

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5335907号
(P5335907)

(45) 発行日 平成25年11月6日 (2013. 11. 6)

(24) 登録日 平成25年8月9日 (2013. 8. 9)

(51) Int. Cl.

F I

GO 2 F 1/1337 (2006. 01)

GO 2 F 1/1337 5 2 5

GO 2 F 1/1368 (2006. 01)

GO 2 F 1/1368

請求項の数 7 (全 73 頁)

(21) 出願番号	特願2011-515856 (P2011-515856)	(73) 特許権者	000005049
(86) (22) 出願日	平成22年4月27日 (2010. 4. 27)		シャープ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/003007		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(87) 国際公開番号	W02010/137235	(74) 代理人	110000338
(87) 国際公開日	平成22年12月2日 (2010. 12. 2)		特許業務法人原謙三国際特許事務所
審査請求日	平成23年4月14日 (2011. 4. 14)	(72) 発明者	村田 充弘
(31) 優先権主張番号	特願2009-131558 (P2009-131558)		日本国大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
(32) 優先日	平成21年5月29日 (2009. 5. 29)	(72) 発明者	神崎 修一
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		日本国大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2010-28174 (P2010-28174)	(72) 発明者	石原 將市
(32) 優先日	平成22年2月10日 (2010. 2. 10)		日本国大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶パネルおよびその製造方法並びに液晶表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液晶層を挟んで対向する一対の基板における一方の基板に、絶縁層を介して上層電極と下層電極とが重畳して設けられており、

上記液晶層は、電界無印加時に液晶分子が垂直配向し、

上記上層電極は、第1および第2の櫛歯状電極からなり、上記第1の櫛歯状電極は画素電極であり、

上記液晶層を、隣り合う第1および第2の櫛歯状電極間に発生する電界で駆動するとともに、

画素電極である上記第1の櫛歯状電極に6Vの電圧を印加し、上記画素電極以外の電極である上記第2の櫛歯状電極および下層電極を0Vとしたときに、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から0.1μmの位置での電気エネルギーの平均が、0.44J/m³以上であり、

上記絶縁層の比誘電率が3.3であり、隣り合う第1および第2の櫛歯状電極間の間隔が12.0μm以下であり、上記絶縁層の厚さが0.1μm以上、2.8μm以下であることを特徴とする液晶パネル。

【請求項 2】

液晶層を挟んで対向する一対の基板における一方の基板に、絶縁層を介して上層電極と下層電極とが重畳して設けられており、

上記液晶層は、電界無印加時に液晶分子が垂直配向し、

10

20

上記上層電極は、第 1 および第 2 の櫛歯状電極からなり、上記第 1 の櫛歯状電極は画素電極であり、

上記液晶層を、隣り合う第 1 および第 2 の櫛歯状電極間に発生する電界で駆動するとともに、

画素電極である上記第 1 の櫛歯状電極に 6 V の電圧を印加し、上記画素電極以外の電極である上記第 2 の櫛歯状電極および下層電極を 0 V としたときに、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から $0.1 \mu\text{m}$ の位置での電気エネルギーの平均が、 0.44 J/m^3 以上であり、

上記絶縁層の比誘電率が $3.3 \sim 6.9$ であり、隣り合う第 1 および第 2 の櫛歯状電極間の間隔が $12.0 \mu\text{m}$ 以下であり、上記絶縁層の厚さが $0.1 \mu\text{m}$ 以上、 $1.8 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする液晶パネル。

10

【請求項 3】

液晶層を挟んで対向する一対の基板における一方の基板に、絶縁層を介して上層電極と下層電極とが重畳して設けられており、

上記液晶層は、電界無印加時に液晶分子が垂直配向し、

上記上層電極は、複数の櫛歯状電極からなるとともに画素電極であり、

上記液晶層を、上記上層電極と下層電極との間に発生する電界で駆動するとともに、

画素電極である上記上層電極に 6 V の電圧を印加し、上記画素電極以外の電極である上記下層電極を 0 V としたときに、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から $0.1 \mu\text{m}$ の位置での電気エネルギーの平均が、 0.44 J/m^3 以上であり、

20

上記絶縁層の比誘電率が 6.9 であり、上記上層電極において隣り合う櫛歯状電極間の間隔が $8.0 \mu\text{m}$ であり、上記絶縁層の厚さが $0.1 \mu\text{m}$ 以上、 $0.65 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする液晶パネル。

【請求項 4】

液晶層を挟んで対向する一対の基板における一方の基板に、絶縁層を介して上層電極と下層電極とが重畳して設けられており、

上記液晶層は、電界無印加時に液晶分子が垂直配向し、

上記上層電極は、複数の櫛歯状電極からなるとともに画素電極であり、

上記液晶層を、上記上層電極と下層電極との間に発生する電界で駆動するとともに、

画素電極である上記上層電極に 6 V の電圧を印加し、上記画素電極以外の電極である上記下層電極を 0 V としたときに、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から $0.1 \mu\text{m}$ の位置での電気エネルギーの平均が、 0.44 J/m^3 以上であり、

30

上記絶縁層の比誘電率が $3.3 \sim 6.9$ であり、上記上層電極において隣り合う櫛歯状電極間の間隔が $8.0 \mu\text{m}$ であり、上記絶縁層の厚さが $0.1 \mu\text{m}$ 以上、 $0.35 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする液晶パネル。

【請求項 5】

液晶層を挟んで対向する一対の基板における一方の基板に、絶縁層を介して上層電極と下層電極とが重畳して設けられており、

40

上記液晶層は、電界無印加時に液晶分子が垂直配向し、

上記上層電極は、複数の櫛歯状電極からなるとともに画素電極であり、

上記液晶層を、上記上層電極と下層電極との間に発生する電界で駆動するとともに、

画素電極である上記上層電極に 6 V の電圧を印加し、上記画素電極以外の電極である上記下層電極を 0 V としたときに、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から $0.1 \mu\text{m}$ の位置での電気エネルギーの平均が、 0.44 J/m^3 以上であり、

上記絶縁層の比誘電率が 6.9 であり、上記絶縁層の厚さが $0.1 \mu\text{m} \sim 0.3 \mu\text{m}$ であり、上記上層電極において隣り合う櫛歯状電極間の間隔が $6.0 \mu\text{m}$ 以上、 $12.0 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする液晶パネル。

50

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載の液晶パネルを備えていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 7】

液晶層を挟んで対向する一对の基板における一方の基板に、絶縁層を介して上層電極と下層電極とが重畳して設けられており、上記液晶層は、電界無印加時に液晶分子が垂直配向し、上記上層電極は、第 1 および第 2 の櫛歯状電極からなり、上記液晶層を、隣り合う第 1 および第 2 の櫛歯状電極間に発生する電界で駆動する液晶パネルの製造方法であって、

液晶層を挟んで対向する一对の基板における一方の基板に、絶縁層を介して、櫛歯状電極からなる上層電極と、下層電極とを重畳して形成するとともに、

上記第 1 の櫛歯状電極に 6 V の電圧を印加し、上記第 2 の櫛歯状電極および下層電極を 0 V としたときに、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から $0.1 \mu\text{m}$ の位置での電気エネルギーの平均が、 $0.44 \text{ J} / \text{m}^3$ 以上となるように、上記櫛歯状電極の電極間隔、絶縁層の膜厚、および絶縁層の比誘電率の組み合わせを決定することを特徴とする液晶パネルの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液晶パネルおよびその製造方法並びに液晶表示装置に関するものであり、より詳しくは、電圧無印加時に液晶分子が基板垂直方向に配向する垂直配向型の液晶セルに横電界を印加することで光の透過を制御する液晶パネルおよびその製造方法並びに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、各種表示装置のなかでも薄型で軽量かつ消費電力が小さいといった利点を有し、近年、CRT (Cathode Ray Tube) に代わって、TV (Television)、モニタ、携帯電話等のモバイル機器等の様々な分野で広く用いられている。

【0003】

液晶表示装置の表示方式は、液晶セル内で液晶をどのように配列させるかによって決定される。

【0004】

液晶表示装置の表示方式の一つとして、従来、MVA (Multi-domain Vertical Alignment) モードの液晶表示装置が知られている。MVA モードは、アクティブマトリクス基板の画素電極にスリットを設けるとともに、対向基板の対向電極に液晶分子配向制御用の突起 (リブ) を設け、これによって垂直方向の電界を加え、リブやスリットで配向方向を規制しながら液晶分子の配向方向を複数方向に配設させる方式である。

【0005】

MVA モードの液晶表示装置は、電界印加時に液晶分子が倒れる方向を複数に分割することによって、広視野角を実現している。また、垂直配向モードであるため、IPS (In-Plane Switching) モード等の水平配向モードに比べて高コントラストを得ることができる。しかしながら、製造工程が複雑であるという欠点を有している。

【0006】

そこで、MVA モードのプロセス課題を解決すべく、電圧無印加時に液晶分子が基板垂直方向に配向する垂直配向型の液晶セル (垂直配向セル) に櫛歯状電極を使用し、基板面に平行な電界 (いわゆる横電界) を印加する表示方式が提案されている (例えば、特許文献 1 参照)。

【0007】

上記表示方式では、垂直配向による高コントラスト性を保ちながら横電界により駆動させることで液晶分子の配向方位を規定する。上記表示方式は、MVA のような突起物によ

10

20

30

40

50

る配向制御が不要であるため、画素構成が単純であり、優れた視野角特性を有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】日本国公開特許公報「特開平10-186351号公報（1998年7月14日公開）」

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上記したように垂直配向型の液晶セルに横電界を印加する表示方式を用いた液晶パネルの典型的な構成について、図40を参照して以下に説明する。

【0010】

図40は、上記した垂直配向型の液晶セルに横電界を印加する表示方式を用いたときの該液晶セル内の液晶分子のダイレクタ分布を模式的に示す図である。

【0011】

図40に示すように、上記表示方式を用いた液晶パネル102は、液晶層130を挟んで対向する一对の基板110・120における一方の基板110に、画素電極および共通電極として、一对の櫛歯状電極112・113が設けられた構成を有している。

【0012】

このような液晶パネル102においては、典型的に、ガラス基板111上に、一对の櫛歯状電極112・113が設けられ、これら一对の櫛歯状電極112・113を覆うように、配向膜として、図示しない垂直配向膜が設けられる。

【0013】

このような液晶パネル102においては、図40に示すように、上記一对の櫛歯状電極112・113間に横電界を印加することで、液晶分子131のダイレクタ分布が、櫛歯状電極による電極ラインの中央部分を中心に対称構造を有し、セル内に弓なり状（バンド状）の液晶配向分布が形成される。このため、液晶分子131が、電源OFF時は上記したように垂直配向し、電源ON時には、自己ダイレクタが電極ラインの中央部分を中心に対称補償するように配列する。

【0014】

したがって、上記表示方式は、バンド配向に基づく高速応答性、自己ダイレクタの相殺補償型配列による広視野角、垂直配向に起因する高コントラストを実現することができる。

【0015】

しかしながら、その反面、上記表示方式は、駆動電圧が高いという問題点を有している。

【0016】

さらに、上記表示方式に特有の課題として、櫛歯状電極112・113上は液晶分子131が動作せず、暗線が形成されるため、開口率が低く、透過率が低いという問題がある。

【0017】

透過率を高くするには、電極ライン上の配向スペースを大きくとる必要があり、誘電率異方性（ $\Delta\epsilon$ ）が高い液晶材料を使用する必要がある。

【0018】

しかしながら、誘電率異方性（ $\Delta\epsilon$ ）が高い液晶材料は、相対的に粘性が高く、このような液晶材料を使用すると、液晶層130の粘性が増加し、高速応答することができない。

【0019】

このため、透過率を高めるためには、電圧の印加により位相差をできるだけ大きくする必要がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

しかしながら、上記表示方式では、上記したように表示面内一様に液晶分子 1 3 1 が回転しない。また、表示領域内に形成される多数の暗線が一種の壁となり、液晶分子の回転が規制される。このため、通常の駆動電圧では、十分な位相差が発現されない。

【 0 0 2 1 】

したがって、上記表示方式においては、低電圧化は困難である。また、上記表示方式においては、低電圧化と高透過率とを両立することは極めて困難である。

【 0 0 2 2 】

このため、これまで、上記表示方式において低電圧化のための提案は行われていない。また、上記表示方式においては、実用的な駆動電圧による駆動が困難であることから、上記した利点を有しながらも、上記表示方式を用いた液晶パネル並びに液晶表示装置は、未だ実用化されていないのが現状である。

10

【 0 0 2 3 】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、上記したように垂直配向セルに横電界を印加する表示方式を用いた液晶パネルおよび液晶表示装置において駆動電圧を従来よりも低減することにある。

【 0 0 2 4 】

また、本発明のさらなる目的は、上記した表示方式を用いた液晶パネルおよび液晶表示装置において、駆動電圧の低減並びに透過率の向上を図ることにある。

【 0 0 2 5 】

20

また、本発明のさらなる目的は、垂直配向セルに横電界を印加する表示方式を用いた、駆動電圧が低い液晶パネル、さらには、透過率が高い液晶パネルを製造する方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 6 】

上記した状況のもと、本願発明者らは、上記表示方式を用いた液晶パネル並びに液晶表示装置において、低電圧化、さらには透過率を高く保持したままで低電圧化できる、特別の条件をシミュレーションおよび実験により見出した。この結果、本願発明者らは、上記表示方式を用いた液晶パネル並びに液晶表示装置の低電圧化に成功した。

【 0 0 2 7 】

30

すなわち、本発明にかかる液晶パネルは、上記課題を解決するために、液晶層を挟んで対向する一対の基板における一方の基板に、絶縁層を介して上層電極と下層電極とが重畳して設けられており、上記上層電極は、櫛歯状電極からなり、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から $0.1 \mu\text{m}$ の位置での平均の電気エネルギーが、 $0.44 \text{ J} / \text{m}^3$ 以上であることを特徴としている。

【 0 0 2 8 】

また、本発明にかかる液晶表示装置は、上記液晶パネルを備えていることを特徴としている。

【 0 0 2 9 】

40

また、本発明にかかる液晶パネルの製造方法は、上記課題を解決するために、液晶層を挟んで対向する一対の基板における一方の基板に、絶縁層を介して、櫛歯状電極からなる上層電極と、下層電極とを重畳して形成するとともに、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から $0.1 \mu\text{m}$ の位置での平均の電気エネルギーが、 $0.44 \text{ J} / \text{m}^3$ 以上となるように、上記櫛歯状電極の電極間隔、絶縁層の膜厚、絶縁層の比誘電率、および駆動方式の組み合わせを決定することを特徴としている。

【発明の効果】

【 0 0 3 0 】

本発明にかかる液晶パネルおよび液晶表示装置は、垂直配向による高コントラスト性を

50

保ちながら、基板面に平行な、いわゆる横電界により駆動させることで、単純な画素構成によって、高速応答性、広視野角特性、並びに高コントラスト特性を実現することができる。

【0031】

また、上記液晶パネルおよび液晶表示装置は、絶縁層を介して上層電極と下層電極とが重畳して設けられていることで、上記櫛歯状電極上に位置する液晶分子を駆動することができる。このため、上記下層電極を備えていない液晶パネルよりも開口率を大きくすることができる。

【0032】

さらに、最も特筆すべきは、上記電気エネルギーを 0.44 J/m^3 以上とすることで、液晶分子の立ち上がり電圧を低減することができ、従来、困難とされてきた、垂直配向セルに横電界を印加する表示方式において、駆動電圧を低減することができた。さらには、駆動電圧の低減並びに透過率の向上を同時に実現することができた。

【0033】

したがって、本発明によれば、高速応答性、広視野角特性、並びに高コントラスト特性を有し、かつ、実用的な駆動電圧で駆動が可能で、さらには、透過率が高い液晶パネルおよびその製造方法並びに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】

【0034】

【図1】本発明の実施の一形態にかかる液晶パネルの要部の概略構成を模式的に示す断面図である。

【図2】本発明の実施の一形態にかかる液晶表示装置の概略構成を模式的に示す断面図である。

【図3】図1に示す液晶セル内の液晶分子のダイレクタ分布を示す図である。

【図4】(a)は、実施例1における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b)は、(a)で上層電極における第1の櫛歯状電極に6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c)は、電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す平面図である。

【図5】(a)は、実施例2における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b)は、(a)で上層電極における第1の櫛歯状電極および第2の櫛歯状電極にそれぞれ6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c)は、電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す平面図である。

【図6】(a)は、実施例3における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b)は、(a)で上層電極における第1の櫛歯状電極および第2の櫛歯状電極にそれぞれ6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c)は、電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す平面図である。

【図7】(a)は、実施例4における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b)は、(a)で上層電極における第1の櫛歯状電極に6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c)は、電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す平面図である。

【図8】(a)は、実施例5における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b)は、(a)で上層電極における第1の櫛歯状電極および第2の櫛歯状電極にそれぞれ6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c)は、電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す平面図である。

【図9】(a)は、実施例6における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b)は、(a)で上層電極における第1の櫛歯状電極に6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c)は、電源

10

20

30

40

50

【図 10】(a)は、実施例 7 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b)は、(a)で上層電極における第 1 の櫛歯状電極および第 2 の櫛歯状電極にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c)は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

10

20

30

40

50

50

50

50

50

50

【図 2 1】(a)は、実施例 1 4 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b)は、(a)で上層電極における第 1 の櫛歯状電極および第 2 の櫛歯状電極にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c)は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状

態を示す平面図である。

【図 2 2】(a) は、比較例 5 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極および第 2 の櫛歯状電極にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率および等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 2 3】(a) は、比較例 6 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極および第 2 の櫛歯状電極にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率および等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 2 4】(a) は、比較例 7 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極および第 2 の櫛歯状電極にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率および等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 2 5】(a) は、比較例 8 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極および第 2 の櫛歯状電極にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率および等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 2 6】(a) は、実施例 1 5 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 2 7】(a) は、比較例 9 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 2 8】(a) は、実施例 1 6 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 2 9】(a) は、実施例 1 7 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極および第 2 の櫛歯状電極にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 3 0】(a) は、実施例 1 8 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極および第 2 の櫛歯状電極にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 3 1】(a) は、実施例 1 9 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極および第 2 の櫛歯状電極にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 3 2】(a) は、実施例 2 0 における上層電極および下層電極への電圧印加条件を示す図であり、(b) は、(a) で上層電極における第 1 の櫛歯状電極に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子のダイレクタ分布、等電位曲線を示す図であり、(c) は、電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す平面図である。

【図 3 3】 F F S 駆動を用いた場合の電気エネルギー E L と絶縁層の厚さ d との関係を示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 3 4】 櫛歯駆動を用いた場合の電気エネルギー E_L と絶縁層の厚さ d との関係を示すグラフである。

【図 3 5】 FFS 駆動を用いた場合の電気エネルギー E_L と電極間隔 S との関係を示すグラフである。

【図 3 6】 櫛歯駆動を用いた場合の電気エネルギー E_L と電極間隔 S との関係を示すグラフである。

【図 3 7】 開口率と電極間隔 S との関係を示すグラフである。

【図 3 8】 各駆動方式を用いたときの実質透過率と電極間隔 S との関係を示すグラフである。

【図 3 9】 本発明の実施の他の形態にかかる液晶パネルの要部の概略構成を模式的に示す断面図である。

10

【図 4 0】 従来の垂直配向型の液晶セルに横電界を印加する表示方式を用いたときの該液晶セル内の液晶分子のダイレクタ分布を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0035】

本発明の一実施形態について図 1 ないし図 4 0 に基づいて説明すれば以下の通りである。

【0036】

図 2 は、本実施の形態にかかる液晶表示装置の概略構成を模式的に示す断面図である。

【0037】

20

本実施の形態にかかる液晶表示装置 1 は、図 2 に示すように、液晶パネル 2（液晶表示素子）、駆動回路 3、およびバックライト 4（照明装置）を備えている。上記駆動回路 3 およびバックライト 4 の構成は従来と同じである。したがって、これらの構成については、その説明を省略する。

【0038】

図 1 は、上記液晶パネル 2 の要部の概略構成を模式的に示す断面図である。また、図 3 は、図 1 に示す液晶セル内の液晶分子のダイレクタ分布を示す図である。

【0039】

図 1 および図 2 に示すように、本実施の形態にかかる液晶パネル 2 は、電極基板および対向基板として、互いに対向して設けられた一対の基板 10・20 を備えている。これら一対の基板 10・20 間には、表示用の媒質層として液晶層 30 が挟持されている。

30

【0040】

また、上記一対の基板 10・20 のうち少なくとも一方の基板、つまり、少なくとも観察者側の基板は、絶縁基板（液晶層保持部材、ベース基板）として、ガラス基板等の透明基板を備えている。また、上記一対の基板 10・20 における他方の基板との対向面には、いわゆる垂直配向膜と称される配向膜 15・22 がそれぞれ設けられている。

【0041】

垂直配向膜は、電界無印加時に液晶層の液晶分子を基板面に垂直に配向させる配向膜である。なお、上記「垂直」には、「略垂直」も含まれる。

【0042】

40

上記基板 10（第 1 の基板、電極基板）としては、例えば、 TFE アレイ基板等のアレイ基板を用いることができる。一方、基板 20（第 2 の基板、対向基板）としては、例えば、カラーフィルタ基板等を用いることができる。

【0043】

すなわち、上記基板 10 は、図示しない TFE 等を備えていてもよい。また、上記基板 20 は、上記配向膜 22 の他に、図示しないカラーフィルタ（ CF ）を備えていてもよい。しかしながら、本実施の形態は、これに限定されるものではない。

【0044】

また、上記基板 10・20 が、図示しないアンダーコート膜やオーバーコート膜等を備えていてもよいことは言うまでも無い。

50

【 0 0 4 5 】

以下、表示面側（観察者側の基板）を上側の基板とし、他方の基板を下側の基板として説明する。また、図 1 および図 2 では、基板 1 0 を下側の基板として説明するが、本実施の形態はこれに限定されるものではない。

【 0 0 4 6 】

上記基板 1 0 は、上層電極 1 4 と下層電極 1 2 とが、絶縁層 1 3 を介して重畳配置された構成を有している。なお、本実施形態において、「上層電極」とは、上記配向膜 2 2 を介して液晶層 3 0 と隣り合う、液晶層 3 0 側の電極を示し、「下層電極」とは、ベース基板であるガラス基板 1 1 側の電極を示す。

【 0 0 4 7 】

具体的には、上記基板 1 0 は、ガラス基板 1 1 上に、下層電極 1 2、絶縁層 1 3、上層電極 1 4、配向膜 1 5 が、この順に設けられた構成を有している。

【 0 0 4 8 】

上記下層電極 1 2 はベタ状の電極であり、ガラス基板 1 1 上に、上記基板 1 0 における表示領域（すなわち、シール剤 3 4 で囲まれた領域）を覆うように、ガラス基板 1 1 における基板 2 0 との対向面のほぼ全面に渡って形成されている。上記下層電極 1 2 は、共通電極として機能する。

【 0 0 4 9 】

上記絶縁層 1 3 は、上記下層電極 1 2 を覆うように、上記下層電極 1 2 上に形成されている。

【 0 0 5 0 】

上記上層電極 1 4 は、櫛歯状電極である。本実施形態では、上記液晶パネル 2 は、後述する実験において駆動方法を切り替えることができるように、互いに隣り合う櫛歯状電極 1 4 A（第 1 の櫛歯状電極）と、櫛歯状電極 1 4 B（第 2 の櫛歯状電極）とが互いに独立して駆動可能に設けられている。

【 0 0 5 1 】

上記櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B は、それぞれ、直線状であってもよく、V 字状あるいはジグザグ状に形成されていてもよい。

【 0 0 5 2 】

上記本実施の形態では、互いに独立して駆動可能に設けられた櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B は、それぞれの幹電極（幹ライン）から延びる枝電極（分岐ライン）同士が互いに噛み合うように交互に対向して配置されている。

【 0 0 5 3 】

しかしながら、本実施の形態は、これに限定されるものではなく、駆動方法に拘らず互いに隣り合う櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B が互いに独立して駆動可能に設けられている構成としてもよい。また、駆動方法として、後述する「櫛歯駆動」を用いる場合には、必ずしも 2 つの櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B を設ける必要はない。すなわち、上記上層電極 1 4 は、単一の櫛歯状電極であってもよい。

【 0 0 5 4 】

上記配向膜 1 5 は、上記櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B を覆うように、上記絶縁層 1 3 上に設けられている。

【 0 0 5 5 】

また、図 1 および図 2 に示すように、これら一対の基板 1 0・2 0 における上記液晶層 3 0 との対向面とは反対側の面には、偏光板 3 5・3 6 がそれぞれ設けられている。

【 0 0 5 6 】

また、上記基板 1 0・2 0 と偏光板 3 5・3 6 との間には、図 2 に示すように、必要に応じて位相差板 3 7・3 8 がそれぞれ設けられている。但し、上記位相差板 3 7・3 8 は、上記液晶パネル 2 の一方の面にのみ設けられていてもよい。また、正面透過光のみを利用する表示装置の場合には、位相差板 3 7・3 8 は必ずしも必須ではない。

【 0 0 5 7 】

上記液晶パネル 2 における液晶セル 5 は、例えば、図 1 に示すように、上記基板 10 と基板 20 とを、スペーサ 33 を介してシール剤 34 によって貼り合わせ、両基板 10・20 間の空隙に、液晶材料を含む媒質を封入することにより形成される。

【0058】

上記液晶材料は、p (ポジ) 型の液晶材料であってもよく、n 型 (ネガ) 型の液晶材料であってもよい。

【0059】

なお、本実施形態では、主に、図 2 並びに後述する実験例に示すように、上記液晶材料として、p 型の液晶材料を用いた場合を例に挙げて説明する。しかしながら、本実施の形態はこれに限定されるものではなく、上記液晶材料として n 型の液晶材料を用いた場合であっても、p 型の液晶材料を用いた場合と同様の原理により、同様の結果を得ることができる。

10

【0060】

また、本実施形態において、p 型液晶材料としては、例えば p 型ネマチック液晶材料を用いることができるが、本実施の形態はこれに限定されるものではない。

【0061】

上記液晶パネル 2 および液晶表示装置 1 は、電界の印加により、液晶セル 5 内に電界強度の分布を形成し、液晶材料のベンド配列を実現するものである。本実施の形態では、屈折率異方性 Δn の大きな液晶材料や誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ の大きな液晶材料が好適に使用される。このような p 型液晶材料としては、CN (シアノ) 系液晶材料 (カイラルネマチック系液晶材料) の他、F (フッ素) 系液晶材料が挙げられる。

20

【0062】

上記液晶パネル 2 は、上記液晶セル 5 に、上記したように位相差板 37・38 および偏光板 35・36 を貼り合わせるにより形成される。

【0063】

上記偏光板 35・36 は、例えば、上記偏光板 35・36 の透過軸が互いに直交し、かつ、櫛歯状電極 14A・14B が延伸される方向と偏光板 35・36 の透過軸とが 45° の角度をなすように配置される。

【0064】

以上のように、上記液晶パネル 2 は、共通電極と画素電極とが絶縁層を介して重畳配置される、いわゆる FFS (Fringe Field Switching) モードの表示方式を用いた液晶パネルの電極構成に類似の構成を有している。したがって、以下、上記構成を有する液晶パネルを、FFS 構造の液晶パネルと称する。

30

【0065】

しかしながら、本発明にかかる液晶パネル 2 は、単に電極構成に上記した FFS 構造を採用しているにすぎず、いわゆる FFS モードの液晶パネルとは、似て非なるものであり、全く別ものである。

【0066】

FFS モードは、電圧無印加時に、一对の基板間に挟まれた液晶分子の長軸方向が基板面に平行なホモジニアス配向している。これに対し、本発明にかかる液晶パネル 2 は、電圧無印加時に、図 1 に示すように、一对の基板 10・20 間に挟まれた液晶分子 31 の長軸方向が基板面に垂直なホメオトロピック配向を示している。このため、本発明にかかる液晶パネル 2 は、FFS モードとは、液晶分子の挙動が全く異なっている。

40

【0067】

また、櫛歯状電極の電極幅を L とし、電極間距離を S とし、セルギャップ (液晶層の厚み) を D とすると、FFS モードでは、電極間隔 S を電極幅 L やセルギャップ D よりも小さくしていわゆるフリンジ電界を生じさせることで表示を行っている。

【0068】

しかしながら、本実施の形態では、後述する実施例に示すように、電極間隔 S を電極幅 L やセルギャップ D よりも大きく設定している。但し、本発明において、液晶セル 5 全体

50

の透過率とセルギャップDとの間に必ずしも相関はない。このため、上記セルギャップDは、特に限定されない。

【0069】

本実施の形態では、上記したようにFFS構造を有する液晶パネル2を、2通りの駆動方法により駆動する。

【0070】

以下、配向膜15を介して液晶層30と隣り合う櫛歯状電極14A・14B間で駆動を行うものを「櫛歯駆動」と称し、上記櫛歯状電極14A・14Bと、絶縁層13を挟んで上記櫛歯状電極14A・14Bの下層に設けられた下層電極12との間で駆動を行うものを、「FFS駆動」と称する。

10

【0071】

上記液晶パネル2を櫛歯駆動する場合、上記櫛歯状電極14Aは、画素電極として機能し、櫛歯状電極14Bは、共通電極として機能する。なお、櫛歯駆動を行う場合には、下層電極12は0Vに設定される。

【0072】

また、上記液晶パネル2をFFS駆動する場合、上記櫛歯状電極14A・14Bは、それぞれ画素電極として機能し、下層電極12は、共通電極として機能する。

【0073】

本実施形態にかかる液晶パネル2は、上記したようにFFSモードとは全く異なる表示方式を用いたものである。

20

【0074】

しかしながら、上記液晶パネル2は、上記したようにFFS構造を有していることで、図40に示す、上記表示方式を用いた従来の液晶パネル102とは異なり、櫛歯状電極14A・14B間のみならず、櫛歯状電極14A・14B上の液晶分子31も駆動される。このため、図40に示す構造を有する液晶パネル102と比較して、開口率を大きくすることができるという利点を有している。

【0075】

また、本実施形態にかかる液晶パネル2は、上記したように、垂直配向モードにおいて横電界駆動を行うことで、電界印加により、図3に示すように、ベンド状（弓なり状）の電界が形成され、液晶分子31のダイレクタ方位が互いに180度異なる2つのドメインが形成される。液晶分子31は、液晶セル5内の電界強度分布、および界面からの束縛力に応じて配列する。これにより、広い視野角特性を得ることができる。

30

【0076】

なお、上記液晶分子31は、電圧印加により、ホメオトロピック配向からベンド配列へと連続的に変化する。通常の駆動においては、液晶層30は、図3に示すように常にベンド配列を呈し、階調間応答で高速応答が可能となる。

【0077】

また、上記液晶パネル2では、上記したように垂直配向による高コントラスト性を保ちながら横電界駆動することで液晶分子31の配向方位を規定している。このため、MVAモードのような突起物による配向制御が不要であり、単純な画素構成で優れた視野角特性を有している。

40

【0078】

したがって、上記液晶パネル2は、ベンド配向に基づく高速応答性、自己補償型配列による広視野角、垂直配向に起因する高コントラストを得ることができるという利点を有するとともに、構造がシンプルであり、製造が容易で、安価に製造することができるという利点を有している。

【0079】

本願発明者らは、上記したように、FFS構造を有し、かつ垂直配向型の液晶パネル2を横電界駆動することで、垂直配向型の液晶パネル2を横電界駆動する従来の液晶パネル102に対し、その優れた高速応答性、広視野角性、高コントラスト性を維持したまま、

50

開口率を向上させることができることを見出した。

【0080】

しかしながら、同時に、本願発明者らは、上記したように垂直配向型の液晶パネルを横電界駆動する表示方式を用いた液晶パネルにおいてFFS駆動を採用しただけでは、必ずしも低電圧化を実現することができるわけではないこともまた見出した。

【0081】

そこで、本願発明者らは、このように、FFS構造を有する液晶パネル2において、低電圧化の条件について、シミュレーションおよび実験を行った。

【0082】

この結果、上記FFS構造を有する液晶パネル2において、上記液晶層30を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極14A・14Bと重なる部分における、他方の基板20の表面から0.1 μ mの位置での平均の電気エネルギーを「電気エネルギーEL」とすると、該電気エネルギーELが、0.44J/m³(ジュール/立方メートル)以上となるように、上記絶縁層13の材質(比誘電率 ϵ)および電極幅L/電極間隔Sを選択・設定することで、駆動電圧の低減効果、さらには、透過率の向上効果を得ることができることを見出した。

10

【0083】

また、特に、FFS駆動を行う場合、上記電気エネルギーELが0.6J/m³以上となるように、上記絶縁層13の材質(比誘電率 ϵ)および厚さd、電極幅L/電極間隔Sを、選択・設定することで、駆動電圧の低減効果、さらには、透過率の特段の向上効果を得ることができることを見出した。

20

【0084】

上記電気エネルギーELは、常法に従い、液晶パネルを分解して各層の誘電率を測定し、その測定値を元にした計算により算出される。

【0085】

以下、実施例を用いて上記液晶パネル2の製造方法についてより具体的に説明するとともに、上記効果について、実験並びにシミュレーションにより立証を行う。

【0086】

〔実施例1〕

まず、図1に示すように、ガラス基板11上に、スパッタリング法により、ITO(In
dium Tin Oxide: インジウム錫酸化物)を、厚み1400 で全面に成膜した。これにより、ガラス基板11の主面全面を覆うベタ状の下層電極12を形成した。

30

【0087】

次に、スパッタリング法により、上記下層電極12全面を覆うように、比誘電率 ϵ = 6.9の窒化シリコン(SiN)を成膜した。これにより、上記下層電極12上に、上記SiNからなる厚さd = 0.1 μ m(1000)の絶縁層13を形成した。

【0088】

続いて、上記絶縁層13上に、上層電極として、ITOからなる櫛歯状電極14A・14Bを、厚み = 1400、電極幅L = 2.6 μ m、電極間隔S = 8.0 μ mにて形成した。

40

【0089】

次いで、上記絶縁層13上に、上記櫛歯状電極14A・14Bを覆うように、JSR社製の配向膜塗料「JALS-204」(商品名、固形分5wt. %、 γ -ブチロラクトン溶液)を、スピンコート法にて塗布した。その後、200にて2時間焼成することにより、液晶層30との対向面となる表面に、垂直配向膜である配向膜15が設けられた基板10を形成した。

【0090】

一方、配向膜15と同じ材料、同じプロセスにて、ガラス基板21上に、配向膜22のみを成膜した。これにより、基板20を形成した。このようにして得られた配向膜15・22の乾燥膜厚は1000であった。

50

【 0 0 9 1 】

その後、上記基板 1 0 ・ 2 0 のうち一方の基板上に、スペーサ 3 3 として、直径 3 . 7 5 μ m の樹脂ビーズ「ミクロパール S P 2 0 3 7 5 」(商品名、積水化学工業株式会社製)を分散させた。一方、上記基板に対峙する他方の基板上に、シール剤 3 4 として、シール樹脂「ストラクトボンド X N - 2 1 S 」(商品名、三井東圧化学工業株式会社製)を印刷した。

【 0 0 9 2 】

次に、上記基板 1 0 ・ 2 0 を貼り合わせ、1 3 5 で 1 時間焼成することにより、液晶セル 5 を作製した。

【 0 0 9 3 】

その後、上記液晶セル 5 に、液晶材料として、メルク株式会社製のポジ型液晶材料 ($\Delta \varepsilon = 2 2$ 、 $\Delta n = 0 . 1 5$) を真空注入法にて封入することにより、液晶層 3 0 を形成した。

【 0 0 9 4 】

続いて、上記液晶セル 5 の表裏面に、偏光板 3 5 ・ 3 6 を、偏光板 3 5 ・ 3 6 の透過軸が直交し、かつ櫛歯状電極 1 4 A ・ 1 4 B が延伸される方向と偏光板 3 5 ・ 3 6 の透過軸とが 4 5 ° の角度をなすように貼合した。これにより、図 1 に示す構成を有する液晶パネル 2 (液晶表示素子)を作製した。

【 0 0 9 5 】

このようにして作製した液晶パネル 2 を、図 2 に示すようにバックライト 4 上に載置して櫛歯駆動することにより、該液晶パネル 2 の正面の電圧 - 透過率変化 (以下、「実測 T」と記す)を、T o p c o n 社製の「B M 5 A」で測定した。なお、実測 T における透過率は、液晶パネル 2 の輝度 / バックライト 4 の輝度により求めた。

【 0 0 9 6 】

一方、液晶パネルとして、図 1 に示す F F S 構造を有するモデルを、上記実測と同じ条件で櫛歯駆動したときの電圧 - 透過率変化 (以下、「S i m T」と記す)を、シンテック社製の「L C D - M A S T E R」を用いてシミュレーションにより求めた。

【 0 0 9 7 】

上記 S i m T、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d、櫛歯状電極 1 4 A ・ 1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 1 に併せて示すとともに、実測 T および電気エネルギー E L と併せて表 6 に示す。また、図 4 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 4 の (b) に、上記シミュレーションで、図 4 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。なお、本実施例では、図 4 の (b) に示すように、櫛歯状電極 1 4 B は、0 V に設定している。また、図 4 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 O F F 時および電源 O N 時における 1 画素の表示状態を示す。

【 0 0 9 8 】

〔実施例 2〕

実施例 1 において、櫛歯駆動に代えて F F S 駆動とした以外は、実施例 1 と同様にして実測 T および S i m T を求めた。

【 0 0 9 9 】

すなわち、本実施例では、実施例 1 と同様の材料およびプロセスを用いて実施例 1 と同様の液晶パネル 2 を作製し、バックライト 4 上で、実施例 1 と同じく「B M 5 A」で実測 T を測定した。また、実施例 1 と同様の F F S 構造を有するモデルを、上記実測と同じ条件で F F S 駆動したときの S i m T を、実施例 1 と同じく「L C D - M A S T E R」を用いてシミュレーションにより求めた。

【 0 1 0 0 】

上記 S i m T、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d、櫛歯状電極 1 4 A ・ 1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 1 に併せて示すとともに、実測 T および電気エネルギー E L と併せて表 8 に示す。また、図 5 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示

10

20

30

40

50

すとともに、図 5 の (b) に、上記シミュレーションで、図 5 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A ・ 1 4 B にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 5 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

【 0 1 0 1 】

〔 比較例 1 〕

まず、図 4 0 に示すように、ガラス基板 1 1 と同様のガラス基板 1 1 1 上に、スパッタリング法により、ITO を、厚み 1 4 0 0 で全面に成膜した。その後、この ITO 膜をパターニングすることにより、上記ガラス基板 1 1 1 上に、上記 ITO 膜からなる、画素電極としての櫛歯状電極 1 1 2 (第 1 の櫛歯状電極) および共通電極としての櫛歯状電極 1 1 3 (第 2 の櫛歯状電極) を、電極幅 $L = 2.6 \mu m$ 、電極間隔 $S = 8.0 \mu m$ にて形成した。

10

【 0 1 0 2 】

次いで、上記ガラス基板 1 1 1 上に、上記櫛歯状電極 1 1 2 ・ 1 1 3 を覆うように、実施例 1 と同じ JSR 社製の配向膜塗料「JALS - 2 0 4」(商品名、固形分 5 w t . %、 γ -ブチロラクトン溶液) を、スピコート法にて塗布した。その後、実施例 1 と同じく 2 0 0 にて 2 時間焼成することにより、液晶層 1 3 0 との対向面となる表面に、図示しない垂直配向膜が設けられた基板 1 1 0 を形成した。

【 0 1 0 3 】

一方、ガラス基板 2 1 と同様のガラス基板 3 2 1 上に、上記垂直配向膜と同じ材料、同じプロセスにて、図示しない垂直配向膜のみを成膜することにより、基板 1 2 0 を形成した。このようにして得られた各垂直配向膜の乾燥膜厚は何れも 1 0 0 0 であった。

20

【 0 1 0 4 】

その後、上記基板 1 1 0 ・ 1 2 0 のうち一方の基板上に、スペーサとして、実施例 1 と同じく直径 3 . 7 5 μm の樹脂ビーズ「ミクロパール S P 2 0 3 7 5」を分散させた。一方、上記基板に対峙する他方の基板上に、シール剤として、実施例 1 と同じくシール樹脂「ストラクトボンド X N - 2 1 S」を印刷した。

【 0 1 0 5 】

次に、上記基板 1 1 0 ・ 1 2 0 を貼り合わせ、実施例 1 と同じく 1 3 5 で 1 時間焼成することにより、比較用の液晶セル 1 0 5 を作製した。

30

【 0 1 0 6 】

その後、上記液晶セル 1 0 5 に、液晶材料として、実施例 1 と同じメルク株式会社製のポジ型液晶材料 ($\Delta \varepsilon = 22$ 、 $\Delta n = 0.15$) を真空注入法にて封入することにより、液晶層 1 3 0 を形成した。

【 0 1 0 7 】

続いて、上記液晶セル 1 0 5 の表裏面に、実施例 1 と同様の偏光板 (図示せず) を、該偏光板の透過軸が直交し、かつ櫛歯状電極 1 1 2 ・ 1 1 3 が延伸される方向と偏光板の透過軸とが 4 5 ° の角度をなすように貼合した。これにより、図 4 0 に示す構成を有する比較用の液晶パネル 1 0 2 (液晶表示素子) を作製した。

【 0 1 0 8 】

40

このようにして作製した液晶パネル 1 0 2 を、実施例 1 と同様にバックライト上に載置して櫛歯駆動した。これにより、該液晶パネル 1 0 2 の正面の実測 T を、実施例 1 と同じく Topcon 社製の「BM5A」で測定した。なお、実測 T における透過率は、実施例 1 同様、パネル輝度 / バックライト輝度により求めた。

【 0 1 0 9 】

一方、液晶パネルとして、図 4 0 に示す FFS 構造を有するモデルを、上記実測と同じ条件で櫛歯駆動したときの SimT を、実施例 1 と同じく「LCD - MASTER」を用いてシミュレーションにより求めた。

【 0 1 1 0 】

上記 SimT、櫛歯状電極 1 1 2 ・ 1 1 3 の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 2 に併せて示

50

すとともに、実測 T および電気エネルギー E_L と併せて表6に示す。また、図12の(a)に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図12の(b)に、上記シミュレーションで、図12の(a)において櫛歯状電極112に6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子131のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。なお、本比較例では、図12の(b)に示すように、櫛歯状電極113は、0Vに設定している。また、図12の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

【0111】

〔比較例2〕

まず、図1に示すように、ガラス基板11上に、スパッタリング法により、ITOを、
厚み1400 で全面に成膜した。これにより、ガラス基板11の主面全面を覆うベタ状
の下層電極12を形成した。

【0112】

次に、上記下層電極12全面を覆うように、比誘電率 $\epsilon = 3.3$ のアクリル樹脂(JSR社製、商品名「オプトマーSS」)を、スピンコート法により成膜した。これにより、
上記下層電極12上に、上記アクリル樹脂からなる、厚さ $d = 3.2 \mu m$ (32000
)の絶縁層13を形成した。

【0113】

続いて、上記絶縁層13上に、上層電極として、ITOからなる櫛歯状電極14A・14Bを、厚み=1400、電極幅 $L = 2.6 \mu m$ 、電極間隔 $S = 8.0 \mu m$ にて形成し
た。

【0114】

次いで、上記絶縁層13上に、上記櫛歯状電極14A・14Bを覆うように、実施例2
と同じJSR社製の配向膜塗料「JALS-204」(商品名、固形分5wt. %、 γ -
ブチロラクトン溶液)を、スピンコート法にて塗布した。その後、200にて2時間焼
成することにより、液晶層30との対向面となる表面に、垂直配向膜である配向膜15が
設けられた基板10を形成した。

【0115】

一方、配向膜15と同じ材料、同じプロセスにて、ガラス基板21上に、配向膜22の
みを成膜した。これにより、基板20を形成した。このようにして得られた配向膜15・
22の乾燥膜厚は1000であった。

【0116】

その後、上記基板10・20のうち一方の基板上に、スペーサ33として、実施例2と
同じく直径 $3.75 \mu m$ の樹脂ビーズ「ミクロパールSP20375」を分散させた。一
方、上記基板に対峙する他方の基板上に、シール剤として、実施例2と同じくシール樹脂
「ストラクトボンドXN-21S」を印刷した。

【0117】

次に、上記基板10・20を貼り合わせ、135 で1時間焼成することにより、比較
用の液晶セル5を作製した。

【0118】

その後、上記比較用の液晶セル5に、液晶材料として、実施例2と同じメルク株式会
社のポジ型液晶材料($\Delta\epsilon = 22$ 、 $\Delta n = 0.15$)を真空注入法にて封入することによ
り、液晶層30を形成した。

【0119】

続いて、上記比較用の液晶セル5の表裏面に、実施例2と同様の偏光板35・36を、
偏光板35・36の透過軸が直交し、かつ櫛歯状電極14A・14Bが延伸される方向と
偏光板35・36の透過軸とが 45° の角度をなすように貼合した。これにより、実施例
2で作製した液晶セル5とは絶縁層13の材料および厚さ d が異なる比較用の液晶パネル
2(液晶表示素子)を作製した。

【0120】

10

20

30

40

50

このようにして作製した比較用の液晶パネル 2 を、実施例 2 と同様にバックライト 4 上に載置して櫛歯駆動した。これにより、該液晶パネル 1 0 2 の正面の実測 T を、実施例 2 と同じく T o p c o n 社製の「B M 5 A」で測定した。

【 0 1 2 1 】

一方、液晶パネルとして、図 1 に示す F F S 構造を有するモデルを、上記実測と同じ条件で櫛歯駆動したときの S i m T を、実施例 2 と同じく「L C D - M A S T E R」を用いてシミュレーションにより求めた。

【 0 1 2 2 】

上記 S i m T、絶縁層 1 3 の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 2 に併せて示すとともに、実測 T および電気エネルギー E_L と併せて表 9 に示す。また、図 1 3 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 1 3 の (b) に、上記シミュレーションで、図 1 3 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、等電位曲線を示す。また、図 1 3 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 O F F 時および電源 O N 時における 1 画素の表示状態を示す。

10

【 0 1 2 3 】

実施例 1、2 および比較例 1、2 で得られた S i m T と実測 T の電圧 - 透過率 (V - T) 曲線との相関性を確認したところ、同じ結果が得られた。そこで、以下の実施例および比較例においては、シミュレーションのみを行った。なお、上層電極および下層電極からなる 2 層電極構造を用いた以下の実施例および比較例において、櫛歯駆動を行う場合には、櫛歯状電極 1 4 B は 0 V に設定した。

20

【 0 1 2 4 】

〔 実施例 3 〕

実施例 2 において、絶縁層 1 3 の厚みを 0 . 1 μm から 0 . 3 μm (3 0 0 0) に変更した以外は、実施例 2 と同様にして S i m T を求めた。

【 0 1 2 5 】

上記 S i m T、絶縁層 1 3 の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 1 に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表 8 に示す。また、図 6 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 6 の (b) に、上記シミュレーションで、図 6 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 6 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 O F F 時および電源 O N 時における 1 画素の表示状態を示す。

30

【 0 1 2 6 】

〔 実施例 4 〕

実施例 1 において、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の L / S を、電極幅 $L = 2 . 6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 8 . 0 \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2 . 6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 6 . 0 \mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例 1 と同様にして S i m T を求めた。

【 0 1 2 7 】

上記 S i m T、絶縁層 1 3 の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 1 に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表 6 に示す。また、図 7 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 7 の (b) に、上記シミュレーションで、図 7 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 7 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 O F F 時および電源 O N 時における 1 画素の表示状態を示す。

40

【 0 1 2 8 】

〔 実施例 5 〕

実施例 2 において、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の L / S を、電極幅 $L = 2 . 6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 8 . 0 \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2 . 6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 6 . 0 \mu\text{m}$ に変更した

50

以外は、実施例 2 と同様にして $S i m T$ を求めた。

【 0 1 2 9 】

上記 $S i m T$ 、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 1 に併せて示すとともに、電気エネルギー $E L$ と併せて表 8 に示す。また、図 8 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 8 の (b) に、上記シミュレーションで、図 8 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 8 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

【 0 1 3 0 】

〔 実施例 6 〕

実施例 4 において、絶縁層 1 3 を、比誘電率 $\varepsilon = 6.9$ 、厚さ $d = 0.1 \mu m$ の $S i N$ 膜から、比誘電率 $\varepsilon = 3.3$ 、厚さ $d = 3.2 \mu m$ (3 2 0 0 0) のアクリル樹脂 (J S R 社製、商品名「オプトマー S S」) に変更した以外は、実施例 4 と同様にして $S i m T$ を求めた。

【 0 1 3 1 】

上記 $S i m T$ 、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 1 に併せて示すとともに、電気エネルギー $E L$ と併せて表 7 に示す。また、図 9 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 9 の (b) に、上記シミュレーションで、図 9 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 9 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

【 0 1 3 2 】

〔 実施例 7 〕

実施例 3 において、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の L / S を、電極幅 $L = 2.6 \mu m$ / 電極間隔 $S = 8.0 \mu m$ から、電極幅 $L = 2.6 \mu m$ / 電極間隔 $S = 6.0 \mu m$ に変更した以外は、実施例 3 と同様にして $S i m T$ を求めた。

【 0 1 3 3 】

上記 $S i m T$ 、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 1 に併せて示すとともに、電気エネルギー $E L$ と併せて表 8 に示す。また、図 1 0 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 1 0 の (b) に、上記シミュレーションで、図 1 0 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 1 0 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

【 0 1 3 4 】

〔 実施例 8 〕

実施例 1 において、絶縁層 1 3 を、比誘電率 $\varepsilon = 6.9$ 、厚さ $d = 0.1 \mu m$ の $S i N$ 膜から、比誘電率 $\varepsilon = 3.3$ 、厚さ $d = 1.0 \mu m$ (1 0 0 0 0) のアクリル樹脂 (J S R 社製、商品名「オプトマー S S」) に変更した以外は、実施例 1 と同様にして $S i m T$ を求めた。

【 0 1 3 5 】

上記 $S i m T$ 、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 1 に併せて示すとともに、電気エネルギー $E L$ と併せて表 7 に示す。また、図 1 1 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 1 1 の (b) に、上記シミュレーションで、図 1 1 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 1 1 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 6 】

〔 比較例 3 〕

比較例 2 において、F F S に代えて櫛歯駆動とした以外は、比較例 2 と同様にして実測 T および S i m T を求めた。言い換えれば、実施例 1 において、絶縁層 1 3 を、比誘電率 $\varepsilon = 6.9$ 、厚さ $d = 0.1 \mu\text{m}$ の S i N 膜から、比誘電率 $\varepsilon = 3.3$ 、厚さ $d = 3.2 \mu\text{m}$ (3 2 0 0 0) のアクリル樹脂 (J S R 社製、商品名「オプトマー S S」) に変更した以外は、実施例 1 と同様にして S i m T を求めた。

【 0 1 3 7 】

上記 S i m T、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 2 に併せて示すとともに、実測 T および電気エネルギー E L と併せて表 7 に示す。また、図 1 4 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 1 4 の (b) に、上記シミュレーションで、図 1 3 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 1 4 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 O F F 時および電源 O N 時における 1 画素の表示状態を示す。

10

【 0 1 3 8 】

〔 比較例 4 〕

比較例 2 において、絶縁層 1 3 の厚さ d を、 $3.2 \mu\text{m}$ (3 2 0 0 0) から $1.0 \mu\text{m}$ (1 0 0 0 0) に変更した以外は、比較例 2 と同様にして S i m T を求めた。

【 0 1 3 9 】

上記 S i m T、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 2 に併せて示すとともに、電気エネルギー E L と併せて表 9 に示す。また、図 1 5 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 1 5 の (b) に、上記シミュレーションで、図 1 5 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B にそれぞれ 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 1 5 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 O F F 時および電源 O N 時における 1 画素の表示状態を示す。

20

【 0 1 4 0 】

〔 実施例 9 〕

実施例 1 において、絶縁層 1 3 の厚みを $0.1 \mu\text{m}$ から $1.0 \mu\text{m}$ (1 0 0 0 0) に変更した以外は、実施例 1 と同様にして S i m T を求めた。

30

【 0 1 4 1 】

上記 S i m T、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 3 に併せて示すとともに、電気エネルギー E L と併せて表 6 に示す。また、図 1 6 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 1 6 の (b) に、上記シミュレーションで、図 1 6 の (a) において櫛歯状電極 1 4 A に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 3 1 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 1 6 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 O F F 時および電源 O N 時における 1 画素の表示状態を示す。

【 0 1 4 2 】

〔 実施例 1 0 〕

実施例 9 において、絶縁層 1 3 の厚みを $1.0 \mu\text{m}$ から $1.5 \mu\text{m}$ (1 5 0 0 0) に変更した以外は、実施例 9 と同様にして S i m T を求めた。言い換えれば、実施例 1 において、絶縁層 1 3 の厚みを $0.1 \mu\text{m}$ から $1.5 \mu\text{m}$ (1 5 0 0 0) に変更した以外は、実施例 1 と同様にして S i m T を求めた。

40

【 0 1 4 3 】

上記 S i m T、絶縁層 1 3 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 1 4 A・1 4 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 3 に併せて示すとともに、電気エネルギー E L と併せて表 6 に示す。また、図 1 7 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 1 7 の (b) に、上記シミュレーションで、図 1 7 の (a) において櫛歯状電極 1 4

50

Aに6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子31のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図17の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

【0144】

〔実施例11〕

実施例4において、櫛歯状電極14A・14BのL/Sを、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 6.0 \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 4.0 \mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例4と同様にしてSimTを求めた。言い換えれば、実施例1において、櫛歯状電極14A・14BのL/Sを、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 8.0 \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 4.0 \mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例1と同様にしてSimTを求めた。

10

【0145】

上記SimT、絶縁層13の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極14A・14Bの電極幅 L / 電極間隔 S を、表3に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表6に示す。また、図18の(a)に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図18の(b)に、上記シミュレーションで、図18の(a)において櫛歯状電極14Aに6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子31のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図18の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

【0146】

20

〔実施例12〕

実施例8において、絶縁層13の厚みを $1.0 \mu\text{m}$ から $0.6 \mu\text{m}$ (6000)に変更した以外は、実施例8と同様にしてSimTを求めた。

【0147】

上記SimT、絶縁層13の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極14A・14Bの電極幅 L / 電極間隔 S を、表3に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表7に示す。また、図19の(a)に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図19の(b)に、上記シミュレーションで、図19の(a)において櫛歯状電極14Aに6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子31のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図19の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

30

【0148】

〔実施例13〕

実施例12において、絶縁層13の厚みを $0.6 \mu\text{m}$ から $0.1 \mu\text{m}$ (1000)に変更した以外は、実施例12と同様にしてSimTを求めた。言い換えれば、実施例8において、絶縁層13の厚みを $1.0 \mu\text{m}$ から $0.1 \mu\text{m}$ (1000)に変更した以外は、実施例8と同様にしてSimTを求めた。

【0149】

上記SimT、絶縁層13の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極14A・14Bの電極幅 L / 電極間隔 S を、表3に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表7に示す。また、図20の(a)に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図20の(b)に、上記シミュレーションで、図19の(a)において櫛歯状電極14Aに6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子31のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図20の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

40

【0150】

〔比較例5〕

実施例9において、櫛歯駆動に代えてFFS駆動とした以外は、実施例9と同様にしてSimTを求めた。言い換えれば、実施例2において、絶縁層13の厚みを $0.1 \mu\text{m}$ から $1.0 \mu\text{m}$ (10000)に変更した以外は、実施例2と同様にしてSimTを求め

50

た。

【0151】

上記SimT、絶縁層13の比誘電率 ϵ および厚さd、櫛歯状電極14A・14Bの電極幅L/電極間隔Sを、表5に併せて示すとともに、電気エネルギーELと併せて表8に示す。また、図22の(a)に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図22の(b)に、上記シミュレーションで、図22の(a)において櫛歯状電極14A・14Bにそれぞれに6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子31のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図22の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

【0152】

〔比較例6〕

実施例10において、櫛歯駆動に代えてFFS駆動とした以外は、実施例10と同様にしてSimTを求めた。言い換えれば、実施例2において、絶縁層13の厚みを0.1 μ mから1.5 μ m(15000)に変更した以外は、実施例2と同様にしてSimTを求めた。

【0153】

上記SimT、絶縁層13の比誘電率 ϵ および厚さd、櫛歯状電極14A・14Bの電極幅L/電極間隔Sを、表5に併せて示すとともに、電気エネルギーELと併せて表8に示す。また、図23の(a)に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図23の(b)に、上記シミュレーションで、図23の(a)において櫛歯状電極14A・14Bにそれぞれに6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子31のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図23の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

【0154】

〔比較例7〕

実施例11において、櫛歯駆動に代えてFFS駆動とした以外は、実施例11と同様にしてSimTを求めた。言い換えれば、実施例2において、櫛歯状電極14A・14BのL/Sを、電極幅L=2.6 μ m/電極間隔S=8.0 μ mから、電極幅L=2.6 μ m/電極間隔S=4.0 μ mに変更した以外は、実施例2と同様にしてSimTを求めた。

【0155】

上記SimT、絶縁層13の比誘電率 ϵ および厚さd、櫛歯状電極14A・14Bの電極幅L/電極間隔Sを、表5に併せて示すとともに、電気エネルギーELと併せて表8に示す。また、図24の(a)に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図24の(b)に、上記シミュレーションで、図24の(a)において櫛歯状電極14A・14Bにそれぞれに6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子31のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図24の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

【0156】

〔実施例14〕

実施例13において、櫛歯駆動に代えてFFS駆動とした以外は、実施例13と同様にしてSimTを求めた。

【0157】

上記SimT、絶縁層13の比誘電率 ϵ および厚さd、櫛歯状電極14A・14Bの電極幅L/電極間隔Sを、表3に併せて示すとともに、電気エネルギーELと併せて表9に示す。また、図21の(a)に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図21の(b)に、上記シミュレーションで、図21の(a)において櫛歯状電極14A・14Bにそれぞれに6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子31のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図21の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

【0158】

〔比較例 8〕

実施例 12 において、櫛歯駆動に代えて FFS 駆動とした以外は、実施例 12 と同様にして SimT を求めた。言い換えれば、実施例 14 において、絶縁層 13 の厚みを $0.1\ \mu\text{m}$ から $0.6\ \mu\text{m}$ (6000) に変更した以外は、実施例 14 と同様にして SimT を求めた。

【0159】

上記 SimT、絶縁層 13 の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極 14 A・14 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 5 に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表 9 に示す。また、図 25 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 25 の (b) に、上記シミュレーションで、図 25 の (a) において櫛歯状電極 14 A・14 B にそれぞれに 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 31 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。図 25 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における表示状態を示す。

10

【0160】

〔実施例 15〕

実施例 10 において、絶縁層 13 の厚みを $1.5\ \mu\text{m}$ から $1.8\ \mu\text{m}$ (18000) に変更した以外は、実施例 10 と同様にして SimT を求めた。言い換えれば、実施例 1 において、絶縁層 13 の厚みを $0.1\ \mu\text{m}$ から $1.8\ \mu\text{m}$ (18000) に変更した以外は、実施例 1 と同様にして SimT を求めた。

【0161】

上記 SimT、絶縁層 13 の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極 14 A・14 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 3 に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表 6 に示す。また、図 26 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 26 の (b) に、上記シミュレーションで、図 26 の (a) において櫛歯状電極 14 A に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 31 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 26 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

20

【0162】

〔比較例 9〕

実施例 15 において、絶縁層 13 の厚みを $1.8\ \mu\text{m}$ から $2.0\ \mu\text{m}$ (20000) に変更した以外は、実施例 15 と同様にして SimT を求めた。言い換えれば、実施例 1 において、絶縁層 13 の厚みを $0.1\ \mu\text{m}$ から $2.0\ \mu\text{m}$ (20000) に変更した以外は、実施例 1 と同様にして SimT を求めた。

30

【0163】

上記 SimT、絶縁層 13 の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極 14 A・14 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 5 に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表 6 に示す。また、図 27 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 27 の (b) に、上記シミュレーションで、図 27 の (a) において櫛歯状電極 14 A に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 31 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 27 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

40

【0164】

〔実施例 16〕

実施例 1 において、櫛歯状電極 14 A・14 B の L/S を、電極幅 $L = 2.6\ \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 8.0\ \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2.6\ \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 12.0\ \mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例 1 と同様にして SimT を求めた。

【0165】

上記 SimT、絶縁層 13 の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極 14 A・14 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 4 に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表 6 に示す。また、図 28 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに

50

、図 28 の (b) に、上記シミュレーションで、図 28 の (a) において櫛歯状電極 14 A に 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 31 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 28 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

【 0 1 6 6 】

〔実施例 17〕

実施例 3 において、櫛歯状電極 14 A・14 B の L / S を、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 8.0 \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 12.0 \mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例 3 と同様にして S i m T を求めた。

【 0 1 6 7 】

10

上記 S i m T、絶縁層 13 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 14 A・14 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 4 に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表 8 に示す。また、図 29 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 29 の (b) に、上記シミュレーションで、図 29 の (a) において櫛歯状電極 14 A・14 B にそれぞれに 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 31 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 29 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

【 0 1 6 8 】

〔実施例 18〕

実施例 17 において、櫛歯状電極 14 A・14 B の L / S を、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 12.0 \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 14.0 \mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例 17 と同様にして S i m T を求めた。

20

【 0 1 6 9 】

上記 S i m T、絶縁層 13 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 14 A・14 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 4 に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表 8 に示す。また、図 30 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 30 の (b) に、上記シミュレーションで、図 30 の (a) において櫛歯状電極 14 A・14 B にそれぞれに 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 31 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 30 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

30

【 0 1 7 0 】

〔実施例 19〕

実施例 18 において、櫛歯状電極 14 A・14 B の L / S を、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 14.0 \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 16.0 \mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例 18 と同様にして S i m T を求めた。

【 0 1 7 1 】

上記 S i m T、絶縁層 13 の比誘電率 ε および厚さ d 、櫛歯状電極 14 A・14 B の電極幅 L / 電極間隔 S を、表 4 に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表 8 に示す。また、図 31 の (a) に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図 31 の (b) に、上記シミュレーションで、図 31 の (a) において櫛歯状電極 14 A・14 B にそれぞれに 6 V の電圧を印加したときの透過率、液晶分子 31 のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図 31 の (c) に、上記シミュレーションにおける電源 OFF 時および電源 ON 時における 1 画素の表示状態を示す。

40

【 0 1 7 2 】

〔実施例 20〕

実施例 4 において、櫛歯状電極 14 A・14 B の L / S を、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 6.0 \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 2.0 \mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例 4 と同様にして S i m T を求めた。言い換えれば、実施例 1 において、櫛歯状電極 14 A・14 B の L / S を、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 8.0 \mu\text{m}$ から、電極幅 $L = 2.6 \mu\text{m}$ / 電極間隔 $S = 2.0 \mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例 1 と同様

50

にして S_{imT} を求めた。

【0173】

上記 S_{imT} 、絶縁層13の比誘電率 ϵ および厚さ d 、櫛歯状電極14A・14Bの電極幅 L / 電極間隔 S を、表4に併せて示すとともに、電気エネルギー E_L と併せて表6に示す。また、図32の(a)に、上記シミュレーションにおける印加電圧を示すとともに、図32の(b)に、上記シミュレーションで、図32の(a)において櫛歯状電極14Aに6Vの電圧を印加したときの透過率、液晶分子31のダイレクタ分布、等電位曲線を示す。また、図32の(c)に、上記シミュレーションにおける電源OFF時および電源ON時における1画素の表示状態を示す。

【0174】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8
L/S	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/6.0	2.6/6.0	2.6/6.0	2.6/6.0	2.6/8.0
比誘電率 ϵ	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	3.3	6.9	3.3
厚さ d	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	3.2	0.3	1.0
駆動方法	櫛歯駆動	FFS駆動	FFS駆動	櫛歯駆動	FFS駆動	櫛歯駆動	FFS駆動	櫛歯駆動
電圧 V — 透過率 %	0V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	0.5V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	1V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	1.5V	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%
	2V	1.9%	13.3%	1.1%	0.9%	0.1%	0.8%	0.2%
	2.5V	7.5%	17.8%	7.7%	5.9%	2.8%	2.8%	1.3%
	3V	9.5%	20.0%	12.5%	10.0%	11.4%	6.2%	5.0%
	3.5V	11.4%	21.5%	15.6%	12.2%	16.1%	7.8%	10.9%
4V	12.1%	22.5%	16.3%	13.5%	18.0%	19.1%	9.3%	17.5%
4.5V	12.9%	23.0%	16.9%	14.3%	20.0%	21.0%	10.5%	20.6%
5V	14.2%	23.3%	17.9%	15.5%	21.2%	22.2%	11.6%	22.4%
5.5V	15.8%	23.7%	18.3%	16.2%	22.0%	22.9%	12.5%	23.6%
6V	16.2%	23.8%	18.6%	16.7%	22.5%	23.3%	13.3%	24.4%

10

20

30

40

50

【 0 1 7 5 】

【表 2】

	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4
L/S	2. 6/8. 0	2. 6/8. 0	2. 6/8. 0	2. 6/8. 0
比誘電率 ϵ	無し	3. 3	3. 3	3. 3
厚さ d	無し	3. 2	3. 2	1. 0
駆動方法	櫛歯駆動	FFS 駆動	櫛歯駆動	FFS 駆動
電 圧 V — 透 過 率 %	0 V	0. 0%	0. 0%	0. 0%
	0. 5 V	0. 0%	0. 0%	0. 0%
	1 V	0. 0%	0. 0%	0. 0%
	1. 5 V	0. 0%	0. 0%	0. 0%
	2 V	0. 0%	0. 0%	0. 0%
	2. 5 V	0. 0%	0. 0%	0. 2%
	3 V	4. 5%	0. 0%	0. 8%
	3. 5 V	16. 1%	15. 6%	1. 8%
	4 V	20. 0%	19. 7%	3. 1%
	4. 5 V	22. 3%	22. 1%	4. 4%
	5 V	23. 7%	23. 5%	5. 7%
	5. 5 V	24. 4%	24. 3%	7. 3%
	6 V	24. 8%	24. 7%	8. 5%

【 0 1 7 6 】

【表 3】

	実施例 9	実施例 10	実施例 11	実施例 12	実施例 13	実施例 14	実施例 15
L/S	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/4.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0
比誘電率 ϵ	6.9	6.9	6.9	3.3	3.3	3.3	6.9
厚さ d	1.0	1.5	0.1	0.6	0.1	0.1	1.8
駆動方法	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	FFS駆動	歯歯駆動
電圧 V — 透過率 %	0.0V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	0.5V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	1.0V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	1.5V	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%
	2.0V	0.4%	0.2%	7.2%	0.3%	1.0%	0.1%
	2.5V	2.1%	1.6%	14.4%	1.8%	10.1%	1.4%
	3.0V	5.2%	4.8%	16.5%	4.9%	13.5%	5.0%
	3.5V	8.7%	9.2%	18.3%	8.7%	15.4%	11.4%
4.0V	19.5%	13.7%	20.7%	19.7%	17.2%	22.0%	17.4%
4.5V	22.3%	16.5%	21.7%	21.2%	18.5%	22.9%	20.5%
5.0V	23.5%	22.1%	22.3%	22.0%	19.5%	23.2%	22.2%
5.5V	24.2%	24.7%	22.5%	24.3%	20.1%	23.5%	23.3%
6.0V	24.6%	24.8%	23.2%	24.8%	20.4%	23.8%	24.1%

【0177】

【表 4】

	実施例 16	実施例 17	実施例 18	実施例 19	実施例 20
L/S	2.6/12.0	2.6/12.0	2.6/14.0	2.6/16.0	2.6/2.0
比誘電率 ϵ	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
厚さ d	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1
駆動方法	櫛歯駆動	FFS駆動	FFS駆動	FFS駆動	櫛歯駆動
電圧 V — 透過率 %	0.0V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	0.5V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	1.0V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	1.5V	0.0%	0.1%	0.1%	0.3%
	2.0V	0.1%	0.9%	1.0%	1.2%
	2.5V	0.3%	3.0%	3.0%	3.3%
	3.0V	4.6%	6.1%	5.3%	5.2%
	3.5V	9.1%	9.2%	7.9%	7.1%
4.0V	9.9%	11.7%	10.3%	10.2%	8.9%
4.5V	10.5%	13.7%	12.5%	12.3%	10.5%
5.0V	11.8%	15.2%	14.2%	13.9%	11.8%
5.5V	12.8%	16.4%	15.6%	15.1%	13.0%
6.0V	14.1%	16.9%	16.8%	16.1%	14.0%

【0178】

10

20

30

【表 5】

	比較例 5	比較例 6	比較例 7	比較例 8	比較例 9
L/S	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/4.0	2.6/8.0	2.6/8.0
比誘電率 ϵ	6.9	6.9	6.9	3.3	6.9
厚さ d	1.0	1.5	0.1	0.6	2.0
駆動方法	FFS 駆動	FFS 駆動	FFS 駆動	FFS 駆動	櫛歯駆動
電圧 V — 透過率 %					
0.0V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
0.5V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1.0V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1.5V	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
2.0V	0.3%	0.1%	0.8%	0.2%	0.1%
2.5V	1.1%	0.5%	1.2%	0.8%	1.2%
3.0V	2.6%	1.3%	11.5%	2.1%	4.8%
3.5V	4.7%	2.5%	12.5%	3.7%	12.0%
4.0V	7.0%	4.1%	13.2%	5.8%	18.0%
4.5V	20.0%	5.8%	13.8%	19.0%	20.9%
5.0V	21.1%	7.6%	14.4%	20.6%	22.5%
5.5V	21.6%	20.1%	14.8%	21.2%	24.6%
6.0V	22.6%	21.0%	15.3%	21.7%	24.8%

【0179】

10

20

30

【表 6】

	比較例 1	実施例 16	実施例 1	実施例 9	実施例 10	実施例 15	比較例 9	実施例 4	実施例 11	実施例 20
L/S	2.6/8.0	2.6/12.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/6.0	2.6/4.0	2.6/2.0
比誘電率 ϵ	なし	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
厚さ d	なし	0.1	0.1	1.0	1.5	1.8	2.0	0.1	0.1	0.1
駆動方法	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動	歯歯駆動
2.0V	0.0%	0.1%	1.9%	0.4%	0.2%	0.1%	0.1%	0.9%	7.2%	1.2%
2.5V	0.0%	0.3%	7.5%	2.1%	1.6%	1.4%	1.2%	5.9%	14.4%	3.3%
SimT	3.5V 16.1%	9.1%	11.4%	8.7%	9.2%	11.4%	12.0%	12.2%	18.3%	7.1%
4.5V	22.3%	10.5%	12.9%	22.3%	16.5%	20.5%	20.9%	14.3%	21.7%	10.5%
5.5V	24.4%	12.8%	15.8%	24.2%	24.7%	23.3%	24.6%	16.2%	22.5%	13.0%
電気エネルギーEL (J/m ³)	0.29	0.48	0.62	0.59	0.48	0.44	0.34	0.63	0.69	0.74
2.0V	—	—	0.4%	—	—	—	—	—	—	—
2.5V	—	—	1.3%	—	—	—	—	—	—	—
実測 T	—	—	4.4%	—	—	—	—	—	—	—
4.5V	—	—	8.0%	—	—	—	—	—	—	—
5.5V	—	—	11.8%	—	—	—	—	—	—	—

【0180】

10

20

30

40

【表 7】

	実施例 1 3	実施例 1 2	実施例 8	比較例 3	実施例 6
L/S	2. 6/8. 0	2. 6/8. 0	2. 6/8. 0	2. 6/8. 0	2. 6/6. 0
比誘電率 ϵ	3. 3	3. 3	3. 3	3. 3	3. 3
厚さ d	0. 1	0. 6	1. 0	3. 2	3. 2
駆動方法	櫛歯駆動	櫛歯駆動	櫛歯駆動	櫛歯駆動	櫛歯駆動
SimT	2. 0 V	1. 0 %	0. 3 %	0. 0 %	0. 1 %
	2. 5 V	10. 1 %	1. 8 %	0. 1 %	2. 8 %
	3. 5 V	15. 4 %	8. 7 %	15. 6 %	16. 1 %
	4. 5 V	18. 5 %	21. 2 %	22. 1 %	21. 0 %
電気エネルギーEL (J/m ³)	5. 5 V	20. 1 %	24. 3 %	24. 3 %	22. 9 %
	0. 85	0. 77	0. 67	0. 37	0. 49
	2. 0 V	—	—	0. 0 %	—
	2. 5 V	—	—	0. 0 %	—
実測 T	3. 5 V	—	—	12. 8 %	—
	4. 5 V	—	—	17. 0 %	—
	5. 5 V	—	—	19. 5 %	—

【 0 1 8 1 】

【表 8】

	実施例 19	実施例 18	実施例 17	実施例 2	実施例 3	比較例 5	比較例 6	実施例 5	実施例 7	比較例 7
L/S	2.6/16.0	2.6/14.0	2.6/12.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/6.0	2.6/6.0	2.6/4.0
比誘電率 ϵ	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
厚さ d	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3	1.0	1.5	0.1	0.3	0.1
駆動方法	FFS駆動	FFS駆動	FFS駆動	FFS駆動	FFS駆動	FFS駆動	FFS駆動	FFS駆動	FFS駆動	FFS駆動
2.0V	0.7%	1.0%	0.9%	13.3%	1.1%	0.3%	0.1%	1.7%	0.8%	0.8%
2.5V	2.3%	3.0%	3.0%	17.8%	7.7%	1.1%	0.5%	3.8%	2.8%	1.2%
SimT	3.5V	7.9%	9.2%	21.5%	15.6%	4.7%	2.5%	14.8%	7.8%	12.5%
4.5V	12.3%	12.5%	13.7%	23.0%	16.9%	20.0%	5.8%	20.0%	10.5%	13.8%
5.5V	15.1%	15.6%	16.4%	23.7%	18.3%	21.6%	20.1%	22.0%	12.5%	14.8%
電気エネルギー-EL (J/m ³)	0.49	0.58	0.56	0.61	0.51	0.40	0.30	0.49	0.44	0.42
2.0V	—	—	—	1.1%	—	—	—	—	—	—
2.5V	—	—	—	3.1%	—	—	—	—	—	—
実測 T	3.5V	—	—	7.8%	—	—	—	—	—	—
4.5V	—	—	—	12.9%	—	—	—	—	—	—
5.5V	—	—	—	19.6%	—	—	—	—	—	—

【 0 1 8 2 】

10

20

30

40

【表 9】

	実施例 1 4	比較例 8	比較例 4	比較例 2
L/S	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0
比誘電率 ϵ	3.3	3.3	3.3	3.3
厚さ d	0.1	0.6	1.0	3.2
駆動方法	FFS 駆動	FFS 駆動	FFS 駆動	FFS 駆動
SimT	2.0V	1.5%	0.2%	0.0%
	2.5V	15.8%	0.8%	0.0%
	3.5V	21.3%	1.8%	0.0%
	4.5V	22.9%	4.4%	0.0%
	5.5V	23.5%	7.3%	0.0%
電気エネルギーEL (J/m ³)	0.64	0.35	0.34	0.33
実測 T	2.0V	—	—	0.0%
	2.5V	—	—	0.0%
	3.5V	—	—	0.0%
	4.5V	—	—	0.0%
	5.5V	—	—	0.0%

【0183】

表 2・6 から判るように、比較例 1 に示す液晶パネル 102 のように FFS 構造を有さない液晶パネルを櫛歯駆動する場合、液晶分子の立ち上がり電圧は 2.5V 以上となる。

【0184】

この立ち上がり電圧を基準として考えた場合、表 9 に示すように、アクリル樹脂等の有機系の絶縁層 13、つまり、比誘電率 ϵ が例えば 3.3 と低い絶縁層 13 を用いる場合、櫛歯状電極 14A・14B の電極幅 L / 電極間隔 S が 2.6 / 8.0 であるとき、絶縁層 13 の厚さ d が例えば 0.6 μm 以上では、液晶パネル 2 を FFS 駆動しても駆動電圧の低減効果は見られない。しかしながら、上記したような比誘電率 ϵ が例えば 3.3 と低い有機系の絶縁層 13 を用いた場合でも、厚さ d を例えば 0.1 μm と薄くすると、駆動電圧の低減効果が見られるとともに透過率も高くなる。

【0185】

また、表 8 に示すように、比誘電率 ϵ が例えば 6.9 と高い無機系の絶縁層 13 を用いる場合、櫛歯状電極 14A・14B の電極幅 L / 電極間隔 S が 2.6 / 8.0 であるとき、絶縁層 13 の厚さ d が例えば 1.0 μm 以上では、液晶パネル 2 を FFS 駆動しても駆動電圧の低減効果は見られない。しかしながら、上記したような比誘電率 ϵ が例えば 6.9 と高い無機系の絶縁層 13 を用いた場合でも、絶縁層 13 の厚さ d を例えば 0.3 μm 以下に薄くすると、駆動電圧の低減効果が見られるとともに透過率も高くなる。

【0186】

以上のように、FFS 駆動を行う場合、比誘電率 ϵ によって好適な絶縁層 13 の厚さ d は異なるものの、比誘電率 ϵ に拘らず、絶縁層 13 の厚さ d が薄い方が、駆動電圧の低減効果が見られるとともに透過率も高くなる。

【 0 1 8 7 】

また、表 6・7 に示すように、液晶パネル 2 を櫛歯駆動する場合にも、比誘電率 ϵ に拘らず、絶縁層 13 の厚さ d が薄い方が、駆動電圧の低減効果が見られるとともに透過率も高くなる。

【 0 1 8 8 】

但し、液晶パネル 2 を櫛歯駆動する場合、表 7 に示すように、比誘電率 ϵ が例えば 3.3 と低い有機系の絶縁層 13 を用いた場合には、櫛歯状電極 14A・14B の電極幅 L / 電極間隔 S が 2.6 / 8.0 であり、絶縁層 13 の厚さ d が例えば 3.2 μm と厚い場合には、駆動電圧の低減効果は見られない。このように比誘電率 ϵ が 3.3 と低く、櫛歯状電極 14A・14B の電極幅 L / 電極間隔 S が 2.6 / 8.0 である場合には、絶縁層 13 の厚さ d を例えば 1.0 μm 以下にすると、駆動電圧の低減効果が見られるとともに透過率も高くなる。

10

【 0 1 8 9 】

一方、液晶パネル 2 を櫛歯駆動する場合、表 6 に示すように、比誘電率 ϵ が例えば 6.9 と高い無機系の絶縁層 13 を用いた場合には、櫛歯状電極 14A・14B の電極幅 L / 電極間隔 S が 2.6 / 8.0 であり、絶縁層 13 の厚さ d が例えば 2.0 μm と厚い場合には、駆動電圧の低減効果は見られない。但し、比誘電率 ϵ が 6.9 と高い無機系の絶縁層 13 を用いた場合には、絶縁層 13 の厚さ d が 1.8 μm 以下においては、絶縁層 13 の厚さ d および櫛歯状電極 14A・14B の電極幅 L / 電極間隔 S に拘らず、液晶パネル 2 を櫛歯駆動することで、全ての実施例で駆動電圧の低減効果が見られた。

20

【 0 1 9 0 】

さらに、液晶パネル 2 を櫛歯駆動する場合、上記したように比誘電率 ϵ が例えば 3.3 と低い有機系の絶縁層 13 を、3.2 μm の厚さで形成した場合であっても、実施例 6 と比較例 3 との比較から判るように、電極間隔 S を小さくすると、駆動電圧の低減効果が見られるとともに透過率も高くなる。

【 0 1 9 1 】

なお、液晶パネル 2 を櫛歯駆動する場合、比誘電率 ϵ が例えば 6.9 と高い絶縁層 13 を用いる場合にも、表 6 に示す実施例 1・4・11・16・20 の比較、および表 7 に示す実施例 6 と比較例 3 との比較から判るように、絶縁層 13 の厚さ d に拘らず、電極間隔 S を小さくすると、より高い効果が得られる。

30

【 0 1 9 2 】

一方、表 8 に示す実施例 2・5 および比較例 7 の比較から判るように、FFS 駆動を行う場合、絶縁層 13 の厚さ d が 0.1 μm の場合には、櫛歯駆動を行う場合とは相反して、電極間隔 S を小さくすると、駆動電圧の低減効果が小さくなるとともに透過率も低くなる。しかしながら、FFS 駆動を行う場合、表 8 に示す実施例 3・7・17～19 の比較から判るように、絶縁層 13 の厚さ d が 0.3 μm の場合には、電極間隔 S が 12.0 μm を境にして異なる傾向を示す。すなわち、電極間隔 S が 12.0 μm 以下では、電極間隔 S を小さくすると、駆動電圧の低減効果が小さくなるとともに透過率も低くなる傾向を示し、電極間隔 S が 12.0 μm 以上では、電極間隔 S を大きくすると、駆動電圧の低減効果が小さくなるとともに透過率も低くなる傾向を示す。

40

【 0 1 9 3 】

なお、櫛歯駆動において、電極間隔 S を小さくするとより高い効果が得られる理由としては、櫛歯駆動では、横方向に電界強度が平行にかかっているため、電極間隔 S を小さくすると、電界強度が上がるためであると考えられる。

【 0 1 9 4 】

これらの現象の理由は、何れも、電気エネルギー E_L で説明できる。つまり、上記したように比誘電率 ϵ によって好適な絶縁層 13 の厚さ d は異なるものの、比誘電率 ϵ や駆動方法に拘らず、絶縁層 13 の厚さ d は、薄い方が電気エネルギー E_L が高く、液晶分子がよく動くことが確認された。

【 0 1 9 5 】

50

また、表 6・7 に示すように、櫛歯駆動では、全体的に電極間隔 S が小さくなると電気エネルギーが上がる。逆に、FFS 駆動では、表 8 に示すように、電極間隔 S を小さくすると、電気エネルギー EL が小さくなる。

【0196】

なお、表 6～8 に示す結果から、駆動電圧の低減に効果が見られる構成として、上記電気エネルギー EL は、櫛歯駆動であるか FFS 駆動であるかに拘らず、 0.44 J/m^3 以上であることが確認された。また、FFS 駆動を用いた場合には、上記電気エネルギー EL が 0.6 J/m^3 以上で、駆動電圧の低減並びに透過率の向上に顕著な効果が得られた。

【0197】

また、上記実施例および比較例で用いた液晶パネル 2・102 は、何れも、垂直配向モードにおいて横電界駆動を行う垂直配向横電界モードの液晶パネルである。このため、上記液晶パネル 2・102 における液晶分子 31・131 は、電源 OFF 時（つまり、櫛歯状電極 14A・14B 間、上層電極である上記櫛歯状電極 14A・14B と下層電極 12 との間、櫛歯状電極 112・113 間に電界が発生していない場合）には、基板面に対して垂直配向し、図 4～図 32 における各分図（c）に示すように、各画素は暗表示になる。

【0198】

一方、電源 ON 時（上記各電極間に発生する電界による横電界駆動時）には、液晶分子 31・131 は、櫛歯状電極 14A・14B あるいは櫛歯状電極 112・113 の中央部分を中心に対称構造を有するように配向し、図 4～図 32 における各分図（c）に示すように、各画素は明表示になる。

【0199】

なお、図 4～図 32 における各分図（c）において、「H」は、電源 ON 時に動作する液晶分子 31・131 の各配向スペースを示し、「T」は、櫛歯状電極 14A・14B 間あるいは櫛歯状電極 112・113 間のディスクリネーション（液晶分子 31・131 の配向乱れの境界）を示す。透過率は配向スペースの大きさによって変化するとともに、ディスクリネーションは、透過率に影響する。

【0200】

図 4～図 32 における各分図（c）に示す結果から、駆動方法が同じ場合、実施例の方が比較例よりも上記ディスクリネーションの発生を抑制することができることが判る。特に、櫛歯駆動を行う場合、実施例 1・4・9・10・11～13、17 では、櫛歯状電極 14A・14B 間にディスクリネーションが発生せず、明るく表示品質に優れた液晶パネル 2 を実現することができる。

【0201】

そこで、次に、上記電気エネルギー EL の値から見た、各駆動方法における絶縁層 13 の厚さ d および電極間隔 S の好適な条件について調べた結果について、以下に説明する。

【0202】

〔FFS 駆動を用いた場合の絶縁層 13 の厚さ d について〕

まず、図 33 に、FFS 駆動を用いた実施例 2・3・14 および比較例 2・4・5・6・8 における電気エネルギー EL と絶縁層 13 の厚さ d との関係を示す。

【0203】

図 33 に示すように、FFS 駆動を用いた場合、比誘電率 ϵ に拘らず、厚さ d が薄くなると電気エネルギー EL が大きくなる。

【0204】

図 33 に示す結果から、比誘電率 ϵ が例えば 3.3 と低い有機系の絶縁層 13 を用いた場合、該絶縁層 13 の厚さ d は、電気エネルギー EL が 0.44 J/m^3 以上となる $0.35 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。また、比誘電率 ϵ が例えば 6.9 と高い無機系の絶縁層 13 を用いた場合、該絶縁層 13 の厚さ d は、電気エネルギー EL が 0.44 J/m^3 以上となる $0.65 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 2 0 5 】

なお、上記絶縁層 1 3 の比誘電率 ε が 3 . 3 ~ 6 . 9 の範囲内では、上記絶縁層 1 3 の厚さ d の上限は、図 3 3 に示す結果から、0 . 3 5 ~ 0 . 6 5 の範囲内となる。

【 0 2 0 6 】

また、上記絶縁層 1 3 の厚さ d の下限値は、絶縁性の観点から、0 . 1 μm であることが好ましい。上記絶縁層 1 3 の厚さ d を 0 . 1 μm 以上とすることで、格子欠陥による絶縁性不良の発生を防止することができる。

【 0 2 0 7 】

また、図 3 3 に示すように、電極間隔 S が 8 . 0 μm の場合、絶縁層 1 3 の厚さ d が 0 . 1 μm であれば、比誘電率 ε に拘らず、0 . 6 0 J / m^3 以上の電気エネルギー E_L を得ることができる。

10

【 0 2 0 8 】

〔 櫛歯駆動を用いた場合の絶縁層 1 3 の厚さ d について 〕

図 3 4 に、櫛歯駆動を用いた実施例 1 . 8 . 9 . 1 0 . 1 2 . 1 3 . 1 5 および比較例 1 . 3 . 9 における電気エネルギー E_L と絶縁層 1 3 の厚さ d との関係を示す。

【 0 2 0 9 】

図 3 4 に示すように、櫛歯駆動を用いた場合にも、比誘電率 ε に拘らず、厚さ d が薄くなると電気エネルギーが大きくなる。

【 0 2 1 0 】

図 3 4 に示す結果から、比誘電率 ε が例えば 3 . 3 と低い有機系の絶縁層 1 3 を用いた場合、絶縁層 1 3 の厚さ d は、電気エネルギー E_L が 0 . 4 4 J / m^3 以上となる 2 . 8 μm 以下とすることが好ましい。一方、比誘電率 ε が例えば 6 . 9 と高い無機系の絶縁層 1 3 を用いる場合、絶縁層 1 3 の厚さ d は、電気エネルギー E_L が 0 . 4 4 J / m^3 以上となる 1 . 8 μm 以下とすることが好ましい。

20

【 0 2 1 1 】

なお、このように無機系の絶縁層 1 3 を用いる場合にも、格子欠陥による絶縁性不良および膜厚ムラの防止の観点から、上記絶縁層 1 3 の厚さ d は、0 . 1 μm 以上であることが好ましい。

【 0 2 1 2 】

〔 F F S 駆動を用いた場合の電極間隔 S について 〕

30

図 3 5 に、F F S 駆動を用いた実施例 2 . 3 . 5 . 7 . 1 7 . 1 8 . 1 9 および比較例 7 における電気エネルギー E_L と櫛歯状電極 1 4 A . 1 4 B の電極間隔 S との関係を示す。

【 0 2 1 3 】

図 3 5 に示すように、F F S 駆動を用いた場合、絶縁層 1 3 の厚さ d が 0 . 1 μm のときは電極間隔 S を小さくすると、電気エネルギー E_L が小さくなる。

【 0 2 1 4 】

一方、絶縁層 1 3 の厚さ d が 0 . 3 μm のときは、電極間隔 S が 1 2 . 0 μm 以下では、電極間隔 S が小さくなるほど電気エネルギー E_L が小さくなり、電極間隔 S が 1 2 . 0 μm 以上では、電極間隔 S が小さくなるほど電気エネルギー E_L が大きくなる。

40

【 0 2 1 5 】

図 3 5 に示す結果から、絶縁層 1 3 の厚さ d が 0 . 1 μm で、比誘電率 ε が例えば 6 . 9 と高い無機系の絶縁層 1 3 を用いた場合、電極間隔 S は、電気エネルギー E_L が 0 . 4 4 J / m^3 以上となる 4 . 5 μm 以上であることが好ましい。

【 0 2 1 6 】

また、図 3 5 に示す結果から、絶縁層 1 3 の厚さ d が 0 . 3 μm で、比誘電率 ε が例えば 6 . 9 と高い無機系の絶縁層 1 3 を用いた場合、電極間隔 S は、電気エネルギー E_L が 0 . 4 4 J / m^3 以上となる、6 . 0 μm 以上、1 7 . 5 μm 以下の範囲内であることが好ましい。

【 0 2 1 7 】

50

〔櫛歯駆動を用いた場合の電極間隔 S について〕

図 3 6 に、櫛歯駆動を用いた実施例 1・4・11・16 における電気エネルギー E_L と櫛歯状電極 14 A・14 B の電極間隔 S との関係を示す。

【0218】

前記したように、櫛歯駆動を用いた場合、絶縁層 13 の厚さ d に拘らず、電極間隔 S を小さくすると、電気エネルギー E_L が大きくなる。図 3 6 では、絶縁層 13 の厚さ d が $0.1 \mu\text{m}$ で、比誘電率 ε が 6.9 の無機系の絶縁層 13 を用いた場合の電気エネルギー E_L と電極間隔 S との関係について示している。

【0219】

図 3 6 に示す結果から、絶縁層 13 の厚さ d が $0.1 \mu\text{m}$ で、比誘電率 ε が例えば 6.9 と高い無機系の絶縁層 13 を用いた場合、櫛歯状電極 14 A・14 B の電極間隔 S は、電気エネルギー E_L が 0.44 J/m^3 以上となる $14.5 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

10

【0220】

〔開口率について〕

表 1～5 に示した各実施例および比較例における透過率は、何れも無限平面内での透過率である。実際に液晶パネル 2（液晶表示素子）を作製する場合には、画素のサイズが問題となる。

【0221】

すなわち、 $100 \times 300 \mu\text{m}$ 程度の画素を想定した場合、電極間隔 S により暗線の本数は決定され、電極間隔 S が小さい方が、暗線の本数が多くなる。

20

【0222】

ここで、実質透過部分（暗線を除く部分）が開口部となる。開口部の面積が大きいほど透過部分が増加するため、電極間隔 S は限定される。

【0223】

そこで、横幅（櫛歯状電極 14 A・14 B に垂直な方向の幅）が $100 \mu\text{m}$ の画素を想定した場合の各画素のスペース部分（櫛歯状電極 14 A・14 B を除く部分）を開口率として算出した結果を、電極間隔 S 、電極幅 L 、櫛歯状電極 14 A・14 B の本数（ライン本数）と併せて表 10 に示す。また、このときの電極間隔 S と開口率との関係を図 3 7 に示す。なお、ここでは、上記したように電極間隔 S 、電極幅 L 、およびライン本数により開口率を算出する。このため、櫛歯駆動、FFS 駆動の区別はない。

30

【0224】

図 3 7 に示す結果から、電極間隔 S が $4 \mu\text{m}$ より、急激に開口率が低下することが判る。したがって、電極間隔 S は、開口率の観点からすれば、櫛歯駆動および FFS 駆動ともに、 $4 \mu\text{m}$ 以上とすることが好ましく、図 3 7 および表 10 に示す結果から、 $6 \mu\text{m}$ 以上とすることがより好ましい。

【0225】

【表 10】

電極間隔 S	電極幅 L	ライン本数	開口率
2 μ m	2. 6 μ m	22本	43%
4 μ m	2. 6 μ m	15本	61%
6 μ m	2. 6 μ m	12本	70%
8 μ m	2. 6 μ m	9本	75%
10 μ m	2. 6 μ m	8本	79%
12 μ m	2. 6 μ m	7本	82%
14 μ m	2. 6 μ m	6本	84%
16 μ m	2. 6 μ m	5本	86%

10

【0226】

〔実質透過率について〕

20

TFTパネル等の液晶パネルを用いた液晶表示装置の実質透過率は、上記開口率と本発明による無限平面内での透過率、カラーフィルタの透過率（28%程度）の掛け算で算出ことができる。

【0227】

各駆動方式を用いた場合の実質透過率を、隣り合う櫛歯状電極14A・14B間の電極間隔S、無限平面内での6V印加時の透過率、開口率と併せて表11に示す。

【0228】

【表 1 1】

実施例	電極間隔 S	6 V 透過率	開口率	実質透過率
実施例 20	2 μ m	14.0%	43%	1.7%
実施例 11	4 μ m	23.2%	61%	3.9%
実施例 4	6 μ m	16.7%	70%	3.3%
実施例 1	8 μ m	16.2%	75%	3.4%
実施例 16	12 μ m	14.1%	82%	3.2%
実施例 7	6 μ m	13.3%	70%	2.6%
実施例 3	8 μ m	18.6%	75%	3.9%
実施例 17	12 μ m	16.9%	82%	3.9%
実施例 18	14 μ m	16.8%	84%	4.0%
実施例 19	16 μ m	16.1%	86%	3.9%

【0229】

また、図 38 に、各駆動方式を用いた場合の実質透過率と電極間隔 S との関係を示す。

【0230】

図 38 に示すように、櫛歯駆動では電極間隔 S が 12.0 μ m を越えると実質透過率が急激に低下する。したがって、櫛歯駆動を行う場合、実質透過率の観点から、電極間隔 S は 12.0 μ m 以下であることが好ましい。また、図 38 に示すように、櫛歯駆動を行う場合、電極間隔 S は、4 μ m を境に実質透過率が急激に低下する。したがって、開口率（図 37 および表 10 参照）の観点だけでなく実質透過率の観点からも、上記したように櫛歯駆動を行う場合、電極間隔 S は 4 μ m 以上とすることが好ましい。

【0231】

また、図 38 に示すように、FFS 駆動を行う場合、実質透過率の観点から見ても、図 35 に示す電気エネルギー E_L と電極間隔 S との関係と同様に、絶縁層 13 の厚さ d が 0.3 μ m の場合、電極間隔 S は、6 μ m 以上であることが好ましく、8 μ m 以上であることがより好ましいことが判る。また、電極間隔 S が 12.0 μ m 以上で実質透過率が低下し始めることが判る。

【0232】

以上の結果から、電気エネルギー E_L による評価は、駆動電圧が低く、透過率が高い液晶パネル 2 および液晶表示装置 1 を得るための簡易的な評価方法として有効に作用することが判る。

【0233】

したがって、液晶層 30 を挟んで対向する一対の基板 10・20 における一方の基板に、絶縁層 13 を介して、櫛歯状電極 14A・14B からなる上層電極と、下層電極 12 とを重畳して形成するとともに、上記電気エネルギー E_L が、0.44 J/m³ 以上となるように、上記櫛歯状電極 14A・14B の電極間隔 S、絶縁層 13 の膜厚、絶縁層 13 の比誘電率 ϵ 、および駆動方式の組み合わせを決定することで、駆動電圧が低く、透過率が高い液晶パネル 2 および液晶表示装置 1 を製造することができる。

【0234】

以上の結果から、櫛歯駆動を行う場合、上記絶縁層13の比誘電率が3.3であり、隣り合う櫛歯状電極14A・14B間の電極間隔Sが12.0 μm 以下であり、上記絶縁層13の厚さdが2.8 μm 以下の場合、0.44 J/m^3 以上の電気エネルギーELを得ることができるとともに、高い実質透過率を得ることができることが判る。したがって、上記の構成によれば、駆動電圧が低く、透過率が高い液晶パネル2および液晶表示装置1を製造することができる。

【0235】

また、櫛歯駆動を行う場合、上記絶縁層13の比誘電率が3.3~6.9であり、隣り合う櫛歯状電極14A・14B間の電極間隔Sが12.0 μm 以下であり、上記絶縁層13の厚さdが1.8 μm 以下の場合にも、0.44 J/m^3 以上の電気エネルギーELを得ることができるとともに、高い実質透過率を得ることができる。したがって、この場合にも、駆動電圧が低く、透過率が高い液晶パネル2および液晶表示装置1を製造することができる。

【0236】

なお、上記絶縁層13の厚さdは、前記した理由から、0.1 μm 以上に設定されていることが好ましい。

【0237】

一方、FFS駆動を行う場合、0.44 J/m^3 以上の電気エネルギーELを得るためには、例えば、上記絶縁層13の比誘電率が6.9であり、隣り合う櫛歯状電極14A・14B間の電極間隔Sが8.0 μm の場合、上記絶縁層13の厚さdを0.65 μm 以下とすることが好ましい。また、上記絶縁層13の比誘電率が3.3~6.9であり、隣り合う櫛歯状電極14A・14B間の電極間隔Sが8.0 μm の場合には、上記絶縁層13の厚さdを0.35 μm 以下とすることが好ましい。

【0238】

なお、これらの場合にも、上記絶縁層13の厚さdは、前記した理由から、0.1 μm 以上に設定されていることが好ましい。

【0239】

また、FFS駆動を行う場合、上記絶縁層13の比誘電率が6.9であり、上記絶縁層13の厚さが0.1 μm である場合、隣り合う櫛歯状電極14A・14B間の電極間隔Sを4.5 μm 以上とすることが好ましい。この場合、上記したように、0.44 J/m^3 以上の電気エネルギーELを得ることができるとともに、高い実質透過率を得ることができる。なお、この場合、電極間隔Sは、大きければ大きいほど好ましい。したがって、電極間隔Sの上限は、特に限定されるものではない。なお、電極間隔Sの上限は、櫛歯状電極14A・14Bの本数(ライン本数)および電極幅Lが決定されれば、画素面積から自ずと決定される。

【0240】

また、FFS駆動を行う場合、上記絶縁層13の比誘電率が6.9であり、上記絶縁層13の厚さが0.1 μm ~0.3 μm であり、隣り合う櫛歯状電極14A・14B間の電極間隔Sが6.0 μm 以上である場合にも、上記したように、0.44 J/m^3 以上の電気エネルギーELを得ることができるとともに、高い実質透過率を得ることができる。

【0241】

また、FFS駆動を行う場合、上記電極間隔Sが8.0 μm の場合、絶縁層13の厚さdが0.1 μm であれば、比誘電率 ϵ に拘らず、0.60 J/m^3 以上の電気エネルギーELを得ることができる。

【0242】

以上のように、本発明は、両立が非常に困難とされる、垂直配向セルで横電界を印加する表示方式での低電圧化および高透過率を、ともに実現することができる極めて画期的な発明である。

【0243】

なお、本発明において、上記絶縁層 13 の材質（比誘電率 ϵ ）および厚さ d 、電極幅 L / 電極間隔 S は、上記したように、上記電気エネルギー E_L が上記範囲を満足するように設定・選択すればよく、特に限定されるものではない。

【0244】

また、その他の各構成要素の材質および形成方法としても、従来と同様に選択・設定することができ、特段の変更は必要ない。

【0245】

例えば、上記実施例では、上記櫛歯状電極 14 A・14 B として ITO を用いた場合を例に挙げて説明したが、上記 ITO に代えて、IZO（Indium Zinc Oxide：インジウム亜鉛酸化物）を用いることができることは言うまでもないことである。同様に、上記各構成要素の材質並びに膜厚についても、特に限定されるものではない。

10

【0246】

これらの条件については、当業者の知見によって適宜選択、変更が可能であり、使用した各構成要素の形成条件に応じて、電気エネルギー E_L が上記範囲を満足するように、上記絶縁層 13 の材質（比誘電率 ϵ ）および厚さ d 、電極幅 L / 電極間隔 S からなる群より選ばれる少なくとも一つのパラメータを設定すればよい。

【0247】

なお、上記したように有機系の絶縁層 13 として、厚さ $1\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ のアクリル樹脂を使用する場合、前記したように基板 20 にカラーフィルタ層を形成する代わりに、図 39 に示すように、絶縁層 13 として、ブラックマトリクス 13 A およびカラーフィルタ 13 B を形成してもよい。つまり、上記絶縁層 13 には、カラーフィルタを代用することが可能である。言い換えれば、上記絶縁層 13 はカラーフィルタ層を含んでいてもよい。

20

【0248】

なお、図 39 では、上記したように、上記絶縁層 13 として、ブラックマトリクス 13 A およびカラーフィルタ 13 B からなる絶縁層を用いた液晶パネル 2 の、電圧無印加時における断面を示している。

【0249】

以上のように、本発明にかかる液晶パネルは、液晶層を挟んで対向する一対の基板における一方の基板に、絶縁層を介して上層電極と下層電極とが重畳して設けられており、上記上層電極は、櫛歯状電極からなり、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から $0.1\mu\text{m}$ の位置での平均の電気エネルギーが、 $0.44\text{J}/\text{m}^3$ 以上である。また、本発明にかかる液晶表示装置は、上記液晶パネルを備えている。

30

【0250】

上記液晶パネルは、（１）上記上層電極が第 1 および第 2 の櫛歯状電極からなり、上記液晶層を、隣り合う第 1 および第 2 の櫛歯状電極間に発生する電界で駆動するものであってもよく、（２）上記液晶層を、上記上層電極と下層電極との間に発生する電界で駆動するものであってもよい。

【0251】

このためには、例えば、上記絶縁層の比誘電率が 3.3 であり、隣り合う第 1 および第 2 の櫛歯状電極間の間隔が $12.0\mu\text{m}$ 以下であり、上記絶縁層の厚さが $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $2.8\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。あるいは、上記絶縁層の比誘電率が $3.3 \sim 6.9$ であり、隣り合う第 1 および第 2 の櫛歯状電極間の間隔が $12.0\mu\text{m}$ 以下であり、上記絶縁層の厚さが $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $1.8\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

40

【0252】

また、隣り合う第 1 および第 2 の櫛歯状電極間の間隔は、前記した理由から $4\mu\text{m}$ 以上に設定されていることが好ましい。

【0253】

一方、上記（２）の駆動を行う場合、上記電気エネルギーは、 $0.60\text{J}/\text{m}^3$ 以上であることが好ましい。

50

【 0 2 5 4 】

また、上記（２）の駆動を行う場合、上記電気エネルギーを 0.44 J/m^3 以上とするためには、例えば、上記絶縁層の比誘電率が 6.9 であり、上記上層電極において隣り合う櫛歯状電極間の間隔が $8.0 \mu\text{m}$ であり、上記絶縁層の厚さが $0.1 \mu\text{m}$ 以上、 $0.65 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。あるいは、上記絶縁層の比誘電率が $3.3 \sim 6.9$ であり、上記上層電極において隣り合う櫛歯状電極間の間隔が $8.0 \mu\text{m}$ であり、上記絶縁層の厚さが $0.1 \mu\text{m}$ 以上、 $0.35 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。あるいは、上記絶縁層の比誘電率が 6.9 であり、上記絶縁層の厚さが $0.1 \mu\text{m}$ であり、上記上層電極において隣り合う櫛歯状電極間の間隔が $4.5 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。あるいは、上記絶縁層の比誘電率が 6.9 であり、上記絶縁層の厚さが $0.1 \mu\text{m} \sim 0.3 \mu\text{m}$ であり、上記上層電極において隣り合う櫛歯状電極間の間隔が $6.0 \mu\text{m}$ 以上、 $12.0 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

10

【 0 2 5 5 】

また、上記絶縁層は、カラーフィルタ層を含んでいてもよい。すなわち、上記絶縁層に有機系の絶縁層としてアクリル樹脂を使用する場合、上記絶縁層にカラーフィルタ層を代用することができる。これにより、上記上層電極および下層電極が設けられた基板にカラーフィルタを形成することができるとともに、上記液晶パネルの薄型化を図ることができる。

【 0 2 5 6 】

また、本発明にかかる液晶パネルの製造方法は、以上のように、液晶層を挟んで対向する一対の基板における一方の基板に、絶縁層を介して、櫛歯状電極からなる上層電極と、下層電極とを重畳して形成するとともに、上記液晶層を基板面に垂直な方向から見たときに上記櫛歯状電極と重なる部分における、他方の基板の表面から $0.1 \mu\text{m}$ の位置での平均の電気エネルギーが、 0.44 J/m^3 以上となるように、上記櫛歯状電極の電極間隔、絶縁層の膜厚、絶縁層の比誘電率、および駆動方式の組み合わせを決定する方法である。

20

【 0 2 5 7 】

本発明によれば、高速応答性、広視野角特性、並びに高コントラスト特性を有し、かつ、実用的な駆動電圧で駆動が可能で、さらには、透過率が高い液晶パネルおよびその製造方法並びに液晶表示装置を提供することができる。

30

【 0 2 5 8 】

なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【 0 2 5 9 】

本発明にかかる液晶パネルおよび液晶表示装置は、初期ベンド転移操作が不要であり、実用的な駆動電圧で、高い透過率を有し、MVAモードやIPSモードと同等の広視野角特性と、OCBモード並、あるいはそれ以上の高速応答性と、高コントラスト特性とを同時に実現することができる。したがって、アウトドアユースの公共掲示板や、携帯電話、PDA等のモバイル機器等に特に好適に用いることができる。

40

【符号の説明】

【 0 2 6 0 】

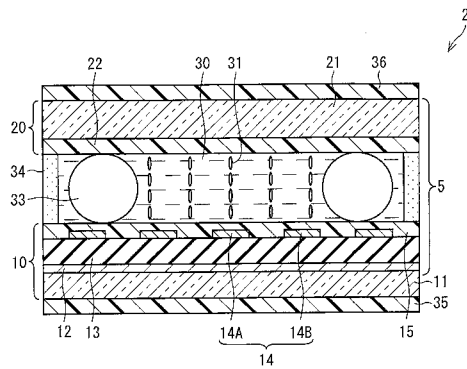
- 1 液晶表示装置
- 2 液晶パネル
- 3 駆動回路
- 4 バックライト
- 5 液晶セル
- 10 基板
- 11 ガラス基板

50

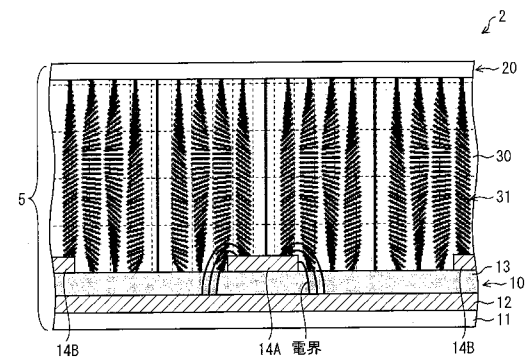
- 1 2 下層電極
- 1 3 絶縁層
- 1 3 A ブラックマトリクス
- 1 3 B カラーフィルタ
- 1 4 上層電極
- 1 4 A 櫛歯状電極
- 1 4 B 櫛歯状電極
- 1 5 配向膜
- 2 0 基板
- 2 1 ガラス基板
- 2 2 配向膜
- 3 0 液晶層
- 3 1 液晶分子
- 3 3 スペース
- 3 4 シール剤
- 3 5 偏光板
- 3 6 偏光板
- 3 7 位相差板
- 3 8 位相差板

10

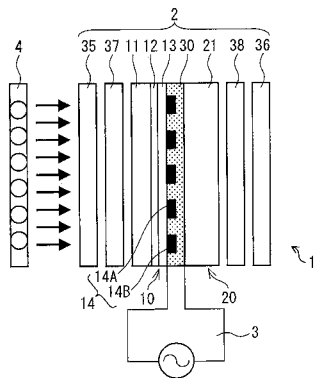
【図 1】



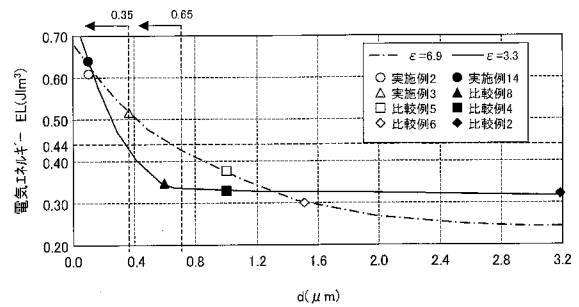
【図 3】



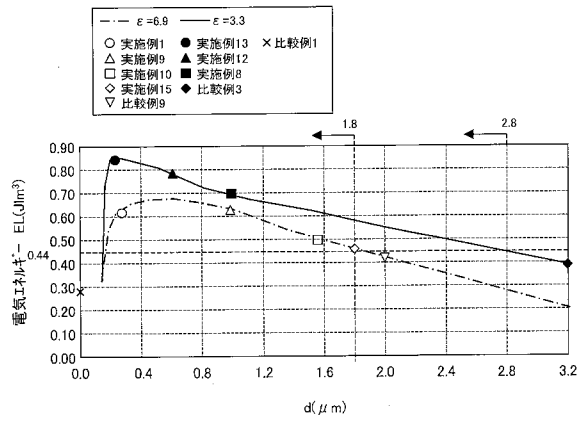
【図 2】



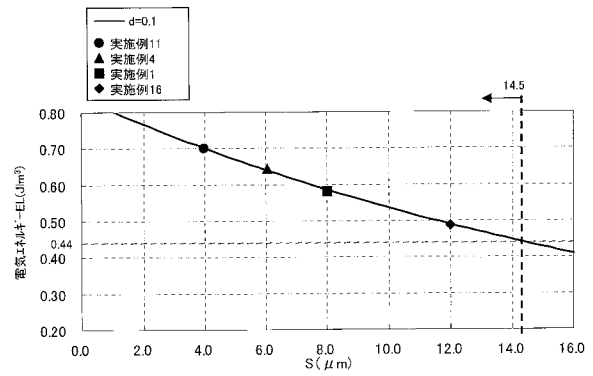
【図 3 3】



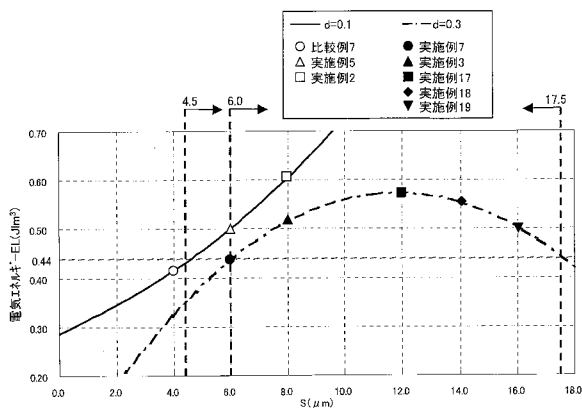
【図 3 4】



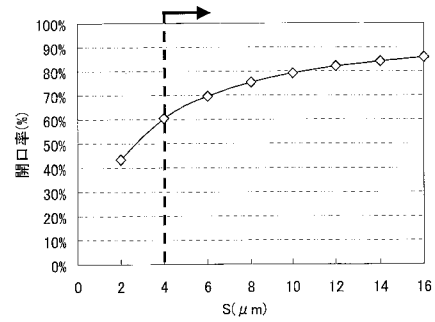
【図 3 6】



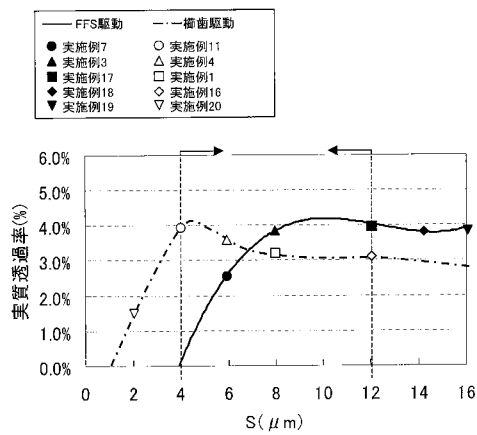
【図 3 5】



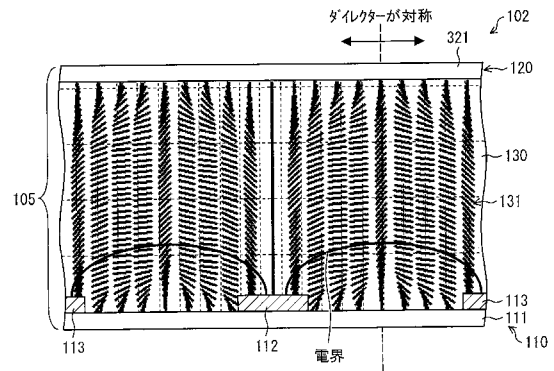
【図 3 7】



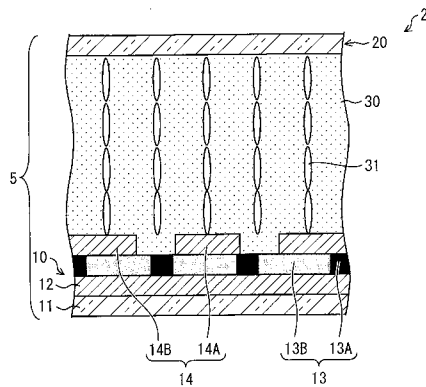
【図 3 8】



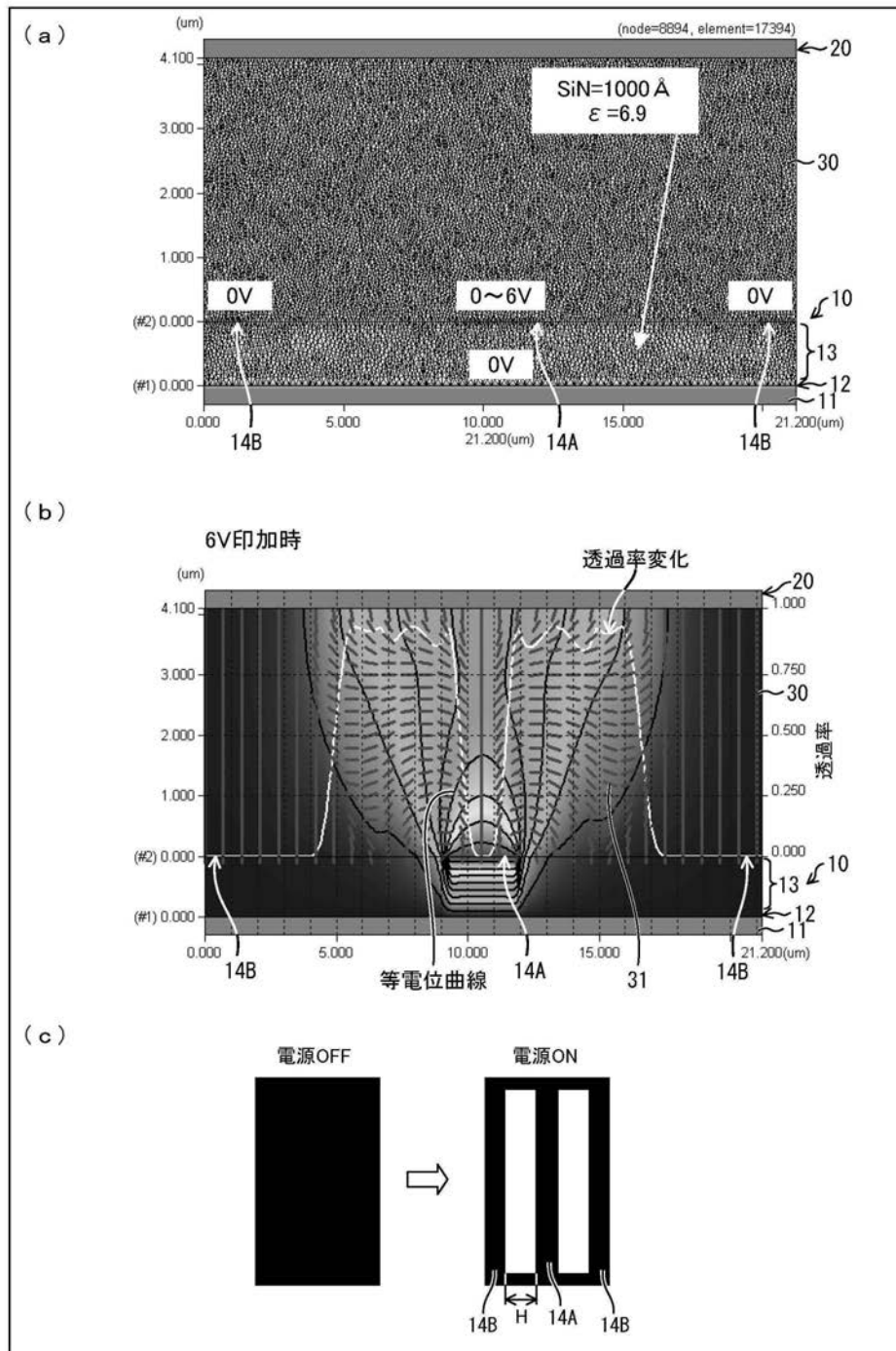
【図 4 0】



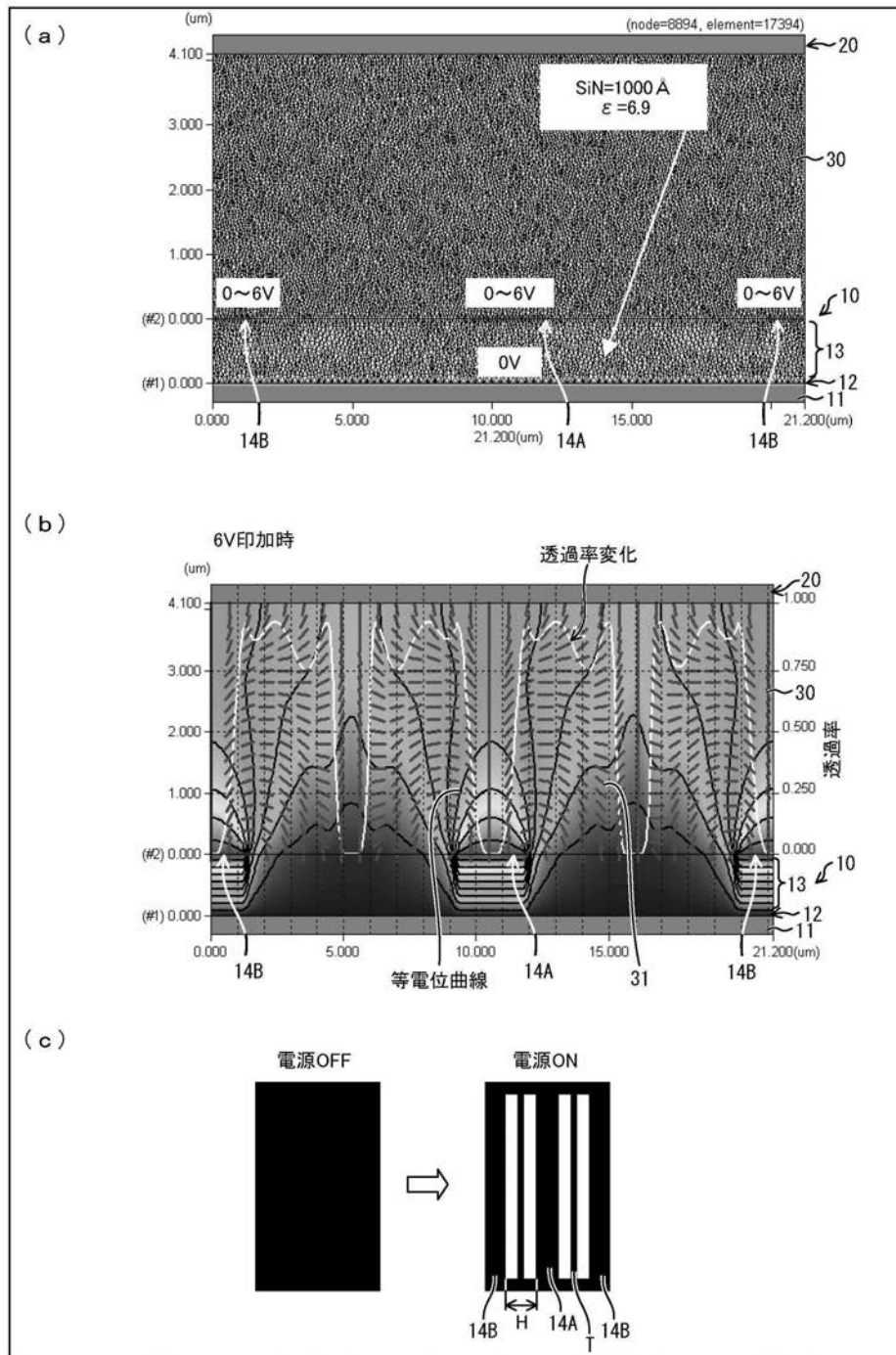
【図 3 9】



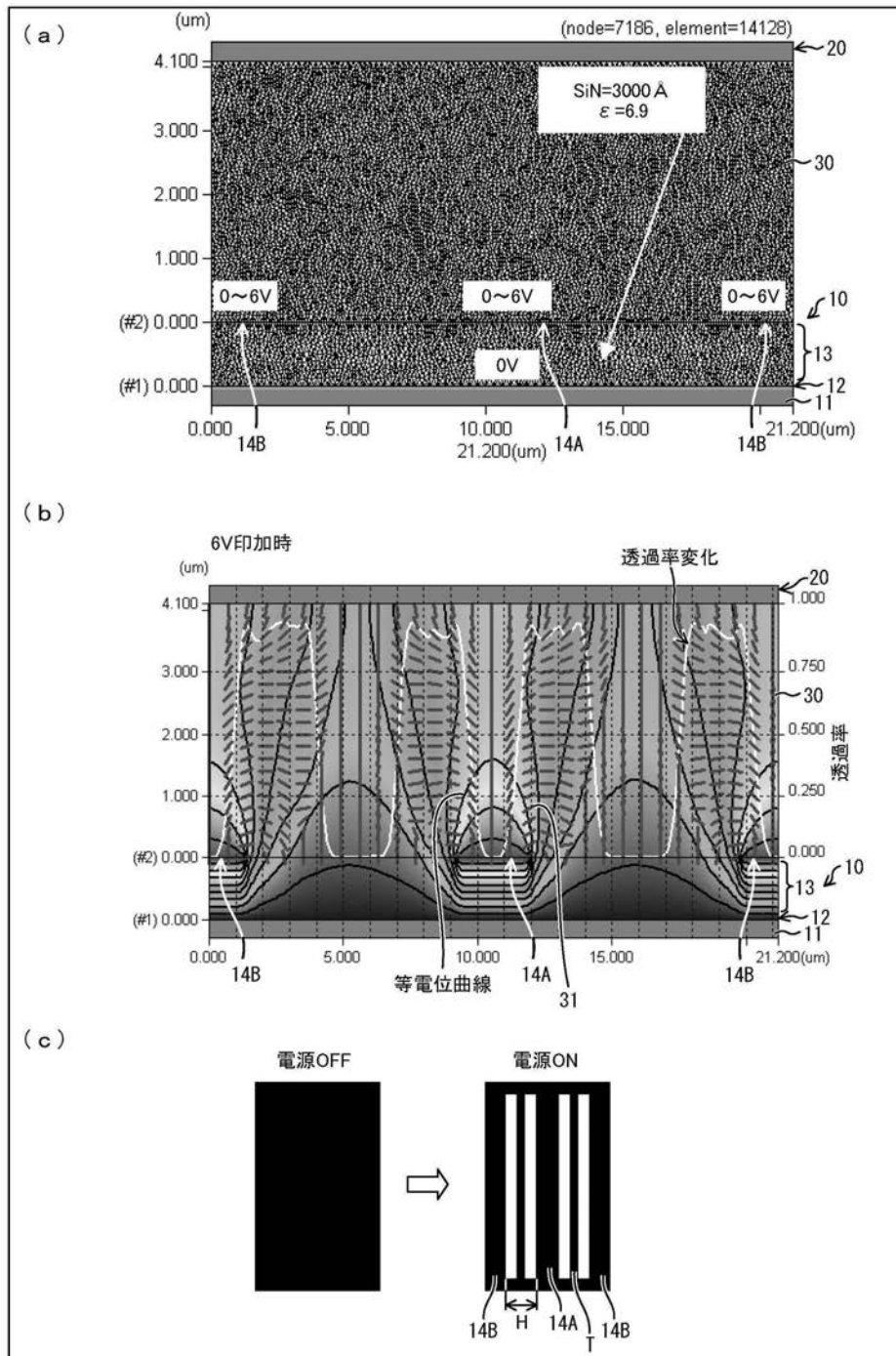
【図4】



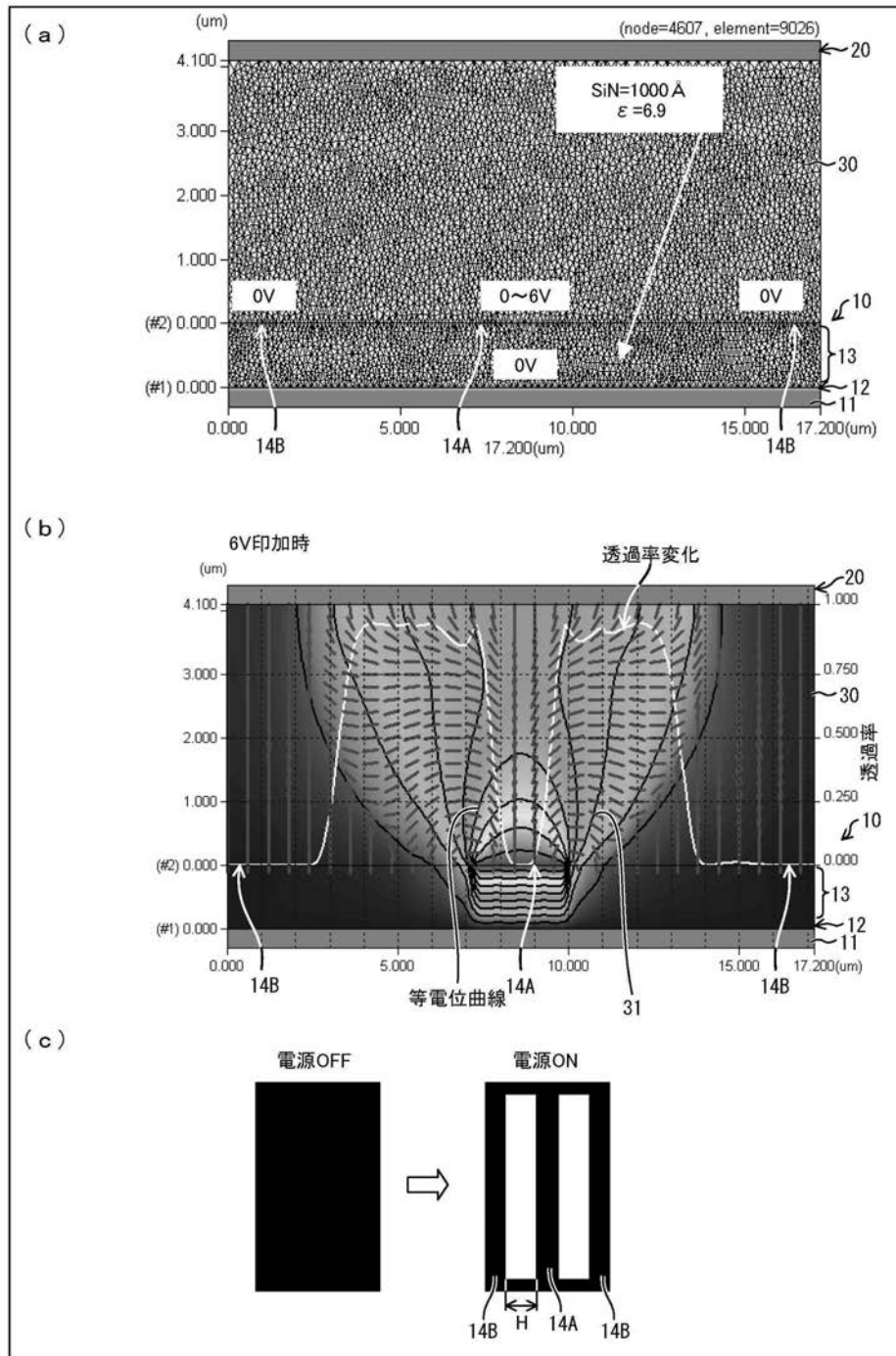
【図5】



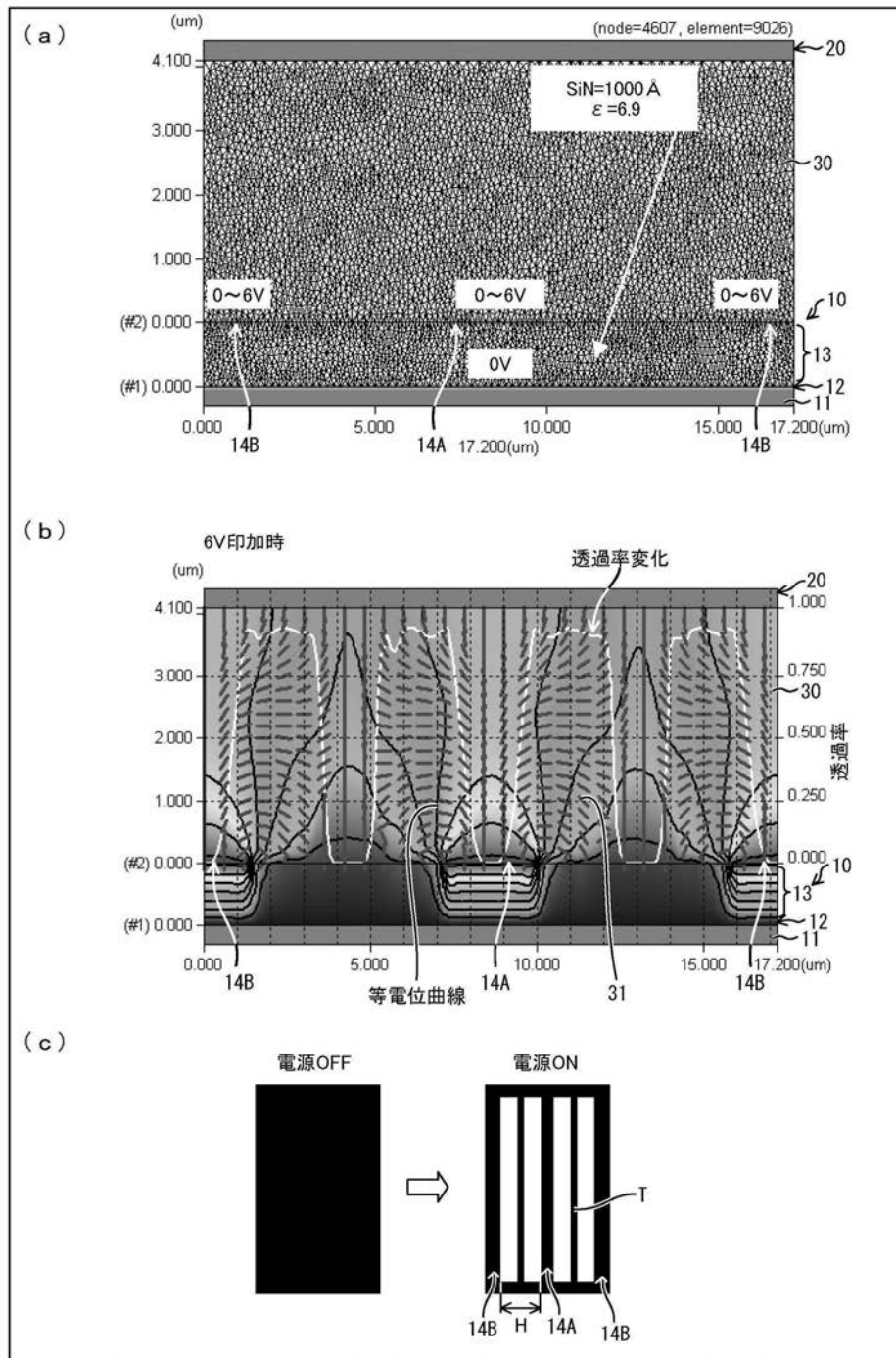
【図6】



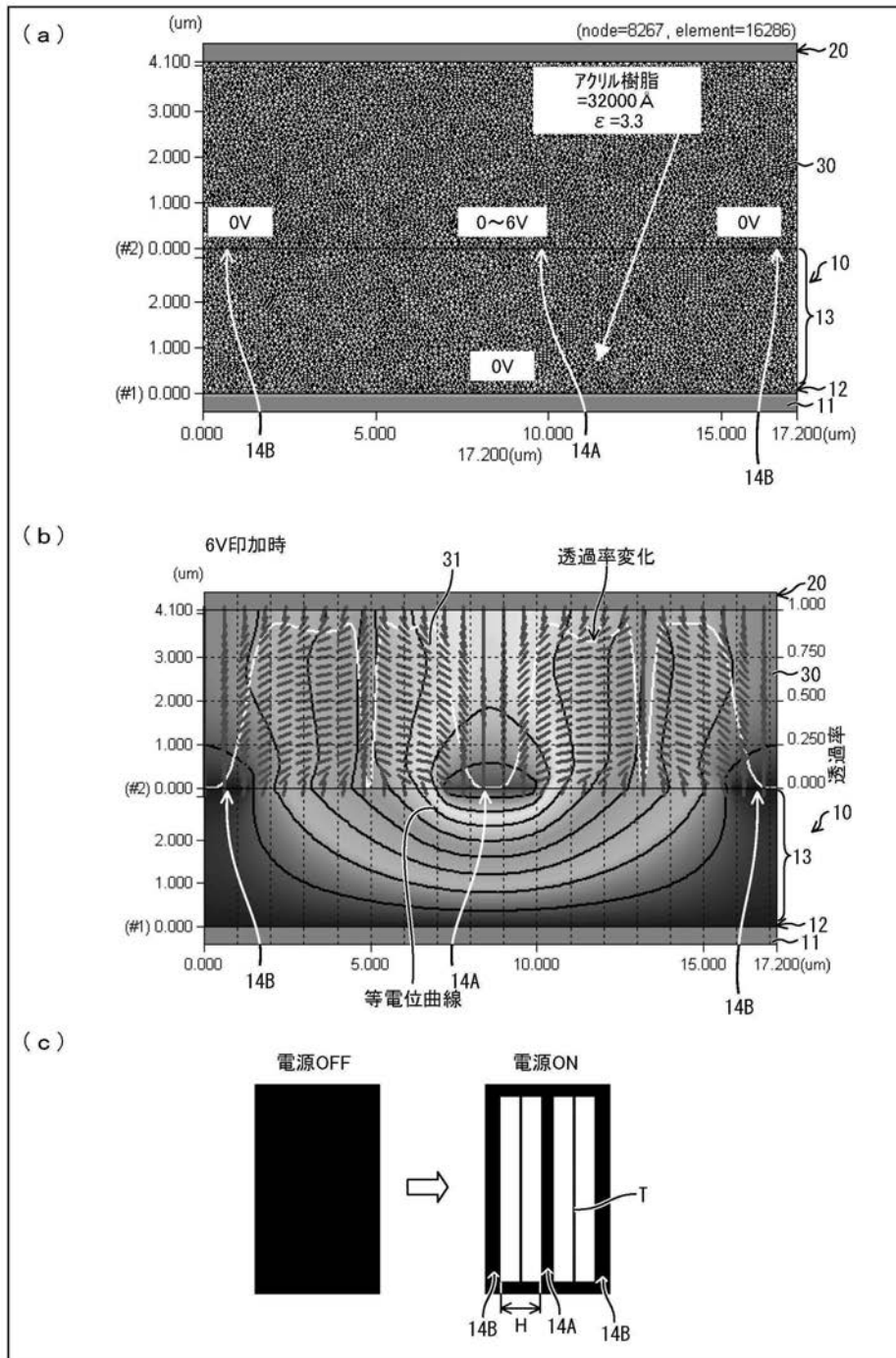
【図7】



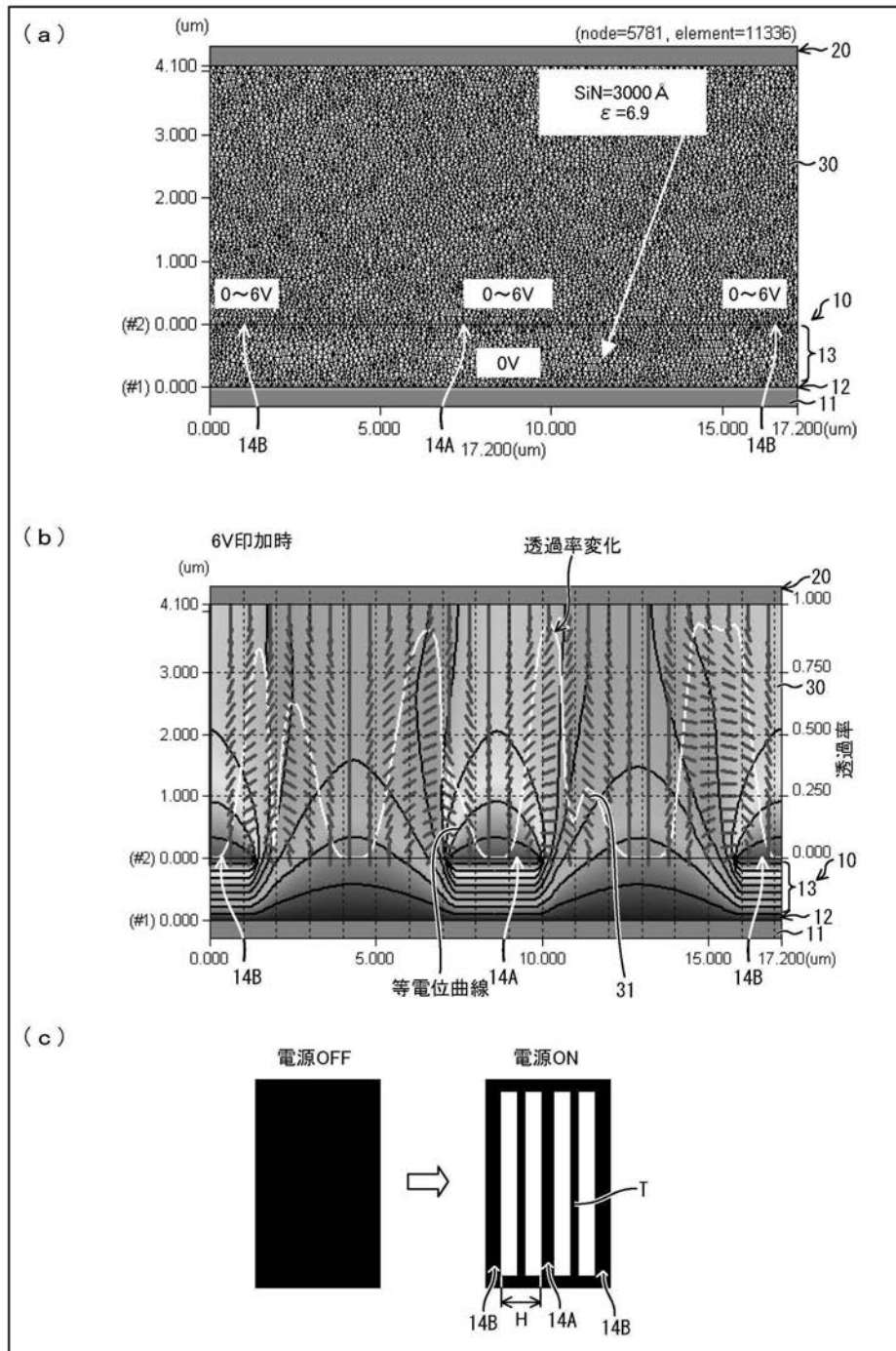
【図 8】



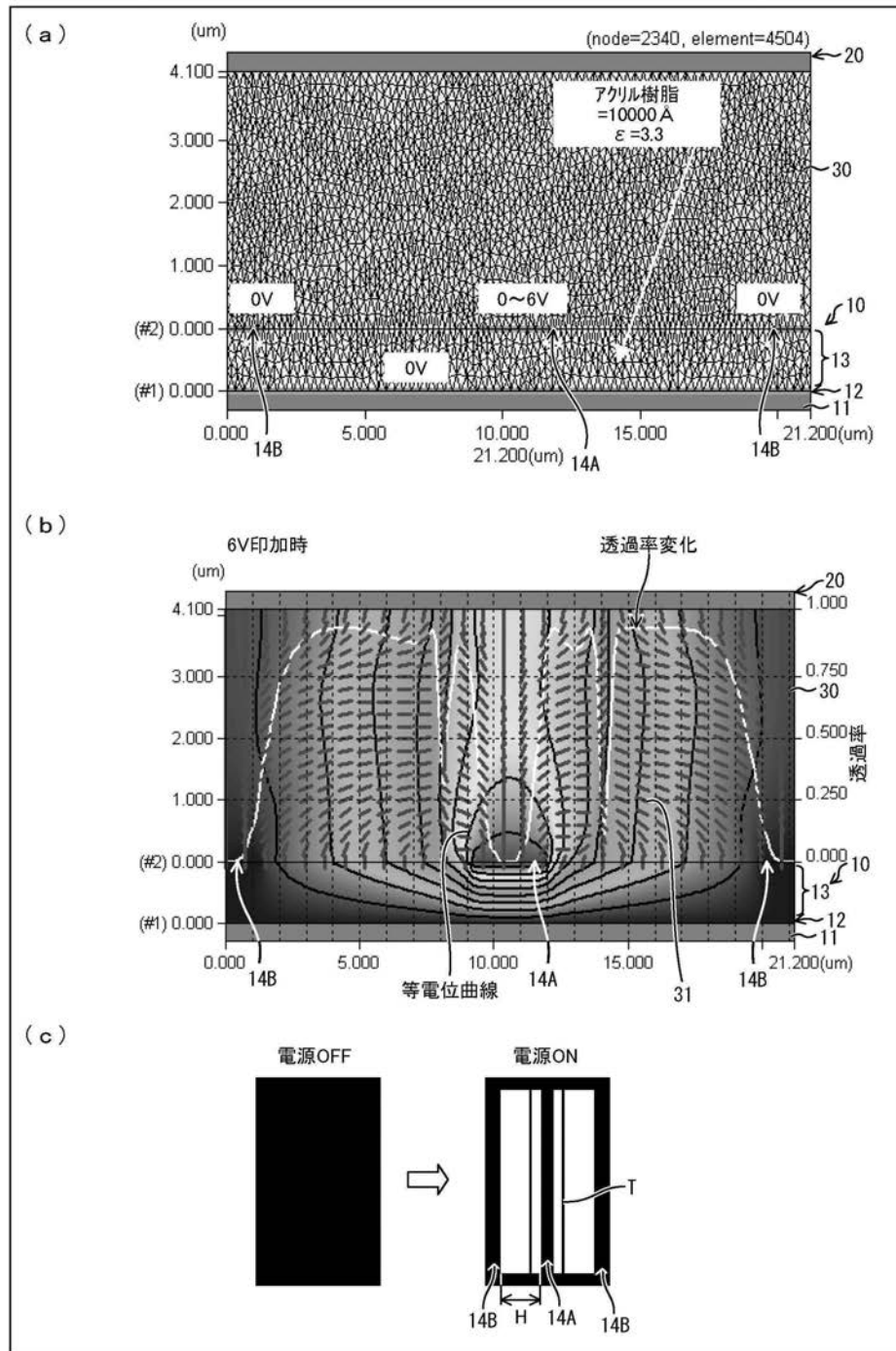
【図9】



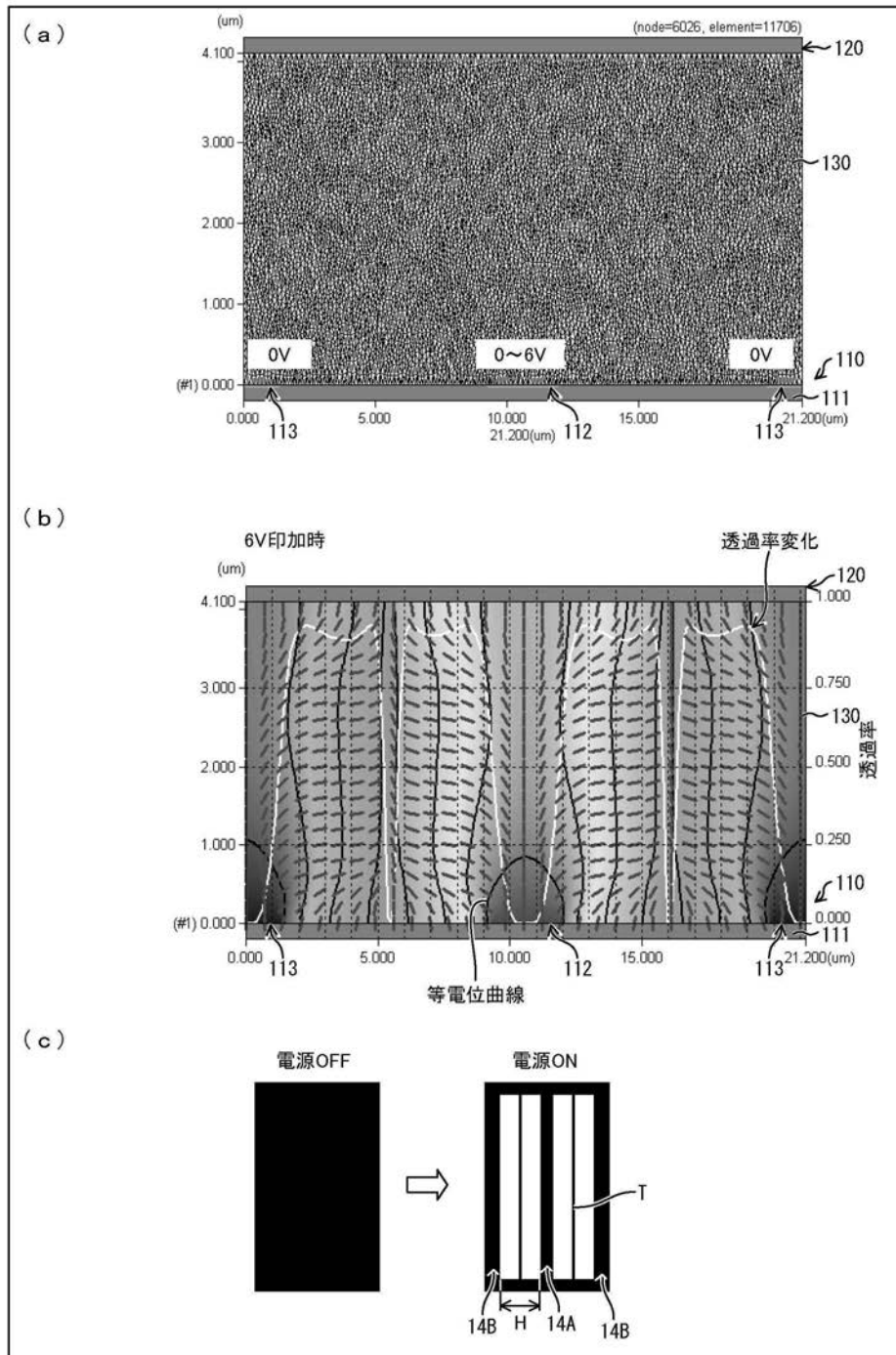
【図10】



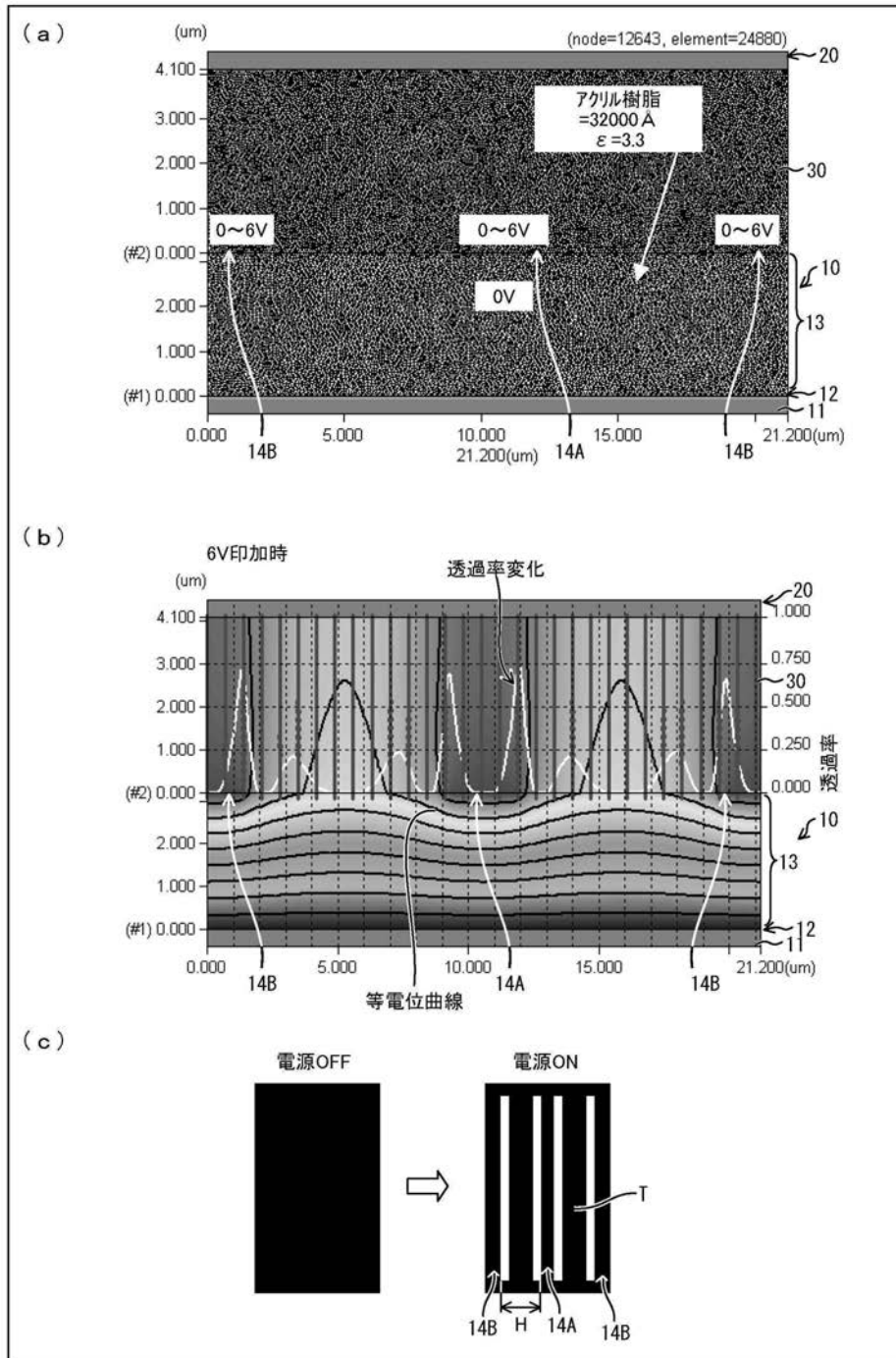
【図 11】



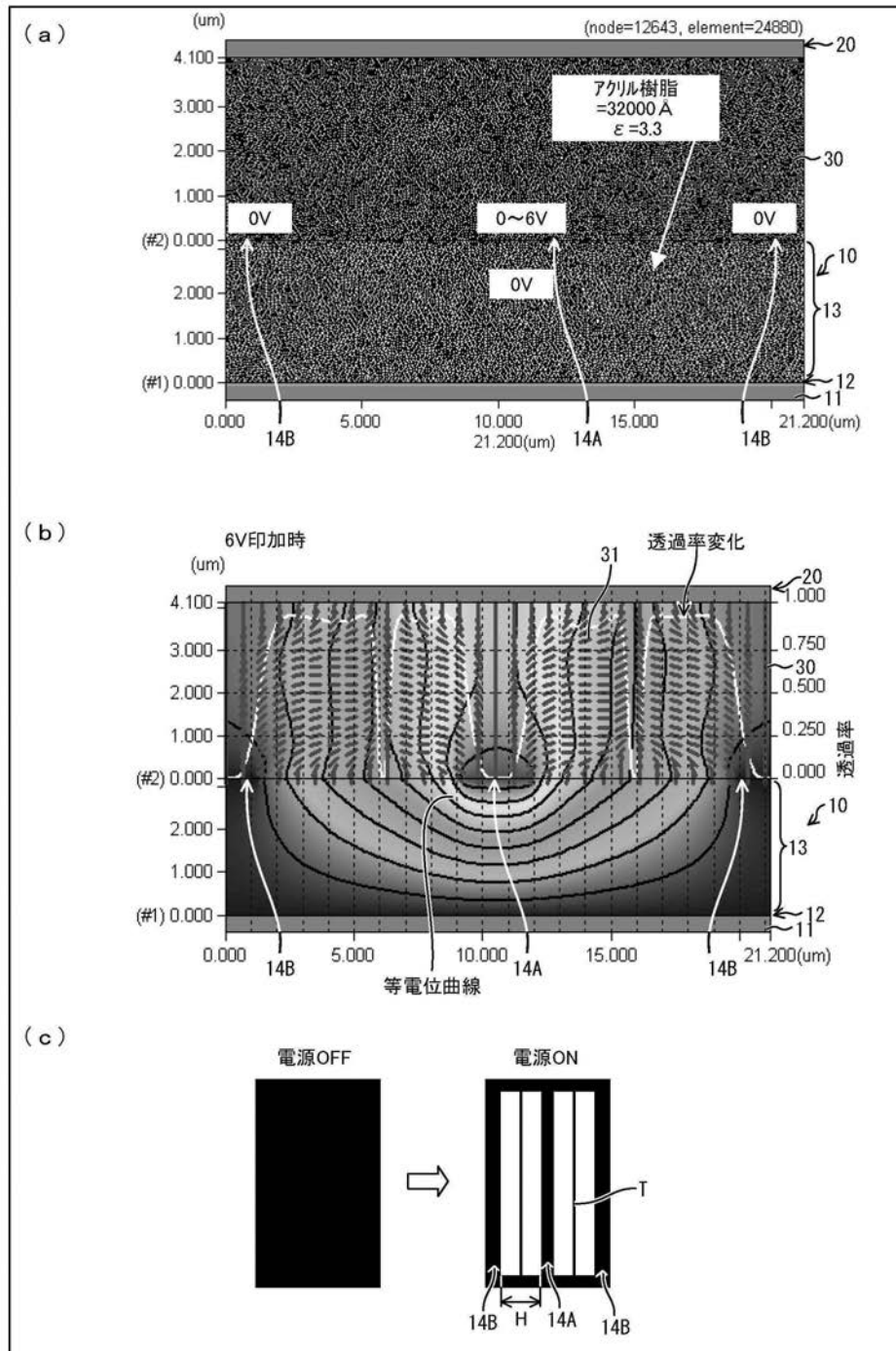
【図 12】



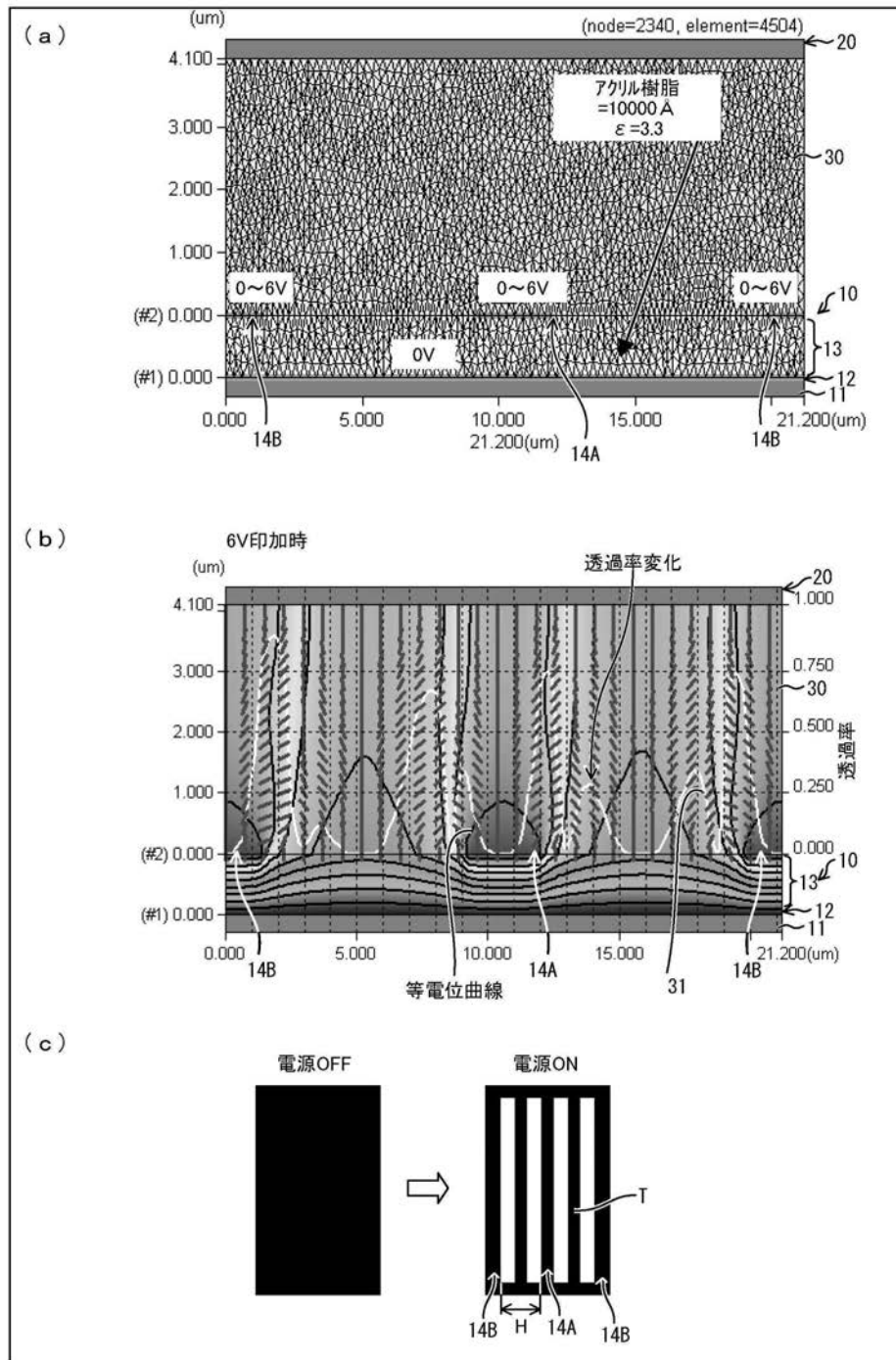
【図13】



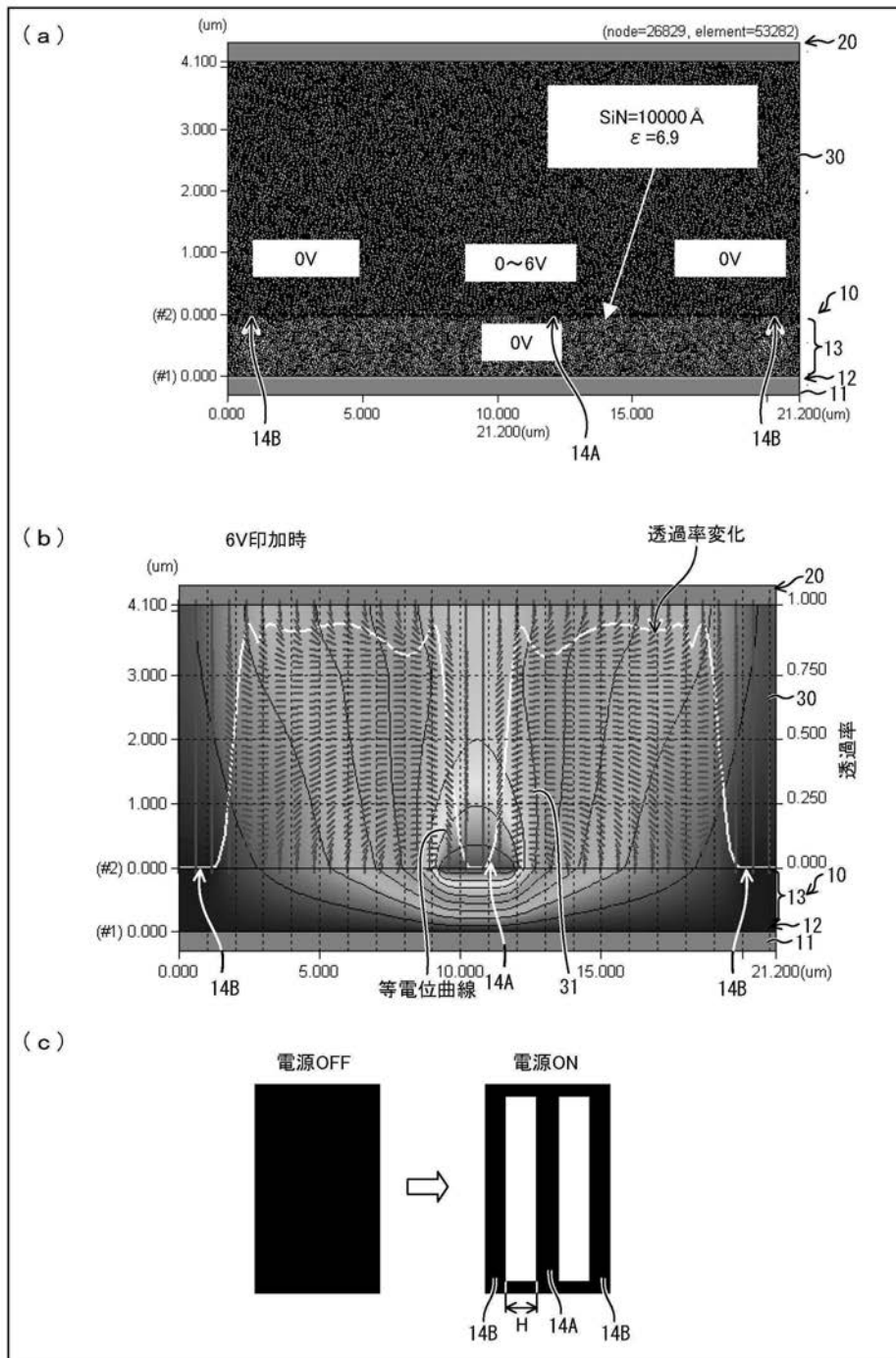
【図14】



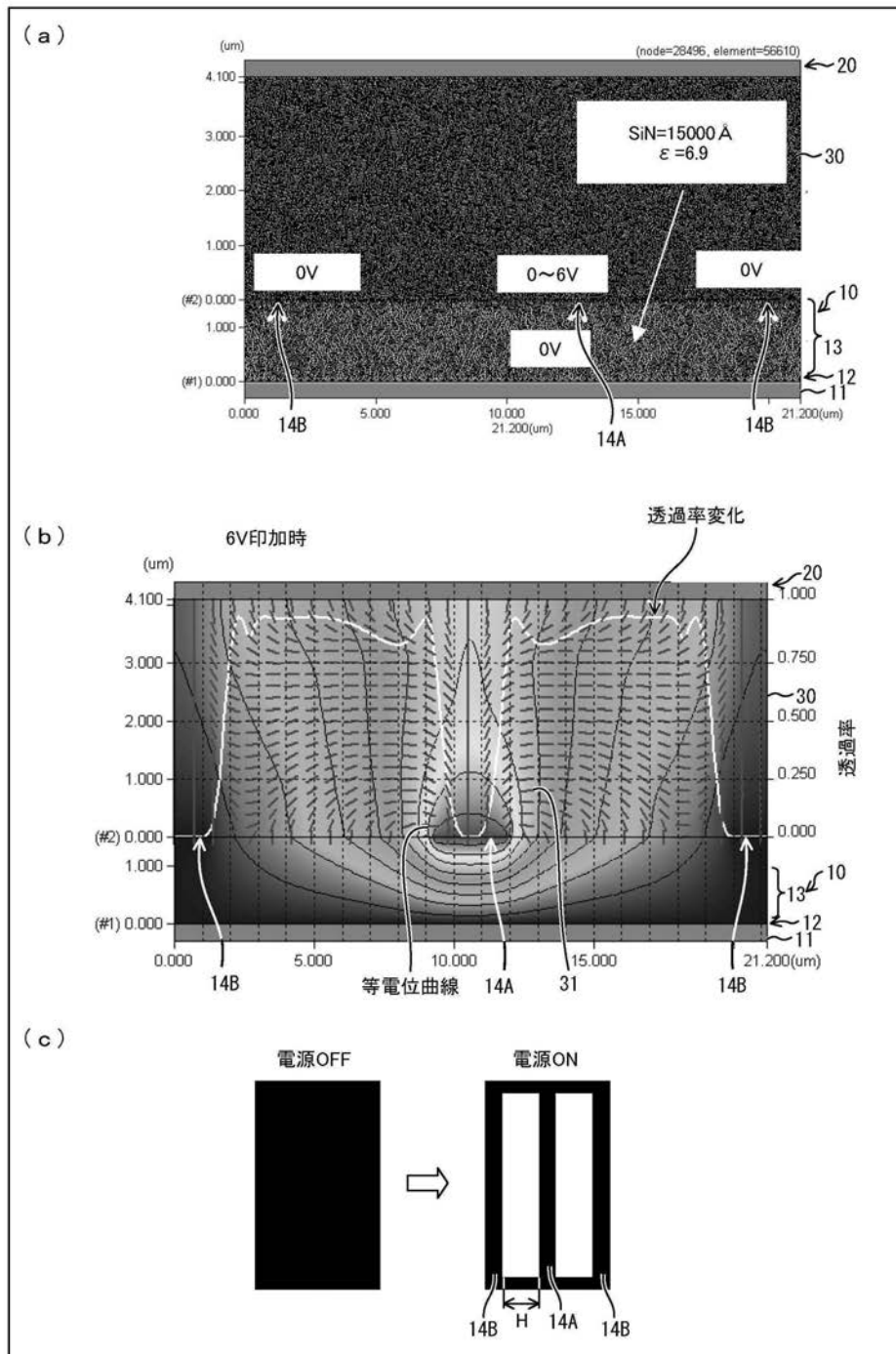
【図 15】



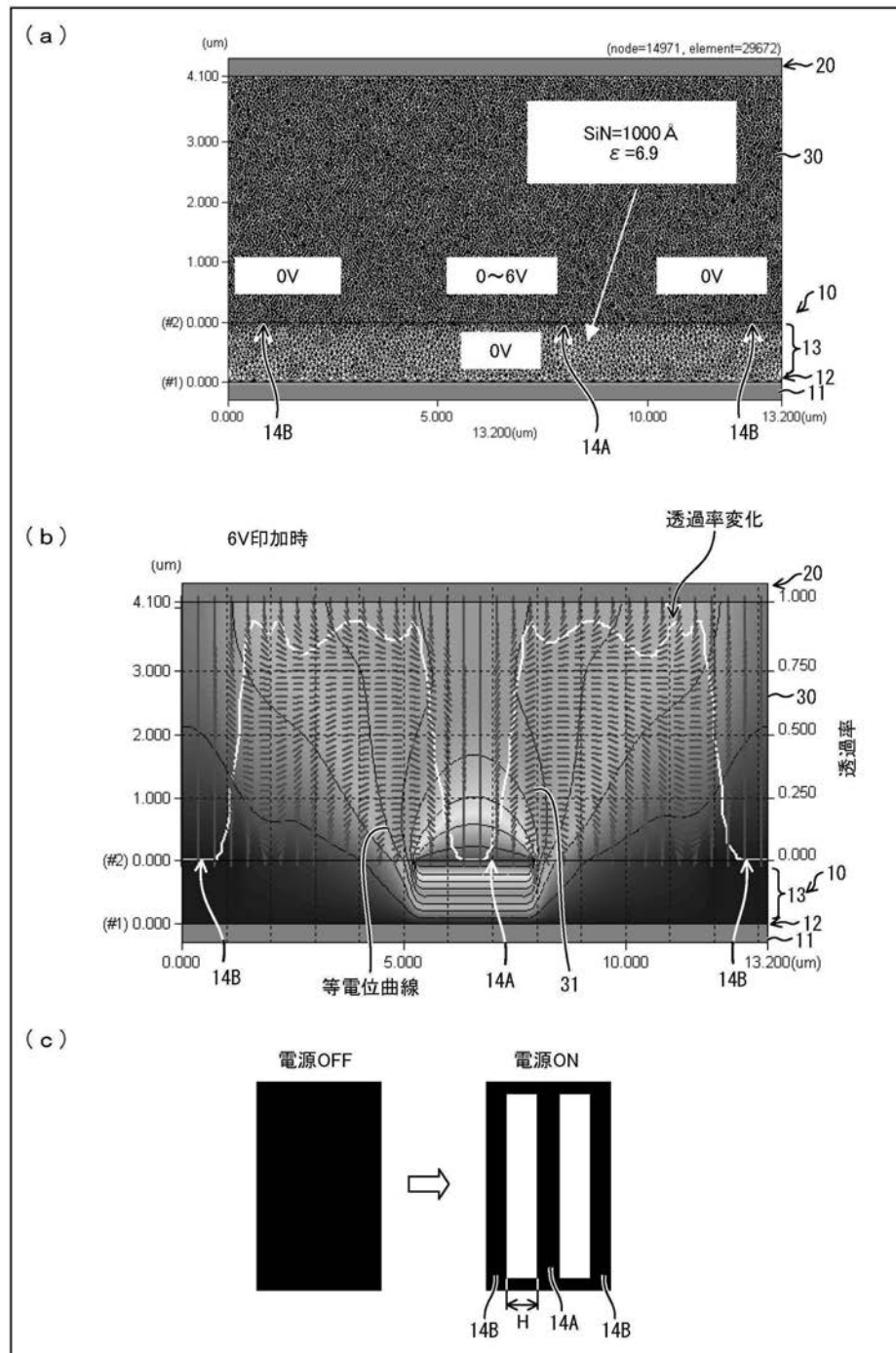
【図 16】



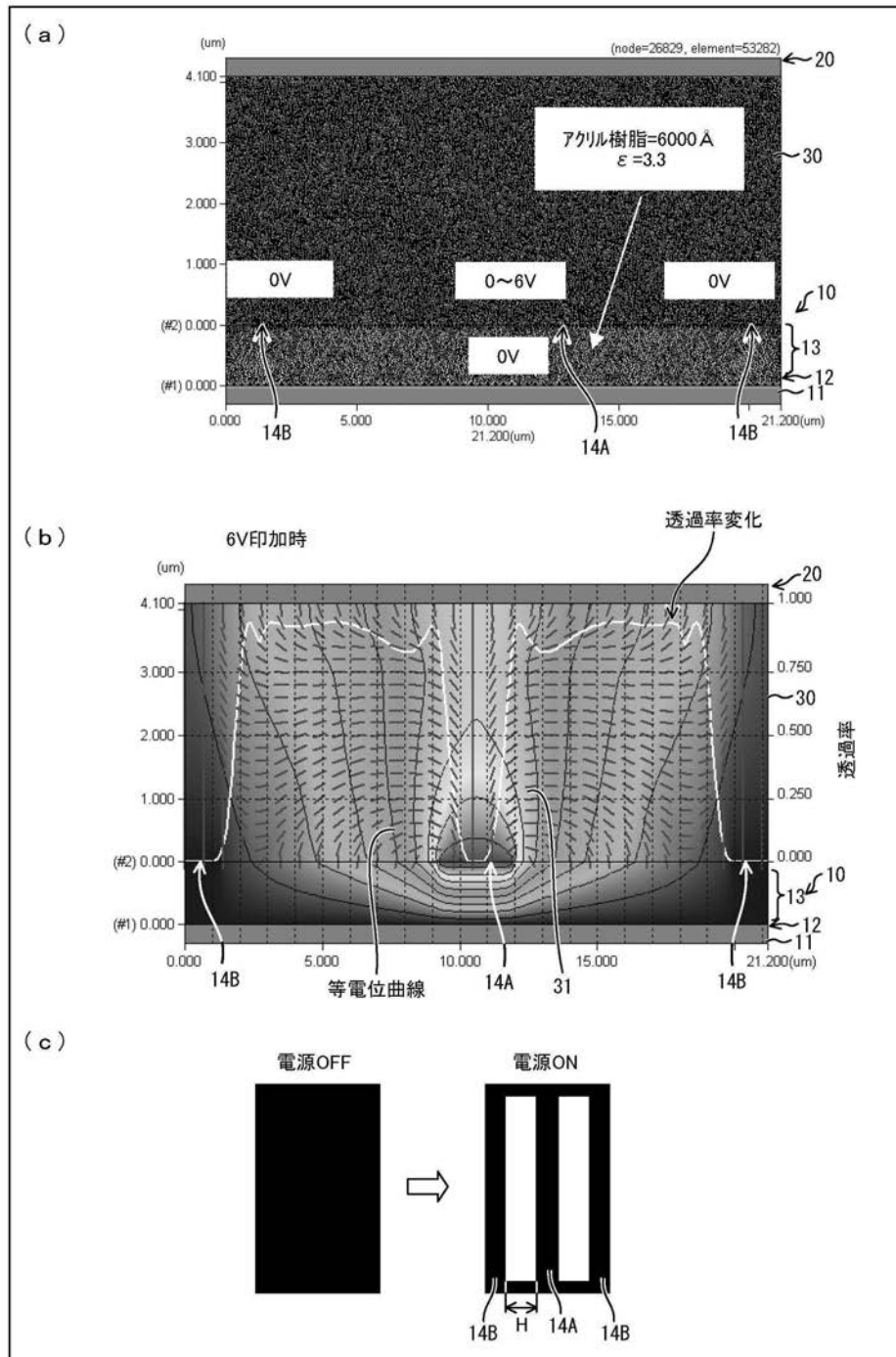
【図 17】



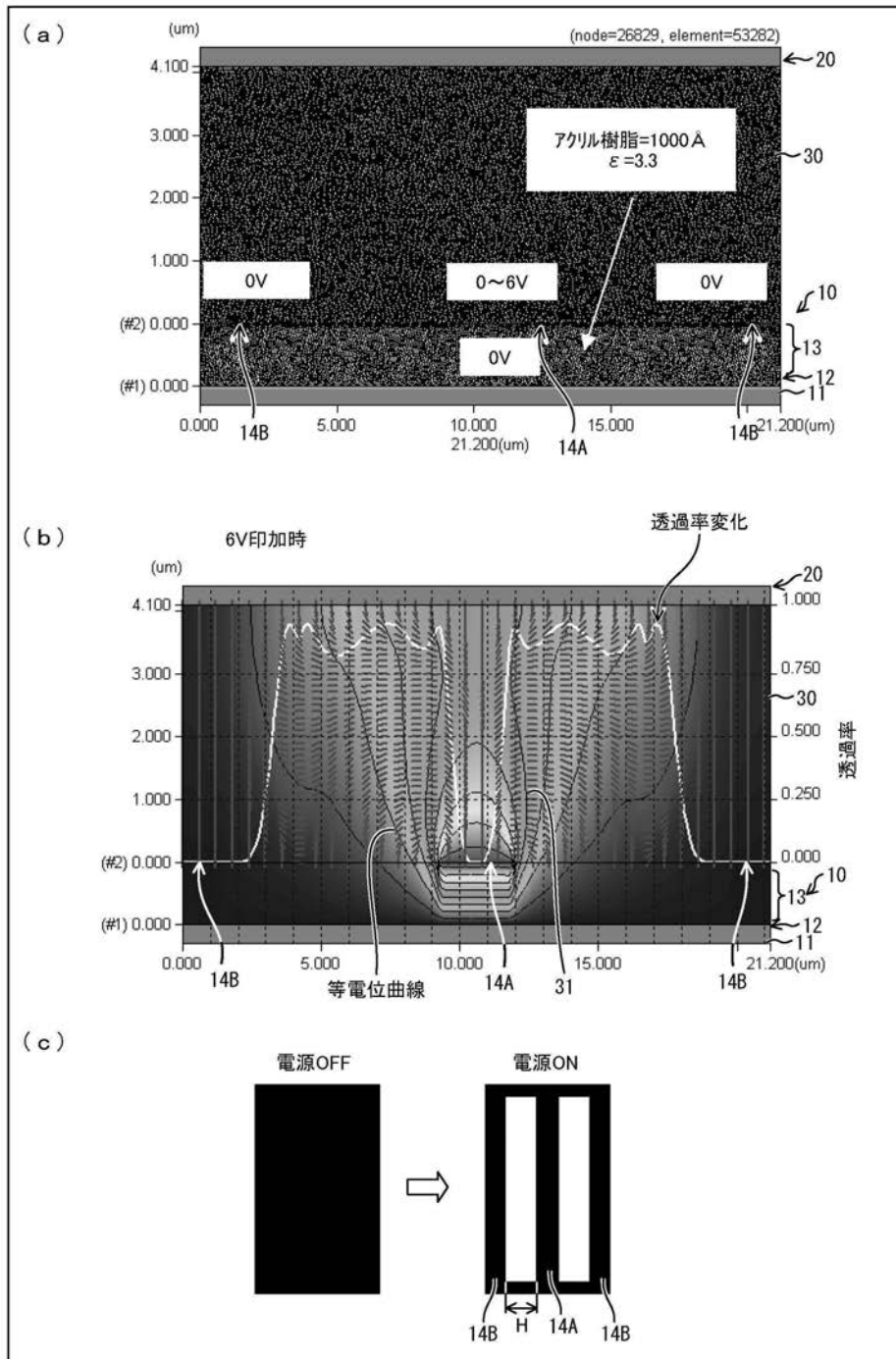
【 図 1 8 】



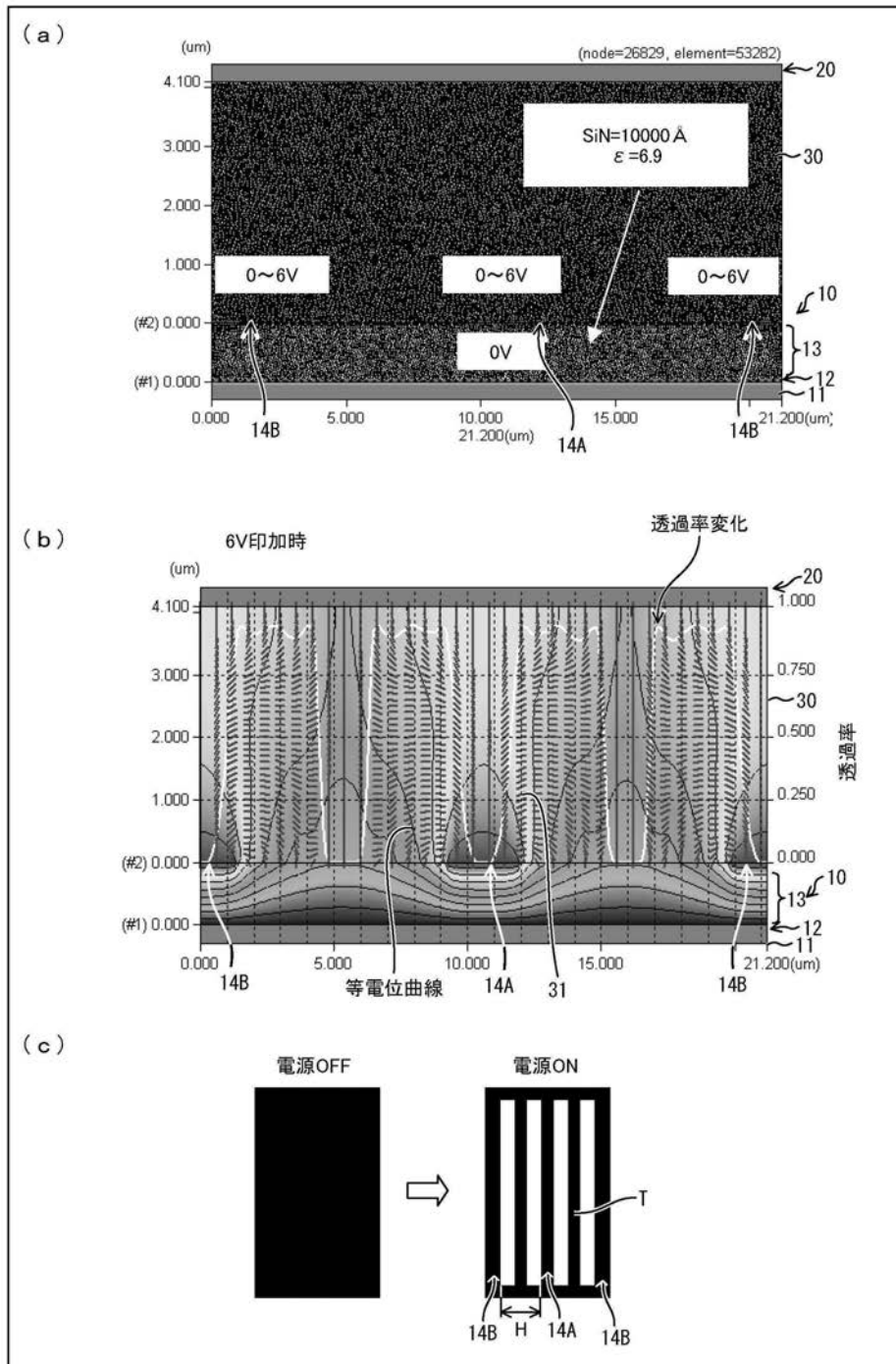
【 図 19 】



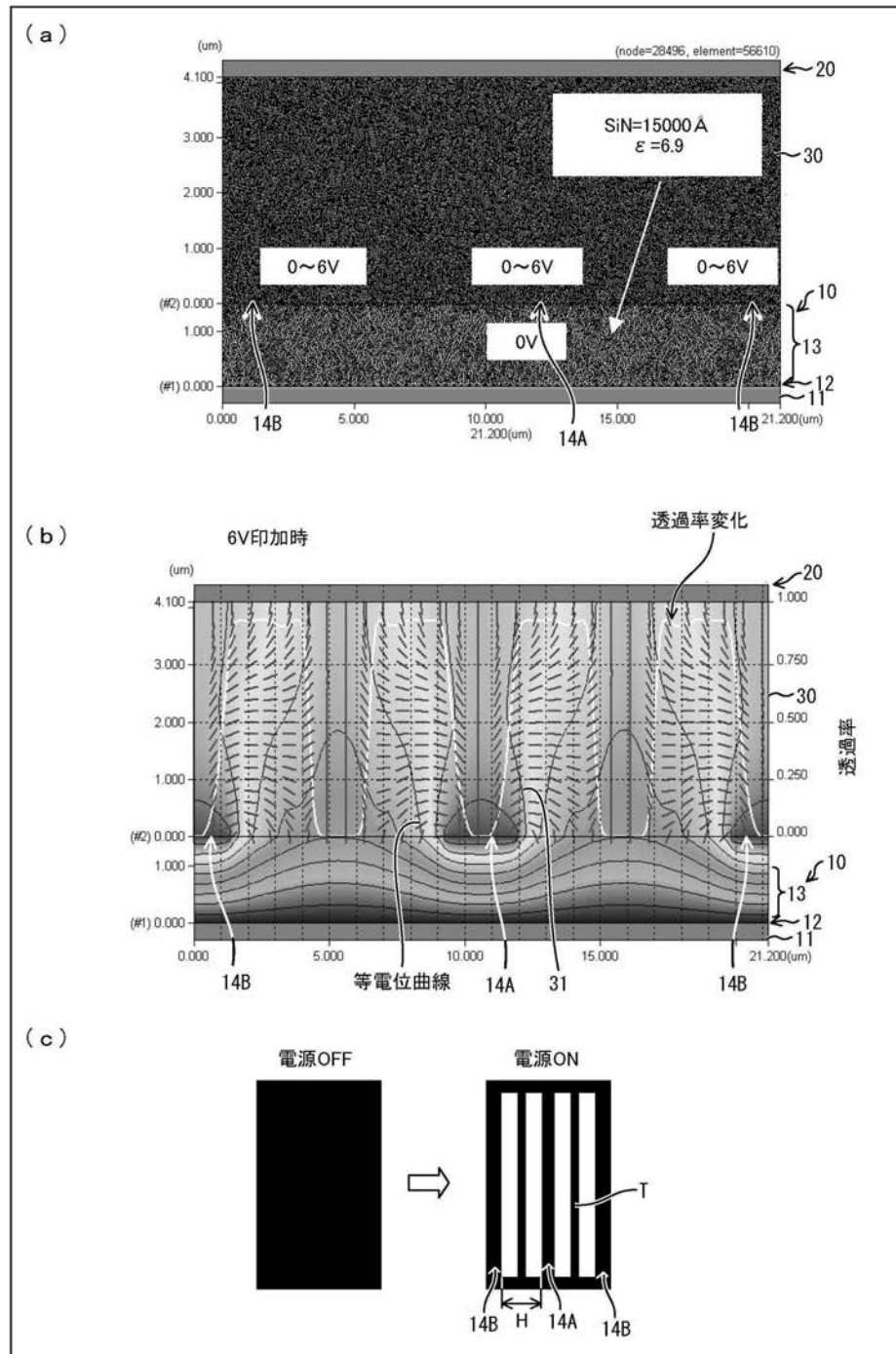
【 図 2 0 】



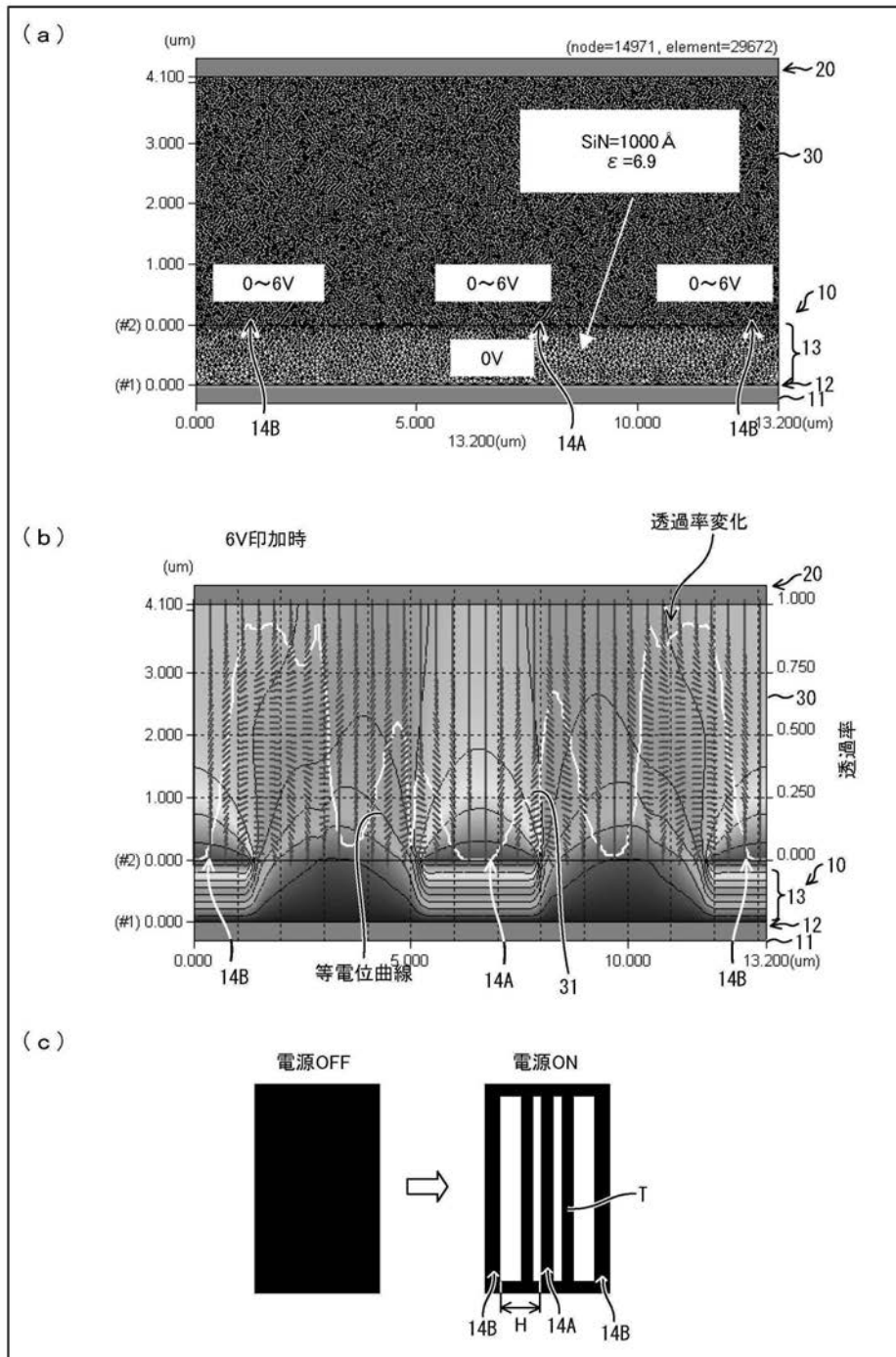
【図 22】



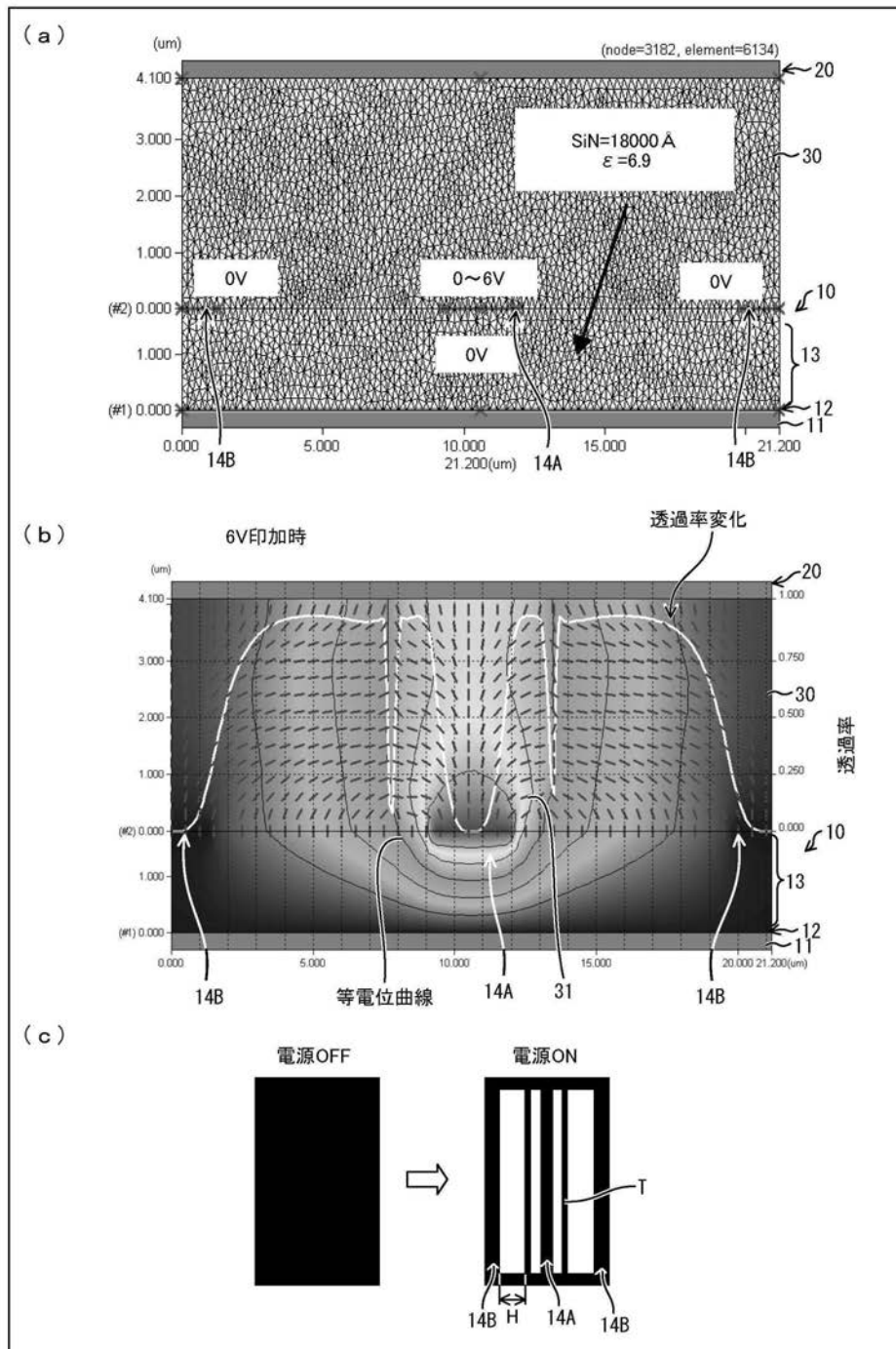
【図 23】



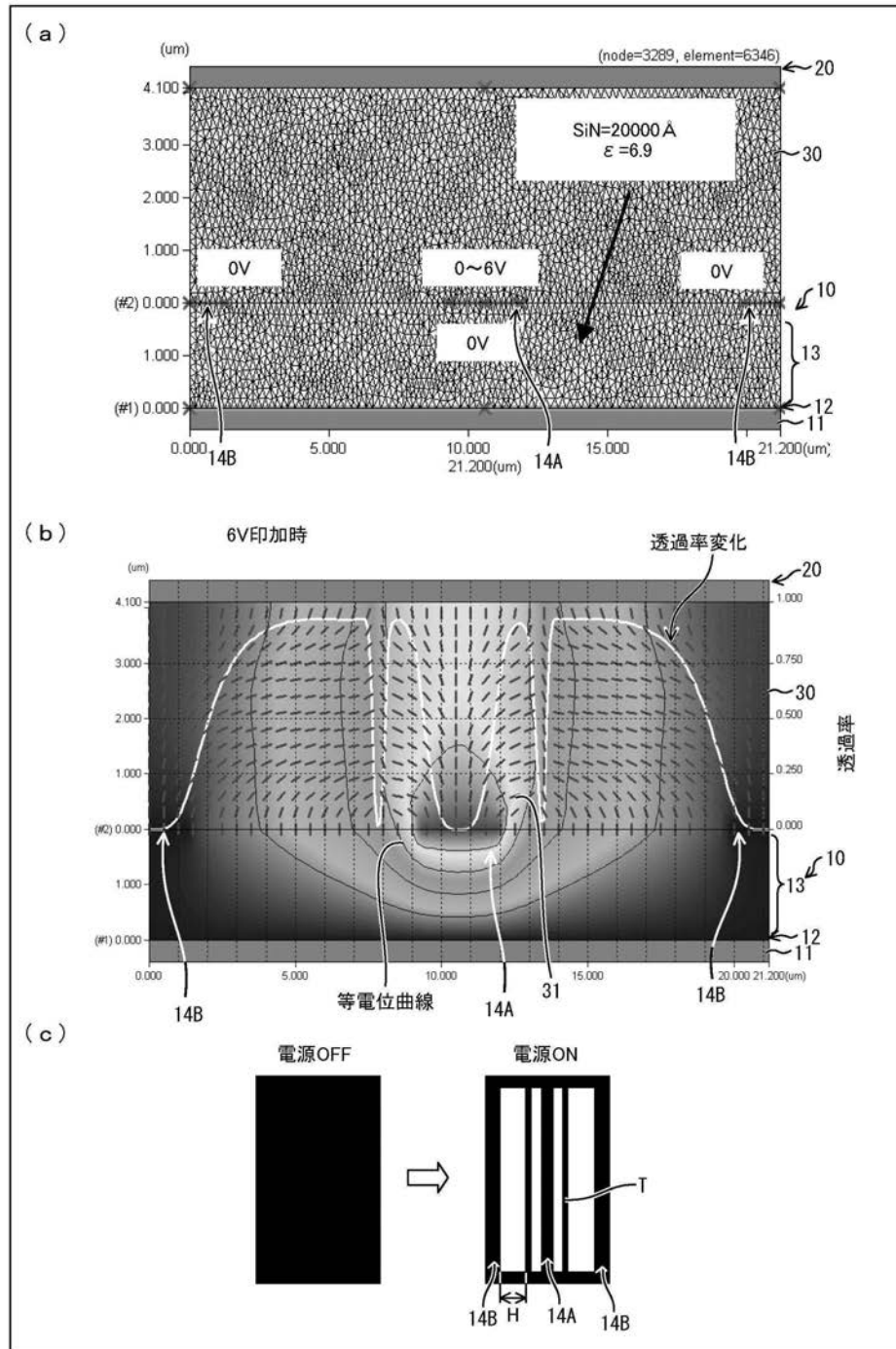
【図24】



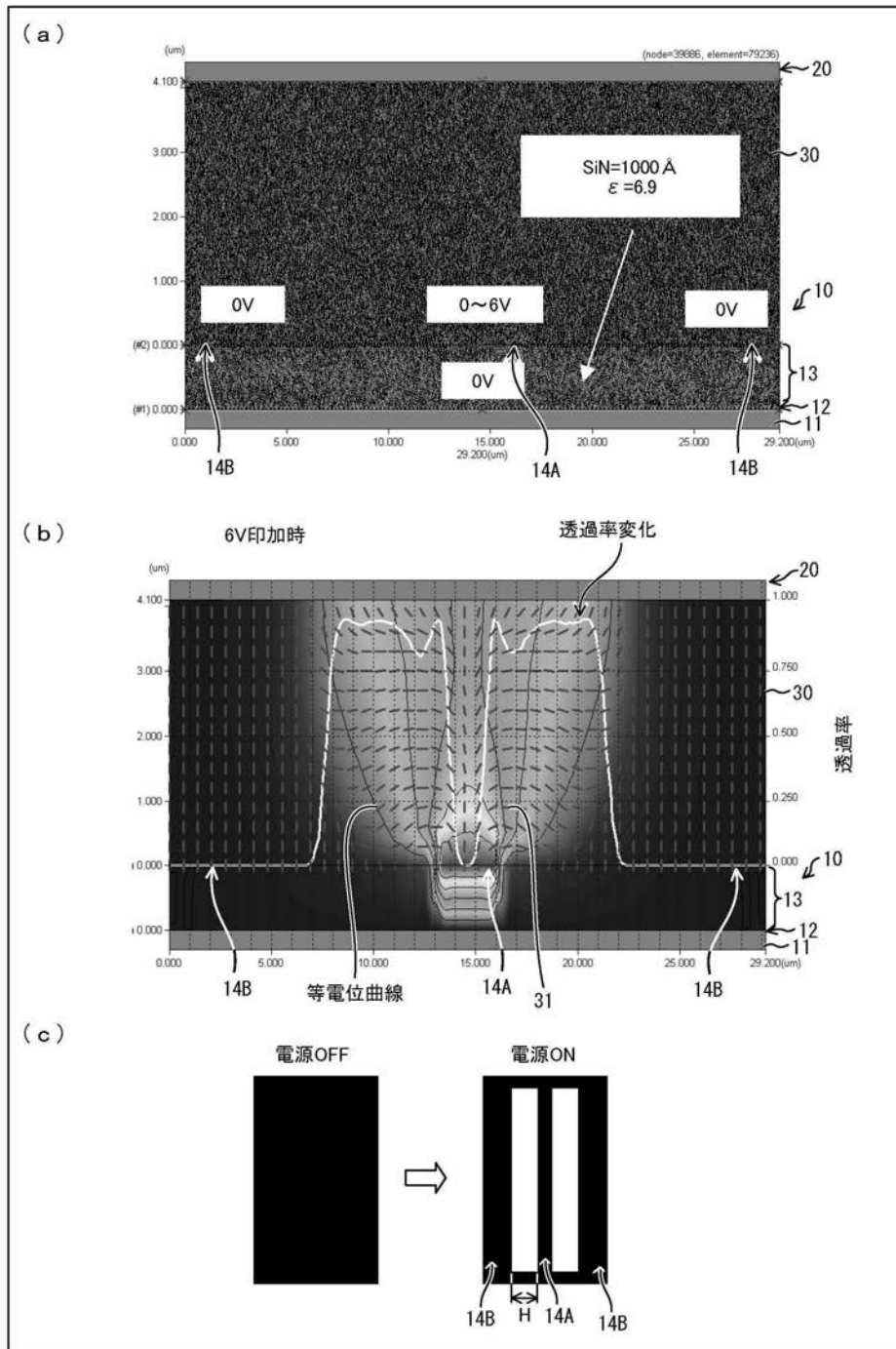
【図 26】



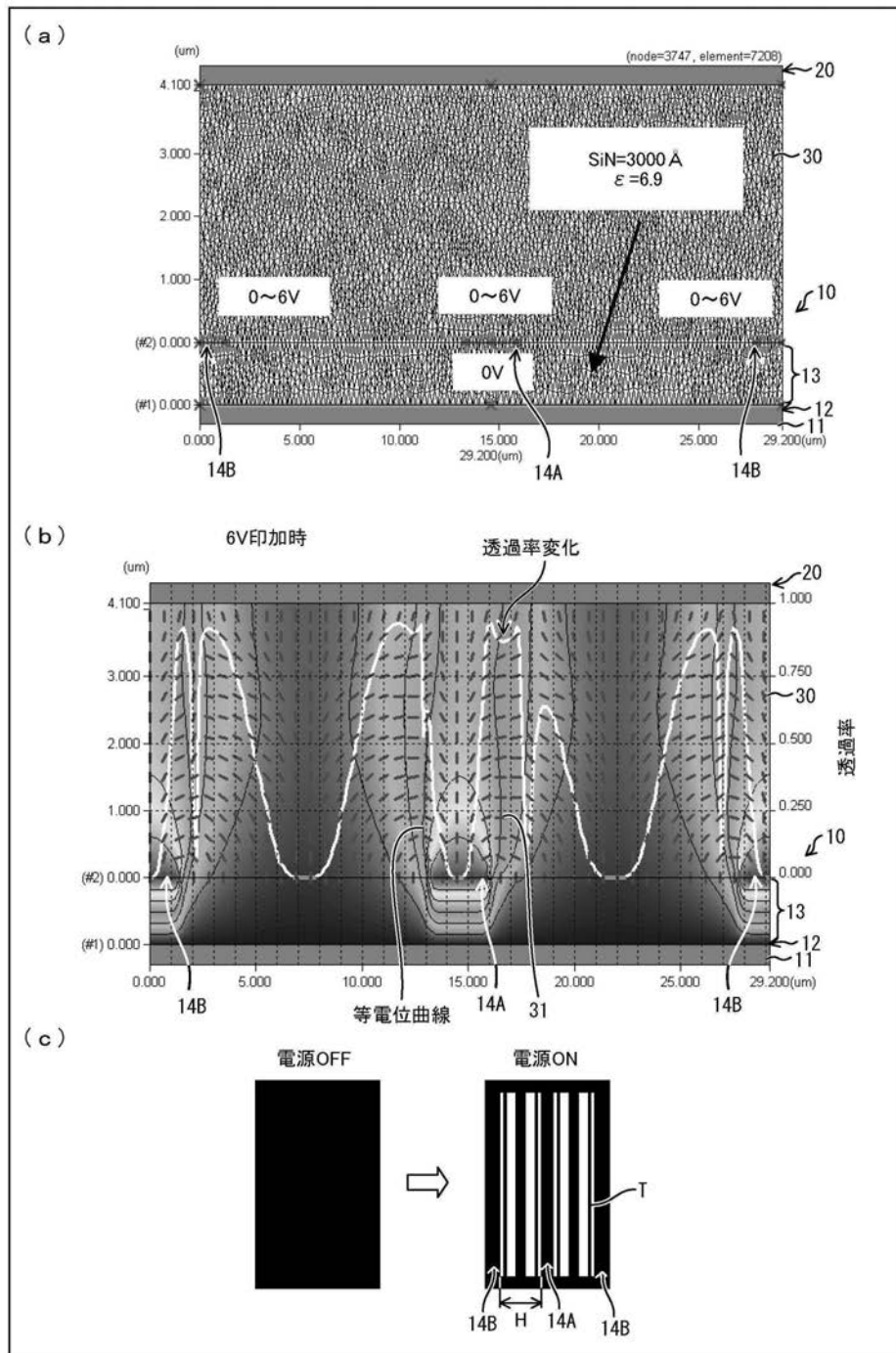
【図 27】



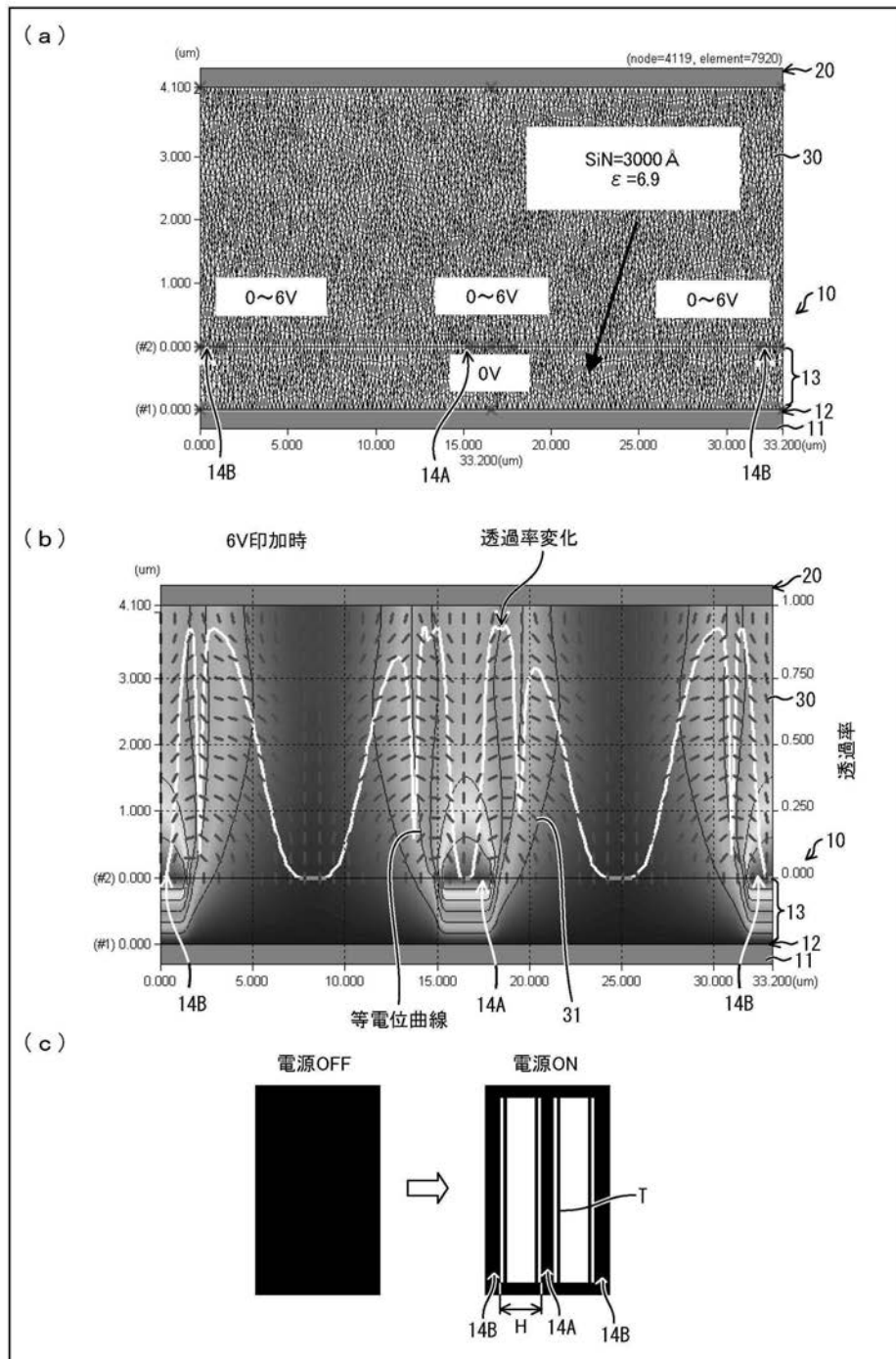
【図 28】



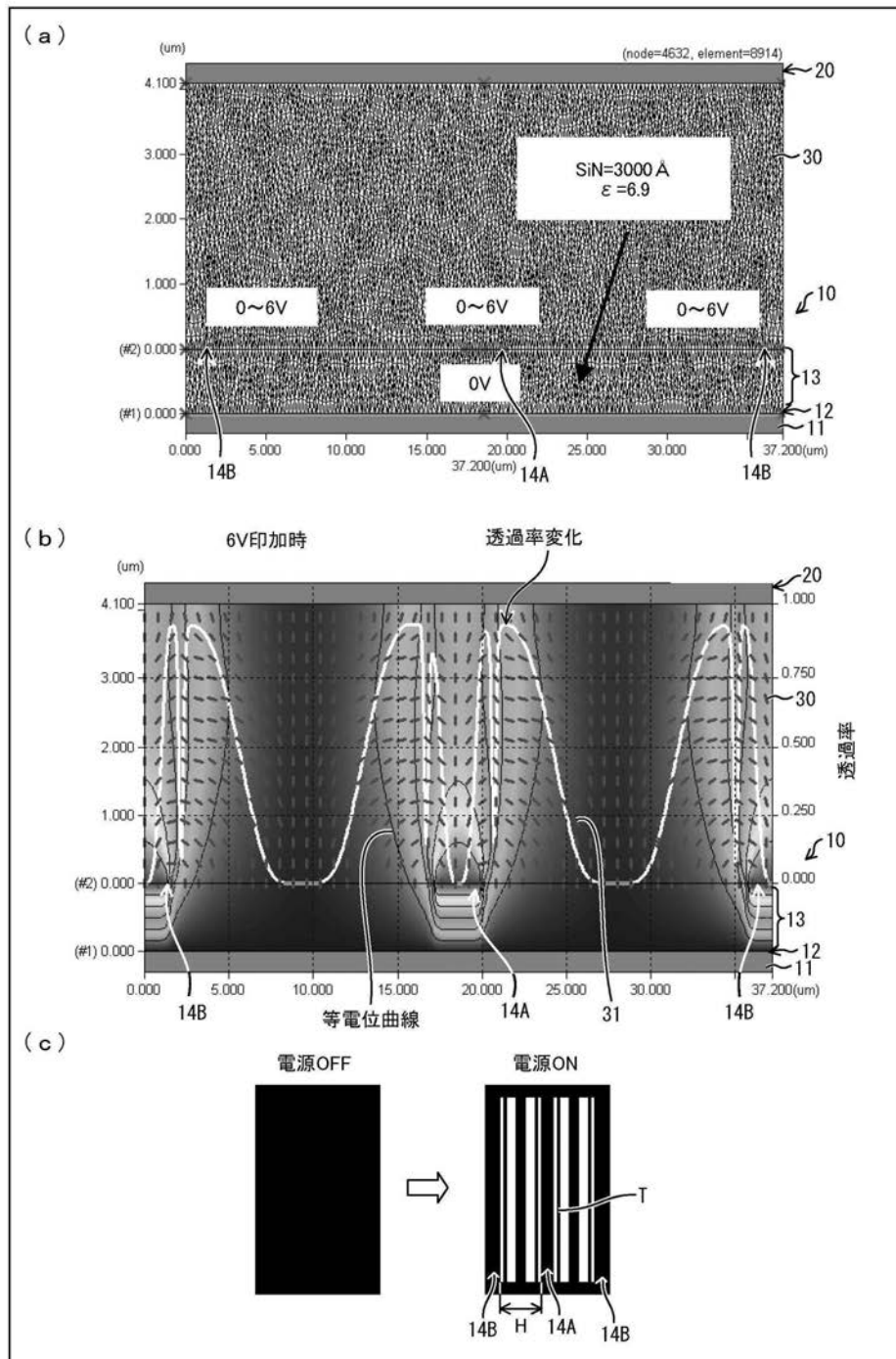
【図 29】



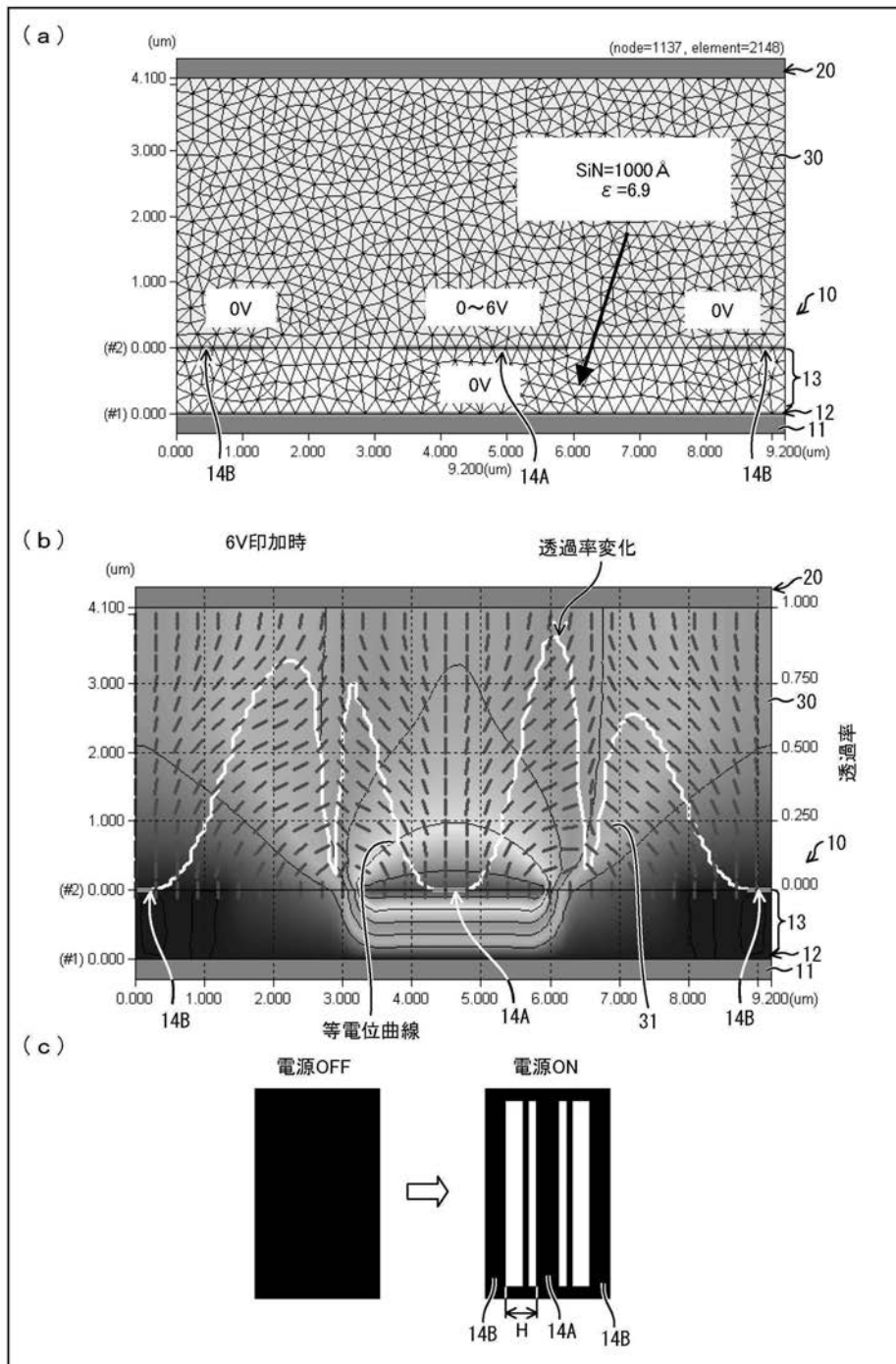
【図30】



【図 3 1】



【図 3 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 櫻井 猛久
日本国大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 大竹 忠
日本国大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 中村 正子
日本国大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

審査官 奥田 雄介

- (56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 0 7 0 6 8 8 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 1 1 9 5 7 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 9 6 6 1 1 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 0 2 9 2 4 7 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 3 1 3 4 4 (J P , A)
特開平 0 9 - 3 2 5 3 4 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 F 1 / 1 3 3 7
G 0 2 F 1 / 1 3 6 8

专利名称(译)	液晶面板及其制造方法和液晶显示装置		
公开(公告)号	JP5335907B2	公开(公告)日	2013-11-06
申请号	JP2011515856	申请日	2010-04-27
[标]申请(专利权)人(译)	夏普株式会社		
申请(专利权)人(译)	夏普公司		
当前申请(专利权)人(译)	夏普公司		
[标]发明人	村田充弘 神崎修一 石原將市 櫻井猛久 大竹忠 中村正子		
发明人	村田 充弘 神崎 修一 石原 將市 櫻井 猛久 大竹 忠 中村 正子		
IPC分类号	G02F1/1337 G02F1/1368		
FI分类号	G02F1/1337.525 G02F1/1368		
优先权	2009131558 2009-05-29 JP 2010028174 2010-02-10 JP		
其他公开文献	JPWO2010137235A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

液晶面板(2)包括上层电极(14)和下层电极,上层电极(14)和下层电极通过绝缘层(13)在一对基板(10)中的一个基板(10)上彼此面对,并且液晶层(30)插入其中。上层电极(14)由梳状电极(14A, 14B)形成,当从垂直于基板表面的方向观察液晶层(30)时,上层电极(14)是梳子。在与齿电极(14A, 14B)重叠的部分中距离另一基板(20)的表面0.1μm的位置处的平均电能为0.44J/m³以上。

	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5	实施例6	实施例7	实施例8
L/S	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/8.0	2.6/6.0	2.6/6.0	2.6/6.0	2.6/6.0	2.6/8.0
比绝缘率ε	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	3.3
厚度d	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	3.2	0.3	1.0
驱动方法	偶极驱动	FTS驱动	FTS驱动	偶极驱动	FTS驱动	偶极驱动	FTS驱动	偶极驱动
电压V	0V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
—	0.5V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
—	1V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
—	1.5V	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%
—	2V	1.9%	13.3%	1.1%	0.9%	1.7%	0.8%	0.2%
—	2.5V	7.5%	17.8%	7.7%	5.9%	3.8%	2.8%	1.3%
—	3V	9.5%	20.0%	12.5%	10.0%	12.1%	11.4%	5.0%
—	3.5V	11.4%	21.5%	15.6%	12.2%	14.8%	16.1%	10.9%
—	4V	12.1%	22.5%	16.3%	13.5%	18.0%	19.1%	17.5%
—	4.5V	12.9%	23.0%	16.9%	14.3%	20.0%	21.0%	20.6%
—	5V	14.2%	23.3%	17.9%	15.5%	21.2%	22.2%	22.4%
—	5.5V	15.8%	23.7%	18.3%	16.2%	22.0%	22.9%	23.6%
—	6V	16.2%	23.8%	18.6%	16.7%	22.5%	23.3%	24.4%