

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-230857

(P2010-230857A)

(43) 公開日 平成22年10月14日(2010.10.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 27/28 (2006.01)	G02B 27/28 Z	2H088
G02F 1/13 (2006.01)	G02F 1/13 505	2H149
G03B 21/00 (2006.01)	G03B 21/00 E	2H199
G02B 5/30 (2006.01)	G02B 5/30	2K103

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2009-76846 (P2009-76846)
 (22) 出願日 平成21年3月26日 (2009.3.26)

(71) 出願人 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100075281
 弁理士 小林 和憲
 (72) 発明者 川村 宜司
 栃木県佐野市小中町700番地 フジノン
 佐野株式会社内
 Fターム(参考) 2H088 EA14 EA15 EA18 HA13 HA15
 HA17 HA18 HA20 HA21 HA23
 HA24 HA25 HA28 MA02 MA06
 2H149 AA02 AA17 AB13 AB26 BA04
 DA05 DA13 EA02 EA22
 2H199 AB13 AB29 AB43 AB47 AB48
 AB61

最終頁に続く

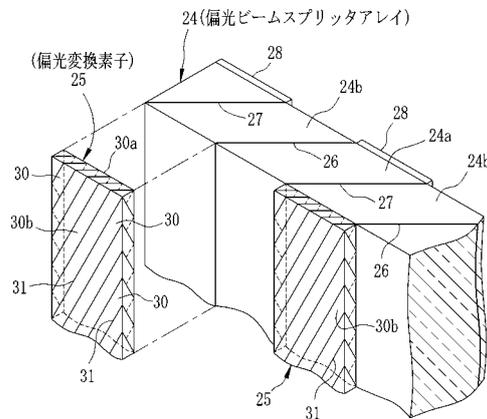
(54) 【発明の名称】 偏光変換素子及び偏光照明光学素子並びに液晶プロジェクト

(57) 【要約】

【課題】 無偏光光から偏光方向が一定の直線偏光光を抽出する偏光照明光学素子の耐熱性を高め、かつ製造コストも低く抑える。

【解決手段】 プリズムロッド24a, 24b相互の接合面に偏光分離膜26と反射膜27とを設ける。偏光分離膜26で反射し、反射膜27で反射した直線偏光光が射出する射出面に偏光変換素子25を接合する。偏光変換素子25は複数のプリズムロッド30をその入射面に対して45°傾いた側面を相互に接合したもので、接合面の相互間には透過光に1/2波長の位相差を与えるために誘電体多層膜からなる位相差膜が設けられている。位相差膜の光学軸が直線偏光光の偏光方向と45°をなすように、入射する直線偏光光の入射光軸に垂直な面内で接合境界線31とともに位相差膜も45°傾けられる。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに平行に対面する入射面及び出射面と、前記入射面に内角 45° で連なる第一側面及び前記出射面に内角 45° で連なる第二側面とを有する細長いプリズムロッドの複数本が並列するように、前記第一側面と第二側面とを順次に接合してなるプリズムシートと、互いに接合される前記プリズムロッドの前記第一側面または第二側面に、その法線と光学軸が略一致するように成膜され誘電体多層膜からなる光学異方性を有する位相差膜とを備え、前記入射面あるいは出射面側に露呈する前記複数本のプリズムロッドの各々の接合境界線が、入射する直線偏光光の入射光軸に垂直な面内で前記直線偏光光の偏光方向に対して 45° 傾けられたことを特徴とする偏光変換素子。

10

【請求項 2】

前記プリズムシートが矩形状に整形され、矩形をなす各辺に対して前記接合境界線が 45° で交差することを特徴とする請求項 1 記載の偏光変換素子。

【請求項 3】

互いに平行に対面する入射面及び出射面と、前記入射面に内角 45° で連なる第一側面及び前記出射面に内角 45° で連なる第二側面とを有する細長いプリズムロッドの複数本が並列するように、前記第一側面と第二側面とを順次に接合してなるプリズムシートと、互いに接合される前記プリズムロッドの前記第一側面または第二側面に、その法線と光学軸が略一致するように成膜された誘電体多層膜で構成され、前記入射面から垂直に入射した透過光に $1/2$ 波長の位相差を与える光学異方性を有する位相差膜とを備え、前記入射面あるいは出射面側に露呈する前記複数本のプリズムロッドの各々の接合境界線が、入射する直線偏光光の入射光軸に垂直な面内で前記直線偏光光の偏光方向に対して 45° 傾けられたことを特徴とする偏光変換素子。

20

【請求項 4】

互いに平行に対面する入射面及び出射面と、前記入射面に内角 45° で連なる第一側面及び前記出射面に内角 45° で連なる第二側面とを有する細長いプリズムロッドの複数本が並列するように、前記第一側面と第二側面とを順次に接合してなるプリズムシートと、互いに接合される前記プリズムロッドの前記第一側面または第二側面に、その法線と光学軸が略一致するように成膜された誘電体多層膜で構成され、前記入射面から垂直に入射した透過光に $1/4$ 波長の位相差を与える光学異方性を有する位相差膜とからなる偏光変換素子要素を二枚備え、前記二枚の偏光変換素子要素は、それぞれの接合境界線が、入射する直線偏光光の入射光軸に垂直な面内で前記直線偏光光の偏光方向に対して 45° 傾けて配置されることを特徴とする偏光変換素子。

30

【請求項 5】

互いに平行に対面する入射面及び出射面と、前記入射面に内角 45° で連なる第一側面及び前記出射面に内角 45° で連なる第二側面とを有する細長いプリズムロッドの複数本が並列するように、前記第一側面と第二側面とを順次に接合してなるプリズムシートと、互いに接合される前記プリズムロッドの前記第一側面または第二側面に、その法線と光学軸が略一致するように成膜された誘電体多層膜で構成され、前記入射面から垂直に入射した透過光に $1/4$ 波長の位相差を与える光学異方性を有する位相差膜とからなる偏光変換素子要素を二枚備え、前記偏光変換素子要素の一方は、前記接合境界線が、入射する直線偏光光の入射光軸に垂直な面内で前記直線偏光光の偏光方向に対して角 θ_1 傾けて配置され、前記偏光変換素子要素の他方は、前記接合境界線が、入射する直線偏光光の入射光軸に垂直な面内で前記直線偏光光の偏光方向に対して角 θ_2 傾けて配置され、かつ $2(\theta_1 - \theta_2)$ が略 90° であることを特徴とする偏光変換素子。

40

【請求項 6】

$60^\circ < \theta_1 < 70^\circ$ であり、 $15^\circ < \theta_2 < 25^\circ$ であることを特徴とする請求項 5 記載の偏光変換素子。

【請求項 7】

プリズム相互の接合面に偏光分離膜を備え、前記偏光分離膜に入射した無偏光光のうち

50

偏光方向が互いに直交する第一または第二の直線偏光光の一方を透過させ、他方を反射させる偏光ビームスプリッタと、

前記偏光分離膜で反射された他方の直線偏光光が出射する偏光ビームスプリッタの出射面に接合された請求項3～6のいずれか記載の偏光変換素子とからなり、

照明光源から前記偏光ビームスプリッタに入射した無偏光光を、前記偏光分離膜を透過した一方の直線偏光光と、前記偏光分離膜で反射され、かつ前記偏光変換素子を透過することによって偏光方向が90°回転した一方の直線偏光光とからなる偏光照明光に変換することを特徴とする偏光照明光学素子。

【請求項8】

前記偏光変換素子を出射面に接合した前記偏光ビームスプリッタが、前記偏光変換素子が同一面上に並ぶように複数個並列されたことを特徴とする請求項7記載の偏光照明光学素子。

10

【請求項9】

複数のマイクロレンズを配列した一对のマイクロレンズアレイを用いて光源ランプからの照明光を分割し、分割された照明光を液晶表示パネル上で重畳させて照明する照明光学系を備えるとともに、前記一对のマイクロレンズアレイの出射面の直後に請求項7または8記載の偏光照明光学素子が設けられたことを特徴とする液晶プロジェクタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直線偏光光の偏光方向を90°回転させる偏光変換素子に関し、さらにはこの偏光変換素子を用いて無偏光の照明光を一定の偏光方向をもつ直線偏光の照明光に変換する偏光照明光学素子及びこれを照明光学系中に用いた液晶プロジェクタに関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

液晶表示パネルに表示させた画像を光源ランプからの光で照明してスクリーンに投写する液晶プロジェクタが種々製品化されている。よく知られるように、液晶表示パネルは液晶分子を封入した所定厚みの液晶層と、その入射面側と出射面側にそれぞれ配置された偏光子と検光子とを備えている。偏光子と検光子とはそれぞれの偏光方向が互いに直交、あるいは平行となるように配置され、液晶層に入射した直線偏光光の通過を液晶分子の配向姿勢に応じて制御し、検光子を通して出射する直線偏光光の光量調節を行う。

30

【0003】

一方、液晶プロジェクタの照明光学系中には、光源からの無偏光光を液晶表示パネルの偏光子と同じ向きに偏光方向の直線偏光光に変換する偏光変換素子が用いられるのが通常である。このような偏光変換素子としては、特許文献1で知られるように、偏光ビームスプリッタと1/2波長板とを組み合わせたプリズムアレイが多用されている。偏光ビームスプリッタは、偏光方向が互いに直交する2種類の直線偏光光のうちの一方を透過させ他方を反射させる偏光分離面を備え、この偏光分離面で分離された2種類の直線偏光光のいずれかを1/2波長板を通して偏光方向を90度回転させた後、他方の直線偏光光と併せることによって、偏光方向がそろった直線偏光光を得ている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-129190号公報

【特許文献2】特開2006-64871号公報

【0005】

従来は1/2波長板は有機材料を用いたフィルムシート製のものがほとんどで、光源の近くで長時間使用していると褪色が生じやすく偏光変換効率も劣化するなどの問題が生じやすい。耐熱性の改善のために、水晶などの複屈折性の結晶体を1/2波長板に用いるこ

50

とも提案されているが、結晶自体が高価であり、また結晶の光学軸を精密に管理しながら加工しなければならないため製造コストも高くなる。この点、特許文献1, 2記載の偏光変換素子には誘電体多層膜からなる1/2波長板が用いられ、耐熱性が大きく改善されるだけでなく製造コストも低く抑えられるという利点がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1, 2記載の偏光変換素子に用いられている1/2波長板は、斜方蒸着による誘電体多層膜で構成されている。ところが、斜方蒸着した誘電体多層膜からなる位相差膜は1/4波長板までは実用化が可能ではあるが、1/2波長板として利用できる程度まで膜厚を増やすと白濁して透過率が低下するという問題が生じ、特に短波長側での透過率低下は顕著でカラーバランスに悪影響を及ぼす。また、斜方蒸着による誘電体多層膜は水分を吸収しやすく、これに伴って光学的性質が大きく変動するという難点もある。

10

【0007】

本発明は以上を考慮してなされたもので、斜方蒸着を要しない誘電体多層膜により直線偏光光の偏光方向を90°回転させる1/2波長板を実現し、耐熱性に優れかつコスト負担も抑えた偏光変換素子を提供することを目的とし、またこの偏光変換素子を利用した偏光照明光学素子及び液晶プロジェクトを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明の偏光変換素子は、互いに平行に対面する入射面及び出射面と、前記入射面に内角45°で隣接する第一側面及び前記出射面に内角45°で隣接する第二側面とを有する細長いプリズムロッドの複数本が並列するように、前記第一側面と第二側面とを順次に接合してなるプリズムシートと、互いに接合される前記プリズムロッドの前記第一側面または第二側面に、その法線と光学軸が略一致するように成膜され誘電体多層膜からなる光学異方性を有する位相差膜とを備え、前記入射面または出射面に露呈する前記複数本のプリズムロッドの各々の接合境界線が、入射する直線偏光光の入射光軸に垂直な面内で前記直線偏光光の偏光方向に対して45°傾けて用いられることを特徴とする。この偏光変換素子は好ましくは矩形状に整形され、矩形をなす四辺に対して前記接合境界線を45°で交差させておくのがよい。

20

30

【0009】

また本発明の偏光変換素子は、互いに平行に対面する入射面及び出射面と、前記入射面に内角45°で連なる第一側面及び前記出射面に内角45°で連なる第二側面とを有する細長いプリズムロッドの複数本が並列するように、前記第一側面と第二側面とを順次に接合してなるプリズムシートと、互いに接合される前記プリズムロッドの前記第一側面または第二側面に、その法線と光学軸が略一致するように成膜された誘電体多層膜で構成され、前記入射面から垂直に入射した透過光に1/2波長の位相差を与える光学異方性を有する位相差膜とを備え、前記入射面あるいは出射面側に露呈する前記複数本のプリズムロッドの各々の接合境界線が、入射する直線偏光光の入射光軸に垂直な面内で前記直線偏光光の偏光方向に対して45°傾けられることを特徴とする。なお前記位相差膜により、同様に入射した直線偏光光の偏光方向を1/4波長の位相差が与えられるようにしておけば、これを1/4波長板として用いることも可能である。

40

【0010】

さらに、本発明は同一構造をした二枚の偏光変換素子要素を重ね合わせた態様でも実現できる。この場合、各々の偏光変換素子要素は、互いに平行に対面する入射面及び出射面と、前記入射面に内角45°で連なる第一側面及び前記出射面に内角45°で連なる第二側面とを有する細長いプリズムロッドの複数本が並列するように、前記第一側面と第二側面とを順次に接合してなるプリズムシートと、互いに接合される前記プリズムロッドの前記第一側面または第二側面に、その法線と光学軸が略一致するように成膜された誘電体多層膜で構成され、前記入射面から垂直に入射した透過光に1/4波長の位相差を与える光

50

学異方性を有する位相差膜とから構成される。これらの偏光変換素子要素は、それぞれの接合境界線を、入射する直線偏光光の入射光軸に垂直な面内で前記直線偏光光の偏光方向に対して45°傾けて用いられ、入射した直線偏光光の偏光方向を90°回転させる偏光変換素子として機能する。

【0011】

誘電体多層膜からなる位相差膜は予め設計された中心波長に基づいて膜設計され、対象とする波長帯域が広がると中心波長から離れるにしたがって偏光変換効率が低下する傾向を示すのが一般であるが、上記のように二枚の偏光変換素子要素を重ね合わせる態様を採る場合には、偏光変換効率の分光波長特性を考慮してそれぞれの接合境界線を異なる角度にして利用することも可能である。例えば可視光帯域のように、略550nmの中心波長で位相差膜を設計しながらも、440nm~650nmと広い波長帯域で高い変換効率が要求されるような場合には、入射してくる直線偏光光の偏光方向に対し、一方は1傾け、他方を2傾けて用いるとき、 $2(1-2)90^\circ$ の関係を満たすようにし、好ましくは60°、170°、15°、225°の範囲に設定すれば、可視光全域にわたって高い変換効率を得ることができる。

10

【0012】

本発明の偏光変換素子は液晶プロジェクタの照明光学系中の偏光照明光学素子の一部に好適に用いられ、この偏光照明光学素子は、プリズム相互の接合面に偏光分離膜を備え、前記偏光分離膜に入射した無偏光光のうち偏光方向が互いに直交する第一または第二の直線偏光光の一方を透過させ、他方を反射させる偏光ビームスプリッタと、前記偏光分離膜で反射された他方の直線偏光光が出射する偏光ビームスプリッタの出射面に接合された上記偏光変換素子とから構成され、照明光源から前記偏光ビームスプリッタに入射した無偏光光を、前記偏光分離膜を透過した一方の直線偏光光と、前記偏光分離膜で反射され、かつ前記偏光変換素子を透過することによって偏光方向が90°回転した一方の直線偏光光とからなる偏光照明光に変換する。また、偏光変換素子を出射面に接合した偏光ビームスプリッタを、前記偏光変換素子が同一面上に並ぶように複数個並列させて用いることも効果的な手段である。

20

【0013】

そして上記偏光照明光学素子は、複数のマイクロレンズを配列した一对のマイクロレンズアレイを用いて光源ランプからの照明光を分割し、分割された照明光を液晶表示パネル上で重畳させて照明する照明光学系を備えた液晶プロジェクタに用いたときにより有効であり、この場合には前記一对のマイクロレンズアレイの出射面の直後に偏光照明光学素子を配置するのがよい。

30

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、耐熱性に優れ、かつ製造コストも低く抑えることができる偏光変換素子が得られ、互いに直交する偏光方向をもつ第一または第二の直線偏光光の一方が入射したとき、これを高効率で他の直線偏光光に変換することが可能となる。本発明の偏光変換素子に用いられている位相差膜は、基板面に対して略垂直な方向から蒸着を行う通常の蒸着手法で製造することができるから、斜方蒸着による位相差膜に生じやすい白濁もなく、物理的な耐久性の点でも優れたものが得られる。そして、かかる偏光変換素子を液晶プロジェクタの照明光学系中に偏光照明光学素子として利用することによって、液晶表示パネル照明用の直線偏光光を高い効率で得ることができ、投映画像のコントラストを高めることが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】液晶プロジェクタの照明光学系の要部を示す概略図である。

【図2】液晶プロジェクタの光源装置の要部を示す概略図である。

【図3】偏光照明光学素子の外観図である。

【図4】偏光照明光学素子の構造の概略を示す部分破断斜視図である。

50

【図 5】偏光変換素子の断面図である。

【図 6】偏光照明光学素子の作用説明図である。

【図 7】偏光照明光学素子の他の例を示す作用説明図である。

【図 8】偏光変換素子の製造工程の一例を示す説明図である。

【図 9】偏光照明光学素子の他の例を示す部分破断斜視図である。

【図 10】2枚の偏光変換素子要素を組み合わせた例を示す概略断面図である。

【図 11】2枚のプリズムプレートの接合境界線を交差させた状態の説明図である。

【図 12】2枚の偏光変換素子要素による偏光方向の変化を示す説明図である。

【図 13】偏光変換素子の分光変換効率特性の傾向を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

10

【0016】

液晶プロジェクタの光学系は、光源装置 S とともに概略的に図 1 のように構成されている。光源装置 S は、図 2 に示すように超高圧水銀ランプなどの高輝度の光源ランプ 2 を備え、リフレクタ 3 とともに用いられている。照明光路中には、赤外線及び紫外線カット用のフィルタ 4 が設けられ、種々の偏光光が混在した無偏光・可視域の照明光は第一マイクロレンズアレイ 5 にほぼ平行光となって入射する。第一マイクロレンズアレイ 5 は、複数のマイクロレンズを液晶表示パネルの矩形形状に倣うように矩形マトリクス状に配列したもので、同様の構造をもつ第二マイクロレンズアレイ 6 上に等価的にマイクロレンズの個数分の擬似光源を形成する。

【0017】

20

第二マイクロレンズアレイ 6 上に形成された擬似光源からの照明光は、周辺光でも 5 ~ 6 ° 程度の小さな入射角で偏光照明光学素子 7 に入射する。偏光照明光学素子 7 は、様々な偏光光を含む無偏光の照明光中から紙面と垂直な偏光方向をもった直線偏光光を分離して照明レンズ 8 に入射させる作用をもつ。照明レンズ 8 は、擬似光源ごとに偏光照明光学素子 7 から直線偏光となって出射した個々の照明光を、B (青色光) チャンネル、G (緑色光) チャンネル、R (赤色光) チャンネルのそれぞれに設けられた液晶表示パネルの有効画面全体に導いて重畳させ、これにより各チャンネルの液晶表示パネルを均一に照明する。

【0018】

照明レンズ 8 を通して光源装置 S から出射した照明光は、図 1 に示すように、まずダイクロイックミラー 10 に入射して青色光が透過し、他色光が反射される。青色光は全反射ミラー 11 を経てフィールドレンズ 12 B に入射する。フィールドレンズ 12 B 上には、照明レンズ 8 の作用により擬似光源からの光束が重畳され、その背後に設けられた液晶表示パネル 14 B の有効画面内を均一に照明する。また、ダイクロイックミラー 10 で反射された色光のうちの緑色光が次のダイクロイックミラー 15 で反射され、同様にフィールドレンズ 12 G を経て液晶表示パネル 14 G に均一な照明を与える。

30

【0019】

ダイクロイックミラー 15 を透過した赤色光は、第 1 リレーレンズ 16、全反射ミラー 17、第 2 リレーレンズ 18、全反射ミラー 19 を経てフィールドレンズ 12 R に導かれ、同様に液晶表示パネル 14 R を背面側から均一に照明する。R チャンネルの照明光路長は B、G チャンネルよりも長くなるため、そのままでは照明レンズ 8 の作用が R チャンネルで損なわれるが、第 1、第 2 リレーレンズ 16、18 を用いることにより照明レンズ 8 の作用は R チャンネルでも同様に保たれる。

40

【0020】

フィールドレンズ 12 B、12 G、12 R により、周辺光量も落とすことなく各液晶表示パネル 14 B、14 G、14 R は背面側から直線偏光した照明光で均一に照明される。そして、それぞれの液晶表示パネル 14 B、14 G、14 R を透過したチャンネルごとの画像光はクロスダイクロイックプリズム 20 で合成され、フルカラーの画像光として投射レンズ 22 に入射し、スクリーンに向かって投射される。

【0021】

50

光源装置 5 に用いられている偏光照明光学素子 7 は、図 3 に示すようにほぼ矩形プレート状の外観を有し、偏光ビームスプリッタアレイ 24 と、その光出射面側に一定間隔を明けて接合された偏光変換素子 25 とから構成されている。偏光ビームスプリッタアレイ 24 は、断面が平行四辺形の縦長のプリズムロッド 24a, 24b を複数本並列させて接合したもので、互いの接合面には誘電体多層膜からなる偏光分離膜 26 と金属膜からなる反射膜 27 とが交互に形成されている。プリズムロッド 24a, 24b は、入射面の法線に対して偏光分離膜 26 及び反射膜 27 が 45° の傾きをもつように整形された同一形状のものとなっている。

【0022】

偏光分離膜 26 は、プリズムロッド 24b の入射面（図中背面側）からほぼ垂直に入射した無偏光の照明光の中から、P 偏光成分の直線偏光光（偏光分離膜 26 の法線と入射光線とを含む面に平行な偏光方向をもつ）を透過させ、S 偏光成分の直線偏光光（P 偏光成分の直線偏光光の偏光方向と直交する偏光方向をもつ）反射させる作用をもつ。偏光分離膜 26 を透過した P 偏光光は、そのままプリズムロッド 24a を通って出射面側から出射するのに対し、偏光分離膜 26 で反射した S 偏光光は反射膜 27 で反射して偏光変換素子 25 に垂直に入射する。なお、他方のプリズムロッド 24a の入射面側には遮光膜 28 が設けられ、プリズムロッド 24a には光源ランプ 2 からの無偏光光が入射しないようにしてある。

10

【0023】

偏光変換素子 25 は偏光方向を 90° 回転させる 1/2 波長板の機能を有し、したがって偏光変換素子 25 を透過する間に S 偏光光は P 偏光光に変換された後に出射面側から出射する。このようなプリズムロッド 24a, 24b の対を、偏光分離膜 27 及び反射膜 27 を含めて交互に並列させることによって図示のようなプレート状の偏光照明光学素子 7 が得られ、図 2 に示す第二マイクロレンズアレイ 6 の出射面の直後に出射面全面をカバーするように配置することができる。

20

【0024】

偏光照明光学素子 7 の構造の概略を示す図 4 において、偏光変換素子 25 はプリズムロッド 24b の出射面を全体的に覆うように縦長矩形状に整形され、図 5 にその断面を示すように、偏光ビームスプリッタアレイ 24 と同様に断面が平行四辺形のプリズムロッド 30 を並列に配列したプリズムシート状になっている。プリズムロッド 30 は、入射面 30a 及び出射面 30b と、入射面 30a と内角 45° で連なる第一側面 30c と、出射面 30b と内角 45° で連なる第二側面 30d とを有し、隣接するプリズムロッド 30 はそれぞれの第一側面 30c と第二側面 30d とが相互に接合されている。ただし図 4 に示すように、その入射面 30a あるいは出射面 30b に現れる接合境界線 31 が、偏光変換素子 25 の矩形状の輪郭線を形成している四辺に 45° で交差するように、各々のプリズムロッド 30 は傾斜している。

30

【0025】

各々のプリズムロッド 30 の第一側面 30c には、隣接するプリズムロッド 30 の第二側面 30d と接合される前に光学異方性をもつ位相差膜 32 が成膜される。したがって、これらのプリズムロッド 30 の全ての接合面の相互間には位相差膜 32 が介在し、図 4 に示すように、接合境界線 31 に対応して位相差膜 32 の断面が現れる。なお、位相差膜 32 を第二側面 30d に成膜することももちろん可能である。偏光変換素子 25 の断面において位相差膜 32 が入射面 30a に対して 45° 傾き、さらにプリズムロッド 30 が偏光変換素子 25 の輪郭をなす四辺に対して 45° 傾けられていることから、偏光変換素子 25 の入射面 30a から垂直に入射した光線は必ず位相差膜 32 に 45° で入射するようになる。

40

【0026】

位相差膜 32 は、第一側面 30c に屈折率が互いに異なる二種類の誘電体薄膜を例えば 140 層程度まで交互に積層して製造することができる。このとき、個々の誘電体薄膜の光学膜厚は十分に薄く、いわゆる光学干渉薄膜で多用される $\lambda/4$ 、 $\lambda/2$ の十数分の 1

50

以下である。位相差膜 32 を成膜するにあたっては、成膜対象となる第一側面 30c を二種類の蒸着源に略正対させる通常の蒸着手法でよく、膜厚を監視しながらそれぞれの蒸着源から交互に蒸着を行って屈折率が互いに異なる二種類の誘電体薄膜を積層してゆけばよい。なお、光学異方性を発現する複屈折 n の値は、積層される二種類の誘電体薄膜の屈折率差及び個々の膜厚比に応じて決まることが知られており、誘電体多層膜全体の物理的膜厚 d と複屈折 n との積によってレタレーションが決まる。

【0027】

このような蒸着を行うことにより、第一側面 30c には光学軸が第一側面 30c の法線に一致した一軸性の負の C プレートとして機能する位相差膜 32 が成膜される。そして、予め設定した複屈折 n の値、及び位相差膜 32 内における光路長を考慮して全体の膜厚 d を調整することによって、入射面 30a から垂直に入射して位相差膜 32 を通過する光線に $1/2$ 波長分の位相差を与えることができる。また、位相差膜 32 の膜厚調整により、入射面 30a から垂直に入射する光に適宜の位相差、例えば $1/4$ 波長の位相差を与えることも可能であるから、これを $1/4$ 波長板として用いることもできる。なお、位相差膜 32 に用いられる蒸着材料には、高屈折率材料として Ta_2O_5 , Ti_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , Nb_2O_3 、低屈折率材料には SiO_2 , MgF_2 , CaF_2 などの公知のものが利用可能である。

10

【0028】

以上のように構成された偏光照明光学素子 7 の作用は以下のとおりである。第二マイクロレンズアレイ 6 を構成する個々のマイクロレンズから主光線が略平行に出射した無偏光の照明光は、それぞれのマイクロレンズごとに偏光照明光学素子 7 に入射する。図 6 に示すように、マイクロレンズから出射してプリズムロッド 24b の入射面から入射光軸 K にしたがって略垂直に入射した照明光は、偏光分離膜 26 に 45° の入射角で入射する。

20

【0029】

偏光分離膜 26 は入射した照明光の中から P 偏光成分の直線偏光光を透過し、S 偏光成分の直線偏光光を 45° 反射する。透過した P 偏光成分の直線偏光光はそのままプリズムロッド 24b の出射面から P 偏光成分の直線偏光光で出射する。偏光分離膜 26 で反射された S 偏光成分の直線偏光光は、さらに反射膜 27 で反射された後、プリズムロッド 24b の出射面に接合された偏光変換素子 25 に略垂直に入射する。

【0030】

偏光変換素子 25 に用いられている位相差膜 32 は、プリズムロッド 30 の第一側面 30c に、その法線方向に積層された誘電体多層膜で構成されているから、位相差膜 32 の光学軸は各々の第一側面 30c ごとにその法線方向と一致している。ところが、第一側面 30c は S 偏光成分の直線偏光光の光軸 L (入射光軸 K と平行) に垂直な面内において、光軸 L を中心に 45° 傾いているから、位相差膜 32 の光学軸は紙面に対して垂直な S 偏光成分の直線偏光光の偏光方向に対して 45° 傾き、S 偏光成分の直線偏光光は光学軸を考慮すると位相差膜 32 に対しては等価的には 45° の斜め入射となる。

30

【0031】

したがって、この斜め入射を考慮して位相差膜 32 の膜厚を調整しておけば、S 偏光成分の直線偏光光が位相差膜 32 を等価する間に $1/2$ 波長の位相差を与えることができ、この結果、S 偏光成分の直線偏光光はその偏光方向 (偏光面) が 90° 回転して P 偏光成分の直線偏光光として偏光変換素子 25 から出射するようになる

40

【0032】

以上のように、光源ランプ 2 からの照明光が偏光照明光学素子 7 に入射すると、様々な偏光光の中から偏光方向が水平方向にそろった P 偏光成分の直線偏光光だけが出射するようになり、色チャンネルごとに設けられた液晶表示パネル 14B, 14G, 14R の照明に用いることができる。よく知られるように、光源ランプ 2 には高輝度のものが利用され周囲がかなりの温度に達するが、この偏光照明光学素子 7 に用いられている位相差膜 32 は無機材料製であり、また斜方蒸着を要することなく、個々の誘電体薄膜の膜厚監視も容易な膜として製造することができるから、耐久性に優れ、かつその量産適性によりコスト面

50

でも大きな利点が得られる。

【0033】

ところで、偏光ビームスプリッタアレイ24の中には、図7に示すように柱状の直角プリズムロッド40a, 40bを組み合わせてプリズムロッド24bとし、直角プリズムロッド41a, 41bを組み合わせてプリズムロッド24aを構成したのも知られている。なお、図中、機能的に同一である偏光変換素子25, 偏光分離膜26、反射膜27については同符号を付してある。

【0034】

この構造をもつ偏光ビームスプリッタアレイ24を用いる場合には、直角プリズムロッド40a, 40bの接合面に角度選択膜43を形成しておくことも有効である。角度選択膜43は、例えば屈折率1.46のSiO₂膜を500nm程度の膜厚で成膜したもので、可視光波長域の光線が0°~10°程度の小さな入射角で入射したときにはこれをほぼ100%透過し、逆に80°~90°の大きな角度で入射したときにはこれをほぼ100%反射する作用をもつ。

【0035】

前述したように、マイクロレンズアレイを用いた照明光学系では、5~6°程度の広がり角をもって偏光ビームスプリッタアレイ24に入射する光線も含まれている。このような光線Qは、角度選択膜43に大きな入射角で入射してそのほとんどが反射され、実線で示すように偏光分離膜26に入射するようになるから、その後はそのまま透過するP偏光成分の直線偏光光と、偏光分離膜26で反射するS偏光成分の直線偏光光となる。反射されたS偏光成分の直線偏光光は小さな入射角であるため角度選択膜43を透過し、反射膜27を介して偏光変換素子25に向けられる。したがって、図中に破線で示すように、無偏光の光線Kが偏光変換素子25を透過して出射することを防ぐことができ、ノイズ光を軽減する上で有利である。

【0036】

また、光線Rのように角度をもって入射した光線のうち、偏光分離膜26を透過したP偏光成分の直線偏光光が直角プリズムロッド41aの出射面から出射するときには、空気との界面で図示の方向に屈折し、偏光変換素子25の側面でケラレが生じることもある。これを防ぐには、偏光変換素子25と同程度の厚みを持ち、直角プリズムロッド41aと同じ屈折率をもつガラスプレートを直角プリズムロッド41aの出射面全体を覆うように接合し、等価的にP偏光成分の直線偏光光の出射面を偏光変換素子25の出射面にほぼそろえるようにしておけばよい。

【0037】

上記偏光変換素子25の製造方法の一例を図8に示す。同図(A)に示すように、プリズムロッド30の素材となるガラスプレート45の片面に、位相差膜32を斜方蒸着によらない通常の蒸着手法で成膜する。もちろん、蒸着設備の容量によっては多数枚のガラスプレート45に一括して位相差膜32を蒸着することができる。こうして得られたガラスプレート45を(B)に示すように重ね合わせて接合する。

【0038】

そして、同図(B)に二点鎖線で示すように、ガラスプレート45の表面に45°で交差するカットラインにしたがって積層体を切断し、その切断面を研磨して同図(C)に示すプリズムプレート46を得る。このプリズムプレート46の切断面の一方が偏光変換素子25の入射面、他方が出射面となり、それぞれ長手方向に延びたガラスプレート45の切断片がプリズムロッド30に相当する。

【0039】

こうして得たプリズムプレート46を、同図(D)に破線で示すカットラインで矩形プレート状に切断し、切断面を研磨して前述した偏光変換素子25を得ることができる。同図(D)に示すカットラインは、偏光変換素子25の矩形状の外形輪郭線に相当するから、カットラインの短辺及び長辺はプリズムロッド30の接合境界線31あるいは位相差膜32の切断面と45°で交差するように設定され、またプリズムプレート46の厚み方向

10

20

30

40

50

に関しては垂直に切断するのがよい。

【0040】

図4に示すように、一般に偏光照明光学素子7に用いられる偏光変換素子25は細長い矩形形状のシート形状にして多用される。したがって、上記のように接合境界線31が偏光変換素子25の外径輪郭線に対して 45° となるようにプリズムプレート46から偏光変換素子25を切り出しておく、プリズムロッド24bの出射面にこの偏光変換素子25を接合する際、偏光変換素子25を外形基準にして接合するだけで、位相差膜32の光学軸を直線偏光の偏光方向に適した向きに合わせることができるようになる。

【0041】

上記実施形態では、入射面30aから垂直に入射する直線偏光光に対し、プリズムロッド30の第一側面30cに成膜された位相差膜32が $1/2$ 波長板として機能し、直線偏光光の偏光方向を 90° 回転させている。この $1/2$ 波長板としての機能は、 $1/4$ 波長板を二枚組み合わせることも可能である。このため、図9に示す実施形態で用いられている偏光変換素子25は、図8に示す偏光変換素子25の製造過程中、ガラスプレート45に $1/2$ 波長板の機能を得るために成膜される位相差膜32の代わりに、 $1/4$ 波長板として機能する位相差膜を成膜した偏光変換素子要素25a, 25bを二枚重ねに接合して用いている。もちろん、偏光変換素子要素25a, 25bの一方だけを $1/4$ 波長板として他の用途に用いることも可能で、その場合でも無機材料で構成され、しかも斜方蒸着を要せず簡便かつローコストで製造できるという利点がある。

【0042】

偏光変換素子要素25a, 25bの重ね方は、図9に示すように、隣接するプリズムロッド30相互の接合境界線31(位相差膜の断面に対応する)が一連であってもよく、また図10(A), (B)に示すように、 $1/4$ 波長の位相差を与える位相差膜53(接合境界線31に対応する)がずれていても、直交していてもよい。これらのいずれの形態であっても、位相差膜53の光学軸は偏光変換素子25の入射面に投影したときの方向が入射してくる直線偏光光の偏光方向(偏光面)に対して 45° になるから、トータル的には直線偏光光の偏光方向を 90° ($45^\circ \times 2$)回転させることができる。

【0043】

上記のように、 $1/4$ 波長板として機能する位相差膜53を成膜した2枚の偏光変換素子要素25a, 25bを用いて偏光方向を 90° 回転させるには、重ね合わされる2枚の偏光変換素子要素25a, 25bの接合境界線31を、入射する直線偏光光の偏光方向に対して 45° にそろえたり、一方を 45° にして他方をこれに直交させたりしなくてもよい。例えば図11に示す実施形態では、図8(C)に示すプリズムプレート46の位相差膜32の代わりに位相差膜53を成膜した2枚のプリズムプレート55a, 55bを、それぞれのプリズムロッド30, 30相互の接合境界線56a, 56bが「1-2」の角度で交差するように接合し、これを破線で示すカットラインで切断して偏光変換素子25として利用する例を示している。

【0044】

破線で示すカットラインは、図9に示すプリズムロッド24bの光出射面の形状に合わせて決められる。偏光変換素子25の入射面から入射してくる直線偏光光の偏光方向に対し、接合境界線56a, 56bのいずれも 45° の角度ではない。すなわち、一方の偏光変換素子要素25aに対応するプリズムプレート55aの接合境界線56aは、直線偏光光の偏光方向に対して角1傾き、他方のプリズムプレート55bの接合境界線56bは角2傾いており、これらの角1, 2はいずれも 45° ではない。

【0045】

図11のカットラインで切り出された偏光変換素子25に、偏光方向が垂直方向と一致したP偏光成分の直線偏光光が入射したとすると、その入射面に投影される偏光変換素子要素25aの光学軸[1]は、接合境界線56aに直交していることから、図12に示すように偏光方向P0から反時計方向に角1(=「 $90^\circ - 1$ 」)傾いている。したがって、偏光方向P0で入射した直線偏光光は、反時計方向に2-1傾けられた偏光方向P

10

20

30

40

50

1の直線偏光光に変換される。そして、接合境界線56bが垂直方向から角 θ_2 だけ傾けられた他方の偏光変換素子要素25bの光学軸[2]は、同様に偏光方向P0から反時計方向に $\theta_2 (= 90^\circ - \theta_1)$ 傾いているから、直線偏光光の偏光方向P1がさらに $\theta_2 (= \theta_2 - \theta_1)$ だけ傾けられ、偏光方向P2の直線偏光光になる。したがって、「 $\theta_1 + \theta_2 (= \theta_2 - \theta_1) = 2(\theta_2 - \theta_1)$ 」の値、すなわち「 $2(\theta_1 - \theta_2)$ 」の値が 90° に合致するように角 θ_1 、 θ_2 の値を決めておけば、偏光方向が垂直なP偏光成分の直線偏光光は、偏光方向が水平なS偏光成分の直線偏光光に変換されることになる。

【0046】

なお、上記のように入射した直線偏光光の偏光方向を 90° 回転させる目的で前記偏光変換素子要素25a、25bを組み合わせる場合には、 θ_1 、 θ_2 の任意の一方あるいは両方について、「 $\theta_1 \pm n \times 90^\circ$ 」、「 $\theta_2 \pm n \times 90^\circ$ 」として組み合わせることも可能である。そして、結果的には「 $\theta_1 - \theta_2 = 45^\circ$ 」の関係を満足するように角 θ_1 、角 θ_2 の値を決めておけば、一对の偏光変換素子要素25a、25bを組み合わせた偏光変換素子25も1/2波長板として利用することができる。

10

【0047】

このように二枚の偏光変換素子要素25a、25bを組み合わせる場合には、接合境界線31を 45° 傾けた前述の実施形態と比較して以下の利点がある。図13に破線で示す相対変換効率特性E1は、例えば図4に示すように一枚の偏光変換素子25を 45° 傾けて使用したときの分光特性を表し、位相差膜32の設計中心波長 λ_0 付近では良好な変換効率を示すものの、中心波長 λ_0 から離れるにつれて変換効率が低下しやすい。これに対し、図9における二枚の偏光変換素子要素25a、25bのそれぞれの接合境界線31を垂直線に対して「 $\theta_1 = 55^\circ$ 、 $\theta_2 = 10^\circ$ 」の角度にして用いた偏光変換素子25では特性E2、「 $\theta_1 = 63^\circ$ 、 $\theta_2 = 18^\circ$ 」の角度で用いた偏光変換素子25では特性E3が得られ、 θ_1 、 θ_2 の調整により波長特性を改善できることが確認された。

20

θ_1 、 θ_2 の値は様々に設定可能ではあるが、分光特性の対称性を考慮すれば「 60° 、 70° 、 15° 、 25° 」の範囲が好ましいと推定できる。

【0048】

以上、図示した実施形態に基づいて説明してきたが、本発明の偏光変換素子は液晶プロジェクトの偏光照明光学素子に好適に用いることができるが、偏光を扱う分野では用途に応じて偏光方向を 90° 回転させる必要が生じてくる。こうした場合にも上記偏光変換素子25を1/2波長板として利用することが可能であり、位相差膜の膜厚調整により1/4波長板として用いることも可能である。

30

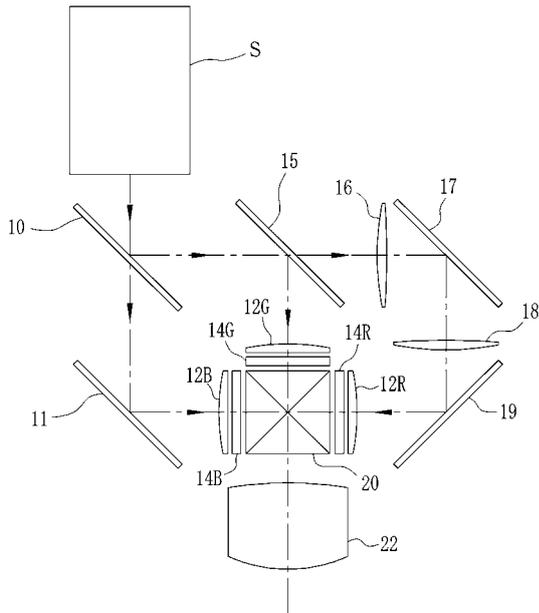
【符号の説明】

【0049】

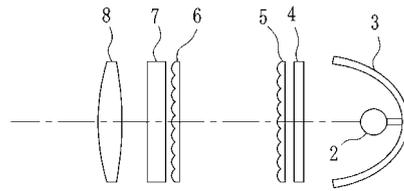
- 7 偏光照明光学素子
- 24 偏光ビームスプリッタアレイ
- 25 偏光変換素子
- 25a、25b 偏光変換素子要素
- 26 偏光分離膜
- 27 反射膜
- 30 プリズムロッド
- 32、53 位相差膜
- 43 角度選択膜
- 46 プリズムプレート

40

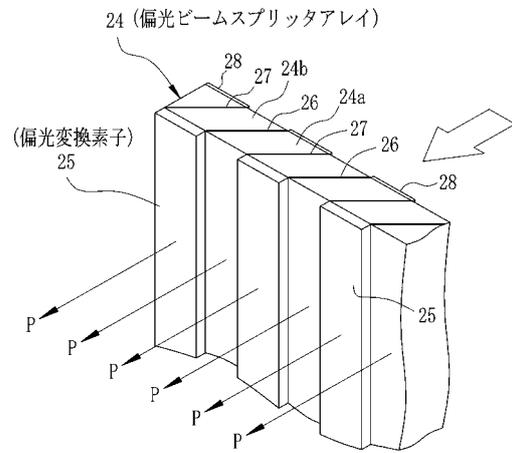
【 図 1 】



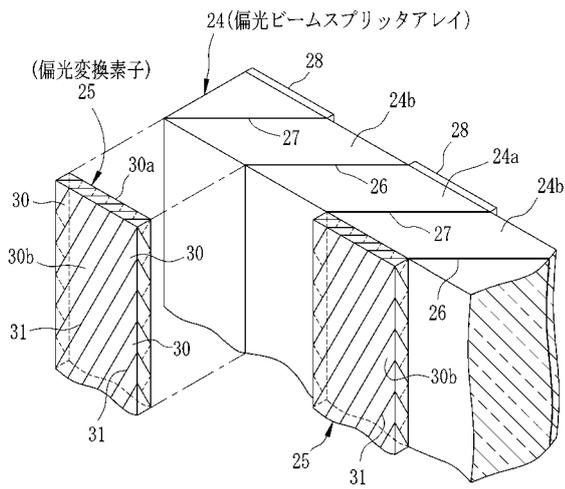
【 図 2 】



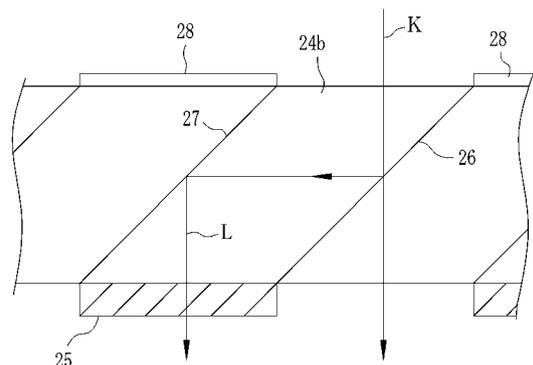
【 図 3 】



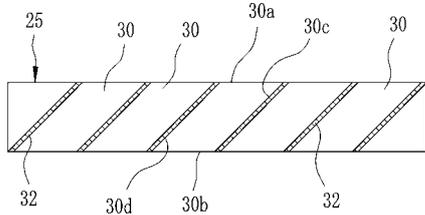
【 図 4 】



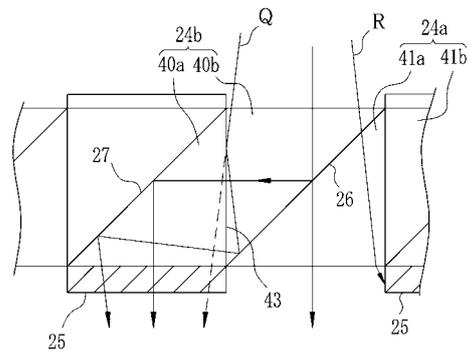
【 図 6 】



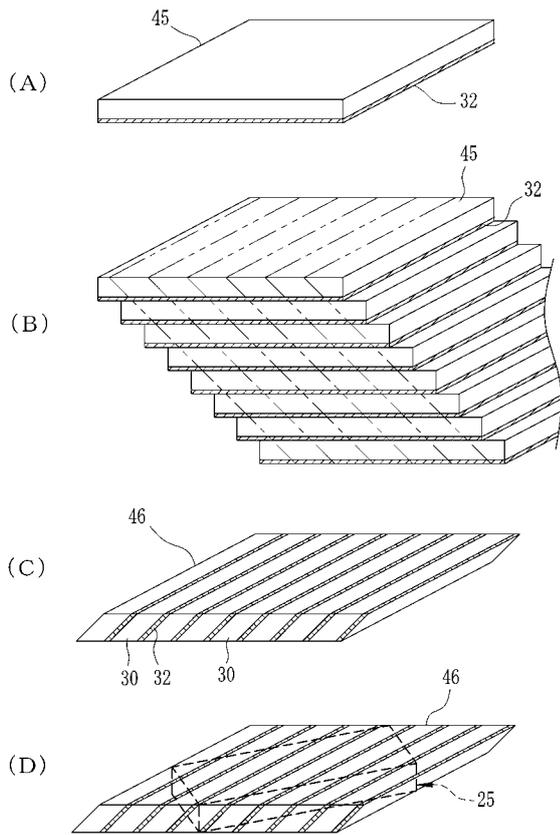
【 図 5 】



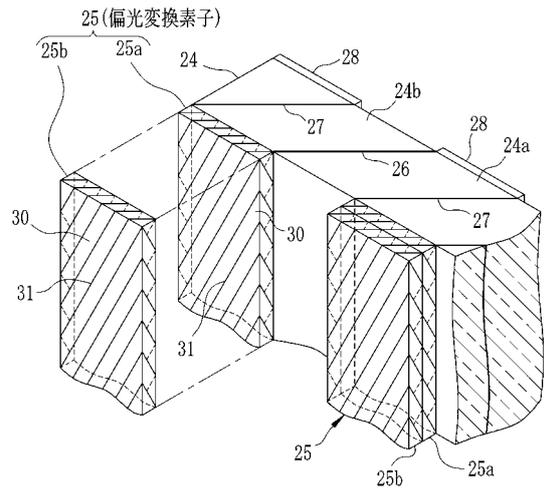
【 図 7 】



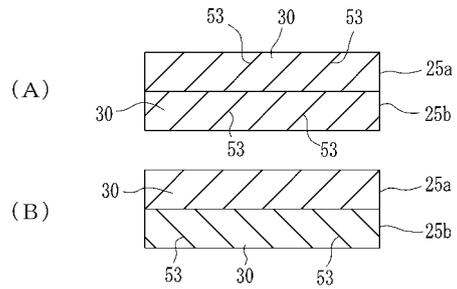
【 図 8 】



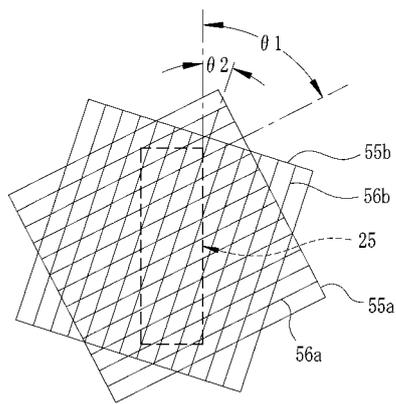
【 図 9 】



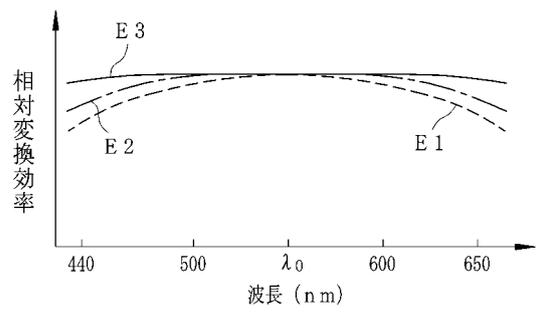
【 図 10 】



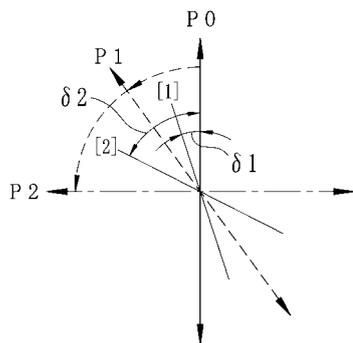
【 図 11 】



【 図 13 】



【 図 12 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2K103 AA01 AA05 AA11 AB01 AB10 BA02 BB02 BC01 BC12 BC15
BC16 BC26 CA13 CA14 CA17 CA24 CA25 CA26 CA34 CA40
CA75 CA76