

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5333434号  
(P5333434)

(45) 発行日 平成25年11月6日(2013.11.6)

(24) 登録日 平成25年8月9日(2013.8.9)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>G 1 1 B</b>	<b>7/135</b>	<b>(2012.01)</b>	<b>G 1 1 B</b>	<b>7/135</b>	<b>A</b>
<b>G 0 2 B</b>	<b>5/30</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 0 2 B</b>	<b>5/30</b>	

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2010-500751 (P2010-500751)	(73) 特許権者	000000044
(86) (22) 出願日	平成21年2月26日(2009.2.26)		旭硝子株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/053603		東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
(87) 国際公開番号	W02009/107748	(72) 発明者	小柳 篤史
(87) 国際公開日	平成21年9月3日(2009.9.3)		福島県郡山市待池台1-8 郡山西部第二
審査請求日	平成23年9月12日(2011.9.12)		工業団地 AGCエレクトロニクス株式会
(31) 優先権主張番号	特願2008-46268 (P2008-46268)		社内
(32) 優先日	平成20年2月27日(2008.2.27)		審査官 五貫 昭一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長選択旋光子および光ヘッド装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長選択旋光子であって、  
コレステリック相液晶からなる液晶層を備え、  
前記液晶層は、

波長  $\lambda_1$  の第1の直線偏光が入射するとき、該第1の直線偏光を異なる直線偏光である第2の直線偏光に変換して出射し、  
前記波長  $\lambda_1$  よりも長波長である波長  $\lambda_2$  の直線偏光が入射するとき、偏光状態を実質的に変えずに出射する波長選択旋光子。

【請求項2】

前記第1の直線偏光と前記第2の直線偏光とが略直交または、略45°の角度をなす請求項1に記載の波長選択旋光子。

【請求項3】

前記コレステリック相液晶が、入射する右回りの円偏光または左回りの円偏光いずれか一方で反射帯域を有し、

前記波長  $\lambda_1$  は、前記反射帯域より短波長側にあるとともに、前記波長  $\lambda_2$  は、前記反射帯域より長波長側にある請求項1または請求項2に記載の波長選択旋光子。

【請求項4】

前記反射帯域より長波長側にあるとともに前記波長  $\lambda_2$  よりも短波長である波長  $\lambda_4$  で前記第1の直線偏光が入射して、前記第2の直線偏光に変換されて出射する請求項3に記

10

20

載の波長選択旋光子。

【請求項 5】

前記コレステリック相液晶が、入射する右回りの円偏光または左回りの円偏光いずれか一方で反射帯域を有し、

前記波長  $\lambda_1$  および前記波長  $\lambda_2$  は、前記反射帯域よりいずれも長波長側にある請求項 2 に記載の波長選択旋光子。

【請求項 6】

前記コレステリック相液晶の選択反射波長が 300 ~ 610 nm の範囲のいずれか一点にあることを特徴とする請求項 1 ~ 5 いずれか 1 項に記載の波長選択旋光子。

【請求項 7】

前記波長  $\lambda_2$  よりも長波長である波長  $\lambda_3$  の直線偏光が入射するとき、偏光状態を実質的に変えずに出射する請求項 1 ~ 6 いずれか 1 項に記載の波長選択旋光子。

【請求項 8】

請求項 3 ~ 請求項 7 に記載の波長選択旋光子のうち少なくとも 1 つが、2 以上重なって構成される波長選択旋光子。

【請求項 9】

少なくとも前記波長  $\lambda_1$  と前記波長  $\lambda_2$  で前記第 1 の直線偏光を出射する少なくとも一つの光源と、

前記光源から出射した光を偏向分離するビームスプリッタと、

前記ビームスプリッタから出射した光を光記録媒体上に集光させる対物レンズと、

前記光記録媒体で反射した光を検出する光検出器と、

前記光源と前記ビームスプリッタとの間の光路中に配置された請求項 1 ~ 8 いずれか 1 項に記載の波長選択旋光子とを備える光ヘッド装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば光ストレージ、光通信、光イメージングなどの光学系において入射する直線偏光の光を異なる直線偏光の光に変えて出射させる波長選択性を有する旋光子（以下、「波長選択旋光子」という）に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、光ストレージを扱う光学系として、CD、DVD、光磁気ディスクなどの光記録媒体および、BD、HDDVD などの高密度光記録媒体（以下、「光ディスク」という）に情報の記録および再生を行う光ヘッド装置を考える。光ヘッド装置において、半導体レーザからの出射光はレンズにより光記録媒体上に集光され、集光された出射光は光記録媒体で反射され戻り光となる。この戻り光となった出射光はビームスプリッタによって受光素子に導かれ、光記録媒体上の情報が電気信号に変換される。

【0003】

また、光ヘッド装置において、1/2 波長板や、1/4 波長板、偏光ビームスプリッタなどの素子を用いて、半導体レーザからの光の偏波面などの偏光状態を制御し、光の利用効率の向上、記録および再生の性能の向上を図ることができる。このとき、例えば、特定の波長の光が入射してその光と直交する偏光状態で出射させる機能を有する光学素子として、1/2 波長板や旋光子が用いられる。

【0004】

1/2 波長板は、特定の波長  $\lambda$  で入射する光に対して、例えばリタレーション値が  $(2m + 1) \lambda / 2$  となるように構成する複屈折材料の選択およびその厚さ調整することで実現できる（ $m$  は整数）。これにより、入射する光の偏光状態に対して直交した偏光状態の光が出射される。

【0005】

また、入射する直線偏光を所望の直線偏光に旋光させる旋光子としては、液晶を光の進

10

20

30

40

50

行方向に対してねじれて配向させるツイストタイプの液晶素子（以下、液晶旋光子という）がある。また、液晶ではない旋光子としては、水晶を用いた水晶旋光子が報告されている（非特許文献1）。

【0006】

【非特許文献1】鶴田匡夫著、「応用物理光学II」培風館、1990年7月20日、p.167

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、1/2波長板、液晶旋光子および水晶旋光子は、同じ方向の直線偏光で異なる波長の光が入射する場合、複数の波長の光に対して特定の偏光状態となるように制御して出射させることは困難となる。とくに、特定の波長の直線偏光の光に対して直交した光で出射させ、それとは異なる波長の直線偏光の光に対して偏光状態を変えずに出射させようとしたとき、これらを実現する波長の組合せが制限されるため自由度の高い設計が困難であった。

10

【0008】

また、1/2波長板および液晶旋光子は、直線偏光を入射して、出射する光を所望の偏光状態とするために、これらの光学素子に入射する光の偏光方向を特定しなければならない。例えば、複屈折材料により構成される1/2波長板の場合、直交する直線偏光の光を得るときには、入射する直線偏光方向を1/2波長板の光学軸と45°の角度をなすように設定しなければならない。また、液晶旋光子の場合、液晶層の入射光側の界面の液晶分子の配向方向と入射する直線偏光方向とを一致するように設定しなければならない、という制限もあった。

20

【0009】

また、非特許文献1に記載の水晶旋光子は、上記のように入射する直線偏光方向の依存性はなく出射する光の偏光状態を直交させることができる。しかし、水晶旋光子は、前述のように特定の波長の光に対して直交する光を出射させることはできるものの、異なる波長に対しては入射する光に対する出射する光のなす角度（以下、旋光角）が異なってしまふ。図9に水晶旋光子を用いて405nmで入射する直線偏光の光を直交して出射させるように設計（旋光角=90°）し、異なる波長の直線偏光の光が入射したときの旋光角の波長依存性を示す。

30

【0010】

図9より、405nmでは旋光角が90°であるが、405nmより長波長の光が入射すると旋光角が徐々に小さくなり、800nmでは約20°となる。したがって、405nmより長波長の光が入射すると、出射する光は直交せず、ゼロではない旋光角をもって出射される。また、水晶旋光子は、厚さがmmオーダーであるため光学素子スペースとして不利だけでなく、コストが高くなるという問題もあった。したがって、これら列記した光学素子は、複数の異なる波長の光に対して、所望の偏光状態で出射させるような機能を実現するには制限が多く容易に実現が困難であった。このように、入射する光の波長が異なることによって出射する光の偏光状態の制御は、1/2波長板、液晶旋光子でも制限が多い。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するため、異なる波長の直線偏光の光が入射し、出射する直線偏光の光の旋光角を波長毎に自由に設定でき、さらに素子の厚さを薄くできる波長選択旋光子を実現することを目的とするものである。

本発明は、コレステリック相液晶からなる液晶層を備え、少なくとも波長 $\lambda_1$ と波長 $\lambda_2$ （ $\lambda_1 < \lambda_2$ ）の光が入射する波長選択旋光子であって、前記液晶層に少なくとも前記波長 $\lambda_1$ で第1の直線偏光の光が入射するとき前記第1の直線偏光と異なる直線偏光である第2の直線偏光の光に変換されて出射するとともに、前記波長 $\lambda_2$ の直線偏光の光が入

50

射するとき偏光状態を実質的に変えずに出射する波長選択旋光子を提供する。

【0012】

また、前記第1の直線偏光と前記第2の直線偏光とが略直交または、略45°の角度をなす上記に記載の波長選択旋光子を提供する。

【0013】

この構成により、特定の波長の光が入射して所望の旋光角で旋光させて出射するとともに、異なる波長の光が入射して旋光させずそのままの偏光状態で出射する波長選択旋光子を実現できる。

【0014】

また、前記コレステリック相液晶が、入射する右回りの円偏光または左回りの円偏光いずれか一方で反射帯域を有し、前記波長 $\lambda_1$ は、前記反射帯域より短波長側にあるとともに、前記波長 $\lambda_2$ は、前記反射帯域より長波長側にある請求項1または請求項2に記載の波長選択旋光子を提供する。また、前記波長 $\lambda_1$ と前記波長 $\lambda_2$ と異なるとともに前記反射帯域より長波長側にある波長 $\lambda_4$  ( $\lambda_1 < \lambda_4 < \lambda_2$ ) で前記第1の直線偏光が入射して、前記第2の直線偏光の光に変換されて出射する上記に記載の波長選択旋光子を提供する。

10

【0015】

また、前記コレステリック相液晶が、入射する右回りの円偏光または左回りの円偏光いずれか一方で反射帯域を有し、前記波長 $\lambda_1$ および前記波長 $\lambda_2$ は、前記反射帯域よりいずれも長波長側にある上記に記載の波長選択旋光子を提供する。

20

【0016】

この構成により、コレステリック相液晶の右回りで入射する円偏光の屈折率波長依存性と左回りで入射する円偏光の屈折率波長依存性との違いを利用し、特定の波長で入射する光に対して一定の旋光角で出射させる機能を有する波長選択旋光子を実現することができる。

【0017】

また、前記コレステリック相液晶の選択反射波長が300~610nmの範囲のいずれか一点にあることを特徴とする上記に記載の波長選択旋光子を提供する。

【0018】

この構成により、波長 $\lambda_1$ および波長 $\lambda_2$ を広い範囲で設定することができるので、これらの波長の組合せの自由度が高い波長選択旋光子を実現することができる。

30

【0019】

また、前記波長 $\lambda_1$ と前記波長 $\lambda_2$ と異なる波長 $\lambda_3$  ( $\lambda_3 > \lambda_2$ ) で直線偏光の光が入射して偏光状態を実質的に変えずに出射する上記に記載の波長選択旋光子を提供する。

【0020】

この構成により、3つの異なる波長のうち波長 $\lambda_1$ の直線偏光の光のみ偏光状態を変えて出射させる波長選択旋光子を実現することができる。

【0021】

また、上記に記載の波長選択旋光子のうち少なくとも1つが、2以上重なって構成される波長選択旋光子を提供する。

40

【0022】

この構成により、異なる2以上の波長の光、とくに異なる3以上の波長の光が入射してそれぞれの波長の光に対して所望の旋光角となるように出射できる設計自由度の高い波長選択旋光子を実現できる。

【0023】

また、少なくとも前記波長 $\lambda_1$ と前記波長 $\lambda_2$ で前記第1の直線偏光を出射する少なくとも一つの光源と、前記光源から出射した光を偏向分離するビームスプリッタと、前記ビームスプリッタから出射した光を光記録媒体上に集光させる対物レンズと、前記光記録媒体で反射した光を検出する光検出器と、を備える光ヘッド装置であって、前記光源と前記ビームスプリッタとの間の光路中に上記に記載の波長選択旋光子が配置される光ヘッド装

50

置を提供する。

【0024】

この構成により、波長<sub>1</sub>の光と波長<sub>2</sub>の光を容易に偏向分離できる光学系を実現することができ、光ヘッド装置の光学系の設計自由度が大きくなる効果が得られる。

【0026】

この構成により、波長<sub>1</sub>の光(BD用の光)と波長<sub>2</sub>の光(DVD用の光)、および波長<sub>1</sub>の光と波長<sub>3</sub>の光(CD用の光)を容易に偏向分離できる光学系を実現することができ、光ヘッド装置の光学系の設計自由度が大きくなる効果が得られる。例えば、一方の波長の光は偏光状態を変えずに透過させ、それとは異なるもう一方の波長の光に対して入射する光と直交する偏光状態で出射させる光学素子を用いると、偏光ビームスプリッタなどの素子を用いて入射する光の波長に応じて光を偏向分離させることができ、光学系の自由度が高くなる。偏向分離する光学素子としては、プリズムなどの偏光ビームスプリッタに限らず、入射光の偏光状態によって光を透過したり回折したりする回折素子であってもよい。

10

【発明の効果】

【0027】

本発明は、特定の波長の直線偏光の光に対して一定の旋光角で旋光させて出射させるだけでなく、異なる波長の直線偏光の光に対しても旋光角を制御して出射させるかまたは、偏光状態を変えずに出射させる、制御性のよい波長選択旋光子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0028】

【図1】本願発明の波長選択旋光子の断面模式図

【図2】第1の実施形態におけるコレステリック相液晶層の屈折率の波長依存性

【図3】波長選択旋光子による旋光角が略直交であるときの光学系

【図4】波長選択旋光子による旋光角が略45°であるときの光学系

【図5】第2の実施形態におけるコレステリック相液晶層の屈折率の波長依存性

【図6】第3の実施形態におけるコレステリック相液晶層の屈折率の波長依存性

【図7】光ヘッド装置の模式図

【図8】旋光角の入射波長依存性

【図9】従来水晶旋光子を用いたときの旋光角の入射波長依存性

30

【符号の説明】

【0029】

- 10 波長選択旋光子
- 11 a、11 b 透明基板
- 12 a、12 b 配向膜
- 13 コレステリック相液晶層
- 16、23 偏光ビームスプリッタ
- 17、25 a、25 b 1/4波長板
- 18 液晶素子
- 18 a 液晶分子
- 19 電圧制御装置
- 20 光ヘッド装置
- 21 光源
- 22 コリメートレンズ
- 24 ミラー
- 26 a、26 b 対物レンズ
- 27 a 高密度光記録媒体
- 27 b DVD/CD
- 28 光検出器
- 31 a 405nm波長帯の光路(往路)

40

50

- 3 1 b 4 0 5 n m 波長帯の光路 ( 復路 )  
 3 2 a 6 6 0 / 7 8 5 n m 波長帯の光路 ( 往路 )  
 3 2 b 6 6 0 / 7 8 5 n m 波長帯の光路 ( 復路 )

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 0 】

( 第 1 の実施の形態 )

図 1 は、本実施の形態にかかる波長選択旋光子 1 0 の概念的な構成を示す図である。図 1 において、波長選択旋光子 1 0 は複屈折材料として、重合部位を有する液晶とカイラル剤からなるコレステリック相液晶を重合・高分子化したコレステリック相高分子液晶膜 1 3 を用いる。図 1 に示されるように、透明基板 1 1 a、1 1 b 上に形成されたポリイミド膜を塗布・焼成し、ラビング処理を施して配向膜 1 2 a、1 2 b とする。配向膜 1 2 a、1 2 b を対向させるように重ね合わせ、重合部位を有するコレステリック相液晶モノマーを配向膜 1 2 a、1 2 b 間に注入し、紫外線照射により重合固定化してコレステリック相高分子液晶膜 1 3 とする。この時、球状や円柱状のスペーサ ( 図示せず ) を配向膜 1 2 a、1 2 b 間に配置することによりコレステリック相高分子液晶膜 1 3 を所望の厚みに保持する。コレステリック相液晶は重合固定化しなくても液晶分子の螺旋軸が厚さ方向に平行で一定のピッチで螺旋していれば同じ効果が得られるが、重合固定化すると信頼性や温度特性が向上し好ましい。

10

【 0 0 3 1 】

透明基板は、ガラスやプラスチックなどで構成されるが、耐光性、耐熱性の面からガラスを用いるのが好ましい。また、配向膜は、ポリイミド膜をラビングして形成するほかに  $S i O_2$  などを斜方蒸着により形成してもよい。また、入射光の損失を低減するため、透明基板面に反射防止膜を形成すると好ましい。

20

【 0 0 3 2 】

コレステリック相液晶は、入射光の波長  $\lambda$  が螺旋ピッチ  $P$  とコレステリック相液晶の屈折率  $n$  との積と同程度の場合、螺旋軸方向と平行に入射する光のうち、液晶分子のねじれ方向と同じ回転方向となる円偏光がほぼ反射され、逆向きの回転方向となる円偏光はほぼ透過する円偏光依存性を有する。この反射特性を示す波長帯域の中心波長  $\lambda_0$  ( 以下、選択反射波長という ) は、螺旋ピッチを  $P$ 、液晶の常光屈折率を  $n_o$ 、異常光屈折率を  $n_e$  とすると ( 1 ) 式の関係で示される。また、反射帯域幅  $\Delta \lambda$  は、( 2 ) 式の関係で示される。また、以下 (  $\lambda_0 \pm \Delta \lambda / 2$  ) を反射波長帯域と定義する。

30

【 0 0 3 3 】

【数 1】

$$\lambda_0 = (n_o + n_e) \cdot P / 2 \quad \dots \quad (1)$$

$$\Delta \lambda = (n_e - n_o) \cdot P \quad \dots \quad (2)$$

【 0 0 3 4 】

このことから、反射波長帯域の光が、液晶分子の螺旋軸方向と平行する方向に進行し液晶分子のねじれ方向と同じ回転方向となる円偏光である場合、コレステリック相高分子液晶膜 1 3 は反射膜として作用する。反射波長帯域の反射率は、コレステリック相高分子液晶膜 1 3 内部の螺旋ピッチ数に依存する。螺旋ピッチ数は液晶分子の回転数で表す。1 0 回転を超える螺旋ピッチ数では膜厚に依存せず反射波長帯域でほぼ一様に高い反射率を示す。

40

【 0 0 3 5 】

図 2 にコレステリック相高分子液晶膜 1 3 の屈折率の波長依存性の概念図を示す。コレステリック相高分子液晶層 1 3 の液晶分子のねじれ方向は光の進行方向に向かって右回りであっても左回りであってもよく、以下、例として液晶分子のねじれ方向が、光の進行方

50

向に向かって右回りであるとして説明する。この場合、右回りの円偏光の光が入射すると、反射波長帯域の近傍において屈折率の変化が大きくなる。一方、左回りの円偏光の光に対して反射波長帯域を有さないのので、大きな屈折率の変動は生じない。このとき、波長の右回りの円偏光に対する屈折率を  $n_R$  ( )、左回りの円偏光に対する屈折率を  $n_L$  ( ) とし、円偏光屈折率異方性  $n$  ( ) =  $|n_R$  ( ) -  $n_L$  ( ) | とする。

【0036】

このとき、反射波長帯域の近傍では0ではない  $n$  を有する。また、反射波長帯域から大きく離れた波長の光が入射すると、 $n$  が反射波長帯域近傍に比べて小さく、 $n$  がほぼ0となる波長の光が入射すると、円偏光による屈折率異方性が発現しなくなる。この反射波長帯域は、上記のように螺旋ピッチ  $P$  を調整することによって制御することができる。つまり、不斉炭素を有するネマチック液晶やネマチック液晶にカイラル剤を添加してコレステリック相液晶を構成するが、このカイラル剤の添加量を調整して反射波長帯域を決定することができる。

10

【0037】

このように、図2に示す反射波長帯域では、液晶分子のねじれ方向と一致する円偏光の光が反射されて透過率が大きく低下するので、コレステリック相液晶を透過する光は、主としてこのねじれ方向と逆回りの円偏光の光となる。したがって、この反射波長帯域内の波長の直線偏光の光を入射させると、直線偏光の光ではなく円偏光の光が出射され、さらに透過率は約半分くらいまで低下する。したがって、入射する光の波長が反射波長帯域内であると、旋光子としての機能を得ることができないので、カイラル剤の調整により反射波長帯域は、入射する光の波長が入らないように設定するとよい。

20

【0038】

このように、図2においてこの反射波長帯域の設定し、反射波長帯域を避けるよう波長の異なる光を入射させ、各波長における  $n$  の値を調整することができる。本実施形態では、2つの波長  $\lambda_1$  および  $\lambda_2$  (  $\lambda_1 < \lambda_2$  ) においてこれらの波長を、それぞれ反射波長帯域に対して短波長側および長波長側に設定する。とくに、 $n > 0$  となる波長を  $\lambda_1$  に設定し、 $n = 0$  となる波長を  $\lambda_2$  に設定する。このようにして、 $\lambda_1$  における  $n$  である  $n(\lambda_1)$  の特性を有するコレステリック相液晶の層の厚さ  $d$  を与え、(3)式のように示される。なお、 $m$  は整数を示す。

【0039】

【数2】

$$\Delta n(\lambda_1) \cdot d = (2m + 1) \cdot \lambda_1 / 2 \quad \dots \quad (3)$$

30

【0040】

なお、(3)式のように  $n(\lambda_1) \cdot d$  を以下、波長  $\lambda_1$  の光に対するリタレーションと定義する。このように(3)式を満足するようにリタレーションを設定することで、波長  $\lambda_1$  の直線偏光の光が入射すると、入射する直線偏光の光に対して直交する直線偏光の光が出射される。一方、波長  $\lambda_2$  の光はリタレーションが発現しないので、入射する光の偏光状態が変わらずに出射させることができる。また、(3)式は入射光と出射光との偏光状態を略直交させるためのリタレーションの条件を示したが、厚さ  $d$  の値を調整することで任意の旋光角で旋光させた光を出射させることができる。ここでは、入射する光の偏光状態は波長が異なる場合でも同じ方向に振動する直線偏光が入射するものとし、このときの偏光状態を第1の偏光状態とする。また、出射する光のうち第1の偏光状態と異なる偏光状態を第2の偏光状態として説明する。

40

【0041】

また、上記では、第1の偏光状態と第2の偏光状態とが略直交するような設計条件としたが、この他に第1の偏光状態と第2の偏光状態とが略45°の角度となるように設計してもよい。このように、特定の波長に対して旋光性を発現させるとともに旋光角を任意に

50

設計できる波長選択旋光子を実現できる。なお、略直交とは、入射光の偏光方向に対する出射光の偏光方向の角度が  $90 \pm 10^\circ$  の範囲とし、偏光状態が実質的に変わらないで出射する（略平行）とは、入射光の偏光方向に対する出射光の偏光方向の角度が  $\pm 10^\circ$  の範囲とする。さらに、略  $45^\circ$  は  $45 \pm 10^\circ$  の範囲とする。

【0042】

また、波長  $\lambda_1$  における円偏光屈折率異方性  $n(\lambda_1)$  は、入射する波長  $\lambda_1$  の光がゆらいだときに特性が大きく変動しないように反射波長帯域の近傍よりも離れ、旋光角が波長変化に対して略一定となる波長として設定すると、光学特性が安定するので好ましい。光学系にもよるが、波長  $\lambda_1 \pm 3\%$  のゆらぎで  $n(\lambda_1)/\lambda_1$  が  $\pm 10\%$  以内の変動であると旋光角の波長変動が  $10\%$  以内となり好ましい。

10

【0043】

このように波長  $\lambda_1$  と波長  $\lambda_2$  の光が入射したときに偏光状態を異ならせることができる波長選択旋光子の使用例を説明する。まず、波長選択旋光子が、波長  $\lambda_1$  の光が入射したとき入射する偏光方向に対して略直交する偏光方向で出射するとともに、波長  $\lambda_2$  の光が入射したとき実質的に偏光状態が変わらない機能を有する場合を考える。図3に波長選択旋光子10の光の出射側に偏光ビームスプリッタ16を配置した光学系を示す。図3(a)では波長  $\lambda_1$  の光が波長選択旋光子10を略直交した旋光角で出射するとY軸方向に振動した直線偏光となり、偏光ビームスプリッタでは光はZ方向に偏向される。一方、図3(b)では波長  $\lambda_2$  の光は波長選択旋光子10から実質的に偏光状態を変えずZ軸方向に振動した直線偏光で出射し、偏光ビームスプリッタ16でもX方向へ直進透過する。このように入射する光の波長によって偏向方向を分離することができ、光学系の設計自由度が高まる。なお、偏光ビームスプリッタはこれに限らず、偏光性を有する回折素子であってもよい。

20

【0044】

また、波長選択旋光子に波長  $\lambda_1$  で入射した光が略直交ではない旋光角で出射する光学系の例を説明する。図4(a)および図4(b)は、波長選択旋光子10の光の出射側にZ軸とY軸に光学軸を有する1/4波長板17を配置した光学系を示す模式図である。図4(a)では、波長  $\lambda_1$  の光が波長選択旋光子10を略  $45^\circ$  の旋光角で出射する。そして、1/4波長板17に入射する直線偏光の振動方向は1/4波長板17の光学軸に対して略  $45^\circ$  の角度をなすので出射する光は円偏光となる。一方、図4(b)では、波長  $\lambda_2$  の光が波長選択旋光子10を実質的に偏光状態が変わらない状態で出射する。そして、1/4波長板17に入射する直線偏光の振動方向は、1/4波長板17の光学軸のいずれか一方に平行となるので、偏光状態は変わらずに出射する。このように波長によって円偏光と直線偏光を発現させることができ、光学系の設計自由度が高まる。なお、波長板は1/4波長板に限らず所望の偏光状態となるように波長板を設計することができる。

30

また、波長選択旋光子を用いた光学系はこれに限らない。

【0045】

また、図4(c)および図4(d)は、波長選択旋光子10の光の出射側に、電圧制御装置19によって印加する電圧を制御することによってZ方向の偏光方向の光に対して光路長を変調することができる液晶素子18を配置した光学系を示す模式図である。図4(c)は、波長  $\lambda_1$  の光が波長選択旋光子により略  $45^\circ$  旋光した時の様子を示し、図4(d)は、波長  $\lambda_2$  の光が波長選択旋光子により実質的に偏光状態が変わらない時の様子を示したものである。液晶素子18の光の入射面および出射面には図示しないITOなどからなる透明電極が配置され、さらに電圧を印加しないときの液晶の配向を制御する図示しない配向膜が形成されており、電圧を印加しないときにはZ方向に液晶分子18aの長軸方向が一様に配向している。液晶素子18は、例えば、電圧制御装置19によって液晶素子18のX方向に印加する電圧の大きさに応じて、図4(c)のように液晶分子18aの長軸方向がZ方向とX方向の面内で傾斜することによりZ方向の偏光方向の光に対して光路長を変調することができる。

40

【0046】

50



このとき、Y方向の偏光方向の光の光路長は電圧の印加により変調されない。ここで、図4(c)に示すように波長選択旋光子10を出射した波長 $\lambda_1$ の光は、偏光方向と液晶素子18の光学軸が略45°となるので、波長板として機能する。ここで、液晶素子18のZ方向の偏光方向の光の光路長とY方向の偏光方向の光の光路長の差を液晶素子18に印加する電圧の大きさにより制御することで液晶素子18を出射する光の偏光状態を円偏光、楕円偏光など所望の偏光状態とすることができる。

【0047】

一方、図4(d)に示すように、波長 $\lambda_2$ の光は波長選択旋光子10を実質的に偏光状態が変わらない状態で出射する。波長選択旋光子10を出射した波長 $\lambda_2$ の光は、液晶素子18の光学軸のいずれか一方と平行となるので印加電圧の大きさにかかわらず偏光状態は変わらず出射する。このように波長によって液晶素子18に印加する電圧の大きさに応じて偏光状態を制御することができる。また、波長選択旋光子10の旋光角が45°として説明したが、90°やその他の角度をなすものであってもよく、液晶素子18に入射する光の偏光状態を変える場合、液晶素子18に入射する光の偏光方向と、液晶分子18aの長軸方向および短軸方向と、が異なるようにすればよい。また、上記に限らず、波長 $\lambda_1$ の光の偏光状態を変えずに、波長 $\lambda_2$ の光の偏光状態を変えるものとすることもできる。

【0048】

また、液晶素子18に入射する光の偏光方向と、液晶分子18aの長軸方向を一致させることにより液晶素子から出射する光の位相を、印加する電圧の大きさに応じて変調することができる。例えば、波長選択旋光子10を出射した波長 $\lambda_1$ の光はZ方向の偏光方向で、波長 $\lambda_2$ の光はY方向の偏光方向となるよう設定することにより、波長 $\lambda_1$ の光は印加する電圧に応じて光の位相を変調させることができ、波長 $\lambda_2$ の光は印加する電圧の大きさにかかわらず位相が変化しない。また、液晶素子18のZ方向とY方向の面内に所望の位相の分布を形成することにより波長 $\lambda_1$ の波面形状を制御することができる。位相の分布を形成する方法として図示しないITOなどを分割することにより電圧分布を形成することにより発現することができる。このように波長によって液晶素子18に印加する電圧の大きさに応じて位相または波面形状を制御することができる。また、上記に限らず、波長 $\lambda_1$ の光の位相または波面形状を変えずに、波長 $\lambda_2$ の光の位相または波面の形状変えるものとすることもできる。

【0049】

(第2の実施形態)

本実施形態は、第1の実施形態の波長選択旋光子10と同じ構成において、コレステリック相液晶のピッチPの値を調整し、反射波長帯域を波長 $\lambda_1$ に対して短波長側に設定したものである。図5に屈折率の波長依存性の概念図を示すが、波長 $\lambda_1$ が反射波長帯域に対して長波長側にあるとともに $n(\lambda_1)$ がゼロではない値を有する。そして、同様に波長 $\lambda_1$ に対して $n(\lambda_1)$ の屈折率異方性とコレステリック相液晶層の膜厚によるリタデーションを調整して旋光角を決定することができる。入射する直線偏光の光に対して略直交する偏光状態の光を出射させるときは、上記(3)式を満足するように設計するとよい。

【0050】

また、これまでは入射する光を波長 $\lambda_1$ と波長 $\lambda_2$ の2つの異なる波長として説明したが、3つ以上の異なる波長においてそれぞれの波長における所望の旋光角を実現できるように反射波長帯域およびコレステリック相液晶層の膜厚を設定することができる。

【0051】

(第3の実施形態)

本実施形態は、第1の実施形態の波長選択旋光子10と同じ構成において、コレステリック相液晶のピッチPの値を調整し、反射波長帯域を波長 $\lambda_1$ と波長 $\lambda_2$ との間に設定したものである。また、図6に示すように波長 $\lambda_1$ と波長 $\lambda_2$ との間の波長として波長 $\lambda_4$  ( $\lambda_1 < \lambda_4 < \lambda_2$ ) に対する円偏光屈折率異方性 $n(\lambda_4)$ をゼロではない値を有す

10

20

30

40

50

るようにできれば2つの異なる波長 $\lambda_1$ および波長 $\lambda_4$ において所望の旋光角となる特性を有する波長選択旋光子を実現することができる。

【0052】

さらに、例えば、波長選択旋光子が、同一方向の直線偏光で入射する波長 $\lambda_1$ の光および、波長 $\lambda_4$ の光および波長 $\lambda_2$ の光に対してそれぞれ、 $-45^\circ$ 、 $+45^\circ$ および $0^\circ$ の旋光角となるように設定し、波長選択旋光子の光の出射側に少なくとも波長 $\lambda_1$ ～波長 $\lambda_2$ の波長帯域の光に対して1/4波長板の機能を有する、広帯域1/4波長板を配置または積層することもできる。このように組み合わせると、波長 $\lambda_1$ の光、波長 $\lambda_4$ の光および波長 $\lambda_2$ の光に対して、それぞれ円偏光、円偏光および直線偏光または直線偏光、直線偏光および円偏光、として偏光状態を制御することができる。なお、波長選択旋光子の光の出射側には広帯域1/4波長板に限らず、種々の機能を有する光学素子を配置することで高い自由度で偏光状態の設計が可能となる。

10

【0053】

(第4の実施形態)

第1～3の実施形態は、波長選択旋光子10として1つのコレステリック相(高分子)液晶層を用いて各波長の光に対して所望の旋光角を得るものとして説明したが、例えば、旋光特性が異なる2つ以上のコレステリック相(高分子)液晶層を光路中に配置するものであってもよく、この場合、より自由度の高い設計が実現できる。図示しないが、本実施形態の波長選択旋光子は、例えば、1枚の透明基板の両側に2つ以上のコレステリック相(高分子)液晶層が形成される構成を有するものであってもよい。

20

【0054】

このように2層以上のコレステリック液晶層を含む波長選択旋光子として、例えば、第2の実施形態に係る図5の特性を有する層を第1のコレステリック相液晶層とし、第3の実施形態に係る図6の特性を有する層を第2のコレステリック相液晶層とする。このとき、波長 $\lambda_1$ における円偏光屈折率異方性 $n(\lambda_1)$ が、第1のコレステリック相液晶層、第2のコレステリック相液晶層いずれも等しい場合、これらを透過する波長 $\lambda_1$ の光は、第1のコレステリック相液晶層で旋光した方向と、第2のコレステリック相液晶層で旋光した方向とが互いに逆になり、旋光角が相殺されるので、波長選択旋光子に入射する直線偏光のまま出射する。

【0055】

一方、波長 $\lambda_4$ の光( $\lambda_1 < \lambda_4 < \lambda_2$ )における円偏光屈折率異方性 $n(\lambda_4)$ は、第1のコレステリック相液晶層では略0であって旋光せず、第2のコレステリック相液晶層のみで旋光角を調整することができる。さらに、波長 $\lambda_2$ の光における円偏光屈折率異方性 $n(\lambda_2)$ は、第1のコレステリック相液晶層および第2のコレステリック相液晶層においていずれも略0であるので、波長選択旋光子に入射する直線偏光のまま出射する。このように、例えば、特性の異なる2つのコレステリック相液晶層を備える波長選択旋光子を用いることで、波長 $\lambda_4$ のみの光に対して特定の旋光角を与えるように設計することができる。また、波長選択旋光子は、コレステリック相液晶層を3層以上有するものであってもよい。2層以上のコレステリック相液晶層の組合せとして、液晶分子のねじれ方向が光の進行方向に対して右回りのみ、左回りのみに限らず、右回りと左回りのものを含んで構成されていてもよい。また、同じ円偏光屈折率の波長依存性を有するコレステリック相液晶層を有するものあってもよい。

30

40

【0056】

(光ヘッド装置の実施形態)

本実施形態は、波長選択旋光子を具備した光ヘッド装置であり、図7に模式図を示す。光ヘッド装置20は、Blu-ray(登録商標)またはHDDVD、DVDおよびCDをそれぞれ再生・記録できるものである。なお、Blu-rayまたはHDDVDの高密度光記録媒体は405nm波長帯(385～420nm)、DVDは660nm波長帯(640～675nm)、CDは785nm波長帯(770～800nm)のレーザ光を用いる。

50

## 【 0 0 5 7 】

なお、光ヘッド装置 20 は、これら 3 つの異なる波長のレーザ光に対して単一の偏光ビームスプリッタ、単一の 1 / 4 波長板および単一の対物レンズを用いて実現する構成にしようとする、部品点数が少なくなることが期待できる。しかし、これら広帯域にわたるレーザ光すべてに対して偏光状態を制御したり高い光利用効率を実現したりしようすることが困難である。また、3 つの波長に対してそれぞれ個別に偏光ビームスプリッタ、1 / 4 波長板および対物レンズを設けると、偏光状態の制御性および高い利用効率を得ることが可能となるが、部品点数が多くなるため小型化が困難である。本実施形態は、後述するように 3 つのレーザ光を 2 つの光路に分離して、偏光状態の制御、高い光利用効率および小型化を実現できる例を示すものである。なお、上記 3 つの異なる波長をすべて同じ光路であって対物レンズを共有すると、これら全ての波長に対する有効な集光特性が得られないため、405 nm 波長帯の光路と、660 nm 波長帯と 785 nm 波長帯とを共有する光路と、の 2 つに分離してそれぞれに対物レンズを配置する光学系が考えられる。

10

## 【 0 0 5 8 】

光源 21 は、2 種類または 3 種類の波長の直線偏光の光を出射する構成としてもよい。かかる構成の光源としては、2 個または 3 個の半導体レーザチップが同一基板上にマウントされた、所謂ハイブリッド型の 2 波長レーザ光源または 3 波長レーザ光源や、互いに異なる波長の光を出射する 2 個または 3 個の発光点を有するモノリシック型の 2 波長レーザ光源または 3 波長レーザ光源でもよい。ここで、光源から発射する光はいずれも X 軸方向に進行し、Z 軸方向に振動する直線偏光の光として説明する。

20

## 【 0 0 5 9 】

光源 21 から発射された光はコリメータレンズ 22 で平行光となり、波長選択旋光子 10 に入射する。波長選択旋光子 10 は、405 nm 波長帯の光は約 90° 旋光し、660 nm 波長帯および 785 nm 波長帯の光に対しては旋光しない、つまり旋光角が約 0° となる特性を有するものを配置する。つまり、第 1 の実施形態および第 2 の実施形態の波長選択旋光子の特性である図 2 および図 5 において  $\theta_1$  が 405 nm、 $\theta_2$  が 660 nm、図示しない  $\theta_3$  ( $> \theta_2$ ) が 785 nm として設定したものである。ここで、光ヘッド装置 20 において、405 nm 波長帯の光路を実線で示し、光源 21 から高密度光記録媒体 27a に到達するまでの光路を往路 31a とし、高密度光記録媒体 27a から光検出器 28 に到達するまでの光路を復路 31b として示す。また、660 nm 波長帯および 785 nm 波長帯の光路を点線で示し、光源 21 から DVD / CD 27b に到達するまでの光路を往路 32a とし、DVD / CD 27b から光検出器 28 に到達するまでの光路を復路 32b として示す。

30

## 【 0 0 6 0 】

Z 方向に振動する 405 nm 波長帯の光は波長選択旋光子 10 で 90° 旋光して Y 方向に振動する直線偏光の光となり、偏光ビームスプリッタ 23 に入射する。偏光ビームスプリッタは Y 方向に振動する光を高密度記録媒体 27a の方向に偏向させ、1 / 4 波長板 25a および対物レンズ 26a を透過し、高密度記録媒体 27a の情報記録面に集光させる。反射された復路の光 31b は、対物レンズ 26a および 1 / 4 波長板 25a を透過し、X 軸方向に振動する直線偏光の光となり、偏光ビームスプリッタ 23 を直進透過して光検出器 28 に到達する。

40

## 【 0 0 6 1 】

一方、Z 方向に振動する 660 nm および 785 nm の光は波長選択旋光子 10 では偏光状態を変えずに X 方向に進行し、偏光ビームスプリッタ 23 を直進透過する。偏光ビームスプリッタ 23 を透過した光はミラー 24 によって DVD / CD 27b の方向に反射し、(広帯域) 1 / 4 波長板 25b および対物レンズ 26b を透過し、DVD / CD の情報記録面に集光させる。反射された光は、対物レンズ 26b および (広帯域) 1 / 4 波長板を透過し、ミラーによって偏光ビームスプリッタ 23 に向かって Y 方向に振動して進行する。この復路の光 32b は、偏光ビームスプリッタ 23 で光検出器の方向へ反射されて到達する。

50

## 【0062】

このように、3つの異なる波長のレーザ光を使用する光ヘッド装置において波長選択旋光子10を用いることで、各光ディスクに到達するまでの往路の光の偏光状態を制御でき、部品点数の削減および小型化が可能で設計自由度が高い光ヘッド装置を実現できる。なお、本実施形態では、405nm波長帯を90°の旋光角としたが、これに限らず、旋光角は光ヘッド装置の光学部品の配置やレーザ光の偏光方向によって自由に調整することができる。

## 【0063】

## (実施例1)

実施例では、図1を参照にして波長選択旋光子の具体的な作製方法を説明する。図示しない低反射コートを施した透明基板11a、11b上にポリイミド膜を塗布・焼成し、ポリイミド膜表面にラビングを施して配向膜12a、12bとした。配向膜を施した透明基板を、直径約15 $\mu$ mの図示しないスペーサを散布して配向膜を対向させるように重ねた。405nmの波長の光に対する常光屈折率( $n_o$ )が1.56、異常光屈折率( $n_e$ )が1.74のネマチック液晶にねじり力(Helical Twist Power:HTP)が36.5のカイラル剤を9.4wt%添加したコレステリック相液晶を配向膜の間に注入し、波長365nmの紫外線を照射して重合・高分子化し、コレステリック相液晶層13を形成した。このとき、コレステリック相液晶層の厚さ方向のピッチPは約300nmであり、選択反射波長 $\lambda_0$ が約470nmに相当する波長選択旋光子が実現できた。

## 【0064】

作製した波長選択旋光子に対して、透明基板面に垂直な方向より350~800nmの範囲の直線偏光の光を入射させたときに射出する直線偏光の光の旋光角を調べた。図8に入射波長に対する旋光角を示す。選択反射波長 $\lambda_0$ が470nmであるので、470nm近辺では入射光は反射される。また、405nmの光に対して、旋光角は87°、660nmは-7°、785nmは-2°となった。したがって、この波長選択旋光子を光ヘッド装置20に配置した場合、良好な特性を得ることができた。

## 【0065】

## (実施例2)

カイラル剤の添加量およびコレステリック相液晶層の厚さを変えた以外は実施例1と同じ構成である波長選択旋光子を作製する。405nmの波長の光に対する常光屈折率( $n_o$ )が1.56、異常光屈折率( $n_e$ )が1.74のネマチック液晶にHTPが36.5のカイラル剤を13.5wt%添加したコレステリック相液晶を配向膜の間に注入し、波長365nmの紫外線を照射して重合・高分子化し、膜厚14 $\mu$ mのコレステリック相液晶層13を形成する。このとき、コレステリック相液晶層の厚さ方向のピッチPは約200nmであり、選択反射波長 $\lambda_0$ が約340nmに相当する波長選択旋光子が実現できた。

## 【0066】

上記波長選択旋光子に対して旋光角の計算を実施したところ、405nmの光に対して、旋光角は-45°、660nmは-1.5°、785nmは-0.5°となり、405nmの波長に対してのみ旋光子として機能する波長選択旋光子を実現することができた。

## 【0067】

## (実施例3)

カイラル剤の添加量およびコレステリック相液晶層の厚さを変えた以外は実施例1、実施例2と同じ構成である波長選択旋光子を作製する。405nmの波長の光に対する常光屈折率( $n_o$ )が1.56、異常光屈折率( $n_e$ )が1.74のネマチック液晶にねじり力HTPが36.5のカイラル剤を7.4wt%添加したコレステリック相液晶を配向膜の間に注入し、波長365nmの紫外線を照射して重合・高分子化し、膜厚18 $\mu$ mのコレステリック相液晶層13を形成する。このとき、コレステリック相液晶層の厚さ方向のピッチPは約370nmであり、選択反射波長 $\lambda_0$ が約590nmに相当する波長選択旋

10

20

30

40

50

光子が実現できた。

【0068】

上記波長選択旋光子に対して旋光角の計算を実施したところ、405nmの光に対して、旋光角は91°、660nmは-44°、785nmは-8°となり、405nmおよび660nmの2波長に対してだけ旋光子として機能する波長選択旋光子を実現することができた。

【0069】

(実施例4)

カイラル剤の添加量およびコレステリック相液晶層の厚さを変えた以外は実施例1~3と同じ構成である波長選択旋光子を作製する。405nmの波長の光に対する常光屈折率( $n_o$ )が1.56、異常光屈折率( $n_e$ )が1.74のネマチック液晶にねじり力HTPが36.5のカイラル剤を7.8wt%添加したコレステリック相液晶を配向膜の間に注入し、波長365nmの紫外線を照射して重合・高分子化し、膜厚28μmのコレステリック相液晶層13を形成する。このとき、コレステリック相液晶層の厚さ方向のピッチPは約350nmであり、選択反射波長 $\lambda_0$ が約560nmに相当する波長選択旋光子が実現できた。

10

【0070】

上記波長選択旋光子に対して旋光角の計算を実施したところ、405nmの光に対して、旋光角は-47°、660nmは-41°、785nmは-9°となり、405nmおよび660nmの2波長に対してだけ旋光子として機能する波長選択旋光子を実現することができた。

20

【0071】

(比較例)

カイラル剤の添加量およびコレステリック相液晶層の厚さを変えた以外は実施例1、実施例2と同じ構成である波長選択旋光子を作製する。405nmの波長の光に対する常光屈折率( $n_o$ )が1.56、異常光屈折率( $n_e$ )が1.74のネマチック液晶にねじり力HTPが36.5のカイラル剤を6.7wt%添加したコレステリック相液晶を配向膜の間に注入し、波長365nmの紫外線を照射して重合・高分子化し、膜厚16μmのコレステリック相液晶層13を形成する。このとき、コレステリック相液晶層の選択反射波長 $\lambda_0$ が約660nmに相当する波長選択旋光子が実現できた。

30

【0072】

上記波長選択旋光子に対して旋光角の計算を実施したところ、直線偏光が入射するとき、405nmの光に対して、旋光角は89°、785nmは-14°となる。しかし、反射波長帯域となる660nmの直線偏光に対して円偏光の光となり、また、透過率も約半分となるので、旋光子として有用に機能しない。

【産業上の利用可能性】

【0073】

以上のように、特定の波長の直線偏光の光に対して一定の旋光角で旋光させて出射させるだけでなく、異なる波長の直線偏光の光に対しても旋光角を制御して出射させるかまたは、偏光状態を変えずに出射させる、制御性のよい波長選択旋光子を実現でき、光ヘッド装置などの光学系に利用することができ有用である。

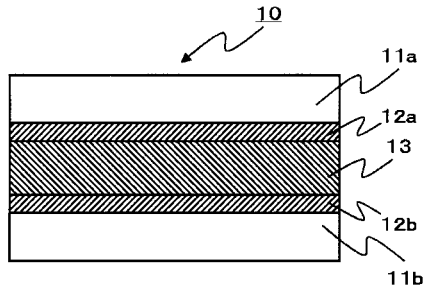
40

【0074】

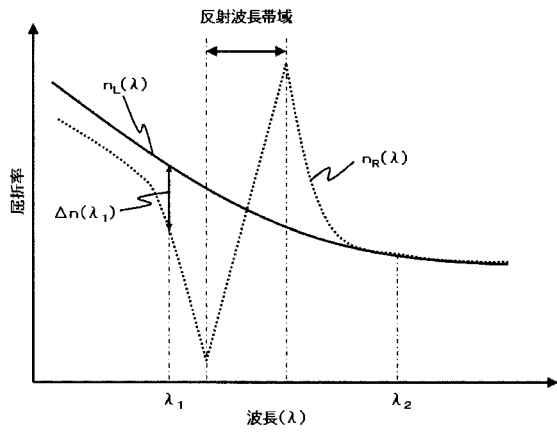
本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2008年2月27日出願の日本特許出願2008-046268に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

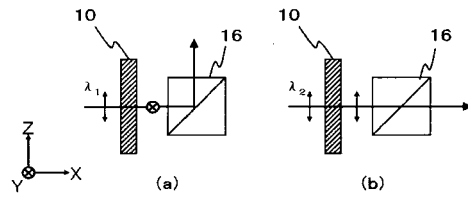
【図1】



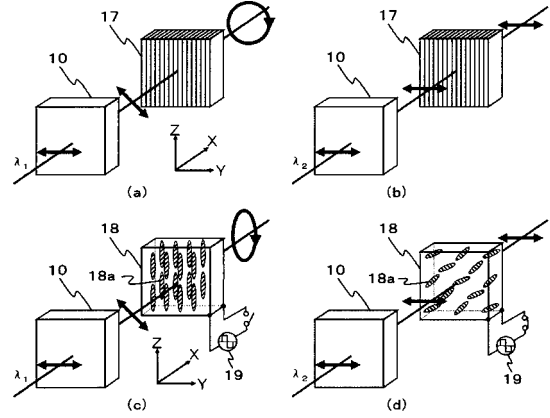
【図2】



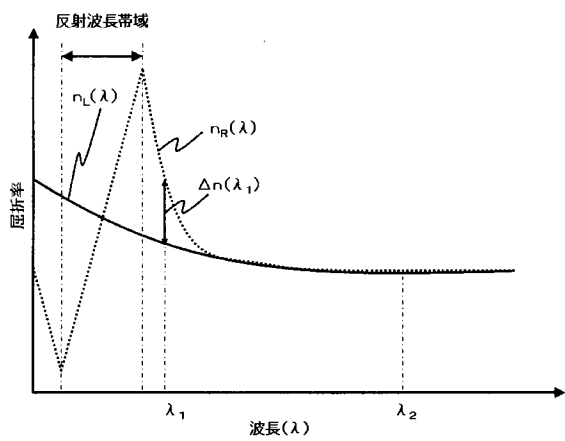
【図3】



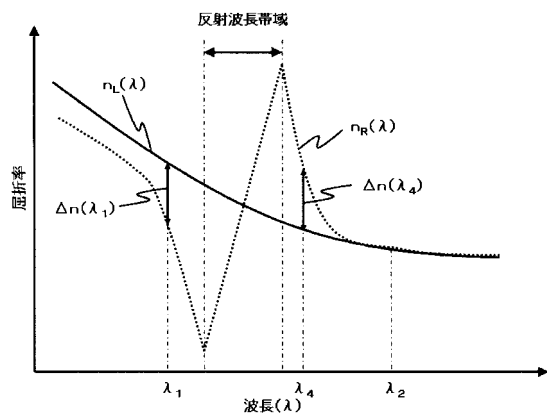
【図4】



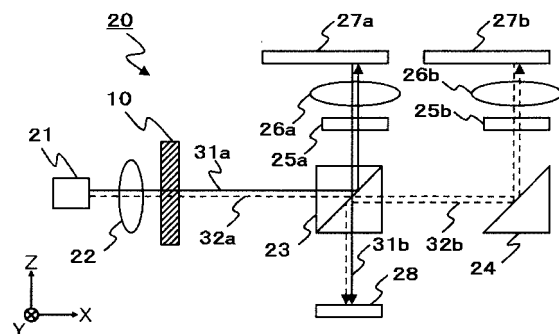
【図5】



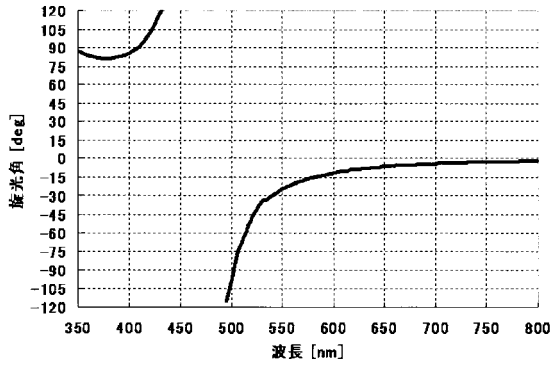
【図6】



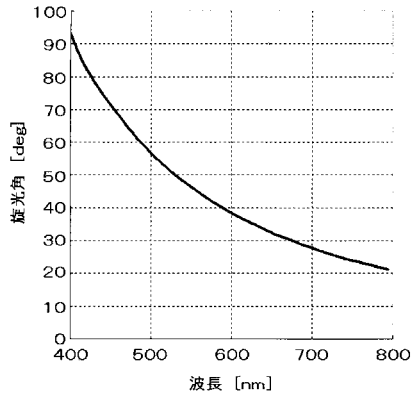
【図7】



【 8 】



【 9 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-290017(JP,A)  
特開2002-14228(JP,A)  
特開2005-84266(JP,A)  
特開2006-72155(JP,A)  
特開2006-73116(JP,A)  
特開2007-317315(JP,A)  
特開2008-226405(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B	7/135
G02B	5/30