を相殺させ、すなわち温度消し効果を生じさせ、光学系全体として良好な解像性能を実現する。

【0017】

具体的には、後述する実施例1では、負レンズのガラス材がS-NPH7($dn/dt = -4.1$)であり、正レンズのガラス材がS-FPL51($dn/dt = -6.4$)であり、これらの負レンズと正レンズが互いに接合された接合レンズである場合の例を示す。実施例1において、温度が10℃上昇した場合、負レンズによるピント移動量は $-2.44 \mu m$ であるに対して、正レンズによるピント移動量が $5.96 \mu m$ であり、接合レンズ全体としてピント移動が相殺される。

20

【0018】

条件式(3)の下限を超えるとレンズの分散が大きくなりすぎ、良好な色性能を実現することができない。また、上限を超えるとレンズの分散が小さくなりすぎ、良好な色性能を実現することができない。

【0019】

条件式(3)を以下の条件式(3)'のように変更するとより好ましい。

$$68 \leq v_p \leq 96 \quad (3)'$$

条件式(4)の下限を超えると温度変化時のピント移動が大きくなりすぎ、良好な解像性能を実現することができない。

条件式(4)を以下の条件式(4)'のように変更するとより好ましい。

$$0 < (dn/dtp) / (dn/dtn) < 70 \quad (4)'$$

30

一方、低分散異常分散ガラスは線膨張係数が大きく、温度変化時の形状変化が大きい特徴があるため、一般のガラス材で製作した正レンズと負レンズを接合することは困難である。このため、本実施例では、正レンズと負レンズが以下の条件式(5)を満足することが望ましく、これにより低分散異常分散ガラスで製作した正レンズと負レンズを接合することが可能となる。

$$| \alpha_p - \alpha_n | \times 10^7 \leq 60 \quad (5)$$

ただし、 α_p は正レンズの線膨張係数、 α_n は負レンズの線膨張係数を示す。

$| \alpha_p - \alpha_n | \times 10^7$ の値が条件式(5)の上限値を超えると、正レンズと負レンズの線膨張の差が大きくなりすぎて、割れや剥がれの原因となるため、好ましくない。実施例1では、 $| \alpha_p - \alpha_n | \times 10^7$ の値が22となり、条件式(5)を満足することにより、コンパクトで高い光学性能を有する光学系を実現している。

40

条件式(5)を以下の条件式(5)'のように変更するとより好ましい。

$$| \alpha_p - \alpha_n | \times 10^7 \leq 50 \quad (5)'$$

また、以下の条件式(6)を満足することにより、より効果的に温度ピント変化を抑えることができる。

$$-70 \leq [\phi_n / \phi_p] / [(dn/dtn) / (dn/dtp)] > 0 \quad (6)$$

ただし、 ϕ_p は正レンズの屈折力、 ϕ_n は負レンズの屈折力を示す。屈折力は、焦点距離の逆数である。

【0020】

50

条件式(6)は、正レンズと負レンズの屈折率温度係数に対して、正レンズと負レンズの屈折力の比を適切に設定することを意味している。 $[\phi n / \phi p] / [(dn / dt n) / (dn / dt p)]$ が条件式(6)の範囲から外れると、正レンズと負レンズの温度ピント変化の差が大きくなりすぎて、高解像で温度ピント変化が少ない光学系を実現することができなくなる。

【0021】

条件式(6)を以下の条件式(6)', (6)"のように変更するとより好ましい。

$$-10 \leq [\phi n / \phi p] / [(dn / dt n) / (dn / dt p)] > 0 \quad (6)'$$

$$-3 \leq [\phi n / \phi p] / [(dn / dt n) / (dn / dt p)] > 0 \quad (6)''$$

また、負レンズが以下の条件式(7)を満足することで、さらに効率良く温度ピント変化を低減させることができる。

$$0 \leq L n / L \leq 0.9 \quad (7)$$

ただし、Lは光学系の全長、Lnは絞りの位置から負レンズの絞り側の面までの距離を示す。絞りの位置は、光軸と軸外光線のうち主光線とが交わる点の位置またはその近傍である。

【0022】

条件式(7)の下限を超えるとレンズの温度補正効果が大きくなり温度変化時のピント移動が大きくなりすぎ、良好な解像性能を実現することができない。また、上限を超えるとレンズの温度補正効果が小さくなり温度変化時のピント移動が大きくなりすぎ、良好な解像性能を実現することができない。

【0023】

特にこの光学系をプロジェクタの投射レンズに用いる場合には絞り近傍の温度上昇が大きいため、条件式(7)に代えて、以下の条件式(7)'または式(7)"を満足することがより好ましい。

$$0.001 \leq L n / L \leq 0.400 \quad (7)'$$

$$0.001 \leq L n / L \leq 0.100 \quad (7)''$$

また、負レンズの屈折力をより適切に設定するために、以下の条件式(8), (9)を満足することが望ましい。

$$-2 \leq \phi n / \phi p < 0 \quad (8)$$

$$-0.5 \leq \phi n / \phi < 0 \quad (9)$$

条件式(8)の範囲から外れると負レンズの屈折力が大きくなり温度変化時のピント移動が大きくなりすぎ、良好な解像性能を実現することができない。

【0024】

条件式(8)を以下の条件式(8)'のように変更するとより好ましい。

$$-1.2 \leq \phi n / \phi p < 0 \quad (8)'$$

条件式(9)の範囲から外れると負レンズの屈折力が大きくなり温度変化時のピント移動が大きくなりすぎてしまい、良好な解像性能を実現することができない。

【0025】

条件式(9)を以下の条件式(9)'のように変更するとより好ましい。

$$-0.35 \leq \phi n / \phi < 0 \quad (9)'$$

さらに、正レンズと負レンズの屈折率温度係数をより適切に設定するために、以下の条件式(10)を満足することが望ましい。

【0026】

$$-7 \leq [(dn / dt p) - (dn / dt n)] \times 10^6 \leq 5 \quad (10)$$

条件式(10)の下限を超えると負の温度補正効果が大きくなり温度変化時のピント移動が大きくなりすぎ、良好な解像性能を実現することができない。また、上限を超えると正の温度補正効果が小さくなり温度変化時のピント移動が大きくなりすぎ、良好な解像性能を実現することができない。

【0027】

条件式(10)を以下の条件式(10)'のように変更するとより好ましい。

10

20

30

40

50

【0028】

$$-7 \leq [(dn/dtp) - (dn/dtn)] \times 10^6 \leq 4 \quad (10)'$$

以上の各条件式を満足することで、簡易な構成でありながら温度ピント変化を抑えることが可能な光学系を実現することができる。

【0029】

以上は、本発明の実施例として必要な最小限の構成であり、その具体例として以下の実施例1～3を示す。接合レンズや絞りの数や位置、ズーム（変倍）機能やフォーカス機能の有無は実施例1～3と異なってもよい。

【実施例1】

【0030】

図1は、実施例1の投射光学系（投射距離1200mm）1の広角端（Wide）と望遠端（Tele）での断面を示している。L11～L27は拡大共役側から縮小共役側にナンバリングしたレンズを示し、レンズL27と画像投射用の原画を表示する画像表示素子3との間にはプリズム2が配置されている。ST1は絞りを示す。

【0031】

本実施例の投射光学系1は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された、第1レンズ群B1、第2レンズ群B2、第3レンズ群B3および第4レンズ群B4からなる前群と、絞りST1と、第5レンズ群B5、第6レンズ群B6および第7レンズ群B7からなる後群とを有する。ズーム時において第1および第7レンズ群B1、B7は固定（不動）であり、第2から第6レンズ群B2～B6が移動する。図中において第2から第6レンズ群B2～B6に付された矢印は、広角端から望遠端へのズーム時における第2から第6レンズ群B2～B6の移動軌跡を示している。

【0032】

本実施例では、絞りST1よりも縮小共役側の後群に含まれる接合レンズL23、L24が温度消し効果を有する。

【0033】

具体的には、負レンズL23は $v_n = 23.9$ 、 $dn/dtn = -4.1$ 、 $\alpha_n = 1.09 \times 10^{-7}$ のガラス材を用いて製作されたレンズであり、正レンズL24は $v_n = 81.5$ 、 $dn/dtp = -6.4$ 、 $\alpha_p = 1.31 \times 10^{-7}$ のガラス材を用いて製作されたレンズである。

【0034】

また、前群に含まれる正レンズL22と後群に含まれる負レンズL25のように接合レンズではなくても、条件式(1)～(4)を満足することで、色消し効果を持たせることができる。

【0035】

本実施例における上記条件式(1)～(10)の値を数値例1の(C)にまとめて示す。本実施例の投射光学系1は、条件式(1)～(10)（および(6)'、(6)"、(7)'、(7)"）をすべて満足する。

図2は、本実施例の投射光学系1の広角端での縦収差図（投射距離1200mm）を示す。図3は、本実施例の投射光学系1の望遠端で縦収差図（投射距離1200mm）を示す。図2および図3の球面収差はd線（波長587.6nm）に対するものを示している。非点収差図において、実線Sはサジタル像面を、破線Mはメリディオナル像面を示している。歪曲収差はd線に対するものを示している。このことは、後述する他の実施例でも同じである。

【実施例2】

【0036】

図4は、実施例2の投射光学系（投射距離1200mm）21の広角端と望遠端での断面を示している。L31～L48は拡大共役側から縮小共役側にナンバリングしたレンズを示し、レンズL48と画像表示素子23との間にはプリズム22が配置されている。ST2は絞りを示す。

【0037】

本実施例の投射光学系21は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された、第1レンズ群B21、第2レンズ群B22、第3レンズ群B23および第4レンズ群B24からなる前群と、絞りST2と、第5レンズ群B25、第6レンズ群B26および第7レンズ群B27からなる後群とを有する。ズーム時において第1および第7レンズ群B21、B27は固定（不動）であり、第2から第6レンズ群B22～B26が移動する。図中において第2から第6レンズ群B22～B26に付された矢印は、広角端から望遠端へのズーム時における第2から第6レンズ群B22～B26の移動軌跡を示している。

【0038】

本実施例では、絞りST2よりも縮小共役側の後群に含まれる接合レンズL44、L45に加えて、絞りST2よりも拡大共役側の前群に含まれる接合レンズL42、L43も温度消し効果を有する。

【0039】

具体的には、負レンズL44は $v_n = 23.9$ 、 $dn/dt_n = -4.1$ 、 $\alpha_n = 1.09 \times 10^{-7}$ のガラス材を用いて製作されたレンズであり、正レンズL45は $v_n = 81.5$ 、 $dn/dt_p = -6.4$ 、 $\alpha_p = 1.31 \times 10^{-7}$ のガラス材を用いて製作されたレンズである。

【0040】

また負レンズL42は $v_n = 37.2$ 、 $dn/dt_n = -0.1$ 、 $\alpha_n = 8.5 \times 10^{-7}$ のガラス材を用いて製作されたレンズであり、正レンズL43は $v_n = 94.7$ 、 $dn/dt_p = -6.5$ 、 $\alpha_p = 1.36 \times 10^{-7}$ のガラス材を用いて製作されたレンズである。

【0041】

本実施例における上記条件式(1)～(10)の値を数値例1の(C)にまとめて示す。本実施例の投射光学系21は、条件式(1)～(10)をすべて満足する。

【0042】

本実施例における上記条件式(1)～(10)の値を数値例2の(C)にまとめて示す。本実施例の投射光学系21は、条件式(1)～(10)をすべて満足する。ただし、接合レンズL42、L43は条件式(6)'と(6)"は満足しておらず、温度消し効果は若干減少するが、設計自由度を上げることができる。

【0043】

図5は、本実施例の投射光学系21の広角端での縦収差図（投射距離1200mm）を示す。図6は、本実施例の投射光学系21の望遠端で縦収差図（投射距離1200mm）を示す。

【実施例3】

【0044】

図7は、実施例3の光学系としての投射光学系（投射距離1200mm）31の広角端（Wide）と望遠端（Tele）での断面を示している。L51～L68は拡大共役側から縮小共役側にナンバリングしたレンズであり、レンズL68と画像投射用の原画を表示する画像表示素子33との間にはプリズム32が配置されている。ST3は絞りを示す。

【0045】

本実施例の投射光学系31は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された、第1レンズ群B31、第2レンズ群B32、第3レンズ群B33および第4レンズ群B34からなる前群と、絞りST3と、第5レンズ群B35、第6レンズ群B36、第7レンズ群B37および第8レンズ群B38からなる後群とを有する。ズーム時において第1および第8レンズ群B38は固定（不動）であり、第2から第7レンズ群B32～B37が移動する。図中において第2から第6レンズ群B32～B37に付された矢印は、広角端から望遠端へのズーム時における第2から第6レンズ群B32～B37の移動軌跡を示している。

【0046】

本実施例では、絞り S T 3 よりも縮小共役側の後群に含まれる接合レンズ L 6 3, L 6 4 に加え、この接合レンズ L 6 3, L 6 4 よりも縮小共役側の接合レンズ L 6 6, 6 7 と絞り S T 3 よりも拡大共役側でかつ絞り S T 3 から離れた位置に配置された接合レンズ L 5 6, L 5 7 も温度消し効果を有する。

【0047】

具体的には、負レンズ L 6 3 は $v_n = 37.2$ 、 $dn/dt_n = -0.1$ 、 $\alpha_n = 85 \times 10^{-7}$ のガラス材により製作されたレンズであり、正レンズ L 6 4 は、 $v_n = 81.5$ 、 $dn/dt_p = -6.4$ 、 $\alpha_p = 131 \times 10^{-7}$ のガラス材により製作されたレンズである。

【0048】

また、負レンズ L 6 6 は、 $v_n = 37.2$ 、 $dn/dt_n = -0.1$ 、 $\alpha_n = 85 \times 10^{-7}$ のガラス材により製作されたレンズであり、正レンズ L 6 7 は $v_n = 70.2$ 、 $dn/dt_p = -0.5$ 、 $\alpha_p = 90 \times 10^{-7}$ のガラス材により製作されたレンズである。

【0049】

負レンズ L 5 6 は $v_n = 23.9$ 、 $dn/dt_n = -4.1$ 、 $\alpha_n = 109 \times 10^{-7}$ のガラス材により製作されたレンズであり、正レンズ L 5 7 は $v_n = 70.2$ 、 $dn/dt_p = -0.5$ 、 $\alpha_p = 90 \times 10^{-7}$ のガラス材により製作されたレンズである。

【0050】

本実施例における上記条件式 (1) ~ (10) の値を数値例 3 の (C) にまとめて示す。本実施例の投射光学系 3 1 は、条件式 (1) ~ (10) をすべて満足する。ただし、接合レンズ L 6 3, L 6 4 は条件式 (7)' と (7)" は満足しておらず、温度消し効果は若干減少するが、設計自由度を上げることができる。

【0051】

図 8 は、本実施例の投射光学系 3 1 の広角端での縦収差図 (投射距離 1200 mm) を示す。図 9 は、本実施例の投射光学系 3 1 の望遠端で縦収差図 (投射距離 1200 mm) を示す。

【0052】

以下、第 1 ~ 第 3 の実施例に対応する数値例 1 ~ 3 を示す。各数値例において (A) はレンズ構成を示す。表中の f は焦点距離、 F は開口比を示す。 r_i は拡大共役側から i 番目の面の曲率半径であり、 d_i は i 番目の面と $(i+1)$ 番目の面との間の間隔を示す。 n_i と v_i はそれぞれ、拡大共役側から順に i 番目の光学部材の d 線を基準とした屈折率とアッペ数を示す。 d 線を基準としたアッペ数 v_i は、フラウンホーファ線の d 線 (587.6 nm)、 F 線 (486.1 nm)、 C 線 (656.3 nm) における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C とするとき、 $v_i = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$ で表される。 $S T$ は絞りの位置を示す。

【0053】

$B F$ はバックフォーカス (mm) を表す。バックフォーカスは、ズームレンズの最終面 (最も像側のレンズ面) から近軸像面までの光軸上の距離を空気換算長により表記したものとする。レンズ全長は、ズームレンズの最前面 (最も物体側のレンズ面) から最終面までの光軸上の距離にバックフォーカスを加えた長さである。

【0054】

左側に「*」が付された面は、その面が非球面形状を有する面であることを意味する。非球面形状は、光軸方向の座標を z 、光軸に直交する方向の座標を y 、 r を近軸曲率半径、 k を円錐定数、 $A \sim P$ を (B) に示す非球面係数とすると、以下の式で表される。非球面係数の「E-X」は 10^{-X} を意味する。

【0055】

$$z(y) = (y^2 / r_i) / [1 + \{1 - (1 + k)(y^2 / r_i^2)\}^{1/2}] + A y^2 + B y^3 + C y^4 + D y^5 + E y^6 + F y^7 + G y^8 + H y^9 + I y^{10} + J y^{11}$$

10

20

30

40

50

$$+ L y^{12} + M y^{13} + N y^{14} + O y^{15} + P y^{16}$$

(数値例1)

(A) レンズ構成

	広角	望遠		
f (焦点距離)	12.67	17.75		
F (開口比)	2.40	2.60		
半画角	45.6	36.2		
レンズ全長	240.0			
BF	76.9			10
ズーム比	1.40			
* r1 =	329.70	d1 = 4.00	n1 =1.773	v 1 =49.6
r2 =	63.04	d2 =27.18		
r3 =	271.40	d3 = 3.00	n2 =1.954	v 2 =32.3
r4 =	61.03	d4 = 6.11		
* r5 =	42.86	d5 = 3.13	n3 =1.808	v 3 =40.6
* r6 =	30.08	d6 =12.96		
r7 =	-49.23	d7 = 2.00	n4 =1.883	v 4 =40.8
r8 =	173.12	d8 = 3.36		20
r9 =	-613.43	d9 = 5.71	n5 =1.893	v 5 =20.4
r10 =	-73.99	d10 = 7.99		
r11 =	81.55	d11 = 2.00	n6 =1.893	v 6 =20.4
r12 =	51.02	d12 =15.00	n7 =1.654	v 7 =39.7
r13 =	-86.31	d13 = 2.00		
r14 =	-287.56	d14 = 6.10	n8 =1.639	v 8 =44.9
r15 =	-70.19	d15 = 1.50		
r16 =	-93.70	d16 = 2.50	n9 =1.439	v 9 =94.7
r17 =	76.36	d17 = 可変		
r18 =	95.08	d18 = 4.59	n10 =1.801	v 10 =35.0
r19 =	-329.68	d19 = 可変		30
r20 =	-92.94	d20 = 2.00	n11 =1.835	v 11 =42.7
r21 =	558.83	d21 = 可変		
r22 =	64.25	d22 = 2.94	n12 =1.439	v 12 =94.7
r23 =	-1400.54	d23 = 可変		
ST r24 =	∞	d24 = 可変		
r25 =	266.73	d25 = 2.00	n13 =1.778	v 13 =23.9
r26 =	33.16	d26 = 6.40	n14 =1.497	v 14 =81.5
r27 =	-77.01	d27 = 可変		
r28 =	-33.21	d28 = 2.50	n15 =1.778	v 15 =23.9
r29 =	-55.36	d29 = 1.00		40
r30 =	173.24	d30 = 6.52	n16 =1.439	v 16 =94.7
r31 =	-46.19	d31 = 可変		
r32 =	87.28	d32 = 5.05	n17 =1.893	v 17 =20.4
r33 =	-282.29	d33 = 3.00		
r34 =	∞	d34 =38.00	n18 =1.516	v 18 =64.1
r35 =	∞	d35 =19.50	n19 =1.841	v 19 =24.6
r36 =	∞	d36 = 6.49		
r37 =	∞	d37 = 9.87		

変倍時	(1200mm)	
群間隔	広角	望遠
d17	34.17	5.88
d19	21.79	31.35
d21	23.83	14.82
d23	1.00	20.38
d24	13.83	1.50
d27	3.35	2.85
d31	4.50	25.70

10

(B) 非球面係数

	K	A	B	C
r1	0	3.21274E-06	-2.05717E-09	1.78078E-12
r5	0	-5.51937E-05	1.37695E-07	-1.57463E-10
r6	0	-5.54661E-05	1.82186E-07	-3.31986E-10

	D	E	F	G
r1	-1.13808E-15	4.90181E-19	-1.21511E-22	1.32824E-26
r5	8.76265E-14	-2.32303E-17	0	0
r6	4.82795E-13	-3.43658E-16	0	0

20

【0 0 5 6】

(C) 条件式の値

(1)	23.9
(2)	-4.1
(3)	81.5
(4)	1.56
(5)	22.0
(6)	-1.5
(7)	0.058
(8)	-0.98
(9)	-0.26
(10)	-2.3

30

【0 0 5 7】

参考値

40

$dn/dtp \times 10^6$	-6.4
$\alpha_n \times 10^7$	109.0
$\alpha_p \times 10^7$	131.0
$L_n(\text{mm})$	13.8
$L(\text{mm})$	240
ϕ	0.079
ϕ_n	-0.021
ϕ_p	0.021

10

【 0 0 5 8 】

(数値例 2)

(A) レンズ構成

	広角	望遠
f (焦点距離)	12.66	17.74
F (開口比)	2.40	2.60
画角	45.6	36.3
レンズ全長	240.0	
BF	71.7	
ズーム比	1.40	

20

*	r1 = 368.95	d1 = 4.00	n1 = 1.773	v 1 = 49.6
	r2 = 67.64	d2 = 25.51		
	r3 = 326.87	d3 = 3.00	n2 = 1.954	v 2 = 32.3
	r4 = 53.93	d4 = 3.84		
*	r5 = 34.85	d5 = 2.72	n3 = 1.808	v 3 = 40.6
*	r6 = 26.39	d6 = 14.77		
	r7 = -59.13	d7 = 2.00	n4 = 1.804	v 4 = 46.6
	r8 = 102.51	d8 = 2.98		
	r9 = 1108.44	d9 = 5.92	n5 = 1.893	v 5 = 20.4
	r10 = -77.47	d10 = 8.12		
	r11 = 84.32	d11 = 2.00	n6 = 1.893	v 6 = 20.4
	r12 = 50.00	d12 = 15.00	n7 = 1.654	v 7 = 39.7
	r13 = -58.61	d13 = 2.00		
	r14 = -68.22	d14 = 4.29	n8 = 1.639	v 8 = 44.9
	r15 = -52.49	d15 = 2.00		
	r16 = -76.69	d16 = 2.50	n9 = 1.439	v 9 = 94.7
	r17 = 64.42	d17 = 可変		
	r18 = 60.05	d18 = 4.95	n10 = 1.801	v 10 = 35.0
	r19 = -1313.06	d19 = 可変		
	r20 = -103.79	d20 = 2.00	n11 = 1.835	v 11 = 42.7
	r21 = 657.89	d21 = 可変		
	r22 = 68.40	d22 = 2.00	n12 = 1.834	v 12 = 37.2
	r23 = 31.56	d23 = 4.25	n13 = 1.439	v 13 = 94.7
	r24 = -119.72	d24 = 可変		
ST	r25 = ∞	d25 = 可変		

30

40

50

r26 =17896.80	d26 = 2.00	n14 =1.778	v 14 =23.9
r27 = 38.27	d27 = 5.47	n15 =1.497	v 15 =81.5
r28 = -80.48	d28 = 可変		
r29 = -32.06	d29 = 2.00	n16 =1.778	v 16 =23.9
r30 = -49.14	d30 = 1.00		
r31 = 314.87	d31 = 6.89	n17 =1.439	v 17 =94.7
r32 = -38.72	d32 = 可変		
r33 = 83.56	d33 = 4.74	n18 =1.893	v 18 =20.4
r34 = -368.70	d34 = 3.00		
r35 = ∞	d35 =38.00	n19 =1.516	v 19 =64.1
r36 = ∞	d36 =19.50	n20 =1.841	v 20 =24.6
r37 = ∞	d37 = 6.48		

10

変倍時 (1200mm)

群間隔	広角	望遠
d17	56.88	27.91
d19	16.75	22.96
d21	5.26	1.00
d24	1.00	21.98
d25	14.07	1.50
d28	6.97	3.00
d32	3.12	25.70

20

(B) 非球面係数

	K	A	B	C
r1	0	3.39805E-06	-2.16823E-09	1.82275E-12
r5	0	-5.61940E-05	1.36372E-07	-1.58757E-10
r6	0	-5.63153E-05	1.78406E-07	-3.29240E-10

30

	D	E	F	G
r1	-1.13505E-15	4.86018E-19	-1.21690E-22	1.36567E-26
r5	8.88109E-14	-2.49587E-17	0	0
r6	4.91758E-13	-3.77127E-16	0	0

40

【0 0 5 9】

(C) 条件式の値

(1)	23.9
(2)	-4.1
(3)	81.5
(4)	1.56
(5)	22.0
(6)	-1.7
(7)	0.059
(8)	-1.08
(9)	-0.26
(10)	-2.3

10

【0060】

参考値

$dn/dtp \times 10^6$	-6.4
$\alpha n \times 10^7$	109.0
$\alpha p \times 10^7$	131.0
$L_n(\text{mm})$	14.1
$L(\text{mm})$	240
ϕ	0.079
ϕn	-0.020
ϕp	0.019

20

30

【0061】

(数値例3)

(A) レンズ構成

	広角	望遠
f (焦点距離)	12.67	17.75
F (開口比)	2.40	2.60
画角	45.5	36.2
レンズ全長	240.0	
BF	71.1	
ズーム比	1.40	

40

*	$r1 = 290.93$	$d1 = 4.00$	$n1 = 1.773$	$v1 = 49.6$
	$r2 = 72.07$	$d2 = 25.00$		
	$r3 = 213.72$	$d3 = 2.50$	$n2 = 1.954$	$v2 = 32.3$
	$r4 = 44.21$	$d4 = 5.79$		

50

*	r5 =	40.06	d5 =	3.00	n3 =	1.808	v 3 =	40.6
*	r6 =	29.86	d6 =	13.95				
	r7 =	-47.55	d7 =	2.00	n4 =	1.804	v 4 =	46.6
	r8 =	1306.84	d8 =	7.44				
	r9 =	-89.60	d9 =	4.49	n5 =	1.893	v 5 =	20.4
	r10 =	-55.21	d10 =	3.65				
	r11 =	82.39	d11 =	2.00	n6 =	1.778	v 6 =	23.9
	r12 =	50.87	d12 =	12.71	n7 =	1.487	v 7 =	70.2
	r13 =	-298.72	d13 =	2.00				
	r14 =	243.78	d14 =	10.63	n8 =	1.702	v 8 =	41.2
	r15 =	-63.15	d15 =	8.10				
	r16 =	-95.21	d16 =	2.00	n9 =	1.439	v 9 =	94.7
	r17 =	55.20	d17 =	可変				
	r18 =	60.05	d18 =	4.95	n10 =	1.801	v 10 =	35.0
	r19 =	-1313.06	d19 =	可変				
	r20 =	-187.96	d20 =	2.00	n11 =	1.835	v 11 =	42.7
	r21 =	134.10	d21 =	可変				
	r22 =	42.48	d22 =	2.43	n12 =	1.439	v 12 =	94.7
	r23 =	343.85	d23 =	可変				
ST	r24 =	∞	d24 =	可変				
	r25 =	168.56	d25 =	2.00	n13 =	1.834	v 13 =	37.2
	r26 =	28.33	d26 =	5.85	n14 =	1.497	v 14 =	81.5
	r27 =	-44.75	d27 =	可変				
	r28 =	-28.54	d28 =	1.50	n15 =	1.778	v 15 =	23.9
	r29 =	-127.78	d29 =	可変				
	r30 =	88.91	d30 =	2.00	n16 =	1.834	v 16 =	37.2
	r31 =	53.44	d31 =	9.10	n17 =	1.487	v 17 =	70.2
	r32 =	-36.17	d32 =	可変				
	r33 =	78.84	d33 =	4.15	n18 =	1.893	v 18 =	20.4
	r34 =	-450.94	d34 =	3.00				
	r35 =	∞	d35 =	38.00	n19 =	1.516	v 19 =	64.1
	r36 =	∞	d36 =	19.50	n20 =	1.841	v 20 =	24.6
	r37 =	∞	d37 =	6.47				

10

20

30

40

変倍時 (1200mm)

群間隔	広角	望遠
d17	32.18	10.65
d19	15.60	24.66
d21	31.25	22.33
d23	2.17	12.00
d24	6.85	1.00
d27	3.06	2.34
d29	1.50	1.12
d32	4.17	25.70

(B) 非球面係数

	K	A	B	C
r1	0	3.17823E-06	-2.02593E-09	1.76789E-12
r5	0	-5.34993E-05	1.38596E-07	-1.58148E-10
r6	0	-5.22232E-05	1.81508E-07	-3.31534E-10

	D	E	F	G
r1	-1.13038E-15	4.88699E-19	-1.21625E-22	1.33521E-26
r5	8.52650E-14	-2.20967E-17	0	0
r6	5.11690E-13	-3.85246E-16	0	0

10

【 0 0 6 2 】

(C) 条件式の値

(1)	37.2
(2)	-0.1
(3)	81.5
(4)	64.00
(5)	46.0
(6)	-56.0
(7)	0.029
(8)	-0.88
(9)	-0.31
(10)	-6.3

20

【 0 0 6 3 】

参考値

$dn/dtp \times 10^6$	-6.4
$\alpha_n \times 10^7$	85.0
$\alpha_p \times 10^7$	131.0
Ln (mm)	6.8
L (mm)	240
ϕ	0.079
ϕ_n	-0.024
ϕ_p	0.028

30

40

【 実施例 4 】

50

【0064】

図10は、本発明の実施例4である画像投射装置（プロジェクタ）の構成を示す。プロジェクタは、光源81と、該光源81からの光を特定の偏光方向を有する偏光光であって均一な明るさを有する照明光に変換する照明光学系82と、照明光をRGBの3つの色光に分解する色分解光学（ダイクロイックミラー83および偏光ビームスプリッタ84、85）と、該3つの色光を入力された画像信号に応じて変調する反射型画像表示素子87、88、89とを有する。

【0065】

さらにプロジェクタは、画像表示素子87、88、89で変調された3つの色光を合成する色合成光学系（偏光ビームスプリッタ84、85および色合成プリズム86）とを有する。色合成光学系で合成された光は、投射レンズ90を介してスクリーン等の被投射面91に拡大投射される。

10

【0066】

投射レンズ90の光学系として、上記各実施例の投射光学系を用いることにより、温度変化によるピント変動が少ない高画質の画像を投射することができる。なお、投射レンズ90は、プロジェクタに対して着脱が可能な交換タイプであってもよい。

【0067】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

【符号の説明】

20

【0068】

L11～L67 レンズ

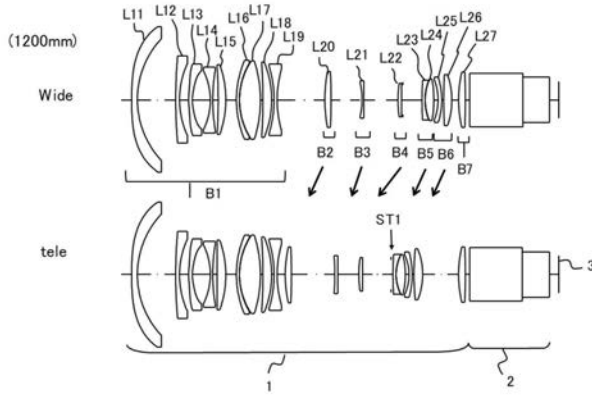
1, 21, 31 投射光学系

ST1, ST2, ST3 絞り

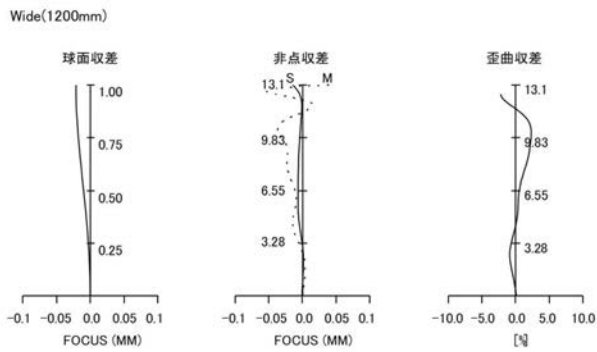
L23, L25, L42, L44, L56, L63, L66 負レンズ

L22, L24, L43, L45, L57, L64, L67 正レンズ

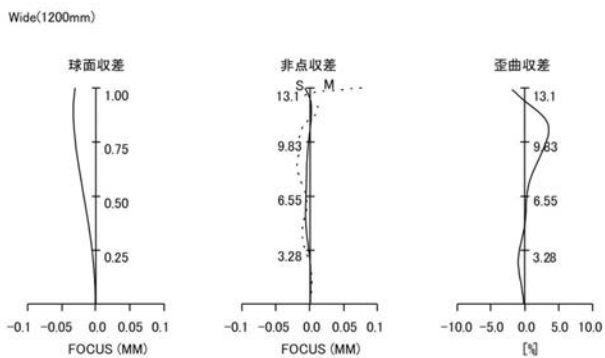
【図 1】



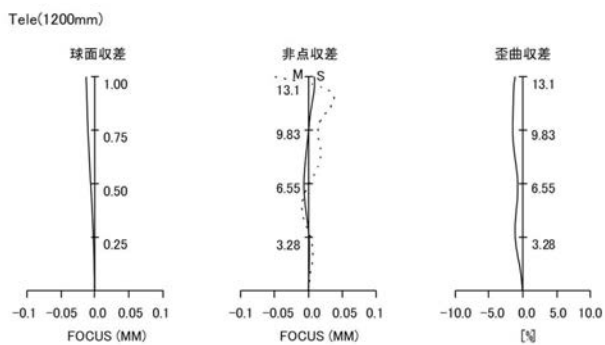
【図 2】



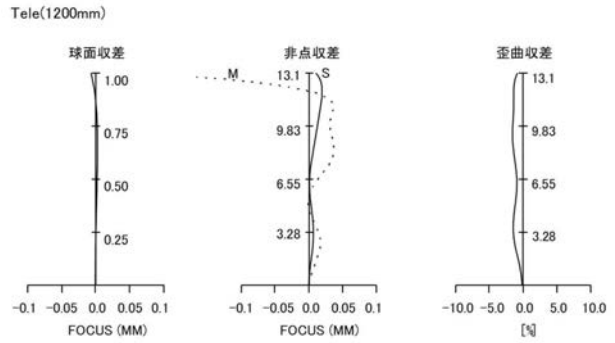
【図 5】



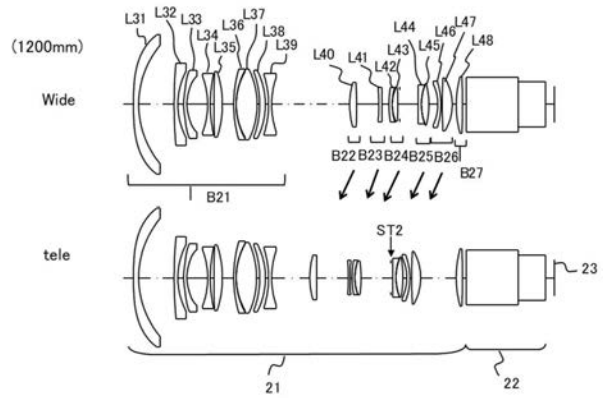
【図 6】



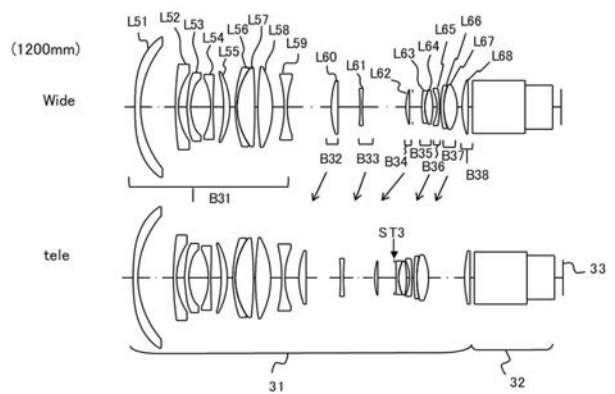
【図 3】



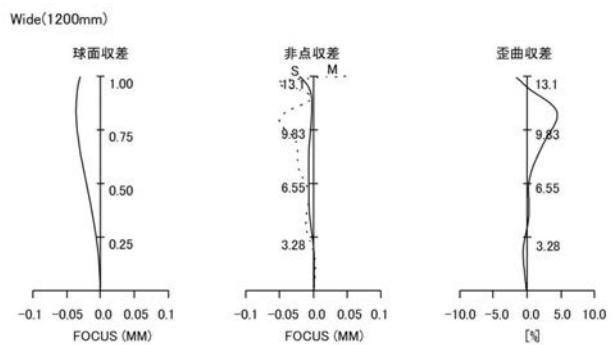
【図 4】



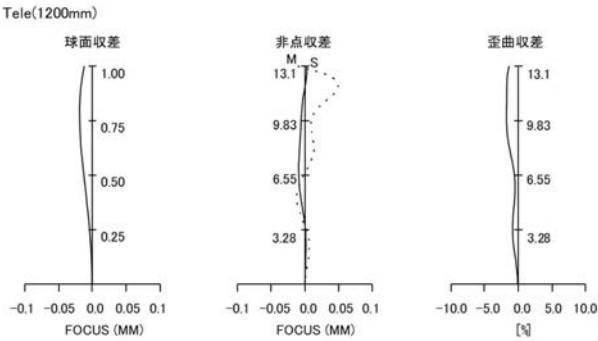
【図 7】



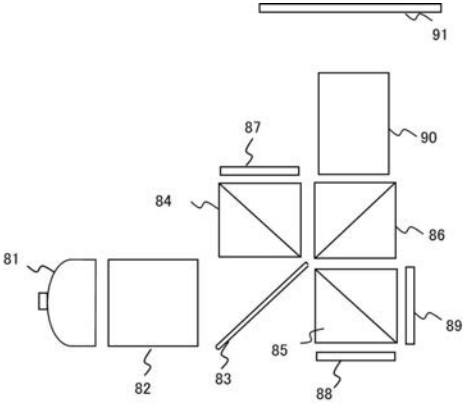
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

Fターム(参考)	2H087	KA01	KA06	KA07	LA03	NA08	PA15	PA19	PA20	PB17	PB18
		QA02	QA07	QA17	QA22	QA26	QA34	QA41	QA46	RA05	RA12
		RA32	RA41	RA45	RA48	SA57	SA63	SA64	SA65	SA66	SA72
		SB01	SB12	SB22	SB32	SB33	SB43				
	2K203	FA03	FA34	FA62	GC03	GC17	HA67	HA68	HB25	MA40	