

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4825951号  
(P4825951)

(45) 発行日 平成23年11月30日 (2011.11.30)

(24) 登録日 平成23年9月22日 (2011.9.22)

(51) Int.Cl. F I  
**G 0 2 B 5/30 (2006.01)** G O 2 B 5/30  
**G 1 1 B 7/135 (2006.01)** G 1 1 B 7/135 A

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-271360 (P2005-271360)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成17年9月20日 (2005.9.20)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2007-86105 (P2007-86105A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成19年4月5日 (2007.4.5)	(72) 発明者	大戸 正之
審査請求日	平成19年11月6日 (2007.11.6)		神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目1番1号
			東洋通信機株 式会社内
		審査官	藤岡 善行
		(56) 参考文献	国際公開第03/091768 (WO, A1) 特開2004-219977 (JP, A )
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 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】

光学軸方位角 1 の第一波長板と、光学軸方位角 2 の第二波長板とを各々の光学軸が交差するように配置し、

互いに帯域の異なる第一の波長帯、第二の波長帯、第三の波長帯とし、

前記第一の波長帯に含まれる波長を第一の波長  $\lambda_1$  とし、

前記第二の波長帯に含まれる波長を第二の波長  $\lambda_2$  とし、

前記第三の波長帯に含まれる波長を第三の波長  $\lambda_3$  としたとき、前記第一の波長  $\lambda_1$ 、

前記第二の波長  $\lambda_2$ 、前記第三の波長  $\lambda_3$  の光に対して、入射する直線偏光の光を円偏光の光に変換して出射し、又は入射する円偏光の光を直線偏光の光に変換して出射する波長板であって、

前記第一の波長  $\lambda_1$ 、前記第二の波長  $\lambda_2$  及び前記第三の波長  $\lambda_3$  の関係は、

$$\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$$

を満足し、

前記第二の波長  $\lambda_2$  を設計波長とし、当該設計波長の光に対して、前記第一波長板の位相差を  $\phi_1$ 、前記第二波長板の位相差を  $\phi_2$  としたとき、前記  $\phi_1$  と前記  $\phi_2$  は、

$$\phi_1 = 2 \times \phi_2 \cdots (1)$$

$$\phi_2 = 90^\circ + 180^\circ \times n \cdots (2)$$

但し、n は正の整数

を満足し、

10

20

前記光学軸方位角 1 と前記光学軸方位角 2 は、

$$1 = 15^\circ \pm 5^\circ \quad \dots (9)$$

$$2 = 75^\circ \pm 5^\circ \quad \dots (10)$$

を満足し、

前記第一の波長 ' の光に対して、前記第一波長板の位相差を 1 '、前記第二波長板の位相差を 2 ' とし、

前記第三の波長 ' ' の光に対して、前記第一波長板の位相差を 1 ' '、前記第二波長板の位相差を 2 ' ' としたとき、

$$1' = 2 \times 2' \quad \dots (3)$$

$$2' = 90^\circ + 180^\circ \times n' \quad \dots (4)$$

$$1'' = 2 \times 2'' \quad \dots (5)$$

$$2'' = 90^\circ + 180^\circ \times n'' \quad \dots (6)$$

$$n' = (\lambda' / \lambda) \times ((1 + 2 \times n) / 2) - 1 / 2 \quad \dots (7)$$

$$n'' = (\lambda'' / \lambda'') \times ((1 + 2 \times n) / 2) - 1 / 2 \quad \dots (8)$$

但し、 $n'$ 、 $n''$  を、小数第 1 位が 4 以下ならば切り捨て、5 以上ならば切り上げてなる正の整数とする

を満足することを特徴とする波長板。

#### 【請求項 2】

請求項 1 に記載された波長板において、

$$= 650 \text{ nm}、$$

$$' = 400 \text{ nm}、$$

$$'' = 785 \text{ nm}、$$

であることを特徴とする波長板。

#### 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載された波長板において、

$$n = 6$$

であることを特徴とする波長板。

#### 【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載された波長板において、

$$n = 11$$

であることを特徴とする波長板。

#### 【請求項 5】

前記第一の波長 '、前記第二の波長、前記第三の波長 ' ' の光が、波長板を通過するよう構成された光ピックアップであって、

前記波長板が、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の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】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は積層波長板に関し、特に所定の特性を有する二枚の波長板を積層し、入射光の波長が 400 nm、650 nm、及び 780 nm において 1 / 4 波長板として機能する波長板及びそれを用いた光ピックアップに関するものである。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

CD や DVD 等の光ディスクに対する情報の記録や再生を行う際は、光ピックアップが使用され、該光ピックアップには、光ディスクに照射するレーザ光を円偏光とするために 1 / 4 波長板が用いられる。

1 / 4 波長板は、複屈折性を有する材料を用いた位相変調を行う光学素子であり、入射する直線偏光された光線を円偏光の光線に変換することから、1 / 4 波長板として機能する。一方、波長板の位相差は波長の関数であるため、使用する波長が変化すると位相差も

10

20

30

40

50

変化するという波長依存性を有しているので、広帯域な光で使用した際に位相差が変化してしまい、位相差を  $1/4$  波長に維持できないという問題が生じていた。

#### 【0003】

そこで、この問題を解決するため、特開平10-68816号公報により広帯域で機能する  $1/4$  波長板が提案されている。

図4に、特開平10-68816号公報により開示された従来の広帯域な積層波長板の外観構造例を示し、図4(a)は波長板を入射方向から見た平面図を示し、図4(b)は側面図を示す。この広帯域積層波長板は、所定の位相差を有する二枚の波長板を積層して構成するもので、 $1/4$  波長板と  $1/2$  波長板とを所定の角度で貼り合わせ、所望の  $1/4$  波長板としての性能を得ている。図4に示す如く積層波長板101は、第一の波長板102と第二の波長板103とを、第一の波長板102の光学軸方位角（以降、面内方位角と称す） $\theta_1$  を  $15^\circ$  に、第二の波長板103の面内方位角  $\theta_2$  を  $75^\circ$  として積層したものである。

#### 【0004】

そこで、以下に、特開平10-68816号公報により開示された従来の広帯域  $1/4$  波長板の設計方法について説明する。

第一の波長板102の位相差を  $180^\circ$ 、面内方位角を  $\theta_1$ 、第二の波長板103の位相差を  $90^\circ$ 、面内方位角を  $\theta_2$  とし、図5に示したポアンカレ球を用いて説明する。

図5は、従来の  $1/4$  波長板のポアンカレ球を示す。図5において、入射光がポアンカレ球の赤道の所定の位置  $P_0$  に入射されると、この入射光が、第一の波長板102により変調されて  $P_1$  に到達し、更に第二の波長板103により変調されてポアンカレ球の極  $P_2$  に到達すれば積層波長板101を出射する光線は円偏光となる。ここで、 $P_2$  がポアンカレ球の極であるためには、 $\theta_1$  及び  $\theta_2$  が次の関係式を満足することが望ましい。

$$\theta_2 = 2\theta_1 + 45^\circ \cdots (101)$$

#### 【0005】

入射光の波長が  $\lambda_1 \sim \lambda_2$  間で変化すると、第一の波長板102及び第二の波長板103の位相差が夫々  $180^\circ$  及び  $90^\circ$  より変化する。第一の波長板102に於ける変化量を  $\Delta\phi_1$ 、第二の波長板103における変化量を  $\Delta\phi_2$  とする。ここで、入射光が第一の波長板102により変調されて到達する位置であるポアンカレ球上の  $P_1$  が、入射光の波長が変化することにより波長板の位相量が変化し、 $P_1'$  にずれたとすると、前記変化量  $\Delta\phi_1$  及び  $\Delta\phi_2$  がポアンカレ球上の  $P_1$  と  $P_1'$  を結ぶ球面上の同一の線分となる条件であれば、 $P_2$  は常にポアンカレ球の極に到達することが出来る。

#### 【0006】

そこで、近似的に  $P_1$  と  $P_1'$  を直線で結び、余弦定理を用いて  $\Delta\phi_1$ 、 $\Delta\phi_2$ 、 $\theta_1$  の関係を表すと、

$$\cos \Delta\phi_2 = 1 - 2(1 - 2\cos 2\theta_1)(1 - \cos \Delta\phi_1) \cdots (102)$$

となる。第一の波長板102と第二の波長板103とが同じ波長分散の材料とすれば、各々の位相差が  $180^\circ$  及び  $90^\circ$  であることから、 $\Delta\phi_1$  及び  $\Delta\phi_2$  は、

$$\Delta\phi_1 = 2\Delta\phi_2 \cdots (103)$$

の関係を満足する。これを(101)式、(102)式に代入すると、 $\theta_1$  と  $\theta_2$  は下記値を得る。

$$\theta_1 = 15^\circ, \theta_2 = 75^\circ$$

#### 【0007】

以上の結果より積層波長板101を広帯域  $1/4$  波長板として機能させるためには、下記の条件が必須である。

第一の波長板102	位相差	$180^\circ$
	面内方位角	$15^\circ$
第二の波長板103	位相差	$90^\circ$
	面内方位角	$75^\circ$

10

20

30

40

50

但し、上記条件は近似を含むため、ミューラ行列、ジョーンズ行列等を用い実際に使用する上で最適な特性となるようにシミュレーションを行い、最適化を行う。

【0008】

図6は、従来の広帯域1/4波長板の楕円率特性例を示す。図6は、所定の波長範囲で最も楕円率が1に近づくよう最適化して結果をグラフに示したものであり、特性例1は、波長600～850nmの範囲で最適化した例を示し、特性例2は、波長400～500nmの範囲で最適化した例を示し、夫々所定の波長範囲で1/4波長板として機能していることが判る。

【特許文献1】特開平10-68816号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

波長板の光学材料は一般的に波長が短くなる程、屈折率の波長に対する変化が大きくなるという特性を有しており、波長が短いほど1/4波長板として機能する波長範囲が狭くなる。一方、近年、従来のCD、DVD等の光ディスクに加えて更に大容量化されたブルーレーザディスクと呼ばれる光ディスクが実用化されつつあり、光ピックアップにおいても、CD、DVDの光ディスクの他、ブルーレーザディスクにも対応することが要求されている。ブルーレーザディスクは、波長が400nm近辺の青紫色レーザ光を使用しており、従来から使用されている650nm、或いは780nmのレーザ光を使用した光ピックアップと互換性を持たせるためには、1/4波長板として必要な波長帯域は、400nm～780nmの広帯域となる。図6に示した特性例においても判るように、従来の広帯域波長板は、波長400～550nmの波長範囲を最適化出来ても、550～780nmの波長範囲まで最適化することは困難である。

20

【0010】

本発明は、上述したような問題を解決するためになされたものであって、CD、DVDの光ディスクの他、ブルーレーザディスクにも対応する光ピックアップに必要な波長である400nm、650nm、及び780nmにおいて、1/4波長板として機能する積層波長板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】

【0011】

30

上記目的を達成するために本発明の第1の形態に係る波長板は、光学軸方位角  $\theta_1$  の第一波長板と、光学軸方位角  $\theta_2$  の第二波長板とを各々の光学軸が交差するように配置し、互いに帯域の異なる第一の波長帯、第二の波長帯、第三の波長帯とし、  
前記第一の波長帯に含まれる波長を第一の波長  $\lambda_1$  とし、  
前記第二の波長帯に含まれる波長を第二の波長  $\lambda_2$  とし、  
前記第三の波長帯に含まれる波長を第三の波長  $\lambda_3$  としとき、前記第一の波長  $\lambda_1$ 、前記第二の波長  $\lambda_2$ 、前記第三の波長  $\lambda_3$  の光に対して、入射する直線偏光の光を円偏光の光に変換して出射し、又は入射する円偏光の光を直線偏光の光に変換して出射する波長板であって、

前記第一の波長  $\lambda_1$ 、前記第二の波長  $\lambda_2$  及び前記第三の波長  $\lambda_3$  の関係は、  
 $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$

40

を満足し、

前記第二の波長  $\lambda_2$  を設計波長とし、当該設計波長の光に対して、前記第一波長板の位相差を  $\phi_1$ 、前記第二波長板の位相差を  $\phi_2$  としたとき、前記  $\phi_1$  と前記  $\phi_2$  は、

$$\phi_1 = 2 \times \phi_2 \quad \cdots (1)$$

$$\phi_2 = 90^\circ + 180^\circ \times n \quad \cdots (2)$$

但し、 $n$  は正の整数

を満足し、

前記光学軸方位角  $\theta_1$  と前記光学軸方位角  $\theta_2$  は、

$$\theta_1 = 15^\circ \pm 5^\circ \quad \cdots (9)$$

50

$$2 = 75^\circ \pm 5^\circ \quad \dots (10)$$

を満足し、

前記第一の波長  $\lambda_1$  の光に対して、前記第一波長板の位相差を  $\phi_1$ 、前記第二波長板の位相差を  $\phi_2$  とし、

前記第三の波長  $\lambda_3$  の光に対して、前記第一波長板の位相差を  $\phi_1'$ 、前記第二波長板の位相差を  $\phi_2'$  としたとき、

$$\phi_1 = 2 \times \phi_2 \quad \dots (3)$$

$$\phi_2 = 90^\circ + 180^\circ \times n \quad \dots (4)$$

$$\phi_1' = 2 \times \phi_2' \quad \dots (5)$$

$$\phi_2' = 90^\circ + 180^\circ \times n' \quad \dots (6)$$

$$n = (\lambda_1 / \lambda_2) \times ((1 + 2 \times n) / 2) - 1 / 2 \quad \dots (7)$$

$$n' = (\lambda_3 / \lambda_2) \times ((1 + 2 \times n) / 2) - 1 / 2 \quad \dots (8)$$

但し、 $n$ 、 $n'$  を、小数第 1 位が 4 以下ならば切り捨て、5 以上ならば切り上げてなる正の整数とする

を満足することを特徴とする。

本発明の第 2 の形態に係る波長板は、第 1 の形態において、

$$\lambda_1 = 650 \text{ nm}、$$

$$\lambda_2 = 400 \text{ nm}、$$

$$\lambda_3 = 785 \text{ nm}、$$

であることを特徴とする。

本発明の第 3 の形態に係る波長板は、第 1 又は第 2 の形態において、

$$n = 6$$

であることを特徴とする。

本発明の第 4 の形態に係る波長板は、第 1 又は第 2 の形態において、

$$n = 11$$

であることを特徴とする。

本発明の第 5 の形態に係る光ピックアップは、前記第一の波長  $\lambda_1$ 、前記第二の波長  $\lambda_2$ 、前記第三の波長  $\lambda_3$  の光が、波長板を通過するよう構成された光ピックアップであって、

、

前記波長板が、第 1 乃至 4 のいずれか一の形態に係る波長板であることを特徴とする。

〔適用例 1〕適用例 1 に係る積層波長板は、第一の波長板と第二の波長板とを光軸が交差するよう貼り合わせて、波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  の光に対して  $1/4$  波長板として機能する積層波長板において、前記波長  $\lambda_1$  が 650 nm、波長  $\lambda_2$  が 400 nm、波長  $\lambda_3$  が 785 nm であり、前記第一の波長板は、波長  $\lambda_1 = 650 \text{ nm}$  の時、位相差  $\phi_1 = 1980^\circ$ 、面内方位角  $\theta_1 = 15^\circ \pm 5^\circ$ 、前記第二の波長板は、波長  $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$  の時、位相差  $\phi_2 = 990^\circ$ 、面内方位角  $\theta_2 = 75^\circ \pm 5^\circ$  であるよう構成する。

【0012】

〔適用例 2〕適用例 2 に係る積層波長板は、第一の波長板と第二の波長板とを光軸が交差するよう貼り合わせて、波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  の光に対して  $1/4$  波長板として機能する積層波長板において、前記波長  $\lambda_1$  が 650 nm、波長  $\lambda_2$  が 400 nm、波長  $\lambda_3$  が 785 nm であり、前記第一の波長板は、波長  $\lambda_1 = 650 \text{ nm}$  の時、位相差  $\phi_1 = 2340^\circ$ 、面内方位角  $\theta_1 = 15^\circ \pm 5^\circ$ 、前記第二の波長板は、波長  $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$  の時、位相差  $\phi_2 = 1170^\circ$ 、面内方位角  $\theta_2 = 75^\circ \pm 5^\circ$  であるよう構成する。

【0013】

〔適用例 3〕適用例 3 に係る積層波長板は、第一の波長板と第二の波長板とを光軸が交差するよう貼り合わせて、波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  の光に対して  $1/4$  波長板として機能する積層波長板において、前記波長  $\lambda_1$  が 650 nm、波長  $\lambda_2$  が 400 nm、波長  $\lambda_3$  が 785 nm であり、前記第一の波長板は、波長  $\lambda_1 = 650 \text{ nm}$  の時、位相差  $\phi_1 = 4140^\circ$ 、面内方位角  $\theta_1 = 15^\circ \pm 5^\circ$ 、前記第二の波長板は、波長  $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$  の時、位相差  $\phi_2 = 2070^\circ$ 、面内方位角  $\theta_2 = 75^\circ \pm 5^\circ$  であるよう構成する。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0014】

本発明に係る波長板は、所定の位相差を有する第一の波長板と第二の波長板とを各々の光学軸が交差するように配置することにより構成して、入射光の波長が400nm、650nm、及び785nmにおいて1/4波長板として機能させることができる。本発明に係る光ピックアップは、本発明に係わる波長板を使用することにより、CD、DVDの光ディスクの他、ブルーレーザディスクにも対応することが出来、光ピックアップを小型化して構成する上で大きな効果を発揮することが可能となる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0015】

10

以下、図示した実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。

図1は、本発明に係る積層波長板の第一の実施例の構成を示すものであり、図1(a)は波長板を入射方向から見た平面図を示し、図1(b)は側面図を示す。この積層波長板1は、波長650nmに対して位相差1980°、及び面内方位角15°±5°の波長板2と、位相差990°、及び面内方位角75°±5°の波長板3とを各々の光学軸が60°の角度で交差するように積層して、全体として波長400nm、650nm、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。

## 【0016】

又、本積層波長板は、従来のものと異なり、使用する帯域の波長400nm、650nm、及び785nmにおいてピンポイント的に1/4波長板として機能することが特徴である。そこで、積層波長板1に直線偏光が入射すると、積層波長板1の出射面で位相が90°ずれることによって円偏光となって出射することとなる。

20

## 【0017】

次に、積層波長板1を構成する波長板2と波長板3について、夫々の光学特性の算出方法について説明する。

まず、波長板2と波長板3の位相差を夫々1と2とすると、入射光の波長において積層波長板1が1/4波長板として機能するためには下記の条件式が必要である。

$$1 = 2 \quad 2 \quad \dots \quad (1)$$

$$2 = 90^\circ + 180^\circ n \quad \dots \quad (2)$$

$$n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

30

## 【0018】

一方、nを常光線と異常光線の屈折率差、dを波長板の厚みとすると、波長板3の位相差2は(3)式で表すことが出来る。

$$2 = (2 / ) \cdot n d = 90^\circ + 180^\circ n \quad \dots \quad (3)$$

## 【0019】

そこで、異なる波長'での波長板3の位相差2'は、

$$2' = (2 / ') \cdot n d \quad \dots \quad (4)$$

で表され、(3)式と(4)式より、

$$2' = ( / ') \cdot (90^\circ + 180^\circ n) \quad \dots \quad (5)$$

が求められる。ここで、波長板3が1/4波長板として機能するとすると、(6)式が成立する。

40

## 【0020】

$$2' = ( / ') \cdot (90^\circ + 180^\circ n) = 90^\circ + 180^\circ n' \quad \dots \quad (6)$$

従って、(6)式より波長'におけるn'を求めると、

$$n' = ( / ') \cdot ((90^\circ + 180^\circ n) / 180^\circ) - 1/2 \quad \dots \quad (7)$$

となる。ここで、nは自然数であるから、(7)式にn=0、1、2...を代入した時のn'を抽出し、小数点以下は四捨五入する。

## 【0021】

50

そこで、本実施例の場合のように、入射光の波長が400nm、650nm、及び785nmの場合に、波長板3が1/4波長板として機能する例について具体的に必要な位相差 $\phi_3$ を求めてみる。

$\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 400\text{nm}$ に設定した場合の $n$ 及び $n'$ と、 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 785\text{nm}$ に設定した場合の $n$ 及び $n''$ の二組について、 $n$ 、 $n'$ 及び $n''$ を夫々求める。

【0022】

$\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 400\text{nm}$ に設定した場合の関係式は、(8)式に示す通りであり、

$$n' = (650/400) \cdot ((90^\circ + 180^\circ n)/180^\circ) - 1/2 \quad 10$$

・・・(8)、

【0023】

$\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 785\text{nm}$ に設定した場合の関係式は、(9)式に示す通りである。

$$n'' = (650/785) \cdot ((90^\circ + 180^\circ n)/180^\circ) - 1/2$$

・・・(9)

そこで、(8)式、及び(9)式に $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ を代入し、 $n'$ 及び $n''$ を求めると、図2に示した表1及び表2の通りとなる。

【0024】

図2は、本発明に係る積層波長板において、波長板の位相差を算出するための数表である。表1は、 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 400\text{nm}$ に設定した場合の $n$ 及び $n'$ を示し、表2は、 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 785\text{nm}$ に設定した場合の $n$ 及び $n''$ を示す。ここで、 $n'$ 、 $n''$ を四捨五入して整数で表わし、 $n$ 、 $n'$ 、 $n''$ の組み合わせから、例えば、 $n = 5, 6, 11$ の三通りが該当する。

【0025】

即ち、第一の組み合わせは、前記において説明した第一の実施例であり、 $n = 5$ 次、 $n' = 8$ 次、 $n'' = 4$ 次となる。そこでこの時、各波長における位相差は、

波長 $\lambda_2 = 400\text{nm}$ 、位相差 $\phi_2' = 1530^\circ$ (8次)

波長 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、位相差 $\phi_1 = 990^\circ$ (5次)

波長 $\lambda_2 = 785\text{nm}$ 、位相差 $\phi_2'' = 810^\circ$ (4次)

である。従って、波長板3の位相差 $\phi_3$ は、 $990^\circ$ であるので、波長板2の位相差 $\phi_2$ は、 $1980^\circ$ となる。

【0026】

次に、第二の組み合わせは、 $n = 6$ 次、 $n' = 10$ 次、 $n'' = 5$ 次であり、この時の各波長における位相差は、

波長 $\lambda_2 = 400\text{nm}$ 、位相差 $\phi_2' = 1890^\circ$ (10次)

波長 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、位相差 $\phi_1 = 1170^\circ$ (6次)

波長 $\lambda_2 = 785\text{nm}$ 、位相差 $\phi_2'' = 990^\circ$ (5次)

である。従って、波長板3の位相差 $\phi_3$ は、 $1170^\circ$ であるので、波長板2の位相差 $\phi_2$ は、 $2340^\circ$ となる。

【0027】

次に、第三の組み合わせは、 $n = 11$ 次、 $n' = 18$ 次、 $n'' = 9$ 次であり、この時の各波長における位相差は、

波長 $\lambda_2 = 400\text{nm}$ 、位相差 $\phi_2' = 3330^\circ$ (18次)

波長 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、位相差 $\phi_1 = 2070^\circ$ (11次)

波長 $\lambda_2 = 785\text{nm}$ 、位相差 $\phi_2'' = 1710^\circ$ (9次)

である。従って、波長板3の位相差 $\phi_3$ は、 $2070^\circ$ であるので、波長板2の位相差 $\phi_2$ は、 $4140^\circ$ となる。

【0028】

次に、ミューラ行列を使用した数値計算により、波長板2と波長板3の偏光状態を示す

20

30

40

50

。

ここで、波長板 2 の位相差を  $\delta_1$ 、面内方位角を  $\theta_1$ 、波長板 3 の位相差を  $\delta_2$ 、面内方位角を  $\theta_2$  で表すと、 $\delta_1$  及び  $\delta_2$  は、下記の (10) 式、(11) 式により表すことが出来る。

$$\delta_1 = (2\pi / \lambda) \cdot (N_e - N_o) \cdot d_1 \quad \dots (10)$$

$$\delta_2 = (2\pi / \lambda) \cdot (N_e - N_o) \cdot d_2 \quad \dots (11)$$

$\lambda$  は波長、 $N_o$  は常光線の屈折率、 $N_e$  は異常光線の屈折率、 $d_1$  は波長板 2 の厚み、 $d_2$  は波長板 3 の厚みである。

波長板 2 のミューラ行列  $A_1$  は、下記の (12) 式で表すことが出来る。

【0029】

10

【数1】

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \Gamma_1) \sin^2 2\theta_1 & (1 - \cos \Gamma_1) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & -\sin \Gamma_1 \sin 2\theta_1 \\ 0 & (1 - \cos \Gamma_1) \sin 2\theta_1 \cos 2\theta_1 & 1 - (1 - \cos \Gamma_1) \cos^2 2\theta_1 & \sin \Gamma_1 \cos 2\theta_1 \\ 0 & \sin \Gamma_1 \sin 2\theta_1 & -\sin \Gamma_1 \cos 2\theta_1 & \cos \Gamma_1 \end{bmatrix}$$

$\dots (12)$

【0030】

20

波長板 3 のミューラ行列  $A_2$  は、下記の (13) 式で表すことが出来る。

【0031】

【数2】

$$A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - (1 - \cos \Gamma_2) \sin^2 2\theta_2 & (1 - \cos \Gamma_2) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & -\sin \Gamma_2 \sin 2\theta_2 \\ 0 & (1 - \cos \Gamma_2) \sin 2\theta_2 \cos 2\theta_2 & 1 - (1 - \cos \Gamma_2) \cos^2 2\theta_2 & \sin \Gamma_2 \cos 2\theta_2 \\ 0 & \sin \Gamma_2 \sin 2\theta_2 & -\sin \Gamma_2 \cos 2\theta_2 & \cos \Gamma_2 \end{bmatrix}$$

$\dots (13)$

30

【0032】

波長板 2 と波長板 3 とが積層された積層波長板 1 に入射する入射偏光状態をストークスベクトル  $T$  で下記の (14) 式で表す。

【0033】

【数3】

$$T = \begin{bmatrix} t_0 \\ t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix} \quad \dots (14)$$

40

【0034】

積層波長板 1 から出射する出射偏光状態をストークスベクトル  $S$  で下記の (15) 式で表す。

【0035】



【数 4】

$$S = \begin{bmatrix} S0 \\ S1 \\ S2 \\ S3 \end{bmatrix} \cdots \cdots (15)$$

【0036】

10

以上、(12)～(15)より下記の(16)式のミューラ行列式が得られる。

【0037】

【数 5】

$$\begin{bmatrix} S0 \\ S1 \\ S2 \\ S3 \end{bmatrix} = A2 \cdot A1 \begin{bmatrix} t0 \\ t1 \\ t2 \\ t3 \end{bmatrix} \cdots \cdots (16)$$

20

【0038】

式(16)において、Tを下記の入射偏光状態とすると、

【0039】

【数 6】

$$T = \begin{bmatrix} t0 \\ t1 \\ t2 \\ t3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdots \cdots (17)$$

30

【0040】

【数 7】

$$S = A2 \cdot A1 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdots \cdots (18)$$

40

【0041】

となり、積層波長板1の位相差は、

【0042】

【数 8】

$$\Gamma = \arctan \frac{S_3}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \cdots (19)$$

で表すことが出来、この式をもとにシミュレーション解析を行う。

そこで、シミュレーション解析には、前述した(1)式から(9)式を用いて算出した  
1及び2を代入して行う。

10

【0043】

その結果、前記第一の組み合わせとして算出した波長板2の位相差1が1980°、  
波長板3の位相差2が990°の場合、シミュレーション解析により、面内方位角1  
及び2を算出すると下記の通りとなる。

波長板2 位相差1 = 1980°、面内方位角1 = 15° ± 5°

波長板3 位相差2 = 990°、面内方位角2 = 75° ± 5°

が算出される。尚、面内方位角については、波長板2と波長板3共に、±5°の範囲で特  
性の調整を行い、最適値を決定する。

【0044】

20

そこで、算出した数値を基に積層波長板1の位相差の波長依存特性及び楕円率の波長依  
存特性を描くと図3の如き特性を呈する。

図3は、本発明に係る積層波長板の波長依存特性を示す図である。図3に示す如く、本  
積層波長板は、所望する入射光の波長である波長400nm、650nm、及び785nm  
において、ピンポイント的に1/4波長板として機能することが解る。即ち、位相特性  
は、波長400nm、650nm、及び785nmにおいて、90°を示し、楕円率は円  
偏光を示す1.00を示している。

そこで、積層波長板1に400nm、650nm、785nmの何れかの波長の直線偏  
光が入射すると、積層波長板1の出射面で位相が90°ずれることによって円偏光となっ  
て出射することとなる。

30

【0045】

次に、前記のように第二の組み合わせとして算出した波長板2の位相角1が2340°  
、波長板3の位相角2が1170°の場合、夫々を代入してシミュレーション解析に  
より面内方位角1及び2を算出すると、波長 = 650nmの時、下記の通りである  
。

波長板2 位相差1 = 2340°、面内方位角1 = 15° ± 5°

波長板3 位相差2 = 1170°、面内方位角2 = 75° ± 5°

尚、面内方位角については、波長板2と波長板3共に、±5°の範囲で特性の調整を行  
い、最適値を決定する。

【0046】

40

次に、前記のように第三の組み合わせとして算出した波長板2の位相角1が4140°  
、波長板3の位相角2が2070°の場合、夫々を代入してシミュレーション解析に  
より面内方位角1及び2を算出すると、波長 = 650nmの時、下記の通りである  
。

波長板2 位相差1 = 4140°、面内方位角1 = 15° ± 5°

波長板3 位相差2 = 2070°、面内方位角2 = 75° ± 5°

尚、面内方位角については、波長板2と波長板3共に、±5°の範囲で特性の調整を行  
い、最適値を決定する。

以上説明したように本発明においては、所定の計算式と、それにより求めた位相差を用  
いて積層波長板を構成する二つの波長板について光学特性のシミュレーションを行うこと

50

により、波長 400 nm、650 nm、及び 785 nm において 1/4 波長板として機能する積層波長板を実現することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】本発明に係る積層波長板の第一の実施例の構成を示す

【図2】本発明に係る積層波長板において、波長板の位相差を算出するための数表である。

【図3】本発明に係る積層波長板の波長依存特性を示す図である。

【図4】特開平10-68816号公報により開示された従来の広帯域1/4波長板の外観構造例を示す。

【図5】従来の1/4波長板のポアンカレ球を示す。

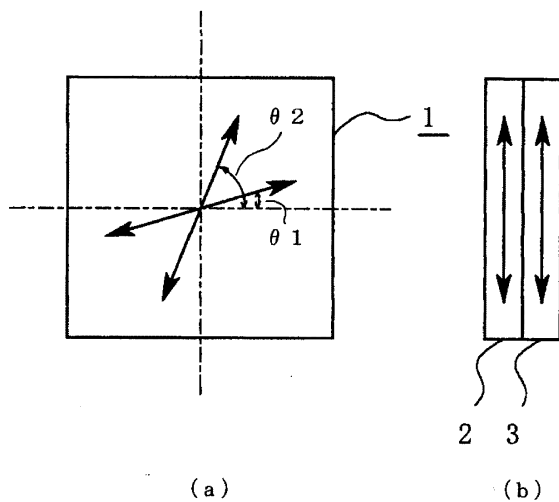
【図6】従来の広帯域1/4波長板の楕円率特性例を示す。

【符号の説明】

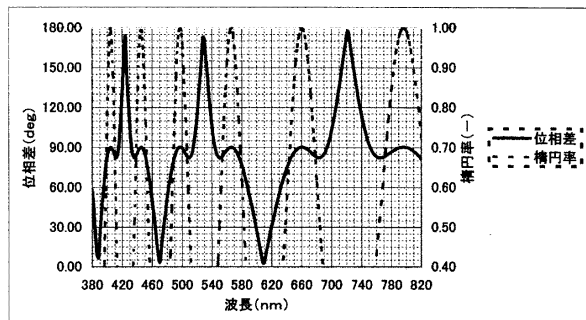
【0048】

- 101・・・積層波長板、
- 102・・・第一の波長板、
- 103・・・第二の波長板、
- 1・・・積層波長板、
- 2・・・第一の波長板、
- 3・・・第二の波長板

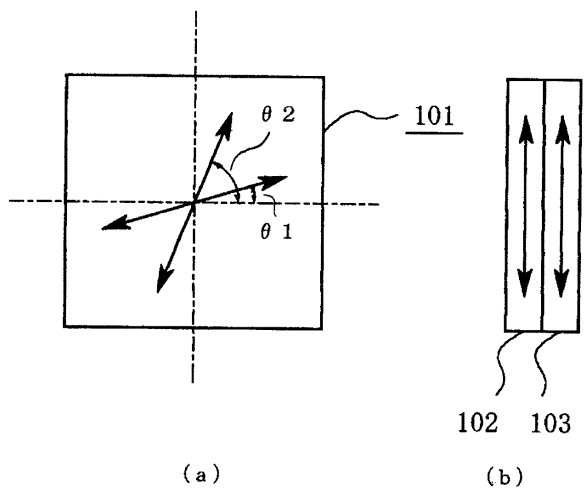
【図1】



【図3】



【図4】



【図2】

$\lambda = 650 \text{ nm}$ 、 $\lambda' = 400 \text{ nm}$   
の場合

n	n'
1	1.93
5	8.43
6	10.06
9	14.93
11	18.19

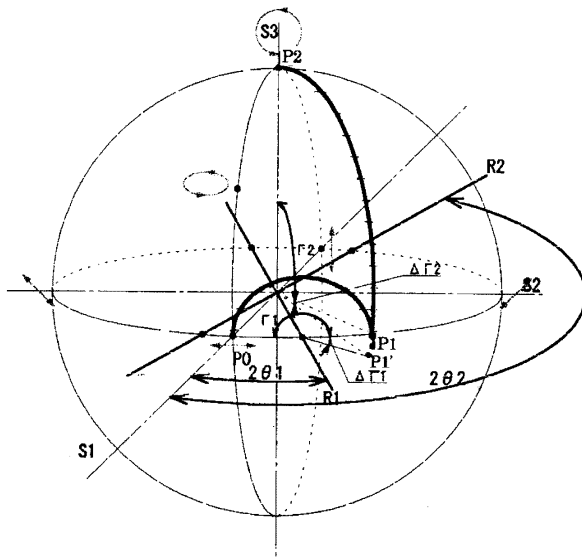
(a)

$\lambda = 650 \text{ nm}$ 、 $\lambda' = 785 \text{ nm}$   
の場合

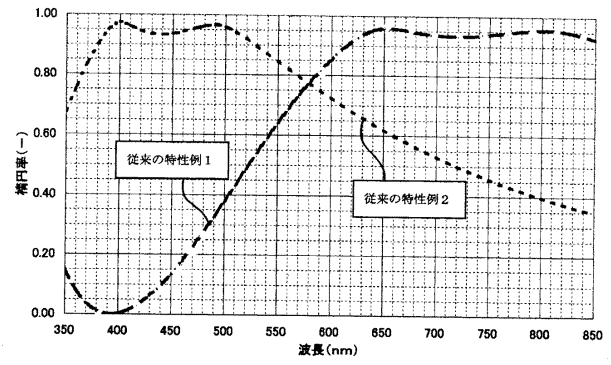
n	n''
1	0.74
5	4.05
6	4.88
9	7.34
11	9.02

(b)

【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B	5 / 3 0
G 1 1 B	7 / 1 3 5