

(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 10 月 8 日(08.10.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/152008 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/19 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/059442
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 26 日(26.03.2015)
- (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 2014-076388 2014 年 4 月 2 日(02.04.2014) 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).
- (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, 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.

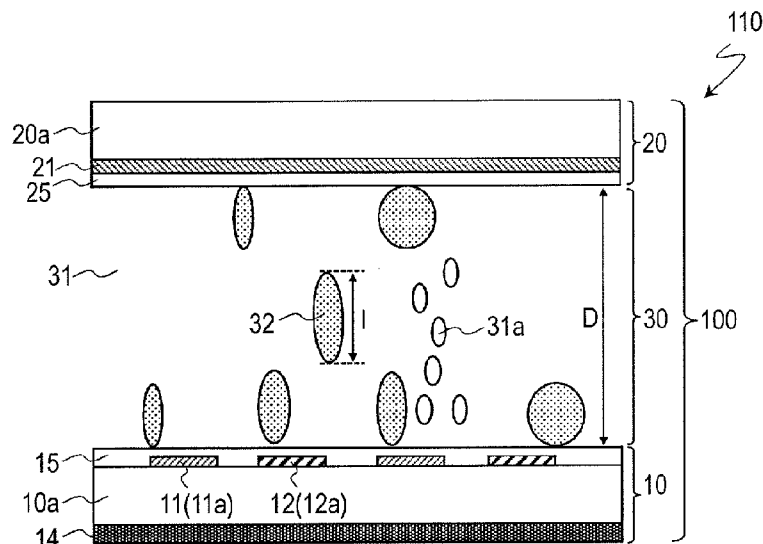
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

(54) 発明の名称: 光学装置



(57) Abstract: This optical device (100) is provided with a first substrate (10), a second substrate (20) and an optical layer (30). The optical layer contains a medium (31), which contains a liquid crystal material, and shape-anisotropic particles (32). The first substrate and/or the second substrate has a film that is provided on the optical layer-side surface and has a surface energy of 40 mJ/m² or less, a contact angle with pure water of 75° or more, or a contact angle with CH₂I₂ of 40° or more. Alternatively, the first substrate and/or the second substrate has a vertical alignment film (15, 25) that is provided on the optical layer-side surface.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/152008 A1



光学装置（１００）は、第１基板（１０）、第２基板（２０）および光学層（３０）を備える。光学層は、液晶材料を含む媒体（３１）と、形状異方性粒子（３２）とを含む。第１基板および第２基板の少なくとも一方は、光学層側に設けられた膜であって、表面エネルギーが 40 mJ/m^2 以下であるか、純水との接触角が 75° 以上であるか、または、 CH_2I_2 との接触角が 40° 以上である膜を有する。あるいは、第１基板および第２基板の少なくとも一方は、光学層側に設けられた垂直配向膜（１５、２５）を有する。

明 細 書

発明の名称：光学装置

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。

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、一對の基板と、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] 非特許文献１には、偏光板を必要としない表示セルが提案されている。非特許文献１に開示されている表示セルは、一對の電極間に、ホスト流体（媒体）と、媒体中に分散されたポリマー（樹脂コート）フレークとが挟持された構成を有する。一對の電極間に電界を印加することにより、ポリマーフレークの配向方向が変化し、それによって表示セルの光学特性（光反射率）が変化する。非特許文献１には、媒体の具体例として、炭酸プロピレンやエポキシ末端ポリジメチルシロキサン（DMS-E09）が開示されている。

[0006] また、特許文献１には、ポリマーフレークを含む懸濁液層を備えた光学装置が開示されている。この光学装置は、懸濁液層への電界の印加によってポ

リマフレークを回転させ、それによって懸濁液層の光学特性を変化させることができる。

[0007] 上述した非特許文献1の表示セルや特許文献1の光学装置は、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

[0008] 特許文献1：米国特許第6 6 6 5 0 4 2号明細書

非特許文献

[0009] 非特許文献1：G. P. Cox、外5名、「Modeling the Effects of Microencapsulation on the Electro-Optic Behavior of Polymer Cholesteric Liquid Crystal Flakes」、LLE Review、UNIVERSITY OF ROCHESTER LABORATORY FOR LASER ENERGETICS、January-March 2009、volume 118、p. 86-99

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 現在、液晶パネルの駆動方式としては、アクティブマトリクス駆動が採用されている。アクティブマトリクス駆動の液晶パネルでは、各画素に薄膜トランジスタ（TFT）が設けられる。ある画素への書き込みは、その画素が走査されてTFTがオンとなることによって行われ、その後、その画素が次に走査されるまでTFTはオフとなる。そのため、次の書き込みまでの間、液晶層への印加電圧が保持される（つまり画素容量で電荷が保持される）ことにより、液晶層中の液晶分子の配向状態が維持される。

[0011] 非特許文献1で提案されている表示セルでは、アクティブマトリクス駆動を行うことが難しい。例えば、炭酸プロピレンやDMS-E09を媒体として用いた場合、これらの比抵抗は一般的な液晶材料の比抵抗に比べて数桁低いので（一般的な液晶材料の比抵抗が $1 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度であるのに対し、炭酸プロピレンの比抵抗は約 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 、DMS-E09の比抵抗は約 $1 \times 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ である）、画素への書き込み後のTFTがオフで

ある状態において、媒体を介したオフリークによって電圧の保持率が大きく低下してしまう。そのため、本来であれば垂直方向に配向しているべきポリマーフレークが、自重により水平方向（基板面に平行な方向）に傾いてしまう。その結果、画素の輝度が変わってしまうので、アクティブマトリクス駆動を行うことは困難である。

[0012] また、電圧無印加状態において、ポリマーフレークが垂直に配向している状態を維持することはできず、ポリマーフレークが自重で水平方向に向いてしまう。そのため、非特許文献1の表示セルは、いわゆるメモリ性は有しておらず、低消費電力化が困難である。さらに、表示セルが傾いていると、ポリマーフレークが自重でセル内を移動し、表示セルの底辺側に沈降してしまう。

[0013] 一方、特許文献1には、懸濁液層の媒体としてネマチック液晶材料を用いた実施例（実施例6）が記載されている。この実施例では、それぞれが透明電極を備えた一对の基板のそれぞれ上に配向膜（ポリイミドコーティング）が形成されている。ポリマーフレークは、懸濁液層に電界が生成されていないときには、基板面に対して平行に配向する。また、ポリマーフレークは、懸濁液層に縦電界が生成されると、基板面に対して垂直に配向しようとする。

[0014] 特許文献1の上記実施例では、媒体を介したオフリークに起因した電圧保持率の低下が抑制されると考えられる。しかしながら、この実施例では、実際には、極性の強い配向膜の表面にポリマーフレークが貼り付いてしまうので、懸濁液層に縦電界が生成されても、配向膜近傍のポリマーフレークは配向膜から剥離されない。従って、ほとんどのポリマーフレークは、基板面に平行に配向したままである。そのため、電界印加時と電界無印加時とで、光透過率の差を十分に大きくすることができず、十分に高いコントラスト比を実現することができない。さらに、特許文献1の光学装置では、電界の印加により、ポリマーフレークを基板面に平行な状態から垂直な状態（あるいは垂直な状態から平行な状態）に変化させるが、その逆の変化は、熱分散や重

力により行われる。そのため、十分な応答速度が得られず、表示装置に利用することが困難であるという問題もある。

[0015] 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、アクティブマトリクス駆動が可能で、低消費電力性に優れ、高い光利用効率および高いコントラスト比を実現し得る光学装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 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、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、前記媒体は、液晶材料を含み、前記第1基板および前記第2基板の少なくとも一方は、前記光学層側に設けられた膜であって、表面エネルギーが 40 mJ/m^2 以下であるか、純水との接触角が 75° 以上であるか、または、 CH_2I_2 との接触角が 40° 以上である膜を有する。

[0017] 本発明の他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、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、前記媒体は、液晶材料を含み、前記第1基板および前記第2基板の少なくとも一方は、前記光学層側に設けられ、前記液晶材料に含まれる液晶分子を垂直配向させる垂直配向膜を有する。

[0018] ある実施形態において、前記第1基板は、互いに異なる電位を与えられ得る第1電極および第2電極を有し、前記光学装置は、前記光学層に横電界を印加し得る。

[0019] ある実施形態において、前記第1電極および前記第2電極の一方は、絶縁層を介して他方の上に設けられ、少なくとも1つのスリットを有し、前記他方の電極は、前記少なくとも1つのスリットに対向する部分を有する。

[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、所定の間隙

を介して互いに噛合するような形状を有し、前記第 1 基板は、絶縁層を介して前記第 1 電極および前記第 2 電極の下に設けられたさらなる電極を有し、前記さらなる電極は、前記間隙に対向する部分を有する。

[0021] ある実施形態において、前記第 1 電極および前記第 2 電極の少なくとも一方は、少なくとも 1 つの枝部を有し、前記少なくとも 1 つの枝部の幅 w および前記形状異方性粒子の長さ l は、 $w < l$ の関係を満足する。

[0022] 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、所定の間隙を介して互いに噛合するような形状を有し、前記間隙の幅 g および前記形状異方性粒子の長さ l は、 $g > l \cdot (1/2)$ の関係を満足する。

[0023] ある実施形態において、前記第 2 基板は、前記第 1 電極および前記第 2 電極に対向する第 3 電極を有し、前記光学装置は、前記光学層に縦電界を印加し得る。

[0024] ある実施形態において、前記第 2 基板は、前記第 3 電極上に設けられた誘電体層をさらに有する。

[0025] ある実施形態において、前記誘電体層の比誘電率 ϵ_r および厚さ t [μm] は、 $\epsilon_r \cdot t > 7$ の関係を満足する。

[0026] ある実施形態において、前記液晶材料は、正の誘電異方性を有する。

[0027] ある実施形態において、前記液晶材料の誘電異方性 $\Delta\epsilon$ は、15 を超える。

[0028] ある実施形態において、前記形状異方性粒子の長さ l は、 $3\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下である。

[0029] ある実施形態において、前記光学層における前記形状異方性粒子の含有率 C_f [$w\%$] および前記光学層の厚さ D [μm] は、 $4 \leq (C_f \cdot D) / 10 \leq 15$ の関係を満足する。

[0030] ある実施形態において、前記形状異方性粒子は、金属材料から形成されており、且つ、その表面に絶縁層を有する。

[0031] ある実施形態において、前記光学層の厚さ D は、 $10\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下である。

[0032] ある実施形態において、前記膜または前記垂直配向膜は、ラビング処理を施されていない。

発明の効果

[0033] 本発明の実施形態によると、アクティブマトリクス駆動が可能で、低消費電力性に優れ、高い光利用効率および高いコントラスト比を実現し得る光学装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]本発明の実施形態による表示装置 110 を模式的に示す断面図である。

[図2]表示装置 110 が有する第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]光学層 30 に横電界が印加されたときの表示装置 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たときの表示装置 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]比較例 1 の光学装置 500 を模式的に示す断面図である。

[図7] (a) は、光学層 530 に電界が印加されていないときの光学装置 500 を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 532 および液晶分子 531 a の配向方向を示す図である。(c) は、そのときの光学層 530 を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(d) は、そのときの光学装置 500 を示す写真である。

[図8] (a) は、光学層 530 に縦電界が印加されているときの光学装置 500 を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 532 および液晶分子 531 a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学層 530 を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(d) は、そのときの光学装置 500 を示す写真である。

[図9] (a) は、光学層 530 に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置 500 を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 532 および液晶分子 531 a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学層 530 を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(d) は、そのときの光学装置 500 を示す写真である。

[図10] 比較例 2 の光学装置 600 を模式的に示す断面図である。

[図11] (a) は、光学層 630 に電界が印加されていないときの光学装置 600 を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 632 および液晶分子 631 a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学層 630 を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(d) は、そのときの光学装置 600 を示す写真である。

[図12] (a) は、光学層 630 に縦電界が印加されているときの光学装置 600 を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 632 および液晶分子 631 a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学層 630 を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(d) は、そのときの光学装置 600 を示す写真である。

[図13] (a) は、光学層 630 に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置 600 を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 632 および液晶分子 631 a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学層 630 を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(d) は、そのときの光学装置 600 を示す写真である。

[図14] 比較例 3 の光学装置 700 を模式的に示す断面図である。

[図15] (a) は、光学層 730 に電界が印加されていないときの光学装置 700 を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 732 および液晶分子 731 a の配向方向を示す図である。また、(c) および (d) は、そのときの光学層 730 を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(e) は、そのときの光学装置 700 を示す写真である。

[図16] (a) は、光学層 730 に縦電界が印加されているときの光学装置 7

00を模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子732および液晶分子731aの配向方向を示す図である。また、(c)および(d)は、そのときの光学層730を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(e)は、そのときの光学装置700を示す写真である。

[図17] (a)は、光学層730に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置700を模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子732および液晶分子731aの配向方向を示す図である。また、(c)および(d)は、そのときの光学層730を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(e)は、そのときの光学装置700を示す写真である。

[図18] (a)および(b)は、光学装置700において垂直配向膜715および725による配向規制力が弱い場合の形状異方性粒子732および液晶分子731aの配向方向を示す図であり、(a)は、光学層730に電界が印加されていないときの配向方向を示し、(b)は、光学層730に縦電界が印加されているときの配向方向を示している。

[図19] 実施例1の光学装置100Aを模式的に示す断面図である。

[図20] (a)は、光学層30に電界が印加されていないときの光学装置100Aを模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。

[図21] (a)は、光学層30に横電界が印加されているときの光学装置100Aを模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。

[図22] (a)は、光学層30に印加されている横電界が除去されたときの光学装置100Aを模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。

[図23] (a)は、光学層30に縦電界が印加されているときの光学装置100Aを模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。

[図24] (a) は、光学層 30 に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置 100A を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。

[図25] 実施例 2 の光学装置 100B を模式的に示す断面図である。

[図26] (a) は、光学層 30 に電界が印加されていないときの光学装置 100B を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学装置 100B を示す写真である。

[図27] (a) は、光学層 30 に横電界が印加されているときの光学装置 100B を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学装置 100B を示す写真である。

[図28] (a) は、光学層 30 に印加されている横電界が除去されたときの光学装置 100B を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学装置 100B を示す写真である。

[図29] (a) は、光学層 30 に縦電界が印加されているときの光学装置 100B を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学装置 100B を示す写真である。

[図30] (a) は、光学層 30 に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置 100B を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。また、(c) は、そのときの光学装置 100B を示す写真である。

[図31] 実施例 3 の光学装置 100C を模式的に示す断面図である。

[図32] (a) は、光学層 30 に電界が印加されていないときの光学装置 100C を模式的に示す図であり、(b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。また、(c) および (d)

は、そのときの光学層30を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(e)は、そのときの光学装置100Cを示す写真である。

[図33] (a)は、光学層30に横電界が印加されているときの光学装置100Cを模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。また、(c)および(d)は、そのときの光学層30を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(e)は、そのときの光学装置100Cを示す写真である。

[図34] (a)は、光学層30に印加されている横電界が除去されたときの光学装置100Cを模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。また、(c)および(d)は、そのときの光学層30を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(e)は、そのときの光学装置100Cを示す写真である。

[図35] (a)は、光学層30に縦電界が印加されているときの光学装置100Cを模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。また、(c)および(d)は、そのときの光学層30を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(e)は、そのときの光学装置100Cを示す写真である。

[図36] (a)は、光学層30に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置100Cを模式的に示す図であり、(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。また、(c)および(d)は、そのときの光学層30を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、(e)は、そのときの光学装置100Cを示す写真である。

[図37] (a)は、第1電極11および第2電極12の枝部11aおよび12aの幅wが形状異方性粒子32の長さlよりも小さい構成を模式的に示す断面図であり、(b)は、第1電極11および第2電極12の枝部11aおよび12aの幅wが形状異方性粒子32の長さlよりも大きい構成を模式的に

示す断面図である。(c)は、電極間距離 g が形状異方性粒子32の長さ l の半分よりも小さい構成を模式的に示す断面図である。

[図38]実施例4の光学装置100Dを模式的に示す断面図である。

[図39](a)、(b)および(c)は、それぞれ、光学層30に電界が印加されていないとき、光学層30に横電界が印加されているとき、および、光学層30に縦電界が印加されているときの光学装置100Dを模式的に示す断面図である。

[図40](a)および(b)は、比較例4の光学装置800を模式的に示す断面図である。(a)は、光学層830に電界が印加されていないときの光学装置800を示しており、(b)は、光学層830に縦電界が印加されているときの光学装置800を示している。

[図41]実施例4の光学装置100Dについて、重力による形状異方性粒子32の沈降の発生を検証した結果を示す図である。

[図42]比較例5の光学装置900について、重力による形状異方性粒子32の沈降の発生を検証した結果を示す図である。

[図43]実施例5の光学装置100Eを模式的に示す断面図である。

[図44](a)、(b)および(c)は、それぞれ、光学層30に電界が印加されていないとき、光学層30に縦電界が印加されているとき、および、光学層30に横電界が印加されているときの光学装置100Eを模式的に示す断面図である。

[図45]実施例5の光学装置100Eについて、重力による形状異方性粒子32の沈降の発生を検証した結果を示す図である。

[図46](a)、(b)、(c)および(d)は、第3電極21上に誘電体層26が設けられていない場合における、光学層30に横電界が印加されたときの液晶分子31aの配向状態のシミュレーション結果を示す図であり、それぞれ印加電圧が0V、5V、10Vおよび15Vのときの結果を示している。

[図47](a)、(b)、(c)および(d)は、第3電極21上に誘電体層

26が設けられている場合における、光学層30に横電界が印加されたときの液晶分子31aの配向状態のシミュレーション結果を示す図であり、それぞれ印加電圧が0V、5V、10Vおよび15Vのときの結果を示している。

[図48] (a)、(b)および(c)は、第3電極21上に誘電体層26が設けられていない場合のシミュレーション結果を示す図であり、それぞれ印加電圧が15Vで光学層30の厚さDが20 μ m、10 μ mおよび5 μ mのときの結果を示している。

[図49] (a)、(b)および(c)は、第3電極21上に誘電体層26が設けられている場合のシミュレーション結果を示す図であり、それぞれ印加電圧が15Vで光学層30の厚さDが20 μ m、10 μ mおよび5 μ mのときの結果を示している。

[図50] (a)、(b)および(c)は、それぞれ誘電体層26の比誘電率 ϵ_r が2.7、3.7および4.7である場合のシミュレーション結果を示す図であり、(d)は、誘電体層（オーバーコート層）26が設けられていない場合のシミュレーション結果を示す図である。

[図51] (a)、(b)および(c)は、それぞれ誘電体層26の厚さtが3.5 μ m、2.5 μ mおよび1.5 μ mである場合のシミュレーション結果を示す図であり、(d)は、誘電体層（オーバーコート層）26が設けられていない場合のシミュレーション結果を示す図である。

[図52] (a)および(b)は、光学層30の厚さDが50 μ mの場合における、電界が印加されていないときの光学層30および横電界が印加されているときの光学層30の光学顕微鏡写真である。

[図53] (a)および(b)は、光学層30の厚さDが30 μ mの場合における、電界が印加されていないときの光学層30および横電界が印加されているときの光学層30の光学顕微鏡写真である。

[図54] (a)および(b)は、光学層30の厚さDが20 μ mの場合における、電界が印加されていないときの光学層30および横電界が印加されている

ときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。

[図55] (a) および (b) は、光学層 30 の厚さ D が $10\ \mu\text{m}$ の場合における、電界が印加されてないときの光学層 30 および横電界が印加されているときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。

[図56] (a) および (b) は、形状異方性粒子 32 の含有率 C_f が $7.5\ \text{wt}\%$ の場合における、電界が印加されてないときの光学層 30 および横電界が印加されているときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。

[図57] (a) および (b) は、形状異方性粒子 32 の含有率 C_f が $3.0\ \text{wt}\%$ の場合における、電界が印加されてないときの光学層 30 および横電界が印加されているときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。

[図58] (a) および (b) は、第 1 基板 10 の電極構造の他の例を示す平面図および断面図である。

[図59] (a) および (b) は、第 1 基板 10 の電極構造の他の例を示す平面図および断面図である。

[図60] (a)、(b) および (c) は、それぞれ、図 1 の電極構造を採用した場合、図 58 の電極構造を採用した場合、図 59 の電極構造を採用した場合における、縦電界印加時の光学装置 100 を示す図である。

[図61] (a) および (b) は、第 1 基板 10 の電極構造の他の例を示す平面図および断面図である。

[図62] 図 61 の電極構造を採用した場合における、縦電界印加時の光学装置 100 を示す図である。

発明を実施するための形態

[0035] 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。

[0036] 図 1 に、本発明の実施形態による表示装置 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。

[0037] 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。

[0038] 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とを備える。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。

[0039] 第１基板（背面側基板）１０は、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を有する。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。

[0040] 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１１ａとを有する。第２電極１２は、同様に、幹部１２ｂと、幹部１２ｂから延びる複数の枝部１２ａとを有する。第１電極１１と第２電極１２とは、それぞれの複数の枝部１１ａ、１２ａが所定の間隙を介して噛合するように配置されている。つまり、第１電極１１および第２電極１２は、所定の間隙を介して互いに噛合するような形状を有している。第１電極１１と第２電極１２との間隙の幅 g を、以下では「電極間距離」と呼ぶこともある。

[0041] 第１電極１１の枝部１１ａおよび第２電極１２の枝部１２ａの幅 w に特に制限はない。また、電極間距離 g にも特に制限はない。ただし、枝部１１ａおよび１２ａの幅 w および電極間距離 g は、後述するように、形状異方性粒子３２の長さ l と所定の関係を満足することが好ましい。

[0042] また、第１基板１０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）や、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）を有する（いずれもここでは不図示）

。

[0043] 第1基板10は、さらに、光を吸収する光吸収層14を有する。光吸収層14の材料に特に制限はない。光吸収層14の材料としては、例えば、液晶表示装置等のブラックマトリクス材料として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14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。

。

[0044] 第1基板10の構成要素（上述した第1電極11、第2電極12および光吸収層14など）は、絶縁性を有する基板（例えばガラス基板）10aによって支持されている。なお、図1では、光吸収層14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。

[0045] 第2基板（前面側基板）20は、第1電極11および第2電極12に対向する第3電極21を有する。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。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。

[0046] 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。

[0047] 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）Dに特に制限はない。ただし、後述する理由から、光学層30の厚さDは、10 μ m以上20 μ m以下であることが好ましい。

[0048] ここでは、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。

[0049] 形状異方性粒子32は、光学層30に印加された電界の方向に応じて配向方向が変化する。つまり、第1電極11および第2電極12と、第3電極21とによって光学層30に縦電界が生成された場合と、第1電極11と第2電極12とによって光学層30に横電界が生成された場合とで、形状異方性粒子32の配向方向が異なる。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界の方向に応じて変化する理由については、後に詳述する。

[0050] 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31a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31aの長軸方向の誘電率 $\epsilon_{//}$ は、短軸方向の誘電率 $\epsilon_{\perp}$ よりも大きい。

[0051] なお、媒体 3 1 は、液晶材料以外の材料を含んでもよい。例えば、形状異方性粒子 3 2 の分散性を向上させるための添加剤が媒体 3 1 に混入されていてもよい。そのような添加剤としては、形状異方性粒子 3 2 をペースト化する溶剤（例えばミネラルスピリット）、界面活性剤、形状異方性粒子 3 2 に対する表面処理剤などが挙げられる。なお、添加剤によっては、液晶材料が媒体 3 1 中で液晶状態とならない（つまりアイソトロピック状態となる）ことがある。

[0052] 第 1 基板 1 0 および第 2 基板 2 0 のそれぞれは、光学層 3 0 側に設けられた垂直配向膜 1 5 および 2 5 を有する。垂直配向膜 1 5 および 2 5 は、媒体（液晶材料） 3 1 に含まれる液晶分子 3 1 a を、少なくとも配向膜界面近傍において、垂直配向させる。つまり、垂直配向膜 1 5 および 2 5 は、液晶分子 3 1 a を基板面（第 1 基板 1 0 または第 2 基板 2 0 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。なお、必ずしも第 1 基板 1 0 および第 2 基板 2 0 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 1 0 のみ）に垂直配向膜が設けられていてもよい。また、液晶分子 3 1 a は、必ずしも光学層 3 0 全体で垂直配向している必要はなく、少なくとも垂直配向膜の界面近傍において垂直配向していればよい。つまり、垂直配向膜の界面近傍以外の領域では、液晶分子 3 1 a は必ずしも垂直配向している必要はなく、水平配向や傾斜配向していてもよい。勿論、図 1 に例示しているように、光学層 3 0 全体で液晶分子 3 1 a が垂直配向していてもよい。

[0053] 以下、図 3 および図 4 も参照しながら、形状異方性粒子 3 2 の配向方向が印加電界の方向に応じて変化する理由をより具体的に説明する。図 3 は、光学層 3 0 に横電界が印加されたときの表示装置 1 1 0 を模式的に示す図であり、図 4 は、光学層 3 0 に縦電界が印加されたときの表示装置 1 1 0 を模式的に示す図である。なお、図 3 および図 4 には、第 1 電極 1 1、第 2 電極 1 2 および第 3 電極 2 1 の電位の高低を表すために、電源 4 0 やスイッチ 5 1、5 2 も示されている。一方のスイッチ 5 1 は、第 2 電極 1 2 と電源 4 0 と

の電氣的な接続をオン・オフ制御するものとし、他方のスイッチ52は、第2電極12とグラウンド（GND）との電氣的な接続をオン・オフ制御するものとする。

[0054] 光学層30に電界が印加されていない場合、液晶分子31aは、垂直配向膜15および25の配向規制力によって、図1に示すように、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、そのことにより、形状異方性粒子32も、垂直配向状態をとる（つまりその長手方向が第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）。

[0055] 図3に示すように、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（スイッチ51がオフ、スイッチ52がオン）、光学層30に横電界が生成される。図3には、電界の向きが矢印Eで示されている。図3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。

[0056] このとき、液晶分子31aは、図3に示すように、第1基板10の基板面に略平行に配向する。また、形状異方性粒子32も、（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）。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、比較的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。なお、第2基板20近傍には、基板面に略垂直に配向したままの形状異方性粒子32が存在し得るが、問題なく白表示（あるいは中間調表示）を行うことができる。

[0057] 一方、図4に示すように、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（スイッチ51がオン、スイッチ52がオフ）、光学層30に縦電界が生成される。図4には、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。

[0058] このとき、液晶分子 31a は、図 4 に示すように、第 1 基板 10 の基板面に略垂直に配向する。また、形状異方性粒子 32 も、（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）。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。

[0059] 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。

[0060] 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。

[0061] 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 31 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。

[0062] [数1]

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

[0063] 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 31a 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って、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。

[0064] 上述したように、本発明の実施形態による表示装置 110 では、光学層 30 に縦電界が生成された状態と、光学層 30 に横電界が生成された状態とを切り替えることにより、表示が行われる。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、特許文献 1 の光学装置とは異なり、十分な応答速度を実現することができる。また、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。

[0065] さらに、表示装置 110 では、媒体 31 として、液晶材料が用いられている。液晶材料は、一般に、非特許文献 1 で例示されているような媒体（炭酸プロピレン等）よりも比抵抗が数桁高いので、表示装置 110 では、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。

$$P = C \cdot V \cdot f + I \cdot V \quad \dots (2)$$

[0066] 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）からも明らかなように、消費電力 P を低減することができる。

[0067] また、表示装置 110 では、第 1 基板 10 および第 2 基板 20 の光学層 30 側に垂直配向膜 15 および 25 が設けられていることにより、形状異方性

粒子 3 2 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ので、光学層 3 0 に縦電界が生成されたときに、多くの形状異方性粒子 3 2 を垂直配向状態とすることができる。そのため、高いコントラスト比を実現することができる。さらに、垂直配向膜 1 5 および 2 5 の配向規制力により、形状異方性粒子 3 2 が自重によって沈降することが防止される。

[0068] 上述したように、本発明の実施形態による表示パネル（光学装置） 1 0 0 では、媒体 3 1 として液晶材料が用いられるとともに、第 1 基板 1 0 および第 2 基板 2 0 の光学層 3 0 側に垂直配向膜 1 5 および 2 5 が設けられており、そのことにより、表示パネル 1 0 0 は、アクティブマトリクス駆動が可能で、低消費電力性に優れ、高い光利用効率および高いコントラスト比を実現し得る。

[0069] ここで、本願発明者が比較例の光学装置の動作に関して検証を行った結果を説明する。

[0070] まず、図 6 に示す比較例 1 の光学装置 5 0 0 について検証を行った。

[0071] 比較例 1 の光学装置 5 0 0 は、図 6 に示すように、背面側基板 5 1 0 および前面側基板 5 2 0 と、これらの間に設けられた光学層 5 3 0 とを備える。

[0072] 背面側基板 5 1 0 は、背面側電極 5 1 1 と、背面側電極 5 1 1 上に設けられた水平配向膜 5 1 5 とを有する。前面側基板 5 2 0 は、前面側電極 5 2 1 と、前面側電極 5 2 1 上に設けられた水平配向膜 5 2 5 とを有する。

[0073] 光学層 5 3 0 は、媒体 5 3 1 と、媒体 5 3 1 中に分散された形状異方性粒子 5 3 2 とを有する。媒体 5 3 1 は、ポジ型の液晶材料である。

[0074] 図 7、図 8 および図 9 に、比較例 1 の光学装置 5 0 0 についての検証結果を示す。

[0075] 図 7（a）は、光学層 5 3 0 に電界が印加されていないときの光学装置 5 0 0 を模式的に示す図であり、図 7（b）は、そのときの形状異方性粒子 5 3 2 および液晶分子 5 3 1 a の配向方向を示す図である。また、図 7（c）は、そのときの光学層 5 3 0（試作パネルの光学装置 5 3 0）を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図 7（d）は、そのときの光学装

置（試作パネル）500を示す写真である。

[0076] 光学層530に電界が印加されていないとき、液晶分子531aは、水平配向膜515および525の配向規制力によって、図7（b）に示すように、水平配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子532も、図7（a）および（b）に示すように、水平配向状態をとる。また、図7（c）からも、形状異方性粒子532が水平配向状態をとっていることがわかる。さらに、図7（d）から、光学層530が反射状態となっていることがわかる。

[0077] 図8（a）は、光学層530に縦電界が印加されているときの光学装置500を模式的に示す図であり、図8（b）は、そのときの形状異方性粒子532および液晶分子531aの配向方向を示す図である。また、図8（c）は、そのときの光学層530（試作パネルの光学層530）を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図8（d）は、そのときの光学装置（試作パネル）500を示す写真である。

[0078] 光学層530に縦電界が印加されると（つまり背面側電極511と前面側電極521との間に所定の電圧が印加されると）、液晶分子531aは、図8（b）に示すように、垂直配向状態をとる。また、このとき、光学層530の中央付近に位置する形状異方性粒子532も、図8（a）および（b）に示すように、垂直配向状態をとる。しかしながら、水平配向膜515および525近傍の形状異方性粒子532は、図8（a）および（b）に示すように、水平配向状態で水平配向膜515および525表面に貼り付いたままであり、印加電圧を高くしていても、ほとんど剥がれない。本願発明者の検証したところでは、印加電圧を $V_{pp} = 700$ [V]まで高くしても、貼り付いた形状異方性粒子532が剥がれることはほとんどなかった。また、図8（c）からも、多くの形状異方性粒子532が水平配向状態のままであることがわかる。さらに、図8（d）から、光学層530が反射状態のままであることがわかる。

[0079] 図9（a）は、光学層530に印加されている縦電界が除去されたときの

光学装置 500 を模式的に示す図であり、図 9 (b) は、そのときの形状異方性粒子 532 および液晶分子 531 a の配向方向を示す図である。また、図 9 (c) は、そのときの光学層 530 (試作パネルの光学層 530) を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図 9 (d) は、そのときの光学装置 (試作パネル) 500 を示す写真である。

[0080] 光学層 530 に印加されている縦電界が除去されると、液晶分子 531 a は、図 9 (b) に示すように、再び水平配向状態をとる。また、このとき、光学層 530 の中央付近に位置する形状異方性粒子 532 も、図 9 (a) および (b) に示すように、水平配向状態をとる。水平配向膜 515 および 525 近傍の形状異方性粒子 532 は、図 9 (a) に示すように、依然として水平配向状態のままである。また、図 9 (c) から、形状異方性粒子 532 が水平配向状態をとっていることがわかる。さらに、図 9 (d) から、光学層 530 が反射状態となっていることがわかる。

[0081] 上述したように、比較例 1 の光学装置 500 では、縦電界を印加しても垂直配向状態をとらない形状異方性粒子 532 が多く存在する。そのため、光学層 530 は電界の印加の有無によらず反射状態のままである。当然、十分に高いコントラスト比を実現することはできない。

[0082] 次に、図 10 に示す比較例 2 の光学装置 600 について検証を行った。比較例 2 の光学装置 600 は、比較例 1 の光学装置 500 の水平配向膜 515 および 525 を省略した構成を有する。

[0083] 比較例 2 の光学装置 600 は、図 10 に示すように、背面側基板 610 および前面側基板 620 と、これらの間に設けられた光学層 630 とを備える。

[0084] 背面側基板 610 は、背面側電極 611 を有し、前面側基板 620 は、前面側電極 621 を有する。背面側基板 610 および前面側基板 620 のいずれも、配向膜を有していない。

[0085] 光学層 630 は、媒体 631 と、媒体 631 中に分散された形状異方性粒子 632 とを有する。媒体 631 は、ポジ型の液晶材料である。

[0086] 図 1 1、図 1 2 および図 1 3 に、比較例 2 の光学装置 6 0 0 についての検証結果を示す。

[0087] 図 1 1 (a) は、光学層 6 3 0 に電界が印加されていないときの光学装置 6 0 0 を模式的に示す図であり、図 1 1 (b) は、そのときの形状異方性粒子 6 3 2 および液晶分子 6 3 1 a の配向方向を示す図である。また、図 1 1 (c) は、そのときの光学層 6 3 0 (試作パネルの光学層 6 3 0) を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図 1 1 (d) は、そのときの光学装置 (試作パネル) 6 0 0 を示す写真である。

[0088] 光学層 6 3 0 に電界が印加されていないとき、液晶分子 6 3 1 a は、配向膜による配向規制力が存在していないので、図 1 1 (b) に示すように、ランダムな配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子 6 3 2 も、図 1 1 (a) および (b) に示すように、ランダムな配向状態をとる。また、図 1 1 (c) から、形状異方性粒子 6 3 2 がランダムな配向状態をとっていることがわかる。さらに、図 1 1 (d) から、光学層 6 3 0 が透明状態とはなっていないことがわかる。

[0089] 図 1 2 (a) は、光学層 6 3 0 に縦電界が印加されているときの光学装置 6 0 0 を模式的に示す図であり、図 1 2 (b) は、そのときの形状異方性粒子 6 3 2 および液晶分子 6 3 1 a の配向方向を示す図である。また、図 1 2 (c) は、そのときの光学層 6 3 0 (試作パネルの光学層 6 3 0) を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図 1 2 (d) は、そのときの光学装置 (試作パネル) 6 0 0 を示す写真である。

[0090] 光学層 6 3 0 に縦電界が印加されると (つまり背面側電極 6 1 1 と前面側電極 6 2 1 との間に所定の電圧 (例えばデューティ比 5 0 %、周波数 6 0 H z で $V_{pp} = 10$ [V] の交流電圧) が印加されると)、液晶分子 6 3 1 a は、図 1 2 (b) に示すように、垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子 6 3 2 も、図 1 2 (a) および (b) に示すように、垂直配向状態をとる。また、図 1 2 (c) から、形状異方性粒子 6 3 2 が垂直配向状態をとっていることがわかる。さらに、図 1 2 (d) から、光学層 6 3 0

が透明状態となっていることがわかる。

[0091] 図13(a)は、光学層630に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置600を模式的に示す図であり、図13(b)は、そのときの形状異方性粒子632および液晶分子631aの配向方向を示す図である。また、図13(c)は、そのときの光学層630(試作パネルの光学層630)を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図13(d)は、そのときの光学装置(試作パネル)600を示す写真である。

[0092] 光学層630に印加されている縦電界が除去されると、液晶分子631aは、図13(b)に示すように、再びランダムな配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子632も、図13(a)および(b)に示すように、自重によって非常にゆっくりと再びランダムな配向状態をとる。また、図13(c)からも、形状異方性粒子632がランダムな配向状態をとっていることがわかる。さらに、図13(d)から、光学層630が十分な透明状態とはなっていないことがわかる。

[0093] 上述したように、比較例2の光学装置600では、光学層630に電界が印加されていないときに形状異方性粒子632がランダムな配向状態をとるので、十分に高い反射率(または透過率)が得られない。そのため、十分に高いコントラスト比を実現することができない。また、形状異方性粒子632がパネルの外周近傍に移動し、表示ムラの原因となることがわかった。

[0094] 続いて、図14に示す比較例3の光学装置700について検証を行った。

[0095] 比較例3の光学装置700は、図14に示すように、背面側基板710および前面側基板720と、これらの間に設けられた光学層730とを備える。

[0096] 背面側基板710は、背面側電極711と、背面側電極711上に設けられた垂直配向膜715とを有する。前面側基板720は、前面側電極721と、前面側電極721上に設けられた垂直配向膜725とを有する。

[0097] 光学層730は、媒体731と、媒体731中に分散された形状異方性粒子732とを有する。媒体731は、ネガ型の液晶材料である。

[0098] 図15、図16および図17に、比較例3の光学装置700についての検証結果を示す。

[0099] 図15(a)は、光学層730に電界が印加されていないときの光学装置700を模式的に示す図であり、図15(b)は、そのときの形状異方性粒子732および液晶分子731aの配向方向を示す図である。また、図15(c)および(d)は、そのときの光学層730(試作パネルの光学層730)を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図15(e)は、そのときの光学装置(試作パネル)700を示す写真である。

[0100] 光学層730に電界が印加されていないとき、液晶分子731aは、垂直配向膜715および725の配向規制力によって、図15(b)に示すように、垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子732も、図15(a)および(b)に示すように、垂直配向状態をとる。また、図15(c)および(d)からも、形状異方性粒子732が垂直配向状態をとっていることがわかる。さらに、図15(e)から、光学層730が透明状態となっていることがわかる。

[0101] 図16(a)は、光学層730に縦電界が印加されているときの光学装置700を模式的に示す図であり、図16(b)は、そのときの形状異方性粒子732および液晶分子731aの配向方向を示す図である。また、図16(c)および(d)は、そのときの光学層730(試作パネルの光学層730)を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図16(e)は、そのときの光学装置(試作パネル)700を示す写真である。

[0102] 光学層730に縦電界が印加されると(つまり背面側電極711と前面側電極721との間に所定の電圧が印加されると)、液晶分子731aは、図16(b)に示すように、水平配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子732は、図16(a)および(b)に示すように、垂直配向状態のままである。つまり、形状異方性粒子732は、液晶分子731aの配向方向の変化には追従せず、電界の方向に配向している。また、図16(c)および(d)からも、形状異方性粒子732が垂直配向状態のままであること

がわかる。さらに、図 16 (e) から、光学層 730 が透明状態のままであることがわかる。

[0103] 図 17 (a) は、光学層 730 に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置 700 を模式的に示す図であり、図 17 (b) は、そのときの形状異方性粒子 732 および液晶分子 731 a の配向方向を示す図である。また、図 17 (c) および (d) は、そのときの光学層 730 (試作パネルの光学層 730) を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図 17 (e) は、そのときの光学装置 (試作パネル) 700 を示す写真である。

[0104] 光学層 730 に印加されている縦電界が除去されると、液晶分子 731 a は、図 17 (b) に示すように、再び垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子 732 は、図 17 (a) および (b) に示すように、依然として垂直配向状態のままである。また、図 17 (c) および (d) から、形状異方性粒子 732 が垂直配向状態をとっていることがわかる。さらに、図 17 (e) から、光学層 730 が透明状態のままであることがわかる。

[0105] 上述したように、比較例 3 の光学装置 700 では、電界印加時と電界無印加時とで形状異方性粒子 732 の配向状態が変化しないので、光学層 730 は透明状態のままである。そのため、光学層 730 の透明状態と反射状態とを切り替えて表示を行うことはできない (当然、十分に高いコントラスト比を実現することもできない)。

[0106] また、比較例 3 の光学装置 700 において、垂直配向膜 715 および 725 による配向規制力が弱い場合、光学層 730 に電界が印加されていないときには、液晶分子 731 a および形状異方性粒子 732 は、図 18 (a) に示すように、不完全な垂直配向状態となる。そのため、印加電界の有無により、図 18 (a) に示したような配向状態と、図 18 (b) に示すような、液晶分子 731 a が水平配向し、形状異方性粒子 732 が垂直配向する配向状態とが切り替わることになる。従って、この場合にも、やはり十分に高いコントラスト比を実現することができない。

[0107] 上述したように、比較例 1、2 および 3 の光学装置 500、600 および

700のいずれについても、コントラスト比を十分に高くすることはできない。

[0108] これに対し、本発明の実施形態による光学装置100（表示装置110）では、形状異方性粒子32のスイッチング（垂直配向状態と水平配向状態との切り替え）を好適に行うことができ、十分に高いコントラスト比を実現することができる。

[0109] 本願発明者の検討によれば、形状異方性粒子32のスイッチングを好適に行うためには、下記の3つの配向規制力（第1、第2および第3の配向規制力）を組み合わせるのが好ましいことがわかった。

[0110] 第1の配向規制力は、誘電泳動力に起因する配向規制力である。既に説明したように、光学層30に電界が印加されると、形状異方性粒子32は、電界の方向に（つまり縦電界の場合は垂直に、横電界の場合には水平に）配向する。

[0111] 第2の配向規制力は、液晶材料の配向秩序性に起因する配向規制力である。形状異方性粒子32は、液晶分子31aの配向方向に平行に配向しようとするので、形状異方性粒子32の配向方向の変化を、液晶分子31aによってサポートすることができる。

[0112] 第3の配向規制力は、垂直配向膜の配向規制力である。配向膜は、その表面エネルギーが小さいほど、液晶分子を垂直に配向させる傾向が強い。垂直配向性の高い配向膜（つまり表面エネルギーが十分小さい配向膜）は、形状異方性粒子32を基板に貼り付き難くすることができる。また、媒体31が液晶材料である場合、液晶材料の配向秩序性に起因する配向規制力も利用することができるので、形状異方性粒子32の貼り付きをいっそう効果的に抑制することができる。

[0113] なお、垂直配向膜15および25に代えて、媒体31に含まれる液晶分子31aを厳密には垂直配向させない膜を用いてもよい。例えば、ポジ型液晶材料で誘電異方性の高いものは、一般に垂直配向膜と呼ばれる配向膜を用いても完全に垂直配向させることが難しい場合があるが、そのような液晶材料

を用いる場合でも、表面エネルギーの十分に小さい膜を用いることにより、形状異方性粒子 32 の貼り付きを十分に抑制することができる。具体的には、表面エネルギーが 40 mJ/m^2 以下（好ましくは 37 mJ/m^2 以下）の膜を設けることにより、形状異方性粒子 32 の貼り付きを十分に抑制することができる。また、液晶材料は、疎水性と親水性との中間的な性質を示し、膜の表面エネルギーが低くなるほど、液晶材料と膜との接触角が大きくなる。そのため、膜の表面エネルギーの大小（つまり垂直配向性の高低）は、その膜と、純水や CH_2I_2 との接触角によっても規定することができる。本願発明者の検証によれば、純水との接触角が 75° 以上である膜や、 CH_2I_2 との接触角が 40° 以上である膜を設けることにより、形状異方性粒子 32 の貼り付きを十分に抑制することができることがわかった。なお、比較例 1 の光学装置 500 が有するような水平配向膜 515 および 525 は、その表面エネルギーが 40 mJ/m^2 を超えており、また、純水との接触角および CH_2I_2 との接触角もそれぞれ 75° 未満、 40° 未満であるために、形状異方性粒子 532 の貼り付きを抑制することはできない。

[0114] 従って、第 1 基板 10 および第 2 基板 20 の少なくとも一方の光学層 30 側に、表面エネルギーが 40 mJ/m^2 以下であるか、純水との接触角が 75° 以上であるか、または、 CH_2I_2 との接触角が 40° 以上である膜（配向膜）を設けることにより、形状異方性粒子 32 の基板への貼り付きを抑制し、形状異方性粒子 32 のスイッチング動作を好適に行うことができる。

[0115] なお、膜の表面エネルギーは、例えば、協和界面科学株式会社製の全自動接触角計 CA-W により測定することができる。また、膜の純水や CH_2I_2 との接触角も、上記の全自動接触角計 CA-W により測定することができる。

[0116] 勿論、本発明の実施形態による表示装置 110 のように、第 1 基板 10 および第 2 基板 20 の少なくとも一方の光学層 30 側に垂直配向膜 15（あるいは 25）を設けてもよい。ここでいう「垂直配向膜」は、FFS (Fringe Field Switching) モードや VA (Vertical Alignment) モードの液晶表示装置に用いられる液晶材料（ポジ型またはネガ型）を垂直配向させるものであ

る。また、垂直配向膜は、一对の偏光板を用いたクロスニコル観察時とパレルニコル観察時とのコントラスト比で5以上を実現できるものであることが好ましい。例えば、後述するように垂直配向膜としてポリアミック系垂直配向膜を用い、液晶材料として誘電異方性が正のフッ素含有液晶組成物を用いて試作したパネルでは、セル厚（光学層の厚さ）が $3\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ および $50\mu\text{m}$ のときのコントラスト比はそれぞれ250、30、15および5.7であった。セル厚が大きくなるほどコントラスト比が低下するのは、上下基板の配向膜間の距離が大きくなるので、光学層全体への配向規制力が低下し、液晶分子の垂直配向状態がいくぶん不安定になるからと考えられる。ただし、その場合でも、全体としては配向秩序が維持されている状態であった。

[0117] ここで、本願発明者が実施例の光学装置の動作に関して検証を行った結果を説明する。

[0118] まず、図19に示す実施例1の光学装置100Aについて検証を行った。

[0119] 実施例1の光学装置100Aは、図1などに示した光学装置100とほぼ同じ構成を有し、光学層30に含まれる媒体31は、ポジ型の液晶材料である。ただし、光学装置100Aの第1基板（背面側基板）10には、光吸収層14は設けられていない。また、光学装置100Aの垂直配向膜15および25は、表面エネルギーが $35.0\text{mJ}/\text{m}^2$ と小さく、液晶分子31aを垂直配向させる配向規制力が強い。

[0120] 図20～図24に、実施例1の光学装置100Aについての検証結果を示す。

[0121] 図20(a)は、光学層30に電界が印加されていないときの光学装置100Aを模式的に示す図であり、図20(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。

[0122] 光学層30に電界が印加されていないとき、液晶分子31aは、垂直配向膜15および25の配向規制力によって、図20(b)に示すように、垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子32も、図20(a)お

よび（b）に示すように、垂直配向状態をとる。

[0123] 図21（a）は、光学層30に横電界が印加されているときの光学装置100Aを模式的に示す図であり、図21（b）は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。

[0124] 光学層30に横電界が印加されると（つまり第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）、液晶分子31aは、図21（b）に示すように、水平配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子32も、図21（a）および（b）に示すように、水平配向状態をとる。なお、第2基板20近傍には、基板面に略垂直に配向したままの形状異方性粒子32が存在し得るが、問題なく表示を行うことができる。

[0125] 図22（a）は、光学層30に印加されている横電界が除去されたときの光学装置100Aを模式的に示す図であり、図22（b）は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。

[0126] 光学層30に印加されている横電界が除去されると、液晶分子31aは、図22（b）に示すように、再び垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子32も、図22（a）および（b）に示すように、液晶分子31aの配向方向の変化に追従して垂直配向状態をとる。

[0127] 図23（a）は、光学層30に縦電界が印加されているときの光学装置100Aを模式的に示す図であり、図23（b）は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。

[0128] 光学層30に縦電界が印加されたとき（つまり第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たとき）、液晶分子31aは、図23（b）に示すように、垂直配向状態のままである。また、このとき、形状異方性粒子32も、図23（a）および（b）に示すように、垂直配向状態のままである。

[0129] 図24（a）は、光学層30に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置100Aを模式的に示す図であり、図24（b）は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。

[0130] 光学層30に印加されている縦電界が除去されたとき、液晶分子31aは、図24(b)に示すように、依然として垂直配向状態のままである。また、このとき、形状異方性粒子32も、図24(a)および(b)に示すように、依然として垂直配向状態のままである。

[0131] 上述したように、実施例1の光学装置100Aでは、横電界の印加の有無のみで、形状異方性粒子32の垂直配向状態と水平配向状態とを切り替えることができる。勿論、水平配向状態から垂直配向状態への切り替え時に光学層30に縦電界を印加してもよく、それにより、スイッチング速度を向上させることができる。また、縦電界の印加により、水平配向状態において基板に貼り付いた形状異方性粒子32を強制的に垂直配向状態（初期配向状態）に戻すことができる。

[0132] 次に、図25に示す実施例2の光学装置100Bについて検証を行った。

[0133] 実施例2の光学装置100Bは、図19などに示した実施例1の光学装置100Aとほぼ同じ構成を有し、光学層30に含まれる媒体31は、ポジ型の液晶材料である。ただし、光学装置100Bの第1基板10および第2基板20の光学層30側に設けられた配向膜15'および25'は、表面エネルギーが 38.4 mJ/m^2 であり、液晶分子31aを垂直配向させる配向規制力が実施例1の光学装置100Aの垂直配向膜15および25よりもやや弱い。

[0134] 図26～図30に、実施例2の光学装置100Bについての検証結果を示す。

[0135] 図26(a)は、光学層30に電界が印加されていないときの光学装置100Bを模式的に示す図であり、図26(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。また、図26(c)は、そのときの光学装置（試作パネル）100Bを示す写真である。

[0136] 光学層30に電界が印加されていないとき、液晶分子31aは、図26(b)に示すように、やや不完全な垂直配向状態をとる。配向膜15'および25'の配向規制力がやや弱いからである。また、このとき、形状異方性粒

子 3 2 も、図 2 6 (a) および (b) に示すように、やや不完全な垂直配向状態をとる。さらに、図 2 6 (c) から、光学層 3 0 がほぼ透明状態となっていることがわかる。

[0137] 図 2 7 (a) は、光学層 3 0 に横電界が印加されているときの光学装置 1 0 0 B を模式的に示す図であり、図 2 7 (b) は、そのときの形状異方性粒子 3 2 および液晶分子 3 1 a の配向方向を示す図である。また、図 2 7 (c) は、そのときの光学装置（試作パネル）1 0 0 B を示す写真である。

[0138] 光学層 3 0 に横電界が印加されると（つまり第 1 電極 1 1 と第 2 電極 1 2 との間に所定の電圧が印加されると）、液晶分子 3 1 a は、図 2 7 (b) に示すように、水平配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子 3 2 も、図 2 7 (a) および (b) に示すように、水平配向状態をとる。さらに、図 2 7 (c) から、光学層 3 0 が反射状態であることがわかる。

[0139] 図 2 8 (a) は、光学層 3 0 に印加されている横電界が除去されたときの光学装置 1 0 0 B を模式的に示す図であり、図 2 8 (b) は、そのときの形状異方性粒子 3 2 および液晶分子 3 1 a の配向方向を示す図である。また、図 2 8 (c) は、そのときの光学装置（試作パネル）1 0 0 B を示す写真である。

[0140] 光学層 3 0 に印加されている横電界が除去されると、液晶分子 3 1 a は、図 2 8 (b) に示すように、再びやや不完全な垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子 3 2 は、液晶分子 3 1 a の垂直配向状態がやや不完全であるために、秩序立った配向をせず、図 2 8 (a) および (b) に示すように、水平配向状態をほぼ維持する。さらに、図 2 8 (c) から、光学層 3 0 がほぼ反射状態であることがわかる。

[0141] 図 2 9 (a) は、光学層 3 0 に縦電界が印加されているときの光学装置 1 0 0 B を模式的に示す図であり、図 2 9 (b) は、そのときの形状異方性粒子 3 2 および液晶分子 3 1 a の配向方向を示す図である。また、図 2 9 (c) は、そのときの光学装置（試作パネル）1 0 0 B を示す写真である。

[0142] 光学層 3 0 に縦電界が印加されると（つまり第 1 電極 1 1 および第 2 電極

1 2と第3電極2 1との間に所定の電圧が印加されると)、液晶分子3 1 aは、図2 9 (b)に示すように、垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子3 2も、図2 9 (a)および(b)に示すように、垂直配向状態をとる。さらに、図2 9 (c)から、光学層3 0が透明状態であることがわかる。

[0143] 図3 0 (a)は、光学層3 0に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置1 0 0 Bを模式的に示す図であり、図3 0 (b)は、そのときの形状異方性粒子3 2および液晶分子3 1 aの配向方向を示す図である。また、図3 0 (c)は、そのときの光学装置(試作パネル)1 0 0 Bを示す写真である。

[0144] 光学層3 0に印加されている縦電界が除去されると、液晶分子3 1 aは、図3 0 (b)に示すように、再びやや不完全な垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子3 2は、液晶分子3 1 aの垂直配向状態がやや不完全であるために、秩序立った配向をせず、図3 0 (a)および(b)に示すように、垂直配向状態をほぼ維持する。さらに、図3 0 (c)から、光学層3 0がほぼ透明状態であることがわかる。

[0145] 上述したように、実施例2の光学装置1 0 0 Bでは、光学層3 0に電界が印加されていない状態では、形状異方性粒子3 2の垂直配向状態がやや不完全である。そのため、縦電界の印加によって形状異方性粒子3 2の垂直配向状態を実現することが好ましい。

[0146] 続いて、図3 1に示す実施例3の光学装置1 0 0 Cについて検証を行った。

[0147] 実施例3の光学装置1 0 0 Cは、光学層3 0に含まれる媒体3 1がネガ型の液晶材料である点において、実施例2の光学装置1 0 0 Bと異なっている。

[0148] 図3 2～図3 6に、実施例3の光学装置1 0 0 Cについての検証結果を示す。

[0149] 図3 2 (a)は、光学層3 0に電界が印加されていないときの光学装置1

00Cを模式的に示す図であり、図32(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。また、図32(c)および(d)は、そのときの光学層30(試作パネルの光学層30)を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図32(e)は、そのときの光学装置(試作パネル)100Cを示す写真である。なお、図32(a)は、図32(d)中の32A-32A'に沿った断面図である。また、図32(d)には、第1電極11の枝部11aおよび第2電極12の枝部12aの外形も破線で示されている。

[0150] 光学層30に電界が印加されていないとき、液晶分子31aは、配向膜15'および25'の配向規制力によって、図32(b)に示すように、垂直配向状態をとる。なお、やや弱い配向規制力の配向膜15'および25'を用いているにもかかわらず、液晶分子31aが垂直配向状態をとるのは、液晶材料がネガ型だからである。また、このとき、形状異方性粒子32も、図32(a)および(b)に示すように、垂直配向状態をとる。また、図32(c)および(d)からも、形状異方性粒子32が垂直配向状態をとっていることがわかる。さらに、図32(e)から、光学層30が透明状態となっていることがわかる。

[0151] 図33(a)は、光学層30に横電界が印加されているときの光学装置100Cを模式的に示す図であり、図33(b)は、そのときの形状異方性粒子32および液晶分子31aの配向方向を示す図である。また、図33(c)および(d)は、そのときの光学層30(試作パネルの光学層30)を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図33(e)は、そのときの光学装置(試作パネル)100Cを示す写真である。

[0152] 光学層30に横電界が印加されたとき(つまり第1電極11と第2電極12との間に所定の電圧が印加されたとき)、液晶分子31aは、図33(b)に示すように、垂直配向状態のままである。これに対し、第1基板10近傍の形状異方性粒子32は、図33(a)および(b)に示すように、水平配向状態をとる。また、図33(c)および(d)からも、第1基板10近

傍の形状異方性粒子 32 が水平配向状態をとっていることがわかる。さらに、図 33 (e) から、光学層 30 がやや不完全ではあるものの反射状態となっていることがわかる。

[0153] 図 34 (a) は、光学層 30 に印加されている横電界が除去されたときの光学装置 100C を模式的に示す図であり、図 34 (b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。また、図 34 (c) および (d) は、そのときの光学層 30 (試作パネルの光学層 30) を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図 34 (e) は、そのときの光学装置 (試作パネル) 100C を示す写真である。

[0154] 光学層 30 に印加されている横電界が除去されたとき、液晶分子 31a は、図 34 (b) に示すように、依然として垂直配向状態のままである。また、このとき、第 1 基板 10 近傍の形状異方性粒子 32 は、図 34 (a) および (b) に示すように、再び垂直配向状態をとる。また、図 34 (c) および (d) から、形状異方性粒子 32 が垂直配向状態をとっていることがわかる。さらに、図 34 (e) から、光学層 30 が透明状態となっていることがわかる。

[0155] 図 35 (a) は、光学層 30 に縦電界が印加されているときの光学装置 100C を模式的に示す図であり、図 35 (b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。また、図 35 (c) および (d) は、そのときの光学層 30 (試作パネルの光学層 30) を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図 35 (e) は、そのときの光学装置 (試作パネル) 100C を示す写真である。

[0156] 光学層 30 に縦電界が印加されると (つまり第 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)、液晶分子 31a は、図 35 (b) に示すように、水平配向状態をとる。これに対し、形状異方性粒子 32 は、図 35 (a) および (b) に示すように、垂直配向状態のままである。また、図 35 (c) および (d) から、形状異方性粒子 32 が垂直配向状態をとっていることがわかる。さらに、図 35 (e) から、光

学層 30 が透明状態であることがわかる。

[0157] 図 36 (a) は、光学層 30 に印加されている縦電界が除去されたときの光学装置 100C を模式的に示す図であり、図 36 (b) は、そのときの形状異方性粒子 32 および液晶分子 31a の配向方向を示す図である。また、図 36 (c) および (d) は、そのときの光学層 30 (試作パネルの光学層 30) を基板面法線方向から観察した光学顕微鏡写真であり、図 36 (e) は、そのときの光学装置 (試作パネル) 100C を示す写真である。

[0158] 光学層 30 に印加されている縦電界が除去されると、液晶分子 31a は、図 36 (b) に示すように、再び垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子 32 は、図 36 (a) および (b) に示すように、依然として垂直配向状態のままである。また、図 36 (c) および (d) から、形状異方性粒子 32 が垂直配向状態をとっていることがわかる。さらに、図 36 (e) から、光学層 30 が透明状態であることがわかる。

[0159] 上述したように、実施例 3 の光学装置 100C では、横電界の印加の有無のみで、形状異方性粒子 32 の垂直配向状態と水平配向状態とを切り替えることができる。勿論、水平配向状態から垂直配向状態への切り替え時に光学層 30 に縦電界を印加してもよい。ただし、実施例 3 の光学装置 100C では、液晶分子 31a の回転によって形状異方性粒子 32 の配向方向の変化をサポートすることはできないので、スイッチング速度の向上効果や、基板に貼り付いた形状異方性粒子 32 を強制的に垂直配向状態 (初期配向状態) に戻す効果は、実施例 1 の光学装置 100A の方が高い。

[0160] ここまで説明したように、第 1 基板 10 および第 2 基板 20 の少なくとも一方の光学層 30 側に、表面エネルギーが 40 mJ/m^2 以下であるか、純水との接触角が 75° 以上であるか、または、 CH_2I_2 との接触角が 40° 以上である膜を設けるか、あるいは、垂直配向膜を設けることにより、形状異方性粒子 32 の基板への貼り付きを抑制し、形状異方性粒子 32 のスイッチング動作を好適に行うことができる。また、形状異方性粒子 32 が自重によって沈降することを防止することもできる。

- [0161] また、光学装置 100 が光学層 30 に横電界を印加し得る（つまり第 1 基板 10 に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 が設けられている）ことにより、形状異方性粒子 32 を垂直配向状態から水平配向状態へとスイッチングすることができる。
- [0162] さらに、光学装置 100 が光学層 30 に縦電界を印加し得る（つまり第 2 基板 20 に、第 1 電極 11 および第 2 電極 12 に対向する第 3 電極 21 が設けられている）ことにより、水平配向状態において基板に貼り付いた形状異方性粒子 32 を強制的に垂直配向状態（初期配向状態）に戻すことができる。また、形状異方性粒子 32 の水平配向状態から垂直配向状態へのスイッチング速度を向上することができる。
- [0163] 第 1 電極 11 および第 2 電極 12 の枝部 11a および 12a の幅 w （図 2 参照）と、形状異方性粒子 32 の長さ l （図 1 参照）とは、 $w < l$ の関係を満足することが好ましい。つまり、図 37（a）に示すような、枝部 11a および 12a の幅 w が形状異方性粒子 32 の長さ l よりも小さい構成が、図 37（b）に示すような、枝部 11a および 12a の幅 w が形状異方性粒子 32 の長さ l よりも大きい構成よりも好ましい。枝部 11a および 12a 上の領域 R1 は、横電界が印加されない領域となる。そのため、枝部 11a および 12a の幅 w を形状異方性粒子 32 の長さ l よりも小さくする（つまり横電界が印加されない領域 R1 を小さくする）ことにより、形状異方性粒子 32 に横電界を有効に作用させることができるので、形状異方性粒子 32 のスイッチングを好適に行うことができる。
- [0164] また、枝部 11a および 12a 同士の間隙の幅（電極間距離） g と、形状異方性粒子 32 の長さ l とは、 $g > l \cdot (1/2)$ の関係を満足することが好ましい。つまり、電極間距離 g は、形状異方性粒子 32 の長さ l の半分よりも大きいことが好ましい。第 1 電極 11 の枝部 11a と第 2 電極 12 の枝部 12a との間の領域 R2 は、横電界が印加される領域である。そのため、電極間距離 g を形状異方性粒子 32 の長さ l の半分よりも大きくする（つまり横電界が印加される領域 R2 を大きくする）ことにより、形状異方性粒子

32に横電界を有効に作用させることができるので、形状異方性粒子32のスイッチングを好適に行うことができる。これに対し、図37(c)に示すように、電極間距離 g が形状異方性粒子32の長さ l の半分よりも小さいと、形状異方性粒子32に横電界を有効に作用させられないことがある。

[0165] 媒体31に含まれる液晶材料は、正の誘電異方性を有する（つまりポジ型である）ことが好ましい。液晶材料がポジ型であると、電界印加時の液晶分子31aの配向方向と形状異方性粒子32の配向方向とが一致するので、スイッチングする形状異方性粒子32の数を多くすることができ、また、スイッチング速度を向上させることができる。

[0166] また、液晶材料の誘電異方性 $\Delta\epsilon$ は、15を超えることが好ましい。液晶材料の誘電異方性 $\Delta\epsilon$ が15を超えていることにより、誘電泳動力が増加するので、形状異方性粒子32のスイッチングをいっそう好適に行うことができる。

[0167] 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、アクティ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 $\epsilon_{//}$ が24.7、短軸方向の誘電率 $\epsilon_{\perp}$ 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、 $1 \times 10^{11} \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましい。

[0168] 形状異方性粒子32は、上述したように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。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。

- [0169] 形状異方性粒子32の長さ l は、 $3\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。後述するように、本願発明者の検証によれば、光学層30内で横電界は、第1基板10側から垂直方向（縦方向）に $10\mu\text{m}$ 程度の領域までおよぶことがわかった。そのため、形状異方性粒子32の長さ l が $10\mu\text{m}$ を超えると、横電界が形状異方性粒子32全体に作用せず、スイッチングを好適に行えないことがある。また、形状異方性粒子32の長さ l が $3\mu\text{m}$ 未満であると、反射率が低下することや、製造が容易でないことがある。
- [0170] 光学層30における形状異方性粒子32の含有率 C_f [wt %] と、光学層30の厚さ D [μm] とは、 $4 \leq (C_f \cdot D) / 10 \leq 15$ の関係を満足することが好ましく、 $5 \leq (C_f \cdot D) / 10 \leq 13$ の関係を満足することがさらに好ましい。 $(C_f \cdot D) / 10 < 4$ の場合、形状異方性粒子32の数が少なすぎて水平配向状態の形状異方性粒子32で表示面内を十分に覆えないことがある。また、 $15 < (C_f \cdot D) / 10$ の場合、形状異方性粒子32の数が多すぎてスイッチングを好適に行えないことがある。
- [0171] 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、コレステリック樹脂材料から形成されてもよい。
- [0172] 形状異方性粒子32として、例えば、金属材料から形成されており、且つ、その表面に絶縁層（誘電体層）を有するものを好適に用いることができる。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。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（例えば銀）を用いてもよい。また、形状異方性粒子 32 の表面に、分散性を向上させるための表面処理が施されてもよい。さらに、形状異方性粒子 32 は、着色されていてもよい。

[0173] 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などの、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。

[0174] 第 1 基板 10 および第 2 基板 20 の光学層 30 側に設けられる垂直配向膜 15 および 25（あるいは配向膜 15' および 25'）は、ラビング処理を施されていないことが好ましい。このことにより、製造プロセスを簡略化することができる、製造コストを削減することができる。

[0175] 光学層 30 の厚さ D は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。形状異方性粒子 32 の長さ l よりも光学層 30 の厚さ D が小さいと、形状異方性粒子 32 が上下の基板（第 1 基板 10 および第 2 基板 20）で引っ掛かって垂直配向状態をとれないことがある。そのため、光学層 30 の厚さ D は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。また、光学層 30 の厚さ D が大きすぎると、光学層 30 内で横電界が有効に印加されない領域が大きくなる。そのため、光学層 30 の厚さ D は、 $20\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0176] 第 2 基板 20 は、第 3 電極 21 上に設けられた誘電体層（オーバーコート層）を有することが好ましい。このような誘電体層を設けることにより、光学層 30 内の縦電界成分を緩和して横電界成分を大きくすることができ、スイッチングする形状異方性粒子 32 の存在確率を高くすることができる。この効果を十分に得る観点からは、誘電体層の比誘電率 ϵ_r および厚さ t [μm] は、 $\epsilon_r \cdot t > 7$ の関係を満足することが好ましい。

[0177] 図38に、このような誘電体層26が設けられた実施例4の光学装置100Dを示す。以下、実施例4の光学装置100Dを用いて形状異方性粒子32のスイッチングを検証した結果を説明する。実施例4の光学装置100Dでは、図38に示すように、第2基板20は、第3電極21上（第3電極21と垂直配向膜25との間）に設けられた誘電体層26を有する。誘電体層26の比誘電率 ϵ_r は、3.4であり、厚さ t は、 $3\mu\text{m}$ である。

[0178] ここでは、第1電極11の枝部11aおよび第2電極12の枝部12aの幅 w は、 $4\mu\text{m}$ であり、枝部11aおよび12a同士の間隙 g は、 $4\mu\text{m}$ である。また、光学層30の厚さ D は、 $10\mu\text{m}$ である。形状異方性粒子32は、表面をアクリル樹脂で被覆されたアルミニウムフレークであり、さらに表面に疎水有機処理が施されている。この形状異方性粒子32の比誘電率は2.7~4.5であり、光学層30における形状異方性粒子32の含有率は、7wt%である。

[0179] また、液晶材料は、誘電異方性が正のフッ素含有液晶組成物であり、その誘電異方性 $\Delta\epsilon$ は20.4である。垂直配向膜15および25は、ポリアミック系垂直配向膜であり、その表面エネルギーは $35.0\text{mJ}/\text{m}^2$ 、純水との接触角は 90.2° 、 CH_2I_2 との接触角は 49.0° である。横電界を印加する際には、周波数60Hzで $\pm 5\text{V}$ の電圧が第1電極11と第2電極12との間に与えられる。縦電界を印加する際には、周波数60Hzで $\pm 5\text{V}$ の電圧が第1電極11および第2電極12と第3電極21との間に与えられる。

[0180] 図39(a)、(b)および(c)は、それぞれ、光学層30に電界が印加されていないとき、光学層30に横電界が印加されているとき、および、光学層30に縦電界が印加されているときの光学装置100Dを模式的に示す断面図である。

[0181] 光学層30に電界が印加されていないとき、液晶分子31aは、垂直配向膜15および25の配向規制力によって、図39(a)に示すように、垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子32も、垂直配向状態を

とる。

[0182] 光学層30に横電界が印加されると、液晶分子31aは、図39(b)に示すように、水平配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子32も、水平配向状態をとる。

[0183] 光学層30に縦電界が印加されると、液晶分子31aは、図39(c)に示すように、垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子32も、垂直配向状態をとる。

[0184] 上述したように、実施例4の光学装置100Dでは、横電界の印加の有無のみで、形状異方性粒子32の垂直配向状態と水平配向状態とを切り替えることができる。勿論、水平配向状態から垂直配向状態への切り替え時に光学層30に縦電界を印加してもよく、それにより、スイッチング速度を向上させることができる。また、縦電界の印加により、水平配向状態において基板に貼り付いた形状異方性粒子32を強制的に垂直配向状態（初期配向状態）に戻すことができる。さらに、実施例4の光学装置100Dでは、第3電極21上に誘電体層26が設けられているので、実施例1の光学装置100Aに比べ、横電界が有効に印加される領域を大きくすることができる。

[0185] 続いて、図40に示す比較例4の光学装置800について検証を行った結果を説明する。

[0186] 比較例4の光学装置800は、図40(a)および(b)に示すように、背面側基板810および前面側基板820と、これらの間に設けられた光学層830とを備える。

[0187] 背面側基板810は、櫛歯状の第1電極811および第2電極812と、これらの上に設けられた水平配向膜815とを有する。前面側基板820は、第3電極821と、第3電極821上に設けられた誘電体層826と、誘電体層826上に設けられた水平配向膜825とを有する。

[0188] 光学層830は、媒体831と、媒体831中に分散された形状異方性粒子832とを有する。媒体831は、ポジ型の液晶材料である。

[0189] 光学層830に電界が印加されていないとき、液晶分子831aは、水平

配向膜 8 1 5 および 8 2 5 の配向規制力によって、図 4 0 (a) に示すように、水平配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子 8 3 2 も、水平配向状態をとる。

[0190] 光学層 8 3 0 に縦電界が印加されると、液晶分子 8 3 1 a は、図 4 0 (b) に示すように、垂直配向状態をとる。しかしながら、形状異方性粒子 8 3 2 は、水平配向膜 8 1 5 および 8 2 5 表面に貼り付いたままである。

[0191] 上述したように、比較例 4 の光学装置 8 0 0 では、形状異方性粒子 8 3 2 のスイッチングを好適に行うことができない。

[0192] 図 4 1 に、実施例 4 の光学装置 1 0 0 D について、重力による形状異方性粒子 3 2 の沈降の発生を検証した結果を示す。図 4 1 の左側には、光学層 3 0 の層法線方向が重力の方向に直交するように光学装置 1 0 0 D を配置（つまり「縦置き」）した直後の状態が示されており、図 4 1 の右側には、その後十分時間が経過した状態が示されている。図 4 1 からわかるように、垂直配向膜 1 5 および 2 5 の配向規制力により、形状異方性粒子 3 2 の沈降が抑制される。

[0193] 図 4 2 に、比較例 5 の光学装置 9 0 0 について、同様の検証を行った結果を示す。比較例 5 の光学装置 9 0 0 は、第 1 基板 1 0 および第 2 基板 2 0 の光学層 3 0 側に垂直配向膜が設けられていない点以外は、実施例 4 の光学装置 1 0 0 D と同じ構成を有している。図 4 2 の左側には、光学層 3 0 の層法線方向が重力の方向に直交するように光学装置 9 0 0 を配置（つまり「縦置き」）した直後の状態が示されており、図 4 2 の右側には、その後十分時間が経過した状態が示されている。図 4 2 からわかるように、比較例 5 の光学装置 9 0 0 では、時間の経過とともに、形状異方性粒子 3 2 が沈降してしまう。

[0194] 次に、図 4 3 に示す実施例 5 の光学装置 1 0 0 E について、形状異方性粒子 3 2 のスイッチングを検証した結果を説明する。

[0195] 実施例 5 の光学装置 1 0 0 E が有する垂直配向膜 1 5 および 2 5 は、実施例 4 の光学装置 1 0 0 D が有する垂直配向膜 1 5 および 2 5 と異なっている

。具体的には、実施例5の光学装置100Eでは、垂直配向膜15および25として、表面エネルギーが 38.4 mJ/m^2 、純水との接触角が 80.3° 、 CH_2I_2 との接触角が 45.1° であるものが用いられている。

[0196] 図44(a)、(b)および(c)は、それぞれ、光学層30に電界が印加されていないとき、光学層30に縦電界が印加されているとき、および、光学層30に横電界が印加されているときの光学装置100Eを模式的に示す断面図である。

[0197] 光学層30に電界が印加されていないとき、液晶分子31aは、図44(a)に示すように、垂直配向状態とはなっていない。垂直配向膜15および25は、その配向規制力がやや弱く、用いた液晶材料（誘電異方性 $\Delta\epsilon$ の大きいポジ型液晶材料）に対して厳密な意味での垂直配向膜として機能しないからである。そのため、形状異方性粒子32も、垂直配向状態とはなっていない。ただし、一部の液晶分子31aは垂直配向しているか、あるいは、垂直配向しようとしている状態であるので、そのことにより、形状異方性粒子32も垂直配向しようとしているので、形状異方性粒子32が基板に貼り付き難くなっている。

[0198] 光学層30に縦電界が印加されると、液晶分子31aは、図44(b)に示すように、垂直配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子32も、垂直配向状態をとる。

[0199] 光学層30に横電界が印加されると、液晶分子31aは、図44(c)に示すように、水平配向状態をとる。また、このとき、形状異方性粒子32も、水平配向状態をとる。

[0200] 上述したように、実施例5の光学装置100Eにおいても、形状異方性粒子32のスイッチングを好適に行うことができる。

[0201] 図45に、実施例5の光学装置100Eについて、重力による形状異方性粒子32の沈降の発生を検証した結果を示す。図45の左側には、光学層30の層法線方向が重力の方向に直交するように光学装置100Eを配置（つまり「縦置き」）した直後の状態が示されており、図45の右側には、その

後十分時間が経過した状態が示されている。図４５からわかるように、液晶分子３１aは垂直配向状態をとってはいないものの、形状異方性粒子３２の沈降は抑制される。

[0202] ここで、第３電極２１上に誘電体層２６を設けることにより得られる効果をシミュレーションにより検証した結果を説明する。

[0203] 図４６および図４７に、光学層３０に横電界が印加されたときの液晶分子３１aの配向状態のシミュレーション結果を示す。図４６および図４７には、横電界印加時の液晶分子の配向方向（ダイレクタ）および等電位線が示されている。媒体３１に含まれ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３１aの配向方向の変化に追従するので、液晶分子３１aのダイレクタを形状異方性粒子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、JEDAT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。

[0204] [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
誘電体層の比誘電率		3.7
誘電体層の厚さ		2.5 μ m
光学層の厚さ		20 μ m
プレチルト角		90°

[0205] 図４６（a）、（b）、（c）および（d）は、第３電極２１上に誘電体層２６が設けられていない場合のシミュレーション結果を示しており、それ

ぞれ印加電圧が0 V、5 V、10 Vおよび15 Vのときの結果を示している。また、図47 (a)、(b)、(c)および(d)は、第3電極21上に誘電体層26が設けられている場合のシミュレーション結果を示しており、それぞれ印加電圧が0 V、5 V、10 Vおよび15 Vのときの結果を示している。

[0206] 図46および図47の比較からわかるように、誘電体層26が設けられていることにより、横電界が有効に印加される領域（図中の破線で囲まれた領域であり、以下では「横電界領域」と呼ぶ）が拡大する。これは、第3電極21への電圧の引き込みが緩和される（光学層30の厚さ方向における等電位線の間隔が広がる）からである。

[0207] 次に、図48および図49を参照しながら、第3電極21上に誘電体層26が設けられている場合と設けられていない場合とについて、光学層30の厚さDと横電界領域の大きさとの関係を検証した結果を説明する。

[0208] 図48 (a)、(b)および(c)は、第3電極21上に誘電体層26が設けられていない場合のシミュレーション結果を示しており、それぞれ印加電圧が15 Vで光学層30の厚さDが20 μm 、10 μm および5 μm のときの結果を示している。また、図49 (a)、(b)および(c)は、第3電極21上に誘電体層26が設けられている場合のシミュレーション結果を示しており、それぞれ印加電圧が15 Vで光学層30の厚さDが20 μm 、10 μm および5 μm のときの結果を示している。

[0209] 図48および図49からわかるように、第3電極21上に誘電体層26が設けられていない場合と設けられている場合のいずれについても、光学層30の厚さDが小さくなるほど、光学層30内で横電界領域の占める割合が大きくなる。特に、第3電極21上に誘電体層26が設けられている場合には、光学層30の厚さDを10 μm まで小さくすると、光学層30のほぼ全体に横電界を有効に印加し得ることがわかる。

[0210] 続いて、図50を参照しながら、誘電体層26の比誘電率 ϵ_r の大きさと横電界領域の大きさとの関係を検証した結果を説明する。

[0211] 図50(a)、(b)および(c)は、それぞれ誘電体層26の比誘電率 ϵ_r が2.7、3.7および4.7である場合のシミュレーション結果を示しており、図50(d)は、誘電体層(オーバーコート層)26が設けられていない場合のシミュレーション結果を示している。図50(a)、(b)、(c)および(d)のいずれについても、誘電体層26の厚さ t は2.5 μm 、光学層30の厚さ D は20 μm 、印加電圧は15Vである。

[0212] 図50(a)、(b)および(c)と、図50(d)との比較から、誘電体層26が設けられていることにより、横電界領域が拡大することがわかる。また、図50(a)、(b)および(c)の比較から、誘電体層26の比誘電率 ϵ_r が小さくなるほど、第3電極21への電圧の引き込みが緩和され(光学層30の厚さ方向における等電位線の間隔が広くなり)、横電界領域が拡大することがわかる。

[0213] 次に、図51を参照しながら、誘電体層26の厚さ t と横電界領域の大きさとの関係を検証した結果を説明する。

[0214] 図51(a)、(b)および(c)は、それぞれ誘電体層26の厚さ t が3.5 μm 、2.5 μm および1.5 μm である場合のシミュレーション結果を示しており、図51(d)は、誘電体層(オーバーコート層)26が設けられていない場合のシミュレーション結果を示している。図51(a)、(b)、(c)および(d)のいずれについても、誘電体層26の比誘電率 ϵ_r は3.7、光学層30の厚さ D は20 μm 、印加電圧は15Vである。

[0215] 図51(a)、(b)および(c)と、図51(d)との比較から、誘電体層26が設けられていることにより、横電界領域が拡大することがわかる。また、図51(a)、(b)および(c)の比較から、誘電体層26の厚さ t が大きくなるほど、第3電極21への電圧の引き込みが緩和され(光学層30の厚さ方向における等電位線の間隔が広くなり)、横電界領域が拡大することがわかる。

[0216] 図50および図51を参照しながら説明した検証結果からわかるように、横電界領域の拡大の観点からは、誘電体層26の比誘電率 ϵ_r は小さいこと

が好ましく、誘電体層 26 の厚さ t は大きいことが好ましい。また、現在量産されている低誘電率材料は比誘電率 ϵ_r が 3.5 程度であり、ムラなく塗布できる膜厚が $2\ \mu\text{m}$ 程度であることも考慮すると、誘電体層の比誘電率 ϵ_r および厚さ $t\ [\mu\text{m}]$ は、 $\epsilon_r \cdot t > 7$ の関係を満足することが好ましい。

[0217] 続いて、図 52～図 55 を参照しながら、光学層 30 の厚さ D と、スイッチングされる形状異方性粒子 32 の数の多さとの関係を検証した結果を説明する。

[0218] 図 52 (a) および (b) は、光学層 30 の厚さ D が $50\ \mu\text{m}$ の場合における、電界が印加されてないときの光学層 30 および横電界が印加されているときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。また、図 53 (a) および (b) は、光学層 30 の厚さ D が $30\ \mu\text{m}$ の場合における、電界が印加されてないときの光学層 30 および横電界が印加されているときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。図 54 (a) および (b) は、光学層 30 の厚さ D が $20\ \mu\text{m}$ の場合における、電界が印加されてないときの光学層 30 および横電界が印加されているときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。また、図 55 (a) および (b) は、光学層 30 の厚さ D が $10\ \mu\text{m}$ の場合における、電界が印加されてないときの光学層 30 および横電界が印加されているときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。図 52～図 55 に示すいずれの場合についても、媒体 31 である液晶材料は、誘電異方性が正のフッ素含有液晶組成物（表 1 に示した物性を有する）であり、光学層 30 における形状異方性粒子 32 の含有率 C_f は 3 wt % である。また、光学層 30 への印加電圧は、周波数 60 Hz で $V_{pp} = 10\ [\text{V}]$ の交流電圧である。

[0219] 図 52～図 55 からわかるように、光学層 30 の厚さ D が小さくなるほど、スイッチングされる形状異方性粒子 32（つまり電界無印加時と横電界印加時とで配向状態が変化する形状異方性粒子 32）の割合が多くなることがわかる。これは、光学層 30 の厚さ D が小さくなるほど、横電界領域が拡大する（横電界が有効に印加されない領域が減少する）ためであると考えられ

る。ただし、光学層 30 の厚さ D が $10\ \mu\text{m}$ の場合、電界無印加時に垂直配向しない形状異方性粒子 32 がわずかなではあるが存在する（図 55 (a) 参照）。これは、一部の形状異方性粒子 32 が上下の基板に引っ掛かっているためであり、上下の基板に引っ掛かる形状異方性粒子 32 の数は、光学層 30 の厚さ D がさらに小さくなると（ $10\ \mu\text{m}$ 未満になると）、より多くなると考えられる。これらの理由から、光学層 30 の厚さ D は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0220] 次に、図 56 および図 57 を参照しながら、光学層 30 における形状異方性粒子 32 の含有率 C_f と、スイッチングされる形状異方性粒子 32 の数の多さとの関係を検証した結果を説明する。

[0221] 図 56 (a) および (b) は、形状異方性粒子 32 の含有率 C_f が $7.5\ \text{wt}\%$ の場合における、電界が印加されてないときの光学層 30 および横電界が印加されているときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。また、図 57 (a) および (b) は、形状異方性粒子 32 の含有率 C_f が $3.0\ \text{wt}\%$ の場合における、電界が印加されてないときの光学層 30 および横電界が印加されているときの光学層 30 の光学顕微鏡写真である。図 56 および図 57 に示すいずれの場合についても、媒体 31 である液晶材料は、誘電異方性が正のフッ素含有液晶組成物（表 1 に示した物性を有する）であり、光学層 30 の厚さ D は $20\ \mu\text{m}$ である。また、光学層 30 への印加電圧は、周波数 $60\ \text{Hz}$ で $V_{pp} = 10\ [\text{V}]$ の交流電圧である。

[0222] 図 56 および図 57 の比較からわかるように、形状異方性粒子 32 の含有率 C_f が $7.5\ \text{wt}\%$ の場合、形状異方性粒子 32 の含有率 C_f が $3.0\ \text{wt}\%$ の場合よりも、スイッチングされない形状異方性粒子 32 の数が多い。これは、形状異方性粒子 32 の数が多すぎるためであると考えられる。本願発明者の検証によれば、光学層 30 における形状異方性粒子 32 の含有率 $C_f\ [\text{wt}\%]$ と、光学層 30 の厚さ $D\ [\mu\text{m}]$ とは、 $4 \leq (C_f \cdot D) / 10 \leq 15$ の関係を満足することが好ましく、 $5 \leq (C_f \cdot D) / 10 \leq 13$ の関係を満足することがさらに好ましい。

[0223] 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。

[0224] また、上記の説明では、第1電極11および第2電極12が同レベルに設けられる（典型的には同一の導電膜から同一の工程で形成される）構成を例示したが、第1電極11および第2電極12の構成はこれに限定されるものではない。第1電極11および第2電極12の一方が、絶縁層を介して他方の上に設けられる構成を採用してもよい。その場合、相対的に下側に位置する電極は、複数の枝部を有する櫛歯状の電極である必要はなく、いわゆるべた電極であってもよい。このような構成を有する第1基板10の例を、図58および図59に示す。

[0225] 図58(a)および(b)に示す例では、第1電極11は、絶縁層16を介して第2電極12の上に設けられている。第1電極11は、幹部11bと、幹部11bから延びる複数の枝部11aとを有する。隣接する2つの枝部11b間には、スリット11cが形成されている。第2電極12は、べた電極であり、第1電極11のスリット11cに対向し、導電膜から形成された部分12dを有する。

[0226] 図59(a)および(b)に示す例では、第1電極11は、絶縁層16を介して第2電極12の上に設けられている。第1電極11は、複数のスリット11cを有する。図58(a)および(b)に示した第1電極11のスリット11cは、導電膜（幹部11bおよび枝部11a）によって完全には包囲されていないのに対し、図59(a)および(b)に示す第1電極11のスリット11cは、導電膜によって完全に包囲されている。第2電極12は、べた電極であり、第1電極11のスリット11cに対向し、導電膜から形

成された部分 1 2 d を有する。

[0227] 図 1 などに示した電極構造では、縦電界印加時に、図 6 0 (a) に示すように、第 1 基板 1 0 の表面近傍における、第 1 電極 1 1 と第 2 電極 1 2 との間隙上の領域に、縦電界が有効に作用せず、その領域において第 1 基板 1 0 に貼り付いた形状異方性粒子 3 2 が剥がれにくいおそれがある。

[0228] これに対し、図 5 8 および図 5 9 に示した電極構造を採用すると、縦電界印加時に、図 6 0 (b) および (c) に示すように、第 1 電極 1 1 のスリット 1 1 c 上にも縦電界を有効に作用させることができ、スリット 1 1 c 上で第 1 基板 1 0 に貼り付いた形状異方性粒子 3 2 をより確実に剥がすことができる。

[0229] なお、図 5 8 および図 5 9 には、それぞれスリット 1 1 c が 2 つの例を示しているが、スリット 1 1 c は少なくとも 1 つ形成されていればよい。また、スリット 1 1 c の幅 g' (図 5 8 (a) および図 5 9 (a) 参照) は、図 1 などに示した電極構造における電極間距離 g と同様に、形状異方性粒子 3 2 の長さ l と $g' > l \cdot (1/2)$ の関係を満足することが好ましい。

[0230] また、図 6 1 に示すような電極構造を採用してもよい。図 6 1 に示す例では、第 1 電極 1 1 および第 2 電極 1 2 は、所定の間隙 (幅 g) を介して互いに噛合するような形状を有する。具体的には、第 1 電極 1 1 は、幹部 1 1 b と、幹部 1 1 b から延びる複数の (ここでは 2 つ) の枝部 1 1 a を有し、第 2 電極 1 2 は、幹部 1 2 b と、幹部 1 2 b から延びる 1 つの枝部 1 2 a とを有する。また、図 6 1 に示す例では、第 1 基板 1 0 は、絶縁層 1 6 を介して第 1 電極 1 1 および第 2 電極 1 2 の下に設けられたさらなる電極 1 7 を有する。さらなる電極 1 7 は、べた電極であり、第 1 電極 1 1 と第 2 電極 1 2 との間隙に対向し、導電膜から形成された部分 1 7 d を有する。

[0231] 図 6 1 に示した電極構造を採用した場合も、縦電界印加時に、図 6 2 に示すように、第 1 電極 1 1 と第 2 電極 1 2 との間隙上に縦電界を有効に作用させることができ、間隙上で第 1 基板 1 0 に貼り付いた形状異方性粒子 3 2 をより確実に剥がすことができる。

[0232] なお、図 6 1 に示した例（第 2 電極 1 2 の枝部 1 2 a が 1 つの例）からわかるように、第 1 電極 1 1 の枝部 1 1 a および第 2 電極 1 2 の枝部 1 2 a のそれぞれの個数は、必ずしも 2 以上でなくてもよい。第 1 電極 1 1 は、少なくとも 1 つの枝部 1 1 a を有していればよく、第 2 電極 1 2 も、少なくとも 1 つの枝部 1 2 a を有していればよい。

産業上の利用可能性

[0233] 本発明の実施形態によると、アクティブマトリクス駆動が可能で、低消費電力性に優れ、高い光利用効率および高いコントラスト比を実現し得る光学装置が提供される。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おける光学装置は、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

[0234] 1 0 第 1 基板
1 0 a 基板
1 1 第 1 電極
1 1 a 第 1 電極の枝部
1 1 b 第 1 電極の幹部
1 1 c スリット
1 2 第 2 電極
1 2 a 第 2 電極の枝部
1 2 b 第 2 電極の幹部
1 4 光吸収層
1 5、2 5 垂直配向膜
1 5'、2 5' 配向膜
1 6 絶縁層
1 7 さらに電極
2 0 第 2 基板

- 2 0 a 基板
- 2 1 第3電極
- 2 6 誘電体層
- 3 0 光学層（表示媒体層）
- 3 1 媒体
- 3 1 a 液晶分子
- 3 2 形状異方性粒子
- 1 0 0 表示パネル（光学装置）
- 1 1 0 表示装置

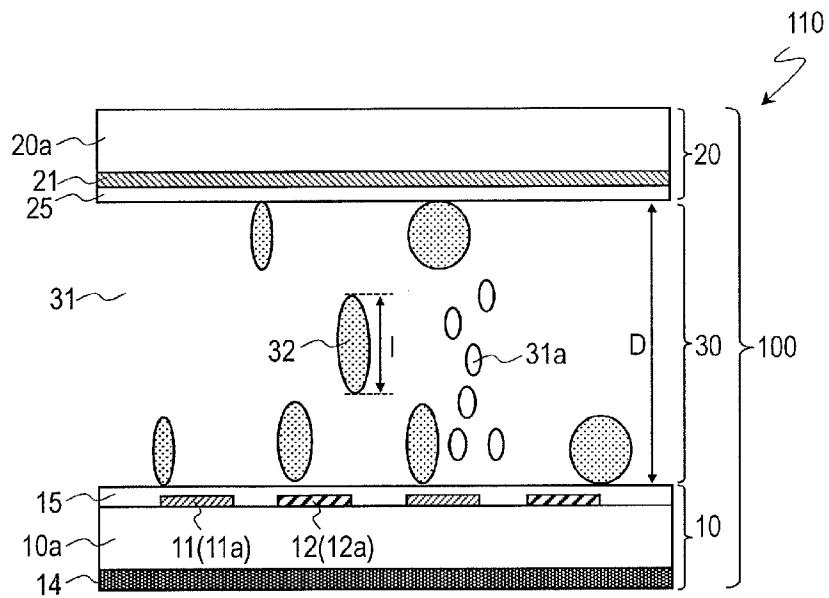
請求の範囲

- [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、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、
前記媒体は、液晶材料を含み、
前記第1基板および前記第2基板の少なくとも一方は、前記光学層側に設けられた膜であって、表面エネルギーが 40 mJ/m^2 以下であるか、純水との接触角が 75° 以上であるか、または、 CH_2I_2 との接触角が 40° 以上である膜を有する光学装置。
- [請求項2] 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、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、
前記媒体は、液晶材料を含み、
前記第1基板および前記第2基板の少なくとも一方は、前記光学層側に設けられ、前記液晶材料に含まれる液晶分子を垂直配向させる垂直配向膜を有する光学装置。
- [請求項3] 前記第1基板は、互いに異なる電位を与えられ得る第1電極および第2電極を有し、
前記光学装置は、前記光学層に横電界を印加し得る請求項1または2に記載の光学装置。
- [請求項4] 前記第1電極および前記第2電極の一方は、絶縁層を介して他方の上に設けられ、少なくとも1つのスリットを有し、
前記他方の電極は、前記少なくとも1つのスリットに対向する部分を有する請求項3に記載の光学装置。

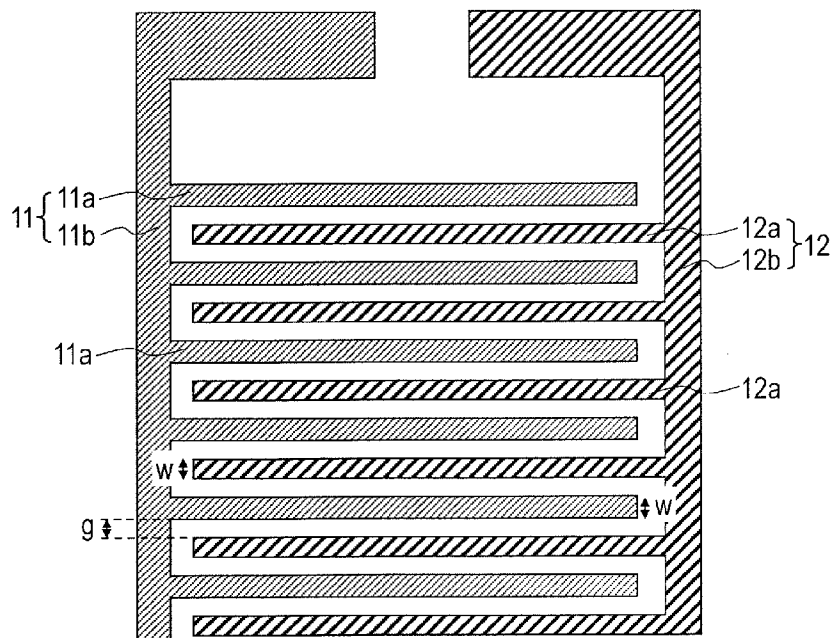
- [請求項5] 前記第1電極および前記第2電極は、所定の間隙を介して互いに啗合するような形状を有し、
前記第1基板は、絶縁層を介して前記第1電極および前記第2電極の下に設けられたさらなる電極を有し、
前記さらなる電極は、前記間隙に対向する部分を有する請求項3に記載の光学装置。
- [請求項6] 前記第1電極および前記第2電極の少なくとも一方は、少なくとも1つの枝部を有し、
前記少なくとも1つの枝部の幅 w および前記形状異方性粒子の長さ l は、 $w < l$ の関係を満足する請求項3から5のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項7] 前記第1電極および前記第2電極は、所定の間隙を介して互いに啗合するような形状を有し、
前記間隙の幅 g および前記形状異方性粒子の長さ l は、 $g > l \cdot (1/2)$ の関係を満足する請求項3から6のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項8] 前記第2基板は、前記第1電極および前記第2電極に対向する第3電極を有し、
前記光学装置は、前記光学層に縦電界を印加し得る請求項3から7のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項9] 前記第2基板は、前記第3電極上に設けられた誘電体層をさらに有する請求項8に記載の光学装置。
- [請求項10] 前記誘電体層の比誘電率 ϵ_r および厚さ t [μm] は、 $\epsilon_r \cdot t > 7$ の関係を満足する請求項9に記載の光学装置。
- [請求項11] 前記液晶材料は、正の誘電異方性を有する請求項1から10のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項12] 前記液晶材料の誘電異方性 $\Delta\epsilon$ は、15を超える請求項11に記載の光学装置。

- [請求項13] 前記形状異方性粒子の長さ l は、 $3\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下である請求項 1 から 12 のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項14] 前記光学層における前記形状異方性粒子の含有率 C_f [%] および前記光学層の厚さ D [μm] は、 $4 \leq (C_f \cdot D) / 10 \leq 15$ の関係を満足する請求項 1 から 13 のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項15] 前記形状異方性粒子は、金属材料から形成されており、且つ、その表面に絶縁層を有する請求項 1 から 14 のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項16] 前記光学層の厚さ D は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下である請求項 1 から 15 のいずれかに記載の光学装置。
- [請求項17] 前記膜または前記垂直配向膜は、ラビング処理を施されていない請求項 1 から 16 のいずれかに記載の光学装置。

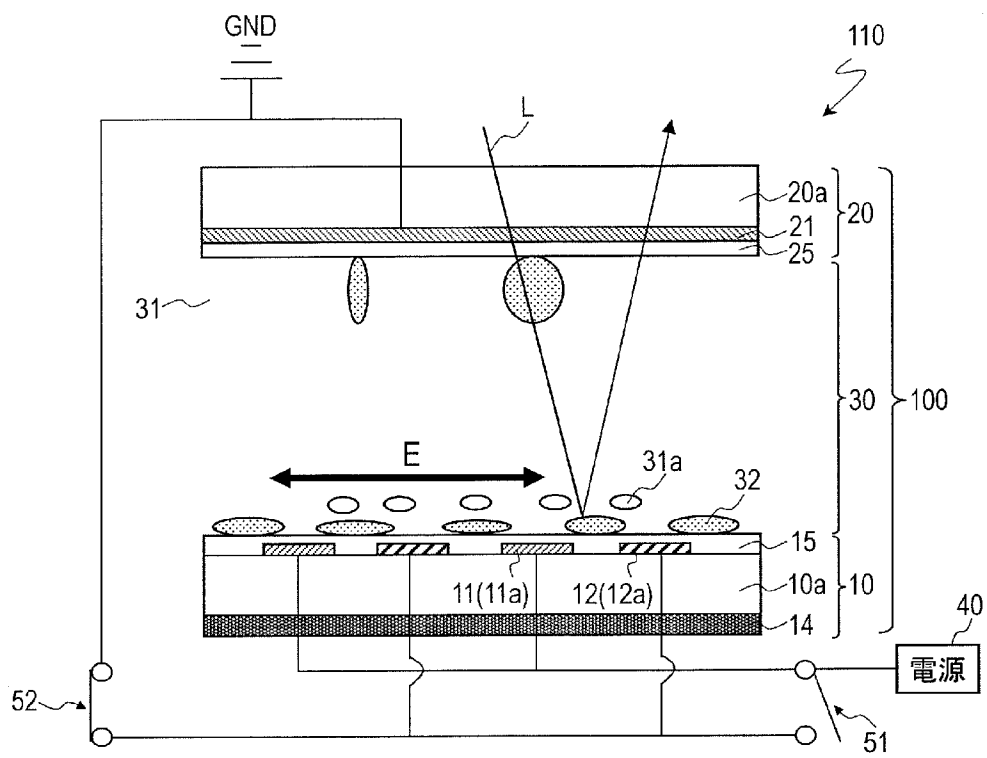
[図1]



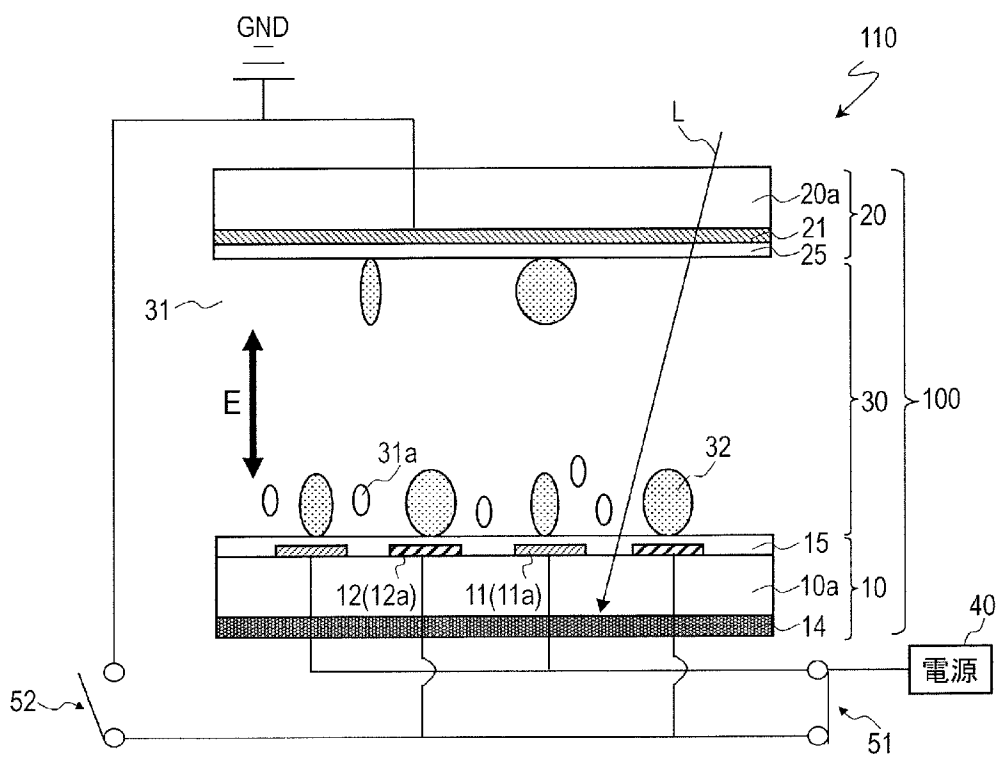
[図2]



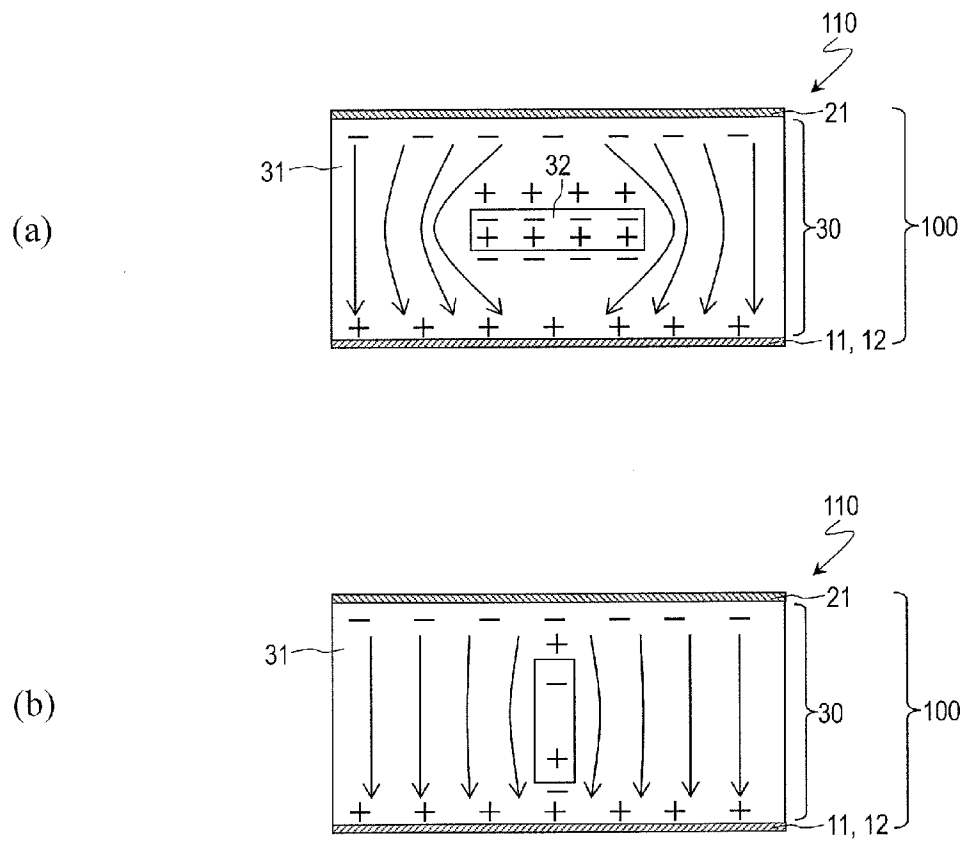
[図3]



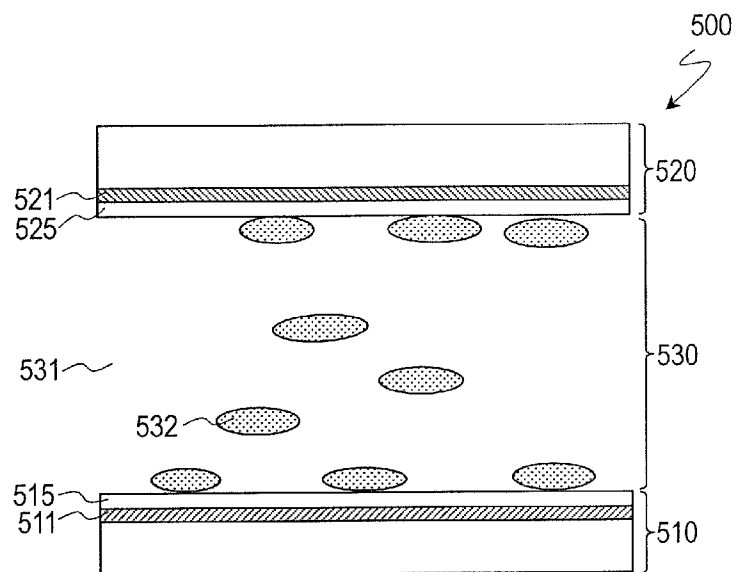
[図4]



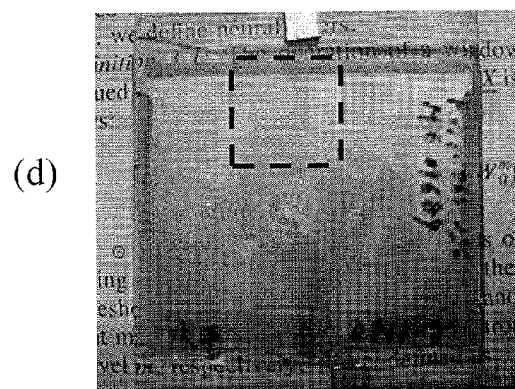
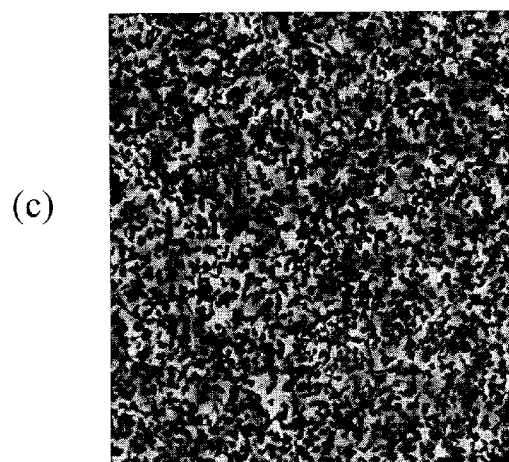
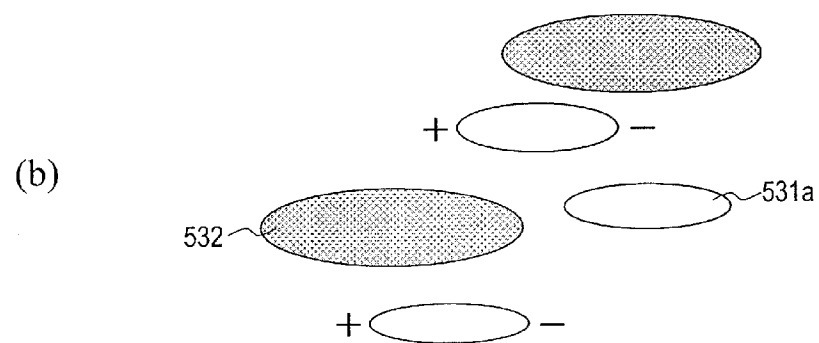
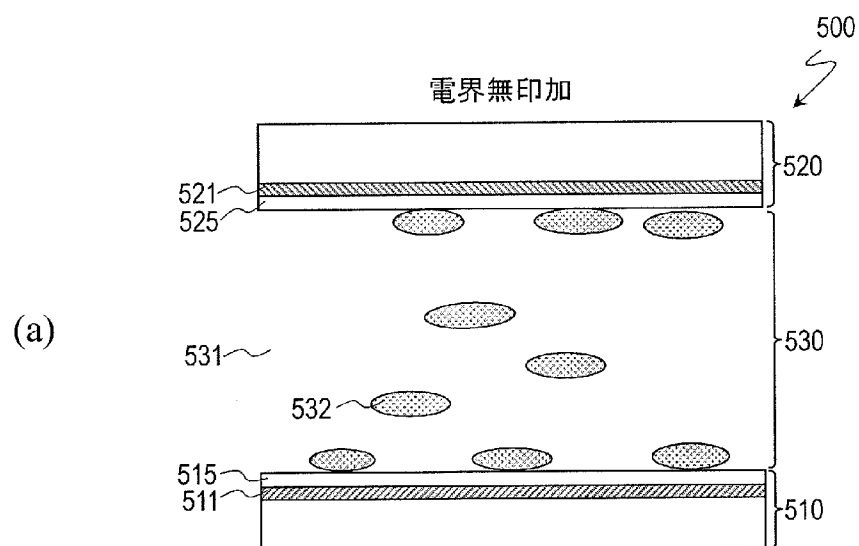
[図5]



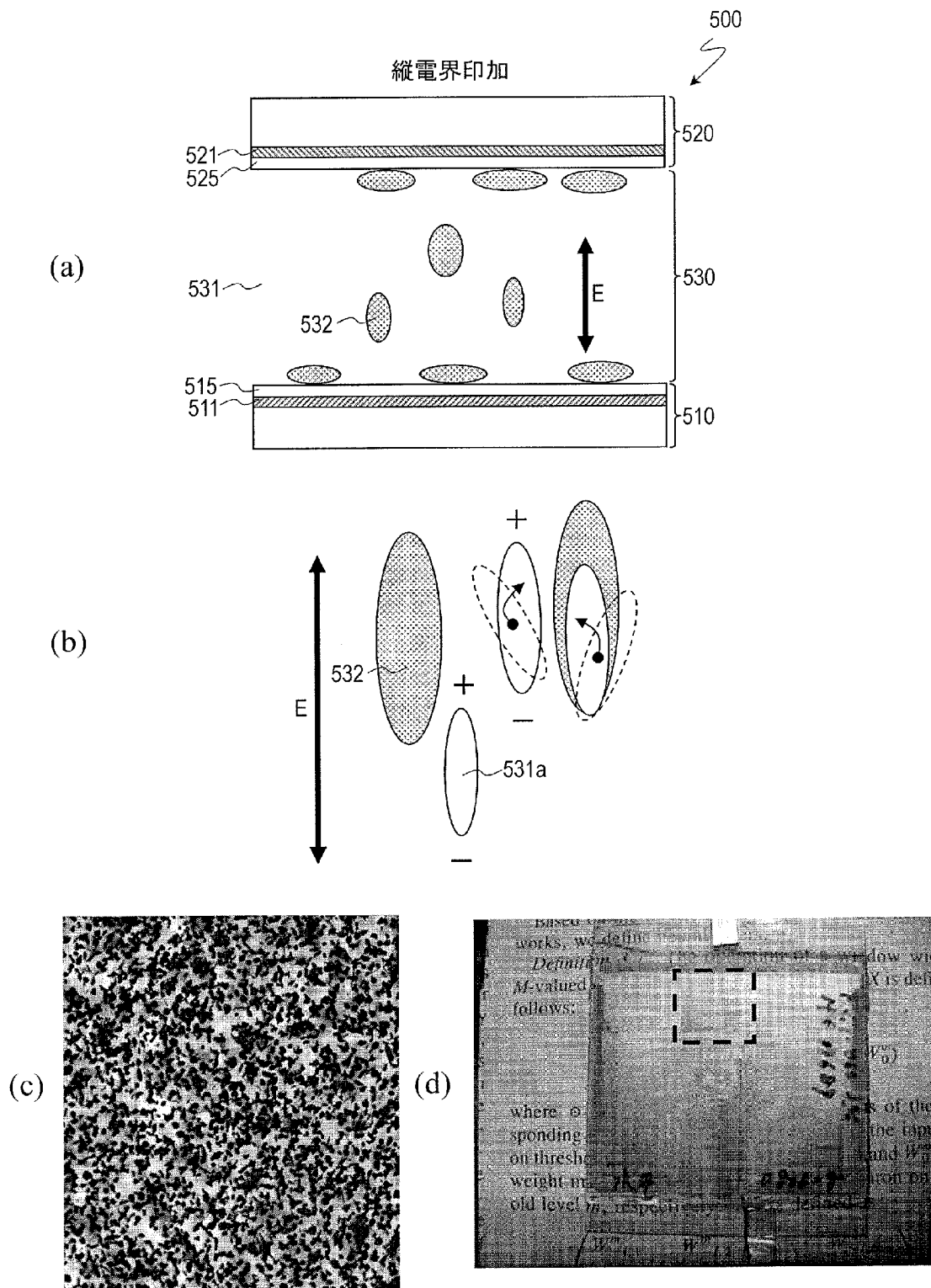
[図6]



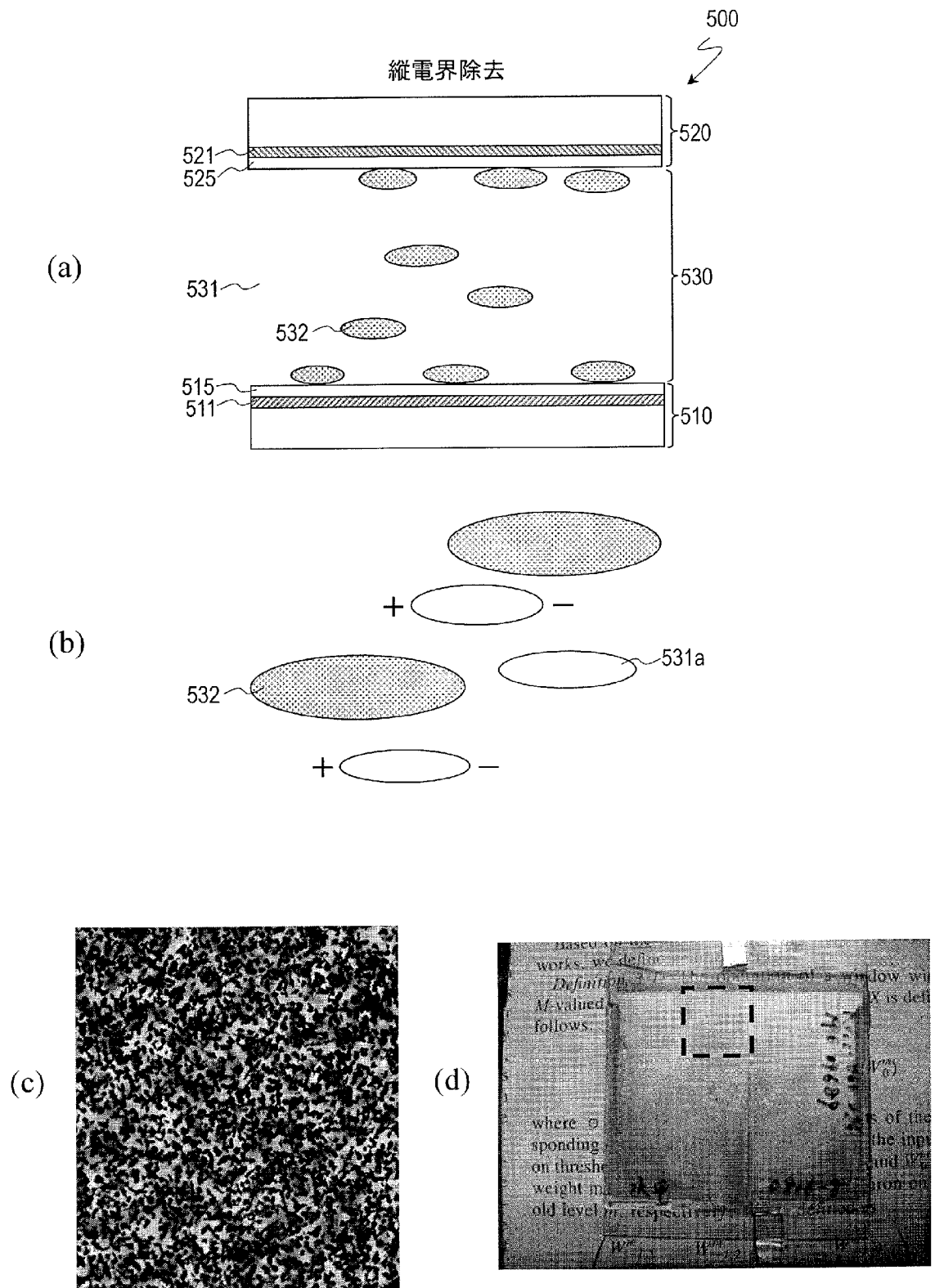
[図7]



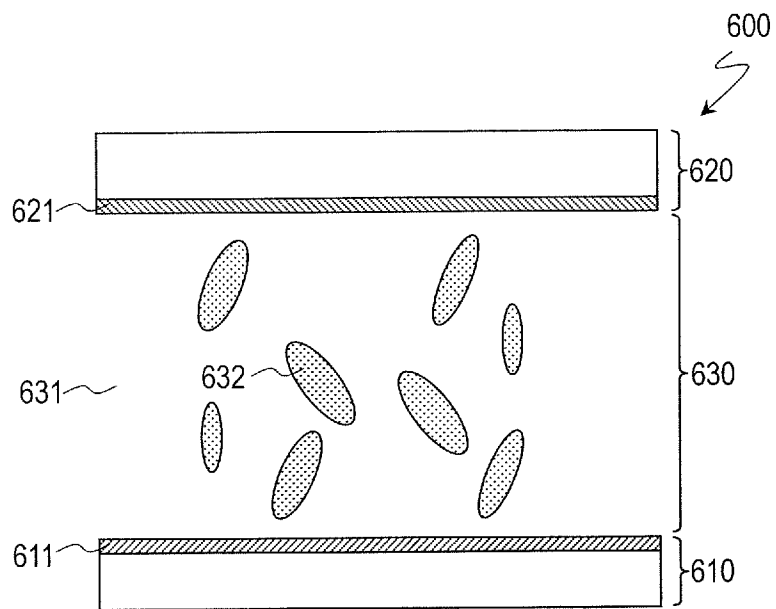
[図8]



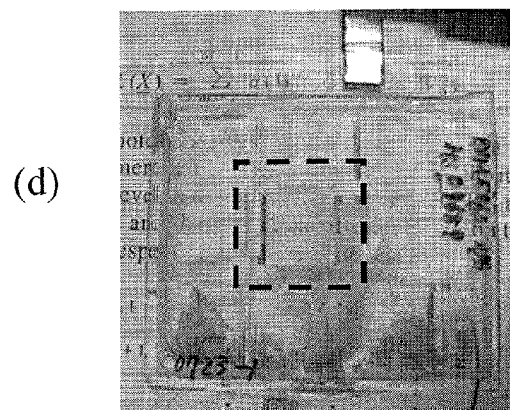
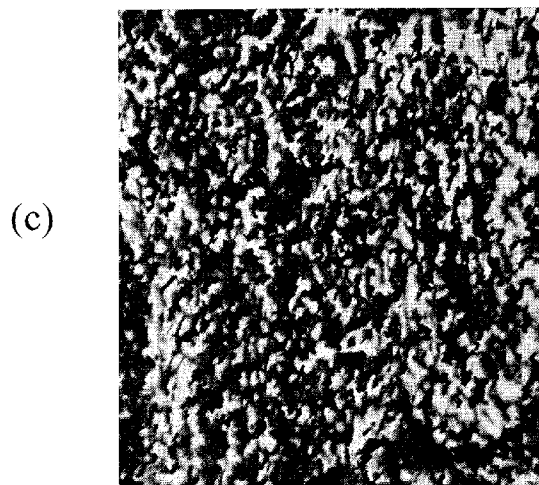
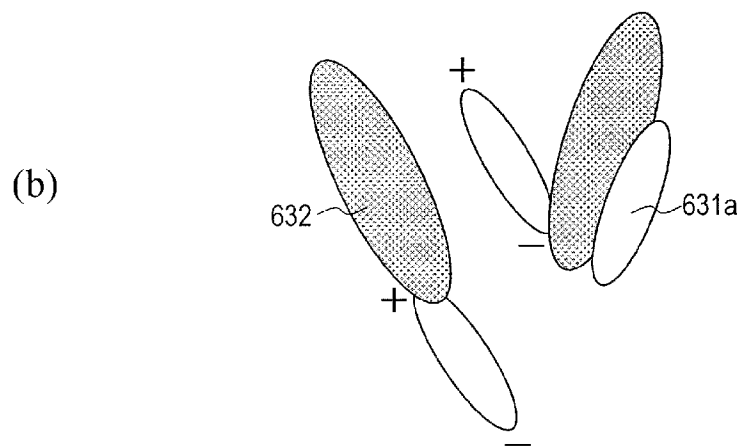
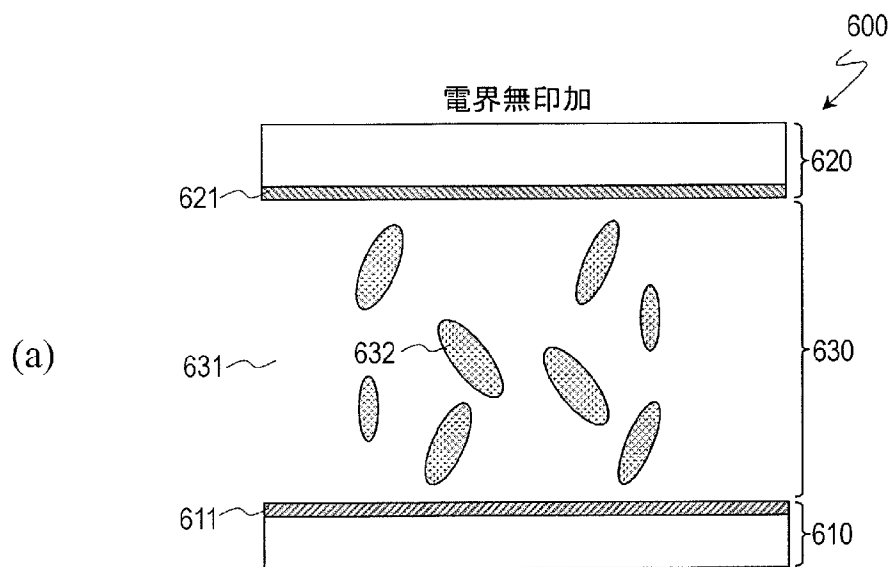
[図9]



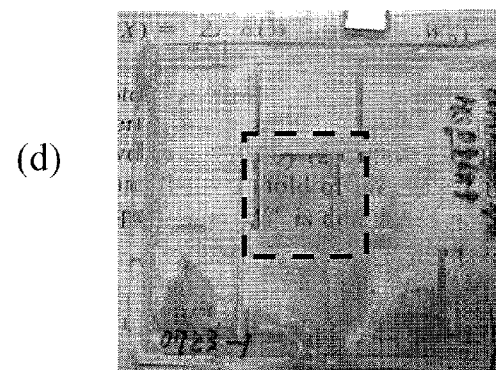
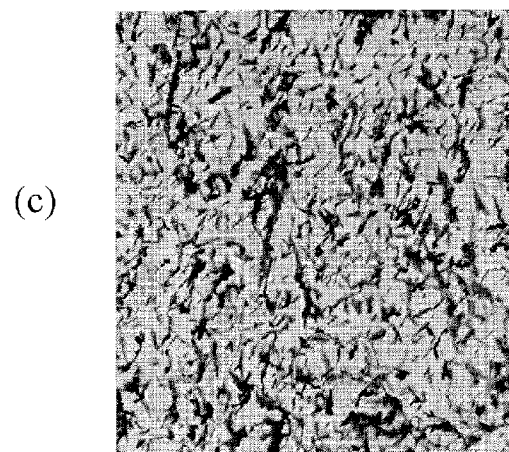
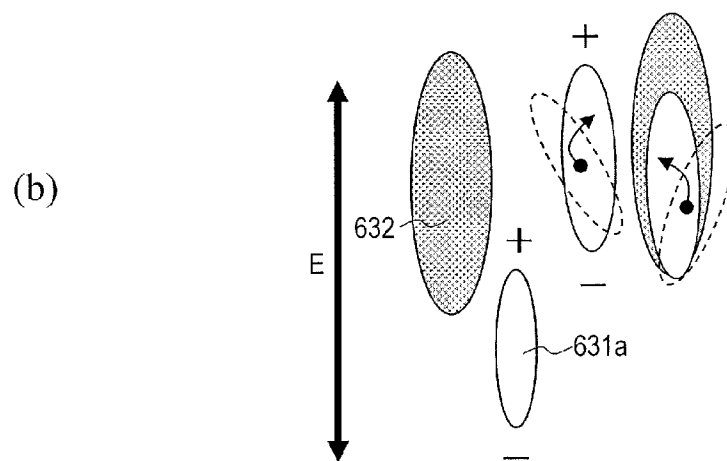
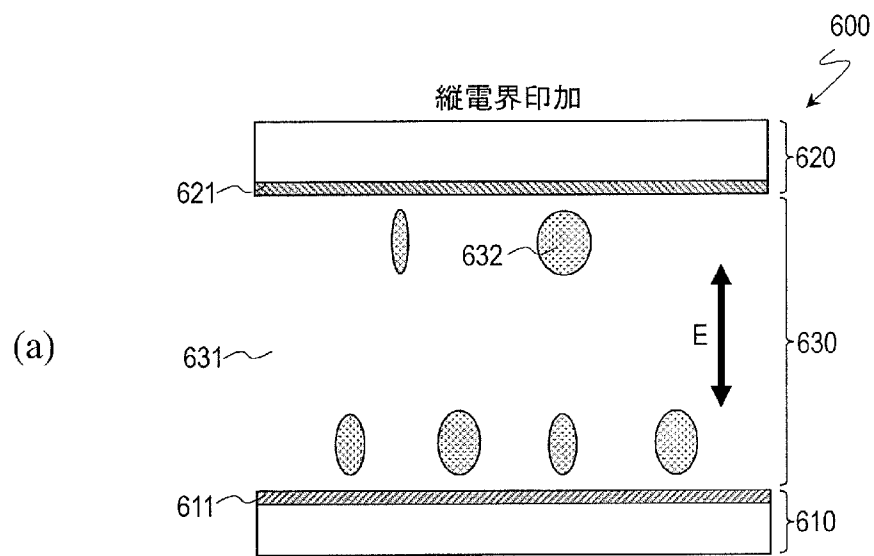
[図10]



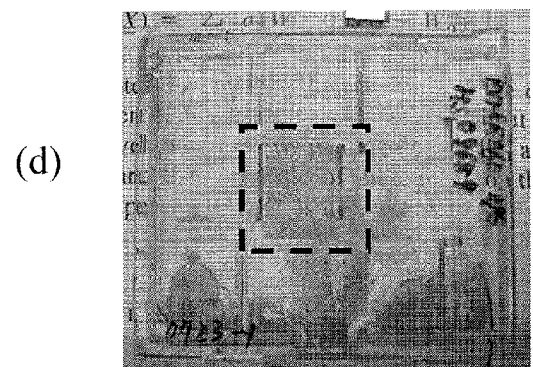
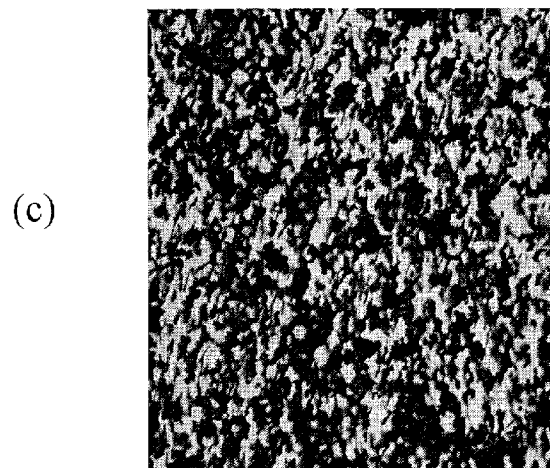
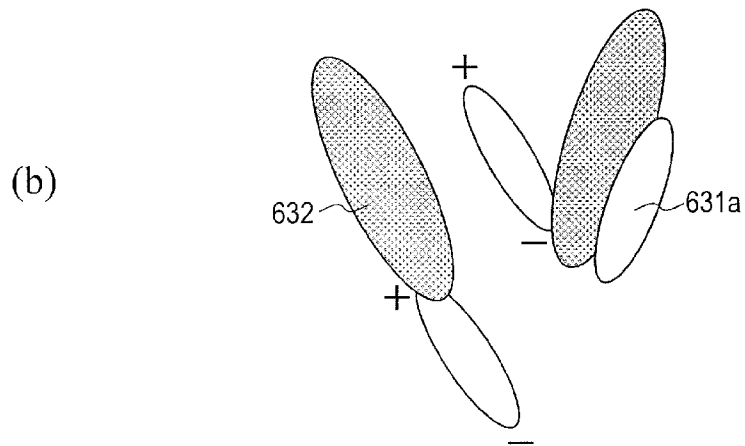
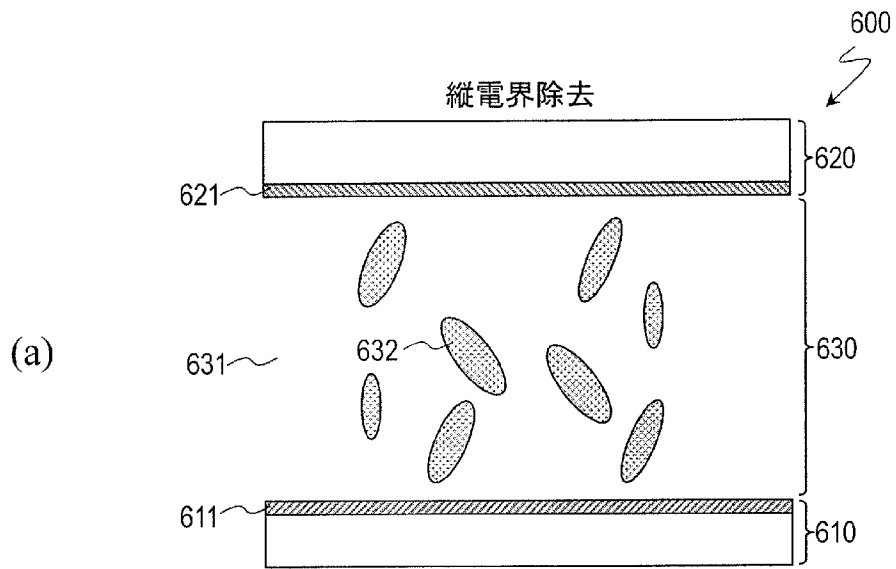
[図11]



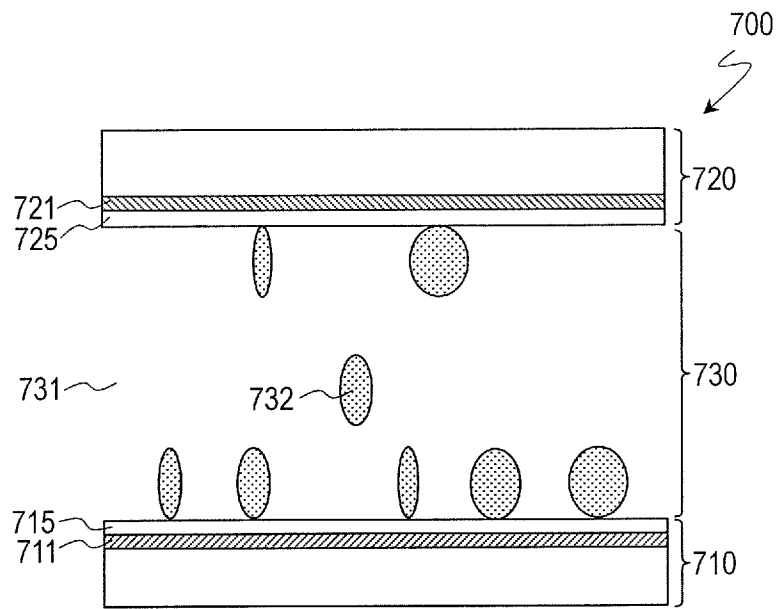
[図12]



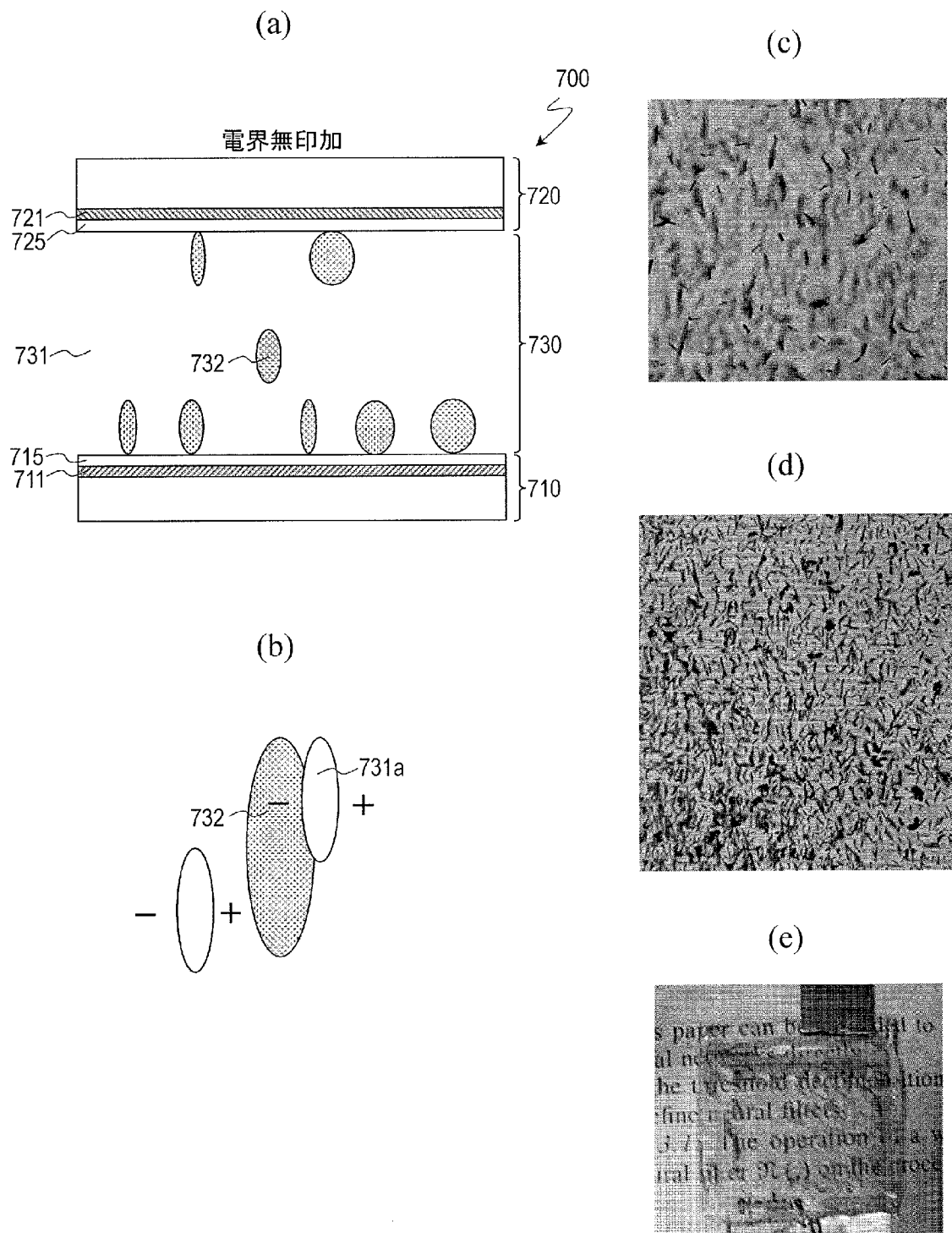
[図13]



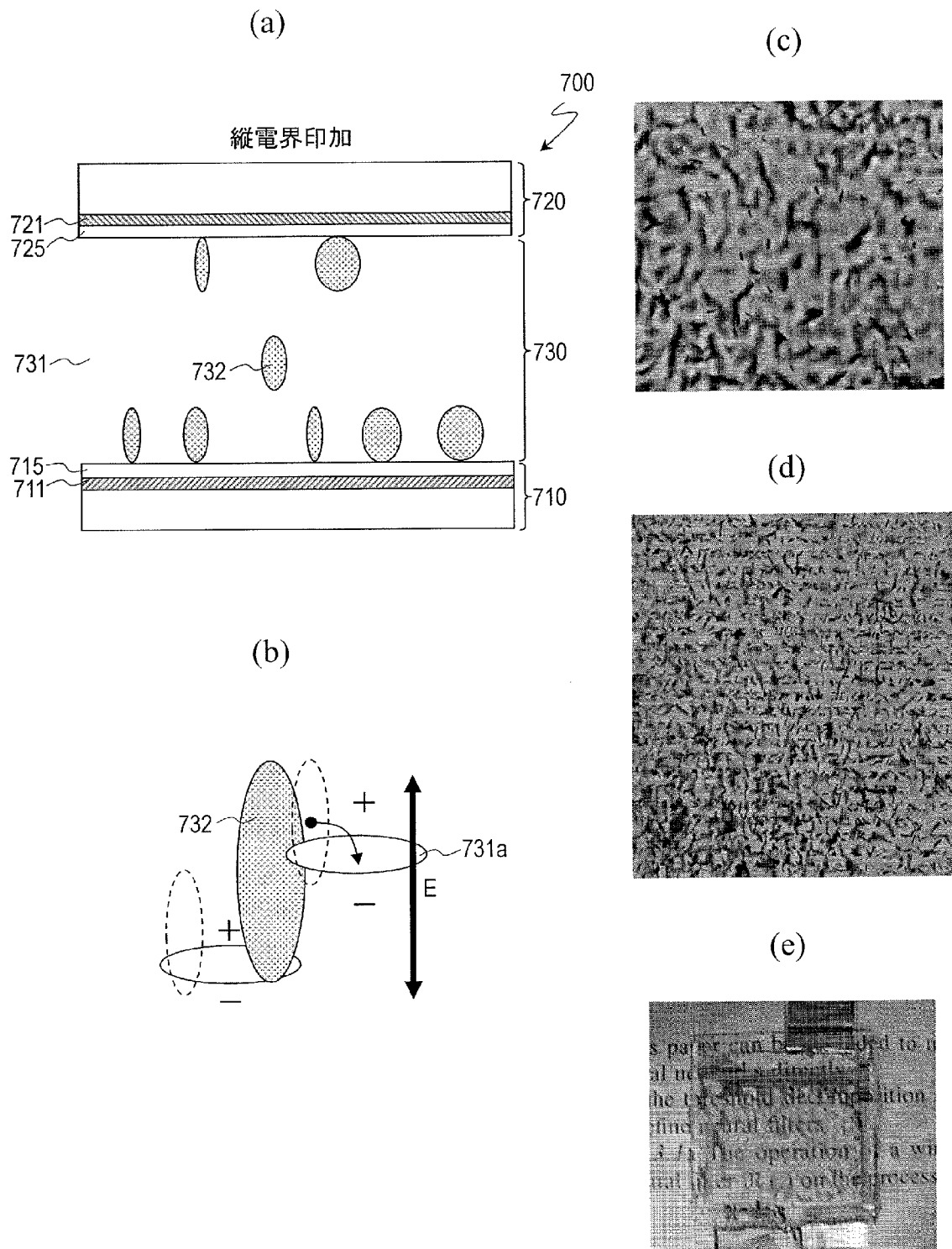
[図14]



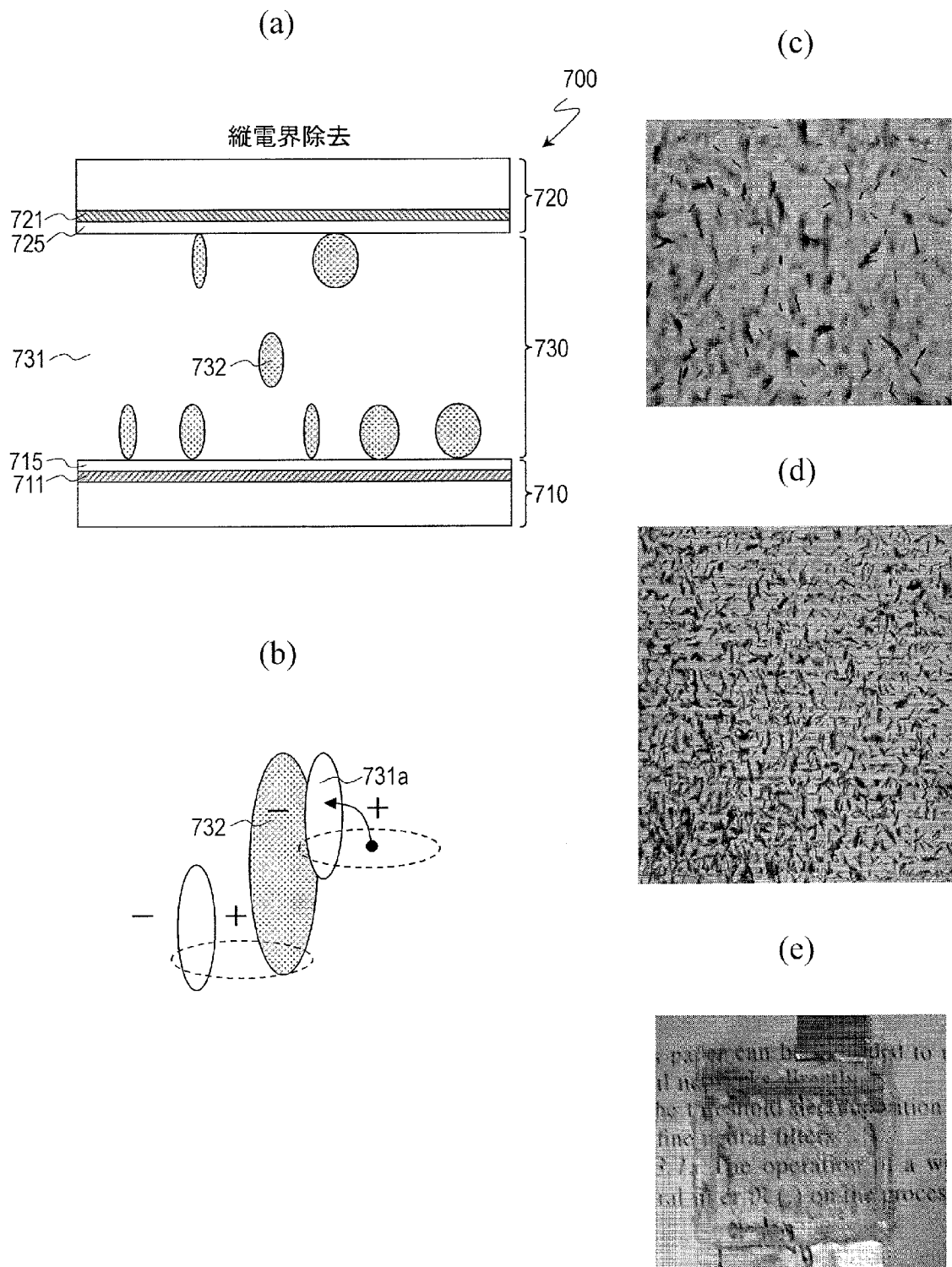
[図15]



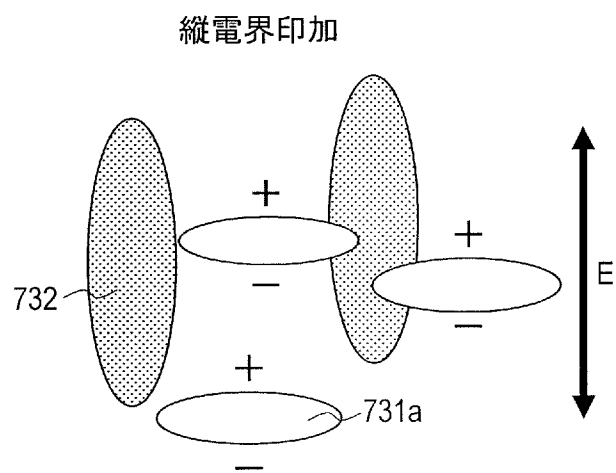
[図16]



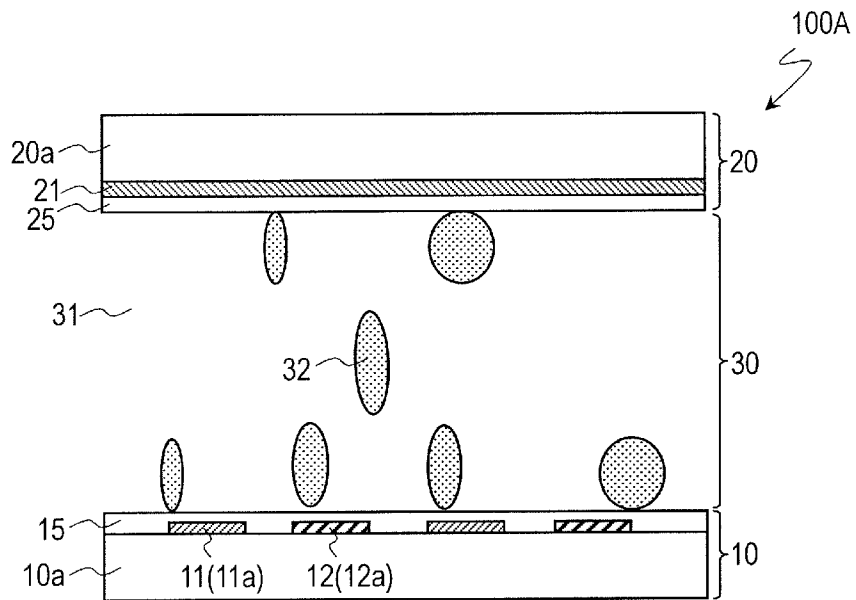
[図17]



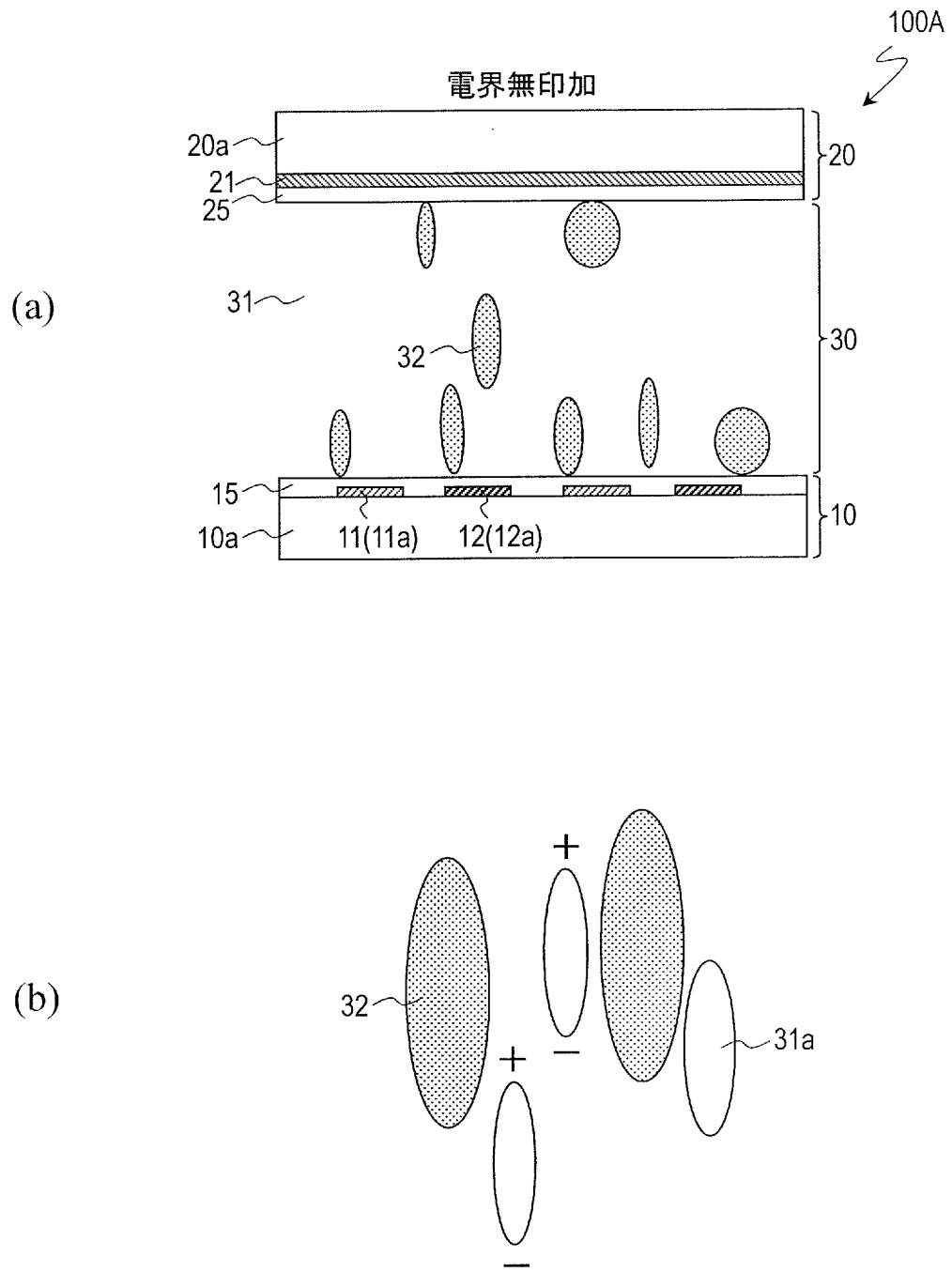
(a)



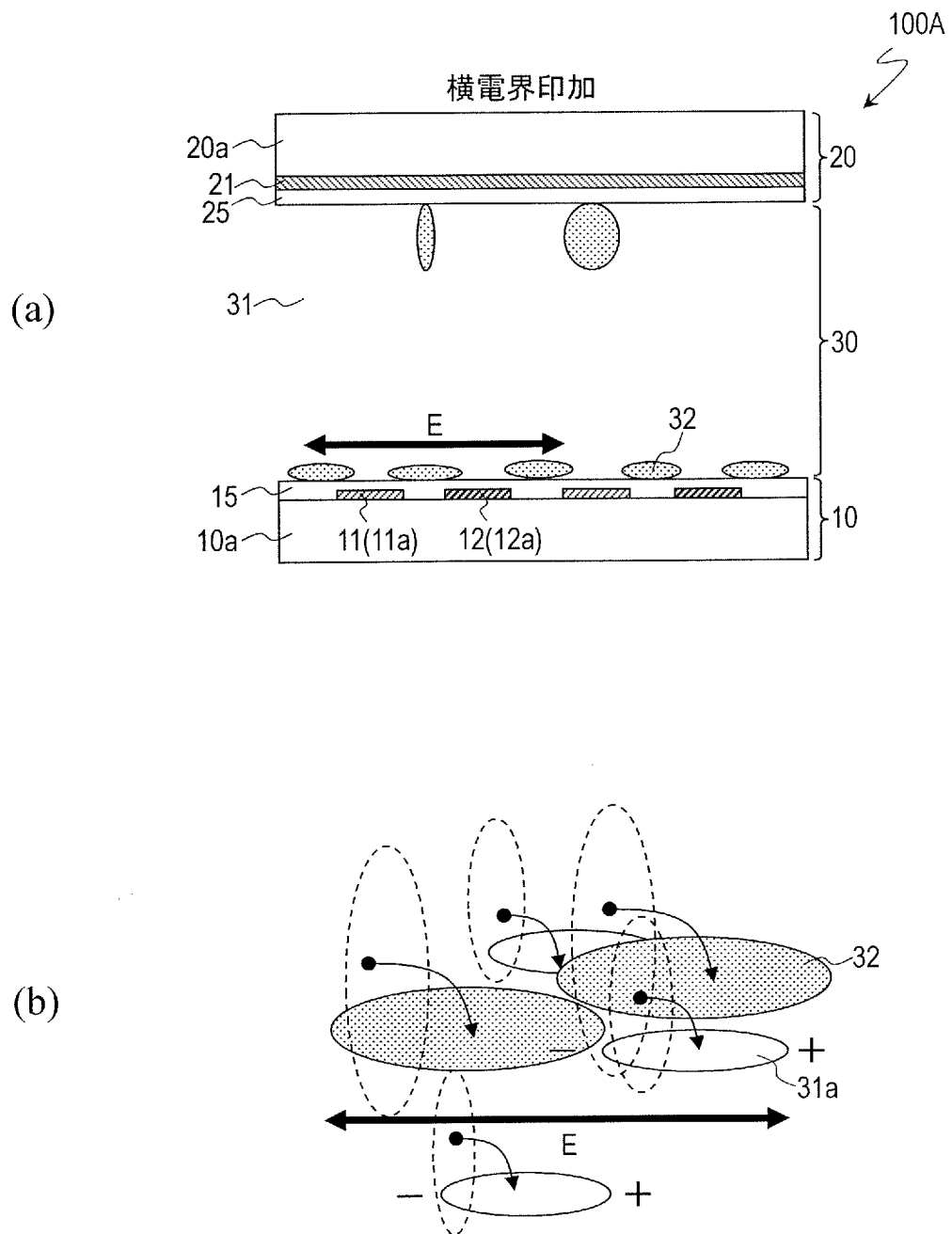
[図19]



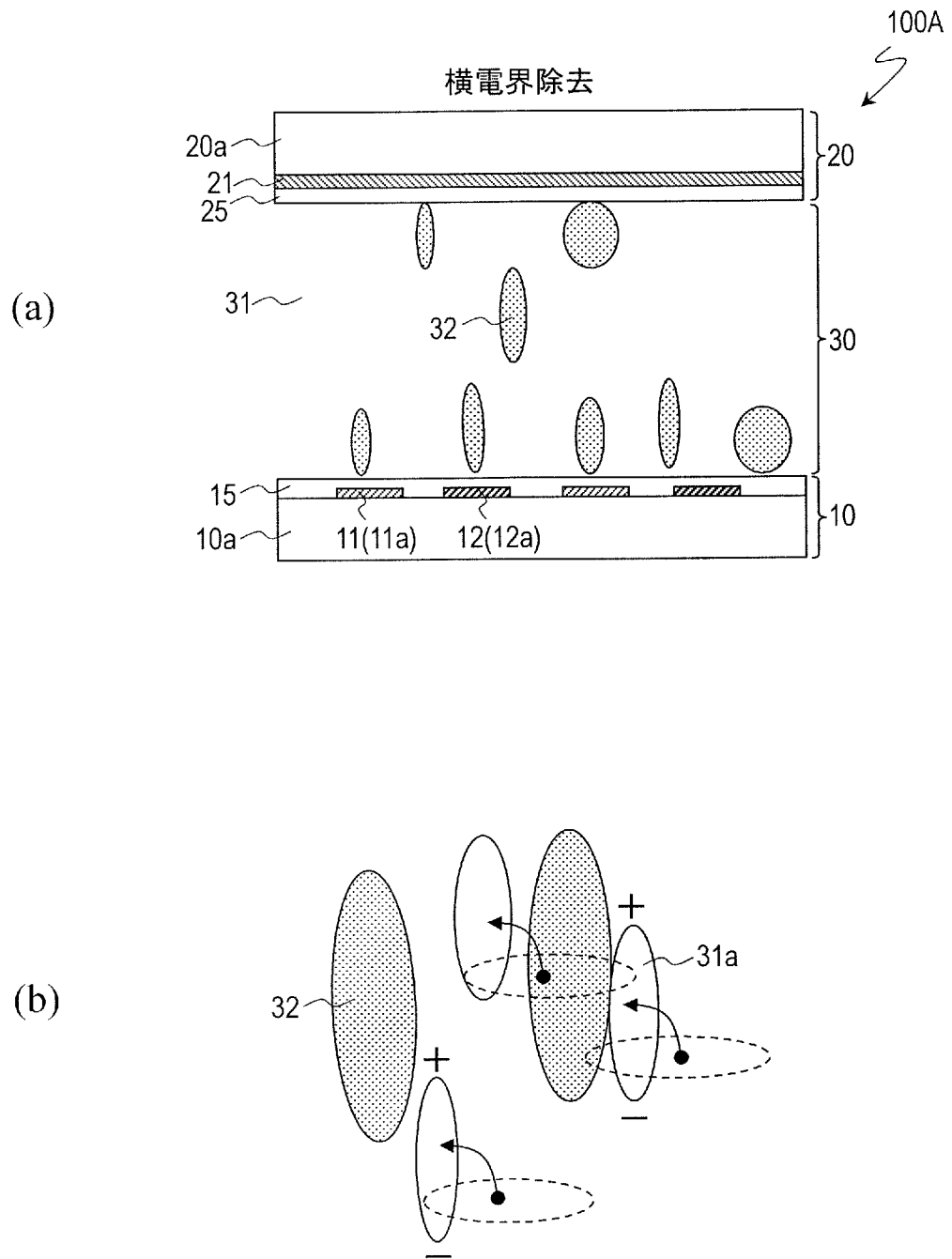
[図20]



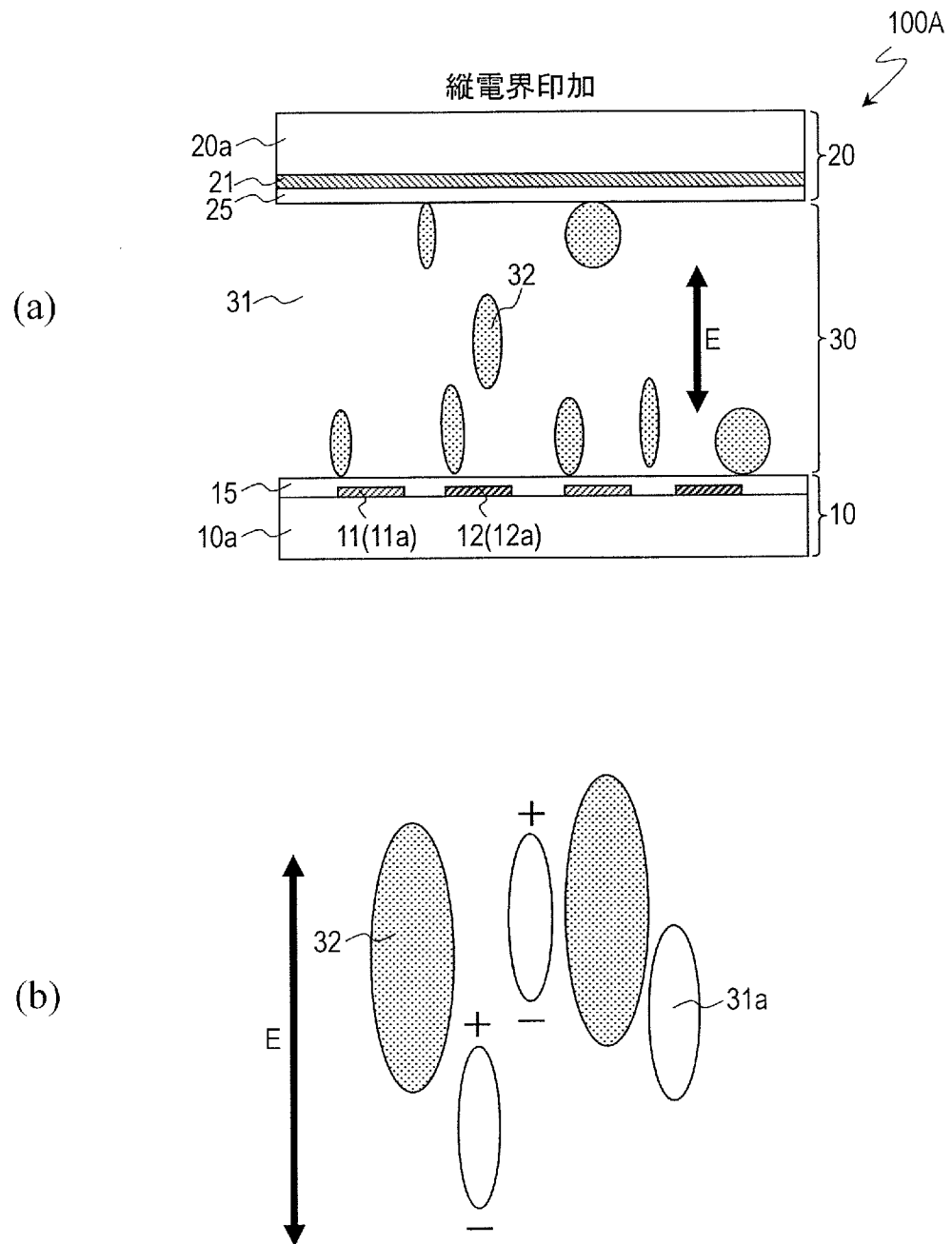
[図21]



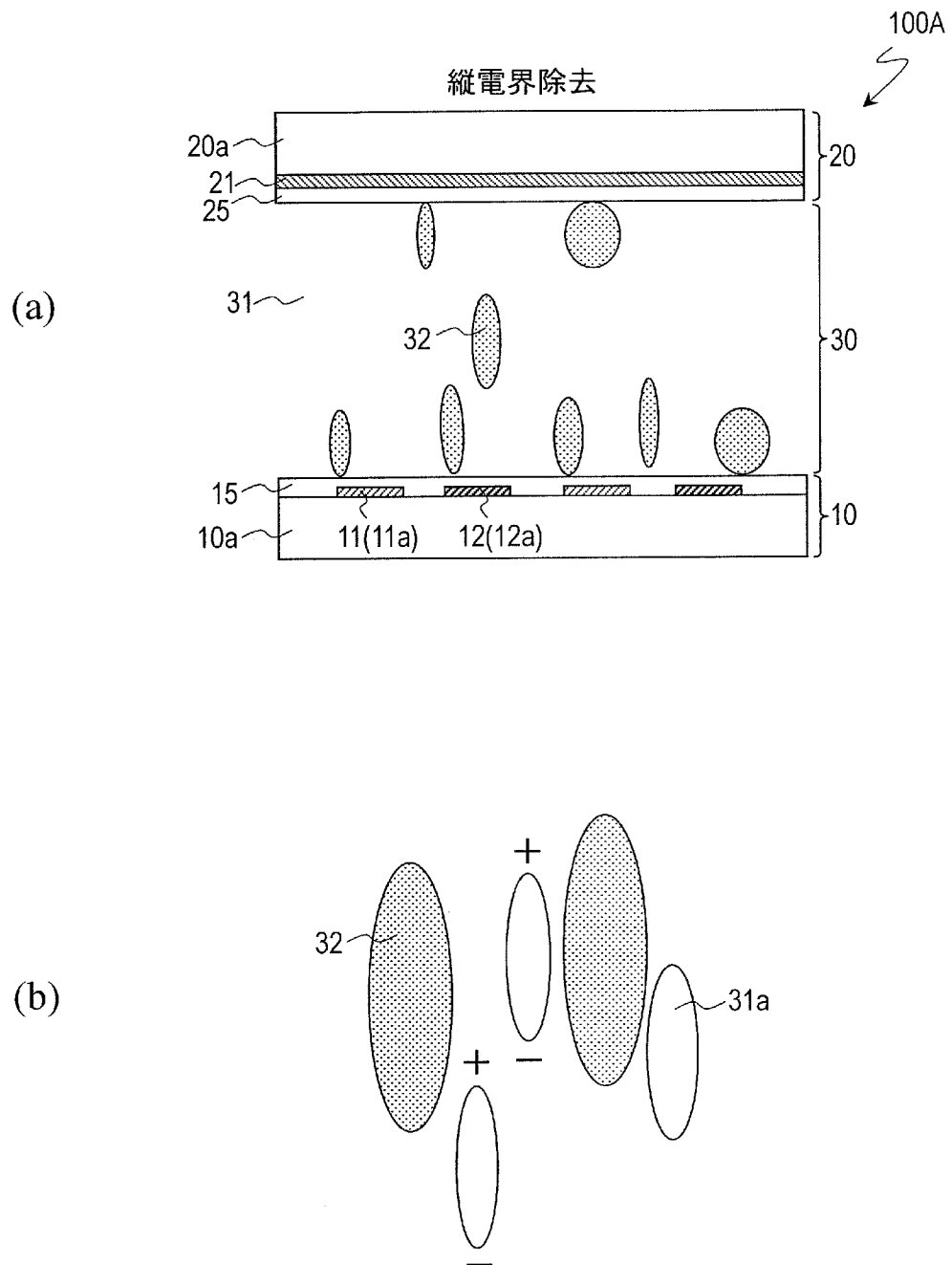
[図22]



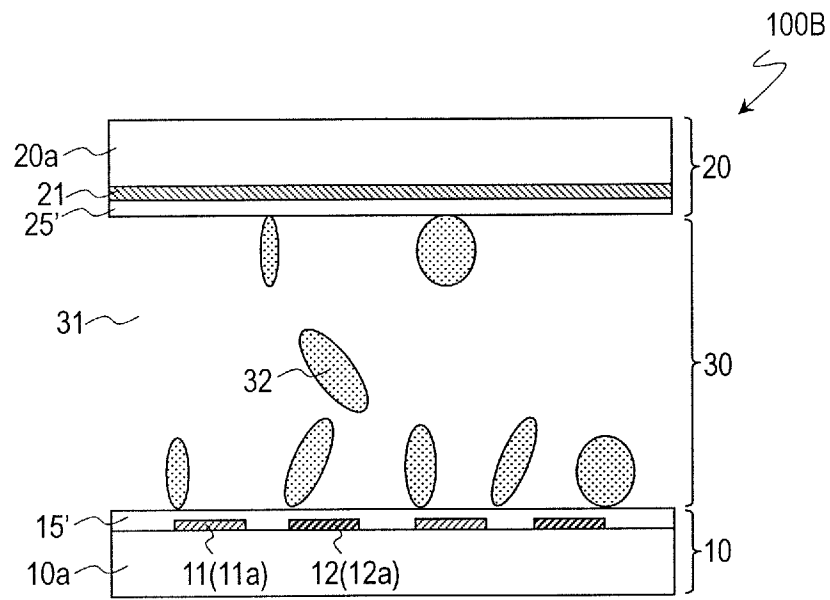
[図23]



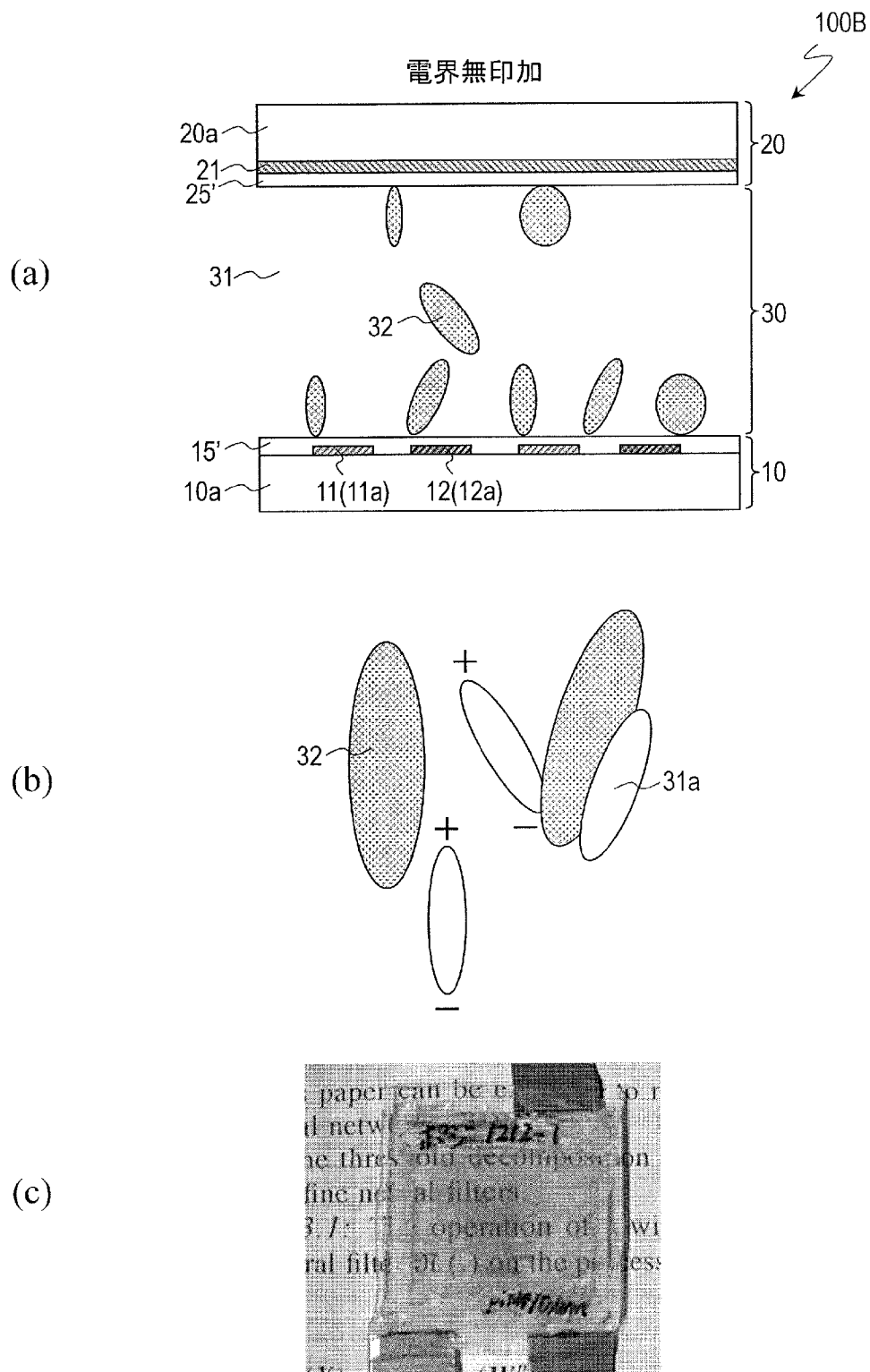
[図24]



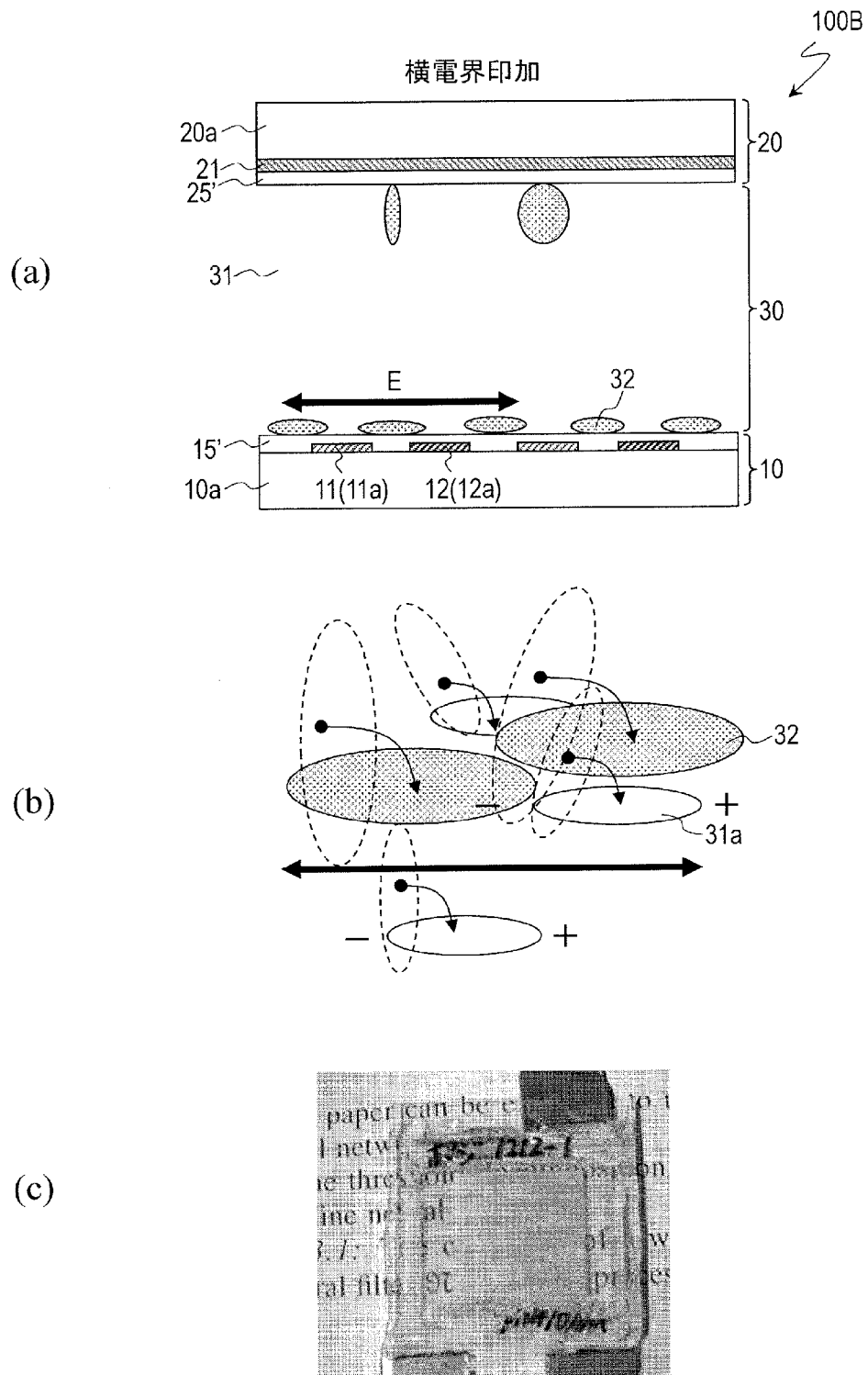
[図25]



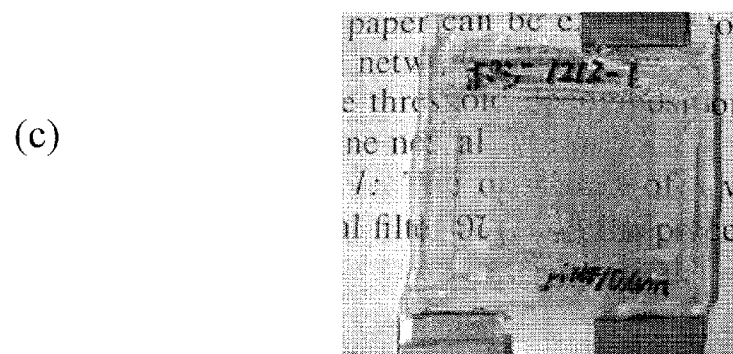
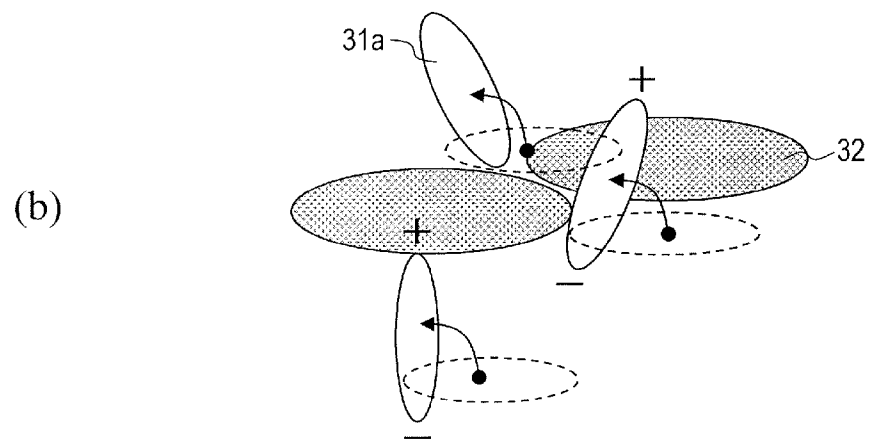
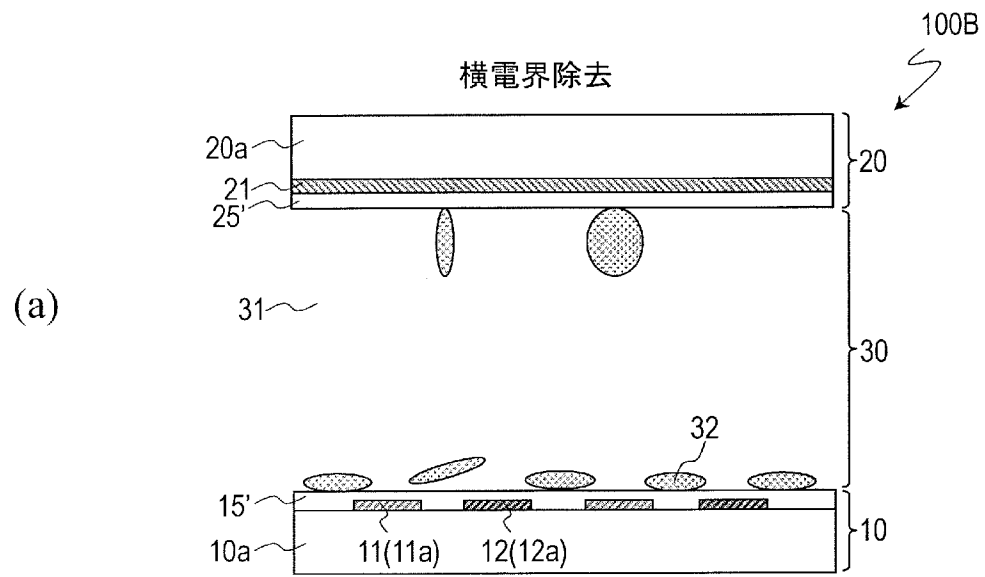
[図26]



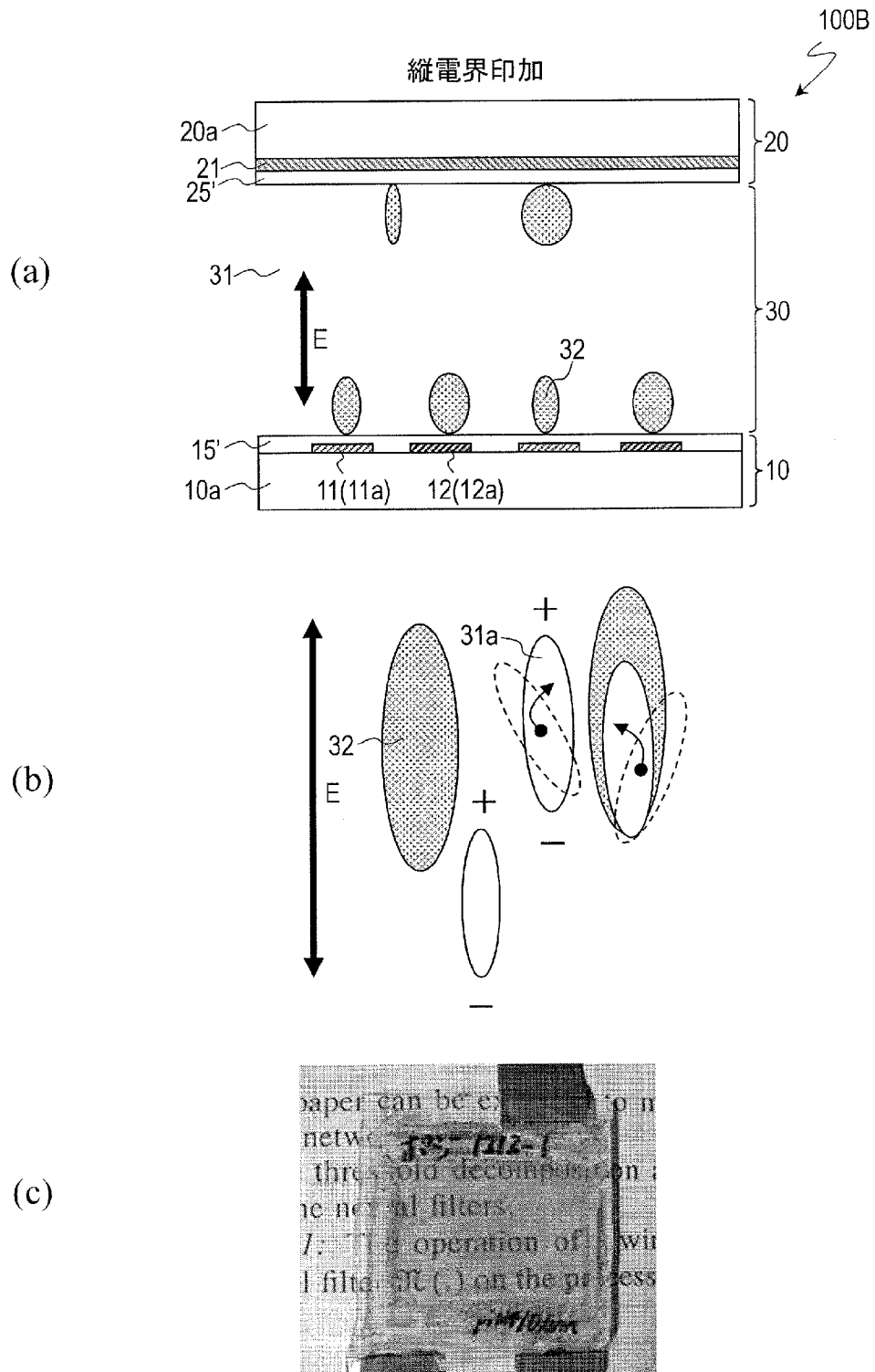
[図27]



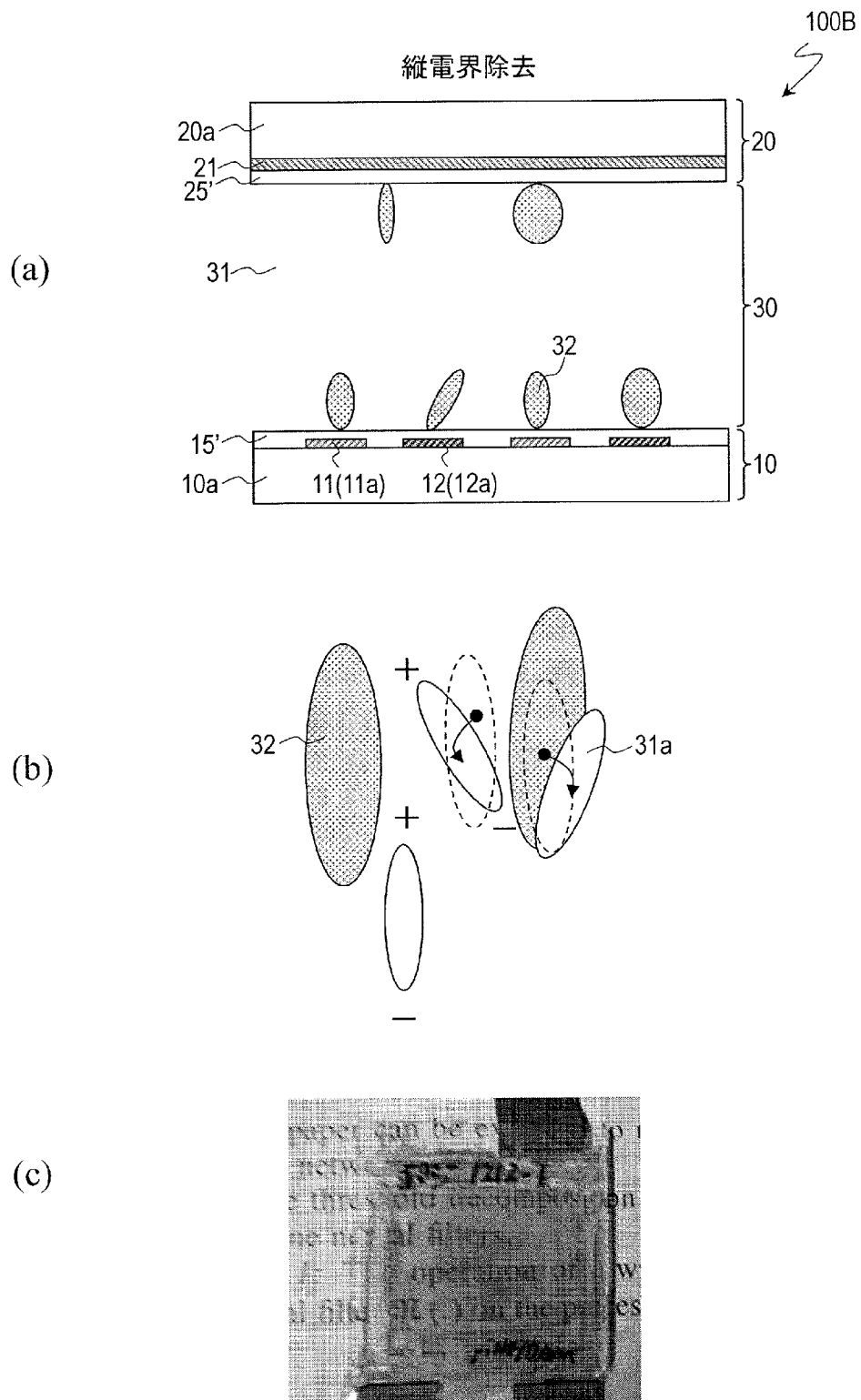
[図28]



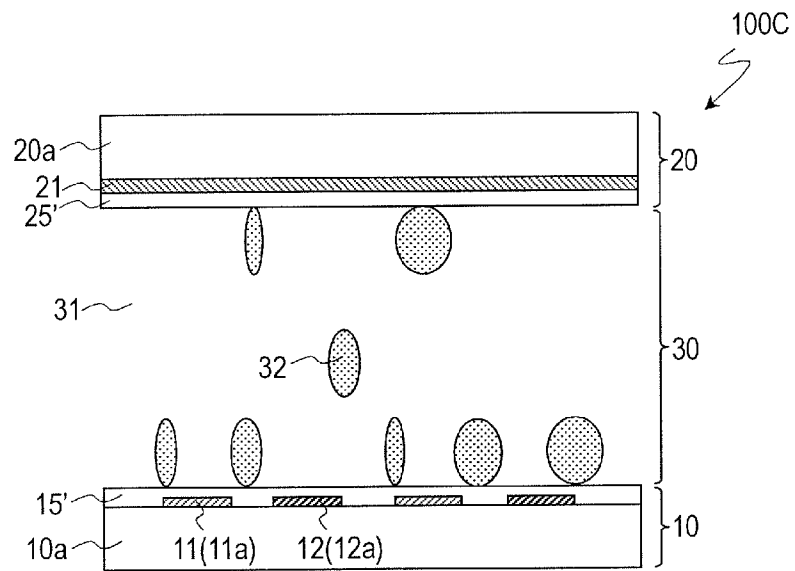
[図29]



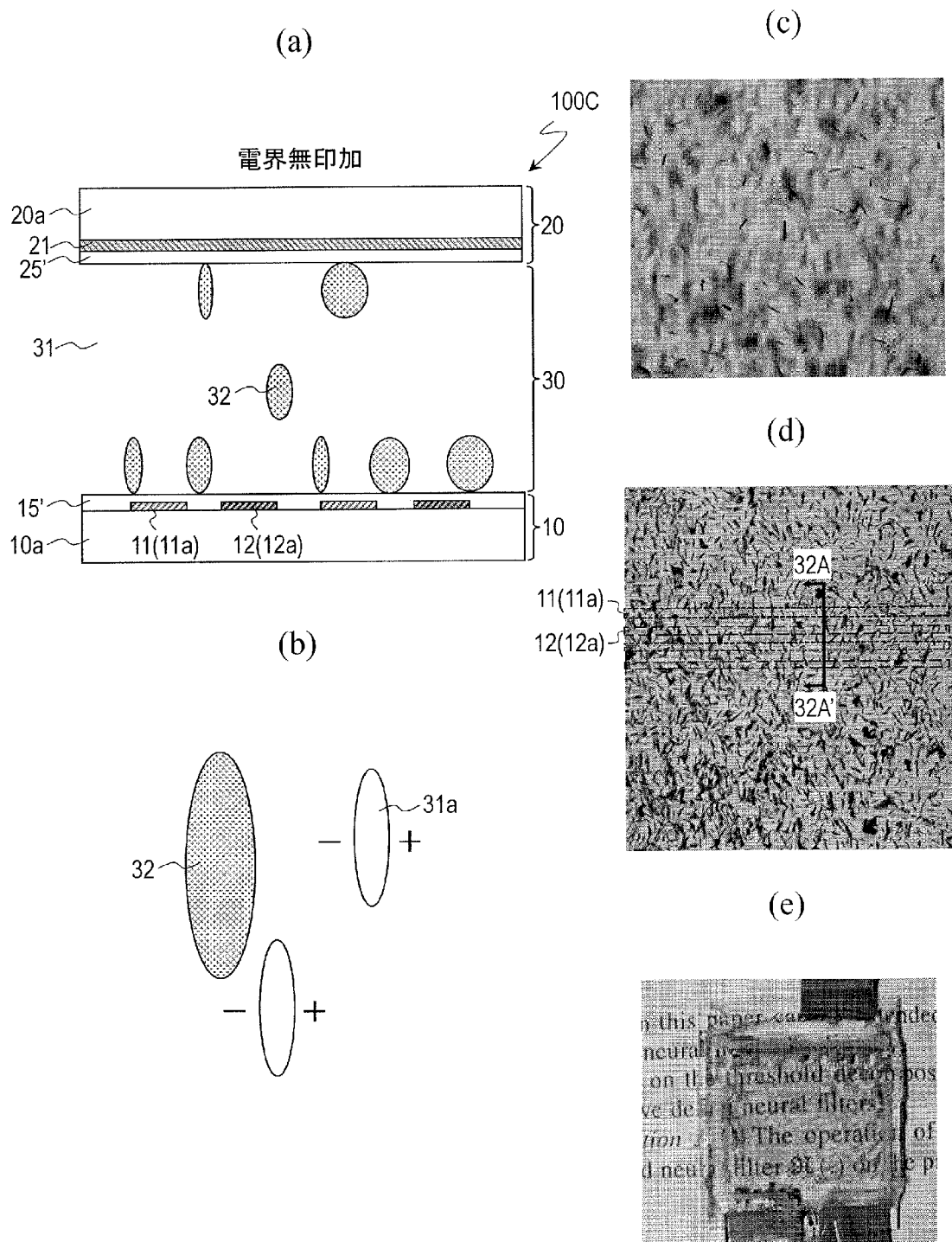
[図30]



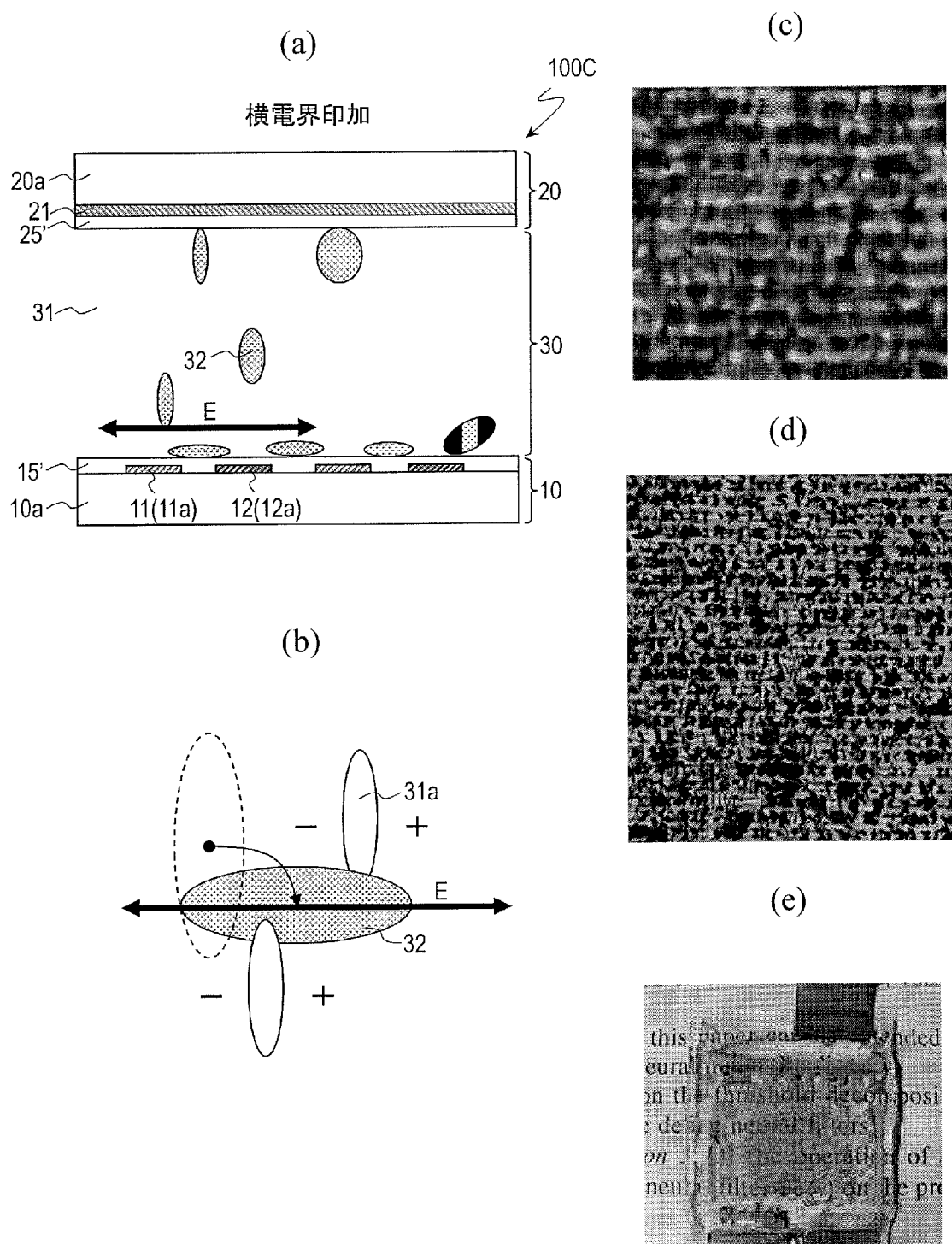
[図31]



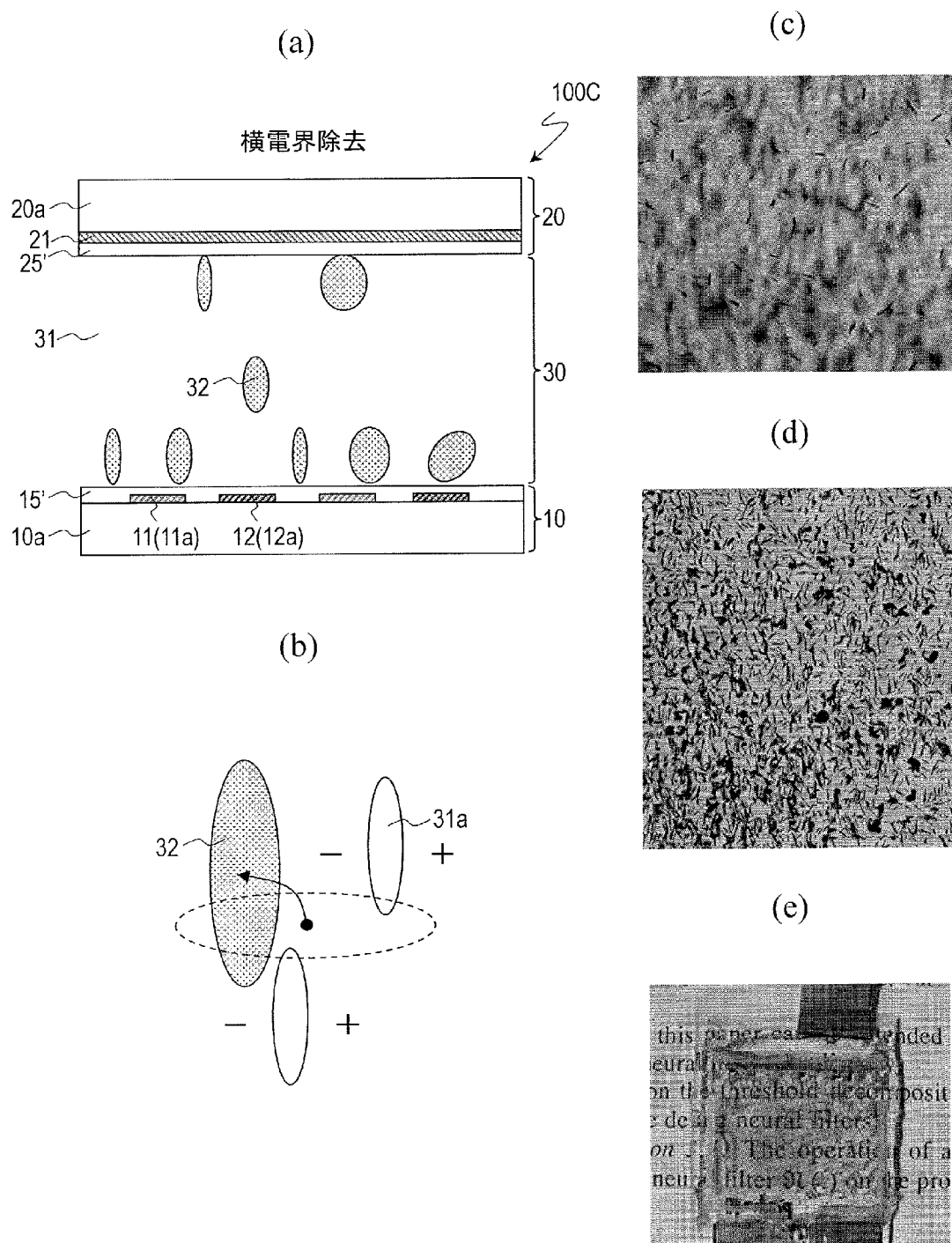
[図32]



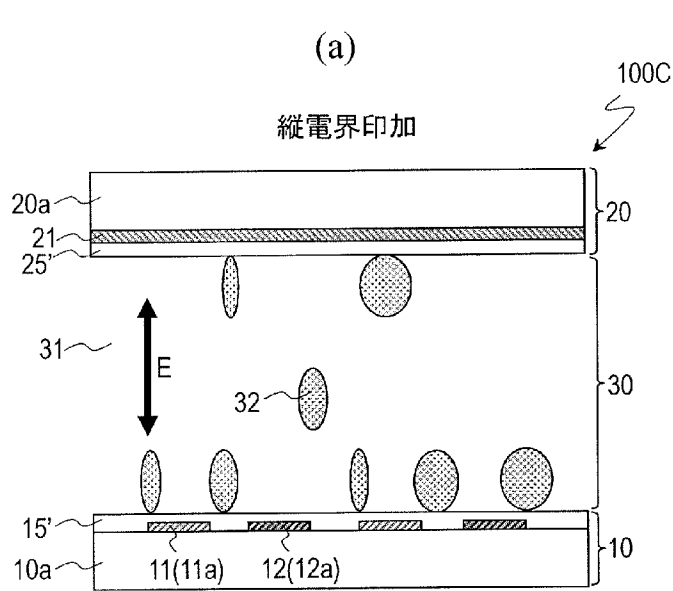
[図33]



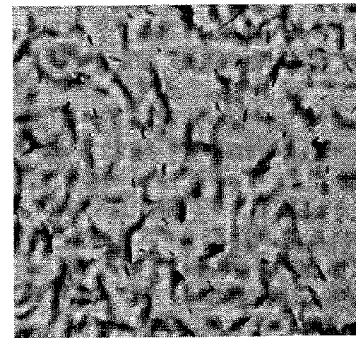
[図34]



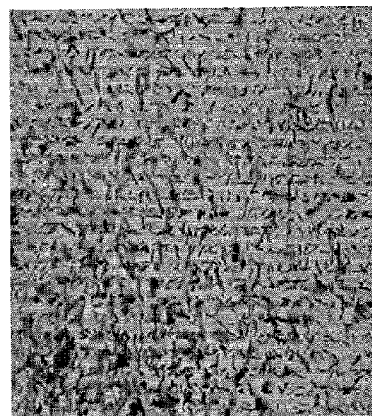
[図35]



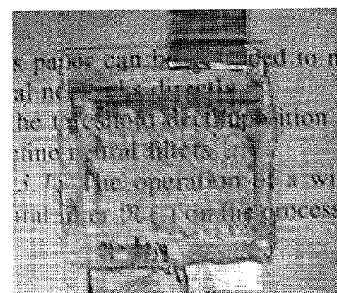
(c)



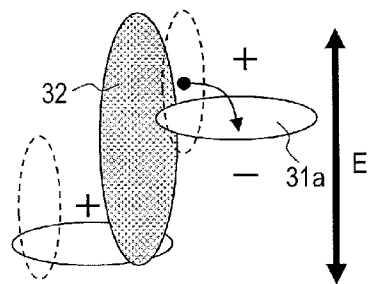
(d)



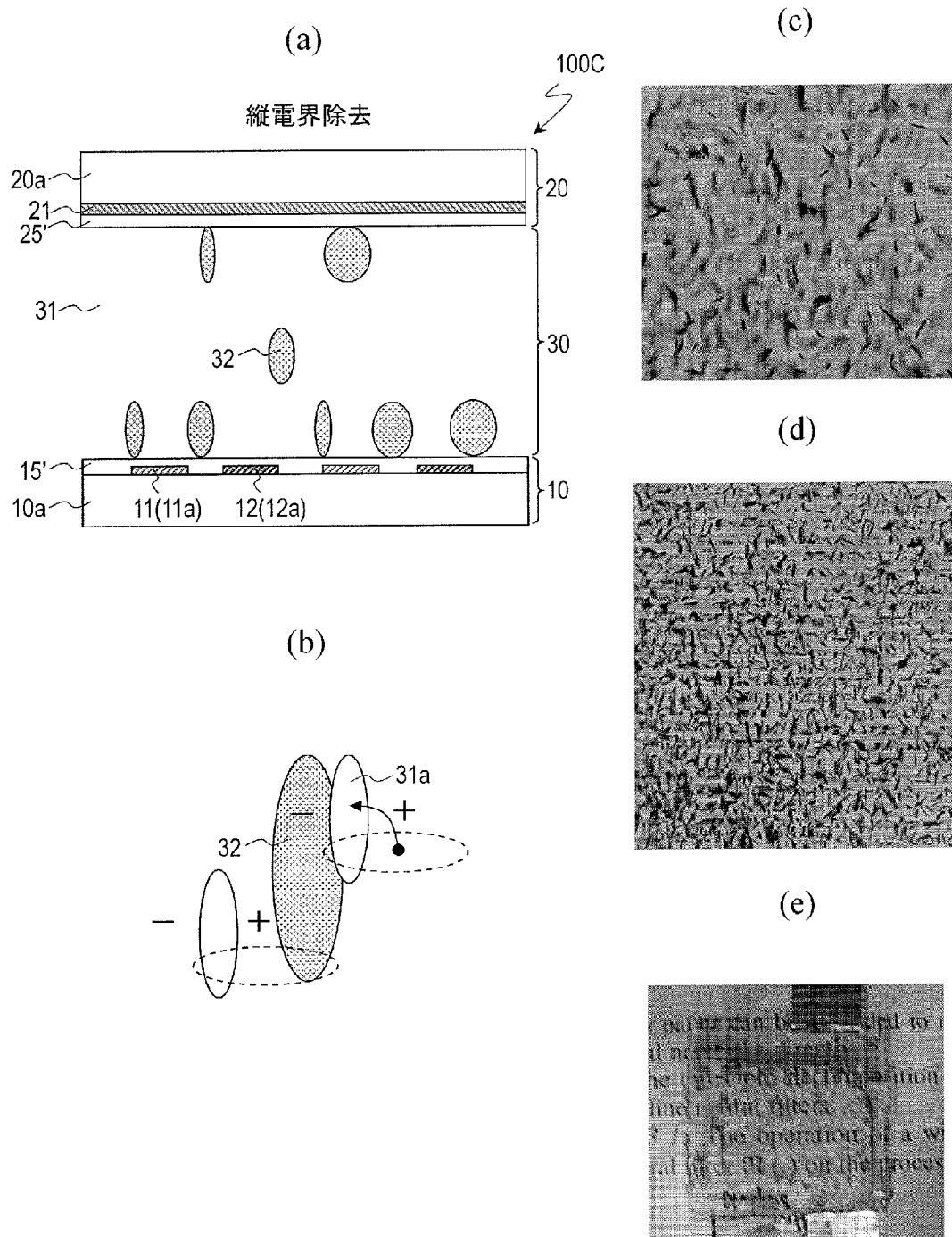
(c)



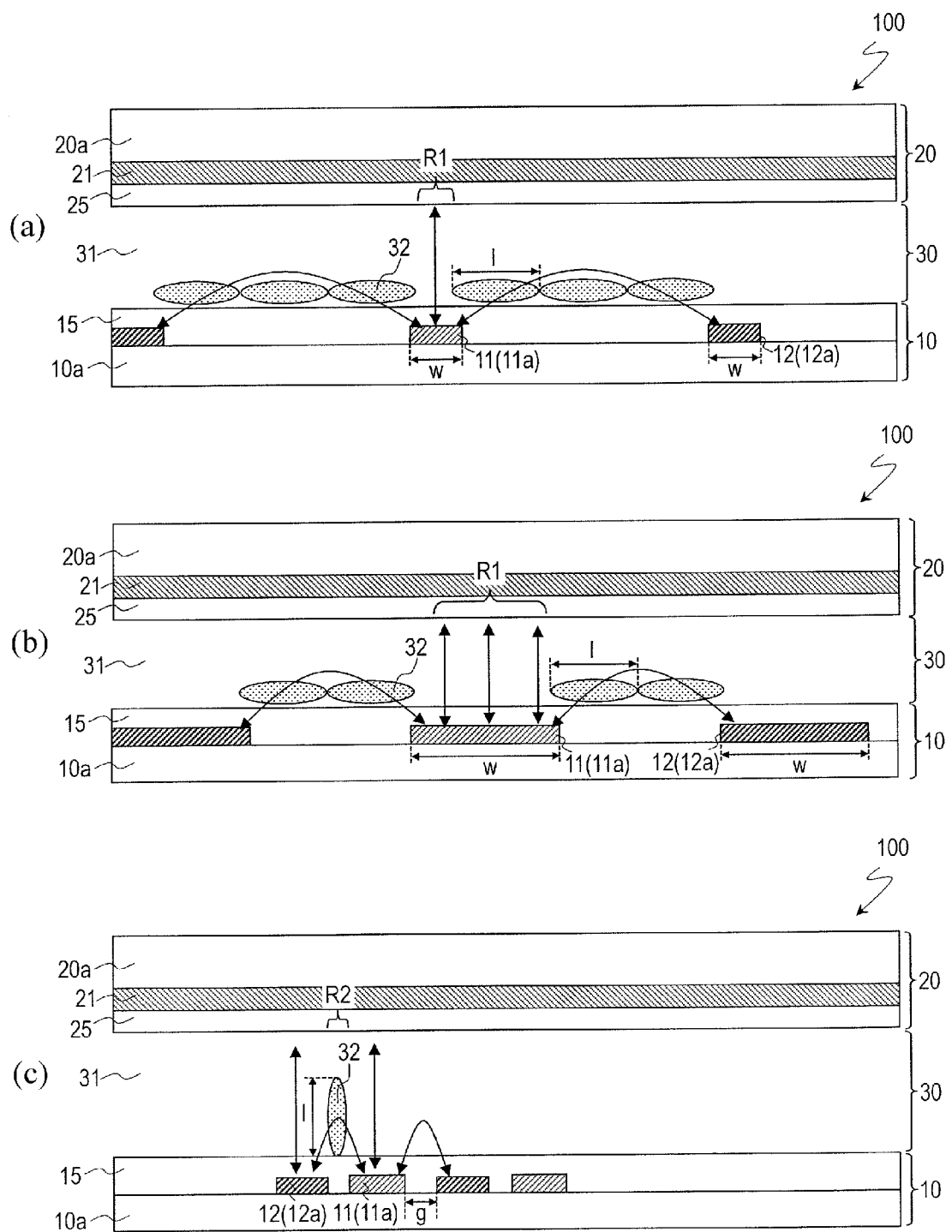
(b)



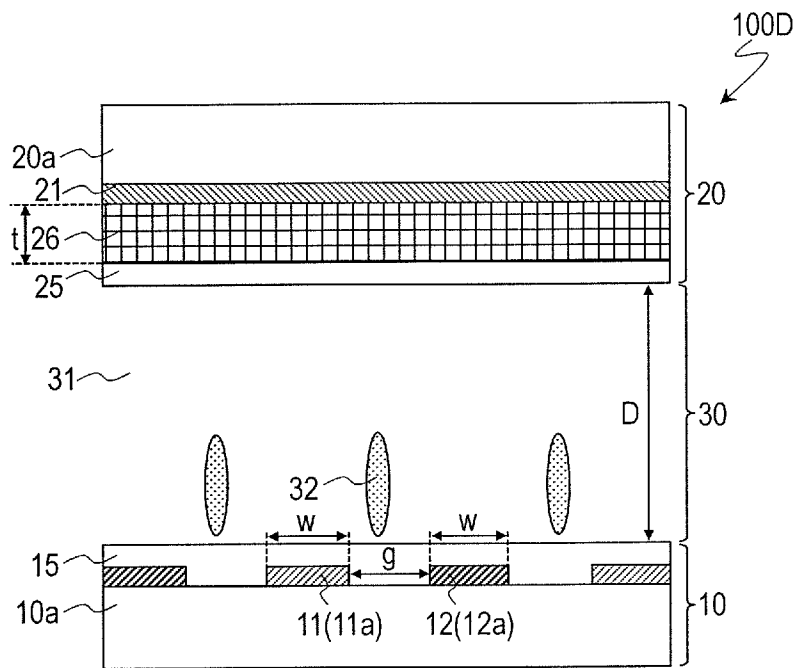
[図36]



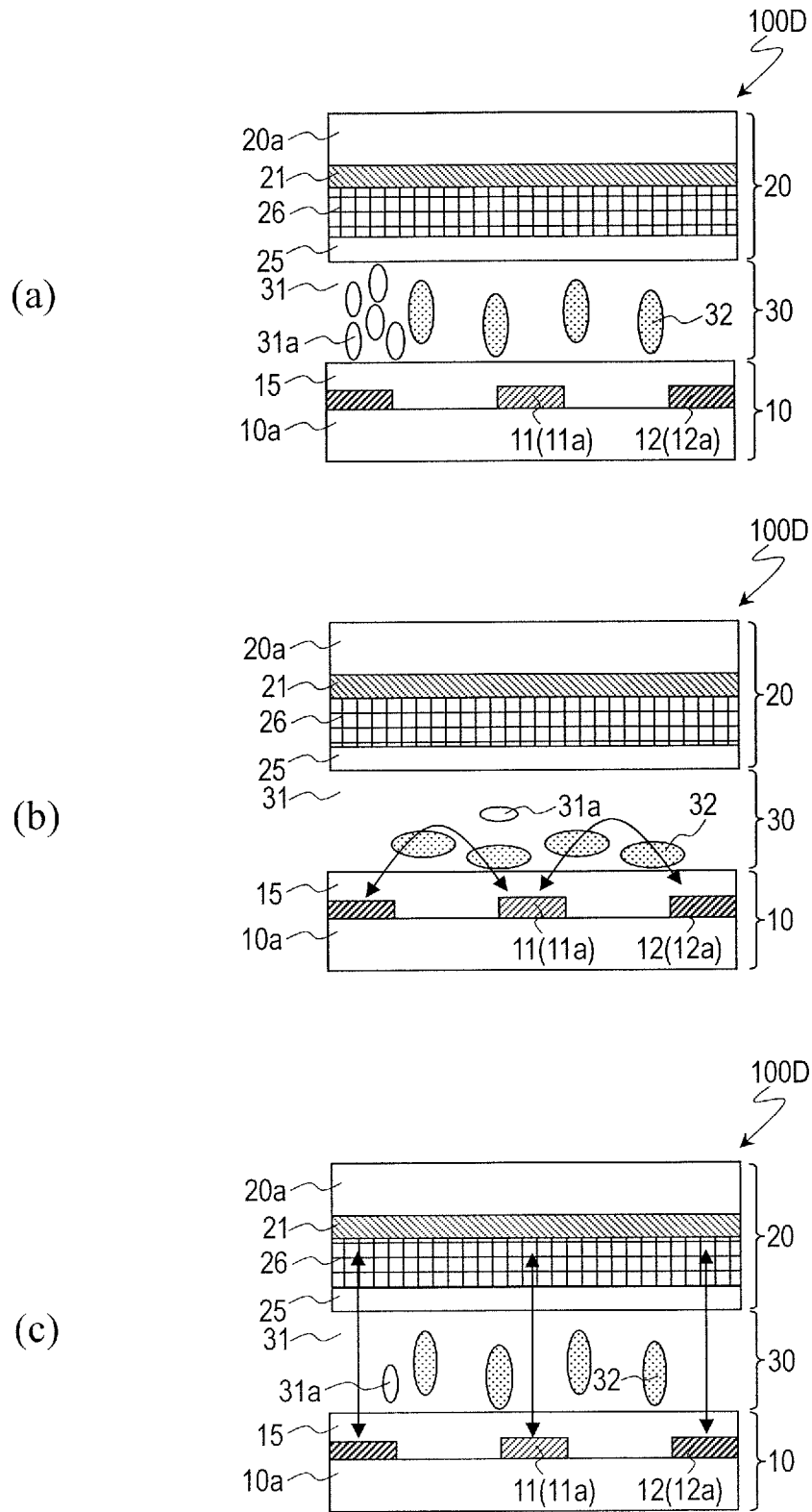
[図37]



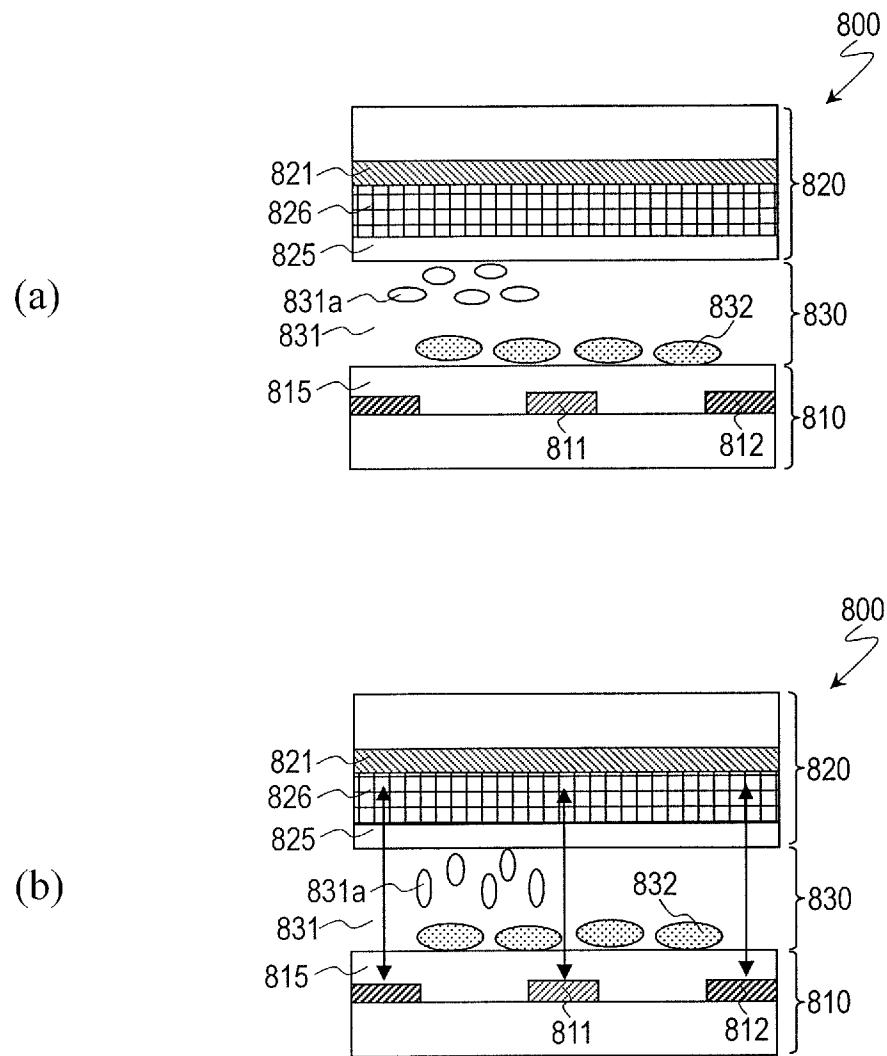
[図38]



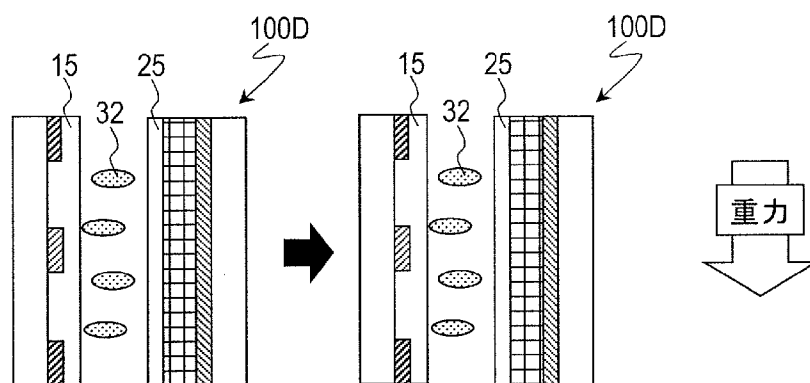
[図39]



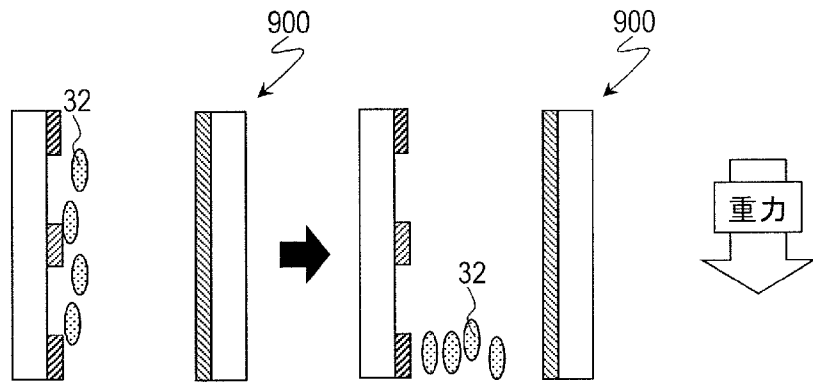
[図40]



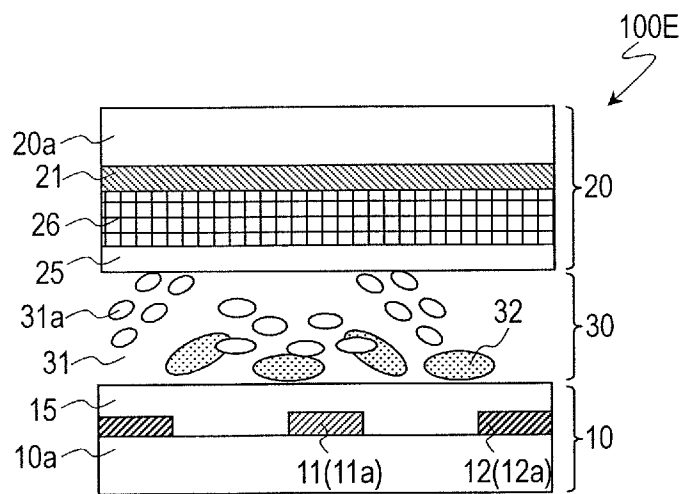
[図41]



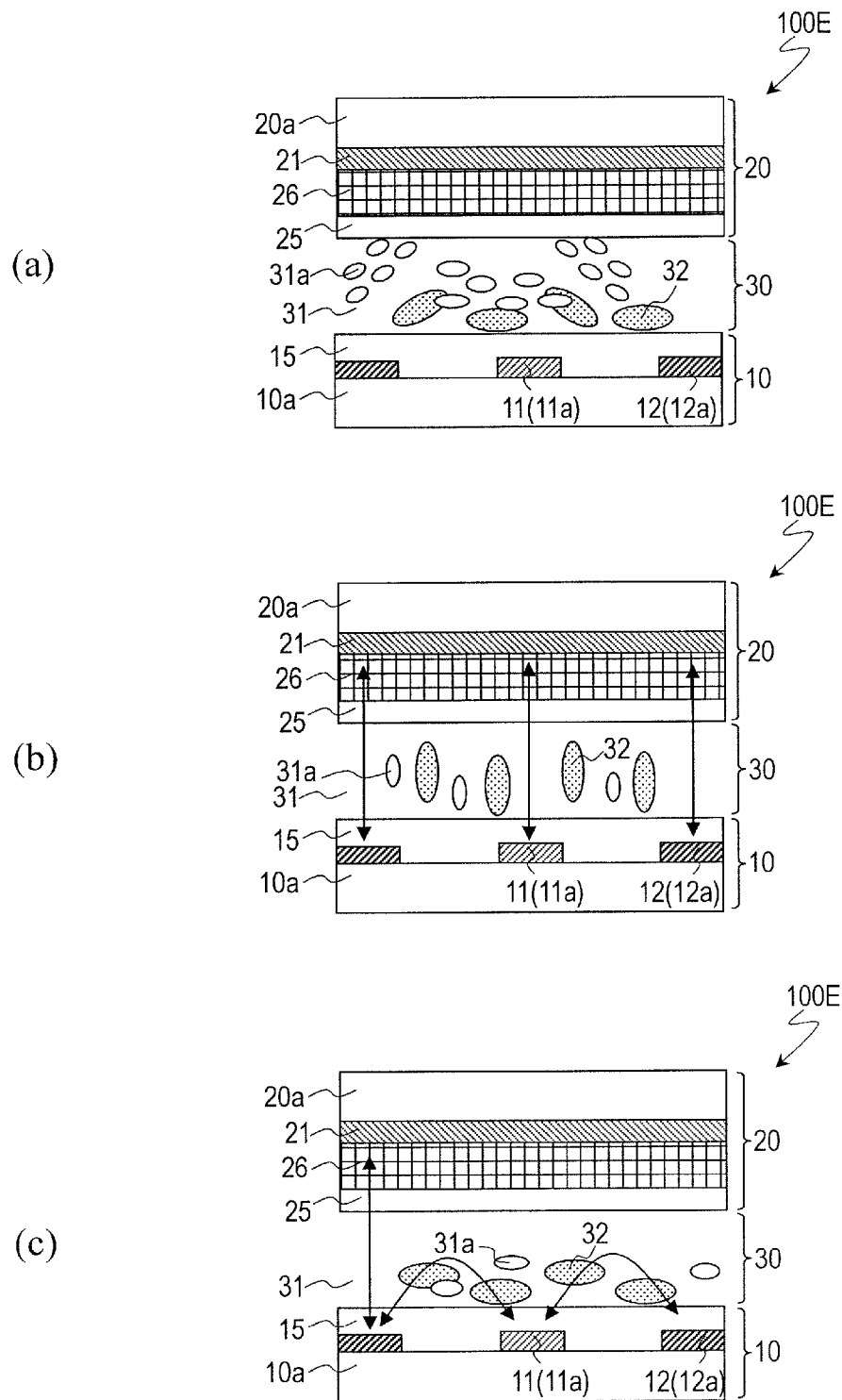
[図42]



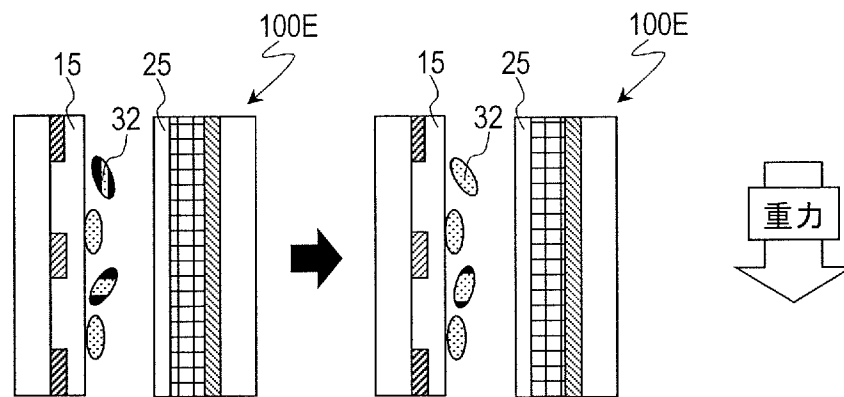
[図43]



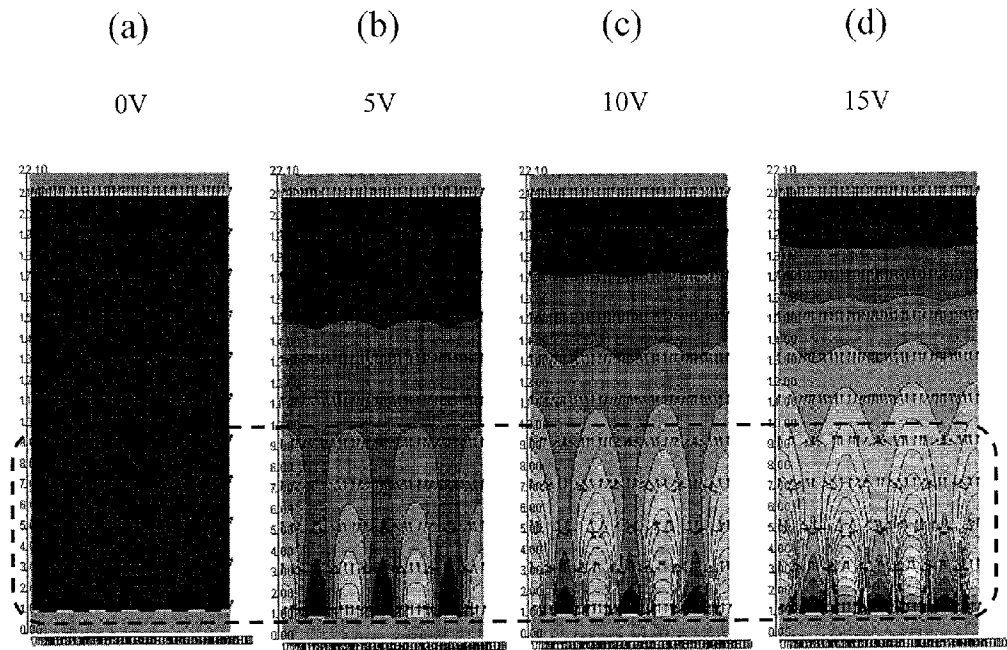
[図44]



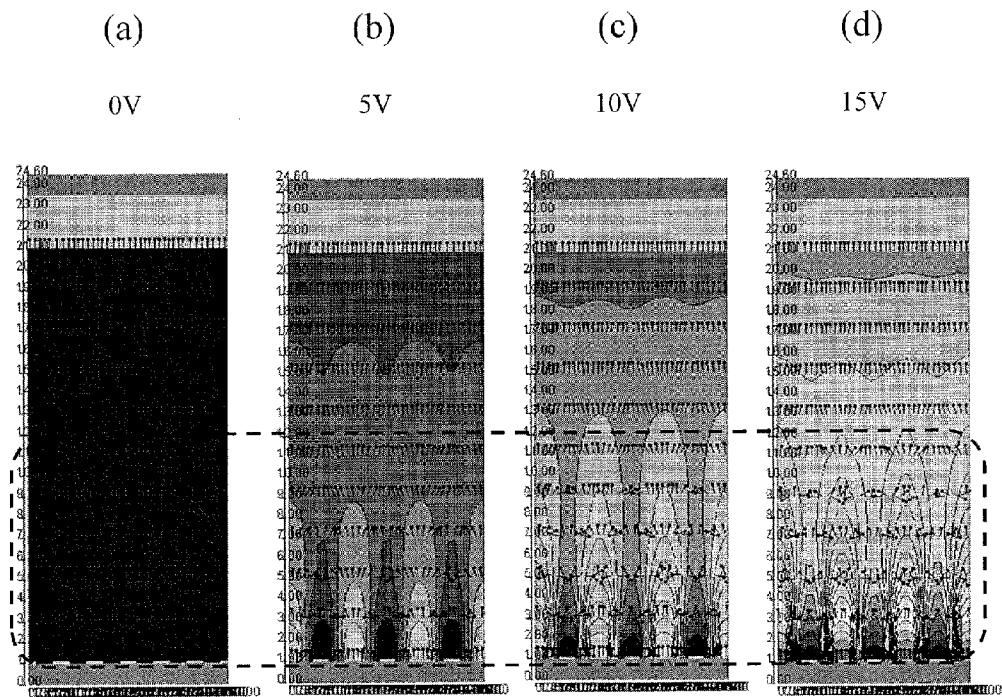
[図45]



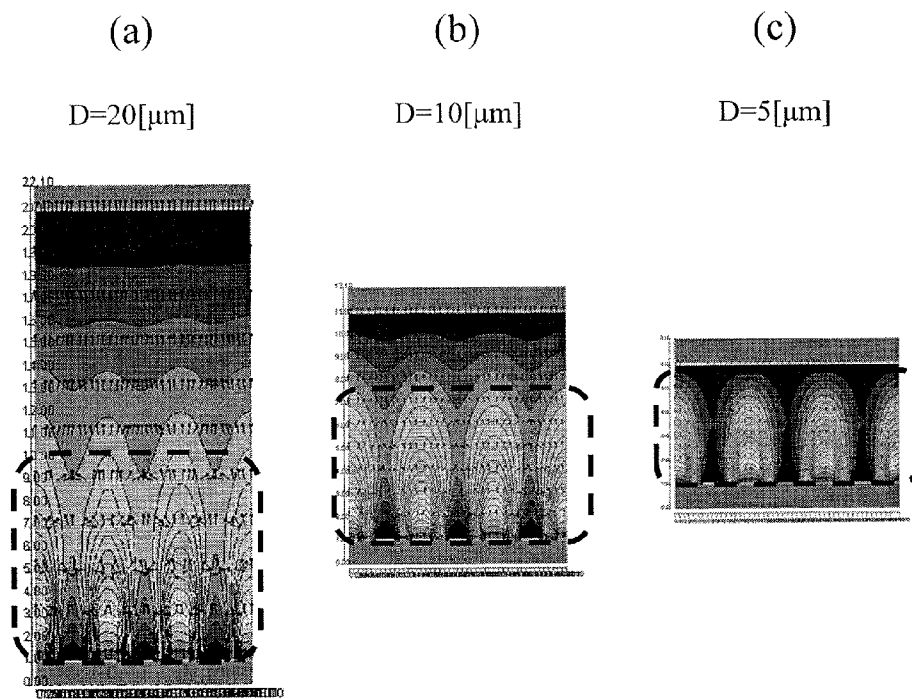
[図46]



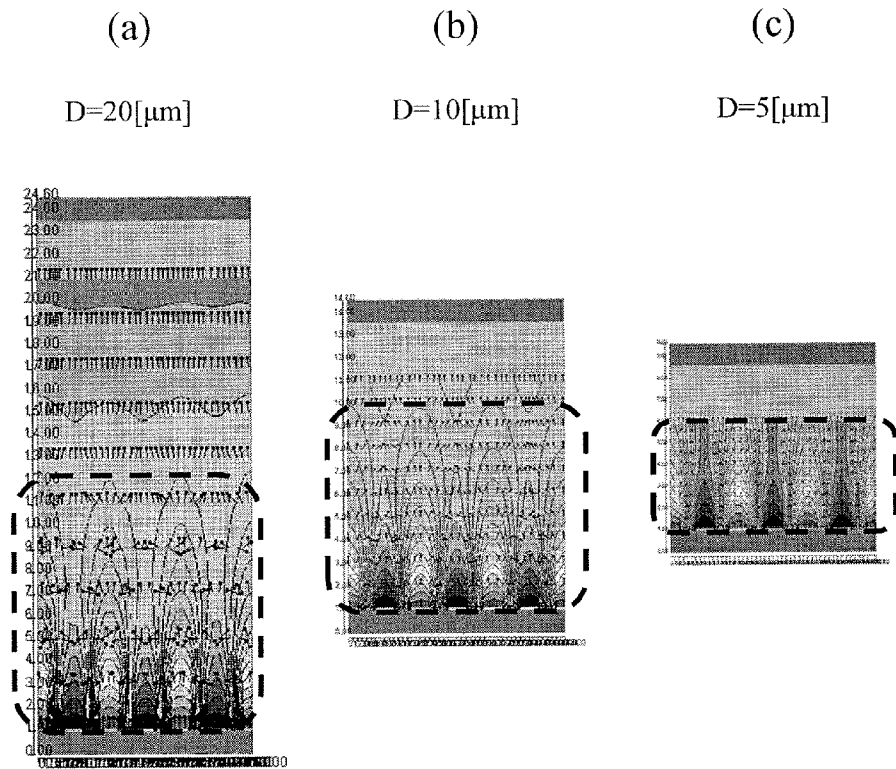
[図47]



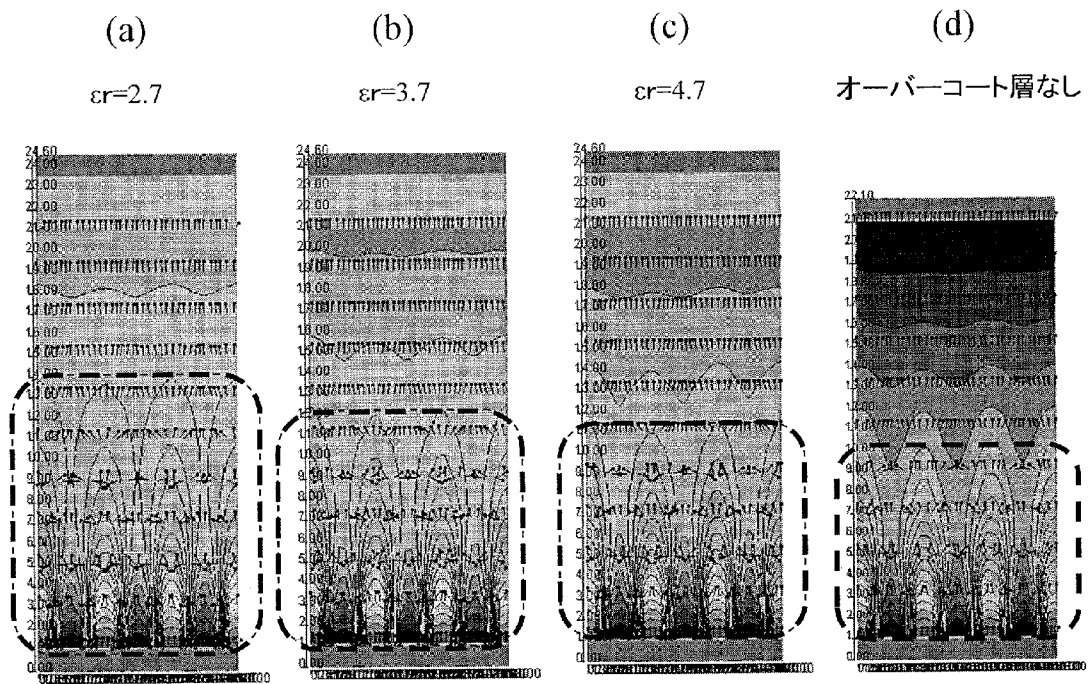
[図48]



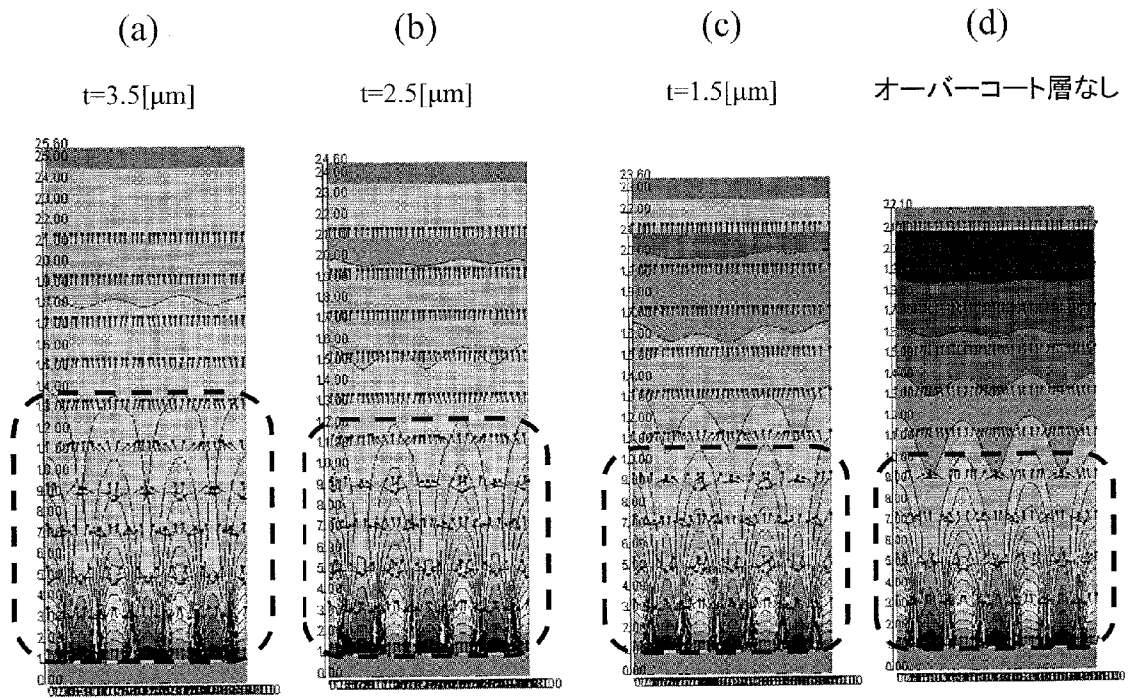
[図49]



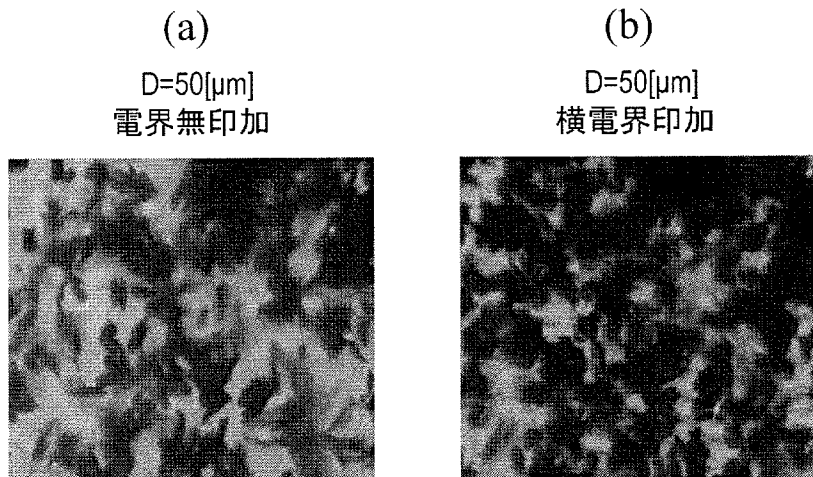
[図50]



[図51]

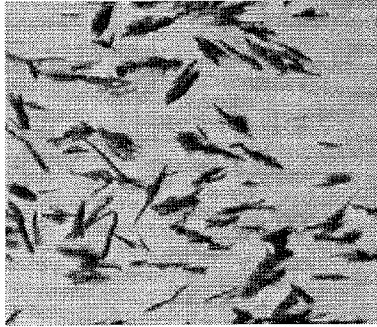


[図52]

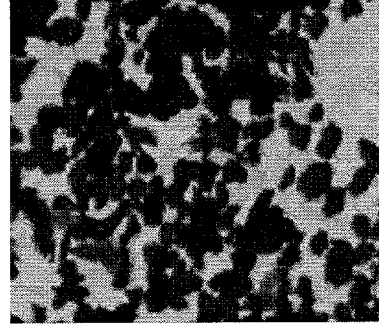


[図53]

(a)

 $D=30[\mu\text{m}]$
電界無印加

(b)

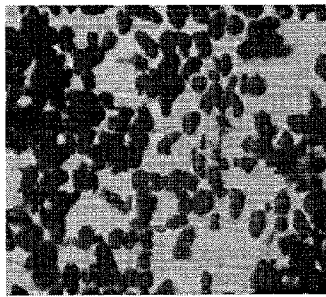
 $D=30[\mu\text{m}]$
横電界印加

[図54]

(a)

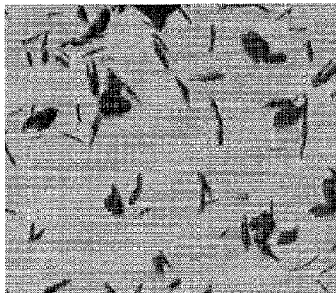
 $D=20[\mu\text{m}]$
電界無印加

(b)

 $D=20[\mu\text{m}]$
横電界印加

[図55]

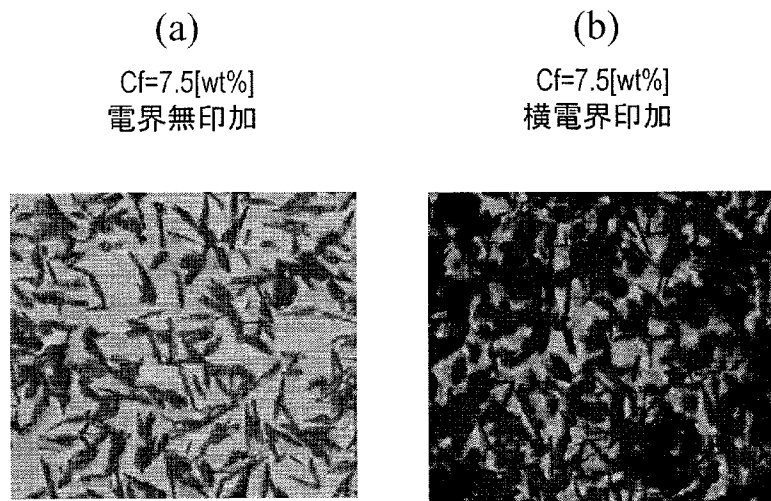
(a)

 $D=10[\mu\text{m}]$
電界無印加

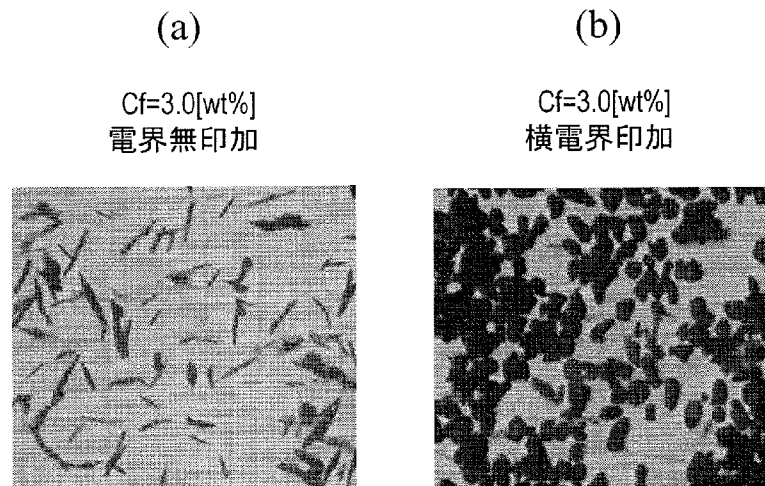
(b)

 $D=10[\mu\text{m}]$
横電界印加

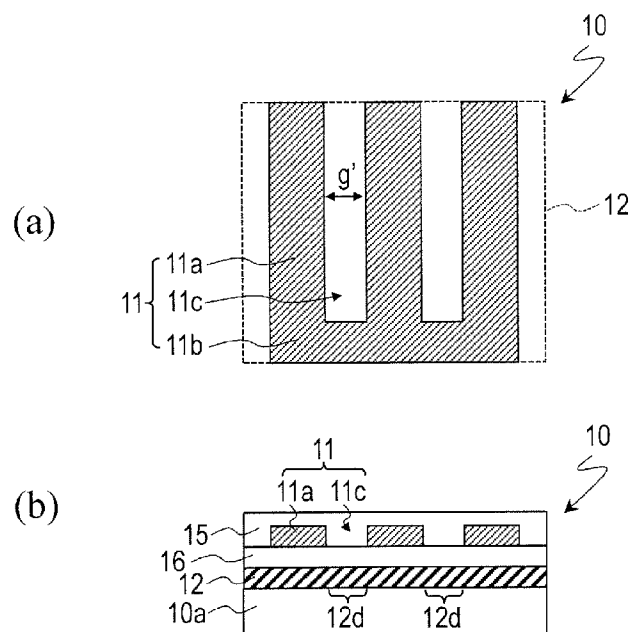
[図56]



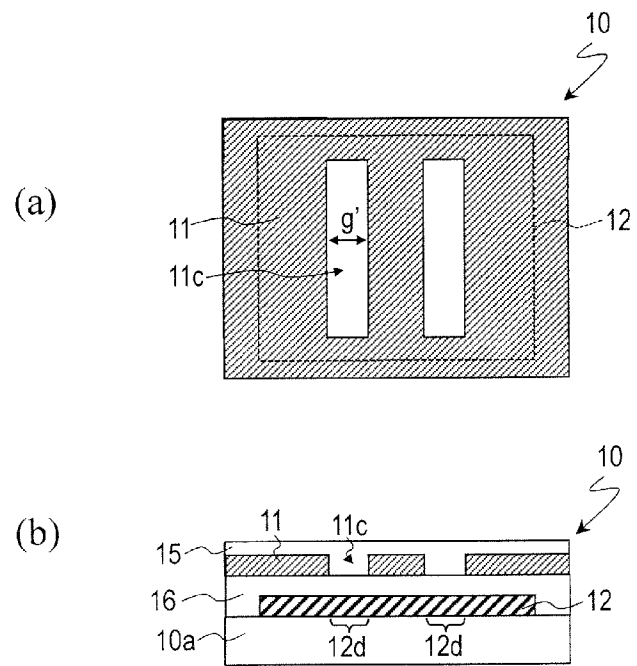
[図57]



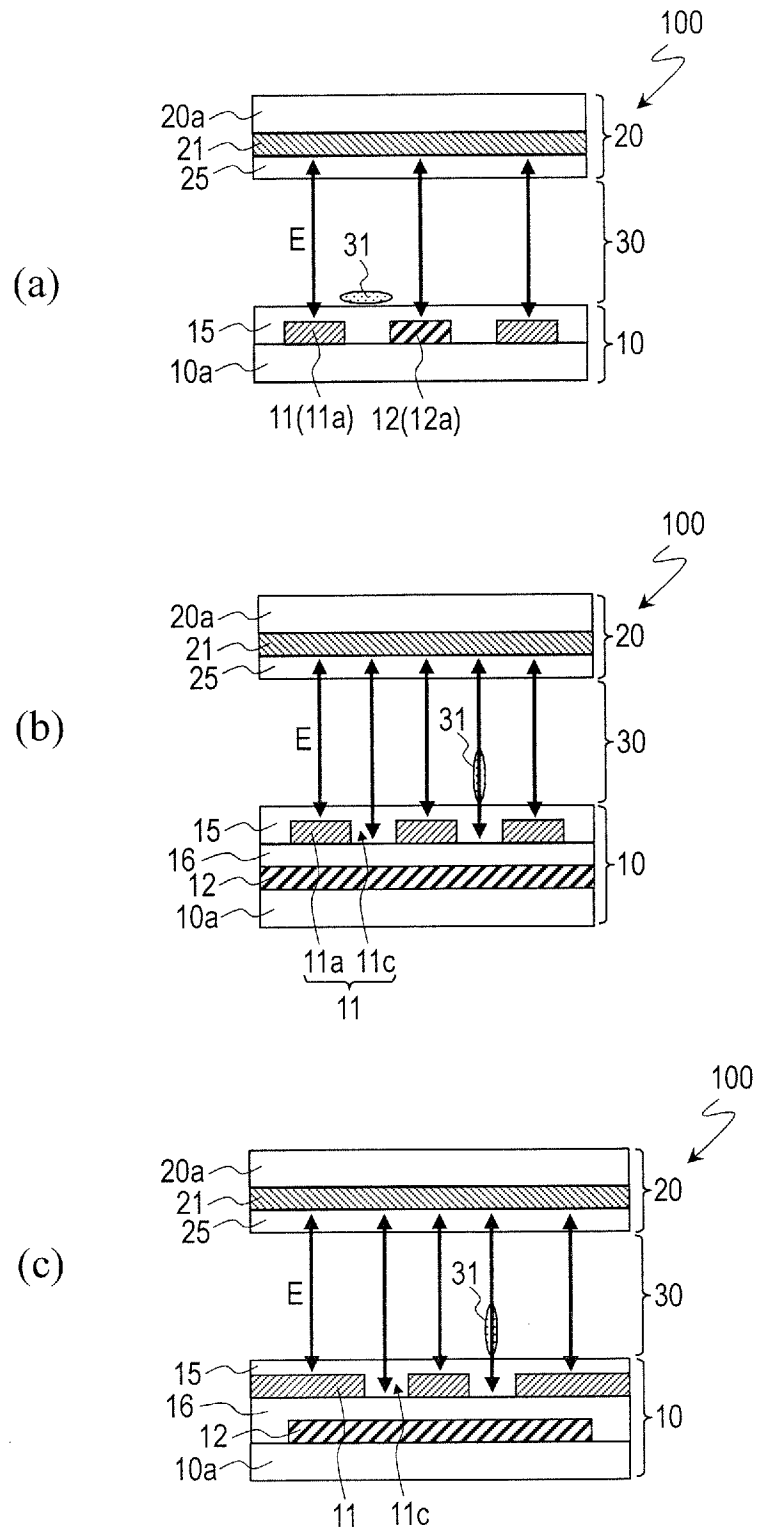
[図58]



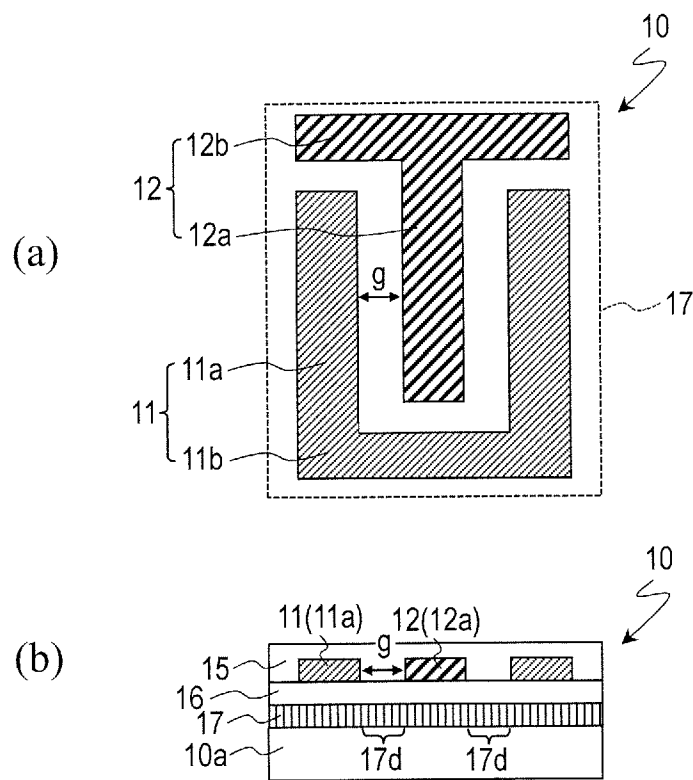
[図59]



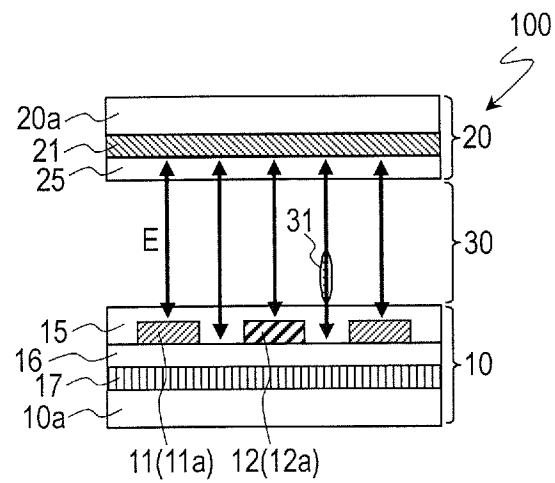
[図60]



[図61]



[図62]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059442

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/19(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

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/002788 A1 (Sharp Corp.), 03 January 2014 (03.01.2014), paragraphs [0035] to [0228]; fig. 20 to 21 (Family: none)	1-8, 11-13, 15-17
A	JP 2007-525580 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 06 September 2007 (06.09.2007), entire text; all drawings & US 2007/0141275 A1 & WO 2005/085389 A1 & EP 1718716 A & KR 10-2006-0133588 A & CN 1922287 A	1-17
A	WO 2013/172390 A1 (Sharp Corp.), 21 November 2013 (21.11.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-17

☒ 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
21 May 2015 (21.05.15)

Date of mailing of the international search report
02 June 2015 (02.06.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059442

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-282132 A (Sharp Corp.), 03 December 2009 (03.12.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
A	WO 2013/141248 A1 (Sharp Corp.), 26 September 2013 (26.09.2013), entire text; all drawings & US 2015/0043053 A	1-17
A	JP 53-14400 B2 (Fujitsu Ltd.), 17 May 1978 (17.05.1978), entire text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 2008-504582 A (Hewlett-Packard Development Co., L.P.), 14 February 2008 (14.02.2008), entire text; all drawings & US 2008/0198281 A1 & WO 2006/003171 A1 & EP 1763702 A & KR 10-2007-0037620 A	1-17

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

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

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2014/002788 A1（シャープ株式会社）2014.01.03, 段落0035-0228, 図20-21（ファミリーなし）	1-8, 11-13, 15-17
A	JP 2007-525580 A（コーニンクレッカ フィリップス エレクトロ ニクス エヌ ヴィ）2007.09.06, 全文、全図 & US 2007/0141275 A1 & WO 2005/085389 A1 & EP 1718716 A & KR 10-2006-0133588 A & CN 1922287 A	1-17

☒ 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

2 1 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 6 . 2 0 1 5

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100-8915

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）

福村 拓

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2 L

3 3 0 8

C (続き) . 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	WO 2013/172390 A1 (シャープ株式会社) 2013. 11. 21, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 17
A	JP 2009-282132 A (シャープ株式会社) 2009. 12. 03, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 17
A	WO 2013/141248 A1 (シャープ株式会社) 2013. 09. 26, 全文、全図 & US 2015/0043053 A	1 - 17
A	JP 53-14400 B2 (富士通株式会社) 1978. 05. 17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 17
A	JP 2008-504582 A (ヒューレット・パカード デベロップメント カンパニー エル. ピー.) 2008. 02. 14, 全文、全図 & US 2008/0198281 A1 & WO 2006/003171 A1 & EP 1763702 A & KR 10-2007-0037620 A	1 - 17