

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2021年10月7日(07.10.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/200228 A1

- (51) 国際特許分類:  
G02B 5/18 (2006.01) G02B 5/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/011127
- (22) 国際出願日: 2021年3月18日(18.03.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2020-065845 2020年4月1日(01.04.2020) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 三戸部 史岳 (MITOBE Fumitake); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 篠

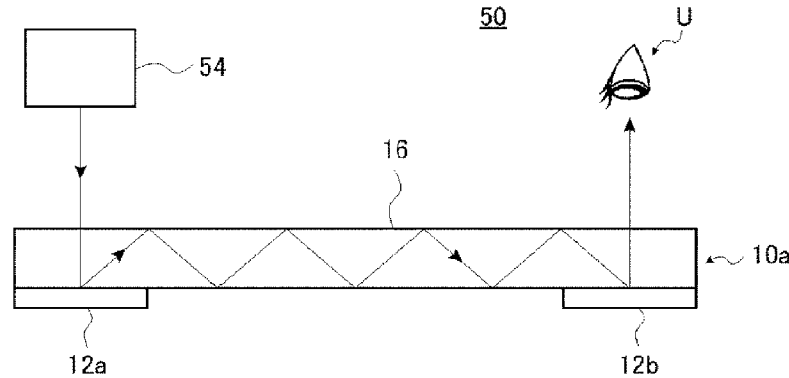
田 克己 (SASATA Katsumi); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 齊藤 之人 (SAITOH Yukito); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 渡野 亮子 (WATANO Akiko); 〒2500193 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 中島 順子, 外 (NAKASHIMA Junko et al.); 〒2500111 神奈川県南足柄市竹松1250番地 F T T P M O 棟 6 F Kanagawa (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

(54) Title: LIGHT GUIDE ELEMENT

(54) 発明の名称: 導光素子



(57) Abstract: Provided is a light guide element having a wide incidence angle range over which a high diffraction efficiency can be achieved. This light guide element has a light guide plate and a diffraction element arranged on a principal surface of the light guide plate, the refraction element has a liquid crystal layer that is formed using a liquid crystal composition that includes a liquid crystal compound, and that has a liquid crystal orientation pattern in which the orientation of a liquid crystal compound-derived optical axis changes while continuously rotating along at least one direction in a plane, the refractive index of the light guide plate is 1.70 or higher, and when the refractive index of the light guide plate is defined as  $n_d$  and the refractive index of the liquid crystal layer is defined as  $n_k$ , the inequality  $n_k - n_d \geq 0$  is satisfied.

(57) 要約: 高い回折効率が得られる入射角度範囲が広い導光素子を提供する。導光素子は、導光板と、導光板の主面に配置される回折素子と、を有し、回折素子は、液晶化合物を含む液晶組成物を用いて形成され、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する液晶層を有し、導光板の屈折率が1.70以上であって、導光板の屈折率を  $n_d$  とし、液晶層の屈折率を  $n_k$  とすると、 $n_k - n_d \geq 0$  を満たす。

WO 2021/200228 A1

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,  
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,  
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,  
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

## 明 細 書

発明の名称：導光素子

### 技術分野

[0001] 本発明は、光を伝搬する導光素子に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、特許文献1に記載されるような、実際に見ている光景に、仮想の映像および各種の情報等を重ねて表示する、AR (Augmented Reality (拡張現実)) グラスが実用化されている。ARグラスは、スマートグラス、ヘッドマウントディスプレイ (HMD (Head Mounted Display))、および、ARメガネ等とも呼ばれている。

[0003] 特許文献1に示されるように、ARグラスは、一例として、ディスプレイ (光学エンジン) が表示した映像を、導光板の一端に入射して伝播し、他端から出射することにより、使用者が実際に見ている光景に、仮想の映像を重ねて表示する。

ARグラスでは、導光板の表面に回折素子を配置した導光素子を用いて、ディスプレイからの光 (投影光) を導光する。具体的には、ディスプレイからの光 (投影光) を、回折素子で回折 (屈折) させて導光板の一方の端部に入射させる。これにより、角度を付けて導光板に光を導入して、導光板内で光を全反射して伝播させる。導光板を伝播した光は、導光板の他方の端部において出射回折素子によって回折されて、導光板から、使用者による観察位置に出射される。

[0004] このような導光素子を用いたARグラスにおいて、画像を表示する領域である視野角 (FOV (Field of View)) が広いことが要求される。

これに対して、導光板の屈折率を高くし、空気との屈折率差を大きくして、導光板内で光が全反射する条件 (角度) を大きくすることで、FOVを広げることが考えられている。

[0005] ところで、導光素子が有する回折素子として、液晶化合物を、光学軸の向

きが面内の一方向に沿って連続的に回転しながら変化している配向パターンで配向してなる液晶層を有する液晶回折素子が提案されている（特許文献2）。

このような液晶回折素子は、表面レリーフ構造を有する回折素子等に比べて回折効率が高い。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0006] 特許文献1：US2016/0231568A1

特許文献2：国際公開第2020/022504号

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明者らの検討によれば、液晶回折素子を有する導光素子において、導光板の屈折率を高くすると、高い回折効率を得られない入射角度が存在することがわかった。

[0008] 通常、液晶回折素子において、任意の入射角度における回折効率は、光学軸の向きが面内の一方向に沿って連続的に回転しながら変化している配向パターンの1周期 $\Lambda$ 、および、膜厚 $d$ 、さらに、液晶層がコレステリック配向されている場合には螺旋ピッチ $P$ で制御することができる。

[0009] しかしながら、導光板の屈折率が高いと、1周期 $\Lambda$ 、膜厚 $d$ 、および、螺旋ピッチ $P$ だけでは回折効率を上げることができない入射角度があることがわかった。

[0010] 本発明の課題は、このような従来技術の問題点を解決することにより、高い回折効率を得られる入射角度範囲が広い導光素子を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0011] 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] 導光板と、

導光板の主面に配置される回折素子と、を有し、

回折素子は、液晶化合物を含む液晶組成物を用いて形成され、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する液晶層を有し、

導光板の屈折率が1.70以上であって、

導光板の屈折率を $n_d$ とし、液晶層の屈折率を $n_k$ とすると、

$n_k - n_d \geq 0$ を満たす導光素子。

[2] 液晶層が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である [1] に記載の導光素子。

[3] コレステリック液晶層は、膜厚方向で螺旋ピッチが変化しているピッチグラジエント層である [1] または [2] に記載の導光素子。

[4] 液晶層において、液晶化合物の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している主面において、液晶化合物の光学軸の向きが $180^\circ$ 回転する長さを1周期 $\Lambda$ とし、ピッチグラジエント層の一方の面側における螺旋ピッチを $P_1$ とし、他方の面側における螺旋ピッチを $P_2$ とすると、

$P_1 < \Lambda < P_2$ を満たす [3] に記載の導光素子。

[5] 導光板の屈折率 $n_d$ と、液晶層の屈折率 $n_k$ とが、

$0.1 > n_k - n_d \geq 0$ を満たす [1] ~ [4] のいずれかに記載の導光素子。

[6] 回折素子が、光を導光板内に入射させる入射回折素子である [1] ~ [5] のいずれかに記載の導光素子。

## 発明の効果

[0012] 本発明によれば、高い回折効率が得られる入射角度範囲が広い導光素子を提供することができる。

## 図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の導光素子を用いる画像表示装置の一例を概念的に示す図である。

[図2]導光板の屈折率と入射角度範囲およびFOVとの関係を説明するための

図である。

[図3]導光板の屈折率と入射角度範囲およびF O Vとの関係を説明するための図である。

[図4]入射角度と回折効率との関係を表すグラフである。

[図5]入射角度と回折効率との関係を表すグラフである。

[図6]本発明の導光素子を用いる画像表示装置の他の一例を概念的に示す図である。

[図7]回折素子として用いられるコレステリック液晶層を概念的に示す平面図である。

[図8]図7に示すコレステリック液晶層の概念図である。

[図9]図7に示すコレステリック液晶層の断面SEM画像を概念的に示す図である。

[図10]図7に示すコレステリック液晶層の作用を説明するための概念図である。

[図11]回折素子として用いられるコレステリック液晶層の他の例を概念的に示す図である。

[図12]回折素子として用いられるコレステリック液晶層の他の例を概念的に示す図である。

[図13]配向膜を露光する露光装置の一例の概念図である。

[図14]透過型の液晶回折素子が有する液晶層の一例を概念的に示す図である。

[図15]図14に示す液晶層の平面図である。

[図16]図14に示す液晶層の作用を説明するための概念図である。

[図17]図14に示す液晶層の作用を説明するための概念図である。

[図18]液晶層の他の一例を概念的に示す図である。

[図19]回折効率の測定方法を概念的に示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の導光素子について、添付の図面に示される好適実施例を基

に詳細に説明する。

[0015] 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、屈折率とは、波長550nmにおける屈折率を意味する。

[0016] [導光素子]

本発明の導光素子は、

導光板と、

導光板の主面に配置される回折素子と、を有し、

回折素子は、液晶化合物を含む液晶組成物を用いて形成され、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する液晶層を有し、

導光板の屈折率が1.70以上であって、

導光板の屈折率を $n_d$ とし、液晶層の屈折率を $n_k$ とすると、

$n_k - n_d \geq 0$ を満たす導光素子である。

[0017] 図1に、本発明の導光素子を用いる画像表示装置の一例を概念的に示す。

[0018] 図1に示す画像表示装置50は、好適な一例として、ARガラスとして利用されるものである。なお、本発明の導光素子は、ARガラス以外にも、透明スクリーン、照明装置(液晶ディスプレイのバックライト等を含む)、および、センサー等の光学素子にも利用可能である。また、本発明の画像表示装置は、これらの光学素子を用いる画像表示装置にも利用可能である。

[0019] 図1に示す画像表示装置50は、表示素子54と、導光板16および導光板16の主面に配置される回折素子12aおよび12bを有する導光素子10aと、を有する。

[0020] 図1に示す導光素子10aにおいて、回折素子12a、および、回折素子12bは、導光板16の主面の面方向の異なる位置に配置されている。図1

に示す例においては、回折素子 12 a は、導光板 16 の図中左側の端部に配置されている。また、回折素子 12 b は、導光板 16 の図中右側の端部に配置されている。なお、主面とは、シート状物（板状物、フィルム等）の最大面である。

また、画像表示装置 50 において、表示素子 54 は、導光板 16 の主面の面方向の回折素子 12 a と重複する位置で、導光板 16 の回折素子 12 a が配置される側とは反対側の面に対面して配置されている。

[0021] 図 1 に示す例では、回折素子 12 a および回折素子 12 b は、光を鏡面反射とは異なる方向に反射することで、光を反射しつつ回折する反射型の回折素子である。回折素子 12 a および回折素子 12 b は、液晶化合物を含む液晶組成物を用いて形成され、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する液晶層を有することで、このように光を回折する。この点については後に詳述する。

[0022] 画像表示装置 50 において、表示素子 54 が表示した画像（画像に対応する光）は、導光板 16 に主面に垂直な方向から入射して回折素子 12 a に入射する。回折素子 12 a に入射した光は回折素子 12 a によって回折されて、導光板 16 に入射する。その際、回折素子 12 a は、光を導光板 16 内で全反射する角度に回折し、また、回折された光の進行方向が回折素子 12 b に向かう方向となるように光を回折する。図 1 に示す例では、回折素子 12 a は、入射した光を図 1 中右方向に向けて回折する。

[0023] 回折素子 12 a により回折された光は、導光板 16 内を全反射して他方の端部側に伝搬し、回折素子 12 b に入射する。回折素子 12 b は、入射した光を、導光板 16 内を全反射する角度から外れるように回折する。図 1 に示す例では、回折素子 12 b は、入射した光を図 1 中上側に向けて回折する。すなわち、図 1 に示すように、回折素子 12 b は、入射した光を導光板の主面に略垂直な方向に向けて回折する。

[0024] 回折素子 12 b によって回折された光は、導光板 16 から出射されて、使

用者Uに向けて出射される。これにより、画像表示装置50は、表示素子54が照射した画像を表示することができる。

[0025] ここで、本発明において、導光板16の屈折率は1.70以上である。

導光板16の屈折率と、導光板に入射する光の入射角度との関係について、図2および図3を用いて説明する。図2に示す導光素子は、導光板52bの屈折率が低い例であり、図3に示す導光素子は、導光板52の屈折率が高い例である。

[0026] 周知のとおり、導光板内で光が全反射する角度は、導光板の屈折率と、空気との屈折率との差に依存する。導光板の屈折率が低いと空気との屈折率差が小さくなるため、図2に示す例のように、導光板52b内で光が全反射する角度範囲が狭くなる。ここで、例えば、入射側の回折素子12aが、導光板52bの主面に垂直な方向から入射した光を、全反射角度範囲の中心の角度に進行するように回折するものとして、回折素子12aが、入射した光を全反射角度範囲内に回折することができる入射光の角度の範囲を入射角度範囲とすると、導光板52bの屈折率が低い場合には、全反射角度範囲が狭いため、この入射角度範囲も狭くなる。また、図2に示すように、全反射角度範囲が狭いと、出射側の回折素子12bで出射される光の角度範囲も狭くなり、画像を表示する領域である視野角（FOV（Field of View））が狭くなる。

[0027] これに対して、導光板の屈折率が高いと空気との屈折率差が大きくなるため、図3に示す例のように、導光板52内で光が全反射する角度範囲が広くなる。そのため、導光板52の屈折率が高い場合には、全反射角度範囲が広いと、回折素子12aが、入射した光を全反射角度範囲内に回折することができる入射角度範囲も広くなる。また、図3に示すように、全反射角度範囲が広いと、出射側の回折素子12bで出射される光の角度範囲も広くなり、画像を表示する領域である視野角（FOV（Field of View））が広くなる。

[0028] ここで、さらに、本発明においては、導光板の屈折率を $n_d$ とし、回折素子

が有する液晶層の屈折率を  $n_k$  とすると、 $n_k - n_d \geq 0$  を満たす。すなわち、液晶層（回折素子）の屈折率が導光板の屈折率以上である。

[0029] 本発明者らの検討によれば、液晶層を用いた回折素子（以下、液晶回折素子ともいう）を有する導光素子において、導光板の屈折率を高くすると（1.70以上とすると）、高い回折効率が得られない入射角度が存在することがわかった。この点について本発明者らが種々の検討を行なったところ、回折素子の液晶層の屈折率（以下、回折素子の屈折率ともいう）が導光板の屈折率よりも低いと、一部の入射角度範囲で回折効率が低くなってしまいうことがわかった。

[0030] 一例として、図4に、回折素子の屈折率が、導光板の屈折率よりも低い場合の、入射角度範囲と回折効率との関係を表すグラフを示す。このグラフは、導光板の屈折率が1.80で、回折素子の屈折率が1.60の場合の例である。

[0031] 図4に示す例において、導光板の屈折率から定まる全反射角度範囲に、入射光を屈折させることができる入射角度範囲は、約 $-24^\circ \sim 24^\circ$ である（図4中破線で示す）。なお、入射角度は、導光板内を光が進行する方向に傾斜するものをマイナスで表し、導光板内を光が進行する方向とは逆方向に傾斜するものをプラスで表した（図2、図3参照）。

[0032] しかしながら、回折素子の屈折率が、導光板の屈折率よりも低い場合には、図4中、一点鎖線で示した角度範囲（約 $10^\circ \sim 24^\circ$ ）では、回折効率がほぼ0%になることがわかった。

[0033] これに対して、本発明者らは種々の検討を行った結果、回折素子の屈折率を導光板の屈折率以上とすることで、一部の入射角度範囲で回折効率が低くなることを抑制できることがわかった。

[0034] 一例として、図5に、回折素子の屈折率が、導光板の屈折率以上の場合の、入射角度範囲と回折効率との関係を表すグラフを示す。このグラフは、導光板の屈折率が1.80で、回折素子の屈折率が1.80の場合の例である。

- [0035] 図5に示す例において、導光板の屈折率から定まる全反射角度範囲に、入射光を屈折させることができる入射角度範囲は、図4の例と同様に、約 $-24^{\circ}$ ～ $24^{\circ}$ である（図5破線で示す）。
- [0036] 図5に示すように、回折素子の屈折率が、導光板の屈折率以上の場合には、回折素子の屈折率が導光板の屈折率よりも低い場合に回折効率がほぼ0%となった角度範囲（約 $10^{\circ}$ ～ $24^{\circ}$ 、図5中一点鎖線で示す範囲）においても、高い回折効率が得られることがわかった。
- [0037] 前述のとおり、通常、液晶回折素子において、任意の入射角度における回折効率は、光学軸の向きが面内の一方向に沿って連続的に回転しながら変化している配向パターンの1周期 $\Lambda$ 、および、膜厚 $d$ 、さらに、液晶層がコレステリック配向されている場合には螺旋ピッチ $P$ で制御することができる。しかしながら、導光板の屈折率が高いと、1周期 $\Lambda$ 、膜厚 $d$ 、および、螺旋ピッチ $P$ だけでは回折効率を上げることができない入射角度があることがわかった。
- [0038] これに対して、本発明の導光素子は、導光板の屈折率を $n_d$ とし、回折素子の屈折率を $n_k$ とすると、 $n_k - n_d \geq 0$ を満たすことで、高い回折効率が得られる入射角度範囲を広くすることができる。
- [0039] ここで、回折効率の観点から、導光板の屈折率 $n_d$ と、回折素子の屈折率 $n_k$ とは、 $0.1 > n_k - n_d \geq 0$ を満たすのが好ましく、 $0.05 > n_k - n_d \geq 0$ を満たすのがより好ましい。
- [0040] また、視野角（FOV）、回折効率等の観点から、導光板の屈折率は、 $1.7 \sim 2.3$ が好ましく、 $1.9 \sim 2.3$ がより好ましい。
- [0041] ここで、図1に示す例では、導光素子10aは、反射型の回折素子12aおよび回折素子12bを有する構成としたがこれに限定はされない。
- [0042] 図6に、本発明の導光素子を用いる画像表示装置の他の一例を概念的に示す。
- [0043] 図6に示す画像表示装置50bは、表示素子54と、導光板16および導光板16の主面に配置される回折素子11aおよび11bを有する導光素子

10bと、を有する。

[0044] 図6に示す導光素子10bにおいて、回折素子11a、および、回折素子11bは、導光板16の主面の面方向の異なる位置に配置されている。図6に示す例においては、回折素子11aは、導光板16の図中左側の端部に配置されている。また、回折素子11bは、導光板16の図中右側の端部に配置されている。

また、画像表示装置50bにおいて、表示素子54は、導光板16の主面の面方向の回折素子11aと重複する位置で、導光板16の回折素子11aが配置される側の面に対面して配置されている。

[0045] 図6に示す例では、回折素子11aおよび回折素子11bは、光を透過しつつ回折する透過型の回折素子である。回折素子11aおよび回折素子11bは、液晶化合物を含む液晶組成物を用いて形成され、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する液晶層を有することで、このように光を回折する。この点については後に詳述する。

[0046] 画像表示装置50bにおいて、表示素子54が表示した画像（画像に対応する光）は、導光板16に主面に垂直な方向から回折素子11aに入射する。回折素子11aに入射した光は回折素子11aによって回折されて、導光板16に入射する。その際、回折素子11aは、光を導光板16内で全反射する角度に回折し、また、回折された光の進行方向が回折素子11bに向かう方向となるように光を回折する。図6に示す例では、回折素子11aは、入射した光を図6中右方向に向けて回折する。

[0047] 回折素子11aにより回折された光は、導光板16内を全反射して他方の端部側に伝搬し、回折素子11bに入射する。回折素子11bは、入射した光を、導光板16内を全反射する角度から外れるように回折する。図6に示す例では、回折素子11bは、入射した光を図6中上側に向けて回折する。すなわち、図6に示すように、回折素子11bは、入射した光を導光板の主面に略垂直な方向に向けて回折する。

[0048] 回折素子 11b によって回折された光は、導光板 16 から出射されて、使用者 U に向けて出射される。これにより、画像表示装置 50 は、表示素子 54 が照射した画像を表示することができる。

[0049] このように、透過型の回折素子を有する導光素子においても、導光板 16 の屈折率を 1.70 以上とすることで、全反射角度範囲を広くして視野角 (FOV) を広くすることができ、また、回折素子の屈折率を、導光板の屈折率以上とすることで、高い回折効率が得られる入射角度範囲を広くすることができる。

[0050] なお、上述した説明では、回折素子と導光板との屈折率差と、入射角度範囲および回折効率との関係について説明した。すなわち、入射側の回折素子の屈折率が、導光板の屈折率以上であれば上述した効果が得られる。しかしながら、本発明は、これに限定はされず、出射側の回折素子の屈折率が、導光板の屈折率以上であってもよい。出射側の回折素子の屈折率を、導光板の屈折率以上とすることで、出射側の回折素子において、高い回折効率が得られる角度範囲を広くでき、視野角 (FOV) を広くすることができる。

[0051] 以下、各構成要素について説明する。

[0052] [表示素子]

表示素子 54 は、使用者 U が観察する画像 (映像) を表示して、画像を入射回折素子に照射するものである。従って、表示素子 54 は照射する画像が入射回折素子に入射するように配置される。

[0053] 画像表示装置において、表示素子 54 には制限はなく、AR グラス等に用いられる公知の表示素子 (表示装置、プロジェクター) が、各種、利用可能である。表示素子 54 としては、一例として、ディスプレイと投映レンズとを有する表示素子が例示される。

[0054] 画像表示装置において、ディスプレイには、制限はなく、例えば、AR グラス等に用いられる公知のディスプレイが、各種、利用可能である。

ディスプレイとしては、一例として、液晶ディスプレイ (LCOS: Liquid Crystal On Silicon 等を含む)、有機エレクトロルミネッセンスディスプ

レイ、および、DLP (Digital Light Processing)、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ミラーを用いたスキャニング方式ディスプレイ等が例示される。

[0055] なお、画像表示装置が多色画像を表示する構成の場合には、ディスプレイは、多色画像を表示するディスプレイが用いられる。

[0056] 画像表示装置に用いられる表示素子54において、投映レンズも、ARグラス等に用いられる公知の投映レンズ(コリメートレンズ)である。

[0057] ここで、画像表示装置においては、表示素子54による表示画像すなわち表示素子54が照射する光には、制限はないが、無偏光(自然光)または円偏光が好ましい。

表示素子54が円偏光を照射する際に、ディスプレイが無偏光の画像を照射する場合には、表示素子54は、例えば直線偏光子と $\lambda/4$ 板とからなる円偏光板を有するのが好ましい。また、ディスプレイが直線偏光の画像を照射する場合には、表示素子54は、例えば $\lambda/4$ 板を有するのが好ましい。

なお、表示素子54が照射する光は、他の偏光(例えば直線偏光等)であってもよい。

[0058] [導光板]

導光素子10aにおいて、導光板16は、屈折率が1.70以上である以外は、内部に入射した光を反射して導光(伝搬)する、公知の導光板である。

導光板16には、制限はなく、ARグラスおよび液晶ディスプレイのバックライトユニット等で用いられている公知の導光板が、各種、利用可能である。

[0059] 屈折率が1.70以上の導光板16の材料としては、重フリント系ガラスやBa、La、Nbなどを含んだガラスやポリマー系導光板等が挙げられる。

導光板16の屈折率の上限は特に制限されないが、2.1以下の場合が多い。

## [0060] [回折素子]

入射側の回折素子、および、出射側の回折素子は、液晶化合物を含む組成物を用いて形成され、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する、液晶回折素子が例示される。また、液晶回折素子としては、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を有することも好ましい。

## [0061] (反射型の液晶回折素子)

液晶回折素子の一例について図7～図9を用いて説明する。

図7は、液晶回折素子12が有する液晶層34の主面の面内における液晶化合物の配向状態を示す模式図である。また、図8は、主面に垂直な断面における液晶相の状態を示す断面模式図である。以下においては、液晶層34の主面をX-Y面とし、このX-Y面に対して垂直な断面をX-Z面として説明する。つまり、図7は、液晶層34のX-Y面の模式図に相当し、図8は、液晶層34のX-Z面の模式図に相当する。

図7～図8に示す液晶層は、液晶化合物がコレステリック配向されたコレステリック液晶層の例である。また、液晶化合物が棒状液晶化合物の場合の例である。コレステリック液晶層は、選択反射波長の一方の円偏光を反射し、他の波長域の光および他方の円偏光を透過するものである。したがって、コレステリック液晶層を有する液晶回折素子は、反射型の液晶回折素子である。

## [0062] 図8に示す例では、液晶回折素子12は、支持体30と、配向膜32と、液晶層34と、を有する。

なお、図8に示す例の液晶回折素子12は、支持体30と、配向膜32と、液晶層34とを有するが、本発明は、これに制限はされない。液晶回折素子12は、例えば、導光板16に貼り合わせた後に、支持体30を剥離した、配向膜32および液晶層34のみを有するものでもよい。または、液晶回折素子は、例えば、導光板16に貼り合わせた後に、支持体30および配向膜32を剥離した、液晶層34のみを有するものでもよい。

## [0063] &lt;支持体&gt;

支持体30は、配向膜32、および、液晶層34を支持するものである。

支持体30は、配向膜32、液晶層34を支持できるものであれば、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、支持体30は、対応する光に対する透過率が50%以上であるのが好ましく、70%以上であるのがより好ましく、85%以上であるのがさらに好ましい。

[0064] 支持体30の厚さには、制限はなく、液晶回折素子の用途および支持体30の形成材料等に応じて、配向膜32、液晶層34を保持できる厚さを、適宜、設定すればよい。

支持体30の厚さは、1~2000 $\mu\text{m}$ が好ましく、3~500 $\mu\text{m}$ がより好ましく、5~250 $\mu\text{m}$ がさらに好ましい。

[0065] 支持体30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30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30が例示される。多層である場合の支持体30の例としては、前述の単層の支持体のいずれか等を基板として含み、この基板の表面に他の層を設けたもの等が例示される。

## [0066] &lt;配向膜&gt;

液晶回折素子12において、支持体30の表面には配向膜32が形成される。

配向膜32は、液晶層34を形成する際に、液晶化合物40を所定の液晶配向パターンに配向するための配向膜である。

後述するが、液晶層34は、液晶化合物40に由来する光学軸40A（図7参照）の向きが、面内の一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する。従って、配向膜32は、液晶層34が、この液晶配向パターンを形成できるように、形成される。

以下の説明では、『光学軸40Aの向きが回転』を単に『光学軸40Aが回転』とも言う。

[0067] 配向膜32は、公知の各種のものが利用可能である。

例えば、ポリマー等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、マイクログループを有する膜、ならびに、 $\omega$ -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ン酸メチル等の有機化合物のラングミュア・プロジェクト法によるLB (Langmuir-Blodgett: ラングミュア・プロジェクト) 膜を累積させた膜、等が例示される。

[0068] ラビング処理による配向膜32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32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2005-097377号公報、特開2005-099228号公報、および、特開2005-128503号公報記載の配向膜32等の形成に用いられる材料が好ましい。

[0069] 液晶回折素子12においては、配向膜32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32とした、いわゆる光配向膜が好適に利用される。すなわち、液晶回折素子においては、配向膜32として、支持体30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。

[0070] 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2007-076839号公報、特開2007-138138号公報、特開2007-094071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。

[0071] 配向膜32の厚さには、制限はなく、配向膜32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32の厚さは、0.01~5 $\mu$ mが好ましく、0.05~2 $\mu$ mがより好ましい。

[0072] 配向膜32の形成方法には、制限はなく、配向膜32の形成材料に応じた公知の方法が、各種、利用可能である。一例として、配向膜32を支持体30の表面に塗布して乾燥させた後、配向膜32をレーザ光によって露光して、配向パターンを形成する方法が例示される。

[0073] 図13に、配向膜32を露光して、配向パターンを形成する露光装置の一例を概念的に示す。

図13に示す露光装置60は、レーザ62を備えた光源64と、レーザ62が出射したレーザ光Mの偏光方向を変える $\lambda/2$ 板65と、レーザ62が

出射したレーザ光Mを光線MAおよびMBの2つに分離する偏光ビームスプリッター68と、分離された2つの光線MAおよびMBの光路上にそれぞれ配置されたミラー70Aおよび70Bと、 $\lambda/4$ 板72Aおよび72Bと、を備える。

なお、光源64は直線偏光 $P_0$ を出射する。 $\lambda/4$ 板72Aは、直線偏光 $P_0$ （光線MA）を右円偏光 $P_R$ に、 $\lambda/4$ 板72Bは直線偏光 $P_0$ （光線MB）を左円偏光 $P_L$ に、それぞれ変換する。

[0074] 配向パターンを形成される前の配向膜32を有する支持体30が露光部に配置され、2つの光線MAと光線MBとを配向膜32上において交差させて干渉させ、その干渉光を配向膜32に照射して露光する。

この際の干渉により、配向膜32に照射される光の偏光状態が干渉縞状に周期的に変化するものとなる。これにより、配向状態が周期的に変化する配向パターンを有する配向膜（以下、パターン配向膜ともいう）が得られる。

露光装置60においては、2つの光線MAおよびMBの交差角 $\alpha$ を変化させることにより、配向パターンの周期を調節できる。すなわち、露光装置60においては、交差角 $\alpha$ を調節することにより、液晶化合物40に由来する光学軸40Aが一方向に沿って連続的に回転する配向パターンにおいて、光学軸40Aが回転する1方向における、光学軸40Aが $180^\circ$ 回転する1周期の長さを調節できる。

このような配向状態が周期的に変化した配向パターンを有する配向膜32上に、コレステリック液晶層を形成することにより、後述するように、液晶化合物40に由来する光学軸40Aが一方向に沿って連続的に回転する液晶配向パターンを有する、液晶層34を形成できる。

また、 $\lambda/4$ 板72Aおよび72Bの光学軸を、それぞれ、 $90^\circ$ 回転することにより、光学軸40Aの回転方向を逆にすることができる。

[0075] 上述のとおり、パターン配向膜は、パターン配向膜の上に形成される液晶層中の液晶化合物の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンとなるように、液晶化合物を

配向させる配向パターンを有する。パターン配向膜が、液晶化合物を配向させる向きに沿った軸を配向軸とすると、パターン配向膜は、配向軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している配向パターンを有するといえる。パターン配向膜の配向軸は、吸収異方性を測定することで検出することができる。例えば、パターン配向膜に直線偏光を回転させながら照射して、パターン配向膜を透過する光の光量を測定した際に、光量が最大または最小となる向きが、面内の一方向に沿って漸次変化して観測される。

[0076] なお、配向膜32は、好ましい態様として設けられるものであり、必須の構成要件ではない。

例えば、支持体30をラビング処理する方法、支持体30をレーザ光等で加工する方法等によって、支持体30に配向パターンを形成することにより、液晶層が、液晶化合物40に由来する光学軸40Aの向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する構成とすることも、可能である。すなわち、支持体30を配向膜として作用させてもよい。

[0077] <液晶層>

液晶回折素子12において、配向膜32の表面には、液晶層34が形成される。

上述したように、液晶層34は、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であり、液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有するコレステリック液晶層である。

[0078] 液晶層34は、図8に概念的に示すように、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40が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40が螺旋状に1回転（360°回転）して積み重ねられた構成を螺旋1ピッチとして、螺旋状に旋回する液晶化合物40が、複数ピッチ、積層された構成を有する。

[0079] 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ピッチの長さ（図9に示すピッチP）に依存する。

[0080] 従って、このような液晶層を有する回折素子は、波長選択性を有し、所定の波長の光を回折するものである。従って、回折素子が反射（回折）する光の波長は、液晶層の螺旋ピッチPを調整して、液晶層の選択的な反射波長域を適宜設定すればよい。

[0081] 図7に示すように、液晶層34のX-Y面において、液晶化合物40は、X-Y面内の互いに平行な複数の配列軸Dに沿って配列しており、それぞれの配列軸D上において、液晶化合物40の光学軸40Aの向きは、配列軸Dに沿った面内の一方向に連続的に回転しながら変化している。ここで、説明のため、配列軸DがX方向に向いているとする。また、Y方向においては、光学軸40Aの向きが等しい液晶化合物40が等間隔で配向している。

なお、「液晶化合物40の光学軸40Aの向きが配列軸Dに沿った面内の一方向に連続的に回転しながら変化している」とは、液晶化合物40の光学軸40Aと配列軸Dとのなす角度が、配列軸D方向の位置により異なっており、配列軸Dに沿って光学軸40Aと配列軸Dとのなす角度が $\theta$ から $\theta + 180^\circ$ あるいは $\theta - 180^\circ$ まで徐々に変化していることを意味する。つまり、配列軸Dに沿って配列する複数の液晶化合物40は、図7に示すように、光学軸40Aが配列軸Dに沿って一定の角度ずつ回転しながら変化する。

なお、配列軸D方向に互いに隣接する液晶化合物40の光学軸40Aの角度の差は、 $45^\circ$ 以下であるのが好ましく、 $15^\circ$ 以下であるのがより好ましく、より小さい角度であるのがさらに好ましい。

また、本明細書において、液晶化合物40が棒状液晶化合物である場合、液晶化合物40の光学軸40Aは、棒状液晶化合物の分子長軸を意図する。一方、液晶化合物40が円盤状液晶化合物である場合、液晶化合物40の光学軸40Aは、円盤状液晶化合物の円盤面に対する法線方向に平行な軸を意

図する。

[0082] 液晶層34においては、このような液晶化合物40の液晶配向パターンにおいて、面内で光学軸40Aが連続的に回転して変化する配列軸D方向において、液晶化合物40の光学軸40Aが $180^\circ$ 回転する長さ（距離）を、液晶配向パターンにおける1周期の長さ $\Lambda$ とする。

すなわち、配列軸D方向に対する角度が等しい2つの液晶化合物40の、配列軸D方向の中心間の距離を、1周期の長さ $\Lambda$ とする。具体的には、図7に示すように、配列軸D方向と光学軸40Aの方向とが一致する2つの液晶化合物40の、配列軸D方向の中心間の距離を、1周期の長さ $\Lambda$ とする。以下の説明では、この1周期の長さ $\Lambda$ を『1周期 $\Lambda$ 』とも言う。

液晶層34の液晶配向パターンは、この1周期 $\Lambda$ を、配列軸D方向すなわち光学軸40Aの向きが連続的に回転して変化する一方向に繰り返す。

[0083] 一方、液晶層34を形成する液晶化合物40は、配列軸D方向と直交する方向（図7においてはY方向）、すなわち、光学軸40Aが連続的に回転する一方向と直交するY方向では、光学軸40Aの向きが等しい。

言い換えれば、液晶層34を形成する液晶化合物40は、Y方向では、液晶化合物40の光学軸40Aと配列軸D方向とが成す角度が等しい。

[0084] 図8に示す液晶層34のX-Z面をSEM（走査型電子顕微鏡）にて観察すると、図9に示すような明部42と暗部44とが交互に配列された配列方向が、主面（X-Y面）に対して所定角度で傾斜している縞模様が観察される。このようなSEM断面において、隣接する明部42から明部42、または、暗部44から暗部44の、明部42または暗部44が成す線の法線方向における間隔が $1/2$ ピッチに略一致する。すなわち、図9中にPで示すように、明部42が2つと暗部44が2つで螺旋1ピッチ分（螺旋の巻き数1回分）、すなわちピッチPと略一致する。図11のように液晶化合物の傾斜が、明部および暗部の傾斜と一致する場合には、螺旋ピッチは、図9に示す明暗線のピッチPと略一致する。また、図8のように液晶化合物の傾斜が、明部および暗部の傾斜と一致しない場合には、螺旋ピッチは、図9に示す明

暗線のピッチPから若干ズレるが、以下の説明では、螺旋ピッチと明暗線のピッチとを区別せずに説明を行う。

[0085] 以下、液晶層による回折の作用について説明する。

従来のコレステリック液晶層において、コレステリック液晶相由来の螺旋軸は、主面（X-Y面）に対して垂直であり、その反射面は主面（X-Y面）と平行な面である。また、液晶化合物の光学軸は、主面（X-Y面）に対して傾斜していない。言い換えると、光学軸は主面（X-Y面）に対して平行である。したがって、従来のコレステリック液晶層のX-Z面をSEMにて観察すると、明部と暗部とが交互に配列された配列方向は主面（X-Y面）と垂直となる。

コレステリック液晶相は鏡面反射性であるため、例えば、コレステリック液晶層に法線方向から光が入射される場合、法線方向に光が反射される。

[0086] これに対して、液晶層34は、入射した光を、鏡面反射に対して配列軸D方向に傾けて反射する。液晶層34は、面内において、配列軸D方向（所定の一方方向）に沿って光学軸40Aが連続的に回転しながら変化する、液晶配向パターンを有するものである。以下、図10を参照して説明する。

[0087] 一例として、液晶層34は、赤色光の右円偏光 $R_R$ を選択的に反射するコレステリック液晶層であるとする。従って、液晶層34に光が入射すると、液晶層34は、赤色光の右円偏光 $R_R$ のみを反射し、それ以外の光を透過する。

[0088] 液晶層34では、液晶化合物40の光学軸40Aが配列軸D方向（一方方向）に沿って回転しながら変化している。液晶層34に形成された液晶配向パターンは、配列軸D方向に周期的なパターンである。そのため、液晶層34に入射した赤色光の右円偏光 $R_R$ は、図10に概念的に示すように、液晶配向パターンの周期に応じた方向に反射（回折）され、反射された赤色光の右円偏光 $R_R$ は、XY面（コレステリック液晶層の主面）に対して配列軸D方向に傾いた方向に反射（回折）される。

[0089] この結果として、液晶層34を導光素子等に適用した場合、導光板の主面に垂直な方向から入射した光を導光板内を全反射する角度に反射（回折）す

ることができ、また、導光板内を全反射して導光された光を、導光板の主に垂直な方向に反射（回折）することができる回折素子として用いることができる。

[0090] 液晶層34において、光学軸40Aが回転する一方向である配列軸D方向を、適宜、設定することで、光の反射方向（回折角度）を調節できる。

[0091] また、同じ波長で、同じ旋回方向の円偏光を反射する場合に、配列軸D方向に向かう液晶化合物40の光学軸40Aの回転方向を逆にすることで、円偏光の反射方向を逆にできる。

例えば、図7および図8においては、配列軸D方向に向かう光学軸40Aの回転方向は時計回りで、ある円偏光が配列軸D方向に傾けて反射されるが、これを反時計回りとするすることで、ある円偏光が配列軸D方向とは逆方向に傾けて反射される。

[0092] さらに、同じ液晶配向パターンを有する液晶層では、液晶化合物40の螺旋の旋回方向すなわち反射する円偏光の旋回方向によって、反射方向が逆になる。

例えば、螺旋の旋回方向が右捻じれの場合、右円偏光を選択的に反射するものであり、配列軸D方向に沿って光学軸40Aが時計回りに回転する液晶配向パターンを有することにより、右円偏光を配列軸D方向に傾けて反射する。

また、例えば、螺旋の旋回方向が左捻じれの場合、左円偏光を選択的に反射するものであり、配列軸D方向に沿って光学軸40Aが時計回りに回転する液晶配向パターンを有する液晶層は、左円偏光を配列軸D方向と逆方向に傾けて反射する。

[0093] 液晶層において、液晶化合物の液晶配向パターンにおいて、液晶化合物の光学軸が $180^\circ$ 回転する長さが回折構造の1周期 $\Lambda$ であり、液晶化合物の光学軸が回転しながら変化している一方向（配列軸D方向）が回折構造の周期方向である。

[0094] 液晶配向パターンを有する液晶層では、1周期 $\Lambda$ が短いほど、入射光に対

する反射光の角度が大きくなる。すなわち、1周期 $\Lambda$ が短いほど、入射光に対して、反射光を大きく傾けて反射できる。従って、各回折素子が有する液晶層における液晶配向パターンの1周期は、各回折素子の回折角度、配置等に応じて適宜設定すればよい。

これらの回折素子の回折構造の周期（1周期 $\Lambda$ ）は0.1~10 $\mu\text{m}$ が好ましく、0.1~1 $\mu\text{m}$ がより好ましく、0.1~0.8 $\mu\text{m}$ がさらに好ましく、導光板16を全反射で伝播させる観点から、入射する光の波長 $\lambda$ 以下がさらに好ましい。

[0095] また、同じ波長の光を回折する入射回折素子の液晶層と出射回折素子の液晶層とは、コレステリック液晶相の螺旋捩れの回転方向が同じである。

[0096] ここで、図8に示す例では、液晶層34のX-Z面において、液晶化合物40が、主面（X-Y面）に対して、その光学軸40Aが平行に配向している構成としたがこれに限定はされない。例えば、図11に示すように、液晶層34のX-Z面において、液晶化合物40が、主面（X-Y面）に対して、その光学軸40Aが傾斜して配向している構成であってもよい。

[0097] また、図11に示す例では、液晶層34のX-Z面において、液晶化合物40の主面（X-Y面）に対する傾斜角度（チルト角）は厚さ方向（Z方向）に一様としたが、これに限定はされない。液晶層34において、液晶化合物40のチルト角が厚さ方向で異なっている領域を有していてもよい。

例えば、図12に示す例は、液晶層の、配向膜32側の界面において液晶化合物40の光学軸40Aが主面に平行であり（プレチルト角が0であり）、配向膜32側の界面から厚さ方向に離間するにしたがって、液晶化合物40のチルト角が大きくなって、その後、他方の界面（空気界面）側まで一定のチルト角で液晶化合物が配向されている構成である。

[0098] このように、液晶層においては、上下界面の一方の界面において、液晶化合物の光学軸がプレチルト角を有している構成であってもよく、両方の界面でプレチルト角を有する構成であってもよい。また、両界面でプレチルト角が異なってもよい。

このように液晶化合物がチルト角を有して（傾斜して）いることにより、光が回折する際に実効的な液晶化合物の複屈折率が高くなり、回折効率を高めることができる。

[0099] 液晶化合物40の光学軸40Aと主面（X-Y面）とのなす平均角度（平均チルト角）は、 $5\sim 80^\circ$ が好ましく、 $10\sim 50^\circ$ がより好ましい。なお、平均チルト角は、液晶層34のX-Z面を偏光顕微鏡観察することにより測定できる。なかでも、液晶層34のX-Z面において、液晶化合物40は、主面（X-Y面）に対して、その光学軸40Aが同一の方向に傾斜配向することが好ましい。

なお、上記チルト角は、コレステリック液晶層断面の偏光顕微鏡観察において、液晶化合物40の光学軸40Aと主面とのなす角度を任意の5か所以上で測定して、それらを算術平均した値である。

[0100] 回折素子（液晶層）に垂直に入射した光は、液晶層内において斜め方向に、屈曲力が加わり斜めに進む。液晶層内において光が進むと、本来垂直入射に対して所望の回折角が得られるように設定されている回折周期等の条件とのずれが生じるために、回折ロスが生じる。

液晶化合物をチルトさせた場合、チルトさせない場合と比較して、光が回折する方位に対してより高い複屈折率が生じる方位が存在する。この方向では実効的な異常光屈折率が大きくなるため、異常光屈折率と常光屈折率の差である複屈折率が高くなる。

狙った回折する方位に合わせて、チルト角の方位を設定することによって、その方位での本来の回折条件とのずれを抑制することができ、結果としてチルト角を持たせた液晶化合物を用いた場合の方が、より高い回折効率を得ることができると考えられる。

[0101] また、チルト角は液晶層の界面の処理によって制御されることが望ましい。支持体側の界面においては、配向膜にプレチルト処理をおこなうことにより液晶化合物のチルト角を制御することが出来る。例えば、配向膜の形成の際に配向膜に紫外線を正面から露光した後に斜めから露光することにより、

配向膜上に形成する液晶層中の液晶化合物にプレチルト角を生じさせることが出来る。この場合には、2回目の照射方向に対して液晶化合物の単軸側が見える方向にプレチルトする。但し2回目の照射方向に対して垂直方向の方位の液晶化合物はプレチルトしないため、面内でプレチルトする領域とプレチルトしない領域が存在する。このことは、狙った方位に光を回折させるときにその方向に最も複屈折を高めることに寄与するので回折効率を高めるのに適している。

さらに、液晶層中または配向膜中にプレチルト角を助長する添加剤を加えることも出来る。この場合、回折効率を更に高める因子として添加剤を利用できる。

この添加剤は空気側の界面のプレチルト角の制御にも利用できる。

[0102] ここで、液晶層34は、膜厚方向で螺旋ピッチPが変化しているピッチグラジエント層であることが好ましい。具体的には、液晶層34は、液晶層34の一方の主面側から他方の主面側に向かって、螺旋ピッチが漸次、大きく（または、小さく）なるように変化していることが好ましい。液晶層34は、膜厚方向で螺旋ピッチPが変化することで、選択反射波長を広帯域化することができる。

[0103] また、液晶層34がピッチグラジエント層である場合には、液晶層34は、1周期 $\Lambda$ と、ピッチグラジエント層の一方の面側における螺旋ピッチP1と、他方の面側における螺旋ピッチP2とが、 $P1 < \Lambda < P2$ を満たすことが好ましい。

これにより、斜め方向から入射する光に対する回折効率を高くすることができる。

[0104] ここで、液晶層は、SEMで観察した断面において、コレステリック液晶相に由来する明部および暗部が、主面に対して傾斜している。液晶層は、法線方向および法線に対して傾斜した方向から面内レタレーション $R_e$ を測定した際に、遅相軸面内および進相軸面内のいずれかにおいて、面内レタレーション $R_e$ が最小となる方向が法線方向から傾斜しているのが好ましい。具

体的には、面内レタレーション  $R_e$  が最小となる方向が法線と成す測定角の絶対値が  $5^\circ$  以上であることが好ましい。言い換えると、液晶層の液晶化合物が主面に対して傾斜し、かつ、傾斜方向が液晶層の明部および暗部に略一致していることが好ましい。なお、法線方向とは、主面に対して直交する方向である。

液晶層がこのような構成を有することにより、液晶化合物が主面に平行である液晶層に比して、高い回折効率で円偏光を回折できる。

[0105] 液晶層の液晶化合物が主面に対して傾斜し、かつ、傾斜方向が明部および暗部に略一致している構成では、反射面に相当する明部および暗部と、液晶化合物の光学軸とが一致している。そのため、光の反射（回折）に対する液晶化合物の作用が大きくなり、回折効率を向上できる。その結果、入射光に対する反射光の光量をより向上できる。

[0106] 液晶層の進相軸面または遅相軸面において、液晶層の光学軸傾斜角の絶対値は  $5^\circ$  以上が好ましく、 $15^\circ$  以上がより好ましく、 $20^\circ$  以上がさらに好ましい。

光学軸傾斜角の絶対値を  $15^\circ$  以上とすることにより、より好適に、液晶化合物の方向を明部および暗部に一致させ、回折効率を向上できる点で好ましい。

[0107] ここで、本発明において、回折素子を構成する液晶層の屈折率は、導光板の屈折率以上である。

液晶層の屈折率の調整方法は特に制限されず、例えば、屈折率が高い液晶化合物を使用する方法、および、液晶層中に屈折率が高いナノ粒子の添加する方法が挙げられる。

液晶化合物の高屈折率化のためには、例えば、液晶化合物の吸収の長波長化、および／または、モル吸光係数を大きくすること、ならびに、液晶化合物の構造を剛直鎖にすること等が有効である。より具体的には、例えば、芳香族環、フッ素原子以外のハロゲン原子、イオウ原子、脂環式基、二重結合基、および、三重結合基からなる群から選択される少なくとも1種を液晶化

合物に導入する方法がある。

また、上述した屈折率が高いナノ粒子としては、例えば、酸化ジルコニウムや酸化チタン等が挙げられる。

[0108] 液晶層の屈折率の測定方法としては、例えば、液晶層を形成する液晶組成物を別途に用意した配向膜付き支持体上に塗布し、液晶化合物のダイレクタが基材に水平となるよう配向させた後に紫外線照射して固定化して得た液晶固定化層（硬化層）を反射分光膜厚計 F E - 3 0 0 0（大塚電子株式会社製）等で測定して面内平均屈折率を求めることで測定できる。あるいは、コレステリック液晶層を直接、アッペ屈折率計や分光エリプソメーターを用いて測定することができる。

[0109] なお、回折素子が、支持体等を含む場合には、屈折率の高い液晶層を導光板に接して配置するのが好ましい。あるいは、支持体として屈折率の高い材料からなる支持体を用いることが好ましい。

[0110] <<液晶層の形成方法>>

液晶層は、液晶化合物が所定の配向状態に配向されてなる液晶相を層状に固定して形成できる。例えば、コレステリック液晶層の場合には、コレステリック液晶相を層状に固定して形成できる。

液晶相を固定した構造は、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所定の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、液晶相を固定した構造においては、液晶相の光学的性質が保持されていれば十分であり、液晶層において、液晶化合物 4 0 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。

[0111] 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、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。

[0112] ー重合性液晶化合物ー

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

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なく、高分子液晶化合物も用いることができる。

[0113] 重合性液晶化合物は、重合性基を液晶化合物に導入することで得られる。重合性基の例には、不飽和重合性基、エポキシ基、およびアジリジニル基が含まれ、不飽和重合性基が好ましく、エチレン性不飽和重合性基がより好ましい。重合性基は種々の方法で、液晶化合物の分子中に導入できる。重合性液晶化合物が有する重合性基の個数は、好ましくは1～6個、より好ましくは1～3個である。

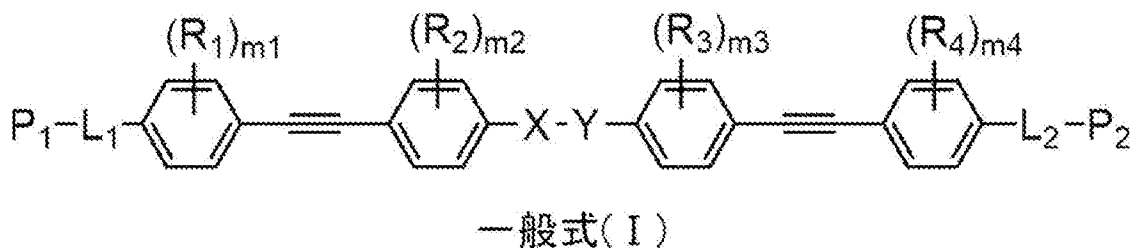
重合性液晶化合物の例は、Makromol. Chem., 190巻、2255頁(1989年)、Advanced Materials 5巻、107頁(1993年)、米国特許第4683327号明細書、米国特許第5622648号明細書、米国特許第5770107号明細書、国際公開第95/22586号、国際公開第95/24455号、国際公開第97/00600号、国際公開第98/23580号、国際公開第98/52905号、特開平1-272551号公報、特開平6-16616号公報、特開平7-110469号公報、特開平11-80081号公報、および、特開2001-328973号公報等に記載の化合物が含まれる。2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。

[0114] 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。

[0115] 液晶化合物としては、一般式(1)で表される化合物が好ましい。

[0116] [化1]



[0117] 一般式(1)中、

$P_1$ および $P_2$ は、それぞれ独立に、重合性基を表す。

重合性基の種類は特に制限されず、公知の重合性基が挙げられ、反応性の点から、付加重合反応が可能な官能基が好ましく、重合性エチレン性不飽和基または環重合性基がより好ましい。重合性基としては、例えば、(メタ)アクリロイルオキシ基、ビニル基、マレイミド基、アセチル基、スチリル基、アリル基、エポキシ基、オキセタン基、および、これらの基を含む基などが挙げられる。なお、上記各基中の水素原子は、ハロゲン原子など他の置換基で置換されていてもよい。

$L_1$ および $L_2$ は、それぞれ独立に、単結合または2価の連結基を表す。

上記2価の連結基としては、例えば、エーテル基(-O-)、カルボニル基(-CO-)、エステル基(-COO-)、チオエーテル基(-S-)、

—SO<sub>2</sub>—、—NR—（Rは、水素原子、または、アルキル基を表す）、2価の炭化水素基（例えば、アルキレン基等の飽和炭化水素基、アルケニレン基（例：—CH=CH—）、アルキニレン基（例：—C≡C—）、および、アリーレン基）、ならびに、これらを組み合わせた基が挙げられる。

上記2価の連結基のうち一般式（1）中のベンゼン環基と直接結合する原子は、炭素原子が好ましく、上記炭素原子はsp<sup>3</sup>炭素原子（一重結合のみを有する炭素原子）が好ましい。

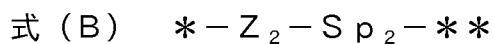
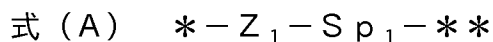
上記2価の連結基としては、置換基を有していてもよい炭素数1～20の2価の炭化水素基が好ましい。上記2価の炭化水素基のうち1個以上のメチレン基は、それぞれ独立に、—O—または—C(=O)—で置換されていてもよい。なお、1つのメチレン基が—O—で置換され、それに隣り合うメチレン基が—C(=O)—で置換されて、エステル基を形成してもよい。

上記2価の炭化水素基が有していてもよい置換基としては、例えば、フッ素原子が好ましい。

上記2価の炭化水素基の炭素数は、1～20であり、1～10が好ましく、1～5がより好ましい。

上記2価の炭化水素基は、直鎖状でも分岐鎖状でもよく、環状構造を有していてもよい。

[0118] 中でも、L<sub>1</sub>は式（A）で表される基を表し、L<sub>2</sub>は式（B）で表される基を表すのが好ましい。



Z<sub>1</sub>およびZ<sub>2</sub>は、それぞれ独立に、—C(R<sub>z<sub>a</sub></sub>)(R<sub>z<sub>b</sub></sub>)—を表す。

R<sub>z<sub>a</sub></sub>およびR<sub>z<sub>b</sub></sub>は、それぞれ独立に、水素原子または置換基を表し、水素原子が好ましい。

S p<sub>1</sub>およびS p<sub>2</sub>は、それぞれ独立に、フッ素原子を有していてもよい炭素数1～19の2価の炭化水素基、または、単結合を表す。上記2価の炭化水素基のうち1個以上のメチレン基は、それぞれ独立に、—O—または—

C(=O)-で置換されていてもよい。なお、1つのメチレン基が-O-で置換され、それに隣り合うメチレン基が-C(=O)-で置換されて、エステル基を形成してもよい。

上記2価の炭化水素基は、直鎖状でも分岐鎖状でもよく、環状構造を有していてもよい。

\*は、それぞれ、L<sub>1</sub>またはL<sub>2</sub>と直接結合するベンゼン環基との結合位置を表し、\*\*は、それぞれ、P<sub>1</sub>またはP<sub>2</sub>との結合位置を表す。

[0119] Xは、-C(R<sub>xa</sub>)(R<sub>xb</sub>)-を表す。R<sub>xa</sub>およびR<sub>xb</sub>は、それぞれ独立に、水素原子または置換基を表す。

R<sub>xa</sub>およびR<sub>xb</sub>は、水素原子が好ましい。

[0120] Yは、-C(R<sub>ya</sub>)(R<sub>yb</sub>)-、-O-、-NR<sub>yn</sub>-、または、-S-を表す。R<sub>ya</sub>およびR<sub>yb</sub>は、それぞれ独立に、水素原子または置換基を表す。R<sub>yn</sub>は、水素原子または炭素数1~6のアルキル基（直鎖状でも分岐鎖状でもよく、環状構造を有していてもよい。また、さらに置換基を有していてもよい）を表す。

中でも、Yは、-C(R<sub>ya</sub>)(R<sub>yb</sub>)-または-O-が好ましく、化合物の着色をより抑制できる点からは、-C(R<sub>ya</sub>)(R<sub>yb</sub>)-がより好ましい。

[0121] R<sub>1</sub>~R<sub>4</sub>は、それぞれ独立に、置換基を表す。

上記置換基としては、それぞれ独立に、炭素数1~20（好ましくは炭素数1~10、より好ましくは炭素数2~5）のアルキル基、炭素数1~20のアルコキシ基、炭素数1~20のアルカノイル基、炭素数1~20のアルカノイルオキシ基、炭素数1~20（好ましくは炭素数2~6）のアルキルオキシカルボニル基、炭素数1~20のアルキルアミノ基、炭素数1~20のアルキルアミノカルボニル基、炭素数1~20のアルカノイルアミノ基、シアノ基、ニトロ基、ハロゲン原子、または、重合性基を有する基が好ましい。

上述した置換基が、直鎖状にも分岐鎖状にもなり得る場合、上述した置換基は、直鎖状であってもよく分岐鎖状であってもよい。また、可能な場合、

環状構造を有していてもよい。

上記アルキル基および上述した置換基のアルキル基部分（例えば、上記アルコキシ基における－O－以外の部分）のうちの1個以上のメチレン基は、それぞれ独立に、－O－または－C(=O)－で置換されていてもよい。

また、上述した置換基は、可能な場合、さらに置換基（好ましくはフッ素原子）を有していてもよい。例えば上記アルキル基が、フルオロアルキル基（例えば、トリフルオロメチル基などの炭素数1～10のパーフルオロアルキル基）となるのも好ましい。また、例えば、上述した置換基のアルキル基部分がフッ素原子を有するのも好ましい。

中でも、化合物の液晶性および溶解性が優れる点から、置換基としては、上記アルキル基、上記アルキルオキシカルボニル基、または、上記アルキルアミノカルボニル基が好ましく、炭素数が2以上のアルキル基、フルオロメチル基（好ましくはトリフルオロメチル基）、上記アルキルオキシカルボニル基、または、上記アルキルアミノカルボニル基がより好ましく、上記アルキルオキシカルボニル基、または、上記アルキルアミノカルボニル基がさらに好ましく、上記アルキルオキシカルボニル基が特に好ましい。

[0122]  $m_1 \sim m_4$ は、それぞれ独立に、0～4の整数を表す。 $m_1 \sim m_4$ が2以上であることによって対応する $R_1 \sim R_4$ がそれぞれ複数存在する場合、複数存在する $R_1 \sim R_4$ は、それぞれ同一でもよく異なってもよい。

化合物の液晶性および溶解性が優れる点から、 $m_1 \sim m_4$ のうちの少なくとも1つが1以上の整数を表すのが好ましい。中でも、 $m_3$ が1以上の整数を表すのが好ましい。

中でも、 $m_1 \sim m_4$ のうちの少なくとも1つが1以上の整数を表し、1以上の整数を表す $m_1 \sim m_4$ のうちの少なくとも1つに対応する $R_1 \sim R_4$ のうちの少なくとも1つが、上記アルキル基、上記アルキルオキシカルボニル基、または、上記アルキルアミノカルボニル基であるのが好ましく、炭素数が2以上のアルキル基、フルオロメチル基（好ましくはトリフルオロメチル基）、上記アルキルオキシカルボニル基、または、上記アルキルアミノカルボニル

基であるのがより好ましく、上記アルキルオキシカルボニル基、または、上記アルキルアミノカルボニル基であるのがさらに好ましく、上記アルキルオキシカルボニル基であるのが特に好ましい。特に、 $m_3$ が1以上の整数を表し、 $R_3$ のうちの少なくとも1つが、上記アルキル基、上記アルキルオキシカルボニル基、または、上記アルキルアミノカルボニル基であるのが好ましい。

なお、「1以上の整数を表す $m_1 \sim m_4$ のうちの少なくとも1つに対応する $R_1 \sim R_4$ のうちの少なくとも1つが、上記アルキル基等である」とは、例えば、 $m_1$ が1以上の整数を表し、 $m_2 \sim m_4$ が0である場合、 $m_1$ に対応する $R_1$ が上述した基である態様が挙げられる。また、別の例としては、 $m_1 \sim m_2$ が1以上の整数を表し、 $m_3 \sim m_4$ が0である場合、 $m_1$ に対応する $R_1$ および $m_2$ に対応する $R_2$ の少なくとも1つが上述した基である態様が挙げられる。

[0123] ー円盤状液晶化合物ー

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

[0124] 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。

[0125] ー界面活性剤ー

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。

[0126] 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、等が挙げられる。

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。

[0127] 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。

[0128] キラル剤（光学活性化合物）

キラル剤（キラル剤）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ピッチが異なるため、目的に応じて選択すればよい。

キラル剤としては、特に制限はなく、公知の化合物（例えば、液晶デバイスハンドブック、第3章4-3項、TN (twisted nematic)、STN (Super Twisted Nematic) 用キラル剤、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。

[0129] キラル剤が光異性化基を有する場合には、塗布、配向後に活性光線等のフォトマスク照射によって、発光波長に対応した所望の反射波長のパターンを形成することができるので好ましい。光異性化基としては、フォトクロミック性を示す化合物の異性化部位、アゾ基、アゾキシ基、または、シ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。

[0130] 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。

[0131] ー重合開始剤ー

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

光重合開始剤の例には、 $\alpha$ -カルボニル化合物（米国特許第236766

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

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

[0132] ー 架橋剤 ー

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等が挙げられる。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、液晶相の安定性がより向上する。

[0133] — 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。

[0134] 液晶組成物は、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、エーテル類等が挙げられる。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。

[0135] 液晶層を形成する際には、液晶層の形成面に液晶組成物を塗布して、液晶化合物を所望の液晶相の状態に配向した後、液晶化合物を硬化して、液晶層とするのが好ましい。

すなわち、配向膜32上にコレステリック液晶層を形成する場合には、配向膜32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液晶層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。

[0136] 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、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、 $200^{\circ}\text{C}$ 以下が好ましく、 $130^{\circ}\text{C}$ 以下がより好ましい。

[0137] 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、光照射による光重合のいずれでもよいが、光重合が好ましい。光照射は、紫外線を用いるのが好ましい。照射エネルギーは、 $20\text{ mJ}/\text{cm}^2\sim 50\text{ J}/\text{cm}^2$ が好ましく、 $50\sim 1500\text{ mJ}/\text{cm}^2$ がより好ましい。光重合反応を促進するため、加熱条件下または窒素雰囲気下で光照射を実施してもよい。照射する紫外線の波長は $250\sim 430\text{ nm}$ が好ましい。

[0138] 液晶層の厚さには、制限はなく、回折素子の用途、液晶層に要求される光の反射率、および、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。

[0139] (透過型の液晶回折素子)

以上の例は、液晶回折素子として液晶化合物がコレステリック配向された液晶層を用いているが、本発明に用いる液晶回折素子は、液晶化合物40に由来する光学軸40Aが、面内の少ないとも1方向に沿って連続的に回転している液晶配向パターンを有するものであれば、各種の液晶回折素子が利用可能である。

本発明においては、面内の少なくとも1方向に沿って連続的に回転している液晶配向パターンを有し、かつ、厚さ方向には液晶化合物がコレステリック液晶相を形成していない液晶回折素子も、利用可能である。なお、液晶回折素子において、液晶化合物がコレステリック液晶相とはならない程度に厚さ方向に捩じれ回転した構成を有していてもよい。

[0140] 図14および図15に、透過型の液晶回折素子を例示して、その一例を説明する。

図14および図15に示す液晶回折素子は、支持体30と、配向膜32と、液晶層36とを有する。

図15に示す液晶回折素子の液晶層36も、液晶層34と同様、液晶化合物40の光学軸40Aが、配列軸D方向に沿って連続的に回転する液晶配向パターンを有する。なお、図15も、上述した図7と同様、配向膜32の表面の液晶化合物のみを示している。

図14に示す液晶回折素子では、液晶層36を形成する液晶化合物40が厚さ方向に螺旋状に捩じれ回転しておらず、光学軸40Aは、面方向の同じ場所に位置する。このような液晶層は、上述した液晶層の形成において、液晶組成物にキラル剤を添加しないことで形成できる。

[0141] 上述したように、液晶層36は、面内において、液晶化合物40に由来する光学軸40Aの向きが、配列軸D方向すなわち矢印Dで示す一方向に沿って連続的に回転しながら変化する液晶配向パターンを有する。

一方、液晶層36を形成する液晶化合物40は、配列軸D方向と直交するY方向、すなわち光学軸40Aが連続的に回転する一方向と直交するY方向では、光学軸40Aの向きが等しい液晶化合物40が等間隔で配列されている。

言い換えれば、液晶層36を形成する液晶化合物40において、Y方向に配列される液晶化合物40同士では、光学軸40Aの向きと配列軸D方向とが成す角度が等しい。

[0142] 液晶層36において、Y方向に配列される液晶化合物は、光学軸40Aと配列軸D方向（液晶化合物40の光学軸の向きが回転する1方向）とが成す角度が等しい。この光学軸40Aと配列軸D方向とが成す角度が等しい液晶化合物40が、Y方向に配置された領域を、領域Rとする。

この場合に、それぞれの領域Rにおける面内レタレーション（ $R_e$ ）の値は、半波長すなわち $\lambda/2$ であるのが好ましい。これらの面内レタレーションは、領域Rの屈折率異方性に伴う屈折率差 $\Delta n$ と光学異方性層の厚さとの積により算出される。ここで、光学異方性層における領域Rの屈折率異方性

に伴う屈折率差とは、領域 R の面内における遅相軸の方向の屈折率と、遅相軸の方向に直交する方向の屈折率との差により定義される屈折率差である。すなわち、領域 R の屈折率異方性に伴う屈折率差  $\Delta n$  は、光学軸 40A の方向の液晶化合物 40 の屈折率と、領域 R の面内において光学軸 40A に垂直な方向の液晶化合物 40 の屈折率との差に等しい。つまり、屈折率差  $\Delta n$  は、液晶化合物 40 の屈折率差に等しい。

[0143] このような液晶層 36 に円偏光が入射すると、光は、屈折され、かつ、円偏光の方向が変換される。

この作用を、図 16 および図 17 に概念的に示す。なお、液晶層 36 は、液晶化合物の屈折率差と光学異方性層の厚さとの積の値が  $\lambda/2$  であるとする。

図 16 に示すように、液晶層 36 の液晶化合物の屈折率差と光学異方性層の厚さとの積の値が  $\lambda/2$  の場合に、液晶層 36 に左円偏光である入射光  $L_1$  が入射すると、入射光  $L_1$  は、液晶層 36 を通過することにより  $180^\circ$  の位相差が与えられて、透過光  $L_2$  は、右円偏光に変換される。

また、液晶層 36 に形成された液晶配向パターンは、配列軸 D 方向に周期的なパターンであるため、透過光  $L_2$  は、入射光  $L_1$  の進行方向とは異なる方向に進行する。このように、左円偏光の入射光  $L_1$  は、入射方向に対して配列軸 D 方向に一定の角度だけ傾いた、右円偏光の透過光  $L_2$  に変換される。

[0144] 一方、図 17 に示すように、液晶層 36 の液晶化合物の屈折率差と光学異方性層の厚さとの積の値が  $\lambda/2$  のとき、液晶層 36 に右円偏光の入射光  $L_4$  が入射すると、入射光  $L_4$  は、液晶層 36 を通過することにより、 $180^\circ$  の位相差が与えられて、左円偏光の透過光  $L_5$  に変換される。

また、液晶層 36 に形成された液晶配向パターンは、配列軸 D 方向に周期的なパターンであるため、透過光  $L_5$  は、入射光  $L_4$  の進行方向とは異なる方向に進行する。このとき、透過光  $L_5$  は透過光  $L_2$  と異なる方向、つまり、入射方向に対して矢印 X 方向とは逆の方向に進行する。このように、入射光  $L_4$  は、入射方向に対して配列軸 D 方向とは逆の方向に一定の角度だけ傾いた左円偏

光の透過光 $L_5$ に変換される。

[0145] 液晶層34と同様、液晶層36も、形成された液晶配向パターンの1周期 $\Lambda$ を変化させることにより、透過光 $L_2$ および $L_5$ の屈折の角度を調節できる。具体的には、液晶層36も、液晶配向パターンの1周期 $\Lambda$ が短いほど、互いに隣接した液晶化合物40を通過した光同士が強く干渉するため、透過光 $L_2$ および $L_5$ を大きく屈折させることができる。

また、配列軸D1方向に沿って回転する、液晶化合物40の光学軸40Aの回転方向を逆方向にすることにより、透過光の屈折の方向を、逆方向にできる。すなわち、図14～図17に示す例では、配列軸D方向に向かう光学軸40Aの回転方向は時計回りであるが、この回転方向を反時計回りにすることで、透過光の屈折の方向を、逆方向にできる。

[0146] なお、回折効率の観点から、このような、入射光を透過回折する液晶回折素子を用いる場合も、液晶化合物が振れて回転（振れ角が $360^\circ$ 未満）している領域を有する液晶回折素子を用いるのが好ましい。特に、導光板内を全反射する角度に光を回折する場合、回折効率の観点から、液晶化合物が振れて回転する領域を有する液晶回折素子を好適に用いることができる。また、液晶化合物が振れて回転する角度が異なる液晶回折素子を積層して用いることや、液晶化合物が振れて回転する方向が異なる液晶回折素子を積層して用いることは、回折効率の観点から好ましい。

[0147] また、このような、液晶化合物がコレステリック配向されておらず、振れて回転（振れ角が $360^\circ$ 未満）している領域を有する液晶回折素子を反射型の回折素子として用いることもできる。このような液晶回折素子では、回折された光が液晶回折素子の界面で反射して光の入射側から出射されて、光を反射しつつ回折するため反射型の回折素子として機能させることもできる。

[0148] ここで、図14に示す液晶層36は、液晶化合物の光学軸が液晶層の主面に平行な構成を示したがこれに限定はされない。

[0149] 例えば、図18に示す液晶層36bのように、前述の液晶層において、液

晶化合物の光学軸が液晶層の主面に傾斜していてもよい。なお、このような液晶層は、液晶化合物に由来する光学軸の向きが、面内の一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する点は前述の液晶層36と同様である。すなわち、液晶層36bの平面図は、図15と同様である。

[0150] 本発明の導光素子において、各回折素子として異なる種類の回折素子を組み合わせ用いてもよい。例えば、入射側の回折素子として透過型の液晶回折素子を用い、出射側の回折素子として反射型の液晶回折素子を用いてもよい。

[0151] 本発明の導光素子は、視認の改善のため、射出瞳を拡大する回折光学方法を用いてもよい。

具体的には複数個の回折要素（回折素子）を使用する光学的方法、すなわち内結合、中間および外結合回折要素を備えた回折光学方法を用いることができる。本方法は特表2008-546020号公報に詳しく記載がある。

[0152] 以上、本発明の導光素子について詳細に説明したが、本発明は上述の例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変更を行ってもよいのは、もちろんである。

## 実施例

[0153] 以下に実施例を挙げて本発明の特徴をさらに具体的に説明する。以下の実施例に示す材料、試薬、使用量、物質質量、割合、処理内容、および、処理手順等は、本発明の趣旨を逸脱しない限り適宜変更することができる。したがって、本発明の範囲は以下に示す具体例により限定的に解釈されるべきものではない。

[0154] [実施例1]

### <回折素子の作製>

#### (配向膜の形成)

支持体としてガラス基板を用意した。支持体上に、下記の配向膜形成用塗布液をスピコートを用いて、2500rpmにて30秒間塗布した。この

配向膜形成用塗布液の塗膜が形成された支持体を60℃のホットプレート上で60秒間乾燥し、配向膜を形成した。

[0155] 配向膜形成用塗布液

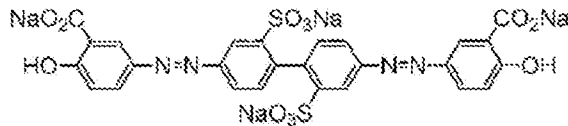
---

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

---

[0156] ー光配向用素材ー

[化1]



[0157] (配向膜の露光)

図13に示す露光装置を用いて配向膜を露光して、配向パターンを有する配向膜P-1を形成した。

露光装置において、レーザとして波長(325nm)のレーザ光を出射するものを用いた。干渉光による露光量を320mJ/cm<sup>2</sup>とした。なお、2つのレーザ光の干渉により形成される配向パターンの1周期(光学軸が180°回転する長さ)が、0.410μmとなるように、2つの光の交差角(交差角α)を51.3°に調節した。

[0158] (コレステリック液晶層の形成)

コレステリック液晶層を形成する液晶組成物として、下記の液晶組成物LC-1を調製した。

[0159] 液晶組成物LC-1

---

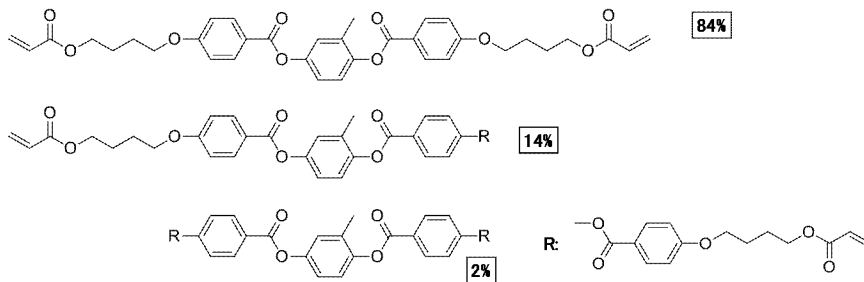
液晶化合物L-1	40.0質量部
----------	---------

液晶化合物L-2	60.0質量部
重合開始剤 (BASF社製、Irgacure 907)	
	3.0質量部
光増感剤 (日本化薬社製、KAYACURE DETX-S)	
	1.0質量部
キラル剤Ch-1	5.7質量部
メチルエチルケトン	164.6質量部

---

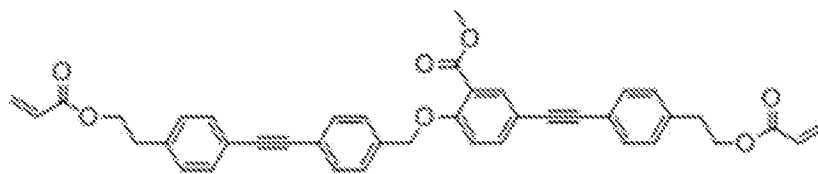
[0160] 液晶化合物L-1

[化2]



[0161] 液晶化合物L-2

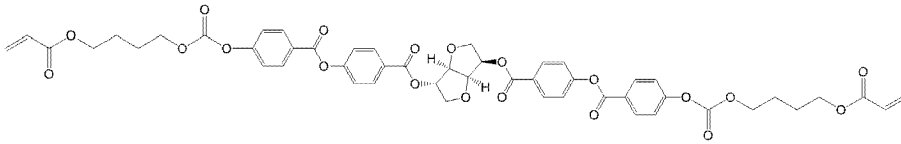
[化3]



[0162] 液晶化合物L-1と液晶化合物L-2を40対60の割合で混合した液晶化合物の $\Delta n$ は、混合した液晶化合物を、くさび型セルに注入し、これに波長552nmのレーザー光を照射し、透過光の屈折角を測定することで測定した。液晶化合物L-1の $\Delta n$ は0.23であった。

[0163] キラル剤Ch-1

## [化4]



なお、このキラル剤Ch-1は、液晶化合物を右捻じれの螺旋状に巡回させるキラル剤である。従って、コレステリック液晶層は、右円偏光を選択的に反射する。

[0164] 配向膜P-1上に、液晶組成物LC-1を、スピコートを用いて、800rpmで10秒間塗布した。液晶組成物LC-1の塗膜をホットプレート上で80℃にて3分間(180sec)加熱した。その後、80℃にて、窒素雰囲気下で高圧水銀灯を用いて波長365nmの紫外線を300mJ/cm<sup>2</sup>の照射量で塗膜に照射することにより、液晶組成物LC-1を硬化して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。これにより、支持体、配向膜およびコレステリック液晶層を有する、図12に示すような液晶回折素子を作製した。

[0165] コレステリック液晶層は、図7に示すような周期的な配向表面になっていることを偏光顕微鏡で確認した。

液晶回折素子を光学軸の回転方向に沿う方向切削し、断面をSEMで観察した。SEM画像を解析することで、コレステリック液晶層の液晶配向パターンにおける1周期 $\Lambda$ 、および、螺旋1ピッチの長さピッチP1、P2を測定した。P1はコレステリック液晶層内の膜厚方向に対して、ガラス基板側の測定値であり、P2はコレステリック液晶層内の膜厚方向に対して、空気界面側の測定値である。測定結果を、下記の表1に示す。

[0166] [回折素子の面内平均屈折率の測定]

液晶組成物LC-1を別途に用意した配向膜付き支持体上に塗布し、液晶化合物のダイレクタが基材に水平となるよう配向させた後に紫外線照射して固定化して得た液晶固定化層(硬化層)を反射分光膜厚計FE-3000(大塚電子株式会社製)で測定して面内平均屈折率を求めた。

## [0167] [実施例 2]

液晶組成物の組成、塗布工程および露光工程における条件を表 1 に示すように変更し、実施例 1 と同様に液晶回折素子を作製した。

[0168] 実施例 2 において、液晶組成物を硬化するための第 2 露光工程に先立ち、第 1 露光工程として、高圧水銀灯を用いて、300 nm のロングパスフィルタ、および 350 nm のショートパスフィルタを介して、100°C で液晶組成物の露光を行った。第 1 露光工程は、波長 315 nm で測定される光の照射量が  $4 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  となるように行った。

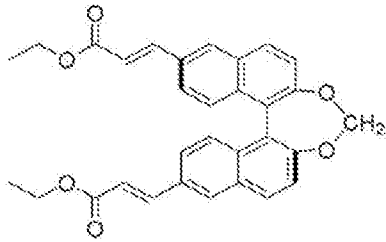
実施例 2 で作製された液晶回折素子は、ピッチグラジエント層を有する。

## [0169] [実施例 3～4、比較例 1]

液晶組成物の組成、塗布工程および露光工程における条件を表 1 に示すように変更した以外は、実施例 2 と同様に液晶回折素子を作製し、同様の測定を行った。

## [0170] キラル剤 Ch-2

[化5]



## [0171] [評価]

(回折効率の測定)

作製した液晶回折素子を高い屈折率を有する導光板に配置した場合の、所定の入射角度範囲内での回折効率を以下の方法で測定した。

[0172] 図 19 に示すように、作製した液晶回折素子 D をダブルプリズム 80 に配置した。ダブルプリズム 80 は斜面角度が  $45^\circ$  のものを用いた。また、ダブルプリズムの屈折率は 1.70 とした。

[0173] ダブルプリズム 80 に、波長 552 nm のレーザーを、直線偏光子 82 および  $\lambda/4$  板 84 を透過させて右円偏光とし、液晶回折素子 D の表面に対して

表1に記載の導光する角度範囲で角度を変えながら入射させた。

回折光 $L_d$ と0次の透過光 $L_0$ の強度を測定器86（ニューポート社製、パワーメータ1918-C）を用いて測定し、 $L_d / (L_d + L_0) \times 100$ （%）の式から回折効率を求めた。求めた回折効率を以下の基準で評価した。結果を表1に示す。

- [0174] ・AA：導光する入射角度範囲内で、一番低い回折効率の値が80%より大きく100%以下の場合
- ・A：導光する入射角度範囲内で、一番低い回折効率の値が50%より大きく80%以下の場合
- ・B：導光する入射角度範囲内で、一番低い回折効率の値が10%より大きく50%以下の場合
- ・C：導光する入射角度範囲内で、一番低い回折効率の値が0%より大きく10%以下の場合

[0175] [表1]

表1

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	比較例1
組成物	液晶化合物 〔質量部〕	L-1 40	--	L-1 40	L-1 40	L-1 100
	液晶化合物 〔質量部〕	L-2 60	L-2 100	L-2 60	L-2 60	--
	重合開始剤 〔質量部〕	Irgacure907 3	KAYACURE DET-X-S 1	KAYACURE DET-X-S 1	KAYACURE DET-X-S 1	KAYACURE DET-X-S 1
	光増感剤 〔質量部〕	KAYACURE DET-X-S 1	--	--	--	--
	キラル剤 〔質量部〕	Ch-1 5.7	Ch-2 6.0	Ch-2 5.8	Ch-2 5.2	Ch-2 4.0
	溶媒 〔質量部〕	MEK 184.6	MEK 160.5	MEK 180.3	MEK 159.3	MEK 157.5
第1露光工程	温度〔°C〕	--	100	100	100	100
	照射量〔mJ/cm <sup>2</sup> 〕	--	4	4	4	4
	環境（雰囲気）	--	窒素	窒素	窒素	窒素
第2露光工程	温度〔°C〕	80	100	100	100	100
	照射量〔mJ/cm <sup>2</sup> 〕	300	1000	1000	1000	1000
	環境（雰囲気）	窒素	窒素	窒素	窒素	窒素
導光板	屈折率	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
回折素子	屈折率	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8
	螺旋ピッチP1〔nm〕	380	290	250	290	290
	螺旋ピッチP2〔nm〕	380	440	460	440	440
	1周期λ〔nm〕	410	410	410	410	410
導光する入射角度範囲	-20° ~ 21°	-20° ~ 21°	-20° ~ 21°	-20° ~ 21°	-20° ~ 21°	
評価	回折効率	B	A	B	AA	C

[0176] 表1から、本発明の実施例は、比較例に比べて、導光可能な入射角度範囲での回折効率が高いことがわかる。すなわち、高い回折効率を得られる入射

角度範囲が広いことがわかる。

[0177] また、実施例2と実施例4との対比から、導光板の屈折率 $n_d$ と、液晶層の屈折率 $n_k$ とが、 $0.1 > n_k - n_d \geq 0$ を満たすことが好ましいことがわかる。

また、実施例3と実施例4との対比から、液晶層がピッチグラジエント層である場合には、1周期 $\Lambda$ と、螺旋ピッチ $P_1$ と、螺旋ピッチ $P_2$ とが $P_1 < \Lambda < P_2$ を満たすことが好ましいことがわかる。

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

[0178] ARグラス等、導光を利用する各種の光学装置に好適に利用可能である。

### 符号の説明

- [0179] 10a、10b 導光素子  
11、12 回折素子  
16、116 導光板  
30 支持体  
32 配向膜  
34、36 液晶層  
40 液晶化合物  
40A 光学軸  
42 明部  
44 暗部  
50 画像表示装置  
54 ディスプレイ  
60 露光装置  
62 レーザ  
64 光源  
65  $\lambda/2$ 板  
68 偏光ビームスプリッター  
70A, 70B ミラー

72 A, 72 B  $\lambda/4$  板

80 ダブルプリズム

82 直線偏光子

84  $\lambda/4$  板

86 測定器

R<sub>R</sub> 赤色の右円偏光

M レーザ光

MA, MB 光線

P<sub>0</sub> 直線偏光

P<sub>R</sub> 右円偏光

P<sub>L</sub> 左円偏光

$\alpha$  交差角

U 使用者

D 配列軸

$\Lambda$  1周期

P ピッチ

L<sub>1</sub>, L<sub>4</sub> 入射光

L<sub>2</sub>, L<sub>5</sub> 出射光

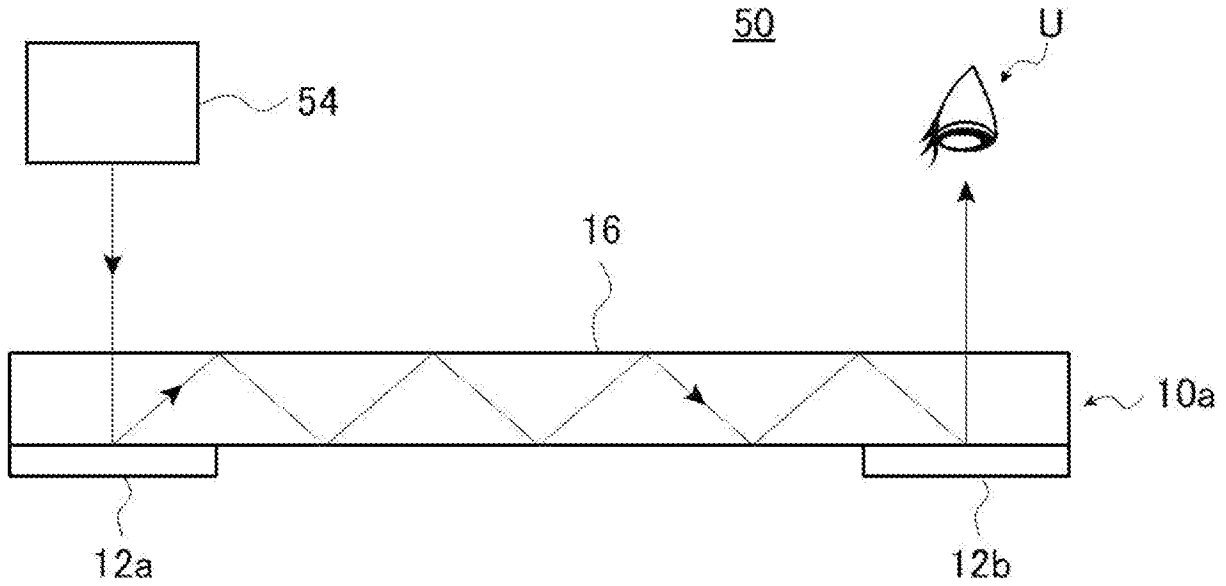
L レーザ光

L<sub>r</sub> 出射光

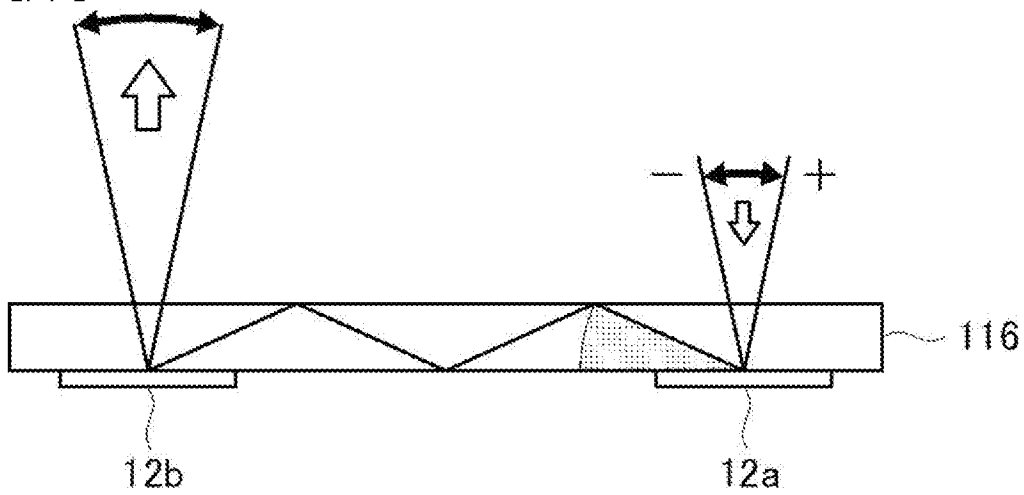
## 請求の範囲

- [請求項1] 導光板と、  
前記導光板の主面に配置される回折素子と、を有し、  
前記回折素子は、液晶化合物を含む液晶組成物を用いて形成され、  
前記液晶化合物由来の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している液晶配向パターンを有する液晶層を有し、  
前記導光板の屈折率が1.70以上であって、  
前記導光板の屈折率を $n_d$ とし、前記液晶層の屈折率を $n_k$ とすると、  
、  
$$n_k - n_d \geq 0$$
  
を満たす導光素子。
- [請求項2] 前記液晶層が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である請求項1に記載の導光素子。
- [請求項3] 前記コレステリック液晶層は、膜厚方向で螺旋ピッチが変化しているピッチグラジエント層である請求項2に記載の導光素子。
- [請求項4] 前記液晶層において、前記液晶化合物の光学軸の向きが面内の少なくとも一方向に沿って連続的に回転しながら変化している主面において、前記液晶化合物の光学軸の向きが $180^\circ$ 回転する長さを1周期 $\Lambda$ とし、前記ピッチグラジエント層の一方の面側における螺旋ピッチを $P_1$ とし、他方の面側における螺旋ピッチを $P_2$ とすると、  
$$P_1 < \Lambda < P_2$$
  
を満たす請求項3に記載の導光素子。
- [請求項5] 前記導光板の屈折率 $n_d$ と、前記液晶層の屈折率 $n_k$ とが、  
$$0.1 > n_k - n_d \geq 0$$
  
を満たす請求項1～4のいずれか一項に記載の導光素子。
- [請求項6] 前記回折素子が、光を前記導光板内に入射させる入射回折素子である請求項1～5のいずれか一項に記載の導光素子。

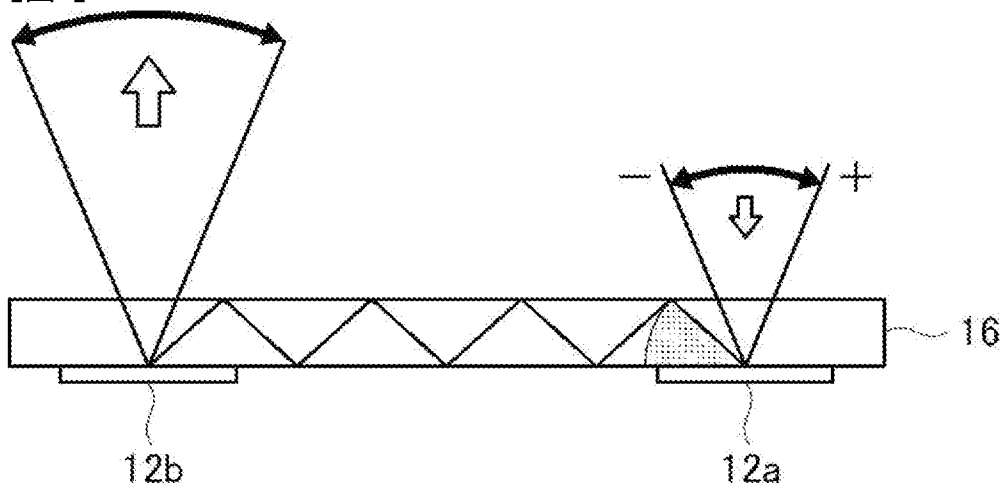
[図1]



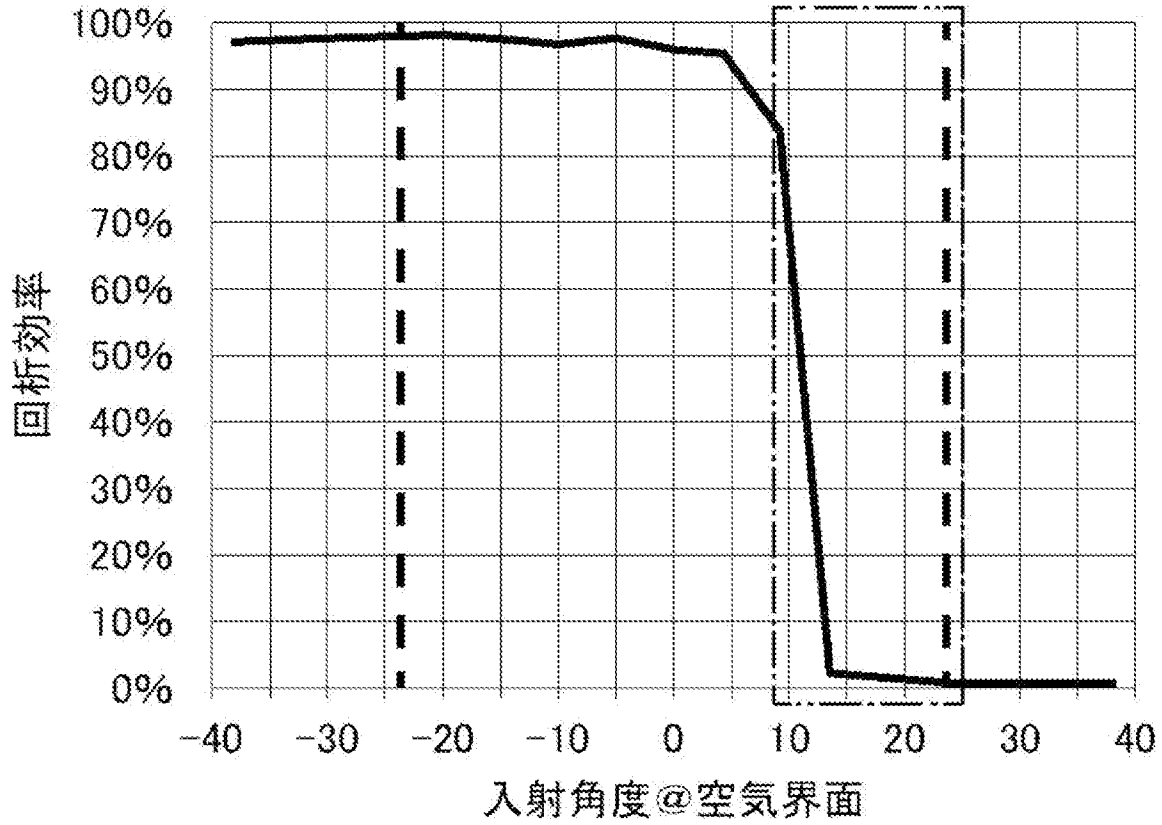
[図2]



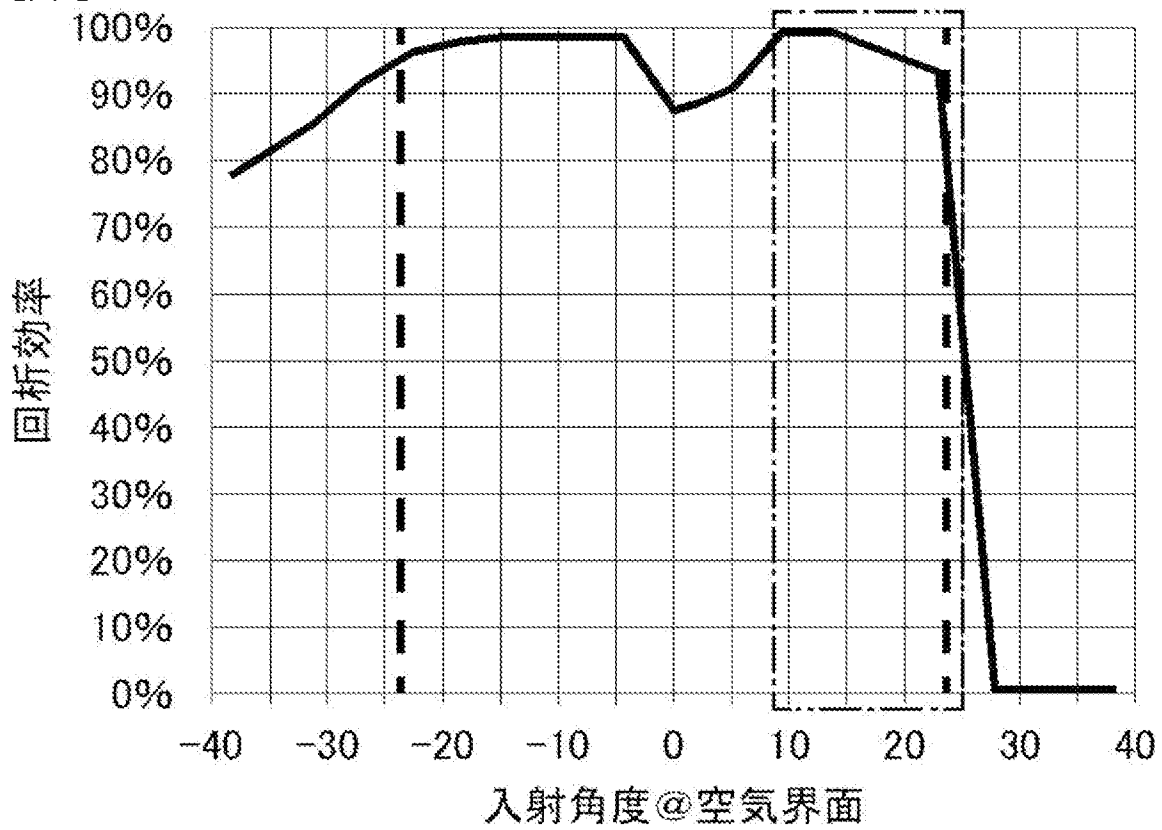
[図3]



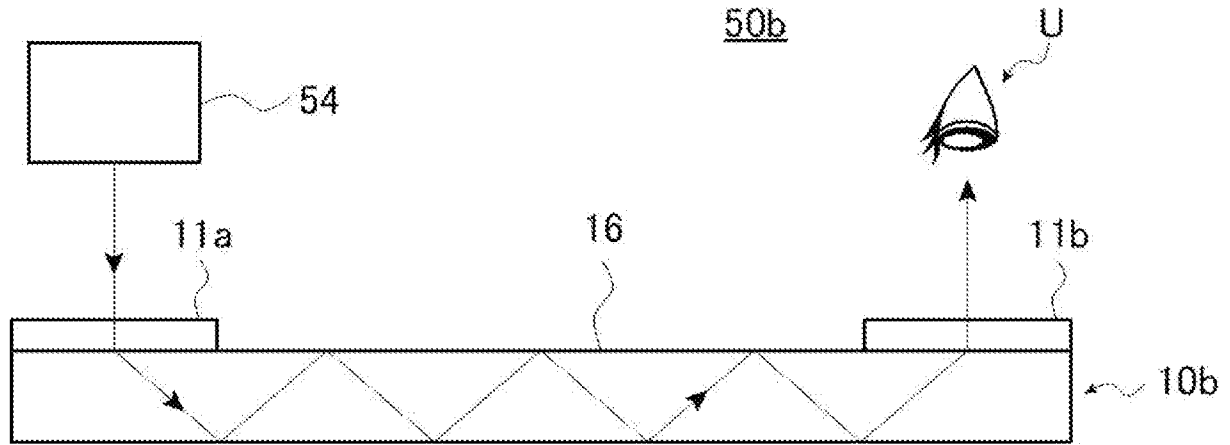
[図4]



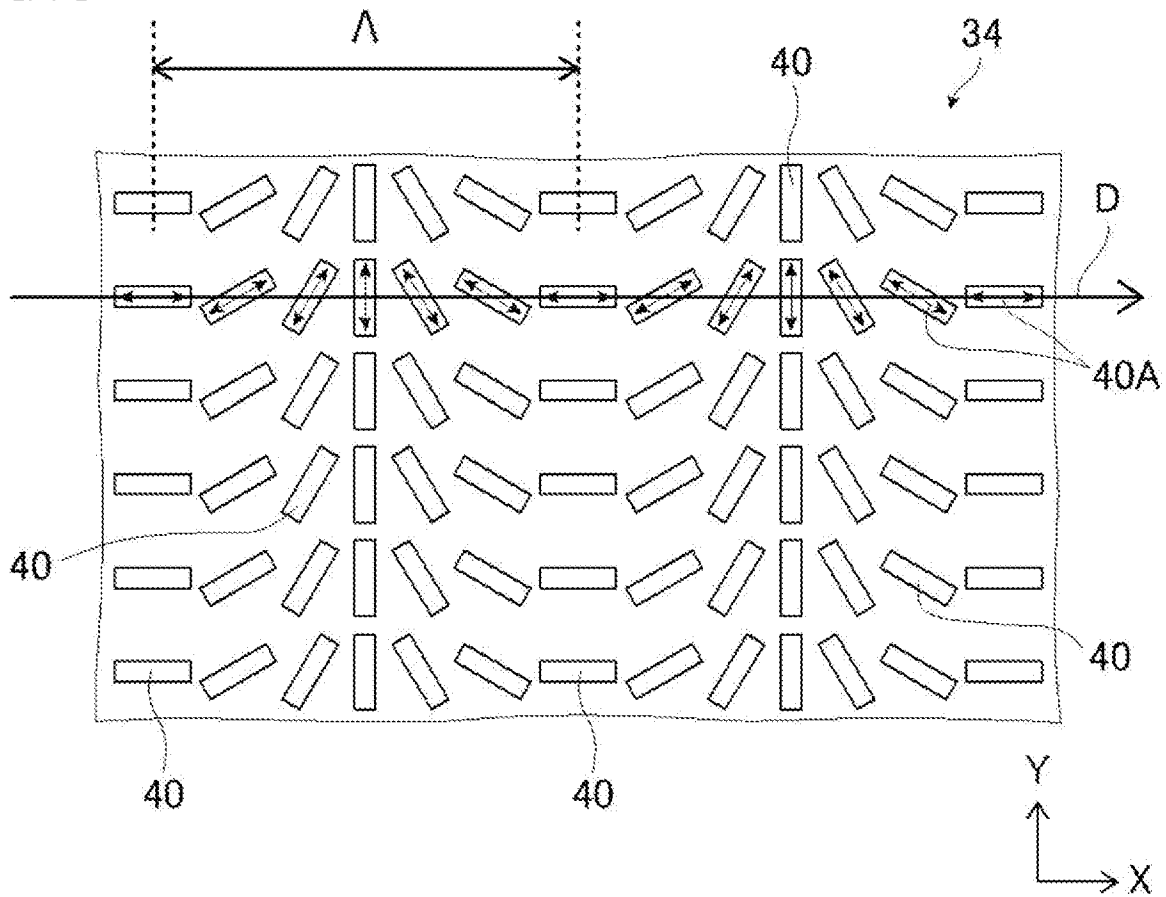
[図5]



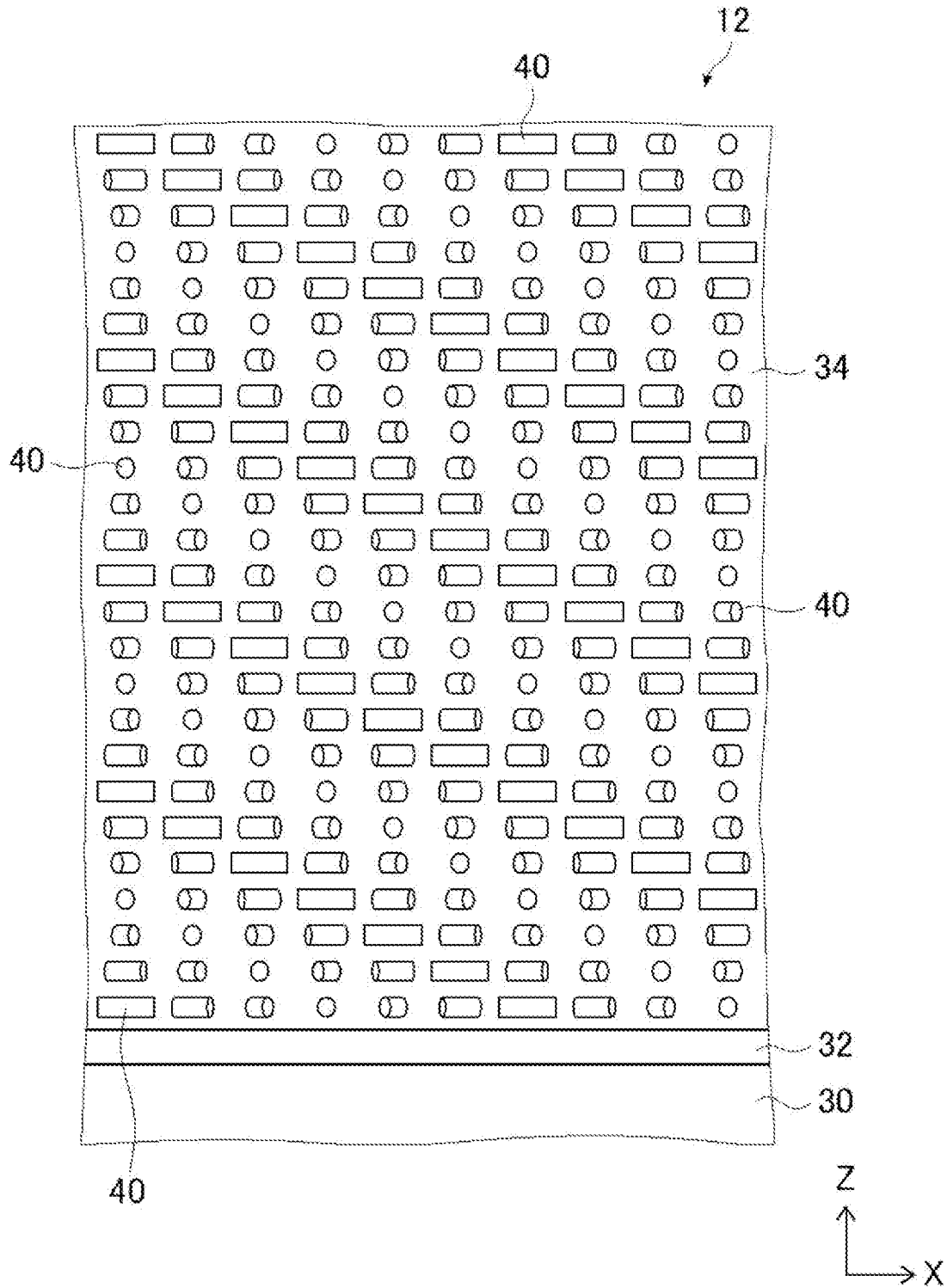
[図6]



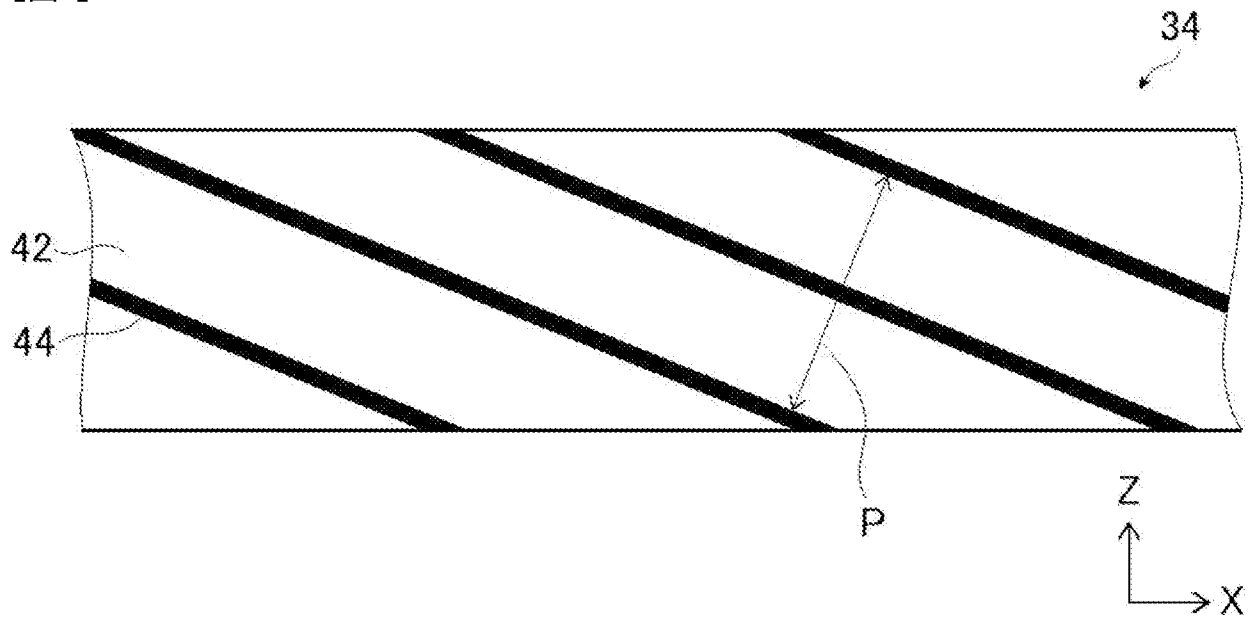
[図7]



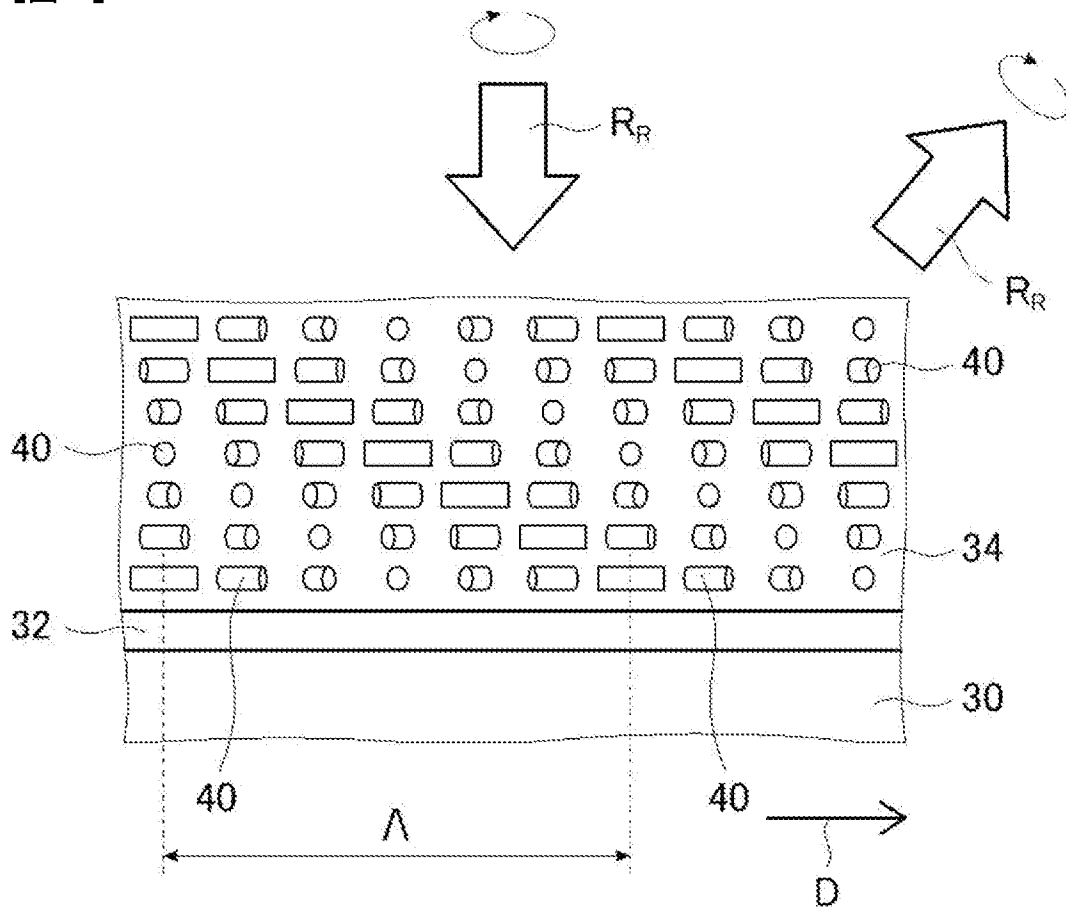
[図8]



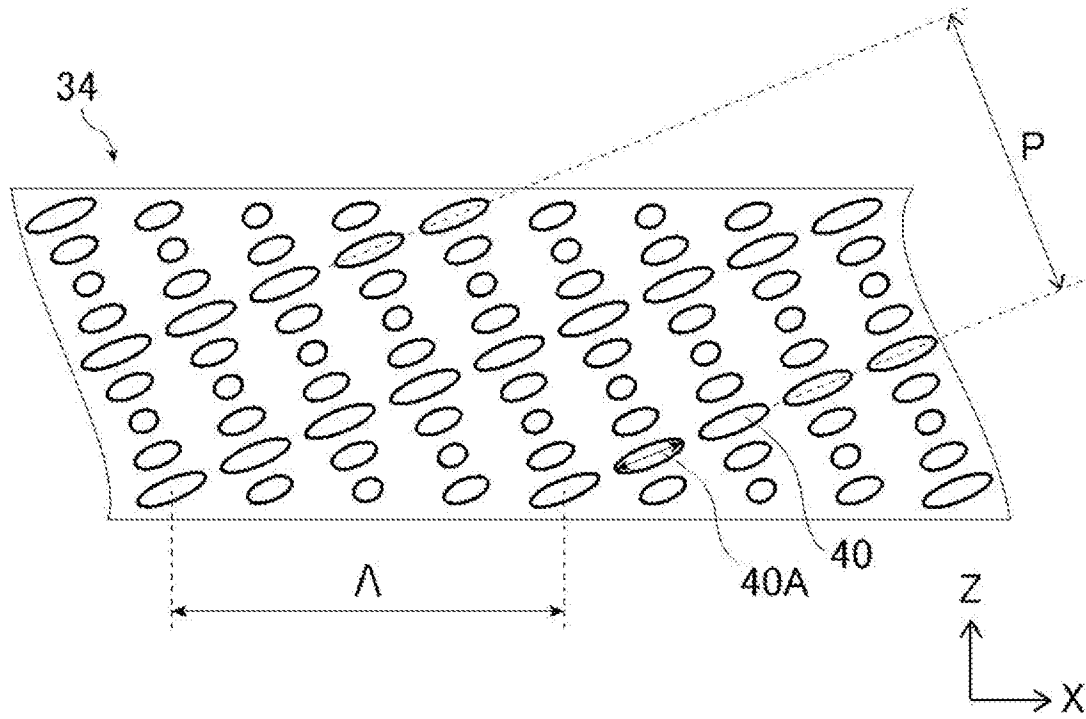
[図9]



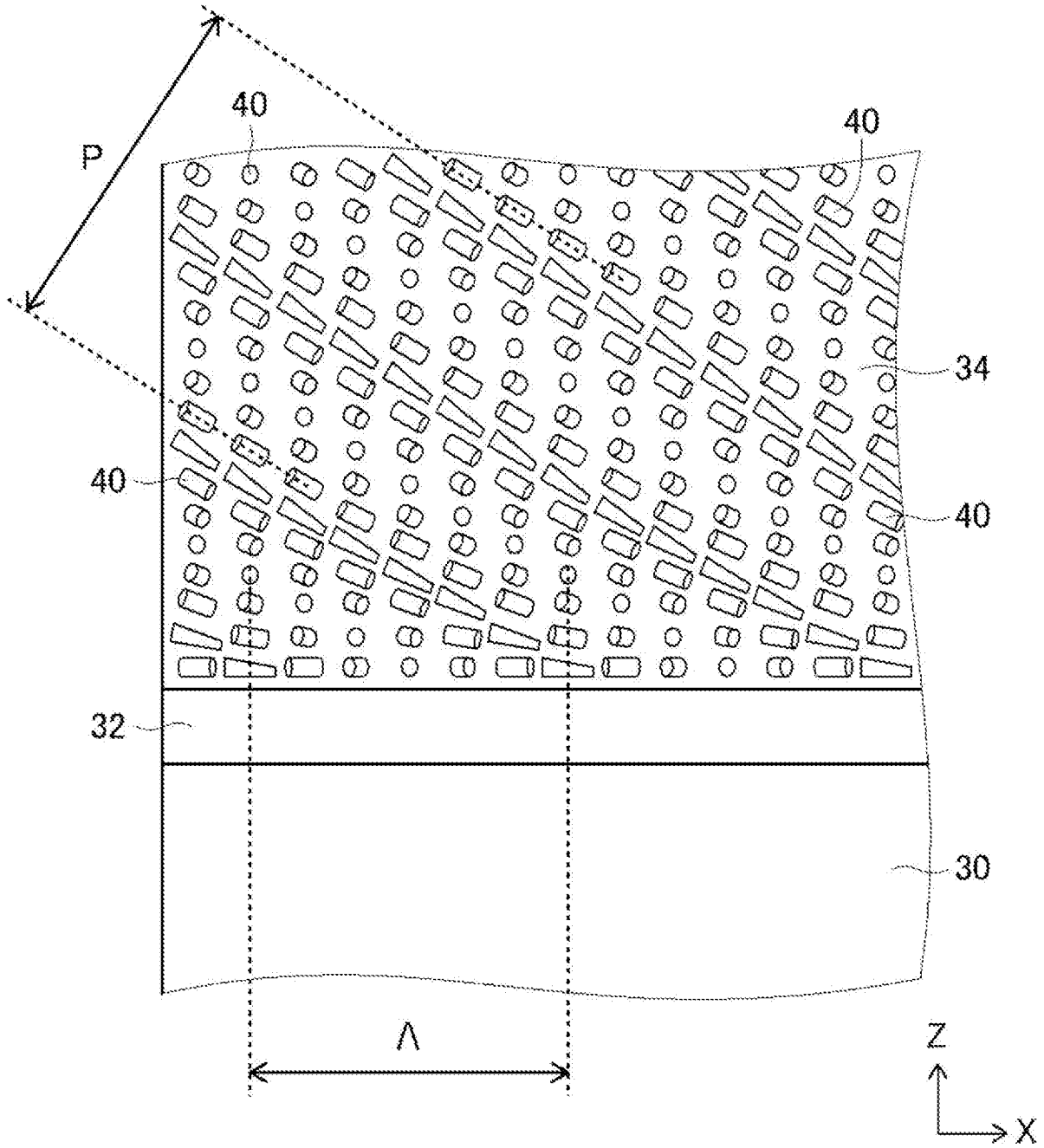
[図10]



[図11]

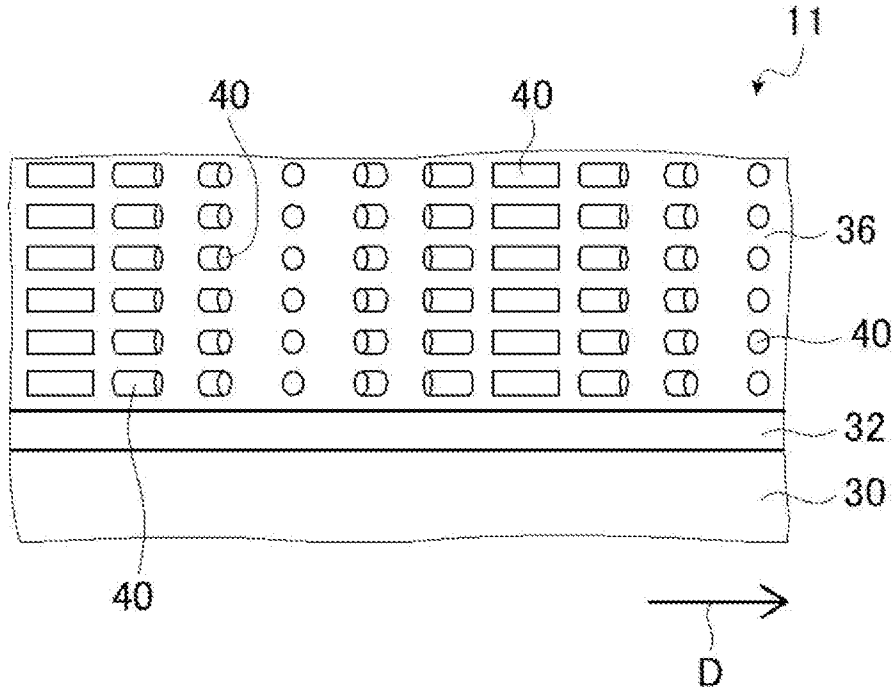


[図12]

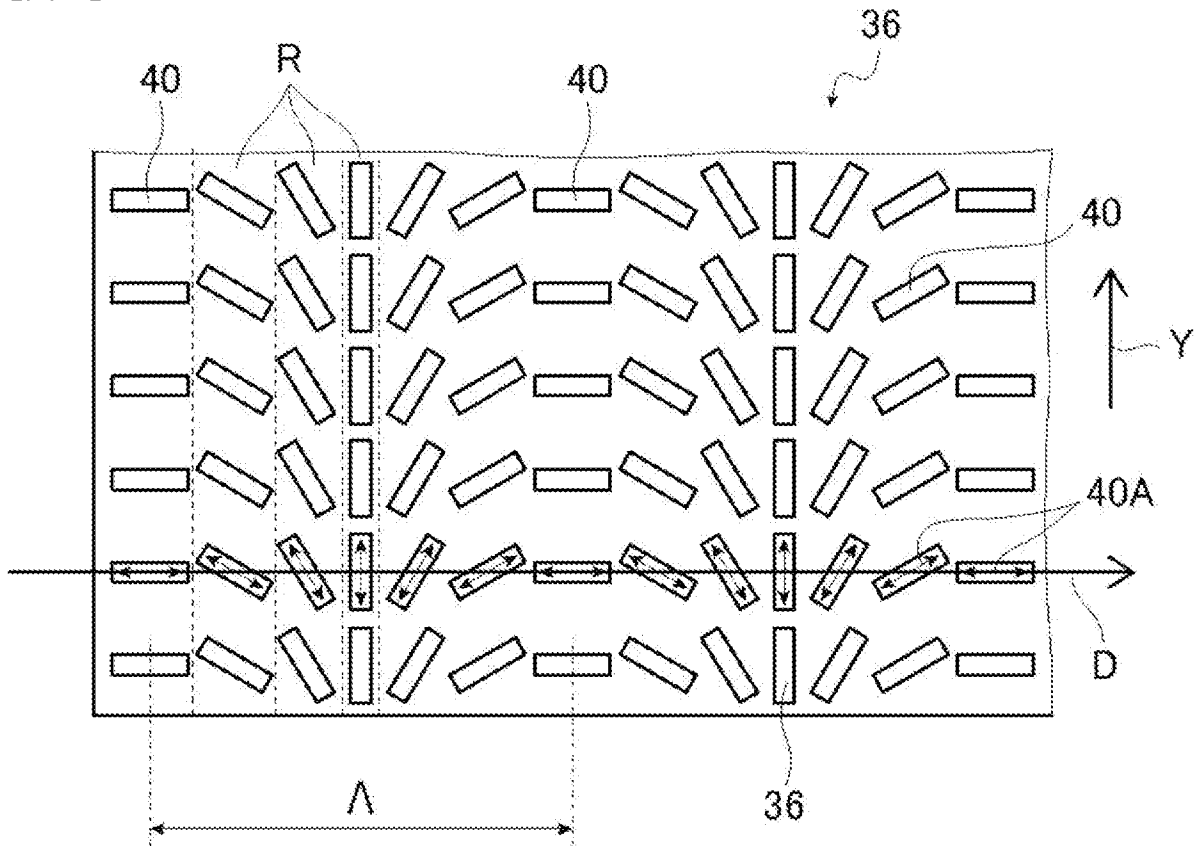




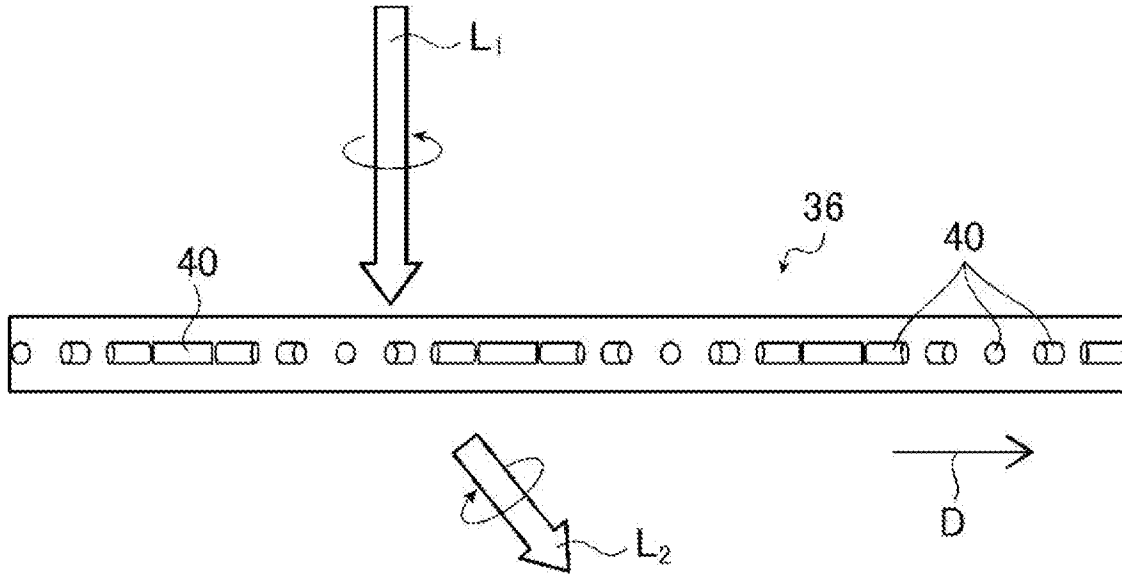
[図14]



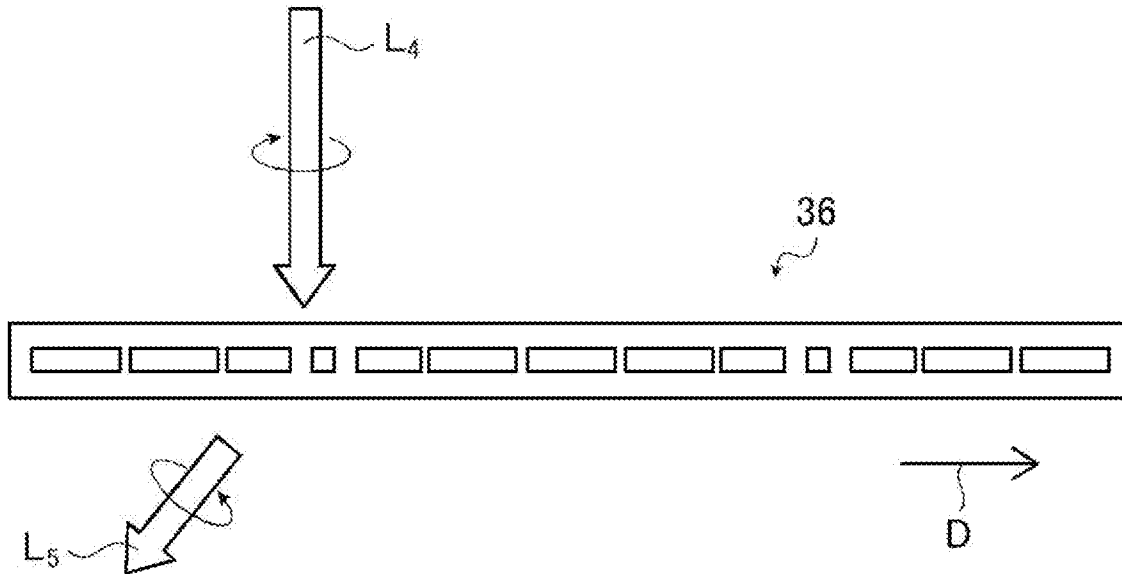
[図15]



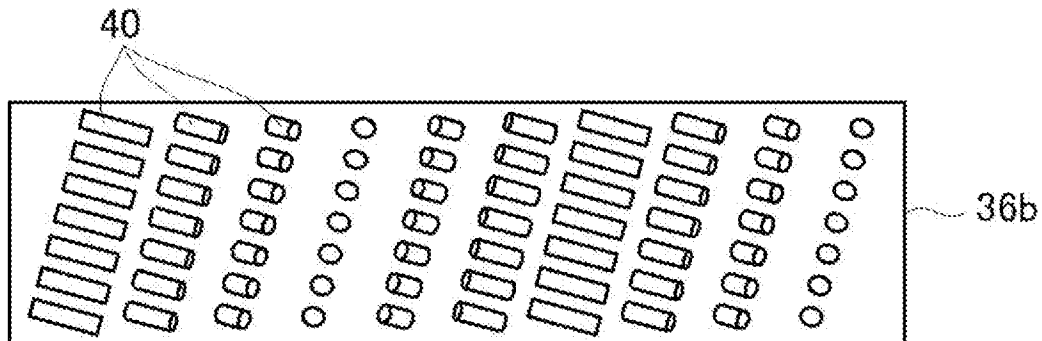
[図16]



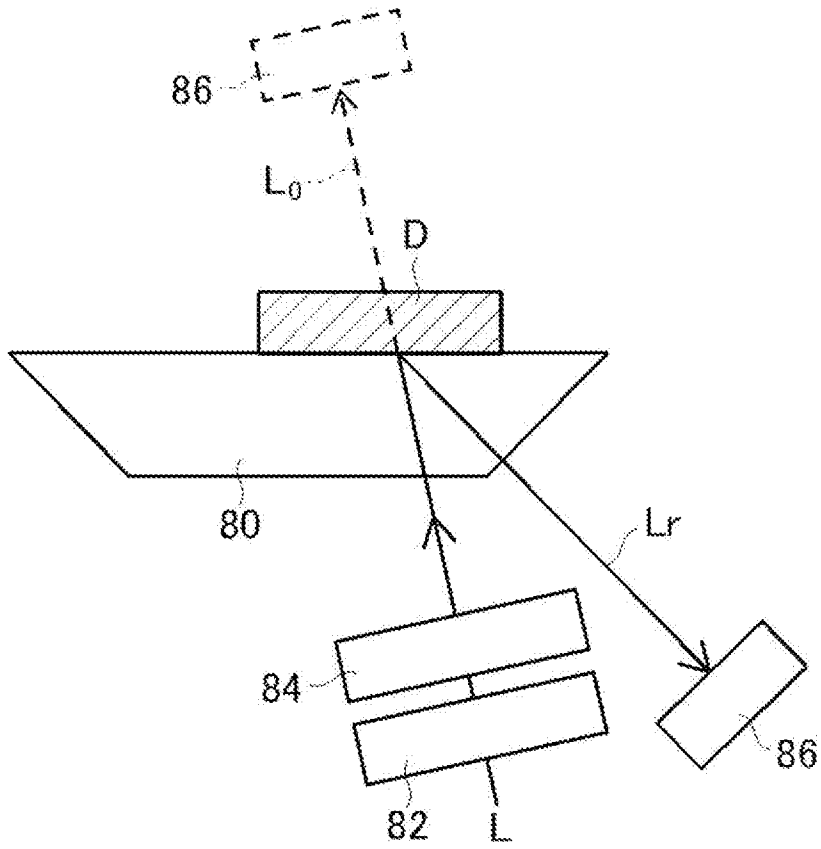
[図17]



[図18]



[図19]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2021/011127

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. G02B5/18(2006.01) i, G02B5/30(2006.01) i  
 FI: G02B5/18, G02B5/30

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

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G02B5/18, G02B5/30

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-501186 A (MAGIC LEAP, INC.) 16 January 2020 (2020-01-16), paragraphs [0124]-[0198], fig. 11-26	1-6
Y	JP 2002-31788 A (SONY CORPORATION) 31 January 2002 (2002-01-31), paragraphs [0018]-[0038], fig. 6, 7	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
 14 May 2021

Date of mailing of the international search report  
 25 May 2021

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

Authorized officer  
  
 Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/JP2021/011127

JP 2020-501186 A	16 January 2020	US 2018/0164627 A1 paragraphs [0125]-[0199], fig. 11-26 WO 2018/106963 A1 EP 3552057 A1 AU 2017371047 A CA 3045663 A1 KR 10-2019-0089021 A IL 266919 D CN 110249256 A
JP 2002-31788 A	31 January 2002	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 5/18(2006.01)i; G02B 5/30(2006.01)i FI: G02B5/18; G02B5/30		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G02B5/18; G02B5/30 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2020-501186 A (マジック リープ, インコーポレイテッド) 16.01.2020 (2020 - 01 - 16) [0124]-[0198], 図11-26	1-6
Y	JP 2002-31788 A (ソニー株式会社) 31.01.2002 (2002 - 01 - 31) [0018]-[0038], 図6-7	1-6
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	14.05.2021	国際調査報告の発送日 25.05.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  三宅 克馬 20 1571  電話番号 03-3581-1101 内線 3271	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
 PCT/JP2021/011127

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2020-501186	A	16.01.2020	US	2018/0164627	A1	
					[0125]-[0199], FIGs.		
					11-26		
				WO	2018/106963	A1	
				EP	3552057	A1	
				AU	2017371047	A	
				CA	3045663	A1	
				KR	10-2019-0089021	A	
				IL	266919	D	
				CN	110249256	A	
<hr/>							
JP	2002-31788	A	31.01.2002	(ファミリーなし)			
<hr/>							