

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4577609号
(P4577609)

(45) 発行日 平成22年11月10日(2010.11.10)

(24) 登録日 平成22年9月3日(2010.9.3)

(51) Int.Cl.	F I
G03B 21/00 (2006.01)	G03B 21/00 E
G02F 1/13 (2006.01)	G02F 1/13 505

請求項の数 1 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2005-65198 (P2005-65198)	(73) 特許権者	000004329
(22) 出願日	平成17年3月9日(2005.3.9)		日本ビクター株式会社
(65) 公開番号	特開2006-47967 (P2006-47967A)		神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
(43) 公開日	平成18年2月16日(2006.2.16)	(72) 発明者	小林 学
審査請求日	平成19年6月29日(2007.6.29)		神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2004-135274 (P2004-135274)	(72) 発明者	高橋 竜作
(32) 優先日	平成16年4月30日(2004.4.30)		神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2004-192923 (P2004-192923)		
(32) 優先日	平成16年6月30日(2004.6.30)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
		審査官	小野 博之
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投射表示装置において、

不定偏光光を出射する光源と、

前記不定偏光光を色分解した3原色光を光変調する第1～第3の反射型空間光変調素子と、

前記光源から出射された前記不定偏光光を、第1の偏波面を有する第1の色成分光と、該第1の偏波面とは偏波面が90度異なるもう一方の偏波面である第2の偏波面を有する第2及び第3の色成分光と、に分離して出射する第1の波長選択性偏光変換手段と、

前記第1の波長選択性偏光変換手段を透過した光束が入射され、前記第1の色成分光と前記第2及び第3の色成分光との光路を分岐させる第1の偏光分離素子と、

前記第1の偏光分離素子から前記第2及び第3の色成分光が入射され、前記第2の色成分光の偏波面と第3の色成分光の偏波面とを互いに直交する状態として出射する第2の波長選択性偏光変換手段と、

前記第2の波長選択性偏光変換手段から前記第2及び第3の色成分光が入射される偏光分離面を有し、前記偏光分離面は前記第2の色成分光を透過させて、前記偏光分離面に対して第1の距離を設けて設置した前記第2の反射型空間光変調素子に入射させると共に、前記第3の色成分光を反射させて、前記偏光分離面に対して前記第1の距離とは異なる第2の距離を設けて設置した前記第3の反射型空間光変調素子に入射させる第2の偏光分離素子と、

10

20

前記第 1 ～ 第 3 の反射型空間光変調素子によって変調された変調光が入射され、これら各変調光を合成して出射する偏光合成素子と、

前記第 1 の距離と前記第 2 の距離との差に応じた軸上色収差 L を設けた投射レンズと

を有し、

前記第 2 の反射型空間光変調素子に入射する前記第 2 の色成分光の中心波長 λ_1 に対する前記投射レンズのバックフォーカス距離を f_{b1} 、前記第 3 の反射型空間光変調素子に入射する前記第 3 の色成分光の中心波長 λ_2 に対する前記投射レンズのバックフォーカス距離を f_{b2} としたとき、前記軸上色収差 L は、 $20\ \mu\text{m} < L = |f_{b1} - f_{b2}| < 70\ \mu\text{m}$ の関係を有することを特徴とする投射表示装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射型空間光変調素子を用いた投射表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

カラー投射表示装置は、白色光から 3 原色光に係る R（赤）、G（緑）、B（青）の色光を分解して対応色の空間光変調素子に導き、この空間光変調素子で映像信号に応じて光変調された色光を合成して投射し、スクリーン上にカラー映像を表示させるものである。

【0003】

20

カラー投射表示装置として反射型の空間光変調素子を用いた方式は高解像度化に有利であるが光学構成が複雑となる傾向があった。それは、反射型の空間光変調素子を適用した投射表示装置は、空間光変調素子を照射する入射光と当該空間光変調素子で変調された反射光とを分離するために偏光ビームスプリッタを必要とするためである。高コントラストを実現するためには 1 つの空間光変調素子に対して、通常 2 つ以上の偏光ビームスプリッタを作用させることが必要であり、これが反射型の投射表示装置の光学構成を複雑にしていた。この課題を解決すべく様々な構成が提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）

【0004】

【特許文献 1】特開 2001 - 174755 公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上述の特許文献 1 に提案されているように、反射型の空間光変調素子を用いたカラー投射表示装置を小型化するためには、作用させる複数の偏光ビームスプリッタの内の 1 つの偏光ビームスプリッタに対して、2 つの空間光変調素子を配置するようにした構成をとる必要がある。

【0006】

この 2 つの反射型の空間光変調素子を配置するようにした偏光ビームスプリッタには、それぞれの色光に対応した 2 色の色光が互いの偏光状態が 90 度異なる状態で入射され、偏光ビームスプリッタの偏光分離面で分離される。すなわち、偏光ビームスプリッタに入射した 2 色の色光は、偏光状態に応じて透過するか反射するかによって分離され、それぞれ反射型の空間光変調素子に入射する。

40

【0007】

この偏光ビームスプリッタの偏光分離面における一般的な特性を考慮した場合、全透過、すなわち、透過を 100% 達成することは困難であり、若干の反射が発生する。今、入射された 2 色の色光の内、この偏光ビームスプリッタの偏光分離面を透過して対応した反射型の空間光変調素子に入射される色光に注目する。この色光は、偏光分離面を透過して対応した反射型の空間光変調素子に入射され、この空間光変調素子においてこの色光に応じた画像信号により変調、すなわち、偏光状態を変化させ反射される。

50

【 0 0 0 8 】

この反射された変調光は、再び偏光分離面に入射されるが、偏光状態を変化させられているので偏光分離面により反射され色光を合成する偏光ビームスプリッタに出射され、投影レンズを介してスクリーン上に投射される。

【 0 0 0 9 】

着目した色光のうち、上述の若干の反射により反射された光は、着目した色光とは異なる一方の色光に対応した反射型の空間光変調素子に入射される。若干の反射により反射された光は、この空間光変調素子によりさらに反射され再び偏光分離面に入射されるが、こちらは、偏光状態は変化しておらず偏光分離面を透過して色光を合成する偏光ビームスプリッタに出射され、投影レンズを介してスクリーン上に投射される。

10

【 0 0 1 0 】

通常、投射表示装置においては、スクリーン上に投射される画像の焦点を各色光にて均一にするため、スクリーンから各反射型の空間光変調素子までの距離を均一に、且つ、投射レンズの軸上色収差を各色光で最小になるよう設定されている。このため、着目した色光に対応した反射型の空間光変調素子で反射してきた着目した色光と、着目した色光とは異なる一方の色光に対応した反射型の空間光変調素子で反射してきた着目した色光と、が投射されるスクリーン上で干渉して干渉縞となるという問題があった。

【 0 0 1 1 】

本発明は、以上の点に鑑みなされたもので、投射画像の干渉縞を低減し、高品位の画像を投射することのできる投射表示装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明は、上記課題を解決するために、投射表示装置 (3 0 0)において、不定偏光光を出射する光源 (1 1 1) と、前記不定偏光光を色分解した3原色光を光変調する第1～第3の反射型空間光変調素子 (1 6 3 , 1 6 2 , 1 6 1) と、前記光源 (1 1 1) から出射された前記不定偏光光を、第1の偏波面を有する第1の色成分光と、該第1の偏波面とは偏波面が90度異なるもう一方の偏波面である第2の偏波面を有する第2及び第3の色成分光と、に分離して出射する第1の波長選択性偏光変換手段 (1 1 3) と、前記第1の波長選択性偏光変換手段 (1 1 3) を透過した光束が入射され、前記第1の色成分光と前記第2及び第3の色成分光との光路を分岐させる第1の偏光分離素子 (1 0 2) と、前記第1の偏光分離素子 (1 0 2) から前記第2及び第3の色成分光が入射され、前記第2の色成分光の偏波面と第3の色成分光の偏波面とを互いに直交する状態として出射する第2の波長選択性偏光変換手段 (1 1 8) と、前記第2の波長選択性偏光変換手段 (1 1 8) から前記第2及び第3の色成分光が入射される偏光分離面 (1 3 1) を有し、前記偏光分離面 (1 3 1) は前記第2の色成分光を透過させて、前記偏光分離面 (1 3 1) に対して第1の距離を設けて設置した前記第2の反射型空間光変調素子 (1 6 2) に入射させると共に、前記第3の色成分光を反射させて、前記偏光分離面 (1 3 1) に対して前記第1の距離とは異なる第2の距離を設けて設置した前記第3の反射型空間光変調素子 (1 6 1) に入射させる第2の偏光分離素子 (1 0 3) と、前記第1～第3の反射型空間光変調素子 (1 6 3 , 1 6 2 , 1 6 1) によって変調された変調光が入射され、これら各変調光を合成して出射する偏光合成素子 (1 0 5) と、前記第1の距離と前記第2の距離との差に応じた軸上色収差 L を設けた投射レンズ (1 3 0) と、を有し、前記第2の反射型空間光変調素子 (1 6 2) に入射する前記第2の色成分光の中心波長 1 に対する前記投射レンズ (1 3 0) のバックフォーカス距離を f b 1、前記第3の反射型空間光変調素子 (1 6 1) に入射する前記第3の色成分光の中心波長 2 に対する前記投射レンズ (1 3 0) のバックフォーカス距離を f b 2 としたとき、前記軸上色収差 L は、 $2.0 \mu\text{m} < L = |f b 1 - f b 2| < 7.0 \mu\text{m}$ の関係を有することを特徴とする投射表示装置 (3 0 0) を提供する。

30

40

【発明の効果】

【0013】

本発明の投射表示装置によれば、1つの偏光ビームスプリッタに対して、2つの反射型の空間光変調素子を配置するようにして構成された各々の反射型の空間光変調素子と、スクリーンと、の距離を異なるように反射型の空間光変調素子を配置し、その距離の差に応じて投射結像レンズの軸上色収差を設けることにより、スクリーンに投射される画像の干渉縞を低減し、高品位の画像を投射することのできる投射表示装置を提供することができる。特に暗い画像の画像品位の向上に効果を奏するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明に係る投射表示装置の発明を実施するための最良の形態につき、好ましい実施例により説明する。

【実施例1】

【0015】

図1は、実施例1に適用される投射表示装置の光学構成を示した概略平面図である。

破線にて囲んだ色分解合成光学系290は、立方体または角柱状の偏光分離素子として作用する第1、第2、第3の偏光ビームスプリッタ102、103、104、偏光合成素子として作用する第4の偏光ビームスプリッタ105を、その偏光分離面121、131、141、151が全体として略X字状の如くに配置したものである。さらに、第1の偏光ビームスプリッタ102の入射側の透光面（第1の偏光ビームスプリッタの上側面）には、R光とG光との偏波面を90度回転する機能を有するカラー偏光子113を、第1と第2の偏光ビームスプリッタ102、103間には、G光の偏波面を90°回転する機能を有するカラー偏光子118を備えている。また、第2と第4の偏光ビームスプリッタ103、105間には、R光の偏波面を90°回転する機能を有するカラー偏光子124、第3と第4の偏光ビームスプリッタ104、105間には、B光の偏波面を90°回転させる機能を有するカラー偏光子115を備えている。

【0016】

実施例1に適用される投射表示装置300は次のように動作する。

光源111から発した不定偏光の白色光はインテグレータ光学系112に入射する。そして、白色光が均一化されるとともにS偏光にそろえられカラー偏光子113に入射する。カラー偏光子113はR光とG光との偏波面を90°回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、カラー偏光子113を透過するR光とG光とに係るS偏光はP偏光に変換される。また、カラー偏光子113は、B光に対しては何ら作用しないため、それらはS偏光のままである。

以後、それぞれの色光について個別にその光路及び偏波面の変移について説明する。

【0017】

先ず、カラー偏光子113を透過したP偏光のG光は、第1の偏光ビームスプリッタ102の偏光分離面121を透過直進して、カラー偏光子118に入射する。カラー偏光子118はG光の偏波面を90°回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、カラー偏光子118を透過するG光に係るP偏光はS偏光に変換される。カラー偏光子118を透過したS偏光のG光は、第2の偏光ビームスプリッタ103に入射され、第2の偏光ビームスプリッタ103の偏光分離面131において反射され透光面103aより出射してG対応の反射型空間光変調素子161に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子161においてG対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

【0018】

光変調されて生成したG光のP偏光成分は、第2の偏光ビームスプリッタ103の偏光分離面131を透過直進して、カラー偏光子124に入射する。カラー偏光子124は、R光の偏波面を90°回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、G光に対しては何ら作用せずG光のP偏光成分はP偏光のまま透過直進して、第4の偏光ビームスプリッタ105に入射する。そして、第4の偏光ビームスプリッタ105の偏光分離面151を透

10

20

30

40

50

過直進して、第4の偏光ビームスプリッタ105の透光面105cより出射する。

【0019】

次に、R光について説明する。カラー偏光子113を透過したP偏光のR光は、第1の偏光ビームスプリッタ102の偏光分離面121を透過直進して、カラー偏光子118に入射する。カラー偏光子118はG光の偏波面を90°回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、R光に対しては何ら作用せず、R光はP偏光のまま第2の偏光ビームスプリッタ103に入射される。第2の偏光ビームスプリッタ103に入射されたP偏光のR光は、第2の偏光ビームスプリッタ103の偏光分離面131を透過直進して透光面103bより出射してR対応の反射型空間光変調素子162に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子162においてR対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

10

【0020】

光変調されて生成したR光のS偏光成分は、第2の偏光ビームスプリッタ103の偏光分離面131で反射され、カラー偏光子124に入射する。当該カラー偏光子124は、R光の偏波面を90°回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、R光のS偏光成分はP偏光に偏光変換されて第4の偏光ビームスプリッタ105に入射する。そして、第4の偏光ビームスプリッタ105の偏光分離面151を透過直進して、第4の偏光ビームスプリッタ105の透光面105cより出射する。

【0021】

次に、B光について説明する。カラー偏光子113は、B光に対しては何ら作用しないため、B光はS偏光のままであるのでカラー偏光子113を透過したS偏光のB光は、第1の偏光ビームスプリッタ102の偏光分離面121で反射され、第3の偏光ビームスプリッタ104に入射する。

20

【0022】

S偏光のB光は第3の偏光ビームスプリッタ104の偏光分離面141で反射され透光面104dより出射し、B対応の反射型空間光変調素子163に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子162においてB対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

【0023】

光変調されて生成したB光のP偏光成分は、第3の偏光ビームスプリッタ104の偏光分離面141を透過直進しカラー偏光子115に入射する。当該カラー偏光子115は、前述したようにB光の偏波面を90°回転させる波長選択性偏光変換手段であるためB光のP偏光成分はS偏光に偏光変換されて第4の偏光ビームスプリッタ105に入射する。そして、第4の偏光ビームスプリッタ105の偏光分離面151で反射され、第4の偏光ビームスプリッタ105の透光面105cより出射する。

30

【0024】

このようにして、第4の偏光ビームスプリッタ105の透光面105cより出射したR光、G光、B光は、後段に配置された投射レンズ130を介して図示せぬスクリーンにカラー映像を拡大表示する。

【0025】

ここで図2を用いて、従来の光学系で問題となっていた干渉縞の発生を説明する。同図は、第2の偏光ビームスプリッタ103、G光対応の反射型空間光変調素子161、及びR光対応の反射型空間光変調素子162の配置部分を拡大表示したものである。上述の発明が解決しようとする課題において説明したように、1つの偏光ビームスプリッタに対して、2つの反射型空間光変調素子を配置するようにした構成をとり、その偏光ビームスプリッタの偏光分離面を透過直進し、反射型空間光変調素子で光変調を受けて反射され、当該偏光分離面で反射される色光において干渉縞が発生するので、第2の偏光ビームスプリッタ103に入射したP偏光のR光が問題となる。

40

【0026】

説明のため図中各R光にそれぞれ記号R, Rmi, Rmo, Rsi, Rsoをつける。第2の偏光ビームスプリッタ103に入射にするR光は、上述の説明のようにP偏光Rと

50

して入射する。そして、第2の偏光ビームスプリッタ103の偏光分離面131を透過直進してRmiとなって透光面103bより出射してR対応の反射型空間光変調素子162に入射する。

【0027】

しかしながら、偏光ビームスプリッタの偏光分離面の一般的な特性により、入射したR光Rの一部は偏光分離面131で反射し第2の偏光ビームスプリッタ103の透光面103aより出射してG対応の反射型空間光変調素子161にR光Rsiとなって入射する。

このR光RsiはG対応の反射型空間光変調素子161で反射しR光Rsoとなる。R光RsoはP偏光のため偏光分離面131を透過直進して、第4の偏光ビームスプリッタ105に入射する。そして、第4の偏光ビームスプリッタ105の偏光分離面151を透過直進し、第4の偏光ビームスプリッタ105の透光面105cより出射する。

10

【0028】

一方、第2の偏光ビームスプリッタ103の偏光分離面131を透過直進し透光面103bより出射してR対応の反射型空間光変調素子162に入射したR光Rmiは、当該反射型空間光変調素子162においてR対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。光変調されて生成したR光のS偏光成分Rmoは、第2の偏光ビームスプリッタ103の偏光分離面131で反射され、カラー偏光子124に入射する。当該カラー偏光子124において、R光のS偏光成分はP偏光に偏光変換されて第4の偏光ビームスプリッタ105に入射する。そして、第4の偏光ビームスプリッタ105の偏光分離面151を透過直進して、第4の偏光ビームスプリッタ105の透光面105cより出射する。

20

【0029】

これら、第4の偏光ビームスプリッタ105の透光面105cより出射されたR光RsoとR光Rmoとが投射レンズ123を介してスクリーン上で干渉し干渉縞となる。この干渉縞は、R光Rmoのレベルが小さくR光RmoとR光Rsoとが同じようなレベルになる暗い画面で、且つ、偏光分離面131とG対応の反射型空間光変調素子161との距離Lgと、偏光分離面131とR対応の反射型空間光変調素子162との距離Lrと、が一致するとき最も目立つようになるものであった。

【0030】

通常、投射表示装置においては、スクリーン上に投射される画像の焦点を各色光にて均一にするため、スクリーンから各色反射型空間光変調素子までの距離を均一になるよう配置する構成をとる。すなわち、偏光分離面131とG対応の反射型空間光変調素子161との距離Lgと、偏光分離面131とR対応の反射型空間光変調素子162との距離Lrと、が一致するようにしている。

30

【0031】

そこで、この配置関係を改良した光学配置、及び投射レンズ130について説明する。偏光分離面131とG対応の反射型空間光変調素子161との距離Lgと、偏光分離面131とR対応の反射型空間光変調素子162との距離Lrと、が異なる位置にそれぞれG対応の対応の反射型空間光変調素子161、R対応の反射型空間光変調素子162を設置する。

【0032】

40

しかし、偏光分離面131とG対応の反射型空間光変調素子161との距離Lgと、偏光分離面131とR対応の反射型空間光変調素子162との距離Lrと、が異なる位置にそれぞれG対応の対応の反射型空間光変調素子161、R対応の反射型空間光変調素子162を設置すると当然ながらスクリーン上での焦点がR光とG光とでずれてしまう。

【0033】

そのため、偏光分離面131とR対応の反射型空間光変調素子162との距離Lrが偏光分離面131とG対応の反射型空間光変調素子161との距離Lgより大きくなる位置にそれぞれG対応の反射型空間光変調素子161、R対応の反射型空間光変調素子162を設置し、投射レンズ130にR領域の軸上色収差が大きく、G領域のフォーカス位置とR領域のフォーカス位置に差異ができるように軸上色収差を付与している。

50

【 0 0 3 4 】

すなわち、偏光分離面 1 3 1 と R 対応の反射型空間光変調素子 1 6 2 との距離 L_r と、偏光分離面 1 3 1 と G 対応の反射型空間光変調素子 1 6 1 との距離 L_g と、の差分に相当する軸上色収差を、投射レンズ 1 3 0 に付与している。図 3 (a) に球面収差、同図 (b) に非点収差の付与例を示す。同図 (a)、(b) に示す球面収差、非点収差は、スクリーンに画像を投射した際の投射レンズ 1 3 0 における入射側で発生する収差量を示している。横軸はそれぞれ収差量である収差の大きさを表しており、単位は μm である。同図 (a) に示す球面収差における縦軸は、投射レンズ 1 3 0 に入射する光線の高さであり、投射レンズ 1 3 0 の光軸 (中心からの距離) からの距離を最大値を 1 に正規化して表している。同図 (b) に示す非点収差における縦軸は、それぞれ投射レンズ 1 3 0 のバックフォーカス位置に配置された反射型空間光変調素子の位置における投射レンズ 1 3 0 のレンズ光軸 (中心からの距離) からの距離であり、最大値を 1 に正規化して表している。

10

【 0 0 3 5 】

同図 (a)、(b) に示す球面収差、非点収差のそれぞれ縦軸上 0、投射レンズ 1 3 0 の光軸上の値が軸上色収差である。緑領域の収差と赤領域の収差とに色間で差異があるということは、バックフォーカス位置が異なることを意味しており、この収差の差異が緑領域のバックフォーカス位置と赤領域のバックフォーカス位置との距離の差異に相当するものである。同図より、赤領域の軸上色収差が大きく、緑領域のフォーカス位置と赤領域のフォーカス位置に約 $67 \mu m$ の差異があることがわかる。従って、偏光分離面 1 3 1 と R 対応の反射型空間光変調素子 1 6 2 との距離 L_r と、偏光分離面 1 3 1 と G 対応の反射型空間光変調素子 1 6 1 との距離 L_g と、の差分も約 $67 \mu m$ に設置している。

20

【 0 0 3 6 】

なお、同図中、G は光線波長 $0.54607 \mu m$ 、R は光線波長 $0.630 \mu m$ 、の収差をそれぞれ示している。非点収差 S はサジタル光線、T はタンジェンシャル光線の収差を示しており、それぞれ S R は R 光のサジタル光線の収差、S G は G 光のサジタル光線の収差、T R は R 光のタンジェンシャル光線の収差、T G は G 光のタンジェンシャル光線の収差を示している。

【 0 0 3 7 】

上述の偏光分離面 1 3 1 と R 対応の反射型空間光変調素子 1 6 2 との距離 L_r と、偏光分離面 1 3 1 と G 対応の反射型空間光変調素子 1 6 1 との距離 L_g と、の差分はすなわち、投射レンズ 1 3 0 のそれぞれの R 対応の反射型空間光変調素子 1 6 2 に対するバックフォーカス距離と、G 対応の反射型空間光変調素子 1 6 1 に対するバックフォーカス距離と、の差分に相当するものである。

30

なぜなら、スクリーン上で画像の焦点があっている場合、各色対応の反射型空間光変調素子は、投射レンズ 1 3 0 のバックフォーカス距離の位置にあるからである。

【 0 0 3 8 】

従って、投射レンズ 1 3 0 の軸上色収差を L とした場合、 L の下限値、すなわち、偏光分離面 1 3 1 と G 対応の反射型空間光変調素子 1 6 1 との距離 L_g と、偏光分離面 1 3 1 と R 対応の反射型空間光変調素子 1 6 2 との距離 L_r と、の差異の下限値は可干渉距離の条件から、干渉縞を発生しない値、また、それぞれの偏光ビームスプリッタ及び投射レンズ 1 3 0 の製造誤差を考慮して $20 \mu m$ を超える値とした。さらに好ましくは、 $30 \mu m$ 以上の値、とすることが望ましい。

40

干渉縞を発生する光の中心波長を λ_0 、スペクトルの広がりを $\Delta\lambda$ とすると可干渉距離は一般的に $\lambda_0^2 / \Delta\lambda$ で表わされる。 $\lambda_0 = 0.6 \mu m$ 、 $\Delta\lambda = 0.018 \mu m$ であるとすると $\lambda_0^2 / \Delta\lambda = 20 \mu m$ となり、この値より大であることが望ましいからである。

【 0 0 3 9 】

また、 L の上限値は投射レンズ 1 3 0 の軸上色収差の条件から設定すればよいが、白色光を G / B / R の 3 色に分割合成している場合、G / B / R 各色は単色光ではなく幾らかのスペクトル広がりをもつ光のため、投射レンズ 1 3 0 の軸上色収差が過大になると、それぞれの色光でボケが発生し所望の結像性能が得られないことになる。そのため発明者は、実

50

験により、Lの上限値は、投射レンズ130の軸上色収差が過大とならない70 μ mが望ましいという結果を得た。

以上のように、投射レンズ130の軸上色収差の値は、20 μ m~70 μ mであることが望ましく、さらに好ましくは、30 μ m~70 μ mとすることが望ましい。

【0040】

このように、反射型空間光変調素子を用いた投射表示装置において、1つの偏光ビームスプリッタに対して、2つの反射型の空間光変調素子を配置するようにして構成された各々の反射型の空間光変調素子とスクリーンとの距離を異なるように反射型の空間光変調素子を配置し、その距離の差に応じて投射結像レンズの軸上色収差を設けることにより、当該偏光ビームスプリッタにP偏光状態で入射し、S偏光状態で反射され出射される色光の干渉縞を目立ちにくくし暗い画像の画像品位を著しく上げることができるようにしたものである。

10

【0041】

また実施例1による光学系の構成は従来例と同一であり、新たな構成部品の追加なしに実現することができる。さらには、調整法の変更等も必要がないものである。

【実施例2】

【0042】

次に図4を用いて、実施例2に適用される投射表示装置の光学構成について説明する。同図は、実施例2に適用される投射表示装置の光学構成を示した概略平面図であり、上述の実施例1と同一の構成については同一の番号を付与している。

20

【0043】

図4は、実施例2に適用される投射表示装置の光学構成を示した概略平面図である。

破線にて囲んだ色分解合成光学系290は、立方体または角柱状の偏光分離素子として作用する第1、第2、第3の偏光ビームスプリッタ102、103、104、偏光合成素子として作用する第4の偏光ビームスプリッタ105を、その偏光分離面121、131、141、151が全体として略X字状の如くに配置したものである。さらに、第1の偏光ビームスプリッタ102の入射側の透光面（第1の偏光ビームスプリッタの上側面）には、R光とG光との偏波面を90度回転する機能を有するカラー偏光子113を、第1と第2の偏光ビームスプリッタ102、103間には、G光の偏波面を90°回転する機能を有するカラー偏光子118を備えている。また、第2と第4の偏光ビームスプリッタ103、105間には、R光の偏波面を90°回転する機能を有するカラー偏光子124、第3と第4の偏光ビームスプリッタ104、105間には、B光の偏波面を90°回転させる機能を有するカラー偏光子115を備えている。

30

【0044】

実施例2に適用される投射表示装置301は次のように動作する。

光源111から発した不定偏光の白色光はインテグレータ光学系112に入射する。そして、白色光が均一化されるとともにS偏光にそろえられカラー偏光子113に入射する。カラー偏光子113はR光とG光との偏波面を90°回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、カラー偏光子113を透過するR光とG光とに係るS偏光はP偏光に変換される。また、カラー偏光子113は、B光に対しては何ら作用しないため、それらはS偏光のままである。

40

以後、それぞれの色光について個別にその光路及び偏波面の変移について説明する。

【0045】

まず、カラー偏光子113を透過したP偏光のG光は、第1の偏光ビームスプリッタ102の偏光分離面121を透過直進して、カラー偏光子118に入射する。カラー偏光子118はG光の偏波面を90°回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、カラー偏光子118を透過するG光に係るP偏光はS偏光に変換される。カラー偏光子118を透過したS偏光のG光は、第2の偏光ビームスプリッタ103に入射され、第2の偏光ビームスプリッタ103の偏光分離面131において反射され透光面103aより出射してG対応の反射型空間光変調素子161に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子16

50

1 において G 対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

【 0 0 4 6 】

光変調されて生成した G 光の P 偏光成分は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 0 3 の偏光分離面 1 3 1 を透過直進して、カラー偏光子 1 2 4 に入射する。カラー偏光子 1 2 4 は、R 光の偏波面を 9 0 ° 回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、G 光に対しては何ら作用せず G 光の P 偏光成分は P 偏光のまま透過直進して、第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 に入射する。そして、第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 の偏光分離面 1 5 1 を透過直進して、第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 の透光面 1 0 5 c より出射する。

【 0 0 4 7 】

次に、R 光について説明する。カラー偏光子 1 1 3 を透過した P 偏光の R 光は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 0 2 の偏光分離面 1 2 1 を透過直進して、カラー偏光子 1 1 8 に入射する。カラー偏光子 1 1 8 は G 光の偏波面を 9 0 ° 回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、R 光に対しては何ら作用せず、R 光は P 偏光のまま第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 0 3 に入射される。第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 0 3 に入射された P 偏光の R 光は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 0 3 の偏光分離面 1 3 1 を透過直進して透光面 1 0 3 b より出射して R 対応の反射型空間光変調素子 1 6 2 に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子 1 6 2 において R 対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

【 0 0 4 8 】

光変調されて生成した R 光の S 偏光成分は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 0 3 の偏光分離面 1 3 1 で反射され、カラー偏光子 1 2 4 に入射する。当該カラー偏光子 1 2 4 は、R 光の偏波面を 9 0 ° 回転させる波長選択性偏光変換手段であるため、R 光の S 偏光成分は P 偏光に偏光変換されて第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 に入射する。そして、第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 の偏光分離面 1 5 1 を透過直進して、第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 の透光面 1 0 5 c より出射する。

【 0 0 4 9 】

次に、B 光について説明する。カラー偏光子 1 1 3 は、B 光に対しては何ら作用しないため、B 光は S 偏光のままであるのでカラー偏光子 1 1 3 を透過した S 偏光の B 光は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 0 2 の偏光分離面 1 2 1 で反射され、第 3 の偏光ビームスプリッタ 1 0 4 に入射する。

【 0 0 5 0 】

S 偏光の B 光は第 3 の偏光ビームスプリッタ 1 0 4 の偏光分離面 1 4 1 で反射され透光面 1 0 4 d より出射し、B 対応の反射型空間光変調素子 1 6 3 に入射する。そして、当該反射型空間光変調素子 1 6 2 において B 対応の映像信号に応じた光変調を受けて反射される。

【 0 0 5 1 】

光変調されて生成した B 光の P 偏光成分は、第 3 の偏光ビームスプリッタ 1 0 4 の偏光分離面 1 4 1 を透過直進しカラー偏光子 1 1 5 に入射する。当該カラー偏光子 1 1 5 は、前述したように B 光の偏波面を 9 0 ° 回転させる波長選択性偏光変換手段であるため B 光の P 偏光成分は S 偏光に偏光変換されて第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 に入射する。そして、第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 の偏光分離面 1 5 1 で反射され、第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 の透光面 1 0 5 c より出射する。

【 0 0 5 2 】

このようにして、第 4 の偏光ビームスプリッタ 1 0 5 の透光面 1 0 5 c より出射した R 光、G 光、B 光は、後段に配置された投射レンズ 1 2 3 を介して図示せぬスクリーンにカラー映像を拡大表示する。

【 0 0 5 3 】

従来の光学系で問題となっていた干渉縞の発生の原理は図 2 で説明した通りである。

実施例 2 では、図 4 に示すように偏光分離面 1 3 1 と R 対応の反射型空間光変調素子 1 6 2 との距離 L_r が偏光分離面 1 3 1 と G 対応の反射型空間光変調素子 1 6 1 との距離 L

10

20

30

40

50

gより大きくなる位置にそれぞれG対応の反射型空間光変調素子161、R対応の反射型空間光変調素子162を設置し、この距離Lrと距離Lgとの差異に対応したR領域の軸上色収差を付与した色収差プレート126を第4の偏光ビームスプリッタ105の透光面105cと投射レンズ123との間隙に設置した。ただし、これらの差異は、スクリーン上における画像のフォーカスがボケない範囲で設定する必要がある、表1に色収差プレート126の例を示す。

【0054】

【表1】

Glass		Glass 例1	Glass 例2	Glass 例3
nd		1.80518	1.717	1.51633
νd		25.4	47.9	64.1
t (mm)		10	20	30
n1	$\lambda = 0.54607 \mu\text{m}$	1.81264	1.72056	1.51825
n2	$\lambda = 0.65627 \mu\text{m}$	1.79611	1.71253	1.51386
$\Delta I(\text{mm})$		0.051	0.055	0.057

10

【0055】

ただし、表1中の数値は、

色収差プレートの軸上色収差： $I = |t/n1 - t/n2|$

20

nd：色収差プレート126に用いるガラス基板の屈折率

d：色収差プレート126に用いるガラス基板のアップベ数

t：色収差プレート126に用いるガラス基板の厚み

n1：第2の反射型液晶素子162に対応した中心波長1における屈折率

n2：第3の反射型液晶素子163に対応した中心波長2における屈折率

とする。

【0056】

表1に示す例1～例3は、赤領域の軸上色収差が大きく、緑領域のバックフォーカス位置と赤領域のバックフォーカス位置にそれぞれ約51μm、約55μm、約57μmの差異があること示している。従って、偏光分離面131とR対応の反射型空間光変調素子162との距離Lrと、偏光分離面131とG対応の反射型空間光変調素子161との距離Lgと、の差分もそれぞれ約51μm、約55μm、約57μmに設置すればよい。

30

【0057】

上述の偏光分離面131とR対応の反射型空間光変調素子162との距離Lrと、偏光分離面131とG対応の反射型空間光変調素子161との距離Lgと、の差分はすなわち、投射レンズ123のそれぞれのR対応の反射型空間光変調素子162に対するバックフォーカス距離と、G対応の反射型空間光変調素子161に対するバックフォーカス距離と、の差分に相当するものである。

なぜなら、スクリーン上で画像の焦点があっている場合、各色対応の反射型空間光変調素子は、投射レンズ130のバックフォーカス距離の位置にあるからである。

40

【0058】

従って、色収差プレートの軸上色収差をIとした場合、Iの下限值、すなわち、この偏光分離面131とG対応の反射型空間光変調素子161との距離Lgと、偏光分離面131とR対応の反射型空間光変調素子162との距離Lrと、の差異の下限値は可干渉距離の条件から、干渉縞を発生しない値、また、それぞれの偏光ビームスプリッタ及び色収差プレート126の製造誤差を考慮して20μmを超える値とした。さらに好ましくは、30μm以上の値、とすることが望ましい。

干渉縞を発生する光の中心波長を0、スペクトルの広がりをとすると可干渉距離は一般的に $0^2 /$ で表わされる。0=0.6μm、=0.018μmであるとすると $0^2 /$ =20μmとなり、この値より大であることが望ましいからである。

50

【 0 0 5 9 】

また、I の上限値は色収差プレート 1 2 6 の軸上色収差の条件から設定すればよいが、白色光を G / B / R の 3 色に分割合成している場合、G / B / R 各色は単色光ではなく幾らかのスペクトル広がりをもつ光のため、色収差プレート 1 2 6 の軸上色収差が過大になると、それぞれの色光でボケが発生し所望の結像性能が得られないことになる。そのため発明者は、実験により L の上限値は、色収差プレート 1 2 6 の軸上色収差が過大とならない $70 \mu\text{m}$ が望ましいという結果を得た。

以上のように、色収差プレート 1 2 6 の軸上色収差の値は、 $20 \mu\text{m} \sim 70 \mu\text{m}$ であることが望ましく、さらに好ましくは、 $30 \mu\text{m} \sim 70 \mu\text{m}$ とすることが望ましい。

【 0 0 6 0 】

10

このように、反射型空間光変調素子を用いた投射表示装置において、1つの偏光ビームスプリッタに対して、2つの反射型の空間光変調素子を配置するようにして構成された各々の反射型の空間光変調素子と、スクリーンと、の距離を異なるように反射型の空間光変調素子を配置し、その距離の差に応じて色収差プレートを設けることにより、当該偏光ビームスプリッタに P 偏光状態で入射し、S 偏光状態で反射され出射される色光の干渉縞を目立ちにくくし暗い画像の画像品位を著しく上げることができるようにしたものである。

【 0 0 6 1 】

なお、上述の説明では色収差プレートを設ける構成としたが、投射レンズと干渉縞が発生する色光に対応した反射型空間光変調素子との間に配置される偏光ビームスプリッタで所望の軸上色収差を設けてもよいし、その偏光ビームスプリッタと色収差プレートとの軸上色収差を合算して所望の軸上色収差を得る構成としてもよい。

20

【 0 0 6 2 】

さらに、実施例 2 による光学系の構成は従来例と同一の構成に色収差プレートを追加することにより実現することができるため、光学系の構造の変更、調整法の変更等を必要とせず高品位の画像を投射することのできる投射表示装置を実現することができる。

【 0 0 6 3 】

上述の各実施例の説明では構成例の光学系の色配置から、赤色光の干渉縞に関して説明したが、反射型空間光変調素子を用いた投射表示装置において、1つの偏光ビームスプリッタに対して、2つの反射型の空間光変調素子を配置するようにして構成し、当該偏光ビームスプリッタに P 偏光状態で入射し、S 偏光状態で反射され出射される色光で発生しう

30

る問題であるため、青色光や緑色光の干渉縞を低減するよう構成してもよい。

また、上述の各実施例の説明では、光源から発した白色光の内の 2 色の色光が、2つの反射型の空間光変調素子を配置する偏光ビームスプリッタに対して、この偏光ビームスプリッタの前段に配置された偏光ビームスプリッタを透過直進して入射するよう構成したが、前段に配置された偏光ビームスプリッタで反射されて入射するよう構成してもよい。

本発明は、以上説明した各実施例に限定したものではない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 4 】

【図 1】実施例 1 に適用される投射表示装置の光学系の概略構成図である。

【図 2】各実施例に適用される投射表示装置における問題となる光学系を詳細に説明するための構成図である。

40

【図 3】実施例 1 に適用される投射レンズの色収差の例を示したものである。

【図 4】実施例 2 に適用される投射表示装置の光学系の概略構成図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 5 】

1 1 1 ... 光源

1 1 2 ... インテグレータ光学系

1 1 3 , 1 1 5 , 1 1 8 , 1 2 4 ... カラー偏光子

1 0 2 , 1 0 3 , 1 0 4 , 1 0 5 ... 偏光ビームスプリッタ

1 2 1 , 1 3 1 , 1 4 1 , 1 5 1 ... 偏光分離面

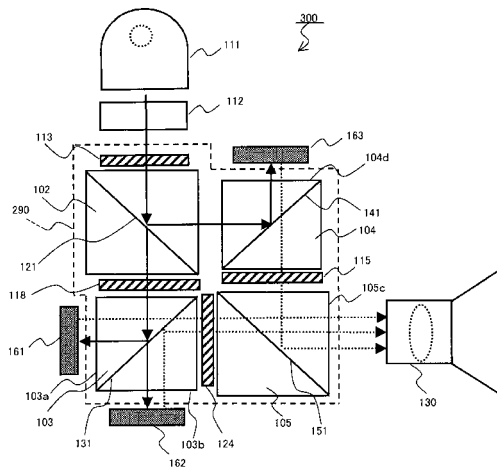
50

1 2 3 , 1 3 0 ... 投射レンズ

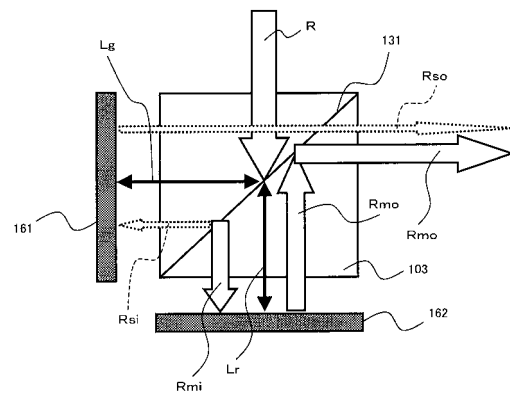
1 2 6 ... 色収差プレート

1 6 1 , 1 6 2 , 1 6 3 ... 反射型空間光変調素子

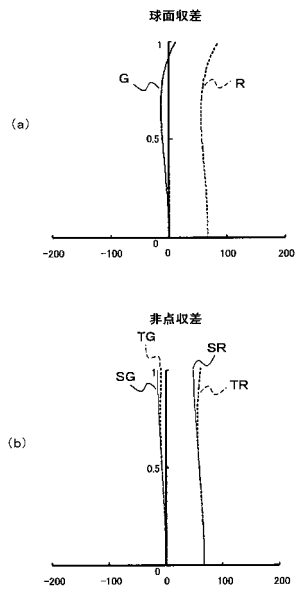
【図 1】



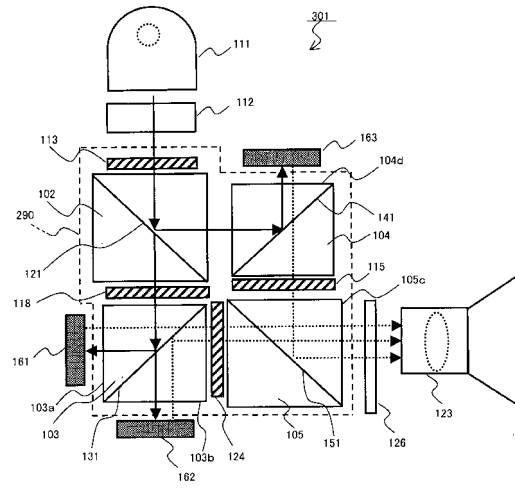
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-357708(JP,A)
特開2001-066695(JP,A)
特開平08-248309(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G03B 21/00
G02F 1/13