

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5599420号  
(P5599420)

(45) 発行日 平成26年10月1日(2014.10.1)

(24) 登録日 平成26年8月22日(2014.8.22)

(51) Int.Cl. F 1  
**GO2F 1/13 (2006.01)** GO2F 1/13 505  
**GO2F 1/1343 (2006.01)** GO2F 1/1343  
**GO2B 27/22 (2006.01)** GO2B 27/22

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2012-66404 (P2012-66404)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝
(22) 出願日	平成24年3月22日(2012.3.22)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2013-195980 (P2013-195980A)	(74) 代理人	100108062 弁理士 日向寺 雅彦
(43) 公開日	平成25年9月30日(2013.9.30)	(72) 発明者	高木 亜矢子 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
審査請求日	平成26年2月13日(2014.2.13)	(72) 発明者	上原 伸一 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	柏木 正子 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶フレネルレンズ素子及び画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1基板部であって、

第1主面を有する第1基板と、

前記第1主面上に設けられ第1方向に延び前記第1方向と直交する第2方向に並ぶ複数の第1電極と、

それぞれが前記第1主面上において前記第1方向に延びる複数の第2電極であって、前記第2電極は、前記第1方向と前記第2方向とを含む平面に投影したときに、最近接の2つの前記第1電極のそれぞれの第2方向における中心を結ぶ線分の中点を通り前記第1方向に対して平行な中心軸と、前記最近接の2つの前記第1電極のうちの一方の電極と、  
 の間の第1領域に配置される前記複数の第2電極と、

を含む第1基板部と、

第2基板部であって、

前記第1主面と対向する第2主面を有する第2基板と、

前記第2主面上に設けられ前記第1電極と対向し前記第1方向に延びる第1対向電極と、

前記第2主面上に設けられ前記第1対向電極と離間し前記第1方向に延び、前記平面に投影したときに前記中心軸と重なる第2対向電極と、

を含む第2基板部と、

前記第1基板部と前記第2基板部との間に設けられた液晶層と、

を備え、

前記平面に投影したときに、前記第 1 領域における前記第 1 対向電極と前記第 2 対向電極との間の第 1 離間領域の前記第 2 方向に沿った中心と前記中心軸との間の前記第 2 方向に沿った距離は、前記第 1 領域における前記第 2 電極の前記第 2 方向に沿った中心と前記中心軸との間の前記第 2 方向に沿った距離よりも長い液晶フレネルレンズ素子。

【請求項 2】

前記第 2 電極の第 2 方向に沿った幅は、前記第 1 離間領域の第 2 方向に沿った幅よりも狭い請求項 1 記載の液晶フレネルレンズ素子。

【請求項 3】

前記平面に投影したときに、前記第 1 離間領域は、前記第 2 電極と重ならない請求項 1 または 2 に記載の液晶フレネルレンズ素子。

10

【請求項 4】

前記最近接の 2 つの前記第 1 電極のうちの前記一方の電極と前記中心軸との間の前記第 2 方向に沿った距離と、前記第 1 離間領域の前記第 2 方向に沿った前記中心と前記中心軸との間の前記第 2 方向に沿った前記距離との差の絶対値は、前記最近接の 2 つの前記第 1 電極のうちの前記一方の電極と前記中心軸との間の距離の  $1/2$  よりも短い請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の液晶フレネルレンズ素子。

【請求項 5】

前記最近接の 2 つの前記第 1 電極のうちの前記一方の電極と前記中心軸との間の前記第 2 方向に沿った距離と、前記第 1 離間領域の前記第 2 方向に沿った前記中心と前記中心軸との間の前記第 2 方向に沿った前記距離との差の絶対値は、前記第 1 方向と前記第 2 方向とに対して垂直な第 3 方向に沿った前記液晶層の厚さ以下である請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の液晶フレネルレンズ素子。

20

【請求項 6】

前記第 1 基板部は、前記第 1 主面上において前記第 2 電極と前記最近接の 2 つの前記第 1 電極のうちの前記一方の電極との間に設けられ前記第 1 電極及び前記第 2 電極と離間し前記第 1 方向に延びる第 3 電極をさらに含み、

前記第 2 基板部は、前記第 2 主面上において前記第 1 対向電極と前記第 2 対向電極との間に設けられ前記第 1 対向電極と前記第 2 対向電極と離間し前記第 1 方向に延びる第 3 対向電極をさらに含み、

30

前記平面に投影したときに、前記第 1 領域における前記第 1 対向電極と前記第 3 対向電極との間の第 2 離間領域の前記第 2 方向に沿った中心と前記中心軸との間の前記第 2 方向に沿った距離は、前記第 1 領域における前記第 3 電極の前記第 2 方向に沿った中心と前記中心軸との間の前記第 2 方向に沿った距離よりも長い請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の液晶フレネルレンズ素子。

【請求項 7】

前記第 1 基板部は、前記第 1 主面上において前記第 1 方向に延び前記平面に投影したときに前記中心軸に重なり前記第 2 電極と離間する中心部電極をさらに含む請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の液晶フレネルレンズ素子。

【請求項 8】

40

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の液晶フレネルレンズ素子と、  
前記液晶フレネルレンズ素子と積層され画像情報を含む光を前記液晶層に入射させる表示部を含む画像表示部と、

を備えた画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、液晶フレネルレンズ素子及び画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

液晶分子の複屈折性を利用し、電圧の印加に応じて屈折率の分布を変化させる液晶光学素子が知られている。また、この液晶光学素子と、画像表示部と、を組み合わせた立体画像表示装置がある。

【0003】

この立体画像表示装置では、液晶光学素子の屈折率の分布を変化させることで、画像表示部に表示された画像をそのまま観察者の眼に入射させる状態と、画像表示部に表示された画像を複数の視差画像として観察者の眼に入射させる状態と、を切り替える。これにより、二次元表示動作と三次元画像表示動作とを実現する。フレネルゾーンプレートの光学原理を利用して光の経路を変更する技術も知られている。このような表示装置において高い表示品位が求められている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-197640号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の実施形態は、高品位の表示を提供する液晶フレネルレンズ素子及び画像表示装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

本発明の実施形態によれば、第1基板部と、第2基板部と、液晶層と、を含む液晶フレネルレンズ素子が提供される。前記第1基板部は、第1主面を有する第1基板と、複数の第1電極と、複数の第2電極と、を含む。前記第1電極は、前記第1主面上に設けられ第1方向に伸び前記第1方向と直交する第2方向に並ぶ。前記複数の第2電極のそれぞれは、前記第1主面上において前記第1方向に伸びる。前記第2電極は、前記第1方向と前記第2方向とを含む平面に投影したときに、最近接の2つの前記第1電極のそれぞれの第2方向における中心を結ぶ線分の中点を通り前記第1方向に対して平行な中心軸と、前記最近接の2つの前記第1電極のうち一方の電極と、の間の第1領域に配置される。前記第2基板部は、前記第1主面と対向する第2主面を有する第2基板と、第1対向電極と、第2対向電極と、を含む。前記第1対向電極は、前記第2主面上に設けられ前記第1電極と対向し前記第1方向に伸びる。前記第2対向電極は、前記第2主面上に設けられ前記第1対向電極と離間し前記第1方向に伸び、前記平面に投影したときに前記中心軸と重なる。前記液晶層は、前記第1基板部と前記第2基板部との間に設けられる。前記平面に投影したときに、前記第1領域における前記第1対向電極と前記第2対向電極との間の第1離間領域の前記第2方向に沿った中心と前記中心軸との間の前記第2方向に沿った距離は、前記第1領域における前記第2電極の前記第2方向に沿った中心と前記中心軸との間の前記第2方向に沿った距離よりも長い。

30

【図面の簡単な説明】

【0007】

40

【図1】第1の実施形態に係る液晶光学素子を示す模式的断面図である。

【図2】第1の実施形態に係る液晶光学素子を示す模式図である。

【図3】図3(a)及び図3(b)は、第1の実施形態に係る液晶光学素子の特性を示す模式図である。

【図4】第1の実施形態に係る液晶光学素子の特性を示す模式図である。

【図5】第1の実施形態に係る別の液晶光学素子を示す模式的断面図である。

【図6】第1の実施形態に係る別の液晶光学素子を示す模式的断面図である。

【図7】第1の実施形態に係る別の液晶光学素子を示す模式的断面図である。

【図8】第1の実施形態に係る別の液晶光学素子を示す模式的断面図である。

【図9】第2の実施形態に係る液晶光学素子を示す模式的断面図である。

50

【図10】第2の実施形態に係る別の液晶光学素子を示す模式的断面図である。

【図11】第2の実施形態に係る別の液晶光学素子を示す模式的断面図である。

【図12】第2の実施形態に係る別の液晶光学素子を示す模式的断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下に、本発明の各実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

なお、図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚みと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものと同じとは限らない。また、同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

なお、本願明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

10

【0009】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態に係る液晶光学素子の構成を例示する模式的断面図である。

図1に表したように、本実施形態に係る液晶光学素子111は、第1基板部10uと、第2基板部20uと、液晶層30と、を含む。液晶層30は、第1基板部10uと第2基板部20uとの間に設けられる。

【0010】

第1基板部10uは、第1基板10と、複数の第1電極11と、複数の第2電極12と、を含む。第1基板10は、第1主面10aを有する。複数の第1電極11は、第1主面10a上に設けられる。複数の第1電極11のそれぞれは、第1方向に延びる。複数の第1電極11は、第2方向に沿って並ぶ。第2方向は第1方向と直交する。

20

【0011】

第1方向をY軸方向とする。第2方向をX軸方向とする。X軸方向とY軸方向とに対して垂直な方向をZ軸方向とする。

【0012】

図1においては、複数の第1電極11のうち2つが図示されている。複数の第1電極11の数は任意である。

【0013】

複数の第1電極11のうち最近接の2つの第1電極11に着目する。最近接の第1電極11の間には、中心軸59がある。中心軸59は、最近接の2つの第1電極11のそれぞれのX軸方向における中心を結ぶ線分の中点を通る。中心軸59は、Y軸方向に対して平行である。

30

【0014】

最近接の2つの第1電極11のうち一方を電極11pとする。電極11pの位置19pは、電極11pのX軸方向における中心の位置である。最近接の2つの第1電極11のうち他方を電極11qとする。電極11qの位置19qは、電極11qのX軸方向における中心の位置である。

【0015】

第1主面10aのうちで、中心軸59と、最近接の2つの第1電極11のうち一方の電極11pの位置19pと、の間の領域を第1領域R1とする。第1主面10aのうちで、中心軸59と、最近接の2つの第1電極11のうち他方の電極11qの位置19qと、の間の領域を第2領域R2とする。中心軸59から電極11pに向かう方向を、+X方向とする。中心軸59から電極11qに向かう方向は、-X方向に相当する。

40

【0016】

電極11pの位置19pと電極11qの位置19qとの間のX軸方向に沿った距離p11は、電極11pの位置19pと中心軸59との間のX軸方向に沿った距離d11の2倍である。

【0017】

複数の第2電極12のそれぞれは、第1主面10a上において、第1方向(Y軸方向)

50

に延びる。第2電極12は、X-Y平面（Y軸方向とX軸方向とを含む平面）に投影したときに、第1領域R1に配置される。

【0018】

第1基板部10uは、第1主面10a上の第2領域R2に設けられた電極12Rをさらに含む。第2領域R2における第1基板部10uの構成は、第1領域R1における第1基板部10uの構成と、実質的に、中心軸59を対称軸とする線対称である。ただし、厳密な線対称でなくても良い。例えば、液晶層30の配列の分布（例えばプレチルト角など）に基づいて、微小な非対称性が導入されても良い。以下では、第1領域R1の構成及び特性に関して説明するが、第2領域R2の構成及び特性も同様である。

【0019】

第2基板部20uは、第2基板20と、第1対向電極21と、第2対向電極22と、を含む。第2基板20は、第1主面10aと対向する第2主面20aを有する。第1対向電極21は、第2主面20a上に設けられる。第1対向電極21は、第1電極11と対向し、Y軸方向に延びる。第2対向電極22は、第2主面20a上に設けられる。第2対向電極22は、第1対向電極21と離間しつつ、Y軸方向に延びる。第1対向電極21と第2対向電極22との間の領域（間隙）を第1離間領域22sとする。第2対向電極22は、X-Y平面に投影したときに中心軸59と重なる。第1離間領域22s（間隙）は、Y軸方向に沿って延在する。

【0020】

本明細書において、対向している状態は、直接向かい合う状態の他に、間に他の要素が挿入されて向かい合う状態も含む。

【0021】

X-Y平面に投影したときに、第1領域R1における、上記の第1離間領域22sのX軸方向に沿った中心22scと、中心軸59と、の間のX軸方向に沿った距離を距離d22とする。X-Y平面に投影したときに、第1領域R1における第2電極12のX軸方向に沿った中心12cと、中心軸59と、の間のX軸方向に沿った距離を距離d12とする。本実施形態においては、距離d22は、距離d12よりも長い。

【0022】

第2基板部20uに設けられる電極の第1離間領域22sは、第1基板部10uに設けられる第2電極12とペアを形成する。1つのペアにおいて、第1離間領域22sのX軸方向に沿った位置は、第2電極12のX軸方向に沿った位置に対してシフトしている。すなわち、X軸方向において、電極の配置に非対称性が導入される。これにより、後述するように、液晶層30中に形成される電界分布に非対称性が形成でき、液晶光学素子111における屈折率分布特性が向上する。これにより、高品位の表示を提供する液晶光学素子が提供できる。

【0023】

第1基板10、第1電極11、第2電極12、第2基板20、第1対向電極21及び第2対向電極22は、光に対して透過性である。具体的には透明である。

【0024】

第1基板10及び第2基板20には、例えば、ガラスまたは樹脂などの透明材料が用いられる。第1基板10及び第2基板20は、板状またはシート状である。第1基板10及び第2基板20の厚さは、例えば、50マイクロメートル（ $\mu\text{m}$ ）以上、2000 $\mu\text{m}$ 以下である。ただし、厚さは任意である。

【0025】

第1電極11、第2電極12、第1対向電極21及び第2対向電極22は、例えば、In、Sn、Zn及びTiよりなる群から選ばれた少なくとも一つ（1種）の元素を含む酸化物を含む。これらの電極には、例えばITOが用いられる。例えば、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 及び $\text{SnO}_3$ の少なくともいずれかを用いても良い。これらの電極の厚さは、例えば約200ナノメートル（nm）（例えば100nm以上350nm以下）である。電極の厚さは、例えば、可視光に対して高い透過率が得られる厚さに設定される。

10

20

30

40

50

## 【0026】

第1電極11の配設ピッチ（最近接の第1電極11どうしのそれぞれのX軸方向の中心の間の距離 $p_{11}$ ）は、例えば、 $10\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下である。配設ピッチは、所望な仕様（後述する屈折率分布型レンズの特性）に適合するように設定される。

## 【0027】

第1電極11のX軸方向に沿う長さ（幅）は、例えば、 $5\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下である。

## 【0028】

第2電極12のX軸方向に沿う長さ（幅 $w_{12}$ ）は、例えば、 $5\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下である。

10

## 【0029】

第1対向電極21と第2対向電極22との間の第1離間領域22sのX軸方向に沿う長さ（幅 $w_{22}$ ）は、例えば、 $5\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下である。

## 【0030】

液晶層30は、液晶材料を含む。液晶材料には、ネマティック液晶（液晶光学素子111の使用温度においてネマティック相）が用いられる。液晶材料は、正の誘電異方性または負の誘電異方性を有する。正の誘電異方性の場合、液晶層30における液晶の初期配列（液晶層30に電圧を印加しないときの配列）は、例えば、実質的に水平配向である。負の誘電異方性の場合、液晶層30における液晶の初期配列は、実質的に垂直配向である。

20

## 【0031】

本明細書においては、水平配向においては、液晶のダイレクタ（液晶分子の長軸）とX-Y平面との角度（プレチルト角）は、 $0^\circ$ 以上 $30^\circ$ 以下である。垂直配向においては、例えば、プレチルト角は、 $60^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下である。初期配列、及び、電圧印加時の配列の少なくともいずれかにおいて、液晶のダイレクタは、X軸方向に対して平行な成分を有する。

## 【0032】

以下では、液晶層30に含まれる液晶の誘電異方性は正であり、初期配列が実質的に水平配向である場合について説明する。

## 【0033】

実質的な水平配向の場合、初期配列において、X-Y平面に投影したとき、ダイレクタは、X軸方向に対して実質的に平行である。例えば、X-Y平面に投影したとき、ダイレクタとX軸方向との角度（の絶対値）は、 $15$ 度以下である。液晶層30の第1基板部10uの近傍での配向方向は、液晶層30の第2基板部20uの近傍での配向方向に対して反平行である。すなわち、初期配向は、スプレイ配列ではない。

30

## 【0034】

第1基板部10uは、配向膜（図示しない）をさらに含んでも良い。第1基板部10uの配向膜と、第1基板10と、の間に、第1電極11及び第2電極12が配置される。第2基板部20uは、配向膜（図示しない）をさらに含んでも良い。第2基板部20uの配向膜と、第2基板20との間に、第1対向電極21及び第2対向電極22が配置される。これらの配向膜には例えばポリイミドが用いられる。配向膜に例えばラビング処理を行うことで、液晶層30の初期配列が得られる。第1基板部10uのラビング処理の方向は、第2基板部20uのラビング方向に対して反平行である。配向膜に光照射処理を行うことで、初期配向を得ても良い。

40

## 【0035】

第1電極11と第1対向電極21との間、及び、第2電極12と第2対向電極22との間に電圧を印加することで、液晶層30における液晶配向が変化する。この変化に伴って液晶層30に屈折率分布が形成され、この屈折率分布により、液晶光学素子111に入射する光の進行方向を変化させる。この光の進行方向の変化は、主に屈折効果に基づく。

## 【0036】

図2は、第1の実施形態に係る液晶光学素子の構成を例示する模式図である。

50

図2は、液晶光学素子111の使用状態の例も示している。液晶光学素子111は、画像表示部80と共に用いられる。実施形態に係る画像表示装置211は、実施形態に係る任意の液晶光学素子(この例では液晶光学素子111)と、画像表示部80と、を含む。画像表示部80には、任意の表示装置を用いることができる。例えば、液晶表示装置、有機EL表示装置またはプラズマディスプレイなどを用いることができる。

【0037】

画像表示部80は、表示部81を含む。表示部81は、液晶光学素子111と積層される。表示部81は、画像情報を含む光を液晶層30に入射させる。画像表示部80は、表示部81を駆動する表示駆動部82をさらに含むことができる。表示駆動部82から表示部81に供給される信号に基づいて、表示部81は、信号に基づいて変調された光を生成する。表示部81は、例えば、複数の視差画像を含む光を出射する。液晶光学素子111は後述するように、光路を変更する動作状態と、光路を実質的に変更しない動作状態と、を有する。光路を変更する動作状態の液晶光学素子111に光が入射することで、画像表示装置211は、例えば、三次元表示を提供する。また、例えば、光路を実質的に変更しない動作状態において、画像表示装置211は、例えば、二次元画像表示を提供する。

10

【0038】

図2に表したように、液晶光学素子111は、駆動部72をさらに含むことができる。駆動部72は、表示駆動部82と有線または無線の方法(電気的方法または光学的方法など)により、接続されても良い。また、画像表示装置211は、駆動部72と表示駆動部82とを制御する制御部(図示しない)をさらに含んでも良い。

20

【0039】

駆動部72は、第1電極11、第2電極12、第1対向電極21及び第2対向電極22と電氣的に接続される。

【0040】

駆動部72は、第1電極11と第1対向電極21との間に第1電圧を印加し、第2電極12と第2対向電極22との間に第2電圧を印加する。

【0041】

本明細書においては、2つの電極の間の電位を同じにする(零ボルトにする)状態も、便宜的に、電圧を印加する状態に含まれるものとする。

【0042】

第1電圧及び第2電圧は、直流電圧でも交流電圧でも良い。第1電圧及び第2電圧の極性は、例えば周期的に変化しても良い。例えば、第1対向電極21の電位を固定し、第1電極11の電位を交流で変化させても良い。また、第1対向電極21の電位の極性を周期的に変化させ、この極性の変化に連動して、第1電極11の電位を逆極性で変化させても良い。すなわち、コモン反転駆動を行っても良い。これにより、駆動回路の電源電圧を小さくでき、駆動ICの耐圧仕様が緩和される。

30

【0043】

液晶層30のプレチルト角が比較的小さい(例えば10度以下)場合は、液晶層30の液晶配向の変化に関する閾値電圧 $V_{th}$ が比較的明確である。この場合、例えば、第1電圧及び第2電圧は、閾値電圧 $V_{th}$ よりも大きく設定される。電圧の印加により、液晶層30の液晶配向が変化し、それに基づいて、屈折率分布が形成される。屈折率分布は、電極の配置と、電極に印加する電圧と、によって定まる。

40

以下、液晶層30における屈折率分布をモデル的に説明する。

【0044】

図3(a)及び図3(b)は、第1の実施形態に係る液晶光学素子の特性を例示する模式図である。

図3(a)は、液晶光学素子111の構成と共に屈折率分布31をモデル的に示している。図3(b)は、液晶光学素子111における屈折率分布31の例を示している。

【0045】

例えば、第1電極11の電位を $V_E$ 電位に設定し、第1対向電極21の電位をGND電

50

位（接地電位）に設定する。第1電極11と第1対向電極21との間には、GND - VEの電位差の第1電圧が印加される。この領域においては、Z軸方向の成分を有する電界が印加される。

【0046】

例えば、第2電極12の電位をVF電位に設定し、第2対向電極22の電位をGND電位に設定する。第2電極12と第2対向電極22の間には、GND - VFの電位差の第2電圧が印加される。この領域においては、Z軸方向の成分を有する電界が印加される。第1電極11の電位（VE電位）は、第2電極12の電位（電位VF）とは異なる電位でも良く、同じ電位でも良い。また、第1対向電極21の電位は、第2対向電極22の電位と同じでも良く、異なっても良い。

10

【0047】

第1電圧及び第2電圧が印加される領域の液晶層30では、液晶のチルト角が大きい配向（例えば垂直配向）が形成される。この領域の実効的な屈折率は、常光に対する屈折率（ $n_o$ ）となる。

【0048】

一方、例えば、第1電極11と第2電極12との間の領域、及び、第2電極12と電極12Rとの間の領域においては、初期配列（例えば水平配向）が形成される。X軸方向に振動する光に対するこの領域の屈折率は、異常光に対する屈折率（ $n_e$ ）となる。これにより、液晶層30において屈折率分布31が形成される。

【0049】

屈折率分布31においては、例えば、屈折率の変化（屈折率差31d）は、異常光に対する屈折率と、常光に対する屈折率と、の差の20%以上80%以下程度である。

20

【0050】

例えば、液晶層30のうちで、第1電極11の中央部に対向する部分の近傍、及び、第2電極12の中央部に対向する部分の近傍において、屈折率は極小となる。液晶層30のうちで、中心軸59近傍、及び、第1離間領域22sの近傍において屈折率は極大となる。

【0051】

図3(a)に表したように、屈折率分布31は、例えば、フレネルレンズにおけるレンズの厚さの分布に対応する形状を有する。液晶光学素子111は、屈折率が面内で変化する液晶GRINレンズ（Gradient Index lens）として機能する。

30

【0052】

形成される屈折率分布31において、中心軸59の位置は、レンズ中心の位置に対応し、電極11p及び電極11qの位置は、レンズ端の位置に対応する。

【0053】

図3(b)は、上記の電圧を印加したときの、液晶光学素子111の屈折率分布31をモデル的に示している。図3(a)の横軸は、X軸であり、縦軸は、屈折率 $n$ （実効的な屈折率）である。

図3(b)に表したように、液晶配向の連続性により、実際の屈折率分布31は、図3(a)に例示した特性における屈折率の変化率を低くした、滑らかな曲線状の特性となる。

40

【0054】

図3(b)に表したように、液晶光学素子111においては、第2電極12と第1離間領域22sのペアが、屈折率の極小点32と極大点33とを形成する。すなわち、第1領域R1における液晶層30における屈折率分布31においては、屈折率は、中心軸59で高く、+X方向に沿って減少し、第2電極12の近傍で極小となる。そして、屈折率は、第2電極12と第1離間領域22sのペアの位置の近傍で上昇し、第1離間領域22sの近傍で極大となる。そして、第1離間領域22sから第1電極11に向けて屈折率は減少する。

【0055】

50



液晶光学素子 1 1 1 は、複数の曲面を組み合わせたフレネルレンズの特性を有する。これにより、同じ光学特性を得るためのレンズの厚さを薄くできることに対応する。液晶光学素子 1 1 1 においては、液晶層 3 0 の厚さを薄くでき、液晶材料の使用量が削減できる。また、液晶層 3 0 の応答速度が向上する。

【 0 0 5 6 】

液晶光学素子 1 1 1 においては、第 2 電極 1 2 と第 1 離間領域 2 2 s のペアが、屈折率の極小点 3 2 と極大点 3 3 とを形成する。これにより、屈折率の極小点 3 2 から極大点 3 3 への変化を急峻にできる。そして、中心軸 5 9 と第 2 電極 1 2 との間の領域、及び、第 1 離間領域 2 2 s と第 1 電極 1 1 との間の領域においては、屈折率の変化（屈折率の減少）は緩やかにできる。すなわち、実施形態においては、+ X 方向に沿った屈折率上昇率は、+ X 方向に沿った屈折率減少率よりも高い。この屈折率分布は、例えば、フレネルレンズ状のレンズの厚さの分布に対応し、良好な光学特性を得ることができる。

10

【 0 0 5 7 】

例えば、第 2 基板部 2 0 u において、電極の間に第 1 離間領域 2 2 s を形成しない参考例においては、第 2 電極 1 2 の近傍において、X 軸方向に沿った電気力線は、X 軸方向に沿って実質的に左右対称の形状となる。このため、第 2 電極 1 2 の近傍において、+ X 方向に沿った屈折率上昇率は、+ X 方向に沿った屈折率減少率と実質的に同じになる。このため、屈折率が上昇する部分においては、特に斜め光に対して、意図していない方向に光が導かれる。すなわち、迷光を生じさせる。このため、例えば、クロストークが発生し、表示品位は低い。

20

【 0 0 5 8 】

これに対して、実施形態に係る液晶光学素子 1 1 1 においては、第 2 基板部 2 0 u における電極に第 1 離間領域 2 2 s を設ける。そして、第 1 基板部 1 0 u の第 2 電極 1 2 と、第 2 基板部 2 0 u の第 1 離間領域 2 2 s と、が 1 つのペアとなり、非対称な電界分布（電気力線の分布）を形成できる。これにより、+ X 方向に沿った屈折率上昇率を、+ X 方向に沿った屈折率減少率よりも高くできる。屈折率の極小点 3 2 から極大点 3 3 への変化を急峻にできる。このため、迷光が抑制できる。そして、+ X 方向に沿った屈折率の変化（減少）は緩やかにでき、良好なレンズ効果が得られる。

【 0 0 5 9 】

実施形態に係る液晶光学素子 1 1 1 によれば、高品位の表示を提供する液晶光学素子を提供できる。

30

【 0 0 6 0 】

図 3 ( a ) において、第 1 電極 1 1 の電位を第 2 電極 1 2 の電位とは異なる電位に設定すると、第 2 電極 1 2 の周辺に左右非対称（第 2 電極 1 2 の X 軸方向に沿った中心を通り Y 軸方向に対して平行な線に対して非対称）な電界が発生する。第 2 電極 1 2 の一方の端（例えばレンズ端側）の領域においては、液晶分子のチルト角が急激に大きくなる。この領域におけるチルト方向は、初期配向と同じチルト方向である。この領域においては、液晶層 3 0 の屈折率が急激に下がり、フレネル型の屈折率の段差が生じる。一方、第 2 電極 1 2 の他方の端（レンズ中心側の端）の領域においては、液晶分子のチルト角の変化は緩やかである。この領域におけるチルト方向は初期配向とは異なる方向であるが、液晶分子のチルト角の変化が緩やかであるため、この部分において、配向乱れ（例えば、リバーズチルトやツイスト）の発生は抑制される。

40

【 0 0 6 1 】

図 4 は、第 1 の実施形態に係る液晶光学素子の特性を例示する模式図である。

図 4 は、液晶光学素子 1 1 1 の電圧印加時に液晶層 3 0 に発生する電界の特性、及び、電圧印加時の液晶層 3 0 の屈折率の特性の、シミュレーション結果の一例である。図 4 において、破線は、等電位曲線 3 0 e である。実線は、屈折率分布 3 1 の曲線である。

【 0 0 6 2 】

図 4 に表したように、例えば、第 1 電極 1 1 と第 1 対向電極 2 1 との間の電界は X 軸方向に沿ってレンズ中心に向かうほど小さくなる。このため、第 1 電極 1 1 から第 2 電極 1

50

2に近づくほど初期配列(例えば水平配向)に近い配向が形成される。この領域の屈折率は、X軸方向に振動する光に対して、異常光に対する屈折率( $n_e$ )となる。一方、第2電極12の上においては、第2電極12と第2対向電極22との間の電界により、屈折率が低下する。これにより、フレネル型の屈折率分布が形成される。第1対向電極21と第2対向電極22との間に、電極が設けられていない領域(第1離間領域22s)がある。これにより、第1離間領域22sの部分に、非対称なレンズ形状の屈折率分布を形成することができる。

【0063】

一方、第2電極12の電位(VF電位)を第1電極11の電位(VE電位)と同じに設定し、第2対向電極22の電位を第1対向電極21の電位と同じ電位(例えばGND電位)に設定しても良い。第2電極12と第2対向電極22の間には、GND-VEの電位差の第1電圧が印加される。この領域においては、Z軸方向の成分を有する電界が印加される。この場合も、第1電圧及び第2電圧が印加される領域の液晶層30では、液晶のチルト角が大きい配向(例えば垂直配向)が形成される。第1電極11と第2電極12との間の領域、及び、第2電極12と電極12Rとの間の領域においては、初期配列(例えば水平配向)が形成される。これにより、液晶層30において屈折率分布31が形成される。

10

【0064】

例えば、液晶層30のうちで、第1電極11の中央部に対向する部分の近傍、及び、第2電極12の中央部に対向する部分の近傍において、屈折率は極小となる。液晶層30のうちで、中心軸59近傍、及び、第1離間領域22sの近傍において屈折率は極大となる。

20

【0065】

図1に例示したように、この例では、X-Y平面に投影したときに、第1離間領域22sは、第2電極12と重ならない。すなわち、第2電極12は、第1離間領域22sと、Z軸方向沿って対向しない。これにより、屈折率の上昇率をより高めることができる。ただし、実施形態はこれに限らず、後述するように、第1離間領域22sの一部が第2電極12に対向しても良い。

【0066】

液晶光学素子111において、例えば、第2電極12のX軸方向に沿った幅w12は、第1離間領域22sのX軸方向に沿った幅w22よりも狭い。これにより、良好な屈折率分布が得易くなる。

30

【0067】

また、図3(a)において、第1電極11の電位をVE電位に設定し、第1対向電極21の電位をGND電位に設定し、第2電極12の電位をGND電位に設定し、第2対向電極22の電位をVF電位に設定しても良い。このとき、VF電位は、VE電位と同じでも良く異なっても良い。

【0068】

なお、本明細書において、GND電位は、例えば接地電位である。GND電位は、接地電位でなくても良く、任意の電位である、また、コモン反転駆動を行う場合には、GND電位は、例えば、0ボルトと所定の電圧(例えば5ボルトなど)とを周期的に変化しても良い。また、VE電位及びVF電位は、GND電位とは異なる電位であり、VE電位及びVF電位のGND電位に対する極性は任意である。

40

【0069】

さらに、第1電極11の電位をGND電位に設定し、第1対向電極21の電位をVE電位に設定し、第2電極12の電位をGND電位に設定し、第2対向電極22の電位をVF電位に設定しても良い。このとき、VF電位は、VE電位と同じでも良く異なっても良い。

【0070】

このように、実施形態においては、第1電極11と第1対向電極21との間に第1の電

50

位差が形成され、第2電極12と第2対向電極22との間に第2の電位差が形成される。第1の電位差の極性及び絶対値は、第2の電位差の極性及び絶対値と異なっても良い。

上記の電位の設定(駆動)において、相対的な極性を時間的に変化させるコモン反転駆動を行っても良い。

【0071】

実施形態において、例えば、最近接の2つの第1電極11のうちの上記の一方の電極11pと中心軸59との間のX軸方向に沿った距離d11と、第1離間領域22sのX軸方向に沿った中心22sCと中心軸59との間のX軸方向に沿った距離d22との差の絶対値(図1に例示した距離d11e)は、距離d11の1/2よりも小さい。すなわち、X-Y平面に投影したときに、第1離間領域22sの中心22sCの位置は、中心軸59から遠く、電極11pに近い。これにより、形成される屈折率分布において、レンズ端に近い位置に、フレネルレンズの副レンズが形成される。これにより、良好なレンズ効果が得易くなる。

10

【0072】

例えば、上記の距離d11eは、液晶層30の厚さ(Z軸方向に沿った液晶層30の厚さ)以下である。これにより、良好な屈折率分布を得やすくなる。

【0073】

ただし、上記は、液晶光学素子111の構成の例であり、実施形態はこれに限定されない。電極に印加する電圧を制御することで、種々の特性の屈折率分布31を調整できるため、これに合わせて、電極の位置や寸法を設定できる。

20

【0074】

後述するように、第1領域R1において、第2電極12と第1離間領域22sとの組み合わせが複数設けられる場合は、上記の関係が適用されないことが多い。

【0075】

既に説明したように、画像表示装置211において、第1対向電極21の電位は、第2対向電極22の電位と同じでも良く、異なる電位でも良い。第1電極11の電位は、第2電極12の電位と同じ電位でも良く、異なる電位でも良い。同じ電位に設定すると、例えば、第1電極11のリード配線が第2電極12のリード配線と交差する部分に設けられる絶縁層が省略できる。このため、例えば、電極と駆動部72との電気的な接続が容易になる。例えば、構成が簡略になり、歩留まりを向上させることができる。例えば、液晶光学素子を低コスト化できる。

30

【0076】

図5は、第1の実施形態に係る別の液晶光学素子の構成を例示する模式的断面図である。

図5に表したように、本実施形態に係る液晶光学素子111aにおいては、第1離間領域22sの一部が、第2電極12に対向している。これ以外は、液晶光学素子111と同様とすることができるので説明を省略する。

実施形態に係る液晶光学素子111aにおいても、液晶光学素子111と同様に、高品位の表示を提供する液晶光学素子を提供できる。

【0077】

40

図6は、第1の実施形態に係る別の液晶光学素子の構成を例示する模式的断面図である。

図6に表したように、本実施形態に係る液晶光学素子111bにおいては、第1基板部10uは、中心部電極11cをさらに含む。中心部電極11cは、第1主面10a上においてY軸方向に延びる。中心部電極11cは、X-Y平面に投影したときに中心軸59に重なり、第2電極12と離間する。中心部電極11cには、例えば、第1電極11などと同じ材料を用いることができる。これ以外は、液晶光学素子111と同様とすることができるので説明を省略する。

【0078】

液晶光学素子111bにおいては、例えば、第1電極11の電位をGND電位に設定し

50

、第1対向電極21の電位をVE電位に設定する。第2電極12の電位をVE電位に設定し、第2対向電極22の電位をGND電位に設定する。そして、中心部電極11cの電位をGND電位に設定する。これにより、レンズ中心に対応する領域において、液晶層30に印加される電圧が零ボルトとなり、初期の液晶配列（例えば水平配列）が維持される。これにより、例えば、第1電極11、第2電極12、第1対向電極21及び第2対向電極22に印加する電圧の設計範囲が拡大し、その結果、良好な屈折率分布31がより得易くなる。この場合もコモン反転駆動を適用しても良い。

【0079】

液晶光学素子111、111a及び111bにおいて、電極に印加する電圧は任意である。例えば、第1電極11の電位は、第2対向電極22の電位と異なっても良い。第2電極12の電位は、第1対向電極21の電位と異なっても良い。

10

【0080】

図7は、第1の実施形態に係る別の液晶光学素子の構成を例示する模式的断面図である。

図7に表したように、本実施形態に係る液晶光学素子112においては、第1基板部10uは、第3電極13をさらに含み、第2基板部20uは、第3対向電極23をさらに含む。これ以外は、液晶光学素子111と同様なので説明を省略する。

【0081】

第3電極13は、第1主面10a上において第2電極12と、最近接の2つの第1電極11のうちの上記一方の電極11pと、の間に設けられる。第3電極13は、第1電極11及び第2電極12と離間している。第3電極13は、Y軸方向に延びる。第1基板部10uにおいて、第2領域R2には電極13Rがさらに設けられる。

20

【0082】

第3対向電極23は、第2主面20a上において第1対向電極21と第2対向電極22との間に設けられる。第3対向電極23は、第1対向電極21と第2対向電極22と離間している。第3対向電極23は、Y軸方向に延びる。第2基板部20uにおいて、第2領域R2には電極13Rがさらに設けられる。

【0083】

第3電極13には、例えば、第1電極11などと同じ材料を用いることができる。第3対向電極23には、例えば、第1電極11などと同じ材料を用いることができる。

30

【0084】

X-Y平面に投影したときに、第1領域R1における第1対向電極21と第3対向電極23との間の第2離間領域23sのX軸方向に沿った中心23sCと、中心軸59と、の間のX軸方向に沿った距離d23は、第1領域R1における第3電極13のX軸方向に沿った中心13Cと、中心軸59と、の間のX軸方向に沿った距離d13よりも長い。

【0085】

この例では、第2基板部20uに設けられる電極の第2離間領域23sは、第1基板部10uに設けられる第3電極13とペアを形成する。1つのペアにおいて、第2離間領域23sのX軸方向に沿った位置は、第3電極13のX軸方向に沿った位置に対してシフトしている。すなわち、X軸方向において、電極の配置に非対称性が導入される。これにより、屈折率分布特性が向上する。

40

【0086】

この例では、第2基板部20uに設けられる電極の第1離間領域22sは、第1対向電極21と第2対向電極22との間の領域である。この場合も、X-Y平面に投影したときに、第1領域R1における第1対向電極21と第2対向電極22との間の第1離間領域22sのX軸方向に沿った中心22sCと、中心軸59と、の間のX軸方向に沿った距離d22は、第1領域R1における第2電極12のX軸方向に沿った中心12Cと、中心軸59と、の間のX軸方向に沿った距離d12よりも長い。

【0087】

第1離間領域22sの中に、第3対向電極23と第2離間領域23sが設けられている

50

ことに相当する。

【 0 0 8 8 】

この例では、第 2 基板部 2 0 u に設けられる第 2 対向電極 2 2 と第 3 対向電極 2 3 との間の領域が、第 1 基板部 1 0 u に設けられる第 2 電極 1 2 とペアを形成する。

【 0 0 8 9 】

例えば、第 1 電極 1 1 の電位を V E 電位に設定し、第 1 対向電極 2 1 の電位を G N D 電位（接地電位）に設定する。第 1 電極 1 1 と第 1 対向電極 2 1 との間には、G N D - V E の電位差の第 1 電圧が印加される。この領域においては、Z 軸方向の成分を有する電界が印加される。

【 0 0 9 0 】

例えば、第 3 電極 1 3 の電位を V F 電位に設定し、第 3 対向電極 2 3 の電位を G N D 電位に設定する。第 3 電極 1 3 と第 3 対向電極 2 3 との間には、G N D - V F の電位差の第 2 電圧が印加される。この領域においては、Z 軸方向の成分を有する電界が印加される。図 7 において、第 1 電極 1 1 の電位を第 3 電極 1 3 の電位とは異なる電位に設定すると、第 3 電極 1 3 の周辺に左右非対称（第 3 電極 1 3 の X 軸方向に沿った中心を通り Y 軸方向に対して平行な線に対して非対称）な電界が発生する。第 3 電極 1 3 の一方の端（例えばレンズ端側）の領域においては、液晶分子のチルト角が急激に大きくなる。この領域におけるチルト方向は、初期配向と同じチルト方向である。この領域においては、液晶層 3 0 の屈折率が急激に下がり、フレネル型の屈折率の段差が生じる。一方、第 3 電極 1 3 の他方の端（レンズ中心側の端）の領域においては、液晶分子のチルト角の変化は緩やかである。この領域におけるチルト方向は、初期配向とは異なる方向であるが、液晶分子のチルト角の変化が緩やかであるため、この部分において、配向乱れ（例えば、リバースチルトやツイスト）の発生は抑制される。

【 0 0 9 1 】

第 1 対向電極 2 1 と第 3 対向電極 2 3 との間に、電極が設けられていない領域（第 2 離間領域 2 3 s）がある。これにより、第 2 離間領域 2 3 s の部分に、非対称なレンズ形状の屈折率分布を形成することができる。例えば、第 2 離間領域 2 3 s の部分において、フレネル型の屈折率の段差を急峻にすることができる。

【 0 0 9 2 】

図 7 において、例えば、第 2 電極 1 2 の電位を V F 電位に設定し、第 2 対向電極 2 2 の電位を G N D 電位に設定する。第 2 電極 1 2 と第 2 対向電極 2 2 との間には、G N D - V F の電位差の第 2 電圧が印加される。この領域においては、Z 軸方向の成分を有する電界が印加される。第 2 電極 1 2 及び第 3 電極 1 3 に設定する V F 電位は、第 1 電極 1 1 に設定する V E 電位よりも低くする。これにより、第 2 電極 1 2 と中心軸 5 9 との間の領域において、液晶分子のチルト角の変化が緩やかになる。これにより、この部分における配向乱れの発生が抑制される。この例において、第 2 電極 1 2 の電極幅は、第 3 電極 1 3 の電極幅より狭くてもよい。

【 0 0 9 3 】

第 1 電圧及び第 2 電圧が印加される領域の液晶層 3 0 では、液晶のチルト角が大きい配向（例えば垂直配向）が形成される。この領域の実効的な屈折率は、常光に対する屈折率（ $n_o$ ）となる。

【 0 0 9 4 】

一方、例えば、第 1 電極 1 1 と第 1 対向電極 2 1 との間の電界は、水平方向において、レンズ中心に向かうほど小さくなる。このため、第 2 電極 1 2 に近づくほど初期配列（例えば水平配向）が形成される。この領域の屈折率は、X 軸方向に振動する光に対して、異常光に対する屈折率（ $n_e$ ）となる。

【 0 0 9 5 】

屈折率分布 3 1 においては、例えば、屈折率の変化（屈折率差 3 1 d）は、異常光に対する屈折率と、常光に対する屈折率と、の差の 2 0 % 以上 8 0 % 以下程度である。

【 0 0 9 6 】

10

20

30

40

50

例えば、液晶層 3 0 のうちで、第 1 電極 1 1 の中央部に対向する部分の近傍、及び、第 2 電極 1 2 の中央部に対向する部分の近傍、および、第 3 電極 1 3 の中央部に対向する部分の近傍において、屈折率は極小となる。液晶層 3 0 のうちで、中心軸 5 9 近傍、及び、第 1 離間領域 2 2 s の近傍、および、第 2 離間領域 2 3 s の近傍において屈折率は極大となる。

【 0 0 9 7 】

液晶光学素子 1 1 2 において、電極を種々の電位に設定できる。

例えば、第 1 電極 1 1 を V E 電位に設定し、第 1 対向電極 2 1 を G N D 電位に設定し、第 3 電極 1 3 を G N D 電位に設定し、第 3 対向電極 2 3 を V F 電位に設定し、第 2 電極 1 2 を V F 電位に設定し、第 2 対向電極 2 2 を G N D 電位に設定する。この場合において、V F 電位は、V E 電位と同じでも良く、異なっても良い。この場合もコモン反転駆動を適用しても良い。

10

【 0 0 9 8 】

例えば、第 1 電極 1 1 を V E 電位に設定し、第 1 対向電極 2 1 を V F 電位に設定し、第 3 電極 1 3 を V F 電位に設定し、第 3 対向電極 2 3 を G N D 電位に設定し、第 2 電極 1 2 を G N D 電位に設定し、第 2 対向電極 2 2 を G N D 電位に設定する。この場合において、V F 電位は、V E 電位と同じでも良く、異なっても良い。この場合もコモン反転駆動を適用しても良い。

【 0 0 9 9 】

液晶光学素子 1 1 2 においては、フレネルレンズの段差が複数形成される。これにより、所望のレンズ効果を得るためのレンズの光学的な厚さ（例えば液晶層 3 0 の厚さや複屈折率など）を低減できる。液晶光学素子 1 1 2 においても、第 1 基板部 1 0 u に設けられる電極と、第 2 基板部 2 0 u に設けられる離間領域と、の組み合わせにより、電界分布に非対称性が導入でき、屈折率分布の特性が向上する。これにより、高品位の表示を提供する液晶光学素子が提供できる。

20

【 0 1 0 0 】

図 8 は、第 1 の実施形態に係る別の液晶光学素子の構成を例示する模式的断面図である。

図 8 に表したように、本実施形態に係る液晶光学素子 1 1 2 a においては、第 1 基板部 1 0 u は、中心部電極 1 1 c をさらに含む。これ以外は、液晶光学素子 1 1 2 と同様である。液晶光学素子 1 1 2 a によれば、より高品位の表示を提供する液晶光学素子が提供できる。

30

【 0 1 0 1 】

液晶光学素子 1 1 2 及び 1 1 2 a において、第 1 基板部 1 0 u は、第 3 電極 1 3 と第 1 電極 1 1 との間に第 4 電極などの別の電極をさらに含んでも良い。このとき、第 2 基板部 2 0 u は、第 3 対向電極 2 3 と第 1 対向電極 2 1 との間に第 4 対向電極などの別の電極をさらに含んでも良い。この場合も、第 3 対向電極 2 3 と第 4 対向電極との間の離間領域の中心と中心軸 5 9 との距離は、第 4 電極の中心と中心軸 5 9 との間の距離よりも長い。すなわち、非対称性が導入される。このように、実施形態においては、形成するフレネルレンズ状の屈折率分布において、任意の数の副レンズを含んでも良い。

40

【 0 1 0 2 】

（第 2 の実施形態）

図 9 は、第 2 の実施形態に係る液晶光学素子の構成を例示する模式的断面図である。

図 9 に表したように、本実施形態に係る液晶光学素子 1 2 1 は、第 1 基板部 1 0 u と、第 2 基板部 2 0 u と、液晶層 3 0 と、を含む。液晶層 3 0 は、第 1 基板部 1 0 u と第 2 基板部 2 0 u との間に設けられる。

【 0 1 0 3 】

第 1 基板部 1 0 u は、第 1 基板 1 0 と、第 1 電極 1 1 と、電極対 1 5（例えば第 1 電極対 1 5 a など）と、を含む。第 1 基板 1 0 は、第 1 主面 1 0 a を有する。第 1 電極 1 1 は、第 1 主面 1 0 a 上に設けられ Y 軸方向（第 1 方向）に延びる。複数の第 1 電極 1 1 は、

50

Y軸方向と直交するX軸方向(第2方向)に並ぶ。

【0104】

複数の電極対15は、第1主面上に設けられる。複数の電極対15は、複数の第1電極11どうしの間のそれぞれに設けられる。電極対15の1つは、例えば第1領域R1に設けられ、別の電極対15は、第2領域R2に設けられる。

【0105】

電極対15は、第2電極12(第2電極12aなど)と、第3電極13(第3電極13aなど)と、絶縁層18と、を含む。第2電極12及び第3電極13は、Y軸方向に延びる。絶縁層18は、第2電極12と第3電極13との間に設けられる。この例では、第2電極12と第1基板10との間に絶縁層18が設けられ、絶縁層18の一部と第1基板10との間に第3電極13が設けられている。

10

【0106】

第2電極12は、X-Y平面(第1方向と第2方向とに対して平行な平面)に投影したときに第3電極13と重なる第1重畳部分12pと重ならない第1非重畳部分12qとを有する。第3電極13は、X-Y平面に投影したときに第2電極12と重なる第2重畳部分13pと重ならない第2非重畳部分13qとを有する。すなわち、第2電極12は、第3電極13とX軸方向に沿ってシフトしている。すなわち、1つの電極対15において、非対称性が形成されている。

【0107】

第2基板部20uは、第2基板20と、対向電極(第1対向電極21)と、を含む。第2基板20は、第1主面10aと対向する第2主面20aを有する。第1対向電極21は、第2主面20a上に設けられる。第1対向電極21は、スリット20sを有する。スリット20sは、X-Y平面に投影したときに、複数の電極対15のそれぞれの少なくとも一部と重なる。スリット20sは、Y軸方向に延在する。

20

【0108】

第1基板10、第2基板20、第1電極11、第2電極12、第3電極13及び第1対向電極21などには、例えば、第1の実施形態に関して説明した材料を用いることができる。

【0109】

絶縁層18には、例えば、SiO<sub>2</sub>などが用いられる。絶縁層18の厚さは、例えば、100nm以上1000nm以下である。これにより、適正な絶縁性と高い透過率とが得られる。

30

【0110】

例えば、第1対向電極21の電位をGND電位に設定し、第1電極11の電位をVE電位に設定し、第2電極12の電位をVF電位に設定し、第3電極13の電位をVF電位に設定する。これにより、電極対15において、非対称な電界分布(電気力線の分布)が形成できる。さらに、スリット20sを設けることで、電界分布の制御性が高まる。これにより、+X方向に沿った屈折率上昇率を、+X方向に沿った屈折率減少率よりも容易に高くできる。屈折率の極小点32から極大点33への変化を容易に急峻にできる。このため、迷光が抑制できる。そして、+X方向に沿った屈折率の変化(減少)は緩やかにでき、良好なレンズ効果が容易に得られる。また、第1対向電極21をGND電位に設定すると第2電極12から中心軸59にかけて電界分布が形成され、液晶ダイレクタが初期配向に近づくことにより、レンズ形状の屈折率分布が形成される。

40

【0111】

本実施形態によれば、屈折率分布の特性が向上し、高品位の表示を提供する液晶光学素子が提供できる。

【0112】

なお、上記において、VF電位は、VE電位と同じでも良く、異なっても良い。すなわち、第1電極11と第1対向電極21との間に印加される電圧は、第2電極12と第1対向電極21との間に印加される電圧と異なっても良い。第1電極11と第1対向電極21

50

との間に印加される電圧は、第2電極12と第1対向電極21との間に印加される電圧よりも高いことが好ましい。これにより、屈折率分布のレンズ端における光学特性がより良好になる。

【0113】

X-Y平面に投影したときに、スリット20sは第2電極12(第1重畳部分12pと重ならない第1非重畳部分12q)に重なる。スリット20sは、第3電極13の少なくとも一部と重なっても良い。スリット20sは、第2非重畳部分13qの少なくとも一部と重なっても良い。

【0114】

図10は、第2の実施形態に係る別の液晶光学素子の構成を例示する模式的断面図である。

10

図10に表したように、本実施形態に係る液晶光学素子122においては、第1基板部10uは、第1領域R1において複数の電極対15(第1電極対15a及び第2電極対15bなど)を有する。

【0115】

第2電極対15bは、第2電極12bと第3電極13bと絶縁層18とを含む。第2電極12b、第3電極13b及び絶縁層18の構成は、第1電極対15aの第2電極12a、第3電極13a及び絶縁層18の構成と同様なので説明を省略する。

【0116】

第2基板部20uにおいては、複数のスリット20sが設けられる。それぞれのスリット20sは、それぞれの複数の電極対15の少なくとも一部に対向している。

20

液晶光学素子112によっても、屈折率分布の特性が向上し、高品位の表示を提供する液晶光学素子が提供できる。

【0117】

図11は、第2の実施形態に係る別の液晶光学素子の構成を例示する模式的断面図である。

図11に表したように、本実施形態に係る液晶光学素子123も、第1基板部10uと、第2基板部20uと、液晶層30と、を有する。液晶層30は、第1基板部10uと第2基板部20uとの間に設けられる。この例では、第2基板部20uの構成が、液晶光学素子121のそれとは異なる。

30

【0118】

第1基板部10uの構成は、液晶光学素子121と同様である。すなわち、第1基板部10uは、第1主面10aを有する第1基板10と、複数の第1電極11と、第1電極対15aと、を含む。第1電極対15aは、第1主面10a上において、X-Y平面に投影したときに第1領域R1に配置される。第1電極対15aは、Y軸方向に延びる第2電極12と、Y軸方向に延びる第3電極13と、第2電極12と第3電極13との間に設けられた絶縁層18と、を含む。

【0119】

第2基板部20uは、第2基板20と第1対向電極21との他に、第2対向電極22を含む。第2対向電極22は、第2基板20の第2主面20a上に設けられる。第2対向電極22は、第1対向電極21と離間し、Y軸方向に延びる。第2対向電極22は、X-Y平面に投影したときに中心軸59と重なる。

40

【0120】

X-Y平面に投影したときに、第1領域R1における第1対向電極21と第2対向電極22との間の第1離間領域22sは、第1電極対15aの少なくとも一部と重なる。

【0121】

この例では、第2基板部20uに第1対向電極21と第2対向電極22とが設けられる。このため、レンズ端に対応する第1電極11と対向する第1対向電極21の電位を、レンズ中央に対応する中心軸59に重なる第2対向電極22の電位とは別の電位に設定することができる。これにより、屈折率分布の制御性が高まる。そして、第1電極対15aの

50



少なくとも一部に対向して、第1離間領域22sを配置することで、屈折率分布をより高い精度で制御できる。

【0122】

図12は、第2の実施形態に係る別の液晶光学素子の構成を例示する模式的断面図である。

図12に表したように、本実施形態に係る液晶光学素子124においては、第1基板部10uは、第2電極対15bをさらに含む。第2電極対15bは、第1主面10a上において、第1電極対15aと、最近接の2つの第1電極11のうちの上記の一方の電極11pとの間に設けられる。

【0123】

第2電極対15bは、Y軸方向に延びる第2電極対15bの第2電極12bと、Y軸方向に延びる第2電極対15bの第3電極13bと、第2電極12bと第3電極13bとの間に設けられた絶縁層18と、を含む。

【0124】

第2電極対15bの第2電極12bは、X-Y平面に投影したときに、第2電極対15bの第3電極13bと重なる第1重畳部分12pと、重ならない第1非重畳部分12qと、を有する。第2電極対15bの第3電極13bは、X-Y平面に投影したときに、第2電極対15bの第2電極12bと重なる第2重畳部分13pと、重ならない第2非重畳部分13qと、を有する。

【0125】

第2基板部20uは、第3対向電極23をさらに含む。第3対向電極23は、第2主面20a上において、第1対向電極21と第2対向電極22との間に設けられる。第3対向電極23は、第1対向電極21と第2対向電極22と離間する。第3対向電極23は、Y軸方向に延びる。

【0126】

X-Y平面に投影したときに、第1領域R1における第1対向電極21と第3対向電極23との間の第2離間領域23sは、第2電極対15bの少なくとも一部と重なる。

【0127】

このように、電極対15が複数設けられる場合において、互いに異なる電圧が印加可能な第1対向電極21、第2対向電極22及び第3対向電極23を設けることで、屈折率分布の制御性がさらに高まる。そして、複数の電極対15に合わせて、離間領域(第1離間領域22s及び第2離間領域23sなど)を設けることで、屈折率分布の制御性がさらに向上する。また、設計の余裕度が広がる。

【0128】

液晶光学素子121~124において、第2電極12と第3電極13とは互いに入れ替えても良い。上記の例では、第2電極12と中心軸59との間のX軸に沿った距離は、第3電極13と中心軸59との間の距離よりも短い。実施形態はこれに限らず、第2電極12と中心軸59との間のX軸に沿った距離は、第3電極13と中心軸59との間の距離よりも長くても良い。電極の構成に合わせて、印加電圧を変えることで、所望の屈折率分布31が形成できる。

【0129】

液晶光学素子121~124において、中心部電極11cをさらに設けても良い。

【0130】

液晶光学素子111、111a、111b、112、112a、及び、121~124、並びに、それらの変形の液晶光学素子と、画像表示部80と、を含む画像表示装置を形成できる。この画像表示装置によれば高品位の表示を提供する画像表示装置が提供できる。

【0131】

実施形態は以下の構成を含むことができる。

(構成1)

10

20

30

40

50

第1基板部であって、  
 第1主面を有する第1基板と、  
 前記第1主面上に設けられ第1方向に延び前記第1方向と直交する第2方向に並ぶ複数の第1電極と、  
 前記第1主面上において、前記複数の第1電極どうしの間のそれぞれに設けられた複数の電極対であって、前記複数の電極対のそれぞれは、  
 前記第1方向に延びる第2電極と、  
 前記第1方向に延びる第3電極と、  
 前記第2電極と前記第3電極との間に設けられた絶縁層と、  
 を含み、前記第2電極は、前記第1方向と前記第2方向とに対して平行な平面に投影したときに前記第3電極と重なる第1重畳部分と重ならない第1非重畳部分とを有し、前記第3電極は、前記平面に投影したときに前記第2電極と重なる第2重畳部分と重ならない第2非重畳部分とを有する複数の電極対と、  
 を含む第1基板部と、  
 第2基板部であって、  
 前記第1主面と対向する第2主面を有する第2基板と、  
 前記第2主面上に設けられた対向電極であって、前記平面に投影したときに前記複数の電極対のそれぞれの少なくとも一部と重なり前記第1方向に延在するスリットを有する対向電極と、  
 を含む第2基板部と、  
 前記第1基板部と前記第2基板部との間に設けられた液晶層と、  
 を備えた液晶光学素子。

## 【0132】

(構成2)

第1基板部であって、  
 第1主面を有する第1基板と、  
 前記第1主面上に設けられ第1方向に延び前記第1方向と直交する第2方向に並ぶ複数の第1電極と、  
 前記第1主面上において、前記第1方向と前記第2方向とを含む平面に投影したときに、最近接の2つの前記第1電極のそれぞれの第2方向における中心を結ぶ線分の中点を通り前記第1方向に対して平行な中心軸と、前記最近接の2つの前記第1電極のうちの一方の電極と、間の第1領域に配置される第1電極対であって、前記第1電極対は、  
 前記第1方向に延びる第2電極と、  
 前記第1方向に延びる第3電極と、  
 前記第2電極と前記第3電極との間に設けられた絶縁層と、  
 を含み、前記第2電極は、前記平面に投影したときに前記第3電極と重なる第1重畳部分と重ならない第1非重畳部分とを有し、前記第3電極は、前記平面に投影したときに前記第2電極と重なる第2重畳部分と重ならない第2非重畳部分とを有する第1電極対と、  
 を含む第1基板部と、  
 第2基板部であって、  
 前記第1主面と対向する第2主面を有する第2基板と、  
 前記第2主面上に設けられ前記第1電極と対向し前記第1方向に延びる第1対向電極と、  
 前記第2主面上に設けられ前記第1対向電極と離間し前記第1方向に延び、前記平面に投影したときに前記中心軸と重なる第2対向電極と、  
 を含む第2基板部と、  
 前記第1基板部と前記第2基板部との間に設けられた液晶層と、  
 を備え、  
 前記平面に投影したときに、前記第1領域における前記第1対向電極と前記第2対向電

極との間の第1離間領域は、前記第1電極対の少なくとも一部と重なる液晶光学素子。

【0133】

(構成3)

前記第1基板部は、前記第1主面上において前記第1電極対と前記最近接の2つの前記第1電極のうちの前記一方の電極との間に設けられた第2電極対をさらに含み、前記第2電極対は、

前記第1方向に延びる前記第2電極対の第2電極と、

前記第1方向に延びる前記第2電極対の第3電極と、

前記第2電極対の前記第2電極と前記第2電極対の前記第3電極との間に設けられた絶縁層と、

を含み、前記第2電極対の前記第2電極は、前記平面に投影したときに前記第2電極対の前記第3電極と重なる第1重畳部分と重ならない第1非重畳部分とを有し、前記第2電極対の前記第3電極は、前記平面に投影したときに前記第2電極対の前記第2電極と重なる第2重畳部分と重ならない第2非重畳部分とを有し、

前記第2基板部は、前記第2主面上において前記第1対向電極と前記第2対向電極との間に設けられ前記第1対向電極と前記第2対向電極と離間し前記第1方向に延びる第3対向電極をさらに含み、

前記平面に投影したときに、前記第1領域における前記第1対向電極と前記第3対向電極との間の第2離間領域は、前記第2電極対の少なくとも一部と重なる構成2記載の液晶光学素子。

【0134】

実施形態によれば、高品位の表示を提供する液晶光学素子及び画像表示装置が提供できる。

【0135】

なお、本願明細書において、「垂直」及び「平行」は、厳密な垂直及び厳密な平行だけでなく、例えば製造工程におけるばらつきなどを含むものであり、実質的に垂直及び実質的に平行であれば良い。

【0136】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、液晶光学素子に含まれる第1基板部、第2基板部、液晶層、第1基板、第2基板、第1～第3電極、第1～第3対向電極、中心部電極、絶縁層及び駆動部、並びに、画像表示装置に含まれる表示部及び表示駆動部などの各要素の具体的な構成に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

また、各具体例のいずれか2つ以上の要素を技術的に可能な範囲で組み合わせたものも、本発明の要旨を包含する限り本発明の範囲に含まれる。

【0137】

その他、本発明の実施の形態として上述した液晶光学素子及び画像表示装置を基にして、当業者が適宜設計変更して実施し得る全ての液晶光学素子及び画像表示装置も、本発明の要旨を包含する限り、本発明の範囲に属する。

【0138】

その他、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の範囲に属するものと了解される。

【0139】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や

10

20

30

40

50

要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

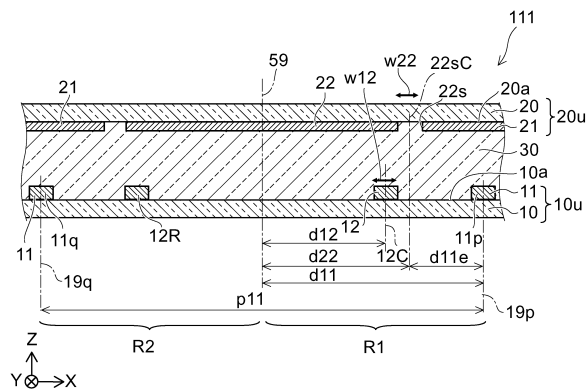
【符号の説明】

【0140】

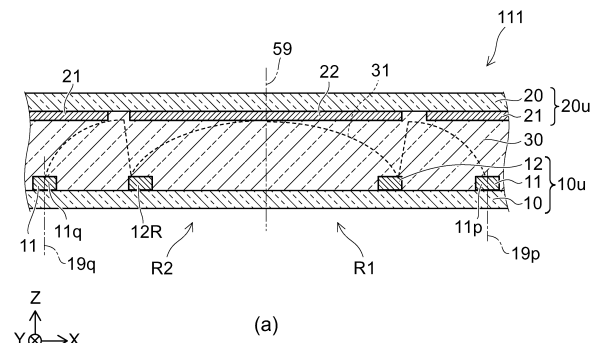
10...第1基板、10a...第1主面、10u...第1基板部、11...第1電極、  
 11c...中心部電極、11p、11q...電極、12、12a、12b...第2電極、  
 12C...中心、12R...電極、12p...第1重畳部分、12q...第1非重畳部分、  
 13、13a、13b...第3電極、13C...中心、13R...電極、13p...第2  
 重畳部分、13q...第2非重畳部分、15...電極対、15a、15b...第1、第2  
 電極対、18...絶縁層、19p、19q...位置、20...第2基板、20a...第2  
 主面、20s...スリット、20u...第2基板部、21...第1対向電極、22...第2  
 対向電極、22s...第1離間領域、22sC...中心、23...第3対向電極、2  
 3R...電極、23s...第2離間領域、23sC...中心、30...液晶層、30e...  
 等電位曲線、31...屈折率分布、31d...屈折率差、32...極小点、33...極大  
 点、59...中心軸、72...駆動部、80...画像表示部、81...表示部、82...  
 表示駆動部、111、111a、111b、112、112a、121~124...液晶  
 光学素子、211...画像表示装置、R1、R2...第1及び第2領域、d11、d1  
 1e、d12、d13、d22、d23...距離、p11...距離、w12、w22...幅

10

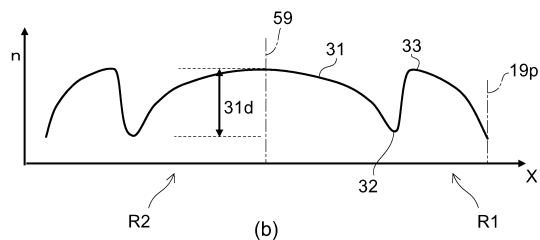
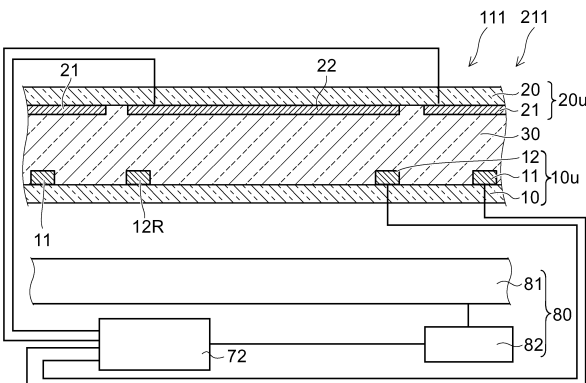
【図1】



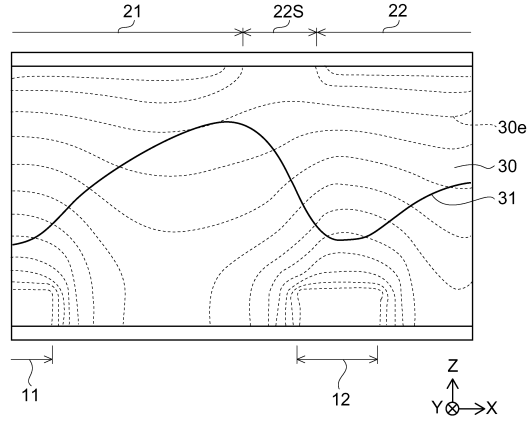
【図3】



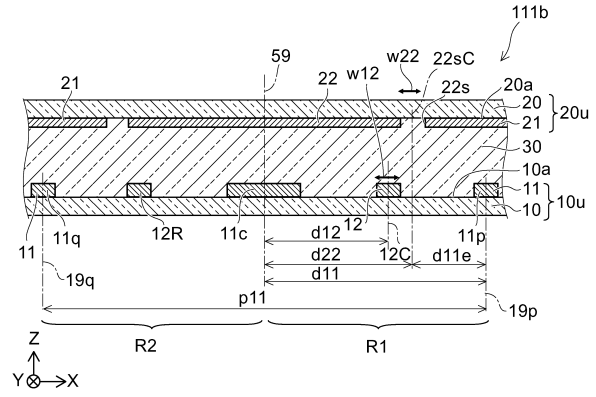
【図2】



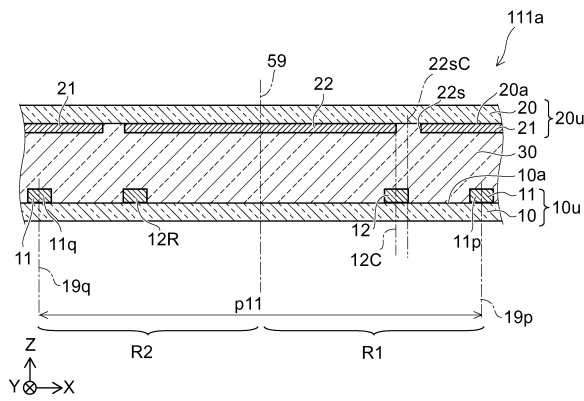
【 図 4 】



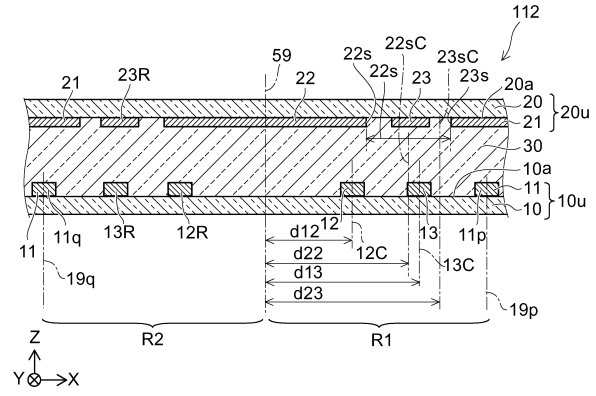
【 図 6 】



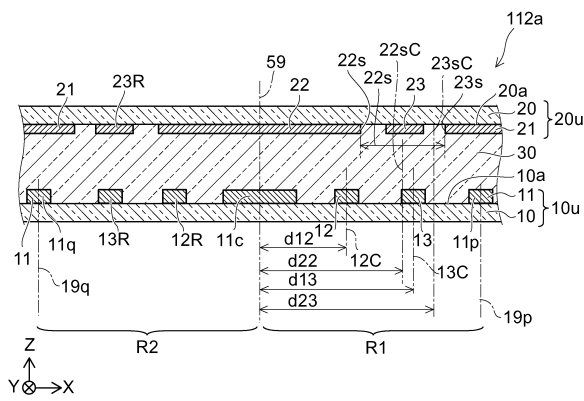
【 図 5 】



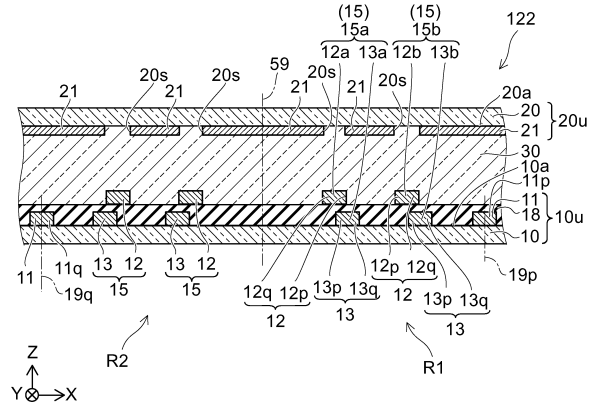
【 図 7 】



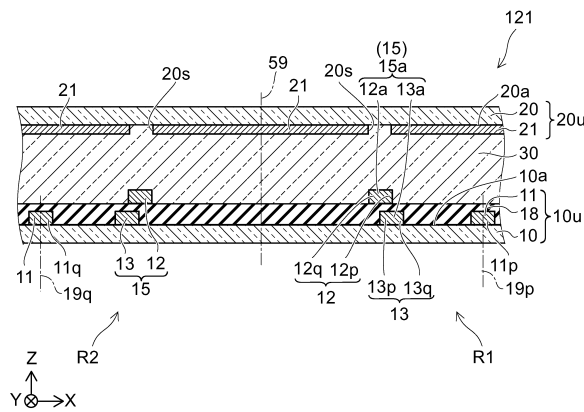
【 図 8 】



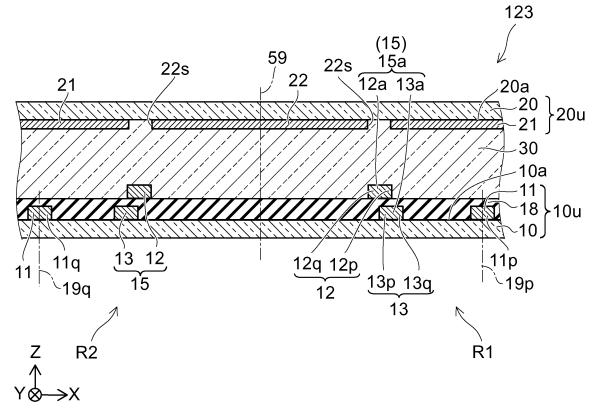
【 図 10 】



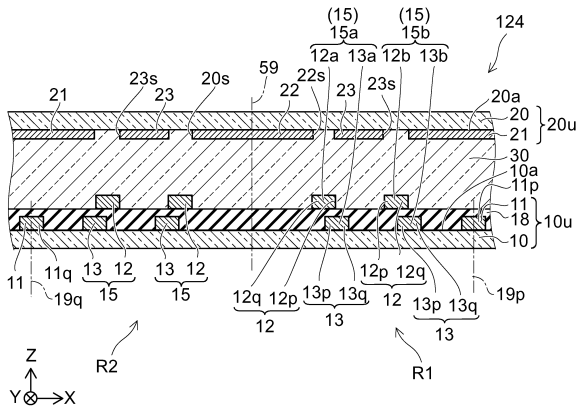
【 図 9 】



【 図 11 】



【 図 1 2 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 馬場 雅裕  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 岐津 裕子  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 桃井 芳晴  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 右田 昌士

- (56)参考文献 特開平09-304748(JP,A)  
特開2010-129796(JP,A)  
特開2005-024679(JP,A)  
特開2001-194690(JP,A)  
特開2012-141575(JP,A)  
国際公開第2011/036736(WO,A1)  
米国特許出願公開第2011/0157497(US,A1)  
米国特許出願公開第2012/0105750(US,A1)  
米国特許出願公開第2011/0157496(US,A1)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/13 505  
G02F 1/1343  
G02B 27/22 - 27/26  
G02F 1/1337  
G02F 1/1335  
G02F 1/1347