

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4333580号  
(P4333580)

(45) 発行日 平成21年9月16日(2009.9.16)

(24) 登録日 平成21年7月3日(2009.7.3)

(51) Int.Cl.	F I
<b>G 0 2 B 5/30 (2006.01)</b>	G 0 2 B 5/30
<b>G 1 1 B 7/135 (2006.01)</b>	G 1 1 B 7/135 A
	G 1 1 B 7/135 Z

請求項の数 10 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2004-501952 (P2004-501952)	(73) 特許権者	000003104
(86) (22) 出願日	平成15年4月24日(2003.4.24)		エプソントヨコム株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2003/005257		東京都日野市日野4 2 1-8
(87) 国際公開番号	W02003/091768	(74) 代理人	100085660
(87) 国際公開日	平成15年11月6日(2003.11.6)		弁理士 鈴木 均
審査請求日	平成18年4月18日(2006.4.18)	(72) 発明者	大戸 正之
(31) 優先権主張番号	特願2002-126655 (P2002-126655)		神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目1番1号
(32) 優先日	平成14年4月26日(2002.4.26)		東洋通信機株式会社
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		内

審査官 森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層波長板及びそれを用いた光ピックアップ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長  $\lambda_1$  の単色光に対して位相差  $\phi_1$  及び方位角  $\theta_1$  の第1の波長板と、波長  $\lambda_2$  の単色光に対して位相差  $\phi_2$  及び方位角  $\theta_2$  の第2の波長板と、を夫々の光学軸が交差するように貼り合わせて、互いに波長が異なる2つの波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  の光に対して位相差  $\phi_1$ 、 $\phi_2$  として機能する積層波長板であって、

前記波長  $\lambda_1$  を  $\lambda_1$ 、または  $\lambda_2$  とし、

前記第1の波長板の常光線の屈折率を  $N_{o1}$ 、異常光線の屈折率を  $N_{e1}$ 、厚みを  $d_1$  とし

、  
前記第2の波長板の常光線の屈折率を  $N_{o2}$ 、異常光線の屈折率を  $N_{e2}$ 、厚みを  $d_2$  としたときに、

前記位相差  $\phi_1$ 、 $\phi_2$  は夫々下式(3)、(4)を満足し、

$$\phi_1 = 2 \times \frac{\pi}{\lambda_1} \times (N_{e1} - N_{o1}) \times d_1 \cdots (3)$$

$$\phi_2 = 2 \times \frac{\pi}{\lambda_2} \times (N_{e2} - N_{o2}) \times d_2 \cdots (4)$$

前記第1の波長板が下式(5)のミューラ行列  $A_1$  を満足し、

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \alpha) \sin^2 2\theta_1 & (1 - \cos \alpha) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & -\sin \alpha \sin 2\theta_1 \\ 0 & (1 - \cos \alpha) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & 1 - (1 - \cos \alpha) \cos^2 2\theta_1 & \sin \alpha \cos 2\theta_1 \\ 0 & \sin \alpha \sin 2\theta_1 & -\sin \alpha \cos 2\theta_1 & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

・・・(5)

前記第2の波長板が下式(6)のミューラ行列 $A_2$ を満足し、

$$A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \beta) \sin^2 2\theta_2 & (1 - \cos \beta) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & -\sin \beta \sin 2\theta_2 \\ 0 & (1 - \cos \beta) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & 1 - (1 - \cos \beta) \cos^2 2\theta_2 & \sin \beta \cos 2\theta_2 \\ 0 & \sin \beta \sin 2\theta_2 & -\sin \beta \cos 2\theta_2 & \cos \beta \end{bmatrix} \quad 10$$

・・・(6)

前記積層波長板に入射する光を下式(7)のストークスベクトル $T$ とし、

$$T = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix} \quad 20$$

・・・(7)

前記積層波長板から出射する光を下式(8)のストークスベクトル $S$ とし、

$$S = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix} \quad 30$$

・・・(8)

前記ストークスベクトル $T$ と前記ストークスベクトル $S$ との関係は下式(9)を満足し

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix} = A_2 \cdot A_1 \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix}$$

・・・(9)

前記積層波長板の位相差を下式(12)で表したとき、

$$\Gamma = \arctan \frac{S_4}{\sqrt{S_2^2 + S_3^2}}$$

・・・(12)

前記波長 $\lambda_1$ 及び前記波長 $\lambda_2$ において、前記位相差 $\Gamma$ が下式を満足することを特徴とする積層波長板。

$$\Gamma = (2 \times N - 1) \times (\pi / 2)$$

但し、Nは正の整数

【請求項2】

波長  $\lambda_1$  の単色光に対して位相差  $\phi_1$  及び方位角  $\theta_1$  の第1の波長板と、波長  $\lambda_2$  の単色光に対して位相差  $\phi_2$  及び方位角  $\theta_2$  の第2の波長板とを、夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、

前記波長  $\lambda_1$  を  $\lambda_1 = 785 \text{ nm}$  としたとき、前記位相差  $\phi_1$  と前記位相差  $\phi_2$  は、

$$\phi_1 = 1695^\circ$$

$$\phi_2 = 850^\circ$$

を満足し、

前記方位角  $\theta_1$  と前記方位角  $\theta_2$  は

$$\theta_1 = 25.5^\circ \pm 5^\circ$$

$$\theta_2 = 79.8^\circ \pm 5^\circ$$

を満足することを特徴とする積層波長板。

【請求項3】

請求項2において、

波長  $\lambda_1$  655 nm 及び波長  $\lambda_2$  785 nm の光に対して1/4波長板として機能することを特徴とする積層波長板。

【請求項4】

波長  $\lambda_1$  の単色光に対して位相差  $\phi_1$  及び方位角  $\theta_1$  の第1の波長板と、波長  $\lambda_2$  の単色光に対して位相差  $\phi_2$  及び方位角  $\theta_2$  の第2の波長板とを、夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、

前記波長  $\lambda_1$  を  $\lambda_1 = 785 \text{ nm}$  又は  $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$  としたとき、前記位相差  $\phi_1$  と前記位相差  $\phi_2$  は、

$$\phi_1 = 1980^\circ$$

$$\phi_2 = 990^\circ$$

を満足し、

前記方位角  $\theta_1$  と前記方位角  $\theta_2$  は

$$\theta_1 = 14^\circ \pm 5^\circ$$

$$\theta_2 = 72^\circ \pm 5^\circ$$

を満足することを特徴とする積層波長板。

【請求項5】

請求項4において、

波長  $\lambda_1$  655 nm 及び波長  $\lambda_2$  785 nm の光に対して1/4波長板として機能することを特徴とする積層波長板。

【請求項6】

波長  $\lambda_1$  の単色光に対して位相差  $\phi_1$  及び方位角  $\theta_1$  の第1の波長板と、波長  $\lambda_2$  の単色光に対して位相差  $\phi_2$  及び方位角  $\theta_2$  の第2の波長板とを、夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、

前記波長  $\lambda_1$  を  $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$  としたとき、前記位相差  $\phi_1$  と前記位相差  $\phi_2$  は、

$$\phi_1 = 2700^\circ$$

$$\phi_2 = 630^\circ$$

を満足し、

前記方位角  $\theta_1$  と前記方位角  $\theta_2$  は

$$\theta_1 = 7^\circ \pm 5^\circ$$

$$\theta_2 = 52^\circ \pm 5^\circ$$

を満足することを特徴とする積層波長板。

【請求項7】

請求項6において、

波長  $\lambda_1$  655 nm の光に対して1/4波長板として機能し、

波長  $\lambda_2$  785 nm の光に対して1/2波長板として機能することを特徴とする積層波長板

10

20

30

40

50

°

## 【請求項 8】

波長  $\lambda_1$  の単色光に対して位相差  $\phi_1$  及び方位角  $\theta_1$  の第 1 の波長板と、波長  $\lambda_2$  の単色光に対して位相差  $\phi_2$  及び方位角  $\theta_2$  の第 2 の波長板と、を夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、

前記波長  $\lambda_1$  を  $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$  としたとき、前記位相差  $\phi_1$  と前記位相差  $\phi_2$  は、

$$\phi_1 = 2700^\circ$$

$$\phi_2 = 1260^\circ$$

を満足し、

前記方位角  $\theta_1$  と前記方位角  $\theta_2$  は

$$\theta_1 = 12^\circ \pm 5^\circ$$

$$\theta_2 = 57^\circ \pm 5^\circ$$

を満足することを特徴とする積層波長板。

10

## 【請求項 9】

請求項 8 において、

波長  $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$  の光に対して  $1/2$  波長板として機能し、

波長  $\lambda_2 = 785 \text{ nm}$  の光に対して  $2/2$  波長板として機能することを特徴とする積層波長板

°

## 【請求項 10】

第 1 の波長の第 1 直線偏光と第 2 の波長の第 2 直線偏光とが、波長板を通過するよう構成された光ピックアップにおいて、

20

当該波長板が、請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載の積層波長板であることを特徴とする光ピックアップ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 技術分野

本発明は、異なる波長の光を用いて光学記録媒体への情報の記録及び再生を行うことを可能とする積層波長板及びそれを用いた光ピックアップに関する。

## 背景技術

音楽や映像関連の情報の光学記録媒体である CD や DVD 等を直線偏光や円偏光等のレーザー光を利用して情報の記録及び再生を行う光ディスク装置が幅広く利用されている。中でも CD と DVD のコンパチブル（互換性）が可能な光ディスク装置の普及と共に装置の小型化の要求も高まり、光学部品点数の削減等の簡素化による光ピックアップ装置の小型化が試みられている。

30

DVD は、2 時間以上の映像及び音声の情報を 1 枚のディスクに収容可能な仕様となっており CD に比べ記録密度が高く、それによって DVD の再生波長も CD の  $785 \text{ nm}$  に対して  $655 \text{ nm}$  と波長も短くなり、DVD と CD のコンパチブルを可能とする光ピックアップ装置では必然的に 2 種類の波長が必要になり、2 波長対応とするためにレーザー光源を 2 つ必要とし、そして波長板等の光学素子も夫々に対応するものが必要となるため結果的に 2 系統のピックアップにより光ピックアップ装置が構成されることとなるが、近年の光ピックアップ装置の小型化の要求によりピックアップを 1 系統で構成せんとする試みが種々なされている。

40

## 【0002】

ここで、光ピックアップに用いられる偏光について説明すると、光は電磁波と呼ばれる波の一つであり、光の進行方向と磁場ベクトルを含む面を偏光面、光の進行方向と電場ベクトルを含む面を振動面といい、偏光面の方向が揃っている場合を偏光という。更に、偏光面が一つの平面に限られるような偏光を直線偏光と呼び、直線偏光には、入射光線と入射面の法線とを含む平面に対して、水平に振動する成分の P 偏光と、垂直に振動する成分の S 偏光とがある。

また、ある位置でみた電場ベクトルが、時間とともに回転するような偏光を一般に楕円

50

偏光といい、特に、光の進行方向に垂直な平面上に電場ベクトルの先端を投影したとき、その軌跡が円となるものを円偏光という。

図14は、多数次モードの位相差  $\phi_1$  (2790°)となる第1の波長板1(厚み  $d_1$ )と多数次モードの位相差  $\phi_2$  (2700°)となる第2の波長板2(厚み  $d_2$ )とを結晶光学軸が90°交差するよう貼り合わせてなる1/4波長板として機能する零次モードの波長板3であって、図14(a)は波長板3の入射面から見た第1、第2の波長板1, 2の結晶光学軸4, 5の交差角を示す図であり、図14(b)は波長板3の構成を示す斜視図である。

これは、結晶光学軸の交差角を90°とすることによって、余分な位相差を相殺することができる、つまり  $\phi_1 - \phi_2 = 2790^\circ - 2700^\circ = 90^\circ$  となり、零次モードの1/4波長板として機能するものである。従って、直線偏光6が波長板3に入射すると出射面で位相が90°ずれるので円偏光7として出射することとなる。

波長板3の位相差  $\phi_3$  は、次式でも表わすことができる。

$$\phi_3 = \phi_1 - \phi_2 = 2\pi \times n \times (d_1 - d_2) / \lambda \quad (1)$$

ここで、 $n$  は、第1、第2の波長板1, 2との屈折率差であり、 $\lambda$  は入射光の波長である。

#### 【0003】

図15は、零次モードの位相差  $\phi_4$  (=90°)となる1/4波長板として機能する零次モードの波長板8(厚み  $d_3$ )を示す斜視図である。直線偏光9が、波長板8へ入射すると出射面で位相が90°ずれて円偏光10として出力する。

波長板8の位相差  $\phi_4$  は、次式で表わすことができる。

$$\phi_4 = 2\pi \times n \times d_3 / \lambda \quad (2)$$

ここで、 $n$  は波長板8の屈折率差( $N_e - N_o$ )、 $\lambda$  は入射光の波長、 $N_o$  は常光線の屈折率、 $N_e$  は異常光線の屈折率である。

これらの波長板3, 8を適宜選定してピックアップの所定の位置に配置することによってピックアップ1系統による2波長対応光ピックアップ装置を構成せんと試みた場合以下のような問題が生じる。

即ち、前述したように光ピックアップ装置の小型化により部品点数を削減するため、図16のようにCD(785nm)再生用とした1つの1/4波長板3で2波長対応とするようピックアップを構成した場合、図16(a)に示す如く、P偏光11がビームスプリッター12(以下、PBSと称す)へ入射すると、P偏光を透過しS偏光を反射する特性を有する光学薄膜で形成されたミラー13を透過してP偏光のまま1/4波長板3へ入射する。ここで位相が90°ずれるので、円偏光14として出力しCDのピット15へ入射する。ピット15で円偏光14が反射する際、回転方向が逆の円偏光16として反射するので、円偏光16が1/4波長板3へ入射すると、S偏光として出力し、PBS12のミラー13で反射して図示しないフォトディテクタ(以下、PDと称す)へ至り90%以上の効率でレーザー光を使用することができる。尚、図16において説明を容易にするため往路と復路で光軸をずらしている。

#### 【0004】

一方、図16(b)に示す如く、DVDを再生する場合、波長655nmのP偏光11がPBS12へ入射すると、ミラー13を透過してP偏光のまま1/4波長板3へ入射する。この際、前記1/4波長板3は、単一波長785nmに対してのみ90°位相をずらす機能を有しているため直線偏光から円偏光への変換が十分できず楕円偏光17として出射してしまう。これがDVDのピット15へ入射すると回転方向が前記楕円偏光17とは逆の楕円偏光18として反射して、1/4波長板3へ入射し同様に十分に直線偏光への変換ができない、つまり楕円偏光成分とS偏光成分が混在した状態で1/4波長板3から出射しPBS12のミラー13でS偏光成分のみ反射し、楕円偏光成分はミラー13を透過してしまう。従って、PDでは、例えば、本発明者の実験結果によると、光の効率の観点からレーザー光の65%前後がPDで検出され、残り約30%がミラーを透過してしまう楕円偏光成分として損失してしまい、効率上問題がある。これは、波長板3, 8の位相

10

20

30

40

50

差を表わす各々の式(1)、(2)から位相差が波長に依存していることから分かる。

そこで、日本特許第3174367号では、単色光に対して1/2波長(180°)の位相差を有する延伸フィルムと、1/4波長(90°)の位相差を有する延伸フィルムとを結晶光学軸が交差するよう積層してなる積層波長板が広帯域で位相が90°ずれる機能を有する広帯域1/4波長板が提案されている。DVD(655nm)とCD(785nm)とを記録・再生する光ピックアップ装置において、前記広帯域1/4波長板を採用すれば、波長板1つで2波長対応とすることができるので、ピックアップをほぼ1系統に簡素化したいという要求を満足することを可能としている。

【0005】

図17に示す如く日本特許第3174367号の第5図に前記広帯域1/4波長板をクロスニコルに配置した偏光板間に配置して分光スペクトルを評価した透過率の波長依存性のグラフが開示されている。

しかしながら、このグラフの実施例3の曲線、即ち広帯域1/4波長板の透過率を注視すると、400nmから800nmに向かって、徐々に透過率が40%から50%に向かって上昇、つまりグラフが傾斜した特性を有しており、波長によって、1/4波長板として機能する効率が変化していることがわかる。尚、1/4波長板として完全に機能する透過率は50%のところである。即ち、この広帯域1/4波長板では、依然として波長依存性が完全には解決されておらず、波長によって、位相が90°ずれる効率が違っているため、近年、DVD/CDのコンパクトの光ピックアップ装置における光の効率等の観点から波長板に求められる厳しい光学特性上の仕様を満足できないという問題があった。

本発明は、上記の如き問題を解決するためになされたものであり、DVD/CDのコンパクトの光ピックアップ装置等の複数の波長に対して完全に1/4波長板として機能する波長板、及びその波長板を用いた光ピックアップを提供することを目的とする。

【0006】

発明の開示

上記課題を解決するために本発明に係る積層波長板の請求項1記載の発明は、波長の単色光に対して位相差及び方位角 $\alpha_1$ の第1の波長板と、波長の単色光に対して位相差及び方位角 $\alpha_2$ の第2の波長板と、を夫々の光学軸が交差するように貼り合わせて、互いに波長が異なる2つの波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光に対して位相差として機能する積層波長板であって、前記波長 $\lambda_1$ を $\lambda_1$ 、または $\lambda_2$ とし、前記第1の波長板の常光線の屈折率を $N_{o1}$ 、異常光線の屈折率を $N_{e1}$ 、厚みを $d_1$ とし、前記第2の波長板の常光線の屈折率を $N_{o2}$ 、異常光線の屈折率を $N_{e2}$ 、厚みを $d_2$ としたときに、前記位相差 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ は夫々下式(3)、(4)を満足し、

$$\alpha_1 = 2 \times \frac{\pi}{\lambda_1} \times (N_{e1} - N_{o1}) \times d_1 \cdots (3)$$

$$\alpha_2 = 2 \times \frac{\pi}{\lambda_2} \times (N_{e2} - N_{o2}) \times d_2 \cdots (4)$$

前記第1の波長板が下式(5)のミューラ行列 $A_1$ を満足し、

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \alpha) \sin^2 2\theta_1 & (1 - \cos \alpha) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & -\sin \alpha \sin 2\theta_1 \\ 0 & (1 - \cos \alpha) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & 1 - (1 - \cos \alpha) \cos^2 2\theta_1 & \sin \alpha \cos 2\theta_1 \\ 0 & \sin \alpha \sin 2\theta_1 & -\sin \alpha \cos 2\theta_1 & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

・・・(5)

前記第2の波長板が下式(6)のミューラ行列 $A_2$ を満足し、

$$A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \beta) \sin^2 2\theta_2 & (1 - \cos \beta) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & -\sin \beta \sin 2\theta_2 \\ 0 & (1 - \cos \beta) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & 1 - (1 - \cos \beta) \cos^2 2\theta_2 & \sin \beta \cos 2\theta_2 \\ 0 & \sin \beta \sin 2\theta_2 & -\sin \beta \cos 2\theta_2 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

・・・(6)

10

20

30

40

50

前記積層波長板に入射する光を下式(7)のストークスベクトルTとし、

$$T = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix}$$

・・・(7)

前記積層波長板から出射する光を下式(8)のストークスベクトルSとし、

$$S = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix}$$

10

・・・(8)

前記ストークスベクトルTと前記ストークスベクトルSとの関係は下式(9)を満足し

$$\begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} = A_2 \cdot A_1 \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix}$$

20

・・・(9)

前記積層波長板の位相差を下式(12)で表したとき、

$$\Gamma = \arctan \frac{S_4}{\sqrt{S_2^2 + S_3^2}} \cdots (12)$$

30

前記波長 $\lambda_1$ 及び前記波長 $\lambda_2$ において、前記位相差 $\Gamma$ が下式を満足することを特徴としている。

$$\Gamma = (2 \times N - 1) \times (\pi / 2)$$

但し、Nは正の整数

【0007】

請求項2記載の発明は、波長 $\lambda_1$ の単色光に対して位相差 $\Gamma_1$ 及び方位角 $\theta_1$ の第1の波長板と、波長 $\lambda_2$ の単色光に対して位相差 $\Gamma_2$ 及び方位角 $\theta_2$ の第2の波長板とを、夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、前記波長 $\lambda_1$ を $\lambda_1 = 785 \text{ nm}$ としたとき、前記位相差 $\Gamma_1$ と前記位相差 $\Gamma_2$ は、 $\Gamma_1 = 1695^\circ$ 、 $\Gamma_2 = 850^\circ$ を満足し、前記方位角 $\theta_1$ と前記方位角 $\theta_2$ は $\theta_1 = 25.5^\circ \pm 5^\circ$ 、 $\theta_2 = 79.8^\circ \pm 5^\circ$ を満足することを特徴としている。

40

請求項3記載の発明は、請求項2において、波長 $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$ 及び $\lambda_2 = 785 \text{ nm}$ の光に対して $\Gamma = \pi/4$ 波長板として機能することを特徴としている。

請求項4記載の発明は、波長 $\lambda_1$ の単色光に対して位相差 $\Gamma_1$ 及び方位角 $\theta_1$ の第1の波長板と、波長 $\lambda_2$ の単色光に対して位相差 $\Gamma_2$ 及び方位角 $\theta_2$ の第2の波長板とを、夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、前記波長 $\lambda_1$ を $\lambda_1 = 785 \text{ nm}$ 又は $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$ としたとき、前記位相差 $\Gamma_1$ と前記位相差 $\Gamma_2$ は、 $\Gamma_1 = 1980^\circ$ 、 $\Gamma_2 = 990^\circ$ を満足し、前記方位角 $\theta_1$ と前記方位角 $\theta_2$ は、 $\theta_1 = 14^\circ \pm 5^\circ$ 、 $\theta_2 = 72^\circ \pm 5^\circ$ を満足することを特徴としている。

請求項5記載の発明は、請求項4において、波長 $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$ 及び $\lambda_2 = 785 \text{ nm}$ の光に対し

50

て1/4波長板として機能することを特徴としている。

請求項6記載の発明は、波長の単色光に対して位相差及び方位角 $\theta_1$ の第1の波長板と、波長の単色光に対して位相差及び方位角 $\theta_2$ の第2の波長板と、を夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、前記波長を $\lambda = 655\text{ nm}$ としたとき、前記位相差 $\delta_1$ と前記位相差 $\delta_2$ は、 $\delta_1 = 2700^\circ$ 、 $\delta_2 = 630^\circ$ を満足し、前記方位角 $\theta_1$ と前記方位角 $\theta_2$ は、 $\theta_1 = 7^\circ \pm 5^\circ$ 、 $\theta_2 = 52^\circ \pm 5^\circ$ を満足することを特徴としている。

#### 【0008】

請求項7記載の発明は、請求項6において、波長 $655\text{ nm}$ の光に対して1/4波長板として機能し、波長 $785\text{ nm}$ の光に対して1/2波長板として機能することを特徴としている。

10

請求項8記載の発明は、波長の単色光に対して位相差及び方位角 $\theta_1$ の第1の波長板と、波長の単色光に対して位相差及び方位角 $\theta_2$ の第2の波長板と、を夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、前記波長を $\lambda = 655\text{ nm}$ としたとき、前記位相差 $\delta_1$ と前記位相差 $\delta_2$ は、 $\delta_1 = 2700^\circ$ 、 $\delta_2 = 1260^\circ$ を満足し、前記方位角 $\theta_1$ と前記方位角 $\theta_2$ は $\theta_1 = 12^\circ \pm 5^\circ$ 、 $\theta_2 = 57^\circ \pm 5^\circ$ を満足することを特徴としている。

請求項9記載の発明は、請求項8において、波長 $655\text{ nm}$ の光に対して1/2波長板として機能し、波長 $785\text{ nm}$ の光に対して2/2波長板として機能することを特徴としている。

20

請求項10記載の発明は、第1の波長の第1直線偏光と第2の波長の第2直線偏光とが、波長板を通過するよう構成された光ピックアップにおいて、当該波長板が、請求項1乃至9の何れか1項に記載の積層波長板であることを特徴としている。

#### 【0009】

##### 【発明を実施するための最良の形態】

以下、本発明を図面に示した実施の形態例に基づいて詳細に説明する。

図1は本発明に係る波長板の第1の実施形態の構成を示す図であり、図1(a)は波長板を入射方向から見た平面図、図1(b)は波長板の斜視概観図である。この波長板22は、波長 $785\text{ nm}$ に対して位相差 $1695^\circ$ (4次モード $255^\circ$ )及び面内回転方位(以下、面内方位角と称す)が $25.5^\circ$ の水晶波長板23と位相差 $850^\circ$ (2次モード $130^\circ$ )及び面内方位角が $79.8^\circ$ の水晶波長板24とを各々の結晶光学軸25, 26が $54.3^\circ$ の角度で交差するように積層して、全体として、波長 $655\text{ nm}$ 及び $785\text{ nm}$ において1/4波長板として機能する積層波長板である。つまり、この積層波長板22に直線偏光27が入射すると出射面で位相が $90^\circ$ ずれることによって円偏光28となって出射することとなる。

30

#### 【0010】

この積層波長板22を、1/4波長板として機能せしめんがために積層した水晶波長板23, 24の光学特性を如何にして算出したかについて詳細に説明する。

数値計算には、以下ミューラ行列を使用し各偏光状態を示すこととする。

ここで、波長板23の位相差を $\delta_1$ 、面内方位角を $\theta_1$ 、波長板24の位相差を $\delta_2$ 、面内方位角を $\theta_2$ で表わす。 $\delta_1$ と $\delta_2$ は、下記の式(3)、(4)で表わすことができる。

40

$$\delta_1 = 2\pi \times \lambda / \lambda \times (N_e - N_o) \times d_1 \quad (3)$$

$$\delta_2 = 2\pi \times \lambda / \lambda \times (N_e - N_o) \times d_2 \quad (4)$$

$\lambda$ は波長、 $N_o$ は常光線の屈折率、 $N_e$ は異常光線の屈折率、 $d_1$ は水晶波長板23の厚み、 $d_2$ は水晶波長板24の厚みである。

波長板23のミューラ行列A1は、下記の式(5)で表わすことができる。



$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \delta_1) \sin^2 2\theta_1 & (1 - \cos \delta_1) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & -\sin \delta_1 \sin 2\theta_1 \\ 0 & (1 - \cos \delta_1) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & 1 - (1 - \cos \delta_1) \cos^2 2\theta_1 & \sin \delta_1 \cos 2\theta_1 \\ 0 & \sin \delta_1 \sin 2\theta_1 & -\sin \delta_1 \cos 2\theta_1 & \cos \delta_1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

波長板 2 4 のミューラ行列  $A_2$  は、下記の式 (6) で表わすことができる。

$$A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \delta_2) \sin^2 2\theta_2 & (1 - \cos \delta_2) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & -\sin \delta_2 \sin 2\theta_2 \\ 0 & (1 - \cos \delta_2) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & 1 - (1 - \cos \delta_2) \cos^2 2\theta_2 & \sin \delta_2 \cos 2\theta_2 \\ 0 & \sin \delta_2 \sin 2\theta_2 & -\sin \delta_2 \cos 2\theta_2 & \cos \delta_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

積層波長板 2 2 に入射する入射偏光状態をストークスペクトル  $T$  で下記の式 (7) で表わす。

【 0 0 1 1 】

$$T = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix} \quad (7)$$

積層波長板 2 2 から出射する出射偏光状態をストークスペクトル  $S$  で下記の式 (8) で表わす。

$$S = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} \quad (8)$$

以上、式 (5) ~ (8) より下記の式 (9) のミューラ行列式が得られる。

$$\begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} = A_2 \cdot A_1 \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix} \quad (9)$$

式 (9) において、 $T$  を下記の入射偏光状態とすると、

$$T = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$S = A_2 \cdot A_1 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (11) \quad 10$$

となる。積層波長板の位相差 は、

$$\Gamma = \arctan \frac{S_4}{\sqrt{S_2^2 + S_3^2}} \quad (12) \quad 20$$

で表すことができるから、式(11)、(12)から位相差 が  $(2 \times n - 1) \times (\pi / 2)$ 、 $n$ は自然数、となるようにシミュレーションを行った。

【0012】

以上のシミュレーション結果から各水晶波長板の位相差及び面内方位角が、  
 $(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) = (169.5^\circ, 25.5^\circ, 85.0^\circ, 79.8^\circ)$   
 のとき、位相差 は、図2(a)の如き位相差波長依存性カーブを描き、波長655nm  
 で位相差270°(点K1)、波長785nmで位相差90°(点K2)、またはカーブ  
 特性は図示しないが、波長655nmで位相差90°、波長785nmで位相差270°  
 となり、両波長において積層波長板が1/4波長板として完全に機能することを実現せし  
 めた。 30

この積層波長板22をクロスニコルに配置した偏光板間に配置した分光スペクトル評価  
 したところ、図2(b)の如き透過率特性を描くことが確認され、波長655nm及び7  
 85nmで透過率50%となり誤差なく1/4波長板として機能することが実証され、入  
 射した直線偏光を損失なく円偏光に変換する2波長対応の積層波長板を提供することが可  
 能となった。

尚、このシミュレーションにおいて、式(3)、(4)から積層する水晶波長板の板厚  
 を製造コスト上問題のない範囲に予め任意に決定し、数値計算を行って解を算出している  
 ので、所定の複数の波長に対して、各水晶波長板の板厚を適宜決定して1/4波長板とし  
 て機能する積層波長板を求める一連の上記過程の中から、各水晶波長板の位相差、 が  
 下記の2式の条件を満足する範囲から決定されることが判明した。 40

$$(3/2) \times \pi - 2 \times \pi \times (m - 1) \quad (13)$$

$$- 2 \times \pi \times (n - 1) \quad (14)$$

$$m, n : \text{自然数、} \theta_1 = 1, \theta_2 = 2$$

【0013】

即ち、本発明に係るシミュレーション解析及び実験結果から、複数の波長に対し1/4  
 波長板として機能する積層波長板は、各々の位相差(多数次モード分を除いた実質的な位  
 相差)が、180°及び270°からずれた位相差を有する水晶波長板同士を積層して構  
 成されるという結果に想到した。 50

図3は本発明に係る波長板の第2の実施形態の構成を示す図であり、図3(a)は波長板を入射方向から見た平面図、図3(b)は波長板の斜視概観図である。この波長板71は、波長785nm又は波長655nmに対して位相差1980°(5次モード180°)及び面内方位角が14°の水晶波長板72と、位相差990°(2次モード270°)及び面内方位角が72°の水晶波長板73とを各々の結晶光学軸74, 75が58°の角度で交差するように積層して、全体として、波長655nm及び785nmにおいて1/4波長板として機能する積層波長板である。つまり、この積層波長板71においても直線偏光が入射すると出射面で位相が90°ずれることによって円偏光となって出射するのである。

前述と同様なシミュレーションを行った結果から各水晶波長板の位相差及び面内方位角が、

$$(1, 1, 2, 2) = (1980^\circ, 14^\circ, 990^\circ, 72^\circ)$$

のとき、積層波長板の位相差は、図4の如き位相差波長依存性カーブを描き、波長655nmで位相差270°(点K1)、波長785nmで位相差90°(点K2)、またはカーブ特性は図示しないが、波長655nmで位相差90°、波長785nmで位相差270°となり、両波長において積層波長板が1/4波長板として完全に機能することを実現せしめている。

#### 【0014】

尚、面内方位角は、所望値に対して、±5°の精度で各々の波長板を積層していれば2波長に対して1/4波長板として十分機能するので、量産性においても低コスト化が期待できる。

図5は本発明の変形実施形態に係る波長板の構成を示す図であり、図5(a)は波長板を入射方向から見た平面図、図5(b)は波長板の斜視概観図である。この波長板29は、波長655nmに対して位相差2700°(7次モード180°)及び面内方位角が7°の水晶波長板30と位相差630°(1次モード270°)及び面内方位角が52°の水晶波長板31とを各々の結晶光学軸32, 33が45°の角度で交差するように積層して、全体として、波長655nmにおいて1/4波長板として機能し、波長785nmにおいて1/2波長板として機能する積層波長板である。つまり、この積層波長板29に波長655nmの直線偏光34が入射すると出射面で位相が90°ずれることによって円偏光35となって出射し、また波長785nmのP偏光36が入射すると出射面で位相が180°ずれることによってS偏光37となって出射することとなる。

この積層波長板29を、波長655nmにおいて1/4波長板として機能し、波長785nmにおいて1/2波長板として機能せしめんがために積層した水晶波長板30, 31の光学特性を如何にして算出したかについては、前述の実施例において用いたミューラ行列によって求めたのでここでは説明を省略する。ここでは、光学的作用について詳細に説明する。

#### 【0015】

波長板30, 31の各波長における位相差を図5(c)に示す。波長655nmの直線偏光34が波長板30に入射すると、波長板30で位相差が180°つき14°偏光面は回転することになる。更に波長板31で位相差が270°つき円偏光35となって出射する。波長785nmの直線偏光では大きく位相が変化する、即ち波長板30では位相差100°となって楕円偏光となり、波長板31で位相差を167°つけることで直線偏光に戻すことができる。

以上の光学作用について図13に示すポアンカレ球を用いて説明する。ここで、入射光の偏光状態をP0とする。波長655nmにおいて、波長板30では面内方位角1(=7°)によって、角度21の位置に回転軸aが配置される。回転軸aを軸にして270°回転させると7回転した後P1の位置に移動する。更に、波長板31で面内方位角2(=52°)により角度22の位置に回転軸bが配置される。回転軸bを軸に630°回転させると1回転した後P2の位置に移動し、これにより全体として位相差は270°となり左回転の円偏光として出射することになる。

10

20

30

40

50

次に、波長 785 nm では、波長板 30 で回転軸 a を軸にして 6 回転した後 P 1' の位置に移動し、波長板 31 で回転軸 b を軸にして 1 回転した後 P 2' の位置に移動することになり、全体として位相差は 180° となり偏光面が 90° 回転することとなる。この波長板 29 の波長依存性を図 6 に示す。曲線 38 は波長 785 nm 用零次 1/2 波長板の波長依存特性を、曲線 39 は波長 785 nm 用 15 次 1/2 波長板の波長依存特性を、そして曲線 40 は波長板 29 の波長依存特性を示しており、波長板 29 が波長 655 nm において 1/4 波長板として機能し、波長 785 nm において 1/2 波長板として機能することが確認できる。

#### 【0016】

図 7 は本発明の第 2 の変形実施形態に係る波長板の構成を示す図であり、図 7 (a) は波長板を入射方向から見た平面図、図 7 (b) は波長板の斜視概観図である。この波長板 41 は、波長 655 nm に対して位相差 2700° (7 次モード 180°) 及び面内方位角が 12° の水晶波長板 42 と位相差 1260° (3 次モード 180°) 及び面内方位角が 57° の水晶波長板 43 とを各々の結晶光学軸 44, 45 が 45° の角度で交差するように積層して、全体として、波長 655 nm において 1/2 波長板として機能し、波長 785 nm において 2/2 波長板として機能する積層波長板である。つまり、この積層波長板 41 に波長 655 nm の P 偏光 46 が入射すると出射面で位相が 180° ずれることによって S 偏光 47 となって出射し、また波長 785 nm の P 偏光 48 が入射すると出射面で位相が 360° ずれるので P 偏光を維持したまま出射することとなる。

この積層波長板 41 を、波長 655 nm において 1/2 波長板として機能し、波長 785 nm において 2/2 波長板として機能せしめんがために積層した水晶波長板 42, 43 の光学特性を如何にして算出したかについては、前述の実施例と同様にミュラ行列により求めたので説明を省略する。この波長板 41 の波長依存性を図 8 に示す。曲線 50 は波長 655 nm 用零次 1/4 波長板の波長依存特性を、そして曲線 51 は波長板 41 の波長依存特性を示したものであり、波長板 41 が波長 655 nm において 1/2 波長板として機能し、波長 785 nm において 2/2 波長板として機能していることが確認できる。

尚、面内方位角は、前述したように所望値に対して、±5° の精度で各々の波長板を積層していれば各々波長に対して所望の波長板として十分機能するので、量産性においても低コスト化が期待できる。

#### 【0017】

本発明の特徴は、複数の波長に対して 1/4 波長板或いは 1/2 波長板として機能せしめんとする波長板を実現するため、零次モードの単板の波長板をただ多数次モードにするだけでは波長依存性が大きいので、レーザー光の波長の変化により位相差が大きく変動してしまうという問題点に鑑み、更にもう 1 枚補正用波長板を貼り合わせ使用波長帯域での位相変化を補償したところにある。

即ち、積層する各々の波長板のモード次数を変えることによって波長依存性を調整して互いに補正するように波長板を設計し構成したことにある。

更に、従来提案されている広帯域波長板では、広範囲な波長にわたって、1/4 波長板として機能するよう構成しているが、前述したクロスニコルの透過率でも分かるように完全に 1/4 波長板として機能するまでには至っておらず、つまり損失が必ず発生するという問題が存在し、本発明者はこの問題点に鑑み、広帯域にわたって位相差を 1/4 波長とする視点から逆の発想により、即ちピンポイントで複数の波長に対して完全に 1/4 波長板として機能する波長板を実現せしめたことを特徴としている。

次に、前述した本発明に係る積層波長板を用いた 2 波長対応光ピックアップについて以下、詳細に説明する。

#### 【0018】

図 9 は、本発明の光ピックアップに係る第 1 の実施形態の構成を説明するための斜視図である。

まず、DVD (655 nm) の再生について説明する。波長 655 nm 及び 785 nm を出射可能な光源を有する 2 LD 52 から波長 655 nm の直線偏光 SA (S 偏光) が

10

20

30

40

50

出射し第1のPBS53へ入射する。第1のPBS53の斜面54には図10(a)の如き透過特性を有する光学薄膜が形成されているので、SAはPBS53の斜面54を透過して、第2の変形実施例で示した積層波長板41へ入射する。前述したように波長655nmに対しては1/2波長板として機能するので、直線偏光SAは位相差が180°ついて直線偏光PA(P偏光)となって出射する。PAは、図10(b)の如き透過特性を有する光学薄膜が斜面55に形成された第2のPBS56へ入射し、斜面55を透過してコリメートレンズ57、反射ミラー58を経て本発明に係る一実施例で示した1/4波長板22へ入射し円偏光として出射し、対物レンズ(以下、OBJと称す)59を通過してDVDのピット60入射する。

ピット60で反射した際に円偏光は回転方向が逆転し、OBJ59を通過して1/4波長板22へ入射する。円偏光は往路に対して復路では回転方向が逆になっているので直線偏光SA(S偏光)として出射し、反射ミラー58、コリメートレンズ57を経て第2のPBS56へ入射する。第2のPBS56の斜面55に形成された光学薄膜の特性からSAはこれを透過し、積層波長板41へ入射し位相差が180°についてPA(P偏光)として出射し第1のPBS53へ入射する。第1のPBS53の斜面54は波長655nmのP偏光は透過しない光学薄膜が形成されているので、PAは斜面54で反射してPD61で検出される。

#### 【0019】

次に、CD(785nm)の再生について説明する。2LD52から波長785nmの直線偏光SB(S偏光)が出射し第1のPBS53へ入射する。第1のPBS53の斜面54には図10(a)の如き透過特性を有する光学薄膜が形成されているので、SBは斜面54を透過して、積層波長板41へ入射する。前述したように波長785nmに対しては2/2波長板として機能するので、直線偏光SBはこれを維持したまま出射する。SBは、図10(b)の如き透過特性を有する光学薄膜が斜面55に形成された第2のPBS56へ入射し、斜面55を透過してコリメートレンズ57、反射ミラー58を経て1/4波長板22へ入射し円偏光として出射し、OBJ59を通過してCDのピット60へ入射する。

ピット60で反射した際に円偏光は回転方向が逆転し、OBJ59を通過して1/4波長板22へ入射する。円偏光は往路に対して復路では回転方向が逆になっているので直線偏光PB(P偏光)として出射し、反射ミラー58、コリメートレンズ57を経て第2のPBS56へ入射する。第2のPBS56の斜面55に形成された光学薄膜の特性からPBは斜面55で反射してPD62で検出される。

このように構成することによって、1系統のピックアップで2波長対応の光ピックアップ装置を実現することができた。

尚、ここでは1/4波長板として第1の実施形態である図1に示した1/4波長板22を用いたが、第2の実施形態である図3に示した1/4波長板71を用いてもよいことは言うまでもない。

図11は、本発明の光ピックアップに係る第2の実施形態の構成を説明するための斜視図である。まず、DVD(655nm)の再生について説明する。波長655nmを出射する光源を有するLD63から波長655nmの直線偏光PA(P偏光)が出射しダイクロイックプリズム(以下、DPと称す)64へ入射する。DP64は図12(a)の如き光学特性を有しているので、PAはDP64を透過して、PBS65へ入射する。PBS65の斜面66には図12(b)の如き特性を有する光学薄膜が形成されているので、PAは斜面66を透過してコリメートレンズ57を通過して第1の変形実施例で示した積層波長板29へ入射する。前述したように波長655nmに対しては1/4波長板として機能するので、直線偏光PAは位相差が90°ついて円偏光となって出射し反射ミラー58、OBJ59を通過してDVDのピット60へ入射する。

ピット60で反射した際に、円偏光は回転方向が逆転した円偏光となり、OBJ59、反射ミラー58を通過して積層波長板29へ入射する。円偏光は往路に対して復路では回転方向が逆になっているので直線偏光SA(S偏光)として出射し、コリメートレンズ5

10

20

30

40

50

7を経てPBS65へ入射し、PBS65の斜面66で反射して非点収差板(Astigmatism; 以下、AS板と称す)67を介してPD68で検出される。尚、非点収差とは、光軸外の物点からの光が子午面と球欠面で集光点がずれる収差のことである。

#### 【0020】

次に、CD(785nm)の再生について説明する。ホロレーザ(LDとPDとの一体モジュール)69から波長785nmの直線偏光PB(P偏光)が出射しDP64へ入射し、図12(a)の如き透過特性を有するので、DP64の斜面70で反射して、PBS65へ入射する。PBS65の斜面66はP偏光を透過するので、PBは斜面66を透過しコリメートレンズ57を通過して積層波長板29へ入射する。前述したように波長785nmに対しては1/2波長板として機能するので、位相差が180°についてSB(S偏光)として出射し、反射ミラー58、OBJ59を経てCDのピット60へ入射する。

ピット60で反射したSBはOBJ59、反射ミラー58を経て積層波長板29へ入射する。ここで、位相差が180°についてPB(P偏光)となって出射しコリメートレンズ57を通過して、P偏光を透過するPBS65を通過してDP64へ入射する。DP64は波長785nmのP偏光を透過しない光学特性有しているので、PBはDP64の斜面70で反射してホロレーザ69で検出されることとなる。

このようなピックアップ構成とすることでも、1系統のピックアップで2波長対応の光ピックアップ装置を実現することができる。

従って、DVD/CDのコンパチブル等の2波長対応のより小型のピックアップ装置を提供することを可能とした。

ここでは、波長板に水晶を用いた場合を例にして説明したが、本発明はこれに限らず、本発明に係る積層波長板は、複屈折性を有する結晶やフィルム等の樹脂に幅広く適用できることは言うまでもない。

#### 【0021】

以上説明したように、本発明によれば以下のような優れた効果が得られる。

本発明は、波長の単色光に対して位相差及び方位角 $\alpha_1$ の第1の波長板と、波長の単色光に対して位相差及び方位角 $\alpha_2$ の第2の波長板と、を夫々の光学軸が交差するように貼り合わせて、互いに波長が異なる2つの波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光に対して位相差として機能する積層波長板であって、前記波長 $\lambda_1$ を $\lambda_1$ とし、前記第1の波長板の常光線の屈折率を $N_{o1}$ 、異常光線の屈折率を $N_{e1}$ 、厚みを $d_1$ とし、前記第2の波長板の常光線の屈折率を $N_{o2}$ 、異常光線の屈折率を $N_{e2}$ 、厚みを $d_2$ としたときに、前記位相差 $\delta_1$ は $\delta_1 = 2 \times \pi / \lambda_1 \times (N_{e1} - N_{o1}) \times d_1$ 、 $\delta_2 = 2 \times \pi / \lambda_2 \times (N_{e2} - N_{o2}) \times d_2$ を各々満足し、前記第1の波長板が下式のミューラ行列 $A_1$ を満足し、

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \alpha) \sin^2 2\theta_1 & (1 - \cos \alpha) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & -\sin \alpha \sin 2\theta_1 \\ 0 & (1 - \cos \alpha) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & 1 - (1 - \cos \alpha) \cos^2 2\theta_1 & \sin \alpha \cos 2\theta_1 \\ 0 & \sin \alpha \sin 2\theta_1 & -\sin \alpha \cos 2\theta_1 & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

前記第2の波長板が下式のミューラ行列 $A_2$ を満足し、

$$A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \beta) \sin^2 2\theta_2 & (1 - \cos \beta) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & -\sin \beta \sin 2\theta_2 \\ 0 & (1 - \cos \beta) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & 1 - (1 - \cos \beta) \cos^2 2\theta_2 & \sin \beta \cos 2\theta_2 \\ 0 & \sin \beta \sin 2\theta_2 & -\sin \beta \cos 2\theta_2 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

前記積層波長板に入射する光を下式のストークスペクトルTとし、

$$T = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix}$$

前記積層波長板から出射する光を下式のストークスペクトル  $S$  とし、

$$S = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix}$$

10

前記ストークスペクトル  $T$  と前記ストークスペクトル  $S$  との関係は

$$\begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} = A_2 \cdot A_1 \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{bmatrix}$$

20

を満足し、前記積層波長板の位相差 を、

$$\Gamma = \arctan \frac{S_4}{\sqrt{S_2^2 + S_3^2}}$$

で表したとき、前記波長  $\lambda_1$  及び前記波長  $\lambda_2$  において、前記位相差  $\Gamma = (2 \times N - 1) \times (\pi / 2)$  を満足する（但し、 $N$  は正の整数）ように構成したので、波長依存性を補償し互いに波長が異なる 2 つの波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  の光において  $1/4$  波長板として機能する積層波長板を提供できるという優れた効果を奏する。

30

【0022】

また、本発明は、波長  $\lambda_1$  の単色光に対して位相差  $\Gamma_1$  及び方位角  $\theta_1$  の第 1 の波長板と、波長  $\lambda_2$  の単色光に対して位相差  $\Gamma_2$  及び方位角  $\theta_2$  の第 2 の波長板とを、夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、前記波長  $\lambda_1$  を  $785 \text{ nm}$  としたとき、前記位相差  $\Gamma_1$  と前記位相差  $\Gamma_2$  は、 $\Gamma_1 = 1695^\circ$ 、 $\Gamma_2 = 850^\circ$  を満足し、前記方位角  $\theta_1$  と前記方位角  $\theta_2$  は  $\theta_1 = 25.5^\circ \pm 5^\circ$ 、 $\theta_2 = 79.8^\circ \pm 5^\circ$  を満足するように構成したので、波長依存性を補償し互いに波長が異なる 2 つの波長  $655 \text{ nm}$  及び  $785 \text{ nm}$  の光において  $1/4$  波長板として機能する積層波長板を提供できるという優れた効果を奏する。

40

また、本発明は、波長  $\lambda_1$  の単色光に対して位相差  $\Gamma_1$  及び方位角  $\theta_1$  の第 1 の波長板と、波長  $\lambda_2$  の単色光に対して位相差  $\Gamma_2$  及び方位角  $\theta_2$  の第 2 の波長板とを、夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、前記波長  $\lambda_1$  を  $785 \text{ nm}$  又は  $655 \text{ nm}$  としたとき、前記位相差  $\Gamma_1$  と前記位相差  $\Gamma_2$  は、 $\Gamma_1 = 1980^\circ$ 、 $\Gamma_2 = 990^\circ$  を満足し、前記方位角  $\theta_1$  と前記方位角  $\theta_2$  は、 $\theta_1 = 14^\circ \pm 5^\circ$ 、 $\theta_2 = 72^\circ \pm 5^\circ$  を満足するように構成したので、波長依存性を補償し互いに波長が異なる 2 つの波長  $655 \text{ nm}$  及び  $785 \text{ nm}$  の光において  $1/4$  波長板として機能する積層波長板を提供できるという優れた効果を奏する。

【0023】

50

また、本発明は、波長  $\lambda_1$  の単色光に対して位相差  $\phi_1$  及び方位角  $\theta_1$  の第 1 の波長板と、波長  $\lambda_2$  の単色光に対して位相差  $\phi_2$  及び方位角  $\theta_2$  の第 2 の波長板と、を夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、前記波長  $\lambda_1$  を  $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$  としたとき、前記位相差  $\phi_1$  と前記位相差  $\phi_2$  は、 $\phi_1 = 270^\circ$ 、 $\phi_2 = 630^\circ$  を満足し、前記方位角  $\theta_1$  と前記方位角  $\theta_2$  は、 $\theta_1 = 7^\circ \pm 5^\circ$ 、 $\theta_2 = 52^\circ \pm 5^\circ$  を満足するように構成したので、波長依存性を補償し互いに波長が異なる 2 つの波長  $655 \text{ nm}$  及び  $785 \text{ nm}$  の光において、波長  $655 \text{ nm}$  に対して  $1/4$  波長板、波長  $785 \text{ nm}$  に対して  $1/2$  波長板として機能する積層波長板を提供できるという優れた効果を奏する。

また、本発明は、波長  $\lambda_1$  の単色光に対して位相差  $\phi_1$  及び方位角  $\theta_1$  の第 1 の波長板と、波長  $\lambda_2$  の単色光に対して位相差  $\phi_2$  及び方位角  $\theta_2$  の第 2 の波長板と、を夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた積層波長板であって、前記波長  $\lambda_1$  を  $\lambda_1 = 655 \text{ nm}$  としたとき、前記位相差  $\phi_1$  と前記位相差  $\phi_2$  は、 $\phi_1 = 270^\circ$ 、 $\phi_2 = 1260^\circ$  を満足し、前記方位角  $\theta_1$  と前記方位角  $\theta_2$  は  $\theta_1 = 12^\circ \pm 5^\circ$ 、 $\theta_2 = 57^\circ \pm 5^\circ$  を満足するように構成したので、波長依存性を補償し互いに波長が異なる 2 つの波長  $655 \text{ nm}$  及び  $785 \text{ nm}$  の光において、波長  $655 \text{ nm}$  に対して  $1/2$  波長板、波長  $785 \text{ nm}$  に対して  $2/2$  波長板として機能する積層波長板を提供できるという優れた効果を奏する。

また、本発明によれば、夫々の光源から出射した第 1 の波長の第 1 直線偏光と第 2 の波長の第 2 直線偏光とが、波長板を通過するよう構成された光ピックアップにおいて、当該波長板を本発明に係る積層波長板で構成したので、互いに波長の異なる前記第 1 の波長の及び前記第 2 の波長の光に対応した小型のピックアップを提供できるという優れた効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

図 1 は、本発明に係る積層波長板の第 1 の実施例の構成を説明するための図であり、(a) は入射方向から見た平面図、(b) は斜視概観図である。

図 2 は、本発明に係る積層波長板の第 1 の実施例の特性を示す図であり、(a) は波長と位相差との関係を示す図、(b) はクロスニコルの透過率特性を示す図である。

図 3 は、本発明に係る積層波長板の第 2 の実施例の構成を説明するための図であり、(a) は入射方向から見た平面図、(b) は斜視概観図である。

図 4 は、本発明に係る積層波長板の第 2 の実施例の特性を示す図であり、波長と位相差との関係を示す図である。

図 5 は、本発明に係る積層波長板の第 1 の変形実施例を示す図であり、(a) は入射方向から見た平面図、(b) は斜視概観図、(c) は積層する波長板の各位相差を示す表である。

図 6 は、本発明に係る積層波長板の第 1 の変形実施例における波長依存性を説明するためのグラフである。

図 7 は、本発明に係る積層波長板の第 2 の変形実施例を示す図であり、(a) は入射方向から見た平面図、(b) は斜視概観図である。

図 8 は、本発明に係る積層波長板の第 2 の変形実施例における波長依存性を説明するためのグラフである。

図 9 は、本発明に係る光ピックアップの第 1 の実施形態の構成を説明するための斜視図である。

図 10 (a) 及び (b) は、本発明に係る光ピックアップの第 1 の実施形態において用いられる 2 種類の P B S の光学特性を示すグラフである。

図 11 は、本発明に係る光ピックアップの第 2 の実施形態の構成を説明するための斜視図である。

図 12 (a) 及び (b) は、本発明に係る光ピックアップの第 2 の実施形態において用いられる D P 及び P B S の光学特性を示すグラフである。

図 13 は、本発明に係る積層波長板の第 1 の変形実施例の光学作用をポアンカレ球を用いて説明するための図である。

図 14 は、従来の積層波長板を示す図であり、(a) は入射方向から見た平面図、(b)

10

20

30

40

50



)は斜視概観図ある。

図15は、従来の波長板を示す斜視図である。

図16(a)及び(b)は、従来の光ピックアップの光学作用を説明するための平面図である。

図17は、従来の広帯域波長板のクロスニコルの透過率を示すグラフである。

【符号の説明】

1、2、3 波長板

4、5 結晶光学軸

6 直線偏光

7 円偏光

10

8 波長板

9 直線偏光

10 円偏光

11 P偏光

12 PBS

13 斜面

14 円偏光

15 ピット

16 円偏光

17 楕円偏光

20

18 楕円偏光

19 楕円偏光

20 S偏光

21 楕円偏光

22、23、24 波長板

25、26 結晶光学軸

27 S偏光

28 円偏光

29、30、31 波長板

32、33 結晶光学軸

30

34 直線偏光

35 円偏光

36 P偏光

37 S偏光

38、39、40 波長依存性曲線

41、42、43 波長板

44、45 結晶光学軸

46 P偏光

47 S偏光

48、49 P偏光

40

50、51 波長依存性曲線

52 LD

53 PBS

54 斜面

55 PBS

56 斜面

57 コリメートレンズ

58 反射ミラー

59 対物レンズ

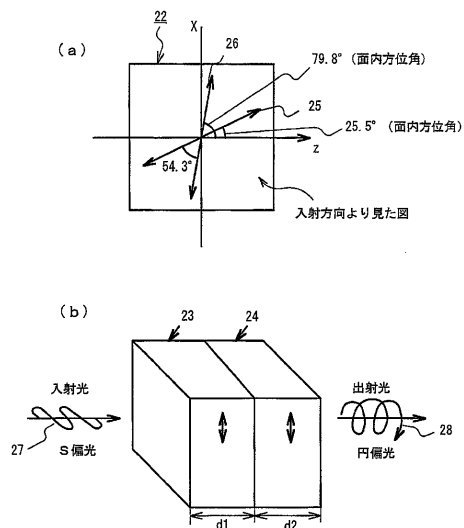
60 ピット

50

- 6 1、6 2 P D
- 6 3 L D
- 6 4 ダイクロイックプリズム
- 6 5 P B S
- 6 6 斜面
- 6 7 非点収差板
- 6 8 P D
- 6 9 ホロレーザ
- 7 1、7 2、7 3 波長板
- 7 4、7 5 結晶光学軸

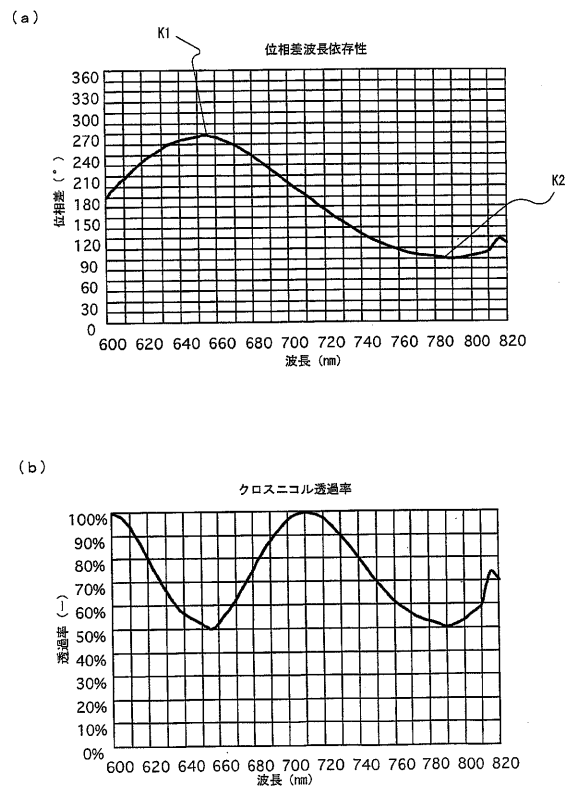
【図 1】

図 1



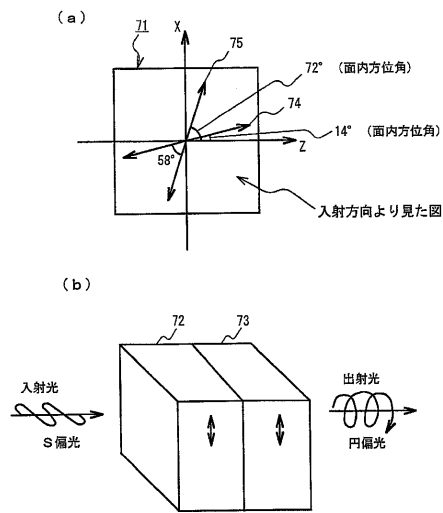
【図 2】

図 2



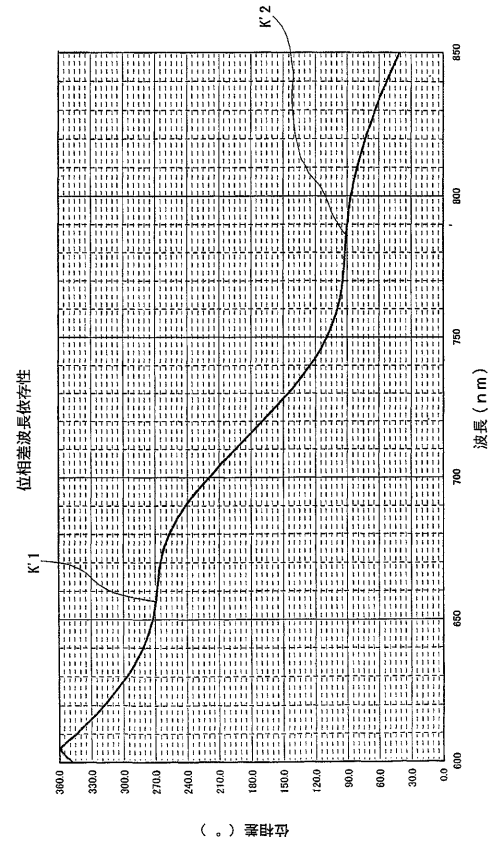
【図 3】

図 3

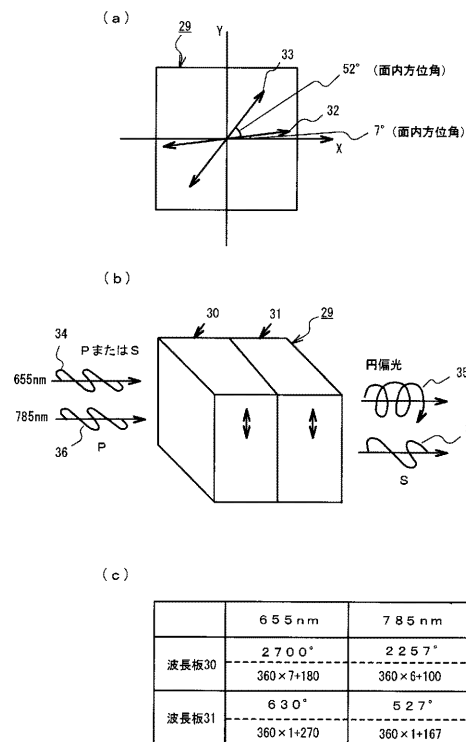


【図 4】

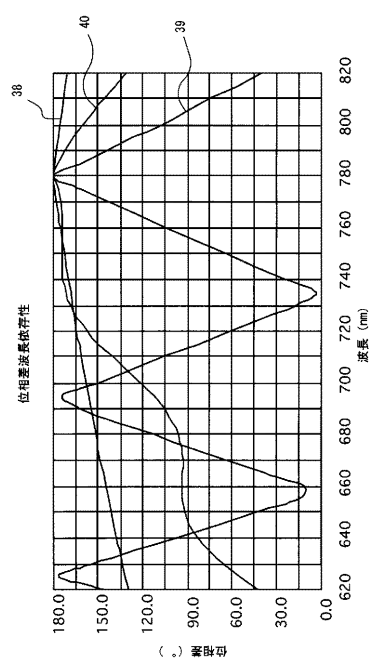
図 4



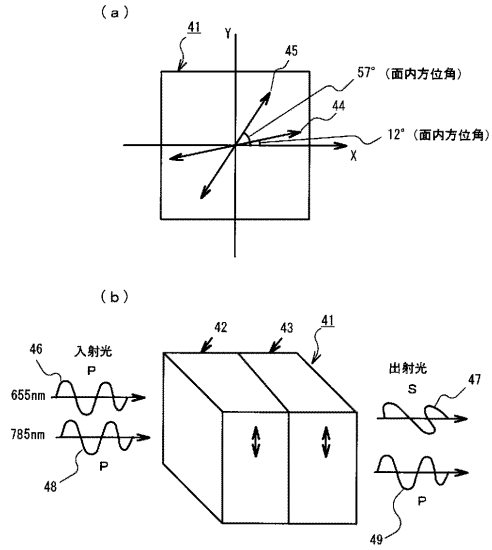
【図 5】



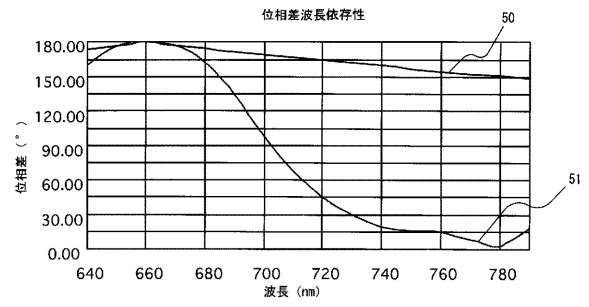
【図 6】



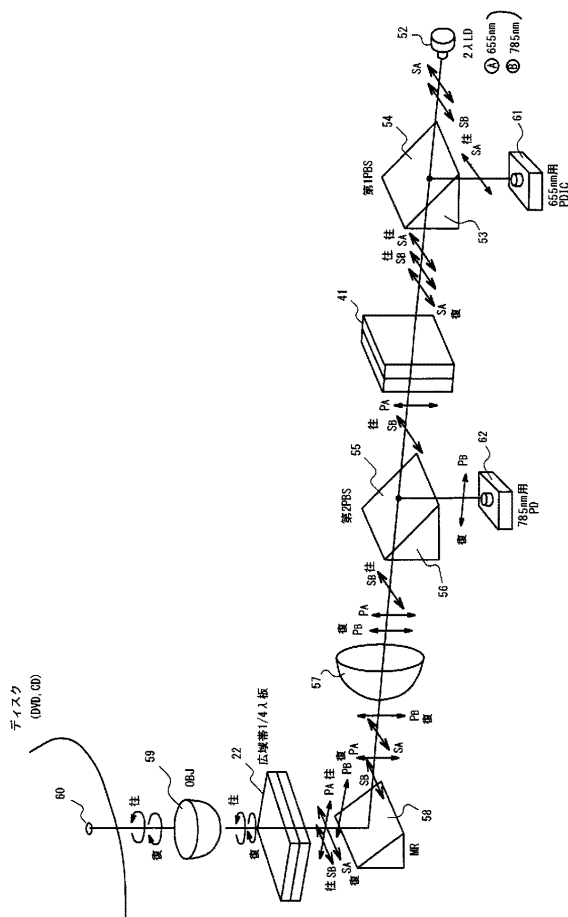
【図 7】



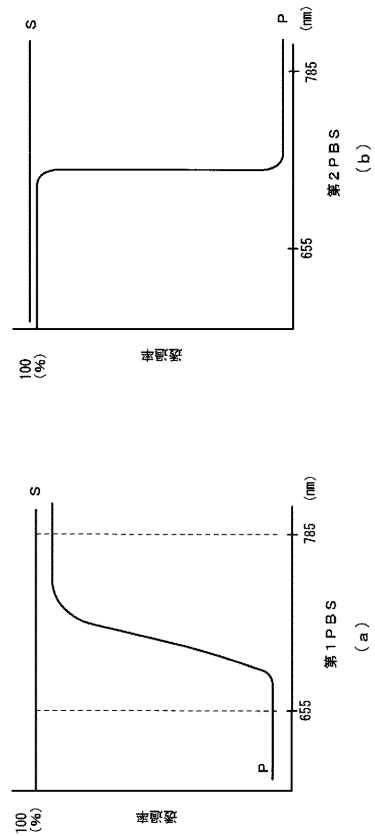
【図 8】



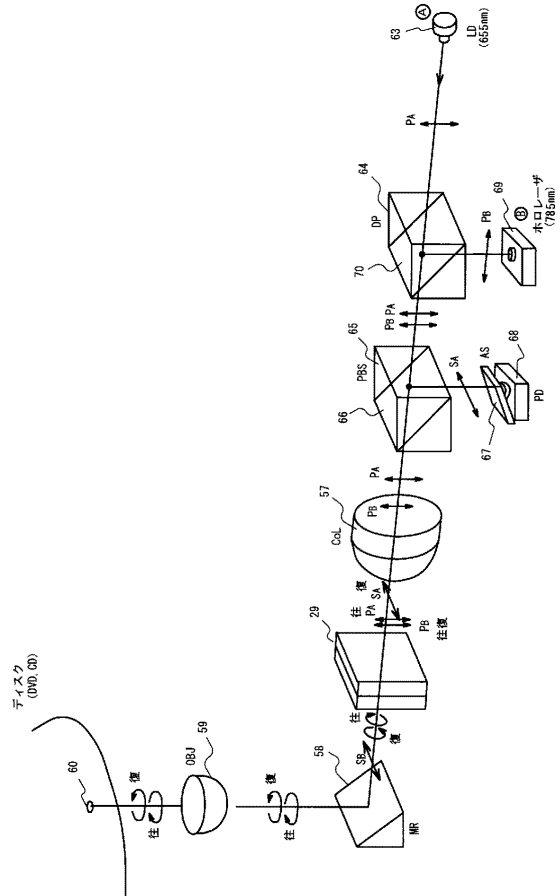
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



【図 1 3】

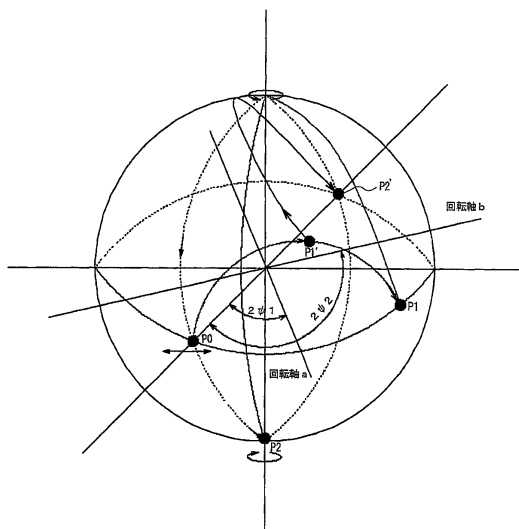
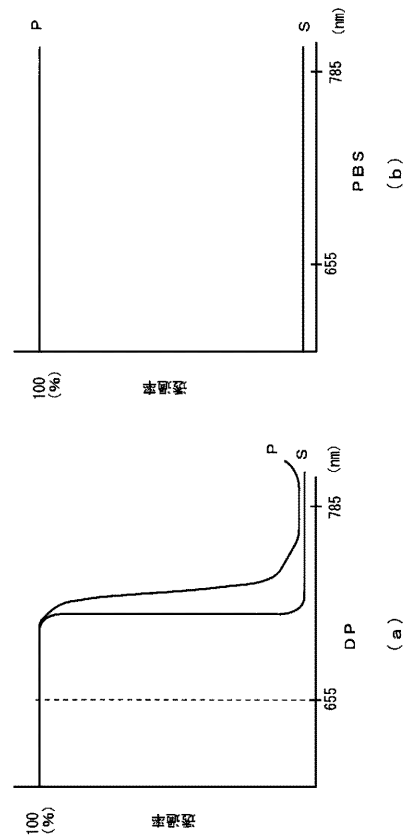


図 1 3

【図 1 2】



【図 1 4】

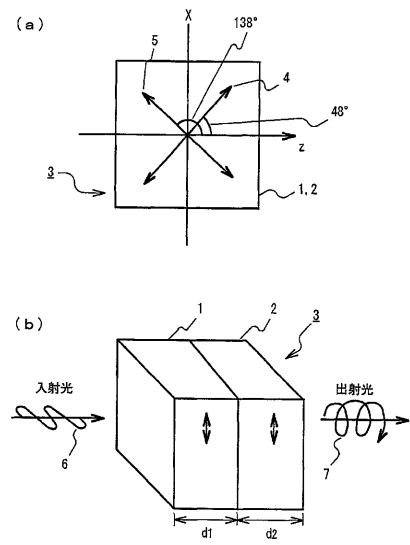
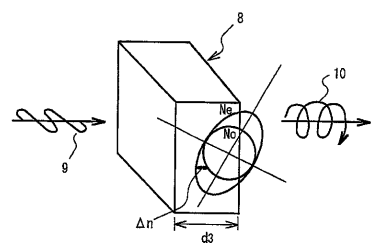


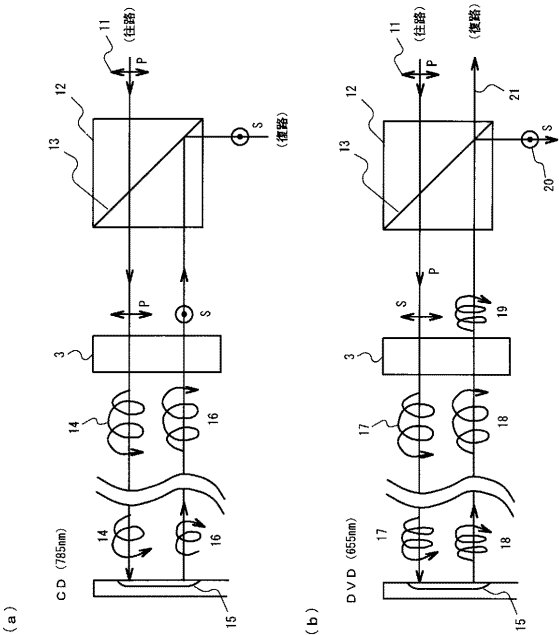
図 1 4

【図 1 5】

図 1 5

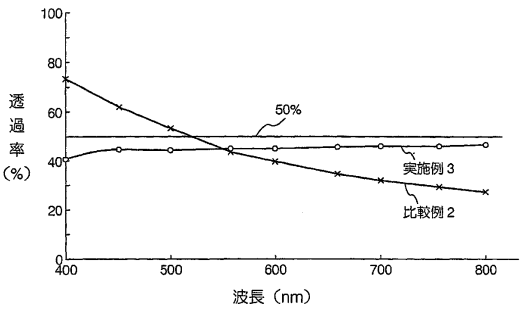


【図 1 6】



【図 1 7】

図 1 7



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 10 - 68816 (JP, A)  
特開平 10 - 177737 (JP, A)  
国際公開第 01 / 16627 (WO, A1)  
特開 2000 - 276766 (JP, A)  
特開 2001 - 4841 (JP, A)  
特開平 10 - 214431 (JP, A)  
特開 2001 - 344800 (JP, A)  
特開 2001 - 184695 (JP, A)  
特開 2001 - 307368 (JP, A)  
特開 2002 - 14228 (JP, A)  
特開 2002 - 117571 (JP, A)  
特開 2000 - 268397 (JP, A)  
J. M. Beckers, Achromatic Linear Retarders, Applid Optics, 1971年 4月, Vol.10、  
No.4, p.973 - p.975

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/30  
G11B 7/12 - 7/22