

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5739143号
(P5739143)

(45) 発行日 平成27年6月24日 (2015. 6. 24)

(24) 登録日 平成27年5月1日 (2015. 5. 1)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 29/786 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 8 B

H O 1 L 21/336 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 7 N

G O 2 F 1/1368 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 9 A

G O 2 F 1/167 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 8 G

G O 9 F 9/30 (2006. 01)

G O 2 F 1/1368

請求項の数 3 (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-266450 (P2010-266450)
 (22) 出願日 平成22年11月30日 (2010. 11. 30)
 (65) 公開番号 特開2011-139047 (P2011-139047A)
 (43) 公開日 平成23年7月14日 (2011. 7. 14)
 審査請求日 平成25年11月18日 (2013. 11. 18)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-276454 (P2009-276454)
 (32) 優先日 平成21年12月4日 (2009. 12. 4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
 (72) 発明者 山崎 舜平
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 審査官 綿引 隆

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】

第 1 のゲート電極と、
 前記第 1 のゲート電極の上に設けられた第 1 のゲート絶縁膜と、
 前記第 1 のゲート絶縁膜の上に設けられた酸化物半導体膜と、
 前記酸化物半導体膜の上に設けられたソース電極及びドレイン電極と、を有し、
 前記ソース電極及び前記ドレイン電極は前記酸化物半導体膜に電氣的に接続され、
 前記ソース電極、前記ドレイン電極及び前記酸化物半導体膜の上に設けられた第 2 のゲート絶縁膜と、
 前記第 2 のゲート絶縁膜の上に設けられた第 2 のゲート電極と、を有し、
 前記第 2 のゲート絶縁膜の上に設けられた平坦性を有する有機樹脂膜と、
 前記平坦性を有する有機樹脂膜の上に設けられた画素電極と、を有し、
 前記画素電極は前記ソース電極及び前記ドレイン電極の一方と電氣的に接続され、
 前記第 2 のゲート電極は、前記平坦性を有する有機樹脂膜と重なっておらず、
 前記酸化物半導体膜は二次イオン質量分析法で検出される水素原子の濃度が $1 \times 10^{-16} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることを特徴とする表示装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、
 前記酸化物半導体膜は、C 軸が表面に対して垂直方向に沿うように配向された針状結晶を有することを特徴とする表示装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、

前記第 2 のゲート電極は、チャネル幅方向において、前記酸化物半導体膜からはみ出してい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】

本発明はトランジスタを有する表示装置に関し、当該トランジスタのチャネルは酸化物半導体膜を有する。

【背景技術】

10

【0002】

特許文献 1 は、基板上に、第 1 のゲート電極が形成され、該第 1 のゲート電極を覆うように第 1 のゲート絶縁層が形成され、該第 1 のゲート絶縁層の上に酸化物半導体からなる半導体層が形成され、該半導体層の上に第 2 のゲート絶縁層が形成され、該第 2 のゲート絶縁層の上に第 2 のゲート電極が形成され、前記半導体層と接続してドレイン電極及びソース電極が形成され、前記第 2 のゲート電極の厚さは前記第 1 のゲート電極の厚さ以上の厚さを有する薄膜トランジスタを開示する（請求項 1）。特許文献 1 は、上記薄膜トランジスタは液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイの駆動用の電界効果トランジスタに利用可能であるとしている（段落 0114）。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009 - 176865 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 は薄膜トランジスタの伝達特性におけるハンプ（hump）の発現を抑制することができるとしている（段落 0026）。

【0005】

しかしトランジスタの特性を改善するためには上記構成だけでは不十分である。そこで本発明の一態様は、液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイなどの表示装置の画素部に用いられる、酸化物半導体膜を含むトランジスタに関し、高信頼性を有するトランジスタを提供する。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

以下の実験において、酸化物半導体膜を有するトランジスタに対して、水素が及ぼす影響を調査した。そして水素を除去することにより、トランジスタの特性を向上できることを見出し、上記課題を解決することができるという考えに至った。

【0007】

<実験：水素とトランジスタ特性>

40

図 1 に試作した酸化物半導体膜（非晶質 In - Ga - Zn - O 膜、本実験では a - IGZO ともいう）を有するトランジスタの模式図とそのトランジスタの特性を示す。図 1（a）は層間膜にプラズマ CVD 法により作製した SiO_x（PECVD - SiO_x ともいう）を用いた場合、図 1（b）は層間膜にスパッタ法により作製した SiO_x（Sputtered - SiO_x 又は Sputtering - SiO_x ともいう）を用いた場合である。その他の作製方法は同じである。プラズマ CVD 法による SiO_x 場合はノーマリ・オンのトランジスタ特性が得られた。また測定温度によるトランジスタ特性の変化が大きかった。一方、スパッタ法による SiO_x の場合は、ノーマリ・オフのトランジスタ特性が得られ、測定温度によるトランジスタ特性の変化は小さかった。この二つのトランジスタの水素濃度を二次イオン質量分析法で測定したところ、プラズマ CVD SiO_x の場合

50

はトランジスタの中に水素を多量に含むが、スパッタ SiO_x の場合は水素が少ないことが明らかになった(図2)。

【0008】

また a - IGZO の電子的性質を解明するために第一原理計算による解析を行った。(A) 化学量論比を満たす a - IGZO、(B) 水素が添加された a - IGZO を仮定し、その電子状態を計算した。84 原子、組成比は $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} : \text{O} = 1 : 1 : 1 : 4$ 、密度は 5.9 g/cm^3 の単位セルを仮定し、古典分子動力学法によりアモルファス構造を再現し、さらに量子分子動力学法により構造の最適化を図り、その電子状態を計算した。

【0009】

計算結果を図3に示す。図3は a - IGZO の DOS (Density Of States、電子状態密度) を示す。Energy が 0 (ゼロ) を示す箇所が、フェルミ準位を表している。(A) の化学量論比を満たす a - IGZO はフェルミ準位が価電子帯に存在するが、(B) の水素が添加された場合は、伝導帯中にも電子が存在することがわかる。すなわち、a - IGZO において水素はドナー準位を形成し、電子を供給することがわかる。

【0010】

水素を除去することは、酸化物半導体膜中のドナーを取り除くことになる。ドナーを取り除くことにより、酸化物半導体膜を、真性半導体又は実質的に真性な半導体にすることができる。

【0011】

トランジスタのチャネルが水素が低減された酸化物半導体膜を有する場合における、当該トランジスタ(チャネル長 $(L) = 10.0 \mu\text{m}$ 、チャネル幅 $(W) = 1 \text{ m}$) のオフ電流を室温(25)にて、測定したところ、 $1 \times 10^{-12} \text{ A}$ 以下となった(図4)。 $W = 1 \mu\text{m}$ に換算した場合、オフ電流は $1 \times 10^{-18} \text{ A}$ 以下となる。

【0012】

酸化物半導体膜に含まれる水素原子を極力少なくすることにより、酸化物半導体膜を真性又は実質的に真性な半導体にすることができる。これによりトランジスタの特性を向上でき、上記課題を解決することができる。

【0013】

本発明の一態様は、第1のゲート電極と、第1のゲート電極の上に設けられた第1のゲート絶縁膜と、第1のゲート絶縁膜の上に設けられた酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜の上に設けられたソース電極及びドレイン電極と、を有し、ソース電極及びドレイン電極は酸化物半導体膜に電氣的に接続され、ソース電極、ドレイン電極及び酸化物半導体膜の上に設けられた第2のゲート絶縁膜と、第2のゲート絶縁膜の上に設けられた第2のゲート電極と、を有し、第2のゲート電極は第1のゲート電極に電氣的に接続され、第2のゲート絶縁膜の上に設けられた平坦性を有する有機樹脂膜と、平坦性を有する有機樹脂膜の上に設けられた画素電極と、を有し、画素電極は前記ソース電極及びドレイン電極の一方と電氣的に接続され、第2のゲート電極及び画素電極の上に接して設けられた第1の配向膜と、第1の配向膜の上に設けられた液晶層と、液晶層の上に設けられた第2の配向膜と、第2の配向膜の上に設けられた対向電極と、対向電極の上に設けられた対向基板と、を有し、酸化物半導体膜は二次イオン質量分析法で検出される水素原子の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満である表示装置である。

【0014】

本発明の一態様は、第1のゲート電極と、第1のゲート電極の上に設けられた第1のゲート絶縁膜と、第1のゲート絶縁膜の上に設けられた酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜の上に設けられたソース電極及びドレイン電極と、を有し、ソース電極及びドレイン電極は酸化物半導体膜に電氣的に接続され、ソース電極、ドレイン電極及び酸化物半導体膜の上に設けられた第2のゲート絶縁膜と、第2のゲート絶縁膜の上に設けられた第2のゲート電極と、を有し、第2のゲート電極は第1のゲート電極に電氣的に接続され、第2のゲート絶縁膜の上に設けられた平坦性を有する有機樹脂膜と、平坦性を有する有機樹脂膜の上

10

20

30

40

50

に設けられた画素電極と、を有し、画素電極はソース電極及びドレイン電極の一方と電氣的に接続され、画素電極上に設けられたE L層と、E L層の上に設けられた対向電極と、第2のゲート電極及び対向電極の上に接して設けられた封止材と、封止材の上に設けられた対向基板と、を有し、酸化物半導体膜は二次イオン質量分析法で検出される水素原子の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満である表示装置である。

【0015】

本発明の一態様は、第1のゲート電極と、第1のゲート電極の上に設けられた第1のゲート絶縁膜と、第1のゲート絶縁膜の上に設けられた酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜の上に設けられたソース電極及びドレイン電極と、を有し、ソース電極及びドレイン電極は酸化物半導体膜に電氣的に接続され、ソース電極、ドレイン電極及び酸化物半導体膜の上に設けられた第2のゲート絶縁膜と、第2のゲート絶縁膜の上に設けられた第2のゲート電極と、を有し、第2のゲート電極は第1のゲート電極に電氣的に接続され、第2のゲート絶縁膜の上に設けられた平坦性を有する有機樹脂膜と、平坦性を有する有機樹脂膜の上に設けられた画素電極と、を有し、画素電極はソース電極及びドレイン電極の一方と電氣的に接続され、第2のゲート電極及び画素電極の上に接して設けられた充填材と、を有し、充填材にはキャビティを含む球形粒子が設けられ、キャビティは黒色領域及び白色領域を有し、キャビティの周囲は液体で満たされ、酸化物半導体膜は二次イオン質量分析法で検出される水素原子の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満である表示装置である。

10

【0016】

本発明の一態様は、第1のゲート電極と、第1のゲート電極の上に設けられた第1のゲート絶縁膜と、第1のゲート絶縁膜の上に設けられた酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜の上に設けられたソース電極及びドレイン電極と、を有し、ソース電極及びドレイン電極は酸化物半導体膜に電氣的に接続され、ソース電極、ドレイン電極及び酸化物半導体膜の上に設けられた第2のゲート絶縁膜と、第2のゲート絶縁膜の上に設けられた第2のゲート電極と、を有し、第2のゲート電極は第1のゲート電極に電氣的に接続され、第2のゲート絶縁膜の上に設けられた平坦性を有する有機樹脂膜と、平坦性を有する有機樹脂膜の上に設けられた画素電極と、を有し、画素電極はソース電極及びドレイン電極の一方と電氣的に接続され、第2のゲート電極及び画素電極の上に接して設けられた電子インク層と、を有し、電子インク層には、正に帯電した白い微粒子と負に帯電した黒い微粒子とが封入されたマイクロカプセルが設けられ、酸化物半導体膜は二次イオン質量分析法で検出される水素原子の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満である表示装置である。

20

30

【発明の効果】

【0017】

本発明の一態様では、チャンネルが形成される酸化物半導体膜の、二次イオン質量分析法で検出される水素原子の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満である。これにより酸化物半導体膜は真性又は実質的に真性な半導体となる。当該酸化物半導体膜のキャリア密度は非常に少なくなる。トランジスタのオフ電流は非常に少なくなる。またアバランシェ降伏が発生しにくい。

【0018】

なお、水素原子の濃度に関する特許文献として特開2007-103918号公報が挙げられる。特開2007-103918号公報はIn又はZnを含むアモルファス酸化物膜からなるチャンネル層を有する電界効果トランジスタであって、当該アモルファス酸化物膜が 10^{16} cm^{-3} 以上 10^{20} cm^{-3} 以下の水素原子又は重水素原子を含有していることを開示している。しかしこれらは水素原子を積極的に添加するという技術思想である。一方、本発明の一態様は水素原子を極力少なくするという技術思想である。したがって両者の技術思想は正反対であり、全く異なる。本発明の一態様では、酸化物半導体膜中の水素原子の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることにより、酸化物半導体膜を真性又は実質的に真性な半導体とすることができ、キャリア密度を非常に少なくすることができ、トランジスタのオフ電流は非常に少なくすることができる。

40

【0019】

50

本発明の一態様では、画素電極に電氣的に接続されたトランジスタは平坦性を有する有機樹脂膜、画素電極に覆われていない。有機樹脂膜の水素原子がトランジスタに影響を与えない。画素電極に印加される電位がトランジスタに影響を与えない。

【 0 0 2 0 】

本発明の一態様では、ソース電極及びドレイン電極の上には第 2 のゲート絶縁膜が設けられる。よってソース電極及びドレイン電極は第 2 のゲート絶縁膜によって保護される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】トランジスタの模式図とその特性を示す図

【図 2】トランジスタの水素濃度プロファイルを示す図

10

【図 3】計算結果を示す図

【図 4】トランジスタ特性を示す図

【図 5】表示装置を示す図

【図 6】表示装置を示す図

【図 7】トランジスタの断面を示す図

【図 8】トランジスタのエネルギーバンドを示す図

【図 9】トランジスタのエネルギーバンドを示す図

【図 10】トランジスタのエネルギーバンドを示す図

【図 11】表示装置の作製方法を示す図

【図 12】表示装置の作製方法を示す図

20

【図 13】表示装置の作製方法を示す図

【図 14】表示装置を示す図

【図 15】表示装置を示す図

【図 16】表示装置を示す図

【図 17】C V 測定を説明する図

【図 18】C V 測定を説明する図

【図 19】断面 T E M を示す図

【図 20】断面 T E M を示す図

【図 21】(A) は試料 A の表層部の拡大写真を示し、(B) は結晶領域の電子線回折パターンを示す

30

【図 22】表示装置を示す図

【図 23】携帯電話機及び携帯情報端末を示す図

【図 24】テレビジョン装置及びデジタルフォトフレームを示す図

【図 25】携帯型遊技機を示す図

【図 26】電子書籍を示す図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下に、本発明の実施形態を説明する。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、本発明の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。なお以下において、同一部分又は同様な機能を有する部分には、異なる図面において同一の符号を共通して用い、繰り返しの説明を省略することがある。

40

【 0 0 2 3 】

(実施形態 1)

本実施形態は、第 1 のゲート電極と、第 1 のゲート電極の上に設けられた第 1 のゲート絶縁膜と、第 1 のゲート絶縁膜の上に設けられた酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜の上に設けられたソース電極及びドレイン電極と、を有し、ソース電極及びドレイン電極は酸化物半導体膜に電氣的に接続され、ソース電極、ドレイン電極及び酸化物半導体膜の上に設けられた第 2 のゲート絶縁膜と、第 2 のゲート絶縁膜の上に設けられた第 2 のゲート電極

50

と、を有し、第2のゲート電極は第1のゲート電極に電氣的に接続され、第2のゲート絶縁膜の上に設けられた平坦性を有する有機樹脂膜と、平坦性を有する有機樹脂膜の上に設けられた画素電極と、を有し、画素電極はソース電極及びドレイン電極の一方と電氣的に接続され、第2のゲート電極及び画素電極の上に接して設けられた表示媒体を有する表示装置を開示する。

【0024】

図5(A)(B)に示すように表示装置は画素20を有する。表示装置は画素20を複数有してよい。画素20はトランジスタ15を有する。トランジスタ15は、第1のゲート電極3と、第1のゲート絶縁膜4と、酸化物半導体膜5と、電極6A(ソース電極及びドレイン電極の一方)と、電極6B(ソース電極及びドレイン電極の他方)と、第2のゲート絶縁膜7と、第2のゲート電極8と、を有する。画素20はその他平坦性を有する有機樹脂膜9と、画素電極10と、を有する。図5(A)は画素20の上面図であり、図5(B)は図5(A)のA-B断面及びC-D断面を示す。

10

【0025】

トランジスタ15は基板1の上に設けられる。基板1の上には下地膜となる絶縁膜2が設けられる。絶縁膜2の上には第1のゲート電極3が設けられる。第1のゲート電極3の上には、第1のゲート絶縁膜4が第1のゲート電極3を覆うように設けられる。第1のゲート絶縁膜4の上には酸化物半導体膜5が設けられる。酸化物半導体膜5の上には電極6A、電極6Bが設けられる。電極6A、電極6B及び酸化物半導体膜5の上には第2のゲート絶縁膜7が設けられる。第2のゲート絶縁膜7は電極6A、電極6B及び酸化物半導体膜5を覆う。第2のゲート絶縁膜7の上には第2のゲート電極8が設けられる。

20

【0026】

図5(A)では第2のゲート電極8は第1のゲート電極3に電氣的に接続されるが、第2のゲート電極8は第1のゲート電極3に電氣的に接続されていなくてもよい(図6)。第2のゲート電極8が第1のゲート電極3と電氣的に接続される場合は、第2のゲート電極8は第1のゲート電極3と同電位となる。一方、第2のゲート電極8が第1のゲート電極3に電氣的に接続されない場合は、第2のゲート電極8は第1のゲート電極3と同電位にならないこともある。

【0027】

第1のゲート電極3は走査線駆動回路(図示しない)に電氣的に接続される。走査線駆動回路からは選択信号が第1のゲート電極3に印加される。第1のゲート電極3が第2のゲート電極8に電氣的に接続されている場合には、第2のゲート電極8にも同じ選択信号が印加される。第1のゲート電極3と、第2のゲート電極8とが電氣的に接続されていない場合には、第2のゲート電極8は別の走査線駆動回路に電氣的に接続され、当該走査線駆動回路から別の選択信号が印加される。

30

【0028】

電極6Aは信号線駆動回路(図示しない)に電氣的に接続される。信号線駆動回路からは画像信号が電極6Aに印加される。

【0029】

第2のゲート絶縁膜7の上には平坦性を有する有機樹脂膜9が設けられる。有機樹脂膜9は第2のゲート電極8の上には設けられない。有機樹脂膜9の上には画素電極10が設けられる。第2のゲート電極8、第2のゲート絶縁膜7及び画素電極10の上には表示媒体が設けられる(図14、15、16、22)。

40

【0030】

本実施形態の表示装置には保持容量を設けていない。トランジスタ15のオフ電流は極めて低いたため、電極6B及び画素電極10に印加された電位は低下することなく、保持される。したがって保持容量は不要となる。しかし保持容量を設けてよいことは言うまでもない。

【0031】

電極6A、電極6Bが設けられていない領域で、第1のゲート絶縁膜4と第2のゲート絶

50

縁膜 7 とは接してもよい (図 5 (B)、図 6 (B)、図 7)。第 1 のゲート絶縁膜 4 と第 2 のゲート絶縁膜 7 とが接することにより、酸化物半導体膜 5 は第 1 のゲート絶縁膜 4 と第 2 のゲート絶縁膜 7 によりカバーされるようになり、不純物が酸化物半導体膜 5 へ侵入するのを防止することができる。

【0032】

表示装置の特徴を以下に説明する。チャネルが形成される酸化物半導体膜 5 に含まれる水素原子の濃度は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満であり、真性又は実質的に真性な半導体である。これについては後述する。

【0033】

電極 6 A、電極 6 B は第 2 のゲート絶縁膜 7 で覆われる。電極 6 A、電極 6 B は第 2 のゲート絶縁膜 7 により保護される。

10

【0034】

図 5 および図 6 に示すように、トランジスタ 15 の上には有機樹脂膜 9 及び画素電極 10 が設けられない。有機樹脂膜 9 の水素原子がトランジスタ 15 に影響を与えることがない。画素電極 10 に印加される電位がトランジスタ 15 に影響を与えることがない。

【0035】

次に表示装置の各構成を説明する。

【0036】

まず酸化物半導体膜 5 について説明する。酸化物半導体膜 5 にはチャネルが形成される。酸化物半導体膜 5 は $2 \text{ nm} - 200 \text{ nm}$ の厚さを有すればよい。

20

【0037】

(組成)

酸化物半導体膜 5 としては、四元系金属酸化物である $\text{In} - \text{Sn} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ や、三元系金属酸化物である $\text{In} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ 、 $\text{In} - \text{Sn} - \text{Zn} - \text{O}$ 、 $\text{In} - \text{Al} - \text{Zn} - \text{O}$ 、 $\text{Sn} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ 、 $\text{Al} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ 、 $\text{Sn} - \text{Al} - \text{Zn} - \text{O}$ や、二元系金属酸化物である $\text{In} - \text{Zn} - \text{O}$ 、 $\text{Sn} - \text{Zn} - \text{O}$ 、 $\text{Al} - \text{Zn} - \text{O}$ 、 $\text{Zn} - \text{Mg} - \text{O}$ 、 $\text{Sn} - \text{Mg} - \text{O}$ 、 $\text{In} - \text{Mg} - \text{O}$ や、 $\text{In} - \text{O}$ 、 $\text{Sn} - \text{O}$ 、 $\text{Zn} - \text{O}$ などの酸化物半導体を用いることができる。また、上記酸化物半導体は SiO_2 を含んでもよい。

【0038】

また、酸化物半導体膜 5 は、 $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$) で表記される薄膜を用いることができる。ここで、M は、Ga、Al、Mn および Co から選ばれた一または複数の金属元素を示す。例えば M として、Ga、Ga 及び Al、Ga 及び Mn、または Ga 及び Co などがある。 $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$) で表記される構造の酸化物半導体膜 5 のうち、M として Ga を含む構造の酸化物半導体を、上記した $\text{In} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ 酸化物半導体とよび、その薄膜を $\text{In} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ 膜ともよぶこととする。

30

【0039】

(水素濃度)

酸化物半導体膜 5 では、二次イオン質量分析法で検出される水素濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満である。好ましくは $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 未満である。上記のように水素が低減された酸化物半導体膜 5 は真性又は実質的に真性な半導体となる。なお酸化物半導体膜 5 はドナー準位、アクセプタ準位を形成する不純物元素を含まないことが好ましい。

40

【0040】

二次イオン質量分析法は、その原理上、試料表面近傍や、材質が異なる膜との積層界面近傍のデータを正確に得ることが困難であることが知られている。そこで、膜中における水素濃度の厚さ方向の分布を、二次イオン質量分析法で分析する場合、水素濃度は、対象となる膜の存在する範囲において、極端な変動が無く、ほぼ一定の強度が得られる領域における平均値を採用する。また、測定の対象となる膜の厚さが小さい場合、隣接する膜内の水素濃度の影響を受けて、ほぼ一定の強度の得られる領域を見いだせない場合がある。この場合、当該膜の存在する領域における、最大値又は最小値を、水素濃度として採用する。さらに、当該膜の存在する領域において、最大値を有する山型のピーク、最小値を有す

50

る谷型のピークが存在しない場合、変曲点の値を水素濃度として採用する。

【 0 0 4 1 】

酸化物半導体膜 5 に含まれる水素原子はゼロであることが好ましい。水素原子の濃度は 0 cm^{-3} 以上、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満である。しかし水素原子がゼロであることを二次イオン質量分析法で検出することは困難である。したがって少なくとも水素原子の濃度は二次イオン質量分析法で検出限界以下であることが好ましい。

【 0 0 4 2 】

(キャリア密度)

上記水素原子濃度を有する酸化物半導体膜 5 のキャリア密度は 300 K において $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 未満となる。酸化物半導体膜 5 のキャリア密度は 300 K において $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 未満がよい。好ましくは酸化物半導体膜 5 のキャリア密度は 300 K において $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 未満である。キャリア密度はホール測定等により見積もることができるが、ここで用いた測定方法については実施例にて説明する。

10

【 0 0 4 3 】

ここで、酸化物半導体の真性キャリア密度について説明する。真性キャリア密度とは真性半導体のキャリア密度をいう。

【 0 0 4 4 】

半導体に含まれる真性キャリア密度 n_i は、フェルミ・ディラック統計によるフェルミ・ディラック分布をボルツマン分布の式 (数式 1 参照) で近似することで、求められる。

【 0 0 4 5 】

20

【数 1】

$$n_i = \sqrt{N_c N_v} \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right)$$

【 0 0 4 6 】

近似式により求められる真性キャリア密度 n_i は、伝導帯における実効状態密度 N_c 、価電子帯における実効状態密度 N_v 、及びバンドギャップ E_g の関係式であり、上記数式からシリコンの真性キャリア密度 n_i は $1.4 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 、酸化物半導体 (ここでは、In-Ga-Zn-O 膜) の真性キャリア密度 n_i は $1.2 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-3}$ となる。シリコンと比較して、酸化物半導体の真性キャリア密度が極端に低いことが分かる。

30

【 0 0 4 7 】

上記水素原子濃度を有する酸化物半導体膜 5 のキャリア密度は極端に低く、酸化物半導体膜 5 を有するトランジスタ 15 のオフ電流は極めて低くなる。

【 0 0 4 8 】

次に酸化物半導体膜 5 以外の構成を説明する。

【 0 0 4 9 】

基板 1 は、後の加熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有する。基板 1 としては、バリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板を用いる。また基板 1 は、セラミック基板、石英基板、サファイア基板、結晶化ガラス基板などの絶縁体でなる基板でもよい。後の加熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有していれば、ポリエチレンテレフタレート、ポリイミド、アクリル樹脂、ポリカーボネート、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリ塩化ビニル等のプラスチックフィルムなどを用いてもよい。

40

【 0 0 5 0 】

絶縁膜 2 は酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜などを用いる。絶縁膜 2 には水素、水酸基または水分などの水素原子を含む物質が含まれないようにすることが好ましい。絶縁膜 2 は 10 nm - 200 nm の厚さを有すればよい。絶縁膜 2 は基板 1 に含まれる不純物が第 1 のゲート絶縁膜 4 や酸化物半導体膜 5 へ侵入するのを防止する。基板 1 に含まれる不純物を考慮する必要がないのであれば絶縁膜 2 を設けなくてもよい。

【 0 0 5 1 】

50

第1のゲート電極3はモリブデン、チタン、クロム、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、ネオジウム、スカンジウム等の金属材料またはこれらを主成分とする合金材料を用いて、単層でまたは積層して形成する。第1のゲート電極3には水素、水酸基または水分などの水素原子を含む物質が含まれないようにすることが好ましい。第1のゲート電極3は10nm - 200nmの厚さを有すればよい。

【0052】

第1のゲート絶縁膜4は、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、ハフニウムシリケート (HfSiO_x) 膜、Nが添加された HfSi_xO_y 膜、窒素が添加されたハフニウムアルミネート (HfAlO_x) 膜、酸化ハフニウム膜、酸化イットリウム膜を単層でまたは積層して形成する。ハフニウムシリケート (HfSiO_x) 膜、Nが添加された HfSi_xO_y 膜、窒素が添加されたハフニウムアルミネート (HfAlO_x) 膜、酸化ハフニウム膜、酸化イットリウム膜などのhigh-k材料を用いることでゲートリークを低減できる。第1のゲート絶縁膜4には水素、水酸基または水分などの水素原子を含む物質が含まれないようにすることが好ましい。第1のゲート絶縁膜4は10nm - 500nmの厚さを有すればよい。

【0053】

第1のゲート絶縁膜4にハロゲン元素（例えば、フッ素または塩素）を $5 \times 10^{18} - 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 程度含ませてもよい。ハロゲン元素により酸化物半導体膜5、または第1のゲート絶縁膜4と酸化物半導体膜5との界面に存在する、水素、水分、水酸基又は水素化物などの水素原子を含む物質を排除することができる。例えば第1のゲート絶縁膜4として、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜の積層膜にする場合は、酸化物半導体膜5に接する側を、上記濃度でハロゲン元素を含む酸化シリコン膜とするとよい。窒化シリコン膜が水素、水分、水酸基又は水素化物（水素化合物ともいう）などの不純物が酸化シリコン膜に侵入することを防止する。

【0054】

電極6A（ソース電極及びドレイン電極の一方）、電極6B（ソース電極及びドレイン電極の他方）はモリブデン、チタン、クロム、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、ネオジウム、スカンジウム、イットリウム等の金属材料またはこれらを主成分とする合金材料、又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、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物などの透光性を有する導電性材料を用いて、単層でまたは積層して形成する。電極6A、電極6Bには水素、水酸基または水分が含まれないようにすることが好ましい。電極6A、電極6Bは10nm - 500nmの厚さを有すればよい。

【0055】

第2のゲート絶縁膜7は第1のゲート絶縁膜4と同じ材料で形成することができる。例えば酸化シリコン膜を用いる。第2のゲート絶縁膜7には水素、水酸基または水分が含まれないようにすることが好ましい。第2のゲート絶縁膜7は10nm - 200nmの厚さを有すればよい。なお酸化シリコン膜に代えて、酸化窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、または酸化窒化アルミニウム膜などを用いることもできる。

【0056】

また第2のゲート絶縁膜7は欠陥を有していてもよい。欠陥は酸化物半導体膜5に含まれる水素原子を捕獲することができる。これにより酸化物半導体膜5中の水素原子をさらに低減させることができる。

【0057】

第2のゲート絶縁膜7にハロゲン元素（例えば、フッ素または塩素）を $5 \times 10^{18} - 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 程度含ませてもよい。ハロゲン元素により酸化物半導体膜5、または第2のゲート絶縁膜7と酸化物半導体膜5との界面に存在する、水素、水分、水酸基又は水素化物などの不純物を排除することができる。

【0058】

10

20

30

40

50

第2のゲート電極8はモリブデン、チタン、クロム、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、ネオジウム、スカンジウム等の金属材料またはこれらを主成分とする合金材料を用いて、単層でまたは積層して形成する。第2のゲート電極8には水素、水酸基または水分などの水素原子を含む物質が含まれないようにすることが好ましい。第2のゲート電極8は10nm - 200nmの厚さを有すればよい。第2のゲート電極8は第1のゲート電極3の厚さ以上の厚さを有してもよい。第2のゲート電極8は第1のゲート電極3と同じ材料で形成してもよい。

【0059】

有機樹脂膜9は例えば平坦性を有するアクリル樹脂膜、ポリイミド樹脂膜などを用いる。有機樹脂膜9は1.0μm - 2.0μmの厚さを有すればよい。

10

【0060】

画素電極10は、代表的には、アルミニウム、銅、チタン、タンタル、タングステン、モリブデン、クロム、ネオジウム、スカンジウムから選ばれた元素でなる単体、上述の元素を成分とする合金、上述の元素を成分とする化合物（酸化物や窒化物）などの反射性または遮光性を有する導電材料を用いることができる。また、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、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物など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、これらの材料を含む積層構造を適用することもできる。画素電極10は50nm - 500nmの厚さを有すればよい。

20

【0061】

次に、エネルギーバンド図を用いて、酸化物半導体膜5を有するトランジスタ15の動作を説明する。

【0062】

図7は、酸化物半導体膜を用いた逆スタガー型の薄膜トランジスタの一般的な縦断面図を示す。ゲート電極(GE)上に第1のゲート絶縁膜(GI)を介して酸化物半導体膜(OS)が設けられる。酸化物半導体膜及び第1のゲート絶縁膜の上にソース電極(S)及びドレイン電極(D)が設けられている。ソース電極及びドレイン電極の上にパッシベーション絶縁膜(PI)が設けられる。ソース電極及びドレイン電極が設けられていない領域で第1のゲート絶縁膜とパッシベーション絶縁膜とは接する。

30

【0063】

図8は、図7に示すA-A'断面におけるエネルギーバンド図(模式図)を示す。図8(A)はソースとドレインの間の電圧を等電位($V_D = 0V$)とした場合を示し、図8(B)はソースに対しドレインに正の電位($V_D > 0$)を加えた場合を示す。

【0064】

図9は、図7におけるB-B'の断面におけるエネルギーバンド図(模式図)である。図9(A)はゲート(GE)に正の電位(+ V_G)が印加された状態であり、ソース電極とドレイン電極との間にキャリア(電子)が流れるオン状態を示している。また、図9(B)は、ゲート(GE)に負の電位(- V_G)が印加された状態であり、オフ状態(少数キャリアは流れない)である場合を示す。

40

【0065】

図10は、真空準位と金属の仕事関数(ϕ_M)、酸化物半導体の電子親和力(χ)の関係を示す。

【0066】

金属は縮退しているため、伝導子帯とフェルミ準位とは一致する。一方、従来の酸化物半導体は一般にn型であり、その場合のフェルミ準位(E_f)は、バンドギャップ中央に位置する真性フェルミ準位(E_i)から離れて、伝導帯寄りに位置している。なお、酸化物半導体において水素はドナーであり、酸化物半導体をn型化する一つの要因である。

【0067】

これに対して本実施形態に係る酸化物半導体膜は、n型不純物である水素原子を酸化物半

50

導体膜から除去し、酸化物半導体膜の主成分以外の不純物が極力含まれないように高純度化することにより真性（ i 型）とし、または真性型とせんとしたものである。すなわち、不純物を添加して i 型化するのでなく、水素原子を極力除去したことにより、高純度化された i 型（真性半導体）またはそれに近づけることを特徴としている。そうすることにより、フェルミ準位（ E_f ）は真性フェルミ準位（ E_i ）と同じレベルにまですることができ。

【0068】

酸化物半導体のバンドギャップ（ E_g ）が 3.15 eV である場合、電子親和力（ χ ）は 4.3 eV とされている。例えばチタンを用いてソース電極及びドレイン電極を形成すると、チタンの仕事関数は、酸化物半導体の電子親和力（ χ ）とほぼ等しい。この場合、金属 - 酸化物半導体界面において、電子に対してショットキー型の障壁は形成されない。

10

【0069】

すなわち、金属の仕事関数（ ϕ_m ）と酸化物半導体の電子親和力（ χ ）が等しい場合、両者が接触すると図8（A）で示すようなエネルギーバンド図（模式図）が示される。

【0070】

図8（B）において黒丸（ \bullet ）は電子を示す。ドレインに正の電位が印加されると、電子はバリア（ h ）を越えて酸化物半導体膜に注入され、ドレインに向かって流れる。この場合、バリア（ h ）の高さは、ゲート電圧とドレイン電圧に依存して変化するが、正のドレイン電圧が印加された場合には、電圧印加のない図8（A）のバリアの高さ、すなわちバンドギャップ（ E_g ）の $1/2$ よりもバリアの高さ（ h ）は小さい値となる。

20

【0071】

このとき電子は、図9（A）で示すようにゲート絶縁膜と高純度化された酸化物半導体膜との界面における、酸化物半導体膜側のエネルギー的に安定な最低部を移動する。

【0072】

また、図9（B）において、ゲート電極（GE）に負の電位（逆バイアス）が印加されると、少数キャリアであるホールは実質的にゼロであるため、電流は限りなくゼロに近い値となる。

【0073】

また酸化物半導体のバンドギャップ（ E_g ）が 3.15 eV である場合、シリコンの E_g よりも3倍程度の大きさになる。このような E_g を有する酸化物半導体はアバランシェ降伏が生じにくい。水素原子が低減された酸化物半導体膜を用いたトランジスタではドレイン電極に印加する電圧を、水素原子が低減されていない酸化物半導体膜を用いたトランジスタやシリコンを用いたトランジスタよりも大きくすることができる。

30

【0074】

以上のように、水素原子が低減された酸化物半導体膜5はトランジスタ15の動作を良好にする。

【0075】

次に表示装置の作製方法を説明する。

【0076】

プラズマCVD法またはスパッタリング法等により、基板1の上に下地膜となる絶縁膜2を形成する（図11（A））。絶縁膜2中に水素が多量に含まれないようにするためにスパッタリング法で成膜することが好ましい。

40

【0077】

例えば酸化珪素膜を形成する場合を説明する。水素、水、水酸基または水素化物（水素化合物ともいう。）などが除去された高純度酸素を含むスパッタガスを導入しシリコン半導体のターゲットを用いて、基板1上に酸化珪素膜を成膜する。基板1の温度は室温でもよいし、基板1を加熱していてもよい。

【0078】

その他、石英（好ましくは合成石英）を用い、基板温度 1080°C 、ターゲットと基板の間の距離を 60 mm 、圧力 0.4 Pa 、高周波電源 1.5 kW 、酸素及びアルゴン（酸素流

50

量 25 s c c m : アルゴン流量 25 s c c m = 1 : 1) 雰囲気下で R F スパッタリング法により酸化珪素膜を成膜する。スパッタガスとして酸素または、酸素及びアルゴンの混合ガスを用いる。

【 0 0 7 9 】

成膜室内の残留水分を除去しつつ絶縁膜 2 を成膜することが好ましい。絶縁膜 2 に水素、水、水酸基または水素化物などが含まれないようにするためである。

【 0 0 8 0 】

処理室内の残留水分を除去するためには、吸着型の真空ポンプを用いることが好ましい。例えば、クライオポンプ、イオンポンプ、チタンサブリーメーションポンプを用いることが好ましい。また、排気手段としては、ターボポンプにコールドトラップを加えたものであってもよい。クライオポンプを用いて排気した成膜室は、例えば、水素、水、水酸基または水素化物などが排気されるため、当該成膜室で成膜し絶縁膜 2 に含まれる不純物の濃度を低減できる。

【 0 0 8 1 】

スパッタガスは水素、水、水酸基または水素化物などの不純物が、濃度 p p m 程度、濃度 p p b 程度まで除去された高純度ガスを用いることが好ましい。

【 0 0 8 2 】

スパッタリング法にはスパッタ用電源に高周波電源を用いる R F スパッタリング法と、D C スパッタリング法があり、さらにパルスのバイアスを与えるパルス D C スパッタリング法もある。R F スパッタリング法は主に絶縁膜を成膜する場合に用いられ、D C スパッタリング法は主に金属膜を成膜する場合に用いられる。

【 0 0 8 3 】

材料の異なるターゲットを複数設置できる多元スパッタ装置もある。多元スパッタ装置は、同一チャンバーで異なる材料膜を積層成膜することも、同一チャンバーで複数種類の材料を同時に放電させて成膜することもできる。

【 0 0 8 4 】

チャンバー内部に磁石機構を備えたマグネトロンスパッタリング法を用いるスパッタ装置や、グロー放電を使わずマイクロ波を用いて発生させたプラズマを用いる E C R スパッタリング法を用いるスパッタ装置がある。

【 0 0 8 5 】

スパッタリング法を用いる成膜方法として、成膜中にターゲット物質とスパッタガス成分とを化学反応させてそれらの化合物薄膜を形成するリアクティブスパッタリング法や、成膜中に基板にも電圧をかけるバイアススパッタリング法もある。

【 0 0 8 6 】

本明細書のスパッタリングにおいては、上記したスパッタリング装置及びスパッタリング方法を適宜用いることができる。

【 0 0 8 7 】

絶縁膜 2 として窒化珪素膜と酸化珪素膜とを積層する場合、窒化珪素膜と酸化珪素膜を同じ成膜室において、共通のシリコンターゲットを用いて成膜する。先に窒素を含むスパッタガスを導入して、成膜室内に装着されたシリコンターゲットを用いて窒化珪素膜を形成し、次に酸素を含むスパッタガスに切り替えて同じシリコンターゲットを用いて酸化珪素膜を成膜する。窒化珪素膜と酸化珪素膜とを大気に曝露せずに連続して形成することができるため、窒化珪素膜表面に水素、水、水酸基または水素化物などの不純物が吸着することを防止することができる。

【 0 0 8 8 】

絶縁膜 2 上に導電膜を形成した後、フォトリソグラフィ工程により形成したレジストマスクを用いてエッチングして第 1 のゲート電極 3 を形成する (図 1 1 (A))。導電膜に水素、水酸基または水分が含まれないようにするためスパッタリング法で成膜することが好ましい。第 1 のゲート電極 3 の端部はテーパ形状であると、後に積層する第 1 のゲート絶縁膜 4 の被覆性が向上するため好ましい。

10

20

30

40

50

【0089】

第1のゲート電極3の上に第1のゲート絶縁膜4を形成する。第1のゲート絶縁膜4に水素、水酸基または水分が含まれないようにするためスパッタリング法で成膜することが好ましい。そのために成膜の前処理として、スパッタリング装置の予備加熱室で第1のゲート電極3が形成された基板1を予備加熱し、基板1に吸着した水素、水、水酸基または水素化物などの不純物を脱離し排気することが好ましい。なお、予備加熱の温度としては、100 以上400 以下好ましくは150 以上300 以下である。なお、予備加熱室に設ける排気手段はクライオポンプが好ましい。なお、この予備加熱の処理は省略することもできる。

【0090】

例えば第1のゲート絶縁膜4として酸化シリコン膜を成膜する場合には、ターゲットとしてシリコンターゲットまたは石英ターゲットを用い、スパッタガスとして酸素または、酸素及びアルゴンの混合ガスを用いて行う。

【0091】

第1のゲート絶縁膜4上に酸化物半導体膜をスパッタリング法により形成する。スパッタリング法により成膜する前に、アルゴンガスを導入してプラズマを発生させる逆スパッタを行い、第1のゲート絶縁膜4の表面に付着している粉状物質（パーティクル、ゴミともいう）を除去することが好ましい。逆スパッタとは、ターゲット側に電圧を印加せずに、アルゴン雰囲気下で基板側に高周波電源を用いて電圧を印加して基板にプラズマを形成して表面を改質する方法である。なお、アルゴン雰囲気に代えて窒素、ヘリウム、酸素などを用いてもよい。

【0092】

酸化物半導体のターゲットを用いる。例えば、酸化亜鉛を主成分とする金属酸化物のターゲットを用いる。金属酸化物のターゲットの他の例としては、In、Ga、及びZnを含む酸化物半導体ターゲット（組成比として、 $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{Ga}_2\text{O}_3 : \text{ZnO} = 1 : 1 : 1$ [mol%]、すなわち、 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 0.5$ [atom%]）を用いることができる。また、In、Ga、及びZnを含む酸化物半導体ターゲットとして、 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 1$ [atom%]、または $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 2$ [atom%]の組成比を有するターゲットを用いることもできる。酸化物半導体ターゲットの充填率は90%以上100%以下、好ましくは95%以上99.9%以下である。充填率の高い酸化物半導体ターゲットを用いることにより、成膜した酸化物半導体膜は緻密な膜となる。 SiO_2 を2重量%以上10重量%以下含むターゲットを用いてもよい。

【0093】

希ガス（代表的にはアルゴン）雰囲気下、酸素雰囲気下、または希ガス（代表的にはアルゴン）及び酸素雰囲気下において、酸化物半導体膜を成膜する。

【0094】

スパッタガスは水素、水、水酸基または水素化物などの不純物が、濃度ppm程度、濃度ppb程度まで除去された高純度ガスを用いることが好ましい。

【0095】

減圧状態に保持された成膜室内に基板1を保持し、成膜室内の残留水分を除去しつつ水素、水、水酸基または水素化物などの不純物が除去されたスパッタリングガスを導入し、上記ターゲットを用いて酸化物半導体膜を成膜する。成膜室内の残留水分を除去するためには、吸着型の真空ポンプを用いることが好ましい。例えば、クライオポンプ、イオンポンプ、チタンサブリーメーションポンプを用いることが好ましい。また、排気手段としては、ターボポンプにコールドトラップを加えたものであってもよい。クライオポンプを用いて排気した成膜室は、例えば、水素原子、水(H_2O)など水素原子を含む化合物（より好ましくは炭素原子を含む化合物も）等が排気されるため、当該成膜室で成膜した酸化物半導体膜に含まれる不純物の濃度を低減できる。また、酸化物半導体膜成膜時に基板1を、例えば400 未満の温度に加熱してもよい。

【0096】

成膜条件の一例としては、基板 1 の温度を室温とし、基板とターゲットの間の距離を 110 mm、圧力 0.4 Pa、直流 (DC) 電源 0.5 kW、酸素及びアルゴン (酸素流量 15 sccm : アルゴン流量 30 sccm) 雰囲気下の条件が適用される。なお、パルス直流 (DC) 電源を用いると、パーティクルが軽減でき、膜厚分布も均一となるために好ましい。酸化物半導体膜は好ましくは 2 nm 以上 200 nm 以下とする。なお、適用する酸化物半導体材料により適切な膜厚は異なり、材料に応じて適宜膜厚を選択すればよい。

【0097】

次に、酸化物半導体膜をフォトリソグラフィ工程により形成したレジストマスクを用いてエッチングを行い、酸化物半導体膜 5 を形成する (図 11 (A))。なお、酸化物半導体膜のエッチングは、ドライエッチングでもウェットエッチングでもよく、両方を用いてもよい。

10

【0098】

ドライエッチングに用いるエッチングガスとしては、塩素を含むガス (塩素系ガス、例えば塩素 (Cl_2)、塩化硼素 (BCl_3)、塩化珪素 (SiCl_4)、四塩化炭素 (CCl_4) など) が好ましい。

【0099】

また、フッ素を含むガス (フッ素系ガス、例えば四弗化炭素 (CF_4)、六弗化硫黄 (SF_6)、三弗化窒素 (NF_3)、トリフルオロメタン (CHF_3) など)、臭化水素 (HBr)、酸素 (O_2)、これらのガスにヘリウム (He) やアルゴン (Ar) などの希ガスを添加したガス、などを用いることができる。

20

【0100】

ドライエッチング法としては、平行平板型 RIE (Reactive Ion Etching) 法や、ICP (Inductively Coupled Plasma : 誘導結合型プラズマ) エッチング法を用いることができる。

【0101】

ウェットエッチングに用いるエッチング液としては、燐酸と酢酸と硝酸を混ぜた溶液又はアンモニア過水 (31 重量% 過酸化水素水 : 28 重量% アンモニア水 : 水 = 5 : 2 : 2) などを用いることができる。また、ITO07N (関東化学社製) を用いてもよい。

【0102】

酸化物半導体膜 5 に加熱処理 (第 1 の加熱処理ともいう) を行ってもよい。加熱処理の温度は 400 以上 750 以下、好ましくは 400 以上、基板 1 の歪み点未満とする。加熱処理の時間は 0.5 時間 - 5 時間でよい。加熱処理によって酸化物半導体膜 5 に含まれる水素原子を除去することができる。例えば電気炉にて酸化物半導体膜 5 に対して窒素雰囲気下 450 において 1 時間、又は 650 1 時間の加熱処理を行った後、大気に触れさせないことで、酸化物半導体膜 5 への水素原子の再浸入を防ぐことができる。なお第 1 の加熱処理により、酸化物半導体膜 5 は結晶化する場合がある。650 1 時間の加熱処理を行った場合の TEM 分析を実施例 2 に示す。

30

【0103】

なお、加熱処理装置は電気炉に限られず、抵抗発熱体などの発熱体からの熱伝導または熱輻射によって、酸化物半導体膜 5 を加熱する装置を備えていてもよい。例えば、GRTA (Gas Rapid Thermal Anneal) 装置、LRTA (Lamp Rapid Thermal Anneal) 装置等の RTA (Rapid Thermal Anneal) 装置を用いることができる。LRTA 装置は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプなどのランプから発する光 (電磁波) の輻射により、酸化物半導体膜 5 を加熱する装置である。GRTA 装置は、高温のガスを用いて加熱処理を行う装置である。気体には、アルゴンなどの希ガス、または窒素のような、加熱処理によって酸化物半導体膜 5 と反応しない不活性気体を用いられる。

40

【0104】

GRTA は酸化物半導体膜 5 を 650 ~ 700 の高温に加熱した不活性ガス雰囲気

50

て2 - 5 分間加熱する。G R T Aを用いると短時間での高温加熱処理が可能となる。

【0105】

加熱処理においては、窒素、またはヘリウム、ネオン、アルゴン等の希ガスに、水素、水、水酸基または水素化物などが含まれないことが好ましい。または、加熱処理装置に導入する窒素、またはヘリウム、ネオン、アルゴン等の希ガスの純度を、6 N (99 . 999 9 %) 以上、好ましくは7 N (99 . 99999 %) 以上、(即ち不純物濃度を1 p p m 以下、好ましくは0 . 1 p p m 以下) とすることが好ましい。

【0106】

上述したように加熱処理の条件、または酸化物半導体膜の材料によっては、酸化物半導体膜は結晶化し、微結晶膜または多結晶膜となる場合もある。例えば、結晶化率が90 % 以上、または80 % 以上の微結晶の酸化物半導体膜となる場合もある。また、第1の加熱処理の条件、または酸化物半導体膜の材料によっては、結晶成分を含まない非晶質の酸化物半導体膜となる場合もある。また、非晶質の酸化物半導体の中に微結晶部 (粒径1 n m 以上20 n m 以下 (代表的には2 n m 以上4 n m 以下)) が混在する酸化物半導体膜となる場合もある。

10

【0107】

また上記加熱処理の後に、水素、水、水酸基または水素化物などが含まれない酸素雰囲気下又は水素、水、水酸基または水素化物などが含まれない窒素及び酸素雰囲気下で、第2の加熱処理を行ってもよい。上記加熱処理により酸化物半導体膜5より酸素が除去される場合があるため、第2の加熱処理により酸化物半導体膜5に酸素を導入することができる。

20

【0108】

なお、次工程の導電膜を形成する前に逆スパッタを行い、酸化物半導体膜5及び第1のゲート絶縁膜4の表面に付着しているレジスト残渣などを除去することが好ましい。

【0109】

酸化物半導体膜5及び第1のゲート絶縁膜4上に導電膜をスパッタリング法にて形成する。導電膜に水素、水酸基及び水分がなるべく含まれないようにするために、成膜前に上記の前処理を行うことが好ましい。導電膜をフォトリソグラフィ工程により形成したレジストマスクを用いてエッチングを行い、電極6A (ソース電極及びドレイン電極の一方) 、電極6B (ソース電極及びドレイン電極の他方) を形成する (図11 (B)) 。

30

【0110】

次に、N₂O、N₂、またはArなどのガスを用いたプラズマ処理によって露出している酸化物半導体膜5の表面に付着した吸着水などを除去する。または酸素とアルゴンの混合ガスを用いてプラズマ処理を行う。

【0111】

プラズマ処理後、大気に触れることなく、酸化物半導体膜5、電極6A、電極6Bの上に第2のゲート絶縁膜7を形成する (図11 (C)) 。酸化物半導体膜5が電極6A、電極6Bと接する領域以外の領域において、酸化物半導体膜5と第2のゲート絶縁膜7とが接する。また第2のゲート絶縁膜7は電極6A、電極6Bを覆う。

【0112】

第2のゲート絶縁膜7は、基板1を室温または100 未満の温度に加熱した状態で、水素及び水分が除去された高純度酸素を含むスパッタガスを導入し、シリコン半導体のターゲットを用いて、例えば欠陥を含む酸化シリコン膜を成膜する。

40

【0113】

例えば、純度が6 N であり、ボロンがドーブされたシリコンターゲット (抵抗値0 . 01 c m) を用い、ターゲットと基板の間の距離を89 m m 、圧力0 . 4 P a 、直流 (D C) 電源6 k W 、酸素 (酸素流量比率100 %) 雰囲気下でパルスD C スパッタリング法により酸化シリコン膜を成膜する。シリコンターゲットに代えて石英 (好ましくは合成石英) を、酸化シリコン膜を成膜するためのターゲットとして用いることができる。スパッタガスとして酸素または、酸素及びアルゴンの混合ガスを用いて行う。

50

【 0 1 1 4 】

この場合において、処理室内の残留水分を除去しつつ第2のゲート絶縁膜7を成膜することが好ましい。酸化物半導体膜5及び第2のゲート絶縁膜7に水素、水酸基または水分が含まれないようにするためである。処理室内の残留水分を除去するためには、吸着型の真空ポンプを用いることが好ましい。

【 0 1 1 5 】

第2のゲート絶縁膜7と酸化物半導体膜5が接した状態で100乃至400で加熱処理を行ってもよい。第2のゲート絶縁膜7は欠陥を多く含む。加熱処理によって酸化物半導体膜5中に含まれる水素、水分、水酸基または水素化合物などの不純物を第2のゲート絶縁膜7に拡散させ、酸化物半導体膜5中に含まれる水素原子をより低減させることができる。

10

【 0 1 1 6 】

第2のゲート絶縁膜7の上に導電膜を形成する。フォトリソグラフィ工程により形成したレジストマスクを用いて導電膜をエッチングして第2のゲート電極8を形成する(図11(C))。導電膜に水素、水酸基または水分が含まれないようにするためスパッタリング法で成膜することが好ましい。第2のゲート電極8と第1のゲート電極3とを電氣的に接続する場合は、導電膜を形成する前に第2のゲート絶縁膜7及び第1のゲート絶縁膜4にコンタクトホールを形成する。コンタクトホールは第1のゲート電極3に達する。コンタクトホールを形成後、導電膜を形成する。導電膜から第2のゲート電極8を形成する。

20

【 0 1 1 7 】

第2のゲート絶縁膜7上に平坦化膜として有機樹脂膜を形成する。有機樹脂膜はスピコート法等により形成する。有機樹脂膜を選択的にエッチングして有機樹脂膜9を形成する(図12(A))。

【 0 1 1 8 】

有機樹脂膜9及び第2のゲート絶縁膜7に電極6Bに達する開口を形成する。その開口に、画素電極10を形成する(図12(B))。画素電極10は電極6Bと電氣的に接続する。

【 0 1 1 9 】

画素電極10、第2のゲート電極8及び第2のゲート絶縁膜7の上には表示媒体が設けられる(図14(A)、15(A)、16(A)、22(A))。

30

【 0 1 2 0 】

第2のゲート電極8及び第2のゲート絶縁膜7の上に、パッシベーション膜となる絶縁膜21を10nm-200nmの厚さで形成してもよい(図13)。絶縁膜21には酸化珪素膜、窒化珪素膜などを用いることができる。絶縁膜21は、基板1を室温または100未満の温度に加熱した状態で、水素及び水分が除去された高純度酸素を含むスパッタガスを導入しシリコン半導体のターゲットを用いて酸化珪素膜、窒化珪素膜などを成膜する。

【 0 1 2 1 】

絶縁膜21上に平坦化膜として有機樹脂膜9を形成する。有機樹脂膜9、絶縁膜21及び第2のゲート絶縁膜7に電極6Bに達する開口を形成する。その開口に、画素電極10を形成する(図13)。画素電極10、絶縁膜21の上には表示媒体が設けられる(図14(B)、15(B)、16(B)、22(B))。

40

【 0 1 2 2 】

以下、表示媒体として、液晶、EL、電子ペーパーを説明する。なお表示媒体は液晶、EL、電子ペーパーに限定されることはない。

【 0 1 2 3 】

< 液晶 >

図14(A)は表示媒体が液晶の場合を示す。画素電極10の上に第1の配向膜22が設けられる。第1の配向膜22は第2のゲート電極8、第2のゲート絶縁膜7の上にも接して設けられる。第1の配向膜22の上には液晶層23が設けられる。液晶層23の上には

50

第2の配向膜24が設けられる。液晶層23は第1の配向膜22及び第2の配向膜24に挟持される。第2の配向膜24の上には対向電極となる電極25が設けられ、電極25の上には対向基板となる基板26が設けられる。第1の配向膜22及び第2の配向膜24を設けなくても液晶層23が配向されるのであれば、第1の配向膜22及び第2の配向膜24を設けなくてもよい。セルギャップを維持するためにスペーサを設けてもよい。

【0124】

液晶表示に用いるモードはTN(Twisted Nematic)モード、IPS(In-Plane-Switching)モード、FFS(Fringe Field Switching)モード、MVA(Multi-domain Vertical Alignment)モード、PVA(Patterned Vertical Alignment)モード、ASM(Axially Symmetric aligned Micro-cell)モード、OCB(Optical Compensated Birefringence)モード、FLC(Ferroelectric Liquid Crystal)モード、AFLC(Anti Ferroelectric Liquid Crystal)モードなどを用いることができる。その他ブルー相モードを用いてもよい。

10

【0125】

第1の配向膜22、第2の配向膜24、電極25、基板26は公知の材料を用いる。

【0126】

第1の配向膜22、液晶層23、第2の配向膜24、電極25は公知の方法で作製する。

20

【0127】

上述のようにパッシベーション膜となる絶縁膜21を形成してもよい(図14(B))。絶縁膜21及び画素電極10の上に接して第1の配向膜22が設けられる。

【0128】

<EL>

図15(A)は表示媒体がELの場合を示す。画素電極10の上にEL層31が設けられる。EL層31の上には対向電極として電極32が設けられる。EL層31及び電極32は第2のゲート電極8及び第2のゲート絶縁膜7の上には設けなくてよい。第2のゲート電極8、第2のゲート絶縁膜7及び電極32の上には封止材33が接して設けられる。封止材33の上には封止基板として基板34が設けられる。

30

【0129】

EL層は有機EL層又は無機EL層に分類される。無機EL層の場合はさらに分散型無機ELと薄膜型無機ELに分類される。

【0130】

有機EL層の場合、EL層31は例えば正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層等からなる。発光層にはホスト材料にドーパント材料が添加される。ドーパント材料にはリン光発光材料又は蛍光発光材料が用いられる。

【0131】

分散型無機ELの場合、EL層31は発光材料の粒子をバインダ中に分散させた発光層を有する。薄膜型無機ELの場合、EL層31は発光層を誘電体層で挟み込む構成となる。

40

【0132】

封止材33としては窒素やアルゴンなどの不活性な気体の他に、紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂を用いることができ、PVC(ポリビニルクロライド)、アクリル、ポリイミド、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、PVB(ポリビニルブチラル)またはEVA(エチレンビニルアセテート)を用いることができる。

【0133】

EL層31、電極32、封止材33、基板34は公知の材料が用いられる。またEL層31、電極32、封止材33は公知の方法で作製される。

【0134】

上述のようにパッシベーション膜となる絶縁膜21を形成してもよい(図15(B))。

50

絶縁膜 2 1 及び電極 3 2 の上に接して封止材 3 3 が設けられる。

【 0 1 3 5 】

< 電子ペーパー >

図 1 6 (A) は表示媒体が電子ペーパーの場合を示す。図 1 6 (A) では、ツイストボール表示方式を用いている。ツイストボール表示方式とは、白と黒に塗り分けられた球形粒子を表示素子に用い、画素電極 1 0 及び電極 4 4 の間に配置し、画素電極 1 0 及び電極 4 4 に電位差を生じさせての球形粒子の向きを制御することにより、表示を行う方法である。

【 0 1 3 6 】

画素電極 1 0、第 2 のゲート電極 8 及び第 2 のゲート絶縁膜 7 の上に樹脂等の充填材 4 3 が接して設けられる。充填材 4 3 中には、キャビティ 4 2 を含む球形粒子が設けられる。キャビティ 4 2 は黒色領域 4 1 及び白色領域 4 0 を有する。充填材 4 3 の上には対向電極となる電極 4 4 が設けられる。電極 4 4 の上には対向基板となる基板 4 5 が設けられる。

10

【 0 1 3 7 】

ツイストボール表示方式の代わりに、電気泳動表示方式を用いることも可能である (図 2 2 (A))。画素電極 1 0、第 2 のゲート電極 8 及び第 2 のゲート絶縁膜 7 の上に電子インク層 5 1 が接して設けられる。電子インク層 5 1 の中には、正に帯電した白い微粒子と負に帯電した黒い微粒子とを封入した直径 1 0 μm ~ 2 0 0 μm 程度のマイクロカプセル 5 2 が設けられる。電子インク層 5 1 の上には対向電極となる電極 5 3 が設けられ、電極 5 3 の上には対向基板となる基板 5 4 が設けられる。

20

【 0 1 3 8 】

充填材 4 3、キャビティ 4 2、電極 4 4、基板 4 5、電子インク層 5 1、マイクロカプセル 5 2、電極 5 3、基板 5 4 は公知の材料を用いる。また充填材 4 3、キャビティ 4 2、電極 4 4、電子インク層 5 1、マイクロカプセル 5 2、電極 5 3 は公知の方法で作製する。

【 0 1 3 9 】

上述のようにパッシベーション膜となる絶縁膜 2 1 を形成してもよい (図 1 6 (B)、図 2 2 (B))。絶縁膜 2 1 及び画素電極 1 0 の上に接して充填材 4 3 又は電子インク層 5 1 が設けられる。

【 0 1 4 0 】

表示装置は、さまざまな電子機器 (遊技機も含む) に適用することができる。電子機器としては、例えば、テレビジョン装置 (テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう)、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機 (携帯電話、携帯電話装置ともいう)、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。

30

【 0 1 4 1 】

図 2 3 (A) は、携帯電話機の一例を示している。携帯電話機 1 1 0 0 は、筐体 1 1 0 1 に組み込まれた表示部 1 1 0 2 の他、操作ボタン 1 1 0 3、外部接続ポート 1 1 0 4、スピーカ 1 1 0 5、マイク 1 1 0 6 などを備えている。そして表示部 1 1 0 2 には上記表示装置が設けられる。

40

【 0 1 4 2 】

図 2 3 (B) は携帯型情報端末の一例である。携帯型情報端末は、筐体 2 8 0 0 及び筐体 2 8 0 1 の二つの筐体で構成されている。筐体 2 8 0 0 には、表示パネル 2 8 0 2、スピーカ 2 8 0 3、マイクロフォン 2 8 0 4、ポインティングデバイス 2 8 0 6、カメラ用レンズ 2 8 0 7、外部接続端子 2 8 0 8 などを備え、筐体 2 8 0 1 には、キーボード 2 8 1 0、外部メモリスロット 2 8 1 1 などを備えている。また、アンテナは筐体 2 8 0 1 内部に内蔵されている。そして表示パネル 2 8 0 2 には上記表示装置が設けられる。

【 0 1 4 3 】

図 2 4 (A) は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置 9 6 0 0 は、筐体 9 6 0 1 に表示部 9 6 0 3 が組み込まれている。表示部 9 6 0 3 により、映像を表示

50

することが可能である。また、ここでは、スタンド 9 6 0 5 により筐体 9 6 0 1 を支持した構成を示している。

【 0 1 4 4 】

テレビジョン装置 9 6 0 0 の操作は、筐体 9 6 0 1 が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機 9 6 1 0 により行うことができる。リモコン操作機 9 6 1 0 が備える操作キー 9 6 0 9 により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部 9 6 0 3 に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機 9 6 1 0 に、当該リモコン操作機 9 6 1 0 から出力する情報を表示する表示部 9 6 0 7 を設ける構成としてもよい。そして表示部 9 6 0 3 及び表示部 9 6 0 7 には上記表示装置が設けられる。

【 0 1 4 5 】

図 2 4 (B) は、デジタルフォトフレームの一例を示している。例えば、デジタルフォトフレーム 9 7 0 0 は、筐体 9 7 0 1 に表示部 9 7 0 3 が組み込まれている。表示部 9 7 0 3 は、各種画像を表示することが可能であり、例えばデジタルカメラなどで撮影した画像データを表示させることで、通常の写真立てと同様に機能させることができる。そして表示部 9 7 0 3 には上記表示装置が設けられる。

【 0 1 4 6 】

図 2 5 は携帯型遊技機であり、筐体 9 8 8 1 と筐体 9 8 9 1 の 2 つの筐体で構成されており、連結部 9 8 9 3 により、開閉可能に連結されている。筐体 9 8 8 1 には表示部 9 8 8 2 が組み込まれ、筐体 9 8 9 1 には表示部 9 8 8 3 が組み込まれている。そして表示部 9 8 8 3 には上記表示装置が設けられる。

【 0 1 4 7 】

図 2 6 は、電子書籍の一例を示している。例えば、電子書籍 2 7 0 0 は、筐体 2 7 0 1 および筐体 2 7 0 3 の 2 つの筐体で構成されている。筐体 2 7 0 1 および筐体 2 7 0 3 は、軸部 2 7 1 1 により一体とされており、該軸部 2 7 1 1 を軸として開閉動作を行うことができる。このような構成により、紙の書籍のような動作を行うことが可能となる。

【 0 1 4 8 】

筐体 2 7 0 1 には表示部 2 7 0 5 が組み込まれ、筐体 2 7 0 3 には表示部 2 7 0 7 が組み込まれている。表示部 2 7 0 5 および表示部 2 7 0 7 は、続き画面を表示する構成としてもよいし、異なる画面を表示する構成としてもよい。異なる画面を表示する構成とすることで、例えば右側の表示部 (図 2 6 では表示部 2 7 0 5) に文章を表示し、左側の表示部 (図 2 6 では表示部 2 7 0 7) に画像を表示することができる。

【 0 1 4 9 】

また、図 2 6 では、筐体 2 7 0 1 に操作部などを備えた例を示している。例えば、筐体 2 7 0 1 において、電源 2 7 2 1、操作キー 2 7 2 3、スピーカ 2 7 2 5などを備えている。操作キー 2 7 2 3 により、頁を送ることができる。なお、筐体の表示部と同一面にキーボードやポインティングデバイスなどを備える構成としてもよい。また、筐体の裏面や側面に、外部接続用端子 (イヤホン端子、USB 端子、または AC アダプタおよび USB ケーブルなどの各種ケーブルと接続可能な端子など)、記録媒体挿入部などを備える構成としてもよい。さらに、電子書籍 2 7 0 0 は、電子辞書としての機能を持たせた構成としてもよい。

【 0 1 5 0 】

表示部 2 7 0 5 及び表示部 2 7 0 7 には上記表示装置が設けられる。

【 実施例 1 】

【 0 1 5 1 】

本実施例では、酸化物半導体膜のキャリア密度の求め方について、図 1 7 及び図 1 8 を用いて説明する。

【 0 1 5 2 】

はじめに、CV (C a p a c i t a n c e - V o l t a g e) 測定に用いた試料の構造について、図 1 7 を用いて説明する。

【 0 1 5 3 】

10

20

30

40

50

ガラス基板 501 上に厚さ 300 nm のチタン膜 503 をスパッタリング法により形成し、その上に厚さ 100 nm の窒化チタン膜 505 をスパッタリング法により形成した。

【0154】

窒化チタン膜 505 上に水素原子を低減した酸化物半導体膜 507 として、厚さ 2000 nm の In - Ga - Zn - O 膜をスパッタリング法により形成した。このときの堆積条件は、スパッタガスとして流量 30 sccm の Ar、流量 15 sccm の酸素を用い、ターゲット及び基板間隔を 60 mm とし、直流 (DC) 電源 0.5 kW、堆積雰囲気温度を室温とした。

【0155】

次に、CVD 法により厚さ 300 nm の酸化窒化シリコン膜 509 を形成し、その上に厚さ 300 nm の銀膜 511 を形成した。

10

【0156】

次に、当該試料を 300 K において CV 測定した結果を図 18 (A) に示し、図 18 (A) に示す測定結果から電圧に対する C^{-2} の曲線を図 18 (B) に示す。ここで、試料の弱反転状態での C^{-2} の曲線の傾きを数式 2 に代入することで、キャリア密度を求めることができる。なお、図 18 (B) において C^{-2} の曲線を実線で示し、弱反転状態での C^{-2} の傾きを破線で示す。傾きは $-1.96 \times 10^{18} \text{ F}^{-2} \text{ V}^{-1}$ であった。

【0157】

【数 2】

$$N_d = - \left(\frac{2}{e \epsilon_0 \epsilon} \right) \left/ \frac{d(1/C)^2}{dV} \right.$$

20

【0158】

なお、 e は電子一つあたりの電荷量、 ϵ は比誘電率、 ϵ_0 は真空の誘電率、 N_d はキャリア密度である。

【0159】

数式 2 から、本実施例の酸化物半導体のキャリア密度は、 $6 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ であった。このことから、本実施例に示す酸化物半導体のキャリア密度が極めて低いことがわかる。

【実施例 2】

30

【0160】

本実施例では、加熱処理により水素原子を低減した酸化物半導体膜について、TEM 分析法を用いて解析した結果を説明する。

【0161】

はじめに試料の作製方法を説明する。

【0162】

基板 601 上にスパッタリング法により酸化物半導体膜を成膜した。

【0163】

ここでは、基板 601 として、Eagle XG 基板 (コーニング社製) を用いた。酸化物半導体膜は、 $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{Ga}_2\text{O}_3 : \text{ZnO} = 1 : 1 : 1$ の酸化物半導体ターゲットを使用して、In - Ga - Zn - O 膜 603 を堆積した。当該試料を比較例である試料 B とする。試料 B は水素原子が低減されていない。

40

【0164】

次に、In - Ga - Zn - O 膜 603 に対して、電気炉を用い窒素ガス雰囲気中で 650、1 時間の加熱処理を行って水素原子を低減させた。加熱処理を行った In - Ga - Zn - O 膜を酸化物半導体膜 605 とする。当該試料を試料 A とする。

【0165】

それぞれの試料の断面を高分解能透過電子顕微鏡 (日立製作所製「H9000 - NAR」 : TEM) で加速電圧を 300 kV とし、結晶状態の観察を行った。図 19 に試料 A の断面写真を示し、図 20 に試料 B の断面写真を示す。なお、図 19 (A)、図 20 (A) は

50

低倍写真（２００万倍）、図１９（Ｂ）、図２０（Ｂ）は高倍写真（４００万倍）である。

【０１６６】

図１９に示す６５０で１時間、電気炉での加熱処理を行った試料Ａは、その断面において、表層部に連続した格子像が観察された。特に図１９（Ｂ）の高倍写真では、白枠で囲んだ領域に明瞭な格子像が観察され、揃った結晶の存在が示唆されている。このことから、６５０で１時間、電気炉での加熱処理においてＩｎ－Ｇａ－Ｚｎ－Ｏ系非単結晶膜の表層部は結晶化し、結晶領域を有するようになることが明らかとなった。なお、表層部を除くその他の領域においては、連続した明瞭な格子像は観察されず、非晶質領域の所々に微結晶粒子が浮いている様子が確認された。微結晶の粒子サイズは２ｎｍ以上４ｎｍ以下であった。

10

【０１６７】

一方、図２０（試料Ｂ）の断面写真からは膜厚方向のどの領域においても明瞭な格子像は観察されず、非晶質であることが確認された。

【０１６８】

次に、６５０で１時間、電気炉での加熱処理を行った試料Ａの表層部の拡大写真を図２１（Ａ）に示し、結晶領域の電子線回折パターンを図２１（Ｂ）に示す。表層部の拡大写真である図２１（Ａ）には、格子像が並ぶ方向を示した１～５の矢印が示してあり、膜の表面に垂直に針状の結晶が成長していることがわかる。図２１（Ｂ）、（Ｃ）、（Ｄ）、（Ｅ）、（Ｆ）に示す電子線回折パターンはそれぞれ、矢印番号の１、２、３、４、５の位置で観測されたもので、Ｃ軸方向の配向が確認されている。

20

【０１６９】

以上の解析結果により、６５０で１時間、電気炉での加熱処理を行った試料は、その表層部に結晶領域が存在することが確認できた。

【符号の説明】

【０１７０】

- １ 基板
- ２ 絶縁膜
- ３ 第１のゲート電極
- ４ 第１のゲート絶縁膜
- ５ 酸化物半導体膜
- ６Ａ 電極（ソース電極及びドレイン電極の一方）
- ６Ｂ 電極（ソース電極及びドレイン電極の他方）
- ７ 第２のゲート絶縁膜
- ８ 第２のゲート電極
- ９ 有機樹脂膜
- １０ 画素電極
- １５ トランジスタ
- ２０ 画素
- ２１ 絶縁膜
- ２２ 第１の配向膜
- ２３ 液晶層
- ２４ 第２の配向膜
- ２５ 電極
- ２６ 基板
- ３１ ＥＬ層
- ３２ 電極
- ３３ 封止材
- ３４ 基板
- ４０ 白色領域

30

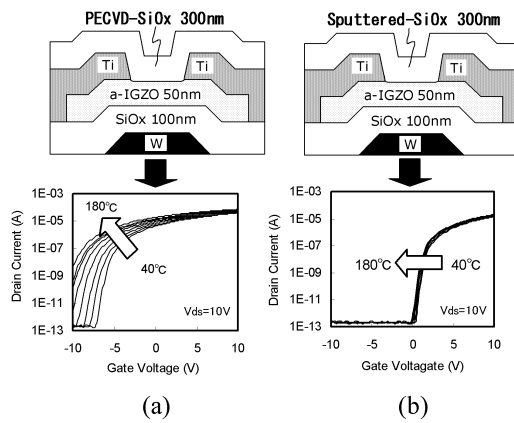
40

50

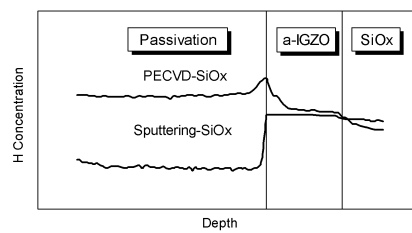
4 1	黒色領域	
4 2	キャピティ	
4 3	充填材	
4 4	電極	
4 5	基板	
5 1	電子インク層	
5 2	マイクロカプセル	
5 3	電極	
5 4	基板	
5 0 1	ガラス基板	10
5 0 3	チタン膜	
5 0 5	窒化チタン膜	
5 0 7	酸化物半導体膜	
5 0 9	酸化窒化シリコン膜	
5 1 1	銀膜	
6 0 1	基板	
6 0 3	I n - G a - Z n - O 膜	
6 0 5	酸化物半導体膜	
1 1 0 0	携帯電話機	
1 1 0 1	筐体	20
1 1 0 2	表示部	
1 1 0 3	操作ボタン	
1 1 0 4	外部接続ポート	
1 1 0 5	スピーカ	
1 1 0 6	マイク	
2 7 0 0	電子書籍	
2 7 0 1	筐体	
2 7 0 3	筐体	
2 7 0 5	表示部	
2 7 0 7	表示部	30
2 7 1 1	軸部	
2 7 2 1	電源	
2 7 2 3	操作キー	
2 7 2 5	スピーカ	
2 8 0 0	筐体	
2 8 0 1	筐体	
2 8 0 2	表示パネル	
2 8 0 3	スピーカ	
2 8 0 4	マイクロフォン	
2 8 0 6	ポインティングデバイス	40
2 8 0 7	カメラ用レンズ	
2 8 0 8	外部接続端子	
2 8 1 0	キーボード	
2 8 1 1	外部メモリスロット	
9 6 0 0	テレビジョン装置	
9 6 0 1	筐体	
9 6 0 3	表示部	
9 6 0 5	スタンド	
9 6 0 7	表示部	
9 6 0 9	操作キー	50

9 6 1 0	リモコン操作機
9 7 0 0	デジタルフォトフレーム
9 7 0 1	筐体
9 7 0 3	表示部
9 8 8 1	筐体
9 8 9 1	筐体
9 8 9 3	連結部
9 8 8 2	表示部
9 8 8 3	表示部

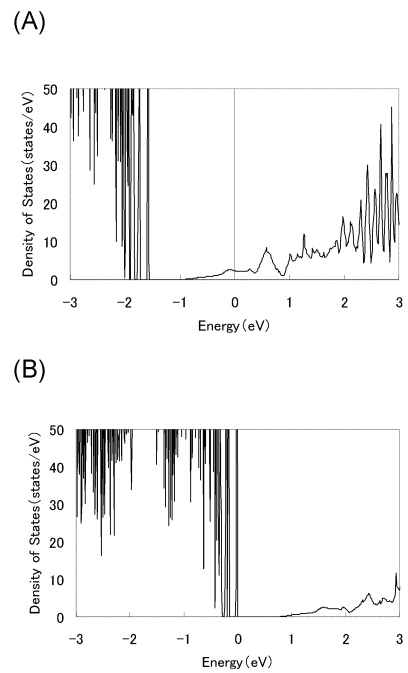
【図1】



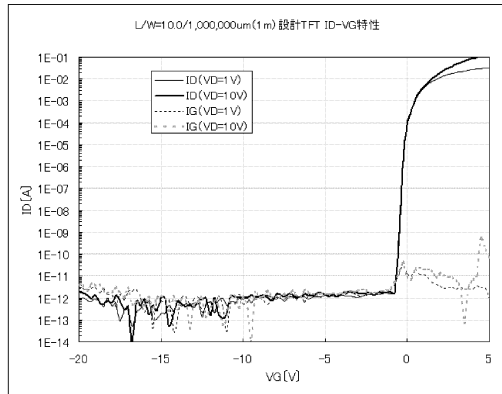
【図2】



【図3】

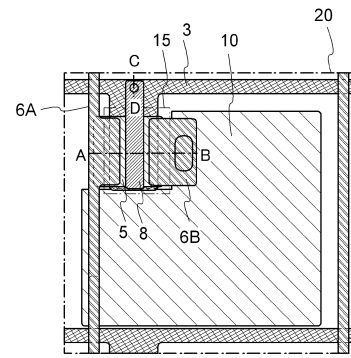


【図4】

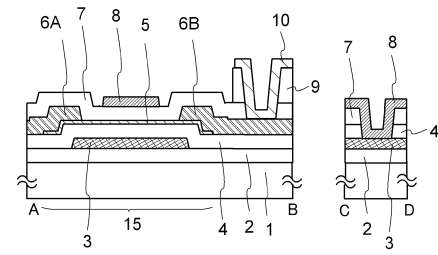


【図5】

(A)

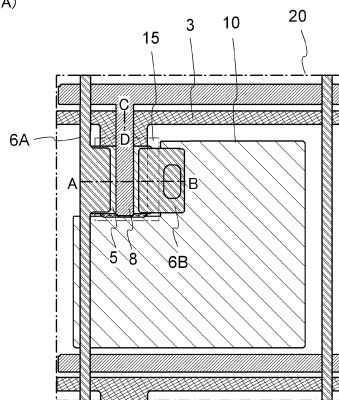


(B)

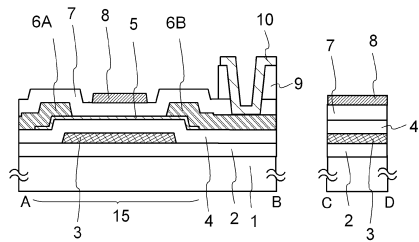


【図6】

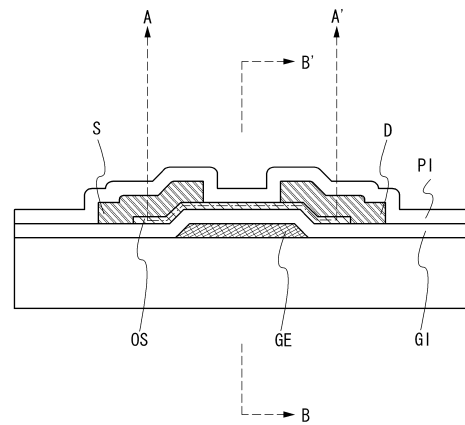
(A)



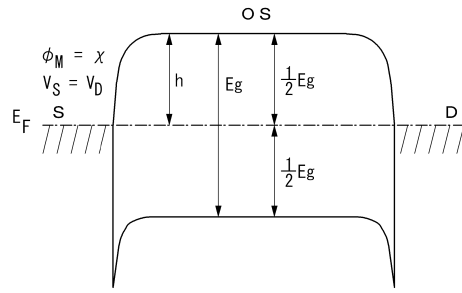
(B)



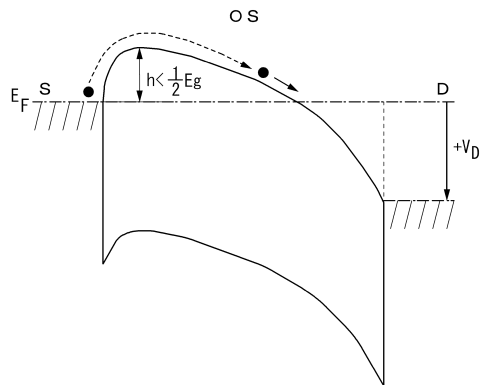
【図7】



【図 8】

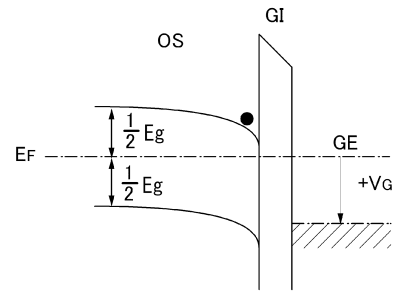
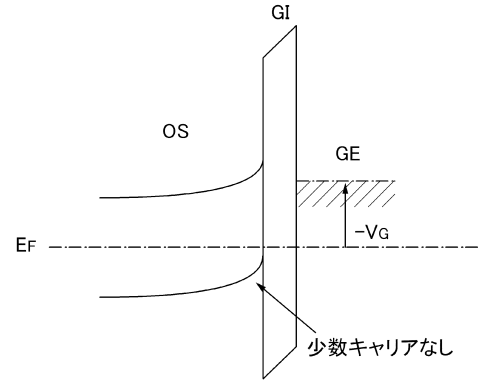


(A) A-A' 断面エネルギーバンド図

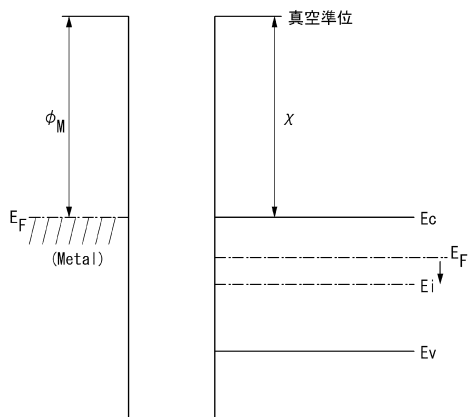


(B) 電圧印加時のエネルギーバンド図

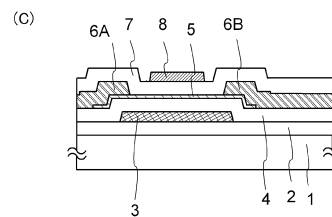
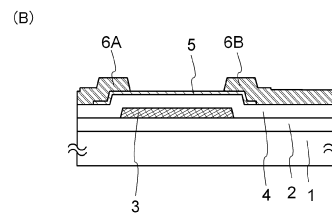
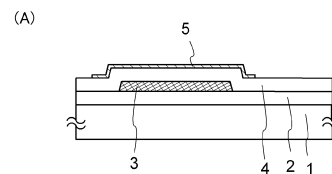
【図 9】

(A) B-B' 断面エネルギーバンド図 (+V_G)(B) B-B' 断面エネルギーバンド図 (-V_G)

【図 10】

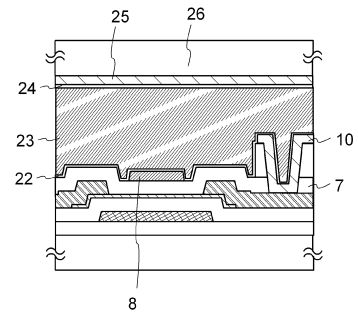


【図 11】

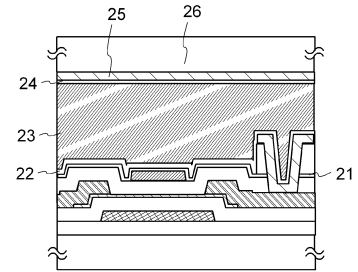


【 図 1 4 】

(A)

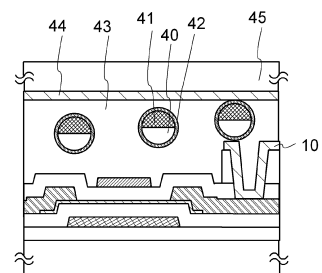


(B)

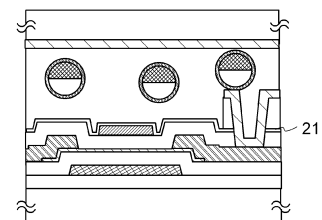


【 図 1 6 】

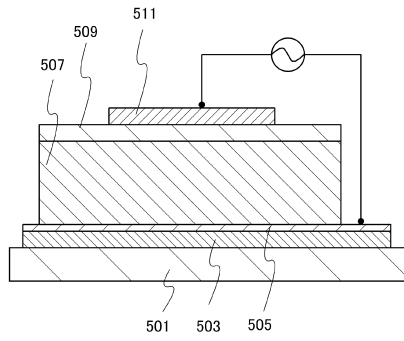
(A)



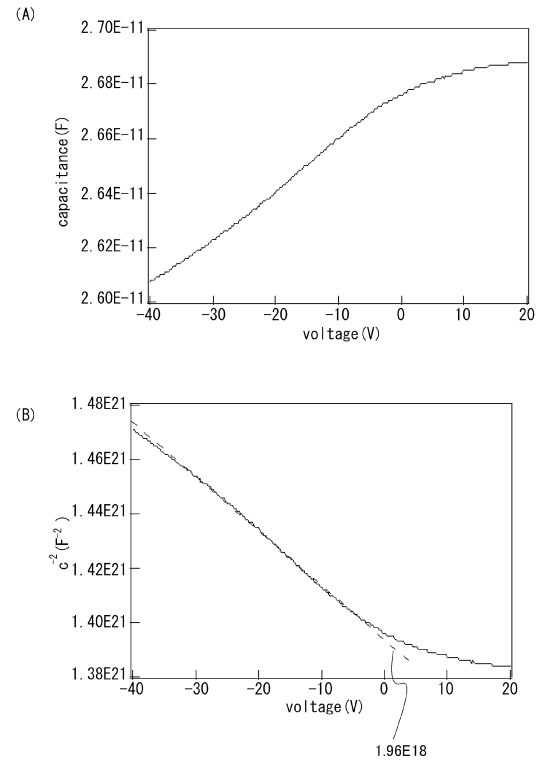
(B)



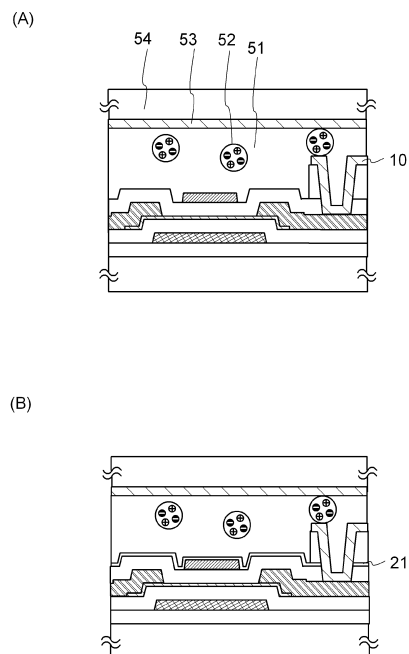
【図 17】



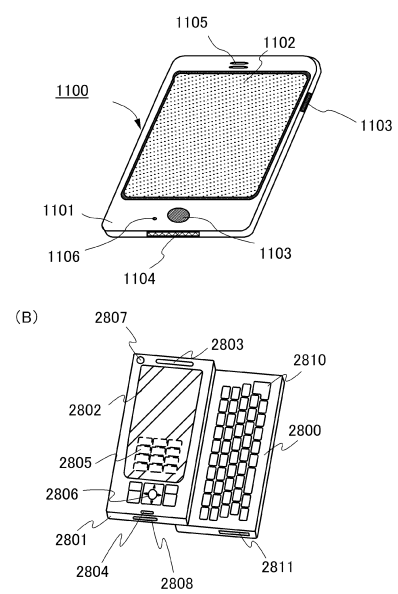
【図 18】



【図 22】

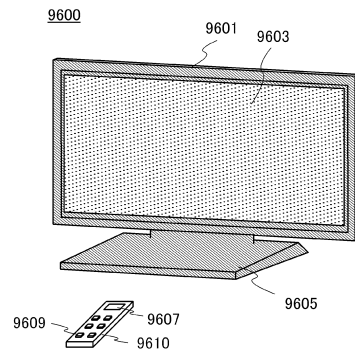


【図 23】

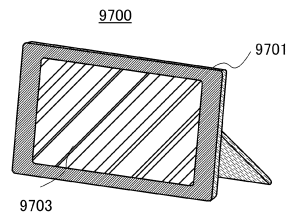


【図 24】

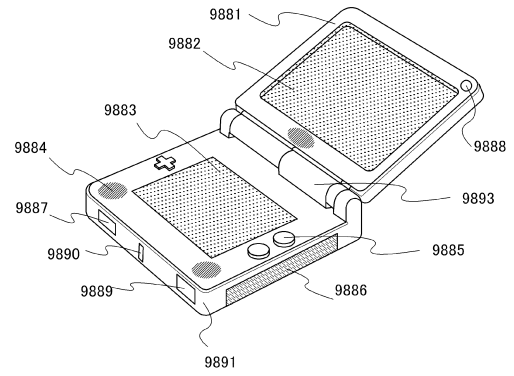
(A)



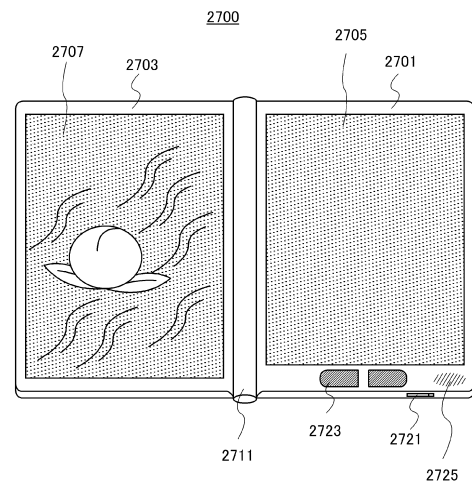
(B)



【図 25】

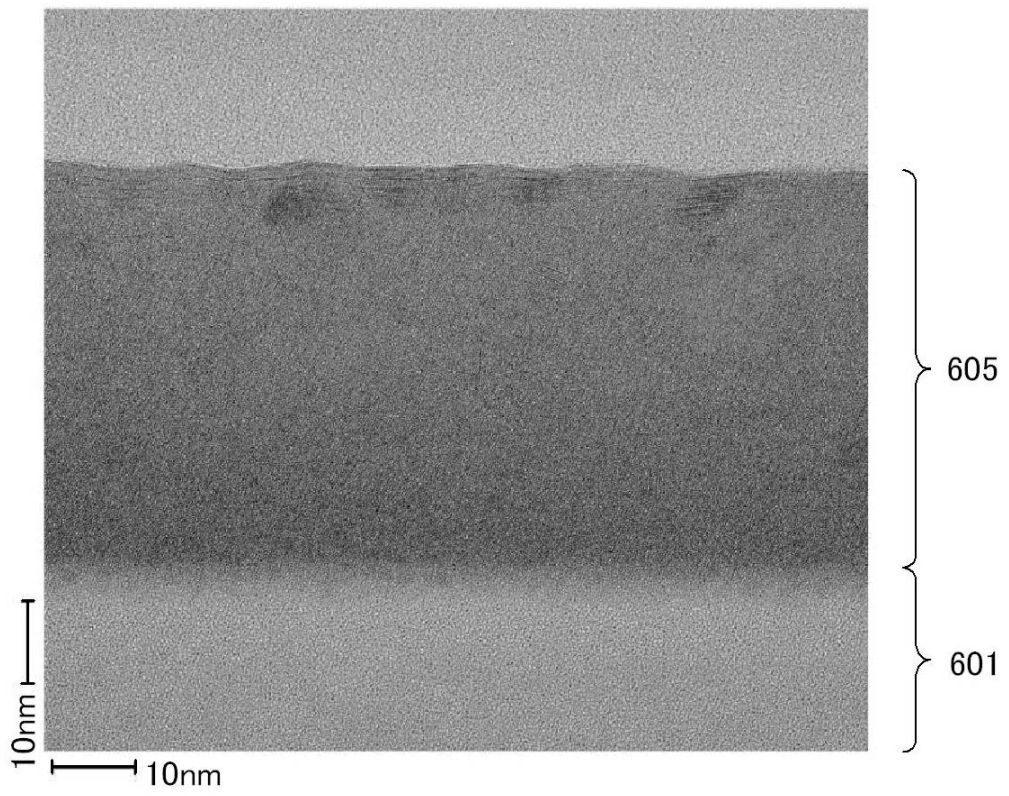


【図 26】

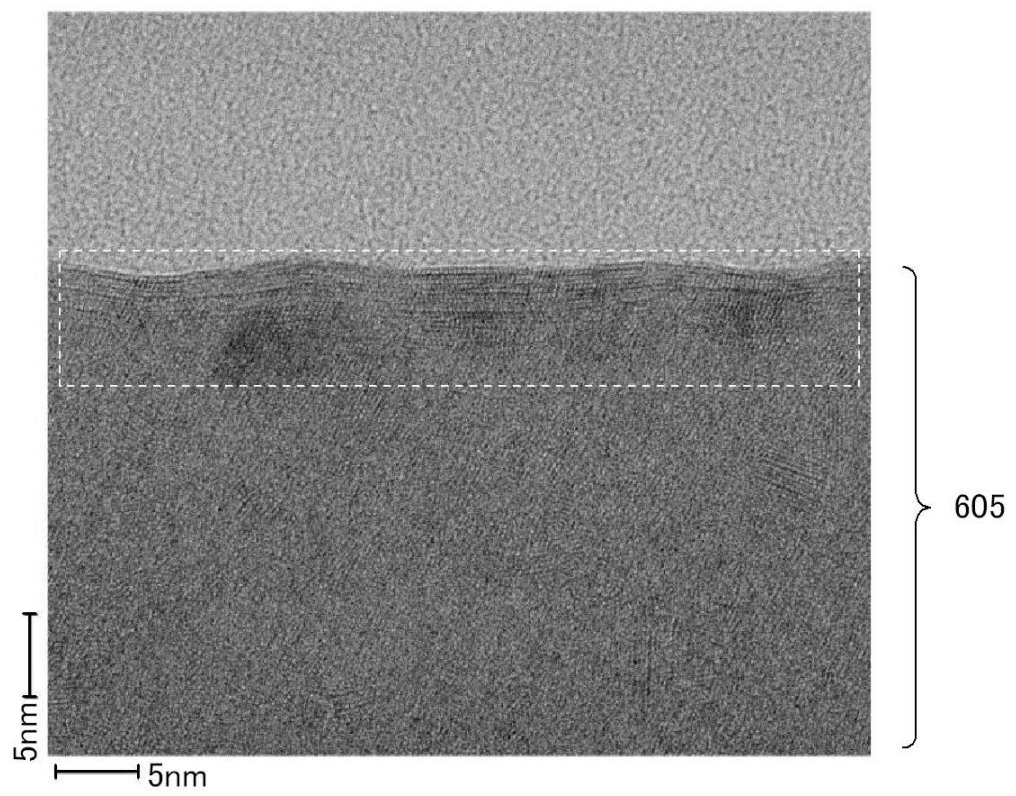


【図 19】

(A)

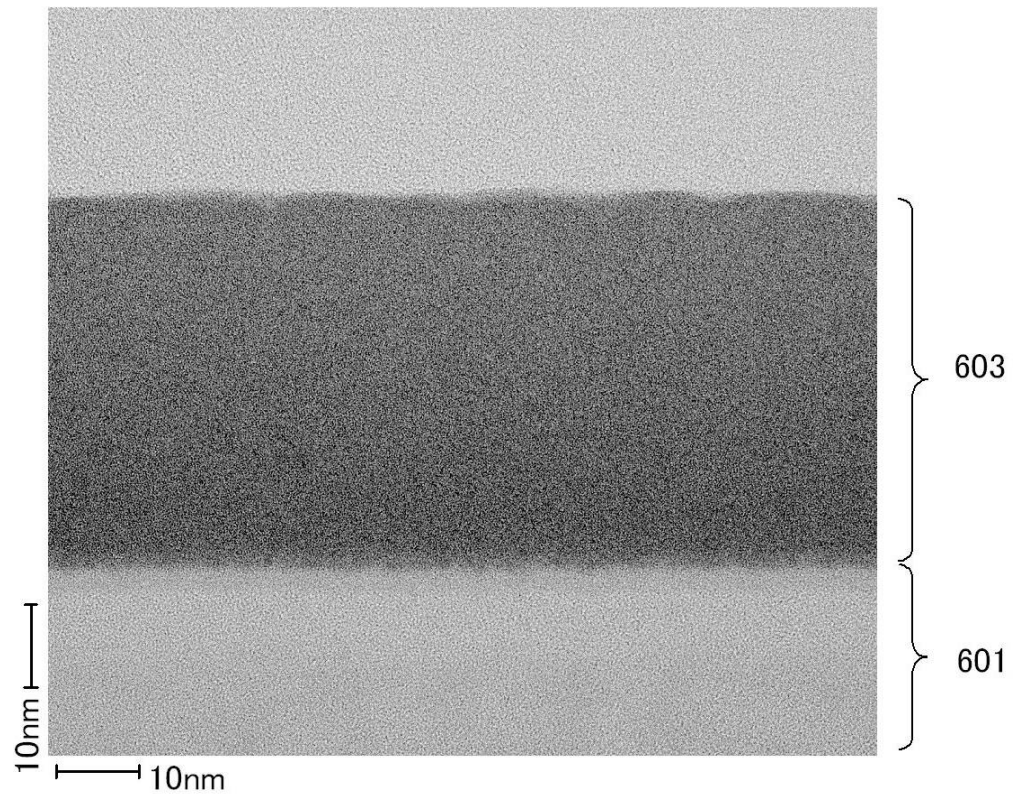


(B)

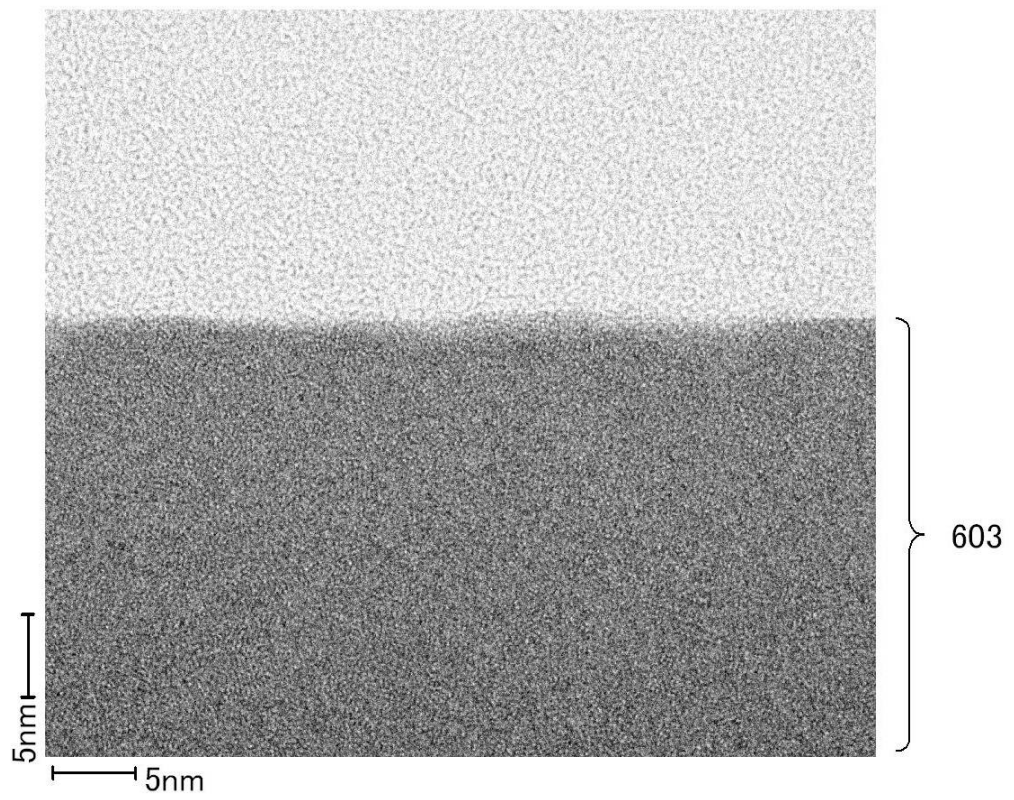


【図 20】

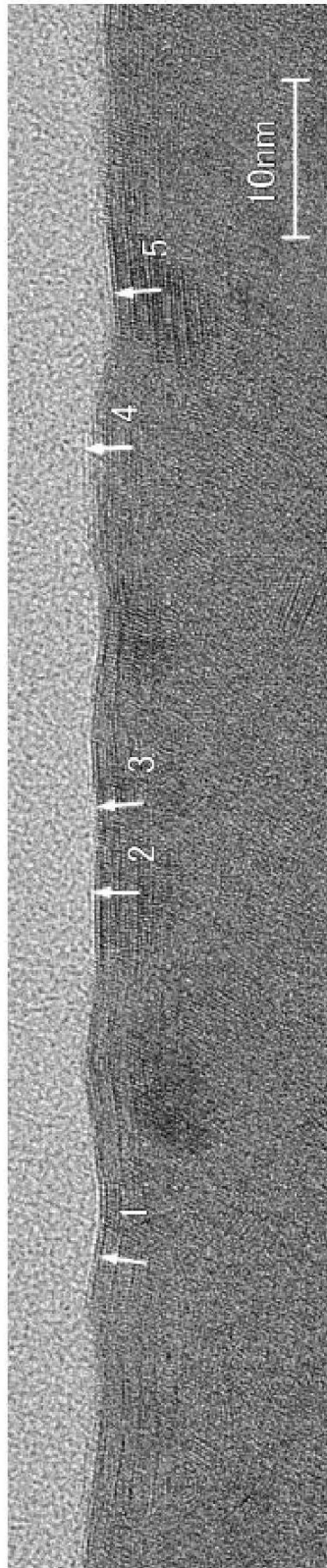
(A)



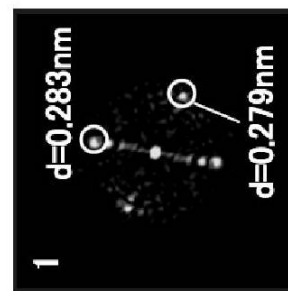
(B)



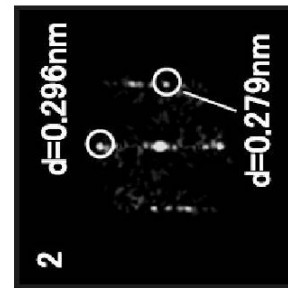
(A)



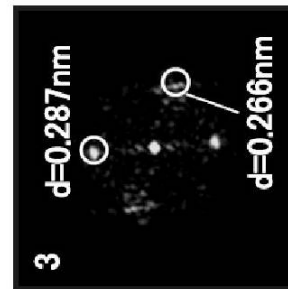
(B)



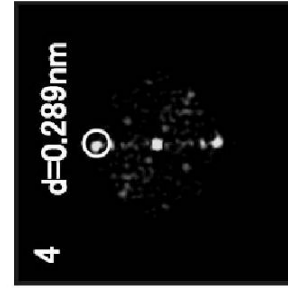
(C)



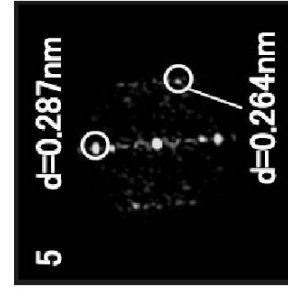
(D)



(E)



(F)



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>H 0 1 L</i>	<i>51/50</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 2 F</i>	<i>1/167</i>	
<i>H 0 5 B</i>	<i>33/08</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 9 F</i>	<i>9/30</i>	<i>3 3 8</i>
<i>H 0 5 B</i>	<i>33/04</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 5 B</i>	<i>33/14</i>	<i>A</i>
			<i>H 0 5 B</i>	<i>33/08</i>	
			<i>H 0 5 B</i>	<i>33/04</i>	

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

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