(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
2025年3月20日(20.03.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/057940 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/JP2024/032364

(22) 国際出願日： 2024年9月10日(10.09.2024)

(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 2023-146915 2023年9月11日(11.09.2023) JP

(71) 出願人: 大日本印刷株式会社(**DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 加藤 圭(**KATO Kei**); 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP). 石井 憲雄(**ISHII Norio**); 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP). 内藤 幸枝(**NAITO Yukie**); 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP).

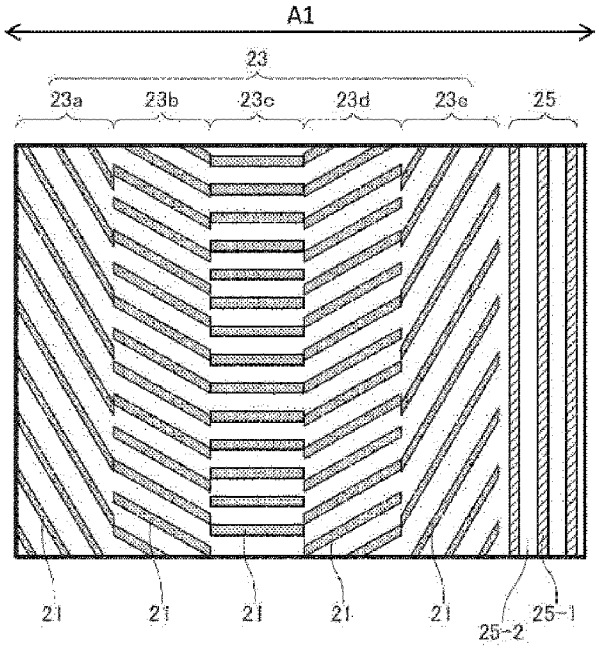
(74) 代理人: 弁理士法人大谷特許事務所(**OHTANI PATENT OFFICE**); 〒1050001 東京都港区虎ノ門三丁目25番2号 虎ノ門ＥＳビル7階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

(54) **Title:** OPTICAL ELEMENT

(54) 発明の名称： 光学素子

[図2]




(57) **Abstract:** Provided is an optical element that has good orientation of liquid crystal molecules and that is capable of sufficiently exhibiting the performance of the optical element. The optical element comprises a pattern layer and a liquid crystal layer. The pattern layer has a first surface and a second surface on the opposite side from the first surface. The liquid crystal layer is formed on the first surface of the pattern layer. The pattern layer has, in the first surface, a plurality of domains arranged in the first direction. The domains form a domain unit that is a collection of a prescribed number of

WO 2025/057940 A1

[続葉有]

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

domains. The plurality of domains have, in each of the domains, a plurality of recesses arranged in the second direction orthogonal to the first direction. The shortest distance D1 between adjacent recesses in any domain is the same in all the domains. The distance D2 between adjacent recesses in any domain in a direction parallel to the second direction increases as the absolute value of θn of the domain increases.

(57) 要約：液晶分子の配向性が良好で、かつ、光学素子の性能を十分に発揮することができる光学素子を提供する。パターン層と液晶層とを有し、前記パターン層は、第１の面と、前記第１の面とは反対側の第２の面とを有し、前記液晶層は前記パターン層の前記第１の面上に形成され、前記パターン層は、前記第１の面内に、第１の方向に配列された複数のドメインを有し、前記ドメインは、所定の数のドメインが集合したドメインユニットを形成し、前記複数のドメインは、それぞれのドメイン内に、前記第１の方向に直交する第２の方向に配列された複数の凹部を有し、任意のドメイン内の隣接する凹部の最短距離Ｄ１は、何れのドメインにおいても同一であり、任意のドメイン内の隣接する凹部の前記第２の方向と平行な方向における距離Ｄ２は、ドメインのθｎの絶対値が大きくなるにつれて大きくなる、光学素子。

# 明　細　書

## 発明の名称 ： 光学素子

## 技術分野

[0001]　本開示は、光学素子に関する。

## 背景技術

[0002]　光の偏光状態を変化させたり、光の進行方向を変化させたりするため、光学素子が用いられる技術分野がある。

[0003]　上述した光学素子は、例えば、調光装置に用いられている。

また、近年、個人認証及び車両の自動運転において、光センサーを備えた装置の開発が進んでいる。光センサーを備えた装置としては、顔認証装置、ＬｉＤＡＲ（light detection and ranging）等が挙げられる。このような光センサーを備えた装置にも、光学素子が用いられる場合がある。

また、近年、仮想現実 （ＶＲ：Virtual Reality)、拡張現実 （ＡＲ：Augmented Reality)、混合現実 （ＭＲ：Mixed Reality)を表示するための表示装置が発売されている。本明細書において、ＶＲ、ＡＲ及びＭＲ等の現実にはないものを表示する技術のことを、「クロスリアリティ（ＸＲ：X Reality）」と称する。クロスリアリティ用の表示装置においても、光学素子が用いられる場合がある。

[0004]　光学素子の構成としては、所定のパターンを有するパターン層上に液晶層を備えた構成が知られている（特許文献１～３）。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第２０１８／０３８２６０号

特許文献2：特表２０１９－５３６１００号公報

特許文献3：特開２０２２－１４７４５１号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献１及び２の光学素子のパターン層は、パターン層のパターンの角度が段階的に変化する構成を有しており、かつ、隣接するパターンの間に間隙を設けている。特許文献１及び２の光学素子は、パターンが間隙により分断されているため、間隙部分において液晶分子が配向しにくいという問題がある。

[0007] 特許文献３の図９の光学素子のパターン層は、半円状のパターンが形成される構成である。特許文献３のパターンは、半円のパターンが途中で分断されることなく、パターンの角度が連続的に変化している。このため、特許文献３のパターンは、半円のパターン内では液晶分子が配向しやすい。しかし、特許文献３のパターンは、個々の凹部が大きくなるため、パターン層を安定して形成することが難しい。賦形によりパターン層を形成する場合、個々の凹部が小さい方が、賦形用の版からパターン層を剥離しやすいためである。

## 課題を解決するための手段

[0008] 上記問題を解決するため、特許文献１及び２の光学素子において、隣接するパターンの間隙をなくし、隣接するパターンを接するように変更することが考えられる。前述の変更をした光学素子は、パターンの角度が変化する接触部を多く有するものとなる。本発明者らの検討では、前記接触部を多く有する光学素子は、前記接触部で液晶分子の配向不良が生じやすくなるため、光学素子が十分な性能を発揮しにくくなるという問題があった。

[0009] 本発明者らは、液晶分子を配向しやすくするため、パターン層のパターンを検討した結果、液晶分子の配向性が良好で、かつ、光学素子の性能を十分にし得る、光学素子を完成した。

[0010] 本開示は、以下の＜１＞の光学素子を提供する。

＜１＞パターン層と液晶層とを有する光学素子であって、

前記パターン層は、第１の面と、前記第１の面とは反対側の第２の面とを有し、

前記液晶層は前記パターン層の前記第１の面上に形成され、

前記パターン層は、前記第１の面内に、第１の方向に配列された複数のドメインを有し、

前記ドメインは、所定の数のドメインが集合したドメインユニットを形成し、

前記複数のドメインは、それぞれのドメイン内に、前記第１の方向に直交する第２の方向に配列された複数の凹部を有し、

隣接するドメインは互いに接しており、

前記ドメインユニットの前記第１の方向の一方の端部からｎ番目に位置するドメイン内における、前記凹部の延在方向と、前記第１の方向との成す角をθｎと定義した際に、θｎは、－９０．０度超から＋９０．０度未満の範囲で、前記一方の端部から前記ドメインユニットの前記第１の方向の他方の端部に向かって段階的に変化し、

任意のドメイン内の隣接する凹部の最短距離をＤ１と定義した際に、Ｄ１は、何れのドメインにおいても同一であり、

任意のドメイン内の隣接する凹部の前記第２の方向と平行な方向における距離をＤ２と定義した際に、それぞれのドメインにおけるＤ２は、ドメインのθｎの絶対値が大きくなるにつれて大きくなる、光学素子。

## 発明の効果

[0011] 本開示の光学素子は、液晶分子の配向性が良好で、かつ、光学素子の性能を十分に発揮することができる。

## 図面の簡単な説明

[0012] [図1]本開示の光学素子の一実施形態を示す断面図である。

[図2]本開示の光学素子のパターン層の第１の面の一実施形態を示す平面図である。

[図3]θｎを説明するための図である。

[図4]Ｌ１を説明するための図である。

[図5]Ｄ１及びＤ２を説明するための図である。

[図6]Ｙ字結合した凹部の一実施形態を示す平面図である。

[図7]比較例相当の光学素子のパターン層の第１の面の一実施形態を示す平面図である。

## 発明を実施するための形態

[0013] 以下、本開示の光学素子の実施形態を説明する。

［光学素子］

本開示の光学素子は、

パターン層と液晶層とを有する光学素子であって、

前記パターン層は、第１の面と、前記第１の面とは反対側の第２の面とを有し、

前記液晶層は前記パターン層の前記第１の面上に形成され、

前記パターン層は、前記第１の面内に、第１の方向に配列された複数のドメインを有し、

前記ドメインは、所定の数のドメインが集合したドメインユニットを形成し、

前記複数のドメインは、それぞれのドメイン内に、前記第１の方向に直交する第２の方向に配列された複数の凹部を有し、

隣接するドメインは互いに接しており、

前記ドメインユニットの前記第１の方向の一方の端部からｎ番目に位置するドメイン内における、前記凹部の延在方向と、前記第１の方向との成す角をθｎと定義した際に、θｎは、－９０．０度超から＋９０．０度未満の範囲で、前記一方の端部から前記ドメインユニットの前記第１の方向の他方の端部に向かって段階的に変化し、

任意のドメイン内の隣接する凹部の最短距離をＤ１と定義した際に、Ｄ１は、何れのドメインにおいても同一であり、

任意のドメイン内の隣接する凹部の前記第２の方向と平行な方向における距離をＤ２と定義した際に、それぞれのドメインにおけるＤ２は、ドメインのθｎの絶対値が大きくなるにつれて大きくなる、ものである。

[0014] 図１は、本開示の光学素子の一実施形態を示す断面図である、

図１の光学素子１００は、パターン層２０と液晶層３０とを有している。図１において、パターン層２０は、第１の面２０ａと、第１の面とは反対側の第２の面２０ｂとを有している。図１において、液晶層３０は、パターン層２０の第１の面２０ａ上に形成されている。図１において、パターン層２０は、第１の面２０ａに複数の凹部２１を有している。図１の光学素子１００は、パターン層２０の液晶層３０とは反対側に基材１０を有している。

図１において、符号ｄは凹部の深さを示している。図１において、符号ｔ１は凹部を有しない箇所のパターン層の厚みを示している。図１において、符号ｔ２は凹部の下方のパターン層の厚みを示している。図１において、符号ｔ３は、凹部を有しない箇所に形成される液晶層の厚みを示している。

図１は模式的な断面図である。すなわち、光学素子１００を構成する各層の縮尺、及び第１の面の凹部の縮尺は、図示しやすくするために模式化したものであり、実際の縮尺とは相違している。図１以外の図も同様である。

[0015] ＜パターン層＞

パターン層は、第１の面と、第１の面と反対側の第２の面とを有する。パターン層の第１の面上には液晶層が形成される。パターン層を有することにより、液晶層の液晶分子の向きを所定の方向に配向させやすくできる。

[0016] パターン層の凹部２１内には、液晶層３０が配置される。

パターン層の第２の面２０ｂの形状は特に制限されない。パターン層の第２の面側と、基材等の他の部材との密着性を良好にするため、パターン層の第２の面は平坦であることが好ましい。

[0017] 《構成１～３》

本開示の光学素子は、下記の構成１～３を満たすことを要する。

構成１：パターン層は、第１の面内に、第１の方向に配列された複数のドメインを有する。

構成２：前記ドメインは、所定の数のドメインが集合したドメインユニットを形成する。

構成３：前記複数のドメインは、それぞれのドメイン内に、第１の方向に

直交する第２の方向に配列された複数の凹部を有する。

[0018] 構成１～３により、ドメインユニットの一方の端部から他方の端部に向けて、凹部による所定の配列パターンを形成することができる。

さらに、構成１～３により、パターン層の個々の凹部が大きくなり過ぎることを抑制しやすくできるため、パターン層を安定して形成しやすくできる。そして、パターン層を安定化することにより、パターン層上の液晶分子を配向させやすくすることができるとともに、光学素子の性能を安定して発揮することができる。賦形によりパターン層を形成する場合、パターン層の個々の凹部が小さい方が、賦形用の版からパターン層を剥離しやすい。このため、構成１～３により、パターン層を安定して形成しやすくできる。

ドメインユニットの数は１つのみでもよいが、第１の方向に２以上有することが好ましい。

[0019] 図２は、パターン層の第１の面の一実施形態を示す平面図である。図２において、パターン層２０は、第１の面内に、第１の方向Ａ１に配列された複数のドメインを有している。符号２３ａ～２３ｅは、個々のドメインである。図２において、ドメインは、所定の数のドメインが集合したドメインユニット２３を形成している。図２は第１の方向にドメインユニット２３を１つ有している。図２において、複数のドメインは、それぞれのドメイン内に、第１の方向Ａ１に直交する第２の方向Ａ２に配列された複数の凹部２１を有している。図２において、隣接するドメインは互いに接している。例えば、ドメイン２３ａとドメイン２３ｂとは接している。図２において、ドメインユニット２３の第１の方向Ａ１の端部には、境界部２５が配置されている。境界部２５のドメインユニット２３の反対側には、図示しない別のドメインユニットを有することが好ましい。

[0020] 《構成４》

本開示の光学素子は、下記の構成４を満たすことを要する。

構成４：パターン層において、隣接するドメインは互いに接する。

[0021] 隣接するドメインが接することにより、ドメインの境界において液晶分子

を配向しやすくできる。

本開示の効果を阻害しない範囲で、パターン層の一部の領域において、隣接するドメインが接しない領域を有していてもよい。

[0022] また、隣接するドメインが接して、かつ、後述する構成６及び７を満たすことにより、隣接するドメインの凹部の端部の接触の程度が、第２の方向に沿って変動するようになる（「接触の変動」の説明は後述する。）。このため、隣接するドメインの凹部の端部の接触の程度が、第２の方向に沿って変動するか否かにより、隣接するドメインが接するか否かを判定することができる。

[0023] ドメインユニットを形成するドメインの数は、４以上３５９以下であることが好ましい。ドメインユニットを形成するドメインの数を４以上とすることにより、隣り合うドメインで凹部の角度が急激に変化することを抑制できるため、液晶分子を配向しやすくできる。また、ドメインユニットを形成するドメインの数を４以上とすることにより、後述のＹ字結合した凹部において液晶分子を配向しやすくできる。ドメインユニットを形成するドメインの数を３５９以下とすることにより、凹部が接触する箇所を減らしやすくできるため、液晶分子を配向しやすくできる。また、ドメインユニットを形成するドメインの数を３５９以下とすることにより、個々の凹部の延在方向の長さを長くしやすくできるため、液晶分子を配向しやすくできる。

ドメインユニットを形成するドメインの数は、６以上２００以下がより好ましく、１０以上１００以下がより好ましく、１５以上５０以下がさらに好ましい。

[0024] 本明細書で示す構成要件において、数値の上限の選択肢及び下限の選択肢がそれぞれ複数示されている場合には、上限の選択肢から選ばれる一つと、下限の選択肢から選ばれる一つとを組み合わせた範囲の実施形態が記載されているものとする。例えば、上記のドメインユニットを形成するドメインの数の範囲の実施形態としては、４以上３５９以下、４以上２００以下、４以上１００以下、４以上５０以下、６以上３５９以下、６以上２００以下、６

以上１００以下、６以上５０以下、１０以上３５９以下、１０以上２００以下、１０以上１００以下、１０以上５０以下、１５以上３５９以下、１５以上２００以下、１５以上１００以下、１５以上５０以下が挙げられる。

[0025] ドメインの幅は、目的に応じて適宜調整できる。また、１つのドメインユニットを形成する複数のドメインは、それぞれのドメインの幅が同一であってもよいし、異なっていてもよい。ドメインの幅とは、ドメインの第１の方向の長さである。

上述したように、ドメインの幅は特に制限されないが、通常、１．１ｎｍ以上２０００μｍ以下である。

[0026] 《構成５》

本開示の光学素子は、下記の構成５を満たすことを要する。

構成５：ドメインユニットの第１の方向の一方の端部からｎ番目に位置するドメイン内における、凹部の延在方向と、第１の方向との成す角をθｎと定義した際に、θｎは、－９０．０度超から＋９０．０度未満の範囲で、一方の端部からドメインユニットの第１の方向の他方の端部に向かって段階的に変化する。

[0027] 図２に示すように、ドメインユニット２３は、第１の方向に配列された複数のドメインから形成されている。構成５の「ドメインユニットの第１の方向の一方の端部」は、第１の方向に配列された複数のドメインの一方の端部を意味する。端部は両方の側に存在するが、何れの側を基準となる「一方の端部」としてもよい。

[0028] 図３は、θｎを説明するための図である。図３は、５つのドメイン２３ａ～２３ｅによりドメインユニット２３が形成されている。本来は、各ドメイン内には複数の凹部２１を有しているが、図３では説明を簡略化するため、各ドメインに凹部を１つのみを配置している。

図３では、ドメイン２３ａ内の凹部の延在方向と第１の方向との成す角をθ１、ドメイン２３ｂ内の凹部の延在方向と第１の方向との成す角をθ２、ドメイン２３ｃ内の凹部の延在方向と第１の方向との成す角をθ３、ドメイ

ン２３ｄ内の凹部の延在方向と第１の方向との成す角をθ４、ドメイン２３ｅ内の凹部の延在方向と第１の方向との成す角をθ５、としている。θ３は０度であるため、θ３は直線で表現している。図３では、一方の端部のθ１から、他方の端部のθ５に向かって、角度が段階的に変化している。

[0029] 構成５を満たすことは、複数のドメインが集まった１つのドメインユニットにおいて、凹部が、半円状又は円弧状に配列されていることを意味する。このため、構成５を満たすことにより、液晶層の液晶も、凹部の配列に沿って、円状又は弧状に配向しやすくなる。そして、円状又は弧状に配列した液晶層は、透過光を回折する作用を奏する。

[0030] 同一ドメイン内における、凹部の延在方向と第１の方向との成す角は、何れの凹部を選択しても原則として同一である。しかし、凹部にゆがみが生じた場合、前記成す角は、個々の凹部で僅かな違いを生じる場合がある。このため、本明細書において、ｎ番目に位置するドメイン内における、凹部の延在方向と第１の方向との成す角θｎは、以下のように算出する。

（ａ１）ｎ番目のドメイン内の任意の１０個の凹部を選択する。

（ａ２）各凹部の延在方向と、第１の方向との成す角を、それぞれ算出する。１０か所の成す角の平均を、θｎとする。

[0031] ドメインユニットの第１の方向の一方の端部からｎ＋１番目に位置するドメイン内における、凹部の延在方向と、第１の方向との成す角をθｎ＋１と定義した際に、θとθｎ＋１との差の絶対値は、０．５度以上３６．０度以下であることが好ましい。

前記絶対値を３６．０度以下とすることにより、隣り合うドメインで凹部の角度が急激に変化することを抑制できるため、液晶分子を配向しやすくできる。また、前記絶対値を３６．０度以下とすることにより、後述のＹ字結合した凹部において液晶分子を配向しやすくできる。前記絶対値を０．５度以上とすることにより、凹部が接触する箇所を減らしやすくできるため、液晶分子を配向しやすくできる。

前記絶対値は、０．９度以上３０．０度以下がより好ましく、１．８度以

上１８．０度以下がさらに好ましく、３．６度以上１２．０度以下がさらに好ましい。

[0032] ドメインユニットには複数のドメインが含まれる。このため、１つのドメインユニットからは、前記絶対値を複数算出できる。例えば、図３では、前記絶対値を４つ算出できる。１つのドメインユニットにおいて、前記絶対値はいずれも同一であることが好ましい。前記絶対値をいずれも同一とすることにより、面内の液晶分子の配向性を均一化しやすくできる。

１つのドメインユニットにおいて、前記絶対値をいずれも同一にするためには、ドメインユニットの一方の端部から、他方の端部に向かう際のθｎの角度変化を、均一な角度変化とすればよい。

[0033] θとθｎ＋１との差の絶対値は、例えば、ドメインユニットを形成するドメインの数により決めることができる。具体的には、ドメインユニットを形成するドメインの数をｘとした際に、前記差の絶対値は、「１８０度／（ｘ＋１）」とすることができる。

θｎの最小値は－９０．０度超であり、θｎの最大値は＋９０．０度未満である。前記差の絶対値を「１８０度／（ｘ＋１）」で固定した場合、前記最小値及び前記最大値は、下記式で表すことができる。

θｎの最小値＝－｛１８０度／（ｘ＋１）｝×｛（ｘ－１）／２｝

θｎの最大値＝＋｛１８０度／（ｘ＋１）｝×｛（ｘ－１）／２｝

[0034] 本明細書において、θｎ、Ｌ１、Ｄ１、Ｄ２及びピッチ等のパターン層の平面視形状から算出又は判定する条件は、パターン層の第１の面を走査電子顕微鏡で撮像した写真から算出又は判定する。

[0035] 《構成６、７》

本開示の光学素子は、下記の構成６及び７を満たすことを要する。

構成６：任意のドメイン内の隣接する凹部の最短距離をＤ１と定義した際に、Ｄ１は、何れのドメインにおいても同一である。

構成７：任意のドメイン内の隣接する凹部の第２の方向と平行な方向における距離をＤ２と定義した際に、それぞれのドメインにおけるＤ２は、ドメ

インのθｎの絶対値が大きくなるにつれて大きくなる。

[0036] 複数のドメインは、それぞれのドメイン内に、第１の方向に直交する第２の方向に配列された複数の凹部を有している。

構成６のＤ１は、任意のドメイン内の、第２の方向において隣接する凹部間の距離であって、前記距離の最短距離を示している。

構成７のＤ２は、任意のドメイン内の、第２の方向において隣接する凹部間の距離であって、前記距離の第２の方向と平行な方向における距離を示している。構成７の「平行な方向における距離」は、凹部の延在方向の中間点で測定するものとする。

[0037] 図５は、Ｄ１及びＤ２を説明するための図である。図５では、Ｄ１及びＤ２を説明しやすくするため、ドメインユニットの一部分を拡大して表示している。

図５において、Ｄ１－ａはドメイン２３ａ内における隣接する凹部の最短距離、Ｄ１－ｂはドメイン２３ｂ内における隣接する凹部の最短距離、Ｄ１－ｃはドメイン２３ｃ内における隣接する凹部の最短距離、を示している。図５では、Ｄ１－ａ、Ｄ１－ｂ、Ｄ１－ｃの長さは、隣接する凹部の平面視形状の外枠線に対する垂線の長さに等しくなっている。

図５において、Ｄ２－ａはドメイン２３ａ内における隣接する凹部の第２の方向と平行な方向における距離、Ｄ２－ｂはドメイン２３ｂ内における隣接する凹部の第２の方向と平行な方向における距離、Ｄ２－ｃはドメイン２３ｃ内における隣接する凹部の第２の方向と平行な方向における距離、を示している。図５では、各ドメインのθｎの絶対値は、ドメイン２３ａのθｎの絶対値＞ドメイン２３ｂのθｎの絶対値＞ドメイン２３ｃのθｎの絶対値、の関係である。このため、図５では、Ｄ２－ａ＞Ｄ２－ｂ＞Ｄ２－ｃ、の関係である。

なお、凹部の延在方向が第１の方向と平行であるドメインにおいては、Ｄ１及びＤ２が実質的に同一になる。図５では、Ｄ１－ｃ及びＤ２－ｃは同一である。

[0038] 構成６及び７を満たすことにより、隣接するドメインの凹部の端部の接触の程度が、第２の方向に沿って変動するようになる（図２、４）。例えば、図４では、ドメイン２３ｃの凹部の端部とドメイン２３ｂの凹部の端部との接触の程度は、第２の方向に沿って、多く接触する程度、少し接触する程度、全く接触しない程度、で変動している。ドメイン２３ｂの凹部の端部とドメイン２３ａの凹部の端部との接触の程度も、同様に、第２の方向に沿って、多く接触する程度、少し接触する程度、全く接触しない程度、で変動している。

[0039] 上述したように、構成６及び７を満たすことにより、隣接するドメインの凹部の端部の接触の程度が、第２の方向に沿って変動するようになる。そして、隣接するドメインの凹部の端部の接触の程度が、第２の方向に沿って変動するようになると、下記（１）及び（２）の理由から、液晶分子を配向させやすくすることができる。

（１）隣接するドメインの凹部の端部が接触する割合を減らすことができる。さらに、接触する凹部の中でも、端部が完全に接触している凹部の割合を少なくすることができる（端部が完全に接触している凹部ほど、液晶分子の配向不良が生じやすくなる。）。このため、隣接するドメインの凹部の端部の接触による液晶分子の配向不良を抑制しやすくできる。

（２）構成６及び７を満たすことにより、隣接するドメインの凹部の端部と全く接触しない凹部が形成されることになる。上記構成４により、隣接するドメインは接しているため、凹部の端部が接触しない箇所において、隣接するドメインの凹部の間隔を短くすることができる。このため、凹部の端部が接触しない箇所においても、ドメイン境界の液晶分子の配向性を良好にしやすくできる。

[0040] 図７は、構成６及び７を満たさない、比較例相当の光学素子の凹部の配列パターンを示す平面図である。図７の光学素子は、隣接するドメインの凹部の端部が、第２の方向において全て同じように接触している。すなわち、図７の光学素子は、隣接するドメインの凹部の端部の接触の程度が、第２の方

向に沿って変動していない。図７の光学素子は、液晶分子の配向不良が生じやすくなるため、液晶分子の配向性を良好にすることができない。また、図７の光学素子は、両端部のドメイン内のＤ１が小さくなるため、賦形用の版からパターン層を剥離しにくく、パターン層を安定して形成することができない。

[0041] Ｄ１の範囲は特に制限されないが、５ｎｍ以上７５ｎｍ以下であることが好ましく、１２ｎｍ以上５５ｎｍ以下であることがより好ましく、２０ｎｍ以上４０ｎｍ以下であることがさらに好ましい。Ｄ１は、個々のドメインにおける隣接する凹部の間隔に相当する。

[0042] Ｄ２の範囲は特に制限されないが、５ｎｍ以上１００００ｎｍ以下が好ましく、１２ｎｍ以上５０００ｎｍ以下がより好ましく、２０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下がさらに好ましい。

[0043] 構成６において、「Ｄ１は、何れのドメインにおいても同一」は、完全同一に限定されず、「実質的に同一」を含む。本明細書において、最も小さいＤ１に対する最も大きいＤ１の比（最も大きいＤ１／最も小さいＤ１）が１．１以下であれば、「Ｄ１は、何れのドメインにおいても同一」であるものとする。

[0044] 構成７において、隣接するドメインにおけるＤ２の差の絶対値は、原則として、θとθｎ＋１との差の絶対値に依存する。θとθｎ＋１との差の絶対値を大きくするほど、隣接するドメインにおけるＤ２の差の絶対値を大きくすることができる。

凹部の平面視形状が実質的に四角形であり、かつ、構成５及び６を満たす場合、構成７は自ずと満たされる。

[0045] 同一ドメイン内における、隣接する凹部の最短距離は、何れの凹部を選択しても原則として同一である。しかし、凹部にゆがみが生じた場合、前記最短距離は、隣接する凹部の組み合わせにより僅かな違いを生じる場合がある。このため、本明細書において、任意のドメイン内における、隣接する凹部の最短距離Ｄ１は、以下のように算出する。

（ｃ１）任意のドメイン内の任意の１０組の隣接する凹部を選択する。

（ｃ２）各組の凹部の最短距離をそれぞれ算出する。１０の最短距離の平均を、Ｄ１とする。

[0046] 同一ドメイン内における、隣接する凹部の第２の方向と平行な方向における距離は、何れの凹部を選択しても原則として同一である。しかし、凹部にゆがみが生じた場合、前記最短距離は、隣接する凹部の組み合わせにより僅かな違いを生じる場合がある。このため、本明細書において、任意のドメイン内における、隣接する凹部の第２の方向と平行な方向における距離Ｄ２は、以下のように算出する。

（ｄ１）任意のドメイン内の任意の１０組の隣接する凹部を選択する。

（ｄ２）各組の凹部の第２の方向と平行な方向における距離をそれぞれ算出する。１０の距離の平均を、Ｄ２とする。

[0047] 《構成８》

本開示の光学素子は、下記の構成８を満たしていてもよい。

構成８：任意のドメイン内における凹部の延在方向の長さをＬ１と定義した際に、それぞれのドメインにおけるＬ１は、ドメインのθｎの絶対値が大きくなるにつれて長くなる。

[0048] 図４は、凹部の延在方向の長さＬ１を説明するための図である。図４では、Ｌ１を説明しやすくするため、ドメインユニットの一部分を拡大して表示している。図４において、Ｌ１－ａはドメイン２３ａ内における凹部の延在方向の長さ、Ｌ１－ｂはドメイン２３ｂ内における凹部の延在方向の長さ、Ｌ１－ｃはドメイン２３ｃ内における凹部の延在方向の長さ、を示している。図４では、Ｌ１－ａ＞Ｌ１－ｂ＞Ｌ１－ｃ、の関係である。

[0049] 構成８を満たすことにより、凹部が接触する箇所を減らしやすくできるため、液晶分子をより配向しやすくできる。

それぞれのドメインにおけるＬ１の長さは、ドメインのθｎの絶対値の大きさに相関させなくてもよい。すなわち、本開示の光学素子は、構成８を満たさなくてもよい。

[0050] 構成８とは逆の構成によっても、凹部が接触する箇所を減らすことはできる。構成８とは逆の構成とは、「任意のドメイン内における凹部の延在方向の長さをＬ１と定義した際に、それぞれのドメインにおけるＬ１が、ドメインのθｎの絶対値が大きくなるにつれて短くなる」構成である。

しかし、構成８とは逆の構成の場合、パターン層を安定して形成しにくいため、パターン層上の液晶分子が配向しにくくなる。賦形によりパターン層を形成する場合、θｎが小さい凹部の長さが短い方が、賦形用の版からパターン層を剥離しやすいためである。また、パターン層上に液晶層を形成する際に、θｎが小さい凹部の長さが短い方が、凹部に液晶を充填しやすいとともに、気泡が混入しても気泡が抜けやすい。

すなわち、構成８は、パターン層を安定して形成しやすいため、パターン層上の液晶分子を配向させやすい点においても優れている。

[0051] 同一ドメイン内における、凹部の延在方向の長さは、何れの凹部を選択しても原則として同一である。しかし、凹部にゆがみが生じた場合、前記長さは、個々の凹部で僅かな違いを生じる場合がある。このため、本明細書において、任意のドメイン内における、凹部の延在方向の長さＬ１は、以下のように算出する。

（ｂ１）任意のドメイン内の任意の１０個の凹部を選択する。

（ｂ２）各凹部の延在方向の長さをそれぞれ算出する。１０の凹部の長さの平均を、Ｌ１とする。

[0052] 《凹部》

凹部は、上述した構成３、５～７を満たすものであれば特に制限されない。

[0053] 同一のドメインに含まれる複数の凹部の平面視形状は、互いに合同又は相似であることが好ましい。かかる構成とすることにより、賦形用の版からパターン層をより剥離しやすくなるため、パターン層をより安定して形成しやすくできる。

合同とは、凹部を第２の方向に動かした際に、凹部の平面視形状が完全に

一致する場合を意味する。相似とは、凹部を第２の方向に動かした際に、凹部の平面視形状の面積の一致率が９０％以上である場合を意味する。面積の一致率は９５％以上であることが好ましく、９７％以上であることがより好ましく、９９％以上であることがさらに好ましい。

凹部を電子線リソグラフィ等で形成する際に、凹部の端部は歪みを生じる場合がある。また、後述する結合凹部を形成している場合、結合部近傍は独立した凹部の形状とは異なる場合がある。このため、凹部の延在方向の長さＬ１を１００％とした際に、両端部の１０％を除いて、合同又は相似の判定をする。

[0054] 凹部の平面視形状は、下記（１）～（３）を満たすことが好ましい。下記（１）～（３）を満たすことにより、賦形用の版からパターン層をより剥離しやすくなるため、パターン層をより安定して形成しやすくできる。

（１）一対の平行な線である第１の線及び第２の線を有する。

（２）前記第１の線及び前記第２の線の同じ側の端部同士を結ぶ線を有する。

（３）第１の線及び第２の線の長さ＞前記（２）の端部同士を結ぶ線の長さ

[0055] 上記（１）の第１の線及び第２の線の延在方向を、凹部の延在方向とみなすことができる。第１の線及び第２の線が弧の場合、弧の中間点に対する接線の方向を凹部の延在方向とみなすことができる。

[0056] 上記（１）の第１の線及び第２の線は、直線であってもよいし、弧等の曲線であってもよいが、直線であることが好ましい。第１の線及び第２の線を直線とすることにより、上記構成６及び７を調整しやすくできる。また、第１の線及び第２の線を直線とすることにより、第２の方向に沿って、隣接するドメインの凹部の端部が接触する程度を調整しやすくできる。なお、直線には若干の歪みがあってもよい。

[0057] 上記（１）の第１の線及び第２の線は、実質的に平行であればよい。実質的に平行とは、第１の線と第２の線との成す角が３．０度以下であることを意味する。第１の線と第２の線との成す角は、１．０度以下であることが好

ましく、０．５度以下であることがより好ましい。

[0058] 上記（１）の第１の線及び第２の線は、実質的に長さが等しいことが好ましい。実質的に長さが等しいとは、第１の線の長さ／第２の線の長さの比が、０．８０以上１．２０以下であることを意味する。前記比は、０．９０以上１．１０以下であることが好ましく、０．９５以上１．０５以下であることがより好ましい。

[0059] 凹部は、実質的に四角形であることが好ましい。凹部を電子線リソグラフィ等で形成する際には、若干の歪みが生じる場合がある。このため、平面視形状が四角形の凹部を形成する際にも、四角形を構成する２組の対辺に若干の歪みが生じる場合がある。特に、長さが短い辺は歪みが生じやすい。実質的に四角形とは、若干の歪みを許容する四角形である。

本明細書において、実質的に四角形とは、下記式の面積一致率が、９５％以上１０５％以下のものを意味する。下記式の「歪みを補正した凹部の平面視形状」は、「線が歪んでいる箇所を、歪みを平均化した直線で補正した平面視形状」である。

面積一致率（％）＝（実際の凹部の平面視形状の面積／歪みを補正した凹部の平面視形状の面積）×１００

[0060] 凹部の延在方向の長さは特に制限されないが、１．１ｎｍ以上７０００μｍ以下であることが好ましく、１０ｎｍ以上６０００μｍ以下であることがより好ましく、１５ｎｍ以上５０００μｍ以下であることがさらに好ましい。凹部の延在方向の長さは、凹部の長軸方向の長さを意味する。

[0061] 凹部の延在方向の長さの概算値は、下記式から算出できる。

凹部の延在方向の長さの概算値＝ｘ／ｃｏｓθｎ

（式中、「ｘ」は、長さを計算する対象となる凹部を含むドメインの幅を意味する。式中、「θｎ」は、本明細書で定義しているθｎを意味する。）

[0062] 凹部の延在方向と直交する方向の長さは、特に制限されないが、５ｎｍ以上７５ｎｍ以下であることが好ましく、１２ｎｍ以上５５ｎｍ以下であることがより好ましく、２０ｎｍ以上４０ｎｍ以下であることがさらに好ましい

。凹部の延在方向と直交する方向の長さは、凹部の短軸方向の長さを意味する。

凹部の短軸方向の長さを５ｎｍ以上とすることにより、賦形用の版からパターン層をより剥離しやすくなるため、パターン層をより安定して形成しやすくできる。凹部の短軸方向の長さを７５ｎｍ以下とすることにより、液晶分子の配向性の低下を抑制しやすくできる。本明細書において、凹部の短軸方向の長さは、任意に抽出した１０箇所の凹部の単軸方向の長さの平均値を意味する。

[0063] 凹部の深さは特に制限されないが、２ｎｍ以上２００ｎｍ以下であることが好ましく、１０ｎｍ以上１００ｎｍ以下であることがより好ましく、１５ｎｍ以上５０ｎｍ以下であることがさらに好ましい。本明細書において、凹部の深さは、任意に抽出した１０箇所の凹部の最大深さの平均値を意味する。

凹部の深さを２ｎｍ以上とすることにより、凹部に沿って液晶分子をより配向しやすくできる。凹部の深さを２００ｎｍ以下とすることにより、賦形用の版からパターン層をより剥離しやすくなるため、パターン層をより安定して形成しやすくできる。

[0064] 凹部の深さは、光学素子の垂直断面を走査電子顕微鏡で撮像した写真から算出するものとする。

[0065] 各ドメイン内の凹部の深さは実質的に同一であることが好ましい。

さらに、異なるドメインの凹部の深さも実質的に同一であることが好ましい。

深さが実質的に同一とは、最も深い凹部の深さ／最も浅い凹部の深さ、の比が１．３以下であることを意味する。前記比は、１．２以下であることが好ましく、１．１以下であることがより好ましい。

[0066] 本開示の光学素子は、凹部として、隣接するドメインの凹部と接触する結合凹部と、隣接するドメインの凹部と接触しない非結合凹部とを有することが好ましい。

前記結合凹部は、両側に隣接するドメインの両側の凹部と接触する両側結合凹部と、両側に隣接するドメインの片側の凹部と接触する片側結合凹部とを有することが好ましい。

隣接するドメインを接するように構成して、かつ、結合凹部及び非結合凹部を有することにより、液晶分子の配向性を良好にしやすくできる。

[0067] 前記結合凹部は、互いに隣接するドメインの１つずつの凹部が結合した結合凹部であってもよい。

[0068] －Ｙ字結合－

さらに、前記結合凹部は、互いに隣接する一方のドメインの２つの凹部と、他方のドメインの１つの凹部とが結合した結合凹部であってもよい。本明細書において、互いに隣接する一方のドメインの２つの凹部と、他方のドメインの１つの凹部との結合のことを、「Ｙ字結合」と称する。

[0069] 図６は、Ｙ字結合した凹部の実施形態を示す平面図である。図６において、点線はドメイン境界を示している。図６では、左側のドメインの２つの凹部と、右側のドメインの１つの凹部とがＹ字結合を形成している。

[0070] Ｙ字結合は、下記の関係を満たすドメイン同士で形成することが好ましい。下記の関係を満たすことにより、賦形用の版からパターン層をより剥離しやすくなるため、パターン層をより安定して形成しやすくできる。

＜好ましいドメインの関係＞

凹部を２つ有する側のドメインのθｎの絶対値＜凹部を１つ有する側のドメインのθｎの絶対値

[0071] 《境界部》

本開示の光学素子は、第１の方向に複数のドメインユニットを有することが好ましい。例えば、図２において、境界部２５のドメインユニット２３の反対側には、図示しない別のドメインユニットを有することが好ましい。それぞれのドメインユニットの間には、境界部２５を有していてもよい。

境界部には、例えば、第２の方向と平行な凸部が配置される。凸部には液晶が配向されにくいため、境界部に凸部を有することにより、ドメインユニ

ットの区分けを明瞭にしやすくできる。図２の符号２５－２は凸部を意味する。図２に示すように、境界部に複数の凸部を有していてもよい。

[0072] 境界部の凸部は、幅が、０ｎｍ超１００ｎｍ以下が好ましく、２ｎｍ以上７５ｎｍ以下がより好ましく、４ｎｍ以上５０ｎｍ以下がさらに好ましい。

[0073] 《ピッチ》

第１の方向における凹部のピッチは、目的とする光学特性により異なるため一概には言えないが、０．４μｍ以上１００００μｍ以下であることが好ましく、０．７μｍ以上８０００μｍ以下であることがより好ましく、１．０μｍ以上６０００μｍ以下であることがさらに好ましい。

ピッチを０．４μｍ以上とすることは、液晶分子を配向しやすくできる点、可視光領域の短波長側である青（波長４５０ｎｍ）の光学特性を得やすくできる点で好ましい。

本明細書において、第１の方向における凹部のピッチは、「隣り合う隣接するドメインユニットにおいて、位置が対応する凹部同士の間隔」を意味する。例えば、図３では、Ｐ１が、第１の方向における凹部のピッチに相当する。

本明細書において、「ピッチ」との表記は、特に断りのない限り、「第１の方向における凹部のピッチ」を意味する。

[0074] 本開示の光学素子は、下記（１）～（３）で算出した、Ｙ字結合の数が２以上であることが好ましい。

（１）パターン層の第１の面を走査電子顕微鏡で撮像する。撮像条件は、実施例の平面視形状の撮像条件と同一の撮像条件とすることが好ましい。

（２）撮像した写真の任意の箇所において、１辺の長さを前記ピッチ分の長さとする正方形領域の凹部の平面視形状を観察し、Ｙ字結合の数をカウントする。

（３）１０箇所でＹ字結合の数をカウントし、１０箇所の平均値をＹ字結合の数とする。

[0075] Ｙ字結合の数を２以上とすることにより、賦形用の版からパターン層をよ

り剥離しやすくなるため、パターン層をより安定して形成しやすくできる。Ｙ字結合の数は３以上であることがより好ましく、５以上であることがさらに好ましい。

Ｙ字結合の数が多すぎると、結合部の数が増加することにより、液晶分子の配向性が低下しやすくなる。このため、Ｙ字結合の数は、１０００以下が好ましく、５００以下がより好ましく、１００以下がさらに好ましい。

[0076] パターン層は、凹部の下方に厚みを有していてもよい。図１において、符号ｔ２は凹部の下方のパターン層の厚みを示している。凹部の下方の厚みの平均値は、好ましくは０．５μｍ以上２０μｍ以下であり、より好ましくは１μｍ以上１５μｍ以下、さらに好ましくは２μｍ以上７μｍ以下である。

ｔ２を０．５μｍ以上とすることにより、パターン層を形成する際の硬化の制御をしやすくできるとともに、パターン層上に液晶層を塗工しやすくできる。ｔ２を２０μｍ以下とすることにより、カールの発生を抑制しやすくできる。

凹部の下方の厚みの平均値は、光学素子の断面写真の任意の７箇所の厚みから、最大値及び最小値を除外した５箇所の厚みの平均値を意味する。

凹部の深さｄとｔ２とは、ｄ／ｔ２≦０．１の関係を満たすことが好ましい。前記関係を満たすことにより、賦形用の版からパターン層を剥離する際に、パターン層の樹脂が凝集破壊することを抑制しやすくできる。

[0077] 《パターン層の材料》

パターン層は、樹脂を含むことが好ましい。パターン層の樹脂の割合は、パターン層の全固形分に対して、５０質量％以上であることが好ましく、７０質量％以上であることがより好ましく、９０質量％以上であることがさらに好ましい。

[0078] ―樹脂―

パターン層の樹脂としては、熱可塑性樹脂、硬化性樹脂組成物の硬化物が挙げられる。これらの中でも、強度を良好にするため、硬化性樹脂組成物の硬化物が好ましい。

硬化性樹脂組成物の硬化物の割合は、パターン層の全固形分に対して、５０質量％以上であることが好ましく、７０質量％以上であることがより好ましく、９０質量％以上であることがさらに好ましい。

[0079] 硬化性樹脂組成物の硬化物は、熱硬化性樹脂組成物の硬化物、電離放射線硬化性樹脂組成物の硬化物が挙げられ、これらの中でも電離放射線硬化性樹脂組成物の硬化物が好ましい。

[0080] 電離放射線硬化性樹脂組成物は、電離放射線硬化性官能基を有する化合物（以下、「電離放射線硬化性化合物」ともいう）を含む組成物である。電離放射線硬化性官能基としては、（メタ）アクリロイル基、ビニル基、アリル基等のエチレン性不飽和結合基、及びエポキシ基、オキセタニル基等が挙げられる。

電離放射線硬化性樹脂としては、エチレン性不飽和結合基を有する化合物が好ましい。また、光学素子を製造する過程でパターン層が傷つくことを抑制する観点からは、電離放射線硬化性樹脂としては、エチレン性不飽和結合基を２つ以上有する化合物がより好ましく、中でも、エチレン性不飽和結合基を２つ以上有する、多官能性（メタ）アクリレート系化合物が更に好ましい。多官能性（メタ）アクリレート系化合物としては、モノマー及びオリゴマーのいずれも用いることができる。

電離放射線とは、電磁波又は荷電粒子線のうち、分子を重合あるいは架橋し得るエネルギー量子を有するものを意味し、通常、紫外線（ＵＶ）又は電子線（ＥＢ）が用いられるが、その他、Ｘ線、γ線などの電磁波、α線、イオン線などの荷電粒子線も使用可能である。

[0081] 多官能性（メタ）アクリレート系化合物のうち、２官能（メタ）アクリレート系モノマーとしては、エチレングリコールジ（メタ）アクリレート、ビスフェノールＡテトラエトキシジアクリレート、ビスフェノールＡテトラプロポキシジアクリレート、１，６－ヘキサンジオールジアクリレート等が挙げられる。

３官能以上の（メタ）アクリレート系モノマーとしては、例えば、トリメ

チロールプロパントリ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールトリ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールテトラ（メタ）アクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサ（メタ）アクリレート、ジペンタエリスリトールテトラ（メタ）アクリレート、イソシアヌル酸変性トリ（メタ）アクリレート等が挙げられる。

上記（メタ）アクリレート系モノマーは、分子骨格の一部を変性しているものでもよく、エチレンオキサイド、プロピレンオキサイド、カプロラクトン、イソシアヌル酸、アルキル、環状アルキル、芳香族、ビスフェノール等による変性がなされたものも使用することができる。

[0082] 多官能性（メタ）アクリレート系オリゴマーとしては、ウレタン（メタ）アクリレート、エポキシ（メタ）アクリレート、ポリエステル（メタ）アクリレート、ポリエーテル（メタ）アクリレート等のアクリレート系重合体等が挙げられる。

ウレタン（メタ）アクリレートは、例えば、多価アルコール及び有機ジイソシアネートとヒドロキシ（メタ）アクリレートとの反応によって得られる。

好ましいエポキシ（メタ）アクリレートは、３官能以上の芳香族エポキシ樹脂、脂環族エポキシ樹脂、脂肪族エポキシ樹脂等と（メタ）アクリル酸とを反応させて得られる（メタ）アクリレート、２官能以上の芳香族エポキシ樹脂、脂環族エポキシ樹脂、脂肪族エポキシ樹脂等と多塩基酸と（メタ）アクリル酸とを反応させて得られる（メタ）アクリレート、及び２官能以上の芳香族エポキシ樹脂、脂環族エポキシ樹脂、脂肪族エポキシ樹脂等とフェノール類と（メタ）アクリル酸とを反応させて得られる（メタ）アクリレートである。

上記電離放射線硬化性樹脂は１種を単独で、又は２種以上を組み合わせて用いることができる。

[0083] 電離放射線硬化性樹脂が紫外線硬化性樹脂である場合には、樹脂層形成用塗布液は、光重合開始剤や光重合促進剤等の添加剤を含むことが好ましい。

光重合開始剤としては、アセトフェノン、ベンゾフェノン、α－ヒドロキシアルキルフェノン、ミヒラーケトン、ベンゾイン、ベンジルジメチルケタール、ベンゾイルベンゾエート、α－アシルオキシムエステル、チオキサンソン類等から選ばれる１種以上が挙げられる。

また、光重合促進剤は、硬化時の空気による重合阻害を軽減させ硬化速度を速めることができるものであり、例えば、ｐ－ジメチルアミノ安息香酸イソアミルエステル、ｐ－ジメチルアミノ安息香酸エチルエステル等から選ばれる１種以上が挙げられる。

[0084] パターン層は、本開示の効果を阻害しない範囲で、屈折率調整剤、酸化防止剤、紫外線吸収剤、光安定剤、帯電防止剤等の添加剤を含有していてもよい。

[0085] 《パターン層の形成方法》

パターン層は、例えば、第１の面の表面形状と相補的な形状を有する版を用いて、賦形前のパターン層を賦形することにより、形成することができる。

より具体的には、パターン層は、例えば、下記の工程１及び２により形成することができる。

[0086] 工程１：基材上に、樹脂を含むパターン層形成用塗布液を塗布し、樹脂を含む層を形成する工程。

工程２：パターン層の第１の面の表面形状と相補的な形状を有する版を用いて、樹脂を含む層を賦形する工程。

[0087] パターン層形成用塗布液が溶剤を含む場合、工程１で溶剤を乾燥させることが好ましい。

[0088] 樹脂として、硬化性樹脂を用いる場合、工程１のパターン層形成用塗布液としては、硬化性樹脂組成物を含むパターン層形成用塗布液を用いることが好ましい。すなわち、樹脂として、硬化性樹脂を用いる場合、工程１の塗布液中の硬化性樹脂は未硬化の状態とすることが好ましい。

工程１のパターン層形成用塗布液として、電離放射線硬化性樹脂組成物を

含むパターン層形成用塗布液を用いる場合、工程２の賦形と同時に電離放射線を照射して、賦形した層に含まれる電離放射線硬化性樹脂組成物を硬化することが好ましい。

[0089] 基材とパターン層との間に、プライマー層等の他の層を有する場合には、工程１の前に、基材上に他の層を形成する工程を実施することが好ましい。

[0090] 工程２で使用する版は、例えば、レーザーリソグラフィ、電子線リソグラフィ、ＦＩＢ（Ｆｏｃｕｓｅｄ　Ｉｏｎ　Ｂｅａｍ）等の汎用の手段により作製することができる。版の表面に形成する凹凸形状は、汎用のシミュレーションソフトで設計することができる。また、前述した手段により作製した版を複製した版を多数作製し、複製した多数の版を並べて、多面付けの版とすることも好ましい。版の複製は、電鋳法等の汎用の手段により実施できる。

版の形状としては、平板状、円筒状等が挙げられる。円筒状の版は、ロールtoロールでの加工をすることができ、生産性に優れる点で好ましい。

上述したＹ字結合等の結合凹部は、シミュレーションソフトで設計する時点から設けてもよい。また、電子線リソグラフィ等の汎用の手段で凹凸形状を形成する過程において、間隔が近い凹部同士が結合する場合がある。このように、凹凸形状を形成する過程において、結合凹部を設けてもよい（当業者であれば、露光精度と、隣接する凹部の間隔とを考慮して、結合凹部の数を調整することができる。）。

[0091] ＜液晶層＞

本開示の光学素子において、液晶層は、パターン層の前記第１の面上に形成される。

液晶層は、例えば、パターン層上に、液晶化合物を含む液晶層形成用塗布液を塗布した後、必要に応じて乾燥及び硬化することにより、形成することができる。

[0092] 液晶化合物としては、ネマティック液晶化合物及びスメクティック液晶化合物等の棒状液晶化合物、コレステリック液晶化合物、ディスコティック液

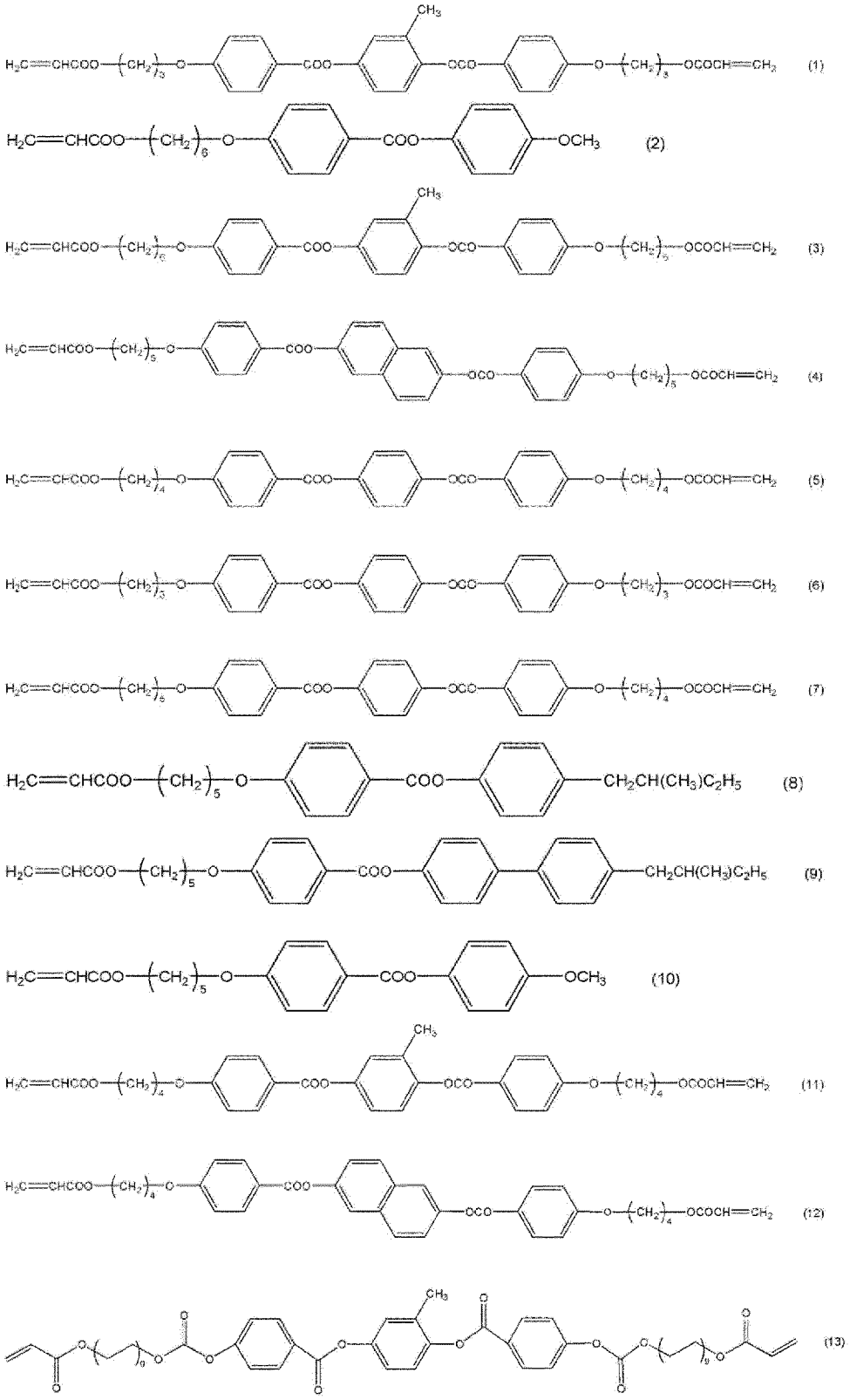
晶化合物（円盤状液晶化合物）等から選ばれる１種以上が挙げられる。

液晶層は、液晶化合物に加えて、さらにカイラル剤を含んでいてもよい。例えば、ネマティック液晶化合物及びカイラル剤を含む液晶層は、液晶層を平面視した際に、液晶化合物の分子の向きが回転する配列となる。ただし、液晶化合物の分子の向きは３６０度回転させる必要はなく、３６０度未満の回転であってもよい。また、液晶化合物の分子の回転方向は右回りであってもよいし左回りであってもよい。

[0093] 液晶化合物は棒状液晶化合物が好ましい。棒状液晶化合物は特に制限されないが、下記（１）～（１７）に示す化合物が挙げられる。

[0094]

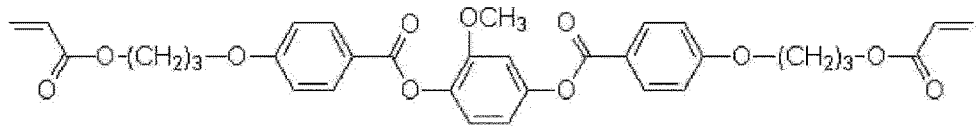
[化1]



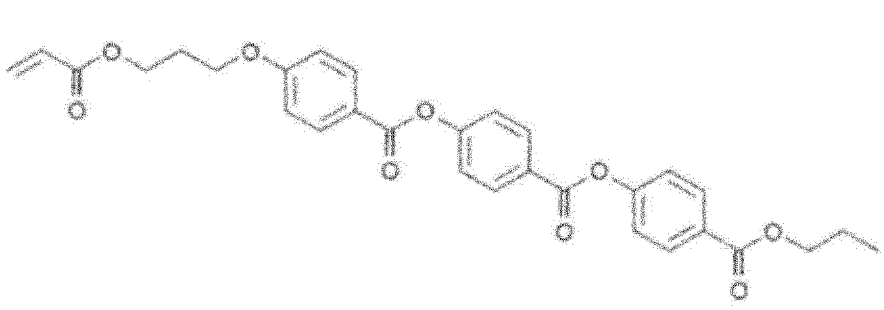
(gは2～5の整数)

[0095]

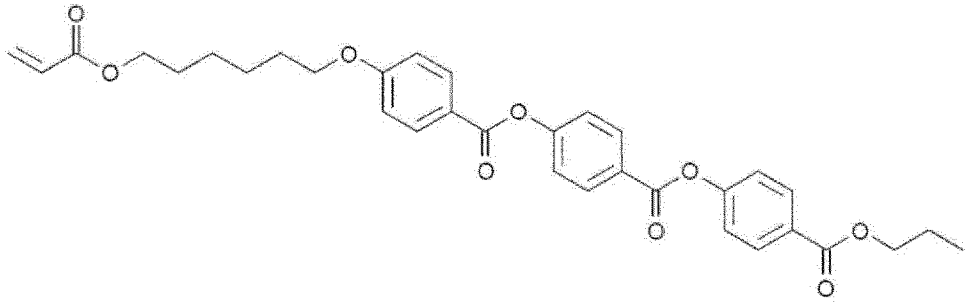
[化2]



(14)



(15)



(16)



(17)

[0096] 液晶化合物の中でも、重合性棒状液晶材料が好ましい。重合性棒状液晶材料の重合性官能基としては、紫外線、電子線等の電離放射線、又は熱の作用によって重合するものが挙げられる。具体例としては、ラジカル重合性官能基が挙げられる。ラジカル重合性官能基としては、少なくとも１つの付加重合可能なエチレン性不飽和二重結合を持つ官能基が挙げられ、より具体的には、置換基を有する又は有しない、ビニル基、アクリレート基（アクリロイル基、メタクリロイル基、アクリロイルオキシ基、メタクリロイルオキシ基を包含する総称）等が挙げられる。

[0097] 液晶層は、パターン層の第１の面上の全面に形成することが好ましい。すなわち、パターン層の第１の面上において凹部を有しない箇所にも、液晶層を形成することが好ましい（図１）。

液晶層の厚みは、目的とする位相差の値に合わせて調整すればよい。

[0098] 液晶層は、液晶層は単層構成でも複層構成でもよい。薄膜化のためには液晶層は単層構成であることが好ましい。

光学素子を広帯域化することにより、表示品質を向上するためには、液晶層は下記（ｉ）又は（ｉｉ）の条件を満たすことが好ましい。

（ｉ）液晶層が複層構成であり、かつ、正の波長分散性又は負の波長分散性を有する。

（ｉｉ）液晶層が単層構成であり、かつ、正の波長分散性又は負の波長分散性を有する。

[0099] 液晶層は、正の波長分散性を有してもよいし、負の波長分散を有していてもよい。負の波長分散性とは、透過光の波長が長くなるに従って透過光に与える位相差が増加する特性である。正の波長分散性とは、透過光の波長が長くなるに従って透過光に与える位相差が減少する特性である。本明細書では、波長４５０ｎｍにおける面内位相差をＲｅ４５０、波長５５０ｎｍにおける面内位相差をＲｅ５５０と定義した際に、Ｒｅ４５０＜Ｒｅ５５０となる特性を、負の波長分散性と称する。本明細書では、Ｒｅ４５０＞Ｒｅ５５０となる特性を、正の波長分散性と称する。

[0100] パターン層上に液晶層が積層された光学素子においては、パターン層の形状は、例えば、下記（１）又は（２）の手法で確認できる。なお、パターン層上の液晶層を簡易に除去できる方法であれば、下記（１）及び（２）の手法以外の手法により、パターン層の形状を確認してもよい。

（１）ＪＩＳ　Ｋ５６００－５－６：１９９９に従い、液晶層表面に１ｍｍ間隔で１００マスの碁盤目カットを入れる。その後、カット部にニチバン社製の１８ｍｍセロテープ（登録商標）をはりつけ、その上を消しゴムでこすって塗膜にしっかりテープを付着させる。その後、テープを瞬間的にひきは

がす操作を１０回以上繰り返し、塗膜を剥離する。前述した操作の途中で、碁盤目カットの一部の塗膜が剥離してきたら、剥離した部分を中心に前述した操作を繰り返すことが好ましい。このように、パターン層上の液晶層を剥離することにより、パターン層の形状を確認できる。

（２）ＳＴＥＭなどの断面観察時に用いる断面切削手法により、光学素子をできる限り薄く断面切削して断面ＳＴＥＭを撮影する操作を繰り返す。得られた断面ＳＴＥＭをつなぎ合わせて3次元状に映像化することにより、パターン層の形状を確認できる。

[0101] ＜基材＞

本開示の光学素子は、基材を有していてもよい。

[0102] 基材を構成する材料としては、種々の材料を使用することができるが、機械的特性、光学特性、安定性および加工性が良好な材料が好ましい。このような材料としては、脂環式構造を有する重合体樹脂、メタクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリスチレン樹脂、アクリロニトリル－スチレン共重合体、メタクリル酸メチル－スチレン共重合体、ＡＢＳ樹脂、ポリエーテルスルホン、トリアセチルセルロース、ポリエチレンテレフタレート、エポキシアクリレート、ウレタンアクリレート等の樹脂；ガラス；等が挙げられ、樹脂が好ましい。すなわち、基材は樹脂基材が好ましい。

基材の面内位相差は、２０ｎｍ以下であることが好ましく、５ｎｍ以下であることがより好ましく、３ｎｍ以下であることがさらに好ましく、１ｎｍ以下であることがよりさらに好ましく、０ｎｍであることが最も好ましい。前記位相差の基準となる光の波長λは、５５０ｎｍとする。

[0103] 基材の厚みは、５μｍ以上１０００μｍ以下の範囲で適宜調整することができる。

基材の厚みは、膜厚測定器で測定する。膜厚測定器としては、ミツトヨ社のデジマチック標準外側マイクロメーター（品番：ＭＤＣ－２５ＳＸ）等が挙げられる。基材の厚みは、任意の１０点を測定した平均値が上記数値であればよい。

[0104] 基材は、ＪＩＳ　Ｋ７３６１－１：１９９７の全光線透過率が７０％以上であることが好ましく、８０％以上であることがより好ましく、８５％以上であることがさらに好ましい。

基材は、ＪＩＳ　Ｋ７１３６：２０００のヘイズが１０％以下であることが好ましく、５％以下であることがより好ましく、３％以下であることがさらに好ましい。

[0105] 基材とパターン層との界面での光の屈折を抑制するため、パターン層の屈折率と基材の屈折率とは、値を近づけることが好ましい。具体的には、パターン層の屈折率／基材の屈折率は、０．９７以上１．０３以下であることが好ましく、０．９９以上１．０１以下であることがより好ましい。前記屈折率の基準となる光の波長λは、５５０ｎｍとする。

[0106] ＜その他の層＞

本開示の光学素子は、さらにその他の層を有していてもよい。

その他の層としては、例えば、基材とパターン層との密着性を向上するためのプライマー層、帯電防止層等が挙げられる。プライマー層は、基材とパターン層との間に形成することが好ましい。帯電防止層は、基材のパターン層とは反対側に形成することが好ましい。

[0107] ＜位相差＞

光学素子は、面内位相差の平均値を所定の範囲としてもよい。光学素子の面内位相差は、コントロールする波長をλ［ｎｍ］とした場合、（λ／２）×０．９５以上（λ／２）×１．０５以下とすることが好ましく、（λ／２）×０．９７以上（λ／２）×１．０３以下とすることが好ましく、（λ／２）×０．９９以上（λ／２）×１．０１以下とすることがより好ましい。

光学素子の面内位相差の平均値を上記範囲とすることにより、光学素子を回折光学素子として用いた際に、例えば、下記の作用を発揮することができる。

（１）円偏光を回折光学素子に入射させた際に、光を回折させるとともに、光の位相を反転することができる。

（２）自然光又は直線偏光を回折光学素子に入射させた際に、光を回折させるとともに、右円偏光と左円偏光に偏光分離することができる。

光学素子の面内位相差は、光学素子の面内の７箇所の面内位相差から、最大値及び最小値を除外した５つの面内位相差の平均値を意味する。前記位相差の基準となる光の波長λは、５５０ｎｍとする。面内位相差の測定装置としては、AXOMETRICS社製の商品名「AxoStep」、フォトニックラティス社の2次元複屈折評価システム（商品名：WPA-Micro）が挙げられる。前者の商品は広いエリアの測定に向き、後者の商品は狭いエリアの測定に向いている。

[0108] ＜用途＞

本開示の光学素子は、例えば、回折光学素子として用いることができる。また、本開示の光学素子は、調光装置の部材としても用いることができる。

回折光学素子を透過した光は、所定の回折角の範囲に調整できる。このため、例えば、回折光学素子を用いることにより、光の照射範囲を広げたり、狭めたりすることができる。

また、回折光学素子を透過した光を互いに干渉させることにより、レンズ及びプリズム等の作用を生じさせることもできる。

上述した作用により、回折光学素子は、例えば、クロスリアリティ、光センサー、レーザープロジェクター等の装置の部材として用いることができる。

[0109] 回折光学素子の回折角$\theta$は、ピッチをｘ［ｎｍ］、光の波長をλ［ｎｍ］、光の入射角を$\theta_0$とした場合、下記の式で表すことができる。$\theta$及び$\theta_0$は、回折光学素子の面内に対する垂直方向を０度とした際の角度である。下記式では、$\theta_0$は、前記垂直方向からプラス方向の場合である。入射光である円偏光の回転方向により、前記垂直方向に対して、プラス方向に回折する場合と、マイナス方向に回折する場合とがある。このため、下記式では±の符号が付いている。上述したように、ピッチとは、隣り合う隣接するドメインユニットにおいて、位置が対応する凹部同士の間隔を意味する。

$$\sin\theta = \pm(\lambda / x) + \sin\theta_0$$

[0110] 例えば、入射角$\theta_0$を０度、光の波長を１５５０ｎｍに固定した場合、ピッチと回折角との関係は、下記表１の関係となる。

[表1]

| ピッチ（μｍ） | 44.4 | 22.2 | 11.1 | 5.6 | 2.9 |
|---|---|---|---|---|---|
| 回折角（度） | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 |

[0111] 表１の回折角は、回折光学素子が１枚の場合の角度である。偏光状態が同一であれば、回折光学素子の枚数を増やすと、回折角は回折光学素子の枚数の乗数で増加する。任意のピッチにおける回折角を$\theta$（度）、回折光学素子の枚数をｎとした場合、回折角は$2^{n-1}\times\theta$（度）で表すことができる。

[0112] 本開示は以下の＜１＞～＜１１＞を含む。

＜１＞ パターン層と液晶層とを有する光学素子であって、

前記パターン層は、第１の面と、前記第１の面とは反対側の第２の面とを有し、

前記液晶層は前記パターン層の前記第１の面上に形成され、

前記パターン層は、前記第１の面内に、第１の方向に配列された複数のドメインを有し、

前記ドメインは、所定の数のドメインが集合したドメインユニットを形成し、

前記複数のドメインは、それぞれのドメイン内に、前記第１の方向に直交する第２の方向に配列された複数の凹部を有し、

隣接するドメインは互いに接しており、

前記ドメインユニットの前記第１の方向の一方の端部からｎ番目に位置するドメイン内における、前記凹部の延在方向と、前記第１の方向との成す角を$\theta$ｎと定義した際に、$\theta$ｎは、－９０．０度超から＋９０．０度未満の範囲で、前記一方の端部から前記ドメインユニットの前記第１の方向の他方の端部に向かって段階的に変化し、

任意のドメイン内の隣接する凹部の最短距離をＤ１と定義した際に、Ｄ１は、何れのドメインにおいても同一であり、

任意のドメイン内の隣接する凹部の前記第２の方向と平行な方向における距離をＤ２と定義した際に、それぞれのドメインにおけるＤ２は、ドメインのθｎの絶対値が大きくなるにつれて大きくなる、光学素子。

＜２＞　前記ドメインユニットを形成する前記ドメインの数が４以上３５９以下である、＜１＞に記載の光学素子。

＜３＞　任意のドメイン内における前記凹部の延在方向の長さをＬ１と定義した際に、それぞれのドメインにおけるＬ１は、ドメインのθｎの絶対値が大きくなるにつれて長くなる、＜１＞又は＜２＞に記載の光学素子。

＜４＞　前記ドメインユニットの前記第１の方向の一方の端部からｎ＋１番目に位置するドメイン内における、前記凹部の延在方向と、前記第１の方向との成す角をθｎ＋１と定義した際に、θとθｎ＋１との差の絶対値が０．５度以上３６．０度以下である、＜１＞～＜３＞の何れかに記載の光学素子。

＜５＞　前記凹部として、隣接するドメインの凹部と接触する結合凹部と、隣接するドメインの凹部と接触しない非結合凹部とを有する、＜１＞～＜４＞の何れかに記載の光学素子。

＜６＞　前記結合凹部は、両側に隣接するドメインの両側の凹部と接触する両側結合凹部と、両側に隣接するドメインの片側の凹部と接触する片側結合凹部とを有する、＜５＞に記載の光学素子。

＜７＞　前記結合凹部として、互いに隣接する一方のドメインの２つの凹部と、他方のドメインの１つの凹部とが結合した結合凹部を有する、＜５＞に記載の光学素子。

＜８＞　前記液晶層が単層構成である、＜１＞～＜７＞の何れかに記載の光学素子。

＜９＞　前記液晶層が複層構成である、＜１＞～＜７＞の何れかに記載の光学素子。

＜１０＞　前記液晶層が正の波長分散性又は負の波長分散性を有する、＜８＞に記載の光学素子。

＜１１＞　前記液晶層が正の波長分散性又は負の波長分散性を有する、＜９＞に記載の光学素子。

## 実施例

[0113]　次に、本開示を実施例により更に詳細に説明するが、本開示はこれらの例によってなんら限定されるものではない。なお、「部」及び「％」は特に断りのない限り質量基準とする。

[0114] １．測定及び評価

実施例及び比較例の光学素子に関して、下記の測定及び評価を実施した。

各測定及び評価時の雰囲気は、温度２３±５℃、相対湿度４０％以上６５％以下とした。各測定及び評価の開始前に、対象サンプルを前記雰囲気に３０分以上６０分以下晒してから測定及び評価を行った。

[0115] １－１．パターン層の平面視形状

実施例及び比較例の光学素子の中間体のパターン層の第１面を、走査電子顕微鏡（日立ハイテクノロジーズ社、商品名「SU8000」）を用いて撮像した。撮像条件は下記の通りとした。中間体とは、基材上に、プライマー層及びパターン層を有する積層体を意味する。そして、撮像した写真に基づき、θｎ、Ｌ１、凹部の短軸方向の長さ、Ｄ１、Ｄ２、Ｙ字結合の数、ドメインの幅、ピッチを測定した。θｎ、Ｌ１、凹部の短軸方向の長さ、Ｄ１、Ｄ２、Ｙ字結合の数は、１０箇所の平均値とした。結果を表３に示す。パターン層を形成する際に、版からパターン層を剥離できなかった比較例は、結果を「－」と表記した。

＜撮像条件＞

・加速電圧：5.0Kv

・エミッション電流：5.0uA

・プローブ電流：High

・検出器：SE(U)

・WD：8ｍｍ

・コンデンサレンズ１：5.0

・コンデンサレンズ２：1.0

・資料台のTilt機能：tilt角度「0.0」と入力

[0116] １－２．パターン層の凹部の深さ

実施例及び比較例の光学素子の垂直断面を、走査電子顕微鏡（日立ハイテクノロジーズ社、商品名「SU8000」）を用いて撮像した。撮像条件は上記１－１と同じとした。そして、前記中間体の凹部の深さを測定した。凹部の深さは１０箇所の平均値とした。結果を表３に示す。

[0117] １－３．剥離性

下記の基準で剥離性を評価した。結果を表３に示す。

Ａ：パターン層を形成する際に、賦形用の版に樹脂が残存せず、版からのパターン層の剥離性が良好であったもの。

Ｂ：パターン層を形成する際に、賦形用の版に樹脂のごく一部が残存したが、版からのパターン層の剥離性が良好であったもの。

Ｃ：パターン層を形成する際に、賦形用の版に樹脂の一部が残存してしまい、版からのパターン層の剥離性が良好ではなかったもの。

Ｄ：パターン層を形成する際に、賦形した層から賦形用の版を剥離できなかったもの。

[0118] １－４．第１の配向性

実施例及び比較例の光学素子に関して、下記の基準で液晶層の配向性を評価した。評価の際には偏光顕微鏡を用いた。結果を表３に示す。パターン層のピッチが１μｍの場合、下記の「パターン層のピッチの５０倍四方の観察範囲」は、５０μｍ×５０μｍである。シュリーレン組織が少ないほど、液晶分子の配向性が良好であるといえる。

Ａ：パターン層のピッチの５０倍四方の観察範囲において、ごみ起因を除いて、シュリーレン組織の数が０個であるもの。

Ｂ：パターン層のピッチの５０倍四方の観察範囲において、ごみ起因を除いて、シュリーレン組織の数が１個以上９個以下であるもの。

Ｃ：パターン層のピッチの５０倍四方の観察範囲において、ごみ起因を除い

て、シュリーレン組織の数が１０個以上であるもの。

[0119] １－５．第２の配向性

実施例及び比較例の光学素子に関して、隣接する凹部が結合している箇所の液晶分子の配向性を観察し、下記の基準で評価した。観察の際には、フォトニックラティス社の2次元複屈折評価システム（商品名：WPA-Micro）を用いた。第２の配向性は、第１の配向性よりも狭い領域を観察している。

Ａ：隣接する凹部が結合している箇所において、凹部の向きと液晶分子の向きとの差が３．０度未満であるもの。

Ｂ：隣接する凹部が結合している箇所において、凹部の向きと液晶分子の向きとの差が３．０度以上６．０度以下であるもの。

Ｃ：隣接する凹部が結合している箇所において、凹部の向きと液晶分子の向きとの差が６．０度を超えるもの。

[0120] １－６．第３の配向性

実施例及び比較例の光学素子に関して、隣接する凹部が結合していない箇所の液晶分子の配向性を観察し、下記の基準で評価した。観察の際には、フォトニックラティス社の2次元複屈折評価システム（商品名：WPA-Micro）を用いた。第３の配向性は、第１の配向性よりも狭い領域を観察している。

Ａ：隣接する凹部が結合していない箇所において、凹部の向きと液晶分子の向きとの差が３．０度未満であるもの。

Ｂ：隣接する凹部が結合していない箇所において、凹部の向きと液晶分子の向きとの差が３．０度以上６．０度以下であるもの。

Ｃ：隣接する凹部が結合していない箇所において、凹部の向きと液晶分子の向きとの差が６．０度を超えるもの。

[0121] ２．版の作製

シミュレーションツールを使い、パターン層の第１の面の形状を設計した。シミュレーションにおいては、θｎ、Ｌ１、凹部の短軸方向の長さ、Ｄ１、Ｄ２、Ｙ字結合の数、ドメインの幅、ピッチが、表２に記載の値となるようした。また、ドメインユニットは第１の方向に複数配置し、ドメインユニ

ット間には境界部を配置した。境界部の幅はドメインの幅と同一とした。実施例のシミュレーション形状は、明細書本文の構成１～８を満たすようにシミュレーションした。

比較例で用いるシミュレーション形状の凹部の配列パターンは、図７に示すように、隣接するドメインの凹部の端部が、第２の方向において全て同じように接触しているパターンとした。実施例で用いるシミュレーション形状の凹部の配列パターンは、隣接するドメインの凹部の端部の接触の程度が、第２の方向に沿って変動するものである。

６インチ角サイズの合成石英板を用い、電子線描画装置とドライエッチング装置を使用した電子線リソグラフィプロセスにより、シミュレーションで設計した表面形状を備えた、石英の母型を作製した。

次いで、母型に紫外線硬化性樹脂を流し込んだ後、紫外線硬化性樹脂上に透明基材を重ねた。その後、紫外線を照射して樹脂を硬化した。その後、母型から透明基材及び樹脂を剥離して、母型の形状と相補的形状を有する樹脂版を得た。次いで、電鋳法により、樹脂版の形状と相補的形状を有する型である、母型の複製型を得た。前記複製型を複数作製した。複数の複製型をロールに巻き付け、実施例及び比較例で用いる、ロール状の版を作製した。

[0122] ３．光学素子の作製

［実施例１］

基材（厚み４０μｍのシクロオレフィンポリマー。日本ゼオン社の商品名「ゼオノア」）上に、下記処方のプライマー層を塗布、乾燥することにより、厚み０．５μｍのプライマー層を形成した。

次いで、プライマー層上に下記処方のパターン層形成用塗布液を塗布、乾燥し、未硬化の樹脂を含む層を形成した。

次いで、上記「２」で作製したロール状の版を用いて、未硬化の樹脂を含む層を賦形すると同時に、基材側から紫外線を照射して（積算光量：５００ｍＪ／ｃｍ$^2$）、賦形した樹脂を含む層を硬化させた。次いで、版から賦形した層を剥離し、基材上にプライマー層及びパターン層を有する積層体を得た

。

次いで、パターン層上に下記の液晶層形成用塗布液を塗布、乾燥した後、紫外線を照射して（積算光量：１５０ｍＪ／ｃｍ$^2$）、液晶層を形成した。

液晶層は、面内複屈折（Δｎ）が０．１７の液晶を用い、面内位相差が２６６ｎｍとなるように膜厚を調整した。前記膜厚の液晶層は２回の塗工で形成した。

以上の工程により、実施例１の光学素子を得た。実施例１の光学素子は、ロールtoロールで作製したものである。

[0123] ＜プライマー層形成用塗布液＞

・ポリオレフィン系樹脂：７０質量部

（三菱ケミカル社製、商品名：サーフレンＰ－１０００）

・シリカ系易滑剤：５質量部

（ＣＩＫナノテック社製、商品名：ＳＩＲＭＩＢＫ１５ＷＴ％－Ｅ６５）

・メチルエチルケトン：２５質量部

[0124] ＜パターン層形成用塗布液＞

・ペンタエリスリトールトリアクリレート：９６質量部

（日本化薬社製、商品名：ＰＥＴ－３０）

・光重合開始剤：４質量部

（ＩＧＭ社製、商品名：Ｏｍｎｉｒａｄ１８４）

[0125] ＜液晶層形成用塗布液＞

・棒状液晶分子：１０質量部

（ＬＣ２４２（商品名）、ＢＡＳＦ社製、面内複屈折（Δｎ）＝０．１７）

・光重合開始剤：０．４質量部

（ＩＧＭ社製、商品名：Ｏｍｎｉｒａｄ１８４）

・メチルエチルケトン：８９．６質量部

[0126] ［実施例２～５］、［比較例１～５］

版を表２のものに変更した以外は、実施例１と同様にして、基材上にプライマー層及びパターン層を有する積層体、並びに、光学素子を得た。

[0127] [表2]

| | ドメインユニットのドメインの数 | 個々のドメインの幅(nm) | ピッチ(nm) | θn(度) | | | D1(nm) | | | D2(nm) | | | L1(nm) | | | 凹部の単軸方向の長さ(nm) | 凹部の深さ(nm) | Y字結合の数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 一方の端部 | 中央 | 他方の端部 | 一方の端部 | 中央 | 他方の端部 | 一方の端部 | 中央 | 他方の端部 | 一方の端部 | 中央 | 他方の端部 | | | |
| 実施例1 | 29 | 500.0 | 15000 | -84.0 | 0.0 | 84.0 | 150 | | | 1435 | 150 | 1435 | 4783 | 500 | 4783 | 25 | 25 | 31 |
| 実施例2 | 29 | 233.3 | 7000 | -84.0 | 0.0 | 84.0 | 130 | | | 1244 | 130 | 1244 | 2232 | 233 | 2232 | 25 | 30 | 23 |
| 実施例3 | 9 | 300.0 | 3000 | -72.0 | 0.0 | 72.0 | 50 | | | 162 | 50 | 162 | 971 | 300 | 971 | 25 | 35 | 9 |
| 実施例4 | 7 | 250.0 | 2000 | -67.5 | 0.0 | 67.5 | 35 | | | 91 | 35 | 91 | 653 | 250 | 653 | 25 | 35 | 5 |
| 実施例5 | 4 | 200.0 | 1000 | -54.0 | 0.0 | 54.0 | 25 | | | 43 | 25 | 43 | 340 | 200 | 340 | 25 | 35 | 2 |
| 比較例1 | 29 | 500.0 | 15000 | -84.0 | 0.0 | 84.0 | 6 | 150 | 6 | 150 | 150 | 150 | 4783 | 500 | 4783 | 25 | 25 | 0 |
| 比較例2 | 29 | 233.3 | 7000 | -84.0 | 0.0 | 84.0 | 2 | 130 | 2 | 130 | 130 | 130 | 2232 | 233 | 2232 | 25 | 30 | 0 |
| 比較例3 | 9 | 300.0 | 3000 | -72.0 | 0.0 | 72.0 | 6 | 50 | 6 | 50 | 50 | 50 | 971 | 300 | 971 | 25 | 35 | 0 |
| 比較例4 | 7 | 250.0 | 2000 | -67.5 | 0.0 | 67.5 | 2 | 35 | 2 | 35 | 35 | 35 | 653 | 250 | 653 | 25 | 35 | 0 |
| 比較例5 | 4 | 200.0 | 1000 | -54.0 | 0.0 | 54.0 | 4 | 25 | 4 | 25 | 25 | 25 | 340 | 200 | 340 | 25 | 35 | 0 |

[0128] 表２中、「一方の端部」、「一方の端部のドメイン」を意味し、「中央」は「中央のドメイン」を意味し、「他方の端部」は「他方の端部のドメイン」を意味する。

[0129]

[表3]

| | ドメインユニットのドメインの数 | 個々のドメインの幅(nm) | ピッチ(nm) | θn(度) | | | D1(nm) | | | D2(nm) | | | L1(nm) | | | 凹部の単軸方向の長さ(nm) | 凹部の深さ(nm) | Y字結合の数 | 剥離性 | 配向性 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 一方の端部 | 中央 | 他方の端部 | 一方の端部 | 中央 | 他方の端部 | 一方の端部 | 中央 | 他方の端部 | 一方の端部 | 中央 | 他方の端部 | | | | | 第1 | 第2 | 第3 |
| 実施例1 | 29 | 500.0 | 15000 | -84.0 | 0.0 | 84.0 | 150 | | | 1435 | 150 | 1435 | 4783 | 500 | 4783 | 25 | 25 | 31 | A | A | A | A |
| 実施例2 | 29 | 233.3 | 7000 | -84.0 | 0.0 | 84.0 | 130 | | | 1244 | 130 | 1244 | 2232 | 233 | 2232 | 25 | 30 | 23 | A | A | A | A |
| 実施例3 | 9 | 300.0 | 3000 | -72.0 | 0.0 | 72.0 | 50 | | | 162 | 50 | 162 | 971 | 300 | 971 | 25 | 35 | 9 | A | A | A | A |
| 実施例4 | 7 | 250.0 | 2000 | -67.5 | 0.0 | 67.5 | 35 | | | 91 | 35 | 91 | 653 | 250 | 653 | 25 | 35 | 5 | A | A | A | A |
| 実施例5 | 4 | 200.0 | 1000 | -54.0 | 0.0 | 54.0 | 25 | | | 43 | 25 | 43 | 340 | 200 | 340 | 25 | 35 | 2 | A | A | A | A |
| 比較例1 | 29 | 500.0 | 15000 | -84.0 | 0.0 | 84.0 | 6 | 150 | 6 | 150 | 150 | 150 | 4783 | 500 | 4783 | 25 | 25 | 0 | B | B | B | B |
| 比較例2 | 29 | 233.3 | 7000 | -84.0 | 0.0 | 84.0 | 2 | 130 | 2 | 130 | 130 | 130 | 2232 | 233 | 2232 | 25 | 30 | 0 | C | C | C | C |
| 比較例3 | 9 | 300.0 | 3000 | -72.0 | 0.0 | 72.0 | 6 | 50 | 6 | 50 | 50 | 50 | 971 | 300 | 971 | 25 | 35 | 0 | B | B | B | B |
| 比較例4 | 7 | 250.0 | 2000 | -67.5 | 0.0 | 67.5 | 2 | 35 | 2 | 35 | 35 | 35 | 653 | 250 | 653 | 25 | 35 | 0 | C | C | C | C |
| 比較例5 | 4 | 200.0 | 1000 | -54.0 | 0.0 | 54.0 | 4 | 25 | 4 | 25 | 25 | 25 | 340 | 200 | 340 | 25 | 35 | 0 | B | B | B | B |

[0130] 表３中、「一方の端部」、「一方の端部のドメイン」を意味し、「中央」は「中央のドメイン」を意味し、「他方の端部」は「他方の端部のドメイン」を意味する。

[0131] 表３から明らかなように、実施例の光学素子は、液晶分子の配向性が良好であるため、光学素子の性能を十分に発揮できるものであることが確認できる。

## 符号の説明

[0132] １０：基材

２０：パターン層

２０ａ：第１の面

２０ｂ：第２の面

２１：凹部

２２：結合凹部

２３：ドメインユニット

２３ａ、２３ｂ、２３ｃ、２３ｄ、２３ｅ、２３ｆ、２３ｇ、２３ｈ：個々のドメイン

２５：境界部

２５－１：境界部の凹部

２５－２：凸部

３０：液晶層

１００：光学素子

Ａ１：第１の方向

Ａ２：第２の方向

# 請求の範囲

[請求項1] パターン層と液晶層とを有する光学素子であって、

前記パターン層は、第１の面と、前記第１の面とは反対側の第２の面とを有し、

前記液晶層は前記パターン層の前記第１の面上に形成され、

前記パターン層は、前記第１の面内に、第１の方向に配列された複数のドメインを有し、

前記ドメインは、所定の数のドメインが集合したドメインユニットを形成し、

前記複数のドメインは、それぞれのドメイン内に、前記第１の方向に直交する第２の方向に配列された複数の凹部を有し、

隣接するドメインは互いに接しており、

前記ドメインユニットの前記第１の方向の一方の端部からｎ番目に位置するドメイン内における、前記凹部の延在方向と、前記第１の方向との成す角をθｎと定義した際に、θｎは、－９０．０度超から＋９０．０度未満の範囲で、前記一方の端部から前記ドメインユニットの前記第１の方向の他方の端部に向かって段階的に変化し、

任意のドメイン内の隣接する凹部の最短距離をＤ１と定義した際に、Ｄ１は、何れのドメインにおいても同一であり、

任意のドメイン内の隣接する凹部の前記第２の方向と平行な方向における距離をＤ２と定義した際に、それぞれのドメインにおけるＤ２は、ドメインのθｎの絶対値が大きくなるにつれて大きくなる、光学素子。

[請求項2] 前記ドメインユニットを形成する前記ドメインの数が４以上３５９以下である、請求項１に記載の光学素子。

[請求項3] 任意のドメイン内における前記凹部の延在方向の長さをＬ１と定義した際に、それぞれのドメインにおけるＬ１は、ドメインのθｎの絶対値が大きくなるにつれて長くなる、請求項１に記載の光学素子。

[請求項4] 前記ドメインユニットの前記第１の方向の一方の端部からｎ＋１番目に位置するドメイン内における、前記凹部の延在方向と、前記第１の方向との成す角をθｎ＋１と定義した際に、θとθｎ＋１との差の絶対値が０．５度以上３６．０度以下である、請求項１に記載の光学素子。

[請求項5] 前記凹部として、隣接するドメインの凹部と接触する結合凹部と、隣接するドメインの凹部と接触しない非結合凹部とを有する、請求項１に記載の光学素子。

[請求項6] 前記結合凹部は、両側に隣接するドメインの両側の凹部と接触する両側結合凹部と、両側に隣接するドメインの片側の凹部と接触する片側結合凹部とを有する、請求項５に記載の光学素子。

[請求項7] 前記結合凹部として、互いに隣接する一方のドメインの２つの凹部と、他方のドメインの１つの凹部とが結合した結合凹部を有する、請求項５に記載の光学素子。

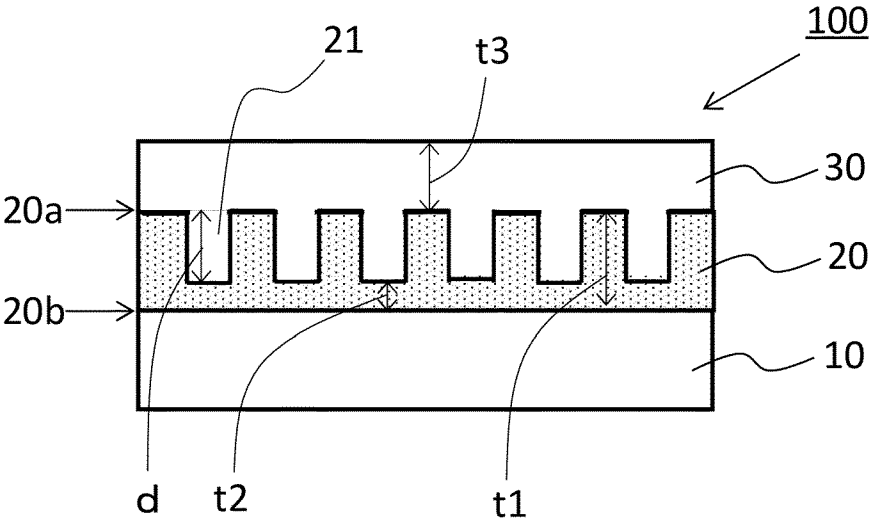
[請求項8] 前記液晶層が単層構成である、請求項１に記載の光学素子。

[請求項9] 前記液晶層が複層構成である、請求項１に記載の光学素子。

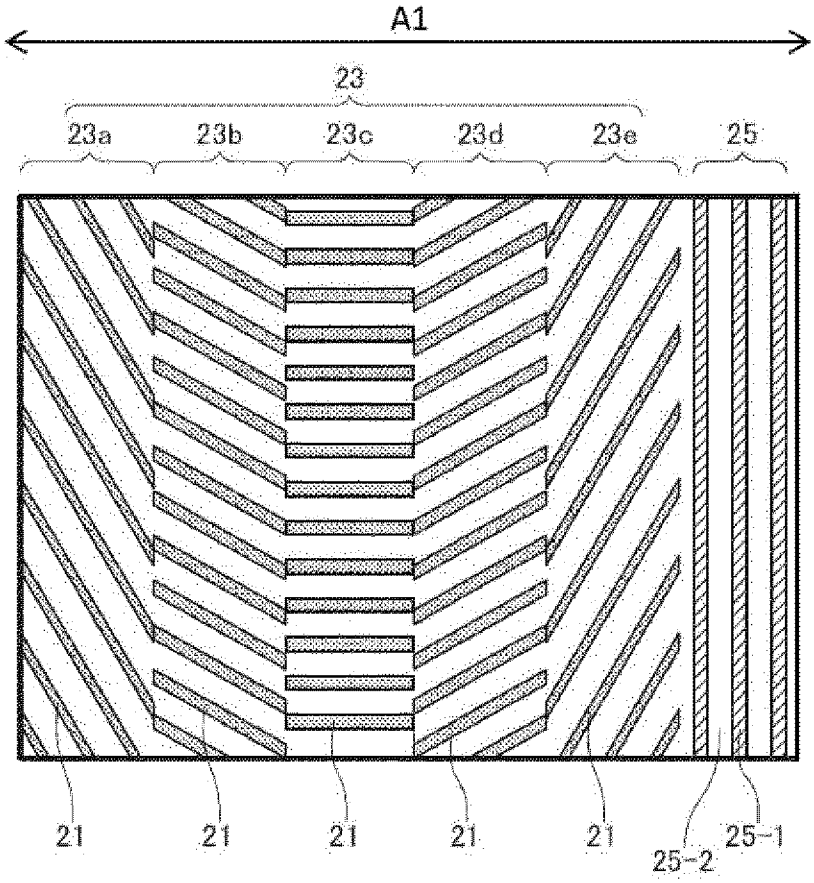
[請求項10] 前記液晶層が正の波長分散性又は負の波長分散性を有する、請求項８に記載の光学素子。

[請求項11] 前記液晶層が正の波長分散性又は負の波長分散性を有する、請求項９に記載の光学素子。

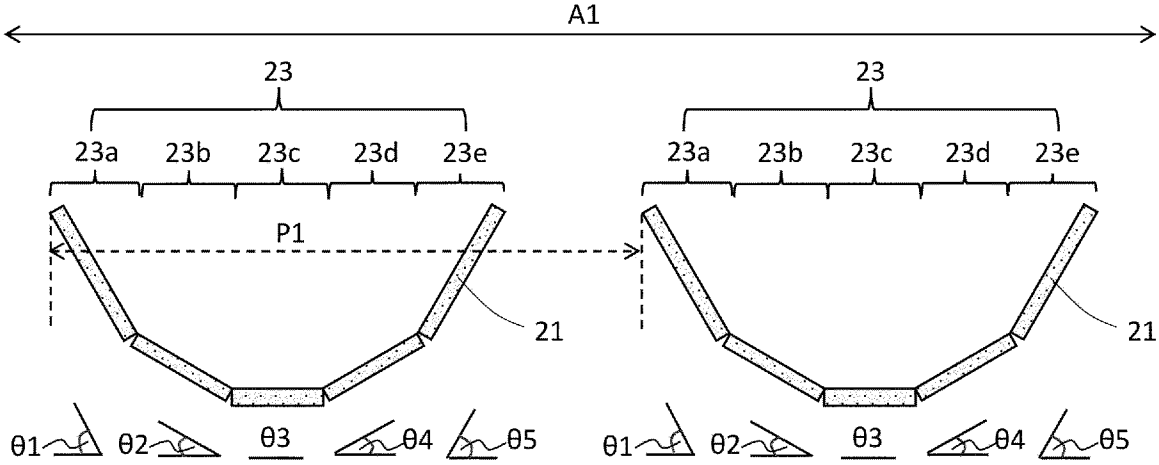
[図1]


100
21
t3
30
20a
20
20b
10
d
t2
t1

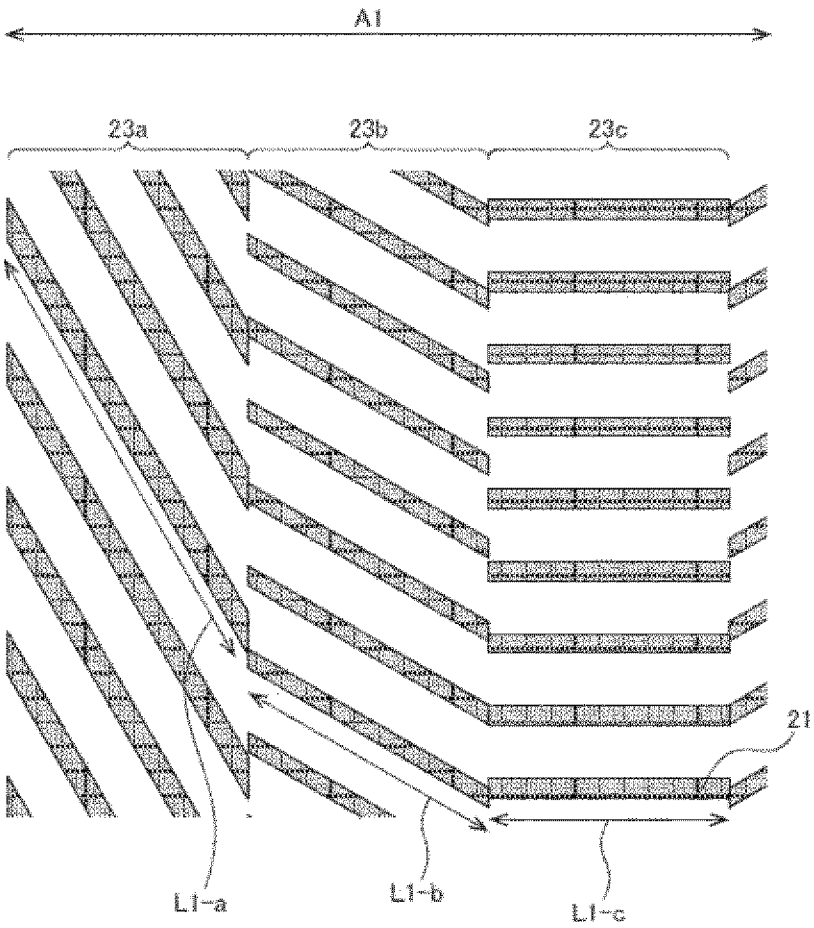
[図2]


A1
23
23a
23b
23c
23d
23e
25
21
21
21
21
21
25-2
25-1

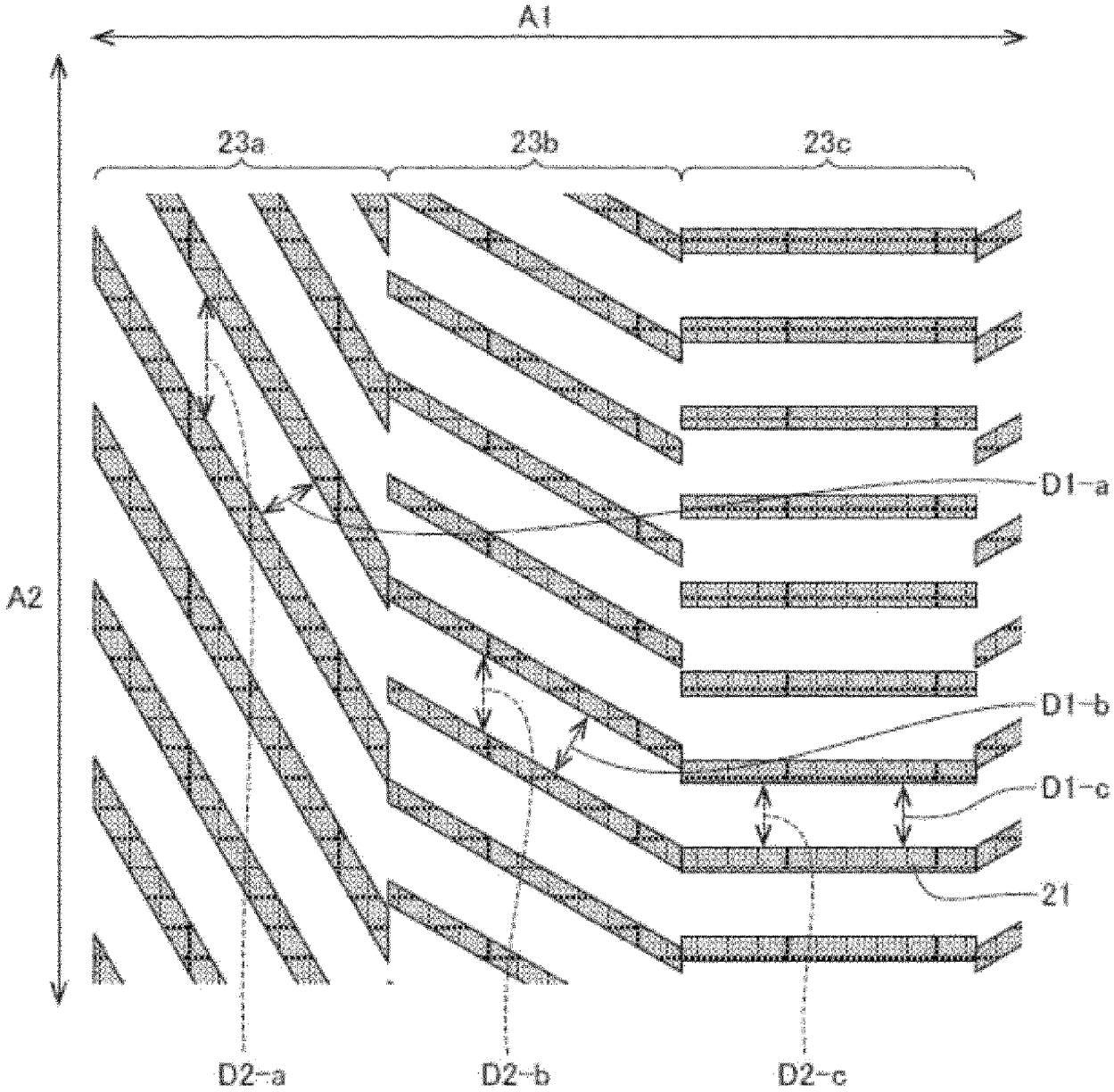
[図3]


A1
23
23a
23b
23c
23d
23e
P1
21
θ1
θ2
θ3
θ4
θ5
23
23a
23b
23c
23d
23e
21
θ1
θ2
θ3
θ4
θ5

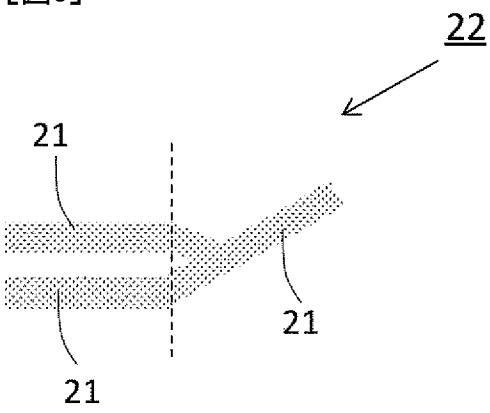
[図4]



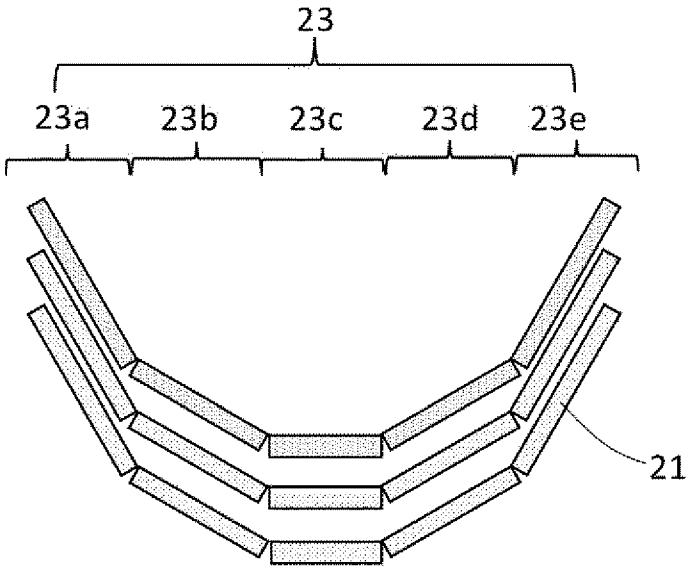
[図5]




[図6]



[図7]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/JP2024/032364**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

***G02B 5/18***(2006.01)i; ***G02B 5/30***(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)

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | JP 2019-536100 A (MAGIC LEAP INC.) 12 December 2019 (2019-12-12)<br>fig. 16-17, paragraphs [0121]-[0135] | 1-8, 10 |
| Y | | 9, 11 |
| Y | JP 2022-75485 A (JAPAN DISPLAY INC.) 18 May 2022 (2022-05-18)<br>paragraphs [0018], [0045], fig. 1, 16-20 | 9, 11 |
| A | WO 2020/004497 A1 (FUJIFILM CORPORATION) 02 January 2020 (2020-01-02)<br>fig. 1-2, 8 | 1-11 |
| A | WO 2019/013320 A1 (AUTOCLONING TECH CO., LTD.) 17 January 2019 (2019-01-17)<br>fig. 1,6 | 1-11 |

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

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| **21 October 2024** | **12 November 2024** |

| Name and mailing address of the ISA/JP | Authorized officer |
|---|---|
| **Japan Patent Office (ISA/JP)**<br>**3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915**<br>**Japan** | Telephone No. |

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

International application No.
**PCT/JP2024/032364**

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|---|---|---|---|
| JP 2019-536100 A | 12 December 2019 | WO 2018/093730 A1<br>fig. 16-17, paragraphs [0142]-[0156] | |
| | | US 2018/0143470 A1 | |
| | | US 2023/0296945 A1 | |
| | | US 2021/0341775 A1 | |
| | | TW 201833642 A | |
| | | KR 10-2023-0147771 A | |
| | | KR 10-2019-0084099 A | |
| | | JP 2022-176352 A | |
| | | EP 4235264 A2 | |
| | | CN 114935862 A | |
| | | CN 110192145 A | |
| | | CA 3044436 A1 | |
| JP 2022-75485 A | 18 May 2022 | US 2022/0146889 A1<br>paragraphs [0038]-[0039], [0072]-[0073], fig. 1, 16-20 | |
| WO 2020/004497 A1 | 02 January 2020 | US 2021/0191169 A1<br>fig. 1-2,8 | |
| WO 2019/013320 A1 | 17 January 2019 | US 2021/0088707 A1<br>fig. 1,6 | |
| | | CN 111133346 A | |

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/032364

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 | １９７１－２０２４年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０２４年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０２４年 |

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

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献のカテゴリー* | 引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する請求項の番号 |
|---|---|---|
| X | JP 2019-536100 A (マジック リープ, インコーポレイテッド) 12.12.2019 (2019-12-12)<br>図16-17,段落[0121]-[0135] | 1-8,10 |
| Y | | 9,11 |
| Y | JP 2022-75485 A (株式会社ジャパンディスプレイ) 18.05.2022 (2022-05-18)<br>段落[0018],[0045],図1,16-20 | 9,11 |
| A | WO 2020/004497 A1 (富士フイルム株式会社) 02.01.2020 (2020-01-02)<br>図1-2,8 | 1-11 |
| A | WO 2019/013320 A1 (有限会社オートクローニングテクノロジー) 17.01.2019 (2019-01-17)<br>図1,6 | 1-11 |

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

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

| 国際調査を完了した日 | 国際調査報告の発送日 |
|---|---|
| 21.10.2024 | 12.11.2024 |

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）

沖村　美由 20 1131

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/JP2024/032364

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|---|---|---|---|
| JP 2019-536100 A | 12.12.2019 | WO 2018/093730 A1<br>図16-17,段落[0142]-[0156]<br>US 2018/0143470 A1<br>US 2023/0296945 A1<br>US 2021/0341775 A1<br>TW 201833642 A<br>KR 10-2023-0147771 A<br>KR 10-2019-0084099 A<br>JP 2022-176352 A<br>EP 4235264 A2<br>CN 114935862 A<br>CN 110192145 A<br>CA 3044436 A1 | |
| JP 2022-75485 A | 18.05.2022 | US 2022/0146889 A1<br>段落[0038]-[0039],[0072]-[0073],図1,16-20 | |
| WO 2020/004497 A1 | 02.01.2020 | US 2021/0191169 A1<br>図1-2,8 | |
| WO 2019/013320 A1 | 17.01.2019 | US 2021/0088707 A1<br>図1,6<br>CN 111133346 A | |