

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5088707号
(P5088707)

(45) 発行日 平成24年12月5日(2012.12.5)

(24) 登録日 平成24年9月21日(2012.9.21)

(51) Int.Cl.	F I
G O 2 B 5/30 (2006.01)	G O 2 B 5/30
G O 3 B 21/14 (2006.01)	G O 3 B 21/14 Z
G O 2 F 1/13363 (2006.01)	G O 2 F 1/13363
G O 2 F 1/13357 (2006.01)	G O 2 F 1/13357
G 1 1 B 7/135 (2012.01)	G 1 1 B 7/135 A

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2010-3454 (P2010-3454)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成22年1月9日(2010.1.9)		セイコーエプソン株式会社
(62) 分割の表示	特願2007-97996 (P2007-97996) の分割		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
原出願日	平成19年4月4日(2007.4.4)	(74) 代理人	100095728
(65) 公開番号	特開2010-140039 (P2010-140039A)		弁理士 上柳 雅誉
(43) 公開日	平成22年6月24日(2010.6.24)	(74) 代理人	100107261
審査請求日	平成22年3月4日(2010.3.4)		弁理士 須澤 修
(31) 優先権主張番号	特願2006-107270 (P2006-107270)	(74) 代理人	100127661
(32) 優先日	平成18年4月10日(2006.4.10)		弁理士 宮坂 一彦
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(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	中村 理弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層波長板、偏光変換子、偏光照明装置、及び光ピックアップ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長 λ_1 の光に対して位相差 ϕ_{11} の第1の波長板と位相差 ϕ_{22} の第2の波長板とを各々の光学軸が交差するように積層してなり、

互いに波長が異なる複数の波長において、入射する直線偏光の偏光面を 90° 回転させた直線偏光に変換して出射する積層波長板であって、

前記第1の波長板の面内方位角を θ_3 とし、

前記第2の波長板の面内方位角を θ_4 とし、

前記第2の波長板の波長 λ_2 に対する位相差を ϕ_{211} 、波長 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) に対する位相差を ϕ_{222} としたとき、

下式(12)、(13)、(14)、(21)、及び(22)を満足するよう構成したことを特徴とする積層波長板。

$$\phi_{11} = 360^\circ + 360^\circ \times 2 \times n \dots (12)$$

$$\phi_{22} = 180^\circ + 360^\circ \times n \dots (13)$$

$$\phi_{21} = (\phi_{222} - \phi_{211}) / 2 \dots (14)$$

$$\cos 2\theta_3 = 1 - (1 - \cos \phi_{21}) / 2 \{ (1 - \cos m\phi_{21}) \} \dots (21)$$

$$\theta_4 = 45^\circ \pm 10^\circ \dots (22)$$

但し、nは1からはじまる自然数、m = 2

【請求項2】

請求項 1 において、

$n = 4$ 、

$3 = -16^\circ$ 若しくは -21°

であることを特徴とする積層波長板。

【請求項 3】

請求項 1 において、

$n = 5$ 、

$3 = -16^\circ$ 若しくは -21°

であることを特徴とする積層波長板。

【請求項 4】

第 1 の主面を光入射面としかつ第 2 の主面を光出射面とする平板状の透光性基材と、
前記基材中に設けられた第 1 及び第 2 の光学薄膜と、前記基材の前記第 2 の主面に設け
られた波長板とを備え、

前記第 1 及び第 2 の光学薄膜が、前記第 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、

前記第 1 の光学薄膜が、前記第 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、前記第 1 の直線偏光を透過させかつ第 2 の直線偏光
を反射し、

前記第 2 の光学薄膜が、前記第 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
て前記第 2 の主面から出射させ、

前記波長板が、前記第 2 の主面に配置され、前記第 1 の光学薄膜を透過した前記第 1 の
直線偏光を第 2 の直線偏光に変換して出射させる偏光変換子であって、

前記波長板が、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の積層位相差板であること
を特徴とすることを特徴とする偏光変換子。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の積層波長板を備えていることを特徴する
偏光照明装置。

【請求項 6】

光源と、

前記光源から出射した光を光記録媒体に集光するための対物レンズと、

前記光記録媒体により反射された光を検出するための光検出器と、

を備えた光ピックアップ装置であって、

前記光源から前記対物レンズに至る光路中に請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の積
層波長板を設置したことを特徴とする光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、積層波長板に関し、特に変換効率を改善した高次モードの積層波長板と、こ
れを用いた偏光変換子と、該偏光変換子を用いた偏光照明装置 b と、高次モードの積層波
長板を用いたピックアップ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光学用の波長板は、従来から光ディスク装置、液晶ディスプレイ、液晶プロジェクタ等
に用いられてきたが、使用される光の波長帯で波長板としての機能、例えば $1/2$ 波長板
であれば、使用される波長帯に亘って位相が 180° 推移する等の機能を備えていること
が必要である。水晶等の複屈折を用いて $1/2$ 波長板を 1 枚の水晶板で作る場合、水晶の
常光線屈折率、異常光線屈折率を夫々 n_o 、 n_e とし、水晶板の厚さを t とすると、波長

の光が $1/2$ 波長板を透過したときの、常光線と異常光線との位相差 $\Delta\phi$ は、
 $\Delta\phi = 2\pi / \lambda \times (n_e - n_o) \times t$ で与えられ、位相差 $\Delta\phi$ は波長 λ に依存することになる。

【0003】

10

20

30

40

50

所望の波長帯で位相差がほぼ一定となる広帯域波長板が、特許文献 1 に開示されている。図 1 2 (a) に示す 1 / 4 波長板 4 0 は、1 / 2 波長板 4 1 と、接着剤 4 2 と、1 / 4 波長板 4 3 とから構成される。図 1 2 (b) に示すように、1 / 4 波長板 4 0 に入射する直線偏光の偏光方向に対して 1 / 2 波長板 4 1 の延伸軸は -15° 、1 / 4 波長板 4 3 の延伸軸は -75° の方向に配置されている。尚、前記延伸軸の角度は y z 平面内で y 軸から右向きを正とした角度で記載されている。この 1 / 2 波長板 4 1 や 1 / 4 波長板 4 3 は、ポリカーボネイトを材料とした高分子フィルムを延伸処理したもので、1 / 4 波長板 4 0 は可視光の範囲 ($400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$) において、波長に依存しないほぼ完全な 1 / 4 波長板として機能することが開示され、1 / 4 波長板 4 0 の作用を、ポアンカレ球を用いて説明している。

10

【 0 0 0 4 】

また、複数の水晶板を積層して 1 / 2 波長板としての機能を持たせた積層波長板が特許文献 2 に開示されている。図 1 3 (a) は 1 / 2 波長板 4 4 の構成を示す斜視図であって、水晶板 4 5 と 4 6 とを貼り合わせて構成されている。図 1 3 (b) は 1 / 2 波長板 4 4 の分解斜視図であって、波長 420 nm に対し位相差 δ_1 が 190° 、光学軸方位角 θ_1 が 19° の水晶板 4 5 と、同様に波長 420 nm に対し位相差 δ_2 が 200° 、光学軸方位角 θ_2 が 64° の水晶板 4 6 と、を夫々の光学軸 θ_1 、 θ_2 が 45° の角度で交差するように貼り合わせて、全体として波長 $400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ の高帯域で 1 / 2 波長板として機能するように構成したと開示されている。図 1 3 (a) に示すように、1 / 2 波長板 4 4 に P 偏光 4 7 が入射すると、出射面では位相が 180° ずれるので、入射光の偏光面は 90° 回転し、S 偏光に変換する機能を有していることが開示されている。

20

尚、光学軸方位角 θ_1 と θ_2 の関係が、 $\theta_2 = \theta_1 + 45^\circ$ 、 $0^\circ < \theta_1 < 45^\circ$ であることが開示されている。

【 0 0 0 5 】

1 / 2 波長板 4 4 の作用はポアンカレ球を用いて説明されるが、詳細な解析は水晶板 4 5、4 6 の夫々のミューラ行列 A_1 、 A_2 と、入射及び出射偏光状態を示す夫々のストークスベクトル T 、 S とすると、ストークスベクトル S は次式で表される。

$$S = A_2 \cdot A_1 \cdot T \cdot \dots \quad (1)$$

ストークスベクトル S の成分から 1 / 2 波長板 4 4 の位相差を求めることができる。

【 先行技術文献 】

30

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開平 1 0 - 6 8 8 1 6 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 4 - 1 7 0 8 5 3 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、特許文献 1 に記載の 1 / 4 波長板を応用して、1 / 2 波長板を製作し、液晶プロジェクタ等に使用してみると、熱の影響による黄変が生じるという問題があった。また、特許文献 2 に記載の 1 / 2 波長板はシングルモードの波長板で構成されており、2 枚の水晶板の夫々の位相差を概ね 180° 程度となるように加工する必要がある。実際に水晶板を製造する場合、研磨のし易さ、歩留まり等を勘案すると水晶板の厚さを $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上に設定することが望ましい。しかるに水晶の常光、異常光の屈折率差から位相差 180° 程度の水晶板を製作すると、その厚さは数十 μm となり、歩留まりが悪いのと、加工に時間を要するという問題があった。

40

【 0 0 0 8 】

この厚さの問題を解決する手段として、水晶板の光学軸が水晶板の主面における法線方向から斜め方向になるように水晶板を切断することで、上記屈折率差を小さくし、水晶板の厚さを厚くすることは可能である。そこで、特許文献 2 においては、使用する水晶板の厚みの加工性を考慮して、水晶板の切断角度は、水晶板の主面における法線方向に対して

50

光学軸が27°となる角度、所謂、カットアングルを27°Zとすることが開示している。しかし、水晶板の切断角度を27°Zとすると、入射角度に対する1/2波長板の位相差の変化が、大きくなるという問題が生ずる。液晶プロジェクタ又は光ピックアップの光学系で波長板を使用する場合、光源やレンズ系の配置の関係で波長板は、光が円錐状に収束（発散）する経路に配置されることがある。この場合、光線の中心付近は波長板に垂直に入射するが、円錐状の端では入射角が生じる。このため、入射角に対して位相差の変動が大きくなる1/2波長板を用いると光量のロスが生ずるといった問題が生じる。

【0009】

図14は、切断角度が27°Z板を用い、波長420nmに対し位相差 ϕ_1 が190°、光学軸方位角 θ_1 が19°の水晶板45と、同様に波長420nmに対し位相差 ϕ_2 が200°、光学軸方位角 θ_2 が64°の水晶板46と、を夫々の光学軸49、50が45°の角度で交差するように貼り合わせて構成したシングルモードの1/2波長板の、入射角を-5°、0°、5°と変化させ、350nm~750nmの波長に対する変換効率を示した図である。

ここで、変換効率とはP偏光をS偏光に変換する割合を表し、変換効率が1のとき、P偏光が全てS偏光に変換されることを表している。この変換効率はできるだけ高いことが望ましいが、一般的には0.93程度は必要であると言われている。図14から明らかに入射角5°では、波長が525nm以上で変換効率0.9を割り込むという問題があった。

本発明は、上記の黄変、加工上の歩留まり、入射角の問題等を解決する高次モード積層波長板を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係る第1の形態は、波長 λ の光に対して位相差 ϕ_1 の第1の波長板と位相差 ϕ_2 の第2の波長板とを各々の光学軸が交差するように積層してなり、互いに波長が異なる複数の波長において、入射する直線偏光の偏光面を90°回転させた直線偏光に変換して出射する積層波長板であって、前記第1の波長板の面内方位角を θ_1 とし、前記第2の波長板の面内方位角を θ_2 とし、前記第2の波長板の波長 λ_2 に対する位相差を ϕ_2 とし、波長 λ ($\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$) に対する位相差を ϕ としたとき、下式(12)、(13)、(14)、(21)、及び(22)を満足するよう構成した積層波長板である。

$$\phi_1 = 360^\circ + 360^\circ \times 2 \times n \quad \dots (12)$$

$$\phi_2 = 180^\circ + 360^\circ \times n \quad \dots (13)$$

$$\phi = (\phi_2 - \phi_1) / 2 \quad \dots (14)$$

$$\cos 2\theta = 1 - (1 - \cos \theta) / 2 \{ (1 - \cos m\theta) \} \dots (21)$$

$$\theta = 45^\circ \pm 10^\circ \quad \dots (22)$$

但し、nは1からはじまる自然数、m=2

このような積層波長板によれば、nを適切に設定することにより、積層波長板を構成する2つの波長板の厚さを加工し易い厚さとすることができるという効果がある。

本発明に係る第2の形態は、n=4、 $\theta_1 = -16^\circ$ 若しくは -21° とした積層波長板である。このように構成することにより、液晶プロジェクタで用いる青、緑、赤の波長帯400nm帯、500nm帯、675nm帯において積層波長板の波長-変換効率特性が0.94以上でできるという効果がある。

本発明に係る第3の形態は、n=5、 $\theta_1 = -16^\circ$ 若しくは -21° とした積層波長板である。このように構成することにより、3波長対応光ピックアップ用の波長板として要求される波長帯405nm、660nm、785nm帯において積層波長板の波長-変換効率特性がほぼ0.94以上でできるという効果がある。

本発明に係る第4の形態は、第1の主面を光入射面としかつ第2の主面を光出射面とする平板状の透光性基材と、前記基材中に設けられた第1及び第2の光学薄膜と、前記基材の前記第2の主面に設けられた波長板とを備え、前記第1及び第2の光学薄膜が、前記第

10

20

30

40

50

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、前記第1の光学薄膜が、前記第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、前記第1の直線偏光を透過させかつ第2の直線偏光を反射し、前記第2の光学薄膜が、前記第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前記第2の主面から出射させ、前記波長板が、前記第2の主面に配置され、前記第1の光学薄膜を透過した前記第1の直線偏光を第2の直線偏光に変換して出射させる偏光変換素子であって、前記波長板を、第1の形態乃至第3の形態の何れかの積層波長板とした偏光変換素子である。これにより、偏光変換子から出射する直線偏光(S偏光)の強度を強めることができる。

本発明に係る第5の形態は、第1形態乃至第3の形態の何れかの積層波長板を備えて構成される偏光照明装置である。このように第1形態乃至第3の形態の何れかの積層波長板を用いて照明装置を構成することにより、照明装置から出射する直線偏光(S偏光)の強度を強めることができるという効果がある。

本発明に係る第6の形態は、光源と、前記光源から出射した光を光記録媒体に集光するための対物レンズと、第1の形態乃至第3の形態の何れかの積層波長板を備えて構成される光ピックアップ装置である。このように第1の形態乃至第3の形態の何れかの積層波長板を用いて3波長対応光ピックアップ装置を構成すると、従来3つ必要で波長板を1つの積層波長板で実現することができる。

また、第1の形態乃至第3の形態の何れかの積層波長板と、3つの波長のレーザを出射するレーザダイオードとにより3波長対応の光ピックアップ装置を構成すると、光学部品を大幅に削減することが可能となり、光ピックアップ装置のコストを削減することができるという効果がある。

〔適用例1〕本発明の適用例1に係る積層波長板は、波長 λ_1 に対して位相差 ϕ_1 の第1の波長板と位相差 ϕ_2 の第2の波長板とを光軸が交差するよう貼り合わせて、全体として $1/2$ 波長板として機能する積層波長板であって、前記第1の波長板の面内方位角を θ_1 とし、前記第2の波長板の面内方位角を θ_2 とし、前記積層波長板に入射する直線偏光の偏光方向と、前記積層波長板から出射する直線偏光の偏光方向とのなす角度を θ としたときに下式(1)~(3)を満足するよう構成したことを特徴とする積層波長板。

$$\phi_1 = 180^\circ + 360^\circ \times n \cdot \dots (1)、\quad \phi_2 = 180^\circ + 360^\circ \times n \cdot \dots (2)$$

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 \cdot \dots (3)、\quad \text{但し、} n \text{ は } 1 \text{ から はじまる 自然数。}$$

このような積層波長板によれば、 n を適切に設定することにより、積層波長板を構成する2つの波長板の厚さを加工し易い厚さとすることができるという効果がある。

【0011】

〔適用例2〕本発明の適用例2に係る積層波長板は、 $n = 4$ 、 $\phi_1 = 22.5^\circ$ 、 $\phi_2 = 67.5^\circ$ とした。このように構成することにより、液晶プロジェクタで用いる青、緑、赤の波長帯400nm帯、500nm帯、675nm帯において積層波長板の波長-変換効率特性がほぼ1にできるという効果がある。

【0012】

〔適用例3〕本発明の適用例3に係る積層波長板は、 $n = 5$ 、 $\phi_1 = 22.5^\circ$ 、 $\phi_2 = 67.5^\circ$ とした。このように構成されることにより、3波長対応光ピックアップ用の波長板として要求される波長帯405nm帯、660nm帯、785nm帯において積層波長板の波長-変換効率特がほぼ1にできるという効果がある。

【0013】

〔適用例4〕本発明の適用例4に係る積層波長板は、波長 λ_1 に対して位相差 ϕ_1 の第1の波長板と位相差 ϕ_2 の第2の波長板とを光軸が交差するよう貼り合わせて、全体として $1/2$ 波長板として機能する積層波長板であって、前記第1の波長板の面内方位角を θ_1 とし、前記第2の波長板の面内方位角を θ_2 とし、前記第2の波長板の波長 λ_2 に対する位相差を ϕ_2 とし、波長 λ_1 ($\lambda_1 < \lambda_2$)に対する位相差を ϕ_1 としたとき、

$$\phi_1 = 360^\circ + 360^\circ \times 2 \times n、\quad \phi_2 = 180^\circ + 360^\circ \times n、\quad \cos \theta_3$$

$$= 1 - (1 - \cos \theta_2) / 2 (1 - \cos \theta_1)、\quad \theta_3 = 45^\circ \pm 10^\circ、\quad \text{但し}$$

10

20

30

40

50

、 n は1からはじまる自然数、 $2 = (222 - 211) / 2$ 、を満足するよう構成した。このような積層波長板によれば、次数 $n1$ 、 $n2$ を適切に設定することにより、積層波長板を構成する2つの波長板の厚さを加工し易い厚さとすることができるという効果がある。

【0014】

〔適用例5〕本発明の適用例5に係る積層波長板は、 $n = 4$ 、 $3 = -16^\circ$ 若しくは -21° とした。このように構成することにより、液晶プロジェクタで用いる青、緑、赤の波長帯400nm帯、500nm帯、675nm帯において積層1/2波長板の波長 - 変換効率特性が0.94以上に行けるといふ効果がある。

【0015】

〔適用例6〕本発明の適用例6に係る積層波長板は、 $n = 5$ 、 $3 = -16^\circ$ 若しくは -21° とした。このように構成することにより、3波長対応光ピックアップ用の波長板として要求される波長帯405nm帯、660nm帯、785nm帯において積層波長板の波長 - 変換効率特性が0.94以上に行けるといふ効果がある。

〔適用例7〕本発明の適用例7に係る偏光変換子は、偏光ビームスプリッタアレイのP偏光出射面に、上記の積層波長板を貼り付けて構成することを特徴する。

このように、上記の積層波長板を用いて偏光変換子を構成することにより、偏光変換子から出射する直線偏光(S偏光)の強度を強めること行けるといふ効果がある。

【0016】

〔適用例8〕本発明の適用例8に係る偏光照明装置は、本発明の適用例1乃至6の何れかの積層波長板を備えて構成される。このように本発明の適用例1乃至6の積層波長板を用いて照明装置を構成することにより、照明装置から出射する直線偏光(S偏光)の強度を強めること行けるといふ効果がある。

【0017】

〔適用例9〕本発明の適用例9に係る光ピックアップ装置は、本発明の適用例1乃至6の何れかの積層波長板を備えて構成される。このように本発明の適用例1乃至6の何れかの積層波長板を用いて3波長対応光ピックアップ装置を構成すると、従来3つ必要であった1/2波長板を1つの積層波長板で実現すること行ることができる。

また、本発明の適用例1乃至6の何れかの積層波長板と、3つの波長のレーザを出射するレーザダイオードとにより3波長対応の光ピックアップ装置を構成すると、光学部品を大幅に削減すること行けるといふ効果となり、光ピックアップ装置のコストを低減すること行けるといふ効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】(a)は本発明に係る高次モードの積層1/2波長板の構成を示した概略斜視図、(b)は分解斜視図。

【図2】(a)は本発明を説明するためのポアンカレ球の斜視図、(b)はポアンカレ球のS1S2平面への透視図。

【図3】本発明に係る積層1/2波長板の波長 - 変換効率特性図。

【図4】本発明に係る他の積層1/2波長板の波長 - 変換効率特性図。

【図5】第2の実施例の積層1/2波長板の分解斜視図。

【図6】(a)は第2の実施例の積層1/2波長板の波長 - 変換効率特性図、(b)は最適化後の波長 - 変換効率特性図。

【図7】(a)は第2の実施例の他の積層1/2波長板の波長 - 変換効率特性図、(b)は最適化後の波長 - 変換効率特性図。

【図8】(a)は本発明を説明するためのポアンカレ球の斜視図、(b)はポアンカレ球のS1S3平面への透視図、(c)はポアンカレ球のS2S3平面への透視図。

【図9】本発明に係る偏光変換子の構成を示す概略図。

【図10】本発明に係る偏光照明装置の構成を示す概略図。

【図11】(a)は本発明に係る光ピックアップ装置のブロック構成図、(b)は本発明

10

20

30

40

50

に係る他の光ピックアップ装置のブロック構成図。

【図12】(a)は従来の1/4波長板の構成を示す斜視図、(b)は夫々の波長板の延伸軸方向を示す図。

【図13】(a)は従来のシングルモードの積層1/2波長板の構成を示した概略斜視図、(b)は分解斜視図。

【図14】従来のシングルモードの積層1/2波長板の波長-変換効率特性図。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明に係る実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1(a)は高次モード積層1/2波長板(以下、積層1/2波長板と称す)1の構成を示す斜視図であって、水晶を用いた第1の波長板2と、第2の波長板3とを夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた構成を備え、全体として1/2波長板として機能するように構成する。図1(b)は1/2波長板1の分解斜視図であって、第1の波長板2の光学軸方位角を θ_1 、第2の波長板3の光学軸方位角を θ_2 とする。所定の波長 λ 、例えば400nmに対する第1の波長板2の位相差を ϕ_1 、第2の波長板3の位相差を ϕ_2 とし、

$$\phi_1 = 180^\circ + 360^\circ \times n \cdots (2)$$

$$\phi_2 = 180^\circ + 360^\circ \times n \cdots (3)$$

を満足するように第1及び第2の波長板2、3の厚さを設定する。ここで、 n は高次モードの次数で、1からはじまる自然数とする。

【0020】

第1及び第2の波長板2、3に高次モードの波長板を用い、全体として1/2波長板1を構成する場合、波長350nmから750nmの全波長帯に亘って位相差を 180° とすることは困難である。

そこで、所望する複数の波長帯で位相差を 180° とするために、積層1/2波長板1の構成パラメータである第1及び第2の波長板2、3の夫々の高次モード次数 n_1 、 n_2 、所定の波長での夫々の位相差 ϕ_1 、 ϕ_2 、夫々の光学軸方位角 θ_1 、 θ_2 を、種々変化させて、積層1/2波長板1の出射光のストークスベクトルを算出し、これから位相差、変換効率等を求める手法をとった。

【0021】

はじめに、本発明に係る積層1/2波長板の実施例を見つけ出した計算手法を簡単に説明する。直線偏光が2枚の波長板を透過した後の偏光状態は、ミューラ行列、又はジョンズ行列を用いて表すことができる。

【0022】

$$E = R_2 \cdot R_1 \cdot I \quad (4)$$

【0023】

ここで、 I は入射光の偏光状態、 E は出射光の偏光状態を表すベクトルである。 R_1 は積層1/2波長板1における第1の波長板2のミューラ行列、 R_2 は第2の波長板3のミューラ行列で、夫々次式で表される。

【0024】

【数1】

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \Gamma_1) \sin^2 2\theta_1 & (1 - \cos \Gamma_1) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & -\sin \Gamma_1 \sin 2\theta_1 \\ 0 & (1 - \cos \Gamma_1) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & 1 - (1 - \cos \Gamma_1) \sin^2 2\theta_1 & \sin \Gamma_1 \cos 2\theta_1 \\ 0 & \sin \Gamma_1 \sin 2\theta_1 & -\sin \Gamma_1 \cos 2\theta_1 & \cos \Gamma_1 \end{bmatrix}$$

・・・(5)

【0025】

10

20

30

40

50

【数 2】

$$R_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \Gamma_2) \sin^2 \theta_2 & (1 - \cos \Gamma_2) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & -\sin \Gamma_2 \sin 2\theta_2 \\ 0 & (1 - \cos \Gamma_2) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & 1 - (1 - \cos \Gamma_2) \cos^2 2\theta_2 & \sin \Gamma_2 \cos 2\theta_2 \\ 0 & \sin \Gamma_2 \sin 2\theta_2 & -\sin \Gamma_2 \cos 2\theta_2 & \cos \Gamma_2 \end{bmatrix}$$

・・・ (6)

10

【0026】

第1及び第2の波長板2、3の高次モード次数nを決め、夫々の位相差 Γ_1 、 Γ_2 、光学軸方位角度 θ_1 、 θ_2 を設定して、式(5)、(6)よりミューラ行列 R_1 、 R_2 を求める。そして、入射光の偏光状態Iを設定すると、式(4)より出射光の偏光状態Eを算出することができる。

行列としてミューラ行列を用いた場合について説明すると、出射光の偏光状態Eは次式で表される。

【0027】

【数 3】

$$E = \begin{bmatrix} S_{01} \\ S_{11} \\ S_{21} \\ S_{31} \end{bmatrix} \quad (7)$$

20

【0028】

Eの行列要素 S_{01} 、 S_{11} 、 S_{21} 、 S_{31} はストークスパラメータと呼ばれ、偏光状態を表している。このストークスパラメータを用いて、波長板の位相差 Γ は次式のように表される。

30

【0029】

【数 4】

$$\Gamma = \tan^{-1} \frac{S_{31}}{\sqrt{S_{11}^2 + S_{21}^2}} \quad (8)$$

【0030】

このように、式(8)を用いて位相差を算出することができる。

【0031】

図1に示すように、本発明に係る積層1/2波長板1は、直線偏光の偏光面を所定の角度 θ だけ回転させる機能を有している。例えば、垂直方向の振動面を持つ直線偏光4を入力光として、積層1/2波長板1を透過させ、偏光面を $\theta = 90^\circ$ だけ回転(位相変調)させて水平方向の振動面を持つ直線偏光5として出射させる場合を、図2(a)に示すポアンカレ球を用いて考える。この位相変調(90°回転)はポアンカレ球で考えると、入射偏光状態P0からP2へ変調させることであり、このとき必要な位相差は180°である。しかし、P0からPaへ、P0からPbへ変調させた場合も、位相差は同じく180°となる。即ち、位相差を用いて評価した場合、必要な偏光状態に変調されているかを判断することができない。ポアンカレ球上(赤道上)のP2と、異なるPa、Pbの点は偏光面の方位である。これを検出するため、出射光の偏光状態を表す行列Eと、偏光子の行列Pとの積を計算し、得られた光量を評価値とすれば、偏光状態を正確に判定することがで

40

50

きる。これを変換効率と定義する。

【0032】

具体的には、偏光子の行列 P の透過軸を 90° に設定し、行列 P と出射光偏光状態を表す行列 E との積から得られる行列 T のストークスパラメータより、 90° 方向の偏光面成分の光量を算出することができる。出射光偏光状態を表す行列 E と、偏光子の行列 P との積は次式のようなになる。

【0033】

$$T = P \cdot E \quad (9)$$

【0034】

ここで、行列 T は変換効率を表し、その要素のストークスパラメータで表すと次式のよ

10

【0035】

【数5】

$$T = \begin{bmatrix} S_{02} \\ S_{12} \\ S_{22} \\ S_{32} \end{bmatrix} \quad (10)$$

【0036】

20

ここで、ベクトル T のストークスパラメータの S_{02} が光量を表している。入射光量を 1 に設定すれば S_{02} が変換効率となる。位相差、変換効率とも積層 1 / 2 波長板を透過した後の偏光状態を表す行列 E から求めることができる。

【0037】

上記の変換効率を評価基準とし、積層 1 / 2 波長板の諸パラメータである第 1 及び第 2 の波長板 2、3 の高次モード次数 n、所定の波長（例えば波長 400 nm）での夫々の位相差 δ_1 、 δ_2 、夫々の光学軸方位角 θ_1 、 θ_2 を種々変化させ、計算機を用いてシミュレーションした。シミュレーションを繰り返し行い、所望の複数の波長帯において、変換効率が良い場合の上記パラメータを選び出した。高次モード次数 n が大き過ぎると、変換効率が 1 に近い波長帯域幅が狭くなり、積層 1 / 2 波長板としても使いづらくなるので、製造し易さ等を含めて上記パラメータを選定した。その結果を以下に説明する。

30

【0038】

図 1 に示す積層 1 / 2 波長板 1 の第 1 及び第 2 の波長板 2、3 の切断角度が夫々 $90^\circ Z$ （水晶板の主面における法線方向と光学軸（z 軸）との交差角度が 90° ）、高次モードの次数 n が 4 で、波長 λ を 400 nm としたとき、第 1 の波長板の位相差 δ_1 、光学軸方位角 θ_1 が夫々 $1620^\circ (= 180^\circ + 360^\circ \times 4)$ 、 22.5° 、第 2 の波長板の位相差 δ_2 、光学軸方位角 θ_2 が夫々 $1620^\circ (= 180^\circ + 360^\circ \times 4)$ 、 67.5° に設定した場合に、積層 1 / 2 波長板 1 の変換効率をシミュレーションにより求めた結果、良好な波長 - 変換効率を得られた。図 3 は波長 350 nm から 750 nm に対する積層 1 / 2 波長板 1 の変換効率を示す図である。

40

【0039】

積層 1 / 2 波長板 1 への入射角度を 0° とした場合の変換効率を実線で示し、入射角度を夫々 -5° 、 $+5^\circ$ としたときの変換効率を、菱形、三角の印を付けて表示してあるが、ほぼ重なった曲線となっている。液晶プロジェクタで用いる青、緑、赤の波長は夫々 400 nm 帯、500 nm 帯、675 nm 帯であるので、上記パラメータの積層 1 / 2 波長板 1 の変換効率はほぼ 1 となることが判明した。

【0040】

また、積層 1 / 2 波長板 1 の第 1 及び第 2 の波長板 2、3 の切断角度が夫々 $90^\circ Z$ （水晶板の主面における法線方向と光学軸（z 軸）との交差角度が 90° ）、高次モードの次数 n が 5 で、波長 λ を 400 nm としたとき、第 1 の波長板の位相差 δ_1 、光学軸方位

50

角 1 が夫々 $1980^\circ (= 180^\circ + 360^\circ \times 5)$ 、 22.5° 、第 2 の波長板の位相差 2、光学軸方位角 2 が夫々 $1980^\circ (= 180^\circ + 360^\circ \times 5)$ 、 67.5° に設定した場合に、良好な変換効率が得られた。図 4 は 350 nm から 750 nm の波長に対する積層 1 / 2 波長板 1 の変換効率を示す図である。積層 1 / 2 波長板 1 への入射角度を 0° とした場合の変換効率を実線で、 -5° 、 $+5^\circ$ としたときの変換効率を、菱形、三角の印を付けて表示してあるが、ほぼ重なった曲線となっている。上記のパラメータを用いた積層 1 / 2 波長板 1 の場合、3 波長対応光ピックアップ用の波長板として要求される 405 nm 帯、 660 nm 帯、 785 nm 帯の波長で、変換効率がほぼ 1 となることが分かった。

【 0 0 4 1 】

10

ここで、第 1 の波長板 2 の光学軸方位角 1 と第 2 の波長板 3 の光学軸方位角 2 との関係について、図 2 に示すポアンカレ球を用いて説明する。図 2 (a) は 1 / 2 波長板 1 に入射した直線偏光のポアンカレ球上での軌道の推移を説明するための図である。赤道上の所定の位置 P 0 から偏光方向が赤道に対して垂直な方向となる直線偏光 4 として光線が入射すると、第 1 の波長板 2 によって光軸 R 1 を中心にして 180° 回転し P 1 (赤道上) へ移され、さらに第 2 の波長板 3 によって光軸 R 2 を中心にして 180° 回転し P 2 (赤道上) に到達し、直線偏光 4 に対して $= 90^\circ$ だけ回転した直線偏光 5 となって 1 / 2 波長板 1 を出射することが分かる。

【 0 0 4 2 】

20

次に、図 2 (b) を用いて、 1 と 2 との関係について検討する。

図 2 (b) は、図 2 (a) に示したポアンカレ球において 1 / 2 波長板 1 に入射した光線の偏光状態の軌跡を S 3 軸方向から見た図 (S 1 S 2 平面に投影した図) を示す。第 1 の波長板 2 の光学軸方位角 1、第 2 の波長板 3 の光学軸方位角 2、及び直線偏光 4 (入射光) に対する直線偏光 5 (出射光) の回転角 2 の関係は、ポアンカレ球上では図 2 (b) のように表すことができる。

点 O、P 0、P 1 を結んでなる三角形 O P 0 P 1 は点 O を頂点とする二等辺三角形であり光軸 R 1 は三角形 O P 0 P 1 の二等分線となり、辺 O P 0 と光軸 R 1 とのなす角及び辺 O P 1 と光軸 R 1 とのなす角は $2 \cdot 1$ となる。点 O、P 1、P 2 を結んでなる三角形 O P 1 P 2 は点 O を頂点とする二等辺三角形であり光軸 R 2 は三角形 O P 1 P 2 の二等分線となる。ここで、辺 O P 1 と光軸 R 2 とのなす角 及び辺 O P 2 と光軸 R 2 とのなす角 は

30

$$2 = 2 \times 2 \cdot 1 + 2$$

$$= - 2 \cdot 1$$

従って、辺 O P 0 と光軸 R 2 とのなす角 2 2 は、以下のように表すことができる。

$$2 \cdot 2 = + 2 \times 2 \cdot 1 = - 2 \cdot 1 + 2 \times 2 \cdot 1 = + 2 \cdot 1$$

従って、 2 は、

$$2 = 1 + / 2 \cdot \cdot \cdot (1 1)$$

と表すことができる。

【 0 0 4 3 】

40

次に、図 5 は本発明に係る第 2 の実施例の高次モード積層 1 / 2 波長板 (以下、積層 1 / 2 波長板と称す) 1 ' の分解斜視図であって、第 1 の波長板 2 ' と第 2 の波長板 3 ' とを夫々の光学軸が交差するように貼り合わせた構成を備え、全体として 1 / 2 波長板として機能させる。第 1 及び第 2 の波長板 2 '、3 ' の高次モードの次数を n 1、n 2 とし、第 1 及び第 2 の波長板 2 '、3 ' の夫々の位相差を 1 1、 2 2、光学軸方位角を夫々 3、 4 とする。位相差を決める波長 は 400 nm とし、次数 n は 1 から始まる自然数とする。第 2 の実施例の積層 1 / 2 波長板 1 ' の構成条件を次式のように設定した。

$$1 \cdot 1 = 360^\circ + 360^\circ \times 2 \times n \cdot \cdot \cdot (1 2)$$

$$2 \cdot 2 = 180^\circ + 360^\circ \times n \cdot \cdot \cdot (1 3)$$

【 0 0 4 4 】

第 1 及び第 2 の波長板 2 '、3 ' を構成する諸パラメータ n、 1 1、 2 2、 3、

50

4を式(12)、(13)を満足するように設定して、積層1/2波長板1'構成する。上記のパラメータを種々変えてシミュレーションを行い、変換効率が良いパラメータの組み合わせを求めた。その結果、第1及び第2の波長板2'、3'の切断角度が夫々90°Z(水晶板の主面における法線方向と光学軸(z軸)との交差角度が90°)、高次モードの次数nが4、波長を400nmとしたときの第3及び4の波長板2'、3'の位相差 ϕ_1 、 ϕ_2 が夫々3240°(=360°+360°×2×4)、1620°(=180°+360°×4)、光学軸方位角 θ_3 、 θ_4 が-16°、45°の場合に、波長-変換効率特性が良好となった。

【0045】

図6(a)は波長350nmから750nmに対する積層1/2波長板1'の変換効率特性を示す図である。入射角度を0°とした場合の積層1/2波長板1'の変換効率を実線で示し、入射角度を夫々-5°、+5°としたときの変換効率を、菱形、三角の印を付けて表示してあるが、ほぼ重なった曲線となっている。液晶プロジェクタで用いる青、緑、赤の波長は夫々400nm帯、500nm帯、675nm帯であるので、夫々の波長帯における積層1/2波長板1'の変換効率は0.94以上となることが判明した。更に、3及び4について最適化を試みたところ、図6(a)に示した波長-変換効率特性に比べて、図6(b)に示すように波長-変換効率特性は、400nm帯、500nm帯、675nm帯の帯域幅を夫々広げることができた。尚、最適化を行った後の各光学軸方位角の値は、 $\theta_3 = -21^\circ$ 、 $\theta_4 = 37.5^\circ$ である。

【0046】

図7は、第2の実施例における他のパラメータの例で、第1及び第2の波長板2'、3'の切断角度が夫々90°Z、高次モードの次数nが5、波長を400nmとしたときの第3及び4の波長板2'、3'の位相差 ϕ_1 、 ϕ_2 が夫々3960°、1980°、光学軸方位角 θ_3 、 θ_4 が-16°、45°と設定した場合に変換効率が良いとなった。

図7(a)は波長350nmから750nmに対する積層1/2波長板1'の変換効率を示す図である。積層1/2波長板1'への入射角度を0°とした場合の変換効率を実線で、-5°、+5°としたときの変換効率を、菱形、三角の印を付けて表示してあるが、ほぼ重なった曲線となっている。この実施例の場合、3波長対応光ピックアップ用の405nm帯、660nm帯、785nm帯で1/2波長板に要求される変換効率0.93をクリアして0.94以上の値が得られた。更に、3及び4について最適化を試みたところ、図7(a)に示した波長-変換効率特性に比べて、図7(b)に示すように波長-変換効率特性は、405nm帯、660nm帯、785nm帯の帯域幅を夫々広げることができた。尚、最適化を行った後の各光学軸方位角の値は、 $\theta_3 = -21^\circ$ 、 $\theta_4 = 37.5^\circ$ である。

【0047】

ここで、図5に示した積層1/2波長板1'を構成する第1の波長板2'と第2の波長板3'の光学的な作用について図8を用いて説明する。図8(a)は、積層1/2波長板1'に入射した直線偏光4のポアンカレ球上での軌道の推移を説明するための図である。図8(b)は、図8(a)に示したポアンカレ球において積層1/2波長板1'に入射した光線の偏光状態の軌跡をS2軸方向から見た図(S1S3平面に投影した図)である。図8(c)は、本発明に係る積層1/2波長板1'の第1の波長板2'の機能について説明するために、前記偏光状態の軌跡をS1軸方向から見た図(S2S3平面に投影した図)である。図8(b)、(c)において、直線偏光4の光線がポアンカレ球の赤道上の所定の位置P0に入射すると、第1の波長板2'によって光軸R1を中心にして360°回転しP1に到達し(P0=P1)、さらに第2の波長板3'によって光軸R2を中心にして180°回転しP2(赤道)に到達することによって、積層1/2波長板1'を出射する光線が直線偏光4(入射光)に対して $\theta = 90^\circ$ だけ回転した直線偏光5となって積層1/2波長板1'を出射することが分かる。

【0048】

ここで、第2の波長板3'の位相差 ϕ_2 が入射光の波長の変化により ϕ_1 の位相変化を生じた場合、この位相変化 ϕ_2 を第1の波長板2'の波長による位相変化 ϕ_1 で相殺すれば、積層1/2波長板1'の波長依存性を抑圧し複数の波長帯で1/2波長板として機能できる。

更に、第2の波長板3'の波長による位相変化 ϕ_2 は、基板材料の波長分散で決まる一定の数値を有しており、第1の波長板2'の波長による位相変化 ϕ_1 は、第1の波長板2'の面内方位角 θ_3 を調整することでその大きさを可変することが可能である。

そこで、第1の波長板2'と第2の波長板3'との関係式を以下に導出する。

入射光の波長が基準波長(設計波長) λ_0 から波長 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の間 ($\lambda_1 < \lambda_2$) で変化すると、波長板の有する波長依存性により第1の波長板2'及び第2の波長板3'の位相差が夫々 ϕ_1 及び ϕ_2 より変化する。

10

また、第2波長板の位相差において、

$$\phi_{21} : \text{波長 } \lambda_1 \text{ のときの位相差}$$

$$\phi_{22} : \text{波長 } \lambda_2 \text{ のときの位相差}$$

と定義すると、第2の波長板3'の波長による位相変化 ϕ_2 は、以下の式を満足する。

$$\phi_2 = (\phi_{22} - \phi_{21}) / 2 \dots (14)$$

【0049】

図8(b)において、第2の波長板3'に生じた位相変化 ϕ_2 により、ポアンカレ球上の座標 P_0 (P_1) が P_1'' に変化したものとし、この $P_0 - P_1''$ の距離を近似的に直線 x_2 で表すと、 ϕ_2 と x_2 は下式(15)の関係を満足する。

20

$$(x_2)^2 = 2k^2 - 2k^2 \cos \phi_2 \dots (15)$$

但し、 k は、ポアンカレ球の半径を示す。

次に同様に、図8(c)において、第1の波長板2'に生じた位相変化 ϕ_1 により、ポアンカレ球上の座標 P_0 (P_1) が P_1' に変化したものとし、この $P_0 - P_1'$ の距離を近似的に直線 x_1 で表すと、 ϕ_1 と x_1 は下式(16)の関係を満足する。

$$(x_1)^2 = 2r^2 - 2r^2 \cos \phi_1 \dots (16)$$

但し、 r は、 R_1 を回転軸として θ_3 回転させる時の半径である。

又、 r は、第1の波長板2'の面内方位角 θ_3 を用いて下式(17)により表すことができる。

30

$$r^2 = 2k^2 - 2k^2 \cos 2\theta_3 \dots (17)$$

【0050】

更に、式(17)を式(16)に代入すると、式(18)が得られる。

$$(x_1)^2 = 4k^2(1 - \cos 2\theta_3)(1 - \cos \phi_1) \dots (18)$$

そこで、第1の波長板2'と第2の波長板3'の位相変化がお互いに相殺しあうためには、 $x_1 = x_2$ である必要があり、式(15)と式(18)より $(x_1)^2 = (x_2)^2 = 2k^2 - 2k^2 \cos \phi_2 = 4k^2(1 - \cos 2\theta_3)(1 - \cos \phi_1)$ の関係が成立する。

そこで、 k を正規化してまとめると式(19)が得られる。

$$\cos 2\theta_3 = 1 - (1 - \cos \phi_2) / \{2(1 - \cos \phi_1)\} \dots (19)$$

40

次に、第1の波長板2'と第2の波長板3'とが同じ分散の基板材料で構成されており、 $\phi_1 / \phi_2 = m$ とすると、式(20)が得られる。

$$\phi_1 = m \phi_2 \dots (20)$$

そこで、式(20)を式(19)に代入すると式(21)が得られる。

$$\cos 2\theta_3 = 1 - (1 - \cos \phi_2) / \{2(1 - \cos m \phi_2)\} \dots (21)$$

式(21)は、第2の波長板3'により生ずる位相変化 ϕ_2 により第1の波長板2'の面内方位角 θ_3 が決定されることを示している。

50

【 0 0 5 1 】

次に、上述した計算式を用いて積層 1 / 2 波長板 1 ' を構成する第 1 の波長板 2 ' と第 2 の波長板 3 ' の具体的なパラメータを算出する。

具体例として、波長 3 5 0 n m ~ 8 5 0 n m の帯域における複数の波長帯において 1 / 2 波長板として機能する積層 1 / 2 波長板についてパラメータを算出する。

例えば、第 1 の波長板 2 ' の位相差 $1 1 = 3 2 4 0 ^{\circ}$ ($= 3 6 0 ^{\circ} + 3 6 0 ^{\circ} \times 2 \times 4$)、第 2 の波長板 3 の位相差 $= 1 6 2 0 ^{\circ}$ ($= 1 8 0 ^{\circ} + 3 6 0 ^{\circ} \times 4$) とすると、

$$m = 1 / 2 = 2$$

となる。

次に、 4 については、第 2 の波長板 3 ' に入射する直線偏光の偏光方向を $9 0 ^{\circ}$ 回転した直線偏光として出射させるために 4 の値を $4 5 ^{\circ}$ とするが、前述のシミュレーションにより得られた解に対して最適化を図るため、可変範囲を $\pm 1 0 ^{\circ}$ と設定し、

$$4 = 4 5 ^{\circ} \pm 1 0 ^{\circ} \cdots (2 2)$$

とした。

【 0 0 5 2 】

図 9 は本発明に係る偏光変換子の実施例を示す構成図であって、偏光ビームスプリッタアレイ (偏光分離素子) 1 0 の P 偏光が出射する面に、本発明に係る上記の積層 1 / 2 波長板 1 1 を貼り付けて偏光変換子を構成する。周知のように、偏光ビームスプリッタアレイ 1 0 の構成は、図 9 に示すように光学ガラス等を用いて形成した平行六面体透明部材を、複数個互いの側面同士を接合して構成する。平行四辺形状のプリズムを複数個、斜面同士を貼り合わせ、接合したプリズムの一方の斜面に偏光分離部 1 3 を形成し、他方の斜面には反射膜 1 4 を形成する。偏光変換子の作用は、光 (ランダム光) 1 2 が偏光ビームスプリッタアレイ 1 0 の入射面に入射すると、ランダム光のうち、P 偏光は偏光分離部 1 3 を透過し、偏光ビームスプリッタアレイ 1 0 の出射面に貼り付けられた積層 1 / 2 波長板 1 1 により S 偏光に変換されて出射する。一方、ランダム光のうちの S 偏光は偏光分離部 1 3 により反射され、さらに反射膜 1 4 で反射されて、偏光変換子を出射する。本発明の偏光変換子の特徴は P 偏光から S 偏光への変換効率がよく、強い偏光光を作り出せることである。

【 0 0 5 3 】

図 1 0 は本発明に係る偏光照明装置の実施例を示す構成図であって、発光光源 1 5 と、レンズアレイ 1 8 と、上記に説明した本発明の積層 1 / 2 波長板 1 9 と、を備えている。発光光源 1 5 は超高圧水銀ランプやキセノンランプ等のランプ 1 6 と反射鏡 1 7、例えば放物面反射鏡とからなり、ランプ 1 6 から出射される光は放物面反射鏡 1 7 の光軸に略平行光となる。そして、ランプ 1 6 から発せられる光は自然光 (ランダム光) であり、強度の等しい直交する 2 つの直線偏光 (P 偏光、S 偏光) の和で表せる。ランダム光は積層 1 / 2 波長板 1 9 を透過すると、S 偏光のみに変換される偏光照明装置である。

【 0 0 5 4 】

図 1 1 (a) は本発明に係る 3 波長対応光ピックアップ 2 0 の実施例を示すブロック図である。C D に対応した $7 8 5 \text{ n m}$ 帯の波長のレーザ光を出射するレーザダイオード (以下、L D と称する) 2 1 と、D V D に対応した $6 6 0 \text{ n m}$ 帯の波長のレーザ光を出射する L D 2 2 と、前記 L D 2 1 の出射する直線偏光であるレーザ光を反射すると共に、前記 L D 2 2 が出射する直線偏光のレーザ光を透過するダイクロイックプリズム 2 3 と、B D ($4 0 5 \text{ n m}$ 帯の青紫色レーザを用いたブルーレイディスクや、H D - D V D に代表されるブルーレーザディスク) に対応した $4 0 5 \text{ n m}$ 帯の波長のレーザ光を出射する L D 2 4 と、L D 2 4 が出射する直線偏光のレーザ光を反射すると共に、前記ダイクロイックプリズム 2 3 を反射、及び透過したレーザ光を透過する波長分離素子 2 5 と、該波長分離素子 2 5 を反射、及び透過したレーザ光の位相を $1 8 0 ^{\circ}$ 変換して出射する積層 1 / 2 波長板 2 6 と、該積層 1 / 2 波長板 2 6 を出射するレーザ光を所定の比率で反射、及び透過するミラー 2 7 と、ミラー 2 7 を透過したレーザ光をモニターするフロントモニター (F M) 2 8 と、ミラー 2 7 を反射したレーザ光を平行光とするコリメートレンズ 2 9 と、コリメー

10

20

30

40

50

トレンズ 29 を透過した直線偏光を円偏光に変換する 1/4 波長板 30 と、光ディスク 31 に形成されたピット 32 にレーザ光を集光する集光レンズ 33 と、ピット 32 にて反射したレーザ光を、前記集光レンズ 33 と、1/4 波長板 30 と、コリメートレンズ 29 と、ミラー 27 と、を経由して検出する光検出素子 PD 34 とにより構成する。光ピックアップでは 1/2 波長板をファーフールドパターンと偏光面の相対角度を変える目的で使用している。

【0055】

以上のように、本発明の積層 1/2 波長板を用いて 3 波長対応光ピックアップ装置を構成することにより、従来の構成では 1/2 波長板を 3 個必要としたが、本発明に係る積層 1/2 波長板を用いることにより、積層 1/2 波長板を 1 個のみで、3 波長対応光ピックアップ装置を構成することができるという効果がある。

10

【0056】

更に、最近開発された三波長発光レーザダイオードと、本発明の積層 1/2 波長板を用いることにより、新たな 3 波長対応光ピックアップ装置を構成することができる。図 11 (a) と同じ光学デバイスには同じ符号を用いることにする。図 11 (b) は本発明に係る他の 3 波長対応光ピックアップ 35 の実施例を示すブロック図である。CD、DVD 及び BD に夫々対応した 785 nm 帯、660 nm 帯及び 405 nm 帯の波長を出射する LD 36 a、36 b 及び 36 c を備えた複合 LD 36 と、該複合 LD 36 が出射する 785 nm 帯、660 nm 帯、405 nm 帯のいずれか 1 つのレーザ光の位相を 180° 変換して出射する積層 1/2 波長板 26 と、該積層 1/2 波長板 26 を出射するレーザ光を所定の比率で反射、及び透過するミラー 27 と、ミラー 27 を透過したレーザ光をモニターするフロントモニター (FM) 28 と、ミラー 27 を反射したレーザ光を平行光とするコリメートレンズ 29 と、コリメートレンズ 29 を透過した直線偏光を円偏光に変換する 1/4 波長板 30 と、光ディスク 31 に形成されたピット 32 にレーザ光を集光する集光レンズ 33 と、ピット 32 にて反射したレーザ光を、前記集光レンズ 33 と、1/4 波長板 30 と、コリメートレンズ 29 と、ミラー 27 と、を経由して検出する光検出素子 PD 34 とにより構成する。

20

【0057】

以上のように、本発明の積層 1/2 波長板を用いて 3 波長対応光ピックアップ装置を構成することにより、光学部品を大幅に削減することが可能となり、光ピックアップ装置の製造コストを大きく低減することができるという効果がある。

30

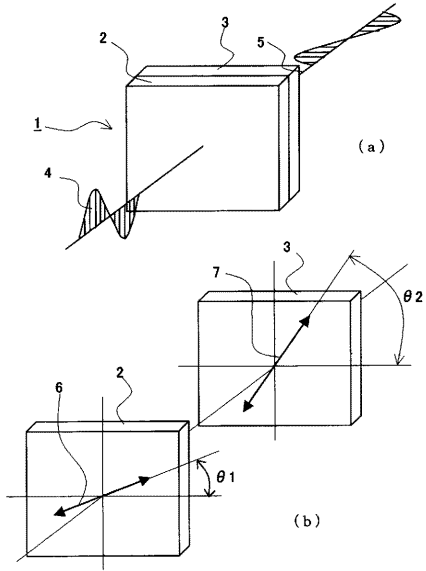
【符号の説明】

【0058】

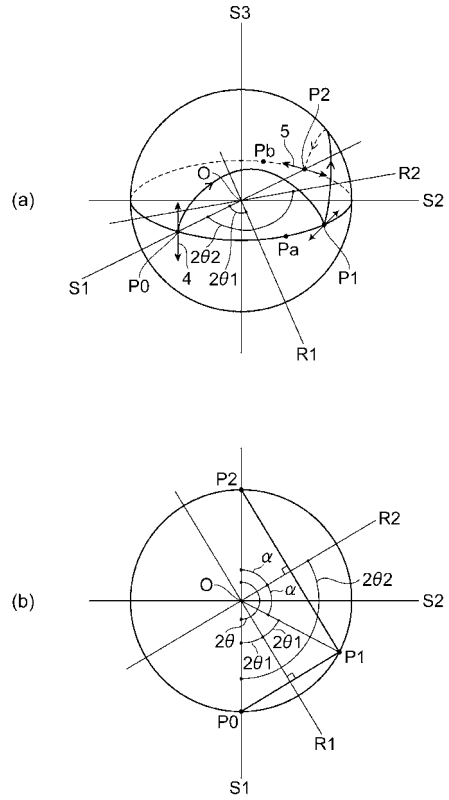
1, 1', 19, 24 ... 積層 1/2 波長板、2, 2', 3, 3' ... 波長板、4, 5 直線偏光、6, 6', 7, 7' ... 光学軸、1, 2, 3, 4 ... 光学軸の方位角、10 ... 偏光変換子、11 ... ビームスプリッタアレイ、12 ... 光軸、13 ... 偏光分離部、14 ... 反射膜、15 ... 発光光源、16 ... ランプ、17 ... 反射鏡、18 ... レンズアレイ、20, 35 ... 光ピックアップ装置、21, 22, 24, 36 a, 36 b, 36 c ... レーザダイオード (LD)、23 ... ダイクロイックプリズム、25 ... 波長分離素子、26 ... 積層 1/2 波長板、27 ... ミラー、28 ... フロントモニター、29 ... コリメートレンズ、30 ... 1/4 波長板、33 ... 集光レンズ、34 ... 光検出素子 (PD)、36 ... 複合レーザダイオード (LD)。

40

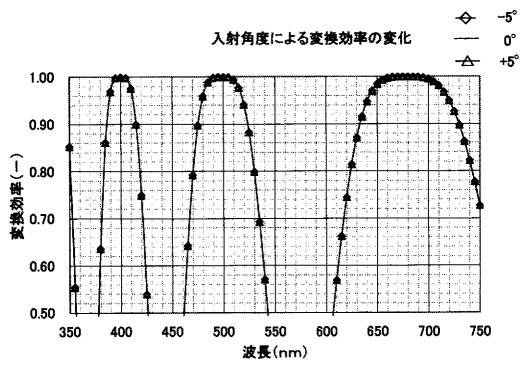
【図1】



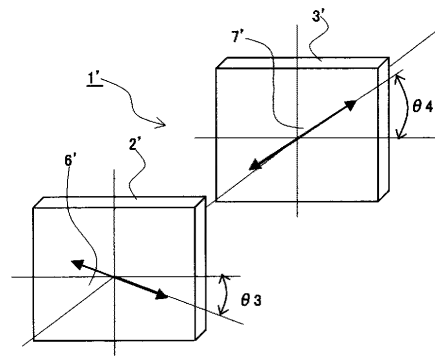
【図2】



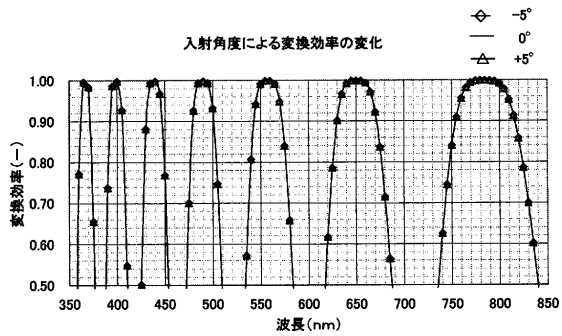
【図3】



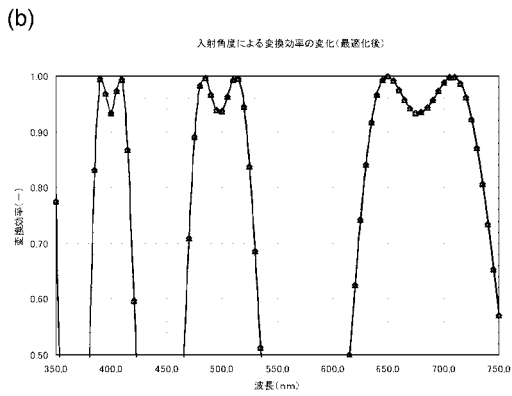
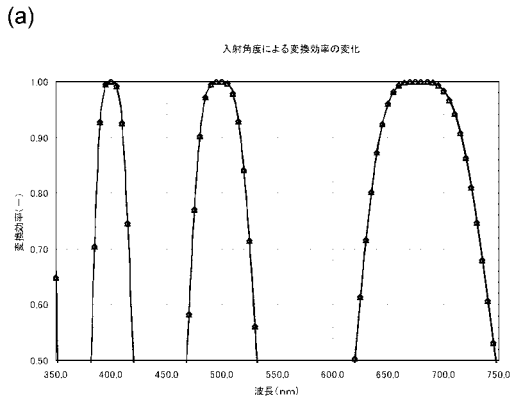
【図5】



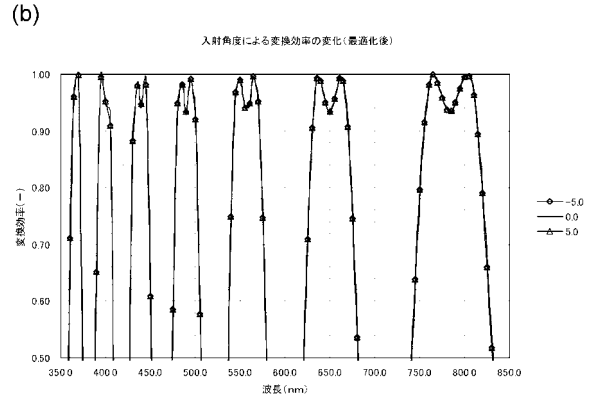
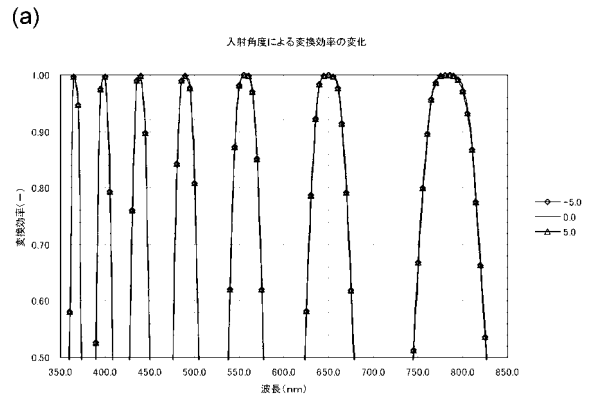
【図4】



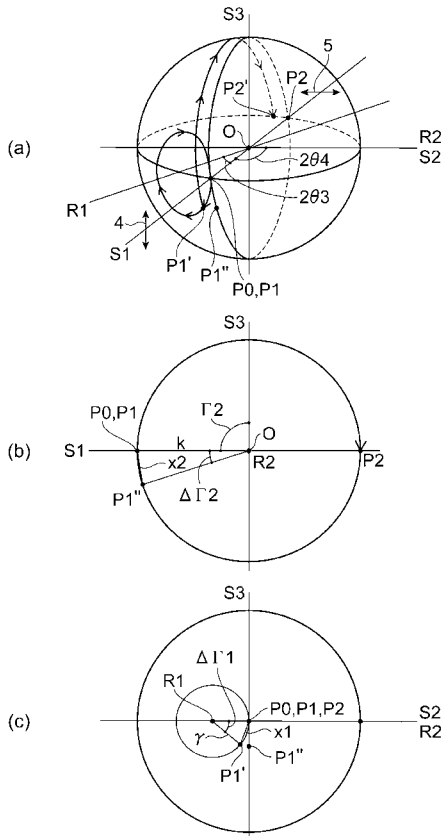
【 図 6 】



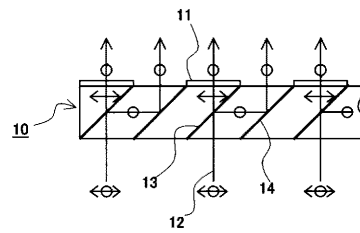
【 図 7 】



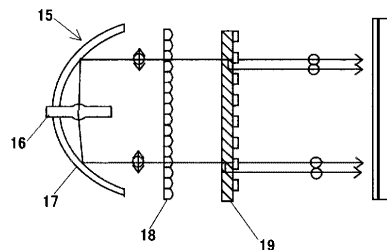
【 図 8 】



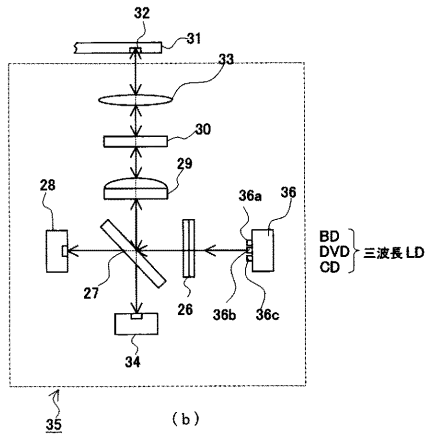
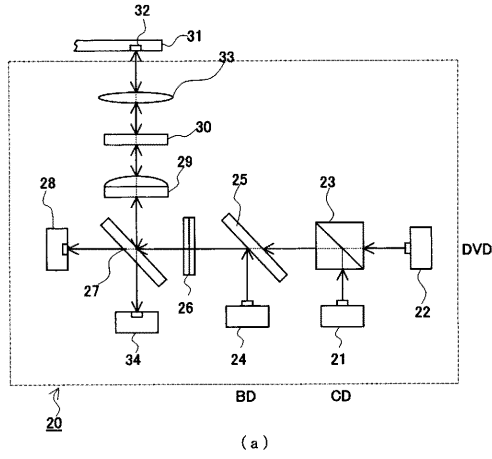
【 図 9 】



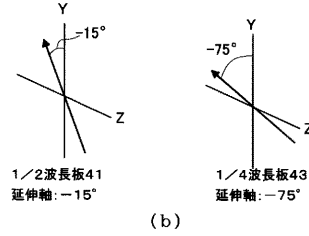
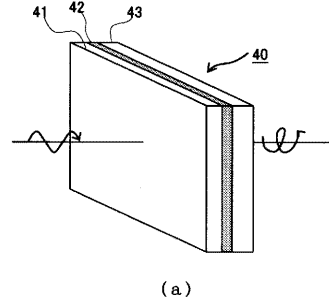
【 図 10 】



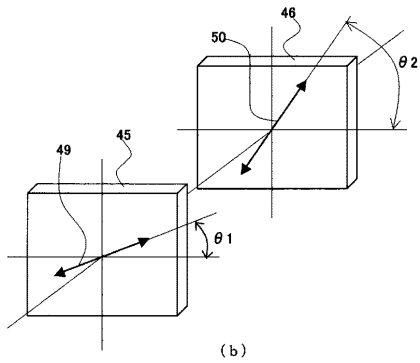
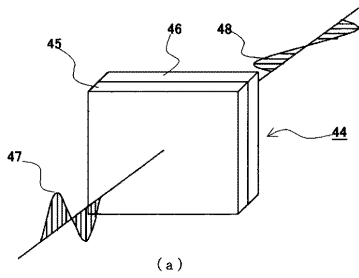
【図11】



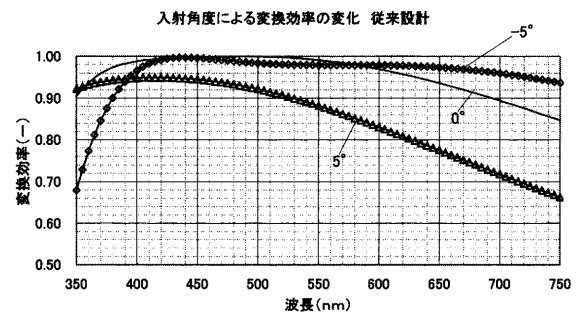
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-170853(JP,A)
特開2004-272140(JP,A)
特開2004-325759(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 5/30