

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5030134号  
(P5030134)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int. Cl.	F 1		
<b>GO 2 B 5/30 (2006.01)</b>	GO 2 B 5/30		
<b>GO 2 F 1/13 (2006.01)</b>	GO 2 F 1/13	5 0 5	
<b>GO 2 B 27/18 (2006.01)</b>	GO 2 B 27/18		Z
<b>GO 3 B 21/00 (2006.01)</b>	GO 3 B 21/00		D
<b>GO 3 B 21/14 (2006.01)</b>	GO 3 B 21/14		Z

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2006-158217 (P2006-158217)  
 (22) 出願日 平成18年6月7日(2006.6.7)  
 (65) 公開番号 特開2007-79542 (P2007-79542A)  
 (43) 公開日 平成19年3月29日(2007.3.29)  
 審査請求日 平成21年3月24日(2009.3.24)  
 (31) 優先権主張番号 特願2005-237496 (P2005-237496)  
 (32) 優先日 平成17年8月18日(2005.8.18)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000006747  
 株式会社リコー  
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
 (74) 代理人 100073760  
 弁理士 鈴木 誠  
 (74) 代理人 100097652  
 弁理士 大浦 一仁  
 (72) 発明者 前田 育夫  
 東京都大田区中馬込一丁目3番6号 株式  
 会社リコー内  
 (72) 発明者 藤田 和弘  
 東京都大田区中馬込一丁目3番6号 株式  
 会社リコー内

審査官 川口 真隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏光変換素子、偏光変換光学系および画像投影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無偏光の入射光束を偏光方向の揃った光束に変換して出射する偏光変換素子であって、  
入射面及び出射面が入射光軸に対して直交し、接合面が入射光軸に対して略60°(入射角が略30°)の傾きを持つ複数の平行四辺形ブロックを配列し、前記接合面に、光束を透過光と反射光に分離する偏光分離部と光束の偏光方向を変える第1の位相変調部とを互い平行に対峙して配置すると共に、各平行四辺形ブロック内に、前記偏光分離部と第1の位相変調部と平行に第2の位相変調部を配置し、

各々の平行四辺形ブロックの入射面に無偏光の光束を入射し、出射面から偏光方向の揃った光束を出射することを特徴とする偏光変換素子。

【請求項2】

請求項1記載の偏光変換素子において、  
接合面上に偏光分離部、第1の位相変調部の順番に隣接配置されていることを特徴とする偏光変換素子。

【請求項3】

請求項1記載の偏光変換素子において、  
接合面上に第1の位相変調部、偏光分離部の順番に隣接配置されていることを特徴とする偏光変換素子。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれか1項に記載の偏光変換素子の製造方法であって、

第1の平行平板基板上に偏光分離部としての偏光分離膜と第1の位相変調部としての1/2波長板の位相変調膜とを重ねて固着して偏光素子基板を作成し、前記第1の平行平板基板とほぼ同一形状、同一厚みの第2の平行平板基板上に第2の位相変調部としての1/2波長板の位相変調膜を固着して位相変調素子基板を作成し、前記偏光素子基板上に前記位相変調素子基板を接合して積層ユニットとする工程と、

前記積層ユニットを複数個、積層し接合して積層ユニット体を作成する工程と、

前記積層ユニット体を積層方向に対して傾斜して平行に切断し、平行平板状に偏光変換素子を切り出す工程と、

を有することを特徴とする偏光変換素子の製造方法。

【請求項5】

請求項1乃至3のいずれか1項に記載の偏光変換素子において、入射側に有効光路以外を遮光する遮光手段を設けたことを特徴とする偏光変換素子。

【請求項6】

請求項1乃至3、5のいずれか1項に記載の偏光変換素子において、該偏光変換素子を中心対称に配置したことを特徴とする偏光変換素子。

【請求項7】

請求項1乃至3、5、6のいずれか1項に記載の偏光変換素子を用いた偏光変換光学系であって、

偏光変換素子の前段に、レンズピッチが偏光変換素子の偏光分離部の配列ピッチと同一ピッチのレンチキュラレンズアレイあるいはフライアイレンズを配置し、i番目のレンズを透過した光束をi番目の偏光分離部に入射するようにしたことを特徴とする偏光変換光学系。

【請求項8】

偏光依存性のある画像形成素子の像を投影光学系によって投影する画像投影装置において、画像形成素子を照明する照明光学系の光路上に、請求項7記載の偏光変換光学系を有することを特徴とする画像投影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は液晶を使用した画像投影装置（透過型液晶、反射型液晶とも）に用いられる偏光変換素子の改良にかかわり、更には、該偏光変換素子を備えた偏光変換光学系、及び該偏光変換光学系を適用した画像投影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶を使用した画像投影装置に用いられる液晶画像形成素子は、一方向の偏光のみが有効に作用し、それに直交する偏光成分はコントラストの低下等の劣化要因となる。そのため液晶画像形成素子の前段（および後段）に偏光子を入れて偏光状態をコントロールしている。しかしながら、光源から発せられる光ビームは偏光方向の揃わない無偏光ビームであるため、偏光子によって一方向のみの偏光成分を選択するとき、光量も半分に減ってしまう。

【0003】

これを防ぐために、光源からの無偏光ビームを効率よく1偏光方向の光ビームに切りかえるための偏光変換素子というものが、一般に偏光子の前段に配置されている。偏光変換素子は基本的には偏光ビームスプリッタで無偏光ビームをP偏光とS偏光に分離し、この分離した偏光の一方を何らかの手段を用いて偏光方向を90°回転させることにより偏光方向を揃え、かつ両ビームの進行方向も揃えるようにしたものである（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

上記分離した偏光の一方の偏光方向を回転させる手段としては、大きくは2つの方式がある。一つは1/2波長板に代表されるように、方向による屈折率の違いを用いた方式で

10

20

30

40

50

ある。もう一つは偏光分離後の光ビームを2枚のミラーで反射させる間に、2枚のミラーの反射方向を適当に設定して、ビーム全体を光軸周り回転させてしまう方式である。このうち後者は、単にミラーの反射であるので波長の影響を受けずきわめて効率のよい変換ができるが、画像投影装置の照明ビームは太さがあるため、これをミラーの反射によって変換すると変換部のサイズが大きなものとなってしまうと同時に、分離したビームを再合成する光学系の構成も難しいものとなる。小さいサイズに分割してアレイ化して並べれば薄くできるが、ミラータイプをアレイ化することは理屈ではできてはいても実用化が難しい。これに対し1/2波長板を用いる方式は、簡単にアレイ化でき、照明光路中にあるフライアイレンズとの相性もいため、現在の主流になっている。

#### 【0005】

図27および図28に液晶を使用した画像投影装置の一例であるプロジェクタの代表的な構成例を示す。図27は透過型液晶を用いたもの、図28は反射型液晶を用いたものであるが、どちらも液晶の画像形成素子を用いており、偏光選択性があり、その照明光学系はほぼ同じである。

#### 【0006】

ここで、図27の構成例について動作を説明すると、白色ランプなどの光源1001から発した無偏光光ビームはリフレクタ1002で略平行光となり光インテグレータ1003に入る。光インテグレータ1003は画像形成素子を照射する照射光の照度を均一化するためのもので、一対のフライアイレンズ1003-1、1003-2により構成されている。フライアイレンズとは縦横に並んだレンズアレイで、そのレンズ一つ一つは画像形成素子と相似形状をしており、第一のフライアイレンズ1003-1の各レンズ部のビームを第2のフライアイレンズ1003-2とその後段に配されるコンデンサレンズ1005により画像形成素子上に重ねて投影することにより、画像形成素子上の照度分布を均一化するものである。光インテグレータ1003を出た光ビームは偏光変換素子1004に入る。偏光変換素子1004はフライアイレンズのピッチに対応させて偏光ビームスプリッタ、反射膜面、1/2波長板等をアレイ化したものであり、無偏光光ビームを効率よく1偏光方向の光ビームに変換する。偏光変換素子1004を出た光ビームはコンデンサレンズ1005を通り、反射ミラー1006で反射された後、ダイクロイックミラー1007、1008で赤、緑、青の各色用に分解されて、各々の画像形成素子に照射される。例えば、第1のダイクロイックミラー1007を透過したビームは、ミラー1009で反射された後、赤色用コンデンサレンズ1014-1を通過して赤色用液晶1015-1に照射される。また、第1のダイクロイックミラー1007で反射し、第2のダイクロイックミラー1008で再び反射したビームは、緑色用コンデンサレンズ1014-2を通して緑色用液晶1015-2に照射され、第2のダイクロイックミラー1008を透過したビームは、レンズ1010、ミラー1011、レンズ1012、ミラー1013を経由して青色用コンデンサレンズ1014-3を通り、青色用液晶1015-3に照射される。液晶1015-1、1015-2、1015-3は、各々画像形成素子を構成し、各偏光光を赤、緑、青の各色成分の画像信号に応じて変調する。液晶1015-1、1015-2、1015-3の各画像形成素子を経由したビームは色合成プリズム1016で合成されて、投射レンズ1017によりスクリーン1018上に投影される。

#### 【0007】

図28の構成例の動作も図27の場合と基本的に同様であるが、相違は、ダイクロイックプリズム1021、ミラー1022、1023、ダイクロイックミラー1024の光学系で偏光光ビームを赤、緑、青の各色用に分解して、赤色成分は赤色用偏光ビームスプリッタ1025-1と赤色用反射型液晶1026-1を通し、緑色成分は緑色用偏光ビームスプリッタ1025-2と緑色用反射型液晶1026-2を通し、また、青色成分は青色用偏光ビームスプリッタ1025-3と青色用反射型液晶1026-3を通して、各々色合成プリズム1016に入れていることである。

#### 【0008】

図29(A)、(B)に、このような液晶を使用した画像投影装置の一例であるプロジ

10

20

30

40

50

エクタ装置に用いられる偏光変換素子の従来の構成例を示す。図29(A)は、偏光分離膜2021と反射膜2022及び1/2波長板2023を単位ユニット2020として、各単位ユニット2020がフライアイレンズ2000の各ピッチに対応するようにアレイ化して構成したものである。各々の偏光分離膜2021は入射光軸に対して45°の傾きを持ち、反射膜2022は偏光分離膜2021に対して並行に配されている。フライアイレンズ2000を出た各光ビーム2010は各単位ユニット2020に入り、偏光分離膜2021で透過光(P偏光)と反射光(S偏光)に分離され、反射光はさらに反射膜2022で反射されて透過光と平行な光ビームとなる。この透過光(P偏光)と反射光(S偏光)のうちのいずれか(ここではS偏光)を1/2波長板2023により偏光面を回転させて他方に揃えることにより、入射時には無偏光であった光ビーム2010が偏光の揃った光ビームに変換される。図29(B)は、図29(A)の反射膜2022を偏光分離膜2021と同様の分離膜2024に置き換えたもので、動作は図29(A)と同じである。

10

【0009】

【特許文献1】特許第3492355号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

図29(A)や(B)に示したような偏光変換素子は、無偏光光ビームを効率よく、1偏光方向の光ビームに変換することができるが、例えば、図29(A)の構成では、フライアイレンズの1ピッチに対して偏光分離面と反射面の2面が必要であり、膜の種類として2種類の膜を施したブロックを準備し、形状的にはフライアイレンズの配列数の2倍の数のブロックを張り合わせる必要があり、工数がかかる問題がある。実際の量産工程においては、偏光分離膜を施したガラス板と、反射膜を施したガラス板を交互に張り合わせた後、張り合わせ面に45°の方向に切断して研磨する方法がとられるが、2種類の膜のガラス板を準備し、フライアイレンズ配列数の2倍の数(+両端)のガラス板を張り合わせる必要があり、工数がかかる。膜の種類に関しては、図29(B)に示すように、偏光分離膜で反射膜を兼ねることは可能であるが、フライアイレンズの1ピッチに対して2つの膜(2面)が必要であることにはわかりなく、ガラスの張り合わせ枚数を減らすことはできない。

20

30

【0011】

本発明の目的は、機能は同等で、張り合わせ面数を減らして、製作性に優れた偏光変換素子を得ることにある。また、本発明の目的は、このような偏光変換素子を備えた偏光変換光学系、更には、該偏光変換光学系を適用した画像投影装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の偏光分離素子は、複数の偏光分離部と複数の位相変調部を備えることを基本とする。光束は各々の偏光分離部に入射して、各々透過光(P偏光)と反射光(S偏光)に分離する。偏光分離部で反射された光束を隣接する偏光分離部の入射光位置と異なる位置で再度反射して、透過光と同一方向に出射する。位相変調部は、透過光と反射光のうちのいずれか一方の光路中に設けて、出射光をP偏光あるいはS偏光に揃える。偏光分離部で入射光位置と隣接の偏光分離部からの反射光の出射位置とをずらすことは、偏光分離部の角度を45°からずらすことによって達成される。例えば、偏光分離部の角度を略30°あるいは略60°にする。

40

【0013】

具体的には、本発明の変更分離素子は、入射面および出射面が入射光軸に対して直交し、接合面が入射光軸に対して略60°(入射角が略30°)の傾きを持つ複数の平行四辺形ブロックを配列し、接合面に偏光分離部と位相変調部とを互いに平行に対峙して配置すると共に、平行四辺形ブロック内に前記偏光分離部と位相変調部と平行に第2の位相変調部を配置する。

50

## 【 0 0 1 4 】

また、必要によっては、偏光分離素子の入射面側に、有効光路以外を遮断する遮光手段を設ける。さらには偏光変換素子を光学系の中心対称に配置する。

## 【 0 0 1 5 】

偏光変換光学系は、このような偏光変換素子の前段に、レンズピッチが偏光変換素子の偏光分離部の配列ピッチと同一ピッチのレンチキュラレンズアレイあるいはフライアイレンズを配置し、 $i$  番目のレンズを透過した光束を  $i$  番目の偏光分離部に入射するように構成する。また、偏光依存性のある画像形成素子の像を投影光学系によって投影する画像投影装置において、画像形成素子を照明する照明光学系の光路上に、この偏光変換光学系を配置する。

10

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 6 】

本発明の偏光分離素子によれば、各々の偏光分離部が入射光束を透過光（P 偏光）と反射光（S 偏光）とに分離する作用と、隣接の偏光分離部からの反射光を透過光と同一方向に反射する作用とを兼ねるため、従来の偏光分離素子で必要であった反射だけのための反射膜や分離膜が不要になり、レンチキュラレンズアレイやフライアイレンズなどと等ピッチの偏光分離膜のみで同様の効果が得られ、ピッチはほぼ 2 倍にできるので、製造性が改善される。また、偏光分離部と位相変調部とを平行に配置する構成を採用することにより、偏光分離素子を偏光分離素子上に密接して配置できるため、精度良く配置でき、製作も非常に容易となる。

20

## 【 0 0 1 7 】

また、本発明の偏光分離素子をレンチキュラレンズやフライアイレンズなどと組み合わせることで、光量損失の少ない偏光変換光学系が構成される。さらに、本発明に係わる偏光変換素子や偏光変換光学系を備えたプロジェクタ装置は、従来の光学構成を変えることなく偏光変換素子のみを置き換えることが可能である。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 8 】

図 1 に本発明の偏光変換素子の原理的な構成例を示す。本発明の偏光変換素子は複数の偏光分離部 10 と位相変調部 20 を持つ。各偏光分離部 10 には光束 100 が入射され偏光状態の異なる透過光と反射光に分離される。一般的な多層偏光分離膜で偏光分離部 10 を構成する場合には、透過光が P 偏光、反射光が S 偏光となる。反射光は偏光分離部 10 で反射された後、隣接する偏光分離部 10 で再び反射され透過光と平行な光束となる。このとき、隣接する偏光分離部 10 には隣接する光束 100 が入射されているが、この表面からの入射光の位置と裏面からの反射光の位置をずらすことにより、透過光と反射光の出射位置をずらすことができる。透過光と反射光の出射位置をずらすことは、偏光分離部 10 の入射光軸に対する角度を  $45^\circ$  からずらすことによって達成される。透過光の光路上には位相変調部 20 が設けられ、透過光の偏光状態と同様に S 偏光に揃えられる。なお、透過光を S 偏光、反射光を P 偏光となるように多層偏光分離膜を構成しても良い。

30

## 【 0 0 1 9 】

図 2 に本発明の偏光変換素子の他の原理的な構成例を示す。この偏光変換素子は、反射光の光路上に位相変調部 20 を設けて、偏光状態を透過光に揃えるようにしたもので、動作は図 1 と基本的に同様である。

40

## 【 0 0 2 0 】

本発明の偏光変換素子では、図 29 (C) に示すように、フライアイレンズ 2000 と同ピッチの偏光分離膜 2021 のみで、図 29 (A), (B) と同等の機能が得られるため、ガラス張り合わせ枚数が減り（ほぼ半減）、アレイ化することが容易となる。すなわち、従来の偏光変換素子で必要であった反射面（反射だけのために利用される反射膜や分離膜）が不要になり、面ピッチを 2 倍にできるので製造性が改善される。また、偏光分離膜 2021 上に  $1/2$  波長板 2023 を密接配置しても図 29 (C) と同様の作用効果が

50

得られるが、その実施形態については後述する。

【0021】

図3乃至図6に本発明のアレイ化した偏光変換素子の基本的な構成例を示す。いずれも、 $m$ を2以上の整数として、 $m$ 本の光束に対し $m+1$ 個の偏光分離部（以下、偏光分離膜）と $m$ 個の位相変調部（以下、位相変調素子）を備えるようにしたものである。具体的には、入射面および出射面が入射光軸に対して直交し、接合面が入射光軸に対して略 $60^\circ$ （入射面とのなす角度（以下、入射角）が略 $30^\circ$ ）あるいは略 $30^\circ$ （入射角が略 $60^\circ$ ）の傾きを持つ複数の平行四辺形ブロック（両端は適宜な形状）を配列し、その接合面に偏光分離膜10が施される。位相変調素子20は、各ブロックの出射面の略左半分あるいは右半分の位置に配される。

10

【0022】

図3は入射光束の光軸に対し略 $60^\circ$ （入射角略 $30^\circ$ ）となるような角度で光束と同一ピッチに配された平行四辺形ブロック列を示し、各平行四辺形ブロックには各偏光分離膜10が施され、入射面と出射面は光束の光軸に直交するように配されている。出射面側には各平行四辺形ブロックの出射面の略右半分の位置に位相変調素子20が配されている。

【0023】

入射光束100は各平行四辺形ブロックの位相変調素子20に対向する位置から入射される。 $i$ 番目の光束100 <sub>$i$</sub> は $i$ 番目の偏光分離膜10 <sub>$i$</sub> で透過光と反射光に分離される。一般的な偏光分離膜では透過光がP偏光、反射光がS偏光となる。透過光（P偏光）は $i$ 番目の偏光分離膜10 <sub>$i$</sub> を透過した後、 $1/2$ 波長板等の位相変調素子20 <sub>$i$</sub> によってS偏光に変換されて出射される。反射光（S偏光）は $i$ 番目の偏光分離膜10 <sub>$i$</sub> で反射された後、 $i+1$ 番目の偏光分離膜10 <sub>$i+1$</sub> で再び反射されて透過光と平行な光束となる。 $i+1$ 番目の光束100 <sub>$i+1$</sub> は $i+1$ 番目の偏光分離膜10 <sub>$i+1$</sub> で透過光（P偏光）と反射光（S偏光）に分離される。ここで、各偏光分離膜の入射角を略 $30^\circ$ に設定することにより、 $i$ 番目の反射光は $i$ 番目の透過光と $i+1$ 番目の透過光の略中間の位置に出射される。ここには位相変調素子は無いので、反射光はS偏光のまま出射される。他の反射光（S偏光）についても同様である。従って、全体として見れば、1から $m$ 番目の各偏光分離膜に無偏光で入射した各光束はS偏光に揃えられて出射される。

20

【0024】

図4も入射光束の光軸に対し略 $60^\circ$ （入射角略 $30^\circ$ ）となるような角度で光束と同一ピッチに配された平行四辺形ブロック列を示し、各平行四辺形ブロックには各偏光分離膜10が施され、入射面と出射面は光束の光軸に直交するように配されている。ただし、図4では、出射面側には各平行四辺形ブロックの出射面の略左半分の位置に位相変調素子20が配されている。

30

【0025】

入射光束100は各平行四辺形ブロックの位相変調素子20の無い位置に対向する位置から入射される。 $i$ 番目の光束100 <sub>$i$</sub> は $i$ 番目の偏光分離膜10 <sub>$i$</sub> で透過光（P偏光）と反射光（S偏光）に分離され、透過光（P偏光）は偏光分離膜10 <sub>$i$</sub> を透過してP偏光のまま出射される。反射光（S偏光）は $i$ 番目の偏光分離膜10 <sub>$i$</sub> で反射された後、 $i+1$ 番目の偏光分離膜10 <sub>$i+1$</sub> で反射されて透過光と平行な光束となる。 $i+1$ 番目の光束100 <sub>$i+1$</sub> は $i+1$ 番目の偏光分離膜10 <sub>$i+1$</sub> で透過光（P偏光）と反射光（S偏光）に分離される。ここでも、各偏光分離膜の入射角を略 $30^\circ$ に設定することにより、 $i$ 番目の反射光は $i$ 番目の透過光と $i+1$ 番目の透過光の略中間の位置に出射される。ここには $1/2$ 波長板等の位相変調素子20 <sub>$i$</sub> が配されており、反射光はP偏光に変換されて出射される。他の反射光についても同様である。従って、全体として見れば、1から $m$ 番目の各偏光分離膜に無偏光で入射した各光束100はP偏光に揃えられて出射される。

40

【0026】

図5は入射光束の光軸に対し略 $30^\circ$ （入射角略 $60^\circ$ ）となるような角度で光束と同一ピッチに配された平行四辺形ブロック列を示し、各平行四辺形ブロックには各偏光分離

50

膜 10 が施され、入射面と出射面は光束の光軸に直交するように配されている。また、出射面側には各平行四辺形ブロックの出射面の略左半分の位置に位相変調素子 20 が配されている。

#### 【0027】

入射光束 100 は各ブロックの位相変調素子 20 に対向する位置から入射される。i 番目の光束 100<sub>i</sub> は i 番目の偏光分離膜 10<sub>i</sub> で透過光 (P 偏光) と反射光 (S 偏光) に分離される。透過光 (P 偏光) は i 番目の偏光分離膜 10<sub>i</sub> を透過した後、1/2 波長板等の位相変調素子 20<sub>i</sub> によって S 偏光に変換されて出射される。反射光 (S 偏光) は i 番目の偏光分離膜 10<sub>i</sub> で反射された後、i+1 番目の偏光分離膜 10<sub>i+1</sub> で再び反射されて透過光と平行な光束となる。i+1 番目の光束 100<sub>i+1</sub> は i+1 番目の偏光分離膜 10<sub>i+1</sub> で透過光と反射光に分離され、i+2 番目の光束 100<sub>i+2</sub> は i+2 番目の偏光分離膜 10<sub>i+2</sub> で透過光と反射光に分離される。ここで、各偏光分離膜の入射角を略 60° に設定することにより、i 番目の反射光は i+1 番目の透過光と i+2 番目の透過光の略中間の位置に出射される。ここには位相変調素子はないので、反射光は S 偏光のまま出射される。他の反射光についても同様である。従って、全体として見れば、1 から m 番目の各偏光分離膜に無偏光で入射した各光束 100 は S 偏光に揃えられて出射される。なお、四辺形ブロック内で透過光と前段からの反射光とが交叉するが、両者の光軸が異なるため支障はない。

#### 【0028】

図 6 も入射光束の光軸に対し略 30° (入射角略 60°) となるような角度で光束と同一ピッチに配された平行四辺形ブロック列を示し、各平行四辺形ブロックには各偏光分離 10 が施され、入射面と出射面は光束の光軸に直交するように配されている。ただし、出射面側には各平行四辺形ブロックの出射面の略右半分の位置に位相変調素子 20 が配されている。

#### 【0029】

入射光束 100 は各平行四辺形ブロックの位相変調素子 20 の無い位置に対向する位置から入射される。i 番目の光束 100<sub>i</sub> は i 番目の偏光分離膜 10<sub>i</sub> で透過光と反射光に分離される。透過光 (P 偏光) は i 番目の偏光分離膜 10<sub>i</sub> を透過して P 偏光のまま出射される。反射光 (S 偏光) は i 番目の偏光分離膜 10<sub>i</sub> で反射された後、i+1 番目の偏光分離膜 10<sub>i+1</sub> で再び反射されて透過光と平行な光束となる。i+1 番目の光束 100<sub>i+1</sub> は i+1 番目の偏光分離膜 10<sub>i+1</sub> で透過光と反射光に分離され、i+2 番目の光束 100<sub>i+2</sub> は i+2 番目の偏光分離膜 10<sub>i+2</sub> で透過光と反射光に分離される。ここでも、各偏光分離膜の入射角を略 60° に設定することにより、i 番目の反射光は i+1 番目の透過光と i+2 番目の透過光の略中間の位置に出射される。ここには 1/2 波長板等の位相変調素子 20<sub>i</sub> が配されており、反射光は P 偏光に変換されて出射される。他の反射光についても同様である。従って、全体として見れば、1 から m 番目の各偏光分離膜に無偏光で入射した各光束 100 は P 偏光に揃えられて出射される。この場合も、四辺形ブロック内で透過光と前段からの反射光とが交叉するが、両者の光軸が異なるため支障はない。

#### 【0030】

図 2 乃至図 6 に示したような平行四辺形ブロック列の場合、入射角をちょうど 30° あるいは 60° に設定したとき、透過光のちょうど中間の位置に反射光が出射される。但し、出射面側で反射光が透過光と重ならなければよいので、入射角は必ずしもちょうど 30° あるいは 60° である必要はなく、略 30° あるいは略 60° であればよい。また、入射されるビームが細いほど、平行四辺形ブロック内の光束を制御しやすくなり、出射も制御しやすくなる。このように入射されるビームが細ければ、入射角や入射位置の許容範囲は広がる。

#### 【0031】

次に、本発明の偏光変換素子の端部の構成例について説明する。本発明の偏光変換素子の端部はさまざまな形状が採れる。その様子を図 7 および図 8 に示す。

図7は偏光分離膜(偏光分離面)の入射角が略 $30^\circ$ の場合で、(a)は平行四辺形のブロックをそのまま一つずつ両端に追加したものである。サイズ的には長くなるが、両端の形状が中間部と同一であるため、長い同一部材を必要枚数はりあわせたものを斜めに切断するだけで製作できる。また、(b)、(c)のように不要な端部をカットすれば寸法を短くでき、形状的には扱いやすくなる。(d)は(c)について最終面( $m+1$ 番目の偏光分離膜)をなくしたもので、最端の光束( $m$ 番目の光束 $100_m$ )の反射光は捨てることになるが、サイズはさらに小さくできるので、光量に余裕のある場合はこのような構成も採れる。なおこの場合、反射光側に位相変調素子 $20$ を配する構成では、(e)のように位相変調素子の数は $m-1$ 個になる。

#### 【0032】

図8は同様のことを入射角が略 $60^\circ$ の場合について示したものである。(a)は図7の(a)と同様に四辺形のブロックをそのまま一つずつ両端に追加したものである。(b)は図7の(c)に対応し、不要な端部をカットしたもので、(c)は図7の(d)に対応し、さらに最終面( $m+1$ 番目の偏光分離膜)をなくして最端の $m$ 番目の光束 $100_m$ の反射光は棄てるようにしたものである。(d)は(c)の場合について反射光側に位相変調素子 $20$ を配する構成に適用したものである。(e)は(d)について $m$ 番目の偏光分離膜 $10_m$ を延ばし、 $m-1$ 番目の位相変調素子 $20_{m-1}$ を追加したものである。図8の効果は図7とほぼ同様であるが、サイズの短縮効果は入射角 $30^\circ$ の場合より大きくなる。また、(d)の場合、 $m-1$ 番目と $m$ 番目の反射光が棄てられるため、位相変調素子の数は $m-2$ 個になる。この $m-1$ 番目の反射光を残すようにしたのが(e)である。

#### 【0033】

図3乃至図6に示した構成と同様の作用は、並行四辺形ブロックの代わりにプレート状偏光素子を用いても得られる。図9、図10にその一例を示す。図9は、図4に対応し、四辺形ブロック列の代わりに、複数のプレート状偏光分離素子 $30$ を、その偏光分離面が入射光束の光軸に対し $60^\circ$ (入射角略 $30^\circ$ )となるような角度でフライアイレンズ $2000$ の光束と同一ピッチで配置したものである。各プレート状偏光分離素子 $30$ の入射面と出射面は光束の光軸に直交し、図4と同様に、出射面の左半分の位置に $1/2$ 波長板の位相変調素子 $40$ が配される。図10は図5に対応し、四辺形ブロック列に代わりに、複数のプレート状偏光分離素子 $50$ を、その偏光分離面が入射光束の光軸に対し略 $30^\circ$ (入射角 $60^\circ$ )となるような角度でフライアイレンズ $2000$ の光束と同一ピッチで配置したものである。各プレート状偏光分離素子 $50$ の入射面と出射面は光束の光軸に直交し、図5と同様に、出射面の左半分の位置に $1/2$ 波長板の位相変調素子 $60$ が配される。同様にして、図3、図6についても、四辺形ブロックをプレート状偏光分離素子に変えて構成することができる。動作は四辺形ブロックの場合と同じであるので、説明は省略する。

#### 【0034】

図9、図10に示したようなプレートタイプの場合には、プレートならびに位相変調素子は適当な枠体に固定される。プレートタイプの場合、片面多層膜、両側を透明部材で挟んだ多層膜、ワイヤーグリッドフィルタといった偏光分離素子が考えられ、設計の幅が広げられる。また、研磨工程が不要になり、コストダウンが計れる。

#### 【0035】

さらに、図11、図12に示すように、プレートタイプの場合、位相変調素子を出射面以外の場所に置くことも可能である。図11は、各プレート状偏光分離素子 $30$ の間に位相変調素子 $40$ を配置して、偏光分離素子 $30$ での反射光(S偏光)を位相変調素子 $40$ でP偏光に変換した後、次の偏光分離素子 $30$ で反射させるようにしたものである。図12についても同様である。

#### 【0036】

なお、プレートタイプの場合、偏光分離面の最適角度は板厚(プレートの厚み)の影響を受け、板厚が厚くなるほど入射角が大きくなる方向に、透過光と反射光が等ピッチで出射される解がある。最適入射角の板厚による変化は $30^\circ$ タイプの場合は微量であるが、

10

20

30

40

50



60°タイプでは板厚が厚い場合は影響が大きい。但し、平行四辺形ブロックの場合と同様、透過光と反射光が重ならなければよいので、透過光と反射光が等ピッチで出射される必要はなく、ビームが細いほど角度の許容範囲は広くできる。

【0037】

図13、図14は本発明の偏光変換素子の入射面側に遮光板（あるいは遮光膜）を設けた例を示している。図13、図14は、四辺形ブロックの入射面側に遮光板70を設けた例であるが、プレート状偏光素子を用いた構成についても同様に遮光板を設けることが可能である。偏光変換素子の入射面側に遮光板70を設けることにより不要光やフレア光をカットして偏光変換効率が高められる。この場合は、全面に渡って入射される平行光を半分だけ通して偏光変換するような使い方もできる。

10

【0038】

図15乃至図18は本発明の偏光変換素子を光学系の中心対称に配置した例を示している。偏光変換動作は、これまでの説明と同じであるが、偏光変換素子を光学機器の中に配置したとき、中心対称に光路が構成できるので、全体の構成が容易になる。なお、中心対称に配するので光線本数 $m$ に対し、一般に偏光分離部は $m+2$ 個、位相変調部は $m$ 個になる。最小単位は、図16に示すように $m=2$ の場合で、偏光分離部（偏光分離膜）は $10_1 \sim 10_4$ の4個、位相変調部（位相変調素子）は $20_1$ 、 $20_2$ の2個である。

【0039】

図15、図17、図18はプロジェクタ装置等の画像投影装置に用いられるフライアイレンズ2000-1、2000-2の光インテグレータ（図27、図28の1003）と組み合わせ例を示している。図15は2組の偏光変換素子200、300を第2フライアイレンズ2000-2に対して中心対称に配置したものであり、図17は各偏光変換素子200、300の入射光面にさらに遮光板70を設けたものである。図18は、第2のフライアイレンズ2000-2に対して中心対称にプレート状偏光分離素子50の列を配置して偏光変換素子400を構成した例であり、かつ、位相変調素子60を各プレート状偏光分離素子50の間に配置したものである。図15、図17、図18とも光束は平行光ではないが、第2フライアイレンズ2000-2上でビームは絞られるため、偏光変換素子200、300あるいは400に入射するビームは細く、光量損失を伴うことなく偏光変換が行われる。なお、図17の場合は、第2のフライアイレンズ2000-2で絞られた光束が偏光変換素子200、300に入射するので、遮光板70は不要に見えるが、これをプロジェクタ等の画像投影装置に用いた場合、実際には不要部分にも光が回り込み、遮光板70を用いることは有効である。

20

30

【0040】

図19は本発明の偏光変換素子の更にほかの実施例を示し、光束と偏光分離膜のピッチを変えて、偏光分離膜 $10_i$ からの反射光（S偏光）が次の偏光分離膜 $10_{i+1}$ の入射光位置と異なる位置で透過光（P偏光）と同一方向に反射されるようにして、偏光分離膜を45°に設定可能にしたものである。偏光分離膜 $10_i$ 、 $10_{i+1}$ の透過光は一つの1/2波長板などの位相変調素子 $20_{(i+1)/2}$ でS偏光に変調して出射する。なお、位相変調素子20を反射光の出射面に設ければ、光束をP偏光に揃えて出射することができる。また、プレート状偏光分離素子を用いる場合も、同様に、光束とプレート状偏光分離素子のピッチを変えることにより、プレート状偏光分離素子を45°に設定することが可能である。このような構成の偏光変換素子では、位相変調素子を光束の半分程度に減らすことが可能となる。

40

【0041】

次に、図20乃至図23に本発明の偏光変換素子の更にほかの実施例を示す。これらの実施例は、偏光分離部（以下、偏光分離素子）の近傍に位相変調部（以下、位相変調素子）を対峙させて平行に配置することを基本構成としたものである。特に偏光分離素子と位相変調素子を互いに平行に配置させる構成を採用することにより、平行平板を積層した構造や、位相変調素子を偏光分離素子上に密接して配置する構成を採用できるため、両者を精度よく配置でき、また、後述するように製作が非常に容易になる。

50

## 【 0 0 4 2 】

ここで、位相変調素子としては、他の実施例と同様に  $1/2$  波長板が好適である。 $1/2$  波長板の機能を有しているものであればいずれでもよく、位相差を有したフィルム状の  $1/2$  波長板、雲母、また構造複屈折により  $1/2$  波長作用を持たせてもよい。

## 【 0 0 4 3 】

偏光分離素子としては、偏光ビームスプリッタと呼ばれる素子が好適である。誘電体多層膜で構成したものや、波長以下の金属の格子により偏光分離特性を有したワイヤーグリッド型の偏光ビームスプリッタでもよく、いずれにせよ、偏光方向によって分離作用を有するものであればよい。このような構成を採用することにより、他の実施例と同様に入射光線に対応した数のみ、偏光素子を配列すればよく、簡易な偏光変換素子を実現できる。また、位相変調素子を素子内部に持たせた構造であるため、素子として安定した構造をとることができる。また、波長板等を、ガラス基板等と両側から密着させることが可能となるため、熱伝導率を高め、耐熱性を向上させることが可能となる。

10

## 【 0 0 4 4 】

図 20 の偏光変換素子は、先の図 3 と同様に、入射面および出射面が入射光軸に対して直交し、接合面が入射光軸に対して略  $60^\circ$ （入射角が略  $30^\circ$ ）の傾きを持つ複数の平行四辺形ブロック（以下、偏光素子）110 を配列し、それぞれ接合面に偏光分離膜等の偏光分離素子 101 を設けたものであるが、位相変調素子 102 は偏光分離素子 101 上に密接して、該偏光分離素子 101 の略半分（図 20 の実施例では上半分）の領域に配置したものである。

20

## 【 0 0 4 5 】

以下に図 20 の動作を説明する。光束 100 は各偏光素子 110 に入射する。 $i$  番目の偏光素子 110 <sub>$i$</sub>  に入射した光束 100 <sub>$i$</sub>  は、該偏光素子 110 <sub>$i$</sub>  の偏光分離素子 101 <sub>$i$</sub>  によって、S 偏光が反射し、P 偏光が透過するように分離される。透過光の P 偏光は、位相変調素子 102 <sub>$i$</sub>  を通過し、S 偏光に変換されて出射される。偏光分離素子 101 <sub>$i$</sub>  で反射した S 偏光は、 $i + 1$  番目の偏光素子 110 <sub>$i + 1$</sub>  の偏光分離素子 101 <sub>$i + 1$</sub>  における位相変調機能の生じない部分に入射して再び反射される。各偏光素子 110 はほぼ平行に配置されているので、偏光素子 110 <sub>$i$</sub>  の透過光と偏光素子 110 <sub>$i + 1$</sub>  の反射光は同じ方向に出射される。

## 【 0 0 4 6 】

同様に、 $i + 1$  番目の偏光素子 110 <sub>$i + 1$</sub>  に入射した光束 100 <sub>$i + 1$</sub>  は、該偏光素子 110 <sub>$i + 1$</sub>  の偏光分離素子 101 <sub>$i + 1$</sub>  で透過光（P 偏光）と反射光（S 偏光）に分離される。透過光の P 偏光は、位相変調素子 102 <sub>$i + 1$</sub>  を通過し、S 偏光に変換されて出射される。偏光分離素子 101 <sub>$i + 1$</sub>  の反射光の S 偏光は、 $i + 2$  番目の偏光素子 110 <sub>$i + 2$</sub>  の偏光分離素子 101 <sub>$i + 2$</sub>  における位相変調機能の生じない部分に入射して再び反射し、偏光素子 110 <sub>$i + 1$</sub>  の透過光と同じ方向に出射される。

30

## 【 0 0 4 7 】

このように、図 20 の構成によれば、先の図 3 と同様に、ランダムあるいは無偏光に各偏光素子 110 に入射した各光束 100 が S 偏光に揃えられて出射される。また、位相変調素子 102 を偏光分離素子 101 上に密接して配置するため、精度良く配置でき、製作上も非常に簡易な構造となる。

40

## 【 0 0 4 8 】

なお、図 20 において、各偏光素子 110 として、偏光分離素子 101 の下半分の領域に位相変調素子 102 を配置した構成とすれば、先の図 4 と同様に、各偏光素子 110 にランダムに入射した各光束 100 は P 偏光に揃えられて出射されることになる。

## 【 0 0 4 9 】

次に図 21 の偏光変換素子は、先の図 5 と同様に、入射面および出射面が入射光軸に対して直交し、接合面が入射光軸に対して略  $30^\circ$ （入射角が略  $60^\circ$ ）の傾きを持つ複数の平行四辺形ブロック（以下、偏光素子）110 を配列し、それぞれ接合面に偏光分離素子 101 を設け、該偏光分離素子 101 の略下半分の領域に位相変調素子 102 を密接し

50

て配置したものである。

【0050】

図21の動作は先の図20と基本的に同様である。光束100は各偏光素子110に入射する。 $i$ 番目の偏光素子110 <sub>$i$</sub> に入射した光束100 <sub>$i$</sub> は、該偏光素子110 <sub>$i$</sub> の偏光分離素子101 <sub>$i$</sub> でS偏光が反射し、P偏光が透過する。透過光のP偏光は、位相変調素子102 <sub>$i$</sub> を通過し、S偏光に変換されて出射される。偏光分離素子101 <sub>$i$</sub> で反射したS偏光は、 $i+1$ 番目の偏光素子110 <sub>$i+1$</sub> の偏光分離素子101 <sub>$i+1$</sub> における位相変調機能の生じない部分に入射して再び反射し、透過光と同じ方向に出射される。

【0051】

$i+1$ 番目の偏光素子110 <sub>$i+1$</sub> に入射した光束100 <sub>$i+1$</sub> は、該偏光素子100 <sub>$i+1$</sub> の偏光分離素子101 <sub>$i+1$</sub> で透過光(P透過)と反射光(S偏光)に分離され、透過光のP偏光は、位相変調素子102 <sub>$i+1$</sub> を通過し、S偏光に変換されて、光束100 <sub>$i$</sub> の透過光と反射光の略中間の位置に出射される。偏光分離素子101 <sub>$i+1$</sub> の反射光のS偏光は、 $i+2$ 番目の偏光素子110 <sub>$i+2$</sub> の偏光分離素子101 <sub>$i+2$</sub> における位相変調機能の生じない部分に入射して再び反射し、偏光素子110 <sub>$i+1$</sub> の透過光と同じ方向に出射される。

【0052】

このように、図21の構成によれば、先の図5と同様に、ランダムあるいは無偏光に各偏光素子110に入射した各光束がS偏光に揃えられて出射される。また、位相変調素子102を偏光分離素子101上に密接して配置するため、精度よく配置でき、製作上も非常に簡易な構造となる。

【0053】

なお、図21において、各偏光素子110として、偏光分離素子101の上半分の領域に位相変調素子102を配置する構成とすれば、先の図6と同様に、各偏光素子110に入射した各光束100はP偏光に揃えられて出射されることになる。

【0054】

次に、図22の偏光変換素子は、図20と同様に、接合面が入射光軸に対して略60°(入射角が略30°)の傾きを持つ複数の偏光素子110を平行に配置したものであるが、本実施例では、位相変調素子102を、偏光分離素子101の略全領域に対峙させて配置し、さらに、偏光素子110内部に偏光分離素子101及び位相変調素子102と平行に第2の位相変調素子103を配置させたものである。

【0055】

以下に図22の動作を説明する。光束100は各偏光素子110に入射する。 $i$ 番目の偏光素子110 <sub>$i$</sub> に入射した光束100 <sub>$i$</sub> は位相変調素子103 <sub>$i$</sub> を通過し、偏光分離素子101 <sub>$i$</sub> によって、S偏光が反射し、P偏光が透過するように分離される。透過光のP偏光は、位相変調素子102 <sub>$i$</sub> が通過し、S偏光に変換されて出射される。偏光分離素子101 <sub>$i$</sub> で反射したS偏光は、位相変調素子103 <sub>$i$</sub> を通過してP偏光に変換され、偏光素子110 <sub>$i+1$</sub> へと向かう。そして、偏光素子110 <sub>$i+1$</sub> で位相変調素子102 <sub>$i+1$</sub> を通過し(S偏光に変換)、偏光分離素子101 <sub>$i+1$</sub> で反射し、位相変調素子102 <sub>$i+1$</sub> を通過した後(P偏光に再変換)、再び位相変調素子103 <sub>$i$</sub> を通過し、最終的にS偏光となって出射される。 $i+1$ 番目の偏光素子110 <sub>$i+1$</sub> に入射した光束100 <sub>$i+1$</sub> についても同様である。各偏光素子110はほぼ平行に配置されているので、透過光と反射光は同じ方向に出射される。

【0056】

このように、図22の構成によれば、ランダムあるいは無偏光に各偏光素子110に入射した各光束100がS偏光に揃えられて出射される。また、偏光分離素子101、位相変調素子102、103はほぼ同一構造であるため、図20や図21の構成よりも製作がさらに容易であり、量産にも適している。

【0057】

図23は図22の変形例で、各偏光素子110の接合面を構成する偏光分離素子101

10

20

30

40

50

と位相変調素子 102 とを逆の配置にして、出射光を P 偏光に揃えるようにしたものである。この偏光分離素子 101 と位相変調素子 102 とが逆の配置となっている以外、その他の構成は図 22 と同様である。

#### 【0058】

以下に図 23 の動作を説明する、光束 100 は各偏光素子 110 に入射する。i 番目の偏光素子 110<sub>i</sub> に入射した光束 100<sub>i</sub> は位相変調素子 103<sub>i</sub>、位相変調素子 102<sub>i</sub> を順次通過し、偏光分離素子 101<sub>i</sub> によって、S 偏光が反射し、P 偏光が透過するように分離される。そして、透過光の P 偏光はそのまま出射光となる。偏光分離素子 101<sub>i</sub> で反射した S 偏光は、位相変調素子 102<sub>i</sub> を通過して P 偏光に変換され、更に位相変調素子 103<sub>i</sub> を通過して S 偏光に変換されて、変換素子 110<sub>i+1</sub> へと向う。そして、偏光素子 110<sub>i+1</sub> の偏光分離素子 101<sub>i+1</sub> で反射し、再び位相変調素子 103<sub>i</sub> を通過して P 偏光に変換されて出射光となる。i+1 番目の偏光素子 110<sub>i+1</sub> に入射した光束 100<sub>i+1</sub> についても同様である。各偏光素子 110 はほぼ平行に配置されているので、透過光と反射光は同じ方向に出射される。

10

#### 【0059】

次に、図 20 及び図 22 に示した偏光変換素子の製造方法について説明する。

図 24 は図 20 に示した偏光変換素子の製造方法の一実施例を説明する図である。まず、概略平行基板（例えばガラス基板）120 上に偏光分離素子 101 となる偏光分離膜を形成し、該偏光分離膜上に、位相変調素子 102 となる位相変調機能を有する個所と、有しない個所を直接あるいはバッファ層を介して等ピッチに形成する（工程 1）。位相変調素子 102 となる個所は、例えば、フィルム状の 1/2 波長板を短冊状に貼り付けたり、あるいは、接着剤により密着固着して形成する。バッファ層とは、ここでは、粘着剤や粘着剤、あるいは接着強度を高めるために表面処理など、偏光分離素子 101 と位相変調素子 102 の間に配置されるものであり、必要に応じて形成する。工程 1 では、偏光分離素子 101 及び位相変調素子 102 が形成された基板（偏光素子基板）125 を複数個作成する。

20

#### 【0060】

次に、偏光分離素子 101 及び位相変調素子 102 が形成された複数の偏光素子基板 125 を、それぞれ位相変調素子 102 の配列方向に一定量（P）シフトして積層し、密着接合する（工程 2）。接合には、熱硬化型接着剤を利用したり、UV 接着剤の塗布、紫外線による硬化接合などを利用する。偏光分離膜上に 1/2 波長板などが短冊状に配置されることにより、多少の段差ができて、接着剤で平坦化される。もちろん、構造複屈折による位相変調機能を有する素子を設けてもよい。その場合には、機能層の厚みなどを無視できるので好都合である。

30

#### 【0061】

次に、積層密着された偏光素子基板体（積層体）を、シフト量（P）に応じた量だけ積層方向に対して傾斜して平行に切断し、平行平板状に偏光変換素子を切り出す（工程 3）。最終的には、切り出した面と光学的に鏡面仕上げなどして、平行線平板状に形成された偏光変換素子が得られる。

#### 【0062】

基板の上に波長板を短冊状に貼り付ける構成では、粘着剤の耐熱性等によりヤケが発生したりする不具合があるが、本実施例では、基板内に偏光分離素子と一体に形成されるために、基板の熱伝導性が良くなり、波長板の耐熱性が向上するなど、信頼性の面で向上する。なお、図 21 の偏光変換素子もまったく同様に製作することができる。

40

#### 【0063】

図 25 は図 22 に示した偏光変換素子の製造方法の実施例を示したものである。まず、概略平行平板基板（例えばガラス基板）120 上に偏光分離素子 101 となる偏光分離膜を形成し、さらに該偏光分離膜上に、位相変調素子 102 となる位相変調膜を形成し、偏光素子基板 125 とする。また、基板 120 と同一形状、ほぼ同一厚みの基板（例えばガラス基板）130 上に位相変調素子 103 となる位相変調膜を形成し、位相変調素子基板 1

50

35とする。そして、偏光素子基板125の位相変調膜上に、位相変調素子基板135を接合して一つの積層ユニット140とする。これが工程1である。ここで、位相変調素子102、103は、1/2波長板が好適であり、単純に積層すればよい。また、偏光素子基板125と位相変調素子基板135の接合時には、粘着材や接着材、あるいは、接着強度を高めるための表面処理など、偏光分離膜と位相変調膜の間、位相変調膜と基板（ガラス基板）などの間にバッファ層を必要に応じて形成する。この工程1では、偏光素子基板125と位相変調素子基板135が積層された積層ユニット140を複数作成する。

#### 【0064】

次に、複数の積層ユニット140を積層して接合する（工程2）。接合には、熱硬化型接着剤を利用したり、UV接着剤を塗布、紫外線による効果接合などを利用する。

10

次に、複数の積層ユニット140が積層接合された積層ユニット体を、積層方向に対して傾斜して平行に切断し、平行平板状に偏光変換素子を切り出す（工程3）。最終的には、切り出した面を光学的に起用面仕上げなどし、平行平板状に形成された偏光変換素子（図22）が形成される。

#### 【0065】

以上のように、図22に示す偏光変換素子の製造では、1/2波長板を短冊状に貼る必要がなく、基本的には偏光分離素子、位相変調素子を平面状に堆積していくだけでよく、非常に単純な工程となる。なお、偏光素子基板125の偏光分離素子101と位相変調素子102の重ねる順番を逆にすると、図23に示す偏光素子となる。

#### 【0066】

20

また、図20に示す偏光素子の製造でも述べたように、基板上に波長板を短冊状に貼り付ける構成では、粘着剤の耐熱性等によりヤケが発生したりする不具合があるが、本実施例では、基板内に偏光分離素子と一体に形成されるために、基板の熱伝導性が良くなり、波長板の耐熱性が向上するなど、信頼性の面で向上する。また、同一パターンの素子基板を積層させて作成できるため、量産にも適している。

#### 【0067】

なお、図20乃至図23に示した偏光変換素子においても、図13、図14に示したように、偏光変換素子の入射面側に遮光板（あるいは遮光膜）を設けるようにしてもよい。また、図15乃至図18に示したように、偏光変換素子を光学系の中心対称に配置する構成とすることもできる。

30

#### 【0068】

図26に照明光学系への適用例を示す。図26では、変更変換素子としては図20の構成例が示されているが、これは単なる一例であり、任意の偏光変換素子が適用可能である。

光源の光束400は、集光素子410により複数の光束420に分割される。集光素子410は単一光源の光量光束を均一化する照明光学系の一要素であり、レンズアレイを2次元配置した集光素子アレイ（フライアレイレンズアレイ）が一般に用いられる。このフライアレイレンズアレイを2対（410、430）用い、第1のレンズアレイ410の集光点近傍（瞳位置）に第2のレンズアレイ430を配置して、単一光源の像を複数作成する。この複数の像が二次点光源となり、フライアレイレンズアレイの配列ピッチに応じてアレイ状に形成される。この複数の点光源をコンデンサーレンズ460などを用いて、所望の被照射物に照射、重畳させる均一照明を得る。この種の照明光学系は、均一な照明が必要な露光装置や投射装置などの照明装置に多く用いられている。

40

#### 【0069】

図15や図17と同様に、このような照明光学系において、複数に分割された照明光束を効率よく1偏光方向の光束に揃えるために本発明の偏光変換素子450を配置する。また、偏光変換素子450の入射側に遮光部440を配置する。これは図17と同様である。

#### 【0070】

従来の照明光学系では、偏光変換素子450の位置に、図29（A）、（B）に示すよ

50

うな構成の偏光変換素子を配置していたため、分割された光束の約2倍分の変更変換素子が必要であった。一方、本発明の偏光変換素子450では、分割された光束の数だけあればよい。厳密には、図26に示したように、4つの光束420に対して、5つの偏光変換部があればよく、照明光束の数に対して一つ増やすだけでよい。

なお、図26に示したのはあくまでも紙面上での配列数であって、照明光束の数は、偏光変換素子を構成する偏光素子のアレイ方向の数である。

#### 【0071】

このように、従来の偏光変換素子を搭載した照明系より、偏光素子の配列数が少なくなり、本発明の偏光変換素子を用いた照明系を低コストに構築できる。また、配列数が少なくなる、つまり、配列ピッチが相対的に大きくなるため、積層ピッチ誤差や、配置の誤差も少なくなり、偏光変換効率の高い照明系を実現できる。また、より偏光がそろった照明光学系とするために、図26では、偏光変換素子450の入射側に遮光部440を配置した構成となっている。従来は、集光素子の周辺での収差や、光源の有限の大きさがあることにより、集光性が劣るとり、偏光変換素子の必要な入射部以外から入射する光束によって、偏光度を落としてしまう要因となっていたが、このような構成を採用することで、より偏光度の高い照明光学系を提供できる。

#### 【0072】

以上、本発明の偏光変換素子の実施形態を説明したが、本発明は、図示の構成に限定されるものでないことはいうまでもない。本発明による偏光変換素子を照明光学系中に配して、図27ないし図28に示すような液晶を画像形成素子とするプロジェクタ装置（画像投影装置）が構成される。なお、プロジェクタに偏光変換素子を適用する場合、偏光変換素子によってP偏光に揃えるかS偏光に揃えるかは、ひとえに液晶素子等の画像形成素子の偏光依存性にかかわっており、画像形成素子の特性が得られる偏光方向に揃えられる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0073】

【図1】本発明の偏光変換素子の原理的な構成図。

【図2】同じく本発明の偏光変換素子の原理的な構成図。

【図3】本発明のアレイ化した偏光変換素子の基本的な構成図。

【図4】同じく本発明のアレイ化した偏光変換素子の基本的な構成図。

【図5】同じく本発明のアレイ化した偏光変換素子の基本的な構成図。

【図6】同じく本発明のアレイ化した偏光変換素子の基本的な構成図。

【図7】本発明のアレイ化した偏光変換素子の端部の構成図。

【図8】同じく本発明のアレイ化した偏光変換素子の端部の構成図。

【図9】プレート状偏光分離素子を用いた場合の本発明の偏光変換素子の構成図。

【図10】同じくプレート状偏光分離素子を用いた場合の本発明の偏光変換素子の構成図。

【図11】プレート状偏光分離素子を用いた場合の本発明の偏光変換素子の变形構成図。

【図12】同じくプレート状偏光分離素子を用いた場合の本発明の偏光変換素子の变形構成図。

【図13】本発明の偏光変換素子の入射面に遮光板を設けた場合の構成図。

【図14】同じく本発明の偏光変換素子の入射面に遮光板を設けた場合の構成図。

【図15】本発明の偏光変換素子を光学系の中心対象に配置した場合の構成図。

【図16】本発明の偏光変換素子を光学系の中心対象に配置した場合の構成図。

【図17】同じく本発明の偏光変換素子を光学系の中心対象に配置した場合の構成図。

【図18】同じく本発明の偏光変換素子を光学系の中心対象に配置した最小単位の構成図。

【図19】本発明の偏光変換素子の別の原理的な構成図。

【図20】本発明の偏光変換素子の更に別の構成図。

【図21】同じく本発明の偏光変換素子の更に別の構成図。

【図22】同じく本発明の偏光変換素子の更に別の構成図。

10

20

30

40

50

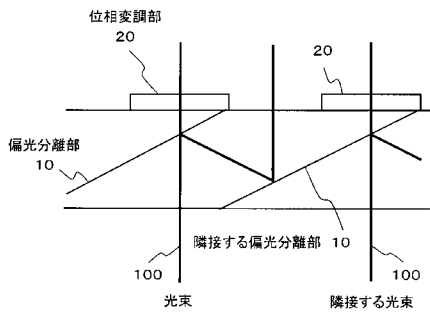
- 【図23】 同じく本発明の偏光変換素子の更に別の構成図。
- 【図24】 図20の偏光変換素子の製造方法の説明図。
- 【図25】 図22の偏光変換素子の製造方法の説明図。
- 【図26】 本発明による偏光変換素子を適用した照明光学系の一実施例の構成図。
- 【図27】 透過型液晶を用いたプロジェクタ装置の一般的な構成図。
- 【図28】 反射型液晶を用いたプロジェクタ装置の一般的な構成図。
- 【図29】 従来と本発明の偏光変換素子の構成比較図。

【符号の説明】

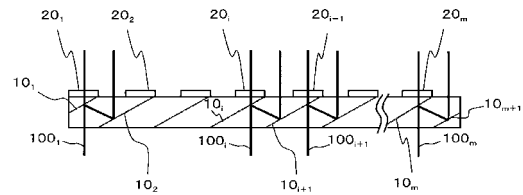
【0074】

- 10 偏光分離部
- 20 位相変調部
- 30、50 プレート状偏光分離素子
- 40、60 位相変調素子
- 70 遮光板
- 100 光束

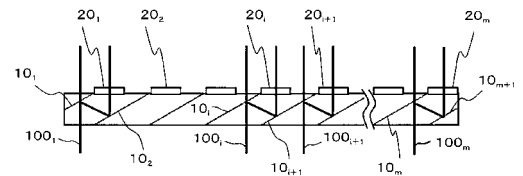
【図1】



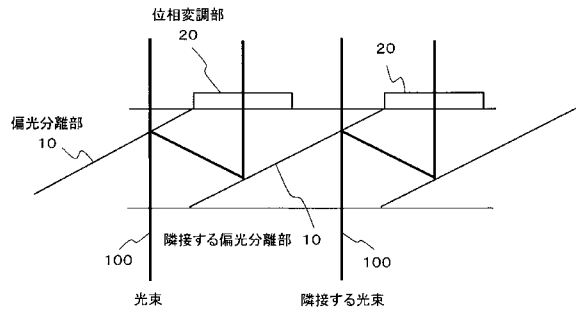
【図3】



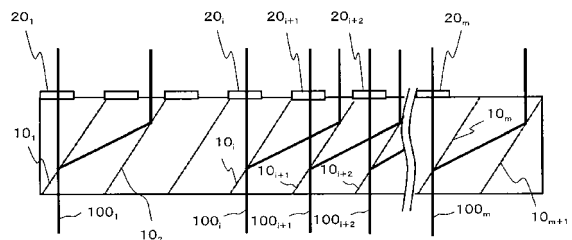
【図4】



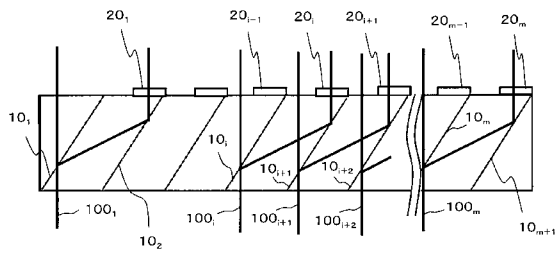
【図2】



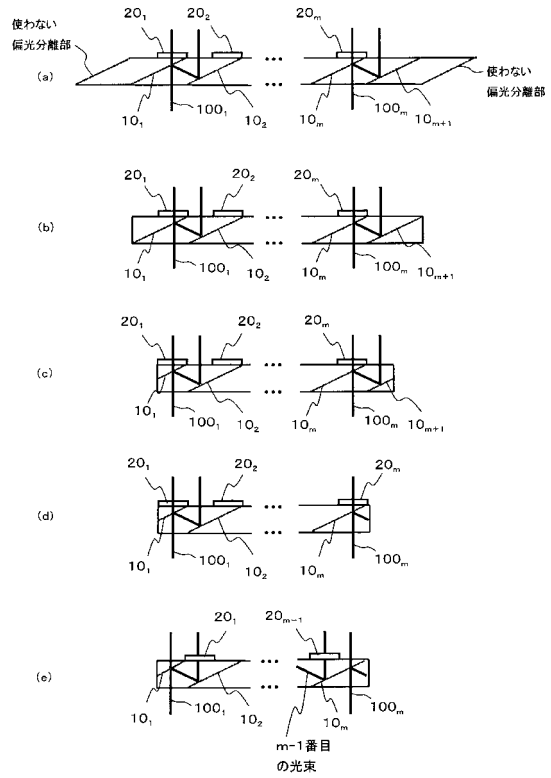
【図5】



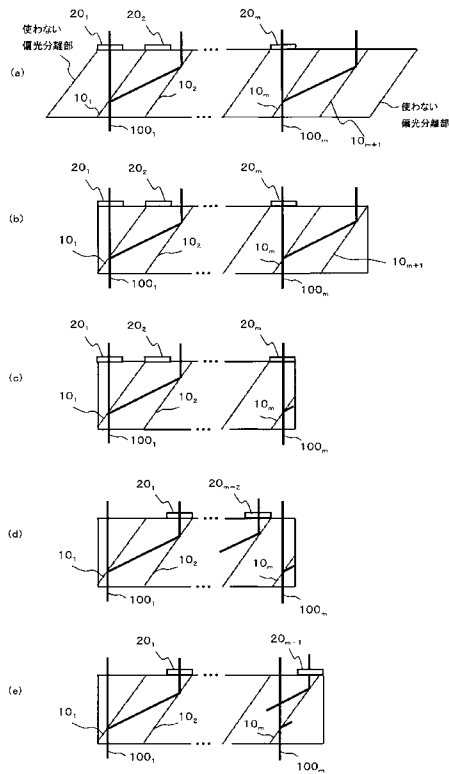
【図6】



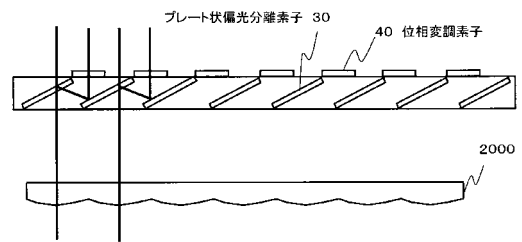
【図7】



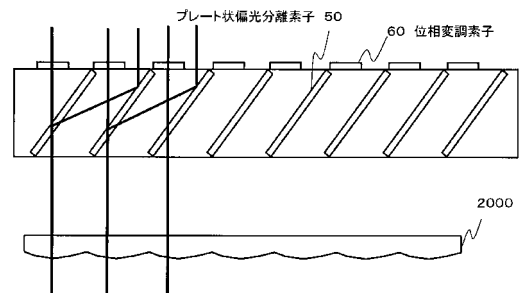
【図8】



【図9】

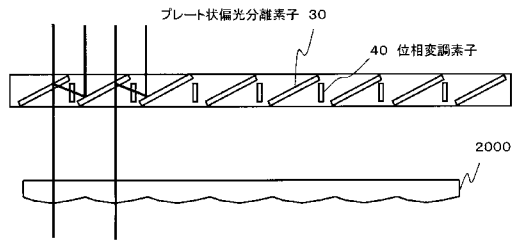


【図10】

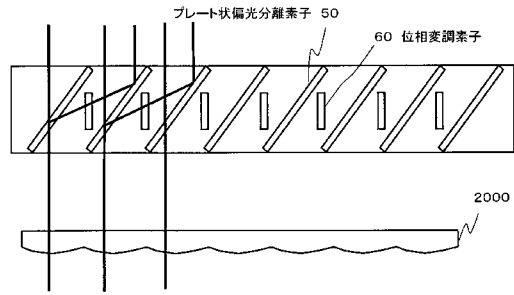




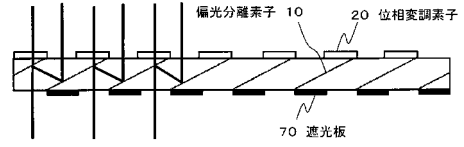
【図11】



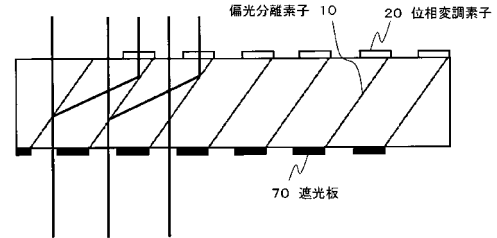
【図12】



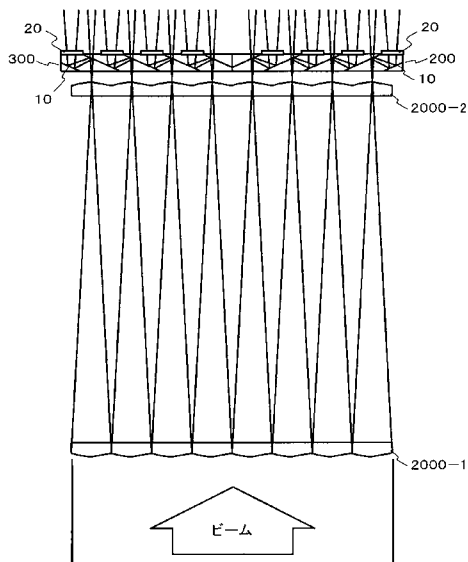
【図13】



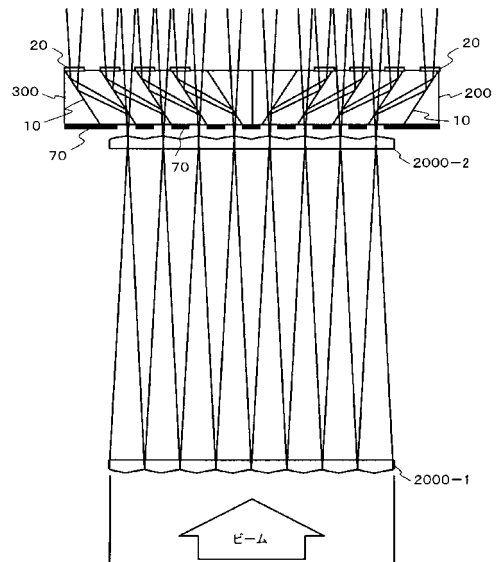
【図14】



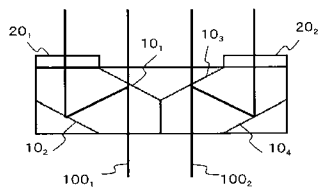
【図15】



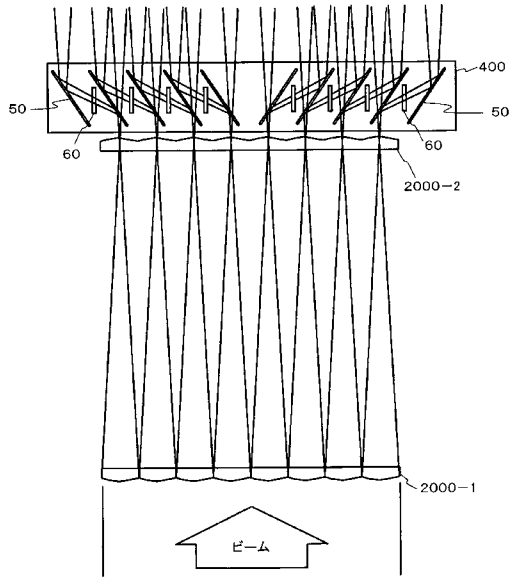
【図17】



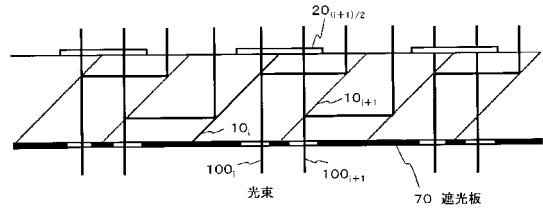
【図16】



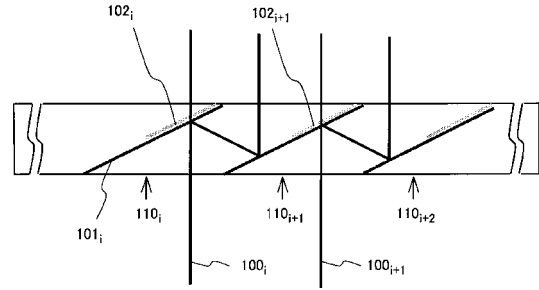
【図18】



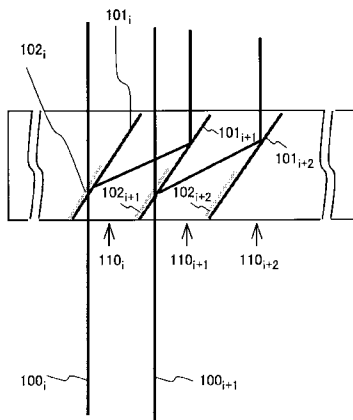
【図19】



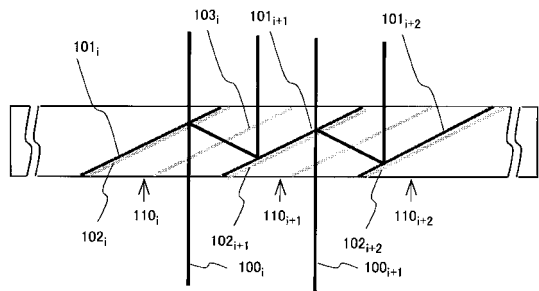
【図20】



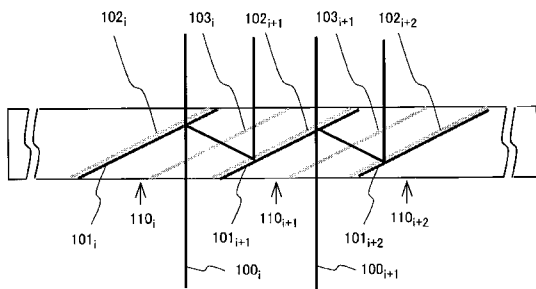
【図21】



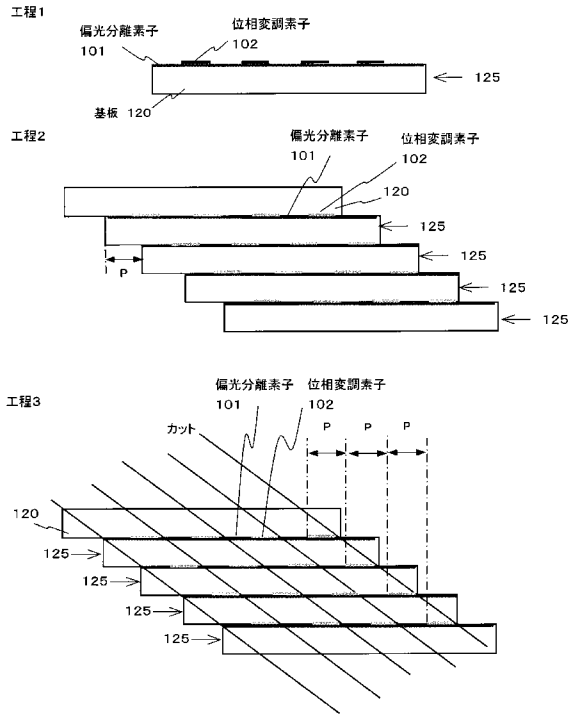
【図23】



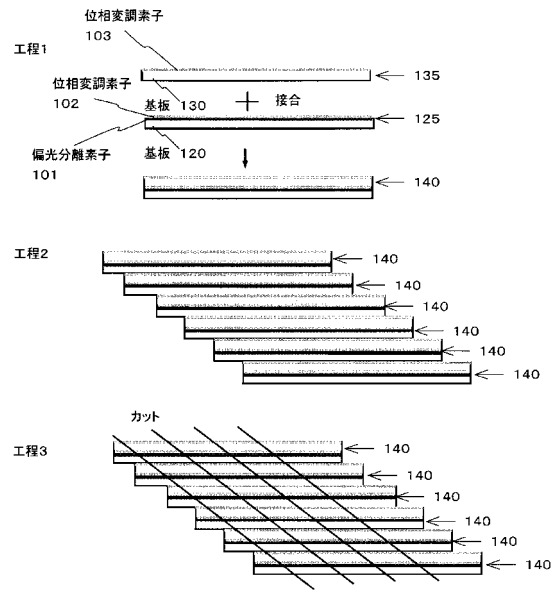
【図22】



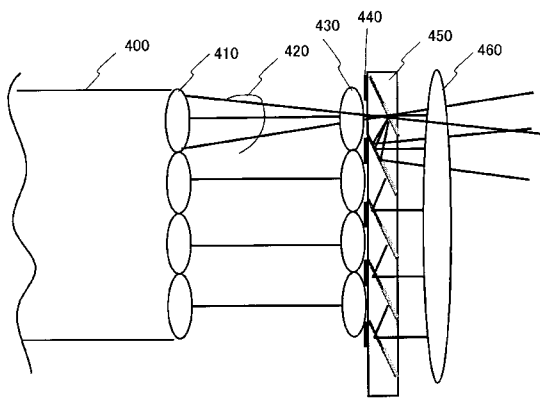
【図24】



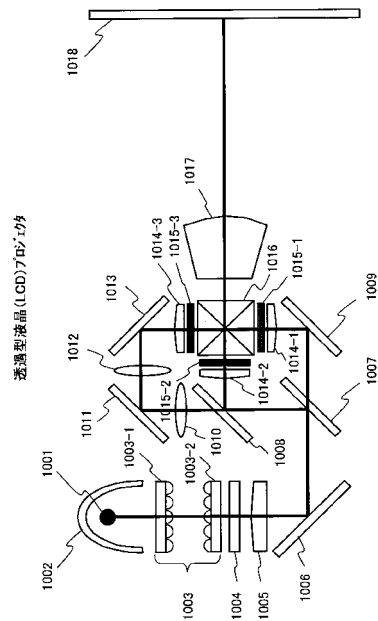
【図25】



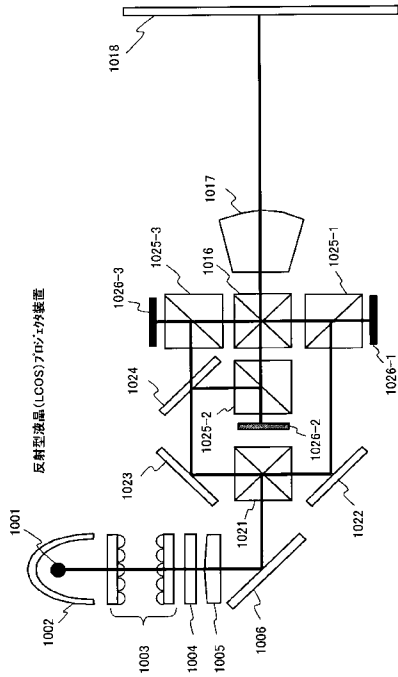
【図26】



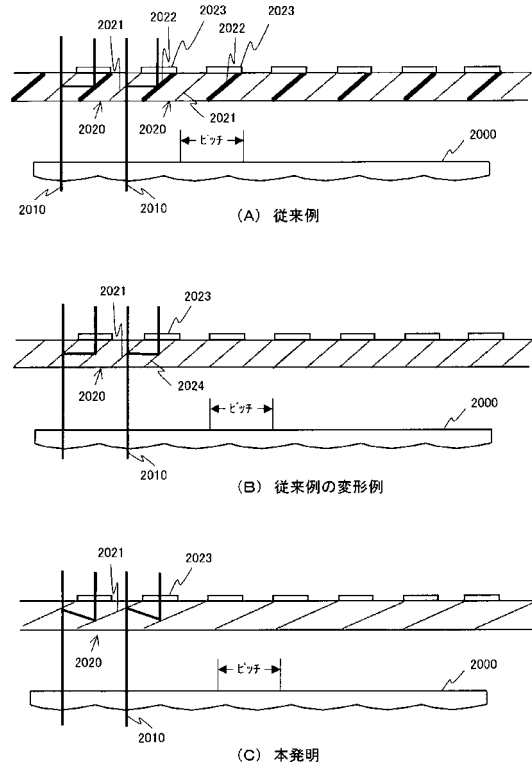
【図27】



【図28】



【図29】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-170869(JP,A)  
特開平11-249075(JP,A)  
特開2003-029032(JP,A)  
米国特許第06803972(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/30  
G02B 27/18  
G02F 1/13  
G03B 21/00  
G03B 21/14