

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6434140号
(P6434140)

(45) 発行日 平成30年12月5日(2018.12.5)

(24) 登録日 平成30年11月16日(2018.11.16)

(51) Int.Cl. F I
GO3B 21/60 (2014.01) GO3B 21/60
GO2B 5/08 (2006.01) GO2B 5/08 A

請求項の数 15 (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願2017-521973 (P2017-521973)	(73) 特許権者	504176911 国立大学法人大阪大学 大阪府吹田市山田丘1番1号
(86) (22) 出願日	平成28年6月1日(2016.6.1)	(74) 代理人	100168583 弁理士 前井 宏之
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/066219	(72) 発明者	吉田 浩之 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法 人大阪大学内
(87) 国際公開番号	W02016/194961	審査官	村川 雄一
(87) 国際公開日	平成28年12月8日(2016.12.8)		
審査請求日	平成29年11月30日(2017.11.30)		
(31) 優先権主張番号	特願2015-113793 (P2015-113793)		
(32) 優先日	平成27年6月4日(2015.6.4)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射構造体、機器、及び反射構造体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

各々が所定方向に沿って延びる複数の螺旋状構造体を備え、
 前記所定方向に交差するとともに、光が入射する第1入射面と、
 前記所定方向に交差するとともに、前記第1入射面から入射した前記光を反射する反射面と
 を有し、
 前記第1入射面は、前記複数の螺旋状構造体のそれぞれの両端部のうちの一方端部を含み、
 前記複数の螺旋状構造体の各々は、前記所定方向に沿って連なる複数の構造単位を含み、
 前記複数の構造単位は、螺旋状に旋回して積み重ねられた複数の要素を含み、
 前記複数の構造単位の各々は、第1端部と第2端部とを有し、
 前記所定方向に沿って互いに隣接する前記構造単位のうち、一方の構造単位の前記第2端部は、他方の構造単位の前記第1端部を構成し、
 前記複数の螺旋状構造体に含まれる複数の前記第1端部に位置する前記要素の配向方向は揃っており、
 前記反射面は、前記複数の螺旋状構造体のそれぞれに含まれる少なくとも1つの前記第1端部を含み、
 前記反射面は、前記第1入射面に対して非平行である、反射構造体。

10

20

【請求項 2】

前記反射面は、前記第 1 入射面に対して傾斜しており、直線状の勾配を有する、請求項 1 に記載の反射構造体。

【請求項 3】

前記反射面は、曲面を含む、請求項 1 又は請求項 2 に記載の反射構造体。

【請求項 4】

前記反射面は、対称軸に対して対称である、請求項 3 に記載の反射構造体。

【請求項 5】

前記反射面は、凸凹形状を有する、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の反射構造体。

10

【請求項 6】

前記反射面は、螺旋面を含む、請求項 1 に記載の反射構造体。

【請求項 7】

前記複数の螺旋状構造体の各々において、螺旋のハーフピッチが異なり、又は螺旋のピッチが異なり、

前記ハーフピッチは、前記構造単位の前記第 1 端部から前記第 2 端部まで間隔を示し、前記ピッチは、前記互いに隣接する前記構造単位のうち、前記一方の構造単位の前記第 1 端部から前記他方の構造単位の前記第 2 端部までの間隔を示す、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の反射構造体。

【請求項 8】

前記複数の螺旋状構造体は、コレステリック相、コレステリックブルー相、カイラルスメクチック C 相、ツイストグレインバウンダリー相、ヘリコイダルコレステリック相、カイラル液晶相、螺旋無機物、螺旋金属、螺旋結晶、又はカイラルな構造体を形成する、請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の反射構造体。

20

【請求項 9】

複数の前記反射面を有し、

前記所定方向に交差するとともに、光が入射する第 2 入射面をさらに有し、

前記第 2 入射面は、前記複数の螺旋状構造体のそれぞれの前記両端部のうち他方端部を含み、

前記複数の反射面のうち前記第 1 入射面の側の反射面の構造と前記第 2 入射面の側の反射面の構造とは、異なり、

前記第 1 入射面の側の前記反射面は、前記第 1 入射面から入射した前記光を反射し、

前記第 2 入射面の側の前記反射面は、前記第 2 入射面から入射した前記光を反射する、請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の反射構造体。

30

【請求項 10】

隣接する前記螺旋状構造体は、互いに結合されている、請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の反射構造体。

【請求項 11】

前記反射面は、前記第 1 入射面から入射した前記光を反射し、前記光に対応する物体の像を形成する、請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の反射構造体。

40

【請求項 12】

単数又は複数の前記螺旋状構造体が螺旋状構造体ユニットを構成し、

前記反射構造体は、

複数の前記螺旋状構造体ユニットに対応して配置される複数の支持体と、

前記複数の支持体に対応して配置される複数の回転体と

をさらに備え、

前記支持体の各々は、前記対応する螺旋状構造体ユニットを支持し、

前記回転体の各々は、前記対応する支持体を回転させる、請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の反射構造体。

【請求項 13】

50

請求項 1 から請求項 1 2 のいずれか 1 項に記載の反射構造体と、
前記反射構造体に刺激を付与する刺激付与部と
を備え、
前記刺激は、電氣的刺激、光刺激、機械的刺激、又は化学的刺激であり、
前記反射構造体は、前記刺激に応答する、機器。

【請求項 1 4】

請求項 1 から請求項 1 2 のいずれか 1 項に記載の反射構造体を製造する製造方法であつて、

前記複数の螺旋状構造体のそれぞれの前記両端部のうち、一方端部に位置する要素の配向方向を算出し、第 1 配向データを作成する工程と、

前記第 1 配向データに基づいて、第 2 配向データを作成する工程と
を含み、

前記第 1 配向データは、複数の前記一方端部にそれぞれ位置する複数の前記要素の配向方向を示し、

前記第 2 配向データは、前記複数の要素と接触して前記複数の要素を配向させる配向層の表面構造及び/又は表面物性を定め、

前記第 1 配向データを作成する前記工程では、前記複数の一方端部にそれぞれ位置する前記複数の要素が、互いに異なる配向方向を有する要素を含むように、前記第 1 配向データを作成する、反射構造体の製造方法。

【請求項 1 5】

物体を表す物体データを作成する工程をさらに含み、

前記第 1 配向データを作成する前記工程では、前記物体データに基づいて、前記複数の螺旋状構造体のそれぞれの前記両端部のうち、前記一方端部に位置する前記要素の配向方向を算出する、請求項 1 4 に記載の反射構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射構造体、機器、及び反射構造体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に記載されたスクリーンは、コレステリック液晶（反射構造体）で構成される。例えば、右螺旋のコレステリック液晶は、右円偏光の光を反射し、左円偏光の光を透過する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 5 - 107660 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載されたスクリーンのコレステリック液晶では、反射面が入射面に対して平行であるため、光は鏡面反射される。例えば、コレステリック液晶に垂直に入射した光は、コレステリック液晶に対して垂直に反射される。従って、コレステリック液晶の応用範囲は制限される。

【0005】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、応用範囲を拡張できる反射構造体、機器、及び反射構造体の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第 1 の観点によれば、反射構造体は、各々が所定方向に沿って延びる複数の螺

10

20

30

40

50

螺旋状構造体を備える。反射構造体は、前記所定方向に交差するとともに、光が入射する第1入射面と、前記所定方向に交差するとともに、前記第1入射面から入射した前記光を反射する反射面とを有する。前記第1入射面は、前記複数の螺旋状構造体のそれぞれの両端部のうちの一方端部を含む。前記複数の螺旋状構造体の各々は、前記所定方向に沿って連なる複数の構造単位を含む。前記複数の構造単位は、螺旋状に旋回して積み重ねられた複数の要素を含む。前記複数の構造単位の各々は、第1端部と第2端部とを有する。前記所定方向に沿って互いに隣接する前記構造単位のうち、一方の構造単位の前記第2端部は、他方の構造単位の前記第1端部を構成する。前記複数の螺旋状構造体に含まれる複数の前記第1端部に位置する前記要素の配向方向は揃っている。前記反射面は、前記複数の螺旋状構造体のそれぞれに含まれる少なくとも1つの前記第1端部を含む。前記反射面は、前記第1入射面に対して非平行である。

10

【0007】

本発明の反射構造体において、前記反射面は、前記第1入射面に対して傾斜しており、直線状の勾配を有することが好ましい。

【0008】

本発明の反射構造体において、前記反射面は、曲面を含むことが好ましい。

【0009】

本発明の反射構造体において、前記反射面は、対称軸に対して対称であることが好ましい。

【0010】

本発明の反射構造体において、前記反射面は、凸凹形状を有することが好ましい。

20

【0011】

本発明の反射構造体において、前記反射面は、螺旋面を含むことが好ましい。

【0012】

本発明の反射構造体において、前記複数の螺旋状構造体の各々において、螺旋の-halfピッチが異なり、又は螺旋のピッチが異なることが好ましい。前記-halfピッチは、前記構造単位の前記第1端部から前記第2端部まで間隔を示し、前記ピッチは、前記互いに隣接する前記構造単位のうち、前記一方の構造単位の前記第1端部から前記他方の構造単位の前記第2端部までの間隔を示すことが好ましい。

【0013】

本発明の反射構造体において、前記複数の螺旋状構造体は、コレステリック相、コレステリックブルー相、カイラルスメクチックC相、ツイストグレインバウンダリー相、ヘリコイダルコレステリック相、カイラル液晶相、螺旋無機物、螺旋金属、螺旋結晶、又はカイラルな構造体を形成することが好ましい。

30

【0014】

本発明の反射構造体は、複数の前記反射面を有し、前記所定方向に交差するとともに、光が入射する第2入射面をさらに有することが好ましい。前記第2入射面は、前記複数の螺旋状構造体のそれぞれの前記両端部のうちの他方端部を含むことが好ましい。前記複数の反射面のうち前記第1入射面の側の反射面の構造と前記第2入射面の側の反射面の構造とは、異なっていることが好ましい。前記第1入射面の側の前記反射面は、前記第1入射面から入射した前記光を反射し、前記第2入射面の側の前記反射面は、前記第2入射面から入射した前記光を反射することが好ましい。

40

【0015】

本発明の反射構造体において、隣接する前記螺旋状構造体は、互いに結合されていることが好ましい。

【0016】

本発明の反射構造体において、前記反射面は、前記第1入射面から入射した前記光を反射し、前記光に対応する物体の像を形成することが好ましい。

【0017】

本発明の反射構造体において、単数又は複数の前記螺旋状構造体が螺旋状構造体ユニッ

50

トを構成することが好ましい。前記反射構造体は、複数の支持体と、複数の回転体とをさらに備えることが好ましい。複数の支持体は、複数の前記螺旋状構造体ユニットに対応して配置されることが好ましい。複数の回転体は、前記複数の支持体に対応して配置されることが好ましい。前記支持体の各々は、前記対応する螺旋状構造体ユニットを支持することが好ましい。前記回転体の各々は、前記対応する支持体を回転させることが好ましい。

【0018】

本発明の第2の観点によれば、機器は、上記第1の観点による反射構造体と、前記反射構造体に刺激を付与する刺激付与部とを備える。前記刺激は、電氣的刺激、光刺激、機械的刺激、又は化学的刺激であり、前記反射構造体は、前記刺激に応答する。

【0019】

本発明の第3の観点によれば、反射構造体の製造方法は、上記第1の観点による反射構造体を製造する。製造方法は、前記複数の螺旋状構造体のそれぞれの前記両端部のうち、一方端部に位置する要素の配向方向を算出し、第1配向データを作成する工程と、前記第1配向データに基づいて、第2配向データを作成する工程とを含む。前記第1配向データは、複数の前記一方端部にそれぞれ位置する複数の前記要素の配向方向を示す。前記第2配向データは、前記複数の要素と接触して前記複数の要素を配向させる配向層の表面構造及び/又は表面物性を定める。前記第1配向データを作成する前記工程では、前記複数の一方端部にそれぞれ位置する前記複数の要素が、互いに異なる配向方向を有する要素を含むように、前記第1配向データを作成する。

【0020】

本発明の反射構造体の製造方法は、物体を表す物体データを作成する工程をさらに含むことが好ましい。前記第1配向データを作成する前記工程では、前記物体データに基づいて、前記複数の螺旋状構造体のそれぞれの前記両端部のうち、前記一方端部に位置する前記要素の配向方向を算出することが好ましい。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、反射構造体の応用範囲を拡張できる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の実施形態1に係る液晶素子を示す断面図である。

【図2】本発明の実施形態1に係る液晶素子を示す平面図である。

【図3】本発明の実施形態1に係る液晶素子の複数の螺旋状構造体の位相分布を示す平面図である。

【図4】本発明の実施形態1の変形例に係る液晶素子を示す平面図である。

【図5】本発明の実施形態1の変形例に係る液晶素子を示す断面図である。

【図6】本発明の実施形態1の変形例に係る液晶素子の複数の螺旋状構造体の位相分布を示す平面図である。

【図7】本発明の実施形態2に係る液晶素子を示す断面図である。

【図8】本発明の実施形態2に係る液晶素子の複数の反射面を示す斜視図である。

【図9】(a)本発明の実施形態2に係る液晶素子の複数の螺旋状構造体の位相分布を示す平面図である。(b)本発明の実施形態2に係る液晶素子の複数の螺旋状構造体の位相分布を示すグラフである。

【図10】本発明の実施形態3に係る液晶素子を示す断面図である。

【図11】本発明の実施形態3に係る液晶素子を示す平面図である。

【図12】本発明の実施形態3に係る液晶素子の複数の螺旋状構造体の位相分布を示す平面図である。

【図13】本発明の実施形態4に係る液晶素子を示す断面図である。

【図14】本発明の実施形態4に係る液晶素子の反射面を示す斜視図である。

【図15】本発明の実施形態4に係る液晶素子の液晶分子の配向方向を示す平面図である。

。

10

20

30

40

50

【図 16】本発明の実施形態 4 に係る液晶素子の複数の螺旋状構造体の位相分布を示す平面図である。

【図 17】(a)(b)本発明の実施形態 4 に係る液晶素子の液晶分子の配向方向を示す平面図である。

【図 18】本発明の実施形態 5 に係る液晶素子を示す断面図である。

【図 19】本発明の実施形態 6 に係る液晶素子を示す断面図である。

【図 20】本発明の実施形態 7 に係る液晶素子の構造単位を示す斜視図である。

【図 21】本発明の実施形態 9 に係る光アイソレーターを示す図である。

【図 22】(a)本発明の実施形態 10 に係るスクリーンを示す斜視図である。(b)本発明の実施形態 11 に係るビームスプリッターを示す側面図である。(c)本発明の実施形態 12 に係るガラス板を示す側面図である。

10

【図 23】本発明の実施形態 13 に係る機器を示すブロック図である。

【図 24】本発明の実施形態 14 に係る機器を示す図である。

【図 25】本発明の実施形態 15 に係る液晶素子の製造装置を示すブロック図である。

【図 26】本発明の実施形態 15 に係る製造装置が実行する液晶素子の製造方法を示すフローチャートである。

【図 27】(a)本発明の実施例 1 に係る液晶素子の構造を表す干渉縞を示す図である。

(b)本発明の実施例 2 に係る液晶素子の構造を表す干渉縞を示す図である。

【図 28】本発明の実施例 3 に係る液晶素子の構造を表す干渉像を示す図である。

【図 29】(a)本発明の実施例 3 に係る液晶素子の反射光を示す図である。(b)比較例に係る液晶素子の反射光を示す図である。

20

【図 30】本発明の実施例 4 に係る液晶素子の構造を表す干渉像を示す図である。

【図 31】本発明の実施例 5 に係る液晶素子の構造を表す干渉縞を示す図である。

【図 32】本発明の実施例 6 に係る液晶素子の製造装置が作成した物体データを示す図である。

【図 33】本発明の実施例 6 に係る液晶素子の製造装置が作成した位相分布データを示す図である。

【図 34】本発明の実施例 6 に係る液晶素子の製造装置が作成した配向処理データを示す図である。

【図 35】本発明の実施例 6 に係る液晶素子の製造装置が作成した液晶素子に基づく仮想物体の像を示す図である。

30

【図 36】本発明の実施形態 5 の変形例に係る液晶素子の螺旋状構造体を構成する複数の液晶分子の配向方向の変化を示す図である。

【図 37】(a)~(c)本発明の実施形態 1 ~ 実施形態 8、実施形態 14、及び実施形態 15 に係る液晶素子又はフィルムに入射し得る円偏光の光が感じる屈折率の変化を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。図面において、互いに直交する X 軸と Y 軸と Z 軸とを含む三次元直交座標系を用いて説明する場合がある。なお、図中、同一または相当部分については同一の参照符号を付して説明を繰り返さない。また、図面の簡略化のため、断面を示す斜線を適宜省略する。

40

【0024】

(実施形態 1)

図 1 は、本発明の実施形態 1 に係る液晶素子 1 を示す断面図である。図 2 は、液晶素子 1 を示す平面図である。図 1 に示すように、反射構造体としての液晶素子 1 は、液晶層 3 と、基板 5 U と、基板 5 L とを備える。液晶層 3 は、入射面 13 (第 1 入射面) と、出射面 15 と、複数の反射面 17 とを有する。

【0025】

液晶層 3 は、コレステリック液晶により形成される。コレステリック液晶はコレステリ

50

ック相に相当する。コレステリック相はカイラル液晶相の一例である。コレステリック液晶とは、1つの平面内では細長い液晶分子が長軸の方向を揃えて配列しており、平面に垂直な方向に進むに従って液晶分子が螺旋状に旋回する構造の液晶のことである。コレステリック液晶は、コレステリック液晶の螺旋のピッチと屈折率とに応じた帯域の波長を有するとともに、螺旋の回転方向と同じ回転方向の円偏光を有する光を反射するという性質を有する。具体的には、コレステリック液晶の螺旋のピッチを p 、液晶分子の異常光に対する屈折率を n_e 、液晶分子の常光に対する屈折率を n_o と記載すると、コレステリック液晶は、 $n_o \times p \sim n_e \times p$ で示される帯域の波長を有するとともに、螺旋の回転方向と同じ回転方向の円偏光を有する光を反射するという性質を有する。

【0026】

液晶層3は基板5Uと基板5Lとに挟まれる。基板5U及び基板5Lの各々は、例えば、ガラス基板である。基板5Uと基板5Lとは略平行に配置される。

【0027】

液晶層3は複数の螺旋状構造体7を備える。複数の螺旋状構造体7はコレステリック液晶を形成する。螺旋状構造体7の各々は第1方向A1(所定方向)に沿って延びる。第1方向A1は、Z軸に略平行であり、Z軸の負方向を向いている。第1方向A1は入射面13に略直交する。

【0028】

螺旋状構造体7の各々は、第1方向A1に沿って連なる複数の構造単位9を含む。第1方向A1に沿って連なる複数の構造単位9は、第1方向A1に沿って螺旋状に旋回して積み重ねられた複数の液晶分子11(複数の要素)を含む。従って、螺旋状構造体7の各々は、第1方向A1に沿って螺旋状に旋回して積み重ねられた多数の液晶分子11を含む。液晶分子11は、例えば、棒状である。第1方向A1は、螺旋状構造体7の螺旋軸の方向を示す。

【0029】

具体的には、本願の図面では、図面の簡略化のため、1つの液晶分子11は、第1方向A1に直交する1つの平面内に位置する複数の液晶分子のうち、ダイレクターの方向を向いている液晶分子を代表して示している。従って、螺旋状構造体7の各々において、第1方向A1に直交する1つの平面内には、液晶分子11を含む複数の液晶分子(以下、「液晶分子群」と記載する。)が位置している。そして、螺旋状構造体7の各々において、複数の液晶分子群が第1方向A1に沿って配向方向を変えながら螺旋状に並んでいる。換言すれば、螺旋状構造体7の各々において、ダイレクターが螺旋軸に沿って螺旋状に回転している。ダイレクターとは、液晶分子の平均的配向方向を表す単位ベクトルのことである。

【0030】

構造単位9の各々は第1端部E1と第2端部E2とを有する。構造単位9の各々は繰り返し単位であるため、第1方向A1に沿って互いに隣接する構造単位9のうち、一方の構造単位9の第2端部E2は、他方の構造単位9の第1端部E1を構成する。

【0031】

構造単位9の各々において、第1端部E1から第2端部E2までにおいて、複数の液晶分子11は、第1方向A1に進むに従って螺旋状に旋回する。そして、第1端部E1から第2端部E2までにおける複数の液晶分子11の回転角度は、略180度である。

【0032】

従って、構造単位9の各々において、第1端部E1と第2端部E2とで、液晶分子11の配向方向は揃っている。本明細書において、液晶分子11の配向方向が揃っていることは、液晶分子11の配向方向が略平行であることを示しているため、液晶分子11の配向方向が、略同一である場合だけでなく、略180度異なる場合も、液晶分子11の配向方向が揃っていることを示す。

【0033】

また、構造単位9の第2端部E2は隣接する構造単位9の第1端部E1を構成するため

10

20

30

40

50

、螺旋状構造体 7 の各々において、複数の第 1 端部 E 1 に位置する液晶分子 1 1 の配向方向は揃っている。さらに、複数の螺旋状構造体 7 に含まれる複数の第 1 端部 E 1 に位置する液晶分子 1 1 の配向方向は揃っている。

【 0 0 3 4 】

具体的には、構造単位 9 の各々において、第 1 端部 E 1 から第 2 端部 E 2 までにおいて、複数の液晶分子群は、第 1 方向 A 1 に進むに従って螺旋状に旋回する。そして、第 1 端部 E 1 から第 2 端部 E 2 までにおける複数の液晶分子群の回転角度は、略 1 8 0 度である。

【 0 0 3 5 】

従って、構造単位 9 の各々において、第 1 端部 E 1 に位置する液晶分子群の配向方向と第 2 端部 E 2 に位置する液晶分子群の配向方向とは揃っている。本明細書において、液晶分子群の配向方向が揃っていることは、液晶分子群の配向方向が略平行であることを示しているため、液晶分子群の配向方向が、略同一である場合だけでなく、略 1 8 0 度異なる場合も、液晶分子群の配向方向が揃っていることを示す。

10

【 0 0 3 6 】

換言すれば、構造単位 9 の各々において、第 1 端部 E 1 におけるダイレクターの方向と第 2 端部 E 2 におけるダイレクターの方向とは揃っている。本明細書において、ダイレクターの方向が揃っていることは、ダイレクターの方向が略平行であることを示しているため、ダイレクターの方向が、略同一である場合だけでなく、略 1 8 0 度異なる場合も、ダイレクターの方向が揃っていることを示す。

20

【 0 0 3 7 】

また、構造単位 9 の第 2 端部 E 2 は隣接する構造単位 9 の第 1 端部 E 1 を構成するため、螺旋状構造体 7 の各々において、複数の第 1 端部 E 1 に位置する複数の液晶分子群の配向方向は揃っている。換言すれば、螺旋状構造体 7 の各々において、複数の第 1 端部 E 1 における複数のダイレクターの方向は揃っている。さらに、複数の螺旋状構造体 7 に含まれる複数の第 1 端部 E 1 に位置する液晶分子群の配向方向は揃っている。換言すれば、複数の螺旋状構造体 7 に含まれる複数の第 1 端部 E 1 におけるダイレクターの方向は揃っている。

【 0 0 3 8 】

ここで、本明細書及び特許請求の範囲において、各液晶分子 1 1 を 1 つの要素として捉えることもできるし、各液晶分子群を 1 つの要素として捉えることもできる。

30

【 0 0 3 9 】

以下、本明細書において、構造単位 9 の各々において、第 1 端部 E 1 から第 2 端部 E 2 までの間隔（つまり、螺旋の半周期）を螺旋のハーフピッチ h_p と記載する。また、第 1 方向 A 1 に沿って互いに隣接する構造単位 9 において、一方の構造単位 9 の第 1 端部 E 1 から他方の構造単位 9 の第 2 端部 E 2 までの間隔（つまり、螺旋の 1 周期）を螺旋のピッチ p と記載する。実施形態 1 では、ハーフピッチ h_p 及びピッチ p の各々は一定であり、 $p = 2 \times h_p$ である。

【 0 0 4 0 】

引き続き、図 1 を参照して、入射面 1 3、出射面 1 5、及び反射面 1 7 について説明する。

40

【 0 0 4 1 】

入射面 1 3 及び出射面 1 5 の各々は第 1 方向 A 1 に交差する。実施形態 1 では、入射面 1 3 及び出射面 1 5 の各々は第 1 方向 A 1 に略直交する。入射面 1 3 は、複数の螺旋状構造体 7 のそれぞれの両端部のうちの一方端部 e_1 （具体的には、一方端部 e_1 に位置する液晶分子 1 1）を含む。出射面 1 5 は、複数の螺旋状構造体 7 のそれぞれの両端部のうちの他方端部 e_2 （具体的には、他方端部 e_2 に位置する液晶分子 1 1）を含む。

【 0 0 4 2 】

入射面 1 3 には、第 1 方向 A 1 から、直線偏光を有する光 L 1 が入射する。光 L 1 の波面 F 1 は入射面 1 3 に略平行である。複数の液晶分子 1 1 が右回りに旋回している場合は

50

、出射面 15 からは、光 L1 のうち左円偏光の光 L2 が出射する。一方、複数の液晶分子 11 が左回りに旋回している場合は、出射面 15 からは、光 L1 のうち右円偏光の光 L2 が出射する。光 L2 の波面 F2 は出射面 15 に略平行である。

【0043】

本明細書において、円偏光は、厳密な円偏光であってもよいし、楕円偏光に近似した円偏光であってもよい。

【0044】

複数の液晶分子 11 の右回りの旋回とは、複数の液晶分子 11 を第 1 方向 A1 から見たときに、第 1 方向 A1 に進むに従って液晶分子 11 が時計回りに螺旋状に旋回することである。複数の液晶分子 11 の左回りの旋回とは、複数の液晶分子 11 を第 1 方向 A1 から見たときに、第 1 方向 A1 に進むに従って液晶分子 11 が反時計回りに螺旋状に旋回することである。一方、右円偏光とは、光の進行方向から固定点（つまり、一定の場所）における光（つまり、電磁波）を見たときに、固定点を通過する電場ベクトルが時間とともに時計回りに旋回する円偏光のことである。左円偏光とは、光の進行方向から固定点における光を見たときに、固定点を通過する電場ベクトルが時間とともに反時計回りに旋回する円偏光のことである。

【0045】

複数の反射面 17 の各々は、複数の螺旋状構造体 7 のそれぞれに含まれる 1 つの第 1 端部 E1 を含む。従って、反射面 17 の各々では、複数の螺旋状構造体 7 にわたって、反射面 17 に位置する複数の液晶分子 11 の配向方向は揃っている。換言すれば、反射面 17 の各々では、複数の螺旋状構造体 7 にわたって、複数のダイレクターが揃っている。本明細書においては、1 つの第 1 端部 E1 に対して 1 つのダイレクターが定められる。さらに、複数の反射面 17 同志で、複数の液晶分子 11 の配向方向は揃っている。換言すれば、複数の反射面 17 同志で、複数のダイレクターが揃っている。また、複数の反射面 17 は、互いに略平行であり、ハーフピッチ h_p に相当する一定間隔をおいて並んでいる。反射面 17 は、入射面 13 に対して非平行である。実施形態 1 では、反射面 17 は、入射面 13 に対して傾斜しており、直線状の勾配を有し、平面状である。

【0046】

複数の反射面 17 の各々は、第 1 方向 A1 に交差するとともに、ブラッグの法則に従って、入射面 13 から入射した光 L1 のうちの光 L3 を選択的に反射する。具体的には、反射面 17 は、複数の液晶分子 11 が右回りに旋回している場合は、光 L1 のうちピッチ p に応じた波長を有する右円偏光の光 L3 を反射する。一方、反射面 17 は、複数の液晶分子 11 が左回りに旋回している場合は、光 L1 のうちピッチ p に応じた波長を有する左円偏光の光 L3 を反射する。光 L3 の波面 F3 は反射面 17 に略平行である。

【0047】

選択的に反射される光 L3 の中心波長 λ_c は、例えば、液晶分子 11 の異常光に対する屈折率 n_e 、液晶分子 11 の正常光に対する屈折率 n_o 、及びピッチ p のような各種パラメータに依存する。ただし、これらのパラメータは一例であり、例えば、追加のパラメータが含まれてもよい。

【0048】

選択的に反射される光 L3 の波長幅 $\Delta\lambda$ は、例えば、中心波長 λ_c 、屈折率 n_e 、及び屈折率 n_o のような各種パラメータに依存する。ただし、これらのパラメータは一例であり、例えば、追加のパラメータが含まれてもよい。

【0049】

反射面 17 は、光 L3 の波面 F3 が反射面 17 と略平行になるように、光 L3 を反射する。つまり、反射面 17 は、入射面 13 に対する反射面 17 の傾斜角度 θ_1 に応じて光 L3 を反射する。実施形態 1 では、光 L3 の波面 F3 の入射面 13 に対する傾斜角度 θ_3 は、反射面 17 の傾斜角度 θ_1 と略同一である。

【0050】

図 2 を参照して、第 1 方向 A1 から液晶素子 1 を見たときの液晶素子 1 について説明す

10

20

30

40

50

る。図 2 は、液晶素子 1 を示す平面図である。図 2 では、図面の簡略化のため、基板 5 U 及び基板 5 L を省略し、入射面 1 3 が示されている。図 2 に示すように、複数の螺旋状構造体 7 は、第 2 方向 A 2 及び第 3 方向 A 3 それぞれに沿って並んでいる。

【 0 0 5 1 】

具体的には、入射面 1 3 に位置する複数の液晶分子群に含まれる複数の液晶分子（液晶分子 1 1 を含む。）の配向方向が、第 2 方向 A 2 に沿って、連続して変化している。又は、入射面 1 3 に位置する複数の液晶分子群に含まれる複数の液晶分子（液晶分子 1 1 を含む。）の配向方向が、第 2 方向 A 2 に沿って、有限の距離をもって離散的に変化している。一方、第 3 方向 A 3 においては、入射面 1 3 に位置する複数の液晶分子群に含まれる複数の液晶分子（液晶分子 1 1 を含む。）の配向方向が揃っている。

10

【 0 0 5 2 】

第 2 方向 A 2 は、X 軸に略平行であり、X 軸の正方向を向いている。第 3 方向 A 3 は、Y 軸に略平行であり、Y 軸の正方向を向いている。第 1 方向 A 1 と第 2 方向 A 2 と第 3 方向 A 3 とは互いに交差する。本明細書では、第 1 方向 A 1 と第 2 方向 A 2 と第 3 方向 A 3 とは互いに略直交する。

【 0 0 5 3 】

図 1 ~ 図 3 を参照して、空間的位相の観点から液晶素子 1 について説明する。本明細書において、螺旋状構造体 7 の空間的位相（以下、本明細書において、「位相」と記載する。）は、螺旋状構造体 7 の端部 e 1 に位置する液晶分子 1 1 の配向方向を示す。換言すれば、螺旋状構造体 7 の位相は、螺旋状構造体 7 に含まれる液晶分子 1 1 の入射面 1 3 における配向方向を示す。具体的には、螺旋状構造体 7 の位相は、螺旋状構造体 7 の端部 e 1 に位置する液晶分子群（つまり、液晶分子 1 1 を含む複数の液晶分子）の配向方向を示す。換言すれば、螺旋状構造体 7 の位相は、螺旋状構造体 7 の端部 e 1 におけるダイレクターの方向を示す。更に換言すれば、螺旋状構造体 7 の位相は、螺旋状構造体 7 に含まれる液晶分子群の入射面 1 3 における配向方向を示す。更に換言すれば、螺旋状構造体 7 の位相は、螺旋状構造体 7 の入射面 1 3 におけるダイレクターの方向を示す。

20

【 0 0 5 4 】

図 1 に示すように、第 2 方向 A 2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相は異なる。実施形態 1 では、第 2 方向 A 2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 において、複数の第 1 端部 E 1 は、入射面 1 3 に対して直線状に傾斜するように並んでいる。従って、反射面 1 7 は入射面 1 3 に対して傾斜している。換言すれば、反射面 1 7 が入射面 1 3 に対して傾斜するように、第 2 方向 A 2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相が変化している。

30

【 0 0 5 5 】

図 2 に示すように、第 2 方向 A 2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 において、入射面 1 3 に位置する複数の液晶分子 1 1 の配向方向は異なる。従って、第 2 方向 A 2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相は第 2 方向 A 2 に沿って異なる。螺旋状構造体 7 の位相を液晶分子 1 1 の回転角度で表すと、例えば、入射面 1 3 において配向方向が第 2 方向 A 2 に平行な液晶分子 1 1（図中左端の液晶分子 1 1）を含む螺旋状構造体 7 の位相は 0 度である。また、入射面 1 3 において配向方向が第 2 方向 A 2 に垂直な液晶分子 1 1（図中左から 4 番目の液晶分子 1 1）を含む螺旋状構造体 7 の位相は 90 度である。さらに、入射面 1 3 において配向方向が第 2 方向 A 2 に平行な液晶分子 1 1（図中左から 7 番目の液晶分子 1 1）を含む螺旋状構造体 7 の位相は 180 度である。

40

【 0 0 5 6 】

本明細書において、一定方向に沿って位相が 180 度だけ変化するときの 2 つの螺旋状構造体 7 の間隔を螺旋状構造体 7 の周期と定義する。従って、ある周期の終点での位相は 180 度と示され、次の周期の始点での周期は 0 度と示される。ただし、ある周期の終点は次の周期の始点であるため、ある周期の終点での液晶分子 1 1 の配向方向と、次の周期の始点での液晶分子 1 1 の配向方向とは同じである。実施形態 1 では、第 2 方向 A 2 に沿って位相が 180 度だけ変化するときの 2 つの螺旋状構造体 7 の間隔が、螺旋状構造体 7

50

の周期 T_1 である。

【0057】

一方、第3方向 A_3 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体7において、入射面13に位置する複数の液晶分子11の配向方向は揃っている。従って、第3方向 A_3 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体7の位相は第3方向 A_3 に沿って揃っている（つまり、略一致している）。例えば、入射面13において配向方向が第2方向 A_2 に平行な液晶分子11（図中左端の液晶分子11）を含む螺旋状構造体7の各々の位相は0度である。

【0058】

ここで、光 L_3 の波面 F_3 の入射面13に対する傾斜角度 θ_3 は、光 L_3 の波長 λ と、螺旋状構造体7の周期 T_1 とを用いて、式(1)により表される。従って、傾斜角度 θ_3 は、

【0059】

$$\theta_3 = \arctan(\lambda / T_1) \quad \dots (1)$$

【0060】

図3は、複数の螺旋状構造体7の位相分布を示す平面図である。図3では、第1方向 A_1 から液晶層3を見たときの位相分布が、液晶分子11の回転角度で表される。また、図3では、周期 T_1 の範囲の位相分布が示され、0度の位相を黒色で表し、180度の位相を白色で表す。0度と180度との間は、濃度の異なる灰色で示される。濃い灰色ほど0度に近い値を示し、淡い灰色ほど180度に近い値を示す。

【0061】

図3に示すように、螺旋状構造体7の位相は、第2方向 A_2 に進むに従って、0度から徐々に180度に近づく。一方、第3方向 A_3 においては、螺旋状構造体7の位相は、揃っており（つまり、略一致しており）、変化していない。

【0062】

以上、図1～図3を参照して説明したように、実施形態1によれば、反射面17は入射面13に対して非平行である。従って、鏡面反射する場合の反射方向と異なる方向に光 L_3 を反射できる。その結果、鏡面反射する液晶素子と比較して、液晶素子1の応用範囲を拡張できる。

【0063】

特に、実施形態1では、反射面17は、入射面13に対して傾斜しており、直線状の勾配を有する。従って、波面 F_3 が反射面17の傾斜角度 θ_1 に対応した傾斜角度 θ_3 を有するように、光 L_3 を偏向して反射できる。光 L_3 を偏向できるため、例えば、液晶素子1、又は液晶層3を重合させて製造されたフィルムは、円偏光ビームスプリッター又は光アイソレーターとして応用可能である。

【0064】

また、実施形態1によれば、入射面13に対して非平行な反射面17は、液晶の一般的な配向技術（例えば、光配向技術）を利用し、液晶分子11の配向方向、ひいては、螺旋状構造体7の位相を制御することによって容易に形成できる。従って、液晶素子1を容易に製造できる。

【0065】

さらに、実施形態1によれば、螺旋状構造体7の位相を制御することによって反射面17を形成するため、螺旋状構造体7に欠陥又は不連続が発生することが抑制される。その結果、欠陥又は不連続に起因した光 L_3 の異常を抑制できる。

【0066】

さらに、実施形態1によれば、螺旋状構造体7の位相を制御することによって反射面17を形成するため、液晶の一般的な配向技術を利用することによって、液晶層の表面の形状を成形する場合よりも容易に液晶素子1を製造できる。

【0067】

さらに、実施形態1によれば、液晶材料を変更することによって、つまり、液晶分子11の種類を変更することによって、ピッチ p 及びハーフピッチ h_p を容易に変更できる。

10

20

30

40

50

例えば、ピッチ p 又はハーフピッチ $h p$ は、数 100 nm 以上数 $100 \mu\text{m}$ 以下の範囲で変更できる。ピッチ p 又はハーフピッチ $h p$ を変更することによって、反射される光 $L 3$ の波長 λ 及び波長幅 $\Delta\lambda$ を容易に変更できる。

【0068】

さらに、実施形態 1 によれば、螺旋状構造体 7 (複数の液晶分子 11) の螺旋の回転方向と同じ回転方向の円偏光を有する光 $L 1$ を入射することにより、偏向した光 $L 3$ を高い効率で取り出すことができる。

【0069】

(変形例)

図 4 ~ 図 6 を参照して、本発明の実施形態 1 の変形例に係る液晶素子 1 について説明する。変形例に係る液晶素子 1 では、反射面 17 の傾斜角度が大きい点で、図 1 ~ 図 3 を参照して説明した実施形態 1 に係る液晶素子 1 と異なる。以下、変形例が実施形態 1 と異なる点を主に説明する。

10

【0070】

図 4 は、変形例に係る液晶素子 1 を示す平面図である。図 5 は、変形例に係る液晶素子 1 を示す断面図である。図 4 に示すように、反射構造体としての液晶素子 1 において、螺旋状構造体 7 の周期 $T 2$ は、図 2 を参照して説明した周期 $T 1$ の略 $1/2$ である。従って、図 5 に示すように、入射面 13 に対する反射面 17 の傾斜角度 $\theta 2$ は、図 1 を参照して説明した傾斜角度 $\theta 1$ の略 2 倍になる。そして、反射面 17 は、傾斜角度 $\theta 2$ に応じて光 $L 3$ を反射する。変形例では、光 $L 3$ の波面 $F 3$ の入射面 13 に対する傾斜角度 $\alpha 4$ は、反射面 17 の傾斜角度 $\theta 2$ と略同一である。従って、変形例に係る光 $L 3$ の波面 $F 3$ の傾斜角度 $\alpha 4$ は、実施形態に係る光 $L 3$ の波面 $F 3$ の傾斜角度 $\alpha 3$ の略 2 倍である。

20

【0071】

図 6 は、変形例に係る液晶素子 1 の複数の螺旋状構造体 7 の位相分布を示す平面図である。図 6 では、第 1 方向 $A 1$ から液晶層 3 を見たときの位相分布が、液晶分子 11 の回転角度で表される。また、図 6 では、周期 $T 2$ の 2 倍の範囲の位相分布が示され、位相の表し方は、図 3 での位相の表し方と同じである。

【0072】

図 6 に示すように、螺旋状構造体 7 の位相は、一方の周期 $T 2$ の範囲 (図中左側の周期 $T 2$ の範囲) において、第 2 方向 $A 2$ に進むに従って、0 度から徐々に 180 度に近づく。また、螺旋状構造体 7 の位相は、他方の周期 $T 2$ の範囲 (図中右側の周期 $T 2$ の範囲) において、第 2 方向 $A 2$ に進むに従って、0 度から徐々に 180 度に近づく。一方、第 3 方向 $A 3$ においては、螺旋状構造体 7 の位相は、揃っており (つまり、略一致しており)、変化していない。

30

【0073】

以上、図 1 ~ 図 6 を参照して説明したように、実施形態 1 及び変形例によれば、螺旋状構造体 7 の周期 T を調整することによって、光 $L 3$ の波面 $F 3$ の傾斜角度 α を容易に調整できる (式 (1))。つまり、光 $L 3$ の偏向方向を容易に調整できる。液晶の一般的な配向技術 (例えば、光配向技術) を利用することによって、螺旋状構造体 7 の周期 T の長さを任意に設定できる。周期 T を大きくするほど傾斜角度 α を小さくでき、周期 T を小さくするほど傾斜角度 α を大きくできる。

40

【0074】

(実施形態 2)

図 7 ~ 図 9 を参照して、本発明の実施形態 2 に係る液晶素子 1 について説明する。実施形態 2 では、反射面 17 が曲面である点で、実施形態 1 と異なる。以下、実施形態 2 が実施形態 1 と異なる点を主に説明する。

【0075】

図 7 は、実施形態 2 に係る液晶素子 1 を示す断面図である。図 7 に示すように、反射構造体としての液晶素子 1 は複数の反射面 17 を有する。複数の反射面 17 の各々は、複数の螺旋状構造体 7 のそれぞれに含まれる 1 つの第 1 端部 $E 1$ を含む。複数の反射面 17 は

50

、互いに略平行であり、ハーフピッチ h_p に相当する一定間隔をおいて並んでいる。

【0076】

反射面 17 は、入射面 13 に対して非平行である。実施形態 2 では、反射面 17 は、入射面 13 に対して傾斜しており、入射面 13 に向かって凸状の曲面を形成している。反射面 17 は、光 L3 の波面 F3 が反射面 17 に対応して曲面になるように、光 L3 を反射する。つまり、反射面 17 は、光 L3 が拡散するように光 L3 を反射する。

【0077】

図 8 を参照して、反射面 17 の詳細について説明する。図 8 は、複数の反射面 17 を示す斜視図である。図 8 に示すように、複数の反射面 17 は、ハーフピッチ h_p に相当する一定間隔をおいて、対称軸 B1 に沿って積み重なるように形成される。実施形態 2 では、対称軸 B1 は第 1 方向 A1 に略平行である。反射面 17 は対称軸 B1 に対して対称である。複数の反射面 17 は、ドーム状の反射面 17a と、切頭ドーム状の反射面 17b とを含む。

10

【0078】

図 7 及び図 9 を参照して、空間的位相の観点から液晶素子 1 について説明する。図 7 に示すように、複数の螺旋状構造体 7 は、対称軸 B1 に対して対称になるように、対称軸 B1 を中心に放射状に配置される。径方向 R に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相は異なる。径方向 R は、対称軸 B1 に略直交する方向であり、対称軸 B1 から離れる方向を向いている。径方向 R は、対称軸 B1 に略直交し、対称軸 B1 から離れる方向を向いている限り、360 度のうちの任意の方向を取り得る。

20

【0079】

径方向 R に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 において、複数の第 1 端部 E1 は、曲線状（例えば、放物線状）に並んでいる。従って、反射面 17 は曲面を形成する。換言すれば、反射面 17 が曲面を形成するように、複数の螺旋状構造体 7 の位相が変化している。

【0080】

図 9 (a) は、複数の螺旋状構造体 7 の位相分布を示す平面図である。図 9 (a) では、第 1 方向 A1 から液晶層 3 を見たときの位相分布が、液晶分子 11 の回転角度で表される。また、図 9 (a) での位相の表し方は、図 3 での位相の表し方と同じである。図 9 (b) は、螺旋状構造体 7 の位相分布を示すグラフである。縦軸は、液晶分子 11 の回転角度で表される位相を示し、横軸は、径方向 R に沿った液晶層 3 における位置を示す。

30

【0081】

図 9 (a) 及び図 9 (b) に示すように、複数の螺旋状構造体 7 の位相分布は、対称軸 B1 に対して対称であり、同心円状に形成される。また、螺旋状構造体 7 の位相は、径方向 R に沿って鋸歯状に変化する。螺旋状構造体 7 の周期 T の各々において、螺旋状構造体 7 の位相は、対称軸 B1 から径方向 R に向かうに従って、曲線状に 0 度から 180 度まで変化する。例えば、位相は、放物線状（つまり、2 次関数的）に変化する。

【0082】

実施形態 2 では、径方向 R に沿って位相が 180 度だけ変化するときの 2 つの螺旋状構造体 7 の間隔が、螺旋状構造体 7 の周期 T である。ある周期 T の終点での位相は 180 度と示され、次の周期 T の始点での位相は 0 度と示される。ただし、ある周期 T の終点は次の周期 T の始点であるため、ある周期 T の終点での液晶分子 11 の配向方向と、次の周期 T の始点での液晶分子 11 の配向方向とは同じである。周期 T は、対称軸 B1 から径方向 R に向かって段階的に小さくなる。周期 T が大きいほど位相の勾配は小さくなり、周期 T が小さいほど位相の勾配は大きくなる。

40

【0083】

以上、図 7 ~ 図 9 を参照して説明したように、実施形態 2 によれば、反射面 17 は入射面 13 に対して非平行である。従って、実施形態 1 と同様に、鏡面反射する液晶素子と比較して、液晶素子 1 の応用範囲を拡張できる。その他、実施形態 2 は実施形態 1 と同様の効果を有する。

【0084】

50

特に、実施形態 2 では、反射面 17 は曲面を含む。従って、波面 F3 が曲面に沿うように、光 L3 を拡散して反射できる。光 L3 を拡散できるため、例えば、液晶素子 1、又は液晶層 3 を重合させて製造されたフィルムは、ホログラフィック素子として応用可能である。また、反射面 17 は、対称軸 B1 に対して対称である。従って、対称軸 B1 を中心に均等に光 L3 を拡散できる。

【0085】

さらに、実施形態 2 によれば、螺旋状構造体 7 の周期 T を調整することによって、光 L3 の拡散の範囲（つまり、光 L3 の拡がる範囲）を容易に調整できる。液晶の一般的な配向技術（例えば、光配向技術）を利用することによって、螺旋状構造体 7 の周期 T の長さを任意に設定できる。周期 T を大きくするほど反射面 17 の曲率半径が大きくなるため、光 L3 の拡散の範囲を狭くでき、周期 T を小さくするほど反射面 17 の曲率半径が小さくなるため、光 L3 の拡散の範囲を拡げることができる。例えば、光 L3 の拡散の範囲としての視野角特性を容易に調整できるため、液晶素子 1、又は液晶層 3 を重合させて製造されたフィルムをディスプレイに応用する場合に好適である。

10

【0086】

さらに、実施形態 2 によれば、螺旋状構造体 7 の位相分布が、対称軸 B1 に対して対称になるように、鋸歯状に形成されている。そして、鋸歯状の位相分布に対応して、ドーム状の反射面 17a と切頭ドーム状の反射面 17b とが積み重なっている。従って、更に効果的に光 L3 を拡散して反射できる。

【0087】

さらに、実施形態 2 によれば、螺旋状構造体 7 の位相を制御することによって反射面 17 を形成して光 L3 を拡散させる。従って、螺旋状構造体の螺旋軸の方向をばらつかせて配置することによって光を拡散する場合と比較して、螺旋状構造体 7 に欠陥又は不連続が発生することが抑制される。その結果、欠陥又は不連続に起因した光 L3 の異常を抑制できる。

20

【0088】

さらに、実施形態 2 によれば、螺旋状構造体 7 の位相を制御することによって反射面 17 を形成して光 L3 を拡散させる。従って、液晶層の表面の形状を成形することによって光を拡散させる場合よりも、液晶の一般的な配向技術を利用することによって容易に液晶素子 1 を製造できる。

30

【0089】

さらに、実施形態 2 によれば、螺旋状構造体 7（複数の液晶分子 11）の螺旋の回転方向と同じ回転方向の円偏光を有する光 L1 を入射することにより、拡散した光 L3 を高い効率で取り出すことができる。

【0090】

（実施形態 3）

図 10 ~ 図 12 を参照して、本発明の実施形態 3 に係る液晶素子 1 について説明する。実施形態 3 では、反射面 17 が凸凹形状である点で、実施形態 1 と異なる。以下、実施形態 3 が実施形態 1 と異なる点を主に説明する。

【0091】

図 10 は、実施形態 3 に係る液晶素子 1 を示す断面図である。図 10 に示すように、反射構造体としての液晶素子 1 は複数の反射面 17 を有する。複数の反射面 17 の各々は、複数の螺旋状構造体 7 のそれぞれに含まれる 1 つの第 1 端部 E1 を含む。複数の反射面 17 は、互いに略平行であり、ハーフピッチ h_p に相当する一定間隔をおいて並んでいる。反射面 17 は、入射面 13 に対して非平行である。実施形態 3 では、反射面 17 は、凸凹形状を有しており、光 L3 を拡散する。

40

【0092】

図 11 を参照して、第 1 方向 A1 から液晶素子 1 を見たときの液晶素子 1 について説明する。図 11 は、液晶素子 1 を示す平面図である。図 11 では、図面の簡略化のため、基板 5U 及び基板 5L を省略し、入射面 13 が示されている。図 11 に示すように、複数の

50

螺旋状構造体 7 は、第 2 方向 A 2 及び第 3 方向 A 3 それぞれに沿って並んでいる。

【 0 0 9 3 】

図 1 0 ~ 図 1 2 を参照して、空間的位相の観点から液晶素子 1 について説明する。図 1 0 及び図 1 1 に示すように、第 2 方向 A 2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相は第 2 方向 A 2 に沿って異なり、第 3 方向 A 3 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相は第 3 方向 A 3 に沿って異なる。実施形態 3 では、第 2 方向 A 2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相は、第 2 方向 A 2 に沿って不規則に変化し、第 3 方向 A 3 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相は、第 3 方向 A 3 に沿って不規則に変化している。従って、第 2 方向 A 2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 において、複数の第 1 端部 E 1 は、不規則に並んでおり、第 3 方向 A 3 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 において、複数の第 1 端部 E 1 は、不規則に並んでいる。その結果、反射面 1 7 は、凸凹形状を有しており、入射面 1 3 に対して非平行である。換言すれば、反射面 1 7 が凸凹形状を有するように、第 2 方向 A 2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相と第 3 方向 A 3 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体 7 の位相とが変化している。

10

【 0 0 9 4 】

図 1 2 は、複数の螺旋状構造体 7 の位相分布を示す平面図である。図 1 2 では、第 1 方向 A 1 から液晶層 3 を見たときの位相分布が、液晶分子 1 1 の回転角度で表される。また、図 1 2 での位相の表し方は、図 3 での位相の表し方と同じである。図 1 2 に示すように、螺旋状構造体 7 の位相は不規則に分布している。例えば、螺旋状構造体 7 の位相はランダムに分布している。

20

【 0 0 9 5 】

以上、図 1 0 ~ 図 1 2 を参照して説明したように、実施形態 3 によれば、反射面 1 7 は入射面 1 3 に対して非平行である。従って、実施形態 1 と同様に、鏡面反射する液晶素子と比較して、液晶素子 1 の応用範囲を拡張できる。その他、実施形態 3 は実施形態 1 と同様の効果を有する。

【 0 0 9 6 】

特に、実施形態 3 では、反射面 1 7 は凸凹形状を有する。従って、光 L 1 の入射角に依存することなく、凸凹形状に応じて光 L 3 を拡散できる。つまり、微細な周期で各螺旋状構造体 7 の位相を変化させることで、光 L 1 の入射角に依存することなく、光 L 3 を拡散できる。例えば、液晶素子 1、又は液晶層 3 を重合させて製造されたフィルムは、視野角特性のない光反射フィルム若しくはスクリーンとして応用したり、真正性を識別するために応用したりすることが可能である。

30

【 0 0 9 7 】

また、反射される光 L 3 の波長帯域が、近赤外線を示す波長帯域になるように、液晶層 3 を形成する。つまり、反射される光 L 3 の波長帯域が、近赤外線を示す波長帯域になるように、ピッチ p と屈折率 n_e と屈折率 n_o とを設定する。この場合、液晶層 3 は、例えば、熱線（例えば、太陽光）を効果的に反射できる。従って、例えば、液晶層 3 を重合させて製造されたフィルムを、窓に貼付する熱線反射フィルムとして効果的に利用できる。近赤外線を示す波長帯域は、例えば、 $0.75 \mu\text{m}$ 以上 $1.4 \mu\text{m}$ 以下の範囲である。

【 0 0 9 8 】

また、実施形態 3 によれば、微細な周期で各螺旋状構造体 7 の位相を変化させて、凸凹形状の反射面 1 7 を形成することで、モルフォ蝶の鱗粉による光反射原理を再現できる。

40

【 0 0 9 9 】

さらに、実施形態 3 によれば、液晶の一般的な配向技術（例えば、光配向技術）を利用し、液晶分子 1 1 の配向方向、ひいては、螺旋状構造体 7 の位相を制御することによって、凸凹形状を有する反射面 1 7 を容易に形成できる。従って、光 L 3 を拡散できる液晶素子 1 を容易に製造できる。

【 0 1 0 0 】

さらに、実施形態 3 によれば、螺旋状構造体 7（複数の液晶分子 1 1）の螺旋の回転方向と同じ回転方向の円偏光を有する光 L 1 を入射することにより、拡散した光 L 3 を高い

50

効率で取り出すことができる。

【0101】

(実施形態4)

図13～図17を参照して、本発明の実施形態4に係る液晶素子1について説明する。実施形態4では、反射面17が螺旋面を形成している点で、実施形態1と異なる。以下、実施形態4が実施形態1と異なる点を主に説明する。

【0102】

図13は、実施形態4に係る液晶素子1を示す断面図である。図14は、液晶素子1の反射面17を示す斜視図である。図13及び図14に示すように、に示すように、反射構造体としての液晶素子1は反射面17を有する。反射面17は、螺旋軸B2の周りに螺旋面を形成しており、複数の螺旋状構造体7のそれぞれに含まれる1以上の第1端部E1を含む。螺旋軸B2は第1方向A1に略平行である。ただし、螺旋軸B2は第1方向A1に対して傾斜していてもよい。

10

【0103】

反射面17は、光L3の波面F3が反射面17に対応して螺旋面になるように、光L3を反射する。つまり、反射面17は、光L3を光渦として反射する。光渦とは、特異点を有し、等位相面が螺旋面を形成する光のことである。特異点では光強度が0である。実施形態4では、螺旋軸B2上に特異点が存在する。

【0104】

図15～図17を参照して、空間的位相の観点から液晶素子1について説明する。図15は、液晶分子11の配向方向を示す平面図である。図15では、反射面17における液晶分子11を示している。図15に示すように、液晶分子11は、特異点Pの周りに、2(ラジアン)だけ回転している。従って、複数の螺旋状構造体7の位相は、特異点Pの周りに2だけ変化している。その結果、光L3の位相は4だけ変化する。

20

【0105】

図16は、複数の螺旋状構造体7の位相分布を示す平面図である。図16では、第1方向A1から液晶層3を見たときの位相分布が、液晶分子11の回転角度で表される。また、図16での位相の表し方は、図3での位相の表し方と同じである。図16に示すように、複数の螺旋状構造体7の位相が、特異点Pの周りに2だけ変化している。

【0106】

ただし、複数の螺旋状構造体7の位相は、特異点Pの周りに n (ラジアン)だけ変化していてもよい。 n は1以上の整数を示す。つまり、液晶分子11は、特異点Pの周りに、 n だけ回転していてもよい。この場合、光L3の位相は $2n$ だけ変化する。以下に、液晶分子11が特異点Pの周りにだけ回転している例と、液晶分子11が特異点Pの周りに3だけ回転している例とを説明する。

30

【0107】

図17(a)は、液晶分子11の配向方向を示す平面図である。図17(a)に示すように、液晶分子11が特異点Pの周りにだけ回転している。従って、複数の螺旋状構造体7の位相は、特異点Pの周りにだけ変化している。その結果、光L3の位相は2だけ変化する。

40

【0108】

図17(b)は、液晶分子11の配向方向を示す平面図である。図17(b)に示すように、液晶分子11が特異点Pの周りに3だけ回転している。従って、複数の螺旋状構造体7の位相は、特異点Pの周りに3だけ変化している。その結果、光L3の位相は6だけ変化する。

【0109】

以上、図13～図17を参照して説明したように、実施形態4によれば、反射面17は入射面13に対して非平行である。従って、実施形態1と同様に、鏡面反射する液晶素子と比較して、液晶素子1の応用範囲を拡張できる。その他、実施形態4は実施形態1と同様の効果を有する。

50

【0110】

特に、実施形態4では、反射面17は螺旋面を含む。従って、光L3を光渦として反射できる。液晶素子1を利用することで、簡素な構成の光学系によって光渦を生成できる。また、ピッチpに応じた波長の光L1を入射することで、光渦としての光L3を生成できるため、螺旋が取り得るピッチpに応じた広範な波長の光L3を利用できる。従って、単一波長でのみ光渦を生成できる素子と比較して、光学系の制約を受けず、容易に光渦を生成できる。また、中心波長の光L1だけでなく、波長幅に収まる光L1も利用できるため、更に容易に光渦を生成できる。例えば、光渦はレーザー加工又は顕微鏡下での細胞の操作に用いられるため、液晶素子1、又は液晶層3を重合させて製造されたフィルムは、これらの分野で好適に利用できる。

10

【0111】

また、実施形態4によれば、液晶の一般的な配向技術(例えば、光配向技術)を利用し、液晶分子11の配向方向、ひいては、螺旋状構造体7の位相を制御することによって、螺旋面を有する反射面17を容易に形成できる。従って、光渦を生成するための液晶素子1を容易に製造できる。

【0112】

さらに、実施形態4によれば、螺旋状構造体7(複数の液晶分子11)の螺旋の回転方向と同じ回転方向の円偏光を有する光L1を入射することにより、光渦としての光L3を高い効率で取り出すことができる。

【0113】

(実施形態5)

図18を参照して、本発明の実施形態5に係る液晶素子1について説明する。実施形態5では、螺旋状構造体7の各々において螺旋のピッチpが異なっている点で、実施形態1と異なる。以下、実施形態5が実施形態1と異なる点を主に説明する。

20

【0114】

図18は、本発明の実施形態5に係る液晶素子1を示す断面図である。図18に示すように、反射構造体としての液晶素子1は液晶層3を備える。液晶層3は複数の螺旋状構造体7を含む。螺旋状構造体7の各々は複数の構造単位9を含む。また、液晶素子1は複数の反射面17を有する。

【0115】

螺旋状構造体7の各々において、螺旋のハーフピッチhpは異なっている。具体的には、螺旋状構造体7の各々において、入射面13から離れるにしたがって、螺旋のハーフピッチhpは大きくなる。同様に、螺旋状構造体7の各々において、螺旋のピッチpは異なっている。具体的には、螺旋状構造体7の各々において、入射面13から離れるにしたがって、螺旋のピッチpは大きくなる。

30

【0116】

複数の反射面17は、互いに略平行であり、ハーフピッチhpに相当する間隔において並んでいる。ハーフピッチhpは入射面13から離れるに従って大きくなるため、隣り合う反射面17の間隔は、入射面13から離れるに従って大きくなる。

【0117】

反射面17の各々は、複数の螺旋状構造体7のそれぞれに含まれる1つの第1端部E1を含む。また、反射面17の各々は、第1方向A1に交差するとともに、ブラッグの法則に従って、入射面13から入射した光L1のうちの光L3を選択的に反射する。この場合、螺旋状構造体7の各々においてピッチpが異なっているため、反射光の波長幅はピッチpごとに異なる。従って、反射される光L3の波長幅は、ピッチpごとの波長幅の合計になり、広範囲になる。つまり、複数の反射面17は、広帯域の光L3を反射する。例えば、複数の反射面17は、白色光として光L3を反射する。

40

【0118】

以上、図18を参照して説明したように、実施形態5によれば、反射面17は入射面13に対して非平行である。従って、実施形態1と同様に、鏡面反射する液晶素子と比較し

50

て、液晶素子 1 の応用範囲を拡張できる。その他、実施形態 5 は実施形態 1 と同様の効果を有する。

【 0 1 1 9 】

特に、実施形態 5 では、複数の螺旋状構造体 7 の各々において、螺旋のハーフピッチ h_p が異なり、及び / 又は螺旋のピッチ p が異なる。その結果、容易に広帯域の光 L 3 (例えば、白色光) を生成できる。

【 0 1 2 0 】

さらに、実施形態 5 によれば、螺旋状構造体 7 (複数の液晶分子 1 1) の螺旋の回転方向と同じ回転方向の円偏光を有する光 L 1 を入射することにより、広帯域の光 L 3 (例えば、白色光) を高い効率で取り出すことができる。

10

【 0 1 2 1 】

(実施形態 6)

図 1 9 を参照して、本発明の実施形態 6 に係る液晶素子 1 について説明する。実施形態 6 に係る液晶素子 1 では、液晶層 3 が 2 つの領域 (第 1 領域 3 A 及び第 2 領域 3 B) を有する点で、実施形態 1 に係る液晶素子 1 と異なる。以下、実施形態 6 が実施形態 1 と異なる点を主に説明する。

【 0 1 2 2 】

図 1 9 は、実施形態 6 に係る液晶素子 1 を示す断面図である。図 1 9 では、図面の簡略化のため、螺旋状構造体 7 を省略している。図 1 9 に示すように、反射構造体としての液晶素子 1 は、液晶層 3 と、基板 5 U と、基板 5 L とを備える。液晶層 3 には、第 1 領域 3 A と第 2 領域 3 B とが形成される。第 1 領域 3 A と第 2 領域 3 B とは第 1 方向 A 1 に沿って並んで形成され、基板 5 U と基板 5 L とに挟まれる。液晶素子 1 は、入射面 1 3 (第 1 入射面) と入射面 1 9 (第 2 入射面) とを有する。入射面 1 3 は、複数の螺旋状構造体 7 のそれぞれの両端部のうちの一方端部 e 1 (具体的には、一方端部 e 1 に位置する液晶分子 1 1) を含む。入射面 1 3 は第 1 方向 A 1 に交差し、入射面 1 3 には光が入射する。入射面 1 9 は、複数の螺旋状構造体 7 のそれぞれの両端部のうちの他方端部 e 2 (具体的には、他方端部 e 2 に位置する液晶分子 1 1) を含む。入射面 1 9 は第 1 方向 A 1 に交差し、入射面 1 9 には光が入射する。

20

【 0 1 2 3 】

第 1 領域 3 A の反射面 1 7 (つまり、入射面 1 3 の側の反射面 1 7) の構造と第 2 領域 3 B の反射面 1 7 (つまり、入射面 1 9 の側の反射面 1 7) の構造とは異なる。例えば、第 1 領域 3 A の反射面 1 7 と第 2 領域 3 B の反射面 1 7 とは非平行である。実施形態 6 では、第 1 領域 3 A の反射面 1 7 は、実施形態 1 の反射面 1 7 と同様である。第 2 領域 3 B の反射面 1 7 は、実施形態 2 の反射面 1 7 と同様である。ただし、第 2 領域 3 B の反射面 1 7 の湾曲方向は、実施形態 2 の反射面 1 7 の湾曲方向と逆である。また、入射面 1 3 の側の反射面 1 7 は、入射面 1 3 から入射した光を反射し、入射面 1 9 の側の反射面 1 7 は、入射面 1 9 から入射した光を反射する。

30

【 0 1 2 4 】

具体的には、第 1 領域 3 A における螺旋状構造体 7 の構造と第 2 領域 3 B における螺旋状構造体 7 の構造とは異なる。例えば、基板 5 U に基づく液晶分子 1 1 の配向処理と基板 5 L に基づく液晶分子 1 1 の配向処理とを異ならせることによって、第 1 領域 3 A における螺旋状構造体 7 の構造と第 2 領域 3 B における螺旋状構造体 7 の構造とを異ならせる。つまり、基板 5 U に対するパターンニングと基板 5 L に対するパターンニングとを異ならせることによって、第 1 領域 3 A における螺旋状構造体 7 の構造と第 2 領域 3 B における螺旋状構造体 7 の構造とを異ならせる。空間的位相の観点から説明すると、第 1 領域 3 A における螺旋状構造体 7 の位相のパターンと第 2 領域 3 B における螺旋状構造体 7 の位相のパターンとが異なる。

40

【 0 1 2 5 】

また、第 1 領域 3 A における螺旋状構造体 7 (複数の液晶分子 1 1) の螺旋の回転方向と、第 2 領域 3 B における螺旋状構造体 7 (複数の液晶分子 1 1) の螺旋の回転方向とは

50

同じである。基板 5 U 及び入射面 1 3 から、第 1 領域 3 A における螺旋の回転方向と同じ円偏光の光を入射するとともに、基板 5 L 及び入射面 1 9 から、第 2 領域 3 B における螺旋の回転方向と同じ円偏光の光を入射する。その結果、第 1 領域 3 A の反射面 1 7 の特性に応じた反射光と第 2 領域 3 B の反射面 1 7 の特性に応じた反射光との双方を、単一の液晶素子 1 から取り出すことができる。

【 0 1 2 6 】

なお、第 1 領域 3 A の反射面 1 7 の構造と第 2 領域 3 B の反射面 1 7 の構造とが異なる限り、第 1 領域 3 A の反射面 1 7 は、実施形態 1 (変形例を含む。) ~ 実施形態 5 のいずれかの反射面 1 7 であってよいし、第 2 領域 3 B の反射面 1 7 は、実施形態 1 (変形例を含む。) ~ 実施形態 5 のいずれかの反射面 1 7 であってよい。

10

【 0 1 2 7 】

以上、図 1 9 を参照して説明したように、実施形態 6 によれば、液晶素子 1 は第 1 領域 3 A と第 2 領域 3 B とを備えている。従って、第 1 領域 3 A の反射面 1 7 の特性と第 2 領域 3 B の反射面 1 7 の特性との双方を有する液晶素子 1 を提供できる。

【 0 1 2 8 】

(実施形態 7)

図 1 及び図 2 0 を参照して、本発明の実施形態 7 に係る液晶素子 1 について説明する。実施形態 7 に係る液晶素子 1 では、液晶層 3 をコレステリックブルー相により形成する点で、実施形態 1 に係る液晶素子 1 と異なる。つまり、実施形態 7 では、複数の螺旋状構造体 7 はコレステリックブルー相を形成する。以下、実施形態 7 が実施形態 1 と異なる点を主に説明する。

20

【 0 1 2 9 】

図 2 0 は、実施形態 7 に係る液晶素子 1 の構造単位 9 A を示す斜視図である。図 1 及び図 2 0 に示すように、反射構造体としての液晶素子 1 において、螺旋状構造体 7 の各々は、実施形態 1 に係る複数の構造単位 9 に代えて、複数の構造単位 9 A を含む。構造単位 9 A の各々は、コレステリックブルー相により形成される。

【 0 1 3 0 】

構造単位 9 A の各々は、立方体状であり、第 1 方向 A 1 に沿って延びる 2 重ねじれシリンダー T W、第 2 方向 A 2 方向に沿って延びる 2 重ねじれシリンダー T W、及び第 3 方向 A 3 に沿って延びる 2 重ねじれシリンダー T W を含む。第 1 方向 A 1 に沿って延びる 2 重ねじれシリンダー T W は、第 1 方向 A 1 に沿って螺旋状に旋回して積み重ねられた複数の液晶分子 (複数の要素) を含む。第 2 方向 A 2 に沿って延びる 2 重ねじれシリンダー T W は、第 2 方向 A 2 に沿って螺旋状に旋回して積み重ねられた複数の液晶分子 (複数の要素) を含む。第 3 方向 A 3 に沿って延びる 2 重ねじれシリンダー T W は、第 3 方向 A 3 に沿って螺旋状に旋回して積み重ねられた複数の液晶分子 (複数の要素) を含む。

30

【 0 1 3 1 】

以上、図 1 及び図 2 0 を参照して説明したように、実施形態 7 によれば、実施形態 1 と同様に、反射面 1 7 は入射面 1 3 に対して非平行である。従って、実施形態 1 と同様に、鏡面反射する液晶素子と比較して、液晶素子 1 の応用範囲を拡張できる。その他、実施形態 7 は実施形態 1 と同様の効果を有する。

40

【 0 1 3 2 】

また、実施形態 2 ~ 実施形態 6 の液晶素子 1 の各々が、構造単位 9 に代えて、構造単位 9 A を含んでもよい。この場合は、実施形態 2 ~ 実施形態 6 のそれぞれの液晶素子 1 と同様の効果を有する。

【 0 1 3 3 】

(実施形態 8)

図 1 を参照して、本発明の実施形態 8 に係るフィルム (以下、「本フィルム」と記載する。) について説明する。本フィルムは、実施形態 1 (変形例を含む。) に係る液晶素子 1 の液晶層 3 に基づいて形成される。

【 0 1 3 4 】

50

図 1 に示すように、反射構造体としての本フィルムは、例えば、液晶層 3 の複数の螺旋状構造体 7 を重合させることによって形成される。具体的には、本フィルムは、液晶層 3 を構成する複数の液晶分子 11 を重合させることによって形成される。この場合、例えば、液晶層 3 に光を照射することによって、複数の液晶分子 11 を重合させる。

【 0 1 3 5 】

又は、反射構造体としての本フィルムは、例えば、所定の温度又は所定の濃度において液晶状態を示す高分子液晶材料を、液晶状態において実施形態 1 (変形例を含む) に係る複数の螺旋状構造体 7 を形成するように配向制御し、その後配向を維持したまま固体に転移させることで形成される。

【 0 1 3 6 】

重合又は固体への転移によって、本フィルムでは、隣り合う螺旋状構造体 7 は、螺旋状構造体 7 の配向を維持したまま、つまり、螺旋状構造体 7 の位相を維持したまま、互いに結合している。その結果、本フィルムでは、各液晶分子 11 の配向方向が固定されている。なお、本フィルムは、基板 5 U 及び基板 5 L を含まない。

【 0 1 3 7 】

本フィルムと同様にして、実施形態 2 ~ 実施形態 7 に係る液晶素子 1 の液晶層 3 に基づいて、本発明の実施形態に係る反射構造体としてのフィルムを形成できる。

【 0 1 3 8 】

実施形態 8 によれば、本フィルム及びこれらのフィルムは、実施形態 1 ~ 実施形態 7 のそれぞれの液晶素子 1 と同様の効果を有する。

【 0 1 3 9 】

(実施形態 9)

図 2 1 を参照して、本発明の実施形態 9 に係る光アイソレーター 100 について説明する。図 2 1 は、実施形態 9 に係る光アイソレーター 100 を示す図である。図 2 1 に示すように、光アイソレーター 100 は、順方向 F D に進む光 S 1 を透過し、順方向 F D の逆方向 B D に進む光 S 4 を反射する。順方向 F D とは、光源 5 1 (例えば、レーザー) からターゲット 5 3 (例えば、光ファイバー) に向かう方向のことである。

【 0 1 4 0 】

具体的には、光アイソレーター 100 は、実施形態 1 に係る液晶素子 1 を備える。液晶素子 1 の各螺旋状構造体 7 の液晶分子 11 は右回りに旋回している。光源 5 1 は、直線偏光の光 S 1 を順方向 F D に出射し、光 S 1 を液晶素子 1 に照射する。液晶素子 1 は、光 S 1 のうち右円偏光の光 S 3 を反射する。また、液晶素子 1 は、光 S 1 のうち左円偏光の光 S 2 を透過し、ターゲット 5 3 に向けて順方向 F D に出射する。光 S 2 のうちターゲット 5 3 によって右円偏光となって反射された光 S 4 は、逆方向 B D に進み、液晶素子 1 に入射する。液晶素子 1 は、入射した光 S 4 を光 S 5 として反射する。

【 0 1 4 1 】

なお、液晶素子 1 の各螺旋状構造体 7 の液晶分子 11 は左回りに旋回していてもよい。この場合は、光 S 3、光 S 4、及び光 S 5 は左円偏光を有し、光 S 2 は右円偏光を有する。また、光アイソレーター 100 は、液晶素子 1 に代えて、実施形態 8 に係るフィルムを含んでもよい。

【 0 1 4 2 】

以上、図 2 1 を参照して説明したように、実施形態 9 によれば、実施形態 1 に係る液晶素子 1、又は実施形態 8 に係るフィルムを使用することにより、簡素な構成により、光アイソレーター 100 を実現できる。

【 0 1 4 3 】

(実施形態 10 ~ 実施形態 12)

図 2 2 (a) を参照して、本発明の実施形態 10 に係るスクリーン 200 について説明する。図 2 2 (a) は、実施形態 10 に係るスクリーン 200 を示す斜視図である。スクリーン 200 は、フィルム 6 1 と、ガラス基板 6 3 とを備える。フィルム 6 1 はガラス基板 6 3 の表面に貼付される。フィルム 6 1 は、実施形態 8 に係るフィルムである。スクリ

10

20

30

40

50

ーン 200 は、例えば、ウェアラブルデバイスのディスプレイとして利用できる。

【0144】

図 22 (b) を参照して、本発明の実施形態 11 に係るビームスプリッター 300 について説明する。図 22 (b) は、実施形態 11 に係るビームスプリッター 300 を示す側面図である。ビームスプリッター 300 は液晶素子 1 を備える。液晶素子 1 は実施形態 1 に係る液晶素子 1 である。液晶素子 1 の各螺旋状構造体 7 の液晶分子 11 は右回りに旋回している。液晶素子 1 は、直線偏光の入射光 71 のうちの右円偏光の光 73 を反射し、入射光 71 のうちの左円偏光の光 75 を透過及び出射する。なお、液晶素子 1 の各螺旋状構造体 7 の液晶分子 11 は左回りに旋回していてもよい。この場合は、光 73 は左円偏光を有し、光 75 は右円偏光を有する。ビームスプリッター 300 は、例えば、偏光分離素子として利用できる。

10

【0145】

図 22 (c) を参照して、本発明の実施形態 12 に係るガラス板 400 について説明する。図 22 (c) は、実施形態 12 に係るガラス板を示す側面図である。ガラス板 400 は、フィルム 81 と、ガラス 83 とを備える。フィルム 81 は、ガラス 83 に貼付される。フィルム 81 は、実施形態 8 に係るフィルムである。フィルム 81 は、入射光 85 の一部を反射光 87 として反射する。この場合、フィルム 81 は、反射光 87 を入射光 85 の入射方向と略逆方向に反射する。又は、フィルム 81 は、入射光 85 の入射角度に依存することなく、入射光 85 の一部を反射光 87 として反射する。

【0146】

20

例えば、ガラス板 400 は、自動車又は建造物の窓ガラスとして利用できる。この場合、熱線としての入射光 85 が入射したときに、熱線としての反射光 87 の反射方向を制御して、人間が反射光 87 を浴びないようにすることができる。また、熱線としての反射光 87 を、人間が反射光 87 を浴びないように、特定の方向に集光したりできる。また、例えば、ガラス板 400 を、高い視野角特性を有する透過率の透明型プロジェクタースクリーンとして利用できる。

【0147】

(実施形態 13)

図 23 を参照して、本発明の実施形態 13 に係る機器 500 について説明する。機器 500 は、液晶素子 1 と、刺激付与部 91 と、制御部 93 とを備える。液晶素子 1 は、実施形態 1 ~ 実施形態 7 に係る液晶素子 1 のいずれかである。なお、機器 500 は、液晶素子 1 に代えて、実施形態 8 に係るフィルムを備えていてもよい。

30

【0148】

制御部 93 は、刺激付与部 91 を制御する。制御部 93 は、例えば、コンピューターである。例えば、刺激付与部 91 は、制御部 93 の制御を受けて、液晶素子 1 に電氣的刺激を付与する（例えば、電圧又は電流の印加）。液晶素子 1 は、電氣的刺激に応答し、複数の螺旋状構造体 7 の配向又は位相を変化させる。例えば、刺激付与部 91 は、制御部 93 の制御を受けて、液晶素子 1 に光刺激を付与する（例えば、光の照射）。液晶素子 1 は、光刺激に応答し、複数の螺旋状構造体 7 の配向又は位相を変化させる。例えば、刺激付与部 91 は、制御部 93 の制御を受けて、液晶素子 1 に機械的刺激を付与する（例えば、応力の印加）。液晶素子 1 は、機械的刺激に応答し、複数の螺旋状構造体 7 の配向又は位相を変化させる。例えば、刺激付与部 91 は、制御部 93 の制御を受けて、液晶素子 1 に化学的刺激を付与する（例えば、化学反応の誘起）。液晶素子 1 は、化学的刺激に応答し、複数の螺旋状構造体 7 の配向又は位相を変化させる。

40

【0149】

以上、図 23 を参照して説明したように、実施形態 13 によれば、刺激を付与することによって、液晶素子 1 又はフィルムの特性を動的に制御できる。なお、刺激の付与によって、複数の螺旋状構造体 7 の位相を、同一位相から異なる位相になるように制御してもよいし、異なる位相から同一位相になるように制御してもよいし、異なる位相から他の異なる位相になるように制御してもよい。

50

【 0 1 5 0 】

(実施形態 1 4)

図 2 4 を参照して、本発明の実施形態 1 4 に係る機器 5 0 0 A について説明する。機器 5 0 0 A は、反射構造体としての液晶素子 1 A と、制御部 3 3 とを備える。液晶素子 1 A は、複数のユニット 2 9 を含む。複数のユニット 2 9 は、敷き詰めて配置されている。ユニット 2 9 の各々は略円柱状である。ユニット 2 9 の各々は、略円柱状の螺旋状構造体ユニット 3 0 と、略円柱状の支持体 3 1 と、略円柱状の回転体 3 2 とを含む。螺旋状構造体ユニット 3 0 の底面の直径と支持体 3 1 の上面の直径とは略同一である。支持体 3 1 の底面の直径と回転体 3 2 の上面の直径とは略同一である。複数のユニット 2 9 において、螺旋状構造体ユニット 3 0 の底面に対する上面に高さは略同一であり、支持体 3 1 の底面に対する上面の高さは略同一であり、回転体 3 2 の底面に対する上面の高さは略同一である。

10

【 0 1 5 1 】

螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々は複数の螺旋状構造体 7 を含む。つまり、複数の螺旋状構造体 7 が螺旋状構造体ユニット 3 0 を構成している。螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々において、複数の螺旋状構造体 7 は液晶層 3 を形成する。螺旋状構造体 7 の構成は、実施形態 1 に係る螺旋状構造体 7 の構成と同様である。以下、実施形態 1 の説明で使用した参照符号を使用して、実施形態 1 4 を説明する。ただし、図 2 4 では、図面の簡略化のため、液晶素子 1 A の各構成要素の図示を適宜省略している。

【 0 1 5 2 】

螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々は基板 5 U 及び基板 5 L を含む。螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々は微小入射面及び微小出射面を有する。微小入射面は基板 5 U に略平行であり、微小出射面は基板 5 L に略平行である。複数の微小入射面によって入射面 1 3 が形成され、複数の微小出射面によって出射面 1 5 が形成される。また、液晶素子 1 A は、単数又は複数の反射面 1 7 を有する。反射面 1 7 は入射面 1 3 と出射面 1 5 との間に位置している。

20

【 0 1 5 3 】

螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々は、単数又は複数の微小反射面を有する。反射面 1 7 は、複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 のそれぞれに含まれる少なくとも 1 つの微小反射面を含む。そして、反射面 1 7 では、複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 にわたって、反射面 1 7 に位置する複数の液晶分子 1 1 の配向方向は揃っている。換言すれば、反射面 1 7 では、複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 にわたって、複数のダイレクターが揃っている。

30

【 0 1 5 4 】

1 つの螺旋状構造体ユニット 3 0 に含まれる複数の螺旋状構造体 7 の位相は同じである。また、複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 のうち少なくとも 2 つの螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相は異なっている。その結果、反射面 1 7 は、入射面 1 3 に対して非平行である。螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相とは、螺旋状構造体 7 の位相のことである。

【 0 1 5 5 】

複数の支持体 3 1 は、複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 に対応して配置される。支持体 3 1 の各々は、対応する螺旋状構造体ユニット 3 0 を支持する。つまり、支持体 3 1 の上面に螺旋状構造体ユニット 3 0 の底面が固定されている。

40

【 0 1 5 6 】

複数の回転体 3 2 は、複数の支持体 3 1 に対応して配置されている。回転体 3 2 は、対応する支持体 3 1 を回転させる。具体的には、回転体 3 2 は、回転体 3 2 の軸線 A X の回りに、回転方向 R 1 と回転方向 R 2 とに回転可能である。回転体 3 2 が回転方向 R 1 に回転すると、支持体 3 1 及び螺旋状構造体ユニット 3 0 が回転方向 R 1 に回転する。一方、回転体 3 2 が回転方向 R 2 に回転すると、支持体 3 1 及び螺旋状構造体ユニット 3 0 が回転方向 R 2 に回転する。複数の回転体 3 2 は、互いに依存することなく、個別に回転可能である。

【 0 1 5 7 】

50

回転体 3 2 は、例えば、マイクロモーターである。複数のマイクロモーターは、例えば、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) として形成される。

【0158】

制御部 3 3 は、回転体 3 2 の各々を駆動し、回転体 3 2 を回転させる。制御部 3 3 は、例えば、コンピューターである。制御部 3 3 は、複数の回転体 3 2 を個別に制御可能である。従って、制御部 3 3 は、回転体 3 2 ごとに、回転体 3 2 の回転角度を制御する。

【0159】

次に、図 2 4 を参照して、螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相の制御について説明する。複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 の初期状態では、複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相は同じである。

10

【0160】

制御部 3 3 は、回転体 3 2 を制御することによって、螺旋状構造体ユニット 3 0 ごとに、支持体 3 1 を介して螺旋状構造体ユニット 3 0 の回転角度を制御する。そして、制御部 3 3 は、螺旋状構造体ユニット 3 0 ごとに割り当てられた回転角度（以下、「個別回転角度」と記載する。）で、螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々を停止させる。従って、螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々の位相が、個別回転角度に対応した位相に設定される。つまり、制御部 3 3 は、複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相を個別に制御できる。

【0161】

以上、図 2 4 を参照して説明したように、実施形態 1 4 によれば、回転体 3 2 は、支持体 3 1 を回転させて、螺旋状構造体ユニット 3 0 を回転させる。従って、制御部 3 3 は、複数の回転体 3 2 を制御することによって複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相を個別に制御し、入射面 1 3 に対する反射面 1 7 の姿勢を制御したり、反射面 1 7 の形状を制御したりすることができる。つまり、実施形態 1 4 では、螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相及び反射面 1 7 は可変である。その結果、1 つの液晶素子 1 A によって、異なる反射特性を有する反射面 1 7 を形成でき、液晶素子 1 A の応用範囲を更に拡張できる。換言すれば、反射面 1 7 が反射する光の波面を動的に制御できる。

20

【0162】

なお、複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相を同じに設定することもできるし、複数の螺旋状構造体ユニット 3 0 のうち、少なくとも 2 つの螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相を異ならせることもできる。少なくとも 2 つの螺旋状構造体ユニット 3 0 の位相が異なっていると、反射面 1 7 は入射面 1 3 に対して非平行である。

30

【0163】

また、螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々は、基板 5 U 及び基板 5 L を含まなくてもよい。そして、螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々は、フィルムを含んでもよい。フィルムは、実施形態 8 に係るフィルムと同様にして形成される。

【0164】

さらに、螺旋状構造体ユニット 3 0 の各々は、単数の螺旋状構造体 7 を含んでいてもよい。つまり、単数の螺旋状構造体 7 が螺旋状構造体ユニット 3 0 を構成していてもよい。そして、反射面 1 7 は、複数の螺旋状構造体 7 のそれぞれに含まれる少なくとも 1 つの第 1 端部 E 1 を含む。従って、反射面 1 7 の各々では、複数の螺旋状構造体 7 にわたって、反射面 1 7 に位置する複数の液晶分子 1 1 の配向方向は揃っている。換言すれば、反射面 1 7 の各々では、複数の螺旋状構造体 7 にわたって、複数のダイレクターが揃っている。

40

【0165】

さらに、螺旋状構造体ユニット 3 0、支持体 3 1、及び回転体 3 2 の形状は、円柱状に限定されず、任意の形状を取り得る。また、液晶素子 1 A は、実施形態 1 3 の液晶素子 1 (図 2 3) として使用することができる。

【0166】

(実施形態 1 5)

図 2 5 及び図 2 6 を参照して、本発明の実施形態 1 5 に係る液晶素子 1、製造装置、及

50

び製造方法について説明する。実施形態 15 に係る液晶素子 1 は、ホログラム素子として機能する点で、実施形態 1 に係る液晶素子 1 と異なる。具体的には、実施形態 15 の反射面の形状及び螺旋状構造体の位相が、実施形態 1 の反射面 17 の形状及び螺旋状構造体 7 の位相と異なる。実施形態 15 の螺旋状構造体の構造は、実施形態 1 の螺旋状構造体 7 の構造と同様である。また、実施形態 15 の反射面は、実施形態 1 の反射面 17 と同様に、入射面に対して非平行である。以下、実施形態 15 が実施形態 1 と異なる点を主に説明する。また、理解を容易にするために、実施形態 1 の説明で使用した参照符号を使用して、実施形態 14 を説明する。

【0167】

まず、図 25 を参照して、実施形態 15 に係る液晶素子 1 の製造装置 101 の構成を説明する。図 25 は、製造装置 101 を示すブロック図である。図 25 に示すように、製造装置 101 は、反射構造体としての液晶素子 1 を製造する。液晶素子 1 の反射面 17 は、入射面 13 から入射した光を反射し、光に対応する仮想物体の像を形成する。具体的には、反射面 17 は、入射面 13 から入射した光 L1 を反射し、光 L1 のうちの光 L3 を選択的に反射して、光 L3 に対応する仮想物体の像を形成する。仮想物体は物体の一例である。仮想物体とは、コンピューターが作り出した仮想空間に配置されている物体のことである。仮想物体は、立体であってもよいし、平面であってもよい。

10

【0168】

製造装置 101 は、情報処理装置 110 と、配向処理装置 120 と、液晶配置装置 130 とを備える。情報処理装置 110 は、物体データ作成部 111 と、位相分布データ作成部 113 と、配向処理データ作成部 115 とを含む。具体的には、情報処理装置 110 は、コンピューターであり、プロセッサと記憶装置とを有する。そして、プロセッサは、記憶装置に記憶されたコンピュータープログラムを実行することによって、物体データ作成部 111、位相分布データ作成部 113、及び配向処理データ作成部 115 として機能する。記憶装置は、例えば、半導体メモリーのようなメモリーを含み、ハードディスクドライブを含んでいてもよい。

20

【0169】

次に、図 25 及び図 26 を参照して、製造装置 101 の動作について説明する。図 26 は、製造装置 101 が実行する液晶素子 1 の製造方法を示すフローチャートである。図 26 に示すように、製造方法は、工程 S1 ~ 工程 S9 を含む。

30

【0170】

図 25 及び図 26 に示すように、工程 S1 において、物体データ作成部 111 は、仮想物体を表す物体データを作成する。具体的には、物体データは、仮想物体の形態を表す。仮想物体の形態は、仮想物体の形状、模様、若しくは色彩、又はこれらの一部若しくは全部の結合を示す。模様は記号及び図形を含む。記号は、文字、数字、及びマークを含む。

【0171】

工程 S3 において、位相分布データ作成部 113 は、物体データに基づいて、複数の螺旋状構造体 7 の位相を算出し、位相分布データ（第 1 配向データ）を作成する。位相分布データは、複数の螺旋状構造体 7 の位相の分布を示す。

【0172】

具体的には、位相分布データ作成部 113 は、物体データに基づいて、複数の螺旋状構造体 7 のそれぞれの両端部のうち、一方端部 e1 に位置する液晶分子 11（要素）の配向方向を算出し、位相分布データを作成する。従って、位相分布データは、複数の一方端部 e1 にそれぞれ位置する複数の液晶分子 11 の配向方向の分布を示す。

40

【0173】

例えば、複数の端部 e1 にそれぞれ位置する複数の液晶分子 11 が、互いに異なる配向方向を有する液晶分子 11 を含むように、位相分布データ作成部 113 は、物体データに基づいて位相分布データを作成する。なお、複数の端部 e1 にそれぞれ位置する複数の液晶分子 11 が、互いに異なる配向方向を有する液晶分子 11 を含むと、螺旋状構造体 7 の位相が異なる。従って、反射面 17 が入射面 13 に対して非平行になる。

50

【0174】

例えば、位相分布データは、端部 e 1 に位置する液晶分子 1 1 の配向方向、つまり、螺旋状構造体 7 の位相を、第 1 角度範囲内で示す。第 1 角度範囲は、例えば、0 ラジアン以上 2 ラジアン以下である。なお、例えば、液晶分子 1 1 の配向方向は液晶分子 1 1 の回転角度で示され、螺旋状構造体 7 の位相は液晶分子 1 1 の回転角度で示される。

【0175】

工程 S 5 において、配向処理データ作成部 1 1 5 は、位相分布データに基づいて、配向処理データ（第 2 配向データ）を作成する。配向処理データは、配向処理装置 1 2 0 の実行する配向処理方法に対応して作成され、配向処理装置 1 2 0 によって使用される。配向処理データは、位相分布データが示す位相の分布に対応する配向パターンを示す。具体的には、複数の端部 e 1 にそれぞれ位置する複数の液晶分子 1 1 の配向方向が位相分布データの示す配向方向を示すように、配向処理データは、配向層の表面構造及び/又は表面物性を定める。配向層は、基板 5 U 及び基板 5 L の各々に形成され、複数の液晶分子 1 1 と接触して複数の液晶分子 1 1 を配向させる。配向層は、例えば、配向膜、又は基板 5 U 及び基板 5 L の各々に形成された構造（具体的には、微細構造）である。配向層の表面物性は、例えば、配向層の液晶に対するアンカーリング方位である。

10

【0176】

例えば、配向処理データは、液晶分子 1 1 の配向方向を示す配向パターンを第 2 角度範囲内で示す。第 2 角度範囲は第 1 角度範囲の 1 / 2 である。なぜなら、液晶分子 1 1 の配向方向が、ある値から ラジアンだけ変化すると、光 L 3 の位相が、2 ラジアンだけ変化するからである。第 2 角度範囲は、例えば、 $-\pi/2$ 以上 $\pi/2$ 以下である。

20

【0177】

例えば、配向処理データ作成部 1 1 5 は、位相分布データに基づいて、配向処理方法に対応して配向処理データを作成する。例えば、配向処理方法が光配向法である場合、照射偏光に対して、液晶分子 1 1 が、平行に配向したり、垂直に配向したりする。従って、配向処理方法及び液晶材料の特性を反映して、配向処理データが作成される。

【0178】

工程 S 7 において、配向処理装置 1 2 0 は、配向処理データに従って配向層を処理する。その結果、配向層に接触した液晶分子 1 1 の配向方向が位相分布データの示す配向方向を示すように、配向層の表面構造及び/又は表面物性が変化する。なお、配向処理データに従って配向層を処理することを配向処理と記載する場合がある。

30

【0179】

例えば、配向処理装置 1 2 0 は、配向処理方法として、光配向法、マイクロラビング法、斜方蒸着法、又は構造配向法を実行することができる。

【0180】

光配向法は、基板に成膜した感光性の配向膜に偏光を照射することにより、配向膜に接触する液晶分子の配向方向を制御する。配向膜と液晶材料との組み合わせによって、液晶分子 1 1 は、照射した偏光に対して、平行に配向したり、垂直に配向したりする。

【0181】

マイクロラビング法は、基板に成膜した配向膜（例えば、ポリイミド系の配向膜）を布で擦ることにより液晶分子の配向を促す。配向膜の特性に依存して、液晶分子は、擦った方向に対して、平行又は垂直に配向する。

40

【0182】

斜方蒸着法は、基板に対して斜め方向から配向膜（例えば、二酸化ケイ素膜）を成膜することにより、配向膜に接触する液晶分子の配向を促す。成膜は原料を基板に蒸着させることにより実行される。蒸着する角度によって液晶分子の配向方向が変わる。

【0183】

構造配向法は、基板に、微細な構造を配向層として形成し、配向層に接触する液晶分子の配向を促す。例えば、棒状液晶分子は基板に形成された微細な溝構造に沿って配向する。なお、配向層の処理は、基板に、微細な構造を配向層として形成することを含む。

50

【0184】

また、例えば、工程S7では、配向層を形成した2枚の基板を重ね合わせて空の素子が作製される。作製の後に、配向処理装置120は、空の素子の配向層に対して配向処理を実行する。

【0185】

例えば、工程S7では、配向層を形成した2枚の基板を用意する。そして、配向処理装置120は、基板ごとに、配向層に対して配向処理を実行する。さらに、配向処理の後に、2枚の基板を重ね合わせて空の素子が作製される。この例では、一方の基板の配向層に対する配向パターンと他方の基板の配向層に対する配向パターンとを異ならせることができる。具体的には、一方の基板の配向層の表面構造及び/又は表面物性と、他方の基板の配向層の表面構造及び/又は表面物性とを異ならせることができる。

10

【0186】

工程S9において、液晶配置装置130は、液晶が配向層に接触するように液晶を配置する。配向層には配向処理が実行されているため、液晶の液晶分子11が配向し、液晶層3が形成される。その結果、液晶素子1が製造される。例えば、液晶配置装置130は、配向処理後の配向層を有する空の素子に液晶を封入し、液晶を配向層に接触させる。

【0187】

なお、工程S7と工程S9との順番を入れ替え、工程S9を工程S7の前で実行することができる。例えば、工程S9において、液晶が配向処理前の配向層に接触するように、液晶配置装置130は液晶を配置する。例えば、液晶配置装置130は、配向処理前の配向層を有する空の素子に液晶を封入し、液晶を配向層に接触させる。次に、工程S7において、配向処理装置120は、配向処理データに従って配向層を処理する。従って、液晶の液晶分子11が配向し、液晶層3が形成される。その結果、液晶素子1が製造される。

20

【0188】

以上、図25及び図26を参照して説明したように、実施形態15によれば、ホログラム素子として機能する液晶素子1を製造できる。

【0189】

すなわち、製造装置101は、仮想物体を表す物体データに基づいて位相分布データを作成し、位相分布データに基づいて配向処理データを作成する。従って、液晶層3には、仮想物体の像が、複数の螺旋状構造体の位相として記録される。換言すれば、仮想物体の像が、反射面17の形状として液晶層3に記録される。そして、反射面17に光を照射し、反射面17が光を反射することにより、記録された仮想物体の像が再生される。つまり、液晶素子1がホログラム素子として機能する。このように、実施形態15では、ホログラム素子として機能する液晶素子1を製造できる。

30

【0190】

また、実施形態15によれば、配向処理を実行して液晶分子11を配向させ、仮想物体の像を、複数の螺旋状構造体の位相として記録させる。従って、一般的なホログラム素子と比較して、ホログラム素子として機能する液晶素子1を容易に製造できる。なお、一般的なホログラム素子では、例えば、半導体製造用の電子線描画装置により原版を微細加工して記録処理することが要求される。

40

【0191】

さらに、実施形態15によれば、仮想物体を任意に設定して、物体データを作成できる。従って、所望の仮想物体の像を液晶素子1に容易に記録させることができる。

【0192】

さらに、実施形態15によれば、液晶素子1は、入射面13から入射した光を反射し、光に対応する仮想物体の像を形成する。つまり、液晶素子1は、仮想物体の像を記録及び再生でき、ホログラム素子として機能する。その結果、液晶素子1の応用範囲を更に拡張できる。例えば、液晶素子1をセキュリティ素子として機能させることができる。例えば、セキュリティ素子としての液晶素子1は、再生する像(例えば、図柄)を、入射する偏光に依存して変化させる。この場合、特に、真贋判定において有効である。例えば、セキ

50

セキュリティ素子としての液晶素子 1 は、特定の偏光の光を入射したときだけ、像（例えば、図柄）を再生する。この場合も、特に、真贋判定において有効である。実施形態 15 では、液晶層 3 の円偏光選択性を有効に活用できる。例えば、液晶素子 1 を透明なセキュリティ素子として機能させることができる。具体的には、不可視波長域（例えば、近赤外域）の光を反射するようにピッチ p を設定する。従って、液晶素子 1 に可視波長域の光が入射した場合、液晶素子 1 は透明である。一方、液晶素子 1 に不可視波長域（例えば、近赤外域）の光を照射した場合、仮想物体の像が形成される。

【0193】

なお、液晶素子 1 は、基板 5 U 及び基板 5 L を含まなくてもよい。具体的には、液晶層 3 によって、反射構造体としてのフィルムを形成してもよい。フィルムは、実施形態 8 に係るフィルムと同様にして形成される。フィルムは、例えば、液晶素子 1 と同様に、セキュリティ素子又はセキュリティシールとして機能できる。なお、実施形態 15 に係る液晶素子 1 は、実施形態 13 の液晶素子 1（図 23）として使用することができる。

10

【0194】

次に、本発明が実施例に基づき具体的に説明されるが、本発明は以下の実施例によって限定されない。

【実施例】

【0195】

（実施例 1）

図 1 及び図 27（a）を参照して、本発明の実施例 1 に係る液晶素子 1 について説明する。液晶素子 1 としては、実施形態 1 に係る液晶素子 1 を使用した。そして、液晶素子 1 に光を照射し、反射した光 L3 をマイケルソン干渉計によって観測した。

20

【0196】

図 27（a）は、実施例 1 に係る液晶素子 1 の構造を表す干渉縞を示す図である。図 27（a）に示すように、反射面 17（つまり、波面 F3）に対応して傾斜している干渉縞が観測された。

【0197】

（実施例 2）

図 5 及び図 27（b）を参照して、本発明の実施例 2 に係る液晶素子 1 について説明する。液晶素子 1 としては、実施形態 1 の変形例に係る液晶素子 1 を使用した。そして、液晶素子 1 に光を照射し、反射した光 L3 をマイケルソン干渉計によって観測した。

30

【0198】

図 27（b）は、実施例 2 に係る液晶素子 1 の構造を表す干渉縞を示す図である。図 27（b）に示すように、反射面 17（つまり、波面 F3）に対応して傾斜している干渉縞が観測された。

【0199】

図 27（a）及び図 27（b）に示すように、実施例 2 に係る液晶素子 1 の干渉縞の傾斜は、実施例 1 に係る液晶素子 1 の干渉縞の傾斜よりも大きいことが観測され、実施例 2 に係る液晶素子 1 の反射面 17 の傾斜角度 θ_2 （つまり、光 L3 の波面 F3 の傾斜角度 θ_4 ）が実施例 1 に係る液晶素子 1 の反射面 17 の傾斜角度 θ_1 （つまり、光 L3 の波面 F3 の傾斜角度 θ_3 ）よりも大きいことを確認できた。

40

【0200】

（実施例 3）

図 28 を参照して、本発明の実施例 3 に係る液晶素子 1 について説明する。液晶素子 1 としては、図 7 を参照して説明した実施形態 2 に係る液晶素子 1 を使用した。

【0201】

液晶素子 1 に光を照射し、反射した光 L3 をマイケルソン干渉計によって観測した。図 28 は、実施例 3 に係る液晶素子 1 の構造を表す干渉像を示す図である。図 28 に示すように、図 9（a）に示した位相分布と同様の位相分布が観測された。

【0202】

50

また、液晶素子 1 にレーザー光を照射し、反射した光 L 3 を観測した。図 29 (a) は、実施例 3 に係る液晶素子 1 が反射した光 L 3 を示す図である。図 29 (b) は、比較例に係る液晶素子が反射した光を示す図である。比較例に係る液晶素子の複数の反射面は入射面に略平行であった。図 29 (a) 及び図 29 (b) に示すように、実施例 3 では、比較例よりも、反射した光 L 3 が広がっていることが観測された。

【 0 2 0 3 】

(実施例 4)

図 30 を参照して、本発明の実施例 4 に係る液晶素子 1 について説明する。液晶素子 1 としては、図 10 を参照して説明した実施形態 3 に係る液晶素子 1 を使用した。そして、液晶素子 1 に光を照射し、反射した光 L 3 をマイケルソン干渉計によって観測した。

10

【 0 2 0 4 】

図 30 は、実施例 4 に係る液晶素子 1 の構造を表す干渉像を示す図である。図 30 に示すように、図 12 に示した位相分布と同様の位相分布が観測された。

【 0 2 0 5 】

(実施例 5)

図 31 を参照して、本発明の実施例 5 に係る液晶素子 1 について説明する。液晶素子 1 としては、図 13 を参照して説明した実施形態 4 に係る液晶素子 1 を使用した。そして、液晶素子 1 に光を照射し、反射した光 L 3 をマイケルソン干渉計によって観測した。

【 0 2 0 6 】

図 31 は、実施例 5 に係る液晶素子 1 の構造を表す干渉像を示す図である。図 31 に示すように、一般的に使用される光渦を発生させるためのホログラムパターンと同様の干渉像が観測された。この観測結果は、液晶素子 1 によって光渦を発生できることを裏付けた。

20

【 0 2 0 7 】

(実施例 6)

図 32 ~ 図 35 を参照して、本発明の実施例 6 に係る液晶素子 1 の製造装置 101 について説明する。製造装置 101 としては、図 25 及び図 26 を参照して説明した実施形態 15 に係る製造装置 101 を使用した。

図 32 は、製造装置 101 が作成した物体データ D1 を示す図である。図 32 に示すように、物体データ作成部 111 は、仮想物体を表す物体データを作成した。仮想物体は、平面であり、図柄と文字列とを含んでいた。

30

【 0 2 0 8 】

図 33 は、製造装置 101 が作成した位相分布データ D2 を示す図である。図 33 に示すように、位相分布データ作成部 113 は、物体データ D1 に基づいて位相分布データ D2 を作成した。位相分布データ D2 は、第 1 角度範囲内で示された。第 1 角度範囲は、0 ラジアン以上 2 ラジアン以下であった。

【 0 2 0 9 】

なお、図 33 では、0 ラジアンの位相を黒色で表し、2 ラジアンの位相を白色で表す。0 ラジアンと 2 ラジアンとの間は、濃度の異なる灰色で示される。濃い灰色ほど 0 ラジアンに近い値を示し、薄い灰色ほど 2 ラジアンに近い値を示す。

40

【 0 2 1 0 】

図 34 は、製造装置 101 が作成した配向処理データ D3 を示す図である。図 34 に示すように、配向処理データ作成部 115 は、位相分布データ D2 に基づいて配向処理データ D3 を作成した。配向処理データ D3 は、第 2 角度範囲内で示された。第 2 角度範囲は、 $-\pi/2$ 以上 $\pi/2$ ラジアン以下であった。

【 0 2 1 1 】

なお、図 34 では、 $-\pi/2$ ラジアンの位相を黒色で表し、 $\pi/2$ ラジアンの位相を白色で表す。0 ラジアンの位相は、黒色と白色との中間の濃度を有する灰色で示される。 $-\pi/2$ ラジアンと $\pi/2$ ラジアンとの間は、濃度の異なる灰色で示される。濃い灰色ほど $-\pi/2$ ラジアンに近い値を示し、薄い灰色ほど $\pi/2$ ラジアンに近い値を示す。

50

【0212】

次に、配向処理装置120は、配向処理データD3に従って配向層を処理した。具体的には、配向層を形成した2枚の基板を重ね合わせて空の素子が作製された。そして、作製の後に、配向処理装置120は、空の素子の配向層に対して配向処理を実行した。

【0213】

次に、液晶配置装置130は、空の素子に液晶を封入し、液晶を配向層に接触させて、液晶層3を形成した。その結果、液晶素子1が製造された。

【0214】

次に、液晶素子1に、偏光子を介してレーザー光を照射した。そして、液晶素子1は、スクリーンに向けてレーザー光を反射した。その結果、仮想物体の像が、スクリーンに投影され、スクリーンに形成された。

10

【0215】

図35は、仮想物体の像141を示す図である。図35に示すように、仮想物体の像141がスクリーン140に形成された。つまり、仮想物体の像141がスクリーン140上で再生された。像141は、物体データD1(図32)の表す仮想物体を表していた。具体的には、像141は、仮想物体の表す図柄と文字列とを含んでいた。

【0216】

以上、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明した。但し、本発明は、上記の実施形態及び実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の態様において実施することが可能である(例えば、下記に示す(1)~(14))。また、上記の実施形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることによって、種々の発明の形成が可能である。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる3実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。図面は、理解しやすくするために、それぞれの構成要素を主体に模式的に示しており、図示された各構成要素の厚み、長さ、個数、間隔等は、図面作成の都合上から実際とは異なる場合もある。また、上記の実施形態で示す各構成要素の材質、形状、寸法等は一例であって、特に限定されるものではなく、本発明の効果から実質的に逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

20

【0217】

(1)実施形態1では(図1~図3)、液晶素子1は1周期(T_1)を含み、実施形態1に係る変形例では(図4~図6)、液晶素子1は2周期($2 \times T_2$)を含んでいる。ただし、液晶素子1は、3以上の複数の周期 T を含んでいてもよい。また、図2に示すように、第3方向 A_3 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体7の位相は第3方向 A_3 に沿って揃っていた。ただし、第2方向 A_2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体7の位相が第2方向 A_2 に沿って一定回転方向(第1回転方向)に向かって変化し、第3方向 A_3 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体7の位相が第3方向 A_3 に沿って一定回転方向(第2回転方向)に向かって変化していてもよい。換言すれば、第2方向 A_2 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体7において、複数の第1端部 E_1 は、入射面13に対して直線状に傾斜し、第3方向 A_3 に沿って並んだ複数の螺旋状構造体7において、複数の第1端部 E_1 は、入射面13に対して直線状に傾斜していてもよい。その結果、入射面13に対する反射面17の傾斜を任意に設定できる。これらのことは、実施形態5(図18)でも同様である。なお、第1回転方向と第2回転方向とは、同じであってもよいし、異なってもよい。

30

40

【0218】

(2)実施形態2において(図7~図9)、反射面17aは1以上であれば、任意の数だけ形成できる。また、反射面17bを形成しなくてもよいし、任意の数だけ形成してもよい。反射面17は対称でなくてもよい。

【0219】

また、実施形態2では、反射面17は入射面13に向かって凸状に湾曲している。ただし、反射面17は入射面13から離れるように凹状に湾曲していてもよい。この場合、反射面17は、光 L_1 のうち光 L_3 が集光するように光 L_3 を反射する。また、図8におい

50

て、Z軸の正方向を上方向としたときに、反射面17は、上下を反転させた構成になる。この場合、反射面17は、フレネルレンズを形成する。また、周期Tを大きくするほど反射面17の曲率半径が大きくなるため、光L3の焦点距離を長くでき、周期Tを小さくするほど反射面17の曲率半径が小さくなるため、光L3の焦点距離を短くできる。

【0220】

さらに、実施形態2では、反射面17の対称軸B1は、第1方向A1に略平行であるが、第1方向A1に対して傾斜していてもよい。この場合、反射面17の向きが変わるため、光L3を偏向させつつ拡散できる。

【0221】

(3)実施形態5において(図18)、ピッチp及びハーフピッチhpの各々は、入射面13から離れるに従って長くなる。ただし、ピッチp及びハーフピッチhpの各々は、各螺旋状構造体7において、入射面13から離れるに従って短くなっていてもよいし、長短が交互になっていてもよい。また、反射面17は、入射面13に略平行であってもよい。また、ピッチpだけを変化させて、1つのピッチp内の2つのハーフピッチhpが同じでもよい。

10

【0222】

また、実施形態5では、1ハーフピッチhp内において、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向は、一定回転角度で変化している。ただし、1ハーフピッチhp内において、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向が、連続的に増大する回転角度で変化していてもよいし、連続的に減少する回転角度で変化していてもよい。すなわち、各螺旋状構造体7において、端部e1から端部e2まで、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向が、連続的に増加する回転角度で変化していてもよいし、連続的に減少する回転角度で変化していてもよい。例えば、各螺旋状構造体7において、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向は、端部e1から端部e2に向かって周期が変化する正弦関数又は余弦関数(つまり、チャープしている正弦波又は余弦波)によって表される。

20

【0223】

図36を参照して、実施形態5の変形例として、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向が、連続的に増加する回転角度で変化している例を説明する。図36は、実施形態5の変形例に係る液晶素子1の螺旋状構造体7を構成する複数の液晶分子11の配向方向の変化を示す図である。図36では、横軸は、端部e1から端部e2に向かう距離を示し、横軸の「0」は端部e1の位置を示し、横軸の「1」は端部e2の位置を示す。縦軸は、ある螺旋状構造体7において、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向を示す。

30

【0224】

図36に示すように、ある螺旋状構造体7において、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向は、端部e1から端部e2に向かって周期が長くなるように変化する正弦関数(又は余弦関数)によって表される。第2方向A2に沿って並んでいる各螺旋状構造体7では、互いに位相が異なるだけで、同様に、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向は、端部e1から端部e2に向かって周期が長くなるように変化する正弦関数(又は余弦関数)によって表される。なお、ある螺旋状構造体7において、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向は、端部e1から端部e2に向かって周期が短くなるように変化する正弦関数(又は余弦関数)によって表されてもよい。第2方向A2に沿って並んでいる各螺旋状構造体7では、互いに位相が異なるだけで、同様に、第1方向A1に沿った複数の液晶分子11の配向方向は、端部e1から端部e2に向かって周期が短くなるように変化する正弦関数(又は余弦関数)によって表される。

40

【0225】

(4)実施形態1~実施形態8、実施形態14、及び実施形態15では、光L1を、入射面13に対して入射角度が略90度になるように、入射面13に入射させたが、入射面13に対して入射角度が鋭角になるように、入射面13に入射させることもできる。実施

50

形態 6 の入射面 19 に入射する光についても同様である。

【0226】

(5) 実施形態 1 ~ 実施形態 8 及び実施形態 15 では、1 つの液晶素子 1 又は 1 つのフィルムについて説明した。ただし、複数の液晶素子 1 が密着するように、複数の液晶素子 1 を第 1 方向 A1 に沿って並べて配置することができる。また、複数のフィルムが密着するように、複数のフィルムを第 1 方向 A1 に沿って並べて配置することができる。複数のフィルムの各々は、液晶層 3 を重合させて製造される。これらの例において、複数の液晶層 3 の反射面 17 は、同じであってもよいし、異なってもよい。例えば、液晶層 3 として、実施形態 1 (変形例を含む。) ~ 実施形態 7 及び実施形態 15 に係る液晶層 3 を採用できる。また、複数の液晶層 3 において、螺旋状構造体 7 の螺旋の回転方向は、互いに同じであってもよいし、互いに異なってもよい。

10

【0227】

(6) 実施形態 1 ~ 実施形態 8、実施形態 14、及び実施形態 15 における反射面 17 について、円偏光の光に含まれる偏光成分との関係で説明する。一般的に、媒質は円偏光の光に対してブラッグ反射を示す。ブラッグ反射される円偏光の光は螺旋状の空間分布を有する。そして、円偏光の光と螺旋状構造体 7 との重なり方によって、円偏光の光が感じる屈折率が、液晶分子 11 の長軸方向の屈折率から液晶分子 11 の短軸方向の屈折率まで、正弦的に連続に変化する。

【0228】

図 37 を参照して、円偏光の光が感じる屈折率の変化について説明する。図 37 (a) ~ 図 37 (c) は、実施形態 1 ~ 実施形態 8、実施形態 14、及び実施形態 15 に係る液晶素子 1、フィルム、又は液晶素子 1A に入射し得る円偏光の光 CL が感じる屈折率の変化を示す図である。図 37 (a) に示すように、ある時刻において、円偏光の光 CL は、液晶分子 11 の長軸方向の屈折率を感じる。理解の容易のため、図 37 (a) において、長軸方向を棒 LD で示している。また、図 37 (b) に示すように、ある時刻において、円偏光の光 CL は、液晶分子 11 の長軸と短軸との中間方向の屈折率を感じる。理解の容易のため、図 37 (b) において、中間方向を棒 LD で示している。さらに、図 37 (c) に示すように、ある時刻において、円偏光の光 CL は、液晶分子 11 の短軸方向の屈折率を感じる。理解の容易のため、図 37 (c) において、短軸方向を棒 LD で示している。

20

30

【0229】

円偏光の光 CL の進行に伴って、屈折率が徐々に変化するので、フレネル反射が徐々に起こる。屈折率が最も大きく変化する位置、すなわち、光 CL の電界ベクトルの方向が螺旋状構造体 7 中の各液晶分子 11 に対して 45 度ずれた位置 (又は 45 度ずれた位置から更に 90 度回転した位置) において、フレネル反射が最も強く起こる。換言すれば、光 CL と螺旋状構造体 7 との重なり方が図 37 (b) に示すようになったとき、フレネル反射が最も強く起こる。フレネル反射が最も強く起こる面が反射面 17 である。

【0230】

フレネル反射が最も強く起こる位置は、円偏光の光 CL の偏光成分ごとに異なる。従って、図 1、図 5、図 7、図 10、図 14、図 18、及び図 19 では、円偏光の光 CL (光 L3 に相当) のうち、ある偏光成分に対する反射面 17 が示されている。光 CL は、偏光成分として、X 軸方向に沿って振動する光と、Y 軸方向に沿って振動する光と、X 成分と Y 成分との双方を有する光とを有する。

40

【0231】

(7) 実施形態 1 ~ 実施形態 8、実施形態 14、及び実施形態 15 において、液晶層 3 が、コレステリック相以外のカイラル液晶相であってもよい。つまり、複数の螺旋状構造体 7 は、コレステリック相以外のカイラル液晶相を形成していてもよい。コレステリック相以外のカイラル液晶相は、例えば、カイラルスメクチック C 相、ツイストグレインパウダリー相、又はコレステリックブルー相である。また、コレステリック相は、例えば、ヘリコイダルコレステリック相であってもよい。さらに、実施形態 14 及び実施形態 15

50

において、複数の螺旋状構造体 7 はコレステリックブルー相を形成していてもよい。

【0232】

(8) 複数のフレーク状物体を形成し、流体(例えば、液体)又は樹脂に分散させ、素子又はフィルムを形成することができる。この場合、反射構造体としてのフレーク状物体の各々は、実施形態 1 ~ 実施形態 8、実施形態 14、及び実施形態 15 のいずれかの液晶層 3 と同様の構成を有する。また、この場合の素子又はフィルムを反射構造体として捉えることもできる。

【0233】

(9) 本発明の適用は、液晶に限定されない。例えば、実施形態 1 ~ 実施形態 8、実施形態 14、及び実施形態 15 において、液晶層 3 に代えて、カイラルな構造体を配置してもよい。つまり、複数の螺旋状構造体 7 は、カイラルな構造体を形成してもよい。カイラルな構造体は、例えば、螺旋無機物、螺旋金属、又は螺旋結晶である。なお、基板 5U 及び基板 5L は、配置してもよいし、配置しなくてもよい。

10

【0234】

螺旋無機物は、例えば、Chiral Sculptured Film(以下、「CSF」と記載する。)である。CSF は、基板を回転させながら無機物を基板に蒸着した光学薄膜であり、螺旋状の微細構造を有する。その結果、CSF は、コレステリック液晶と同様の光学特性を示す。

【0235】

螺旋金属は、例えば、Helix Metamaterial(以下、「HM」と記載する。)である。HM は、金属を微細な螺旋構造体に加工した物質であり、コレステリック液晶のように円偏光を反射する。

20

【0236】

螺旋結晶は、例えば、Gyroid Photonic Crystal(以下、「GPC」と記載する。)である。GPC は、3次元的な螺旋構造を有する。一部の昆虫又は人工構造体は GPC を含む。GPC は、コレステリックブルー相のように円偏光を反射する。

【0237】

(10) 実施形態 15 に係る液晶素子 1 は、基板 5U 及び基板 5L を備える。ただし、液晶層 3 によって、反射構造体としてのフィルムを形成することもできる。例えば、図 26 に示すように、工程 S7 では、配向層を形成した 1 枚の基板を用意する。そして、配向処理装置 120 は、配向層に対して配向処理を実行する。次に、例えば、工程 S9 では、液晶配置装置 130 は、配向処理後の配向層の表面に塗布法により液晶を塗布し、液晶を配向層に接触させる。その結果、液晶層 3 が形成される。そして、実施形態 8 に係るフィルムと同様にして、液晶層 3 からフィルムを形成する。つまり、フィルムを製造する。

30

【0238】

また、フィルムを製造する場合に、工程 S7 と工程 S9 との順番を入れ替え、工程 S9 を工程 S7 の前で実行することができる。例えば、工程 S9 において、液晶配置装置 130 は、配向処理前の配向層の表面に塗布法により液晶を塗布し、液晶を配向層に接触させる。次に、工程 S7 において、配向処理装置 120 は、配向処理データに従って配向層を処理する。従って、液晶の液晶分子 11 が配向し、液晶層 3 が形成される。そして、実施形態 8 に係るフィルムと同様にして、液晶層 3 からフィルムを形成する。つまり、フィルムを製造する。

40

【0239】

なお、フィルムを基板から剥離してもよいし、フィルムを基板に配置したままでもよい。

【0240】

また、複数のフィルムを製造して、複数のフィルムを多層化することもできる。この場合、例えば、多層化された複数のフィルムは、互いに異なる仮想物体の像を形成でき、応用範囲を更に拡張できる。

50

【0241】

例えば、第1層のフィルムが仮想物体としてのリンゴの「軸」の像を茶色で形成し、第2層のフィルムが仮想物体としてのリンゴの「葉」の像を緑色で形成し、第3層のフィルムが仮想物体としてのリンゴの「果実」の像を赤色で形成する。その結果、「軸」と「葉」と「果実」とで、カラーのリンゴの像が形成される。この例では、第1層のフィルムによって反射される光の波長が茶色を示すように、第1層のフィルムに含まれる螺旋状構造体7のピッチ p を設定する。また、第2層のフィルムによって反射される光の波長が緑色を示すように、第2層のフィルムに含まれる螺旋状構造体7のピッチ p を設定する。さらに、第3層のフィルムによって反射される光の波長が赤色を示すように、第3層のフィルムに含まれる螺旋状構造体7のピッチ p を設定する。そして、積層された第1層～第3層のフィルムに白色光を照射する。

10

【0242】

例えば、ある偏光の光を照射したときは、第1層のフィルムが第1の仮想物体の像を形成し、他の偏光の光を照射したときは、第2層のフィルムが第2の仮想物体の像を形成する。本発明では、液晶層3の円偏光選択性を有効に活用できる。

【0243】

(11) 例えば、実施形態1～実施形態8、実施形態14、及び実施形態15に係る液晶素子1、フィルム、又は液晶素子1A(以下、「液晶素子1等」と記載する。)は、ホログラフィック光学素子として機能することができる。例えば、液晶素子1等は、光を特定の方向に反射又は拡散させることで、折り返しミラー、スクリーン、又はレンズとして機能する。例えば、ホログラフィック光学素子は、ウェアラブルディスプレイに搭載できる。

20

【0244】

例えば、液晶素子1等は、装飾用素子又は装飾用フィルムとして機能することができる。例えば、液晶素子1等は、どの角度から見ても同じ色の光を反射する。その結果、液晶素子1等は、半透過型かつ金属光沢を有する装飾用素子又は装飾用フィルムとして機能する。

【0245】

(12) 実施形態15及び上記(10)に示す製造装置101及び製造方法は、実施形態1～実施形態7に係る液晶素子1、実施形態8に係るフィルム、及び実施形態14に係る液晶素子1A(具体的には螺旋状構造体ユニット30)の製造に適用できる。この場合、物体データ作成部111及び工程S1を設けなくてもよい。そして、位相分布データ作成部113は、液晶層3に反射面17が形成されるように、位相分布データを作成する。

30

【0246】

(13) 実施形態1～実施形態8、実施形態14、及び実施形態15では、一例として、隣り合う螺旋状構造体7のピッチ p が略同一であり、隣り合う螺旋状構造体7のハーフピッチ h_p が略同一であることを示した。ただし、反射面17が入射面13に対して非平行である限り、つまり、隣り合う螺旋状構造体7の位相が異なる限り、隣り合う螺旋状構造体7のピッチ p が異なってもよいし、隣り合う螺旋状構造体7のハーフピッチ h_p が異なってもよい。

40

【0247】

(14) 実施形態1～実施形態8及び実施形態15に係る液晶素子1及びフィルムにおいて、螺旋状構造体7の螺旋の回転方向は、液晶素子1及びフィルムが設置されている環境(例えば、温度)に依存して変化してもよい。ただし、変化前及び/又は変化後において、反射面17は入射面13に対して非平行、つまり、隣り合う螺旋状構造体7の位相は異なる。

【産業上の利用可能性】

【0248】

本発明は、反射構造体(例えば、素子又はフィルム)、反射構造体を備える機器、及び反射構造体の製造方法を提供するものであり、産業上の利用可能性を有する。

50

【符号の説明】

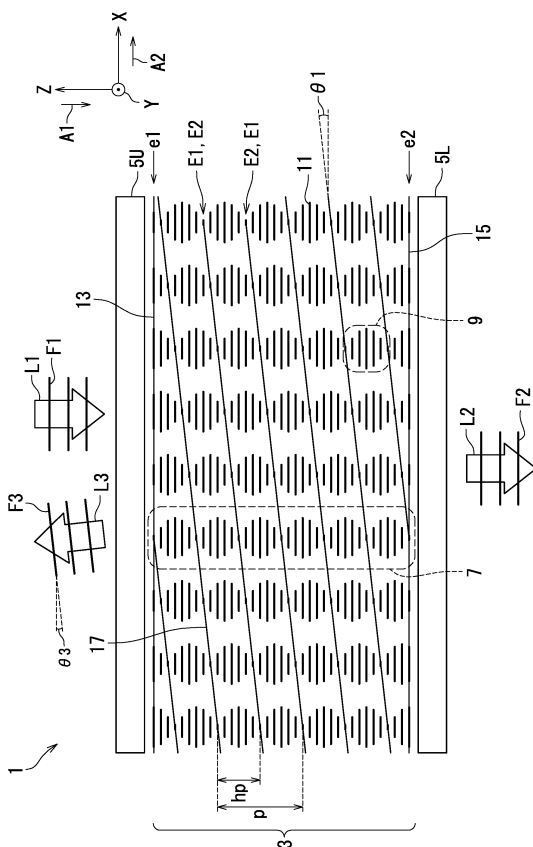
【0249】

- 1、1 A 液晶素子（反射構造体）
- 7 螺旋状構造体
- 9、9 A 構造単位
- 11 液晶分子（要素）
- 13 入射面（第1入射面）
- 17 反射面
- 19 入射面（第2入射面）
- 30 螺旋状構造体ユニット
- 31 支持体
- 32 回転体
- 91 刺激付与部
- 93 制御部
- 500 機器
- A1 第1方向（所定方向）
- B1 対称軸
- E1 第1端部
- E2 第2端部
- p ピッチ
- h p ハーフピッチ

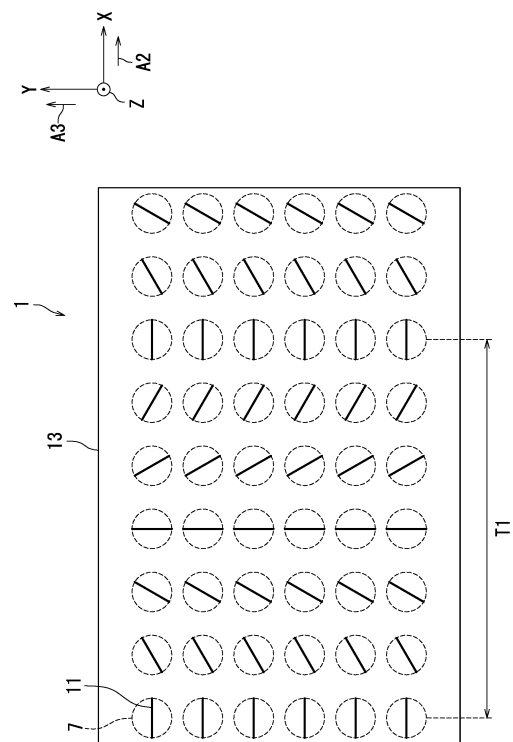
10

20

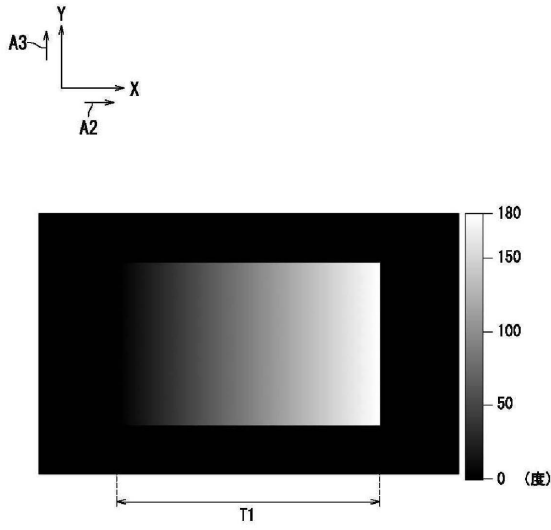
【図1】



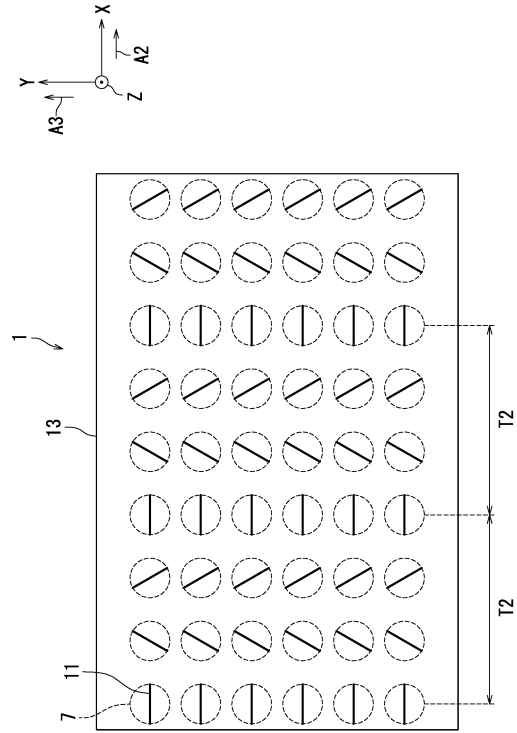
【図2】



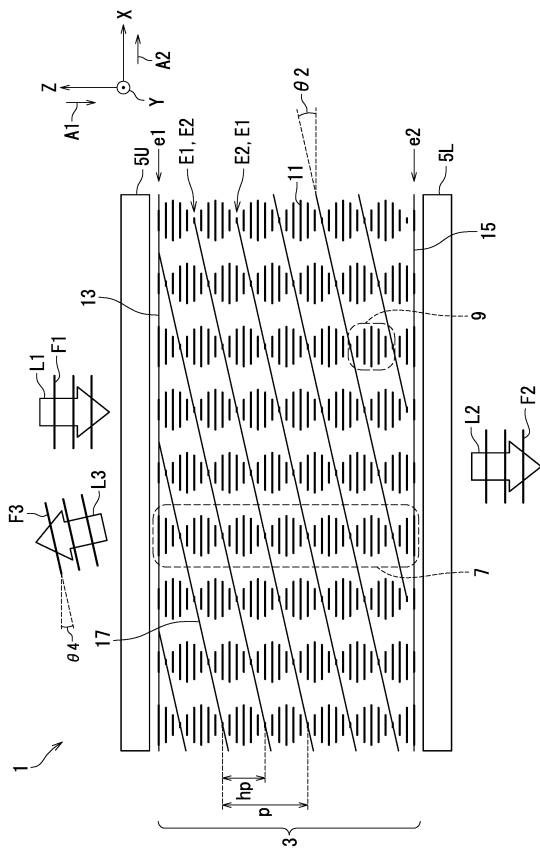
【 図 3 】



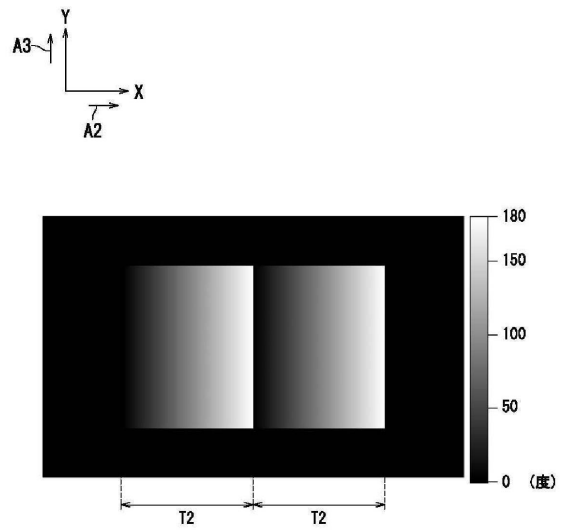
【 図 4 】



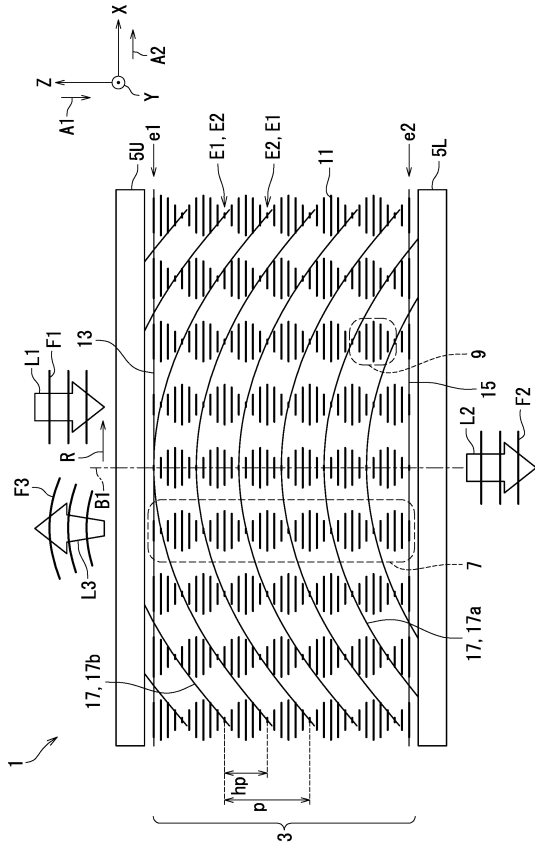
【 図 5 】



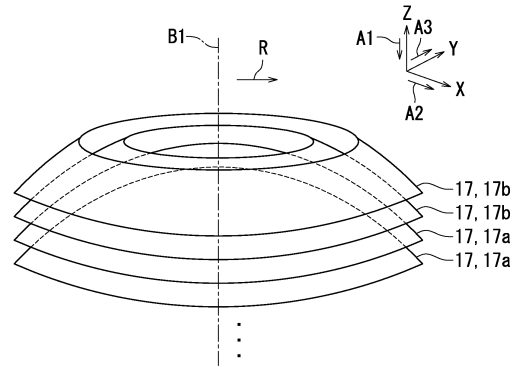
【 図 6 】



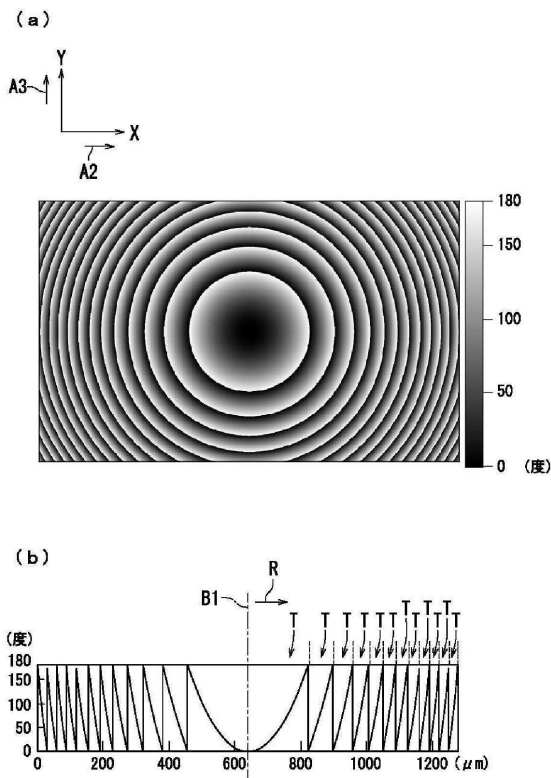
【図7】



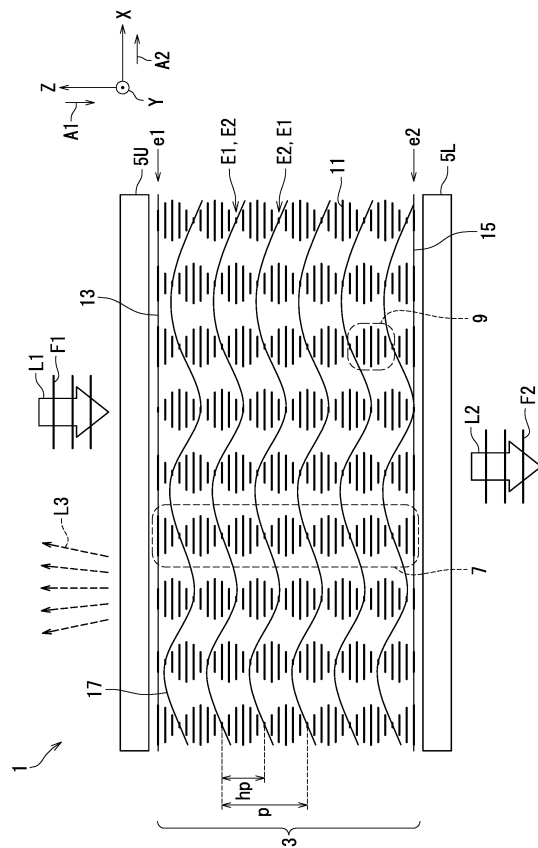
【図8】



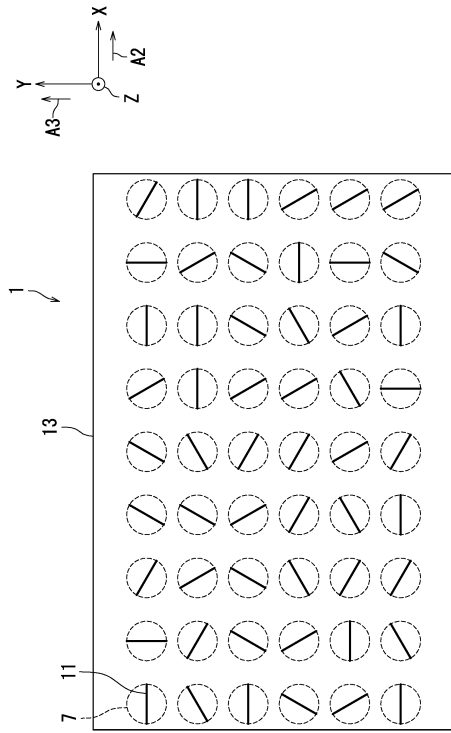
【図9】



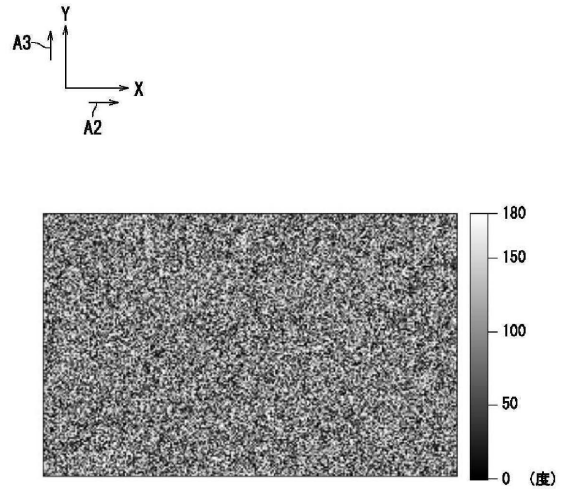
【図10】



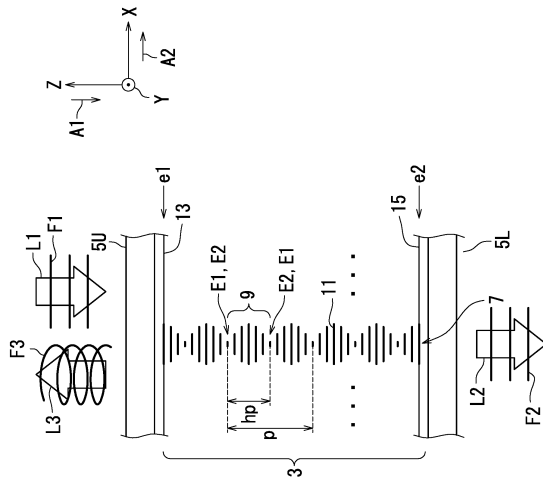
【図 1 1】



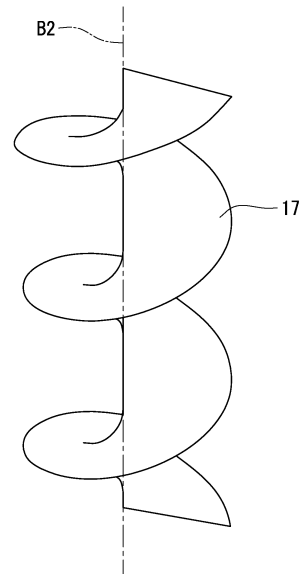
【図 1 2】



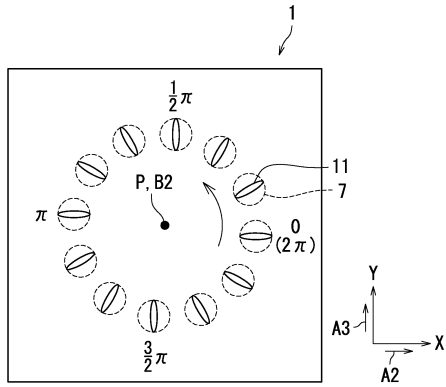
【図 1 3】



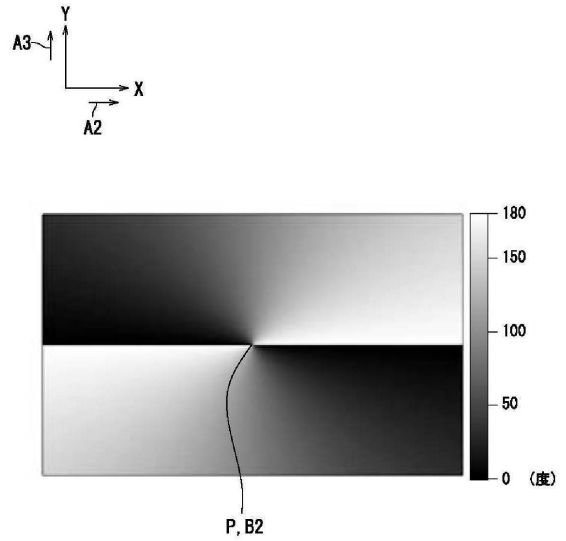
【図 1 4】



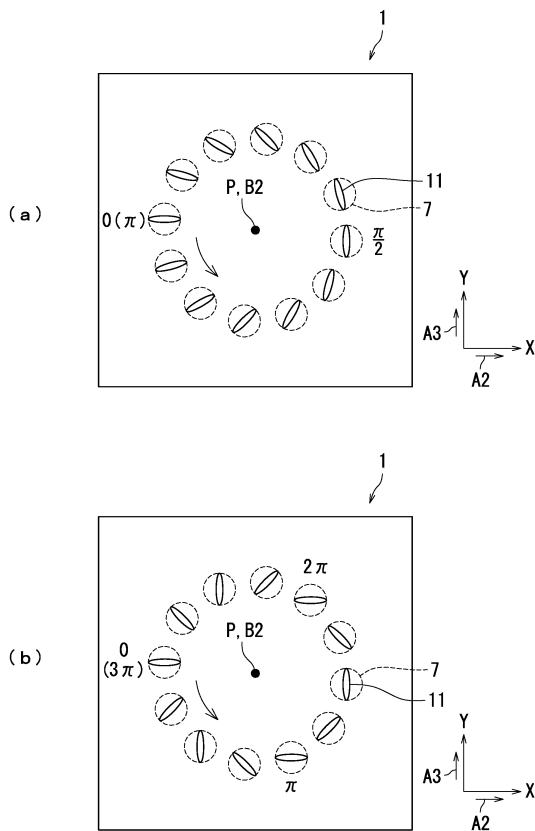
【 図 1 5 】



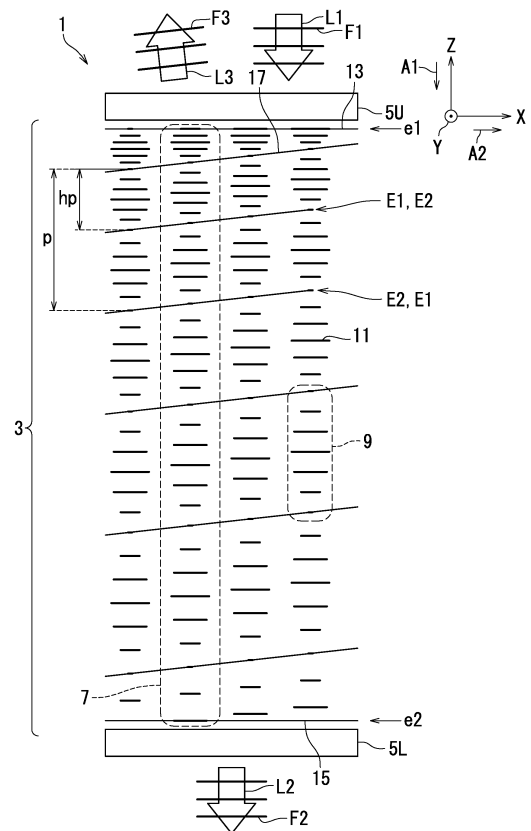
【 図 1 6 】



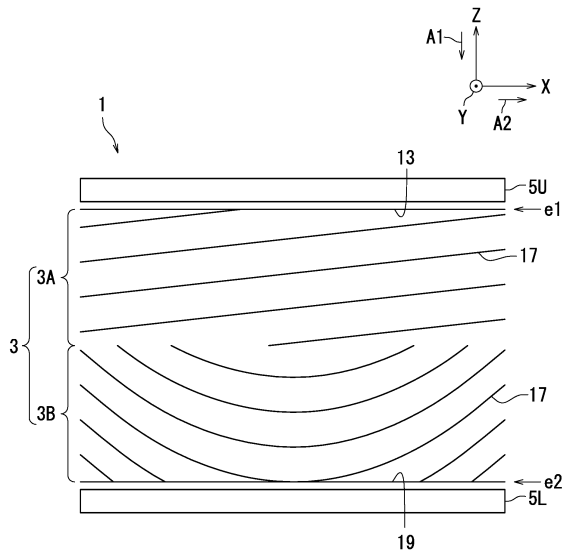
【 図 1 7 】



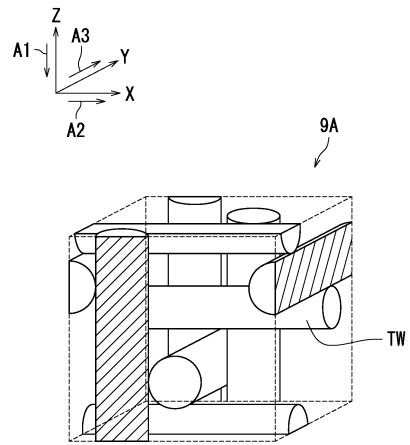
【 図 1 8 】



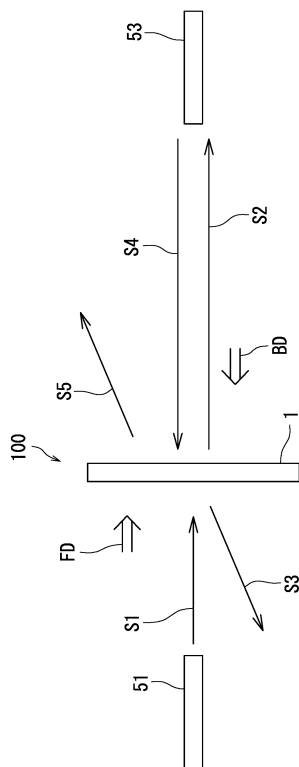
【図19】



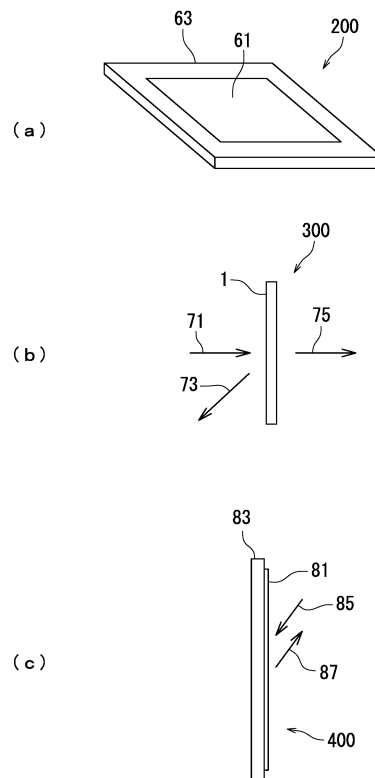
【図20】



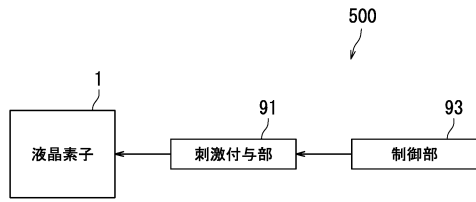
【図21】



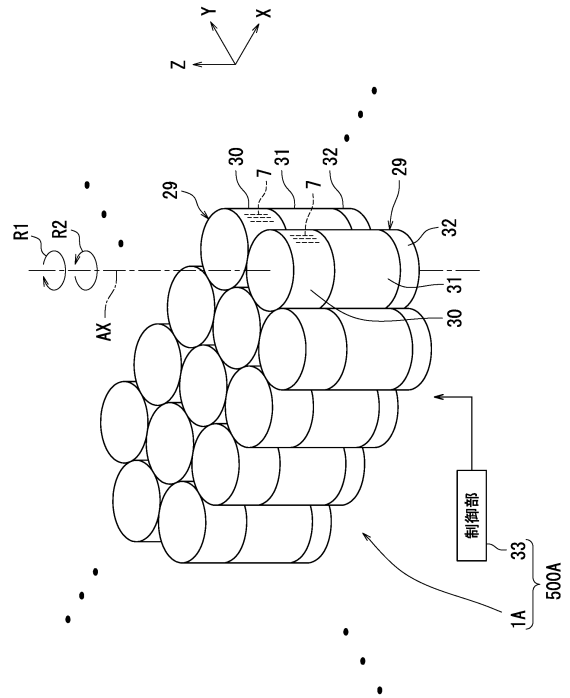
【図22】



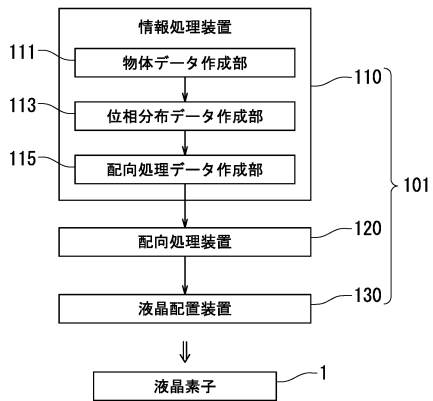
【図23】



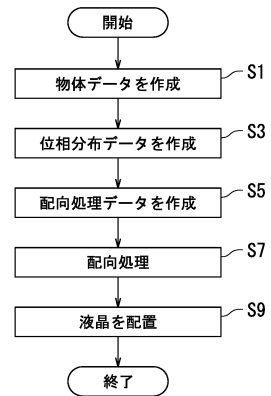
【図24】



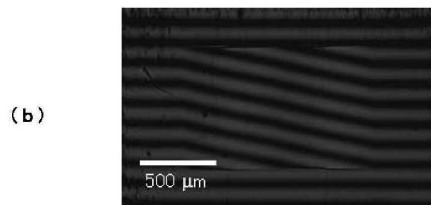
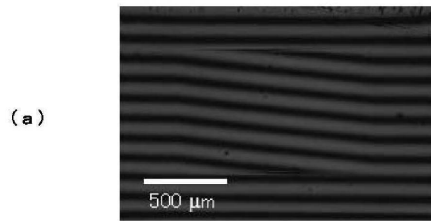
【図25】



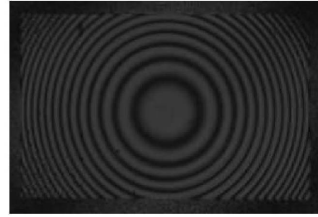
【図26】



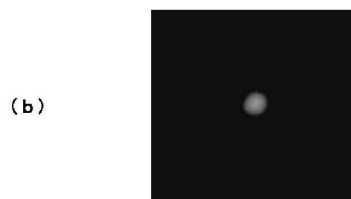
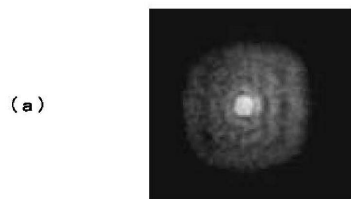
【 図 2 7 】



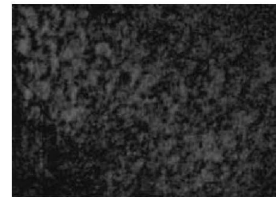
【 図 2 8 】



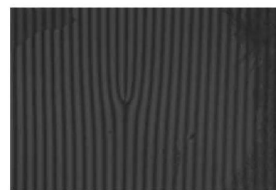
【 図 2 9 】



【 図 3 0 】



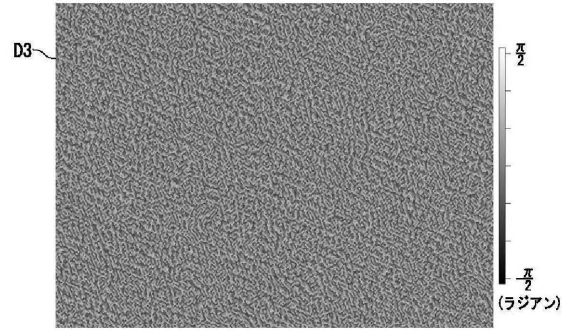
【 図 3 1 】



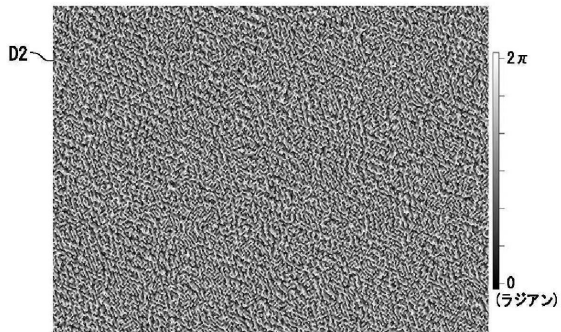
【図 3 2】



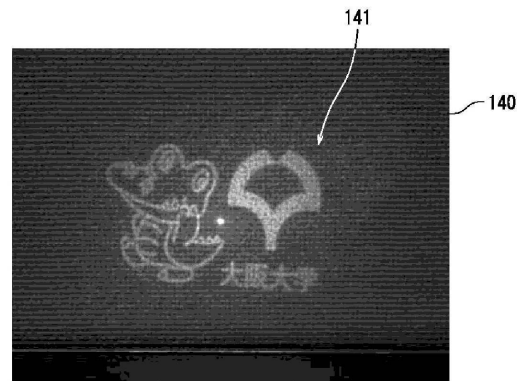
【図 3 4】



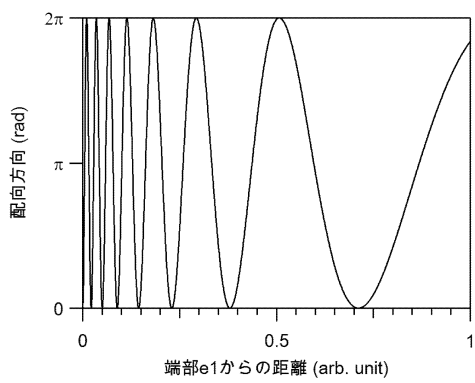
【図 3 3】



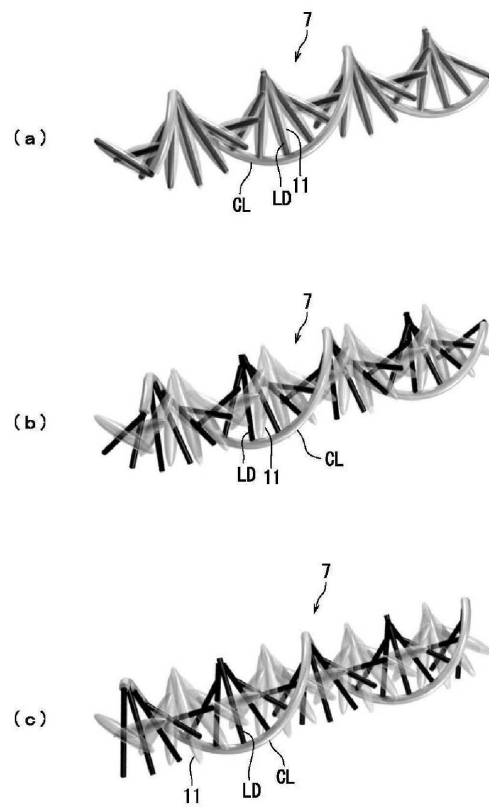
【図 3 5】



【図 3 6】



【図 3 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 107660 (JP, A)
特開2005 - 292423 (JP, A)
国際公開第2015 / 050204 (WO, A1)
特開2005 - 091744 (JP, A)
特開2006 - 154865 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G02B5 / 00 - 5 / 136
G03B21 / 132 ; 21 / 56 - 21 / 64
G09F9 / 00