

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3669933号
(P3669933)

(45) 発行日 平成17年7月13日(2005. 7. 13)

(24) 登録日 平成17年4月22日(2005. 4. 22)

(51) Int. Cl.⁷

F I

G O 2 B 27/00

G O 2 B 27/00

V

G O 2 B 13/24

G O 2 B 13/24

G O 2 B 27/18

G O 2 B 27/18

Z

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2001-80850 (P2001-80850)
 (22) 出願日 平成13年3月21日(2001. 3. 21)
 (65) 公開番号 特開2002-14299 (P2002-14299A)
 (43) 公開日 平成14年1月18日(2002. 1. 18)
 審査請求日 平成14年9月13日(2002. 9. 13)
 (31) 優先権主張番号 特願2000-124115 (P2000-124115)
 (32) 優先日 平成12年4月25日(2000. 4. 25)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
 (74) 代理人 100083840
 弁理士 前田 実
 (74) 代理人 100116964
 弁理士 山形 洋一
 (72) 発明者 岡森 伸二
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 宮田 彰久
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明装置および投写型表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源からの出射光を集束する集束手段と、

該集束手段による前記出射光の集束位置の近傍に光入射部が位置し、該光入射部より入射した入射光を伝搬して光出射部より出射する柱状光学手段と、

前記柱状光学手段からの出射光を受ける正の屈折力を有する第1レンズ群、

前記第1レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第2レンズ群、

および、前記第2レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第3レンズ群の前記各レンズ群が前記柱状光学手段の側から前記被照明面の側に向かって順次配列されることによって構成され、下記の(1)乃至(4)の関係を満足し、かつ前記柱状光学手段の前記光出射部および前記被照明面を共役関係とする伝達光学手段とを備えることを特徴とする照明装置。

ここに、

$$0.37 < f_1 / f_0 < 0.62 \quad (1)$$

$$1.03 < f_2 / f_0 < 1.71 \quad (2)$$

$$1.70 < f_3 / f_0 < 2.74 \quad (3)$$

$$v_p / v_n > 1.99 \quad (4)$$

但し、

f₀ : 伝達光学手段の焦点距離f₁ : 第1レンズ群の焦点距離

10

20

f 2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

f 3 : 第 3 レンズ群の焦点距離

v p : 第 2 レンズ群内の正レンズの平均アッベ数

v n : 第 2 レンズ群内の負レンズの平均アッベ数

【請求項 2】

第 2 レンズ群は、柱状光学手段側に凸であって負の屈折力を有するメニスカスレンズ、および両凸レンズを含み、前記それぞれのレンズが前記柱状光学手段の側から被照明面の側に向かって順に配列されていることを特徴とする請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 3】

第 1 乃至第 3 レンズ群の各群を構成する各レンズの内、第 2 レンズ群に含まれる負の屈折力を有するメニスカスレンズの硝材が前記各レンズの他のレンズの硝材と異なっており、かつ前記他のレンズの硝材が同一種であることを特徴とする請求項 2 に記載の照明装置。

【請求項 4】

第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間に光路偏向手段をさらに含む請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の照明装置。

【請求項 5】

柱状光学手段は、中空の形状をなし、内面を反射面とすることを特徴とする請求項 1 に記載の照明装置。

【請求項 6】

光源と、

該光源からの出射光を集束する集束手段と、

該集束手段による前記出射光の集束位置の近傍に光入射部が位置し、該光入射部より入射した入射光を伝搬して光出射部より出射する柱状光学手段と、

前記柱状光学手段からの出射光を受ける正の屈折力を有する第 1 レンズ群、前記第 1 レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第 2 レンズ群、および、前記第 2 レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第 3 レンズ群の前記各レンズ群が前記柱状光学手段の側から前記被照明面の側に向かって順次配列されることによって構成され、下記の (1) 乃至 (4) の関係を満足し、かつ前記柱状光学手段の前記光出射部および前記被照明面を共役関係とする伝達光学手段と、

該伝達光学手段からの出射光が入射され、該出射光の入射方向とは異なる方向に偏向する光路偏向手段と、

前記被照射面の位置に配設され、前記光路偏向手段により偏向された前記伝達光学手段からの出射光を受けて当該出射光を 2 次元的に変調して得られる変調光を生成する光変調手段と、

該光変調手段によって生成された前記変調光を投写する投写手段とを備えることを特徴とする投写型表示装置。

ここに、

$$0.37 < f_1 / f_0 < 0.62 \quad (1)$$

$$1.03 < f_2 / f_0 < 1.71 \quad (2)$$

$$1.70 < f_3 / f_0 < 2.74 \quad (3)$$

$$v_p / v_n > 1.99 \quad (4)$$

但し、

f 0 : 伝達光学手段の焦点距離

f 1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

f 2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

f 3 : 第 3 レンズ群の焦点距離

v p : 第 2 レンズ群内の正レンズの平均アッベ数

v n : 第 2 レンズ群内の負レンズの平均アッベ数

【請求項 7】

第2レンズ群と第3レンズ群との間に光路偏向手段をさらに含む請求項6に記載の投写型表示装置。

【請求項8】

柱状光学手段の光入射部または光出射部のいずれかの近傍にカラーフィルタを配設したことを特徴とする請求項6に記載の投写型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、照明光学系、およびこの照明光学系を用いた投写型表示装置に関する。

【0002】

10

【従来の技術】

(背景)

近年、大画面の画像表示装置としてプロジェクタ装置（投写型表示装置）が注目されている。小型で高精細・高輝度のCRTを用いたCRTプロジェクタ装置、液晶パネルを用いた液晶プロジェクタ装置、DMD(Digital Micromirror Device)を用いたDMDプロジェクタ装置等が製品化されている。

【0003】

また、映画やTVプログラムといったAVソースに対応するだけでなく、コンピュータ画像を投写するデータプロジェクタと呼ばれるカテゴリが急速に市場を拡大しており、投写画面の明るさやコントラスト向上、高解像度化、明るさの均一性向上などの著しい性能改善が行われている。

20

【0004】

特に液晶や、DMD等のライトバルブを用いたプロジェクタ装置は明るさと解像度の向上を独立して行うことができる点でCRTプロジェクタ装置より優れており、プロジェクションテレビ（リア投写型プロジェクタ）への適用も増えている。

【0005】

従来のライトバルブ照明光学系は、光源と投写レンズの射出瞳を共役関係とするレンズ系の光路中にライトバルブを配置してこれを照明する、一種のケーラー照明法にもとづいたものが殆どであった。

【0006】

30

しかしながら、近年は照明均一性を向上させるためにフライアイインテグレート照明法や、ロッドインテグレート照明法が多用され、照明光学系に対してより高いレベルの結像性能と、複雑な構成の光学系が要求されるようになってきている。

【0007】

(従来の技術)

図6は日本特許第2939237号公報に開示された従来の反射型プロジェクタである。図において、110は光を生成して出射するランプハウスであり、ランプ111および反射鏡113より構成される。

【0008】

120はランプハウス110から出射した光を波長によって選択的に透過させるカラーホイールであり、カラーフィルタ121を有し、駆動部123によりカラーフィルタ121が回転する構成となっている。130はランプハウス110側から入射した光を発散／収束または乱反射させて均一光にする光混合手段、140は入射光を収束させて平行光にするリレイレンズユニット、150は画像生成手段160から反射されて再入射した光を反射させる臨界角プリズム、170は入射した光がスクリーンに向かうように拡大透過させる投写レンズユニットである。

40

【0009】

光混合手段130の具体的な例として、図ではスクランブラ135が配置されている。ランプ111から出射した光が収束される点には、光路に対して垂直な入射面135aが配置され、同じく光路に対して垂直な出射面135bと4つの側面とから直方体（立方体で

50

あってもよい)を形成している。すなわち、出射面135bの縦横比は画像生成手段160を構成するFLCD163(FLCD:Ferroelectric Liquid Crystal Display、強誘電体液晶表示素子)の縦横比に対応した長方形となる。スクランブラ135によってランプハウス110からの不均一光は、混合されて均一な光となり出射面135bから出射される。リレイレンズユニット140は、この均一光を発散させる収束レンズ141と、入射する発散光を収束させ平行光にするコリメータレンズ143から構成されており、この平行光によりFLCD163を照明している。

【0010】

この構成においては、FLCD163によって画像生成手段160が構成されているため、このFLCD163の前後に偏光子161とアナライザ165が設けられている。

10

【0011】

この従来例の構成に拠れば、臨界角プリズムを採用して光の進行経路を変換させることによって偏光ビームスプリッタの採用を排除するとともに、長い光学長を必要とすることなく光学系の光軸整列が容易になる反射型プロジェクタを提供することが可能である。また、スクランブラ135のような光混合手段を用いた、いわゆるロッドインテグレート照明法に拠れば、光学系の構成が簡素化され、コストパフォーマンスに優れた照明光学系ならびにプロジェクタ装置を提供可能である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

一般的に、スクランブラ135を用いてランプハウス110からの不均一光を均一化し、照明効率を向上させる場合には、出射面135bと照明されるべきFLCD163がほぼ共役な関係となるように、リレイレンズユニット140を構成すべきである。プロジェクタ装置の照明光学系に求められる結像性能は一般的な写真レンズやプロジェクタの投写光学系の性能と比べて低いレベルにあるため、本従来例においてもリレイレンズユニット140を構成する収束レンズ141、ならびにコリメータレンズ143について、具体的なレンズユニットとしての具体的な開示はない。

20

【0013】

しかしながら、高効率のプロジェクタ装置を得るためには、

▲1▼ライトバルブを効率良く照明するための照明光学系の設計、特に、被照明領域に対する照明マージン(被照射領域に対する照射エネルギーの損失の割合、あるいは照射光の大きさよりもたらされる利用されない光の割合)を最小にすること(すなわち、光の利用効率の向上)。

30

▲2▼被照明領域内における照射光強度の均一性を向上させること。
が重要である。

【0014】

前者▲1▼は主に伝達光学系の色収差に関わる問題である。RGB各単色光の像、すなわち、被照射領域における照明光束の面積の大きさや照射される位置が異なると、RGB各単色光の全てが重なって白色となるところ以外の領域はカラー画像の正常な表示ができないため、実質的に損失となる。

【0015】

特に、一枚のライトバルブによりカラー表示を行う単板式プロジェクタ装置の場合は、RGB各色光の光路を共通とするため、各色光別に収差補正が可能な複数板式プロジェクタ装置に比べて色収差の除去(補正)には注意が必要である。

40

【0016】

一方、後者▲2▼は十分な光束の混ぜ合わせと、これを伝達する光学系の結像性能に拠る。スクランブラ135によって光束分布の均一化がなされるが、これを伝達する光学系の色収差や歪曲収差等の軸外収差が大きいと照明光束の明るさの均一性を損なったり、照明マージンが必要以上に大きくなることによって照明効率が低下するといった不具合をもたらすことになる。

【0017】

50

さらに、色合成、色分解、偏光分離、あるいは光束の偏向など、レンズ要素以外の光学要素（光学素子）が複雑に組み合わされる場合には、これらの光学要素による影響を含めた詳細な収差補正なしには適当な照明光学系を得ることができない。

【0018】

本発明の目的は、光源からの光が持つ強度の不均一性を軽減して照明光束の明るさの均一性を向上するとともに、照明の照明マージンを低減して光の利用効率を高めた照明光学系および該照明光学系を搭載したプロジェクタ装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る照明装置は、光源からの出射光を集束する集束手段と、該集束手段による前記出射光の集束位置の近傍に光入射部が位置し、該光入射部より入射した入射光を伝搬して光出射部より出射する柱状光学手段と、前記柱状光学手段からの出射光を受ける正の屈折力を有する第1レンズ群、前記第1レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第2レンズ群、および、前記第2レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第3レンズ群の前記各レンズ群が前記柱状光学手段の側から前記被照明面の側に向かって順次配列されることによって構成され、下記の（1）乃至（4）の関係を満足し、かつ前記柱状光学手段の前記光出射部および前記被照明面を共役関係とする伝達光学手段とを備えることを特徴とする。

ここに、

$$0.37 < f_1 / f_0 < 0.62$$

（1）

$$1.03 < f_2 / f_0 < 1.71$$

（2）

$$1.70 < f_3 / f_0 < 2.74$$

（3）

$$v_p / v_n > 1.99$$

（4）

但し、

f_0 ：伝達光学手段の焦点距離

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離

f_3 ：第3レンズ群の焦点距離

v_p ：第2レンズ群内の正レンズの平均アッベ数

v_n ：第2レンズ群内の負レンズの平均アッベ数

【0020】

また、第2レンズ群は、柱状光学手段側に凸であって負の屈折力を有するメニスカスレンズ、および両凸レンズを含み、前記それぞれのレンズが前記柱状光学手段の側から被照明面の側に向かって順に配列されていることを特徴とする。

【0021】

また、第1乃至第3レンズ群の各群を構成する各レンズの内、第2レンズ群に含まれる負の屈折力を有するメニスカスレンズの硝材が前記各レンズの他のレンズの硝材と異なり、かつ前記他のレンズの硝材が同一種であることを特徴とする。

【0022】

また、第2レンズ群と第3レンズ群との間に光路偏向手段をさらに含む。

【0023】

また、柱状光学手段は、中空の形状をなし、内面を反射面とすることを特徴とする。

【0024】

本発明に係る投写型表示装置は、光源と、該光源からの出射光を集束する集束手段と、該集束手段による前記出射光の集束位置の近傍に光入射部が位置し、該光入射部より入射した入射光を伝搬して光出射部より出射する柱状光学手段と、前記柱状光学手段からの出射光を受ける正の屈折力を有する第1レンズ群、前記第1レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第2レンズ群、および、前記第2レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第3レンズ群の前記各レンズ群が前記柱状光学手段の側から前記被照明面の側に向かって順次配列されることによって構成され、下記の（1）乃至（4）の関係を

10

20

30

40

50

満足し、かつ前記柱状光学手段の前記光出射部および前記被照明面を共役関係とする伝達光学手段と、該伝達光学手段からの出射光が入射され、該出射光の入射方向とは異なる方向に偏向する光路偏向手段と、前記被照射面の位置に配設され、前記光路偏向手段により偏向された前記伝達光学手段からの出射光を受けて当該出射光を２次元的に変調して得られる変調光を生成する光変調手段と、該光変調手段によって生成された前記変調光を投写する投写手段とを備えることを特徴とする。

ここに、

$$0.37 < f_1 / f_0 < 0.62 \quad (1)$$

$$1.03 < f_2 / f_0 < 1.71 \quad (2)$$

$$1.70 < f_3 / f_0 < 2.74 \quad (3)$$

$$v_p / v_n > 1.99 \quad (4)$$

10

但し、

f_0 ：伝達光学手段の焦点距離

f_1 ：第１レンズ群の焦点距離

f_2 ：第２レンズ群の焦点距離

f_3 ：第３レンズ群の焦点距離

v_p ：第２レンズ群内の正レンズの平均アッベ数

v_n ：第２レンズ群内の負レンズの平均アッベ数

【００２５】

また、第２レンズ群と第３レンズ群との間に光路偏向手段をさらに含む。

20

【００２６】

また、柱状光学手段の光入射部または光出射部のいずれかの近傍にカラーフィルタを配設したことを特徴とする。

【００２７】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を示す図面を参照して具体的に説明する。

【００２８】

（投写型表示装置）

これまで述べてきたように、プロジェクタ装置は、例えば外部より入力される映像信号の情報に対応するようにライトバルブを駆動するための電気信号を発生する信号生成部と、後に詳述するような柱状光学素子を用いた照明光学系と、この照明光学系と整合性の高い投写光学系から投写される光束を受けて、その面上に映像を映し出すためのスクリーン手段とを備えている。

30

【００２９】

実施の形態１．

（照明光学系の構成について）

図１は、本発明の実施の一形態に関わる照明光学系の構成を示す概略図である。図において、１は光源、１１はリフレクタ、２はコンデンサレンズ系、３は柱状光学素子、４はリレーレンズ系であり、第１のレンズ４１と第２のレンズ４２で構成される第１レンズ群４６、第３のレンズ４３と第４のレンズ４４で構成される第２レンズ群４７、第５のレンズ４５により構成される第３レンズ群４８の合わせて３群からなるレンズ系で構成されている。また、５は被照明面であり、６４は、この照明光学系の光軸である（後に、照明光軸とも称す）。

40

【００３０】

まず、光源１側から被照明面５へ向かって順に、それぞれの構成要素の動作を説明する。光源１は白色光や単色光などを出射する発光体よりなり、光源１から放出された光はリフレクタ１１によって所定の方法による光束の収斂、あるいは略平行化が行われる。

【００３１】

前者はリフレクタ１１として回転楕円鏡を用い、その第１焦点近傍に光源１を配置する方法が、また後者はリフレクタ１１として回転放物面鏡を用い、その焦点位置近傍に光源１

50

を配置する方法がよく知られている。

【0032】

図1に例示したリフレクタ11は回転放物面鏡であり、これにより略平行化された光束はコンデンサレンズ系2によって収斂されて柱状光学手段としての柱状光学素子3に導かれる。

【0033】

ここにおける集束手段はリフレクタ11およびコンデンサレンズ系2が相当する。この集光手段によって、光源1の出射光は集束され（光源の像を生成する）、この集束位置近傍に柱状光学素子3の入射端面（光入射部）を位置させる。

【0034】

柱状光学素子3はリフレクタ11とコンデンサレンズ系2によって集束された光源1の像が持つ像内の輝度ムラを低減する均一化素子として機能し（入射した入射光を伝搬することによって均一化を行う）、その出射端面の近傍において被照射面5を照射する照明光源となる均一光源面を形成する。

【0035】

このため、柱状光学素子3の出射端面の形状は基本的に被照明面5と相似形状であることが望ましい。伝達光学手段としてのリレーレンズ系4は、照明効率を向上させるために、この柱状光学素子3の出射端面（光出射部）と被照明面5とを共役とする結像関係を満足するように構成される。

【0036】

リレーレンズ系4の結像作用により、柱状光学素子3の出射端面の近傍に形成される像内の輝度ムラの低減した均一性の高い2次的な光源面は被照明面5近傍において再び結像し、これを照明する。

【0037】

このとき照明光束の主光線6は光軸に対して略平行として被照明面5へ入射する。つまり、照明光束はテレセントリックな状態で被照明面5を照明する。このため、2次的な光源面の輝度ムラの低減した光強度分布を保って光を効率よく伝達することができ、均一性が高く高効率な照明を行うことができる。

【0038】

リレーレンズ系4は光源1側より順に、光源1側に凹面を向けた正のメニスカスレンズ41、両凸レンズ42、光源1側に凸面を向けた負のメニスカスレンズ43、両凸レンズ44、被照明面5側に平面を向けた平凸レンズ45から構成され、正のメニスカスレンズ41と両凸レンズ42は第1レンズ群46を、負のメニスカスレンズ43と両凸レンズ44は第2レンズ群47を、平凸レンズ45は第3レンズ群48を形成している。

【0039】

すなわち、第1乃至第3の各レンズ群46、47、48は、柱状光学素子3の側から被照射面5の側に向かって順次配列されている。また、第2レンズ群47は、柱状光学素子3の側に凸であって負の屈折力を有するメニスカスレンズ43、および両凸44を含んでおり、それぞれのレンズについても柱状光学素子3の側から被照射面5の側に向かって順次配列されている。

【0040】

また、後に詳述するように、第1乃至第3の各レンズ群46、47、48を構成する各レンズの内、第2レンズ群47に含まれる負の屈折力を有するメニスカスレンズ43の硝材と、それ以外のレンズの硝材とが異なっている（但し、メニスカスレンズ43以外のレンズの硝材は同一の種類のもが使用される）。

【0041】

ここで、第1レンズ群46と第2レンズ群47は共に正の屈折力を有している。また、この場合、第3レンズ群48も正の屈折力を有するが、このリレーレンズ系4における最終のレンズ群となり、リレーレンズ系4後段の被照明面5（後述するが、プリズムを経由して被照明面5に至る場合もある）への光の伝搬を考慮して、上述の平凸レンズ45ならば

10

20

30

40

50

、その平面を被照射面 5 に向けてある（すなわち、被照射面 5 の直前の面が平面である）。なお、以下では、正の屈折力を有するレンズを単に ” 正レンズ ”、負の屈折力を有するレンズを単に ” 負レンズ ” と称する場合もある。

【0042】

本実施の形態では、屈折力の小さい第 5 のレンズ 45 により被照明面 5 へ入射する照明光束の主光線 6 を略平行光としテレセントリック照明を実現しているが、正の屈折力を有するレンズのみでは軸外収差、特に歪曲収差と色収差が補正できないため、第 2 レンズ群 47 内に負の屈折力を有するレンズ（図 1 に示した例では、第 3 のレンズ 43（負のメニスカスレンズ））を配置することによって第 5 のレンズ 45 の軸外収差を良好に補正している。

10

【0043】

また、メニスカスレンズ 43 の入射面に絞り 7 を設け、この絞り 7 近傍に光源 1 の像を形成するリレーレンズ系 4 とすることにより歪曲収差を良好に補正している。

【0044】

なお、柱状光学素子 3 の出射端面が照明光源（二次的な光源面）となるため、照明の効率を向上させる（すなわち、照明マージンを下げる）ためには、柱状光学素子 3 の端面形状を規定する比較的大きな像高（光軸から離れた位置における像高）での収差、すなわち軸外収差（ここでは、例えば、歪曲収差や軸外における色収差）を優先的に補正する必要がある。

【0045】

この軸外収差の補正の結果、本実施の形態では被照明面 5 とほぼ相似な形状である照明光源の照明マージンを低減させ、光の利用効率を向上させている。

20

【0046】

さらに、軸外の色収差を補正することにより、照明に不適切な、RGB 各色光の照明光束が重ならないために生じる色づいた照射領域を低減することができ、被照射面 5 の前面に互って（投写される画面の中心から角まで）高品質の白色ならびに各 RGB 単色光の照明を可能としている。

【0047】

ここで、リレーレンズ系 4 の全系の焦点距離を f_0 、第 1 レンズ群 46 の焦点距離を f_1 としたとき、本実施の形態における第 1 レンズ群 46 の焦点距離 f_1 は、

$$0.37 < f_1 / f_0 < 0.62 \quad (1)$$

30

の条件を満たすように構成する。

【0048】

この条件式 (1) の上限を超えると、第 2 レンズ群 47 の屈折力が大きくなり、歪曲収差が増大する。また、リレーレンズ系 4 の各レンズ群を構成する各レンズの主点間隔が大きくなるためリレーレンズ系 4 の全長が必要以上に大きくなる。一方、条件式 (1) の下限を下回ると、リレーレンズ系 4 の有効径が増大することとなるため、省スペース性やコストの点で不利となる。

【0049】

また、リレーレンズ系 4 の第 2 レンズ群 47 の焦点距離を f_2 、第 3 レンズ群 48 の焦点距離を f_3 としたとき、前記式 (1) を満たす条件のもとで f_2 ならびに f_3 はそれぞれ

40

$$1.03 < f_2 / f_0 < 1.71 \quad (2)$$

$$1.70 < f_3 / f_0 < 2.74 \quad (3)$$

の条件を満たすように構成する。

【0050】

f_2 / f_0 ならびに f_3 / f_0 は、前記条件式 (1) に相当する f_1 / f_0 とほぼ同様の挙動を示す。条件式 (2) および (3) の範囲の妥当性は、定性的には条件式 (1) の上下限を決めた同様の理由によるものである。

【0051】

50

また、第２レンズ群４７を構成する正レンズおよび負レンズの材質の平均アッペ数をそれぞれ v_p 、 v_n とすると、本実施の形態では

$$v_p / v_n > 1.99 \quad (4)$$

の条件を満たすように構成する。

【００５２】

この条件式（４）を満たす材料で第２レンズ群４７を構成すれば、倍率に起因する色収差を良好に補正することが可能である。よって、柱状光学素子３の出射端面の像を被照明面５上に効率よく伝達することができ、照明領域の周辺部での色づきを抑え、照明の照明マージンを低減することによって光の利用効率を向上させている。

【００５３】

下記、数値例１は実施の形態１における柱状光学素子３の出射端面である光源面から被照明面５までのデータである。本データにおいて、 f_0 は全系の焦点距離、 FNO はＦナンバー、 RED は近軸倍率を示している。

【００５４】

また、表中２行目において、左から順に i は物体側からの順序を示し、 R_i は第 i 面の曲率半径、 D_i は第 i 面から第 $i+1$ 面までの間隔、 nd は d 線に対する屈折率、 v_d はアッペ数を示している。なお、 $R=\infty$ は平面を表すものとする。

【００５５】

【表１】

（数値例１）

$f_0 = 76.03 \quad FNO = 3.20 \quad RED = 2.99$				
i	R_i	D_i	nd	v_d
光源面	∞	12.19959		
1	-32.52016	7.50000	1.5168	64.2
2	-15.95350	3.00000		
3	127.92362	8.00000	1.5168	64.2
4	-39.89938	27.80000		
5	69.55644	2.20000	1.7552	27.5
6	30.90250	3.50000		
7	41.17075	11.30000	1.5168	64.2
8	-41.17050	109.00000		
9	44.63644	7.00000	1.5168	64.2
被照明面	∞	31.98386		

【００５６】

数値例 1 の条件式 (1)、(4) に相当する数式の値はそれぞれ

$$f1/f0 = 0.38$$

$$vp/vn = 2.33$$

であり、いずれも先の条件を満たしている。

また、条件式 (2)、(3) に相当する数式の値はそれぞれ

$$f2/f0 = 1.04$$

$$f3/f0 = 1.72$$

であり、これらの数値もともに先の条件を満たしている。

【0057】

また、数値例 1 ではリレーレンズ系 4 を構成する合計 5 枚のレンズのうち、負のメニスカ
スレンズ 43 (数値例 1 における、 $nd = 1.7552$ のものは HOYA の E-FD4)
を除く 4 枚は全て同一の安価な硝材 (数値例 1 における、 $nd = 1.5168$ のものは H
OYA の BSC7) を用いているだけでなく、全ての光作用面を球面にて構成することで
製造コストを抑えている。

10

【0058】

さて、下記数値例 2 および 3 は数値例 1 とほぼ同様の構成からなるリレーレンズ系 4 の設
計例である。

これら 2 例とも、負のメニスカスレンズ 43 (数値例 2 における、 $nd = 1.7174$ の
ものは HOYA の E-FD1、また、数値例 3 における、 $nd = 1.6727$ のものは H
OYA の E-FD5) を除く 4 枚は全て同一の安価な硝材 (数値例 2 および 3 における、
 $nd = 1.5168$ のものは HOYA の BSC7) を用いており、同様のコスト低減効果
を得ることができる。

20

【0059】

なお、レンズ枚数を減らし、非球面レンズを採用することにより同等の光学性能を維持す
ることも勿論可能であるが、この場合はレンズ枚数低減の効果や、有効径等の条件を考慮
すると第 1 レンズ群 46 への導入が効果的であると考えられる。

【0060】

【表 2】

(数値例 2)

f0= 43.08 FNO = 3.20 RED = 2.98				
i	Ri	Di	nd	ν d
光源面	∞	9.03307		
1	-33.27773	8.00000	1.5168	64.2
2	-15.00000	1.00000		
3	649.26138	8.00000	1.5168	64.2
4	-28.39652	31.86357		
5	70.67607	2.20000	1.7174	29.5
6	29.91104	2.79141		
7	38.42558	10.00000	1.5168	64.2
8	-38.42568	109.00000		
9	38.78784	7.00000	1.5168	64.2
被照明面	∞	31.05877		

【0061】

数値例 2 の条件式 (1)、(4) に相当する数式の値はそれぞれ

$$f1/f0 = 0.582$$

$$\nu p/\nu n = 2.176$$

であり、いずれも先の条件を満たしている。

【0062】

また、条件式 (2)、(3) に相当する数式の値はそれぞれ

$$f2/f0 = 1.655$$

$$f3/f0 = 2.636$$

であり、これらの数値もともに先の条件を満たしている。

【0063】

【表 3】

10

20

30

40

(数値例 3)

f0= 39.97 FNO = 3.20 RED = 2.98				
i	Ri	Di	nd	ν d
光源面	∞	8.29635		
1	-33.27773	8.00000	1.5168	64.2
2	-15.00000	1.00000		
3	649.26138	8.00000	1.5168	64.2
4	-28.39652	30.08129		
5	70.67607	2.20000	1.6727	32.2
6	29.91104	2.59817		
7	38.42558	10.00000	1.5168	64.2
8	-38.42568	109.00000		
9	38.78784	7.00000	1.5168	64.2
被照明面	∞	30.69077		

【0064】

数値実施例 3 の条件式 (1)、(4) に相当する数式の値はそれぞれ

$$f1/f0 = 0.617$$

$$\nu p/\nu n = 1.994$$

であり、いずれも先の条件を満たしている。

【0065】

また、条件式 (2)、(3) に相当する数式の値はそれぞれ

$$f2/f0 = 1.705$$

$$f3/f0 = 2.736$$

であり、これらの数値もともに先の条件を満たしている。

【0066】

これら、具体的な数値例によって例示されるように、先の条件式 (1) 乃至 (3) の各条件を満足するような本実施の形態の照明光学系によれば、柱状光学素子 3 の出射端面に形成される 2 次的な光源面の品質がよい、すなわち被照射面における光の強度分布の均一性が保たれた照明光学系を実現することができる。もちろん、このような照明光学系を用いた投写型表示装置においては、投写画像の明るさが均一なものが得られる。

【0067】

ここで、光源 1 から柱状光学素子 3 までの系について説明する。

図 1 に示す光源 1 は、白色光や単色光などを出射する発光体よりなり、例えばメタルハライドランプ、超高圧水銀ランプ等、実効的な発光体（発光する部分）の寸法が小さく発光

10

20

30

40

50

効率の高いものが好ましい。

【0068】

これは光源1から発散した光をリフレクタ11によって集束する場合に、光源1の寸法が小さい方がリフレクタ11による平行化が行いやすく、後段のコンデンサレンズ2による柱状光学素子3の入射端面における集光がよりよく行われるためであり、集光効率を高めることができるからである。

【0069】

本実施の形態では、リフレクタ11の内面形状を回転2次曲面のひとつである回転放物面とし、この放物面の焦点近傍に位置されるように光源1の配置を行った。

【0070】

リフレクタ11で略平行化された光束は、コンデンサレンズ系2によって収斂されて光源1の像を形成する。この光源1の像の大きさと角度分布（光軸の周りの配光分布）は、コンデンサレンズ系2の設定によって所定の値に近づけることが可能である。

【0071】

本実施の形態では、電極ギャップ長が約1.3mmの放電ランプを光源1とし、焦点距離7.5mmの放物面からなるリフレクタ11を用い、コンデンサレンズ系2により、実効的な直径が4mm程度の光源1の像を形成している。

【0072】

勿論、リフレクタ11を回転楕円鏡とし、コンデンサレンズ系2を用いない集光光学系を構成することも好適である（この場合、リフレクタ11が集束手段となる）。いずれにしても、後段の柱状光学素子3およびリレーレンズ系4によって被照射面5にもたらされる光源1の像における光の均一性や照射マージン等を勘案して構成することが重要である。

【0073】

柱状光学素子3は、リレーレンズ系4の結像倍率と被照明面5の大きさから出射端面の寸法を決めることができる。この場合、リレーレンズ系4の結像性能を活かすために、被照明面5の形状とほぼ相似な形状とすることが望ましい。

【0074】

図2は柱状光学素子3をガラスロッド30で形成した例を示す断面図である。図において31は入射端面、32は入射端面31と同一形状の出射端面、60は入射光線、61は出射光線、62は柱状光学素子3の光軸である（照明光学系に組み込まれるときには図1に示す照明光軸64と一致する）。

【0075】

入射端面31は光源1の像が形成される位置に配置すると最も伝達効率が高くなるが、入射光のエネルギー密度が大きいために耐熱性を高めることが重要である。

【0076】

柱状光学素子3内部に進入した光線63は、ガラスロッド30の側壁面と空気との界面で生じる全反射作用によって効率よく伝達されるとともに、全反射の繰り返しにより入射端面31において生じていた入射光の強度分布の不均一性が解消され、適当な長さに設定すれば非常に均一性の高い光源面を出射端面32に形成することができる（この形成された光源面が2次的な光源面となる）。

【0077】

柱状光学素子3を構成する全ての面（特に全反射を生じる側壁面）の平面度、入射端面31、出射端面32ならびに側面の平行度等は一般的な平面ガラス部材の公差でも光源1の像（2次的な光源面）の形成には問題がない場合が多い。なお、入射端面31と出射端面32の形状や寸法を変えるとといった変形例も勿論可能である。

【0078】

柱状光学素子3の変形例を断面図として図3に示す。図において、33は中空ロッド、34は基材、35は反射材であり、4つの平面から中空の柱状素子を形成したものである（勿論、中空の柱状素子としては、入射側が円形であり、出射側が四辺形の開口を有していてもよく、必ずしも中空の柱状素子を形成するのは4つの平面に限られないが、ここでは

10

20

30

40

50

簡単のため4つの平面で形成されるものとして説明する)。

【0079】

反射部材35が中空の内面に配置されており、入射端面から進入した光は反射部材35による反射を繰り返して進行し、前述のガラスロッドの場合と同様の均一な強度分布を有する光源面を出射開口近傍に形成する。

【0080】

一般に、全反射を利用するロッドタイプのものに比べて、反射部材を用いる場合は当該反射部材における損失があるため効率が劣るが、アルミ材の表面をアルマイト処理した基材に高純度のアルミを真空蒸着し、更にその上に保護層としての SiO_2 膜や TiO_2 膜等を蒸着形成したようなものを用いると良好な反射特性、耐熱性、耐候性を有するものを得ることができる。このような材料としては、例えば、アラノッド社(ドイツ)製のM I R O (ミロ)が好適である。

10

【0081】

このような中空ロッド33によれば、中空ロッド33の入射側の開口位置(すなわち、空間)にコンデンサレンズ系2による集光点(すなわち、エネルギー密度が高い)を形成することが可能であるので、その位置における光の損失を生じず、中空ロッド全体を放熱効果の高い金属を用いて作製可能であるため、当該中空ロッドの冷却を容易にできる。

【0082】

また、外壁面を保持のために用いても内面の反射性能にほとんど影響を与えることがないので、簡便な方法による保持が可能でありコスト面でも有利である。さらに部材(例えば、板状の部材)の折り曲げ加工のみで成形できるので製造も容易である。

20

【0083】

以上、本実施の形態である照明光学系について説明したが、適当な位置、例えばリレーレンズ系4内の第2レンズ群47(第4のレンズ44)と第3レンズ群48(第5のレンズ45)の間に光路偏向手段としての反射ミラー(折り曲げミラー)を追加配置して全系の光路を折り曲げ、照明装置としてコンパクトに構成することは勿論可能である。

【0084】

図4は、光路偏向手段としての反射ミラー49を追加して光路を折り曲げ全系をコンパクトにした構成例である。このように、本実施の形態の目的から逸脱せず、その効果を楽しめる範囲内での変形例は問題がなく、これによって本発明の権利範囲を制限するものではない。

30

【0085】

実施の形態2.

(プロジェクタ装置の光学系)

図5は、本発明に係る実施の形態2である単板式プロジェクタ装置の光学系を示す図である。

図において、50は反射型ライトバルブであり、例えば、Texas Instruments社のDMD(Digital Micromirror Device)等のスクリーン上の画素に対応する微小な可動ミラーがマトリクス状に配列されて構成された光学素子が代表的なものである。

40

【0086】

80はRGBの光学フィルタ領域が回転により順次切り替わる回転カラーフィルタ(カラーホイールと称する場合もある)、81はプリズム、82は投写手段としての投写レンズ、9はスクリーンである。その他の符号は図1に示されたものと同様であるのでその説明を省略する。

【0087】

図中、100は実施の形態1において説明した照明光学系であり、その他の要素がプロジェクタ装置を構成するにあたり新しく付加される要素となる。光源1から反射型ライトバルブ50までの動作は実施の形態1において説明した内容と同様である。

【0088】

50

照明光学系 100 の光路内、反射型ライトバルブ 50 の直前にプリズム 81 が配置されているが、このプリズム 81 は、照明光軸 64 に対して垂直な光入射面と、反射型ライトバルブ 50 の光学面（例えば、反射型ライトバルブ 50 を構成するミラー面に変移が与えられていない状態における主面）に対して平行な光出射面を有すると共に、照明光の偏向（反射型ライトバルブ 50 方向への折り曲げ）をその内部の全反射作用を利用して行うものである。

【0089】

なお、プリズム 81 の詳細については、例えば、米国特許第 5,604,624 号公報や、本出願人による特願平 11-278490 号、特願平 11-297879 号を参照されたい。

10

【0090】

プリズム 81 は照明光学系の照明性能と、投写レンズ 82 の投写性能を両立させるとともに、照明光軸 64 と投写光軸 65 を分離することによって反射型ライトバルブ 50 前後の光学系の物理的な干渉を回避する働きがある（光路分離作用と称す）。

【0091】

また、回転カラーフィルタ 80 は、例えば、映像信号の同期信号に同期して回転カラーフィルタ 80 を回転することによってフィールドシーケンシャルでカラー化を行うための光学装置であり、前述の DMD と組み合わせて投写型表示装置を構成する場合が多い。なお、投写レンズ 82 から出射した光はスクリーン 9 上に拡大投写されて、大画面の映像を提供することができる（すなわち、以下に述べる光変調手段としての反射型ライトバルブ 50 によって生成された変調光を投写する）。

20

【0092】

光変調手段としての反射型ライトバルブ 50 として、DMD は、入射光の反射方向を微小ミラー（マイクロミラー）の傾きを変えることによって選択し、入射光束に画像情報に基づく 2 次元的な変調を与える働きがあり、これにより照明された光は投写される画素に対応する変調光となる。この光の選択作用はプリズム 81 の光路分離作用と整合性が高く、したがって非常に小さなスペースでプロジェクタ装置を構成することを可能にしている。

【0093】

なお、反射型ライトバルブ 50 は、実施の形態 1 における被照射面 5 の位置に配設される（この実施の形態においてはプリズム 81 を介して反射型ライトバルブ 50 への照明がなされる）。

30

【0094】

照明光学系 100 は、実施の形態 1 において説明した通り、非常に効率良く、かつ均一な照明を行うことができるため、本実施の形態におけるプロジェクタ装置に適用することによって非常に光利用効率が高く、コンパクトで安価な光学システムを構成し、かつ明るい投写画像を最終的に得ることが可能となる。これはフロント投写、リア投写といった投写方式に係わらず得ることができる。

【0095】

勿論、この場合の照明光学系 100 の構成は図 1 に例示したものに限られることはなく、実施の形態 1 で図 4 を参照しながら説明したように、反射ミラー等を照明光学系 100 の内部に追加配置することによって照明光学系 100 を折り曲げ、コンパクトに配置することによって小形、軽量のプロジェクタ装置を実現することも可能である。

40

【0096】

なお、回転カラーフィルタ 80 はこれを透過する光束径が小さいほど、装置の増大化を抑えることができるため、照明光学系 100 の中でも光束径が小さい位置に配置することが望ましく、具体的には、図 5 に示すように柱状光学素子 3 の直前、あるいは直後に配置することが望ましい（光入射部または光出射部のいずれかの近傍に配設される）。

【0097】

カラー化については、回転カラーフィルタ 80 を用いなければならないということではなく、照明光学系 100 と整合が高く、高効率のプロジェクタ装置を提供できるカラー化手段

50

であれば、これを光学系の一部に配置することは全く問題がなく可能である。

【0098】

以上、本発明に関して上記2つの実施の形態について説明した。本発明はこれら2つの実施の形態に限定されるものではなく、本発明の目的を逸脱せず、その要旨を変更しない範囲において様々な変形例が可能であることも勿論である。

【0099】

【発明の効果】

本発明は、以上に説明したように構成されているので、以下に示すような効果を奏する。

【0100】

本発明に係る照明装置は、光源からの出射光を集束する集束手段と、該集束手段による前記出射光の集束位置の近傍に光入射部が位置し、該光入射部より入射した入射光を伝搬して光出射部より出射する柱状光学手段と、前記柱状光学手段からの出射光を受ける正の屈折力を有する第1レンズ群、前記第1レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第2レンズ群、および、前記第2レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第3レンズ群の前記各レンズ群が前記柱状光学手段の側から前記被照明面の側に向かって順次配列されることによって構成され、下記の(1)乃至(4)の関係を満足し、かつ前記柱状光学手段の前記光出射部および前記被照明面を共役関係とする伝達光学手段とを備えることを特徴とするので、光の利用効率が高い照明装置を得ることができる。

ここに、

$$0.37 < f_1 / f_0 < 0.62$$

(1)

$$1.03 < f_2 / f_0 < 1.71$$

(2)

$$1.70 < f_3 / f_0 < 2.74$$

(3)

$$v_p / v_n > 1.99$$

(4)

但し、

f_0 : 伝達光学手段の焦点距離

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

v_p : 第2レンズ群内の正レンズの平均アッベ数

v_n : 第2レンズ群内の負レンズの平均アッベ数

【0101】

また、第2レンズ群は、柱状光学手段側に凸であって負の屈折力を有するメニスカスレンズ、および両凸レンズを含み、前記それぞれのレンズが前記柱状光学手段の側から被照明面の側に向かって順に配列されていることを特徴とするので、軸外収差を良好に補正することができ、光の利用効率が高い照明装置を得ることができる。

【0102】

また、第1乃至第3レンズ群の各群を構成する各レンズの内、第2レンズ群に含まれる負の屈折力を有するメニスカスレンズの硝材が前記各レンズの他のレンズの硝材と異なり、かつ前記他のレンズの硝材が同一種であることを特徴とするので、光学性能を低下させずに安価な照明装置を得ることができる。

【0103】

また、第2レンズ群と第3レンズ群との間に光路偏向手段をさらに含むので、コンパクトな照明装置を得ることができる。

【0104】

また、柱状光学手段は、中空の形状をなし、内面を反射面とすることを特徴とするので、柱状光学手段の放熱、ならびに保持を容易に行うことができ安価な照明装置を得ることができる。

【0105】

本発明に係る投写型表示装置は、光源と、該光源からの出射光を集束する集束手段と、該集束手段による前記出射光の集束位置の近傍に光入射部が位置し、該光入射部より入射

10

20

30

40

50

した入射光を伝搬して光出射部より出射する柱状光学手段と、前記柱状光学手段からの出射光を受ける正の屈折力を有する第1レンズ群、前記第1レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第2レンズ群、および、前記第2レンズ群からの出射光を受ける正の屈折力を有する第3レンズ群の前記各レンズ群が前記柱状光学手段の側から前記被照明面の側に向かって順次配列されることによって構成され、下記の(1)乃至(4)の関係を満足し、かつ前記柱状光学手段の前記光出射部および前記被照明面を共役関係とする伝達光学手段と、該伝達光学手段からの出射光が入射され、該出射光の入射方向とは異なる方向に偏向する光路偏向手段と、前記被照射面の位置に配設され、前記光路偏向手段により偏向された前記伝達光学手段からの出射光を受けて当該出射光を2次元的に変調して得られる変調光を生成する光変調手段と、該光変調手段によって生成された前記変調光を投写する投写手段とを備えるので、光の利用効率が高く明るい投写型表示装置を実現することができる。

10

ここに、

$$0.37 < f_1 / f_0 < 0.62 \quad (1)$$

$$1.03 < f_2 / f_0 < 1.71 \quad (2)$$

$$1.70 < f_3 / f_0 < 2.74 \quad (3)$$

$$v_p / v_n > 1.99 \quad (4)$$

但し、

f_0 : 伝達光学手段の焦点距離

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f_3 : 第3レンズ群の焦点距離

v_p : 第2レンズ群内の正レンズの平均アッベ数

v_n : 第2レンズ群内の負レンズの平均アッベ数

20

【0106】

また、第2レンズ群と第3レンズ群との間に光路偏向手段をさらに含むので、コンパクトな投写型表示装置を実現することができる。

【0107】

また、柱状光学手段の光入射部または光出射部のいずれかの近傍にカラーフィルタを配設したことを特徴とするので、カラーフィルタが小型のものをを用いることができコンパクトな投写型表示装置を実現することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1に係る照明装置の構成を示す概略図である。

【図2】 実施の形態1に係る柱状光学素子を説明する概略図である。

【図3】 実施の形態1に係る柱状光学素子の変形例を説明する概略図である。

【図4】 実施の形態1に係る照明装置の構成を示す概略図である。

【図5】 実施の形態2に係る投写型表示装置の構成を示す概略図である。

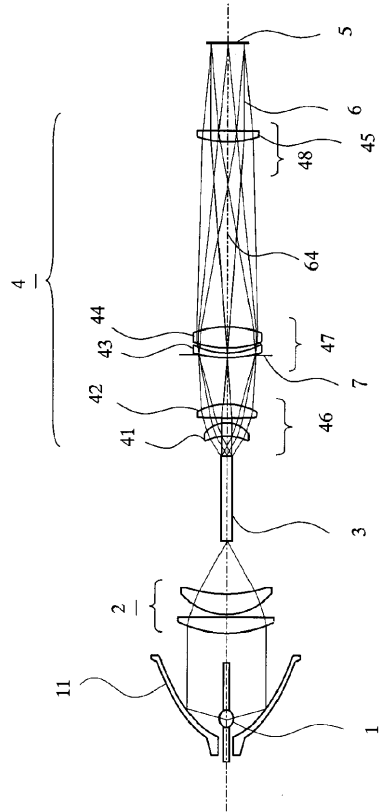
【図6】 従来の照明装置の概略図である。

【符号の説明】

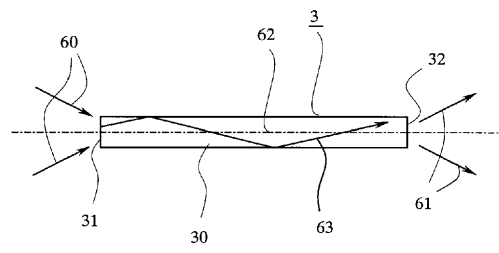
1 光源、11 リフレクタ、2 コンデンサレンズ系、3 柱状光学素子、4 リレーレンズ系、5 被照明面、6 主光線、7 絞り、46 第1レンズ群、47 第2レンズ群、48 第3レンズ群、50 反射型ライトバルブ、100 照明光学系、80 回転カラーフィルタ、81 プリズム、82 投射レンズ、64 光軸（照明光軸）。

40

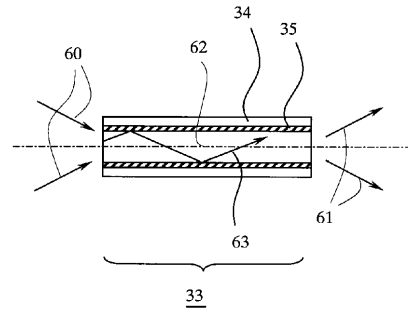
【図 1】



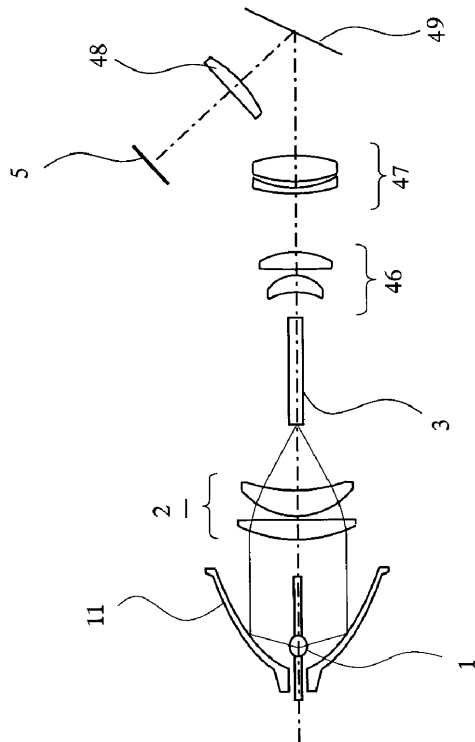
【図 2】



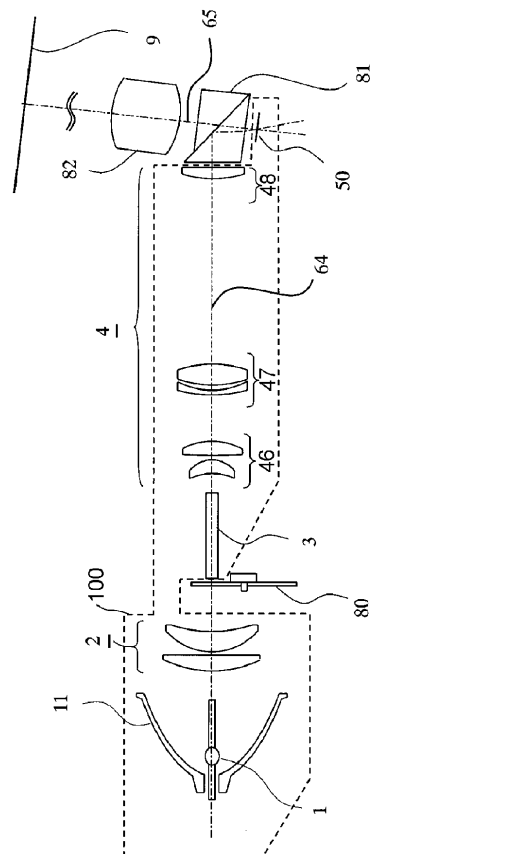
【図 3】



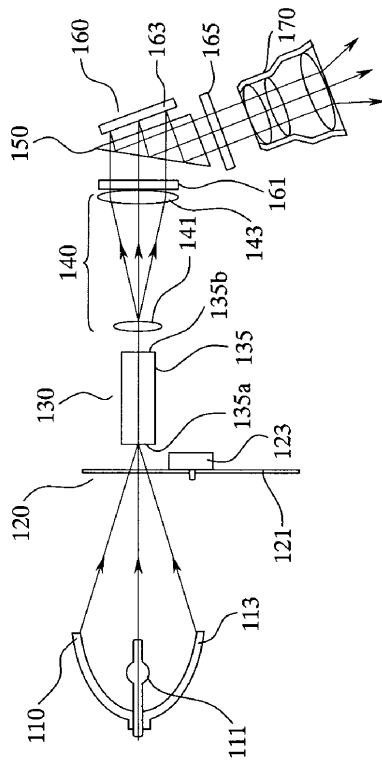
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 宇多小路 雄
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 鹿間 信介
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 南 宏輔

- (56)参考文献 特開平10-161237 (JP, A)
特許第2939237 (JP, B2)
特開平10-010514 (JP, A)
特開2000-193911 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
- G03B 21/00-30
 - G02B 9/00-25/04
 - G02B 27/00-64
 - G02F 1/13-141
 - G02F 1/1335-13363