

(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 2 月 5 日(05.02.2015)



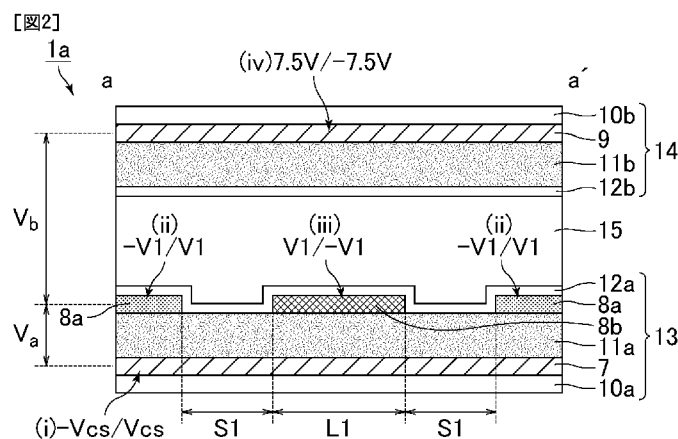
(10) 国際公開番号

WO 2015/016126 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/1343 (2006.01) G02F 1/1368 (2006.01)
G02F 1/133 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/069546
- (22) 国際出願日: 2014 年 7 月 24 日(24.07.2014)
- (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 2013-157083 2013 年 7 月 29 日(29.07.2013) 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: 岩田 洋典(IWATA Yosuke). 村田 充弘(MURATA Mitsuhiro). 田中 耕平(TANAKA Kouhei). 大竹 忠(OHTAKE Tadashi). 米林 諒(YONEBAYASHI Ryo).
- (74) 代理人: 特許業務法人 安富国際特許事務所(YASUTOMI & ASSOCIATES); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原 3 丁目 5 番 3 6 号 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, 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: LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 液晶表示装置



(57) Abstract: The present invention is a liquid crystal display device comprising a first substrate (13), a second substrate (14) opposite the first substrate (13), and a liquid crystal layer (15) interposed between the first and second substrates, wherein: the first substrate includes a first planar electrode (7), a pair of interdigital electrodes (8a, 8b), and a first dielectric layer (11a) between the first planar electrode and the pair of interdigital electrodes, but does not substantially include a dielectric layer between the pair of interdigital electrodes and the first dielectric layer, and the liquid crystal layer; the second substrate includes a second planar electrode (9) and a second dielectric layer (11b), but does not substantially include a dielectric layer between the second dielectric layer and the liquid crystal layer; the liquid crystal molecule included in the liquid crystal layer has positive dielectric anisotropy; and the potential relationship among the first planar electrode, the pair of interdigital electrodes, and the second planar electrode, when the lowest gradation is displayed, satisfies a prescribed relational expression. Thereby, a liquid crystal display device capable of sufficiently improving contrast is provided.

(57) 要約:

[続葉有]



本発明は、第 1 の基板（13）と、上記第 1 の基板（13）に対向する第 2 の基板（14）と、上記第 1 及び第 2 の基板に挟持された液晶層（15）とを備え、上記第 1 の基板は、第 1 の面状電極（7）と、一対の櫛歯電極（8a、8b）と、上記第 1 の面状電極と上記一対の櫛歯電極との間にある第 1 の誘電体層（11a）とを有し、上記一対の櫛歯電極及び上記第 1 の誘電体層と上記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、上記第 2 の基板は、第 2 の面状電極（9）と、第 2 の誘電体層（11b）とを有し、上記第 2 の誘電体層と上記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、上記液晶層に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性を有し、最も低い階調を示すときの上記第 1 の面状電極、上記一対の櫛歯電極、及び、上記第 2 の面状電極の電位の関係は、所定の関係式を満たすことで、コントラストを充分に向上することができる液晶表示装置を提供する。

明 細 書

発明の名称：液晶表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、液晶表示装置に関する。より詳しくは、低階調の表示状態（黒表示状態）から高階調の表示状態（白表示状態）へ変化する間（以下、立ち上がりとも言う。）、及び、高階調の表示状態（白表示状態）から低階調の表示状態（黒表示状態）へ変化する間（以下、立ち下がりとも言う。）の両方において、液晶分子を電界によって配向制御させる電極構造を有する液晶表示装置に関するものである。

背景技術

[0002] 液晶表示装置は、一対のガラス基板等に液晶表示素子を挟持して構成され、薄型で軽量かつ低消費電力といった特長を活かして、モバイル用途や各種のモニター、テレビ等、日常生活やビジネスに欠かすことのできないものとなっている。近年においては、電子ブック、フォトフレーム、IA（Industrial Appliance：産業機器）、PC（Personal Computer：パーソナルコンピュータ）、タブレットPC、スマートフォン用途等に幅広く採用されている。これらの用途において、液晶層の光学特性を変化させるための電極配置や基板の設計に係る各種モードの液晶表示装置が検討されており、例えば、以下が挙げられる。

[0003] 液晶を挟持して対向配置された第1基板及び第2基板と、上記第1基板の上記液晶層側に配置された第1電極及び第2電極と、上記第2基板の上記液晶層側に配置された第3電極とを備え、上記第1電極及び上記第2電極と上記第3電極との間に生じる縦電界によって上記液晶の立ち上がり応答期間における配向状態が制御され、上記第1電極と上記第2電極との間に生じる横電界によって上記液晶の立ち下がり応答期間における配向状態が制御される液晶装置が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2007-101972号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記特許文献1は、液晶装置の応答時間のうち、特に立ち下がり応答時間を短縮することにより高速応答を実現した液晶装置を提供する、としている。しかしながら、上記特許文献1に記載の発明は、上記第1及び第2電極（後述する一对の櫛歯電極108a、108bに相当）との電位差を調節するための電極が上記第1基板（後述する下側基板113に相当）に存在しないため、黒表示時における斜め電界の発生を抑制することができず、液晶分子が回転してしまい、その結果、黒表示時の光漏れを十分に防止することができず、コントラストが低下するという問題が生じていた。

[0006] 上記問題について、例えば、図18に示すような、従来の液晶表示装置101を用いて説明する。図18は、従来の液晶表示装置の画素部を示す断面模式図である。

[0007] 図18に示すように、液晶表示装置101は、下側基板113と、下側基板113に対向する上側基板114と、下側基板113及び上側基板114に挟持された液晶層115とを備えている。ここで、液晶層115に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性（ $\Delta\epsilon > 0$ ）を有している。

[0008] 図18に示すように、下側基板113は、支持基板110aと、支持基板110a上で支持基板110aの液晶層115側に形成された絶縁層111aと、絶縁層111a上で絶縁層111aの液晶層115側に形成された一对の櫛歯電極108a、108bとを有している。ここで、一对の櫛歯電極108a、108bは、同一の層に形成されている。また、一对の櫛歯電極108a、108b、及び、絶縁層111aと液晶層115との間には、垂直配向膜112aが配置されている。

[0009] 図18に示すように、上側基板114は、支持基板110bと、支持基板110b上で支持基板110bの液晶層115側に形成された面状の対向電極

109と、対向電極109上で対向電極109の液晶層115側に形成された絶縁層111bとを有している。また、絶縁層111bと液晶層115との間には、垂直配向膜112bが配置されている。

[0010] 垂直配向膜112a、112bは、液晶層115に含まれる液晶分子を、電圧無印加時に下側基板113及び上側基板114の主面に対して垂直な方向に配向させている。

[0011] 図18中、 $(ii)'$ 、 $(iii)'$ 、及び、 $(iv)'$ は、各々、櫛歯電極108a、櫛歯電極108b、及び、対向電極109への印加電圧を示す。ここで、櫛歯電極108aへの印加電圧 $(ii)' = V1' / V1'$ 、及び、櫛歯電極108bへの印加電圧 $(iii)' = V1' / -V1'$ は、黒表示時及び白表示時に、一对の櫛歯電極108a、108bに互いに極性反転させた電圧 $V1'$ を印加し、交流駆動することを示す。従来の液晶表示装置101において、 $V1'$ の値を変化させることで階調表示を行い、例えば、黒表示時は $V1'$ が0Vの場合であり、白表示時は $V1'$ が6Vの場合である。また、対向電極109への印加電圧 $(iv)' = 7.5V / -7.5V$ は、黒表示時及び白表示時に、対向電極109に7.5Vを印加し、櫛歯電極108bと同位相で交流駆動することを示す。

[0012] 図19は、従来の液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。図19は、図18に示したような液晶表示装置101で、一对の櫛歯電極108a、108bへの印加電圧 $(ii)'$ 及び $(iii)'$ を0V（黒表示）とし、対向電極109への印加電圧 $(iv)'$ を7.5V（図19に示すような $V = 7.500V$ に相当）として黒表示した状態で、電界分布（等電位面）116i、ダイレクタ117iの分布、及び、透過率分布118iをシミュレーションした図である。なお、図19は、シンテック社製のLCD Masterを用いて作成されたものである。

[0013] ここで、図19中の横軸、左側の縦軸、及び、右側の縦軸が示す数値と、図18に示す各部の位置との対応について、以下に説明する。図19中の横軸

について、 $0.000\mu\text{m}\sim 1.300\mu\text{m}$ の範囲は左側の櫛歯電極108aが存在する領域であり、 $1.300\mu\text{m}\sim 4.800\mu\text{m}$ の範囲は左側の櫛歯電極108aと櫛歯電極108bとの間の領域であり、 $4.800\mu\text{m}\sim 7.400\mu\text{m}$ の範囲は櫛歯電極108bが存在する領域であり、 $7.400\mu\text{m}\sim 10.900\mu\text{m}$ の範囲は櫛歯電極108bと右側の櫛歯電極108aとの間の領域であり、 $10.900\mu\text{m}\sim 12.200\mu\text{m}$ の範囲は右側の櫛歯電極108aが存在する領域である。図19中の左側の縦軸について、(I)' $0.000\mu\text{m}$ は支持基板110aと絶縁層111aとの界面であり、(II)' $0.000\mu\text{m}$ は絶縁層111aと液晶層115との界面（絶縁層111aと一对の櫛歯電極108a、108bとの界面）であり、(III)' $0.000\mu\text{m}$ は液晶層115と絶縁層111bとの界面であり、(IV)' $1.500\mu\text{m}$ は絶縁層111bと対向電極109との界面である。ここで、(II)' $0.000\mu\text{m}$ 、及び、(III)' $0.000\mu\text{m}$ は、垂直配向膜112a、112bの膜厚が無視できる程度に薄いため、各々、実質的に、絶縁層111aと液晶層115との界面（絶縁層111aと一对の櫛歯電極108a、108bとの界面）、及び、液晶層115と絶縁層111bとの界面としている。図19中の右側の縦軸は、透過率を示している。なお、従来の液晶表示装置における黒表示時の電界分布（等電位面）、ダイレクタ分布、及び、透過率分布は、図19中の横軸の $0.000\mu\text{m}\sim 12.200\mu\text{m}$ の範囲に該当する領域でシミュレーションされたものである。

- [0014] 図19に示すように、黒表示時において、櫛歯電極108aと櫛歯電極108bとの間の等電位面が、一对の櫛歯電極108a、108b上の等電位面と比較して非常に低い位置にある（絶縁層111a側に大きく沈んでいる）ことが分かる。このため、下側基板113と上側基板114との間の縦電界が一様に印加されず、大きな斜め電界成分が発生し、領域AR9に示すような一对の櫛歯電極108a、108bの端部付近の液晶分子が大きく回転してしまう。その結果、図19における一对の櫛歯電極108a、108bの

端部付近の透過率が、その他の領域の透過率と比較して大きいことから分かるように、黒表示時の光漏れを十分に防止することができず、コントラストが低下するという問題が生じていた。よって、上記特許文献1には、上記課題を解決するための工夫の余地があった。

[0015] 本発明は、上記現状に鑑みてなされたものであり、立ち上がり及び立ち下りの両方において、液晶分子を電界によって配向制御させる電極構造を有し、かつ、縦電界（基板の主面に対して垂直な方向の電界）オン－横電界（基板の主面に対して水平な方向の電界）オンのスイッチングを行う（以下、オン－オン・スイッチングモードとも言う。）液晶表示装置で、コントラストを十分に向上することができる液晶表示装置を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明者らは、オン－オン・スイッチングモードの液晶表示装置で、コントラストを十分に向上することができるものについて種々検討したところ、黒表示時に一對の櫛歯電極との電位差を調節する共通電極を配置し、3層電極構造（共通電極、一對の櫛歯電極、及び、対向電極の3層）とすることに着目した。そして、黒表示時に、一對の櫛歯電極との電位差を調節し、斜め電界の発生を抑制することで、液晶分子が回転することを十分に防止し、その結果、黒表示時の光漏れを十分に防止することができるため、コントラストを十分に向上することができることを見出した。

[0017] しかしながら、本発明者らが更に検討したところ、3層電極構造を有するオン－オン・スイッチングモードの液晶表示装置において、黒表示時の各電極間の電位差が最適化されていない構成では、コントラストが低下するという問題が生じることが分かった。そこで、本発明者らは、3層電極構造を有するオン－オン・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを十分に向上することができるものについて種々検討したところ、黒表示時の各電極間の電位差が最適化された構成とすることに着目した。そして、黒表示時の、共通電極と一對の櫛歯電極との間の電位差、及び、一對の櫛歯電

極と対向電極との間の電位差が最適化された構成とすれば、一对の櫛歯電極間の等電位面の位置（高さ）が、一对の櫛歯電極上の等電位面の位置（高さ）に近づくため、基板間の縦電界が一樣に印加される状態に近づき、その結果、液晶分子はより均一な垂直配向の状態に近づき、黒表示時の光漏れを十分に防止することができるため、コントラストを充分に向上することができることを見出した。これにより、上記課題をみごとに解決することができることに想到し、本発明に到達したものである。

[0018] すなわち、本発明の一態様によれば、第1の基板と、上記第1の基板に対向する第2の基板と、上記第1及び第2の基板に挟持された液晶層とを備える液晶表示装置であって、上記第1の基板は、第1の面状電極と、一对の櫛歯電極と、上記第1の面状電極と上記一对の櫛歯電極との間にある第1の誘電体層とを有し、上記一对の櫛歯電極及び上記第1の誘電体層と上記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、上記第2の基板は、第2の面状電極と、第2の誘電体層とを有し、上記第2の誘電体層と上記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、上記液晶層に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性を有し、最も低い階調を示すときの上記第1の面状電極、上記一对の櫛歯電極、及び、上記第2の面状電極の電位の関係は、上記第1の面状電極の電位と上記一对の櫛歯電極の電位との電位差を V_a （単位：V）、上記一对の櫛歯電極の電位と上記第2の面状電極の電位との電位差を V_b （単位：V）とすると、下記式（1）及び（2）を満たす液晶表示装置（以下、本発明の第1の液晶表示装置とも言う。）であってもよい。

[0019] [数1]

$$0 < |V_a| < 2|V_{a0}| - 0.1 \quad (1)$$

[0020] [数2]

$$V_{a0} = \frac{\varepsilon_{||} \varepsilon_2 d_1}{\varepsilon_1 \varepsilon_2 d_{LC} + \varepsilon_1 \varepsilon_{||} d_2} V_b \quad (2)$$

上記式（1）及び（2）中、 ε_1 は、上記第1の誘電体層の誘電率、

ε_2 は、上記第2の誘電体層の誘電率、

$\varepsilon_{||}$ は、上記液晶層に含まれる液晶分子のダイレクタに水平な方向の誘電率

、

d_1 は、上記第1の誘電体層の厚み（単位： μm ）、

d_2 は、上記第2の誘電体層の厚み（単位： μm ）、

d_{LC} は、上記液晶層の厚み（単位： μm ）を表す。

[0021] また、本発明は、上記第2の誘電体層が存在しない場合にも適用することができる。

[0022] すなわち、本発明の別の一態様によれば、第1の基板と、上記第1の基板に対向する第2の基板と、上記第1及び第2の基板に挟持された液晶層とを備える液晶表示装置であって、上記第1の基板は、第1の面状電極と、一对の櫛歯電極と、上記第1の面状電極と上記一对の櫛歯電極との間にある第1の誘電体層とを有し、上記一对の櫛歯電極及び上記第1の誘電体層と上記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、上記第2の基板は、第2の面状電極を有し、上記第2の面状電極と上記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、上記液晶層に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性を有し、最も低い階調を示すときの上記第1の面状電極、上記一对の櫛歯電極、及び、上記第2の面状電極の電位の関係は、上記第1の面状電極の電位と上記一对の櫛歯電極の電位との電位差を V_a （単位：V）、上記一对の櫛歯電極の電位と上記第2の面状電極の電位との電位差を V_b （単位：V）とすると、下記式（1）及び（3）を満たす液晶表示装置（以下、本発明の第2の液晶表示装置とも言う。）であってもよい。

[0023] [数3]

$$0 < |V_a| < 2|V_{a0}| - 0.1 \quad (1)$$

[0024] [数4]

$$V_{a0} = \frac{\varepsilon_{||}d_1}{\varepsilon_1d_{LC}} V_b \quad (3)$$

上記式（１）及び（３）中、 ϵ_1 は、上記第１の誘電体層の誘電率、 $\epsilon_{||}$ は、上記液晶層に含まれる液晶分子のダイレクタに水平な方向の誘電率、 d_1 は、上記第１の誘電体層の厚み（単位： μm ）、 d_{LC} は、上記液晶層の厚み（単位： μm ）を表す。

[0025] 本発明の第１及び第２の液晶表示装置としては、その他の構成要素により特に限定されるものではなく、液晶表示装置に通常用いられるその他の構成を適宜適用することができる。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる液晶表示装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図１]実施形態１及び実施形態２に係る液晶表示装置の画素部を示す平面模式図である。

[図２]実施形態１に係る液晶表示装置における図１中の線分 $a-a'$ に対応する部分の断面を示す断面模式図である。

[図３]実施例１～７、及び、比較例１、２、３、６に係る液晶表示装置のコントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度を示すグラフである。

[図４]実施例３に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

[図５]実施例４に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

[図６]比較例１に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

[図７]比較例３に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

[図８]比較例４に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ

分布、及び、透過率分布である。

[図9]比較例 5 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

[図10]比較例 6 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

[図11]実施例 3、4、及び、比較例 1、3～6 に係る液晶表示装置における黒表示時の透過率分布である。

[図12]実施形態 2 に係る液晶表示装置における図 1 中の線分 a - a' に対応する部分の断面を示す断面模式図である。

[図13]実施例 8～12、及び、比較例 8、9、11、12 に係る液晶表示装置のコントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度を示すグラフである。

[図14]比較例 8 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

[図15]比較例 9 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

[図16]比較例 10 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

[図17]実施例 10、及び、比較例 8～10 に係る液晶表示装置における黒表示時の透過率分布である。

[図18]従来の液晶表示装置の画素部を示す断面模式図である。

[図19]従来の液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。

発明を実施するための形態

[0028] 上記第 1 及び第 2 の面状電極は、例えば、図 1 に示すような共通電極 7 のように長方形状であってもよいし、他の平板状であってもよい。

[0029] 上記一対の櫛歯電極は、複数の線状部分を含む一対の櫛歯電極であればよく、例えば、図 1 に示すような一対の櫛歯電極 8 a、8 b のように、複数の線状部分と他の複数の線状部分との組み合わせで構成されていてもよいし、1

本の線状部分と２本の線状部分との組み合わせで構成されていてもよい。上記一对の櫛歯電極は、上記一对の櫛歯電極間で横電界（上記第１及び第２の基板の主面に対して水平な方向の電界）を好適に発生させることができる。なお、「上記第１及び第２の基板の主面に対して水平な方向の電界」とは、例えば、本発明の技術分野において、上記第１及び第２の基板の主面に対して水平な方向の電界と言えるものであればよく、実質的に水平な方向に電界が発生する形態を含む。また、上記一对の櫛歯電極と上記第１の面状電極との間でフリンジ電界を好適に発生させることができる。

[0030] 上記第１の面状電極及び上記一对の櫛歯電極、並びに、上記第２の面状電極によれば、上記第１の基板と上記第２の基板との間で縦電界（上記第１及び第２の基板の主面に対して垂直な方向の電界）を好適に発生させることができる。なお、「上記第１及び第２の基板の主面に対して垂直な方向の電界」とは、例えば、本発明の技術分野において上記第１及び第２の基板の主面に対して垂直な方向の電界と言えるものであればよく、実質的に垂直な方向に電界が発生する形態を含む。

[0031] よって、上述したような縦電界及び横電界（又は、フリンジ電界）を好適に発生させることができる。そして、縦電界及び横電界を併用することにより、立ち上がり及び立ち下がりの方において、液晶層に含まれる液晶分子を電界によって回転させて配向制御し、黒表示状態（最も低い階調を示すとき）から白表示状態（最も高い階調を示すとき）までの階調表示を行うことができる。これにより、高速応答化を実現することができる。本発明の技術的意義は、このような表示モードの液晶表示装置において、黒表示時の上記第１の面状電極、上記一对の櫛歯電極、及び、上記第２の面状電極の電位の関係が最適化された構成とすることにより、これによって格別な効果を奏することになる。

[0032] 上記式（１）によれば、 $|V_a|$ は０よりも大きい。これは、上記本発明の第１及び第２の液晶表示装置では、黒表示時において、上記第１の面状電極と上記一对の櫛歯電極との間に、ある電位差（０ではない）が設けられている

ことを示している。例えば、VA (Vertical Alignment) モード、IPS (In-Plane Switching) モード等の一般的な表示モードの液晶表示装置では、通常、液晶層に電圧を印加するための一対の電極間（例えば、互いに対向する基板が備える一対の電極間等）の電位差を0Vとした場合に黒表示を行う。しかしながら、上記本発明の第1及び第2の液晶表示装置では、上述したように、縦電界及び横電界を併用するため、上記第1の面状電極と上記一対の櫛歯電極との間の電位差が0である場合には、コントラストを充分に向上することができるような黒表示状態が得られないという点に着目し、このような設定としている。

[0033] 上記液晶層に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性を有するものであればよく、電圧印加時に液晶分子の長軸が電気力線に沿って配向されるものであってもよい。これにより、配向制御が容易であるため、更なる高速応答化を実現することができる。

[0034] 上記本発明の第1の液晶表示装置は、上記第2の誘電体層を有していればよく、これにより、高透過率化を実現することができる。

[0035] 上記本発明の第2の液晶表示装置は、上記第2の誘電体層が存在しない、すなわち、上記第2の面状電極と上記液晶層との間に誘電体層を実質的に有さないものであればよく、これにより、例えば、上記第2の面状電極に電圧を印加する場合、上記本発明の第1の液晶表示装置（上記第2の誘電体層を有する態様）と比較して、より強い縦電界を印加することができるため、高速駆動化を実現することができる。また、上記本発明の第2の液晶表示装置によれば、上記第2の誘電体層を形成しなくてもよいため、製造プロセスの簡略化が可能である。

[0036] 本明細書中、「一対の櫛歯電極の電位」とは、上記一対の櫛歯電極の一方及び他方の櫛歯電極の電位の平均値のことを言う。

[0037] 以下に実施形態（実施例）を掲げ、本発明について図面を参照して更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施形態（実施例）のみに限定されるものではない。また、以下の実施形態（実施例）における各形態は、本発明の要

旨を逸脱しない範囲において適宜組み合わせられてもよいし、変更されてもよい。

[0038] [実施形態 1]

実施形態 1 は、上記本発明の第 1 の液晶表示装置で、黒表示時及び白表示時に、上記第 2 の面状電極に 7.5 V を印加し、交流駆動するように構成された液晶表示装置である。

[0039] 図 1 は、実施形態 1 に係る液晶表示装置の画素部を示す平面模式図である。

図 1 に示すように、実施形態 1 に係る液晶表示装置において、画素部 2 内では、ゲートバスライン 3 で選択されたタイミングで、ソースバスライン 4 a から供給された電圧を、薄膜トランジスタ素子 5 a 及びコンタクトホール 6 a を介して、一对の櫛歯電極の一方である櫛歯電極 8 a に印加し、また、ソースバスライン 4 b から供給された電圧を、薄膜トランジスタ素子 5 b 及びコンタクトホール 6 b を介して、一对の櫛歯電極の他方である櫛歯電極 8 b に印加する。また、共通電極 7 は、面状の電極である。なお、図 1 は、後述する下側基板 1 3 について主に示したものであるが、実際は、後述する上側基板 1 4 が下側基板 1 3 に対向しており、上側基板 1 4 は後述する面状の対向電極 9 を有している。また、図 1 に示したように、一对の櫛歯電極 8 a、8 b の形状はソースバスライン 4 a（ソースバスライン 4 b）に対して斜めに傾いた形状となっており、共通電極 7 の形状は長方形状となっており、また、画素部 2 の形状は長方形状となっているが、本発明による効果を奏する限り、他の形状であってもよい。また、対向電極 9 の形状についても同様である。

[0040] 図 2 は、実施形態 1 に係る液晶表示装置における図 1 中の線分 a-a' に対応する部分の断面を示す断面模式図である。図 2 に示すように、液晶表示装置 1 a は、下側基板 1 3 と、下側基板 1 3 に対向する上側基板 1 4 と、下側基板 1 3 及び上側基板 1 4 に挟持された液晶層 1 5 とを備えている。ここで、液晶層 1 5 に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性 ($\Delta \epsilon > 0$) を有している。

- [0041] 液晶層 15 の厚さは特に限定されないが、 $2\ \mu\text{m}$ 以上、 $7\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これは、歩留まりや特性等を考慮する際に実用的と考えられる範囲である。
- [0042] 図2に示すように、下側基板13は、支持基板10aと、支持基板10a上で支持基板10aの液晶層15側に形成された面状の共通電極7と、共通電極7上で共通電極7の液晶層15側に形成された絶縁層11aと、絶縁層11a上で絶縁層11aの液晶層15側に形成された一对の櫛歯電極8a、8bとを有している。ここで、一对の櫛歯電極8a、8bは、同一の層に形成されている。また、一对の櫛歯電極8a、8b、及び、絶縁層11aと液晶層15との間には、垂直配向膜12aが配置されている。
- [0043] 共通電極7、及び、一对の櫛歯電極8a、8bとしては、例えば、ITO (Indium Tin Oxide : インジウムスズ酸化物) 又はIZO (Indium Zinc Oxide : インジウム亜鉛酸化物) 等の透明電極であることが好ましい。
- [0044] 絶縁層11aとしては、例えば、有機絶縁膜又は無機絶縁膜のいずれであってもよい。なお、絶縁層11aの誘電率は特に限定されないが、1より大きく、10以下であることが好ましい。これは、歩留まりや特性等を考慮する際に実用的と考えられる範囲である。また、絶縁層11aの厚さも特に限定されないが、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上、 $3\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これは、歩留まりや特性等を考慮する際に実用的と考えられる範囲である。
- [0045] 図2に示すような櫛歯電極8bの電極幅L1は特に限定されないが、 $2\ \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。櫛歯電極8aの電極幅(図示せず)についても、櫛歯電極8bの電極幅L1と同様である。電極幅L1が $2\ \mu\text{m}$ 未満である場合は、リークや断線等の問題が発生する可能性がある。また、図2に示すような櫛歯電極8aと櫛歯電極8bとの間の電極間隔S1は特に限定されないが、 $2\ \mu\text{m}$ 以上、 $7\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これは、特性等を考慮する際に実用的と考えられる範囲である。
- [0046] 図2に示すように、上側基板14は、支持基板10bと、支持基板10b上

で支持基板 10b の液晶層 15 側に形成された面状の対向電極 9 と、対向電極 9 上で対向電極 9 の液晶層 15 側に形成された絶縁層 11b とを有している。また、絶縁層 11b と液晶層 15 との間には、垂直配向膜 12b が配置されている。

[0047] 対向電極 9 としては、例えば、ITO 又は IZO 等の透明電極であることが好ましい。

[0048] 絶縁層 11b としては、例えば、有機絶縁膜又は無機絶縁膜のいずれであってもよい。なお、絶縁層 11b の誘電率は特に限定されないが、1 より大きく、10 以下であることが好ましい。これは、特性等を考慮する際に実用的と考えられる範囲である。また、絶縁層 11b の厚さも特に限定されないが、0 μ m よりも大きく、4 μ m 以下であることが好ましい。これは、特性等を考慮する際に実用的と考えられる範囲である。

[0049] 垂直配向膜 12a、12b は、液晶層 15 に含まれる液晶分子を、電圧無印加時に下側基板 13 及び上側基板 14 の主面に対して垂直な方向に配向させている。垂直配向膜としては、液晶層 15 に含まれる液晶分子を、電圧無印加時に下側基板 13 及び上側基板 14 の主面に対して垂直な方向に配向させるものである限り、例えば、有機配向膜又は無機配向膜のいずれであってもよい。垂直配向膜の形成方法については、例えば、垂直配向膜を形成するための液晶配向剤を、インクジェット方式、又は、スピンコート方式により塗布したり、フレキソ方式により印刷（転写）したりして、以降の工程（例えば、焼成工程等）を経て垂直配向膜として機能し得るように、下側基板 13 及び上側基板 14 上に形成すればよい。垂直配向膜の形成条件は、垂直配向膜の形成方法等に応じて適宜設定すればよい。垂直配向膜の膜厚等も、通常設定される垂直配向膜の膜厚等となるようにすればよい。垂直配向膜は、種々の配向処理が施されていてもよく、配向処理の方法としては、例えば、ラビング法、光配向法等が挙げられる。また、下側基板 13 及び上側基板 14 についても、垂直配向膜を形成するための処理が施される基板であればよく、種々の処理がなされた基板であってもよい。

- [0050] 支持基板 10a、10b としては、例えば、ガラス、樹脂等を組成とする絶縁基板であることが好ましく、ガラス基板、プラスチック基板等の透明基板が好適に用いられる。
- [0051] 液晶表示装置 1a は、更に、支持基板 10a 及び支持基板 10b の、液晶層 15 側とは反対側に、一对の直線偏光板（図示せず）を有している。なお、一对の直線偏光板の代わりに、一对の円偏光板を用いてもよい。
- [0052] 実施形態 1 に係る液晶表示装置 1a において、下側基板 13 と上側基板 14 との間の電位差（共通電極 7 及び一对の櫛歯電極 8a、8b と、対向電極 9 との間の電位差）で液晶層 15 に縦電界を印加しつつ、櫛歯電極 8a と櫛歯電極 8b との間に極性反転させた電圧を印加することで電位差を発生させ、液晶層 15 に横電界を印加する。そして、この縦電界及び横電界を併用することにより、立ち上がり及び立ち下がりの両方において、液晶層 15 に含まれる液晶分子を電界によって回転させて配向制御し、黒表示状態から白表示状態までの階調表示を行う。これにより、高速応答化を実現することができる。
- [0053] 図 2 中、(i)、(ii)、(iii)、及び、(iv) は、各々、共通電極 7、櫛歯電極 8a、櫛歯電極 8b、及び、対向電極 9 への印加電圧を示す。ここで、櫛歯電極 8a への印加電圧 (ii) $-V_1/V_1$ 、及び、櫛歯電極 8b への印加電圧 (iii) $V_1/-V_1$ は、黒表示時及び白表示時に、一对の櫛歯電極 8a、8b に互いに極性反転させた電圧 V_1 を印加し、交流駆動することを示す。実施形態 1 に係る液晶表示装置 1a において、 V_1 の値を変化させることで階調表示を行い、例えば、黒表示時は V_1 が 0V の場合であり、白表示時は V_1 が 6V の場合である。また、対向電極 9 への印加電圧 (iv) $7.5V/-7.5V$ は、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 に 7.5V を印加し、櫛歯電極 8b と同位相で交流駆動することを示す。共通電極 7 への印加電圧 (i) $-V_{cs}/V_{cs}$ は、黒表示時及び白表示時に、共通電極 7 に対向電極 9 と極性反転させた電圧 V_{cs} を印加し、交流駆動することを示す。

[0054] 図2中、 V_a は、実施形態1に係る液晶表示装置1aにおいて、共通電極7の電位と一对の櫛歯電極8a、8bの電位との電位差を示し、共通電極7の電位を基準とし、矢印の方向を正方向とした電位差である。また、 V_b は、実施形態1に係る液晶表示装置1aにおいて、一对の櫛歯電極8a、8bの電位と対向電極9の電位との電位差を示し、一对の櫛歯電極8a、8bの電位を基準とし、矢印の方向を正方向とした電位差である。なお、 V_a 及び V_b の関係等については、後述する。

[0055] 下側基板13、上側基板14、共通電極7、一对の櫛歯電極8a、8b、対向電極9、絶縁層11a、絶縁層11b、及び、液晶層15は、各々、上記本発明の第1の液晶表示装置における、上記第1の基板、上記第2の基板、上記第1の面状電極、上記一对の櫛歯電極、上記第2の面状電極、上記第1の誘電体層、上記第2の誘電体層、及び、上記液晶層に相当する。また、図2に示すような V_a 及び V_b は、各々、上記本発明の第1の液晶表示装置における、上記 V_a 及び V_b に相当する。

[0056] 以下に、実施形態1に係る液晶表示装置を実際に作製した実施例を示す。

[0057] (実施例1)

実施例1は、共通電極7への印加電圧(i)を $-0.4V/0.4V$ ($V_{cs}=0.4V$ の場合に相当)とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極9への印加電圧(i_v) $7.5V/-7.5V$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。一对の櫛歯電極8a、8bへの印加電圧(i_i)及び(i_{ii})は、上述したように、黒表示時に V_1 を $0V$ とし、白表示時に V_1 を $6V$ とした。

[0058] 実施例1において、液晶層15に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性を有しており、その誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ は16(液晶層15に含まれる液晶分子のダイレクタに水平な方向の誘電率は19.8)であり、その屈折率異方性 Δn は0.12である。液晶層15の厚みは $3.21\mu m$ である。絶縁層11aの誘電率は3.2であり、その厚さは $0.35\mu m$ である。絶縁層11bの誘電率は3.2であり、その厚さは $1.53\mu m$ である。櫛歯電極8a

及び櫛歯電極 8 b の電極幅 L_1 は $2.6 \mu\text{m}$ であり、櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の電極間隔 S_1 は $3.5 \mu\text{m}$ である。

[0059] (実施例 2)

実施例 2 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-0.8 \text{ V} / 0.8 \text{ V}$ ($V_{cs} = 0.8 \text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.5 \text{ V} / -7.5 \text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例 2 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 1 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0060] (実施例 3)

実施例 3 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-1.2 \text{ V} / 1.2 \text{ V}$ ($V_{cs} = 1.2 \text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.5 \text{ V} / -7.5 \text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例 3 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 1 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0061] (実施例 4)

実施例 4 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-1.3 \text{ V} / 1.3 \text{ V}$ ($V_{cs} = 1.3 \text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.5 \text{ V} / -7.5 \text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例 4 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 1 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0062] (実施例 5)

実施例 5 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-1.6 \text{ V} / 1.6 \text{ V}$ ($V_{cs} = 1.6 \text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.5 \text{ V} / -7.5 \text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例 5 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印

加電圧（ i ）以外、実施例１のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0063] （実施例６）

実施例６は、共通電極７への印加電圧（ i ）を $-2.0\text{ V}/2.0\text{ V}$ （ $V_{cs}=2.0\text{ V}$ の場合に相当）とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極９への印加電圧（ i_v ） $7.5\text{ V}/-7.5\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例６に係る液晶表示装置は、共通電極７への印加電圧（ i ）以外、実施例１のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0064] （実施例７）

実施例７は、共通電極７への印加電圧（ i ）を $-2.4\text{ V}/2.4\text{ V}$ （ $V_{cs}=2.4\text{ V}$ の場合に相当）とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極９への印加電圧（ i_v ） $7.5\text{ V}/-7.5\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例７に係る液晶表示装置は、共通電極７への印加電圧（ i ）以外、実施例１のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0065] [比較形態１]

比較形態１は、実施形態１に係る液晶表示装置１aと同様の構成で、黒表示時及び白表示時に、共通電極７への印加電圧（ i ）が、実施形態１におけるそれと異なるように構成された液晶表示装置である。比較形態１に係る液晶表示装置は、共通電極７への印加電圧（ i ）以外、実施形態１のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0066] 以下に、比較形態１に係る液晶表示装置を実際に作製した比較例を示す。

[0067] （比較例１）

比較例１は、共通電極７への印加電圧（ i ）を 0 V （ $V_{cs}=0\text{ V}$ の場合に相当）とし、黒表示時及び白表示時に、共通電極７を交流駆動しない場合である。比較例１に係る液晶表示装置は、共通電極７への印加電圧（ i ）以外、実施例１のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0068] (比較例 2)

比較例 2 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.5\text{ V} / 2.5\text{ V}$ ($V_{cs} = 2.5\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.5\text{ V} / -7.5\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。比較例 2 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 1 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0069] (比較例 3)

比較例 3 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.56\text{ V} / 2.56\text{ V}$ ($V_{cs} = 2.56\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.5\text{ V} / -7.5\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。比較例 3 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 1 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0070] (比較例 4)

比較例 4 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.562\text{ V} / 2.562\text{ V}$ ($V_{cs} = 2.562\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.5\text{ V} / -7.5\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。比較例 4 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 1 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0071] (比較例 5)

比較例 5 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.563\text{ V} / 2.563\text{ V}$ ($V_{cs} = 2.563\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.5\text{ V} / -7.5\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。比較例 5 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 1 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0072] (比較例 6)

比較例 6 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.8\text{ V} / 2.8\text{ V}$ ($V_{cs} = 2.8\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.5\text{ V} / -7.5\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。比較例 6 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 1 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0073] [比較形態 2]

比較形態 2 は、実施形態 1 に係る液晶表示装置に対して、共通電極が存在しない場合である。比較形態 2 に係る液晶表示装置は、図 18 に示すような液晶表示装置 101 と同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0074] 以下に、比較形態 2 に係る液晶表示装置を実際に作製した比較例を示す。

[0075] (比較例 7)

比較例 7 は、実施例 1 に係る液晶表示装置に対して、共通電極が存在しない場合である。比較例 7 に係る液晶表示装置は、共通電極が存在しないこと以外、実施例 1 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0076] [評価結果：コントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度]

実施例 1～7、及び、比較例 1、2、3、6、7 に係る液晶表示装置について、 V_{cs} の値 (比較例 7 を除く)、コントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度を表 1 にまとめた。また、表 1 の内容 (比較例 7 を除く) をグラフ化したものを図 3 にまとめた。図 3 は、実施例 1～7、及び、比較例 1、2、3、6 に係る液晶表示装置のコントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度を示すグラフである。図 3 中の横軸は V_{cs} の値を、左側の縦軸はコントラストを、右側の縦軸は黒表示時の規格化輝度を示す。図 3 中の実線のグラフはコントラストを、破線のグラフは黒表示時の規格化輝度を示す。なお、黒表示時の規格化輝度とは、 V_{cs} を 0 V とした場合 (比較例 1 に相当) の黒表示時の

輝度に対する各例の黒表示時の輝度の割合を示したものである。

[0077] (コントラスト、及び、輝度の測定方法)

コントラストは、 $(\text{コントラスト}) = (\text{白表示時の輝度}) / (\text{黒表示時の輝度})$ で測定された。輝度(白表示時及び黒表示時の輝度)の測定には、トプコン社製の色彩輝度計(BM-5A)を用いた。

[0078] [表1]

	V_{cs} (V)	コントラスト	黒表示時の規格化輝度(%)
比較例1	0	398	100
実施例1	0.4	842	47
実施例2	0.8	1289	30
実施例3	1.2	1452	27
実施例4	1.3	1476	26
実施例5	1.6	1437	26
実施例6	2.0	1041	36
実施例7	2.4	518	71
比較例2	2.5	431	87
比較例3	2.56	400	91
比較例6	2.8	235	152
比較例7	—	69	577

[0079] 各例におけるコントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度の評価結果について、以下に説明する。

[0080] (実施例1)

コントラストは842であり、黒表示時の規格化輝度は47%であった。これは、比較例1と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。よって、実施例1の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0081] (実施例2)

コントラストは1289であり、黒表示時の規格化輝度は30%であった。これは、比較例1と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。よって、実施例2の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0082] (実施例3)

コントラストは1452であり、黒表示時の規格化輝度は27%であった。これは、比較例1と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。よって、実施例3の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0083] (実施例4)

コントラストは1476であり、黒表示時の規格化輝度は26%であった。これは、比較例1と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。また、実施例4は、他の実施例と比較した中で、コントラストが最大のものとなった。よって、実施例4の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0084] (実施例5)

コントラストは1437であり、黒表示時の規格化輝度は26%であった。これは、比較例1と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。よって、実施例5の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0085] (実施例6)

コントラストは1041であり、黒表示時の規格化輝度は36%であった。これは、比較例1と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。よって、実施例6の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0086] (実施例7)

コントラストは518であり、黒表示時の規格化輝度は71%であった。これは、比較例1と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コント

ラストが高くなることを示している。よって、実施例 7 の態様によれば、オン・オン・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0087] (比較例 1)

コントラストは 398 であり、黒表示時の規格化輝度は 100% であった。これは、黒表示時の各電極間の電位差が最適化されておらず、黒表示時の光漏れを充分に防止することができないため、コントラストが低下してしまうことを示している。よって、比較例 1 の態様では、オン・オン・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができない。

[0088] (比較例 2)

コントラストは 431 であり、黒表示時の規格化輝度は 87% であった。これは、比較例 1 と比較して、コントラストが高くなることを示しているが、液晶表示装置を構成する部材の物性のばらつきや、液晶表示装置を製造する際の誤差（例えば、液晶層の厚みの誤差）等を考慮すると、比較例 1 のコントラストと大差ないと言える。よって、比較例 2 の態様では、オン・オン・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができない。

[0089] (比較例 3)

コントラストは 400 であり、黒表示時の規格化輝度は 91% であった。これは、比較例 1 と比較して、コントラストが高くなることを示しているが、液晶表示装置を構成する部材の物性のばらつきや、液晶表示装置を製造する際の誤差（例えば、液晶層の厚みの誤差）等を考慮すると、比較例 1 のコントラストと大差ないと言える。よって、比較例 3 の態様では、オン・オン・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができない。

[0090] (比較例 6)

コントラストは 235 であり、黒表示時の規格化輝度は 152% であった。

これは、比較例 1 と比較して、黒表示時の輝度が高くなり、その結果、コントラストが低くなることを示している。つまり、黒表示時の各電極間の電位差が最適化されておらず、黒表示時の光漏れを十分に防止することができないため、コントラストが低下してしまうことを示している。よって、比較例 6 の態様では、オン・オン・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができない。

[0091] (比較例 7)

コントラストは 6.9 であり、黒表示時の規格化輝度は 5.77% であった。これは、比較例 1 と比較して、黒表示時の輝度が非常に高くなり、その結果、コントラストが非常に低くなることを示している。つまり、一对の櫛歯電極との電位差を調節するための共通電極に相当する電極が存在しないため、黒表示時における斜め電界の発生を抑制することができず、一对の櫛歯電極の端部付近の液晶分子が回転してしまい、その結果、オン・オン・スイッチングモードの液晶表示装置と比較して、黒表示時の光漏れが多く発生してしまい、コントラストが非常に低下してしまうことを示している。よって、比較例 7 の態様では、コントラストを充分に向上することができない。

[0092] [評価結果：黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布]

実施例 3、4、及び、比較例 1、3～6 について、各例の液晶表示装置における黒表示時の電界分布（等電位面）、ダイレクタ分布、及び、透過率分布をシミュレーションした結果を図 4～10 に示す。図 4 は、実施例 3 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。図 5 は、実施例 4 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。図 6 は、比較例 1 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。図 7 は、比較例 3 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。図 8 は、比較例 4 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。図 9 は、比較例 5 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界

分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。図10は、比較例6に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。なお、図4～10は、シンテック社製のLCD Masterを用いて作成されたものである。また、比較例7に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布は、上述したような図19と同様であるため、重複する点については説明を省略する。また、図4～10に示した透過率分布を重ねてグラフ化したものを図11にまとめた。図11は、実施例3、4、及び、比較例1、3～6に係る液晶表示装置における黒表示時の透過率分布である。

[0093] ここで、図4～10中の横軸、左側の縦軸、及び、右側の縦軸が示す数値と、図2に示す各部の位置との対応について、以下に説明する。図4～10中の横軸について、 $0.000\mu\text{m} \sim 1.300\mu\text{m}$ の範囲は左側の櫛歯電極8aが存在する領域であり、 $1.300\mu\text{m} \sim 4.800\mu\text{m}$ の範囲は左側の櫛歯電極8aと櫛歯電極8bとの間の領域であり、 $4.800\mu\text{m} \sim 7.400\mu\text{m}$ の範囲は櫛歯電極8bが存在する領域であり、 $7.400\mu\text{m} \sim 10.900\mu\text{m}$ の範囲は櫛歯電極8bと右側の櫛歯電極8aとの間の領域であり、 $10.900\mu\text{m} \sim 12.200\mu\text{m}$ の範囲は右側の櫛歯電極8aが存在する領域である。図4～10中の左側の縦軸について、(I) $0.000\mu\text{m}$ は共通電極7と絶縁層11aとの界面であり、(II) $0.000\mu\text{m}$ は絶縁層11aと液晶層15との界面（絶縁層11aと一对の櫛歯電極8a、8bとの界面）であり、(III) $0.000\mu\text{m}$ は液晶層15と絶縁層11bとの界面であり、(IV) $1.500\mu\text{m}$ は絶縁層11bと対向電極9との界面である。ここで、(II) $0.000\mu\text{m}$ 、及び、(III) $0.000\mu\text{m}$ は、垂直配向膜12a、12bの膜厚が無視できる程度に薄いため、各々、実質的に、絶縁層11aと液晶層15との界面（絶縁層11aと一对の櫛歯電極8a、8bとの界面）、及び、液晶層15と絶縁層11bとの界面としている。図4～10中の右側の縦軸は、透過率を示している。なお、実施例3、4、及び、比較例1、3～6について、各例の液晶表

示装置における黒表示時の電界分布（等電位面）、ダイレクタ分布、及び、透過率分布は、図4～10中の横軸の $0.000\mu\text{m}\sim 12.200\mu\text{m}$ の範囲に該当する領域でシミュレーションされたものである。

[0094] 各例における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布の評価結果について、以下に説明する。

[0095] （実施例3）

図4は、図2に示したような液晶表示装置1aで、共通電極7への印加電圧（i）を -1.2V とし、一对の櫛歯電極8a、8bへの印加電圧（ii）及び（iii）を 0V （黒表示）とし、対向電極9への印加電圧（iv）を 7.5V （図4に示すような $V=7.500\text{V}$ に相当）として黒表示した状態で、電界分布（等電位面）16a、ダイレクタ17aの分布、及び、透過率分布18aをシミュレーションした図である。

[0096] 図4に示すように、黒表示時において、櫛歯電極8aと櫛歯電極8bとの間の等電位面が、一对の櫛歯電極8a、8b上の等電位面と比較して略同一の高さにあることが分かる。また、図4において、櫛歯電極8aと櫛歯電極8bとの間の等電位面の高さは、後述する図6（比較例1）におけるそれと比較して、一对の櫛歯電極8a、8b上の等電位面の高さにより近づいていることも分かる。このため、実施例3における下側基板13と上側基板14との間の縦電界が、比較例1におけるそれと比較して、より一様に印加される状態に近づき、その結果、図4に示すようなダイレクタ17aを見ても分かるように、液晶分子はより均一な垂直配向の状態に近づくため、黒表示時の光漏れを十分に防止することができる。また、図11に示すような透過率分布からも分かるように、実施例3における一对の櫛歯電極8a、8bの端部付近の光漏れが、比較例1におけるそれと比較して、十分に抑制されていることが分かる。

[0097] （実施例4）

図5は、図2に示したような液晶表示装置1aで、共通電極7への印加電圧（i）を -1.3V とし、一对の櫛歯電極8a、8bへの印加電圧（ii）

及び (i i i) を 0 V (黒表示) とし、対向電極 9 への印加電圧 (i v) を 7.5 V (図 5 に示すような $V = 7.500$ V に相当) として黒表示した状態で、電界分布 (等電位面) 16 b、ダイレクタ 17 b の分布、及び、透過率分布 18 b をシミュレーションした図である。

[0098] 図 5 に示すように、黒表示時において、櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の等電位面が、一对の櫛歯電極 8 a、8 b 上の等電位面と比較して略同一の高さにあることが分かる。また、図 5 において、櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の等電位面の高さは、図 4 (実施例 3) におけるそれと比較して、一对の櫛歯電極 8 a、8 b 上の等電位面の高さにより近づいていることも分かる。このため、実施例 4 における下側基板 13 と上側基板 14 との間の縦電界が、実施例 3 におけるそれと比較して、より一様に印加される状態に近づき、その結果、図 5 に示すようなダイレクタ 17 b を見ても分かるように、液晶分子はより均一な垂直配向の状態に近づくため、黒表示時の光漏れを十分に防止することができる。また、図 11 に示すような透過率分布からも分かるように、実施例 4 における一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の光漏れが、比較例 1 におけるそれと比較して、十分に抑制されていることが分かる。

[0099] また、実施例 1、2、5～7 における黒表示時の透過率分布についても、表 1 で示したように、比較例 1 と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、コントラストが高くなっていることから、実施例 3、4 と同様に、一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の光漏れが、比較例 1 におけるそれと比較して、十分に抑制されていることは明らかである。

[0100] (比較例 1)

図 6 は、図 2 に示したような液晶表示装置 1 a で、共通電極 7 への印加電圧 (i) を 0 V とし、一对の櫛歯電極 8 a、8 b への印加電圧 (i i) 及び (i i i) を 0 V (黒表示) とし、対向電極 9 への印加電圧 (i v) を 7.5 V (図 6 に示すような $V = 7.500$ V に相当) として黒表示した状態で、電界分布 (等電位面) 116 a、ダイレクタ 117 a の分布、及び、透過率

分布 1 1 8 a をシミュレーションした図である。

[0101] 図 6 に示すように、黒表示時において、櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の等電位面が、一对の櫛歯電極 8 a、8 b 上の等電位面と比較して低い位置にある（絶縁層 1 1 a 側に沈んでいる）ことが分かる。このため、比較例 1 における下側基板 1 3 と上側基板 1 4 との間の縦電界が一様に印加されず、斜め電界成分が発生し、領域 A R 1 に示すような一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の液晶分子が回転してしまう。その結果、図 1 1 に示すような透過率分布からも分かるように、比較例 1 における一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の光漏れが、各実施例におけるそれと比較して、十分に抑制されていないことが分かる。

[0102] （比較例 3）

図 7 は、図 2 に示したような液晶表示装置 1 a で、共通電極 7 への印加電圧（ i ）を -2.56 V とし、一对の櫛歯電極 8 a、8 b への印加電圧（ i_i ）及び（ i_{ii} ）を 0 V （黒表示）とし、対向電極 9 への印加電圧（ i_v ）を 7.5 V （図 7 に示すような $V = 7.500\text{ V}$ に相当）として黒表示した状態で、電界分布（等電位面）1 1 6 b、ダイレクタ 1 1 7 b の分布、及び、透過率分布 1 1 8 b をシミュレーションした図である。

[0103] 図 7 に示すように、黒表示時において、櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の等電位面が、一对の櫛歯電極 8 a、8 b 上の等電位面と比較して高い位置にある（液晶層 1 5 側に浮いている）ことが分かる。このため、比較例 3 における下側基板 1 3 と上側基板 1 4 との間の縦電界が一様に印加されず、斜め電界成分が発生し、領域 A R 2 に示すような一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の液晶分子が回転してしまう。その結果、図 1 1 に示すような透過率分布からも分かるように、比較例 3 における一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の光漏れが、各実施例におけるそれと比較して、十分に抑制されていないことが分かる。

[0104] （比較例 4）

図 8 は、図 2 に示したような液晶表示装置 1 a で、共通電極 7 への印加電圧

(i) を -2.562 V とし、一对の櫛歯電極 8 a、8 b への印加電圧 (i i) 及び (i i i) を 0 V (黒表示) とし、対向電極 9 への印加電圧 (i v) を 7.5 V (図 8 に示すような $V = 7.500\text{ V}$ に相当) として黒表示した状態で、電界分布 (等電位面) 116 c、ダイレクタ 117 c の分布、及び、透過率分布 118 c をシミュレーションした図である。

[0105] 図 8 に示すように、黒表示時において、櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の等電位面が、一对の櫛歯電極 8 a、8 b 上の等電位面と比較して高い位置にある (液晶層 15 側に浮いている) ことが分かる。このため、比較例 4 における下側基板 13 と上側基板 14 との間の縦電界が一様に印加されず、斜め電界成分が発生し、領域 A R 3 に示すような一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の液晶分子が回転してしまう。その結果、図 11 に示すような透過率分布からも分かるように、比較例 4 における一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の光漏れが、各実施例におけるそれと比較して、十分に抑制されていないことが分かる。

[0106] (比較例 5)

図 9 は、図 2 に示したような液晶表示装置 1 a で、共通電極 7 への印加電圧 (i) を -2.563 V とし、一对の櫛歯電極 8 a、8 b への印加電圧 (i i) 及び (i i i) を 0 V (黒表示) とし、対向電極 9 への印加電圧 (i v) を 7.5 V (図 9 に示すような $V = 7.500\text{ V}$ に相当) として黒表示した状態で、電界分布 (等電位面) 116 d、ダイレクタ 117 d の分布、及び、透過率分布 118 d をシミュレーションした図である。

[0107] 図 9 に示すように、黒表示時において、櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の等電位面が、一对の櫛歯電極 8 a、8 b 上の等電位面と比較して高い位置にある (液晶層 15 側に浮いている) ことが分かる。このため、比較例 5 における下側基板 13 と上側基板 14 との間の縦電界が一様に印加されず、斜め電界成分が発生し、領域 A R 4 に示すような一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の液晶分子が回転してしまう。その結果、図 11 に示すような透過率分布からも分かるように、比較例 5 における一对の櫛歯電極 8 a、8 b の

端部付近の光漏れが、各実施例におけるそれと比較して、十分に抑制されていないことが分かる。

[0108] (比較例 6)

図 10 は、図 2 に示したような液晶表示装置 1 a で、共通電極 7 への印加電圧 (i) を -2.8 V とし、一对の櫛歯電極 8 a、8 b への印加電圧 (i_i) 及び (i_{ii}) を 0 V (黒表示) とし、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) を 7.5 V (図 10 に示すような $V = 7.500 \text{ V}$ に相当) として黒表示した状態で、電界分布 (等電位面) 116 e、ダイレクタ 117 e の分布、及び、透過率分布 118 e をシミュレーションした図である。

[0109] 図 10 に示すように、黒表示時において、櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の等電位面が、一对の櫛歯電極 8 a、8 b 上の等電位面と比較して高い位置にある (液晶層 15 側に浮いている) ことが分かる。このため、比較例 6 における下側基板 13 と上側基板 14 との間の縦電界が一様に印加されず、斜め電界成分が発生し、領域 A R 5 に示すような一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の液晶分子が回転してしまう。その結果、図 11 に示すような透過率分布からも分かるように、比較例 6 における一对の櫛歯電極 8 a、8 b の端部付近の光漏れが、各実施例におけるそれと比較して、十分に抑制されていないことが分かる。

[0110] (比較例 7)

比較例 7 に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布については、上述したような図 19 と同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0111] 図 19 において、櫛歯電極 108 a と櫛歯電極 108 b との間の等電位面は、図 6 (比較例 1) における櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の等電位面と比較して、より低い位置にあることが分かる。このため、下側基板 113 と上側基板 114 との間の縦電界が、比較例 1 における下側基板 13 と上側基板 14 との間の縦電界と比較して、より一様に印加されず、より大きな斜め電界成分が発生し、領域 A R 9 に示すような一对の櫛歯電極 108 a、1

08bの端部付近の液晶分子がより大きく回転してしまう。その結果、図19に示すような透過率分布118iからも分かるように、一对の櫛歯電極108a、108bの端部付近の光漏れが、各実施例におけるそれだけではなく、各比較例におけるそれと比較しても、十分に抑制されていないことが分かる。

[0112] [実施形態2]

実施形態2は、上記本発明の第1の液晶表示装置で、黒表示時及び白表示時に、上記第2の面状電極に7.0Vを印加し、交流駆動するように構成された液晶表示装置である。

[0113] 図1は、実施形態2に係る液晶表示装置の画素部を示す平面模式図である。

図12は、実施形態2に係る液晶表示装置における図1中の線分a-a'に対応する部分の断面を示す断面模式図である。図12に示すように、実施形態2に係る液晶表示装置1bは、対向電極9への印加電圧(iV)以外、実施形態1に係る液晶表示装置1aと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0114] 図12中、対向電極9への印加電圧(iV)7.0V/-7.0Vは、黒表示時及び白表示時に、対向電極9に7.0Vを印加し、櫛歯電極8bと同位相で交流駆動することを示す。

[0115] 図12中、 V_a は、実施形態2に係る液晶表示装置1bにおいて、共通電極7の電位と一对の櫛歯電極8a、8bの電位との電位差を示し、共通電極7の電位を基準とし、矢印の方向を正方向とした電位差である。また、 V_b は、実施形態2に係る液晶表示装置1bにおいて、一对の櫛歯電極8a、8bの電位と対向電極9の電位との電位差を示し、一对の櫛歯電極8a、8bの電位を基準とし、矢印の方向を正方向とした電位差である。なお、 V_a 及び V_b の関係等については、後述する。

[0116] 図12に示すような V_a 及び V_b は、各々、上記本発明の第1の液晶表示装置における、上記 V_a 及び V_b に相当する。

[0117] 以下に、実施形態2に係る液晶表示装置を実際に作製した実施例を示す。

[0118] (実施例 8)

実施例 8 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-0.4\text{ V} / 0.4\text{ V}$ ($V_{cs} = 0.4\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.0\text{ V} / -7.0\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。一对の櫛歯電極 8 a、8 b への印加電圧 (i_i) 及び (i_{ii}) は、上述したように、黒表示時に V_1 を 0 V とし、白表示時に V_1 を 6 V とした。

[0119] 実施例 8 において、液晶層 15 に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性を有しており、その誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ は 16 であり、その屈折率異方性 Δn は 0.12 である。液晶層 15 の厚みは $3.21\text{ }\mu\text{m}$ である。絶縁層 11 a の誘電率は 3.2 であり、その厚さは $0.35\text{ }\mu\text{m}$ である。絶縁層 11 b の誘電率は 3.2 であり、その厚さは $1.53\text{ }\mu\text{m}$ である。櫛歯電極 8 a 及び櫛歯電極 8 b の電極幅 L_1 は $2.6\text{ }\mu\text{m}$ であり、櫛歯電極 8 a と櫛歯電極 8 b との間の電極間隔 S_1 は $3.5\text{ }\mu\text{m}$ である。

[0120] (実施例 9)

実施例 9 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-0.8\text{ V} / 0.8\text{ V}$ ($V_{cs} = 0.8\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.0\text{ V} / -7.0\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例 9 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 8 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0121] (実施例 10)

実施例 10 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-1.2\text{ V} / 1.2\text{ V}$ ($V_{cs} = 1.2\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.0\text{ V} / -7.0\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例 10 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 8 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0122] (実施例 1 1)

実施例 1 1 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-1.6\text{ V} / 1.6\text{ V}$ ($V_{cs} = 1.6\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.0\text{ V} / -7.0\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例 1 1 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 8 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0123] (実施例 1 2)

実施例 1 2 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.0\text{ V} / 2.0\text{ V}$ ($V_{cs} = 2.0\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.0\text{ V} / -7.0\text{ V}$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。実施例 1 2 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 8 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0124] [比較形態 3]

比較形態 3 は、実施形態 2 に係る液晶表示装置 1 b と同様の構成で、黒表示時及び白表示時に、共通電極 7 への印加電圧 (i) が、実施形態 2 におけるそれと異なるように構成された液晶表示装置である。比較形態 3 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施形態 2 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0125] 以下に、比較形態 3 に係る液晶表示装置を実際に作製した比較例を示す。

[0126] (比較例 8)

比較例 8 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を 0 V ($V_{cs} = 0\text{ V}$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、共通電極 7 を交流駆動しない場合である。比較例 8 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 8 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0127] (比較例 9)

比較例 9 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.39\text{ V} / 2.39\text{ V}$ (

$V_{cs} = 2.39V$ の場合に相当)とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.0V / -7.0V$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。比較例 9 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 8 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0128] (比較例 10)

比較例 10 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.392V / 2.392V$ ($V_{cs} = 2.392V$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.0V / -7.0V$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。比較例 10 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 8 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0129] (比較例 11)

比較例 11 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.4V / 2.4V$ ($V_{cs} = 2.4V$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.0V / -7.0V$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。比較例 11 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 8 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0130] (比較例 12)

比較例 12 は、共通電極 7 への印加電圧 (i) を $-2.8V / 2.8V$ ($V_{cs} = 2.8V$ の場合に相当) とし、黒表示時及び白表示時に、対向電極 9 への印加電圧 (i_v) $7.0V / -7.0V$ と極性反転させた電圧を印加し、交流駆動する場合である。比較例 12 に係る液晶表示装置は、共通電極 7 への印加電圧 (i) 以外、実施例 8 のそれと同様であるため、重複する点については説明を省略する。

[0131] [評価結果：コントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度]

実施例 8～12、及び、比較例 8、9、11、12 に係る液晶表示装置につ

いて、 V_{cs} の値、コントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度を表2にまとめた。また、表2の内容をグラフ化したものを図13にまとめた。図13は、実施例8～12、及び、比較例8、9、11、12に係る液晶表示装置のコントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度を示すグラフである。図13中の横軸は V_{cs} の値を、左側の縦軸はコントラストを、右側の縦軸は黒表示時の規格化輝度を示す。図13中の実線のグラフはコントラストを、破線のグラフは黒表示時の規格化輝度を示す。なお、黒表示時の規格化輝度とは、 V_{cs} を0Vとした場合（比較例8に相当）の黒表示時の輝度に対する各例の黒表示時の輝度の割合を示したものである。

[0132] （コントラスト、及び、輝度の測定方法）

コントラストは、 $(\text{コントラスト}) = (\text{白表示時の輝度}) / (\text{黒表示時の輝度})$ で測定された。輝度（白表示時及び黒表示時の輝度）の測定には、トプコン社製の色彩輝度計（BM-5A）を用いた。

[0133] [表2]

	V_{cs} (V)	コントラスト	黒表示時の規格化輝度 (%)
比較例8	0	436	100
実施例8	0.4	917	47
実施例9	0.8	1324	32
実施例10	1.2	1471	29
実施例11	1.6	1380	30
実施例12	2.0	886	47
比較例9	2.39	439	93
比較例11	2.4	410	99
比較例12	2.8	187	213

[0134] 各例におけるコントラスト、及び、黒表示時の規格化輝度の評価結果について、以下に説明する。

[0135] （実施例8）

コントラストは917であり、黒表示時の規格化輝度は47%であった。これは、比較例8と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。よって、実施例8の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0136] (実施例 9)

コントラストは 1 3 2 4 であり、黒表示時の規格化輝度は 3 2 % であった。これは、比較例 8 と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。よって、実施例 9 の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0137] (実施例 1 0)

コントラストは 1 4 7 1 であり、黒表示時の規格化輝度は 2 9 % であった。これは、比較例 8 と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。また、実施例 1 0 は、他の実施例と比較した中で、コントラストが最大のものとなった。よって、実施例 1 0 の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0138] (実施例 1 1)

コントラストは 1 3 8 0 であり、黒表示時の規格化輝度は 3 0 % であった。これは、比較例 8 と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。よって、実施例 1 1 の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0139] (実施例 1 2)

コントラストは 8 8 6 であり、黒表示時の規格化輝度は 4 7 % であった。これは、比較例 8 と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、その結果、コントラストが高くなることを示している。よって、実施例 1 2 の態様によれば、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる。

[0140] (比較例 8)

コントラストは 4 3 6 であり、黒表示時の規格化輝度は 1 0 0 % であった。これは、黒表示時の各電極間の電位差が最適化されておらず、黒表示時の光

漏れを十分に防止することができないため、コントラストが低下してしまうことを示している。よって、比較例 8 の態様では、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを十分に向上することができない。

[0141] (比較例 9)

コントラストは 439 であり、黒表示時の規格化輝度は 93% であった。これは、比較例 8 と比較して、コントラストが高くなることを示しているが、液晶表示装置を構成する部材の物性のばらつきや、液晶表示装置を製造する際の誤差（例えば、液晶層の厚みの誤差）等を考慮すると、比較例 8 のコントラストと大差ないと言える。よって、比較例 9 の態様では、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを十分に向上することができない。

[0142] (比較例 11)

コントラストは 410 であり、黒表示時の規格化輝度は 99% であった。これは、黒表示時の各電極間の電位差が最適化されておらず、黒表示時の光漏れを十分に防止することができないため、コントラストが低下してしまうことを示している。よって、比較例 11 の態様では、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを十分に向上することができない。

[0143] (比較例 12)

コントラストは 187 であり、黒表示時の規格化輝度は 213% であった。これは、黒表示時の各電極間の電位差が最適化されておらず、黒表示時の光漏れを十分に防止することができないため、コントラストが低下してしまうことを示している。よって、比較例 12 の態様では、オン・オフ・スイッチングモードの液晶表示装置において、コントラストを十分に向上することができない。

[0144] [評価結果：黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布]

比較例 8～10 について、各例の液晶表示装置における黒表示時の電界分布

(等電位面)、ダイレクタ分布、及び、透過率分布をシミュレーションした結果を図14～16に示す。図14は、比較例8に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。図15は、比較例9に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。図16は、比較例10に係る液晶表示装置における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布である。なお、図14～16は、シンテック社製のLCD Masterを用いて作成されたものである。また、図14～16に示した透過率分布を重ねてグラフ化したものを図17にまとめ、実施例10の黒表示時の透過率分布も合わせて記載した。図17は、実施例10、及び、比較例8～10に係る液晶表示装置における黒表示時の透過率分布である。

[0145] ここで、図14～16中の横軸、左側の縦軸、及び、右側の縦軸が示す数値と、図12に示す各部の位置との対応について、以下に説明する。図14～16中の横軸について、 $0.000\mu\text{m} \sim 1.300\mu\text{m}$ の範囲は左側の櫛歯電極8aが存在する領域であり、 $1.300\mu\text{m} \sim 4.800\mu\text{m}$ の範囲は左側の櫛歯電極8aと櫛歯電極8bとの間の領域であり、 $4.800\mu\text{m} \sim 7.400\mu\text{m}$ の範囲は櫛歯電極8bが存在する領域であり、 $7.400\mu\text{m} \sim 10.900\mu\text{m}$ の範囲は櫛歯電極8bと右側の櫛歯電極8aとの間の領域であり、 $10.900\mu\text{m} \sim 12.200\mu\text{m}$ の範囲は右側の櫛歯電極8aが存在する領域である。図14～16中の左側の縦軸について、(I) $0.000\mu\text{m}$ は共通電極7と絶縁層11aとの界面であり、(II) $0.000\mu\text{m}$ は絶縁層11aと液晶層15との界面(絶縁層11aと一对の櫛歯電極8a、8bとの界面)であり、(III) $0.000\mu\text{m}$ は液晶層15と絶縁層11bとの界面であり、(IV) $1.500\mu\text{m}$ は絶縁層11bと対向電極9との界面である。ここで、(II) $0.000\mu\text{m}$ 、及び、(III) $0.000\mu\text{m}$ は、垂直配向膜12a、12bの膜厚が無視できる程度に薄いため、各々、実質的に、絶縁層11aと液晶層15との界面(絶縁層11aと一对の櫛歯電極8a、8bとの界面)、及び、液晶層15と

絶縁層 11b との界面としている。図 14～16 中の右側の縦軸は、透過率を示している。なお、比較例 8～10 について、各例の液晶表示装置における黒表示時の電界分布（等電位面）、ダイレクタ分布、及び、透過率分布は、図 14～16 中の横軸の $0.000\mu\text{m}\sim 12.200\mu\text{m}$ の範囲に該当する領域でシミュレーションされたものである。

[0146] 各例における黒表示時の電界分布、ダイレクタ分布、及び、透過率分布の評価結果について、以下に説明する。

[0147] （比較例 8）

図 14 は、図 12 に示したような液晶表示装置 1b で、共通電極 7 への印加電圧（ i ）を 0V とし、一对の櫛歯電極 8a、8b への印加電圧（ i_i ）及び（ i_{ii} ）を 0V （黒表示）とし、対向電極 9 への印加電圧（ i_v ）を 7.0V （図 14 に示すような $V=7.000\text{V}$ に相当）として黒表示した状態で、電界分布（等電位面）116f、ダイレクタ 117f の分布、及び、透過率分布 118f をシミュレーションした図である。

[0148] 図 14 に示すように、黒表示時において、櫛歯電極 8a と櫛歯電極 8b との間の等電位面が、一对の櫛歯電極 8a、8b 上の等電位面と比較して低い位置にある（絶縁層 11a 側に沈んでいる）ことが分かる。このため、比較例 8 における下側基板 13 と上側基板 14 との間の縦電界が一様に印加されず、斜め電界成分が発生し、領域 AR6 に示すような一对の櫛歯電極 8a、8b の端部付近の液晶分子が回転してしまう。その結果、図 17 に示すような透過率分布からも分かるように、比較例 8 における一对の櫛歯電極 8a、8b の端部付近の光漏れが、実施例 10 におけるそれと比較して、十分に抑制されていないことが分かる。

[0149] （比較例 9）

図 15 は、図 12 に示したような液晶表示装置 1b で、共通電極 7 への印加電圧（ i ）を -2.39V とし、一对の櫛歯電極 8a、8b への印加電圧（ i_i ）及び（ i_{ii} ）を 0V （黒表示）とし、対向電極 9 への印加電圧（ i_v ）を 7.0V （図 15 に示すような $V=7.000\text{V}$ に相当）として黒表

示した状態で、電界分布（等電位面）116g、ダイレクタ117gの分布、及び、透過率分布118gをシミュレーションした図である。

[0150] 図15に示すように、黒表示時において、櫛歯電極8aと櫛歯電極8bとの間の等電位面が、一对の櫛歯電極8a、8b上の等電位面と比較して高い位置にある（液晶層15側に浮いている）ことが分かる。このため、比較例9における下側基板13と上側基板14との間の縦電界が一様に印加されず、斜め電界成分が発生し、領域AR7に示すような一对の櫛歯電極8a、8bの端部付近の液晶分子が回転してしまう。その結果、図17に示すような透過率分布からも分かるように、比較例9における一对の櫛歯電極8a、8bの端部付近の光漏れが、実施例10におけるそれと比較して、十分に抑制されていないことが分かる。

[0151] （比較例10）

図16は、図12に示したような液晶表示装置1bで、共通電極7への印加電圧（i）を-2.392Vとし、一对の櫛歯電極8a、8bへの印加電圧（ii）及び（iii）を0V（黒表示）とし、対向電極9への印加電圧（iv）を7.0V（図16に示すような $V=7.000V$ に相当）として黒表示した状態で、電界分布（等電位面）116h、ダイレクタ117hの分布、及び、透過率分布118hをシミュレーションした図である。

[0152] 図16に示すように、黒表示時において、櫛歯電極8aと櫛歯電極8bとの間の等電位面が、一对の櫛歯電極8a、8b上の等電位面と比較して高い位置にある（液晶層15側に浮いている）ことが分かる。このため、比較例10における下側基板13と上側基板14との間の縦電界が一様に印加されず、斜め電界成分が発生し、領域AR8に示すような一对の櫛歯電極8a、8bの端部付近の液晶分子が回転してしまう。その結果、図17に示すような透過率分布からも分かるように、比較例10における一对の櫛歯電極8a、8bの端部付近の光漏れが、実施例10におけるそれと比較して、十分に抑制されていないことが分かる。

[0153] また、実施例8、9、11、12における黒表示時の透過率分布についても

、表2で示したように、比較例8と比較して、黒表示時の輝度が低くなり、コントラストが高くなっていることから、実施例10と同様に、一对の櫛歯電極8a、8bの端部付近の光漏れが、比較例8におけるそれと比較して、十分に抑制されていることは明らかである。

[0154] 上記本発明の第1の液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる黒表示時の各電極間の電位差の関係について説明する。黒表示時において、上記第1の基板と上記第2の基板との間の縦電界が一様になるのは、上述した結果から、上記一对の櫛歯電極が存在しない領域に対応する上記液晶層内（例えば、上記一对の櫛歯電極の端部付近）で縦電界が一様になる場合と考えられるため、その場合について以下に説明する。

[0155] 黒表示時において、上記一对の櫛歯電極が存在しない領域に対応する上記液晶層内で縦電界が一様になる場合、上記一对の櫛歯電極が存在しない領域（例えば、図2に示すような、櫛歯電極8aと櫛歯電極8bとの間の領域）と上記第1の面状電極（例えば、図2に示すような、共通電極7）との間の静電容量を C_a 、上記一对の櫛歯電極が存在しない領域と上記第2の面状電極（例えば、図2に示すような、対向電極9）との間の静電容量を C_b とすると、下記式（4）を満たす。また、下記式（4）を変形すると、下記式（5）が得られる。

[0156] [数5]

$$C_a V_a = C_b V_b \quad (4)$$

[0157] [数6]

$$V_a = \frac{C_b}{C_a} V_b \quad (5)$$

[0158] ここで、 C_a 及び C_b は、各々、下記式（6）及び（7）で表される。なお、 C_a 及び C_b を形成する部分に対応する面積は、便宜上、1としている。また、例えば、図2に示すような垂直配向膜12a、12bは、膜厚が無視できる程度に薄いため、下記式（6）及び（7）の計算において、上記第1及び

第2の誘電体層には含めない。

[0159] [数7]

$$C_a = \frac{\varepsilon_1}{d_1} \quad (6)$$

[0160] [数8]

$$C_b = \frac{\varepsilon_{||}\varepsilon_2}{\varepsilon_2 d_{LC} + \varepsilon_{||}d_2} \quad (7)$$

[0161] よって、上記式(5)、(6)、及び、(7)より、上記 V_a 及び V_b の関係は、下記式(8)、すなわち、上記式(2)を満たす。このとき、上記液晶層内にはほぼ一様な縦電界が印加されることになり、コントラストが最大値となる。すなわち、上記本発明の第1の液晶表示装置において、上記 V_a 及び V_b の関係は、下記式(8)(上記式(2))を満たすことが好ましく、これにより、コントラストを充分に向上することができる。また、このときの V_a を V_{a_00} とする。

[0162] [数9]

$$V_a = \frac{\varepsilon_{||}\varepsilon_2 d_1}{\varepsilon_1 \varepsilon_2 d_{LC} + \varepsilon_1 \varepsilon_{||} d_2} V_b \quad (= V_{a0}) \quad (8)$$

[0163] [評価結果：上記式(8)に対する計算結果]

ここで、実施形態1、2における上記式(8)に対する計算結果について、以下に説明する。

[0164] [実施形態1]

実施形態1において、上述したように、 $\varepsilon_{||}$ は19.8であり、 d_{LC} は3.21 μm であり、 ε_1 は3.2 μm であり、 d_1 は0.35 μm であり、 ε_2 は3.2 μm であり、 d_2 は1.53 μm である。また、図2に示すような一対の櫛歯電極8a、8bへの印加電圧(i_i)及び(i_{ii})は、黒表示時に0Vであるため、図2に示すような V_b は7.5Vである。また、図2に示すような V_a は V_{cs} である。

[0165] これらの値、及び、上記式（８）を用いると、実施形態１において、 $V_{a_0} = 1.2812 \dots \div 1.3 \text{ V}$ となる。ここで、実施形態１において、例えば、図３に示すように、 $V_{cs} = 1.3 \text{ V}$ （実施例４）付近でコントラストが最大になっていることから、上記式（８）が成り立っていることが分かる。

[0166] また、 $2V_{a_0} \div 2.562 \text{ V}$ であることから、図３に示した評価結果を考慮すると、下記式（１）を満たす範囲において、 $V_a = 0 \text{ V}$ （ $V_{cs} = 0 \text{ V}$ ：比較例１）の場合と比較して、コントラストが充分に向上することが分かる。

[0167] [数10]

$$0 < |V_a| < 2|V_{a0}| - 0.1 \quad (1)$$

[0168] [実施形態２]

実施形態２において、 ε_{11} 、 d_{LC} 、 ε_1 、 d_1 、 ε_2 、及び、 d_2 は、上述したように、実施形態１におけるそれらと同様である。一对の楕円電極８ａ、８ｂへの印加電圧（ i_i ）及び（ i_{ii} ）は、黒表示時に０Ｖであるため、図１２に示すような V_b は７．０Ｖである。また、図１２に示すような V_a は V_{cs} である。

[0169] これらの値、及び、上記式（８）を用いると、実施形態２において、 $V_{a_0} = 1.1958 \dots \div 1.2 \text{ V}$ となる。ここで、実施形態２において、例えば、図１３に示すように、 $V_{cs} = 1.2 \text{ V}$ （実施例１０）付近でコントラストが最大になっていることから、上記式（８）が成り立っていることが分かる。

[0170] また、 $2V_{a_0} \div 2.392 \text{ V}$ であることから、図１３に示した評価結果を考慮すると、下記式（１）を満たす範囲において、 $V_a = 0 \text{ V}$ （ $V_{cs} = 0 \text{ V}$ ：比較例８）の場合と比較して、コントラストが充分に向上することが分かる。

[0171] [数11]

$$0 < |V_a| < 2|V_{a0}| - 0.1 \quad (1)$$

[0172] 次に、上記本発明の第２の液晶表示装置において、コントラストを充分に向上することができる黒表示時の各電極間の電位差の関係について説明する。

上記本発明の第2の液晶表示装置は、上記第2の誘電体層が存在しないこと以外、上記本発明の第1の液晶表示装置と同様であるため、上記式(8)において、 d_2 を $0\mu\text{m}$ とすればよい。

[0173] よって、上記式(8)より、上記 V_a 及び V_b の関係は、下記式(9)、すなわち、上記式(3)を満たす。このとき、上記液晶層内にはほぼ一様な縦電界が印加されることになり、コントラストが最大値となる。すなわち、上記本発明の第2の液晶表示装置において、上記 V_a 及び V_b の関係は、下記式(9)(上記式(3))を満たすことが好ましく、これにより、コントラストを充分に向上することができる。また、このときの V_a を V_{a_0} とする。

[0174] [数12]

$$V_a = \frac{\varepsilon_{||} d_1}{\varepsilon_1 d_{LC}} V_b \quad (= V_{a_0}) \quad (9)$$

[0175] また、上記式(9)は、上記式(8)において、 d_2 を $0\mu\text{m}$ としただけであるため、上記本発明の第2の液晶表示装置においても、上記本発明の第1の液晶表示装置と同様に、下記式(1)を満たす範囲において、 $V_a = 0\text{V}$ の場合と比較して、コントラストが充分に向上することが分かる。

[0176] [数13]

$$0 < |V_a| < 2|V_{a_0}| - 0.1 \quad (1)$$

[0177] [付記]

以下に、本発明に係る液晶表示装置における好ましい態様の例を挙げる。各例は、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜組み合わせられてもよい。

[0178] 上記液晶層に含まれる液晶分子は、電圧無印加時に上記第1及び第2の基板の主面に対して垂直な方向に配向するものであってもよい。

[0179] このような垂直配向型の液晶表示装置を実現するため、上記第1及び第2の基板は、例えば、垂直配向膜を有することが好ましい。垂直配向膜とは、電圧無印加時に液晶分子を基板の主面に対して垂直な方向に配向させる配向膜であり、種々の配向処理が施されていてもよい。配向処理の方法としては、

例えば、ラビング法、光配向法等が挙げられる。なお、垂直配向膜は、膜厚が無視できる程度に薄いため、上記式（２）及び（３）の計算において、上記第１及び第２の誘電体層には含めない。

[0180] このような垂直配向型の液晶表示装置は、広視野角、及び、高コントラスト等の特性を得るのに有利な方式である。よって、本発明に係る液晶表示装置が垂直配向型の液晶表示装置である場合、広視野角、及び、高コントラストを実現することができる。なお、「電圧無印加時」とは、本発明の技術分野において実質的に電圧が印加されていないと言えるものであればよい。また、「上記第１及び第２の基板の主面に対して垂直な方向に配向する」とは、本発明の技術分野において、上記第１及び第２の基板の主面に対して垂直な方向に配向すると言えるものであればよく、実質的に垂直な方向に配向する形態を含む。

[0181] 上記第１及び第２の面状電極は、互いに極性反転させた電圧で交流駆動されるものであってもよい。これにより、本発明に係る液晶表示装置を好適に駆動することができ、コントラストを充分に向上することができる。

[0182] 上記第１及び第２の基板の少なくとも一方は、更に薄膜トランジスタ素子を備え、上記薄膜トランジスタ素子は、酸化物半導体を含む半導体層を有するものであってもよい。

[0183] 上記酸化物半導体は、アモルファスシリコンよりも移動度が高く、特性ばらつきも小さいという特徴を有している。このため、酸化物半導体を含む薄膜トランジスタ素子は、アモルファスシリコンを含む薄膜トランジスタ素子よりも高速で駆動することができ、駆動周波数が高く、１画素に占める割合を小さくすることができるため、より高精細である次世代表示装置の駆動に好適である。また、酸化物半導体膜は、多結晶シリコン膜よりも簡便なプロセスで形成されるため、大面積が必要とされる装置にも適用できるという利点を有している。よって、本発明に係る液晶表示装置が備える薄膜トランジスタ素子が、酸化物半導体を含む半導体層を有する場合、本発明による効果を奏するとともに、更なる高速駆動化を実現することができる。

[0184] また、上記酸化物半導体の構成としては、例えば、インジウム（I n）、ガリウム（G a）、亜鉛（Z n）、及び、酸素（O）から構成される化合物（I n－G a－Z n－O）、インジウム（I n）、スズ（T i n）、亜鉛（Z n）、及び、酸素（O）から構成される化合物（I n－T i n－Z n－O）、又は、インジウム（I n）、アルミニウム（A l）、亜鉛（Z n）、及び、酸素（O）から構成される化合物（I n－A l－Z n－O）等であってもよい。

[0185] 上記第 1 及び／又は第 2 の誘電体層は、組成の異なる複数の構成部分から成る積層構造を有するものであってもよい。例えば、上記第 1 の誘電体層が、第 1 及び第 2 の構成部分から成る積層構造を有する場合、上記第 1 の誘電体層の誘電率 ε_1 、及び、厚み d_1 は、下記式（10）及び（11）で表される。

[0186] [数14]

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_{1a}\varepsilon_{1b}(d_{1a} + d_{1b})}{\varepsilon_{1a}d_{1b} + \varepsilon_{1b}d_{1a}} \quad (10)$$

上記式（10）中、 ε_{1a} は、上記第 1 の構成部分の誘電率、
 ε_{1b} は、上記第 2 の構成部分の誘電率、
 d_{1a} は、上記第 1 の構成部分の厚み（単位： μm ）、
 d_{1b} は、上記第 2 の構成部分の厚み（単位： μm ）を表す。

[0187] [数15]

$$d_1 = d_{1a} + d_{1b} \quad (11)$$

上記式（11）中、 d_{1a} は、上記第 1 の構成部分の厚み（単位： μm ）、
 d_{1b} は、上記第 2 の構成部分の厚み（単位： μm ）を表す。

[0188] 上記式（10）及び（11）は、上記第 1 の誘電体層が 2 つの構成部分（上記第 1 及び第 2 の構成部分）から成る積層構造を有する場合であるが、3 つ以上の複数の構成部分から成る積層構造を有する場合であっても、上記第 1 の誘電体層の誘電率 ε_1 、及び、厚み d_1 は、各構成部分の誘電率及び厚みか

ら同様に算出される。また、上記第2の誘電体層が、組成の異なる複数の構成部分から成る積層構造を有するものである場合、上記第1の誘電体層と同様に、上記第2の誘電体層の誘電率 ϵ_2 、及び、厚み d_2 は、各構成部分の誘電率及び厚みから算出される。

[0189] 上記一对の櫛歯電極は、絶対値が同じ電圧を互いに極性反転させて印加し、交流駆動されるものであってもよい。これにより、本発明に係る液晶表示装置を好適に駆動することができ、コントラストを充分に向上することができる。

[0190] 上記第1及び第2の基板の一方は、薄膜トランジスタ素子を備えるアクティブマトリクス基板であり、他方は、カラーフィルタを備えるカラーフィルタ基板であってもよい。薄膜トランジスタ素子、及び、カラーフィルタは、絶縁基板の主面上に形成されることが好ましく、絶縁基板としては、ガラス基板、プラスチック基板等の透明基板を用いることが好ましい。また、カラーフィルタ基板を用いる場合は、縦電界を維持するため、カラーフィルタ上にオーバーコート層を配置することが好ましい。

[0191] 上記液晶表示装置は、更に偏光板を備え、上記偏光板は、直線偏光板であってもよい。これにより、視野角特性を向上することができる。なお、直線偏光板の種類及び構造は特に限定されず、本発明の技術分野において通常用いられるものを用いることができる。

[0192] 上記液晶表示装置は、更に偏光板を備え、上記偏光板は、円偏光板であってもよい。これにより、透過率を向上することができる。なお、円偏光板の種類及び構造は特に限定されず、本発明の技術分野において通常用いられるものを用いることができる。

符号の説明

[0193] 1 a、1 b、1 0 1 : 液晶表示装置
2 : 画素部
3 : ゲートバスライン
4 a、4 b : ソースバスライン

5 a、5 b : 薄膜トランジスタ素子

6 a、6 b : コンタクトホール

7、107 : 共通電極

8 a、8 b、108 a、108 b : 櫛歯電極

9、109 : 対向電極

10 a、10 b、110 a、110 b : 支持基板

11 a、11 b、111 a、111 b : 絶縁層

12 a、12 b、112 a、112 b : 垂直配向膜

13、113 : 下側基板

14、114 : 上側基板

15、115 : 液晶層

16 a、16 b、116 a、116 b、116 c、116 d、116 e、1

16 f、116 g、116 h、116 i : 電界分布 (等電位面)

17 a、17 b、117 a、117 b、117 c、117 d、117 e、1

17 f、117 g、117 h、117 i : ダイレクタ

18 a、18 b、118 a、118 b、118 c、118 d、118 e、1

18 f、118 g、118 h、118 i : 透過率分布

請求の範囲

[請求項1]

第1の基板と、

前記第1の基板に対向する第2の基板と、

前記第1及び第2の基板に挟持された液晶層とを備える液晶表示装置であって、

前記第1の基板は、第1の面状電極と、一对の櫛歯電極と、前記第1の面状電極と前記一对の櫛歯電極との間にある第1の誘電体層とを有し、前記一对の櫛歯電極及び前記第1の誘電体層と前記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、

前記第2の基板は、第2の面状電極と、第2の誘電体層とを有し、前記第2の誘電体層と前記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、

前記液晶層に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性を有し、

最も低い階調を示すときの前記第1の面状電極、前記一对の櫛歯電極、及び、前記第2の面状電極の電位の関係は、前記第1の面状電極の電位と前記一对の櫛歯電極の電位との電位差を V_a （単位：V）、前記一对の櫛歯電極の電位と前記第2の面状電極の電位との電位差を V_b （単位：V）とすると、下記式（1）及び（2）を満たすことを特徴とする液晶表示装置。

[数1]

$$0 < |V_a| < 2|V_{a0}| - 0.1 \quad (1)$$

[数2]

$$V_{a0} = \frac{\varepsilon_{||}\varepsilon_2 d_1}{\varepsilon_1 \varepsilon_2 d_{LC} + \varepsilon_1 \varepsilon_{||} d_2} V_b \quad (2)$$

上記式（1）及び（2）中、 ε_1 は、前記第1の誘電体層の誘電率、

ε_2 は、前記第2の誘電体層の誘電率、

$\varepsilon_{||}$ は、前記液晶層に含まれる液晶分子のダイレクタに水平な方向

の誘電率、

d_1 は、前記第 1 の誘電体層の厚み（単位： μm ）、

d_2 は、前記第 2 の誘電体層の厚み（単位： μm ）、

d_{LC} は、前記液晶層の厚み（単位： μm ）を表す。

[請求項2]

第 1 の基板と、

前記第 1 の基板に対向する第 2 の基板と、

前記第 1 及び第 2 の基板に挟持された液晶層とを備える液晶表示装置であって、

前記第 1 の基板は、第 1 の面状電極と、一对の櫛歯電極と、前記第 1 の面状電極と前記一对の櫛歯電極との間にある第 1 の誘電体層とを有し、前記一对の櫛歯電極及び前記第 1 の誘電体層と前記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、

前記第 2 の基板は、第 2 の面状電極を有し、前記第 2 の面状電極と前記液晶層との間には誘電体層を実質的に有さず、

前記液晶層に含まれる液晶分子は、正の誘電率異方性を有し、

最も低い階調を示すときの前記第 1 の面状電極、前記一对の櫛歯電極、及び、前記第 2 の面状電極の電位の関係は、前記第 1 の面状電極の電位と前記一对の櫛歯電極の電位との電位差を V_a （単位： V ）、前記一对の櫛歯電極の電位と前記第 2 の面状電極の電位との電位差を V_b （単位： V ）とすると、下記式（1）及び（3）を満たすことを特徴とする液晶表示装置。

[数3]

$$0 < |V_a| < 2|V_{a0}| - 0.1 \quad (1)$$

[数4]

$$V_{a0} = \frac{\varepsilon_1 d_1}{\varepsilon_1 d_{LC}} V_b \quad (3)$$

上記式（1）及び（3）中、 ε_1 は、前記第 1 の誘電体層の誘電率、

$\varepsilon_{||}$ は、前記液晶層に含まれる液晶分子のダイレクタに水平な方向の誘電率、

d_1 は、前記第1の誘電体層の厚み（単位： μm ）、

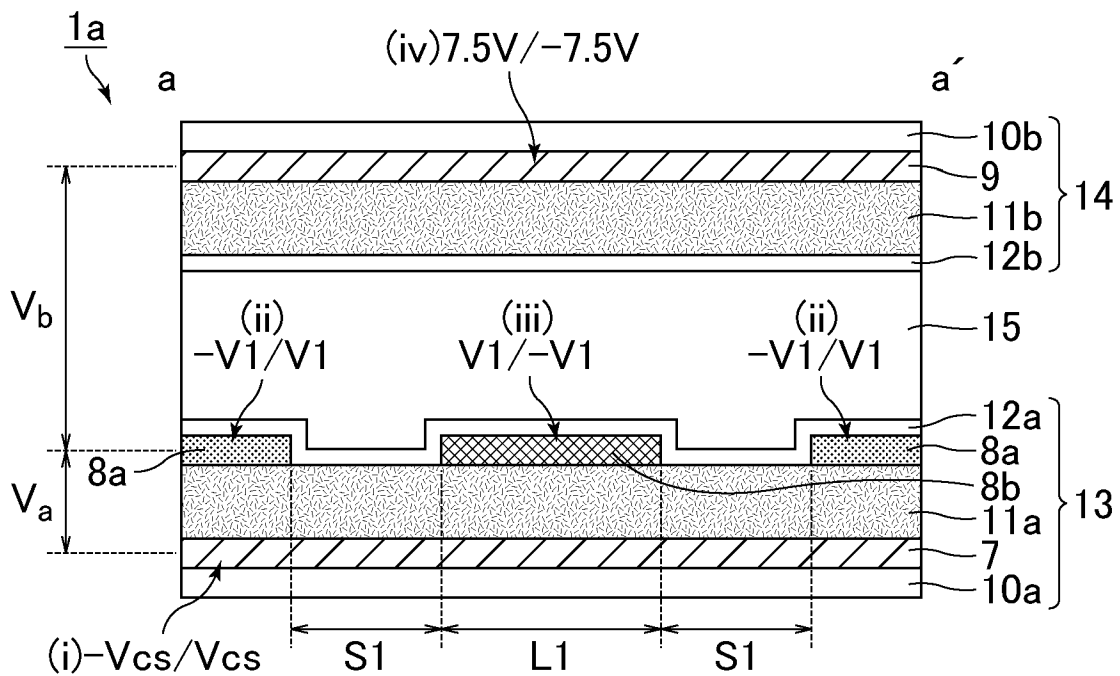
d_{LC} は、前記液晶層の厚み（単位： μm ）を表す。

[請求項3] 前記液晶層に含まれる液晶分子は、電圧無印加時に前記第1及び第2の基板の主面に対して垂直な方向に配向することを特徴とする請求項1又は2に記載の液晶表示装置。

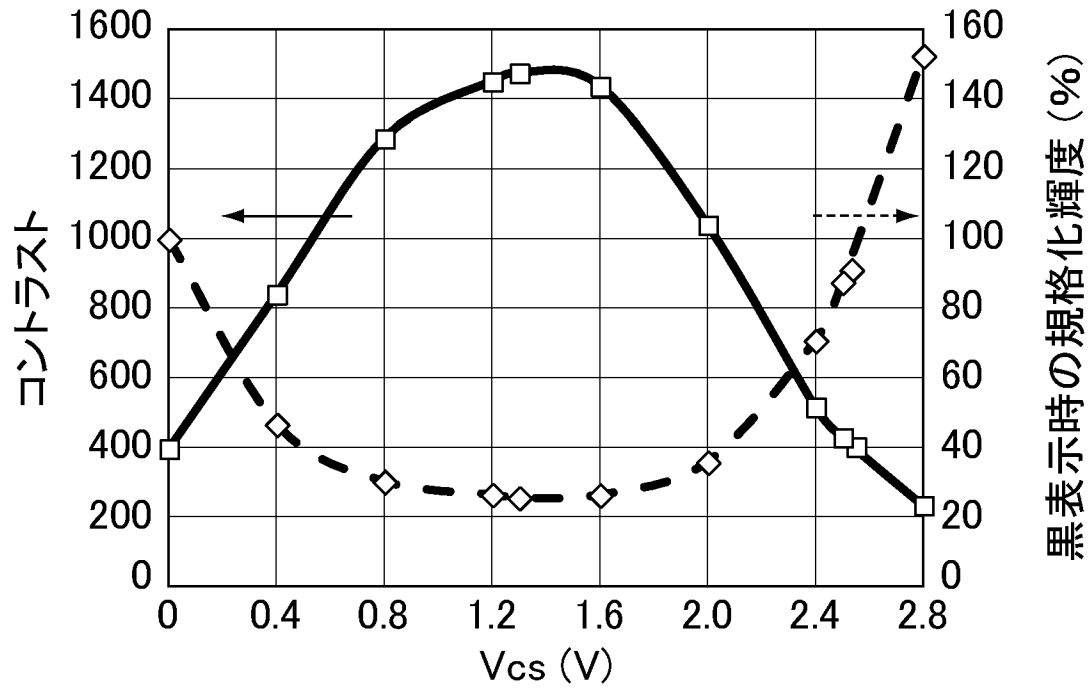
[請求項4] 前記第1及び第2の面状電極は、互いに極性反転させた電圧で交流駆動されることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の液晶表示装置。

[請求項5] 前記第1及び第2の基板の少なくとも一方は、更に薄膜トランジスタ素子を備え、
前記薄膜トランジスタ素子は、酸化物半導体を含む半導体層を有することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の液晶表示装置。

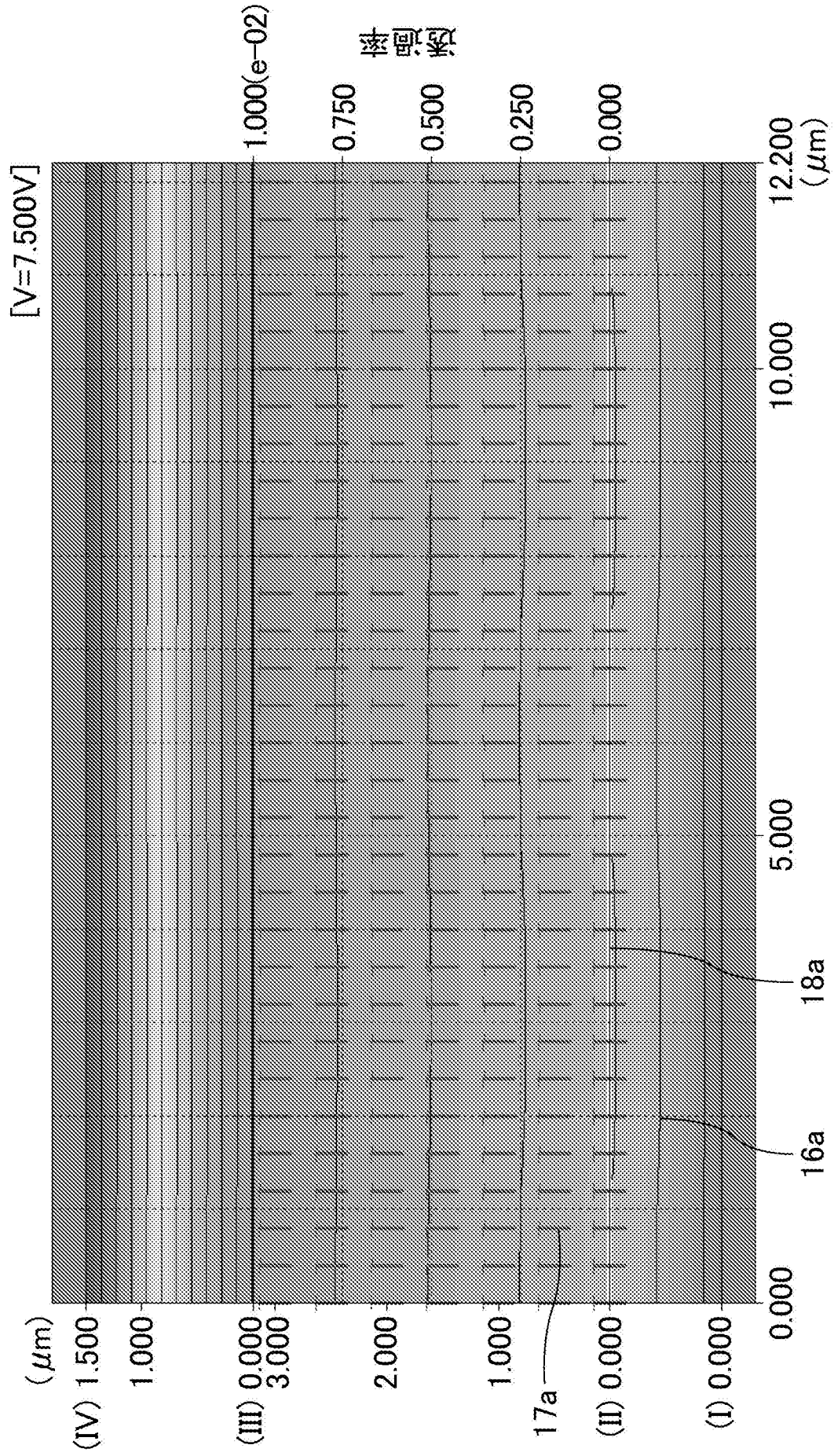
2



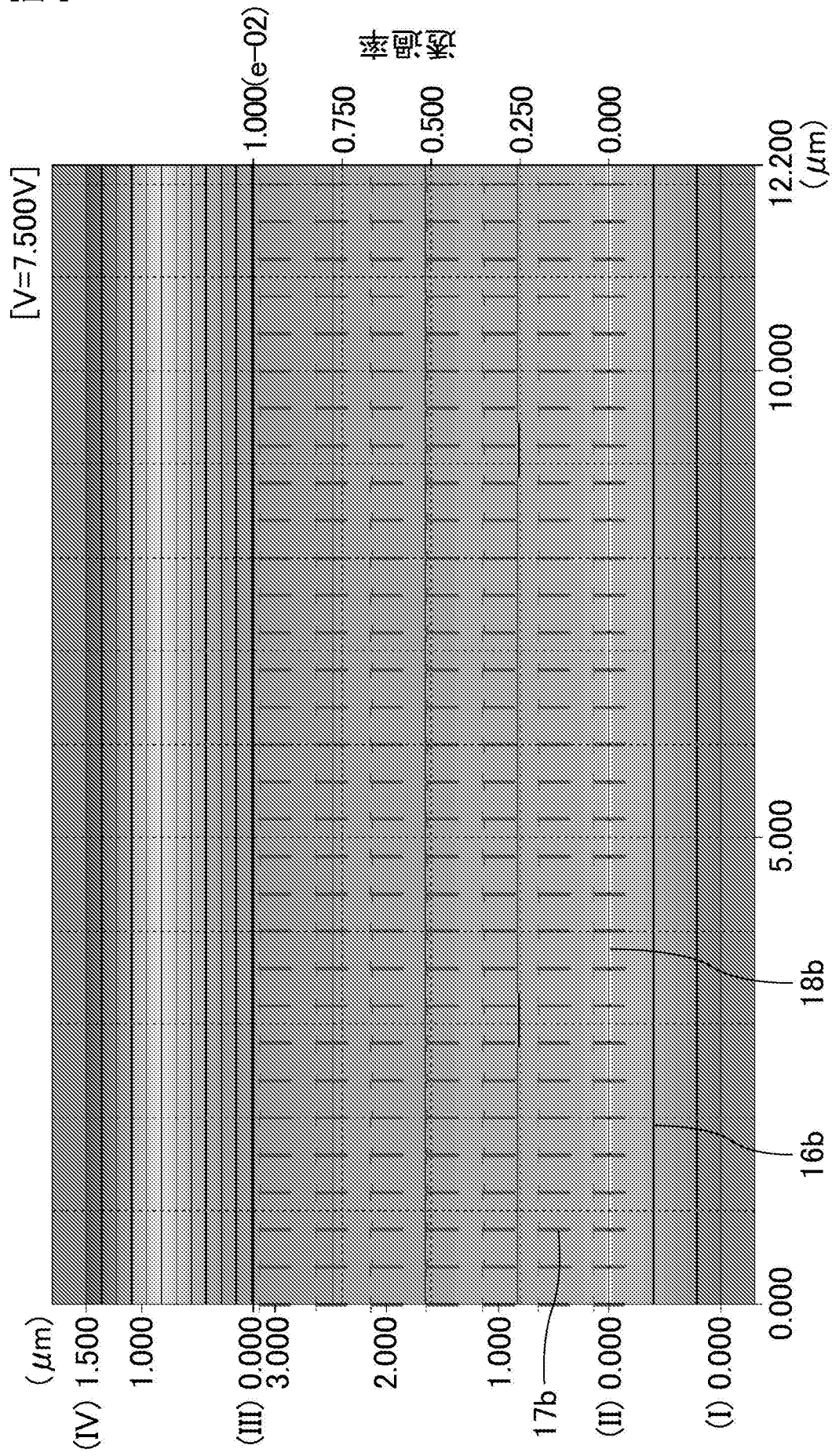
[図3]



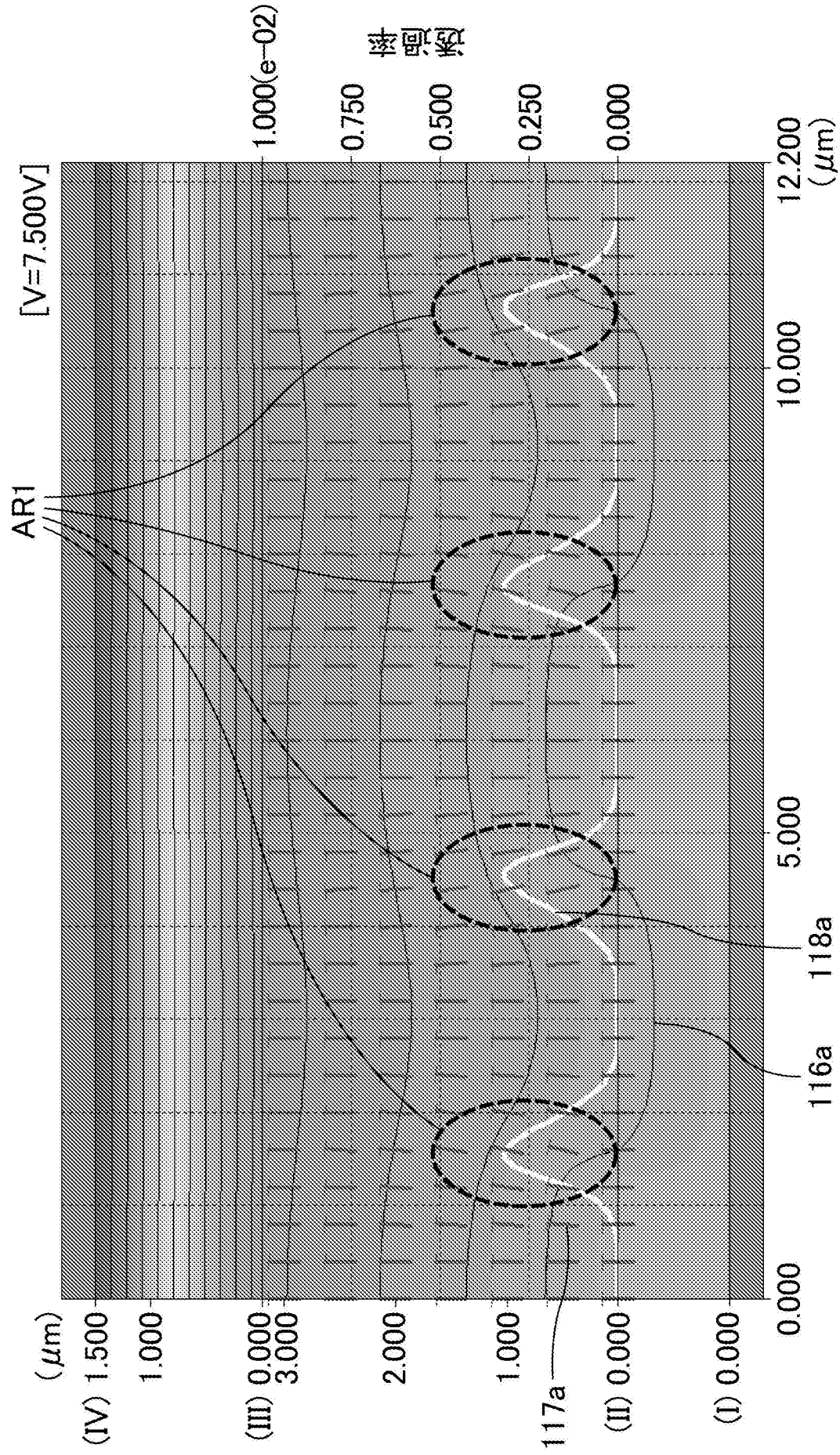
[図4]



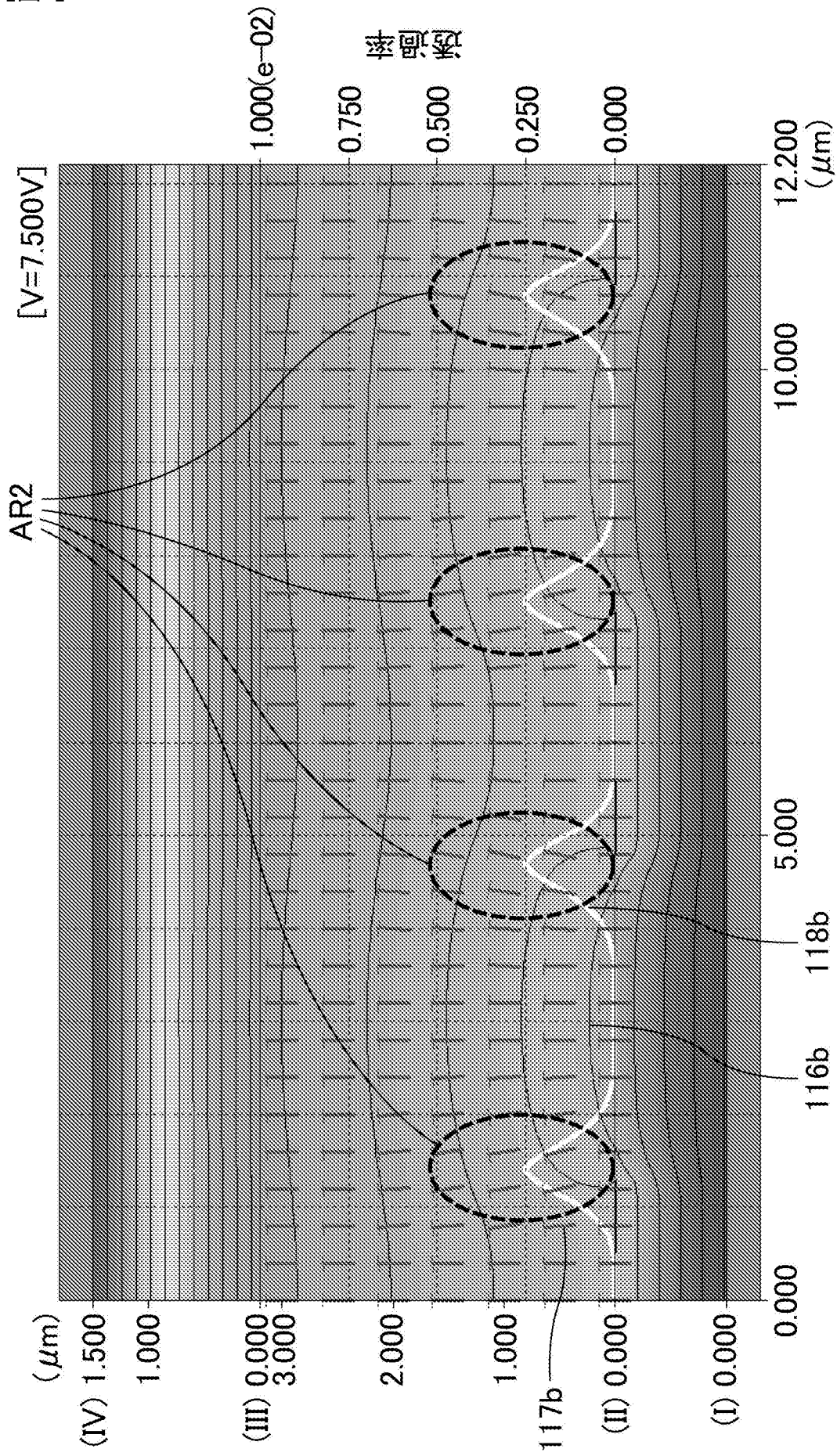
[図5]



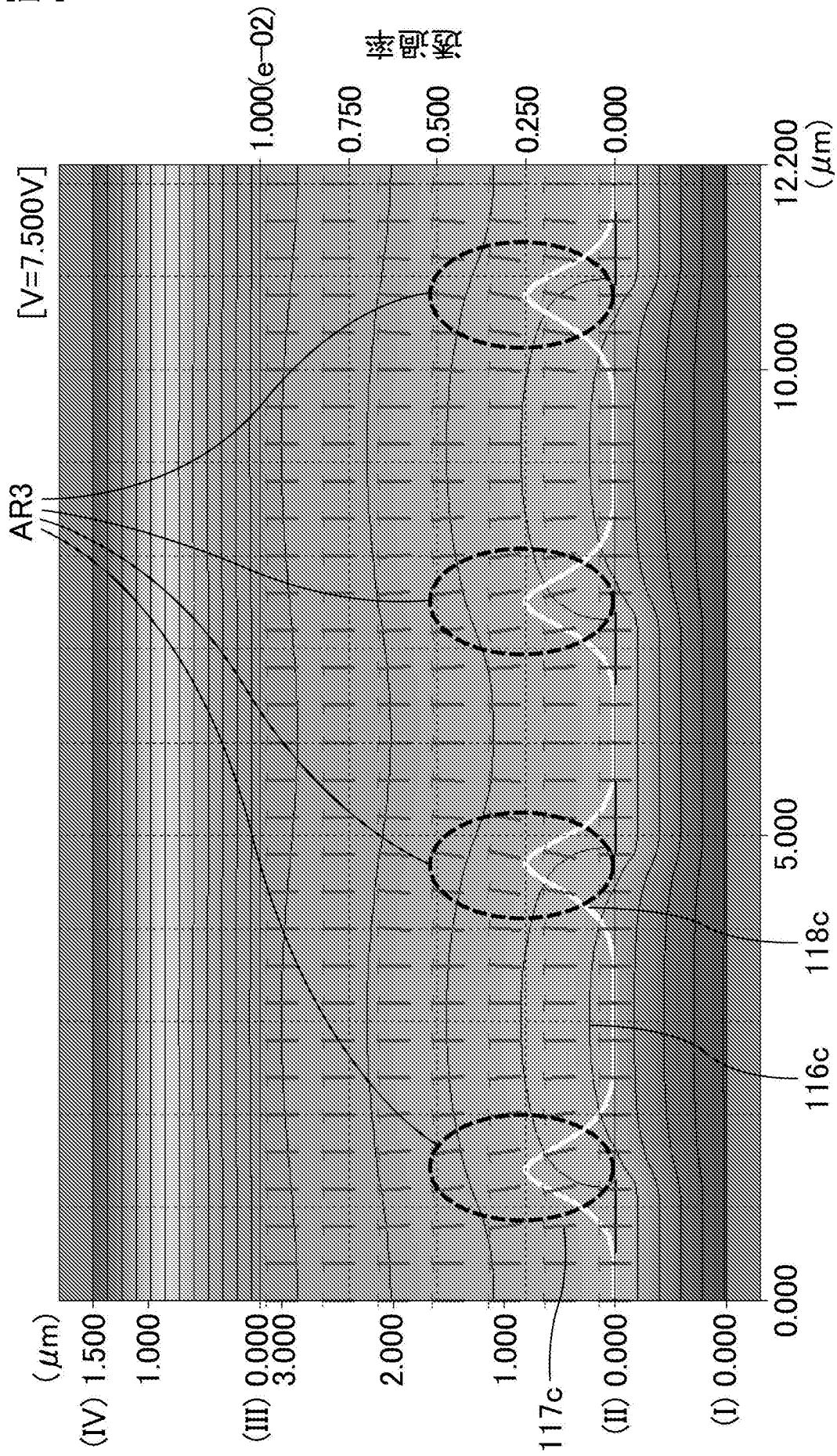
[図6]



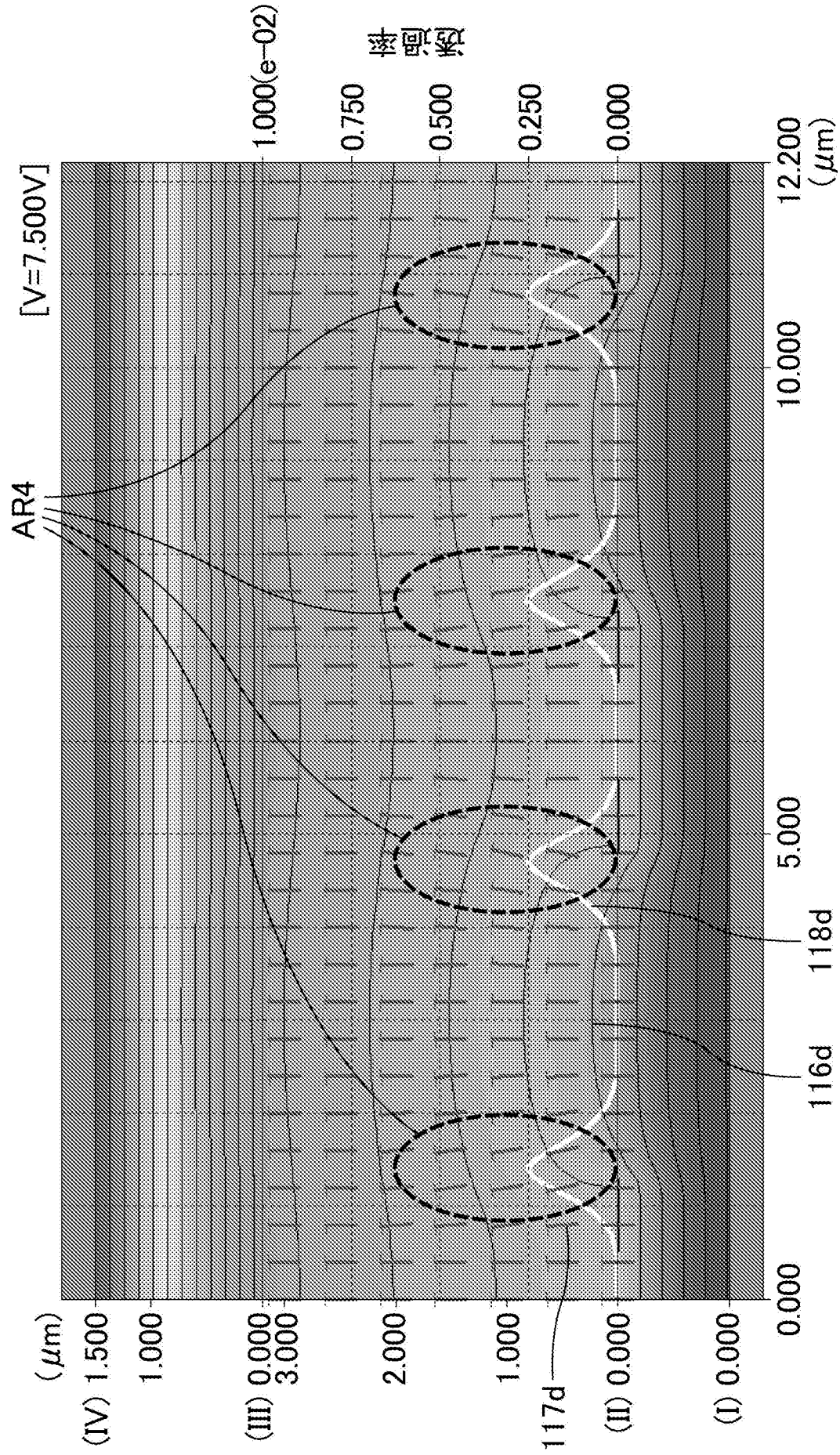
[図7]



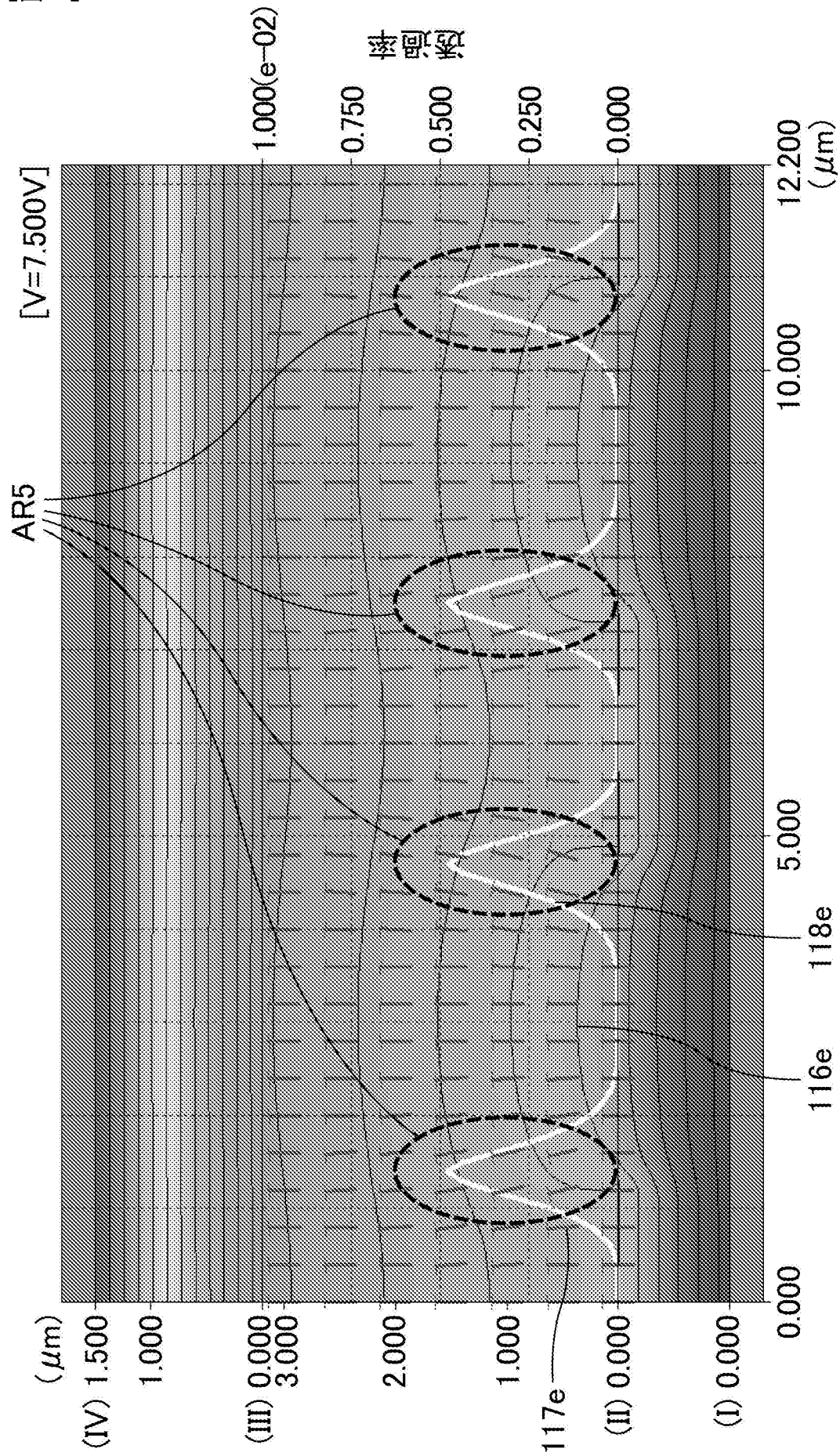
[図8]



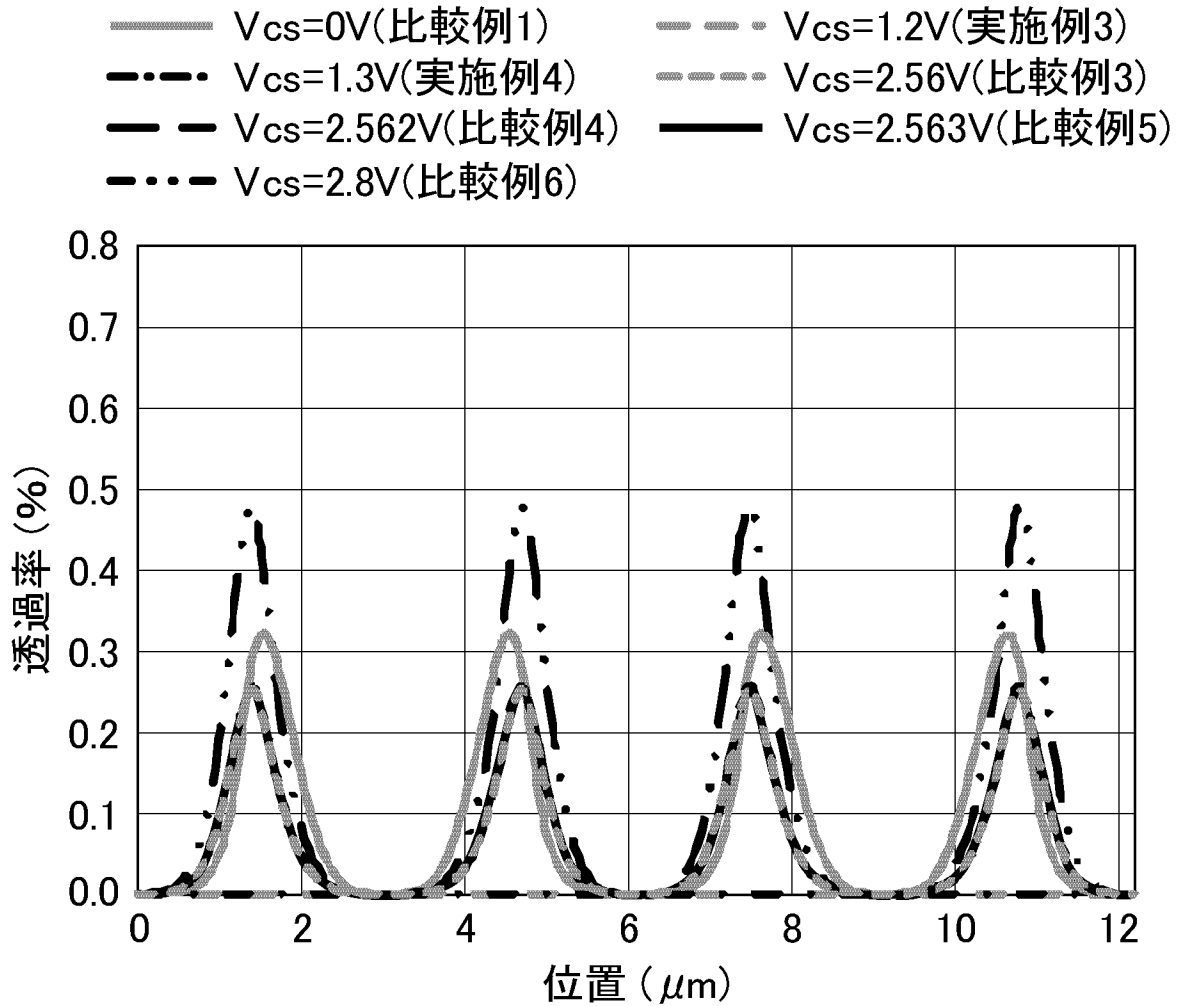
[図9]



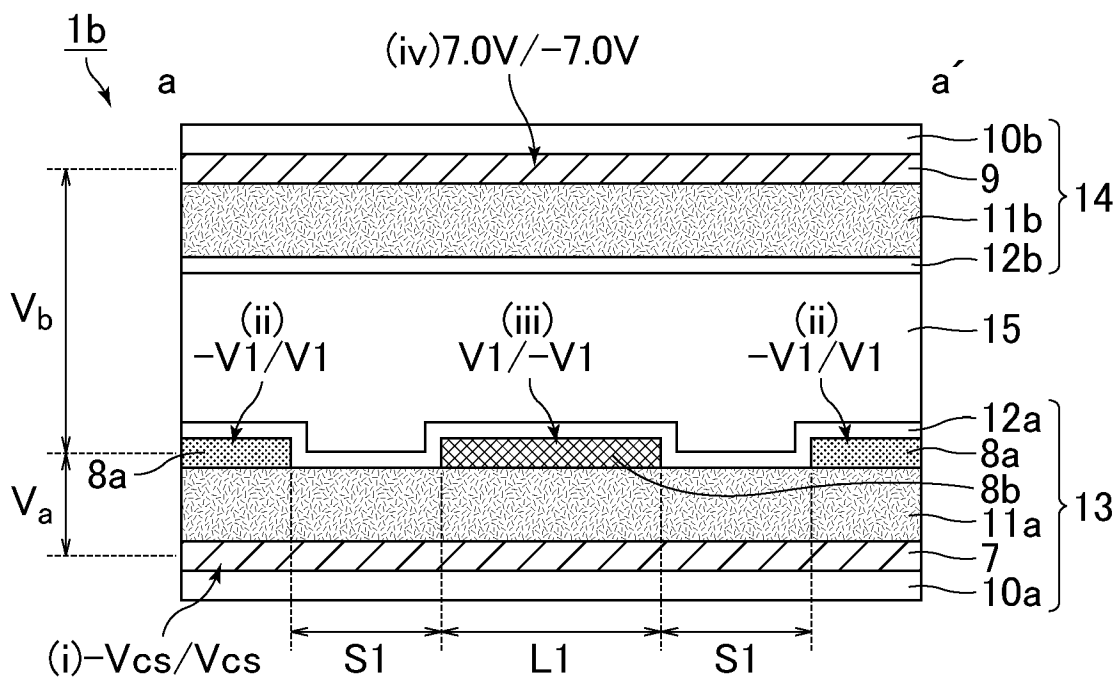
[図10]



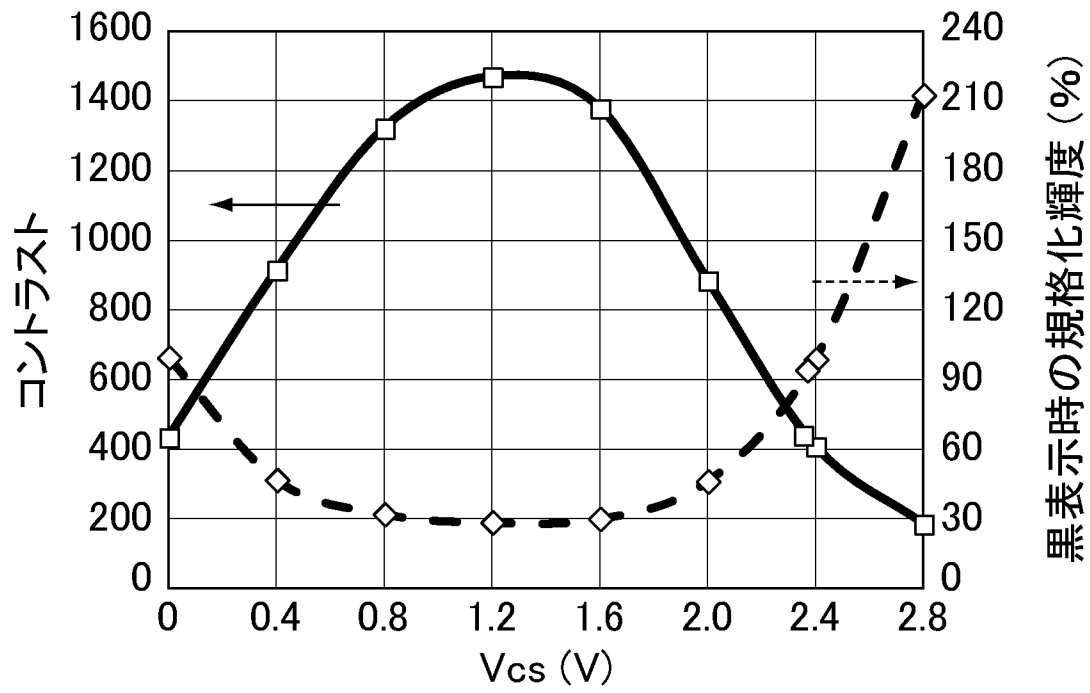
[図11]



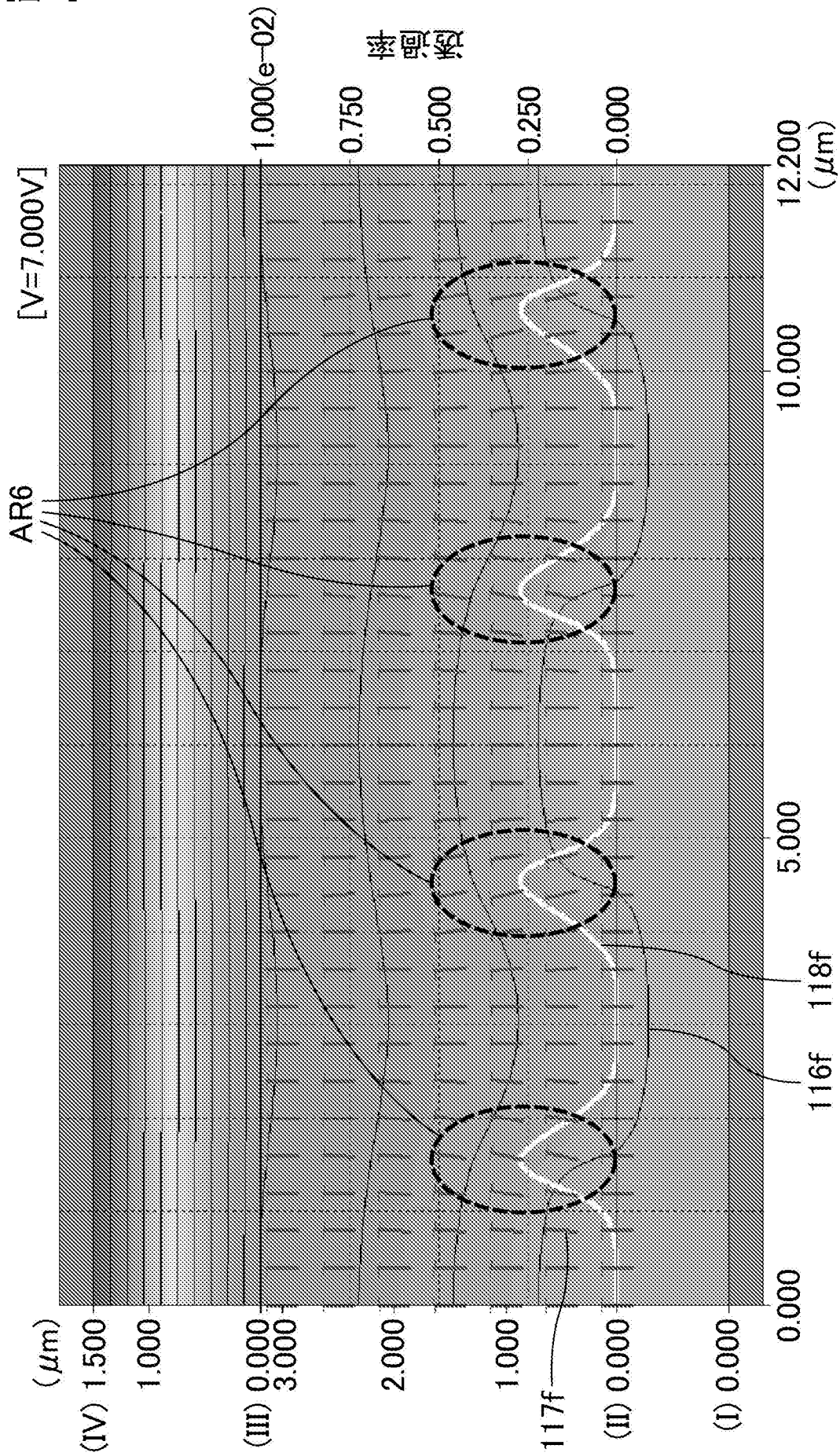
[図12]



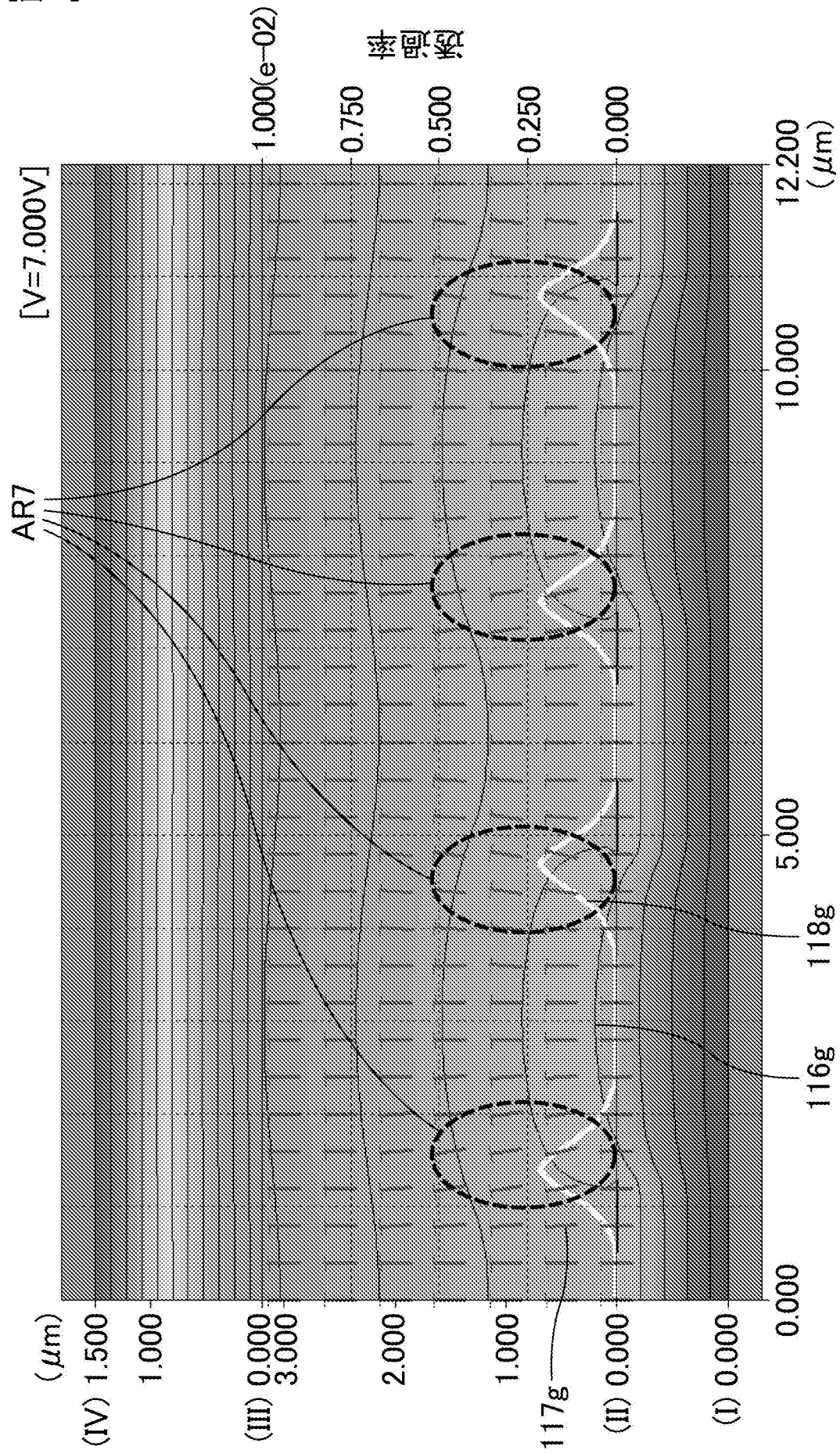
[図13]



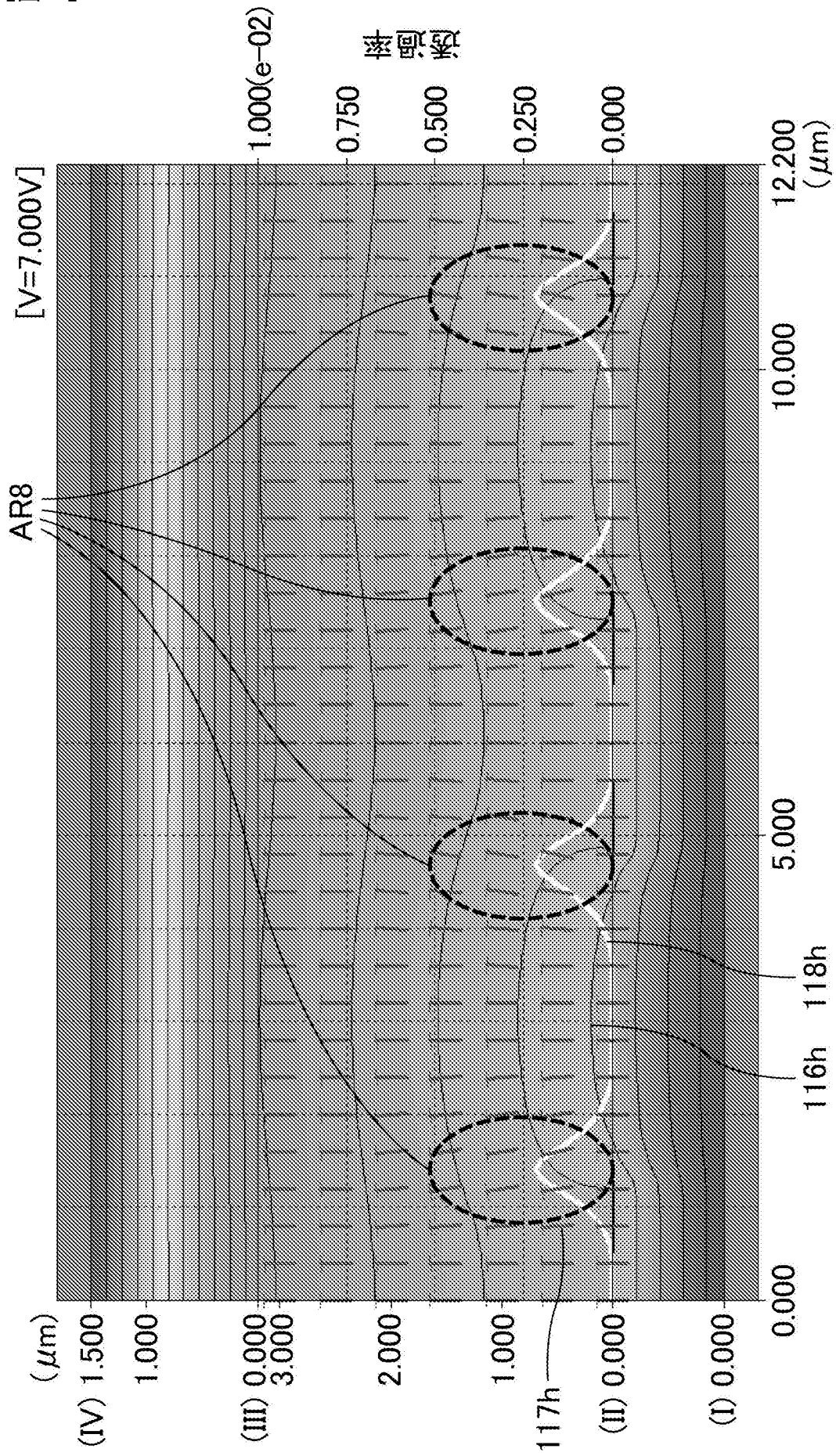
[図14]



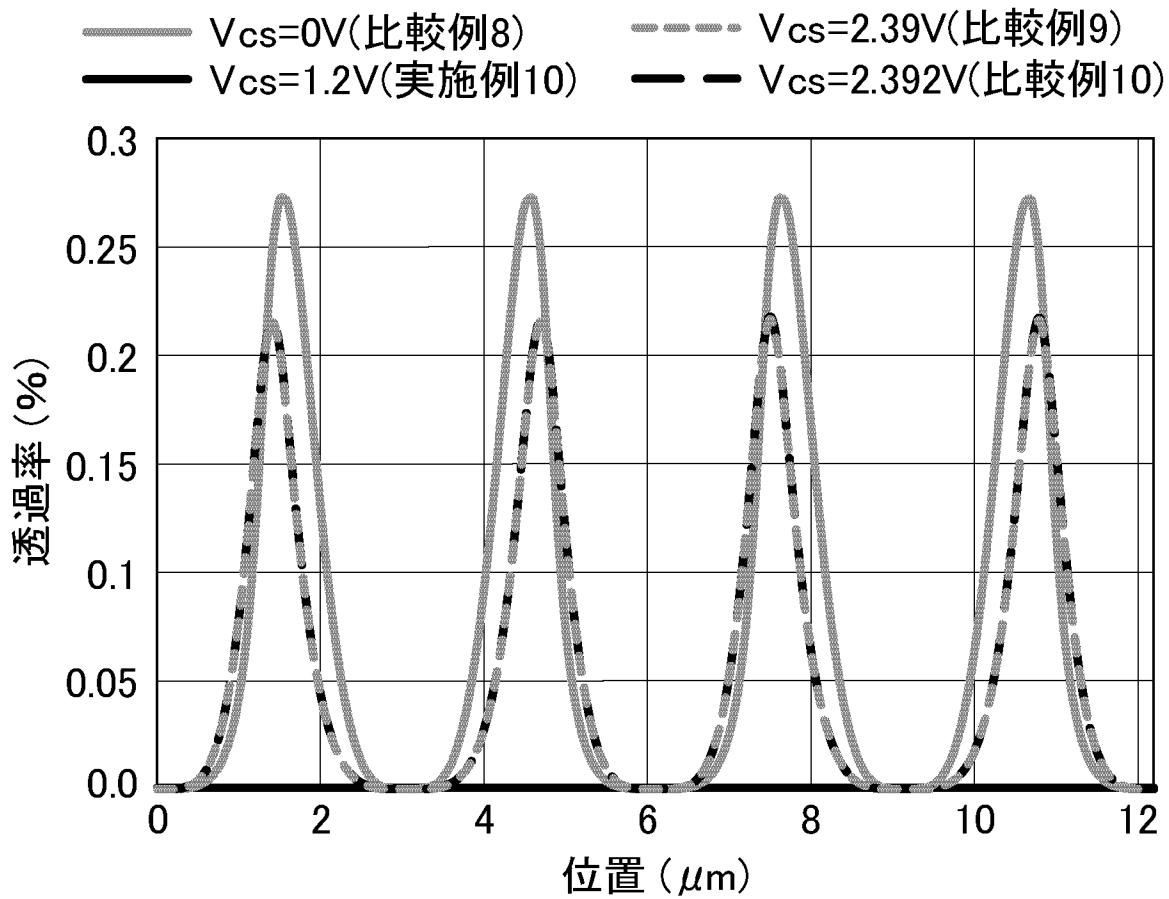
[図15]



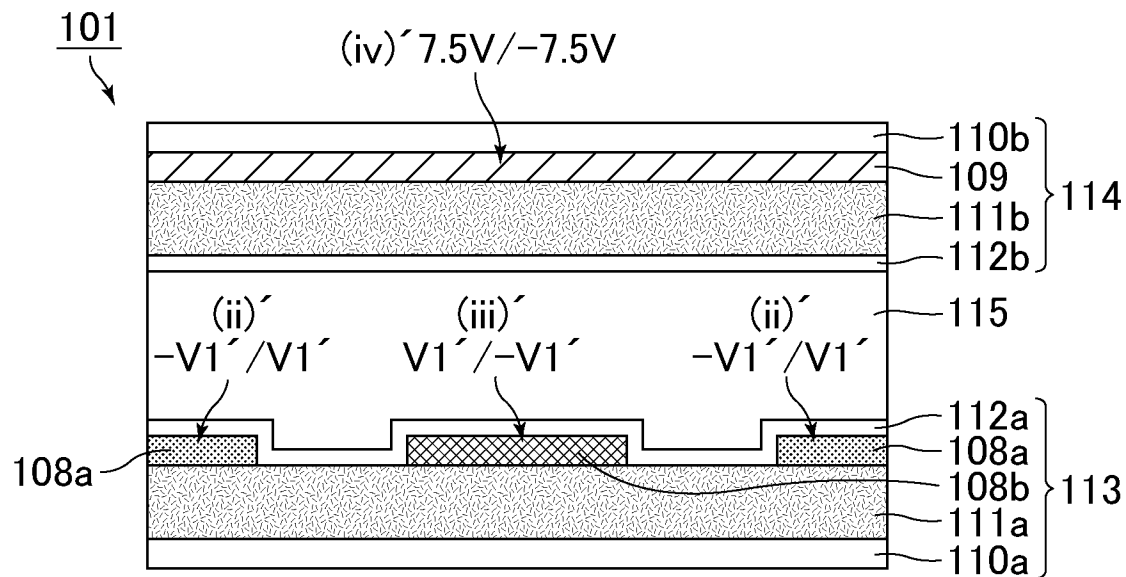
[図16]



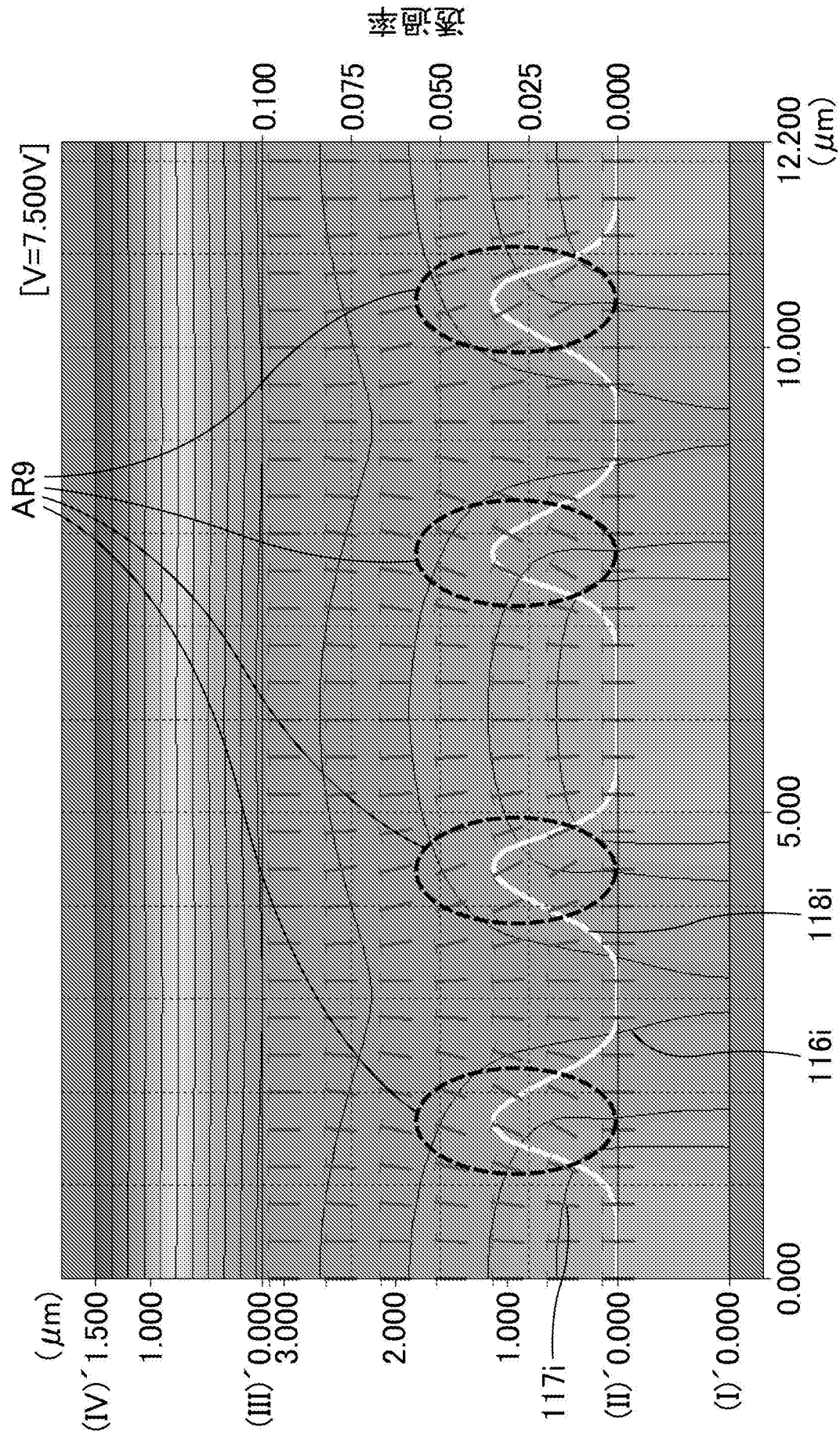
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069546

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/1343(2006.01)i, G02F1/133(2006.01)i, G02F1/1368(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)

G02F1/1343, G02F1/133, G02F1/1368

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.
X Y	WO 2013/054745 A1 (Sharp Corp.), 18 April 2013 (18.04.2013), paragraphs [0011] to [0014], [0058] to [0067], [0073] to [0075], [0097]; fig. 3 to 5, 8 to 9, 21 to 22, 27 (Family: none)	1-3, 5 4
Y	JP 2000-356786 A (NEC Corp.), 26 December 2000 (26.12.2000), paragraph [0102] & US 6469765 B1 & KR 10-2001-0039664 A	4

☐ 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
22 September, 2014 (22.09.14)

Date of mailing of the international search report
07 October, 2014 (07.10.14)

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. G02F1/1343(2006.01)i, G02F1/133(2006.01)i, G02F1/1368(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. G02F1/1343, G02F1/133, G02F1/1368

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
X Y	W0 2013/054745 A1（シャープ株式会社）2013.04.18, [0011]-[0014]、[0058]-[0067]、[0073]-[0075]、[0097]、 [図3]-[図5]、[図8]-[図9]、[図21]-[図22]、[図27] （ファミリーなし）	1-3, 5 4
Y	JP 2000-356786 A（日本電気株式会社）2000.12.26, 【0102】 & US 6469765 B1 & KR 10-2001-0039664 A	4

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 2 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 7 . 1 0 . 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）

弓指 洋平

2 L

5 0 6 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3293