

(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2015-201433

(P2015-201433A)

(43) 公開日 平成27年11月12日(2015.11.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 2 1 S 2/00 (2006.01)	F 2 1 S 2/00 3 4 O	2 H 0 5 2
G 0 3 B 21/14 (2006.01)	G 0 3 B 21/14 A	2 K 1 0 3
F 2 1 V 5/04 (2006.01)	F 2 1 V 5/04 3 5 O	3 K 2 4 3
G 0 2 B 3/00 (2006.01)	G 0 2 B 3/00 A	
G 0 2 B 19/00 (2006.01)	G 0 2 B 19/00	
審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 19 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2015-45685 (P2015-45685)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成27年3月9日(2015.3.9)	(74) 代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
(31) 優先権主張番号	特願2014-75161 (P2014-75161)	(74) 代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
(32) 優先日	平成26年4月1日(2014.4.1)	(74) 代理人	100121614 弁理士 平山 倫也
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	須藤 貴士 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
		(72) 発明者	前田 勇樹 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	

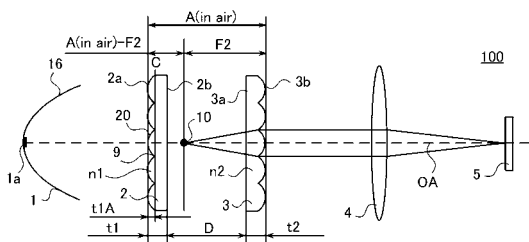
(54) 【発明の名称】 照明光学系およびこれを用いた画像投射装置

(57) 【要約】

【課題】高輝度かつ高画質の画像の投射を実現可能な照明光学系および画像投射装置を提供する。

【解決手段】照明光学系は、光源から出射した光を分割する第1のレンズアレイと、第1のレンズアレイからの光を受光する第2のレンズアレイと、第2のレンズアレイからの光を画像表示素子に導く集光光学系とを有し、画像表示素子の共役点は、第1のレンズアレイの入射面と第2のレンズアレイの入射面との間に位置している。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像表示素子を照明する照明光学系であって、
 光源から出射した光を分割する第 1 のレンズアレイと、
 前記第 1 のレンズアレイからの光を受光する第 2 のレンズアレイと、
 前記第 2 のレンズアレイからの光を前記画像表示素子に導く集光光学系と、を有し、
 前記画像表示素子の共役点は、前記第 1 のレンズアレイの入射面と前記第 2 のレンズアレイの入射面との間に位置している、ことを特徴とする照明光学系。

【請求項 2】

前記第 1 のレンズアレイの入射面は、前記第 1 のレンズアレイの屈折面であることを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。 10

【請求項 3】

前記第 1 のレンズアレイの出射面は、前記第 1 のレンズアレイの屈折面であって、
 前記画像表示素子の共役点は、前記第 1 のレンズアレイの出射面と、前記第 2 のレンズアレイの入射面との間に位置することを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 4】

前記第 1 のレンズアレイの入射面から前記第 2 のレンズアレイの入射面までの光軸方向の空気換算長を $A(\text{in air})$ 、前記第 2 のレンズアレイの焦点距離を F_2 とするとき、

$$0.010 < (A(\text{in air}) - F_2) / A(\text{in air}) < 0.300 \quad 20$$

を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

【請求項 5】

前記第 1 のレンズアレイのレンズセル部の厚みを $t_1 A$ 、前記第 1 のレンズアレイの屈折率を n_1 とするとき、

$$A(\text{in air}) - F_2 > t_1 A / n_1$$

を満足することを特徴とする請求項 4 に記載の照明光学系。

【請求項 6】

前記第 1 のレンズアレイ、前記第 2 のレンズアレイ、前記集光光学系、および、前記画像表示素子は、光源側から順に、該集光光学系の光軸方向に沿って配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。 30

【請求項 7】

前記第 1 のレンズアレイの焦点距離を F_1 、前記第 2 のレンズアレイの焦点距離を F_2 とするとき、

$$0.7 < F_2 / F_1 < 1.0$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

【請求項 8】

前記第 1 のレンズアレイは、複数のセル、および、該複数のセルの間に形成されたセル境界部を有し、

前記セル境界部は、負の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。 40

【請求項 9】

前記集光光学系は、前記第 1 のレンズアレイの前記セル境界部からの光を、前記集光光学系と前記画像表示素子との間の位置に集光させることを特徴とする請求項 8 に記載の照明光学系。

【請求項 10】

前記第 1 のレンズアレイおよび前記第 2 のレンズアレイは、前記集光光学系の光軸に直交する面内の所定方向において、該第 1 のレンズアレイおよび該第 2 のレンズアレイの各セルの曲率中心が該各セルの中心位置から偏心するように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

【請求項 11】

前記第 1 のレンズアレイは、前記所定の方向において、該第 1 のレンズアレイの各セルの前記曲率中心が該各セルの前記中心位置に対して、前記集光光学系の光軸側に偏心するように構成されており、

前記第 2 のレンズアレイは、前記所定の方向において、該第 2 のレンズアレイの各セルの前記曲率中心が該各セルの前記中心位置に対して、前記光軸から離れる側に偏心するように構成されていることを特徴とする請求項 10 に記載の照明光学系。

【請求項 12】

前記所定の方向は、前記画像表示素子の短辺方向であることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の照明光学系。

【請求項 13】

前記画像表示素子の前記短辺方向に関する共役点と前記画像表示素子との距離は、前記第 1 のレンズアレイと前記画像表示素子との距離よりも短く、

前記画像表示素子の長辺方向に関する共役点と前記画像表示素子との距離は、前記第 1 のレンズアレイと前記画像表示素子との距離よりも長いことを特徴とする請求項 12 に記載の照明光学系。

【請求項 14】

前記第 2 のレンズアレイは、トーリック面を有し、前記短辺方向および前記長辺方向における各セルの曲率半径が互いに異なるように構成されていることを特徴とする請求項 13 に記載の照明光学系。

【請求項 15】

前記第 2 のレンズアレイの前記各セルは、前記長辺方向の曲率半径が前記短辺方向の曲率半径よりも大きいように構成されていることを特徴とする請求項 14 に記載の照明光学系。

【請求項 16】

画像表示素子と、

請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の照明光学系と、を有することを特徴とする画像投射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、照明光学系およびこれを用いた画像投射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、液晶プロジェクタなどの画像投射装置において、照明効率を改善させることによる高輝度化が検討されている。照明効率を改善させるには、照明エリアを狭くし、かつ、照明エリアのエッジ部分をシャープにすることが好ましい。特許文献 1 には、被照明面が湾曲した像面の近軸像面より光源側に位置し、かつ湾曲した像面の周辺像面が近軸像面よりも光源側に位置するように構成された照明装置が開示されている。このような構成により、像面湾曲の影響によって照明エリアがぼやけるのを緩和している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2011—90321 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 の構成では、パネル面を近軸像面よりも光源側に設定しているため、パネルの共役点は、第 1 レンズアレイ（フライアイレンズ）よりも光源側に位置することになる。この場合、照明エリアの端部において高輝度部分（スジ）が発生するため、有効な照明エリアが狭まってしまう。この結果、エリアマージンを広くとる必要があ

10

20

30

40

50

り、明るさが低減する。一方、エリアマージンを十分にとらない場合、スジが投射されてしまうため、画質が低下する。

【 0 0 0 5 】

そこで本発明は、高輝度かつ高画質の画像の投射を実現可能な照明光学系およびこれを用いた画像投射装置を提供する。

【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照明光学系は、画像表示素子を照明する照明光学系であって、光源から出射した光を分割する第1のレンズアレイと、前記第1のレンズアレイからの光を受光する第2のレンズアレイと、前記第2のレンズアレイからの光を前記画像表示素子に導く集光光学系とを有し、前記画像表示素子の共役点は、前記第1のレンズアレイの入射面と前記第2のレンズアレイの入射面との間に位置している。

10

【 0 0 0 7 】

本発明の他の側面としての画像投射装置は、画像表示素子と、前記照明光学系とを有する。

【 0 0 0 8 】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施形態において説明される。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、高輝度かつ高画質の画像の投射を実現可能な照明光学系およびこれを用いた画像投射装置を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図1】第1実施形態における画像投射装置（照明光学系）の要部構成図である。

【図2】第1実施形態におけるセル境界部に入射した光の光路図である。

【図3】第1実施形態におけるセル境界部の曲率半径およびパネル面のスポット径の相関グラフである。

【図4】第1実施形態におけるパネル短辺方向の輝度分布図である。

【図5】輝度ムラの説明図である。

【図6】パネル短辺方向の輝度分布図である。

30

【図7】図6中の高輝度部分の拡大図である。

【図8】フライアイレンズのセル境界部の拡大図である。

【図9】パネルの共役点の説明図である。

【図10】第1のフライアイレンズのセル境界部以外の領域に入射した平行光の光路図である。

【図11】第1のフライアイレンズのセル境界部に入射した平行光の光路図である。

【図12】セル境界部の曲率半径およびパネル面のスポット径の相関グラフである。

【図13】第2実施形態におけるパネル短辺方向に沿った画像投射装置の要部構成図である。

【図14】第2実施形態におけるパネル長辺方向に沿った画像投射装置の要部構成図である。

40

【図15】第2実施形態におけるパネル短辺方向における光の光路図である。

【図16】第2実施形態におけるパネル長辺方向における光の光路図である。

【図17】第3実施形態におけるパネル短辺方向に沿った画像投射装置の要部構成図である。

【図18】第3実施形態におけるパネル長辺方向に沿った画像投射装置の要部構成図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

50

【 0 0 1 2 】

まず、一般的な照明光学系を備えた画像投射装置における、照明エリアの端部に生じる高輝度部分（以下、「スジ」という）の発生原理について説明する。図 5 を参照して、スジの現象について述べる。図 5 は、二次元の輝度ムラの説明図であり、画像表示素子 5 の面（パネル面）における照明エリアを示している。図 5 において、横方向の矢印はパネル長辺方向（ x 軸）、縦方向の矢印はパネル短辺方向（ y 軸）を示している。

【 0 0 1 3 】

図 6 は、図 5 中の y 方向における輝度分布図である。図 6 において、縦軸は照度、横軸は位置（ y 軸）をそれぞれ示している。図 6 中の点線部 60 は、高輝度部分（スジ）を表している。図 7 は、図 6 中の点線部 60 およびその周辺の拡大図である。スジの部分は、画像表示素子 5 の有効領域（パネル有効領域）内に存在すると、画像を表示する際に明るい輝線として認識され、画質の品位を低下させる原因となる。このため、スジがパネル有効領域内に入り込まないように、画像投射装置を設計する際に、照明領域（照明エリア）の幅に余裕（マージン）を持たせ、照明エリアを広めに確保するように設計する。これにより、画像内へのスジの侵入を防ぐことができる。しかし、画像投射装置の設計の際に照明エリアを広げるとは、パネル面の有効領域内の明るさを低下させることになる。このため、照明効率の観点ではデメリットとなる。

【 0 0 1 4 】

続いて、スジの発生原理について詳述する。スジの発生原因は、二つの光学構成（二つの原因）による。第一の原因は、第 1 のフライアイレンズ 2（第 1 のレンズアレイ、または、第 1 の光分割手段）のうち隣接する各セルの間の境界部（セル境界部）の形状が凹面である（セル境界部が負の屈折率を有する）ことである。第二の原因は、画像表示素子 5（パネル）の共役点の位置である。

【 0 0 1 5 】

ここで、図 8 を参照して、第一の原因である第 1 のフライアイレンズ 2（セル境界部）の形状について説明する。図 8 は、第 1 のフライアイレンズ 2 のセル境界部の拡大図である。通常、フライアイレンズにおいて、隣接する各セル間の境界部（セル境界部）は、製造上、図 8 中の点線部 80 で示されるように凹面形状となる。フライアイレンズは、型で成型を行うことにより製造される。このとき、フライアイレンズの境界部の形状に関しては、型の形状誤差が大きくなりやすい。また、境界部に関しては、良好な転写精度が得られないことが多い。このため、フライアイレンズにおけるセル境界部は、凹面形状となる。型の精度を改善した場合でも、セル境界部における凹面部分は、深さや幅が変化するだけであり、この凹面部分を完全に除去することは困難である。

【 0 0 1 6 】

次に、第二の原因である画像表示素子 5（パネル）の共役点について説明する。例えば特許文献 1 の構成では、パネルの共役点は第 1 のフライアイレンズの光源側に位置している。また、特許文献 1 以外の構成であっても、一般的に、パネルの共役点は光源側に位置するように設定されている。以下、この理由について説明する。

【 0 0 1 7 】

通常、第 1 のフライアイレンズ 2 と画像表示素子 5 の面（パネル面）は、略近軸的に共役関係の位置にある。しかし、これらを完全に共役関係の位置に設定すると、第 1 のフライアイレンズ 2 のキズやごみなどが、パネル面に結像され、スクリーン（投射面）に第 1 のフライアイレンズ 2 のキズやごみが投射されてしまう。このため、これらを共役関係の位置から光軸方向に若干ずらして照明設計を行い、画像投射装置を製造する。そのずらす方向に関して、通常、パネルの共役点を第 1 のフライアイレンズ 2 の光源側にずらすように設計される。

【 0 0 1 8 】

図 9 を参照して、画像表示素子 5（パネル）の共役点について説明する。図 9 は、画像表示素子 5 の共役点の説明図である。図 9 において、1 は光源部である。光源部 1 は、光源および放物面リフレクタを備えており、光源から平行な光が出射するように構成されて

10

20

30

40

50

いる。2は、第1のフライアイレンズ、3は第2のフライアイレンズ、4はコンデンサレンズ（集光光学系）、5は画像表示素子（パネル）である。図9中の黒丸90は、パネルの共役点である。パネルの共役点を、第1のフライアイレンズ2のパワーを有する面（図9中において、第1のフライアイレンズ2の左側面）に対して、光源部1側にずらすことにより、第2のフライアイレンズ3の焦点距離を大きくする（曲率半径を大きくする）ことができる。これにより、前述の第1のフライアイレンズ2のキズや表面のごみの影響を抑制するとともに、第2のフライアイレンズ3を成形しやすくなる。

【0019】

続いて、図10および図11を参照して、前述の二つの原因に基づくスジの発生理由について説明する。図10は、第1のフライアイレンズ2のセル境界部以外に入射した平行光の光路図である。図10において、第1のフライアイレンズ2（セル部）に入射した平行光は、第2のフライアイレンズ3の近傍位置に集光する。そして、この光はコンデンサレンズ4により平行光とされ、画像表示素子5（パネル）を照明する。

【0020】

図11は、第1のフライアイレンズ2のセル境界部（またはセル境界部の近傍）に入射した平行光の光路図である。前述のように、セル境界部9は凹面形状であるため、負の屈折力を有する。従って、セル境界部9に入射した平行光は、負の屈折力によって発散されて出射する。ここで、見かけの発光点は、セル境界部9の入射側となり、図11の点線部110内の黒丸115で示される位置にある。セル境界部9から出射した発散光は、第2のフライアイレンズ3によって略平行な光とされ、コンデンサレンズ4に入射する。コンデンサレンズ4に入射した光は、画像表示素子5の面（パネル面）の端部に向かって集光する。従って、パネル面の端部において、輝度の高いスジ（高輝度部分）として現れる。すなわち、セル境界部9の凹面による見かけの発光点（黒丸115）が、パネル面の共役点と一致する場合、スジが発生する。また、セル境界部9は、セル有効領域内において正屈折力を有し、セル境界部9の最も凹んだ箇所では負屈折力を有する。このようにセル境界部9は、正屈折力から緩やかに曲率半径が変化して負屈折力に変化する。

【0021】

ここで図12を参照して、セル境界部9の曲率半径およびパネル面でのスポットの半径（スポット径）について説明する。図12は、セル境界部9の曲率半径およびパネル面のスポット径の相関グラフである。図12中の実線は、パネル短辺方向（y軸）に平行な平面内におけるセル境界部9（またはその近傍）の曲率半径を表し、縦軸はy座標、横軸は曲率半径をそれぞれ示している。図12に示されるように、セル境界部9の曲率半径は、 ∞ から70 μm まで連続的に変化している。これは、パネルの共役点を第1のフライアイレンズ2の光源側とした場合において、スジが必ず発生することを意味する。言い換えれば、連続的に変化しているセル境界部9の曲率半径が所定の曲率半径となる範囲に光束が入射した際に、スジが必ず発生することを意味する。前述のとおり、見かけの発光点（図11中の黒丸115）がパネル面の共役点と一致する場合、スジが発生する。これは、セル境界部9（またはその付近）の曲率半径が連続的に変化するため、見かけの発光点は、第1のフライアイレンズ2の光源側に、光軸上において曲率半径が ∞ から70 μm まで存在するからである。図12中の点線は、セル境界部9の曲率半径とパネル面でのスポット径（スポットサイズ）との関係を示している。スポット径が小さいほど集光点が小さくなるため、スジとしての輝度ムラが顕著になる。図12では、曲率半径 $R = 1100 \mu\text{m}$ の近傍においてスジが最大となることが示されている。

【0022】

以下、各実施形態において、照明エリアの範囲内におけるスジを除去または低減するための構成について説明する。

【0023】

（第1実施形態）

まず、図1を参照して、本発明の第1実施形態について説明する。図1は、本実施形態における画像投射装置100（液晶プロジェクタ）の要部構成図である。画像投射装置1

10

20

30

40

50

00は、照明エリアの端部における高輝度部分（スジ）を低減可能な照明光学系を備えて構成される。

【0024】

図1において、1は光源部である。光源部1は、光源1aおよび放物面リフレクタ1bを備えており、光源1aから平行な光が出射するように構成されている。2は第1のフライアイレンズ（第1のレンズアレイ）である。第1のフライアイレンズ2は、光源1aから出射した光を分割する（複数の光束に分割する）光分割手段である。第1のフライアイレンズ2は、パワー（屈折力）を有する面（入射面2a）が図1中の左側に設けられている。第1フライアイレンズ2の入射面2aには、複数のセル20が二次元状に設けられている。また、複数のセル20のうち隣接する各セル間には、セル境界部9が形成されている。セル境界部9は、図11を参照して説明したような凹面形状（負の屈折力）を有する。3は第2のフライアイレンズ（第2のレンズアレイ）であり、第1のフライアイレンズ2からの光を導く（受光する）光分割手段である。4はコンデンサレンズであり、第2のフライアイレンズ3からの光を集光する集光光学系である。5は画像表示素子であり、コンデンサレンズ4からの光が入射するパネル（液晶パネル）である。本実施形態において、第1のフライアイレンズ2、第2のフライアイレンズ3、コンデンサレンズ4、および、画像表示素子5は、光源側から順に、コンデンサレンズ4の光軸OAの方向（光軸方向）に沿って配置されている。

10

【0025】

図1において、黒丸10は画像表示素子5（パネル）の共役点を示している。本実施形態において、第1のフライアイレンズ2は、光源1aから出射した光を入射する入射面2a、および、光を分割して出射する出射面2bを有する。このとき、画像表示素子5の共役点（黒丸10）は、第1のフライアイレンズ2の出射面2bの側（入射面2aとは反対側）に位置している。換言すると、画像表示素子5の共役点と画像表示素子5との距離は、第1のフライアイレンズ2と画像表示素子5との距離よりも短い（すなわち、画像表示素子5の共役点は、第1のフライアイレンズ2よりも画像表示素子5に近い）。また、画像表示素子5の共役点は、第1のフライアイレンズ2の入射面2aと第2のフライアイレンズ3の入射面3aとの間に位置しているともいえる。すなわち、画像表示素子5の共役点は、図1に示されるように、第1のフライアイレンズ2と第2のフライアイレンズ3との間の空気層中に位置していてもよく、第1のフライアイレンズ2上に位置していてもよい。

20

30

【0026】

続いて、図2を参照して、第1のフライアイレンズ2のセル境界部9に入射した光の光路について説明する。図2は、第1のフライアイレンズ2のセル境界部9に入射した光の光路図である。図2に示されるように、セル境界部9に入射した光は、セル境界部9の凹面により発散され、第2のフライアイレンズ3およびコンデンサレンズ4（第1のコンデンサレンズ7、第2のコンデンサレンズ8）により画像表示素子5に導かれる。

【0027】

本実施形態において、画像表示素子5の面（パネル面）の共役点（図1中の黒丸10で示される位置）は、第1のフライアイレンズ2の出射側に設定されている。すなわち、画像表示素子5の共役点と画像表示素子5との距離は、第1のフライアイレンズ2と画像表示素子5との距離よりも短い。このため、セル境界部9に入射した平行光は、パネル面よりも手前（画像表示素子5と第2のコンデンサレンズ8（集光光学系）との間の位置）で集光する。図2中の黒丸12は、このときの集光点を示しており、画像表示素子5（パネル）に対して入射側にずれた位置にある。このため、画像表示素子5の面では、光がぼけるため、高輝度部分（スジ）は発生しない。

40

【0028】

続いて、図3を参照して、本実施形態におけるセル境界部9の曲率半径およびパネル面でのスポットの半径（スポット径）について説明する。図3は、セル境界部9の曲率半径およびパネル面のスポット径の相関グラフである。図3中の実線は、パネル短辺方向（y

50

軸)に平行な平面内におけるセル境界部9(またはその近傍)の曲率半径を表し、縦軸はy座標、横軸は曲率半径をそれぞれ示している。図3に示されるように、セル境界部9の曲率半径は、 ∞ から70 μ mまで連続的に変化している。図3からわかるように、本実施形態では、曲率半径Rが ∞ から70 μ mまで変化しても、スポットは常にぼけている。このように本実施形態によれば、スポット径は1mm以下になることがないため、スジが発生しない。これは、曲率半径Rが ∞ から70 μ mまで変化しても、図2の集光点(黒丸12)は光軸方向において画像表示素子5から光源部1側にずれるためである。

【0029】

続いて、図4を参照して、本実施形態における照明エリアのスジ改善効果(高輝度部分の低減効果)に関し、照明分布計算を説明する。図4は、セル境界部9に凹面の設定をした状態におけるシミュレーション結果(y方向における輝度分布図)である。図4において、縦軸は照度、横軸は位置(y軸)をそれぞれ示している。図4に示されるように、図6とは異なり、スジ部分(高輝度部分)が除去されており、良好な輝度分布が得られる。

【0030】

本実施形態において、第2のフライアイレンズ3の焦点距離F2は、第1のフライアイレンズ2の焦点距離F1よりも短いことが好ましい。より好ましくは、第1のフライアイレンズ2の焦点距離をF1、第2のフライアイレンズ3の焦点距離をF2とすると、以下の式(1)を満たす。

【0031】

$$0.7 < F2 / F1 < 1.0 \quad \dots \quad (1)$$

また、照明光学系(画像投射装置100)は、以下の式(2)を満たすことが好ましい。

【0032】

$$0.010 < (A(\text{in air}) - F2) / A(\text{in air}) < 0.300 \quad \dots \quad (2)$$

さらに、照明光学系は、以下の式(2a)を満たすことがより好ましい。

【0033】

$$0.010 < (A(\text{in air}) - F2) / A(\text{in air}) < 0.200 \quad \dots \quad (2a)$$

式(2)、(2a)において、A(in air)は、第1のフライアイレンズ2の入射面2aから第2のフライアイレンズ3の入射面3bまでの光軸方向の空気換算長であり、F2は第2のフライアイレンズ3の焦点距離である。なお、A(in air)は、以下の式(3)から求めることができる。

【0034】

$$A(\text{in air}) = t1 / n1 + D + t2 / n2 \quad \dots \quad (3)$$

式(3)において、t1は第1のフライアイレンズ2の光軸方向の厚み、n1は第1のフライアイレンズ2の屈折率、Dは第1のフライアイレンズ2の出射面2b及び第2のフライアイレンズ3の入射面3aまでの光軸方向の距離である。また、t2は第2のフライアイレンズ3の光軸方向の厚み、n2は第2のフライアイレンズ3の屈折率である。なお本実施形態において、Dは第1のフライアイレンズ2と第2のフライアイレンズ3との間の空気層の光軸方向の厚みともいえる。

【0035】

照明光学系が式(2)を満足することで、照明エリアの端部における高輝度部分(スジ)を低減しつつ、照明エリアのボケを抑制することが可能となる。

【0036】

また、照明光学系は、以下の式(4)を満たすことが好ましい。

【0037】

$$A(\text{in air}) - F2 > t1A / n1 \quad \dots \quad (4)$$

式(4)において、t1Aは第1のレンズアレイのレンズセル部の厚み、n1は第1のレンズアレイの屈折率である。照明光学系が式(4)を満足することは、画像表示素子5

10

20

30

40

50

の共役点が、第 1 のフライアイレンズ 2 のレンズセル部上に位置することを意味する。照明光学系が式 (4) を満足することで、照明エリアの端部における高輝度部分 (スジ) を低減しつつ、第 1 のフライアイレンズ 2 表面上のキズやごみによる影響を抑制することが可能となる。

【0038】

なお、レンズセル部とは、フライアイレンズのうち、レンズセルが設けられている部分を意味し、レンズセル部が設けられていない部分を平面部とする。すなわち、第 1 のフライアイレンズ 2 および第 2 のフライアイレンズ 3 はそれぞれ、レンズセル部と平面部とを有する。

【0039】

具体的に述べると、図 1 において、第 1 のフライアイレンズ 2 のうち直線 C よりも入射面 2 a 側の部分がレンズセル部であり、直線 C よりも出射面 2 b 側が平面部である。

【0040】

以下、各フライアイレンズの焦点距離に関する数値実施例である。

【0041】

(第 1 数値実施例)

$$F1 = 25.3 \text{ mm}$$

$$F2 = 21.1 \text{ mm}$$

$$F2 / F1 = 0.83$$

(第 2 実施形態)

次に、図 1 3 および図 1 4 を参照して、本発明の第 2 実施形態について説明する。なお、第 1 実施形態と共通する部分の説明は省略する。図 1 3 は、画像表示素子 5 の短辺方向 (パネル短辺方向、y 軸方向) に沿った画像投射装置 100 a (照明光学系) の要部構成図である。図 1 4 は、画像表示素子 5 の長辺方向 (パネル長辺方向、x 軸方向) に沿った画像投射装置 100 a の要部構成図である。

【0042】

図 1 3 および図 1 4 において、1 は光源および放物面リフレクタを備えた光源部である。22 は第 1 のフライアイレンズ (第 1 のレンズアレイ) である。第 1 のフライアイレンズ 22 は、パネル短辺方向 (y 軸方向) において、各セルの曲率中心が各セルの中心に対して光軸 O A 側に偏心 (変位) するように構成されている。33 は第 2 のフライアイレンズ (第 2 のレンズアレイ) である。第 2 のフライアイレンズ 33 は、パネル短辺方向 (y 軸方向) において、各セルの曲率中心が各セルの中心に対して光軸 O A から離れる側に偏心 (変位) するように構成されている。4 は集光光学系、5 は画像表示素子 (パネル) である。

【0043】

本実施形態では、第 1 のフライアイレンズ 22 および第 2 のフライアイレンズ 33 に関して、セル短辺方向 (パネル短辺方向) において各セルの曲率中心を各セルの中心に対して偏心 (変位) させている。また本実施形態において、第 2 のフライアイレンズ 33 はトーリック面 (トロイダル面) を有し、各セルの長辺方向 (x 軸方向) と短辺方向 (y 軸方向) において、曲率半径が互いに異なるように構成されている。本実施形態では、各セルの長辺方向の曲率半径が、各セルの短辺方向の曲率半径よりも大きくなるように設定されている。

【0044】

図 1 3 は、セル短辺方向およびパネル短辺方向 (y 軸方向) の断面図である。図 1 4 は、セル長辺方向およびパネル長辺方向 (x 軸方向) の断面図である。図 1 3 および図 1 4 において、黒丸 11、12 は、パネルの共役点を示している。すなわち、パネル短辺方向 (y 軸方向) に関しては、パネルの共役点 (黒丸 11) を第 1 のフライアイレンズ 22 の出射側にずらしている (画像表示素子 5 の共役点と画像表示素子 5 との距離は、第 1 のフライアイレンズ 22 と画像表示素子 5 との距離よりも短い)。一方、パネル長辺方向 (x 軸方向) に関しては、パネルの共役点を第 1 のフライアイレンズ 22 の光源側にずらして

10

20

30

40

50

いる。すなわち、画像表示素子 5 の共役点は、画像表示素子 5 の共役点と画像表示素子 5 との距離は、第 1 のフライアイレンズ 2 2 と画像表示素子 5 との距離よりも長い（画像表示素子 5 の共役点は、第 1 のフライアイレンズ 2 2 よりも画像表示素子 5 から遠い）。これは、フライアイレンズのセル境界部の形状のダレは、偏心している平面方向において顕著であり、第 1 実施形態で説明したスジ対策について特に偏心平面で行うことで効果が大きいためである。本実施形態の構成によれば、特に短辺方向における高輝度部分（スジ）を除去または低減することができる。

【0045】

続いて、図 1 5 および図 1 6 を参照して、各フライアイレンズのセル境界部を除いた箇所に入射した光の光路について説明する。図 1 5 は、パネル短辺方向（y 軸方向）における光の光路図である。図 1 6 は、パネル長辺方向（x 軸方向）における光の光路図である。図 1 5 において、各セルの曲率半径の中心は、各セルの中心に対して偏心している。第 1 のフライアイレンズ 2 2 は、各セルの曲率中心が光軸 O A 側に偏心している。一方、第 2 のフライアイレンズ 3 3 は、各セルの曲率中心が光軸 O A から離れる側に偏心している。これにより、光束を複数に分割しながらも、パネル短辺方向（y 軸方向）において光束を圧縮することができる。この結果、画像投射装置 1 0 0 a の小型化に寄与する。

【0046】

このように本実施形態において、各フライアイレンズは、コンデンサレンズ 4 の光軸 O A に直交する面内（x y 面内）の所定の方向にて、各フライアイレンズの各セルの曲率中心が各セルの中心位置から偏心するように構成されている。各セルの中心位置とは、所定の方向における各セルの両端の中心位置である。好ましくは、第 1 のフライアイレンズ 2 2 は、所定の方向において、第 1 のフライアイレンズ 2 2 の各セルの曲率中心が各セルの前記中心位置に対して、コンデンサレンズ 4 の光軸側（光軸 O A に近づく方向）に偏心するように構成されている。一方、第 2 のフライアイレンズ 3 3 は、所定の方向において、第 2 のフライアイレンズ 3 3 の各セルの曲率中心が各セルの中心位置に対して、光軸 O A から離れる側に偏心するように構成されている。より好ましくは、所定の方向は、画像表示素子 5 の短辺方向（パネル短辺方向）である。

【0047】

好ましくは、画像表示素子 5 のパネル短辺方向に関する共役点と画像表示素子 5 との距離は、第 1 のフライアイレンズ 2 2 と画像表示素子 5 との距離よりも短い。一方、画像表示素子 5 のパネル長辺方向に関する共役点と画像表示素子 5 との距離は、第 1 のフライアイレンズ 2 2 と画像表示素子 5 との距離よりも長い。

【0048】

また好ましくは、第 2 のフライアイレンズ 3 3 は、トーリック面を有し、パネル短辺方向およびパネル長辺方向における各セルの曲率半径が互いに異なるように構成されている。より好ましくは、第 2 のフライアイレンズ 3 3 の各セルは、パネル長辺方向の曲率半径がパネル短辺方向の曲率半径よりも大きいように構成されている。

【0049】

また好ましくは、第 1 のフライアイレンズ 2 2 の焦点距離を F 1、第 2 のフライアイレンズ 3 3 のパネル短辺方向に関する焦点距離を F 2 1、第 2 のフライアイレンズ 3 3 のパネル長辺方向に関する焦点距離を F 2 2 とするとき、以下の式（5）、（6）を満たす。

【0050】

$$0.7 < F 2 1 / F 1 < 1.0 \quad \dots \quad (5)$$

$$F 2 2 / F 1 > 1.0 \quad \dots \quad (6)$$

なお、パネル短辺方向に関する焦点距離とは、照明光学系の光軸とパネル短辺方向に平行な断面における焦点距離を意味する。同様に、パネル長辺方向に関する焦点距離とは、照明光学系の光軸とパネル長辺方向に平行な断面における焦点距離を意味する。

【0051】

図 1 3 および図 1 4 に示されるように、第 1 のフライアイレンズ 2 2 および第 2 のフライアイレンズ 3 3 のレンズセル部の形状が断面によって異なる場合、フライアイレンズの

中心のレンズセルの面頂点間の空気換算長を $A(\text{in air})$ とする。また、図 13 に示される断面においては、前述の式 (2) および式 (4) と同様の条件式を満足することが好ましい。このように、断面によって第 1 のフライアイレンズ 22 の焦点の光軸方向の位置をずらすことで、光学素子への熱の影響を抑制することが可能となる。

【0052】

以下、各フライアイレンズの焦点距離に関する数値実施例である。

【0053】

(第 2 数値実施例)

$$F1 = 25.3 \text{ mm}$$

$$F21 = 21.1 \text{ mm}$$

$$F22 = 29.4 \text{ mm}$$

$$F21 / F1 = 0.83$$

$$F22 / F1 = 1.16$$

(第 3 実施形態)

次に、図 17 および図 18 を参照して、本発明の第 3 実施形態について説明する。なお、第 1 実施形態と共通する部分の説明は省略する。図 17 は、画像表示素子 5 の短辺方向 (パネル短辺方向、y 軸方向) に沿った画像投射装置 100b (照明光学系) の要部構成図である。図 18 は、画像表示素子 5 の長辺方向 (パネル長辺方向、x 軸方向) に沿った画像投射装置 100b の要部構成図である。

【0054】

前述の第 2 実施形態と本実施形態との違いは、第 2 のフライアイレンズ 33 と集光光学系 4 との間に偏光変換素子 6 を設けている点と、第 1 のフライアイレンズ 22 の焦点距離と第 2 のフライアイレンズ 33 の焦点距離との関係である。なお、偏光変換素子 6 の偏光分離面の法線は、照明光学系の光軸と画像表示素子 5 の長辺方向と平行な断面と平行になっている。

【0055】

ここで、第 1 のフライアイレンズ 22 のパネル短辺方向に関する焦点距離を $F11$ 、第 1 のフライアイレンズ 22 のパネル長辺方向に関する焦点距離を $F12$ とする。また、第 2 のフライアイレンズ 33 のパネル短辺方向に関する焦点距離を $F21$ 、第 2 のフライアイレンズ 33 のパネル長辺方向に関する焦点距離を $F22$ とする。このとき、本実施形態においては、第 1 のフライアイレンズ 22 の入射面の面頂点から、偏光変換素子 6 の出射面までの空気換算長を $B(\text{in air})$ とするとき、画像投射装置 100b (照明光学系) が以下の式 (7)、(8) を満足している。

【0056】

$$0.9 \leq F11 / A(\text{in air}) \leq 1.1 \quad \dots (7)$$

$$0.9 \leq F12 / B(\text{in air}) \leq 1.1 \quad \dots (8)$$

式 (7) は、焦点距離 $F11$ が、空気換算長 $A(\text{in air})$ と略等しいことを意味している。すなわち、式 (7) を満足することは、照明光学系の光軸とパネル短辺方向に平行な断面においては、第 1 のフライアイレンズ 22 の焦点は第 2 のフライアイレンズ 33 の近傍に位置することを意味する。

【0057】

一方、式 (8) は、焦点距離 $F12$ が、空気換算長 $B(\text{in air})$ と略等しいことを意味している。すなわち、式 (8) を満足することは、照明光学系の光軸とパネル長辺方向に平行な断面においては、第 1 のフライアイレンズ 22 の焦点は偏光変換素子 6 の近傍に位置することを意味する。

【0058】

さらに、本実施形態においては、照明光学系が以下の式 (9)、(10) を満足することが好ましい。

【0059】

$$0.7 < F21 / F11 < 1.0 \quad \dots (9)$$

$$0.7 < F_{22} / F_{12} < 1.0 \quad \dots \quad (10)$$

以下、各フライアイレンズの焦点距離に関する数値実施例である。

(第3数値実施例)

$$F_{11} = 26.1 \text{ mm}$$

$$F_{12} = 29.0 \text{ mm}$$

$$F_{21} = 23.5 \text{ mm}$$

$$F_{22} = 25.1 \text{ mm}$$

$$F_{21} / F_{11} = 0.90$$

$$F_{22} / F_{12} = 0.87$$

各実施形態によれば、照明エリアの端部まで有効な照明エリアとする（有効な照明エリア内でのスジの発生を低減する）ことができる。この結果、照明エリアのマージンを大きく確保する必要はない。このため各実施形態によれば、高輝度かつ高画質の画像を投射可能な画像投射装置を提供することができる。各実施形態は、液晶プロジェクタなどの画像投射装置に用いられる照明光学系に適用可能であり、特にフライアイレンズ（レンズアレイまたは光分割手段）を用いた光学系において有効である。

10

【0060】

なお、前述の式(2)および式(4)に関する数値実施例(第4～第8数値実施例)は、以下の表1のとおりであり、各数値実施例は式(2)で示される範囲を満たしている。

【0061】

【表1】

20

数値 実施例	D	t1	t1A	t1A (in air)	t2	F2	n1	n2
4	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	48.8	1.49	1.49
5	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	44.5	1.49	1.49
6	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	42.2	1.49	1.49
7	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	39.7	1.49	1.49
8	44.3	4.8	2.8	1.9	2.8	34.8	1.49	1.49

30

数値 実施例	A(in air)	A(in air) -F2	A(in air)-F2/ A(in air)	A(in air)-F2 >t1A(in air)
4	49.4	0.6	0.012	×
5	49.4	4.9	0.099	○
6	49.4	7.2	0.146	○
7	49.4	9.7	0.196	○
8	49.4	14.6	0.296	○

40

【0062】

なお、前述の各実施形態においては、第1のフライアイレンズの入射側（光源側）が屈折面であるが、第1のフライアイレンズの出射側（第2のフライアイレンズ側）が屈折面であってもよい。第1のフライアイレンズの出射側が屈折面の場合、パネルの共役点は、第1のフライアイレンズの出射面と、第2のフライアイレンズの入射面との間にあることが好ましい。

【0063】

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。

50

【符号の説明】

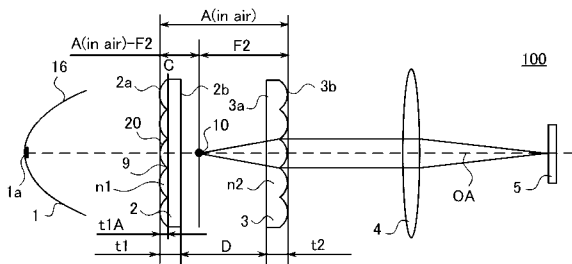
【 0 0 6 4 】

2：第1のフライアイレンズ（第1のレンズアレイ）

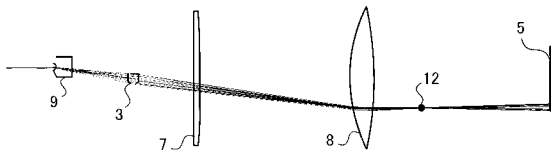
3：第2のフライアイレンズ（第2のレンズアレイ）

4：コンデンサレンズ（集光光学系）

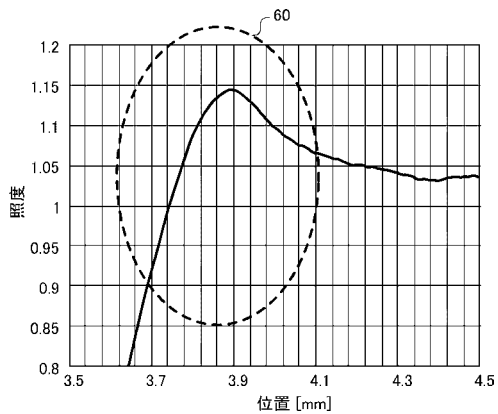
【図1】



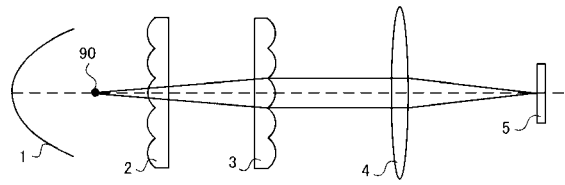
【図2】



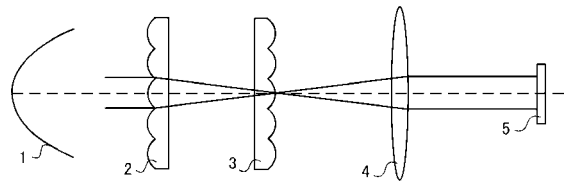
【図7】



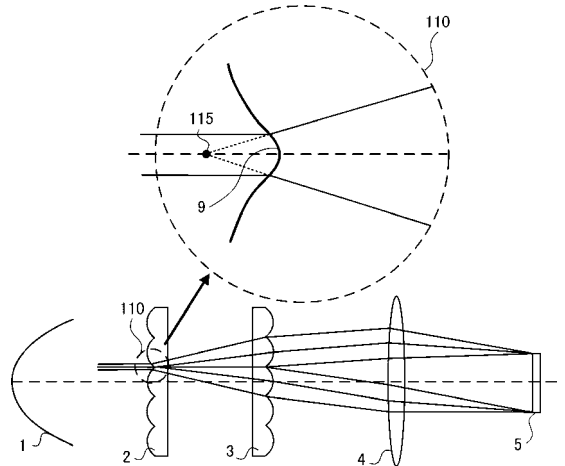
【図9】



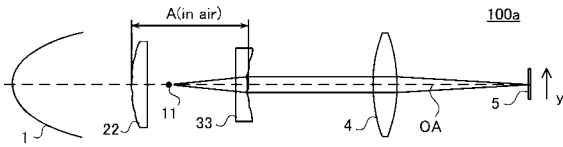
【図10】



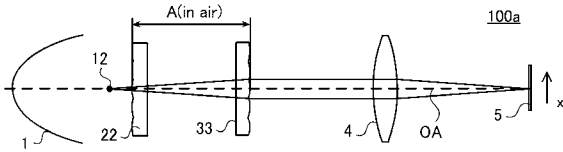
【図11】



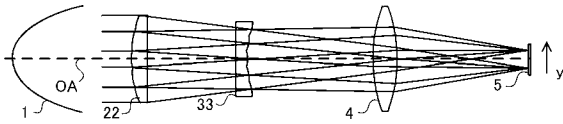
【図 1 3】



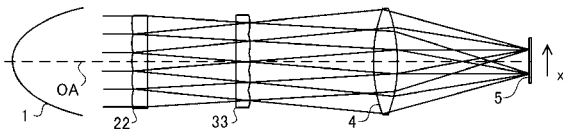
【図 1 4】



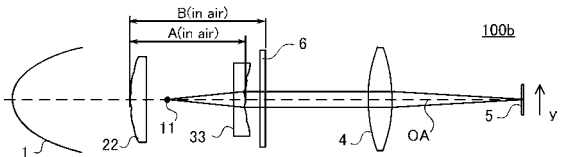
【図 1 5】



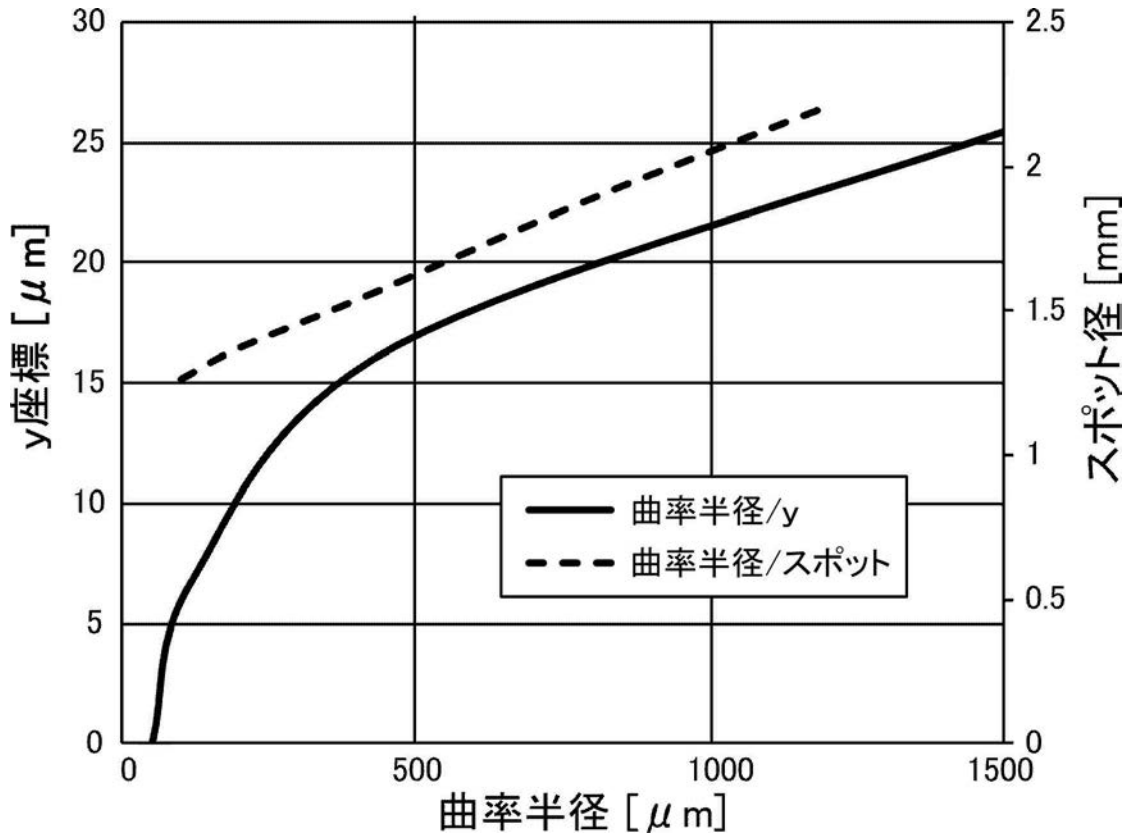
【図 1 6】



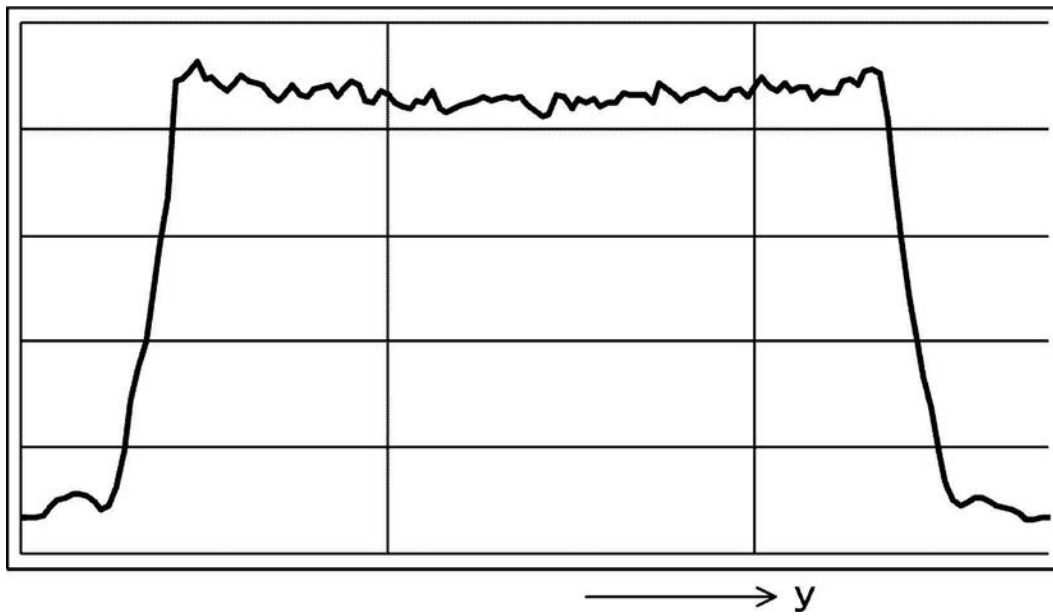
【図 1 7】



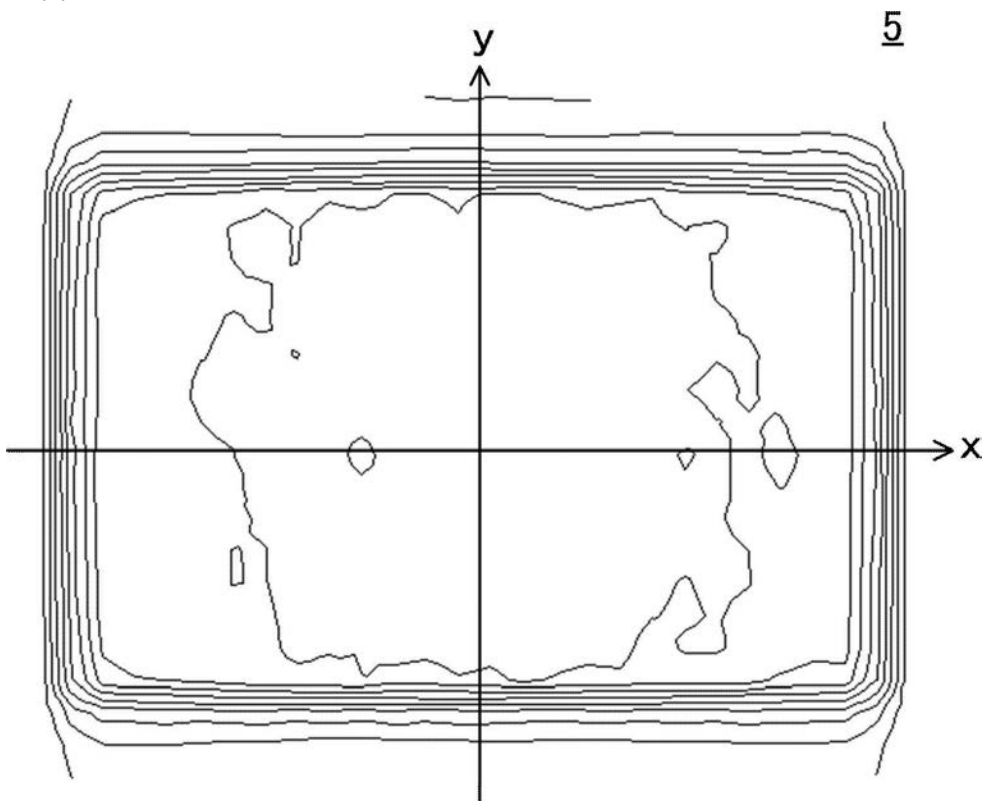
【図 3】



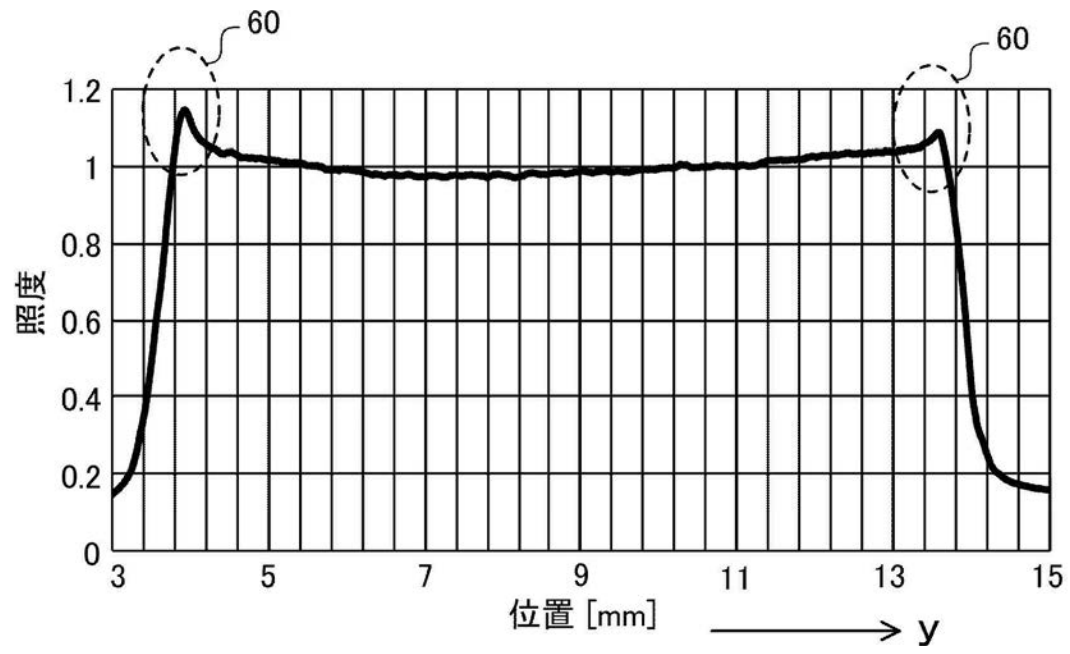
【 図 4 】



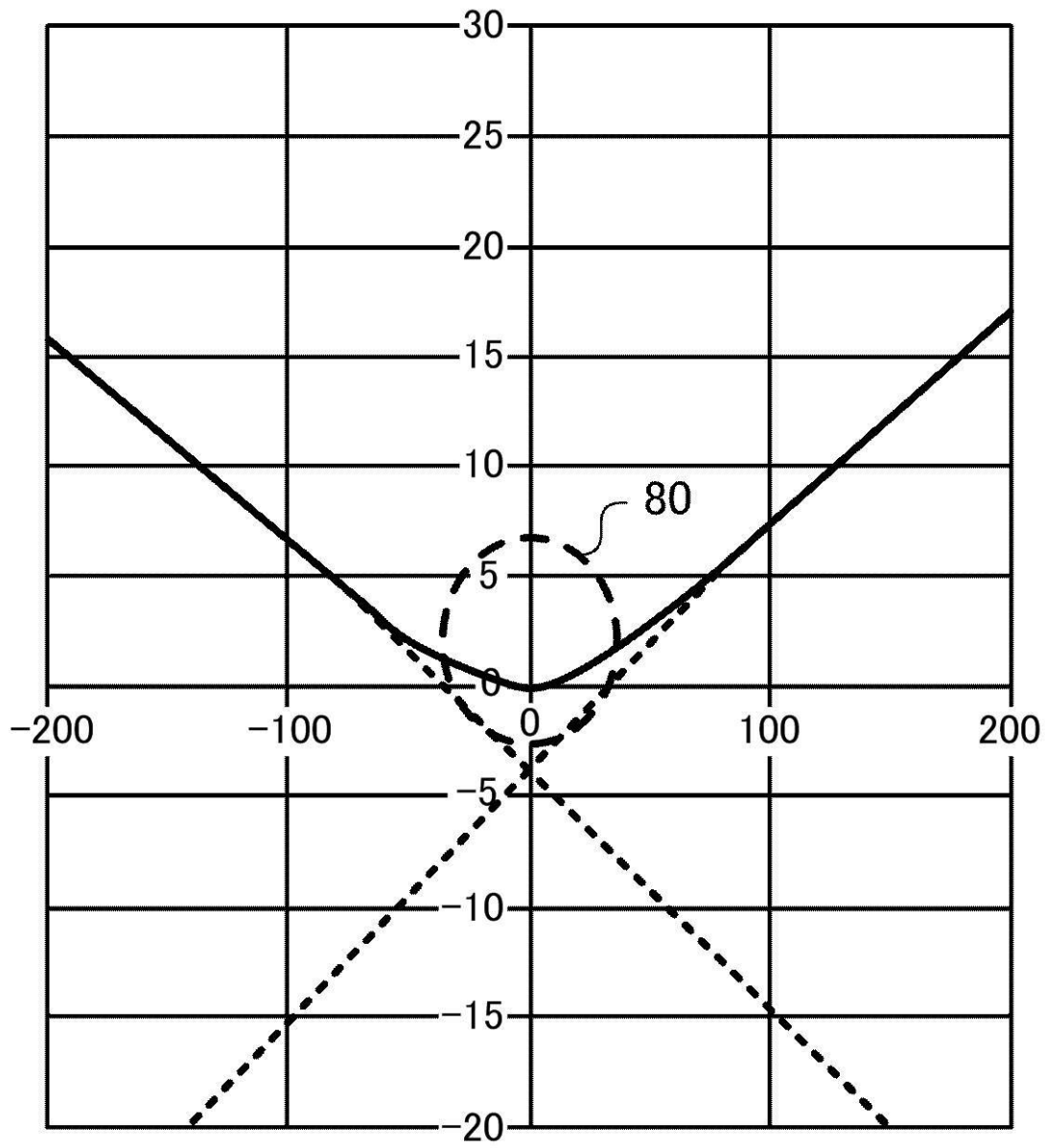
【 図 5 】



【 図 6 】

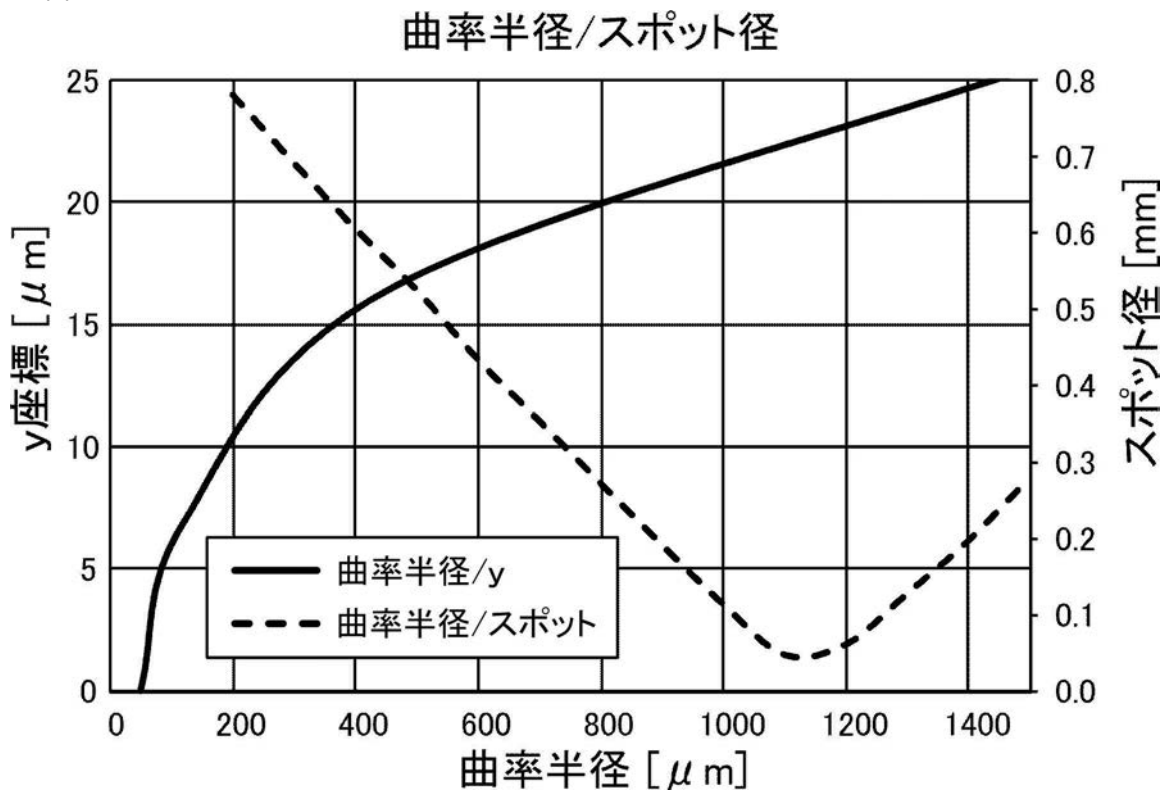


【図 8】

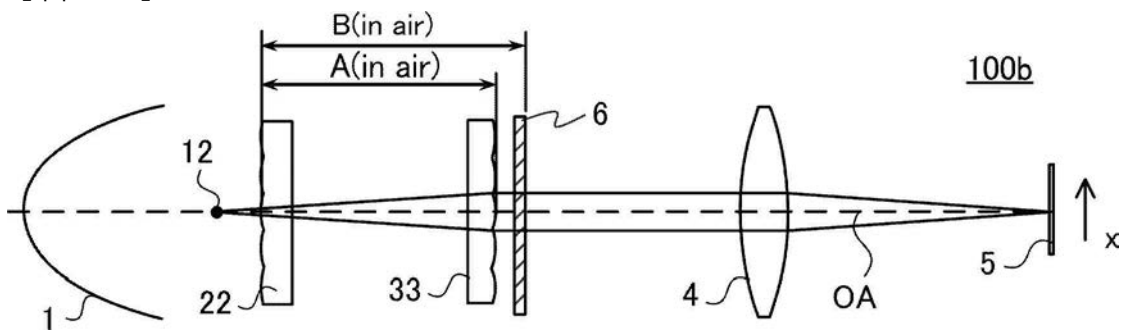


※単位 [μm]

【図 1 2】



【図 1 8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
G 0 3 B 21/00	(2006.01)	G 0 3 B 21/00	E	

F ターム(参考) 2H052 BA02 BA09 BA14
2K103 AA05 AB05 BC26 BC42 CA17 CA26
3K243 AA01 AC06 BB01 BC02 BC09 BE08