

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5347911号  
(P5347911)

(45) 発行日 平成25年11月20日(2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月30日(2013.8.30)

(51) Int.Cl.	F 1
GO2B 5/30 (2006.01)	GO2B 5/30
GO2B 5/18 (2006.01)	GO2B 5/18
GO3B 21/00 (2006.01)	GO3B 21/00
G11B 7/135 (2012.01)	G11B 7/135

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2009-252228 (P2009-252228)  
 (22) 出願日 平成21年11月2日 (2009.11.2)  
 (65) 公開番号 特開2011-95679 (P2011-95679A)  
 (43) 公開日 平成23年5月12日 (2011.5.12)  
 審査請求日 平成24年10月31日 (2012.10.31)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅善  
 (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 大戸 正之  
 東京都日野市日野421-8 エプソント  
 ヨコム株式会社内

審査官 井海田 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 1/2波長板、光ピックアップ装置、偏光変換素子及び投写型表示装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

複屈折性及び旋光性を有する無機材料である板であり、前記板の入射面から入射する直線偏光の偏光面を回転させて前記板の出射面から出射する1/2波長板であって、

前記1/2波長板の位相差を、前記位相差の補正量をaとし、前記板の光学軸を前記入射面に投影した光学軸投影線と前記入射面に入射する前記直線偏光の偏光面とがなす光学軸方位角をとし、前記板の前記入射面に対する法線と前記板の光学軸とがなす角度を5°～30°の範囲に設定したとき、以下の式

$$= 180^\circ + a$$

$$a_{\min} < a < a_{\max}$$

$$a_{\min} = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 \\ 2 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13} \\ 2 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 \\ 3 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 \\ 3 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 \\ 3 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} \\ 3 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} \\ 3 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} \\ 3 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13} \\ 3 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13} + A_{14} \\ 3 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13} + A_{14} + A_{15}$$

10

但し、

$$A_0 = -58.9286$$

$$A_1 = 12.35938$$

$$A_2 = 12.8869$$

$$A_3 = -2.75654$$

$$A_4 = -0.571$$

$$A_5 = -0.7629$$

20

$A_6 = 0 . 1 3 4 0 7 6$   
 $A_7 = 0 . 1 6 4 4 8 2$   
 $A_8 = - 0 . 0 0 8 1 6$   
 $A_9 = 0 . 0 0 4 9 4 9$   
 $A_{10} = 0 . 0 1 3 2 9 4$   
 $A_{11} = - 0 . 0 0 2 8 8$   
 $A_{12} = 0 . 0 0 0 1 4 4$   
 $A_{13} = - 0 . 0 0 1 4$   
 $A_{14} = 0 . 0 0 0 0 9 0 7$   
 $A_{15} = - 0 . 0 0 0 0 0 1 6$

$$a_{\max} = B_0 + B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7$$

$$+ B_8 + B_9 + B_{10} + B_{11} + B_{12} + B_{13}$$

$$+ B_{14} + B_{15}$$

10

但し、

$B_0 = 1 2 8 . 7 9 3 7$   
 $B_1 = - 2 0 . 7 4 3 5$   
 $B_2 = 1 5 . 2 4 6 3$   
 $B_3 = 3 . 1 3 4 5 5 9$   
 $B_4 = 0 . 6 7 9 5 0 9$   
 $B_5 = - 0 . 9 0 9 2 9$   
 $B_6 = - 0 . 1 6 4 6 5$   
 $B_7 = - 0 . 2 4 2 0 1$   
 $B_8 = 0 . 0 1 2 9 0 4$   
 $B_9 = - 0 . 0 0 6 1 7$   
 $B_{10} = 0 . 0 1 1 4 9 7$   
 $B_{11} = 0 . 0 0 5 0 9 2$   
 $B_{12} = - 0 . 0 0 0 2 6$   
 $B_{13} = 0 . 0 0 1 9 3 1$   
 $B_{14} = - 0 . 0 0 0 1 6$   
 $B_{15} = 0 . 0 0 0 0 0 3 2 3$

20

を満足することを特徴とする 1 / 2 波長板。

## 【請求項 2】

複屈折性及び旋光性を有する無機材料である板であり、前記板の入射面から入射する直線偏光の偏光面を回転させて前記板の出射面から出射する 1 / 2 波長板であって、

前記 1 / 2 波長板の位相差を、前記位相差の補正量を  $a$  とし、前記板の光学軸を前記入射面に投影した光学軸投影線と前記入射面に入射する前記直線偏光の偏光面とがなす光学軸方位角を  $\alpha$  とし、前記板の前記入射面に対する法線と前記板の光学軸とがなす角度を  $5^\circ$  ～  $30^\circ$  の範囲に設定したとき、以下の式

$$a = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7$$

$$+ A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13}$$

$$+ A_{14} + A_{15}$$

40

但し、

$A_0 = - 6 3 . 6 3 5$   
 $A_1 = 6 . 9 6 6$   
 $A_2 = 4 7 . 0 3 8$   
 $A_3 = - 0 . 3 2 5$   
 $A_4 = - 3 . 0 3 8$   
 $A_5 = - 3 . 5 5 9$   
 $A_6 = 0 . 1 1 3$

50

$A_7 = 0.213$   
 $A_8 = -0.006$   
 $A_9 = -0.004$   
 $A_{10} = 0.000$   
 $A_{11} = -0.001$   
 $A_{12} = 0.000$   
 $A_{13} = 0.000$   
 $A_{14} = 0.003$   
 $A_{15} = 0.053$

を満足することを特徴とする 1 / 2 波長板。

10

【請求項 3】

前記入射面及び前記出射面の少なくともいずれか一方に回折格子パターンを有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の 1 / 2 波長板。

【請求項 4】

前記板が水晶であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の 1 / 2 波長板。

【請求項 5】

光源と、前記光源から出射される光を記録媒体上に集光する対物レンズと、前記記録媒体により反射された光を検出する検出器と、前記光源と前記対物レンズ間の光路中に配置されている請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の 1 / 2 波長板とを備えることを特徴とする光ピックアップ装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の 1 / 2 波長板と、

光が入射する第 1 の主面と、

前記第 1 の主面の裏側であり光が射出する第 2 の主面と、

前記第 1 の主面および前記第 2 の主面に対して傾斜して前記第 1 の主面と前記第 2 の主面との間に配置されており、前記第 1 の主面から入射した光から第 1 の直線偏光を前記第 2 の主面に向けて透過すると共に、第 2 の直線偏光を反射する第 1 の光学薄膜と、

前記第 1 の光学薄膜と平行であると共に前記第 1 の主面と前記第 2 の主面との間に配置されており、前記第 2 の直線偏光を前記第 2 の主面に向けて反射する第 2 の光学薄膜と、

30

前記第 1 の直線偏光または前記第 2 の直線偏光が入射される前記 1 / 2 波長板とであることを特徴とする偏光変換素子。

【請求項 7】

光源と、前記光源からの光を前記第 2 の直線偏光に変換して出射する請求項 6 記載の偏光変換素子と、前記偏光変換素子からの出射光を、投写しようとする画像情報に応じて変調する変調手段と、前記変調手段により変調された光を投写する投写光学系とを有することを特徴とする投写型表示装置。

【請求項 8】

前記変調手段が液晶パネルであることを特徴とする請求項 7 記載の投写型表示装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特に水晶のような複屈折性及び旋光性を有する無機結晶材料からなる 1 / 2 波長板に関する。更に本発明は、この 1 / 2 波長板を用いた光ピックアップ装置、偏光変換素子及び投写型表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、光ディスク装置の記録再生に使用する光ピックアップ装置、偏光変換素子、液晶プロジェクター等の投写型表示装置のような光学装置に、入射光の直線偏光の偏光面を所

50

定の角度、例えば $90^\circ$ 回転させた直線偏光の出射光として出射する $1/2$ 波長板が使用されている。一般に波長板の材質は、延伸処理により複屈折性をもたせたポリカーボネート等の有機系材料からなる樹脂フィルム、高分子液晶層を透明基板で挟持した位相差板、水晶等の複屈折性を有する無機結晶材料の結晶板が使用されている（例えば、特許文献1乃至4を参照）。

#### 【0003】

特に、光ディスク装置の記録再生に使用する光ピックアップ装置は、記録の高密度化、大容量化を図るために、非常に短波長で高出力の青紫色レーザーを採用している。ところが、上述した有機系材料の樹脂フィルムや液晶材料は、青色から紫外域の光を吸収し易い物性を有する。そのため、青紫色レーザー光を吸収して発熱し、材質自体が劣化して波長板の機能を損なう虞がある。

10

#### 【0004】

更に、ブルーレイ規格の光ディスク記録再生装置では、光ピックアップ装置のレーザー光源近傍に $1/2$ 波長板が配置され、極めて高温の環境下に長時間に亘って晒される。液晶プロジェクタにおいても、 $1/2$ 波長板は白色光源の直近に配置され、同様に長時間に亘って高温環境下に晒される。そのため、いずれの場合も、 $1/2$ 波長板には、高い耐光性と長期信頼性とが要求される。この点において、水晶等の無機結晶材料は耐光性が極めて高く、特に水晶波長板は、青紫色レーザを使用するような光学系に有利である。

#### 【0005】

また、水晶は、複屈折性だけでなく、結晶光学軸の方向に対して旋光性を有する。この旋光性が、水晶板の切断角度によって波長板の性能に影響を及ぼし得ることはよく知られている。この旋光性の影響を解消するために、光学材料からなる2つの波長板を互いに光軸を交差するように重ね合わせて積層し、両波長板の位相差、光学軸方位角度、旋光能、及び回転軸と中性軸のなす角が所定の関係式を満足するように構成し、広帯域における特性を良くした波長板が提案されている（例えば、特許文献5を参照）。

20

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

##### 【0006】

【特許文献1】特開2005-208588号公報

【特許文献2】特開2006-40343号公報

30

【特許文献3】特公昭52-4948号公報

【特許文献4】特公平3-58081号公報

【特許文献5】特開2005-158121号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

しかしながら、水晶单板の $1/2$ 波長板において、複屈折性に起因した位相差による偏光状態の変化分に加えて、旋光性に起因した偏光面の回転による偏光状態の変化分をも考慮した設計方法は、少なくとも本願発明者が知る限り、今まで報告されていない。そのため、水晶 $1/2$ 波長板の設計位相差を $180^\circ$ に設定すると、その変換効率は、水晶板の切断角度によって必ずしも $100\%$ にならないという問題があった。

40

#### 【0008】

水晶单板の $1/2$ 波長板について、その偏光状態を図11のポアンカレ球を用いて説明する。直線偏光の入射光の基準点を $S_1$ 軸上の点 $P_0 = (1, 0, 0)$ とすると、回転軸 $R_1$ は、 $S_1$ 軸から角度 $2\alpha_1$ （ $\alpha_1$ ：水晶板の光学軸方位角）回転させ、更に $S_1 \cdot S_2$ 平面に対して角度 $2\beta_1$ （ $\beta_1$ ：水晶板の旋光角）だけ北極（ $S_3$ ）方向に傾けた位置に設定する。回転軸 $R_1$ を中心に、点 $P_0$ を右方向に位相差 $\alpha_1 = 180^\circ$ 回転させると、その点 $P_1$ が出射光の位置となる。

#### 【0009】

図11において、光学軸方位角 $\alpha_1 = 45^\circ$ の場合、回転軸 $R_1$ は $S_2 \cdot S_3$ 平面上に

50

るので、これを中心に点  $P_0$  を  $180^\circ$  右方向に回転させると、出射光の位置は常にポアンカレ球の赤道上の点  $P_1 = (-1, 0, 0)$  にくる。このとき、水晶波長板の変換効率は 1 である。しかしながら、光学軸方位角  $\theta_2 = 45^\circ$  の場合、回転軸  $R_2$  は S2・S3 平面上にこないので、ポアンカレ球の赤道上にない点  $P_2$  が出射光の位置となる。従って、水晶波長板の変換効率は低下する。

#### 【0010】

水晶板の旋光能は、水晶の光学軸方向で最大となる。従って、水晶板の切断角度、即ちその光学軸とその主面に対する法線とがなす角度を大きくすればするほど、旋光性の影響は小さくなる。図 12 は、設計位相差  $180^\circ$  の水晶 1/2 波長板において、光学軸方位角  $\theta = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$  について、切断角度に関する変換効率  $T$  の変化をシミュレーションした結果を示している。同図から、切断角度が  $30^\circ$  以下では、変換効率が著しく低下することが分かる。

10

#### 【0011】

従って、切断角度を  $30^\circ$  より大きく設定すれば、1 に近い高い変換効率が得られる。しかしながら、切断角度が  $30^\circ \sim 90^\circ$  の範囲では、水晶板の厚さが  $10 \sim 26 \mu\text{m}$  程度まで薄くなってしまう。そのため、水晶板の強度が著しく低下し、脆弱で割れ易くなるので、製造上及び実際の使用上の取り扱いが非常に困難である。

#### 【0012】

また、青紫色レーザーは、使用時に高熱を発生して膨張すると、発振レーザーの波長がドリフト(変化)するという問題を生じる。そのため、光ピックアップ装置の光源に使用した場合、1/2 波長板には、入射するレーザー光の波長ドリフトによって直線偏光の変換効率が劣化するという問題が発生する。特に、高次モードの1/2 波長板は厚さが大きいので、位相差が大きくなるに連れてその変化量も大きくなり、変換効率がより大きく劣化する。

20

#### 【0013】

そこで本発明は、上述した従来の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、複屈折性及び旋光性を有する無機材料からなり、製造上加工可能で比較的取扱い容易な厚さを有する単一の結晶板で形成した1/2 波長板において、その変換効率及び光の利用効率を向上させることにある。

#### 【0014】

30

本発明の別の目的は、かかる変換効率の高い1/2 波長板を用いることにより、波長ドリフト等による波長変動の影響を受け難く、従来よりも広帯域の波長範囲で安定して良好な性能を発揮し得る、より高記録密度の光ディスク装置に適した光ピックアップ装置、光エネルギーをより効率良く利用できる偏光変換素子、及び、従来よりも光の利用効率を高めた反射型液晶表示装置を実現することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0015】

本願発明者は、水晶 1/2 波長板について位相差と変換効率との関係を検証した。図 1 は、切断角度  $5^\circ$  で切り出した単一の水晶板からなる 1/2 波長板において、光学軸方位角  $\theta = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$  について、位相差に関する変換効率  $T$  の変化をシミュレーションした結果を示している。同図から、光学軸方位角  $\theta$  によって変換効率が変化すること、がいずれの場合も、1 又はそれに近い高い変換効率を得られる位相差の範囲が存在することが分かる。従って、変換効率は、設計位相差  $\Delta\phi = 180^\circ$  では低下しても、位相差に適当な補正量を加えて調整することによって、向上させることができる。

40

#### 【0016】

次に、水晶 1/2 波長板について位相差と変換効率との関係を検証した。図 2 は、同じ切断角度  $5^\circ$  の単板の水晶板からなる 1/2 波長板において、光学軸方位角  $\theta = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$  について、位相差の補正量に関する変換効率向上比  $R_T$  の変化をシミュレーションした結果を示している。ここで、変換

50

効率向上比  $R_T$  は、設計位相差  $= 180^\circ$  の場合の変換効率  $T_0$  と補正後の変換効率  $T_1$  の比、  $T_1 / T_0$  をいう。

【0017】

同図は、  $R_T > 1$  の範囲で変換効率が設計位相差  $= 180^\circ$  の場合よりも改善されること、及び光学軸方位角  $\alpha$  によって、変換効率の改善に必要な位相差補正量が異なることを示している。更に同図から、  $R_T > 1$  となる位相差補正量には、最大値、最初値が存在し、それらにより画定される範囲において変換効率を改善し得ることが分かった。他方、  $\alpha = 25^\circ$  では  $R_T > 1$  となる範囲が無く、設計位相差  $= 180^\circ$  を調整する必要がなかった。

【0018】

これらのシミュレーション結果から、本願発明者は、水晶板の切断角度  $\beta$  と光学軸方位角  $\alpha$  を変数とする位相差補正量を、従来の複屈折性による位相の変化量である  $180^\circ$  に加えて設計位相差とすることによって、旋光性による偏光状態の変化分を補正し、  $1/2$  波長板の変換効率を 1 又は極めて 1 に近い値に改善し得ることを見出した。そこで、本願発明者は更に、水晶板の切断角度  $\beta$  をパラメータとして種々シミュレーション及び実験を行い、切断角度  $\beta$  に対応した最適な設計位相差と光学軸方位角との関係を検証した。

【0019】

図 3 は、位相差  $= 180^\circ$  に対して変換効率向上比  $R_T$  が 1 より大きくなる位相差補正量  $a$  の最小値  $a_{min}$  及び最大値  $a_{max}$  と光学軸方位角  $\alpha$  との関係を示している。同図において、位相差補正量  $a$  が、  $a_{min}$  を表す曲線と  $a_{max}$  を表す曲線との間にあるとき、即ち  $a_{min} < a < a_{max}$  の範囲内にあるとき、変換効率は向上する。

【0020】

図 4 は、切断角度  $\beta = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$  の場合に、光学軸方位角  $\alpha$  と位相差補正量最小値  $a_{min}$  との関係を示している。同図から、補正量最小値  $a_{min}$  は、切断角度  $\beta$  及び光学軸方位角  $\alpha$  に依存し、それらの値によって決定されることが分かった。

【0021】

図 5 は、切断角度  $\beta = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$  の場合に、光学軸方位角  $\alpha$  と位相差補正量最大値  $a_{max}$  との関係を示している。同図から、同様に補正量最大値  $a_{max}$  は、切断角度  $\beta$  及び光学軸方位角  $\alpha$  に依存し、それらの値によって決定されることが分かった。

【0022】

そこで、これらの関係から、位相差  $= 180^\circ$  に対して変換効率向上比  $R_T$  が 1 より大きくなる位相差補正量  $a$  と、切断角度  $\beta$  及び光学軸方位角  $\alpha$  との関係を次の関係式で表すことができると仮定し、各項の定数  $A_0 \sim A_{15}$  を回帰計算によって算出した。

【0023】

$$a = A_0 + A_1 \alpha + A_2 \alpha^2 + A_3 \alpha^3 + A_4 \alpha^4 + A_5 \alpha^5 + A_6 \alpha^6 + A_7 \alpha^7 + A_8 \alpha^8 + A_9 \alpha^9 + A_{10} \alpha^{10} + A_{11} \alpha^{11} + A_{12} \alpha^{12} + A_{13} \alpha^{13} + A_{14} \alpha^{14} + A_{15} \alpha^{15}$$

その結果、相関係数は 0.99 以上で、実測値との良好な相関が得られた。本発明は、上記目的を達成するために、かかる知見に基づいてなされたものである。

【0024】

本発明は、例えば水晶である複屈折性及び旋光性を有する無機材料からなる单一の結晶板で形成され、該結晶板の入射面から入射する直線偏光の偏光面を回転させて結晶板の出射面から出射する  $1/2$  波長板であって、

$1/2$  波長板の位相差を  $\alpha$  、その補正量を  $a$  とし、結晶板の光学軸を入射面に投影した光学軸投影線と入射面に入射する直線偏光の偏光面とがなす光学軸方位角を  $\beta$  とし、結晶板の入射面に対する法線と結晶板の光学軸とがなす角度  $\gamma$  を  $5^\circ \sim 30^\circ$  の範囲に設定したとき、以下の式

$$= 180^\circ + a$$

$$a_{min} < a < a_{max}$$

$$a_{min} = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 \\ + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13}$$

$$+ A_{14} + A_{15} + A_{16} + A_{17}$$

但し、

$$A_0 = -58.9286$$

$$A_1 = 12.35938$$

$$A_2 = 12.8869$$

$$A_3 = -2.75654$$

$$A_4 = -0.571$$

$$A_5 = -0.7629$$

$$A_6 = 0.134076$$

$$A_7 = 0.164482$$

$$A_8 = -0.00816$$

$$A_9 = 0.004949$$

$$A_{10} = 0.013294$$

$$A_{11} = -0.00288$$

$$A_{12} = 0.000144$$

$$A_{13} = -0.0014$$

$$A_{14} = 0.0000907$$

$$A_{15} = -0.0000016$$

$$a_{max} = B_0 + B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7 \\ + B_8 + B_9 + B_{10} + B_{11} + B_{12} + B_{13}$$

$$+ B_{14} + B_{15} + B_{16} + B_{17}$$

但し、

$$B_0 = 128.7937$$

$$B_1 = -20.7435$$

$$B_2 = 15.2463$$

$$B_3 = 3.134559$$

$$B_4 = 0.679509$$

$$B_5 = -0.90929$$

$$B_6 = -0.16465$$

$$B_7 = -0.24201$$

$$B_8 = 0.012904$$

$$B_9 = -0.00617$$

$$B_{10} = 0.011497$$

$$B_{11} = 0.005092$$

$$B_{12} = -0.00026$$

$$B_{13} = 0.001931$$

$$B_{14} = -0.00016$$

$$B_{15} = 0.00000323$$

を満足することを特徴とする。

【0025】

このように位相差補正量の最大値と最小値とを決定し、その範囲内で位相差補正量を決定することによって、製造上加工可能で比較的取扱い容易な厚さの結晶板を用いて、その切断角度 及び光学軸方位角 における変換効率を 1 又は 1 に近い値に向上させることができる。従って、或る程度の入射光の波長変動に対しても、安定して光の利用効率が非常に高い 1 / 2 波長板を簡単に設計することができる。

【0026】

10

20

30

40

50

本発明の別の側面によれば、例えば水晶である複屈折性及び旋光性を有する無機材料からなる単一の結晶板で形成され、該結晶板の入射面から入射する直線偏光の偏光面を回転させて結晶板の出射面から出射する1/2波長板であって、

1/2波長板の位相差を $\alpha$ 、その補正量を $a$ とし、結晶板の光学軸を入射面に投影した光学軸投影線と入射面に入射する直線偏光の偏光面とがなす光学軸方位角を $\theta$ とし、結晶板の入射面に対する法線と結晶板の光学軸とがなす角度 $\phi$ を $5^\circ \sim 30^\circ$ の範囲に設定したとき、以下の式

$$= 180^\circ + a$$

$$a = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13}$$

$$+ A_{14} + A_{15}$$

10

但し、

$$A_0 = -63.635$$

$$A_1 = 6.966$$

$$A_2 = 47.038$$

$$A_3 = -0.325$$

$$A_4 = -3.038$$

$$A_5 = -3.559$$

$$A_6 = 0.113$$

$$A_7 = 0.213$$

$$A_8 = -0.006$$

$$A_9 = -0.004$$

$$A_{10} = 0.000$$

$$A_{11} = -0.001$$

$$A_{12} = 0.000$$

$$A_{13} = 0.000$$

$$A_{14} = 0.003$$

$$A_{15} = 0.053$$

を満足する1/2波長板が提供される。

#### 【0027】

このように位相差補正量の最適値を決定することによって、製造上加工可能で比較的取り扱い容易な厚さの結晶板を用いて、その切断角度及び光学軸方位角において最大となる変換効率を実現することができる。従って、最も光の利用効率が高い1/2波長板を簡単に設計することができる。

#### 【0028】

或る実施例では、1/2波長板の入射面及び出射面の少なくともいずれか一方に形成された回折格子パターンを有することにより、1つの光学デバイスで1/2波長板と回折格子の2つの機能を発揮することができ、部品点数の削減、小型化、コスト低減を図ることができる。

#### 【0029】

また、本発明の別の側面によれば、光源と、該光源から出射される光を記録媒体上に集光する対物レンズと、記録媒体により反射された光を検出する検出器と、光源と対物レンズ間に配置した上記本発明の1/2波長板とを備える光ピックアップ装置が提供される。上述したように変換効率を向上させた1/2波長板を用いることによって、使用時に発振レーザーの温度ドリフト等による波長変動の影響を受け難く、従来よりも広帯域の波長範囲で安定して良好な性能を発揮し得る光ピックアップ装置を実現することができる。

#### 【0030】

本発明の更に別の側面によれば、第1の主面を光入斜面としつつ第2の主面を光出射面とする平板状の透光性基材と、該基材中に設けられた第1及び第2の光学薄膜と、波長板

20

30

40

50

とを備え、第1及び第2の光学薄膜が、第1及び第2の主面に対して傾斜させて、交互にかつ互いに間隔をおいて平行に配置され、第1の光学薄膜が、第1の主面側から入射した光を互いに直交する第1の直線偏光と第2の直線偏光とに分離して、第1の直線偏光を透過させかつ第2の直線偏光を反射し、第2の光学薄膜が、第1の光学薄膜により反射された第2の直線偏光を反射して第2の主面から出射させ、波長板が、第1の光学薄膜により分離された第1又は第2の直線偏光を透過させる位置に配置された上記本発明の1/2波長板である偏光変換素子が提供される。

【0031】

この偏光変換素子において、或る実施例では、1/2波長板が、第1の光学薄膜を透過した第1の直線偏光を出射させる第2の主面の部分、又は第2の光学薄膜により反射された第2の直線偏光を出射させる第2の主面の部分に配置される。別の実施例では、1/2波長板が、透光性基材中に設けられ、第1の光学薄膜の第1の直線偏光の出射面に積層して配置される。いずれの場合も、同様に上述したように変換効率を向上させた1/2波長板を用いることによって、従来よりも広帯域で光の利用効率が非常に高い偏光変換素子を実現することができる。

【0032】

また、本発明の更に別の側面によれば、光源と、該光源からの光を第2の直線偏光に変換して出射する上記本発明の偏光変換素子と、該偏光変換素子からの出射光を、投写しようとする画像情報に応じて変調する、例えば液晶パネルである変調手段と、該変調手段により変調された光を投写する投写光学系とを有する投写型表示装置が提供される。同様に、上述したように従来よりも変換効率を向上させた1/2波長板を用いることによって、同じ出力の光源により明るい映像を得ることができ、又は光源を低出力化しても同程度に明るい映像が得られるので、消費電力を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】切断角度5°の水晶1/2波長板において、異なる光学軸方位角毎に位相差に関する変換効率Tの変化を示す線図。

【図2】切断角度5°の水晶1/2波長板において、異なる光学軸方位角毎に位相差補正量に関する変換効率向上比R<sub>T</sub>の変化を示す線図。

【図3】R<sub>T</sub> > 1となる位相差補正量の最小値a<sub>min</sub>及び最大値a<sub>max</sub>と光学軸方位角との関係を示す線図。

【図4】光学軸方位角と位相差補正量最小値a<sub>min</sub>との関係を示す線図。

【図5】光学軸方位角と位相差補正量最大値a<sub>max</sub>との関係を示す線図。

【図6】(A)図は本発明による1/2波長板の実施例を光の出射方向から見た斜視図、(B)図はその側面図、(C)図は水晶板の切断角度の説明図。

【図7】(A)図は本発明による1/2波長板の別の実施例を示す斜視図、(B)図はその部分拡大断面図。

【図8】本発明の1/2波長板を用いた光ピックアップ装置の実施例の構成を示す概略図。

【図9】本発明の1/2波長板を用いた偏光変換素子の実施例の構成を示す概略図。

【図10】本発明の1/2波長板を用いた投写型表示装置の実施例の構成を示す概略図。

【図11】従来の水晶1/2波長板の偏光状態を示すポアンカレ球。

【図12】従来の水晶1/2波長板の切断角度に関する変換効率Tを表す線図。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下に、添付図面を参照しつつ、本発明の好適な実施例を詳細に説明する。

【0035】

図6(A)、(B)は、本発明による1/2波長板の実施例を概略的に示している。本実施例の1/2波長板1は、厚さ一定の単一の水晶波長板で形成されている。この水晶波長板は、図6(C)に示すように、その入射面1a(又は出射面1b)に立てた法線と水

10

20

30

40

50

晶の結晶光学軸 (Z 軸) とにより画定される切断角度  $\alpha$  が  $5^\circ$  から  $30^\circ$  の範囲にある水晶板に切り出される。特に、この範囲に切断角度を設定することによって、単板の 1 / 2 波長板として製造上加工や取扱いが困難とならない十分な強度を有する厚さの水晶波長板を加工することができる。

## 【0036】

1 / 2 波長板 1 の位相差  $\alpha$  は、標準位相差を  $180^\circ$  とし、それに対する位相差補正量を  $a$  として、 $a = 180^\circ + \alpha$  で表される。位相差補正量  $a$  は、その補正量最小値を  $a_{min}$  とし、補正量最大値を  $a_{max}$  として、1 / 2 波長板 1 の切断角度  $\alpha$  及び光学軸方位角  $\theta$  を変数とする以下の関係式を用いて決定する。

## 【0037】

$$a_{min} < a < a_{max}$$

$$a_{min} = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7$$

$$A_0^2 + A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2 + A_6^2 + A_7^2$$

$$A_8^2 + A_9^2 + A_{10}^2 + A_{11}^2 + A_{12}^2 + A_{13}^2$$

$$A_{14}^3 + A_{15}^3$$

但し、

$$A_0 = -58.9286$$

$$A_1 = 12.35938$$

$$A_2 = 12.8869$$

$$A_3 = -2.75654$$

$$A_4 = -0.571$$

$$A_5 = -0.7629$$

$$A_6 = 0.134076$$

$$A_7 = 0.164482$$

$$A_8 = -0.00816$$

$$A_9 = 0.004949$$

$$A_{10} = 0.013294$$

$$A_{11} = -0.00288$$

$$A_{12} = 0.000144$$

$$A_{13} = -0.0014$$

$$A_{14} = 0.0000907$$

$$A_{15} = -0.0000016$$

$$a_{max} = B_0 + B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7$$

$$B_0^2 + B_1^2 + B_2^2 + B_3^2 + B_4^2 + B_5^2 + B_6^2 + B_7^2$$

$$B_8^2 + B_9^2 + B_{10}^2 + B_{11}^2 + B_{12}^2 + B_{13}^2$$

$$B_{14}^3 + B_{15}^3$$

但し、

$$B_0 = 128.7937$$

$$B_1 = -20.7435$$

$$B_2 = 15.2463$$

$$B_3 = 3.134559$$

$$B_4 = 0.679509$$

$$B_5 = -0.90929$$

$$B_6 = -0.16465$$

$$B_7 = -0.24201$$

$$B_8 = 0.012904$$

$$B_9 = -0.00617$$

$$B_{10} = 0.011497$$

$$B_{11} = 0.005092$$

$$B_{12} = -0.00026$$

$$B_{13} = 0.001931$$

$$B_{14} = -0.00016$$

10

20

30

40

50

B<sub>1 5</sub> = 0.00000323

【0038】

図6(A)に示すように、1/2波長板1の入射面1aから入射した直線偏光には、水晶の複屈折性による位相差と旋光性による偏光面の回転とが作用している。しかし、1/2波長板1の設計位相差は、その切断角度及び光学軸方位角の2変数で決定される位相差補正量の最大値と最小値との間で、位相差補正量aを適当に選択するので、旋光性による偏光状態の変化分が補正される。その結果、変換効率が1又は1に近い値に向上升し、入射光の直線偏光は、その波長が或る程度変動しても、実質的に直線偏光として出射面1bから出射する。

【0039】

従って、本実施例の1/2波長板を、ブルーレイ規格の光ディスク記録再生用の光ピックアップ装置や投写型表示装置に使用すると、単に優れた耐光性、長期信頼性が得られるだけでなく、安定して光の利用効率が非常に高いので、高効率の光ピックアップ装置や光学エンジンを実現できる。また、それにより、消費電力の低減を図ることができるので、非常に有利である。

【0040】

また、本実施例において、1/2波長板1の位相差は、標準位相差を180°とし、それに対する位相差補正量をaとして、=180°+aで表したとき、その切断角度

及び光学軸方位角を変数とする以下の関係式を用いて、位相差補正量の最適値を決定することができる。

【0041】

$$a = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13}$$

$$+ A_{14} + A_{15}$$

但し、

$$A_0 = -63.635$$

$$A_1 = 6.966$$

$$A_2 = 47.038$$

$$A_3 = -0.325$$

$$A_4 = -3.038$$

$$A_5 = -3.559$$

$$A_6 = 0.113$$

$$A_7 = 0.213$$

$$A_8 = -0.006$$

$$A_9 = -0.004$$

$$A_{10} = 0.000$$

$$A_{11} = -0.001$$

$$A_{12} = 0.000$$

$$A_{13} = 0.000$$

$$A_{14} = 0.003$$

$$A_{15} = 0.053$$

【0042】

このように位相差補正量の最適値を決定することによって、使用する水晶結晶板の切断角度及び光学軸方位角において最大となる変換効率を実現できる。従って、入射光の直線偏光は、略直線偏光として出射面1bから出射する。その結果、最も光の利用効率が高い1/2波長板が得られるので、非常に高効率の光ピックアップ装置や光学エンジンが実現される。

【0043】

図7(A)、(B)は、本発明による1/2波長板の別の実施例を示している。本実施例の1/2波長板11は、図6に示す1/2波長板1の出射面に形成された回折格子パタ

10

20

30

40

50

ーン12を有する。回折格子パターン12は、水晶板の表面に、例えばSiO<sub>2</sub>等の蒸着膜を格子状にパターニングすることによって形成される。別の実施例では、前記水晶板の表面を、エッティング等により格子状の溝を加工することによって形成することもできる。

【0044】

この1/2波長板11は、例えば図中下側から上向きにレーザー光を通過させると、入射する直線偏光の偏光面を所定の角度回転させて直線偏光として出射する際に、回折格子パターン12によって3つのレーザ光に、即ち1つのメインビームL0と2つのサイドビームL+1, L-1とに分ける。このように本実施例では、1つの光学デバイスで1/2波長板と回折格子の2つの機能を発揮する。従って、これを光学ヘッド等の光学装置に使用した場合、部品点数の削減、小型化、コスト低減を図ることができる。

10

【0045】

図8は、本発明の1/2波長板を使用した光ピックアップ装置の実施例を示している。この光ピックアップ装置20は、例えばBlu-ray Disc(商標)等の光ディスク装置の記録再生に使用するためのもので、例えば波長405nmの青紫色光であるレーザー光を放射するレーザーダイオードからなる光源21を有する。光ピックアップ装置20は、光源21からのレーザー光を回折する回折格子22と、該回折格子を透過したレーザー光をP偏光成分とS偏光成分とに分離して透過又は反射する偏光ビームスプリッタ23と、該偏光ビームスプリッタに反射されたレーザー光を平行光にするコリメートレンズ24と、該コリメートレンズを透過したレーザー光を光ディスク25に向けて反射するミラー26と、該ミラーにより反射された直線偏光のレーザー光を円偏光に変換する1/4波長板27と、該1/4波長板を透過したレーザー光を集光する対物レンズ28と、光ディスク25から反射したレーザー光を検出する光検出器29とを備える。更に光ピックアップ装置20は、光源21から出射して偏光ビームスプリッタ23を透過したレーザー光を検出するモニタ用光検出器30を有する。

20

【0046】

回折格子22は、図7に関連して上述した本発明の1/2波長板11から構成される。これによって、光ピックアップ装置20の使用時に発振レーザーの温度ドリフトによりレーザー光の波長が変動しても、1/2波長板の変換効率が劣化せず又はその劣化を最小限に抑制し、常に十分な光量を確保することができる。その結果、使用するレーザー光の短波長化及び高出力化に対応して、従来よりも広帯域の波長範囲で安定して良好な性能を発揮し得る光ピックアップ装置を実現できる。

30

【0047】

光ピックアップ装置20は、以下のように動作する。光源21から出射した直線偏光のレーザー光は、3ビーム法によるトラッキング制御のために回折格子22により3ビームに分離された後、S偏光成分が偏光ビームスプリッタ23で反射され、コリメートレンズ24により平行光となる。平行光のレーザー光はミラー26で全反射され、1/4波長板27により直線偏光から円偏光に変換され、対物レンズ28で集光されて、光ディスク25に形成した信号記録層のピットに照射される。該ピットで反射されたレーザー光は前記対物レンズを透過し、1/4波長板27により円偏光から直線偏光に変換され、ミラー26で全反射されてコリメートレンズ24及び偏光ビームスプリッタ23を透過し、光検出器29に入射して検出される。これにより、前記光ディスクに記録されている信号の読み取り動作が行われる。また、光源21から出射したレーザー光のP偏光成分は、偏光ビームスプリッタ23を透過してモニタ用光検出器30に入射して検出される。この検出出力によって、前記レーザーダイオードから出射するレーザー光の出力を制御する。

40

【0048】

本発明の1/2波長板は、光の利用効率が非常に高いことから、例えば液晶プロジェクターのように、液晶パネルを備えた投写型表示装置等に使用するのに適している。特に、特定の偏光方向の光束(S偏光光またはP偏光光)を変調するタイプの液晶パネルを用いた投写型表示装置では、直線偏光をP偏光又はS偏光のいずれかに一方に統一して液晶パネルに入射させるように、光学系を設定するのが一般的である。そのために、投写型表示

50

装置は、光源からのランダム偏光光を P 偏光又は S 偏光の光束に変換して光の利用効率を高める役目の偏光変換素子（P S 変換素子）を搭載する。

【0049】

図9（A）～（C）は、液晶プロジェクター等の投写型表示装置に使用するのに適した3つの異なる構成の偏光変換素子40、40'、40''をそれぞれ示しており、そのいずれにも本発明の1/2波長板を使用することができる。これによって、各偏光変換素子40、40'、40''は、従来よりも広帯域で変換効率の劣化を最小限に抑制できるので、光エネルギーをより効率良く利用することができる。

【0050】

図9（A）の偏光変換素子40は、第1の主面41aを光入斜面としつつ第2の主面41bを光出射面とする平板状の透光性基材からなるプリズムアレイ41を備える。前記透光性基材中には、前記第1及び第2の主面に対して傾斜させた偏光分離膜42と反射膜43とが、交互にかつ所定の間隔をおいて平行に配置されている。

10

【0051】

偏光分離膜42は、第1の主面41aからプリズムアレイ41に入射したランダム光をS偏光成分とP偏光成分とに分離し、P偏光成分を透過させかつS偏光成分を反射する。偏光分離膜42を透過したP偏光成分は、そのまま第2の主面41bを介してプリズムアレイ41から出射する。前記偏光分離膜に反射されたS偏光成分は、反射膜43により反射され、第2の主面41bを介してプリズムアレイ41から出射する。第2の主面41bには、前記反射膜に反射されたS偏光成分が出射する部分に1/2波長板44が配置されている。1/2波長板44は、入射するS偏光の直線偏光をP偏光に変換して出力する。このように偏光変換素子40は、入射した光がP偏光に揃えて出射され、P偏光光学系の投写型表示装置に搭載するのに適している。

20

【0052】

図9（B）は、S偏光光学系の投写型表示装置に搭載するのに適した偏光変換素子40'の構成を示している。この偏光変換素子40'は、1/2波長板44が、偏光分離膜42を透過したP偏光成分が出射する第2の主面41bの部分に配置されている。これにより、偏光分離膜42を透過したP偏光の直線偏光はS偏光に変換して出射される。他方、前記偏光分離膜に反射されたS偏光成分は、反射膜43により反射されて、S偏光のままプリズムアレイ41から出射する。従って、偏光変換素子40'に入射した光は、S偏光に揃えて出射される。

30

【0053】

図9（C）は、1/2波長板44をプリズムアレイ41の前記透光性基材中に配置した構造の偏光変換素子40''を示している。1/2波長板44は偏光分離膜42の出射面に積層され、反射膜43とは所定の間隔をおいてかつ交互に平行に配置されている。

【0054】

偏光分離膜42は、第1の主面41aから入射したランダム光をS偏光成分とP偏光成分とに分離し、P偏光成分を透過させかつS偏光成分を反射する。偏光分離膜42に反射されたS偏光成分は、反射膜43により反射され、第2の主面41bを介してプリズムアレイ41から出射する。前記偏光分離膜を透過したP偏光成分は、直接1/2波長板44に入射してS偏光に変換され、前記第2の主面を介してプリズムアレイ41から出射する。このように、偏光変換素子40''に入射した光はS偏光に揃えて出射される。

40

【0055】

図10は、本発明の1/2波長板を使用した投写型表示装置の実施例を概略的に示している。この投写型表示装置50は、照明光学系51、ダイクロイックミラー52、53、反射ミラー54～56、1/2位相差板57～61、液晶ライトバルブ62～64、クロスダイクロイックプリズム65、及び投写レンズ系66を備える。照明光学系50は、液晶ライトバルブ62～64を照明するために光源、偏光変換素子67、集光レンズ等を備える。偏光変換素子67は、図9の偏光変換素子を用いることができ、前記光源からのランダム光をS偏光に変換して出射する。

50

## 【0056】

照明光学系 5 1 から出射された S 偏光の白色光は、赤色光成分がダイクロイックミラー 5 2 を透過し、青色光成分と緑色光成分とが反射される。ダイクロイックミラー 5 2 を透過した赤色光は反射ミラー 5 4 で反射され、 / 2 位相差板 5 7 を通って P 偏光光に変換され、赤色光用の液晶ライトバルブ 6 2 に入射する。ダイクロイックミラー 5 2 で反射された緑色光は更にダイクロイックミラー 5 3 により反射され、 / 2 位相差板 5 8 を通つて P 偏光光に変換され、緑色光用の液晶ライトバルブ 6 3 に入射する。ダイクロイックミラー 5 2 で反射された青色光は、ダイクロイックミラー 5 3 を透過して反射ミラー 5 5 , 5 6 に反射され、 / 2 位相差板 5 9 を通つて P 偏光光に変換され、青色光用の液晶ライトバルブ 6 4 に入射する。

10

## 【0057】

液晶ライトバルブ 6 2 ~ 6 4 は、それぞれ与えられた画像情報（画像信号）に従つて各色の色光を変調して画像を形成する光変調手段である。クロスダイクロイックプリズム 6 5 は、液晶ライトバルブ 6 2 , 6 4 から出射された S 偏光の赤色光及び青色光、液晶ライトバルブ 6 3 から出射された後に P 偏光に変換された緑色光の色光を合成してカラー画像を形成する色合成手段である。この合成光は、 / 2 位相差板 6 1 を通して投写レンズ系 6 6 に出射される。投写レンズ系 6 6 は、この合成光を投写スクリーン上に投写してカラー画像を表示する投写光学系である。

## 【0058】

/ 2 位相差板 6 1 は、 S 偏光光（赤色光及び青色光）と P 偏光光（緑色光）の偏光方向をそれぞれ約 45° 変更するように、その光学軸の方向を決定すると、 3 色の光の S 偏光光成分と P 偏光光成分とが約 1 / 2 ずつになるので、偏光スクリーン上にカラー映像をきれいに投写することができる。また、 / 2 位相差板 6 1 に代えて / 4 位相差板を用いることができる。この場合には、赤、緑、青の 3 色の光をそれぞれ楕円偏光、好ましくは円偏光に変換することによって、投写スクリーンに偏光スクリーンを用いた場合にも、カラー映像をきれいに投写することができる。

20

## 【0059】

/ 2 位相差板 5 7 ~ 6 1 には、本発明の 1 / 2 波長板を使用することができる。これによって、投写型表示装置 5 0 は、各 / 2 位相差板において従来よりも変換効率を高めて、光の利用効率をより高めることができる。その結果、同じ出力の光源でより明るいカラー映像を得ることができ、又は光源を低出力なものにしても同程度に明るいカラー映像が得られるので、消費電力を低減することができる。

30

## 【0060】

本発明は、上記実施例に限定されるものでなく、その技術的範囲内で様々な変形又は変更を加えて実施することができる。例えば、本発明の波長板は、水晶板以外の光学的一軸性結晶材料により形成することができる。また、上記実施例とは異なる構成の光ピックアップ装置、偏光変換素子、投写型表示装置についても、または他の光学装置についても、本発明を同様に適用することができる。

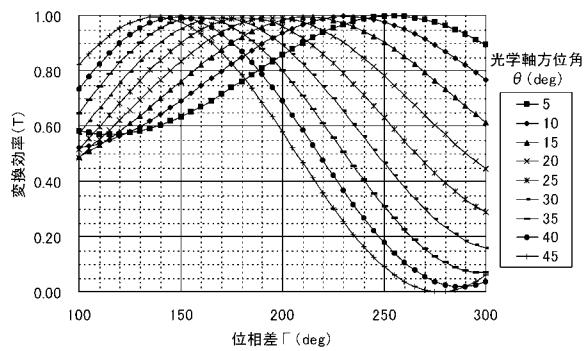
## 【符号の説明】

## 【0061】

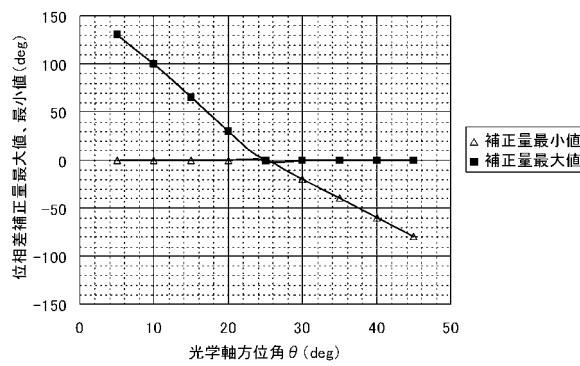
1 , 1 1 ... 1 / 2 波長板、 1 a ... 入射面、 1 b ... 出射面、 2 ... 結晶光学軸、 3 ... 偏光面の向き、 1 2 ... 回折格子パターン、 1 3 ... 蒸着膜、 2 0 ... 光ピックアップ装置、 2 1 , 4 1 ... 光源、 2 2 ... 回折格子、 2 3 ... 偏光ビームスプリッタ、 2 4 ... コリメートレンズ、 2 5 ... 光ディスク、 2 6 ... ミラー、 2 7 , 4 4 ... 1 / 4 波長板、 2 8 ... 対物レンズ、 2 9 ... 光検出器、 3 0 ... モニタ用光検出器、 4 0 , 6 7 ... 偏光変換素子、 4 1 ... プリズムアレイ、 4 1 a ... 第 1 の正面、 4 1 b ... 第 2 の正面、 4 2 ... 偏光分離膜、 4 3 ... 反射膜、 5 0 ... 投写型表示装置、 5 1 ... 照明光学系、 5 2 , 5 3 ... ダイクロイックミラー、 5 4 ~ 5 6 ... 反射ミラー、 5 7 ~ 6 1 ... / 2 位相差板、 6 2 ~ 6 4 ... 液晶ライトバルブ、 6 5 ... クロスダイクロイックプリズム、 6 6 ... 投写レンズ系。

40

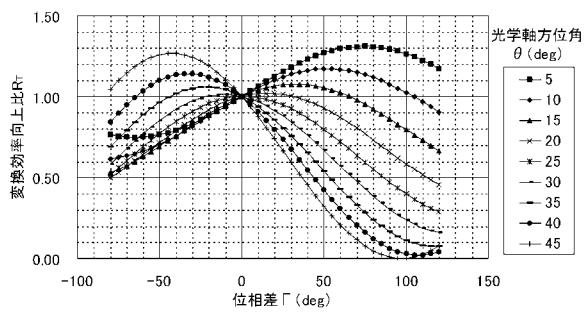
【図1】



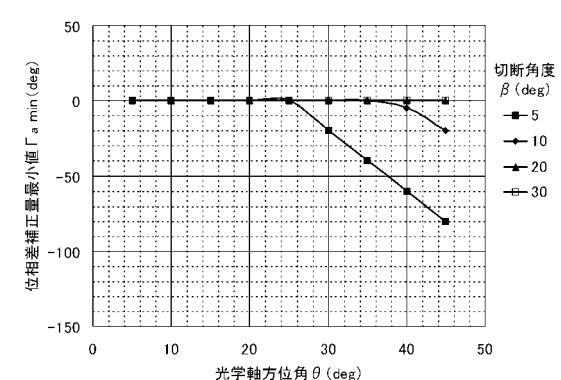
【図3】



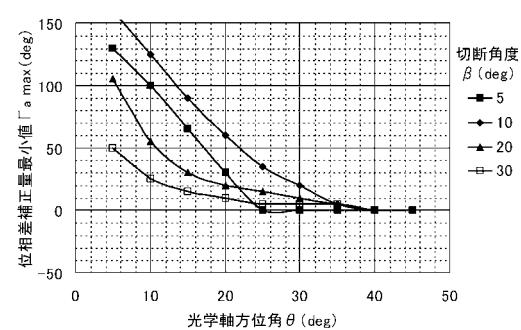
【図2】



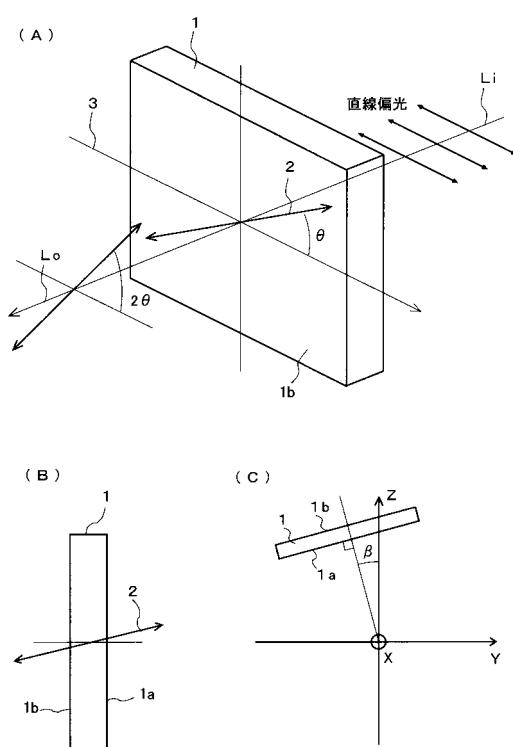
【図4】



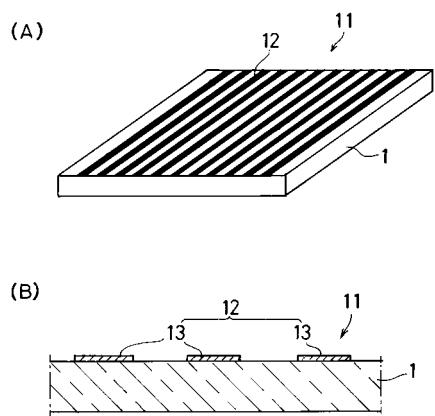
【図5】



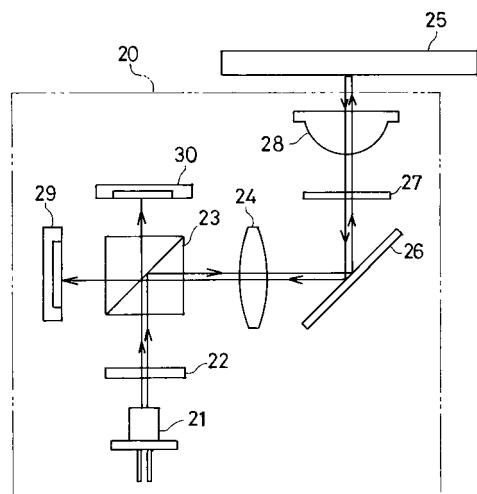
【図6】



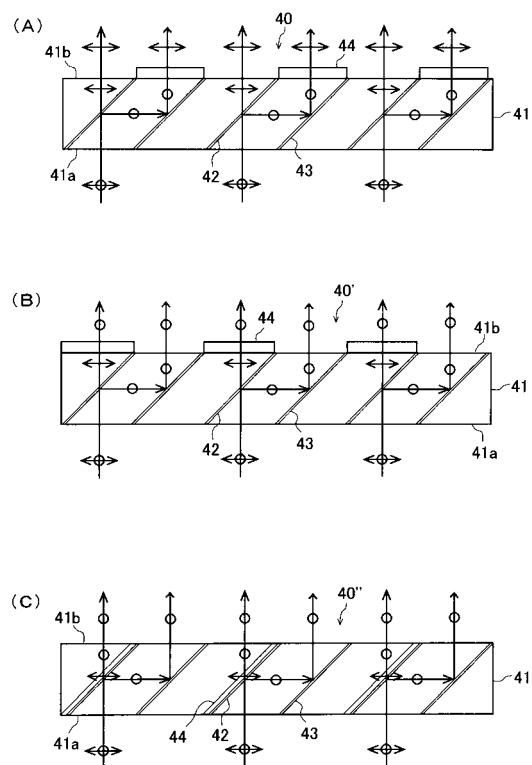
【図7】



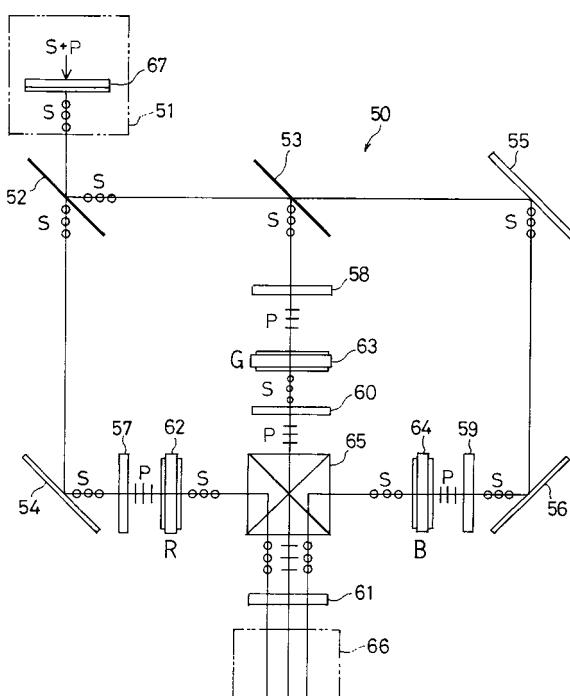
【図8】



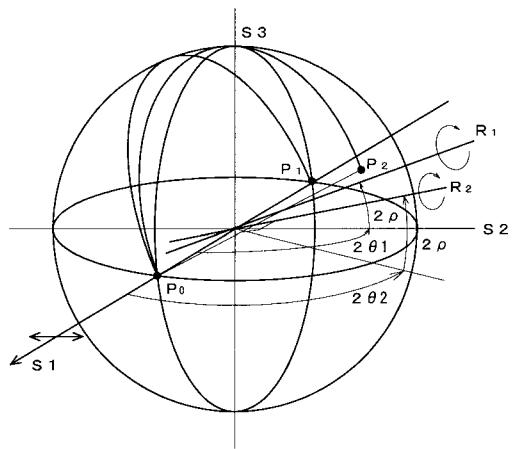
【図9】



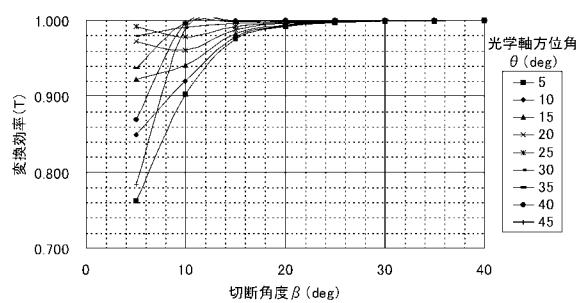
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-20139 (JP, A)  
特開2008-123588 (JP, A)  
特開2006-235312 (JP, A)  
特開2005-158121 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	5 / 30
G 02 B	5 / 18
G 03 B	21 / 00
G 11 B	7 / 135