

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7395330号  
(P7395330)

(45)発行日 令和5年12月11日(2023.12.11)

(24)登録日 令和5年12月1日(2023.12.1)

(51)国際特許分類	F I
G 0 2 C 7/02 (2006.01)	G 0 2 C 7/02
G 0 2 B 3/14 (2006.01)	G 0 2 B 3/14
G 0 2 C 11/00 (2006.01)	G 0 2 C 11/00
G 0 2 F 1/13 (2006.01)	G 0 2 F 1/13 5 0 5

請求項の数 9 (全17頁)

(21)出願番号	特願2019-213087(P2019-213087)	(73)特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	令和1年11月26日(2019.11.26)	(74)代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
(65)公開番号	特開2021-85924(P2021-85924A)	(74)代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
(43)公開日	令和3年6月3日(2021.6.3)	(74)代理人	100121614 弁理士 平山 倫也
審査請求日	令和4年11月16日(2022.11.16)	(72)発明者	伊藤 聖 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		審査官	小西 隆

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学機器および光学素子

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

同心円状に配列される複数の輪帯電極と、該複数の輪帯電極と対向する電極層と、前記複数の輪帯電極と前記電極層との間に設けられる液晶層と、前記複数の輪帯電極と前記液晶層との間に設けられる抵抗層と、前記複数の輪帯電極と前記抵抗層との間に設けられる絶縁層とを備える光学素子と、

該光学素子を電気活性化状態と電気不活性化状態とに変化させる制御部とを有し、前記抵抗層の面抵抗率をR1、前記絶縁層の面抵抗率をR2とするとき、

$$1 \times 10^{-5} < R1 / R2 < 1 \times 10^{-2}$$

なる条件式を満足し、

前記複数の輪帯電極は、第1の輪帯電極、第2の輪帯電極、第3の輪帯電極、および第4の輪帯電極を含み、

前記電気活性化状態は、前記光学素子が第1の光学的パワーを有する第1の状態、および前記第1の光学的パワーより小さい第2の光学的パワーを有する第2の状態を含み、

前記第1の輪帯電極には、前記第1および第2の状態において第1の電圧が印加され、前記第2の輪帯電極には、前記第1および第2の状態において前記第1の電圧より高い第2の電圧が印加され、

前記第3の輪帯電極には、前記第1の状態において前記第1の電圧が印加され、前記第2の状態において前記第1の電圧より高く前記第2の電圧より低い第3の電圧が印加され、前記第4の輪帯電極には、前記第1の状態において前記第2の電圧が印加され、前記第

2の状態において前記第1の電圧より高く前記第2の電圧より低い第4の電圧が印加されることを特徴とする光学機器。

【請求項2】

前記複数の輪帯電極は、互いに隣接する前記第1および第2の輪帯電極からなる第1の電極対と、互いに隣接する前記第3および第4の輪帯電極からなる第2の電極対とを含み、前記第2の電極対は前記複数の輪帯電極の中で該複数の輪帯電極の中心に最も近く、前記第1の電極対は前記第2の電極対に隣接していることを特徴とする請求項1に記載の光学機器。

【請求項3】

前記複数の輪帯電極は、夫々が互いに隣接する前記第1および第2の輪帯電極からなる複数の第1の電極対と、夫々が互いに隣接する前記第3および第4の輪帯電極からなる複数の第2の電極対とを含み、

前記第1および第2の電極対は、交互に配列されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の光学機器。

【請求項4】

前記第3および第4の電圧の差分の絶対値は、前記第1および第2の電圧の差分の絶対値より小さいことを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の光学機器。

【請求項5】

前記第3および第4の電圧は互いに等しいことを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載の光学機器。

【請求項6】

前記第3および第4の電圧は、前記第1および第2の電圧の平均値に等しいことを特徴とする請求項1乃至5の何れか一項に記載の光学機器。

【請求項7】

前記第1の光学的パワーをD1、前記第2の光学的パワーをD2とすると、  
 $0.45 < D2 / D1 < 0.55$   
 なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至6の何れか一項に記載の光学素子。

【請求項8】

前記抵抗層の面抵抗率をR1とすると、  
 $1 \times 10^5 \leq R1 \leq 1 \times 10^{10}$   
 なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至7の何れか一項に記載の光学機器。

【請求項9】

前記絶縁層の面抵抗率をR2とすると、  
 $1 \times 10^{11} \leq R2 \leq 1 \times 10^{15}$   
 なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学機器および光学素子に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、使用者が遠方領域を見る際に老眼用パワー部に光学的パワーを付加せず、至近領域を見る際に老眼用パワー部に光学的パワーを付加することが可能な電気活性素子（液晶レンズ）が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特表2011-516927号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【0004】

特許文献1の液晶レンズは、曲率が滑らかに変化する累進パワーレンズの一部に可変パワー領域を配置することで構成されている。そのため、電気不活性化状態において、使用者が遠方領域を見る際に景色が歪んで見えてしまい、好ましくない。このような問題を解決するために、一定の曲率を有する固定パワーレンズの一部に可変パワー領域を配置すると、中間領域にピントを合わせることができなくなってしまい、好ましくない。

## 【0005】

本発明は、中間領域および遠方領域において良好な視認性を実現することができる光学機器および光学素子を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明の一側面としての光学機器は、同心円状に配列される複数の輪帯電極と、複数の輪帯電極と対向する電極層と、複数の輪帯電極と電極層との間に設けられる液晶層と、複数の輪帯電極と液晶層との間に設けられる抵抗層と、複数の輪帯電極と抵抗層との間に設けられる絶縁層とを備える光学素子と、該光学素子を電気活性化状態と電気不活性化状態とに変化させる制御部とを有し、抵抗層の面抵抗率をR1、絶縁層の面抵抗率をR2とするとき、

$$1 \times 10^{-5} < R1 / R2 < 1 \times 10^{-2}$$

なる条件式を満足し、

複数の輪帯電極は、第1の輪帯電極、第2の輪帯電極、第3の輪帯電極、および第4の輪帯電極を含み、電気活性化状態は、光学素子が第1の光学的パワーを有する第1の状態、および第1の光学的パワーより小さい第2の光学的パワーを有する第2の状態を含み、第1の輪帯電極には、第1および第2の状態において第1の電圧が印加され、第2の輪帯電極には、第1および第2の状態において第1の電圧より高い第2の電圧が印加され、第3の輪帯電極には、第1の状態において第1の電圧が印加され、第2の状態において第1の電圧より高く第2の電圧より低い第3の電圧が印加され、第4の輪帯電極には、第1の状態において第2の電圧が印加され、第2の状態において第1の電圧より高く第2の電圧より低い第4の電圧が印加されることを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0008】

本発明によれば、中間領域および遠方領域において良好な視認性を実現することができる光学機器および光学素子を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0009】

【図1】本発明の実施形態に係る光学機器の一例である電子眼鏡の斜視図である。

【図2】電子眼鏡の正面図である。

【図3】電子眼鏡の構成図である。

【図4】電気活性レンズの正面図である。

【図5】第1の状態である場合の可変パワー領域の断面図と光学位相差分布を示す図である。

【図6】第2の状態である場合の可変パワー領域の断面図と光学位相差分布を示す図である。

【図7】第1の状態での可変パワー領域の制御方法の説明図である。

【図8】第2の状態での可変パワー領域の制御方法の説明図である。

【図9】複数の輪帯電極の作製方法の説明図である。

【図10】実施例1の第1の状態での液晶分子の配向分布を示す図である。

【図11】実施例1の第1の状態での液晶層で生じる光学位相差分布を示す図である。

【図12】実施例1の第2の状態での液晶分子の配向分布を示す図である。

【図13】実施例1の第2の状態での液晶層で生じる光学位相差分布を示した図である。

【図14】実施例2の第1の状態での液晶分子の配向分布を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 15】実施例 2 の第 1 の状態での液晶層で生じる光学位相差分布を示す図である。

【図 16】実施例 2 の第 2 の状態での液晶分子の配向分布を示す図である。

【図 17】実施例 2 の第 2 の状態での液晶層で生じる光学位相差分布を示す図である。

【図 18】実施例 3 の第 1 の状態での液晶層の電位分布を示す図である。

【図 19】図 18 の電位分布から取得される光学位相差分布を示す図である。

【図 20】比較例の液晶層の電位分布を示す図である。

【図 21】比較例の液晶層の電位分布を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

10

【0011】

図 1 は、本発明の実施形態に係る光学機器の一例である電子眼鏡 10 の斜視図である。図 2 は、電子眼鏡 10 の正面図である。図 3 は、電子眼鏡 10 の構成図である。

【0012】

電子眼鏡 10 は、電気活性レンズ（光学素子）11、12、フレーム 13、およびテンプル 14、15 を有する。電気活性レンズ 11、12 は、可変焦点機能を有する液晶レンズである。電気活性レンズ 11 は、右眼用であり、可変パワー領域 101 を有する。電気活性レンズ 12 は、左眼用であり、可変パワー領域 102 を有する。フレーム 13 は、電気活性レンズ 11、12 を保持し、内部に電気活性レンズ 11、12 に接続されているケーブル 16 を有する。テンプル 14、15 は、フレーム 13 に接続されており、内部にセンサー部 21、22、コントローラー部（制御部）31、32、および電源部 41、42 を有する。センサー部 21、22、コントローラー部 31、32、および電源部 41、42 は、ケーブル 16 に電氣的に接続されている。コントローラー部 31、32 はそれぞれ、センサー部 21、22 からの信号に対応して電気活性レンズ 11、12 に印加する電圧を制御する。コントローラー部 31、32 が電気活性レンズ 11、12 に印加する電圧を制御することで、電気活性レンズ 11、12（可変パワー領域 101、102）の光学的状態を変化させることが可能である。ここで、光学的状態とは、可変パワー領域 101、102 の光学的パワー（焦点距離）を意味する。

20

【0013】

各電気活性レンズでは、各可変パワー領域が光学的パワーを実質的に付加されていない光学的状態（電気不活性化状態）と光学的パワーを付加されている光学的状態（電気活性化状態）とを切り替え可能である。例えば、各可変パワー領域は、電気不活性化状態において実質的に光学的パワーを有しておらず、電気活性化状態において所望の光学的パワー（例えば +2D）を有する。したがって、電子眼鏡 10 では、遠方領域を見る際に各可変パワー領域に光学的パワーを付加させず、至近領域を見る際に各可変パワー領域に光学的パワーを付加すればよい。これにより、電気不活性化状態において電気活性レンズ 11、12 内に光学的パワーの異なる領域は存在せず、均一なパワー分布を取得することができる。すなわち、電気不活性化状態において、歪みが少なく視認性の良い電子眼鏡 10（電気活性レンズ 11、12）を実現することができる。

30

40

【0014】

また、各電気活性レンズでは、電気活性化状態において、各可変パワー領域が第 1 の光学的パワーを有する第 1 の状態と第 1 の光学的パワーより小さい第 2 の光学的パワーを有する第 2 の状態とを切り換え可能である。例えば、各可変パワー領域は、第 1 の状態において例えば +2D を有し、第 2 の状態において例えば +1D を有する。本実施形態では、第 2 の光学的パワーは、第 1 の光学的パワーの 1/2 の値に略等しくなるように設定されている。具体的には、第 1 の光学的パワーを D1、第 2 の光学的パワーを D2 とするとき、以下の条件式（1）を満足している。

【0015】

$$0.45 < D2 / D1 < 0.55$$

(1)

50

したがって、電子眼鏡 10 では、至近領域を見る際に各可変パワー領域に第 1 の光学的パワーを付加し、例えばパソコン操作時のモニターとの距離だけ離れた中間領域を見る際に各可変パワー領域に第 2 の光学的パワーを付加すればよい。このように各可変パワー領域に付加する光学的パワーを変化させることで、至近領域にも中間領域にもピントを合わせることが可能な電子眼鏡 10 (電気活性レンズ 11, 12) を実現することができる。

【0016】

図 4 は、電気活性レンズ 11 の正面図である。電気活性レンズ 11 の外形の形状は、フレーム 13 の形状に対応して加工されている。また、電気活性レンズ 11 の前面および後面の形状は、使用者の矯正すべき度数に対応して加工されている。可変パワー領域 101 は、電気活性レンズ 11 の中心より使用者の鼻側に形成されている。可変パワー領域 101 は、同心円状に配置されている複数の輪帯電極を有する。複数の輪帯電極は、輪帯電極 1, 2, 3, 4 を有する。輪帯電極 1, 2, 3, 4 はそれぞれ、リード線 51, 52, 53, 54 に接続されている。各リード線は、電気活性レンズ 11 の外周まで延び、ケーブル 16 に電氣的に接続されている。

10

【0017】

以下、図 5 乃至図 8 を参照して、各可変パワー領域が第 1 の状態と第 2 の状態とに切り換えられる際の各可変パワー領域の制御方法について説明する。図 5 は、第 1 の状態である場合の可変パワー領域 101 (102) の断面図と光学位相差分布を示す図である。図 6 は、第 2 の状態である場合の可変パワー領域 101 (102) の断面図と光学位相差分布を示す図である。図 7 は、第 1 の状態での可変パワー領域 101 (102) の制御方法の説明図である。図 8 は、第 2 の状態での可変パワー領域 101 (102) の制御方法の説明図である。

20

【0018】

図 5 (A) は、第 1 の状態である場合の可変パワー領域 101 (102) の構成図 (断面図) である。可変パワー領域 101 (102) は、平坦面又は一定の曲率を持つ面を有する第 1 の基板と、平坦面又は一定の曲率を持つ面を有する第 2 の基板とに挟持されている。

【0019】

複数の輪帯電極は、光学的に透明な輪帯電極 1, 2, 3, 4 を有する。電極層 5 は、光学的に透明であり、複数の輪帯電極に対向するように設けられている。各輪帯電極および電極層 5 は、例えば透過性の伝導性酸化物 (ITO、酸化チタン、酸化亜鉛、又はこれらの混合物)、又は伝導性有機材料 (PEDOT: PSS 又はカーボンナノチューブ) で構成される。

30

【0020】

液晶層 6 は、複数の輪帯電極と電極層 5 との間に設けられている。コントローラ部 31 (32) により複数の輪帯電極および電極層 5 に印加する電圧を制御することで、液晶層 6 の配向分布を調整することができる。液晶層 6 の配向分布を調整することで、所望の光学位相差分布を入射光に付与することが可能になる。

【0021】

配向膜 (不図示) は、液晶層 6 に接するように設けられている。配向膜は、薄膜であり、例えばポリイミド材料で構成される。配向膜の厚みは、0.1 μm 以下であることが好ましい。配向膜は、ラビング処理、又は紫外線を直線偏光にして照射した光配向処理を施されている。これにより、液晶層 6 の内部の液晶分子の初期配向を制御することができる。

40

【0022】

抵抗層 7 は、光学的に透明であり、複数の輪帯電極と液晶層 6 との間に設けられている。抵抗層 7 を設けることで、異なる大きさの電圧が印加された輪帯電極間において、滑らかに電圧を変化させることが可能になる。抵抗層 7 は、例えば透過性の伝導性酸化物 (酸化亜鉛) 又は伝導性有機材料 (PEDOT: PSS 又はカーボンナノチューブ) で構成される。抵抗層 7 の厚みは、0.01 μm 以上 1 μm 以下であることが好ましい。

【0023】

50

絶縁層 8 は、光学的に透明であり、複数の輪帯電極と抵抗層 7 との間に設けられている。絶縁層 8 は、輪帯電極間を電氣的に絶縁する。絶縁層 8 は、例えば二酸化ケイ素 (SiO<sub>2</sub>) で構成される。絶縁層 8 の厚みは、0.1 μm 以上 5 μm 以下であることが好ましい。

【0024】

図 5 (B) は、可変パワー領域 101 (102) が第 1 の状態である場合に液晶層 6 で生じる光学位相差分布を示す図である。フレネルレンズ形状又は回折レンズ形状の光学位相差分布とすることで、液晶層 6 の厚みを薄くすることを可能にしている。フレネルレンズ形状又は回折レンズ形状の光学位相差分布を取得するために、複数の輪帯電極は同心円状に配置されている。各輪帯電極の大きさは、光学位相差分布の形状によって決定される。複数の輪帯電極の中心から光学位相差が切り替わる位置までの距離 (半径) r<sub>n</sub> は、以下の式 (2) により表される。

【0025】

$$r_n = n^{1/2} \times r_1 \quad (2)$$

ただし、r<sub>1</sub> は中心から中心に最も近い光学位相差が切り替わる位置までの距離であり、n は整数である。

【0026】

複数の輪帯電極は、二つの輪帯電極を一对とする複数の電極対を有する。複数の電極対はそれぞれ、輪帯電極の間に光学位相差が切り替わる位置が位置するように配置される。

【0027】

複数の電極対は、輪帯電極 1, 2 からなる電極対 (第 1 の電極対)、および輪帯電極 3, 4 からなる電極対 (第 2 の電極対) を有する。第 2 の電極対は、複数の電極対のうち複数の輪帯電極の中心から最も近い位置に配置されている。また、第 1 の電極対は、第 2 の電極対に隣接する位置、すなわち複数の電極対のうち複数の輪帯電極の中心から 2 番目に近い位置に配置されている。本実施形態では、このような順番にしたがって、第 1 および第 2 の電極対は複数の輪帯電極の中心から交互に配置されている。

【0028】

コントローラ部 31 (32) は、センサー部 21 (22) からの信号に対応して各輪帯電極に印加する電圧を制御する。第 1 の状態では、輪帯電極 1, 3 には第 1 の電圧 V<sub>1</sub> が印加され、輪帯電極 2, 4 には第 1 の電圧 V<sub>1</sub> より高い第 2 の電圧 V<sub>2</sub> が印加されている。このとき、スイッチ部 SW<sub>1</sub> は輪帯電極 3 に第 1 の電圧 V<sub>1</sub> が印加されるように制御され、スイッチ部 SW<sub>2</sub> は輪帯電極 4 に第 2 の電圧 V<sub>2</sub> が印加されるように制御されている。これにより、図 5 (B) に示される光学位相差分布を取得することができる。

【0029】

図 6 (A) は、第 2 の状態である場合の可変パワー領域 101 (102) 101 の構成図である。図 6 (B) は、可変パワー領域 101 (102) が第 2 の状態である場合に液晶層 6 で生じる光学位相差分布を示す図である。

【0030】

第 2 の状態では、第 1 の状態と同様に、輪帯電極 1 には第 1 の電圧 V<sub>1</sub> が印加され、輪帯電極 2 には第 2 の電圧 V<sub>2</sub> が印加されている。また、輪帯電極 3 には第 1 の電圧より高い第 3 の電圧 V<sub>3</sub> が印加され、輪帯電極 4 には第 2 の電圧 V<sub>2</sub> より低い第 4 の電圧 V<sub>4</sub> が印加されている。このとき、スイッチ部 SW<sub>1</sub> は輪帯電極 3 に第 3 の電圧 V<sub>3</sub> が印加されるように制御され、スイッチ部 SW<sub>2</sub> は輪帯電極 4 に第 4 の電圧 V<sub>4</sub> が印加されるように制御されている。これにより、図 6 (B) に示される光学位相差分布を取得することができる。

【0031】

このように、可変パワー領域 101 (102) に付加する光学的パワーを切り替えることで、至近領域にも中間領域にもピントを合わせることが可能な電子眼鏡 10 を実現することができる。

【0032】

10

20

30

40

50

なお、本実施形態では、第3および第4の電圧 $V_3$ 、 $V_4$ の差分の絶対値が第1および第2の電圧 $V_1$ 、 $V_2$ の差分の絶対値より小さくなるように設定されている。本実施形態では、第3および第4の電圧 $V_3$ 、 $V_4$ は互いに略等しくなるように設定されている。

【0033】

また、本実施形態では、第3および第4の電圧 $V_3$ 、 $V_4$ は、第1および第2の電圧 $V_1$ 、 $V_2$ の平均値 $(= (V_1 + V_2) / 2)$ に略等しくなるように設定されている。すなわち、光学位相差が切り替わる位置のうち、式(1)で表される複数の輪帯電極の中心から光学位相差が切り替わる位置までの距離 $r_n$ の添字 $n$ が奇数となる位置に配置された電極対に対してこのような電圧 $(= (V_1 + V_2) / 2)$ が印加される。これにより、第2の状態では、第1の状態における光学位相差分布に比べて、光学位相差の切り替わりピッチが2倍である光学位相差分布を取得することが可能になる。

10

【0034】

また、本実施形態では、第1の状態において、輪帯電極1、3に第1の電圧 $V_1$ を印加し、輪帯電極2、4に第2の電圧 $V_2$ を印加しているが、輪帯電極1、3に第2の電圧 $V_2$ を印加し、輪帯電極2、4に第1の電圧 $V_1$ を印加してもよい。このとき、第2の状態において、輪帯電極3に第4の電圧 $V_4$ を印加し、輪帯電極4に第3の電圧 $V_3$ を印加すればよい。

【0035】

以下、図9を参照して、複数の輪帯電極の作製方法について説明する。図9は、複数の輪帯電極の作製方法の説明図である。まず、図9(A)に示されるように、蒸着やスパッタを用いてガラス基板の上に均一な電極層を成膜する。次に、図9(B)に示されるように、均一な電極層をエッチングによって同心円状の輪帯形状にパターンニングし、複数の輪帯電極を作製する。次に、図9(C)に示されるように、蒸着やスパッタを用いて複数の輪帯電極の上に均一な絶縁層8を成膜する。次に、図9(D)に示されるように、電気的に接続させる輪帯電極上にエッチングによって矩形の開口部を形成する。次に、図9(E)に示されるように、蒸着やスパッタを用いてリード電極層を成膜し、エッチングによってパターンニングを行い、リード線51を成形する。最後に、図9(F)に示されるように、手順Fでは、蒸着やスパッタを用いて均一な抵抗層7を成膜する。

20

【0036】

本実施形態では、抵抗層7の面抵抗率を $R_1$ 、絶縁層8の面抵抗率を $R_2$ とするとき、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

30

【0037】

$$1 \times 10^{-5} < R_1 / R_2 < 1 \times 10^{-2} \quad (3)$$

条件式(3)を満足することで、可変パワー領域101(102)の面積を十分に広くすることができる。条件式(3)の上限値を上回ると、液晶層6に対する電位分布がフレネルレンズ形状又は回折レンズ形状にならず、液晶層6に滑らかな屈折率分布を与えることができなくなるため、好ましくない。関係式(3)の下限値を下回ると、液晶層に対する電位の絶対値が小さくなり過ぎてしまい、液晶層6に十分な屈折率分布を与えることができなくなるため、好ましくない。

【0038】

また、条件式(3)の数値範囲を以下の条件式(3a)の範囲とすることが好ましい。

40

【0039】

$$0.5 \times 10^{-4} < R_1 / R_2 < 0.8 \times 10^{-2} \quad (3a)$$

また、条件式(3)の数値範囲は、以下の条件式(3b)の範囲とすることがさらに好ましい。

【0040】

$$1.0 \times 10^{-4} < R_1 / R_2 < 0.6 \times 10^{-2} \quad (3b)$$

また、抵抗層7の面抵抗率 $R_1$ は、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

【0041】

$$1 \times 10^5 < R_1 < 1 \times 10^{10} \quad (4)$$

50

また、絶縁層 8 の面低効率  $R_2$  は、以下の条件式 (5) を満足することが好ましい。

【0042】

$$1 \times 10^{11} < R_2 < 1 \times 10^{15} \quad (5)$$

また、電気活性レンズ 11, 12 またはこれと同様の構成を有する光学素子は、電子眼鏡 10 だけでなく、双眼鏡やヘッドマウントディスプレイ等、種々の光学機器に用いることができる。本実施形態の構成によれば、互いに光学的パワーが異なる複数の状態を有する光学素子およびこれを用いた光学機器を容易に製造することができる。

【0043】

以下、各実施例において、具体的な数値を用いて電子眼鏡 10 の構成について説明する。

【実施例 1】

【0044】

図 10 は、本実施例の第 1 の状態での液晶分子の配向分布を示す図であり、シミュレーションによって取得される。図 11 は、本実施例の第 1 の状態での液晶層 6 で生じる光学位相差分布を示す図である。

【0045】

以下、シミュレーションの条件について説明する。複数の輪帯電極、および電極層 5 の材料は ITO である。液晶層 6 の材料はネマチック液晶 E7 である。ネマチック液晶 E7 の複屈折  $n$  は、波長 550 nm の光に対して 0.22 である。液晶層 6 の厚みは 30  $\mu$ m である。液晶層 6 の上面と下面において、プレチルト角は 3° である。抵抗層 7 の材料は酸化亜鉛 (ZnO) を主成分とする化合物である。抵抗層 7 の厚みは 0.5  $\mu$ m である。抵抗層 7 の面抵抗率は  $2 \times 10^8$  であり、電気抵抗率は  $1 \times 10^4$   $\cdot$  cm である。絶縁層 8 の材料は二酸化ケイ素 ( $SiO_2$ ) である。絶縁層 8 の厚みは 1  $\mu$ m である。絶縁層 8 の面抵抗率は  $1 \times 10^{11}$  であり、電気抵抗率は  $1 \times 10^7$   $\cdot$  cm である。抵抗層 7 の面抵抗率と絶縁層 8 の面抵抗率との比率は  $2.0 \times 10^{-3}$  であり、条件式 (3) を満足する。第 1 および第 2 の電圧  $V_1$ ,  $V_2$  はそれぞれ、周波数 1 kHz の AC 1 V の電圧、および周波数 1 kHz の AC 3 V の電圧である。電極層 5 をグランドとし、電極層 5 に印加する電圧は 0 V である。

【0046】

図 10 において、左端は可変パワー領域 101 (102) の中心位置であり、右端から左端までの距離は 10 mm である。すなわち、可変パワー領域 101 (102) の径は 20 mm である。第 1 の電圧  $V_1$  が印加される位置では、液晶分子は倒れており、実効屈折率は高くなる。第 2 の電圧  $V_2$  が印加される位置では、液晶分子は電場の向きにしたがって立ち上がっており、実効屈折率は低くなる。また、第 1 および第 2 の電圧  $V_1$ ,  $V_2$  が印加される位置の間の領域では、抵抗層 7 の作用により電圧が滑らかに変化しているため、液晶分子の配向も滑らかに変化している。これにより、滑らかな形状の屈折率分布を実現することができるため、図 11 に示されるようにフレネルレンズ形状の滑らかな光学位相差分布を取得することができる。

【0047】

図 12 は、本実施例の第 2 の状態での液晶分子の配向分布を示す図であり、シミュレーションによって取得される。図 13 は、本実施例の第 2 の状態での液晶層 6 で生じる光学位相差分布を示す図である。

【0048】

図 12 の配向分布を取得する際に用いたシミュレーションの条件は、図 10 の配向分布を取得する際に用いたシミュレーションの条件と基本的に同様であるが、輪帯電極 3, 4 に印加する第 3 および第 4 の電圧  $V_3$ ,  $V_4$  が異なる。

【0049】

第 3 および第 4 の電圧  $V_3$ ,  $V_4$  はそれぞれ、波数 1 kHz の AC 2.1 V の電圧、および周波数 1 kHz の AC 1.9 V の電圧である。第 3 および第 4 の電圧  $V_3$ ,  $V_4$  は、電圧  $V_1$ ,  $V_2$  の平均値  $2V (= (V_1 + V_2) / 2)$  に略等しい。

【0050】

10

20

30

40

50

図 1 2 において、第 3 および第 4 の電圧  $V_3$  ,  $V_4$  が印加される位置では、液晶分子の配向が不連続になることなく滑らかに変化している。図 1 3 に示されるように、第 1 の状態における光学位相差分布に比べてピッチが 2 倍であるフレネルレンズ形状の滑らかな光学位相差分布を取得することができる。このように、複数の輪帯電極の中心から光学位相差が切り替わる位置までの距離  $r_n$  の添字  $n$  が奇数となる位置に配置された電極対に第 1 および第 2 の電圧  $V_1$  ,  $V_2$  の平均値が印加される。これにより、第 2 の状態では、第 1 の状態における光学位相差分布に比べて、光学位相差の切り替わりピッチが 2 倍である緩やかな光学位相差分布を取得することができる。

【実施例 2】

【0051】

図 1 4 は、本実施例の第 1 の状態での液晶分子の配向分布を示す図であり、シミュレーションによって取得される。図 1 5 は、本実施例の第 1 の状態での液晶層 6 で生じる光学位相差分布を示す図である。

【0052】

以下、シミュレーションの条件について説明する。複数の輪帯電極、および電極層 5 の材料は ITO である。液晶層 6 の材料はネマチック液晶 PCH-5 である。ネマチック液晶 PCH-5 の複屈折  $n$  は、波長 550 nm の光に対して 0.12 である。液晶層 6 の厚みは 60  $\mu\text{m}$  である。液晶層 6 の上面と下面において、プレチルト角は 3° である。抵抗層 7 の材料は酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}$ ) を主成分とする化合物である。抵抗層 7 の厚みは 0.5  $\mu\text{m}$  である。抵抗層 7 の面抵抗率は  $5 \times 10^8$  であり、電気抵抗率は  $2.5 \times 10^4$   $\cdot \text{cm}$  である。絶縁層 8 の材料は二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) である。絶縁層 8 の厚みは 1  $\mu\text{m}$  である。絶縁層 8 の面抵抗率は  $1 \times 10^{11}$  であり、電気抵抗率は  $1 \times 10^7$   $\cdot \text{cm}$  である。抵抗層 7 の面抵抗率と絶縁層 8 の面抵抗率との比率は  $5.0 \times 10^{-3}$  であり、条件式 (3) を満足する。第 1 および第 2 の電圧  $V_1$  ,  $V_2$  はそれぞれ、周波数 1 kHz の AC 1 V の電圧、および周波数 1 kHz の AC 3 V の電圧である。電極層 5 をグラウンドとし、電極層 5 に印加する電圧は 0 V である。

【0053】

図 1 4 において、左端は可変パワー領域 101 (102) の中心位置であり、右端から左端までの距離は 10 mm である。すなわち、可変パワー領域 101 (102) の径は 20 mm である。本実施例では、可変パワー領域 101 (102) の中心部での液晶分子の配向を調整するため、電極 9 を複数の輪帯電極の中心に配置している。第 1 の電圧  $V_1$  が印加される位置では、液晶分子は倒れており、実効屈折率は高くなる。第 2 の電圧  $V_2$  が印加される位置では、液晶分子は電場の向きにしたがって立ち上がっており、実効屈折率は低くなる。また、第 1 および第 2 の電圧  $V_1$  ,  $V_2$  が印加される位置の間の領域では、抵抗層 7 の作用により電圧が滑らかに変化しているため、液晶分子の配向も滑らかに変化している。これにより、滑らかな形状の屈折率分布を実現することができるため、図 1 5 に示されるようにフレネルレンズ形状の滑らかな光学位相差分布を取得することができる。

【0054】

図 1 6 は、本実施例の第 2 の状態での液晶分子の配向分布を示す図であり、シミュレーションによって取得される。図 1 7 は、本実施例の第 2 の状態での液晶層 6 で生じる光学位相差分布を示す図である。

【0055】

図 1 6 の配向分布を取得する際に用いたシミュレーションの条件は、図 1 4 の配向分布を取得する際に用いたシミュレーションの条件と基本的に同様であるが、輪帯電極 3 , 4 に印加する第 3 および第 4 の電圧  $V_3$  ,  $V_4$  が異なる。

【0056】

第 3 および第 4 の電圧  $V_3$  ,  $V_4$  はそれぞれ、波数 1 kHz の AC 2.1 V の電圧、および周波数 1 kHz の AC 1.9 V の電圧である。第 3 および第 4 の電圧  $V_3$  ,  $V_4$  は、電圧  $V_1$  ,  $V_2$  の平均値  $2V (= (V_1 + V_2) / 2)$  に略等しい。

【0057】

10

20

30

40

50

図 16 において、第 3 および第 4 の電圧  $V_3$  ,  $V_4$  が印加される位置では、液晶分子の配向が不連続になることなく滑らかに変化している。図 17 に示されるように、第 1 の状態における光学位相差分布に比べてピッチが 2 倍であるフレネルレンズ形状の滑らかな光学位相差分布を取得することができる。このように、複数の輪帯電極の中心から光学位相差が切り替わる位置までの距離  $r_n$  の添字  $n$  が奇数となる位置に配置された電極対に第 1 および第 2 の電圧  $V_1$  ,  $V_2$  の平均値が印加される。これにより、第 2 の状態では、第 1 の状態における光学位相差分布に比べて、光学位相差の切り替わりピッチが 2 倍である緩やかな光学位相差分布を取得することができる。

【実施例 3】

【0058】

図 18 は、本実施例の第 1 の状態での液晶層 6 の電位分布を示す図であり、シミュレーションによって取得される。図 19 は、図 18 の電位分布から取得される光学位相差分布を示す図であり、シミュレーションによって取得される。

【0059】

以下、シミュレーションの条件について説明する。複数の輪帯電極、および電極層 5 の材料は ITO である。液晶層 6 の材料はネマチック液晶 5CB である。ネマチック液晶 5CB の複屈折  $n$  は、波長 550 nm の光に対して 0.18 である。液晶層 6 の厚みは 50  $\mu\text{m}$  である。液晶層 6 の上面と下面において、プレチルト角は 3° である。抵抗層 7 の材料は酸化亜鉛 (ZnO) を主成分とする化合物である。抵抗層 7 の厚みは 0.5  $\mu\text{m}$  である。抵抗層 7 の面抵抗率は  $2.5 \times 10^8$  であり、電気抵抗率は  $1.25 \times 10^4$   $\cdot \text{cm}$  である。絶縁層 8 の材料は二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) である。絶縁層 8 の厚みは 1  $\mu\text{m}$  である。絶縁層 8 の面抵抗率は  $1 \times 10^{12}$  であり、電気抵抗率は  $1 \times 10^8$   $\cdot \text{cm}$  である。抵抗層 7 の面抵抗率と絶縁層 8 の面抵抗率との比率は  $2.5 \times 10^{-4}$  であり、条件式 (3) を満足する。第 1 および第 2 の電圧  $V_1$  ,  $V_2$  はそれぞれ、周波数 1 kHz の AC 0.5 V の電圧、および周波数 1 kHz の AC 2.2 V の電圧である。電極層 5 をグランドとし、電極層 5 に印加する電圧は 0 V である。

【0060】

図 18 に示されるように、液晶層 6 に滑らかなフレネルレンズ形状の電位分布を与えることができる。また、図 19 に示されるように、滑らかなフレネルレンズ形状の光学位相差分布を取得することができる。

【0061】

図 20 は、比較例の液晶層 6 の電位分布を示す図であり、シミュレーションによって取得される。図 20 の液晶層 6 の電位分布を取得する際に用いたシミュレーションの条件は図 18 の液晶層 6 の電位分布を取得する際に用いたシミュレーションの条件と基本的に同様であるが、抵抗層 7 の面抵抗率を  $2.5 \times 10^6$  に変更している。抵抗層 7 の面抵抗率と絶縁層 8 の面抵抗率との比率は  $2.5 \times 10^{-6}$  であり、条件式 (3) を満足していない。図 20 に示されるように、液晶層 6 に対する電位分布がフレネルレンズ形状又は回折レンズ形状にならず、液晶層 6 に滑らかな屈折率分布を与えることができていない。

【0062】

図 21 は、比較例の液晶層 6 の電位分布を示す図であり、シミュレーションによって取得される。図 21 の液晶層 6 の電位分布を取得する際に用いたシミュレーションの条件は図 18 の液晶層 6 の電位分布を取得する際に用いたシミュレーションの条件と基本的に同様であるが、抵抗層 7 の面抵抗率を  $2.5 \times 10^{10}$  に変更している。抵抗層 7 の面抵抗率と絶縁層 8 の面抵抗率との比率は  $2.5 \times 10^{-2}$  であり、条件式 (3) を満足していない。図 21 に示されるように、液晶層 6 に対する電位の絶対値が小さくなり過ぎてしまい、液晶層 6 に十分な屈折率分布を与えることができていない。

【0063】

このように、液晶層 6 に所望の屈折率分布を与えるためには、抵抗層 7 の面抵抗率および絶縁層 8 の面抵抗率は条件式 (3) を満足することが好ましい。

【0064】

10

20

30

40

50

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【符号の説明】

【 0 0 6 5 】

1	輪帯電極（第1の輪帯電極）	
2	輪帯電極（第2の輪帯電極）	
3	輪帯電極（第3の輪帯電極）	
4	輪帯電極（第4の輪帯電極）	
5	電極層	
6	液晶層	10
1 0	電子眼鏡（光学機器）	
1 1 , 1 2	電気活性レンズ（光学素子）	
3 1 , 3 2	コントローラー部（制御部）	

20

30

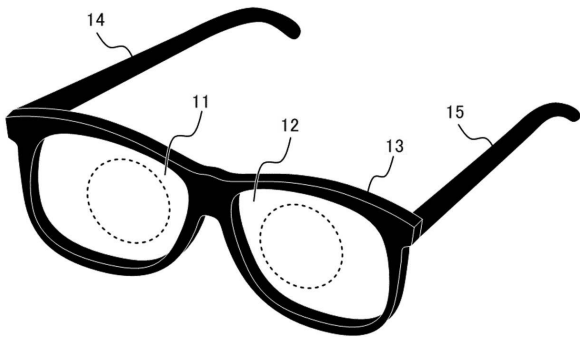
40

50

【図面】

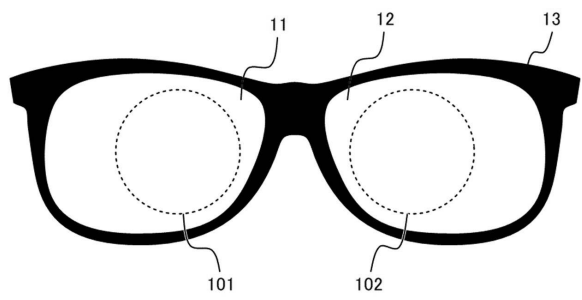
【図 1】

10



【図 2】

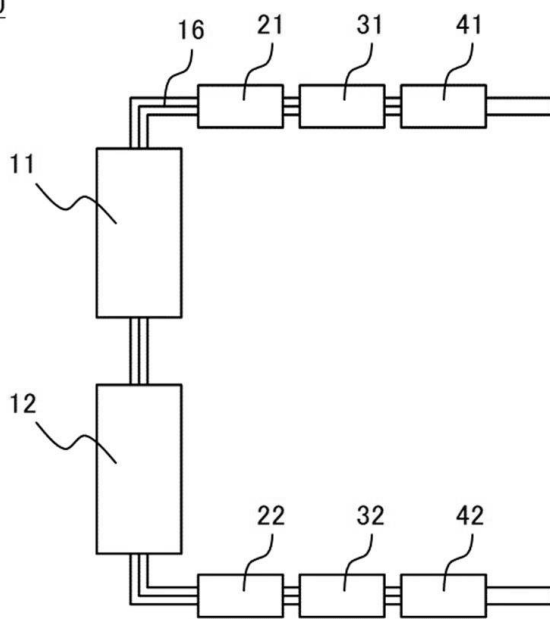
10



10

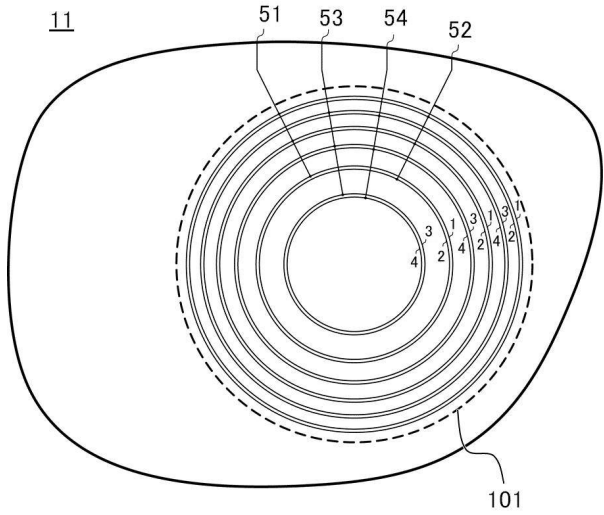
【図 3】

10



【図 4】

11



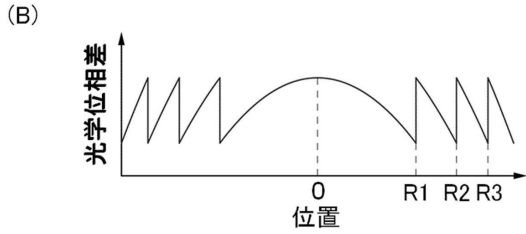
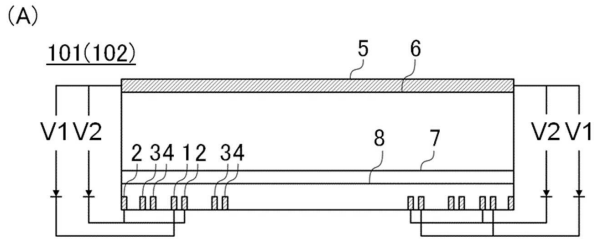
20

30

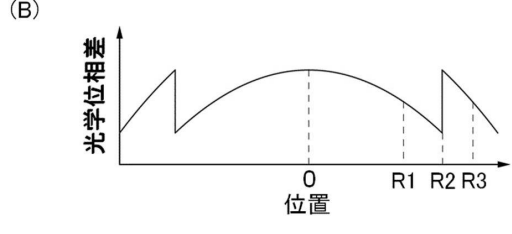
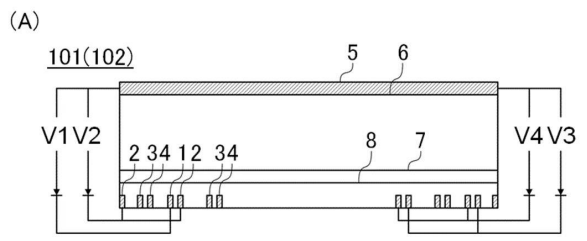
40

50

【図5】

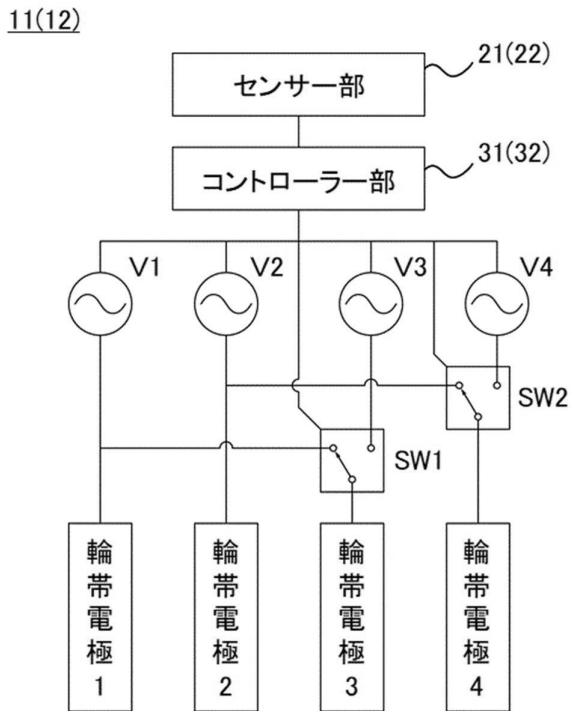


【図6】

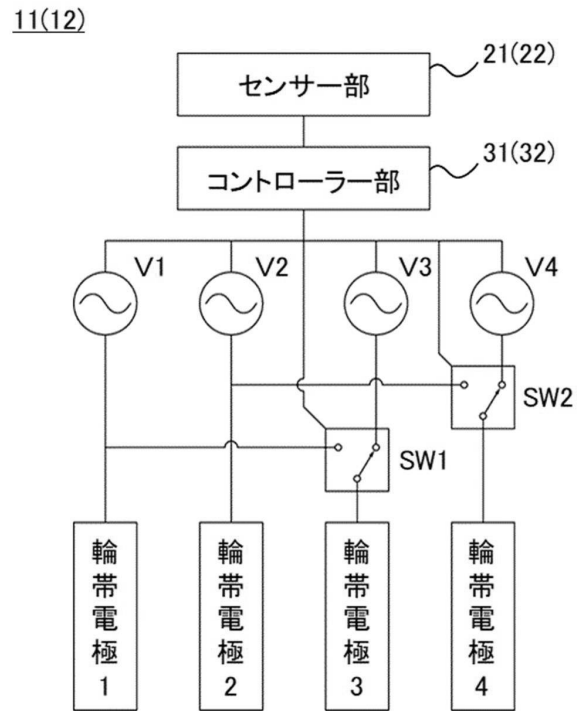


10

【図7】



【図8】



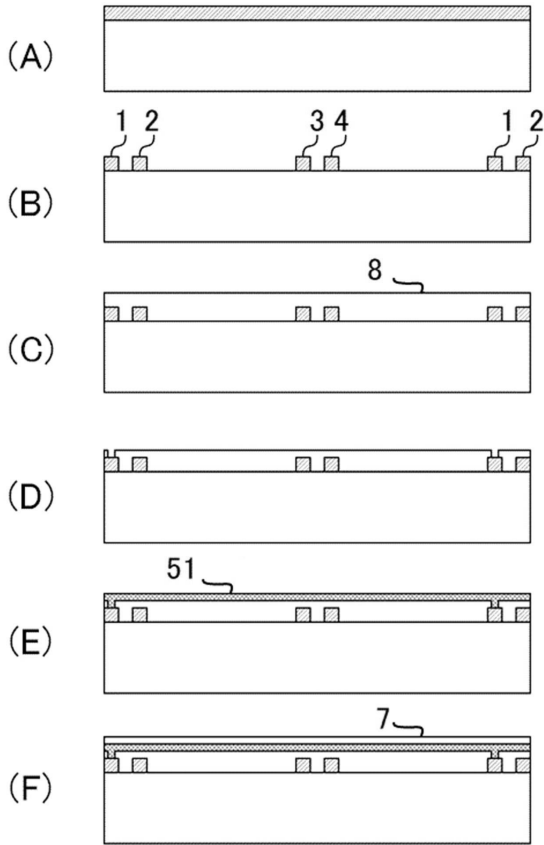
20

30

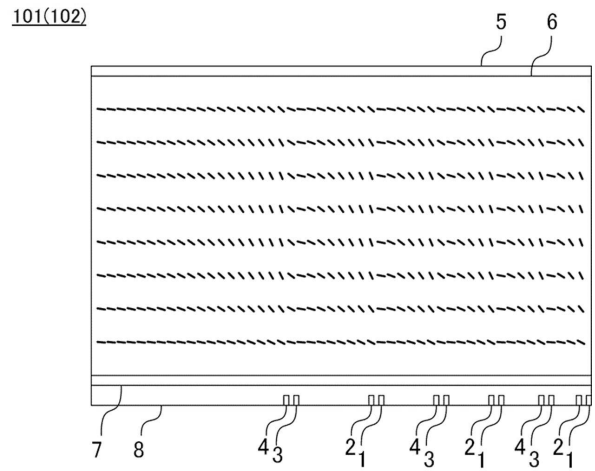
40

50

【図 9】



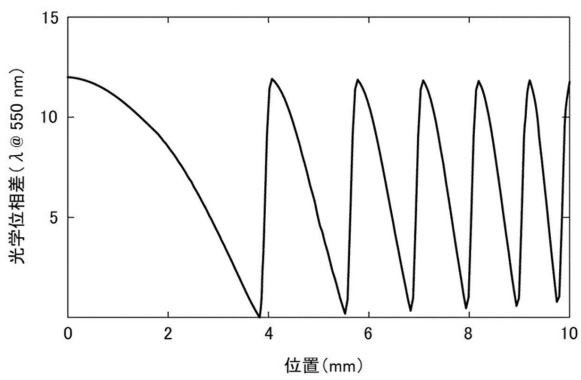
【図 10】



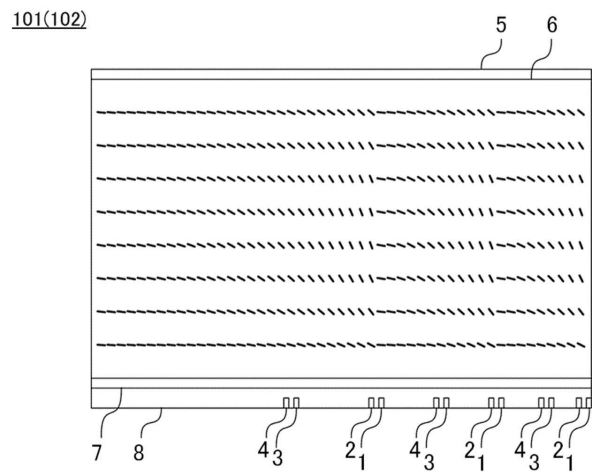
10

20

【図 11】




【図 12】

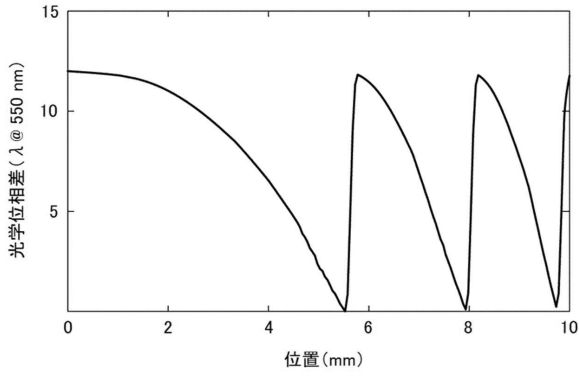



30

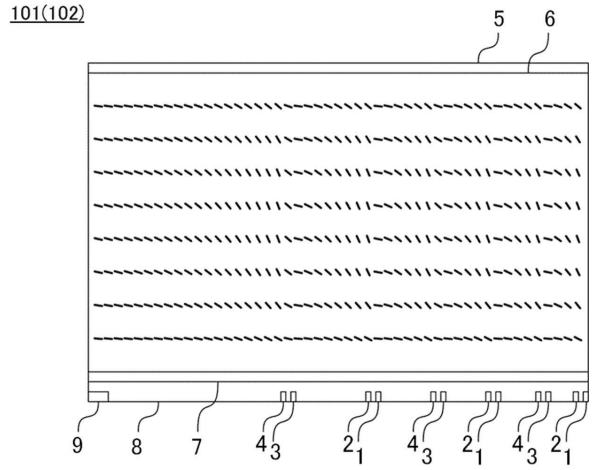
40

50


【 1 3】

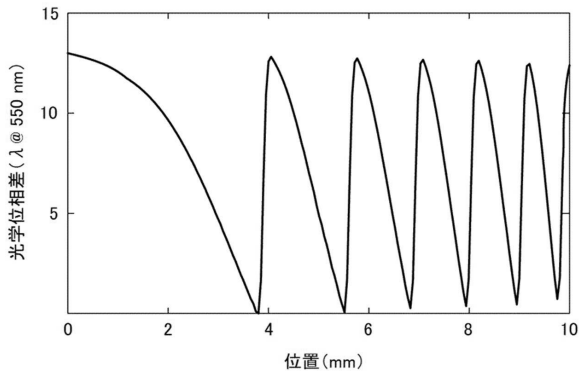



【 1 4】

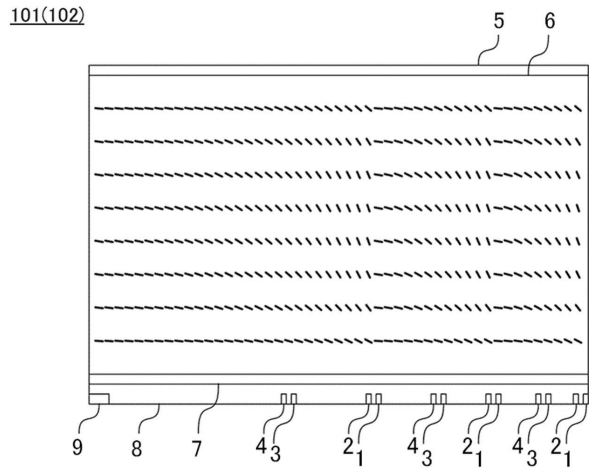


10

【 1 5】



【 1 6】




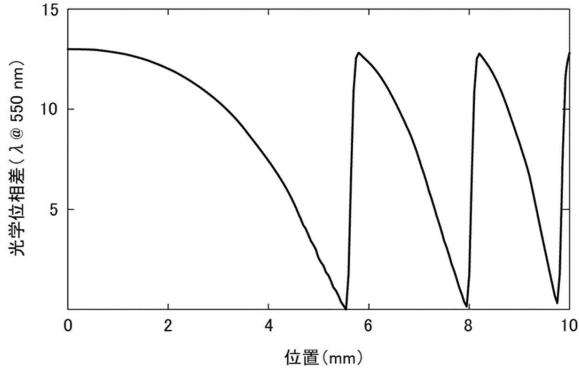
20


30

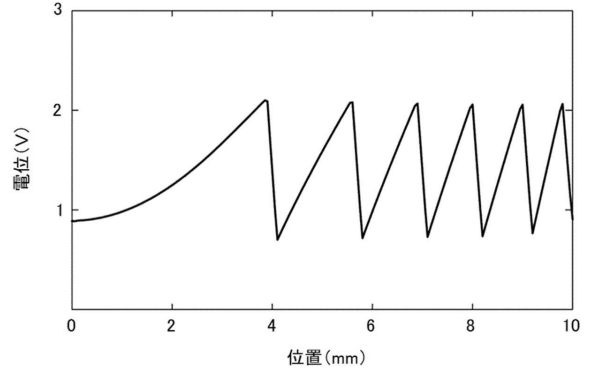
40

50


【 17】

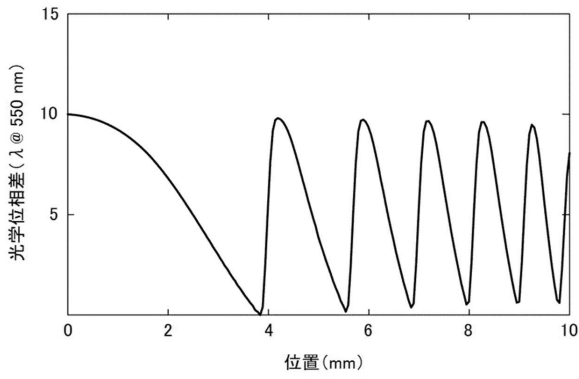



【 18】

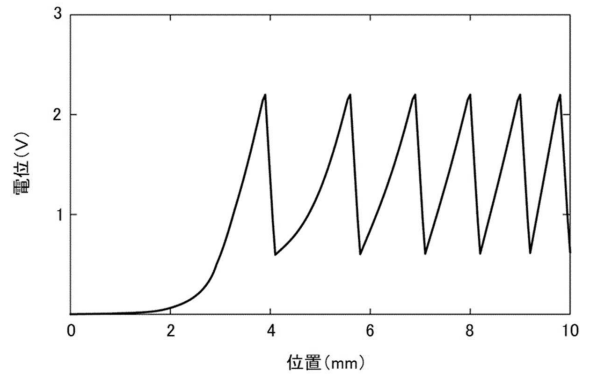


10


【 19】

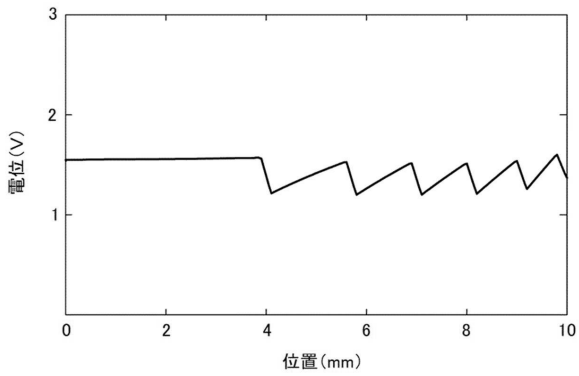


【 20】



20

【 21】



30

40

50

## フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2018/016390(WO, A1)  
特開2015-018200(JP, A)  
特開2018-036483(JP, A)  
特開2019-002977(JP, A)  
特開2008-089834(JP, A)  
特開2016-114899(JP, A)  
特開平05-100201(JP, A)  
米国特許出願公開第2019/0302567(US, A1)  
中国特許出願公開第109856867(CN, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G02C 7/02  
G02B 3/14  
G02C 11/00  
G02F 1/13