

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5517597号
(P5517597)

(45) 発行日 平成26年6月11日 (2014. 6. 11)

(24) 登録日 平成26年4月11日 (2014. 4. 11)

(51) Int. Cl.	F I
G O 3 B 21/14 (2006. 01)	G O 3 B 21/14 A
G O 3 B 21/00 (2006. 01)	G O 3 B 21/00 D
G O 2 B 27/28 (2006. 01)	G O 2 B 27/28 Z
G O 2 F 1/13 (2006. 01)	G O 2 F 1/13 5 O 5

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2009-288813 (P2009-288813)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成21年12月21日 (2009. 12. 21)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2011-128490 (P2011-128490A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成23年6月30日 (2011. 6. 30)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成24年12月20日 (2012. 12. 20)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(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	児玉 浩幸
			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	田辺 正樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学系および投射型表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ランプの陽極と陰極とが凹面鏡の光軸に沿って並ぶ第1ランプユニット、及び第2ランプユニットと、

該2つのランプユニットの一方のユニットからの光と、他方のユニットからの光を合成する光合成部と、

該光合成部からの光を集光するコンデンサーレンズとを備え、

該コンデンサーレンズにより集光された光によって画像変調素子を照明する照明光学系において、

前記光合成部と前記2つのランプユニットとの間に配置され、前記2つのランプユニットからの出射光の一部を前記ランプユニットに戻す光束と、前記光合成部に導く光束とに分割する光再帰部を有し、

前記第1および第2ランプユニットの光軸を含む断面において、前記第1ランプユニットの開口面における前記第1ランプユニットの光軸に交わる線上の光量分布の2つのピークを第1ピークと第2ピーク、前記第2ランプユニットの開口面における前記第2ランプユニットの光軸に交わる線上の光量分布の2つのピークを第3ピークと第4ピークとすると、

前記光合成部は一端から他端に向かって順に、

前記第1ピークに対応する光を透過して前記コンデンサーレンズに導く第1透過部と、

前記第1ランプユニットの光軸上に配置され、前記第4ピークに対応する光を反射して

10

20

前記コンデンサーレンズに導く第 1 反射部と、

前記第 2 ランプユニットの光軸上に配置され、前記第 2 ピークに対応する光を透過して前記コンデンサーレンズに導く第 2 透過部と、

前記第 3 ピークに対応する光を反射して前記コンデンサーレンズに導く第 2 反射部とを有し、

前記光再帰部は、前記第 1 ランプユニットから射出し、前記第 1 反射部に入射する光束を前記第 1 ランプユニットに戻すと共に、前記第 2 ランプユニットから射出し、前記第 2 透過部に入射する光束を前記第 2 ランプユニットに戻すことを特徴とする照明光学系。

【請求項 2】

前記光再帰部は反射領域を有し、

前記反射領域には反射膜が蒸着されてい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 3】

前記光再帰部の反射領域は、前記第 1 ランプユニットから射出された光のうち、前記第 1 および第 2 反射部に入射する光束を反射することを特徴とする請求項 2 に記載の照明光学系。

【請求項 4】

前記凹面鏡は放物面鏡であり、前記光再帰部は板状のガラスであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか 1 項に記載の照明光学系。

【請求項 5】

前記凹面鏡は楕円鏡であり、前記光再帰部は凹レンズであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか 1 項に記載の照明光学系。

【請求項 6】

前記凹レンズの片側は平面であり、該平面の側に前記光再帰部の反射領域が形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の照明光学系。

【請求項 7】

前記コンデンサーレンズと前記画像変調素子との間に偏光ビームスプリッターを有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 いずれか 1 項に記載の照明光学系。

【請求項 8】

前記光合成部を出射した光が入射するレンズアレイ又はロッド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。

【請求項 9】

前記 2 つのランプユニットの光軸は、互いに直交することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

【請求項 10】

前記光合成部によって折り曲げられた前記一方のランプユニットの光軸と前記他方のランプユニットの光軸は互いに離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】

画像変調素子と、

前記画像変調素子を照明する請求項 1 乃至 10 いずれか 1 項に記載の照明光学系と、

前記照明光学系からの光を投射する投射光学系とを有することを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 12】

前記画像変調素子は液晶表示素子またはマイクロミラーデバイスであることを特徴とする請求項 11 に記載の投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は照明光学系に関し、特に複数のランプユニットを用いて被照明面を照明する照

10

20

30

40

50

明光学系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

昨今の投射型表示装置に用いられる照明光学系には、より明るく照明するために複数のランプユニットを用いて被照明面を照明するものがある。また、複数のランプユニットを用いて投射面を照明する場合、光束径を小さくするために複数のランプユニットからの射出光を合成する技術がある。一般的なランプユニットからの射出光の光量分布は均一ではないので、複数のランプユニットからの射出光の合成を行う場合は、照度むらを抑えた状態で合成することが重要である。

【0003】

10

特許文献1には、2つのランプユニットから射出される合成光の強度分布を均一にするための技術が開示されている。具体的には、大きいランプユニットの射出光の強度分布が低い中央部に、小さいランプユニットの射出光が補完されるように、各ランプとミラーを配置している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特表2004-524581

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

しかしながら、特許文献1に開示されている技術では、小さいほうのランプユニットはリフレクタの光軸に近い領域のみを使用しているので、出射光の平行度が良くない。これは、光軸に近い領域のリフレクタにより反射される光の平行度は、リフレクタ周辺で反射される光に比べて低いためである。平行度が良くないと、ケラレる光が多くなってしまい、照明に利用できる光量が低下してしまうという課題があった。

【0006】

そこで本発明は上記課題を解決するために、複数のランプユニットから射出される光の利用率を向上し、ランプ光量を有効に利用可能な照明光学系および投射型表示装置を提供することを課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願発明の照明光学系は、ランプの陽極と陰極とが凹面鏡の光軸に沿って並ぶ第1ランプユニット、及び第2ランプユニットと、

該2つのランプユニットの一方のユニットからの光と、他方のユニットからの光を合成する光合成部と、

該光合成部からの光を集光するコンデンサーレンズとを備え、

該コンデンサーレンズにより集光された光によって画像変調素子を照明する照明光学系において、

前記光合成部と前記2つのランプユニットとの間に配置され、前記2つのランプユニットからの出射光の一部を前記ランプユニットに戻す光束と、前記光合成部に導く光束とに分割する光再帰部を有し、

40

前記第1および第2ランプユニットの光軸を含む断面において、前記第1ランプユニットの開口面における前記第1ランプユニットの光軸に交わる線上の光量分布の2つのピークを第1ピークと第2ピーク、前記第2ランプユニットの開口面における前記第2ランプユニットの光軸に交わる線上の光量分布の2つのピークを第3ピークと第4ピークとすると、

前記光合成部は一端から他端に向かって順に、

前記第1ピークに対応する光を透過して前記コンデンサーレンズに導く第1透過部と、

前記第1ランプユニットの光軸上に配置され、前記第4ピークに対応する光を反射して

50

前記コンデンサーレンズに導く第 1 反射部と、

前記第 2 ランプユニットの光軸上に配置され、前記第 2 ピークに対応する光を透過して前記コンデンサーレンズに導く第 2 透過部と、

前記第 3 ピークに対応する光を反射して前記コンデンサーレンズに導く第 2 反射部とを有し、

前記光再帰部は、前記第 1 ランプユニットから射出し、前記第 1 反射部に入射する光束を前記第 1 ランプユニットに戻すと共に、前記第 2 ランプユニットから射出し、前記第 2 透過部に入射する光束を前記第 2 ランプユニットに戻すことを特徴としている。

また、本願発明の投射型表示装置は、画像変調素子と、この画像変調素子を照明する前述の照明光学系と、この照明光学系からの光を投射する投射光学系とを備えることを特徴としている。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明は複数のランプユニットを用いた照明系に適した光再帰部を用いることにより、複数のランプユニットから射出される光を有効利用し、より明るい照明が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】第 1 実施形態の概略構成図

【図 2】ランプユニットの射出光の説明図

【図 3】ランプユニットの射出光の強度分布図

20

【図 4】合成ミラーの正面図

【図 5】合成ミラーによる合成の説明図

【図 6】合成ミラーによる合成光の強度分布図

【図 7】部分反射ガラスの正面図

【図 8】部分反射ガラスを用いたランプユニットの光路説明図

【図 9】有限の大きさを有する光源からの出射光

【図 10】部分反射ガラスを用いた場合の照度分布

【図 11】第 2 実施形態の概略構成図

【図 12】第 2 実施形態のランプユニットの光路説明図

【発明を実施するための形態】

30

【0010】

(実施形態 1)

図 1 は本発明の投射型表示装置の実施形態 1 の概略構成図である。1 は第 1 ランプユニットであり、第 1 ランプユニットは発光部 3A、陰極と陽極の間にある発光部 3A を内部に有する発光管 3、発光部 3A から発せられた光を反射して特定方向へ導く放物面鏡（凹面鏡）4 を有する。5 は一部の領域に反射膜を有する部分反射ガラス（光再帰部）である。部分反射ガラスは第 1 ランプユニットと一体に設けられている。発光部 3A および発光管 3 は可視光の波長領域の光を発する光源である。発光管内部の陽極と陰極は放物面鏡の光軸に沿って並んでおり、発光部は放物面鏡の焦点近傍に配置されている。また、本明細書中では、発光部と発光管を合わせてランプと称する。ここで、放物面鏡の焦点距離を f ($f > 0$) とする。もう一方のランプユニット（第 2 のランプユニット）に関しても第 1 ランプユニットと同様であり、ランプ、放物面鏡および部分反射ガラスを有している。6 は第 1 ランプユニットと第 2 ランプユニット 2 からの出射光を合成する合成ミラーである。尚、本実施形態のランプのアーチ長は 1.0 mm である。

40

【0011】

OAL1 は第 1 ランプユニットの光軸、OAL2 は第 2 ランプユニットの光軸を表す線である。D は第 1 ランプユニットの光軸 OAL1 と第 2 ランプユニットの光軸を表す線 OAL2 との距離である。言い換えれば、D は、一方のランプユニット（ここでは、第 2 ランプユニット）の合成ミラー 6 による反射光側から見たときの、各ランプユニットの光軸間の距離である。あるいは、他方のランプユニット（ここでは第 1 ランプユニット）の出

50

射光の透過側から見たときの各ランプユニットの光軸間の距離である。第1ランプユニット1は光軸OAL1が合成ミラー6に対して略45度をなすように配置され、第2ランプユニット2も、第2ランプユニットの光軸OAL2が合成ミラー6に対して略45度をなすように配置される。この際、第1ランプユニット1の光軸OAL1と第2ランプユニットの光軸OAL2の距離Dが、 $0 < D < 4f$ を満足するように合成ミラー6または各ランプユニットを配置する。

【0012】

7は第1フライアイレンズ、8は第2フライアイレンズ、9は非偏光光を直線偏光光に変換する偏光変換素子、10はコンデンサーレンズである。第1フライアイレンズ7および第2フライアイレンズ8はレンズが2次元に配列されたレンズアレイである。部分反射ガラス5、合成ミラー6、第1フライアイレンズ7、第2フライアイレンズ8、偏光変換素子9、コンデンサーレンズ10を合わせて照明光学系とする。OAは照明光学系の光軸である。11は偏光ビームスプリッター、12は液晶表示素子(画像変調素子)、13は投射レンズ(投射光学系)である。P偏光、S偏光は偏光ビームスプリッターの入射面を基準に規定している。

【0013】

ここで、合成ミラー6を出射した後の合成光について説明する。合成ミラー6を出射した合成光は、第1フライアイレンズ7によって分割および集光され、各々の分割光束は第2フライアイレンズ8近傍に集光される。第2フライアイレンズ8の近傍に集光された分割光束は偏光変換素子9へと入射し、それぞれ直線偏光に変換される。偏光変換素子9により直線偏光に変換された分割光束はコンデンサーレンズ10によって集光され、偏光ビームスプリッター11を透過して液晶表示素子12を照明する。全白表示の場合、液晶表示素子12に入射したP偏光はS偏光に変調され、変調されたS偏光は偏光ビームスプリッター11の偏光分離面で反射される。反射された光は投射レンズ13へ至り、スクリーンなどの投射面に画像が拡大投影される。全黒表示の場合、液晶表示素子12に入射したP偏光光は変調されずに反射され、反射された光は偏光ビームスプリッター11の偏光分離膜を透過して光源側に戻される。上述した照明光学系はケーラー照明を行っており、発光部3Aと第2フライアイレンズ8は互いに共役な場所に配置されており、第1フライアイレンズ7と液晶表示素子12も互いに共役な場所に配置されている。

【0014】

図2は、第1ランプユニット1の拡大図である。3、3A、4に関しては既に説明したので説明は割愛する。3Bは発光管3を保持するための放物面鏡18の根元側に空けられた穴である。今後、この3Bを根元開口部と称する。この根元開口部3Bがあるため、ランプユニットの出射側の開口面における照度分布は同心円状となる。このランプユニットの開口面における照度分布および光量分布について図3を用いて説明する。

【0015】

図3(A)はランプユニットの開口面における照度分布をグレースケールで示した画像である。図3(A)より、ランプユニットから出射される光の照度分布は円環状の分布になっていることが分かる。最も照度分布が高い部分は、中心から $2f$ の距離にある。

【0016】

図3(B)は、図3(A)のA断面における光量分布である。このA断面とは図1でいえば、第1ランプユニット1の光軸OAL1および第2ランプユニットの光軸OAL2を通る平面である。言い換えれば、A断面はランプユニットの開口面において、ランプユニットの光軸に交わる線上の光量分布である。図3(B)のグラフの横軸は位置、縦軸は明るさを示す。この縦軸の明るさは最も明るい部分を1としたときの明るさの比率を表している。この光量分布のグラフより、A断面の光量はランプユニットの光軸付近が非常に低く、ランプユニットの光軸から半径 $2f$ 離れた位置付近の光量が最も多いことが分かる。今後、この光量分布が高い部分を今後、ピークと呼ぶことにする。前述したとおり、ランプユニットの光軸付近の光量が低い要因は、発光管を配置するための放物面鏡の根元開口部3B(図2)、あるいは、発光管3(図2)そのものが出射光の遮光部になるためであ

10

20

30

40

50

る。

【0017】

次に、各ランプユニットから射出された光を合成する合成ミラー6の形状について図4を用いて説明する。図4は合成ミラー6の正面図である。図4の合成ミラー6は、図1の矢印で示したZ方向から見たときの図である。本実施形態における合成ミラー6は、1枚のガラス板からなり反射部と透過部を有している。図の斜線部が反射部、斜線部以外の部分が透過部である。一点鎖線で示したB断面は、第1ランプユニット1の光軸OAL1（図1）および第2ランプユニットの光軸OAL2（図1）を通る平面が合成ミラー6を横切る断面である。合成ミラー6はB断面に沿って一端から他端へ向かって順に、この図の場合は紙面右側から左側へ向かって、第1透過部T1と、第1反射部R1と、第2透過部T2と、第2反射部R2を有している。第1反射部R1は第1ランプユニット1の光軸OAL1上（図1）にあり、第2透過部T2は第2ランプユニット2の光軸OAL2上（図1）にある。尚、合成ミラー6の第1透過部T1、第1反射部R1、第2透過部T2、第2反射部R2の形状は図3で示した形状に限られない。第1反射部R1または第2透過部T2を出射光の照度分布の円環状形状に合わせて半円状にしてもよい。あるいは、第1反射部R1および第2透過部T2はその一辺を共有している必要性はなく、離れて存在していてもよい。

10

【0018】

では、上述した合成ミラー6を用いることによってどのような作用があるのかということについて、図5を用いて説明する。既出の構成については同じ符号を付しているので説明は割愛する。ここでの説明をし易くするために、図5の合成ミラー6は図4のB断面に沿った断面を図示しており、合成ミラー6の黒い色の部分は反射部、点線で表した部分は透過部である。既に述べたが、合成ミラー6（光合成部）はその一端から他端に向かって順に、第1透過部T1、第1反射部R1、第2透過部T2、第2反射部R2を有している。実線の矢印、41、42は第1ランプユニット1の2つのピークに対応する光であり、破線の矢印、43、44は第2ランプユニットの2つのピークに対応する光である。

20

【0019】

合成ミラー6の反射部に着目すると、第1反射部R1は、第1ランプユニット1の光軸上にあり且つ第2ランプユニットの光軸外にある。第2反射部R2は第1ランプユニット2の光軸外にある。この第1反射部R1と第2反射部R2により第2ランプユニットの光軸外から出射される光を反射して、第1ランプユニット1から出射された光と合成する。

30

【0020】

上述した内容を、図3（A）、（B）で説明した各ランプユニットの出射光の光量分布に基づいて説明する。第1ランプユニット1の出射光の光量分布のピークを紙面上から下へ向かって順に第1ピーク41、第2ピーク42とする。第2ランプユニットの紙面左から右へ向かって順に第3ピーク43、第4ピーク44とする。まず、合成ミラー6の第1透過部T1は第1ランプユニット1の第1ピーク41に対応する光を透過する。第2のランプユニット2の光軸上にある第2透過部R2は第1ランプユニット1の第2ピーク42に対応する光を透過する。第2ランプユニットの第3ピーク43に対応する光は第2反射部R2によって反射される。第2ランプユニットの第4ピーク44に対応する光は、第1ランプユニット1の光軸上にある第1反射部R1によって反射される。つまり図1の観測面Aで見たとき、各ランプユニットの合成光は紙面上から順に第1ピーク41、第4ピーク44、第2ピーク42、第3ピーク43と並ぶように合成される。ここでいう観測面Aとは、合成ミラー6の出射面直後に位置し、第1ランプユニット1の光軸と第2ランプユニットの光軸を含む平面に垂直な面であって、且つ液晶表示素子に平行な面のことを言う。尚、合成ミラー6の第1透過部T1および第2透過部T2は、光が透過する作用があれば透明なガラス板であってもよいし、開口であってもよい。

40

【0021】

上述した作用について図6を用いてもう少し詳しく説明する。観測面A（図5）における合成光の照度分布を表す画像を図6（A）、その断面イの光量分布は図6（B）のよう

50

になる。これより、合成ミラー 6 はランプユニットから出射される光の光量分布を考慮した反射部を有することで、明るい部分を照明光学系の光軸 O A の近傍に寄せて合成していることが分かる。断面イは、図 1 において第 1 及び第 2 ランプユニットの光軸を含む平面である。

【 0 0 2 2 】

参考として、第 1 のランプユニット 1 のみで照明した場合の合成ミラー通過後の観測面 A における照度分布を表す画像を図 6 (C) に示す。図 6 (C) の断面イの光量分布を図 6 (D) に示した。同様に、第 2 のランプユニット 2 のみで照明した場合の合成ミラー通過後の照度分布を表す画像を図 6 (E) に示す。図 6 (E) の断面イの光量分布を図 6 (F) に示した。図 6 (A) から (F) より、各反射部が光量の多い部分がうまく反射させ、各ランプユニットからの光を合成していることが分かる。

10

【 0 0 2 3 】

図 4 で示した形状の合成ミラー 6 と、その合成ミラーに対して各ランプユニットを適切に配置することで、各ランプユニットの光軸外の出射光の明るい部分が照明光学系の光軸近傍に寄るように合成することが可能となる。明るい部分が照明光学系の光軸近傍に寄れば、合成光をコンデンサーレンズ 1 0 (図 1) で集光して液晶表示素子 1 2 (図 1) を照明する場合に、液晶表示素子 1 2 に対して斜めから入射する光の割合を低減させることができる。斜めから入射する光の割合を低減することで、画像変調素子としての液晶表示素子がより多くの光を適切な偏光状態に変調することができるので、画像のコントラストを高くすることができる。

20

【 0 0 2 4 】

冒頭に述べたように凹面鏡が焦点距離 f の放物面鏡のとき、2 つのランプユニットの互いの光軸間の距離 D は、 $0 < D < 4 f$ とすることが望ましい。これは $0 < D < 4 f$ のとき、各ランプユニットの出射光のピークに対応する光を重ね合わせることができるからである。より好ましくは $f < D < 3 f$ の範囲とすることである。こうすることで、一方のランプユニットの光軸近傍の光量の低い部分に、他方のランプユニットの光量が多い部分が来るように合成することが可能なので、液晶表示素子やその他の被照明面を均一に照明することが可能となる。尚、本実施形態では各ランプユニットの光軸 O A L 1 および O A L 2 を含む平面と偏光ビームスプリッターの偏光分離面の法線が平行であるが、各ランプユニットの光軸を含む平面と偏光ビームスプリッターの偏光分離面の法線が非平行であってもよい。

30

【 0 0 2 5 】

以上、合成ミラー 6 を用いて各ランプユニットから出射される光を合成する方法について説明した。しかし、図 5 で示した合成ミラー 6 を用いた場合、第 1 ランプユニット 1 から射出された光のうち、第 2 反射部 R 2 の部分に入射する光は合成ミラー 6 の第 2 反射部 R 2 で紙面上方向に反射され、合成光として利用されない。また、第 2 ランプユニットから射出された光のうち、第 1 透過部 T 1 に入射した光は、合成ミラー 6 を透過し、紙面上方向に抜けてしまうので合成光に利用されない。そこで、この合成光に利用されない光を光源側に戻す作用をもつ反射領域を有する部分反射ガラス 5 (光再帰部) をランプユニット 1 と合成ミラー 6 の間に配置する。

40

【 0 0 2 6 】

図 7 は部分反射ガラス 5 を合成ミラー 6 側から見た時の正面図である。図の斜線部 2 4 A、2 4 B は反射領域、斜線以外の領域 2 5 は透過領域である。本実施形態の部分反射ガラスは板状のガラスを用いており、反射領域には反射膜が蒸着されている。この反射領域である 2 4 A、2 4 B は、合成ミラー 6 により合成光として利用されない光束が入射する部分に形成されている。合成光に利用されない部分とは、ランプユニット 1 に着目すれば、観測面 A (図 5) から見た時に、第 1 ランプユニットから射出される光束が通る領域のうち、第 2 反射部 R 2 と重なる部分 (図 7 の 2 4 A) と、光軸を含む光軸周辺の円形領域 (図 7 の 2 4 B) である。ランプユニット 2 に着目すれば、観測面 B (図 5) から見たときに、第 2 ランプユニットから射出される光束が通る領域のうち、第 1 透過部 T 1 が重なる

50

る部分と、光軸を含む光軸周辺の円形領域である。光軸周辺の領域（２４Ｂ）に反射領域を有することにより、わずかではあるが光源から出射された光を光源側に再帰させることができ、光量が増加する。この部分反射ガラス５は、部分反射ガラス５の中心とランプユニットの光軸が一致するように配置される。尚、部分反射ガラスは円形でなくともよい。

【００２７】

図８は部分反射ガラスの作用の説明図である。光源部３Ａから出射された光は光軸近傍で反射されたのち、ほぼ平行光となり部分反射ガラス５に入射する。部分反射ガラスの入射面側には図７に示した反射領域が設けられているので、その領域に入射した光は入射方向に反射され、放物面鏡を再び反射し、光源側へ戻される。光源側に戻された光は、今度は放物面鏡の周辺部に向かって射出される。そして、放物面鏡の周辺部で反射され略平行光となって射出され、射出された光は透過領域を介し、そのまま合成ミラー６へ入射する。言い換えれば、部分反射ガラス５（光再帰部）は、合成ミラー６（光合成部）と２つのランプユニットとの間に配置され、２つのランプユニットからの出射光の一部を前記ランプに戻す光束と、合成ミラーに導く光束とに分割する。つまり、図７に示した反射領域を有する部分反射ガラス５を放物面鏡４の開口面と合成ミラーの間に配置する。これにより、ランプから射出されたにも関わらず、合成ミラー６により液晶表示素子側に導かれない光（合成光として利用されない光）を光源側に再帰させることが可能なので、光利用効率を向上させることができる。

【００２８】

本発明では光を再帰するため、合成ミラー６の形状を鑑みて、部分反射ガラス５の中央部と対角方向の一部に反射膜を蒸着している（図７）。これにより、合成ミラー６での損失を極力抑えて２つのランプユニットから射出された光を合成できるので、光量損失が抑えられより被照明面を明るく照明することが可能となる。本実施形態では部分反射ガラス５はランプユニットに一体に設けられている。これは、ランプユニットから離れた位置に光再帰部を設けた場合に比べ、ランプユニットにより近い位置に光を再帰させるための反射膜を設けたほうが、光利用効率が上がるからである。好ましい配置位置について具体的に述べると、ランプユニットの開口面からの距離を L （mm）とすると、 $0 < L < 25$ であることが好ましい。これは以下の理由に基づく。

【００２９】

図９に発光部から射出された光線を示す。光源が理想的な点光源であれば、光源から射出された光線は凹面鏡（放物面鏡）で反射され、平行光となって射出される。しかしながら実際は、発光部１６は、発光管内部の２つの向かい合う電極間において発光するため、有限の大きさを有している。放物面鏡１８の光軸２０の方向に、発光部１６は所定の長さを有しているため、発光部の出射側の点から発せられ、放物面鏡１８で反射する光線２３は光軸に近い側に反射する。発光部の出射側から遠い点で発せられた光線は放物面鏡１８で反射された後、光軸から離れる方向に導かれる（光線２１）。このため、ランプの開口面からの距離が遠くなるほど、光は発散してしまい中央部の暗い部分と環状の明るい部分の境が曖昧になり、合成ミラー６を用いた方式において、光量損失が増大する。そこで、前述したようにできるだけ部分反射ガラスをランプユニットから近い位置に配置することにより、出射光を効率よく再帰させることができる。

【００３０】

尚、実施形態１の反射部材は透明ガラスに反射膜を蒸着させ、部分反射ガラス５を形成する形態する場合について説明したが、これに限られず、反射部材に透過部の役割をする穴（開口）を空け、再帰ミラーとしても良い。また、第１、第２ランプユニット両方に部分反射ミラーを設けても良いし、片方だけに設けても照明に利用できる光量は向上する。

【００３１】

本発明の効果を、反射領域を蒸着したガラスと反射領域を蒸着していないガラスについて比較した結果、その光量は蒸着しない場合に比べおよそ１０％向上した。図１０は部分反射ガラス５を用いた時の、合成ミラー６に関する有効光束を部分反射ガラス５まで逆光線追跡したときの画像である。図６（Ｃ）に比べて輝度が上がっていることが確認できる

10

20

30

40

50

。

【 0 0 3 2 】

(実施形態 2)

図 1 1 は本発明の第 2 実施形態の構成図である。ランプユニット以外の構成は実施形態 1 と同一であるので説明を省略する。2 6 は第 1 のランプユニット、2 7 は第 2 のランプユニットである。第 1 のランプユニット 2 6 は、発光管 2 8、楕円形状のリフレクタである楕円鏡 2 9 (凹面鏡)、平面側に反射膜 (再帰ミラー) が蒸着されている凹レンズ 3 0 で構成されている。第 2 のランプユニットについても同様の構成である。反射鏡を楕円形状のリフレクタと凹レンズ 3 0 を組み合わせることで、略平行な光が凹レンズから出射される。

10

【 0 0 3 3 】

図 1 2 は第 1 のランプユニット 2 6 の拡大図である。また、反射領域は凹レンズ 3 0 の出射側から見た正面図は図 7 と同じである。図の斜線部 2 4 と斜線以外の領域 2 5 はそれぞれ、反射領域と透過領域を示している。凹レンズ 3 0 は、片側の平面に、図 7 に示したのと同様の反射膜を蒸着しており、透過領域においては何も蒸着しないことにより光再帰部の役割を果たす。図 1 1 に示すように、凹レンズ 3 0 の平面側の所定領域に蒸着された反射膜によって、ランプから発せられた光軸近傍の光 4 0 は、再び発光部 3 9 に戻り、楕円鏡 2 9 の外側で反射して出射する。これによって、再帰光 (凹レンズの反射領域で反射された後、リフレクタを再度反射した光) は合成ミラー 3 1 の有効な領域に入射するために、光量損失がごく僅かである。言い換えれば、合成ミラー 3 1 の有効な範囲以外に反射領域を設け、合成ミラー 3 1 により液晶表示素子側に導かれない光を、ランプに戻している。これにより、2 つのランプユニットから射出された光束を無駄なく利用して、より明るい照明をすることが可能となった。

20

【 0 0 3 4 】

尚、実施形態 1、実施形態 2 はともに部分反射ガラス 5、凹レンズ 3 0 はランプユニットと一体である形態について説明したが、別体であってもよい。また、インテグレートとしてフライアイレンズを用いたが、ロッドインテグレートを用いた照明光学系にも本発明は適用可能である。その場合、合成ミラーによって合成された光を集光し、ロッドインテグレートへと入射すればよい。また、液晶表示素子としてマイクロミラーデバイスを用いた装置の照明に本発明を適用した場合においても、利用できる光量を向上させることが可能である。

30

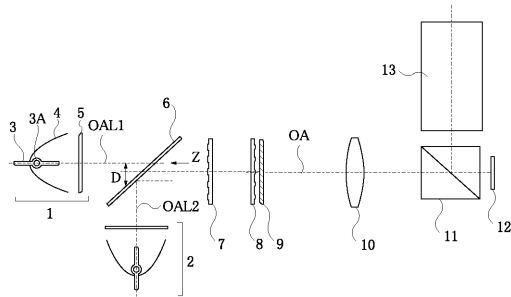
【 符号の説明 】

【 0 0 3 5 】

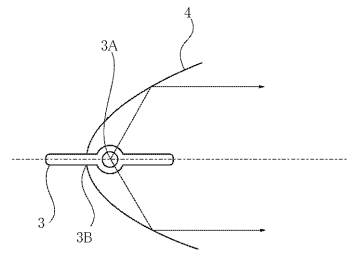
- 1、2 ランプユニット
- 3 A 発光部
- 3 発光管
- 4 放物面鏡
- 5 部分反射ガラス
- 6 合成ミラー
- 7 第 1 フライアイレンズ
- 8 第 2 フライアイレンズ
- 9 偏光変換素子
- 1 0 コンデンサーレンズ
- 1 2 液晶表示素子

40

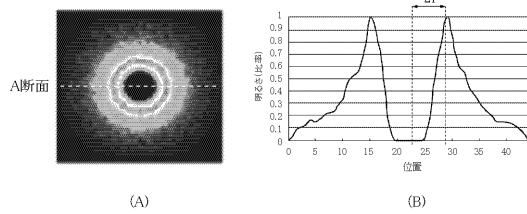
【図 1】



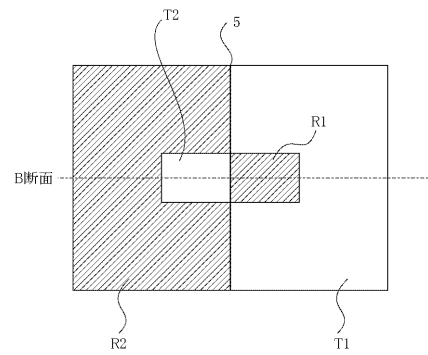
【図 2】



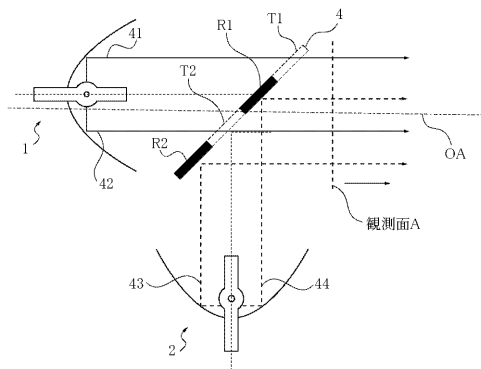
【図 3】



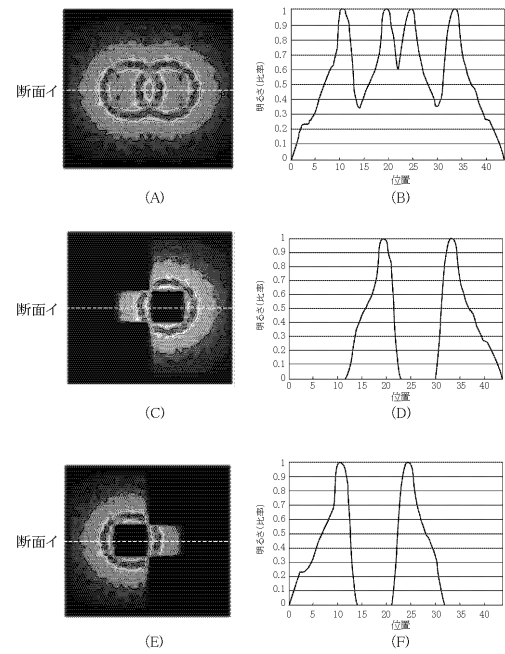
【図 4】



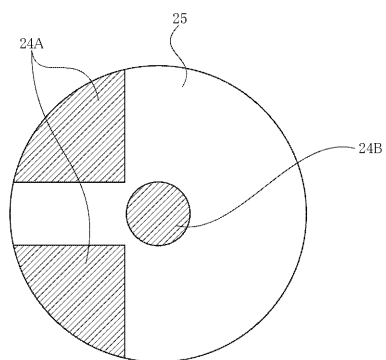
【図 5】



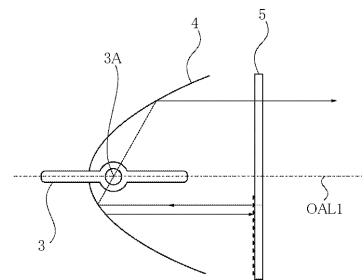
【図 6】



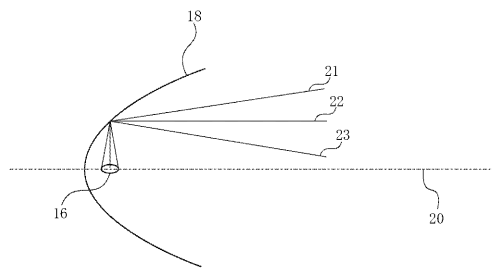
【図 7】



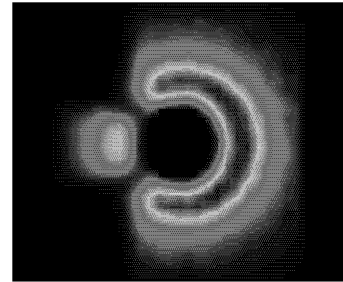
【図 8】



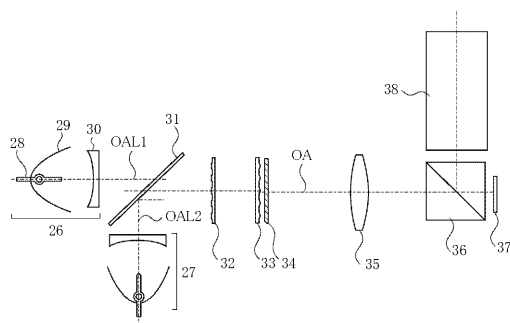
【図 9】



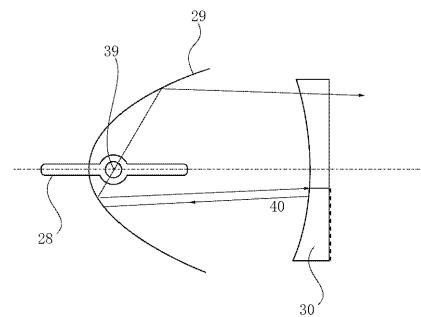
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-006979(JP,A)
特開平11-095163(JP,A)
特開2000-347589(JP,A)
特開2001-125198(JP,A)
特開2000-305169(JP,A)
特開2004-253250(JP,A)
特開2007-219222(JP,A)
特開2001-021996(JP,A)
特開2009-128689(JP,A)
特開2001-027781(JP,A)
特開2008-287209(JP,A)
特開2005-164769(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B27/00-27/64
G02F1/13-1/141
G03B21/00-21/30、33/00-33/16
H04N5/66-5/74