

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5787662号
(P5787662)

(45) 発行日 平成27年9月30日(2015.9.30)

(24) 登録日 平成27年8月7日(2015.8.7)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 13/00	(2006.01)	GO2B 13/00
GO2B 15/20	(2006.01)	GO2B 15/20
GO3B 21/14	(2006.01)	GO3B 21/14

Z

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-170692 (P2011-170692)
(22) 出願日	平成23年8月4日(2011.8.4)
(65) 公開番号	特開2013-37044 (P2013-37044A)
(43) 公開日	平成25年2月21日(2013.2.21)
審査請求日	平成26年6月13日(2014.6.13)

(73) 特許権者	000001007 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 優也
(72) 発明者	猪子 和宏 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	森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】結像光学系、および、画像投射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の光学素子を備えたレンズユニットと、
前記レンズユニットの光軸に対して傾けて配置された平板を備え、前記レンズユニットの縮小側に配置された光路合成部と、を有し、

前記レンズユニットは、前記平板の法線と前記光軸に平行な断面において、該光軸に対して非対称な形状を有する補正手段を備え、

前記補正手段は、縮小側から離れるに従って薄くなり、前記縮小側に近づくに従って厚くなるように構成されており、

前記補正手段は、軸上光束が前記縮小側に向かって収束する位置において、前記平板と同じ方向に傾けて配置されている、

ことを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】

前記補正手段は、所定の頂角を有するクサビ板であることを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

【請求項 3】

前記補正手段の少なくとも一方の面は、前記平板の法線と前記光軸に平行な断面において曲率半径を有するシリンドラ面であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の結像光学系。

【請求項 4】

10

20

前記補正手段は、前記複数の光学素子のいずれか一つに形成された自由曲面を有することを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

【請求項 5】

前記補正手段は、ズーミングに際して光軸方向に移動可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 6】

光源からの光を変調する光変調素子と、
請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の結像光学系と、を有し、
前記結像光学系を介して、前記光変調素子からの光を投射面に投射する、
ことを特徴とする画像投射装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、結像光学系、および、画像投射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

複数の画像パネルを用いるプロジェクタにおいては、投射レンズに入射する前に光路合成を行う必要がある。また、反射型液晶パネルを用いる場合、入射光と出射光を分離するため、その反射型液晶パネルと投射レンズの間に偏光分離面を配置する必要がある。従来から、偏光分離面として平板を配置して構成されたプロジェクタが存在する。ところが、傾斜して配置された平板を光束が通過すると、非点収差などの各種収差が発生して結像性能が劣化する。

20

【0003】

そこで特許文献 1 には、2 枚の平板を用いて、それぞれの傾斜方向を直交させて非点収差を補償する構成が開示されている。また特許文献 2 には、投射レンズと画像パネルの間にシリンダレンズを配置して非点収差を補正する構成が開示されている。また特許文献 3 には、投射レンズと画像パネルの間にクサビ状の素子を配置した構成が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

30

【特許文献 1】特開平 06 - 337396 号公報

【特許文献 2】特開平 05 - 100187 号公報

【特許文献 3】特開 2005 - 189635 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 の構成によれば、平板の傾斜方向に沿う断面（傾角断面）における非点収差の改善は可能である。しかし、実際の光束には平板の傾斜方向以外の光線であるスキューライトが存在し、この構成ではスキューライトの収差を補正することはできず、結像性能を十分に回復することができない。また特許文献 1 には、投射レンズと画像パネルの間のバックフォーカスの領域に 2 枚の平板を配置する構成が開示されている。しかしこの構成では、投射レンズは長大なバックフォーカスが必要となり、レンズ径の拡大に伴う重量化、高コスト化、および設計性能の劣化を伴うため、好ましくない。

40

【0006】

また特許文献 2 の構成では、スキューライトは傾斜した平板に対して上下非対称に入射するため、上下対称なシリンダレンズでは十分に非点収差の補正ができない。

【0007】

また特許文献 3 のようにクサビ状の素子を用いた場合、非点収差とスキューライトの収差は同時に改善することが可能である。しかし特許文献 3 の構成では、クサビ状の素子は光線通過位置が異なると厚さが異なる。このため、像面倒れを発生させてしまうので、全像

50

高に対して画質を改善することはできない。このように、いずれの場合にも、平板による画質劣化を十分に回復することはできない。

【0008】

そこで本発明は、バックフォーカスの領域内に光軸に対して傾斜した平板を設けた結像光学系において、簡便な構成で結像性能の劣化を抑制する結像光学系を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一側面としての結像光学系は、複数の光学素子を備えたレンズユニットと、前記レンズユニットの光軸に対して傾けて配置された平板を備え、前記レンズユニットの縮小側に配置された光路合成部とを有し、前記レンズユニットは、前記平板の法線と前記光軸に平行な断面において、該光軸に対して非対称な形状を有する補正手段を備える。そして、前記補正手段は、縮小側から離れるに従って薄くなり、前記縮小側に近づくに従って厚くなるように構成されており、前記補正手段は、軸上光束が前記縮小側に向かって収束する位置において、前記平板と同じ方向に傾けて配置されている。

10

【0011】

本発明の他の側面としての画像投射装置は、光源からの光を変調する光変調素子と前記結像光学系とを有し、前記結像光学系を介して、前記光変調素子からの光を投射面に投射する。

【0012】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、バックフォーカスの領域内に光軸に対して傾斜した平板を設けた結像光学系において、レンズユニットに平板の収差を補正可能な補正手段を設けたことにより、簡便な構成で結像性能の劣化を抑制する結像光学系を提供する。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施例1における結像光学系の断面図である。

【図2】実施例1における結像光学系のスポットダイアグラム図である。

【図3】実施例2における結像光学系の断面図である。

30

【図4】実施例2における結像光学系のスポットダイアグラム図である。

【図5】実施例3における結像光学系の断面図である。

【図6】実施例3における結像光学系のスポットダイアグラム図である。

【図7】実施例4における結像光学系の断面図である。

【図8】実施例4における結像光学系のスポットダイアグラム図である。

【図9】実施例5における結像光学系の断面図である。

【図10】実施例5における結像光学系のスポットダイアグラム図である。

【図11】実施例6におけるプロジェクタの概略構成図である。

【図12】比較例としての結像光学系の断面図である。

【図13】比較例としての結像光学系のスポットダイアグラム図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【実施例1】

【0016】

まず、本発明の実施例1における結像光学系について説明する。図1は、本実施例における結像光学系の断面図である。結像光学系は、レンズユニット1と色合成部2（光路合成部）を備えて構成されている。レンズユニット1は複数の光学素子（レンズ）を備えて構成される。本実施例において、レンズユニット1は全14枚のレンズから構成されたレ

50

トロフォーカスタイルの単焦点レンズであり、第2レンズが非球面レンズ（両面）である。またレンズユニット1は、その内部（光路中）において、光軸OAに対して非対称な形状を有する補正手段5を備える。レンズユニット1は、例えば、画像パネル（液晶表示素子、光変調素子）で変調された光をスクリーン（投射面）に投射する。

【0017】

色合成部2は、バックフォーカスの領域内に設けられており、プリズム3と、光軸OAに対して45°傾けて配置された平板4（傾斜した平板）とを備えて構成されている。プリズム3としては、例えば、ダイクロイックプリズムなどの誘電体多層膜を三角柱で挟んで構成された色合成プリズムが用いられる。平板4としては、例えば、板状の反射型偏光板が用いられる。本実施例の平板4は平行平板であるが、これに限定されるものではなく、本実施例は他の形状を有する平板に対しても適用可能である。また、上述の補正手段5は、平板4の傾斜方向の断面（図1に示される断面）において、光軸OAに対して非対称な形状を有する。ここで、傾斜方向の断面とは、平板4の法線とレンズユニット1の光軸OAに平行な断面である。

【0018】

表1は、本実施例における数値実施例である。表1において、面番号はスクリーン側（拡大側）より順に各レンズの面に付した番号、Rは曲率半径、dは面間隔（次の面との物理的間隔）、 n_d 、 v_d はそれぞれガラス材料のd線の屈折率およびアッペ数を示している。は、各面の傾き角度を光軸法線（光軸直交方向）に対して反時計回り方向の回転を正として度単位で示したものである。ここで、各面の傾き角度とは、各面の面頂点における面内方向（接線方向）と光軸直交方向のなす角度である。光軸を通り面番号の右側に「*」が付されている面は、以下の式（1）で表される非球面形状を有する。式中の係数A～E、Kは、それぞれ表1に示されている。また式中のrは、レンズユニット1の光軸OAから径方向への距離、xはr=0の位置から光軸方向への距離を示す。

【0019】

$$x = (r^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(r^2 / R^2)\}^{1/2}] + A y^4 + B y^6 + C y^8 + D y^{10} + E y^{12} \dots \quad (1)$$

（表1）

f = 29.7 = 23.7° F/1.96

OBJ	R	d	nd	vd	
OBJ	2240.00				0.00
1	46.778	2.50	1.805	25.3	0.00
2	22.634	4.24			0.00
3*	84.965	3.14	1.531	55.8	0.00
4*	58.947	10.43			0.00
5	-29.186	1.90	1.489	69.8	0.00
6	109.955	10.59			0.00
7	337.095	7.28	1.773	49.5	0.00
8	-48.773	14.45			0.00
9	76.566	4.99	1.820	30.6	0.00
10	-4422.323	12.00			0.00
11		2.26	1.516	64.1	20.61
12		26.60			21.29
13	-110.432	8.59	1.490	69.7	0.00
14	-20.675	1.90	1.761	50.3	0.00
15	-7528.397	0.94			0.00
16	-205.738	5.55	1.487	70.1	0.00
17	-25.389	0.50			0.00
18		0.50			0.00

10

20

30

40

50

19	1286.096	1.90	1.710	31.4	0.00	
20	22.866	7.72	1.487	70.1	0.00	
21	-44.899	2.62		0.00		
22	-25.233	1.90	1.683	35.6	0.00	
23	54.681	4.55	1.508	67.7	0.00	
24	-176.094	0.50		0.00		
25	116.045	12.10	1.487	70.1	0.00	
26	-32.760	0.50		0.00		
27	108.396	4.84	1.805	25.3	0.00	
28	-150.374	1.50		0.00		10
29		30.88	1.516	64.1	0.00	
30		7.50	1.516	64.1	0.00	
31		22.00		0.00		
32		1.00	1.516	64.1	45.00	
33		0.00			45.00	
34						
IMG						

	K	A	B	C	D	E	
3	0.000e+000	3.943e-005	-6.465e-008	1.143e-010	7.165e-014	-3.857e-016	20
4	0.000e+000	3.566e-005	-8.188e-008	1.485e-010	-1.586e-014	-5.280e-016	

本実施例において、補正手段 5 は、両面において曲率半径を持たない平板 4 の傾斜方向の断面（紙面方向）において、所定の頂角を有する所謂クサビ状の断面を有する板状素子（クサビ板）である。本実施例において、所定の頂角は 0.68° であるが、これに限定されるものではなく、必要に応じて適切な角度に設定される。すなわち補正手段 5 は、縮小側（縮小共役側）から離れるに従って薄くなり、縮小側に近づくに従って厚くなる平板である。ここで縮小側とは、液晶表示素子などの画像パネル側である。

【 0 0 2 0 】

補正手段 5 は、このような板状素子からなり、第 5 レンズと第 6 レンズとの間に平板 4 と同じ方向（同じ傾斜方向）に 20° 程度傾けて配置されている。軸上光束は、第 5 レンズを通過した後、第 6 レンズに向かう際に収束光となる。このため、特に上側光線が補正手段 5 を通過した後に下方向に向きを変えて進む。このように軸上光束が縮小側に向かって収束する位置において、補正手段 5 は平板 4 と同じ方向に傾けて配置されている。これにより、図 1 の断面における光束のピント位置（収束位置）を紙面左方向（縮小側から拡大側へ向かう方向）に移動させることができる。この断面における光束は、平板 4 によってピント位置が右方向（拡大側から縮小側へ向かう方向）に移動するため、補正手段 5 はこの光束の移動を相殺する。

【 0 0 2 1 】

一方、高い画角（大きな画角）を有する光束は、周辺光量落ちにより軸上光束に比べて細くなり、平板 4 による非点収差の発生量も少ない。しかし、クサビ板である補正手段 5 が光軸 OA に対して傾けて配置されているため、軸外光束は補正手段 5 に浅い角度で入射し、適度な補正量が得られる。また、クサビ板である補正手段 5 が傾けて配置されていることにより、上側光線と下側光線との間で屈折角に差が生じ、平板 4 で生じる上下非対称のスキューラー光線の収差を補正することもできる。すなわち、レンズユニット 1 の内部に補正手段 5 を光軸 OA に対して傾けて配置することで、全像高の収差を同時に補正することが可能となる。

【 0 0 2 2 】

図 2 は、本実施例における結像光学系の結像性能を示すスポットダイアグラム図である

20

30

40

50

。図2のスポットダイアグラム図は、イメージサークル中において、画像パネル（画像素子）の任意の5点（A）～（E）のデフォーカス特性を示している。点（A）～（E）は、画像パネルが50%シフトした場合の（A）画面下、（B）画面中心、（C）画面上、（D）画面横下、（E）画面横上の位置を示している。横軸はデフォーカス方向を示し、図中の左側がベストピント位置に対して拡大側（-）、図中の右側が縮小側（+）にそれぞれデフォーカスした場合のスポットダイアグラムを示している。

【0023】

続いて、比較例としての結像光学系について説明する。図12および図13はそれぞれ、本実施例の結像光学系から補正手段5を取り除いたレンズユニット100を用いた場合の断面図およびスポットダイアグラム図である。図13に示されるように、バランスピント位置におけるスポットについても、上下非対称の収差が発生しているため円形のスポットでなくおにぎり状の形状となっている。すなわち、補正手段を備えていない結像光学系では、結像性能が劣化する。図2と図13とを比較すると、補正手段5により結像光学系の結像性能が改善していることがわかる。

10

【0024】

本実施例において、補正手段5はレンズユニット1の内部の第5レンズと第6レンズとの間に配置されているが、これに限定されるものではない。補正手段5は、レンズユニット1の内部の他の位置に配置した場合でも、本実施例と同様の補正効果を得ることができる。また、補正手段5の傾斜角度やクサビ板の頂角についても、レンズ系（レンズユニット）の設計に応じて異ならせてもよい。補正手段5をレンズユニット1の内部のいずれの位置に配置するか、また、補正手段5の傾斜角度や傾斜方向などは、レンズ系の設計に応じて適宜変更可能である。

20

【0025】

本実施例では、軸上光束が縮小側に向かって収束する位置に補正手段5を配置しているが、逆に、軸上光束が拡大側（拡大共役側）に向かって収束する位置に補正手段5を配置する場合、補正手段5は平板4と逆方向に傾けて配置される。

【実施例2】

【0026】

次に、本発明の実施例2における結像光学系について説明する。図3は、本実施例における結像光学系の断面図である。本実施例の結像光学系は、レンズユニット1aの内部に配置された補正手段5aが0.59°の頂角を有し、光軸OAに対して6°程度傾けて配置されたクサビ板である。更に、補正手段5aの縮小側の面は、平板4の傾斜方向の断面（図3に示される断面）において曲率半径を有するシリンドレンズ面（シリンド面）である。本実施例の結像光学系は、実施例1の結像光学系にシリンドレンズ面を設けたことにより、スキューライトの補正と像面倒れの補正をより効果的に実現でき、さらに高い性能を得ることができる。

30

【0027】

表2は、本実施例における数値実施例である。面番号の右側にcが付記されている面は、図3の断面方向に曲率半径を有し、それに直交する方向には曲率半径を有していないシリンドレンズ面であることを示している。

40

【0028】

（表2）

$f = 31.9$ = 22.2° F/1.96

	R	d	nd	vd	
OBJ		2240.00			0.00
1	38.818	2.50	1.805	25.4	0.00
2	21.771	5.21			0.00
3*	103.055	2.80	1.531	55.8	0.00
4*	54.624	9.91			0.00

50

5	-29.461	2.00	1.487	70.2	0.00	
6	91.290	9.28			0.00	
7	229.899	7.68	1.772	49.5	0.00	
8	-48.773	10.10			0.00	
9	72.586	4.89	1.799	29.8	0.00	
10	1031.063	26.71			0.00	
11		2.18	1.516	64.1	5.80	
12c	-10709.183	12.60			6.39	
13	-129.975	8.89	1.487	70.2	0.00	10
14	-22.152	2.00	1.740	52.6	0.00	
15	93.129	1.09			0.00	
16	72.300	7.49	1.487	70.2	0.00	
17	-29.542	0.50			0.00	
18		0.50			0.00	
19	719.032	2.00	1.737	32.2	0.00	
20	26.212	7.81	1.487	70.2	0.00	
21	-51.442	2.61			0.00	
22	-28.769	2.00	1.647	33.7	0.00	
23	46.424	4.53	1.516	64.1	0.00	
24	1170.261	0.50			0.00	20
25	107.362	7.75	1.487	70.2	0.00	
26	-36.166	6.15			0.00	
27	105.088	5.29	1.805	25.4	0.00	
28	-122.001	1.50			0.00	
29		30.88	1.516	64.1	0.00	
30		7.50	1.516	64.1	0.00	
31		22.00			0.00	
32		1.00	1.516	64.1	45.00	
33		0.00			45.00	
34						30
IMG						

	K	A	B	C	D	E
3	0.000e+000	3.788e-005	-7.495e-008	1.209e-010	1.145e-014	-4.033e-016
4	0.000e+000	3.318e-005	-8.717e-008	1.206e-010	-6.650e-014	-4.813e-016

図4は、本実施例の結像性能を示すスポットダイアグラム図である。実施例1(図2)に比べると、シリンド面という自由度が増したため、より高いレベルの補正が可能となる。

【実施例3】

【0029】

次に、本発明の実施例3における結像光学系について説明する。図5は、本実施例における結像光学系の断面図である。本実施例の結像光学系では、レンズユニット1bの内部に設けられた補正手段5bが独立した素子としてではなく一つのレンズ面として設けられている点で、実施例1、2と異なる。

【0030】

本実施例の補正手段5bは、第6レンズの拡大側面を自由曲面とすることで達成される。自由曲面とは、光軸OAに対して回転対称でない曲面である。本実施例の自由曲面は、光軸OAから同じ距離の座標位置における自由曲面レンズの厚さが図5中の光軸OAよりも上側で薄く、かつ光軸OAよりも下側で厚くなる曲面である。

【0031】

本実施例における補正手段5bの形状(自由曲面)は、以下の式(2)で表される。zはr=0の位置から光軸方向への距離、rはレンズユニット1bの光軸OAから径方向への距離を示す。また、yは光軸OAに垂直でかつ図5の断面方向(紙面方向)への光軸OAからの距離、xは光軸OAに垂直でかつyと直交する方向(紙面直交方向)への光軸OAからの距離を示す。これらは、光軸上をゼロとする座標系である。

【0032】

$$z = (r^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(r^2 / R^2)\}^{1/2}] + C_3 y + C_4 x^2 + C_6 y^2 \dots \quad (2)$$

式(2)において、yは偶数次、奇数次の両方を含む。すなわち、図5の断面方向(紙面方向)で上下非対称な形状になることを示す。一方、xは偶数次の項のみを含む。すなわち、紙面直交方向については完全に対称な形状を有する。

【0033】

表3は、本実施例における数値実施例である。面番号の右側にfが付記されている面は、上記で定義される自由曲面であることを示している。

【0034】

(表3)

f = 31.3 = 22.6 ° F/1.96

OBJ	R	d	nd	vd	
0	2240.00				
1	46.971	2.50	1.805	25.4	0.00
2	21.875	5.13			0.00
3*	138.000	2.85	1.531	55.8	0.00
4*	91.097	8.82			0.00
5	-29.226	2.00	1.487	70.2	0.00
6	97.786	9.99			0.00
7	211.696	7.21	1.772	49.5	0.00
8	-48.773	18.61			0.00
9	64.723	6.27	1.805	25.4	0.00
10	287.445	38.17			
11f	-109.149	6.32	1.487	70.2	0.00
12	-22.187	2.00	1.806	40.9	0.00
13	-340.028	1.58			0.00
14	1355.802	6.69	1.487	70.2	0.00
15	-28.869	0.50			0.00
16		0.50			0.00
17	150.894	2.00	1.672	32.0	0.00
18	24.611	7.72	1.487	70.2	0.00
19	-79.498	3.21			0.00
20	-29.813	2.00	1.720	34.7	0.00
21	56.722	3.91	1.487	70.2	0.00
22	634.390	0.50			0.00
23	109.755	7.62	1.487	70.2	0.00
24	-35.916	3.76			0.00
25	125.661	5.13	1.805	25.4	0.00
26	-97.876	1.50			0.00
27		30.88	1.516	64.1	0.00
28		7.50	1.516	64.1	0.00
29		22.00			0.00

10

20

30

40

50

30	1.00	1.516	64.1	45.00
31	0.00			45.00
32				
IMG				

	K	A	B	C	D	E
3	0.000e+000	3.927e-005	-6.522e-008	1.316e-010	8.978e-015	-5.159e-016
4	0.000e+000	3.337e-005	-7.495e-008	1.337e-010	-6.389e-014	-6.378e-016

	K	C3	C4	C6	10
11	0.000e+000	0.0085	-8.388e-005	-1.967e-005	

図6は、本実施例における結像光学系の結像性能を示すスポットダイアグラム図である。実施例1、2に比べると、補正手段として独立した素子を増やす必要がないため、スペースの節約ができる、小型の結像光学系を容易に得ることが可能である。

【0035】

なお本実施例の自由曲面は第6レンズに形成されているが、これに限定されるものではなく、複数のレンズのいずれか一つに形成されればよい。

【実施例4】

【0036】

次に、本発明の実施例4における結像光学系について説明する。図7は、本実施例における結像光学系の断面図である。本実施例の結像光学系は、全13枚のレンズで構成された5群ズームレンズ(レンズユニット1c)であり、各レンズ群は、拡大側より順に、負、正、正、正の屈折力を有する。全13枚のレンズ中、第2レンズは非球面レンズ(両面)である。図7には、広角端と望遠端のそれぞれの場合におけるレンズ群の配置を示している。ズーミングに際し、第1レンズ群B1および第5レンズ群B5は固定であり、第2レンズ群B2、第3レンズ群B3、および、第4レンズ群B4が移動する。主たる変倍群は第2レンズ群B2である。本実施例の補正手段5は第3レンズ群B3に配置されており、変倍に際しては第3レンズ群B3の軌跡で移動する。すなわち補正手段5は、ズーミングに際して光軸方向に移動可能に構成されている。なお、本実施例における補正手段5は実施例1と同じ構成である。

【0037】

表4は、本実施例における数値実施例である。表中zが付記されている面間隔は、ズーミングに伴い変化する量である。

【0038】

(表4)

f = 29.5 ~ 33.4 ~ 34.5
= 23.7 ° ~ 21.4 ° ~ 20.7 °

F/1.96 ~ 2.0 ~ 2.02

	r	d	nd	vd	
OBJ		2240.00		0.00	
1	32.373	2.20	1.808	22.7	0.00
2	20.800	6.19			0.00
3*	69.391	2.99	1.531	55.8	0.00
4*	42.450	11.95			0.00
5	-29.466	2.00	1.496	81.5	0.00
6	240.972	8.69			0.00
7	227.310	6.91	1.785	44.2	0.00
8	-48.773	25.93z			0.00

10

20

30

40

50

9	92.573	3.45	1.749	35.3	0.00	
10	357.123	3.65z			0.00	
11	-69.678	4.93	1.603	60.6	0.00	
12	-28.371	2.00	1.720	41.9	0.00	
13	167.805	0.50			0.00	
14	79.227	4.84	1.805	25.4	0.00	
15	-116.245	26.22			0.00	
16		2.16	1.516	64.1	3.17	
17c	-9631.811	0.50			3.73	
18		7.38z			0.00	10
19	443.594	2.00	1.805	25.4	0.00	
20	26.681	9.77	1.487	70.2	0.00	
21	-31.031	1.93			0.00	
22	-25.541	2.00	1.647	33.7	0.00	
23	15619.549	0.50			0.00	
24	103.428	11.17	1.496	81.5	0.00	
25	-33.095	0.50z			0.00	
26	87.025	4.65	1.808	22.7	0.00	
27	-413.582	1.50			0.00	
28		30.88	1.516	64.1	0.00	20
29		7.50	1.516	64.1	0.00	
30		22.00			0.00	
31		1.00	1.516	64.1	45.00	
32		0.00			45.00	
33						
IMG						

	W	M	T			
d 8	25.93	6.11	0.50			
d10	3.65	18.52	21.83			30
d18	7.38	5.16	4.80			
d25	0.50	7.66	10.33			

	K	A	B	C	D	E	
3	0.000e+000	3.286e-005	-6.573e-008	1.443e-010	-5.886e-014	-2.532e-016	
4	0.000e+000	2.826e-005	-8.108e-008	1.462e-010	-7.392e-014	-5.541e-016	

図 8 は、本実施例における結像光学系の結像性能を示すスポットダイアグラム図である。結像光学系をズームレンズとして用いた場合でも、補正手段が効果的に結像性能を改善することがわかる。

【0039】

なお、本実施例においては、補正手段 5 が第 3 レンズ群 B 3 とともに移動しているが、例えば独立した群として移動してもよい。この場合、移動群が一つ増加するが、例えば一つのカムの傾斜角を微妙に変化させれば補正手段の角度をズーミングに応じて変化させることができる。これにより、光線が補正手段を通過する角度をズーム位置に応じて最適化することができるため、より高倍のズーム系においても高い結像性能の実現が可能である。

【実施例 5】

【0040】

次に、本発明の実施例 5 における結像光学系について説明する。図 9 は、本実施例にお

10

20

30

40

50

ける結像光学系の断面図である。本実施例のレンズユニット1は、正リードのテレフォトタイプであり、全16枚のレンズから構成される単焦点レンズである。レンズユニット1 dにおいて、非球面レンズは用いていない。補正手段5は、第10レンズと第11レンズの間に配置されている。表5は、本実施例における数値実施例である。

【0041】

(表5)

$f = 58.9$ $= 12.55^\circ$ $F/2.04$

OBJ	R	d	nd	vd	
		3770.00			10
1	394.213	11.00	1.654	39.6	0.00
2	-76.468	2.20	1.805	25.4	0.00
3	-366.123	0.10			0.00
4	79.961	7.23	1.834	42.7	0.00
5	-8466.787	20.85			0.00
6	-266.459	2.20	1.834	37.1	0.00
7	25.290	5.57			0.00
8	-32.976	3.00	1.516	64.1	0.00
9	87.334	6.32	1.805	25.4	0.00
10	-37.554	0.91			0.00
11	-32.355	3.00	1.749	35.2	0.00
12	-43.589	23.83			0.00
13		0.94			0.00
14	-134.380	2.20	1.672	32.0	0.00
15	32.012	8.00	1.651	58.5	0.00
16	-692.615	0.10			0.00
17	100.901	6.21	1.805	25.4	0.00
18	-60.345	1.50			0.00
19		2.79	1.516	64.1	8.17
20		14.57			9.00
21	-121.273	2.20	1.805	25.4	0.00
22	32.562	9.94	1.487	70.2	0.00
23	-29.653	1.48			0.00
24	-26.474	2.00	1.740	27.7	0.00
25	44.987	8.40	1.712	53.8	0.00
26	-64.463	19.38			0.00
27	2683.493	6.50	1.805	25.4	0.00
28	-60.907	0.10			0.00
29	94.569	3.98	1.805	25.4	0.00
30	202.412	3.50			40
31		30.88	1.516	64.1	0.00
32		7.50	1.516	64.1	0.00
33		22.00			0.00
34		1.00	1.516	64.1	45.00
35		0.00			45.00
36					
IMG					

図10は、本実施例の結像性能を示すスポットダイアグラム図である。このように、テレフォトタイプのレンズ系においても、補正手段により結像性能を効果的に改善できるこ

とがわかる。

【実施例 6】

【0042】

次に、本発明の実施例 6 におけるプロジェクタについて説明する。図 11 は、本実施例のプロジェクタ（画像投射装置）の概略構成図である。本実施例のプロジェクタは、実施例 1 ~ 5 のいずれか一つの結像光学系を備えた反射型液晶プロジェクタである。

【0043】

光源（不図示）から発した光束は、照明光学系 12 を経て光束分離素子 13 に入射し、入射光束は複数の光束に分離される。光束分離素子 13 は、例えばダイクロイックミラーの場合には波長（色）で光路を分離し、偏光ビームスプリッタの場合には偏光で光路を分離する。分離されたそれぞれの光束は、反射型偏光板 14、15 により反射される。反射型偏光板 14、15 は、波長以下のピッチで構成された格子構造を備え、格子方向の偏光は反射し、これと直交する方向の偏光は透過する特性を有する。一般に、照明光学系には偏光変換素子が配置されており、反射型偏光板 14、15 に入射する偏光は、反射偏光のみになるように構成されている。このため、分離した光束はそれぞれ反射型偏光板 14、15 にて反射し、反射型液晶素子 16、17 に入射する。

10

【0044】

反射型液晶素子 16、17 は、偏光を 90° 回転させ、反射型液晶素子 16、17 で反射した光束はそれぞれ、反射型偏光板 14、15 を透過して光束合成素子 18 に入射する。光束合成素子 18 は、光束分離素子 13 で分離された 2 つ光束を合成し、結像光学系である投射レンズ 10 に導く。本実施例のプロジェクタにおいて、分離光束はそれぞれ反射型偏光板 14、15 を透過するため、強い非点収差が発生する。このため、一般的な投射レンズ（結像光学系）では十分な結像性能が得られない。一方、本実施例のプロジェクタによれば、投射レンズ 10 として実施例 1 ~ 5 のいずれか一つの結像光学系を用いているため、良好な投射像を得ることができる。

20

【0045】

本実施例においては、反射型の液晶素子を用いたがこれに限らず、透過型の液晶素子を用いたプロジェクタであっても本発明の効果を得ることができる。つまり、投射レンズと液晶素子との間に、光路を合成する平板が、投射レンズの光軸に垂直な方向に対して傾けて配置されるプロジェクタにおいて本発明を適用すれば、本実施例と同様の効果を得ることができる。

30

【0046】

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。

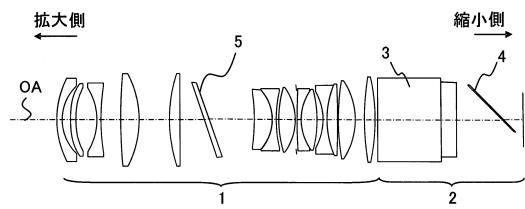
【符号の説明】

【0047】

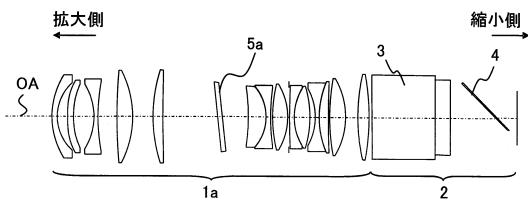
- 1 レンズユニット
- 2 色合成部
- 4 平板
- 5 補正手段

40

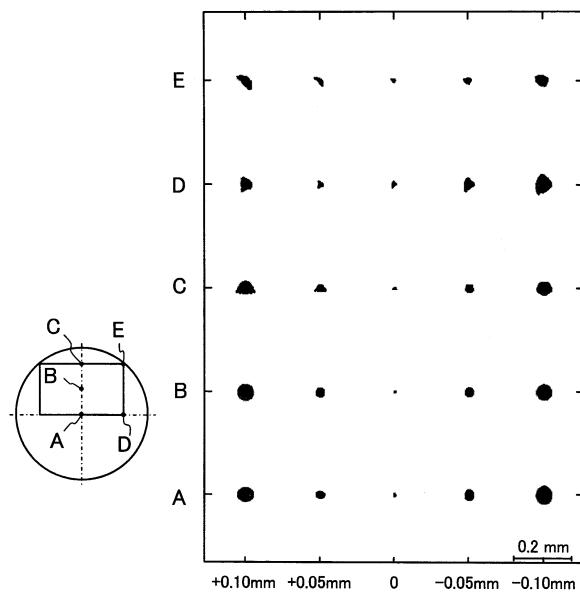
【図1】



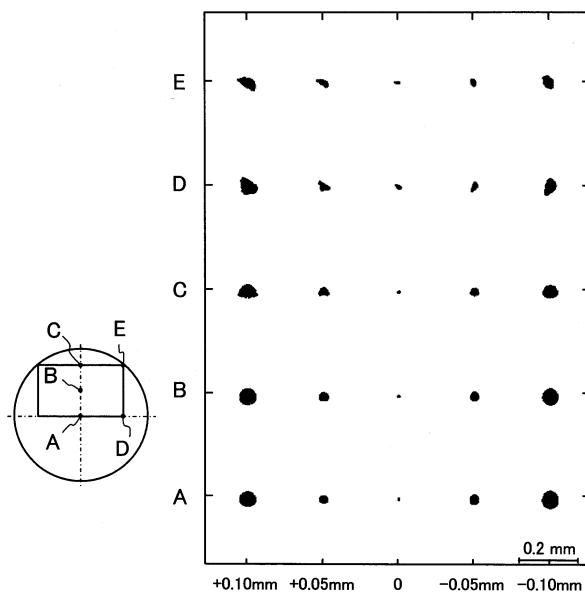
【図3】



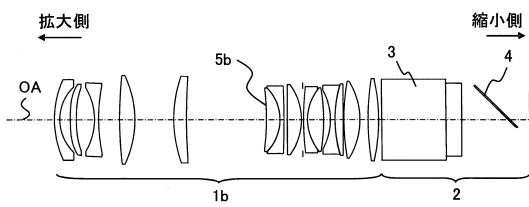
【図2】



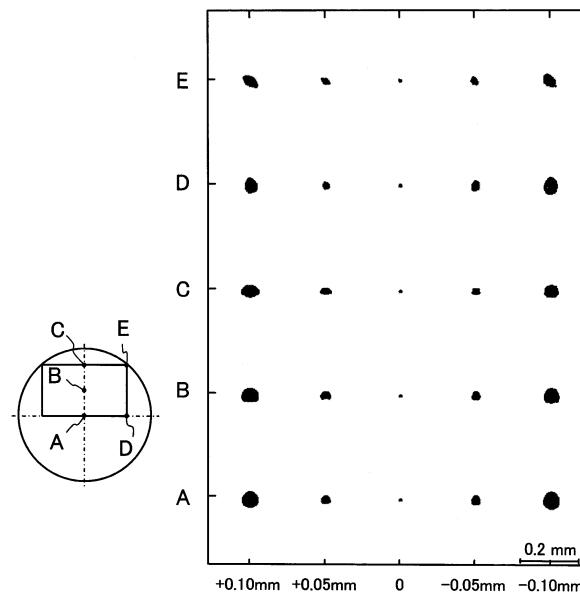
【図4】



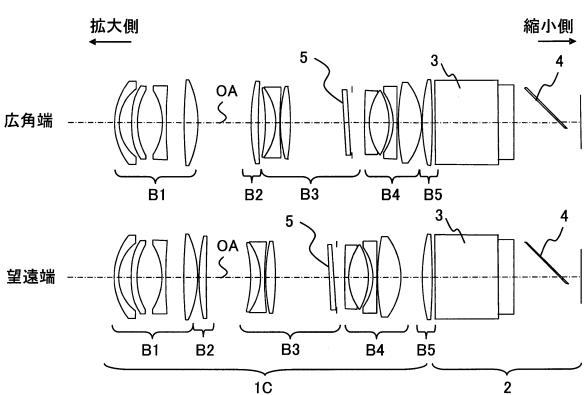
【図5】



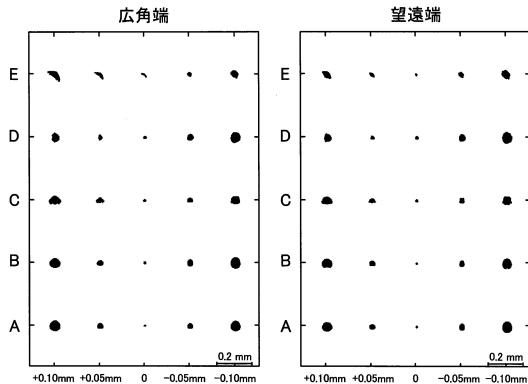
【図6】



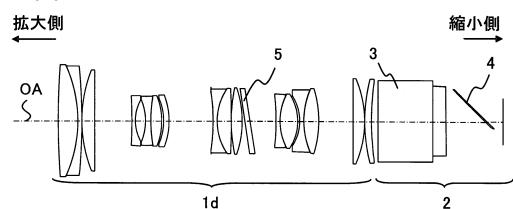
【図7】



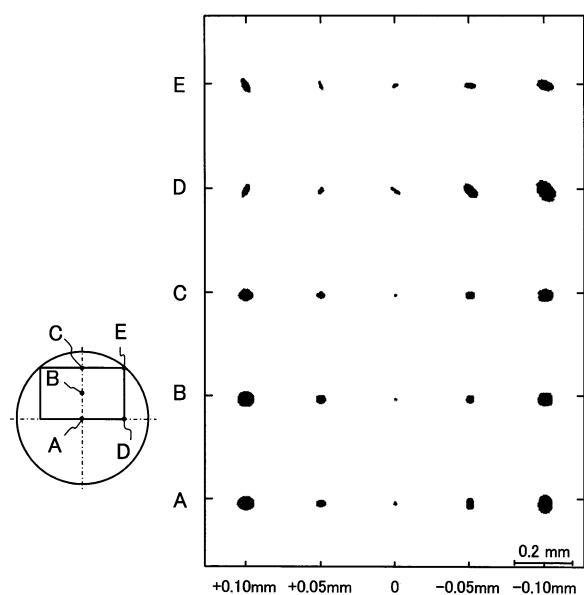
【図8】



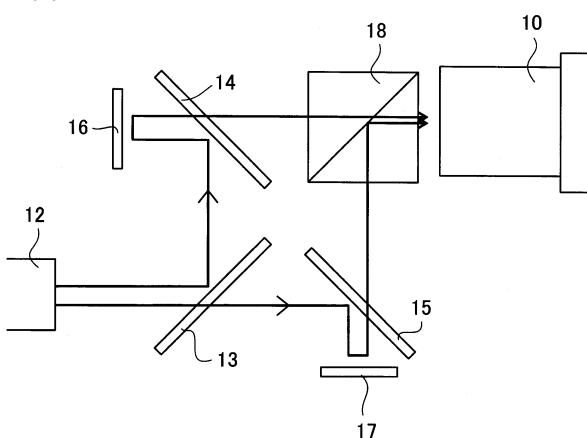
【図9】



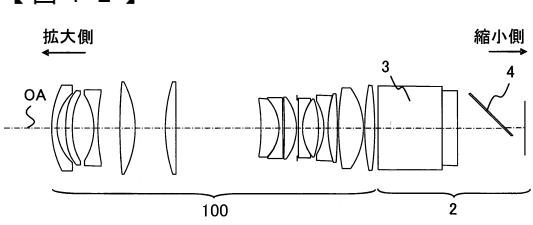
【図10】



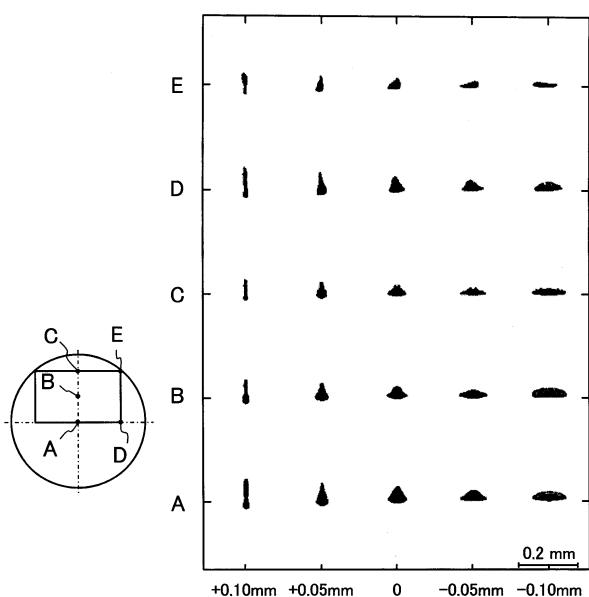
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-13584(JP,A)
特開2000-111862(JP,A)
特開平5-100187(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 02 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 02 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4
G 03 B	2 1 / 0 0	-	2 1 / 3 0