(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5240190号
(P5240190)
(45)発行日　平成25年7月17日(2013.7.17)　(24)登録日　平成25年4月12日(2013.4.12)

(51)Int.Cl.　　F I
G02B 5/30 (2006.01)　　G02B 5/30
G11B 7/135 (2012.01)　　G11B 7/135 A

請求項の数 1　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2009-509341 (P2009-509341)
(86)(22)出願日　平成20年4月7日(2008.4.7)
(86)国際出願番号　PCT/JP2008/056895
(87)国際公開番号　WO2008/126828
(87)国際公開日　平成20年10月23日(2008.10.23)
審査請求日　平成23年2月15日(2011.2.15)
(31)優先権主張番号　特願2007-101982 (P2007-101982)
(32)優先日　平成19年4月9日(2007.4.9)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　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　100070150
弁理士　伊東　忠彦
(72)発明者　小野　元司
東京都千代田区有楽町一丁目１２番１号
旭硝子株式会社内

審査官　井上　博之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】位相差板の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
レーザ光をレンズ、または凹面鏡によりガラス板内部または表面に焦点を結ぶよう集光照射し、ガラス板またはレーザ光を走査することで複屈折領域を形成し、一軸性複屈折を誘起する位相差板の製造方法であって、
前記レーザ光は、波長が１９０～１１００ｎｍ、パルス幅が１ｎｓ以上１０ｍｓ以下、繰り返し周波数がｆのレーザ光であり、
前記ガラス板は厚さは、０．１ｍｍ以上、５ｍｍ以下であり、
前記ガラス板への照射フルエンスをＦ（Ｊ／ｃｍ^2）、レーザ集光径をｄ（ｃｍ）、走査速度をｓ（ｃｍ／ｓ）として、照射フルエンスＦと前記レーザ集光径内のレーザ照射回数ｄ・ｆ／ｓとの積であるＦ・ｄ・ｆ／ｓが、２０００Ｊ／ｃｍ^{2}以上、７６０００Ｊ／ｃｍ^{2}以下であることを特徴とする位相差板の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、位相差板および位相差板の製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
光の位相や偏光を制御するために、様々な光学機器に用いられる位相差板には、複屈折結晶である水晶や雲母、一軸配向させた高分子（液晶等）が広く用いられている。複屈折

結晶である水晶や雲母を、例えば直線偏光を円偏光に変換するための１／４波長板に使用する場合には、これらの結晶を結晶軸に対して平行に切り出し、位相差が１／４波長になるような厚さに鏡面研磨して作製される。一軸配向高分子の場合は、電場や延伸等の外力を加え所望の位相差になるように配向処理を行い作製する。一般に高分子系の位相差板の場合、高分子の波長分散のため、その複屈折は短波長ほど大きく、長波長ほど小さくなり理想的な位相差板と反対の複屈折を有することとなる。それを解決するために、特許文献１には、セルロースエステルフィルムにおいて芳香族環を少なくとも２つ有し、２つの芳香族環の立体配座を立体障害しない分子構造を有する化合物を含む技術が記載されている。また、特許文献２、３には、ポリマーに対して液晶を添加することで、液晶セルの屈折率異方性の温度変化に追随して、リタデーションが温度変化する温度補償効果による複屈折の変化を抑制する技術が記載されている。

【特許文献１】特開２００１－９１７４３号公報
【特許文献２】特開平８－２７８４１０号公報
【特許文献３】特開平８－１９００９４号公報

【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００３】
しかしながら、水晶は結晶育成に時間とコストがかかり、また雲母は天然材料のため数量に限りがある。従って双方とも材料費自体が非常に高価である。また切り出しや研磨といった後工程もあり非常に高価になってしまう。

【０００４】
また配向高分子系位相差板は、安価に作製できるといったメリットがあるが、高分子を一軸に配向させるための電場や延伸等の制御が困難で面内の位相差分布が前述の結晶タイプに比べ大きく、また熱的、光学的、化学的耐久性にも劣る。

【０００５】
特許文献１に記載の発明に使用されるセルロースエステルフィルムでは、その吸水性のために加水分解、寸法変形、配向緩和等が生じ、位相差およびその位相差波長分散を実用レベルで長期間保持することができず、光学的な位相差板として耐久性に問題がある。

【０００６】
また、特許文献２、３に開示された発明では、実使用に絶えうる耐候性を有する位相差板を得ようとした場合、ガラス転移温度の非常に高い限られたポリマーとなる可能性が高い。さらに、液晶自体の価格面において、位相差板の原料となるポリマーに対して液晶が一般に高価であり、非常に高価なものとなってしまうなどの問題があった。

【０００７】
このように低価格性、高耐久性、広帯域性を備えるような位相差板は存在しないのが現状である。本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、低価格かつ高耐久性、広帯域性を備え、容易に製造できる位相差板およびその製造方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明は、厚さが０．１ｍｍ以上５ｍｍ以下のガラス板であって、前記ガラス板は、前記ガラス板表面に略平行な帯状の複屈折領域を複数有し、前記帯状の複屈折領域は前記帯状の複屈折領域の軸方向が互いに一致し、前記ガラス板表面に略平行に形成されており、さらに波長５４０ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が８０～４５０ｎｍである位相差板を提供する。

【０００９】
また、本発明は、波長４８６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が１００～１５０ｎｍであり、かつ波長６５６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が１３０～２００ｎｍである前記位相差板を提供する。

【００１０】
また、本発明は、波長４８６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が２００～３０

０ｎｍであり、かつ波長６５６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が２６０～４００ｎｍである前記位相差板を提供する。

【００１１】

また、本発明は、波長７００～１２００ｎｍの光の透過率が２０％以下である前記位相差板を提供する。

【００１２】

また、本発明は、波長４００ｎｍ以下の光の透過率が１０％以下である前記位相差板を提供する。

【００１３】

また、本発明は、前記位相差板を備える光学ローパスフィルターを提供する。

【００１４】

また、本発明は、レーザ光をレンズ、または凹面鏡によりガラス板内部または表面に焦点を結ぶよう集光照射し、ガラス板またはレーザ光を走査することで複屈折領域を形成し、一軸性複屈折を誘起する位相差板の製造方法であって、前記レーザ光は、波長が１９０～１１００ｎｍ、パルス幅が１ｎｓ以上１０ｍｓ以下、繰り返し周波数がｆのレーザ光であり、前記ガラス板は厚さは、０．１ｍｍ以上、５ｍｍ以下であり、前記ガラス板への照射フルエンスをＦ（Ｊ／ｃｍ^2）、レーザ集光径をｄ（ｃｍ）、走査速度をｓ（ｃｍ／ｓ）として、照射フルエンスＦと前記レーザ集光径内のレーザ照射回数ｄ・ｆ／ｓとの積であるＦ・ｄ・ｆ／ｓが、２０００Ｊ／ｃｍ^{2}以上、７６０００Ｊ／ｃｍ^{2}以下であることを特徴とする位相差板の製造方法を提供する。

【００１５】

また、本発明は、前記レーザ光の走査が、前記ガラス板表面に対して平行直線である位相差板の製造方法を提供する。

【００１６】

また、本発明は、前記レーザ光の走査が、ガラス板表面からの焦点深さ位置を変化させずに複数回繰り返す位相差板の製造方法を提供する。

【００１７】

また、本発明は、前記レーザ光走査における前記ガラス板表面からの焦点深さ位置が、複数存在する位相差板の製造方法を提供する。

【００１８】

また、本発明は、前記レーザ光が、ビーム分岐素子により複数ビームに分岐され、ガラスに照射される位相差板の製造方法を提供する。

【００２０】

また、本発明は、前記レーザ光が、連続発振した炭酸ガスレーザ光であり、前記ガラス板への照射パワー密度をＰＤ（Ｗ／ｃｍ^2）、レーザ集光径をｄ（ｃｍ）、走査速度をｓ（ｃｍ／ｓ）として、照射パワー密度ＰＤと前記レーザ集光径通過時間ｄ／ｓの積であるＰＤ・ｄ／ｓが１２０～２００Ｊ／ｃｍ^{2}以下である位相差板の製造方法を提供する。

【発明の効果】

【００２１】

本発明によれば、低価格、高耐久性、広帯域性を備える位相差板および位相差板製造方法が実現可能となる。また、他の光機能を有するガラス部品に位相差板機能を付与することが可能となり、光学部品点数の削減やコンパクト化に貢献する。

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１】本発明の位相差板製造方法の一例を示す概念図

【図２】本発明の位相差板の一例を示す概念図

【図３】本発明の位相差板製造方法の他の一例を示す概念図

【図４】本発明の位相差板の他の一例を示す概念図

【図５】本発明の実施例２および３における、照射パワー密度×照射径通過時間とリタデーションの関係を示す図

【図６】本発明の位相差板製造方法の他の一例を示す概念図
【図７】本発明のレーザ照射部積層数とリタデーション値との関係を示す図
【図８】本発明の実施例５における、偏光変換機能を示す図
【図９】本発明のレーザ出力と走査速度とリタデーション値との関係を示す図
【符号の説明】
【００２３】
１：ガラス板
２：レーザ光
３：レンズ
４：レーザ光走査領域
５：ビーム分岐素子
１０：レーザ光走査領域周囲の複屈折領域
１１：円筒レンズ（シリンドリカルレンズ）
１２：ラインビーム
【発明を実施するための最良の形態】
【００２４】
本発明の位相差板は、厚さが０．１ｍｍ以上５ｍｍ以下のガラス板から形成される。ガラス板の厚さが５ｍｍ超であると、光学部品の小型化を図れないおそれがあり、２ｍｍ以下の厚さが光学部品の小型化の点から好ましい。０．１ｍｍ未満であると位相差板として充分な強度が保持できないおそれがある。強度保持の点からは、ガラス板の厚さは０．３ｍｍ以上が好ましい。
【００２５】
本発明は、波長５４０ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が８０～４５０ｎｍ、好ましくは１３４～２７１ｎｍである位相差板を提供する。波長５４０ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が、８０～４５０ｎｍであると、ＣＣＤなどの固体撮像素子への入射光に対してや、液晶プロジェクターやＣＤ、ＤＶＤのピックアップ素子などの光源光に対して、種々の位相差を有する位相差板を構成することが可能となる。
【００２６】
さらに、波長４８６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が１００～１５０ｎｍであり、かつ波長６５６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が１３０～２００ｎｍである前記位相差板であれば、可視光全域で１／４波長板としての機能を有し、ＣＣＤなどの固体撮像素子や液晶プロジェクター、ＣＤ、ＤＶＤのピックアップ素子に必要な光学部品の１／４波長板として使用できる。
【００２７】
理想的な１／４波長板としては、波長４８６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が１２１．５ｎｍであり、かつ波長６５６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が１６４ｎｍであるが、通常の物質は正常分散性を有するので、屈折率は短波長ほど大きくなり結果としてリタデーション値は短波長ほど大きくなる。ガラスの場合、従来の高分子等の有機物を使用した場合と異なり、屈折率の波長分散は比較的小さい。従って、ガラスを使用した場合、前述の波長４８６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が１００～１５０ｎｍであり、かつ波長６５６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が１３０～２００ｎｍの範囲に収めることが可能となる。そのため、ガラスを使用した場合には、高分子等の有機物を使用した場合に比較して、広い帯域で所望のリタデーション値が得られる。この範囲内のリタデーション値であれば、可視光全域を対象にしたＣＣＤ等に用いられる１／４波長板として必要な機能を十分に有する。
【００２８】
また、波長４８６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が２００～３００ｎｍであり、かつ波長６５６ｎｍの入射光で測定したリタデーション値が２６０～４００ｎｍである前記位相差板であれば、１／２波長板としての十分な機能を有し、液晶プロジェクター、ＣＤ、ＤＶＤのピックアップ素子に不可欠な光学部品の１／２波長板として用いること

ができる。

【００２９】

さらに、本発明の位相差板は、波長７００～１２００ｎｍの光の透過率が２０％以下、好ましくは１０％以下である近赤外線カットフィルター機能を有することができる。このような波長特性を有する位相差板を用いると、ＣＣＤなどの固体撮像素子への入射光に対して色調などの画質低下の原因となる近赤外線の影響を排除できる。位相差板に近赤外カットフィルター機能を備えていると、光学的ローパスフィルタの部品点数削減、低価格化が可能となる。

【００３０】

波長７００～１２００ｎｍの光の透過率が２０％以下である近赤外線カットフィルター機能は、このような波長の近赤外線を反射する金属膜を形成するか、近赤外線を吸収する金属イオンをガラス中に含有させることなどによって得られる。

【００３１】

近赤外線を反射する金属膜の組成としては、銀等が使用可能である。金属膜を形成する方法は特に限定されず、物理蒸着法や化学蒸着法などのドライコーティングが使用できる。ここで物理蒸着法（ＰＶＤ）とは、蒸着法（真空蒸着法、電子ビーム蒸着法、イオンビーム蒸着法）、イオンプレーティング法、スパッタリング法などである。スパッタリング法としては、ＤＣスパッタリング法、ＲＦスパッタリング法、マグネトロンスパッタリング法、ＥＣＲスパッタリング法およびイオンビームスパッタリング法（レーザアブレーション法）などが挙げられる。また、化学蒸着法（ＣＶＤ）とは、熱ＣＶＤ、プラズマＣＶＤ、光ＣＶＤなどである。

【００３２】

このような中でも、蒸着法によって形成することが好ましい。また、スパッタリング法およびイオンプレーティング法は精度良く層厚を制御できる点で好ましい。

【００３３】

ガラス中に含有させ、近赤外線を吸収する金属イオンとしては、銅イオンや鉄イオンが使用可能である。使用可能なガラスの種類としては、特に限定されることはなく、ソーダライムガラス、ホウ珪酸ガラスやフツ燐酸ガラスなどが挙げられる。このような近赤外線を吸収する金属イオン含有ガラスとしては、鉄イオン含有ソーダライムガラスや銅イオン含有フツ燐酸ガラスなどが挙げられる。

【００３４】

このような組成のガラス板に、レーザ光を走査することにより、上記のような近赤外線をカットする機能を一体化した位相差板が作製できる。

【００３５】

また、本発明の位相差板は、波長４００ｎｍ以下の光の透過率が１０％以下、好ましくは５％以下である紫外線カットフィルター機能を備えることが、やはり、色調などの画質低下の点から望ましい。紫外線カットフィルターとしては、ガラス表面に誘電体多層膜等を形成したものなどが挙げられる。

【００３６】

以下図面を用いて本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【００３７】

図１は、本発明の位相差板製造方法の一例を示す概念図である。ガラス板１内部に焦点を結ぶことが可能なレーザ光２をレンズ３で集光照射し、その焦点深さ位置は変化させず、ガラス板１を手前から奥にＹ方向に直線走査させる。その結果、ガラス板１内部にレーザ光２が直線的に照射された帯状部分４には、走査方向と同一方向に引っ張り応力が発生し主軸（異方性軸）を持つ帯状の複屈折領域がレーザ照射領域４の内部およびレーザ照射領域４の周囲１０に形成される。

【００３８】

本発明の実施の形態では、上記のようにガラス板１自体を走査してもよいが、これとは逆に、ガラス板１を固定してレーザ光２を直線的に走査してもよい。

【００３９】
図２は、ガラス板１の表面から略平行な位置に、帯状の複屈折領域を複数有する位相差板の形態の一例を示す概念図である。図１による位相差板の製造方法において、ガラス板１をＹ方向に直線走査させた後、レーザ光の照射によって形成された複屈折領域１０が、次のレーザ光の照射によって形成される複屈折領域１０と重ならない距離だけ、ガラス板１を移動させる。その後、再びＹ方向にガラス板１を直線的に走査させる。この操作を複数回繰り返すことにより、ガラス板１の表面から略平行な位置に複数の帯状の複屈折領域を有する位相差板が得られる。
【００４０】
図３は、ビーム分岐素子５によりレーザ光２を複数ビームに分岐したビームで一度に大面積の位相差板を製造する方法の一例を示す概念図である。図３では、レーザ光２はビーム分岐素子５により３本のレーザ光に分岐し、レンズ３で集光照射し、その焦点深さ位置は変化させず、図１と同様にガラス板１を手前から奥にＹ方向に直線的に走査させる。そのため、ガラス板１内部には、同時に３本の直線的にレーザ照射された帯状部分４を形成することが可能となる。その結果、ガラス板１またはレーザ光の走査方向と同一方向に引っ張り応力が発生し、主軸（異方性軸）を持つ帯状の複屈折領域が、レーザ照射領域４の内部および周囲に、３本同時に形成される。図３の位相差板の製造方法で得られる位相差板の形態は、基本的に図２と同様である。
【００４１】
図４は、ガラス板１の厚さ方向（Ｚ方向）に、より大きなリタデーションを持つ位相差板を作製する場合の位相差板製造方法の一例を示す概念図である。ガラス板１の厚さ方向内に層状に複数の複屈折領域を形成することでリタデーション値を増加させている。
【００４２】
本形態は、図１～３による製造方法において、レーザ光２の焦点深さ位置を変え、ガラス板１を手前から奥にＹ方向に直線的に走査させるか、或いはガラス板１を固定してレーザ光を直線的に走査することで容易に実現可能である。この場合、ガラス板１の深い層から複屈折領域を形成することが集光ビームの収差の観点から望ましい。また、帯状の複数の複屈折誘起領域は、図４に示したようにガラス板の厚さ方向に重ならないことが好ましい。複屈折誘起領域が、ガラス板の厚さ方向に重なると、トータルの複屈折量が縞状になり、均一化されないからである。リタデーションが位相差板として所望の値であれば、層状に形成される複数の複屈折誘起領域は、ガラス板の厚さ方向に連続していてもよいし、それぞれの複屈折領域が、ガラス板の厚さ方向に離隔して存在していてもよい。
【００４３】
図６は、本発明の位相差板製造方法の別の一例を示す概念図である。ガラス板１内部に焦点を結ぶことが可能なレーザ光２を円筒レンズ（シリンドリカルレンズ）１１で集光照射しガラス内部にラインビーム１２を形成する。そのラインビームの深さ位置は変化させず、ガラス板１をラインビーム１２の長手方向と垂直な方向へ直線走査させる。その結果、ガラス板１内部にレーザ光２が直線的に走査された平板状部分４には、走査方向と同一方向に引張り応力が発生し主軸（異方性軸）を持つ平板状の複屈折領域が形成される。
【００４４】
円筒レンズを用いて、高いレーザビーム出力で高速に走査することにより、高いリタデーションを有する複屈折領域を一回の走査で得ることが可能となり、効率的に１／４波長板等の位相差版を作製することが可能となる。
【００４５】
また、炭酸ガスレーザのようにガラスによる吸収が非常に大きいレーザ光は、ガラス板に炭酸ガスレーザを照射すると、ガラス板表面でレーザ光が吸収されてガラス板表面にリタデーションが生じる。炭酸ガスレーザをガラス板の一方の表面のみから照射して得られるリタデーションより高いリタデーションを得るためには、さらにガラス板の一方の表面と対向する面から炭酸ガスレーザを照射すればよい。
【００４６】

レーザ照射時から照射後に到るまで、ガラスを冷却すると引っ張り応力値が増大し、結果として誘起される複屈折量が高くなりより位相差の大きな位相差板が作製可能である。冷却の方法としては、送風やガラスホルダー自体をペルチェ素子等で冷却する方法が挙げられる。

【００４７】

本発明で使用するガラス板には、ソーダライムガラスやホウ珪酸ガラス、シリカガラスなどを用いることが可能であるが、使用するレーザ波長における吸収係数を高めるために、遷移金属を少量ドープしたガラスでも構わない。また、ガラス自体が近赤外線をカットするなど特有の機能を有するガラスであってもよい。

【００４８】

本発明で使用するレーザとしては、ガラス板内部に焦点を結ぶことが可能なレーザおよびガラスの吸収率の高いレーザが使用できる。

【００４９】

ガラス板内部に焦点を結ぶことが可能なレーザを用いる場合には、波長が１９０～１１００ｎｍ、パルス幅が１ｎｓ以上１０ｍｓ以下、繰り返し周波数がｆのレーザ光であり、ガラス板への照射フルエンスをＦ（Ｊ／ｃｍ^2）、レーザ集光径をｄ（ｃｍ）、走査速度をｓ（ｃｍ／ｓ）として、照射フルエンスＦとレーザ集光径内のレーザ照射回数ｄ・ｆ／ｓとの積であるＦ・ｄ・ｆ／ｓが７６０００Ｊ／ｃｍ^{2}以下、好ましくは５００００Ｊ／ｃｍ^{2}以下となる必要がある。ここで、照射フルエンスは、単位面積あたりの１パルスの照射エネルギーであり、単位面積の平均出力を繰り返し周波数で除した数値である。また、レーザ集光径内のレーザ照射回数ｄ・ｆ／ｓは、レーザがその集光径分の距離を移動する間に、何回パルスが照射されたかを表わしている。この数値に上述の照射フルエンスを乗ずることで、走査しながらレーザ光を照射した場合のレーザ集光部の単位面積あたりに照射される全エネルギーとなる。

【００５０】

波長が１９０ｎｍ未満であると光学部品の吸収が大きく、特殊なレーザ照射光学系が必要となり好ましくない。また、１１００ｎｍ超であると高出力な短パルスレーザが存在しないため、波長が１９０～１１００ｎｍのレーザが使用される。パルス幅が１ｎｓ未満だと照射エネルギーが熱拡散が起きる前にレーザ照射が停止するため、熱加工が困難で応力付与が不可能な点で使用することは難しい。一方で、パルス幅が１０ｍｓ以上だと、パルスのピークパワー（尖頭値）が低くなり、ガラスへの十分な熱エネルギー付与が行えず熱加工が困難である。ガラス板への照射フルエンスＦと照射径内の照射回数ｄ・ｆ／ｓとの積が７６０００Ｊ／ｃｍ^{2}超であるとクラック発生の点から使用することは難しい。照射フルエンスＦと照射径内の照射回数ｄ・ｆ／ｓとの積が小さすぎると複屈折領域が生じにくいので、照射フルエンスＦと照射径内の照射回数ｄ・ｆ／ｓとの積は好ましくは２０００Ｊ／ｃｍ^{2}以上、特には５０００Ｊ／ｃｍ^{2}以上が好ましい。

【００５１】

上記のようなガラス板内部に焦点を結ぶことが可能なレーザとしては、エキシマレーザ（ＫｒＦ：波長２４８ｎｍ、ＡｒＦ：波長１９３ｎｍ）が好適であるが、ガラスの吸収率の低い波長を有するＹＡＧレーザ基本波（波長１０６４ｎｍ）やＹＡＧレーザの２倍波（波長５３２ｎｍ）、ＹＡＧレーザの３倍波（波長３５５ｎｍ）、チタンサファイアレーザ（波長８００ｎｍ）等も十分使用可能である。上記レーザは、パルス発振したものの方がピークパワーが大きく好適であるが、連続発振（ＣＷ）したものも使用可能である。

【００５２】

また、ガラスの吸収率の高い波長を有する炭酸ガスレーザ（波長１０．６μｍ）も使用可能である。炭酸ガスレーザ光のガラス板への照射パワー密度をＰＤ（Ｗ／ｃｍ^2）、レーザ集光径をｄ（ｃｍ）、走査速度をｓ（ｃｍ／ｓ）として、照射パワー密度ＰＤとレーザ集光径通過時間ｄ／ｓの積は２００Ｊ／ｃｍ^{2}以下、好ましくは１９０Ｊ／ｃｍ^{2}以下である。２００Ｊ／ｃｍ^{2}を超えるとガラス板に割れなどが生じるためである。

【００５３】

また、炭酸ガスレーザの場合、ガラスによる吸収が大きいため、複屈折領域はガラス表面に限られる。そこで、図４に示す複屈折形成領域の多層化はガラス板の一方の表面と対向する面との２層にしか形成できない。従って、ガラス板の表面と対向する面の２層で８０ｎｍのリタデーションを得るためには、１層あたり４０ｎｍのリタデーションを形成する必要がある。このためには、照射パワー密度×照射径通過時間とリタデーションとの関係を示す図５より照射パワー密度ＰＤとレーザ集光径通過時間ｄ／ｓの積として必要な数値は、１２０Ｊ／ｃｍ^{2}以上となることがわかる。ここで、照射パワー密度は、単位面積あたりの照射パワーであり、平均出力を照射面積で除した数値である。また、レーザ集光径通過時間ｄ／ｓは、レーザがその集光径分の距離を移動する時間を表わしており、この値に上述の照射パワー密度を乗ずることで、走査しながら照射した場合のレーザ集光部の単位面積あたりの全照射エネルギーとなる。

【００５４】

本発明の光学ローパスフィルターは、位相差板、複屈折板、赤外線カット層や紫外線カット層からなるものである。本発明の光学ローパスフィルターは、位相差板による直線偏光を円偏光に変換する機能、複屈折板による被写体像を垂直方向および水平方向に分離する機能、色モアレの抑制、赤外線カット層による赤かぶりの抑制などの機能などを有し、ＣＣＤなどの撮像素子の前面に備えられるものである。本発明の位相差板を用いて光学ローパスフィルターを作製するためには、レーザを照射し、リタデーション値が１／４波長になるように作製したガラス板に、赤外線カット層や紫外線カット層を積層し、更に両面に水晶複屈折板を積層することにより作製できる。

または、銅イオンや鉄イオンを含有させたガラスにレーザ照射し、リタデーション値が１／４波長になるように作製したものの両面に水晶複屈折板を積層することによっても作製できる。

【００５５】

本発明の製造法により位相差板（１／４波長板）を形成すると、通常の光学ローパスフィルター構成で用いられる水晶１／４波長板、近赤外カットフィルター、紫外線カットフィルターを一枚で構成することが可能なので、光学ローパスフィルターが薄型化でき好ましい。

【実施例】

【００５６】

以下に本発明をより詳細に説明するために実施例を示す。例１、２、４および５は実施例、例３は比較例である。本発明の解釈はこれらの例によって何ら制限されるものではない。

【００５７】

（例１）

厚さ１ｍｍのソーダライムガラス板にパルスＹＡＧレーザの３倍波（波長３５５ｎｍ、パルス幅２５ｎｓ）を約φ１μｍに集光照射し、走査速度５ｍｍ／ｓで、集光レンズはＮＡ０．４２の対物レンズを用い、ガラス板表面から２００μｍ内部に焦点を結んだ状態で、ガラス板を直線状に走査して複屈折を誘起した。その後に、先程照射した部分の上部１００μｍに焦点を結んだ状態で、前述と同一条件でＹＡＧ３倍波レーザを照射した。使用したＹＡＧレーザはコヒーレント社製ＡＶＩＡ－Ｘで、平均出力１Ｗ、繰り返し周波数８０ＫＨｚで使用した。王子計測機器社製複屈折計（ＫＯＢＲＡ－ＣＣＤ）を用いて、レーザ照射部のリタデーションを波長５４０ｎｍの入射光で測定すると、レーザ照射部に沿って幅約１００μｍの領域に約１００ｎｍのリタデーションが誘起できたことを確認した。またクロスニコル観察より、その主軸（異方性軸）の方向はガラス板の走査方向と同一方向であることが確認された。

【００５８】

（例２）

厚さ３ｍｍのソーダライムガラス板表面にＣＷ発振している炭酸ガスレーザ（波長１０．６μｍ）を焦点距離１００ｍｍのレンズでφ３００μｍのスポットに集光照射し、走査

速度８ｍｍ／ｓでガラス板を直線状に走査し複屈折を誘起した。レーザの平均出力を２Ｗから０．５Ｗずつ増やしていき照射部のリタデーションをセナルモン法で測定した。その結果、レーザ出力と共にリタデーション値が増加し、３．５Ｗで照射した時に最大１０８ｎｍのリタデーション値を得た。照射パワー密度×照射径通過時間とリタデーションの関係を図５に示す。

【００５９】

また、３．５Ｗの平均出力で、ガラス板の表面にレーザ照射した後、ガラス板の裏面にも表面に照射した場所に重なるよう３．５Ｗでレーザ照射した結果、片側照射だけの時に比べ約２倍の２００ｎｍのリタデーション値を得ることができた。このときの照射パワー密度×照射径通過時間は１８５．８Ｊ／ｃｍ^{2}あった。

【００６０】

誘起される複屈折は、レーザ光の平均出力および走査速度、走査方向を制御することにより、その主軸の方向やリタデーション値を制御することが可能である。その結果、任意の方向に任意のリタデーション値を持つ位相差板を作製する事が可能である。このようにガラス板に簡単に所望の主軸方向、所望の位相差を付与することが可能であり、本発明の位相差板はガラスにレーザ照射しただけのものなので、他のどのような位相差板よりも低価格で高耐久性である。

【００６１】

（例３）

例２と同様に、ＣＷ発振している炭酸ガスレーザを平均出力４Ｗ以上で照射すると、ガラス板に割れが発生した。この時の照射パワー密度×照射径通過時間は、２１２．３Ｊ／ｃｍ^{2}であった。

【００６２】

（例４）

厚さ３ｍｍのソーダライムガラス内部にパルスＹＡＧレーザの３倍波（波長３５５ｎｍ、パルス幅２５ｎｓ）をＮＡ０．４２の対物レンズで集光照射し、レーザ出力２Ｗ、繰返し周波数８０ＫＨｚ、走査速度１０ｍｍ／ｓで直線的に走査して複屈折を誘起した。レーザ光を厚さ方向に１００μｍ間隔で照射（積層）したものを作製し、積層数とリタデーション値の関係を測定した。その結果、積層数とリタデーション値の間に比例の関係があり、積層数を増やす事でリタデーション値の増加が可能でλ／２板も作製可能な事が分る。積層数とリタデーション値の間の関係を図７に示す。

【００６３】

例１ではレーザ出力１Ｗ、走査速度５ｍｍ／ｓで複屈折を誘起したので、多数回走査を行わないと約１００ｎｍのリタデーションを有する１／４波長板を作製できなかった。しかし、レーザ出力２Ｗ、走査速度１０ｍｍ／ｓという条件を用いることにより、走査回数を減少させることが可能となり、効率的に１／４波長板および１／２波長板が製作できた。レーザ出力と走査速度を増加させていった場合のリタデーション値の増加の様子を図９に示す。図９よりレーザ出力と走査速度を上げる事でリタデーション値を簡単に増加させる事が可能で、例えば出力４Ｗのレーザ光を集光し４０ｍｍ／ｓで走査すれば、単層（一走査）で約１００ｎｍ以上のリタデーションを誘起でき、単層で１／４波長板が作製可能であることが分る。

【００６４】

（例５）

厚さ３ｍｍのソーダライムガラス内部にパルスＹＡＧレーザの３倍波（波長３５５ｎｍ、パルス幅２５ｎｓ）をＮＡ０．４２の対物レンズで集光照射し、レーザ出力２Ｗ、繰返し周波数８０ＫＨｚ、走査速度１０ｍｍ／ｓで直線的に走査して複屈折を誘起した。レーザ光を同一深さ位置内で３ｍｍ走査することを４０μｍ間隔で１００回実施したものを、深さ方向に１００μｍ間隔で４回実施した。その結果、３ｍｍ×３ｍｍの領域に１１６ｎｍのリタデーションが均一に誘起できた。このようにして作製された位相差板に、該位相差板の主軸方向に対して同一方向と４５度傾いた波長４８８ｎｍの直線偏光を入射させ、

出射部に偏光子を配し透過光強度を、偏光子を回転させモニターした。その結果を図８に示す。

【００６５】

破線が、位相差板の主軸方向と同一方向の偏光を入射させた場合で、実線が位相差板の主軸方向と４５度傾いた偏光を入射させた場合である。４５度傾けた場合、図８に示す様に偏光子の回転角に依存せず透過光強度がほぼ一定であり、位相差板は１／４波長板の機能を有し、直線偏光が円偏光に変換されたことがわかる。

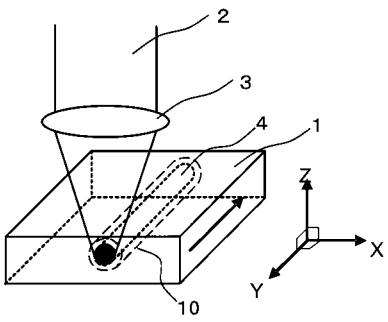
【産業上の利用可能性】

【００６６】

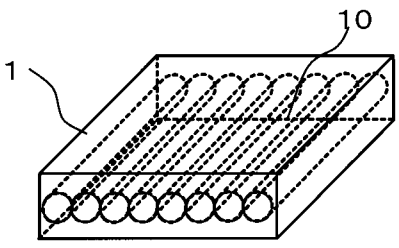
本発明は、位相差板（波長板）は勿論のこと、位相マスク、液晶プロジェクターに用いられる偏光変換素子、固体撮像素子に用いられる光学的ローパスフィルター、光ピックアップ素子、アイソレータ等の光学部品として利用することが可能である。

なお、２００７年４月９日に出願された日本特許出願２００７－１０１９８２号に記載の明細書、特許請求の範囲、図面及び要約書の全内容をここに引用し、本発明の明細書の開示として、取り入れるものである。

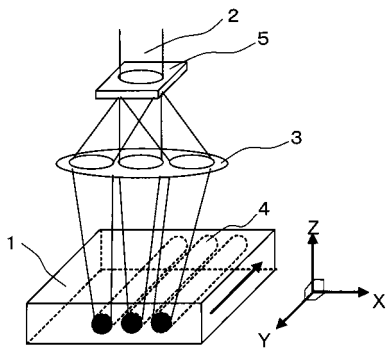
【図１】



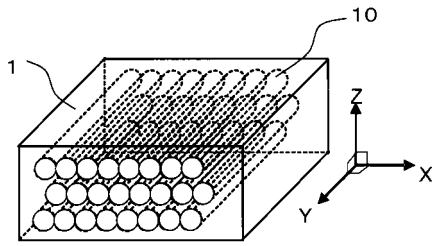
【図２】



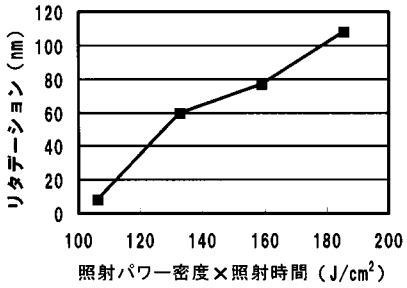
【図３】



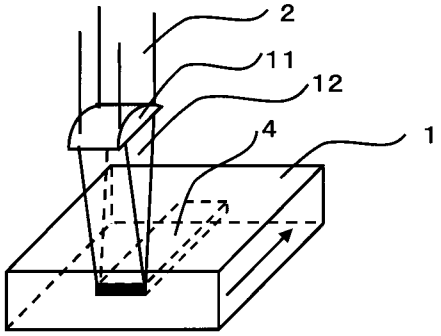
【図４】



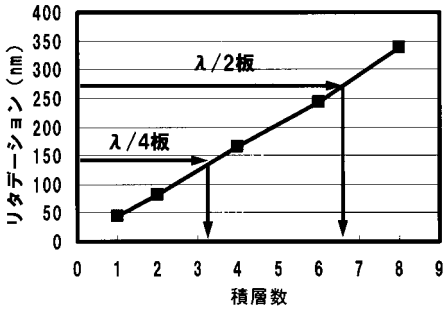
【図５】


リタデーション（nm）
120
100
80
60
40
20
0
100
120
140
160
180
200
照射パワー密度×照射時間（J/cm²）

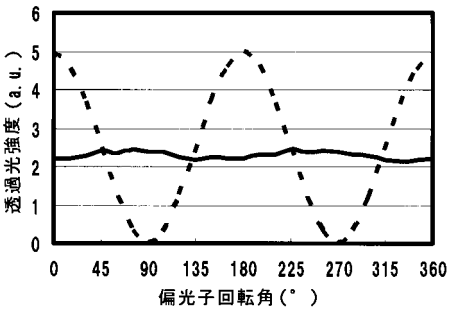
【図６】


2
11
12
4
1

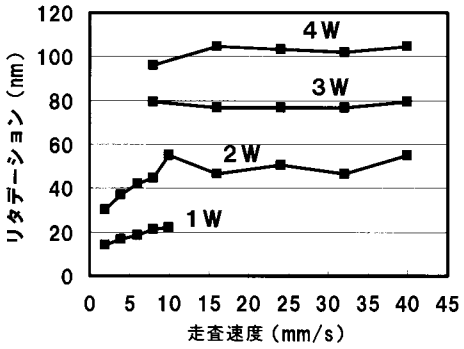
【図７】


リタデーション（nm）
400
350
300
250
200
150
100
50
0
λ/2板
λ/4板
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
積層数

【図８】


透過光強度（a.u.）
6
5
4
3
2
1
0
0
45
90
135
180
225
270
315
360
偏光子回転角（°）

【図９】


リタデーション（nm）
120
100
80
60
40
20
0
4W
3W
2W
1W
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
走査速度（mm/s）

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００７－０８６５５６（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－０３４１３９（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１４５３２７（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２５２０２７（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２１２８０５（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２３８３４２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ　　５／３０
Ｇ１１Ｂ　　７／１３５