(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年2月22日(22.02.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/038894 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 5/30 (2006.01) *G02B 5/00* (2006.01)
G01J 3/18 (2006.01) *G02B 5/04* (2006.01)
G01J 3/447 (2006.01) *G02B 5/18* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/029708

(22) 国際出願日： 2023年8月17日(17.08.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2022-130696 2022年8月18日(18.08.2022) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社(**FUJIFILM CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布２丁目２６番３０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 齊藤 之人(**SAITOH Yukito**); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 矢内 雄二郎(**YANAI Yujiro**); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 久永 和也(**HISANAGA Kazuya**); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

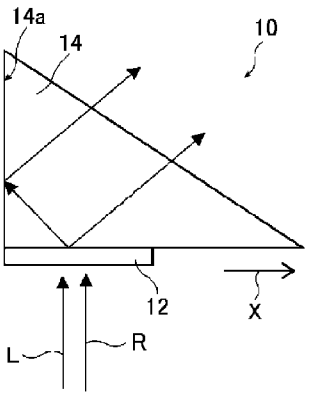
(74) 代理人: 伊東 秀明, 外 (**ITOH Hideaki** et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町２丁目３番３号 ザイマックス岩本町ビル６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

(54) **Title:** OPTICAL ELEMENT

(54) 発明の名称： 光学素子



(57) **Abstract:** The present invention addresses the problem of providing an optical element with which the utilization efficiency of spectral light can be improved. The problem is solved by having a liquid crystal diffraction element and a prism having a first surface that is in contact with the liquid crystal diffraction element directly or via another layer, wherein: the liquid crystal diffraction element includes an optically anisotropic layer having a liquid crystal alignment pattern in which the direction of an optical axis derived from a liquid crystal compound is changing while continuously rotating along at least one direction in a plane; and the prism has a second surface that reflects one of light beams separated due to the diffraction by the liquid crystal diffraction element.

(57) 要約：分光した光の利用効率を向上できる光学素子の提供を課題とする。液晶回折素子と、液晶回折素子と直接接するまたは他の層を介して接する第１面を有するプリズムとを有し、液晶回折素子が、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する光学異方性層を含み、プリズムが、液晶回折素子による回折で分離された光の一方を反射する第２面を有することにより、課題を解決する。

WO 2024/038894 A1

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 光学素子

技術分野

[0001] 本発明は、液晶回折素子によって入射光を分光する光学素子に関する。

背景技術

[0002] 入射光を回折して透過する液晶回折素子が知られている。

このような液晶回折素子として、液晶化合物を含む液晶組成物を用いて形成された光学異方性層を有する液晶回折素子が知られている。

[0003] 例えば、特許文献１には、ブラッグ条件にしたがって、内部を通過する光の伝播の方向を変更するように構成されている液晶副層等の複数の積層複屈折副層を備え、この積層複屈折副層が、それぞれの格子周期を画定するように、積層複屈折副層の隣接するものの間のそれぞれの境界面に沿って変化する局所光軸を備える液晶回折素子（光学素子）が記載されている。

この液晶回折素子において、積層複屈折副層を構成する複屈折副層は、引用文献１の図２等に示されるように、棒状液晶化合物の向き、すなわち液晶化合物に由来する光学軸の向きが、一方向に向かって連続的に回転する液晶化合物の配向パターンを有する。

[0004] 特許文献１に記載されるような液晶化合物の配向パターン（液晶配向パターン）を有する液晶回折素子は、入射した光を、波長に応じた角度で回折（屈折）できる。また、同じ波長の光であれば、一定の角度で光を回折できる。

液晶配向パターンを有する液晶回折素子は、このような特性を利用して、各種の用途に利用可能である。例えば、この液晶回折素子は、入射光を多数の波長域に分光して撮影する、ハイパースペクトルカメラにおける分光素子として、好適に利用可能である。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特表２０１７－５２２６０１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] このような液晶回折素子は、入射光を回折して分光することはできる。

その反面、液晶回折素子は、偏光に応じて、入射光を２つの異なる方向に分離するように回折する。そのため、液晶回折素子を分光素子として用いるハイパースペクトルカメラ等の装置は、分光した光を全て利用することが困難であり、すなわち、分光した光の利用効率が低いという問題がある。

[0007] 本発明の目的は、このような従来技術の問題点を解決することにあり、液晶回折素子を用いて入射光を分光する光学素子において、分光した光の利用効率を向上できる光学素子を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] この課題を解決するために、本発明の光学素子は、以下の構成を有する。

［１］ 液晶回折素子と、液晶回折素子と直接接するまたは他の層を介して接する第１面を有するプリズムとを有し、

液晶回折素子が、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する光学異方性層を含み、

プリズムが、液晶回折素子による回折で分離された光の一方を反射する第２面を有する、光学素子。

［２］ 光学異方性層において、液晶化合物が厚さ方向に沿って螺旋状に捩れ配向している、［１］に記載の光学素子。

［３］ 液晶回折素子が、液晶化合物が厚さ方向に沿って螺旋状に捩れ配向している光学異方性層を、少なくとも２層、有し、その内の２層の光学異方性層は、厚さ方向に沿う液晶化合物の捩じれ方向が逆である、［１］または［２］に記載の光学素子。

［４］ プリズムの第１面と第２面とが成す角度が７０～１１０°である、［１］～［３］のいずれかに記載の光学素子。

［５］　液晶回折素子による回折で分離され、第２面で反射された光と、第２面に入射しなかった光とが、プリズムの同一面から出射される、［１］～［４］のいずれかに記載の光学素子。

発明の効果

[0009]　本発明の光学素子によれば、液晶回折素子を用いて入射光を分光する光学素子において、分光した光の利用効率を向上できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は、本発明の光学素子の一例を概念的に示す図である。

[図2]図２は、液晶回折素子の一例を概念的に示す図である。

[図3]図３は、図２に示す液晶回折素子の光学異方性層の平面図である。

[図4]図４は、図２に示す液晶回折素子の光学異方性層の作用を示す概念図である。

[図5]図５は、図２に示す液晶回折素子の光学異方性層の作用を示す概念図である。

[図6]図６は、液晶回折素子の別の例を概念的に示す図である。

[図7]図７は、図２に示す液晶回折素子の配向膜を露光する露光装置の一例を概念的に示す図である。

[図8]図８は、液晶回折素子の作用を概念的に示す図である。

[図9]図９は、本発明の光学素子を用いる分光素子の一例を概念的に示す図である。

[図10]図１０は、本発明の光学素子の別の例を概念的に示す図である。

[図11]図１１は、本発明の光学素子を用いる分光素子の一例を概念的に示す図である。

[図12]図１２は、本発明の光学素子の別の例を概念的に示す図である。

[図13]図１３は、本発明の実施例を説明するための概念図である。

[図14]図１４は、本発明の実施例を説明するための概念図である。

発明を実施するための形態

[0011]　以下、本発明の光学素子について、添付の図面に示される好適実施例を基

に詳細に説明する。

[0012] 本明細書において「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値を下限値および上限値として含む範囲を意味する。

本明細書において、「（メタ）アクリレート」は、「アクリレートおよびメタクリレートのいずれか一方または双方」の意味で使用される。

本明細書において、「同一」は、技術分野で一般的に許容される誤差範囲を含むものとする。また、本明細書において、「全部」、「いずれも」および「全面」などというとき、１００％である場合のほか、技術分野で一般的に許容される誤差範囲を含み、例えば９９％以上、９５％以上、または９０％以上である場合を含むものとする。

[0013] 本明細書において、可視光は、電磁波のうち、ヒトの目で見える波長の光であり、３８０～７８０ｎｍの波長域の光を示す。非可視光は、３８０ｎｍ未満の波長域および７８０ｎｍを超える波長域の光である。

また、これに限定されるものではないが、可視光のうち、４２０～４９０ｎｍの波長域の光は青色光であり、４９５～５７０ｎｍの波長域の光は緑色光であり、６２０～７５０ｎｍの波長域の光は赤色光である。さらに、これに限定されるものではないが、非可視光のうち、紫外線（紫外光）とは、３８０ｎｍ未満で２００ｎｍ以上の波長域の光であり、赤外線（赤外光）とは７８０ｎｍ超で１２０００ｎｍ以下の波長域の光である。

[0014] 図１に、本発明の光学素子の一例を概念的に示す。

図１に示す光学素子１０は、液晶回折素子１２と、プリズム１４とを有する。

後に詳述するが、液晶回折素子１２は、光学異方性層を有する（図２の符号２６）。光学異方性層は、液晶化合物に由来する光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する。

[0015] このような液晶配向パターンを有する光学異方性層、すなわち、このような光学異方性層を有する液晶回折素子１２は、無偏光の光が入射した際に、

入射光を波長に応じて分光すると共に、右円偏光Ｒ（右円偏光成分Ｒ）と、左円偏光Ｌ（左円偏光成分Ｌ）とを逆の方向に回折する。

言い換えれば、液晶回折素子１２（光学異方性層）は、入射した無偏光を回折することにより、無偏光を右円偏光と左円偏光とに分離して、逆の方向に回折（屈折）させる。

[0016] 本発明の光学素子１０において、液晶回折素子１２は、プリズム１４の１つの面に配置される。このプリズム１４が配置される面が、本発明における第１面である。

液晶回折素子１２は、一例として、図１に示すように、無偏光の入射光のうち、右円偏光Ｒを図中右方向に回折し、左円偏光Ｌを図中左方向に回折する。

液晶回折素子１２（光学異方性層）によって回折され、分離された光のうち、左方向に回折された光は、プリズム１４の第２面１４ａによって反射される。

液晶回折素子１２によって右方向に回折された光（左円偏光）、および、プリズム１４の第２面１４ａによって反射された光は、平行光になって、プリズム１４の同じ面から、同じ方向に出射される。なお、プリズム１４の第２面１４ａによって反射された光は、反射によって左円偏光に変換される。

従って、本発明によれば、液晶回折素子が分光した光を、高い利用効率で利用することができる。以上の点に関しては、後に詳述する。

[0017] 図２に、液晶回折素子の一例を概念的に示す。

図示例の液晶回折素子１２は、支持体２０、配向膜２４および光学異方性層２６を有する。

液晶回折素子１２において、光学異方性層２６は、液晶化合物３０を含む組成物を用いて形成されたものである。本発明において、光学異方性層２６は、液晶化合物３０に由来する光学軸の向きが、少なくとも一方向に沿って回転しながら連続的に変化する、所定の液晶配向パターンを有する。

[0018] なお、図示例の液晶回折素子１２は、支持体２０を有しているが、液晶回

折素子は、支持体２０を有さなくてもよい。例えば、図２に示す構成から、支持体２０を剥離して、配向膜２４および光学異方性層２６のみで液晶回折素子を構成してもよい。さらに、図２に示す構成から、支持体２０および配向膜２４を剥離して、光学異方性層２６のみで、液晶回折素子を構成してもよい。

あるいは、後述するプリズム１４の第１面を支持体として作用させてもよい。

すなわち、本発明の光学素子１０において、液晶回折素子１２は、液晶化合物を含む組成物を用いて形成された光学異方性層を有し、光学異方性層が、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有するものであれば、各種の層構成が利用可能である。

[0019] 上述のように、液晶回折素子１２は、支持体２０、配向膜２４および光学異方性層２６を有する。

液晶回折素子１２において、支持体２０は、配向膜２４および光学異方性層２６を支持するものである。

[0020] 支持体２０は、配向膜２４および光学異方性層２６を支持でき、かつ、分光の対象とする波長の光に対して、十分な透明性を有するものであれば、各種のシート状物（フィルム、板状物、層）が利用可能である。また、支持体は、可撓性を有するものでも、可撓性を有さないものでもよい。

支持体としては、一例として、ポリメチルメタクリレート等のポリアクリル系樹脂フィルム、セルローストリアセテート等のセルロース系樹脂フィルム、シクロオレフィンポリマー系フィルム、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）、ポリカーボネートおよびポリ塩化ビニル等の樹脂フィルム、ならびに、ガラス板等が利用可能である。シクロオレフィンポリマー系フィルムとしては、一例として、ＪＳＲ社製の商品名「アートン」、および、日本ゼオン社製の商品名「ゼオノア」等が例示される。

[0021] 支持体２０の厚さには、制限はなく、液晶回折素子１２の用途および支持

体２０の形成材料等に応じて、配向膜２４および光学異方性層２６を保持できる厚さを、適宜、設定すればよい。

[0022] 支持体２０には、紫外線吸収剤などの添加剤を加えてもよい。支持体２０に紫外線吸収剤として加えることで、液晶回折素子１２の耐光性を向上できる点で好ましい。

[0023] 液晶回折素子１２において、支持体２０の表面には配向膜２４が形成される。

配向膜２４は、液晶回折素子１２の光学異方性層２６を形成する際に、液晶化合物３０を所定の液晶配向パターンに配向するための配向膜である。

[0024] 後述するが、液晶回折素子１２において、光学異方性層２６は、液晶化合物３０に由来する光学軸３０Ａ（図３参照）の向きが、面内の一方向（後述する矢印Ｘ方向）に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する。従って、液晶回折素子１２の配向膜２４は、光学異方性層２６が、この液晶配向パターンを形成できるように形成される。

以下の説明では、『光学軸３０Ａの向きが回転』を単に『光学軸３０Ａが回転』とも言う。

[0025] 配向膜２４は、公知の各種のものが利用可能である。

例えば、ポリマーなどの有機化合物からなるラビング処理膜、無機化合物の斜方蒸着膜、マイクログルーブを有する膜、ならびに、ω－トリコサン酸、ジオクタデシルメチルアンモニウムクロライドおよびステアリル酸メチルなどの有機化合物のラングミュア・ブロジェット法によるＬＢ（Langmuir-Blodgett：ラングミュア・ブロジェット）膜を累積させた膜、等が例示される。

[0026] ラビング処理による配向膜は、ポリマー層の表面を紙または布で一定方向に数回こすることにより形成できる。

配向膜に使用する材料としては、ポリイミド、ポリビニルアルコール、特開平９－１５２５０９号公報に記載された重合性基を有するポリマー、特開２００５－９７３７７号公報、特開２００５－９９２２８号公報、および、

特開２００５－１２８５０３号公報記載の配向膜等の形成に用いられる材料が好ましく例示される。

[0027] 液晶回折素子１２において、配向膜２４は、光配向性の素材に偏光または非偏光を照射して配向膜とした、いわゆる光配向膜が好適に利用される。すなわち、液晶回折素子１２においては、配向膜として、支持体２０上に、光配向材料を塗布して形成した光配向膜が、好適に利用される。

偏光の照射は、光配向膜に対して、垂直方向または斜め方向から行うことができ、非偏光の照射は、光配向膜に対して、斜め方向から行うことができる。

[0028] 本発明に利用可能な光配向膜に用いられる光配向材料としては、例えば、特開２００６－２８５１９７号公報、特開２００７－７６８３９号公報、特開２００７－１３８１３８号公報、特開２００７－９４０７１号公報、特開２００７－１２１７２１号公報、特開２００７－１４０４６５号公報、特開２００７－１５６４３９号公報、特開２００７－１３３１８４号公報、特開２００９－１０９８３１号公報、特許第３８８３８４８号公報および特許第４１５１７４６号公報に記載のアゾ化合物、特開２００２－２２９０３９号公報に記載の芳香族エステル化合物、特開２００２－２６５５４１号公報および特開２００２－３１７０１３号公報に記載の光配向性単位を有するマレイミドおよび／またはアルケニル置換ナジイミド化合物、特許第４２０５１９５号および特許第４２０５１９８号に記載の光架橋性シラン誘導体、特表２００３－５２０８７８号公報、特表２００４－５２９２２０号公報および特許第４１６２８５０号に記載の光架橋性ポリイミド、光架橋性ポリアミドおよび光架橋性エステル、ならびに、特開平９－１１８７１７号公報、特表平１０－５０６４２０号公報、特表２００３－５０５５６１号公報、国際公開第２０１０／１５０７４８号、特開２０１３－１７７５６１号公報および特開２０１４－１２８２３号公報に記載の光二量化可能な化合物、特にシンナメート化合物、カルコン化合物およびクマリン化合物等が、好ましい例として例示される。

中でも、アゾ化合物、光架橋性ポリイミド、光架橋性ポリアミド、光架橋性エステル、シンナメート化合物、および、カルコン化合物は、好適に利用される。

[0029] 配向膜２４の厚さには、制限はなく、配向膜２４の形成材料に応じて、必要な配向機能を得られる厚さを、適宜、設定すればよい。配向膜２４の厚さは、０．０１～５μｍが好ましく、０．０５～２μｍがより好ましい。

[0030] 配向膜の形成方法には、制限はなく、配向膜の形成材料に応じた公知の方法が、各種、利用可能である。一例として、配向膜を支持体２０の表面に塗布して乾燥させた後、配向膜をレーザ光によって露光して、配向パターンを形成する方法が例示される。

[0031] 図７に、配向膜２４を露光して、上述した配向パターンを形成する露光装置の一例を、概念的に示す。

図７に示す露光装置６０は、レーザ６２を備えた光源６４と、レーザ６２が射出したレーザ光Ｍを光線ＭＡおよびＭＢの２つに分離するビームスプリッター６８と、分離された２つの光線ＭＡおよびＭＢの光路上にそれぞれ配置されたミラー７０Ａおよび７０Ｂと、λ／４板７２Ａおよび７２Ｂと、を備える。

なお、図示は省略するが、光源６４は直線偏光P_0を射出する。λ／４板７２Ａは、直線偏光P_0（光線ＭＡ）を右円偏光P_Rに、λ／４板７２Ｂは直線偏光P_0（光線ＭＢ）を左円偏光P_Lに、それぞれ変換する。

[0032] 配向パターンを形成される前の配向膜２４を有する支持体２０が露光部に配置され、２つの光線ＭＡと光線ＭＢとを配向膜２４上において交差させて干渉させ、その干渉光を配向膜２４に照射して露光する。

この際の干渉により、配向膜２４に照射される光の偏光状態が干渉縞状に周期的に変化するものとなる。これにより、配向膜２４において、配向状態が周期的に変化する配向パターンが得られる。

露光装置６０においては、２つの光線ＭＡおよびＭＢの交差角αを変化させることにより、配向パターンの周期を調節できる。すなわち、露光装置６

０においては、交差角αを調節することにより、液晶化合物３０に由来する光学軸３０Ａが一方向に沿って連続的に回転する配向パターンにおいて、光学軸３０Ａが回転する１方向における、光学軸３０Ａが１８０°回転する１周期の長さ（後述する１周期Λ）を調節できる。

このような配向状態が周期的に変化した配向パターンを有する配向膜上に、光学異方性層を形成することにより、後述するように、液晶化合物３０に由来する光学軸３０Ａが一方向に向かって連続的に回転する液晶配向パターンを有する、光学異方性層２６を形成できる。

また、λ／４板７２Ａおよび７２Ｂの光学軸を各々９０°回転することにより、光学軸３０Ａの回転方向を逆にすることができる。

[0033] なお、液晶回折素子において、配向膜は、好ましい態様として設けられるものであり、必須の構成要件ではない。

例えば、支持体２０をラビング処理する方法、支持体２０をレーザ光等で加工する方法等によって、支持体２０に配向パターンを形成することにより、光学異方性層２６等が、液晶化合物３０に由来する光学軸３０Ａの向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する構成とすることも、可能である。

[0034] 液晶回折素子１２において、配向膜２４の表面には、光学異方性層２６が形成される。

なお、後述する図４～図５においては、図面を簡略化して液晶回折素子１２の構成を明確に示すために、光学異方性層２６は、配向膜の表面の液晶化合物３０（液晶化合物分子）のみを示している。しかしながら、光学異方性層２６は、図２に概念的に示すように、通常の液晶化合物を含む組成物を用いて形成された光学異方性層と同様に、配向された液晶化合物３０が厚さ方向に積み重ねられた構造を有する。

[0035] 上述のように、液晶回折素子１２において、光学異方性層（液晶層）２６は、液晶化合物を含む組成物を用いて形成されたものである。光学異方性層２６は、面内レタデーションの値をλ／２に設定した場合に、一般的なλ／

２板としての機能、すなわち、光学異方性層に入射した光に含まれる互いに直交する２つの直線偏光成分に半波長すなわち１８０°の位相差を与える機能を有している。

[0036] 光学異方性層２６は、面内において、液晶化合物３０に由来する光学軸３０Ａの向きが、矢印Ｘで示す一方向に連続的に回転しながら変化する液晶配向パターンを有する。

なお、液晶化合物３０に由来する光学軸３０Ａとは、液晶化合物３０において屈折率が最も高くなる軸、いわゆる遅相軸である。例えば、液晶化合物３０が棒状液晶化合物である場合には、光学軸３０Ａは、棒形状の長軸方向に沿っている。

以下の説明では、『矢印Ｘで示す一方向』を単に『矢印Ｘ方向』とも言う。また、以下の説明では、液晶化合物３０に由来する光学軸３０Ａを、『液晶化合物３０の光学軸３０Ａ』または『光学軸３０Ａ』とも言う。

光学異方性層２６において、液晶化合物３０は、それぞれ、矢印Ｘ方向と、この矢印Ｘ方向と直交するＹ方向とに平行な面内に二次元的に配列している。なお、図２、および、後述する図４～図５では、Ｙ方向は、紙面に直交する方向となる。

[0037] 図３に、光学異方性層２６の平面図を概念的に示す。

なお、平面図とは、図２において、液晶回折素子１２を上方から見た図であり、すなわち、液晶回折素子１２を厚さ方向（＝各層（膜）の積層方向）から見た図である。言い換えれば、光学異方性層２６を主面と直交する方向から見た図である。なお、主面とは、シート状物の最大面であり、通常、シート状物の厚さ方向の両面である。

また、図３では、液晶回折素子１２の構成を明確に示すために、図２と同様、液晶化合物３０は配向膜２４の表面の液晶化合物３０のみを示している。しかしながら、光学異方性層２６は、厚さ方向には、図２に示されるように、この配向膜２４の表面の液晶化合物３０から、液晶化合物３０が積み重ねられた構造を有するのは、上述のとおりである。

[0038] 光学異方性層２６は、面内において、液晶化合物３０に由来する光学軸３０Ａの向きが、矢印Ｘ方向に沿って連続的に回転しながら変化する液晶配向パターンを有する。

液晶化合物３０の光学軸３０Ａの向きが矢印Ｘ方向（所定の一方向）に連続的に回転しながら変化しているとは、具体的には、矢印Ｘ方向に沿って配列されている液晶化合物３０の光学軸３０Ａと、矢印Ｘ方向とが成す角度が、矢印Ｘ方向の位置によって異なっており、矢印Ｘ方向に沿って、光学軸３０Ａと矢印Ｘ方向とが成す角度がθから$\theta+180°$あるいは$\theta-180°$まで、順次、変化していることを意味する。

なお、矢印Ｘ方向に互いに隣接する液晶化合物３０の光学軸３０Ａの角度の差は、４５°以下であるのが好ましく、１５°以下であるのがより好ましく、より小さい角度であるのがさらに好ましい。

[0039] 一方、光学異方性層２６を形成する液晶化合物３０は、矢印Ｘ方向と直交するＹ方向、すなわち、光学軸３０Ａが連続的に回転する一方向と直交するＹ方向では、光学軸３０Ａの向きが等しい液晶化合物３０が等間隔で配列されている。

言い換えれば、光学異方性層２６を形成する液晶化合物３０において、Ｙ方向に配列される液晶化合物３０同士では、光学軸３０Ａの向きと矢印Ｘ方向とが成す角度が等しい。

[0040] このような光学異方性層２６の液晶化合物３０の液晶配向パターンにおいて、面内で光学軸３０Ａの向きが連続的に回転して変化する矢印Ｘ方向における、液晶化合物３０の光学軸３０Ａが１８０°回転する長さ（距離）を、液晶配向パターンにおける１周期の長さΛとする。以下の説明では、この１周期の長さΛを、１周期Λともいう。言い換えれば、液晶配向パターンにおける１周期Λは、液晶化合物３０の光学軸３０Ａと矢印Ｘ方向とのなす角度がθから$\theta+180°$となるまでの距離により定義される。

すなわち、矢印Ｘ方向に対する角度が等しい２つの液晶化合物３０の、矢印Ｘ方向の中心間の距離を、１周期Λとする。具体的には、図２に示すよう

に、矢印Ｘ方向と光学軸３０Ａの方向とが一致する２つの液晶化合物３０の、矢印Ｘ方向の中心間の距離を、１周期Λとする。

液晶回折素子１２において、光学異方性層の液晶配向パターンは、この１周期Λを、矢印Ｘ方向すなわち光学軸３０Ａの向きが連続的に回転して変化する一方向に繰り返す。

[0041] 上述のように光学異方性層において、Ｙ方向に配列される液晶化合物は、光学軸３０Ａと矢印Ｘ方向（液晶化合物３０の光学軸の向きが回転する１方向）とが成す角度が等しい。この光学軸３０Ａと矢印Ｘ方向とが成す角度が等しい液晶化合物３０が、Ｙ方向に配置された領域を、領域Ｆとする。

この場合に、それぞれの領域Ｆにおける面内レタデーション（Ｒｅ）の値は、半波長すなわちλ／２であるのが好ましい。これらの面内レタデーションは、領域Ｆの屈折率異方性に伴う屈折率差Δｎと光学異方性層の厚さとの積により算出される。ここで、光学異方性層における領域Ｆの屈折率異方性に伴う屈折率差とは、領域Ｆの面内における遅相軸の方向の屈折率と、遅相軸の方向に直交する方向の屈折率との差により定義される屈折率差である。すなわち、領域Ｆの屈折率異方性に伴う屈折率差Δｎは、光学軸３０Ａの方向の液晶化合物３０の屈折率と、領域Ｆの面内において光学軸３０Ａに垂直な方向の液晶化合物３０の屈折率との差に等しい。つまり、上記屈折率差Δｎは、液晶化合物の屈折率差に等しい。

[0042] このような光学異方性層２６に円偏光が入射すると、光は、回折（屈折）され、かつ、円偏光の方向が変換される。

この作用を、図４に概念的に示す。なお、光学異方性層２６は、液晶化合物の屈折率差と光学異方性層の厚さとの積の値がλ／２であるとする。

図４に示すように、光学異方性層２６の液晶化合物の屈折率差と光学異方性層の厚さとの積の値がλ／２の場合に、光学異方性層２６に左円偏光Ｌが入射すると、左円偏光Ｌは、光学異方性層２６を通過することにより１８０°の位相差が与えられて、透過光は右円偏光Ｒに変換される。

また、光学異方性層２６に入射した左円偏光Ｌは、光学異方性層２６を通

過する際に、それぞれの液晶化合物３０の光学軸３０Ａの向きに応じて絶対位相が変化する。このとき、光学軸３０Ａの向きは、矢印Ｘ方向に沿って回転しながら変化しているため、光学軸３０Ａの向きに応じて、左円偏光Ｌの絶対位相の変化量が異なる。さらに、光学異方性層２６に形成された液晶配向パターンは、矢印Ｘ方向に周期的なパターンであるため、光学異方性層２６を通過する左円偏光Ｌには、図４に示すように、それぞれの光学軸３０Ａの向きに対応した矢印Ｘ方向に周期的な絶対位相Ｑ１が与えられる。これにより、矢印Ｘ方向に対して逆の方向に傾いた等位相面Ｅ１が形成される。

そのため、光学異方性層２６を透過する右円偏光Ｒは、等位相面Ｅ１に対して垂直な方向に向かって傾くように屈折され、入射光である左円偏光Ｌの進行方向とは異なる方向に進行する。このように、光学異方性層２６に入射した左円偏光Ｌは、入射方向に対して矢印Ｘ方向に一定の角度だけ傾いた、右円偏光Ｒに変換される。

[0043] 一方、図５に概念的に示すように、光学異方性層２６の液晶化合物の屈折率差と光学異方性層の厚さとの積の値がλ／２のとき、光学異方性層２６に右円偏光Ｒが入射すると、右円偏光Ｒは、光学異方性層２６を通過することにより、１８０°の位相差が与えられて、左円偏光Ｌに変換される。

また、右円偏光Ｒは、光学異方性層２６を通過する際に、それぞれの液晶化合物３０の光学軸３０Ａの向きに応じて絶対位相が変化する。このとき、光学軸３０Ａの向きは、矢印Ｘ方向に沿って回転しながら変化しているため、光学軸３０Ａの向きに応じて、右円偏光Ｒの絶対位相の変化量が異なる。さらに、光学異方性層２６に形成された液晶配向パターンは、矢印Ｘ方向に周期的なパターンであるため、光学異方性層２６を通過する右円偏光Ｒは、図５に示すように、それぞれの光学軸３０Ａの向きに対応した矢印Ｘ方向に周期的な絶対位相Ｑ２が与えられる。

ここで、入射光は右円偏光Ｒであるので、光学軸３０Ａの向きに対応した矢印Ｘ方向に周期的な絶対位相Ｑ２は、図４に示す左円偏光Ｌとは逆になる。その結果、右円偏光Ｒでは、左円偏光Ｌとは逆に矢印Ｘ方向に傾斜した等

位相面Ｅ２が形成される。

そのため、右円偏光Ｒは、等位相面Ｅ２に対して垂直な方向に向かって傾くように屈折され、右円偏光Ｒの進行方向とは異なる方向に進行する。このように、光学異方性層２６に入射した右円偏光Ｒは、入射方向に対して矢印Ｘ方向とは逆の方向に一定の角度だけ傾いた、左円偏光Ｌに変換される。

[0044] 従って、矢印Ｘ方向に沿って回転する、液晶化合物３０の光学軸３０Ａの回転方向を逆方向にすることにより、透過光の回折の方向を、逆方向にできる。

すなわち、図２～図５に示す例では、矢印Ｘ方向に向かう光学軸３０Ａの回転方向は時計回りである。これに対して、この光学軸３０Ａの回転方向を半時計回りにすると、入射光が左円偏光Ｌである場合には、透過光となる右円偏光Ｒは、矢印Ｘ方向とは逆方向に屈折され、入射光が右円偏光Ｒである場合には、透過光となる左円偏光Ｌは、矢印Ｘ方向に回折される。

[0045] 光学異方性層２６において、複数の領域Ｆの面内レタデーションの値は、半波長であるのが好ましい。特に、波長がλｎｍである入射光に対する光学異方性層２６の複数の領域Ｆの面内レタデーションＲｅ（λ）＝Δｎ$_{\lambda}$×ｄが下記式（１）に規定される範囲内であるのが好ましい。ここで、Δｎ$_{\lambda}$は、入射光の波長がλｎｍである場合の、領域Ｆの屈折率異方性に伴う屈折率差であり、ｄは、光学異方性層２６の厚さである。

０．７×（λ／２）ｎｍ≦Δｎ$_{\lambda}$×ｄ≦１．３×（λ／２）ｎｍ・・・（１）

すなわち、光学異方性層２６の複数の領域Ｆの面内レタデーションＲｅ（λ）＝Δｎ$_{\lambda}$×ｄが式（１）を満たしていれば、光学異方性層２６に入射した光の十分な量の円偏光成分を、矢印Ｘ方向に対して順方向または逆方向に傾いた方向に進行する円偏光に変換することができる。

面内レタデーションＲｅ（λ）＝Δｎ$_{\lambda}$×ｄは、０．８×（λ／２）ｎｍ≦Δｎ$_{\lambda}$×ｄ≦１．２×（λ／２）ｎｍがより好ましく、０．９×（λ／２）ｎｍ≦Δｎ$_{\lambda}$×ｄ≦１．１×（λ／２）ｎｍがさらに好ましい。

[0046] また、光学異方性層２６における、複数の領域Ｆの面内レタデーションの値は、上記式（１）の範囲外で用いることもできる。具体的には、Δｎ$_{\lambda}$×ｄ＜０．７×（λ／２）ｎｍまたは１．３×（λ／２）＜Δｎ$_{\lambda}$×ｄとすることで、入射光の進行方向と同一の方向に進行する光と、入射光の進行方向とは異なる方向に進行する光に分けることができる。Δｎ$_{\lambda}$×ｄがＯｎｍまたはλｎｍに近づくと入射光の進行方向と同一の方向に進行する光の成分は増加し、入射光の進行方向とは異なる方向に進行する光の成分は減少する。

[0047] ここで、光学異方性層２６に形成された液晶配向パターンの１周期Λを変化させることにより、透過光の回折の角度を調節できる。

具体的には、液晶配向パターンの１周期Λが短いほど、互いに隣接した液晶化合物３０を通過した光同士が強く干渉するため、透過光を大きく回折させることができる。すなわち、光学異方性層２６の法線方向から光を入射した場合には、液晶配向パターンの１周期Λが短いほど、法線方向と透過光（回折光）とが成す角度が大きくなる。

なお、法線方向とは、シート状物の主面などの平面と直交する方向である。

[0048] また、光学異方性層２６は、入射光の波長が長い程、透過光を大きく回折させることができる。すなわち、光学異方性層２６の法線方向から光を入射した場合には、入射光の波長が長いほど、法線方向に対する透過光（回折光）の角度が大きくなる。

従って、光学異方性層２６（液晶回折素子１２）は、入射光を、波長に応じて分光することができる。例えば、光学異方性層２６に法線方向から白色光を入射した場合には、法線方向と透過光とが成す角度は、赤色光が最も大きく、緑色光が２番目に大きく、青色光が最も小さいので、これにより、白色光を赤色光、緑色光および青色光に分光できる。

[0049] すなわち、光学異方性層２６（液晶回折素子１２）による回折の角度は、１周期Λと、入射光の波長λとによって『Λ／λ』によって決まる。

[0050] さらに、光学異方性層２６による回折は、波長が等しければ、入射光が右

円偏光Ｒであっても左円偏光Ｌであっても、回折（屈折）の角度は等しい。

例えば、光学異方性層２６に法線方向から波長５５０ｎｍの無偏光を入射した場合には、透過する右円偏光Ｒと法線方向とが成す角度、および、透過する左円偏光Ｌと法線方向とが成す角度は、等しい。

[0051] 光学異方性層２６は、棒状液晶化合物または円盤状液晶化合物を含む液晶組成物を硬化してなるものであり、棒状液晶化合物の光学軸または円盤状液晶化合物の光学軸が、上述のように配向された液晶配向パターンを有している。

支持体２０上に配向膜２４を形成し、配向膜２４上に液晶組成物を塗布、硬化することにより、液晶組成物の硬化層からなる光学異方性層２６を得ることができる。なお、いわゆるλ／２板として機能するのは光学異方性層２６であるが、本発明は、支持体２０および配向膜２４を一体的に備えた積層体がλ／２板として機能する態様を含む。

また、光学異方性層２６を形成するための液晶組成物は、棒状液晶化合物または円盤状液晶化合物を含有し、さらに、レベリング剤、配向制御剤、重合開始剤および配向助剤などのその他の成分を含有していてもよい。

[0052] 光学異方性層２６は、入射光の波長に対して広帯域であるのが好ましく、複屈折率が逆分散となる液晶材料を用いて構成されているのが好ましい。

また、液晶組成物に捩れ成分を付与することにより、および／または、異なる位相差板を積層することにより、入射光の波長に対して光学異方性層を実質的に広帯域にするのも好ましい。例えば、光学異方性層において、捩れ方向が異なる２層の液晶を積層することによって広帯域のパターン化されたλ／２板を実現する方法が特開２０１４－０８９４７６号公報等に示されており、本発明において好ましく使用することができる。

[0053] ―棒状液晶化合物―

棒状液晶化合物としては、アゾメチン類、アゾキシ類、シアノビフェニル類、シアノフェニルエステル類、安息香酸エステル類、シクロヘキサンカルボン酸フェニルエステル類、シアノフェニルシクロヘキサン類、シアノ置換

フェニルピリミジン類、アルコキシ置換フェニルピリミジン類、フェニルジオキサン類、トラン類およびアルケニルシクロヘキシルベンゾニトリル類が好ましく用いられる。以上のような低分子液晶性分子だけではなく、高分子液晶性分子も用いることができる。

[0054] 棒状液晶化合物を重合によって配向を固定することがより好ましく、重合性棒状液晶化合物としては、Ｍａｋｒｏｍｏｌ．　Ｃｈｅｍ．，　１９０巻、２２５５頁（１９８９年）、Ａｄｖａｎｃｅｄ　Ｍａｔｅｒｉａｌｓ　５巻、１０７頁（１９９３年）、米国特許４６８３３２７号明細書、同５６２２６４８号明細書、同５７７０１０７号明細書、国際公開第９５／２２５８６号、同９５／２４４５５号、同９７／００６００号、同９８／２３５８０号、同９８／５２９０５号、特開平１－２７２５５１号公報、同６－１６６１６号公報、同７－１１０４６９号公報、同１１－８００８１号公報、および、特願２００１－６４６２７号公報などに記載の化合物を用いることができる。さらに棒状液晶化合物としては、例えば、特表平１１－５１３０１９号公報および特開２００７－２７９６８８号公報に記載の物も好ましく用いることができる。

[0055] －円盤状液晶化合物－

円盤状液晶化合物としては、例えば、特開２００７－１０８７３２号公報および特開２０１０－２４４０３８号公報に記載のものを好ましく用いることができる。

なお、光学異方性層に円盤状液晶化合物を用いた場合には、光学異方性層において、液晶化合物３０は厚さ方向に立ち上がっており、液晶化合物に由来する光学軸３０Ａは、円盤面に垂直な軸、いわゆる進相軸として定義される（図２５参照）。

[0056] 液晶回折素子１２において、光学異方性層２６の膜厚には制限はないが、液晶回折素子１２の薄型化の観点から、２０μｍ以下が好ましく、１５μｍ以下がより好ましく、１０μｍ以下がさらに好ましく、５μｍ以下が特に好ましい。

[0057] 図２に示す液晶回折素子１２において、光学異方性層２６を構成する液晶化合物３０は、厚さ方向には光学軸３０Ａの向きが一致している。

しかしながら、本発明は、これに制限はされず、本発明の光学素子１０においては、図６に概念的に示すように、光学異方性層２６を構成する液晶化合物３０は、光学異方性層２６の厚さ方向に沿って、螺旋状に捩れ配向するのが好ましい。

光学異方性層２６において、液晶化合物３０を厚さ方向に捩れ配向することにより、液晶回折素子１２による円偏光の回折効率を向上することができる。

[0058] ここで、光学異方性層２６を構成する液晶化合物３０を厚さ方向に沿って螺旋状に捩れ配向すると、螺旋の捩れ方向に応じて、右円偏光と左円偏光とで、回折効率が異なってしまう。

そのため、光学異方性層２６を構成する液晶化合物３０を厚さ方向に沿って螺旋状に捩れ配向する場合には、図６に示すように、液晶化合物の捩じれ方向が異なる光学異方性層２６を、２層、積層するのが好ましい。

このような構成を有することにより、右円偏光および左円偏光の回折効率を共に向上できると共に、右円偏光と左円偏光との回折効率を一致できる。

なお、光学異方性層の積層数は、１層および２層に制限はされず、必要に応じて３層以上であってもよい。

[0059] 本発明の光学素子１０において、光学異方性層２６における液晶化合物３０の捩れ角には、制限は無い。

液晶化合物３０の捩れ方向が右捩れか左捩れか（時計回りか反時回りか）によらず、液晶化合物３０の捩れ角の絶対値は、回折効率を好適に向上させる点で、５～３６０°が好ましく、１０～３２０°がより好ましく、２０～２８０°がさらに好ましく、３０～２５０°が特に好ましい。

なお、液晶化合物３０の捩れ角とは、光学異方性層２６において、厚さ方向に捩れ配向された液晶化合物３０の、下面から上面に到るまでの捩れの角度である。

[0060] 本発明の光学素子１０において、このような光学異方性層２６を有する液晶回折素子１２は、プリズム１４の一面に配置される。

なお、液晶回折素子１２が配向膜２４および／または支持体２０を有する場合には、液晶回折素子１２は、光学異方性層２６をプリズム１４側にしても、光学異方性層２６をプリズム１４とは逆側にしてもよい。また、空気との界面には、誘電体多層膜およびモスアイフィルム等の反射防止膜を設けてもよい。

[0061] 液晶回折素子１２は、例えば、プリズム１４を図２に示す支持体２０として、プリズム１４の一面に、上述したように配向膜２４および光学異方性層２６を形成することで、プリズム１４に直接接して設けてもよい。また、液晶回折素子１２は、プリズム１４の一面に、配向処理、液晶組成物の塗布、および、重合等の方法によって、直接接して設けてもよい。

あるいは、液晶回折素子１２は、光学透明接着剤（ＯＣＡ（Optical Clear Adhesive））、光学透明両面テープ、および、紫外線硬化型樹脂などの貼着剤を用いて、プリズム１４の一面に貼着してもよい。また、プラズマ処理などの密着力強化表面処理を行って、プリズム１４の一面に、液晶回折素子１２を、直接、貼合してもよい。必要に応じて、プリズム１４と液晶回折素子１２との間には、反射防止膜等を設けてもよい。

[0062] なお、本発明の光学素子１０においては、支持体２０および配向膜２４も含め、光学異方性層２６とプリズム１４との間に、何らかの層を有する場合には、この層は、光学異方性層２６およびプリズム１４に近い屈折率を有するのが好ましい。すなわち、光学異方性層２６とプリズム１４とは、光学的に密着しているのが好ましい。

具体的には、光学異方性層２６とプリズム１４との間に、何らかの層を有する場合には、この層と、光学異方性層２６およびプリズム１４との屈折率との差は、±０．５以下が好ましく、±０．３以下がより好ましい。

[0063] 図１に示す光学素子１０において、プリズム１４は直角三角形状の底面を有する三角プリズムである。

液晶回折素子１２は、直角三角形における直角を挟む辺となる面に配置される。図示例の光学素子１０において、プリズム１４が配置された面が本発明におけるプリズムの第１面であり、この第１面と共に直角三角形の直角を挟む辺となる面が、液晶回折素子１２による回折によって分離された光を反射する第２面となる。前述のように、液晶回折素子１２による回折によって分離された光は、右円偏光または左円偏光である。

[0064] 本発明において、プリズムとは、石英ガラスおよび水晶などの材料すなわち透明な媒質で形成された、光を、分散、屈折、全反射および複屈折等させるための光学部材（光学素子）である。

なお、本発明において、光とは、可視光のみならず、上述した紫外線および赤外線等の電磁波も含むものである。

[0065] 上述したが、液晶回折素子１２（光学異方性層２６）に無偏光の光が入射すると、図８に概念的に示すように、液晶回折素子１２による回折によって入射光は分離され、右円偏光Ｒの成分は例えば矢印Ｘ方向（図中右方向）に回折され、左円偏光Ｌの成分は矢印Ｘ方向とは逆の方向（図中左方向）に回折される。

なお、液晶回折素子１２による回折によって、透過光は、旋回方向が入射光と逆になるのは、上述のとおりである。

[0066] 液晶回折素子１２によって分離され、図中左方向に回折された光は、プリズム１４内を伝播して、液晶回折素子１２が配置されたプリズム１４の第１面と直交する第２面１４ａに入射して、正反射される。なお、この反射によって、円偏光の旋回方向は逆転する。

ここで、上述のように、液晶回折素子１２による回折の角度は、光の波長が同じであれな、同じ角度である。

従って、図中左方向に回折されて、第１面すなわち液晶回折素子１２（光学異方性層２６）の主面と直交するプリズム１４の第２面１４ａに入射して正反射された光（回折光）と、光学異方性層２６によって第２面１４ａに入射する光とは逆方向に回折された光（回折光）とは、平行光となる。

[0067] すなわち、液晶回折素子１２によって、円偏光の旋回方向に応じて分離された２本の光は、平行光となって、共に、プリズム１４の第１面および第２面１４ａ以外の面から出射する。以下、この面を便宜的に第３面ともいう。

なお、図１および図８では、光学素子１０の作用を簡潔に示すために、液晶回折素子１２によって回折された光を、分離された同じ波長の２本の光で示している。しかしながら、前述のように、本発明の光学素子１０に入射した入射光は、液晶回折素子１２によって複数に分光され、波長に応じた角度で回折される。ただし、本発明の光学素子１０においては、入射光は短波長の光（単色光）であってもよい。

また、図１では、プリズム１４の第３面から出射する光は、便宜的に、第３面を直進して透過するように示している。しかしながら、実際には、第３面から出射する光は、プリズム１４の形成材料と空気との屈折率の差、および、第３面への入射角に応じて、第３面と空気層との界面で屈折されて出射する。この点に関しては、本発明の光学素子を説明するための他の図でも同様である。

[0068] 図８に示すように、液晶回折素子１２（光学異方性層２６）によって回折された光は、円偏光の旋回方向に応じて分離され、逆方向、すなわち、矢印Ｘ方向と、矢印Ｘとは反対方向とに回折される。

そのため、液晶回折素子１２で回折されて２つに分離された光は、両方を利用することは困難で、いずれか一方のみしか利用できない場合が多い。すなわち、従来の液晶回折素子を用いる光学素子は、分光した光の利用効率が低い。

あるいは、ミラーおよびレンズ等の複数の光学部材を組み合わせることにより、液晶回折素子１２で回折されて、分光されて２つに分離された光を両方とも利用することは可能である。しかしながら、この場合には、分光素子等の光学素子の大型化および複雑化を避けることができない。

[0069] これに対して、本発明の光学素子１０によれば、液晶回折素子１２の回折によって分離された２つの光は、プリズム１４の同じ面（第３面）から、平

行光として出射する。

すなわち、本発明の光学素子１０によれば、液晶回折素子１２の回折によって分離された２つの光は、プリズム１４の同じ面（第３面）から、同じ方向に出射する。

[0070] なお、本発明の光学素子１０において、液晶回折素子１２は入射光を分光するが、上述のように、液晶回折素子１２による回折は、右円偏光および左円偏光で回折方向は逆であるが、波長が同じであれば回折角度は同じである。

従って、図９に、実線、破線および一点鎖線で示すように、同じ波長の光は、図１と同様に、分離された光の一方は矢印Ｘ方向（図中右方向）に回折され、他方は、プリズム１４の第２面で正反射される。その結果、液晶回折素子１２による回折によって分光され、かつ、分離された２つの光は平行光になってプリズム１４の第３面から出射する。

図９（図１１）において、破線は例えば青色光であり、実線は例えば緑色光であり、一点鎖線は、例えば赤色光である。

[0071] そのため、本発明の光学素子１０によれば、容易に液晶回折素子１２が分離した２つの光（回折光）を利用することができる。その結果、本発明の光学素子１０によれば、液晶回折素子１２が分光した光の利用効率を向上できる。

例えば、図９に概念的に示すように、プリズム１４の第３面に対面してレンズ１６を配置して集光すれば、平行光は同じ位置に集光するので、容易に液晶回折素子１２が分離した２つの光を１つの検出器１８で測光できる。すなわち、本発明によれば、液晶回折素子１２が分光した光の利用効率を向上できる。

また、図９に示すように、本発明の光学素子１０によれば、光学素子１０に、１つのレンズ１６および１つの検出器１８を組み合わせただけの簡易かつ小型の構成で、例えば分光装置を構成できる。すなわち、本発明の光学素子１０によれば、光学システムの小型化も図ることができる。

[0072] 本発明の光学素子１０において、プリズム１４の形成材料には、制限はなく、各種のプリズムに用いられている各種の材料が、全て、利用可能である。

ここで、本発明においては、プリズム１４と液晶回折素子１２（各層）との屈折率の差が小さい方が好ましい。具体的には、プリズム１４と液晶回折素子１２との屈折率差は、±０．５以下が好ましく、±０．３以下がより好ましい。

このような構成とすることにより、プリズム１４と液晶回折素子１２との間における光の反射を防止して、液晶回折素子１２が分光した光の利用効率を、より向上できる。

[0073] 本発明の光学素子１０において、プリズム１４の第２面１４ａ、すなわち、プリズム１４において液晶回折素子１２によって分離された一方の光を反射する面は、この光を全反射するのが好ましい。

すなわち、液晶回折素子１２は、分離した光の一方が臨界角以上の角度でプリズム１４の第２面１４ａに入射するように、入射光を回折するのが好ましい。

[0074] 上述のように、液晶回折素子１２による円偏光の回折の角度は、光学異方性層２６の１周期Λと、入射光の波長λとによって『Λ／λ』で決まる。

従って、本発明の光学素子１０においては、分光の対象となる光の波長に応じて、プリズム１４の第２面１４ａに入射する光の入射角が臨界角以上となるように、光学異方性層２６の１周期Λを決定するのが好ましい。

また、第２面１４ａに入射する光の入射角が大きすぎると、プリズム１４のサイズが大きくなってしまう。従って、１周期Λは、第２面１４ａに入射する光の入射角が大きくなり、プリズム１４のサイズが大きくなってしまわないように決定するのも好ましい。

具体的には、分光の対象となる光の波長λが４５０ｎｍの場合には、１周期Λは０．３～２μｍとするのが好ましい。また、分光の対象となる光の波長λが５５０ｎｍの場合には、１周期Λは０．４～３μｍとするのが好まし

い。また、分光の対象となる光の波長λが７００ｎｍの場合には、１周期Λは０．５～４μｍとするのが好ましい。さらに、分光の対象となる光の波長λが１０００ｎｍの場合には、１周期Λは０．８～５μｍとするのが好ましい。

[0075] なお、図１に示す例では、本発明の光学素子１０に入射する入射光は、液晶回折素子１２の法線方向からであるが、本発明は、これに制限はされない。

すなわち、本発明の光学素子１０（液晶回折素子１２）への光の入射は、液晶回折素子１２の法線方向に対して角度を有する方向からでもよい。従って、この場合には、分光する光の波長に加え、設定される入射光の入射角度に応じて、プリズム１４の第２面１４ａへの光の入射角度が臨界角以下となるように、光学異方性層２６の１周期Λを決定するのが好ましい。

あるいは、プリズム１４の第２面１４ａへの光の入射角度が臨界角以下となるように、本発明の光学素子１０（液晶回折素子１２）への光の入射角度を調節してもよい。

[0076] 本発明の光学素子１０において、プリズム１４の第２面１４ａは、光を全反射するのに制限はされない。

例えば、プリズム１４の第２面１４ａに、誘電体多層膜および金属膜などの反射膜を設けることによって、プリズム１４の第２面１４ａで光を正反射するようにしてもよい。

しかしながら、液晶回折素子１２が分光した光の利用効率を考慮すると、臨界角以上の角度で液晶回折素子１２が分離した光の一方を入射することにより、プリズム１４の第２面１４ａで光を全反射するのが好ましい。

[0077] 図示例の光学素子１０は、好ましい態様として、プリズム１４において、液晶回折素子１２が配置される第１面と、液晶回折素子１２が回折して分離した光の一方を反射する第２面１４ａとが直交している。より具体的には、光学素子１０は、液晶回折素子１２（光学異方性層２６）の主面と、プリズム１４の第２面とが直交している。

しかしながら、本発明の光学素子において、プリズム１４の第１面（液晶回折素子１２の主面）と第２面とが成す角度は、直交以外にも、各種の態様が利用可能である。

光の入射角（入射方向）がプリズム１４の第１面の法線方向からずれる場合には、第１面と第２面１４ａとが成す角度を直交からずらすことによって、同様の効果、すなわち、第１面からの一方の回折光と、第１面からのもう一方の回折光が第２面１４ａで反射した光を、平行にする効果を得ることができる。

また、光学異方性層２６において光学軸が回転する１方向（矢印Ｘ方向）と、第２面１４ａの回折ベクトルの方向、すなわち、回折素子の周期構造の繰り返し方向とは、平行であるのが好ましい。また、第２面１４ａの法線方向と、矢印Ｘ方向とが平行であるのが好ましい。また、第１面および第２面１４ａに直交する面の面内に矢印Ｘ方向が含まれるのが好ましい。さらに、プリズム１４の第１面と第２面１４ａとの角が成す線（稜線）と、矢印Ｘ方向とが直交するのが望ましい。

[0078] 一例として、図１０に概念的に示す光学素子１０Ａのように、プリズム１４の第１面と第２面とが成す角度を、鈍角にしてもよい。

このような構成とすることにより、図１０に示すように、液晶回折素子１２によって矢印Ｘ方向（右方向）に回折された光と、逆に回折されてプリズム１４の第２面１４ａで反射された光とが、離間する方向に進行して第３面から出射される。

この光学素子によれば、図１１に概念的に示すように、プリズム１４の第３面に対面してレンズ１６を配置して集光して、検出器１８によって測光することにより、１つの検出器１８で、右円偏光Ｒおよび左円偏光Ｌ毎に分光した光の強度を測定できる。

[0079] あるいは、プリズム１４の第１面と第２面とが成す角度を、鋭角にしてもよい。

このような構成とすることにより、液晶回折素子１２によって矢印Ｘ方向

（右方向）に回折された光と、逆に回折されてプリズム１４の第２面１４ａで反射された光とが、近接する方向に進行して第３面から出射される（図１４参照）。

[0080] すなわち、プリズムの第１面と第２面とが直交しない構成によれば、偏光に応じて光を分光する、偏光分光システムを構成できる。

[0081] プリズム１４の第１面（液晶回折素子１２の主面）と第２面とが成す角度は、７０～１１０°が好ましく、８０～１１０°がより好ましく、９０°がさらに好ましい。

プリズム１４の第１面と第２面とが成す角度を７０～１１０°とすることにより、より確実に分光した光の利用効率を向上できる、偏光に応じた光の分光を近接した範囲で検出できる等の点で好ましい。

[0082] なお、本発明においては、基本的に、液晶回折素子１２はプリズム１４の第１面と平行に配置される。そのため、以上の説明は、プリズム１４の第１面と第２面１４ａとが成す角度としたが、最も重要なのは、液晶回折素子１２（光学異方性層２６）の主面と第２面１４ａとが成す角度である。

[0083] また、図示例の光学素子１０は、液晶回折素子１２によって分離された２つの光は、いずれもプリズム１４の第３面から出射する。

従って、第１面および第２面１４ａと、第３面とが成す角度は、第３面に入射した光が、反射されることなく出射できるように、適宜、設定される。

例えば、図１に示すように、液晶回折素子１２が設けられる第１面と、液晶回折素子１２が分離した光の一方を反射する第２面１４ａとが直交する場合には、第１面と、プリズム１４からの光の出射面となる第３面とが成す角度が、５～６０°であるのが好ましく、１０～４５°であるのがより好ましい。

[0084] 本発明においては、必要に応じて、図１２に概念的に示す光学素子１０Ｂのように、プリズム１４の液晶回折素子１２によって分離された一方の光を反射する面に、位相差層１９を設けてもよい。

プリズム１４が位相差層１９を有する場合には、液晶回折素子１２によっ

て分離された一方の光は、位相差層１９によって位相を調節されたのちに、反射される。

このような位相差層１９を有することにより、例えば、全反射によって変化した位相の補償、分光された光の位相の調節、例えば、第１面からの一方の回折光の偏光と、第１面からのもう一方の回折光が第２面１４ａで反射した光の偏光とを、直交あるいは平行にする等を行うことができる。

[0085] 位相差層１９には、制限はなく、公知の位相差層が、各種、利用可能である。また、位相差層１９が与える位相差にも制限はない。

なお、プリズム１４と位相差層１９との界面における反射を防止するために、プリズム１４と位相差層１９とは、屈折率が近いのが好ましい。具体的には、プリズム１４と位相差層１９との屈折率の差は、±０．５以下が好ましく、±０．３以下がより好ましい。

[0086] 図示例の光学素子１０において、プリズム１４は三角プリズムであり、第１面に配置された液晶回折素子１２によって分離された光は、一方が直接、他方が第２面１４ａで反射されて、共に、第１面および第２面１４ａとは異なる第３面から出射する。

しかしながら、本発明は、これに制限はされない。

[0087] 例えば、プリズムを四角以上の多角形状にして、液晶回折素子１２によって分離された一方の光と、第２面で反射された光とを平行にした後に、プリズムの１以上の面で２つの光を反射して、液晶回折素子１２が配置された第１面の、液晶回折素子の配置領域以外から、２つの光（回折光）を出射するようにしてもよい。

あるいは、液晶回折素子１２によって分離された一方の光と、第２面で反射された光とを平行にした後に、プリズムの１以上の面で２つの光を反射して、プリズムにおいて初めて光が入射する面から、２つの光（回折光）を出射するようにしてもよい。

[0088] すなわち、本発明の光学素子においては、一方の光を第２面１４ａで反射して、液晶回折素子１２によって分離された２つの光を平行にした後は、２

つの光が同じ面で反射されるのであれば、プリズム内における光の伝播は、各種の構成が利用可能である。

しかしながら、どのような構成であっても、液晶回折素子１２によって分離された２つの光は、プリズムの同一面から出射されるのが好ましい。

[0089] 以上、本発明の光学素子について詳細に説明したが、本発明は上述の例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変更を行ってもよいのは、もちろんである。

実施例

[0090] 以下に実施例を挙げて本発明の特徴をさらに具体的に説明する。以下の実施例に示す材料、試薬、使用量、物質量、割合、処理内容、および、処理手順等は、本発明の趣旨を逸脱しない限り適宜変更することができる。したがって、本発明の範囲は以下に示す具体例により限定的に解釈されるべきものではない。

[0091] ［実施例１］

＜液晶回折素子の作製＞

（配向膜の形成）

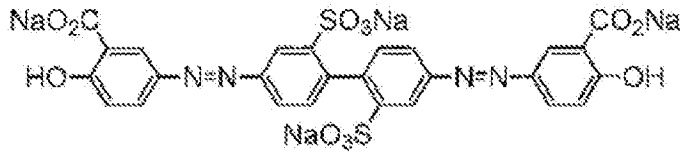
支持体としてガラス基板（コーニング社製、ＥＡＧＬＥ）を用意した。支持体上に、下記の配向膜形成用塗布液をスピンコートで塗布した。この配向膜形成用塗布液の塗膜が形成された支持体を６０℃のホットプレート上で６０秒間乾燥し、配向膜を形成した。

[0092] 配向膜形成用塗布液

・下記光配向用素材	１．００質量部
・水	１６．００質量部
・ブトキシエタノール	４２．００質量部
・プロピレングリコールモノメチルエーテル	４２．００質量部

[0093] 光配向用素材

[化1]



[0094] （配向膜の露光）

形成した配向膜に偏光紫外線を照射（５０ｍＪ／ｃｍ^2、超高圧水銀ランプ使用）することで、配向膜の露光を行った。

図７に示す露光装置を用いて配向膜を露光して、配向パターンを有する配向膜を形成した。露光装置において、レーザとして波長（３２５ｎｍ）のレーザ光を出射するものを用いた。干渉光による露光量を３００ｍＪ／ｃｍ^{2}とした。なお、２つのレーザ光の干渉により形成される配向パターンの１周期Λ（光学軸が１８０°回転する長さ）が、１μｍとなるように、２つの光の交差角（交差角α）を調節した。

[0095] （光学異方性層（液晶層）の形成）

光学異方性層を形成する液晶組成物として、下記の組成物Ｂ－１を調製した。

[0096] 組成物Ｂ－１

－－

・棒状液晶化合物Ｌ－１ １００．００質量部

・重合開始剤（ＢＡＳＦ製、Ｉｒｇａｃｕｒｅ（登録商標）９０７）
３．００質量部

・光増感剤（日本化薬製、ＫＡＹＡＣＵＲＥ　ＤＥＴＸ－Ｓ）
１．００質量部

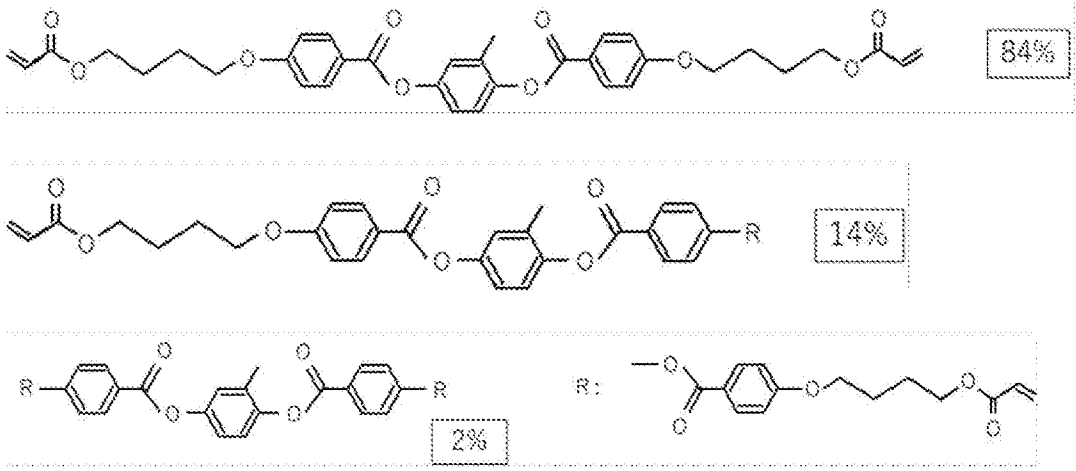
・レベリング剤Ｔ－１ ０．０８質量部

・メチルエチルケトン ２０００．００質量部

－－

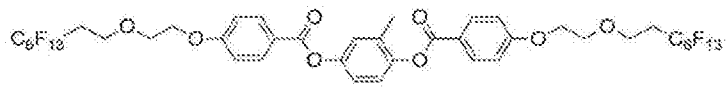
[0097] 棒状液晶化合物Ｌ－１ （下記の構造を右に示す質量比で含む）

[化2]



[0098] レベリング剤Ｔ－１

[化3]



[0099] 光学異方性層は、組成物Ｂ－１を配向膜上に多層塗布することにより形成した。

具体的には、配向膜の上に１層目の組成物Ｂ－１を塗布、加熱、冷却後に紫外線硬化を行って液晶固定化層を作製した後、２層目以降は、その液晶固定化層に重ね塗りして塗布を行い、同様に加熱、冷却後に紫外線硬化を行うことを繰り返した。

[0100] まず、１層目は、配向膜上に組成物Ｂ－１を塗布して、塗膜をホットプレート上で８０℃に加熱した。その後、８０℃において、窒素雰囲気下で高圧水銀灯を用いて波長３６５ｎｍの紫外線を３００ｍＪ／ｃｍ^{2}の照射量で塗膜に照射することにより、液晶化合物の配向を固定化した。

[0101] ２層目以降は、この液晶固定化層に重ね塗りして、上と同じ条件で加熱、冷却後に紫外線硬化を行って液晶固定化層を作製した。このようにして、総厚が所望の膜厚になるまで重ね塗りを繰り返し、光学異方性層を形成した。

[0102] なお、組成物Ｂ－１の硬化層の屈折率差Δｎは、組成物Ｂ－１を別途に用意したレタデーション測定用の配向膜付き支持体上に塗布し、液晶化合物の

ダイレクタが基材に水平となるよう配向させた後に紫外線照射して固定化して得た液晶固定化層のレタデーションＲｅ（λ）および膜厚を測定して求めた。レタデーションＲｅ（λ）を膜厚で除算することによりΔn_{λ}を算出できる。レタデーションＲｅ（λ）はＡｘｏｍｅｔｒｉｘ　社のＡｘｏｓｃａｎを用いて目的の波長で測定し、膜厚はＳＥＭ（Scanning Electron Microscope　走査型電磁顕微鏡）を用いて測定した。

また、異常光に対する屈折率ｎｅ（λ）と常光に対する屈折率ｎｏ（λ）をアッベ屈折計で測定した。また、屈折率差Δｎ（λ）はｎｅ（λ）とｎｏ（λ）の差から求めた。Ｒｅ（λ）、ｎｅ（λ）、ｎｏ（λ）、Δｎ（λ）の表記において、λは入射光の波長である。以下において、入射光の波長λは６３３ｎｍとした。

[0103] 光学異方性層は、最終的に膜厚が１．６８μｍ、Δn_{633}×厚さ＝Ｒｅ（６３３）が２５５ｎｍで、周期的な配向になっていることを顕微鏡で確認した。また、光学異方性層において、液晶化合物の厚さ方向の捩れ角は０°であった。

また、ＳＥＭによる断面像において、光学異方性層の下界面（支持体との界面）に対し、垂直の明暗線が観察された。この明暗線は、同じ向きに配向している液晶化合物が厚さ方向に積み重ねられた構成により観察されるものである。

[0104] 光学異方性層の波長６３３ｎｍにおける屈折率は、ｎｅ＝１．６９４、ｎｏ＝１．５４３であった。

なお、屈折率は、アッベの屈折計によって測定した。

[0105] 形成した光学異方性層を、用意した三角プリズムの底面に転写して貼合した。

この三角プリズムはＳＣＨＯＴＴ社のＳＫ２の型番の光学ガラス製であり、波長６３３ｎｍにおける屈折率は１．６０５である。用意した三角プリズムは一つの角が９０°の三角プリズムである。また、三角プリズムの斜面（斜辺）の角度は２０°である。

光学異方性層は、三角プリズムの直角と２０°の角とに挟まれる面に貼合した。貼合はプラズマ処理の密着力強化表面処理による直接貼合によって行った。

光学異方性層の貼合方向は、光学異方性層において液晶化合物の光学軸の方向が回転しながら変化する方向、すなわち、光学異方性層の面内における回折ベクトルの方向（明暗線と直交する方向）が、三角プリズムの直角の角が作る直線の方向と直交になるようにした。このようにして、光学素子を作製した。

[0106] ［実施例２］

液晶化合物が厚さ方向に螺旋状に右捩じれして螺旋状に配向される第１の光学異方性層を形成するために、下記の組成物Ｂ－２を用意した。

[0107] 組成物Ｂ－２

―――――――――――――――――――――――――――――――――

・棒状液晶化合物Ｌ－１ １００．００質量部

・キラル剤Ｃｈ－Ａ ０．２３質量部

・重合開始剤（ＢＡＳＦ製、Ｉｒｇａｃｕｒｅ（登録商標）９０７）

３．００質量部

・光増感剤（日本化薬製、ＫＡＹＡＣＵＲＥ　ＤＥＴＸ－Ｓ）

１．００質量部

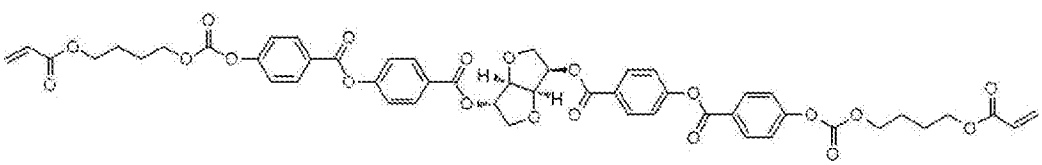
・レベリング剤Ｔ－１ ０．０８質量部

・メチルエチルケトン ２０００．００質量部

―――――――――――――――――――――――――――――――――

[0108] キラル剤Ｃｈ－Ａ

[化4]



[0109] 実施例１（組成物Ｂ－１）と同様に組成物Ｂ－２を多層塗布することによ

り、配向膜の上に第１の光学異方性層を形成した。

第１の光学異方性層は、最終的に膜厚が１．６８μｍ、Δn_{633}×厚さ＝Ｒｅ（６３３）が２５５ｎｍで、周期的な配向であることを顕微鏡で確認した。また、第１の光学異方性層において、液晶化合物の厚さ方向の捩れ角は７０°（右ねじれ）であった。

さらに、ＳＥＭによる断面像において、光学異方性層の下界面（支持体との界面）に対し、斜めの明暗線が観察された。この斜めの明暗線は、液晶化合物が厚さ方向に螺旋状に捩れ配向している構成により観察されるものである。

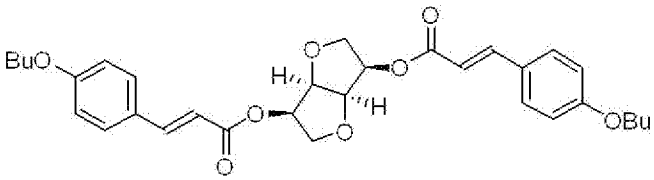
[0110] 次に、液晶化合物が厚さ方向に螺旋状に左捩じれして螺旋状に配向される第２の光学異方性層を形成するために、下記の組成物Ｂ－３を用意した。

組成物Ｂ－３

液晶化合物Ｌ－１	１００．００質量部
キラル剤Ｃｈ－Ｂ	０．３９質量部
重合開始剤（ＢＡＳＦ製、Ｉｒｇａｃｕｒｅ（登録商標）９０７）	３．００質量部
光増感剤（日本化薬製、ＫＡＹＡＣＵＲＥ　ＤＥＴＸ－Ｓ）	１．００質量部
レベリング剤Ｔ－１	０．０８質量部
メチルエチルケトン	２０００．００質量部

[0111] キラル剤Ｃｈ－Ｂ

[化5]



[0112] 組成物Ｂ－３を用いた以外は第１の光学異方性層と同様にして、第１の光

学異方性層の上に第２の光学異方性層を形成した。

[0113] 第２の光学異方性層は、最終的に膜厚が１．６８μｍ、Δn_{633}×厚さ＝Ｒｅ（６３３）が２５５ｎｍで、周期的な配向になっていることを顕微鏡で確認した。また、第１の光学異方性層において、液晶化合物の厚さ方向の捩れ角は－７０°（左ねじれ）であった。

さらに、ＳＥＭによる断面像において、光学異方性層の下界面（支持体との界面）に対して斜めの明暗線が観察された。第１の光学異方性層の明暗線と第２の液晶の明暗線の斜めの角度の方位は反対になっており、右捩じれの光学異方性層の上に左捩れの光学異方性層を有する液晶回折素子の構造が形成されていることが観察された。

このようにして、第１の光学異方性層と第２の光学異方性層とを積層した液晶回折素子を作製した。

[0114] 先と同様に測定したところ、第１の光学異方性層の波長６３３ｎｍにおける屈折率はｎｅ＝１．６９４、ｎｏ＝１．５４３、第２の光学異方性層の波長６３３ｎｍにおける屈折率はｎｅ＝１．６９４、ｎｏ＝１．５４３であった。

[0115] 作製した２層の光学異方性層を用いて、実施例１と同様に光学素子を作製した。

[0116] ［実施例３］

三角プリズムとして、８０°、２０°および８０°の頂角を有する三角プリズムを用意した。この三角プリズムは、ＳＣＨＯＴＴ社のＳＫ２の型番の光学ガラス製であり、波長６３３ｎｍにおける屈折率は１．６０５である。

実施例１における９０°の角を８０°の角に置き換えて、この三角プリズムの８０°の角と２０°の角とに挟まれる面に、実施例２で作製した光学異方性層を、実施例１と同様に貼合することで、光学素子を作製した。

[0117] ［評価１］

実施例１の光学素子を用いて、図９に示すような分光システムを作製した。

図１３に示すように、光学異方性層の面から、分光の対象光をコリメートさせて入射した。入射光は無偏光とした。

入射光のうち半分は液晶回折素子によって図中右側に回折され、半分は液晶回折素子によって図中左側に回折された後に、三角プリズムの第２面で全反射された。その結果、液晶回折素子によって分離された２つの光は平行光となった。その後、２つの光は、プリズムの斜面（斜辺）から出射された。各々の角度は下表である。

分光システムは、図９に示すように、出射面の後に集光レンズで波長毎に集光した信号をライン（イメージ）センサで捉えるように作製した。評価の結果、５５０ｎｍの光は９５％以上の高効率で分光できた。また４００ｎｍおよび７００ｎｍは５０％以上、１０００ｎｍは２０％以上の高効率で分光できた。

[0118] [表1]

表 1	θ1	θ2a	θ2b	θ2c	α	φib	φic	φob	φoc	φob	φoc
波長[nm]	[°]				[deg]	[deg]					
400	0	-14.2	14.2	14.2	20	-5.7	-5.7	-9.3	-9.3	10.6	10.6
550		-20	20	20		0	0	0	0	20	20
700		-25.9	25.9	25.9		5.9	5.9	9.5	9.5	29.5	29.5
1000		-38.8	38.8	38.8		18.8	18.8	31	31	51	51

[0119] ［評価２］

実施例３の光学素子を用いて、評価１と同様に分光システムを作製した。光の角度は、実施例１の光学素子を用いた評価１と同様であった。

また、５５０ｎｍの光は９５％以上の高効率で分光できた。また４００、７００ｎｍは９０％以上、１０００ｎｍは７０％以上の高効率で分光できた。

すなわち、厚さ方向に螺旋状に捩れ配向した光学異方性層を用い、かつ、螺旋の捩れ方向が逆である光学異方性層を積層することにより、上述の実施例と比べ高効率の回折効率が得られており、分光の効率を向上できる。

[0120] ［評価３］

実施例３の光学素子を用いて、評価１と同様に分光システムを作製した。

光の角度は、下記の表２に示すとおりである。

また、効率は、同じ液晶回折素子を有する実施例２の光学素子を用いた評価２と同じであった。

第１面（液晶回折素子の貼合面）と第２面（反射面）とが直交している三角プリズムを用いた実施例１および実施例２の光学素子と異なり、第１面と第２面とが成す角度が８０°であるプリズムを用いた実施例３の光学素子では、φｏｂの各角度、および、φｏｃの各角度が、重なっていないことがわかる。すなわち、本例では、図１４に示すように、回折素子で左右に分かれた±１次光、すなわち偏光に応じて異なる方向に分かれた２つの回折光を、別々の焦点位置に集光することができている。すなわち、実施例３の光学素子を用いることにより、偏光に応じて分光を行うことができる、偏光分光システムとして機能することがわかる。

[0121] [表2]

表 2	θ1	θ2a	θ2b	θ2c	α	φib	φic	φob	φoc	φob	φoc
波長[nm]	[°]				[deg]	[deg]					
400	0	-14.2	14.2	34.2	20	-5.7	14.2	-9.3	23.6	10.6	43.6
550		-20	20	40		0	20	0	33.4	20	53.4
700		-25.9	25.9	45.9		5.9	25.9	9.5	44.4	29.5	64.4

以上の結果より、本発明の効果は明らかである。

産業上の利用可能性

[0122] 分光素子などの各種の光学的な素子に好適に利用可能である。

符号の説明

[0123] １０，１０Ａ，１０Ｂ　光学素子

１２　液晶回折素子

１４　プリズム

１６　レンズ

１８　検出器

２０　支持体

２４　配向膜

２６　光学異方性層

３０　液晶化合物

３０Ａ　光学軸

６０　露光装置

６２　レーザ

６４　光源

６８　ビームスプリッター

７０Ａ，７０Ｂ　ミラー

７２Ａ，７２Ｂ　λ／４板

Ｍ　レーザ光

ＭＡ，ＭＢ　光線

ＭＰ　Ｐ偏光

ＭＳ　Ｓ偏光

P_0　直線偏光

Ｒ　右円偏光

Ｌ　左円偏光

Ｑ，Ｑ１，Ｑ２　絶対位相

Ｅ，Ｅ１，Ｅ２　等位相面

請求の範囲

[請求項1] 液晶回折素子と、前記液晶回折素子と直接接するまたは他の層を介して接する第１面を有するプリズムとを有し、

前記液晶回折素子が、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する光学異方性層を含み、

前記プリズムが、前記液晶回折素子による回折で分離された光の一方を反射する第２面を有する、光学素子。

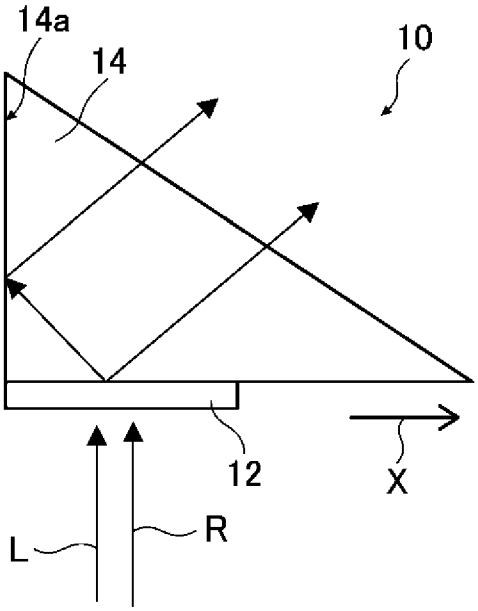
[請求項2] 前記光学異方性層において、前記液晶化合物が厚さ方向に沿って螺旋状に捩れ配向している、請求項１に記載の光学素子。

[請求項3] 前記液晶回折素子が、前記液晶化合物が厚さ方向に沿って螺旋状に捩れ配向している前記光学異方性層を、少なくとも２層、有し、その内の２層の前記光学異方性層は、厚さ方向に沿う前記液晶化合物の捩じれ方向が逆である、請求項２に記載の光学素子。

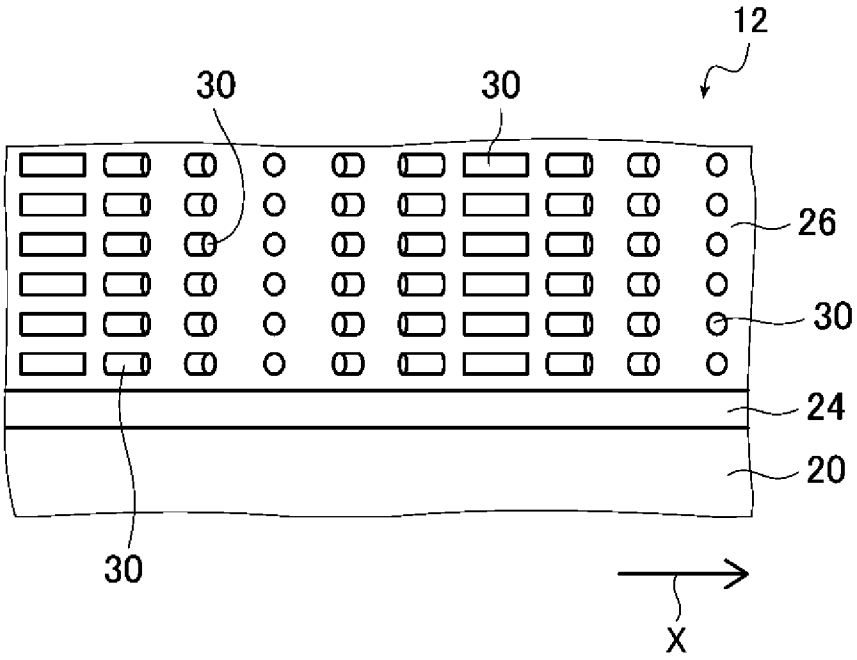
[請求項4] 前記プリズムの前記第１面と前記第２面とが成す角度が７０～１１０°である、請求項１または３に記載の光学素子。

[請求項5] 前記液晶回折素子による回折で分離され、前記第２面で反射された光と、前記第２面に入射しなかった光とが、前記プリズムの同一面から出射される、請求項１または３に記載の光学素子。

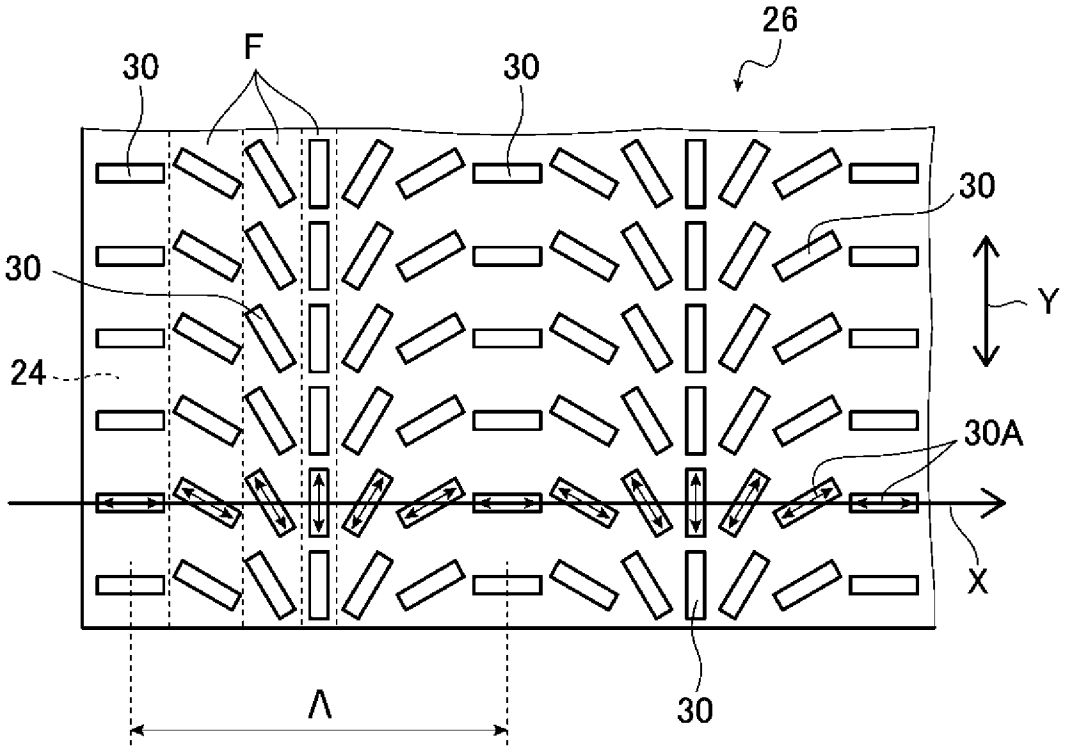
[図1]



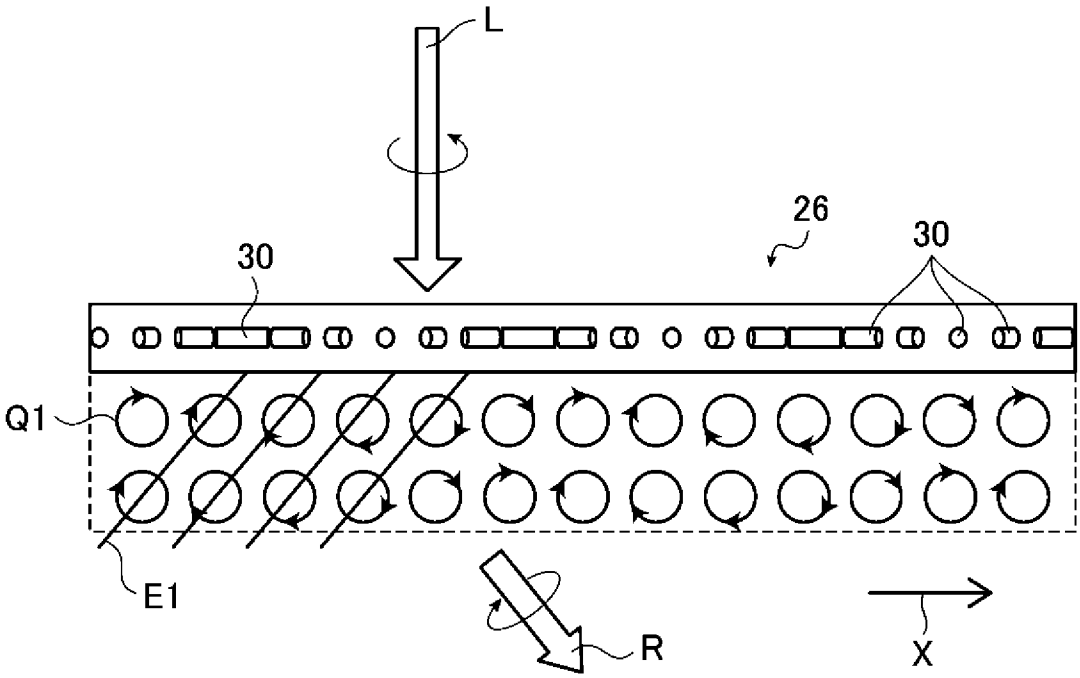
[図2]



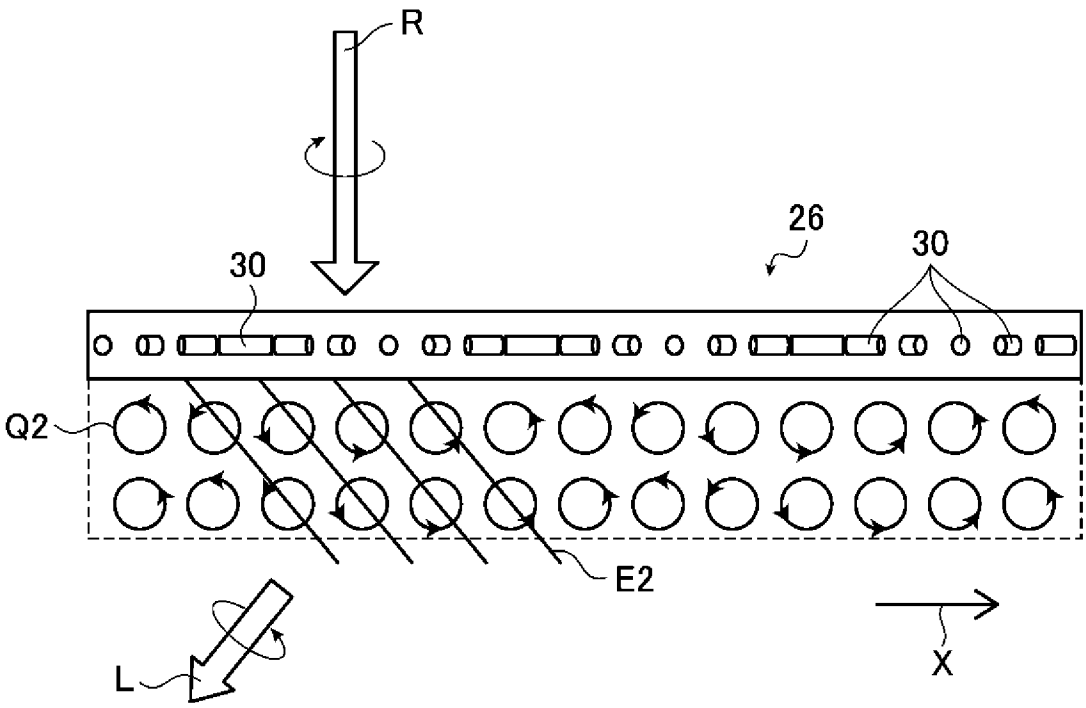
[図3]



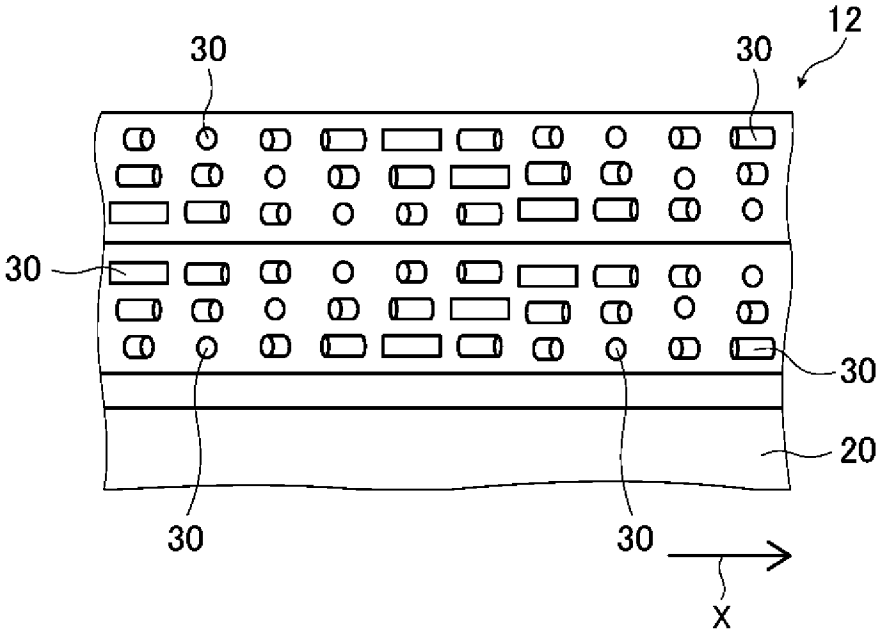
[図4]



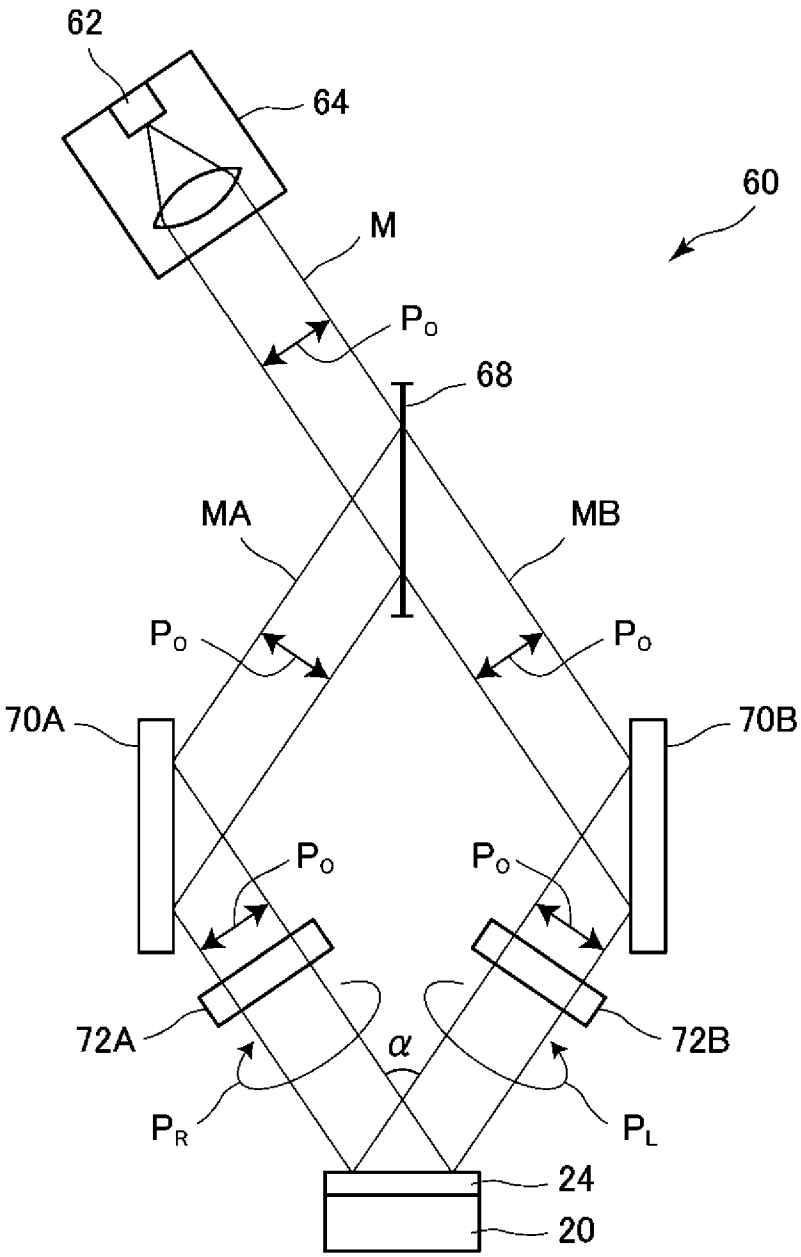
[図5]



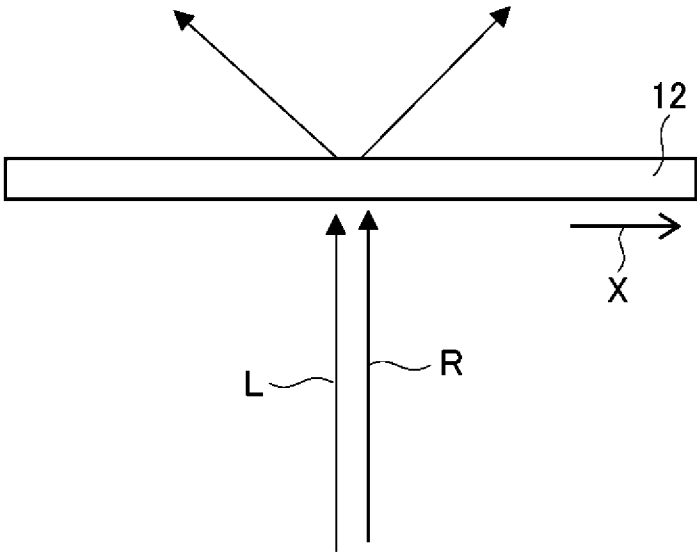
[図6]



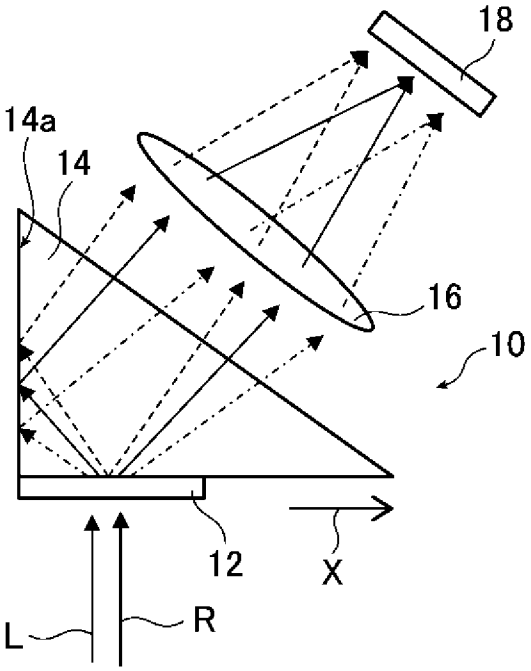
[図7]



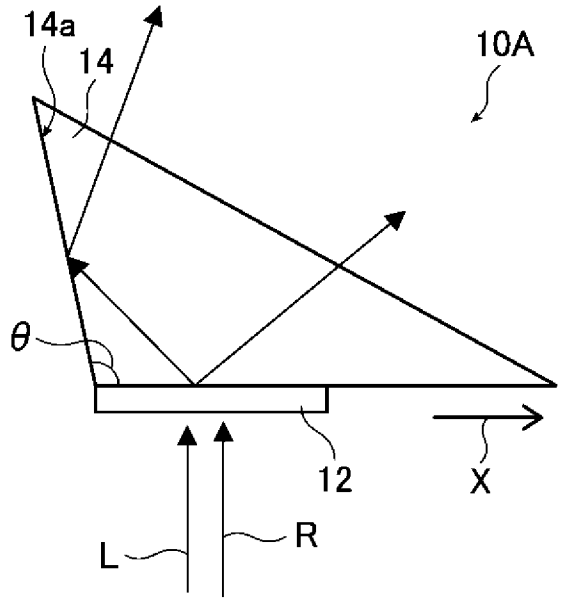
[図8]



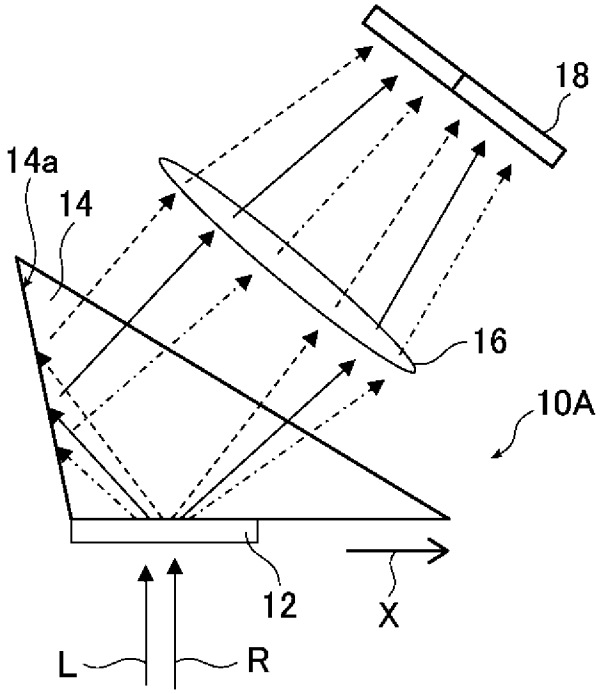
[図9]



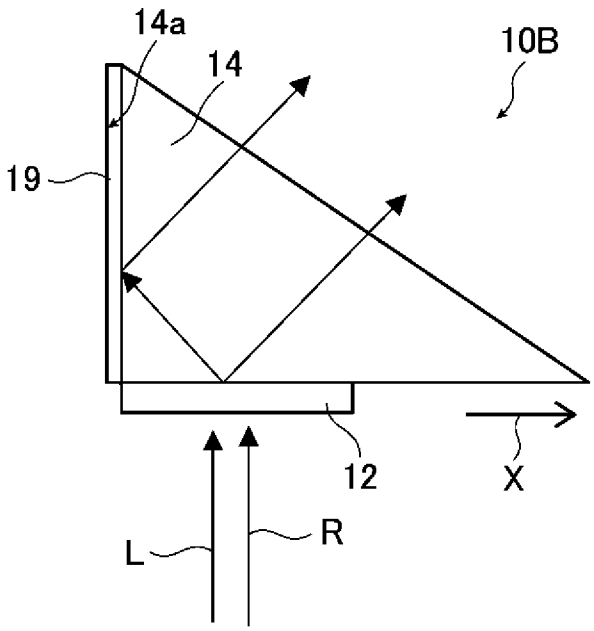
[図10]



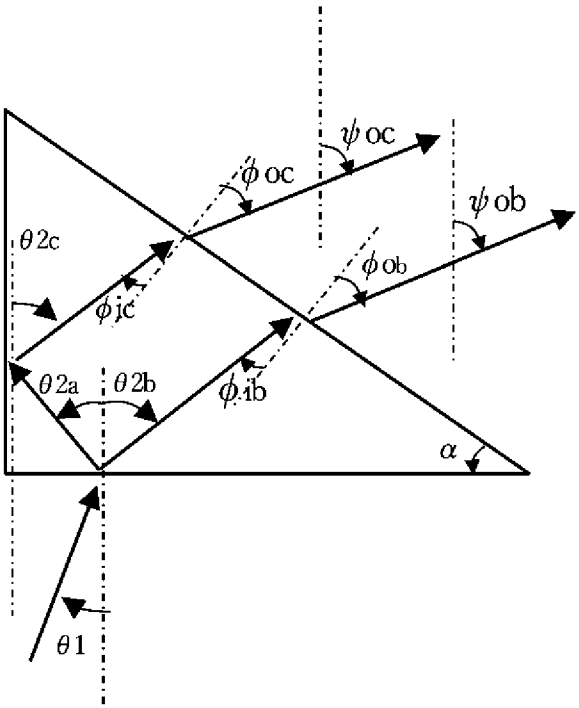
[図11]



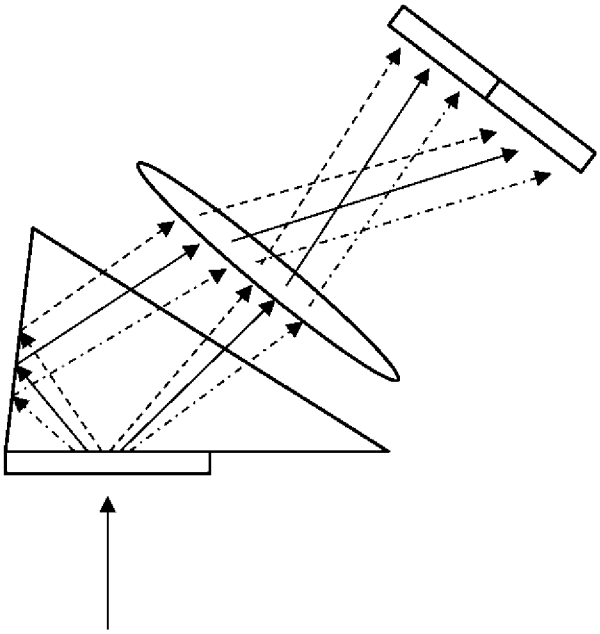
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/029708

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 5/30(2006.01)i; ***G01J 3/18***(2006.01)i; ***G01J 3/447***(2006.01)i; ***G02B 5/00***(2006.01)i; ***G02B 5/04***(2006.01)i; ***G02B 5/18***(2006.01)i
FI: G02B5/30; G01J3/18; G01J3/447; G02B5/00 C; G02B5/04 B; G02B5/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B5/30; G01J3/18; G01J3/447; G02B5/00; G02B5/04; G02B5/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-512584 A (MAGIC LEAP, INC.) 23 April 2020 (2020-04-23) paragraphs [0100]-[0111], fig. 12A-12B	1-4
A		5
Y	WO 2021/132630 A1 (FUJIFILM CORPORATION) 01 July 2021 (2021-07-01) paragraphs [0017], [0042]-[0053], [0075]-[0084], fig. 2-5, 10-14	1-4
A		5
A	WO 2019/111800 A1 (YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION) 13 June 2019 (2019-06-13) entire text, all drawings	1-5
A	WO 2021/235416 A1 (FUJIFILM CORPORATION) 25 November 2021 (2021-11-25) entire text, all drawings	1-5
A	WO 2008/142723 A2 (UNIVERSITA' DELLA CALABRIA) 27 November 2008 (2008-11-27) entire text, all drawings	1-5

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 September 2023	**17 October 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/029708

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017/0003169 A1 (PURDUE RESEARCH FOUNDATION) 05 January 2017 (2017-01-05) entire text, all drawings	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/029708

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2020-512584 A	23 April 2020	US 2018/0284585 A1 paragraphs [0100]-[0111], fig. 12A-12B WO 2018/175627 A1 EP 3602176 A1 AU 2018239513 A1 CA 3056899 A1 KR 10-2019-0128072 A CN 110651216 A IL 269289 A	
WO 2021/132630 A1	01 July 2021	US 2022/0333987 A1 paragraphs [0073]-[0075], [0135]-[0163], [0212]-[0226], fig. 2-5, 10-14	
WO 2019/111800 A1	13 June 2019	US 2021/0190676 A1 EP 3722787 A1 CN 111433590 A	
WO 2021/235416 A1	25 November 2021	US 2023/0097214 A1 CN 115605785 A	
WO 2008/142723 A2	27 November 2008	EP 2149040 A2 IT CS20070024 A1	
US 2017/0003169 A1	05 January 2017	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/029708

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02B 5/30(2006.01)i; G01J 3/18(2006.01)i; G01J 3/447(2006.01)i; G02B 5/00(2006.01)i; G02B 5/04(2006.01)i; G02B 5/18(2006.01)i
FI: G02B5/30; G01J3/18; G01J3/447; G02B5/00 C; G02B5/04 B; G02B5/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02B5/30; G01J3/18; G01J3/447; G02B5/00; G02B5/04; G02B5/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2020-512584 A (マジック リープ, インコーポレイテッド) 23.04.2020 (2020-04-23) [0100]-[0111],図12A-12B	1-4
A		5
Y	WO 2021/132630 A1 (富士フイルム株式会社) 01.07.2021 (2021-07-01) [0017],[0042]-[0053],[0075]-[0084],図2-5,10-14	1-4
A		5
A	WO 2019/111800 A1 (横河電機株式会社) 13.06.2019 (2019-06-13) 全文全図	1-5
A	WO 2021/235416 A1 (富士フイルム株式会社) 25.11.2021 (2021-11-25) 全文全図	1-5
A	WO 2008/142723 A2 (UNIVERSITA' DELLA CALABRIA) 27.11.2008 (2008-11-27) 全文全図	1-5

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
29.09.2023	17.10.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
中村　説志 20 3206
電話番号 03-3581-1101 内線 3271

国際出願番号
PCT/JP2023/029708

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	US 2017/0003169 A1 (PURDUE RESEARCH FOUNDATION) 05.01.2017 (2017-01-05) 全文全図	1-5

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/029708

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-512584 A	23.04.2020	US 2018/0284585 A1 [0100]-[0111],図12A-12B	
		WO 2018/175627 A1	
		EP 3602176 A1	
		AU 2018239513 A1	
		CA 3056899 A1	
		KR 10-2019-0128072 A	
		CN 110651216 A	
		IL 269289 A	
WO 2021/132630 A1	01.07.2021	US 2022/0333987 A1 [0073]-[0075],[0135]-[0163],[0212]-[0226],図2-5,10-14	
WO 2019/111800 A1	13.06.2019	US 2021/0190676 A1	
		EP 3722787 A1	
		CN 111433590 A	
WO 2021/235416 A1	25.11.2021	US 2023/0097214 A1	
		CN 115605785 A	
WO 2008/142723 A2	27.11.2008	EP 2149040 A2	
		IT CS20070024 A1	
US 2017/0003169 A1	05.01.2017	（ファミリーなし）	