

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5764385号
(P5764385)

(45) 発行日 平成27年8月19日(2015.8.19)

(24) 登録日 平成27年6月19日(2015.6.19)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 A
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 B
HO 1 L 21/477 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 F
HO 1 L 51/50 (2006.01)	HO 1 L 21/477
HO 5 B 33/14 (2006.01)	HO 5 B 33/14 A

請求項の数 7 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2011-112170 (P2011-112170)
(22) 出願日	平成23年5月19日(2011.5.19)
(65) 公開番号	特開2012-9844 (P2012-9844A)
(43) 公開日	平成24年1月12日(2012.1.12)
審査請求日	平成26年3月10日(2014.3.10)
(31) 優先権主張番号	特願2010-117332 (P2010-117332)
(32) 優先日	平成22年5月21日(2010.5.21)
(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398番地
(72) 発明者	山崎 舜平 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内
(72) 発明者	渡邊 了介 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内
(72) 発明者	平石 鈴之介 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内
(72) 発明者	坂田 淳一郎 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸化物半導体層を形成し、
前記酸化物半導体層を不活性ガス、乾燥空気または酸素雰囲気中で昇温し、
前記酸化物半導体層に酸素雰囲気で熱処理を行い、
前記酸化物半導体層に減圧状態で熱処理を行い、
前記酸化物半導体層に酸素雰囲気で徐冷を行うことを特徴とする半導体装置の作製方法

。

【請求項 2】

酸化物半導体層を形成し、
前記酸化物半導体層を不活性ガス、乾燥空気または酸素雰囲気中で昇温し、
前記酸化物半導体層に減圧状態で熱処理を行い、
前記酸化物半導体層に酸素雰囲気で熱処理を行った後、同じ雰囲気で徐冷を行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、
前記昇温時、前記熱処理時、及び前記徐冷時に用いる雰囲気ガスの露点は、-50℃以下であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項において、

10

20

前記熱処理の温度は、250以上650以下であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】

請求項1乃至請求項4のいずれか一項において、

前記昇温時、及び前記熱処理時に波長350nm以上450nm以下の光を前記酸化物半導体層に照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項6】

請求項1乃至請求項5のいずれか一項において、

前記減圧状態での熱処理と前記酸素雰囲気での熱処理を複数回繰り返して行うこと特徴とする半導体装置の作製方法。 10

【請求項7】

請求項1乃至請求項6のいずれか一項において、

前記徐冷後の前記酸化物半導体層に対して、酸素ドープ処理を行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

酸化物半導体を用いた半導体装置の作製方法に関する。

【0002】

なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、電気光学装置、半導体回路及び電子機器は全て半導体装置である。 20

【背景技術】

【0003】

絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜を用いてトランジスタを構成する技術が注目されている。該トランジスタは集積回路（IC）や画像表示装置（表示装置）の様な電子デバイスに広く応用されている。トランジスタに用いることが可能な半導体薄膜としてはシリコン系半導体材料が広く知られているが、その他の材料として酸化物半導体が注目されている。

【0004】

例えば、トランジスタの活性層として、電子キャリア濃度が $10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であるインジウム（In）、ガリウム（Ga）、及び亜鉛（Zn）を含む非晶質酸化物を用いたトランジスタが開示されている（特許文献1参照）。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-165528号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

酸化物半導体は、その形成過程における不純物の混入などによって、その電気特性が著しく変化する場合がある。特に水素や水分などが混入すると、酸化物半導体を用いたトランジスタでは、光照射やバイアス・熱ストレス（BT）試験で不安定な特性を示す様になる。つまり、酸化物半導体への不純物の混入は、デバイスの信頼性を低下させる要因となってしまう。

【0007】

この様な問題を鑑み、本発明の一態様では、酸化物半導体を用いた半導体装置に安定した電気的特性を付与し、高信頼性化することを目的の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本明細書で開示する本発明の一態様は、酸化物半導体の脱水化または脱水素化処理として 40

10

20

30

40

50

酸素を含む雰囲気での加熱処理と、真空中での加熱処理を段階的に行うものである。また、加熱処理と同時に短波長の光照射を行い、水素やOH等の脱離を助長させるものである。

【0009】

本明細書で開示する本発明の一態様は、ゲート電極層を形成し、ゲート電極層上にゲート絶縁層を形成し、ゲート絶縁層上にゲート電極層と重なる様に酸化物半導体層を形成し、酸化物半導体層を不活性ガス、乾燥空気または酸素雰囲気中で昇温し、酸素雰囲気で熱処理を行い、減圧状態で熱処理を行い、酸素雰囲気で徐冷を行い、酸化物半導体層と電気的に接続するソース電極層及びドレイン電極層を形成し、酸化物半導体層、ソース電極層及びドレイン電極層上に絶縁層を形成する工程を上記順序で行うことを特徴とする半導体装置の作製方法である。10

【0010】

本明細書で開示する本発明の他の一態様は、ゲート電極層を形成し、ゲート電極層上にゲート絶縁層を形成し、ゲート絶縁層上にゲート電極層と重なる様に酸化物半導体層を形成し、酸化物半導体層を不活性ガス、乾燥空気または酸素雰囲気中で昇温し、減圧状態で熱処理を行い、酸素雰囲気で熱処理を行った後、同じ雰囲気で徐冷を行い、酸化物半導体層と電気的に接続するソース電極層及びドレイン電極層を形成し、酸化物半導体層、ソース電極層及びドレイン電極層上に絶縁層を形成する工程を上記順序で行うことを特徴とする半導体装置の作製方法である。20

【0011】

上記の作製方法において、昇温時、熱処理時、及び徐冷時に用いる雰囲気ガスの露点は、-50以下、好ましくは-70以下、更に好ましくは-80以下とする。露点の低い雰囲気ガスを用いることで水分等の不純物の酸化物半導体への混入を極力防止することができる。20

【0012】

また、上記の熱処理の温度は、250以上650以下、好ましくは350以上500以下、更に好ましくは390以上460以下とする。

【0013】

また、波長350nm以上450nm以下の光を酸化物半導体層に照射しながら上記の熱処理を行っても良い。上記波長の光を照射することで、該酸化物半導体層中の金属成分と水素原子または水酸基との結合が切れやすくなり、脱水化または脱水素化が容易となる。30

【0014】

また、上記の減圧状態での熱処理と、乾燥した酸素を含む雰囲気での熱処理を複数回繰り返しても良い。熱処理を繰り返して行うことで、残留する水素や水分を少なくすることができる。

【0015】

また、上記徐冷後の酸化物半導体層に対して、酸素ドープ処理を行っても良い。酸素ドープ処理を行うことで、酸化物半導体層中の酸素欠損の補填や酸化物半導体層を過酸素化状態とすることができます。

【発明の効果】

【0016】

本発明の一態様による熱処理によって酸化物半導体層の脱水化または脱水素化処理を行うことで、該酸化物半導体層を用いたトランジスタは、光照射やバイアス-熱ストレス(BT)試験前後において、その電気特性の不安定性が改善される。従って、安定した電気特性を有するトランジスタや該トランジスタを有する半導体装置を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】半導体装置の一例を説明する図。

【図2】半導体装置の作製方法の一例を説明する図。

【図3】半導体装置の一例を説明する図。

10

20

30

40

50

- 【図4】熱処理装置の一例を説明する図。
 【図5】半導体装置の一例を説明する図。
 【図6】半導体装置の一例を説明する図。
 【図7】半導体装置の一例を説明する図。
 【図8】半導体装置の一例を説明する図。
 【図9】イメージセンサ機能を有する半導体装置の一例を説明する図。
 【図10】電子機器を示す図及び電子機器を説明するブロック図。
 【図11】電子機器を示す図。
 【図12】TDSの測定結果を示す図。

【発明を実施するための形態】

10

【0018】

以下では、本明細書に開示する発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。ただし、本明細書に開示する発明は以下の説明に限定されず、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。また、本明細書に開示する発明は以下に示す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、第1、第2として付される序数詞は便宜上用いるものであり、工程順または積層順を示すものではない。また、本明細書において発明を特定するための事項として固有の名称を示すものではない。

【0019】

(実施の形態1)

20

本実施の形態では、半導体装置及び半導体装置の作製方法の一形態を、図1乃至図3を用いて説明する。本実施の形態では、半導体装置の一例として酸化物半導体層を有するトランジスタを示す。

【0020】

図1に、半導体装置の一例として、ボトムゲート型のトランジスタの平面図及び断面図を示す。図1(A)は平面図であり、図1(B)及び図1(C)は、図1(A)におけるA-B断面及びC-D断面に係る断面図である。なお、図1(A)においては、ゲート絶縁層402を省略している。

【0021】

図1(A)、(B)、(C)に示すトランジスタ410は、絶縁表面を有する基板400上に、ゲート電極層401、ゲート絶縁層402、酸化物半導体層403、ソース電極層405a、及びドレイン電極層405bを有する。

30

【0022】

トランジスタ410上には、絶縁層が設けられていても良い。また、ソース電極層405aやドレイン電極層405bと配線を電気的に接続するために、ゲート絶縁層402などには開口が形成されていても良い。また、酸化物半導体層403の上方に第2のゲート電極層を有していても良い。なお、酸化物半導体層403は島状に加工されていることが望ましいが、島状に加工されていなくても良い。

【0023】

なお、従来の酸化物半導体を用いたトランジスタにおいては、酸化物半導体層の純度が低く、例えば酸化物半導体層中の水素や水分等が影響し、電気特性を不安定にさせることがあった。

40

【0024】

この様なトランジスタでは、ゲート電極にプラスの電圧を印加すると、酸化物半導体層中に存在するプラスの電荷を有する水素イオンがバックチャネル側（ゲート絶縁層と反対側）へ移動して、酸化物半導体層と絶縁層との界面のうち酸化物半導体層側へと蓄積する。蓄積した水素イオンから絶縁層中の電荷捕獲中心（水素原子、水、あるいは汚染物等）へプラスの電荷が移動することによって、酸化物半導体層のバックチャネル側にはマイナスの電荷が蓄積される。すなわち、トランジスタのバックチャネル側に寄生チャネルが発生して、しきい値電圧がマイナス側にシフトし、トランジスタがノーマリーオンの傾向を示

50

す。

【0025】

従って、トランジスタの電気的特性の変動を抑制するためには、絶縁層中にこれらの電荷捕獲中心となる不純物が存在しない、またはその含有量を極めて少なくすることが重要であるとも言える。そのため、絶縁膜の成膜には、成膜時に水素含有量が少ないスパッタ法を用いることが好ましい。スパッタ法により成膜された絶縁膜は、その膜中に電荷捕獲中心となる不純物が存在しない、または極めて少なく、CVD法等によって成膜した絶縁膜と比較してプラスの電荷の移動が起きにくい。よって、トランジスタのしきい値電圧のシフトを抑制し、トランジスタをノーマリーオフとすることができます。

【0026】

また、ゲート電極にマイナスの電圧を印加すると、酸化物半導体層中に存在する水素イオンがゲート絶縁層側へ移動して、酸化物半導体層とゲート絶縁層との界面のうち酸化物半導体層側へと蓄積する。また、これによりトランジスタのしきい値電圧はマイナス側へシフトする。

【0027】

なお、ゲート電圧を0として放置すると、電荷捕獲中心からプラスの電荷が解放され、トランジスタのしきい値電圧がプラス側へシフトして、初期状態に戻る。または、初期状態よりもプラス側へシフトする。この現象は、酸化物半導体層中に移動しやすいイオンが存在していることを示唆しており、最も小さい原子である水素が最も移動しやすいイオンとなると考察することができる。

【0028】

なお、ボトムゲート型のトランジスタにおいては、ゲート絶縁層上に酸化物半導体層を形成した後、熱処理を行うことで、酸化物半導体層に含まれる水または水素を除去すると同時に、ゲート絶縁層中に含まれる水または水素をも除去することができる。よって、ゲート絶縁層中には、電荷捕獲中心が少ない。この様に、酸化物半導体層を対象とした脱水化または脱水素化を目的とした熱処理は、ゲート絶縁層の電荷捕獲中心を減少させる効果もあるため、ボトムゲート型のトランジスタでは、CVD法を用いて形成されたゲート絶縁層を用いても良い。

【0029】

また、酸化物半導体層に一定以上の光エネルギーを持った光を照射すると酸化物半導体層中の金属元素(M)と水素原子(H)との結合(M-H結合とも表記する)を切ることができる。なお、波長が400nm前後の光エネルギーと金属元素及び水素原子の結合エネルギーが概略一致している。酸化物半導体層中の金属元素と水素原子との結合が切れたトランジスタに負のゲートバイアスを加えると、金属元素から脱離した水素イオンがゲート電極側に引き寄せられるため電荷の分布が変化し、トランジスタのしきい値電圧はマイナス側にシフトして、ノーマリーオンの傾向を示す。

【0030】

なお、トランジスタへの光照射とマイナスのゲートバイアスの印加によってゲート絶縁層界面に移動した水素イオンは、電圧の印加を停止すると元に戻る。これは、酸化物半導体層中のイオンの移動の代表的な例である。

【0031】

上記の様な、電圧印加による電気的特性の変動(BT劣化)または光照射による電気的特性の変動(光劣化)を低減するには、酸化物半導体層から水素原子または水などの水素原子を含む不純物を徹底的に排除し、酸化物半導体層を高純度化することが最も効果的である。

【0032】

酸化物半導体層中の電荷密度が 10^{15} cm^{-3} 、つまり、単位面積あたりの電荷が 10^{10} cm^{-2} の場合、その電荷はトランジスタ特性に影響しない、または影響するとしてもごく僅かである。よって、電荷密度は 10^{15} cm^{-3} 以下であることが好ましい。

【0033】

10

20

30

40

50

仮に、酸化物半導体層に含まれる水素のうち、10%の水素が酸化物半導体層中を移動する場合、水素の濃度は 10^{-16} cm^{-3} 以下であることが望ましい。さらに、デバイス完成後に水素が外部より侵入するのを防ぐために、スパッタ法によって成膜した窒化シリコン膜をパッシベーション膜として用い、トランジスタを覆うことが好ましい。

【0034】

この様な問題点を解決するため、本発明の一態様は、酸化物半導体層中の水素や水分に代表される不純物を徹底して低減させる方法に関するもの。

【0035】

図2(A)、(B)、(C)にトランジスタ410の作製方法の一例を示す。

【0036】

まず、絶縁表面を有する基板400上に導電膜を形成した後、第1のフォトリソグラフィ工程及びエッチング工程によりゲート電極層401を形成する。

【0037】

なお、フォトリソグラフィ工程に用いるレジストマスクはインクジェット法で形成してもよい。インクジェット法では、フォトマスクを使用しないため、製造コストを低減することができる。

【0038】

ここで、基板400には、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ものを用いることができる。例えば、バリウムホウケイ酸ガラスやアルミニノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板、セラミック基板、石英基板、サファイア基板などを用いることができる。また、シリコンや炭化シリコンなどの単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウムなどの化合物半導体基板、SOI基板などを用いることもできる。

【0039】

また、基板400として、可撓性基板を用いてもよい。可撓性基板を用いる場合、可撓性基板上に酸化物半導体層を含むトランジスタを直接作製する方法と、他の基板に酸化物半導体層を含むトランジスタを作製し、その後可撓性基板に転置する方法があり、どちらを用いても良い。なお、可撓性基板に転置する方法では、トランジスタを作製する基板上に剥離層を設けると良い。

【0040】

基板400とゲート電極層401との間には、下地膜となる絶縁膜を設けてもよい。下地膜は、基板400からの不純物元素の拡散を防止する機能があり、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、または酸化窒化シリコン膜から選ばれた膜で形成することができる。また、該下地膜は単層に限らず、上記の複数の膜の積層であっても良い。

【0041】

ゲート電極層401は、モリブデン、チタン、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、ネオジム、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スパッタ法等で形成することができる。また、ゲート電極層401は単層に限らず、上記複数の材料の積層であっても良い。

【0042】

次いで、ゲート電極層401上にゲート絶縁層402を形成する。ゲート絶縁層402は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、またはこれらの混合材料をプラズマCVD法、またはスパッタ法等により形成することができる。また、ゲート絶縁層402は単層に限らず、上記複数の材料の積層であっても良い。

【0043】

なお、ゲート絶縁層402には、後に形成される酸化物半導体層と同種の成分を含む絶縁材料を用いることが好ましい。この様な材料は、酸化物半導体層との界面の状態を良好に保つことができる。ここで、「酸化物半導体層と同種の成分」とは、酸化物半導体層の構成元素から選択される一つまたは複数の元素を含むことを意味する。例えば、酸化物半導

10

20

30

40

50

体層がIn-Ga-Zn系の酸化物半導体材料によって構成される場合、同種の成分を含む絶縁材料としては酸化ガリウムなどがある。

【0044】

また、ゲート絶縁層402の形成には、緻密で絶縁耐圧の高い高品質な絶縁層を形成できるマイクロ波（例えば周波数2.45GHz）を用いた高密度プラズマCVDを用いることが好ましい。酸化物半導体層と高品質ゲート絶縁層が密接することにより、界面準位を低減することができる。

【0045】

また、成膜後の熱処理によってゲート絶縁層の膜質や、酸化物半導体層との界面特性が改質される絶縁層であっても良い。いずれにしても、ゲート絶縁層は、膜質が良好であることは勿論のこと、酸化物半導体層との界面準位密度を低減し、良好な界面を形成できるものが好ましい。

10

【0046】

また、ゲート絶縁層402上に形成される酸化物半導体膜に水素、水酸基及び水分が極力含まれない様にするために、ゲート絶縁層402までが形成された基板400を成膜装置の予備加熱室で真空加熱し、基板400に吸着した水素、水分などの不純物を脱離させて排気することが好ましい。なお、予備加熱室に設ける排気手段には、クライオポンプを用いることが好ましい。また、この予備加熱は、絶縁層407の成膜前に、ソース電極層405a及びドレイン電極層405bまで形成した基板400にも同様に行ってもよい。なお、この予備加熱の処理は省略することもできる。

20

【0047】

次いで、ゲート絶縁層402上に、膜厚2nm以上200nm以下、好ましくは5nm以上30nm以下の酸化物半導体膜を形成する。

【0048】

酸化物半導体層としては、少なくともIn、Ga、Sn及びZnから選ばれた一種以上の元素を含有する。例えば、四元系金属の酸化物であるIn-Sn-Ga-Zn-O系酸化物半導体や、三元系金属の酸化物であるIn-Ga-Zn-O系酸化物半導体、In-Sn-Zn-O系酸化物半導体、In-Al-Zn-O系酸化物半導体、Sn-Ga-Zn-O系酸化物半導体や、二元系金属の酸化物であるIn-Zn-O系酸化物半導体、Sn-Zn-O系酸化物半導体、Al-Zn-O系酸化物半導体、Zn-Mg-O系酸化物半導体、Sn-Mg-O系酸化物半導体、In-Mg-O系酸化物半導体や、In-Ga-O系の材料、一元系金属の酸化物であるIn-O系酸化物半導体、Sn-O系酸化物半導体、Zn-O系酸化物半導体などを用いることができる。また、上記酸化物半導体にInとGaとSnとZn以外の元素、例えばSiO₂を含ませてもよい。ここで、In-Ga-Zn-O系酸化物半導体とは、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)を有する酸化物という意味であり、その組成比は特に問わない。また、InとGaとZn以外の元素を含んでいてもよい。

30

【0049】

また、酸化物半導体膜には、化学式InMO₃(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、Zn、Ga、Al、Mn及びCoから選ばれた一つまたは複数の金属元素を示す。具体的にMは、Ga、Ga及びAl、Ga及びMn、またはGa及びCo等とする。

40

【0050】

特にインジウムを含む酸化物半導体、インジウム及びガリウムを含む酸化物半導体などを用いると電気特性が良好なトランジスタを形成することができる。本実施の形態では、酸化物半導体膜としてIn-Ga-Zn-O膜をスパッタ法により成膜する。

【0051】

上記スパッタ法に用いるターゲットには、例えば、組成比として、In₂O₃:Ga₂O₃:ZnO=1:1:1[mol数比]の酸化物ターゲットを用いる。また、In₂O₃

50

: Ga_2O_3 : $\text{ZnO} = 1 : 1 : 2$ [mol 数比] の酸化物ターゲットを用いてもよい。

【0052】

また、酸化物半導体として In-Zn-O 系の材料を用いる場合、用いるターゲットの組成比は、原子数比で、 $\text{In} : \text{Zn} = 50 : 1 \sim 1 : 2$ (mol 数比に換算すると $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{ZnO} = 25 : 1 \sim 1 : 4$)、好ましくは $\text{In} : \text{Zn} = 20 : 1 \sim 1 : 1$ (mol 数比に換算すると $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{ZnO} = 10 : 1 \sim 1 : 2$)、さらに好ましくは $\text{In} : \text{Zn} = 1.5 : 1 \sim 1.5 : 1$ (mol 数比に換算すると $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{ZnO} = 3 : 4 \sim 1.5 : 2$) とする。例えば、 In-Zn-O 系酸化物半導体の形成に用いるターゲットは、原子数比が $\text{In} : \text{Zn} : \text{O} = X : Y : Z$ のとき、 $Z > 1.5X + Y$ とする。

【0053】

10

また、ターゲットの充填率は 90 % 以上 100 % 以下、好ましくは 95 % 以上 100 % 以下である。充填率の高い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することができます。

【0054】

また、スパッタガスとしては、希ガス（代表的にはアルゴン）、酸素、または希ガスと酸素の混合ガスを用いることができる。なお、該スパッタガスには、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高純度ガスを用いることが好ましい。

【0055】

酸化物半導体膜の成膜は、基板を加熱しながら成膜することが好ましい。減圧状態に保持された成膜室内に基板を保持し、基板温度を 100 以上 600 以下好ましくは 200 以上 400 以下として成膜することで、酸化物半導体膜に含まれる不純物濃度を低減することができる。

20

【0056】

また、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、例えば、クライオポンプ、イオンポンプ、チタンサブリ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、ターボ分子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、水など水素原子を含む化合物、及び炭素原子を含む化合物等が排気されるため、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することができる。

【0057】

30

成膜条件の一例としては、基板とターゲットの間との距離を 100 mm、圧力 0.6 Pa、直流 (DC) 電源 0.5 kW、酸素（酸素流量比率 100 %）雰囲気下の条件が挙げられる。なお、パルス直流電源を用いると、成膜時に発生する粉状物質（パーティクル、ごみともいう）を軽減でき、膜厚分布も均一にすることができる。

【0058】

次いで、酸化物半導体膜を第 2 のフォトリソグラフィ工程及びエッチング工程により、島状の酸化物半導体層 441 に加工する（図 2 (A) 参照）。

【0059】

ここで、酸化物半導体膜のエッチングは、ドライエッチング、またはウェットエッチングのどちらを用いても良い。また、両方を用いてもよい。例えば、酸化物半導体膜のウェットエッチングに用いるエッチング液としては、磷酸、酢酸、及び硝酸を混ぜた溶液などを用いることができる。また、ITO-07N（関東化学社製）を用いてもよい。

40

【0060】

次いで、熱処理による酸化物半導体層 441 の脱水化または脱水素化を行う。本明細書において、脱水化または脱水素化とは、水や水素分子を脱離させていることのみを示すものではなく、水素原子や水酸基などを脱離することも含まれる。

【0061】

この熱処理によって過剰な水素（水や水酸基を含む）を除去し、酸化物半導体層の構造を整え、エネルギーギャップ中の不純物準位を低減することができる。熱処理の温度は、250 以上 650 以下、好ましくは 350 以上 500 以下、より好ましくは 390

50

以上 460 以下とする。また、熱処理時間は、上記好適な温度範囲であれば 1 時間程度行えれば良い。ただし、低温で長時間、または高温で短時間の処理を行っても良く、実施者が適宜決定すれば良い。

【0062】

ここで、本実施の形態において、酸化物半導体層 441 の熱処理に用いることのできる電気炉の一例について説明する。

【0063】

図 4 は、電気炉 701 の概略図である。チャンバー 702 の外側にはヒーター 703 が設けられている。また、チャンバー 702 内には、基板 704 を搭載するサセプター 705 が設けられている。また、チャンバー 702 には、ガス供給手段 706 及び排気手段 707 が接続されている。なお、電気炉 701 の昇温は、0.1 / min 以上 20 / min 以下とすることが好ましい。また、降温は、0.1 / min 以上 15 / min 以下とすることが好ましい。
10

【0064】

ガス供給手段 706 は、ガス供給源 711、圧力調整弁 712、精製器 713、マスフローコントローラ 714、及びストップバルブ 715 を有する。本実施の形態では、ガス供給源 711 とチャンバー 702 の間に精製器 713 を設ける。精製器 713 を設けることで、チャンバー 702 内に導入されるガス中の、水、水素などの不純物を除去することが可能となる。

【0065】

また、電気炉以外の熱処理装置として、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、被処理物を加熱する装置を用いてもよい。例えば、G R T A (G a s R a p i d T h e r m a l A n n e a l) 装置、L R T A (L a m p R a p i d T h e r m a l A n n e a l) 装置等の R T A (R a p i d T h e r m a l A n n e a l) 装置を用いることができる。L R T A 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、被処理物を加熱する装置である。G R T A 装置は、高温のガスを用いて熱処理を行う装置である。
20

【0066】

本発明の一態様では、熱処理の雰囲気に用いるガスに窒素、乾燥空気、または酸素等を用いる。なお、酸素を用いる場合は、100%の酸素に限らず、窒素や希ガス等の不活性ガスと混合されたガスを用いても良い。また、本発明の一態様では、上記ガス雰囲気による熱処理と減圧下での熱処理を段階的に行い、酸化物半導体層の脱水化または脱水素化を徹底して行い、高純度の酸化物半導体層を形成する。
30

【0067】

なお、上記熱処理の雰囲気に用いるガスには、水、水素などが含まれないことが好ましい。例えば、該ガスの純度を 6 N (99.9999%) 以上、好ましくは 7 N (99.999%) 以上とする。または、該ガスの露点を -50 以下、好ましくは -70 以下、更に好ましくは -80 以下とする。この様な高純度のガスを用いることで、酸化物半導体層中の水素や水分の混入を極力防ぐことができる。
40

【0068】

具体的な熱処理の方法として、第 1 の方法、及び第 2 の方法を次に説明する。

【0069】

第 1 の方法では、まず窒素、乾燥空気、または酸素雰囲気にて酸化物半導体層を上述した温度まで昇温する。そして、酸素雰囲気で熱処理を行う。その後、雰囲気ガスを真空排気して減圧下にて熱処理を行うことにより、酸化物半導体層の脱水化または脱水素化を徹底して行う。このとき、雰囲気ガスは導入せずに高真空状態で熱処理を行うことが好ましい。そして、再び酸素雰囲気に切り替えて徐冷を行う。なお、減圧下とは、常圧よりも低い圧力であり、高真空状態とは、 1×10^{-3} Pa 以下、好ましくは 1×10^{-4} Pa 以下、更に好ましくは 1×10^{-5} Pa 以下とする。
50

【 0 0 7 0 】

ここで、昇温時の雰囲気制御は、酸化物半導体層中への水素や水分の混入を極力防ぐことが目的である。

【 0 0 7 1 】

昇温後の最初の熱処理を酸素雰囲気とするのは、酸化物半導体層の脱水化または脱水素化を促進すると同時に、酸化物半導体層の酸素欠損の補填、及び酸化物半導体層を化学量論組成比よりも酸素過剰な状態とするためである。酸素過剰な状態にまですることで、酸素欠損を十分に補填することができる。

【 0 0 7 2 】

その後の熱処理を減圧下で行うのは、更に酸化物半導体層の脱水化または脱水素化を促進するためである。10

【 0 0 7 3 】

その後の徐冷を酸素雰囲気で行うのは、降温中に再び酸化物半導体層中の酸素欠損を生じさせないためである。

【 0 0 7 4 】

また、熱処理時の雰囲気を入れ替えた第2の方法を用いることもできる。第2の方法では、まず、第1の方法と同様に窒素、乾燥空気、または酸素雰囲気にて酸化物半導体層を上述した温度まで昇温する。そして、雰囲気ガスを真空排気して減圧下にて熱処理を行う。その後、酸素雰囲気で熱処理を行い、雰囲気を変えずに徐冷を行う。20

【 0 0 7 5 】

第2の方法における昇温及び徐冷の雰囲気制御の目的は、第1の方法と同様である。

【 0 0 7 6 】

昇温後の最初の熱処理を減圧下で行うのは、酸化物半導体層の脱水化または脱水素化を徹底して促進させるためである。

【 0 0 7 7 】

その後の熱処理を酸素雰囲気とするのは、減圧下における徹底した脱水化または脱水素化と同時に生じた酸素欠損を補填するためである。

【 0 0 7 8 】

以上の第1の方法、または第2の方法にて熱処理を行うことで、酸化物半導体層の脱水化または脱水素化を徹底して行うことができ、かつ酸化物半導体層中の酸素欠損を効率良く補うことができる。この様にして酸化物半導体層を高純度化することで、キャリアが極めて少ない実質的に真性半導体と呼べる酸化物半導体層403を形成することができる（図2（B）参照）。30

【 0 0 7 9 】

ここで、図12に減圧下で熱処理を行った酸化物半導体膜（In-Ga-Zn-O膜）の昇温脱離ガス分析法（TDS：Thermal Desorption Spectroscopy）によるガス放出特性を示す。検出対象のガスは、H₂O、H、OHとし、それぞれ該酸化物半導体膜を成膜しただけのサンプルと減圧下（2×10⁻¹Pa）で450、1時間の熱処理を行ったサンプルを比較している。

【 0 0 8 0 】

該酸化物半導体膜を成膜しただけのサンプルについては、いずれのガス成分も290付近にピークを有している。このピークは、膜中に含まれる水分に由来するもの、または膜中の金属と結合していたHまたはOHの放出を示している。一方、減圧下で熱処理を行ったサンプルは、いずれのガス成分も放出のピークは認められない。つまり、減圧下での熱処理によって、H₂O、H、OH等の不純物は既に放出され、高純度の酸化物半導体膜になっていることが示されている。40

【 0 0 8 1 】

なお、上述した第1の方法、または第2の方法において、減圧状態での熱処理と酸素雰囲気での熱処理を複数回繰り返しても良い。熱処理を繰り返して行うことでも、酸化物半導体層の脱水化または脱水素化を更に促進することができる。50

【0082】

また、昇温中及び热処理中に短波長の光を酸化物半導体層に照射しても良い。短波長の光を酸化物半導体層に照射することで、酸化物半導体層中の金属成分と水素原子または水酸基との結合が切れやすくなり、脱水化または脱水素化が容易となる。具体的には、波長350 nm以上450 nm以下の光を照射することが好ましい。

【0083】

また、酸化物半導体の熱処理は、島状の酸化物半導体層に加工する前の酸化物半導体膜に対して行うこともできる。その場合には、熱処理後にフォトリソグラフィ工程を行う。また、熱処理は、酸化物半導体の成膜後であれば、島状の酸化物半導体層上にソース電極層及びドレイン電極層を積層させた後で行っても良い。

10

【0084】

また、徐冷後の酸化物半導体層に対して、酸素ドープ処理を行っても良い。酸素ドープ処理を行うことで、酸化物半導体層中の酸素欠損の補填や酸化物半導体層を過酸素化状態とすることができる。

【0085】

なお、酸素ドープ処理とは、酸素ラジカルまたは酸素原子、酸素イオンを酸化物半導体層の表面及びバルクへ添加することである。特に、酸素をプラズマ化することにより、上記酸素ラジカルまたは酸素原子、酸素イオンを酸化物半導体層の表面及びバルク中に添加することを酸素プラズマドープ処理ともいう。なお、酸化物半導体層が形成される基板にバイアスを印加すると好ましい。

20

【0086】

酸化物半導体層にドープされる酸素ラジカル、酸素原子、及び／または酸素イオンは、酸素を含むガスを用いてプラズマ発生装置で生成することができる。例えば、ドライエッチング装置などを用いることができる。また、オゾン発生装置などを用いても良い。

【0087】

酸化物半導体層への酸素ドープ処理は、熱処理後であれば、島状の酸化物半導体層への加工前の酸化物半導体膜に行うこと也可以ある。また、島状の酸化物半導体層上にソース電極層及びドレイン電極層を積層させた後で行ってもよい。

【0088】

次いで、ゲート絶縁層402、及び酸化物半導体層403上に、ソース電極層及びドレイン電極層（これと同じ層で形成される配線を含む）となる導電膜を形成する。ソース電極層、及びドレイン電極層に用いる導電膜としては、例えば、アルミニウム、クロム、銅、タンタル、チタン、モリブデン、タンクスチタンから選ばれた元素を含む金属膜、または上述した元素を成分とする金属窒化物膜（窒化チタン膜、窒化モリブデン膜、窒化タンクスチタン膜）等を用いることができる。また、アルミニウム、銅などの金属膜の一方の面または双方の面にチタン、モリブデン、タンクスチタンなどの高融点金属膜またはそれらの窒化膜（窒化チタン膜、窒化モリブデン膜、窒化タンクスチタン膜等）を積層させた構成としても良い。

30

【0089】

また、ソース電極層、及びドレイン電極層に用いる導電膜は、導電性の金属酸化物で形成しても良い。導電性の金属酸化物としては酸化インジウム（ In_2O_3 ）、酸化スズ（ SnO_2 ）、酸化亜鉛（ ZnO ）、酸化インジウム酸化スズ合金（ $In_2O_3-SnO_2$ 、ITOと略記する）、酸化インジウム酸化亜鉛合金（ In_2O_3-ZnO ）またはこれらの金属酸化物材料に酸化シリコンを含ませたものを用いることができる。

40

【0090】

次いで、第3のフォトリソグラフィ工程により導電膜上にレジストマスクを形成し、選択的にエッティングを行ってソース電極層405a、ドレイン電極層405bを形成した後、レジストマスクを除去する。

【0091】

なお、導電膜のエッティングの際に、酸化物半導体層403が極力エッティングされない様に

50

することが好ましい。しかしながら、導電膜のみをエッティングする条件を得ることは難しく、導電膜のエッティングの際に酸化物半導体層403の一部がエッティングされ、溝部(凹部)を有する形状となることもある。

【0092】

本実施の形態では、導電膜としてチタン膜を用い、酸化物半導体層403にはIn-Ga-Zn-O系酸化物半導体を用いたので、エッチャントとしてアンモニア過水(アンモニア、水、過酸化水素水の混合液)を用いる。エッチャントとしてアンモニア過水を用いることにより選択的に導電膜をエッティングすることができる。

【0093】

以上の工程でトランジスタ410が形成される(図2(C)参照)。トランジスタ410は、水素、水分、水酸基または水素化物(水素化合物ともいう)などの不純物を酸化物半導体層より意図的に排除し、高純度化された酸化物半導体層403を含むトランジスタである。よって、トランジスタ410は、電気的特性変動が抑制されており、電気的に安定である。

【0094】

また、図3(A)の様に酸化物半導体層403、ソース電極層405a及びドレイン電極層405b上に絶縁層407、及び絶縁層409が形成されたトランジスタ440としてもよい。

【0095】

絶縁層407は、少なくとも1nm以上の膜厚とし、絶縁層に水、水素等の不純物を極力混入させない上述した方法を適宜用いて形成することができる。本実施の形態では、スパッタ法を用いて絶縁層407を形成する。絶縁層407に水素が含まれていると、その水素が酸化物半導体層403へ侵入する場合や、酸化物半導体層403中の酸素を水素が引き抜く現象が生じることがある。この様な現象が起こると、酸化物半導体層403のバックチャネル側が低抵抗化(n型化)してしまい、寄生チャネルが形成されてしまうことがある。従って、絶縁層407はできるだけ水素を含まない膜になる様にすることが重要である。

【0096】

絶縁層407としては、代表的には酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化窒化アルミニウム膜、または酸化ガリウム膜などの無機絶縁膜を用いることができる。本実施の形態では、絶縁層407として膜厚200nmの酸化ガリウム膜をスパッタ法で成膜する。

【0097】

なお、絶縁層407には、ゲート絶縁層402と同様に、酸化物半導体層403と同種の成分を含む絶縁材料を用いると好ましい。この様な材料は酸化物半導体層との界面の状態を良好に保つことができる。例えば、酸化物半導体層がIn-Ga-Zn系の酸化物半導体材料によって構成される場合、同種の成分でなる絶縁材料としては酸化ガリウムなどがある。

【0098】

また、絶縁層407を積層構造とする場合には、酸化物半導体層と同種の成分を含む絶縁膜(以下、膜a)と、膜aの成分材料とは異なる材料を含む膜(以下、膜b)との積層構造とするとなお良い。膜aと膜bとを酸化物半導体層側から順に積層した構造とすることで、電荷は膜aと膜bとの界面の電荷捕獲中心に優先的に捕獲される(酸化物半導体層と膜aとの界面との比較)ため、酸化物半導体層の界面での電荷捕獲を十分に抑制することができる様になり、半導体装置の信頼性が向上するためである。

【0099】

例えば、絶縁層407として酸化物半導体層403側から酸化ガリウム膜と酸化シリコン膜との積層、または酸化ガリウム膜と窒化シリコン膜との積層などを用いることが好適である。

【0100】

10

20

30

40

50

本実施の形態では、絶縁層407に酸化シリコン膜を用いる。酸化シリコン膜は、希ガス、酸素、または希ガスと酸素の混合ガスを用いて、スパッタ法で成膜することができる。成膜時の基板温度は、室温以上300以下とすればよく、本実施の形態では100とする。また、ターゲットには、酸化シリコンターゲットまたはシリコンターゲットを用いることができる。例えば、シリコンターゲットを用いて、酸素をスパッタガスとして酸化シリコン膜を形成することができる。

【0101】

また、絶縁層407形成時においても、酸化物半導体膜の成膜時と同様に成膜室内の残留水分を除去するため、吸着型の真空ポンプ（クライオポンプなど）を用いることが好ましい。クライオポンプを用いて排気した成膜室では、例えば、水素原子、水など水素原子を含む化合物、及び炭素原子を含む化合物等が排気されるため、成膜した絶縁層407に含まれる不純物の濃度を低減できる。また、成膜室内の残留水分を除去するための排気手段としては、ターボ分子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。

10

【0102】

絶縁層407を成膜する際に用いるスパッタガスには、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高純度ガスを用いることが好ましい。

【0103】

上述の絶縁層407の形成後に熱処理を行っても良い。熱処理の方法や雰囲気には、前述した酸化物半導体層441の脱水化または脱水素化と同様の方法を用いることができる。

20

【0104】

酸化物半導体層403と酸素を含む絶縁層407とを接した状態で熱処理を行うと、酸素を含む絶縁層407より酸素をさらに酸化物半導体層403へ供給することができる。

【0105】

絶縁層407上には、水分や水素などの不純物が酸化物半導体層403に再混入しない様に、またゲート絶縁層402、酸化物半導体層403、絶縁層407及び該界面より酸素が放出されない様に保護絶縁層として機能する絶縁層409を形成することが好ましい。絶縁層409としては、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜などの無機絶縁膜を用いることができる。例えば、RFスパッタ法を用いて窒化シリコン膜を形成する。

【0106】

また、絶縁層409の形成後に熱処理を行ってもよい。例えば、大気中、100以上200以下、1時間以上30時間以下で熱処理を行うことができる。この熱処理は一定温度を1回で行うだけでなく、室温から100以上200以下の温度への昇温と、その温度から室温までの降温を複数回繰り返して行ってもよい。

30

【0107】

なお、ゲート絶縁層402を積層構造とする場合には、酸化物半導体層と同種の成分を含む絶縁膜（以下、膜a）と、膜aの成分材料とは異なる材料を含む膜（以下、膜b）との積層構造とすると良い。膜aと膜bを酸化物半導体層側から順に積層した構造とすることで、電荷は膜aと膜bとの界面の電荷捕獲中心に優先的に捕獲される（酸化物半導体層と膜aとの界面との比較）ため、酸化物半導体層の界面での電荷捕獲を十分に抑制することができる様になり、半導体装置の信頼性を向上させることができる。

40

【0108】

図3(B)にゲート絶縁層を積層構造としたトランジスタ460を示す。トランジスタ460は、ゲート電極層401上に第1のゲート絶縁層402a、第2のゲート絶縁層402bが積層され、第2のゲート絶縁層402b上に酸化物半導体層403が形成されている。酸化物半導体層403と接する第2のゲート絶縁層402bを酸化物半導体層403と同種の成分を含む絶縁膜（膜a）とし、第2のゲート絶縁層402bの下方に形成される第1のゲート絶縁層402aを第2のゲート絶縁層402bの成分材料とは異なる材料を含む膜（膜b）で形成する。

【0109】

例えば、酸化物半導体層403としてIn-Ga-Zn系の酸化物半導体膜を用いる場合

50

、第2のゲート絶縁層402bとして酸化ガリウム膜を用い、第1のゲート絶縁層402aとして酸化シリコン膜を用いることができる。また、酸化物半導体層403と接して上方に形成される絶縁層407にも酸化物半導体層403と同種の成分を含む絶縁膜を用いることが好ましい。

【0110】

また、図3(C)、(D)に、上述した方法で形成した酸化物半導体層403を含むトランジスタの他の構成を示す。

【0111】

図3(C)に示すトランジスタ420は、チャネル保護型と呼ばれるボトムゲート構造の一つである。また、逆スタガ型トランジスタとも呼ばれる。10

【0112】

トランジスタ420は、絶縁表面を有する基板400上に、ゲート電極層401、ゲート絶縁層402、酸化物半導体層403、酸化物半導体層403のチャネル形成領域を覆うチャネル保護層として機能する絶縁層427、ソース電極層405a、及びドレイン電極層405bを有する。また、トランジスタ420を覆う絶縁層409が形成されている。

【0113】

図3(D)に示すトランジスタ430は、ボトムコンタクト型と呼ばれるボトムゲート構造の1つである。

【0114】

トランジスタ430は、絶縁表面を有する基板である基板400上に、ゲート電極層401、ゲート絶縁層402、ソース電極層405a、ドレイン電極層405b、及び酸化物半導体層403を有する。また、トランジスタ430を覆い、酸化物半導体層403に接する絶縁層407が設けられている。絶縁層407上にはさらに絶縁層409が形成されている。20

【0115】

なお、本実施の形態におけるトランジスタの作製方法は、トップゲート構造のトランジスタにおいても用いることができる。

【0116】

本実施の形態を用いて作製した、高純度化された酸化物半導体層403を用いたトランジスタ410、420、430、440、460は、オフ状態における電流値(オフ電流値)を低くすることができる。また、光照射やバイアス-熱ストレス試験(BT)試験前後においてもトランジスタのしきい値電圧の変化量が低減できており、信頼性の高いトランジスタとすることができる。30

【0117】

また、酸化物半導体層403を用いたトランジスタ410、420、430、440、460は、比較的高い電界効果移動度が得られるため、高速駆動が可能である。よって、表示機能を有する半導体装置の画素部に上記トランジスタを用いることで、高画質な画像を表示することができる。また、高純度化された酸化物半導体層を含むトランジスタによって、同一基板上に駆動回路部及び画素部を作製することができため、半導体装置の部品点数を削減することができる。40

【0118】

以上の様に、安定した電気的特性を有する酸化物半導体を用いたトランジスタを形成することができ、信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【0119】

なお、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【0120】

(実施の形態2)

実施の形態1で示したトランジスタを用いて表示機能を有する半導体装置(表示装置ともいう)を作製することができる。また、トランジスタを含む駆動回路の一部または全体を、画素部と同じ基板上に一体形成し、システムオンパネルを形成することができる。50

【0121】

図5に本実施の形態における表示装置の一例を示す。図5(A)の表示装置では、第1の基板4001上に設けられた画素部4002が、該画素部を囲む様にして形成されたシール材4005と第2の基板4006によって封止されている。また、第1の基板4001上のシール材4005によって囲まれている領域とは異なる領域に、単結晶半導体または多結晶半導体で形成された走査線駆動回路4004、信号線駆動回路4003が実装されている。ここで、信号線駆動回路4003、走査線駆動回路4004に与えられる各種信号及び電位は、FPC(Flexible printed circuit)4018a、4018bを通して供給されている。

【0122】

図5(B)、(C)の表示装置では、第1の基板4001上に設けられた画素部4002と、走査線駆動回路4004とを囲む様にして、シール材4005が設けられている。また、画素部4002と、走査線駆動回路4004の上に第2の基板4006が設けられている。よって、画素部4002と走査線駆動回路4004は、第1の基板4001、第2の基板4006、及びシール材に囲まれた領域に表示素子と共に封止されている。また、第1の基板4001上のシール材4005によって囲まれている領域とは異なる領域に、単結晶半導体または多結晶半導体で形成された信号線駆動回路4003が実装されている。ここで、別途形成された信号線駆動回路4003と、走査線駆動回路4004または画素部4002に与えられる各種信号及び電位は、FPC4018を通して供給されている。

【0123】

また、図5(B)、(C)の表示装置では、信号線駆動回路4003のみを別途形成し、第1の基板4001に実装している例を示しているが、この構成に限定されない。走査線駆動回路を別途形成して実装しても良いし、信号線駆動回路の一部または走査線駆動回路の一部のみを別途形成して実装しても良い。

【0124】

なお、別途形成した駆動回路の接続方法は、特に限定されるものではなく、COG(Chip On Glass)法、ワイヤボンディング法、或いはTAB(Tape Automated Bonding)法などを用いることができる。図5(A)、(B)は、COG法を用いて該駆動回路を実装する例であり、図5(C)は、TAB法により該駆動回路を実装する例である。

【0125】

また、表示装置は、表示素子が封止された状態にあるパネルと、該パネルにコントローラを含むIC等を実装した状態であっても良い。

【0126】

なお、本明細書中における表示装置とは、画像表示デバイス、表示デバイス、もしくは光源(照明装置含む)を指す。また、FPCもしくはTABテープが取り付けられたモジュール、TABテープの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または表示素子にCOG方式によりIC(集積回路)が直接実装されたモジュールも全て表示装置に含むものとする。

【0127】

また、第1の基板上に設けられた画素部及び走査線駆動回路は、実施の形態1で例示したトランジスタを用いて形成することができる。

【0128】

表示装置に設けられる表示素子としては液晶素子(液晶表示素子ともいう)、発光素子(発光表示素子ともいう)、を用いることができる。発光素子は、電流または電圧によって輝度が制御される素子をその範疇に含んでおり、具体的には無機EL(Electro Luminescence)素子、有機EL素子等が含まれる。また、電子インクなど、電気的作用によりコントラストが変化する表示媒体も用いることができる。

【0129】

10

20

30

40

50

半導体装置の具体例について、図6乃至図8を用いて説明する。図6乃至図8は、図5(B)のM-Nにおける断面図に相当する。

【0130】

図6乃至図8で示す様に、半導体装置は接続端子電極4015及び端子電極4016を有している。接続端子電極4015及び端子電極4016は、異方性導電膜4019を介して、FPC4018が有する端子と電気的に接続されている。

【0131】

接続端子電極4015は、第1の電極層4030と同じ導電膜から形成され、端子電極4016は、トランジスタ4010、4011のソース電極層及びドレイン電極層と同じ導電膜で形成されている。

10

【0132】

また、第1の基板4001上に設けられた画素部4002と、走査線駆動回路4004は、トランジスタを複数有しており、図6乃至図8では、画素部4002に含まれるトランジスタ4010と、走査線駆動回路4004に含まれるトランジスタ4011とを例示している。該トランジスタ上に絶縁層4020、絶縁層4024が設けられ、図7及び図8に示す半導体装置ではさらに、絶縁層4021が設けられた領域もある。なお、絶縁層4023は下地膜として機能する絶縁膜である。

【0133】

本実施の形態では、トランジスタ4010、トランジスタ4011として、実施の形態1で示したトランジスタを用いることができる。トランジスタ4010、トランジスタ4011は、電気的特性変動が抑制されており、電気的に安定である。よって、図6乃至図8で示す本実施の形態の半導体装置として信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

20

【0134】

また、本実施の形態では、絶縁層4024上において駆動回路用のトランジスタ4011の酸化物半導体層のチャネル形成領域と重なる位置には導電層が設けられている。該導電層は、トランジスタ4011のゲート電極と同電位とすることで、第2のゲート電極として機能させることもできる。もちろん、該導電層に別の電位を与えてても良い。また、該導電層の電位は、GND、0V、或いはフローティング状態であってもよい。該導電層を酸化物半導体層のチャネル形成領域と重なる位置に設けることによって、BT試験前後におけるトランジスタ4011のしきい値電圧の変化量をさらに低減することができる。

30

【0135】

また、該導電層は外部の電場を遮蔽する機能(特に静電気に対する静電遮蔽機能)も有する。すなわち、外部の電場が内部(トランジスタを含む回路部)に作用しない様になるため、静電気などの外部の電場の影響により、トランジスタの電気的な特性が変動することを防止することができる。

【0136】

画素部4002に設けられたトランジスタ4010は、表示素子と電気的に接続し、表示素子を駆動する。表示素子は表示を行うことができれば特に限定されず、様々な表示素子を用いることができる。

40

【0137】

図6には、表示素子として液晶素子を用いた液晶表示装置の例を示す。液晶素子4013は、第1の電極層4030、第2の電極層4031、及び液晶層4008を含んで構成される。なお、液晶層4008を挟持する様に配向膜として機能する絶縁層4032、4033が設けられている。

【0138】

また、液晶層4008の厚さ(セルギャップ)を制御するために柱状のスペーサ4035が設けられている。スペーサ4035は、絶縁膜を選択的にエッチングすることで得られる。なおスペーサの形状は、柱状に限定されるものではなく、例えば、球状のスペーサを用いていても良い。

50

【0139】

表示素子として、液晶素子を用いる場合、サーモトロピック液晶、低分子液晶、高分子液晶、高分子分散型液晶、強誘電性液晶、反強誘電性液晶等を用いることができる。これらの液晶材料は、条件により、コレステリック相、スマクチック相、キューピック相、カイラルネマチック相、等方相等を示す。

【0140】

また、配向膜を用いないブルー相を示す液晶を用いてもよい。ブルー相は液晶相の一つであり、コレステリック液晶を昇温していくと、コレステリック相から等方相へ転移する直前に発現する相である。ブルー相は狭い温度範囲でしか発現しないため、温度範囲を改善するために5重量%以上のカイラル剤を混合させた液晶組成物を液晶層に用いる。ブルー相を示す液晶とカイラル剤とを含む液晶組成物は、応答速度が1 msec以下と短く、光学的等方性であるため配向処理が不要であり、視野角依存性が小さい。また配向膜を設けなくてもよいのでラビング処理も不要となるため、ラビング処理によって引き起こされる静電破壊を防止することができ、作製工程中の液晶表示装置の不良や破損を軽減することができる。よって液晶表示装置の生産性を向上させることができるとなる。

10

【0141】

また、液晶材料の固有抵抗率は、 $1 \times 10^9 \cdot \text{cm}$ 以上であり、好ましくは $1 \times 10^{11} \cdot \text{cm}$ 以上であり、さらに好ましくは $1 \times 10^{12} \cdot \text{cm}$ 以上である。なお、本明細書における固有抵抗率の値は、20で測定した値とする。

20

【0142】

また、液晶表示装置に設けられる保持容量の大きさは、画素部に配置されるトランジスタのリーク電流等を考慮して、所定の期間、電荷を保持できる様に設定される。高純度の酸化物半導体層を有するトランジスタを用いることにより、各画素における液晶容量に対して1/3以下、好ましくは1/5以下の容量を有する保持容量を設ければ充分である。

【0143】

本実施の形態で用いる高純度化された酸化物半導体層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、電源オン状態では書き込み間隔も長く設定できる。また、リフレッシュ動作の頻度を少なくすることができるため、消費電力を抑制する効果を奏する。

30

【0144】

また、本実施の形態において、高純度化された酸化物半導体層を有するトランジスタは、比較的高い電界効果移動度が得られるため、高速駆動が可能である。よって、液晶表示装置の画素部に上記トランジスタを用いることで、高画質な画像を表示させることができる。また、上記トランジスタは、同一基板上に駆動回路部及び画素部を作製することができるため、液晶表示装置の部品点数を削減することができる。

【0145】

液晶表示装置には、TN (Twisted Nematic) モード、IPS (In-Plane-Switching) モード、FFS (Fringe Field Switching) 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 (AntiFerroelectric Liquid Crystal) モードなどを用いることができる。

40

【0146】

また、ノーマリーブラック型の液晶表示装置、例えば垂直配向（VA）モードを採用した透過型の液晶表示装置としてもよい。ここで、垂直配向モードとは、液晶表示パネルの液晶分子の配列を制御する方式の一種であり、電圧が印加されていないときにパネル面に対して液晶分子が垂直方向に配向する方式である。垂直配向モードとしては、いくつか挙げられるが、例えば、MVA (Multi-Domain Vertical Align

50

ment) モード、PVA (Patterned Vertical Alignment) モード、ASV モードなどを用いることができる。また、画素 (ピクセル) をいくつかの領域 (サブピクセル) に分け、それぞれ別の方向に分子を倒すよう工夫されているマルチドメイン化あるいはマルチドメイン設計といわれる方法を用いることができる。

【0147】

また、液晶表示装置は、ブラックマトリクス (遮光層)、偏光部材、位相差部材、反射防止部材などの光学部材 (光学基板) なども含んで構成される。また、光源としてバックライト、サイドライトなどを用いてもよい。

【0148】

また、バックライトとして複数の発光ダイオード (LED) を用いて、時間分割表示方式 (フィールドシーケンシャル駆動方式) を行うことも可能である。フィールドシーケンシャル駆動方式を用いることで、カラーフィルタを用いることなく、カラー表示を行うことができる。

10

【0149】

また、画素部における表示方式は、プログレッシブ方式やインターレース方式等を用いることができる。また、カラー表示する際に画素で制御する色要素としては、RGB (R は赤、G は緑、B は青を表す) の三色に限定されない。例えば、RGBW (W は白を表す)、または RGB に、イエロー、シアン、マゼンタ等を一色以上追加しても良い。なお、色要素のドット毎にその表示領域の大きさが異なっていてもよい。ただし、本発明はカラー表示の表示装置に限定されるものではなく、モノクロ表示の表示装置に用いることもできる。

20

【0150】

また、表示装置に含まれる表示素子として、エレクトロルミネッセンスを利用する発光素子を用いることができる。エレクトロルミネッセンスを利用する発光素子は、発光材料が有機化合物であるか、無機化合物であるかによって区別され、一般的に、前者は有機EL 素子、後者は無機EL 素子と呼ばれている。

【0151】

有機EL 素子は、発光素子に電圧を印加することにより、一対の電極から電子及び正孔がそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、それらキャリア (電子及び正孔) が再結合することにより、発光性の有機化合物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。この様なメカニズムで発光する素子は、電流励起型の発光素子と呼ばれる。

30

【0152】

無機EL 素子は、その素子構成により、分散型無機EL 素子と薄膜型無機EL 素子とに分類される。分散型無機EL 素子は、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ものであり、発光メカニズムはドナー準位とアクセプター準位を利用するドナー - アクセプター再結合型発光である。薄膜型無機EL 素子は、発光層を誘電体層で挟み込み、さらにそれを電極で挟んだ構造であり、発光メカニズムは金属イオンの内殻電子遷移を利用する局在型発光である。なお、ここでは、発光素子として有機EL 素子を用いて説明する。

40

【0153】

発光素子は発光を取り出すために少なくとも一対の電極の一方が透明であればよい。そして、基板上にトランジスタ及び発光素子を形成し、基板とは逆側の面から発光を取り出す上面射出や、基板側の面から発光を取り出す下面射出や、基板側及び基板とは反対側の面から発光を取り出す両面射出構造の発光素子があり、いずれの射出構造の発光素子も用いることができる。

【0154】

図7に表示素子として発光素子を用いた表示装置の例を示す。発光素子4513は、画素部4002に設けられたトランジスタ4010と電気的に接続している。なお、発光素子4513の構成は、第1の電極層4030、電界発光層4511、第2の電極層4031

50

の積層構造であるが、この構成に限定されるものではない。発光素子 4513 の構成は、発光素子 4513 から取り出す光の方向などに合わせて、適宜変えることができる。

【0155】

隔壁 4510 は、有機絶縁材料、または無機絶縁材料を用いて形成することができる。隔壁 4510 は、第 1 の電極層 4030 上に側壁が曲率を有する傾斜面となる様な開口部を第 1 の電極層 4030 上に有する様に形成することが好ましい。この様な開口部は、感光性の樹脂材料を用いることで容易に形成することができる。

【0156】

電界発光層 4511 は、単層、または複数の層の積層で形成することができる。

【0157】

発光素子 4513 に酸素、水素、水分、二酸化炭素等が侵入しない様に、第 2 の電極層 4031 及び隔壁 4510 上に保護膜を形成してもよい。保護膜としては、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、DLC 膜等を用いることができる。また、第 1 の基板 4001、第 2 の基板 4006、及びシール材 4005 によって封止された密閉空間には、充填材 4514 が設けられている。この様に気密性が高く、脱ガスの少ない保護フィルム（貼り合わせフィルム、紫外線硬化樹脂フィルム等）やカバー材でパッケージング（封入）することが好ましい。

【0158】

充填材 4514 としては窒素やアルゴンなどの不活性な気体を用いることができる。また、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）などの紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂を用いることができる。

【0159】

また、必要であれば、発光素子の射出面に偏光板、または円偏光板（楕円偏光板を含む）、位相差板（1/4 板、1/2 板）、カラーフィルタなどの光学フィルムを適宜設けてもよい。また、偏光板または円偏光板に反射防止膜を設けてもよい。例えば、表面の凹凸により反射光を拡散し、映り込みを低減できるアンチグレア処理を施すことができる。

【0160】

また、表示装置として、電子インクを駆動させる電子ペーパーを構成しても良い。電子ペーパーは、電気泳動表示装置（電気泳動ディスプレイ）とも呼ばれており、紙と同様の読みやすさ、他の表示装置に比べ低消費電力、薄くて軽い形状とすることが可能という利点を有している。

【0161】

電気泳動表示装置には、様々な形態がある。例えば、プラスの電荷を有する第 1 の粒子と、マイナスの電荷を有する第 2 の粒子とを含むマイクロカプセルが溶媒または溶質に複数分散されたものがある。該マイクロカプセルに電界を印加することによって、該マイクロカプセル中の粒子を互いに反対方向に移動させて一方側に集合した粒子の色のみを表示するものである。なお、第 1 の粒子または第 2 の粒子は染料を含み、電界がない場合において移動しないものである。また、第 1 の粒子と第 2 の粒子の色（無色を含む）は異なるものとする。

【0162】

上記マイクロカプセルを溶媒中に分散させたものが電子インクと呼ばれるものであり、この電子インクはガラス、プラスチック、布、紙などの表面に印刷することができる。また、カラーフィルタや色素を有する粒子を用いることによってカラー表示も可能である。

【0163】

なお、マイクロカプセル中の第 1 の粒子及び第 2 の粒子は、導電体材料、絶縁体材料、半導体材料、磁性材料、液晶材料、強誘電性材料、エレクトロルミネセンス材料、エレクトロクロミック材料、磁気泳動材料から選ばれた一種の材料、またはこれらの複合材料を用いることができる。

【0164】

10

20

30

40

50

また、電子ペーパーの構成として、ツイストボール表示方式を用いることもできる。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の第1の電極層と第2の電極層との間に配置し、該電極層間に電位差を生じさせて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。

【0165】

図8に、表示装置の一例として、ツイストボール表示方式を用いたアクティブマトリクス型の電子ペーパーを示す。

【0166】

トランジスタ4010と接続する第1の電極層4030と、第2の基板4006に設けられた第2の電極層4031との間には、黒色領域4615a及び白色領域4615bを有し、液体で満たされているキャビティ4612を含む球形粒子4613が設けられている。球形粒子4613の周囲は、樹脂等の充填材4614で充填されている。第2の電極層4031が共通電極(対向電極)に相当する。第2の電極層4031は、共通電位線と電気的に接続される。

10

【0167】

なお、図6乃至図8において、第1の基板4001、第2の基板4006としては、ガラス基板の他、可撓性を有する基板も用いることができ、例えば透光性を有するプラスチック基板などを用いることができる。プラスチックとしては、FRP(Fiberglass - Reinforced Plastics)板、PVF(ポリビニルフルオライド)フィルム、ポリエステルフィルムまたはアクリルフィルムを用いることができる。また、アルミニウムホイルをPVFフィルムやポリエステルフィルムで挟んだ構造のシートを用いることができる。

20

【0168】

絶縁層4020には、酸化シリコン、酸窒化シリコン、酸化ハフニウム、酸化アルミニウム、酸化ガリウム等の無機絶縁材料を含む材料を用いることができる。絶縁層4020の作製方法に特に限定はなく、例えば、プラズマCVD法やスパッタ法などの成膜方法を用いて作製することができる。なお、水素や水などが混入しにくいという点では、スパッタ法が好適である。

【0169】

トランジスタの保護膜として機能する絶縁層4024には、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、窒化アルミニウム膜、酸化窒化アルミニウム膜、または窒化酸化アルミニウム膜を用いることができる。絶縁層4024は、上記膜の単層に限らず、異なる膜の積層でも良く、スパッタ法で形成することができる。

30

【0170】

絶縁層4021は、無機絶縁材料または有機絶縁材料を用いて形成することができる。なお、アクリル樹脂、ポリイミド、ベンゾシクロブテン系樹脂、ポリアミド、エポキシ樹脂等の、耐熱性を有する有機絶縁材料を用いると、平坦化絶縁膜として好適である。また、上記有機絶縁材料の他に、低誘電率材料(low-k材料)、シロキサン系樹脂、PSG(リンガラス)、BPSG(リンボロンガラス)等を用いることができる。なお、これらの材料で形成される絶縁膜を複数積層させて絶縁層を形成してもよい。

40

【0171】

絶縁層4021の形成法は、特に限定されず、その材料に応じて、スパッタ法、スピント法、ディッピング法、スプレー塗布、液滴吐出法(インクジェット法、スクリーン印刷、オフセット印刷等)、ロールコーティング法、カーテンコーティング法、ナイフコーティング法等を用いることができる。

【0172】

上述した表示装置は、光源または表示素子から発する光を用いて表示を行うものを例としたが、外部からの光の反射を利用するものでも良い。どちらの場合においても、画素部に設けられる基板を含め、絶縁膜、導電膜などの薄膜も全て可視光の波長領域の光に対して透光性を有するものを用いる。

50

【0173】

透過型の液晶表示装置の第1の電極層4030及び第2の電極層4031と、反射型の液晶表示装置、発光装置、及び電子ペーパーの第2の電極層4031には、酸化タンゲステンを含む酸化インジウム、酸化チタンを含む酸化インジウム、酸化チタンを含む酸化インジウム酸化スズ合金、酸化インジウム酸化スズ合金、酸化インジウム酸化亜鉛合金等の透光性を有する導電性材料を用いることができる。また、これらの金属酸化物材料に酸化シリコンを添加したものであっても良い。

【0174】

また、反射型の液晶表示装置、発光装置、電子ペーパーの第1の電極層4030には、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、バナジウム(V)、ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、クロム(Cr)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、チタン(Ti)、白金(Pt)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、銀(Ag)等の金属、窒化物、または上記複数の金属の合金を用いることができる。

10

【0175】

また、トランジスタは静電気などにより破壊されやすいため、駆動回路保護用の保護回路を設けることが好ましい。保護回路は、非線形素子を用いて構成することが好ましい。

【0176】

本実施の形態は、他の実施の形態に記載した構成と適宜組み合わせて実施することが可能である。

20

【0177】

(実施の形態3)

実施の形態1で一例を示したトランジスタを用いて、対象物の情報を読み取るイメージセンサ機能を有する半導体装置を作製することができる。

【0178】

図9に、イメージセンサ機能を有する半導体装置の一例を示す。図9(A)はフォトセンサの等価回路であり、図9(B)はフォトセンサの一部を示す断面図である。

30

【0179】

フォトダイオード602は、一方の電極がフォトダイオードリセット信号線658に、他方の電極がトランジスタ640のゲートに電気的に接続されている。トランジスタ640は、ソースまたはドレインの一方がフォトセンサ基準信号線672に、ソースまたはドレインの他方がトランジスタ656のソースまたはドレインの一方に電気的に接続されている。トランジスタ656は、ゲートがゲート信号線659に、ソースまたはドレインの他方がフォトセンサ出力信号線671に電気的に接続されている。

【0180】

なお、本明細書における回路図において、酸化物半導体を用いるトランジスタと明確に判明できる様に、酸化物半導体を用いることが好ましいトランジスタの記号には「OS」と記載している。図9(A)において、トランジスタ640、トランジスタ656は酸化物半導体層を用いるトランジスタである。

40

【0181】

図9(B)は、絶縁表面を有する基板601上に形成したフォトセンサの一部の断面図であり、フォトダイオード602及びトランジスタ640の構成を示している。フォトダイオード602、トランジスタ640の上には接着層608を用いて基板613が設けられている。

【0182】

トランジスタ640上には、絶縁層631、保護絶縁層632、第1の層間絶縁層633、第2の層間絶縁層634が設けられている。フォトダイオード602は、第1の層間絶縁層633上に設けられ、第1の層間絶縁層633上に形成した電極層641と、第2の層間絶縁層634上に設けられた電極層642との間に、第1の層間絶縁層633側から順に第1半導体層606a、第2半導体層606b、及び第3半導体層606cを積層し

50

た構造を有している。

【0183】

本実施の形態では、トランジスタ640に実施の形態1で示したトランジスタを用いることができる。トランジスタ640、トランジスタ656は、電気的特性変動が抑制されており、電気的に安定であるため、図9で示すフォトセンサの構成に用いることで、信頼性の高い半導体装置を形成することができる。

【0184】

電極層642は電極層641を介してゲート電極645と電気的に接続している。ゲート電極645は、トランジスタ640のゲート電極と電気的に接続しており、フォトダイオード602の一方の電極はトランジスタ640と電気的に接続している。

10

【0185】

ここで、フォトダイオード602は、p型の導電型を有する第1半導体層606a、i型の導電型を有する第2半導体層606b、及びn型の導電型を有する第3半導体層606cが積層されたp-i-n型を例示している。

【0186】

第1半導体層606aはp型半導体層であり、p型を付与する不純物元素を含むシリコン膜で形成することができる。第2半導体層606bはi型半導体層であり、実質的に真性なシリコン膜で形成することができる。第3半導体層606cはn型半導体層であり、n型を付与する不純物元素を含むシリコン膜で形成することができる。

20

【0187】

上記シリコン膜はプラズマCVD法により形成することができ、半導体材料ガスとしてはシラン(SiH_4)を用いればよい。または、 Si_2H_6 、 SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 、 SiCl_4 、 SiF_4 等を用いてもよい。また、シリコン膜を形成する他の方法として、LPCVD法、やスパッタ法等を用いることもできる。

【0188】

例えば、第1半導体層606aは、13族の不純物元素(例えばホウ素(B))を含む半導体材料ガスを用い、プラズマCVD法で10nm以上50nm以下の膜厚となるよう形成する。また、第2半導体層606bは、半導体材料ガスのみ、または13族の不純物元素(例えばホウ素(B))を微量に添加して、プラズマCVD法で200nm以上1000nm以下の膜厚となる様に形成する。また、第3半導体層606cは、15族の不純物元素(例えばリン(P))を含む半導体材料ガスを用いて、プラズマCVD法で20nm以上200nm以下の膜厚となるよう形成する。

30

【0189】

また、第1半導体層606a及び第3半導体層606cは、不純物元素を含まないシリコン膜を形成した後に、拡散法やイオン注入法を用いて該シリコン膜に不純物元素を導入してもよい。イオン注入法等により不純物元素を導入した後に加熱等を行うことで、不純物元素を拡散させることができる。

【0190】

なお、上記シリコン膜は、非晶質に限らず、結晶性を有するものであっても良い。例えば、i型半導体層に、非晶質シリコンを用いれば可視光線の波長領域に対して受光感度を有するセンサを形成することができ、微結晶シリコンや多結晶シリコンなどを用いれば、可視光線のみでなく赤外線を含む波長領域に対して受光感度を有するセンサを形成することができる。また、微結晶シリコン等でp型半導体層及びn型半導体層を形成すれば、非晶質シリコンよりも抵抗を低くすることができる。

40

【0191】

微結晶半導体は、ギブスの自由エネルギーを考慮すれば非晶質と単結晶の中間的な準安定状態に属するものである。すなわち、自由エネルギー的に安定な第3の状態を有する半導体であって、短距離秩序を持ち格子歪みを有する。柱状または針状結晶が基板表面に対して法線方向に成長している。微結晶半導体の代表例である微結晶シリコンは、そのラマンスペクトルのピークが単結晶シリコンを示す 520 cm^{-1} よりも低波数側にシフトして

50

いる。即ち、単結晶シリコンを示す 520 cm^{-1} と非晶質シリコンを示す 480 cm^{-1} の間に微結晶シリコンのラマンスペクトルのピークがある。また、ダングリングボンドを終端するため水素またはハロゲンを少なくとも 1 原子%またはそれ以上含ませている。さらに、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、ネオンなどの希ガス元素を含ませて格子歪みをさらに助長させることで、安定性が増し良好な微結晶半導体とすることができます。

【0192】

この微結晶半導体は、周波数が数十MHz～数百MHzの高周波プラズマCVD法、または周波数が1GHz以上のマイクロ波プラズマCVD装置により形成することができる。代表的には、 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 、 SiCl_4 、 SiF_4 などの水素化珪素を水素で希釈して形成することができる。このとき、水素化珪素に対する水素の比率は、5倍以上200倍以下、好ましくは50倍以上150倍以下、更に好ましくは100倍とする。また、水素化珪素及び水素に加え、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、ネオンから選ばれた一種または複数種の希ガス元素で希釈して微結晶半導体を形成することができる。また、 CH_4 、 C_2H_6 等の炭化物気体、 GeH_4 、 GeF_4 等のゲルマニウム化気体、 F_2 等を混入させてもよい。

10

【0193】

また、光電効果で発生した正孔の移動度は電子の移動度に比べて小さいため、正孔を効率良く取り出すには、pin型のフォトダイオードのp型の半導体層側を受光面とすることが好ましい。ただし、n型の半導体層側を受光面としても良い。ここでは、pin型のフォトダイオードが形成されている基板601側からフォトダイオード602に光が照射される構成としている。また、基板613側からの光を遮断するため、電極層642は遮光性を有する導電膜を用いるとよい。

20

【0194】

第1の層間絶縁層633、第2の層間絶縁層634としては、表面凹凸を低減するため平坦化絶縁膜として機能する絶縁層が好ましい。該絶縁層には、例えば、ポリイミド、アクリル樹脂、ベンゾシクロブテン樹脂、ポリアミド、エポキシ樹脂等の有機絶縁材料を用いることができる。また、上記有機絶縁材料の他に、低誘電率材料（low-k材料）、シリコサン系樹脂、PSG（リンガラス）、BPSG（リンボロンガラス）等の単層、または積層を用いることができる。

30

【0195】

絶縁層631、保護絶縁層632、第1の層間絶縁層633、及び第2の層間絶縁層634の形成方法は限定されず、それぞれに適した絶縁材料をスパッタ法、スピノート法、ディッピング法、スプレー塗布、液滴吐出法（インクジェット法、スクリーン印刷、オフセット印刷等）、ロールコーティング法、カーテンコーティング法、ナイフコーティング法等で形成すれば良い。

【0196】

フォトダイオード602に入射する光を検出することによって、被検出物の情報を読み取ることができる。なお、被検出物の情報を読み取る際には、外光やバックライトなどの光源を利用する。

40

【0197】

また、上記フォトセンサ回路に他の実施の形態に示した様な表示素子を併設させても良い。表示素子を併設させることでタッチパネルとして機能させることができる。

【0198】

トランジスタ640としては、実施の形態1で一例を示したトランジスタを用いることができる。水素、水分、水酸基または水素化物（水素化合物ともいう）などの不純物を意図的に排除することで高純度化され、また、酸素ドープ処理により酸素を過剰に含有する酸化物半導体層を含むトランジスタは、その電気的特性変動が抑制されており、電気的に安定である。よって、信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【0199】

本実施の形態は、他の実施の形態に記載した構成と適宜組み合わせて実施することが可能

50

である。

【0200】

(実施の形態4)

本明細書に開示する半導体装置は、さまざまな電子機器（遊技機も含む）に用いることができる。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等のカメラ、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。上記実施の形態で説明した液晶表示装置を具備する電子機器の例について説明する。

10

【0201】

図10(A)は電子書籍（E-bookともいう）であり、筐体9630、表示部9631、操作キー9632、太陽電池9633、充放電制御回路9634を有することができる。図10(A)に示した電子書籍は、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示する機能、カレンダー、日付または時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報を操作または編集する機能、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、等を有することができる。なお、図10(A)では充放電制御回路9634の一例としてバッテリー9635、DCDCコンバータ（以下、コンバータと略記）9636を有する構成について示している。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部9631に用いることにより、信頼性の高い電子書籍とすることができる。

20

【0202】

図10(A)に示す構成では、表示部9631を半透過型、または反射型の液晶表示装置として、比較的明るい環境下でも認識性良く使用することができる。また、その様な環境下では、太陽電池9633による発電及びバッテリー9635への充電を効率よく行うことができる。なお、太陽電池9633は、図示した領域に限らず、筐体9630の空きスペース（表面や裏面）に適宜設けることができる。なおバッテリー9635としては、リチウムイオン電池を用いると、小型化を図れる等の利点がある。

【0203】

また、図10(A)に示す充放電制御回路9634の構成及び動作について、図10(B)のブロック図を用いて説明する。図10(B)には、太陽電池9633、バッテリー9635、コンバータ9636、コンバータ9637、スイッチSW1乃至SW3、表示部9631について示している。ここで、充放電制御回路9634に対応する箇所は、バッテリー9635、コンバータ9636、コンバータ9637、スイッチSW1乃至SW3である。

30

【0204】

まず、外光により太陽電池9633が発電する場合の動作の例について説明する。太陽電池で発電した電力は、バッテリー9635を充電するための好適な電圧となるよう、コンバータ9636で昇圧または降圧がなされる。そして、表示部9631の動作に太陽電池9633からの電力が用いられる際にはスイッチSW1をオンにし、コンバータ9637で表示部9631に必要な電圧に昇圧または降圧をすることとなる。また、表示部9631での表示を行わない際には、SW1をオフにし、SW2をオンにしてバッテリー9635の充電を行う構成とすればよい。

40

【0205】

次いで、外光が乏しく、太陽電池9633による発電がされない場合の動作の例について説明する。バッテリー9635に蓄電された電力は、スイッチSW3をオンにすることでコンバータ9637により昇圧または降圧がなされる。そして、表示部9631の動作にバッテリー9635からの電力が用いられることとなる。

【0206】

なお、充電手段の一例として太陽電池を用いる例を示したが、他の手段、または太陽電池との組み合わせによりバッテリー9635を充電する構成であってもよい。

50

【0207】

図11(A)は、ノート型のパーソナルコンピュータであり、本体3001、筐体3002、表示部3003、キーボード3004などによって構成されている。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部3003に用いることにより、信頼性の高いノート型のパーソナルコンピュータとすることができます。

【0208】

図11(B)は、携帯情報端末(PDA)であり、本体3021には表示部3023と、外部インターフェイス3025と、操作ボタン3024等が設けられている。また操作用の付属品としてスタイルス3022がある。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部3023に用いることにより、より信頼性の高い携帯情報端末(PDA)とすることができる。10

【0209】

図11(C)は、電子書籍の一例を示している。例えば、電子書籍2700は、筐体2701及び筐体2703の2つの筐体が軸部2711を介して一体となっている。電子書籍2700は、該軸部2711を軸に開閉動作を行うことができ、紙の書籍を閲覧する様な形態で操作することが可能となる。

【0210】

筐体2701には表示部2705が組み込まれ、筐体2703には表示部2707が組み込まれている。表示部2705及び表示部2707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11(C)では表示部2705)に文章を表示し、左側の表示部(図11(C)では表示部2707)に画像を表示することができる。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部2705、表示部2707に用いることにより、信頼性の高い電子書籍2700とすることができます。20

【0211】

また、図11(C)では、筐体2701に操作部などを備えた例を示している。例えば、筐体2701において、電源2721、操作キー2723、スピーカー2725などを備えている。操作キー2723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2700は、電子辞書としての機能を持たせた構成としてもよい。30

【0212】

また、電子書籍2700は、無線で情報を送受信できる構成としてもよい。無線により、電子書籍サーバから、所望の書籍データなどを購入し、ダウンロードする構成とすることも可能である。

【0213】

図11(D)は、携帯電話であり、筐体2800及び筐体2801の二つの筐体で構成されている。筐体2801には、表示パネル2802、スピーカー2803、マイクロフォン2804、ポインティングデバイス2806、カメラ2807、外部接続端子2808などを備えている。また、筐体2800には、携帯電話の充電を行う太陽電池2810、外部メモリスロット2811などを備えている。また、アンテナは筐体2801内部に内蔵されている。他の実施の形態で示した半導体装置を表示パネル2802に用いることにより、信頼性の高い携帯電話とすることができます。40

【0214】

また、表示パネル2802はタッチパネルを備えており、図11(D)には表示されている複数の操作キー2805を点線で示している。なお、太陽電池2810で出力される電圧を各回路に必要な電圧に昇圧するための昇圧回路も実装している。

【0215】

表示パネル2802は、使用形態に応じて表示の方向が適宜変化する。また、表示パネル50

2802と同一面上にカメラ2807を備えているため、テレビ電話が可能である。スピーカー2803及びマイクロフォン2804は音声通話に限らず、音声の録音及び再生などの機能にも用いられる。さらに、筐体2800と筐体2801は、スライドし、図11(D)の様に展開している状態から重なり合った状態とすることができる、携帯に適した小型化を可能としている。

【0216】

外部接続端子2808は充電ケーブルやUSBケーブルなどの各種ケーブルと接続可能であり、充電及びパソコンとデータ通信が可能である。また、外部メモリスロット2811に大容量の記録媒体を挿入することで、より大量のデータの取扱にも対応できる。

10

【0217】

また、上記機能に加えて、赤外線通信機能、テレビ受信機能などを備えたものであってもよい。

【0218】

図11(E)は、デジタルビデオカメラであり、本体3051、表示部(A)3057、接眼部3053、操作スイッチ3054、表示部(B)3055、及びバッテリー3056などによって構成されている。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部(A)3057、表示部(B)3055に用いることにより、信頼性の高いデジタルビデオカメラとすることができます。

【0219】

図11(F)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9600は、筐体9601に表示部9603が組み込まれている。表示部9603により、映像を表示することができる。また、ここでは、スタンド9605により筐体9601を支持した構成を示している。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部9603に用いることにより、信頼性の高いテレビジョン装置9600とすることができます。

20

【0220】

テレビジョン装置9600の操作は、筐体9601が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機により行うことができる。また、リモコン操作機に、当該リモコン操作機から出力する情報を表示する表示部を設ける構成としてもよい。

【0221】

なお、テレビジョン装置9600は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般的のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向(送信者から受信者)または双方向(送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など)の情報通信を行うことも可能である。

30

【0222】

本実施の形態は、他の実施の形態に記載した構成と適宜組み合わせて実施することが可能である。

【符号の説明】

【0223】

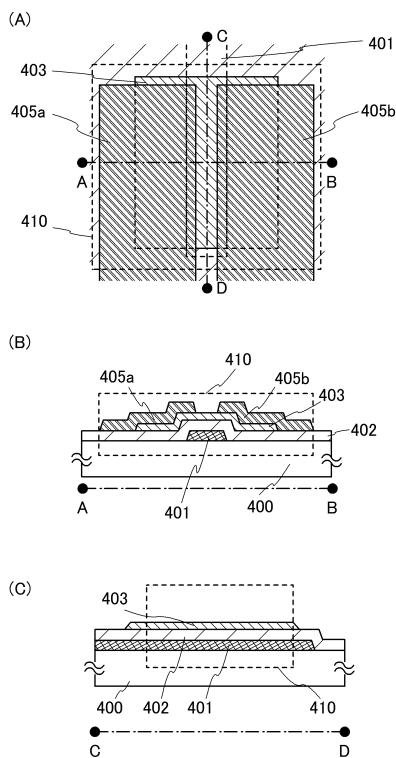
400	基板	40
401	ゲート電極層	
402	ゲート絶縁層	
402a	ゲート絶縁層	
402b	ゲート絶縁層	
403	酸化物半導体層	
405a	ソース電極層	
405b	ドレイン電極層	
407	絶縁層	
409	絶縁層	
410	トランジスタ	50

4 2 0	トランジスタ	
4 2 7	絶縁層	
4 3 0	トランジスタ	
4 4 0	トランジスタ	
4 4 1	酸化物半導体層	
4 6 0	トランジスタ	
6 0 1	基板	
6 0 2	フォトダイオード	
6 0 6 a	半導体層	10
6 0 6 b	半導体層	
6 0 6 c	半導体層	
6 0 8	接着層	
6 1 3	基板	
6 3 1	絶縁層	
6 3 2	保護絶縁層	
6 3 3	層間絶縁層	
6 3 4	層間絶縁層	
6 4 0	トランジスタ	
6 4 1	電極層	
6 4 2	電極層	20
6 4 5	ゲート電極	
6 5 6	トランジスタ	
6 5 8	フォトダイオードリセット信号線	
6 5 9	ゲート信号線	
6 7 1	フォトセンサ出力信号線	
6 7 2	フォトセンサ基準信号線	
7 0 1	電気炉	
7 0 2	チャンバー	
7 0 3	ヒーター	
7 0 4	基板	30
7 0 5	サセプター	
7 0 6	ガス供給手段	
7 0 7	排気手段	
7 1 1	ガス供給源	
7 1 2	圧力調整弁	
7 1 3	精製器	
7 1 4	マスフローコントローラ	
7 1 5	ストップバルブ	
2 7 0 0	電子書籍	
2 7 0 1	筐体	40
2 7 0 3	筐体	
2 7 0 5	表示部	
2 7 0 7	表示部	
2 7 1 1	軸部	
2 7 2 1	電源	
2 7 2 3	操作キー	
2 7 2 5	スピーカー	
2 8 0 0	筐体	
2 8 0 1	筐体	
2 8 0 2	表示パネル	50

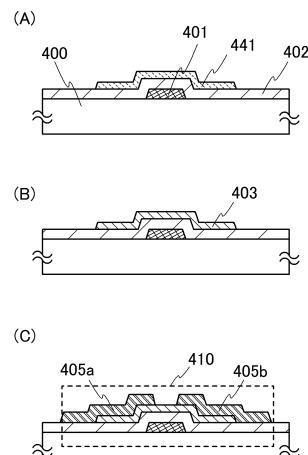
2 8 0 3	スピーカー	
2 8 0 4	マイクロフォン	
2 8 0 5	操作キー	
2 8 0 6	ポインティングデバイス	
2 8 0 7	カメラ	
2 8 0 8	外部接続端子	
2 8 1 0	太陽電池	
2 8 1 1	外部メモリスロット	
3 0 0 1	本体	
3 0 0 2	筐体	10
3 0 0 3	表示部	
3 0 0 4	キーボード	
3 0 2 1	本体	
3 0 2 2	スタイルス	
3 0 2 3	表示部	
3 0 2 4	操作ボタン	
3 0 2 5	外部インターフェイス	
3 0 5 1	本体	
3 0 5 3	接眼部	
3 0 5 4	操作スイッチ	20
3 0 5 5	表示部(B)	
3 0 5 6	バッテリー	
3 0 5 7	表示部(A)	
4 0 0 1	基板	
4 0 0 2	画素部	
4 0 0 3	信号線駆動回路	
4 0 0 4	走査線駆動回路	
4 0 0 5	シール材	
4 0 0 6	基板	
4 0 0 8	液晶層	30
4 0 1 0	トランジスタ	
4 0 1 1	トランジスタ	
4 0 1 3	液晶素子	
4 0 1 5	接続端子電極	
4 0 1 6	端子電極	
4 0 1 8	F P C	
4 0 1 9	異方性導電膜	
4 0 2 0	絶縁層	
4 0 2 1	絶縁層	
4 0 2 3	絶縁層	40
4 0 2 4	絶縁層	
4 0 3 0	電極層	
4 0 3 1	電極層	
4 0 3 2	絶縁層	
4 0 3 3	絶縁層	
4 0 3 5	スペーサ	
4 5 1 0	隔壁	
4 5 1 1	電界発光層	
4 5 1 3	発光素子	
4 5 1 4	充填材	50

4 6 1 2	キャビティ	
4 6 1 3	球形粒子	
4 6 1 4	充填材	
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 3 0	筐体	
9 6 3 1	表示部	
9 6 3 2	操作キー	10
9 6 3 3	太陽電池	
9 6 3 4	充放電制御回路	
9 6 3 5	バッテリー	
9 6 3 6	コンバータ	
9 6 3 7	コンバータ	
4 0 1 8 a	FPC	
4 0 1 8 b	FPC	
4 6 1 5 a	黒色領域	
4 6 1 5 b	白色領域	

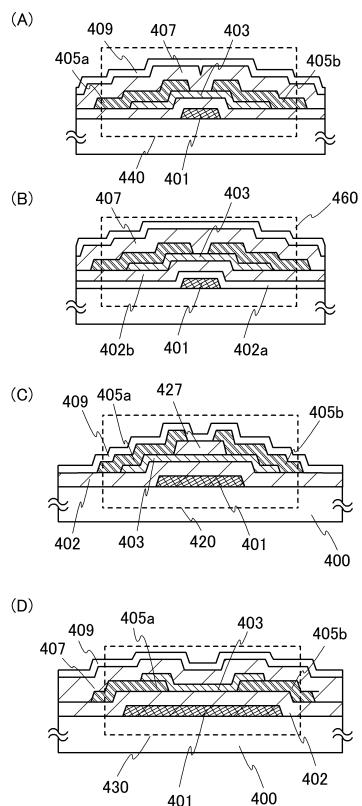
【図1】



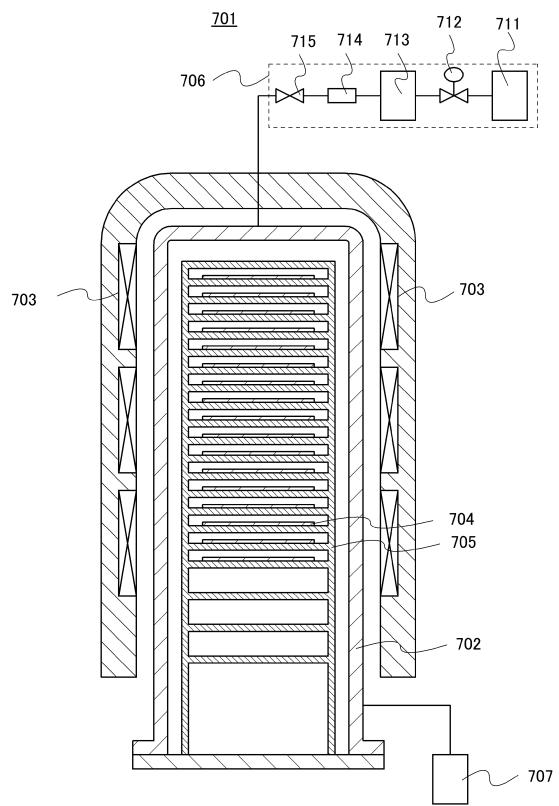
【図2】



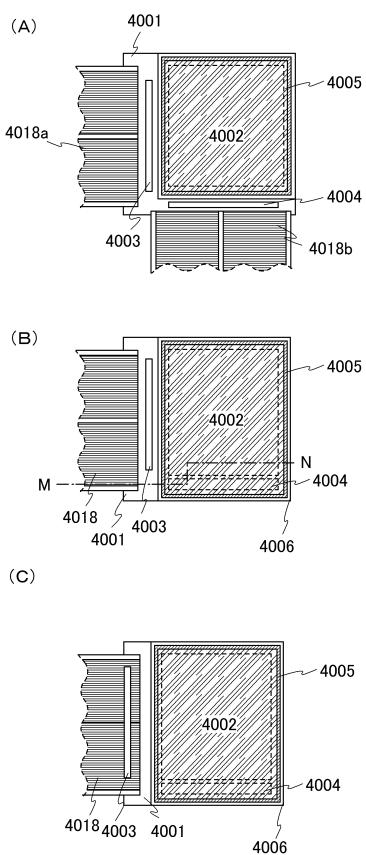
【図3】



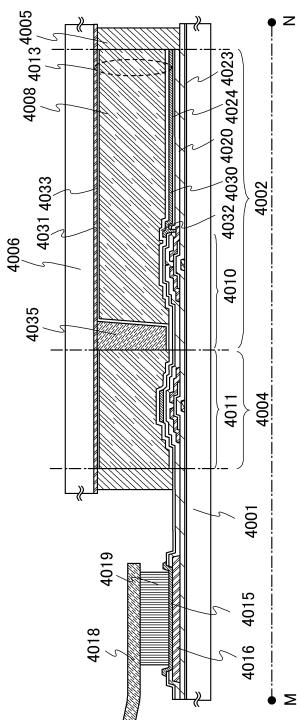
【図4】



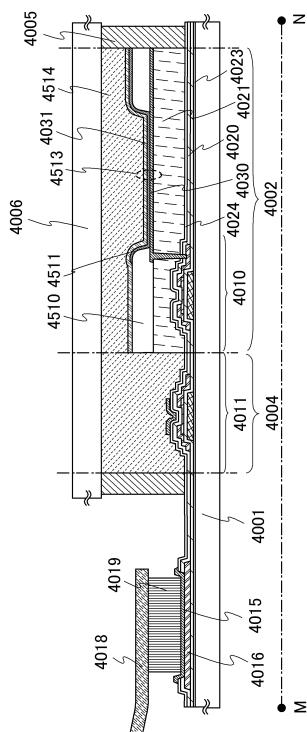
【図5】



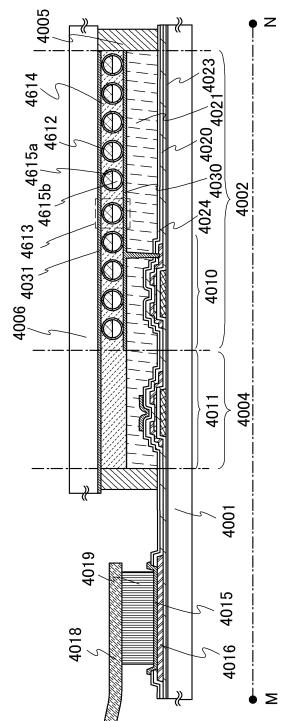
【図6】



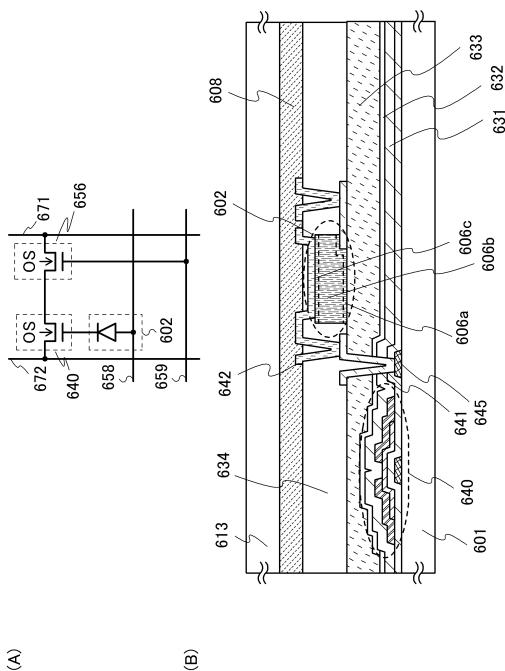
【図7】



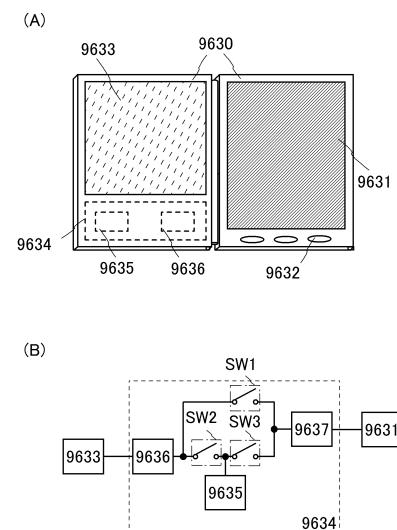
【図8】



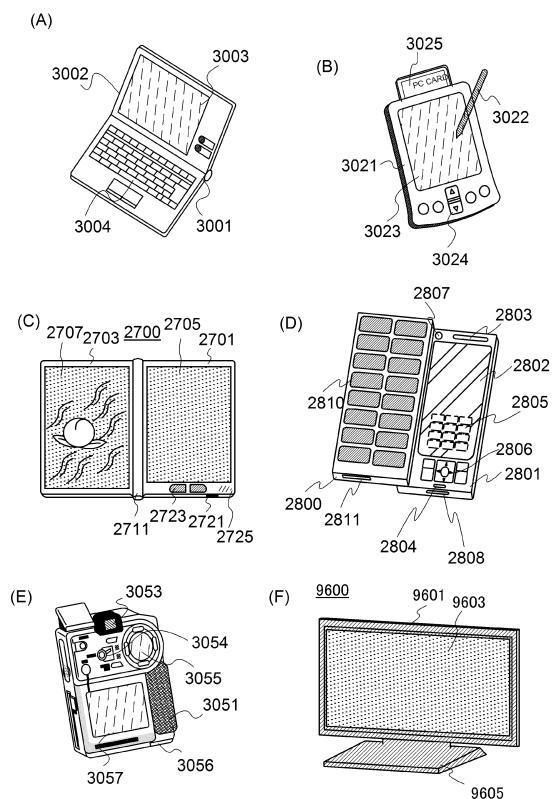
【図9】



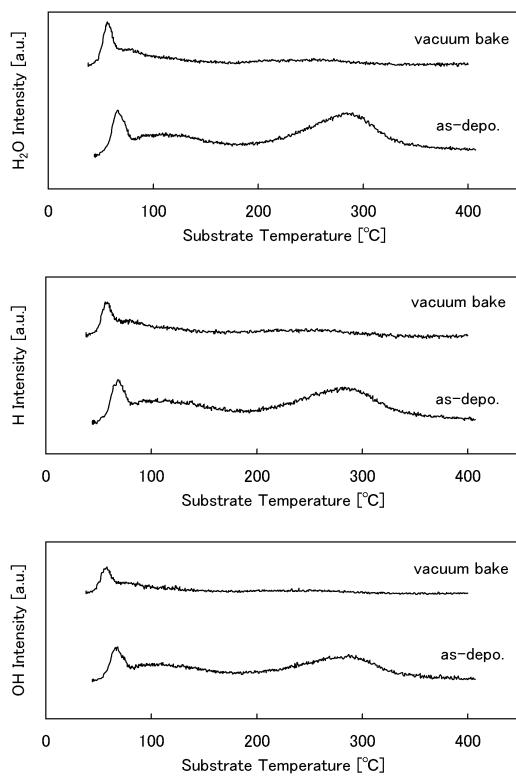
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 05 B 33/10 (2006.01) H 05 B 33/14 Z
H 05 B 33/10

審査官 岩本 勉

(56)参考文献 国際公開第2010/047077 (WO, A1)
特開2008-281988 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 21/336
H 01 L 21/477
H 01 L 29/786
H 01 L 51/50
H 05 B 33/10
H 05 B 33/14