

(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2007-163597

(P2007-163597A)

(43) 公開日 平成19年6月28日(2007.6.28)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 5/30 (2006.01)	G02B 5/30	2H049
G02B 3/00 (2006.01)	G02B 3/00 A	2H088
G03B 21/00 (2006.01)	G03B 21/00 E	2H099
G03B 21/14 (2006.01)	G03B 21/14 Z	2K103
G02B 27/28 (2006.01)	G02B 27/28 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 30 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2005-356595 (P2005-356595)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成17年12月9日 (2005.12.9)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100110412
			弁理士 藤元 亮輔
		(74) 代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(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
		(72) 発明者	山内 悠
			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
		Fターム(参考)	2H049 BA05 BA06 BA17 BA42 BA43 BB03 BC22
			最終頁に続く

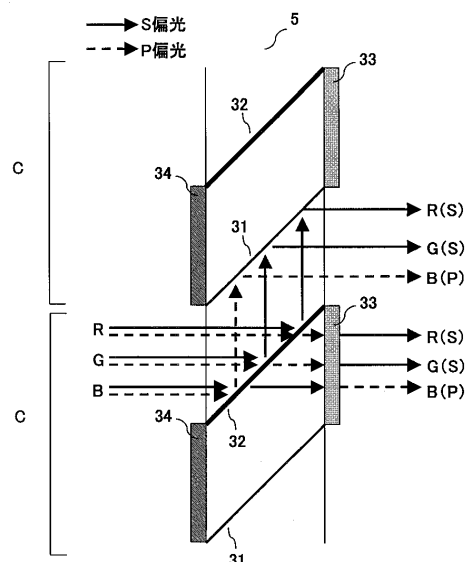
(54) 【発明の名称】 波長選択性偏光変換素子、照明光学系、投射表示光学系および画像投射装置

(57) 【要約】

【課題】従来の偏光変換素子と波長選択性位相差板とにより得られる偏光変換機能を有し、特に画像投射装置における光学部品点数の減少や構造の簡略化が図れる波長選択性偏光変換素子を提供する。

【解決手段】波長選択性偏光変換素子5は、第1の偏光方向の光Pおよび第2の偏光方向の光Sに対する透過率がそれぞれ、波長域に応じて、50%より高い透過率と50%より低い透過率との間で変化する特性を有する偏光分離膜32と、偏光分離膜で透過又は反射した光の偏光方向を第1の偏光方向と第2の偏光方向との間で変換する位相差板33とを有する。該偏光変換素子は、2つの波長域の光を第1および第2の偏光方向のうち一方の偏光方向を有する偏光光として射出し、他の波長域の光を第1および第2の偏光方向のうち他方の偏光方向を有する偏光光として射出する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の波長域の光、第 2 の波長域の光および第 3 の波長域の光を含む無偏光光を偏光光に変換する偏光変換素子であって、

透過および反射作用により光を分離する機能を有し、第 1 の偏光方向の光および該第 1 の偏光方向に直交する第 2 の偏光方向の光に対する透過率がそれぞれ、波長域に応じて、50 % より高い透過率と 50 % より低い透過率との間で変化する特性を有する偏光分離膜と、

該偏光分離膜で透過又は反射した光の偏光方向を前記第 1 の偏光方向と前記第 2 の偏光方向との間で変換する位相差板とを有し、

該偏光変換素子は、前記第 1、第 2 および第 3 の波長域のうち 2 つの波長域の光を前記第 1 および第 2 の偏光方向のうち一方の偏光方向を有する偏光光として射出し、前記第 1、第 2 および第 3 の波長域のうち他の波長域の光を前記第 1 および第 2 の偏光方向のうち他方の偏光方向を有する偏光光として射出することを特徴とする波長選択性偏光変換素子。

10

【請求項 2】

前記偏光分離膜は、前記第 1 の偏光方向の光に対する前記 2 つの波長域での透過率が 50 % より高く、他の波長域での透過率が 50 % より低く、かつ前記第 2 の偏光方向の光に対する前記 2 つの波長域での透過率が 50 % より低く、前記他の波長域での透過率が 50 % より高い光学特性を有することを特徴とする請求項 1 に記載の波長選択性偏光変換素子。

20

【請求項 3】

前記 2 つの波長域における前記第 1 の偏光方向の光が、前記偏光分離膜を透過して、前記位相差板で前記第 2 の偏光方向の光に変換されて射出し、前記 2 つの波長域における前記第 2 の偏光方向の光が、前記偏光分離膜で反射して射出し、

前記他の波長域における前記第 1 の偏光方向の光が、前記偏光分離膜で反射して射出し、前記他の波長域における前記第 2 の偏光方向の光が、前記偏光分離膜を透過して、前記位相差板で前記第 1 の偏光方向の光に変換されて射出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の波長選択性偏光変換素子。

【請求項 4】

前記 2 つの波長域における前記第 1 の偏光方向の光が、前記偏光分離膜を透過して射出し、前記 2 つの波長域における前記第 2 の偏光方向の光が、前記偏光分離膜で反射して、前記位相差板で前記第 1 の偏光方向の光に変換されて射出し、

前記他の波長域における前記第 1 の偏光方向の光が、前記偏光分離膜で反射して、前記位相差板で前記第 2 の偏光方向の光に変換されて射出し、前記他の波長域における前記第 2 の偏光方向の光が、前記偏光分離膜を透過して射出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の波長選択性偏光変換素子。

30

【請求項 5】

前記偏光分離膜で反射した光を反射して、該偏光変換素子の射出方向に向かわせる反射面を有することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の波長選択性偏光変換素子。

40

【請求項 6】

それぞれ前記偏光分離膜と前記位相差板とを含む偏光変換セルを複数有することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 つに記載の波長選択性偏光変換素子。

【請求項 7】

光源から射出された第 1、第 2 および第 3 の波長域の光を含む無偏光光を偏光光に変換する請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の波長選択性偏光変換素子を含むことを特徴とする照明光学系。

【請求項 8】

光源から射出された第 1、第 2 および第 3 の波長域の光を含む無偏光光を偏光光に変換

50

する請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の波長選択性偏光変換素子を含む照明光学系と、

前記照明光学系からの前記第 1、第 2 および第 3 の波長域の光をそれぞれ第 1、第 2 および第 3 の画像形成素子に導き、該第 1、第 2 および第 3 の画像形成素子からの光を合成する色分解合成光学系と、

該合成された光を投射する投射レンズとを有することを特徴とする投射表示光学系。

【請求項 9】

前記照明光学系は、前記無偏光光を複数の光束に分割するレンズアレイと、前記波長選択性偏光変換素子と、該波長選択性偏光変換素子からの光束を集光するコンデンサレンズとを有することを特徴とする請求項 8 に記載の投射表示光学系。

10

【請求項 10】

請求項 8 又は 9 に記載の投射表示光学系と、

入力された画像信号に基づいて前記第 1、第 2 および第 3 の画像形成素子を駆動する駆動回路とを有することを特徴とする画像投射装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の画像投射装置と、

該画像投射装置に画像信号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】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、無偏光光を波長域（色）に応じた偏光方向の光に変換する波長選択性偏光変換素子およびこれを備えた液晶プロジェクタ等の画像投射装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

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画像投射装置が、特許文献 1、2 に開示されている。該装置では、光源から射出された無偏光光をレンズアレイによって複数の光束に分割し、各光束により形成された 2 次光源像を、コンデンサレンズによって液晶パネル等の画像形成素子上に重畳させてこれを略均一な明るさで照明する。

30

【0003】

ここで、レンズアレイから射出した各分割光束は、偏光変換素子に設けられた、レンズアレイのそれぞれのレンズセルに対応した複数の偏光変換セルに入射する。各偏光変換セルは、偏光分離膜と 1/2 波長板と反射面とを有する。各偏光変換セルに入射した無偏光光は、偏光分離膜で P 偏光と S 偏光とに分離される。P 偏光は、偏光分離膜を透過した後、1/2 波長板によってその偏光方向が 90° 回転させられて S 偏光として射出する。一方、S 偏光は、偏光分離膜によって反射され、反射面で反射して S 偏光のまま射出される。

【0004】

偏光変換素子から偏光方向が揃えられて射出した S 偏光は、コンデンサレンズに入射する。さらに、コンデンサレンズから射出した S 偏光は、ダイクロイック素子によって第 1 および第 2 の波長域光と第 3 の波長域光とに分離される。この段階では、第 1 および第 2 の波長域光は同じ光路を進み、かつ同じ偏光方向を有する。そしてこの後、偏光ビームスプリッタを用いて第 1 および第 2 の波長域光をそれぞれ第 1 および第 2 の画像形成素子に導くため、波長（色）選択性位相差板を通過させる。これにより、第 1 および第 2 の波長域光を、互いに異なる偏光方向を有する光に分離することができる。波長選択性位相差板は、延伸したフィルムを複数積層して作成され、入射した第 1 および第 2 の波長域光のうち、一方の波長域光の偏光方向のみを該偏光方向に直交する偏光方向に変換し、他方の波長域光を偏光方向を変えずに透過させる特性を有する。

40

【0005】

50

このように偏光ビームスプリッタを用いて色分解を行う画像投射装置には、レンズアレイの近傍に配置される偏光変換素子と、偏光ビームスプリッタの近傍に配置される波長選択性位相差板とが用いられることが一般的である。

【 0 0 0 6 】

なお、特殊な例として、特許文献 2 や特許文献 3 にて開示された光学素子が用いられる場合もある。特許文献 2 には、所定波長域光を透過して他の波長域光を反射する第 1 ダイクロイック層と、該第 1 ダイクロイック層を透過した光の偏光面を 90 度回転させる位相差層と、該位相差層からの光を全反射する全反射層とからなる光学素子が開示されている。

【 0 0 0 7 】

従来の偏光ビームスプリッタは使用波長帯全域において P 偏光を透過、S 偏光を反射することを目的としている。非特許文献 1 には P 偏光を反射、S 偏光を透過する偏光ビームスプリッタが報告されている。いずれの偏光ビームスプリッタも使用波長帯全帯域に対して偏光分離する作用である。これに対して、ある波長帯の S 偏光を透過、P 偏光を反射、それと異なる波長帯の S 偏光を反射、P 偏光を透過させるような偏光ビームスプリッタはこれまで報告されていない。

【 0 0 0 8 】

また、ダイクロイックフィルタは斜入射により P 偏光に対する透過帯域が広がり、S 偏光に対する透過帯域が狭くなるため、偏光分離する波長帯域が現れる。しかし、P 偏光は透過、S 偏光は反射するのみで、P 偏光は反射、S 偏光は透過することはなく、異なる波長帯域で偏光分離特性が逆になる特性となることはない。

【 0 0 0 9 】

特許文献 3 には、波長選択性を備え、光の偏光、検光、色分離および色合成を行う偏光ビームスプリッタが開示されている。同公報では、青波長帯域の P 偏光を反射、S 偏光を透過し、且つ緑と赤帯域の P 偏光を透過、S 偏光を反射する作用を有する偏光ビームスプリッタを用いた色分解色合成手段を開示している。しかし、この偏光ビームスプリッタについては機能のみが示されており、実際の実現方法に関しては開示されていない。

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 1 5 4 1 5 2 号公報（段落 0 0 4 5、図 1 等）

【特許文献 2】特開 2 0 0 0 - 1 9 4 5 5 号公報（段落 0 0 1 3 ~ 0 0 1 4、図 1 等）

【特許文献 3】特開平 1 1 - 1 5 3 7 7 4 号公報（段落 0 0 1 2 ~ 0 0 1 4、図 1、2 等）

【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】

【 0 0 1 0 】

しかしながら、特許文献 1 に開示されているように、偏光変換素子とは別に波長選択性位相差板を用いると、画像投射装置を構成する光学部品点数が増加する。また、波長選択性位相差板を位置決め支持したり、多層フィルムにより構成される該波長選択性位相差板を冷却したりする構造が必要となり、構造が複雑になる。

【 0 0 1 1 】

本発明は、従来の偏光変換素子と波長選択性位相差板とにより得られる偏光変換機能を有し、特に画像投射装置における光学部品点数の減少や構造の簡略化が図れるようにした波長選択性偏光変換素子を提供することを目的の 1 つとする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明の一側面としての波長選択性偏光変換素子は、第 1 の波長域の光、第 2 の波長域の光および第 3 の波長域の光を含む無偏光光を偏光光に変換する偏光変換素子である。該波長選択性偏光変換素子は、透過および反射作用により光を分離する機能を有し、第 1 の偏光方向の光および該第 1 の偏光方向に直交する第 2 の偏光方向の光に対する透過率がそれぞれ、波長域に応じて、50%より高い透過率と 50%より低い透過率との間で変化する

10

20

30

40

50

る特性を有する偏光分離膜を有する。さらに、該偏光分離膜で透過又は反射した光の偏光方向を第1の偏光方向と第2の偏光方向との間で変換する位相差板を有する。そして、該波長選択性偏光変換素子は、該2つの波長域の光を第1および第2の偏光方向のうち一方の偏光方向を有する偏光光として射出し、該他の波長域の光を第1および第2の偏光方向のうち他方の偏光方向を有する偏光光として射出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、上記のような特性を有する光分離膜と位相差板の作用により、第1から第3の波長域のうち2つの波長域の光と他の波長域の光とを互いに異なる偏光方向を有する偏光光として射出することができる。これにより、波長選択性偏光変換機能を有する単一の素子としての偏光変換素子を実現することができる。

【0014】

したがって、該偏光変換素子からの上記2つの波長域の光のうち一方の光と上記他の波長域の光とを従来の波長選択性位相差板を介さずに同一光路から偏光ビームスプリッタに導くことができる。すなわち、この場合でも、偏光ビームスプリッタによってこれらの波長域光を偏光方向に応じて分離することができる。このため、偏光ビームスプリッタを用いて色分離を行い、第1から第3の波長光をそれぞれ対応する画像形成素子に導く投射表示光学系や画像投射装置の光学部品点数を、従来に比べて少なくすることができる。また、波長選択性位相差板が不要となることにより、これを支持したり冷却したりする構造も不要になり、画像投射装置の構造を簡略化することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

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】

【0016】

図1には、本発明の実施例1である波長選択性偏光変換素子を用いた投射表示光学系およびこれを備えた液晶プロジェクタ（画像投射装置）の構成を示す。

【0017】

白色光源1から射出した光束は、放物面リフレクタ2によって平行光束に変換されて射出される。なお、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意味である。このことは、以下の実施例でも同じである。

【0018】

この平行光束は、第1のフライアイレンズ3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4、波長選択性偏光変換素子5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3、4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、被照明面である後述する液晶パネル（画像形成素子）と相似形状である矩形のレンズ形状を有する。

【0019】

第2のフライアイレンズ4を射出して波長選択性偏光変換素子5に入射する光束は、第1の偏光方向の直線偏光であるP偏光と第2の偏光方向の直線偏光であるS偏光とを含む無偏光光である。

【0020】

波長選択性偏光変換素子5は、第2のフライアイレンズ4を射出した各分割光束のうち第1および第2の波長域である赤（R）帯域と緑（G）帯域の光をS偏光に変換する。また、第3の波長域である青（B）帯域の光をP偏光に変換する。

【0021】

ここで、一般に、B帯域の波長は430～500nm、G帯域の波長は500～580nm、R帯域の波長は580～670nmとされている。但し、本実施例のプロジェクタにおいては、必ずしも上記の定義に基づいたBGR帯域の光を用いている訳ではなく、

B G R 帯域の波長として以下のような波長の光を用いている。例えば、B 帯域としては、430 nm 以上 490 nm 以下 (435 nm 以上 485 nm 以下でもよい) の光を用いている。G 帯域としては、510 nm 以上 570 nm 以下 (515 nm 以上 565 nm 以下でもよい) の光を用いている。R 帯域としては、600 nm 以上 660 nm 以下 (605 nm 以上 655 nm 以下でもよい) の光を用いている。このことは、以下に説明する他の実施例でも同様である。なお、上記波長の範囲は例であり、本発明を限定するものではない。

【0022】

波長選択性偏光変換素子 5 から射出した R 帯域および G 帯域の S 偏光と B 帯域の P 偏光は、ミラー 20 で反射される。その後、コンデンサレンズ 6 によって集光され、色分解合成光学系 7 を経て R 帯域、G 帯域および B 帯域用の反射型液晶パネル 15, 10, 14 をそれぞれ重畳的に照明する。なお、光源 1 から少なくともコンデンサレンズ 6 までを照明光学系という。このことは、以下に説明する実施例でも同様である。

【0023】

色分解合成光学系 7 は、コンデンサレンズ 6 を透過した偏光光のうち B 帯域と R 帯域の光を反射し、G 帯域光を透過するダイクロイックミラー 8 を有する。ダイクロイックミラー 8 を透過した G 帯域の偏光光は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 9 で反射され、G 帯域用反射型液晶パネル 10 に入射する。

【0024】

ここで、各反射型液晶パネルは、駆動回路 D に接続されている。該投射表示光学系を搭載したプロジェクタ (画像投射装置) の一部である駆動回路 D 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情報供給装置 I P から画像信号が入力される。これらによって、画像表示システムが構成される。駆動回路 D 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反射型液晶パネルを駆動する。これにより、各反射型液晶パネルは、各波長帯の入射光を反射するとともに変調して画像光として射出する。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。

【0025】

G 帯域用液晶パネル (以下、G 液晶パネルという) 10 からの画像光 (偏光光) は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 9 を透過し、さらに第 2 の偏光ビームスプリッタ 11 を透過して投射レンズ 12 によって不図示のスクリーン上に投影される。

【0026】

一方、ダイクロイックミラー 8 で反射した B 帯域および R 帯域の偏光光のうち B 帯域の偏光光は第 3 の偏光ビームスプリッタ 13 を透過し、R 帯域の偏光光は該第 3 の偏光ビームスプリッタ 13 で反射する。そして、第 3 の偏光ビームスプリッタ 13 から射出した R 帯域の偏光光および B 帯域の偏光光はそれぞれ、R 帯域用液晶パネル (以下、R 液晶パネルという) 15 および B 帯域用液晶パネル (以下、B 液晶パネルという) 14 上に集光する。

【0027】

B 液晶パネル 14 で反射され、かつ変調された B 帯域の偏光光は、第 3 の偏光ビームスプリッタ 13 で反射される。また、R 液晶パネル 15 で反射され、かつ変調された R 帯域の偏光光は、第 3 の偏光ビームスプリッタ 13 を透過する。その後、波長選択性位相板 16 によって R 帯域の偏光光の偏光方向のみが 90 度回転させられ、R 帯域の偏光光と B 帯域の偏光光の偏光方向が揃えられる。そして、両帯域の偏光光は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 11 で反射され、投射レンズ 12 によってスクリーン上に投影される。これにより、R G B フルカラーの投射画像がスクリーン上に表示される。

【0028】

次に、前述した波長選択性偏光変換素子 5 の構成および光学作用について図 2 を用いて詳しく説明する。波長選択性偏光変換素子 5 は、フライアイレンズ 3, 4 を構成する複数のレンズセルに対応して設けられた、互いに同じ構成を有する複数の偏光変換セル C から

10

20

30

40

50

構成されている。

【0029】

なお、各偏光変換セルCの光入射面のうち、後述する波長選択性偏光分離膜32の位置からその下側の反射膜31までの領域には、光の入射を遮るための遮光板34が設けられている。これにより、光は各偏光変換セルCの入射面のうち波長選択性偏光分離膜32とその上方に配置された反射膜31との間の領域からのみ入射する。また、33は位相差板を示す。以下、波長選択性偏光分離膜32を、単に偏光分離膜と略記する。

【0030】

偏光分離膜32は、光の入射光軸方向（図の左側から右側に向かう方向）に対して該45度の傾きを有する。また、反射膜31は、偏光分離膜32に対して平行に配置されている。また、偏光分離膜32は、実際には平行平板であるガラスやアクリル製の基板の表面に多層膜として形成されている。

【0031】

また、位相差板33はフィルム状に形成され、波長選択性偏光変換素子5の射出面のうち、反射膜31の位置から上方向に偏光分離膜32の位置までの領域に形成されている。

【0032】

なお、本実施例では、波長選択性偏光変換素子5の射出面に位相差板33を設けた場合について説明するが、図3に示すように、位相差板33を入射側に偏光分離膜32が形成された基板における射出側に形成してもよい。

【0033】

偏光分離膜32は、R帯域とG帯域のP偏光に対する透過率が100%又はそれに近く（50%より高く）、B帯域光のP偏光に対する透過率が0%又はそれに近い（50%より低い）特性を有する。また、偏光分離膜32は、R帯域とG帯域のS偏光に対する透過率が0%又はそれに近く（50%より低く）、B帯域光のS偏光に対する透過率が100%又はそれに近い（50%より高い）特性を有する。

【0034】

また、位相差板33は1/2波長板であり、入射した直線偏光の偏光方向を90度回転させる機能を有する。

【0035】

このように構成された波長選択性偏光変換素子5には、白色の無偏光光が図の左側から入射する。該無偏光光のうちR帯域およびG帯域のP偏光は、偏光分離膜32を透過した後、位相差板33を透過してS偏光に変換されて波長選択性偏光変換素子5から射出する。R帯域およびG帯域のS偏光は、偏光分離膜32で反射し、さらに反射膜31で反射してS偏光として波長選択性偏光変換素子5から射出する。B帯域のP偏光は、偏光分離膜32で反射し、さらに反射膜31で反射してP偏光として波長選択性偏光変換素子5から射出する。B帯域のS偏光は、偏光分離膜32を透過した後、位相差板33を透過してP偏光に変換されて波長選択性偏光変換素子5から射出する。

【0036】

このように、単一の素子として構成された波長選択性偏光変換素子5に入射した白色無偏光光は、R帯域およびG帯域のS偏光とB帯域のP偏光に変換されて該素子5から射出する。

【0037】

したがって、該偏光変換素子5からB帯域光とR帯域光とを、従来用いられていた波長選択性位相差板を介さずにダイクロイックミラー8から第3の偏光ビームスプリッタ13に導くことができる。すなわち、この場合でも、第3の偏光ビームスプリッタ13によってこれらB帯域光とR帯域光をその偏光方向に応じて分離し、R液晶パネル15とB液晶パネル14にそれぞれ入射させることができる。このため、ダイクロイックミラー8から第3の偏光ビームスプリッタ13までの光路に波長選択性位相差板を設ける従来の場合に比べて、光学系の光学部品点数を少なくすることができる。しかも、波長選択性位相差板が不要となることにより、これを支持したり冷却したりする構造も不要になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

ここで、R帯域およびG帯域の光に関してP偏光の透過率が高く、S偏光の透過率が低く、B帯域の光に関してP偏光の透過率が低く、S偏光の透過率が高い光学特性を有する偏光分離膜32の多層膜構造について示す。

【 0 0 3 9 】

偏光分離膜32の膜構造としては、R帯域およびG帯域のP偏光の透過率が高く、S偏光の透過率が低く、B帯域のP偏光の透過率が低く、S偏光の透過率が高い光学特性を直接有する膜構造がある。

【 0 0 4 0 】

また、他の膜構造として、光学特性が異なる2つの膜部を積層したものに相当する構造もある。例えば、第1の膜部として、R帯域、G帯域およびB帯域のP偏光の透過率が高く、R帯域およびG帯域のS偏光の透過率が低く、B帯域のS偏光の透過率が高い光学特性を有するものを用いる。また、第2の膜部として、R帯域およびG帯域のP偏光の透過率が高く、B帯域のP偏光の透過率が低く、R帯域、G帯域およびB帯域のS偏光の透過率が高い光学特性を有するものを用いる。なお、ここにいう「高い」、「低い」は基本的には50%よりも高い、低いことを表す。より詳細には、透過率が高い（反射率が低い）という表現は、偏光分離膜に対して所定の角度（ここでは45度）で入射する光の透過率が50%を越えている（好ましくは80%以上）ことを意味する（逆に反射率は50%より低い、好ましくは20%より低い）。逆に、透過率が低い（反射率が高い）という表現は、偏光分離膜に対して所定の角度（ここでは45度）で入射する光の透過率が50%より低い（好ましくは20%以下）ことを意味する（逆に反射率は50%より高い、好ましくは80%以上）。以下の説明でも、特に説明をしない限り同様である。

【 0 0 4 1 】

さらに、高屈折率入射プリズムから低屈折率媒質に臨界角以上で入射させ、エバネッセント波がしみ出している領域に薄膜が存在すると、光が透過し、位相変化する全反射減衰（Frustrated Total Internal Reflection: FTIR）を利用した膜構造もある。本発明はこれらの膜構造に限定されることはない。

【 0 0 4 2 】

表1には、上述した2つの膜部を積層したものに相当する構造を有する偏光分離膜32の例を示す。ここでは、ガラス基板としてはOHARA社製のPBH56を用いた。また、表中のH、M、Lはそれぞれ、高屈折率層、中屈折率層および低屈折率層を示し、H、M、Lの左側の数字は各層（膜）の厚み（nm）を示す。本構成例では、高屈折率層としてTiO₂を、中屈折率層としてAl₂O₃を、低屈折率層としてMgF₂を用いた。

【 0 0 4 3 】

前述した第1の膜部のように、R帯域、G帯域およびB帯域のP偏光の透過率が高く、R帯域およびG帯域のS偏光の透過率が低く、B帯域のS偏光の透過率が高い光学特性を有する膜構造は良く知られている。例えば、P偏光に対して多層膜の屈折率から求められるブリュースター角を満たし、S偏光入射に対してダイクロイックフィルタとして機能する膜である。また、ダイクロイックフィルタにおけるS偏光とP偏光のカットオフ波長を調整することによっても実現することができる。

【 0 0 4 4 】

このような第1の膜部を構成する多層膜の例として、
「Sub | (108M 100H)⁵ | 接」
の分光透過率特性のシミュレーション結果を図4に示す。Subは基板を、接は接着剤を示している。

【 0 0 4 5 】

一方、前述した第2の膜部のように、R帯域およびG帯域のP偏光の透過率が高く、B帯域のP偏光の透過率が低く、R帯域、G帯域およびB帯域のS偏光の透過率が高い光学特性を有するもの膜構造は従来知られていない。しかし、検討の結果、多くの膜構造で実現できることが分かった。このような第2の膜部を構成する多層膜の例として、

「Sub|(116M 171L 115M 75H)⁵|接」

の分光透過率特性のシミュレーション結果を図5に示す。なお、この例に示す第2の膜部において、R帯域のうち645nm以上の部分でS偏光の透過率が50%を下回るが、これについては、最終的に本実施例で得たい偏光分離膜32の特性から見れば許容範囲である。別の見方をすれば、該R帯域のS偏光の透過率は、第1の膜部のR帯域（およびG帯域）でのS偏光の透過率より高ければよい。

【0046】

表1に示す偏光分離膜32の膜構造例は、これら2つの膜部を積層して、P偏光およびS偏光それぞれの透過帯および反射帯のリップルを低減させるために、膜厚を最適化した例である。なお、第1～第32層までが第1の膜部に相当し、第33～42層までが第2の膜部に相当する。但し、これらの膜部を積層してから全体として最適化を行ったので、各膜部の光学特性が完全に分かれるわけではない。

10

【0047】

また、図6には、表1に示す偏光分離膜32の透過率特性のシミュレーション結果を示している。この図において、Tp45は、P偏光を該偏光分離膜32に対して45度の入射角で入射させたときの透過率特性を、Ts45は、S偏光を該偏光分離膜に対して45度の入射角で入射させたときの透過率特性を示している。

【0048】

図6に示すように、偏光分離膜32は、R帯域とG帯域のP偏光に対する透過率が高く、B帯域光のP偏光に対する透過率が低く、R帯域とG帯域のS偏光に対する透過率が低く、B帯域光のS偏光に対する透過率が高い特性を有する。

20

【0049】

なお、表1に示したガラス基板の材料、薄膜の材料、各薄膜の順番、層数および膜厚は例に過ぎず、本発明の偏光分離膜の構成はこれに限定されない。

【0050】

次に、本実施例において、波長選択性偏光変換素子5を第2のレンズアレイ4とコンデンサレンズ6との間に配置した理由について説明する。レンズアレイ3, 4はそれぞれ、放物面リフレクタ2から射出された平行光束を複数光束に分割する機能と、各分割光束を波長選択性偏光変換素子5の近傍に集光する機能とを有する。一方、コンデンサレンズ6は、第2のレンズアレイ4から射出した複数の分割光束が液晶パネル上にて重なり合うように集光する機能を有する。この場合、第2のレンズアレイ4による分割光束の波長選択性偏光変換素子5に向けた集光度合いと、コンデンサレンズ6による集光度合いとを比べると、前者の集光度合いの方が小さい。

30

【0051】

ところで、一般に、ダイクロイック膜や偏光分離膜といった多層膜の分光特性は入射角度依存性が強く、45度の入射角度に対しては設計上の特性に近い良好な分光特性が得られるが、入射角度が45度から離れるにつれて分光特性がシフトする傾向がある。すなわち、分離する波長帯にずれが生じる。

【0052】

前述したようにコンデンサレンズ6による光束の集光度合いは大きい。このため、仮に波長選択性偏光変換素子5をコンデンサレンズ6よりも液晶パネル側に配置すると、該波長選択性偏光変換素子5を構成する波長選択性偏光分離膜32での分光特性がシフトする。これにより、各液晶パネルに入射する各帯域光に予定外の偏光方向の光が多く混ざり、その結果、投射画像のコントラストが低下する。

40

【0053】

このため、本実施例では、第2のレンズアレイ4とコンデンサレンズ6の間に波長選択性偏光変換素子5を配置して、該偏光変換素子5への入射光束の集光度合いを小さく（つまりは平行光束に近い状態と）している。これにより、波長選択性偏光変換素子5を構成する第1および第2の波長選択性偏光分離膜32において良好な分光特性が得られるようにしている。したがって、本実施例によれば、波長選択性偏光変換素子5による適正な分

50

光特性を利用して、コントラストの高い投射画像を得ることができる。

【 0 0 5 4 】

以上説明した波長選択性偏光変換素子を第 2 のレンズアレイとコンデンサレンズとの間に配置する理由については、以下に説明する他の実施例でも同じである。

【 実施例 2 】

【 0 0 5 5 】

図 7 には、本発明の実施例 2 である波長選択性偏光変換素子を示す。この波長選択性偏光変換素子 2 0 5 を用いた投射表示光学系は、実施例 1 で図 1 に示した投射表示光学系と同じであり、該投射表示光学系を構成する波長選択性偏光変換素子以外の構成要素については実施例 1 と同符号を付す。本実施例でも、P 偏光を第 1 の偏光方向の光とし、S 偏光を第 2 の偏光方向とする。

10

【 0 0 5 6 】

本実施例の波長選択性偏光変換素子 2 0 5 の構成および光学作用について詳しく説明する。波長選択性偏光変換素子 2 0 5 は、フライアイレンズ 3 , 4 を構成する複数のレンズセルに対応して設けられた、互いに同じ構成を有する複数の偏光変換セル C から構成されている。なお、各偏光変換セル C の光入射面のうち、後述する波長選択性偏光分離膜 4 2 の位置からその下側の反射膜 4 1 までの領域には、光の入射を遮るための遮光板 4 4 が設けられている。これにより、光は各偏光変換セル C の入射面のうち波長選択性偏光分離膜 4 2 とその上方に配置された反射膜 4 1 との間の領域からのみ入射する。また、4 3 は位相差板を示す。以下、波長選択性偏光分離膜 4 2 を、単に偏光分離膜と略記する。

20

【 0 0 5 7 】

偏光分離膜 4 2 は、光の入射光軸方向（図の左側から右側に向かう方向）に対して 4 5 度より大きい角度、例えば 5 0 度の傾きを有する。また、反射膜 4 1 は、偏光分離膜 4 2 に対して平行に配置されている。偏光分離膜 4 2 を 4 5 度より大きい角度に傾けたことにより、遮光板 4 4 を各偏光変換セル C の光入射面のうち、反射膜 4 1 の位置よりも下側まで延ばしている。これにより、光は入射面のうち反射膜 4 1 と偏光分離膜 4 2 との間の領域からのみ入射する。また、4 3 は位相差板を示す。

【 0 0 5 8 】

また、偏光分離膜 4 2 は、実際には平行平板であるガラスやアクリル製の基板の表面に多層膜として形成されている。また、位相差板 4 3 はフィルム状に形成され、波長選択性偏光変換素子 2 0 5 の射出面のうち、反射膜 4 1 の位置から上方向に偏光分離膜 4 2 の位置までの領域に形成されている。

30

【 0 0 5 9 】

なお、本実施例でも、図 3 に示すように、位相差板 4 3 を入射側に偏光分離膜 4 2 が形成される基板の射出側に形成してもよい。

【 0 0 6 0 】

本実施例でも、偏光分離膜 4 2 は、R 帯域と G 帯域の P 偏光に対する透過率が 1 0 0 % 又はそれに近く（5 0 % より高く）、B 帯域光の P 偏光に対する透過率が 0 % 又はそれに近い（5 0 % より低い）特性を有する。また、偏光分離膜 4 2 は、R 帯域と G 帯域の S 偏光に対する透過率が 0 % 又はそれに近く（5 0 % より低く）、B 帯域光の S 偏光に対する透過率が 1 0 0 % 又はそれに近い（5 0 % より高い）特性を有する。

40

【 0 0 6 1 】

また、位相差板 4 3 は 1 / 2 波長板であり、入射した直線偏光の偏光方向を 9 0 度回転させる機能を有する。

【 0 0 6 2 】

このように構成された波長選択性偏光変換素子 2 0 5 には、白色の無偏光光が図の左側から入射する。該無偏光光のうち R 帯域および G 帯域の P 偏光は、偏光分離膜 4 2 を透過した後、位相差板 4 3 を透過して S 偏光に変換されて波長選択性偏光変換素子 2 0 5 から射出する。R 帯域および G 帯域の S 偏光は、偏光分離膜 4 2 で反射し、さらに反射膜 4 1 で反射して S 偏光として波長選択性偏光変換素子 2 0 5 から射出する。B 帯域の P 偏光は

50

、偏光分離膜 4 2 で反射し、さらに反射膜 4 1 で反射して P 偏光として波長選択性偏光変換素子 2 0 5 から射出する。B 帯域の S 偏光は、偏光分離膜 4 2 を透過した後、位相差板 4 3 を透過して P 偏光に変換されて波長選択性偏光変換素子 2 0 5 から射出する。

【 0 0 6 3 】

このように、単一の素子として構成された波長選択性偏光変換素子 2 0 5 に入射した白色無偏光光は、R 帯域および G 帯域の S 偏光と B 帯域の P 偏光に変換されて該素子 2 0 5 から射出する。このように、単一の素子として構成された波長選択性偏光変換素子 2 0 5 に入射した白色無偏光光は、R 帯域および G 帯域の S 偏光と B 帯域の P 偏光に変換されて該素子 5 から射出する。これにより、実施例 1 にて説明したものと同様の効果が得られる。

10

【 0 0 6 4 】

表 1 には、R 帯域および G 帯域の P 偏光の透過率が高く、B 帯域の P 偏光の透過率が低く、R 帯域および G 帯域の S 偏光の透過率が低く、B 帯域の S 偏光の透過率が高い光学特性を有する偏光分離膜 4 2 の多層膜構造の例を示す。ここでは、実施例 1 と同様に 2 つの膜部を積層したものに相当する膜構造を示す。第 1 の膜部としては、実施例 1 と同様に、R 帯域、G 帯域および B 帯域の P 偏光の透過率が高く、R 帯域および G 帯域の S 偏光の透過率が低く、B 帯域の S 偏光の透過率が高い光学特性を有するものを用いる。また、第 2 の膜部として、R 帯域および G 帯域の P 偏光の透過率が高く、B 帯域の P 偏光の透過率が低く、R 帯域、G 帯域および B 帯域の S 偏光の透過率が高い光学特性を有するものを用いる。

20

【 0 0 6 5 】

ガラス基板としては O H A R A 社製の L A L 1 4 を用いた。また、表中の H , M , L および H , M , L の左側の数字の意味は実施例 1 と同様である。本構成例でも、高屈折率層として TiO_2 を、中屈折率層として Al_2O_3 を、低屈折率層として MgF_2 を用いた。

【 0 0 6 6 】

表 1 に示す偏光分離膜 4 2 の膜構造例は、これら 2 つの膜部を積層して、P 偏光および S 偏光それぞれの透過帯および反射帯のリップルを低減させるために、膜厚を最適化した例である。なお、第 1 ~ 第 3 2 層までが第 1 の膜部に相当し、第 3 3 ~ 4 4 層までが第 2 の膜部に相当する。但し、これらの膜部を積層してから全体として最適化を行ったので、各膜部の光学特性が完全に分かれるわけではない。

30

【 0 0 6 7 】

また、図 8 には、表 1 に示す偏光分離膜 4 2 の透過率特性のシミュレーション結果を示している。この図において、 $Tp50$ は、P 偏光を偏光分離膜 4 2 に対して 5 0 度の入射角で入射させたときの透過率特性を、 $Ts50$ は、S 偏光を偏光分離膜 4 2 に対して 5 0 度の入射角で入射させたときの透過率特性を示している。このように、偏光分離膜に対する入射角度は 4 5 度に限定されるものではない。

【 0 0 6 8 】

なお、表 1 に示したガラス基板の材料、薄膜の材料、各薄膜の順番、層数および膜厚は例に過ぎず、本発明の偏光分離膜の構成はこれに限定されない。

40

【 実施例 3 】

【 0 0 6 9 】

図 9 には、本発明の実施例 3 である波長選択性偏光変換素子を用いた投射表示光学系およびこれを備えた液晶プロジェクタの構成を示す。

【 0 0 7 0 】

白色光源 3 0 1 から射出した光束は、放物面リフレクタ 3 0 2 によって平行光束に変換されて射出される。この平行光束は、第 1 のフライアイレンズ 3 0 3 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 3 0 4 , 波長選択性偏光変換素子 3 0 5 の近傍に集光され、光源の像 (2 次光源像) を作る。

【 0 0 7 1 】

50

フライアイレンズ 303, 304 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、被照明面である後述する液晶パネルと相似形状である矩形のレンズ形状を有する。

【0072】

第 2 のフライアイレンズ 304 を射出して波長選択性偏光変換素子 305 に入射する光束は、第 1 の偏光方向の直線偏光である P 偏光と第 2 の偏光方向の直線偏光である S 偏光とを含む無偏光光である。

【0073】

波長選択性偏光変換素子 305 は、第 2 のフライアイレンズ 304 を射出した各分割光束のうち第 1 および第 2 の波長域である R 帯域と G 帯域の光を P 偏光に変換する。また、
10 第 3 の波長域である B 帯域の光を S 偏光に変換する。

【0074】

波長選択性偏光変換素子 305 から射出した R 帯域および G 帯域の P 偏光と B 帯域の S 偏光は、ミラー 320 で反射される。その後、コンデンサレンズ 306 によって集光され、色分解合成光学系 307 を経て R 帯域、G 帯域および B 帯域用の反射型液晶パネル (R, G, B 液晶パネル) 315, 310, 314 を重畳的に照明する。

【0075】

色分解合成光学系 307 は、コンデンサレンズ 306 を透過した偏光光のうち R 帯域と B 帯域の光を反射し、G 帯域光を透過するダイクロイックミラー 308 を有する。ダイクロイックミラー 308 を透過した G 帯域の偏光光は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 309
20 を透過して反射型の G 液晶パネル 310 に入射する。

【0076】

G 液晶パネル 310 からの画像光 (偏光光) は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 309 で反射され、さらに波長選択性偏光ビームスプリッタ 311 で反射されて投射レンズ 312 によって不図示のスクリーン上に投影される。ここで、波長選択性偏光ビームスプリッタ 311 は、R 帯域の S 偏光を透過し、G 帯域の S 偏光を反射する。また、B 帯域の S 偏光を反射し、R 帯域の P 偏光を透過する。

【0077】

一方、ダイクロイックミラー 308 で反射した R 帯域および B 帯域の偏光光のうち R 帯域の偏光光は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 313 を透過し、B 帯域の偏光光は該第 2 の
30 偏光ビームスプリッタ 313 で反射される。そして、第 2 の偏光ビームスプリッタ 313 から射出した R 帯域の偏光光および B 帯域の偏光光はそれぞれ、反射型の R 液晶パネル 315 および B 液晶パネル 314 上に集光する。

【0078】

R 液晶パネル 315 で反射され、かつ変調された R 帯域の偏光光は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 313 で反射される。また、B 液晶パネル 314 で反射され、かつ変調された B 帯域の偏光光は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 313 を透過する。

【0079】

その後、両波長帯の光は、波長選択性ビームスプリッタ 311 を透過して、投射レンズ 312 によってスクリーン上に投影される。これにより、RGB フルカラーの投射画像が
40 スクリーン上に表示される。

【0080】

次に、前述した波長選択性偏光変換素子 305 の構成および光学作用について図 10 を用いて詳しく説明する。波長選択性偏光変換素子 305 は、フライアイレンズ 303, 304 を構成する複数のレンズセルに対応して設けられた同じ構成の複数の偏光変換セル C から構成されている。なお、各偏光変換セル C の光入射面のうち、後述する波長選択性偏光分離膜 32 の位置からその下側の反射膜 31 の位置までの領域には、光の入射を遮るための遮光板 34 が設けられている。これにより、光は入射面のうち波長選択性偏光分離膜 32 とその上方に配置された反射膜 31 との間の領域からのみ入射する。また、36 は位相差板を示す。以下、波長選択性偏光分離膜 32 を、単に偏光分離膜と略記する。
50

【 0 0 8 1 】

偏光分離膜 3 2 は、光の入射光軸方向（図の左側から右側に向かう方向）に対して 4 5 度の傾きを有する。また、反射膜 3 1 は、偏光分離膜 3 2 に対して平行に配置されている。また、偏光分離膜 3 2 は、実際には平行平板であるガラスやアクリル製の基板の表面に多層膜として形成されている。

【 0 0 8 2 】

また、位相差板 3 6 はフィルム状に形成され、波長選択性偏光変換素子 3 0 5 の射出面のうち、偏光分離膜 3 2 の位置から下方向に反射膜 3 1 の位置までの領域に形成されている。

【 0 0 8 3 】

なお、図 3 に示すように、位相差板 3 6 を、偏光分離膜 3 2 が入射側に形成される基板の射出側に形成してもよい。

【 0 0 8 4 】

本実施例の偏光分離膜 3 2 としては、実施例 1 と同じものが用いられている。また、位相差板 3 6 も、実施例 1 の位相差板 3 3 と同様に、1 / 2 波長板であり、入射した直線偏光の偏光方向を 9 0 度回転させる機能を有する。

【 0 0 8 5 】

このように構成された波長選択性偏光変換素子 3 0 5 には、白色の無偏光光が図の左側から入射する。該無偏光光のうち R 帯域および G 帯域の P 偏光は、偏光分離膜 3 2 を透過して波長選択性偏光変換素子 3 0 5 から射出する。R 帯域および G 帯域の S 偏光は、偏光分離膜 3 2 で反射し、さらに反射膜 3 1 で反射した後、位相差板 3 6 を透過して P 偏光に変換されて波長選択性偏光変換素子 3 0 5 から射出する。また、B 帯域の P 偏光は、偏光分離膜 3 2 で反射し、さらに反射膜 3 1 で反射した後、位相差板 3 6 を透過して S 偏光に変換されて波長選択性偏光変換素子 3 0 5 から射出する。B 帯域の P 偏光は、偏光分離膜 3 2 を透過して波長選択性偏光変換素子 3 0 5 から射出する。

【 0 0 8 6 】

このように、単一の素子として構成された波長選択性偏光変換素子 3 0 5 に入射した白色無偏光光は、R 帯域および G 帯域の P 偏光と B 帯域の S 偏光に変換されて該素子 3 0 5 から射出する。これにより、実施例 1 にて説明したものと同様の効果が得られる。

【 0 0 8 7 】

本実施例では、偏光分離膜 3 2 に対する光束の入射角度が 4 5 度の場合を示したが、本発明においては、実施例 2 のように入射角度は 4 5 度に限定されない。また、偏光分離膜が形成されるガラス基板の材料や、薄膜の材料、各薄膜の順番、層数、膜厚も表 1 に示した実施例 1 と同じものに限定されない。

【 実施例 4 】

【 0 0 8 8 】

図 1 1 には、本発明の実施例 4 である波長選択性偏光変換素子を用いた投射表示光学系およびこれを備えた液晶プロジェクタの構成を示す。

【 0 0 8 9 】

白色光源 4 0 1 から射出した光束は、放物面リフレクタ 4 0 2 によって平行光束に変換されて射出される。この平行光束は、第 1 のフライアイレンズ 4 0 3 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 4 0 4 、波長選択性偏光変換素子 4 0 5 の近傍に集光され、光源の像（2 次光源像）を作る。

【 0 0 9 0 】

フライアイレンズ 4 0 3 , 4 0 4 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、被照明面である後述する液晶パネルと相似形状である矩形のレンズ形状を有する。

【 0 0 9 1 】

第 2 のフライアイレンズ 4 0 4 を射出して波長選択性偏光変換素子 4 0 5 に入射する光束は、第 1 の偏光方向の直線偏光である P 偏光と第 2 の偏光方向の直線偏光である S 偏光

10

20

30

40

50

とを含む無偏光光である。

【0092】

波長選択性偏光変換素子405は、第2のフライアイレンズ404を射出した各分割光束のうち第1および第3の波長域であるR帯域とB帯域の光をP偏光に変換する。また、第2の波長域であるG帯域の光をS偏光に変換する。

【0093】

波長選択性偏光変換素子405から射出したR帯域およびB帯域のP偏光とG帯域のS偏光は、コンデンサレンズ406によって集光される。さらに、ミラー407で反射され、色分解合成光学系408を経てR帯域、B帯域およびG帯域用の反射型液晶パネル(RB, G液晶パネル)413, 414, 411を重畳的に照明する。

10

【0094】

色分解合成光学系408は、偏光光のうちR帯域とB帯域の光を透過し、G帯域光を反射する偏光ビームスプリッタ409を有する。偏光ビームスプリッタ409で反射したG帯域の偏光光は、ガラスブロック410を透過して反射型のG液晶パネル411に入射する。

【0095】

G液晶パネル411からの画像光(偏光光)は、ガラスブロック410を透過し、偏光ビームスプリッタ409を透過して投射レンズ415によって不図示のスクリーン上に投影される。

【0096】

一方、偏光ビームスプリッタ409を透過したR帯域およびB帯域の偏光光のうちB帯域の偏光光は、ダイクロイックプリズム412で反射し、R帯域の偏光光は該ダイクロイックプリズム412を透過する。そして、ダイクロイックプリズム412から射出したB帯域の偏光光およびR帯域の偏光光はそれぞれ、反射型のB液晶パネル414およびR液晶パネル413上に集光する。

20

【0097】

B液晶パネル414で反射され、かつ変調されたB帯域の偏光光は、ダイクロイックプリズム412で反射される。また、R液晶パネル413で反射され、かつ変調されたR帯域の偏光光は、ダイクロイックプリズム412を透過する。その後、両波長帯の光は、偏光ビームスプリッタ409で反射して、投射レンズ312によってスクリーン上に投影される。これにより、RGBフルカラーの投射画像がスクリーン上に表示される。

30

【0098】

次に、前述した波長選択性偏光変換素子405の構成および光学作用について図12を用いて詳しく説明する。波長選択性偏光変換素子405は、フライアイレンズ403, 404を構成する複数のレンズセルに対応して設けられた、互いに同じ構成を有する複数の偏光変換セルCから構成されている。なお、各偏光変換セルCの光入射面のうち、後述する偏光分離膜52の位置からその下側の反射膜51の位置までの領域には、光の入射を遮るための遮光板54が設けられている。これにより、光は入射面のうち波長選択性偏光分離膜52とその上方に配置された反射膜51との間の領域からのみ入射する。また、53は位相差板を示す。

40

【0099】

偏光分離膜52は、光の入射光軸方向(図の左側から右側に向かう方向)に対して45度の傾きを有する。また、反射膜51は、偏光分離膜52に対して平行に配置されている。また、偏光分離膜52は、実際には平行平板であるガラスやアクリル製の基板の表面に多層膜として形成されている。

【0100】

また、位相差板53はフィルム状に形成され、波長選択性偏光変換素子405の射出面のうち、偏光分離膜52の位置から上方向に反射膜51の位置までの領域に形成されている。

【0101】

50

なお、図 3 に示すように、位相差板 5 3 を、入射側に偏光分離膜 5 2 が形成される基板の射出側に形成してもよい。

【0102】

本実施例の偏光分離膜 5 2 は、R 帯域と B 帯域の P 偏光に対する透過率が 100 % 又はそれに近く (50 % より高く)、G 帯域光の P 偏光に対する透過率が 0 % 又はそれに近い (50 % より低い) 特性を有する。また、偏光分離膜 5 2 は、R 帯域と B 帯域の S 偏光に対する透過率が 0 % 又はそれに近く (50 % より低く)、G 帯域光の S 偏光に対する透過率が 100 % 又はそれに近い (50 % より高い) 特性を有する。

【0103】

また、位相差板 5 3 は 1 / 2 波長板であり、入射した直線偏光の偏光方向を 90 度回転させる機能を有する。 10

【0104】

このように構成された波長選択性偏光変換素子 4 0 5 には、白色の無偏光光が図の左側から入射する。該無偏光光のうち R 帯域および B 帯域の P 偏光は、偏光分離膜 5 2 を透過して波長選択性偏光変換素子 4 0 5 から射出する。R 帯域および B 帯域の S 偏光は、偏光分離膜 5 2 で反射し、さらに反射膜 5 1 で反射した後、位相差板 5 3 を透過して P 偏光に変換されて波長選択性偏光変換素子 4 0 5 から射出する。G 帯域の P 偏光は、偏光分離膜 5 2 で反射し、さらに反射膜 5 1 で反射した後、位相差板 5 3 を透過して S 偏光に変換されて波長選択性偏光変換素子 4 0 5 から射出する。G 帯域の S 偏光は、偏光分離膜 5 2 を透過して波長選択性偏光変換素子 4 0 5 から射出する。 20

【0105】

このように、単一の素子として構成された波長選択性偏光変換素子 4 0 5 に入射した白色無偏光光は、R 帯域および B 帯域の P 偏光と G 帯域の S 偏光に変換されて該素子 4 0 5 から射出する。これにより、実施例 1 にて説明したものと同様の効果が得られる。

【0106】

表 1 には、R 帯域および B 帯域の光に関して P 偏光の透過率が高く、S 偏光の透過率が低く、G 帯域の光に関して P 偏光の透過率が低く、S 偏光の透過率が高い光学特性を有する偏光分離膜 5 2 の多層膜構造について示す。

【0107】

ここでは、実施例 1 と同様に 2 つの膜部を積層したものに相当する膜構造を示す。第 1 の膜部としては、R 帯域、G 帯域および B 帯域の P 偏光の透過率が高く、R 帯域および B 帯域の S 偏光の透過率が低く、G 帯域の S 偏光の透過率が高い光学特性を有するものを用いる。また、第 2 の膜部として、R 帯域および B 帯域の P 偏光の透過率が高く、G 帯域の P 偏光の透過率が低く、R 帯域、G 帯域および B 帯域の S 偏光の透過率が高い光学特性を有するものを用いる。 30

【0108】

ガラス基板としては OHARA 社製の PBH 56 を用いた。また、表中の H, M, L および H, M, L の左側の数字の意味は実施例 1 と同様である。本構成例でも、高屈折率層として TiO_2 を、中屈折率層として Al_2O_3 を、低屈折率層として MgF_2 を用いた。 40

【0109】

表 1 に示す偏光分離膜 5 2 の膜構造例は、これら 2 つの膜部を積層して、P 偏光および S 偏光それぞれの透過帯および反射帯のリップルを低減させるために、膜厚を最適化した例である。なお、第 1 ~ 第 28 層までが第 1 の膜部に相当し、第 29 ~ 52 層までが第 2 の膜部に相当する。但し、これらの膜部を積層してから全体として最適化を行ったので、各膜部の光学特性が完全に分かれるわけではない。

【0110】

また、図 13 には、表 1 に示す偏光分離膜 5 2 の透過率特性のシミュレーション結果を示している。この図において、Tp 45 は、P 偏光を偏光分離膜 5 2 に対して 45 度の入射角で入射させたときの透過率特性を、Ts 45 は、S 偏光を偏光分離膜 5 2 に対して 4 50

5 度の入射角で入射させたときの透過率特性を示している。

【0111】

なお、実施例 2 で説明したように、偏光分離膜 5 2 に対する入射角度は 4 5 度に限定されるものではない。また、ガラス基板の材料や、薄膜材料、各薄膜の順番、層数、膜厚は表 1 のものに限定されない。

【実施例 5】

【0112】

図 1 4 には、本発明の実施例 5 である波長選択性偏光変換素子を用いた投射表示光学系およびこれを備えた液晶プロジェクタの構成を示す。

【0113】

白色光源 5 0 1 から射出した光束は、放物面リフレクタ 5 0 2 によって平行光束に変換されて射出される。この平行光束は、第 1 のフライアイレンズ 5 0 3 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 0 4 , 波長選択性偏光変換素子 5 0 5 の近傍に集光され、光源の像 (2 次光源像) を作る。

【0114】

フライアイレンズ 5 0 3 , 5 0 4 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、被照明面である後述する液晶パネルと相似形状である矩形のレンズ形状を有する。

【0115】

第 2 のフライアイレンズ 5 0 4 を射出して波長選択性偏光変換素子 5 0 5 に入射する光束は、第 1 の偏光方向の直線偏光である S 偏光と第 2 の偏光方向の直線偏光である P 偏光とを含む無偏光光である。

【0116】

波長選択性偏光変換素子 5 0 5 は、第 2 のフライアイレンズ 5 0 4 を射出した各分割光束のうち第 1 および第 3 の波長域である R 帯域と B 帯域の光を S 偏光に変換する。また、第 2 の波長域である G 帯域の光を P 偏光に変換する。

【0117】

波長選択性偏光変換素子 5 0 5 から射出した R 帯域および B 帯域の S 偏光と G 帯域の P 偏光は、コンデンサレンズ 5 0 6 によって集光される。さらに、色分解合成光学系 5 2 2 を経て R 帯域、G 帯域および B 帯域用の透過型液晶パネル (以下、R , G , B 液晶パネルという) 5 1 0 , 5 2 1 , 5 1 9 を重畳的に照明する。

【0118】

色分解合成光学系 5 2 2 は、R 帯域光を透過し、B 帯域光および G 帯域光を反射する第 1 のダイクロイックミラー 5 0 7 を有する。該第 1 のダイクロイックミラー 5 0 7 を透過した R 帯域の偏光光は、反射ミラー 5 0 8 で反射し、フィールドレンズ 5 0 9 を介して、R 液晶パネル 5 1 0 に入射する。R 液晶パネル 5 1 0 で変調された光 (画像光) は、ダイクロイックプリズム 5 1 1 で進行方向を 9 0 度変えられ、投射レンズ 5 1 2 によって不図示のスクリーンに投影される。

【0119】

一方、第 1 のダイクロイックミラー 5 0 7 で反射した B 帯域の偏光光および G 帯域の偏光光のうち G 帯域の偏光光は、第 2 のダイクロイックミラー 5 1 3 で反射し、B 帯域の偏光光はこれを透過する。第 2 のダイクロイックミラー 5 1 3 で反射した G 帯域の偏光光は、フィールドレンズ 5 2 0 を透過して、G 液晶パネル 5 2 1 に入射する。G 液晶パネル 5 2 1 で変調された光は、ダイクロイックプリズム 5 1 1 を透過し、投射レンズ 5 1 2 によってスクリーンに投影される。

【0120】

また、第 2 のダイクロイックミラー 5 1 3 を透過した B 帯域の偏光光は、リレーレンズ 5 1 4 , 5 1 6 、反射ミラー 5 1 5 , 5 1 7 およびフィールドレンズ 5 1 8 を介して B 液晶パネル 5 1 9 に入射する。B 液晶パネル 5 1 9 で変調された光 (画像光) は、ダイクロイックプリズム 5 1 1 で進行方向を 9 0 度変えられ、投射レンズ 5 1 2 によってスクリー

10

20

30

40

50

ンに投影される。これにより、R G Bフルカラーの投射画像がスクリーンに表示される。

【0121】

次に、前述した波長選択性偏光変換素子505の構成および光学作用について図15を用いて詳しく説明する。波長選択性偏光変換素子505は、フライアイレンズ503、504を構成する複数のレンズセルに対応して設けられた、互いに同じ構成を有する複数の偏光変換セルCから構成されている。なお、各偏光変換セルCの光入射面のうち、後述する波長選択性偏光分離膜52の位置からその下側に設けられた反射膜51の位置までの領域には、光の入射を遮るための遮光板54が設けられている。これにより、光は入射面のうち波長選択性偏光分離膜52とその上方に配置された反射膜51との間の領域からのみ入射する。また、56は位相差板を示す。なお、波長選択性偏光分離膜52を、以下、単

10

【0122】

偏光分離膜52は、光の入射光軸方向（図の左側から右側に向かう方向）に対して45度の傾きを有する。また、反射膜51は、偏光分離膜52に対して平行に配置されている。また、偏光分離膜52は、実際には平行平板であるガラスやアクリル製の基板の表面に多層膜として形成されている。

【0123】

また、位相差板56はフィルム状に形成され、波長選択性偏光変換素子505の射出面のうち、偏光分離膜52の位置から下方向に反射膜51の位置までの領域に形成されている。

20

【0124】

なお、図3に示すように、位相差板56を、偏光分離膜52が入射側に形成される基板の射出側に形成してもよい。

【0125】

本実施例の偏光分離膜52としては、実施例4と同じものが用いられている。また、位相差板56も、実施例4の位相差板53と同様に、1/2波長板であり、入射した直線偏光の偏光方向を90度回転させる機能を有する。

【0126】

このように、単一の素子として構成された波長選択性偏光変換素子505に入射した白色無偏光光は、R帯域およびB帯域のS偏光とG帯域のP偏光に変換されて該素子505から射出する。

30

【0127】

なお、実施例2で説明したように、偏光分離膜52に対する入射角度は45度に限定されるものではない。また、ガラス基板の材料や、薄膜材料、各薄膜の順番、層数、膜厚は表1のものに限定されない。

【0128】

ここで、従来の偏光変換素子と透過型液晶パネルを用いた構成では、図14に示したフィールドレンズ520とG液晶パネル521との間に、入射した直線偏光の偏光方向を90°回転させる位相板を配置していた。これは、G帯域をP偏光、R、B帯域をS偏光とすることで、ダイクロイックプリズムの損失を抑えるためである。

40

【0129】

これに対し、本実施例の波長選択性偏光変換素子505を用いることで、これと同様の効果を、フィールドレンズ520とG液晶パネル521との間に位相板を配置しなくても実現することができる。なお、本実施例では、液晶パネル510、519、521をそれぞれR帯域用、B帯域用およびG帯域用とした場合について説明したが、液晶パネルの配置と帯域との組み合わせはどのようなものであってもよい。

【0130】

なお、波長選択性偏光変換素子としては、上記各実施例にて説明したもの以外の構成を採ることもできる。R、G、Bのうちいずれか1つの波長帯域光をP偏光に、他の2つの波長帯域光をS偏光に変換したり、いずれか1つの波長帯域光をS偏光に、他の2つの波

50

長帯域光をP偏光に変換したりすることができる。この波長選択性偏光変換素子を用いて上記各実施例にて説明したもの以外の構成を採ることもできる。

【0131】

なお、本実施例では、画像形成素子として反射型液晶パネルや透過型液晶パネルを用いる場合について説明したが、本発明では、他の画像形成素子、例えばDMD（デジタル・マイクロミラー・デバイス）を用いてもよい。

【0132】

【表1】

膜構成	実施例1		実施例2		実施例4	
ガラス基板	32		42		52	
H層	PBH56		LAL14		PBH56	
M層	TiO ₂		TiO ₂		TiO ₂	
L層	Al ₂ O ₃		Al ₂ O ₃		Al ₂ O ₃	
入射角度	MgF ₂		MgF ₂		MgF ₂	
層数	45°		50°		45°	
	材料	膜厚	材料	膜厚	材料	膜厚
1	M	339.13	M	95	M	324.49
2	L	99.86	L	73.92	L	108.9
3	M	161.77	M	179.3	M	181.68
4	H	38.96	H	33.44	H	64.35
5	M	153	M	158.08	M	173.73
6	L	148.05	L	140.25	L	143.91
7	M	119.25	M	118.92	M	140.09
8	H	59.33	H	59.16	H	74.7
9	M	136.21	M	134.52	M	168.69
10	L	156.14	L	181.79	L	166.85
11	M	141.85	M	130.64	M	154.32
12	H	56.56	H	57.98	H	75.4
13	M	147.03	M	134.69	M	151.5
14	L	122.17	L	126.98	L	152.25
15	M	147.19	M	153.12	M	168.37
16	H	57.05	H	54.84	H	74.27
17	M	132.48	M	140.13	M	141.1
18	L	158.35	L	170.77	L	181.01
19	M	145.32	M	134.18	M	185.61
20	H	52.45	H	53.33	H	61.19
21	M	135.41	M	118.98	M	158.16
22	L	163	L	219.45	L	135.48
23	M	158.75	M	139.16	M	142.26
24	H	35.1	H	46.7	H	48.33
25	M	145.63	M	132.7	M	230.33
26	L	186.09	L	172.5	L	140.07
27	M	139.81	M	139.29	M	188.83
28	H	33.39	H	41.38	H	325.03
29	M	158.11	M	165.27	M	158.34
30	L	121.2	L	141.27	H	268.72
31	M	153.8	M	131.88	M	159.29
32	H	39.28	H	41.97	H	176.72
33	M	80.79	M	165.41	M	273.14
34	H	124.47	H	89	H	218.07
35	M	53.47	M	187.37	M	198.13
36	H	103.01	H	48.71	H	261.79
37	M	70.64	M	63.9	M	217.12
38	H	114.52	H	125.27	H	169.83
39	M	80.86	M	106.15	M	76.51
40	H	106.17	H	72.06	H	44.79
41	M	59.78	M	185.26	M	105.66
42	H	113.89	H	76.48	H	47.85
43	接着剤		M	120.14	M	98.02
44	-	-	H	104.48	H	41.31
45	-	-	接着剤		M	93.17
46	-	-	-	-	H	52.74
47	-	-	-	-	M	108.15
48	-	-	-	-	H	43.83
49	-	-	-	-	M	61.63
50	-	-	-	-	H	35.59
51	-	-	-	-	M	102.16
52	-	-	-	-	H	137.92
	-	-	-	-	接着剤	

【図面の簡単な説明】

【0133】

【図1】本発明の実施例1である投射表示光学系およびこれを備えた液晶プロジェクタの

構成を示す図である。

【図 2】実施例 1 で使用される波長選択性偏光変換素子の概略構成図である。

【図 3】実施例 1 の変形例としての波長選択性偏光変換素子の概略構成図である。

【図 4】実施例 1 で使用される波長選択性偏光変換素子における偏光分離膜の一部の分光透過率シミュレーション結果を示す図である。

【図 5】実施例 1 で使用される波長選択性偏光変換素子における偏光分離膜の一部の分光透過率シミュレーション結果を示す図である。

【図 6】実施例 1 で使用される波長選択性偏光変換素子における偏光分離膜の分光透過率シミュレーション結果を示す図である。

【図 7】本発明の実施例 2 である波長選択性偏光変換素子の概略構成図である。

10

【図 8】実施例 2 の波長選択性偏光変換素子における偏光分離膜の分光透過率シミュレーション結果を示す図である。

【図 9】本発明の実施例 3 である投射表示光学系およびこれを備えた液晶プロジェクタの構成を示す図である。

【図 10】実施例 3 で使用される波長選択性偏光変換素子の概略構成図である。

【図 11】本発明の実施例 4 である投射表示光学系およびこれを備えた液晶プロジェクタの構成を示す図である。

【図 12】実施例 4 で使用される波長選択性偏光変換素子の概略構成図である。

【図 13】実施例 4 で使用される波長選択性偏光変換素子における偏光分離膜の分光透過率シミュレーション結果を示す図である。

20

【図 14】本発明の実施例 5 である投射表示光学系およびこれを備えた液晶プロジェクタの構成を示す図である。

【図 15】実施例 5 で使用される波長選択性偏光変換素子の概略構成図である。

【符号の説明】

【0134】

1, 301, 401, 501 : 光源

2, 302, 402, 502 : リフレクタ

3, 303, 403, 503 : 第 1 のフライアイレンズ

4, 304, 404, 504 : 第 2 のフライアイレンズ

5, 205, 305, 405, 505 : 波長選択性偏光変換素子

30

6, 306, 406, 506 : コンデンサレンズ

7, 307, 408, 522 : 色分解合成光学系

8, 308, 507, 513 : ダイクロイックミラー

9, 11, 13, 309, 313, 409 : 偏光ビームスプリッタ

10, 14, 15, 310, 314, 315, 411, 413, 414 : 反射型液晶パネル

12, 312, 415, 512 : 投射レンズ

20, 320, 407, 508, 515, 517 : ミラー

16 : 波長選択波長板

31, 41, 51 : 反射膜

40

32, 42, 52 : 波長選択性偏光分離膜

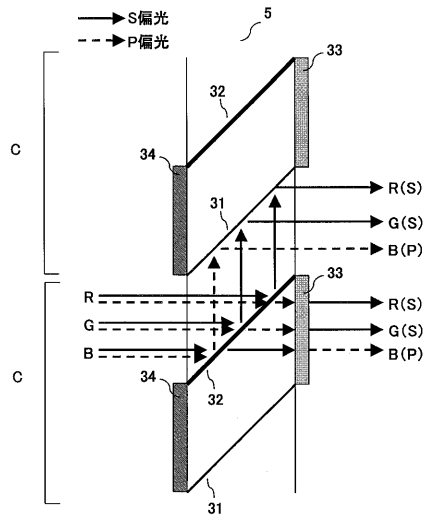
33, 36, 43, 53, 56 : 位相差板

34, 44, 54 : 遮光板

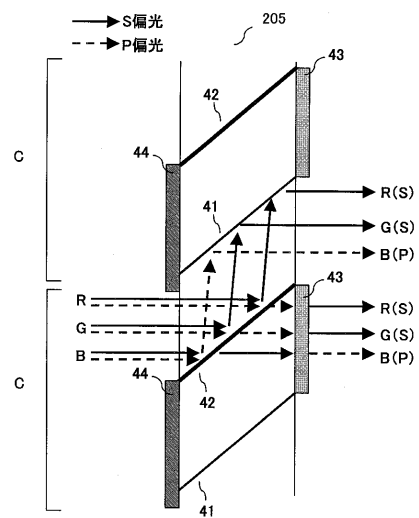
311, 412, 511 : ダイクロイックプリズム

410 : ガラスブロック

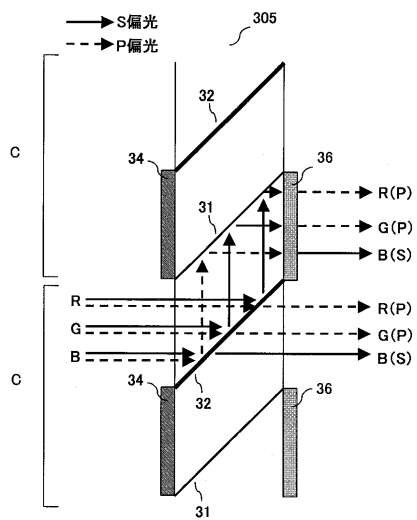
【図 2】



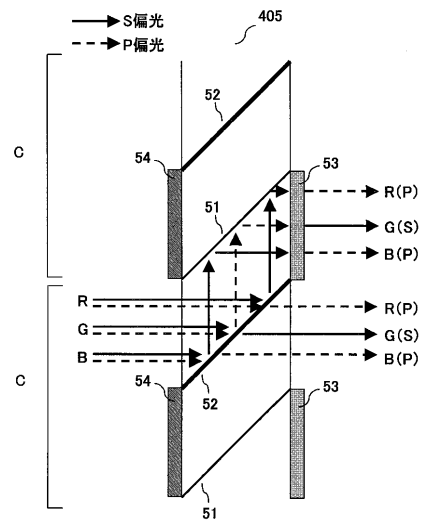
【図 7】



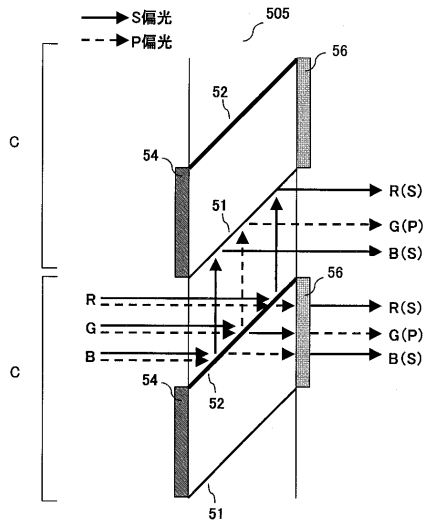
【図 10】



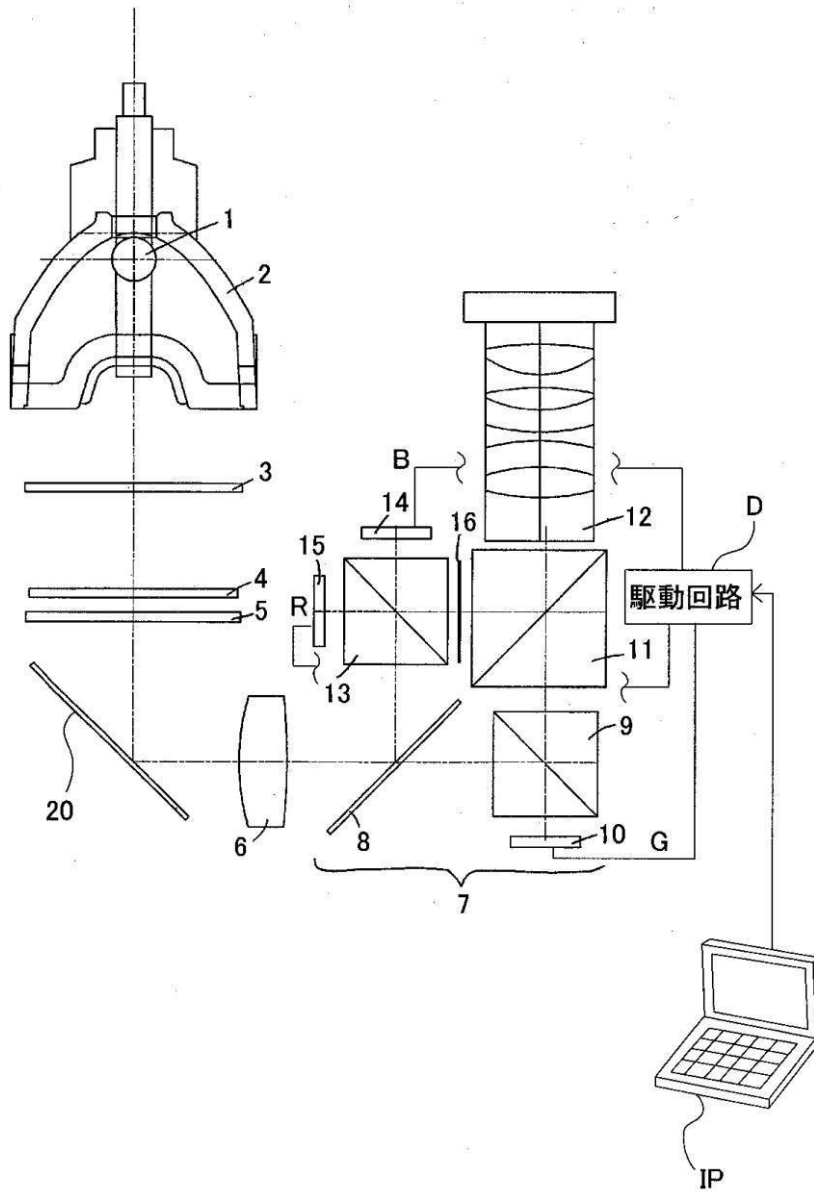
【図 12】



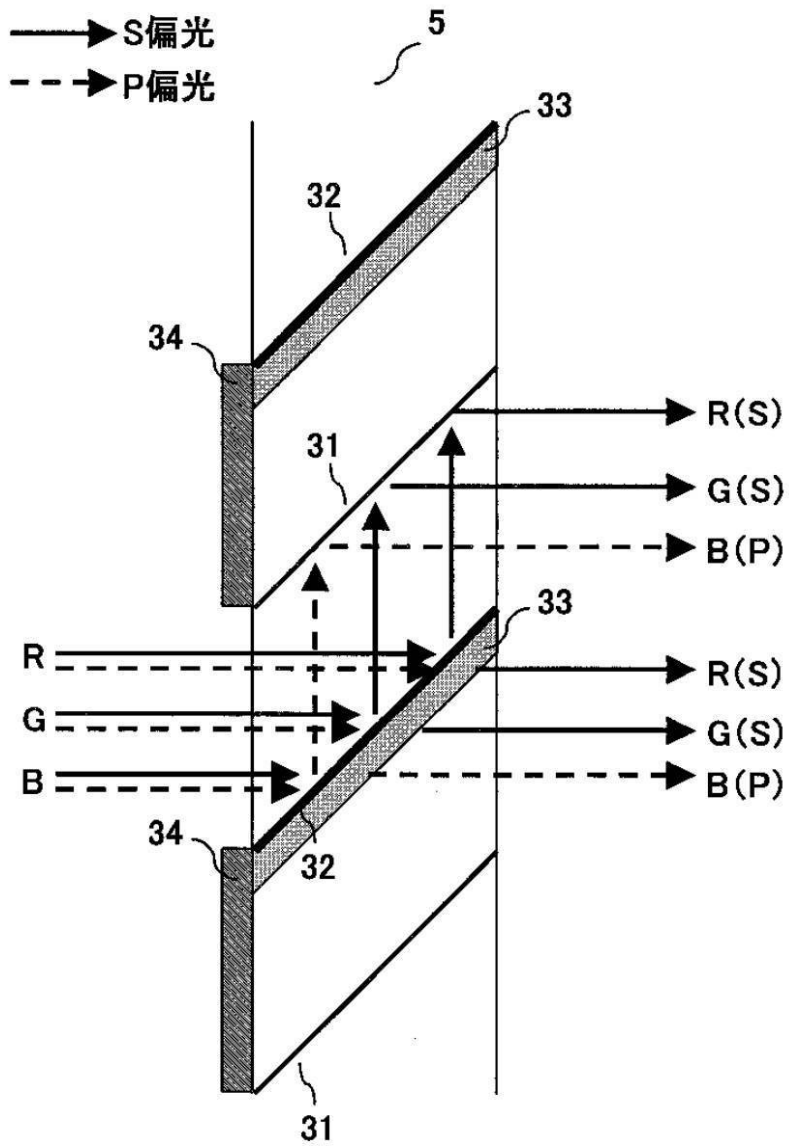
【図 15】



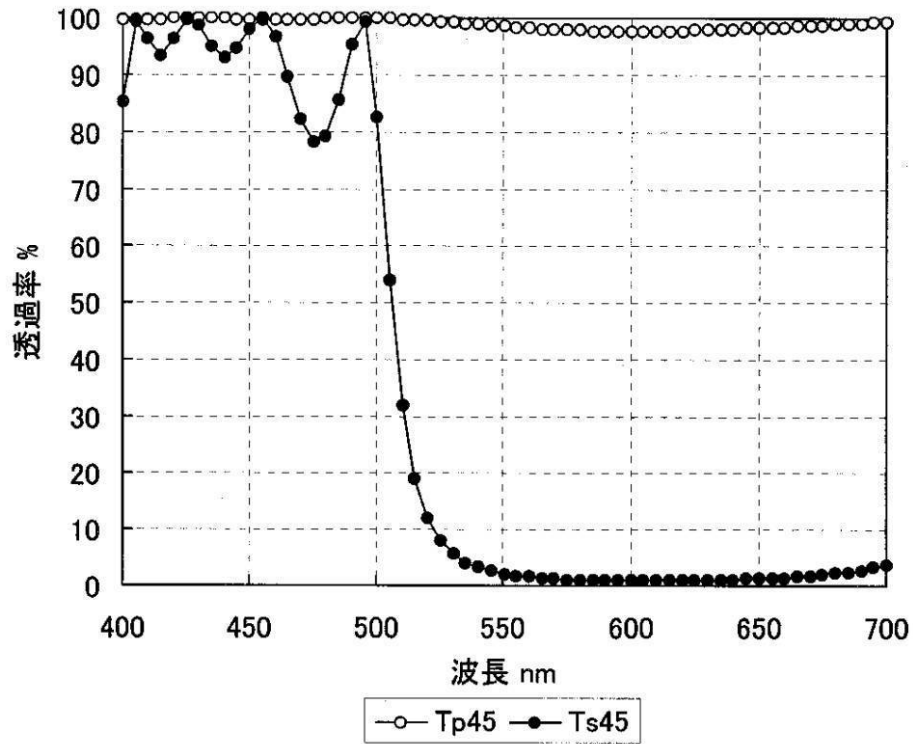
【図 1】



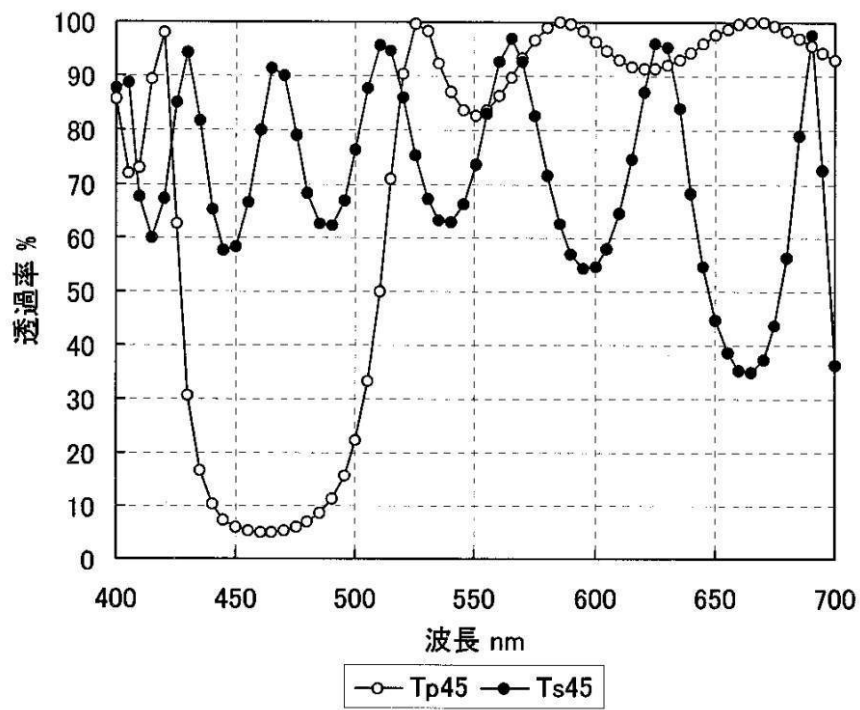
【 図 3 】



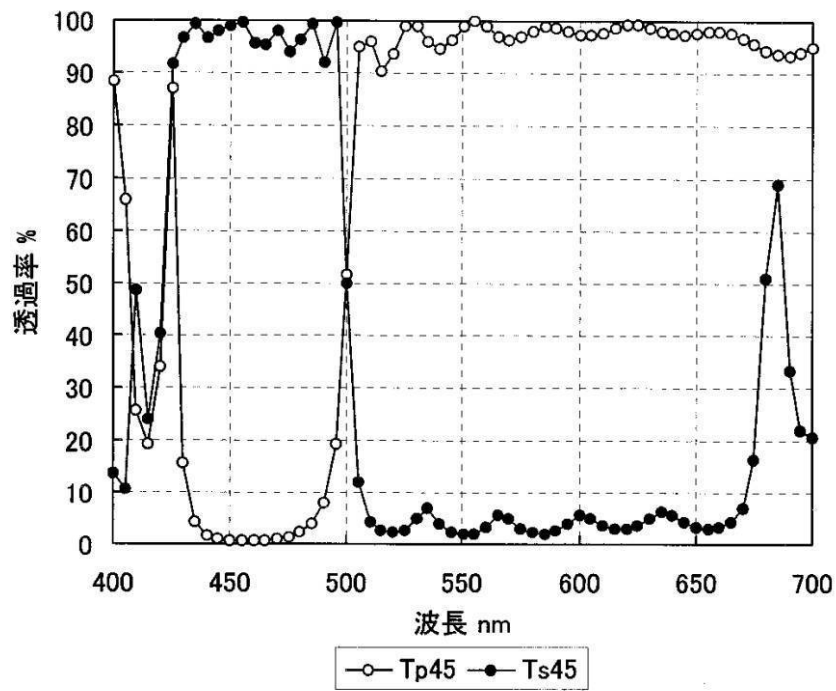
【図 4】



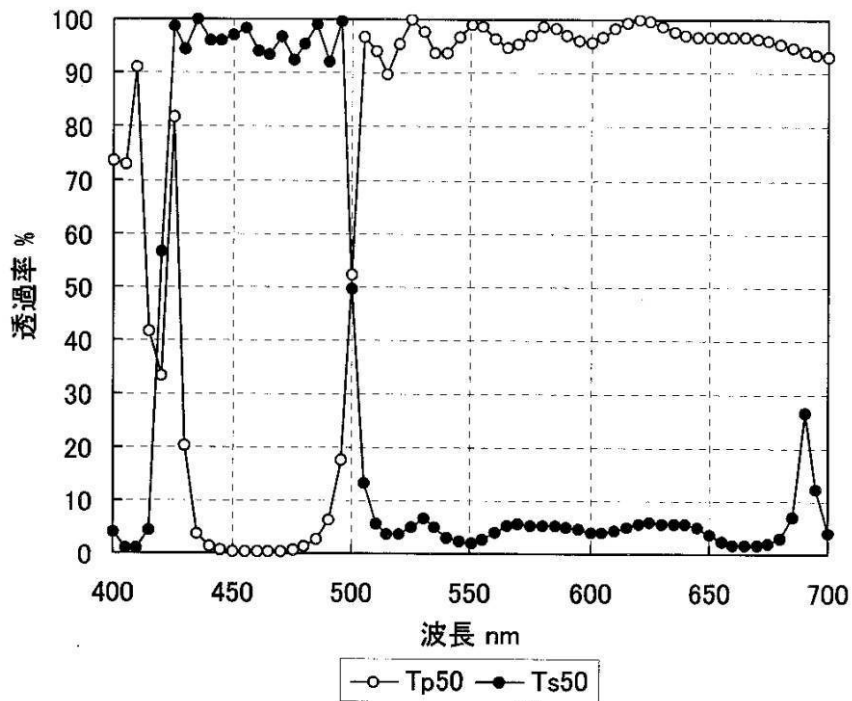
【図 5】



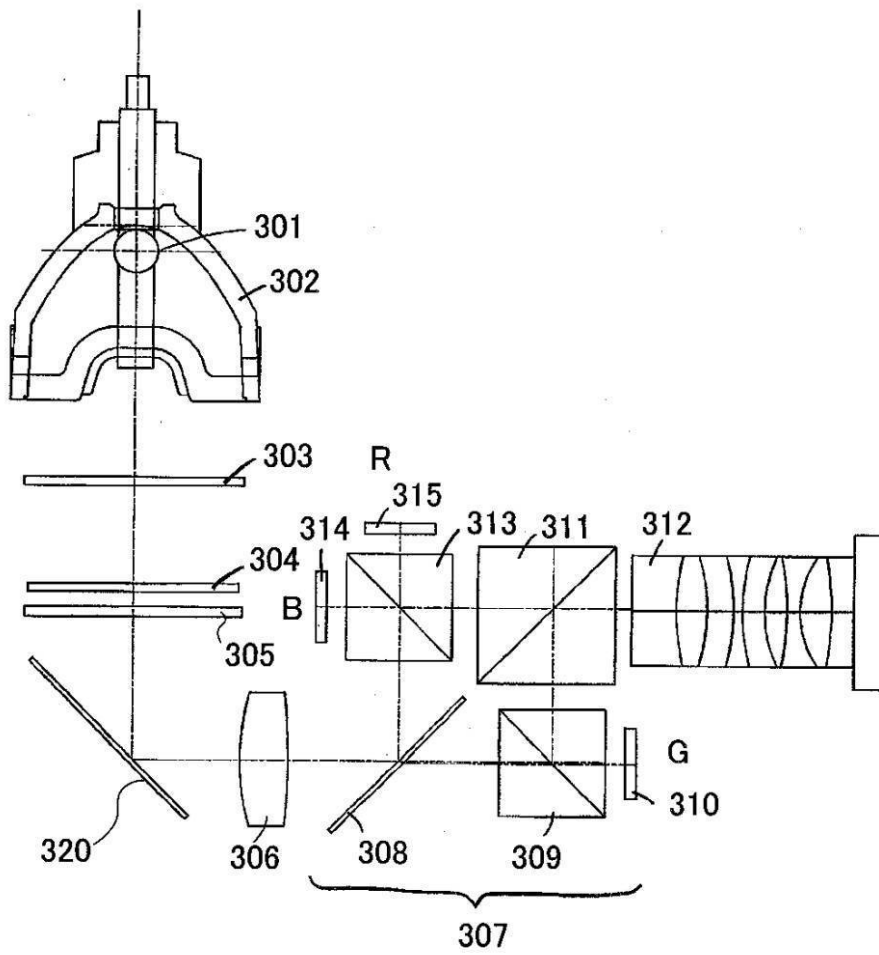
【図 6】



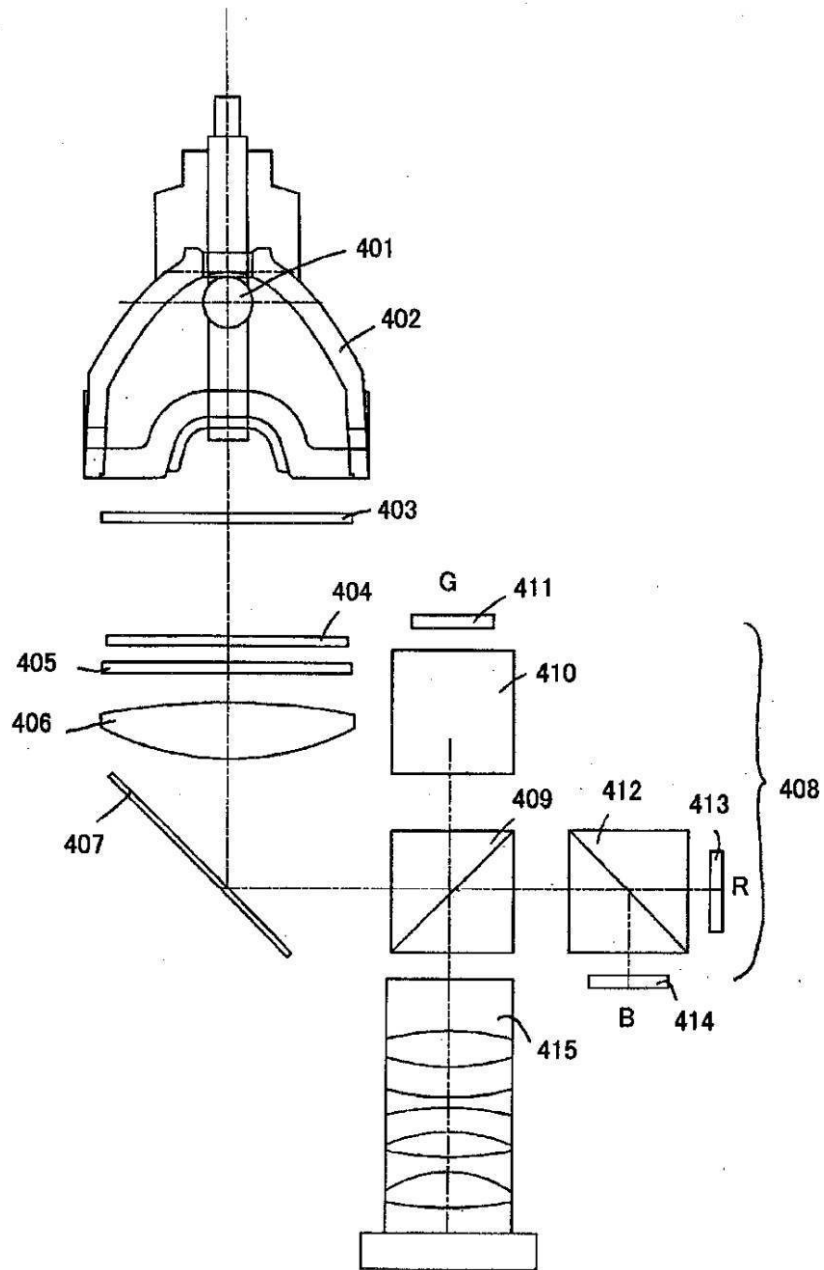
【図 8】



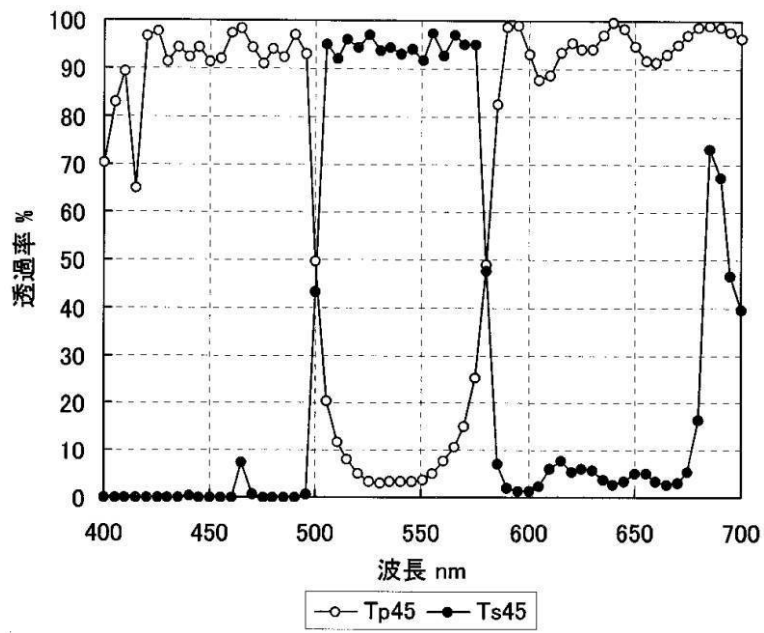
【 図 9 】



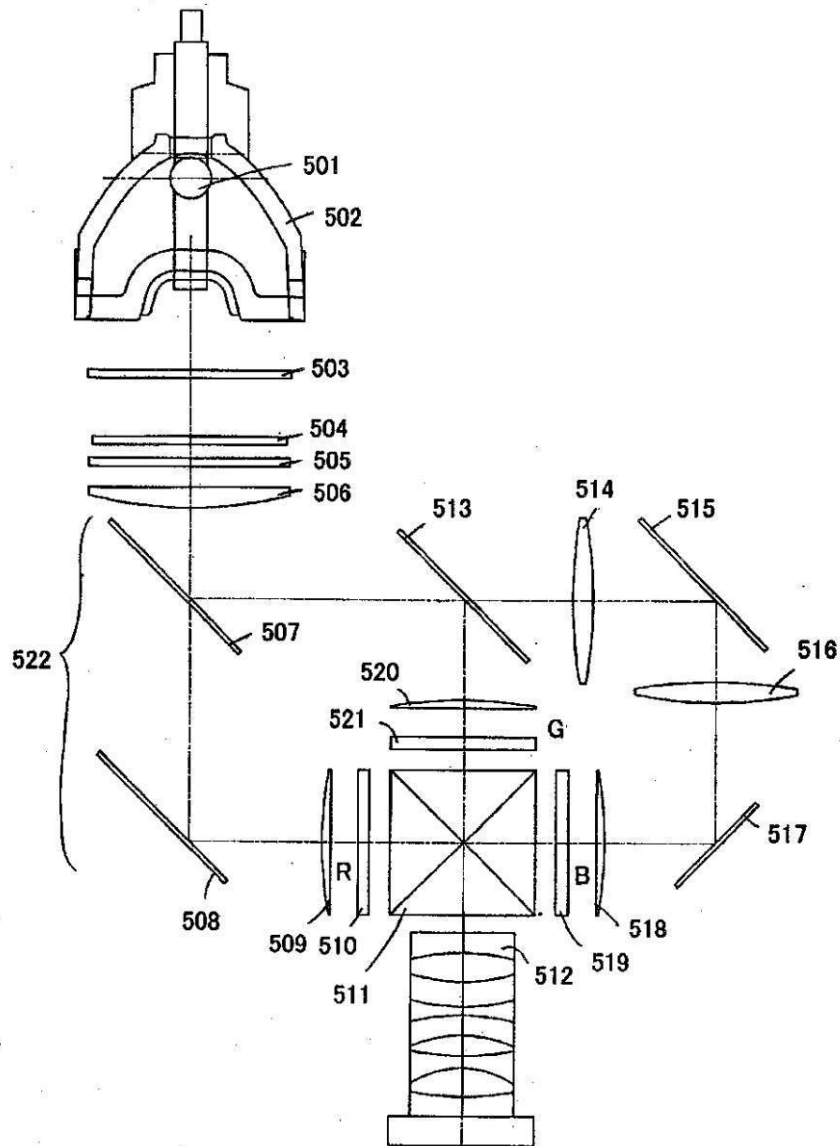
【図 11】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 F 1/13 (2006.01)

G 0 2 F 1/13 5 0 5

F ターム(参考) 2H088 EA16 HA08 HA13 HA15 HA20 HA21 HA24 HA28 MA16

2H099 AA11 BA09 BA17 CA02 CA08

2K103 AA01 AA05 AA14 AB10 BC11 BC14 BC15 BC17 BC22 BC26

CA19 CA26