

(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2009-128568

(P2009-128568A)

(43) 公開日 平成21年6月11日(2009.6.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 5/30 (2006.01)	G02B 5/30	2H049
G02F 1/1335 (2006.01)	G02F 1/1335 510	2H091
G02F 1/13363 (2006.01)	G02F 1/13363	2H199
G02B 27/28 (2006.01)	G02B 27/28 Z	2K103
G03B 21/00 (2006.01)	G03B 21/00 E	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 21 頁)		

(21) 出願番号 特願2007-302630 (P2007-302630)
 (22) 出願日 平成19年11月22日(2007.11.22)

(71) 出願人 000003104
 エプソントヨコム株式会社
 東京都日野市日野421-8
 (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 小林 衆方
 東京都日野市日野421-8 エプソント
 ヨコム株式会社内
 Fターム(参考) 2H049 BA05 BA06 BA42 BA43 BB03
 BB51 BC13 BC14 BC22

最終頁に続く

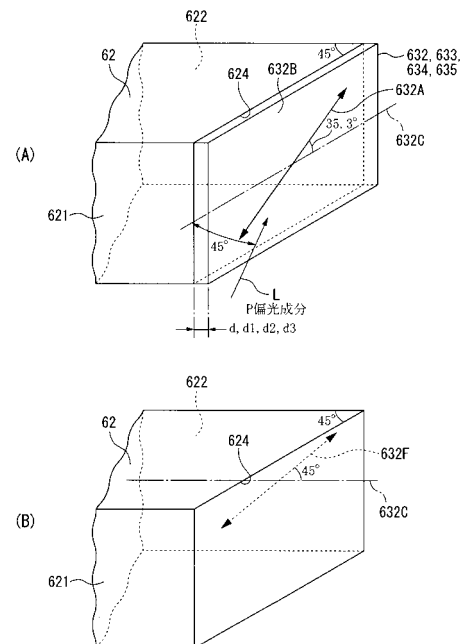
(54) 【発明の名称】 偏光変換素子及びプロジェクタ

(57) 【要約】

【課題】実用性及び信頼性を有しコストアップを招くことなく容易に製造可能な偏光変換素子を提供する。

【解決手段】偏光変換素子の光入射面に対して45°傾斜した状態で設置される1/2波長板632を、Yカット水晶基板を基にして板厚d1が22.7μm~37.3μmの1枚の板状に形成するとともに、光学軸632Aの光学軸方位角が35.3°となる状態で設けた。1/2波長板632を1枚の板状に形成しているので、1/2波長板632を貼り合わせる必要がない上、部品点数が多くなることもない。従って、コストアップを招くことなく容易に信頼性を有する偏光変換素子を製造できる。1/2波長板632の板厚を上記の値に設定しているので、偏光変換素子を入射光対応状態で設置したときの1/2波長板632での三色偏光変換効率を0.8以上にすることができ、実用性を有する偏光変換素子を提供できる。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光入射面を有し一連に接合された複数の透光基材と、隣接する一対の前記透光基材の第 1 接合部分に前記光入射面に対して 45° 傾斜した状態で挟み込まれた偏光分離変換層と、前記第 1 接合部分に隣り合う第 2 接合部分に前記偏光分離変換層と略平行となる状態で挟み込まれた反射膜と、を備え、 $-10^\circ \sim +10^\circ$ の入射角度で前記光入射面に入射される光を偏光光に変換して射出する偏光変換素子であって、

前記偏光分離変換層は、入射される光を 2 個の偏光成分に分離して一方の偏光成分を透過させるとともに他方の偏光成分を反射させる偏光分離膜と、この偏光分離膜に対して前記光入射面と反対側に配置され前記偏光分離膜を透過した前記一方の偏光成分を他方の偏光成分に変換して透過させる 1 枚の $1/2$ 波長板と、を備え、

この $1/2$ 波長板は、Y カットで切り出した水晶から板厚が $22.7 \mu\text{m} \sim 37.3 \mu\text{m}$ の板状に形成され、光学軸方位が前記一方の偏光成分の振動面に対して 35.3° 回転した方向となる状態で設けられたことを特徴とする偏光変換素子。

【請求項 2】

光入射面を有し一連に接合された複数の透光基材と、隣接する一対の前記透光基材の第 1 接合部分に前記光入射面に対して 45° 傾斜した状態で挟み込まれた偏光分離変換層と、前記第 1 接合部分に隣り合う第 2 接合部分に前記偏光分離変換層と略平行となる状態で挟み込まれた反射膜と、を備え、 $-10^\circ \sim +10^\circ$ の入射角度で前記光入射面に入射される波長が $400 \text{ nm} \sim 500 \text{ nm}$ の光を偏光光に変換して射出する偏光変換素子であって、

前記偏光分離変換層は、入射される光を 2 個の偏光成分に分離して一方の偏光成分を透過させるとともに他方の偏光成分を反射させる偏光分離膜と、この偏光分離膜に対して前記光入射面と反対側に配置され前記偏光分離膜を透過した前記一方の偏光成分を他方の偏光成分に変換して透過させる 1 枚の $1/2$ 波長板と、を備え、

この $1/2$ 波長板は、Y カットで切り出した水晶から板厚が $17.9 \mu\text{m} \sim 32.0 \mu\text{m}$ の板状に形成され、光学軸方位が前記一方の偏光成分の振動面に対して 35.3° 回転した方向となる状態で設けられたことを特徴とする偏光変換素子。

【請求項 3】

光入射面を有し一連に接合された複数の透光基材と、隣接する一対の前記透光基材の第 1 接合部分に前記光入射面に対して 45° 傾斜した状態で挟み込まれた偏光分離変換層と、前記第 1 接合部分に隣り合う第 2 接合部分に前記偏光分離変換層と略平行となる状態で挟み込まれた反射膜と、を備え、 $-10^\circ \sim +10^\circ$ の入射角度で前記光入射面に入射される波長が $500 \text{ nm} \sim 600 \text{ nm}$ の光を偏光光に変換して射出する偏光変換素子であって、

前記偏光分離変換層は、入射される光を 2 個の偏光成分に分離して一方の偏光成分を透過させるとともに他方の偏光成分を反射させる偏光分離膜と、この偏光分離膜に対して前記光入射面と反対側に配置され前記偏光分離膜を透過した前記一方の偏光成分を他方の偏光成分に変換して透過させる 1 枚の $1/2$ 波長板と、を備え、

この $1/2$ 波長板は、Y カットで切り出した水晶から板厚が $22.6 \mu\text{m} \sim 40.4 \mu\text{m}$ の板状に形成され、光学軸方位が前記一方の偏光成分の振動面に対して 35.3° 回転した方向となる状態で設けられたことを特徴とする偏光変換素子。

【請求項 4】

光入射面を有し一連に接合された複数の透光基材と、隣接する一対の前記透光基材の第 1 接合部分に前記光入射面に対して 45° 傾斜した状態で挟み込まれた偏光分離変換層と、前記第 1 接合部分に隣り合う第 2 接合部分に前記偏光分離変換層と略平行となる状態で挟み込まれた反射膜と、を備え、 $-10^\circ \sim +10^\circ$ の入射角度で前記光入射面に入射される波長が $600 \text{ nm} \sim 700 \text{ nm}$ の光を偏光光に変換して射出する偏光変換素子であって、

前記偏光分離変換層は、入射される光を 2 個の偏光成分に分離して一方の偏光成分を透

過させるとともに他方の偏光成分を反射させる偏光分離膜と、この偏光分離膜に対して前記光入射面と反対側に配置され前記偏光分離膜を透過した前記一方の偏光成分を他方の偏光成分に変換して透過させる１枚の１／２波長板と、を備え、

この１／２波長板は、Ｙカットで切り出した水晶から板厚が $27.2\mu\text{m} \sim 48.9\mu\text{m}$ の板状に形成され、光学軸方位が前記一方の偏光成分の振動面に対して 35.3° 回転した方向となる状態で設けられたことを特徴とする偏光変換素子。

【請求項５】

光源装置と、この光源装置から射出された光を偏光光に変換して射出する請求項１から請求項４のいずれかに記載の偏光変換素子と、この偏光変換素子で形成された偏光光を画像情報に応じて変調して光学像を形成する光変調装置と、この光変調装置にて形成された光学像を拡大投射する投射光学装置とを備えたことを特徴とするプロジェクタ。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、入射される光を偏光光に変換する偏光変換素子及びプロジェクタに関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、複数の透光基材と、偏光分離変換層と、反射膜とで構成された偏光変換素子が知られている（特許文献１）。

この偏光変換素子は、１／２波長板として機能する水晶板として、積層された２枚の水晶板により構成されたものを適用している。

20

【０００３】

【特許文献１】特開２００７－２０６２２５号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

しかしながら、特許文献１で示される従来例では、板厚が薄い２枚の水晶板を貼り合わせるため、この貼り合わせる作業が容易でなく、歩留まりや信頼性が落ちてしまうという問題点がある。また、２枚の水晶板を用いるので、部品点数が多くなり、コストアップにつながってしまうという問題点がある。

30

ところで、偏光変換素子の１／２波長板は、十分な偏光変換効率を有し、例えばプロジェクタに利用可能な実用性を備えている必要がある。この偏光変換効率とは、例えばＰ偏光成分からＳ偏光成分に偏光する場合に変換される割合を示し、Ｐ偏光成分が全てＳ偏光成分に偏光されたとすると、理想値の１．００として示される。この偏光変換効率が理想値１．００に近いほど、１／２波長板を通過した光量の損失が少なく、明るい映像を投射可能な液晶プロジェクタを生産するのに好適である。

以上のことから、実用性及び信頼性を有しコストアップを招くことなく容易に製造可能な偏光変換素子が望まれている。

【０００５】

本発明の目的は、実用性及び信頼性を有しコストアップを招くことなく容易に製造可能な偏光変換素子及びプロジェクタを提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

[適用例１]

本適用例に係わる偏光変換素子は、光入射面を有し一連に接合された複数の透光基材と、隣接する一对の前記透光基材の第１接合部分に前記光入射面に対して 45° 傾斜した状態で挟み込まれた偏光分離変換層と、前記第１接合部分に隣り合う第２接合部分に前記偏光分離変換層と略平行となる状態で挟み込まれた反射膜と、を備え、 $-10^\circ \sim +10^\circ$

50

の入射角度で前記光入射面に入射される光を偏光光に変換して射出する偏光変換素子であって、前記偏光分離変換層は、入射される光を２個の偏光成分に分離して一方の偏光成分を透過させるとともに他方の偏光成分を反射させる偏光分離膜と、この偏光分離膜に対して前記光入射面と反対側に配置され前記偏光分離膜を透過した前記一方の偏光成分を他方の偏光成分に変換して透過させる１枚の１／２波長板と、を備え、この１／２波長板は、Ｙカットで切り出した水晶から板厚が $22.7\mu\text{m} \sim 37.3\mu\text{m}$ の板状に形成され、光学軸方位が前記一方の偏光成分の振動面に対して 35.3° 回転した方向となる状態で設けられたことを特徴とする。

【０００７】

本適用例では、偏光変換素子の偏光分離変換層を構成する１／２波長板を１枚の板状に形成しているので、１／２波長板を貼り合わせる必要がなく、部品点数が多くなることもない。従って、信頼性を有しコストアップを招くことなく容易に製造可能な偏光変換素子を提供できる。

また、１／２波長板の板厚を $22.7\mu\text{m} \sim 37.3\mu\text{m}$ に設定するとともに、光学軸方位が例えばＰ偏光成分の振動面に対して 35.3° 回転した方向となる状態（光学軸方位角が 35.3° となる状態）で設けている。そして、この１／２波長板を透光基材の光入射面に対して 45° 傾斜した状態で設けている。このため、透光基材の光入射面と平行な光射出面に、光の入射方向から１／２波長板の光学軸を投影したときの光学軸方位角（以下、投影光学軸方位角と称す）を、 45° にすることができる。よって、この偏光変換素子を光入射面に入射光が $-10^\circ \sim +10^\circ$ の入射角度で入射される状態で、かつ、１／２波長板の光学軸方位角が 35.3° となる状態（以下、入射光対応状態と称す）で設置した場合、１／２波長板における三色波長帯（波長が $400\text{nm} \sim 700\text{nm}$ ）での平均の偏光変換効率（以下、三色偏光変換効率と称す）を 0.8 以上にすることができる。

【０００８】

ここで、偏光変換素子をプロジェクタに用いる場合、一般的に、この偏光変換素子をレンズアレイの光射出側において、プロジェクタの設計上の照明光軸と、偏光変換素子の光入射面とが直交するように、つまりレンズアレイから射出される入射光が透光基材の光入射面に 0° の入射角度で入射され、１／２波長板に 45° の入射角度で入射されるように設置する。このような構成では、レンズアレイの焦点位置などにより、レンズアレイからの射出光が偏光変換素子に $-10^\circ \sim +10^\circ$ の入射角度で入射される。

さらに、１／２波長板の三色偏光変換効率と、この１／２波長板を用いたプロジェクタによる映像の投射状態との関係を調べたところ、三色偏光変換効率が 0.8 以上であれば、実用的に問題がないレベルの青色成分、緑色成分、赤色成分の再現性を有し、かつ、問題がない明るさの映像を投射できることが確認できている。

以上のことから、本発明の偏光変換素子をプロジェクタにおけるレンズアレイの光射出側に設置した場合でも、つまり $-10^\circ \sim +10^\circ$ の入射角度で入射光が入射される場合であっても、１／２波長板において三色波長帯の入射光を 0.8 以上の三色偏光変換効率で偏光光に変換することができ、実用性を有する偏光変換素子を提供できる。

【０００９】

[適用例２]

本適用例に係わる偏光変換素子は、光入射面を有し一連に接合された複数の透光基材と、隣接する一对の前記透光基材の第１接合部分に前記光入射面に対して 45° 傾斜した状態で挟み込まれた偏光分離変換層と、前記第１接合部分に隣り合う第２接合部分に前記偏光分離変換層と略平行となる状態で挟み込まれた反射膜と、を備え、 $-10^\circ \sim +10^\circ$ の入射角度で前記光入射面に入射される波長が $400\text{nm} \sim 500\text{nm}$ の光を偏光光に変換して射出する偏光変換素子であって、前記偏光分離変換層は、入射される光を２個の偏光成分に分離して一方の偏光成分を透過させるとともに他方の偏光成分を反射させる偏光分離膜と、この偏光分離膜に対して前記光入射面と反対側に配置され前記偏光分離膜を透過した前記一方の偏光成分を他方の偏光成分に変換して透過させる１枚の１／２波長板と、を備え、この１／２波長板は、Ｙカットで切り出した水晶から板厚が $17.9\mu\text{m} \sim 3$

2.0 μm の板状に形成され、光学軸方位が前記一方の偏光成分の振動面に対して35.3°回転した方向となる状態で設けられたことを特徴とする。

【0010】

本適用例では、1/2波長板を1枚の板状に形成しているので、上述したような作用により、信頼性を有しコストアップを招くことなく容易に製造可能な偏光変換素子を提供できる。

そして、1/2波長板の板厚を17.9 μm ~32.0 μm に設定するとともに、光学軸方位角を35.3°に設定しているので、投影光学軸方位角を45°にすることができる。従って、偏光変換素子を入射光対応状態で設置した場合、1/2波長板における青色波長帯（波長が400 nm~500 nm）での平均の偏光変換効率（以下、青色偏光変換効率と称す）を0.8以上にすることができる。

ここで、1/2波長板の青色偏光変換効率と、映像の投射状態との関係を調べたところ、青色偏光変換効率が0.8以上であれば、実用的に問題がないレベルの青色成分の再現性を有し、かつ、問題がない明るさの映像を投射できることが確認できている。

以上のことから、本発明の偏光変換素子をプロジェクタにおけるレンズアレイの光射出側に設置して、-10°~+10°の入射角度で入射光が入射される場合であっても、1/2波長板において青色波長帯の入射光を0.8以上の青色偏光変換効率で偏光光に変換することができ、実用性を有する偏光変換素子を提供できる。

【0011】

[適用例3]

本適用例に係わる偏光変換素子は、光入射面を有し一連に接合された複数の透光基材と、隣接する一对の前記透光基材の第1接合部分に前記光入射面に対して45°傾斜した状態で挟み込まれた偏光分離変換層と、前記第1接合部分に隣り合う第2接合部分に前記偏光分離変換層と略平行となる状態で挟み込まれた反射膜と、を備え、-10°~+10°の入射角度で前記光入射面に入射される波長が500 nm~600 nmの光を偏光光に変換して射出する偏光変換素子であって、前記偏光分離変換層は、入射される光を2個の偏光成分に分離して一方の偏光成分を透過させるとともに他方の偏光成分を反射させる偏光分離膜と、この偏光分離膜に対して前記光入射面と反対側に配置され前記偏光分離膜を透過した前記一方の偏光成分を他方の偏光成分に変換して透過させる1枚の1/2波長板と、を備え、この1/2波長板は、Yカットで切り出した水晶から板厚が22.6 μm ~40.4 μm の板状に形成され、光学軸方位が前記一方の偏光成分の振動面に対して35.3°回転した方向となる状態で設けられたことを特徴とする。

【0012】

本適用例では、1/2波長板を1枚の板状に形成しているので、上述したような作用により、信頼性を有しコストアップを招くことなく容易に製造可能な偏光変換素子を提供できる。

そして、1/2波長板の板厚を22.6 μm ~40.4 μm に設定するとともに、光学軸方位角を35.3°に設定しているので、投影光学軸方位角を45°にすることができる。従って、偏光変換素子を入射光対応状態で設置した場合、1/2波長板における緑色波長帯（波長が500 nm~600 nm）での平均の偏光変換効率（以下、緑色偏光変換効率と称す）を0.8以上にすることができる。

ここで、1/2波長板の緑色偏光変換効率と、映像の投射状態との関係を調べたところ、緑色偏光変換効率が0.8以上であれば、実用的に問題がないレベルの緑色成分の再現性を有し、かつ、問題がない明るさの映像を投射できることが確認できている。

以上のことから、本発明の偏光変換素子をプロジェクタにおけるレンズアレイの光射出側に設置して、-10°~+10°の入射角度で入射光が入射される場合であっても、1/2波長板において緑色波長帯の入射光を0.8以上の緑色偏光変換効率で偏光光に変換することができ、実用性を有する偏光変換素子を提供できる。

【0013】

[適用例4]

10

20

30

40

50

本適用例に係わる偏光変換素子は、光入射面を有し一連に接合された複数の透光基材と、隣接する一对の前記透光基材の第1接合部分に前記光入射面に対して45°傾斜した状態で挟み込まれた偏光分離変換層と、前記第1接合部分に隣り合う第2接合部分に前記偏光分離変換層と略平行となる状態で挟み込まれた反射膜と、を備え、 $-10^{\circ} \sim +10^{\circ}$ の入射角度で前記光入射面に入射される波長が600nm~700nmの光を偏光光に変換して射出する偏光変換素子であって、前記偏光分離変換層は、入射される光を2個の偏光成分に分離して一方の偏光成分を透過させるとともに他方の偏光成分を反射させる偏光分離膜と、この偏光分離膜に対して前記光入射面と反対側に配置され前記偏光分離膜を透過した前記一方の偏光成分を他方の偏光成分に変換して透過させる1枚の1/2波長板と、を備え、この1/2波長板は、Yカットで切り出した水晶から板厚が27.2 μm ~48.9 μm の板状に形成され、光学軸方位が前記一方の偏光成分の振動面に対して35.3°回転した方向となる状態で設けられたことを特徴とする。

10

【0014】

本適用例では、1/2波長板を1枚の板状に形成しているので、上述したような作用により、信頼性を有しコストアップを招くことなく容易に製造可能な偏光変換素子を提供できる。

そして、1/2波長板の板厚を27.2 μm ~48.9 μm に設定するとともに、光学軸方位角を35.3°に設定しているので、投影光学軸方位角を45°にすることができる。従って、偏光変換素子を入射光対応状態で設置した場合、1/2波長板における赤色波長帯(波長が600nm~700nm)での平均の偏光変換効率(以下、赤色偏光変換効率と称す)を0.8以上にすることができる。

20

ここで、1/2波長板の赤色偏光変換効率と、映像の投射状態との関係を調べたところ、赤色偏光変換効率が0.8以上であれば、実用的に問題がないレベルの赤色成分の再現性を有し、かつ、問題がない明るさの映像を投射できることが確認できている。

以上のことから、本発明の偏光変換素子をプロジェクタにおけるレンズアレイの光射出側に設置して、 $-10^{\circ} \sim +10^{\circ}$ の入射角度で入射光が入射される場合であっても、1/2波長板において赤色波長帯の入射光を0.8以上の赤色偏光変換効率で偏光光に変換することができ、実用性を有する偏光変換素子を提供できる。

【0015】

[適用例5]

30

本適用例に係わるプロジェクタは、光源装置と、この光源装置から射出された光を偏光光に変換して射出する請求項1から請求項4のいずれかに記載の偏光変換素子と、この偏光変換素子で形成された偏光光を画像情報に応じて変調して光学像を形成する光変調装置と、この光変調装置にて形成された光学像を拡大投射する投射光学装置とを備えたことを特徴とする。

本適用例では、前述の効果を奏することができるプロジェクタを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の第1実施形態を図面に基づいて説明する。この第1実施形態では、三色偏光変換効率が0.8以上の1/2波長板を有する偏光変換素子について説明する。

40

図1は、第1実施形態及び後述する第2~第4実施形態の偏光変換素子の構成を示す模式図であり、(A)は断面図、(B)は(A)のQ部分を拡大した断面図である。

【0017】

図1(A)に示すように、偏光変換素子6は、略直方体形状を有している。この偏光変換素子6は、複数の第1透光基材61と、複数の第2透光基材62と、複数の偏光分離変換層63と、複数の反射膜64とを備えている。

【0018】

第1,第2透光基材61,62は、透光性の材料を用いて略平行四辺形ブロック状に形成されている。この第1,第2透光基材61,62の材料としては、ホウケイ酸ガラス、

50

B K 7、白板ガラス、青板ガラス、石英ガラス、サファイヤガラス等の無機材料を用いて形成されたガラスが例示できる。

第1透光基材61は、互いに略平行な第1光入射面611及び第1光射出面612と、互いに略平行な状態でかつ第1光入射面611とのなす角度が45°となる状態で設けられた第1傾斜端面613及び第2傾斜端面614とを備えている。第2透光基材62も、第1透光基材61と同様の構成を有し、第2光入射面621と、第2光射出面622と、第3傾斜端面623と、第4傾斜端面624とを備えている。

そして、第1,第2透光基材61,62は、略直方体形状の長手方向(図1(A)の左右方向)に沿って交互に配置され、第1,第4傾斜端面613,624が対向し、第2,第3傾斜端面614,623が対向する状態で接合される。

10

【0019】

偏光分離変換層63は、第1傾斜端面613と第4傾斜端面624との第1接合部分に第1,第2光入射面611,621に対して45°傾斜した状態で挟み込まれている。この偏光分離変換層63は、図1(B)に示すように、偏光分離膜631と、この偏光分離膜631に対して第2光射出面622側に設けられた1/2波長板632とを備えている。

偏光分離膜631は、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 MgF_2 、及びメルク株式会社製のSubstanceM2からなる多層膜であり、第1傾斜端面613上に形成されている。この偏光分離膜631は、入射光LをP偏光成分及びS偏光成分に分離して、P偏光成分を透過させ、S偏光成分を反射させて進行方向を90°曲げる。

20

1/2波長板632は、水晶により板状に形成され、偏光分離膜631および第4傾斜端面624の間に固着されている。1/2波長板632を固着する方法としては、アクリル系光硬化性の接着剤で固着する方法、シランカップリング剤の薄膜を用いた直接接合法で固着する方法が例示できる。

この1/2波長板632は、偏光分離膜631を透過したP偏光成分をS偏光成分に変換して透過させ、第2光射出面622から射出させる。なお、1/2波長板632の詳細な構成については後述する。

【0020】

反射膜64は、図1(A)に示すように、屈折率が異なる誘電体の多層膜であり、第2傾斜端面614と第3傾斜端面623との第2接合部分に第1,第2光入射面611,621に対して45°傾斜した状態で挟み込まれている。この反射膜64は、第3傾斜端面623上に形成され、例えば1/2波長板632と同様の固着方法により第2傾斜端面614に固着されている。そして、反射膜64は、偏光分離膜631で反射されたS偏光成分を反射させて進行方向を90°曲げ、第1光射出面612から射出させる。

30

【0021】

次に、1/2波長板632の詳細な構成について説明する。

図2(A)に示すように、1/2波長板632は、板厚dが22.7 μm ~37.3 μm の1枚の板状に形成されている。この1/2波長板632は、光学軸632Aが板面に沿って存在するYカット水晶基板から形成されている。ここで、1/2波長板632を形成する方法としては、水晶からYカットで切り出した水晶板をエッチング処理、あるいは研磨処理することにより、板厚dが上記の範囲となるように形成する方法が例示できる。

40

【0022】

この1/2波長板632は、入射面632Bに45°の入射角度で入射光LのP偏光成分が入射される状態で、かつ、光学軸方位角が35.3°となる状態で第4傾斜端面624に設けられる。この光学軸方位角は、P偏光成分の振動面(水平な振動面)632Cに対する光学軸632Aの方位を、振動面632Cから反時計回りに表したものである。このように、1/2波長板632を光学軸632Aの光学軸方位角が35.3°となる状態で設けることにより、図2(B)に示すように、P偏光成分の入射方向から光学軸632Aを第2光射出面622に投影した投影光学軸632Fと、振動面632Cとのなす角度、つまり投影光学軸632Fの投影光学軸方位角を45°に設定することができる。

50

【0023】

ここで、光学軸 632A の光学軸方位角を 35.3° にすることにより、投影光学軸 632F の投影光学軸方位角を 45° にできることを、図 3 に基づいて説明する。

図 3 において、平面 OAB は第 2 透光基材 62 の第 2 光射出面 622 を表し、平面 OCD は $1/2$ 波長板 632 の入射面 632B を表す。また、平面 OAB と平面 OCD は、同一形状を有している。

まず、投影光学軸 632F の投影光学軸方位角を θ_2 とすると、以下の式 (1) が成り立つ。また、 $1/2$ 波長板 632 は、第 2 光射出面 622 に対して 45° 傾斜した状態で設けられるので、式 (2) が成り立つ。さらに、光学軸 632A の光学軸方位角を θ_1 とすると、式 (3) が成り立つ。

$$\tan(\theta_2) = AB/OA \quad \dots (1)$$

$$OC = OA / \cos 45^\circ = 2^{1/2} \times OA \quad \dots (2)$$

$$CD = \tan(\theta_1) \times OC \quad \dots (3)$$

【0024】

また、式 (3) を式 (2) に代入すると、式 (4) が得られる。さらに、CD と AB の長さは等しいので、この関係を式 (1) に代入すると式 (5) が得られる。

$$CD = \tan(\theta_1) \times 2^{1/2} \times OA \quad \dots (4)$$

$$\tan(\theta_2) = CD/OA \quad \dots (5)$$

【0025】

そして、式 (5) を式 (4) に代入すると、式 (6) が得られる。さらに、式 (6) を展開すると、式 (7)、(8) が得られる。そして、式 (8) の θ_2 に 45° を代入すると、式 (9) に示すように、 θ_1 として 35.3° が得られる。

$$\begin{aligned} \tan(\theta_2) &= \tan(\theta_1) \times 2^{1/2} \times OA / OA \\ &= \tan(\theta_1) \times 2^{1/2} \quad \dots (6) \end{aligned}$$

$$\tan(\theta_1) = \tan(\theta_2) / 2^{1/2} \quad \dots (7)$$

$$1 = A \tan(\tan(\theta_2) / 2^{1/2}) \quad \dots (8)$$

$$\begin{aligned} 1 &= A \tan(\tan(45^\circ) / 2^{1/2}) \\ &= A \tan(1/2^{1/2}) \quad 35.3^\circ \quad \dots (9) \end{aligned}$$

【0026】

次に、第 1 実施形態の偏光変換素子 6 における $1/2$ 波長板 632 の P 偏光成分の S 偏光成分への偏光変換効率について説明する。

$1/2$ 波長板 632 の偏光変換効率は、以下の式 (10)、式 (11)、及びミューラ行列式などに基づいて得た。

$$T = 2d(N_e - N_o) / \dots (10)$$

$$T = 4 \sin^2(\theta_1) \cdot \cos^2(\theta_1) \cdot \sin^2(\theta_2) / 2 \dots (11)$$

ここで、 θ_1 : 位相差、 d : 板厚、 N_e : 異常光線屈折率、 N_o : 常光線屈折率、 θ_2 : 波長、 T : 偏光変換効率、 θ_1 : 光学軸方位角を表す。

【0027】

具体的には、図 4 に示すような光線進行角度 θ_5 を 0° に、 45° で入射される入射光 L の光路を基準 ($\theta_6 = 0^\circ$) とした入射角度 θ_6 を $+10^\circ$ (入射面 632B に対して 55°) にそれぞれ固定して、三色波長帯 ($400\text{nm} \sim 700\text{nm}$) の範囲における 5nm 間隔ごとの偏光変換効率を、上記の式 (1)、(2) などに基づいて得た。光線進行角度 θ_5 は、入射角度 θ_6 で入射される入射光 L の光路を入射面 632B に投射したときの投射像 P と、P 偏光成分の振動面 632C とのなす角度を、振動面 632C から反時計回りに表したものである。つまり、P 偏光成分の光線進行角度 θ_5 は、 0° として表される。

さらに、光線進行角度 θ_5 を 0° に固定したままで、入射光 L の入射角度 θ_6 を $+8^\circ$ 、 $+6^\circ$ 、 $+4^\circ$ 、 $+2^\circ$ 、 0° 、 -2° 、 -4° 、 -6° 、 -8° 、 -10° にしたときの三色波長帯の偏光変換効率を得た。そして、入射角度 θ_6 が $-10^\circ \sim +10^\circ$ のときの偏光変換効率を波長ごとに平均したものを、光線進行角度 θ_5 が 0° の平均偏光変換

10

20

30

40

50

効率として求めた。

次に、同様にして、光線進行角度 θ が $+90^\circ$ の平均偏光変換効率を求めた。

そして、光線進行角度 θ が 0° および $+90^\circ$ の平均偏光変換効率を三色波長帯全域において平均したものを、 $1/2$ 波長板 632 の三色偏光変換効率として求めた。

【0028】

具体的に、 $1/2$ 波長板 632 の板厚 d が下限値 ($22.7 \mu\text{m}$)、上限値 ($37.3 \mu\text{m}$) の場合、三色偏光変換効率は、以下ようになった。

【0029】

板厚 d が下限値、光線進行角度 θ が 0° 、入射角度 ϕ が $-10^\circ \sim +10^\circ$ のときの偏光変換効率は、図 5 に示すようになった。

ここで、図 5 のグラフにおいて、各入射角度 ϕ での偏光変換効率に大きな差異がないため、数本の線しか描かれていないように示されているが、実際には 11 本の線が描かれている。

さらに、板厚 d が下限値、光線進行角度 θ が 90° 、入射角度 ϕ が $-10^\circ \sim +10^\circ$ のときの偏光変換効率は、図 6 に示すようになった。また、板厚 d が上限値、光線進行角度 θ が 0° 、 $+90^\circ$ 、入射角度 ϕ が $-10^\circ \sim +10^\circ$ のときの偏光変換効率は、図 7、図 8 に示すようになった。

そして、図 5 ~ 図 8 の関係に基づいて、板厚 d が下限値、上限値の $1/2$ 波長板 632 における三色偏光変換効率、つまり図 5 ~ 図 8 に示すような三色波長帯領域 Aa で囲まれる部分において平均したものを求めた。また、板厚 d が下限値よりも小さい $13 \mu\text{m}$ の場合、上限値よりも大きい $50 \mu\text{m}$ の場合の三色偏光変換効率を求めた。さらに、三色偏光変換効率が最大となる板厚 d を求めた。それらの結果を表 1 に示す。

【0030】

【表 1】

板厚 (μm)	三色偏光変換効率
13.0 μm (板厚：下限値より小)	0.38
22.7 μm (板厚：下限値)	0.80
29.7 μm (効率：最大値)	0.971
37.3 μm (板厚：上限値)	0.80
50.0 μm (板厚：上限値より大)	0.41

【0031】

表 1 に示すように、板厚 d が下限値、上限値の $1/2$ 波長板 632 における三色偏光変換効率は、いずれも 0.8 以上となっていることがわかる。また、板厚 d が下限値よりも小さい、あるいは、上限値よりも大きい場合、三色偏光変換効率は、0.8 未満となっていることがわかる。つまり、偏光変換素子 6 が入射光対応状態で設置されることで、板厚 d が $22.7 \mu\text{m} \sim 37.3 \mu\text{m}$ の $1/2$ 波長板 632 が第 1 光入射面 611 に対して 45° 傾斜した状態となる場合、 $1/2$ 波長板 632 の三色偏光変換効率は、0.8 以上になる。

【0032】

次に、第 1 実施形態の偏光変換素子 6 を用いたプロジェクタの一例を図 9 に基づいて説明する。

プロジェクタ 1 は、外装筐体 2 と、投射光学装置としての投射レンズ 3 と、光学ユニット 4 等を備える。

光学ユニット 4 は、光源装置 41 と、均一照明光学装置 42 と、色分離光学装置 43 と、リレー光学装置 44 と、光学装置 45 と、これら光学部品 42 ~ 45 を内部に収納配置する光学部品用筐体 46 とを備える。

光源装置 41 は、光源ランプ 411 と、リフレクタ 412 と、平行化レンズ 413 とを有しており、光源ランプ 411 から射出された放射状の光束をリフレクタ 412 にて反射

10

20

30

40

50

させ、平行化レンズ 4 1 3 を介して平行光として射出する。

【0033】

均一照明光学装置 4 2 は、第 1 レンズアレイ 4 2 1 と、第 2 レンズアレイ 4 2 2 と、上述の偏光変換素子 6 と、重畳レンズ 4 2 4 とを備える。

第 1 レンズアレイ 4 2 1 は、入射光軸方向から見て略矩形状の輪郭を有する第 1 小レンズが、入射光軸に対し略直交する面内においてマトリクス状に配列された構成を有している。各第 1 小レンズは、光源装置 4 1 から射出される光束を複数の部分光束に分割している。

第 2 レンズアレイ 4 2 2 は、第 1 レンズアレイ 4 2 1 と略同様な構成を有しており、第 2 小レンズがマトリクス状に配列された構成を有している。この第 2 レンズアレイ 4 2 2 は、重畳レンズ 4 2 4 とともに、第 1 レンズアレイ 4 2 1 の各第 1 小レンズの像を光学装置 4 5 の後述する液晶パネル上に結像させる機能を有している。

10

【0034】

偏光変換素子 6 は、第 2 レンズアレイ 4 2 2 と重畳レンズ 4 2 4 との間に、プロジェクタ 1 の設計上の照明光軸と、第 1 , 第 2 光入射面 6 1 1 , 6 2 1 とが直交し、かつ、 $1/2$ 波長板 6 3 2 の光学軸方位角が 35.3° となるように設置されている。ここで、第 2 レンズアレイ 4 2 2 の焦点位置などにより、第 2 レンズアレイ 4 2 2 からの射出光が第 1 , 第 2 光入射面 6 1 1 , 6 2 1 に $-10^\circ \sim +10^\circ$ の入射角度で入射される。つまり、偏光変換素子 6 は、入射光対応状態で設置されている。

この偏光変換素子 6 は、第 2 レンズアレイ 4 2 2 からの三色波長帯の光の S 偏光成分を偏光分離膜 6 3 1 および反射膜 6 4 で反射して射出するとともに、偏光分離膜 6 3 1 を透過した P 偏光成分を $1/2$ 波長板 6 3 2 により 0.8 以上の三色偏光変換効率で S 偏光成分に変換して射出する。つまり、偏光変換素子 6 は、略 1 種類の偏光光に変換する。

20

具体的に、偏光変換素子 6 によって略 1 種類の偏光光に変換された各部分光は、重畳レンズ 4 2 4 によって最終的に光学装置 4 5 の後述する液晶パネル上にほぼ重畳される。偏光光を変調するタイプの液晶パネルを用いたプロジェクタでは、1 種類の偏光光しか利用できないため、ランダムな偏光光を発する光源装置 4 1 からの光の略半分を利用できない。このため、偏光変換素子 6 を用いることで、光源装置 4 1 からの射出光を略 1 種類の偏光光に変換し、光学装置 4 5 での光の利用効率を高めている。

【0035】

色分離光学装置 4 3 は、2 枚のダイクロイックミラー 4 3 1 , 4 3 2 と、反射ミラー 4 3 3 とを備え、ダイクロイックミラー 4 3 1 , 4 3 2 により均一照明光学装置 4 2 から射出された複数の部分光束を、赤、緑、青の 3 色の色光に分離する機能を有している。

30

リレー光学装置 4 4 は、入射側レンズ 4 4 1、リレーレンズ 4 4 3、及び反射ミラー 4 4 2 , 4 4 4 を備え、色分離光学装置 4 3 で分離された赤色光を光学装置 4 5 の後述する赤色光用の液晶パネルまで導く機能を有している。

【0036】

この際、色分離光学装置 4 3 のダイクロイックミラー 4 3 1 では、均一照明光学装置 4 2 から射出された光束の青色光成分が反射するとともに、赤色光成分と緑色光成分とが透過する。ダイクロイックミラー 4 3 1 によって反射した青色光は、反射ミラー 4 3 3 で反射し、フィールドレンズ 4 2 5 を通って光学装置 4 5 の後述する青色光用の液晶パネルに達する。

40

このフィールドレンズ 4 2 5 は、第 2 レンズアレイ 4 2 2 から射出された各部分光束をその中心軸（主光線）に対して平行な光束に変換する。他の緑色光用、赤色光用の液晶パネルの光束入射側に設けられたフィールドレンズ 4 2 5 も同様である。

【0037】

ダイクロイックミラー 4 3 1 を透過した赤色光と緑色光のうちで、緑色光はダイクロイックミラー 4 3 2 によって反射し、フィールドレンズ 4 2 5 を通って光学装置 4 5 の後述する緑色光用の液晶パネルに達する。一方、赤色光はダイクロイックミラー 4 3 2 を透過してリレー光学装置 4 4 を通り、さらにフィールドレンズ 4 2 5 を通って光学装置 4 5 の

50

後述する赤色光用の液晶パネルに達する。

【0038】

光学装置45は、光変調装置としての3枚の液晶パネル451（赤色光用の液晶パネルを451R、緑色光用の液晶パネルを451G、青色光用の液晶パネルを451Bとする）と、これら液晶パネル451の光束入射側及び光束射出側にそれぞれ配置される偏光素子5と、クロスダイクロイックプリズム454とを備える。

【0039】

偏光素子5は、各液晶パネル451の光束入射側にそれぞれ配置される入射側偏光板5Aと、各液晶パネル451の光束射出側にそれぞれ配置される射出側偏光板5Bとを備える。

入射側偏光板5Aは、色分離光学装置43で分離された各色光のうち、偏光変換素子6で揃えられた偏光方向と略同一方向の偏光方向を有する偏光光のみ透過させ、その他の光束を吸収するものである。

液晶パネル451は、入射側偏光板5Aから射出された偏光光束の偏光方向を変調する。

射出側偏光板5Bは、入射側偏光板5Aと略同様の構成を有し、液晶パネル451の画像形成領域から射出された光束のうち、入射側偏光板5Aにおける光束の透過軸と直交する偏光方向を有する光束のみ透過させ、その他の光束を吸収する。

【0040】

クロスダイクロイックプリズム454は、射出側偏光板5Bから射出された色光毎に変調された光学像を合成してカラー画像を形成する。このクロスダイクロイックプリズム454で形成されたカラー画像は、上述した投射レンズ3によりスクリーン等へ拡大投射される。

【0041】

従って、第1実施形態では、次の作用効果を奏することができる。

偏光変換素子6を構成する1/2波長板632を1枚の板状に形成しているので、1/2波長板632を貼り合わせる必要がなく、部品点数が多くなることもない。従って、コストアップを招くことなく容易に信頼性を有する偏光変換素子6を製造できる。

そして、1/2波長板632の板厚dを22.7 μ m~37.3 μ mに設定しているので、偏光変換素子6を入射光対応状態で設置したときの1/2波長板632での三色偏光変換効率を0.8以上にすることができる。従って、偏光変換素子6をプロジェクタ1における第2レンズアレイ422の光射出側に設置した場合でも、つまり-10°~+10°の入射角度で入射光が入射される場合であっても、1/2波長板632で三色波長帯の入射光を0.8以上の三色偏光変換効率で偏光光に変換することができ、実用性を有する偏光変換素子6を提供できる。

また、偏光変換素子6をプロジェクタ1に使用すると、プロジェクタ1をコストアップを招くことなく容易に製造できる。さらに、実用的に問題がない青色成分、緑色成分、赤色成分の再現性を有し、かつ、問題がない明るさの映像を投射できる。

【0042】

次に、本発明の第2実施形態を図面に基づいて説明する。この第2実施形態では、青色偏光変換効率が0.8以上の1/2波長板を有する偏光変換素子について説明する。

図1、図2に示すように、偏光変換素子6Aを構成する1/2波長板633は、Yカット水晶基板を基にして、板厚d1が17.9 μ m~32.0 μ mの1枚の板状に形成されている。この1/2波長板633は、入射面632Bに45°の入射角度で入射光LのP偏光成分が入射される状態で、かつ、光学軸方位角が35.3°となる状態で第4傾斜端面624に設けられる。

【0043】

そして、第1実施形態の1/2波長板632と同様の方法により、光線進行角度 θ_5 が0°、+90°、入射光Lの入射角度 θ_6 が-10°~+10°のときの青色波長帯（400nm~500nm）における平均偏光変換効率を求め、青色波長帯全域において平均

10

20

30

40

50

したものを、1/2波長板633の青色偏光変換効率として求めた。

【0044】

具体的に、1/2波長板633の板厚d1が下限値(17.9 μ m)、上限値(32.0 μ m)の場合、青色偏光変換効率は、以下ようになった。

板厚d1が下限値の場合、光線進行角度 θ が-0°、+90°のときの偏光変換効率は、図10、図11に示すようになった。さらに、板厚d1が上限値の場合、光線進行角度 θ が0°、+90°のときの偏光変換効率は、図12、図13に示すようになった。

そして、図10～図13に示すような青色波長帯領域Abで囲まれる部分の偏光変換効率を平均したものを、板厚d1が下限値、上限値の1/2波長板633における青色偏光変換効率として求めた。また、板厚d1が13 μ m、50 μ mの場合の青色偏光変換効率を求めた。さらに、青色偏光変換効率が最大となる板厚d1を求めた。それらの結果を表2に示す。

【0045】

【表2】

板厚 (μ m)	青色偏光変換効率
13.0 μ m (板厚：下限値より小)	0.52
17.9 μ m (板厚：下限値)	0.80
24.9 μ m (効率：最大値)	0.975
32.0 μ m (板厚：上限値)	0.80
50.0 μ m (板厚：上限値より大)	0.07

【0046】

表2に示すように、板厚d1が下限値、上限値の1/2波長板633における青色偏光変換効率は、いずれも0.8以上となっていることがわかる。また、板厚d1が下限値よりも小さい場合、上限値よりも大きい場合、青色偏光変換効率は、0.8未満となっていることがわかる。つまり、偏光変換素子6Aが入射光対応状態で設置されることで、板厚d1が17.9 μ m～32.0 μ mの1/2波長板633が第1光入射面611に対して45°傾斜した状態となる場合、1/2波長板633の青色偏光変換効率は、0.8以上になる。

【0047】

この第2実施形態の偏光変換素子6Aは、例えば図9に示すようなプロジェクタ1の光源装置41の代わりに、青色波長帯のみの光を射出する青色光源装置、緑色波長帯のみの光を射出する緑色光源装置、赤色波長帯のみの光を射出する赤色光源装置を備えたプロジェクタ(以下、RGB光源プロジェクタと称す)に適用することができる。具体的には、偏光変換素子6Aは、RGB光源プロジェクタの青色光源装置の設計上の照明光軸と、第1,第2光入射面611,621とが直交し、かつ、1/2波長板633の光学軸方位角が35.3°となるように、つまり入射光対応状態で設置される。

また、偏光変換素子6Aは、図9に示すような構成のうち偏光変換素子6が設けられていないプロジェクタ1において、ダイクロイックミラー431と、入射側偏光板5Aとの間の光路中に、プロジェクタ1の設計上の照明光軸と第1,第2光入射面611,621とが直交し、かつ、1/2波長板633の光学軸方位角が35.3°となるように、つまり入射光対応状態で設置される。

この偏光変換素子6Aは、入射される青色波長帯の入射光を0.8以上の青色偏光変換効率でS偏光成分に変換して射出する。

【0048】

従って、第2実施形態では、次の作用効果を奏することができる。

偏光変換素子6Aを構成する1/2波長板633を1枚の板状に形成しているため、第1実施形態と同様の作用により、コストアップを招くことなく容易に偏光変換素子6Aを製造できる。

10

20

30

40

50

そして、1/2波長板633の板厚 d_1 を $17.9\mu\text{m} \sim 32.0\mu\text{m}$ に設定しているので、偏光変換素子6Aを入射光対応状態で設置したときの1/2波長板633での青色偏光変換効率を0.8以上にすることができ、実用性を有する偏光変換素子6Aを提供できる。

また、偏光変換素子6AをRGB光源プロジェクタに使用すると、RGB光源プロジェクタをコストアップを招くことなく容易に製造できる。さらに、実用的に問題がない青色成分の再現性を有し、かつ、問題がない明るさの映像を投射できる。

【0049】

次に、本発明の第3実施形態を図面に基づいて説明する。この第3実施形態では、緑色偏光変換効率が0.8以上の1/2波長板を有する偏光変換素子について説明する。

図1、図2に示すように、偏光変換素子6Bを構成する1/2波長板634は、Yカット水晶基板を基にして、板厚 d_2 が $22.6\mu\text{m} \sim 40.4\mu\text{m}$ の1枚の板状に形成されている。この1/2波長板634は、入射面632Bに 45° の入射角度で入射光LのP偏光成分が入射される状態で、かつ、光学軸方位角が 35.3° となる状態で第4傾斜端面624に設けられる。

【0050】

そして、第1実施形態の1/2波長板632と同様の方法により、光線進行角度 γ が 0° 、 $+90^\circ$ 、入射光Lの入射角度 θ が $-10^\circ \sim +10^\circ$ のときの緑色波長帯($500\text{nm} \sim 600\text{nm}$)における平均偏光変換効率を求め、緑色波長帯全域において平均したものを、1/2波長板634の緑色偏光変換効率として求めた。

【0051】

具体的に、1/2波長板634の板厚 d_2 が下限値($22.6\mu\text{m}$)、上限値($40.4\mu\text{m}$)の場合、緑色偏光変換効率は、以下ようになった。

板厚 d_2 が下限値の場合、光線進行角度 γ が -0° 、 $+90^\circ$ のときの偏光変換効率は、図14、図15に示すようになった。さらに、板厚 d_2 が上限値の場合、光線進行角度 γ が 0° 、 $+90^\circ$ のときの偏光変換効率は、図16、図17に示すようになった。

そして、図14～図17に示すような緑色波長帯領域Agで囲まれる部分の偏光変換効率を平均したものを、板厚 d_2 が下限値、上限値の1/2波長板634における緑色偏光変換効率として求めた。また、板厚 d_2 が $13\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ の場合の緑色偏光変換効率を求めた。さらに、緑色偏光変換効率が最大となる板厚 d_2 を求めた。それらの結果を表3に示す。

【0052】

【表3】

板厚 (μm)	緑色偏光変換効率
$13.0\mu\text{m}$ (板厚：下限値より小)	0.36
$22.6\mu\text{m}$ (板厚：下限値)	0.80
$31.2\mu\text{m}$ (効率：最大値)	0.979
$40.4\mu\text{m}$ (板厚：上限値)	0.80
$50.0\mu\text{m}$ (板厚：上限値より大)	0.38

【0053】

表3に示すように、板厚 d_2 が下限値、上限値の1/2波長板634における緑色偏光変換効率は、いずれも0.8以上となっていることがわかる。また、板厚 d_2 が下限値よりも小さい場合、上限値よりも大きい場合、緑色偏光変換効率は、0.8未満となっていることがわかる。つまり、偏光変換素子6Bが入射光対応状態で設置されることで、板厚 d_2 が $22.6\mu\text{m} \sim 40.4\mu\text{m}$ の1/2波長板634が第1光入射面611に対して 45° 傾斜した状態となる場合、1/2波長板634の緑色偏光変換効率は、0.8以上になる。

【0054】

この第3実施形態の偏光変換素子6Bは、例えばRGB光源プロジェクタの緑色光源装置の設計上の照明光軸と、第1,第2光入射面611,621とが直交し、かつ、1/2波長板634の光学軸方位角が35.3°となるように、つまり入射光対応状態で設置される。

また、偏光変換素子6Bは、図9に示すような構成のうち偏光変換素子6が設けられていないプロジェクタ1において、ダイクロイックミラー432と、入射側偏光板5Aとの間の光路中に、プロジェクタ1の設計上の照明光軸と第1,第2光入射面611,621とが直交し、かつ、1/2波長板634の光学軸方位角が35.3°となるように、つまり入射光対応状態で設置される。

この偏光変換素子6Bは、入射される緑色波長帯の入射光を0.8以上の緑色偏光変換効率でS偏光成分に変換して射出する。

【0055】

従って、第3実施形態では、次の作用効果を奏することができる。

偏光変換素子6Bを構成する1/2波長板634を1枚の板状に形成しているため、第1実施形態と同様の作用により、コストアップを招くことなく容易に偏光変換素子6Bを製造できる。

そして、1/2波長板634の板厚d2を22.6μm~40.4μmに設定しているので、偏光変換素子6Bを入射光対応状態で設置したときの1/2波長板634での緑色偏光変換効率を0.8以上にすることができ、実用性を有する偏光変換素子6Bを提供できる。

また、偏光変換素子6Bをプロジェクタ1に使用すると、プロジェクタ1をコストアップを招くことなく容易に製造できる。さらに、実用的に問題がない緑色成分の再現性を有し、かつ、問題がない明るさの映像を投射できる。

【0056】

次に、本発明の第4実施形態を図面に基づいて説明する。この第4実施形態では、赤色偏光変換効率が0.8以上の1/2波長板を有する偏光変換素子について説明する。

図1、図2に示すように、偏光変換素子6Cを構成する1/2波長板635は、Yカット水晶基板を基にして、板厚d3が27.2μm~48.9μmの1枚の板状に形成されている。この1/2波長板635は、入射面632Bに45°の入射角度で入射光LのP偏光成分が入射される状態で、かつ、光学軸方位角が35.3°となる状態で第4傾斜端面624に設けられる。

【0057】

そして、第1実施形態の1/2波長板632と同様の方法により、光線進行角度5が0°、+90°、入射光Lの入射角度6が-10°~+10°のときの赤色波長帯(600nm~700nm)における平均偏光変換効率を求め、赤色波長帯全域において平均したものを、1/2波長板635の赤色偏光変換効率として求めた。

【0058】

具体的に、1/2波長板635の板厚d3が下限値(27.2μm)、上限値(48.9μm)の場合、赤色偏光変換効率は、以下ようになった。

板厚d3が下限値の場合、光線進行角度5が-0°、+90°のときの偏光変換効率は、図18、図19に示すようになった。さらに、板厚d3が上限値の場合、光線進行角度5が0°、+90°のときの偏光変換効率は、図20、図21に示すようになった。

そして、図18~図21に示すような赤色波長帯領域Arで囲まれる部分の偏光変換効率を平均したものを、板厚d3が下限値、上限値の1/2波長板635における赤色偏光変換効率として求めた。また、板厚d3が13μm、50μmの場合の赤色偏光変換効率を求めた。さらに、赤色偏光変換効率が最大となる板厚d3を求めた。それらの結果を表4に示す。

【0059】

10

20

30

40

【表 4】

板厚 (μm)	赤色偏光変換効率
13.0 μm (板厚: 下限値より小)	0.26
27.2 μm (板厚: 下限値)	0.80
38.0 μm (効率: 最大値)	0.982
48.9 μm (板厚: 上限値)	0.80
50.0 μm (板厚: 上限値より大)	0.76

【0060】

10

表 4 に示すように、板厚 d_3 が下限値、上限値の $1/2$ 波長板 635 における赤色偏光変換効率は、いずれも 0.8 以上となっていることがわかる。また、板厚 d_3 が下限値よりも小さい場合、上限値よりも大きい場合、赤色偏光変換効率は、0.8 未満となっていることがわかる。つまり、偏光変換素子 6C が入射光対応状態で設置されることで、板厚 d_3 が $27.2\ \mu\text{m} \sim 48.9\ \mu\text{m}$ の $1/2$ 波長板 635 が第 1 光入射面 611 に対して 45° 傾斜した状態となる場合、 $1/2$ 波長板 635 の赤色偏光変換効率は、0.8 以上になる。

【0061】

20

この第 4 実施形態の偏光変換素子 6C は、例えば RGB 光源プロジェクタの赤色光源装置の設計上の照明光軸と、第 1, 第 2 光入射面 611, 621 とが直交し、かつ、 $1/2$ 波長板 635 の光学軸方位角が 35.3° となるように、つまり入射光対応状態で設置される。

また、偏光変換素子 6C は、図 9 に示すような構成のうち偏光変換素子 6 が設けられていないプロジェクタ 1 において、反射ミラー 442 と、入射側偏光板 5A との間の光路中に、プロジェクタ 1 の設計上の照明光軸と第 1, 第 2 光入射面 611, 621 とが直交し、かつ、 $1/2$ 波長板 635 の光学軸方位角が 35.3° となるように、つまり入射光対応状態で設置される。

この偏光変換素子 6C は、入射される赤色波長帯の入射光を 0.8 以上の赤色偏光変換効率で S 偏光成分に変換して射出する。

【0062】

30

従って、第 4 実施形態では、次の作用効果を奏することができる。

偏光変換素子 6C を構成する $1/2$ 波長板 635 を 1 枚の板状に形成しているため、第 1 実施形態と同様の作用により、コストアップを招くことなく容易に偏光変換素子 6C を製造できる。

そして、 $1/2$ 波長板 635 の板厚 d_3 を $27.2\ \mu\text{m} \sim 48.9\ \mu\text{m}$ に設定しているので、偏光変換素子 6C を入射光対応状態で設置したときの $1/2$ 波長板 635 での赤色偏光変換効率を 0.8 以上にすることができ、実用性を有する偏光変換素子 6C を提供できる。

また、偏光変換素子 6C をプロジェクタ 1 に使用すると、プロジェクタ 1 をコストアップを招くことなく容易に製造できる。さらに、実用的に問題がない赤色成分の再現性を有し、かつ、問題がない明るさの映像を投射できる。

40

【0063】

プロジェクタ光源は例えば白色光の場合、波長帯による輝度分布を有する。しかし、プロジェクタを観察する人間の視感度によって、上記輝度に反して一部の波長帯を明るくしたい場合がある。また、R 光 (赤色光)、G 光 (緑色光)、B 光 (青色光) の単色波長帯光源から合成された投射光を用いるプロジェクタも提案されている。

これらのプロジェクタに本願の偏光変換素子を用いれば、波長帯による偏光効率を最適にでき、特定の波長帯の偏光光を強く得ることができるので、観察する人間は希望した色合いが明るい映像を観察できる。

【0064】

50

なお、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、偏光変換素子 6、6 A、6 B、6 C の用途として、プロジェクタに用いる構成を例示したが、これに限定されるものではなく、プロジェクタ以外の装置に用いてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0065】

本発明は、プロジェクタ、その他の装置に用いられる偏光変換素子に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0066】

10

【図 1】本発明の第 1 ～ 第 4 実施形態にかかる偏光変換素子の構成を示す模式図であり、(A) は断面図、(B) は (A) の Q 部分を拡大した断面図。

【図 2】前記第 1 ～ 第 4 実施形態にかかる偏光変換素子の要部を示す模式図であり、(A) は 1 / 2 波長板の光学軸方位角を示し、(B) は投影光学軸方位角を示す。

【図 3】前記第 1 実施形態にかかる光学軸方位角および投影光学軸方位角の関係を示す説明図。

【図 4】前記第 1 実施形態にかかる入射光の光線進行角度及び入射角度を説明する説明図。

【図 5】前記第 1 実施形態にかかる三色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が下限値であり、かつ、光線進行角度が 0 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

20

【図 6】前記第 1 実施形態にかかる三色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が下限値であり、かつ、光線進行角度が + 90 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 7】前記第 1 実施形態にかかる三色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が上限値であり、かつ、光線進行角度が 0 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 8】前記第 1 実施形態にかかる三色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が上限値であり、かつ、光線進行角度が + 90 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 9】前記第 1 実施形態にかかるプロジェクタを示す概念図。

【図 10】前記第 2 実施形態にかかる青色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が下限値であり、かつ、光線進行角度が 0 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 11】前記第 2 実施形態にかかる青色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が下限値であり、かつ、光線進行角度が + 90 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

30

【図 12】前記第 2 実施形態にかかる青色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が上限値であり、かつ、光線進行角度が 0 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 13】前記第 2 実施形態にかかる青色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が上限値であり、かつ、光線進行角度が + 90 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 14】前記第 3 実施形態にかかる緑色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が下限値であり、かつ、光線進行角度が 0 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 15】前記第 3 実施形態にかかる緑色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が下限値であり、かつ、光線進行角度が + 90 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 16】前記第 3 実施形態にかかる緑色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が上限値であり、かつ、光線進行角度が 0 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

40

【図 17】前記第 3 実施形態にかかる緑色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が上限値であり、かつ、光線進行角度が + 90 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 18】前記第 4 実施形態にかかる赤色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が下限値であり、かつ、光線進行角度が 0 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 19】前記第 4 実施形態にかかる赤色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が下限値であり、かつ、光線進行角度が + 90 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 20】前記第 4 実施形態にかかる赤色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が上限値であり、かつ、光線進行角度が 0 ° のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【図 21】前記第 4 実施形態にかかる赤色波長帯用 1 / 2 波長板の板厚が上限値であり、

50

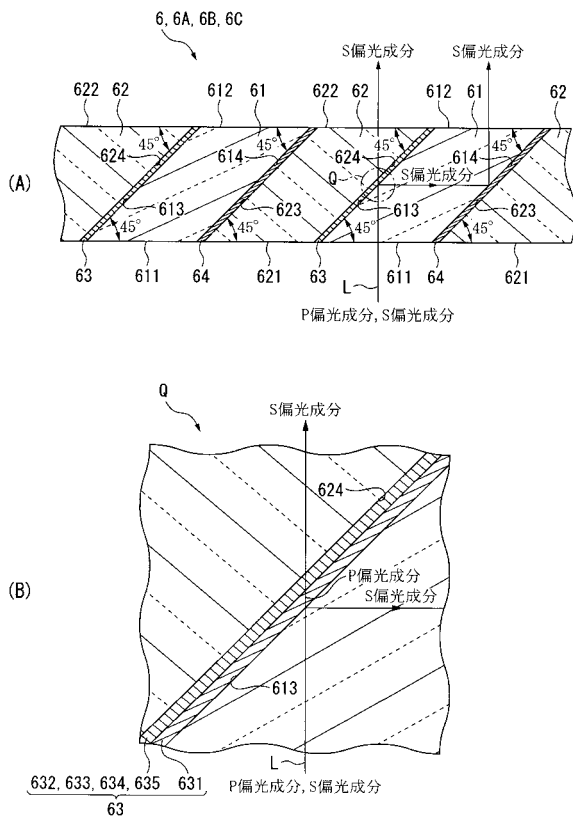
かつ、光線進行角度が $+90^\circ$ のときの偏光変換効率を示すグラフ。

【符号の説明】

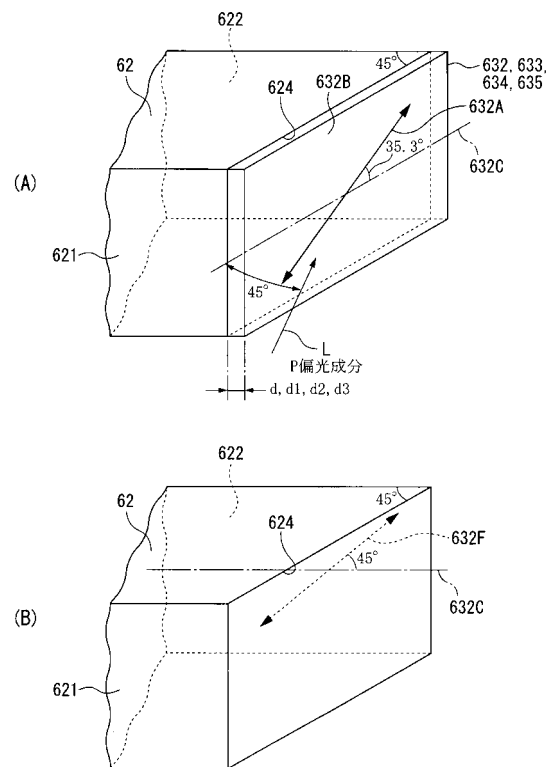
【0067】

1 ... プロジェクタ、3 ... 投射光学装置としての投射レンズ、6, 6A, 6B, 6C ... 偏光変換素子、41 ... 光源装置、61, 62 ... 第1, 第2透光基材、63 ... 偏光分離変換層、64 ... 反射膜、451 ... 光変調装置としての液晶パネル、611, 621 ... 第1, 第2光入射面、631 ... 偏光分離膜、632, 633, 634, 635 ... $1/2$ 波長板、L ... 入射光

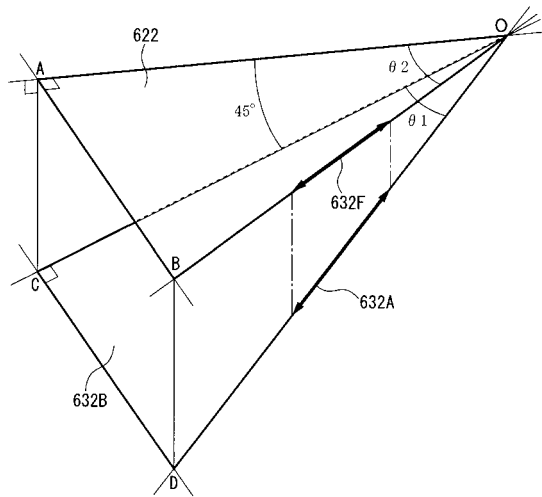
【図1】



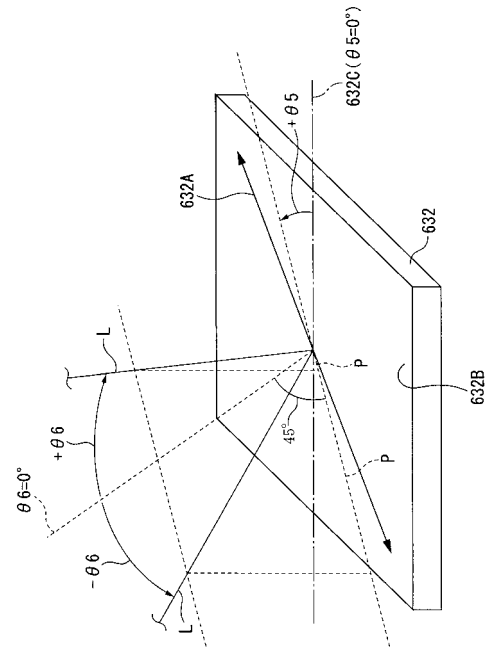
【図2】



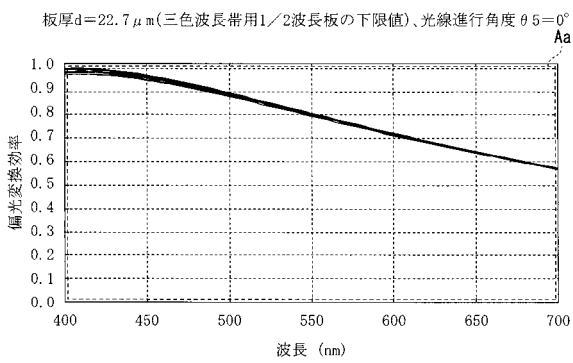
【図 3】



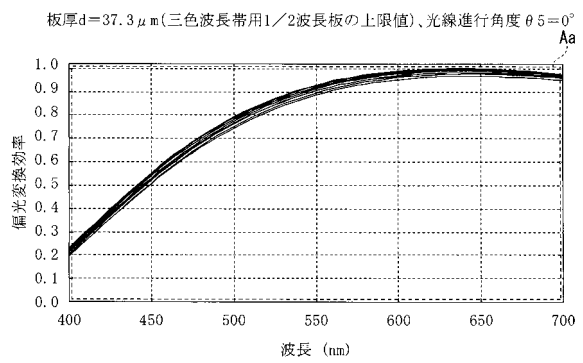
【図 4】



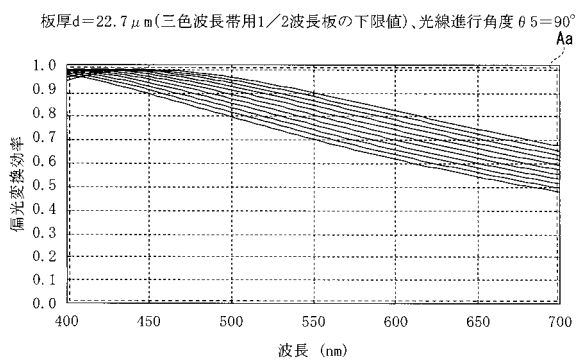
【図 5】



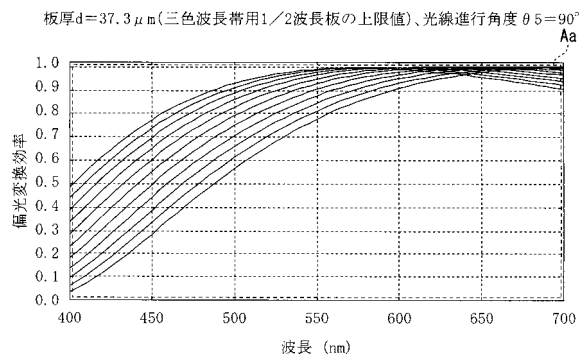
【図 7】



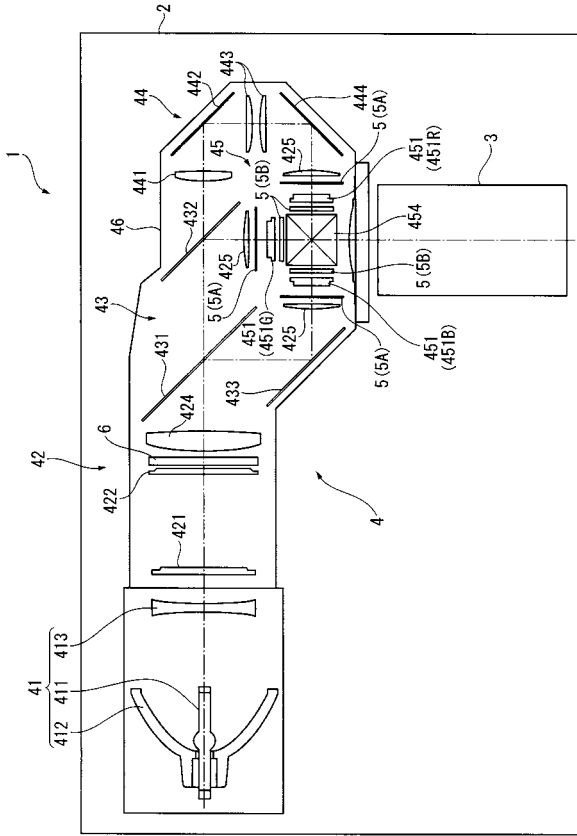
【図 6】



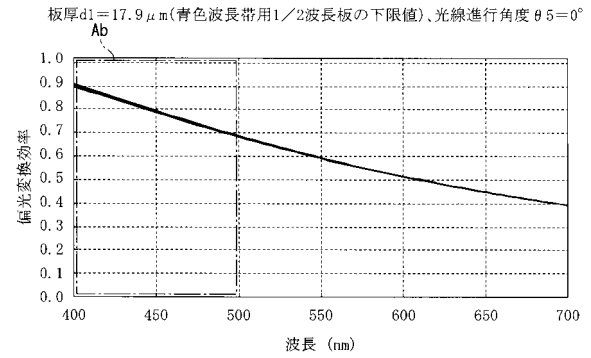
【図 8】



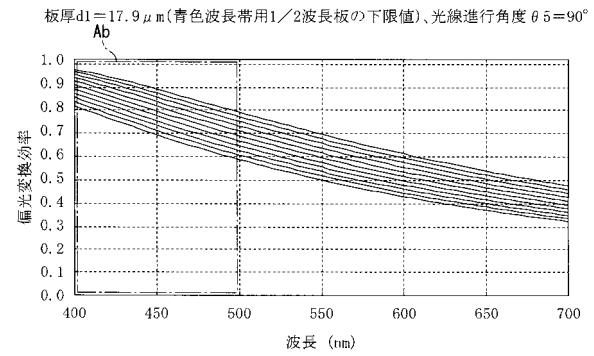
【図 9】



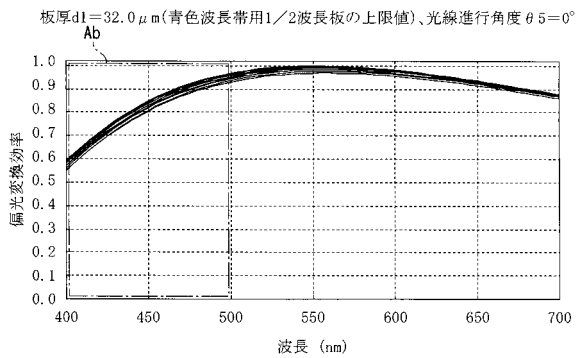
【図 10】



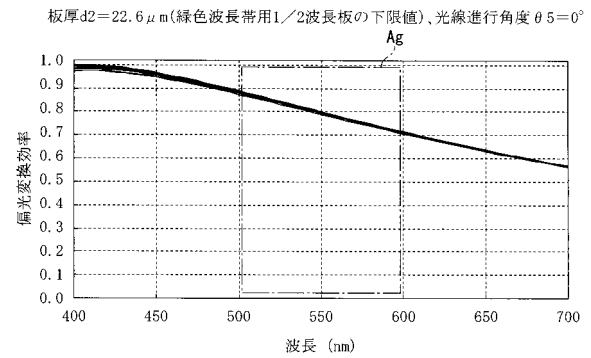
【図 11】



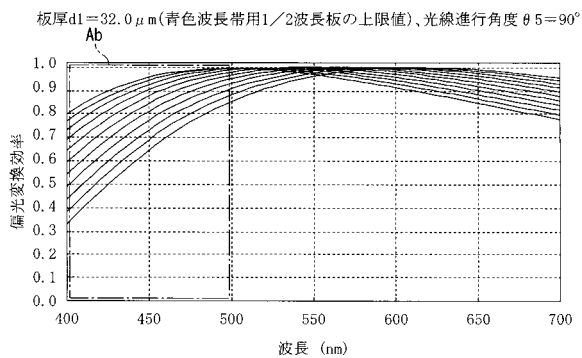
【図 12】



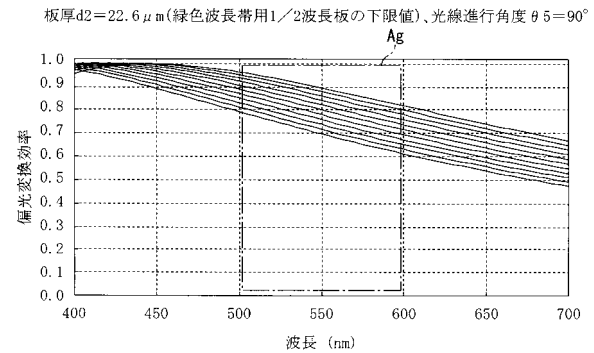
【図 14】



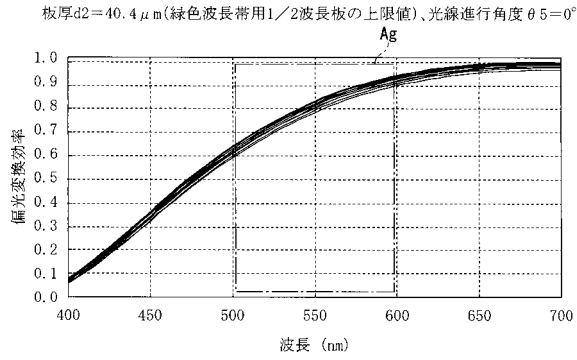
【図 13】



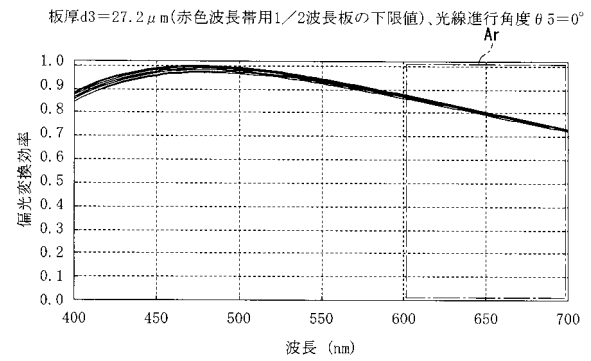
【図 15】



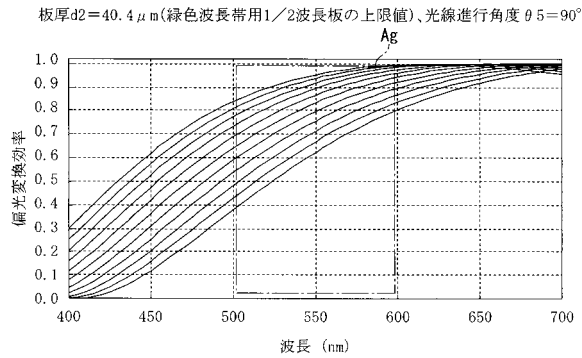
【図 16】



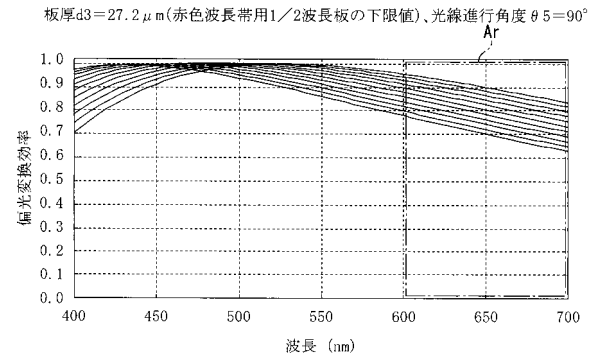
【図 18】



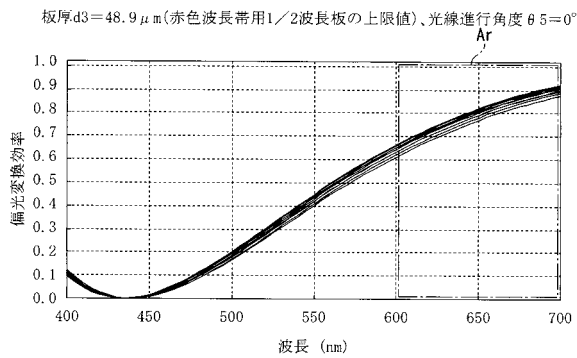
【図 17】



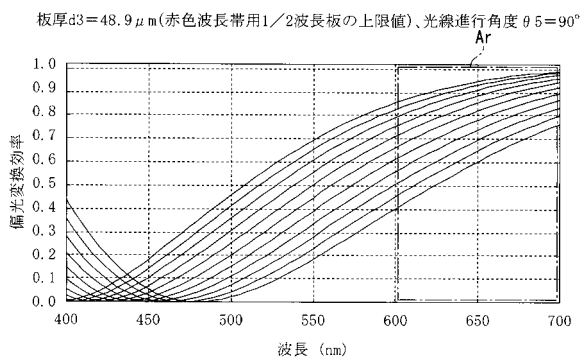
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H091 FA10Z FA11Z FA14Z FA26X FA26Z FA41Z FB06 FC15 FC16 FD12
FD13 FD15 LA12 MA07
2H199 AB13 AB29 AB37 AB42 AB48 AB61
2K103 AA01 AA05 AA11 AA16 AB10 BC12 BC16 CA17