

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4158757号
(P4158757)

(45) 発行日 平成20年10月1日 (2008. 10. 1)

(24) 登録日 平成20年7月25日 (2008. 7. 25)

(51) Int. Cl.

F I

G O 3 B 21/00 (2006. 01)

G O 3 B 21/00 E

G O 2 F 1/13357 (2006. 01)

G O 2 F 1/13357

請求項の数 17 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2004-299285 (P2004-299285)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成16年10月13日 (2004. 10. 13)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2005-250440 (P2005-250440A)		東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
(43) 公開日	平成17年9月15日 (2005. 9. 15)	(74) 代理人	100107836
審査請求日	平成17年9月7日 (2005. 9. 7)		弁理士 西 和哉
(31) 優先権主張番号	特願2003-427208 (P2003-427208)	(74) 代理人	100064908
(32) 優先日	平成15年12月24日 (2003. 12. 24)		弁理士 志賀 正武
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100101465
(31) 優先権主張番号	特願2004-25409 (P2004-25409)		弁理士 青山 正和
(32) 優先日	平成16年2月2日 (2004. 2. 2)	(72) 発明者	伊藤 嘉高
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	吉田 昇平
			長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学表示装置及び投射型表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表示画像データに基づき光源からの光を変調して画像を表示する装置であって、
 前記光源からの光の光伝搬特性を制御する複数の第 1 光変調素子と、
 前記各第 1 光変調素子からの光を合成する光合成手段と、
 前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御する第 2 光変調素子と、
 前記第 1 光変調素子上に形成された光学像を前記第 2 光変調素子上に伝達する少なくとも
 も 1 つのリレー素子と、を備え、
 前記リレー素子を含むリレー光学系は、両側テレセントリック性を有することを特徴と
 する光学表示装置。

【請求項 2】

表示画像データに基づき光源からの光を変調して画像を表示する装置であって、
 前記光源からの光の光伝搬特性を制御する複数の第 1 光変調素子と、
 前記各第 1 光変調素子からの光を合成する光合成手段と、
 前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御する第 2 光変調素子と、
 前記第 1 光変調素子上に形成された光学像を前記第 2 光変調素子上に伝達する少なくと
 も 1 つのリレー素子と、を備え、
 前記第 1 光変調素子は、前記第 2 光変調素子の表示解像度よりも高い表示解像度を有す
 ることを特徴とする光学表示装置。

【請求項 3】

10

20

表示画像データに基づき光源からの光を変調して画像を表示する装置であって、
前記光源からの光の光伝搬特性を制御する複数の第1光変調素子と、
前記各第1光変調素子からの光を合成する光合成手段と、
前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御する第2光変調素子と、
前記第1光変調素子上に形成された光学像を前記第2光変調素子上に伝達する少なくとも
も1つのリレー素子と、を備え、

前記第1光変調素子における表示面の寸法を、前記第2光変調素子における表示面の寸
法よりも大きくしたことを特徴とする光学表示装置。

【請求項4】

表示画像データに基づき光源からの光を変調して画像を表示する装置であって、
前記光源からの光を、異なる複数の特定波長領域の光に分離する光分離手段と、
前記光分離手段からの分離光の光伝搬特性をそれぞれ制御する複数の第1光変調素子と

10

、
前記複数の第1光変調素子からの光を合成する光合成手段と、
前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御する第2光変調素子と、
前記第1光変調素子上に形成された光学像を前記第2光変調素子上に伝達する少なくと
も1つのリレー素子と、を備え、

前記リレー素子を含むリレー光学系は、両側テレセントリック性を有することを特徴と
する光学表示装置。

【請求項5】

20

表示画像データに基づき光源からの光を変調して画像を表示する装置であって、
前記光源からの光を、異なる複数の特定波長領域の光に分離する光分離手段と、
前記光分離手段からの分離光の光伝搬特性をそれぞれ制御する複数の第1光変調素子と

、
前記複数の第1光変調素子からの光を合成する光合成手段と、
前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御する第2光変調素子と、
前記第1光変調素子上に形成された光学像を前記第2光変調素子上に伝達する少なくと
も1つのリレー素子と、を備え、

前記第1光変調素子は、前記第2光変調素子の表示解像度よりも高い表示解像度を有す
ることを特徴とする光学表示装置。

30

【請求項6】

表示画像データに基づき光源からの光を変調して画像を表示する装置であって、
前記光源からの光を、異なる複数の特定波長領域の光に分離する光分離手段と、
前記光分離手段からの分離光の光伝搬特性をそれぞれ制御する複数の第1光変調素子と

、
前記複数の第1光変調素子からの光を合成する光合成手段と、
前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御する第2光変調素子と、
前記第1光変調素子上に形成された光学像を前記第2光変調素子上に伝達する少なくと
も1つのリレー素子と、を備え、

前記第1光変調素子における表示面の寸法を、前記第2光変調素子における表示面の寸
法よりも大きくしたことを特徴とする光学表示装置。

40

【請求項7】

前記光分離手段は、前記光源からの光を入射する入射面と、前記各分離光を射出する複
数の射出面とを有し、

前記光合成手段は、前記光分離手段の各射出面に対応する複数の入射面と、前記合成光
を射出する射出面とを有し、

前記光分離手段の射出面毎に、当該射出面から射出した分離光を前記光合成手段の対応
する入射面に伝達し、且つ、当該分離光の光路長が他の分離光の光路長と同一又はほぼ同
一となるように光伝達手段を設けるとともに、前記光分離手段の射出面及び当該射出面
に対応する前記光合成手段の入射面の各光路上に前記第1光変調素子を配置したことを特徴

50

とする請求項 4 乃至請求項 6 いずれか 1 項に記載の光学表示装置。

【請求項 8】

前記各第 1 光変調素子と前記光合成手段との間に第 1 集光レンズを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載の光学表示装置。

【請求項 9】

前記リレー素子と前記第 2 光変調素子との間に第 2 集光レンズを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の光学表示装置。

【請求項 10】

前記各特定波長領域の光に対応する前記第 1 光変調素子と前記第 2 光変調素子との間の距離を、各特定波長領域の光毎に異ならせたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の光学表示装置。

10

【請求項 11】

前記第 1 光変調素子以降の光路上に 1 つ以上の非球面レンズを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか 1 項に記載の光学表示装置。

【請求項 12】

前記第 1 光変調素子以降の光路上に 1 つ以上のアクロマートレンズを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載の光学表示装置。

【請求項 13】

前記第 2 光変調素子は、前記第 1 光変調素子の表示解像度よりも高い表示解像度を有することを特徴とする請求項 1、請求項 3、請求項 4 又は請求項 6 記載の光学表示装置。

20

【請求項 14】

前記第 1 光変調素子は、前記第 2 光変調素子の表示解像度よりも高い表示解像度を有することを特徴とする請求項 1、請求項 3、請求項 4 又は請求項 6 記載の光学表示装置。

【請求項 15】

前記第 1 光変調素子における表示面の寸法を、前記第 2 光変調素子における表示面の寸法よりも大きくしたことを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 4 又は請求項 5 記載の光学表示装置。

【請求項 16】

前記第 2 光変調素子における表示面の寸法を、前記第 1 光変調素子における表示面の寸法よりも大きくしたことを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 4 又は請求項 5 記載の光学表示装置。

30

【請求項 17】

請求項 1 乃至請求項 16 のいずれか 1 項に記載の光学表示装置と、当該光学表示装置からの出力光を投射する投射手段と、を備えることを特徴とする投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の光変調素子を介して光源からの光を変調して画像を表示する装置に係り、特に、輝度ダイナミックレンジおよび階調数の拡大を実現するのに好適な光学表示装置及び投射型表示装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、LCD (Liquid Crystal Display)、EL、プラズマディスプレイ、CRT (Cathode Ray Tube)、プロジェクタ等の光学表示装置における画質改善は目覚しく、解像度、色域については人間の視覚特性にほぼ匹敵する性能が実現されつつある。しかしながら、輝度ダイナミックレンジについてみると、その再現範囲は、たかだか $1 \sim 10^2$ [nit] 程度にとどまり、また、階調数は、8ビットが一般的である。一方、人間の視覚は、一度に知覚し得る輝度ダイナミックレンジが $10^{-2} \sim 10^4$ [nit] 程度であり、また、輝度弁別能力は、0.2 [nit] 程度で、これを階調数に換算すると、12ビット相当といわれている。このような視覚特性を通じて現在の光学表示装置の表示画像をみると、輝度

50

ダイナミックレンジの狭さが目立ち、加えてシャドウ部やハイライト部の階調が不足しているため表示画像のリアリティさや迫力に対して物足りなさを感じることになる。

【 0 0 0 3 】

また、映画やゲーム等で使用されるコンピュータグラフィックス（以下、C Gと略記する。）では、人間の視覚に近い輝度ダイナミックレンジや階調数を表示データ（以下、H D R（High Dynamic Range）表示データという。）に持たせて描写のリアリティを追求する動きが主流になりつつある。しかしながら、それを表示する光学表示装置の性能が不足しているため、C Gコンテンツが本来有する表現力を充分に発揮することができないという課題がある。

【 0 0 0 4 】

さらに、次期O S（Operating System）においては、16ビット色空間の採用が予定されており、現在の8ビット色空間と比較して輝度ダイナミックレンジや階調数が飛躍的に増大する。そのため、16ビット色空間を生かすことができる光学表示装置の実現が望まれる。

【 0 0 0 5 】

光学表示装置のなかでも、液晶プロジェクタ、D L P（Digital Light Processing、T I社の商標）プロジェクタといった投射型表示装置は、大画面表示が可能であり、表示画像のリアリティさや迫力を再現する上で効果的な装置である。この分野では、上記の課題を解決するために、次のような提案がなされている。

【 0 0 0 6 】

高ダイナミックレンジの投射型表示装置としては、例えば、特許文献1に開示されている技術があり、光源と、光の全波長領域の輝度を変調する第2光変調素子と、光の波長領域のうちR G B 3原色の各波長領域についてその波長領域の輝度を変調する第1光変調素子とを備え、光源からの光を第2光変調素子で変調して所望の輝度分布を形成し、その光学像を第1光変調素子の表示面に結像して色変調し、2次変調した光を投射するというものである。第2光変調素子および第1光変調素子の各画素は、H D R表示データから決定される第1制御値および第2制御値に基づいてそれぞれ別個に制御される。光変調素子としては、透過率が独立に制御可能な画素構造またはセグメント構造を有し、二次元的な透過率分布を制御し得る透過型変調素子が用いられる。その代表例としては、液晶ライトバルブが挙げられる。また、透過型変調素子の代わりに反射型変調素子を用いてもよく、その代表例としては、D M D（Digital Micromirror Device）素子が挙げられる。

【 0 0 0 7 】

いま、暗表示の透過率が0.2%、明表示の透過率が60%の光変調素子を使用する場合を考える。光変調素子単体では、輝度ダイナミックレンジは、 $60 / 0.2 = 300$ となる。上記従来の投射型表示装置は、輝度ダイナミックレンジが300の光変調素子を光学的に直列に配置することに相当するので、 $300 \times 300 = 90000$ の輝度ダイナミックレンジを実現することができる。また、階調数についてもこれと同等の考えが成り立ち、8ビット階調の光変調素子を光学的に直列に配置することにより、8ビットを超える階調数を得ることができる。

【特許文献1】特開2001-100689号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、特許文献1記載の発明においては、例えば、表示むらを低減するために第2光変調素子における分割数（解像度）の増大が必要となるが、第2光変調素子と第1光変調素子との間には多数の光学素子が配置されるため、所望の光強度分布を有する照明光を第1光変調素子上に正確に伝達することが困難であるという問題があった。

【 0 0 0 9 】

また、液晶ライトバルブやD M D素子等により構成される第1光変調素子及び第2光変調素子の配置において、両者間の距離が離れているため、第2光変調素子において輝度変

10

20

30

40

50

調された各画素に対応する変調光の収差が、第1光変調素子の対応する画素に到達する段階において前記距離の大きさに比例して大きくなってしまふ。このため、第2光変調素子の各画素を、例えば、前記距離による収差に応じて大きくすることにより収差分のズレを許容させる方法が考えられるが、この方法を用いると第1光変調素子の大型化が避けられないといった問題が生じる。一方、第1光変調素子及び第2光変調素子の間に、光学素子を介在させて上記収差を補正する方法も考えられるが、照明光学系の複雑化や高価な光学素子の使用が避けられないため装置の高コスト化が発生するといった問題が生じる。

【0010】

また、3原色の光に分離後の各分離光の照明光路の光学的な長さが、ある一色の分離光について他の二色の分離光とは異なるため、この光路長差による分離光間の輝度差が発生する。この輝度差は、分離光合成後の光学像において、色のにじみや、色のぼやけ等の原因となる。

【0011】

そこで、本発明は、このような従来の技術の有する未解決の課題に着目してなされたものであって、照明光の高精度な伝達と、輝度ダイナミックレンジの拡大と、表示画像の高画質化とを実現するのに好適で、且つ装置全体の小型化が可能な光学表示装置及び投射型表示装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0012】

〔発明1〕 上記目的を達成するために、発明1の光学表示装置は、表示画像データに基づき光源からの光を変調して画像を表示する装置であって、

前記光源からの光の光伝搬特性を制御する複数の第1光変調素子と、

前記各第1光変調素子からの光を合成する光合成手段と、

前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御する第2光変調素子と、

前記第1光変調素子上に形成された光学像を前記第2光変調素子上に伝達する少なくとも1つのリレー素子と、を備えることを特徴としている。

【0013】

このような構成であれば、複数の第1光変調素子によって前記光源からの光の光伝搬特性を制御することが可能であり、光合成手段によって前記各第1光変調素子からの光を合成することが可能であり、第2光変調素子によって前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御することが可能であり、少なくとも1つのリレー素子によって前記第1光変調素子上に形成された光学像を前記第2光変調素子上に伝達することが可能である。

【0014】

従って、第1光変調素子および第2光変調素子を介して光源からの光を変調するので、比較的高い輝度ダイナミックレンジおよび階調数を実現することができるという効果が得られる。

【0015】

また、第2光変調素子をリレー素子を介して光合成手段の後段に設けることになるので、両者の距離を短くすることができ、これにより合成光伝達時の光学収差の低減が可能となる。つまり、光合成手段からの合成光を第2光変調素子へと比較的高い精度で伝達することができるので、従来に比して前記合成光の第2光変調素子への結像精度を向上できるという効果が得られる。

【0016】

ここで、光伝搬特性とは、光の伝搬に影響を与える特性をいい、例えば、光の透過率、反射率、屈折率その他の伝搬特性が含まれる。以下、発明3の光学表示装置において同じである。

【0017】

また、光源は、光を発生する媒体であればどのようなものを利用することもでき、例えば、ランプのような光学系に内蔵の光源であってもよいし、太陽や室内灯のような外界の

10

20

30

40

50

光を利用したものであってもよい。以下、発明 3 の光学表示装置において同じである。

【0018】

また、光源は、例えば、光の 3 原色である RGB の各色毎に対応した 3 つの光源を用いても良いし、単体で白色光を射出するものなどどのようなものを用いても良い。但し、白色光の光源を用いた場合は、表示画像の色を表現するための光の 3 原色等を白色光から分離する光分離手段が必要となる。以下、発明 3 の光学表示装置において同じである。

【0019】

なお、リレー素子は、透過型の光学素子（レンズなど）、及び反射型の光学素子（ミラーなど）のいずれでもよい。

【0020】

〔発明 2〕 さらに、発明 2 の光学表示装置は、発明 1 の光学表示装置において、前記リレー素子を含むリレー光学系は、両側テレセントリック性を有することを特徴としている。

このような構成であれば、第 2 光変調素子の画素面上に結像される像の、明るさ、色味、コントラスト等の均一化が確実に図られ、画像表示品質が良好なものとなる。

また、上記構成により、第 2 光変調素子の光軸方向の配置位置に関する許容誤差範囲を比較的広く取ることが可能となり、設計や構成の簡素化、製造コストの低減化が図られる。

【0021】

〔発明 3〕 一方、上記目的を達成するために、発明 3 の光学表示装置は、表示画像データに基づき光源からの光を変調して画像を表示する装置であって、

前記光源からの光を、異なる複数の特定波長領域の光に分離する光分離手段と、

前記光分離手段からの分離光の光伝搬特性をそれぞれ制御する複数の第 1 光変調素子と、

前記複数の第 1 光変調素子からの光を合成する光合成手段と、

前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御する第 2 光変調素子と、

前記第 1 光変調素子上に形成された光学像を前記第 2 光変調素子上に伝達する少なくとも 1 つのリレー素子と、を備えることを特徴としている。

【0022】

このような構成であれば、光分離手段によって前記光源からの光を、その波長成分のうち複数の特定波長領域の光に分離することが可能であり、複数の第 1 光変調素子によって前記光分離手段からの前記複数の特定波長領域の光を、当該光の特定波長領域毎にその光伝搬特性を制御することが可能であり、光合成手段によって前記光伝搬特性の制御された前記複数の特定波長領域の光を合成することが可能であり、第 2 光変調素子によって前記光合成手段によって合成された合成光の光伝搬特性を制御することが可能であり、少なくとも 1 つのリレー素子によって前記第 1 光変調素子上に形成された光学像を前記第 2 光変調素子上に伝達することが可能である。

【0023】

従って、第 1 光変調素子および第 2 光変調素子を介して光源からの光を変調するので、比較的高い輝度ダイナミックレンジおよび階調数を実現することができるという効果が得られる。

【0024】

また、第 2 光変調素子をリレー素子を介して光合成手段の後段に設けることになるので、両者の距離を短くすることができ、これにより合成光伝達時の光学収差の低減が可能となる。つまり、光合成手段からの合成光を第 2 光変調素子へと比較的高い精度で伝達することができるので、従来に比して前記合成光の第 2 光変調素子への結像精度を向上できるという効果が得られる。

【0025】

なお、リレー素子は、透過型の光学素子（レンズなど）、及び反射型の光学素子（ミラーなど）のいずれでもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

〔 発明 4 〕 さらに、発明 4 の光学表示装置は、発明 3 の光学表示装置において、前記リレー素子を含むリレー光学系は、両側テレセントリック性を有することを特徴としている。

【 0 0 2 7 】

このような構成であれば、第 2 光変調素子の画素面上に結像される像の、明るさ、色味、コントラスト等の均一化が確実に図られ、画像表示品質が良好なものとなる。

また、上記構成により、第 2 光変調素子の光軸方向の配置位置に関する許容誤差範囲を比較的広く取ることが可能となり、設計や構成の簡素化、製造コストの低減化が図られる。

10

【 0 0 2 8 】

〔 発明 5 〕 さらに、発明 5 の光学表示装置は、発明 3 又は発明 4 の光学表示装置において、前記光分離手段は、前記光源からの光を入射する入射面と、前記各分離光を射出する複数の射出面とを有し、

前記光合成手段は、前記光分離手段の各射出面に対応する複数の入射面と、前記合成光を射出する射出面とを有し、

前記光分離手段の射出面毎に、当該射出面から射出した分離光を前記光合成手段の対応する入射面に伝達し、且つ、当該分離光の光路長が他の分離光の光路長と同一又はほぼ同一となるように光伝達手段を設けるとともに、前記光分離手段の射出面及び当該射出面に対応する前記光合成手段の入射面の各光路上に前記第 1 光変調素子を配置したことを特徴としている。

20

【 0 0 2 9 】

このような構成であれば、光伝達手段によって、前記光分離手段から射出された各分離光を、それぞれ前記各第 1 光変調素子を介して前記光合成手段の対応する各入射面に、前記各分離光の光路長が他の分離光の光路長と同一又はほぼ同一となるように伝達することが可能である。

【 0 0 3 0 】

従って、光分離手段から光合成手段までの複数の特定波長領域の光の光路長が同一又はほぼ同一となるので、複数の第 1 光変調素子から第 2 光変調素子に伝達される各特定波長領域の光の輝度差を色光間で低減でき、これにより伝達される光学像の色のにじみやばやけ等を低減して画質を向上できるという効果が得られる。

30

【 0 0 3 1 】

〔 発明 6 〕 さらに、発明 6 の光学表示装置は、発明 5 の光学表示装置において、前記光分離手段は、第 1 ～ 第 4 側面を含む多面体形状を有し且つその内部に特定の波長領域の光を反射、あるいは透過する膜が形成されたプリズムから成り、前記第 1 側面から入射した前記光源からの光を、異なる 3 つの特定波長領域の光に分離し、且つ、当該分離光を前記第 2 ～ 第 4 側面から射出するようになっており、

前記光合成手段は、第 1 ～ 第 4 側面を含む多面体形状を有し且つその内部に特定の波長領域の光を反射、あるいは透過する膜が形成されたプリズムから成り、前記第 2 ～ 第 4 側面から入射した光を合成して前記第 1 側面から射出するようになっており、

40

前記光分離手段の前記第 2 ～ 第 4 側面からそれぞれ射出される前記分離光を、前記光合成手段の前記第 2 ～ 第 4 側面に伝達し、且つ、前記 3 つの分離光の光路長がそれぞれ同一又はほぼ同一となるように前記光伝達手段を設けたことを特徴としている。

【 0 0 3 2 】

このような構成であれば、前記光伝達手段によって、前記光分離手段の前記第 2 ～ 第 4 側面からそれぞれ射出される前記分離光を、前記光合成手段の前記第 2 ～ 第 4 側面に伝達し、且つ、前記 3 つの分離光の光路長をそれぞれ同一又はほぼ同一とすることが可能である。

【 0 0 3 3 】

従って、光分離手段から光合成手段までの複数の特定波長領域の光の光路長が同一又は

50

ほぼ同一となるので、複数の第1光変調素子から第2光変調素子に伝達される各特定波長領域の光の輝度差を色光間で低減でき、これにより伝達される光学像の色のにじみやぼやけ等を低減して画質を向上できるという効果が得られる。

【0034】

〔発明7〕 さらに、発明7の光学表示装置は、発明5の光学表示装置において、前記光分離手段及び前記光合成手段は、ダイクロイックミラーを断面X字型に構成したクロスダイクロイックミラーにより構成されていることを特徴としている。

【0035】

このような構成であれば、前記光分離手段及び前記光合成手段は、ダイクロイックミラーにより構成されるので、前記光分離手段及び前記光合成手段を比較的安価に構成することができるといふ効果が得られる。

10

【0036】

〔発明8〕 さらに、発明8の光学表示装置は、発明6又は発明7の光学表示装置において、前記光分離手段及び前記光合成手段は、両者が一体化された構成となっていることを特徴としている。

【0037】

このような構成であれば、前記光分離手段及び前記光合成手段の製造工程において、その工程数を減らすことが可能となり、これにより前記光分離手段及び前記光合成手段を比較的安価に構成することができるといふ効果が得られる。

【0038】

20

〔発明9〕 さらに、発明9の光学表示装置は、発明1乃至発明8のいずれか1の光学表示装置において、前記各第1光変調素子と前記光合成手段との間に第1集光レンズを設けたことを特徴としている。

【0039】

このような構成であれば、第1集光レンズによって各特定波長領域の光毎に、リレー素子への入射効率を向上することが可能である。

【0040】

つまり、第1集光レンズは、入射した光を集光する機能を有したレンズである。

【0041】

〔発明10〕 さらに、発明10の光学表示装置は、発明9の光学表示装置において、前記第1集光レンズは、前記各特定波長領域の光毎にそれぞれ異なる特性のものを設けたことを特徴としている。

30

【0042】

このような構成であれば、各特定波長領域の光の性質に合わせて、各光のリレー素子への入射効率を高めるのに適切な特性を有する第1集光レンズをそれぞれ設けることにより、各特定波長領域の光の伝達精度を向上できるという効果が得られる。

【0043】

ここで、第1集光レンズの特性とは、レンズの形状、材質、曲率、屈折率等である。

【0044】

〔発明11〕 さらに、発明11の光学表示装置は、発明1乃至発明10のいずれか1の光学表示装置において、前記リレー素子と前記第2光変調素子との間に第2集光レンズを設けたことを特徴としている。

40

【0045】

このような構成であれば、第2集光レンズによって前記リレー素子からの合成光の第2光変調素子への入射角度分布を都合の良い角度分布に調整することが可能である。

【0046】

つまり、第2集光レンズは、入射した光の射出角度の分布を調整する機能を有したレンズである。

【0047】

〔発明12〕 さらに、発明12の光学表示装置は、発明1乃至発明11のいずれか1

50

の光学表示装置において、前記各特定波長領域の光に対応する前記第 1 光変調素子と前記第 2 光変調素子との間の距離を、各特定波長領域の光毎に異ならせたことを特徴としている。

【 0 0 4 8 】

このような構成であれば、前記第 1 光変調素子と前記第 2 光変調素子との間の距離をそれぞれの特定波長領域の光毎に調整することにより、例えば、焦点位置の調整を行うことができる。従って、簡易に倍率色収差等の光学収差の補正ができるという効果が得られる。

【 0 0 4 9 】

〔 発 明 1 3 〕 さらに、発明 1 3 の光学表示装置は、発明 1 乃至発明 1 2 のいずれか 1 の光学表示装置において、前記第 1 光変調素子以降の光路上に 1 つ以上の非球面レンズを設けたことを特徴としている。

10

【 0 0 5 0 】

このような構成であれば、非球面レンズにより各伝達光の焦点位置のズレを補正することができ、これにより光の結像精度を向上できるという効果が得られる。

【 0 0 5 1 】

〔 発 明 1 4 〕 さらに、発明 1 4 の光学表示装置は、発明 1 乃至発明 1 3 のいずれか 1 の光学表示装置において、前記第 1 光変調素子以降の光路上に 1 つ以上のアクロマートレンズを設けたことを特徴としている。

【 0 0 5 2 】

20

このような構成であれば、アクロマートレンズにより各伝達光の焦点位置のズレを補正することができ、これにより光の結像精度を向上できるという効果が得られる。

【 0 0 5 3 】

ここで、アクロマートレンズとは、屈折率と色分散の異なる 2 枚のレンズ（凸レンズと凹レンズ）を貼り合わせて、例えば、2 色（通常は赤と青）の焦点位置のずれを補正するものである。つまり、光には波長によって屈折率が異なる性質があるため、例えば一枚のレンズを透過した可視光は、波長の短い青い光は手前に、赤い光は奥に結像し（これを「軸上色収差」とよぶ）これによって像の色がにじんでしまう。つまり、このにじみを抑えるのにアクロマートレンズは好適である。勿論、前記第 1 光変調素子以降の光路上に設けられるレンズは 3 枚以上のレンズからなる組レンズであっても、アクロマートレンズや非球面レンズと同様の効果を得られる。

30

【 0 0 5 4 】

〔 発 明 1 5 〕 さらに、発明 1 5 の光学表示装置は、発明 1 乃至発明 1 4 のいずれか 1 の光学表示装置において、前記第 2 光変調素子は、前記第 1 光変調素子の表示解像度よりも高い表示解像度を有することを特徴としている。

【 0 0 5 5 】

このような構成であれば、第 1 光変調素子から第 2 光変調素子までの光伝達における M T F (Modulation Transfer Function) を高く設定する必要がなくなるので、第 1 光変調素子から第 2 光変調素子までの間に必要な光学素子の低コスト化ができるという効果が得られる。また、複数ある第 1 光変調素子が第 2 光変調素子よりも低解像度であるので、第 1 光変調素子を第 2 光変調素子よりも小型化することができるので、その分のコスト低減ができるという効果も得られる。

40

【 0 0 5 6 】

〔 発 明 1 6 〕 さらに、発明 1 6 の光学表示装置は、発明 1 乃至発明 1 4 のいずれか 1 の光学表示装置において、前記第 1 光変調素子は、前記第 2 光変調素子の表示解像度よりも高い表示解像度を有することを特徴としている。

【 0 0 5 7 】

このような構成であれば、各光変調素子に対応する表示画像データの作成において、第 2 光変調素子よりも表示解像度の高い第 1 光変調素子の表示解像度に合わせて用意される表示画像データを、第 2 変調素子の表示解像度に合わせて 1 回だけ画像処理を行うだけで

50

済むため、表示画像データの生成が容易となるという効果が得られる。つまり、第1光変調素子よりも第2光変調素子の方が表示解像度が高い場合は、複数ある第1光変調素子用に複数回の画像処理が必要となる。また、本発明をプロジェクタ等の投射型表示装置に適用した場合に、第1光変調素子より第2光変調素子の方が表示解像度が低いのでその寸法を第1光変調素子より小さくすることができ、これに合わせて投射レンズ等の投射手段を小型化できるので、コストの低減ができるという効果も得られる。

【0058】

〔発明17〕 さらに、発明17の光学表示装置は、発明1乃至発明16のいずれか1の光学表示装置において、前記第1光変調素子における表示面（画像表示領域）の寸法を、前記第2光変調素子における表示面（画像表示領域）の寸法よりも大きくしたことを特徴としている。

10

【0059】

このような構成であれば、例えば、第1光変調素子及び第2光変調素子に液晶ライトバルブを適用した場合に、液晶ライトバルブにおける複数の画素から構成される表示面の寸法の大小関係が、「第1光変調素子の表示面>第2光変調素子の表示面」となり、第1光変調素子よりも第2光変調素子を小型に構成することができる。従って、第2光変調素子の小型化に合わせて投射レンズ等の投射手段も小型化できるので、コストの低減ができるという効果が得られる。また、第1光変調素子及び第2光変調素子の上記した表示面の寸法関係による構成は、第1光変調素子及び第2光変調素子の解像度を、「第2光変調素子の解像度<第1光変調素子の解像度」の関係としたときに好適である。

20

【0060】

ここで、表示面（画像表示領域）とは、光変調素子として用いる素子によって異なり、液晶ライトバルブであれば、上記した表示面となり、DMD素子であれば、複数のマイクロミラーから構成される反射面となる。なお、上記表示面は、画素自体の寸法や数により全体の寸法が変わり、上記反射面はマイクロミラーの寸法や数により寸法が変わる。以下、発明18の光学表示装置において同じである。

【0061】

〔発明18〕 さらに、発明18の光学表示装置は、発明1乃至発明16のいずれか1の光学表示装置において、前記第2光変調素子における表示面（画像表示領域）の寸法を、前記第1光変調素子における表示面（画像表示領域）の寸法よりも大きくしたことを特徴としている。

30

【0062】

このような構成であれば、例えば、第1光変調素子及び第2光変調素子に液晶ライトバルブを適用した場合に、液晶ライトバルブにおける複数の画素から構成される表示面の寸法の大小関係が、「第2光変調素子の表示面>第1光変調素子の表示面」となり、第2光変調素子よりも第1光変調素子を小型に構成することができる。従って、例えば、RGBの3原色の色光の伝搬特性を制御するときに3つ必要となる第1光変調素子を小型化することが可能となるので、この分のコスト低減が可能となる。また、第1光変調素子及び第2光変調素子の上記寸法関係は、「第1光変調素子の解像度<第2光変調素子の解像度」の関係のときに好適である。

40

【0063】

〔発明19〕 一方、上記目的を達成するために発明19の投射型表示装置は、発明1乃至発明18のいずれか1に記載の光学表示装置と、当該光学表示装置からの出力光を投射する投射手段と、を備えることを特徴としている。

【0064】

このような構成であれば、上記発明1乃至発明18のいずれか1に記載の光学表示装置により結像された高精度な光学像をスクリーン等に投射して画像を表示することができるという効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0065】

50

以下、本発明の実施の形態を図面に基づき説明する。

〔第１の実施形態〕

図１～図１２は、本発明に係る光学表示装置及び投射型表示装置の第１の実施形態を示す図である。

【００６６】

まず、本発明の第１の実施形態に係る投射型表示装置１の構成を図１～図３に基づき説明する。図１は、本発明に係る投射型表示装置１の主たる光学構成を示す図であり、図２はダイクロイックプリズム８０の構成を示す図であり、図３は、光学像を等倍で伝達するリレー光学系の一例を示す図である。

【００６７】

投射型表示装置１は、図１に示すように、光源１０と、インテグレータ２０と、ダイクロイックミラー３０、３５と、反射ミラー３６と、リレー光学系４０と、平行化レンズ５０Ｂ、５０Ｇ、５０Ｒと、液晶ライトバルブ６０Ｂ、６０Ｇ、６０Ｒと、入射側レンズ７０Ｂ、７０Ｇ、７０Ｒと、光合成用クロスダイクロイックプリズム８０と、リレーレンズ９０と、射出側レンズ９５と、液晶ライトバルブ１００と、投射レンズ１１０と、を含んだ構成となっている。

【００６８】

光源１０は、超高圧水銀ランプやキセノンランプ等から成る光源ランプ１１と、光源からの光を集光するリフレクタ１２と、から構成されている。

【００６９】

インテグレータ２０は、フライアイレンズ等から成る第１レンズアレイ２１及び第２レンズアレイ２２から構成されており、光源１０の輝度むらを分散し、照射面で様な照度分布を得るためのものである。

【００７０】

ダイクロイックミラー３０は、ガラス板等に青色光及び緑色光を反射し、赤色光を透過する性質のダイクロイック膜を形成したもので、光源１０からの白色光に対して、当該白色光に含まれる青色光及び緑色光を反射し、赤色光を透過する。

【００７１】

ダイクロイックミラー３５は、ガラス板等に緑色光を反射し、青色光を透過する性質のダイクロイック膜を形成したもので、ダイクロイックミラー３０を透過した緑色光及び青色光のうち、緑色光を反射して平行化レンズ５０Ｇに伝達し、青色光を透過してリレー光学系４０に伝達する。

【００７２】

反射ミラー３６は、ダイクロイックミラー３０を透過した赤色光を反射して平行化レンズ５０Ｒに伝達する。

【００７３】

リレー光学系４０は、入射側レンズ４１と、リレーレンズ４２と、反射ミラー４５、４６と、から構成されている。

【００７４】

リレーレンズ４２は入射側レンズ４１近傍の光（光強度分布）を平行化レンズ５０Ｂ近傍に伝達するもので、入射側レンズ４１はリレーレンズ４２に光を効率よく入射させる機能を有する。このリレー光学系４０によって入射側レンズ４１に入射した青色光はその強度分布をほぼ保存された状態で、かつ光損失を殆ど伴うことなく空間的に離れた液晶ライトバルブ６０Ｂに伝達される。

【００７５】

平行化レンズ５０Ｂは、反射ミラー４６によって伝達された青色光を略平行化して液晶ライトバルブ６０Ｂに向けて射出する。

【００７６】

平行化レンズ５０Ｇは、ダイクロイックミラー３５によって伝達された緑色光を略平行化して液晶ライトバルブ６０Ｇに向けて射出する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

平行化レンズ 5 0 R は、反射ミラー 3 6 によって伝達された赤色光を略平行化して液晶ライトバルブ 6 0 R に向けて射出する。

【 0 0 7 8 】

上記 3 つの平行化レンズ 5 0 B , 5 0 G , 5 0 R は対応する液晶ライトバルブ 5 0 B , 5 0 G , 5 0 R に入射する各色光を略平行化して入射光の角度分布を狭め、液晶ライトバルブ 5 0 B , 5 0 G , 5 0 R の表示特性を向上させる機能を有している。

【 0 0 7 9 】

液晶ライトバルブ 6 0 B は、透過率を独立に制御可能な複数の画素をマトリクス状に配列した構成を有したもので、平行化レンズ 5 0 B によって略平行化されて入射された青色光を表示画像データに基づいて光変調し、光学像を内包した変調光を射出する。

10

【 0 0 8 0 】

液晶ライトバルブ 6 0 G は、透過率を独立に制御可能な複数の画素をマトリクス状に配列した構成を有したもので、平行化レンズ 5 0 G によって略平行化されて入射された緑色光を表示画像データに基づいて光変調し、光学像を内包した変調光を射出する。

【 0 0 8 1 】

液晶ライトバルブ 6 0 R は、透過率を独立に制御可能な複数の画素をマトリクス状に配列した構成を有したもので、平行化レンズ 5 0 R によって略平行化されて入射された赤色光を表示画像データに基づいて光変調し、光学像を内包した変調光を射出する。

【 0 0 8 2 】

入射側レンズ 7 0 B , 7 0 G , 7 0 R は、対応する各液晶ライトバルブ 6 0 B , 6 0 G , 6 0 R によって変調された各色の変調光をリレーレンズ 9 0 に効率よく入射させる機能を有するもので、各々の変調光を集光し光合成用クロスダイクロイックプリズム 8 0 を経てリレーレンズ 9 0 に入射させる。

20

【 0 0 8 3 】

光合成用クロスダイクロイックプリズム 8 0 は、図 2 に示すように、三角柱形状の 4 つのプリズムを接合して成る 6 面体形状を有しており、内部に青光反射ダイクロイック膜 8 1 と赤光反射ダイクロイック膜 8 2 が断面 X 字状に配置されている。入射した青色光及び赤色光に対応するダイクロイック膜でリレーレンズ 9 0 側に反射し、一方、入射した緑色光をリレーレンズ 9 0 側にそのまま透過することにより、R G B の 3 原色の光を合成してリレーレンズ 9 0 側に射出する。ここで、光学収差を低減するために、光伝達過程内に配置する光合成用クロスダイクロイックプリズム 8 0 を分散性の少ない光学材料（例えば、ゼロ分散あるいは低分散ガラス等）で形成するのが好ましい。

30

【 0 0 8 4 】

リレーレンズ 9 0 は、3ヶ所の液晶ライトバルブ 6 0 B , 6 0 G , 6 0 R の表示面上に形成された 3 つの光学像（光強度分布）を途中の光合成用クロスダイクロイックプリズム 8 0 で合成しながら射出側レンズ 9 5 を経て、後述する液晶ライトバルブ 1 0 0 の表示面上にその強度分布をほぼ保存した状態で、かつ光損失を殆ど伴うことなく正確に伝達する機能を有するもので、光合成用クロスダイクロイックプリズム 8 0 からの合成光を射出側レンズ 9 5 に向けて射出する。

40

【 0 0 8 5 】

射出側レンズ 9 5 は、リレーレンズ 9 0 によって導かれた合成光を略平行化して液晶ライトバルブ 1 0 0 に向けて射出する。射出側レンズ 9 5 の後段に配置された液晶ライトバルブ 1 0 0 や投射レンズ 1 1 0 がその表示特性に光の入射角依存性を有するため、それらの光学素子に対して入射する光の角度分布の広がりを抑えて、表示性能や光利用効率を向上させる目的で射出側レンズ 9 5 は配置される。したがって、射出側レンズ 9 5 以降の光学素子によっては、射出側レンズ 9 5 を省いても良い。

【 0 0 8 6 】

液晶ライトバルブ 1 0 0 は、透過率を独立に制御可能な複数の画素をマトリクス状に配列した構成を有したもので、射出側レンズ 9 5 からの全波長領域に及ぶ合成光を表示画像

50

データに基づいて光変調し、最終的な光学像を内包した変調光を射出する。

【0087】

投射レンズ110は、液晶ライトバルブ100の表示面上に形成された光学像を図示しないスクリーン上に投射してカラー画像を表示する。

【0088】

ここで、液晶ライトバルブ60B, 60G, 60R, 100は、画素電極およびこれを駆動するための薄膜トランジスタ素子や薄膜ダイオード等のスイッチング素子がマトリクス状に形成されたガラス基板と、全面にわたって共通電極が形成されたガラス基板と、それらの間に挟持されたTN型液晶を有し、外面の両側に偏光板を配置したアクティブマトリックス型の液晶表示素子である。制御値（印加電圧）に応じて透過率を変え、液晶ライトバルブを通過する光の強度を変調することができる。例えば、電圧非印加状態で白/明（透過）状態、電圧印加状態で黒/暗（非透過）状態となり、与えられた制御値（印加電圧）に応じてその間の階調がアナログ的に制御される。液晶ライトバルブ60B, 60G, 60R及び液晶ライトバルブ100は何れも透過光の強度を変調し、その変調度合いに応じた光学像を内包する点では同じであるが、後者の液晶ライトバルブ100は全波長域の光（白色光）を変調するのに対して、前者の液晶ライトバルブ60B, 60G, 60Rは光分離手段であるダイクロイックミラー30, 35で分光された特定波長領域の光（R, G, Bなどの色光）を変調する点で両者は異なっている。したがって、以下では液晶ライトバルブ60B, 60G, 60Rで行われる光強度変調を色変調、液晶ライトバルブ100で行われる光強度変調を輝度変調と便宜的に呼称して区別する。また、同様の観点から、液晶ライトバルブ60B, 60G, 60Rを色変調ライトバルブ、液晶ライトバルブ100を輝度変調ライトバルブと呼称して区別する場合がある。そして、色変調ライトバルブ及び輝度変調ライトバルブに入力する制御データの内容については後ほど詳述する。なお、本実施形態では、色変調ライトバルブは輝度変調ライトバルブよりも高い解像度を有し、よって、色変調ライトバルブが表示解像度（投射型表示装置1の表示画像を観測者が見たときに観測者が知覚する解像度をいう。）を決定する場合を想定している。勿論、表示解像度の関係はこれに限定されず、輝度変調ライトバルブが表示解像度を決定する構成も可能である。

【0089】

次に、投射型表示装置1の全体的な光伝達の流れを説明する。光源10からの白色光はダイクロイックミラー30, 35により赤色（R）、緑色（G）および青色（B）の3原色光に分光されるとともに、平行化レンズ50R, 50G、リレー光学系40、平行化レンズ50Bを介して、液晶ライトバルブ60B, 60G、60R（色変調ライトバルブ）に入射される。液晶ライトバルブ60B, 60G, 60Rに入射した各々の色光はそれぞれの波長領域に応じた外部データに基づいて色変調され、光学像を内包した変調光として射出される。液晶ライトバルブ60B, 60G、60Rからの各変調光は、それぞれ入射側レンズ70B, 70G, 70Rを介してダイクロイックプリズム80に入射し、そこで一つの光に合成され、リレーレンズ90及び射出側レンズ95を介してライトバルブ100に入射される。液晶ライトバルブ100に入射した合成光は全波長域に応じた外部データに基づいて輝度変調され、最終的な光学像を内包した変調光として投射部110へ射出される。そして、投射部110において、液晶ライトバルブ100からの最終的な合成光を図示しないスクリーン上に投射し所望の画像を表示する。

【0090】

投射型表示装置1では、第1光変調素子である液晶ライトバルブ60B, 60G、60Rで光学像（画像）を形成した変調光を用いて、最終的な表示画像を第2光変調素子である液晶ライトバルブ100で形成する形態を採用しており、この2段階の画像形成過程によって階調表現性に優れた（高い輝度ダイナミックレンジを有する）表示画像の形成を実現している。したがって、液晶ライトバルブ60B, 60G、60Rで形成した光学像（画像）を液晶ライトバルブ100上に正確且つ高い効率で伝達する必要がある。そのためには、入射側レンズ70B, 70G, 70R、リレーレンズ90及び射出側レンズ95を

含んで構成される光伝達系に、アクロマートレンズや非球面レンズを追加したり、或いは、入射側レンズ 70B, 70G, 70R、リレーレンズ 90 及び射出側レンズ 95 として、アクロマートレンズや非球面レンズを適用することが効果的である。さらには、入射側レンズ 70B, 70G, 70R の材質やレンズ曲率などの光学特性などを個別に最適化しても良い。この様な構成を採用することにより、光学像（画像）伝達過程における光学収差の発生を抑制でき、正確且つ高い効率での光学像（光強度分布）伝達を実現することができる。

【0091】

なお、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R 及び液晶ライトバルブ 100 の解像度及び寸法を互いに同一とした場合には、入射側レンズ 70B, 70G, 70R、リレーレンズ 90 及び射出側レンズ 95 によって構成されるリレー光学系を、等倍のリレー光学系にすれば良い。等倍のリレー光学系とした場合に、図 3 に示すように、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R 上に形成された光学像は、反転しつつも大きさを変えずに（等倍倒立像として）正確に液晶ライトバルブ 100 に伝達される。なお、上記リレー光学系は、両側テレセントリック性を有するのが好ましい。

【0092】

ここで、図 4 は、両側テレセントリック性を有するリレー光学系の構成例を示す図である。

リレー光学系は、図 4 に示すように、開口絞りに対してほぼ対称に配置された前段レンズ群および後段レンズ群からなる等倍結像レンズ系である。前段レンズ群および後段レンズ群は、複数の凸レンズと、1 枚の凹レンズとで構成されている。ただし、レンズの形状、大きさ、配置間隔および枚数、テレセントリック性、倍率その他のレンズ特性は、要求される特性によって適宜変更され得るものであり、図 4 の例に限定されるものではない。

【0093】

図 5 は、図 4 のリレー光学系の動作原理を示す図である。

リレー光学系は、図 5 に示すように、典型的には等倍結像のものが用いられるので、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R および液晶ライトバルブ 100 の画素密度を同一としても、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R の画素と液晶ライトバルブ 100 の画素を 1 対 1 に対応させることができる。また、リレー光学系は、多数枚のレンズから構成されるので、収差補正が良く、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R で形成される輝度分布を正確に液晶ライトバルブ 100 に伝達することができる。

【0094】

図 6 及び図 7 は、テレセントリック性の説明図であり、図 6 (a)、図 7 (a) は両側テレセントリック性を有するリレー光学系を示し、図 6 (b)、図 7 (b) は一般的なリレー光学系を示している。

【0095】

テレセントリック光学系とは、図 6 (a) に示すように、太い実線で示す主光線が物体側（前段ライトバルブ側）空間もしくは像側（後段ライトバルブ側）空間において光軸に対して平行な光学系であり、物体側（前段ライトバルブ側）及び像側（後段ライトバルブ側）のいずれの側にもテレセントリックなものを両側テレセントリック光学系という。両側テレセントリック性を有するリレー光学系では、前段ライトバルブ（本例では液晶ライトバルブ）から出射する主光線は前段ライトバルブのいずれの部位からもほぼ垂直に出射し、後段ライトバルブ（本例では液晶ライトバルブ）にほぼ垂直に入射する。したがって、前段ライトバルブの光軸から遠い位置（A）から出射する光束の出射角度分布と、光軸から近い位置（B）から出射する光束の出射角度分布とを比較した場合、それらはほぼ等しい。

【0096】

一方、図 6 (b) に示すように、一般的なリレー光学系では、太い実線で示す主光線は、前段ライトバルブの出射位置によって出射角度が異なり、後段ライトバルブへの入射角も入射位置によって異なる。したがって、前段ライトバルブの光軸から遠い位置（A）か

10

20

30

40

50

ら出射する光束の出射角度分布と、光軸から近い位置（Ｂ）から出射する光束の出射角度分布とを比較した場合、それらはかなり異なる。

【００９７】

ところで、一般に、液晶ライトバルブは視角依存性を有する。すなわち、液晶ライトバルブから出射する光線の角度によって、コントラスト特性、明るさの特性、分光特性等が異なる。したがって、図６（ｂ）に示す一般的なリレー光学系では、前段ライトバルブ（液晶ライトバルブ）の領域ごとに出射光束の出射角度成分が異なり、その結果、後段ライトバルブ（液晶ライトバルブ）の画面内で、表示画像の明るさ、色味、コントラストに分布（不均一性）が生じ、プロジェクタの画像表示品質の低下を招く可能性がある。

【００９８】

これに対して、図６（ａ）に示す両側テレセントリック性を有するリレー光学系では、前段ライトバルブ（液晶ライトバルブ）のどの領域の出射光束もほぼ同じ出射角度分布であるため、後段ライトバルブ（液晶ライトバルブ）の画面内における表示画像の明るさ、色味、コントラストが略均一であり、プロジェクタの画像表示品質が良好である。

【００９９】

さらに、図７（ａ）に示すように、両側テレセントリック性を有するリレー光学系では、後段ライトバルブの光軸方向の配置位置に誤差が生じてても（図７（ａ）に示す、ＰＳ１　ＰＳ２）、主光線が光軸に対して平行なので、前段ライトバルブの像は多少ボケが生じるものの大きさはほとんど変わらない（図７（ａ）に示す、ＡＬ１　ＡＬ２）。すなわち、後段ライトバルブの配置誤差が多少あっても、プロジェクタとしての画像表示品質はあまり低下しないので、製造マージンが大きい。

【０１００】

一方、図７（ｂ）に示すように、一般的なリレー光学系では、後段ライトバルブに上記と同等の配置誤差があった場合（図７（ｂ）に示す、ＰＳ１　ＰＳ２）、主光線が光軸に対して非平行なので、前段ライトバルブの像にボケと同時に大きさの変化が生じ（図７（ｂ）に示す、ＡＬ１＜ＡＬ２）、結果として画像表示品質が大きく低下する可能性がある。

【０１０１】

次に、表示制御装置２００の構成を図８～図１２に基づき詳細に説明する。

【０１０２】

図８は、表示制御装置２００のハードウェア構成を示すブロック図である。

【０１０３】

表示制御装置２００は、図８に示すように、制御プログラムに基づいて演算およびシステム全体を制御するＣＰＵ１７０と、所定領域にあらかじめＣＰＵ１７０の制御プログラム等を格納しているＲＯＭ１７２と、ＲＯＭ１７２等から読み出したデータやＣＰＵ１７０の演算過程で必要な演算結果を格納するためのＲＡＭ１７４と、外部装置に対してデータの入出力を媒介するＩ／Ｆ１７８とで構成されており、これらは、データを転送するための信号線であるバス１７９で相互にかつデータ授受可能に接続されている。

【０１０４】

Ｉ／Ｆ１７８には、外部装置として、輝度変調ライトバルブ（液晶ライトバルブ１００）および色変調ライトバルブ（液晶ライトバルブ６０Ｂ、６０Ｇ、６０Ｒ）を駆動するライトバルブ駆動装置１８０と、データやテーブル等をファイルとして格納する記憶装置１８２と、外部のネットワーク１９９に接続するための信号線とが接続されている。

【０１０５】

記憶装置１８２は、輝度変調ライトバルブおよび色変調ライトバルブを駆動するためのＨＤＲ表示データを記憶している。

【０１０６】

ＨＤＲ表示データは、従来のｓＲＧＢ等の画像フォーマットでは実現できない高い輝度ダイナミックレンジを実現することができる画像データであり、画素の輝度レベルを示す画素値を画像の全画素について格納している。本実施形態では、ＨＤＲ表示データとして

10

20

30

40

50

、１つの画素についてＲＧＢ３原色ごとに輝度レベルを示す画素値を浮動小数点値として格納した形式を用いる。例えば、１つの画素の画素値として（１．２，５．４，２．３）という値が格納されている。

【０１０７】

ここで、ＨＤＲ表示データにおける画素ｐの輝度レベルを R_p 、第２光変調素子の画素ｐに対応する画素の透過率を T_1 、第１光変調素子の画素ｐに対応する画素の透過率を T_2 とすると、下式（１），（２）が成立する。

$$R_p = T_p \times R_s \quad \dots (1)$$

$$T_p = T_1 \times T_2 \times G \quad \dots (2)$$

10

ただし、上式（１），（２）において、 R_s は光源の輝度、 G はゲインであり、いずれも定数である。また、 T_p は、光変調率である。

【０１０８】

なお、ＨＤＲ表示データの生成方法の詳細については、例えば、公知文献１「P.E.Debvec, J.Malik, "Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs", Proceedings of ACM SIGGRAPH97, pp.367-378 (1997)」に掲載されている。

【０１０９】

また、記憶装置１８２は、輝度変調ライトバルブの制御値を登録した制御値登録テーブル４００を記憶している。

20

【０１１０】

図９は、制御値登録テーブル４００のデータ構造を示す図である。

【０１１１】

制御値登録テーブル４００には、図９に示すように、輝度変調ライトバルブの各制御値ごとに１つのレコードが登録されている。各レコードは、輝度変調ライトバルブの制御値を登録したフィールドと、輝度変調ライトバルブの透過率を登録したフィールドとを含んで構成されている。

【０１１２】

図９の例では、第１段目のレコードには、制御値として「０」が、透過率として「０．００３」がそれぞれ登録されている。これは、輝度変調ライトバルブに対して制御値「０」を出力すると、輝度変調ライトバルブの透過率が０．３％となることを示している。なお、図９は、輝度変調ライトバルブの階調数が４ビット（０～１５値）である場合の例を示したが、実際には、輝度変調ライトバルブの階調数に相当するレコードが登録される。例えば、階調数が８ビットである場合は、２５６個のレコードが登録される。

30

【０１１３】

また、記憶装置１８２は、各色変調ライトバルブごとに、その色変調ライトバルブの制御値を登録した制御値登録テーブルを記憶している。

【０１１４】

図９は、液晶ライトバルブ６０Ｒの制御値を登録した制御値登録テーブル４２０Ｒのデータ構造を示す図である。

40

【０１１５】

制御値登録テーブル４２０Ｒには、図１０に示すように、液晶ライトバルブ６０Ｒの各制御値ごとに１つのレコードが登録されている。各レコードは、液晶ライトバルブ６０Ｒの制御値を登録したフィールドと、液晶ライトバルブ６０Ｒの透過率を登録したフィールドとを含んで構成されている。

【０１１６】

図１０の例では、第１段目のレコードには、制御値として「０」が、透過率として「０．００４」がそれぞれ登録されている。これは、液晶ライトバルブ６０Ｒに対して制御値「０」を出力すると、液晶ライトバルブ６０Ｒの透過率が０．４％となることを示している。なお、図１０は、色変調ライトバルブの階調数が４ビット（０～１５値）である場合

50

の例を示したが、実際には、色変調ライトバルブの階調数に相当するレコードが登録される。例えば、階調数が8ビットである場合は、256個のレコードが登録される。

【0117】

また、液晶ライトバルブ60B、60Gに対応する制御値登録テーブルのデータ構造については特に図示しないが、制御値登録テーブル420Rと同様のデータ構造を有している。ただし、同一の制御値に対して異なる透過率が登録されている点が制御値登録テーブル420Rと異なる。

【0118】

次に、CPU170の構成およびCPU170で実行される処理を説明する。

【0119】

CPU170は、マイクロプロセッシングユニット(MPU)等からなり、ROM172の所定領域に格納されている所定のプログラムを起動させ、そのプログラムに従って、図11のフローチャートに示す表示制御処理を実行するようになっている。

【0120】

図11は、表示制御処理を示すフローチャートである。

【0121】

表示制御処理は、HDR表示データに基づいて輝度変調ライトバルブおよび色変調ライトバルブの制御値をそれぞれ決定し、決定した制御値に基づいて輝度変調ライトバルブおよび色変調ライトバルブを駆動する処理であって、CPU170において実行されると、図11に示すように、まず、ステップS100に移行するようになっている。

【0122】

ステップS100では、HDR表示データを記憶装置182から読み出す。

【0123】

次いで、ステップS102に移行して、読み出したHDR表示データを解析し、画素値のヒストグラムや、輝度レベルの最大値、最小値および平均値等を算出する。この解析結果は、暗めのシーンを明るくしたり、明るすぎるシーンを暗くしたり、中間部コントラストを協調するなどの自動画像補正に使用したり、トーンマッピングに使用したりするためである。

【0124】

次いで、ステップS104に移行して、ステップS102の解析結果に基づいて、HDR表示データの輝度レベルを投射型表示装置1の輝度ダイナミックレンジにトーンマッピングする。

【0125】

図12は、トーンマッピング処理を説明するための図である。

【0126】

HDR表示データを解析した結果、HDR表示データに含まれる輝度レベルの最小値が S_{min} で、最大値が S_{max} であるとする。また、投射型表示装置1の輝度ダイナミックレンジの最小値が D_{min} で、最大値が D_{max} であるとする。図12の例では、 S_{min} が D_{min} よりも小さく、 S_{max} が D_{max} よりも大きいので、このままでは、HDR表示データを適切に表示することができない。そこで、 $S_{min} \sim S_{max}$ のヒストグラムが $D_{min} \sim D_{max}$ のレンジに収まるように正規化する。

【0127】

なお、トーンマッピングの詳細については、例えば、公知文献2「F.Drago, K.Myszkowski, T.Annen, N.Chiba, "Adaptive Logarithmic Mapping For Displaying High Contrast Scenes", Eurographics 2003, (2003)」に掲載されている。

【0128】

次いで、ステップS106に移行して、色変調ライトバルブの解像度に合わせてHDR画像をリサイズ(拡大または縮小)する。このとき、HDR画像のアスペクト比を保持したままHDR画像をリサイズする。リサイズ方法としては、例えば、平均値法、中間値法、ニアレストネイバー法(最近傍法)が挙げられる。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 9 】

次いで、ステップ S 1 0 8 に移行して、リサイズ画像の画素の輝度レベル R_p および光源 1 0 の輝度 R_s に基づいて、上式 (1) により、リサイズ画像の各画素ごとに光変調率 T_p を算出する。

【 0 1 3 0 】

次いで、ステップ S 1 1 0 に移行して、色変調ライトバルブの各画素の透過率 T_2 として初期値 (例えば、0 . 2) を与え、色変調ライトバルブの各画素の透過率 T_2 を仮決定する。

【 0 1 3 1 】

次いで、ステップ S 1 1 2 に移行して、算出した光変調率 T_p 、仮決定した透過率 T_2 およびゲイン G に基づいて、上式 (2) により、色変調ライトバルブの画素単位で輝度変調ライトバルブの透過率 T_1' を算出する。ここで、色変調ライトバルブが 3 枚の液晶ライトバルブ 6 0 B , 6 0 G , 6 0 R から構成されていることから、同一の画素について RGB 3 原色ごとに透過率 T_1' が算出される。これに対し、輝度変調ライトバルブが 1 枚の液晶ライトバルブ 1 0 0 から構成されていることから、それらの平均値等をその画素の T_1' として算出する。

【 0 1 3 2 】

次いで、ステップ S 1 1 4 に移行して、輝度変調ライトバルブの画素ごとに、その画素と光路上で重なり合う色変調ライトバルブの画素について算出した透過率 T_1' の重み付け平均値をその画素の透過率 T_1 として算出する。重み付けは、重なり合う画素の面積比により行う。

【 0 1 3 3 】

次いで、ステップ S 1 1 6 に移行して、輝度変調ライトバルブの画素ごとに、その画素について算出した透過率 T_1 に対応する制御値を制御値登録テーブル 4 0 0 から読み出し、読み出した制御値をその画素の制御値として決定する。制御値の読出では、算出した透過率 T_1 に最も近似する透過率を制御値登録テーブル 4 0 0 の中から検索し、検索により索出した透過率に対応する制御値を読み出す。この検索は、例えば、2 分探索法を用いて行うことにより高速な検索を実現する。

【 0 1 3 4 】

次いで、ステップ S 1 1 8 に移行して、色変調ライトバルブの画素ごとに、その画素と光路上で重なり合う輝度変調ライトバルブの画素について決定した透過率 T_1 の重み付け平均値を算出し、算出した平均値、ステップ S 1 0 8 で算出した光変調率 T_p およびゲイン G に基づいて、上式 (2) により、その画素の透過率 T_2 を算出する。重み付けは、重なり合う画素の面積比により行う。

【 0 1 3 5 】

次いで、ステップ S 1 2 0 に移行して、色変調ライトバルブの画素ごとに、その画素について算出した透過率 T_2 に対応する制御値を制御値登録テーブルから読み出し、読み出した制御値をその画素の制御値として決定する。制御値の読出では、算出した透過率 T_2 に最も近似する透過率を制御値登録テーブルの中から検索し、検索により索出した透過率に対応する制御値を読み出す。この検索は、例えば、2 分探索法を用いて行うことにより高速な検索を実現する。

【 0 1 3 6 】

次いで、ステップ S 1 2 2 に移行して、ステップ S 1 1 6 , S 1 2 0 で決定した制御値をライトバルブ駆動装置 1 8 0 に出力し、色変調ライトバルブおよび輝度変調ライトバルブをそれぞれ駆動して表示画像を投影し、一連の処理を終了して元の処理に復帰させる。

【 0 1 3 7 】

次に、色変調ライトバルブ (液晶ライトバルブ 6 0 B , 6 0 G 、 6 0 R) 及び輝度変調ライトバルブ (液晶ライトバルブ 1 0 0) に書き込む画像データの生成過程を図 1 3 ~ 図 1 6 に基づき説明する。

【 0 1 3 8 】

10

20

30

40

50

以下では、色変調ライトバルブ（液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R）はいずれも、横 18 画素 × 縦 12 画素の解像度および 4 ビットの階調数を有し、輝度変調ライトバルブ（液晶ライトバルブ 100）は、横 15 画素 × 縦 10 画素の解像度および 4 ビットの階調数を有する場合を例にとって説明を行う。

【0139】

表示制御装置 200 では、ステップ S100 ~ S104 を経て、HDR 表示データが読み出され、読み出された HDR 表示データが解析され、その解析結果に基づいて、HDR 表示データの輝度レベルが投射型表示装置 1 の輝度ダイナミックレンジにトーンマッピングされる。次いで、ステップ S106 を経て、色変調ライトバルブの解像度に合わせて HDR 画像がリサイズされる。

10

【0140】

次いで、ステップ S108 を経て、リサイズ画像の画素ごとに光変調率 T_p が算出される。例えば、リサイズ画像における画素 p の光変調率 T_p は、画素 p の輝度レベル R_p (R, G, B) が (1.2, 5.4, 2.3)、光源 10 の輝度 R_s (R, G, B) が (10000, 10000, 10000) であるとする、 $(1.2, 5.4, 2.3) / (10000, 10000, 10000) = (0.00012, 0.00054, 0.00023)$ となる。

【0141】

図 13 は、色変調ライトバルブの透過率 T_2 を仮決定する場合を示す図である。

【0142】

次いで、ステップ S110 を経て、色変調ライトバルブの各画素の透過率 T_2 が仮決定される。色変調ライトバルブの左上 4 区画の画素を p_{21} (左上)、 p_{22} (右上)、 p_{23} (左下)、 p_{24} (右下) とした場合、画素 $p_{21} \sim p_{24}$ の透過率 T_2 には、図 13 に示すように、初期値 T_{20} が与えられる。

20

【0143】

図 14 は、色変調ライトバルブの画素単位で輝度変調ライトバルブの透過率 T_1' を算出する場合を示す図である。

【0144】

次いで、ステップ S112 を経て、色変調ライトバルブの画素単位で輝度変調ライトバルブの透過率 T_1' が算出される。画素 $p_{21} \sim p_{24}$ に着目した場合、これに対応する輝度変調ライトバルブの透過率 $T_{11} \sim T_{14}$ は、図 14 に示すように、画素 $p_{21} \sim p_{24}$ の光変調率を $T_{p1} \sim T_{p4}$ 、ゲイン G を「1」とすると、下式 (3) ~ (6) により算出することができる。

30

【0145】

実際に数値を用いて計算する。 $T_{p1} = 0.00012$ 、 $T_{p2} = 0.05$ 、 $T_{p3} = 0.02$ 、 $T_{p4} = 0.01$ 、 $T_{20} = 0.1$ である場合は、下式 (3) ~ (6) により $T_{11} = 0.0012$ 、 $T_{12} = 0.5$ 、 $T_{13} = 0.2$ 、 $T_{14} = 0.1$ となる。

$$T_{11} = T_{p1} / T_{20} \quad \dots (3)$$

$$T_{12} = T_{p2} / T_{20} \quad \dots (4)$$

$$T_{13} = T_{p3} / T_{20} \quad \dots (5)$$

$$T_{14} = T_{p4} / T_{20} \quad \dots (6)$$

40

図 15 は、輝度変調ライトバルブの各画素の透過率 T_1 を決定する場合を示す図である。

【0146】

次いで、ステップ S114 を経て、輝度変調ライトバルブの各画素の透過率 T_1 が決定される。色変調ライトバルブと輝度変調ライトバルブは、入射側レンズ 70B, 70G, 70R、リレーレンズ 90 及び射出側レンズ 95 によって構成されるリレー光学系によって互いに倒立する関係にあるので、色変調パネル左上 4 区画の画素は輝度変調ライトバルブの右下部に結像される。輝度変調ライトバルブの右下 4 区画の画素を p_{11} (右下)、

50

p 1 2 (左下)、p 1 3 (右上)、p 1 4 (左上)とした場合、画素 p 1 1 は、図 1 5 (a) に示すように、色変調ライトバルブと輝度変調ライトバルブの解像度が異なることから、画素 p 2 1 ~ 画素 p 2 4 と光路上で重なり合う。色変調ライトバルブの解像度が 18×12 で、輝度変調ライトバルブの解像度が 15×10 であるので、画素 p 1 1 は、色変調ライトバルブの画素数の最小公倍数に基づいて 6×6 の矩形領域に区分することができる。そして、画素 p 1 1 と画素 p 2 1 ~ p 2 4 との重なり合う面積比は、図 1 5 (b) に示すように、 $25 : 5 : 5 : 1$ となる。したがって、画素 p 1 1 の透過率 T 1 5 は、図 1 5 (c) に示すように、下式 (7) により算出することができる。

【0147】

実際に数値を用いて計算する。T 1 1 = 0.0012、T 1 2 = 0.5、T 1 3 = 0.2、T 1 4 = 0.002である場合は、下式 (7) により T 1 5 = 0.1008となる。

10

【0148】

$$T 1 5 = (T 1 1 \times 25 + T 1 2 \times 5 + T 1 3 \times 5 + T 1 4 \times 1) / 36 \quad \dots (7)$$

画素 p 1 2 ~ p 1 4 の透過率 T 1 6 ~ T 1 8 についても、画素 p 1 1 と同様に、面積比による重み付け平均値を算出することにより求めることができる。

【0149】

次いで、ステップ S 1 1 6 を経て、輝度変調ライトバルブの画素ごとに、その画素について算出された透過率 T 1 に対応する制御値が制御値登録テーブル 4 0 0 から読み出され、読み出された制御値がその画素の制御値として決定される。例えば、T 1 5 = 0.1008であるので、制御値登録テーブル 4 0 0 を参照すると、図 9 に示すように、0.09が最も近似した値となる。したがって、制御値登録テーブル 4 0 0 からは、画素 p 1 1 の制御値として「8」が読み出される。

20

【0150】

図 1 6 は、色変調ライトバルブの各画素の透過率 T 2 を決定する場合を示す図である。

【0151】

次いで、ステップ S 1 1 8 を経て、色変調ライトバルブの各画素の透過率 T 2 が決定される。画素 p 2 4 は、図 1 6 (a) に示すように、色変調ライトバルブと輝度変調ライトバルブの解像度が異なることから、画素 p 1 1 ~ 画素 p 1 4 と光路上で重なり合う。色変調ライトバルブの解像度が 18×12 で、輝度変調ライトバルブの解像度が 15×10 であるので、画素 p 2 4 は、輝度変調ライトバルブの画素数の最小公倍数に基づいて 5×5 の矩形領域に区分することができる。そして、画素 p 2 4 と画素 p 1 1 ~ p 1 4 との重なり合う面積比は、図 1 6 (b) に示すように、 $1 : 4 : 4 : 16$ となる。したがって、画素 p 2 4 に着目した場合、これに対応する輝度変調ライトバルブの透過率 T 1 9 は、下式 (8) により算出することができる。そして、画素 p 2 4 の透過率 T 2 4 は、ゲイン G を「1」とすると、図 1 6 (c) に示すように、下式 (9) により算出することができる。

30

【0152】

実際に数値を用いて計算する。T 1 5 = 0.09、T 1 6 = 0.33、T 1 7 = 0.15、T 1 8 = 0.06、T p 4 = 0.01である場合は、下式 (8)、(9) により T 1 9 = 0.1188、T 2 4 = 0.0842となる。

40

$$T 1 9 = (T 1 5 \times 1 + T 1 6 \times 4 + T 1 7 \times 4 + T 1 8 \times 16) / 25 \quad \dots (8)$$

$$T 2 4 = T p 4 / T 1 9 \quad \dots (9)$$

画素 p 2 1 ~ p 2 3 の透過率 T 2 1 ~ T 2 3 についても、画素 p 2 4 と同様に、面積比による重み付け平均値を算出することにより求めることができる。

【0153】

次いで、ステップ S 1 2 0 を経て、色変調ライトバルブの各画素ごとに、その画素について算出された透過率 T 2 に対応する制御値が制御値登録テーブルから読み出され、読み出された制御値がその画素の制御値として決定される。例えば、液晶ライトバルブ 6 0 R の画素 p 2 4 について T 2 4 = 0.0842である場合、制御値登録テーブル 4 2 0 R を参照す

50

ると、図10に示すように、0.07が最も近似した値となる。したがって、制御値登録テーブル420Rからは、画素p24の制御値として「7」が読み出される。

【0154】

そして、ステップS122を経て、決定された制御値がライトバルブ駆動装置180に出力される。これにより、輝度変調ライトバルブ（液晶ライトバルブ100）および色変調ライトバルブ（液晶ライトバルブ60B、60G、60R）がそれぞれ駆動して表示画像がスクリーン上に投射される。

【0155】

以上の様な構成の投射型表示装置1に依れば次のような効果を奏する。第1光変調素子としての液晶ライトバルブ60B、60G、60R及び光合成用クロスダイクロイックプリズム80の後段に、入射側レンズ70B、70G、70R、リレーレンズ90及び射出側レンズ95を介して第2光変調素子としての液晶ライトバルブ100を配置したので、液晶ライトバルブ100を、ダイクロイックミラー30、35と、液晶ライトバルブ60B、60G、60Rの前段に配置する従来の類似の光学系と比較した場合、反射ミラー36、リレー光学系40、平行化レンズ50B、50G、50R等の光学系が介在しないため、2つの光変調素子間の距離を短くすることが可能である。これにより、伝達光の光学収差を低減することができ結像（伝達）精度を向上することが可能となるとともに、光学収差の補正のために複雑な光学系を必要としないのでコスト低減も可能となる。

【0156】

また、直列に配置された2つの光変調素子（色変調ライトバルブ及び輝度変調ライトバルブ）を介して光源10からの光を変調するので、比較的高い輝度ダイナミックレンジおよび階調数を実現することができる。

[第1の実施形態の変形例1]

上記第1の実施形態においては、光合成用クロスダイクロイックプリズム80の中心と、3ヶ所の液晶ライトバルブ60B、60G、60Rとのそれぞれの距離をLB、LG、LRとしたときに、 $LB = LG = LR$ （等距離）となるように、各液晶ライトバルブ60B、60G、60Rを配置する構成としたが、これに限定されない。各レンズや光合成用のクロスダイクロイックプリズム等を形成する材質は各種の波長依存性（例えば、屈折率）を有するため、第1光変調素子と第2光変調素子間において正確且つ高い効率での光学像（光強度分布）伝達を実現するためには、波長依存性の影響や伝達過程で発生しやすい光学収差を低減する必要がある。それを実現する方策の一つとして、上記3つの距離LB、LG、LRが互いに異なるように、光合成用クロスダイクロイックプリズム80に対して3ヶ所の液晶ライトバルブ60B、60G、60Rを配置した構成を採用することができる。例えば、上記光合成用クロスダイクロイックプリズム80を構成する材質の屈折率の波長依存性が、短波長側で屈折率が大きく、長波長側で屈折率が小さい場合（大部分のガラスはこの傾向にある）には、液晶ライトバルブ60B、60G、60Rと液晶ライトバルブ100との間の距離を波長の短い光に対応するものほど短いものとする事で、屈折率の波長依存性による光学収差を低減することが可能である。したがって、図19に示すように、色光毎に光路が分離されている光合成用クロスダイクロイックプリズム80と3ヶ所の液晶ライトバルブ60B、60G、60Rとのそれぞれの距離を、 $LB < LG < LR$ の関係となるように液晶ライトバルブ60B、60G、60Rを配置する構成とすることができる。

[第2の実施形態]

更に、本発明に係る光学表示装置及び投射型表示装置の第2の実施形態を、図17に基づき説明する。図17は、分光用クロスダイクロイックプリズムで分光した3つの色光をそれぞれ同じ光路長で、色光の合成を行う光合成用クロスダイクロイックプリズムに伝達することが可能な投射型表示装置130の主たる光学構成を示す図である。ここで、上記第1の実施形態における投射型表示装置1と同様の構成要素については同じ符号を付し、その説明を省略する。

【0157】

投射型表示装置 130 は、光源 10 と、光分離手段である分光用クロスダイクロイックプリズム 300 と、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R と、入射側レンズ 370B, 370G, 370R と、リレーレンズ 375B, 375G, 375R と、反射ミラー 380B, 380G, 380R, 385B, 385G, 385R と、光合成手段である光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 と、射出側レンズ 95 と、液晶ライトバルブ 100 と、投射レンズ 110 と、を含んだ構成となっている。

【0158】

分光用クロスダイクロイックプリズム 300 は光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 と同様に三角柱形状の 4 つのプリズムを接合して成る 6 面体形状を有しており、内部に青光反射ダイクロイック膜と赤光反射ダイクロイック膜が断面 X 字状に配置されている。すなわち、液晶ライトバルブ 60B のある方向に青色光を反射するための青光反射ダイクロイック膜 310 がプリズムの接合面に形成され、液晶ライトバルブ 60R のある方向に赤色光を反射するための赤光反射ダイクロイック膜 320 がプリズムの接合面に形成されている。これにより、光源からの白色光を光の 3 原色である RGB の 3 つの色光に分光し、それぞれの色光を対応する液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R に向けて射出する。ここで、上記した 6 面のうち、光源 10 からの白色光を入射する面を入射面 300a、白色光を 3 原色の光に分光した後の、青色光を射出する面を第 1 射出面 300b、緑色光を射出する面を第 2 射出面 300c 及び赤色光を射出する面を第 3 射出面 300d と各々称することとする。また、光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 の上記 6 面のうち、合成光を射出する面を射出面 80a、青色光を入射する面を第 1 入射面 80b、緑色光を入射する面を第 2 入射面 80c 及び赤色光を入射する面を第 3 入射面 80d と各々称することとする。

【0159】

分光用クロスダイクロイックプリズム 300 と光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 とは、各々の内部に存在する 2 つのダイクロイック膜による交線の延長線が略同一線上に位置し、且つ、分光用クロスダイクロイックプリズム 300 の入射面 300a と光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 の射出面 80a とが略同一平面上に位置するように、換言すれば Y 軸方向に積み上げられたような位置関係で配置される。この配置関係により、入射面 300a と射出面 80a、第 1 射出面 300b と第 1 入射面 80b、第 2 射出面 300c と第 2 入射面 80c、第 3 射出面 300d と第 3 入射面 80d は、各々対となって Y 軸方向に近接して位置することになり、分光用クロスダイクロイックプリズム 300 から光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 に至る 3 つの色光の光路をほぼ同じ長さに設定することができる。

【0160】

入射側レンズ 370B, 370G, 370R は、投射型表示装置 1 における入射側レンズ 70B, 70G, 70R と同様の機能を有するもので、すなわち、対応する各液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R によって変調された各色の変調光を各々の光路上に存在するリレーレンズ 375B, 375G, 375R に効率よく入射させる機能を有し、各々の変調光を集光して対応するリレーレンズ 375B, 375G, 375R に入射させる。

【0161】

反射ミラー 380B, 380G, 380R は、各入射側レンズ 370B, 370G, 370R からの色光を対応するリレーレンズ 375B, 375G, 375R にその光路を折り曲げて導き入れる機能を有する。同様に、反射ミラー 385B, 385G, 385R も、各リレーレンズ 375B, 375G, 375R からの色光を光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 の対応する第 1 入射面 80b、第 2 入射面 80c、第 3 入射面 80d にその光路を折り曲げて導き入れる機能を有する。

【0162】

リレーレンズ 375B, 375G, 375R は、投射型表示装置 1 におけるリレーレンズ 90 と同様の機能を有するもので、すなわち、3ヶ所の液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R の表示面上に形成された 3 つの光学像（光強度分布）を液晶ライトバルブ 100

10

20

30

40

50

0の表示面上にその強度分布をほぼ保存した状態で、かつ光損失を殆ど伴うことなく正確に伝達する機能を有し、液晶ライトバルブ60B、60G、60Rからの各色光を入射側レンズ370B、370G、370Rや光合成用クロスダイクロイックプリズム80などを経て液晶ライトバルブ100に導き入れる。

【0163】

ここで、3ヶ所の液晶ライトバルブ60B、60G、60Rから液晶ライトバルブ100に至る各色光の光路長をL1(青光)、L2(緑光)、L3(赤光)とする。例えば、青光の光路長L1とは、液晶ライトバルブ60Bの表示面から反射ミラー380B、リレーレンズ375B、反射ミラー385B、光合成用クロスダイクロイックプリズム80を経て液晶ライトバルブ100の表示面に至る光路の長さを意味する。そして、投射型表示装置130においては、3つの光路長が略等しくなる(L1=L2=L3)ように、リレーレンズ375B、375G、375Rや反射ミラー380B、380G、380R、385B、385G、385Rは配置されている。

10

【0164】

次に、投射型表示装置130の全体的な光伝達の流れを説明する。光源10からの白色光は分光用クロスダイクロイックプリズム300の入射面300aから入射され、分光用クロスダイクロイックプリズム300で赤色(R)、緑色(G)および青色(B)の3原色の光に分光されるとともに、これら分光された3原色の光のうち青色光、緑色光及び赤色光を、それぞれ第2～第4射出面300b～300dから射出する。第2～第4射出面300b～300dから射出された青色光、緑色光及び赤色光は、それぞれ液晶ライトバルブ60B、60G、60R(色変調ライトバルブ)に入射される。

20

【0165】

液晶ライトバルブ60B、60G、60Rに入射した各々の色光はそれぞれの波長領域に応じた外部データに基づいて色変調され、光学像を内包した変調光として射出される。液晶ライトバルブ60B、60G、60Rからの各変調光は、各光路上に配置された入射側レンズ370B、370G、370R、反射ミラー380B、380G、380R、リレーレンズ375B、375G、375R、反射ミラー385B、385G、385Rを介して光合成用ダイクロイックプリズム80の第1～第3入射面80b～80dに入射する。

【0166】

30

光合成用ダイクロイックプリズム80の第1～第3入射面80b～80dに入射した3つの色光はそこで一つの光に合成され、射出側レンズ95を介して液晶ライトバルブ100に入射される。液晶ライトバルブ100に入射した合成光は全波長域に応じた外部データに基づいて輝度変調され、最終的な光学像を内包した変調光として投射部110へ射出される。そして、投射部110において、液晶ライトバルブ100からの最終的な合成光を図示しないスクリーン上に投射し所望の画像を表示する。

【0167】

また、投射型表示装置130は、上記第1の実施形態における投射型表示装置1と同様に、液晶ライトバルブ60B、60G、60Rおよび液晶ライトバルブ100を制御する表示制御装置200(不図示)を有しているが、その動作は上記第1の実施形態における投射型表示装置1と同様であるので、記載を省略する。

40

【0168】

以上の様な構成の投射型表示装置130に依れば次のような効果を奏する。光分離手段として2種類のダイクロイック膜を断面X字状に内蔵した分光用クロスダイクロイックプリズム300を用いているので、光源10と3ヶ所の液晶ライトバルブ60B、60G、60Rとの距離をほぼ等しく設定でき、光変調により画像形成を行う各液晶ライトバルブ60B、60G、60Rに光強度分布が揃った照明光を入射させられる。これにより、3ヶ所の液晶ライトバルブ60B、60G、60R間で発生し易い照度ムラ(これは最終的に色ムラとなって視認される)を低減でき、高品位な画像を形成できる。

【0169】

50

また、分光用クロスダイクロイックプリズム 300 と光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 とを Y 軸方向に積み上げたような位置関係で配置しているため、3ヶ所の液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R から液晶ライトバルブ 100 に至る光路長を各色光間で容易に等しくできる。これにより、第 1 光変調素子である 3ヶ所の液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R で形成した光学像（光強度分布）を第 2 光変調素子である液晶ライトバルブ 100 に正確且つ効率よく伝達することが出来る。

【0170】

なお、2つの光変調素子間の伝達過程では光学収差の発生により伝達精度の悪化を生じ易い。この点については、プリズムやレンズの構成材料であるガラスやプラスチックがその光学特性に波長依存性を有する点に着目し、入射側レンズ 370B, 370G, 370R やリレーレンズ 375B, 375G, 375R 及び射出側レンズ 95 などの材質やレンズ曲率（含む非球面化やアクロマート化）などの光学特性、光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 の材質や寸法形状などを個別に最適化して、発生する光学収差を低減し、伝達精度と伝達効率を向上させることが重要である。さらに、同様の観点で、各光路長 L1 ~ L3 を互いに僅かに異なるように設定しても良い。

〔第 2 の実施形態の変形例〕

図 18 にその主たる光学構成を示す投射型表示装置 140 の様に、第 2 の実施形態で説明した投射型表示装置 130 の分光用クロスダイクロイックプリズムと光合成用クロスダイクロイックプリズムとを一体化しても良い。投射型表示装置 130 の分光用クロスダイクロイックプリズム 300 と光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 に内蔵された 2つのダイクロイック膜は、Y 軸方向に沿って見た場合、同じ配置関係にある。換言すれば、分光用クロスダイクロイックプリズム 300 中の青光反射ダイクロイック膜と光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 の青光反射ダイクロイック膜とは略同一平面上にあり、赤光反射ダイクロイック膜についても同様である。したがって、投射型表示装置 130 における分光用クロスダイクロイックプリズム 300 と、光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 とを一体化し分光及び合成用クロスダイクロイックプリズム 390 とすることができる。これにより、光学部品を削減して、装置の低コスト化を実現できる。

〔その他の変形例 1〕

上記第 1 の実施形態においてはクロスダイクロイックプリズムを用いて光合成手段を構成し、また、上記第 2 の実施形態においてはクロスダイクロイックプリズムを用いて光分離手段及び光合成手段を構成しているが、これらに限らず、図 20 に示すようなクロスダイクロイックミラー 85 をクロスダイクロイックプリズムに代えて用いても良い。クロスダイクロイックミラー 85 は、青光反射ダイクロイック膜 81 や赤光反射ダイクロイック膜 82 が形成された、ガラスやプラスチック等の板状の透明媒質 86 を X 字状に配置した光学素子であり、基本的にはクロスダイクロイックプリズムと同等の機能を有する。これにより、クロスダイクロイックプリズムを用いる場合よりも光合成手段や光分離手段を軽量化でき且つ安価に構成することが可能である。なお、クロスダイクロイックミラー 85 を透明な液体を内部に充填した立方体の中に配置した、いわゆる、液浸構造のクロスダイクロイックミラーとしても良い。その場合には、クロスダイクロイックプリズムと同等の光学性能を、クロスダイクロイックプリズムに比して安価に実現することができる。

〔その他の変形例 2〕

上記第 1 の実施形態及び上記第 2 の実施形態においては、第 1 光変調素子である液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R（色変調ライトバルブ）と第 2 光変調素子である液晶ライトバルブ 100（輝度変調ライトバルブ）として、何れも同じ寸法形状（表示面の寸法形状が同じである）の液晶ライトバルブを用いていたが、これに限定されない。例えば、図 21 に示す投射型表示装置 150 のように、上記第 1 の実施形態及び上記第 2 の実施形態における、各投射型表示装置の輝度変調ライトバルブである液晶ライトバルブ 100 の寸法を色変調ライトバルブである 3ヶ所の液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R の寸法よりも小さくした構成とすることも可能である。この場合、色変調ライトバルブと輝度変調ライトバルブの解像度とが同じであると、色変調ライトバルブの表示面の寸法と、

10

20

30

40

50

輝度変調ライトバルブの表示面の寸法とが一致しなくなるので、伝達過程において光学像の大きさを伝達先の輝度変調ライトバルブの大きさに合わせて変える必要がある。

【 0 1 7 1 】

以上のような構成の投射型表示装置 1 5 0 に依れば、輝度変調ライトバルブの小型化に応じて投射レンズ 1 1 0 を小型化することが可能であり、従って、投射レンズ 1 1 0 のコスト低減や軽量化ができるという効果が得られる。

【 0 1 7 2 】

なお、投射型表示装置 1 5 0 とは逆に、輝度変調ライトバルブの寸法を色変調ライトバルブよりも大きくした構成とすることも可能である。この様な構成を備えた例については後述する。

[その他の変形例 3]

上記第 1 の実施形態では、第 1 光変調素子である液晶ライトバルブ 6 0 B , 6 0 G , 6 0 R (色変調ライトバルブ) の解像度が、第 2 光変調素子である液晶ライトバルブ 1 0 0 (輝度変調ライトバルブ) よりも高い場合を例に取り説明したが、2 つの光変調素子 (色変調ライトバルブと輝度変調ライトバルブ) の解像度は同じであっても、或いは、違っていても良い。但し、両者の解像度が異なる場合には、第 1 の実施形態で説明したように、表示画像データの解像度を変換する必要がある。

【 0 1 7 3 】

例えば、輝度変調ライトバルブが、色変調ライトバルブの表示解像度よりも高い表示解像度を有していれば、色変調ライトバルブから輝度変調ライトバルブまでの光伝達における M T F (Modulation Trasfer Function) を高く設定する必要がなくなるため、介在するリレー光学系の伝達性能をそれほど高くする必要が無く、リレー光学系を比較的安価に構成できる。

【 0 1 7 4 】

一方、色変調ライトバルブが、輝度変調ライトバルブの表示解像度よりも高い表示解像度を有していれば、通常、表示画像データは、色変調ライトバルブの表示解像度に合わせて用意されるため、解像度の変換処理を輝度変調ライトバルブの表示解像度に合わせて 1 回行うだけで済むため、表示画像データの変換処理が容易となる。

[第 3 の実施形態]

本発明の内容は、第 2 光変調素子上に形成された最終的な光学像 (表示画面) を拡大せずに直接見る、いわゆる直視型の液晶表示装置 (光学表示装置) に適用することも可能である。すなわち、図 2 2 に示すように、上記第 1 の実施形態及び上記第 2 の実施形態で説明してきた各投射型表示装置における投射レンズ 1 1 0 を取り除き、液晶表示装置 (光学表示装置) 1 6 0 とすることも可能である。この様な構成においては、液晶表示装置 1 6 0 は、輝度変調ライトバルブが画像の表示画面となるので、その寸法を色変調ライトバルブよりも大きく、また、解像度も高くした構成が好ましい。

【 0 1 7 5 】

液晶表示装置 1 6 0 では、色変調ライトバルブの大型化に合わせて射出側レンズ 9 5 も大きくする必要があるが、図 2 2 に示すように、射出側レンズ 9 5 をフレネルレンズ化した射出側レンズ 9 6 とすることでコストの増加を抑えることが可能である。

【 0 1 7 6 】

以上の実施形態及び変形例において、図 1 に示す、光源 1 0 は、発明 1 ~ 4 のいずれか一つの光源に対応し、投射レンズ 1 1 0 は、発明 1 4 の投射手段に対応する。

【 0 1 7 7 】

また、図 1 及び図 3 に示す、液晶ライトバルブ 6 0 B , 6 0 G , 6 0 R は、発明 1、2、7 及び 1 0 ~ 1 6 のいずれか一つの第 1 光変調素子に対応し、リレーレンズ 9 0 は、発明 1、2 及び 9 のいずれか一つのリレーレンズに対応し、液晶ライトバルブ 1 0 0 は、発明 1、2、9、1 0 及び 1 3 ~ 1 6 のいずれか一つの第 2 光変調素子に対応し、ダイクロイックミラー 3 0 , 3 5 と、反射ミラー 3 6 と、リレー光学系 4 0 とよる光源 1 0 からの白色光を R G B 3 原色の光にそれぞれ分光する処理は、発明 2 の光分離手段に対応し、入

10

20

30

40

50

射側レンズ 70B, 70G, 70R は、発明 7 又は 8 の第 1 集光レンズに対応し、射出側レンズ 95 は、発明 9 の第 2 集光レンズに対応する。

【0178】

また、図 1 ~ 図 3 に示す、光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 は、発明 1、2 及び 7 のいずれか一つの光合成手段に対応する。

【0179】

また、図 17 及び図 18 に示す、光源 10 は、発明 2、3 及び 4 のいずれか一つの光源に対応し、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R は、発明 2、3、7 及び 10 ~ 16 のいずれか一つの第 1 光変調素子に対応し、入射側レンズ 370B, 370G, 370R と、リレーレンズ 375B, 375G, 375R とは、発明 7 又は 8 の第 1 集光レンズに対応し、反射ミラー 380B, 380G, 380R, 385B, 385G, 385R は、発明 3 又は 4 の光伝達手段に対応し、射出側レンズ 95 は、発明 9 の第 2 集光レンズに対応し、液晶ライトバルブ 100 は、発明 2、6、9、10 及び 13 ~ 16 のいずれか一つの第 2 光変調素子に対応し、投射レンズ 110 は、発明 17 の投射手段に対応する。

10

【0180】

また、図 17 に示す、分光用クロスダイクロイックプリズム 300 は、発明 2 ~ 4 のいずれか一つの光分離手段に対応し、光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 は、発明 2 ~ 4 のいずれか 1 の光合成手段に対応する。

【0181】

また、図 18 に示す、分光及び合成用クロスダイクロイックプリズム 390 は、発明 6 の光分離手段及び光合成手段に対応する。

20

【0182】

また、図 19 に示す、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R は、発明 1、2、3、7 及び 10 ~ 16 のいずれか一つの第 1 光変調素子に対応し、入射側レンズ 70B, 70G, 70R は、発明 7 又は 8 の第 1 集光レンズに対応し、光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 は、発明 1、2 及び 7 のいずれか一つの光合成手段に対応し、リレーレンズ 90 は、発明 1、2 及び 7 のいずれか一つのリレーレンズに対応し、射出側レンズ 95 は、発明 7 の第 2 集光レンズに対応し、液晶ライトバルブ 100 は、発明 1、2、9、10 及び 13 ~ 16 のいずれか一つの第 2 光変調素子に対応し、投射レンズ 110 は、発明 17 の投射手段に対応する。

30

【0183】

また、図 20 に示す、クロスダイクロイックミラー 85 は、発明 5 のクロスダイクロイックミラーに対応する。

【0184】

また、図 21 に示す、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R は、発明 1、2、3、7 及び 10 ~ 16 のいずれか一つの第 1 光変調素子に対応し、入射側レンズ 70B, 70G, 70R は、発明 7 又は 8 の第 1 集光レンズに対応し、光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 は、発明 1、2 及び 7 のいずれか一つの光合成手段に対応し、リレーレンズ 90 は、発明 1、2 及び 7 のいずれか一つのリレーレンズに対応し、射出側レンズ 95 は、発明 9 の第 2 集光レンズに対応し、液晶ライトバルブ 100 は、発明 1、2、9、10 及び 13 ~ 16 のいずれか一つの第 2 光変調素子に対応し、投射レンズ 110 は、発明 17 の投射手段に対応する。

40

【0185】

また、図 22 に示す、光源 10 は、発明 1 ~ 4 のいずれか一つの光源に対応し、液晶ライトバルブ 60B, 60G, 60R は、発明 1、2、3、7 及び 10 ~ 16 のいずれか一つの第 1 光変調素子に対応し、入射側レンズ 70B, 70G, 70R は、発明 7 又は 8 の第 1 集光レンズに対応し、光合成用クロスダイクロイックプリズム 80 は、発明 1、2 及び 7 のいずれか一つの光合成手段に対応し、リレーレンズ 90 は、発明 1、2 及び 7 のいずれか一つのリレーレンズに対応し、射出側レンズ 96 は、発明 9 の第 2 集光レンズに対応し、液晶ライトバルブ 100 は、発明 1、2、9、10 及び 13 ~ 16 のいずれか一つ

50

の第2光変調素子に対応する。

【0186】

また、本文中に記載の、リレーレンズ90及び射出側レンズ95を含んで構成される光伝達系に適用する非球面レンズは、発明11の非球面レンズに対応し、リレーレンズ90及び射出側レンズ95を含んで構成される光伝達系に適用するアクロマートレンズは、発明12のアクロマートレンズに対応する。

【0187】

なお、上記実施の形態においては、輝度変調ライトバルブおよび色変調ライトバルブを用いて光の輝度を2段階に変調するように構成したが、これに限らず、輝度変調ライトバルブを2セット用いて光の輝度を2段階に変調するように構成することもできる。

10

【0188】

また、上記実施の形態においては、液晶ライトバルブ60B、60G、60R、100としてアクティブマトリックス型の液晶表示素子を用いて構成したが、これに限らず、液晶ライトバルブ60B、60G、60R、100としてパッシブマトリックス型の液晶表示素子およびセグメント型の液晶表示素子を用いて構成することもできる。アクティブマトリックス型の液晶表示は、精密な階調表示ができるという利点があり、パッシブマトリックス型の液晶表示素子およびセグメント型の液晶表示素子は、安価に製造できるという利点を有する。

【0189】

また、上記実施の形態において、投射型表示装置1、130～150及び液晶表示装置160は、透過型の光変調素子を設けて構成したが、これに限らず、輝度変調ライトバルブまたは色変調ライトバルブをDMD(Digital Micromirror Device)等の反射型の光変調素子で構成することもできる。

20

【0190】

また、上記実施の形態において、図11のフローチャートに示す処理を実行するにあたっては、ROM172にあらかじめ格納されている制御プログラムを実行する場合について説明したが、これに限らず、これらの手順を示したプログラムが記憶された記憶媒体から、そのプログラムをRAM174に読み込んで実行するようにしてもよい。

【0191】

ここで、記憶媒体とは、RAM、ROM等の半導体記憶媒体、FD、HD等の磁気記憶型記憶媒体、CD、CDV、LD、DVD等の光学的読取方式記憶媒体、MO等の磁気記憶型/光学的読取方式記憶媒体であって、電子的、磁氣的、光学的等の読み取り方法のいかににかかわらず、コンピュータで読み取り可能な記憶媒体であれば、あらゆる記憶媒体を含むものである。

30

【0192】

また、上記実施の形態においては、光源10として白色光を射出する単体の光源を用い、この白色光をRGBの3原色の光に分光するようにしているが、これに限らず、RGBの3原色にそれぞれ対応した、赤色の光を射出する光源、青色の光を射出する光源及び緑色の光を射出する光源の3つの光源を用い、白色光を分光する手段を取り除いた構成としても良い。

40

【0193】

また、上記実施の形態においては、前段の液晶ライトバルブの光学像を後段の液晶ライトバルブに結像するためのリレー光学系として、主に透過型のリレー素子(レンズ)を用いているが、これに限らず、主に反射型のリレー素子(ミラー)を用いても良い。

【0194】

図23～図25は、ミラーから構成される反射型のリレー光学系の構成例を模式的に示している。

図23のリレー光学系は、1つの凹面ミラー500を介して、前段ライトバルブ501の光学像を後段ライトバルブ502上に結像させる構成からなる。すなわち、このリレー光学系では、1回の反射によって結像関係(2つのライトバルブ501、502がほぼ共

50

役となる関係)を完成させている。凹面ミラー500は、球面ミラーでもよく、軸対称性のない非球面ミラーでもよい。

【0195】

図24及び図25のリレー光学系は、高い結像性能を得るために、複数回の反射によって結像関係を完成させる構成からなる。つまり、図24及び図25のリレー光学系では、光路上に複数の反射型光学素子(ミラー)を配置することで、収差補正を行い、リレー光学系の結像性能を向上させている。さらに、この場合、平面ミラーを含むことにより、レイアウトの自由度の向上が図られる。

【0196】

具体的には、図24のリレー光学系は、2つの凹面ミラー510、511と、凹面ミラー510の反射光を凹面ミラー511に導くための平面ミラー512とを有する。前段ライトバルブ501からの光束は、凹面ミラー510、平面ミラー512、凹面ミラー511の順に反射した後、後段ライトバルブ502に入射する。なお、本例では、平面ミラー512は、絞りに相当する機能を有する。また、凹面ミラー510と凹面ミラー511とは一体構成であってもよい。

10

【0197】

図25のリレー光学系は、2つの凹面ミラー520、521と、2つの平面ミラー522、523とを有する。前段ライトバルブ501からの光束は、凹面ミラー520、平面ミラー522、平面ミラー523、凹面ミラー521の順に反射した後、後段ライトバルブ502に入射する。平面ミラー522と平面ミラー523との間の光路上に絞りを配置してもよい。

20

【0198】

こうした反射型のリレー光学系は、収差(例えば色収差)の低減に有利である。すなわち、反射型のリレー光学系では、透過型のリレー素子(レンズ)を用いることに起因する収差(例えば色収差)の発生が回避される。

【0199】

また、図24及び図25に示すリレー光学系は、複数のミラーを用いることにより、両側テレセントリック性を有している。そのため、後段ライトバルブの画面上に結像される像の、明るさ、色味、コントラスト等の均一化が確実に図られ、画像表示品質が良好なものとなる。

30

【0200】

なお、図24及び図25のリレー光学系では、平面ミラーに代えて凹面ミラーや凸面ミラー(それぞれ非球面ミラーを含む)を用いることにより、像面の収差補正を行いやすい構成とすることもできる。

【0201】

また、上記反射型のリレー光学系に用いるミラーは、基板上にアルミニウムや銀などの金属膜を形成した形態の他に、誘電体多層膜による反射膜(増反射膜)を有する形態、両者を組み合わせた形態等が適用される。誘電体多層膜による反射膜は、例えば、ガラスやシリコンなどの基板上に高屈折率膜と低屈折率膜とを交互に積層することにより形成でき、膜境界面での反射光による干渉を利用して高い反射率を得ることが可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0202】

【図1】本発明に係る投射型表示装置1の主たる光学構成を示す図である。

【図2】ダイクロイックプリズム80の構成を示す図である。

【図3】光学像を等倍で伝達するリレー光学系の一例を示す図である。

【図4】両側テレセントリック性を有するリレー光学系の構成例を示す図である。

【図5】図4のリレー光学系の動作原理を示す図である。

【図6】テレセントリック性の説明図である。

【図7】テレセントリック性の説明図である。

【図8】表示制御装置200のハードウェア構成を示すブロック図である。

50

【図 9】制御値登録テーブル 4 0 0 のデータ構造を示す図である。

【図 1 0】制御値登録テーブル 4 2 0 R のデータ構造を示す図である。

【図 1 1】表示制御処理を示すフローチャートである。

【図 1 2】トーンマッピング処理を説明するための図である。

【図 1 3】色変調ライトバルブの透過率 T_2 を仮決定する場合を示す図である。

【図 1 4】色変調ライトバルブの画素単位で輝度変調ライトバルブの透過率 T_1' を算出する場合を示す図である。

【図 1 5】輝度変調ライトバルブの各画素の透過率 T_1 を決定する場合を示す図である。

【図 1 6】色変調ライトバルブの各画素の透過率 T_2 を決定する場合を示す図である。

【図 1 7】本発明に係る投射型表示装置 1 3 0 の主たる光学構成を示す図である。

10

【図 1 8】本発明に係る投射型表示装置 1 4 0 の主たる光学構成を示す図である。

【図 1 9】は、合成用クロスダイクロイックプリズム 8 0 と、液晶ライトバルブ 6 0 B , 6 0 G , 6 0 R とのそれぞれの距離を変えた一構成例を示す図である。

【図 2 0】クロスダイクロイックミラー 8 5 の構成を示す図である。

【図 2 1】本発明に係る投射型表示装置 1 5 0 の主たる光学構成を示す図である。

【図 2 2】本発明に係る液晶表示装置 1 6 0 の主たる光学構成を示す図である。

【図 2 3】ミラーから構成される反射型のリレー光学系の構成例を模式的に示す図である。

。

【図 2 4】ミラーから構成される反射型のリレー光学系の構成例を模式的に示す図である。

20

。

【図 2 5】ミラーから構成される反射型のリレー光学系の構成例を模式的に示す図である。

。

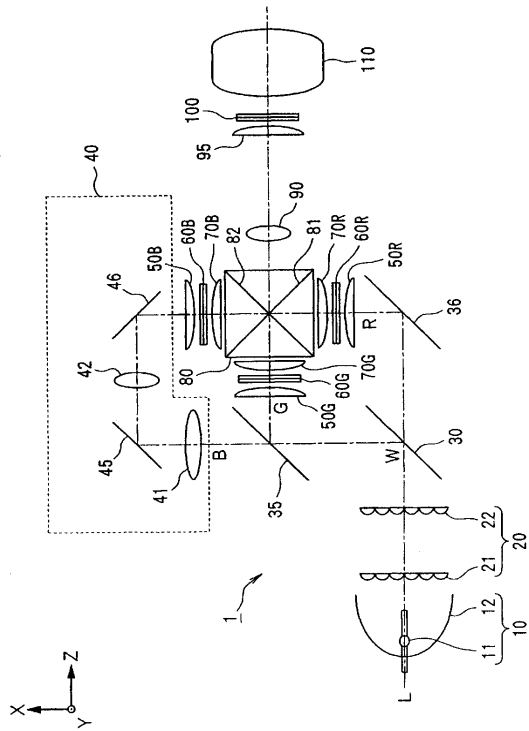
【符号の説明】

【 0 2 0 3 】

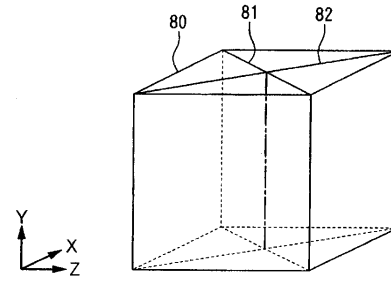
1 , 1 3 0 , 1 4 0 , 1 5 0 ... 投射型表示装置、1 0 ... 光源、1 1 ... 光源ランプ、1 2 ... リフレクタ、2 0 ... インテグレータ、3 0 , 3 5 ... クロスダイクロイックミラー、4 0 ... リレー光学系、4 1 ... 入射側レンズ、4 2 ... リレーレンズ、4 5 , 4 6 ... 反射ミラー、5 0 B , 5 0 G , 5 0 R ... 平行化レンズ、6 0 B , 6 0 G , 6 0 R ... 液晶ライトバルブ、8 0 ... クロスダイクロイックプリズム、8 1 ... 青光反射ダイクロイック膜、8 2 ... 赤光反射ダイクロイック膜、7 0 B , 7 0 G , 7 0 R ... 入射側レンズ(リレー光学系)、8 5 ... クロスダイクロイックミラー、9 0 ... リレーレンズ(リレー素子、リレー光学系)、9 5 ... 射出側レンズ(リレー光学系)、1 0 0 ... 液晶ライトバルブ、1 1 0 ... 投射レンズ、1 7 0 ... CPU、1 7 2 ... ROM、1 7 4 ... RAM、1 7 8 ... I/F、1 7 9 ... バス、1 8 0 ... ライトバルブ駆動装置、1 8 2 ... 記憶装置、1 9 9 ... ネットワーク、4 0 0 , 4 2 0 R ... 制御値登録テーブル、3 7 0 B , 3 7 0 G , 3 7 0 R ... 入射側レンズ、3 7 5 B , 3 7 5 G , 3 7 5 R ... リレーレンズ、3 8 0 B , 3 8 0 G , 3 8 0 R , 3 8 5 B , 3 8 5 G , 3 8 5 R ... 反射ミラー

30

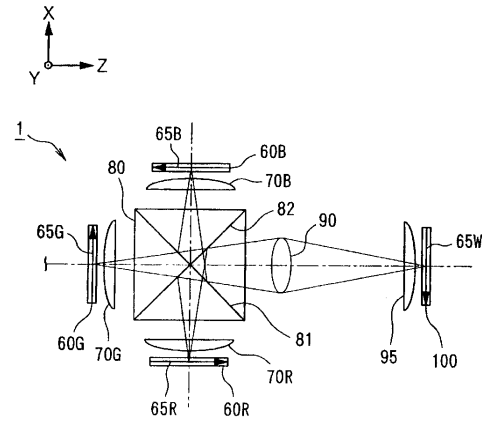
【図 1】



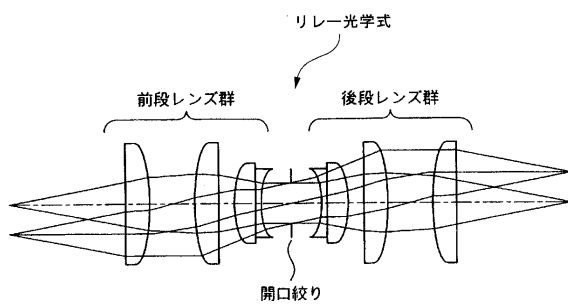
【図 2】



【図 3】

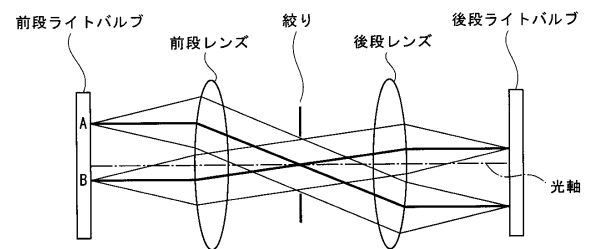


【図 4】

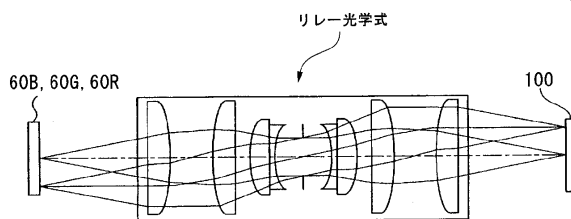


【図 6】

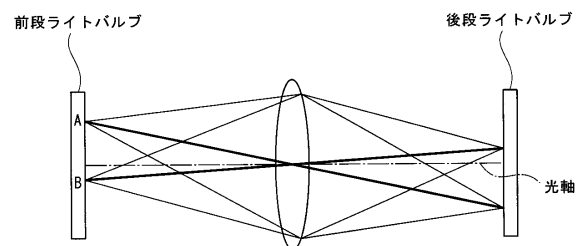
(a)



【図 5】

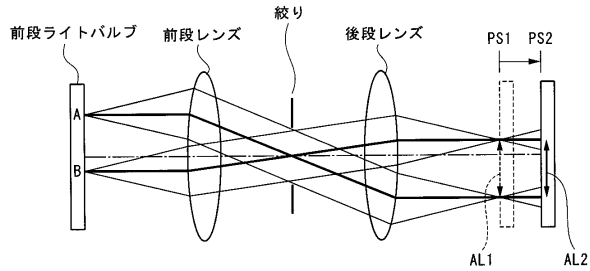


(b)

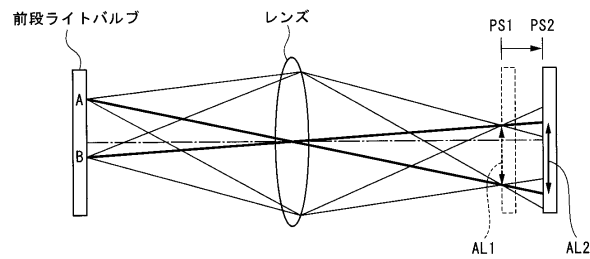


【図 7】

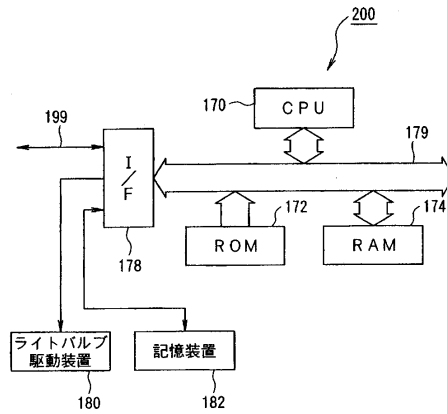
(a)



(b)



【図 8】



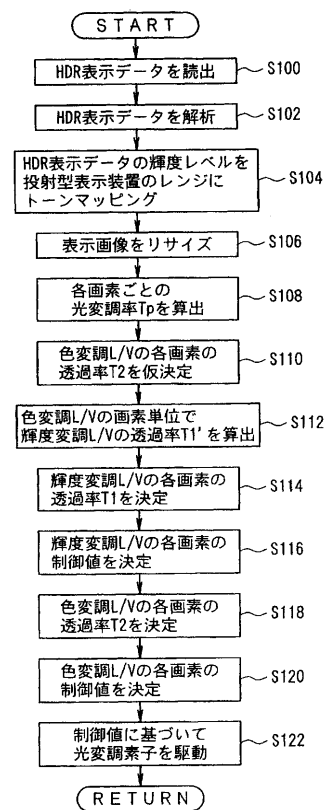
【図 9】

制御値	0	1	2	3	4	5
透過率	0.003	0.006	0.009	0.012	0.017	0.025
制御値	6	7	8	9	10	11
透過率	0.038	0.06	0.09	0.15	0.23	0.33
制御値	12	13	14	15		
透過率	0.44	0.52	0.57	0.6		

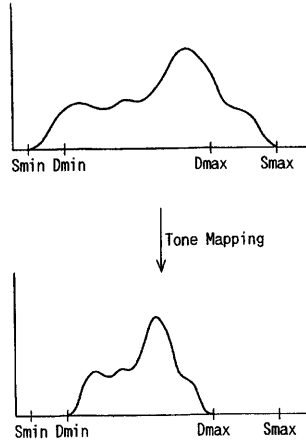
【図 10】

制御値	0	1	2	3	4	5
透過率	0.004	0.007	0.010	0.013	0.018	0.026
制御値	6	7	8	9	10	11
透過率	0.04	0.07	0.10	0.16	0.24	0.35
制御値	12	13	14	15		
透過率	0.45	0.52	0.57	0.6		

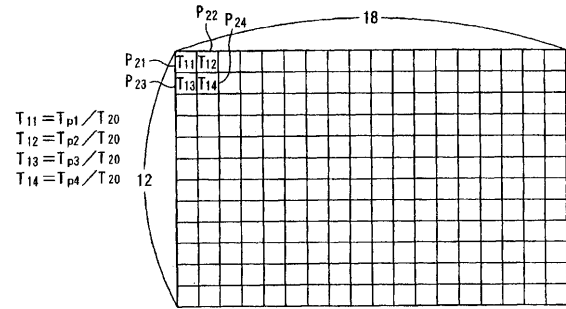
【図 11】



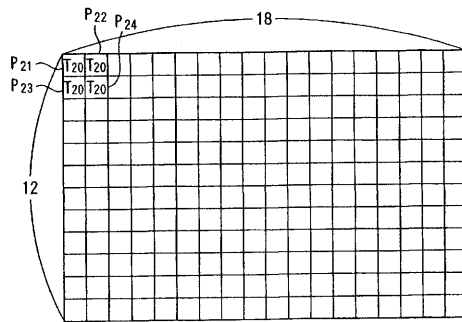
【図 12】



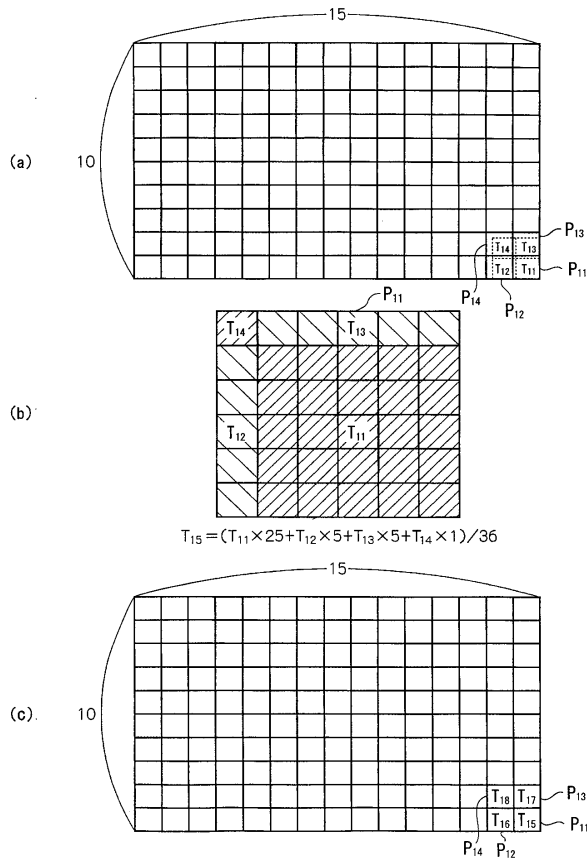
【図 14】



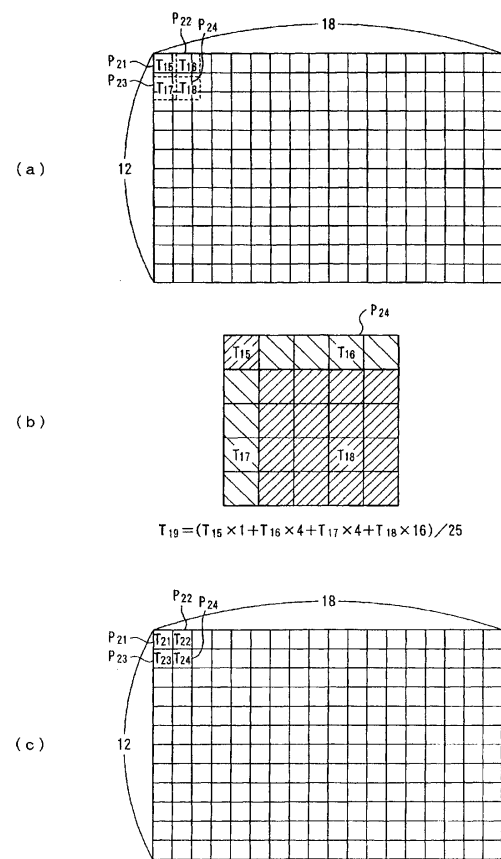
【図 13】



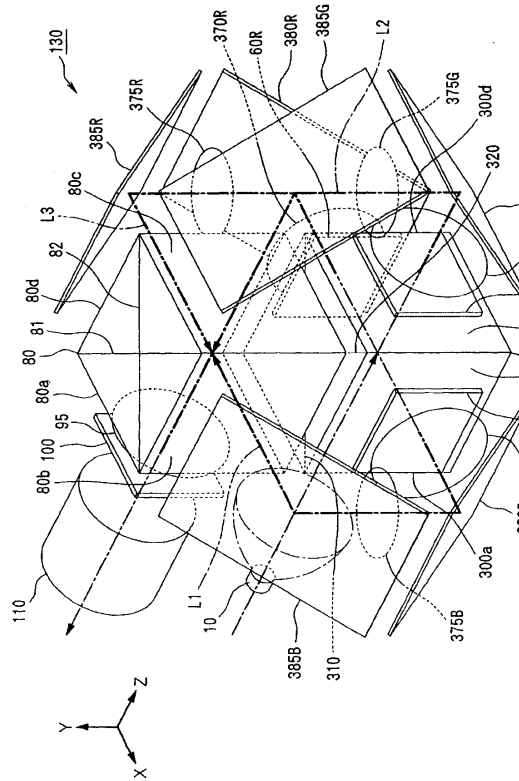
【図 15】



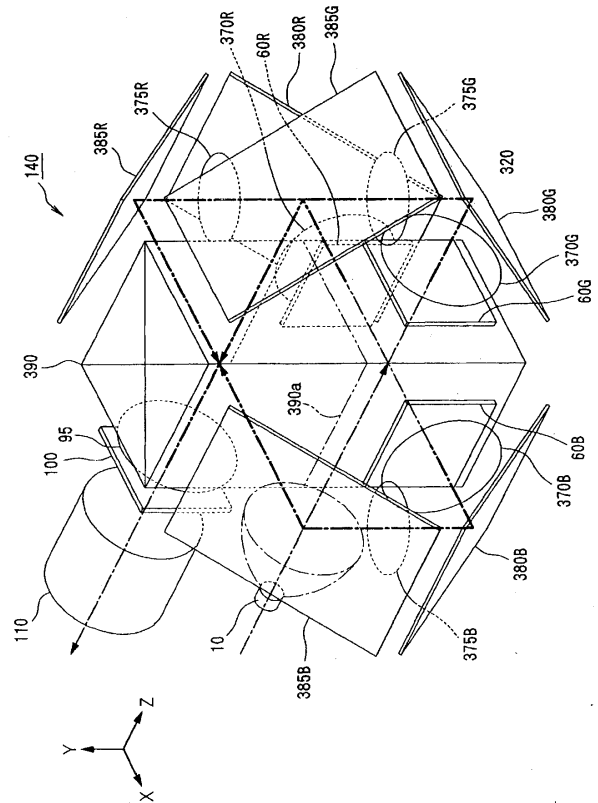
【図 16】



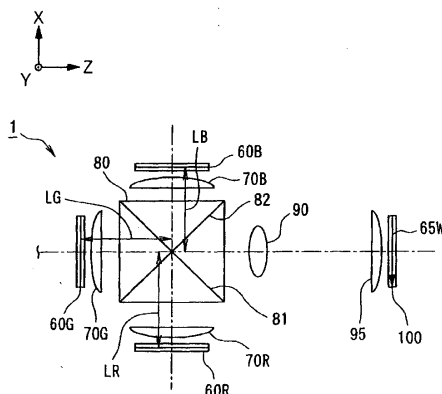
【図 17】



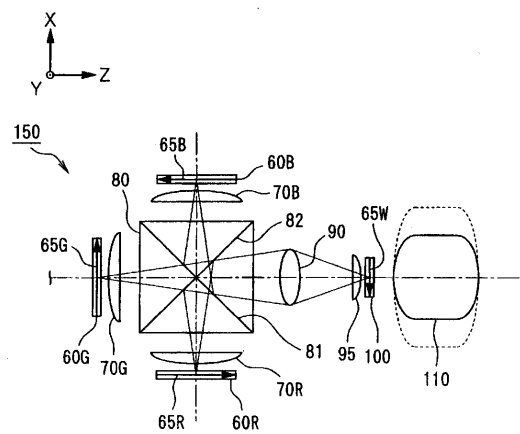
【図 18】



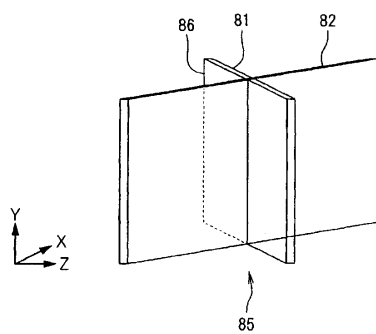
【図 19】



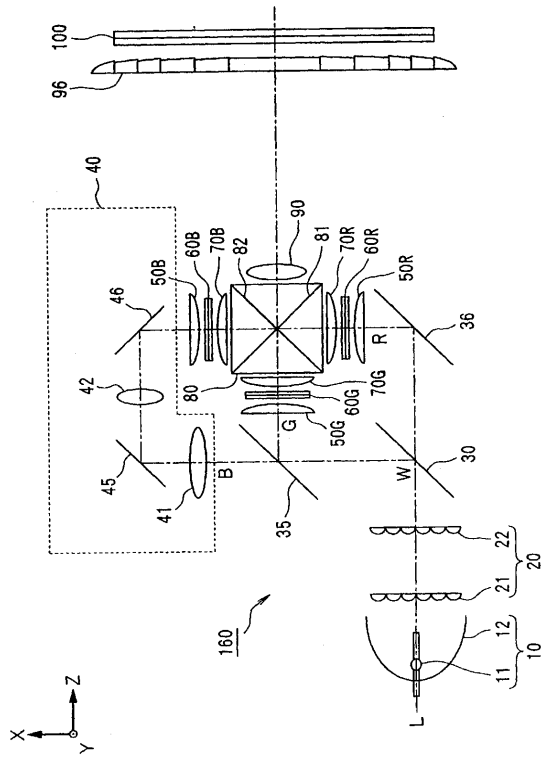
【図 21】



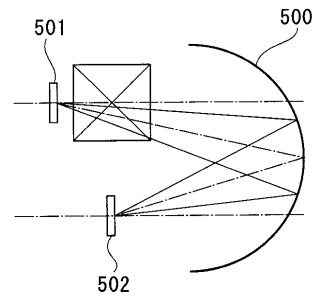
【図 20】



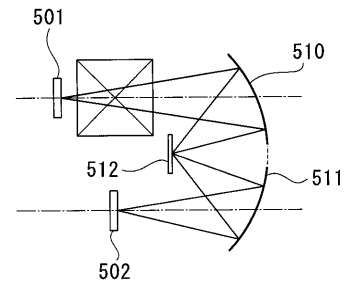
【図 2 2】



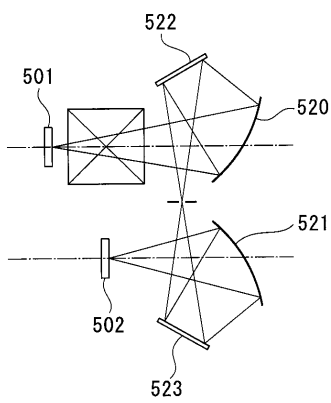
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 内山 正一
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 中村 旬一
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 新田 隆志
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 旭 常盛
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 星野 浩一

- (56)参考文献 特開平04-240689(JP,A)
特開平08-294138(JP,A)
特開平09-329761(JP,A)
特開平05-224155(JP,A)
特開2002-031845(JP,A)
特開平03-053221(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G03B 21/00
G02F 1/13357