(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7426485号
(P7426485)

(45)発行日　令和6年2月1日(2024.2.1)

(24)登録日　令和6年1月24日(2024.1.24)

(51)国際特許分類

		FI		
G02B	*5/28 (2006.01)*	G02B	5/28	
G02B	*5/20 (2006.01)*	G02B	5/20	
G02B	*5/26 (2006.01)*	G02B	5/26	
G01S	*7/481(2006.01)*	G01S	7/481	A
G01S	*7/4911(2020.01)*	G01S	7/4911	

請求項の数　13　（全61頁）

(21)出願番号　特願2022-533894(P2022-533894)
(86)(22)出願日　令和3年6月22日(2021.6.22)
(86)国際出願番号　PCT/JP2021/023649
(87)国際公開番号　WO2022/004496
(87)国際公開日　令和4年1月6日(2022.1.6)
審査請求日　令和4年12月21日(2022.12.21)
(31)優先権主張番号　特願2020-113977(P2020-113977)
(32)優先日　令和2年7月1日(2020.7.1)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願2020-151104(P2020-151104)
(32)優先日　令和2年9月9日(2020.9.9)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布２丁目２６番３０号
(74)代理人　100152984
弁理士　伊東 秀明
(74)代理人　100148080
弁理士　三橋 史生
(72)発明者　渡野 亮子
神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内
(72)発明者　齊藤 之人
神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内
(72)発明者　田口 貴雄
神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　センサーおよびバンドパスフィルター

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

光源と、

前記光源の発光ピーク波長の光を抽出するバンドパスフィルターと、

前記バンドパスフィルターが抽出した光を受光する受光素子と、を有し、

前記バンドパスフィルターは、バンドパス層と、前記バンドパス層を支持する支持体とを有し、

前記バンドパス層の熱膨張係数をα１とし、２５℃における引張弾性率をＥ１とし、前記支持体の熱膨張係数をα２とし、２５℃における引張弾性率をＥ２とすると、

α１＞α２

Ｅ１＜Ｅ２

を満たし、

前記バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、

前記コレステリック液晶層の選択反射ピークの半値幅が４５ｎｍ以下であるセンサー。

【請求項２】

前記光源の発光ピークの半値幅が３０ｎｍ以下である請求項１に記載のセンサー。

【請求項３】

前記光源がレーザーまたは発光ダイオードである請求項１または２に記載のセンサー。

【請求項４】

前記バンドパス層は、有機材料を含む請求項１～３のいずれか一項に記載のセンサー。
【請求項５】
前記バンドパスフィルターは、前記光源の発光ピーク波長の光を透過して、前記光源の発光ピーク波長の光を抽出するものであり、
前記バンドパス層の透過ピークの半値幅は２０ｎｍ以下である請求項１～４のいずれか一項に記載のセンサー。
【請求項６】
前記バンドパスフィルターは、前記光源の発光ピーク波長の光を反射して、前記光源の発光ピーク波長の光を抽出するものであり、
前記バンドパス層の反射ピークの半値幅は２０ｎｍ以下である請求項１～４のいずれか一項に記載のセンサー。
【請求項７】
前記バンドパス層の熱膨張係数α１と、前記支持体の熱膨張係数α２との差が３０（ｐｐｍ／℃）以上である請求項１～６のいずれか一項に記載のセンサー。
【請求項８】
前記支持体の熱膨張係数α２が、０ｐｐｍ／℃未満である請求項１～７のいずれか一項に記載のセンサー。
【請求項９】
前記バンドパス層の２５℃における引張弾性率Ｅ１が、１０ＧＰａ未満である請求項１～８のいずれか一項に記載のセンサー。
【請求項１０】
前記バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、
前記コレステリック液晶層は、面内の遅相軸方向の屈折率ｎｘと、進相軸方向の屈折率ｎｙとが、ｎｘ＞ｎｙを満たす領域を有し、
前記コレステリック液晶層の選択反射中心波長をλとすると、前記コレステリック液晶層は、波長λ／２に第２の選択反射ピークを有し、λ／２における第２の選択反射ピークの半値幅が２０ｎｍ以下である請求項１～９のいずれか一項に記載のセンサー。
【請求項１１】
前記バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、
前記コレステリック液晶層が、Δｎが０．０６以下のコレステリック液晶相を固定化してなる、請求項１～１０のいずれか一項に記載のセンサー。
【請求項１２】
前記バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、
前記コレステリック液晶層の膜厚が１０μｍ以上である、請求項１～１１のいずれか一項に記載のセンサー。
【請求項１３】
前記バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、
前記コレステリック液晶層が、右巻の螺旋構造を有するコレステリック液晶層と、左巻の螺旋構造を有するコレステリック液晶層とを積層してなる、請求項１～１２のいずれか一項に記載のセンサー。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、測距装置等に利用されるセンサーおよびバンドパスフィルターに関する。
【背景技術】
【０００２】

モーションキャプチャー、自動車の自動運転、および、ロボットの自動制御等に、対象物との距離を測定するための測距センサー（デプスセンサー）が利用されている。

【０００３】

例えば、特許文献１には、いわゆるタイムオブフライト方式の測距センサー（光学距離センサー）において、点滅した赤外線と距離測定対象物による反射光の位相のズレから、距離測定対象物の距離を算出することが記載されている。

具体的には、特許文献１には、赤外線を発光信号に応じた点滅光として距離測定対象物に出射し、距離測定対象物から反射された赤外線を受光して受光信号を生成し、発光信号と受光信号との波形（例えばパルス波形）の時間差すなわち位相差を求め、この位相差に基づいて、光学距離センサーと距離測定対象物との距離を求めることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【文献】米国特許公開２０１０／０１１８１２３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

このような測距センサーのみならず、光学的な測定を行うセンサーは、例えば、光源から測定光を出射し、対象物が反射した測定光を受光素子で測定し、測定結果を解析することで、各種の測定を行う。

【０００６】

ところで、センサーが測定を行う空間には、太陽光および照明等の様々な光が存在し、これらの光が、いわゆる外光として受光素子に入射する。外光には、光源が発光する波長域の光、および、受光素子が感度を有する光が含まれている場合も多々ある。このような外光がセンサーの受光素子に入射すると、ノイズになって、センサーのＳＮ比（signal-noise ratio）が低下し、センサーによる測定精度が低下してしまう。そのため、狭帯域のバンドパスフィルターを使用して、光源の発光波長の光を抽出し、それ以外の波長の光をカットして、受光素子に入射する外光をカットすることでノイズを抑制することが行われている。バンドパスフィルターの通過ピークの半値幅が狭いほど、より効果的に外光が受光素子に入射することを抑制できるため、ＳＮ比をより向上できる。

【０００７】

ここで、光源の発光波長は、環境温度の変化によって変化する。具体的には、温度が高くなるほど光源の発光波長は長波化する。一方、一般的な無機材料からなる狭帯域のバンドパスフィルターは、温度変化に対する通過波長の変化はほとんどない。そのため、半値幅の狭いバンドパスフィルターを使用した場合に、環境温度が変化したときに、光源の発光波長とバンドパスフィルターの通過波長とにズレが生じてしまい、受光素子に入射する、光源の通過波長の光量が少なくなるため、ＳＮ比が低下してしまう。通過ピークの半値幅が広いバンドパスフィルターを用いれば、環境温度が変化しても、光源の発光波長とバンドパスフィルターの通過波長とにズレが生じることを抑制できるが、バンドパスフィルターの半値幅が広いとカットできない外光が増えるため、ノイズを十分に抑制できず、ＳＮ比が低下してしまう。

特に、測距センサーに用いられるレーザー光源およびＬＥＤ（発光ダイオード）光源等の、発光ピーク波長の半値幅が狭い光源を用いた場合には、環境温度の変化による発光波長のズレの影響が大きくなるため、環境温度が変化した際のＳＮ比の低下が大きい。

【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あり、測距センサー等に用いられるセンサーおいて、環境温度が変化しても高いＳＮ比を得られ高精度な測定を行うことができるセンサー、および、これに用いられるバンドパスフィルター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、本発明は、以下の構成を有する。
［１］　光源と、
光源の発光ピーク波長の光を抽出するバンドパスフィルターと、
バンドパスフィルターが抽出した光を受光する受光素子と、を有し、
バンドパスフィルターは、バンドパス層と、バンドパス層を支持する支持体とを有し、
バンドパス層の熱膨張係数をα１とし、弾性率をＥ１とし、支持体の熱膨張係数をα２とし、弾性率をＥ２とすると、
α１＞α２
Ｅ１＜Ｅ２
を満たすセンサー。
［２］　光源の発光ピークの半値幅が３０ｎｍ以下である［１］に記載のセンサー。
［３］　光源がレーザーまたは発光ダイオードである［１］または［２］に記載のセンサー。
［４］　バンドパス層は、有機材料を含む［１］～［３］のいずれかに記載のセンサー。
［５］　バンドパスフィルターは、光源の発光ピーク波長の光を透過して、光源の発光ピーク波長の光を抽出するものであり、
バンドパス層の透過ピークの半値幅は２０ｎｍ以下である［１］～［４］のいずれかに記載のセンサー。
［６］　バンドパスフィルターは、光源の発光ピーク波長の光を反射して、光源の発光ピーク波長の光を抽出するものであり、
バンドパス層の反射ピークの半値幅は２０ｎｍ以下である［１］～［４］のいずれかに記載のセンサー。
［７］　バンドパス層の熱膨張係数α１と、支持体の熱膨張係数α２との差が３０（ｐｐｍ／℃）以上である［１］～［６］のいずれかに記載のセンサー。
［８］　支持体の熱膨張係数α２が、０ｐｐｍ／℃未満である［１］～［７］のいずれかに記載のセンサー。
［９］　バンドパス層の弾性率Ｅ１が、１０ＧＰａ未満である［１］～［８］のいずれかに記載のセンサー。
［１０］　バンドパス層が、有機誘電体多層膜である［１］～［９］のいずれかに記載のセンサー。
［１１］　バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、
コレステリック液晶層は、面内の遅相軸方向の屈折率ｎｘと、進相軸方向の屈折率ｎｙとが、ｎｘ＞ｎｙを満たす領域を有し、
コレステリック液晶層の選択反射中心波長をλとすると、コレステリック液晶層は、波長λ／２に第２の選択反射ピークを有し、λ／２における第２の選択反射ピークの半値幅が２０ｎｍ以下である［１］～［１０］のいずれかに記載のセンサー。
［１２］　バンドパス層と、バンドパス層を支持する支持体とを有し、
支持体の熱膨張係数α２が、０ｐｐｍ／℃未満であるバンドパスフィルター。
［１３］　バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、
コレステリック液晶層の選択反射ピークの半値幅が４５ｎｍ以下である、［１］～［９］のいずれかに記載のセンサー。
［１４］　バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、
コレステリック液晶層が、Δｎが０．０６以下のコレステリック液晶相を固定化してなる、［１］～［９］および［１３］のいずれかに記載のセンサー。
［１５］　バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、

コレステリック液晶層の膜厚が１０μｍ以上である、［１］～［９］、［１１］、［１３］および［１４］のいずれかに記載のセンサー。

［１６］　バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものであり、

コレステリック液晶層が、右巻の螺旋構造を有するコレステリック液晶層と、左巻の螺旋構造を有するコレステリック液晶層とを積層してなる、［１］～［９］、［１１］、［１３］～［１５］のいずれかに記載のセンサー。

【発明の効果】

【００１０】

本発明によれば、測距センサー等に用いられるセンサーおいて、環境温度が変化しても高いＳＮ比を得られ高精度な測定を行うことができるセンサー、および、これに用いられるバンドパスフィルターを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明のセンサーの一例を概念的に示す図である。

【図２】本発明のセンサーの他の一例を概念的に示す図である。

【図３】本発明のセンサーが有するバンドパスフィルターの一例の作用を概念的に示す図である。

【図４】本発明のセンサーが有するバンドパスフィルターの他の一例の作用を概念的に示す図である。

【図５】従来のバンドパスフィルターの作用を概念的に示す図である。

【図６】温度と波長との関係を表すグラフである。

【図７】図１に示すセンサーが有するバンドパスフィルターのコレステリック液晶層を概念的に示す図である。

【図８】図７に示すバンドパスフィルターが有するコレステリック液晶層の液晶化合物の一部を螺旋軸方向から見た図である。

【図９】螺旋軸に沿って捩れ配向された複数の液晶化合物の一部を螺旋軸方向から見た図である。

【図１０】コレステリック液晶層において、螺旋軸方向から見た液晶化合物の存在確率を概念的に示す図である。

【図１１】通常のコレステリック液晶層の光反射特性の一例を概念的に示すグラフである。

【図１２】本発明のセンサーが有するバンドパスフィルターの光反射特性の一例を概念的に示すグラフである

【図１３】本発明のセンサーに用いられる遮光部材の一例を説明するための概念図である。

【図１４】本発明のセンサーを有する波長選択素子の一例を概念的に表す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、本発明のセンサーおよびバンドパスフィルターについて、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、「同じ」、「等しい」等は、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。

【００１４】

本明細書において、選択反射中心波長とは、対象となる物（部材）における透過率の極小値をＴmin（％）とした場合、下記の式で表される半値透過率：Ｔ１／２（％）を示す２つの波長の平均値のことを言う。

半値透過率を求める式： Ｔ１／２＝１００－（１００－Ｔmin）÷２

【００１５】

［センサー］

本発明のセンサーは、

光源と、

光源の発光ピーク波長の光を抽出するバンドパスフィルターと、

バンドパスフィルターが抽出した光を受光する受光素子と、を有し、

バンドパスフィルターは、バンドパス層と、バンドパス層を支持する支持体とを有し、

バンドパス層の熱膨張係数をα１とし、弾性率をＥ１とし、支持体の熱膨張係数をα２とし、弾性率をＥ２とすると、

α１＞α２

Ｅ１＜Ｅ２

を満たすセンサーである。

【００１６】

図１に、本発明のセンサーの一例を概念的に示す。

図１に示すセンサー１０ａは、光源１２と、受光素子１４と、バンドパスフィルター１６ａとを有する。図１に示すセンサー１０ａにおいて、バンドパスフィルター１６ａは、所定の波長域の光のみを反射することで、この波長域の光を抽出する、反射型のバンドパスフィルターである。具体的には、バンドパスフィルター１６ａは、光源の発光ピーク波長の光を含む波長域の光を反射し、他の波長域の光を透過することで、光源の発光ピーク波長の光を抽出するものである。

【００１７】

図１に示すように、光源１２は、外部（対象物Ｏ）に向けて測定光I_0を照射するように配置される。バンドパスフィルター１６ａは、対象物Ｏで反射された測定光I_1のうち、所定の角度で入射した測定光I_1を受光素子１４に向けて反射するように配置される。受光素子１４は、バンドパスフィルター１６ａで反射された測定光I_2を受光する位置に配置される。

【００１８】

本発明のセンサー１０による対象物Ｏの測定は、光学的なセンサーで行われている公知の測定が、各種、利用可能である。従って、対象物Ｏにも、制限はなく、人物でも、動物でも、物でもよい。

対象物Ｏの測定としては、一例として、対象物Ｏまでの距離の測定（測距）、対象物Ｏの形状の測定、対象物Ｏの動きの測定、および、対象物Ｏの識別等が例示される。

これらの測定は、いずれも、公知の方法で行えばよい。例えば、センサー１０は、タイムオブフライト方式（ＴｏＦ（Time of Flight））によって、対象物Ｏまでの距離を測定する。

【００１９】

このようなセンサー１０ａは、光源１２が出射して、対象物Ｏによって反射された測定光を、バンドパスフィルター１６ａを介して受光素子１４で測光し、測光結果を解析することで、対象物Ｏとの距離等の測定を行う（以下、単に対象物の測定ともいう）。その際、センサーに入射する、太陽光および照明等の外光I_zは、バンドパスフィルター１６ａによって反射されないため、受光素子１４に入射する外光I_zをカットすることができ、ノイズを抑制することができる。このとき、バンドパスフィルター１６ａの反射波長帯域（以下、通過帯域ともいう）の外光I_zは、バンドパスフィルター１６ａでカットされず、受光素子１４に入射する。したがって、バンドパスフィルター１６ａの通過帯域が広いと受光素子１４に入射する外光I_zが増えてＳＮ比を十分に向上できない。そのため、バンドパスフィルター１６ａは通過帯域が狭いこと（狭帯域であること）が要求される。

【００２０】

ここで、前述のとおり、光源の発光波長は、環境温度の変化によって変化する。具体的には、温度が高くなるほど光源の発光波長は長波化する。一方、一般的な無機材料からな

る狭帯域のバンドパスフィルターは、温度変化に対する通過波長の変化はほとんどない。そのため、狭帯域なバンドパスフィルターを使用した場合に、環境温度が変化したときに、光源の発光波長とバンドパスフィルターの通過波長とにズレが生じてしまい、受光素子に入射する、光源の発光波長の光量が少なくなるため、ＳＮ比が低下してしまう。通過ピークの半値幅が広いバンドパスフィルターを用いれば、環境温度が変化しても、光源の発光波長とバンドパスフィルターの通過波長とにズレが生じることを抑制できるが、バンドパスフィルターの半値幅が広いとカットできない外光が増えるため、ノイズを十分に抑制できず、ＳＮ比が低下してしまう。

【００２１】

これに対して、本発明のセンサーは、バンドパスフィルターが、バンドパス層と、バンドパス層を支持する支持体とを有し、バンドパス層の熱膨張係数をα１とし、弾性率をＥ１とし、支持体の熱膨張係数をα２とし、弾性率をＥ２とすると、α１＞α２、Ｅ１＜Ｅ２を満たす構成を有する。

【００２２】

バンドパスフィルターがこのような構成を有することで、環境温度が変化した際に、バンドパスフィルターの通過波長が変化する。具体的には、環境温度が高くなると、バンドパスフィルターの通過波長は、長波長側にシフトする。そのため、環境温度の変化によって、光源の発光波長が変化した場合に、バンドパスフィルターの通過波長も変化する。例えば、環境温度が高くなって、光源の発光波長が長波化した場合に、バンドパスフィルターの通過波長も長波化する。そのため、狭帯域なバンドパスフィルターであっても、環境温度が変化したときに、光源の発光波長とバンドパスフィルターの通過波長とが同じように変化する。したがって、光源の発光波長の光がバンドパスフィルターを通過することができ、受光素子に入射する、光源の通過波長の光量が低下することを防止でき、ＳＮ比が低下することを防止できる。これにより、センサーは、環境温度が変化しても高いＳＮ比を得られ高精度な測定を行うことができる。

環境温度が変化した際に、バンドパスフィルターの通過波長が変化する点については後に詳述する。

【００２３】

ここで、図１に示すセンサー１０ａでは、バンドパスフィルター１６ａは、反射型のバンドパスフィルターとしたがこれに限定はされない。

図２に本発明のセンサーの他の一例を概念的に示す。

図２に示すセンサー１０ｂは、光源１２と、受光素子１４と、バンドパスフィルター１６ｂとを有する。図２に示すセンサー１０ｂにおいて、バンドパスフィルター１６ｂは、所定の波長域の光のみを透過することで、この波長域の光を抽出する、透過型のバンドパスフィルターである。具体的には、バンドパスフィルター１６ｂは、光源の発光ピーク波長の光を含む波長域の光を透過し、他の波長域の光を吸収および／または反射することで、光源の発光ピーク波長の光を抽出するものである。

【００２４】

図２に示すように、光源１２は、外部（対象物Ｏ）に向けて測定光I_0を照射するように配置される。バンドパスフィルター１６ｂは、対象物Ｏで反射された測定光I_1が受光素子１４に向けて透過するように配置される。受光素子１４は、バンドパスフィルター１６ａを透過した測定光I_3を受光する位置に配置される。

【００２５】

このようなセンサー１０ｂは、光源１２が出射して、対象物Ｏによって反射された測定光を、バンドパスフィルター１６ｂを介して受光素子１４で測光し、測光結果を解析することで、対象物Ｏとの距離等の測定を行う（以下、単に対象物の測定ともいう）。その際、センサーに入射する、太陽光および照明等の外光I_zは、バンドパスフィルター１６ｂを透過しないため、受光素子１４に入射する外光I_zをカットすることができ、ノイズを抑制することができる。

【００２６】

このような透過型のバンドパスフィルターにおいても、狭帯域なバンドパスフィルターを使用した場合に、環境温度が変化したときに、光源の発光波長とバンドパスフィルターの透過波長帯域（以下、通過帯域ともいう）とにズレが生じてしまい、受光素子に入射する、光源の発光波長の光量が少なくなるため、ＳＮ比が低下してしまうという問題が生じる。

【００２７】

これに対して、本発明のセンサーは、透過型のバンドパスフィルターの場合にも、バンドパス層と、バンドパス層を支持する支持体とを有し、バンドパス層の熱膨張係数をα１とし、弾性率をＥ１とし、支持体の熱膨張係数をα２とし、弾性率をＥ２とすると、α１＞α２、Ｅ１＜Ｅ２を満たす構成を有する。

バンドパスフィルターがこのような構成を有することで、環境温度が変化した際に、バンドパスフィルターの通過波長が変化する。そのため、狭帯域なバンドパスフィルターであっても、環境温度が変化したときに、光源の発光波長とバンドパスフィルターの通過波長とが同じように変化する。したがって、光源の発光波長の光がバンドパスフィルターを通過することができ、受光素子に入射する、光源の通過波長の光量が低下することを防止でき、ＳＮ比が低下することを防止できる。これにより、センサーは、環境温度が変化しても高いＳＮ比を得られ高精度な測定を行うことができる。

なお、以下の説明において、反射型のバンドパスフィルター１６ａと透過型のバンドパスフィルター１６ｂとを区別する必要がない場合には、まとめてバンドパスフィルター１６として説明を行う。

【００２８】

〔光源〕

光源１２には、制限はなく、光学的なセンサーにおいて光源として用いられている公知の各種の光源が、全て、利用可能である。

光源としては、一例として、水銀灯などの電球、蛍光灯、ハロゲンランプ、ＬＥＤ（Light Emitting Diode）、および、半導体レーザーなどのレーザー等が例示される。

なお、光源１２の出射光は、拡散光でも、コリメートされた光ビームのような平行光でもよい。また、センサー１０においては、必要に応じて、光源１２が出射した光を、一次元的または二次元的に走査（スキャン）してもよい。

【００２９】

センサーのＳＮ比を向上する観点から、光源１２としては狭帯域な光を照射することができる、ＬＥＤ（Light Emitting Diode）、および、半導体レーザーなどのレーザーを用いることが好ましい。

【００３０】

また、センサーのＳＮ比を向上する観点から、光源１２の発光ピークの半値幅は３０ｎｍ以下が好ましく、１５ｎｍ以下がより好ましく、１０ｎｍ以下がさらに好ましい。

【００３１】

ここで、光源１２がＬＥＤ（Light Emitting Diode）、および、半導体レーザーなどのレーザーの場合、温度による発光波長（ピーク波長）の変化の割合は、およそ０．１ｎｍ／℃～０．７ｎｍ／℃程度である。

【００３２】

光源１２が出射する光の波長にも、制限はなく、可視光でも、赤外線および紫外線などの非可視光でもよい。中でも非可視光である赤外線は、光源１２が出射する光として好適に利用される。

さらに、光源１２が出射する光は、無偏光でも偏光でもよい。光源１２が偏光を出射する場合には、出射光は直線偏光でも円偏光でもよい。

【００３３】

〔受光素子〕

受光素子１４にも制限はなく、光学的なセンサーにおいて受光素子として用いられている公知の各種の受光素子（光検出器（素子））が、全て、利用可能である。

受光素子１４としては、一例として、ＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）センサー、および、ＣＣＤ（Charge-Coupled Device）センサー等が例示される。
受光素子１４は、空間的な分解能を有さないものでもよいが、光をライン状に検出するラインセンサー、または、光を二次元的に検出するエリアセンサーが好ましく、特にエリアセンサーが好ましい。
【００３４】
受光素子１４は、光源１２が出射し、対象物Ｏで反射された測定光を、バンドパスフィルター１６を介して、測定する。
【００３５】
〔バンドパスフィルター〕
バンドパスフィルターは、バンドパス層と、バンドパス層を支持する支持体とを有し、バンドパス層の熱膨張係数をα１とし、弾性率をＥ１とし、支持体の熱膨張係数をα２とし、弾性率をＥ２とすると、α１＞α２、Ｅ１＜Ｅ２を満たすものであれば特に制限はない。
【００３６】
＜バンドパス層＞
支持体に対して熱膨張係数および弾性率が上記式を満たすバンドパス層としては、有機材料を含むバンドパス層が好適に用いられる。
具体的には、バンドパス層として、有機誘電体多層膜、コレステリック液晶層等が挙げられる。
【００３７】
周知のとおり、誘電体多層膜は、透明で屈折率が高い膜と透明で屈折率が低い膜とを交互に積層した構成を有し、高屈折率層および低屈折率層の厚さおよび屈折率等を調整することで、所望の波長域の光を反射または透過し、他の波長域の光を透過または反射するものとすることができる。すなわち、誘電体多層膜において、通過波長は、高屈折率層と低屈折率層の厚さに依存している。
誘電体多層膜の各層を有機材料（ポリマー）で構成することで、バンドパス層の熱膨張係数α１を支持体の熱膨張係数α２よりも大きく、弾性率Ｅ１を支持体の弾性率Ｅ２よりも小さくすることができる。
【００３８】
周知のとおり、コレステリック液晶層は、液晶化合物を螺旋状にコレステリック配向させたコレステリック液晶相を固定してなる層である。コレステリック液晶層は、コレステリック液晶相の螺旋ピッチによって定まる選択反射中心波長を有し、選択反射中心波長を含む波長域の光を反射し、他の波長域の光を透過する。すなわち、コレステリック液晶層において、通過波長は、コレステリック液晶相の螺旋ピッチに依存している。
【００３９】
このように、バンドパス層となる誘電体多層膜およびコレステリック液晶層等は、いずれも層内の厚さ方向に形成される構造の寸法に通過波長が依存している。
【００４０】
バンドパス層の厚さは、支持体の厚さよりも薄ければ特に制限はない。バンドパス層が反射型の場合は、バンドパス層の厚さは、通過波長の光を十分に反射することができ、他の波長域の光を反射しない厚さであればよい。また、バンドパス層が透過型の場合には、バンドパス層の厚さは、通過波長の光を十分に透過でき、かつ、他の波長域の光を透過させない厚さであればよい。
一例として、バンドパス層の厚さは、０．５～１００μｍが好ましく、１～５０μｍがより好ましく、５～３０μｍがさらに好ましい。
【００４１】
＜支持体＞
支持体は、バンドパス層を支持するものである。

【００４２】
支持体は、バンドパス層を支持でき、バンドパス層に対して熱膨張係数、弾性率および厚さが上記式を満たすものであれば、各種のシート状物（フィルム、板状物）が利用可能である。
なお、バンドパスフィルターが反射型である場合には、支持体は、バンドパス層における反射波長域以外の波長域の光を反射しないものを用いるのが好ましい。また、バンドパスフィルターが透過型である場合には、支持体は、バンドパス層における通過波長域において十分な透過率を有するものを用いるのが好ましい。
【００４３】
支持体の厚さは、バンドパス層を支持できる厚さであれば、制限はなく、バンドパスフィルターの用途および支持体の形成材料等に応じて、バンドパス層を保持できる厚さを、適宜、設定すればよい。
支持体の厚さは、１～２０００μｍが好ましく、３～５００μｍがより好ましく、５～２５０μｍがさらに好ましい。
【００４４】
支持体は単層であっても、多層であってもよい。
単層である場合の支持体としては、ガラス、トリアセチルセルロース（ＴＡＣ）、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）、ポリカーボネート、ポリ塩化ビニル、アクリル、および、ポリオレフィン等からなる支持体が例示される。多層である場合の支持体の例としては、前述の単層の支持体のいずれかなどを基板として含み、この基板の表面に他の層を設けたもの等が例示される。
【００４５】
また、支持体として、熱膨張係数が負の値を有する材料からなる支持体を用いてもよい。すなわち、支持体の材料として、温度上昇に対して、長さが短くなる材料を用いてもよい。
熱膨張率が負の値を有する材料としては、横振動モードや剛体単位モード、相転移など様々な物理的起源があり、例えば、立方晶タングステン酸ジルコニウム、ゴム弾性体、石英 、ゼオライト、高純度シリコン、立方晶フッ化スカンジウム、高強度ポリエチレン繊維、ビスマス・ニッケル・酸化鉄などが知られており、Sci. Technol. Adv. Mater.13(2012)013001にも詳しく記載がある。
【００４６】
以下、環境温度が変化した際に、バンドパスフィルターの通過波長が変化するという作用について、図３～６を用いて説明する。
【００４７】
図３は、本発明のセンサーに用いられるバンドパスフィルターの一例の作用を説明するための概念図である。なお、図示例において、各層および領域等の厚さおよび大きさ等は、本発明の構成を明確に示すために、適宜、調節しており、実際のバンドパスフィルターとは異なる。
図３に示すバンドパスフィルター１６は、バンドパス層４２と、バンドパス層４２を支持する支持体４０ａとを有する。図３に示す例は、支持体４０ａは、ガラス等の熱膨張係数α２が略０の場合の例である。
バンドパス層４２の熱膨張係数α１は、支持体４０ａの熱膨張係数α２よりも大きい。これは、熱膨張した際に、バンドパス層４２の寸法変化が支持体４０ａの寸法変化よりも大きいことを意味する。また、バンドパス層４２の弾性率Ｅ１が、支持体４０ａの弾性率Ｅ２よりも小さい。一般的に支持体４０ａはバンドパス層４２よりも厚いため、バンドパス層４２の弾性率Ｅ１が、支持体４０ａの弾性率Ｅ２よりも小さいことは、支持体４０ａがバンドパス層４２よりも剛性が高いことを意味する。
【００４８】
図３に示すバンドパスフィルター１６では、環境温度が高くなった場合に、支持体４０ａは熱膨張係数α２が略０であるためほとんど膨張しないが、バンドパス層４２は膨張す

る。その際、バンドパス層４２よりも支持体４０ａの方が剛性が高いため、バンドパス層４２は面方向（図３中左右方向）には支持体４０ａに拘束されて伸びが抑制される。そのため、バンドパス層４２は、厚さ方向に伸長し、図３の上に示す状態から、下に示す状態に変化する。

【００４９】

ここで、前述のとおり、バンドパス層４２は、厚さ方向に形成される構造の寸法に通過波長が依存している。そのため、バンドパス層４２が厚さ方向に伸長すると、厚さ方向に形成される構造の寸法が伸長するため、これに応じて、通過波長が長波化する。具体的には、例えば、バンドパス層４２がコレステリック液晶層の場合には、バンドパス層４２が厚さ方向に伸長すると、コレステリック液晶層の螺旋ピッチが長くなる方向に変化する。コレステリック液晶層の螺旋ピッチが長くなると選択反射波長が長波化する。また、バンドパス層４２が誘電体多層膜の場合には、バンドパス層４２が厚さ方向に伸長すると、誘電体多層膜の各高屈折率層および低屈折率層が厚くなる方向に変化する。各高屈折率層および低屈折率層の厚さが厚くなると、通過波長（反射波長または透過波長）は長波化する。

【００５０】

図４は、本発明のセンサーに用いられるバンドパスフィルターの他の一例の作用を説明するための概念図である。

図４に示すバンドパスフィルター１６は、バンドパス層４２と、バンドパス層４２を支持する支持体４０ｂとを有する。図４に示す例は、支持体４０ｂが、負の熱膨張係数を有する材料を用いたものである例である。

【００５１】

図４に示すバンドパスフィルター１６では、環境温度が高くなった場合に、支持体４０ｂは熱膨張係数α２が負であるため収縮する。一方、バンドパス層４２は膨張する。その際、バンドパス層４２よりも支持体４０ｂの方が剛性が高いため、バンドパス層４２は面方向（図４中左右方向）には支持体４０ｂに拘束されて伸びが抑制され、収縮する。そのため、バンドパス層４２は、厚さ方向に伸長し、図４の上に示す状態から、下に示す状態に変化する。バンドパス層４２が厚さ方向に伸長すると、厚さ方向に形成される構造の寸法が伸長するため、これに応じて、通過波長が長波化する。

【００５２】

このように、支持体４０ｂとして、負の熱膨張係数を有する材料を用いた場合には、バンドパス層４２が厚さ方向へ伸長する量がより大きくなるため、バンドパスフィルターの通過波長をより大きく変化させることができる。

【００５３】

一方、支持体の熱膨張係数α２がバンドパス層の熱膨張係数α１よりも大きい場合について、図５を用いて説明する。

図５に示すバンドパスフィルター１１６では、環境温度が高くなった場合に、支持体１４０は熱膨張係数α２に応じて、面方向（図５中左右方向）に伸長する。一方、バンドパス層４２も膨張する。このとき、バンドパス層４２の熱膨張係数α１は支持体１４０の熱膨張係数α２よりも小さいため、バンドパス層４２が面方向に伸長する量は少ないが、バンドパス層４２は面方向には支持体１４０に拘束されているため、支持体１４０の伸長に合わせて延伸される。そのため、バンドパス層４２は、厚さ方向にはほとんど伸長せず、図５の上に示す状態から、下に示す状態に変化する。バンドパス層４２が厚さ方向に伸長しないため、バンドパス層４２の通過波長は変化しない。

【００５４】

また、従来の、一般的な無機材料からなる狭帯域のバンドパスフィルターは、バンドパス層がほとんど熱膨張しないため、厚さ方向にも伸長せず、バンドパス層の通過波長は変化しない。

【００５５】

以上、環境温度とバンドパスフィルターの通過波長との関係を概念的に表すグラフを図６に示す。また、図６には、光源の発光波長と環境温度との関係も示す。

図６に示すように、光源の発光波長は、環境温度が高くなるにしたがって長波化する。
一方、従来の無機バンドパスフィルター、および、バンドパス層の熱膨張係数α１が支持体の熱膨張係数α２よりも小さい（α１＜α２）場合には、環境温度が高くなってもバンドパスフィルターの通過波長は変化しない。そのため、図６に示すように、環境温度が高くなった際に、光源の発光波長とバンドパスフィルターの通過波長とにズレが生じてしまい、受光素子に入射する、光源の発光波長の光量が少なくなるため、ＳＮ比が低下してしまう。

【００５６】

これに対して、図６に示すように、バンドパス層の熱膨張係数α１が支持体の熱膨張係数α２よりも大きい（α１＞α２）場合には、環境温度が高くなるにしたがって、バンドパスフィルターの通過波長が長波化する。そのため、狭帯域なバンドパスフィルターであっても、環境温度が変化したときに、光源の発光波長とバンドパスフィルターの通過波長とが同じように変化する。したがって、光源の発光波長の光がバンドパスフィルターを通過することができ、受光素子に入射する、光源の通過波長の光量が低下することを防止でき、ＳＮ比が低下することを防止できる。

【００５７】

なお、図３に示す例では支持体の熱膨張係数が略０とし、図４に示す例では支持体の熱膨張係数が負としたが、これに限定はされず、支持体の熱膨張係数は正の値であってもよい。支持体の熱膨張係数が正の値の場合でも、バンドパス層の熱膨張係数α１が支持体の熱膨張係数α２よりも大きいと、環境温度が高くなった場合の、バンドパス層の面方向への伸長量は、支持体の面方向への伸長量よりも大きくなるが、バンドパス層は面方向には支持体に拘束されているため、面方向への伸びが抑制される。そのため、バンドパス層は、厚さ方向に伸長する。

【００５８】

ここで、環境温度の変化に対してバンドパスフィルターの通過波長がより好適に変化するものとできる観点から、バンドパス層の熱膨張係数α１は、２０～２００ｐｐｍ／℃が好ましく、３０～１５０ｐｐｍ／℃がより好ましく、４０～１００ｐｐｍ／℃がさらに好ましい。

【００５９】

また、環境温度の変化に対してバンドパスフィルターの通過波長がより好適に変化するものとできる観点から、支持体の熱膨張係数α２は、－５００～２０ｐｐｍ／℃が好ましく、－３００～１０ｐｐｍ／℃がより好ましく、－２００～５ｐｐｍ／℃がさらに好ましい。

また、支持体の熱膨張係数α２は、０ｍｍｐ／℃未満、すなわち、負の熱膨張係数を有することも好ましい。

【００６０】

また、環境温度の変化に対してバンドパスフィルターの通過波長がより好適に変化するものとできる観点から、バンドパス層の熱膨張係数α１と支持体の熱膨張係数α２との差は、３０ｐｐｍｍ／℃以上であるのが好ましく、３５～２００ｐｐｍ／℃であるのがより好ましく、４０～２００ｐｐｍ／℃であるのがさらに好ましい。

【００６１】

ここで、熱膨張係数は、以下のようにして測定する。

例えば、ＪＩＳ　Ｋ　７１９７等公知の方法で測定することができる。

例えば、熱機械分析装置（ＴＭＡ　ＮＥＴＺＳＣＨ社製　ＴＭＡ４０００ＳＥ）を用いた熱機械特性測定によって求められる。測定条件は、例えば、サンプルサイズは、５ｍｍ×２０ｍｍ、チャック間距離は１５ｍｍ、チャック部分の長さは上下ともに２．５±０．５ｍｍとし、－２０℃～６０℃の範囲で５℃／ｍｉｎで温度を変え、その際のチャック距離の変位量を計測する。また、荷重についてはサンプルに３ｇの一定加重をかけて計測する。続いて－２０℃～６０℃の変位量のデータの近似直線の傾きを求め温度１℃変化あたりの変位量を求める。さらに、その傾きをサンプルセット時のチャンキング間距離である１

５ｍｍで割ることで、熱膨張係数を算出することができる。

【００６２】

また、環境温度の変化に対してバンドパスフィルターの通過波長がより好適に変化するものとできる観点から、バンドパス層の弾性率Ｅ１は１０ＧＰａ未満であることが好ましく、１～８ＧＰａであることがより好ましく、２～６ＧＰａであることがさらに好ましい。

【００６３】

また、環境温度の変化に対してバンドパスフィルターの通過波長がより好適に変化するものとできる観点から、支持体の弾性率Ｅ２は、１０～２００ＧＰａであることが好ましく、２０～１５０ＧＰａであることがより好ましく、４０～１００ＧＰａであることがさらに好ましい。

【００６４】

また、環境温度の変化に対してバンドパスフィルターの通過波長がより好適に変化するものとできる観点から、バンドパス層の弾性率Ｅ１に対する支持体の弾性率Ｅ２との比は、２以上であることが好ましく、５以上であることがより好ましく、１０以上であることがさらに好ましい。

【００６５】

ここで、弾性率は、以下のようにして測定する。なお、弾性率は特に記載がない限り、常温（２５℃）における弾性率である。

弾性率は、例えば、ＪＩＳ　Ｋ　７１２７等公知の方法で測定することができる。

【００６６】

ここで、バンドパスフィルターの通過波長のピークの半値幅は２０ｎｍ以下であるのが好ましい。すなわち、バンドパスフィルターが透過型のバンドパスフィルターの場合には、バンドパス層の透過ピークの半値幅は２０ｎｍ以下であるのが好ましく、１～１８ｎｍであるのがより好ましく、２～１５ｎｍであるのがさらに好ましい。また、バンドパスフィルターが反射型のバンドパスフィルターの場合には、バンドパス層の反射ピークの半値幅は２０ｎｍ以下であるのが好ましく、１～１８ｎｍであるのがより好ましく、２～１５ｎｍであるのがさらに好ましい。

バンドパスフィルターの通過波長のピークの半値幅を２０ｎｍ以下とすることで、センサーに入射する外光をより好適にカットすることができ、ＳＮ比をより高くすることができる。また、本発明は、バンドパスフィルターの通過波長が、環境温度の変化に応じて変化するため、バンドパスフィルターの半値幅が小さい場合でも、環境温度が変化した際に、光源の発光波長とバンドパスフィルターの通過波長とにズレが生じることを好適に抑制できる。

【００６７】

ここで、バンドパス層は、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するもので、コレステリック液晶層が、面内の遅相軸方向の屈折率ｎｘと、進相軸方向の屈折率ｎｙとが、ｎｘ＞ｎｙを満たす領域を有し、コレステリック液晶層の選択反射中心波長をλとすると、コレステリック液晶層は、波長λ／２に第２の選択反射ピークを有し、λ／２における第２の選択反射ピークの半値幅が２０ｎｍ以下であることが好ましい。

【００６８】

コレステリック液晶層が、面内の遅相軸方向の屈折率ｎｘと、進相軸方向の屈折率ｎｙとが、ｎｘ＞ｎｙを満たす領域を有する構成とすることで、コレステリック液晶層が、選択反射中心波長の１／２の波長に半値幅の狭い第２の選択反射ピークを有する構成とすることができる。コレステリック液晶層が有する半値幅の狭い第２の選択反射ピークを利用して、狭帯域の光のみを通過させる狭帯域なバンドパスフィルターとすることができる。このようなバンドパスフィルターを用いることで、本発明のセンサーは、外光の影響をより低減して、ＳＮ比の高いより高精度な測定が可能となる。

【００６９】

以下、ｎｘ＞ｎｙを満たす領域を有し、波長λ／２に第２の選択反射ピークを有するコ

レステリック液晶層について説明する。
【００７０】
図７に、このようなコレステリック液晶層の一例を概念的に示す。
図７に示すコレステリック液晶層２６は、支持体２０上に形成された配向膜２４の上に形成されている。
以下の説明では、支持体２０側を下方、コレステリック液晶層２６側を上方、とも言う。従って、支持体２０においては、コレステリック液晶層２６側を上面、逆側を下面、ともいう。また、配向膜２４およびコレステリック液晶層２６においては、支持体２０側の面を下面、逆側を上面ともいう。
【００７１】
＜支持体＞
支持体２０は、コレステリック液晶層２６を形成する際にコレステリック液晶層を支持するものである。
なお、コレステリック液晶層２６をバンドパス層として用いる際には、支持体２０および配向膜２４を剥離して、バンドパスフィルターの支持体に転写して用いればよい。すなわち、支持体２０は仮支持体であってもよい。あるいは、支持体２０をバンドパスフィルターの支持体として用いてもよい。すなわち、バンドパスフィルターの支持体の上にコレステリック液晶層２６を形成してもよい。
【００７２】
支持体２０をバンドパスフィルターの支持体として用いる場合には、支持体２０として上述した支持体を用いればよい。
また、支持体２０が仮支持体である場合には、コレステリック液晶層を作製する際に用いられる各種の仮支持体が例示される。例えば、仮支持体としては、ガラス、トリアセチルセルロース（ＴＡＣ）、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）、ポリカーボネート、ポリ塩化ビニル、アクリル、および、ポリオレフィン等からなるフィルム状の部材が例示される。また、これらの材料からなる層を複数層有する多層の支持体であってもよい。
【００７３】
＜配向膜＞
配向膜２４は、支持体２０の表面（上面）に形成される。
配向膜２４は、コレステリック液晶層２６を形成する際に、液晶化合物３２を所定の配向状態に配向するための配向膜である。
【００７４】
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、光配向性の素材に偏光または非偏光を出射して配向膜とした光配向膜等が例示される。
【００７５】
配向膜２４は、配向膜の形成材料に応じた、公知の方法で形成すればよい。
例えば、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い。
また、配向膜２４を形成せずに、支持体２０にラビング処理およびレーザ加工等の処理を施すことで、支持体２０を配向膜として作用させてもよい。
【００７６】

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２４とした、いわゆる光配向膜も好適に利用される。すなわち、配向膜２４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。

【００７７】

本発明に利用可能な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ポリエステル、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２０１４－０１２８２３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、光架橋性ポリエステル、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。

【００７８】

配向膜２４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、０．０１～５μｍが好ましく、０．０５～２μｍがより好ましい。

【００７９】

＜コレステリック液晶層＞

コレステリック液晶層２６は、配向膜２４の表面に形成される。

なお、図７においては、図面を簡略化してコレステリック液晶層２６の構成を明確に示すために、コレステリック液晶層２６は、コレステリック液晶相における液晶化合物３２の捩じれ配向の２回転分（７２０°回転分）のみを概念的に示している。すなわち、図７では、コレステリック液晶相における螺旋構造の２ピッチのみを示している。

しかしながら、コレステリック液晶層２６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３２が、厚さ方向の螺旋軸に沿って、螺旋状に旋回して積み重ねられた螺旋構造を有し、液晶化合物３２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周期１ピッチとして、螺旋状に旋回する液晶化合物３２が、１ピッチ以上、積層された構造を有する。

【００８０】

すなわち、本発明において、コレステリック液晶相（コレステリック液晶層）とは、螺旋構造が１ピッチ以上、積層されたものである。コレステリック液晶層は、液晶化合物３２による螺旋構造が１ピッチ以上、積層されることで、後述する波長選択性を有する反射性を発現する。

従って、本発明においては、液晶化合物３２が、厚さ方向の螺旋軸に沿って、螺旋状に旋回して積み重ねられた螺旋構造を有する層であっても、螺旋周期が１ピッチ未満の層は、コレステリック液晶層ではない。

【００８１】

コレステリック液晶層２６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２６は、液晶化合物３２（液晶材料）をコレステリック配向した層である。
周知のように、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、波長選択反射性を有する。
後に詳述するが、コレステリック液晶層の選択的な反射波長域は、上述した螺旋１ピッチの厚さ方向の長さ（図７に示すピッチＰ）に依存する。
【００８２】
本発明において、バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものである場合の第一の実施態様は、
コレステリック液晶層が、面内の遅相軸方向の屈折率ｎｘと、進相軸方向の屈折率ｎｙとが、ｎｘ＞ｎｙを満たす領域を有し、
コレステリック液晶層の選択反射中心波長をλとすると、コレステリック液晶層は、波長λ／２に第２の選択反射ピークを有し、λ／２における第２の選択反射ピークの半値幅が２０ｎｍ以下である。
この場合、λ／２における第２の選択反射ピークをバンドパスとして使用する。
【００８３】
本発明において、バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものである場合の第二の実施態様は、
コレステリック液晶層の選択反射ピークの半値幅が４５ｎｍ以下である。
この場合、第２の選択反射ピークは有さず、第１の選択反射ピークをバンドパスとして使用する。
【００８４】
ここで、バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものである場合の第一の実施態様において、コレステリック液晶層２６は、面内の遅相軸方向の屈折率ｎｘと、進相軸方向の屈折率ｎｙとが、ｎｘ＞ｎｙを満たす。
本発明において、コレステリック液晶層２６は、図８に示すように、液晶化合物３２の配列を螺旋軸方向から見た際の、隣接する液晶化合物３２の分子軸がなす角度が漸次変化した構成を有する。言い換えると、液晶化合物３２の配列を螺旋軸方向から見た際の液晶化合物３２の存在確立が異なっている。これにより、コレステリック液晶層２６は、面内の遅相軸方向の屈折率ｎｘと、進相軸方向の屈折率ｎｙとが、ｎｘ＞ｎｙを満たす構成となっている。
なお、以下の説明において、コレステリック液晶層２６が、図８に示すように液晶化合物３２の配列を螺旋軸方向から見た際に、隣接する液晶化合物３２の分子軸がなす角度が漸次変化している構成を有することを、屈折率楕円体を有するともいう。
【００８５】
コレステリック液晶層２６が、面内の遅相軸方向の屈折率ｎｘと、進相軸方向の屈折率ｎｙとが、ｎｘ＞ｎｙを満たす構成とすることで、コレステリック液晶層２６により反射される反射光として、１次光と２次光とが得られる。その際、２次光は１次光と比べて非常に狭帯域な波長として得られる。なお、２次光の選択中心反射波長は、１次光の選択中心反射波長の半分となる。このようなコレステリック液晶層２６（バンドパスフィルター）の作用については後に詳述する。１次光は、コレステリック液晶層の選択反射中心波長の選択反射ピーク（以下、第１の選択反射ピークともいう）に対応する光である。２次光は、第２の選択反射ピークに対応する光である。
【００８６】
＜＜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選択反射性を示すことが知られている。
一般的なコレステリック液晶相において、選択反射の中心波長（選択反射中心波長）λは、コレステリック液晶相における螺旋のピッチＰに依存し、コレステリック液晶相の平均屈折率ｎとλ＝ｎ×Ｐの関係に従う。そのため、この螺旋ピッチを調節することによっ

て、選択反射中心波長を調節することができる。なお、本発明においては、λ＝ｎ×Ｐの関係に従い反射される波長の光が１次光である。

コレステリック液晶相の選択反射中心波長は、ピッチＰが長いほど、長波長になる。

なお、螺旋のピッチＰとは、上述したように、コレステリック液晶相の螺旋構造１ピッチ分（螺旋の周期）であり、言い換えれば、螺旋の巻き数１回分であり、すなわち、コレステリック液晶相を構成する液晶化合物のダイレクター（棒状液晶であれば長軸方向）が３６０°回転する螺旋軸方向の長さである。

【００８７】

コレステリック液晶層の断面を走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ（Scanning Electron Microscope））で観察すると、コレステリック液晶相に由来して、厚さ方向に明線（明部）と暗線（暗部）とを交互に有する縞模様が観察される。螺旋周期ピッチすなわちピッチＰは、厚さ方向の明線２本および暗線２本分の長さ、すなわち、厚さ方向の暗線２本および明線２本分の長さに等しい。

【００８８】

コレステリック液晶相の螺旋ピッチは、コレステリック液晶層を形成する際に、液晶化合物と共に用いるキラル剤の種類、および、キラル剤の添加濃度に依存する。従って、これらを調節することによって、所望の螺旋ピッチを得ることができる。

なお、ピッチの調節については富士フイルム研究報告Ｎｏ．５０（２００５年）ｐ．６０－６３に詳細な記載がある。螺旋のセンスおよびピッチの測定法については「液晶化学実験入門」日本液晶学会編　シグマ出版２００７年出版、４６頁、および、「液晶便覧」液晶便覧編集委員会　丸善　１９６頁に記載される方法を用いることができる。

【００８９】

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層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、コレステリック液晶相における螺旋の捩れ方向は、コレステリック液晶層に右円偏光および／または左円偏光を入射させることで、確認できる。

なお、コレステリック液晶相の旋回の方向は、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。

【００９０】

また、選択反射を示す選択反射波長域（円偏光反射波長域）の半値幅Δλ（ｎｍ）、すなわち、１次光の半値幅は、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、Δλ＝Δｎ×Ｐの関係に従う。そのため、１次光の選択反射波長域（選択的な反射波長域）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。

１次光の半値幅は、バンドパスフィルターの用途に応じて調節すればよい。１次光の半値幅は、例えば、３０ｎｍ以上であればよい。

【００９１】

コレステリック液晶層において、選択反射中心波長には、制限はなく、バンドパスフィルターを用いるセンサーの用途に応じて、適宜、設定すればよい。

具体的には、コレステリック液晶層において、選択反射中心波長は、センサーが用いる測定光の波長に応じて、適宜、設定すればよい。後述するが、本実施形態においては、センサーは、バンドパスフィルターの第２の選択反射ピークの波長域の光を受光素子で受光する。第２の選択反射ピークの波長は、コレステリック液晶層の選択反射中心波長λの１／２波長である。従って、第２の選択反射ピークの波長が、測定光の波長域に含まれるように、コレステリック液晶層の選択反射中心波長を設定する。

【００９２】

前述のとおり、コレステリック液晶層の選択反射中心波長は、螺旋構造のピッチＰに依存する。従って、第２の選択反射ピークの波長が、測定光の波長域に含まれるように、螺旋構造のピッチＰを設定すればよい。螺旋構造のピッチＰは、コレステリック液晶層の断面をＳＥＭで観察して、コレステリック液晶相に由来する、厚さ方向に明線と暗線とを交互に有する縞模様を解析することで、確認できる。

【００９３】

＜＜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、流動性が無い層を形成して、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。

【００９４】

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。

【００９５】

＜＜重合性液晶化合物（棒状液晶化合物）＞＞

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。

【００９６】

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７－１０４６９号公報、特開平１１－０８００８１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。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。

【００９７】

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。

【００９８】

＜＜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号公報等に記載のものを好ましく用いることができる。

【００９９】

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。

【０１００】

＜＜界面活性剤＞＞

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、コレステリック液晶相の配向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、シリコー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。

【０１０１】

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２００５－０９９２４８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。

【０１０２】

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。

【０１０３】

ここで、バンドパス層が、コレステリック液晶相を固定してなる層であるコレステリック液晶層を有するものである場合の第二の実施態様における液晶化合物としては、Δｎが小さく、コレステリック液晶層の選択反射の半値幅を狭い点で、以下の式（Ｉ）で表される液晶化合物が好ましい。

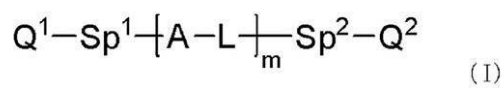
なかでも、Ａで表される置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキシレン基の数をｍで割った数をｍｃとしたとき、ｍｃ＞０．１を満たす液晶化合物が好ましく、０．４≦ｍｃ≦０．８を満たす液晶化合物であるのがより好ましい。

なお、上記ｍｃは、以下の計算式で表される数である。

ｍｃ＝（Ａで表される置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキシレン基の数）÷ｍ

【０１０４】

【化１】



(I)

【０１０５】

式中、

Ａは、置換基を有していてもよいフェニレン基又は置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキシレン基を示し、Ａのうち少なくとも１つは置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキシレン基を示し、

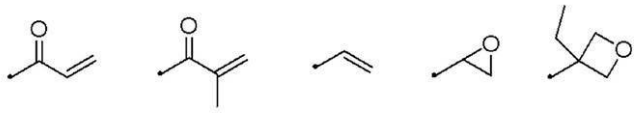
Ｌは、単結合、又は、－ＣＨ$_2$Ｏ－、－ＯＣＨ$_2$－、－（ＣＨ$_2$）$_2$ＯＣ（＝Ｏ）－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ（ＣＨ$_2$）$_2$－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＣＨ＝Ｎ－Ｎ＝ＣＨ－、－ＣＨ＝ＣＨ－、－Ｃ≡Ｃ－、－ＮＨＣ（＝Ｏ）－、－Ｃ（＝Ｏ）ＮＨ－、－ＣＨ＝Ｎ－、－Ｎ＝ＣＨ－、－ＣＨ＝ＣＨ－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、及び、－ＯＣ（＝Ｏ）－ＣＨ＝ＣＨ－からなる群から選択される連結基を示し、

ｍは３～１２の整数を示し、

Ｓｐ^{1}及びＳｐ^{2}は、それぞれ独立に、単結合、又は、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基、及び、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基において１つ又は２つ以上の－ＣＨ$_2$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_3$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、又はＣ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基からなる群から選択される連結基を示し、

Ｑ^{1}及びＱ^{2}は、それぞれ独立に、水素原子、又は、以下の式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択される重合性基を示し、ただしＱ^{1}及びＱ^{2}のいずれか一方は重合性基を示す；

【化２】



(Q-1) (Q-2) (Q-3) (Q-4) (Q-5)

【０１０６】

Ａは、置換基を有していてもよいフェニレン基、又は、置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキシレン基である。本明細書において、フェニレン基というとき、１，４－フェニレン基であるのが好ましい。

なお、Ａのうち少なくとも１つは置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキシレン基である。

ｍ個のＡは、互いに同一でも異なっていてもよい。

【０１０７】

ｍは３～１２の整数を示し、３～９の整数であるのが好ましく、３～７の整数であるのがより好ましく、３～５の整数であるのが更に好ましい。

【０１０８】

式（Ｉ）中の、フェニレン基及びトランス－１，４－シクロヘキシレン基が有していてもよい置換基としては、特に制限されず、例えば、アルキル基、シクロアルキル基、アルコキシ基、アルキルエーテル基、アミド基、アミノ基、及びハロゲン原子、並びに、上記の置換基を２つ以上組み合わせて構成される基からなる群から選択される置換基が挙げられる。また、置換基の例としては、後述の－Ｃ（＝Ｏ）－Ｘ^3－Ｓｐ^3－Ｑ^{3}で表される置換基が挙げられる。フェニレン基及びトランス－１，４－シクロヘキシレン基は、置換基を１～４個有していてもよい。２個以上の置換基を有するとき、２個以上の置換基は互いに同一であっても異なっていてもよい。

【０１０９】
本明細書において、アルキル基は直鎖及び分岐のいずれでもよい。アルキル基の炭素数は１～３０が好ましく、１～１０がより好ましく、１～６が更に好ましい。アルキル基としては、例えば、メチル基、エチル基、ｎ－プロピル基、イソプロピル基、ｎ－ブチル基、イソブチル基、ｓｅｃ－ブチル基、ｔｅｒｔ－ブチル基、ｎ－ペンチル基、イソペンチル基、ネオペンチル基、１，１－ジメチルプロピル基、ｎ－ヘキシル基、イソヘキシル基、ヘプチル基、オクチル基、ノニル基、デシル基、ウンデシル基、及び、ドデシル基等が挙げられる。アルコキシ基中のアルキル基の説明も、上記アルキル基に関する説明と同じである。また、本明細書において、アルキレン基というときのアルキレン基の具体例としては、上記のアルキル基の例それぞれにおいて、任意の水素原子を１つ除いて得られる２価の基が挙げられる。ハロゲン原子としては、フッ素原子、塩素原子、臭素原子、及び、ヨウ素原子が挙げられる。
【０１１０】
本明細書において、シクロアルキル基の炭素数は、３以上が好ましく、５以上がより好ましく、また、２０以下が好ましく、１０以下がより好ましく、８以下が更に好ましく、６以下が特に好ましい。シクロアルキル基としては、例えば、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基、及び、シクロオクチル基等が挙げられる。
【０１１１】
フェニレン基及びトランス－１，４－シクロヘキシレン基が有していてもよい置換基としては、アルキル基、アルコキシ基、及び、－Ｃ（＝Ｏ）－Ｘ^{3}－Ｓｐ^{3}－Ｑ^{3}からなる群から選択される置換基が好ましい。ここで、Ｘ^{3}は単結合、－Ｏ－、－Ｓ－、もしくは－Ｎ（Ｓｐ^{4}－Ｑ^{4}）－を示すか、又は、Ｑ^{3}及びＳｐ^{3}と共に環構造を形成している窒素原子を示す。Ｓｐ^{3}及びＳｐ^{4}は、それぞれ独立に、単結合、又は、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基、及び、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基において１つ又は２つ以上の－ＣＨ$_{2}$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_{3}$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、又はＣ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基からなる群から選択される連結基を示す。
Ｑ^{3}及びＱ^{4}はそれぞれ独立に、水素原子、シクロアルキル基、シクロアルキル基において１つもしくは２つ以上の－ＣＨ$_{2}$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_{3}$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、もしくは－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基、又は式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択されるいずれかの重合性基を示す。
【０１１２】
シクロアルキル基において１つ又は２つ以上の－ＣＨ$_{2}$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_{3}$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、又はＣ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基として、具体的には、テトラヒドロフラニル基、ピロリジニル基、イミダゾリジニル基、ピラゾリジニル基、ピペリジル基、ピペラジニル基、及び、モルホルニル基等が挙げられる。これらのうち、テトラヒドロフラニル基が好ましく、２－テトラヒドロフラニル基がより好ましい。
【０１１３】
式（Ｉ）において、Ｌは、単結合、又は、－ＣＨ$_{2}$Ｏ－、－ＯＣＨ$_{2}$－、－（ＣＨ$_{2}$）$_{2}$ＯＣ（＝Ｏ）－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ（ＣＨ$_{2}$）$_{2}$－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＣＨ＝ＣＨ－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、及び、－ＯＣ（＝Ｏ）－ＣＨ＝ＣＨ－からなる群から選択される連結基を示す。Ｌは、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－又はＯＣ（＝Ｏ）－であるのが好ましい。ｍ個のＬは互いに同一でも異なっていてもよい。
【０１１４】
Ｓｐ^{1}及びＳｐ^{2}は、それぞれ独立に、単結合、又は、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基、及び、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基において１つ又は２つ以上の－ＣＨ$_{2}$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_{3}$）－、－Ｃ（

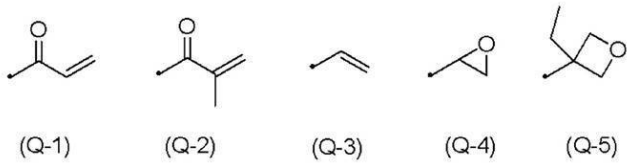
＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、又は、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基からなる群から選択される連結基を示す。Ｓｐ^{1}及びＳｐ^{2}はそれぞれ独立に、両末端にそれぞれ－Ｏ－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、及び、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－からなる群から選択される連結基が結合した炭素数１から１０の直鎖のアルキレン基、－ＯＣ（＝Ｏ）－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、－Ｏ－、及び、炭素数１から１０の直鎖のアルキレン基からなる群から選択される基を１又は２以上組み合わせて構成される連結基であるのが好ましく、両末端に－Ｏ－がそれぞれ結合した炭素数１から１０の直鎖のアルキレン基であるのがより好ましい。

【０１１５】

Ｑ^{1}及びＱ^{2}はそれぞれ独立に、水素原子、又は、以下の式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択される重合性基を示す。ただし、Ｑ^{1}及びＱ^{2}のいずれか一方は重合性基を示す。

【０１１６】

【化３】



【０１１７】

重合性基としては、アクリロイル基（式（Ｑ－１））又はメタクリロイル基（式（Ｑ－２））が好ましい。

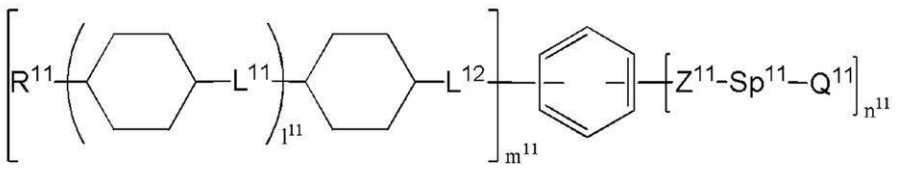
【０１１８】

上記液晶化合物の具体例としては、以下の式（Ｉ－１１）で表される液晶化合物、式（Ｉ－２１）で表される液晶化合物、式（Ｉ－３１）で表される液晶化合物が挙げられる。上記以外にも、特開２０１３－１１２６３１号公報の式（Ｉ）で表される化合物、特開２０１０－０７０５４３号公報の式（Ｉ）で表される化合物、特開２００８－２９１２１８号公報の式（Ｉ）で表される化合物、特許第４７２５５１６号の式（Ｉ）で表される化合物、特開２０１３－０８７１０９号公報の一般式（II）で表される化合物、特開２００７－１７６９２７号公報の段落［００４３］記載の化合物、特開２００９－２８６８８５号公報の式（１－１）で表される化合物、ＷＯ２０１４／１０３２５号の一般式（Ｉ）で表される化合物、特開２０１６－０８１０３５号公報の式（１）で表される化合物、並びに、特開２０１６－１２１３３９号公報の式（２－１）及び式（２－２）で表される化合物、等に記載の公知の化合物が挙げられる。

【０１１９】

式（Ｉ－１１）で表される液晶化合物

【化４】



（Ｉ－１１）

【０１２０】

式中、Ｒ^{11}は水素原子、炭素数１から１２の直鎖もしくは分岐のアルキル基、又は、－Ｚ^{12}－Ｓｐ^{12}－Ｑ^{12}を示し、

Ｌ^{11}は単結合、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、又は、－Ｏ（Ｃ＝Ｏ）－を示し、

Ｌ^{12}は－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、又は、－ＣＯＮＲ^{2}－を示し、

Ｒ^{2}は、水素原子、又は、炭素数１から３のアルキル基を示し、

Ｚ^{11}及びＺ^{12}はそれぞれ独立に、単結合、－Ｏ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_{3}$）－、－Ｓ

－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）Ｏ－、又は、－Ｃ（＝Ｏ）ＮＲ^{12}－を示し、
Ｒ^{12}は水素原子又はＳｐ^{12}－Ｑ^{12}を示し、
Ｓｐ^{11}及びＳｐ^{12}はそれぞれ独立に、単結合、Ｑ^{11}で置換されていてもよい炭素数１から１２の直鎖もしくは分岐のアルキレン基、又は、Ｑ^{11}で置換されていてもよい炭素数１から１２の直鎖もしくは分岐のアルキレン基において、いずれか１つ以上の－ＣＨ$_2$－を－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（Ｑ^{11}）－、又は、－Ｃ（＝Ｏ）－に置き換えて得られる連結基を示し、
Ｑ^{11}は水素原子、シクロアルキル基、シクロアルキル基において１つ又は２つ以上の－ＣＨ$_2$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_3$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、もしくは－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基、又は、式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択される重合性基を示し、
Ｑ^{12}は水素原子又は式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択される重合性基を示し、
ｌ^{11}は０～２の整数を示し、
ｍ^{11}は１又は２の整数を示し、
ｎ^{11}は１～３の整数を示し、
複数のＲ^{11}、複数のＬ^{11}、複数のＬ^{12}、複数のｌ^{11}、複数のＺ^{11}、複数のＳｐ^{11}、及び、複数のＱ^{11}はそれぞれ互いに同じでも異なっていてもよい。
また、式（Ｉ－１１）で表される液晶化合物は、Ｒ^{11}として、Ｑ^{12}が式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択される重合性基である－Ｚ^{12}－Ｓｐ^{12}－Ｑ^{12}を少なくとも１つ含む。
また、式（Ｉ－１１）で表される液晶化合物は、Ｚ^{11}が－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－又はＣ（＝Ｏ）ＮＲ^{12}－、及び、Ｑ^{11}が式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択される重合性基である－Ｚ^{11}－Ｓｐ^{11}－Ｑ^{11}であるのが好ましい。また、式（Ｉ－１１）で表される液晶化合物は、Ｒ^{11}として、Ｚ^{12}が－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－又はＣ（＝Ｏ）ＮＲ^{12}－、及び、Ｑ^{12}が式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択される重合性基である－Ｚ^{12}－Ｓｐ^{12}－Ｑ^{12}であるのが好ましい。

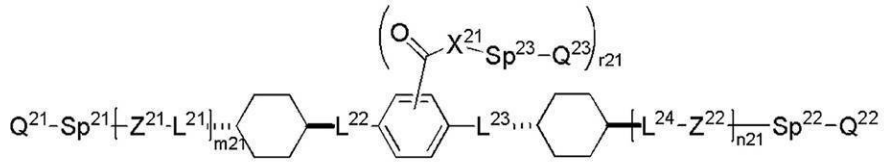
【０１２１】

式（Ｉ－１１）で表される液晶化合物に含まれる１，４－シクロヘキシレン基はいずれもトランス－１，４－シクロヘキレン基である。
式（Ｉ－１１）で表される液晶化合物の好適態様としては、Ｌ^{11}が単結合、ｌ^{11}が１（ジシクロヘキシル基）、かつ、Ｑ^{11}が式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択される重合性基である化合物が挙げられる。
式（Ｉ－１１）で表される液晶化合物の他の好適態様としては、ｍ^{11}が２、ｌ^{11}が０、かつ、２つのＲ^{11}がいずれも－Ｚ^{12}－Ｓｐ^{12}－Ｑ^{12}を表し、Ｑ^{12}が式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択される重合性基である化合物が挙げられる。

【０１２２】

式（Ｉ－２１）で表される液晶化合物

【化５】



（Ｉ－２１）

【０１２３】

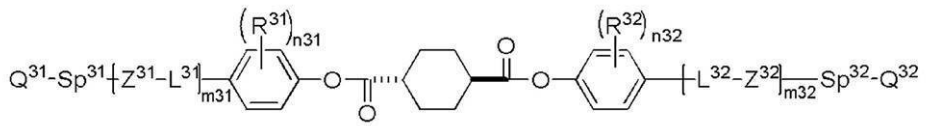
式中、Ｚ^{21}及びＺ^{22}は、それぞれ独立に、置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキシレン基、又は、置換基を有していてもよいフェニレン基を示し、
上記置換基はいずれもそれぞれ独立に、－ＣＯ－Ｘ^{21}－Ｓｐ^{23}－Ｑ^{23}、アルキル基、及

びアルコキシ基からなる群から選択される１から４個の置換基であり、
ｍ２１は１又は２の整数を示し、ｎ２１は０又は１の整数を示し、
ｍ２１が２を示すときｎ２１は０を示し、
ｍ２１が２を示すとき２つのＺ^{21}は同一であっても異なっていてもよく、
Ｚ^{21}及びＺ^{22}の少なくともいずれか一つは置換基を有していてもよいフェニレン基であり、
Ｌ^{21}、Ｌ^{22}、Ｌ^{23}及びＬ^{24}はそれぞれ独立に、単結合、又は、－ＣＨ$_2$Ｏ－、－ＯＣＨ$_2$－、－（ＣＨ$_2$）$_2$ＯＣ（＝Ｏ）－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ（ＣＨ$_2$）$_2$－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＣＨ＝ＣＨ－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、及びＯＣ（＝Ｏ）－ＣＨ＝ＣＨ－からなる群から選択される連結基を示し、
Ｘ^{21}は－Ｏ－、－Ｓ－、もしくは－Ｎ（Ｓｐ^{25}－Ｑ^{25}）－を示すか、又は、Ｑ^{23}及びＳｐ^{23}と共に環構造を形成する窒素原子を示し、
ｒ^{21}は１から４の整数を示し、
Ｓｐ^{21}、Ｓｐ^{22}、Ｓｐ^{23}、及びＳｐ^{25}はそれぞれ独立に、単結合、又は、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基、及び、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基において１つ又は２つ以上の－ＣＨ$_2$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_3$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、又はＣ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基からなる群から選択される連結基を示し、
Ｑ^{21}及びＱ^{22}はそれぞれ独立に、式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択されるいずれかの重合性基を示し、
Ｑ^{23}は水素原子、シクロアルキル基、シクロアルキル基において１つもしくは２つ以上の－ＣＨ$_2$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_3$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、もしくは－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基、式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択されるいずれかの重合性基、又は、Ｘ^{21}がＱ^{23}及びＳｐ^{23}と共に環構造を形成する窒素原子である場合において単結合を示し、
Ｑ^{25}は、水素原子、シクロアルキル基、シクロアルキル基において１つもしくは２つ以上の－ＣＨ$_2$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_3$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、もしくは－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基、又は、式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択されるいずれかの重合性基を示し、Ｓｐ^{25}が単結合のとき、Ｑ^{25}は水素原子ではない。

【０１２４】
式（Ｉ－２１）で表される液晶化合物は、１，４－フェニレン基及びトランス－１，４－シクロヘキシレン基が交互に存在する構造であることも好ましく、例えば、ｍ２１が２であり、ｎ２１が０であり、かつ、Ｚ^{21}がＱ^{21}側からそれぞれ置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキシレン基、置換基を有していてもよいアリーレン基であるか、又は、ｍ２１が１であり、ｎ２１が１であり、Ｚ^{21}が置換基を有していてもよいアリーレン基であり、かつ、Ｚ^{22}が置換基を有していてもよいアリーレン基である構造が好ましい。

【０１２５】
式（Ｉ－３１）で表される液晶化合物；

【０１２６】
【化６】

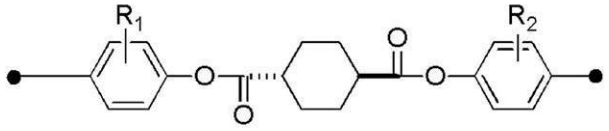


（Ｉ－３１）

【０１２７】
式中、Ｒ^{31}及びＲ^{32}はそれぞれ独立に、アルキル基、アルコキシ基、及び、－Ｃ（＝Ｏ）－Ｘ^{31}－Ｓｐ^{33}－Ｑ^{33}からなる群から選択される基であり、

ｎ３１及びｎ３２はそれぞれ独立に、０～４の整数を示し、
Ｘ^{31}は単結合、－Ｏ－、－Ｓ－、もしくは－Ｎ（Ｓｐ^{34}－Ｑ^{34}）－を示すか、又は、Ｑ^{33}及びＳｐ^{33}と共に環構造を形成している窒素原子を示し、
Ｚ^{31}は、置換基を有していてもよいフェニレン基を示し、
Ｚ^{32}は、置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキシレン基、又は、置換基を有していてもよいフェニレン基を示し、
上記置換基はいずれもそれぞれ独立に、アルキル基、アルコキシ基、及び、－Ｃ（＝Ｏ）－Ｘ^{31}－Ｓｐ^{33}－Ｑ^{33}からなる群から選択される１から４個の置換基であり、
ｍ３１は１又は２の整数を示し、ｍ３２は０～２の整数を示し、
ｍ３１及びｍ３２が２を示すとき２つのＺ^{31}、Ｚ^{32}は同一であっても異なっていてもよく、
Ｌ^{31}及びＬ^{32}はそれぞれ独立に、単結合、又は、－ＣＨ$_2$Ｏ－、－ＯＣＨ$_2$－、－（ＣＨ$_2$）$_2$ＯＣ（＝Ｏ）－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ（ＣＨ$_2$）$_2$－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＣＨ＝ＣＨ－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、及びＯＣ（＝Ｏ）－ＣＨ＝ＣＨ－からなる群から選択される連結基を示し、
Ｓｐ^{31}、Ｓｐ^{32}、Ｓｐ^{33}及びＳｐ^{34}はそれぞれ独立に、単結合、又は、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基、及び、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基において１つ又は２つ以上の－ＣＨ$_2$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_3$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、又はＣ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基からなる群から選択される連結基を示し、
Ｑ^{31}及びＱ^{32}はそれぞれ独立に、式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択されるいずれかの重合性基を示し、
Ｑ^{33}及びＱ^{34}はそれぞれ独立に、水素原子、シクロアルキル基、シクロアルキル基において１つもしくは２つ以上の－ＣＨ$_2$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_3$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、もしくは－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基、又は、式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択されるいずれかの重合性基を示し、Ｑ^{33}はＸ^{31}及びＳｐ^{33}と共に環構造を形成している場合において、単結合を示してもよく、Ｓｐ^{34}が単結合のとき、Ｑ^{34}は水素原子ではない。
式（Ｉ－３１）で表される液晶化合物として、特に好ましい化合物としては、Ｚ^{32}がフェニレン基である化合物及びｍ３２が０である化合物が挙げられる。

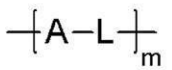
【０１２８】
式（Ｉ）で表される化合物は、以下の式（II）で表される部分構造を有することも好ましい。
【化７】



（ＩＩ）

式（ＩＩ）において、黒丸は、式（Ｉ）の他の部分との結合位置を示す。式（II）で表される部分構造は式（Ｉ）中の下記式（III）で表される部分構造の一部として含まれていればよい。

【０１２９】
【化８】



（ＩＩＩ）

【０１３０】
式中、Ｒ^{1}及びＲ^{2}はそれぞれ独立に、水素原子、アルキル基、アルコキシ基、及び、－

Ｃ（＝Ｏ）－Ｘ^{3}－Ｓｐ^{3}－Ｑ^{3}で表される基からなる群から選択される基である。ここで、Ｘ^{3}は単結合、－Ｏ－、－Ｓ－、もしくは－Ｎ（Ｓｐ^{4}－Ｑ^{4}）－を示すか、又は、Ｑ^{3}及びＳｐ^{3}と共に環構造を形成している窒素原子を示す。Ｘ^{3}は単結合又はＯ－であることが好ましい。Ｒ^{1}及びＲ^{2}は、－Ｃ（＝Ｏ）－Ｘ^{3}－Ｓｐ^{3}－Ｑ^{3}であることが好ましい。また、Ｒ^{1}及びＲ^{2}は、互いに同一であることが好ましい。Ｒ^{1}及びＲ^{2}のそれぞれのフェニレン基への結合位置は特に制限されない。

【０１３１】

Ｓｐ^{3}及びＳｐ^{4}はそれぞれ独立に、単結合、又は、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基、及び、炭素数１から２０の直鎖もしくは分岐のアルキレン基において１つ又は２つ以上の－ＣＨ$_{2}$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_{3}$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、又はＣ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基からなる群から選択される連結基を示す。Ｓｐ^{3}及びＳｐ^{4}としては、それぞれ独立に、炭素数１から１０の直鎖又は分岐のアルキレン基が好ましく、炭素数１から５の直鎖のアルキレン基がより好ましく、炭素数１から３の直鎖のアルキレン基が更に好ましい。

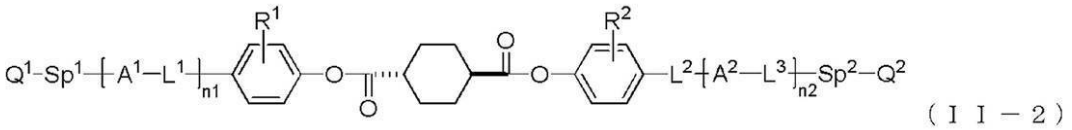
Ｑ^{3}及びＱ^{4}はそれぞれ独立に、水素原子、シクロアルキル基、シクロアルキル基において１つもしくは２つ以上の－ＣＨ$_{2}$－が－Ｏ－、－Ｓ－、－ＮＨ－、－Ｎ（ＣＨ$_{3}$）－、－Ｃ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）－もしくは－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－で置換された基、又は、式（Ｑ－１）～式（Ｑ－５）で表される基からなる群から選択されるいずれかの重合性基を示す。

【０１３２】

式（Ｉ）で表される化合物は、例えば、以下式（II－２）で表される構造を有することも好ましい。

【０１３３】

【化９】



（ＩＩ－２）

【０１３４】

式中、Ａ^{1}及びＡ^{2}はそれぞれ独立に、置換基を有していてもよいフェニレン基又は置換基を有していてもよいトランス－１，４－シクロヘキレン基を示し、上記置換基はいずれもそれぞれ独立に、アルキル基、アルコキシ基、及び、－Ｃ（＝Ｏ）－Ｘ^{3}－Ｓｐ^{3}－Ｑ^{3}からなる群から選択される１から４個の置換基であり、

Ｌ^{1}、Ｌ^{2}及びＬ^{3}は単結合、又は、－ＣＨ$_{2}$Ｏ－、－ＯＣＨ$_{2}$－、－（ＣＨ$_{2}$）$_{2}$ＯＣ（＝Ｏ）－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ（ＣＨ$_{2}$）$_{2}$－、－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＯＣ（＝Ｏ）－、－ＯＣ（＝Ｏ）Ｏ－、－ＣＨ＝ＣＨ－Ｃ（＝Ｏ）Ｏ－、及び、－ＯＣ（＝Ｏ）－ＣＨ＝ＣＨ－からなる群から選択される連結基を示し、

ｎ１及びｎ２はそれぞれ独立に、０から９の整数を示し、かつｎ１＋ｎ２は９以下である。

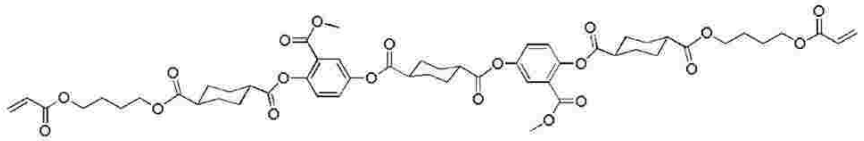
Ｑ^{1}、Ｑ^{2}、Ｓｐ^{1}、及び、Ｓｐ^{2}の定義は、上記式（Ｉ）中の各基の定義と同義である。Ｘ^{3}、Ｓｐ^{3}、Ｑ^{3}、Ｒ^{1}、及び、Ｒ^{2}の定義は、上記式（II）中の各基の定義と同義である。

【０１３５】

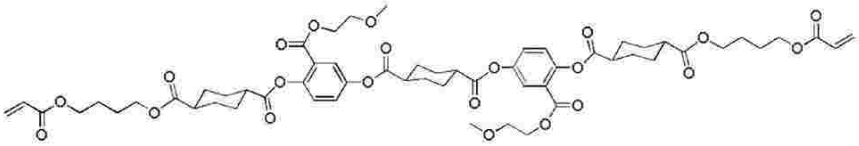
式（Ｉ）で表される液晶化合物であって、０．４≦ｍｃ≦０．８を満たす液晶化合物としては、以下が例示される。

【０１３６】

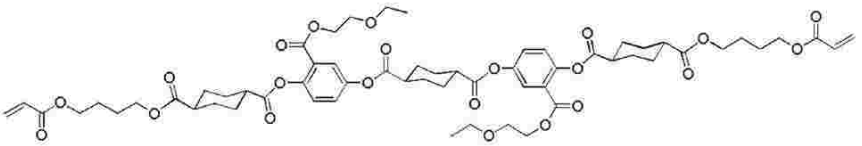
【化１０】



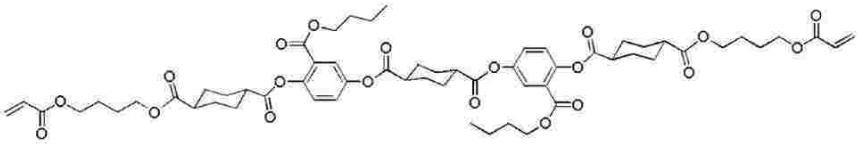
1-1



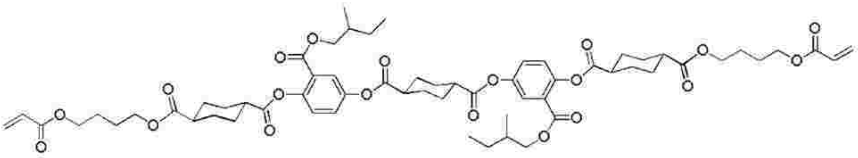
1-2



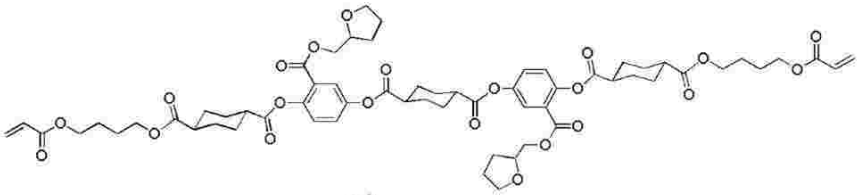
1-3



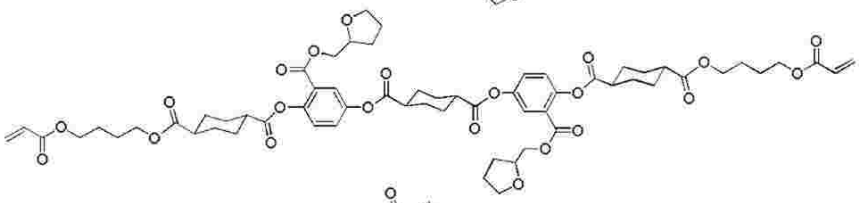
1-4



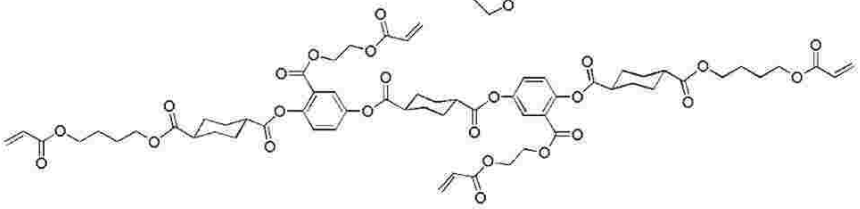
1-5



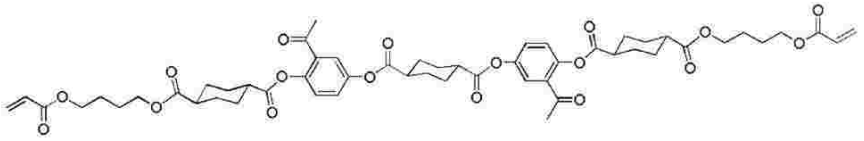
1-6



1-7



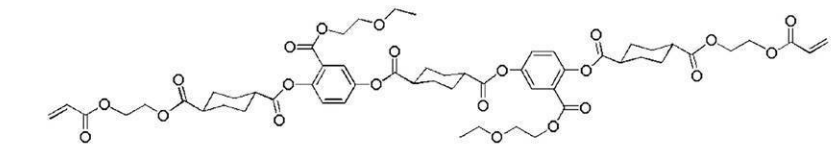
1-8



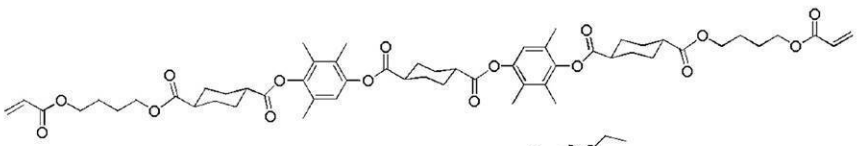
1-9

【０１３７】

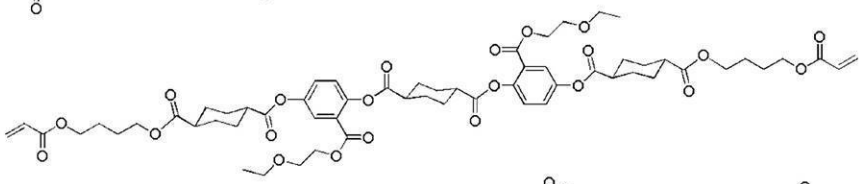
【化１１】



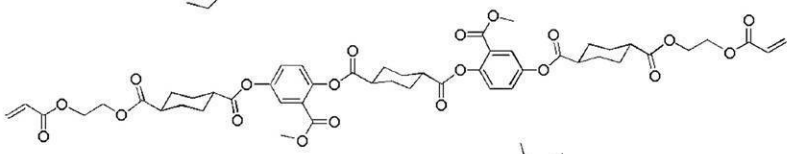
1-10



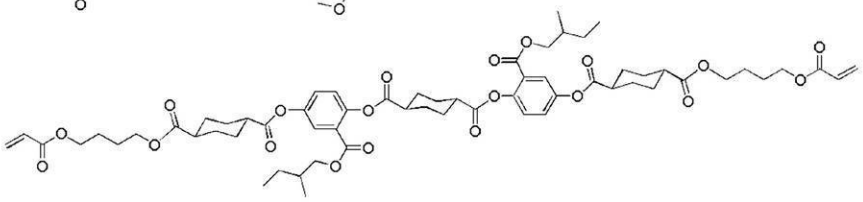
1-11



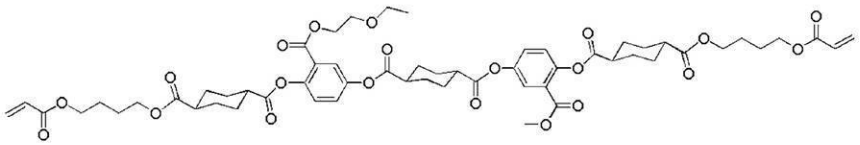
1-12



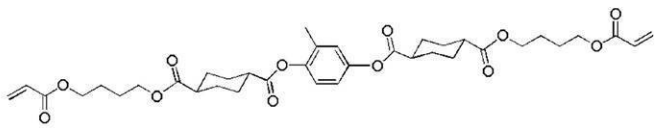
1-13



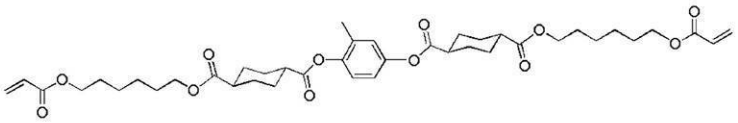
1-14



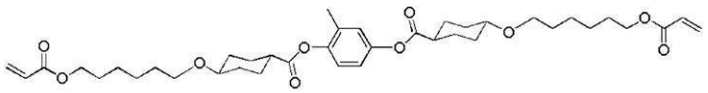
1-15



1-16



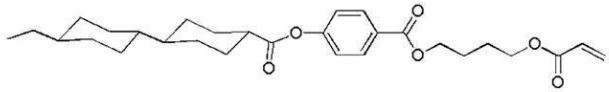
1-17



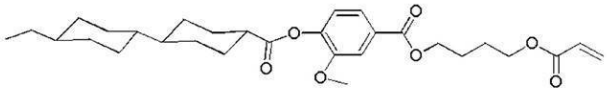
1-18

【０１３８】

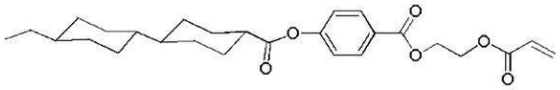
【化１２】



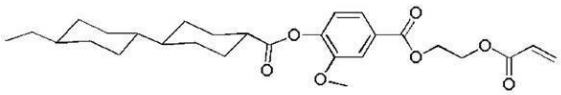
1-19



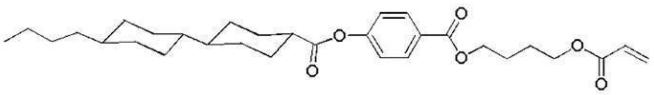
1-20



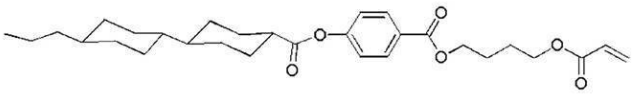
1-21



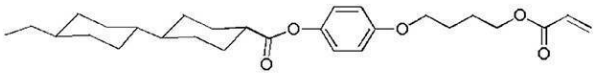
1-22



1-23



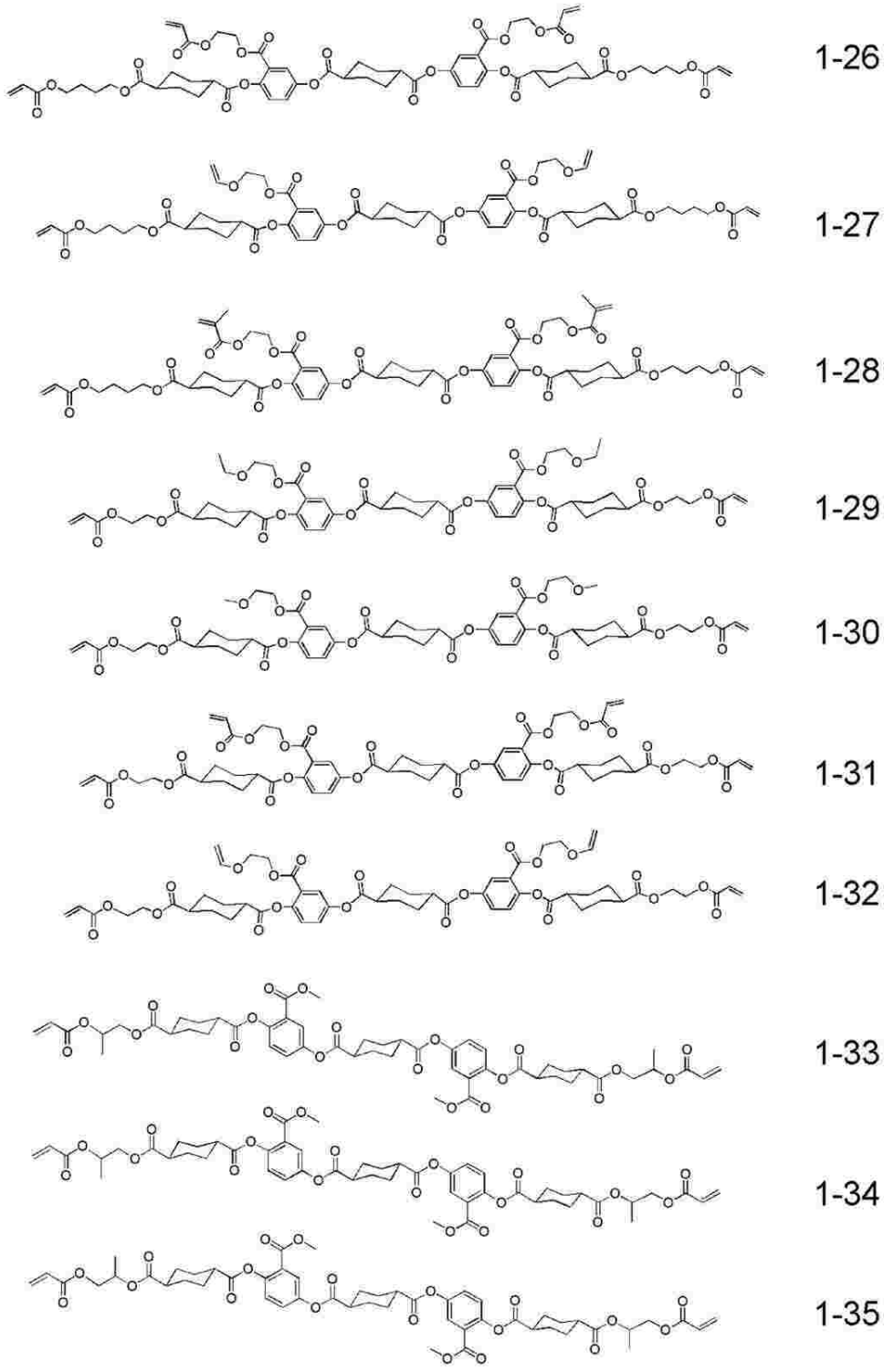
1-24



1-25

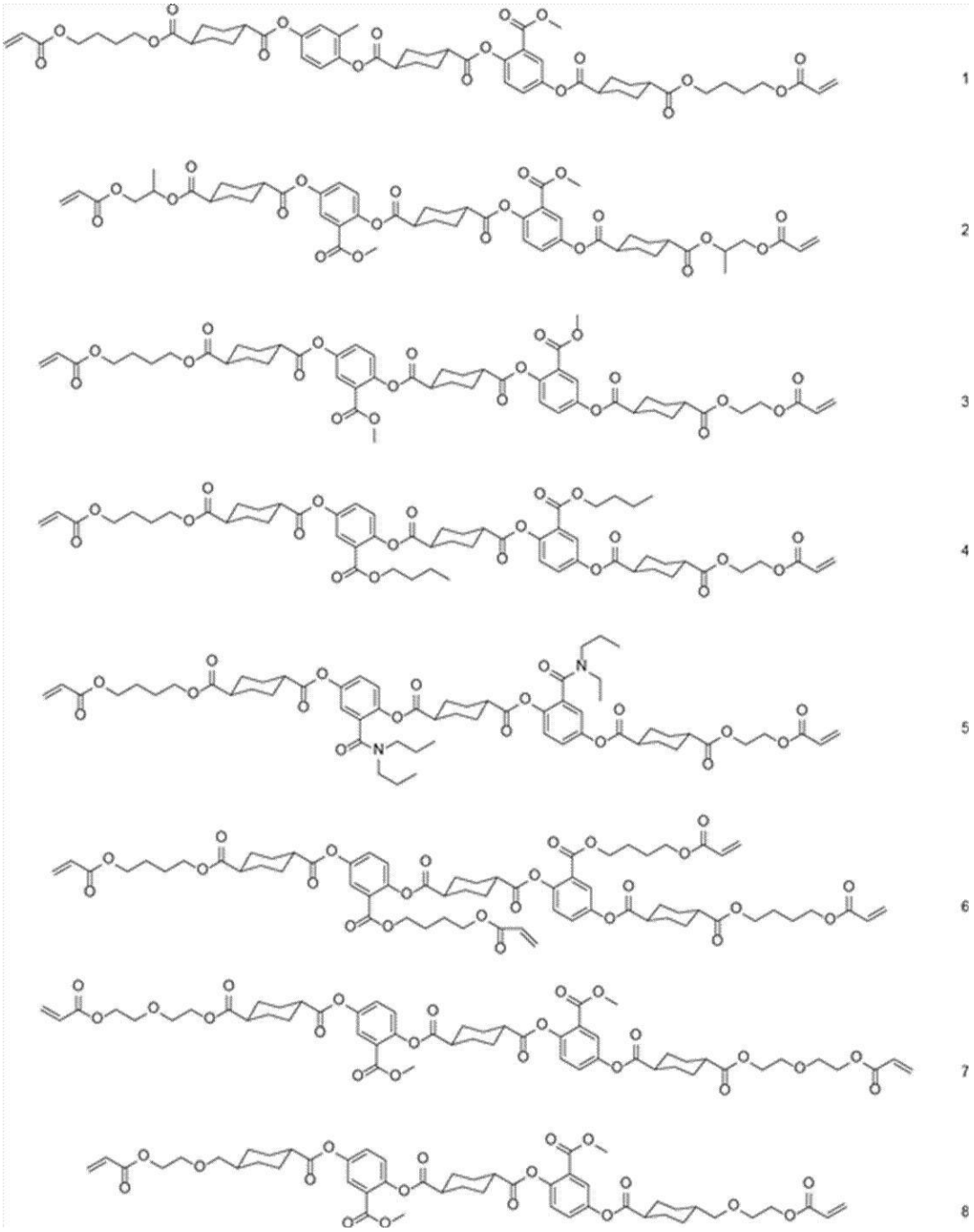
【０１３９】

【化１３】



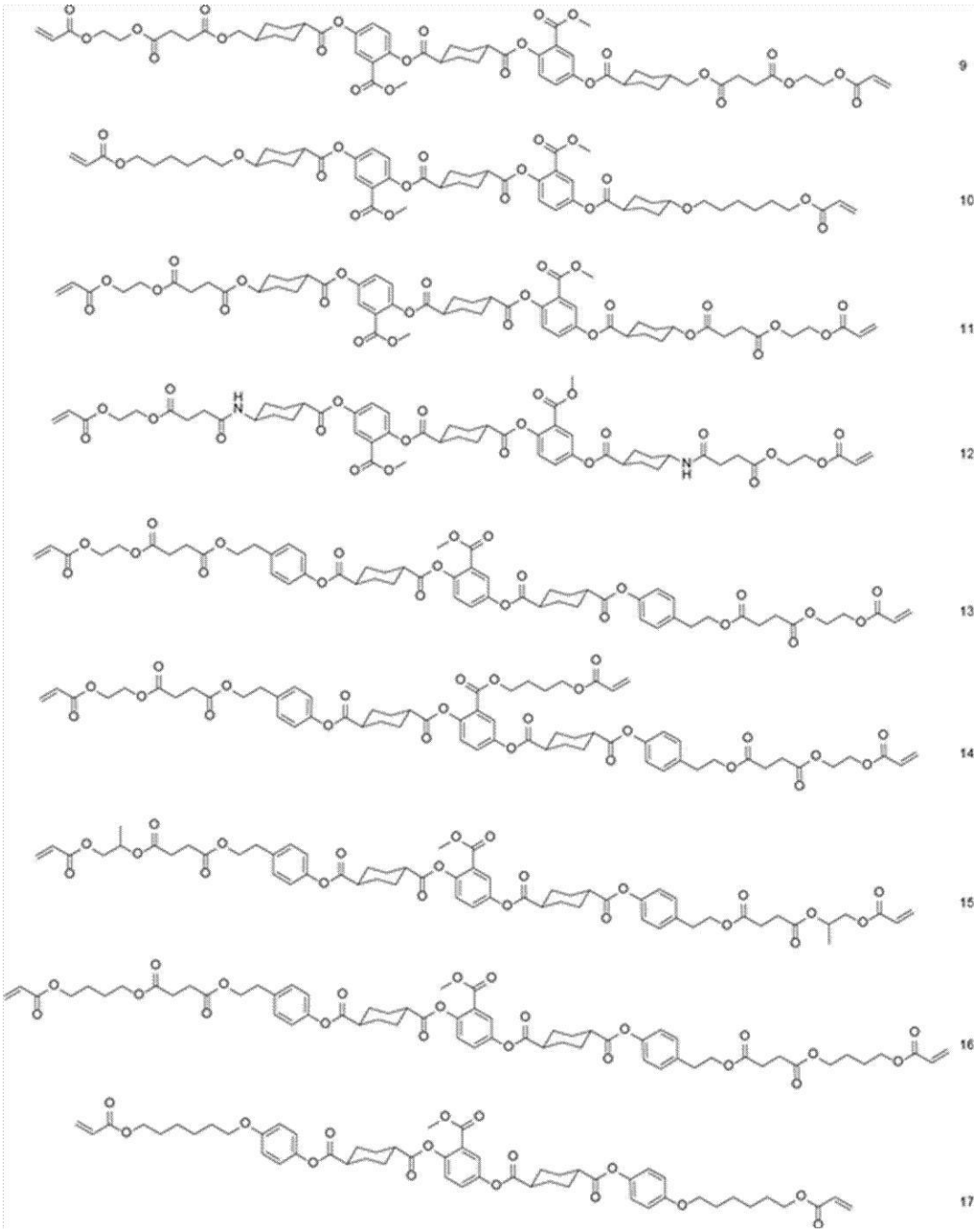
【０１４０】

【化１４】



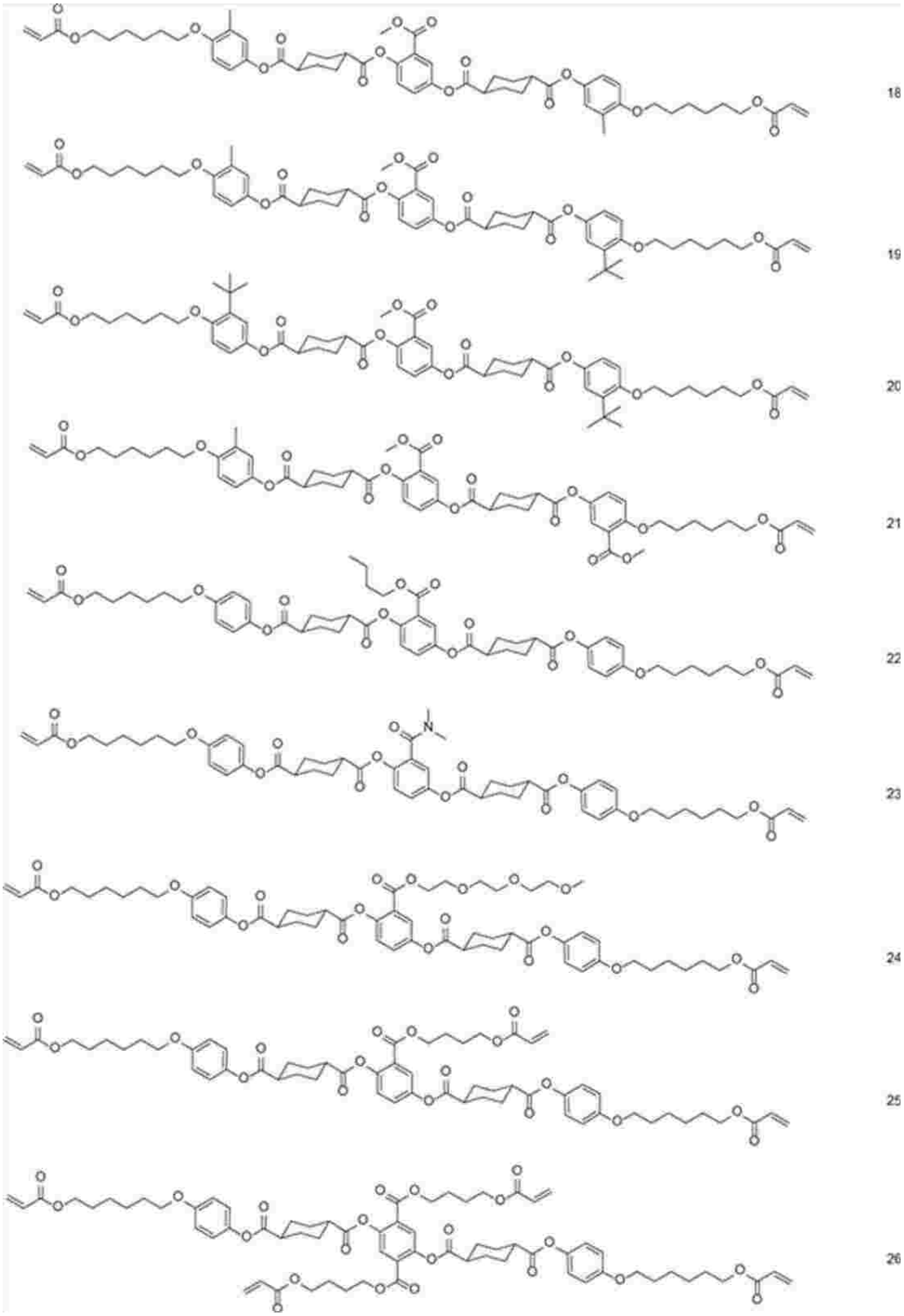
【０１４１】

【化１５】



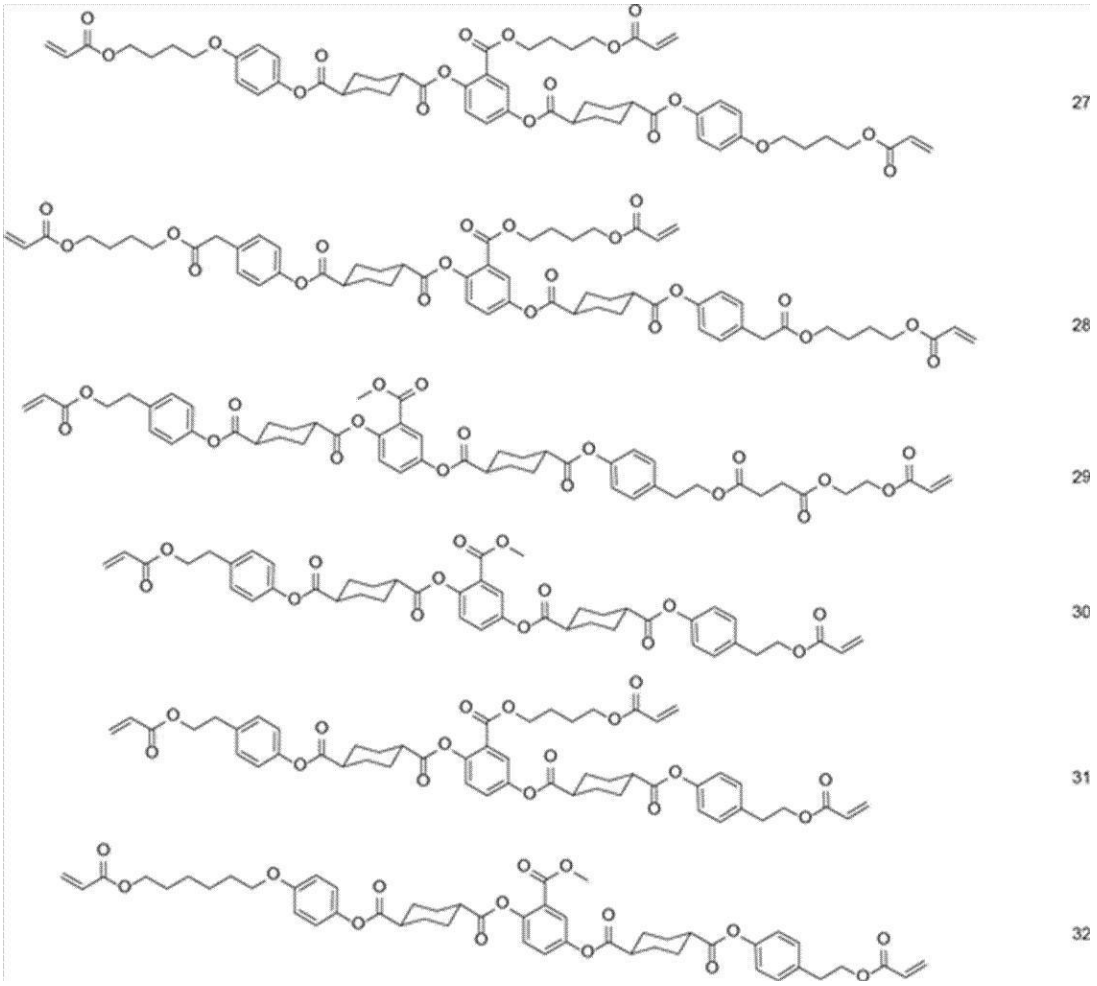
【０１４２】

【化１６】



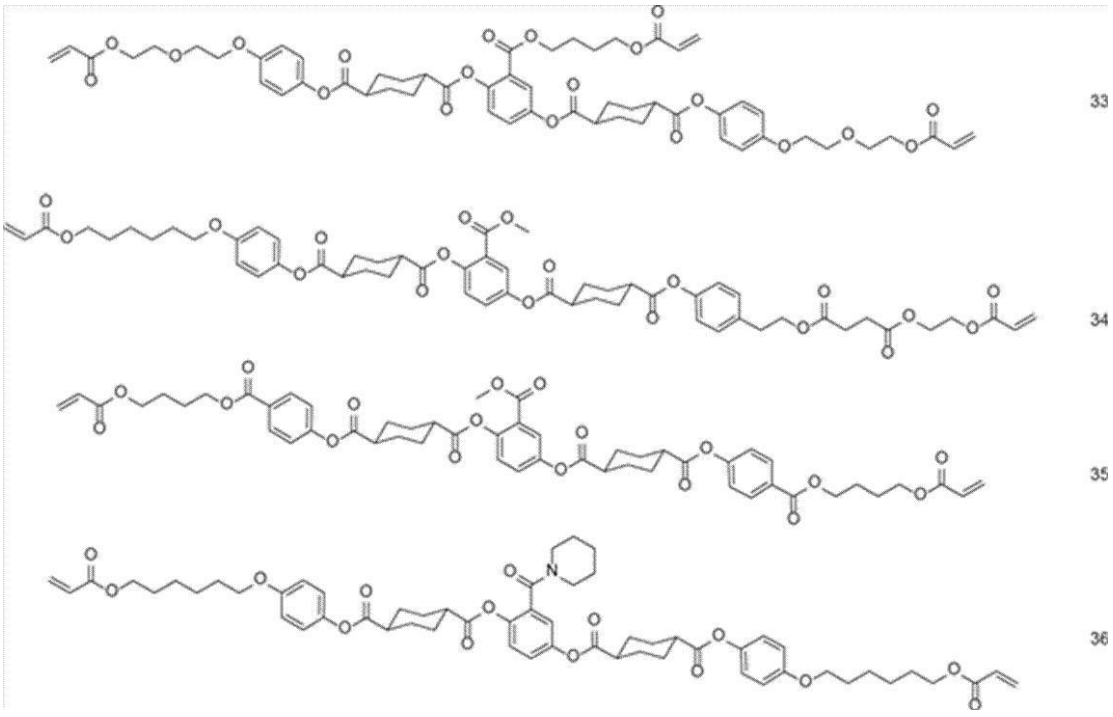
【０１４３】

【化１７】



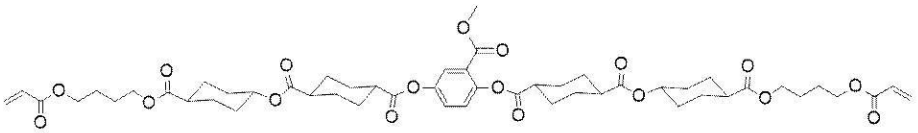
【０１４４】

【化１８】

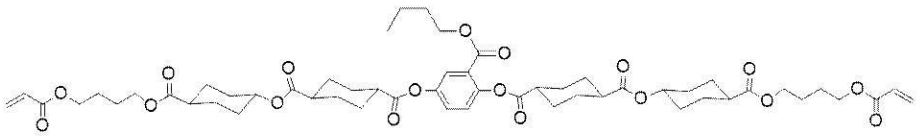


【０１４５】

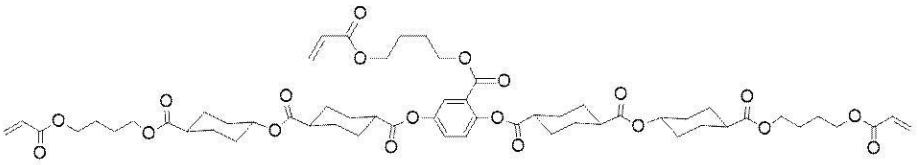
【化１９】



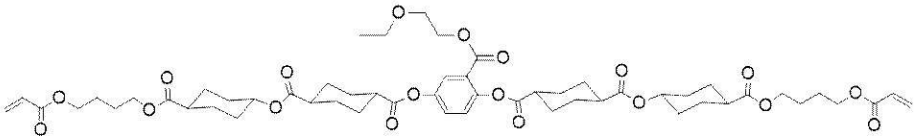
I-1-56



I-1-57



I-1-58



I-1-59

【０１４６】

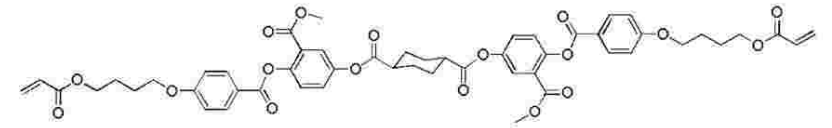
なお、液晶化合物は２種以上併用して用いてもよい。例えば、式（Ｉ）で表される液晶化合物を２種以上併用してもよい。

なかでも、上記式（Ｉ）で表される液晶化合物であって、０．４≦ｍｃ≦０．８を満たす液晶化合物と共に、式（Ｉ）で表される液晶化合物であって、０．１＜ｍｃ＜０．３を満たす液晶化合物を用いるのが好ましい。

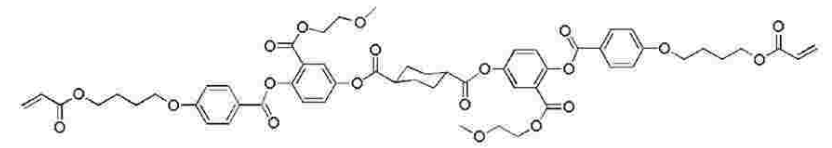
【０１４７】

式（Ｉ）で表される液晶化合物であって、０．１＜ｍｃ＜０．３を満たす液晶化合物としては、以下が例示される。

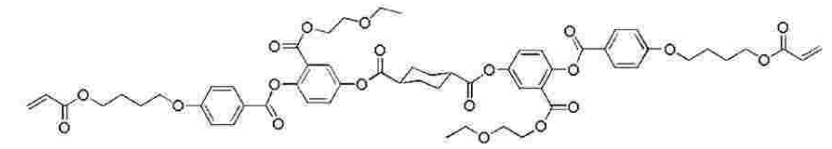
【化２０】



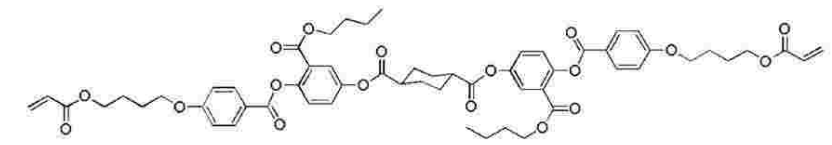
2-1



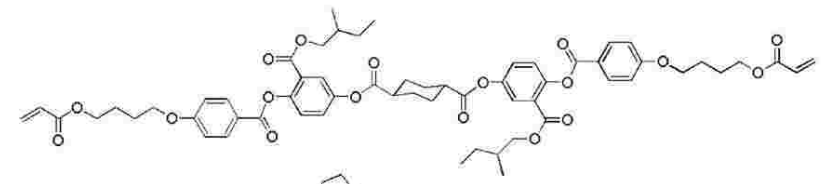
2-2



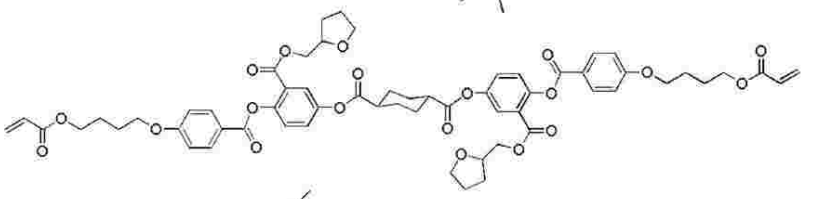
2-3



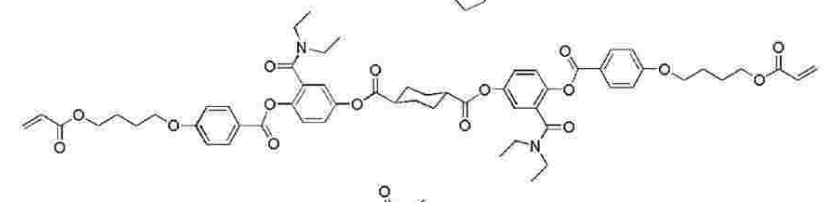
2-4



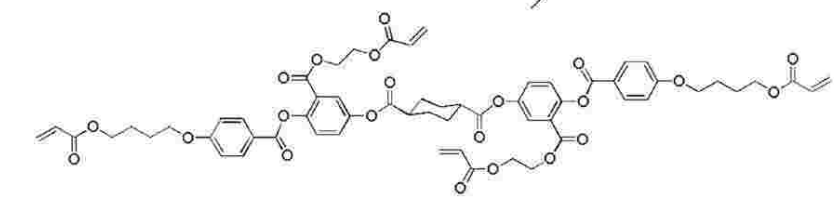
2-5



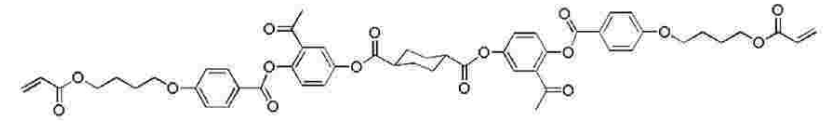
2-6



2-7



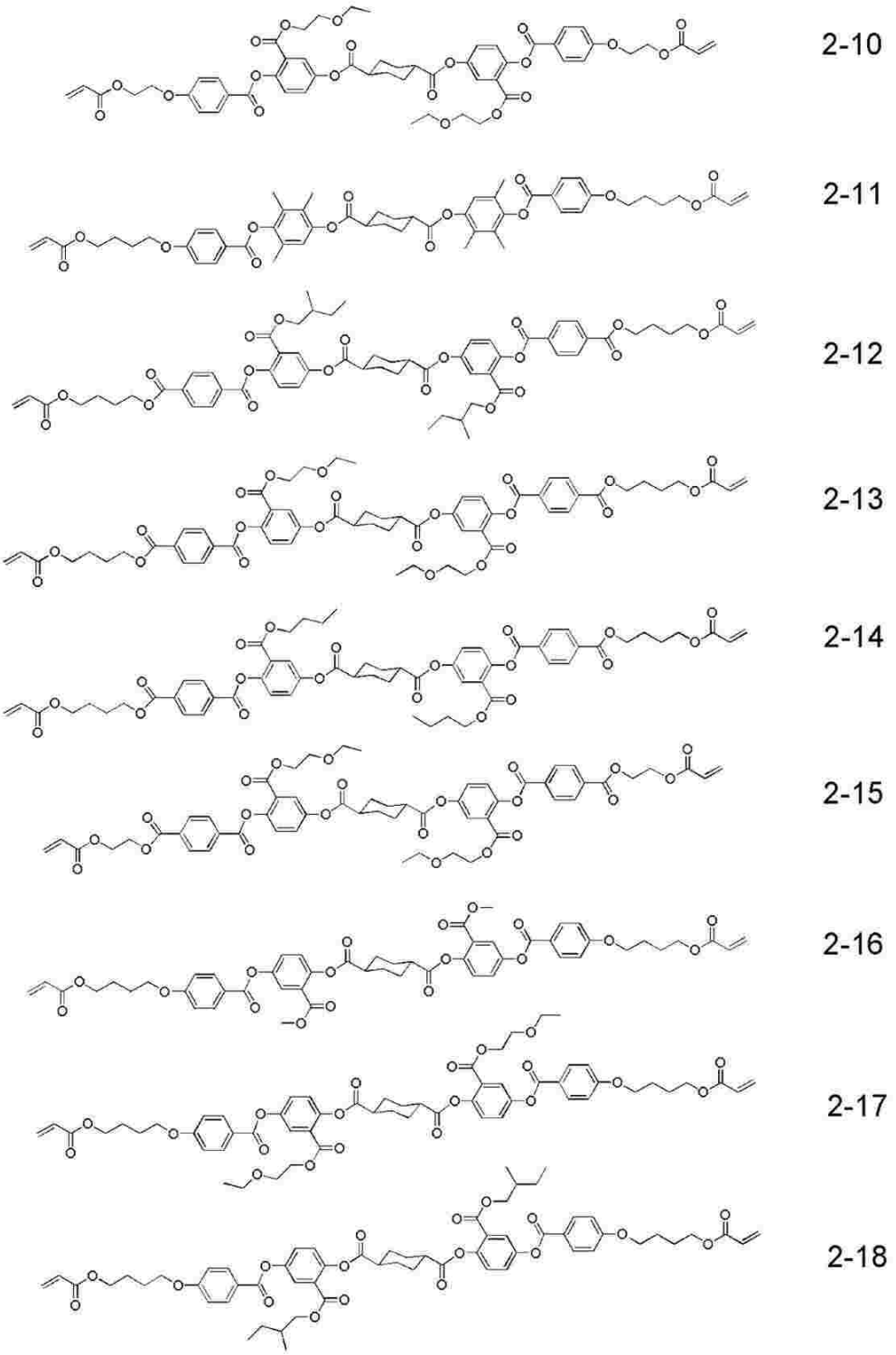
2-8



2-9

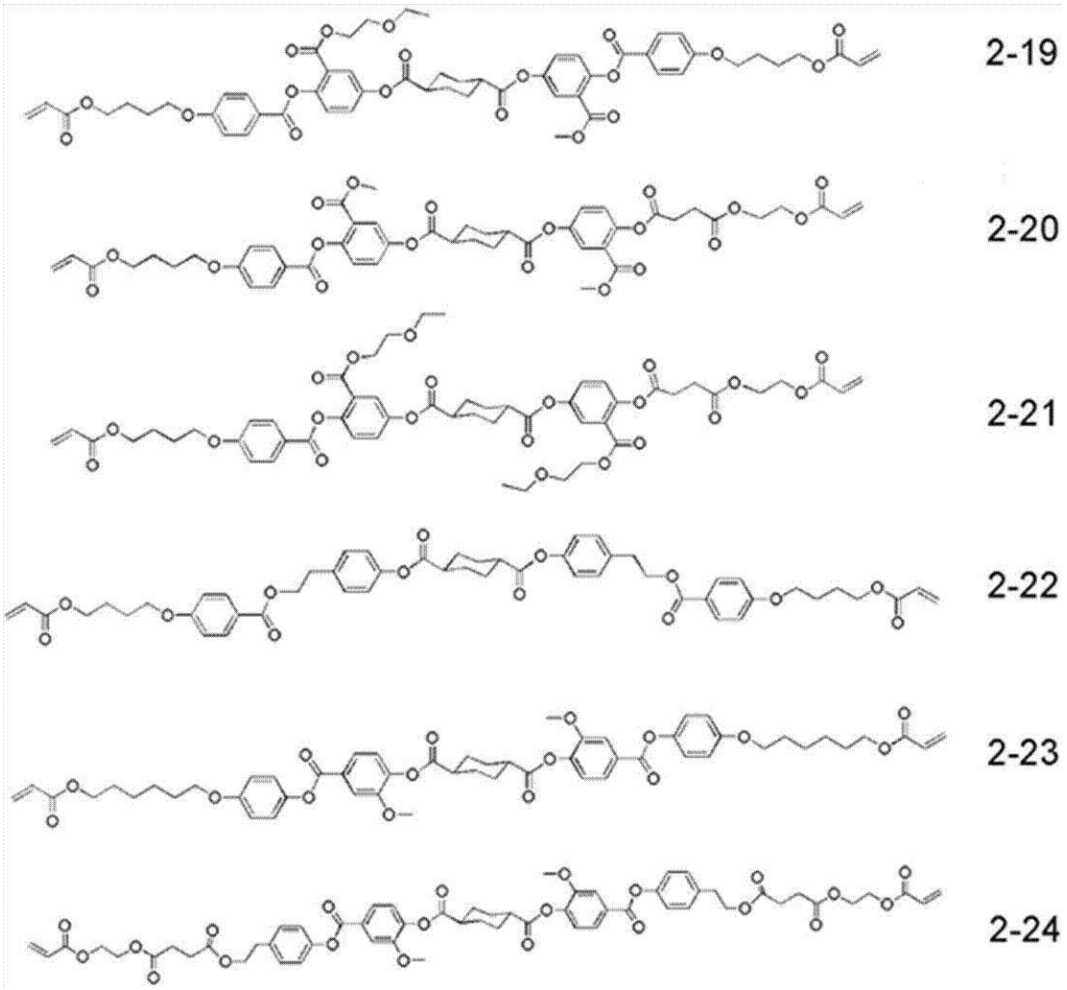
【０１４８】

【化２１】



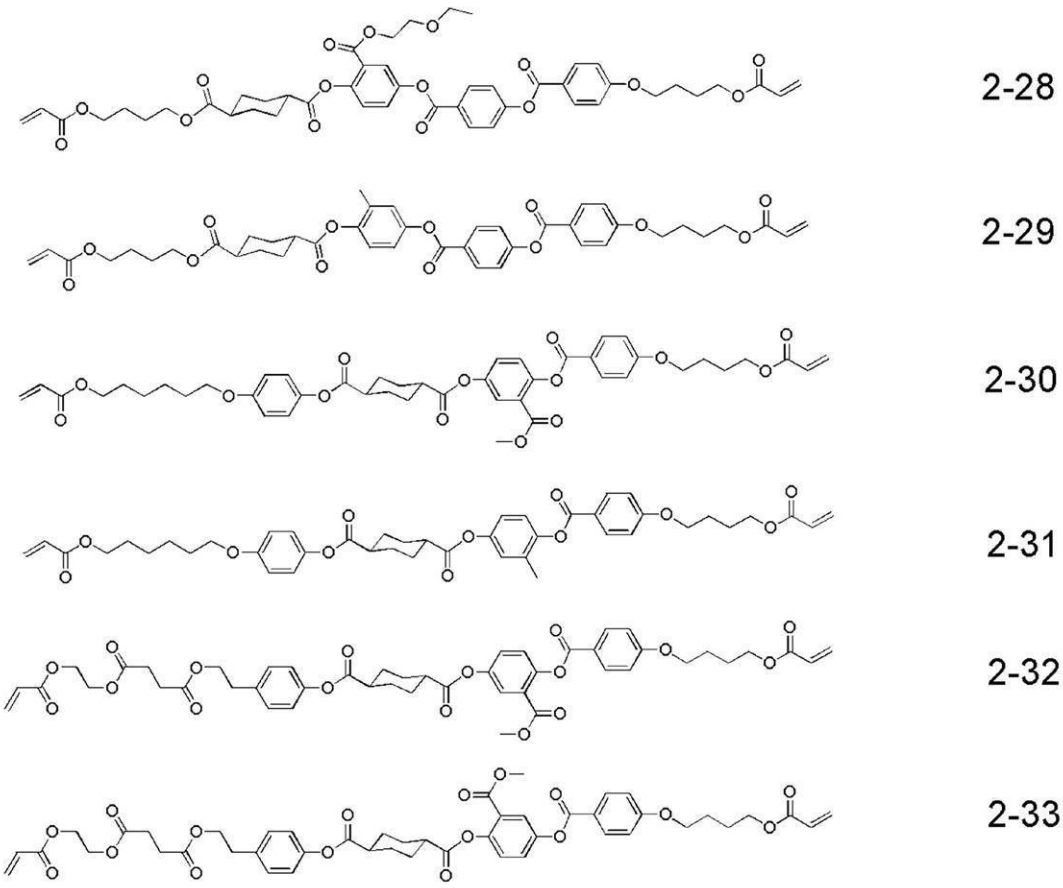
【０１４９】

【化２２】



【０１５０】

【化２３】



【０１５１】

＜＜キラル剤（光学活性化合物）＞＞

キラル剤（カイラル剤）はコレステリ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周期ピッチが異なるため、目的に応じて選択すればよい。

キラル剤には制限はなく、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。

【０１５２】

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出射によって、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、フォトクロッ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２００２－０８０４７８号公報、特開２００２－０８０８５１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。

【０１５３】

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。

【０１５４】

＜＜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。紫外線出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、紫外線出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。

【０１５５】

中でも、重合開始剤は、二色性のラジカル重合開始剤であることが好ましい。

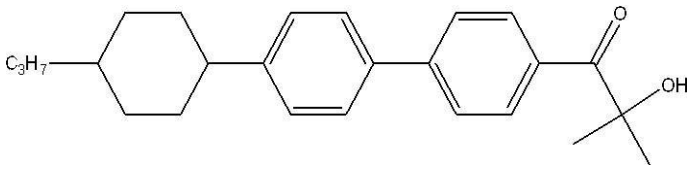
二色性のラジカル重合開始剤とは、光重合開始剤のうち、特定の偏光方向の光に対して吸収選択性を有し、その偏光により励起されてフリーラジカルを発生させるものをいう。つまり、二色性のラジカル重合開始剤とは、特定の偏光方向の光と、上記特定の偏光方向の光と直交する偏光方向の光とで、異なる吸収選択性を有する重合開始剤である。

その詳細及び具体例については、ＷＯ２００３／０５４１１１号パンフレットに記載がある。

二色性のラジカル重合開始剤の具体例としては、下記化学式の重合開始剤が挙げられる。また、二色性のラジカル重合開始剤としては、特表２０１６－５３５８６３号公報の段落［００４６］～［００９７］に記載の重合開始剤を用いることができる。

【０１５６】

【化２４】



【０１５７】

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。

【０１５８】

＜＜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。

【０１５９】

＜＜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。

【０１６０】

液晶組成物は、コレステリック液晶層を形成する際には、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。

【０１６１】

コレステリック液晶層を形成する際には、コレステリック液晶層の形成面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のが好ましい。

例えば、配向膜２４上にコレステリック液晶層２６を形成する場合には、配向膜２４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相を固定してなるコレステリック液晶層２６を形成するのが好ましい。

液晶組成物の塗布は、インクジェットおよびスクロール印刷等の印刷法、ならびに、スピンコート、バーコートおよびスプレー塗布等のシート状物に液体を一様に塗布できる公知の方法が全て利用可能である。

【０１６２】

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。

【０１６３】

配向させた液晶化合物は、必要に応じて、さらに重合される。重合は、熱重合、および、光出射による光重合のいずれでもよいが、光重合が好ましい。光出射は、紫外線を用いるのが好ましい。出射エネルギーは、２０ｍＪ／ｃｍ^2～５０Ｊ／ｃｍ^{2}が好ましく、５０

～１５００ｍＪ／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出射を実施してもよい。出射する紫外線の波長は２５０～４３０ｎｍが好ましい。

【０１６４】

コレステリック液晶層の厚さには、制限はなく、バンドパスフィルターの用途、コレステリック液晶層に要求される光の反射率、および、コレステリック液晶層の形成材料等に応じて、必要な光の反射率が得られる厚さを、適宜、設定すればよい。

【０１６５】

（液晶エラストマー）

本発明において、コレステリック液晶層に液晶エラストマーを用いても良い。液晶エラストマーは液晶とエラストマーのハイブリッド材料である。例えば、ゴム弾性をもつ柔軟な高分子網目中に液晶性の剛直なメソゲン基が導入された構造をもつ。そのため、柔軟な力学特性を持ち伸縮性を有する特徴がある。また、液晶の配向状態と系のマクロな形状が強く相関しているため、温度や電場などで液晶の配向状態が変化すると、配向度変化に応じたマクロ変形する特徴がある。例えば、液晶エラストマーをネマチック相からランダム配向の等方相となる温度まで昇温していくと、試料がダイレクター方向に収縮していき、その収縮量は温度上昇とともに、つまり液晶の配向度の減少とともに増加していく。変形は熱可逆的であり、再びネマチック相まで降温するともとの形状に戻る。一方、コレステリック液晶相の液晶エラストマーは、昇温して液晶の配向度が減少すると、らせん軸方向のマクロな伸長変形が起きるため、らせんピッチ長が増加し、選択反射ピークの反射中心波長が長波長側にシフトする。この変化も熱可逆的で降温するとともに反射中心波長が短波長側に戻る。

【０１６６】

＜＜コレステリック液晶層の屈折率楕円体＞＞

前述のとおり、コレステリック液晶層２６は、液晶化合物３２の配列を螺旋軸方向から見た際に、隣接する液晶化合物３２の分子軸がなす角度が漸次変化している構成である屈折率楕円体を有する。

屈折率楕円体について、図９および図１０を用いて説明する。

図９は、螺旋軸に沿って捩れ配向された複数の液晶化合物の一部（１／４ピッチ分）を螺旋軸方向（ｙ方向）から見た図であり、図１０は、螺旋軸方向から見た液晶化合物の存在確率を概念的に示す図である。

【０１６７】

図９において、分子軸がｙ方向と平行な液晶化合物をＣ１とし、分子軸がｘ方向と平行な液晶化合物をＣ７とし、Ｃ１とＣ７との間の液晶化合物を液晶化合物Ｃ１側から液晶化合物Ｃ７側に向かってＣ２～Ｃ６とする。液晶化合物Ｃ１～Ｃ７は、螺旋軸に沿って捩れ配向されており、液晶化合物Ｃ１から液晶化合物Ｃ７の間で９０°回転している。捩れ配向された液晶化合物の角度が３６０°変化する液晶化合物間の長さを１ピッチ（図７中の「Ｐ」）とすると、液晶化合物Ｃ１から液晶化合物Ｃ７までの螺旋軸方向（図９の紙面に垂直な方向）の長さは１／４ピッチである。

【０１６８】

図９に示すように、液晶化合物Ｃ１から液晶化合物Ｃ７までの１／４ピッチの中で、ｚ方向（螺旋軸方向）から見た、隣接する液晶化合物の分子軸がなす角度が異なっている。図９に示す例では、液晶化合物Ｃ１と液晶化合物Ｃ２とのなす角度θ_1は、液晶化合物Ｃ２と液晶化合物Ｃ３とのなす角度θ_2よりも大きく、液晶化合物Ｃ２と液晶化合物Ｃ３とのなす角度θ_2は、液晶化合物Ｃ３と液晶化合物Ｃ４とのなす角度θ_3よりも大きく、液晶化合物Ｃ３と液晶化合物Ｃ４とのなす角度θ_3は、液晶化合物Ｃ４と液晶化合物Ｃ５とのなす角度θ_4よりも大きく、液晶化合物Ｃ４と液晶化合物Ｃ５とのなす角度θ_4は、液晶化合物Ｃ５と液晶化合物Ｃ６とのなす角度θ_5よりも大きく、液晶化合物Ｃ５と液晶化合物Ｃ６とのなす角度θ_5は、液晶化合物Ｃ６と液晶化合物Ｃ７とのなす角度θ_6よりも大きく、液晶化合物Ｃ６と液晶化合物Ｃ７とのなす角度θ_6は最も小さい。

【０１６９】
すなわち、液晶化合物Ｃ１～Ｃ７は、液晶化合物Ｃ１側から液晶化合物Ｃ７側に向かうに従って、隣接する液晶化合物の分子軸がなす角度が小さくなるように捩れ配向されている。
例えば、液晶化合物間の間隔（厚さ方向の間隔）が略一定であるとすると、液晶化合物Ｃ１から液晶化合物Ｃ７までの１／４ピッチの中で、液晶化合物Ｃ１側から液晶化合物Ｃ７側に向かうに従って、単位長さ当たりの回転角が減少する構成となる。
コレステリック液晶層２６においては、このように、１／４ピッチの中で、単位長さ当たりの回転角が変化する構成が繰り返されて、液晶化合物が捩れ配向されている。
【０１７０】
ここで、単位長さ当たりの回転角が一定の場合には、隣接する液晶化合物の分子軸がなす角度が一定であるため、螺旋軸方向から見た液晶化合物の存在確率はどの方向でも同じになる。
これに対して、上述のように、液晶化合物Ｃ１から液晶化合物Ｃ７までの１／４ピッチの中で、液晶化合物Ｃ１側から液晶化合物Ｃ７側に向かうに従って、単位長さ当たりの回転角が減少する構成とすることで、螺旋軸方向から見た液晶化合物の存在確率は、図１０に概念的に示すように、ｙ方向に比べてｘ方向が高くなる。ｘ方向とｙ方向とで液晶化合物の存在確率が異なるものとなることで、ｘ方向とｙ方向とで屈折率が異なるものとなり、屈折率異方性が生じる。言い換えると、螺旋軸に垂直な面内において屈折率異方性が生じる。
【０１７１】
液晶化合物の存在確率が高くなるｘ方向の屈折率ｎｘは、液晶化合物の存在確率が低くなるｙ方向の屈折率ｎｙよりも高くなる。従って、屈折率ｎｘ、屈折率ｎｙは、ｎｘ＞ｎｙを満たす。
液晶化合物の存在確立が高いｘ方向はコレステリック液晶層２６の面内の遅相軸方向となり、液晶化合物の存在確立が低いｙ方向はコレステリック液晶層２６の面内の進相軸方向となる。
【０１７２】
このように、液晶化合物の捩れ配向において、１／４ピッチの中で単位長さ当たりの回転角が変化する構成（屈折率楕円体を有する構成）は、コレステリック液晶層となる組成物を塗布した後に、コレステリック液晶相（組成物層）に、螺旋軸と直交する方向の偏光を照射することで形成することができる。
【０１７３】
偏光照射により、コレステリック液晶相を歪ませて面内のリタデーションを発生させることができる。すなわち、屈折率ｎｘ＞屈折率ｎｙとすることができる。
【０１７４】
具体的には、照射した偏光の偏光方向と合致する方向に分子軸を有する液晶化合物の重合が進行する。このとき、一部の液晶化合物のみが重合するため、この位置に存在したキラル剤が排除されて他の位置に移動する。
従って、液晶化合物の分子軸の方向が偏光方向に近い位置では、キラル剤の量が少なくなり、捩れ配向の回転角が小さくなる。一方、液晶化合物の分子軸の方向が偏光方向に直交する位置では、キラル剤の量が多くなり、捩れ配向の回転角が大きくなる。
これによって、図９に示すように、螺旋軸に沿って捩れ配向された液晶化合物において、分子軸が偏光方向と平行な液晶化合物から、偏光方向に直交する液晶化合物までの１／４ピッチの中で、偏光方向に平行な液晶化合物側から偏光方向に直交する液晶化合物側に向かうに従って、隣接する液晶化合物の分子軸がなす角度が小さくなる構成とすることができる。すなわち、コレステリック液晶相に偏光を照射することで、ｘ方向とｙ方向とで液晶化合物の存在確率が異なるものとなり、ｘ方向とｙ方向とで屈折率が異なる、屈折率異方性が生じる。これによって、光学素子１０の屈折率ｎｘ、および、屈折率ｎｙは、ｎｘ＞ｎｙを満たすものとすることができる。すなわち、コレステリック液晶層が屈折率楕

円体を有する構成とすることができる。

【０１７５】

この偏光照射はコレステリック液晶相の固定化と同時に行ってもよいし、先に偏光照射を行ってから非偏光照射でさらに固定化を行ってもよいし、非偏光照射で先に固定化してから偏光照射によって光配向を行ってもよい。大きなリタデーションを得るためには偏光照射のみ、もしくは先に偏光照射することが好ましい。偏光照射は、酸素濃度０．５％以下の不活性ガス雰囲気下で行うのが好ましい。照射エネルギーは、２０ｍＪ／ｃｍ^2～１０Ｊ／ｃｍ^{2}であることが好ましく、１００～８００ｍＪ／ｃｍ^{2}であることがさらに好ましい。照度は２０～１０００ｍＷ／ｃｍ^{2}であることが好ましく、５０～５００ｍＷ／ｃｍ^{2}であることがより好ましく、１００～３５０ｍＷ／ｃｍ^{2}であることがさらに好ましい。偏光照射によって硬化する液晶性化合物の種類については特に制限はないが、反応性基としてエチレン不飽和基を有する液晶性化合物が好ましい。

【０１７６】

また、偏光の照射によってコレステリック液晶相を歪ませて面内のリタデーションを発生させる方法として、二色性液晶性重合開始剤を用いる方法（ＷＯ０３／０５４１１１Ａ１）、あるいは、分子内にシンナモイル基等の光配向性官能基を有する棒状液晶性化合物を用いる方法（特開２００２－００６１３８）が挙げられる。

【０１７７】

照射する光は、紫外線でも、可視光でも、赤外線でもよい。すなわち、塗膜が含有する液晶化合物および重合開始剤等に応じて、液晶化合物が重合できる光を、適宜、選択すればよい。

【０１７８】

重合開始剤として二色性のラジカル重合開始剤を用いることによって、組成物層に偏光を照射した際に、偏光方向と合致する方向に分子軸を有する液晶化合物の重合をより好適に進行させることができる。

【０１７９】

なお、面内の遅相軸の方向、進相軸の方向、屈折率ｎｘ、および、屈折率ｎｙは、分光エリプソ測定機であるＪ．Ａ．Ｗｏｏｌｌａｍ社製Ｍ－２０００ＵＩを用いて測定することができる。なお、屈折率ｎｘ、および、屈折率ｎｙは、位相差Δｎ×ｄの測定値から平均複屈折n_{ave}と厚さｄの実測値を用いて求めることができる。ここで、Δｎ＝ｎｘ－ｎｙ、平均屈折率n_{ave}＝（ｎｘ＋ｎｙ）／２である。一般に液晶の平均屈折率は１．５程度であるため、この値を用いてｎｘとｎｙを求めることもできる。また、本発明で用いられているコレステリック液晶層の面内の遅相軸の方向、進相軸の方向、屈折率ｎｘ、および、屈折率ｎｙを測定するときには、選択反射波長（本発明の場合は１次光の選択反射波長）より大きい波長（例えば選択波長の長波側の端よりも１００ｎｍ大きい波長）を測定波長とする。このようにすると、コレステリック選択反射に由来するリタデーションの旋光成分の影響を極力減らせるので精度のよい測定ができる。

【０１８０】

また、屈折率楕円体を有するコレステリック液晶層は、コレステリック液晶層となる組成物を塗布した後に、あるいは、コレステリック液晶相を固定化した後に、あるいは、コレステリック液晶相を半固定化した状態で、コレステリック液晶層を延伸することでも形成することができる。

延伸によって屈折率楕円体を有するコレステリック液晶層を形成する場合には、一軸延伸であっても二軸延伸であってもよい。また、延伸の条件は、コレステリック液晶層の材料、厚み、所望の屈折率ｎｘおよび屈折率ｎｙ、等に応じて適宜設定すればよい。一軸延伸の場合、延伸倍率は、１．１～４とするのが好ましい。二軸延伸の場合、一方の延伸方向における延伸倍率と、他方の延伸方向の延伸倍率の比率が１．１～２とするのが好ましい。

【０１８１】

＜＜コレステリック液晶層の作用＞＞

次に、上述の構成を有するコレステリック液晶層２６の作用について説明する。
コレステリック液晶層２６に、選択反射波長の光（１次光）が入射するとコレステリック液晶相によって、反射される。

【０１８２】
ここで、コレステリック液晶層２６が、上述の屈折率楕円体を有する場合には、１次光に加えて、２次光が反射される。
２次光の中心波長は、１次光の選択反射中心波長λの略半分の長さになる。また、反射２次光の帯域幅（半値幅）は、反射１次光の帯域幅よりも小さくなる。また、１次光は、コレステリック液晶相の旋回方向に応じた、右円偏光および左円偏光のいずれかの円偏光であるが、２次光は、右円偏光および左円偏光のいずれの成分も含む。

【０１８３】
図１１に、屈折率楕円体を有さない、一般的なコレステリック液晶層の反射特性を概念的に示す。図１１および後述する図１２は、横軸を波長、縦軸を反射率として反射特性を概念的に示すグラフである。
一般的なコレステリック液晶層は、反射に波長選択性を有し、図１１に示すように、選択反射中心波長λの周辺の波長域の光を、ほぼ一様に高い反射率で反射する。選択反射中心波長λを含む波長域に選択反射ピークを有する反射光は１次光である。また、選択反射中心波長λの周辺以外の波長域の光に対する反射率は低い。

【０１８４】
一方、屈折率楕円体を有するコレステリック液晶層は、図１２に示すように、選択反射中心波長λの周辺の波長域の光（１次光）に加えて、波長λ／２周辺の波長域の光（２次光）を、高い反射率で反射する。図１２に示すように、波長λ／２における第２の選択反射ピークの半値幅は、波長λにおける第１の選択反射ピークの半値幅に比べて狭く、３０ｎｍ以下である。

【０１８５】
従って、本発明のセンサーにおいて、屈折率楕円体を有するコレステリック液晶層２６を有するバンドパスフィルターを用いると、対象物Ｏによって反射された測定光を、バンドパスフィルターで反射して受光素子に入射させる際に、受光素子に入射する光を、バンドパスフィルターを反射した狭帯域光のみにできる。
そのため、バンドパスフィルターで反射される外光成分を低減して、所定の狭帯域光のみを受光素子１４に入射できるので、外光によるノイズを大幅に低減して、ＳＮ比の高い、高精度な測定を行うことができる。

【０１８６】
センサーにおいて、コレステリック液晶層２６の、波長λ／２に現れる第２の選択反射ピークを用いて測定光を反射して受光素子に入射させる構成の場合には、光源としては、波長λ／２の光を照射する光源を用いればよい。

【０１８７】
ここで、屈折率楕円体を有するコレステリック液晶層２６は、図１２に示すように、選択反射中心波長λの周辺の波長域の光（１次光）、および、波長λ／２周辺の波長域の光（２次光）に加えて、波長λ／３周辺の波長域の光（３次光）も、高い反射率で反射する。３次光の半値幅も１次光の半値幅よりも狭く、３０ｎｍ以下である。従って、センサー１０は、コレステリック液晶層２６の、波長λ／３に現れる第３の選択反射ピークを利用してもよい。具体的には、光源が、波長λ／３の測定光を照射し、対象物Ｏによって反射された波長λ／３の測定光を、バンドパスフィルター（コレステリック液晶層２６）で反射して受光素子に入射させる構成としてもよい。

【０１８８】
さらに、屈折率楕円体を有するコレステリック液晶層２６は、波長λ／４に現れる第４の選択反射ピーク、波長λ／５に現れる第５の選択反射ピーク等の高次の選択反射ピークを有する。従って、センサーは、コレステリック液晶層２６の高次の選択反射ピークを利用してもよい。しかしながら、次数が高くなるほど選択反射ピークにおける反射率は低く

なるため、第２の選択反射ピークまたは第３の選択反射ピークを用いるのが好ましく、第２の選択反射ピークを用いるのがより好ましい。

【０１８９】

ここで、２次光の帯域幅（半値幅）をより小さくできる観点から、コレステリック液晶層２６の面内リタデーションＲｅ＝（ｎｘ－ｎｙ）×ｄの絶対値は、１０ｎｍ以上であるのが好ましい。

【０１９０】

上述のように、バンドパスフィルターが有するコレステリック液晶層２６の厚さには、制限はない。従って、コレステリック液晶層２６の厚さは、バンドパスフィルターの選択的な反射波長域、バンドパスフィルターに要求される反射率等に応じて、適宜、設定すれば良い。

【０１９１】

本発明のセンサーにおいて、例えば、第２の選択反射ピークの波長を用いて対象物Ｏの測定を行う場合でも、バンドパスフィルターは、コレステリック液晶層の第２の選択反射ピークの波長域以外に、選択反射波長域（第１の選択反射ピークの波長域）の光、および、第３の選択反射ピークの波長域等の光を反射する。そのため、選択反射波長域、および、第３の選択反射ピークの波長域の光がバンドパスフィルターに入射すると、バンドパスフィルターで反射して、受光素子によって測光されてしまい、ノイズとなりＳＮ比が低下する。

【０１９２】

このような不都合を防止するために、本発明においては、図１３に斜線によって概念的に示すように、バンドパスフィルターの第１の選択反射ピークの波長λ－１００ｎｍ以上の波長域を遮光する遮光部材、および、第２の選択反射ピークの波長λ／２－５０ｎｍ以下の波長域を遮光する遮光部材の少なくとも一方を設けることが好ましく、両方の遮光部材を設けることがより好ましい。

これにより、第２の選択反射ピークの波長域以外の光が受光素子に入射することを防止して、ＳＮ比が低下するのを防止できる。

【０１９３】

なお、遮光部材としては、公知のフィルターが、各種、利用可能である。従って、遮光部材による遮光は、吸収でも反射でもよい。

【０１９４】

遮光部材の配置位置は、光源１２から照射された光が対象物Ｏによって反射され、バンドパスフィルターによって反射され、受光素子に入射するまでの光路上であれば特に制限はない。遮光部材の配置位置は、受光素子に近い方が好ましい。

【０１９５】

本発明においては、バンドパス層として、屈折率楕円体を有するコレステリック液晶層２６を用いる構成の場合にも、バンドパス層の熱膨張係数α１、および、弾性率Ｅ１と、支持体の熱膨張係数α２、および、弾性率Ｅ２が上述した関係を満たすことで、環境温度の変化に応じて変化する光源の波長と、バンドパスフィルターの第２の選択反射ピーク（高次の選択反射ピーク）の波長を合わせることができる。

【０１９６】

本発明のセンサーは、必要な情報が含まれる波長のみを選択するセンサーなど、あらゆる用途に用いることができる。例えば、国際公開２０１８／０１０６７５号に述べられているような通信分野に用いられる光通信用の波長選択素子として用いることができる。例えば、図１４に示す例のように、選択反射ピークの波長が異なる複数のバンドパスフィルター１６および複数の受光素子１４を有する構成とすることによって、複数の任意の波長の光を選択的に取得する波長選択素子として用いることができる。

【０１９７】

［バンドパスフィルター］

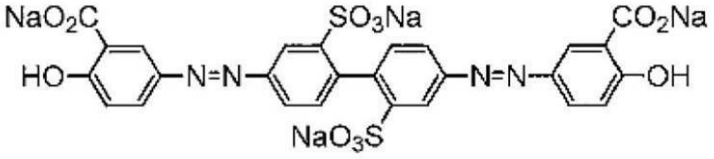
本発明のバンドパスフィルターは、

バンドパス層と、バンドパス層を支持する支持体とを有し、
支持体の熱膨張係数α２が、０ｐｐｍ／℃未満であるバンドパスフィルターである。
【０１９８】
本実施形態のバンドパスフィルターは、支持体が負の熱膨張係数を有するものである。
前述のとおり、支持体が負の熱膨張係数であると、環境温度が高くなった場合に、支持体は収縮する、一方、バンドパス層は膨張するが、バンドパス層は、面方向には支持体に拘束されて伸びが抑制され収縮するため、厚さ方向に伸長する（図４参照）。これにより、バンドパス層の厚さ方向に形成される構造の寸法、例えば、コレステリック液晶層の場合には、螺旋ピッチが伸長するため、これに応じて、バンドパスフィルターの通過波長が長波化する。
【０１９９】
このように、バンドパス層を支持する支持体として熱膨張係数が負の支持体を用いることで、環境温度の変化に応じて通過波長が変化するバンドパスフィルターとすることができる。
【０２００】
以上、本発明のセンサーおよびバンドパスフィルター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】
【０２０１】
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。
【０２０２】
［実施例１］
ガラス基板を支持体として用い、バンドパス層としてコレステリック液晶層を形成してバンドパスフィルターを作製した。
【０２０３】
（配向膜の形成）
支持体としてガラス基板を用意した。支持体の熱膨張係数α２を、レーザー熱膨張計（ＬＩＸ－２：株式会社アルバック製）を用いて測定したところ、４ｐｐｍ／℃であった。（測定温度範囲１００～７００Ｋ）また、弾性率Ｅ２を上記方法で測定したところ、７５ＧＰａであった。支持体の厚さは１１００μｍであった。
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Ｐ－１を形成した。
【０２０４】
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

【０２０５】
－光配向用素材－

【化２５】



【０２０６】

（配向膜の露光）

得られた配向膜Ｐ－１を偏光紫外線照射（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。

【０２０７】

（コレステリック液晶層の形成）

液晶組成物として、下記の組成物Ａ－１を調製した。この組成物Ａ－１は、選択反射中心波長が１２８０ｎｍ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。

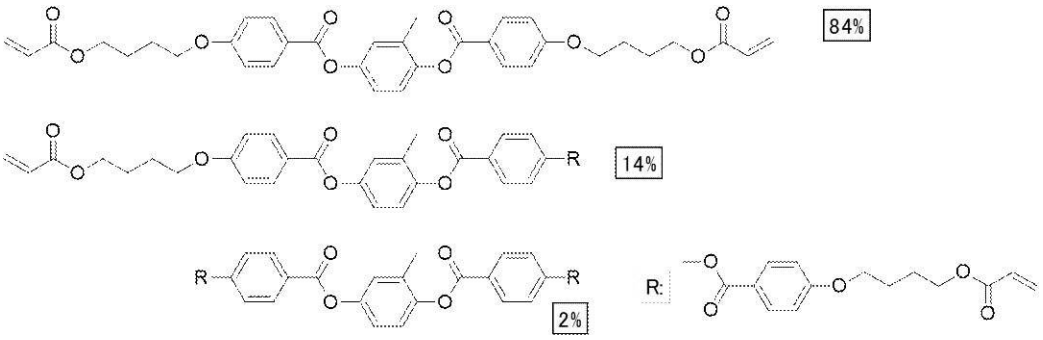
組成物Ａ－１

棒状液晶化合物Ｌ－１	１００．００質量部
重合開始剤ＬＣ－１－１	４．００質量部
キラル剤Ｃｈ－１	２．３０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	１５９．００質量部

【０２０８】

棒状液晶化合物Ｌ－１

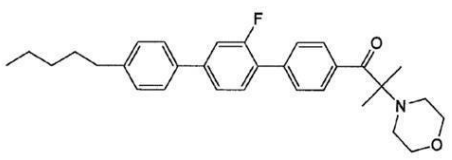
【化２６】



【０２０９】

重合開始剤

【化２７】

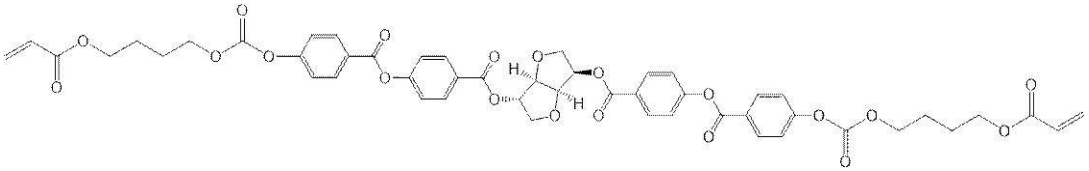


（ＬＣ－１－１）

【０２１０】

キラル剤Ｃｈ－１

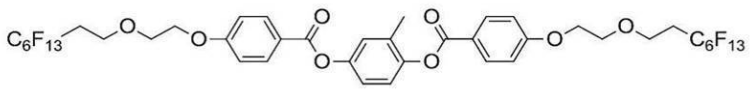
【化２８】



【０２１１】

レベリング剤Ｔ－１

【化２９】



【０２１２】

（偏光ＵＶ照射装置）

ＵＶ（紫外線）光源として３５０～４００ｎｍに強い発光スペクトルを有するＤ－Ｂｕｌｂを搭載したマイクロウェーブ発光方式の紫外線照射装置（Ｌｉｇｈｔ Ｈａｍｍｅｒ１０、２４０Ｗ／ｃｍ、Ｆｕｓｉｏｎ ＵＶ Ｓｙｓｔｅｍｓ社製）を用い、照射面から１０ｃｍ離れた位置に、ワイヤグリッド偏光フィルタ（ＰｒｏＦｌｕｘ ＰＰＬ０２（高透過率タイプ）、Ｍｏｘｔｅｋ社製）を設置して偏光ＵＶ照射装置を作製した。この装置の最大照度は４００ｍＷ／ｃｍ^{2}であった。

上記組成物Ａ－１を配向Ｐ－１上に塗布し、塗布した塗膜をホットプレート上で９５℃に加熱し、その後、８０℃に冷却した後、窒素雰囲気下で上記偏光ＵＶ照射装置を用いて波長３６５ｎｍの紫外線を、２００ｍＷ／ｃｍ^{2}の照度、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、コレステリック液晶層を形成した。

【０２１３】

コレステリック液晶層の断面をＳＥＭで確認したところ、コレステリック液晶相は６ピッチであった。また、コレステリック液晶層の厚さは５μｍであった。

【０２１４】

また、コレステリック液晶層の熱膨張係数α１を上記方法で測定したところ、５０ｐｐｍ／℃であった。また、弾性率Ｅ１を上記方法で測定したところ、５ＧＰａであった。

【０２１５】

（バンドパスフィルターの評価）

実施例１で作製したバンドパスフィルターの反射（透過）特性を分光光度計（ＵＶ－３１５０（ＳＨＩＭＡＤＺＵ社製））によって測定した。その際、環境温度２５℃、４５℃、６５℃のそれぞれで１時間放置した後に、測定した。環境温度２５℃においては、反射中心波長が１２６８ｎｍ、半値幅が１１０ｎｍの第一の選択反射ピークと、反射中心波長が６３４ｎｍ、半値幅が１２ｎｍの第二の選択反射ピークとを有することを確認した。環境温度４５℃においては、第二の選択反射ピークの反射中心波長が６３９ｎｍ、半値幅が１２ｎｍであることを確認した。環境温度６５℃においては、第二の選択反射ピークの反射中心波長が６４４ｎｍ、半値幅が１２ｎｍであることを確認した。

【０２１６】

（センサーの作製：反射型）

中心波長が６３３ｎｍの光を照射するレーザー光源、ＬＥＤ光源（青色ＬＥＤ上に黄色蛍光体を形成したもの）、および、受光素子を用意した。レーザー光源は、本発明における測定光を照射する光源に相当し、ＬＥＤ光源は、外光に相当する光を照射するものとした。

各光源から、対象物としての白色板に光を照射して、白色板から反射した光を、バンドパスフィルターで反射させて受光素子に入射するように、センサーを作製した。バンドパ

スフィルターは、白色板で反射されたレーザー光源からの反射光が、バンドパスフィルター表面の垂線に対して５°傾いた方向から入射するように配置した。受光素子は、バンドパスフィルターで反射された反射光が受光面に垂直に入射するように配置した。

【０２１７】

また、環境温度が高くなった場合のレーザー光源の中心波長は４５℃で６４１ｎｍ、６５℃で６４８ｎｍであった。

【０２１８】

［実施例２］

支持体として、以下のようにして作製した支持体を用いた以外は実施例１と同様にしてバンドパスフィルターを作製し、センサーを作製した。

【０２１９】

（支持体の形成）

固相反応法を用いてβ－$Cu_{1.8}Zn_{0.2}V_2O_7$の多結晶焼結体（セラミックス）試料を作製した。具体的には、化学量論比で秤量したＣｕＯ、ＺｎＯ及びV_2O_5を乳鉢で混合し、温度８７３～９５３Ｋの大気中で１０時間加熱した。得られた粉末を、スパークプラズマ焼結（ＳＰＳ）炉（ＳＰＳシンテックス株式会社製）を用いて焼結し、酸化物焼結体を得た。焼結は、真空（＜10^{-1}Ｐａ）下、グラファイトダイを用いて７２３Ｋで５分間行った。本試料を用いて支持体を形成した。

【０２２０】

形成した支持体の線熱膨張係数α２を、測定したところ、α＝－１４ｐｐｍ／℃であった。また、弾性率Ｅ２を測定したところ、７５ＧＰａであった。支持体の厚さは１０００μｍであった。

【０２２１】

（配向膜の形成）

実施例１と同様に、支持体上に配向膜Ｐ－１を形成した。

【０２２２】

（配向膜の露光）

実施例１と同様に、偏光ＵＶ照射装置で配向膜Ｐ－１の露光を行った。

【０２２３】

形成したコレステリック液晶層の熱膨張係数α１を測定したところ、５０ｐｐｍ／℃であった。また、弾性率Ｅ１を測定したところ、５ＧＰａであった。また、コレステリック液晶層の厚さは５μｍであった。

【０２２４】

実施例１と同様に、環境温度を変えて、バンドパスフィルターの反射中心波長と半値幅を測定した。環境温度２５℃においては、第二の選択反射ピークの反射中心波長が６３５ｎｍ、半値幅が１２ｎｍであることを確認した。環境温度４５℃においては、第二の選択反射ピークの反射中心波長が６４２ｎｍ、半値幅が１２ｎｍであることを確認した。環境温度６５℃においては、第二の選択反射ピークの反射中心波長が６５０ｎｍ、半値幅が１２ｎｍであることを確認した。

【０２２５】

［実施例３］

ＩＤＷ／ＡＤ，１２、ｐ．９８５～９８８（２０１２）を参考に、ガラス基板上に有機誘電体多層膜を形成し、バンドパスフィルターを作製した。このバンドパスフィルターを用いた以外は、実施例１と同様にしてセンサーを作製した。ガラス基板は実施例１と同様のものを用いた。

【０２２６】

有機誘電体多層膜の熱膨張係数α１を測定したところ、６０ｐｐｍ／℃であった。また、弾性率Ｅ１を測定したところ、４ＧＰａであった。また、有機誘電体多層膜の厚さは１０μｍであった。

【０２２７】

実施例１と同様に、環境温度を変えて、バンドパスフィルターの反射中心波長と半値幅を測定した。環境温度２５℃においては、選択反射ピークの反射中心波長が６３４ｎｍ、半値幅が２０ｎｍであることを確認した。環境温度４５℃においては、選択反射ピークの反射中心波長が６３８ｎｍ、半値幅が２０ｎｍであることを確認した。環境温度６５℃においては、選択反射ピークの反射中心波長が６４２ｎｍ、半値幅が２０ｎｍであることを確認した。

【０２２８】

［比較例１］

支持体としてアクリル板（日東樹脂工業株式会社社製ＣＬＡＲＥＸ）を用いた以外は実施例１と同様にしてバンドパスフィルターを作製して、センサーを作製した。この支持体の熱膨張係数α２を測定したところ７０ｐｐｍ／℃であった。また、弾性率Ｅ２を測定したところ、３ＧＰａであった。支持体の厚さは７００μｍであった。

【０２２９】

実施例１と同様に、環境温度を変えて、バンドパスフィルターの反射中心波長と半値幅を測定した。環境温度２５℃においては、第二の選択反射ピークの反射中心波長が６３４ｎｍ、半値幅が１２ｎｍであることを確認した。環境温度４５℃においては、第二の選択反射ピークの反射中心波長が６３４ｎｍ、半値幅が１２ｎｍであることを確認した。環境温度６５℃においては、第二の選択反射ピークの反射中心波長が６３５ｎｍ、半値幅が１２ｎｍであることを確認した。

【０２３０】

［参考例１］

実施例１において、バンドパスフィルターを有さない構成を、参考例１のセンサーとした。

【０２３１】

（センサーの評価）

レーザー光源およびＬＥＤ光源から白色板に光を照射して、白色板が反射した光を、受光素子によって測定した。その際、環境温度２５℃、４５℃、６５℃のそれぞれで測定を行い。結果を以下の基準で評価した。

・Ａ：参考例のセンサーに比べてＬＥＤ光源によるノイズが軽減されＳＮ比が高く、また、環境温度が高くなっても２５℃の場合と比べてＳＮ比がほぼ変化しない。

・Ｂ：参考例のセンサーに比べてＬＥＤ光源によるノイズが軽減されＳＮ比が高くなるが、環境温度が高くなると２５℃の場合と比較してＳＮ比が低下した。

・Ｃ：参考例のセンサーに比べてＬＥＤ光源によるノイズが軽減されＳＮ比が高くなるが、環境温度が高くなるとＢよりもノイズが多く、参考例のセンサーと同等のＳＮ比であった。

結果を表１に示す。

【０２３２】

【表１】

表1

		実施例1	実施例2	実施例3	比較例1
バンドパス層	種類	コレステリック液晶層	コレステリック液晶層	有機誘電体多層膜	コレステリック液晶層
	熱膨張係数 ppm/℃	50	50	60	50
	弾性率 GPa	5	5	4	5
	厚さ μm	5	5	10	5
	半値幅 nm	12	12	20	12
支持体	種類	ｶﾞﾗｽ	β-$Cu_{1.8}Zn_{0.2}V_2O_7$	ｶﾞﾗｽ	ｱｸﾘﾙ板
	熱膨張係数 ppm/℃	4	-14	4	70
	弾性率 GPa	75	75	75	3
	厚さ μm	1100	1000	1100	700
反射/透過中心波長	25℃	634nm	635nm	634nm	634nm
	45℃	639nm	642nm	638nm	634nm
	65℃	644nm	650nm	642nm	635nm
評価		B	A	B	C

【０２３３】

表１から、本発明の実施例は比較例に比べて、環境温度が高くなってもＳＮ比が低下することを抑制できることがわかる。

実施例１および２から、バンドパス層の熱膨張係数と支持体の熱膨張係数との差が３０ｐｐｍ／℃以上であることが好ましいことがわかる。

【０２３４】

［実施例４］

コレステリック液晶層として、以下のようにして作製したコレステリック液晶層を用いた以外は実施例１と同様にしてバンドパスフィルターを作製し、センサーを作製した。ガラス基板は実施例１と同様のものを用いた。

【０２３５】

（コレステリック液晶層の形成）

液晶組成物として、下記の組成物Ａ－４を調製した。この組成物Ａ－４は、選択反射中心波長が９０５ｎｍ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。

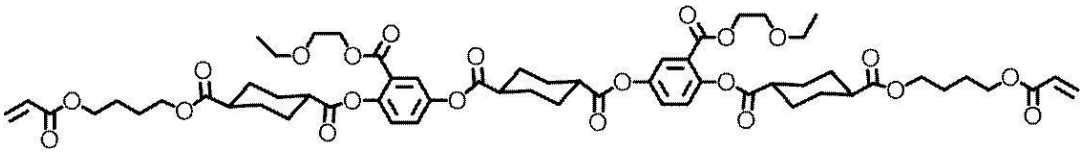
組成物Ａ－４

－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－

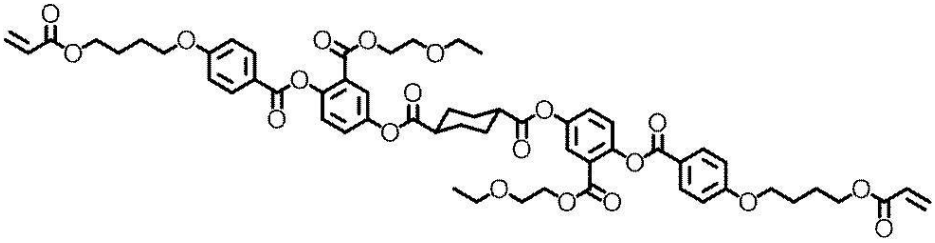
棒状液晶化合物Ｌ－２	５０．００質量部
棒状液晶化合物Ｌ－３	５０．００質量部
重合開始剤Ｏｍｎｉｒａｄ８１９ ＩＧＭ Ｒｅｓｉｎ製	３．００質量部
キラル剤Ｃｈ－１	１．６３質量部
レベリング剤Ｔ－１	０．０８質量部
クロロホルム	２４４．３２質量部

－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－

【０２３６】
棒状液晶化合物Ｌ－２
【化３０】



【０２３７】
棒状液晶化合物Ｌ－３
【化３１】

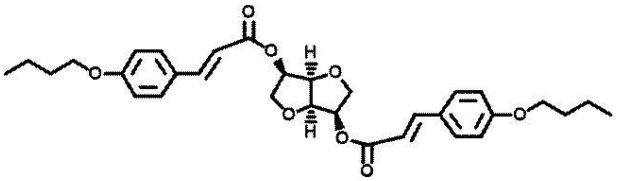


【０２３８】
（偏光ＵＶ照射装置）
上記組成物Ａ－４を配向Ｐ－１上に塗布し、塗布した塗膜をホットプレート上で１００℃、１分間加熱し、１００℃窒素雰囲気下で紫外線照射装置（ＥＸＥＣＵＲＥ　３０００－Ｗ、ＨＯＹＡ　ＳＣＨＯＴＴ社製）を用いて波長３６５ｎｍにおける照度２５ｍＷ／ｃｍ^2、５００ｍＪ／ｃｍ^{2}の照射量で塗膜に照射することにより、液晶化合物の配向を固定化し、コレステリック液晶層を形成した。
【０２３９】
コレステリック液晶層の断面をＳＥＭで確認したところ、コレステリック液晶相は約１０ピッチであった。また、コレステリック液晶層の厚さは６μｍであった。
【０２４０】
形成したコレステリック液晶層の熱膨張係数α１を測定したところ、６９ｐｐｍ／℃であった。また、弾性率Ｅ１を測定したところ、４．５ＧＰａであった。
【０２４１】
（バンドパスフィルターの評価）
実施例１と同様に、環境温度を変えて、バンドパスフィルターの反射中心波長と半値幅を測定した。環境温度２５℃においては、第一の選択反射ピークの反射中心波長が９０５ｎｍ、半値幅が３４ｎｍであることを確認した。環境温度４５℃においては、第一の選択反射ピークの反射中心波長が９１１ｎｍ、半値幅が３４ｎｍであることを確認した。環境温度６５℃においては、第一の選択反射ピークの反射中心波長が９１６ｎｍ、半値幅が３４ｎｍであることを確認した。
【０２４２】
（センサーの作製：反射型（２））
中心波長が２５℃で９０５ｎｍの光を照射するレーザー光源、ＬＥＤ光源（青色ＬＥＤ上に黄色蛍光体を形成したもの）、および、受光素子を用意した。レーザー光源は、本発明における測定光を照射する光源に相当し、ＬＥＤ光源は、外光に相当する光を照射するものとした。
各光源から、対象物としての白色板に光を照射して、白色板から反射した光を、バンドパスフィルターで反射させて受光素子に入射するように、センサーを作製した。バンドパスフィルターは、白色板で反射されたレーザー光源からの反射光が、バンドパスフィルター表面の垂線に対して５°傾いた方向から入射するように配置した。受光素子は、バンドパスフィルターで反射された反射光が受光面に垂直に入射するように配置した。

【０２４３】
　また、環境温度が高くなった場合のレーザー光源の中心波長は４５℃で９１１ｎｍ、６５℃で９１６ｎｍであった。
【０２４４】
　［実施例５］
　コレステリック液晶層として、以下のようにして作製したコレステリック液晶層を用いた以外は実施例１と同様にしてバンドパスフィルターを作製し、実施例４と同様にしてセンサーを作製した。ガラス基板は実施例１と同様のものを用いた。
【０２４５】
（コレステリック液晶層の形成）
　液晶組成物として、下記の組成物Ａ－５を調製した。この組成物Ａ－５は、選択反射中心波長が９０５ｎｍで、左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Ａ－５

棒状液晶化合物Ｌ－２	５０．００質量部
棒状液晶化合物Ｌ－３	５０．００質量部
重合開始剤Ｏｍｎｉｒａｄ８１９　ＩＧＭ　Ｒｅｓｉｎ製	３．００質量部
キラル剤Ｃｈ－２	２．２２質量部
レベリング剤Ｔ－１	０．０８質量部
クロロホルム	２４４．３２質量部

【０２４６】
　キラル剤Ｃｈ－２
【化３２】



【０２４７】
　上記組成物Ａ－５を配向Ｐ－１上に塗布し、塗布した塗膜をホットプレート上で１００℃１分間加熱し、１００℃窒素雰囲気下で紫外線照射装置（ＥＸＥＣＵＲＥ　３０００－Ｗ、ＨＯＹＡ　ＳＣＨＯＴＴ社製）を用いて波長３６５ｎｍにおける照度２５ｍＷ／ｃｍ^2、５００ｍＪ／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、コレステリック液晶層を形成した。
【０２４８】
　コレステリック液晶層の断面をＳＥＭで確認したところ、コレステリック液晶相は約１０ピッチであった。また、コレステリック液晶層の厚さは６μｍであった。
【０２４９】
　形成したコレステリック液晶層の熱膨張係数α１を測定したところ、６６ｐｐｍ／℃であった。また、弾性率Ｅ１を測定したところ、４．７ＧＰａであった。
【０２５０】
　（バンドパスフィルターの評価）
　実施例１と同様に、環境温度を変えて、バンドパスフィルターの反射中心波長と半値幅を測定した。環境温度２５℃においては、第一の選択反射ピークの反射中心波長が９０５ｎｍ、半値幅が３４ｎｍであることを確認した。環境温度４５℃においては、第一の選択反射ピークの反射中心波長が９１１ｎｍ、半値幅が３４ｎｍであることを確認した。環境温度６５℃においては、第一の選択反射ピークの反射中心波長が９１６ｎｍ、半値幅が３

４ｎｍであることを確認した。
【０２５１】
［実施例６］
コレステリック液晶層として、以下のようにして作製したコレステリック液晶層を用いた以外は実施例１と同様にしてバンドパスフィルターを作製し、実施例４と同様にしてセンサーを作製した。ガラス基板は実施例１と同様のものを用いた。
【０２５２】
（コレステリック液晶層の形成）
実施例４のコレステリック液晶層上に、上記組成物Ａ－４を塗布し、実施例４と同様に加熱、ＵＶ照射を行い、液晶化合物の配向を固定化し、コレステリック液晶層を形成した。この操作をさらに１回繰り返すことで、配向Ｐ－１上に、組成物Ａ－４からなるコレステリック液晶層が３層積層されている、コレステリック液晶層を形成した。
続いて、コレステリック液晶層上に上記組成物Ａ－５を塗布し、実施例５と同様に加熱、ＵＶ照射を行い、液晶化合物の配向を固定化し、コレステリック液晶層を形成した。この操作をさらに２回繰り返すことで、配向Ｐ－１上に、組成物Ａ－４からなるコレステリック液晶層が３層積層され、その上に組成物Ａ－５からなるコレステリック液晶層が３層積層されているコレステリック液晶層を形成した。
【０２５３】
コレステリック液晶層の断面をＳＥＭで確認したところ、コレステリック液晶相は約６２ピッチであった。また、コレステリック液晶層の厚さは３６μｍであった。
【０２５４】
形成したコレステリック液晶層の熱膨張係数α１を測定したところ、６８ｐｐｍ／℃であった。また、弾性率Ｅ１を測定したところ、４．６ＧＰａであった。
【０２５５】
（バンドパスフィルターの評価）
実施例１と同様に、環境温度を変えて、バンドパスフィルターの反射中心波長と半値幅を測定した。環境温度２５℃においては、第一の選択反射ピークの反射中心波長が９０５ｎｍ、半値幅が３４ｎｍであることを確認した。環境温度４５℃においては、第一の選択反射ピークの反射中心波長が９１１ｎｍ、半値幅が３４ｎｍであることを確認した。環境温度６５℃においては、第一の選択反射ピークの反射中心波長が９１６ｎｍ、半値幅が３４ｎｍであることを確認した。また、バンドパスフィルターの自然光に対する反射率を測定したところ、反射率は９８％であった。
【０２５６】
［参考例２］
実施例４において、バンドパスフィルターを有さない構成を、参考例２のセンサーとした。
【０２５７】
（センサーの評価）
実施例４～６で作製したセンサーで、レーザー光源およびＬＥＤ光源から白色板に光を照射して、白色板が反射した光を、受光素子によって測定した。その際、環境温度２５℃、４５℃、６５℃のそれぞれで測定を行い、結果を以下の基準で評価した。
・ＡＡ：参考例２のセンサーに比べてＬＥＤ光源によるノイズが軽減されＳＮ比が非常に高く、また、環境温度が高くなっても２５℃の場合と比べてＳＮ比がほぼ変化しない。
・Ａ：参考例２のセンサーに比べてＬＥＤ光源によるノイズが軽減されＳＮ比が高く、また、環境温度が高くなっても２５℃の場合と比べてＳＮ比がほぼ変化しない。
・Ｂ：参考例２のセンサーに比べてＬＥＤ光源によるノイズが軽減されＳＮ比が高くなるが、環境温度が高くなると２５℃の場合と比較してＳＮ比が低下した。
・Ｃ：参考例２のセンサーに比べてＬＥＤ光源によるノイズが軽減されＳＮ比が高くなるが、環境温度が高くなるとＢよりもノイズが多く、参考例２のセンサーと同等のＳＮ比であった。

結果を表２に示す。

【０２５８】

【表２】

表2

		実施例4	実施例5	実施例6
バンドパス層	種類	コレステリック液晶層	コレステリック液晶層	コレステリック液晶層
	熱膨張係数 ppm/℃	69	66	68
	弾性率 GPa	4.5	4.7	4.6
	厚さ μm	6	6	36
	半値幅 nm	34	34	34
支持体	種類	ｶﾞﾗｽ	ｶﾞﾗｽ	ｶﾞﾗｽ
	熱膨張係数 ppm/℃	4	4	4
	弾性率 GPa	75	75	75
	厚さ μm	1100	1100	1100
反射/透過中心波長	25℃	905nm	905nm	905nm
	45℃	911nm	911nm	911nm
	65℃	916nm	916nm	916nm
評価		A	A	AA

【０２５９】

表２から、本発明の実施例は、環境温度が高くなってもＳＮ比が低下することを抑制できることがわかる。

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】

【０２６０】

測距センサーなどの光学的な測定を行う各種センサーに好適に利用可能である。

【符号の説明】

【０２６１】

１０ａ、１０ｂ　センサー

１２　光源

１４　受光素子

１６、１６ａ、１６ｂ、１１６　バンドパスフィルター

２０　支持体

２４　配向膜

２６　コレステリック液晶層

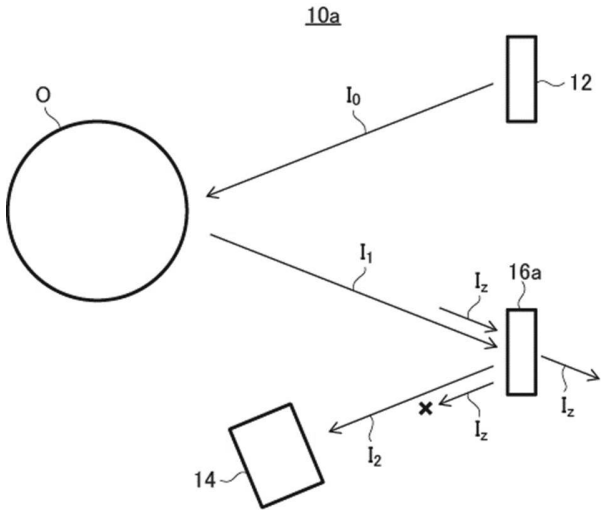
３２　液晶化合物

４０、４０ａ、４０ｂ、１４０　支持体

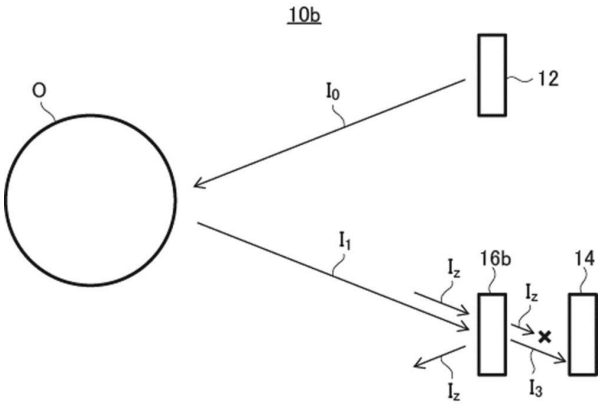
４２　バンドパス層
Ｏ　対象物
Ｐ　螺旋ピッチ
I_1～I_3　測定光
I_z　外光

【図面】

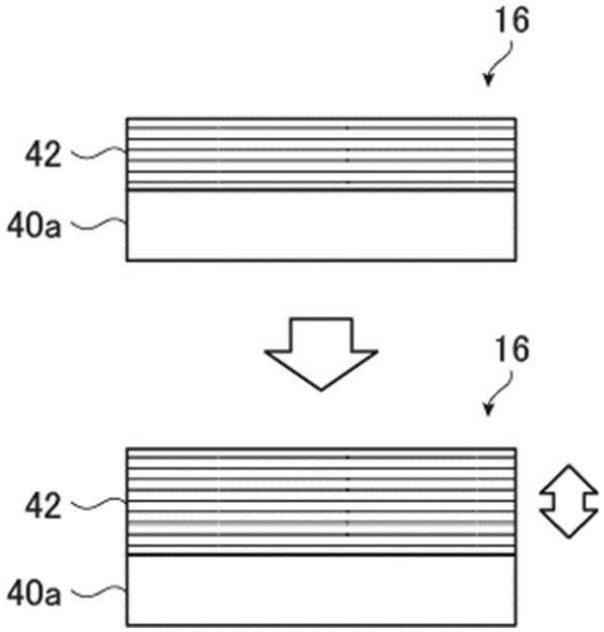
【図１】



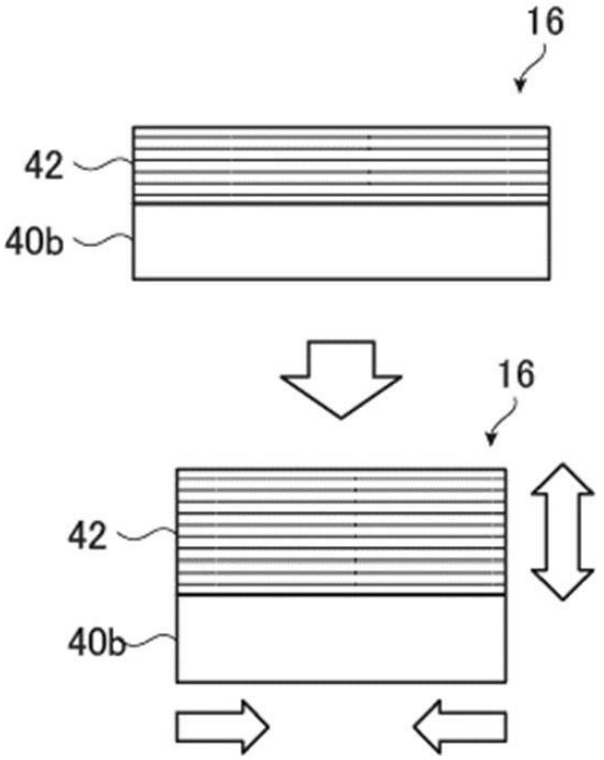
【図２】



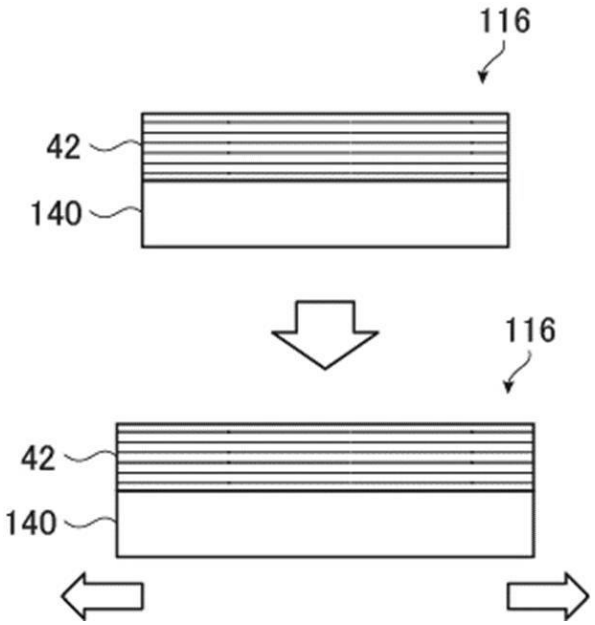
【図３】



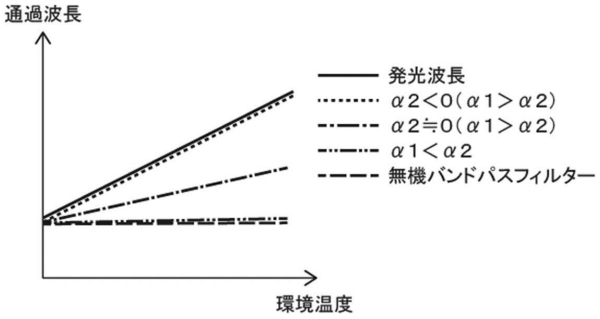
【図４】



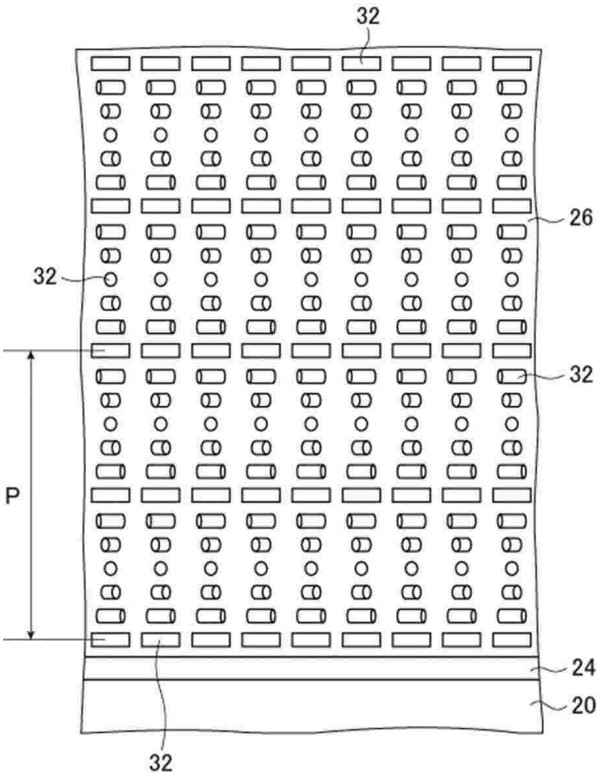
【図５】


116
42
140
116
42
140

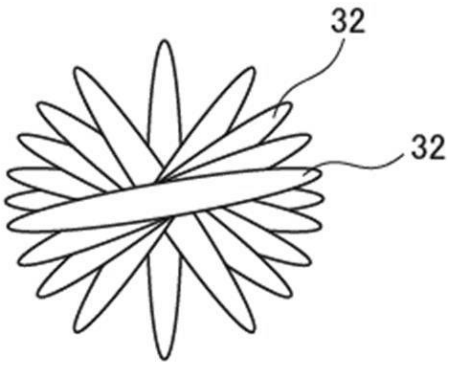
【図６】


通過波長
発光波長
α2＜0（α1＞α2）
α2≒0（α1＞α2）
α1＜α2
無機バンドパスフィルター
環境温度

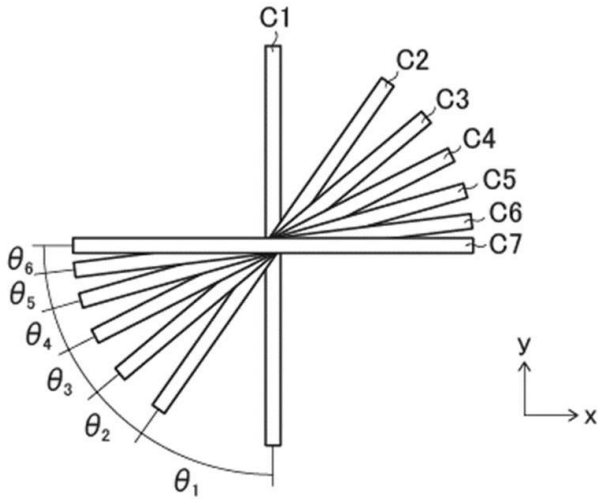
【図７】


32
26
32
32
P
24
20
32

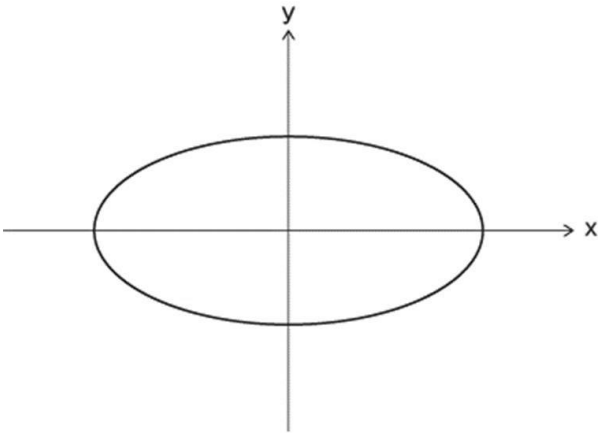
【図８】


32
32
y
x

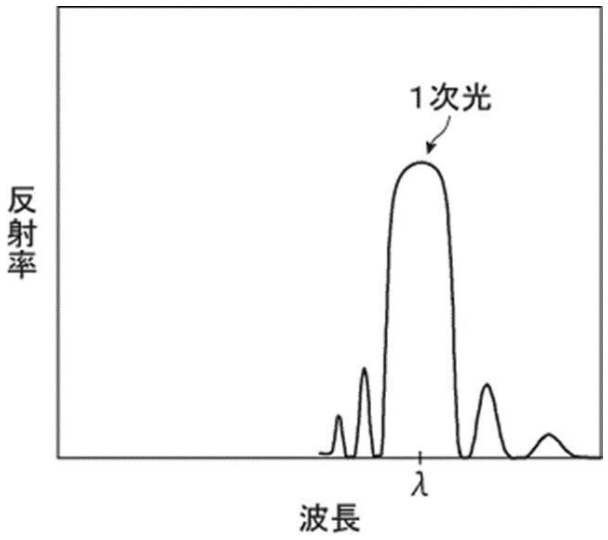
【図９】



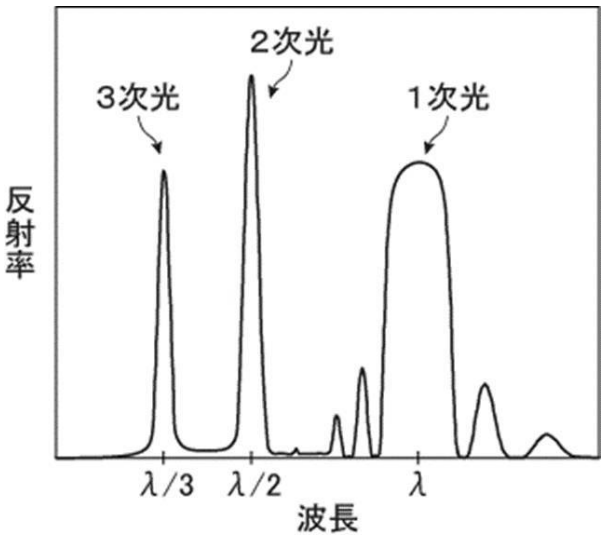
【図１０】



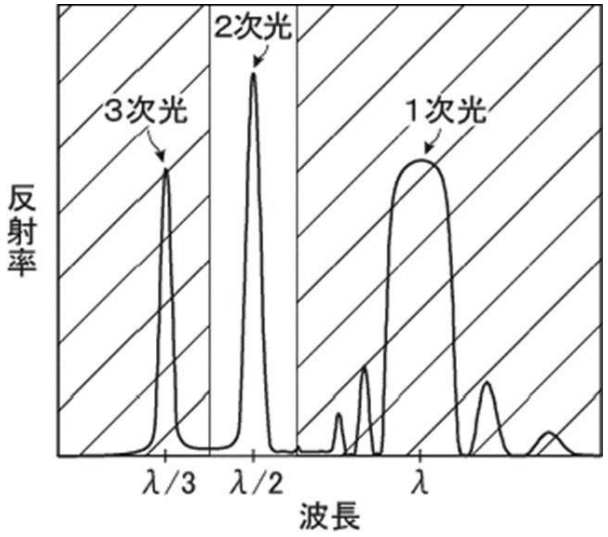
【図１１】



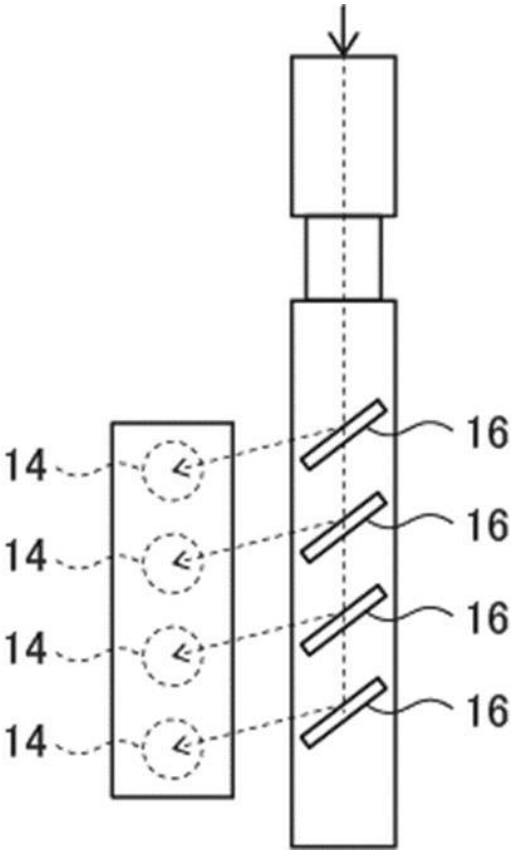
【図１２】



【図１３】



【図１４】



フロントページの続き

フイルム株式会社内
(72)発明者　小玉 啓祐
神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内
(72)発明者　加藤 峻也
神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内
(72)発明者　矢内 雄二郎
神奈川県南足柄市中沼２１０番地 富士フイルム株式会社内
審査官　辻本 寛司
(56)参考文献　米国特許出願公開第２０１９／０２３５０８４（ＵＳ，Ａ１）
特開２００７－２７９５３４（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２１１２０３（ＪＰ，Ａ）
中国特許出願公開第１１１３０８５９９（ＣＮ，Ａ）
特開２００８－０４６５９３（ＪＰ，Ａ）
中国特許出願公開第１１２１１４３９４（ＣＮ，Ａ）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ　５／２８
Ｇ０２Ｂ　５／２０
Ｇ０２Ｂ　５／２６
Ｇ０１Ｓ　７／４８１
Ｇ０１Ｓ　７／４９１１