

(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
2020年1月30日(30.01.2020)



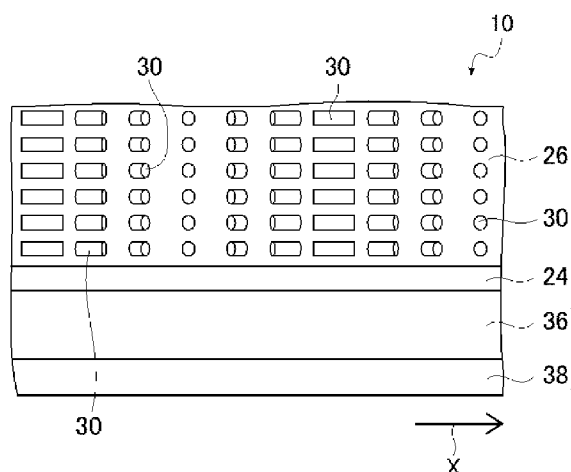
(10) 国際公開番号

WO 2020/022500 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/30 (2006.01) *G02B 5/18* (2006.01)
G02B 1/11 (2015.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/029503
- (22) 国際出願日: 2019年7月26日(26.07.2019)
- (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 2018-141491 2018年7月27日(27.07.2018) 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2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 寛 (SATO Hiroshi); 〒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). 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).
- (74) 代理人: 伊東 秀明, 外 (ITO 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING OPTICAL ELEMENT, AND OPTICAL ELEMENT

(54) 発明の名称: 光学素子の製造方法および光学素子



(57) Abstract: The present invention provides: a method for producing an optical element, which is capable of forming an optically anisotropic layer that is suppressed in in-plane unevenness; and an optical element. A method for producing an optical element that comprises an optically anisotropic layer which is formed with use of a liquid crystal composition containing a liquid crystal compound, an alignment film which aligns the liquid crystal compound, and a supporting body. This method for producing an optical element comprises: an alignment film formation step wherein an alignment film is formed on one surface of a supporting body; and an optically anisotropic layer formation step wherein an optically anisotropic layer is formed on the alignment film. The alignment film contains a photo-alignment material; and the alignment film formation step comprises a light exposure step wherein different positions in the alignment film surface are exposed to light having different polarization directions. The supporting body has a reflection suppressing part which suppresses reflection of light in at least a part of the wavelength range of the light absorption band, where a photochemical reaction of the alignment film occurs, by having a surface of the supporting body, said surface being on the reverse side of the surface on which the alignment film is formed, irradiated with light that is polarized during the light exposure step.

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, 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))

(57) 要約：面内ムラの少ない光学異方性層を作製することができる光学素子の製造方法、ならびに、光学素子を提供する。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と、液晶化合物を配向させる配向膜と、支持体とを有する光学素子の製造方法であって、支持体の一方の表面に配向膜を形成する配向膜形成工程と、配向膜上に光学異方性層を形成する光学異方性層形成工程とを有し、配向膜は、光配向材料を含有し、配向膜形成工程において、配向膜面内の異なる位置に偏光方向の異なる光を露光する露光工程を有し、支持体は、配向膜が形成される面とは反対側の面に、露光工程において偏光した光を照射することによって配向膜の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する。

明 細 書

発明の名称：光学素子の製造方法および光学素子

技術分野

[0001] 本発明は、光を屈折させる光学素子の製造方法、および、光学素子に関する。

背景技術

[0002] 多くの光学デバイスあるいはシステムにおいて、光の回折が利用されており、液晶を用いた回折素子が知られている。異方性を有する液晶分子は、規則的に配列することで光学的性質の異方性を示す。このような液晶分子を配列した液晶層（光学異方性層）は、液晶の配列パターンを調整することで回折素子として利用することができる。

[0003] 例えば、特許文献１には、基板と、基板上の第１の偏光回折格子層であって、第１の偏光回折格子層の両面間に定められる第１の厚みにわたって第１の振じれ性に従って振じられている分子構造を含んでいる第１の偏光回折格子層と、を備えている偏光回折格子が開示されている。

[0004] また、この偏光回折格子層の作製方法として、特許文献１には、液晶分子を配向させるための配向層に、直交円偏光レーザからなる干渉光を用いて、露光またはパターンニングして、偏光干渉パターンを生じさせることで、この配向層の上に塗布された液晶組成物を、配向層に形成されたパターンに応じて配列することが開示されている。

[0005] また、液晶を用いた回折素子の作製方法として、特許文献２には、配向材料を干渉パターンに曝して配向材料内で化学反応を起こさせるステップと、配向材料に液晶をさらして液晶を干渉パターンに基づいて配向材料に対して整列させるステップとを含む方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特表２０１０－５２５３９４号公報

特許文献2：米国特許 7 1 9 6 7 5 8 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明者らの検討によれば、配向膜に干渉光を照射して配向膜に配向パターンを形成し、配向膜の上に液晶層を形成すると液晶層の面内にムラが発生するという問題が生じることがわかった。

この原因として本発明者らは、配向膜に干渉光を照射した際に、支持体の、配向膜が形成された面とは反対側の面で干渉光が反射して再度、配向膜に照射されるため、配向膜に形成されるパターンにムラが生じて、この配向膜の上に形成される液晶層にもムラは発生したものと推定した。

[0008] 本発明の課題は、このような従来技術の問題点を解決することにより、面内ムラの少ない光学異方性層を作製することができる光学素子の製造方法、ならびに、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

[0009] 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と、液晶化合物を配向させる配向膜と、支持体とを有する光学素子の製造方法であって、

支持体の一方の表面に配向膜を形成する配向膜形成工程と、

配向膜上に光学異方性層を形成する光学異方性層形成工程とを有し、

配向膜は、光配向材料を含有し、

配向膜形成工程において、配向膜面内の異なる位置に偏光方向の異なる光を露光する露光工程を有し、

支持体は、配向膜が形成される面とは反対側の面に、露光工程において偏光した光を照射することによって配向膜に光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する光学素子の製造方法。

[2] 露光工程は、配向膜に2つ以上の偏光したビームを干渉させて露

光する〔１〕に記載の光学素子の製造方法。

〔３〕 露光工程は、偏光回折光学素子に光を入射させ、偏光回折光学素子によって偏光変換された光を、配向膜に露光する〔１〕に記載の光学素子の製造方法。

〔４〕 露光工程は、集光した偏光ビームの偏光方向を任意に変えて、配向膜面内の異なる位置を露光する〔１〕に記載の光学素子の製造方法。

〔５〕 配向膜を露光する光がレーザー光である〔１〕～〔４〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔６〕 ２つ以上の偏光したビームがレーザー光である〔２〕に記載の光学素子の製造方法。

〔７〕 ２つ以上の偏光したビームの少なくとも２つのビームの波長が等しい〔２〕または〔６〕のに記載の光学素子の製造方法。

〔８〕 ２つ以上の偏光したビームの少なくとも２つのビームの光強度が等しい〔２〕、〔６〕、〔７〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔９〕 ２つ以上の偏光したビームの少なくとも２つのビームが異なる偏光である〔２〕、〔６〕～〔８〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔１０〕 ２つ以上の偏光したビームが直交する偏光を含む〔２〕、〔６〕～〔９〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔１１〕 ２つ以上の偏光したビームが左円偏光と右円偏光とを含む〔２〕、〔６〕～〔１０〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔１２〕 露光工程において２つ以上の偏光したビームを干渉させた干渉光の偏光状態が周期パターンを有する〔２〕、〔６〕～〔１１〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔１３〕 配向膜は、光化学反応により、２つ以上の偏光したビームを干渉させた干渉光の偏光状態の周期パターンに応じて異方性を発現させる〔１２〕に記載の光学素子の製造方法。

〔１４〕 光学異方性層は、配向膜の異方性の周期パターンに応じた、液晶配向パターンを有する〔１３〕に記載の光学素子の製造方法。

〔15〕 偏光回折光学素子が配向膜を露光する光の波長 λ_e に対し、 $\lambda_e/2$ の位相差を有する〔3〕に記載の光学素子の製造方法。

〔16〕 偏光回折光学素子に入射する光が直線偏光である、〔3〕または〔15〕に記載の光学素子の製造方法。

〔17〕 集光した偏光ビームが直線偏光である、〔4〕に記載の光学素子の製造方法。

〔18〕 露光工程において露光された配向膜は、液晶化合物を、液晶化合物由来の光学軸の向きが配向膜を露光した光の偏光方向に応じた配向パターンとなるように配向させる〔1〕～〔17〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔19〕 露光工程において露光された配向膜は、液晶化合物を、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配向パターンとなるように配向させる〔1〕～〔18〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔20〕 配向膜の光吸収帯域の少なくとも一部の波長が200nm～500nmである〔1〕～〔19〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔21〕 光学異方性層形成工程の後に支持体を剥離する剥離工程を有する〔1〕～〔20〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔22〕 支持体は、配向膜が形成される面とは反対側の面に、配向膜の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有し、

光学異方性層形成工程の後に支持体と反射抑制部を共に剥離する剥離工程を有する〔1〕～〔21〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法。

〔23〕 〔1〕～〔21〕のいずれかに記載の光学素子の製造方法によって作製された光学素子であって、

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配向層と支持体とをこの順に有し、

光学異方性層は、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し、

配向層は、光配向材料を含有し、

支持体は、配向膜の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する光学素子。

〔24〕 光学異方性層は、入射した光を回折して透過する機能を有する〔23〕に記載の光学素子。

〔25〕 光学異方性層は、厚み方向において液晶化合物の配向がねじれ性を持つ領域を有する〔23〕または〔24〕に記載の光学素子。

〔26〕 光学異方性層は、コレステリック配向を有する〔23〕に記載の光学素子。

〔27〕 光学異方性層は、入射した光を回折して反射する機能を有する〔26〕に記載の光学素子。

発明の効果

〔0010〕 本発明の光学素子の製造方法および光学素子は、面内ムラの少ない光学異方性層を作製することができる。

図面の簡単な説明

〔0011〕 〔図1〕本発明の製造方法で作製される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1に示す光学素子の光学異方性層の平面図である。

〔図3〕本発明の製造方法において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4〕従来の製造方法の問題点を説明するための概念図である。

〔図5〕図1に示す光学素子の光学異方性層の作用を示す概念図である。

〔図6〕図1に示す光学素子の光学異方性層の作用を示す概念図である。

〔図7〕本発明の光学素子の光学異方性層の別の例の平面図である。

〔図8〕図7に示す光学異方性層を形成する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9〕本発明の製造方法で作製される本発明の光学素子の別の例を概念的に示す図である。

す図である。

[図10]図9に示す光学素子の作用を示す概念図である。

[図11]本発明の光学素子の一例を用いるARグラスの一例を概念的に示す図である。

[図12]本発明の光学素子の他の一例を用いるARグラスの一例を概念的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の光学素子の製造方法および光学素子について、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。

[0013] 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。

[0014] 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。

[0015] 本明細書において、 $R_e(\lambda)$ は、波長 λ における面内のレタデーションを表す。特に記載がないときは、波長 λ は、550nmとする。

本明細書において、 $R_e(\lambda)$ は、AxoScan(Axometrics社製)において、波長 λ で測定した値である。AxoScanにて平均屈

折率 $((n_x + n_y + n_z) / 3)$ と膜厚 $(d (\mu m))$ を入力することにより、

遅相軸方向 ($^{\circ}$)

$$R_e(\lambda) = R_O(\lambda)$$

が算出される。

なお、 $R_O(\lambda)$ は、*AxoScan* で算出される数値として表示されるものであるが、 $R_e(\lambda)$ を意味している。

[0016] [光学素子の製造方法]

本発明の光学素子の製造方法（以下、本発明の製造方法ともいう）は、
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と、液晶組成物を配向する配向膜と、支持体とを有する光学素子の製造方法であって、
支持体の一方の表面に配向膜を形成する配向膜形成工程と、
配向膜上に光学異方性層を形成する光学異方性層形成工程とを有し、
配向膜は、光配向材料を含有し、
配向膜形成工程において、配向膜に2つ以上の偏光したビームを干渉させて露光する露光工程を有し、

支持体は、配向膜が形成される面とは反対側の面に、露光工程において2つ以上の偏光したビームを照射することによって配向膜に光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する光学素子の製造方法である。

[0017] また、本発明の製造方法によって作製される光学素子は、

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と配向層と支持体とをこの順に有し、

光学異方性層は、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し、

配向層は、光配向材料を含有し、

支持体は、配向膜の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する光学素子である。

[0018] まず、本発明の光学素子の製造方法について、一例を用いて説明する。

光学素子の製造方法の一例は、

光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する支持体を準備する工程と、

準備した支持体の反射抑制部を有する面とは反対側の表面に、光配向材料を含有する配向膜を塗布する塗布工程、および、形成した塗膜に2つ以上の偏光したビームを干渉させて露光する露光工程を有する配向膜形成工程と、

配向膜上に光学異方性層を形成する光学異方性層形成工程とを有する。

[0019] 本発明の製造方法は、図1および図2に示すような光学素子10を作製する。図1および図2に示す光学素子10は、支持体20、配向膜24および光学異方性層26をこの順に有するものである。光学異方性層26は、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。

光学素子10については後に詳述する。

[0020] <<支持体>>

本発明の製造方法で用いられる支持体20は、配向膜24、および、光学異方性層26を支持するフィルム状物（シート状物、板状物）である。

ここで、本発明においては、支持体20は、後述する配向膜の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有するものである。

すなわち、支持体20は、配向膜の光化学反応が生じる波長域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する機能を有する。

[0021] 図1に示す例においては、支持体20は、主支持体36と、主支持体36の界面における光の反射を抑制する反射抑制層38とを有する。反射抑制層38は、主支持体36の、配向膜24が形成される面とは反対側の面（以下、背面ともいう）に積層される。反射抑制層38は、本発明における反射抑制部である。

[0022] 反射抑制層38としては、誘電体膜、高屈折率材料および低屈折率材料を

交互に積層した干渉反射膜、表面に形状を形成したモスアイ構造等の公知の反射防止膜が適宜利用可能である。

周知のとおり、誘電体膜、および、干渉反射膜等を用いた反射防止膜は、反射防止膜をコーティングした主支持体に光が入射すると、入射光は主支持体と反射防止膜の界面で透過光と反射光に分かれ、また、反射防止膜と空気の界面で反射光と透過光に分かれ、2つの反射光の位相が半波長分ずれることで弱め合い、反射を抑制するものである。

反射抑制層38として誘電体膜を用いる場合には、反射を抑制する光の波長、主支持体の屈折率等に応じて、誘電体膜の膜厚、屈折率を設計することで、配向膜の光化学反応が生じる波長域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制することができる。

同様に、反射抑制層38として、高屈折率材料および低屈折率材料を交互に積層した干渉反射膜を用いる場合にも、反射を抑制する光の波長、主支持体の屈折率等に応じて、高屈折率層の膜厚および屈折率、ならびに、低屈折率層の膜厚および屈折率を設計することで、配向膜の光化学反応が生じる波長域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制することができる。

[0023] 主支持体36の材料としては、透明性が高いものが好ましく、ポリメチルメタクリレート等のポリアクリル系樹脂、セルローストリアセテート等のセルロース系樹脂、シクロオレフィンポリマー系樹脂、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、ポリ塩化ビニル等を挙げることができる。主支持体36の材料は樹脂に限らず、ガラスを用いてもよい。

[0024] 支持体20の厚さには、制限はなく、光学素子10の用途および支持体20の形成材料等に応じて、配向膜および光学異方性層を保持できる厚さを、適宜、設定すればよい。

支持体20の厚さは、1～1000 μm が好ましく、3～250 μm がより好ましく、5～150 μm がさらに好ましい。

[0025] 本発明の光学素子10においては、支持体20を剥離し、光学異方性層を

他の基材に転写する形態も好ましく用いられる。例えば、曲面形状を有する基材に、支持体20を剥離し、光学異方性層を転写して用いることができる。支持体20を剥離し、薄層である光学異方性層を使用することにより、様々な形状の光学素子、アプリケーションに適用できるなど、応用範囲が広がる点で好ましい。

[0026] また、図1に示す例においては、支持体20は、主支持体36と反射抑制層38とを有する構成としたがこれに限定はされず、主支持体36の背面に反射を抑制する反射防止構造が形成された構成としてもよい。反射防止構造は、本発明における反射抑制部である。

反射防止構造としては、微細な凹凸構造が周期的に形成されたモスアイ構造等の公知の反射防止構造を利用することができる。

モスアイ構造は、高さ数百nmの凸部が、反射を抑制する光の波長よりも小さいピッチで形成された構造である。モスアイ構造を有することで界面で厚み方向に連続的に屈折率が変化する構成となり光の反射を抑制することができる。

モスアイ構造の高さ、形状、ピッチ等は、反射を抑制する光の波長等に応じて設計すればよい。

[0027] <<配向膜形成工程>>

配向膜形成工程は、支持体20に配向膜24となる組成物を塗布する塗布工程と、支持体上に形成した配向膜（塗膜）に2つ以上の偏光したビームを干渉させて露光する露光工程とを有する。

配向膜24は、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層である。

[0028] 後に詳述するが、本発明の光学素子10において、光学異方性層26は、液晶化合物30に由来する光軸30A（図2参照）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、各光学異方性部材の配向膜は、光学異方性層が、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、『光軸３０Ａの向きが回転』を単に『光軸３０Ａが回転』とも言う。

[0029] 本発明の光学素子１０においては、配向膜は、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、いわゆる光配向膜である。すなわち、本発明の光学素子１０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る。

[0030] 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。

[0031] 配向膜の厚さには制限はなく、配向膜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。

配向膜の厚さは、 $0.01 \sim 5 \mu\text{m}$ が好ましく、 $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ がより好ましい。

[0032] (塗布工程)

配向膜となる組成物を塗布する方法としては限定はなく、バーコート、グラビアコート、および、スプレー塗布等の液体の塗布に用いられている公知の各種の方法が利用可能である。また、組成物の塗布厚（塗膜厚）は、組成物の組成等に応じて、目的とする厚さの配向膜が得られる塗布厚を、適宜、設定すればよい。

[0033] (露光工程)

露光工程は、塗布工程の後、配向膜となる塗膜に2つ以上の偏光したビームを干渉させて露光する。これによって、配向膜上に形成される光学異方性層が所定の液晶配向パターンを形成できるように、配向膜に所定の配向パターンが形成される。具体的には、配向膜上に形成される光学異方性層の、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配向パターンとなるような配向パターンが配向膜に形成される。

[0034] 図3に、配向膜を露光して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3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が出射したレーザ光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、 $\lambda/4$ 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 を出射する。 $\lambda/4$ 板7

2 A は、直線偏光 P_0 （光線 MA）を右円偏光 P_R に、 $\lambda/4$ 板 7 2 B 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。

[0035] 配向パターンを形成される前の配向膜 2 4（塗膜）を有する支持体 2 0 が露光部に配置され、2つの光線 MA と光線 MB とを配向膜 2 4 上において交差させて干渉させ、その干渉光を配向膜 2 4 に照射して露光する。

この際の干渉により、配向膜 2 4 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 2 4 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 6 0 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 3 0 に由来する光軸 3 0 A 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、光軸 3 0 A が回転する 1 方向における、光軸 3 0 A が 180° 回転する 1 周期の長さ（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 3 0 に由来する光軸 3 0 A 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 2 6 を形成できる。

また、 $\lambda/4$ 板 7 2 A および 7 2 B の光学軸を各々 90° 回転することにより、光軸 3 0 A の回転方向を逆にすることができる。

[0036] ここで、前述のとおり、本発明者らの検討によれば、配向膜に干渉光を照射して配向膜に配向パターンを形成し、配向膜の上に液晶層を形成すると液晶層の面内にムラが発生するという問題が生じることがわかった。この原因として、照射した光の一部が支持体 2 0 の界面で反射して再度、配向膜に照射されるためであると推定した。

[0037] 具体的には、図 4 に示すように、配向膜 2 4 側から照射した光線（MA、MB）の一部が配向膜 2 4 を透過し支持体 2 0 に入射して、支持体 2 0 に入射した光の一部が、支持体 2 0 の配向膜 2 4 が形成された面とは反対側の面

(背面)で反射する。支持体20背面で反射された反射光(L_{r1} 、 L_{r2})は配向膜24に再度照射される。その際、配向膜24に照射される光線(MA、MB)は、配向膜24の主面に対して斜めから照射されるため、支持体20の背面で反射された反射光(L_{r1} 、 L_{r2})は、配向膜24の、光線(MA、MB)が照射された領域とは異なる領域に照射される。配向膜24は反射光(L_{r1} 、 L_{r2})によっても露光されてしまうため、光線(MA、MB)が照射された領域とは異なる領域も露光されてしまう。そのため、光線(MA、MB)によって形成される配向パターンに、反射光(L_{r1} 、 L_{r2})による露光パターンが重畳してムラが生じてしまう。その結果、ムラが生じた配向膜24上に形成された光学異方性層26にも液晶化合物の配向パターンにムラが生じてしまう。光学異方性層26にムラが生じると、所望の光学特性が得られない。

[0038] これに対して、本発明の製造方法は、支持体20が、配向膜24の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する。すなわち、支持体20は、露光工程で配向膜24に照射する光(光線MA、MB)が支持体20の背面で反射することを抑制する機能を有する。

支持体20が、その背面で光線(MA、MB)が反射することを抑制する機能を有するため、配向膜24を透過し支持体20に入射した光線(MA、MB)は、支持体20の背面を透過する光量が大きくなり、反射される反射光(L_{r1} 、 L_{r2})の光量が小さくなる。従って、配向膜24が反射光(L_{r1} 、 L_{r2})によって露光されるのを抑制でき、配向膜24に形成される配向パターンにムラが生じることを抑制できる。その結果、配向膜24上に形成された光学異方性層26の配向パターンにムラが生じることを抑制でき、所望の光学特性が得ることができる。

[0039] 配向膜24の光吸収帯域の少なくとも一部の波長、すなわち、露光工程において照射する光の波長は、200nm～500nmであるのが好ましく、250nm～450nmであるのがより好ましく、300nm～400nm

であるのがさらに好ましい。

[0040] 光学異方性層 26 の配向パターンにムラが生じることを抑制できる観点から、露光工程で配向膜 24 に照射する波長域の光に対する支持体 20 の背面における反射率は、3%以下であるのが好ましく、1%以下であるのがより好ましく、0.5%以下であるのがさらに好ましい。

光の反射率は、分光光度計等によって測定できる。

[0041] 光学素子 10 は、入射光を透過して回折するものであるため、支持体 20 は、透過、回折する光の波長域に対する透過率は高い方が好ましい。具体的には、透過、回折する光の波長域に対する透過率は、50%以上であるのが好ましく、70%以上であるのがより好ましく、85%以上であるのがさらに好ましい。

一例として、露光工程で配向膜 24 に照射する光が紫外線で、光学素子 10 が透過、回折する光が可視光である場合には、支持体 20 として、紫外線に対して反射率が低く、可視光に対して高い透過率を有するものを用いればよい。

透過、回折する光の波長域に対し、支持体 20 の吸収率が低い場合、透過、回折する光の利用効率が低下する点で好ましくない。また、透過、回折する光の波長域に対し、支持体 20 の反射率が高い場合、透過、回折する光の利用効率が低下することに加え、不必要な反射光が発生する場合がある。

[0042] なお、図 3 に示す例では、露光工程において照射する光（ビーム）はレーザー光としたがこれに限定はされない。レーザー光は、波長域が狭く、指向性が高いため、高精度に配向パターンを形成できる点で好ましい。

[0043] また、配向膜に照射する 2 つ以上の偏光したビームは、波長が等しいことが好ましい。同じ波長のビームを用いることで、干渉光の偏光状態による周期パターンを高精度で形成、制御することができる。

[0044] また、配向膜に照射する 2 つ以上の偏光したビームは、光の強度が等しいことが好ましい。同じ強度のビームを用いることで、干渉光の偏光状態による周期パターンを高精度で形成、制御することができる。

[0045] また、配向膜に照射する2つ以上の偏光したビームは、異なる偏光であるのが好ましく、直交する偏光を含むことがより好ましく、左円偏光と右円偏光とを含むことがさらに好ましい。これによって、干渉光に偏光状態による周期パターンを持たせることができ、干渉光の偏光状態によって配向膜の異方性を異なるものとして、配向膜に干渉光の偏光状態の周期パターンに応じた異方性を発現させることができる。

[0046] <<光学異方性層形成工程>>

光学異方性層形成工程は、配向パターンが形成された配向膜上に光学異方性層を形成する工程である。

具体的には、光学異方性層形成工程は、例えば、調製した液晶化合物を含む液晶組成物を配向膜24上に塗布する工程、および、塗布した液晶組成物を硬化する工程を有する。

[0047] 液晶組成物の調製は従来公知の方法で行えばよい。また、液晶組成物の塗布は、バーコート、グラビアコート、および、スプレー塗布等の液体の塗布に用いられている公知の各種の方法が利用可能である。また、液晶組成物の塗布厚（塗膜厚）は、液晶組成物の組成等に応じて、目的とする厚さの光学異方性層が得られる塗布厚を、適宜、設定すればよい。

[0048] ここで、配向膜には配向パターンが形成されているため、配向膜上に塗布された液晶組成物の液晶化合物は、配向膜の配向パターン（異方性の周期パターン）に沿って配向される。

[0049] 液晶組成物は、必要に応じて乾燥および／または加熱され、その後、硬化される。液晶組成物の硬化は、光重合、熱重合等の公知の方法で行えばよい。重合は、光重合が好ましい。光照射は、紫外線を用いるのが好ましい。照射エネルギーは、 $20\text{ mJ} / \text{cm}^2 \sim 50\text{ J} / \text{cm}^2$ が好ましく、 $50 \sim 1500\text{ mJ} / \text{cm}^2$ がより好ましい。光重合反応を促進するため、加熱条件下または窒素雰囲気下で光照射を実施してもよい。照射する紫外線の波長は $250 \sim 430\text{ nm}$ が好ましい。

液晶組成物を硬化することで、液晶組成物中の液晶化合物は、配向膜の配

向パターンに沿って配向された状態（液晶配向パターン）で固定される。これによって、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が形成される。光学異方性層の液晶配向パターンについては後に詳述する。

なお、光学異方性層が完成した時点では、液晶化合物は液晶性を示さなくてもよい。例えば、重合性液晶化合物は、硬化反応により高分子量化して、液晶性を失っていてもよい。

[0050] なお、露光工程の後であって、光学異方性層形成工程の前または後に、支持体 20 を剥離する剥離工程を有していてもよい。

[0051] 次に、本発明の製造方法で作製される、本発明の光学素子の一例について、図 1 および図 2 を用いて説明する。

[0052] <光学素子>

図 1 に、本発明の光学素子の一例を概念的に表す側面図を示す。図 2 に、図 1 に示す光学素子の平面図を示す。なお、平面図とは、図 1 において、光学素子 10 を上方から見た図であり、すなわち、光学素子 10 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。

また、図 2 では、本発明の光学素子 10 の構成を明確に示すために、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 1 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。

[0053] 図 1 に示す光学素子 10 は、支持体 20、配向膜 24 および光学異方性層 26、を有する。光学異方性層 26 は、液晶化合物を含む組成物を用いて形成された、液晶化合物由来の光軸が、面内の一方向において回転する所定の液晶配向パターンを有する。

[0054] <<配向膜>>

支持体 20 の表面（主支持体 36 の、反射抑制層 38 が形成される面とは反対側の面）には配向膜 24 が形成される。

配向膜 24 は、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。前述のとおり、本発明の光学素子 10 において、光学異方性層 26 は、液晶化合物 30 に由来する光軸 30A（図 2 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、各光学異方性部材の配向膜は、光学異方性層が、この液晶配向パターンを形成できるように、形成される。

なお、本発明の光学素子では、液晶配向パターンにおける、光軸 30A の向きが連続的に回転しながら変化する一方向において、光軸 30A の向きが 180° 回転する長さを 1 周期（光軸の回転周期、図 2 中符号 Λ ）とした際に、光学異方性層の面内で液晶配向パターンの 1 周期の長さが異なる領域を有していてもよい。

[0055] <<光学異方性層>>

配向膜 24 の表面には、光学異方性層 26 が形成される。

前述のように、本発明の光学素子 10 において、光学異方性層 26 は、液晶化合物を含む液晶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、面内レタレーションの値を $\lambda/2$ に設定した場合に、一般的な $\lambda/2$ 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。

[0056] 図 2 に示すように、光学異方性層 26 は、光学異方性層 26 の面内において、液晶化合物 30 に由来する光軸 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に由来する光軸30Aを、『液晶化合物30の光軸30A』または『光軸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、光学異方性層26において、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向している。なお、図1、後述する図5、図6、図9、図10では、Y方向は、紙面に垂直な方向となる。

[0057] 図2に、光学異方性層26の平面図を概念的に示す。

光学異方性層26は、光学異方性層26の面内において、液晶化合物30に由来する光軸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の光軸30Aの向きが矢印X方向（所定の一方方向）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、光軸30Aと矢印X方向とが成す角度が θ から $\theta + 180^\circ$ あるいは $\theta - 180^\circ$ 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。

[0058] 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、すなわち光軸30Aが連続的に回転する一方方向と直交するY方向では、光軸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、光軸30Aの向きと矢印X方向とが成す角度が等しい。

[0059] 本発明の光学素子 10 においては、このような液晶化合物 30 の液晶配向パターンにおいて、面内で光軸 30A の向きが連続的に回転して変化する矢印 X 方向において、液晶化合物 30 の光軸 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。言い換えれば、液晶配向パターンにおける 1 周期の長さは、液晶化合物 30 の光軸 30A と矢印 X 方向とのなす角度が θ から $\theta + 180^\circ$ 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 周期の長さ Λ とする。具体的には、図 2 に示すように、矢印 X 方向と光軸 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 』とも言う。

本発明の光学素子 10 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。

[0060] 前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、光軸 30A と矢印 X 方向（液晶化合物 30 の光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 R とする。

この場合に、それぞれの領域 R における面内レタデーション（ R_e ）の値は、半波長すなわち $\lambda/2$ 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 R 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 R の屈折率異方性に伴う屈折率差とは、領域 R 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 R の屈折率異方性に伴う屈折率差 Δn は、光軸 30A の方向の液晶化合物 30 の屈折率と、領域 R の面内において光軸 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。

[0061] このような光学異方性層 26 に円偏光が入射すると、光は、屈折され、かつ、円偏光の方向が変換される。

この作用を、図 5 に光学異方性層 26 を例示して概念的に示す。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 $\lambda/2$ であるとする。

図 5 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 $\lambda/2$ の場合に、光学異方性層 26 に左円偏光である入射光 L_1 が入射すると、入射光 L_1 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 L_2 は、右円偏光に変換される。

また、入射光 L_1 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 の光軸 30A の向きに応じて絶対位相が変化する。このとき、光軸 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、光軸 30A の向きに応じて、入射光 L_1 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 を通過した入射光 L_1 には、図 5 に示すように、それぞれの光軸 30A の向きに対応した矢印 X 方向に周期的な絶対位相 Q_1 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、透過光 L_2 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 L_1 の進行方向とは異なる方向に進行する。このように、左円偏光の入射光 L_1 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、右円偏光の透過光 L_2 に変換される。

[0062] 一方、図 6 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 $\lambda/2$ のとき、光学異方性層 26 に右円偏光の入射光 L_4 が入射すると、入射光 L_4 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、左円偏光の透過光 L_5 に変換される。

また、入射光 L_4 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の光軸30Aの向きに応じて絶対位相が変化する。このとき、光軸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、光軸30Aの向きに応じて、入射光 L_4 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を通過した入射光 L_4 は、図6に示すように、それぞれの光軸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 L_4 は、右円偏光であるので、光軸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、左円偏光である入射光 L_1 とは逆になる。その結果、入射光 L_4 では、入射光 L_1 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、入射光 L_4 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、入射光 L_4 の進行方向とは異なる方向に進行する。このように、入射光 L_4 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の透過光 L_5 に変換される。

[0063] 光学異方性層26において、複数の領域Rの面内レタレーションの値は、半波長であるのが好ましいが、波長が550nmである入射光に対する光学異方性層26の複数の領域Rの面内レタレーション $Re(550) = \Delta n_{550} \times d$ 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_{550} は、入射光の波長が550nmである場合の、領域R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。

$$200\text{nm} \leq \Delta n_{550} \times d \leq 350\text{nm} \cdots (1)$$

すなわち、光学異方性層26の複数の領域Rの面内レタレーション $Re(550) = \Delta n_{550} \times d$ 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。面内レタレーション $Re(550) = \Delta n_{550} \times d$ は、 $225\text{nm} \leq \Delta n_{550} \times d \leq 340\text{nm}$ がよ

り好ましく、 $250\text{ nm} \leq \Delta n_{550} \times d \leq 330\text{ nm}$ がさらに好ましい。

なお、上記式（１）は波長 550 nm である入射光に対する範囲であるが、波長が $\lambda\text{ nm}$ である入射光に対する光学異方性層の複数の領域 R の面内レタデーション $R_e(\lambda) = \Delta n_{\lambda} \times d$ は下記式（１－２）に規定される範囲内であるのが好ましく、適宜設定することができる。

$$0.7\lambda\text{ nm} \leq \Delta n_{\lambda} \times d \leq 1.3\lambda\text{ nm} \cdots (1-2)$$

[0064] また、光学異方性層２６における、複数の領域 R 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、 $\Delta n_{550} \times d < 200\text{ nm}$ または $350\text{ nm} < \Delta n_{550} \times d$ 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。 $\Delta n_{550} \times d$ が 0 nm または 550 nm 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。

[0065] さらに、波長が 450 nm の入射光に対する光学異方性層２６の領域 R のそれぞれの面内レタデーション $R_e(450) = \Delta n_{450} \times d$ と、波長が 550 nm の入射光に対する光学異方性層２６の領域 R のそれぞれの面内レタデーション $R_e(550) = \Delta n_{550} \times d$ は、下記式（２）を満たすのが好ましい。ここで、 Δn_{450} は、入射光の波長が 450 nm である場合の、領域 R の屈折率異方性に伴う屈折率差である。

$$(\Delta n_{450} \times d) / (\Delta n_{550} \times d) < 1.0 \cdots (2)$$

式（２）は、光学異方性層２６に含まれる液晶化合物３０が逆分散性を有していることを表している。すなわち、式（２）が満たされることにより、光学異方性層２６は、広帯域の波長の入射光に対応できる。

[0066] 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 L_2 および L_5 の屈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 L_2 および L_5 を大きく屈折させることができる。

また、入射光 L_1 および L_4 に対する透過光 L_2 および L_5 の屈折の角度は、入射光 L_1 および L_4 （透過光 L_2 および L_5 ）の波長によって異なる。具体的には、入射光の波長が長いほど、透過光は大きく屈折する。すなわち、入射光が赤色光、緑色光および青色光である場合には、赤色光が最も大きく屈折し、青色光の屈折が最も小さい。

さらに、矢印X方向に沿って回転する、液晶化合物30の光軸30Aの回転方向を逆方向にすることにより、透過光の屈折の方向を、逆方向にできる。

[0067] 光学異方性層は、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の硬化層からなり、棒状液晶化合物の光軸または円盤状液晶化合物の光軸が、上記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上に配向膜を形成し、配向膜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を得ることができる。なお、いわゆる $\lambda/2$ 板として機能するのは光学異方性層であるが、本発明は、支持体20および配向膜を一体的に備えた積層体が $\lambda/2$ 板として機能する態様を含む。

また、光学異方性層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、架橋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。また、液晶組成物は、溶媒を含んでいてもよい。

[0068] また、光学異方性層は、入射光の波長に対して広帯域であることが望ましく、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ことが好ましい。また、液晶組成物に捩れ成分を付与することにより、また、異なる位相差層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ことも好ましい。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 $\lambda/2$ 板を実現する方法が特開2014-089476号公報等に表示されており、本発明において好ましく使用することができる。

[0069] 一棒状液晶化合物—

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。

[0070] 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号公報に記載のものも好ましく用いることができる。

[0071] 一円盤状液晶化合物—

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。

[0072] 本発明の光学素子においては、光学異方性層における上記 180° 回転周期は全面に亘って一様である必要はない。すなわち、面内において、 180° 回転周期の長さが異なる領域を有していてもよい。

また、光学異方性層の面内の少なくとも一方向に光学軸の向きが回転している液晶配向パターンを一部に有していればよく、光学軸の向きが一定の部分を備えていてもよい。

[0073] また、図 1 および図 2 に示す光学素子は、光学異方性層の液晶配向パターンにおける液晶化合物 30 の光軸 30A は、矢印 X 方向のみに沿って、連続して回転している。

しかしながら、本発明は、これに制限はされず、光学異方性層において、液晶化合物 30 の光軸 30A が一方向に沿って連続して回転するものであれば、各種の構成が利用可能である。

[0074] 一例として、図 7 の平面図に概念的に示すような、液晶配向パターンが、液晶化合物 30 の光軸の向きが連続的に回転しながら変化する一方向を、内側から外側に向かう同心円状に有する、同心円状のパターンである、光学異方性層 34 が例示される。言い換えれば、図 7 に示す光学異方性層 34 の液晶配向パターンは、液晶化合物 30 の光軸の向きが連続的に回転しながら変化する一方向が、光学異方性層 34 の中心から放射状に設けられた液晶配向パターンである。

[0075] なお、図 7 においても、図 2 と同様、配向膜の表面の液晶化合物 30 のみを示すが、光学異方性層 34 においては、図 1 に示されるように、この配向膜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、前述のとおりである。

[0076] 図 7 に示す光学異方性層 34 において、液晶化合物 30 の光軸（図示省略）は、液晶化合物 30 の長手方向である。

光学異方性層 34 では、液晶化合物 30 の光軸の向きは、光学異方性層 34 の中心から外側に向かう多数の方向、例えば、矢印 A1 で示す方向、矢印 A2 で示す方向、矢印 A3 で示す方向…に沿って、連続的に回転しながら変

化している。

この液晶配向パターンを有する光学異方性層 34 に入射した円偏光は、液晶化合物 30 の光軸の向きが異なる個々の局所的な領域において、それぞれ、絶対位相が変化する。この際に、それぞれの絶対位相の変化量は、円偏光が入射した液晶化合物 30 の光軸の向きに応じて異なる。

[0077] このような、同心円状の液晶配向パターン、すなわち、放射状に光軸が連続的に回転して変化する液晶配向パターンを有する光学異方性層 34 は、液晶化合物 30 の光軸の回転方向および入射する円偏光の方向に応じて、入射光を、発散光または集束光として透過できる。

すなわち、光学異方性層の液晶配向パターンを同心円状とすることにより、本発明の光学素子は、例えば、凸レンズまたは凹レンズとして機能を発現する。

[0078] ここで、光学異方性層の液晶配向パターンを同心円状として、光学素子を凸レンズとして作用させる場合には、液晶配向パターンにおいて光軸が 180° 回転する 1 周期 Λ を、光学異方性層 34 の中心から、光軸が連続的に回転する 1 方向の外方向に向かって、漸次、短くするのが好ましい。

前述のように、入射方向に対する光の屈折の角度は、液晶配向パターンにおける 1 周期 Λ が短いほど、大きくなる。従って、液晶配向パターンにおける 1 周期 Λ を、光学異方性層 34 の中心から、光軸が連続的に回転する 1 方向の外方向に向かって、漸次、短くすることにより、光学異方性層 34 による光の集束力を、より向上でき、凸レンズとしての性能を、向上できる。

[0079] なお、本発明においては、例えば凹レンズとする場合など、光学素子の用途によっては、液晶配向パターンにおいて光軸が 180° 回転する 1 周期 Λ を、光学異方性層 34 の中心から、光軸が連続的に回転する方向を逆方向に回転させ、1 方向の外方向に向かって、漸次、短くするのが好ましい。

前述のように、入射方向に対する光の屈折の角度は、液晶配向パターンにおける 1 周期 Λ が短いほど、大きくなる。従って、液晶配向パターンにおける 1 周期 Λ を、光学異方性層 34 の中心から、光軸が連続的に回転する 1 方

向の外方向に向かって、漸次、短くすることにより、光学異方性層 3 4 による光の発散力を、より向上でき、凹レンズとしての性能を、向上できる。

[0080] なお、本発明においては、例えば光学素子を凹レンズとする場合など、入射する円偏光の旋回方向を逆にするのも好ましい。

[0081] 本発明において、光学素子を凸レンズまたは凹レンズとして作用させる場合には、下記の式を満たすのが好ましい。

$$\Phi(r) = (\pi/\lambda) [(r^2 + f^2)^{1/2} - f]$$

ここで、 r は同心円の中心からの距離で次式 $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$ で表わされる。 x 、 y は面内の位置を表し、 $(x, y) = (0, 0)$ は同心円の中心を表す。 $\Phi(r)$ は中心からの距離 r における光軸の角度、 λ は波長、 f は設計の焦点距離を表す。

[0082] なお、本発明においては、逆に、同心円状の液晶配向パターンにおける 1 周期 Λ を、光学異方性層 3 4 の中心から、光軸が連続的に回転する 1 方向の外方向に向かって、漸次、長くしてもよい。

さらに、例えば透過光に光量分布を設けたい場合など、光学素子の用途によって、光軸が連続的に回転する 1 方向に向かって、1 周期 Λ を、漸次、変更するのではなく、光軸が連続的に回転する 1 方向において、部分的に 1 周期 Λ が異なる領域を有する構成も利用可能である。

加えて、本発明の光学素子は、1 周期 Λ が全面的に均一な光学異方性層と、1 周期 Λ が異なる領域を有する光学異方性層とを有してもよい。

[0083] 図 8 に、配向膜 2 4 に、このような同心円状の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。

露光装置 8 0 は、レーザ 8 2 を備えた光源 8 4 と、レーザ 8 2 からのレーザ光 M を S 偏光 MS と P 偏光 MP とに分割する偏光ビームスプリッター 8 6 と、P 偏光 MP の光路に配置されたミラー 9 0 A および S 偏光 MS の光路に配置されたミラー 9 0 B と、S 偏光 MS の光路に配置されたレンズ 9 2 と、偏光ビームスプリッター 9 4 と、 $\lambda/4$ 板 9 6 とを有する。

[0084] 偏光ビームスプリッター 8 6 で分割された P 偏光 MP は、ミラー 9 0 A に

よって反射されて、偏光ビームスプリッター 94 に入射する。他方、偏光ビームスプリッター 86 で分割された S 偏光 MS は、ミラー 90B によって反射され、レンズ 92 によって集光されて偏光ビームスプリッター 94 に入射する。

P 偏光 MP および S 偏光 MS は、偏光ビームスプリッター 94 で合波されて、 $\lambda/4$ 板 96 によって偏光方向に応じた右円偏光および左円偏光となって、支持体 20 の上の配向膜 24 に入射する。

ここで、右円偏光と左円偏光の干渉により、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。同心円の内側から外側に向かうにしたがい、左円偏光と右円偏光の交差角が変化するため、内側から外側に向かってピッチが変化する露光パターンが得られる。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同心円状の配向パターンが得られる。

[0085] この露光装置 80 において、液晶化合物 30 の光軸が一方向に沿って連続的に 180° 回転する液晶配向パターンの 1 周期 Λ は、レンズ 92 の屈折力（レンズ 92 の F ナンバー）レンズ 92 の焦点距離、および、レンズ 92 と配向膜 24 との距離等を変化させることで、制御できる。

また、レンズ 92 の屈折力（レンズ 92 の F ナンバー）を調節することによって、光軸が連続的に回転する一方向において、液晶配向パターンの 1 周期の長さ Λ を変更できる。

具体的には、平行光と干渉させる、レンズ 92 で広げる光の広がり角によって、光軸が連続的に回転する一方向において、液晶配向パターンの 1 周期の長さ Λ を変えることができる。より具体的には、レンズ 92 の屈折力を弱くすると、平行光に近づくため、液晶配向パターンの 1 周期の長さ Λ は、内側から外側に向かって緩やかに短くなり、F ナンバーは大きくなる。逆に、レンズ 92 の屈折力を強めると、液晶配向パターンの 1 周期の長さ Λ は、内側から外側に向かって急に短くなり、F ナンバーは小さくなる。

[0086] このように、光軸が連続的に回転する 1 方向において、光軸が 180° 回

転する1周期 Λ を変更する構成は、図1および図2に示す、矢印X方向の一方方向のみに液晶化合物30の光軸30Aが連続的に回転して変化する構成でも、利用可能である。

例えば、液晶配向パターンの1周期 Λ を、矢印X方向に向かって、漸次、短くすることにより、集光するように光を透過する光学素子を得ることができる。また、液晶配向パターンにおいて、光軸が 180° 回転する方向を逆にすることにより、矢印X方向にのみ拡散するように光を透過する光学素子を得ることができる。なお、入射する円偏光の旋回方向を逆にすることでも、矢印のX方向にのみ拡散するように光を透過する光学素子を得ることができる。

さらに、例えば透過光に光量分布を設けたい場合など、光学素子の用途によって、矢印X方向に向かって、1周期 Λ を漸次、変更するのではなく、矢印X方向において、部分的に1周期 Λ が異なる領域を有する構成も利用可能である。例えば、部分的に1周期 Λ を変更する方法として、集光したレーザー光の偏光方向を任意に変えながら、光配向膜をスキャン露光してパターンニングする方法等を利用することができる。

[0087] また、本発明の光学素子は、光学異方性層26を複数層有する構成としてもよい。光学異方性層を複数層有する場合には、光学異方性層の液晶配向パターンの1周期 Λ は同じであっても異なってもよい。また、光学異方性層ごとに、液晶配向パターンが異なってもよい。

[0088] 本発明の光学素子において、光学異方性層の配向パターンにおける1周期 Λ には、制限はなく、光学素子の用途等に応じて、適宜、設定すればよい。

[0089] ここで、本発明の光学素子は、一例として、ARグラスにおいて、ディスプレイが表示した光を屈折して導光板に導入する回折素子、および、導光板を伝播した光を屈折して導光板から使用者による観察位置に出射させる回折素子に、好適に利用される。特に、フルカラー画像に対応可能な光学素子10は、ARグラスにおける回折素子として好適に利用可能である。

この際においては、導光板で光を全反射させるためには、入射光に対して

、ある程度の大きな角度で光を屈折させて導光板に導入する必要がある。また、導光板を伝播してきた光を確実に出射させるためにも、入射光に対して、ある程度の大きな角度で光を屈折させる必要がある。

また、前述のように、光学異方性層による光の透過角度は、液晶配向パターンにおける1周期 Λ を短くすることで、入射光に対する透過光の角度を大きくできる。

[0090] この点を考慮すると、光学異方性層の液晶配向パターンにおける1周期 Λ は、 $20\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $5\mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。

より大きな角度で光を回折する場合には、 $3\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $1\mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。

なお、液晶配向パターンの精度等を考慮すると、光学異方性層の液晶配向パターンにおける1周期 Λ は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上とするのが好ましい。

[0091] また、図1に示す例では、光学異方性層において、厚み方向に配列された液晶化合物は、その光軸が同じ方向となるように配列される構成としたがこれに限定はされない。光学異方性層は、厚み方向において液晶化合物の配向がねじれ性を持つ領域を有していてもよい。また、光学異方性層は、コレステリック配向を有していてもよい。

[0092] 図9に示す例は、光学異方性層がコレステリック配向を有する例である。

図9に示す光学素子12において、光学異方性層27は、通常のコレステリック液晶相を固定してなるコレステリック液晶層と同様に、液晶化合物30が厚み方向に螺旋状に旋回して積み重ねられたらせん構造を有し、液晶化合物30が螺旋状に1回転(360° 回転)して積み重ねられた構成を螺旋1ピッチとして螺旋状に旋回する液晶化合物30が複数ピッチ積層された構成を有する。

[0093] 一方、図2に示す例と同様に、光学異方性層27は、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。

[0094] このような、コレステリック配向を有する光学異方性層 27 は、従来のコレステリック液晶層と同様に、波長選択反射性を有する。例えば、コレステリック配向を有する光学異方性層 27 が赤色光の右円偏光を反射するものである場合には、赤色の波長域の右円偏光を反射してそれ以外の光を透過する。

一方で、光学異方性層 27 において、面方向において液晶化合物 30 が回転して配向されているため、反射光は回折される。

従って、コレステリック配向を有する光学異方性層 27 を有する光学素子 12 は、選択反射波長の右円偏光または左円偏光を反射し、かつ、この反射光を回折する。

なお、以下の説明において、コレステリック配向を有する光学異方性層をコレステリック液晶層ともいう。

[0095] 図 9 に示す光学素子 12 において、支持体 20 および配向膜 24 の構成は、図 1 に示す光学素子 10 の支持体 20 および配向膜 24 の構成と同様であるので、その説明は省略する。

すなわち、図 9 に示す光学素子において、配向膜 24 は、光配向膜であり、2 つ以上の偏光したビームを干渉させて露光されている。この露光によって、配向膜 24 は、光学異方性層 27 が、液晶化合物 30 に由来する光軸 30A の向きが、面内の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形成できるように、配向パターンが形成されている。

[0096] <コレステリック液晶層>

コレステリック液晶層 27 は、コレステリック液晶相を固定してなるものである。すなわち、コレステリック液晶層 27 は、コレステリック構造を有する液晶化合物 30（液晶材料）からなる層である。

[0097] <<コレステリック液晶相>>

コレステリック液晶相は、特定の波長において左右いずれかの円偏光に対して選択反射性を示す。反射光が右円偏光であるか左円偏光であるかは、コレステリック液晶相の螺旋の捩れ方向（センス）による。コレステリック液

晶相による円偏光の選択反射は、コレステリック液晶相の螺旋の捩れ方向が右の場合は右円偏光を反射し、螺旋の捩れ方向が左の場合は左円偏光を反射する。

従って、図9に示す例の光学素子12においては、コレステリック液晶層は、右捩れのコレステリック液晶相を固定してなる層である。

なお、コレステリック液晶相の旋回の方法は、コレステリック液晶層を形成する液晶化合物の種類および／または添加されるキラル剤の種類によって調節できる。

[0098] また、選択反射を示す選択反射帯域（円偏光反射帯域）の半値幅 $\Delta\lambda$ （nm）は、コレステリック液晶相の Δn と螺旋のピッチ P とに依存し、 $\Delta\lambda = \Delta n \times P$ の関係に従う。そのため、選択反射帯域の幅の制御は、 Δn を調節して行うことができる。 Δn は、コレステリック液晶層を形成する液晶化合物の種類およびその混合比率、ならびに、配向固定時の温度により調節できる。

反射波長帯域の半値幅は、光学素子10の用途に応じて調節され、例えば100～500nmであればよく、好ましくは200～300nmであり、より好ましくは300～1000nmである。

[0099] <<コレステリック液晶層の形成方法>>

コレステリック液晶層27は、コレステリック液晶相を層状に固定して形成できる。

コレステリック液晶相を固定した構造は、コレステリック液晶相となっている液晶化合物の配向が保持されている構造であればよく、典型的には、重合性液晶化合物をコレステリック液晶相の配向状態としたうえで、紫外線照射、加熱等によって重合、硬化し、流動性がない層を形成して、同時に、外場または外力によって配向形態に変化を生じさせることない状態に変化した構造が好ましい。

なお、コレステリック液晶相を固定した構造においては、コレステリック液晶相の光学的性質が保持されていれば十分であり、コレステリック液晶層

において、液晶化合物30は液晶性を示さなくてもよい。例えば、重合性液晶化合物は、硬化反応により高分子量化して、液晶性を失っていてもよい。

[0100] コレステリック液晶相を固定してなるコレステリック液晶層の形成に用いる材料としては、一例として、液晶化合物を含む液晶組成物が挙げられる。液晶化合物は重合性液晶化合物であるのが好ましい。

また、コレステリック液晶層の形成に用いる液晶組成物は、さらに界面活性剤およびキラル剤を含んでいてもよい。

[0101] ー重合性液晶化合物ー

重合性液晶化合物は、棒状液晶化合物であっても、円盤状液晶化合物であってもよい。

コレステリック液晶相を形成する棒状の重合性液晶化合物の例としては、棒状ネマチック液晶化合物が挙げられる。棒状ネマチック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等が好ましく用いられる。低分子液晶化合物だけではなく、高分子液晶化合物も用いることができる。

[0102] 重合性液晶化合物は、重合性基を液晶化合物に導入することで得られる。重合性基の例には、不飽和重合性基、エポキシ基、およびアジリジニル基が含まれ、不飽和重合性基が好ましく、エチレン性不飽和重合性基がより好ましい。重合性基は種々の方法で、液晶化合物の分子中に導入できる。重合性液晶化合物が有する重合性基の個数は、好ましくは1～6個、より好ましくは1～3個である。

重合性液晶化合物の例は、Makromol. Chem., 190巻、2255頁(1989年)、Advanced Materials 5巻、107頁(1993年)、米国特許第4683327号明細書、米国特許第

5622648号明細書、米国特許第5770107号明細書、国際公開第95/22586号、国際公開第95/24455号、国際公開第97/00600号、国際公開第98/23580号、国際公開第98/52905号、特開平1-272551号公報、特開平6-16616号公報、特開平7-110469号公報、特開平11-80081号公報、および、特開2001-328973号公報等に記載の化合物が含まれる。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号公報に記載のものも好ましく用いることができる。2種類以上の重合性液晶化合物を併用してもよい。2種類以上の重合性液晶化合物を併用すると、配向温度を低下させることができる。

[0103] また、上記以外の重合性液晶化合物としては、特開昭57-165480号公報に開示されているようなコレステリック相を有する環式オルガノポリシロキサン化合物等を用いることができる。さらに、前述の高分子液晶化合物としては、液晶を呈するメソゲン基を主鎖、側鎖、あるいは主鎖および側鎖の両方の位置に導入した高分子、コレステリル基を側鎖に導入した高分子コレステリック液晶、特開平9-133810号公報に開示されているような液晶性高分子、および、特開平11-293252号公報に開示されているような液晶性高分子等を用いることができる。

[0104] ー円盤状液晶化合物ー

円盤状液晶化合物としては、例えば、特開2007-108732号公報や特開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。

[0105] また、液晶組成物中の重合性液晶化合物の添加量は、液晶組成物の固形分質量（溶媒を除いた質量）に対して、75～99.9質量%であるのが好ましく、80～99質量%であるのがより好ましく、85～90質量%であるのがさらに好ましい。

[0106] ー界面活性剤ー

コレステリック液晶層を形成する際に用いる液晶組成物は、界面活性剤を

含有してもよい。

界面活性剤は、安定的にまたは迅速にプレーナー配向のコレスティック液晶相とするために寄与する配向制御剤として機能できる化合物が好ましい。界面活性剤としては、例えば、シリコン系界面活性剤およびフッ素系界面活性剤が挙げられ、フッ素系界面活性剤が好ましく例示される。

[0107] 界面活性剤の具体例としては、特開2014-119605号公報の段落[0082]～[0090]に記載の化合物、特開2012-203237号公報の段落[0031]～[0034]に記載の化合物、特開2005-99248号公報の段落[0092]および[0093]中に例示されている化合物、特開2002-129162号公報の段落[0076]～[0078]および段落[0082]～[0085]中に例示されている化合物、ならびに、特開2007-272185号公報の段落[0018]～[0043]等に記載のフッ素（メタ）アクリレート系ポリマー、などが挙げられる。

なお、界面活性剤は、1種を単独で用いてもよいし、2種以上を併用してもよい。

フッ素系界面活性剤として、特開2014-119605号公報の段落[0082]～[0090]に記載の化合物が好ましい。

[0108] 液晶組成物中における、界面活性剤の添加量は、液晶化合物の全質量に対して0.01～10質量%が好ましく、0.01～5質量%がより好ましく、0.02～1質量%がさらに好ましい。

[0109] キラル剤（光学活性化合物）――

キラル剤（カイラル剤）はコレスティック液晶相の螺旋構造を誘起する機能を有する。キラル剤は、化合物によって誘起する螺旋の捩れ方向または螺旋ピッチが異なるため、目的に応じて選択すればよい。

キラル剤としては、特に制限はなく、公知の化合物（例えば、液晶デバイスハンドブック、第3章4-3項、TN（twisted nematic）、STN（Super Twisted Nematic）用カイラル剤、199頁、日本学術振興会第142委員

会編、1989に記載)、イソソルビド、および、イソマンニド誘導体等を用いることができる。

キラル剤は、一般に不斉炭素原子を含むが、不斉炭素原子を含まない軸性不斉化合物または面性不斉化合物もキラル剤として用いることができる。軸性不斉化合物または面性不斉化合物の例には、ビナフチル、ヘリセン、パラシクロファン、および、これらの誘導体が含まれる。キラル剤は、重合性基を有していてもよい。キラル剤と液晶化合物とがいずれも重合性基を有する場合は、重合性キラル剤と重合性液晶化合物との重合反応により、重合性液晶化合物から誘導される繰り返し単位と、キラル剤から誘導される繰り返し単位とを有するポリマーを形成することができる。この態様では、重合性キラル剤が有する重合性基は、重合性液晶化合物が有する重合性基と、同種の基であるのが好ましい。従って、キラル剤の重合性基も、不飽和重合性基、エポキシ基またはアジリジニル基であるのが好ましく、不飽和重合性基であるのがより好ましく、エチレン性不飽和重合性基であるのがさらに好ましい。

また、キラル剤は、液晶化合物であってもよい。

[0110] キラル剤が光異性化基を有する場合には、塗布、配向後に活性光線などのフォトマスク照射によって、発光波長に対応した所望の反射波長のパターンを形成することができるので好ましい。光異性化基としては、フォトクロミック性を示す化合物の異性化部位、アゾ基、アゾキシ基、または、シンナモイル基が好ましい。具体的な化合物として、特開2002-80478号公報、特開2002-80851号公報、特開2002-179668号公報、特開2002-179669号公報、特開2002-179670号公報、特開2002-179681号公報、特開2002-179682号公報、特開2002-338575号公報、特開2002-338668号公報、特開2003-313189号公報、および、特開2003-313292号公報等に記載の化合物を用いることができる。

[0111] 液晶組成物における、キラル剤の含有量は、液晶化合物の含有モル量に対

して0.01～200モル%が好ましく、1～30モル%がより好ましい。

[0112] ―重合開始剤―

液晶組成物が重合性化合物を含む場合は、重合開始剤を含有しているのが好ましい。紫外線照射により重合反応を進行させる態様では、使用する重合開始剤は、紫外線照射によって重合反応を開始可能な光重合開始剤であるのが好ましい。

光重合開始剤の例には、 α -カルボニル化合物（米国特許第2367661号、米国特許第2367670号の各明細書記載）、アシロインエーテル（米国特許第2448828号明細書記載）、 α -炭化水素置換芳香族アシロイン化合物（米国特許第2722512号明細書記載）、多核キノン化合物（米国特許第3046127号、米国特許第2951758号の各明細書記載）、トリアリールイミダゾールダイマーとp-アミノフェニルケトンとの組み合わせ（米国特許第3549367号明細書記載）、アクリジンおよびフェナジン化合物（特開昭60-105667号公報、米国特許第4239850号明細書記載）、ならびに、オキサジアゾール化合物（米国特許第4212970号明細書記載）等が挙げられる。

液晶組成物中の光重合開始剤の含有量は、液晶化合物の含有量に対して0.1～20質量%であるのが好ましく、0.5～12質量%であるのがさらに好ましい。

[0113] ―架橋剤―

液晶組成物は、硬化後の膜強度向上、耐久性向上のため、任意に架橋剤を含有していてもよい。架橋剤としては、紫外線、熱、および、湿気等で硬化するものが好適に使用できる。

架橋剤としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えばトリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレートおよびペンタエリスリトールトリ（メタ）アクリレート等の多官能アクリレート化合物；グリシジル（メタ）アクリレートおよびエチレングリコールジグリシジルエーテル等のエポキシ化合物；2,2-ビスヒドロキシメチルブタノールトリ

ス〔3-（1-アジリジニル）プロピオネート〕および4, 4-ビス（エチレンイミノカルボニルアミノ）ジフェニルメタン等のアジリジン化合物；ヘキサメチレンジイソシアネートおよびビウレット型イソシアネート等のイソシアネート化合物；オキサゾリン基を側鎖に有するポリオキサゾリン化合物；ならびに、ビニルトリメトキシシラン、N-（2-アミノエチル）3-アミノプロピルトリメトキシシラン等のアルコキシシラン化合物などが挙げられる。また、架橋剤の反応性に応じて公知の触媒を用いることができ、膜強度および耐久性向上に加えて生産性を向上させることができる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

架橋剤の含有量は、液晶組成物の固形分質量に対して、3～20質量％が好ましく、5～15質量％がより好ましい。架橋剤の含有量が上記範囲内であれば、架橋密度向上の効果が得られやすく、コレステリック液晶相の安定性がより向上する。

[0114] ――その他の添加剤――

液晶組成物中には、必要に応じて、さらに重合禁止剤、酸化防止剤、紫外線吸収剤、光安定化剤、色材、および、金属酸化物微粒子等を、光学的性能等を低下させない範囲で添加することができる。

[0115] 液晶組成物は、コレステリック液晶層27を形成する際には、液体として用いられるのが好ましい。

液晶組成物は溶媒を含んでいてもよい。溶媒には、制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、有機溶媒が好ましい。

有機溶媒には、制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、ケトン類、アルキルハライド類、アミド類、スルホキシド類、ヘテロ環化合物、炭化水素類、エステル類、および、エーテル類などが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。これらの中でも、環境への負荷を考慮した場合にはケトン類が好ましい。

[0116] コレステリック液晶層を形成する際には、配向膜上に液晶組成物を塗布して、液晶化合物をコレステリック液晶相の状態に配向した後、液晶化合物を

硬化して、コレステリック液晶層とする。

塗布方法は前述のとおりである。

- [0117] 塗布された液晶組成物は、必要に応じて乾燥および／または加熱され、その後、硬化され、コレステリック液晶層を形成する。この乾燥および／または加熱の工程で、液晶組成物中の液晶化合物がコレステリック液晶相に配向すればよい。加熱を行う場合、加熱温度は、200℃以下が好ましく、130℃以下がより好ましい。

硬化方法は前述のとおりである。

- [0118] <<コレステリック液晶層の液晶配向パターン>>

前述のように、本発明の光学素子12において、コレステリック液晶層27は、コレステリック液晶相を形成する液晶化合物30に由来する光軸30Aの向きが、コレステリック液晶層の面内において、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。

- [0119] コレステリック液晶層27においても、図2に示す光学異方性層26のように、配向膜24の表面において、コレステリック液晶層27を構成する液晶化合物30は、下層の配向膜24に形成された配向パターンに応じて、矢印Xで示す所定の一方向、および、この一方向（矢印X方向）と直交する方向に、二次元的に配列された状態になっている。

また、コレステリック液晶層27を形成する液晶化合物30は、コレステリック液晶層27の面内において、矢印X方向に沿って、光軸30Aの向きが、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。図示例においては、液晶化合物30の光軸30Aが、矢印X方向に沿って、時計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、前述のとおり、矢印X方向に互いに隣接する液晶化合物30の光軸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。

- [0120] 一方、コレステリック液晶層27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、光軸30Aの向きが等しい。

言い換えれば、コレステリック液晶層27を形成する液晶化合物30は、Y方向では、液晶化合物30の光軸30Aと矢印X方向とが成す角度が等しい。

[0121] 従来のコレステリック液晶相を固定してなるコレステリック液晶層は、通常、入射した光（円偏光）を鏡面反射する。

これに対して、本発明の光学素子が有するコレステリック液晶層27は、入射した光を、入射光に対して矢印X方向に角度を有した方向に反射する。コレステリック液晶層27は、面内において、矢印X方向（所定の一方向）に沿って光軸30Aが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ものである。以下、図10を参照して説明する。

[0122] 前述のように、コレステリック液晶層27は、選択反射波長の右円偏光または左円偏光を選択的に反射するコレステリック液晶層である。以下、赤色の右円偏光を反射するものとして説明する。光学素子10に光が入射すると、コレステリック液晶層27は、赤色光の右円偏光 R_R のみを反射し、それ以外の光を透過する。

[0123] コレステリック液晶層27に入射した赤色光の右円偏光 R_R は、コレステリック液晶層27によって反射される際に、各液晶化合物30の光軸30Aの向きに応じて絶対位相が変化する。

ここで、コレステリック液晶層27では、液晶化合物30の光軸30Aが矢印X方向（一方向）に沿って回転しながら変化している。そのため、光軸30Aの向きによって、入射した赤色光の右円偏光 R_R の絶対位相の変化量が異なる。

さらに、コレステリック液晶層27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。そのため、コレステリック液晶層27に入射した赤色光の右円偏光 R_R には、図10に概念的に示すように、それぞれの光軸30Aの向きに対応した矢印X方向に周期的な絶対位相Qが与えられる。

また、液晶化合物 30 の光軸 30 A の矢印 X 方向に対する向きは、矢印 X 方向と直交する Y 方向の液晶化合物 30 の配列では、均一である。

これによりコレステリック液晶層 27 では、赤色光の右円偏光 R_R に対して、XY 面に対して矢印 X 方向に傾いた等位相面 E が形成される。

そのため、赤色光の右円偏光 R_R は、等位相面 E の法線方向に反射され、反射された赤色光の右円偏光 R_R は、XY 面（コレステリック液晶層 27 の主面）に対して矢印 X 方向に傾いた方向に反射される。

[0124] 本発明の光学素子 10 において、コレステリック液晶層の配向パターンにおける 1 周期 Λ には、制限はなく、光学素子 10 の用途等に応じて、適宜、設定すればよい。

[0125] コレステリック配向を有する光学異方性層（コレステリック液晶層）27 を有する光学素子においても、コレステリック液晶層 27 を複数層有する構成としてもよい。光学異方性層を複数層有する場合には、光学異方性層の液晶配向パターンの 1 周期 Λ は同じであっても異なってもよい。また、光学異方性層ごとに、液晶配向パターンが異なってもよい。

[0126] また、複数層のコレステリック液晶層を有する場合には、選択反射波長の異なるコレステリック液晶層を有する構成としてもよい。例えば、赤色光を反射するコレステリック液晶層、緑色光を反射するコレステリック液晶層、および、青色光を反射するコレステリック液晶層を有する構成として、各コレステリック液晶層による光の回折角を同じにすることで、赤色光、緑色光、青色光を同じ方向に回折する光学素子とすることができ、フルカラー画像に対応することができる。

[0127] あるいは、複数層のコレステリック液晶層を有する場合には、選択反射波長の異なるコレステリック液晶層を有し、各コレステリック液晶層による光の回折角を異なるものとしてもよい。これによって、例えば、赤色光、緑色光、青色光を異なる方向に回折して分離することができる。

[0128] また、コレステリック液晶層を有する光学素子においても、コレステリック液晶層の液晶配向パターンにおける液晶化合物 30 の光軸 30 A が、矢印

X方向のみに沿って、連続して回転している構成に限定はされず、コレステリック液晶層において、液晶化合物30の光軸30Aが一方向に沿って連続して回転するものであれば、各種の構成が利用可能である。

例えば、図7に概念的に示す光学異方性層26と同様に、液晶配向パターンが、液晶化合物30の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化する一方向を、内側から外側に向かう同心円状に有する、同心円状のパターンである、コレステリック液晶層としてもよい。

あるいは、同心円状ではなく、液晶化合物30の光学軸の向きが連続的に回転しながら変化する一方向が、コレステリック液晶層の中心から放射状に設けられた液晶配向パターンも、利用可能である。

[0129] 本発明の製造方法の別の一例は、

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と、液晶化合物を配向させる配向膜と、支持体とを有する光学素子の製造方法であって、

支持体の一方の表面に配向膜を形成する配向膜形成工程と、

配向膜上に光学異方性層を形成する光学異方性層形成工程とを有し、

配向膜は、光配向材料を含有し、

配向膜形成工程において、偏光回折光学素子に光を入射する工程を有し、偏光回折光学素子によって偏光変換された光を、配向膜に露光する露光工程を有し、

支持体は、配向膜が形成される面とは反対側の面に、露光工程において偏光した光を照射することによって配向膜に光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する光学素子の製造方法である。

[0130] ここで、本発明者らの検討によれば、配向膜に偏光回折光学素子によって偏光変換された光を照射して配向膜に配向パターンを形成し、配向膜の上に液晶層を形成すると液晶層の面内にムラが発生するという問題が生じることがわかった。この原因として、前述の干渉光を配向膜に露光した場合と同様

に、照射した光の一部が支持体 20 の界面で反射して再度配向膜に照射されるためであると推定した。

[0131] 偏光回折光学素子を用いて配向膜に配向パターンを形成する場合、偏光回折光学素子にコリメートした光を入射し、偏光回折光学素子によって偏光変換された回折光を配向膜に照射する。回折光が干渉し、配向膜に照射されることにより、配向膜に配向パターンが形成される。前述した、2つ以上の偏光したビームの干渉光を配向膜に露光した場合に図4で示したように、配向膜 24 側から照射した光線 (MA、MB) の一部が配向膜 24 を透過し支持体 20 に入射して、支持体 20 に入射した光の一部が、支持体 20 の配向膜 24 が形成された面とは反対側の面 (以下、背面ともいう) で反射する。支持体 20 背面で反射された反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) は配向膜 24 に再度照射される。その際、配向膜 24 に照射される光線 (MA、MB) は、配向膜 24 の主面に対して斜めから照射されるため、支持体 20 の背面で反射された反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) は、配向膜 24 の、光線 (MA、MB) が照射された領域とは異なる領域に照射される。配向膜 24 は反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) によっても露光されてしまうため、光線 (MA、MB) が照射された領域とは異なる領域も露光されてしまう。そのため、光線 (MA、MB) によって形成される配向パターンに、反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) による露光パターンが重畳してムラが生じてしまう。その結果、ムラが生じた配向膜 24 上に形成された光学異方性層 26 にも液晶化合物の配向パターンにムラが生じてしまう。光学異方性層 26 にムラが生じると、所望の光学特性が得られない。

[0132] これに対して、本発明の製造方法は、支持体 20 が、配向膜 24 の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する。すなわち、支持体 20 は、露光工程で配向膜 24 に照射する光 (光線 MA、MB) が支持体 20 の背面で反射することを抑制する機能を有する。

支持体 20 が、その背面で光線 (MA、MB) が反射することを抑制する機能を有するため、配向膜 24 を透過し支持体 20 に入射した光線 (MA、

MB)は、支持体20の背面を透過する光量が大きくなり、反射される反射光(L_{r1} 、 L_{r2})の光量が小さくなる。従って、配向膜24が反射光(L_{r1} 、 L_{r2})によって露光されるのを抑制でき、配向膜24に形成される配向パターンにムラが生じることを抑制できる。その結果、配向膜24上に形成された光学異方性層26の配向パターンにムラが生じることを抑制でき、所望の光学特性が得ることができる。

[0133] なお、偏光回折光学素子は、配向膜を露光する光の波長 λ_e に対し、 $\lambda_e/2$ の位相差を有することが好ましい。これにより、偏光回折光学素子によって偏光変換された回折光の干渉状態による周期パターンを高精度で形成、制御することができる。

また、偏光回折光学素子に入射する光が直線偏光であることが好ましい。

[0134] 偏光回折光学素子とは、微細領域で偏光状態を制御することによって、入射する光の偏光状態に応じて出射光の回折方向や偏光状態、回折光強度を制御する回折素子である。偏光回折素子として、例えば、Erez Hasman et al., Polarization dependent focusing lens by use of quantized Pancharatnam-Berry phase diffractive optics, Applied Physics Letters, Volume 82, Number 3 pp. 328-330に記載の構造複屈折を用いて回折構造を形成した偏光回折素子、および、特許第5462783号に記載の複屈折材料を用いて回折構造を形成した偏光回折素子等が例示される。

偏光回折素子としては、液晶化合物を含む組成物を用いて形成され、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、液晶回折素子も例示される。

[0135] 本発明の製造方法の別の一例は、

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と、液晶化合物を配向させる配向膜と、支持体とを有する光学素子の製造方法であって、

支持体の一方の表面に配向膜を形成する配向膜形成工程と、

配向膜上に光学異方性層を形成する光学異方性層形成工程とを有し、
配向膜は、光配向材料を含有し、
配向膜形成工程において、集光した偏光ビームの偏光方向を任意に変えて、
配向膜面内の異なる位置を露光する露光工程を有し、
支持体は、配向膜が形成される面とは反対側の面に、露光工程において偏光した光を照射することによって配向膜に光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する光学素子の製造方法。

[0136] ここで、本発明者らの検討によれば、配向膜に集光した偏光ビームの偏光方向を任意に変えて、配向膜面内の異なる位置に光を照射して配向膜に配向パターンを形成し、配向膜の上に液晶層を形成すると液晶層の面内にムラが発生するという問題が生じることがわかった。この原因として、前述の干渉光を配向膜に露光した場合と同様に、照射した光の一部が支持体 20 の界面で反射して再度配向膜に照射されるためであると推定した。

[0137] 集光した偏光ビームの偏光方向を任意に変えて配向膜に配向パターンを形成する場合、集光した偏光ビームが配向膜に照射され、一部の光が配向膜透過し、発散しながら支持体に入射する。よって、前述した、2つ以上の偏光したビームの干渉光を配向膜に露光した場合に図4で示したように、配向膜 24 側から照射した光線 (MA、MB) の一部が配向膜 24 を透過し支持体 20 に入射して、支持体 20 に入射した光の一部が、支持体 20 の配向膜 24 が形成された面とは反対側の面 (以下、背面ともいう) で反射する。支持体 20 背面で反射された反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) は配向膜 24 に再度照射される。その際、配向膜 24 に照射される光線 (MA、MB) は、配向膜 24 の主面に対して斜めから照射されるため、支持体 20 の背面で反射された反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) は、配向膜 24 の、光線 (MA、MB) が照射された領域とは異なる領域に照射される。配向膜 24 は反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) によっても露光されてしまうため、光線 (MA、MB) が照射された領域とは異なる領域も露光されてしまう。そのため、光線 (MA、MB) によって形成される配向

パターンに、反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) による露光パターンが重畳してムラが生じてしまう。その結果、ムラが生じた配向膜 24 上に形成された光学異方性層 26 にも液晶化合物の配向パターンにムラが生じてしまう。光学異方性層 26 にムラが生じると、所望の光学特性が得られない。

[0138] これに対して、本発明の製造方法は、支持体 20 が、配向膜 24 の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する。すなわち、支持体 20 は、露光工程で配向膜 24 に照射する光 (光線 MA、MB) が支持体 20 の背面で反射することを抑制する機能を有する。

支持体 20 が、その背面で光線 (MA、MB) が反射することを抑制する機能を有するため、配向膜 24 を透過し支持体 20 に入射した光線 (MA、MB) は、支持体 20 の背面を透過する光量が大きくなり、反射される反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) の光量が小さくなる。従って、配向膜 24 が反射光 (L_{r1} 、 L_{r2}) によって露光されるのを抑制でき、配向膜 24 に形成される配向パターンにムラが生じることを抑制できる。その結果、配向膜 24 上に形成された光学異方性層 26 の配向パターンにムラが生じることを抑制でき、所望の光学特性が得ることができる。

[0139] なお、露光工程において用いる、集光した偏光ビームは、直線偏光であるのが好ましい。

[0140] 集光した偏光ビームの偏光方向を変える方法としては、位相差板 (波長板) を回転する方法や液晶セルのような位相変調素子を用いる方法等がある。

[0141] 本発明の光学素子は、光学装置における光路変更部材、光集光素子、所定方向への光拡散素子、および、回折素子等、入射方向とは異なる方向に光を透過する、各種の用途に利用可能である。

[0142] 好ましい一例として、図 11 に概念的に示すように、光学素子 10 を導光板 42 の一方の面に離間して設けることで、前述の AR グラスにおいて、ディスプレイ 40 が照射した光 (投影像) を、全反射に十分な角度で導光板 42 に導入し、導光板 42 を伝播した光を、導光板 42 から AR グラスの使用

者Uによる観察位置に出射する、回折素子として用いることが例示される。

前述のように、本発明の光学素子10は、透過の際に光を屈折させるので、ディスプレイ40が照射した光を屈折して、導光板42に対して斜め方向に入射させることができる。そのため、1枚の導光板42で、光を出射側に伝播することができる。また、導光板42の光の出射側に配置される光学素子10によって、導光板42から出射した光を屈折させて使用者Uの観察位置に導くことができる。従って、本発明の光学素子10を用いるARグラスは、ARグラスの導光板を、全体的に薄く、軽くして、ARグラスの構成を簡略化できる。

なお、本発明の導光素子は、図11に示すように、導光板42に、互いに離間する2つの本発明の光学素子10を設ける構成に制限はされず、導光板42への光の導入のため、または、導光板42からの光の取り出しのため、導光板に本発明の光学素子10を1つのみ、設けた構成であってもよい。

[0143] また、ARグラスにおいて、コレステリック液晶層27を有する光学素子12を用いる場合には、図12に概念的に示すように、導光板42の、ディスプレイ40と対面する面とは反対側の面に光学素子12を配置し、また、使用者Uによる観察位置と対面する面とは反対側の面に光学素子12を配置する。

[0144] 前述のとおり、コレステリック液晶層を有する光学素子12は、反射の際に光を屈折させるので、ディスプレイ40が照射し、導光板42に垂直に入射した光を斜め方向に屈折させる。そのため、1枚の導光板42で、光を出射側に伝播することができる。また、導光板42の光の出射側に配置される光学素子12によって、導光板42の出射面に垂直な方向に光を反射、屈折させて使用者Uの観察位置に導くことができる。従って、本発明の光学素子を用いるARグラスにおいても、ARグラスの導光板を、全体的に薄く、軽くして、ARグラスの構成を簡略化できる。

[0145] 以上、本発明の光学素子の製造方法および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

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

[0146] 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。

[0147] [比較例 1]

＜光学異方性部材の作製＞

[支持体の作製]

(コア層セルロースアシレートドープの作製)

下記の組成物をミキシングタンクに投入し、攪拌して、各成分を溶解し、コア層セルロースアシレートドープとして用いるセルロースアセテート溶液を調製した。

コア層セルロースアシレートドープ

アセチル置換度 2.88 のセルロースアセテート	100 質量部
ポリエステル A	12 質量部
メチレンクロライド (第 1 溶媒)	430 質量部
メタノール (第 2 溶媒)	64 質量部

なお、ポリエステル A は、特開 2015-227956 号公報の [表 1] に記載のポリエステル A を使用した。

[0148] (外層セルロースアシレートドープの作製)

上記のコア層セルロースアシレートドープ 90 質量部と下記のマツト溶剤液を 10 質量部加え、外層セルロースアシレートドープとして用いるセルロースアセテート溶液を調製した。

マツト剤溶液

平均粒子サイズ 20 nm のシリカ粒子

(AEROSIL R971、日本エアロジル (株) 製)	2 質量部
メチレンクロライド (第 1 溶媒)	76 質量部
メタノール (第 2 溶媒)	11 質量部
コア層セルロースアシレートドープ	1 質量部

[0149] 上記コア層セルロースアシレートドープと上記外層セルロースアシレートドープとを、平均孔径 34 μm のろ紙および平均孔径 10 μm の焼結金属フィルターでろ過した後、上記コア層セルロースアシレートドープとその両側に設けた外層セルロースアシレートドープとを、バンド流延機を用いて 3 層同時に流延口から 20℃ のドラム上に流延した。

次いで、溶媒含有率が約 20 質量% の状態で剥ぎ取り、フィルムの幅方向の両端を点たくリップで固定し、横方向に延伸倍率 1.1% で延伸しつつ乾燥した。

その後、熱処理装置のロール間を搬送することにより、更に乾燥し、厚み 20 μm のセルロース支持体を作製した。作製したセルロース支持体におけるコア層の厚みは 15 μm であり、コア層の両側に配置された外層の厚みはそれぞれ 2.5 μm であった。

[0150] (支持体の鹼化処理)

上記で作製した支持体を、温度 60℃ の誘電式加熱ロールを通過させて、支持体の表面温度を 40℃ に昇温した。

その後、支持体の片面に、バーコーターを用いて下記に示すアルカリ溶液を塗布量 14 mL (リットル) / m^2 で塗布し、支持体を 110℃ に加熱し、さらに、スチーム式遠赤外ヒーター (ノリタケカンパニーリミテド社製) の下を、10 秒間搬送した。

続いて、同じくバーコーターを用いて、支持体のアルカリ溶液塗布面に、純水を 3 mL / m^2 塗布した。次いで、ファウンテンコーターによる水洗およ

びエアナイフによる水切りを3回繰り返した後に、70℃の乾燥ゾーンを10秒間搬送して乾燥させ、支持体の表面をアルカリ鹼化処理した。

[0151] アルカリ溶液

水酸化カリウム	4.70質量部
水	15.80質量部
イソプロパノール	63.70質量部
界面活性剤	
SF-1 : $C_{14}H_{29}O(CH_2CH_2O)_2OH$	1.0 質量部
プロピレングリコール	14.8 質量部

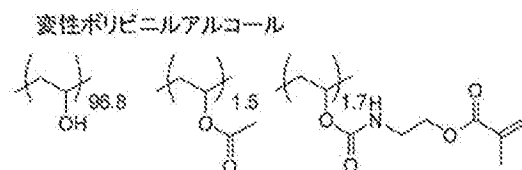
[0152] (下塗り層の形成)

支持体のアルカリけん化処理面に、下記の下塗り層形成用塗布液を#8のワイヤーバーで連続的に塗布した。塗膜が形成された支持体を60℃の温風で60秒間、さらに100℃の温風で120秒間乾燥し、下塗り層を形成した。

[0153] 下塗り層形成用塗布液

下記変性ポリビニルアルコール	2.40質量部
イソプロピルアルコール	1.60質量部
メタノール	36.00質量部
水	60.00質量部

[0154] [化1]



[0155] (配向膜の形成)

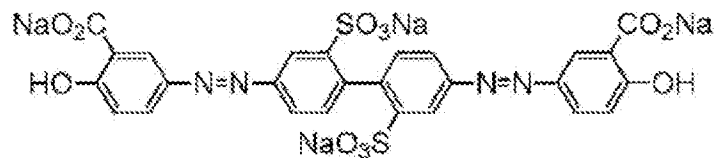
下塗り層を形成した支持体上に、下記の配向膜形成用塗布液を # 2 のワイヤーバーで連続的に塗布した。この配向膜形成用塗布液の塗膜が形成された支持体を 60℃ のホットプレート上で 60 秒間乾燥し、配向膜を形成した。

[0156] 配向膜形成用塗布液

光配向用素材 A	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

[0157] ー光配向用素材 A ー

[化2]



[0158] (配向膜の露光)

図 3 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 P-1 を形成した。

露光装置において、レーザとして波長 (325 nm) 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 100 mJ/cm² とした。なお、2 つのレーザ光およびの干渉により形成される配向パターンの 1 周期 (液晶化合物由来の光軸が 180° 回転する長さ) は、2 つの光の交差角 (交差角 α) を変化させることによって制御した。

[0159] (光学異方性層の形成)

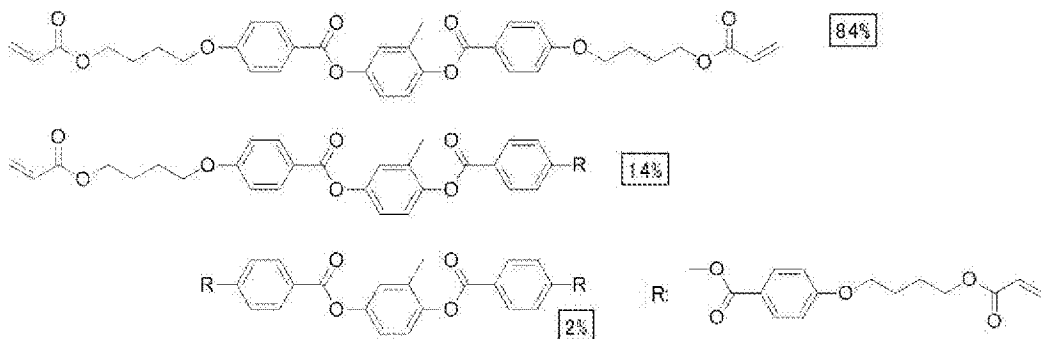
光学異方性層を形成する液晶組成物として、下記の組成物 A-1 を調製した。

組成物 A-1

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	0.24 質量部
メチルエチルケトン	1087.80 質量部

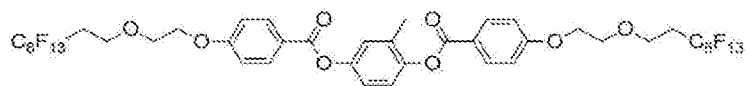
[0160] 液晶化合物 L-1

[化3]



[0161] レベリング剤 T-1

[化4]



[0162] 光学異方性層は、組成物 A-1 を配向膜 P-1 上に多層塗布することにより形成した。多層塗布とは、先ず配向膜の上に 1 層目の組成物 A-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すことを指す。多層塗布により形成することにより、液晶層の総厚が厚くなった時でも配向膜の配向方向が液晶層の下面から上面にわたって反映される。

[0163] 先ず1層目は、配向膜P-1上に下記の組成物A-1を塗布して、塗膜をホットプレート上で70℃に加熱し、その後、25℃に冷却した後、窒素雰囲気下で高圧水銀灯を用いて波長365nmの紫外線を100mJ/cm²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。この時の1層目の液晶層の膜厚は0.2μmであった。

[0164] 2層目以降は、この液晶層に重ね塗りして、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て、光学異方性部材を作製した。

[0165] 液晶の $\Delta n_{\lambda} \times \text{厚さ (Re}(\lambda))$ は、組成物A1を別途に用意したリター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（硬化層）のリターデーション値を測定して求めた。リターデーション値はAxometrix社のAxoscanで適宜目的の波長で測定を行った。

[0166] 光学異方性層は、最終的に液晶の $\Delta n_{530} \times \text{厚さ (Re}(530))$ が265nmになり、かつ、図2に示すような周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この第1光学異方性層の液晶配向パターンにおいて、液晶化合物由来の光軸が180°回転する1周期は、10μmであった。以下、特に記載が無い場合には、『 $\Delta n_{530} \times d$ 』等の測定は、同様に行った。

[0167] [実施例1]

<光学異方性部材の作製>

[支持体の作製]

(シリカ粒子a-1の合成)

攪拌機、滴下装置および温度計を備えた容量200Lの反応器に、メチルアルコール67.54kgと、28質量%アンモニア水（水および触媒）26.33kgとを仕込み、攪拌しながら液温を33℃に調節した。一方、滴

下装置に、テトラメトキシシラン 12.70 kg をメチルアルコール 5.59 kg に溶解させた溶液を仕込んだ。反応器中の液温を 33℃ に保持しながら、滴下装置から上記溶液を 44 分間かけて滴下し、滴下終了後、さらに 44 分間、液温を上記温度に保持しながら攪拌することにより、テトラメトキシシランの加水分解および縮合を行い、シリカ粒子前駆体を含有する分散液を得た。この分散液を、瞬間真空蒸発装置（（ホソカワミクロン（株）社製 クラックス・システム CVX-8B 型）を用いて加熱管温度 175℃、減圧度 200 torr（27 kPa）の条件で気流乾燥させることにより、シリカ粒子 a-1 を得た。平均粒子径は 180 nm、粒子径の分散度（CV 値）：3.3% であった。押し込み硬度は、340 MPa であった。

[0168] （分散処方）

シリカ粒子を 50 g、MEK 200 g、直径 0.05 mm ジルコニアビーズ 600 g を直径 12 cm の 1 L 瓶容器に入れ、ボールミル V-2 M（入江商会）にセットし、250 回転／分で 10 時間分散した。

[0169] （ハードコート層形成用組成物の調製）

ミキシングタンクに酢酸メチル 10.5 質量部、MEK 10.5 質量部、NK エステル A-TMMT（新中村化学（株）社製）20.52 質量部、AD-TMP（新中村化学（株）社製）8.30 質量部、イルガキュア 1840.94 質量部を投入し、攪拌して、孔径 0.4 μm のポリプロピレン製フィルターで濾過してハードコート層用塗布液（固形分濃度 58 質量%）とした。

[0170] （ハードコート層付き基材の作製）

比較例 1 で作製した支持体の下塗り層を形成した面と反対側の面に、ハードコート層形成用塗布液を塗布し、窒素パージしながら空冷メタルハライドランプで照射量 30 mJ/cm² の紫外線を照射して硬化し、膜厚 6 μm のハードコート層を形成した。このようにしてハードコート層付き基材を作製した。

[0171] （反射防止層形成用塗布液 A の調製）

シリカ粒子分散液（シリカ粒子濃度 20質量%）29 g、イルガキュア 127 0.5 g、NKオリゴU-4HA 2.3 g、KAYARAD PET30 4.7 g、C3 4.7 g、MEK 30 g、エタノール 30 gをミキシングタンクに投入し、60分間攪拌し、15分間超音波分散機により分散し、孔径5 μ mのポリプロピレン製フィルターで濾過して反射防止層形成用塗布液Aとした。

なお、シリカ粒子分散液は、上記シリカ粒子 a-1 を用いて、上記分散処方でMEK溶媒中に分散させた分散液である。

[0172] それぞれ使用した化合物を以下に示す。

KAYARAD PET30（日本化薬（株）社製）：ペンタエリストールトリアクリレート60%とペンタエリストールテトラアクリレート40%の混合物

イルガキュア127：光重合開始剤（BASFジャパン（株）製）

NKオリゴU-4HA（新中村化学工業（株）製）

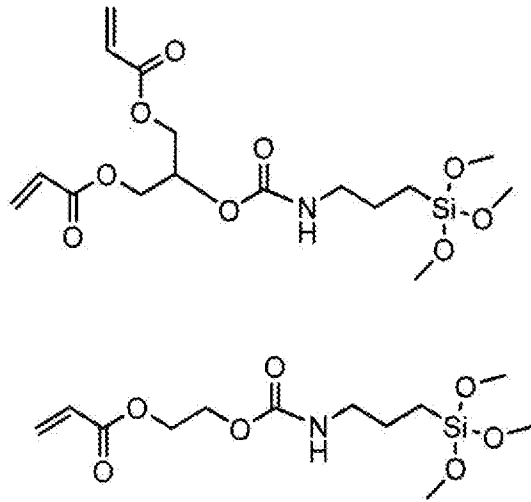
[C3]

還流冷却器、温度計を付けたフラスコに信越化学工業製KBE-9007 19.3 gとグリセリン1,3-ビスアクリレート3.9 g、2-ヒドロキシエチルアクリレート 6.8 g ジラウリン酸ジブチル錫0.1 g、トルエン70.0 gを添加し、室温で12時間攪拌した。攪拌後、メチルヒドロキノン500 ppmを加え、減圧留去を行いC3を得た。

[0173]

[化5]

C 3



[0174] (反射防止フィルムの作製：真空エッチング)

ハードコート層付き基材のハードコート層上に、反射防止層形成用塗布液 A をグラビアコーターを用いて Wet 塗布量約 2.8 ml/m^2 で塗布し、酸素濃度が 0.1 体積％以下の雰囲気になるように窒素パージしながら空冷メタルハライドランプで照射量 600 mJ/cm^2 の紫外線を照射して硬化し、反射防止フィルムを作製した。

粒子の面積占有率が表 1 の値となるように、反射防止層形成用塗布液の固形分濃度一定で、シリカ分散液とバインダー総量（NK オリゴ U-4HA、PET30、C3）の比率を調整した。また、開始剤は、バインダー量との比率を固定するように調整した。

[0175] 次いで、得られたバインダー樹脂層の表面に対して、高周波プラズマ装置を用いて 13.56 MHz の条件でプラズマ処理して、バインダー樹脂をエッチングし、表面に凹凸形状を顕在化させることにより、反射防止フィルムを得た。プラズマ処理は、酸素：アルゴン＝ $1:1$ の組成のガスを導入しながら、圧力 2.7 Pa の条件下において 50 W の高周波を 30 秒間印加して行った。

[0176] 上記で作製した反射防止フィルムを支持体として用いた以外は比較例 1

と同様にして光学異方性部材を作製した。なお、配向膜、光学異方性層は下塗り層を形成した面（反射防止層を形成した面の反対側）に形成した。

[0177] [比較例 2]

2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は比較例 1 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0178] [比較例 3]

2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は比較例 1 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0179] [実施例 2]

2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は実施例 1 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0180] [実施例 3]

2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は実施例 1 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0181] [実施例 1 1]

実施例 1 の光学異方性部材において、支持体と配向膜を、光学異方性層から剥離することにより、光学異方性部材を作製した。

[0182] [比較例 4]

比較例 1 と同様にして支持体を作製し、配向膜の形成、露光を行った。

[0183] (反射コレステリック液晶層の形成)

コレステリック液晶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。この組成物 B - 1 は、選択反射中心波長が 530 nm で、右円偏光を反射するコレステリック液晶層（コレステリック液晶相）を形成する、液晶組成物である。

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

キラル剤Ch-1

5.68質量部

レベリング剤T-1

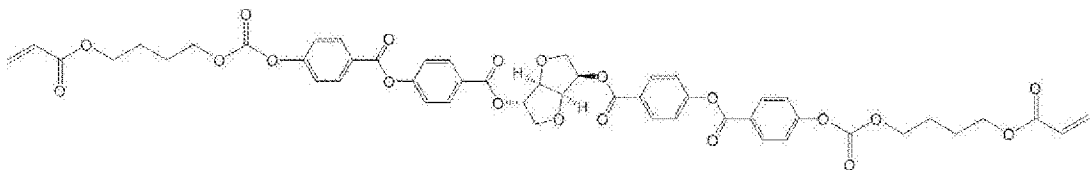
0.24質量部

メチルエチルケトン

1180.0質量部

[0184] キラル剤Ch-1

[化6]



[0185] 反射コレステリック液晶層は、組成物B-1を配向膜P-1上に多層塗布することにより形成した。多層塗布とは、先ず配向膜の上に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すことを指す。多層塗布により形成することにより、液晶層の総厚が厚くなった時でも配向膜の配向方向が液晶層の下面から上面にわたって反映される。

[0186] 先ず1層目は、配向膜P-1上に下記の組成物B-1を塗布して、塗膜をホットプレート上で95℃に加熱し、その後、25℃に冷却した後、窒素雰囲気下で高圧水銀灯を用いて波長365nmの紫外線を100mJ/cm²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。この時の1層目の液晶層の膜厚は0.2μmであった。

[0187] 2層目以降は、この液晶層に重ね塗りして、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、反射コレステリック液晶層を形成して、反射層を作製した。塗布層の断面をSEM（Scanning Electron Micro

scope) で確認したところ、反射層のコレステリック液晶層は 8 ピッチであった。

反射コレステリック液晶層は、図 2 に示すような周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。なお、この反射コレステリック液晶層の液晶配向パターンにおいて、液晶化合物由来の光学軸が 180° 回転する 1 周期は、 $10\ \mu\text{m}$ であった。

[0188] [比較例 5]

2 つのレーザ光の交差角 (交差角 α) を変化させた以外は比較例 4 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0189] [比較例 6]

2 つのレーザ光の交差角 (交差角 α) を変化させた以外は比較例 4 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0190] [実施例 4]

実施例 1 で作製した支持体を用いた以外は比較例 4 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0191] [実施例 5]

2 つのレーザ光の交差角 (交差角 α) を変化させた以外は実施例 4 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0192] [実施例 6]

2 つのレーザ光の交差角 (交差角 α) を変化させた以外は実施例 4 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0193] [実施例 12]

実施例 6 の光学異方性部材において、支持体と配向膜を、光学異方性層から剥離することにより、光学異方性部材を作製した。

[0194] [比較例 21 ~ 24]

2 つのレーザ光の交差角 (交差角 α) を変化させた以外は比較例 1 と同様にして光学異方性部材を作製した。なお、比較例 24 の 1 層目の液晶層の膜厚は $0.1\ \mu\text{m}$ となるようにした。

[0195] [実施例 2 1 ~ 2 4]

2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は実施例 1 と同様にして光学異方性部材を作製した。なお、実施例 2 4 の 1 層目の液晶層の膜厚は 0. 1 μm となるようにした。

[0196] [比較例 2 5 ~ 2 8]

2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は比較例 4 と同様にして光学異方性部材を作製した。なお、比較例 2 8 の 1 層目の液晶層の膜厚は 0. 1 μm となるようにした。

[0197] [実施例 2 5 ~ 2 8]

2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は実施例 4 と同様にして光学異方性部材を作製した。なお、実施例 2 8 の 1 層目の液晶層の膜厚は 0. 1 μm となるようにした。

[0198] [面状の評価]

作製した光学異方性部材の面状（ムラ）の目視評価を行った。結果を表 1 および表 2 に示す。

A：干渉露光起因のムラが視認されない。

B：干渉露光起因のムラが若干視認されるが問題のないレベル

C：干渉露光起因のムラが視認される

[0199] [回折角度の評価]

作製した光学異方性部材の光学異方性層の正面（法線に対する角度 0° の方向）から光を入射した際における、透過光（反射コレステリック液晶層の場合は反射光）の入射光に対する角度（回折角度）を測定した。

具体的には、波長 5 3 0 n m に出力の中心波長を持つレーザー光を、作製した光学異方性部材に垂直入射させ、透過光または反射光を 1 0 0 c m の距離に配置したスクリーンで捉えて、回折角度を算出した。

なお、回折角度の評価が全反射の評価になっているものは回折角度が非常に大きいため、屈折率 $\sim 1. 5 2$ のガラスに光学異方性部材を貼合し、回折光がガラス内部で全反射することを確認した。また、後述の面内ピッチが 0

． $3\ \mu\text{m}$ の例はさらに回折角度が大きいため、光学異方性部材に斜めに光を入射した状態で、回折光が全反射することを確認した。

[0200] [表1]

[透過型]

[表1]

	比較例1	比較例2	比較例3	実施例1	実施例2	実施例3	実施例11
支持体 反射防止	なし	なし	なし	あり	あり	あり	あり
面内ピッチ[μm]	10	1	0.5	10	1	0.5	10
ビームのなす角[°]	1.9	19	38	1.9	19	38	1.9
面状の評価	C	C	C	A	A	A	A
回折角度[°]	3	32	全反射	3	32	全反射	3

[0201] [表1-2]

[透過型]

[表1-2]

	比較例21	比較例22	比較例23	比較例24	実施例21	実施例22	実施例23	実施例24
支持体 反射防止	なし	なし	なし	なし	あり	あり	あり	あり
面内ピッチ[μm]	20	5	0.8	0.3	20	5	0.8	0.3
ビームのなす角[°]	1	4	23	66	1	4	23	66
面状の評価	C	C	C	C	A	A	A	A
回折角度[°]	2	6	42	全反射	2	6	42	全反射

[0202] [表2]

[反射型:コレステック]

[表2]

	比較例4	比較例5	比較例6	実施例4	実施例5	実施例6	実施例12
支持体 反射防止	なし	なし	なし	あり	あり	あり	あり
面内ピッチ[μm]	10	1	0.5	10	1	0.5	10
ビームのなす角[°]	1.9	19	38	1.9	19	38	1.9
面状の評価	C	C	C	A	A	A	A
回折角度[°]	3	32	全反射	3	32	全反射	3

[0203] [表2-2]

[反射型:コレステック]

[表2-2]

	比較例25	比較例26	比較例27	比較例28	実施例25	実施例26	実施例27	実施例28
支持体 反射防止	なし	なし	なし	なし	あり	あり	あり	あり
面内ピッチ[μm]	20	5	0.8	0.3	20	5	0.8	0.3
ビームのなす角[°]	1	4	23	66	1	4	23	66
面状の評価	C	C	C	C	A	A	A	A
回折角度[°]	2	6	42	全反射	2	6	42	全反射

[0204] [比較例3 1]

(偏光回折光学素子の作製)

実施例2 1 で作製した光学異方性部材と同様にして偏光回折光学素子を作

製した。ただし、偏光回折光学素子の厚みは位相差が波長 325 nm において 163 nm になるように調整した。

[0205] 比較例 1 と同様にして支持体を作製し、配向膜を形成した。

[0206] (配向膜の露光)

作製した配向膜上に偏光回折光学素子の液晶層を形成した面が配向膜側になるように偏光回折光学素子を配置した。偏光回折光学素子越しにレーザ光（波長 325 nm）で配向膜を露光して、配向パターンを有する配向膜 P-2 を形成した。露光量は $100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ とした。

[0207] (光学異方性層の形成)

比較例 1 と同様にして光学異方性を形成した。

[0208] 作製した光学異方性層の液晶化合物由来の光軸が 180° 回転する 1 周期は、 $10 \mu\text{m}$ であった。なお、マスクに用いた偏光回折光学素子の液晶化合物由来の光軸が 180° 回転する 1 周期は、 $20 \mu\text{m}$ である。

[0209] [実施例 31]

(偏光回折光学素子の作製)

比較例 31 と同様にして偏光回折光学素子を作製した。

[0210] 実施例 1 と同様にして支持体を作製し、配向膜を形成した。

[0211] 比較例 31 と同様にして、配向膜を露光し、光学異方性層を形成した。

[0212] [比較例 32～34]

偏光回折光学素子の作製において、2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は比較例 31 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0213] [実施例 32～34]

偏光回折光学素子の作製において、2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は実施例 31 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0214] [比較例 35]

比較例 31 と同様にして、偏光回折光学素子、支持体、配向膜を作製し、配向膜の露光を行った。

[0215] (反射コレステリック液晶層の形成)

比較例 4 と同様にして、反射コレステリック液晶層を形成した。

[0216] 作製した反射コレステリック液晶層の液晶化合物由来の光軸が 180° 回転する 1 周期は、 $10\ \mu\text{m}$ であった。なお、マスクに用いた偏光回折光学素子の液晶化合物由来の光軸が 180° 回転する 1 周期は、 $20\ \mu\text{m}$ である。

[0217] [実施例 3 5]

実施例 3 1 と同様にして、偏光回折光学素子、支持体、配向膜を作製し、配向膜の露光を行った。

[0218] (反射コレステリック液晶層の形成)

実施例 4 と同様にして、反射コレステリック液晶層を形成した。

[0219] [比較例 3 6 ~ 3 8]

偏光回折光学素子の作製において、2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は比較例 3 5 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0220] [実施例 3 6 ~ 3 8]

偏光回折光学素子の作製において、2つのレーザ光の交差角（交差角 α ）を変化させた以外は実施例 3 5 と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0221] [表3]

[透過型]

[表3]

	比較例31	比較例32	比較例33	比較例34	実施例31	実施例32	実施例33	実施例34
支持体 反射防止	なし	なし	なし	なし	あり	あり	あり	あり
面内ピッチ [μm]	10	5	3	1	10	5	3	1
面状の評価	C	C	C	C	A	A	A	A
回折角度 [$^\circ$]	3	6	10	32	3	6	10	32

[0222] [表4]

[反射型:コレステック]

[表4]

	比較例35	比較例36	比較例37	比較例38	実施例35	実施例36	実施例37	実施例38
支持体 反射防止	なし	なし	なし	なし	あり	あり	あり	あり
面内ピッチ [μm]	10	5	3	1	10	5	3	1
面状の評価	C	C	C	C	A	A	A	A
回折角度 [$^\circ$]	3	6	10	32	3	6	10	32

[0223] [比較例 4 1]

比較例 1 と同様にして支持体を作製し、配向膜を形成した。

[0224] (配向膜の露光)

配向膜に、直線偏光を集光したレーザ光を照射することで、配向膜を露光して、配向パターンを有する配向膜P-3を形成した。配向膜の露光において、レーザとして波長（325 nm）のレーザ光を出射するものを用いた。面内の位置に応じて、直線偏光の偏光方向を変更して、露光位置を変えながら繰り返し露光を行うことで、配向膜全体を、所望の配向状態になるように露光を行った。

[0225] （光学異方性層の形成）

比較例1と同様にして光学異方性を形成した。

[0226] 作製した光学異方性層の液晶化合物由来の光軸が180°回転する1周期は、10 μmであった。

[0227] [実施例41]

実施例1と同様にして支持体を作製し、配向膜を形成した。

[0228] （配向膜の露光）

比較例41と同様にして、配向膜の露光を行った。

[0229] （光学異方性層の形成）

実施例1と同様にして光学異方性を形成した。

[0230] [比較例42～43]

配向膜の露光において、配向パターンの周期を変化させた以外は比較例41と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0231] [実施例42～43]

配向膜の露光において、配向パターンの周期を変化させた以外は実施例41と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0232] [比較例44]

比較例1と同様にして支持体を作製し、配向膜を形成した。

[0233] （配向膜の露光）

比較例41と同様にして、配向膜の露光を行った。

[0234] （反射コレステリック液晶層の形成）

比較例4と同様にして、反射コレステリック液晶層を形成した。

[0235] 作製した反射コレステリック液晶層の液晶化合物由来の光軸が 180° 回転する1周期は、 $10\mu\text{m}$ であった。

[0236] [実施例44]

実施例1と同様にして支持体を作製し、配向膜を形成した。

[0237] (配向膜の露光)

比較例41と同様にして、配向膜の露光を行った。

[0238] (反射コレステリック液晶層の形成)

実施例4と同様にして、反射コレステリック液晶層を形成した。

[0239] [比較例45～46]

配向膜の露光において、配向パターンの周期を変化させた以外は比較例44と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0240] [実施例45～46]

配向膜の露光において、配向パターンの周期を変化させた以外は実施例44と同様にして光学異方性部材を作製した。

[0241] [表5]

[透過型]

[表5]

	比較例41	比較例42	比較例43	実施例41	実施例42	実施例43
支持体 反射防止	なし	なし	なし	あり	あり	あり
面内ピッチ[μm]	10	4	2	10	4	2
面状の評価	C	C	C	A	A	A
回折角度[$^\circ$]	3	8	15	3	8	15

[0242] [表6]

[反射型:コレステリック]

[表6]

	比較例44	比較例45	比較例46	実施例44	実施例45	実施例46
支持体 反射防止	なし	なし	なし	あり	あり	あり
面内ピッチ[μm]	10	4	2	10	4	2
面状の評価	C	C	C	A	A	A
回折角度[$^\circ$]	3	8	15	3	8	15

[0243] なお、比較例1～比較例6および実施例1～実施例6、実施例11、実施例12、比較例21～比較例28、実施例21～実施例28、比較例31～比較例38、実施例31～実施例38、比較例41～比較例46、実施例4

1～実施例46に用いた配向膜は波長325nmの光に対し吸収を有する。
また、実施例1～6、実施例11、実施例12、実施例21～実施例28、
実施例31～実施例38、実施例41～実施例46の支持体の裏面における
波長325nmの光に対する反射率は1%以下であり、比較例1～6の支持
体の裏面における反射率に対し大きく低減していることを確認した。

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

[0244] ARガラスの導光板に光を入射および出射させる回折素子など、光学装置
において光を屈折させる各種の用途に好適に利用可能である。

符号の説明

- [0245] 10、12 光学素子
20 支持体
24 配向膜
26、34 光学異方性層
27 コレステリック液晶層（光学異方性層）
30 液晶化合物
30A 光軸
36 主支持体
38 反射抑制層
40 ディスプレイ
42 導光板
60、80 露光装置
62、82 レーザ
64、84 光源
68 ビームスプリッター
70A、70B、90A、90B ミラー
72A、72B、96 $\lambda/4$ 板
86、94 偏光ビームスプリッター

9 2 レンズ

R_R 赤色光の右円偏光

M レーザ光

M_A , M_B 光線

M_P P 偏光

M_S S 偏光

P_0 直線偏光

P_R 右円偏光

P_L 左円偏光

Q_1 , Q_2 , Q 絶対位相

E_1 , E_2 , E 等位相面

U 使用者

請求の範囲

- [請求項1] 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と、
前記液晶化合物を配向させる配向膜と、支持体とを有する光学素子の
製造方法であって、
 前記支持体の一方の表面に前記配向膜を形成する配向膜形成工程と
、
 前記配向膜上に前記光学異方性層を形成する光学異方性層形成工程
とを有し、
 前記配向膜は、光配向材料を含有し、
 前記配向膜形成工程において、前記配向膜の面内の異なる位置に偏
光方向の異なる光を露光する露光工程を有し、
 前記支持体は、前記配向膜が形成される面とは反対側の面に、前記
露光工程において偏光した光を照射することによって前記配向膜に光
化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を
抑制する反射抑制部を有する光学素子の製造方法。
- [請求項2] 前記露光工程は、前記配向膜に2つ以上の偏光したビームを干渉さ
せて露光する請求項1に記載の光学素子の製造方法。
- [請求項3] 前記露光工程は、偏光回折光学素子に光を入射させ、前記偏光回折
光学素子によって偏光変換された光を、前記配向膜に露光する請求項
1に記載の光学素子の製造方法。
- [請求項4] 前記露光工程は、集光した偏光ビームの偏光方向を任意に変えて、
前記配向膜面内の異なる位置を露光する請求項1に記載の光学素子の
製造方法。
- [請求項5] 前記配向膜を露光する光がレーザー光である請求項1～4のいずれ
か一項に記載の光学素子の製造方法。
- [請求項6] 前記2つ以上の偏光したビームがレーザー光である請求項2に記載
の光学素子の製造方法。
- [請求項7] 前記2つ以上の偏光したビームの少なくとも2つのビームの波長が

等しい請求項 2 または 6 に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 8] 前記 2 つ以上の偏光したビームの少なくとも 2 つのビームの光強度が等しい請求項 2、6～7 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 9] 前記 2 つ以上の偏光したビームの少なくとも 2 つのビームが異なる偏光である請求項 2、6～8 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 10] 前記 2 つ以上の偏光したビームが直交する偏光を含む請求項 2、6～9 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 11] 前記 2 つ以上の偏光したビームが左円偏光と右円偏光とを含む請求項 2、6～10 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 12] 前記露光工程において前記 2 つ以上の偏光したビームを干渉させた干渉光の偏光状態が周期パターンを有する請求項 2、6～11 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 13] 前記配向膜は、光化学反応により、前記 2 つ以上の偏光したビームを干渉させた干渉光の偏光状態の周期パターンに応じて異方性を発現させる請求項 12 に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 14] 前記光学異方性層は、前記配向膜の異方性の周期パターンに応じた、液晶配向パターンを有する請求項 13 に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 15] 前記偏光回折光学素子が前記配向膜を露光する光の波長 λ_e に対し、 $\lambda_e / 2$ の位相差を有する請求項 3 に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 16] 前記偏光回折光学素子に入射する光が直線偏光である、請求項 3 または 15 に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 17] 集光した偏光ビームが直線偏光である、請求項 4 に記載の光学素子の製造方法。

[請求項 18] 前記露光工程において露光された前記配向膜は、前記液晶化合物を、前記液晶化合物由来の光学軸の向きが前記配向膜を露光した光の偏

光方向に応じた配向パターンとなるように配向させる請求項 1 ～ 1 7 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項19] 前記露光工程において露光された前記配向膜は、前記液晶化合物を、前記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配向パターンとなるように配向させる請求項 1 ～ 1 8 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項20] 前記配向膜の光吸収帯域の少なくとも一部の波長が 2 0 0 n m ～ 5 0 0 n m である請求項 1 ～ 1 9 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項21] 前記光学異方性層形成工程の後に前記支持体を剥離する剥離工程を有する請求項 1 ～ 2 0 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項22] 前記支持体は、前記配向膜が形成される面とは反対側の面に、前記配向膜の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有し、

前記光学異方性層形成工程の後に前記支持体と前記反射抑制部を共に剥離する剥離工程を有する請求項 1 ～ 2 1 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法。

[請求項23] 請求項 1 ～ 2 1 のいずれか一項に記載の光学素子の製造方法によって作製された光学素子であって、

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配向層と支持体とをこの順に有し、

前記光学異方性層は、前記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し、

前記配向層は、光配向材料を含有し、

前記支持体は、前記配向膜の光化学反応が生じる光吸収帯域の少なくとも一部の波長域の光の反射を抑制する反射抑制部を有する光学素

子。

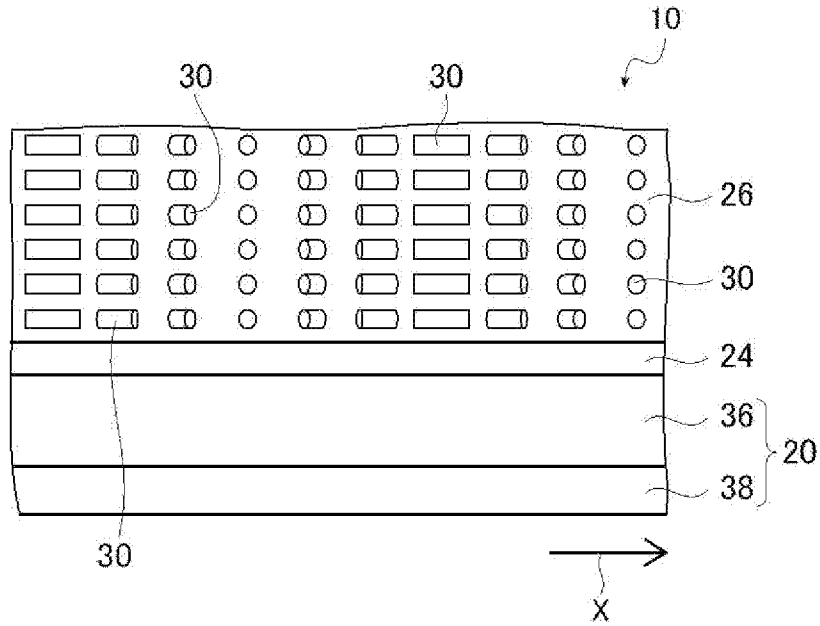
[請求項24] 前記光学異方性層は、入射した光を回折して透過する機能を有する請求項23に記載の光学素子。

[請求項25] 前記光学異方性層は、厚み方向において前記液晶化合物の配向がねじれ性を持つ領域を有する請求項23または24に記載の光学素子。

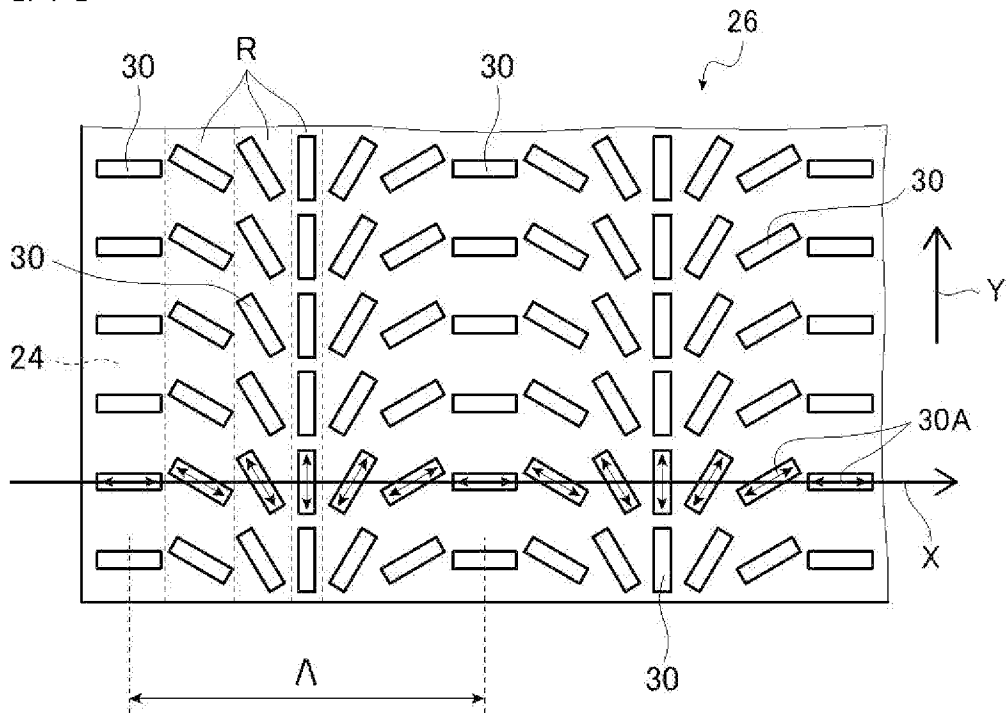
[請求項26] 前記光学異方性層は、コレステリック配向を有する請求項23に記載の光学素子。

[請求項27] 前記光学異方性層は、入射した光を回折して反射する機能を有する請求項26に記載の光学素子。

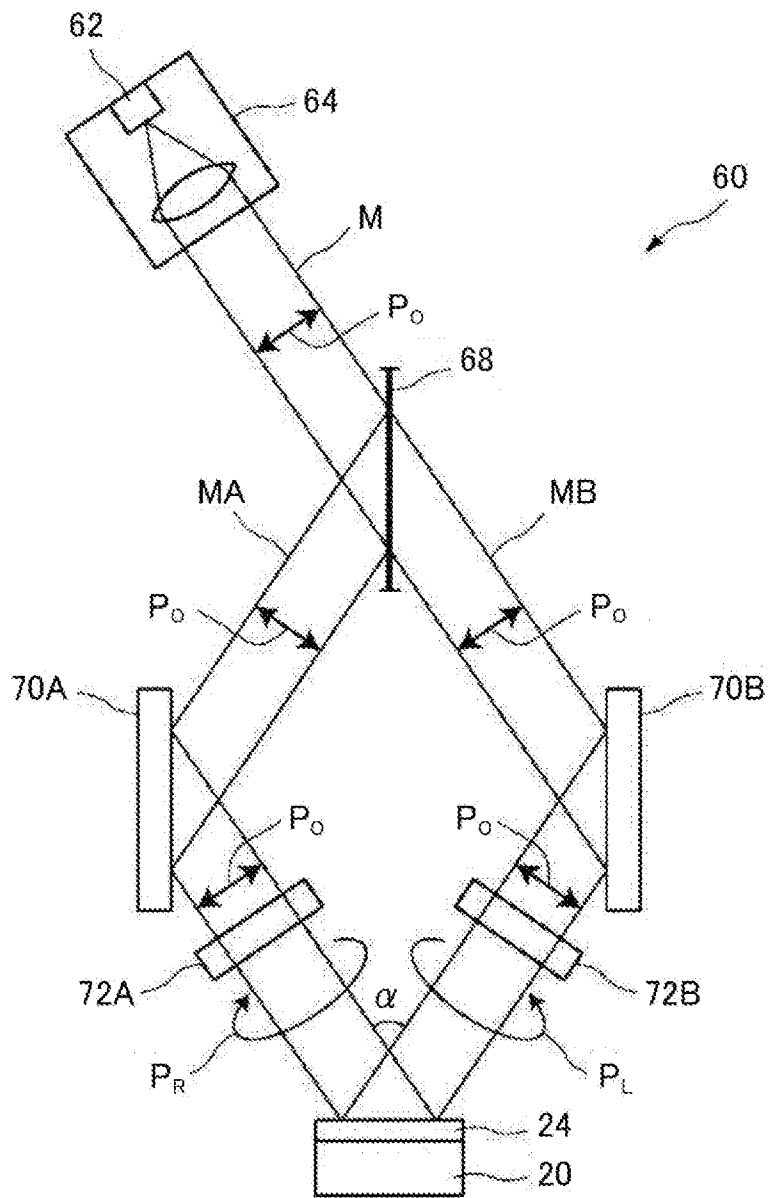
[図1]



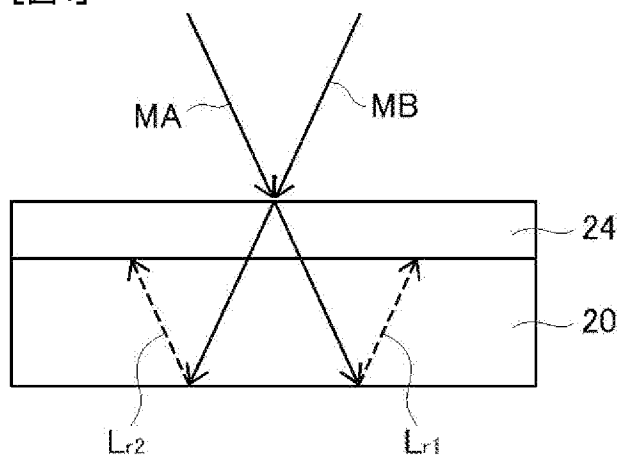
[図2]



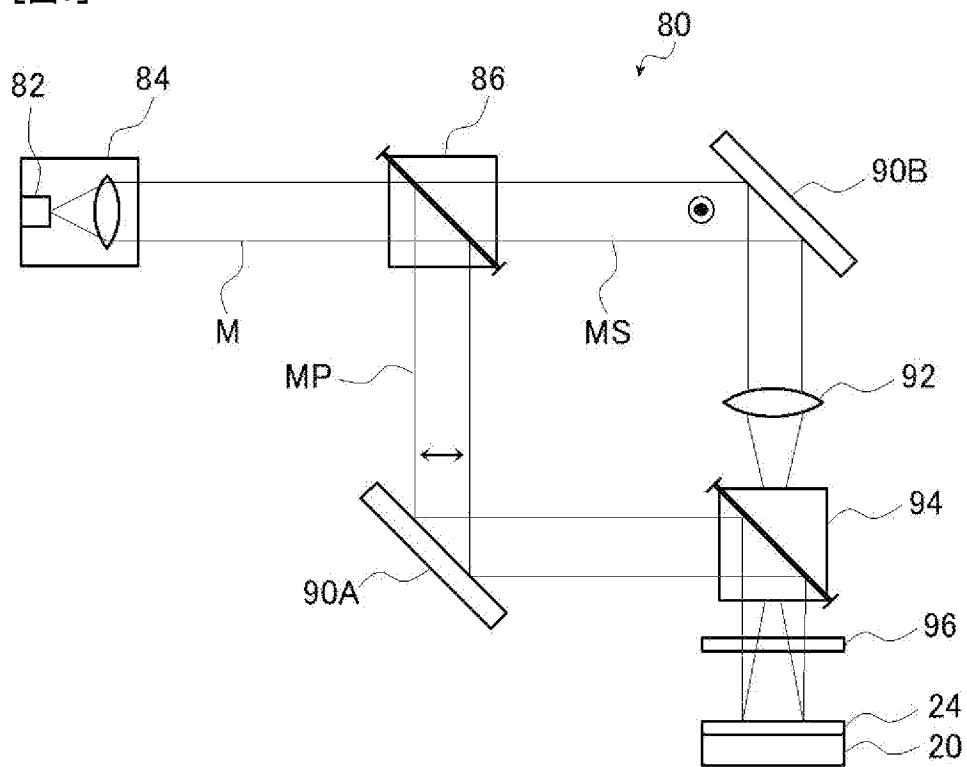
[図3]



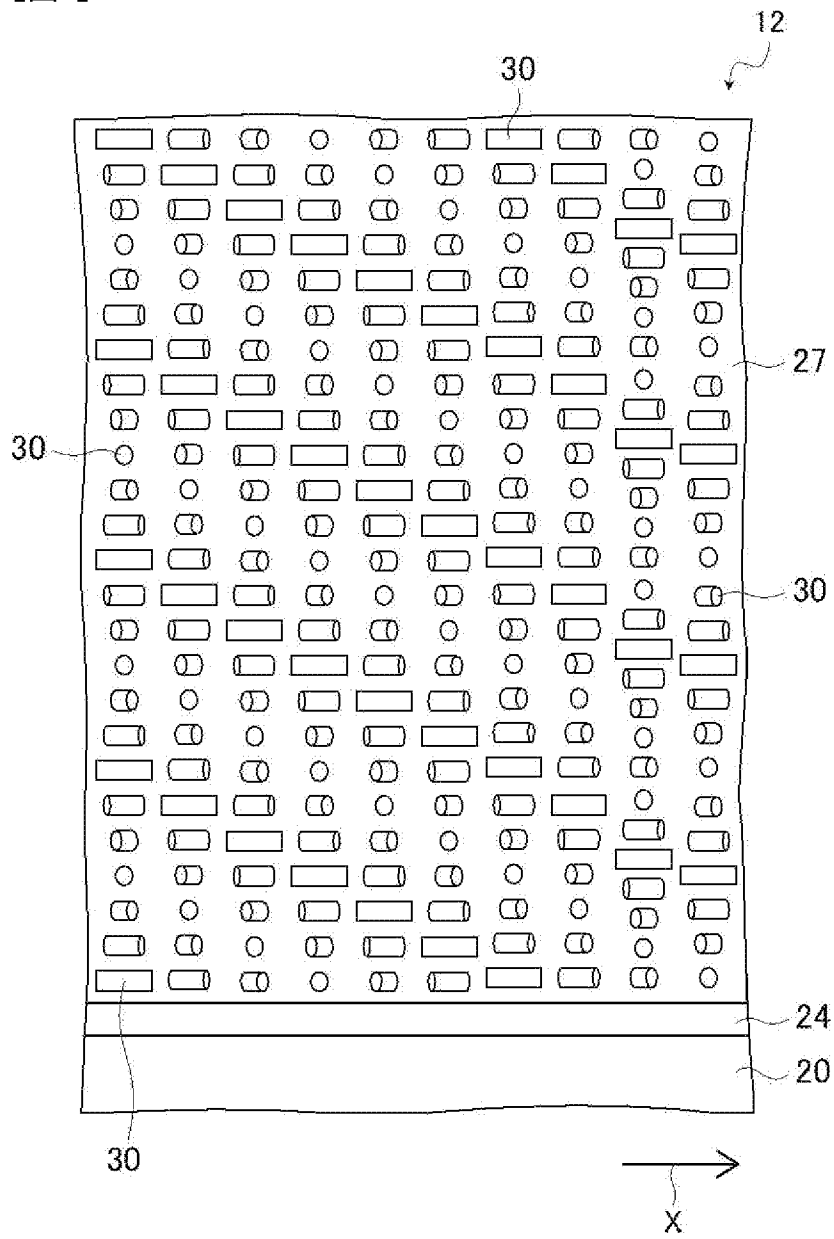
[図4]



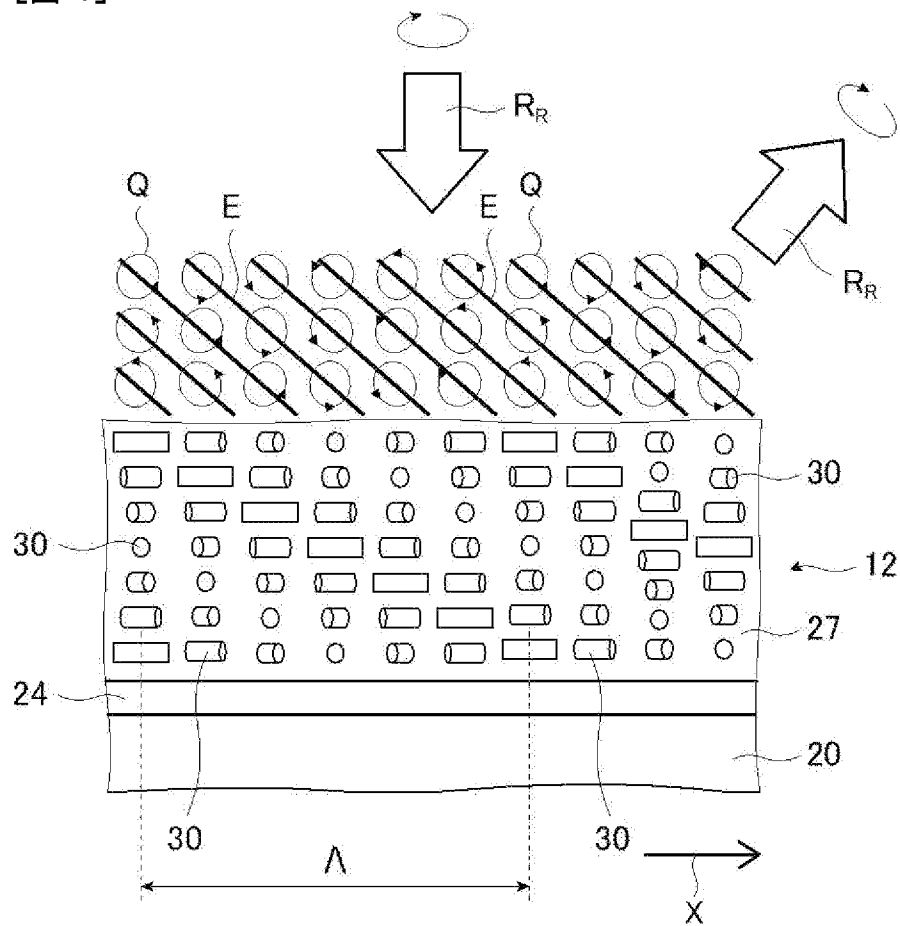
[図8]



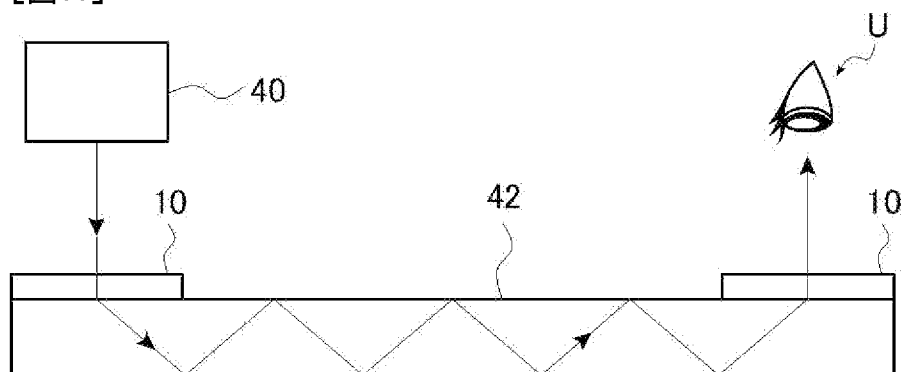
[図9]



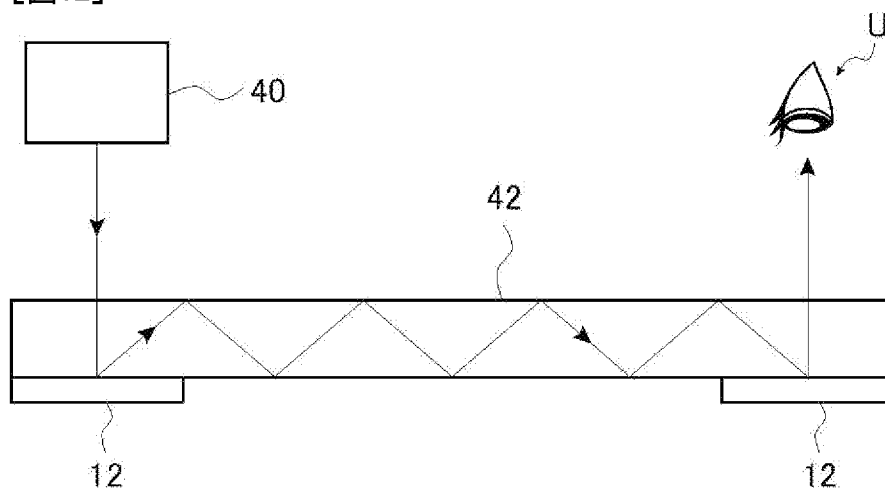
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/029503

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B5/30 (2006.01) i, G02B1/11 (2015.01) i, G02B5/18 (2006.01) i

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)

Int.Cl. G02B5/30, G02B1/11, 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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
X Y	JP 2008-532085 A (DUTCH POLYMER INSTITUTE) 14 August 2008, claims, paragraphs [0033]-[0036], [0103], example 1, fig. 3 & US 2008/0278675 A1, claims, paragraphs [0058]-[0063], [0167]-[0171], example 1, fig. 3 & WO 2006/092758 A2 & KR 10-2007-0115927 A & CN 101133348 A	1-2, 5-14, 18-27 2-4, 6-17, 19, 23-27



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

"I" 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
09 October 2019 (09.10.2019)

Date of mailing of the international search report
21 October 2019 (21.10.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/029503

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011-39510 A (JDS UNIPHASE CORPORATION) 24 February 2011, claims, paragraphs [0016]-[0020],	1, 3, 5, 16, 18, 20-22
Y	[0025]-[0028], fig. 2 & EP 2284581 A1, claims, paragraphs [0029]-[0033], [0038]-[0041], fig. 2 & US 2011/0027494 A1 & CN 101995598 A	2, 4, 6-15, 17 19-, 23-27
X	JP 2013-142727 A (ARISAWA MANUFACTURING CO., LTD.) 22 July 2013, paragraphs [0011]-[0013], [0021], [0028], [0037], [0066]-[0071] & WO 2013/102981 A1 & TW 201329587 A	1, 5, 18, 20-22
X	JP 2015-25969 A (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.) 05 February 2015, paragraphs [0026]-[0029], [0050]-[0052], example 1 (Family: none)	1, 5, 18, 20-22
Y	JP 2010-525395 A (NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY) 22 July 2010, paragraphs [0042]-[0043], fig. 4 & US 2010/0231847 A1, paragraphs [0045]-[0046], fig. 4 & WO 2008/130559 A2 & CN 101681064 A & KR 10-2010-0024388 A	3, 15-16
Y	JP 2015-532468 A (NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY) 09 November 2015, paragraphs [0076]-[0080], fig. 1 & US 2015/0331167 A1, paragraphs [0081]-[0085], fig. 1 & WO 2014/062615 A2 & CN 104704406 A	4, 17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B5/30(2006.01)i, G02B1/11(2015.01)i, G02B5/18(2006.01)i

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））

Int.Cl. G02B5/30, G02B1/11, 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
X	JP 2008-532085 A（ダッチ ポリマー インスティテュート） 2008.08.14,	1-2, 5-14, 18-27
Y	特許請求の範囲, 段落[0033]-[0036], [0103], 実施例 1, 図 3 & US 2008/0278675 A1, 請求項, 段落[0058]-[0063], [0167]-[0171], 実施例 1, 図 3 & WO 2006/092758 A2 & KR 10-2007-0115927 A & CN 101133348 A	2-4, 6-17, 19, 23-27

☑ 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矛盾するものではなく、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

09.10.2019

国際調査報告の発送日

21.10.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

吉川 陽吾

20

1131

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 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
X	JP 2011-39510 A (ジェイディーエス ユニフェイズ コーポレーション) 2011. 02. 24,	1, 3, 5, 16, 18, 20-22
Y	特許請求の範囲, 段落[0016]-[0020], [0025]-[0028], 図 2 & EP 2284581 A1, 請求項, 段落[0029]-[0033], [0038]-[0041], 図 2 & US 2011/0027494 A1 & CN 101995598 A	2, 4, 6-15, 17, 19, 23-27
X	JP 2013-142727 A (株式会社有沢製作所) 2013. 07. 22, 段落[0011]-[0013], [0021], [0028], [0037], [0066]-[0071] & WO 2013/102981 A1 & TW 201329587 A	1, 5, 18, 20-22
X	JP 2015-25969 A (大日本印刷株式会社) 2015. 02. 05, 段落[0026]-[0029], [0050]-[0052], 実施例 1 (ファミリーなし)	1, 5, 18, 20-22
Y	JP 2010-525395 A (ノース・キャロライナ・ステイト・ユニヴァー シティ) 2010. 07. 22, 段落[0042]-[0043], 図 4 & US 2010/0231847 A1, 段落[0045]-[0046], 図 4 & WO 2008/130559 A2 & CN 101681064 A & KR 10-2010-0024388 A	3, 15-16
Y	JP 2015-532468 A (ノース・キャロライナ・ステイト・ユニヴァー シティ) 2015. 11. 09, 段落[0076]-[0080], 図 1 & US 2015/0331167 A1, 段落[0081]-[0085], 図 1 & WO 2014/062615 A2 & CN 104704406 A	4, 17