

(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
2015 年 7 月 2 日(02.07.2015)

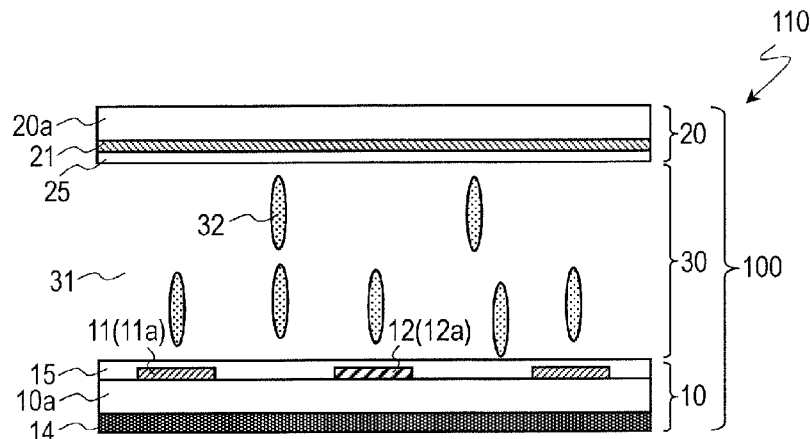


(10) 国際公開番号
WO 2015/098184 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/19 (2006.01) *G02B 5/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/072758
- (22) 国際出願日: 2014 年 8 月 29 日(29.08.2014)
- (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 2013-271537 2013 年 12 月 27 日(27.12.2013) JP
- (71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 森脇 弘幸(MORIWAKI Hiroyuki). 久保真澄(KUBO Masumi). 花岡 一孝(HANAOKA Kazutaka).
- (74) 代理人: 奥田 誠司(OKUDA Seiji); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜一丁目 8 番 1 6 号 大阪証券取引所ビル 10 階 奥田国際特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: OPTICAL DEVICE AND DISPLAY DEVICE PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称: 光学装置およびそれを備えた表示装置



(57) Abstract: An optical device (100) is provided with: a first substrate (10) and a second substrate (20) provided so as to face each other; an optical layer (30) provided between the first substrate and the second substrate; and a first electrode (11) and a second electrode (12) that can be given different potentials from each other. The optical layer includes a medium (31) and shape anisotropic particles (32) having shape anisotropy. The shape anisotropic particles change direction of orientation according to voltage applied to the optical layer. The voltage applied to the optical layer is an oscillating voltage having a first period with a relatively large absolute value and a second period with a relatively small absolute value that alternate.

(57) 要約: 光学装置 (100) は、互いに対向するように設けられた第 1 基板 (10) および第 2 基板 (20) と、第 1 基板および第 2 基板の間に設けられた光学層 (30) と、互いに異なる電位を与えられる第 1 電極 (11) および第 2 電極 (12) とを備える。光学層は、媒体 (31) と、媒体中に分散され、形状異方性を有する形状異方性粒子 (32) とを含む。形状異方性粒子は、光学層に印加された電圧に応じて配向方向が変化する。光学層に印加される電圧は、相対的に絶対値が大きい第 1 の期間と、相対的に絶対値が小さい第 2 の期間とを交互に有する振動電圧である。



WO 2015/098184 A1

明 細 書

発明の名称： 光学装置およびそれを備えた表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、光学装置に関し、特に、形状異方性粒子を含む光学層を備えた光学装置に関する。また、本発明は、そのような光学装置を備えた表示装置にも関する。

背景技術

[0002] 入射光の透過率（あるいは反射率）を制御する光学装置には、高いコントラスト比と高い光利用効率とが求められる。

[0003] 電圧の印加により光の透過率を制御する光学装置として、液晶パネルがよく知られている。液晶パネルは、一对の基板と、これらの基板間に設けられた液晶層とを備える。液晶パネルでは、液晶層に印加される電圧の大きさに応じて、液晶層中の液晶分子の配向が変化し、そのことにより、液晶パネルに入射した光の透過率が変化する。液晶パネルは、非常に高いコントラスト比が得られるので、表示装置に広く用いられている。

[0004] しかしながら、液晶パネルの多くは、偏光板を用いる方式であるので、表示に用いられる光の半分以上が偏光板で吸収されてしまう。そのため、光利用効率が低い。そこで、近年、偏光板を必要としない光学装置の開発が進められている。

[0005] 本願出願人は、特許文献 1 および 2 に、形状異方性部材を含む光変調層を備えた表示パネルを提案している。特許文献 1 および 2 の表示パネルでは、媒体中に分散された形状異方性部材を、光変調層への電界の印加によって回転（つまり配向方向を変化）させ、そのことによって光変調層の光透過率（または光反射率）を変化させる。

[0006] 上述した特許文献 1 および 2 の表示パネルは、偏光板を必要としないので、液晶パネルに比べ、光利用効率を高くすることができる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第2013/129373号

特許文献2：国際公開第2013/172374号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、本願発明者が詳細な検討を行ったところ、形状異方性部材を含む光変調層を備えた表示パネルでは、以下の問題があることがわかった。

[0009] 形状異方性部材の配向方向を変化させるためには、十分な電界強度が必要であるので、パネル内に電界強度の小さい領域が存在すると、その領域に存在する形状異方性部材の配向方向を十分に変化させることができない。そのため、その領域では光学特性（光透過率や光反射率）の変化度合いが小さくなってしまう。また、形状異方性部材が凝集していると、凝集した形状異方性部材は凝集物全体としては形状異方性を失って球状に近くなるとともにその配向方向を十分に変化させることができなくなるので、この場合も、光学特性の変化度合いが小さくなってしまう。

[0010] 本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、形状異方性粒子を含む光学層を備えた光学装置において、電圧の印加に応じて配向方向が変化する形状異方性粒子の割合（存在確率）を高くすることにある。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明の実施形態による光学装置は、互いに対向するように設けられた第1基板および第2基板と、前記第1基板および前記第2基板の間に設けられた光学層と、互いに異なる電位を与えられ得る第1電極および第2電極と、を備えた光学装置であって、前記光学層は、媒体と、前記媒体中に分散され、形状異方性を有する形状異方性粒子とを含み、前記形状異方性粒子は、前記光学層に印加された電圧に応じて配向方向が変化し、前記光学層に印加される電圧は、相対的に絶対値が大きい第1の期間と、相対的に絶対値が小さ

い第2の期間とを交互に有する振動電圧である。

[0012] ある実施形態において、前記第2の期間における前記振動電圧の絶対値は、前記第1の期間における前記振動電圧の絶対値の50%以下である。

[0013] ある実施形態において、前記第2の期間における前記振動電圧の絶対値は、前記振動電圧のピーク間電圧値の2%以下である。

[0014] ある実施形態において、前記第2の期間における前記振動電圧は略0Vである。

[0015] ある実施形態において、ある第1の期間における前記振動電圧と、別の第1の期間における前記振動電圧とは、互いに極性が逆である。

[0016] ある実施形態において、上述の構成を有する光学装置は、前記光学層に前記振動電圧を所定の時間印加した後、絶対値が略同じで極性が互いに逆の第3の期間および第4の期間を交互に有する交流電圧を前記光学層に印加し得る。

[0017] ある実施形態において、前記所定の時間は、5 msec以上5000 msec以下である。

[0018] ある実施形態において、前記所定の時間は、5 msec以上500 msec以下である。

[0019] ある実施形態において、上述の構成を有する光学装置は、前記光学層に前記振動電圧として横電界を印加し得る。

[0020] ある実施形態において、前記第1電極および前記第2電極は、前記第1基板側に設けられている。

[0021] ある実施形態において、前記第1電極および前記第2電極のそれぞれは、複数の枝部を有する櫛歯状電極であり、前記第1電極と前記第2電極とは、それぞれの前記複数の枝部が所定の間隙を介して噛合するように配置されており、前記第1電極の前記複数の枝部のそれぞれの幅を w_1 、前記第2電極の前記複数の枝部のそれぞれの幅を w_2 、前記所定の間隙を g とすると、 $w_1 < g$ および $w_2 < g$ の関係が満足される。

[0022] ある実施形態において、前記光学層側から、前記第1電極、絶縁体層およ

び前記第 2 電極がこの順に配置されており、前記第 1 電極は、複数の枝部または複数のスリットを有し、前記複数の枝部のそれぞれの幅を w_b 、前記複数の枝部のうちの隣接する 2 つの枝部間の距離を g_b 、前記複数のスリットのそれぞれの幅を w_s 、前記複数のスリットのうちの隣接する 2 つのスリット間の距離を g_s とすると、 $w_b < g_b$ または $w_s > g_s$ の関係が満足される。

[0023] ある実施形態において、上述の構成を有する光学装置は、前記光学層に前記振動電圧として縦電界を印加し得る。

[0024] ある実施形態において、上述の構成を有する光学装置は、前記第 2 基板側に設けられ、前記第 1 電極および前記第 2 電極に対向する第 3 電極をさらに備える。

[0025] ある実施形態において、上述の構成を有する光学装置は、1 Hz 以上 300 Hz 以下の周波数で駆動される。

[0026] ある実施形態において、上述の構成を有する光学装置は、1 Hz 以上 100 Hz 以下の周波数で駆動される。

[0027] ある実施形態において、前記媒体は、液晶材料である。

[0028] ある実施形態において、前記光学層に電圧が印加されていないとき、前記形状異方性粒子は、基板面に対して略垂直に配向している。

[0029] 本発明の実施形態による表示装置は、上述の構成を有する光学装置を備える。

発明の効果

[0030] 本発明の実施形態によれば、形状異方性粒子を含む光学層を備えた光学装置において、電圧の印加に応じて配向方向が変化する形状異方性粒子の割合（存在確率）を高くすることができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明の実施形態における表示装置 110 を模式的に示す断面図であり、図 2 中の 1A-1A' 線に沿った断面を示している。

[図2]表示装置 110 の第 1 電極 11 および第 2 電極 12 を模式的に示す平面図である。

[図3] (a) は、光学層 30 に電界が印加されていないときの表示装置 110 を模式的に示す図であり、(b) は、光学層 30 に横電界が印加されているときの表示装置 110 を模式的に示す図である。

[図4] 光学層 30 に縦電界が印加されているときの表示装置 110 を模式的に示す図である。

[図5] (a) は、光学層 30 に印加されている電界を横電界から縦電界に変化させた直後の光学層 30 の様子を示す図であり、(b) は、その後十分な時間が経過した後の光学層 30 の様子を示す図である。

[図6] 光学層 30 に横電界が印加されたときの液晶分子の配向状態のシミュレーション結果を示す図である。

[図7] 比較例の表示装置 610 の光学層 30 に印加される交流電圧の波形を示す図であり、複数フレームにわたって同じ階調レベルの表示が行われる場合の電圧波形を示している。

[図8] (a) ~ (d) は、比較例の表示装置 610 の光学層 30 に対して図 7 に示した波形の交流電圧が横電界として印加されたときの形状異方性粒子 32 の配向状態を示す図であり、それぞれ初期状態（つまり電圧無印加状態）、第 1 フレーム、第 2 フレームおよび第 3 フレームにおける配向状態を示している。

[図9] 本発明の実施形態における表示装置 110 の光学層 30 に印加される振動電圧の波形を示す図であり、複数フレームにわたって同じ階調レベルの表示が行われる場合の電圧波形を示している。

[図10] (a) ~ (d) は、本発明の実施形態における表示装置 110 の光学層 30 に対して図 9 に示した波形の振動電圧が横電界として印加されたときの形状異方性粒子 32 の配向状態を示す図であり、それぞれ初期状態（つまり電圧無印加状態）、第 1 フレーム、第 2 フレームおよび第 3 フレームにおける配向状態を示している。

[図11] 本発明の実施形態における表示装置 110 の光学層 30 に印加される振動電圧の波形の他の例を示す図である。

[図12] (a) および (b) は、本発明の実施形態における表示装置 110 の光学層 30 に印加される振動電圧の波形の他の例を示す図である。

[図13] (a) は、光学層 30 に振動電圧として横電界を印加した直後の形状異方性粒子 32 の配向状態を示す平面図であり、(b) は、印加電圧の小さな期間を経て再び大きな電圧が光学層 30 に印加されている期間における形状異方性粒子 32 の配向状態を示す平面図である。

[図14] 本発明の実施形態における表示装置 110 の他の構成を模式的に示す断面図であり、図 15 中の 14A-14A' 線に沿った断面を示している。

[図15] 表示装置 110 の第 1 電極 11 および第 2 電極 12 の他の構成を模式的に示す平面図である。

[図16] (a) および (b) は、光学層 30 に縦電界を印加することにより得られる効果を説明するための図である。

[図17] 本発明の実施形態における表示装置 110 の他の構成の例を模式的に示す断面図である。

[図18] (a) は、電圧無印加状態における光学層 30 の光学顕微鏡像であり、(b) ~ (d) は、光学層 30 に印加される電圧の波形を示す図であり、(e) ~ (g) は、それぞれ (b) ~ (d) に示す波形の電圧が印加されたときの光学層 30 の光学顕微鏡像である。

[図19] (a) ~ (h) は、振動電圧のピーク間電圧値と表示の明るさとの関係について検証を行った結果を説明するための図である。

[図20] 種々の電圧波形と反射率との関係を示す図である。

[図21] 本発明の実施形態における表示装置 110 の光学層 30 に印加される電圧の波形の例を示す図である。

[図22] 本発明の実施形態における表示装置 110 において、アクティブマトリクス駆動を行う場合の、各電極、TF T および配線の接続関係を示す図である。

[図23] 本発明の実施形態における表示装置 110 において、アクティブマトリクス駆動を行う場合の、各電極、TF T および配線の接続関係を示す図で

ある。

[図24]図22に示した構成におけるゲート信号、ソース信号および共通電圧の電圧波形の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。

[0033] 図1に、本実施形態における表示装置110を示す。図1は、表示装置110を模式的に示す断面図である（後述する図2中の1A-1A'線に沿った断面を示している）。

[0034] 表示装置110は、外部から入射する光（周囲光）を用いて反射モードで表示を行うことができる反射型表示装置である。表示装置110は、図1に示すように、表示パネル（光学装置）100を備え、マトリクス状に配列された複数の画素を有する。

[0035] 表示パネル100は、互いに対向するように設けられた第1基板10および第2基板20と、第1基板10および第2基板20の間に設けられた光学層（表示媒体層）30と、互いに異なる電位を与えられ得る第1電極11および第2電極12とを備える。また、表示パネル100は、第1電極11および第2電極12に対向する第3電極13をさらに備える。以下では、第1基板10および第2基板20のうちの、相対的に背面側に位置する第1基板10を「背面側基板」と呼ぶことがあり、相対的に前面側（つまり観察者側）に位置する第2基板20を「前面側基板」と呼ぶことがある。

[0036] 第1基板（背面側基板）10は、上述した第1電極11および第2電極12を有する。つまり、第1電極11および第2電極12は、第1基板10側に設けられている。第1電極11および第2電極12は、複数の画素のそれぞれに設けられている。第1電極11および第2電極12のそれぞれは、複数の枝部11a、12aを有する櫛歯状電極である。図2に、第1電極11および第2電極12の平面的な構造を示す。

[0037] 第1電極11は、図2に示すように、幹部11bと、幹部11bから延び

る複数の枝部 1 1 a とを有する。第 2 電極 1 2 は、同様に、幹部 1 2 b と、幹部 1 2 b から延びる複数の枝部 1 2 a とを有する。第 1 電極 1 1 と第 2 電極 1 2 とは、それぞれの複数の枝部 1 1 a、1 2 a が所定の間隙（以下では「電極間距離」と呼ぶこともある） g を介して噛合するように配置されている。

[0038] 電極間距離 g に特に制限はない。また、第 1 電極 1 1 の枝部 1 1 a の幅 w_1 および第 2 電極 1 2 の枝部 1 2 a の幅 w_2 にも特に制限はない。電極間距離 g 、第 1 電極 1 1 の枝部 1 1 a の幅 w_1 および第 2 電極 1 2 の枝部 1 2 a の幅 w_2 は、それぞれ例えば数 μm ～十数 μm 程度である。第 1 電極 1 1 の枝部 1 1 a の幅 w_1 と、第 2 電極 1 2 の枝部 1 2 a の幅 w_2 とは、同じであってもよいし、異なってもよい。ただし、後述するように、第 1 電極 1 1 の枝部 1 1 a の幅 w_1 、第 2 電極 1 2 の枝部 1 2 a の幅 w_2 および電極間距離 g は、 $w_1 < g$ および $w_2 < g$ の関係を満足することが好ましい。

[0039] また、第 1 基板 1 0 は、典型的には、アクティブマトリクス基板であり、各画素に設けられた薄膜トランジスタ（TFT）と、各種の配線（TFT に電氣的に接続されたゲート配線、ソース配線など）とを有する（いずれもここでは不図示）。第 1 電極 1 1 および第 2 電極 1 2 は、それぞれ対応する TFT に電氣的に接続されており、TFT を介してソース信号に対応した電圧を供給される。

[0040] 第 1 基板 1 0 は、さらに、光を吸収する光吸収層 1 4 を有する。光吸収層 1 4 の材料に特に制限はない。光吸収層 1 4 の材料としては、例えば、液晶表示装置等のカラーフィルタに含まれるブラックマトリクスの材料などに用いられる顔料を用いることができる。あるいは、光吸収層 1 4 として、二層構造の低反射クロム膜（クロム層と酸化クロム層とが積層された構造を有する）を用いることもできる。

[0041] 第 1 基板 1 0 の構成要素（上述した第 1 電極 1 1、第 2 電極 1 2 および光吸収層 1 4 など）は、絶縁性を有する基板（例えばガラス基板）1 0 a によって支持されている。なお、図 1（a）および（b）では、光吸収層 1 4 は

基板 10a の背面側に設けられているが、光吸収層 14 が基板 10a の光学層 30 側に設けられていてもよい。

[0042] 第 2 基板（前面側基板）20 は、上述した第 3 電極 21 を有する。つまり、第 3 電極 21 は、第 2 基板 20 側に設けられている。第 3 電極 21 は、スリットや切欠き部が形成されていない、いわゆるべた電極であってよい。また、第 3 電極 21 は、画素ごとに電氣的に独立している必要はなく、すべての画素に共通の連続した単一の導電膜（つまり共通電極）であってよい。第 3 電極 21 が、すべての画素に共通のべた電極であると、フォトリソグラフィ技術によるパターニングが不要となるので、製造コストを低減することができる。また、カラー表示を行う場合には、第 2 基板 20 は、カラーフィルタ（不図示）をさらに有する。また、第 3 電極 21 上に、オーバーコート層（誘電体層）を設けてもよい。オーバーコート層を設けることにより、横電界印加時に不可避免的に印加される縦電界を緩和することができるので、光学層 30 により強い横電界を印加することができるようになる。

[0043] 第 2 基板 20 の構成要素（上述した第 3 電極 21 など）は、絶縁性を有する基板（例えばガラス基板）20a によって支持されている。

[0044] 第 1 電極 11、第 2 電極 12 および第 3 電極 21 のそれぞれは、ITO（インジウム錫酸化物）やIZO（インジウム亜鉛酸化物）などの透明導電材料から形成されている。これらの電極となる導電膜を堆積する方法に特に制限はなく、スパッタリング法、真空蒸着法、プラズマCVD法等、公知の種々の方法を用いることができる。また、櫛歯状電極である第 1 電極 11 および第 2 電極 12 を形成するために導電膜をパターニングする方法にも特に制限はなく、フォトリソグラフィ等の公知のパターニング方法を用いることができる。第 1 電極 11、第 2 電極 12 および第 3 電極 21 の厚さは、例えば、100nmである。

[0045] 光学層（表示媒体層）30 は、液状の媒体 31 と、媒体 31 中に分散され、形状異方性を有する粒子（以下では「形状異方性粒子」と呼ぶ）32 とを含む。上述した第 1 基板 10 および第 2 基板 20 は、表示領域を包囲するよ

うに形成されたシール部（ここでは不図示）を介して貼り合わされており、媒体 31 および形状異方性粒子 32 は、シール部に包囲された領域（つまり表示領域）内に封入されている。光学層 30 の厚さ（セルギャップ）に特に制限はない。光学層 30 の厚さは、例えば、 $5\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ である。

[0046] 形状異方性粒子 32 は、光反射性を有する。形状異方性粒子 32 は、例えばフレーク状（薄片状）である。

[0047] 形状異方性粒子 32 は、光学層 30 に印加された電圧（つまり印加された電界）に応じて配向方向が変化する。形状異方性粒子 32 は、形状異方性を有しているので、形状異方性粒子 32 の配向方向が変化すると、形状異方性粒子 32 の基板面（第 1 基板 10 の基板面）への投影面積も変化し、それに伴って、光学層 30 の光学特性（ここでは反射率）が変化する。本実施形態の表示装置 110 では、そのことを利用して表示が行われる。形状異方性粒子 32 の配向方向が印加電圧に応じて変化する理由については、後に詳述する。

[0048] 本実施形態の表示装置 110 では、媒体 31 は、液晶材料であり、液晶分子を含んでいる。ここでは、液晶材料は、正の誘電異方性を有する。つまり、媒体 31 は、いわゆるポジ型の液晶材料であり、液晶分子の長軸方向の誘電率 $\varepsilon_{//}$ は、短軸方向の誘電率 $\varepsilon_{\perp}$ よりも大きい。

[0049] 第 1 基板 10 および第 2 基板 20 のそれぞれは、光学層 30 側に設けられた垂直配向膜 15 および 25 を有する。垂直配向膜 15 および 25 は、後に詳述するように、形状異方性粒子 32 を基板面（第 1 基板 10 または第 2 基板 20 の基板面）に対して略垂直に配向させる配向規制力を有する。また、ここでは、垂直配向膜 15 および 25 は、媒体（液晶材料）31 に含まれる液晶分子を基板面（第 1 基板 10 または第 2 基板 20 の基板面）に対して略垂直に配向させる配向規制力も有する。なお、必ずしも第 1 基板 10 および第 2 基板 20 の両方に垂直配向膜が設けられている必要はなく、一方のみ（例えば第 1 基板 10 のみ）に垂直配向膜が設けられていてもよい。

[0050] 以下、図 3（a）および（b）を参照しながら、形状異方性粒子 32 の配

向方向が印加電圧（印加電界）に応じて変化する理由をより具体的に説明する。図3（a）は、光学層30に電界が印加されていないときの表示装置110を模式的に示す図であり、図3（b）は、光学層30に横電界が印加されているときの表示装置110を模式的に示す図である。

[0051] 光学層30に電界が印加されていない場合、図3（a）に示すように、形状異方性粒子32は、垂直配向膜15および25の配向規制力によって、（その長手方向が）第1基板10の基板面に対して略垂直になるように配向している（つまり垂直配向状態をとる）。また、垂直配向膜15および25の配向規制力によって液晶分子が基板面に略垂直に配向することが、形状異方性粒子32が垂直配向状態をとることをサポートするように働く。この状態において、入射した周囲光Lの多くは光学層30を透過する。つまり、光学層30は透明状態となる。光学層30を透過した周囲光は、光吸収層14で吸収されるので、この状態において、黒表示を行うことができる。なお、本願明細書において、「形状異方性粒子32が基板面に対して略垂直に配向している」とは、形状異方性粒子32が、基板面に対して厳密に垂直に配向している状態と実質的に同程度の光学特性を示すような角度で配向している状態を指し、具体的には、形状異方性粒子32が基板面に対して 75° 以上の角度で配向した状態を指す。

[0052] 第1電極11と第2電極12との間に所定の電圧が印加されると、図3（b）に示すように、光学層30に横電界が生成される。図3（b）には、電界の向きが矢印Eで示されている。図3（b）からわかるように、電界の向きEは、第1基板10の基板面に対して略平行（光学層30の厚さ方向に略垂直）である。

[0053] このとき、形状異方性粒子32は、図3（b）に示すように、（その長手方向が）第1基板10の基板面に略平行になるように配向する（つまり水平配向状態をとる）。また、液晶分子も、第1基板10の基板面に略平行に配向する。この状態において、入射した周囲光Lの多くは光学層30中の形状異方性粒子32で反射される。つまり、光学層30は反射状態となり、この

状態において、白表示を行うことができる。また、白表示時よりも低い電圧を印加することにより、中間調表示を行うこともできる。

[0054] また、本実施形態における表示装置 110 は、第 1 電極 11 および第 2 電極 12 に対向する第 3 電極 21 を有しているので、図 4 に示すように、光学層 30 に縦電界を印加することもできる。第 1 電極 11 および第 2 電極 12 と、第 3 電極 21 との間に所定の電圧が印加されると、光学層 30 に縦電界が生成される。図 4 にも、電界の向きが矢印 E で示されている。図 4 からわかるように、電界の向き E は、第 1 基板 10 の基板面に対して略垂直（光学層 30 の厚さ方向に略平行）である。

[0055] このとき、形状異方性粒子 32 は、図 4 に示すように、（その長手方向が）第 1 基板 10 の基板面に略垂直になるように配向する（つまり垂直配向状態をとる）。また、液晶分子も、第 1 基板 10 の基板面に略垂直に配向する。この状態において、入射した周囲光 L の多くは光学層 30 を透過する。つまり、光学層 30 は透明状態となる。光学層 30 を透過した周囲光は、光吸収層 14 で吸収されるので、この状態において、黒表示を行うことができる。

[0056] 上述したような形状異方性粒子 32 の配向変化は、電界とそれによって誘起された電気双極子モーメントとの相互作用による誘電泳動力に起因している。以下、図 5（a）および（b）を参照しながら、より具体的に説明を行う。図 5（a）および（b）は、光学層 30 に印加されている電界を横電界から縦電界に変化させた直後、およびその後十分な時間が経過した後の、光学層 30 の様子（電荷の分布および電気力線）を示す図である。

[0057] 形状異方性粒子 32 の誘電率と、媒体 31 の誘電率とが異なっている場合、光学層 30 への印加電界の方向が変化すると、図 5（a）に示すように、電気力線に大きな歪みが生じる。そのため、形状異方性粒子 32 は、図 5（b）に示すように、エネルギーが最小となるように回転する。

[0058] 一般に、媒体中に分散された粒子に働く誘電泳動力 F_{dep} は、粒子の誘電率を ϵ_p 、媒体の誘電率を ϵ_m 、粒子の半径を a 、電界の強さを E とすると、下記式

(1) で表される。式 (1) 中の Re は、実部を取り出す演算子である。なお、本実施形態では、媒体 31P は、液晶材料であり、誘電異方性を有している。つまり、液晶分子 31a の長軸方向の誘電率 $\epsilon_{//}$ と短軸方向の誘電率 $\epsilon_{\perp}$ とが異なっており、 $\epsilon_m = \epsilon_{//} - \epsilon_{\perp} = \Delta\epsilon$ に相当すると考えられる。

[0059] [数1]

$$F_{\text{dep}} = 2\pi\epsilon_m \cdot a^3 \cdot \text{Re} \cdot \left(\frac{\epsilon_p - \epsilon_m}{\epsilon_p + 2\epsilon_m} \right) \cdot \nabla |E|^2 \cdots (1)$$

[0060] また、既に説明したことからもわかるように、上記の誘電泳動力以外に垂直配向膜 15 および 25 の配向規制力と液晶分子のサポートとにより形状異方性粒子 32 に垂直配向状態を発現させることにより、形状異方性粒子 32 の垂直配向動作および水平配向動作の切り替えを好適に行うことができる。

[0061] 上述したように、本実施形態における表示装置 110 では、光学層 30 への電圧の印加により、形状異方性粒子 32 の配向方向を変化させることができ、そのことを利用して表示を行うことができる。表示装置 110 は、偏光板を必要としないので、高い光利用効率を実現することができる。

[0062] ただし、光学層 30 に単純に電圧を印加しただけでは、電界強度の小さい領域の形状異方性粒子 32 の配向方向を十分に変化させることができず、その領域では光学特性（ここでは光反射率）の変化度合いが小さくなってしまふ。電界強度の小さい領域は、図 1 などに例示した構造では、第 1 電極 11 および第 2 電極 12 の枝部 11a および 12a の幅方向における中央上の領域や、第 2 基板 20 近傍の領域（つまり横電界を生成する第 1 電極 11 および第 2 電極 12 から遠い領域）である。図 3 (b) には、これらの領域における形状異方性粒子 32 の配向方向が変化していない様子が示されている。また、図 3 (a) および (b) には、凝集した形状異方性粒子 32 も示されている（凝集物全体には参照符号「32c」が付されている）。このように凝集した形状異方性粒子 32 も、その配向方向を十分に変化させることができない。さらに、凝集した形状異方性粒子 32 は、凝集物全体 32c として

は球状に近くなり、形状異方性を失っている。

[0063] 図6に、光学層30に横電界が印加されたときの液晶分子の配向状態のシミュレーション結果を示す。図6には、横電界印加時の液晶分子の配向方向（ダイレクタ） D_i および等電位線 E_q が示されている。媒体31である液晶材料がポジ型である場合、形状異方性粒子32の配向方向の変化は、液晶分子の配向方向の変化に追従するので、ダイレクタ D_i を形状異方性粒子32の配向方向と見なすことができる。なお、シミュレーションには、JEDA社製のExpert LCDを用いた。また、シミュレーションパラメータは、下記表1に示す通りである。

[0064] [表1]

液晶材料	ne	1.6010
	no	1.4796
	Δn	0.1214
	$\epsilon_{//}$	24.7
	$\epsilon_{\perp}$	4.3
	$\Delta \epsilon$	20.4
	γ_1	163mPa・s
	K1	12.1pN
	K3	13.9pN
光学層の厚さ		20 μ m
プレチルト角		90°

[0065] 図6に示すように、第1電極11および第2電極12の枝部11aおよび12aの幅方向における中央上の領域では、横電界が発生しないので、ダイレクタ D_i は変化せず、液晶分子は垂直配向状態のままである。また、第2基板20近傍の領域Bには、横電界が届かないので、ダイレクタ D_i は変化せず、液晶分子は垂直配向状態のままである。そのため、上述した領域AおよびBでは、形状異方性粒子32は、垂直配向状態のままである。

[0066] 上記の問題に鑑み、本願発明者が鋭意検討を重ねたところ、光学層30に印加される電圧を、相対的に絶対値が大きい第1の期間と、相対的に絶対値が小さい第2の期間とを交互に有する振動電圧とすることにより、電圧の印加に応じて配向方向が変化する形状異方性粒子32の割合（存在確率）を高くし得ることを見出した。以下、このことを、単純な交流駆動が行われる比較例の表示装置610と比較しながら説明する。

[0067] 図7に、比較例の表示装置610の光学層30に印加される交流電圧の波形を示し、図8(a)～(d)に、比較例の表示装置610の光学層30に対して図7に示した波形の交流電圧が横電界として印加されたときの形状異方性粒子32の配向状態を示す。図7は、複数フレームにわたって同じ階調レベル（当然最低階調以外の階調レベルである）の表示が行われる場合の電圧波形を示している。図8(a)～(d)は、それぞれ初期状態（つまり電圧無印加状態）、第1フレーム、第2フレームおよび第3フレームにおける配向状態を示している。なお、図8(a)～(d)では、比較例の表示装置610の構成要素のうち、表示装置110の構成要素と同じ機能を有する構成要素に同じ参照符号を付している。

[0068] 図7に示す交流電圧は、2フレーム（つまり2垂直走査期間）を周期とする矩形波であり、絶対値が同じで極性が互いに逆の2種類の期間を交互に有する。つまり、奇数フレーム（第1フレーム、第3フレーム、・・・）における電圧 V_{p1} の絶対値と、偶数フレーム（第2フレーム、第4フレーム、・・・）における電圧 V_{p2} の絶対値とは同じで、フレーム間で極性が反転する。

[0069] 比較例の表示装置610では、図8(b)～(d)に示すように、第1電極11および第2電極12の枝部11aおよび12aの幅方向における中央上の領域や、第2基板20近傍の領域では、形状異方性粒子32の配向方向が変化しない。

[0070] 図9に、本実施形態の表示装置110の光学層30に印加される振動電圧の波形を示し、図10(a)～(d)に、本実施形態の表示装置110の光

学層 30 に対して図 9 に示した波形の振動電圧が横電界として印加されたときの形状異方性粒子 32 の配向状態を示す。図 9 は、複数フレームにわたって同じ階調レベル（当然最低階調以外の階調レベルである）の表示が行われる場合の電圧波形を示している。図 10（a）～（d）は、それぞれ初期状態（つまり電圧無印加状態）、第 1 フレーム、第 2 フレームおよび第 3 フレームにおける配向状態を示している。

[0071] 図 9 に示す振動電圧は、2 フレーム（つまり 2 垂直走査期間）を周期とする矩形波であり、相対的に絶対値が大きい第 1 の期間と、相対的に絶対値が小さい第 2 の期間とを交互に有する。第 1 の期間である奇数フレーム（第 1 フレーム、第 3 フレーム、・・・）における電圧 V_{p1} の絶対値は、第 2 の期間である偶数フレーム（第 2 フレーム、第 4 フレーム、・・・）における電圧 V_{p2} の絶対値よりも大きい。図 9 に示す例では、第 1 の期間における電圧 V_{p1} および第 2 の期間における電圧 V_{p2} は、ともに 0 V（接地電位 GND）よりも大きい。従って、フレーム間で極性は反転しない。

[0072] 第 1 フレームでは、図 10（b）に示すように、相対的に大きな電圧 V_{p1} が光学層 30 に印加されることにより、形状異方性粒子 32 の配向方向が変化し、形状異方性粒子 32 は水平配向状態となる。また、不図示の液晶分子も水平配向成分が増加した状態となる。ただし、このとき、電界強度の小さい領域における形状異方性粒子 32 の配向方向は変化していない。

[0073] 第 2 フレームでは、相対的に小さな電圧 V_{p2} が光学層 30 に印加されることにより、水平配向成分が増加した状態をとっていた液晶分子が再び垂直配向状態をとるようにその配向方向を変化させる。この配向方向の変化（液晶分子の振動）が、媒体 31 の揺動現象である。このことにより、図 10（c）に示すように、電界強度の小さい領域の形状異方性粒子 32 が、電界強度の大きい領域に移動する。また、上記の揺動現象により、凝集していた形状異方性粒子 32 の凝集状態が解かれる。

[0074] 第 3 フレームでは、再び大きな電圧 V_{p1} が光学層 30 に印加される。このとき、電界強度の小さい領域にあった形状異方性粒子 32 は、第 2 フレー

ムにおいて電界強度の大きい領域に移動しているため、第1フレームよりも多くの形状異方性粒子32が水平配向状態をとる。また、このとき、凝集状態を解いた形状異方性粒子32も水平配向状態をとる。

[0075] 上述したように、本実施形態の表示装置110では、相対的に絶対値が大きい第1の期間と、相対的に絶対値が小さい第2の期間とを交互に有する振動電圧を光学層30に印加することにより、電界強度の大きい領域の形状異方性粒子32だけでなく、もともと電界強度の小さい領域にあった形状異方性粒子32の配向方向も変化させることができる。従って、光学特性（光反射率）の変化度合いを十分に大きくすることができ、より明るい表示を実現することができる。

[0076] 媒体31をより強く揺動して電界強度の小さい領域における形状異方性粒子32をより多く移動させるためには、第2の期間における振動電圧の絶対値 V_{p2} は、第1の期間における振動電圧の絶対値 V_{p1} の50%以下であることが好ましい。また、第2の期間における振動電圧 V_{p2} は、図11に示すように、略0Vであることがより好ましい。第2の期間における振動電圧 V_{p2} が略0Vであることにより、媒体31をもっとも強く揺動することができ、本実施形態のように媒体31が液晶材料である場合には、ダイレクタ D_i の変化をもっとも大きくすることができる。

[0077] なお、光学層30に印加される振動電圧の波形は、図9および図11に例示したものに限定されない。例えば、図12(a)および(b)に示すような波形の振動電圧を光学層30に印加してもよい。

[0078] 図12(a)および(b)に示す振動電圧は、それぞれ4フレーム（4垂直走査期間）および12フレーム（12垂直走査期間）を周期とする矩形波であり、相対的に絶対値が大きい第1の期間と、相対的に絶対値が小さい第2の期間とを交互に有する。図12(a)に示す例では、ある第1の期間（例えば第1フレーム）における振動電圧 V_{p1} と、別の第1の期間（例えば第3フレーム）における振動電圧 V_{p1}' とは、互いに極性が逆である。また、図12(b)に示す例においても、ある第1の期間（例えば第1フレー

ム)における振動電圧 V_{p1} と、別の第1の期間(例えば第7フレーム)における振動電圧 V_{p1}' とは、互いに極性が逆である。つまり、図12(a)および(b)に示す例では、振動電圧は、極性が反転した成分を含んでいる。そのため、同極性の電圧が印加され続けることによる媒体31の劣化を抑制することができる。極性を反転させるタイミングに特に限定はないが、媒体31の劣化をより確実に抑制する観点からは、なるべく短い周期で極性が反転することが好ましく、図12(a)に示すように、電圧が正極性である第1の期間と、電圧が負極性である第1の期間とが第2の期間を挟んで交互であることが好ましい。また、極性反転を行うことにより、形状異方性粒子32の移動方向(左右および/または上下)の移動方向を反転させることができるので、形状異方性粒子32の移動範囲を拡大することができるという効果も得られる。

[0079] 本実施形態のように、光学層30に振動電圧として横電界を印加すると、図13(a)および(b)に示すように、電界強度の小さい領域の形状異方性粒子32を、光学層30の層面内方向において移動させることが容易であり、層面内で配向方向が変化する(ここでは水平配向状態をとる)形状異方性粒子32の存在確率を高くすることができる。図13(a)は、光学層30に振動電圧として横電界を印加した直後の形状異方性粒子32の配向状態を示す平面図(図10(b)に対応)であり、図13(b)は、印加電圧の小さな期間を経て再び大きな電圧が光学層30に印加されている期間における形状異方性粒子32の配向状態を示す平面図(図10(d)に対応)である。

[0080] なお、光学層30に振動電圧として横電界を印加し得る構成(つまり第1基板10側に第1電極11および第2電極12が設けられている構成)においては、第1電極11の枝部11aの幅 w_1 および第2電極12の枝部12aの幅 w_2 のそれぞれは、電極間距離 g よりも小さいことが好ましい。つまり、 $w_1 < g$ および $w_2 < g$ の関係が満足されることが好ましい。既に説明したように、枝部11aおよび12a上には横電界が生成されない領域が存在するの

で、枝部 1 1 a および 1 2 a の幅 w_1 および w_2 を相対的に小さくし、電極間距離 g を相対的に大きくすることにより、横電界が生成される領域の割合を大きくすることができ、より多くの形状異方性粒子 3 2 に横電界を作用させることができる。

[0081] なお、これまでの説明は、図 1 および図 2 に示した電極構造を例としたが、表示パネル 1 0 0 の電極構造は、これに限定されるものではない。例えば、図 1 4 および図 1 5 に示すような電極構造を採用してもよい。

[0082] 図 1 および図 2 に示した例では、第 1 電極 1 1 および第 2 電極 1 2 は、同じレベル（高さ）に設けられている。これに対し、図 1 4 および図 1 5 に示す例では、第 1 電極 1 1 および第 2 電極 1 2 は、互いに異なるレベルに設けられている。具体的には、第 1 基板 1 0 は、図 1 4 に示すように、第 2 電極 1 2 上に形成された絶縁体層（誘電体層） 1 6 を有し、この絶縁体層 1 6 上に第 1 電極 1 1 が形成されている。つまり、この例では、光学層 3 0 側から、第 1 電極 1 1、絶縁体層 1 6 および第 2 電極 1 2 がこの順に配置されている。

[0083] 第 1 電極 1 1 は、複数の枝部 1 1 a および複数のスリット 1 1 c を有する。また、第 2 電極 1 2 は、スリットを有しておらず、画素のほとんど全ての領域を覆うように形成されている（つまりいわゆるべた電極である）。

[0084] 図 1 4 および図 1 5 に示す電極構造を採用した場合でも、第 1 電極 1 1 と第 2 電極 1 2 との間に所定の電圧を印加することによって、光学層 3 0 に横電界を生成することができる。図 1 4 および図 1 5 に示す電極構造を採用する場合、第 1 電極 1 1 の枝部 1 1 a の幅 w_b および隣接する 2 つの枝部 1 1 a 間の距離 g_b は、 $w_b < g_b$ の関係を満足することが好ましい。言い換えると、スリット 1 1 c の幅 w_s および隣接する 2 つのスリット 1 1 c 間の距離 g_s は、 $w_s > g_s$ の関係を満足することが好ましい。

[0085] また、光学層 3 0 に振動電圧として縦電界を印加してもよい。光学層 3 0 に振動電圧として縦電界を印加すると、電界強度の小さい領域の形状異方性粒子 3 2 を、光学層 3 0 の層法線方向において移動させることが容易である

。例えば、図 1 6 (a) に示すように、形状異方性粒子 3 2 を横電界が有効に作用する領域 R 内に移動させたり、図 1 6 (b) に示すように、基板に貼り付いた形状異方性粒子 3 2 を光学層 3 0 の中央側に移動させたりすることができる。また、図 1 6 (a) および (b) に示すように、凝集した形状異方性粒子 3 2 の凝集状態を解く効果も得られる。

[0086] なお、本実施形態では、第 2 基板 2 0 側に第 3 電極 2 1 が設けられているが、図 1 7 に示すように、第 2 基板 2 0 側の第 3 電極 2 1 は省略されてもよい。光学層 3 0 を電圧無印加状態にすることにより、形状異方性粒子 3 2 は垂直配向状態をとるからである。ただし、応答速度の観点からは、第 2 基板 2 0 側に第 3 電極 2 1 が設けられた構成（つまり光学層 3 0 に縦電界が印加され得る構成）を採用することが好ましい。つまり、光学層 3 0 に縦電界が生成された状態と、光学層 3 0 に横電界が生成された状態とを切り替えることによって表示が行われることが好ましい。前者の状態から後者の状態への変化、および、後者の状態から前者の状態への変化は、いずれも印加電界の方向を変化させることにより行われるので、十分な応答速度を実現することができる。

[0087] ここで、図 1 8 (a) ~ (g) を参照しながら、上述したような振動電圧の印加により、配向方向が変化する形状異方性粒子 3 2 の割合（存在確率）を高くし得ることを検証した結果を説明する。図 1 8 (a) は、電圧無印加状態における光学層 3 0 の光学顕微鏡像である。図 1 8 (b) ~ (d) は、光学層 3 0 に印加される電圧の波形を示している。図 1 8 (e) ~ (g) は、それぞれ図 1 8 (b) ~ (d) に示す波形の電圧が印加されたときの光学層 3 0 の光学顕微鏡像である。なお、図 1 8 (a) および (e) ~ (g) の光学顕微鏡像は、光学層 3 0 を第 1 基板 1 1 側から観察したものである。

[0088] 図 1 8 (a) に示すように、電圧無印加状態の光学層 3 0 では、形状異方性粒子 3 2 が垂直配向状態をとっている。

[0089] 図 1 8 (b) に示す単純な交流電圧 ($V_{p1} = +10\text{ V}$ 、 $V_{p2} = -10\text{ V}$) を光学層 3 0 に印加すると、図 1 8 (e) に示すように、一部の形状異

方性粒子 32 は水平配向状態をとるものの、他の形状異方性粒子 32 は垂直配向状態のままである。

[0090] これに対し、図 18 (c) に示す振動電圧 ($V_{p1} = +10V$ 、 $V_{p2} = 0V$) を光学層 30 に印加すると、図 18 (f) に示すように、多くの形状異方性粒子 32 が水平配向状態をとる。

[0091] また、図 18 (d) に示すような 2 種類の振動電圧 ($V_{p1} = +10V$ 、 $V_{p2} = 0V$ の振動電圧と、 $V_{p1} = -10V$ 、 $V_{p2} = 0V$ の振動電圧) を光学層 30 に交互に繰り返し印加する (つまり極性反転を行う) と、図 18 (g) に示すように、いっそう多くの形状異方性粒子 32 が水平配向状態をとる。

[0092] このように、光学層 30 に印加される電圧を、相対的に絶対値が大きい第 1 の期間と、相対的に絶対値が小さい第 2 の期間とを交互に有する振動電圧とすることにより、配向方向が変化する形状異方性粒子 32 の割合 (存在確率) を高くし得ることが確認された。

[0093] 振動電圧のピーク間電圧値 (ピークピーク値) は、単純な交流駆動を行う場合の交流電圧のピーク間電圧値の 50% より大きいことが好ましい。以下、図 19 を参照しながら、振動電圧のピーク間電圧値と表示の明るさとの関係について検証を行った結果を説明する。図 19 (a) ~ (d) は、電圧波形を示しており、図 19 (e) ~ (h) は、それぞれ図 19 (a) ~ (d) に示す波形の電圧を光学層 30 に印加したときの表示装置の写真である。なお、検証に際しては、試作した表示装置の第 2 電極 12 および第 3 電極 21 を接地電位にするとともに、第 1 電極 11 にファンクションジェネレータから図 19 (a) ~ (d) に示す波形の電圧を入力した。駆動周波数は 60 Hz とした。図 19 (e) ~ (h) に示す写真は、同一の露出条件で撮影した。

[0094] 図 19 (a) には、ピーク間電圧値が $10V_{pp}$ ($V_{p1} = -10V$ 、 $V_{p2} = 0V$) である振動電圧が示されており、図 19 (b) には、ピーク間電圧値が $9V_{pp}$ ($V_{p1} = -10V$ 、 $V_{p2} = -1V$) である振動電圧が

示されている。また、図19(c)には、ピーク間電圧値が5 V_{pp} (V_{p1} = -10 V、V_{p2} = -5 V) である振動電圧が示されており、図19(d)には、ピーク間電圧値が10 V_{pp} (V_{p1} = -5 V、V_{p2} = +5 V) である交流電圧が示されている。

[0095] 図19(g)と図19(h)との比較からわかるように、図19(c)に示したピーク間電圧値が5 V_{pp}の振動電圧の場合、図19(d)に示したピーク間電圧値が10 V_{pp}の交流電圧の場合と同等の明るさである。

[0096] これに対し、図19(f)と図19(h)との比較からわかるように、図19(b)に示したピーク間電圧値が9 V_{pp}の振動電圧の場合、図19(d)に示した交流電圧の場合よりも約15%~25%明るい表示が実現される。

[0097] また、図19(e)と図19(h)との比較からわかるように、図19(a)に示したピーク間電圧値が10 V_{pp}の振動電圧の場合、図19(d)に示した交流電圧の場合よりも約20%~30%明るい表示が実現される。

[0098] 上記の検証結果からもわかるように、振動電圧のピーク間電圧値が、単純な交流駆動を行う場合の交流電圧のピーク間電圧値の50%より大きいことにより、単純な交流駆動を行う場合よりも明るい表示を行うことができる。

[0099] 図20に、種々の電圧波形と反射率との関係を示す。図20には、波形(1)~(6)の6つの波形が示されている。波形(1)は、ピーク間電圧値が10 V_{pp} (V_{p1} = -10 V、V_{p2} = 0 V)の振動電圧を示しており(図19(a)に対応)、波形(2)は、ピーク間電圧値が9 V_{pp} (V_{p1} = -10 V、V_{p2} = -1 V)の振動電圧を示している(図19(b)に対応)。また、波形(3)は、ピーク間電圧値が5 V_{pp} (V_{p1} = -10 V、V_{p2} = -5 V)の振動電圧を示しており(図19(c)に対応)、波形(4)は、ピーク間電圧値が20 V_{pp} (V_{p1} = -10 V、V_{p2} = +10 V)の交流電圧を示している。また、波形(5)は、ピーク間電圧値が5 V_{pp} (V_{p1} = -5 V、V_{p2} = 0 V)の振動電圧を示しており、波形(6)は、ピーク間電圧値が10 V_{pp} (V_{p1} = -5 V、V_{p2} = +5 V

）の交流電圧を示している（図 19（d）に対応）。

[0100] 図 20 は、図中の左側に位置する波形ほど、原理的には反射率が高くなることを示している。つまり、液晶分子の揺動の程度が大きくなるほど（つまり V_{p1} および V_{p2} の絶対値の差が大きくなるほど）、また、電界が強くなるほど（つまり V_{p1} （および V_{p2} ）の絶対値が大きくなるほど）、反射率が高くなる。

[0101] なお、図 20 の波形（3）および（6）に着目するとわかるように、本来は、図 19（c）に示した振動電圧の印加を行うと、図 19（d）に示した交流電圧の印加を行った場合よりも、表示の明るさが向上すると考えられる。図 19 を参照しながら説明した検証結果でそうっていないのは、試作した表示装置では、5 V 程度の電圧でも横電界が有効に作用する形状異方性粒子 32 がほとんど水平配向したことや、液晶分子の揺動の効果が十分でなかった（凝集を解くのに十分なピーク間電圧値で無かった）ことが原因であると思われる。

[0102] また、上述したような振動電圧の印加を行う場合、第 2 の期間においては、形状異方性粒子 32 を垂直配向状態に戻すような配向規制力が形状異方性粒子 32 に働くことになるが、そのことによる明るさの低下は問題とならない。形状異方性粒子 32 の応答速度は、液晶分子の応答速度に比べると遅いので、第 2 の期間が媒体 31 の揺動に十分な長さ（例えば 60 Hz 駆動における 1 フレーム）であったとしても形状異方性粒子 32 は第 2 の期間内で垂直配向状態には戻らないからである。

[0103] なお、上述したような振動電圧を印加する駆動を所定の時間行った後、通常の交流駆動に切り替えてもよい。図 21 に、このような駆動の切り替えを行う場合の電圧波形の一例を示す。

[0104] 図 21 の例では、図中の左側に示されているような振動電圧（ $V_{p1} = -10\text{ V}$ 、 $V_{p2} = 0\text{ V}$ ）が光学層 30 に所定の時間印加された後、図中の右側に示されているような、絶対値が略同じで極性が互いに逆の第 3 の期間（ $V_{p3} = -5\text{ V}$ ）および第 4 の期間（ $V_{p4} = +5\text{ V}$ ）を交互に有する交流

電圧が光学層 30 に印加される。

- [0105] 振動電圧を印加する駆動によって電界強度の小さい領域の形状異方性粒子 32 を移動させて表示が十分に明るくなったところで通常の交流駆動に切り替えることにより、第 1 基板 10 への形状異方性粒子 32 の貼り付きを抑制して信頼性を向上させることができる。一方、上述したような駆動の切り替えを行わない場合（つまり振動電圧を印加する駆動をずっと行う場合）、駆動を単純化できるという利点を得られる。
- [0106] 図 21 に示したような駆動の切り替えを行う場合、振動電圧を印加する時間は、5 msec 以上 5000 msec 以下であることが好ましく、5 msec 以上 500 msec 以下であることがより好ましい。形状異方性粒子 32 の応答速度は、液晶分子の応答速度と同等以下であるので、振動電圧を印加する時間が短すぎると（具体的には 5 msec 未満であると）、形状異方性粒子 32 を所望の通りに運動させることができないことがある。また、振動電圧を印加する時間が長すぎると（具体的には 500 msec（特に 5000 msec）を超えると）、形状異方性粒子 32 が第 1 基板 10 に貼り付き、横電界の印加を停止したり縦電界を印加したりしたときに垂直配向状態に戻りにくくなる。
- [0107] 本実施形態の表示装置 110 は、1 Hz 以上 300 Hz 以下の周波数で駆動されることが好ましく、1 Hz 以上 100 Hz 以下の周波数で駆動されることがより好ましい。駆動周波数が低すぎると（具体的には 1 Hz 未満であると）、フリッカが視認されることがある。また、駆動周波数が高すぎると（具体的には 100 Hz（特に 300 Hz）を超えると）、形状異方性粒子 32 の配向変化が印加電圧の変化に追従し難いことがある。
- [0108] なお、本実施形態では、媒体 31 として液晶材料が用いられているが、揺動効果が得られるものであれば、媒体 31 は液晶材料以外であってもよい。媒体 31 は、可視光に対して透明性が高い材料であることが好ましい。また、媒体 31 の粘度は、応答特性の観点からは 200 mPa・s 以下であることが好ましい。

[0109] 本実施形態のように、媒体 31 が液晶材料であると、液晶分子のダイレクタ D_i の変化も利用することにより、媒体 31 を効率的に揺動させることができる。また、液晶材料は、一般に、炭酸プロピレン等よりも比抵抗が数桁高いので、媒体 31 が液晶材料であると、画素への書き込み後の T F T がオフである状態において、媒体 31 を介したオフリークの発生が防止される。そのため、高い電圧保持率が得られ、アクティブマトリクス駆動を好適に行うことができる。また、リーク電流が少ないので、消費電力を低減することができる。表示装置 110 の消費電力 P は、表示パネル 100 の容量を C 、光学層 30 への印加電圧を V 、駆動周波数を f 、リーク電流を I とすると、下記式 (2) で表される。

$$[0110] \quad P = C \cdot V \cdot f + I \cdot V \quad \cdots (2)$$

[0111] 式 (2) の右辺における第 1 項は、画素容量項と呼ぶべきものであり、第 2 項は、リーク電流項と呼ぶべきものである。つまり、消費電力 P は、画素容量成分と、リーク電流成分とに分けて考えることができる。媒体 31 の比抵抗が高いと、リーク電流 I が減少するので、式 (2) から明らかなように、消費電力 P を低減することができる。

[0112] また、本実施形態のように、液晶材料がポジ型であると、光学層 30 に電界が印加されたときの形状異方性粒子 32 の挙動と液晶分子 31 の挙動とが一致する。例えば、光学層 30 に印加されている電界を横電界から縦電界に切り替えると、形状異方性分子 32 は水平配向状態から垂直配向状態に変化しようとし、液晶分子 31 a も水平配向状態から垂直配向状態に変化しようとする。そのため、きちんと垂直配向する形状異方性粒子 32 の数（存在確率）を増やすことができるので、いっそう高いコントラスト比を実現することができる。

[0113] ポジ型液晶材料としては、液晶表示装置用の液晶材料を広く好適に用いることができる。例えば、側鎖にフッ素が導入されたフッ素系の液晶材料を好適に用いることができる。フッ素系の液晶材料は、パッシブマトリクス駆動の液晶表示装置によく用いられ、大きな誘電異方性および高い比抵抗を有

する。具体的には、例えば、長軸方向の誘電率 $\varepsilon_{//}$ が 24.7、短軸方向の誘電率 $\varepsilon_{\perp}$ が 4.3、比抵抗 ρ が $6 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ の液晶材料を用いることができる。勿論、液晶材料の誘電率や比抵抗は、ここで例示したものに限定されない。媒体 31 を介したオフリークの発生を十分に抑制する観点からは、液晶材料の比抵抗は、 $1 \times 10^{11 \sim 12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましい。また、液晶材料の誘電異方性 $\Delta \varepsilon$ は、10 を超える ($\Delta \varepsilon > 10$) ことが好ましい。

[0114] なお、媒体 31 として、負の誘電異方性を有する液晶材料（つまりネガ型の液晶材料）を用いてもよい。

[0115] また、本実施形態では、光学層 30 に電圧が印加されていないとき、形状異方性粒子 32 は、基板面に対して略垂直に配向している。そのため、電圧（横電界）印加時の形状異方性粒子 32 の配向方向の変化が大きく、媒体 31 を効率良く揺動させることができる。また、光学層 30 に電界が印加されていないときに形状異方性粒子 32 が基板面に対して略垂直に配向するような配向規制力が存在することにより、形状異方性粒子 32 が水平状態のまま配向膜に貼り付いてしまうことが防止される。

[0116] 既に説明したように、媒体 31 が液晶材料である構成は、アクティブマトリクス駆動を好適に行うことができる。図 22 および図 23 に、アクティブマトリクス駆動を行う場合の、各電極、TFT および配線の接続関係を示す。図 22 は、図 17 に示したように第 2 基板 20 側に第 3 電極 21 が設けられていない構成における接続関係を示し、図 23 は、図 1 などに示したように第 2 基板 20 側に第 3 電極 21 が設けられている構成における接続関係を示している。

[0117] 図 22 に示す構成では、各画素に TFT 41 が設けられている。TFT 41 のゲート電極、ソース電極およびドレイン電極に、走査配線（ゲート配線）42、信号配線（ソース配線）43 および第 1 電極 11 がそれぞれ電氣的に接続されている。走査配線 42 は、TFT 41 に走査信号（ゲート信号）を供給し、信号配線 43 は、TFT 41 に表示信号（ソース信号）を供給す

る。第1電極11には、TF T 4 1を介し、表示信号に応じた電圧が印加される。一方、第2電極12には、複数の画素に共通の電圧（共通電圧：ここでは接地電位）が印加される。

[0118] 図23に示す構成では、各画素に第1TF T 4 1 aおよび第2TF T 4 1 bが設けられている。第1TF T 4 1 aのゲート電極、ソース電極およびドレイン電極に、走査配線（ゲート配線）42、第1信号配線（第1ソース配線）43 aおよび第1電極11がそれぞれ電氣的に接続されている。第2TF T 4 1 bのゲート電極、ソース電極およびドレイン電極に、走査配線（ゲート配線）42、第2信号配線（第2ソース配線）43 bおよび第2電極12がそれぞれ電氣的に接続されている。走査配線42は、第1TF T 4 1 aおよび第2TF T 4 1 bに走査信号（ゲート信号）を供給する。第1信号配線43 aは、第1TF T 4 1 aに第1表示信号（第1ソース信号）を供給する。第2信号配線43 bは、第2TF T 4 1 bに第2表示信号（第2ソース信号）を供給する。第1電極11および第2電極12には、第1TF T 4 1 aおよび第2TF T 4 1 bを介し、第1表示信号および第2表示信号に応じた電圧がそれぞれ印加される。一方、第3電極21には、複数の画素に共通の電圧（共通電圧：ここでは接地電位）が印加される。

[0119] 図24に、図22に示した構成におけるゲート信号、ソース信号および共通電圧の電圧波形を示す。図23に示すように、各フレームにおいて、TF T 4 1にはゲート信号としてハイレベルの信号（オン電圧）が供給される。また、TF T 4 1（およびTF T 4 1のドレイン電極に電氣的に接続された第1電極11）にはソース信号として、奇数フレームにおいて絶対値の大きな電圧が供給され、偶数フレームにおいて絶対値の小さな電圧が供給される。第2電極12には、常に同レベルの電圧（接地電位）が供給される。

[0120] 形状異方性粒子32は、上述したように印加電圧（印加電界の方向）に応じて基板面への投影面積が変化する限り、その具体的な形状や材料には、特に制限はない。形状異方性部材32は、フレーク状（薄片状）であってもよいし、円柱状や楕円球状などであってもよい。媒体31の揺動によって形状

異方性粒子 32 を移動させる効果を高くする観点からは、移動する際の抵抗がなるべく少なくなる形状が好ましい（例えばフレーク状よりも円柱状や楕円球状が好ましい）。高いコントラスト比を実現する観点からは、形状異方性粒子 32 は、最大投影面積と最小投影面積との比が 2 : 1 以上となるような形状であることが好ましい。

[0121] 形状異方性粒子 32 の材料としては、金属材料、半導体材料、誘電体材料およびこれらの複合材料を用いることができる。また、形状異方性粒子 32 は、誘電体多層膜であってもよいし、コレスティック樹脂材料から形成されてもよい。なお、形状異方性粒子 32 の材料として金属材料を用いる場合、形状異方性粒子 32 の表面に絶縁層（誘電体層）が形成されていることが好ましい。金属単体の誘電率は虚数であるが、表面に絶縁層（例えば樹脂層や金属酸化物層）を形成することにより、金属材料から形成された形状異方性粒子 32 を誘電体として扱うことができる。また、表面に絶縁層が形成されていることにより、金属材料から形成された形状異方性粒子 32 同士の接触による導通や、物理的な相互作用による凝集等を防止する効果も得られる。このような形状異方性粒子 32 としては、例えば、表面を樹脂材料（例えばアクリル樹脂）で被覆されたアルミニウムフレークを用いることができる。光学層 30 のアルミニウムフレーク含有量は、例えば 3 重量%である。あるいは、表面に SiO_2 層が形成されたアルミニウムフレークや、表面に酸化アルミニウム層が形成されたアルミニウムフレークなどを用いることもできる。勿論、金属材料としてアルミニウム以外の金属材料を用いてもよい。また、形状異方性粒子 32 は、着色されていてもよい。

[0122] 形状異方性粒子 32 の長さは、特に制限されないが、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。形状異方性粒子 32 の長さが $10\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、形状異方性粒子 32 が移動しにくくなることがある。一方、形状異方性粒子 32 の長さが $4\text{ }\mu\text{m}$ 未満になると、形状異方性粒子 32 の製造が困難になったり、形状異方性粒子 32 の反射性能が十分でなくなったりすることがある。また、本実施形態のような反射型表示装置で、高い反射率を得るため

に水平配向状態において形状異方性粒子 32 で基板面を覆い尽くしたい場合には、形状異方性粒子 32 の長さを、電極ピッチ p 以上とすることが好ましい。形状異方性粒子 32 の厚さも、特に制限されない。ただし、形状異方性粒子 32 の厚さが小さいほど、透明状態における光学層 30 の透過率を高くすることができるので、形状異方性粒子 32 の厚さは、電極間距離 g よりも小さい（例えば $4\ \mu\text{m}$ 以下）ことが好ましく、光の波長以下である（例えば $0.5\ \mu\text{m}$ 以下）ことがより好ましい。

[0123] 形状異方性粒子 32 の比重は、 $1.1\ \text{g}/\text{cm}^3$ 以下であることが好ましく、 $3\ \text{g}/\text{cm}^3$ 以下であることがより好ましく、媒体 31 と同程度の比重であることがさらに好ましい。これは、形状異方性粒子 32 の比重が媒体 31 の比重と大きく異なっていると、形状異方性粒子 32 が沈降または浮遊するという問題が生じ得るからである。また、媒体 31 の揺動によって形状異方性粒子 32 を移動させる効果を高くする観点からは、形状異方性粒子 32 は軽いことが好ましい。

[0124] 垂直配向膜 15 および 25 としては、VA (Vertical Alignment) モードの液晶表示装置用の垂直配向膜（例えば JSR 社製や日産化学社製の、ポリイミド系やポリアミック酸系垂直配向膜）を好適に用いることができる。高誘電率のポジ型液晶材料を垂直配向させるためには、アルキル基やフッ素含有基のような疎水構造が比較的多く側鎖に導入された垂直配向膜を用いることが好ましい。垂直配向膜 15 および 25 のそれぞれの厚さは、例えば $100\ \text{nm}$ である。勿論、これに限定されるものではない。

[0125] なお、上記の説明では、アクティブマトリクス基板である第 1 基板 10 が背面側に配置されている構成を例示したが、第 1 基板 10 の配置は、これに限定されるものではない。第 1 基板 10 は、前面側に配置されていてもよい。アクティブマトリクス基板である第 1 基板 10 は、遮光性を有する材料から形成された構成要素を含むので、第 1 基板 10 が背面側に配置されている構成を採用すると、形状異方性粒子 32 の反射効果を最大限利用することができる。

[0126] また、上記の説明では、反射型の表示装置 110 を例として説明を行ったが、本発明は、透過型の表示装置にも好適に用いられる。透過型の表示装置では、背面側の基板には光吸収層（図 1 などに示されている光吸収層 14）は設けられない。また、透過型の表示装置では、表示パネルに光を照射する照明素子（バックライト）が設けられる。

産業上の利用可能性

[0127] 本発明の実施形態によれば、形状異方性粒子を含む光学層を備えた光学装置において、電圧の印加に応じて配向方向が変化する形状異方性粒子の割合（存在確率）を高くすることができる。本発明の実施形態による光学装置は、表示装置用の表示パネルとして好適に用いられる。また、本発明の実施形態による光学装置は、表示パネル以外の種々の光学装置（光スイッチなど）としても用いられる

符号の説明

[0128] 10 第 1 基板
10a 基板
11 第 1 電極
11a 第 1 電極の枝部
11b 第 1 電極の幹部
12 第 2 電極
12a 第 2 電極の枝部
12b 第 2 電極の幹部
14 光吸収層
15、25 垂直配向膜
16 絶縁体層
20 第 2 基板
20a 基板
21 第 3 電極
30 光学層（表示媒体層）

- 3 1 媒体（液晶材料）
- 3 2 形状異方性粒子
- 4 1 薄膜トランジスタ（T F T）
- 4 1 a 第1 T F T
- 4 1 b 第2 T F T
- 4 2 走査配線（ゲート配線）
- 4 3 信号配線（ソース配線）
- 4 3 a 第1 信号配線
- 4 3 b 第2 信号配線
- 1 0 0 表示パネル（光学装置）
- 1 1 0 表示装置

請求の範囲

- [請求項1] 互いに対向するように設けられた第1基板および第2基板と、
前記第1基板および前記第2基板の間に設けられた光学層と、
互いに異なる電位を与えられ得る第1電極および第2電極と、を備えた光学装置であって、
前記光学層は、媒体と、前記媒体中に分散され、形状異方性を有する形状異方性粒子とを含み、
前記形状異方性粒子は、前記光学層に印加された電圧に応じて配向方向が変化し、
前記光学層に印加される電圧は、相対的に絶対値が大きい第1の期間と、相対的に絶対値が小さい第2の期間とを交互に有する振動電圧である光学装置。
- [請求項2] 前記第2の期間における前記振動電圧の絶対値は、前記第1の期間における前記振動電圧の絶対値の50%以下である請求項1に記載の光学装置。
- [請求項3] 前記第2の期間における前記振動電圧の絶対値は、前記振動電圧のピーク間電圧値の2%以下である請求項1または2に記載の光学装置。
- [請求項4] 前記第2の期間における前記振動電圧は略0Vである請求項1から3のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項5] ある第1の期間における前記振動電圧と、別の第1の期間における前記振動電圧とは、互いに極性が逆である請求項1から4のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項6] 前記光学層に前記振動電圧を所定の時間印加した後、絶対値が略同じで極性が互いに逆の第3の期間および第4の期間を交互に有する交流電圧を前記光学層に印加し得る請求項1から5のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項7] 前記所定の時間は、5 msec以上5000 msec以下である請

求項 6 に記載の光学装置。

[請求項8] 前記所定の時間は、5 m s e c 以上 5 0 0 m s e c 以下である請求項 6 に記載の光学装置。

[請求項9] 前記光学層に前記振動電圧として横電界を印加し得る請求項 1 から 8 のいずれかに記載の光学装置。

[請求項10] 前記第 1 電極および前記第 2 電極は、前記第 1 基板側に設けられている請求項 1 から 9 のいずれかに記載の光学装置。

[請求項11] 前記第 1 電極および前記第 2 電極のそれぞれは、複数の枝部を有する櫛歯状電極であり、

前記第 1 電極と前記第 2 電極とは、それぞれの前記複数の枝部が所定の間隙を介して噛合するように配置されており、

前記第 1 電極の前記複数の枝部のそれぞれの幅を w_1 、前記第 2 電極の前記複数の枝部のそれぞれの幅を w_2 、前記所定の間隙を g とすると、

$w_1 < g$ および $w_2 < g$ の関係が満足される請求項 1 0 に記載の光学装置。

[請求項12] 前記光学層側から、前記第 1 電極、絶縁体層および前記第 2 電極がこの順に配置されており、

前記第 1 電極は、複数の枝部または複数のスリットを有し、

前記複数の枝部のそれぞれの幅を w_B 、前記複数の枝部のうちの隣接する 2 つの枝部間の距離を g_B 、前記複数のスリットのそれぞれの幅を w_S 、前記複数のスリットのうちの隣接する 2 つのスリット間の距離を g_S とすると、

$w_B < g_B$ または $w_S > g_S$ の関係が満足される請求項 1 0 に記載の光学装置。

[請求項13] 前記光学層に前記振動電圧として縦電界を印加し得る請求項 1 から 1 2 のいずれかに記載の光学装置。

[請求項14] 前記第 2 基板側に設けられ、前記第 1 電極および前記第 2 電極に対

向する第3電極をさらに備える請求項1から13のいずれかに記載の光学装置。

[請求項15] 1 Hz以上300 Hz以下の周波数で駆動される請求項1から14のいずれかに記載の光学装置。

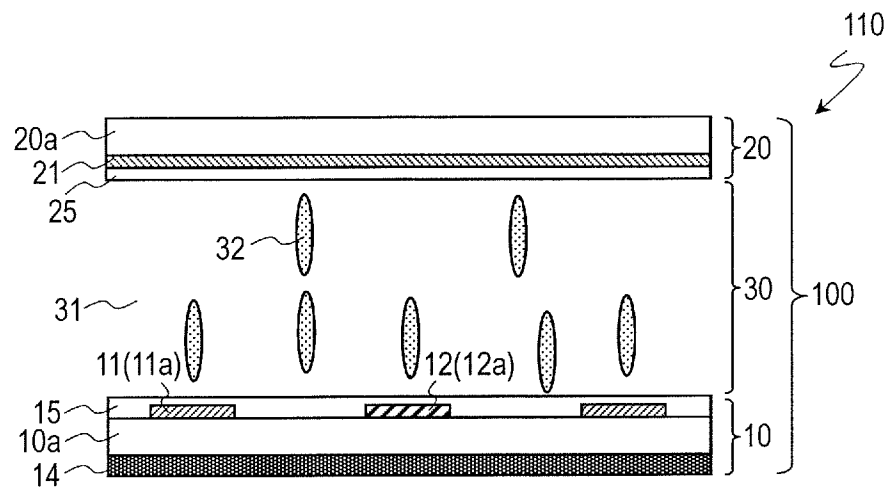
[請求項16] 1 Hz以上100 Hz以下の周波数で駆動される請求項1から14のいずれかに記載の光学装置。

[請求項17] 前記媒体は、液晶材料である請求項1から16のいずれかに記載の光学装置。

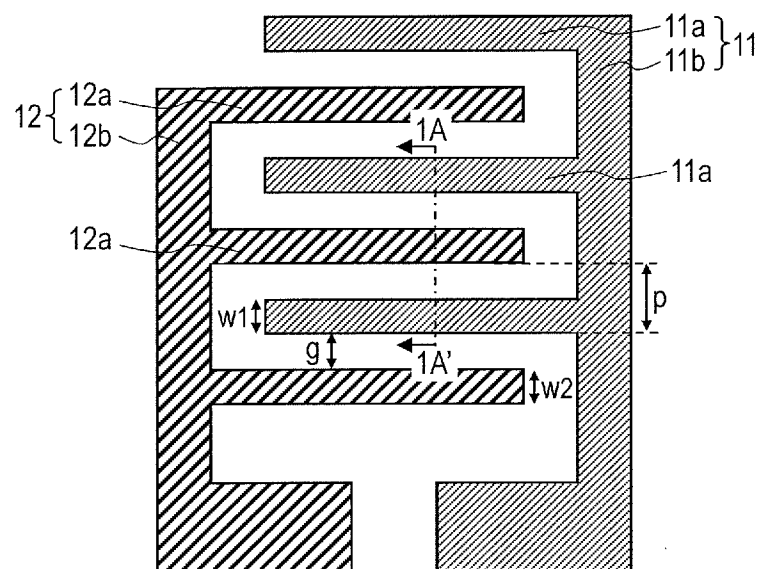
[請求項18] 前記光学層に電圧が印加されていないとき、前記形状異方性粒子は、基板面に対して略垂直に配向している請求項1から17のいずれかに記載の光学装置。

[請求項19] 請求項1から18のいずれかに記載の光学装置を備えた表示装置。

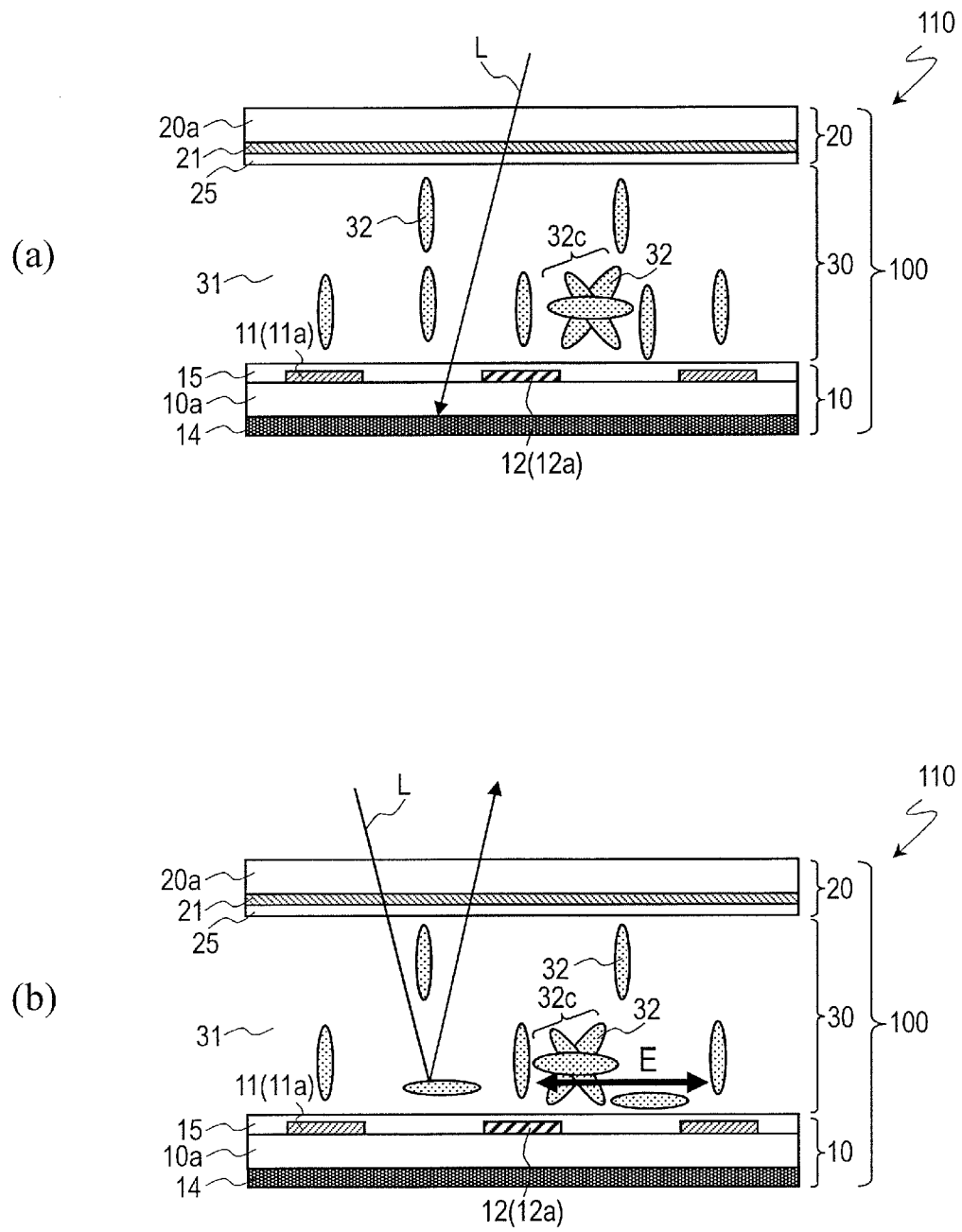
[図1]



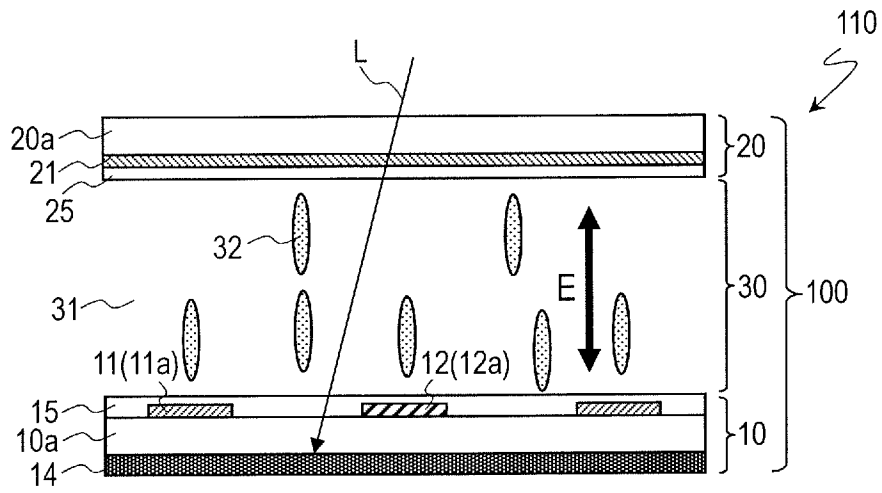
[図2]



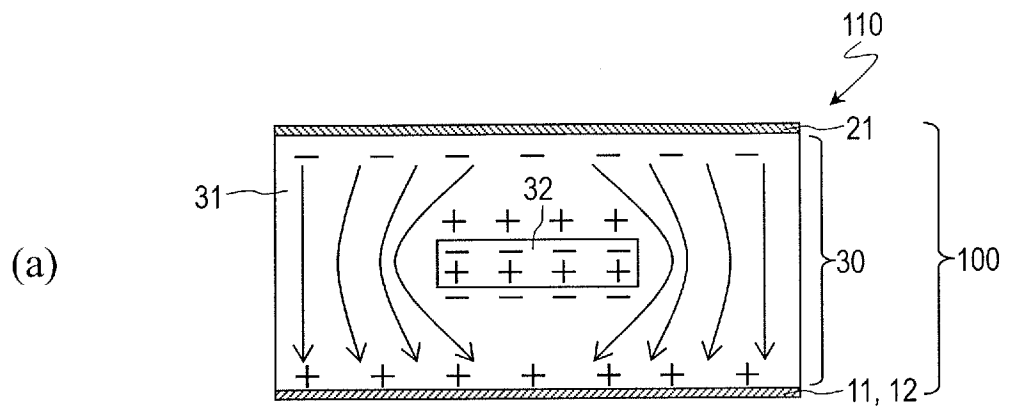
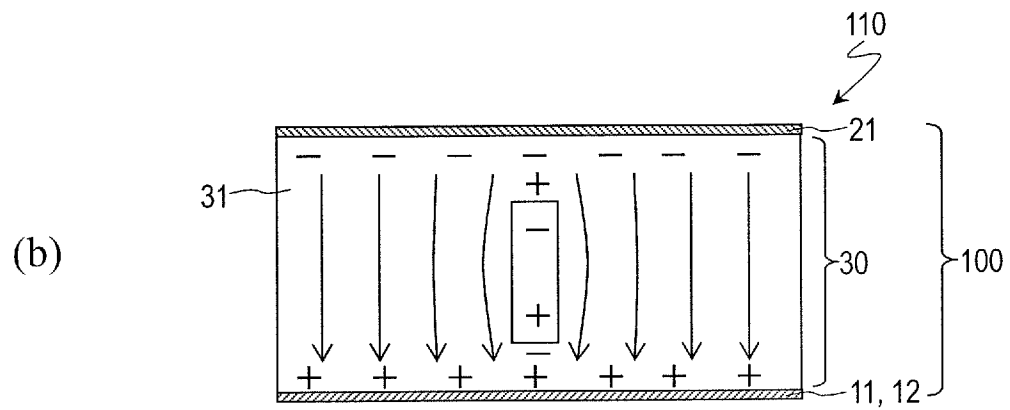
[図3]



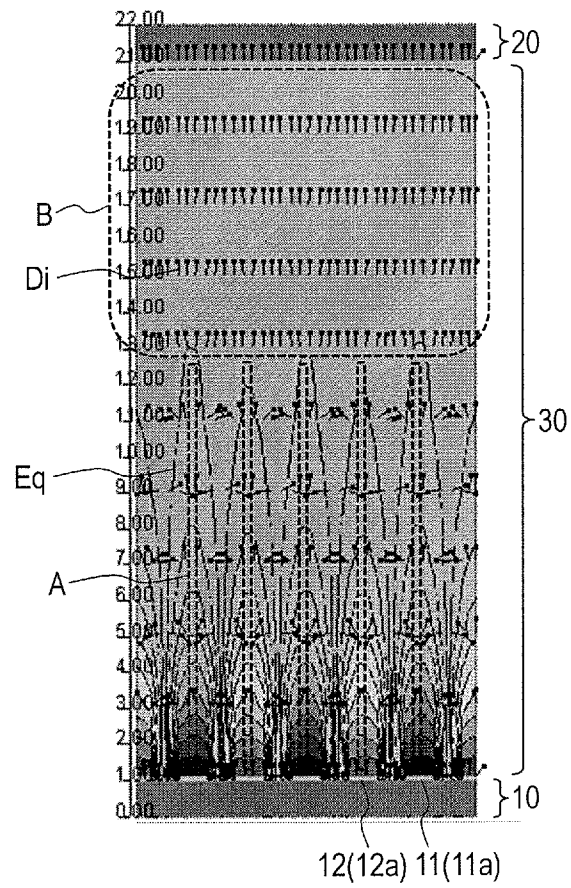
[図4]



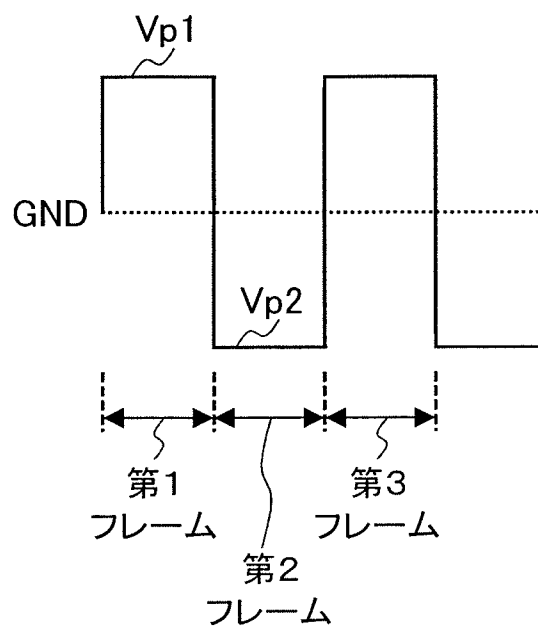
[図5]



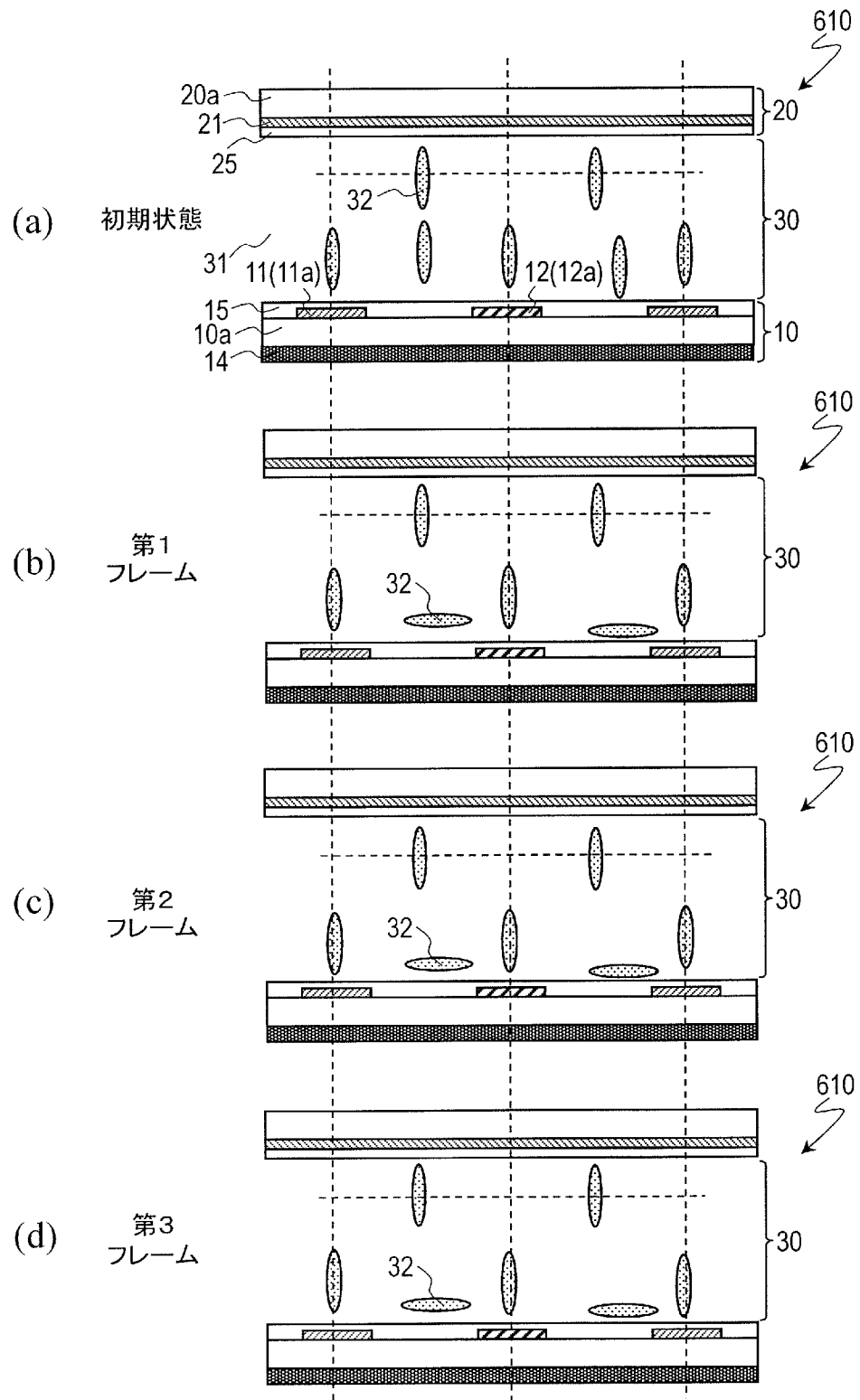
[図6]



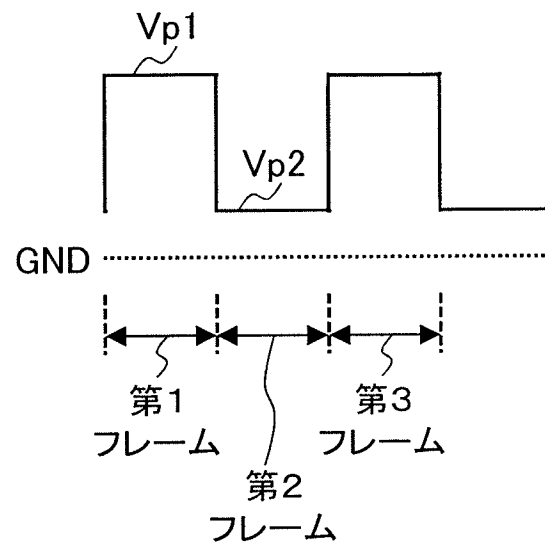
[図7]



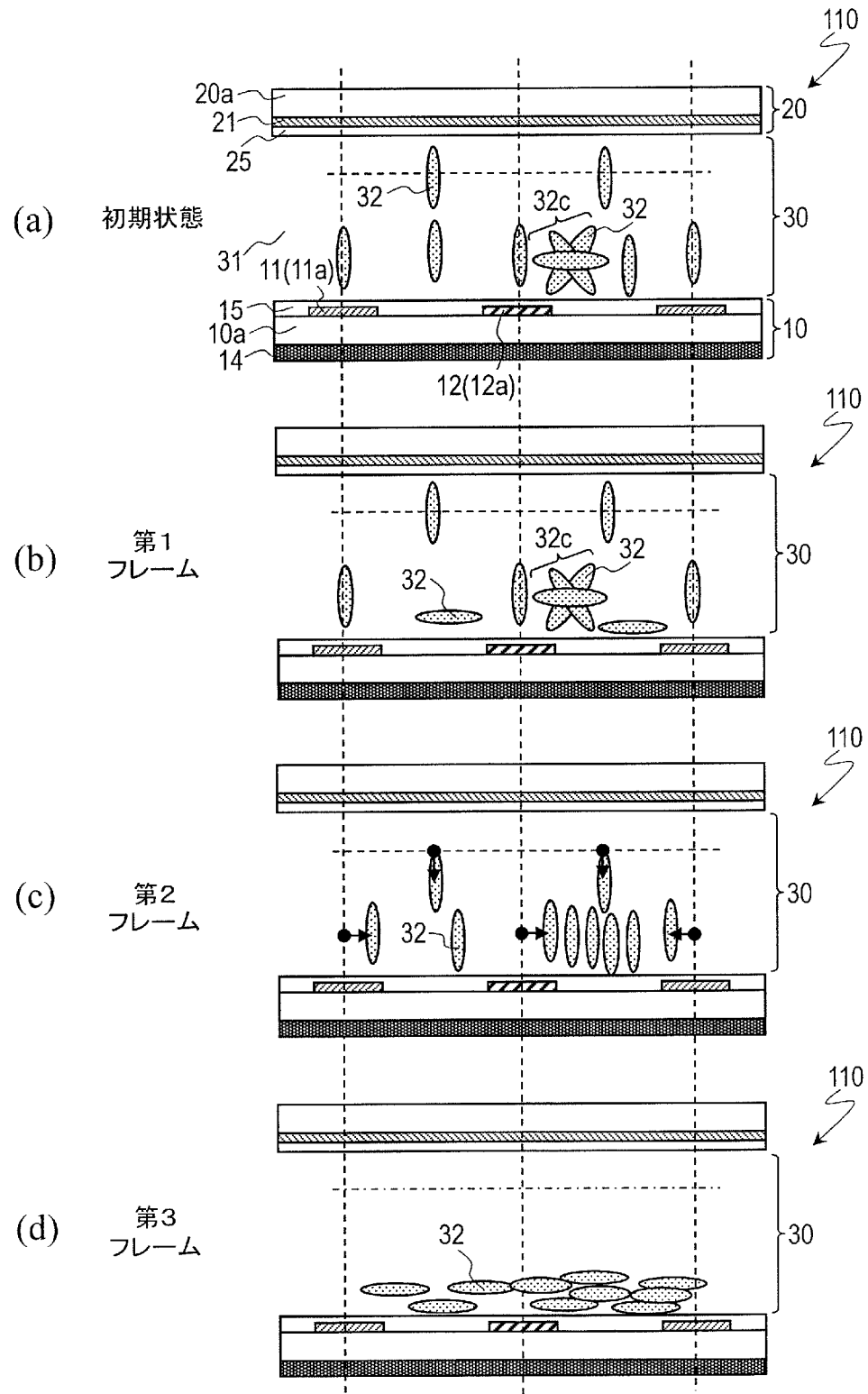
[図8]



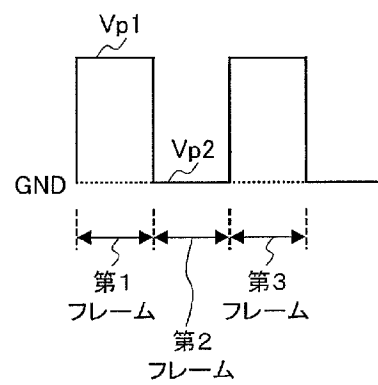
[図9]



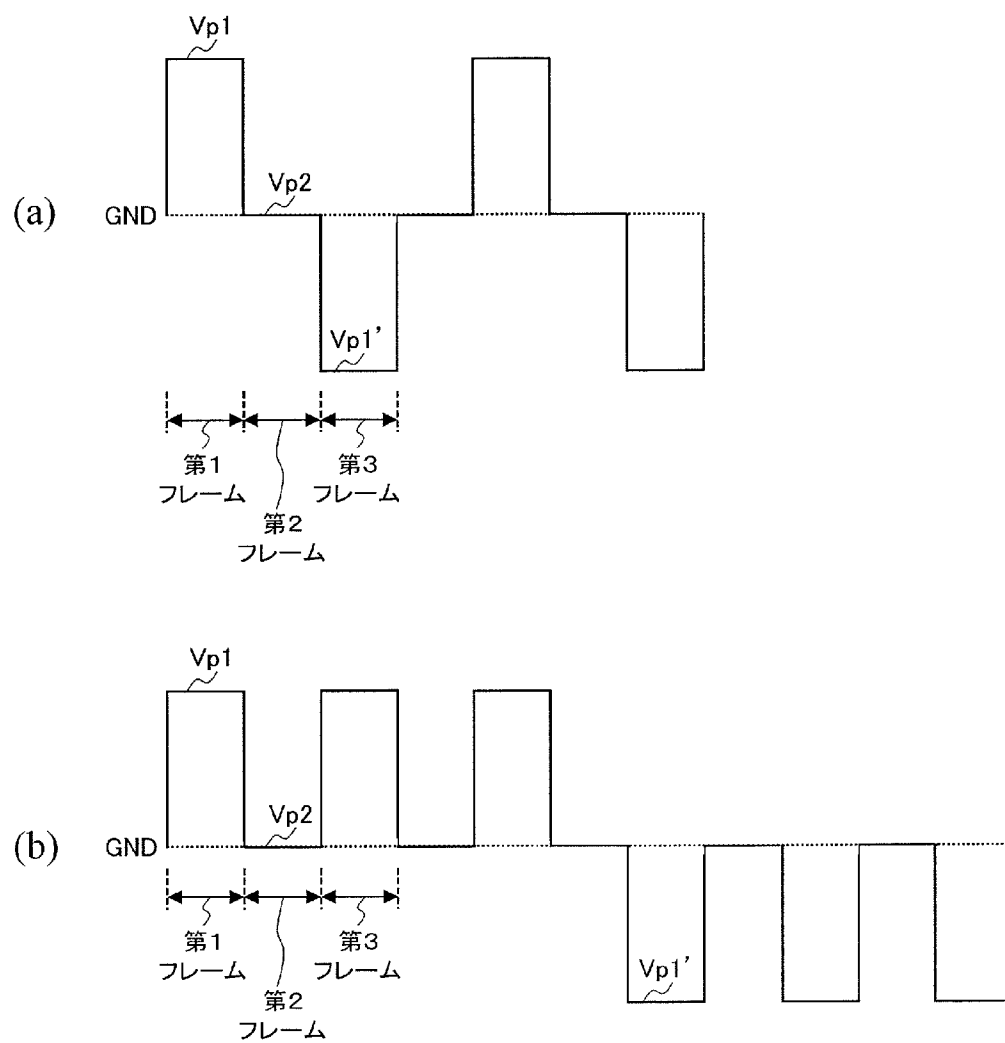
[図10]



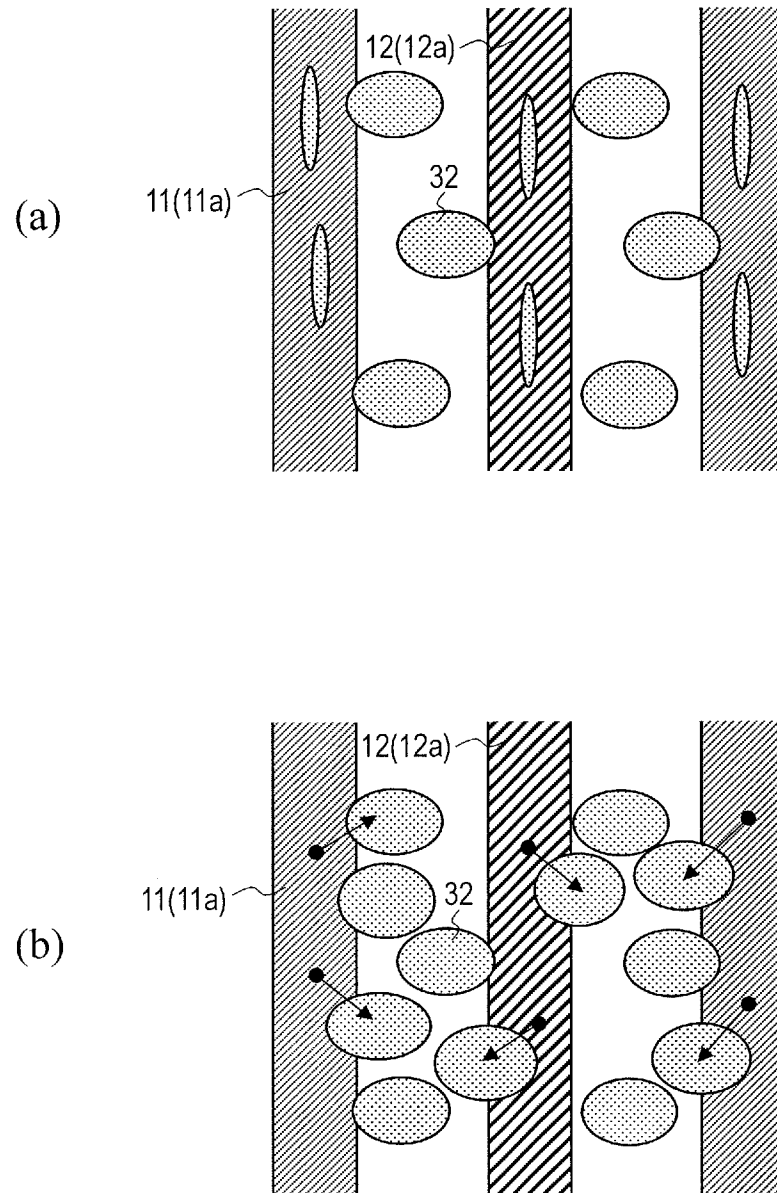
[図11]



[図12]



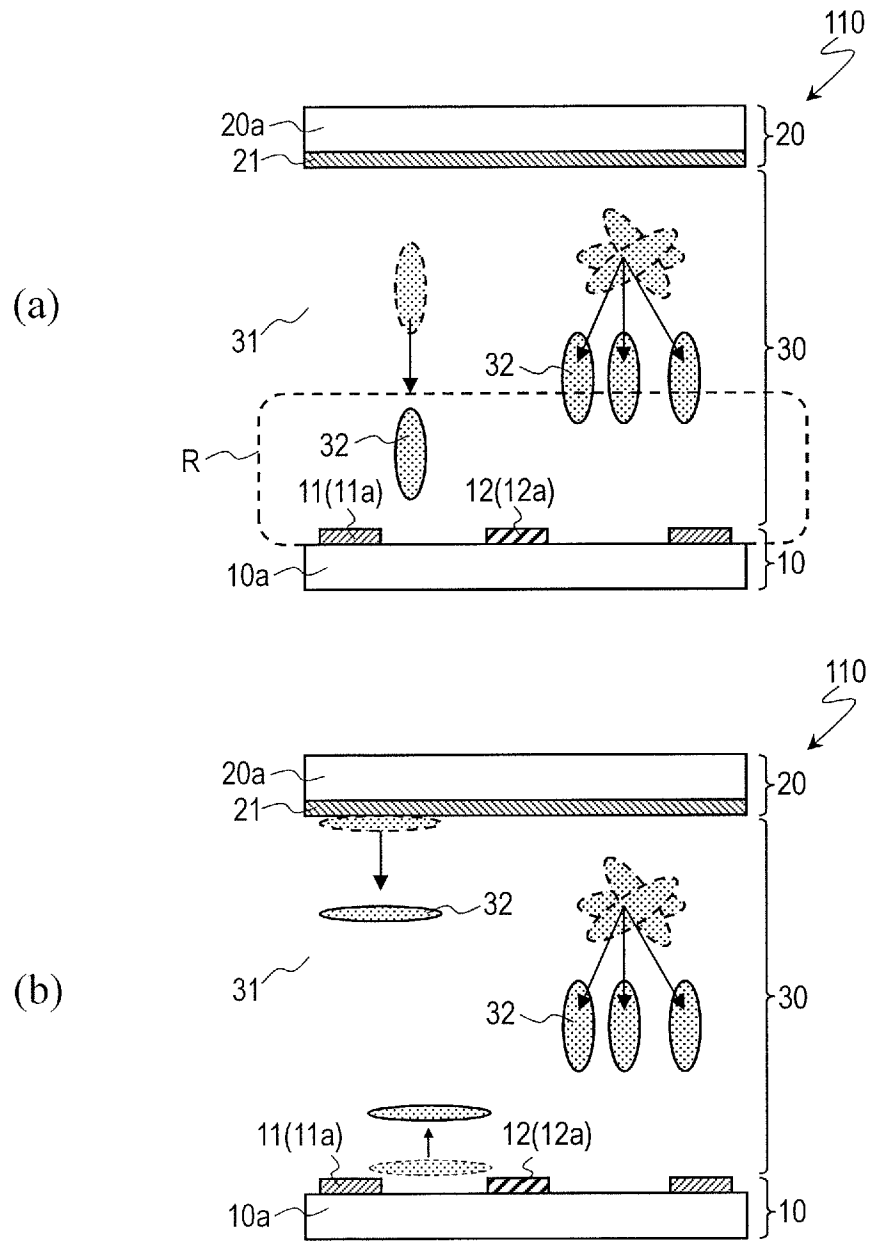
[図13]



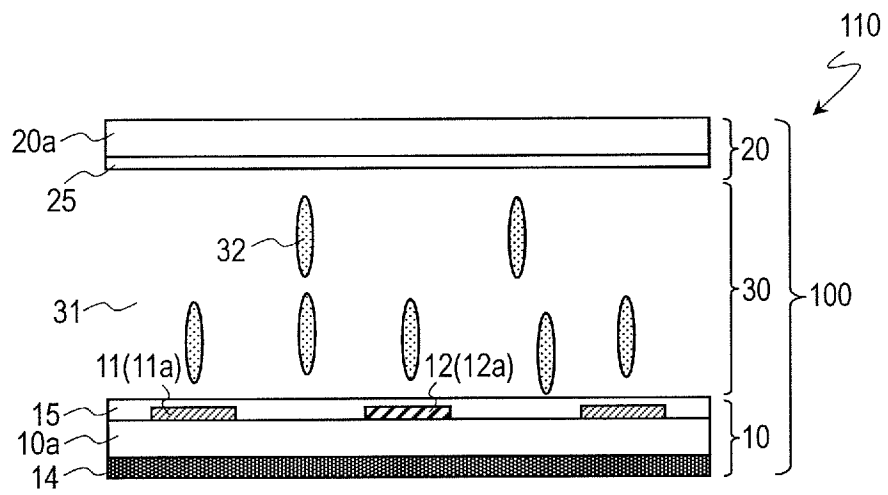
A cross-sectional view of a display device 110. The device is composed of three main layers: a top layer 20, a middle layer 30, and a bottom layer 10. The top layer 20 includes a substrate 20a and a thin layer 21. The middle layer 30 contains a layer 25 with several oval-shaped features 31, including a group 11 (with sub-elements 11a and 11c) and individual elements 12 and 32. The bottom layer 10 consists of a substrate 10a, a thin layer 14, and a patterned layer 15. A reference numeral 16 points to the bottom layer assembly.

[illegible]

[図16]

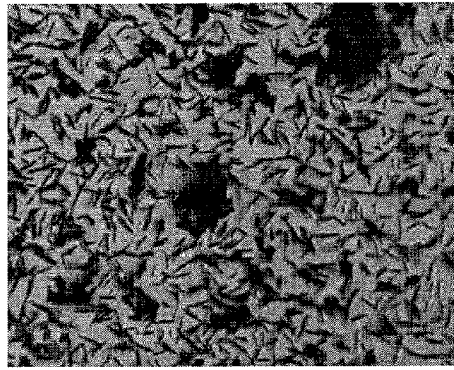


[図17]

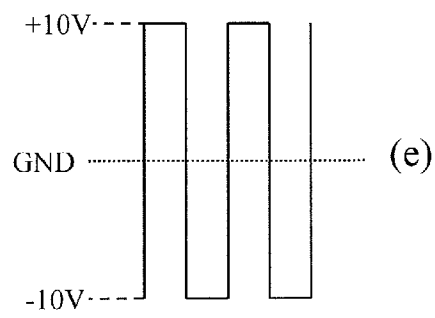


[図18]

(a)



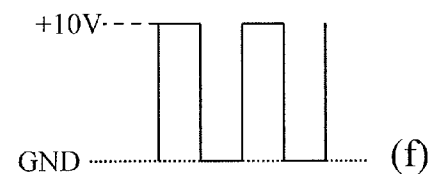
(b)



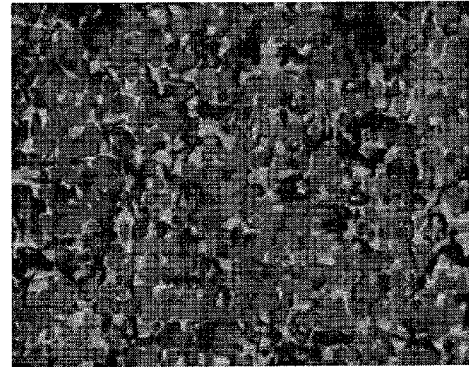
(e)



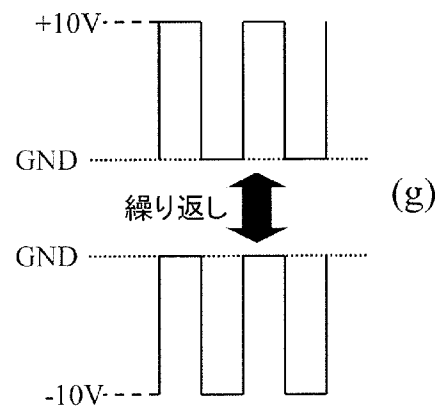
(c)



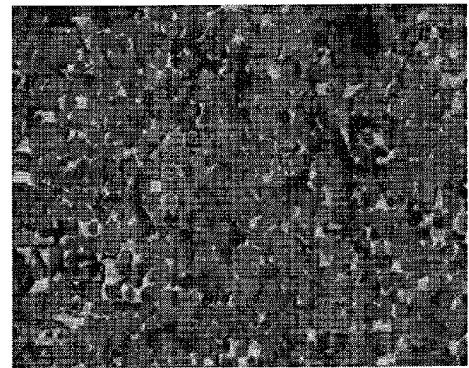
(f)



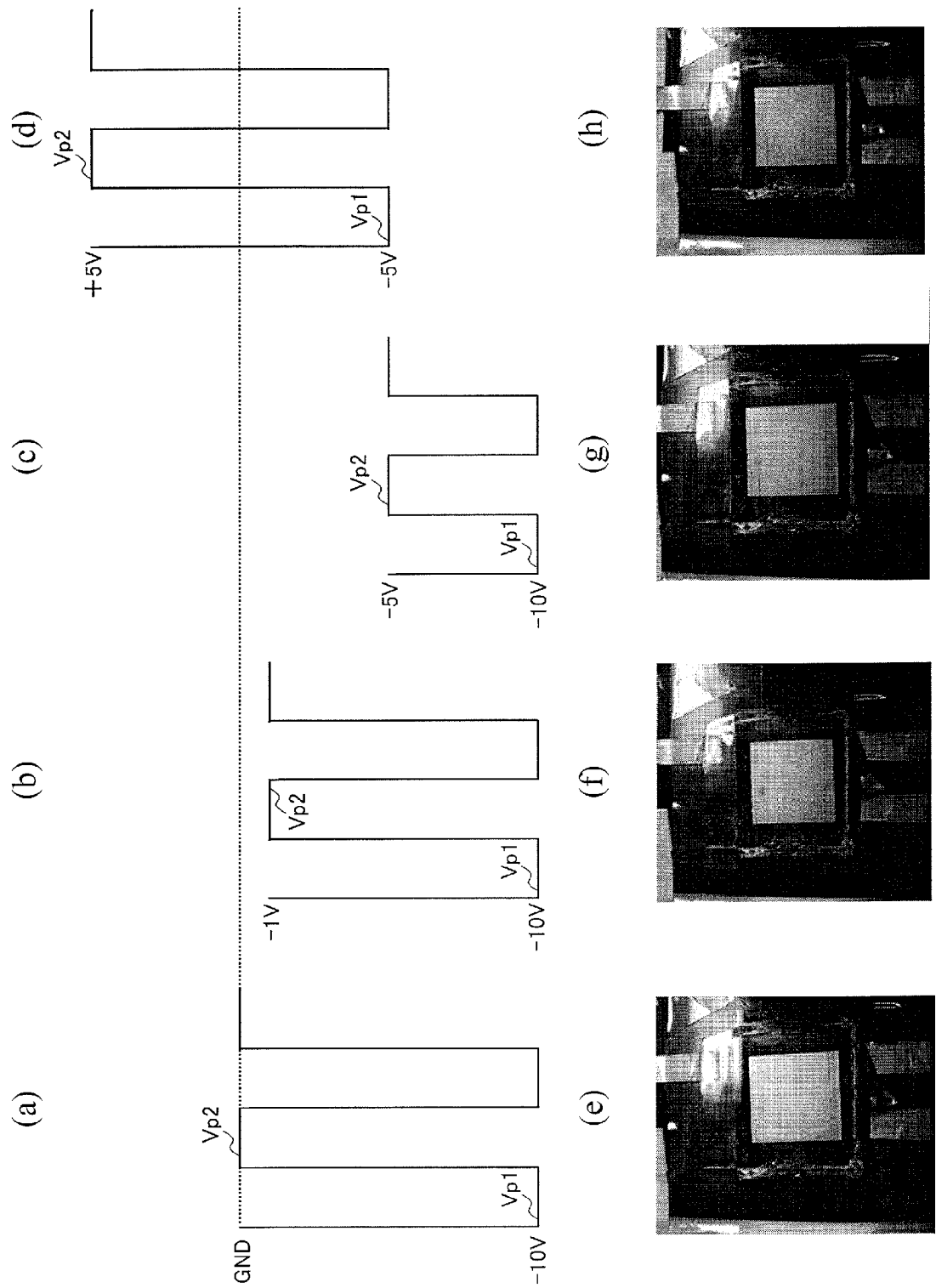
(d)



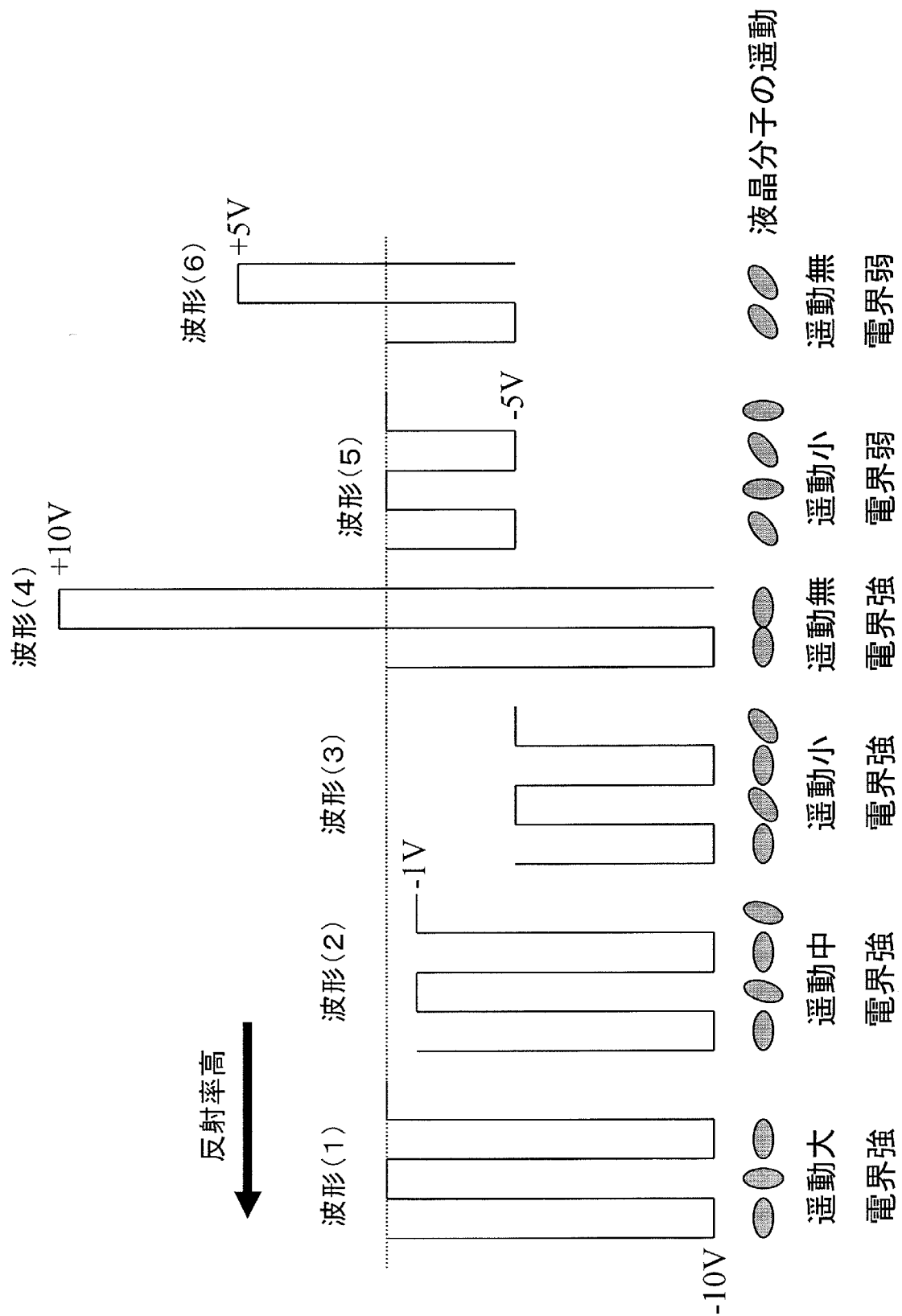
(g)



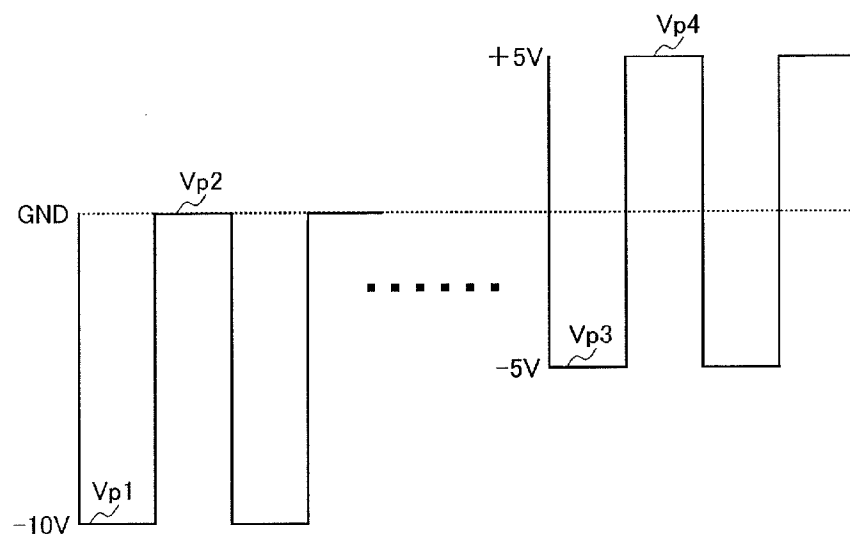
[図19]



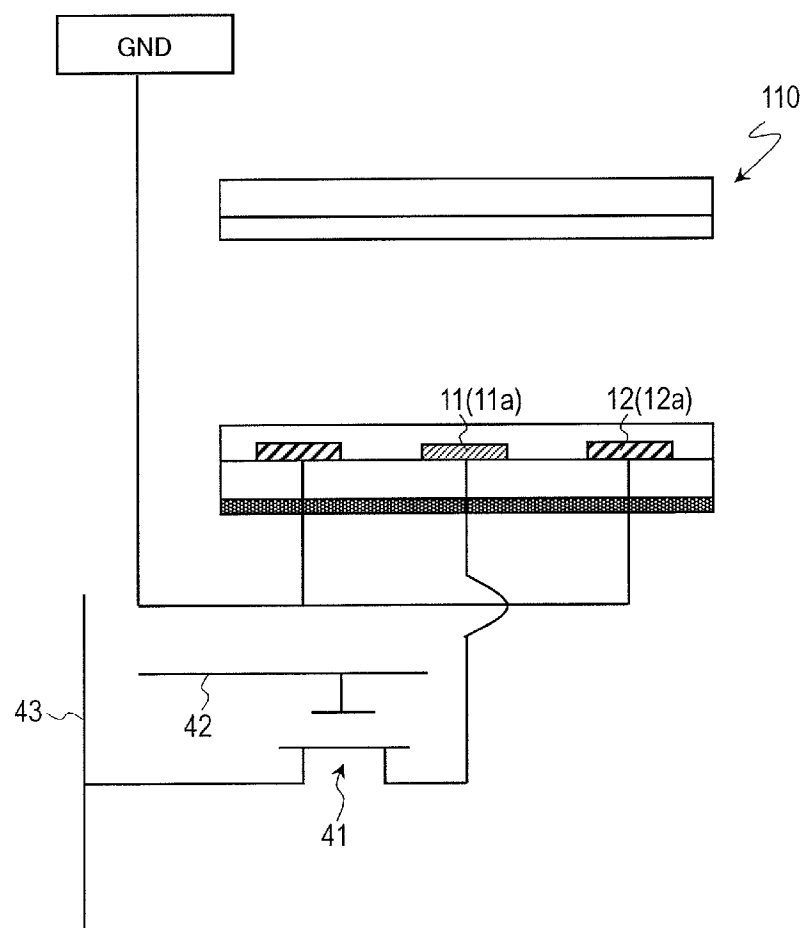
[図20]



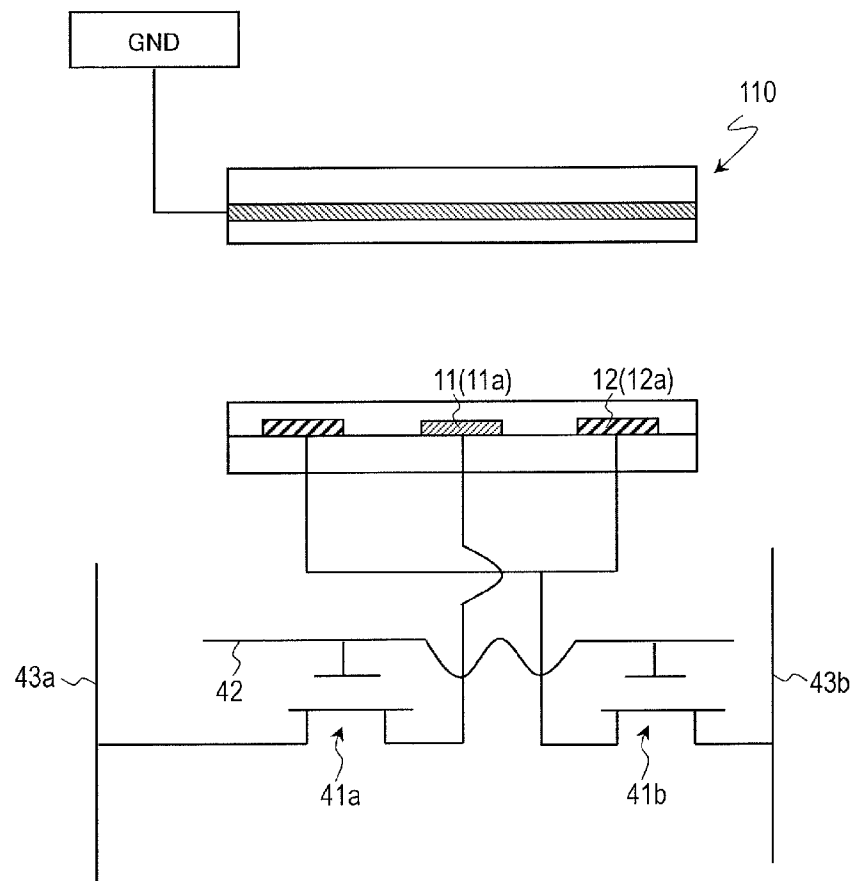
[図21]



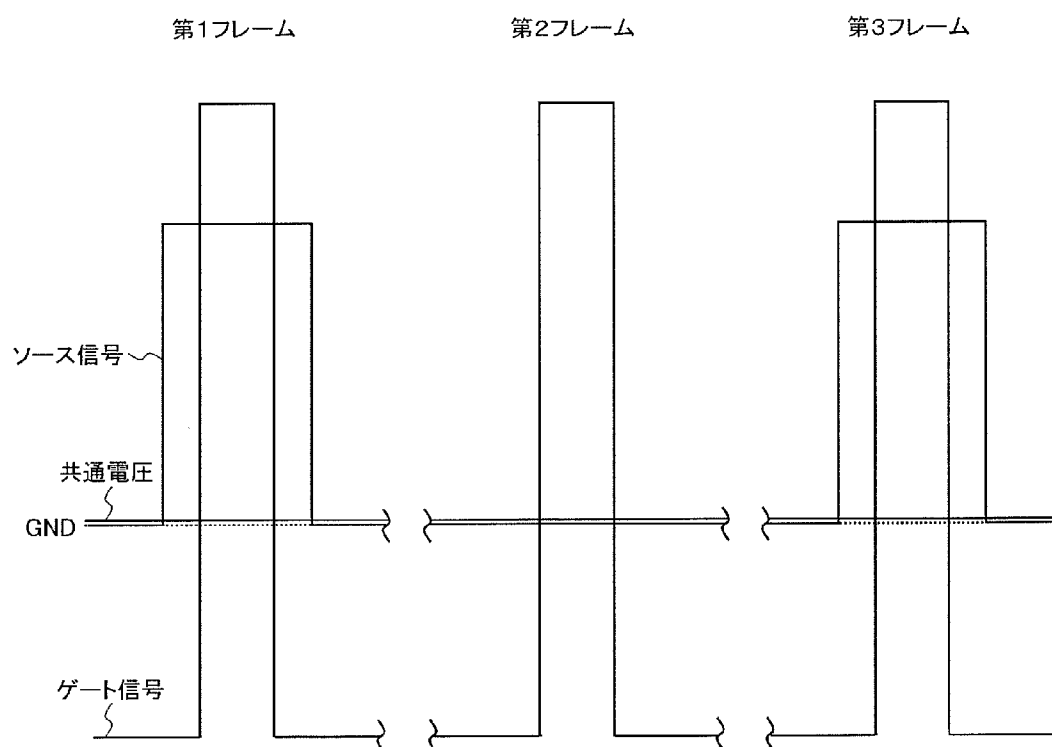
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/072758

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/19(2006.01)i, G02B5/00(2006.01)i

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)

G02F1/19, G02B5/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 2003-533736 A (University of Rochester), 11 November 2003 (11.11.2003), claims 1 to 8; paragraphs [0041] to [0058], [0075]; fig. 1 to 3, 8 & US 6665042 B1 & EP 1285308 A & WO 2001/088607 A1	1-19
A	JP 53-14400 B2 (Fujitsu Ltd.), 17 May 1978 (17.05.1978), page 2, left column, line 6 to page 3, right column, line 31; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-19

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 November, 2014 (10.11.14)

Date of mailing of the international search report
18 November, 2014 (18.11.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02F1/19(2006.01)i, G02B5/00(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G02F1/19, G02B5/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
A	JP 2003-533736 A（ザ ユニバーシティ オブ ロチェスター） 2003.11.11, 【請求項 1】 - 【請求項 8】、【0041】 - 【0058】、【0075】、 【図 1】 - 【図 3】、【図 8】 & US 6665042 B1 & EP 1285308 A & WO 2001/088607 A1	1-19
A	JP 53-14400 B2（富士通株式会社）1978.05.17, 第 2 頁左欄第 6 行目-第 3 頁右欄第 31 行目、第 1-8 図 （ファミリーなし）	1-19

☐ 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
「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矛盾するものではなく、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

1 0 . 1 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 8 . 1 1 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

弓指 洋平

2 L

5 0 6 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 3