

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-11850

(P2013-11850A)

(43) 公開日 平成25年1月17日(2013.1.17)

(51) Int.Cl.  
G02B 5/30 (2006.01)

F I  
G O 2 B 5/30

テーマコード (参考)  
2 H 1 4 9

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2012-18575 (P2012-18575)  
(22) 出願日 平成24年1月31日 (2012. 1. 31)  
(31) 優先権主張番号 特願2011-118640 (P2011-118640)  
(32) 優先日 平成23年5月27日 (2011. 5. 27)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000000044  
旭硝子株式会社  
東京都千代田区丸の内一丁目5番1号  
(74) 代理人 100103090  
弁理士 岩壁 冬樹  
(74) 代理人 100124501  
弁理士 塩川 誠人  
(72) 発明者 村川 真弘  
東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 旭硝子株式会社内  
(72) 発明者 大井 好晴  
東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 旭硝子株式会社内  
Fターム(参考) 2H149 AA17 DA03 DA12 DA16 FA13Y  
FA22Y FA23Y FB04 FC02 FD05

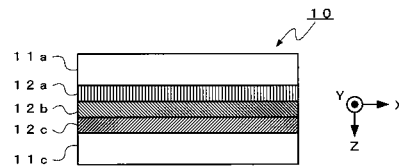
(54) 【発明の名称】 波長板

(57) 【要約】

【課題】レーザープロジェクタにおいて光学素子の部品点数の削減による光学系の簡単化および小型化を実現する。

【解決手段】第1の複屈折性媒質層、第2の複屈折性媒質層、第3の複屈折性媒質層の順で積層された3層の複屈折性媒質層を備え、前記各複屈折性媒質層のリタデーション値および遅相軸方向が、3層分の試料の偏光特性を数式化した所定の変換行列を用いて算出される出射光の偏光状態を表すパラメータについて規定した制約を満たす組み合わせであり、3種の波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  ( $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ ) の直線偏光が入射すると、波長  $\lambda_1$  および  $\lambda_3$  の光は楕円率が0.2以下、楕円長軸方向が入射する直線偏光の振動方向に対して $\pm 5^\circ$ の楕円偏光の光になり、前記波長  $\lambda_2$  の光は楕円率が0.2以下、楕円長軸方向が入射する直線偏光の振動方向に対して $90^\circ \pm 5^\circ$ の楕円偏光の光になることを特徴とする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

所定の異なる帯域を有する 3 種の波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  ( $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ ) に対して波長選択的に偏光を制御する波長板であって、

第 1 の複屈折性媒質層、第 2 の複屈折性媒質層、第 3 の複屈折性媒質層の順で積層された 3 層の複屈折性媒質層を備え、

前記第 1 の複屈折性媒質層のリタレーション値  $\delta_1$  および遅相軸方向  $\theta_1$ 、前記第 2 の複屈折性媒質層のリタレーション値  $\delta_2$  および遅相軸方向  $\theta_2$ 、前記第 3 の複屈折性媒質層のリタレーション値  $\delta_3$  および遅相軸方向  $\theta_3$  の値が、以下に示す第 1 の条件および第 2 の条件を満たす、組み合わせであり、

前記 3 種の波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  ( $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ ) の直線偏光が前記 3 層の複屈折性媒質層を透過したとき、前記波長  $\lambda_1$  の光は楕円率が 0.2 以下、楕円長軸方向が入射する直線偏光の振動方向に対して  $\pm 5^\circ$  の楕円偏光の光になり、前記波長  $\lambda_2$  の光は楕円率が 0.2 以下、楕円長軸方向が入射する直線偏光の振動方向に対して  $90^\circ \pm 5^\circ$  の楕円偏光の光になり、前記波長  $\lambda_3$  の光は楕円率が 0.2 以下、楕円長軸方向が入射する直線偏光の振動方向に対して  $\pm 5^\circ$  の楕円偏光の光になる

ことを特徴とする波長板。

第 1 の条件：

以下の式 (A) の演算により得られるパラメータ  $S_3$  の絶対値が、前記波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  の光において、全て 0.38 以下である

第 2 の条件：

以下の式 (A) の演算により得られるパラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比  $S_2 / S_1$  の絶対値が、前記波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  の光において、全て 0.17 以下である

## 【数 3】

$$\begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \sin^2 2\theta_3 & \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \sin 4\theta_3 & \sin \delta_3 \sin 2\theta_3 \\ \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \sin 4\theta_3 & 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \cos^2 2\theta_3 & -\sin \delta_3 \cos 2\theta_3 \\ -\sin \delta_3 \sin 2\theta_3 & \sin \delta_3 \cos 2\theta_3 & \cos \delta_3 \end{pmatrix} \quad (30)$$

$$\times \begin{pmatrix} 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \sin^2 2\theta_2 & \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \sin 4\theta_2 & \sin \delta_2 \sin^2 2\theta_2 \\ \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \sin 4\theta_2 & 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \cos^2 2\theta_2 & -\sin \delta_2 \cos 2\theta_2 \\ -\sin \delta_2 \sin 2\theta_2 & \sin \delta_2 \cos 2\theta_2 & \cos \delta_2 \end{pmatrix}$$

$$\times \begin{pmatrix} 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_1}{2} \sin^2 2\theta_1 \\ \sin^2 \frac{\delta_1}{2} \sin 4\theta_1 \\ -\sin \delta_1 \sin 2\theta_1 \end{pmatrix} \quad \dots \text{式 (A)} \quad (40)$$

## 【請求項 2】

第 1 の複屈折性媒質層のリタレーション値と第 3 の複屈折性媒質層のリタレーション値との差が 100 nm 以下であって、第 1 の複屈折性媒質層の遅相軸または進相軸と第 3 の複屈折性媒質層の遅相軸または進相軸とがなす角度が  $3^\circ$  以下である

10

20

30

40

50

請求項 1 に記載の波長板。

【請求項 3】

第 1 の複屈性媒質層のリタレーション値と第 3 の複屈性媒質層のリタレーション値との差が 15 nm 以下であって、第 1 の複屈性媒質層の遅相軸または進相軸と第 3 の複屈性媒質層の遅相軸または進相軸とがなす角度が 3 ° 以下である

請求項 1 に記載の波長板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、入射する光に対して透過する偏光状態を制御するための波長板に関し、特に、レーザープロジェクタの光学系内に配置される波長板に関する。 10

【背景技術】

【0002】

近年、光源としてレーザーを用いたレーザープロジェクタが開発、上市されている。レーザープロジェクタの光学系には、青色レーザー、緑色レーザー、赤色レーザーが搭載されることが多い。これらのレーザー光は、直線偏光で発振するという特徴があり、高効率に光を利用できる。

【0003】

また、偏光状態を制御する方法として、偏光子、偏光ビームスプリッタ、4分の1波長板、2分の1波長板等を使うことができる。一般に、4分の1波長板、2分の1波長板は波長依存性を有しているため、レーザープロジェクタの光学系においては、青色レーザー光用、緑色レーザー光用、赤色レーザー光用に複数用いられることになる。レーザープロジェクタの光学系の簡単化のためには、3色あるいは2色のレーザー光が通過する共通光路中に、3色あるいは2色のレーザー光に対し広帯域な4分の1波長板や、広帯域な2分の1波長板を配置して部品点数を削減することが望まれている。 20

【0004】

一方、光ピックアップ分野では、405 nm 波長帯の青紫色レーザー、660 nm 波長帯の赤色レーザー、785 nm 波長帯の赤外レーザーの3色のレーザーが用いられており、既に、広帯域な4分の1波長板、広帯域な2分の1波長板、または、例えば、660 nm 波長帯の光に対して2分の1波長板として機能し、785 nm 波長帯の光に対して4分の1波長板として機能するような波長選択的に偏光を制御する波長板が提案され実用化されている。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特許第 3 6 7 1 7 6 8 号

【特許文献 2】特許第 4 6 4 9 7 4 8 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、レーザープロジェクタに用いられるレーザー光の波長は、光ピックアップで用いられるレーザー光の波長とは異なること、また、求められるレーザー光の偏光制御特性が光ピックアップで求められる偏光制御特性と異なることもあるため、光ピックアップ用途で使われている波長板を転用できない。 40

【0007】

例えば、光ピックアップに多く用いられる3種の波長帯（405 nm 波長帯、660 nm、785 nm 波長帯）は、レーザープロジェクタに多く用いられる青色レーザー光用、緑色レーザー光用、赤色レーザー光用の3種の波長帯（例えば、455 nm 波長帯、520 nm 波長帯、638 nm 波長帯）と比べて各波長帯間の差が広いため、任意の波長帯に対して波長選択性を持たせることは比較的容易であるが、レーザープロジェクタに多く用 50

いられる青色レーザー光用、緑色レーザー光用、赤色レーザー光用波長帯間の差が狭い場合、中間波長帯のみ2分の1波長板として機能するような波長選択性を、1つの部品により持たせるのは難しい。これは、比較的近い波長帯において大きな波長依存性を発現させるからである。

【0008】

以上の点を鑑み、本発明は、3つの異なる波長のレーザー光を使用するレーザープロジェクタにおいて、中間波長帯に対してのみ2分の1波長板として機能することが可能な波長選択性を有する波長板の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明による波長板は、所定の異なる帯域を有する3種の波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  ( $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ ) に対して波長選択的に偏光を制御する波長板であって、第1の複屈折性媒質層、第2の複屈折性媒質層、第3の複屈折性媒質層の順で積層された3層の複屈折性媒質層を備え、前記第1の複屈折性媒質層のリタレーション値  $\theta_1$  および遅相軸方向  $\phi_1$ 、前記第2の複屈折性媒質層のリタレーション値  $\theta_2$  および遅相軸方向  $\phi_2$ 、前記第3の複屈折性媒質層のリタレーション値  $\theta_3$  および遅相軸方向  $\phi_3$  の値が、以下に示す第1の条件および第2の条件を満たす組み合わせであり、前記3種の波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  ( $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ ) の直線偏光が前記3層の複屈折性媒質層を透過したとき、前記波長  $\lambda_1$  の光は楕円率が0.2以下、楕円長軸方向が入射する直線偏光の振動方向に対して $\pm 5^\circ$ の楕円偏光の光になり、前記波長  $\lambda_2$  の光は楕円率が0.2以下、楕円長軸方向が入射する直線偏光の振動方向に対して $90^\circ \pm 5^\circ$ の楕円偏光の光になり、前記波長  $\lambda_3$  の光は楕円率が0.2以下、楕円長軸方向が入射する直線偏光の振動方向に対して $\pm 5^\circ$ の楕円偏光の光になることを特徴とする。

【0010】

第1の条件：

以下の式(A)の演算により得られるパラメータ  $S_3$  の絶対値が、前記波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  の光において、全て0.38以下である。

第2の条件：

以下の式(A)の演算により得られるパラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比  $S_2 / S_1$  の絶対値が、前記波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  の光において、全て0.17以下である。

【0011】

10

20

30

【数 1】

$$\begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \sin^2 2\theta_3 & \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \sin 4\theta_3 & \sin \delta_3 \sin 2\theta_3 \\ \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \sin 4\theta_3 & 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \cos^2 2\theta_3 & -\sin \delta_3 \cos 2\theta_3 \\ -\sin \delta_3 \sin 2\theta_3 & \sin \delta_3 \cos 2\theta_3 & \cos \delta_3 \end{pmatrix} \\
 \times \begin{pmatrix} 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \sin^2 2\theta_2 & \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \sin 4\theta_2 & \sin \delta_2 \sin^2 2\theta_2 \\ \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \sin 4\theta_2 & 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \cos^2 2\theta_2 & -\sin \delta_2 \cos 2\theta_2 \\ -\sin \delta_2 \sin 2\theta_2 & \sin \delta_2 \cos 2\theta_2 & \cos \delta_2 \end{pmatrix} \\
 \times \begin{pmatrix} 1 - 2 \sin^2 \frac{\delta_1}{2} \sin^2 2\theta_1 \\ \sin^2 \frac{\delta_1}{2} \sin 4\theta_1 \\ -\sin \delta_1 \sin 2\theta_1 \end{pmatrix} \quad \dots \text{式 (A)}$$

10

20

【0012】

また、波長板は、第1の複屈性媒質層のリタレーション値と第3の複屈性媒質層のリタレーション値との差が100nm以下であって、第1の複屈折性媒質層の遅相軸または進相軸と第3の複屈折性媒質層の遅相軸または進相軸とがなす角度が3°以下であってもよい。

【0013】

また、波長板は、第1の複屈性媒質層のリタレーション値と第3の複屈性媒質層のリタレーション値との差が15nm以下であって、第1の複屈折性媒質層の遅相軸または進相軸と第3の複屈折性媒質層の遅相軸または進相軸とがなす角度が3°以下であってもよい。

30

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、複屈折媒質層を3層積層するという簡易な構成により光ピックアップ用途に用いられる3種の波長帯よりも各波長帯間の差が狭い3種の波長帯に各々含まれる3種の波長（例えば、各波長帯の中心波長）に対しても波長選択的にレーザー光の偏光状態を変えることができるので、レーザープロジェクトにおいて光学素子の部品点数の削減による光学系の簡単化および小型化できる。

【図面の簡単な説明】

40

【0015】

【図1】本発明の波長板10の構成例を示す断面模式図。

【図2】本発明の波長板10の他の構成例を示す断面模式図。

【図3】本発明の波長板10の他の構成例を示す断面模式図。

【図4】本発明の第7の実施例における波長板10の各波長帯の出射光のX軸方向の偏向成分の強度を示すグラフ。他の構成例を示す断面模式図。

【図5】比較例である波長板40の例を断面模式図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図1は、本実施形態に係る

50

波長板 10 の構成例を示す断面模式図である。図 1 に示す波長板 10 は、2 枚の透明基板 11 a、11 c の間に、3 層の複屈折性媒質層 12 a、12 b、12 c が積層された構造となっている。なお、以下では、光が入射する側から順に、12 a、12 b、12 c と積層する場合を例に説明するが、12 c、12 b、12 a の順番であってもよい。

【0017】

透明基板 11 a と複屈折性媒質層 12 a の間、透明基板 11 c と複屈折性媒質層 12 c の間、複屈折性媒質層 12 a と複屈折性媒質層 12 b の間、複屈折性媒質層 12 b と複屈折性媒質層 12 c の間には、それぞれ図示しない配向膜または接着剤等の透明媒質が配されていてもよい。また、透明基板 11 a の空気側の界面、および透明基板 11 c の空気側の界面には、図示しない反射防止膜が施されていてもよい。

10

【0018】

また、図 2 は、本実施形態に係る波長板 10 の他の構成例を示す断面模式図である。波長板 10 は、3 層の複屈折性媒質層の間にも透明基板が配される構造であってもよく、例えば、図 2 に示すように、複屈折性媒質層 12 b と複屈折性媒質層 12 c の間にさらに透明基板 11 b を備える構造であってもよい。この場合も同様に、各構造の間に、それぞれ図示しない配向膜あるいは接着剤等の透明媒質が配されてもよい。なお、図 2 に示す構造に限らず、例えば、複屈折性媒質層 12 a と複屈折性媒質層 12 b の間に透明基板 11 b を備える構造であってもよい。このように、1 枚の透明基板につき 1 層の複屈折性媒質層を有する構造とすれば、各透明基板を土台にして 1 層の複屈折性媒質層を形成し、それらを貼り合わせるだけで容易に 3 層の複屈折性媒質層を積層できる。

20

【0019】

透明基板 11 a、11 b、11 c は、入射する光に対して透明であれば、樹脂板、樹脂フィルムなど種々の有機材料を用いることができる。なお、歪などにより複屈折が誘起されやすいため、ガラスや石英ガラスなどの無機材料を用いることは、透過光に複屈折の影響を与えないため好ましい。また、ガラスや石英ガラスなどの無機材料を用いることは、有機材料に比べて、耐薬品性および耐擦傷性が優れる点で好ましい。また、少なくとも 2 枚の透明基板 11 a、11 c により挟み込む構成が強度確保の点から好ましい。

【0020】

複屈折性媒質層 12 a、12 b、12 c を成す材料としては、液晶を高分子化した高分子液晶や、延伸して複屈折性を誘起したポリカーボネート、ポリオレフィン、PVA 等の有機材料が挙げられる。また、水晶、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、KDP 等の光学異方性を有する単結晶を使用してもよい。また、単結晶を用いる場合、図 3 の断面模式図のように、透明基板で保持または挟持することなく、複屈折性媒質層 12 a、12 b、12 c を積層した構造としてもよい。図 3 は、本実施形態に係る波長板 10 の透明基板を有しない構成例を示す断面模式図である。

30

【0021】

波長板 10 を構成する透明基板、複屈折性媒質層の積層にあたり、図示しない粘着フィルム、UV 硬化型や熱硬化型の接着剤を使用できる。ここで、波長板 10 の波面収差の低減、温度特性や信頼性の向上のためには、できるだけ薄い接着層として貼り合わせることが望ましい。例えば、接着層の厚さを  $10 \mu\text{m}$  以下にすることがとくに望ましい。

40

【0022】

ところで、複屈折性の材料は波長分散を有しているため、波長によって異なる複屈折を示すことになる。そこで、波長板 10 に用いられる複屈折性の材料としては、その波長分散を考慮して選択するのがよい。なお、複屈折性媒質層 12 a、12 b、12 c の各層に用いる複屈折材料は、同じ材料であっても、異なる材料であってもよい。

【0023】

本発明では、複屈折性媒質層 12 a、12 b、12 c は、入射する光の波長毎に以下の式(1)を演算し、結果として得られる出射光の偏光状態を表すパラメータ  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  について規定した制約を満たす組み合わせであるとする。具体的には、パラメータ  $S_3$  の絶対値が 3 種の波長帯全てで 0.38 以下、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比  $S$

50

$S_2 / S_1$  の絶対値が 3 種の波長帯全てで 0.17 以下になる組み合わせであるとする。

【0024】

【数2】

$$\begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - 2\sin^2 \frac{\delta_3}{2} \sin^2 2\theta_3 & \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \sin 4\theta_3 & \sin \delta_3 \sin 2\theta_3 \\ \sin^2 \frac{\delta_3}{2} \sin 4\theta_3 & 1 - 2\sin^2 \frac{\delta_3}{2} \cos^2 2\theta_3 & -\sin \delta_3 \cos 2\theta_3 \\ -\sin \delta_3 \sin 2\theta_3 & \sin \delta_3 \cos 2\theta_3 & \cos \delta_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 - 2\sin^2 \frac{\delta_2}{2} \sin^2 2\theta_2 & \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \sin 4\theta_2 & \sin \delta_2 \sin^2 2\theta_2 \\ \sin^2 \frac{\delta_2}{2} \sin 4\theta_2 & 1 - 2\sin^2 \frac{\delta_2}{2} \cos^2 2\theta_2 & -\sin \delta_2 \cos 2\theta_2 \\ -\sin \delta_2 \sin 2\theta_2 & \sin \delta_2 \cos 2\theta_2 & \cos \delta_2 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 - 2\sin^2 \frac{\delta_1}{2} \sin^2 2\theta_1 \\ \sin^2 \frac{\delta_1}{2} \sin 4\theta_1 \\ -\sin \delta_1 \sin 2\theta_1 \end{pmatrix} \quad \dots \text{式(1)}$$

10

20

【0025】

なお、上記式(1)は、複屈折性媒質層12a、12b、12cの3層分の試料の複屈折や二色性といった偏光特性を数式化した変換行列と、入射光の水平偏光成分、45度偏光成分、円偏光成分を演算して、それぞれ出射光の水平偏光成分、45度偏光成分、円偏光成分に変換される度合いを表している。また、 $\theta_1$ は複屈折性媒質層12aのリタレーション値、 $\theta_1$ は複屈折性媒質層12aの遅相軸の方向を表している。また、 $\theta_2$ は複屈折性媒質層12bのリタレーション値、 $\theta_2$ は複屈折性媒質層12bの遅相軸の方向を表している。また、 $\theta_3$ は複屈折性媒質層12cのリタレーション値、 $\theta_3$ は複屈折性媒質層12cの遅相軸の方向を表している。

30

【0026】

具体的には、上記制約を満たす組み合わせになるように各層のリタレーション値、遅相軸の方向を調整して定め、定められたリタレーション値および光学軸の方向を有する3層の複屈折性媒質層を形成すればよい。

【0027】

ここで、パラメータ $S_3$ の絶対値およびパラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比 $S_2 / S_1$ の絶対値は小さいほうが、波長板10を出射する楕円偏光の状態として、直線偏光性が高く、所望の楕円長軸方向に近くなるので好ましい。

40

【0028】

また、さらに $\theta_1 = \theta_3$ 、 $\theta_1 = \theta_3$ という条件を加えて調整することは、パラメータ $S_3$ の絶対値が0.38以下、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比 $S_2 / S_1$ の絶対値が0.17以下にいう制約を満たす組み合わせを得やすく好ましいが、この限りではない。

【0029】

本願の発明者は、各層のリタレーション値と遅相軸とをそれぞれ調整していく過程で、上述のパラメータ $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ についての上記制約をよりよい状態で満たす組み合わせに、 $\theta_1 = \theta_3$ 、 $\theta_1 = \theta_3$ という条件を満たす組み合わせが数多く存在することを発見した。ここで、よりよい状態で満たす組み合わせとは、具体的にはパラメータ $S_3$ の絶

50

対値およびパラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比  $S_2 / S_1$  の絶対値が 0 に近い値となる組み合わせをいう。従って、各層のリタレーション値、遅相軸の方向を調整する際に、 $\theta_1 = \theta_3$ 、 $\phi_1 = \phi_3$  という条件で調整すれば、3 層のリタレーション値と遅相軸という 6 個のパラメータの値を無条件で組み合わせるのに比べて、パラメータ  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  についての上記制約をよりよい状態で満たす組み合わせをより簡単に得ることができる。なお、第 1 層と第 3 層のリタレーション値および遅相軸に対するこの条件は必須条件ではなく、また許容範囲を持たせてもよい。

#### 【0030】

例えば、複屈折性媒質層 12a と複屈折性媒質層 12c とのリタレーション値との差が 15 nm 以下であって、複屈折性媒質層 12a の遅相軸（または進相軸）と複屈折性媒質層 12c の遅相軸（または進相軸）とがなす角度が 3 度以下という条件にすれば、得られる偏光性能と選択許容範囲とのバランスにおいて好ましい。

10

#### 【0031】

また、複屈折性媒質層 12a と複屈折性媒質層 12c とのリタレーション値との差を 100 nm 以下としても、複屈折性媒質層 12b のリタレーション値および遅相軸の調整により、上記制約を満たす組み合わせを得ることができるので、これを十分条件として用いてもよい。なお、各層の材料の選定を含め、各層のリタレーション値および遅相軸の組み合わせ方によっては、複屈折性媒質層 12a と複屈折性媒質層 12c とのリタレーション値との差が 200 nm 以上や複屈折性媒質層 12a の遅相軸（または進相軸）と複屈折性媒質層 12c の遅相軸（または進相軸）とがなす角度が 22 度としても、上記制約を満たす組み合わせを得ることができる。

20

#### 【実施例】

#### 【0032】

##### 実施例 1 .

まず、第 1 の実施例として、本発明に係る波長板 10 の作製方法の例とともに具体的な構成例およびその効果について、図 2 を用いて説明する。まず、透明基板 11a として石英ガラス基板を用い、一方の面に真空蒸着法を用いて図示しない反射防止膜を形成する。また、透明基板 11a の反射防止膜を形成した面と反対の面にポリイミドを塗布し、図 2 の座標系で、Z 軸を中心に X 軸から Y 軸へ回転する向きに 39° の方向にラビングし、配向処理を施して図示しない配向膜を形成する。なお、図 2 の座標系は、波長板 10 の基板面に対する垂線を Z 軸とした直交座標系である。次いで、形成した配向膜の上に適量の液晶モノマーを塗布し、波長 365 nm の UV 光を液晶モノマー材料全体に照射し、液晶モノマー組成物全体を重合・固化し、その後、30 分間 140 ° の熱処理をして、厚さ 4 . 4 μm の水平配向した高分子液晶からなる第 1 の複屈折性媒質層 12a を作製する。このとき、前記ラビング方向 39° が、遅相軸の方向になる。

30

#### 【0033】

また、透明基板 11b として石英ガラス基板を用い、一方の面にポリイミドを塗布し、図 2 の座標系で、Z 軸を中心に X 軸から Y 軸へ回転する向きに 51° の方向にラビングし、配向処理を施して図示しない配向膜を形成する。次いで、形成した配向膜の上に適量の液晶モノマーを塗布し、波長 365 nm の UV 光を液晶モノマー材料全体に照射し、液晶モノマー組成物全体を重合・固化し、その後、30 分間 140 ° の熱処理をして、厚さ 4 . 3 μm の水平配向した高分子液晶からなる第 2 の複屈折性媒質層 12b を作製する。このとき、前記ラビング方向 51° が、遅相軸の方向になる。

40

#### 【0034】

また、透明基板 11c として石英ガラス基板を用い、一方の面に真空蒸着法を用いて図示しない反射防止膜を形成する。また、透明基板 11c の反射防止膜を形成する面と反対の面にポリイミドを塗布し、図 2 の座標系で、Z 軸を中心に X 軸から Y 軸へ回転する向きに 39° の方向にラビングし、配向処理を施して図示しない配向膜を形成する。次いで、形成した配向膜の上に適量の液晶モノマーを塗布し、波長 365 nm の UV 光を液晶モノマー材料全体に照射し、液晶モノマー組成物全体を重合・固化し、その後、30 分間 14

50

0 の熱処理をして、厚さ  $4.4 \mu\text{m}$  の水平配向した高分子液晶からなる第 3 の複屈折性媒質層 12c を作製する。このとき、前記ラビング方向  $39^\circ$  が、遅相軸の方向になる。

【0035】

第 1 の実施例において、複屈折性媒質層 12a、12b、12c に用いた液晶モノマーは、いずれも重合硬化後の高分子液晶状態における複屈折  $n$  が、波長  $455 \text{ nm}$  の光に対し  $0.1037$ 、波長  $520 \text{ nm}$  の光に対し  $0.0996$ 、波長  $638 \text{ nm}$  の光に対し  $0.0950$  となるものである。

【0036】

次に、図 2 に示すように、透明基板 11a 上の第 1 の複屈折性媒質層 12a と、透明基板 11b 上の第 2 の複屈折性媒質層 12b とが向かい合うように、図示しない透明な UV 硬化型の接着剤で接着し、さらに、透明基板 11b のもう一方の面と、透明基板 11c 上の第 3 の複屈折性媒質層 12c とが向かい合うように、図示しない透明な UV 硬化型の接着剤で接着して、本実施例の波長板 10 を作製する。

10

【0037】

本実施例の波長板 10 の各複屈折性媒質層におけるリタレーション値は、次の通りである。

【0038】

波長  $455 \text{ nm}$  の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 12a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は  $456 \text{ nm}$ 、第 2 の複屈折性媒質層 12b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は  $446 \text{ nm}$ 、第 3 の複屈折性媒質層 12c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は  $456 \text{ nm}$  である。

20

【0039】

また、波長  $520 \text{ nm}$  の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 12a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は  $438 \text{ nm}$ 、第 2 の複屈折性媒質層 12b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は  $428 \text{ nm}$ 、第 3 の複屈折性媒質層 12c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は  $438 \text{ nm}$  である。

【0040】

また、波長  $638 \text{ nm}$  の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 12a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は  $418 \text{ nm}$ 、第 2 の複屈折性媒質層 12b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は  $409 \text{ nm}$ 、第 3 の複屈折性媒質層 12c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は  $418 \text{ nm}$  である。

30

【0041】

なお、上述したように、第 1 の複屈折性媒質層 12a の遅相軸の方向  $\theta_1$  は  $39^\circ$ 、第 2 の複屈折性媒質層 12b の遅相軸の方向  $\theta_2$  は  $51^\circ$ 、第 3 の複屈折性媒質層 12c の遅相軸の方向  $\theta_3$  は  $39^\circ$  である。

【0042】

ここで、上記内容を上述の式 (1) に代入して演算した結果得られるパラメータ  $S_3$  の絶対値は、波長  $455 \text{ nm}$  では  $0.09$ 、波長  $520 \text{ nm}$  では  $0.13$ 、波長  $638 \text{ nm}$  では  $0.05$  である。同様に、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比である  $S_2/S_1$  の絶対値は、波長  $455 \text{ nm}$  では  $0.00$ 、波長  $520 \text{ nm}$  では  $0.01$ 、波長  $638 \text{ nm}$  では  $0.02$  である。すなわち、上記 3 種いずれの波長に対しても、パラメータ  $S_3$  の絶対値が  $0.38$  以下、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比  $S_2/S_1$  の絶対値が  $0.17$  以下という条件を満たしている。

40

【0043】

また、本実施例の波長板 10 の透明基板 11a の反射防止膜形成面に、図 2 の座標系の Z 軸の方向に、振動方向が X 軸の方向である直線偏光を入射した場合において、本実施例の波長板 10 を透過した後のそれぞれの波長の光の偏光状態は次の通りである。なお、入射する光の波長は、 $455 \text{ nm}$ 、 $520 \text{ nm}$ 、 $638 \text{ nm}$  である。波長  $455 \text{ nm}$  の直線偏光を入射したときは、楕円率が略 0、楕円長軸方向が X 軸に対し略  $0^\circ$  の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。また、波長  $520 \text{ nm}$  の直線偏光を入射したときは、楕円率が約  $0.1$ 、楕円長軸方向が X 軸に対し約  $90^\circ$  の楕円偏光の光となる。また、波長  $6$

50

38 nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が略0、楕円長軸方向がX軸に対し約1°の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。なお、楕円率が略0とは、-0.05を超え0.05未満をいう。また、略直線偏光とは、楕円率が略0をいう。

【0044】

このことは、第1の実施例の波長板10が、波長455 nmと波長638 nmの光に対して光学的に等方なガラスのように機能し、波長520 nmの光に対して2分の1波長板のように機能するという波長選択性を有していることを示している。

【0045】

なお、本実施例で示した各複屈折性媒質層のラビング方向を $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ としたとき、 $180^\circ - \theta_1$ 、 $180^\circ - \theta_2$ 、 $180^\circ - \theta_3$ のように、ラビング方向を変えた場合も、同等の特性を得ることができる。このことは、本発明の波長板素子10を表裏の区別なく使用できることを示している。

10

【0046】

このように、本発明の波長板10は、レーザープロジェクタに用いられる3つの波長(3色)のレーザー光に対し、波長選択的に2分の1波長板の機能を発現できるので、3つの波長のレーザー光が通る共通光路中に配置でき、レーザープロジェクタの光学系を簡単化でき、また小型化が実現できる。

【0047】

実施例2.

次に、第2の実施例として、本発明に係る波長板10の他の例およびその効果について具体的に説明する。本実施例の波長板10は、作製方法および用いる材料は第1の実施例と同じである。そして、透明基板11a、11b、11cに施すラビング方向および複屈折性媒質層12a、12b、12cの厚さが第1の実施例と異なる。

20

【0048】

本実施例では、透明基板11aに施すラビング方向を $55^\circ$ 、第1の複屈折性媒質層12aの厚さを $2.0 \mu\text{m}$ とした。また、透明基板11bに施すラビング方向を $69^\circ$ 、第2の複屈折性媒質層12bの厚さを $9.1 \mu\text{m}$ とした。また、透明基板11cに施すラビング方向を $55^\circ$ 、第3の複屈折性媒質層12cの厚さを $2.0 \mu\text{m}$ として、波長板10を作製する。

【0049】

本実施例の波長板10の各複屈折性媒質層におけるリタデーション値は、次の通りである。

30

【0050】

波長455 nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタデーション値 $\tau_1$ は207 nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタデーション値 $\tau_2$ は944 nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタデーション値 $\tau_3$ は207 nmである。

【0051】

また、波長520 nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタデーション値 $\tau_1$ は199 nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタデーション値 $\tau_2$ は906 nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタデーション値 $\tau_3$ は199 nmである。

40

【0052】

また、波長638 nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタデーション値 $\tau_1$ は190 nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタデーション値 $\tau_2$ は865 nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタデーション値 $\tau_3$ は190 nmである。

【0053】

また、第1の複屈折性媒質層12aの遅相軸の方向 $\theta_1$ は $55^\circ$ 、第2の複屈折性媒質層12bの遅相軸の方向 $\theta_2$ は $69^\circ$ 、第3の複屈折性媒質層12cの遅相軸の方向 $\theta_3$ は $55^\circ$ である。

50

## 【0054】

ここで、上記内容を上述の式(1)に代入して演算した結果得られるパラメータ $S_3$ の絶対値は、波長455nmでは0.05、波長520nmでは0.16、波長638nmでは0.05である。同様に、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比である $S_2/S_1$ の絶対値は、波長455nmでは0.01、波長520nmでは0.03、波長638nmでは0.03である。すなわち、上記3種いずれの波長に対しても、パラメータ $S_3$ の絶対値が0.38以下、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比 $S_2/S_1$ の絶対値が0.17以下という条件を満たしている。

## 【0055】

また、本実施例の波長板10の透明基板11aの反射防止膜形成面に、図2の座標系のZ軸の方向に、振動方向がX軸の方向である直線偏光を入射した場合において、本実施例の波長板10を透過した後のそれぞれの波長の光の偏光状態は次の通りである。なお、入射する光の波長は、455nm、520nm、638nmである。波長455nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が略0、楕円長軸方向がX軸に対し略0°の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。また、波長520nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が約0.1、楕円長軸方向がX軸に対し約91°の楕円偏光の光となる。また、波長638nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が略0、楕円長軸方向がX軸に対し約-1°の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。

10

## 【0056】

このことは、第2の実施例の波長板10が、波長455nmと波長638nmの光に対して光学的に等方なガラスのように機能し、波長520nmの光に対して2分の1波長板のように機能するという波長選択性を有していることを示している。

20

## 【0057】

実施例3.

次に、第3の実施例として、本発明に係る波長板10の他の例およびその効果について具体的に説明する。本実施例の波長板10は、作製方法および用いる材料は第1~2の実施例と同じである。そして、透明基板11a、11b、11cに施すラビング方向および複屈折性媒質層12a、12b、12cの厚さが第1~2の実施例と異なる。

## 【0058】

本実施例では、透明基板11aに施すラビング方向を25°、第1の複屈折性媒質層12aの厚さを5.3 $\mu$ mとした。また、透明基板11bに施すラビング方向を57°、第2の複屈折性媒質層12bの厚さを5.0 $\mu$ mとした。また、透明基板11cに施すラビング方向を46°、第3の複屈折性媒質層12cの厚さを3.0 $\mu$ mとして、波長板10を作製する。

30

## 【0059】

本実施例の波長板10の各複屈折性媒質層におけるリタレーション値は、次の通りである。

## 【0060】

波長455nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\lambda_1$ は550nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\lambda_2$ は519nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\lambda_3$ は311nmである。

40

## 【0061】

また、波長520nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\lambda_1$ は528nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\lambda_2$ は498nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\lambda_3$ は299nmである。

## 【0062】

また、波長638nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\lambda_1$ は504nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\lambda_2$ は475nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\lambda_3$ は285nmで

50

ある。

【0063】

なお、第1の複屈折性媒質層12aの遅相軸の方向 $\theta_1$ は $25^\circ$ 、第2の複屈折性媒質層12bの遅相軸の方向 $\theta_2$ は $57^\circ$ 、第3の複屈折性媒質層12cの遅相軸の方向 $\theta_3$ は $46^\circ$ である。

【0064】

ここで、上記内容を上述の式(1)に代入して演算した結果得られるパラメータ $S_3$ の絶対値は、波長 $455\text{nm}$ では $0.24$ 、波長 $520\text{nm}$ では $0.29$ 、波長 $638\text{nm}$ では $0.36$ である。同様に、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比である $S_2/S_1$ の絶対値は、波長 $455\text{nm}$ では $0.08$ 、波長 $520\text{nm}$ では $0.07$ 、波長 $638\text{nm}$ では $0.16$ である。すなわち、上記3種いずれの波長に対しても、パラメータ $S_3$ の絶対値が $0.38$ 以下、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比 $S_2/S_1$ の絶対値が $0.17$ 以下という条件を満たしている。

10

【0065】

また、本実施例の波長板10の透明基板11aの反射防止膜形成面に、図2の座標系のZ軸の方向に、振動方向がX軸の方向である直線偏光を入射した場合において、本実施例の波長板10を透過した後のそれぞれの波長の光の偏光状態は次の通りである。なお、入射する光の波長は、 $455\text{nm}$ 、 $520\text{nm}$ 、 $638\text{nm}$ である。波長 $455\text{nm}$ の直線偏光を入射したときは、楕円率が約 $0.1$ 、楕円長軸方向がX軸に対し約 $2^\circ$ の楕円偏光の光となる。また、波長 $520\text{nm}$ の直線偏光を入射したときは、楕円率が約 $0.1$ 、楕円長軸方向がX軸に対し約 $92^\circ$ の楕円偏光の光となる。また、波長 $638\text{nm}$ の直線偏光を入射したときは、楕円率が約 $0.18$ 、楕円長軸方向がX軸に対し約 $-4.6^\circ$ の楕円偏光の光となる。

20

【0066】

このことは、第3の実施例の波長板10が、波長 $455\text{nm}$ と波長 $638\text{nm}$ の光に対して光学的に等方なガラスのように機能し、波長 $520\text{nm}$ の光に対して2分の1波長板のように機能するという波長選択性を有していることを示している。

【0067】

ただし、第3の実施例の波長板10は、パラメータ $S_3$ の絶対値が $0.36$ 、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比 $S_2/S_1$ の絶対値が $0.16$ と大きく、第1および第2の実施例の波長板10に比べ、波長 $638\text{nm}$ の光の出射する楕円偏光の状態として、直線偏光性が劣り、所望する楕円長軸方向の限界に近くなっている。

30

【0068】

実施例4.

次に、第4の実施例として、本発明に係る波長板10の他の例およびその効果について具体的に説明する。本実施例の波長板10は、作製方法は第1~3の実施例と同じである。そして、第3の複屈折性媒質層12cに用いる液晶モノマーと透明基板11cに施すラビング方向、複屈折性媒質層12a、12b、12cの厚さが第1~3の実施例と異なる。

【0069】

本実施例では、透明基板11aに施すラビング方向を $39^\circ$ 、第1の複屈折性媒質層12aの厚さを $4.3\mu\text{m}$ とした。また、透明基板11bに施すラビング方向を $51^\circ$ 、第2の複屈折性媒質層12bの厚さを $4.4\mu\text{m}$ とした。また、透明基板11cに施すラビング方向を $38^\circ$ 、第3の複屈折性媒質層12cの厚さを $11.9\mu\text{m}$ として、波長板10を作製する。

40

【0070】

複屈折性媒質層12cに用いる液晶モノマーは、重合・硬化後の高分子液晶状態における複屈折 $n$ が、波長 $455\text{nm}$ の光に対し $0.0385$ 、波長 $520\text{nm}$ の光に対し $0.0368$ 、波長 $638\text{nm}$ の光に対し $0.0349$ となるものである。

【0071】

50

本実施例の波長板 10 の各複屈折性媒質層におけるリタレーション値は、次の通りである。

【0072】

波長 455 nm の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 12 a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は 446 nm、第 2 の複屈折性媒質層 12 b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は 456 nm、第 3 の複屈折性媒質層 12 c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は 458 nm である。

【0073】

また、波長 520 nm の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 12 a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は 428 nm、第 2 の複屈折性媒質層 12 b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は 438 nm、第 3 の複屈折性媒質層 12 c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は 438 nm である。

10

【0074】

また、波長 638 nm の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 12 a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は 409 nm、第 2 の複屈折性媒質層 12 b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は 418 nm、第 3 の複屈折性媒質層 12 c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は 415 nm である。

【0075】

また、第 1 の複屈折性媒質層 12 a の遅相軸の方向  $\theta_1$  は 39°、第 2 の複屈折性媒質層 12 b の遅相軸の方向  $\theta_2$  は 51°、第 3 の複屈折性媒質層 12 c の遅相軸の方向  $\theta_3$  は 38° である。

20

【0076】

ここで、上記内容を上述の式 (1) に代入して演算した結果得られるパラメータ  $S_3$  の絶対値は、波長 455 nm では 0.07、波長 520 nm では 0.12、波長 638 nm では 0.07 である。同様に、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比である  $S_2/S_1$  の絶対値は、波長 455 nm では 0.00、波長 520 nm では 0.05、波長 638 nm では 0.00 である。すなわち、上記 3 種いずれの波長に対しても、パラメータ  $S_3$  の絶対値が 0.38 以下、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比  $S_2/S_1$  の絶対値が 0.17 以下という条件を満たしている。

【0077】

また、本実施例の波長板 10 の透明基板 11 a の反射防止膜形成面に、図 2 の座標系の Z 軸の方向に、振動方向が X 軸の方向である直線偏光を入射した場合において、本実施例の波長板 10 を透過した後のそれぞれの波長の光の偏光状態は次の通りである。なお、入射する光の波長は、455 nm、520 nm、638 nm である。波長 455 nm の直線偏光を入射したときは、楕円率が略 0、楕円長軸方向が X 軸に対し略 0° の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。また、波長 520 nm の直線偏光を入射したときは、楕円率が約 0.1、楕円長軸方向が X 軸に対し約 89° の楕円偏光の光となる。また、波長 638 nm の直線偏光を入射したときは、楕円率が略 0、楕円長軸方向が X 軸に対し略 0° の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。

30

【0078】

このことは、第 4 の実施例の波長板 10 が、構成する 3 層の複屈折性媒質層に用いる材料が同一でなくても、波長 455 nm と波長 638 nm の光に対して光学的に等方なガラスのように機能し、波長 520 nm の光に対して 2 分の 1 波長板のように機能するという波長選択性を有していることを示している。

40

【0079】

実施例 5 .

次に、第 5 の実施例として、本発明に係る波長板 10 の作製方法の他の例とともに具体的な構成例およびその効果について、図 1 を用いて具体的に説明する。まず、透明基板 11 a として石英ガラス基板を用い、一方の面に真空蒸着法を用いて図示しない反射防止膜を形成する。また、透明基板 11 a の反射防止膜を形成した面と反対の面にポリイミドを塗布し、図 1 の座標系で、Z 軸を中心に X 軸から Y 軸へ回転する向きに 39° の方向にラ

50

ビングし、配向処理を施して図示しない配向膜を形成する。なお、図1の座標系は、波長板10の基板面に対する垂線をZ軸とした直交座標系である。そして、形成した配向膜の上に適量の液晶モノマーを塗布し、波長365nmのUV光を液晶モノマー材料全体に照射し、液晶モノマー組成物全体を重合・固化し、その後、30分間140の熱処理をして、厚さ4.4μmの水平配向した高分子液晶からなる第1の複屈折性媒質層12aを作製する。このとき、前記ラビング方向39°が、遅相軸の方向になる。

#### 【0080】

次に、透明基板11cとして石英ガラス基板を用い、一方の面に真空蒸着法を用いて図示しない反射防止膜を形成する。透明基板11cの反射防止膜を形成した面と反対の面にポリイミドを塗布し、図1の座標系で、Z軸を中心にX軸からY軸へ回転する向きに39°の方向にラビングし、配向処理を施して図示しない配向膜を形成する。次いで、形成した配向膜の上に適量の液晶モノマーを塗布し、波長365nmのUV光を液晶モノマー材料全体に照射し、液晶モノマー組成物全体を重合・固化し、その後、30分間140の熱処理をして、厚さ4.4μmの水平配向した高分子液晶からなる第3の複屈折性媒質層12cを作製する。このとき、前記ラビング方向39°が、遅相軸の方向になる。

10

#### 【0081】

第5の実施例において、複屈折性媒質層12a、12cに用いる液晶モノマーは、いずれも重合硬化後の高分子液晶状態における複屈折 $n$ が、波長455nmの光に対し0.1037、波長520nmの光に対し0.0996、波長638nmの光に対し0.0950となるものである。

20

#### 【0082】

次に、図1に示すように、透明基板11a上の第1の複屈折性媒質層12aに、複屈折性媒質層12bとして一軸延伸して複屈折を誘起したポリカーボネートを、図示しない透明なUV硬化型の接着剤で接着する。このとき、該ポリカーボネートの遅相軸方向が、図1の座標系で、Z軸を中心にX軸からY軸へ回転する向きに51°になるように接着する。そして、透明基板11a上に積層された第2の複屈折性媒質層12bと、透明基板11c上の第3の複屈折性媒質層12cとが向かい合うように、第2の複屈折性媒質層12bと第3の複屈折性媒質層12cとを図示しない透明なUV硬化型の接着剤で接着して、本実施例の波長板10を作製する。

#### 【0083】

本実施例の波長板10の各複屈折性媒質層におけるリタレーション値は、次の通りである。

30

#### 【0084】

波長455nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\lambda_1$ は456nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\lambda_2$ は446nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\lambda_3$ は456nmである。ここで、第2の複屈折性媒質層12bの有する446nmのリタレーション値は、材料であるポリカーボネートを一軸延伸する具合を調整して所望の値を得る。

#### 【0085】

また、波長520nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\lambda_1$ は438nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\lambda_2$ は425nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\lambda_3$ は438nmである。

40

#### 【0086】

また、波長638nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\lambda_1$ は418nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\lambda_2$ は402nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\lambda_3$ は418nmである。

#### 【0087】

また、第1の複屈折性媒質層12aの遅相軸の方向 $\theta_1$ は39°、第2の複屈折性媒質

50

層 1 2 b の遅相軸の方向  $\theta_2$  は  $51^\circ$ 、第 3 の複屈折性媒質層 1 2 c の遅相軸の方向  $\theta_3$  は  $39^\circ$  である。

【0088】

ここで、上記内容を上述の式(1)に代入して演算した結果得られるパラメータ  $S_3$  の絶対値は、波長  $455\text{ nm}$  では  $0.09$ 、波長  $520\text{ nm}$  では  $0.09$ 、波長  $638\text{ nm}$  では  $0.11$  である。同様に、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比である  $S_2/S_1$  の絶対値は、波長  $455\text{ nm}$  では  $0.00$ 、波長  $520\text{ nm}$  では  $0.03$ 、波長  $638\text{ nm}$  では  $0.05$  である。すなわち、上記3種いずれの波長に対しても、パラメータ  $S_3$  の絶対値が  $0.38$  以下、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比  $S_2/S_1$  の絶対値が  $0.17$  以下という条件を満たしている。

10

【0089】

また、本実施例の波長板 10 の透明基板 11 a の反射防止膜形成面に、図 2 の座標系の Z 軸の方向に、振動方向が X 軸の方向である直線偏光を入射した場合において、本実施例の波長板 10 を透過した後のそれぞれの波長の光の偏光状態は次の通りである。なお、入射する光の波長は、 $455\text{ nm}$ 、 $520\text{ nm}$ 、 $638\text{ nm}$  である。波長  $455\text{ nm}$  の直線偏光を入射したときは、楕円率が略 0、楕円長軸方向が X 軸に対し略  $0^\circ$  の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。また、波長  $520\text{ nm}$  の直線偏光を入射したときは、楕円率が略 0、楕円長軸方向が X 軸に対し約  $91^\circ$  の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。また、波長  $638\text{ nm}$  の直線偏光を入射したときは、楕円率が約  $0.1$ 、楕円長軸方向が X 軸に対し約  $1^\circ$  の楕円偏光の光となる。

20

【0090】

このことは、第 5 の実施例の波長板 10 が、波長  $455\text{ nm}$  と波長  $638\text{ nm}$  の光に対して光学的に等方なガラスのように機能し、波長  $520\text{ nm}$  の光に対して 2 分の 1 波長板のように機能するという波長選択性を有していることを示している。

【0091】

実施例 6 .

次に、第 6 の実施例として、本発明に係る波長板 10 の他の例およびその効果について具体的に説明する。本実施例の波長板 10 は、作製方法および用いる材料は第 1 ~ 3 の実施例と同じである。そして、透明基板 11 a、11 b、11 c に施すラビング方向、複屈折性媒質層 1 2 a、1 2 b、1 2 c の厚さが第 1 ~ 3 の実施例と異なる。また、本実施例の波長板 10 は、波長選択性を持たせる対象とする波長帯が、第 1 ~ 第 5 の実施例と異なる。すなわち、第 6 の実施例の波長板 10 には、中心波長が  $430\text{ nm}$ 、 $530\text{ nm}$ 、 $638\text{ nm}$  の 3 種類の波長光が入射するものとする。

30

【0092】

本実施例では、透明基板 11 a に施すラビング方向を  $60^\circ$ 、第 1 の複屈折性媒質層 1 2 a の厚さを  $3.6\ \mu\text{m}$  とした。また、透明基板 11 b に施すラビング方向を  $89^\circ$ 、第 2 の複屈折性媒質層 1 2 b の厚さを  $6.4\ \mu\text{m}$  とした。また、透明基板 11 c に施すラビング方向を  $60^\circ$ 、第 3 の複屈折性媒質層 1 2 c の厚さを  $3.6\ \mu\text{m}$  とした。波長板 10 を作製する。

【0093】

本実施例の波長板 10 の各複屈折性媒質層におけるリタレーション値は、次の通りである。

40

【0094】

波長  $430\text{ nm}$  の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 1 2 a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は  $381\text{ nm}$ 、第 2 の複屈折性媒質層 1 2 b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は  $677\text{ nm}$ 、第 3 の複屈折性媒質層 1 2 c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は  $381\text{ nm}$  である。

【0095】

また、波長  $530\text{ nm}$  の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 1 2 a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は  $357\text{ nm}$ 、第 2 の複屈折性媒質層 1 2 b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は  $634\text{ nm}$ 、第 3 の複屈折性媒質層 1 2 c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は  $357\text{ nm}$  で

50

ある。

【0096】

また、波長638nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\lambda_1$ は342nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\lambda_2$ は608nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\lambda_3$ は342nmである。

【0097】

なお、第1の複屈折性媒質層12aの遅相軸の方向 $\theta_1$ は60°、第2の複屈折性媒質層12bの遅相軸の方向 $\theta_2$ は89°、第3の複屈折性媒質層12cの遅相軸の方向 $\theta_3$ は60°である。

【0098】

ここで、上記内容を上述の式(1)に代入して演算した結果得られるパラメータ $S_3$ の絶対値は、波長430nmでは0.02、波長530nmでは0.22、波長638nmでは0.13である。同様に、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比である $S_2/S_1$ の絶対値は、波長430nmでは0.11、波長530nmでは0.02、波長638nmでは0.02である。すなわち、上記3種いずれの波長に対しても、パラメータ $S_3$ の絶対値が0.38以下、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比 $S_2/S_1$ の絶対値が0.17以下という条件を満たしている。

【0099】

また、本実施例の波長板10の透明基板11aの反射防止膜形成面に、図2の座標系のZ軸の方向に、振動方向がX軸の方向である直線偏光を入射した場合において、本実施例の波長板10を透過した後のそれぞれの波長の光の偏光状態は次の通りである。なお、入射する光の波長は、430nm、530nm、638nmである。波長430nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が略0、楕円長軸方向がX軸に対し約-3°の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。また、波長530nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が約0.1、楕円長軸方向がX軸に対し約90°の楕円偏光の光となる。また、波長638nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が約0.1、楕円長軸方向がX軸に対し約-1°の楕円偏光の光となる。

【0100】

このことは、第6の実施例の波長板10が、波長430nmと波長638nmの光に対して光学的に等方なガラスのように機能し、波長530nmの光に対して2分の1波長板のように機能するという波長選択性を有していることを示している。

【0101】

実施例7.

次に、第7の実施例として、本発明に係る波長板10の他の例およびその効果について具体的に説明する。本実施例の波長板10は、作製方法および用いる材料は第1~3の実施例と同じである。そして、透明基板11a、11b、11cに施すラビング方向、複屈折性媒質層12a、12b、12cの厚さが第1~3の実施例と異なる。また、本実施例の波長板10では、青用に455nm帯、緑用に520nm帯、638nm帯の3種類の波長帯の光が入射するものとするが、そのうちの特に波長440nm、波長515nm、波長650nmの光が、本発明における波長板が波長選択性をもつ対象とする3種の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ であるとする。

【0102】

すなわち、本実施の波長板10は、後述する理由のため、最適となる波長を各波長帯の中心波長から意図的にずらして作製する。すなわち、青用に440nm、緑用に515nm、赤用に650nmのそれぞれの波長光に対して最適になるように作製する。

【0103】

本実施例では、透明基板11aに施すラビング方向を33°、第1の複屈折性媒質層12aの厚さを4.2 $\mu$ mとした。また、透明基板11bに施すラビング方向を57°、第2の複屈折性媒質層12bの厚さを4.2 $\mu$ mとした。また、透明基板11cに施すラビ

10

20

30

40

50

ング方向を  $33^\circ$ 、第3の複屈折性媒質層12cの厚さを  $4.2\ \mu\text{m}$ として、波長板10を作製する。

【0104】

本実施例の波長板10の各複屈折性媒質層におけるリタレーション値は、次の通りである。

【0105】

波長  $440\ \text{nm}$ の光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値<sub>1</sub>は  $419\ \text{nm}$ 、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値<sub>2</sub>は  $441\ \text{nm}$ 、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値<sub>3</sub>は  $441\ \text{nm}$ である。

【0106】

また、波長  $515\ \text{nm}$ の光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値<sub>1</sub>は  $419\ \text{nm}$ 、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値<sub>2</sub>は  $419\ \text{nm}$ 、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値<sub>3</sub>は  $419\ \text{nm}$ である。

【0107】

また、波長  $650\ \text{nm}$ の光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値<sub>1</sub>は  $398\ \text{nm}$ 、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値<sub>2</sub>は  $398\ \text{nm}$ 、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値<sub>3</sub>は  $398\ \text{nm}$ である。

【0108】

なお、第1の複屈折性媒質層12aの遅相軸の方向<sub>1</sub>は  $33^\circ$ 、第2の複屈折性媒質層12bの遅相軸の方向<sub>2</sub>は  $57^\circ$ 、第3の複屈折性媒質層12cの遅相軸の方向<sub>3</sub>は  $33^\circ$ である。

【0109】

ここで、上記内容を上述の式(1)に代入して演算した結果得られるパラメータ $S_3$ の絶対値は、波長  $440\ \text{nm}$ では  $0.03$ 、波長  $515\ \text{nm}$ では  $0.02$ 、波長  $650\ \text{nm}$ では  $0.07$ である。同様に、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比である $S_2/S_1$ の絶対値は、波長  $440\ \text{nm}$ では  $0.00$ 、波長  $515\ \text{nm}$ では  $0.01$ 、波長  $650\ \text{nm}$ では  $0.07$ である。すなわち、上記3種いずれの波長に対しても、パラメータ $S_3$ の絶対値が  $0.38$ 以下、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比 $S_2/S_1$ の絶対値が  $0.17$ 以下という条件を満たしている。

【0110】

本実施例の波長板10の透明基板11aの反射防止膜形成面に、波長  $440\ \text{nm}$ の光が図2の座標系のX軸の方向に振動する直線偏光として、波長  $515\ \text{nm}$ の光が図2の座標系のY軸の方向に振動する直線偏光として、波長  $650\ \text{nm}$ の光が図2の座標系のX軸の方向に振動する直線偏光として、Z軸の方向に入射する。このとき、本実施例の波長板10を透過した後のそれぞれの波長の光の偏光状態は次の通りである。波長  $440\ \text{nm}$ の出射光は、楕円率が略0、楕円長軸方向がX軸に対し略  $0^\circ$ の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。また、波長  $515\ \text{nm}$ の直線偏光を入射したときは、楕円率が略0、楕円長軸方向がX軸に対し略  $0^\circ$ の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。また、波長  $650\ \text{nm}$ の直線偏光を入射したときは、楕円率が略0、楕円長軸方向がX軸に対し約  $-2^\circ$ の楕円偏光、すなわち略直線偏光の光となる。

【0111】

このことは、第7の実施例の波長板10が、波長  $440\ \text{nm}$ と波長  $650\ \text{nm}$ の光に対して光学的に等方なガラスのように機能し、波長  $515\ \text{nm}$ の光に対して2分の1波長板のように機能するという波長選択性を有していることを示している。

【0112】

さらに、本実施例の波長板10の透明基板11aの反射防止膜形成面に、波長  $455\ \text{nm}$ 帯の光が振動方向がX軸の方向である直線偏光とし、波長  $520\ \text{nm}$ 帯の光が振動方向がY軸方向である直線偏光とし、波長  $638\ \text{nm}$ 帯の光が振動方向がX軸の方向である直

10

20

30

40

50

線偏光として、Z軸の方向に入射する場合を説明する。

【0113】

このとき、各波長帯の出射光のX軸方向の偏光成分の強度を図4に示す。図4(a)は、波長455nm付近の光について出射光のX軸方向の偏光成分の強度と比視感度とを示すグラフである。また、図4(b)は、波長520nm付近の光について出射光のX軸方向の偏光成分の強度と比視感度とを示すグラフである。また、図4(c)は、波長640nm付近の光について出射光のX軸方向の偏光成分の強度と比視感度とを示すグラフである。なお、図4(a)~(c)において、横軸は波長を示す。また、左側の縦軸はX軸方向の偏光成分の強度を示す。また、右側の縦軸は比視感度を示す。なお、グラフ中の実線がX軸方向の偏光成分の強度に対応し、破線が比視感度に対応している。図4(a)~(c)によると、各波長帯(すなわち波長455nm帯、波長520nm帯および波長638nm帯)において、本実施例の波長板10を出射する光のX軸方向の偏光成分の強度の波長依存性は、比視感度の波長依存性と略逆方向の特性を示している。

10

【0114】

すると、本実施例の波長板10をレーザープロジェクタにて使用し、前述した各波長帯の直線偏光を本実施例の波長板10に入射して得られる出射光のX軸方向の偏光成分のみを投射して画像表示する場合、各波長帯それぞれで視感度の波長依存性を緩和して、結果として波長依存性のより小さい画像を表示することができる。

【0115】

本実施の波長板10は、最適となる波長を各波長帯の中心波長から意図的にずらして作製することで、レーザープロジェクタにて表示される画像の視感度の波長依存性を緩和することも可能である。

20

【0116】

なお、入射する3種の波長帯に対して最適化の対象とする3つの波長を中心波長からずらして設計する場合にそのずらす許容範囲は、青色波長帯の場合、緑色波長帯、赤色波長帯のX成分強度の波長依存性に比べて青色波長帯のX成分強度の波長依存性が一番大きいため、緑色波長帯、赤色波長帯の場合と比べて狭くなるが、例えば波長440nm~455nmの間であれば波長455nmでのX成分強度が80%以上となるので好ましい。緑色波長帯、赤色波長帯のX成分強度の波長依存性は大きくないため、ずらす許容範囲は青色波長帯の場合よりも広く、緑色波長帯の場合には波長500nm~520nmの間で、また赤色波長帯の場合には640nm~700nmの間で設計時に最適化の対象とする波長をずらすことができる。

30

【0117】

比較例1.

次に、第1の比較例として、本発明の第3の実施例の波長板10に対し、第2の複屈折媒質層12bの厚さを5.1 $\mu$ mに変更したものについて、効果の違いを説明する。第1の比較例の波長板は、図2に示す本発明の波長板10と同様の構造をもち、作製方法および用いる材料は第1~3の実施例の波長板10と同じである。その上で、透明基板11aに施すラビング方向を25 $^{\circ}$ 、第1の複屈折性媒質層12aの厚さを5.3 $\mu$ m、透明基板11bに施すラビング方向を57 $^{\circ}$ 、第2の複屈折性媒質層12bの厚さを5.1 $\mu$ m、透明基板11cに施すラビング方向を46 $^{\circ}$ 、第3の複屈折性媒質層12cの厚さを3.0 $\mu$ mとして、本比較例である波長板(以下、本発明に係る波長板10と区別するため、波長板30という。)を作製する。

40

【0118】

本比較例の波長板30の各複屈折性媒質層におけるリタレーション値は、次の通りである。

【0119】

波長455nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\lambda_1$ は550nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\lambda_2$ は529nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\lambda_3$ は311nmである。

50

## 【0120】

また、波長520nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\gamma_1$ は528nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\gamma_2$ は508nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\gamma_3$ は299nmである。

## 【0121】

また、波長638nmの光に対して、第1の複屈折性媒質層12aの有するリタレーション値 $\gamma_1$ は504nm、第2の複屈折性媒質層12bの有するリタレーション値 $\gamma_2$ は485nm、第3の複屈折性媒質層12cの有するリタレーション値 $\gamma_3$ は285nmである。

10

## 【0122】

また、第1の複屈折性媒質層12aの遅相軸の方向 $\theta_1$ は25°、第2の複屈折性媒質層12bの遅相軸の方向 $\theta_2$ は57°、第3の複屈折性媒質層12cの遅相軸の方向 $\theta_3$ は46°である。

## 【0123】

ここで、上記内容を上述の式(1)に代入して演算した結果得られるパラメータ $S_3$ の絶対値は、波長455nmでは0.11、波長520nmでは0.39、波長638nmでは0.44である。同様に、パラメータ $S_2$ とパラメータ $S_1$ の比である $S_2/S_1$ の絶対値は、波長455nmでは0.02、波長520nmでは0.07、波長638nmでは0.14である。本例では、波長520nmおよび638nmにおいて、パラメータ $S_3$ の絶対値が0.38を超えてしまっている。

20

## 【0124】

第1の比較例の波長板30を出射する光の偏光状態を調べる。図2の座標系のZ軸の方向に、振動方向がX軸の方向である直線偏光を入射した場合において、本比較例の波長板30を透過した後のそれぞれの波長の光の偏光状態は次の通りである。なお、入射する光の波長は、455nm、520nm、638nmである。波長455nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が約0.05、楕円長軸方向がX軸に対し約1°の楕円偏光の光となる。また、波長520nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が約0.21、楕円長軸方向がX軸に対し約92°の楕円偏光の光となる。また、波長638nmの直線偏光を入射したときは、楕円率が約0.23、楕円長軸方向がX軸に対し約-4°の楕円偏光の光となる。

30

## 【0125】

このように、波長選択性を持たせる対象とする波長帯のいずれかにおいて、パラメータ $S_3$ の絶対値が0.38を超える場合、出射する偏光の楕円率を0.2以下に抑えることができなくなる。すると、このような波長板30を、波長選択性の波長板として、レーザープロジェクタに用いるのは難しい。

## 【0126】

比較例2.

次に、第2の比較例として、本発明の第3の実施例の波長板に対し、第3の複屈折媒質層12cの遅相軸方向を45°に変更したものについて、効果の違いを説明する。第2の比較例の波長板30は、図2に示す本発明の波長板10と同様の構造をもち、作製方法および用いる材料は第1~3の実施例の波長板10と同じである。その上で、透明基板11aに施すラビング方向を25°、第1の複屈折性媒質層12aの厚さを5.3 $\mu$ m、透明基板11bに施すラビング方向を57°、第2の複屈折性媒質層12bの厚さを5.0 $\mu$ m、透明基板11cに施すラビング方向を45°、第3の複屈折性媒質層12cの厚さを3.0 $\mu$ mとして、本比較例である波長板30を作製する。

40

## 【0127】

本比較例の波長板30の各複屈折性媒質層におけるリタレーション値は、次の通りである。

## 【0128】

50

波長 455 nm の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 12 a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は 550 nm、第 2 の複屈折性媒質層 12 b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は 519 nm、第 3 の複屈折性媒質層 12 c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は 311 nm である。  
【0129】

また、波長 520 nm の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 12 a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は 528 nm、第 2 の複屈折性媒質層 12 b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は 498 nm、第 3 の複屈折性媒質層 12 c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は 299 nm である。  
【0130】

また、波長 638 nm の光に対して、第 1 の複屈折性媒質層 12 a の有するリタレーション値  $\lambda_1$  は 504 nm、第 2 の複屈折性媒質層 12 b の有するリタレーション値  $\lambda_2$  は 475 nm、第 3 の複屈折性媒質層 12 c の有するリタレーション値  $\lambda_3$  は 285 nm である。  
【0131】

また、第 1 の複屈折性媒質層 12 a の遅相軸の方向  $\theta_1$  は 25°、第 2 の複屈折性媒質層 12 b の遅相軸の方向  $\theta_2$  は 57°、第 3 の複屈折性媒質層 12 c の遅相軸の方向  $\theta_3$  は 45° である。  
【0132】

ここで、上記内容を上述の式 (1) に代入して演算した結果得られるパラメータ  $S_3$  の絶対値は、波長 455 nm では 0.24、波長 520 nm では 0.29、波長 638 nm では 0.36 である。同様に、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比である  $S_2/S_1$  の絶対値は、波長 455 nm では 0.04、波長 520 nm では 0.00、波長 638 nm では 0.23 である。本例では、波長 638 nm において、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比  $S_2/S_1$  の絶対値が 0.17 を超えてしまっている。  
【0133】

第 2 の比較例の波長板 30 を出射する光の偏光状態を調べる。図 2 の座標系の Z 軸の方向に、振動方向が X 軸の方向である直線偏光を入射した場合において、本比較例の波長板 30 を透過した後のそれぞれの波長の光の偏光状態は次の通りである。なお、入射する光の波長は、455 nm、520 nm、638 nm である。波長 455 nm の直線偏光を入射したときは、楕円率が約 0.12、楕円長軸方向が X 軸に対し約 1° の楕円偏光の光となる。また、波長 520 nm の直線偏光を入射したときは、楕円率が約 0.15、楕円長軸方向が X 軸に対し約 90° の楕円偏光の光となる。また、波長 638 nm の直線偏光を入射したときは、楕円率が約 0.18、楕円長軸方向が X 軸に対し約 -6° の楕円偏光の光となる。  
【0134】

このように、波長選択性を持たせる対象とする波長帯のいずれかにおいて、パラメータ  $S_2$  とパラメータ  $S_1$  の比  $S_2/S_1$  の絶対値が 0.17 を超える場合、出射する偏光の楕円長軸方向を ±5° 内に抑えることができなくなる。すると、このような波長板 30 を、波長選択性の波長板として、レーザープロジェクタに用いるのは難しい。  
【0135】

比較例 3 .

次に、第 3 の比較例として、3 層構造でない波長板 40 について述べる。図 5 は、レーザープロジェクタに用いられる、波長 520 nm の緑色レーザー光用の 2 分の 1 波長板 40 の例を示す断面模式図である。図 5 に示す波長板 40 は、透明基板 41 と透明基板 42 の間に、1 層の複屈折性媒質層 43 を挟持した構成である。複屈折性媒質層 43 は、第 1 の実施例の波長板 10 で用いた高分子液晶を材料として用い、2.6 μm の厚さを有しているものとする。このとき、複屈折性媒質層 43 の有する波長 520 nm におけるリタレーション値は 259 nm である。これは、波長の略半分の値である。  
【0136】

第 3 の比較例の波長板 40 を出射する光の偏光状態を調べる。本比較例の波長板 40 の

10

20

30

40

50

遅相軸に対し $45^\circ$ の方向、すなわち図5のX軸方向に振動する直線偏光を入射して得られる出射光の偏光状態は次の通りである。

【0137】

波長 $520\text{ nm}$ のレーザー光を入射すると、楕円率が略0、振動方向がX軸に対し $90^\circ$ の直線偏光が出射する。一方、波長 $455\text{ nm}$ のレーザー光を入射すると、楕円率が $0.3$ 、楕円長軸方向がX軸に対して $90^\circ$ の楕円偏光が出射する。また、波長 $638\text{ nm}$ のレーザー光を入射すると、楕円率が $0.37$ 、楕円長軸方向がX軸に対して $90^\circ$ の楕円偏光が出射する。

【0138】

すなわち、波長 $520\text{ nm}$ の緑色レーザー光用の $2分の1$ 波長板40では、波長 $455\text{ nm}$ のレーザー光および波長 $638\text{ nm}$ のレーザー光に対しては、楕円率を $0.2$ 以下および、楕円長軸方向を $\pm 5^\circ$ 内に抑える機能を有していないことがわかる。

10

【0139】

このように、波長 $520\text{ nm}$ の緑色レーザー光用の $2分の1$ 波長板40では、レーザープロジェクタに多く用いられる3つの波長のレーザー光に対し、波長選択的に $2分の1$ 波長板の機能を発現できないので、3つの波長のレーザー光が通る共通光路中に配置できない。

【産業上の利用可能性】

【0140】

以上のように、本発明は、レーザープロジェクタに用いられる3つの波長のレーザー光に対し、波長選択的に $2分の1$ 波長板の機能を発現できるので、3つの波長のレーザー光が通る共通光路中に配置でき、レーザープロジェクタの光学系の簡単化および小型化の用途に好適に適用できる。

20

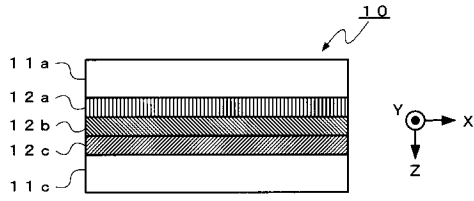
【符号の説明】

【0141】

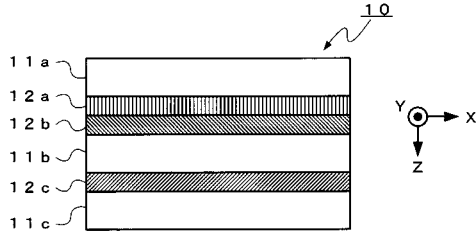
- 10 波長板
- 11 a、11 b、11 c 透明基板
- 12 a 第1の複屈折性媒質層
- 12 b 第2の複屈折性媒質層
- 12 c 第3の複屈折性媒質層
- 30 第1～3の比較例である波長板
- 40 第4の比較例である波長板
- 41、42 透明基板
- 43 複屈折性媒質層

30

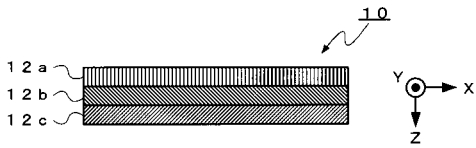
【 図 1 】



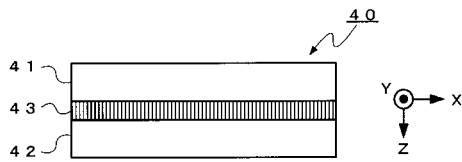
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】

