

(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2006-267530

(P2006-267530A)

(43) 公開日 平成18年10月5日(2006.10.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G03B 21/14 (2006.01)</b>	G03B 21/14	A 2H087
<b>G02B 13/24 (2006.01)</b>	G02B 13/24	2K103
<b>G03B 21/00 (2006.01)</b>	G03B 21/00	F

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2005-85269 (P2005-85269)  
 (22) 出願日 平成17年3月24日 (2005.3.24)

(71) 出願人 000006013  
 三菱電機株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号  
 (74) 代理人 100089233  
 弁理士 吉田 茂明  
 (74) 代理人 100088672  
 弁理士 吉竹 英俊  
 (74) 代理人 100088845  
 弁理士 有田 貴弘  
 (72) 発明者 町田 直之  
 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 川本 直紀  
 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

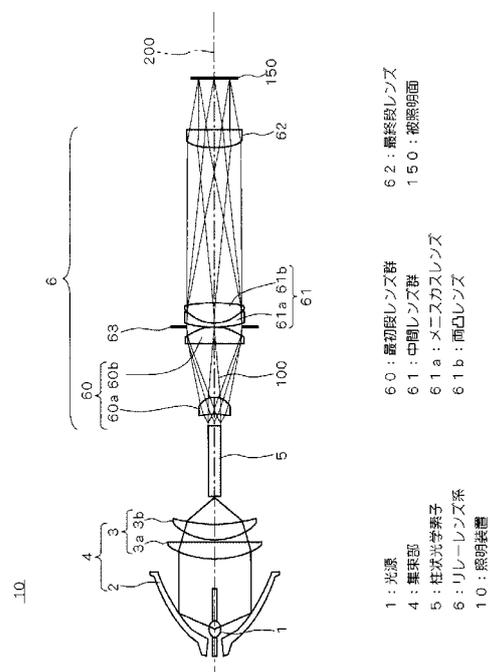
(54) 【発明の名称】 照明装置及び投写型表示装置

(57) 【要約】

【課題】 光源から発する光の利用効率を向上することが可能な照明技術を提供する。

【解決手段】 リレーレンズ系6は、柱状光学素子5の出射面と被照明面150とが共役関係となるように構成されており、最初段レンズ群60と、メニスカスレンズ61a及び両凸レンズ61bを含む中間レンズ群61と、最終段レンズ62とを含む。リレーレンズ系6は、 $2.45 < FNO < 2.70$ 、 $0.005 < f1 / f0 < 0.23$ 、 $0.03 < f2 / f0 < 0.53$ 、 $0.03 < f3 / f0 < 0.71$ 、 $p / n > 1.99$ を満足するように構成されている。ただし、FNOはリレーレンズ系6のFナンバー、 $f0 \sim f3$ はリレーレンズ系6、最初段レンズ群60、中間レンズ群61及び最終段レンズ62の焦点距離、 $n$ 及び $p$ はメニスカスレンズ61a及び両凸レンズ61bのアッペ数を示している。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光源と、  
 前記光源が発する光を集束する集束部と、  
 前記集束部で集束された光をその強度分布の不均一性を緩和して出射する光学素子と、  
 前記光学素子の出射面に形成される像を被照明面に伝達するとともに、前記出射面と前記被照明面とが共役関係となるように構成されたリレーレンズ系と  
 を備え、  
 前記リレーレンズ系は、  
 前記光学素子からの出射光が入射される、正の屈折力を有する最初段レンズ群と、  
 前記最初段レンズ群からの出射光が入射される負レンズ及び前記負レンズからの出射光が入射される正レンズを含み、全体として正の屈折力を有する中間レンズ群と、  
 前記正レンズからの出射光が入射される、正の屈折力を有する最終段レンズと  
 を含み、  
 前記被照明面には前記最終段レンズからの出射光が照射され、  
 前記リレーレンズ系は、以下の式(1)～(5)を満足するように構成されている、照明装置。

$$2.45 < FNO < 2.70 \quad \dots (1)$$

$$0.005 < f1 / f0 < 0.23 \quad \dots (2)$$

$$0.03 < f2 / f0 < 0.53 \quad \dots (3)$$

$$0.03 < f3 / f0 < 0.71 \quad \dots (4)$$

$$p / n > 1.99 \quad \dots (5)$$

ただし、

FNO：前記リレーレンズ系のFナンバー

f0：前記リレーレンズ系の焦点距離

f1：前記最初段レンズ群の焦点距離

f2：前記中間レンズ群の焦点距離

f3：前記最終段レンズの焦点距離

n：前記負レンズのアッペ数

p：前記正レンズのアッペ数

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の照明装置であって、  
 前記負レンズと前記正レンズとはバルサムで互いに接着されている、照明装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 及び請求項 2 のいずれか一つに記載の照明装置であって、  
 前記リレーレンズ系は、前記中間レンズ群の直後に位置する光路偏向部材を更に含む、照明装置。

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の照明装置であって、  
 前記光路偏向部材はダイクロイックミラーで構成されている、照明装置。

## 【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一つに記載の照明装置であって、  
 前記光学素子は、中空の基材と、当該基材の内側面に設けられた反射材とを有する、照明装置。

## 【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一つに記載の照明装置と、  
 前記被照明面に配置された複数の可動ミラーを有し、当該可動ミラーにおけるオン・オフ状態の傾斜角が ± 12 度である反射型ライトバルブと  
 前記反射型ライトバルブにおけるオン状態の前記可動ミラーで反射される光をスクリーンに投写する投写光学系と

10

20

30

40

50

備える、投写型表示装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の投写型表示装置であって、  
前記光学素子の入射面あるいは出射面に隣接して光学フィルタ領域が配置されたカラー  
フィルタを更に備える、投写型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、照射装置及びこれを用いた投写型表示装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

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

【0003】

また、映画やテレビプログラムといった AV ソースに対応するだけの投写型表示装置  
だけではなく、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投写型表示装置  
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の向上、高解像度化、明  
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】

特に液晶パネルや DMD 等のライトバルブを用いたプロジェクタは明るさの向上と解像  
度の向上を独立して行える点で CRT プロジェクタよりも優れており、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】

このようなライトバルブを用いた投写型表示装置での従来の照明光学系では、光源と投  
写レンズの射出瞳とを共役関係とするレンズ系の光路中にライトバルブが配置されており  
、このライトバルブに光を照射する、一種のケーラー照明法が用いられているものがほと  
んどであった。

【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、照明光学系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るようになり、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】

例えば特許文献 1 では、ロッドインテグレート照明法を利用した反射型プロジェクタの  
一例が開示されている。特許文献 1 の反射型プロジェクタでは、臨界角プリズムで光の進  
行進路を変換しており、これにより偏向ビームスプリッタ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という効果を生じる。また特許文  
献 1 では、スクランブラのような光混合手段を用いたロッドインテグレート照明法が採用  
されているため、照明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  
学系とプロジェクタが提供可能である。

40

【0008】

なお特許文献 2 には、投写型表示装置で使用されるプリズムに関する技術が開示されて  
いる。

【0009】

【特許文献 1】特許第 2939237 号公報

【特許文献 2】米国特許第 5604624 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

## 【0010】

一般的に、光源から発する光の利用効率を向上して高効率の投写型表示装置を得るためには、1) ライトバルブに対して効率良く光の照射を行うための照明光学系の設計、特に、ライトバルブの有効画素領域に対する照明マージンを最小にすることや、2) ライトバルブの有効画素領域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。

## 【0011】

ここで、ライトバルブにおいては、その有効画素領域よりも少し大きい範囲に光が照射されるため、ライトバルブへの照射光の一部は、当該有効画素領域には照射されずに損失となる。上述の照射マージンは、ライトバルブの有効画素領域に照射されて実際に画像表示に寄与する光の量に対する、上記損失となる光の量の割合を意味している。

10

## 【0012】

しかしながら、特許文献1の反射型プロジェクタでは、照射マージンを十分に低減できず、照射光強度の均一性を十分に向上することができないことがあり、その結果、光源から発する光の利用効率を十分に向上させることができないことがある。

## 【0013】

そこで、本発明は上述の問題に鑑みて成されたものであり、光源から発する光の利用効率を向上することが可能な照明装置及びそれを利用した投写型表示装置を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0014】

この発明の照明装置は、光源と、前記光源が発する光を集束する集束部と、前記集束部で集束された光をその強度分布の不均一性を緩和して出射する光学素子と、前記光学素子の出射面に形成される像を被照明面に伝達するとともに、前記出射面と前記被照明面とが共役関係となるように構成されたリレーレンズ系とを備え、前記リレーレンズ系は、前記光学素子からの出射光が入射される、正の屈折力を有する最初段レンズ群と、前記最初段レンズ群からの出射光が入射される負レンズ及び前記負レンズからの出射光が入射される正レンズを含み、全体として正の屈折力を有する中間レンズ群と、前記正レンズからの出射光が入射される、正の屈折力を有する最終段レンズとを含み、前記被照明面には前記最終段レンズからの出射光が照射され、前記リレーレンズ系は、以下の式(1)~(5)を満足するように構成されている。

20

## 【0015】

$$2.45 < FNO < 2.70 \quad \dots (1)$$

$$0.005 < f1 / f0 < 0.23 \quad \dots (2)$$

$$0.03 < f2 / f0 < 0.53 \quad \dots (3)$$

$$0.03 < f3 / f0 < 0.71 \quad \dots (4)$$

$$p / n > 1.99 \quad \dots (5)$$

ただし、

FNO：前記リレーレンズ系のFナンバー

f0：前記リレーレンズ系の焦点距離

f1：前記最初段レンズ群の焦点距離

f2：前記中間レンズ群の焦点距離

f3：前記最終段レンズの焦点距離

n：前記負レンズのアッベ数

p：前記正レンズのアッベ数

40

## 【発明の効果】

## 【0016】

この発明の照明装置によれば、リレーレンズ系が式(1)~(5)を満足するように構成されているため、被照明面での倍率色収差、球面収差及び歪曲収差が低減する。従って、被照明面に対して損失光を低減した光の照射が可能となるとともに、当該被照明面での光の照射強度の均一性が向上し、光の利用効率が向上する。

50

## 【0017】

更に、リレーレンズ系のFナンバーFNOが式(1)を満足するため、可動ミラーのオン・オフ状態での傾斜角が $\pm 12$ 度の反射型ライトバルブを有する投写型表示装置に好適な照射装置を提供できる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0018】

実施の形態1.

図1は本発明の実施の形態1に係る照明装置10の構成を示す側面図である。なお図1では、リフレクタ2に関しては、その内部構造を示すために断面構造を示している。本実施の形態1に係る照明装置10は、ライトバルブを有する投写型表示装置において当該ライトバルブに光を照射する照明光学系として利用される。

10

## 【0019】

図1に示されるように、本実施の形態1に係る照明装置10は、投写型表示装置のライトバルブが配置される被照明面150に光を照射する照明装置であって、光源1と、光源1から発する光を集束する集束部4と、集束部4で集光された光をその強度分布の不均一性を緩和して出射する柱状光学素子5と、柱状光学素子5の出射面に形成される像を被照明面150に伝達するリレーレンズ系6とを備えており、これらは照明光軸200上に直線的に配置されている。

## 【0020】

光源1は白色光や単色光などを出射する発光体から成る。集束部4は、リフレクタ2と、コンデンサレンズ系3とから成る。リフレクタ2は例えば回転放物面鏡であり、その焦点近傍に光源1が配置されている。これにより、光源1から放出された光はリフレクタ2で略平行化されてコンデンサレンズ系3に入射する。コンデンサレンズ系3は、平凸レンズ3aとメニスカスレンズ3bとから成り、リフレクタ2で略平行化された光を集束して光源1の像を形成する。光の利用効率を向上させる観点からは、この光源1の像が形成される位置に、柱状光学素子5の光の入射面を配置するのが好ましい。また、光源1の像の大きさと角度分布(照明光軸200の周りの配光分布)は、コンデンサレンズ系3の性能を調整することによって所定の値に近づけることができる。

20

## 【0021】

本実施の形態1では、電極ギャップ長が約1.3mmの放電ランプを光源1として採用し、焦点距離が7.5mmの回転放物面からなるリフレクタ2を用いている。そして、コンデンサレンズ系3により実効的な直径が4mm程度の光源1の像が形成される。

30

## 【0022】

光源1は、メタルハライドランプや超高圧水銀ランプ等、発光領域の寸法が小さく発光効率が高いものが好ましい。これは、光源1での発光領域の寸法が小さい方がリフレクタ2による光の平行化が行いやすくなり、これにより、コンデンサレンズ系3によって、柱状光学素子5の入射面に光を集光しやすくなり、集光効率を高めることができるからである。

## 【0023】

また、リフレクタ2を回転楕円鏡として、当該回転楕円鏡の第1焦点近傍に光源1を配置し、リフレクタ2のみで光源1から発する光を集束しても良い。この場合には、コンデンサレンズ系3は不要となり、集束部4はリフレクタ2のみで構成されることになる。

40

## 【0024】

柱状光学素子5は、集束部4で集束された光の強度分布の不均一性を緩和して、その出射面に新たな光源1の像を形成し、当該出射面に二次的な光源面を形成する。

## 【0025】

リレーレンズ系6は、柱状光学素子5の出射面と被照明面150とが共役関係となるように構成されており、柱状光学素子5の出射面に形成される像を被照明面150に伝達する。柱状光学素子5の出射面には輝度の不均一性が低減された二次的な光源面が形成されるため、当該光源面から発する光をリレーレンズ系6によって被照明面150に再び結像

50

することによって効率の良い均一な照射が可能となる。

【0026】

また図1に示されるように、リレーレンズ系6は、被照明面150での照射光束の主光線100が照明光軸200に対して略平行となるように構成されており、像側においてテレセントリック光学系となるように構成されている。テレセントリック光学系では周辺光量比を高くすることが設計的に容易であるため、光強度の均一性を保持して柱状光学素子5の出射面に形成される像を被照明面150に伝達することができ、高効率で品位の高いライトバルブへの照明が可能となる。

【0027】

なお、柱状光学素子5の出射面の寸法は、リレーレンズ系6の結像倍率と被照明面150の大きさに基づいて決定する。光利用効率を向上させるためには、柱状光学素子5の出射面の形状は、被照明面150の形状、つまりライトバルブの有効画素領域の形状と略相似形であることが好ましい。

【0028】

次に柱状光学素子5の詳細な構造について説明する。図2は柱状光学素子5の構造の一例を示す側断面図である。図2に示される柱状光学素子5はガラスロッドで形成されており、光の入射面5aと出射面5bとは同一形状である。集束部4で集光された光110が柱状光学素子5の入射面5aに入射されると、当該光110は、柱状光学素子5の外側面5cと外気との界面において全反射を生じ、図2に示されるように、柱状光学素子5ではこの全反射が繰り返して行われる。これにより、光110が柱状光学素子5の出射面5bに効率よく伝達されるとともに、入射面5aで生じていた光110の強度分布の不均一性が低減され、出射面5bには強度分布の均一性が非常に高い光源面が形成される。

【0029】

柱状光学素子5を構成するすべての面の平面度や、入射面5aと出射面5bとの間の平行度、あるいは外側面5c間の平行度は、柱状光学素子5の材料として一般的な平面ガラス部材を使用した場合であっても、出射面5bに形成される二次的な光源面の形成にはほとんど影響を与えない程度に維持される。

【0030】

なお、光源1から放出された光が集束部4で集光される位置に入射面5aを配置した場合には光の伝達効率が最も高くなる。この場合には、柱状光学素子5への入射光のエネルギー密度が大きくなるため、柱状光学素子5の耐熱性を向上させる。また、柱状光学素子5の入射面5aと出射面5bとの形状や寸法を互いに異ならせても良い。

【0031】

図3は柱状光学素子5の構造の他の例を示す側断面図である。図3に示される柱状光学素子5は、中空の基材15と、当該基材15の内側面に設けられた反射材16とを備える中空ロッドである。基材15の内側面は4つの平面が所定空間を取り囲むように形成されており、反射材16は当該4つの平面のそれぞれに設けられている。そして、柱状光学素子5の入射面5a及び出射面5bのそれぞれには、反射材16で囲まれた四角形状の開口が設けられている。なお、入射面5aに円形の開口を、出射面5bに四角形の開口をそれぞれ設けてもよい。

【0032】

入射面5aから柱状光学素子5内に進入した光110は、図3に示されるように、反射材16で反射を繰り返して柱状光学素子5内を進行する。これにより、出射面5bには均一な強度分布を有する二次的な光学面が形成される。

【0033】

なお、図3に示されるような反射材16を使用した柱状光学素子5は、当該反射材16で光の損失が生じるため、図2に示されるようなガラスロッドで形成された柱状光学素子5と比較して、一般的に光の利用効率が低下する。しかしながら、図3の柱状光学素子5を、例えば、アルミ材の表面にアルマイト処理がなされ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シリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>膜)やチタン酸化膜(TiO<sub>2</sub>

10

20

30

40

50

膜)などを蒸着して形成することによって、反射特性、耐熱性及び耐候性に優れた柱状光学素子5を実現することができる。柱状光学素子5は、アラノッド社製のM I R O (登録商標)を用いて形成するのが好適である。

#### 【0034】

図3に示される柱状光学素子5は、基材15と反射材16との2つの材料で形成されているため、基材15及び反射材16の材料を個別に選定することによって、光の反射特性を維持しつつ放熱特性を向上させることができる。例えば、基材15を放熱効果にすぐれた金属で形成することによって反射特性を維持しつつ放熱特性を向上させることができる。従って、光の利用効率を高めるために、コンデンサレンズ系3による光の集束点に入射面5aを配置し、柱状光学素子5への入射光のエネルギー密度が大きくなった場合であつても、反射特性を維持しながら、入射光による柱状光学素子5での発熱を抑制できる。

10

#### 【0035】

また、図2に示される柱状光学素子5では、単一の材料で形成されているため、当該柱状光学素子5を外側から保持する部材が光の反射特性に影響を与えないように当該部材の材料及び形状を工夫する必要がある。しかしながら、図3の柱状光学素子5では、中空の基材15の内側に反射材16が設けられているため、当該柱状光学素子5を外側から保持する部材が光の反射特性に与える影響は少ない。従って、簡便な手段で柱状光学素子5を保持することができ、本照明装置10の製造コストを低減できる。更には、板状部材を折り曲げることによって中空の基材15を形成することができるため、簡単な製造方法で柱状光学素子5を形成することができる。

20

#### 【0036】

次に、リレーレンズ系6の詳細な構造について上述の図1を参照して説明する。図1に示されるように、リレーレンズ系6は、正の屈折力を有する最初段レンズ群60と、正の屈折力を有する中間レンズ群61と、正の屈折力を有する最終段レンズ62とを備えている。最初段レンズ群60は、ともに正の屈折力を有するメニスカスレンズ60a及び平凸レンズ60bを備えている。中間レンズ群61は、負の屈折力を有するメニスカスレンズ61aと正の屈折力を有する両凸レンズ61bとを備えており、全体として正の屈折力を有している。メニスカスレンズ61aと両凸レンズ61bとはバルサムで互いに接着されている。最終段レンズ62は平凸レンズである。

#### 【0037】

メニスカスレンズ60a、平凸レンズ60b、メニスカスレンズ61a、両凸レンズ61b及び最終段レンズ62は、柱状光学素子5と被照明面150との間にこの順で一列に配置されている。メニスカスレンズ60aはその凹面を、平凸レンズ60bはその平面を、メニスカスレンズ61aはその凸面を、最終段レンズ62はその凸面を柱状光学素子5側に向けて配置されている。

30

#### 【0038】

本実施の形態1では、メニスカスレンズ61aと両凸レンズ61bとは互いに異なった硝材で形成されている。そして、リレーレンズ系6に含まれる複数のレンズにおいては、メニスカスレンズ61a及び両凸レンズ61bと、これら以外のレンズとは互いに異なった硝材で形成されており、メニスカスレンズ61a及び両凸レンズ61b以外のレンズは互いに同じ硝材で形成されている。

40

#### 【0039】

なお、リレーレンズ系6に含まれる複数のレンズにおいては、メニスカスレンズ61aと、これ以外のレンズとを互いに異なった硝材で形成し、メニスカスレンズ61a以外のレンズを互いに同じ硝材で形成しても良い。

#### 【0040】

被照明面150の直前に配置されている最終段レンズ62は、中間レンズ群61の両凸レンズ61bよりも小さい屈折力を有している。この最終段レンズ62の働きによって、被照明面150に入射する照明光束の主光線100は、照明光軸200に対して略平行となり、これによってテレセントリック照明を実現している。このとき、中間レンズ群61

50

が正の屈折力を有するレンズのみで構成されている場合には、最終段レンズ 6 2 の軸外収差、特に歪曲収差及び倍率色収差の補正が困難である。そこで、本実施の形態 1 では、中間レンズ群 6 1 内に負レンズ、すなわちメニスカスレンズ 6 1 a を配置し、これにより、最終段レンズ 6 2 の軸外収差を低減している。

【 0 0 4 1 】

また本実施の形態 1 では、中間レンズ群 6 1 のメニスカスレンズ 6 1 a の入射面に絞り 6 3 を設けており、この絞り 6 3 の近傍に光源 1 の像を形成するリレーレンズ系 6 としてしている。これにより、メニスカスレンズ 6 1 a の歪曲収差を低減している。

【 0 0 4 2 】

なお、柱状光学素子 5 の出射面 5 b が照明光源となるため、照明の効率を向上させるためには、光源 1 の像において比較的高い位置での収差、すなわち歪曲収差や倍率色収差等の軸外収差を優先的に補正する必要がある。

10

【 0 0 4 3 】

本実施の形態 1 では、中間レンズ群 6 1 に負レンズを設けることによって、あるいは絞り 6 3 を設けることによって軸外収差を良好に補正しているため、被照明面 1 5 0 での照射マージンを低減することができ、光の利用効率を向上することができる。

【 0 0 4 4 】

特に、中間レンズ群 6 1 に負レンズを設けることによって倍率色収差を補正しているため、本照明装置 1 0 をカラー表示可能な投写型表示装置に使用した場合には有効である。つまり、光源 1 が発する光をカラーフィルタに通過させると R G B の 3 つの色光が生じるが、当該 3 つの色光が被照明面 1 5 0 で重ならないために生じる、わずかに色づいた領域を、倍率色収差を補正することによって低減することができ、被照明面 1 5 0 の全面に渡って高品質の白色照明が可能となる。この特徴は、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においては R G B の 3 つの色光の光路が共通であるため、各色光別に収差補正が可能な複数板式プロジェクタに採用する場合よりも、当該単板式プロジェクタに採用する場合の方が効果が顕著に表れる。

20

【 0 0 4 5 】

本実施の形態 1 では、シミュレーション結果に基づいてリレーレンズ系 6 は、以下の式 ( 1 ) ~ ( 5 ) を満足するように構成されている。

【 0 0 4 6 】

$$2.45 < FNO < 2.70 \quad \dots (1)$$

$$0.005 < f1 / f0 < 0.23 \quad \dots (2)$$

$$0.03 < f2 / f0 < 0.53 \quad \dots (3)$$

$$0.03 < f3 / f0 < 0.71 \quad \dots (4)$$

$$p / n > 1.99 \quad \dots (5)$$

ただし、FNO はリレーレンズ系 6 の F ナンバー、f0 はリレーレンズ系 6 の焦点距離、f1 は最初段レンズ群 6 0 の焦点距離、f2 は中間レンズ群 6 1 の焦点距離、f3 は最終段レンズ 6 2 の焦点距離、n は負のメニスカスレンズ 6 1 a のアッペ数、p は正の両凸レンズ 6 1 b のアッペ数をそれぞれ示している。

30

【 0 0 4 7 】

本シミュレーションは、被照明面 1 5 0 に生じる収差として、球面収差、歪曲収差、倍率色収差、非点収差、像面湾曲収差及びコマ収差を考慮し、更に被照明面 1 5 0 での像の大きさや、光が被照明面 1 5 0 へ入射する際の当該光の角度を考慮して行っている。

40

【 0 0 4 8 】

F ナンバー FNO が式 ( 1 ) を満足するようにリレーレンズ系 6 を構成すると、現状の DMD のように、オン・オフ状態での傾斜角が  $\pm 12^\circ$  の反射型ライトバルブを使用した投写型表示装置に好適な照射装置を提供することができる。つまり、傾斜角が  $\pm 12^\circ$  の反射型ライトバルブを使用した投写型表示装置に、本実施の形態 1 に係る照明装置 1 0 を当該反射型ライトバルブに対する照明装置として組み込むと、画質の良い投写画像が得られる。

50

## 【 0 0 4 9 】

また、式(1)を満足するように構成されるリレーレンズ系6では、中間レンズ群61の各レンズを上記式(5)を満足するような材料で構成すると、被照明面150での倍率色収差を低減することができる。従って、柱状光学素子5の出射面に形成される像を被照明面150上に効率よく伝達することができる。また、倍率色収差を良好に補正することができることから、本照明装置10をカラー表示可能な投写型表示装置に使用した場合には、上述のように、RGBの3つの色光が被照明面150で重ならないために生じる、わずかに色づいた領域を低減することができる。

## 【 0 0 5 0 】

更に、式(1)、(5)を満足するように設計されるリレーレンズ系6において、式(2)~(4)を満足するように $f_0 \sim f_3$ を設定すると、被照明面150での球面収差及び歪曲収差を低減することができる。

## 【 0 0 5 1 】

以上のように、リレーレンズ系6を式(1)~(5)を満足するように設計することによって、球面収差、歪曲収差及び倍率色収差を低減することができる。従って、照射マージンが低減して、被照明面150に対して損失光を低減した光の照射が可能となるとともに、被照明面150での光の照射強度の均一性が向上する。その結果、光の利用効率が向上する。

## 【 0 0 5 2 】

なお、 $f_1 / f_0$ が式(2)に示される0.23以上に設定され、 $f_2 / f_0$ が式(3)に示される0.53以上に設定され、 $f_3 / f_0$ が式(4)に示される0.71以上に設定されると、リレーレンズ系6を構成する各レンズの主点間隔が大きくなる傾向にあり、リレーレンズ系6の全長が大きくなる傾向にある。

## 【 0 0 5 3 】

また、 $f_1 \sim f_3$ の値を小さくして、 $f_1 / f_0$ を式(2)に示される0.005以下に設定し、 $f_2 / f_0$ を式(3)に示される0.03以下に設定し、 $f_3 / f_0$ を式(4)に示される0.03以下に設定すると、リレーレンズ系6を構成する各レンズの有効径が増大するため、本照明装置10が大きくなり、省スペース化や低コスト化を実現しにくくなる。

## 【 0 0 5 4 】

また本実施の形態1では、メニスカスレンズ61aと両凸レンズ61bとがバルサムで互いに接着されているため、被照明面150での倍率色収差が更に低減し、光の利用効率が更に向上する。

## 【 0 0 5 5 】

次にリレーレンズ系6の設計例について説明する。図4はリレーレンズ系6の設計例を示す図である。図中のREDは、リレーレンズ系6での近軸倍率を示している。また図中の*i*は、柱状光学素子5の出射面5bに形成される二次的な光源面と被照明面150とを含む、それらの間に存在する光学面を示しており、当該二次的な光源面から被照明面150に向かって0番からの通し番号を割り当てている。つまり、*i*が示す0から10の番号は、二次的な光源面、メニスカスレンズ60aの凹面、その凸面、平凸レンズ60bの平面、その凸面、メニスカスレンズ61aの凸面、両凸レンズ61bの光源1側の凸面、その被照明面150側の凸面、最終段レンズ62の凸面、その平面、及び被照明面150をそれぞれ示している。

## 【 0 0 5 6 】

図中のR*i*は*i*番目の光学面の曲率半径を、D*i*は*i*番目から(*i*+1)番目の光学面の間の距離をそれぞれ示している。また図中のn*d*はそれに対応する*i*の番号が示す光学面を含むレンズにおける*d*線に対する屈折率を示しており、図中の*d*はそれに対応する*i*の番号が示す光学面を含むレンズのアッペ数を示している。従って、例えば、図中の*i*=1に対応するn*d*=1.5168はメニスカスレンズ60aの*d*線に対する屈折率を示しており、*i*=5に対応する*d*=27.5はメニスカスレンズ61aのアッペ数を示し

10

20

30

40

50

ている。なお、 $R_i =$  は平面を示しており、 $f_0 \sim f_3$  及び  $R_i$ 、 $D_i$  の値の単位は「mm」である。

【0057】

図4に示される設計例から  $f_1/f_0$ 、 $f_2/f_0$ 、 $f_3/f_0$  及び  $p/n$  を求めると、

$$f_1/f_0 = 0.04$$

$$f_2/f_0 = 0.10$$

$$f_3/f_0 = 0.16$$

$$p/n = 2.23$$

となり、式(2)～(5)を満足する。また本設計例では、 $FNO = 2.60$  であるため、式(1)も満足する。 10

【0058】

なお図4の設計例では、リレーレンズ系6を構成する5枚のレンズのうち、負のメニスカスレンズ61a、つまり屈折率  $n_d = 1.7552$  を示すレンズとしてはHOYA社のE-FD4を使用し、両凸レンズ61b、つまり屈折率  $n_d = 1.5891$  を示すレンズとしてはHOYA社のBACD5を使用している。そして、その他のレンズ、つまり屈折率  $n_d = 1.5168$  のレンズとしては、安価なHOYA社のBSC7を使用している。更に、リレーレンズ系6でのすべての光学作用面(光学面)を球面に構成することによって製造コストを抑えている。

【0059】

なお本実施の形態1に係るリレーレンズ系6では、メニスカスレンズ61aと両凸レンズ61bとはバルサムで互いに接着されているが、製造コストを抑えるために、両者を接着せずに互いに離して配置しても良い。この場合のリレーレンズ系6の設計例を図5に示す。本設計例では、メニスカスレンズ61aと両凸レンズ61bとは互いに離れて配置されているため、図4の設計例よりもリレーレンズ系6に存在する光学面が一つ増加する。従って、 $i$  が示す番号が一つ増加している。つまり、 $i$  が示す0から11の番号は、二次的な光源面、メニスカスレンズ60aの凹面、その凸面、平凸レンズ60bの平面、その凸面、メニスカスレンズ61aの凸面、その凹面、両凸レンズ61bの光源1側の凸面、その被照明面150側の凸面、最終段レンズ62の凸面、その平面、及び被照明面150をそれぞれ示している。 20

【0060】

図5に示される設計例から  $f_1/f_0$ 、 $f_2/f_0$ 、 $f_3/f_0$  及び  $p/n$  を求めると、

$$f_1/f_0 = 0.02$$

$$f_2/f_0 = 0.04$$

$$f_3/f_0 = 0.05$$

$$p/n = 2.23$$

となり、式(2)～(5)を満足する。また本設計例では、 $FNO = 2.60$  であるため、式(1)も満足する。 30

【0061】

なお、メニスカスレンズ60a、平凸レンズ60b及び最終段レンズ62と同じ安価な硝材で両凸レンズ61bを形成することにより、製造コストを更に抑えることができる。

【0062】

また、本実施の形態1に係るリレーレンズ系6の光学性能を維持しつつ、最初段レンズ群60を非球面レンズ1枚で構成すること可能である。つまり、最初段レンズ群60に関しては、一般的に複数を意味する「群」という文言を使用してはいるものの、当該最初段レンズ群60は、複数枚のレンズで構成される場合のみならず、一枚のレンズで構成される場合もある。

【0063】

また本実施の形態1では、光源1から被照明面150までの光路は直線的であったが、 40

図 6 に示されるように、例えば、中間レンズ群 6 1 の直後に反射ミラー等から構成される光路偏向部材 6 4 を設けて、全系の光路を途中で折り曲げて良い。この場合には、コンパクトな照明装置を実現できる。

【 0 0 6 4 】

また、上記光路偏向部材 6 4 をダイクロミックミラーで構成しても良い。この場合には、光路偏向部材 6 4 への入射光に含まれる様々な波長の光のうち、紫外線等の不要な波長の光を透過させ、必要な波長の光のみを反射して被照明面 1 5 0 に照射することができる。その結果、被照明面 1 5 0 に対する照明性能が向上する。

【 0 0 6 5 】

実施の形態 2 .

図 7 は本発明の実施の形態 2 に係る投写型表示装置の構成を示す側面図である。なお図 7 では、図 1 と同様に、リフレクタ 2 に関してはその内部構造を示すために断面構造を示している。本実施の形態 2 に係る投写型表示装置は、上述の実施の形態 1 に係る照明装置 1 0 を照明光学系として備える表示装置である。

【 0 0 6 6 】

図 7 に示されるように、本実施の形態 2 に係る投写型表示装置は、実施の形態 1 に係る照明装置 1 0 と、回転カラーフィルタ 8 0 と、プリズム 8 1 と、投写光学系 8 2 と、反射型ライトバルブ 8 3 と、スクリーン 8 4 とを備えている。

【 0 0 6 7 】

回転カラーフィルタ 8 0 は、柱状光学素子 5 の出射面 5 b とメニスカスレンズ 6 0 a との間において、その光学フィルタ領域が当該出射面 5 b に隣接するように配置されている。回転カラーフィルタ 8 0 の光学フィルタ領域 8 0 a は、R G B の各成分に対応した 3 つの領域から成る。光学フィルタ領域 8 0 a は、例えば、映像信号に含まれる同期信号に同期して回転し、柱状光学素子 5 からの光の入射領域が、R G B の各成分に対応した 3 つの領域の間で順次切り替わる。これにより、回転カラーフィルタ 8 0 では、入射光から各色成分が抽出されて出射される。その結果、フィールドシーケンシャルで投写映像のカラー化を行うことができる。

【 0 0 6 8 】

反射型ライトバルブ 8 3 は D M D であって、スクリーン 8 4 上の複数の画素にそれぞれ対応する、マトリクス状に配列された複数の微小な可動ミラー 8 3 a を備えており、当該複数の可動ミラー 8 3 a によって入射光を反射する。図 8 は反射型ライトバルブ 8 3 が有する複数の可動ミラー 8 3 a の動作を示す側面図である。図 8 ( a ) , 8 ( b ) は非可動状態及び可動状態の可動ミラー 8 3 a をそれぞれ示している。

【 0 0 6 9 】

図 8 ( a ) に示されるように、非可動状態においては、複数の可動ミラー 8 3 a の光の反射面 8 3 a a は同一平面上に位置しており、上記被照明面 1 5 0 に配置されている。そして図 8 ( b ) に示されるように、可動状態においては、複数の可動ミラー 8 3 a のそれぞれは、所定のあるいはそれとは逆方向に回転して傾斜する。これにより、複数の可動ミラー 8 3 a のそれぞれはオン状態あるいはオフ状態となる。本実施の形態 2 に係る反射型ライトバルブ 8 3 では、可動ミラー 8 3 a の傾斜角 は  $\pm 12$  度に設定されている。

【 0 0 7 0 】

図 8 ( b ) に示されるように、オン状態の可動ミラー 8 3 a への入射光 1 2 0 a は当該可動ミラー 8 3 a で反射され、反射光 1 2 0 b となって、プリズム 8 1 及び投写光学系 8 2 を介してスクリーン 8 4 に入射される。一方、オフ状態の可動ミラー 8 3 a への入射光 1 2 0 c は当該可動ミラー 8 3 a で反射され、反射光 1 2 0 d となって、図示しない光吸収部材に入射される。

【 0 0 7 1 】

反射型ライトバルブ 8 3 は、入力される画像情報に基づいて複数の可動ミラー 8 3 a のそれぞれのオン / オフ状態を個別に制御して、複数の可動ミラー 8 3 a のそれぞれの傾きを個別に変化させている。これにより、入射光の反射方向が可動ミラー 8 3 a 単位で変化

10

20

30

40

50

し、当該入射光には画像情報に基づいた二次元的な変調が与えられる。

【0072】

プリズム81は、リレーレンズ系6の最終段レンズ62の直後に配置されており、照明光軸200に対して垂直な光入射面81aと、反射型ライトバルブ83における非可動状態の複数の可動ミラー83aが成す平面に対して平行な光出射面81bとを備えている。最終段レンズ62から出射される照明光は、光入射面81aからプリズム81内に入射し、入射した照明光は、当該プリズム81の内部での全反射作用によって偏向する。偏向した照明光は、光出射面81bから出射して、反射型ライトバルブ83に入射される。

【0073】

またプリズム81は、反射型ライトバルブ83におけるオン状態の可動ミラー83aで反射された光を偏向することなくそのまま透過し、投写光学系82に入射する。これにより、照明光学系、つまり照明装置10の照明性能と、投写光学系82の投写性能を両立させることができる。更に、照明光軸200と、投写光学系82における光軸である投写光軸210とは互いに分離され、反射型ライトバルブ83の前後での光学系の物理的な干渉を回避することができる。

【0074】

なお、本実施の形態2に係るプリズム81と同じ動作を行うプリズムについては、例えば上記特許文献2に開示されている。

【0075】

また、反射型ライトバルブ83における光の変調作用は、プリズム81における光学系の干渉回避作用との整合性が高く、これにより非常に小さなスペースで本実施の形態2に係る投写型表示装置を構成することができる。

【0076】

投写光学系82は、投写レンズ等から成り、反射型ライトバルブ83からプリズム81を介して入射される光をスクリーン84上に拡大投写する。これにより、スクリーン上84には大画面の映像が映し出される。

【0077】

上述のように、実施の形態1に係る照明装置10は、非常に効率が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2に係る投写型表示装置のように、当該照明装置10を照明光学系として利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投写型表示装置を実現でき、かつ明るい投写画像を得ることができる。この効果は、フロント投写やリア投写といった投写方式に関わらず得ることができる。

【0078】

なお、図7に示される照明装置10において、図6に示される照明装置10と同様に、反射ミラー等の光路偏向部材64を更に設けて、照明光学系での光路を折り曲げて良い。この場合には、本投写型表示装置が更にコンパクトになり、小型かつ軽量の投写型表示装置が実現できる。

【0079】

また本実施の形態2では、回転カラーフィルタ80の光学フィルタ領域80aを柱状光学素子5の出射面5bに隣接して配置しているが、当該光学フィルタ領域80aを、柱状光学素子5とコンデンサレンズ系3との間において当該柱状光学素子5の入射面5aに隣接して配置しても良い。通常、柱状光学素子5の入射面5a及び出射面5bの近傍では光束径が小さいため、回転カラーフィルタ80の光学フィルタ領域80aを柱状光学素子5の入射面5aあるいは出射面5bに隣接して配置することによって、当該光学フィルタ領域80aを小さくすることができる。従って、回転カラーフィルタ80の小型化が可能になり、小型で軽量の投写型表示装置を提供できる。

【0080】

また、投写映像のカラー化については、回転カラーフィルタ80以外にも、照明装置10と整合が良く、光の利用効率が高い投写型表示装置を提供できるカラー化手段であれば、これを採用することは可能である。

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図1】本発明の実施の形態1に係る照明装置の構成を示す側面図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る柱状光学素子の構造を示す側断面図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係る柱状光学素子の變形例の構造を示す側断面図である。

【図4】本発明の実施の形態1に係るリレーレンズ系の設計例を示す図である。

【図5】本発明の実施の形態1に係るリレーレンズ系の設計例を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態1に係る照明装置の變形例の構成を示す側面図である。

【図7】本発明の実施の形態2に係る投写型表示装置の構成を示す側面図である。

10

【図8】本発明の実施の形態2に係る反射型ライトバルブの可動ミラーの動作を示す側面図である。

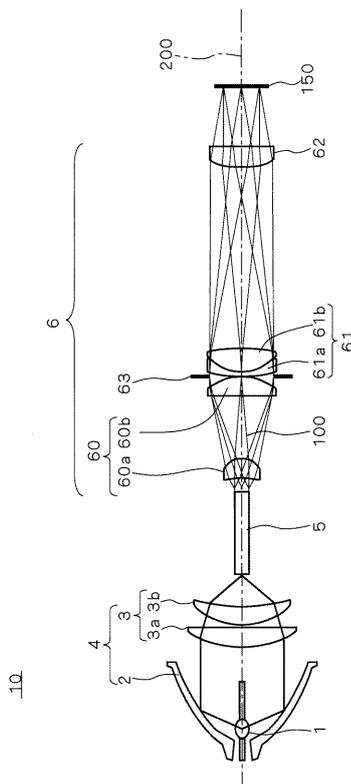
【符号の説明】

【0082】

1 光源、4 集束部、5 柱状光学素子、5 a 入射面、5 b 出射面、6 リレーレンズ系、10 照明装置、15 基材、16 反射材、60 最初段レンズ群、61 中間レンズ群、61 a メニスカスレンズ、61 b 両凸レンズ、62 最終段レンズ、64 光路偏向部材、80 カラーフィルタ、80 a 光学フィルタ領域、82 投写光学系、83 反射型ライトバルブ、83 a 可動ミラー、84 スクリーン、120 b 反射光、150 被照明面、 傾斜角。

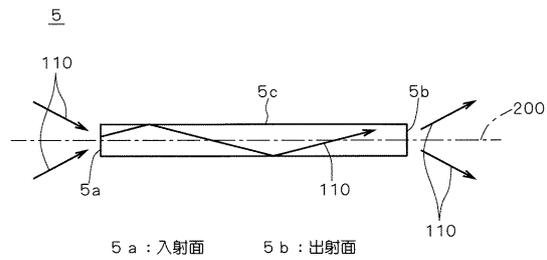
20

【図1】



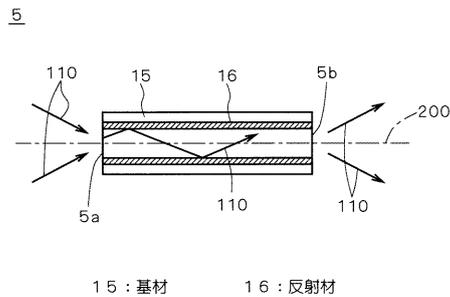
- 1 : 光源
- 2 : 凸レンズ
- 3 : 凹レンズ
- 3a : 凸レンズ
- 3b : 凹レンズ
- 4 : 集束部
- 5 : 柱状光学素子
- 6 : リレーレンズ系
- 10 : 照明装置
- 60 : 最初段レンズ群
- 61 : 中間レンズ群
- 61 a : メニスカスレンズ
- 61 b : 両凸レンズ
- 62 : 最終段レンズ
- 150 : 被照明面

【図2】



5 a : 入射面 5 b : 出射面

【図3】



15 : 基材 16 : 反射材

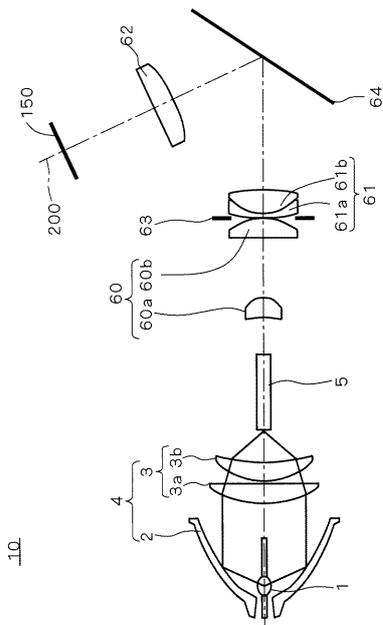
【 図 4 】

f0=1121.62 f1=45.07 f2=114.43 f3=180.35 FNO=2.60 RED=2.60				
i	Ri	Di	nd	$\nu d$
0 (光源面)	$\infty$	7.039		
1	-39.400	11.500	1.5168	64.2
2	-16.950	38.156		
3	$\infty$	11.500	1.5168	64.2
4	-49.598	0.333		
5	90.000	2.700	1.7552	27.5
6	35.223	14.500	1.5891	61.3
7	-111.800	110.000		
8	61.583	12.000	1.5168	64.2
9	$\infty$	49.000		
10 (被照明面)	$\infty$			

【 図 5 】

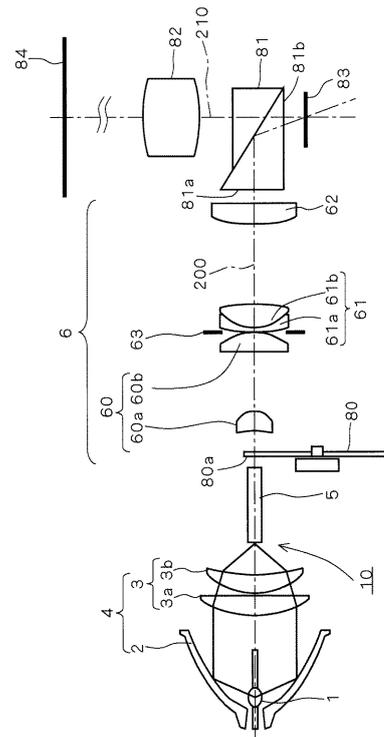
f0=2659.4543 f1=42.49 f2=106.64 f3=127.36 FNO=2.60 RED=2.60				
i	Ri	Di	nd	$\nu d$
0 (光源面)	$\infty$	7.00000		
1	-47.43254	8.74306	1.5168	64.2
2	-16.38023	31.732614		
3	$\infty$	18.0000	1.5168	64.2
4	-46.11018	0.60000		
5	92.29072	4.00000	1.7552	27.5
6	42.04919	2.451783		
7	49.49078	26.00	1.5891	61.3
8	-82.71016	108.172446		
9	66.03934	12.000000	15.168	64.2
10	$\infty$	49.000		
11 (被照明面)	$\infty$			

【 図 6 】



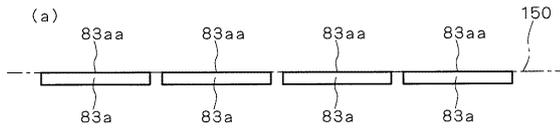
64 : 光路偏向部材

【 図 7 】



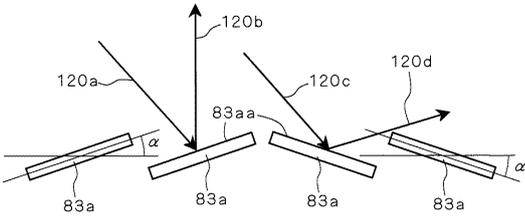
80 : カラーフィルタ  
 80a : 光学フィルタ領域  
 82 : 投写光学系  
 83 : 反射型ライトバルブ  
 84 : スクリーン

【 図 8 】



83 a : 可動ミラー

(b)



120 b : 反射光     $\alpha$  : 傾斜角

---

フロントページの続き

(72)発明者 田口 洋和

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

Fターム(参考) 2H087 KA06 KA07 KA29 LA25 PA04 PA18 PB05 QA03 QA05 QA12  
QA21 QA26 QA33 QA41 QA46 RA37  
2K103 AA01 AA07 AB04 BB01 BC22 BC27 BC28 BC35 CA17 CA26  
CA76