

(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2010-152268

(P2010-152268A)

(43) 公開日 平成22年7月8日(2010.7.8)

| (51) Int.Cl.                  | F I             | テーマコード (参考) |
|-------------------------------|-----------------|-------------|
| <b>G02F 1/13363 (2006.01)</b> | G02F 1/13363    | 2H088       |
| <b>G02F 1/1335 (2006.01)</b>  | G02F 1/1335 510 | 2H191       |
| <b>G02F 1/13 (2006.01)</b>    | G02F 1/13 505   | 2K103       |
| <b>G03B 21/00 (2006.01)</b>   | G03B 21/00 E    |             |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2008-332977 (P2008-332977)  
 (22) 出願日 平成20年12月26日 (2008.12.26)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100107261  
 弁理士 須澤 修  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (72) 発明者 遠藤 隆史  
 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 立野 善丈  
 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

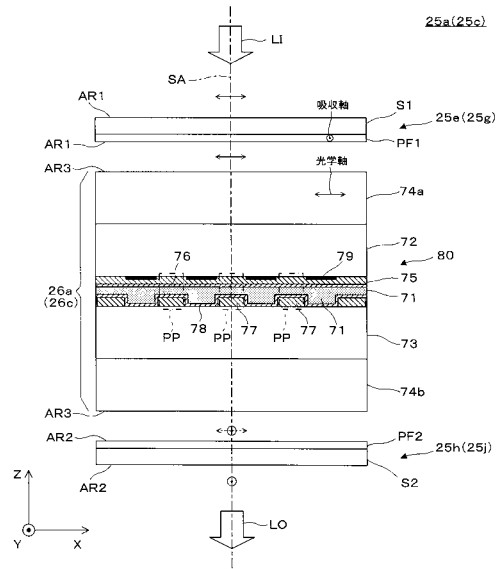
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置及びプロジェクター

(57) 【要約】

【課題】 防塵ガラスを水晶板等の結晶材料に置き換えた場合にも、表示画像のコントラスト低下を抑えることができる液晶表示装置を提供すること。

【解決手段】 入射側の偏光フィルター25eの吸収軸の方向と、正の一軸性の結晶材料で形成された入射側防塵板74aの光学軸の方向とが直交するので、システム光軸SAに平行な状態で入射する光束は、偏光フィルター25eの通過に際して入射側防塵板74aで複屈折作用を受けない。よって、入射側防塵板74aによって冷却効率を高めつつ、入射側防塵板74aの屈折率異方性によって変調量がずれた変調光が射出される現象を抑えることができる。さらに、上記液晶ライトバルブ25aにおいて、システム光軸SAに対して傾斜した状態で入射する光束は、入射側防塵板74aで複屈折作用を受けても、液晶パネル26aで生じる複屈折作用と相殺されると考えられ



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

液晶デバイスと、前記液晶デバイスの光入射側及び光射出側の少なくとも一方に配置される防塵板を有する液晶パネルと、

前記防塵板を挟んで前記液晶パネルに対向して配置される偏光フィルターと、を備える液晶表示装置であって、

前記偏光フィルターの吸収軸の方向と前記防塵板の光学軸の方向とは直交し、

前記防塵板は、正の一軸性の結晶材料で形成され、システム光軸に垂直な 2 方向に関する屈折率差を  $n$  とし、システム光軸方向の厚みを  $d$  とし、使用する波長を  $\lambda$  としたときに、整数  $N$  を用いて、以下の関係式

$$N = n d / \lambda = N + 1 / 2$$

を満たす液晶表示装置。

10

## 【請求項 2】

前記防塵板は水晶で形成される、請求項 1 に記載の液晶表示装置。

## 【請求項 3】

液晶デバイスと、前記液晶デバイスの光入射側及び光射出側の少なくとも一方に配置される防塵板を有する液晶パネルと、

前記防塵板を挟んで前記液晶パネルに対向して配置される偏光フィルターと、を備える液晶表示装置であって、

前記偏光フィルターの吸収軸の方向と前記防塵板の光学軸の方向とは直交し、

前記防塵板は、負の一軸性の結晶材料で形成され、システム光軸に垂直な 2 方向に関する屈折率差を  $n$  とし、システム光軸方向の厚みを  $d$  とし、使用する波長を  $\lambda$  としたときに、整数  $N$  を用いて、以下の関係式

$$N = n d / \lambda = N - 1 / 2$$

を満たす液晶表示装置。

20

## 【請求項 4】

前記防塵板はサファイアで形成される、請求項 3 に記載の液晶表示装置。

## 【請求項 5】

前記液晶デバイスは、液晶層を挟持する一对の基板と、前記一对の基板のうち一方の基板上に形成される表示用電極とを有する、請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の液晶表示装置。

30

## 【請求項 6】

前記液晶パネルを挟んで前記偏光フィルターの反対側に配置される偏光フィルターをさらに備える、請求項 1 から請求項 5 までのいずれか一項に記載の液晶表示装置。

## 【請求項 7】

照明用の光束を射出する照明装置と、

前記照明装置から射出された光束から複数の色光を分離して、前記複数の色光を各色の光路にそれぞれ導く色分離光学系と、

前記各色の光路上に配置される請求項 1 から請求項 6 までのいずれか一項に記載の液晶表示装置を有し、前記複数の色光を画像情報に応じて変調する光変調部と、

40

前記各色の光路上に配置される各色の液晶表示装置からの各色の変調光を合成して射出する光合成光学系と、

前記光合成光学系を経て合成された変調光を投射する投射光学系と、

を備えるプロジェクター。

## 【請求項 8】

前記照明装置は、偏光方向を所定方向に揃えた照明光を射出し、

前記各色の液晶表示装置は、偏光方向が共通の色光を変調し、

前記光合成光学系は、システム光軸を通してシステム光軸に垂直な軸のまわりに傾斜した少なくとも 1 つのダイクロイックミラーを有し、各色の像光を前記少なくとも 1 つのダイクロイックミラーの波長特性を利用して合成し、

50

前記光変調部は、前記各色の液晶表示装置として、前記少なくとも1つのダイクロミックミラーで反射される変調光を射出する第1タイプの液晶表示装置と、前記少なくとも1つのダイクロミックミラーを透過させる変調光を射出する第2タイプの液晶表示装置とを有し、前記第1タイプの液晶表示装置と前記第2タイプの液晶表示装置とのいずれか一方と、前記光合成光学系との間に、偏光方向を90°切り換える波長板を有する、請求項7に記載のプロジェクター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像形成用の液晶表示装置、及び、かかる液晶表示装置を組み込んだプロジェクターに関する。

10

【背景技術】

【0002】

プロジェクター等に組み込まれる液晶表示装置として、液晶パネルと入射偏光板と射出偏光板とで構成されるものが存在する。このような液晶表示装置において、例えば光入射側に配置される防塵ガラスと光射出側に配置される防塵ガラスとを水晶板からなるものとし、水晶板の光学軸を入射面に垂直な方向に設定することが開示されている（特許文献1参照）。同様に、光入射側に配置される防塵ガラスと光射出側に配置される防塵ガラスとを水晶板からなるものとし、水晶板の光学軸（c軸）を送風ファンによる空気の流れ方向に沿ったものとするとも開示されている（特許文献2参照）。

20

【特許文献1】特開2006-350291号公報

【特許文献2】特開2004-117580号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、本願発明者による検討の結果、防塵ガラスを水晶板等の結晶材料に置き換える場合、これに対向する偏光板との配置関係を考慮しなければ、表示画像のコントラストが低下する場合があることが分かった。

【0004】

そこで、本発明は、防塵ガラスを水晶板等の結晶材料に置き換えた場合にも、表示画像のコントラスト低下を抑えることができる液晶表示装置を提供することを目的とする。

30

【0005】

また、本発明は、上記のような液晶表示装置を組み込んだプロジェクター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】

【0006】

上記課題を解決するため、本発明に係る第1の液晶表示装置は、液晶デバイスと、液晶デバイスの光入射側及び光射出側の少なくとも一方に配置される防塵板を有する液晶パネルと、防塵板を挟んで液晶パネルに対向して配置される偏光フィルターと、を備える液晶表示装置である。ここで、偏光フィルターの吸収軸の方向と防塵板の光学軸の方向とは直交し、防塵板は、正の一軸性の結晶材料で形成され、システム光軸に垂直な2方向に関する屈折率差を  $n$  とし、システム光軸方向の厚みを  $d$  とし、使用する波長を  $\lambda$  としたときに、整数  $N$  を用いて、以下の関係式

40

$$N = nd / \lambda = N + 1 / 2 \quad \dots \quad (1)$$

を満たす。

【0007】

上記液晶表示装置では、偏光フィルターの吸収軸の方向と正の一軸性の結晶材料で形成された防塵板の光学軸の方向とが直交するので、システム光軸に平行な状態で入射する光束は、偏光フィルターの通過に際して防塵板で複屈折作用を受けない。よって、正の一軸性の結晶材料で形成された防塵板によって冷却効率を高めつつ、防塵板の屈折率異方性に

50

よって変調量がずれた変調光が射出される現象を抑えることができる。さらに、上記液晶表示装置において、システム光軸に対して傾斜した状態で入射する光束は、防塵板の通過に際して防塵板で複屈折作用を受けても、このような複屈折作用が液晶パネルで生じる複屈折作用と相殺されると考えられる。よって、システム光軸に対して傾いた光束に対して液晶パネルの視野角補償効果を有する変調光を得ることができるので、コントラスト比に関する視野角特性が良好な液晶表示装置を提供することができる。

【0008】

本発明に係る第2の液晶表示装置は、液晶デバイスと、液晶デバイスの光入射側及び光射出側の少なくとも一方に配置される防塵板を有する液晶パネルと、防塵板を挟んで液晶パネルに対向して配置される偏光フィルターと、を備える液晶表示装置である。ここで、偏光フィルターの吸収軸の方向と防塵板の光学軸の方向とは直交し、防塵板は、負の一軸性の結晶材料で形成され、システム光軸に垂直な2方向に関する屈折率差を  $n$  とし、システム光軸方向の厚みを  $d$  とし、使用する波長を  $\lambda$  としたときに、整数  $N$  を用いて、以下の関係式

$$N = n d / \lambda = N - 1 / 2 \quad \dots \quad (2)$$

を満たす。

【0009】

上記液晶表示装置では、偏光フィルターの吸収軸の方向と負の一軸性の結晶材料で形成された防塵板の光学軸の方向とが直交するので、システム光軸に平行な状態で入射する光束は、偏光フィルターの通過に際して防塵板で複屈折作用を受けない。よって、負の一軸性の結晶材料で形成された防塵板によって冷却効率を高めつつ、防塵板の屈折率異方性によって変調量がずれた変調光が射出される現象を抑えることができる。さらに、上記液晶表示装置において、システム光軸に対して傾斜した状態で入射する光束は、防塵板の通過に際して防塵板で複屈折作用を受けても、このような複屈折作用が液晶パネルで生じる複屈折作用と相殺されると考えられる。よって、システム光軸に対して傾いた光束に対して液晶パネルの視野角補償効果を有する変調光を得ることができるので、コントラスト比に関する視野角特性が良好な液晶表示装置を提供することができる。

【0010】

また、本発明の具体的な態様又は側面によれば、上記液晶表示装置において、防塵板が、水晶及びサファイアのいずれか一方である。この場合、防塵板による光量損失を抑えつつ液晶デバイスを確実に冷却することができる。

【0011】

また、本発明の別の態様では、液晶デバイスが、液晶を挟持する一对の基板と、一对の基板のうち一方の基板上に形成される表示用電極とを有する。

【0012】

また、本発明のさらに別の態様では、液晶パネルを挟んで偏光フィルターの反対側に配置される偏光フィルターをさらに備える。この場合、液晶パネルは、透過型の光変調装置であり、光入射側の偏光フィルターによって、液晶パネルに入射する照明光の偏光方向が調整されるとともに、光射出側の偏光フィルターによって、液晶パネルから射出される光から所定の偏光方向の変調光が取り出される。

【0013】

上記課題を解決するため、本発明に係るプロジェクターは、照明用の光束を射出する照明装置と、照明装置から射出された光束から複数の色光を分離して、複数の色光を各色の光路にそれぞれ導く色分離光学系と、各色の光路上に配置される上述の液晶表示装置を有し、複数の色光を画像情報に応じて変調する光変調部と、各色の光路上に配置される各色の液晶表示装置からの各色の変調光を合成して射出する光合成光学系と、光合成光学系を経て合成された変調光を投射する投射光学系とを備える。

【0014】

上記プロジェクターでは、上述した本願の液晶表示装置を有する光変調部を備えており、液晶表示装置の温度上昇を抑えつつコントラスト比についての視野角特性を良好なもの

10

20

30

40

50

とできるので、高品位の画像を投射することができる。

【0015】

また、本発明の具体的な態様によれば、上記プロジェクターにおいて、照明装置が、偏光方向を所定方向に揃えた照明光を射出し、各色の液晶表示装置が、偏光方向が共通の色光を変調し、光合成光学系が、システム光軸を通してシステム光軸に垂直な軸のまわりに傾斜した少なくとも1つのダイクロイックミラーを有し、各色の像光を少なくとも1つのダイクロイックミラーの波長特性を利用して合成する。そして、光変調部が、各色の液晶表示装置として、上記少なくとも1つのダイクロイックミラーで反射される変調光を射出する第1タイプの液晶表示装置と、上記少なくとも1つのダイクロイックミラーを透過させる変調光を射出する第2タイプの液晶表示装置とを有し、第1タイプの液晶表示装置と第2タイプの液晶表示装置とのいずれか一方と、光合成光学系との間に、偏光方向を90°切り換える波長板を有する。この場合、各色の液晶表示装置に入射させる偏光を揃えることで、すべての光路で偏光フィルター、防塵板等の特性の共通化を図ることができるとともに、特定色の光路に選択的に配置される波長板によってダイクロイックミラーを利用した変調光の合成を効率的なものとする。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

〔第1実施形態〕

図1は、本発明に係る第1実施形態の液晶表示装置を組み込んだプロジェクターの光学系の構成を説明する概念図である。

20

【0017】

本プロジェクター10は、光源光を発生する光源装置21と、光源装置21からの光源光を青緑赤の3色に分離する色分離光学系23と、色分離光学系23から射出された各色の照明光によって照明される光変調部25と、光変調部25から射出された各色の像光を合成するクロスダイクロイックプリズム27と、クロスダイクロイックプリズム27を経た像光をスクリーン(不図示)に投射する投射レンズ29とを備える。

【0018】

以上のプロジェクター10において、光源装置21は、光源ランプ21aと、凹レンズ21bと、一对のレンズアレイ21d, 21eと、偏光変換部材21gと、重畳レンズ21iとを備える。このうち、光源ランプ21aは、例えば高圧水銀ランプ等であるランプ本体22aと、光源光を回収して前方に射出させる凹面鏡22bとを備える。凹レンズ21bは、光源ランプ21aからの光源光を平行化する役割を有するが、例えば凹面鏡22bが放物面鏡である場合には、省略することもできる。一对のレンズアレイ21d, 21eは、マトリクス状に配置された複数の要素レンズからなり、これらの要素レンズによって凹レンズ21bを経た光源ランプ21aからの光源光を分割して個別に集光・発散させる。偏光変換部材21gは、詳細は省略するが、PBS及びミラーを組み込んだプリズムアレイと、当該プリズムアレイに設けた射出面上にストライプ状に貼り付けられる波長板アレイとを備える。この偏光変換部材21gは、レンズアレイ21eから射出した光源光を例えば図1の紙面に水平(より具体的には、後述するクロスダイクロイックプリズム27の第1ダイクロミラー27aと第2ダイクロミラー27bの交線に垂直)な第1偏光方向の直線偏光のみに変換して次段光学系に供給する。重畳レンズ21iは、偏光変換部材21gを経た照明光を全体として適宜収束させることにより、光変調部25に設けた各色の液晶ライトバルブ25a, 25b, 25cに対する重畳照明を可能にする。つまり、両レンズアレイ21d, 21eと重畳レンズ21iとを経た照明光は、以下に詳述する色分離光学系23を通して、光変調部25に設けられた各色の液晶パネル26a, 26b, 26cを均一に重畳照明する。

30

40

【0019】

色分離光学系23は、第1及び第2ダイクロイックミラー23a, 23bと、フィールドレンズ23f, 23g, 23hと、反射ミラー23j, 23m, 23n, 23oとを備え、光源装置21とともに照明装置を構成する。ここで、第1ダイクロイックミラー23

50

a は、青緑赤の 3 色のうち例えば青 ( B ) 色を透過させ、緑 ( G ) 及び赤 ( R ) 色を反射する。また、第 2 ダイクロミックミラー 2 3 b は、入射した緑赤の 2 色のうち例えば緑 ( G ) 色を反射し、赤 ( R ) 色を透過させる。これにより、光源光を構成する B 光、G 光、及び R 光は、第 1、第 2、及び第 3 光路 O P 1 , O P 2 , O P 3 にそれぞれ導かれ、異なる照明対象にそれぞれ入射する。具体的に説明すると、光源装置 2 1 からの光源光は、反射ミラー 2 3 j で光路を折り曲げられて第 1 ダイクロミックミラー 2 3 a に入射する。この第 1 ダイクロミックミラー 2 3 a を通過した B 光は、反射ミラー 2 3 m を経て、液晶ライトバルブ 2 5 a に対向するフィールドレンズ 2 3 f に入射する。また、第 1 ダイクロミックミラー 2 3 a で反射されて第 2 ダイクロミックミラー 2 3 b でさらに反射された G 光は、液晶ライトバルブ 2 5 b に対向するフィールドレンズ 2 3 g に入射する。さらに、第 2 ダイクロミックミラー 2 3 b を通過した R 光は、レンズ L L 1 , L L 2 及び反射ミラー 2 3 n , 2 3 o を経て、液晶ライトバルブ 2 5 c に対向するフィールドレンズ 2 3 h に入射する。なお、各フィールドレンズ 2 3 f , 2 3 g , 2 3 h は、各液晶ライトバルブ 2 5 a , 2 5 b , 2 5 c に入射する照明光の入射角度を調節する機能を有する。レンズ L L 1 , L L 2 及びフィールドレンズ 2 3 h は、リレー光学系を構成している。このリレー光学系は、第 1 レンズ L L 1 の像を、第 2 レンズ L L 2 を介してほぼそのままフィールドレンズ 2 3 h に伝達する機能を有する。

10

#### 【 0 0 2 0 】

光変調部 2 5 は、上記した各色用の 3 つの光路 O P 1 , O P 2 , O P 3 に対応して、3 つの液晶ライトバルブ 2 5 a , 2 5 b , 2 5 c を備える。各液晶ライトバルブ 2 5 a , 2 5 b , 2 5 c は、入射した照明光の強度の空間分布を変調する非発光型の光変調装置である。

20

#### 【 0 0 2 1 】

ここで、第 1 光路 O P 1 に配置された B 色用の液晶ライトバルブ 2 5 a は、液晶表示装置を具体化したものであり、B 光によって照明される液晶パネル 2 6 a と、液晶パネル 2 6 a の入射側に配置される偏光フィルター 2 5 e と、液晶パネル 2 6 a の射出側に配置される偏光フィルター 2 5 h とを備える。この液晶ライトバルブ 2 5 a は、色分離光学系 2 3 に設けたフィールドレンズ 2 3 f の後段に配置されており、第 1 ダイクロミックミラー 2 3 a を透過した B 光によって均一に照明される。液晶ライトバルブ 2 5 a において、偏光フィルター 2 5 e は、入射した B 光について、紙面に平行な第 1 偏光方向の直線偏光を選択的に透過させて液晶パネル 2 6 a に導く。ここで、第 1 偏光方向は、上述のようにクロスダイクロミックプリズム 2 7 の第 1 ダイクロミラー 2 7 a と第 2 ダイクロミラー 2 7 b との交線に垂直な方向 ( 後述する X 軸方向 ) を意味する。液晶パネル 2 6 a は、これに入射した第 1 偏光方向の直線偏光を画像信号に応じて例えば部分的に紙面に垂直な第 2 偏光方向の直線偏光に変換する。ここで、第 2 偏光方向は、クロスダイクロミックプリズム 2 7 の第 1 ダイクロミラー 2 7 a と第 2 ダイクロミラー 2 7 b との交線に平行な方向 ( 後述する Y 軸方向 ) を意味する。偏光フィルター 2 5 h は、液晶パネル 2 6 a を経て変調された第 2 偏光方向の直線偏光のみを選択的に透過させる。

30

#### 【 0 0 2 2 】

第 2 光路 O P 2 に配置された G 色用の液晶ライトバルブ 2 5 b は、液晶表示装置を具体化したものであり、G 光によって照明される液晶パネル 2 6 b と、液晶パネル 2 6 b の入射側に配置される偏光フィルター 2 5 f と、液晶パネル 2 6 a の射出側に配置される偏光フィルター 2 5 i と、1 / 2 波長板 2 5 p とを備える。この液晶ライトバルブ 2 5 b は、色分離光学系 2 3 に設けたフィールドレンズ 2 3 g の後段に配置されており、第 2 ダイクロミックミラー 2 3 b で反射された G 光によって均一に照明される。液晶ライトバルブ 2 5 b において、偏光フィルター 2 5 f は、入射した G 光について、紙面に平行な第 1 偏光方向の直線偏光を選択的に透過させて液晶パネル 2 6 b に導く。液晶パネル 2 6 b は、これに入射した第 1 偏光方向の直線偏光を画像信号に応じて例えば部分的に紙面に垂直な第 2 偏光方向の直線偏光に変換する。偏光フィルター 2 5 i は、液晶パネル 2 6 b を経て変調された第 2 偏光方向の直線偏光のみを選択的に透過させる。1 / 2 波長板 2 5 p は、偏

40

50

光フィルター 25 i を透過した第 2 偏光方向の直線偏光の偏光方向を 90° 回転させて紙面に平行な第 1 偏光方向の直線偏光に切り換える。

【0023】

第 3 光路 OP 3 に配置された R 色用の液晶ライトバルブ 25 c は、液晶表示装置を具体化したものであり、R 光によって照明される液晶パネル 26 c と、液晶パネル 26 c の入射側に配置される偏光フィルター 25 g と、液晶パネル 26 a の射出側に配置される偏光フィルター 25 j とを備える。この液晶ライトバルブ 25 c は、色分離光学系 23 に設けたフィールドレンズ 23 h の後段に配置されており、第 2 ダイクロミックミラー 23 b を透過した R 光によって均一に照明される。液晶ライトバルブ 25 c において、偏光フィルター 25 g は、入射した R 光について、紙面に平行な第 1 偏光方向の直線偏光を選択的に透過させて液晶パネル 26 c に導く。液晶パネル 26 c は、これに入射した第 1 偏光方向の直線偏光を画像信号に応じて例えば部分的に紙面に垂直な第 2 偏光方向の直線偏光に変換する。偏光フィルター 25 j は、液晶パネル 26 c を経て変調された第 2 偏光方向の直線偏光のみを選択的に透過させる。

10

【0024】

図 2 は、図 1 に示すプロジェクター 10 の光変調部 25 を構成する B 光用の液晶ライトバルブ 25 a の構造を説明する拡大断面図である。なお、図 2 において、Z 軸方向は、システム光軸 SA が延びる方向に対応する。また、X 軸方向は、クロスダイクロミックプリズム 27 中の第 1 及び第 2 ダイクロミックミラー 27 a, 27 b の交線に垂直な方向に相当し、Y 軸方向は、第 1 及び第 2 ダイクロミックミラー 27 a, 27 b の交線に平行な方向に相当するものとする。

20

【0025】

液晶ライトバルブ 25 a において、入射側に設けた偏光フィルター 25 e は、基板 S1 上に樹脂製の第 1 偏光フィルム PF1 を接着したものであり、入射面の法線がそれぞれシステム光軸 SA すなわち Z 軸に平行になっている。偏光フィルター 25 e は、偏光素子としての第 1 偏光フィルム PF1 によって、X 方向に沿った第 1 偏光方向の P 偏光のみを通過させる。つまり、偏光フィルター 25 e の吸収軸は Y 方向に延びている。ここで、第 1 偏光フィルム PF1 を支持する基板 S1 は、例えば石英ガラス製であり、X 方向に沿った第 1 偏光方向の P 偏光をそのままシステム光軸 SA に沿って射出させる。なお、偏光フィルター 25 e の入射面と射出面とは、反射防止膜 AR1 が設けられており、迷光の発生を防止している。

30

【0026】

一方、射出側に設けた偏光フィルター 25 h は、基板 S2 上に樹脂製の第 2 偏光フィルム PF2 を接着したものであり、入射面の法線がそれぞれシステム光軸 SA すなわち Z 軸に平行になっている。偏光フィルター 25 h は、偏光素子としての第 2 偏光フィルム PF2 によって Y 方向に沿った第 2 偏光方向の S 偏光のみを通過させ、P 偏光（非変調光）を吸収等により排除する。つまり、偏光フィルター 25 h の吸収軸は X 方向に延びている。ここで、第 2 偏光フィルム PF2 を支持する基板 S2 は、例えば石英ガラス製であり、Y 方向に沿った第 2 偏光方向の S 偏光をそのままシステム光軸 SA に沿って射出させる。なお、偏光フィルター 25 h の入射面と射出面とは、反射防止膜 AR2 が設けられており、迷光の発生を防止している。

40

【0027】

以上では、第 2 偏光フィルム PF2 の支持用の基板 S2 を石英ガラス製としたが、水晶製とすることにより、第 1 偏光フィルム PF1 よりも比較的加熱されやすい状態にある第 2 偏光フィルム PF2 を効率良く冷却することができる。

【0028】

以上の説明から明らかなように、偏光フィルター 25 e を構成する第 1 偏光フィルム PF1 と、偏光フィルター 25 h を構成する第 2 偏光フィルム PF2 とは、クロスニコルを構成するように配置されている。これら第 1 及び第 2 偏光フィルム PF1, PF2 の間に挟まれた液晶パネル 26 a は、第 1 偏光フィルム PF1 側から入射した入射光 LI を入力

50

信号に応じて画素単位で部分的にP偏光からS偏光に変化させ、変化後の変調光を射出光LOとして第2偏光フィルムPF2側に射出する。このように、液晶ライトバルブ25aから射出される変調光は、後述するクロスダイクロイックプリズム27での光合成に適するS偏光状態の射出光LOとなっている。

#### 【0029】

両偏光フィルター25e, 25h間の液晶パネル26aは、垂直配向モードで動作する液晶(すなわち垂直配向型の液晶)で構成される液晶層71を挟んで、入射側に第1基板72と、射出側に第2基板73とを備える。これらの基板72, 73は、ともに平板状であり、偏光フィルター25e等と同様に、入出射面の法線がシステム光軸SAすなわちZ軸に平行になるように配置されている。第1基板72の外側には、光透過性の入射側防塵板74aが貼り付けられており、第2基板73の外側には、光透過性の射出側防塵板74bが貼り付けられている。これらの防塵板74a, 74bは、ともに平板状であり、偏光フィルター25e等と同様に、入出射面の法線がシステム光軸SAすなわちZ軸に平行になるように配置されている。この液晶パネル26aの入射側防塵板74a側の入射面と、射出側防塵板74b側の射出面とは、反射防止膜AR3が設けられており、迷光の発生を防止している。

10

#### 【0030】

入射側防塵板74aは、正の一軸性の結晶材料、具体的には水晶製の平板であり、射出側防塵板74bは、等方性の無機材料、具体的には石英ガラス製の平板である。入射側防塵板74aは、これを形成する水晶の光学軸がX軸方向に延びるように切り出されたものである。つまり、入射側防塵板74aの光学軸は、偏光フィルター25eの吸収軸に対して垂直な状態になっている。

20

#### 【0031】

図3は、入射側防塵板74aの機能を説明する図である。図3(A)に示すように、入射側防塵板74aを構成する水晶は、X方向に延びる光学軸OAの方向に関する屈折率が相対的に大きな正の一軸性の屈折率楕円体RIE1に対応する光学的異方性を有する。具体的な大小関係で説明すると、図中の各方位XYZに関する屈折率をNX, NY, NZとして、 $NY = NZ < NX$ なる関係が成り立つ。一方、偏光フィルター25eの第1偏光フィルムPF1は、例えば染料を吸着させて染色したPVA(ポリビニールアルコール)をTAC(トリアセチルセルロース)上に貼り付けた延伸フィルムであり、その延伸方向に吸収係数を持たせている。第1偏光フィルムPF1が吸収係数を有するという事は、屈折率に虚数部分が存在するが( $NX = NZ = n$ ,  $NY = n + i n'$ 、ここでn, n'は屈折率であり、透過軸方向は100%光が透過する理想的な場合を考える)、入射側防塵板74aと同様に屈折率楕円体として扱うことができることを意味するので、第1偏光フィルムPF1すなわち偏光フィルター25eは、例えば図3(B)に示すような正の一軸性の屈折率楕円体RIE2と同様に振る舞う。よって、液晶ライトバルブ25aに入射する入射光LIを考えた場合、この入射光LIがシステム光軸SAすなわちZ軸に平行であれば、図3(C)に示すように、偏光フィルター25eと入射側防塵板74aとを合成しても、X軸方向やY軸方向に沿った光学軸が見かけ上維持される。つまり、入射側防塵板74aが入射光LIの位相状態に作用を及ぼして偏光方向を変化させるといったことは起こらず、同様に偏光フィルター25eが偏光方向を変化させるといったことも起こらない。しかしながら、液晶ライトバルブ25aに入射する入射光LIは、システム光軸SAすなわちZ軸に対して傾いて入射する成分を有し、このような斜入射成分にとって、偏光フィルター25eの屈折率楕円体RIE2の光学軸OAと、入射側防塵板74aの屈折率楕円体RIE1の光学軸OAとは、見かけ上90°に維持されなくなる。よって、斜入射成分に関しては、入射側防塵板74aや偏光フィルター25eが入射光LIの位相状態に作用を及ぼして偏光方向を変化させる。ここで、入射光LIのうち斜入射成分は、コントラスト比の視野角特性に影響するので、入射側防塵板74aや偏光フィルター25eによる位相作用が液晶ライトバルブ25aの視野角特性を補償することが望ましい。このため、本実施形態では、入射側防塵板74aのシステム光軸SAに垂直な2方向に関する屈折率差を

30

40

50



$n (= |N_X - N_Y|)$  とし、システム光軸 S A 方向の厚みを  $d$  とし、使用される B 色の波長を  $\lambda$  としたときに、以下の関係式

$$N = nd / \lambda = N + 1/2 \quad \dots \quad (1)$$

(ここで、 $N$  は整数)

を満たすようにしている。つまり、入射側防塵板 74 a の光学軸 O A 方向の位相ずれが半波長分以下となるようにすることで、詳細は後述するが、入射側防塵板 74 a の屈折率異方性によって変調量がずれた変調光が液晶ライトバルブ 25 a から射出される現象を抑えることができることを実験的に確認した。

#### 【0032】

図 2 に戻って、液晶パネル 26 a において、第 1 基板 72 の液晶層 71 側の面上には、透明な共通電極 75 が設けられており、その上には、例えば配向膜 76 が形成されている。一方、第 2 基板 73 の液晶層 71 側の面上には、マトリクス状に配置された表示用電極としての複数の透明画素電極 77 と、各透明画素電極 77 に電氣的に接続可能な配線 (不図示) と、透明画素電極 77 及び配線の間を介する薄膜トランジスタ (不図示) とが設けられており、その上には、例えば配向膜 78 が形成されている。ここで、第 1 及び第 2 基板 72, 73 と、これらに挟まれた液晶層 71 と、電極 75, 77 とは、光能動素子、すなわち入射光 L I の偏光状態を入力信号に応じて変調するための液晶デバイス 80 として機能する部分である。この液晶デバイス 80 を構成する各画素部分 P P は、1 つの透明画素電極 77 と、共通電極 75 の一部と、両配向膜 76, 78 の一部と、液晶層 71 の一部とを含む。なお、第 1 基板 72 と共通電極 75 との間には、各画素部分 P P を区分するように格子状のブラックマトリクス 79 が設けられている。

10

20

#### 【0033】

以上の液晶デバイス 80 において、配向膜 76, 78 は、電界の存在しない状態で、液晶層 71 を構成する液晶性化合物をシステム光軸 S A すなわち Z 軸に略平行な状態に配列させる役割を有する。ただし、Z 軸に沿った方向に適度な電界を形成した場合、液晶層 71 を構成する液晶性化合物は、システム光軸 S A すなわち Z 軸に略平行な状態から例えば XY 面内の所定方位に向けて傾けられる。これにより、一对の偏光フィルム P F 1, P F 2 の間に挟まれた液晶層 71 をノーマリブラックモードで動作させることになり、電圧非印加のオフ状態で最大遮光状態 (光オフ状態) を確保することができる。つまり、液晶パネル 26 a は、光オフ状態の黒表示時に、P 偏光をそのまま変化させないで通過させる。また、液晶パネル 26 a は、光オン状態の白表示時に、P 偏光を S 偏光に切替えて通過させる。

30

#### 【0034】

以上では、図 2 等に基づいて B 光用の液晶ライトバルブ 25 a の構造及び機能を説明したが、R 光用の液晶ライトバルブ 25 c も、B 光用の液晶ライトバルブ 25 a と同様の構造及び機能を有する。つまり、図 2 等に示すように、偏光フィルター 25 g のうち第 1 偏光フィルム P F 1 によって、P 偏光のみを選択的に透過させ、液晶パネル 26 c の変調によって P 偏光から S 偏光に変化させ、偏光フィルター 25 j によって、液晶ライトバルブ 25 c から射出される変調光を S 偏光状態の射出光 L O とすることができる。

40

#### 【0035】

G 光用の液晶ライトバルブ 25 b は、図 4 に示すように、B 光用の液晶ライトバルブ 25 a 等と基本的に同様の構造及び機能を有するが、光射出側に、1/2 波長板 25 p を追加した点が異なっている。これにより、偏光フィルター 25 f のうち第 1 偏光フィルム P F 1 によって、P 偏光のみを選択的に透過させ、液晶パネル 26 b の変調によって P 偏光から S 偏光に変化させる。さらに、偏光フィルター 25 i によって、S 偏光状態の変調光のみを透過させ、1/2 波長板 25 p によって、液晶ライトバルブ 25 b から射出される変調光を P 偏光状態の射出光 L O とすることができる。

#### 【0036】

図 5 (A) は、本実施形態の液晶ライトバルブ 25 a のコントラスト比の視野角特性を説明する図である。なお、この例では、入射側防塵板 74 a を形成する水晶板の厚み  $t$  を

50

1.1 mmとしている。図において、中心からの方位及び距離が視野角の方向及び角度を示し、コントラスト比の等高線によって視野角特性を表している。図5(A)からも明らかのように、本実施形態の液晶ライトバルブ25aの場合、比較的広い視野角範囲でコントラスト比が比較的高くなっている。図5(B)は、比較例の液晶ライトバルブのコントラスト比の視野角特性を説明する図である。比較例の液晶ライトバルブは、液晶ライトバルブ25a等と基本的に同様の構造を有するが、入射側防塵板74aの光学軸が、偏光フィルター25eの吸収軸に対して平行に配置されている。つまり、比較例の入射側防塵板74aの光学軸はY軸方向に延びている。比較例の場合、コントラスト比の高い範囲が多少狭くなっている。

#### 【0037】

図6は、液晶ライトバルブ25a中において入射側防塵板74aの厚みを変化させた場合のコントラスト比の変化を説明するグラフである。なお、この例では、入射側防塵板74aを形成する水晶板の厚みtの調整範囲を1040~1160 $\mu$ mとした。グラフからも明らかのように、入射側防塵板74aの厚みを変化させることにより、コントラスト比が平均値800を中心として正弦的な変化で増減することがわかる。この場合の変化の周期は、 $nd/N$ であり、 $N \sim N+1/2$ の範囲内にピークが存在し、この範囲でコントラスト比が相対的に向上することがわかる。つまり、以下の関係式

$$N \quad nd/N \quad N+1/2 \quad \dots \quad (1)$$

を満たすように、入射側防塵板74aの屈折率差  $n$  や厚み  $d$  を調整することで、入射側防塵板で生じる位相差が液晶ライトバルブ25aで生じる位相差を打ち消す特性を持たせることができる。これにより液晶ライトバルブ25aの視野角特性が補償され、コントラストが向上する。ここで、入射側防塵板74aの働きについて考察すると、本実施形態のように、入射側防塵板74aの光学軸が偏光フィルター25eの吸収軸に対して垂直な状態になっている場合、入射側防塵板74a及び偏光フィルター25eを一組とする複合光学素子は、既に説明したようにシステム光軸SAに対して傾いて入射する斜入射成分に対して複屈折作用を及ぼすと考えられる。つまり、入射側防塵板74a及び偏光フィルター25eを一組とする複合光学素子は、システム光軸SAに平行な方向に光学軸を有する一軸性の素子に似た作用を及ぼすといえる。特に、 $nd/N$  が関係式(1)の範囲内にある場合、上記複合光学素子は見かけ上負の一軸性の作用を及ぼすと考えられる。ここで、垂直配向型の液晶パネル26aや後述するツイストネマティック型の液晶パネルについては、システム光軸SAに平行な方向に光学軸を有する負の一軸性の光学素子による補償効果があることが確かめられている。よって、関係式(1)の範囲内となるように入射側防塵板74aの屈折率差  $n$  や厚み  $d$  を調整することで、液晶ライトバルブ25aのコントラスト比が若干上昇するものと考えられる。

#### 【0038】

図1に戻って、クロスダイクロミックプリズム27は、光合成光学系に相当するものであり、4つの直角プリズムを貼り合わせた平面視略正方形状をなし、直角プリズム同士を貼り合わせた界面には、X字状に交差する一対のダイクロミラー27a, 27bが形成されている。両ダイクロミラー27a, 27bは、特性が異なる誘電体多層膜で形成されている。すなわち、一方の第1ダイクロミラー27aはB光を反射し、他方の第2ダイクロミラー27bはR光を反射する。このクロスダイクロミックプリズム27は、液晶ライトバルブ25aからの変調後のB光を第1ダイクロミラー27aで反射して進行方向右側に射出させ、液晶ライトバルブ25bからの変調後のG光を第1及び第2ダイクロミラー27a, 27bを介して直進・射出させ、液晶ライトバルブ25cからの変調後のR光を第2ダイクロミラー27bで反射して進行方向左側に射出させる。なお、既に説明したように、第1及び第2ダイクロミラー27a, 27bは、紙面に垂直なS偏光状態のB及びR光を反射し、両ダイクロミラー27a, 27bは、紙面に平行なP偏光状態のG光を透過させる。これにより、クロスダイクロミックプリズム27におけるBGR光の合成効率を高めることができ、色ムラの発生を抑えることができる。

#### 【0039】

10

20

30

40

50

投射レンズ 29 は、投射部又は投射光学系として、クロスダイクロイックプリズム 27 で合成されたカラーの像光を、所望の倍率でスクリーン（不図示）上に投射する。つまり、各液晶パネル 26 a ~ 26 c に入力された駆動信号或いは画像信号に対応する所望の倍率のカラー動画やカラー静止画がスクリーン上に投射される。

【0040】

上記プロジェクター 10 によれば、各色の液晶ライトバルブ 25 a, 25 b, 25 c において、入射側の偏光フィルター 25 e, 25 f, 25 g の吸収軸の方向と、正の一軸性の結晶材料で形成された入射側防塵板 74 a の光学軸の方向とが直交するので、システム光軸 SA に平行な状態で入射する光束は、偏光フィルター 25 e, 25 f, 25 g の通過に際して入射側防塵板 74 a で複屈折作用を受けない。よって、入射側防塵板 74 a によって冷却効率を高めつつ、入射側防塵板 74 a の屈折率異方性によって変調量がずれた変調光が射出される現象を抑えることができる。さらに、上記液晶ライトバルブ 25 a, 25 b, 25 c において、システム光軸 SA に対して傾斜した状態で入射する光束は、入射側防塵板 74 a で複屈折作用を受けても、液晶パネル 26 a, 26 b, 26 c で生じる複屈折作用と相殺されると考えられる。よって、システム光軸 SA に対して傾いた光束に対して液晶パネル 26 a, 26 b, 26 c の視野角特性補償効果を有する変調光を得ることができ、コントラスト比に関する視野角特性が良好な液晶ライトバルブ 25 a, 25 b, 25 c を提供することができる。

10

【0041】

〔第 2 実施形態〕

以下、本発明に係る第 2 実施形態の変調光学系を組み込んだプロジェクターについて説明する。第 2 実施形態のプロジェクターは、第 1 実施形態のプロジェクターを変形したものであり、特に説明しない部分は、第 1 実施形態と同様である。

20

【0042】

図 7 は、第 2 実施形態のプロジェクターに組み込まれる B 光用の液晶ライトバルブ 25 a の構造を説明する拡大断面図である。この液晶ライトバルブ 25 a の場合、第 1 基板 72 の外側には、光透過性の入射側防塵板 174 a が貼り付けられており、第 2 基板 73 の外側には、光透過性の射出側防塵板 174 b が貼り付けられている。これらの防塵板 174 a, 174 b は、ともに平板状であり、偏光フィルター 25 e 等と同様に、入出射面の法線がシステム光軸 SA すなわち Z 軸に平行になるように配置されている。ここで、入射側防塵板 174 a は、等方性の無機材料、具体的には石英ガラス製の平板であり、射出側防塵板 174 b は、正の一軸性の結晶材料、具体的には水晶製の平板である。射出側防塵板 174 b は、これを形成する水晶の光学軸が Y 軸方向に延びるように切り出されたものである。つまり、射出側防塵板 174 b の光学軸は、偏光フィルター 25 h の吸収軸に対して垂直な状態になっている。

30

【0043】

図 8 (A) は、本実施形態の液晶ライトバルブ 25 a のコントラスト比の視野角特性を説明する図である。なお、この例では、入射側防塵板 74 a を形成する水晶板の厚み  $t$  を 1.1 mm としている。図からも明らかなように、本実施形態の液晶ライトバルブ 25 a の場合、比較的広い視野角範囲でコントラスト比が比較的高くなっている。図 8 (B) は、比較例の液晶ライトバルブのコントラスト比の視野角特性を説明する図である。比較例の液晶ライトバルブは、液晶ライトバルブ 25 a 等と基本的に同様の構造を有するが、射出側防塵板 174 b の光学軸が、偏光フィルター 25 h の吸収軸に対して平行に配置されている。つまり、比較例の射出側防塵板 174 b の光学軸は X 軸方向に延びている。比較例の場合、コントラスト比の高い範囲が多少狭くなっている。

40

【0044】

なお、詳細な説明を省略するが、本実施形態における R 光用の液晶ライトバルブ 25 c も、B 光用の液晶ライトバルブ 25 a と同様の構造を有する。つまり、射出側防塵板 174 b が正の一軸性の結晶材料で形成されており、その光学軸が偏光フィルター 25 j の吸収軸に対して垂直に配置される。また、本実施形態における G 光用の液晶ライトバルブ 2

50

5 b も、B 光用の液晶ライトバルブ 2 5 a と同様の構造を有する。つまり、射出側防塵板 1 7 4 b が正の一軸性の結晶材料で形成されており、その光学軸が偏光フィルター 2 5 i の吸収軸に対して垂直に配置される。ただし、偏光フィルター 2 5 i の光射出側には、1 / 2 波長板 2 5 p が追加される。

【 0 0 4 5 】

〔 第 3 実施形態 〕

以下、本発明に係る第 3 実施形態の変調光学系を組み込んだプロジェクターについて説明する。第 3 実施形態のプロジェクターは、第 1 実施形態のプロジェクターを变形したものであり、特に説明しない部分は、第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 4 6 】

図 9 は、第 3 実施形態のプロジェクターに組み込まれる B 光用の液晶ライトバルブ 2 2 5 a の構造を説明する拡大断面図である。この液晶ライトバルブ 2 2 5 a の場合、第 1 基板 7 2 の外側に貼り付けられた入射側防塵板 2 7 4 a は、負の一軸性の結晶材料であるサファイアで形成され、このサファイアの光学軸が X 軸方向に延びるように切り出されたものである。つまり、入射側防塵板 2 7 4 a の光学軸は、偏光フィルター 2 5 e の吸収軸に対して垂直な状態になっている。一方、射出側防塵板 2 7 4 b は、等方性の無機材料、具体的には石英ガラス製の平板である。入射側防塵板 2 7 4 a や射出側防塵板 2 7 4 b は、入射面の法線がシステム光軸 S A すなわち Z 軸に平行になるように配置されている。

【 0 0 4 7 】

図 1 0 は、液晶ライトバルブ 2 2 5 a 中において入射側防塵板 2 7 4 a の厚みを変化させた場合のコントラスト比の変化を説明するグラフである。なお、この例では、入射側防塵板 7 4 a を形成する水晶板の厚み t の調整範囲を 1 0 4 0 ~ 1 1 6 0 μ m とした。グラフからも明らかなように、入射側防塵板 2 7 4 a の厚みを変化させることにより、コントラスト比が平均値 8 0 0 を中心として正弦的な変化で増減することがわかる。この場合の変化の周期は、 $\pi n d / \lambda$  であり、 $N \sim N - 1 / 2$  の範囲内にピークが存在し、この範囲でコントラスト比が相対的に向上することがわかる。つまり、以下の関係式

$$N \quad \pi n d / \lambda \quad N - 1 / 2 \quad \dots \quad (2)$$

を満たすように、入射側防塵板 2 7 4 a の屈折率差  $n$  や厚み  $d$  を調整することで、入射側防塵板で生じる位相差が液晶ライトバルブ 2 5 a で生じる位相差を打ち消す特性を持たせることができる。これにより液晶ライトバルブ 2 5 a の視野角特性が補償され、コントラストが向上する。ここで、入射側防塵板 2 7 4 a の働きについて考察すると、本実施形態のように、入射側防塵板 2 7 4 a の光学軸が偏光フィルター 2 5 e の吸収軸に対して垂直な状態になっている場合、入射側防塵板 2 7 4 a 及び偏光フィルター 2 5 e を一組とする複合光学素子は、システム光軸 S A に平行な方向に光学軸を有する一軸性の素子に似た作用を及ぼすといえる。特に、 $\pi n d / \lambda$  が関係式 ( 2 ) の範囲内にある場合、上記複合光学素子は見かけ上負の一軸性の作用を及ぼすと考えられる。ここで、垂直配向型の液晶パネル 2 6 a については、システム光軸 S A に平行な方向に光学軸を有する負の一軸性の光学素子による補償効果があることが確かめられている。よって、関係式 ( 2 ) の範囲内となるように入射側防塵板 2 7 4 a の屈折率差  $n$  や厚み  $d$  を調整することで、液晶ライトバルブ 2 5 a のコントラスト比が若干上昇するものと考えられる。

【 0 0 4 8 】

入射側防塵板 2 7 4 a が負の一軸性の結晶材料である場合、図 6 に示す正の一軸性の結晶材料からなる入射側防塵板 7 4 a と比較して変化が半周期ずれる理由については、明確でないが、吸収軸方向と入射側防塵板 2 7 4 a の低屈折率方向および高屈折率方向の関係により、液晶ライトバルブ 2 2 5 a の視野角を補償する特性を有する複屈折特性を持たせるために必要な厚みが異なるからであると考えられる。

【 0 0 4 9 】

なお、本実施形態における R 光用の液晶ライトバルブ 2 2 5 c も、B 光用の液晶ライトバルブ 2 2 5 a と同様の構造を有する。つまり、入射側防塵板 2 7 4 a が負の一軸性の結晶材料で形成されており、その光学軸が偏光フィルター 2 5 g の吸収軸に対して垂直に配

10

20

30

40

50

置される（図9参照）。また、本実施形態におけるG光用の液晶ライトバルブ225bも、B光用の液晶ライトバルブ225aと同様の構造を有する。つまり、入射側防塵板274aが負一軸性の結晶材料で形成されており、その光学軸が偏光フィルター25fの吸収軸に対して垂直に配置される。ただし、偏光フィルター25iの光射出側には、1/2波長板25pが追加される（図11参照）。

#### 【0050】

##### 〔第4実施形態〕

以下、本発明に係る第4実施形態の変調光学系を組み込んだプロジェクターについて説明する。第4実施形態のプロジェクターは、第3実施形態のプロジェクターを変形したものであり、特に説明しない部分は、第3実施形態と同様である。

10

#### 【0051】

図12は、第4実施形態のプロジェクターに組み込まれるB光用の液晶ライトバルブ225aの構造を説明する拡大断面図である。この液晶ライトバルブ225aの場合、第1基板72の外側には、光透過性の入射側防塵板374aが貼り付けられており、第2基板73の外側には、光透過性の射出側防塵板374bが貼り付けられている。これらの防塵板374a, 374bは、ともに平板状であり、偏光フィルター25e等と同様に、入射面の法線がシステム光軸SAすなわちZ軸に平行になるように配置されている。ここで、入射側防塵板374aは、等方性の無機材料、具体的には石英ガラス製の平板であり、射出側防塵板374bは、負の一軸性の結晶材料、具体的にはサファイア製の平板である。射出側防塵板374bは、これを形成するサファイアの光学軸がY軸方向に延びるように切り出されたものである。つまり、射出側防塵板374bの光学軸は、偏光フィルター25hの吸収軸に対して垂直な状態になっている。

20

#### 【0052】

なお、詳細な説明を省略するが、本実施形態におけるR光用の液晶ライトバルブ225cも、B光用の液晶ライトバルブ225aと同様の構造を有する。つまり、射出側防塵板374bが負の一軸性の結晶材料で形成されており、その光学軸が偏光フィルター25jの吸収軸に対して垂直に配置される。また、本実施形態におけるG光用の液晶ライトバルブ225bも、B光用の液晶ライトバルブ225aと同様の構造を有する。つまり、射出側防塵板374bが負の一軸性の結晶材料で形成されており、その光学軸が偏光フィルター25iの吸収軸に対して垂直に配置される。ただし、偏光フィルター25iの光射出側には、1/2波長板25pが追加される。

30

#### 【0053】

##### 〔第5実施形態〕

以下、第5実施形態の変調光学系を組み込んだプロジェクターについて説明する。第5実施形態のプロジェクターは、第1～第4実施形態のプロジェクターを変形したものであり、特に説明しない部分は、第1実施形態等と同様である。

#### 【0054】

第5実施形態のプロジェクターに組み込まれる液晶ライトバルブ25a, 25b, 25c, 225a, 225b, 225cは、ツイストネマティックモードで動作する液晶（すなわちツイストネマティック型の液晶）で構成される液晶層71を備える。この場合、液晶層71中の液晶性化合物の光学軸は、第1基板72から第2基板73にかけて徐々にねじれるように配置される。つまり、第1及び第2基板72, 73の内側すなわち配向膜76, 78に隣接して液晶層71の両端側に配置される一組の液晶性化合物の光学軸は、XY平面上に投影した場合、互いに例えば90°のツイスト角をなす。これにより、一对の偏光フィルムPF1, PF2の間に挟まれた液晶層71をノーマリホワイトモードで動作させることになり、電圧非印加のオフ状態で最大透過状態（光オン状態）を確保することができる。つまり、液晶パネル26aは、光オン状態の白表示時に、S偏光をP偏光に切替えて通過させるとともに、光オフ状態の黒表示時に、P偏光をそのまま変化させないで通過させる。

40

#### 【0055】

50

なお、例えば第1実施形態のプロジェクター10を変更したものでは、偏光フィルター25e, 25f, 25gの吸収軸の方向と、正の一軸性の結晶材料である入射側防塵板74aの光学軸の方向とが直交する点に変更はない。また、第2実施形態のプロジェクター10を変更したものでは、偏光フィルター25h, 25i, 25jの吸収軸の方向と、正の一軸性の結晶である射出側防塵板174bの光学軸の方向とが直交する点に変更はない。同様に、第3実施形態のプロジェクター10を変更したものでは、偏光フィルター25e, 25f, 25gの吸収軸の方向と、負の一軸性の結晶材料である入射側防塵板274aの光学軸の方向とが直交する点に変更はない。また、第4実施形態のプロジェクター10を変更したものでは、偏光フィルター25h, 25i, 25jの吸収軸の方向と、負の一軸性の結晶である射出側防塵板374bの光学軸の方向とが直交する点に変更はない。

10

#### 【0056】

図13は、第1実施形態をツイストネマティック型に変更した液晶ライトバルブ25a中において入射側防塵板74aの厚みを変化させた場合のコントラスト比の変化を説明するグラフである。ここで、曲線aは、偏光フィルター25eの吸収軸の方向と、入射側防塵板74aの光学軸の方向とが直交する場合のコントラスト比の変化を示す。一方、曲線bは、偏光フィルター25eの吸収軸の方向と、入射側防塵板74aの光学軸の方向とが平行な場合のコントラスト比の変化を示す。

#### 【0057】

グラフからも明らかなように、入射側防塵板74aの厚みを変化させることにより、コントラスト比が正弦的な変化で増減することがわかる。この場合の変化の周期は、 $n d$ であり、 $N \sim N + 1/2$ の範囲内にピークが存在しこの範囲でコントラスト比が相対的に向上することがわかる。つまり、ツイストネマティック型の液晶層71を備える液晶パネル26aであっても、以下の関係式

20

$$N \quad n d / \quad N + 1 / 2 \quad \dots \quad (1)$$

を満たすように、入射側防塵板74aの屈折率差  $n$  や厚み  $d$  を調整することで、入射側防塵板で生じる位相差が液晶ライトバルブ25a, 225aで生じる位相差を打ち消す特性を持たせることができる。これにより液晶ライトバルブ25a, 225aの視野角特性が補償され、コントラストが向上する。ここで、入射側防塵板74a, 274aの働きについて考察すると、本実施形態のように、入射側防塵板74a, 274aの光学軸が偏光フィルター25eの吸収軸に対して垂直な状態になっている場合、入射側防塵板74a, 274a及び偏光フィルター25eを一組とする複合光学素子は、システム光軸SAに平行な方向に光学軸を有する一軸性の素子に似た作用を及ぼすといえる。特に、 $n d /$  が関係式(1)の範囲内にある場合、上記複合光学素子は、見かけ上負の一軸性の作用を及ぼすと考えられる。前述したように、ツイストネマティック型の液晶パネル26aについては、システム光軸SAに平行な方向に光学軸を有する負の一軸性の光学素子による補償効果があることが確かめられている。よって、関係式(1)の範囲内となるように入射側防塵板74aの屈折率差  $n$  や厚み  $d$  を調整することで、液晶ライトバルブ25a, 225aのコントラスト比が若干上昇するものと考えられる。

30

#### 【0058】

以上実施形態に即して本発明を説明したが、本発明は、上記の実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

40

#### 【0059】

すなわち、上記第1及び第3実施形態では、入射側防塵板74aを正又は負の一軸性結晶とし、上記第2及び第4実施形態では、射出側防塵板74bを正又は負の一軸性結晶としたが、入射側防塵板及び射出側防塵板の双方を正又は負の一軸性結晶とすることができる。

#### 【0060】

また、上記第1～第5実施形態では、光学補償板を組み込んでいないが、液晶ライトバルブ25a, 25b, 25cにおいて、例えば偏光フィルター25e, 25f, 25gと

50

、液晶パネル 26 a , 26 b , 26 c との間に結晶材料からなり位相差を付与することができる光学補償板を挿入することができる。

【0061】

また、上記実施形態のプロジェクター 10 では、光源装置 21 を、光源ランプ 21 a 、  
 一对のレンズアレイ 21 d , 21 e 、偏光変換部材 21 g 、及び重畳レンズ 21 i で構成  
 したが、レンズアレイ 21 d , 21 e 等については省略することができ、光源ランプ 21  
 a も、LED 等の別光源に置き換えることができる。

【0062】

上記実施形態では、3つの液晶ライトバルブ 25 a ~ 25 c を用いたプロジェクター 1  
 0 の例のみを挙げたが、本発明は、2つの液晶ライトバルブを用いたプロジェクター、或  
 いは、4つ以上の液晶ライトバルブを用いたプロジェクターにも適用可能である。

10

【0063】

上記実施形態では、スクリーンを観察する方向から投射を行なうフロントタイプのプロ  
 ジェクターの例のみを挙げたが、本発明は、スクリーンを観察する方向とは反対側から投  
 射を行なうリアタイプのプロジェクターにも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】第1実施形態の液晶表示装置を組み込んだプロジェクターの光学系を説明する図  
 である。

【図2】図1のプロジェクターを構成するB光用の液晶ライトバルブの拡大断面図である  
 。

20

【図3】(A) ~ (C) は、液晶ライトバルブに組み込まれた防塵板の働きを説明する図  
 である。

【図4】図1のプロジェクターを構成するG光用の液晶ライトバルブの拡大断面図である  
 。

【図5】(A) は、本実施形態の液晶ライトバルブのコントラスト比の視野角特性を説明  
 する図であり、(B) は、比較例の液晶ライトバルブのコントラスト比の視野角特性を説  
 明する図である。

【図6】入射側防塵板の厚みを変化させた場合のコントラスト比の変化を説明するグラフ  
 である。

30

【図7】第2実施形態におけるB光用の液晶ライトバルブの拡大断面図である。

【図8】(A) は、本実施形態の液晶ライトバルブのコントラスト比の視野角特性を説明  
 する図であり、(B) は、比較例の液晶ライトバルブのコントラスト比の視野角特性を説  
 明する図である。

【図9】第3実施形態におけるB光用の液晶ライトバルブの拡大断面図である。

【図10】入射側防塵板の厚みを変化させた場合のコントラスト比の変化を説明するグラ  
 フである。

【図11】第3実施形態におけるG光用の液晶ライトバルブの拡大断面図である。

【図12】第4実施形態におけるB光用の液晶ライトバルブの拡大断面図である。

【図13】第5実施形態において、入射側防塵板の厚みとコントラスト比との関係を説明  
 するグラフである。

40

【符号の説明】

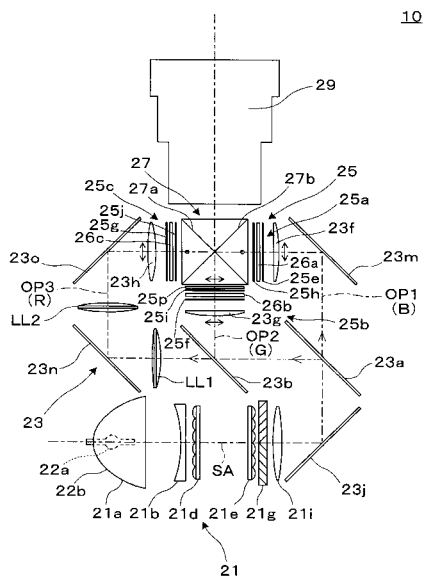
【0065】

LI ... 入射光、 LO ... 射出光、 OA ... 光学軸、 OP1 , OP2 , OP3 ... 光路、  
 PF1 , PF2 ... 偏光フィルム、 S1 ... 基板、 S2 ... 基板、 SA ... システム光軸、  
 10 ... プロジェクター、 21 ... 光源装置、 21 g ... 偏光変換部材、 21 i ... 重畳  
 レンズ、 23 ... 色分離光学系、 23 a , 23 b ... ダイクロイックミラー、 25 ... 光  
 変調部、 25 a , 25 b , 25 c , 225 a , 225 b , 225 c ... 液晶ライトバルブ  
 、 25 e , 25 f , 25 g ... 偏光フィルター、 25 h , 25 i , 25 j ... 偏光フィル  
 ター、 25 p ... 波長板、 26 a , 26 b , 26 c ... 液晶パネル、 27 ... クロスダイ

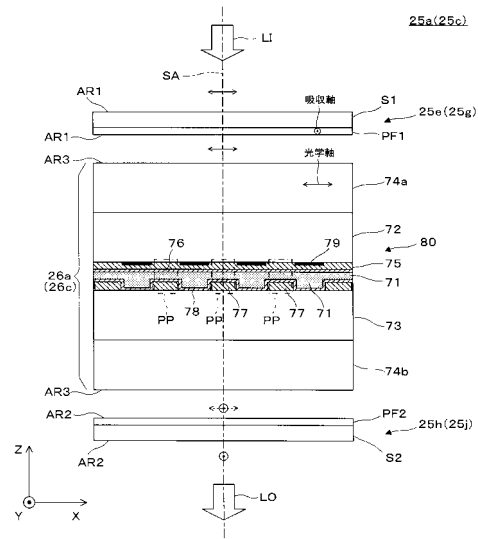
50

クロイックプリズム、 27a, 27b ... ダイクロミラー、 29 ... 投射レンズ、 71 ... 液晶層、 72, 73 ... 基板、 74a, 174a, 274a, 374a ... 入射側防塵板、 74b, 174b, 274b, 374b ... 射出側防塵板、 75, 77 ... 電極、 76, 78 ... 配向膜、 77 ... 透明画素電極、 80 ... 液晶デバイス  
74a, 74b 防塵板

【図1】

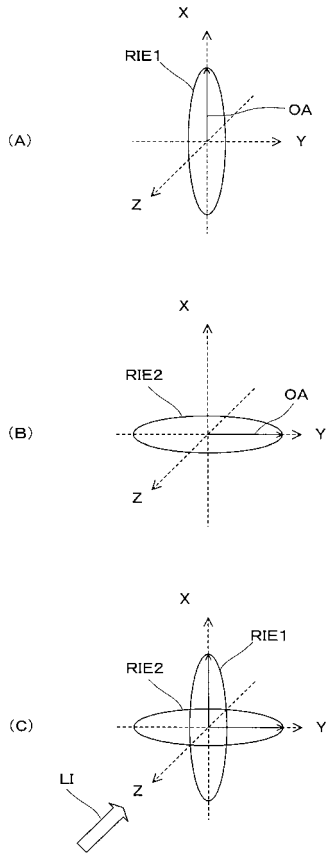


【図2】

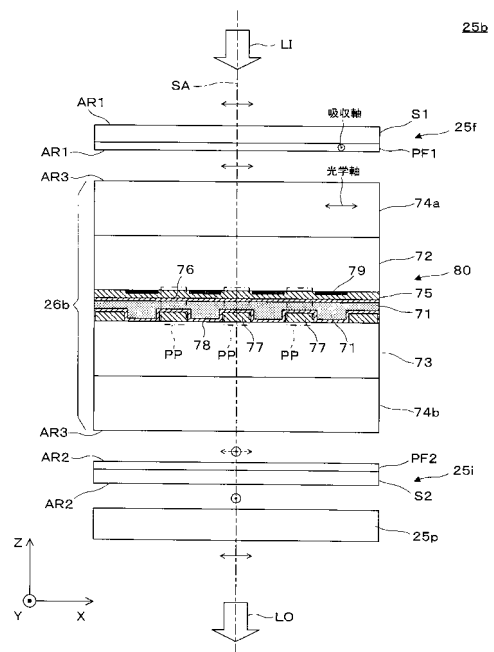




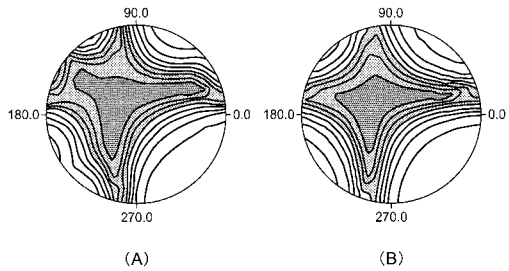
【 図 3 】



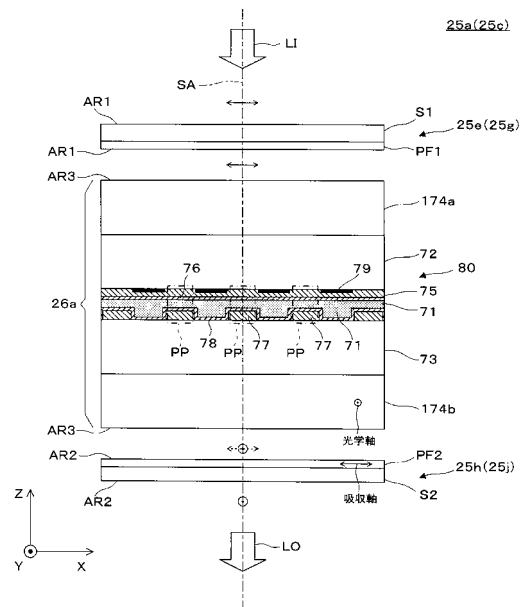
【 図 4 】



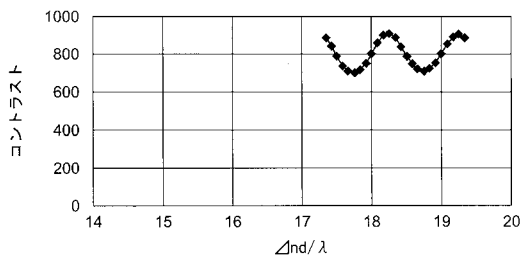
【 図 5 】



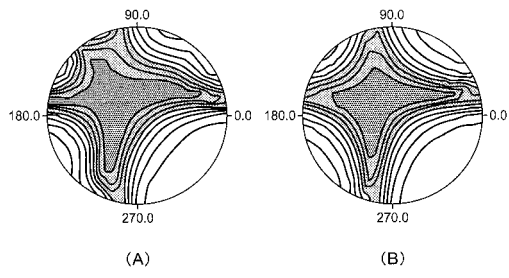
【 図 7 】



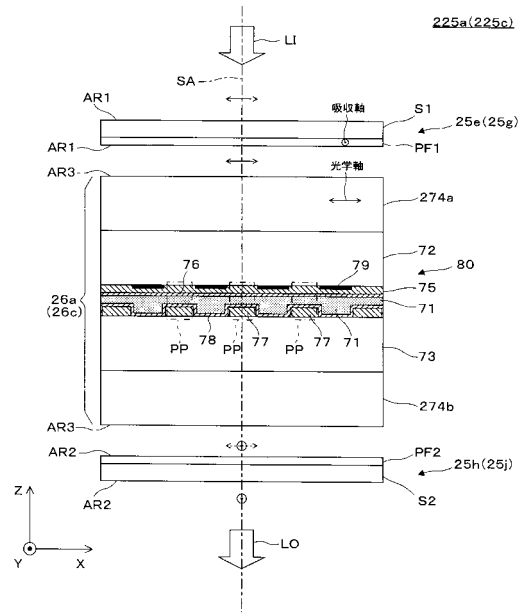
【 図 6 】



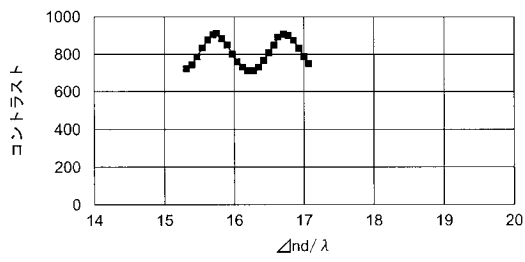
【 図 8 】



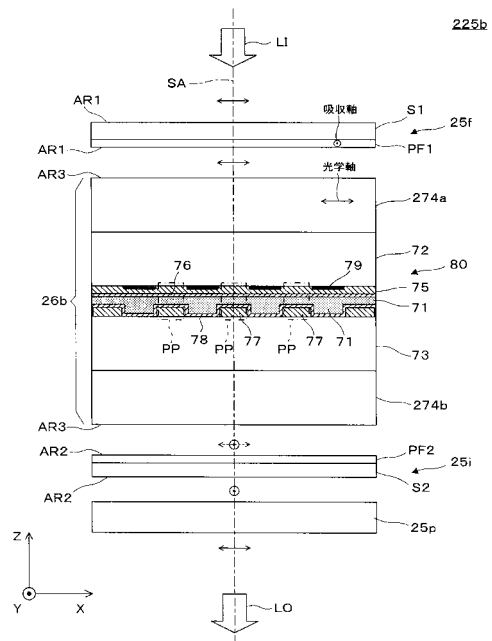
【 図 9 】



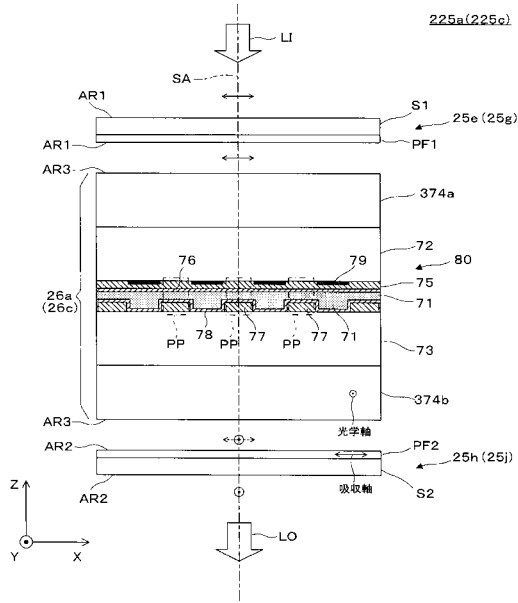
【 図 10 】



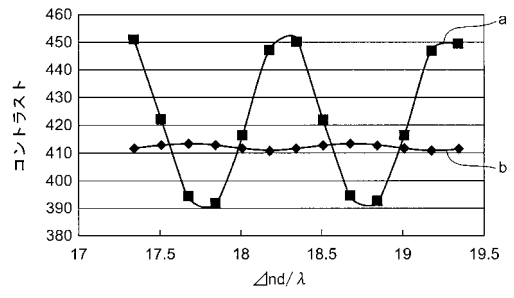
【 図 11 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 永津 拓郎

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

Fターム(参考) 2H088 EA14 EA15 EA16 HA13 HA15 HA16 HA18 HA21 JA05 JA10

MA02 MA07

2H191 FA11X FA11Z FA22X FA22Z FA29Z FA30X FA30Z FA31Z FA40X FA40Z

FA52X FA85Z FA87Z FB12 FD08 FD12 FD35 HA06 HA11 LA04

LA07 LA22 LA25 MA13 PA04 PA42

2K103 AA01 AA05 AA11 AB01 BC16 BC51 CA67 CA75 CA76

【要約の続き】

る。

【選択図】図2