

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5043520号
(P5043520)

(45) 発行日 平成24年10月10日 (2012. 10. 10)

(24) 登録日 平成24年7月20日 (2012. 7. 20)

(51) Int. Cl. F I

GO 2 B 5/04 (2006. 01)

GO 2 B 5/30 (2006. 01)

GO 3 B 21/14 (2006. 01)

GO 2 F 1/13357 (2006. 01)

GO 2 F 1/1335 (2006. 01)

GO 2 B 5/04 B

GO 2 B 5/30

GO 3 B 21/14 Z

GO 2 F 1/13357

GO 2 F 1/1335 5 O 5

請求項の数 7 (全 39 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2007-150000 (P2007-150000)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成19年6月6日 (2007. 6. 6)	(74) 代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
(65) 公開番号	特開2008-20892 (P2008-20892A)	(74) 代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
(43) 公開日	平成20年1月31日 (2008. 1. 31)	(72) 発明者	牛込 礼生奈 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内
審査請求日	平成22年6月4日 (2010. 6. 4)	審査官	後藤 慎平
(31) 優先権主張番号	特願2006-168106 (P2006-168106)		
(32) 優先日	平成18年6月16日 (2006. 6. 16)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子、画像投射光学系および画像投射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光が入射する2つの入射面、光を射出する1つの射出面およびそれぞれ反射型画像形成素子に対向する3つの透過面を含む複数の光学面を有する光学素子であって、

前記光学素子の内部で互いに交差する第1の平面と第2の平面に沿ってそれぞれ形成された第1及び第2光学構造体を有し、

前記2つの入射面、前記1つの射出面、前記3つの透過面が、全ての内角が90°以上である六角柱として定義される立体形状における六角形の両端面を除く6つの面上に配置されており、

前記射出面と隣り合う2つの面が前記入射面であり、

該射出面および2つの入射面の反対側の面が前記3つの透過面であり、

前記2つの入射面、前記1つの射出面、前記3つの透過面及び前記第1、第2の平面すべての面法線が、同一平面に対して平行であり、かつ

$45^{\circ} < \theta < 75^{\circ}$
を満足し、

前記第1光学構造体及び前記第2光学構造体は、入射角 θ_1 で入射する光を透過し、入射角 θ_2 で入射する光をその偏光状態に応じて分離し、かつ、

$\theta_2 - \theta_1 > 30^{\circ}$
を満足することを特徴とする光学素子。

但し、 θ は、前記第1および第2の平面のなす角度のうち小さい方の角度である。

【請求項 2】

前記第 1 及び第 2 の光学構造体のうち少なくとも一方は、入射角 1 で入射する第 1 波長領域の光を透過し、入射角 2 で入射する第 2 の波長領域の光に対する透過率が S 偏光に対する透過率よりも P 偏光に対する透過率が高く、前記第 1 及び第 2 の波長領域とは異なる第 3 の波長領域の光に対する透過率が P 偏光に対する透過率よりも S 偏光に対する透過率が高いことを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子。

【請求項 3】

前記第 1 の入射面の面法線と前記第 1 の平面の面法線とのなす角度が 1 であり、
前記第 1 の入射面の面法線と前記第 2 の平面の面法線とのなす角度が 2 であり、
前記第 2 の入射面の面法線と前記第 1 の平面の面法線とのなす角度が 2 であり、
前記第 2 の入射面の面法線と前記第 2 の平面の面法線とのなす角度が 1 であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光学素子。

10

【請求項 4】

3 つの反射型画像形成素子からの光を合成する請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 つに記載の光学素子と、

該光学素子から射出した光を被投射面に投射する投射系とを有することを特徴とする画像投射光学系。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の画像投射光学系を有することを特徴とする画像投射装置。

【請求項 6】

光源として、互いに異なる波長帯域の光を発生させる複数の光源を有することを特徴とする請求項 5 に記載の画像投射装置。

20

【請求項 7】

請求項 5 または 6 に記載の画像投射装置と、

該画像投射装置に画像情報を供給する画像供給装置とを有することを特徴とする画像表示システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射型画像形成素子により画像を形成する画像投射装置に用いられる光学素子に関する。

30

【背景技術】

【0002】

いわゆる 3 板式反射型プロジェクタでは、青波長域、緑波長域、赤波長域の照明光の色分離と、3 つの反射型画像形成素子のそれぞれで変調された画像光の色合成とを行う。このため、反射型画像形成素子と投射レンズとの間には、ダイクロイック素子や偏光ビームスプリッタなどの素子が配置されている。

【0003】

従来一般的な 3 板式反射型プロジェクタでは、1 つの反射型画像形成素子と投射レンズとの間に、照明光学系の光軸に対して 45° をなす分離膜を持った少なくとも 2 個の色分解又は色合成を行う素子が配置されている。つまり、プロジェクタ内には、ダイクロイック素子や偏光ビームスプリッタを含む素子が 3 ~ 4 個配置されている。

40

【0004】

このように青波長域光、緑波長域光および赤波長域光に対応した 3 つの反射型液晶パネルを用い、ダイクロイック素子および偏光ビームスプリッタにより色分解および色合成を行うプロジェクタとしては、特許文献 1 に開示されたものがある。

【0005】

また、特許文献 2 には、色分離、偏光分離および色合成を 1 つで行うプリズム型素子が開示されている。このプリズム型素子は、立方体内に波長選択性偏光分離膜を 3 つ配置した構成を有する。立方体内には、1 つの頂点に集まる 3 つの辺の 1 つずつに対して、その

50

辺に接する 2 つの面と 45° をなし、かつその辺を含む面が形成されている。すなわち、1 つの頂点を通る 3 つの 45° 面が形成されている。そして、これらの 45° 面に沿って、所望の波長選択性偏光分離膜が配置されている。

【0006】

一方、偏光分離膜等の光学薄膜としては多層膜が用いられることが多い。また、ブリュースター角において P 偏光が透過することを利用することで、偏光分離波長範囲が広い偏光分離膜が得られることも知られている。

【0007】

非特許文献 1 には、P 偏光を反射し、S 偏光を透過する偏光ビームスプリッタが開示されている。これは、入射角がプリズムの屈折率と低屈折率の薄膜から求められる臨界角以上の高入射角となっている。通常では全反射が発生し、光は透過しないが、低屈折率薄膜の膜厚が波長以下のため、全反射減衰が発生し、光が透過する。この全反射減衰を利用することにより、通常のブリュースター角を用いた偏光ビームスプリッタと比較して、入射角範囲および偏光分離波長範囲が広く、消光比が高い、P 偏光を反射、S 偏光を透過する偏光ビームスプリッタを得ている。

【0008】

また、特許文献 3 及び特許文献 4 には、特定波長帯域の S 偏光を透過、P 偏光を反射し、異なる波長帯域の S 偏光を反射、P 偏光を透過させる波長選択性のある偏光分離膜が開示されている。これは多層膜において、全反射減衰を利用することや特定の膜構成を用いることによって波長選択性のある偏光分離膜を得ている。

【特許文献 1】特開 2001-154152 号公報

【特許文献 2】特開 2002-162520 号公報

【特許文献 3】特開 2006-47903 号公報

【特許文献 4】特開 2006-79058 号公報

【非特許文献 1】Li Li and J. A. Dobrowolski, Appl. Opt., vol.39, p.2754, 2000.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

特許文献 1 に開示されたプロジェクタでは、まず照明光を 2 つの波長域光（第 1 および第 2 の波長域光）と 1 つの波長域光（第 3 の波長域光）とに色分離する。その後、第 1 および第 2 の波長域光について色分離と色合成を行い、最後に第 1 および第 2 の波長域光と第 3 の波長域光とを色合成する。このため、1 つの波長域光の光路に、色分解又は色合成を行う 2 つの素子が必要となる。したがって、プロジェクタ全体では、4 つの素子を必要とし、構成が複雑である。しかも、光路長が長くなり、必要光束を確保するために、各素子も大きくなる。さらに、投射レンズのバックフォーカスが長くなるため、投射レンズ自体も大きくなる。

【0010】

また、特許文献 2 に開示されたプリズム型素子では、第 1、第 2 および第 3 の波長域光の色分離合成を 1 つで行う。しかし、プリズム型素子の全ての開口部には、分離膜による境界線が存在する。このうち反射型液晶パネルに対する開口部に存在する境界線は、画像への影響が大きく、各パネルからの波長域光は、分離膜として機能する 2 つの波長選択性偏光分離膜以外の他の 1 つの波長選択性偏光分離膜に対してほぼ水平な光線となる。この光線の波長選択性偏光分離膜に対する入射角は大きいため、該光線の反射率が高くなる。この結果、ゴーストが発生し易くなる。

【0011】

一方、従来の光学薄膜は、光線の入射角に応じて透過作用が強く表れたり反射作用が強く表れたりする特性を有する。例えば、ブリュースター角を用いた偏光ビームスプリッタでは、P 偏光の入射角がブリュースター角の条件から外れると反射が発生する。このため、偏光分離を行うブリュースター角と異なる入射角で透過作用を得るのは困難であった。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

非特許文献 1 にて開示された偏光ビームスプリッタにおいても、異なる入射角で偏光分離面に入射する可視波長域全域の光を透過させる機能は有していない。

また、特許文献 3 または特許文献 4 にて開示された波長選択性のある偏光分離膜においても、異なる入射角で偏光分離面に入射する光を透過させる機能は有していない。

【 0 0 1 3 】

本発明は、所定の入射角の光線に対しては可視波長域全域において透過機能を有し、かつ他の入射角で入射する S 偏光と P 偏光に対しては偏光分離機能を有する多層膜を備えた色分離合成素子を提供することを目的の 1 つとしている。

10

【 0 0 1 4 】

また、本発明は、所定の入射角の光線に対しては第 1 波長領域において透過機能を有している。さらに、他の入射角で入射する第 2 波長領域の光に対する透過率が S 偏光よりも P 偏光が高く、第 3 波長領域の光に対する透過率が P 偏光より S 偏光が高い偏光分離機能を有している。このような多層膜を備えた色分離合成素子を提供することも目的の 1 つとしている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

本発明の一側面としての光学素子は、光が入射する 2 つの入射面、光を射出する 1 つの射出面およびそれぞれ反射型画像形成素子に対向する 3 つの透過面を含む複数の光学面を有する光学素子である。該光学素子は、その内部で互いに交差する第 1 の平面と第 2 の平面に沿ってそれぞれ形成された第 1 及び第 2 の光学構造体を有し、2 つの入射面、1 つの射出面、3 つの透過面が、全ての内角が 90° 以上である六角柱として定義される立体形状における六角形の両端面を除く 6 つの面上に配置されており、射出面と隣り合う 2 つの面が入射面であり、射出面および 2 つの入射面の反対側の面が 3 つの透過面であり、該 2 つの入射面、1 つの射出面、3 つの透過面及び第 1、第 2 の平面すべての面法線が、同一平面に対して平行であり、かつ $45^\circ < \theta < 75^\circ$ を満足し、第 1 光学構造体及び第 2 光学構造体は、入射角 θ_1 で入射する光を透過し、入射角 θ_2 で入射する光をその偏光状態に応じて分離し、かつ、 $\theta_2 - \theta_1 > 30^\circ$ を満足することを特徴とする。

20

【 0 0 1 6 】

但し、 θ は、前記第 1 および第 2 の平面のなす角度のうち小さい方の角度である。

30

【 0 0 2 0 】

なお、3 つの反射型画像形成素子からの光を合成する上記光学素子と、該光学素子から射出した光を被投射面に投射する投射系とを有する画像投射光学系や、これを含む画像投射装置も本発明の他の側面を構成する。さらに、該画像投射装置と画像情報供給装置とを有する画像表示システムも本発明の他の側面を構成する。

【発明の効果】

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、いわゆる全反射減衰を利用することによって、可視波長域全域において所定の入射角の光線を透過し、また他の入射角で入射する S 偏光と P 偏光を偏光分離する多層膜を備えた色分離合成素子を実現することができる。

40

【 0 0 2 2 】

これにより、六角柱状のプリズム型素子を用いた色分解と色合成を行うことができる。また、このような光学素子を用いることで、投射レンズのバックフォーカスを短くすることができ、この結果、投射レンズおよび装置全体を小型化することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 3 】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【実施例 1】

【 0 0 2 4 】

50

図 1 A には、本発明の実施例 1 である光学素子としての色合成プリズム 1 の概略構成を示している。この色合成プリズム 1 は、図 1 B に示すように、全ての内角 $I A$ が 90° 以上である六角柱として定義される立体形状（仮想六角柱）のうち六角形の両端面（図の上下面）を除いた 6 つ面上（6 つの側面上）に 6 つの光学面 1 1 ~ 1 6 を配置した形状を有する。

【 0 0 2 5 】

図 1 A は、色合成プリズム 1 を図 1 B の上方又は下方から見た形状を示している。仮想六角形の上面および下面は正六角形であり、また仮想六角形の上面および下面の各対辺は平行である。

【 0 0 2 6 】

ここで、光学面 1 1 は、不図示の光源からの光 3 1 の第 1 の入射面、光学面 1 2 は、不図示の光源からの光 3 2 の第 2 の入射面、光学面 1 3 は、光 3 3 の射出面である。そして、光学面 1 4、1 5、1 6 は、3 つの反射型液晶パネル（図 2 中の 4 4 ~ 4 6）に対向する開口部（開口面）としての透過面（以下、入射出面という）であり、光 3 4、3 5、3 6 がそれらの面を入射する。第 1 入射面 1 1 および第 2 入射面 1 2 は、射出面 1 3 と隣り合うように配置されている。また、入射面 1 1、1 2 および射出面 1 3 と対面するのは（の反対側の面は）入射出面であり、それぞれ第 1 入射出面 1 4、第 3 入射出面 1 6 および第 2 入射出面 1 5 である。

【 0 0 2 7 】

色合成プリズム 1 の内部には、第 1 多層膜（第 1 光学構造体）2 1 と第 2 多層膜（第 2 光学構造体）2 2 が、互いに交差する 2 つの平面（第 1 の平面および第 2 の平面）に沿って形成されている。以下の説明では、該第 1 の平面および第 2 の平面がそれぞれ第 1 および第 2 多層膜 2 1、2 2 と同一面であるとみなして説明する。例えば、第 1 および第 2 多層膜 2 1、2 2 のなす角度やそれらの面法線とは、第 1 の平面および第 2 の平面のなす角度やそれらの面法線と同義である。そして、第 1 の平面と第 2 の平面とのなす角度（すなわち第 1 多層膜と第 2 多層膜とのなす角度）とは、第 1 の平面の面法線と第 2 の平面の面法線とのなす角度（すなわち第 1 多層膜の面法線と第 2 多層膜の面法線とのなす角度）と同義である。

【 0 0 2 8 】

第 1 多層膜 2 1 は、第 2 入射面 1 2 と射出面 1 3 との間の辺から第 2 および第 3 入射出面 1 5、1 6 の間の辺まで延びるように形成されている。また、第 2 多層膜 2 2 は、第 1 入射面 1 1 と射出面 1 3 との間の辺から第 1 および第 2 入射出面 1 4、1 5 の間の辺まで延びるように形成されている。

【 0 0 2 9 】

第 1 多層膜 2 1 および第 2 多層膜 2 2 は共に、入射角 0° で入射した光線を透過する透過機能（反射防止機能）と、入射角 60° で入射した S 偏光を透過して P 偏光を反射する偏光分離機能とを有する。すなわち、第 1 および第 2 多層膜 2 1、2 2 は、上記機能に関して同一の光学的特性を有する。これらの多層膜 2 1、2 2 と上記 6 つの光学面 1 1 ~ 1 6 との関係は、以下の通りである。

【 0 0 3 0 】

第 1 入射面 1 1 の面法線と第 1 多層膜 2 1 の面法線とのなす角度は 0° で、第 1 入射面 1 1 の面法線と第 2 多層膜 2 2 の面法線とのなす角度は 60° である。また、第 2 入射面 1 2 の面法線と第 1 多層膜 2 1 の面法線とのなす角度は 60° で、第 2 入射面 1 2 の面法線と第 2 多層膜 2 2 の面法線とのなす角度は 0° である。さらに、第 1 多層膜 2 1 と第 2 多層膜 2 2 とのなす角度 θ は 60° である。なお、これらの角度はいずれも面法線又は多層膜がなす角度のうち小さい方の角度である。また、第 1、2 入射面と、射出面と、第 1、2、3 入射出面と、第 1、2 平面のすべての法線は、図 1 A における紙面（同一平面）と平行である。特に、この色合成プリズム内に入射した光が射出するまでに通過する光路中において、光を分離したり、合成したり、反射したりするすべての光学面の法線が図 1 A における紙面（同一平面）に対して平行である。これらのことは以下の実施例でも同

10

20

30

40

50

じである。

【 0 0 3 1 】

図 2 A ~ 図 2 C には、本実施例の色合成プリズム 1 の基本的な光学作用を示している。図 2 A は、光源より導かれた青波長域光線（以下、単に青光線という）3 1 1 が S 偏光として第 1 入射面 1 1 から色合成プリズム 1 内に入射する場合の光路を示している。図 2 A ~ 図 2 C において、実線は S 偏光を、破線は P 偏光を示している。S 偏光及び P 偏光は、互いに偏光状態が異なる光である。

【 0 0 3 2 】

色合成プリズム 1 に入射した青光線 3 1 1 は、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 0° で入射してこれを透過した後、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 60° で入射してこれを透過する。また、青光線 3 1 1 の入射位置によっては、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 60° で入射してこれを透過した後、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 0° で入射してこれを透過する。このように、青光線 3 1 1 は、多層膜 2 1, 2 2 のいずれの位置に入射しても、第 1 および第 2 多層膜 2 1, 2 2 を透過して、第 1 入射面 1 1 の対面である第 1 入射出面 1 4 から色合成プリズム 1 外に射出する。そして、青波長域用の反射型液晶パネル（以下、単に青パネルという）4 4 に入射する。

【 0 0 3 3 】

青パネル 4 4 で反射され、かつ画像変調された青光線 3 1 1 は、P 偏光として第 1 入射出面 1 4 から色合成プリズム 1 内に再入射する。色合成プリズム 1 に再入射した青光線 3 1 1 は、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 0° で入射してこれを透過した後、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 60° で入射してここで反射される。また、該青光線 3 1 1 の入射位置によっては、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 60° で入射してここで反射された後、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 60° で入射してこれを透過する。このように、再入射した青光線 3 1 1 は、多層膜 2 1, 2 2 のいずれの位置に入射しても、第 1 多層膜 2 1 を透過して第 2 多層膜 2 2 で反射される。これにより、射出面 1 3 から色合成プリズム 1 外に射出し、不図示の投射レンズに向かう。

【 0 0 3 4 】

図 2 B は、光源より導かれた赤波長域光線（以下、単に赤光線という）3 1 2 が P 偏光として第 1 入射面 1 1 から色合成プリズム 1 に入射する場合の光路を示している。色合成プリズム 1 に入射した赤光線 3 1 2 は、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 0° で入射してこれを透過した後、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 60° で入射してここで反射される。また、赤光線 3 1 2 の入射位置によっては、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 60° で入射してここで反射された後、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 60° で入射してこれを透過する。このように、赤光線 3 1 2 は、多層膜 2 1, 2 2 のいずれの位置に入射しても、第 1 多層膜 2 1 を透過して、第 2 多層膜 2 2 で反射する。このため、第 2 入射出面 1 5 から色合成プリズム 1 外に射出し、赤波長域用の反射型液晶パネル（以下、単に赤パネルという）4 5 に入射する。

【 0 0 3 5 】

赤パネル 4 5 で反射され、かつ画像変調された赤光線 3 1 2 は、S 偏光として第 2 入射出面 1 5 から色合成プリズム 1 に再入射する。色合成プリズム 1 に再入射した赤光線 3 1 2 は、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 60° で入射してこれを透過した後、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 60° で入射してこれを透過する。また、赤光線 3 1 2 の入射位置によっては、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 60° で入射してこれを透過した後、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 60° で入射してこれを透過する。このように、再入射した赤光線 3 1 2 は、多層膜 2 1, 2 2 のいずれの位置に入射しても、第 1 および第 2 多層膜 2 1, 2 2 で透過する。これにより、第 2 入射出面 1 5 の対面である射出面 1 3 から色合成プリズム 1 外に射出し、投射レンズに向かう。

【 0 0 3 6 】

図 2 C は、光源より導かれた緑波長域光線（以下、単に緑光線という）3 1 3 が S 偏光として第 2 入射面 1 2 から色合成プリズム 1 に入射する場合の光路を示している。色合成

10

20

30

40

50

プリズム 1 に入射した緑光線 3 1 3 は、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 60° で入射してこれを透過した後、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 0° で入射してこれを透過する。また、緑光線 3 1 3 の入射位置によっては、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 0° で入射してこれを透過した後、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 60° で入射してこれを透過する。このように、緑光線 3 1 3 は、多層膜 2 1, 2 2 のいずれの位置に入射しても、第 1 および第 2 多層膜 2 1, 2 2 を透過する。このため、第 2 入射面 1 2 の対面である第 3 入射出面 1 6 から色合成プリズム 1 外に射出し、緑波長域用の反射型液晶パネル（以下、単に緑パネルという）4 6 に入射する。

【0037】

緑パネル 4 6 で反射され、かつ画像変調された緑光線 3 1 3 は、P 偏光として第 3 入射出面 1 6 から色合成プリズム 1 内に再入射する。色合成プリズム 1 に再入射した緑光線 3 1 3 は、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 60° で入射してここで反射された後、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 60° で入射してこれを透過する。また、緑光線 3 1 3 の入射位置によっては、第 2 多層膜 2 2 に対して入射角 0° で入射してこれを透過した後、第 1 多層膜 2 1 に対して入射角 60° で入射してここで反射される。このように、再入射した緑光線 3 1 3 は、多層膜 2 1, 2 2 のいずれの位置に入射しても、第 1 多層膜 2 1 で反射され、第 2 多層膜 2 2 を透過する。これにより、射出面 1 3 から色合成プリズム 1 外に射出し、投射レンズに向かう。

【0038】

以上のように本実施例の色合成プリズム 1 は、青、赤および緑光線 3 1 1 ~ 3 1 3 の青、赤および緑パネル 4 4 ~ 4 6 に向けての光路分離（色分解）と、該 3 つのパネル 4 4 ~ 4 6 からの光線 3 1 1 ~ 3 1 3 の色合成とを 1 つプリズムで行うことができる。

【0039】

なお、本発明の光学素子は、ここで説明した光路以外の光路を用いた色分解や色合成を行うことができる。すなわち、図 2 A ~ 図 2 C で説明した青、赤および緑光線 3 1 1 ~ 3 1 3 を入れ替えてもよい。

【0040】

次に、第 1 多層膜 2 1 および第 2 多層膜についてさらに詳しく説明する。前述したように、第 1 多層膜 2 1 および第 2 多層膜 2 2 は共に、入射角 0° の光線を透過する反射防止機能と、入射角 60° の S 偏光を透過して P 偏光を反射する偏光分離機能とを有する。

【0041】

通常、光が高屈折率媒質から低屈折率媒質に臨界角以上で入射すると、全反射が起こる。この全反射の際、波長程度の領域においてエバネッセント波（evanescent wave）がしみ出している。このエバネッセント波がしみ出している領域に別の媒質が存在すると、光が透過する。この現象は全反射減衰と呼ばれる。この全反射減衰を利用することによって、通常のブリュースター角を用いた偏光分離膜と比較して、入射角範囲および偏光分離波長範囲が広く、消光比が高い、P 偏光を反射して S 偏光を透過する偏光分離膜が得られる。

【0042】

光学ガラス等の屈折率 n_P のプリズム基材上、すなわち該プリズム基材の面に、屈折率 n_H の光学薄膜（以下、H 層という）と該 n_H より低い屈折率 n_L を有する光学薄膜（以下、L 層という）とを交互に繰り返して積層した多層膜において、全反射減衰が発生する。このためには、偏光分離を行う光線の入射角 θ が屈折率 n_P と屈折率 n_L から求められる臨界角を超える必要があるため、以下の関係を満足することが好ましい。

【0043】

$$\theta > \sin^{-1} (n_L / n_P) \quad \dots (1)$$

プリズム基材として S C H O T T 社の商品名 S F 6（波長 550 nm での屈折率 1.81）を用い、H 層として TiO_2 （波長 550 nm での屈折率 2.49）、L 層として SiO_2 （波長 550 nm での屈折率 1.46）を用いた場合、臨界角は 53.8° である。偏光分離すべき光線の入射角 60° はこの臨界角を超えているため、全反射減衰が発生す

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 4 4 】

さらに、色合成プリズム 1 を六角柱プリズム形状にするためには、多層膜が形成されたプリズム基材に他のプリズム基材に貼り合わせる（接合する）必要がある。これには、通常、接着剤が利用される。

【 0 0 4 5 】

但し、通常の接着剤の屈折率は 1.5 ~ 1.6 程度であるため、プリズム基材と接着剤の界面で全反射が発生してしまう。プリズム基材が S C H O T T 社の商品名 S F 6 で、接着剤の屈折率が 1.55 である場合、臨界角は 58.9° である。つまり、偏光分離を行う光線の入射角 60° はこの臨界角を超えている。接着剤は全反射減衰を発生させるほど薄膜化することは困難であるため、全反射が発生し、偏光分離特性が得られない。

10

【 0 0 4 6 】

このため、偏光分離を行う光線の入射角 θ が、屈折率 n_P と接着剤の屈折率 n_B から求められる臨界角を超えない必要があるため、以下の関係を満足することが好ましい。

【 0 0 4 7 】

$$2 < \sin^{-1} (n_B / n_P) \quad \dots (2)$$

プリズム基材が S C H O T T 社の商品名 S F 6 であり、接着剤として高屈折率かつ紫外線硬化樹脂である P V C z（波長 550 nm での屈折率 1.7）を利用した場合、臨界角は 69.9 度である。偏光分離光線の入射角 60° はこの臨界角を超えていないため、全反射が発生しない。

20

【 0 0 4 8 】

ただし、上記（1）、（2）の条件は、必ずしも満足すべき条件ではない。

【 0 0 4 9 】

以上の検討より、プリズム基材である入射側媒質を S C H O T T 社の商品名 S F 6 とし、H 層を T i O₂、L 層を S i O₂、接着剤である射出媒質を P V C z とし膜設計を行った。このときの膜設計結果を図 3 A および図 3 B に、膜構成を表 1 に示す。層数は 37 層である。

【 0 0 5 0 】

図 3 A は、各多層膜に P 偏光および S 偏光を入射角 60° およびその近傍で入射させたときの透過率のシミュレーション結果である。T p 60、T p 58 および T p 62 はそれぞれ、P 偏光を 60°、58° および 62° の入射角で入射させたときの透過率を示している。また、T s 60、T s 58 および T s 62 はそれぞれ、S 偏光を 60°、58° および 62° の入射角で入射させたときの透過率を示している。プロジェクトでは入射する光線が角度分布を有している場合が多いため、基準となる入射角 60° に対して ± 2° の入射角を有する場合の透過率も示している。図 3 A では、S 偏光の透過率を左側の縦軸で示し、P 偏光の透過率を右側の縦軸で示している。

30

【 0 0 5 1 】

図 3 A から分かるように、可視波長域全域に対して消光比（extinction ratio）が高い偏光分離特性が得られている。消光比とは、透過光の強度を測定したときの最小強度と最大強度の比である。

40

【 0 0 5 2 】

図 3 B は、各多層膜に P 偏光および S 偏光を入射角 0° およびその近傍で入射させたときの透過率のシミュレーション結果である。T p 0 および T p 2 はそれぞれ、P 偏光を 0° および 2° の入射角で入射させたときの透過率を示している。また、T s 0 および T s 2 はそれぞれ、S 偏光を 0° および 2° の入射角で入射させたときの透過率を示している。前述した理由により、基準となる入射角 0° に対して + 2° の入射角を有する場合の透過率も示している。T p 0 と T s 0 は、光線が各多層膜に対して垂直に入射するため、完全に一致する。また、各多層膜は、垂直入射近傍の角度特性に対しては鈍感であるので、T p 2 と T s 2 に大きな差は見られない。図 3 B においても、可視波長域全域に対して透過率が高い特性が得られている。

50

【 0 0 5 3 】

このように、本実施例では、全反射減衰を利用することによって、入射角 60° で入射した S 偏光を透過して P 偏光を反射する、消光比の高い偏光分離機能をそれぞれ有する多層膜 2 1 , 2 2、つまりは色合成プリズム 1 を実現することができる。さらに、入射角 0° の光線を透過する反射防止機能をそれぞれ有する多層膜 2 1 , 2 2 を得ることができる。

【 0 0 5 4 】

なお、表 1 に示したプリズム基材の材料、薄膜の材料、薄膜の順番、層数および膜厚は例に過ぎず、本発明はこれに限定されない。また、本実施例では、接着剤として P V C z を採用した場合について説明したが、プリズム基材と接着剤との界面で使用入射角において全反射が発生しなければ、上記接着剤に限定されない。さらに、接着剤を用いずにプリズム基材の接着を行うオプティカルコンタクトが知られているが、本発明においてもこれを用いることで全反射の発生を回避できる。

【 0 0 5 5 】

尚、本実施例 1 においては、第 1 平面に第 1 多層膜を、第 2 平面に第 2 多層膜 2 2 を形成したがこの限りではない。例えば第 1 平面に第 1 の S W S (構造的複屈折を有する光学素子、構造的に屈折率異方性を持つ光学素子)を、第 2 平面に第 2 の S W S を形成しても構わない。これは以下の実施例においても同じである。

【実施例 2】

【 0 0 5 6 】

図 4 には、本発明の実施例 2 である色合成プリズム 1 0 1 の概略構成を示している。本実施例の色合成プリズム 1 0 1 も、実施例 1 と同様に、そのベースとなる立体形状は仮想六角柱である。但し、実施例 1 では仮想六角柱が正六角柱であるのに対し、本実施例では正六角柱ではない。このため、実施例 1 とは第 1 多層膜および第 2 多層膜への入射角が異なり、膜特性が異なる。

【 0 0 5 7 】

本実施例の色合成プリズム 1 0 1 において、第 1 多層膜 2 3 および第 2 多層膜 2 4 はともに、入射角 15° の構成を透過する反射防止機能と、入射角 55° の S 偏光を透過して P 偏光を反射する偏光分離機能とを有する多層膜である。

【 0 0 5 8 】

これらの多層膜 2 3 , 2 4 と 6 つの光学面 1 1 ~ 1 6 との関係は、以下の通りである。第 1 入射面 1 1 の面法線と第 1 多層膜 2 3 の面法線とのなす角度は 15° で、第 1 入射面 1 1 の面法線と第 2 多層膜 2 4 の面法線とのなす角度は 55° である。また、第 2 入射面 1 2 の面法線と第 1 多層膜 2 3 の面法線とのなす角度は 55° で、第 2 入射面 1 2 の面法線と第 2 多層膜 2 4 の面法線とのなす角度は 15° である。また、第 1 多層膜 2 1 と第 2 多層膜 2 2 とのなす角度は 70° である。

【 0 0 5 9 】

本実施例の色合成プリズム 1 0 1 の基本的な光学作用は、青光線、緑光線および赤光線について実施例 1 と同様である。

【 0 0 6 0 】

第 1 多層膜 2 3 および第 2 多層膜 2 4 は、実施例 1 と同様に、全反射減衰を利用することによって、入射角 55° の S 偏光を透過して P 偏光を反射する。さらに、入射角 10° の光線を透過する反射防止機能を有する。

【 0 0 6 1 】

本実施例ではこのような条件を満たすように膜設計を行った。具体的には、プリズム基材である入射側媒質として S C H O T T 社の商品名 S F 6 を、H 層として T i O ₂ を、L 層として S i O ₂ を、接着剤である射出媒質として P V C z を用いた。このときの膜設計結果を図 5 A および図 5 B に、膜構成を表 1 に示す。層数は 3 7 層である。

【 0 0 6 2 】

図 5 A は、各多層膜に P 偏光および S 偏光を入射角 55° およびその近傍で入射させた

10

20

30

40

50

ときの透過率のシミュレーション結果である。Tp55、Tp53およびTp57はそれぞれ、P偏光を55°、53°および57°の入射角で入射させたときの透過率を示している。また、Ts55、Ts53およびTs57はそれぞれ、S偏光を55°、53°および57°の入射角で入射させたときの透過率を示している。基準となる入射角55°に対して±2°の入射角を有する場合の透過率も示している理由は、実施例1と同じである。図5Aでは、S偏光の透過率を左側の縦軸で示し、P偏光の透過率を右側の縦軸で示している。

【0063】

図5Aから分かるように、可視波長域全域に対して消光比が高い偏光分離特性が得られている。

10

【0064】

図5Bは、各多層膜にP偏光およびS偏光を入射角15°およびその近傍で入射させたときの透過率のシミュレーション結果である。Tp15、Tp13およびTp17はそれぞれ、P偏光を15°、13°および17°の入射角で入射させたときの透過率を示している。また、Ts15、Ts13およびTs17はそれぞれ、S偏光を15°、13°および17°の入射角で入射させたときの透過率を示している。前述した理由により、基準となる入射角15°に対して±2°の入射角を有する場合の透過率も示している。図5Bでも、可視波長域全域に対して透過率が高い特性が得られている。

【0065】

このように、本実施例でも、全反射減衰を利用することによって、入射角55°のS偏光を透過してP偏光を反射する、消光比の高い偏光分離機能をそれぞれ有する多層膜23、24、つまりは色合成プリズム101を実現することができる。さらに、入射角15°の光線を透過する反射防止機能をそれぞれ有する多層膜23、24を得ることができる。

20

【0066】

以上のように、正六角柱をベース形状としない1つのプリズムによっても、色分解と色合成を行うことができる。したがって、色合成プリズムのベース形状は、正六角柱である必要はなく、任意の光線入射角度に応じたプリズム形状と多層膜を設計することができる。

【実施例3】

【0067】

図6には、本発明の実施例3である色合成プリズム201の概略構成を示している。本実施例の色合成プリズム201も、実施例1と同様に、そのベースとなる立体形状は仮想六角柱である。但し、実施例1では仮想六角柱が正六角柱であるのに対し、本実施例では正六角柱ではない。このため、実施例1とは第1多層膜および第2多層膜への入射角が異なり、膜特性が異なる。

30

【0068】

本実施例の色合成プリズム201において、第1多層膜23および第2多層膜24はともに、入射角15°の構成を透過する反射防止機能と、入射角65°のS偏光を透過してP偏光を反射する偏光分離機能とを有する多層膜である。

【0069】

これらの多層膜23、24と6つの光学面11～16との関係は、以下の通りである。第1入射面11の面法線と第1多層膜23の面法線とのなす角度は15°で、第1入射面11の面法線と第2多層膜24の面法線とのなす角度は65°である。また、第2入射面12の面法線と第1多層膜23の面法線とのなす角度は65°で、第2入射面12の面法線と第2多層膜24の面法線とのなす角度は15°である。また、第1多層膜21と第2多層膜22とのなす角度は50°である。

40

【0070】

本実施例の色合成プリズム201の基本的な光学作用は、青光線、緑光線および赤光線について実施例1と同様である。

【0071】

50

第1多層膜23および第2多層膜24は、実施例1と同様に、全反射減衰を利用することによって、入射角65°のS偏光を透過してP偏光を反射する。さらに、入射角15°の光線を透過する反射防止機能を有する。

【0072】

本実施例ではこのような条件を満たすように膜設計を行った。具体的には、プリズム基材である入射側媒質としてSCHOTT社の商品名SF6を、H層としてTiO₂を、L層としてSiO₂を、接着剤である射出媒質としてPVCzを用いた。このときの膜設計結果を図7Aおよび図7Bに、膜構成を表1に示す。層数は25層である。

【0073】

図7Aは、各多層膜にP偏光およびS偏光を入射角65°およびその近傍で入射させたときの透過率のシミュレーション結果である。Tp65、Tp63およびTp67はそれぞれ、P偏光を65°、63°および67°の入射角で入射させたときの透過率を示している。また、Ts65、Ts63およびTs67はそれぞれ、S偏光を65°、63°および67°の入射角で入射させたときの透過率を示している。基準となる入射角65°に対して±2°の入射角を有する場合の透過率も示している理由は、実施例1と同じである。図7Aでは、S偏光の透過率を左側の縦軸で示し、P偏光の透過率を右側の縦軸で示している。

10

【0074】

図7Aから分かるように、可視波長域全域に対して消光比が高い偏光分離特性が得られている。

20

【0075】

図7Bは、各多層膜にP偏光およびS偏光を入射角15°およびその近傍で入射させたときの透過率のシミュレーション結果である。Tp15、Tp13およびTp17はそれぞれ、P偏光を15°、13°および17°の入射角で入射させたときの透過率を示している。また、Ts15、Ts13およびTs17はそれぞれ、S偏光を15°、13°および17°の入射角で入射させたときの透過率を示している。前述した理由により、基準となる入射角15°に対して±2°の入射角を有する場合の透過率も示している。図7Bでも、可視波長域全域に対して透過率が高い特性が得られている。

【0076】

このように、本実施例でも、全反射減衰を利用することによって、入射角65°のS偏光を透過してP偏光を反射する、消光比の高い偏光分離機能をそれぞれ有する多層膜23、24、つまりは色合成プリズム201を実現することができる。さらに、入射角15°の光線を透過する反射防止機能をそれぞれ有する多層膜23、24を得ることができる。しかも、偏光分離を行う光線の入射角が大きいほど、多層膜の層数を減少させることができるため、好ましい。

30

【0077】

以上のように、正六角柱をベース形状としない1つのプリズムによっても、色分解と色合成を行うことができる。したがって、色合成プリズムのベース形状は、正六角柱である必要はなく、任意の光線入射角度に応じたプリズム形状と多層膜を設計することができる。

40

【実施例4】

【0078】

図8には、本発明の実施例4である光学素子としての色分離合成プリズム301の概略構成を示している。本実施例の色分離合成プリズム301も、実施例1と同様に、そのベースとなる立体形状は仮想六角柱である。但し、実施例1から3では第1多層膜および第2多層膜は共に同一の光学的機能を有しているが、実施例4では第1多層膜と第2多層膜が異なった光学的機能を有する。

【0079】

第1多層膜25は、可視域全領域に対して、入射角0°で入射した光線を透過する透過機能（反射防止機能）と、入射角60°で入射したS偏光を透過してP偏光を反射する偏

50

光分離機能とを有する。第2多層膜26は、緑波長領域（第1波長領域）に対して、入射角0°で入射した光線を透過する透過機能（反射防止機能）を有する。さらに、青波長領域（第2波長領域）に対して、入射角60°で入射したS偏光を透過してP偏光を反射する偏光分離機能と、赤波長領域（第3波長領域）に対して、入射角60°で入射したS偏光を反射してP偏光を透過する偏光分離機能を有する。これらの多層膜25, 26と上記6つの光学面11~16との関係は、実施例1と同様である。ここで、第1波長領域、第2波長領域、第3波長領域それぞれは、上述の各波長領域に対応することが望ましいが、それに限定されず、第1、2、3波長領域はいずれが緑、赤、青のどの波長領域であってもよい。

【0080】

図9A~図9Cには、本実施例の色分離合成プリズム301の基本的な光学作用を示している。図9Aは、光源より導かれた青波長域光線（以下、単に青光線という）311がS偏光として第1入射面11から色合成プリズム1内に入射する場合の光路を示している。図9A~図9Cにおいて、実線はS偏光を、破線はP偏光を示している。S偏光及びP偏光は、互いに偏光状態が異なる光である。

【0081】

色分離合成プリズム301に入射した青光線311は、第1多層膜25に対して入射角0°で入射してこれを透過した後、第2多層膜26に対して入射角60°で入射してこれを透過する。また、青光線311の入射位置によっては、第2多層膜26に対して入射角60°で入射してこれを透過した後、第1多層膜25に対して入射角0°で入射してこれを透過する。このように、青光線311は、多層膜25, 26のいずれの位置に入射しても、第1および第2多層膜25, 26を透過して、第1入射面11の対面である第1入射出面14から色分離合成プリズム301外に射出する。そして、青波長域用の反射型液晶パネル（以下、単に青パネルという）44に入射する。

【0082】

青パネル44で反射され、かつ画像変調された青光線311は、P偏光として第1入射出面14から色分離合成プリズム301内に再入射する。色分離合成プリズム301に再入射した青光線311は、第1多層膜25に対して入射角0°で入射してこれを透過した後、第2多層膜26に対して入射角60°で入射してここで反射される。また、該青光線311の入射位置によっては、第2多層膜26に対して入射角60°で入射してここで反射された後、第1多層膜25に対して入射角0°で入射してこれを透過する。このように、再入射した青光線311は、多層膜25, 26のいずれの位置に入射しても、第1多層膜25を透過して第2多層膜26で反射される。これにより、射出面13から色分離合成プリズム301外に射出し、不図示の投射レンズに向かう。

【0083】

図9Bは、光源より導かれた赤波長域光線（以下、単に赤光線という）312がS偏光として第1入射面11から色分離合成プリズム301に入射する場合の光路を示している。色合成プリズム1に入射した赤光線312は、第1多層膜25に対して入射角0°で入射してこれを透過した後、第2多層膜26に対して入射角60°で入射してここで反射される。また、赤光線312の入射位置によっては、第2多層膜26に対して入射角60°で入射してここで反射された後、第1多層膜25に対して入射角0°で入射してこれを透過する。このように、赤光線312は、多層膜25, 26のいずれの位置に入射しても、第1多層膜25を透過して、第2多層膜26で反射する。このため、第2入射出面15から色分離合成プリズム301外に射出し、赤波長域用の反射型液晶パネル（以下、単に赤パネルという）45に入射する。

【0084】

赤パネル45で反射され、かつ画像変調された赤光線312は、P偏光として第2入射出面15から色分離合成プリズム301に再入射する。色分離合成プリズム301に再入射した赤光線312は、第1多層膜25に対して入射角60°で入射してこれを透過した後、第2多層膜26に対して入射角60°で入射してこれを透過する。また、赤光線31

10

20

30

40

50

2の入射位置によっては、第2多層膜26に対して入射角60°で入射してこれを透過した後、第1多層膜21に対して入射角60°で入射してこれを透過する。このように、再入射した赤光線312は、多層膜25, 26のいずれの位置に入射しても、第1および第2多層膜25, 26で透過する。これにより、第2入射面15の対面である射出面13から色分離合成プリズム301外に射出し、投射レンズに向かう。

【0085】

図9Cは、光源より導かれた緑波長域光線（以下、単に緑光線という）313がS偏光として第2入射面12から色分離合成プリズム301に入射する場合の光路を示している。色分離合成プリズム301に入射した緑光線313は、第1多層膜25に対して入射角60°で入射してこれを透過した後、第2多層膜26に対して入射角0°で入射してこれを透過する。また、緑光線313の入射位置によっては、第2多層膜26に対して入射角0°で入射してこれを透過した後、第1多層膜25に対して入射角60°で入射してこれを透過する。このように、緑光線313は、多層膜25, 26のいずれの位置に入射しても、第1および第2多層膜25, 26を透過する。このため、第2入射面12の対面である第3入射面16から色分離合成プリズム301外に射出し、緑波長域用の反射型液晶パネル（以下、単に緑パネルという）46に入射する。

【0086】

緑パネル46で反射され、かつ画像変調された緑光線313は、P偏光として第3入射面16から色分離合成プリズム301内に再入射する。色分離合成プリズム301に再入射した緑光線313は、第1多層膜25に対して入射角60°で入射してここで反射された後、第2多層膜26に対して入射角0°で入射してこれを透過する。また、緑光線313の入射位置によっては、第2多層膜26に対して入射角0°で入射してこれを透過した後、第1多層膜25に対して入射角60°で入射してここで反射される。このように、再入射した緑光線313は、多層膜25, 26のいずれの位置に入射しても、第1多層膜25で反射され、第2多層膜26を透過する。これにより、射出面13から色分離合成プリズム301外に射出し、投射レンズに向かう。

【0087】

以上のように本実施例の色分離合成プリズム301は、青、赤および緑光線311~313の青、赤および緑パネル44~46に向けての光路分離（色分解）と、該3つのパネル44~46からの光線311~313の色合成とを1つプリズムで行うことができる。

【0088】

次に、第1多層膜25および第2多層膜26についてさらに詳しく説明する。第1多層膜25は、入射角0°の光線を透過する反射防止機能と、入射角60°のS偏光を透過してP偏光を反射する偏光分離機能とを有する。これは実施例1と同一であり、膜構成も実施例1で示した通りである。

【0089】

第2多層膜26は緑波長領域に対して、入射角0°で入射した光線を透過する透過機能（反射防止機能）を有する。さらに、青波長領域に対して、入射角60°で入射したS偏光を透過してP偏光を反射する偏光分離機能と、赤波長領域に対して、入射角60°で入射したS偏光を反射してP偏光を透過する偏光分離機能を有する。前述した文献3または特許文献4には、特定波長帯域のS偏光を透過、P偏光を反射し、異なる波長帯域のS偏光を反射、P偏光を透過させる波長選択性のある偏光分離膜が開示されている。これは多層膜において、全反射減衰を利用することや特定の膜構成を用いることによって波長選択性のある偏光分離膜を得ている。この膜構成を基本として、入射角60°で入射したS偏光を透過してP偏光を反射する偏光分離機能と、赤波長領域に対して、入射角60°で入射したS偏光を反射してP偏光を透過する偏光分離機能とを有する多層膜を設計する。さらに、緑波長領域に対して、入射角0°で入射した光線を透過する透過機能を有するように膜設計を行った。

【0090】

プリズム基材である入射側媒質をOHARA社の商品名S-LAH55とし、H層をT

10

20

30

40

50

SiO₂、L層をSiO₂、接着剤である射出媒質をPVCzとして膜設計を行った。このときの膜設計結果を図10Aおよび図10Bに、膜構成を表2に示す。層数は46層である。

【0091】

図10Aは、各多層膜にP偏光およびS偏光を入射角60°およびその近傍で入射させたときの透過率のシミュレーション結果である。Tp60、Tp58およびTp62はそれぞれ、P偏光を60°、58°および62°の入射角で入射させたときの透過率を示している。また、Ts60、Ts58およびTs62はそれぞれ、S偏光を60°、58°および62°の入射角で入射させたときの透過率を示している。プロジェクトでは入射する光線が角度分布を有している場合が多いため、基準となる入射角60°に対して±2°の入射角を有する場合の透過率も示している。

10

【0092】

図10Aから分かるように、青波長領域に対して、入射角60°で入射したS偏光を透過してP偏光を反射する偏光分離特性と、赤波長領域に対して、入射角60°で入射したS偏光を反射してP偏光を透過する偏光分離特性が得られている。

【0093】

図10Bは、各多層膜にP偏光およびS偏光を入射角0°およびその近傍で入射させたときの透過率のシミュレーション結果である。Tp0およびTp2はそれぞれ、P偏光を0°および2°の入射角で入射させたときの透過率を示している。また、Ts0およびTs2はそれぞれ、S偏光を0°および2°の入射角で入射させたときの透過率を示している。前述した理由により、基準となる入射角0°に対して+2°の入射角を有する場合の透過率も示している。Tp0とTs0は、光線が各多層膜に対して垂直に入射するため、完全に一致する。また、各多層膜は、垂直入射近傍の角度特性に対しては鈍感であるので、Tp2とTs2に大きな差は見られない。図10Bからわかるように、緑波長領域に対して透過率が高い特性が得られている。

20

【0094】

このように、本実施例では、所定の入射角の光線に対しては第1の波長領域において透過機能を有している。さらに、他の入射角で入射する第2の波長領域の光のうちS偏光に対する透過率よりもP偏光の透過率が高く、第3の波長領域の光のうちP偏光に対する透過率よりもS偏光の透過率が高い偏光分離機能を有している。

30

【0095】

より好ましくは、多層膜は、入射角2°で入射する第2の波長領域の光のうちS偏光に対する透過率よりもP偏光に対する透過率が60%以上高い。また、入射角2°で入射する第3の波長領域の光のうちP偏光に対する透過率よりもS偏光に対する透過率が60%以上高い。さらに、第2及び第3の波長領域は30nm以上の帯域幅を有する。

【0096】

このような波長選択性のある透過機能と偏光分離機能をそれぞれ有する多層膜26を実現し、これを用いることにより色分離合成プリズム301を実現することができる。

【0097】

なお、表2に示したプリズム基材の材料、薄膜の材料、使用する薄膜種の数、薄膜の順番、層数および膜厚は例に過ぎず、本発明はこれに限定されない。

40

【0098】

また、実施例2、3に示したように正六角柱をベース形状としない1つのプリズムによっても、色分解と色合成を行うことができる。したがって、色合成プリズムのベース形状は、正六角柱である必要はなく、任意の光線入射角度に応じたプリズム形状と多層膜を設計することができる。

【0099】

また、本実施例において、緑波長領域に対して、入射角0°で入射した光線を透過する透過機能（反射防止機能）を有する。さらに、青波長領域に対して、入射角60°で入射したS偏光を透過してP偏光を反射する偏光分離機能と、赤波長領域に対して、入射角6

50

0°で入射したS偏光を反射してP偏光を透過する偏光分離機能を有する。しかし、この透過機能と偏光分離機能の色波長帯域の組合せは本発明はこれに限定されず、個別に設計することができる。

【0100】

実施例1～4の色合成プリズムは、ベース形状である仮想六角柱の六角形以外の6面が光学面であり、そのうち入射面が2面、射出面が1面、入射出面が3面設けられている。このため、偏光分離を行う光線の入射角が大きいほど、プリズムが大きくなってしまう。したがって、実際上は、2つの多層膜のなす角度 θ が以下の関係を満足することが必要である。

【0101】

$$45^\circ < \theta < 75^\circ.$$

【0102】

また、多層膜に関しても、全波長域において、反射防止（透過）を行う光線の入射角 θ_1 と、偏光分離を行う光線の入射角 θ_2 とが以下の関係を満足することが好ましい。

【0103】

$$\theta_2 - \theta_1 > 30^\circ.$$

これらを満たさなければ、プリズムが大きくなり過ぎ、従来のダイクロイック素子や偏光ビームスプリッタを含むプリズムを3～4個配置した構成に対する小型化や投射レンズのバックフォーカスの短縮化において優位性がなくなる可能性がある。ただし、 $\theta_2 - \theta_1 > 30^\circ$ は、必ずしも満足すべき条件ではない。

【0104】

また、実施例1～4で説明した色合成プリズムは、平面視において線対称（立体的には面对称）な形状を有するが、非線対称形状でもよい。この場合は、第1多層膜と第2多層膜が異なる光学的特性を有する多層膜となるが、各実施例と同様に設計することができる。

【実施例5】

【0105】

図11には、本発明の実施例5であるプロジェクタ（画像投射装置）の概略構成を示している。本実施例のプロジェクタは、実施例1で説明した色合成プリズム1を用いている。

【0106】

高圧水銀ランプ等の光源51からは、白色光が平行光束に変換されて射出される。ここにいう平行光束は、完全に平行な光束だけでなく、光学系の特性上平行とみなせる程度に拡散又は収束する光束も含む。このことは、以下の実施例でも同じである。

【0107】

この平行光束は、第1のフライアイレンズ52によって複数の光束に分割され、各分割光束は集光される。各分割光束は、第2のフライアイレンズ53、偏光変換素子54の近傍に集光され、光源の像（2次光源像）を作る。フライアイレンズ52、53は複数のレンズセルが2次元方向に配置されて構成されている。各レンズセルは、被照明面に配置された反射型液晶表示素子（反射型画像形成素子）である青、赤および緑パネル44～46と相似形状である矩形のレンズ形状を有する。

【0108】

偏光変換素子54は、第2のフライアイレンズ53を射出した各分割光束をS偏光に変換する。偏光変換素子54から射出した光は、コンデンサレンズ55によって集光されながら、色分解合成光学系に入射する。色分解合成光学系は、入射した光を青波長帯域、赤波長帯域および緑波長帯域の光（以下、単に青光、赤光および緑光という）に分解する。コンデンサレンズ55によって集光されたこれら青光、赤光および緑光はそれぞれ、青パネル44、赤パネル45および緑パネル46を重畳的に照明する。なお、光源51からコンデンサレンズ55までを照明光学系といい、該照明光学系、色分解合成光学系および後述する投射系としての投射レンズ71を含めて画像投射光学系という。このことは、以下

10

20

30

40

50

に説明する実施例でも同様である。

【0109】

以下、色分解合成光学系について説明する。コンデンサレンズ55を透過した偏光は、青光と赤光を反射して緑光を透過するダイクロイックミラー61に入射する。ダイクロイックミラー61で反射された青光と赤光は、2つのミラー62で反射されて、波長選択性位相子63に入射する。波長選択性位相子63は、赤光の偏光方向のみを90°回転させる。

【0110】

波長選択性位相子63からS偏光として射出した青光は、色合成プリズム1に第1入射面11から入射する。そして、青光は第1多層膜21に入射角0°で入射してこれを透過し、第2多層膜22に入射角60°で入射してこれを透過する。こうして第1多層膜21および第2多層膜22を透過した青光は、第1入射面11の対面である第1入射出面14から色合成プリズム1外に射出して青パネル44に入射する。

【0111】

ここで、各パネルは、駆動回路81に接続されている。プロジェクタの一部である駆動回路81には、パーソナルコンピュータ、DVDプレーヤ、ビデオデッキ、テレビチューナ等の画像供給装置150からの画像信号(画像情報)が入力される。駆動回路81は、入力された画像信号のR、G、B成分に基づいてそれぞれの色に対応するパネルを駆動する。これにより、各パネルは、入射した光を反射するとともに画像変調して画像光として射出する。プロジェクタと画像供給装置により画像表示システムが構成される。なお、このような構成は、以下の実施例でも、図示しないが同じである。

【0112】

青パネル44で反射され変調された青光(青画像光)は、P偏光として第1入射出面14から色合成プリズム1に再入射する。色合成プリズム1に入射した青画像光は、第1多層膜21に入射角0°で入射してこれを透過し、第2多層膜22に入射角60°で入射してここで反射される。こうして第1多層膜21を透過して第2多層膜22で反射された青画像光は、射出面13から色合成プリズム1外に射出して投射レンズ71に入射し、不図示のスクリーン(被投射面)上に投射される。

【0113】

波長選択性位相子63でP偏光に変換された赤光は、第1入射面11から色合成プリズム1に入射する。P偏光である赤光は、第1多層膜21に対して入射角0°で入射してこれを透過し、第2多層膜22に入射角60°で入射してここで反射される。こうして第1多層膜21を透過し、第2多層膜22で反射された赤光は、第2入射出面15から色合成プリズム1外に射出して赤パネル45に入射する。

【0114】

赤パネル45で反射され、かつ画像変調された赤画像光は、S偏光として第2入射出面15から色合成プリズム1に内に再入射する。色合成プリズム1に入射した赤画像光は、第1多層膜21に入射角0°で入射してこれを透過し、第2多層膜22に入射角60°で入射してこれを透過する。こうして第1多層膜21および第2多層膜22で透過した赤画像光は、第2入射出面15の対面である射出面13から色合成プリズム1外に射出し、投射レンズ71に入射してスクリーン上に投射される。

【0115】

ダイクロイックミラー61を透過した緑光は、2つのミラー62で反射されて光学部材64に入射する。この光学部材64は、緑光の光路長を青光および赤光の光路長と等しくするために設けられている。

【0116】

光学部材64から射出した緑光は、第2入射面12から色合成プリズム1内に入射する。色合成プリズム1内にS偏光として入射した緑光は、第1多層膜21に入射角60°で入射してこれを透過し、第2多層膜22に入射角0°で入射してこれを透過する。こうして第1多層膜21および第2多層膜22を透過した緑光は、第2入射面12の対面である

10

20

30

40

50

第3入射出面16から色合成プリズム1外に射出し、緑パネル46に入射する。

【0117】

緑パネル46で反射され、かつ画像変調された緑画像光は、P偏光として第3入射出面16から色合成プリズム1内に入射する。色合成プリズム1に入射した緑画像光は、第1多層膜21に入射角60°で入射してここで反射され、第2多層膜22に入射角60°で入射してこれを透過する。こうして第1多層膜21で反射されて第2多層膜22を透過した緑画像光は、射出面13から色合成プリズム1外に射出し、投射レンズ71に入射してスクリーン上に投射される。

【0118】

このように、六角柱形状をベース形状とする実施例1の色合成プリズム1を1つ用いて、反射型液晶パネルを用いたプロジェクタにおける色分離合成光学系を構成することができる。また、実施例1の色合成プリズム1を1つだけ用いることで、投射レンズ71のバックフォーカスを短くすることができるため、投射レンズ71を小型化することができる。これより、プロジェクタの構成部品点数を削減することが可能であるとともに、該プロジェクタの小型化が可能である。

【0119】

なお、本実施例のプロジェクタにおいて、青光、赤光および緑光を互いに入れ替えてもよい。また、色合成プリズムは実施例2, 3で説明したものをを用いてもよい。これらのことは、以下の実施例でも同様である。

【0120】

また、本実施例のプロジェクタにおいて、色合成プリズムを実施例4で説明したものをを用いてもよい。但し、その場合は、実施例4で示したように色合成プリズムに入射する青光、赤光および緑光の偏光方向は全てS偏光である。このため、本実施例のプロジェクタにおいて、波長選択性位相子63で赤光をP偏光に変換する必要はなく、S偏光のまま、色合成プリズムに入射させることとなる。すなわち、波長選択性位相子63を除去することが必要となる。同時に緑光の光路にあり、緑光の光路長を青光および赤光の光路長と等しくするために設けられている光学部材64も除去することが必要である。これより、実施例4の色合成プリズムを用いることにより、プロジェクタの構成部品点数をさらに削減することが可能であるとともに、該プロジェクタの低コスト化が可能である。

【実施例6】

【0121】

図12には、本発明の実施例6であるプロジェクタの概略構成を示している。本実施例のプロジェクタは、実施例1で説明した色合成プリズム1を用いている。また、実施例5と同じ構成要素については、実施例5と同符号を付す。

【0122】

光源51からコンデンサレンズ55までの光学作用は、実施例5と同じである。但し、本実施例では、ダイクロイックミラー61に入射する前に、光源51からの光をミラー62で反射させ、該光の進行方向を変える。

【0123】

ダイクロイックミラー61を透過した青光および赤光と緑光はそれぞれ、ミラー62によって反射されて色合成プリズム1に入射する。この場合、青光および赤光の光路長と、緑光の光路長とを一致させるために、緑光の光路にはリレーレンズ56が設けられている。これにより、各色光により各色パネルを重疊的に照明することができる。

【0124】

色合成プリズム1の作用は、実施例3と同様である。本実施例では、色合成プリズム1の射出側に波長選択性位相子63と偏光子65とが設けられている。色合成プリズム1から射出する青画像光および緑画像光はP偏光であり、赤画像光がS偏光である。波長選択性位相子63は、赤画像光の偏光方向のみを90°回転させる。これにより、波長選択性位相子63から射出した青画像光、赤画像光および緑画像光は全てS偏光となる。その後、P偏光を遮断する偏光子65を透過した青画像光、赤画像光および緑画像光は、投射レ

10

20

30

40

50

ンズ 7 1 に入射して不図示のスクリーンに投射される。

【 0 1 2 5 】

黒表示の場合、各パネルで反射した光の偏光方向は、該パネルに入射する光の偏光方向と同じである。このため、各パネルで反射した光は色合成プリズム 1 を介して光源 5 1 に向かって戻る。しかし、光源 5 1 に向かって戻る光の一部は、色合成プリズム 1 においていわゆる漏れ光となり、色合成プリズム 1 から投射レンズ 7 1 を介してスクリーン上に投射されてしまう。この漏れ光は、コントラストを低下させる原因となる。

【 0 1 2 6 】

しかし、本実施例では、この漏れ光が波長選択性位相子 6 3 から P 偏光として射出されるため、偏光子 6 5 で遮断される。したがって、漏れ光によるコントラスト低下を回避することができる。

10

【 0 1 2 7 】

このように、六角柱形状をベース形状とする色合成プリズム 1 と、該色合成プリズム 1 の射出側に配置した波長選択性位相子 6 3 および偏光子 6 5 とを用いて、高コントラストの画像を投射可能な色分離合成光学系（つまりはプロジェクタ）を構成できる。また、本実施例では、ミラー 6 2 およびリレーレンズ 5 6 により構成される光学系がおおよそ長方形の範囲内に収まる。このため、最終形状であるプロジェクタの小型化が可能であるとともに、プロジェクタの取り扱いが容易になる。

【 0 1 2 8 】

また、本実施例のプロジェクタにおいて、色合成プリズムを実施例 4 で説明したものをを用いてもよい。但し、その場合は、実施例 5 で示したことと同様に、色合成プリズムの入射側の波長選択性位相子 6 3 を除去することが必要となる。また、実施例 4 で示したように色合成プリズムから射出する青光、赤光および緑光の偏光方向は全て P 偏光である。このため、本実施例のプロジェクタにおいて、色合成プリズムの射出側の波長選択性位相子 6 3 で赤光の偏光方向を変換する必要はなく、青光、赤光および緑光は P 偏光のまま射出させる。その後、S 偏光を遮断させる偏光子 6 5 で漏れ光を遮断することが可能である。これより、実施例 4 の色合成プリズムを用いることにより、プロジェクタの構成部品点数をさらに削減することが可能であるとともに、該プロジェクタの低コスト化が可能である。

20

【 0 1 2 9 】

なお、偏光子 6 5 を用いて漏れ光を遮断することは実施例 5 においても可能であり、また、以下の実施例でも同様である。

30

【実施例 7】

【 0 1 3 0 】

図 1 3 には、本発明の実施例 7 であるプロジェクタの概略構成を示している。本実施例のプロジェクタは、実施例 1 で説明した色合成プリズム 1 を用いている。また、実施例 5 , 6 と同じ構成要素については、実施例 5 , 6 と同符号を付す。

【 0 1 3 1 】

本実施例では、光源として、それぞれ青光および赤光と緑光を発光する発光ダイオードを複数備えた光源アレイ 9 1 B R、9 1 G を用いている。なお、同様の光源アレイとして、レーザダイオードや有機エレクトロルミネッセンス素子を用いたものを使用してもよい。このことは、以下の実施例でも同様である。

40

【 0 1 3 2 】

アレイ光源 9 1 B R では、青光を発光する発光ダイオードと赤光を発光する発光ダイオードとがそれぞれ二次元方向に複数配置されている。アレイ光源 9 1 B R から発せられた青光および赤光は、無偏光光として偏光変換素子 5 4 に入射し、S 偏光に変換される。

【 0 1 3 3 】

偏光変換素子 5 4 から S 偏光として射出した青光および赤光は、波長選択性位相子 6 3 に入射する。ここで、赤光の偏光方向のみが 9 0 ° 回転させられる。波長選択性位相子 6 3 を S 偏光として射出した青光および P 偏光として射出した赤光は、色合成プリズム 1 に

50

第1入射面11から入射する。色合成プリズム1の作用は実施例3と同様である。このため、青画像光および赤画像光は、射出面13から色合成プリズム1外に射出して投射レンズ71に入射し、スクリーン上に投射される。なお、波長選択性位相子63は、コンデンサレンズ55の入射側に設けてもよい。

【0134】

アレイ光源91Gでは、緑光を発光する発光ダイオードが二次元方向に複数配置されている。アレイ光源91Gから発せられた緑光は、無偏光光として偏光変換素子54に入射し、S偏光に変換される。偏光変換素子54からS偏光として射出した緑光は、色合成プリズム1に第2入射面12から入射する。色合成プリズム1の作用は実施例3と同様である。このため、緑画像光は、射出面13から色合成プリズム1外に射出して投射レンズ71に入射し、スクリーン上に投射される。

10

【0135】

このように、波長の異なる光を発生するアレイ光源と実施例1の色合成プリズムを用いることにより、非常に簡単な構成のプロジェクタを実現することが可能である。すなわち、部品点数が少なく、従来に比べてはるかに小型化が可能なプロジェクタを実現できる。

【0136】

また、実施例4および5に示した白色光源（高圧水銀ランプ等）は非常に大きな熱が発生するため、これを冷却するための冷却ファン等の冷却機構が必要であるが、本実施例では光源が大きな熱を発生しないため、そのような冷却機構の排除又は簡易化が可能である。この結果、光学系以外の構成部品点数も少なくすることができ、冷却機構から発生する騒音も低減することができる。

20

【0137】

なお、アレイ光源において、個々の発光ダイオードの光束分布を考慮して複数の発光ダイオードの配置を決めることで、均一な光束分布を有するアレイ光源を得ることができる。これを用いて、反射型液晶パネルを均一に照明することが好ましい。

【0138】

また、本実施例でも、青光、赤光および緑光を互いに入れ替えることができる。但し、白色を得るためには、緑光成分を可視波長域の光のおよそ60～80%を占めるようにする必要がある。このため、上述したように、青と赤の光源アレイとは別に緑の光源アレイを設けた方がよい。このことは以下の実施例でも同様である。

30

【0139】

また、本実施例のプロジェクタにおいても、色合成プリズムを実施例4で説明したものをを用いてもよい。但し、その場合は、実施例4で示したように色合成プリズムに入射する青光、赤光および緑光の偏光方向は全てS偏光である。このため、本実施例のプロジェクタにおいて、波長選択性位相子63で赤光をP偏光に変換する必要はなく、S偏光のまま、色合成プリズムに入射させることとなる。すなわち、波長選択性位相子63を除去することが必要となる。同時に緑光の光路にあり、緑光の光路長を青光および赤光の光路長と等しくするために設けられている光学部材64も除去することが必要である。これより、実施例4の色合成プリズムを用いることにより、プロジェクタの構成部品点数をさらに削減することが可能であるとともに、該プロジェクタの低コスト化が可能である。

40

【実施例8】

【0140】

図14には、本発明の実施例8であるプロジェクタの概略構成を示している。本実施例のプロジェクタは、実施例1で説明した色合成プリズム1と、実施例7で説明した光源アレイ91BR, 91Gを用いている。また、実施例5～7と同じ構成要素については、実施例4～6と同符号を付す。

【0141】

アレイ光源91BRから発せられた青光および赤光は、個々の発光ダイオードの光束分布に対応した複数のレンズセルを有するレンズアレイ92に入射する。レンズアレイ92は、個々の発光ダイオードからの光をコリメートレンズ93の有効径部分の全域に重畳的

50

に入射させる。コリメートレンズ 9 3 からは、平行光束が射出される。

【 0 1 4 2 】

この平行光束は、第 1 のフライアイレンズ 5 2 によって複数の光束に分割され、各分割光束は集光される。各分割光束は、第 2 のフライアイレンズ 5 3 および偏光変換素子 5 4 の近傍に集光され、光源像を作る。フライアイレンズ 5 2 , 5 3 は複数のレンズセルが 2 次元方向に配置されて構成されている。各レンズセルは、被照明面に配置された青および赤パネル 4 4 , 4 5 と相似形状である矩形のレンズ形状を有する。

【 0 1 4 3 】

偏光変換素子 5 4 は、第 2 のフライアイレンズ 5 3 を射出した無偏光光を S 偏光に変換する。偏光変換素子 5 4 から射出した青および赤光は、コンデンサレンズ 5 5 によって集光され、赤光の偏光方向のみを 9 0 ° 回転させる波長選択性位相子 6 3 に入射する。波長選択性位相子 6 3 を S 偏光として射出した青光および P 偏光として射出した赤光は、色合成プリズム 1 に入射し、それぞれ青および赤パネル 4 4 , 4 5 を重疊的に照明する。

【 0 1 4 4 】

色合成プリズム 1 の作用は実施例 3 と同様である。このため、青画像光および赤画像光は、射出面 1 3 から色合成プリズム 1 外に射出して投射レンズ 7 1 に入射し、スクリーン上に投射される。なお、波長選択性位相子 6 3 を、コンデンサレンズ 5 5 の入射側に配置してもよい。

【 0 1 4 5 】

アレイ光源 9 1 G から発せられた緑光は、個々の発光ダイオードの光束分布に対応した複数のレンズセルを有するレンズアレイ 9 2 に入射する。レンズアレイ 9 2 は、個々の発光ダイオードからの光をコリメートレンズ 9 3 の有効径部の全域に重疊的に入射させる。コリメートレンズ 9 3 からは平行光束が射出する。この平行光束は、第 1 のフライアイレンズ 5 2 によって複数の光束に分割され、各分割光束は集光される。各分割光束は、第 2 のフライアイレンズ 5 3 および偏光変換素子 5 4 の近傍に集光され、光源像を作る。フライアイレンズ 5 2 , 5 3 は、複数のレンズセルが 2 次元方向に配置されて構成されている。各レンズセルは、被照明面に配置された緑パネル 4 6 と相似形状である矩形のレンズ形状を有する。

【 0 1 4 6 】

偏光変換素子 5 4 は、第 2 のフライアイレンズ 5 3 を射出した無偏光光を S 偏光に変換する。偏光変換素子 5 4 から S 偏光として射出した緑光は、コンデンサレンズ 5 5 によって集光されて色合成プリズム 1 に入射し、緑パネル 4 6 を重疊的に照明する。色合成プリズム 1 の作用は実施例 3 と同様である。このため、緑画像光は、射出面 1 3 から色合成プリズム 1 外に射出し、投射レンズ 7 1 に入射してスクリーン上に投射（画像投射）される。

【 0 1 4 7 】

このように、波長の異なる光を発生するアレイ光源と実施例 1 の色合成プリズム 1 を 1 つ用いることにより、部品点数が少なく、小型のプロジェクタを実現できる。

【 0 1 4 8 】

また、レンズアレイ 9 2、コリメートレンズ 9 3 およびフライアイレンズ 5 2 , 5 3 を用いることにより、各反射型液晶パネルの均一照明が可能となる。これにより、均一な明るさの投射画像を得ることができるだけでなく、個々の発光ダイオードの輝度ばらつきおよび波長ばらつきによる色むらを低減することができる。

【 0 1 4 9 】

また、実施例 7 と同様に、冷却機構が不要又は簡素化できるため、光学系以外の部品の点数を削減したり、騒音を低減させたりすることができる。

【 0 1 5 0 】

また、本実施例のプロジェクタにおいても、色合成プリズムを実施例 4 で説明したものをを用いてもよい。但し、その場合は、実施例 4 で示したように色合成プリズムに入射する青光、赤光および緑光の偏光方向は全て S 偏光である。このため、本実施例のプロジェク

10

20

30

40

50

タにおいて、波長選択性位相子 6 3 で赤光を P 偏光に変換する必要はなく、S 偏光のまま、色合成プリズムに入射させることとなる。すなわち、波長選択性位相子 6 3 を除去することが必要となる。同時に緑光の光路にあり、緑光の光路長を青光および赤光の光路長と等しくするために設けられている光学部材 6 4 も除去することが必要である。これより、実施例 4 の色合成プリズムを用いることにより、プロジェクタの構成部品点数をさらに削減することが可能であるとともに、該プロジェクタの低コスト化が可能である。

【実施例 9】

【0151】

図 15 には、本発明の実施例 9 であるプロジェクタの概略構成を示している。本実施例のプロジェクタは、実施例 1 で説明した色合成プリズム 1 と、実施例 7, 8 で説明した光源アレイ 9 1 B R, 9 1 G を用いている。また、実施例 5 ~ 8 と同じ構成要素については、これら実施例と同符号を付す。

【0152】

アレイ光源 9 1 B R から発せられた青光および赤光は、ロッドレンズ 9 4 に入射する。ロッドレンズ 9 4 は、その入射面から入射した複数の光束を内壁または外壁にて全反射させて重疊的に均一な光束として射出する。ロッドレンズ 9 4 を射出した光束は、ロッドレンズ 9 4 の射出面に配置された反射型偏光子 9 5 に入射する。反射型偏光子 9 5 は、S 偏光を透過し、P 偏光を反射する。このため、反射型偏光子 9 5 からの射出光は、S 偏光となる。

【0153】

反射型偏光子 9 5 で反射した P 偏光は、再びロッドレンズ 9 4 に入射し、該ロッドレンズ 9 4 内で反射を繰り返す。反射を繰り返すことで偏光方向が回転し、最終的に反射型偏光子 9 5 から S 偏光として射出する。なお、反射型偏光子 9 5 に代えて、無偏光光を S 偏光に変換する偏光変換素子を用いてもよい。

【0154】

反射型偏光子 9 5 から射出した S 偏光である青光および赤光は、コンデンサレンズ 5 5 によって集光され、波長選択性位相子 6 3 で赤光の偏光方向のみが 90° 回転する。波長選択性位相子 6 3 を S 偏光として射出した青光および P 偏光として射出した赤光はそれぞれ、色合成プリズム 1 に入射して青および赤パネル 4 4, 4 5 を重疊的に照明する。色合成プリズム 1 の作用は実施例 3 と同様である。このため、青画像光および赤画像光は、射出面 1 3 から色合成プリズム 1 外に射出し、投射レンズ 7 1 に入射してスクリーン上に投射される。なお、波長選択性位相子 6 3 を、コンデンサレンズ 5 5 の入射側に配置してもよい。

【0155】

アレイ光源 9 1 G から発せられた緑光は、青光および赤光用のロッドレンズ 9 4 と同様の機能を有するロッドレンズ 9 4 および反射型偏光子 9 5 に入射して、反射型偏光子 9 5 から S 偏光として射出する。反射型偏光子 9 5 に代えて、無偏光光を S 偏光に変換する偏光変換素子を用いてもよい。

【0156】

反射型偏光子 9 5 から射出した S 偏光としての緑光は、コンデンサレンズ 5 5 によって集光され、色合成プリズム 1 に入射して緑パネル 4 6 を重疊的に照明する。色合成プリズム 1 の作用は実施例 3 と同様である。このため、緑画像光は、射出面 1 3 から色合成プリズム 1 外に射出し、投射レンズ 7 1 に入射してスクリーン上に投射される。

【0157】

このように、波長の異なる光を発生するアレイ光源と実施例 1 の色合成プリズムを用いることにより、部品点数が少なく、小型化のプロジェクタを実現できる。また、ロッドレンズ 9 4 を用いることにより、各反射型液晶パネルの均一照明が可能となる。これにより、均一な明るさの投射画像を得ることができるだけでなく、個々の発光ダイオードの輝度ばらつきおよび波長ばらつきによる色むらを低減することができる。

【 0 1 5 8 】

また、実施例 6 と同様に、冷却機構が不要又は簡素化できるため、光学系以外の部品の点数を削減したり、騒音を低減させたりすることができる。

【 0 1 5 9 】

また、本実施例のプロジェクタにおいても、色合成プリズムを実施例 4 で説明したものをを用いてもよい。但し、その場合は、実施例 4 で示したように色合成プリズムに入射する青光、赤光および緑光の偏光方向は全て S 偏光である。このため、本実施例のプロジェクタにおいて、波長選択性位相子 6 3 で赤光を P 偏光に変換する必要はなく、S 偏光のまま、色合成プリズムに入射させることとなる。すなわち、波長選択性位相子 6 3 を除去することが必要となる。同時に緑光の光路にあり、緑光の光路長を青光および赤光の光路長と等しくするために設けられている光学部材 6 4 も除去することが必要である。これより、実施例 4 の色合成プリズムを用いることにより、プロジェクタの構成部品点数をさらに削減することが可能であるとともに、該プロジェクタの低コスト化が可能である。

10

【 0 1 6 0 】

以上説明したように、上記各実施例によれば、全反射減衰を利用することによって、入射角 60° で入射した S 偏光を透過して P 偏光を反射し、さらに入射角 0° の光線を透過する反射防止機能を有する多層膜を得ることができる。

また、上記各実施例によれば、全反射減衰を利用することや特定の膜構成を用いることによって所定の入射角の光線に対しては第 1 の波長領域において透過機能を有している。さらに、他の入射角で入射する第 2 の波長領域の光のうち S 偏光に対する透過率よりも P 偏光に対する透過率が高く、第 3 の波長領域の光のうち P 偏光に対する透過率よりも S 偏光に対する透過率が高い偏光分離機能を有している多層膜を得ることができる。

20

【 0 1 6 1 】

そして、反射型画像形成素子を用いた色分解合成光学系において、この多層膜を設けた六角柱形状ベースの色合成プリズムを用いることで、投射レンズのバックフォーカスを短くし、投射レンズの小型化を図ることができる。そして、これにより、プロジェクタの部品点数を削減し、プロジェクタ全体の小型化が可能となる。特に、光源アレイを用いることにより、光源ランプを用いる従来のプロジェクタに比べてきわめて小型のプロジェクタを実現することができる。

【 0 1 6 2 】

なお、上記各実施例では、光学素子として六角柱形状ベースのプリズム形態のものについて説明したが、本発明の光学素子はこのようなプリズム形態のものに限られず、種々の形態で実施することが可能である。

30

【 0 1 6 3 】

【表 1】

	実施例1		実施例2		実施例3	
Prism	SF6		SF6		SF6	
H層	TiO2		TiO2		TiO2	
L層	SiO2		SiO2		SiO2	
AR入射角度	$0 \pm 2^\circ$		$15 \pm 2^\circ$		$15 \pm 2^\circ$	
PBS入射角度	$60 \pm 2^\circ$		$55 \pm 2^\circ$		$65 \pm 2^\circ$	
層数	37		37		25	
	材料	膜厚	材料	膜厚	材料	膜厚
1	L	31.45	L	28.94	L	6.99
2	H	16.57	H	19.2	H	9.41
3	L	64.94	L	61.21	L	43.66
4	H	16.46	H	18.89	H	18.95
5	L	78.76	L	76.23	L	59.26
6	H	15.56	H	17.4	H	19.7
7	L	81.99	L	82.56	L	65.01
8	H	14.04	H	15.31	H	19.59
9	L	92.66	L	91.93	L	71.98
10	H	12.99	H	14.86	H	18.88
11	L	87.26	L	89.09	L	71.81
12	H	13.28	H	14.41	H	18.3
13	L	96.98	L	95.67	L	76.83
14	H	11.55	H	14.03	H	18.17
15	L	91.85	L	91.69	L	72.4
16	H	13.41	H	14.5	H	17.52
17	L	92.59	L	94.39	L	76.65
18	H	11.21	H	14.18	H	17.05
19	L	99.51	L	92.26	L	70.42
20	H	12.95	H	15.17	H	16.35
21	L	86.01	L	90.15	L	70.75
22	H	12.34	H	16.12	H	14.54
23	L	104.15	L	84.79	L	55.75
24	H	11.53	H	18.85	H	9.59
25	L	85.7	L	72.65	L	15.27
26	H	13.83	H	25.09	PVCz	
27	L	97.07	L	53.18	-	-
28	H	11.15	H	35.05	-	-
29	L	90.35	L	38.6	-	-
30	H	14.25	H	38.8	-	-
31	L	85.65	L	41.96	-	-
32	H	12.71	H	31.29	-	-
33	L	89.13	L	52.66	-	-
34	H	13.8	H	23.18	-	-
35	L	72.39	L	56.07	-	-
36	H	13.43	H	15.63	-	-
37	L	43.47	L	18.03	-	-
38	PVCz		PVCz		-	-

10

20

30

【 0 1 6 4 】

【表 2】

実施例4 多層膜2		
Prism	S-LAH55	
H層	TiO ₂	
L層	SiO ₂	
G-AR入射角度	0±2°	
BR-PBS入射角度	60±2°	
層数	46	
	材料	膜厚
1	H	36.76
2	L	42.63
3	H	44.87
4	L	66.74
5	H	37.07
6	L	60.06
7	H	49.26
8	L	67.64
9	H	30.52
10	L	81.97
11	H	26.01
12	L	80.63
13	H	44.97
14	L	50.45
15	H	38.43
16	L	85.18
17	H	27.45
18	L	105.35
19	H	38.26
20	L	51.89
21	H	49.59
22	L	79
23	H	29.93
24	L	108.85
25	H	36.55
26	L	45.53
27	H	64.37
28	L	61.14
29	H	31.23
30	L	52.23
31	H	19.7
32	L	30.76
33	H	65.12
34	L	39.51
35	H	38.74
36	L	90.69
37	H	43.77
38	L	33.61
39	H	76.32
40	L	58.37
41	H	43.23
42	L	42.4
43	H	66.65
44	L	50.62
45	H	30.25
46	L	38.11
PVCz		

10

20

30

【図面の簡単な説明】

【0165】

【図1A】本発明の実施例1である色合成プリズムの概略図。

【図1B】実施例1の色合成プリズムの光学面配置を説明する図。

40

【図2A】実施例1の色合成プリズムの青光に対する基本的光学作用を示す図。

【図2B】実施例1の色合成プリズムの赤光に対する基本的光学作用を示す図。

【図2C】実施例1の色合成プリズムの緑光に対する基本的光学作用を示す図。

【図3A】実施例1の色合成プリズムに用いられている多層膜の特性を示す図。

【図3B】実施例1の色合成プリズムに用いられている多層膜の特性を示す図。

【図4】本発明の実施例2である色合成プリズムの概略図。

【図5A】実施例2の色合成プリズムに用いられている多層膜の特性を示す図。

【図5B】実施例2の色合成プリズムに用いられている多層膜の特性を示す図。

【図6】本発明の実施例3である色合成プリズムの概略図。

【図7A】実施例3の色合成プリズムに用いられている多層膜の特性を示す図。

50

【図 7 B】実施例 3 の色合成プリズムに用いられている多層膜の特性を示す図。

【図 8】本発明の実施例 4 である色合成プリズムの概略図。

【図 9 A】実施例 4 の色合成プリズムの青光に対する基本的光学作用を示す図。

【図 9 B】実施例 4 の色合成プリズムの赤光に対する基本的光学作用を示す図。

【図 9 C】実施例 4 の色合成プリズムの緑光に対する基本的光学作用を示す図。

【図 10 A】実施例 4 の色合成プリズムに用いられている多層膜の特性を示す図。

【図 10 B】実施例 4 の色合成プリズムに用いられている多層膜の特性を示す図。

【図 11】本発明の実施例 5 であるプロジェクタの概略図。

【図 12】本発明の実施例 6 であるプロジェクタの概略図。

【図 13】本発明の実施例 7 であるプロジェクタの概略図。

10

【図 14】本発明の実施例 8 であるプロジェクタの概略図。

【図 15】本発明の実施例 9 であるプロジェクタの概略図。

【符号の説明】

【 0 1 6 6 】

1 , 1 0 1 , 2 0 1 , 3 0 1 色合成プリズム

1 1 , 1 2 入射面

1 3 射出面

1 4 , 1 5 , 1 6 入射出面

2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 , 2 5 , 2 6 多層膜.

3 1 1 青波長域光線

20

3 1 2 赤波長域光線

3 1 3 緑波長域光線

4 4 , 4 5 , 4 6 反射型液晶パネル

5 1 白色光源

5 2 , 5 3 フライアイレンズ

5 4 偏光変換素子

5 5 コンデンサレンズ

5 6 リレーレンズ

6 1 ダイクロイックミラー

6 2 ミラー

30

6 3 波長選択性位相子

6 4 光学部材

7 1 投射レンズ

9 1 B R、9 1 G アレイ光源

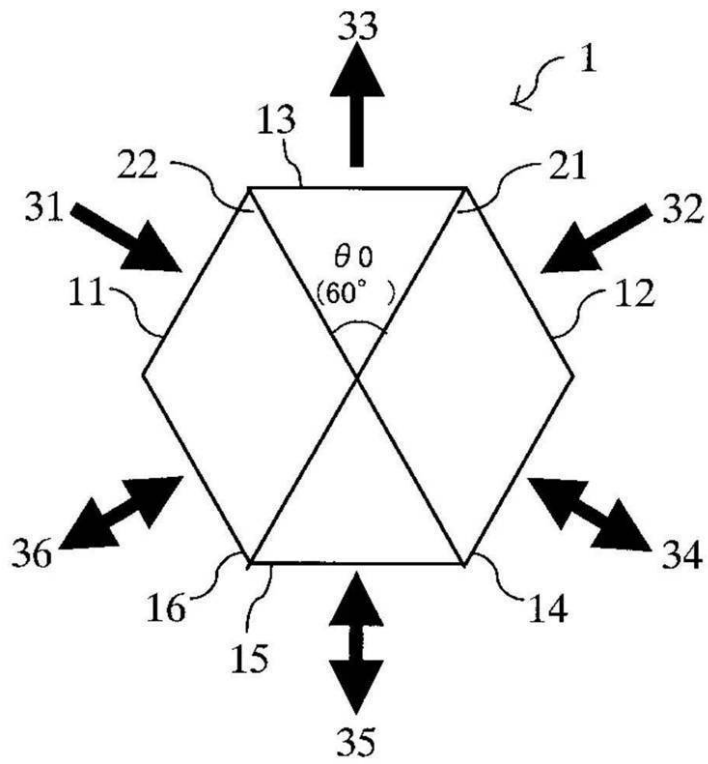
9 2 レンズアレイ

9 3 コリメートレンズ

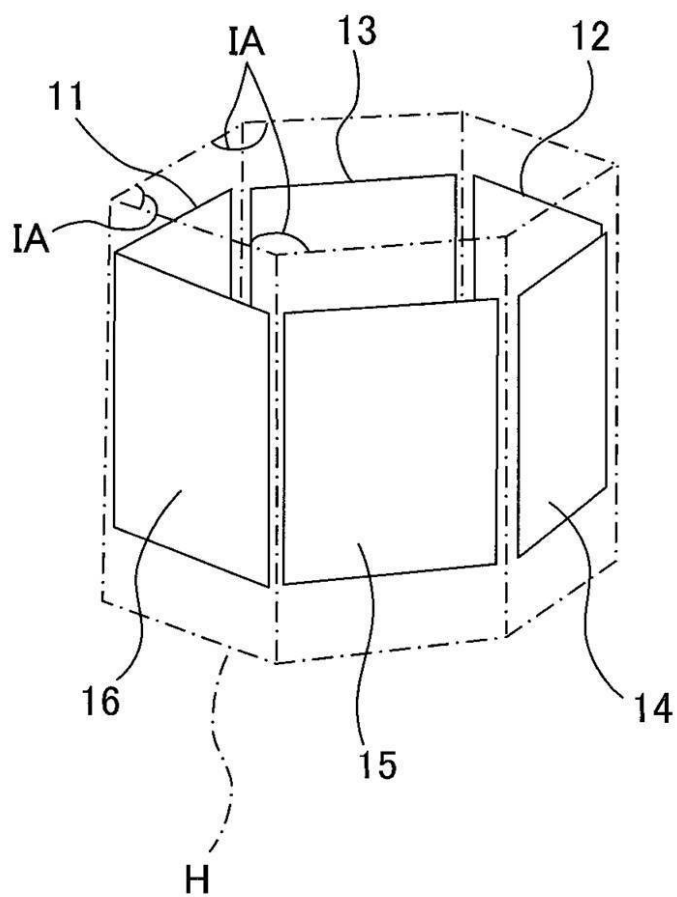
9 4 ロッドレンズ

9 5 反射型偏光子

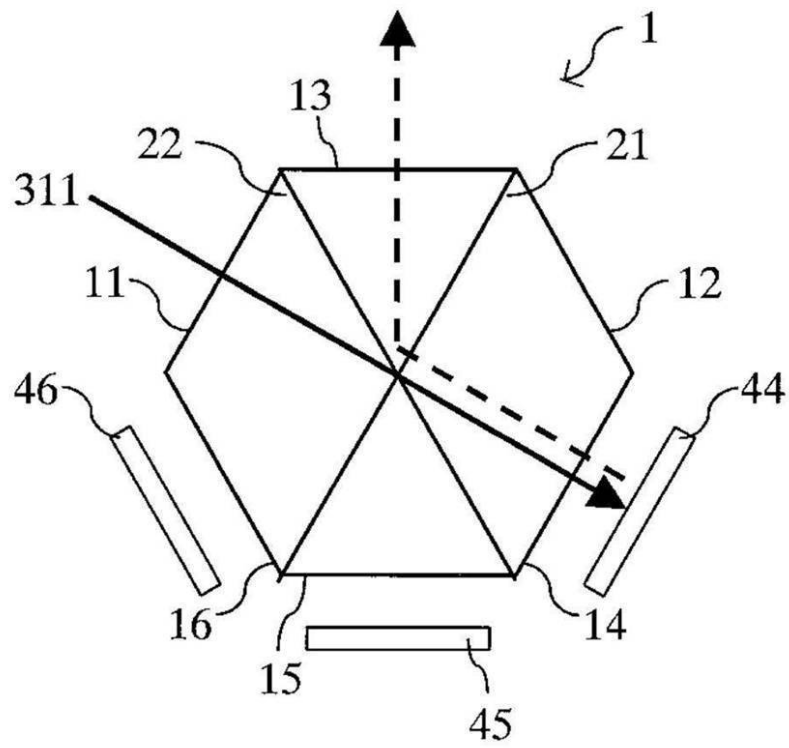
【図 1 A】



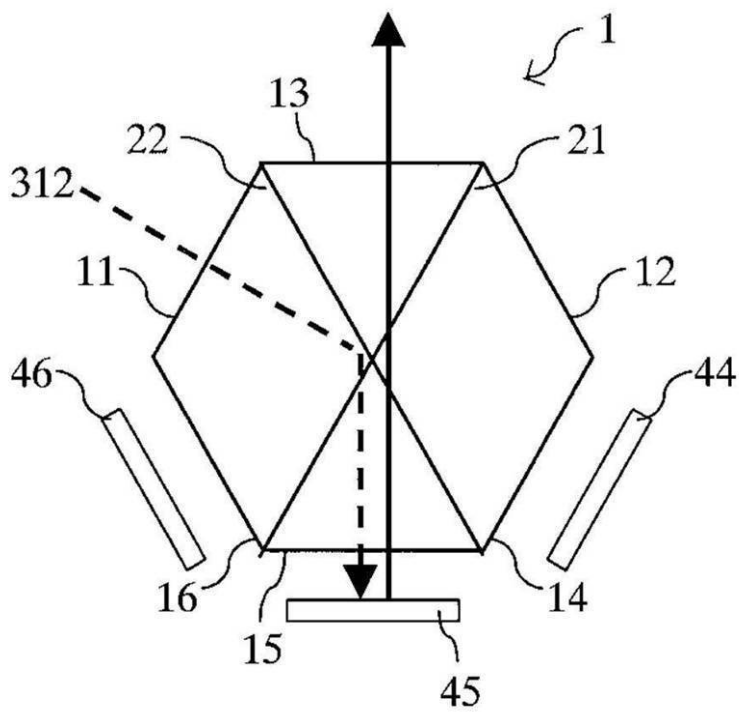
【図 1 B】



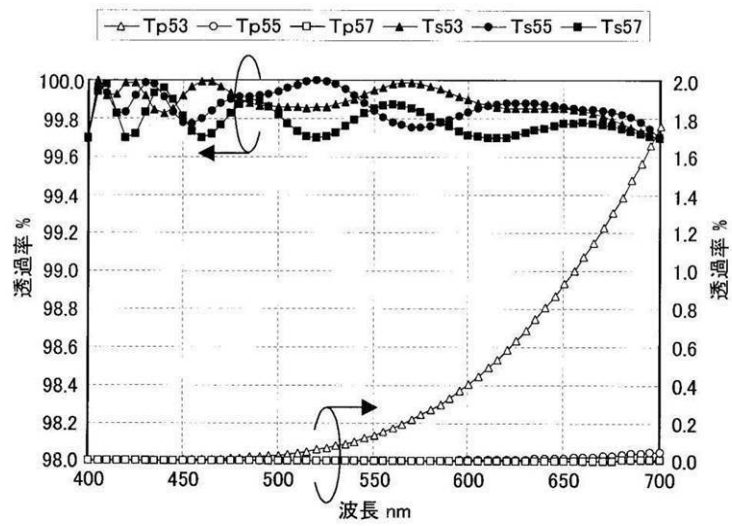
【図 2 A】



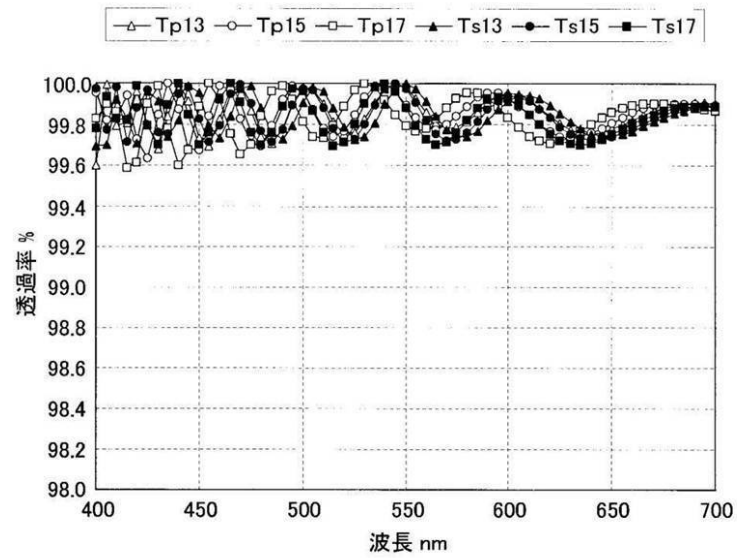
【図 2 B】



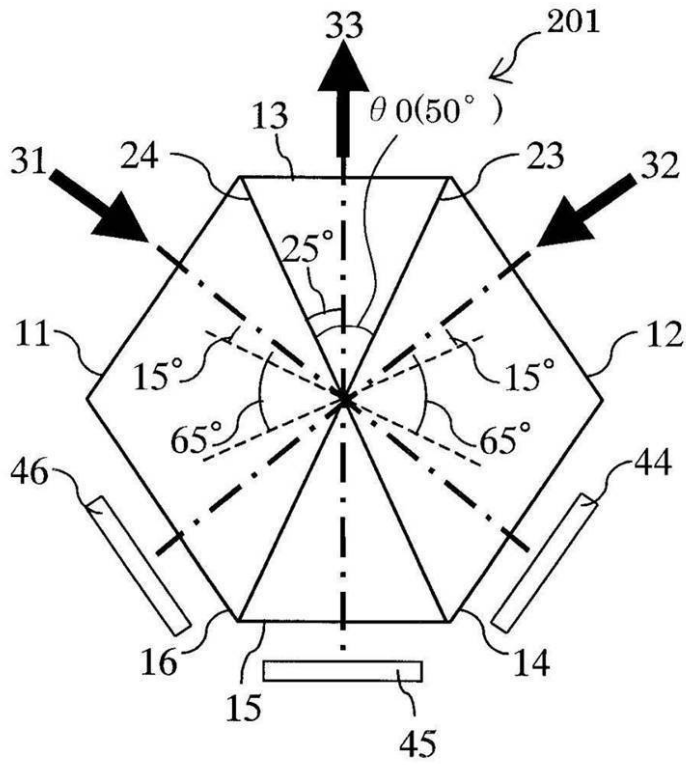
【図 5 A】



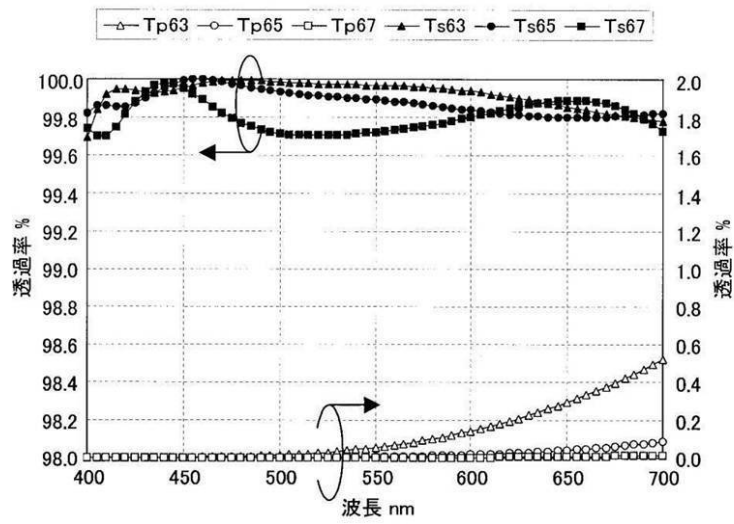
【図 5 B】



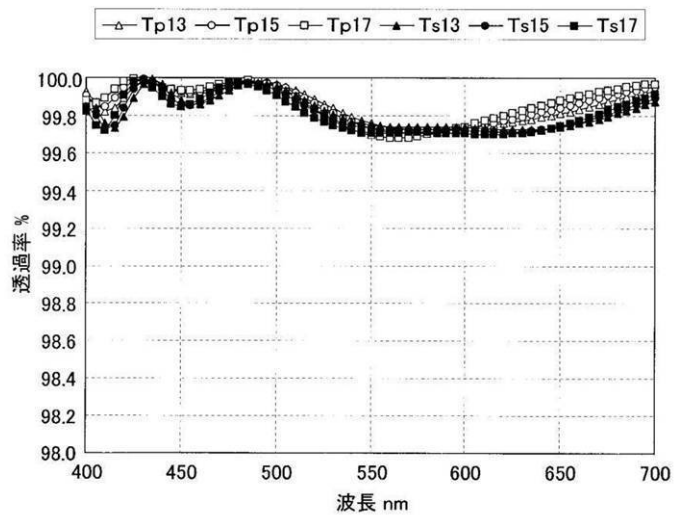
【図 6】



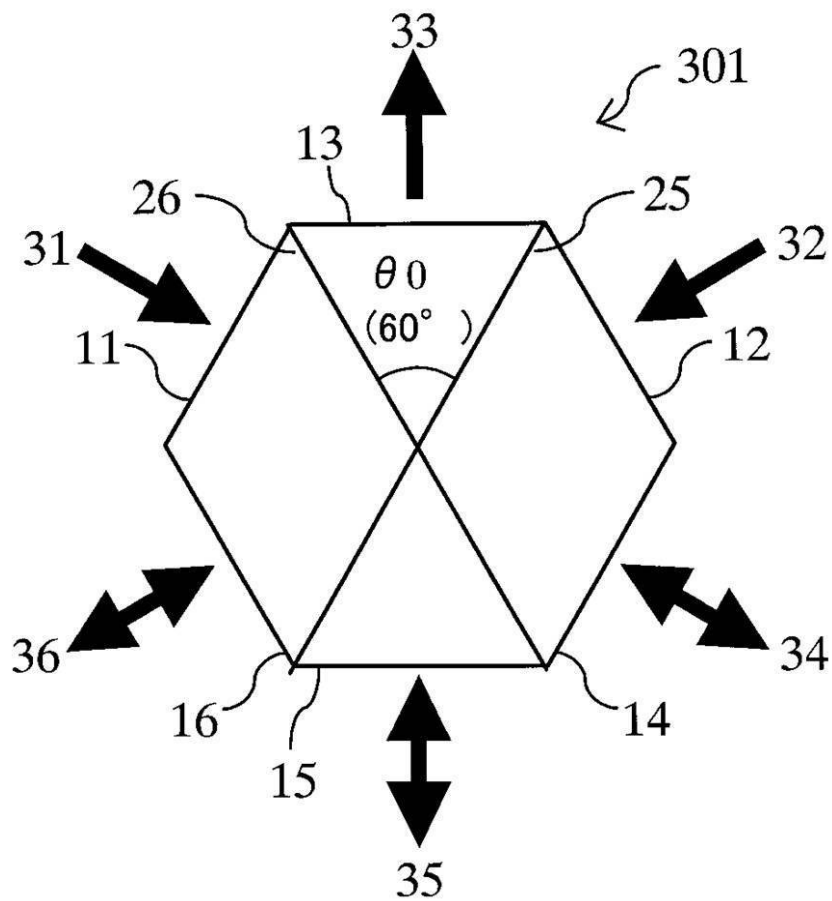
【図 7 A】



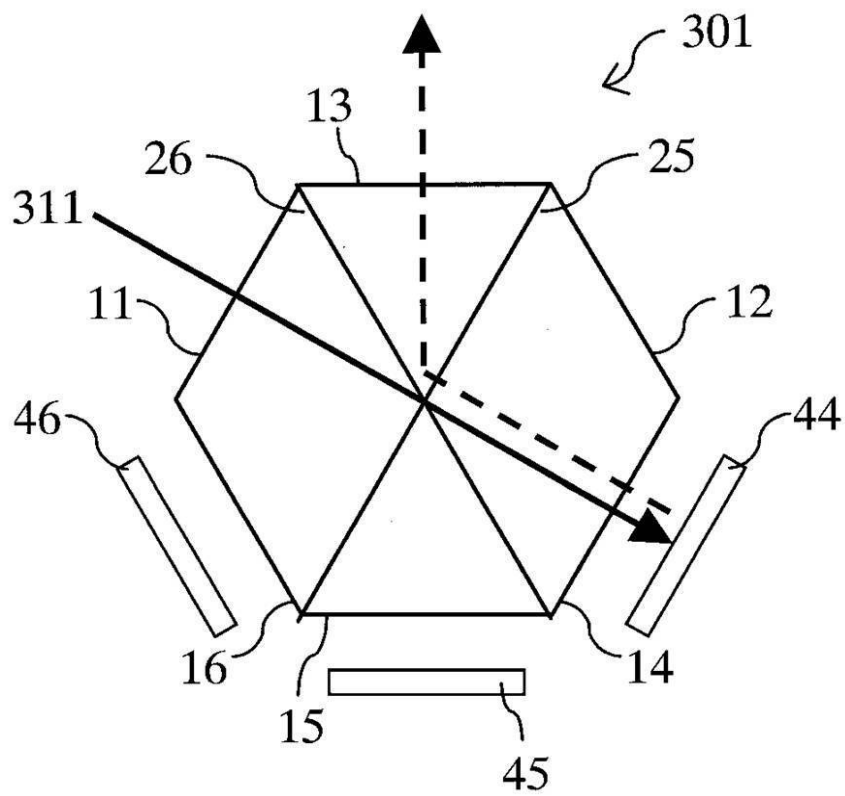
【図 7 B】



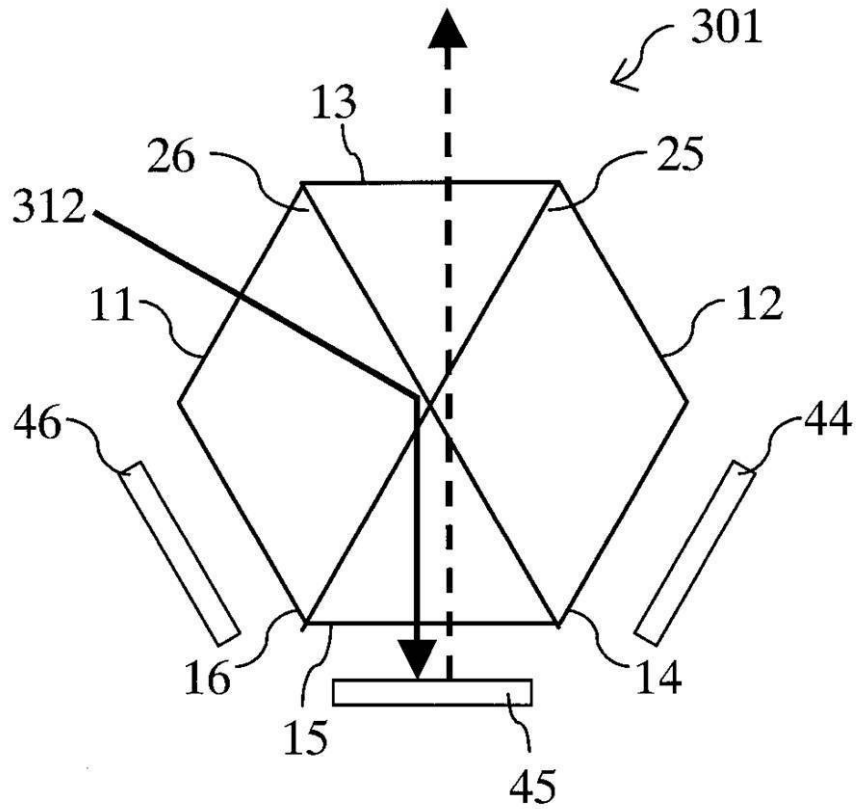
【図 8】



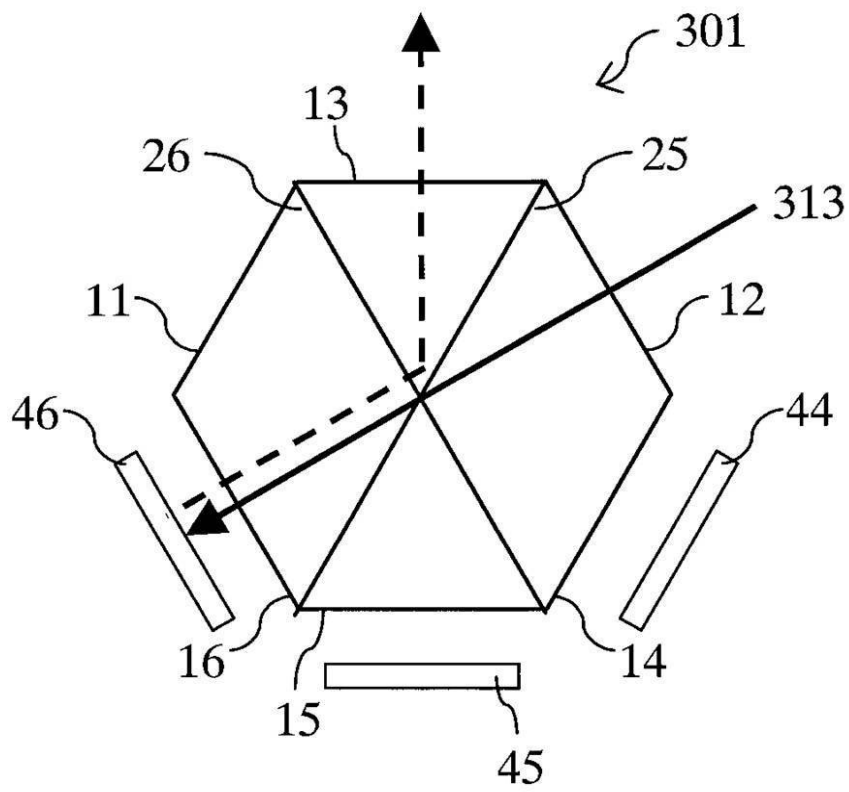
【図 9 A】



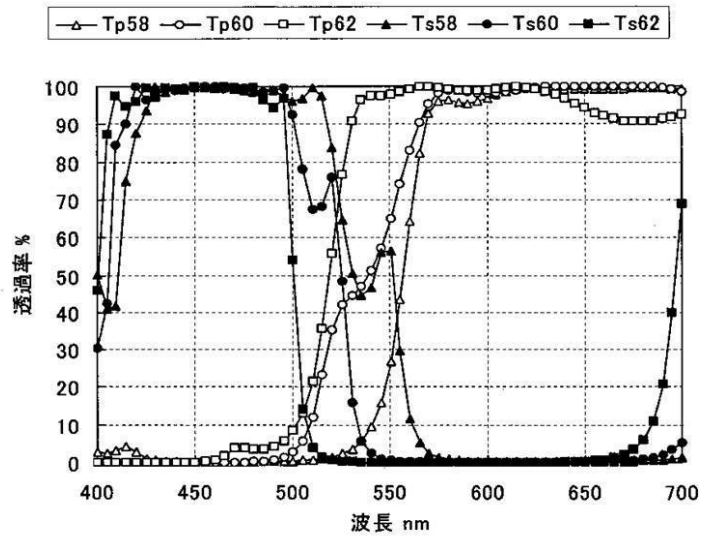
【図 9 B】



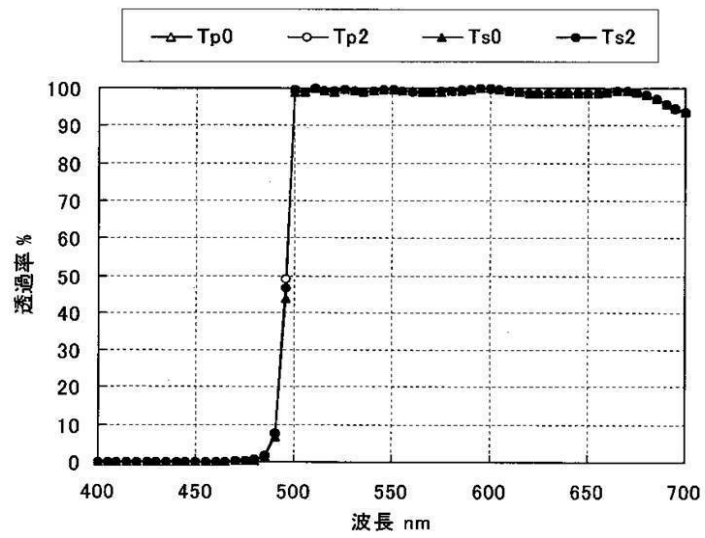
【図 9 C】



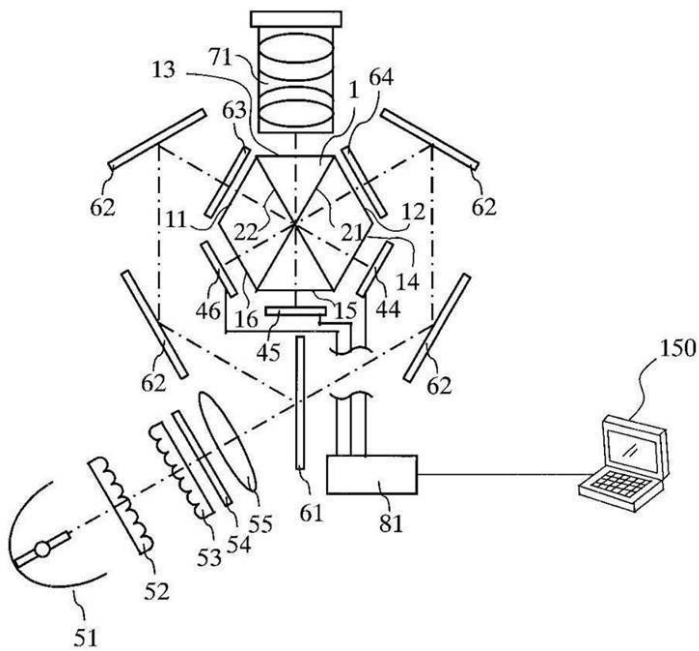
【図 10 A】



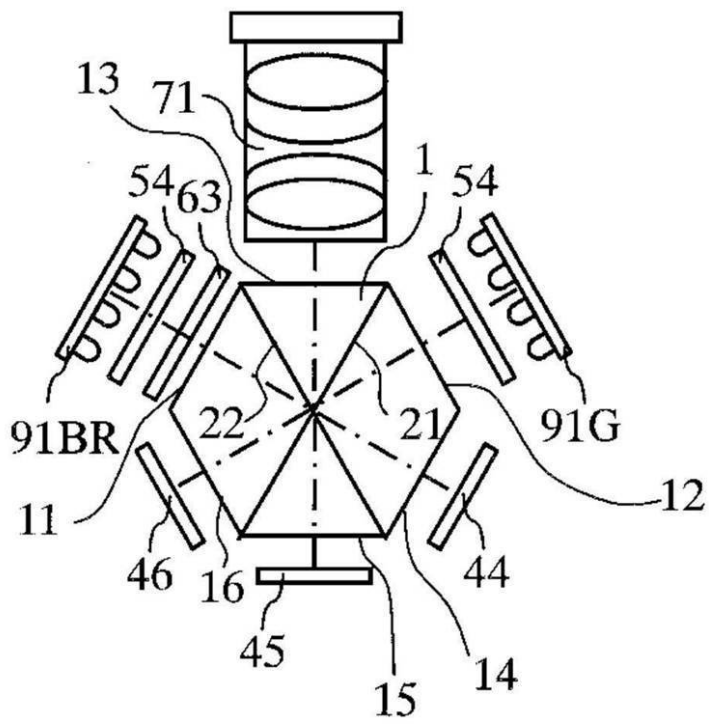
【図10B】



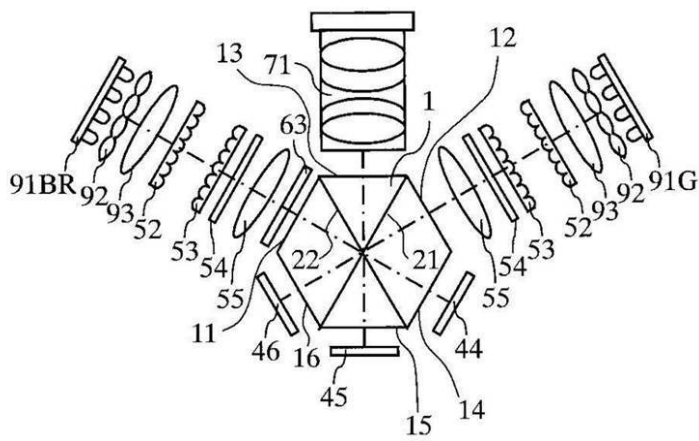
【図11】



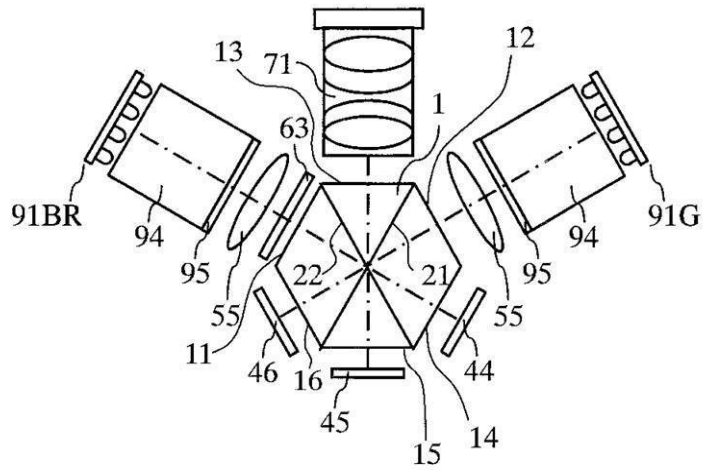
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 0 2 F 1/1335 5 1 5

(56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 0 7 8 6 2 4 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 0 7 9 0 5 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 5 / 0 0 - 5 / 1 3 6