

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6625796号
(P6625796)

(45) 発行日 令和1年12月25日(2019.12.25)

(24) 登録日 令和1年12月6日(2019.12.6)

(51) Int.Cl.	F I
G09F 9/30 (2006.01)	G09F 9/30 338
H01L 29/786 (2006.01)	H01L 29/78 618B
H01L 21/336 (2006.01)	H01L 29/78 612Z
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A
H05B 33/14 (2006.01)	H05B 33/14 Z

請求項の数 7 (全 75 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-215894 (P2014-215894)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成26年10月23日(2014.10.23)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2015-179248 (P2015-179248A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成27年10月8日(2015.10.8)	(72) 発明者	山崎 舜平
審査請求日	平成29年10月23日(2017.10.23)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2013-222621 (P2013-222621)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成25年10月25日(2013.10.25)	(72) 発明者	三宅 博之
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2014-38157 (P2014-38157)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成26年2月28日(2014.2.28)	審査官	中村 直行
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

酸化物半導体膜を有するトランジスタと、
 第1の電極及び第2の電極を有する容量素子と、
 前記トランジスタ上に設けられた無機絶縁膜と、前記無機絶縁膜上に接して設けられた有機絶縁膜と、前記有機絶縁膜上に設けられた発光素子と、を有し、
前記酸化物半導体膜は、Inと、Gaと、Znと、を有し、
前記酸化物半導体膜のCAAC化率は、50%以上であり、
 前記第1の電極は、前記無機絶縁膜に接して設けられた金属酸化物膜であり、
 前記第2の電極は、前記無機絶縁膜上に設けられた、透光性を有する第1の導電膜であり、

10

前記発光素子が有する画素電極は、透光性を有する第2の導電膜であり、且つ前記無機絶縁膜及び前記有機絶縁膜に設けられた開口部において前記トランジスタと電氣的に接続されていることを特徴とする表示装置。

【請求項2】

酸化物半導体膜を有するトランジスタと、
 第1の電極及び第2の電極を有する容量素子と、
 前記トランジスタ上に設けられた無機絶縁膜と、前記無機絶縁膜上に接して設けられた有機絶縁膜と、前記有機絶縁膜上に設けられた発光素子と、を有し、
前記酸化物半導体膜は、Inと、Gaと、Znと、を有し、

20

前記酸化物半導体膜の C A A C 化率は、50%以上であり、

前記第1の電極は、前記無機絶縁膜に接して設けられた金属酸化物膜であり、

前記第2の電極は、前記無機絶縁膜上に設けられ、且つ前記トランジスタに電氣的に接続された、透光性を有する第1の導電膜であり、

前記発光素子が有する画素電極は、透光性を有する第2の導電膜であり、且つ前記無機絶縁膜及び前記有機絶縁膜に設けられた開口部において前記トランジスタと電氣的に接続されていることを特徴とする表示装置。

【請求項3】

酸化物半導体膜を有するトランジスタと、

第1の電極及び第2の電極を有する容量素子と、

前記トランジスタ上に設けられた無機絶縁膜と、前記無機絶縁膜上に接して設けられた有機絶縁膜と、前記有機絶縁膜上に設けられた発光素子と、を有し、

前記酸化物半導体膜は、Inと、Gaと、Znと、を有し、

前記酸化物半導体膜の C A A C 化率は、50%以上であり、

前記第1の電極は、前記無機絶縁膜に接して設けられ、且つ前記トランジスタに電氣的に接続された金属酸化物膜であり、

前記第2の電極は、前記無機絶縁膜上に設けられた、透光性を有する第1の導電膜であり、

前記発光素子が有する画素電極は、透光性を有する第2の導電膜であり、且つ前記無機絶縁膜及び前記有機絶縁膜に設けられた開口部において前記トランジスタと電氣的に接続されていることを特徴とする表示装置。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれかーにおいて、

前記無機絶縁膜は、前記酸化物半導体膜に接する酸化物絶縁膜と、

前記酸化物絶縁膜に接する窒化物絶縁膜と、を有することを特徴とする表示装置。

【請求項5】

請求項4において、

前記金属酸化物膜は、前記窒化物絶縁膜に接して設けられ、且つ前記酸化物半導体膜と同じ金属元素を含むことを特徴とする表示装置。

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれかーにおいて、

前記酸化物半導体膜と前記金属酸化物膜とは、同層に設けられた膜であることを特徴とする表示装置。

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれかーにおいて、

前記酸化物半導体膜の C A A C 化率は、80%以上であることを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物、方法、または、製造方法に関する。または、本発明は、プロセス、マシン、マニファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。特に、本発明は、例えば、半導体装置、表示装置、発光装置、蓄電装置、記憶装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法に関する。特に、本発明は、酸化物半導体を有する半導体装置、表示装置、及びその駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置や発光表示装置に代表されるフラットパネルディスプレイの多くに用いられているトランジスタは、ガラス基板上に形成されたアモルファスシリコン、単結晶シリコンまたは多結晶シリコンなどのシリコン半導体によって構成されている。また、該シリコン半導体を用いたトランジスタは、集積回路（IC）などにも利用されている。

【 0 0 0 3 】

近年、シリコン半導体に代わって、半導体特性を示す金属酸化物をトランジスタに用いる技術が注目されている。なお、本明細書中では、半導体特性を示す金属酸化物を酸化物半導体とよぶことにする。

【 0 0 0 4 】

例えば、酸化物半導体として、酸化亜鉛、またはIn-Ga-Zn系酸化物を用いたトランジスタを作製し、該トランジスタを表示装置の画素のスイッチング素子などに用いる技術が開示されている（特許文献1及び特許文献2参照）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

10

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 7 - 1 2 3 8 6 1 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 7 - 9 6 0 5 5 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

表示装置の品質を向上するには、表示そのものの品質（表示品質）の向上、及び消費電力の低減を図ることが有効である。

【 0 0 0 7 】

酸化物半導体膜を有するトランジスタにおいて、経時変化やストレス試験により、トランジスタの電気特性、代表的にはしきい値電圧が変動するという問題がある。また、トランジスタがノーマリーオン特性を有すると、動作時に動作不良が発生し、例えば、非動作時の消費電力の増大、または表示装置においてはコントラストの低下等の、様々な問題が生じるため、表示品質の向上が達成できない。

20

【 0 0 0 8 】

また消費電力を低減するためには、開口率の向上を図ることが有効である。そのためには素子の微細化を図り、開口部の面積を大きくすることが有効である。しかしながら、容量素子の容量値を小さくするほど、電荷の保持が十分図れず、表示品質が低下する。そのため容量値を小さくして開口率の向上を図るには限界がある。

【 0 0 0 9 】

30

そこで、本発明の一態様は、表示品質の優れた表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、開口率が高く、且つ容量値を増大させることが可能な容量素子を有する表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、消費電力が低減された表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、電気特性の優れたトランジスタを有する表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、新規な表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、少ない工程数で、高開口率であり、広い視野角が得られる表示装置の作製方法を提供する。または、本発明の一態様は、新規な表示装置の作製方法を提供する。

【 0 0 1 0 】

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

本発明の一態様は、酸化物半導体膜を有するトランジスタと、第1の電極及び第2の電極を有する容量素子と、トランジスタ上に設けられた無機絶縁膜、該無機絶縁膜上に接して設けられた有機絶縁膜上に形成された発光素子と、を有し、第1の電極は、無機絶縁膜に接して設けられた金属酸化物膜であり、第2の電極は、無機絶縁膜上に設けられた、透光性を有する第1の導電膜であり、発光素子が有する画素電極は、透光性を有する第2の導電膜であり、且つ無機絶縁膜及び有機絶縁膜に設けられた開口部においてトランジスタと

50

電氣的に接続されている表示装置である。

【発明の効果】

【0012】

本発明の一態様により、表示品質の優れた表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、開口率が高く、且つ容量値を増大させることが可能な容量素子を有する表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、消費電力が低減された表示装置を提供することができる。本発明の一態様により、電気特性の優れたトランジスタを有する表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、少ない工程数で、高開口率であり、広い視野角が得られる表示装置を作製することができる。または、本発明の一態様により、新規な表示装置を提供することができる。

10

【0013】

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図2】半導体装置の一形態を説明するブロック図及び回路図である。

【図3】半導体装置の一形態を説明する上面図である。

20

【図4】半導体装置の一形態を説明する回路図及びタイミングチャート図である。

【図5】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図6】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図7】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図8】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図9】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図10】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図11】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図12】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図13】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

30

【図14】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図15】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図16】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図17】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図18】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図19】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図20】酸化物半導体の断面TEM像および局所的なフーリエ変換像。

【図21】酸化物半導体膜のナノビーム電子回折パターンを示す図、および透過電子回折測定装置の一例を示す図。

【図22】透過電子回折測定による構造解析の一例を示す図、および平面TEM像。

40

【図23】表示装置の駆動方法の一例を示す概念図である。

【図24】画素の構成例を示すブロック図である。

【図25】表示モジュールを説明する図である。

【図26】実施の形態に係る、電子機器の外観図を説明する図である。

【図27】実施の形態に係る、電子機器の外観図を説明する図である。

【図28】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図29】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図30】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図31】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図32】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

50

【図 3 3】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 3 4】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 3 5】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 3 6】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 3 7】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 3 8】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 3 9】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 4 0】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 4 1】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 4 2】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 4 3】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 4 4】半導体装置の一形態を説明する断面図である。
【図 4 5】抵抗率の温度依存性を説明する図である。
【図 4 6】C A A C - O S の成膜モデルを説明する模式図、ペレットおよび C A A C - O S の断面図。
【図 4 7】n c - O S の成膜モデルを説明する模式図、およびペレットを示す図。
【図 4 8】ペレットを説明する図。
【図 4 9】被形成面においてペレットに加わる力を説明する図。
【図 5 0】被形成面におけるペレットの動きを説明する図。
【図 5 1】I n G a Z n O ₄ の結晶を説明する図。
【図 5 2】原子が衝突する前の I n G a Z n O ₄ の構造などを説明する図。
【図 5 3】原子が衝突した後の I n G a Z n O ₄ の構造などを説明する図。
【図 5 4】原子が衝突した後の原子の軌跡を説明する図。
【図 5 5】C A A C - O S およびターゲットの断面 H A A D F - S T E M 像。
【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、実施の形態について図面を参照しながら説明する。但し、実施の形態は多くの異なる態様で実施することが可能であり、趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は、以下の実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、以下に説明する発明の構成において、同じ物を指し示す符号は異なる図面間において共通とする。

【 0 0 1 6 】

また、図面において、大きさ、層の厚さ、又は領域は、明瞭化のために誇張されている場合がある。よって、必ずしもそのスケールに限定されない。なお図面は、理想的な例を模式的に示したものであり、図面に示す形状又は値などに限定されない。例えば、ノイズによる信号、電圧、若しくは電流のばらつき、又は、タイミングのずれによる信号、電圧、若しくは電流のばらつきなどを含むことが可能である。

【 0 0 1 7 】

また本明細書等において、トランジスタとは、ゲート（ゲート端子又はゲート電極）と、ドレインと、ソースとを含む少なくとも三つの端子を有する素子である。そして、ドレイン（ドレイン端子、ドレイン領域又はドレイン電極）とソース（ソース端子、ソース領域又はソース電極）の間にチャンネル領域を有しており、ドレインとチャンネル領域とソースとを介して電流を流すことができるものである。

【 0 0 1 8 】

ここで、ソースとドレインとは、トランジスタの構造又は動作条件等によって変わるため、いずれがソース又はドレインであるかを限定することが困難である。そこで、ソースとして機能する部分、及びドレインとして機能する部分を、ソース又はドレインと呼ばず、ソースとドレインとの一方を第 1 端子と表記し、ソースとドレインとの他方を第 2 端子と表記する場合がある。

【 0 0 1 9 】

なお本明細書にて用いる「第１」、「第２」、「第３」という序数詞は、構成要素の混同を避けるために付したものであり、数的に限定するものではないことを付記する。

【００２０】

なお本明細書において、ＡとＢとが接続されている、とは、ＡとＢとが直接接続されているものの他、電氣的に接続されているものを含むものとする。ここで、ＡとＢとが電氣的に接続されているとは、ＡとＢとの間で、何らかの電氣的作用を有する対象物が存在するとき、ＡとＢとの電氣信号の授受を可能とするものをいう。

【００２１】

なお本明細書において、「上に」、「下に」などの配置を示す語句は、構成同士的位置関係を、図面を参照して説明するために、便宜上用いている。また、構成同士的位置関係は、各構成を描写する方向に応じて適宜変化するものである。従って、明細書で説明した語句に限定されず、状況に応じて適切に言い換えることができる。

10

【００２２】

なお図面における各回路ブロックの配置は、説明のため位置関係を特定するものであり、異なる回路ブロックで別々の機能を実現するよう図面で示していても、実際の回路や領域では、同じ回路や同じ領域内で別々の機能を実現するように設けられている場合もある。また図面における各回路ブロックの機能は、説明のため機能を特定するものであり、一つの回路ブロックとして示していても、実際の回路や領域では、一つの回路ブロックで行う処理を複数の回路ブロックで行うよう設けられている場合もある。

【００２３】

20

なお電圧とは、ある電位と、基準電位（例えばグラウンド電位）との電位差のことを示す場合が多い。よって、電圧、電位、電位差を、各々、電位、電圧、電圧差と言い換えることが可能である。なお電圧とは２点間における電位差のことをいい、電位とはある一点における静電場の中にある単位電荷が持つ静電エネルギー（電氣的な位置エネルギー）のことをいう。

【００２４】

なお、一般に、電位や電圧は、相対的なものである。したがって、グラウンド電位は、必ずしも、０ボルトであるとは限定されない。

【００２５】

また本明細書等において、「平行」とは、二つの直線が -10° 以上 10° 以下の角度で配置されている状態をいう。従って、 -5° 以上 5° 以下の場合も含まれる。また、「垂直」とは、二つの直線が 80° 以上 100° 以下の角度で配置されている状態をいう。従って、 85° 以上 95° 以下の場合も含まれる。

30

【００２６】

また本明細書等において、結晶が三方晶または菱面体晶である場合、六方晶系として表す。

【００２７】

（実施の形態１）

本実施の形態では、本発明の一態様である半導体装置について、図面を用いて説明する。

【００２８】

40

図１（Ａ）に、半導体装置が有するトランジスタ１０３及び容量素子１０５の断面図を示す。

【００２９】

図１（Ａ）に示すトランジスタ１０３は、基板３０２上に設けられるゲート電極として機能する導電膜３０４ｃと、基板３０２及び導電膜３０４ｃ上に形成されるゲート絶縁膜５１と、ゲート絶縁膜５１を介して、導電膜３０４ｃと重なる酸化物半導体膜３０８ｂと、酸化物半導体膜３０８ｂに接する、ソース電極及びドレイン電極として機能する一対の導電膜３１０ｄ、３１０ｅとを有する。

【００３０】

また、ゲート絶縁膜５１上には、金属酸化物膜３０８ｃが設けられる。なお、金属酸化物

50

膜 3 0 8 c は、導電膜 3 1 0 d、3 1 0 e と同層に設けられる導電膜 3 1 0 f と接続する。また、トランジスタ 1 0 3 及び金属酸化物膜 3 0 8 c 上には無機絶縁膜 5 3 が設けられる。無機絶縁膜 5 3 上には導電膜 3 1 6 b が設けられる。金属酸化物膜 3 0 8 c、無機絶縁膜 5 3、及び導電膜 3 1 6 b により容量素子 1 0 5 が構成される。

【 0 0 3 1 】

また、無機絶縁膜 5 3 及び導電膜 3 1 6 b 上には、有機絶縁膜 3 1 7 が設けられる。また、無機絶縁膜 5 3 及び有機絶縁膜 3 1 7 に設けられた開口部において、導電膜 3 1 0 e と接続する導電膜 3 1 9 が、有機絶縁膜 3 1 7 上に設けられる。導電膜 3 1 9 は、発光素子 3 9 4 が有する画素電極（第 1 の電極）として機能する。

【 0 0 3 2 】

また、有機絶縁膜 3 1 7 及び導電膜 3 1 9 上には、絶縁層 3 9 1 が設けられる。また、絶縁層 3 9 1 に設けられた開口部において、発光素子 3 9 4 が有する発光層 3 9 2 及び導電膜 3 9 3 が、導電膜 3 1 9 上に設けられる。導電膜 3 9 3 は、発光素子 3 9 4 が有する共通電極（第 2 の電極）として機能する。

【 0 0 3 3 】

金属酸化物膜 3 0 8 c は、酸化物半導体膜 3 0 8 b と同時に形成された酸化物半導体膜に、水素、ホウ素、リン、窒素、スズ、アンチモン、希ガス元素、アルカリ金属、アルカリ土類金属等の不純物を添加し、酸素欠損を有せしめることで、導電性が向上し、導電性を有する膜となる。なお、酸化物半導体膜は透光性を有するため、金属酸化物膜 3 0 8 c も透光性を有する。

【 0 0 3 4 】

なお酸素欠損が形成された酸化物半導体は、酸素欠損サイトに水素が入ることで伝導帯近傍にドナー準位が形成される。この結果、酸化物半導体は、導電性が高くなり、導電体化する。導電体化された酸化物半導体を金属酸化物膜と呼ぶが、酸化物導電体という場合もある。一般に、酸化物半導体は、エネルギーギャップが大きいため、可視光に対して透光性を有する。一方、酸化物導電体は、伝導帯近傍にドナー準位を有する酸化物半導体である。したがって、該ドナー準位による吸収の影響は小さく、可視光に対して酸化物半導体と同程度の透光性を有する。

【 0 0 3 5 】

ただし、本発明の実施形態の一態様は、これに限定されない。金属酸化物膜 3 0 8 c は、酸化物半導体膜 3 0 8 b と別の工程で成膜し、その後加工することで形成してもよい。したがって、金属酸化物膜 3 0 8 c は、酸化物半導体膜 3 0 8 b とは別の材料を有していてもよい。さらに、金属酸化物膜 3 0 8 c は、酸化物以外の材料を用いることができる。一例としては、金属元素でなる膜を用いてもよいし、一部に窒素を有する膜を用いてもよい。さらに、金属酸化物膜 3 0 8 c は、発光素子が射出する光を反射する機能を有していてもよい。

【 0 0 3 6 】

また、導電膜 3 1 6 b 及び導電膜 3 1 9 は透光性を有する導電膜で形成される。このため、容量素子 1 0 5 は透光性を有する。このため、画素において、容量素子の面積を大きくすることが可能であり、容量素子の容量値及び画素の開口率を高めることが可能である。なお導電膜 3 1 9 を発光素子 3 9 4 の陽極として用いる場合、導電膜 3 1 9 はインジウム錫酸化物などの発光層 3 9 2 よりも仕事関数が大きく透光性を有する膜を用いるとよい。

【 0 0 3 7 】

無機絶縁膜 5 3 は、少なくとも酸化物絶縁膜を有し、さらには酸化物絶縁膜及び窒化物絶縁膜が積層されていることが好ましい。無機絶縁膜 5 3 において、酸化物半導体膜 3 0 8 b と接する領域において、酸化物絶縁膜が形成されることで、酸化物半導体膜 3 0 8 b と無機絶縁膜 5 3 との界面における欠陥量を低減することが可能である。

【 0 0 3 8 】

また、窒化物絶縁膜は、水、水素等のバリア膜として機能する。酸化物半導体膜 3 0 8 b に水、水素等が含まれると、酸化物半導体膜 3 0 8 b に含まれる酸素と、水、水素等とが

10

20

30

40

50

反応してしまい、酸素欠損が形成される。酸素欠損により、酸化物半導体膜 308b 中にはキャリアが生成され、トランジスタのしきい値電圧がマイナスシフトし、ノーマリーオン特性となってしまう。このため、無機絶縁膜 53 に窒化物絶縁膜を設けることで、外部から酸化物半導体膜 308b への水、水素等の拡散量を低減することが可能であり、酸化物半導体膜 308b の欠陥量を低減することが可能である。このため、無機絶縁膜 53 において、酸化物半導体膜 308b 側から順に窒化物絶縁膜及び窒化物絶縁膜が積層されていることで、酸化物半導体膜 308b 及び無機絶縁膜 53 の界面における欠陥量、及び酸化物半導体膜 308b における酸素欠損量を低減することが可能であり、ノーマリーオフ特性のトランジスタを作製することが可能である。

【0039】

有機絶縁膜 317 は、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂等の有機樹脂で形成されるため、平坦性が高い。また、有機絶縁膜 317 の厚さは、500nm 以上 5000nm 以下、好ましくは 1000nm 以上 3000nm 以下である。

【0040】

また、有機絶縁膜 317 上に形成された導電膜 319 は、トランジスタ 103 と接続する。導電膜 319 は、発光素子 394 が有する画素電極として機能し、無機絶縁膜 53 及び有機絶縁膜 317 に設けられた開口部でトランジスタ 103 と接続する。即ち、導電膜 319 は、トランジスタ 103 との距離が離れているため、トランジスタ 103 の導電膜 310d の電位の影響を受けにくい。この結果、導電膜 319 をトランジスタ 103 と重畳させることが可能である。

【0041】

絶縁層 391 は、発光素子 394 を隣接する画素間で分離する機能、すなわち隔壁としての機能を有する。絶縁層 391 としては、絶縁性を有していればよく、例えば、有機絶縁膜または無機絶縁膜を用いることができる。有機絶縁膜としては、例えば、ポリイミド系樹脂、ポリアミド系樹脂、アクリル系樹脂、シロキサン系樹脂、エポキシ系樹脂、またはフェノール系樹脂等を用いることができる。無機絶縁膜としては、酸化シリコン、酸化窒化シリコン等を用いることができる。特に、感光性の有機樹脂材料を用いることで、絶縁層 391 の作製が容易となるため好ましい。

【0042】

導電膜 393 を発光素子 394 の陰極として用いる場合、導電膜 393 は発光素子 394 に電子を注入できる仕事関数の小さい材料を用いて形成することが好ましい。また、仕事関数の小さい金属単体ではなく、仕事関数の小さいアルカリ金属、またはアルカリ土類金属を数 nm 形成した層を緩衝層として形成し、その上にアルミニウムなどの金属材料、インジウム錫酸化物等の導電性を有する酸化物材料、または半導体材料を用いて形成してもよい。また、緩衝層として、アルカリ土類金属の酸化物、ハロゲン化物、または、マグネシウム - 銀等の合金を用いることもできる。

【0043】

発光素子 394 が有する発光層 392 は、少なくとも発光性の物質が含まれる発光層が形成されていればよく、該発光層以外に、ホール注入層、ホール輸送層、電子輸送層、電子注入層、及び電荷発生層などの機能層が形成されていてもよい。発光層 392 は、一対の電極（ここでは、導電膜 319 と導電膜 393）から電子と正孔が注入され電流が流れる。そして、該電子と正孔が再結合することによって発光性の物質が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光することができる。

【0044】

ここで、比較例として無機絶縁膜 53 上に有機絶縁膜 317 が形成されないトランジスタ 103 を有する半導体装置において、トランジスタ 103 のゲート電極として機能する導電膜 304c に負の電圧を印加した場合について、説明する。

【0045】

ゲート電極として機能する導電膜 304c に負の電圧が印加されると、電界が発生する。該電界は、酸化物半導体膜 308b で遮蔽されず、無機絶縁膜 53 にまで影響するため、

10

20

30

40

50

無機絶縁膜 53 の表面に弱い正の電荷が帯電する。また、ゲート電極として機能する導電膜 304c に負の電圧が印加されると、空気中に含まれる正の荷電粒子が無機絶縁膜 53 の表面に吸着し、無機絶縁膜 53 の表面に弱い正の電荷が帯電する。

【0046】

無機絶縁膜 53 の表面に正の電荷が帯電することにより、電場が生じ、該電場が酸化物半導体膜 308b 及び無機絶縁膜 53 の界面まで影響する。この結果、酸化物半導体膜 308b 及び無機絶縁膜 53 の界面において、実質的に正のバイアスが印加された状態となり、トランジスタのしきい値電圧が負にシフトしてしまう。

【0047】

一方、図 1 (A) に示す本実施の形態に示すトランジスタ 103 は、無機絶縁膜 53 上に有機絶縁膜 317 を有する。有機絶縁膜 317 は厚いため、ゲート電極として機能する導電膜 304c に負の電圧が印加されることによって発生する電場の影響が有機絶縁膜 317 の表面にまで影響せず、有機絶縁膜 317 の表面に正の電荷が帯電しにくい。また、空気中に含まれる正の荷電粒子が、有機絶縁膜 317 の表面に吸着しても、有機絶縁膜 317 は厚いため、有機絶縁膜 317 の表面に吸着した正の荷電粒子の電場は、酸化物半導体膜 308b 及び無機絶縁膜 53 の界面まで影響しにくい。これらの結果、酸化物半導体膜 308b 及び無機絶縁膜 53 の界面において、実質的に正のバイアスが印加された状態とならず、トランジスタのしきい値電圧の変動が少ない。

【0048】

また、有機絶縁膜 317 において、水等が拡散しやすいが、無機絶縁膜 53 が窒化物絶縁膜を有することで、窒化物絶縁膜が水のバリア膜となり、有機絶縁膜 317 に拡散した水が酸化物半導体膜 308b に拡散することを防ぐことが可能である。

【0049】

以上のことから、有機絶縁膜 317 をトランジスタ上に設けることで、トランジスタの電気特性のばらつきを低減することが可能である。また、ノーマリオフ特性を有し、信頼性の高いトランジスタを作製することができる。また、有機絶縁膜は、印刷法、塗布法等を用いて形成することが可能であるため、作製時間を短縮することが可能である。

【0050】

< 酸化物導電体 (金属酸化物膜) について >

ここで、酸化物半導体で形成される膜 (以下、酸化物半導体膜 (OS) という。) 及び酸化物導電体で形成される膜 (以下、酸化物導電体膜 (OC) という。) それぞれにおける、抵抗率の温度依存性について、図 45 を用いて説明する。図 45 において、横軸に測定温度を示し、縦軸に抵抗率を示す。また、酸化物半導体膜 (OS) の測定結果を丸印で示し、酸化物導電体膜 (OC) の測定結果を四角印で示す。

【0051】

なお、酸化物半導体膜 (OS) を含む試料は、ガラス基板上に、原子数比が $In : Ga : Zn = 1 : 1 : 1$ のスパッタリングターゲットを用いたスパッタリング法により厚さ 35 nm の $In - Ga - Zn$ 酸化物膜を形成し、原子数比が $In : Ga : Zn = 1 : 4 : 5$ のスパッタリングターゲットを用いたスパッタリング法により厚さ 20 nm の $In - Ga - Zn$ 酸化物膜を形成し、450 の窒素雰囲気中で加熱処理した後、450 の窒素及び酸素の混合ガス雰囲気中で加熱処理し、さらにプラズマ CVD 法で酸化窒化シリコン膜を形成して、作製された。

【0052】

また、酸化物導電体膜 (OC) を含む試料は、ガラス基板上に、原子数比が $In : Ga : Zn = 1 : 1 : 1$ のスパッタリングターゲットを用いたスパッタリング法により厚さ 100 nm の $In - Ga - Zn$ 酸化物膜を形成し、450 の窒素雰囲気中で加熱処理した後、450 の窒素及び酸素の混合ガス雰囲気中で加熱処理し、プラズマ CVD 法で窒化シリコン膜を形成して、作製された。

【0053】

図 45 からわかるように、酸化物導電体膜 (OC) における抵抗率の温度依存性は、酸化

10

20

30

40

50

物半導体膜（OS）における抵抗率の温度依存性より小さい。代表的には、80 K以上290 K以下における酸化物半導体膜（OC）の抵抗率の変化率は、±20%未満である。または、150 K以上250 K以下における抵抗率の変化率は、±10%未満である。即ち、酸化物導電体は、縮退半導体であり、伝導帯端とフェルミ準位とが一致または略一致していると推定される。このため、酸化物導電体膜を、配線、電極、画素電極等に用いることが可能である。

【0054】

<変形例1>

図1（A）に示す構成の変形例について、図1（B）を用いて説明する。図1（B）に示す半導体装置は、導電膜319を用いてトランジスタ103の導電膜310eと導電膜316bとが接続されていることを特徴とする。

10

【0055】

導電膜319を画素電極としての機能の他、導電膜間を接続するための配線として用いることで、別の配線又はトランジスタを介することなく、トランジスタ103に容量素子105を接続することができる。

【0056】

<変形例2>

図1（A）に示す構成の変形例について、図1（C）を用いて説明する。図1（C）に示す半導体装置は、トランジスタ103の導電膜310eと金属酸化物膜308cとが直接接するように設けることを特徴とする。

20

【0057】

導電膜310eと導電膜316bとを直接接するように設けることで、別の配線又はトランジスタを介することなく、トランジスタ103に容量素子105を接続することができる。

【0058】

<変形例3>

本実施の形態1に示すトランジスタの変形例について、図29（A）を用いて説明する。本変形例に示すトランジスタ103cは、多階調マスク（ハーフトーンマスク、グレートーンマスク、位相差マスクなど）を用いて形成された酸化物半導体膜308e及び一对の導電膜310f、310gを有することを特徴とする。また、トランジスタ103c及び容量素子105が、画素電極として機能する導電膜319で接続されていることを特徴とする。

30

【0059】

多階調マスクを用いることで、複数の厚さを有するレジストマスクを形成することが可能であり、該レジストマスクを用い、酸化物半導体膜308eを形成した後、酸素プラズマ等にレジストマスクを曝すことで、レジストマスクの一部が除去され、一对の導電膜を形成するためのレジストマスクとなる。このため、酸化物半導体膜308e及び一对の導電膜310f、310gの作製工程におけるフォトリソグラフィ工程数を削減することができる。

【0060】

なお、多階調マスクを用いて形成した酸化物半導体膜308eは、平面形状において一对の導電膜310f、310gの外側に一部が露出した形状となる。

40

【0061】

また、図29（A）において、金属酸化物膜308fがゲート絶縁膜51上に形成される。また、金属酸化物膜308f上に、導電膜310f、310gと同時に導電膜310hが形成される。また、導電膜319が導電膜310g及び導電膜310hと接続する。この結果、トランジスタ103及び容量素子105が電氣的に接続する。

【0062】

<変形例4>

本実施の形態に示すトランジスタの変形例について、図29（B）を用いて説明する。本

50

変形例に示すトランジスタ 103d は、チャネル保護構造で形成されたトランジスタであることを特徴とする。

【0063】

チャネル保護構造のトランジスタ 103d は、絶縁膜 53a に開口部を有し、該開口部で酸化物半導体膜 308b と、一対の導電膜 310i、310j とが接続される形状となる。該形状とすることで、酸化物半導体膜 308b へのダメージを低減することができる。

【0064】

<変形例 5>

図 1 (A) 乃至 (C) に示す構成の変形例について、図 30 (A) 乃至 (C) を用いて説明する。図 30 (A) 乃至 (C) に示す半導体装置は、容量素子 105 及び発光素子 394 に重畳する領域に、導電膜 304c と同層に形成した導電膜 304d を設けることを特徴とする。

10

【0065】

導電膜 304d を容量素子 105 が有する金属酸化物膜 308c に重畳して設けることで、金属酸化物膜 308c とゲート絶縁膜 51 と導電膜 304d により容量素子を構成し、容量素子 105 の容量値をさらに増大させることができる。

【0066】

<変形例 6>

図 29 (B) に示す構成の変形例について、図 43 (A) を用いて説明する。図 43 (A) に示す半導体装置は、図 29 (B) で設けた導電膜 316b を設けずに、代わりに導電膜 310j、導電膜 310i と同じ層に設けた導電膜 310k を設け、容量素子 105 を構成することを特徴とする。導電膜 310k は、一例としては、導電膜 310j、導電膜 310i などと同時に成膜され、同時にエッチングされて、形成される。したがって、導電膜 310k は、一例としては、導電膜 310j などと同じ材料を有している。

20

【0067】

なお本変形例を上記変形例 5 で示した構成と組み合わせてもよい。具体的には、図 43 (B) に示すように、容量素子 105 及び発光素子 394 に重畳する領域に、導電膜 304c と同層に形成した導電層 304d を設ける構成とすることができる。導電膜 304d は、一例としては、導電膜 304c と同時に成膜され、同時にエッチングされて、形成される。したがって、導電膜 304d は、一例としては、導電膜 304c と同じ材料を有している。導電膜 304d を用いることによって、容量素子 105 の一部として機能させることが出来る。したがって、導電膜 304d は、容量素子 105 が有する電極の一つと接続されていてよい。

30

【0068】

<変形例 7>

図 1 (A) に示す構成の変形例について、図 31 (A) を用いて説明する。図 31 (A) に示す半導体装置は、図 1 (A) 中の酸化物半導体膜 308b と金属酸化物膜 308c とが直接接するように設けることを特徴とする。当該構成では、酸化物半導体膜 308b は、一つの島状になるよう形成され、トランジスタ 103 の半導体層と、容量素子 105 の一方の電極としての機能を兼ね備えたものにできる。

40

【0069】

図 1 (A) 中の酸化物半導体膜 308b と金属酸化物膜 308c とを直接接するよう設けた図 31 (A) の構成とすることで、有機絶縁膜 317 及び無機絶縁膜 53 上での平坦性の向上等を図ることができ、半導体装置を作製する際の歩留まりの向上を図ることができる。

【0070】

なお本変形例を上記変形例 5 で示した構成と組み合わせてもよい。具体的には、図 31 (B) に示すように、容量素子 105 及び発光素子 394 に重畳する領域に、導電膜 304c と同層に形成した導電層 304d を設ける構成とすることができる。

【0071】

50

また図 3 1 (A)、(B) に示す構成において、酸化物半導体膜 3 0 8 b と、導電膜 3 1 0 d や導電膜 3 1 0 e とを、多階調マスクを用いて構成する場合、導電膜 3 1 0 d や導電膜 3 1 0 e の下層には、必ず、酸化物半導体膜 3 0 8 b が配置される。その一例を図 4 0 (A)、(B)、図 4 1 (A)、(B) に示すが、他の変形例においても、同様に適用することが出来る。なお、多階調マスクを用いない場合には、導電膜 3 1 0 d や導電膜 3 1 0 e の下層に、酸化物半導体膜 3 0 8 b が配置されていない領域が存在してもよい。その場合は、一例として、図 4 4 (A)、(B) に示す断面図の構成となる。

【 0 0 7 2 】

また本変形例を上記変形例 3 で示した構成と組み合わせてもよい。具体的には、図 3 4 に示すように設ければよい。

10

【 0 0 7 3 】

< 変形例 8 >

図 1 (B) に示す構成の変形例について、図 3 2 (A) を用いて説明する。図 3 2 (A) に示す半導体装置は、導電膜 3 1 6 b を無機絶縁膜 5 3 に設けた開口部で導電膜 3 1 0 e と接続し、さらに有機絶縁膜 3 1 7 に設けた開口部で導電膜 3 1 6 b と導電膜 3 1 9 とが直接接するように設けることを特徴とする。

【 0 0 7 4 】

図 3 2 (A) の構成とすることで、有機絶縁膜 3 1 7 及び無機絶縁膜 5 3 での開口部の形成に同じフォトリソマスクを用いることができ、マスク枚数の削減を図ることができる。

【 0 0 7 5 】

20

なお本変形例を上記変形例 5 で示した構成と組み合わせてもよい。具体的には、図 3 2 (B) に示すように、容量素子 1 0 5 及び発光素子 3 9 4 に重畳する領域に、導電膜 3 0 4 c と同層に形成した導電層 3 0 4 d を設ける構成とすることができる。

【 0 0 7 6 】

なお図 3 3 (A)、(B) に示すように、図 3 2 (A)、(B) で示した構成において、有機絶縁膜 3 1 7 での開口部と無機絶縁膜 5 3 での開口部とを異なるフォトリソマスクを用いて形成し設ける構成としてもよい。

【 0 0 7 7 】

< 変形例 9 >

上記列挙した変形例において説明した導電膜は、ゲート絶縁膜 5 1、有機絶縁膜 3 1 7 又は無機絶縁膜 5 3 に設けられる開口部で、各層の導電膜同士を接続する機能を有する。その場合、様々な導電膜を介して、接続し、画素領域、駆動回路領域、保護回路領域、周辺領域などで、接続端子や、保護回路として設けることができる。

30

【 0 0 7 8 】

一例として図 3 5 (A)、(B) は、ゲート電極と同層に設けられる導電膜と、容量素子 1 0 5 の一方の電極として設けられる導電膜とを、画素電極と同層に設けられる導電膜を介して接続する断面の構成例である。

【 0 0 7 9 】

一例として図 3 6 (A)、(B) は、ソース電極又はドレイン電極と同層に設けられる導電膜と、容量素子 1 0 5 の一方の電極として設けられる導電膜とを、画素電極と同層に設けられる導電膜を介して接続する断面の構成例である。

40

【 0 0 8 0 】

一例として図 3 7 (A)、(B) は、ソース電極又はドレイン電極と同層に設けられる導電膜と、容量素子 1 0 5 の一方の電極として設けられる導電膜とを直接接続する断面の構成例である。

【 0 0 8 1 】

一例として図 3 8 (A)、(B) は、ゲート電極と同層に設けられる導電膜と、容量素子 1 0 5 の一方の電極として設けられる導電膜とを直接接続する断面の構成例である。

【 0 0 8 2 】

一例として図 3 9 (A)、(B) は、ゲート電極と同層に設けられる導電膜と、ソース電

50

極又はドレイン電極と同層に設けられる導電膜とを直接接続する断面の構成例である。

【0083】

図35、図36、図37、図38、図39で示す各断面の構成例は、画素領域、駆動回路領域、保護回路領域、周辺領域など、様々な場所で適用できる。なお本変形例で説明した断面図の構成では、一部の膜（導電膜、絶縁膜、半導体膜など）や基板などが省略されている場合がある。

【0084】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせ用いることができる。

【0085】

（実施の形態2）

本実施の形態では、本発明の一態様である半導体装置及びその作製方法について図面を参照して説明する。

【0086】

図2(A)に、半導体装置の一例として表示装置を示す。図2(A)に示す表示装置は、画素部11と、走査線駆動回路14と、信号線駆動回路16と、各々が平行または略平行に配設され、且つ走査線駆動回路14によって電位が制御される m 本（ m は自然数）の走査線17と、各々が平行または略平行に配設され、且つ信号線駆動回路16によって電位が制御される n 本（ n は自然数）の信号線19と、を有する。さらに、画素部11はマトリクス状に配設された複数の画素301を有する。また、信号線19に沿って、各々が平行または略平行に配設された容量線25を有する。なお、容量線25は、走査線17に沿って、各々が平行または略平行に配設されていてもよい。また、走査線駆動回路14及び信号線駆動回路16をまとめて駆動回路部という場合がある。

【0087】

なお、表示装置は、複数の画素を駆動させる駆動回路等を含む。また、表示装置は、別の基板上に配置された制御回路、電源回路、信号生成回路及びバックライトモジュール等を含み、表示モジュールとよばれることもある。

【0088】

図2(B)、(C)は、図2(A)に示す表示装置の画素301に用いることができる回路構成の一例を示している。

【0089】

図2(B)に一例として示す画素301は、液晶素子31と、トランジスタ103と、容量素子105と、を有する。

【0090】

また、図2(C)に一例として示す画素301は、トランジスタ43と、トランジスタ103と、トランジスタ45と、容量素子105と、発光素子41と、を有する。

【0091】

なお、図2(B)及び図2(C)では、表示素子として、液晶素子31や発光素子41を用いた例を示したが、本発明の実施形態の一態様は、これに限定されない。様々な表示素子を用いることも可能である。例えば、EL（エレクトロルミネッセンス）素子（有機物及び無機物を含むEL素子、有機EL素子、無機EL素子）、LED（白色LED、赤色LED、緑色LED、青色LEDなど）、トランジスタ（電流に応じて発光するトランジスタ）、電子放出素子、液晶素子、電子インク、電気泳動素子、グレーティングライバルブ（GLV）、プラズマディスプレイパネル（PDP）、MEMS（マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム）、デジタルマイクロミラーデバイス（DMD）、DMS（デジタル・マイクロ・シャッター）、IMOD（インターフェアレンス・モジュレーション）素子、エレクトロウェットティング素子、圧電セラミックディスプレイ、カーボンナノチューブ、など、電気磁気的作用により、コントラスト、輝度、反射率、透過率などが変化する表示媒体を有するものがある。EL素子を用いた表示装置の一例としては、ELディスプレイなどがある。電子放出素子を用いた表示装置の一例としては、フィールドエミ

10

20

30

40

50

ッションディスプレイ (FED) 又は SED 方式平面型ディスプレイ (SED: Surface-conduction Electron-emitter Display) などがある。液晶素子を用いた表示装置の一例としては、液晶ディスプレイ (透過型液晶ディスプレイ、半透過型液晶ディスプレイ、反射型液晶ディスプレイ、直視型液晶ディスプレイ、投射型液晶ディスプレイ) などがある。電子インク又は電気泳動素子を用いた表示装置の一例としては、電子ペーパーなどがある。

【0092】

次に、表示装置に含まれる素子基板の具体的な構成について説明する。ここでは、表示装置として EL 素子を発光して表示を行う表示装置を用い、該表示装置に含まれる画素 pixel の上面図を図 3 に示す。また上面図に対応する回路構成を図 4 (A) に示し、回路構成のタイミングチャート図について図 4 (B) に示す。また図 3 の上面図における一点鎖線 J - K 間、L - M 間、及び N - O 間における断面図について図 5 に示す。

10

【0093】

図 3 において、走査線として機能する導電膜 304c は、信号線として機能する導電膜に略直交する方向 (図中左右方向) に延伸して設けられている。信号線として機能する導電膜 310d は、走査線として機能する導電膜に略直交する方向 (図中上下方向) に延伸して設けられている。なお、走査線として機能する導電膜 304c は、走査線駆動回路 14 (図 2 (A) を参照。) と電気的に接続されており、信号線として機能する導電膜 310d は、信号線駆動回路 16 (図 2 (A) を参照。) に電気的に接続されている。

20

【0094】

図 3 に示す上面図では、画素 pixel が有する、トランジスタ M1 乃至トランジスタ M6、容量素子 C1、発光素子 EL の配置例を示している。また図 3 に示す上面図では、配線 GL1 乃至 GL3、配線 SL、配線 VL1、配線 VL0、及び配線 IL の配置例を示している。配線 GL1 乃至 GL3、配線 SL、配線 VL1、配線 VL0、及び配線 IL は、トランジスタ M1 乃至トランジスタ M6 のゲート、ソース、又はドレインとなる電極に接続される。なお各配線と、各トランジスタの接続関係については、図 4 (A) に示す回路構成を参照すればよい。

【0095】

容量素子 C1 を構成する一対の電極を、透光性を有する一対の導電膜で構成することで、発光素子 EL に重畳して設けることができる。そのため、画素 pixel 内に容量素子 C1 を大きく (大面積に) 形成しても、開口率を低下させることはない。従って、開口率を高めつつ、代表的には 50% 以上、好ましくは 60% 以上とすることが可能であると共に、容量値を増大させた表示装置を得ることができる。例えば、解像度の高い表示装置、例えば液晶表示装置においては、画素の面積が小さくなり、容量素子の面積も小さくなる。このため、解像度の高い表示装置において、容量素子に蓄積される容量量が小さくなる。しかしながら、本実施の形態に示す容量素子 C1 は透光性を有するため、当該容量素子を画素に設けることで、各画素において十分な容量値を得つつ、開口率を高めることができる。代表的には、画素密度が 100 ppi 以上、さらには 200 ppi 以上、更には 300 ppi 以上である高解像度の表示装置に好適に用いることができる。

30

【0096】

次いで、図 3 に示す画素 pixel の上面図に対応する回路構成及び動作について説明する。

40

【0097】

図 4 (A) に、画素 pixel の回路図の一例を示す。画素 pixel は、トランジスタ M1 乃至トランジスタ M6 と、容量素子 C1 と、発光素子 EL と、を有する。なおトランジスタ M1、トランジスタ M3 乃至トランジスタ M6 は、スイッチとしての機能があればよく、単にスイッチに置き換えることが可能である。

【0098】

発光素子 EL の画素電極は、画素 pixel に入力される画像信号 Sig に従ってその電位が制御される。また、発光素子 EL の輝度は、画素電極と共通電極の間の電位差によって定まる。例えば、OLED を発光素子 EL として用いる場合、陽極と陰極のいずれか一方が

50

画素電極として機能し、他方が共通電極として機能する。図4(A)では、発光素子ELの陽極を画素電極として用い、発光素子ELの陰極を共通電極として用いた画素pixelの構成を例示している。

【0099】

トランジスタM1は、配線SLと、容量素子C1の一对の電極のうち的一方との間の導通状態を制御する機能を有する。容量素子C1の一对の電極のうち他方は、トランジスタM2のソース及びドレインの一方に接続される。トランジスタM3は、配線VL0と、トランジスタM2のゲートとの間の導通状態を制御する機能を有する。トランジスタM4は、容量素子C1の一对の電極のうち一方と、トランジスタM2のゲートとの間の導通状態を制御する機能を有する。トランジスタM5は、トランジスタM2のソース及びドレインの一方と、発光素子ELの陽極との間の導通状態を制御する機能を有する。トランジスタM6は、トランジスタM2のソース及びドレインの一方と、配線VL1との間の導通状態を制御する機能を有する。

10

【0100】

さらに、図4(A)では、トランジスタM2のソース及びドレインの他方は配線ILに接続されている。

【0101】

また、トランジスタM1におけるオンまたはオフの選択は、トランジスタM1のゲートに接続された配線GL1の電位に従って行われる。トランジスタM3におけるオンまたはオフの選択は、トランジスタM3のゲートに接続された配線GL1の電位に従って行われる。トランジスタM4におけるオンまたはオフの選択は、トランジスタM4のゲートに接続された配線GL2の電位に従って行われる。トランジスタM5におけるオンまたはオフの選択は、トランジスタM5のゲートに接続された配線GL2の電位に従って行われる。トランジスタM6におけるオンまたはオフの選択は、トランジスタM6のゲートに接続された配線GL3の電位に従って行われる。

20

【0102】

画素pixelが有するトランジスタには、酸化物半導体や、非晶質、微結晶、多結晶、又は単結晶の、シリコン、又はゲルマニウムなどの半導体を用いることができる。トランジスタM1、トランジスタM3及びトランジスタM4が酸化物半導体をチャネル形成領域に含むことで、トランジスタM1、トランジスタM3及びトランジスタM4のオフ電流を極めて小さくすることができる。そして、上記構成を有するトランジスタM1、トランジスタM3及びトランジスタM4を画素pixelに用いることで、通常のシリコンやゲルマニウムなどの半導体で形成されたトランジスタをトランジスタM1、トランジスタM3及びトランジスタM4に用いる場合に比べて、トランジスタM2のゲートに蓄積された電荷のリークを防ぐことができる。

30

【0103】

よって、静止画のように、連続する幾つかのフレーム期間に渡って、画素部に同じ画像情報を有する画像信号Sigが書き込まれる場合などは、駆動周波数を低くする、言い換えると一定期間内における画素部への画像信号Sigの書き込み回数を少なくしても、画像の表示を維持することができる。例えば、高純度化された酸化物半導体をトランジスタM1、トランジスタM3及びトランジスタM4の半導体膜に用いることで、画像信号Sigの書き込みの間隔を1秒以上、好ましくは3秒以上、さらに好ましくは10秒以上にすることができる。そして、画像信号Sigが書き込まれる間隔を長くすればするほど、消費電力をより低減することができる。

40

【0104】

また、画像信号Sigの電位をより長い期間に渡って保持することができるため、トランジスタM2のゲートの電位を保持するための容量素子C1を画素pixelに設けなくとも、表示される画質が低下するのを防ぐことができる。よって、容量素子C1を設けないことによって、或いは容量素子C1のサイズを小さくすることによって、画素pixelの開口率を高めることができるため、発光素子ELの長寿命化を実現し、延いては、表示装置の信

50

頼性を高めることができる。

【0105】

なお、図4(A)において、画素 p_{ix} は、必要に応じて、トランジスタ、ダイオード、抵抗素子、容量素子、インダクタなどのその他の回路素子を、さらに有していても良い。

【0106】

また、図4(A)において、各トランジスタは、ゲートを半導体膜の片側において少なくとも有していれば良いが、半導体膜を間に挟んで存在する一対のゲートを有していても良い。一対のゲートの一方をバックゲートとすると、通常のゲート及びバックゲートに同じ高さの電位が与えられていても良いし、バックゲートにのみ接地電位などの固定の電位が与えられていても良い。バックゲートに与える電位の高さを制御することで、トランジスタの閾値電圧を制御することができる。また、バックゲートを設けることで、チャンネル形成領域が増え、ドレイン電流の増加を実現することができる。また、バックゲートを設けることで、半導体膜に空乏層ができやすくなるため、 S 値の改善を図ることができる。図4(A)では一例として、トランジスタ M_1 乃至トランジスタ M_3 、トランジスタ M_6 の半導体膜を上下方向からゲート電極で囲むように配置するトランジスタとする。そのため図4(A)では、他の回路記号とは異なる記号で示している。

10

【0107】

また、図4(A)では、トランジスタが全て n チャネル型である場合を例示している。画素 p_{ix} 内のトランジスタが全て同じチャネル型である場合、トランジスタの作製工程において、半導体膜に一導電性を付与する不純物元素の添加などの工程を、一部省略することができる。ただし、本発明の一態様に係る表示装置では、必ずしも画素 p_{ix} 内のトランジスタが全て n チャネル型である必要はない。発光素子 E_L の陰極が配線 CL に接続されている場合、少なくともトランジスタ M_2 は n チャネル型であることが望ましく、発光素子 E_L の陽極が配線 CL に接続されている場合、少なくともトランジスタ M_2 は p チャネル型であることが望ましい。

20

【0108】

また、図4(A)では、画素 p_{ix} 内のトランジスタが、単数のゲートを有することで、単数のチャンネル形成領域を有するシングルゲート構造である場合を例示しているが、本発明の一態様はこの構成に限定されない。画素 p_{ix} 内のトランジスタのいずれかまたは全てが、電氣的に接続された複数のゲートを有することで、複数のチャンネル形成領域を有する、マルチゲート構造であっても良い。

30

【0109】

図4(B)に、図4(A)に示す画素 p_{ix} に接続される配線 GL_1 、配線 GL_2 、配線 GL_3 の電位と、配線 SL に供給される画像信号 Sig の電位のタイミングチャートを例示する。なお、図4(B)に示すタイミングチャートは、図4(A)に示す画素 p_{ix} に含まれるトランジスタが全て n チャネル型である場合を例示するものである。

【0110】

まず、期間 t_1 では、配線 GL_1 に L レベルの電位が与えられ、配線 GL_2 に L レベルの電位が与えられ、配線 GL_3 に L レベルから H レベルに切り替える信号の電位が与えられる。よって、トランジスタ M_5 がオンからオフとなり、トランジスタ M_1 、トランジスタ M_3 、トランジスタ M_4 はオフとなり、トランジスタ M_6 がオフからオンとなる。トランジスタ M_6 がオンになることで、トランジスタ M_2 のソース及びドレインの一方および容量素子 C_1 の一対の電極のうちの他方に、配線 VL_1 の電位 V_0 が与えられる。

40

【0111】

また、配線 IL には電位 V_{ano} が与えられ、配線 CL には電位 V_{cat} が与えられる。電位 V_{ano} は、電位 V_0 に発光素子 E_L の閾値電圧 V_{th} を加算した電位よりも高くすることが望ましい。また、電位 V_0 は、電位 V_{cat} に発光素子 E_L の閾値電圧 V_{th} を加算した電位よりも、低いことが望ましい。電位 V_0 を上記値に設定することで、期間 t_1 において発光素子 E_L に電流が流れるのを防ぐことができる。

【0112】

50

次いで、期間 t_2 では、配線 $GL1$ に H レベルの電位が与えられ、配線 $GL2$ に L レベルの電位が与えられ、配線 $GL3$ に L レベルの電位が与えられる。よって、トランジスタ $M1$ およびトランジスタ $M3$ がオンとなり、トランジスタ $M4$ 、トランジスタ $M5$ 及びトランジスタ $M6$ がオフとなる。

【0113】

なお、期間 t_1 から期間 t_2 に移行する際、配線 $GL1$ に与える電位を L レベルから H レベルに切り替えた後に、配線 $GL3$ に与える電位を H レベルから L レベルに切り替えることが望ましい。このような動作を行うことによって、配線 $GL1$ に与えられる電位の切り替えによる、トランジスタ $M2$ のソース及びドレインの一方および容量素子 $C1$ の一対の電極のうちの他方の電位の変動を防ぐことができる。

10

【0114】

また、配線 IL には電位 V_{ano} が与えられ、配線 CL には電位 V_{cat} が与えられる。そして、配線 SL には画像信号 Sig の電位 V_{data} が与えられ、配線 $VL0$ には電位 $V1$ が与えられる。電位 $V1$ は、電位 V_{cat} にトランジスタ $M2$ の閾値電圧 V_{th} を加算した電位よりも高く、電位 V_{ano} にトランジスタ $M2$ の閾値電圧 V_{th} を加算した電位より低いことが望ましい。

【0115】

なお、図4(A)に示す画素構成では、電位 $V1$ を、発光素子 EL の閾値電圧 V_{the} を電位 V_{cat} に加算した値より高くしても、トランジスタ $M5$ がオフである限り、発光素子 EL は発光しない。そのため、電位 $V0$ として設定できる値の幅を広げることが可能となり、 $V1 - V0$ として取りうる値の幅も広げることが可能となる。したがって、 $V1 - V0$ の値の設定の自由度が上がるため、トランジスタ $M2$ の閾値電圧の取得に要する時間を短縮した場合、または閾値電圧の取得期間に制限がある場合においても、正確にトランジスタ $M2$ の閾値電圧の取得を行うことができる。

20

【0116】

上記動作により、トランジスタ $M2$ のゲートに電位 $V1$ が入力され、トランジスタ $M2$ がオンとなる。よって、トランジスタ $M2$ を介して容量素子 $C1$ の電荷が放出され、電位 $V0$ だった、トランジスタ $M2$ のソース及びドレインの一方および容量素子 $C1$ の一対の電極のうちの他方の電位が上昇を始める。そして、最終的にはトランジスタ $M2$ のソース及びドレインの一方および容量素子 $C1$ の一対の電極のうちの他方の電位が $V1 - V_{th}$ に収束し、トランジスタ $M2$ のゲート電圧が閾値電圧 V_{th} に収束すると、トランジスタ $M2$ がオフになる。

30

【0117】

また、容量素子 $C1$ の一対の電極のうちの一方には、配線 SL に与えられた画像信号 Sig の電位 V_{data} が、トランジスタ $M1$ を介して与えられる。

【0118】

次いで、期間 t_3 では、配線 $GL1$ に L レベルの電位が与えられ、配線 $GL2$ に H レベルの電位が与えられ、配線 $GL3$ に L レベルの電位が与えられる。よって、トランジスタ $M4$ 及びトランジスタ $M5$ がオンとなり、トランジスタ $M1$ 、トランジスタ $M3$ 及びトランジスタ $M6$ がオフとなる。

40

【0119】

なお、期間 t_2 から期間 t_3 に移行する際、配線 $GL1$ に与える電位が H レベルから L レベルに切り替えられてから、配線 $GL2$ に与える電位を L レベルから H レベルに切り替えることが望ましい。このような動作を行うことによって、配線 $GL1$ に与える電位の切り替えによる、トランジスタ $M2$ のソース及びドレインの一方および容量素子 $C1$ の一対の電極のうちの他方における電位の変動を防ぐことができる。

【0120】

また、配線 IL には電位 V_{ano} が与えられ、配線 CL には電位 V_{cat} が与えられる。

【0121】

上記動作により、トランジスタ $M2$ のゲートに電位 V_{data} が与えられるため、トラン

50

ジスタM2のゲート電圧が $V_{data} - V_1 + V_{th}$ となる。よって、トランジスタM2のゲート電圧を、閾値電圧 V_{th} が加味された値に設定することができる。上記構成により、トランジスタM2の閾値電圧 V_{th} のばらつきを抑制することができる。よって、発光素子ELに供給する電流値のばらつきを抑えることができ、表示装置の輝度ムラを低減することができる。

【0122】

なお、配線GL2に与える電位の変動を大きくしておくことで、トランジスタM5の閾値電圧のばらつきが発光素子ELに供給する電流値に影響を及ぼすことを防ぐことができる。つまり、配線GL2に与えるHレベルの電位をトランジスタM5の閾値電圧よりも十分大きく、また、配線GL2に与えるLレベルの電位をトランジスタM5の閾値電圧よりも十分小さくしてやることで、トランジスタM5のオンとオフの切り替えを確実にを行い、トランジスタM5の閾値電圧のばらつきが発光素子ELの電流値に影響を及ぼすことを防ぐことができる。

10

【0123】

次いで、期間t4では、配線GL1にLレベルの電位が与えられ、配線GL2にLレベルの電位が与えられ、配線GL3にHレベルの電位が与えられる。よって、トランジスタM6がオンとなり、トランジスタM1、トランジスタM3、トランジスタM4及びトランジスタM5がオフとなる。

【0124】

また、配線ILには電位 V_{ano} が与えられ、配線VL1は、モニター回路に接続される。

20

【0125】

上記動作により、トランジスタM2のドレイン電流 I_d が、発光素子ELではなく、トランジスタM6を介して配線VL1に流れる。モニター回路は、配線VL1に流れたドレイン電流 I_d を用いて、当該ドレイン電流 I_d の値を情報として含む信号を生成する。このドレイン電流 I_d は、トランジスタM2の移動度やトランジスタM2のサイズ（チャネル長、チャネル幅）などに依存した大きさとなっている。そして、本発明の一態様にかかる表示装置では、上記信号を用いて、画素pixに供給される画像信号 V_{sig} の電位 V_{data} の値を、補正することができる。つまり、トランジスタM2の移動度のばらつきの影響を低減することが出来る。

30

【0126】

なお、図4(A)に示す画素pixを有する表示装置では、期間t3の動作の後に期間t4の動作を常に行う必要はない。例えば、表示装置において、期間t1乃至期間t3の動作を複数回繰り返した後に、期間t4の動作を行うようにしても良い。また、一行の画素pixにおいて期間t4の動作を行った後、最小の階調値0に対応する画像信号を、当該動作を行った一行の画素pixに書き込むことで、発光素子ELを非発光の状態にした後、次の行の画素pixにおいて、期間t4の動作を行うようにしても良い。

【0127】

図4(A)に示した画素pixを有する表示装置では、トランジスタM2のソース及びドレインの他方と、トランジスタM2のゲートとが電氣的に分離しているので、それぞれの電位を個別に制御することができる。よって、期間t2において、トランジスタM2のソース及びドレインの他方の電位を、トランジスタM2のゲートの電位に、閾値電圧 V_{th} を加算した電位よりも高い値に設定することができる。そのため、トランジスタM2がノーマリーオンである場合に、すなわち閾値電圧 V_{th} がマイナスの値を有している場合に、トランジスタM2において、ソースの電位がゲートの電位 V_1 よりも高くなるまで、容量素子C1に電荷を蓄積することができる。よって、本発明の一態様に係る表示装置では、トランジスタM2がノーマリーオンであっても、期間t2において閾値電圧を取得することができる。期間t3において、閾値電圧 V_{th} を加味した値になるよう、トランジスタM2のゲート電圧を設定することができる。

40

【0128】

50

次いで、図 3 の一点鎖線 J - K 間、L - M 間、及び N - O 間における断面図を図 5 に示す。

【 0 1 2 9 】

ゲート電極として機能する導電膜 3 0 4 c、ゲート絶縁膜 5 1 として機能する絶縁膜 3 0 5 及び絶縁膜 3 0 6、ゲート絶縁膜 5 1 上に形成されたチャネル領域が形成される酸化物半導体膜 3 0 8 b、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 3 1 0 d、3 1 0 e によりトランジスタ 1 0 3 (図 3 におけるトランジスタ M 5 に対応) を構成する。また、導電膜 3 1 0 d、3 1 0 e 上には、無機絶縁膜 5 3 である絶縁膜 3 1 2、絶縁膜 3 1 4 が保護膜として設けられている。

【 0 1 3 0 】

また、一方の電極として機能する金属酸化物膜 3 0 8 c、誘電体膜として機能する絶縁膜 3 1 4、他方の電極として機能する導電膜 3 1 6 b により容量素子 1 0 5 (図 3 における容量素子 C 1 に対応) を構成する。金属酸化物膜 3 0 8 c は、ゲート絶縁膜 5 1 上に設けられる。トランジスタ M 6 と金属酸化物膜 3 0 8 c は、トランジスタ M 6 のソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 3 1 0 f で接続される。

【 0 1 3 1 】

無機絶縁膜 5 3 上に有機絶縁膜 3 1 7 が形成される。また、有機絶縁膜 3 1 7 上には、画素電極として機能する導電膜 3 1 9 が形成される。導電膜 3 1 9 は、無機絶縁膜 5 3 及び有機絶縁膜 3 1 7 に設けられる開口部で、導電膜 3 1 0 e と接続される。

【 0 1 3 2 】

また、有機絶縁膜 3 1 7 及び導電膜 3 1 9 上には、絶縁層 3 9 1 が設けられる。また、絶縁層 3 9 1 に設けられた開口部において、発光素子 3 9 4 が有する発光層 3 9 2 及び導電膜 3 9 3 が、導電膜 3 1 9 上に設けられる。

【 0 1 3 3 】

また図 6 では、図 2 (A) で示した走査線駆動回路 1 4 及び信号線駆動回路 1 6 を含む駆動回路部 (上面図は省略) の断面図を A - B に示し、加えて図 5 で示した画素の断面構造の情報を C - D で示す。

【 0 1 3 4 】

駆動回路部において、ゲート電極として機能する導電膜 3 0 4 a、ゲート絶縁膜 5 1 として機能する絶縁膜 3 0 5 及び絶縁膜 3 0 6、チャネル領域が形成される酸化物半導体膜 3 0 8 a、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 3 1 0 a、3 1 0 b によりトランジスタ 1 0 2 を構成する。酸化物半導体膜 3 0 8 a は、ゲート絶縁膜 5 1 上に設けられる。また、導電膜 3 1 0 a、3 1 0 b 上には、無機絶縁膜 5 3 である絶縁膜 3 1 2、絶縁膜 3 1 4 が保護膜として設けられている。

【 0 1 3 5 】

また、駆動回路部において、導電膜 3 0 4 a、3 0 4 c と同時に形成された導電膜 3 0 4 b と、導電膜 3 1 0 a、3 1 0 b、3 1 0 d、3 1 0 e、3 1 0 f と同時に形成された導電膜 3 1 0 c とは、導電膜 3 1 9 と同時に形成された導電膜 3 1 9 a で接続される。

【 0 1 3 6 】

導電膜 3 0 4 b と導電膜 3 1 9 a は、ゲート絶縁膜 5 1、無機絶縁膜 5 3、及び有機絶縁膜 3 1 7 に設けられた開口部において接続する。また、導電膜 3 1 0 c と導電膜 3 1 9 a は、絶縁膜 3 1 2、絶縁膜 3 1 4、及び有機絶縁膜 3 1 7 に設けられた開口部において接続する。

【 0 1 3 7 】

ここで、図 5 及び図 6 に示す表示装置の構成要素について、以下に説明する。

【 0 1 3 8 】

基板 3 0 2 上には、導電膜 3 0 4 a、3 0 4 b、3 0 4 c が形成されている。導電膜 3 0 4 a は、駆動回路部のトランジスタのゲート電極としての機能を有する。また、導電膜 3 0 4 b は、駆動回路部に形成され、導電膜 3 1 0 c と接続する。また、導電膜 3 0 4 c は、画素部 1 1 に形成され、画素部のトランジスタのゲート電極として機能する。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 9 】

基板 3 0 2 の材質などに大きな制限はないが、少なくとも、後の熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有している必要がある。例えば、ガラス基板、セラミック基板、石英基板、サファイア基板等を、基板 3 0 2 として用いてもよい。また、シリコンや炭化シリコンを材料とした単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等の化合物半導体基板、S O I 基板等を適用することも可能であり、これらの基板上に半導体素子が設けられたものを、基板 3 0 2 として用いてもよい。なお、基板 3 0 2 として、ガラス基板を用いる場合、第 6 世代 (1 5 0 0 m m × 1 8 5 0 m m)、第 7 世代 (1 8 7 0 m m × 2 2 0 0 m m)、第 8 世代 (2 2 0 0 m m × 2 4 0 0 m m)、第 9 世代 (2 4 0 0 m m × 2 8 0 0 m m)、第 1 0 世代 (2 9 5 0 m m × 3 4 0 0 m m) 等の大面積基板を用いることで、大

10

【 0 1 4 0 】

また、基板 3 0 2 として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタを形成してもよい。または、基板 3 0 2 とトランジスタの間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に素子部を一部あるいは全部完成させた後、基板 3 0 2 より分離し、他の基板に転載するのに用いることができる。その際、トランジスタは耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。

【 0 1 4 1 】

導電膜 3 0 4 a、3 0 4 b、3 0 4 c としては、アルミニウム、クロム、銅、タンタル、チタン、モリブデン、タングステンから選ばれた金属元素、または上述した金属元素を成分とする合金か、上述した金属元素を組み合わせた合金等を用いて形成することができる。また、マンガン、ジルコニウムのいずれか一または複数から選択された金属元素を用いてもよい。また、導電膜 3 0 4 a、3 0 4 b、3 0 4 c は、単層構造でも、二層以上の積層構造としてもよい。例えば、シリコンを含むアルミニウム膜の単層構造、アルミニウム膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にタングステン膜を積層する二層構造、窒化タンタル膜または窒化タングステン膜上にタングステン膜を積層する二層構造、チタン膜と、そのチタン膜上にアルミニウム膜を積層し、さらにその上にチタン膜を形成する三層構造等がある。また、アルミニウムに、チタン、タンタル、タングステン、モリブデン、クロム、ネオジム、スカンジウムから選ばれた元素の一または複数を組み合わせた合金膜、もしくは窒化膜を用いてもよい。

20

30

【 0 1 4 2 】

また、導電膜 3 0 4 a、3 0 4 b、3 0 4 c は、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化シリコンを添加したインジウム錫酸化物等の透光性を有する導電性材料を適用することもできる。また、上記透光性を有する導電性材料と、上記金属元素の積層構造とすることもできる。

【 0 1 4 3 】

基板 3 0 2、及び導電膜 3 0 4 a、3 0 4 b、3 0 4 c 上には、絶縁膜 3 0 5、絶縁膜 3 0 6 が形成されている。絶縁膜 3 0 5、絶縁膜 3 0 6 は、駆動回路部のトランジスタのゲート絶縁膜 5 1、及び画素部 1 1 のトランジスタのゲート絶縁膜 5 1 としての機能を有する。

40

【 0 1 4 4 】

絶縁膜 3 0 5 としては、例えば窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム等の窒化物絶縁膜を用いて形成することが好ましい。

【 0 1 4 5 】

絶縁膜 3 0 6 としては、例えば酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたは G a - Z n 系金属酸化物などを用いればよく、積層または単層で設ける。また、絶縁膜 3 0 6 としては、ハ

50

フニウムシリケート (HfSiO_x)、窒素が添加されたハフニウムシリケート ($\text{HfSi}_x\text{O}_y\text{N}_z$)、窒素が添加されたハフニウムアルミネート ($\text{HfAl}_x\text{O}_y\text{N}_z$)、酸化ハフニウム、酸化イットリウムなどの high-k 材料を用いることでトランジスタのゲートリークを低減できる。

【0146】

絶縁膜 305 及び絶縁膜 306 の合計の厚さは、5 nm 以上 400 nm 以下、より好ましくは 10 nm 以上 300 nm 以下、より好ましくは 50 nm 以上 250 nm 以下とする。

【0147】

絶縁膜 306 上には、酸化物半導体膜 308a、308b、金属酸化物膜 308c が形成されている。酸化物半導体膜 308a は、導電膜 304a と重畳する位置に形成され、駆動回路部のトランジスタのチャネル領域として機能する。また、酸化物半導体膜 308b は、導電膜 304c と重畳する位置に形成され、画素部のトランジスタのチャネル領域として機能する。金属酸化物膜 308c は、導電膜 310f と接続し、且つ容量素子 105 の電極として機能する。なお導電膜 310f は、トランジスタ 103 とは別のトランジスタにおけるソース電極及びドレイン電極として機能する。

【0148】

酸化物半導体膜 308a、308b、及び金属酸化物膜 308c は、代表的には、In-Ga 酸化物、In-Zn 酸化物、In-M-Zn 酸化物 (M は Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、Sn、または Hf) がある。なお、酸化物半導体膜 308a、308b、及び金属酸化物膜 308c は、透光性を有する。

【0149】

なお、酸化物半導体膜 308a、308b、及び金属酸化物膜 308c が In-M-Zn 酸化物であるとき、Zn および O を除いての In と M の原子数比率は、In および M の和を 100 atomic % としたとき In が 25 atomic % 以上、M が 75 atomic % 未満、さらに好ましくは In が 34 atomic % 以上、M が 66 atomic % 未満とする。

【0150】

酸化物半導体膜 308a、308b、及び金属酸化物膜 308c は、エネルギーギャップが 2 eV 以上、好ましくは 2.5 eV 以上、より好ましくは 3 eV 以上である。このように、エネルギーギャップの広い酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

【0151】

酸化物半導体膜 308a、308b、及び金属酸化物膜 308c の厚さは、3 nm 以上 200 nm 以下、好ましくは 3 nm 以上 100 nm 以下、さらに好ましくは 3 nm 以上 50 nm 以下とする。

【0152】

酸化物半導体膜 308a、308b、及び金属酸化物膜 308c として In:Ga:Zn = 1:1:1、In:Ga:Zn = 1:1:1.2、または 3:1:2 の原子数比の In-Ga-Zn 酸化物を用いることができる。なお、酸化物半導体膜 308a、308b、及び金属酸化物膜 308c の原子数比はそれぞれ、誤差として上記の原子数比のプラスマイナス 20 % の変動を含む。

【0153】

また、酸化物半導体膜 308a、308b、及び金属酸化物膜 308c は、例えば非単結晶構造でもよい。非単結晶構造は、例えば、後述する CAAC-OS (C Axis Aligned Crystalline Oxide Semiconductor)、多結晶構造、後述する微結晶構造、または非晶質構造を含む。非単結晶構造において、非晶質構造は最も欠陥準位密度が高く、CAAC-OS は最も欠陥準位密度が低い。なお、酸化物半導体膜 308a、308b、及び金属酸化物膜 308c は、結晶性が同じである。

10

20

30

40

50

【0154】

なお、酸化物半導体膜308a、308b、及び金属酸化物膜308cが、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、CAAC-OSの領域、単結晶構造の領域の二種以上を有する混合膜であってもよい。また、混合膜は、例えば、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、CAAC-OSの領域、単結晶構造の領域のいずれか二種以上の領域の積層構造を有する場合がある。

【0155】

酸化物半導体膜308a、308bにおいて、第14族元素の一つであるシリコンや炭素が含まれると、酸化物半導体膜308a、308bにおいて酸素欠損が増加し、n型化してしまう。このため、酸化物半導体膜308a、308bにおけるシリコンや炭素の濃度（二次イオン質量分析法により得られる濃度）を、 $2 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とする。

10

【0156】

また、酸化物半導体膜308a、308bにおいて、二次イオン質量分析法により得られるアルカリ金属またはアルカリ土類金属の濃度を、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にする。アルカリ金属及びアルカリ土類金属は、酸化物半導体と結合するとキャリアを生成する場合があります、トランジスタのオフ電流が増大してしまうことがある。このため、酸化物半導体膜308a、308bのアルカリ金属またはアルカリ土類金属の濃度を低減することが好ましい。

20

【0157】

また、酸化物半導体膜308a、308bに窒素が含まれていると、キャリアである電子が生じ、キャリア密度が増加し、n型化しやすい。この結果、窒素が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。従って、当該酸化物半導体膜において、窒素はできる限り低減されていることが好ましい、例えば、二次イオン質量分析法により得られる窒素濃度は、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にすることが好ましい。

【0158】

酸化物半導体膜308a、308bとしては、キャリア密度の低い酸化物半導体膜を用いる。例えば、酸化物半導体膜308a、308bは、キャリア密度が $1 \times 10^{17} \text{ 個/cm}^3$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{15} \text{ 個/cm}^3$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{13} \text{ 個/cm}^3$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{11} \text{ 個/cm}^3$ 以下の酸化物半導体膜を用いる。

30

【0159】

なお、これらに限られず、必要とするトランジスタの半導体特性及び電気特性（電界効果移動度、しきい値電圧等）に応じて適切な組成のものを用いればよい。また、必要とするトランジスタの半導体特性を得るために、酸化物半導体膜308a、308bのキャリア密度や不純物濃度、欠陥密度、金属元素と酸素の原子数比、原子間距離、密度等を適切なものとするのが好ましい。

【0160】

酸化物半導体膜308a、308bは、絶縁膜306及び絶縁膜312等の、酸化物半導体膜との界面特性を向上させることが可能な材料で形成される膜と接しているため、酸化物半導体膜308a、308bは、半導体として機能し、酸化物半導体膜308a、308bを有するトランジスタは、優れた電気特性を有する。

40

【0161】

なお、酸化物半導体膜308a、308bとして、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低い酸化物半導体膜を用いることで、優れた電気特性を有するトランジスタを作製することができ好ましい。ここでは、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低い（酸素欠損の少ない）ことを高純度真性または実質的に高純度真性とよぶ。高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体は、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる場合がある。従って、当該酸化物半導体膜にチャネル領域が形成されるトランジスタは、しきい値電圧がマイナスとなる電気特性（ノーマリーオンともいう。）になるこ

50

とが少ない場合がある。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、欠陥準位密度が低いいため、トラップ準位密度も低くなる場合がある。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、オフ電流が著しく小さく、チャネル幅が $1 \times 10^6 \mu\text{m}$ でチャネル長が $10 \mu\text{m}$ の素子であっても、ソース電極とドレイン電極間の電圧（ドレイン電圧）が 1V から 10V の範囲において、オフ電流が、半導体パラメータアナライザの測定限界以下、すなわち $1 \times 10^{-13} \text{A}$ 以下という特性を得ることができる。従って、当該酸化物半導体膜にチャネル領域が形成されるトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる場合がある。なお、酸化物半導体膜のトラップ準位に捕獲された電荷は、消失するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、トラップ準位密度の高い酸化物半導体膜にチャネル領域が形成されるトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。不純物としては、水素、窒素、アルカリ金属、またはアルカリ土類金属等がある。

10

【0162】

金属酸化物膜 308c は、酸化物半導体膜 308a、308b と同時に形成された酸化物半導体膜を加工して形成される。このため、金属酸化物膜 308c は、酸化物半導体膜 308a、308b と同様の金属元素を有する膜である。また、酸化物半導体膜 308a、308b と同様の結晶構造、または異なる結晶構造を有する膜である。しかしながら、酸化物半導体膜 308a、308b と同時に形成された酸化物半導体膜に、不純物または酸素欠損を有せしめることで、導電性を有する膜となり、容量素子の電極として機能する。酸化物半導体膜に含まれる不純物としては、水素がある。なお、水素の代わりに不純物として、ホウ素、リン、スズ、アンチモン、希ガス元素、アルカリ金属、アルカリ土類金属等が含まれていてもよい。または、金属酸化物膜 308c は、酸化物半導体膜 308a、308b と同時に形成された膜であり、プラズマダメージ等により酸素欠損が形成され、導電性が高められた膜である。または、金属酸化物膜 308c は、酸化物半導体膜 308a、308b と同時に形成された膜であり、且つ不純物を含むと共に、プラズマダメージ等により酸素欠損が形成され、導電性が高められた膜である。

20

【0163】

このため、酸化物半導体膜 308a、308b 及び金属酸化物膜 308c は共に、絶縁膜 306 上に形成されるが、不純物濃度が異なる。具体的には、酸化物半導体膜 308a、308b と比較して、金属酸化物膜 308c の不純物濃度が高い。例えば、酸化物半導体膜 308a、308b に含まれる水素濃度は、 $5 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 未満、好ましくは $5 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、より好ましくは $5 \times 10^{17} \text{atoms/cm}^3$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{16} \text{atoms/cm}^3$ 以下であり、金属酸化物膜 308c に含まれる水素濃度は、 $8 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以上、好ましくは $1 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上、より好ましくは $5 \times 10^{20} \text{atoms/cm}^3$ 以上である。また、酸化物半導体膜 308a、308b と比較して、金属酸化物膜 308c に含まれる水素濃度は 2 倍、好ましくは 10 倍以上である。

30

【0164】

また、酸化物半導体膜 308a、308b と同時に形成された酸化物半導体膜をプラズマに曝すことにより、酸化物半導体膜にダメージを与え、酸素欠損を形成することができる。例えば、酸化物半導体膜上に、プラズマ CVD 法またはスパッタリング法で膜を成膜すると、酸化物半導体膜がプラズマに曝され、酸素欠損が生成される。または、絶縁膜 312 を形成するためのエッチング処理において酸化物半導体膜がプラズマに曝されることで、酸素欠損が生成される。または、酸化物半導体膜が水素、希ガス、アンモニア、酸素及び水素の混合ガス等のプラズマに曝されることで、酸素欠損が生成される。この結果、酸化物半導体膜は導電性が高くなり、導電性を有する膜となり、金属酸化物膜 308c として機能する。

40

【0165】

即ち、金属酸化物膜 308c は、導電性の高い酸化物半導体膜で形成されるともいえる。

50

また金属酸化物膜 308c は、導電性の高い金属酸化物膜で形成されともいえる。

【0166】

また、絶縁膜 314 として、窒化シリコン膜を用いる場合、窒化シリコン膜は水素を含む。このため、絶縁膜 314 の水素が酸化物半導体膜 308a、308b と同時に形成された酸化物半導体膜に拡散すると、該酸化物半導体膜において水素は酸素と結合し、キャリアである電子が生成される。また、窒化シリコン膜をプラズマ CVD 法またはスパッタリング法で成膜すると、酸化物半導体膜がプラズマに曝され、酸素欠損が生成される。当該酸素欠損に、窒化シリコン膜に含まれる水素が入ることで、キャリアである電子が生成される。これらの結果、酸化物半導体膜は導電性が高くなり、金属酸化物膜 308c となる。

10

【0167】

金属酸化物膜 308c は、酸化物半導体膜 308a、308b より抵抗率が低い。金属酸化物膜 308c の抵抗率が、酸化物半導体膜 308a、308b の抵抗率の 1×10^{-8} 倍以上 1×10^{-1} 倍未満であることが好ましく、代表的には 1×10^{-3} cm 以上 1×10^{-4} cm 未満、さらに好ましくは、抵抗率が 1×10^{-3} cm 以上 1×10^{-1} cm 未満であるといふ。

【0168】

ただし、本発明の実施形態の一態様は、これに限定されず、金属酸化物膜 308c は、場合によっては、絶縁膜 314 と接していないことも可能である。

【0169】

また、本発明の実施形態の一態様は、これに限定されず、金属酸化物膜 308c は、場合によっては、酸化物半導体膜 308a、または、308b と別々の工程で形成されてもよい。その場合には、金属酸化物膜 308c は、酸化物半導体膜 308a、または、308b と、異なる材質を有していても良い。例えば、金属酸化物膜 308c は、インジウム錫酸化物（以下、ITO と示す。）、または、インジウム亜鉛酸化物等を用いて形成してもよい。

20

【0170】

本実施の形態に示す表示装置において、容量素子は、透光性を有する。この結果、発光素子 394 と重畳して設けることができるため、容量素子の占有面積を大きくしつつ、画素の開口率を高めることができる。

30

【0171】

導電膜 310a、310b、310c、310d、310e、310f は、導電材料として、アルミニウム、チタン、クロム、ニッケル、銅、イットリウム、ジルコニウム、モリブデン、銀、タンタル、またはタングステンからなる単体金属、またはこれを主成分とする合金を単層構造または積層構造として用いる。例えば、シリコンを含むアルミニウム膜の単層構造、アルミニウム膜上にチタン膜を積層する二層構造、タングステン膜上にチタン膜を積層する二層構造、銅-マグネシウム-アルミニウム合金膜上に銅膜を積層する二層構造、チタン膜または窒化チタン膜と、そのチタン膜または窒化チタン膜上に重ねてアルミニウム膜または銅膜を積層し、さらにその上にチタン膜または窒化チタン膜を形成する三層構造、モリブデン膜または窒化モリブデン膜と、そのモリブデン膜または窒化モリブデン膜上に重ねてアルミニウム膜または銅膜を積層し、さらにその上にモリブデン膜または窒化モリブデン膜を形成する三層構造等がある。なお、酸化インジウム、酸化錫または酸化亜鉛を含む透明導電材料を用いてもよい。

40

【0172】

絶縁膜 306、酸化物半導体膜 308a、308b、金属酸化物膜 308c、及び導電膜 310a、310b、310c、310d、310e、310f 上には、無機絶縁膜 53 として、絶縁膜 312 及び絶縁膜 314 が形成されている。絶縁膜 312 は、絶縁膜 306 と同様に、酸化物半導体膜との界面特性を向上させることが可能な材料を用いることが好ましく、酸化物絶縁膜を用いて形成することができる。ここでは、絶縁膜 312 としては、絶縁膜 312a、312b を積層して形成する。

50

【0173】

絶縁膜312aは、酸素を透過する酸化物絶縁膜である。なお、絶縁膜312aは、後に形成する絶縁膜312bを形成する際の、酸化物半導体膜308a、308b、及び金属酸化物膜308cへのダメージ緩和膜としても機能する。

【0174】

絶縁膜312aとしては、厚さが5nm以上150nm以下、好ましくは5nm以上50nm以下の酸化シリコン、酸化窒化シリコン等を用いることができる。なお、本明細書において、酸化窒化シリコン膜とは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多い膜を指し、窒化酸化シリコン膜とは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い膜を指す。

10

【0175】

また、絶縁膜312aは、酸化物絶縁膜であり、該酸化物絶縁膜は、窒素を含み、且つ欠陥量の少ないことが好ましい。

【0176】

窒素を含み、且つ欠陥量の少ない酸化物絶縁膜の代表例としては、酸化窒化シリコン膜、酸化窒化アルミニウム膜等がある。

【0177】

欠陥の少ない酸化物絶縁膜は、100K以下のESRで測定して得られたスペクトルにおいてg値が2.037以上2.039以下の第1のシグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下の第3のシグナルが観測される。なお、第1のシグナル及び第2のシグナルのスプリット幅、並びに第2のシグナル及び第3のシグナルのスプリット幅は、XバンドのESR測定において約5mTである。また、g値が2.037以上2.039以下の第1のシグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下である第3のシグナルのスピンの密度の合計が $1 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 未満であり、代表的には $1 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 未満である。

20

【0178】

なお、100K以下のESRスペクトルにおいてg値が2.037以上2.039以下の第1シグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下の第3のシグナルは、窒素酸化物(NO_x 、xは0以上2以下、好ましくは1以上2以下)起因のシグナルに相当する。窒素酸化物の代表例としては、一酸化窒素、二酸化窒素等がある。即ち、g値が2.037以上2.039以下の第1のシグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下である第3のシグナルのスピンの密度の合計が少ないほど、酸化物絶縁膜に含まれる窒素酸化物の含有量が少ないといえる。

30

【0179】

絶縁膜312aが、上記のように、窒素酸化物の含有量が少ないと、絶縁膜312aと酸化物半導体膜との界面におけるキャリアのトラップを低減することが可能である。この結果、表示装置に含まれるトランジスタのしきい値電圧のシフトを低減することが可能であり、トランジスタの電気特性の変動を低減することができる。

40

【0180】

また、絶縁膜312aは、SIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry)で測定される窒素濃度が $6 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることが好ましい。この結果、絶縁膜312aにおいて、窒素酸化物が生成されにくくなり、絶縁膜312aと、酸化物半導体膜308a、308bとの界面におけるキャリアのトラップを低減することが可能である。また、表示装置に含まれるトランジスタのしきい値電圧のシフトを低減することが可能であり、トランジスタの電気特性の変動を低減することができる。

【0181】

50

なお、絶縁膜 3 1 2 a において、膜中に窒素酸化物及びアンモニアが含まれると、作製工程における加熱処理において、窒素酸化物及びアンモニアが反応し、窒素酸化物が窒素ガスとなって脱離する。この結果、絶縁膜 3 1 2 a の窒素濃度及び窒素酸化物の含有量を低減することができる。また、絶縁膜 3 1 2 a と、酸化物半導体膜 3 0 8 a、3 0 8 b との界面におけるキャリアのトラップを低減することが可能である。また、表示装置に含まれるトランジスタのしきい値電圧のシフトを低減することが可能であり、トランジスタの電気特性の変動を低減することができる。

【0182】

なお、絶縁膜 3 1 2 a においては、外部から絶縁膜 3 1 2 a に入った酸素が全て絶縁膜 3 1 2 a の外部に移動せず、絶縁膜 3 1 2 a にとどまる酸素もある。また、絶縁膜 3 1 2 a に酸素が入ると共に、絶縁膜 3 1 2 a に含まれる酸素が絶縁膜 3 1 2 a の外部へ移動することで絶縁膜 3 1 2 a において酸素の移動が生じる場合もある。

【0183】

絶縁膜 3 1 2 a として酸素を透過する酸化物絶縁膜を形成すると、絶縁膜 3 1 2 a 上に設けられる、絶縁膜 3 1 2 b から脱離する酸素を、絶縁膜 3 1 2 a を介して酸化物半導体膜 3 0 8 a、3 0 8 b に移動させることができる。

【0184】

絶縁膜 3 1 2 a に接するように絶縁膜 3 1 2 b が形成されている。絶縁膜 3 1 2 b は、化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜を用いて形成する。化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜は、加熱により酸素の一部が脱離する。化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜は、TDS 分析にて、酸素原子に換算しての酸素の脱離量が $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、好ましくは $3.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上である酸化物絶縁膜である。なお、上記 TDS 分析時における膜の表面温度としては 100 以上 700 以下、または 100 以上 500 以下の範囲が好ましい。

【0185】

絶縁膜 3 1 2 b としては、厚さが 30 nm 以上 500 nm 以下、好ましくは 50 nm 以上 400 nm 以下の、酸化シリコン、酸化窒化シリコン等を用いることができる。

【0186】

また、絶縁膜 3 1 2 b は、欠陥量が少ないことが好ましく、代表的には、ESR 測定により、シリコンのダングリングボンドに由来する $g = 2.001$ に現れる信号のスピン密度が $1.5 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 未満、更には $1 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 以下であることが好ましい。なお、絶縁膜 3 1 2 b は、絶縁膜 3 1 2 a と比較して酸化物半導体膜 3 0 8 a、3 0 8 b から離れているため、絶縁膜 3 1 2 a より、欠陥密度が多くともよい。

【0187】

絶縁膜 3 1 4 として、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等のブロッキング効果を有する窒化物絶縁膜を設けることで、酸化物半導体膜 3 0 8 a、3 0 8 b、及び金属酸化物膜 3 0 8 c からの酸素の外部への拡散を防ぐことができる。窒化物絶縁膜としては、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム等がある。

【0188】

なお、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等のブロッキング効果を有する窒化物絶縁膜上に、酸素、水素、水等のブロッキング効果を有する酸化物絶縁膜を設けてもよい。酸素、水素、水等のブロッキング効果を有する酸化物絶縁膜としては、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ガリウム、酸化窒化ガリウム、酸化イットリウム、酸化窒化イットリウム、酸化ハフニウム、酸化窒化ハフニウム等がある。また、容量素子の容量値を制御するため、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等のブロッキング効果を有する窒化物絶縁膜上に窒化物絶縁膜または酸化絶縁膜を適宜設けてもよい。

10

20

30

40

50

【0189】

また、絶縁膜314上には導電膜316bが形成されている。導電膜316bは、容量素子の電極として機能することができる。

【0190】

導電膜316bとしては、透光性を有する導電性材料を用いて形成することができる。透光性を有する導電性材料としては、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、ITO、インジウム亜鉛酸化物、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物などがある。

【0191】

有機絶縁膜317としては、アクリル樹脂、ポリイミド、エポキシ樹脂等の有機樹脂を用いることができる。なお、有機絶縁膜317は、500nm以上5000nm以下、好ましくは1000nm以上3000nm以下とする。有機絶縁膜317の厚さを上記の厚さとすることで、導電膜316b上の凹部に有機絶縁膜317を充填させることが可能であり、配向膜320が形成される領域の凹凸を低減することができる。

【0192】

有機樹脂を用いて有機絶縁膜317を形成することで、少なくとも画素電極として機能する導電膜316bの凹部を有機絶縁膜317で充填することが可能であり、発光素子394の構成する部材を平坦な面に形成することができる。そのため発光素子394では、電極間のショート等が低減され、歩留まりの向上を図ることができる。

【0193】

また、有機絶縁膜317上には、導電膜319、319aが形成されている。導電膜319は、画素電極として機能する。導電膜319aは、ゲート絶縁膜51、無機絶縁膜53及び有機絶縁膜317に設けられた開口部において導電膜304bと導電膜310cとを電氣的に接続する。即ち導電膜319aは、導電膜304b及び導電膜310cを接続する接続電極として機能する。

【0194】

有機絶縁膜317は、これに限定されない。例えば、有機絶縁膜317は、カラーフィルタや、ブラックマトリックスの機能を有することも可能である。例えば、有機絶縁膜317が、カラーフィルタの機能を有する場合には、例えば、赤色の画素、青色の画素、緑色の画素に合わせて、各色ごとに、有色性を有する有機絶縁膜317を形成すればよい。

【0195】

導電膜319、319aは、導電膜316bと同様に透光性を有する導電性材料を用いて形成することができる。なお導電膜319を発光素子394の陽極として用いる場合、導電膜319、319aはインジウム錫酸化物などの発光層392よりも仕事関数が大きく透光性を有する膜を用いるとよい。

【0196】

なお、導電膜304a及び導電膜310cが直接接するような接続構造とするには、導電膜310cを形成する前に、絶縁膜305、絶縁膜306に開口部を形成するためにパターニングを行い、マスクを形成する必要がある。しかしながら、図6のように、導電膜319aにより、導電膜304a及び導電膜310cを接続することで、導電膜304a及び導電膜310cが直接接する接続部を作製する必要がなくなり、フォトマスクを1枚少なくすることができる。即ち、表示装置の作製工程を削減することが可能である。

【0197】

また、有機絶縁膜317及び導電膜319上には、発光素子394を隣接する画素間で分離する機能、すなわち隔壁としての機能を有する絶縁層391が形成されている。絶縁層391としては、絶縁性を有していればよく、例えば、有機絶縁膜または無機絶縁膜を用いることができる。有機絶縁膜としては、例えば、ポリイミド系樹脂、ポリアミド系樹脂、アクリル系樹脂、シロキサン系樹脂、エポキシ系樹脂、またはフェノール系樹脂等を用いることができる。無機絶縁膜としては、酸化シリコン、酸化窒化シリコン等を用いるこ

10

20

30

40

50

とができる。特に、感光性の有機樹脂材料を用いることで、絶縁層 391 の作製が容易となるため好ましい。

【0198】

また、導電膜 319 及び絶縁層 391 上には、発光層 392 が形成されている。発光層 392 は、少なくとも発光性の物質が含まれる発光層が形成されていればよく、該発光層以外に、ホール注入層、ホール輸送層、電子輸送層、電子注入層、及び電荷発生層などの機能層が形成されていてもよい。発光層 392 は、一对の電極（ここでは、導電膜 319 と導電膜 393）から電子と正孔が注入され電流が流れる。そして、該電子と正孔が再結合することによって発光性の物質が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光することができる。

10

【0199】

また、発光層 392 上には、導電膜 393 が形成されている。導電膜 393 を発光素子 394 の陰極として用いる場合、導電膜 393 は発光素子 394 に電子を注入できる仕事関数の小さい材料を用いて形成することが好ましい。また、仕事関数の小さい金属単体ではなく、仕事関数の小さいアルカリ金属、またはアルカリ土類金属を数 nm 形成した層を緩衝層として形成し、その上にアルミニウムなどの金属材料、インジウム錫酸化物等の導電性を有する酸化物材料、または半導体材料を用いて形成してもよい。また、緩衝層として、アルカリ土類金属の酸化物、ハロゲン化物、または、マグネシウム - 銀等の合金を用いることもできる。なお発光層 392 が発光する光は、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）を用いることができる。他にも白色や黄色、又はその他の色を発光する発光素子を用いることができる。

20

【0200】

なお発光層 392 が発光する光が白色の場合、図示していないが基板 302 上に有色性を有する膜（有色膜）を形成してもよい。有色膜は、カラーフィルタとしての機能を有する。また、有色膜に隣接する遮光膜が基板 302 上に形成することができる。遮光膜は、ブラックマトリクスとして機能する。また、有色膜の代わりに色変換層を設ける構成としてもよいし、表示装置が白黒表示の場合は、特に設けなくてもよい。

【0201】

有色膜としては、特定の波長帯域の光を透過する有色膜であればよく、例えば、赤色の波長帯域の光を透過する赤色（R）のカラーフィルタ、緑色の波長帯域の光を透過する緑色（G）のカラーフィルタ、青色の波長帯域の光を透過する青色（B）のカラーフィルタなどを用いることができる。

30

【0202】

また遮光膜としては、特定の波長帯域の光を遮光する機能を有していればよく、金属膜または黒色顔料等を含んだ有機絶縁膜などを用いることができる。

【0203】

また、基板 342 と基板 302 との間の空間には、水分による発光素子 394 の劣化を抑制するため、乾燥剤を設けてもよい。また、液晶層や樹脂等で充填する構成としてもよい。

【0204】

なお図 2（B）に一例として示した画素 301 で液晶素子 31 を用いる場合の断面図を図 42 に示す。図 42 では、本実施の形態で説明した構成を有する素子基板に加えて、対向基板 997 を有する。対向基板 997 は、対向電極 998 を有する。なお素子基板と対向基板の間には、液晶 999 が充填され、対向電極と画素電極との間の液晶とで、液晶素子を形成する。

40

【0205】

図 6 に示す表示装置に示す基板 302 上に設けられた素子部の作製方法について、図 7 乃至図 12 を用いて説明する。なお、ここでは、基板 302 上に設けられた素子部としては、基板 302 と導電膜 393 に挟まれた領域のことをさす。

【0206】

50

トランジスタを構成する膜（絶縁膜、酸化物半導体膜、金属酸化物膜、導電膜等）は、スパッタリング法、化学気相堆積（CVD）法、真空蒸着法、パルスレーザー堆積（PLD）法を用いて形成することができる。あるいは、塗布法や印刷法で形成することができる。成膜方法としては、スパッタリング法、プラズマ化学気相堆積（PECVD）法が代表的であるが、熱CVD法でもよい。熱CVD法の例として、MOCVD（有機金属化学堆積）法やALD（原子層成膜）法を使ってもよい。

【0207】

熱CVD法は、チャンバー内を大気圧または減圧下とし、原料ガスと酸化剤を同時にチャンバー内に送り、基板近傍または基板上で反応させて基板上に堆積させることで成膜を行う。このように、熱CVD法は、プラズマを発生させない成膜方法であるため、プラズマ

10

【0208】

また、ALD法は、チャンバー内を大気圧または減圧下とし、反応のための原料ガスが順次にチャンバーに導入され、そのガス導入の順序を繰り返すことで成膜を行う。例えば、それぞれのスイッチングバルブ（高速バルブともよぶ）を切り替えて2種類以上の原料ガスを順番にチャンバーに供給し、複数種の原料ガスが混ざらないように第1の原料ガスと同時またはその後に不活性ガス（アルゴン、或いは窒素など）などを導入し、第2の原料ガスを導入する。なお、同時に不活性ガスを導入する場合には、不活性ガスはキャリアガスとなり、また、第2の原料ガスの導入時にも同時に不活性ガスを導入してもよい。また、不活性ガスを導入する代わりに真空排気によって第1の原料ガスを排出した後、第2の

20

【0209】

このガス導入順序を制御しつつ所望の厚さになるまで複数回繰り返すことで、段差被覆性に優れた薄膜を形成することができる。薄膜の厚さは、ガス導入順序を繰り返す回数によって調節することができるため、精密な膜厚調節が可能であり、微細なトランジスタを製作する場合に適している。

【0210】

まず、基板302を準備する。ここでは、基板302としてガラス基板を用いる。

30

【0211】

次に、基板302上に導電膜を形成し、該導電膜を所望の領域に加工することで、導電膜304a、304b、304cを形成する。なお、導電膜304a、304b、304cの形成は、所望の領域に第1のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる（図7（A）参照。）。

【0212】

また、導電膜304a、304b、304cは、代表的には、スパッタリング法、真空蒸着法、PLD法、熱CVD法等を用いて形成することができる。

【0213】

また、ALDを利用する成膜装置により導電膜304a、304b、304cとしてタングステン膜を成膜することができる。この場合には、WF₆ガスとB₂H₆ガスを順次繰り返し導入して初期タングステン膜を形成し、その後、WF₆ガスとH₂ガスを同時に導入してタングステン膜を形成する。なお、B₂H₆ガスに代えてSiH₄ガスを用いてもよい。

40

【0214】

次に、基板302、及び導電膜304a、304b、304c上に、絶縁膜305を形成し、絶縁膜305上に絶縁膜306を形成する（図5参照。）。

【0215】

絶縁膜305及び絶縁膜306は、スパッタリング法、CVD法、真空蒸着法、PLD法、熱CVD法等により形成することができる。なお、絶縁膜305及び絶縁膜306は、

50

真空中で連続して形成すると不純物の混入が抑制され好ましい。

【0216】

絶縁膜305及び絶縁膜306として酸化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜を形成する場合、原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体及び酸化性気体を用いることが好ましい。シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、フッ化シラン等がある。酸化性気体としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、二酸化窒素等がある。

【0217】

また、絶縁膜305及び絶縁膜306として酸化ガリウム膜を形成する場合、MOCVD法を用いて形成することができる。

10

【0218】

また、絶縁膜305及び絶縁膜306として、MOCVD法などの熱CVD法やALD法を用いて、酸化ハフニウム膜を形成する場合には、溶媒とハフニウム前駆体化合物を含む液体（ハフニウムアルコキシド溶液、代表的にはテトラキスジメチルアミドハフニウム（TDMAH））を気化させた原料ガスと、酸化剤としてオゾン（ O_3 ）の2種類のガスを用いる。なお、テトラキスジメチルアミドハフニウムの化学式は $Hf[N(CH_3)_2]_4$ である。また、他の材料液としては、テトラキス（エチルメチルアミド）ハフニウムなどがある。

【0219】

また、絶縁膜305及び絶縁膜306として、MOCVD法などの熱CVD法やALD法を用いて、酸化アルミニウム膜を形成する場合には、溶媒とアルミニウム前駆体化合物を含む液体（トリメチルアルミニウムTMAなど）を気化させた原料ガスと、酸化剤として H_2O の2種類のガスを用いる。なお、トリメチルアルミニウムの化学式は $Al(CH_3)_3$ である。また、他の材料液としては、トリス（ジメチルアミド）アルミニウム、トリイソブチルアルミニウム、アルミニウムトリス（2, 2, 6, 6-テトラメチル-3, 5-ヘプタンジオナート）などがある。

20

【0220】

また、絶縁膜305及び絶縁膜306として、MOCVD法などの熱CVD法やALD法を用いて、酸化シリコン膜を形成する場合には、ヘキサジクロロジシランを被成膜面に吸着させ、吸着物に含まれる塩素を除去し、酸化性ガス（ O_2 、一酸化二窒素）のラジカルを供給して吸着物と反応させる。

30

【0221】

次に、絶縁膜306上に酸化物半導体膜307を形成する（図7（B）参照。）。

【0222】

酸化物半導体膜307は、スパッタリング法、塗布法、パルスレーザー蒸着法、レーザーアブレーション法、熱CVD法等などを用いて形成することができる。

【0223】

スパッタリングガスは、希ガス（代表的にはアルゴン）、酸素、希ガス及び酸素の混合ガスを適宜用いる。なお、希ガス及び酸素の混合ガスの場合、希ガスに対して酸素のガス比を高めることが好ましい。

40

【0224】

また、ターゲットは、形成する酸化物半導体膜の組成にあわせて、適宜選択すればよい。

【0225】

なお、酸化物半導体膜を形成する際に、例えば、スパッタリング法を用いる場合、基板温度を150 以上750 以下、好ましくは150 以上450 以下、さらに好ましくは200 以上350 以下として、酸化物半導体膜を成膜することで、CAAC-OS膜を形成することができる。

【0226】

また、CAAC-OS膜を成膜するために、以下の条件を適用することが好ましい。

【0227】

50

成膜時の不純物混入を抑制することで、不純物によって結晶状態が崩れることを抑制できる。例えば、成膜室内に存在する不純物濃度（水素、水、二酸化炭素及び窒素など）を低減すればよい。また、成膜ガス中の不純物濃度を低減すればよい。具体的には、露点が - 80 以下、好ましくは - 100 以下である成膜ガスを用いる。

【0228】

A L Dを利用する成膜装置により酸化物半導体膜、例えば InGaZnO_x ($x > 0$) 膜を成膜する場合には、 $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ガスと O_3 ガスを順次繰り返し導入して InO_2 層を形成し、その後、 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ガスと O_3 ガスを同時に導入して GaO 層を形成し、更にその後 $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$ ガスと O_3 ガスを同時に導入して ZnO 層を形成する。なお、これらの層の順番はこの例に限らない。また、これらのガスを混ぜて InGaO_2 層や InZnO_2 層、 GaInO 層、 ZnInO 層、 GaZnO 層などの混合化合物層を形成してもよい。なお、 O_3 ガスに代えて Ar 等の不活性ガスでバブリングした H_2O ガスを用いてもよいが、H を含まない O_3 ガスを用いる方が好ましい。また、 $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ガスにかえて、 $\text{In}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ガスを用いてもよい。また、 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ガスにかえて、 $\text{Ga}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ガスを用いてもよい。また、 $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$ ガスを用いてもよい。

10

【0229】

次に、酸化物半導体膜 307 を所望の領域に加工することで、島状の酸化物半導体膜 308 a、308 b、308 d を形成する。なお、酸化物半導体膜 308 a、308 b、308 d は、所望の領域に第 2 のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる。エッチングとしては、ドライエッチング、ウエットエッチング、または双方を組み合わせたエッチングを用いることができる（図 7 (C) 参照。）。

20

【0230】

なお、この後、加熱処理を行って、酸化物半導体膜 308 a、308 b、308 d に含まれる水素、水等を脱離させ、酸化物半導体膜 308 a、308 b、308 d に含まれる水素濃度及び水濃度を低減してもよい。この結果、高純度化された酸化物半導体膜 308 a、308 b、308 d を形成することができる。該加熱処理の温度は、代表的には、250 以上 650 以下、好ましくは 300 以上 500 以下とする。なお、該加熱処理の温度を、代表的には、300 以上 400 以下、好ましくは 320 以上 370 以下とすることで、大面積基板においても基板の反りやシュリンクを低減することが可能であり、歩留まりが向上する。

30

【0231】

当該加熱処理は、電気炉、R T A 装置等を用いることができる。R T A 装置を用いることで、短時間に限り、基板の歪み点以上の温度で熱処理を行うことができる。そのため加熱処理時間を短縮することが可能であり、加熱処理中の基板の反りを低減することが可能であり、大面積基板において特に好ましい。

【0232】

また、加熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気（水の含有量が 20 p p m 以下、好ましくは 1 p p m 以下、好ましくは 10 p p b 以下の空気）、または希ガス（アルゴン、ヘリウム等）の雰囲気下で行えばよい。なお、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガスに水素、水等が含まれないことが好ましい。また、窒素または希ガス雰囲気下で加熱処理した後、酸素または超乾燥空気雰囲気下で加熱してもよい。この結果、酸化物半導体膜中に含まれる水素、水等を脱離させると共に、酸化物半導体膜中に酸素を供給することができる。この結果、酸化物半導体膜中に含まれる酸素欠損量を低減することができる。

40

【0233】

なお、後に形成される絶縁膜 311 a の成膜温度を 280 以上 400 以下とする場合、酸化物半導体膜 308 a、308 b、308 d に含まれる水素、水等を脱離させることが可能であるため、当該加熱処理は不要である。

【0234】

50

次に、絶縁膜 306、及び酸化物半導体膜 308a、308b、308d 上に導電膜 309 を形成する（図 8（A）参照。）。

【0235】

導電膜 309 は、スパッタリング法、真空蒸着法、PLD 法、熱 CVD 法等を用いて形成することができる。

【0236】

次に、導電膜 309 を所望の領域に加工することで、導電膜 310a、310b、310c、310d、310e、310f を形成する。なお、導電膜 310a、310b、310c、310d、310e、310f の形成は、所望の領域に第 3 のパターンングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで、形成することができる（図 8（B）参照。）。

10

【0237】

次に、絶縁膜 306、酸化物半導体膜 308a、308b、308d、及び導電膜 310a、310b、310c、310d、310e、310f 上を覆うように、絶縁膜 311a、311b が積層された絶縁膜 311 を形成する（図 8（C）参照。）。

絶縁膜 311 は、スパッタリング法、CVD 法、蒸着法等を用いて形成することができる。

【0238】

なお、絶縁膜 311a を形成した後、大気に曝すことなく、連続的に絶縁膜 311b を形成することが好ましい。絶縁膜 311a を形成した後、大気開放せず、原料ガスの流量、圧力、高周波電力及び基板温度の一以上を調整して、絶縁膜 311b を連続的に形成することで、絶縁膜 311a、311b における界面の大気成分由来の不純物濃度を低減することができると共に、絶縁膜 311b に含まれる酸素を酸化物半導体膜 308a、308b、308d に移動させることが可能であり、酸化物半導体膜 308a、308b、308d の酸素欠損量を低減することができる。

20

【0239】

絶縁膜 311a としては、堆積性気体に対する酸化性気体を 20 倍より大きく 100 倍未満、好ましくは 40 以上 80 以下とし、処理室内の圧力を 100 Pa 未満、好ましくは 50 Pa 以下とする CVD 法を用いることで、窒素を含み、且つ欠陥量の少ない酸化物絶縁膜を形成することができる。

【0240】

30

絶縁膜 311a の原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体及び酸化性気体を用いることが好ましい。シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、フッ化シラン等がある。酸化性気体としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、二酸化窒素等がある。

【0241】

上記条件を用いることで、絶縁膜 311a として酸素を透過する酸化物絶縁膜を形成することができる。また、絶縁膜 311a を設けることで、後に形成する絶縁膜 311b の形成工程において、酸化物半導体膜 308a、308b、308d へのダメージ低減が可能である。

【0242】

40

絶縁膜 311b としては、プラズマ CVD 装置の真空排気された処理室内に載置された基板を 180 以上 280 以下、さらに好ましくは 200 以上 240 以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を 100 Pa 以上 250 Pa 以下、さらに好ましくは 100 Pa 以上 200 Pa 以下とし、処理室内に設けられる電極に 0.17 W/cm² 以上 0.5 W/cm² 以下、さらに好ましくは 0.25 W/cm² 以上 0.35 W/cm² 以下の高周波電力を供給する条件により、酸化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜を形成する。

【0243】

絶縁膜 311b の原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体及び酸化性気体を用いることが好ましい。シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリ

50

シラン、フッ化シラン等がある。酸化性気体としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、二酸化窒素等がある。

【0244】

絶縁膜311bの成膜条件として、高周波電力を供給することで、プラズマ中で原料ガスの分解効率が高まり、酸素ラジカルが増加し、原料ガスの酸化が進むため、絶縁膜311b中における酸素含有量が化学量論比よりも多くなる。しかしながら、基板温度が、上記絶縁膜311bの成膜温度であると、シリコンと酸素の結合力が弱いため、加熱により酸素の一部が脱離する。この結果、化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含み、加熱により酸素の一部が脱離する酸化物絶縁膜を形成することができる。また、酸化物半導体膜308a、308b、308d上に絶縁膜311aが設けられている。このため、絶縁膜311bの形成工程において、絶縁膜311aが酸化物半導体膜308a、308b、308dの保護膜となる。この結果、酸化物半導体膜308a、308b、308dへのダメージを低減しつつ、高いパワー密度の高周波電力を用いて絶縁膜311bを形成することができる。

10

【0245】

なお、絶縁膜311bの成膜条件において、酸化性気体に対するシリコンを含む堆積性気体の流量を増加することで、絶縁膜311bの欠陥量を低減することが可能である。代表的には、ESR測定により、シリコンのダングリングボンドに由来する $g = 2.001$ に現れる信号のスピン密度が $6 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ 未満、好ましくは $3 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ 以下、好ましくは $1.5 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ 以下である欠陥量の少ない酸化物絶縁膜を形成することができる。この結果トランジスタの信頼性を高めることができる。

20

【0246】

次に、加熱処理を行う。該加熱処理の温度は、代表的には、150 以上基板歪み点未満、好ましくは200 以上450 以下、更に好ましくは300 以上450 以下とする。なお、該加熱処理の温度を、代表的には、300 以上400 以下、好ましくは320 以上370 以下とすることで、大面積基板においても基板の反りやシュリンクを低減することが可能であり、歩留まりが向上する。

【0247】

該加熱処理は、電気炉、RTA装置等を用いることができる。RTA装置を用いることで、短時間に限り、基板の歪み点以上の温度で熱処理を行うことができる。そのため加熱処理時間を短縮することができる。

30

【0248】

加熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気（水の含有量が20 ppm以下、好ましくは1 ppm以下、好ましくは10 ppb以下の空気）、または希ガス（アルゴン、ヘリウム等）の雰囲気下で行えばよい。なお、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガスに水素、水等が含まれないことが好ましい。

【0249】

当該加熱処理により、絶縁膜311bに含まれる酸素の一部を酸化物半導体膜308a、308b、308dに移動させ、酸化物半導体膜308a、308b、308dに含まれる酸素欠損を低減することが可能である。この結果、酸化物半導体膜308a、308b、308dに含まれる酸素欠損量をさらに低減することができる。

40

【0250】

また、絶縁膜311a、311bに水、水素等が含まれる場合、水、水素等をブロッキングする機能を有する絶縁膜313を後に形成し、加熱処理を行うと、絶縁膜311a、311bに含まれる水、水素等が、酸化物半導体膜308a、308b、308dに移動し、酸化物半導体膜308a、308b、308dに欠陥が生じてしまう。しかしながら、当該加熱により、絶縁膜311a、311bに含まれる水、水素等を脱離させることが可能であり、トランジスタの電気特性のばらつきを低減すると共に、しきい値電圧の変動を抑制することができる。

50

【0251】

なお、加熱しながら絶縁膜311bを絶縁膜311a上に形成することで、酸化物半導体膜308a、308b、308dに酸素を移動させ、酸化物半導体膜308a、308b、308dに含まれる酸素欠損を低減することが可能であるため、当該加熱処理を行わなくともよい。

【0252】

また、導電膜310a、310b、310d、310e、310fを形成する際、導電膜のエッチングによって、酸化物半導体膜308a、308b、308dはダメージを受け、酸化物半導体膜308a、308bのバックチャネル（酸化物半導体膜308a、308bにおいて、ゲート電極として機能する導電膜304a、304cと対向する面と反対側の面）側に酸素欠損が生じる。しかし、絶縁膜311bに化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜を適用することで、加熱処理によって当該バックチャネル側に生じた酸素欠損を修復することができる。これにより、酸化物半導体膜308a、308bに含まれる欠陥を低減することができるため、トランジスタの信頼性を向上させることができる。

10

【0253】

なお、当該加熱処理は、後に形成される開口部362を形成した後に行ってもよい。

【0254】

次に、絶縁膜311a、311bを所望の領域に加工することで、絶縁膜312a及び絶縁膜312bが積層された絶縁膜312、及び開口部362を形成する。なお、絶縁膜312、及び開口部362の形成は、所望の領域に第4のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで、形成することができる（図9（A）参照。）。

20

【0255】

なお、開口部362は、酸化物半導体膜308dの表面が露出するように形成する。開口部362の形成方法としては、例えば、ドライエッチング法を用いることができる。ドライエッチング法により、絶縁膜311をエッチングすることが好ましい。この結果、酸化物半導体膜308dはエッチング処理においてプラズマに曝されるため、酸化物半導体膜308dの酸素欠損を増加させることが可能である。ただし、開口部362の形成方法としては、これに限定されず、ウェットエッチング法、またはドライエッチング法とウェットエッチング法を組み合わせた形成方法としてもよい。

30

【0256】

次に、絶縁膜312及び酸化物半導体膜308d上に絶縁膜314を形成する（図9（B）参照。）。

【0257】

絶縁膜314としては、外部からの不純物、例えば、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等が、酸化物半導体膜へ拡散するのを防ぐ材料を用いることが好ましく、更には水素を含むことが好ましく、代表的には窒素を含む無機絶縁材料、例えば窒化物絶縁膜を用いることができる。絶縁膜314としては、例えば、CVD法、スパッタリング法を用いて形成することができる。

40

【0258】

絶縁膜314をプラズマCVD法またはスパッタリング法で成膜すると、酸化物半導体膜がプラズマに曝され、酸化物半導体膜に酸素欠損が生成される。また、絶縁膜314は、外部からの不純物、例えば、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等が、酸化物半導体膜へ拡散するのを防ぐ材料で形成される膜であり、更には水素を含む。このため、絶縁膜314の水素が酸化物半導体膜308dに拡散すると、該酸化物半導体膜308dにおいて水素は酸素と結合し、キャリアである電子が生成される。または、酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損に水素が入ることで、キャリアである電子が生成される。これらの結果、酸化物半導体膜308dは、導電性が高くなり、金属酸化物膜308cとなる。

【0259】

50

また、上記窒化シリコン膜は、ブロック性を高めるために、高温で成膜されることが好ましく、例えば基板温度100 以上400 以下、より好ましくは300 以上400 以下の温度で加熱して成膜することが好ましい。また高温で成膜する場合は、酸化物半導体膜308a、308bとして用いる酸化物半導体から酸素が脱離し、キャリア濃度が上昇する現象が発生することがあるため、このような現象が発生しない温度とする。

【0260】

次に、絶縁膜314上に導電膜315を形成する(図10(A)参照。)。

【0261】

導電膜315は、例えば、スパッタリング法を用いて形成することができる。

【0262】

次に、導電膜315を所望の領域に加工することで、導電膜316bを形成する。なお、導電膜316bの形成は、所望の領域に第5のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる(図10(B)参照。)。

【0263】

次に、絶縁膜314、導電膜316bを覆うように有機絶縁膜317を形成する(図10(C)参照。)。平坦化膜として機能する有機絶縁膜317は、絶縁膜313及び導電膜316bのそれぞれ一部が露出されるように開口部を有する。

【0264】

有機絶縁膜317は、スピンコート法、ディップコート法等の塗布法を用いて感光性の組成物を絶縁膜313及び導電膜316b上に塗布した後、第6のフォトリソマスクを用いたフォトリソグラフィ工程により組成物を露光及び現像し、その後加熱処理を行うことで形成される。なお、非感光性の組成物を絶縁膜313及び導電膜316b上に塗布した場合、非感光性の組成物上にレジストを塗布し、第6のフォトリソマスクを用いたフォトリソグラフィ工程によりレジストを加工してマスクを形成し、該マスクを用いて非感光性の組成物をエッチングすることで、有機絶縁膜317を形成することができる。

【0265】

なお、有機絶縁膜317として、インクジェット法、印刷法等の湿式法を用いて形成することで、フォトリソマスク枚数を削減することができる。

【0266】

次に、有機絶縁膜317をマスクとして、絶縁膜305、絶縁膜306、絶縁膜312、及び絶縁膜314それぞれの一部をエッチングして、導電膜304bを露出する開口部364a、導電膜310cを露出する開口部364b、導電膜310eを露出する開口部364cを形成する(図11(A)参照。)。

【0267】

次に、導電膜318を形成する(図11(B)参照。)。

【0268】

導電膜318は、例えば、スパッタリング法を用いて形成することができる。

【0269】

次に、導電膜318を所望の領域に加工することで、導電膜319、319aを形成する。なお、導電膜319、319aの形成は、所望の領域に第7のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる(図11(C)参照。)。

【0270】

次に、絶縁層を形成し、所望の領域に加工することで、絶縁層391を形成する。なお、絶縁層391の形成は、所望の領域に第8のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる(図12(A)参照。)。

【0271】

なお隔壁として機能する絶縁層391は、その側壁がテーパーまたは連続した曲率を持つ

10

20

30

40

50

て形成される傾斜面となるように形成することが好ましい。絶縁層 391 の側壁をこのような形状とすることで、後に形成される発光層 392 や導電膜 393 の被覆性を良好なものとすることができる。

【0272】

次に、発光層 392 及び導電膜 393 を形成する。(図 12 (B) 参照。)。第 1 の電極として機能する導電膜 319 と、発光層 392 及び導電膜 393 を積層して設けることで、発光素子 394 を形成することができる。

【0273】

以上の工程で基板 302 上に、図 5 及び図 6 に示す、トランジスタを有する画素部及び駆動回路部を有する表示装置を形成することができる。なお、本実施の形態に示す作製工程においては、第 1 乃至第 8 のパターンニング、すなわち 8 枚のフォトマスクで、トランジスタ及び容量素子を同時に形成することができる。

【0274】

なお、本実施の形態では、絶縁膜 314 に含まれる水素を酸化物半導体膜 308d に拡散させて、酸化物半導体膜 308d の導電性を高めたが、酸化物半導体膜 308a、308b をマスクで覆い、酸化物半導体膜 308d に不純物、代表的には、水素、ホウ素、リン、スズ、アンチモン、希ガス元素、アルカリ金属、アルカリ土類金属等を添加して、酸化物半導体膜 308d の導電性を高めてもよい。酸化物半導体膜 308d に水素、ホウ素、リン、スズ、アンチモン、希ガス元素等を添加する方法としては、イオンドーピング法、イオン注入法等がある。一方、酸化物半導体膜 308d にアルカリ金属、アルカリ土類金属等を添加する方法としては、該不純物を含む溶液を酸化物半導体膜 308d に塗布する方法がある。

【0275】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

【0276】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、実施の形態 2 と異なるトランジスタを有する表示装置について、図 13 乃至図 19 を用いて説明する。

【0277】

図 13 に示す表示装置は、A - B に示す駆動回路部において、デュアルゲート構造のトランジスタ 102a を有することを特徴とする。

【0278】

駆動回路部に設けられたトランジスタ 102a は、基板 302 上に設けられるゲート電極として機能する導電膜 304a と、ゲート絶縁膜として機能する絶縁膜 305、306 と、絶縁膜 306 上に形成される酸化物半導体膜 308a と、酸化物半導体膜 308a に接する、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 310a、310b とを有する。また、酸化物半導体膜 308a 及び導電膜 310a、310b 上に絶縁膜 312、314 が形成され、絶縁膜 314 上にゲート電極として機能する導電膜 316d が形成される。ゲート電極として機能する導電膜 316d は、絶縁膜 305、絶縁膜 306、絶縁膜 312 及び絶縁膜 314 に設けられた開口部 (図示しない。) において、ゲート電極として機能する導電膜 304a と接続する。即ち、導電膜 304a 及び導電膜 316d は同電位である。

【0279】

このため、トランジスタ 102a の各ゲート電極に同電位の電圧を印加することで、初期特性バラツキの低減、-GBT ストレス試験の劣化の抑制及び異なるドレイン電圧におけるオン電流の立ち上がり電圧の変動の抑制が可能である。また、酸化物半導体膜 308a においてキャリアの流れる領域が膜厚方向においてより大きくなるため、キャリアの移動量が増加する。この結果、トランジスタ 102a のオン電流が大きくなる共に、電界効果移動度が高くなり、代表的には電界効果移動度が $20 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上となる。

【0280】

エッチング等で加工された酸化物半導体膜の端部においては、加工におけるダメージにより欠陥が形成される共に、不純物付着などにより汚染されるため、電界などのストレスが与えられることによって活性化しやすく、それによりn型（低抵抗）となりやすい。そのため、ゲート電極として機能する導電膜304aと重なる酸化物半導体膜308aの端部において、n型化しやすくなる。当該n型化された端部が、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜310a、310bの間に設けられると、n型化された領域がキャリアのパスとなってしまい、寄生チャネルが形成される。しかしながら、チャネル幅方向において、ゲート電極として機能する導電膜316dが、設けられることで、ゲート電極として機能する導電膜316dの電界の影響により、酸化物半導体膜308aの側面、または側面及びその近傍を含む端部における寄生チャネルの発生が抑制される。この結果、しきい値電圧におけるドレイン電流の上昇が急峻である、電気特性の優れたトランジスタとなる。

10

【0281】

なお、ゲート電極として機能する導電膜316dは、実施の形態2に示す導電膜316bと同様の材料を適宜用いることができる。

【0282】

<変形例1>

本実施の形態の図13に示す表示装置は、駆動回路部のトランジスタとして、デュアルゲート構造のトランジスタを用いて作製されているが、図14に示すように、A-Bに示す駆動回路にデュアルゲート構造のトランジスタ102aを有するとともに、C-Dに示す画素部にデュアルゲート構造のトランジスタ103aを用いてもよい。

20

【0283】

トランジスタ103aは、基板302上に設けられるゲート電極として機能する導電膜304cと、ゲート絶縁膜51として機能する絶縁膜305、306と、絶縁膜306上に形成される酸化物半導体膜308bと、酸化物半導体膜308bに接する、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜310d、310eとを有する。また、酸化物半導体膜308b及び導電膜310d、310e上に絶縁膜312、314が形成され、絶縁膜314上にゲート電極として機能する導電膜316eが形成される。ゲート電極として機能する導電膜316eは、絶縁膜305、306及び絶縁膜312、314に設けられた開口部（図示しない。）において、ゲート電極として機能する導電膜304cと接続する。即ち、導電膜304c及び導電膜316eは同電位である。

30

【0284】

駆動回路部と共に画素部に、信頼性が高く、オン電流が大きく、電界効果移動度の高いデュアルゲート構造のトランジスタを設けることで、表示品質の優れた表示装置を作製することができる。

【0285】

<変形例2>

実施の形態2または実施の形態3に示す表示装置において、図15に示すように、駆動回路部に設けられたトランジスタ102aと重なる領域であって、且つ有機絶縁膜317上に、導電膜319と同時に形成された導電膜319bを設けてもよい。導電膜319bは、共通電位、接地電位等の任意の電位とすることができる。デュアルゲート構造のトランジスタ102aと重なる導電膜319bを設けることで、トランジスタ102aのゲート電極として機能する導電膜316dに印加された電圧により発生する電界を導電膜319bが遮蔽することが可能である。

40

【0286】

<変形例3>

実施の形態2または実施の形態3において、駆動回路部及び画素部に有機絶縁膜317を有する表示装置を説明したが、図16に示すように、画素部にのみ有機絶縁膜317aを設けてもよい。

50

【0287】

なお、図16に示す表示装置において、図9(B)に示すように絶縁膜314を形成した後、パターニングによるマスクの形成を行い、該マスクを用いて絶縁膜305、306、312、314をそれぞれエッチングして、開口部を形成する。次に、図10(A)に示す導電膜315を形成した後、図10(B)に示す導電膜316bを形成すると同時に、導電膜304b及び導電膜310cを接続する導電膜319aを形成する。こののち、有機絶縁膜317及び導電膜319を形成する。

【0288】

なお、図17に示すように、駆動回路部に有機絶縁膜317を設けない場合、デュアルゲート構造のトランジスタ102bのゲート電極として機能する導電膜316d上に、導電膜319と同時に形成された導電膜319cを設けてもよい。

10

【0289】

なお、図17の構成に加えて、実施の形態1の図1(B)で説明したように、導電膜319を用いてトランジスタ103の導電膜310eと導電膜316bとを接続する図18の構成としてもよい。

【0290】

なお、図17の構成に加えて、実施の形態1の図1(C)で説明したように、トランジスタ103の導電膜310eと金属酸化物膜308cとが直接接する図19の構成としてもよい。

【0291】

20

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

【0292】

(実施の形態4)

実施の形態2及び実施の形態3に示すトランジスタ102、102a、102b、102c、103、103a、103bにおいて、必要に応じて、酸化物半導体膜を積層構造とすることができる。ここでは、トランジスタ103を用いて説明する。

【0293】

図28に示すトランジスタは、絶縁膜306及び導電膜310d、310eの間に、酸化物半導体膜を含む多層膜336が形成されている。

30

【0294】

多層膜336は、酸化物半導体膜336a及び酸化物半導体膜336bを有する。即ち、多層膜336は2層構造である。また、酸化物半導体膜336aの一部がチャネル領域として機能する。また、多層膜336に接するように、絶縁膜312aが形成されており、絶縁膜312aに接するように酸化物半導体膜336bが形成されている。即ち、酸化物半導体膜336aと絶縁膜312aとの間に、酸化物半導体膜336bが設けられている。

【0295】

酸化物半導体膜336bは、酸化物半導体膜336aを構成する元素の一種以上から構成される。酸化物半導体膜336bは、酸化物半導体膜336aを構成する元素の一種以上から構成されるため、酸化物半導体膜336aと酸化物半導体膜336bとの界面において、界面散乱が起こりにくい。従って、該界面においてはキャリアの動きが阻害されないため、トランジスタの電界効果移動度が高くなる。

40

【0296】

酸化物半導体膜336bは、代表的には、In-Ga酸化物、In-Zn酸化物、In-M-Zn酸化物(MはAl、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、SnまたはHf)であり、且つ酸化物半導体膜336aよりも伝導帯の下端のエネルギーが真空準位に近く、代表的には、酸化物半導体膜336bの伝導帯の下端のエネルギーと、酸化物半導体膜336aの伝導帯の下端のエネルギーとの差が、0.05eV以上、0.07eV以上、0.1eV以上、または0.15eV以上、且つ2eV以下、1eV以下、0.5eV

50

以下、または 0.4 eV 以下である。即ち、酸化物半導体膜 336b の電子親和力と、酸化物半導体膜 336a の電子親和力との差が、 0.05 eV 以上、 0.07 eV 以上、 0.1 eV 以上、または 0.15 eV 以上、且つ 2 eV 以下、 1 eV 以下、 0.5 eV 以下、または 0.4 eV 以下である。

【0297】

酸化物半導体膜 336b は、In を含むことで、キャリア移動度（電子移動度）が高くなるため好ましい。

【0298】

酸化物半導体膜 336b として、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、Sn または Hf を In より高い原子数比で有することで、以下の効果を有する場合がある。（1）酸化物半導体膜 336b のエネルギーギャップを大きくする。（2）酸化物半導体膜 336b の電子親和力を小さくする。（3）外部からの不純物を遮蔽する。（4）酸化物半導体膜 336a と比較して、絶縁性が高くなる。（5）Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、Sn または Hf は酸素との結合力が強い金属元素であるため、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、Sn または Hf を In より高い原子数比で有することで、酸素欠損が生じにくくなる。

10

【0299】

酸化物半導体膜 336b が In - M - Zn 酸化物であるとき、Zn および O を除いての In と M の原子数比率は、In および M の和を 100 atomic \% としたとき In が 50 atomic \% 未満、M が 50 atomic \% 以上、さらに好ましくは、In が 25 atomic \% 未満、M が 75 atomic \% 以上とする。

20

【0300】

また、酸化物半導体膜 336a、及び酸化物半導体膜 336b が In - M - Zn 酸化物の場合、酸化物半導体膜 336a と比較して、酸化物半導体膜 336b に含まれる M の原子数比が大きく、代表的には、酸化物半導体膜 336a に含まれる上記原子と比較して、 1.5 倍以上、好ましくは 2 倍以上、さらに好ましくは 3 倍以上高い原子数比である。

【0301】

また、酸化物半導体膜 336a、及び酸化物半導体膜 336b が In - M - Zn 酸化物の場合、酸化物半導体膜 336b を $\text{In} : \text{M} : \text{Zn} = x_1 : y_1 : z_1$ [原子数比]、酸化物半導体膜 336a を $\text{In} : \text{M} : \text{Zn} = x_2 : y_2 : z_2$ [原子数比] とすると、 y_1 / x_1 が y_2 / x_2 よりも大きく、好ましくは、 y_1 / x_1 が y_2 / x_2 よりも 1.5 倍以上である。さらに好ましくは、 y_1 / x_1 が y_2 / x_2 よりも 2 倍以上大きく、より好ましくは、 y_1 / x_1 が y_2 / x_2 よりも 3 倍以上大きい。このとき酸化物半導体膜 336b において、 y_2 が x_2 以上であると、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタに安定した電気特性を付与できるため好ましい。ただし、 y_2 が x_2 の 3 倍以上になると、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタの電界効果移動度が低下してしまうため、 y_2 は x_2 の 3 倍未満であると好ましい。

30

【0302】

例えば、酸化物半導体膜 336a として $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 1$ 、 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 1.2$ 、または $3 : 1 : 2$ の原子数比の In - Ga - Zn 酸化物を用いることができる。また、酸化物半導体膜 336b として $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 3 : n$ (n は 2 以上 8 以下の整数)、 $1 : 6 : m$ (m は 2 以上 10 以下の整数)、または $1 : 9 : 6$ の原子数比の In - Ga - Zn 酸化物を用いることができる。なお、酸化物半導体膜 336a、及び酸化物半導体膜 336b の原子数比はそれぞれ、誤差として上記の原子数比のプラスマイナス 20% の変動を含む。なお、酸化物半導体膜 336a において、Zn の割合が Ga 以上であると CAC - OS が形成されやすく好ましい。

40

【0303】

酸化物半導体膜 336b は、後に形成される絶縁膜 312b を形成する際の、酸化物半導体膜 336a へのダメージ緩和膜としても機能する。

【0304】

50

酸化物半導体膜 336b の厚さは、3 nm 以上 100 nm 以下、好ましくは 3 nm 以上 50 nm とする。

【0305】

また、酸化物半導体膜 336b は、酸化物半導体膜 336a と同様に、例えば非単結晶構造でもよい。非単結晶構造は、例えば、後述する C A A C - O S (C A x i s A l i g n e d C r y s t a l l i n e O x i d e S e m i c o n d u c t o r)、多結晶構造、後述する微結晶構造、または非晶質構造を含む。

【0306】

なお、酸化物半導体膜 336a 及び酸化物半導体膜 336b によって、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、C A A C - O S の領域、単結晶構造の領域の二種以上を有する混合膜を構成してもよい。また、混合膜は、例えば、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、C A A C - O S の領域、単結晶構造の領域のいずれか二種以上の領域の積層構造を有する場合がある。

【0307】

ここでは、酸化物半導体膜 336a 及び絶縁膜 312a の間に、酸化物半導体膜 336b が設けられている。このため、酸化物半導体膜 336b と絶縁膜 312a の間において、不純物及び欠陥によりトラップ準位が形成されても、当該トラップ準位と酸化物半導体膜 336a との間には隔たりがある。この結果、酸化物半導体膜 336a を流れる電子がトラップ準位に捕獲されにくく、トランジスタのオン電流を増大させることが可能であると共に、電界効果移動度を高めることができる。また、トラップ準位に電子が捕獲されると、該電子がマイナスの固定電荷となってしまう。この結果、トランジスタのしきい値電圧が変動してしまう。しかしながら、酸化物半導体膜 336a とトラップ準位との間に隔たりがあるため、トラップ準位における電子の捕獲を低減することが可能であり、しきい値電圧の変動を低減することができる。

【0308】

また、酸化物半導体膜 336b は、外部からの不純物を遮蔽することが可能であるため、外部から酸化物半導体膜 336a へ移動する不純物量を低減することが可能である。また、酸化物半導体膜 336b は、酸素欠損を形成しにくい。これらのため、酸化物半導体膜 336a における不純物濃度及び酸素欠損量を低減することが可能である。

【0309】

なお、酸化物半導体膜 336a 及び酸化物半導体膜 336b は、各膜を単に積層するのではなく連続接合（ここでは特に伝導帯の下端のエネルギーが各膜の間で連続的に変化する構造）が形成されるように作製する。すなわち、各膜の界面にトラップ中心や再結合中心のような欠陥準位を形成するような不純物が存在しないような積層構造とする。仮に、積層された酸化物半導体膜 336a 及び酸化物半導体膜 336b の間に不純物が混在していると、エネルギーバンドの連続性が失われ、界面でキャリアがトラップされ、あるいは再結合して、消滅してしまう。

【0310】

連続接合を形成するためには、ロードロック室を備えたマルチチャンバー方式の成膜装置（スパッタリング装置）を用いて各膜を大気に触れさせることなく連続して積層することが必要となる。スパッタリング装置における各チャンバーは、酸化物半導体膜にとって不純物となる水等を可能な限り除去すべくクライオポンプのような吸着式の真空排気ポンプを用いて高真空排気（ 5×10^{-7} Pa 乃至 1×10^{-4} Pa 程度まで）することが好ましい。または、ターボ分子ポンプとコールドトラップを組み合わせる排気系からチャンバー内に気体、特に炭素または水素を含む気体が逆流しないようにしておくことが好ましい。

【0311】

なお、図 28 において、多層膜 336 を酸化物半導体膜 336a 及び酸化物半導体膜 336b の 2 層構造としたが、絶縁膜 306 と酸化物半導体膜 336a の間に、さらに酸化物半導体膜 336b と同様の膜を設ける 3 層構造としてもよい。この場合、絶縁膜 306 及

び酸化物半導体膜 336a の間に設ける酸化物半導体膜の膜厚は、酸化物半導体膜 336a より小さいと好ましい。酸化物半導体膜の厚さを 1 nm 以上 5 nm 以下、好ましくは 1 nm 以上 3 nm 以下とすることで、トランジスタのしきい値電圧の変動量を低減することが可能である。

【0312】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

【0313】

(実施の形態 5)

実施の形態では、上記実施の形態で説明した表示装置に含まれているトランジスタにおいて、酸化物半導体膜に適用可能な一態様について説明する。

【0314】

酸化物半導体膜は、単結晶構造の酸化物半導体（以下、単結晶酸化物半導体という。）、多結晶構造の酸化物半導体（以下、多結晶酸化物半導体という。）、微結晶構造の酸化物半導体（以下、微結晶酸化物半導体という。）、及び非晶質構造の酸化物半導体（以下、非晶質酸化物半導体という。）の一以上で構成されてもよい。また、酸化物半導体膜は、CAAC-OS 膜で構成されていてもよい。また、酸化物半導体膜は、非晶質酸化物半導体及び結晶粒を有する酸化物半導体で構成されていてもよい。以下に、代表例として、CAAC-OS 及び微結晶酸化物半導体について説明する。

【0315】

まずは、CAAC-OS 膜について説明する。

【0316】

CAAC-OS 膜は、c 軸配向した複数の結晶部を有する酸化物半導体膜の一つである。

【0317】

CAAC-OS 膜を透過型電子顕微鏡 (TEM: Transmission Electron Microscope) によって観察すると、明確な結晶部同士の境界、即ち結晶粒界 (グレインバウンダリーともいう。)を確認することができない。そのため、CAAC-OS 膜は、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。

【0318】

CAAC-OS 膜を、試料面と概略平行な方向から TEM によって観察 (断面 TEM 観察)すると、結晶部において、金属原子が層状に配列していることを確認できる。金属原子の各層は、CAAC-OS 膜の膜を形成する面 (被形成面ともいう。)または上面の凹凸を反映した形状であり、CAAC-OS 膜の被形成面または上面と平行に配列する。

【0319】

一方、CAAC-OS 膜を、試料面と概略垂直な方向から TEM によって観察 (平面 TEM 観察)すると、結晶部において、金属原子が三角形状または六角形状に配列していることを確認できる。しかしながら、異なる結晶部間で、金属原子の配列に規則性は見られない。

【0320】

図 20(a) は、CAAC-OS 膜の断面 TEM 像である。また、図 20(b) は、図 20(a) をさらに拡大した断面 TEM 像であり、理解を容易にするために原子配列を強調表示している。

【0321】

図 20(c) は、図 20(a) の A-O-A' 間において、丸で囲んだ領域 (直径約 4 nm) の局所的なフーリエ変換像である。図 20(c) より、各領域において c 軸配向性が確認できる。また、A-O 間と O-A' 間とは、c 軸の向きが異なるため、異なるグレインであることが示唆される。また、A-O 間では、c 軸の角度が 14.3°、16.6°、26.4° のように少しずつ連続的に変化していることがわかる。同様に、O-A' 間では、c 軸の角度が -18.3°、-17.6°、-15.9° と少しずつ連続的に変化していることがわかる。

【0322】

なお、CAAC-OS膜に対し、電子回折を行うと、配向性を示すスポット（輝点）が観測される。例えば、CAAC-OS膜の上面に対し、例えば1nm以上30nm以下の電子線を用いる電子回折（ナノビーム電子回折ともいう。）を行うと、スポットが観測される（図21（A）参照。）。

【0323】

断面TEM観察および平面TEM観察より、CAAC-OS膜の結晶部は配向性を有していることがわかる。

【0324】

なお、CAAC-OS膜に含まれるほとんどの結晶部は、一辺が100nm未満の立方体内に収まる大きさである。従って、CAAC-OS膜に含まれる結晶部は、一辺が10nm未満、5nm未満または3nm未満の立方体内に収まる大きさの場合も含まれる。ただし、CAAC-OS膜に含まれる複数の結晶部が連結することで、一つの大きな結晶領域を形成する場合がある。例えば、平面TEM像において、 2500nm^2 以上、 $5\mu\text{m}^2$ 以上または $1000\mu\text{m}^2$ 以上となる結晶領域が観察される場合がある。

【0325】

CAAC-OS膜に対し、X線回折（XRD：X-Ray Diffraction）装置を用いて構造解析を行うと、例えばInGaZnO₄の結晶を有するCAAC-OS膜のout-of-plane法による解析では、回折角（2 θ ）が31°近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、InGaZnO₄の結晶の（009）面に帰属されることから、CAAC-OS膜の結晶がc軸配向性を有し、c軸が被形成面または上面に概略垂直な方向を向いていることが確認できる。

【0326】

一方、CAAC-OS膜に対し、c軸に概略垂直な方向からX線を入射させるin-plane法による解析では、2 θ が56°近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、InGaZnO₄の結晶の（110）面に帰属される。InGaZnO₄の単結晶酸化物半導体膜であれば、2 θ を56°近傍に固定し、試料面の法線ベクトルを軸（ ω 軸）として試料を回転させながら分析（ ω スキャン）を行うと、（110）面と等価な結晶面に帰属されるピークが6本観察される。これに対し、CAAC-OS膜の場合は、2 θ を56°近傍に固定して ω スキャンした場合でも、明瞭なピークが現れない。

【0327】

以上のことから、CAAC-OS膜では、異なる結晶部間ではa軸およびb軸の配向は不規則であるが、c軸配向性を有し、かつc軸が被形成面または上面の法線ベクトルに平行な方向を向いていることがわかる。従って、前述の断面TEM観察で確認された層状に配列した金属原子の各層は、結晶のab面に平行な面である。

【0328】

なお、結晶部は、CAAC-OS膜を成膜した際、または加熱処理などの結晶化処理を行った際に形成される。上述したように、結晶のc軸は、CAAC-OS膜の被形成面または上面の法線ベクトルに平行な方向に配向する。従って、例えば、CAAC-OS膜の形状をエッチングなどによって変化させた場合、結晶のc軸がCAAC-OS膜の被形成面または上面の法線ベクトルと平行にならないこともある。

【0329】

また、CAAC-OS膜中において、c軸配向した結晶部の分布が均一でなくてもよい。例えば、CAAC-OS膜の結晶部が、CAAC-OS膜の上面近傍からの結晶成長によって形成される場合、上面近傍の領域は、被形成面近傍の領域よりもc軸配向した結晶部の割合が高くなることもある。また、不純物の添加されたCAAC-OS膜は、不純物が添加された領域が変質し、部分的にc軸配向した結晶部の割合の異なる領域が形成されることもある。

【0330】

なお、InGaZnO₄の結晶を有するCAAC-OS膜のout-of-plane法

10

20

30

40

50

による解析では、 2θ が 31° 近傍のピークの他に、 2θ が 36° 近傍にもピークが現れる場合がある。 2θ が 36° 近傍のピークは、C A A C - O S 膜中の一部に、 c 軸配向性を有さない結晶が含まれることを示している。C A A C - O S 膜は、 2θ が 31° 近傍にピークを示し、 2θ が 36° 近傍にピークを示さないことが好ましい。

【0331】

C A A C - O S 膜は、不純物濃度の低い酸化物半導体膜である。不純物は、水素、炭素、シリコン、遷移金属元素などの酸化物半導体膜の主成分以外の元素である。特に、シリコンなどの、酸化物半導体膜を構成する金属元素よりも酸素との結合力の強い元素は、酸化物半導体膜から酸素を奪うことで酸化物半導体膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。また、鉄やニッケルなどの重金属、アルゴン、二酸化炭素などは、原子半径（または分子半径）が大きいため、酸化物半導体膜内部に含まれると、酸化物半導体膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。なお、酸化物半導体膜に含まれる不純物は、キャリアトラップやキャリア発生源となる場合がある。

10

【0332】

また、C A A C - O S 膜は、欠陥準位密度の低い酸化物半導体膜である。例えば、酸化物半導体膜中の酸素欠損は、キャリアトラップとなることや、水素を捕獲することによってキャリア発生源となることがある。

【0333】

不純物濃度が低く、欠陥準位密度が低い（酸素欠損の少ない）ことを、高純度真性または実質的に高純度真性と呼ぶ。高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる。従って、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、しきい値電圧がマイナスとなる電気特性（ノーマリーオンともいう。）になることが少ない。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、キャリアトラップが少ない。そのため、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる。なお、酸化物半導体膜のキャリアトラップに捕獲された電荷は、放出するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、不純物濃度が高く、欠陥準位密度が高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。

20

【0334】

また、C A A C - O S 膜を用いたトランジスタは、可視光や紫外光の照射による電気特性の変動が小さい。

30

【0335】

次に、微結晶酸化物半導体膜について説明する。

【0336】

微結晶酸化物半導体膜は、T E M による観察像では、明確に結晶部を確認することができない場合がある。微結晶酸化物半導体膜に含まれる結晶部は、 1 nm 以上 100 nm 以下、または 1 nm 以上 10 nm 以下の大きさであることが多い。特に、 1 nm 以上 10 nm 以下、または 1 nm 以上 3 nm 以下の微結晶であるナノ結晶（ $\text{nc} : \text{nanocrystal}$ ）を有する酸化物半導体膜を、 nc-Os （ $\text{nanocrystalline Oxide Semiconductor}$ ）膜と呼ぶ。また、 nc-Os 膜は、例えば、T E M による観察像では、結晶粒界を明確に確認できない場合がある。

40

【0337】

nc-Os 膜は、微小な領域（例えば、 1 nm 以上 10 nm 以下の領域、特に 1 nm 以上 3 nm 以下の領域）において原子配列に周期性を有する。また、 nc-Os 膜は、異なる結晶部間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、膜全体で配向性が見られない。従って、 nc-Os 膜は、分析方法によっては、非晶質酸化物半導体膜と区別が付かない場合がある。例えば、 nc-Os 膜に対し、結晶部よりも大きい径の X 線を用いる X R D 装置を用いて構造解析を行うと、 out-of-plane 法による解析では、結晶面を示すピークが検出されない。また、 nc-Os 膜に対し、結晶部よりも大きいプローブ径（

50

例えば50nm以上)の電子線を用いる電子回折(制限視野電子回折ともいう。)を行うと、ハローパターンのような回折パターンが観測される。一方、nc-OS膜に対し、結晶部の大きさと近い結晶部より小さいプローブ径の電子線を用いるナノビーム電子回折を行うと、スポットが観測される。また、nc-OS膜に対しナノビーム電子回折を行うと、円を描くように(リング状に)輝度の高い領域が観測される場合がある。また、nc-OS膜に対しナノビーム電子回折を行うと、リング状の領域内に複数のスポットが観測される場合がある(図21(B)参照。)

【0338】

nc-OS膜は、非晶質酸化物半導体膜よりも規則性の高い酸化物半導体膜である。そのため、nc-OS膜は、非晶質酸化物半導体膜よりも欠陥準位密度が低くなる。ただし、nc-OS膜は、異なる結晶部間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、nc-OS膜は、CAAC-OS膜と比べて欠陥準位密度が高くなる。

10

【0339】

なお、酸化物半導体膜は、例えば、非晶質酸化物半導体膜、微結晶酸化物半導体膜、CAAC-OS膜のうち、二種以上を有する積層膜であってもよい。

【0340】

酸化物半導体膜が複数の構造を有する場合、ナノビーム電子回折を用いることで構造解析が可能となる場合がある。

【0341】

図21(C)に、電子銃室70と、電子銃室70の下光学系72と、光学系72の下試料室74と、試料室74の下光学系76と、光学系76の下観察室80と、観察室80に設置されたカメラ78と、観察室80の下フィルム室82と、を有する透過電子回折測定装置を示す。カメラ78は、観察室80内部に向けて設置される。なお、フィルム室82を有さなくても構わない。

20

【0342】

また、図21(D)に、図21(C)で示した透過電子回折測定装置内部の構造を示す。透過電子回折測定装置内部では、電子銃室70に設置された電子銃から放出された電子が、光学系72を介して試料室74に配置された物質88に照射される。物質88を通過した電子は、光学系76を介して観察室80内部に設置された蛍光板92に入射する。蛍光板92では、入射した電子の強度に応じたパターンが現れることで透過電子回折パターンを測定することができる。

30

【0343】

カメラ78は、蛍光板92を向いて設置されており、蛍光板92に現れたパターンを撮影することが可能である。カメラ78のレンズの中央、および蛍光板92の中央を通る直線と、カメラ78の蛍光板92の上面と、の為す角度は、例えば、15°以上80°以下、30°以上75°以下、または45°以上70°以下とする。該角度が小さいほど、カメラ78で撮影される透過電子回折パターンは歪みが大きくなる。ただし、あらかじめ該角度がわかっているならば、得られた透過電子回折パターンの歪みを補正することも可能である。なお、カメラ78をフィルム室82に設置しても構わない場合がある。例えば、カメラ78をフィルム室82に、電子84の入射方向と対向するように設置してもよい。この場合、蛍光板92の裏面から歪みの少ない透過電子回折パターンを撮影することができる。

40

【0344】

試料室74には、試料である物質88を固定するためのホルダが設置されている。ホルダは、物質88を通過する電子を透過するような構造をしている。ホルダは、例えば、物質88をX軸、Y軸、Z軸などに移動させる機能を有していてもよい。ホルダの移動機能は、例えば、1nm以上10nm以下、5nm以上50nm以下、10nm以上100nm以下、50nm以上500nm以下、100nm以上1μm以下などの範囲で移動させる精度を有すればよい。これらの範囲は、物質88の構造によって最適な範囲を設定すればよい。

【0345】

50

次に、上述した透過電子回折測定装置を用いて、物質の透過電子回折パターンを測定する方法について説明する。

【0346】

例えば、図21(D)に示すように物質におけるナノビームである電子84の照射位置を変化させる(スキャンする)ことで、物質の構造が変化していく様子を確認することができる。このとき、物質88がCAAC-OS膜であれば、図21(A)に示したような回折パターンが観測される。または、物質88がnc-OS膜であれば、図21(B)に示したような回折パターンが観測される。

【0347】

ところで、物質88がCAAC-OS膜であったとしても、部分的にnc-OS膜などと同様の回折パターンが観測される場合がある。したがって、CAAC-OS膜の良否は、一定の範囲におけるCAAC-OS膜の回折パターンが観測される領域の割合(CAAC化率ともいう。)で表すことができる場合がある。例えば、良質なCAAC-OS膜であれば、CAAC化率は、50%以上、好ましくは80%以上、さらに好ましくは90%以上、より好ましくは95%以上となる。なお、CAAC-OS膜と異なる回折パターンが観測される領域の割合を非CAAC化率と表記する。

10

【0348】

一例として、成膜直後(as-sputteredと表記。)、または酸素を含む雰囲気における450 加熱処理後のCAAC-OS膜を有する各試料の上面に対し、スキャンしながら透過電子回折パターンを取得した。ここでは、5nm/秒の速度で60秒間スキャンしながら回折パターンを観測し、観測された回折パターンを0.5秒ごとに静止画に変換することで、CAAC化率を導出した。なお、電子線としては、プローブ径が1nmのナノビームを用いた。なお、同様の測定は6試料に対して行った。そしてCAAC化率の算出には、6試料における平均値を用いた。

20

【0349】

各試料におけるCAAC化率を図22(A)に示す。成膜直後のCAAC-OS膜のCAAC化率は75.7%(非CAAC化率は24.3%)であった。また、450 加熱処理後のCAAC-OS膜のCAAC化率は85.3%(非CAAC化率は14.7%)であった。成膜直後と比べて、450 加熱処理後のCAAC化率が高いことがわかる。即ち、高い温度(例えば400 以上)における加熱処理によって、非CAAC化率が低くなる(CAAC化率が高くなる)ことがわかる。また、500 未満の加熱処理においても高いCAAC化率を有するCAAC-OS膜が得られることがわかる。

30

【0350】

ここで、CAAC-OS膜と異なる回折パターンのほとんどはnc-OS膜と同様の回折パターンであった。また、測定領域において非晶質酸化物半導体膜は、確認することができなかった。したがって、加熱処理によって、nc-OS膜と同様の構造を有する領域が、隣接する領域の構造の影響を受けて再配列し、CAAC化していることが示唆される。

【0351】

図22(B)および図22(C)は、成膜直後および450 加熱処理後のCAAC-OS膜の平面TEM像である。図22(B)と図22(C)とを比較することにより、450 加熱処理後のCAAC-OS膜は、膜質がより均質であることがわかる。即ち、高い温度における加熱処理によって、CAAC-OS膜の膜質が向上することがわかる。

40

【0352】

このような測定方法を用いれば、複数の構造を有する酸化物半導体膜の構造解析が可能となる場合がある。

【0353】

<成膜モデル>

以下では、CAAC-OSおよびnc-OSの成膜モデルについて説明する。

【0354】

図46(A)は、スパッタリング法によりCAAC-OSが成膜される様子を示した成膜

50

室内の模式図である。

【0355】

ターゲット130は、バックングプレート上に接着されている。ターゲット130およびバックングプレート下には、複数のマグネットが配置される。該複数のマグネットによって、ターゲット130上には磁場が生じている。マグネットの磁場を利用して成膜速度を高めるスパッタリング法は、マグネトロンスパッタリング法と呼ばれる。

【0356】

ターゲット130は、多結晶構造を有し、いずれかの結晶粒には劈開面が含まれる。なお、劈開面の詳細については後述する。

【0357】

基板120は、ターゲット130と向かい合うように配置しており、その距離 d （ターゲット - 基板間距離（ $T - S$ 間距離）ともいう。）は 0.01 m 以上 1 m 以下、好ましくは 0.02 m 以上 0.5 m 以下とする。成膜室内は、ほとんどが成膜ガス（例えば、酸素、アルゴン、または酸素を50体積%以上の割合で含む混合ガス）で満たされ、 0.01 Pa 以上 100 Pa 以下、好ましくは 0.1 Pa 以上 10 Pa 以下に制御される。ここで、ターゲット130に一定以上の電圧を印加することで、放電が始まり、プラズマが確認される。なお、ターゲット130上の磁場によって、高密度プラズマ領域が形成される。高密度プラズマ領域では、成膜ガスがイオン化することで、イオン101が生じる。イオン101は、例えば、酸素の陽イオン（ O^+ ）やアルゴンの陽イオン（ Ar^+ ）などである。

【0358】

イオン101は、電界によってターゲット130側に加速され、やがてターゲット130と衝突する。このとき、劈開面から平板状又はペレット状のスパッタ粒子であるペレット100aおよびペレット100bが剥離し、叩き出される。なお、ペレット100aおよびペレット100bは、イオン101の衝突の衝撃によって、構造に歪みが生じる場合がある。

【0359】

ペレット100aは、三角形、例えば正三角形の平面を有する平板状又はペレット状のスパッタ粒子である。また、ペレット100bは、六角形、例えば正六角形の平面を有する平板状又はペレット状のスパッタ粒子である。なお、ペレット100aおよびペレット100bなどの平板状又はペレット状のスパッタ粒子を総称してペレット100と呼ぶ。ペレット100の平面の形状は、三角形、六角形に限定されない、例えば、三角形が2個以上6個以下合わさった形状となる場合がある。例えば、三角形（正三角形）が2個合わさった四角形（ひし形）となる場合もある。

【0360】

ペレット100は、成膜ガスの種類などに応じて厚さが決定する。理由は後述するが、ペレット100の厚さは、均一にすることが好ましい。また、スパッタ粒子は厚みのないペレット状である方が、厚みのあるサイコロ状であるよりも好ましい。

【0361】

ペレット100は、プラズマを通過する際に電荷を受け取ることで、側面が負または正に帯電する場合がある。ペレット100は、側面に酸素原子を有し、当該酸素原子が負に帯電する可能性がある。例えば、ペレット100aが、側面に負に帯電した酸素原子を有する例を図48に示す。このように、側面が同じ極性の電荷を帯びることにより、電荷同士の反発が起こり、平板状の形状を維持することが可能となる。なお、 CAAC-Os が、 In-Ga-Zn 酸化物である場合、インジウム原子と結合した酸素原子が負に帯電する可能性がある。または、インジウム原子、ガリウム原子又は亜鉛原子と結合した酸素原子が負に帯電する可能性がある。

【0362】

図46(A)に示すように、例えば、ペレット100は、プラズマ中を風のように飛翔し、ひらひらと基板120上まで舞い上がっていく。ペレット100は電荷を帯びているた

10

20

30

40

50

め、ほかのペレット100が既に堆積している領域が近づくと、斥力が生じる。ここで、基板120の上面では、基板120の上面に平行な向きの磁場が生じている。また、基板120およびターゲット130間には、電位差が与えられているため、基板120からターゲット130に向けて電流が流れている。したがって、ペレット100は、基板120の上面において、磁場および電流の作用によって、力（ローレンツ力）を受ける（図49参照。）。このことは、フレミングの左手の法則によって理解できる。なお、ペレット100に与える力を大きくするためには、基板120の上面において、基板120の上面に平行な向きの磁場が10G以上、好ましくは20G以上、さらに好ましくは30G以上、より好ましくは50G以上となる領域を設けるとよい。または、基板120の上面において、基板120の上面に平行な向きの磁場が、基板120の上面に垂直な向きの磁場の1

10

【0363】

また、基板120は加熱されており、ペレット100と基板120との間で摩擦などの抵抗が小さい状態となっている。その結果、図50（A）に示すように、ペレット100は、基板120の上面を滑空するように移動する。ペレット100の移動は、平板面を基板120に向けた状態で起こる。その後、図50（B）に示すように、既に堆積しているほかのペレット100の側面まで到達すると、側面同士が結合する。このとき、ペレット100の側面にある酸素原子が脱離する。脱離した酸素原子によって、CAAC-Os中の酸素欠損が埋まる場合があるため、欠陥準位密度の低いCAAC-Osとなる。

20

【0364】

また、ペレット100が基板120上で加熱されることにより、原子が再配列し、イオン101の衝突で生じた構造の歪みが緩和される。歪みの緩和されたペレット100は、ほぼ単結晶となる。ペレット100がほぼ単結晶となることにより、ペレット100同士が結合した後に加熱されたとしても、ペレット100自体の伸縮はほとんど起こり得ない。したがって、ペレット100間の隙間が広がることで結晶粒界などの欠陥を形成し、クレバス化することがない。また、隙間には、伸縮性のある金属原子などが敷き詰められ、向きのずれたペレット100同士の側面を高速道路のように繋いでいると考えられる。

【0365】

以上のようなモデルにより、ペレット100が基板120上に堆積していくと考えられる。したがって、エピタキシャル成長とは異なり、被形成面が結晶構造を有さない場合においても、CAAC-Osの成膜が可能であることがわかる。例えば、基板120の上面（被形成面）の構造が非晶質構造であっても、CAAC-Osを成膜することは可能である。

30

【0366】

また、CAAC-Osは、平坦面に対してだけでなく、被形成面である基板120の上面に凹凸がある場合でも、その形状に沿ってペレット100が配列することがわかる。例えば、基板120の上面が原子レベルで平坦な場合、ペレット100はab面と平行な平面である平板面を下に向けて並置するため、厚さが均一で平坦、かつ高い結晶性を有する層が形成される。そして、当該層がn段（nは自然数。）積み重なることで、CAAC-Osを得ることができる（図46（B）参照。）。

40

【0367】

一方、基板120の上面が凹凸を有する場合でも、CAAC-Osは、ペレット100が凸面に沿って並置した層がn段（nは自然数。）積み重なった構造となる。基板120が凹凸を有するため、CAAC-Osは、ペレット100間に隙間が生じやすい場合がある。ただし、ペレット100間で分子間力が働き、凹凸があってもペレット間の隙間はなるべく小さくなるように配列する。したがって、凹凸があっても高い結晶性を有するCAAC-Osとすることができる（図46（C）参照。）。

【0368】

したがって、CAAC-Osは、レーザ結晶化が不要であり、大面積のガラス基板などで

50

あっても均一な成膜が可能である。

【0369】

このようなモデルによってC A A C - O Sが成膜されるため、スパッタ粒子が厚みのないペレット状である方が好ましい。なお、スパッタ粒子が厚みのあるサイコロ状である場合、基板120上に向ける面が一定とならず、厚さや結晶の配向を均一にできない場合がある。

【0370】

以上に示した成膜モデルにより、非晶質構造を有する被形成面上であっても、高い結晶性を有するC A A C - O Sを得ることができる。

【0371】

また、C A A C - O Sは、ペレット100のほかに酸化亜鉛粒子を有する成膜モデルによっても説明することができる。

【0372】

酸化亜鉛粒子は、ペレット100よりも質量が小さいため、先に基板120に到達する。基板120の上面において、酸化亜鉛粒子は、水平方向に優先的に結晶成長することで薄い酸化亜鉛層を形成する。該酸化亜鉛層は、c軸配向性を有する。なお、該酸化亜鉛層の結晶のc軸は、基板120の法線ベクトルに平行な方向を向く。該酸化亜鉛層は、C A A C - O Sを成長させるためのシード層の役割を果たすため、C A A C - O Sの結晶性を高める機能を有する。なお、該酸化亜鉛層は、厚さが0.1nm以上5nm以下、ほとんどが1nm以上3nm以下となる。該酸化亜鉛層は十分薄いため、結晶粒界をほとんど確認することができない。

【0373】

したがって、結晶性の高いC A A C - O Sを成膜するためには、化学量論的組成よりも高い割合で亜鉛を含むターゲットを用いることが好ましい。

【0374】

同様に、n c - O Sは、図47に示す成膜モデルによって理解することができる。なお、図47と図46(A)との違いは、基板120の加熱の有無のみである。

【0375】

したがって、基板120は加熱されておらず、ペレット100と基板120との間で摩擦などの抵抗が大きい状態となっている。その結果、ペレット100は、基板120の上面を滑空するように移動することができないため、不規則に降り積もっていくことでn c - O Sを得ることができる。

【0376】

<劈開面>

以下では、C A A C - O Sの成膜モデルにおいて記載のターゲットの劈開面について説明する。

【0377】

まずは、ターゲットの劈開面について図51を用いて説明する。図51に、InGaZnO₄の結晶の構造を示す。なお、図51(A)は、c軸を上向きとし、b軸に平行な方向からInGaZnO₄の結晶を観察した場合の構造を示す。また、図51(B)は、c軸に平行な方向からInGaZnO₄の結晶を観察した場合の構造を示す。

【0378】

InGaZnO₄の結晶の各結晶面における劈開に必要なエネルギーを、第一原理計算により算出する。なお、計算には、擬ポテンシャルと、平面波基底を用いた密度汎関数プログラム(CASTE P)を用いる。なお、擬ポテンシャルには、ウルトラソフト型の擬ポテンシャルを用いる。また、汎関数には、GGA PBEを用いる。また、カットオフエネルギーは400eVとする。

【0379】

初期状態における構造のエネルギーは、セルサイズを含めた構造最適化を行った後に導出する。また、各面で劈開後の構造のエネルギーは、セルサイズを固定した状態で、原子配

10

20

30

40

50

置の構造最適化を行った後に導出する。

【0380】

図51に示した InGaZnO_4 の結晶の構造をもとに、第1の面、第2の面、第3の面、第4の面のいずれかで劈開した構造を作製し、セルサイズを固定した構造最適化計算を行う。ここで、第1の面は、 Ga-Zn-O 層と In-O 層との間の結晶面であり、 (001) 面（または ab 面）に平行な結晶面である（図51（A）参照。）。第2の面は、 Ga-Zn-O 層と Ga-Zn-O 層との間の結晶面であり、 (001) 面（または ab 面）に平行な結晶面である（図51（A）参照。）。第3の面は、 (110) 面に平行な結晶面である（図51（B）参照。）。第4の面は、 (100) 面（または bc 面）に平行な結晶面である（図51（B）参照。）。 10

【0381】

以上のような条件で、各面で劈開後の構造のエネルギーを算出する。次に、劈開後の構造のエネルギーと初期状態における構造のエネルギーとの差を、劈開面の面積で除すことで、各面における劈開しやすさの尺度である劈開エネルギーを算出する。なお、構造のエネルギーは、構造に含まれる原子と電子に対して、電子の運動エネルギーと、原子間、原子-電子間、および電子間の相互作用と、を考慮したエネルギーである。

【0382】

計算の結果、第1の面の劈開エネルギーは 2.60 J/m^2 、第2の面の劈開エネルギーは 0.68 J/m^2 、第3の面の劈開エネルギーは 2.18 J/m^2 、第4の面の劈開エネルギーは 2.12 J/m^2 であることがわかった（下表参照。）。 20

【0383】

【表1】

劈開エネルギー [J/m^2]

第1の面	2.60
第2の面	0.68
第3の面	2.18
第4の面	2.12

30

【0384】

この計算により、図51に示した InGaZnO_4 の結晶の構造において、第2の面における劈開エネルギーが最も低くなる。即ち、 Ga-Zn-O 層と Ga-Zn-O 層との間が最も劈開しやすい面（劈開面）であることがわかる。したがって、本明細書において、劈開面と記載する場合、最も劈開しやすい面である第2の面のことを示す。

【0385】

Ga-Zn-O 層と Ga-Zn-O 層との間である第2の面に劈開面を有するため、図51（A）に示す InGaZnO_4 の結晶は、二つの第2の面と等価な面で分離することができる。したがって、ターゲットにイオンなどを衝突させる場合、もっとも劈開エネルギーの低い面で劈開したウェハース状のユニット（我々はこれをペレットと呼ぶ。）が最小単位となって飛び出してくると考えられる。その場合、 InGaZnO_4 のペレットは、 Ga-Zn-O 層、 In-O 層および Ga-Zn-O 層の3層となる。 40

【0386】

また、第1の面（ Ga-Zn-O 層と In-O 層との間の結晶面であり、 (001) 面（または ab 面）に平行な結晶面）よりも、第3の面（ (110) 面に平行な結晶面）、第4の面（ (100) 面（または bc 面）に平行な結晶面）の劈開エネルギーが低いことから、ペレットの平面形状は三角形または六角形状が多いことが示唆される。

【0387】

次に、古典分子動力学計算により、ターゲットとしてホモロガス構造を有する InGaZnO_4 の結晶を仮定し、当該ターゲットをアルゴン（ Ar ）または酸素（ O ）によりスパ 50

ッタした場合の劈開面について評価する。計算に用いた InGaZnO_4 の結晶 (2688 原子) の断面構造を図 5 2 (A) に、上面構造を図 5 2 (B) に示す。なお、図 5 2 (A) に示す固定層は、位置が変動しないよう原子の配置を固定した層である。また、図 5 2 (A) に示す温度制御層は、常に一定の温度 (300 K) とした層である。

【0388】

古典分子動力学計算には、富士通株式会社製 *Materials Explorer 5.0* を用いる。なお、初期温度を 300 K、セルサイズを一定、時間刻み幅を 0.01 フェムト秒、ステップ数を 1000 万回とする。計算では、当該条件のもと、原子に 300 eV のエネルギーを与え、 InGaZnO_4 の結晶の *ab* 面に垂直な方向からセルに原子を入射させる。

10

【0389】

図 5 3 (A) は、図 5 2 に示した InGaZnO_4 の結晶を有するセルにアルゴンが入射してから 99.9 ピコ秒 (ps) 後の原子配列を示す。また、図 5 3 (B) は、セルに酸素が入射してから 99.9 ピコ秒後の原子配列を示す。なお、図 5 3 では、図 5 2 (A) に示した固定層の一部を省略して示す。

【0390】

図 5 3 (A) より、アルゴンがセルに入射してから 99.9 ピコ秒までに、図 5 1 (A) に示した第 2 の面に対応する劈開面から亀裂が生じる。したがって、 InGaZnO_4 の結晶に、アルゴンが衝突した場合、最上面を第 2 の面 (0 番目) とすると、第 2 の面 (2 番目) に大きな亀裂が生じることがわかる。

20

【0391】

一方、図 5 3 (B) より、酸素がセルに入射してから 99.9 ピコ秒までに、図 5 1 (A) に示した第 2 の面に対応する劈開面から亀裂が生じることがわかる。ただし、酸素が衝突した場合は、 InGaZnO_4 の結晶の第 2 の面 (1 番目) において大きな亀裂が生じることがわかる。

【0392】

したがって、ホモロガス構造を有する InGaZnO_4 の結晶を含むターゲットの上面から原子 (イオン) が衝突すると、 InGaZnO_4 の結晶は第 2 の面に沿って劈開し、平板状の粒子 (ペレット) が剥離することがわかる。また、このとき、ペレットの大きさは、アルゴンを衝突させた場合よりも、酸素を衝突させた場合の方が小さくなることをわかる。

30

【0393】

なお、上述の計算から、剥離したペレットは損傷領域を含むことが示唆される。ペレットに含まれる損傷領域は、損傷によって生じた欠陥に酸素を反応させることで修復できる場合がある。

【0394】

そこで、衝突させる原子の違いによって、ペレットの大きさが異なることについて調査する。

【0395】

図 5 4 (A) に、図 5 2 に示した InGaZnO_4 の結晶を有するセルにアルゴンが入射した後、0 ピコ秒から 0.3 ピコ秒までにおける各原子の軌跡を示す。したがって、図 5 4 (A) は、図 5 2 から図 5 3 (A) の間の期間に対応する。

40

【0396】

図 5 4 (A) より、アルゴンが第 1 層 (Ga - Zn - O 層) のガリウム (Ga) と衝突すると、当該ガリウムが第 3 層 (Ga - Zn - O 層) の亜鉛 (Zn) と衝突した後、当該亜鉛が第 6 層 (Ga - Zn - O 層) の近傍まで到達することがわかる。なお、ガリウムと衝突したアルゴンは、外に弾き飛ばされる。したがって、 InGaZnO_4 の結晶を含むターゲットにアルゴンを衝突させた場合、図 5 2 (A) における第 2 の面 (2 番目) に亀裂が入ると考えられる。

【0397】

50

また、図 5 4 (B) に、図 5 2 に示した InGaZnO_4 の結晶を有するセルに酸素が入射した後、0 ピコ秒から 0 . 3 ピコ秒までにおける各原子の軌跡を示す。したがって、図 5 4 (B) は、図 5 2 から図 5 3 (A) の間の期間に対応する。

【 0 3 9 8 】

一方、図 5 4 (B) より、酸素が第 1 層 (Ga - Zn - O 層) のガリウム (Ga) と衝突すると、当該ガリウムが第 3 層 (Ga - Zn - O 層) の亜鉛 (Zn) と衝突した後、当該亜鉛が第 5 層 (In - O 層) まで到達しないことがわかる。なお、ガリウムと衝突した酸素は、外に弾き飛ばされる。したがって、 InGaZnO_4 の結晶を含むターゲットに酸素を衝突させた場合、図 5 2 (A) における第 2 の面 (1 番目) に亀裂が入ると考えられる。

10

【 0 3 9 9 】

本計算からも、 InGaZnO_4 の結晶は、原子 (イオン) が衝突した場合、劈開面から剥離することが示唆される。

【 0 4 0 0 】

また、亀裂の深さの違いを保存則の観点から検討する。エネルギー保存則および運動量保存則は、式 (1) および式 (2) のように示すことができる。ここで、 E は衝突前のアルゴンまたは酸素の持つエネルギー (3 0 0 e V)、 m_A はアルゴンまたは酸素の質量、 v_A は衝突前のアルゴンまたは酸素の速度、 v'_A は衝突後のアルゴンまたは酸素の速度、 m_{Ga} はガリウムの質量、 v_{Ga} は衝突前のガリウムの速度、 v'_{Ga} は衝突後のガリウムの速度である。

20

【 0 4 0 1 】

【 数 1 】

$$E = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_{Ga} v_{Ga}^2 \quad (1)$$

【 0 4 0 2 】

【 数 2 】

$$m_A v_A + m_{Ga} v_{Ga} = m'_A v'_A + m'_{Ga} v'_{Ga} \quad (2)$$

30

【 0 4 0 3 】

アルゴンまたは酸素の衝突が弾性衝突であると仮定すると、 v_A 、 v'_A 、 v_{Ga} および v'_{Ga} の関係は式 (3) のように表すことができる。

【 0 4 0 4 】

【 数 3 】

$$v'_A - v'_{Ga} = -(v_A - v_{Ga}) \quad (3)$$

【 0 4 0 5 】

式 (1)、式 (2) および式 (3) より、 v_{Ga} を 0 とすると、アルゴンまたは酸素が衝突した後のガリウムの速度 v'_{Ga} は、式 (4) のように表すことができる。

40

【 0 4 0 6 】

【 数 4 】

$$v'_{Ga} = \frac{\sqrt{m_A}}{m_A + m_{Ga}} \cdot 2\sqrt{2E} \quad (4)$$

【 0 4 0 7 】

式 (4) において、 m_A にアルゴンの質量または酸素の質量を代入し、それぞれの原子が衝突した後のガリウムの速度を比較する。アルゴンおよび酸素の衝突前に持つエネルギーが同じである場合、アルゴンが衝突した場合の方が、酸素が衝突した場合よりも 1 . 2 4

50

倍ガリウムの速度が高いことがわかる。したがって、ガリウムの持つエネルギーもアルゴンが衝突した場合の方が、酸素が衝突した場合よりも速度の二乗分だけ高くなる。

【0408】

アルゴンを衝突させた場合の方が、酸素を衝突させた場合よりも、衝突後のガリウムの速度（エネルギー）が高くなることがわかる。したがって、アルゴンを衝突させた場合の方が、酸素を衝突させた場合よりも深い位置に亀裂が生じたと考えられる。

【0409】

以上の計算により、ホモロガス構造を有する InGaZnO_4 の結晶を含むターゲットをスパッタすると、劈開面から剥離し、ペレットが形成されることがわかる。一方、劈開面を有さないターゲットの他の構造の領域をスパッタしてもペレットは形成されず、ペレットよりも微細な原子レベルの大きさのスパッタ粒子が形成される。該スパッタ粒子は、ペレットと比べて小さいため、スパッタリング装置に接続されている真空ポンプを介して排気されると考えられる。したがって、ホモロガス構造を有する InGaZnO_4 の結晶を含むターゲットをスパッタした場合、様々な大きさ、形状の粒子が基板まで飛翔し、堆積することで成膜されるモデルは考えにくい。スパッタされたペレットが堆積して CAAC-OS を成膜する図46(A)などに記載のモデルが道理に適っている。

10

【0410】

このようにして成膜された CAAC-OS の密度は、単結晶 OS と同程度の密度を有する。例えば、 InGaZnO_4 のホモロガス構造を有する単結晶 OS の密度は 6.36 g/cm^3 であるのに対し、同程度の原子数比である CAAC-OS の密度は 6.3 g/cm^3 程度となる。

20

【0411】

図55に、スパッタリング法で成膜した CAAC-OS である In-Ga-Zn 酸化物（図55(A)参照。）、およびそのターゲット（図55(B)参照。）の断面における原子配列を示す。原子配列の観察には、高角散乱環状暗視野走査透過電子顕微鏡法（ $\text{HAADF-STEM: High-Angle Annular Dark Field Scanning Transmission Electron Microscopy}$ ）を用いる。なお、 HAADF-STEM では、各原子の像強度は原子番号の二乗に比例する。したがって、原子番号の近い Zn （原子番号30）と Ga （原子番号31）とは、ほとんど区別できない。 HAADF-STEM には、日立走査透過電子顕微鏡 HD-2700 を用いる。

30

【0412】

図55(A)および図55(B)を比較すると、 CAAC-OS と、ターゲットは、ともにホモロガス構造を有しており、それぞれの原子の配置が対応していることがわかる。したがって、図46(A)などの成膜モデルに示したように、ターゲットの結晶構造が転写されることで CAAC-OS が成膜されることがわかる。

【0413】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせて用いることができる。

【0414】

（実施の形態6）

実施の形態2で述べたように、酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、オフ状態における電流値（オフ電流値）を低く制御することができる。よって、画像信号等の電気信号の保持時間を長くすることができ、書き込み間隔も長く設定できる。

40

【0415】

本実施の形態の表示装置は、オフ電流値の低いトランジスタを適用することで、少なくとも2つの駆動方法（モード）で表示を行う表示装置とすることができる。第1の駆動モードは、従来の表示装置の駆動方法であり、1フレームごとにデータを逐次書き換える駆動方法である。第2の駆動モードは、データの書き込み処理を実行した後、データの書き換えを停止する駆動方法である。すなわち、リフレッシュレートを低減した駆動モードであ

50

る。

【0416】

動画の表示は、第1の駆動モードにより行われる。静止画の表示は、フレームごとの画像データに変化がないため、1フレームごとにデータの書き換えを行う必要がない。そこで、静止画を表示する際は、第2の駆動モードで動作させると、画面のちらつきをなくすとともに、電力消費を削減することができる。

【0417】

また、本実施の形態の表示装置に適用される画素の容量素子は、容量素子で蓄積する電荷量が多い。このため、画素電極の電位を保持する時間を長くすることが可能であり、リフレッシュレートを低減する駆動モードを適用できる。さらに、表示装置においてリフレッシュレートを低減する駆動モードを適用した場合であっても、画素で保持する電圧の変化を長期間抑制することが可能であるため、使用者による画像のちらつきの知覚をより防止することができる。したがって、低消費電力化と表示品質の向上を図ることができる。

【0418】

ここで、リフレッシュレートを低減する効果に関して説明する。

【0419】

目の疲労には、神経系の疲労と、筋肉系の疲労の2種類がある。神経系の疲労は、長時間、表示装置の発光、点滅画面を見続けることで、その明るさが眼の網膜や神経、脳を刺激して疲れさせるものである。筋肉系の疲労は、ピント調節のときに使用する毛様体の筋肉を酷使することにより疲れさせるものである。

【0420】

図23(A)に、従来の表示装置の表示を表す模式図を示す。図23(A)に示すように、従来の表示装置の表示では、1秒間に60回の画像の書き換えが行われている。このような画面を長時間見続けることにより、使用者の眼の網膜や神経、脳を刺激して眼の疲労が引き起こされるおそれがあった。

【0421】

本発明の一態様では、表示装置の画素部に、オフ電流の極めて低いトランジスタ、例えば酸化物半導体を用いたトランジスタを適用する。また、表示装置の画素が有する容量素子は、面積の大きい容量素子とすることができる。これらによって、容量素子に蓄積された電荷のリークを抑制するとともに、電位の変化がゆるやかにすることが可能となるため、フレーム周波数を下げても、表示装置の輝度を抑制することが可能となる。

【0422】

つまり、図23(B)に示すように、例えば、5秒間に1回の画像の書き換えが可能となるため、極力同じ映像を見ることが可能となり、使用者に視認される画面のちらつきが低減される。これにより、使用者の眼の網膜や神経、脳の刺激が低減され、神経系の疲労が軽減される。

【0423】

本発明の一態様によれば、目に優しい表示装置を提供することができる。

【0424】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせ用いることができる。

【0425】

(実施の形態7)

本実施の形態では、本発明の一態様である表示装置において、カラー表示を行う場合の画素の構成例について図面を参照して説明する。なお本実施の形態において、カラー表示を行うことのできる画素を画素 pix_color として表し、画素 pix_color を構成する画素をサブ画素 sub_pix として説明する。なお本実施の形態におけるサブ画素 sub_pix が、上記実施の形態2で説明した画素 pix に相当する。

【0426】

図24(A)乃至(D)に、カラー表示を行うことのできる画素 pix_color の構

10

20

30

40

50

成例を示す。

【0427】

図24(A)にはR(赤)G(緑)B(青)の三原色でカラー表示を行う場合の画素 pix_color の構成例を示す。各サブ画素 sub_pix では、発光素子としてそれぞれの色を呈する材料とする構成、もしくは白色光を射出し、カラーフィルタでRGBの各色に色変換する構成、又は色変換層を用いてRGBの各色に変換する構成を用いればよい。そして図24(A)に示すように画素 pix_color には、Rを発光するサブ画素 sub_pix_R と、Gを発光するサブ画素 sub_pix_G と、Bを発光するサブ画素 sub_pix_B と、をストライプ状に配置すればよい。

【0428】

図24(B)にはR(赤)G(緑)B(青)の三原色に白(W)を加えてカラー表示を行う場合の画素 pix_color の構成例を示す。各サブ画素 sub_pix では、発光素子としてそれぞれの色を呈する材料とする構成、もしくは白色光を射出し、カラーフィルタでRGBの各色に色変換する構成、又は色変換層を用いてRGBWの各色に変換する構成を用いればよい。そして図24(B)に示すように画素 pix_color には、Rを発光するサブ画素 sub_pix_R と、Gを発光するサブ画素 sub_pix_G と、Bを発光するサブ画素 sub_pix_B と、Wを発光するサブ画素 sub_pix_W と、をストライプ状に配置すればよい。Wを発光するサブ画素 sub_pix では、カラーフィルタを不要にできるため、消費電力の低減を図ることができる。

【0429】

図24(C)にはR(赤)G(緑)B(青)の三原色に黄(Y)を加えてカラー表示を行う場合の画素 pix_color の構成例を示す。各サブ画素 sub_pix では、発光素子としてそれぞれの色を呈する材料とする構成、もしくは白色光を射出し、カラーフィルタでRGBYの各色に色変換する構成、又は色変換層を用いてRGBYの各色に変換する構成を用いればよい。そして図24(C)に示すように画素 pix_color には、Rを発光するサブ画素 sub_pix_R と、Gを発光するサブ画素 sub_pix_G と、Bを発光するサブ画素 sub_pix_B と、Yを発光するサブ画素 sub_pix_Y と、をストライプ状に配置すればよい。Yを発光するサブ画素 sub_pix では、補色の関係にあるBを発光するサブ画素 sub_pix_B と同時に発光させることで白色が得られるため、RGBの同時点灯を行う必要がない。2色のサブ画素 sub_pix の発光で白色が得られる構成では、3色のサブ画素 sub_pix の発光で白色が得られる構成に比べ、消費電力の低減を図ることができる。

【0430】

図24(D)にはR(赤)G(緑)B(青)の三原色に黄(Y)、マゼンタ(M)、シアン(C)を加えてカラー表示を行う場合の画素 pix_color の構成例を示す。各サブ画素 sub_pix では、発光素子としてそれぞれの色を呈する材料とする構成、もしくは白色光を射出し、カラーフィルタでRGBYMCの各色に色変換する構成、又は色変換層を用いてRGBYMCの各色に変換する構成を用いればよい。そして図24(D)に示すように画素 pix_color には、Rを発光するサブ画素 sub_pix_R と、Gを発光するサブ画素 sub_pix_G と、Bを発光するサブ画素 sub_pix_B と、Yを発光するサブ画素 sub_pix_Y と、Mを発光するサブ画素 sub_pix_M と、Cを発光するサブ画素 sub_pix_C と、をストライプ状に配置すればよい。該構成とすることで、彩度を向上させることができる。

【0431】

なお図24(A)乃至(D)において、各色に対応するサブ画素 sub_pix は、一例として長方形となるように図示したが、これに限らず、三角形、楕円形、正方形等の形状のサブ画素 sub_pix を組み合わせて、画素 pix_color を構成すればよい。

【0432】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせて用いることができる。

10

20

30

40

50

【 0 4 3 3 】

(実施の形態 8)

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置が適用された電子機器の構成例について説明する。また、本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置を適用した表示モジュールについて、図 2 5 を用いて説明を行う。

【 0 4 3 4 】

図 2 5 に示す表示モジュール 8 0 0 0 は、上部カバー 8 0 0 1 と下部カバー 8 0 0 2 との間に、F P C 8 0 0 3 に接続されたタッチパネル 8 0 0 4、F P C 8 0 0 5 に接続された表示パネル 8 0 0 6、バックライトユニット 8 0 0 7、フレーム 8 0 0 9、プリント基板 8 0 1 0、バッテリー 8 0 1 1 を有する。なお、バックライトユニット 8 0 0 7、バッテリー 8 0 1 1、タッチパネル 8 0 0 4 などは、設けられない場合もある。

10

【 0 4 3 5 】

本発明の一態様の表示装置は、例えば、表示パネル 8 0 0 6 に用いることができる。

【 0 4 3 6 】

上部カバー 8 0 0 1 及び下部カバー 8 0 0 2 は、タッチパネル 8 0 0 4 及び表示パネル 8 0 0 6 のサイズに合わせて、形状や寸法を適宜変更することができる。

【 0 4 3 7 】

タッチパネル 8 0 0 4 は、抵抗膜方式または静電容量方式のタッチパネルを表示パネル 8 0 0 6 に重畳して用いることができる。また、表示パネル 8 0 0 6 の対向基板（封止基板）に、タッチパネル機能を持たせるようにすることも可能である。または、表示パネル 8 0 0 6 の各画素内に光センサを設け、光学式のタッチパネルとすることも可能である。または、表示パネル 8 0 0 6 の各画素内にタッチセンサ用電極を設け、容量型式のタッチパネルとすることも可能である。

20

【 0 4 3 8 】

バックライトユニット 8 0 0 7 は、光源 8 0 0 8 を有する。光源 8 0 0 8 をバックライトユニット 8 0 0 7 の端部に設け、光拡散板を用いる構成としてもよい。

【 0 4 3 9 】

フレーム 8 0 0 9 は、表示パネル 8 0 0 6 の保護機能の他、プリント基板 8 0 1 0 の動作により発生する電磁波を遮断するための電磁シールドとしての機能を有する。またフレーム 8 0 0 9 は、放熱板としての機能を有していてもよい。

30

【 0 4 4 0 】

プリント基板 8 0 1 0 は、電源回路、ビデオ信号及びクロック信号を出力するための信号処理回路を有する。電源回路に電力を供給する電源としては、外部の商用電源であっても良いし、別途設けたバッテリー 8 0 1 1 による電源であってもよい。バッテリー 8 0 1 1 は、商用電源を用いる場合には、省略可能である。

【 0 4 4 1 】

また、表示モジュール 8 0 0 0 には、偏光板、位相差板、プリズムシートなどの部材を追加して設けてもよい。

【 0 4 4 2 】

図 2 6 (A) 乃至図 2 6 (H)、図 2 7 (A) 乃至図 2 7 (D) は、電子機器を示す図である。これらの電子機器は、筐体 5 0 0 0、表示部 5 0 0 1、スピーカー 5 0 0 3、L E D ランプ 5 0 0 4、操作キー 5 0 0 5（電源スイッチ、又は操作スイッチを含む）、接続端子 5 0 0 6、センサ 5 0 0 7（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン 5 0 0 8、等を有することができる。

40

【 0 4 4 3 】

図 2 6 (A) はモバイルコンピュータであり、上述したものの他に、スイッチ 5 0 0 9、赤外線ポート 5 0 1 0、等を有することができる。図 2 6 (B) は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置（たとえば、D V D 再生装置）であり、上述したものの他に、第 2 表

50

示部 5002、記録媒体読込部 5011、等を有することができる。図 26 (C) はゴーグル型ディスプレイであり、上述したものの他に、第 2 表示部 5002、支持部 5012、イヤホン 5013、等を有することができる。図 26 (D) は携帯型遊技機であり、上述したものの他に、記録媒体読込部 5011、等を有することができる。図 26 (E) はテレビ受像機能付きデジタルカメラであり、上述したものの他に、アンテナ 5014、シャッターボタン 5015、受像部 5016、等を有することができる。図 26 (F) は携帯型遊技機であり、上述したものの他に、第 2 表示部 5002、記録媒体読込部 5011、等を有することができる。図 26 (G) はテレビ受像器であり、上述したものの他に、チューナ、画像処理部、等を有することができる。図 26 (H) は持ち運び型テレビ受像器であり、上述したものの他に、信号の送受信が可能な充電器 5017、等を有することができる。図 27 (A) はディスプレイであり、上述したものの他に、支持台 5018、等を有することができる。図 27 (B) はカメラであり、上述したものの他に、外部接続ポート 5019、シャッターボタン 5015、受像部 5016、等を有することができる。図 27 (C) はコンピュータであり、上述したものの他に、ポインティングデバイス 5020、外部接続ポート 5019、リーダ/ライタ 5021、等を有することができる。図 27 (D) は携帯電話機であり、上述したものの他に、送信部、受信部、携帯電話・移動端末向けの 1 セグメント部分受信サービス用チューナ、等を有することができる。

10

【0444】

図 26 (A) 乃至図 26 (H)、図 27 (A) 乃至図 27 (D) に示す電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報 (静止画、動画、テキスト画像など) を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア (プログラム) によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。さらに、複数の表示部を有する電子機器においては、一つの表示部を主として画像情報を表示し、別の一つの表示部を主として文字情報を表示する機能、または、複数の表示部に視差を考慮した画像を表示することで立体的な画像を表示する機能、等を有することができる。さらに、受像部を有する電子機器においては、静止画を撮影する機能、動画を撮影する機能、撮影した画像を自動または手動で補正する機能、撮影した画像を記録媒体 (外部又はカメラに内蔵) に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等を有することができる。なお、図 26 (A) 乃至図 26 (H)、図 27 (A) 乃至図 27 (D) に示す電子機器が有することのできる機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。

20

30

【0445】

本実施の形態において述べた電子機器は、何らかの情報を表示するための表示部を有することを特徴とする。

【0446】

次に、表示装置の応用例を説明する。

【0447】

図 27 (E) に、表示装置を、建造物と一体にして設けた例について示す。図 27 (E) は、筐体 5022、表示部 5023、操作部であるリモコン装置 5024、スピーカー 5025 等を含む。表示装置は、壁かけ型として建物と一体となっており、設置するスペースを広く必要とすることなく設置可能である。

40

【0448】

図 27 (F) に、建造物内に表示装置を、建造物と一体にして設けた別の例について示す。表示モジュール 5026 は、ユニットバス 5027 と一体に取り付けられており、入浴者は表示モジュール 5026 の視聴が可能になる。

【0449】

なお、本実施の形態において、建造物として壁、ユニットバスを例としたが、本実施の形態はこれに限定されず、様々な建造物に表示装置を設置することができる。

50

【 0 4 5 0 】

次に、表示装置を、移動体と一体にして設けた例について示す。

【 0 4 5 1 】

図 2 7 (G) は、表示装置を、自動車に設けた例について示した図である。表示モジュール 5 0 2 8 は、自動車の車体 5 0 2 9 に取り付けられており、車体の動作又は車体内外から入力される情報をオンデマンドに表示することができる。なお、ナビゲーション機能を有していてもよい。

【 0 4 5 2 】

図 2 7 (H) は、表示装置を、旅客用飛行機と一体にして設けた例について示した図である。図 2 7 (H) は、旅客用飛行機の座席上部の天井 5 0 3 0 に表示モジュール 5 0 3 1 を設けたときの、使用時の形状について示した図である。表示モジュール 5 0 3 1 は、天井 5 0 3 0 とヒンジ部 5 0 3 2 を介して一体に取り付けられており、ヒンジ部 5 0 3 2 の伸縮により乗客は表示モジュール 5 0 3 1 の視聴が可能になる。表示モジュール 5 0 3 1 は乗客が操作することで情報を表示する機能を有する。

【 0 4 5 3 】

なお、本実施の形態において、移動体としては自動車車体、飛行機機体について例示したがこれに限定されず、自動二輪車、自動四輪車（自動車、バス等を含む）、電車（モノレール、鉄道等を含む）、船舶等、様々なものに設置することができる。

【 0 4 5 4 】

なお、本明細書等においては、ある一つの実施の形態において述べる図または文章において、その一部分を取り出して、発明の一態様を構成することは可能である。したがって、ある部分を述べる図または文章が記載されている場合、その一部分の図または文章を取り出した内容も、発明の一態様として開示されているものであり、発明の一態様を構成することが可能であるものとする。そのため、例えば、能動素子（トランジスタ、ダイオードなど）、配線、受動素子（容量素子、抵抗素子など）、導電層、絶縁層、半導体層、有機材料、無機材料、部品、装置、動作方法、製造方法などが単数又は複数記載された図面または文章において、その一部分を取り出して、発明の一態様を構成することが可能であるものとする。例えば、 N 個（ N は整数）の回路素子（トランジスタ、容量素子等）を有して構成される回路図から、 M 個（ M は整数で、 $M < N$ ）の回路素子（トランジスタ、容量素子等）を抜き出して、発明の一態様を構成することは可能である。別の例としては、 N 個（ N は整数）の層を有して構成される断面図から、 M 個（ M は整数で、 $M < N$ ）の層を抜き出して、発明の一態様を構成することは可能である。さらに別の例としては、 N 個（ N は整数）の要素を有して構成されるフローチャートから、 M 個（ M は整数で、 $M < N$ ）の要素を抜き出して、発明の一態様を構成することは可能である。

【 0 4 5 5 】

なお、本明細書等においては、ある一つの実施の形態において述べる図または文章において、少なくとも一つの具体例が記載される場合、その具体例の上位概念を導き出すことは、当業者であれば容易に理解される。したがって、ある一つの実施の形態において述べる図または文章において、少なくとも一つの具体例が記載される場合、その具体例の上位概念も、発明の一態様として開示されているものであり、発明の一態様を構成することが可能である。

【 0 4 5 6 】

なお、本明細書等においては、少なくとも図に記載した内容（図の中の一部でもよい）は、発明の一態様として開示されているものであり、発明の一態様を構成することが可能である。したがって、ある内容について、図に記載されていれば、文章を用いて述べていなくても、その内容は、発明の一態様として開示されているものであり、発明の一態様を構成することが可能である。同様に、図の一部を取り出した図についても、発明の一態様として開示されているものであり、発明の一態様を構成することが可能である。

【 符号の説明 】

【 0 4 5 7 】

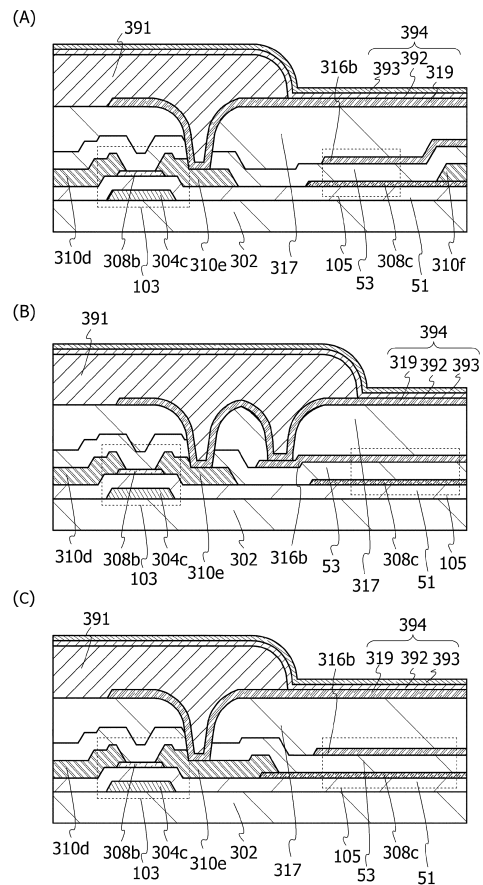
C 1	容量素子	
G L 1	配線	
G L 2	配線	
G L 3	配線	
E L	発光素子	
I L	配線	
C L	配線	
S L	配線	
p i x	画素	
M 1	トランジスタ	10
M 2	トランジスタ	
M 3	トランジスタ	
M 4	トランジスタ	
M 5	トランジスタ	
M 6	トランジスタ	
t 1	期間	
t 2	期間	
t 3	期間	
t 4	期間	
V d a t a	電位	20
V a n o	電位	
V c a t	電位	
V 0	電位	
V 1	電位	
V L 0	配線	
V L 1	配線	
1 1	画素部	
1 4	走査線駆動回路	
1 6	信号線駆動回路	
1 7	走査線	30
1 9	信号線	
1 9 b	画素電極	
2 5	容量線	
2 8	物質	
3 1	液晶素子	
4 1	発光素子	
4 3	トランジスタ	
4 5	トランジスタ	
5 1	ゲート絶縁膜	
5 3	無機絶縁膜	40
5 3 a	絶縁膜	
7 0	電子銃室	
7 2	光学系	
7 4	試料室	
7 6	光学系	
7 8	カメラ	
8 0	観察室	
8 2	フィルム室	
8 4	電子	
8 8	物質	50

9 2	蛍光板	
1 0 2	トランジスタ	
1 0 2 a	トランジスタ	
1 0 2 b	トランジスタ	
1 0 3	トランジスタ	
1 0 3 a	トランジスタ	
1 0 3 c	トランジスタ	
1 0 3 d	トランジスタ	
1 0 5	容量素子	
3 0 1	画素	10
3 0 2	基板	
3 0 4 a	導電膜	
3 0 4 b	導電膜	
3 0 4 c	導電膜	
3 0 4 d	導電膜	
3 0 5	絶縁膜	
3 0 6	絶縁膜	
3 0 7	酸化物半導体膜	
3 0 8 a	酸化物半導体膜	
3 0 8 b	酸化物半導体膜	20
3 0 8 c	金属酸化物膜	
3 0 8 d	酸化物半導体膜	
3 0 8 e	酸化物半導体膜	
3 0 8 f	金属酸化物膜	
3 0 9	導電膜	
3 1 0 a	導電膜	
3 1 0 b	導電膜	
3 1 0 c	導電膜	
3 1 0 d	導電膜	
3 1 0 e	導電膜	30
3 1 0 f	導電膜	
3 1 0 g	導電膜	
3 1 0 h	導電膜	
3 1 0 i	導電膜	
3 1 0 j	導電膜	
3 1 1	絶縁膜	
3 1 1 a	絶縁膜	
3 1 1 b	絶縁膜	
3 1 2	絶縁膜	
3 1 2 a	絶縁膜	40
3 1 2 b	絶縁膜	
3 1 3	絶縁膜	
3 1 4	絶縁膜	
3 1 5	導電膜	
3 1 6 b	導電膜	
3 1 6 d	導電膜	
3 1 6 e	導電膜	
3 1 7	有機絶縁膜	
3 1 7 a	有機絶縁膜	
3 1 8	導電膜	50

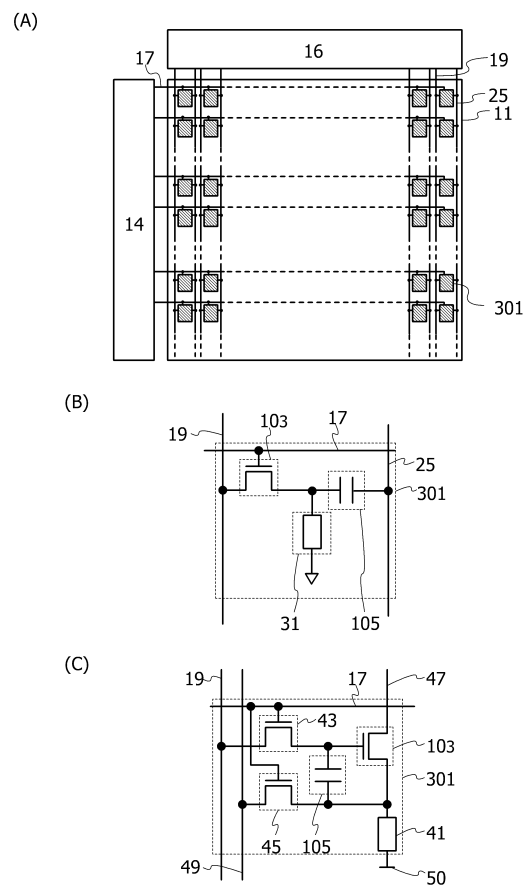
3 1 9	導電膜	
3 1 9 a	導電膜	
3 1 9 b	導電膜	
3 1 9 c	導電膜	
3 2 0	配向膜	
3 3 6	多層膜	
3 3 6 a	酸化物半導体膜	
3 3 6 b	酸化物半導体膜	
3 4 2	基板	
3 6 2	開口部	10
3 6 4 a	開口部	
3 6 4 b	開口部	
3 6 4 c	開口部	
3 9 1	絶縁層	
3 9 2	発光層	
3 9 3	導電膜	
3 9 4	発光素子	
5 0 0 0	筐体	
5 0 0 1	表示部	
5 0 0 2	表示部	20
5 0 0 3	スピーカー	
5 0 0 4	L E D ランプ	
5 0 0 5	操作キー	
5 0 0 6	接続端子	
5 0 0 7	センサ	
5 0 0 8	マイクロフォン	
5 0 0 9	スイッチ	
5 0 1 0	赤外線ポート	
5 0 1 1	記録媒体読込部	
5 0 1 2	支持部	30
5 0 1 3	イヤホン	
5 0 1 4	アンテナ	
5 0 1 5	シャッターボタン	
5 0 1 6	受像部	
5 0 1 7	充電器	
5 0 1 8	支持台	
5 0 1 9	外部接続ポート	
5 0 2 0	ポインティングデバイス	
5 0 2 1	リーダ/ライタ	
5 0 2 2	筐体	40
5 0 2 3	表示部	
5 0 2 4	リモコン装置	
5 0 2 5	スピーカー	
5 0 2 6	表示モジュール	
5 0 2 7	ユニットバス	
5 0 2 8	表示モジュール	
5 0 2 9	車体	
5 0 3 0	天井	
5 0 3 1	表示モジュール	
5 0 3 2	ヒンジ部	50

8 0 0 0	表示モジュール
8 0 0 1	上部カバー
8 0 0 2	下部カバー
8 0 0 3	F P C
8 0 0 4	タッチパネル
8 0 0 5	F P C
8 0 0 6	表示パネル
8 0 0 7	バックライトユニット
8 0 0 8	光源
8 0 0 9	フレーム
8 0 1 0	プリント基板
8 0 1 1	バッテリー

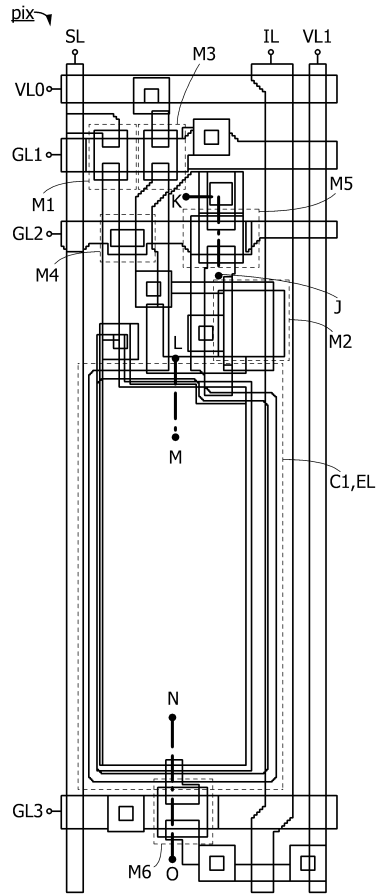
【図 1】



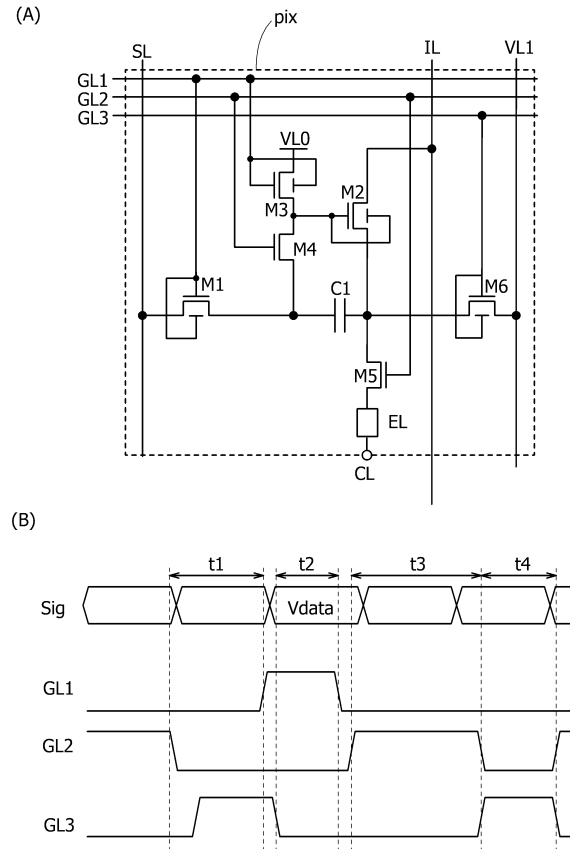
【図 2】



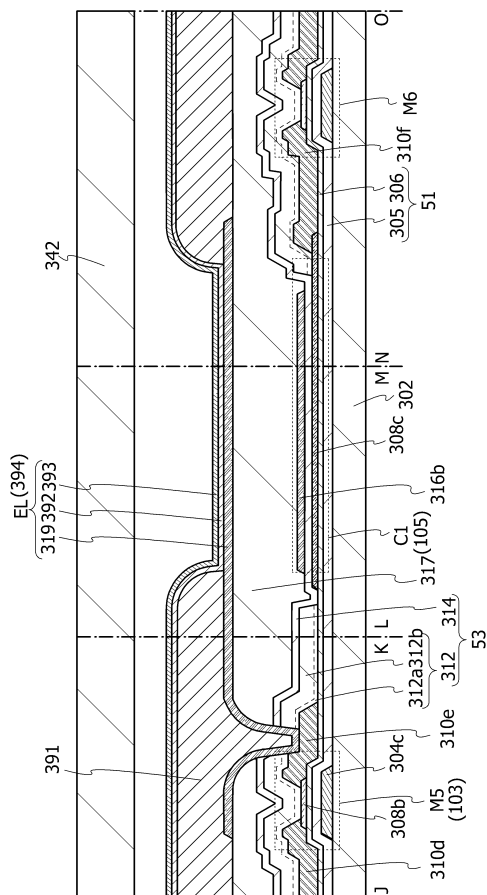
【図 3】



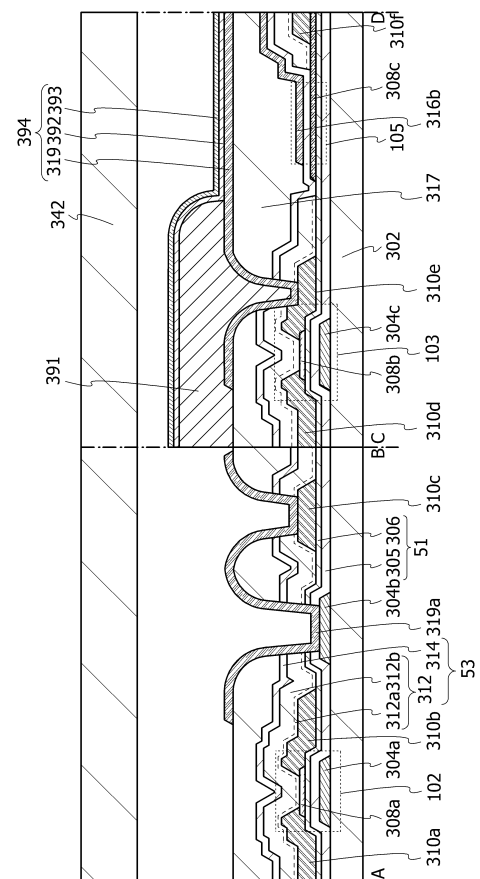
【図 4】



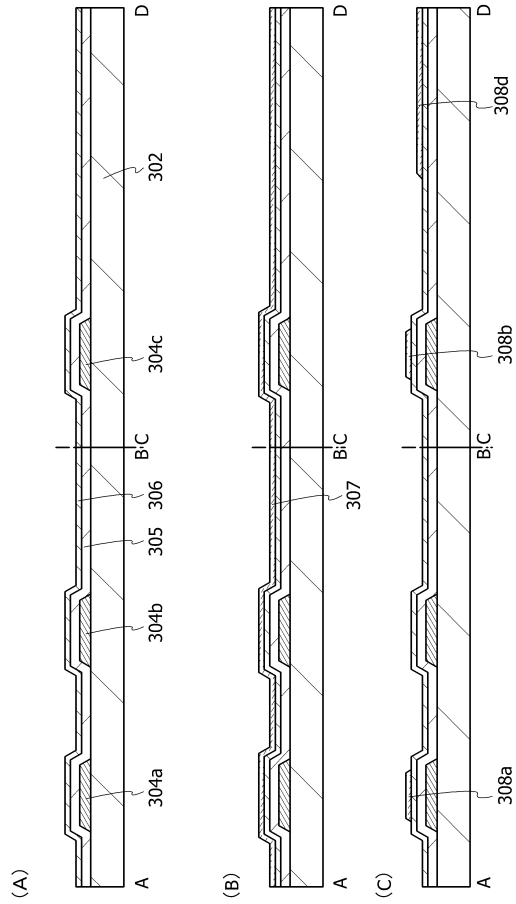
【図 5】



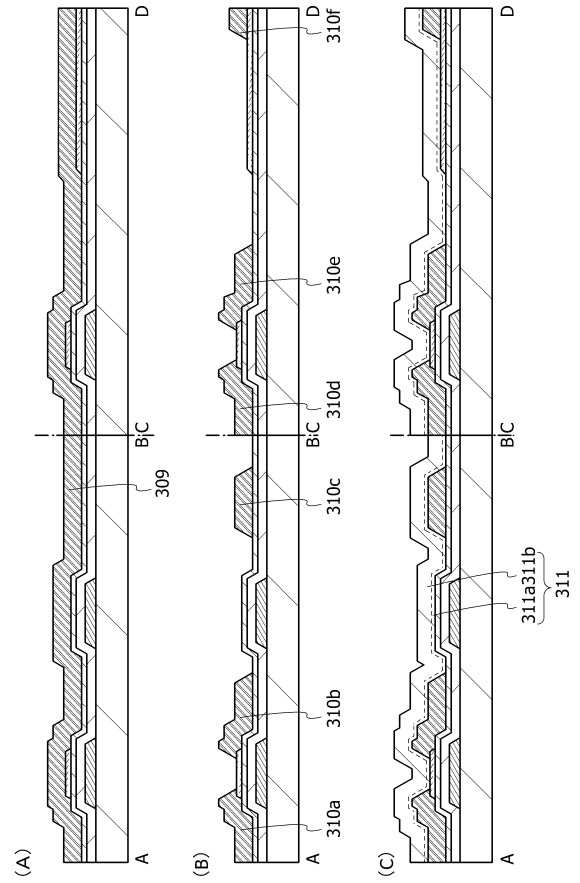
【図 6】



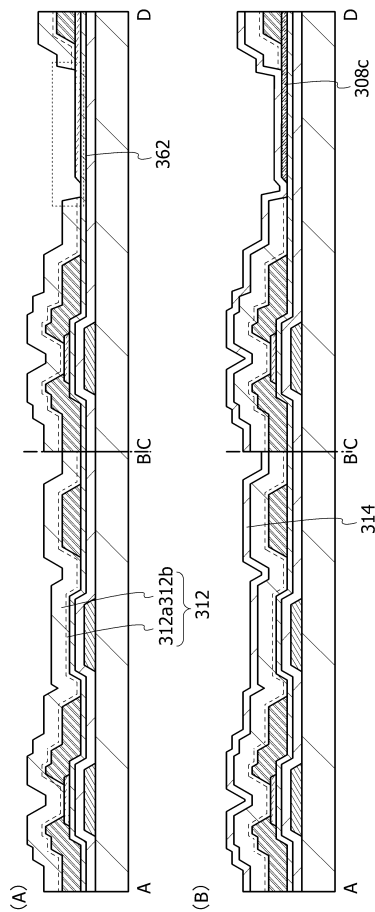
【図 7】



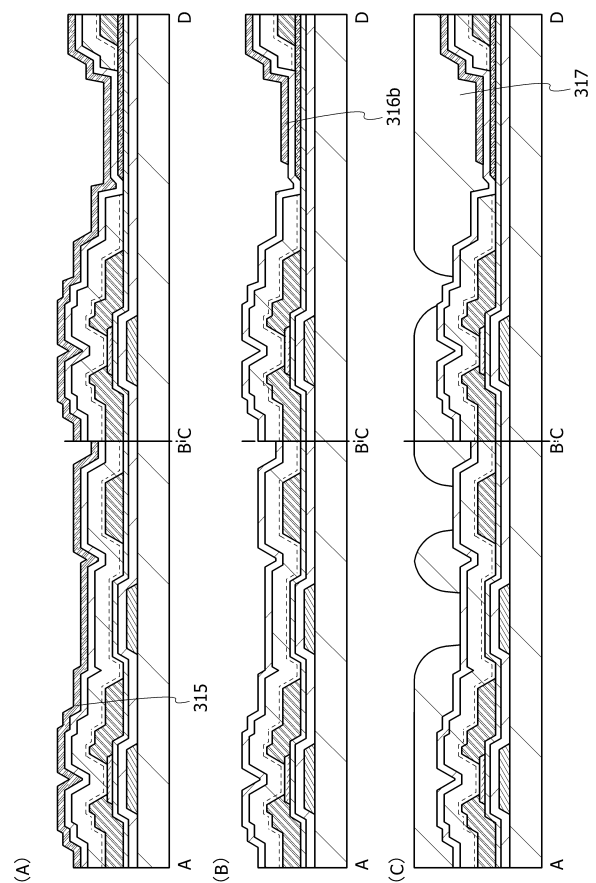
【図 8】

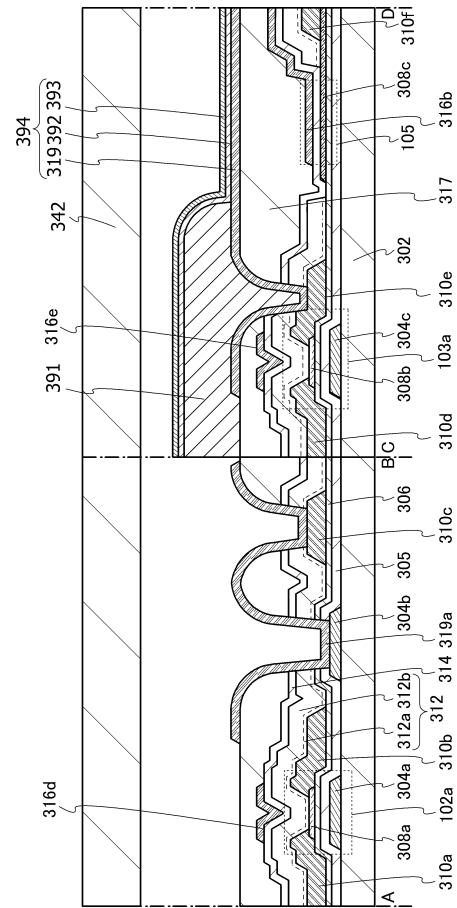


【図 9】

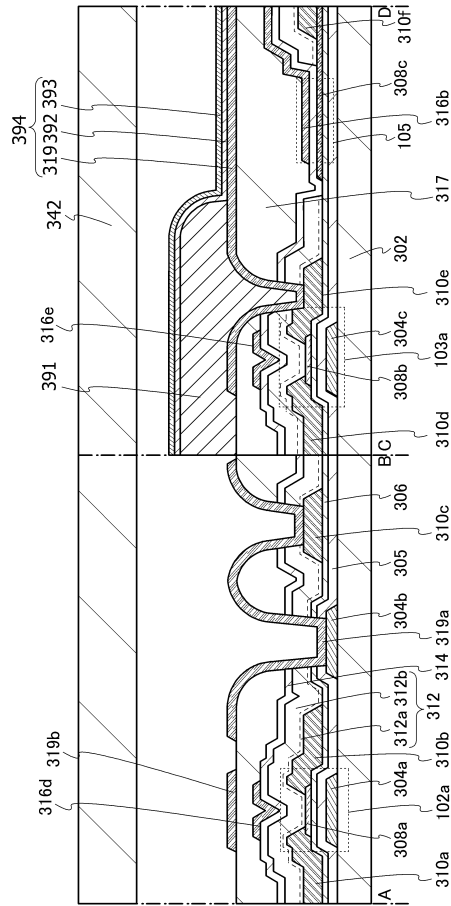


【図 10】

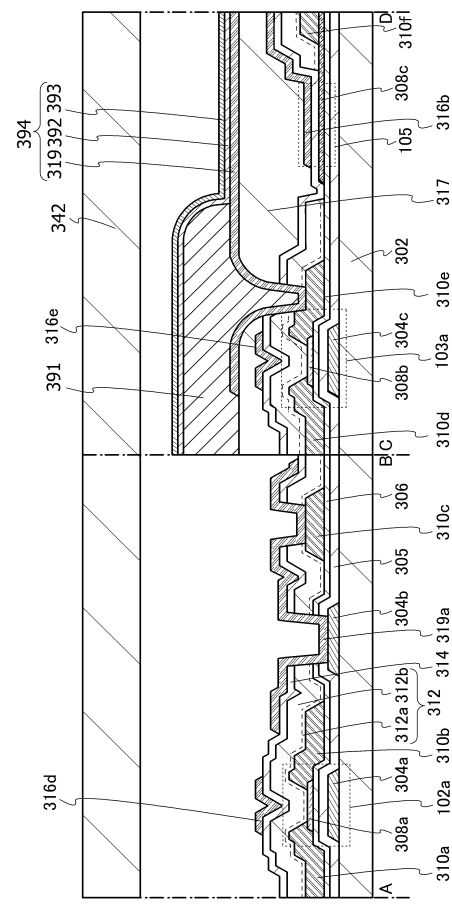




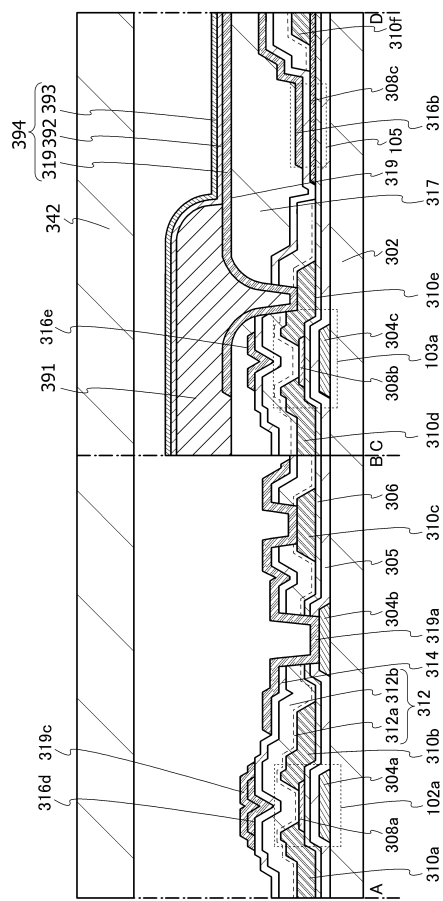
【図 15】



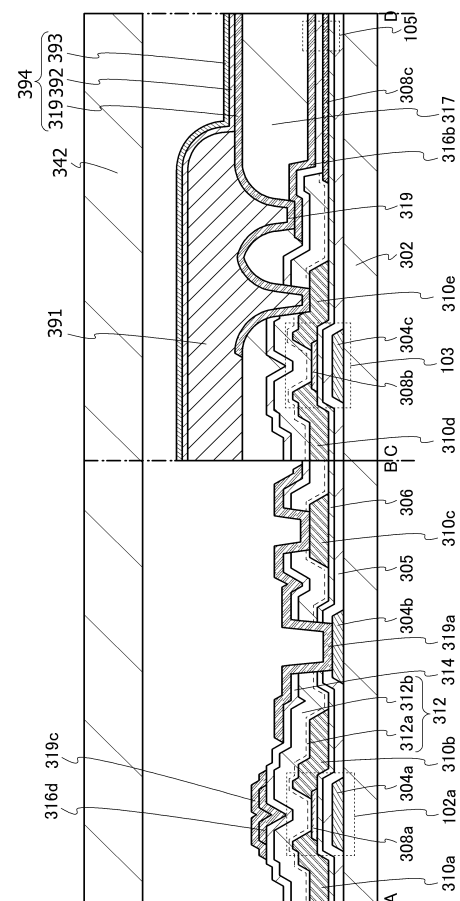
【図 16】



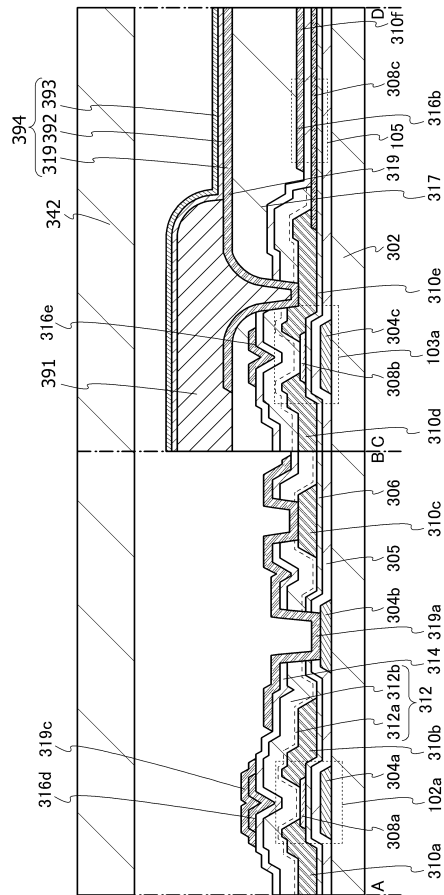
【図 17】



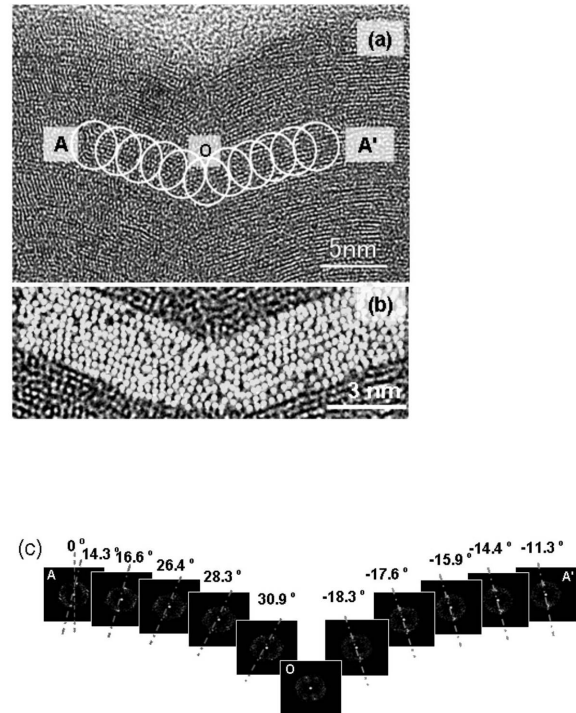
【図 18】



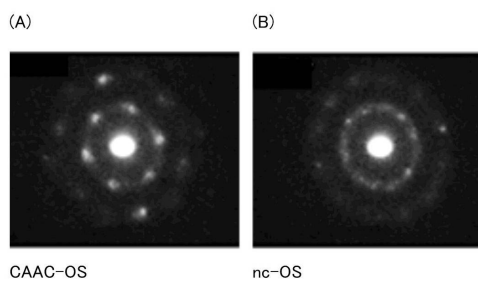
【図 19】



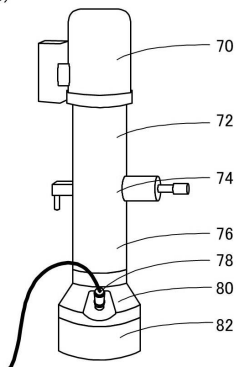
【図 20】



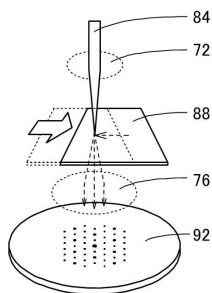
【図 21】



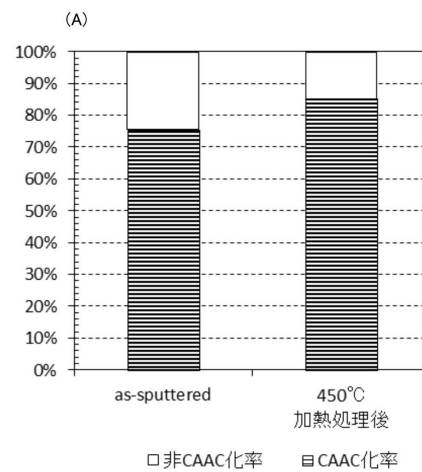
(C)



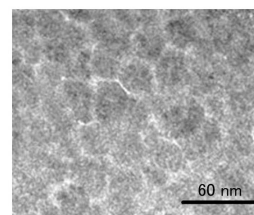
(D)



【図 22】

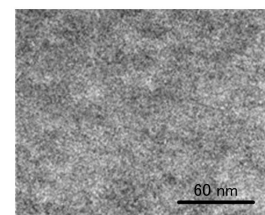


(B)



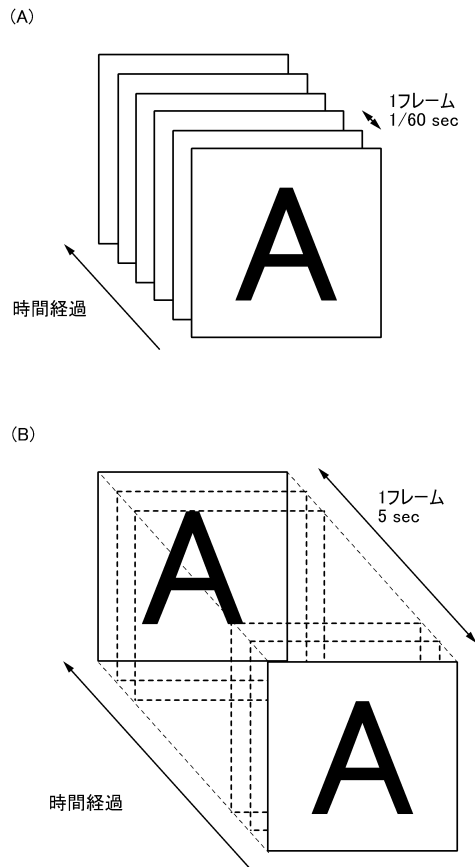
as-sputtered

(C)

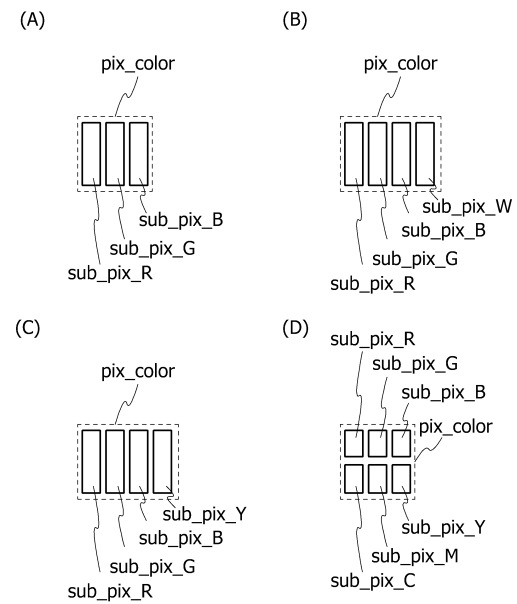


450°C 加熱処理後

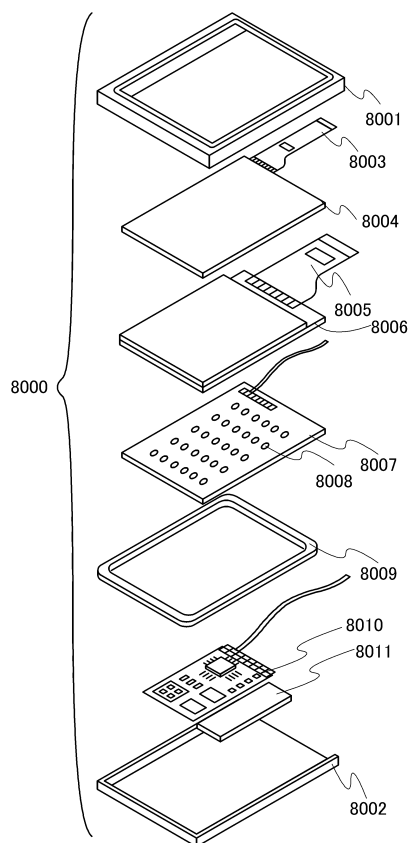
【図 23】



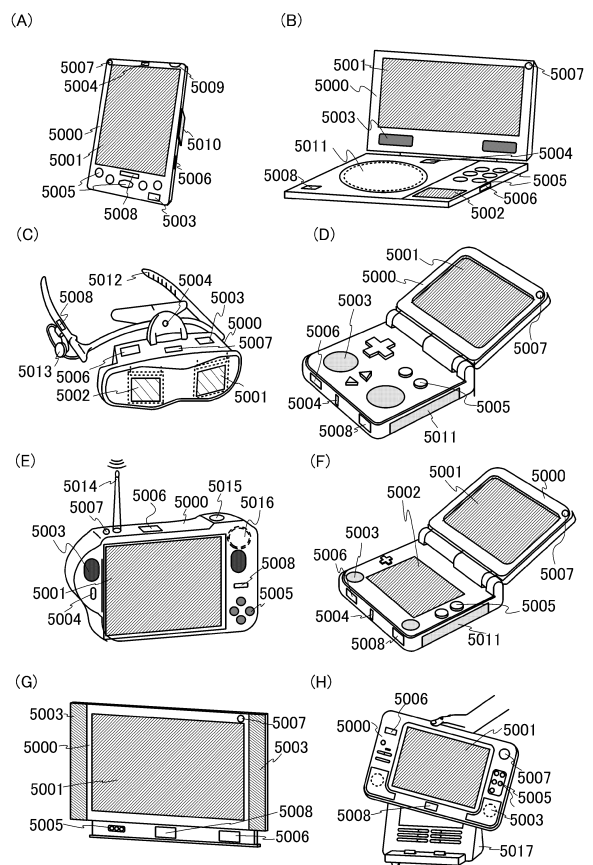
【図 24】



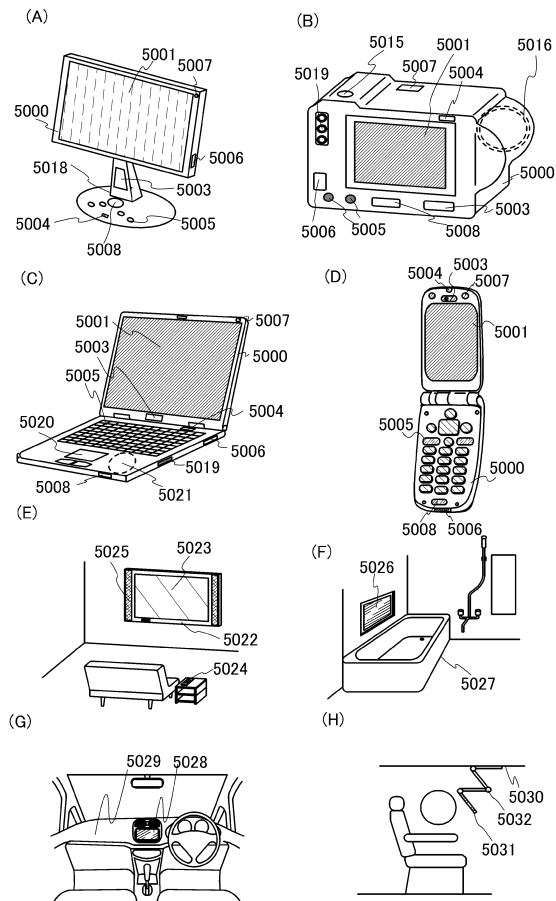
【図 25】



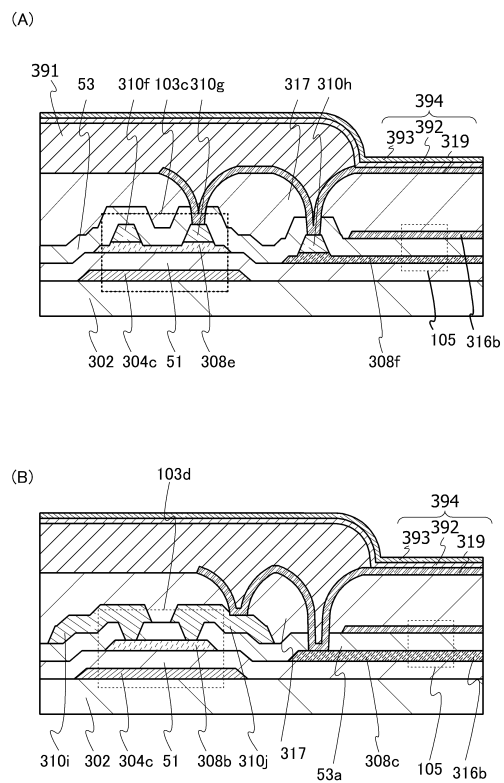
【図 26】



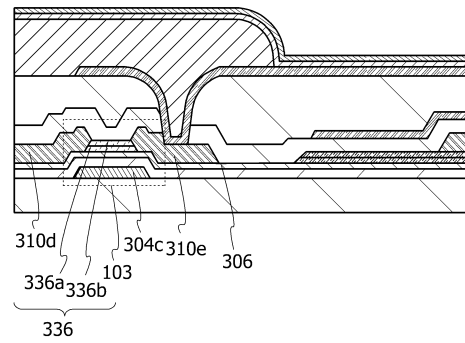
【図 27】



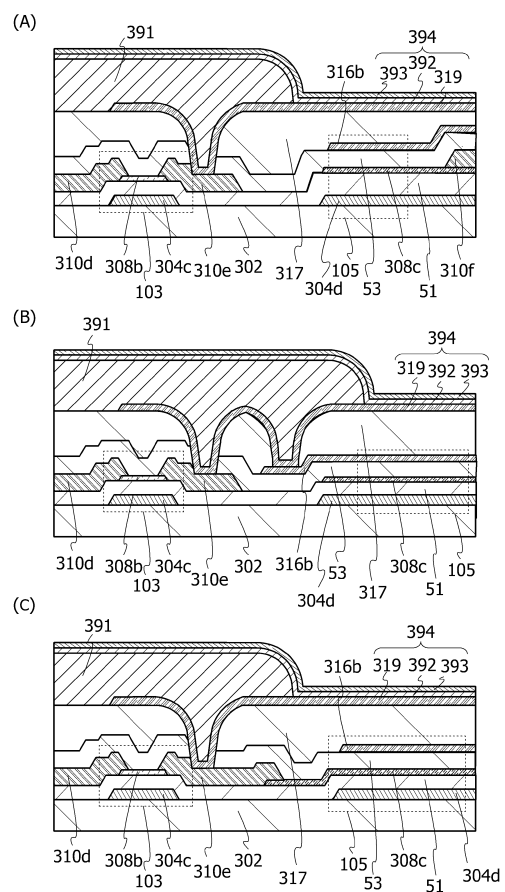
【図 29】



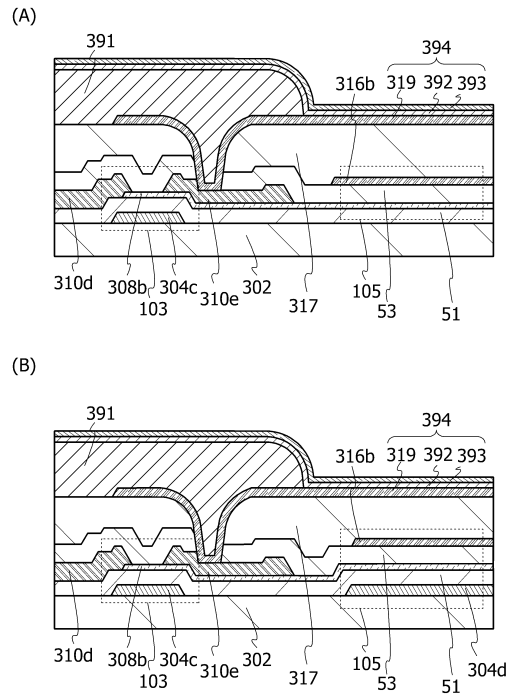
【図 28】



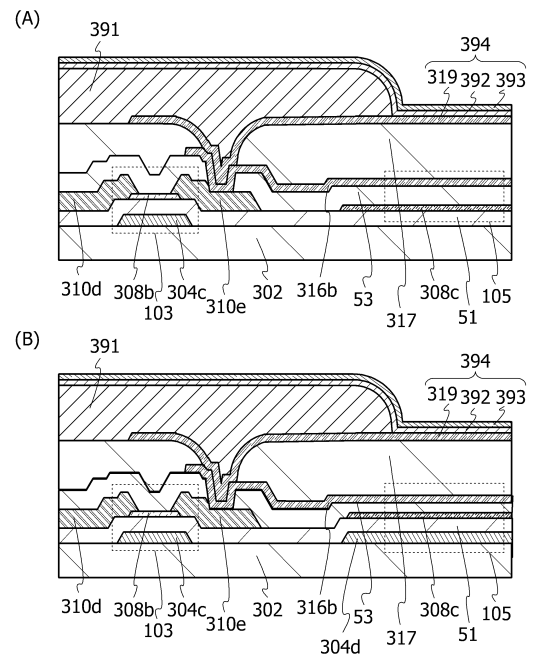
【図 30】



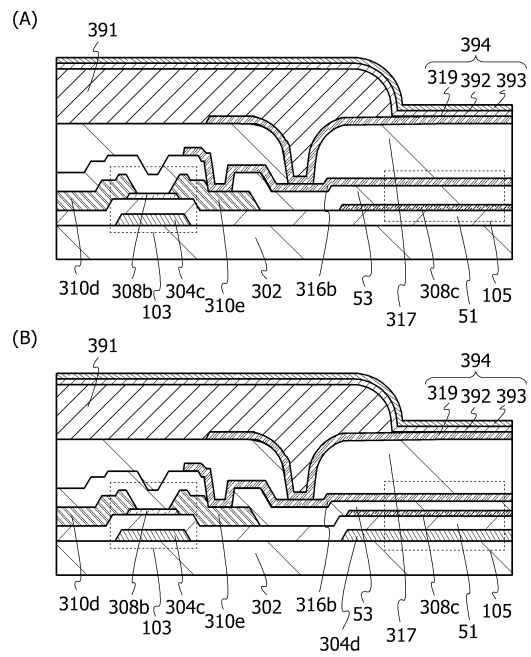
【図 3 1】



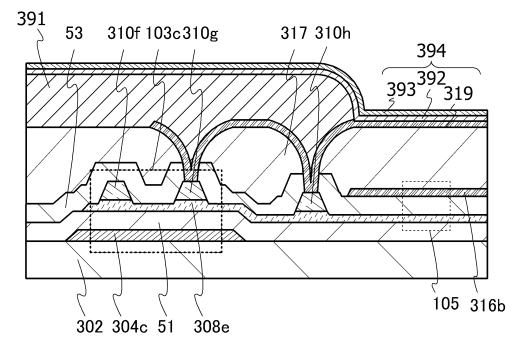
【図 3 2】



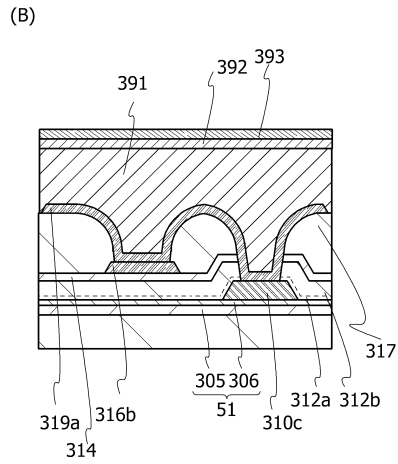
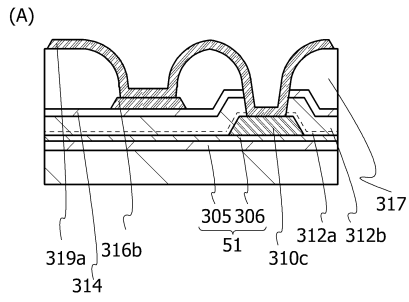
【図 3 3】



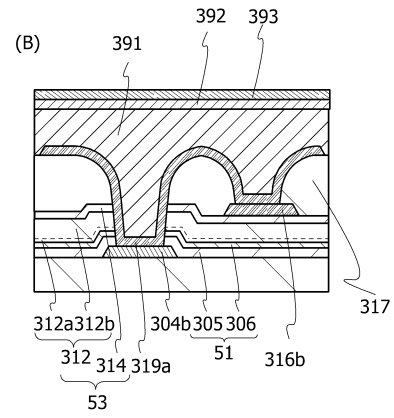
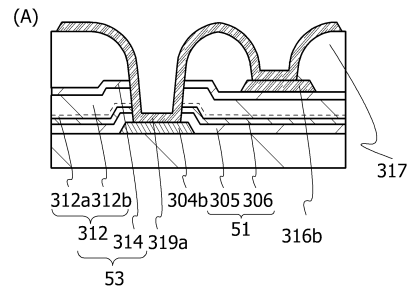
【図 3 4】



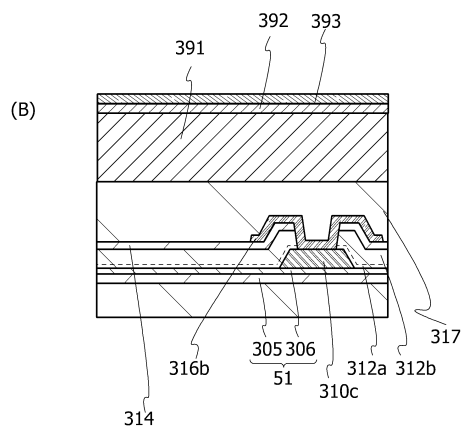
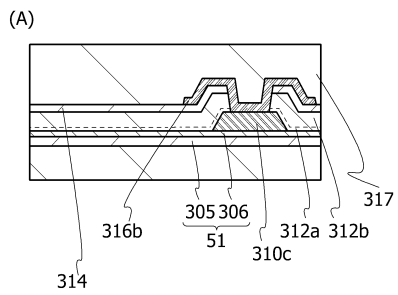
【図 3 5】



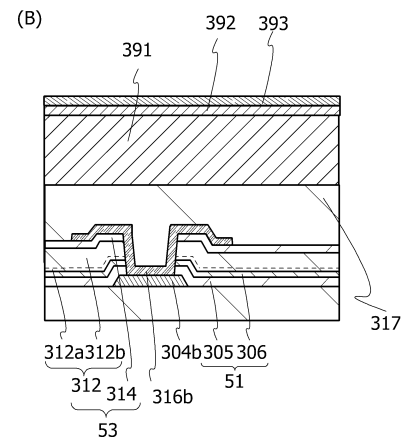
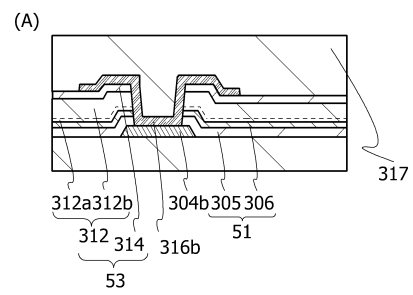
【図 3 6】



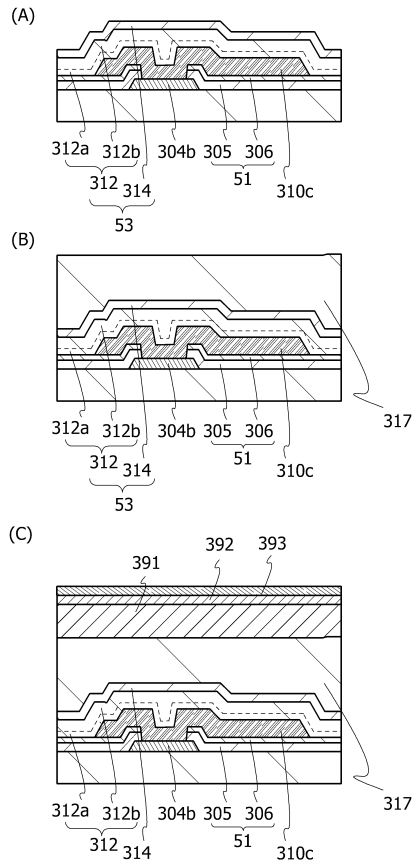
【図 3 7】



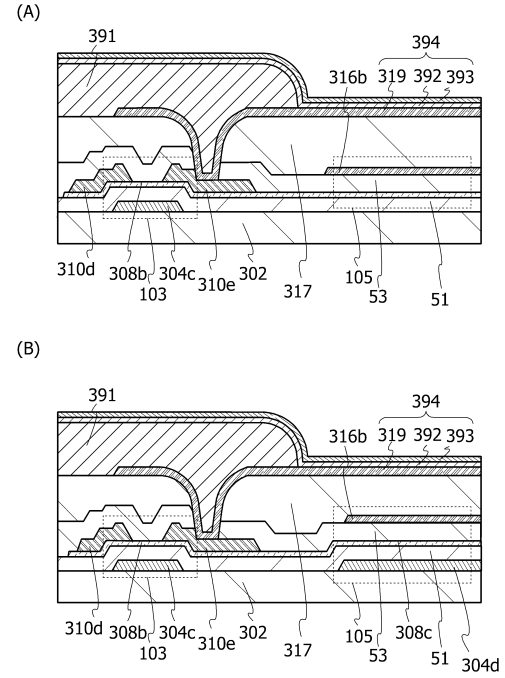
【図 3 8】



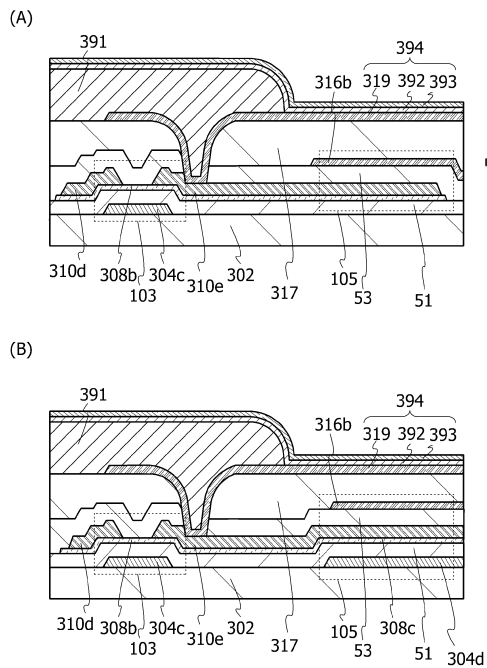
【図 39】



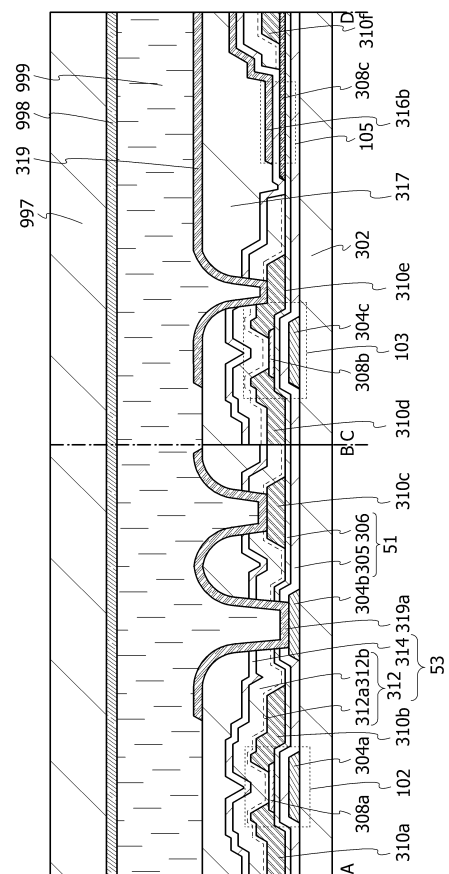
【図 40】



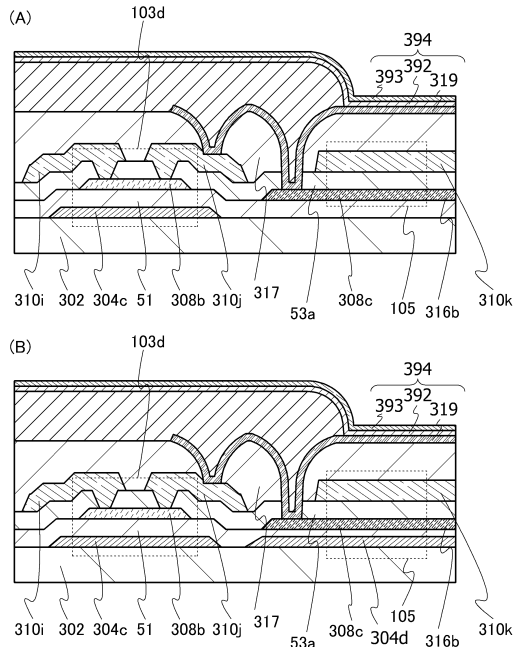
【図 41】



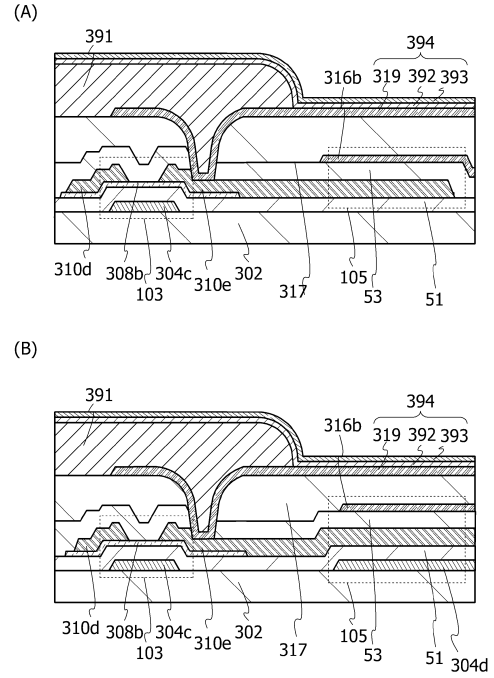
【図 42】



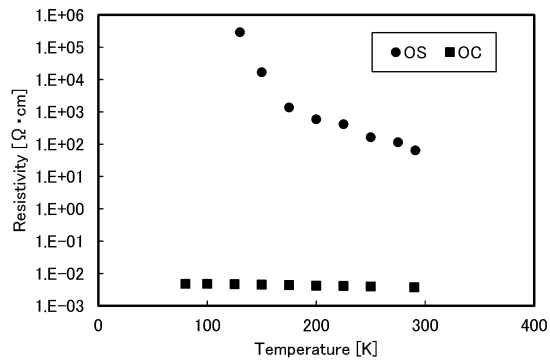
【図 4 3】



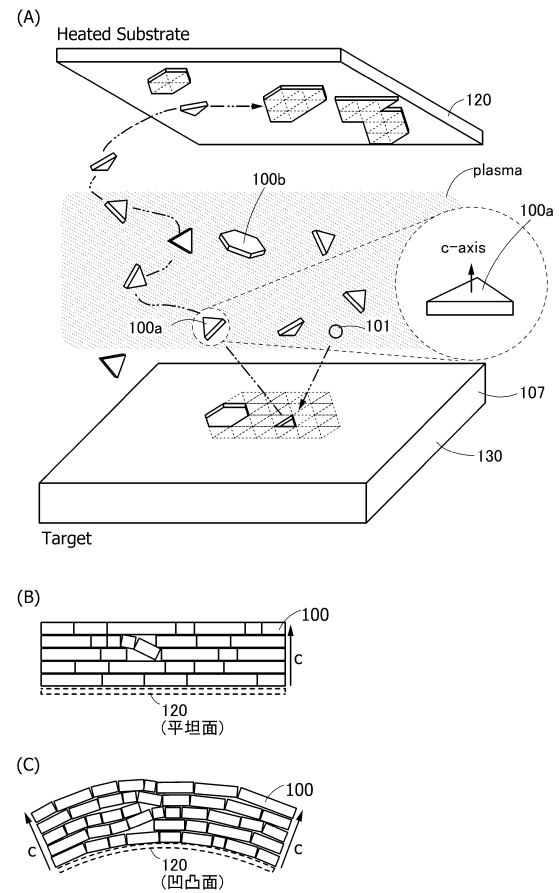
【図 4 4】



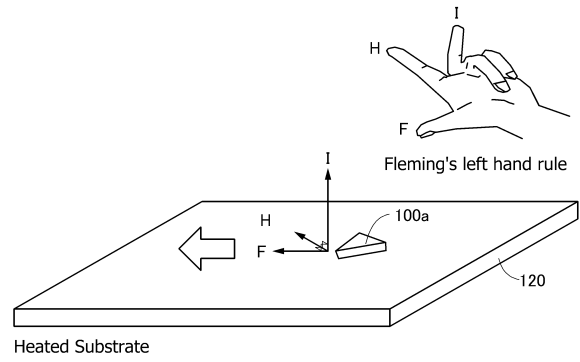
【図 4 5】



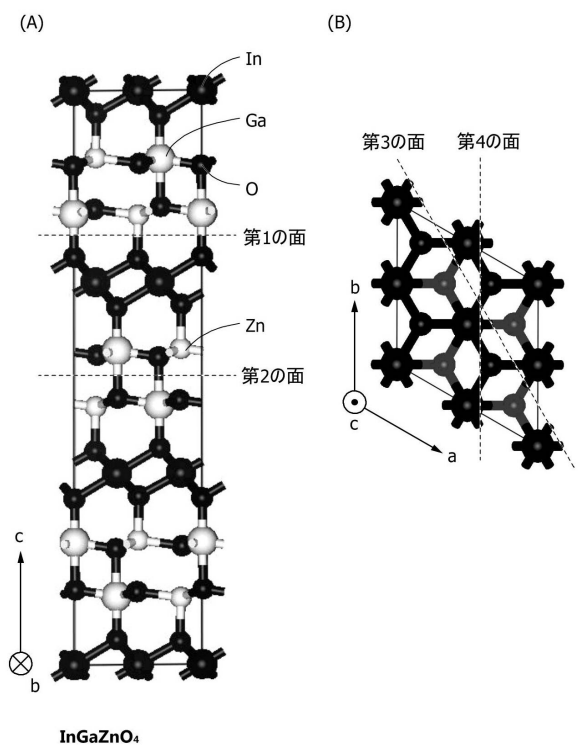
【図 4 6】



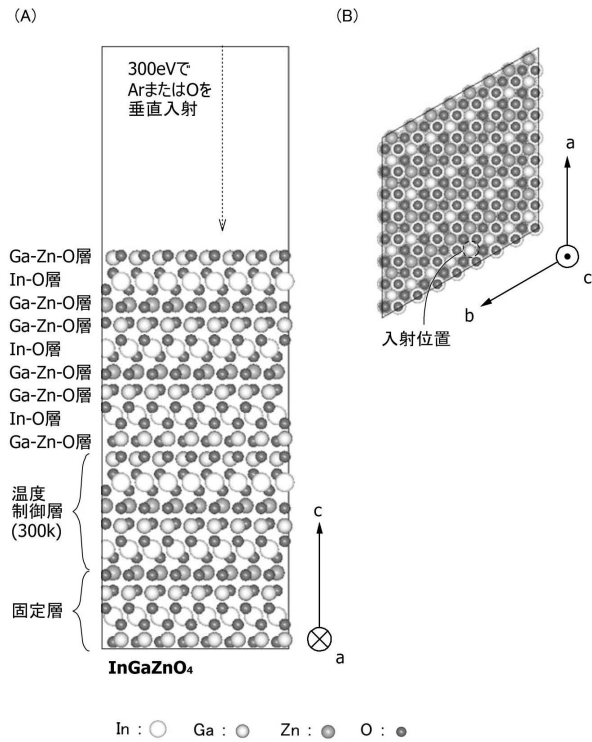
【 図 4 9 】



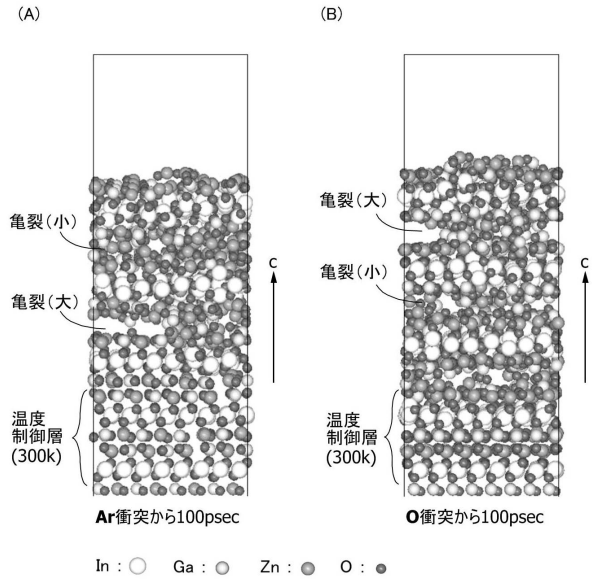
【 図 5 1 】



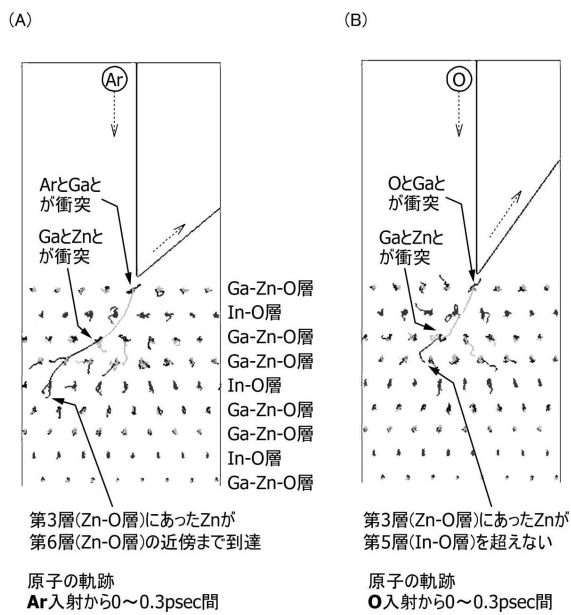
【図 5 2】



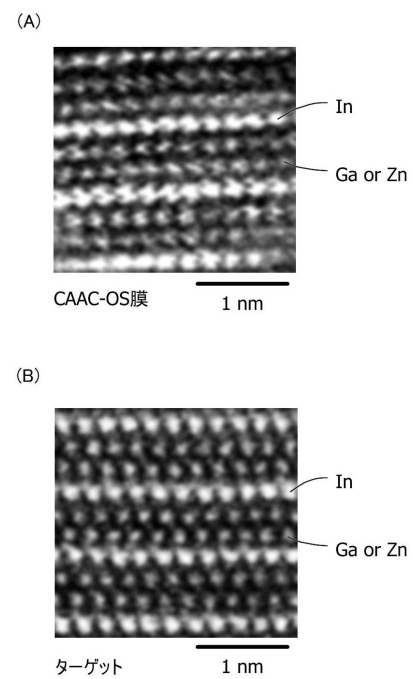
【図 5 3】



【図 5 4】



【図 5 5】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
H 0 5 B	33/28	(2006.01)	H 0 5 B 33/28
H 0 5 B	33/22	(2006.01)	H 0 5 B 33/22 Z
			G 0 9 F 9/30 3 6 5

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 3 / 1 1 5 0 5 0 (W O , A 1)
 特開 2 0 1 3 - 1 3 0 6 1 5 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 1 5 6 2 8 1 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 1 3 8 9 3 2 (U S , A 1)
 米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 1 5 2 2 1 7 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 9 F	9 / 0 0	-	9 / 4 6
H 0 1 L	5 1 / 5 0		
H 0 1 L	2 7 / 3 2		
H 0 5 B	3 3 / 0 0 - 3 3 / 2 8		
H 0 1 L	2 1 / 3 3 6		
H 0 1 L	2 9 / 7 8 6		