

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ゲート電極層と、  
前記ゲート電極層上のゲート絶縁層と、  
前記ゲート絶縁層上の、I nとG aとZ nとを有する酸化物半導体層と、  
前記酸化物半導体層上の、C uからなる第1の電極と、  
前記第1の電極の少なくとも上面に接し、C uを有する第1の酸化金属領域と、  
前記酸化物半導体層上の、C uからなる第2の電極と、  
前記第2の電極の少なくとも上面に接し、C uを有する第2の酸化金属領域と、  
前記酸化物半導体層、前記第1の酸化金属領域、及び前記第2の酸化金属領域上の、S  
iを有する酸化物絶縁層と、  
前記第1の電極と電氣的に接続された、画素電極層と、  
前記画素電極層上の液晶層と、  
前記液晶層上の電極層と、を有する画素部を複数有し、  
前記画素電極層は、前記酸化物絶縁層の第1の開口領域、及び前記第1の酸化金属領域  
の第2の開口領域に設けられ、  
前記酸化物絶縁層は、前記酸化物半導体層と接する領域を有する液晶表示装置。

## 【請求項 2】

ゲート電極層と、  
前記ゲート電極層上のゲート絶縁層と、  
前記ゲート絶縁層上の、I nとG aとZ nとを有する酸化物半導体層と、  
前記酸化物半導体層上の、C uからなる第1の電極と、  
前記第1の電極の少なくとも上面に接し、C uを有する第1の酸化金属領域と、  
前記酸化物半導体層上の、C uからなる第2の電極と、  
前記第2の電極の少なくとも上面に接し、C uを有する第2の酸化金属領域と、  
前記酸化物半導体層、前記第1の酸化金属領域、及び前記第2の酸化金属領域上の、S  
iを有する酸化物絶縁層と、  
前記第1の電極と電氣的に接続された、画素電極層と、  
前記画素電極層上の液晶層と、  
前記液晶層上の電極層と、を有する画素部を複数有し、  
前記画素電極層は、前記第1の電極上であって、前記第1の酸化金属領域がない領域に  
設けられ、  
前記酸化物絶縁層は、前記酸化物半導体層と接する領域を有する液晶表示装置。

## 【請求項 3】

ゲート電極層と、  
前記ゲート電極層上のゲート絶縁層と、  
前記ゲート絶縁層上の、I nとG aとZ nとを有する酸化物半導体層と、  
前記酸化物半導体層上の、C uからなる第1の導電膜と、  
前記第1の導電膜の少なくとも上面に接し、C uを有する第1の酸化金属領域と、  
前記酸化物半導体層上の、C uからなる第2の導電膜と、  
前記第2の導電膜の少なくとも上面に接し、C uを有する第2の酸化金属領域と、  
前記酸化物半導体層、前記第1の酸化金属領域、及び前記第2の酸化金属領域上の、S  
iを有する酸化物絶縁層と、  
前記第1の導電膜と電氣的に接続された、画素電極層と、  
前記画素電極層上の液晶層と、  
前記液晶層上の電極層と、を有する画素部を複数有し、  
前記画素電極層は、前記酸化物絶縁層の第1の開口領域、及び前記第1の酸化金属領域  
の第2の開口領域に設けられ、  
前記酸化物絶縁層は、前記酸化物半導体層と接する領域を有する液晶表示装置。

## 【請求項 4】

ゲート電極層と、  
前記ゲート電極層上のゲート絶縁層と、  
前記ゲート絶縁層上の、InとGaとZnとを有する酸化物半導体層と、  
前記酸化物半導体層上の、Cuからなる第1の導電膜と、  
前記第1の導電膜の少なくとも上面に接し、Cuを有する第1の酸化金属領域と、  
前記酸化物半導体層上の、Cuからなる第2の導電膜と、  
前記第2の導電膜の少なくとも上面に接し、Cuを有する第2の酸化金属領域と、  
前記酸化物半導体層、前記第1の酸化金属領域、及び前記第2の酸化金属領域上の、Siを有する酸化物絶縁層と、  
前記第1の導電膜と電氣的に接続された、画素電極層と、  
前記画素電極層上の液晶層と、  
前記液晶層上の電極層と、を有する画素部を複数有し、  
前記画素電極層は、前記第1の導電膜上であって、前記第1の酸化金属領域がない領域に設けられ、  
前記酸化物絶縁層は、前記酸化物半導体層と接する領域を有する液晶表示装置。

10

【請求項5】

請求項1乃至請求項4のいずれか一に記載の液晶表示装置を具備する携帯電話。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

半導体装置及び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、半導体回路および電子機器は全て半導体装置である。

【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（薄膜トランジスタ（TFT）ともいう）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）のような電子デバイスに広く応用されている。トランジスタに適用可能な半導体薄膜として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。

30

【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）。

【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】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、酸化物半導体は薄膜形成工程において、酸素の過不足などによる化学量論的組成からのずれや、電子供与体を形成する水素や水分の混入などが生じると、その電気伝導度が変化してしまう。このような現象は、酸化物半導体を用いたトランジスタにとって電気的特性の変動要因となる。

【0007】

このような問題に鑑み、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とする。

【課題を解決するための手段】

50

## 【 0 0 0 8 】

酸化物半導体層を用いる薄膜トランジスタの電気的特性変動を抑止するため、変動要因となる水素、水分、水酸基又は水素化物（水素化合物ともいう）などの不純物を酸化物半導体層より意図的に排除し、かつ不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体を構成する主成分材料である酸素を供給することによって、酸化物半導体層を高純度化及び電氣的にI型（真性）化する。

## 【 0 0 0 9 】

I型（真性）の酸化物半導体とは、n型不純物である水素を酸化物半導体から除去し、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I型（真性）の酸化物半導体、又はI型（真性）に限りなく近い酸化物半導体としたものである。すなわち、水素や水等の不純物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）又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（ $E_f$ ）を真性フェルミ準位（ $E_i$ ）と同じレベルにまですることができ。

10

## 【 0 0 1 0 】

酸化物半導体層を含むトランジスタにおいて、酸化物半導体層に接して酸化物絶縁層（第1の絶縁層ともいう）を形成し、酸化物絶縁層を通過して酸素を導入（添加）し、加熱処理を行う。この酸素導入及び加熱工程によって、水素、水分、水酸基又は水素化物（水素化合物ともいう）などの不純物を酸化物半導体層より意図的に排除し、酸化物半導体層を高純度化する。酸素の導入により、酸化物半導体を構成している金属と水素の間の結合、或いは該金属と水酸基の間の結合を切断するとともに、これら水素、または水酸基が、酸素と反応することで水を生成するため、後に行われる加熱処理により、不純物である水素、または水酸基を、水として、脱離させやすくすることができる。

20

## 【 0 0 1 1 】

酸化物半導体層への酸素の導入を、積層された酸化物絶縁層を通過して行うため、酸素の導入深さ（導入領域）を制御することができ、酸化物半導体層中への酸素を効率よく導入することができる。

## 【 0 0 1 2 】

また、酸化物半導体層と酸素を含む酸化物絶縁層とを接した状態で加熱処理を行うため、不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体を構成する主成分材料の一つである酸素を、酸素を含む酸化物絶縁層より酸化物半導体層へ供給することができる。よって、酸化物半導体層はより高純度化し、電氣的にI型（真性）化する。

30

## 【 0 0 1 3 】

また、酸化物絶縁層上にさらに水分や水素などの不純物が酸化物半導体層に再混入しないように、これらが外部から侵入することをブロックする保護絶縁層（第2の絶縁層ともいう）を形成することが好ましい。

## 【 0 0 1 4 】

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、しきい値電圧やオン電流などの電気的特性に温度依存性がほとんど見られない。また、光劣化によるトランジスタ特性の変動も少ない。

40

## 【 0 0 1 5 】

このように、高純度化し、電氣的にI型（真性）化した酸化物半導体層を有するトランジスタは、電気的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。よって安定した電気的特性を有する酸化物半導体を用いた信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

## 【 0 0 1 6 】

加熱処理の温度は、250 以上700 以下、または400 以上700 以下、または基板の歪み点未満とする。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、さらに好ましくは10 ppm以下の空気）、または希ガス（アルゴン、ヘリウムなど）の雰囲気下で行えばよい。

## 【 0 0 1 7 】

本明細書で開示する発明の構成の一形態は、酸化物半導体層を形成し、酸化物半導体層に

50

接して酸化物絶縁層である第１の絶縁層を形成し、第１の絶縁層を通過させて酸化物半導体層に酸素を導入し、第１の絶縁層及び酸化物半導体層に加熱処理を行い、第１の絶縁層上に第２の絶縁層を形成する半導体装置の作製方法である。

【００１８】

本明細書で開示する発明の構成の一形態は、基板上に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、ゲート絶縁層上に酸化物半導体層を形成し、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酸化物半導体層に接し酸化物絶縁層である第１の絶縁層を形成し、第１の絶縁層を通過させて酸化物半導体層に酸素を導入し、第１の絶縁層及び酸化物半導体層に加熱処理を行い、第１の絶縁層上に第２の絶縁層を形成する半導体装置の作製方法である。

10

【００１９】

本明細書で開示する発明の構成の一形態は、基板上にソース電極層及びドレイン電極層を形成し、ソース電極層及びドレイン電極層上に酸化物半導体層を形成し、酸化物半導体層に接して酸化物絶縁層である第１の絶縁層を形成し、第１の絶縁層を通過させて酸化物半導体層に酸素を導入し、第１の絶縁層及び酸化物半導体層に加熱処理を行い、第１の絶縁層上に第２の絶縁層を形成し、酸化物半導体層と重なる第２の絶縁層上にゲート電極層を形成する半導体装置の作製方法である。

【００２０】

上記構成において、酸化物半導体層上に第１の絶縁層を形成する前に、酸化物半導体層に加熱処理を行ってもよい。また、酸素の導入は、イオン注入法またはイオンドーピング法を用いて行うことができる。

20

【００２１】

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、工程順又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。

【発明の効果】

【００２２】

酸化物半導体層に接して酸化物絶縁層を形成し、酸化物絶縁層を通過して酸素を導入し、加熱処理を行う。この酸素導入及び加熱工程によって、水素、水分、水酸基又は水素化物などの不純物を酸化物半導体層より意図的に排除し、酸化物半導体層を高純度化することができる。高純度化し、電氣的にＩ型（真性）化した酸化物半導体層を有するトランジスタは、電氣的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。

30

【００２３】

よって、本発明の一形態は、安定し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る。

【００２４】

また、本発明の一形態は、電気特性が良好で信頼性のよい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】

40

【００２５】

【図１】半導体装置及び半導体装置の作製方法の一形態を説明する図。

【図２】半導体装置及び半導体装置の作製方法の一形態を説明する図。

【図３】半導体装置及び半導体装置の作製方法の一形態を説明する図。

【図４】半導体装置の一形態を説明する図。

【図５】半導体装置及び半導体装置の作製方法の一形態を説明する図。

【図６】半導体装置の一形態を説明する図。

【図７】半導体装置の一形態を説明する図。

【図８】半導体装置の一形態を説明する図。

【図９】半導体装置の一形態を説明する図。

50

【図 1 0】半導体装置の一形態を説明する図。

【図 1 1】電子機器を示す図。

【図 1 2】電子機器を示す図。

【図 1 3】半導体装置の一形態を説明する図。

【図 1 4】酸素導入条件による酸化物半導体層のシート抵抗を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下では、本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、本発明は以下の説明に限定されず、その形態およ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。

10

【0027】

(実施の形態 1)

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 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。

【0028】

図 1 (E) に示すように、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、ドレイン電極層 405b を含む。トランジスタ 410 上には、酸化物絶縁層 407 (第 1 の絶縁層ともいう)、及び保護絶縁層 409 (第 2 の絶縁層ともいう) が順に積層されている。

20

【0029】

図 1 (A) 乃至 (E) にトランジスタ 410 の作製方法の一例を示す。

【0030】

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によりゲート電極層 401 を形成する。なお、レジストマスクをインクジェット法で形成してもよい。レジストマスクをインクジェット法で形成するとフォトマスクを使用しないため、製造コストを低減できる。

【0031】

絶縁表面を有する基板 400 に使用することができる基板に大きな制限はないが、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ことができる。

30

【0032】

また、基板 400 として、可撓性基板を用いて半導体装置を作製してもよい。

【0033】

可撓性を有する半導体装置を作製するには、可撓性基板上に酸化物半導体層 403 を含むトランジスタ 410 を直接作製してもよいし、他の作製基板に酸化物半導体層 403 を含むトランジスタ 410 を作製し、その後可撓性基板に剥離、転置してもよい。なお、作製基板から可撓性基板に剥離、転置するために、作製基板と酸化物半導体層を含むトランジスタとの間に剥離層を設けるとよい。

40

【0034】

下地膜となる絶縁膜を基板 400 とゲート電極層 401 との間に設けてもよい。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、又は酸化窒化シリコン膜から選ばれた一又は複数の膜による積層構造により形成することができる。

【0035】

また、ゲート電極層 401 の材料は、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又はこれらを主成分とする合金材料を用いて、単層で又は積層して形成することができる。

50

## 【0036】

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、プラズマCVD法又はスパッタリング法等を用いて、酸化シリコン層、窒化シリコン層、酸化窒化シリコン層、窒化酸化シリコン層、酸化アルミニウム層、窒化アルミニウム層、酸化窒化アルミニウム層、窒化酸化アルミニウム層、又は酸化ハフニウム層を単層で又は積層して形成することができる。

## 【0037】

また、本実施の形態の酸化物半導体は、不純物が除去され、酸化物半導体の主成分以外のキャリア供与体となる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)化又は実質的に真性(I型)化された酸化物半導体を用いる。

10

## 【0038】

このような高純度化された酸化物半導体は界面準位、界面電荷に対して極めて敏感であるため、酸化物半導体層とゲート絶縁層との界面は重要である。そのため高純度化された酸化物半導体に接するゲート絶縁層は、高品質化が要求される。

## 【0039】

例えば、 $\mu$ 波(例えば周波数2.45GHz)を用いた高密度プラズマCVDは、緻密で絶縁耐圧の高い高品質な絶縁層を形成できるので好ましい。高純度化された酸化物半導体と高品質ゲート絶縁層とが密接することにより、界面準位を低減して界面特性を良好なものとすることができるからである。

## 【0040】

もちろん、ゲート絶縁層として良質な絶縁層を形成できるものであれば、スパッタリング法やプラズマCVD法など他の成膜方法を適用することができる。また、成膜後の熱処理によってゲート絶縁層の膜質、酸化物半導体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、ゲート絶縁層としての膜質が良好であることは勿論のこと、酸化物半導体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であれば良い。

20

## 【0041】

また、ゲート絶縁層402、酸化物半導体層に水素、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、酸化物半導体層の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ゲート電極層401が形成された基板400、又はゲート絶縁層402までが形成された基板400を予備加熱し、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。また、この予備加熱は、酸化物絶縁層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。

30

## 【0042】

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層を形成する。

## 【0043】

なお、酸化物半導体層を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リングを行い、ゲート絶縁層402の表面に付着している粉状物質(パーティクル、ごみともいう)を除去することが好ましい。逆スパッタリングとは、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RF電源を用いて電圧を印加して基板近傍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。

40

## 【0044】

酸化物半導体層に用いる酸化物半導体としては、四元系金属酸化物であるIn-Sn-Ga-Zn-O系酸化物半導体や、三元系金属酸化物である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、Al-Ga-Zn-O系酸化物半導体、Sn-Al-Zn-O系酸化物半導体や、二元系金属酸化物であるIn-Zn-O系酸化物半導体

50

、 $\text{Sn}-\text{Zn}-\text{O}$ 系酸化物半導体、 $\text{Al}-\text{Zn}-\text{O}$ 系酸化物半導体、 $\text{Zn}-\text{Mg}-\text{O}$ 系酸化物半導体、 $\text{Sn}-\text{Mg}-\text{O}$ 系酸化物半導体、 $\text{In}-\text{Mg}-\text{O}$ 系酸化物半導体や、 $\text{In}-\text{O}$ 系酸化物半導体、 $\text{Sn}-\text{O}$ 系酸化物半導体、 $\text{Zn}-\text{O}$ 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 $\text{SiO}_2$ を含んでもよい。ここで、例えば、 $\text{In}-\text{Ga}-\text{Zn}-\text{O}$ 系酸化物半導体とは、インジウム( $\text{In}$ )、ガリウム( $\text{Ga}$ )、亜鉛( $\text{Zn}$ )を有する酸化物、という意味であり、その化学量論比はとくに問わない。また、 $\text{In}$ と $\text{Ga}$ と $\text{Zn}$ 以外の元素を含んでもよい。

【0045】

また、酸化物半導体層は、化学式 $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$  ( $m > 0$ 、且つ $m$ は自然数でない)で表記される薄膜を用いることができる。ここで、 $M$ は、 $\text{Ga}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Mn}$ および $\text{Co}$ 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、 $\text{Ga}$ 、 $\text{Ga}$ 及び $\text{Al}$ 、 $\text{Ga}$ 及び $\text{Mn}$ 、または $\text{Ga}$ 及び $\text{Co}$ などがある。

10

【0046】

本実施の形態では、酸化物半導体層として $\text{In}-\text{Ga}-\text{Zn}-\text{O}$ 系金属酸化物ターゲットを用いてスパッタリング法により成膜する。また、酸化物半導体層は、希ガス(代表的にはアルゴン)雰囲気下、酸素雰囲気下、又は希ガスと酸素の混合雰囲気下においてスパッタリング法により形成することができる。

【0047】

酸化物半導体層をスパッタリング法で作製するためのターゲットとしては、例えば、組成比として、 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{ZnO}=1:1:1$  [mol比]の金属酸化物ターゲットを用い、 $\text{In}-\text{Ga}-\text{Zn}-\text{O}$ 膜を成膜する。また、このターゲットの材料及び組成に限定されず、例えば、 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{ZnO}=1:1:2$  [mol比]の金属酸化物ターゲットを用いてもよい。

20

【0048】

また、金属酸化物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%である。充填率の高い金属酸化物ターゲットを用いることにより、成膜した酸化物半導体層は緻密な膜とすることができる。

【0049】

酸化物半導体層を、成膜する際に用いるスパッタリングガスは水素、水、水酸基又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。

30

【0050】

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 以下とする。基板を加熱しながら成膜することにより、成膜した酸化物半導体層に含まれる不純物濃度を低減することができる。また、スパッタリングによる損傷が軽減される。そして、成膜室内の残留水分を除去しつつ水素及び水分が除去されたスパッタガスを導入し、上記ターゲットを用いて基板400上に酸化物半導体層を成膜する。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、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( $\text{H}_2\text{O}$ )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層に含まれる不純物の濃度を低減できる。

40

【0051】

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100mm、圧力0.6Pa、直流(DC)電源0.5kW、酸素(酸素流量比率100%)雰囲気下の条件が適用される。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)が軽減でき、膜厚分布も均一となるために好ましい。

【0052】

次いで、酸化物半導体層を第2のフォトリソグラフィ工程により島状の酸化物半導体層441に加工する(図1(A)参照。)。また、島状の酸化物半導体層441を形成するた

50



めのレジストマスクをインクジェット法で形成してもよい。レジストマスクをインクジェット法で形成するとフォトマスクを使用しないため、製造コストを低減できる。

【0053】

また、ゲート絶縁層402にコンタクトホールを形成する場合、その工程は酸化物半導体層441の加工時に同時に行うことができる。

【0054】

なお、ここでの酸化物半導体層のエッチングは、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。例えば、酸化物半導体層のウェットエッチングに用いるエッチング液としては、リン酸と酢酸と硝酸を混ぜた溶液、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。

10

また、ITO07N(関東化学社製)を用いてもよい。

【0055】

次いで、ゲート絶縁層402、及び酸化物半導体層441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、Al、Cr、Cu、Ta、Ti、Mo、W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、窒化タングステン膜)等を用いることができる。また、Al、Cuなどの金属膜の下側又は上側の一方または双方にTi、Mo、Wなどの高融点金属膜またはそれらの金属窒化物膜(窒化チタン膜、窒化モリブデン膜、窒化タングステン膜)を積層させた構成としても良い。また、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、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( $\text{In}_2\text{O}_3$ )、酸化スズ( $\text{SnO}_2$ )、酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ )、酸化インジウム酸化スズ合金( $\text{In}_2\text{O}_3$   $\text{SnO}_2$ 、ITOと略記する)、酸化インジウム酸化亜鉛合金( $\text{In}_2\text{O}_3$   $\text{ZnO}$ )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。

20

【0056】

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、選択的にエッチ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。

【0057】

30

第3のフォトリソグラフィ工程でのレジストマスク形成時の露光には、紫外線やKrFレーザ光やArFレーザ光を用いるとよい。酸化物半導体層441上で隣り合うソース電極層の下端部とドレイン電極層の下端部との間隔幅によって後に形成されるトランジスタのチャンネル長Lが決定される。なお、チャンネル長L=25nm未満の露光を行う場合には、数nm~数10nmと極めて波長が短い超紫外線(Extreme Ultraviolet)を用いて第3のフォトリソグラフィ工程でのレジストマスク形成時の露光を行うとよい。超紫外線による露光は、解像度が高く焦点深度も大きい。従って、後に形成されるトランジスタのチャンネル長Lを10nm以上1000nm以下とすることも可能であり、回路の動作速度を高速化できる。

【0058】

40

また、フォトリソグラフィ工程で用いるフォトマスク数及び工程数を削減するため、透過した光が複数の強度となる露光マスクである多階調マスクによって形成されたレジストマスクを用いてエッチング工程を行ってもよい。多階調マスクを用いて形成したレジストマスクは複数の膜厚を有する形状となり、エッチングを行うことでさらに形状を変形することができるため、異なるパターンに加工する複数のエッチング工程に用いることができる。よって、一枚の多階調マスクによって、少なくとも二種類以上の異なるパターンに対応するレジストマスクを形成することができる。よって露光マスク数を削減することができ、対応するフォトリソグラフィ工程も削減できるため、工程の簡略化が可能となる。

【0059】

なお、導電膜のエッチングの際に、酸化物半導体層441がエッチングされ、分断するこ

50

とのないようエッチング条件を最適化することが望まれる。しかしながら、導電膜のみをエッチングし、酸化物半導体層 4 4 1 を全くエッチングしないという条件を得ることは難しく、導電膜のエッチングの際に酸化物半導体層 4 4 1 は一部のみがエッチングされ、溝部（凹部）を有する酸化物半導体層となることもある。

【0060】

本実施の形態では、導電膜として Ti 膜を用い、酸化物半導体層 4 4 1 には In - Ga - Zn - O 系酸化物半導体を用いたので、エッチング液としてアンモニア過水（アンモニア水、水、過酸化水素水の混合液）を用いる。

【0061】

次いで、N<sub>2</sub>O、N<sub>2</sub>、または Ar などのガスを用いたプラズマ処理を行い、露出している酸化物半導体層 4 4 1 の表面に付着した吸着水などを除去してもよい。プラズマ処理を行った場合、大気に触れることなく、酸化物半導体層 4 4 1 の一部に接する酸化物絶縁層 4 0 7 を形成する。

10

【0062】

酸化物絶縁層 4 0 7 は、少なくとも 1 nm 以上の膜厚とし、スパッタリング法など、酸化物絶縁層 4 0 7 に水、水素等の不純物を混入させない方法を適宜用いて形成することができる。酸化物絶縁層 4 0 7 に水素が含まれると、その水素の酸化物半導体層への侵入、又は水素による酸化物半導体層中の酸素の引き抜きが生じ酸化物半導体層のバックチャネルが低抵抗化（N 型化）してしまい、寄生チャネルが形成されるおそれがある。よって、酸化物絶縁層 4 0 7 はできるだけ水素を含まない膜になるように、成膜方法に水素を用い

20

【0063】

酸化物絶縁層 4 0 7 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などの無機絶縁膜を用いることができる。

【0064】

本実施の形態では、酸化物絶縁層 4 0 7 として膜厚 200 nm の酸化シリコン膜を、スパッタリング法を用いて成膜する。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。酸化シリコン膜のスパッタリング法による成膜は、希ガス（代表的にはアルゴン）雰囲気下、酸素雰囲気下、または希ガスと酸素の混合雰囲気下において行うことができる。また、ターゲットとして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、酸素を含む雰囲気下でスパッタリング法により酸化シリコン膜を形成することができる。

30

【0065】

酸化物半導体層の成膜時と同様に、酸化物絶縁層 4 0 7 の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（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成膜した酸化物絶縁層 4 0 7 に含まれる不純物の濃度を低減できる。また、酸化物絶縁層 4 0 7 の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。

【0066】

酸化物絶縁層 4 0 7 を、成膜する際に用いるスパッタガスは水素、水、水酸基又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。

40

【0067】

次に、酸化物半導体層 4 4 1 に、酸化物絶縁層 4 0 7 を通過させて酸素 4 2 1 を導入する（図 1（C）参照）。

【0068】

酸素 4 2 1 の導入方法としては、イオン注入法またはイオンドーピング法などを用いることができる。イオン注入法は、ソースガスをプラズマ化し、このプラズマに含まれるイオン種を引き出し、質量分離して、所定の質量を有するイオン種を加速して、イオンビームとして、被処理物に注入する方法である。また、イオンドーピング法は、ソースガスをプラズマ化し、所定の電界の作用によりプラズマからイオン種を引き出し、引き出したイオ

50

ン種を質量分離せずに加速して、イオンビームとして被処理物に注入する方法である。質量分離を伴うイオン注入法を用いて酸素の導入を行うことで、金属元素等の不純物が酸素と共に酸化物半導体層に添加されてしまうを防ぐことができる。また、イオンドーピング法はイオン注入法に比べてイオンビームの照射される面積を大きくすることができるので、イオンドーピング法を用いて酸素の添加を行うことで、タクトタイムを短縮することができる。

#### 【0069】

酸化物半導体層441への酸素の導入を積層された酸化物絶縁層407を通過して行うため、酸素の導入深さ（導入領域）を制御することができ、酸化物半導体層441中へ酸素を効率よく導入することができる。酸素の導入深さは、加速電圧、ドーズ量などの導入条件、また通過させる酸化物絶縁層の膜厚を適宜設定して制御すればよい。例えば、酸素ガスをを用いて、イオン注入法で酸素の導入を行う場合、ドーズ量を $1 \times 10^{13} \text{ ions/cm}^2$ 以上 $5 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$ 以下とすればよい。

10

#### 【0070】

特に酸化物半導体層のチャネル形成領域における、水素、水、水酸基又は水素化物などの不純物を排除することが重要であるため、ボトムゲート構造のトランジスタ410では酸化物半導体層441においてゲート絶縁層402との界面付近に多く酸素を導入することが好ましい。

#### 【0071】

酸化物半導体層における導入された酸素濃度のピークが $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 3 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ （好ましくは $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ）とすることが好ましい。

20

#### 【0072】

なお、上記酸素濃度は、酸素として質量数18の酸素同位体を導入し、二次イオン質量分析法（SIMS：Secondary Ion Mass Spectroscopy）により、導入後の酸化物半導体層における質量数18の酸素同位体の濃度を分析することによって求めることができる測定値である。

#### 【0073】

次に酸素を導入した酸化物半導体層441に、酸化物絶縁層407と一部（チャネル形成領域）が接した状態で加熱処理を行う。

30

#### 【0074】

加熱処理の温度は、250 以上700 以下、または400 以上700 以下、または基板の歪み点未満とする。例えば、加熱処理装置の一つである電気炉に基板を導入し、酸化物半導体層441に対して窒素雰囲気下450 において1時間の加熱処理を行う。

#### 【0075】

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、被処理物を加熱する装置を用いてもよい。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、被処理物を加熱する装置である。GRTA装置は、高温のガスをを用いて加熱処理を行う装置である。高温のガスには、アルゴンなどの希ガス、または窒素のような、加熱処理によって被処理物と反応しない不活性気体が用いられる。

40

#### 【0076】

例えば、加熱処理として、650 ～700 の高温に加熱した不活性ガス中に基板を入れ、数分間加熱した後、基板を不活性ガス中から出すGRTAを行ってもよい。

#### 【0077】

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

50

m以下、好ましくは10ppb以下の空気)、または希ガス(アルゴン、ヘリウムなど)の雰囲気下で行えばよいが、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガス等の雰囲気の水、水素などが含まれないことが好ましい。また、加熱処理装置に導入する窒素、酸素、または希ガスの純度を、6N(99.9999%)以上好ましくは7N(99.99999%)以上(即ち不純物濃度を1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下)とすることが好ましい。

#### 【0078】

酸素の導入により、酸化物半導体を構成している金属と水素の間の結合、或いは該金属と水酸基の間の結合を切断するとともに、これら水素、または水酸基が、酸素と反応することで水を生成する。よって、後に行われる加熱処理により、不純物である水素、または水酸基を、水として、脱離させやすくすることができる。

10

#### 【0079】

酸素の導入及び加熱処理によって、酸化物半導体層の脱水化または脱水素化を行うことができ、酸化物絶縁層から水素、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。

#### 【0080】

また、酸化物半導体層441と酸素を含む酸化物絶縁層407とを接した状態で加熱処理を行うため、不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体層441を構成する主成分材料の一つである酸素を、酸素を含む酸化物絶縁層407より酸化物半導体層441へ供給することができる。以上の工程で酸化物半導体層441を高純度化し、電気的にI型(真性)化された酸化物半導体層403を得る。

20

#### 【0081】

高純度化された酸化物半導体層403中にはキャリアが極めて少なく(ゼロに近い)、キャリア濃度は $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ 未満、さらに好ましくは $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 未満である。

#### 【0082】

以上の工程でトランジスタ410が形成される(図1(D)参照。)。トランジスタ410は、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。

30

#### 【0083】

酸化物絶縁層407上にさらに水分や水素などの不純物が酸化物半導体層403に再混入しないように、これらが外部から侵入することをブロックする保護絶縁層409を形成することが好ましい(図1(E)参照)。保護絶縁層409としては、無機絶縁膜を用い、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜などを用いればよい。例えば、RFスパッタリング法を用いて窒化シリコン膜を形成する。RFスパッタリング法は、量産性がよいため、保護絶縁層409の成膜方法として好ましい。

#### 【0084】

保護絶縁層409の形成後、加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時間以下での加熱処理を行ってもよい。この加熱処理は一定の加熱温度を保持して加熱してもよいし、室温から、100以上200以下の加熱温度への昇温と、加熱温度から室温までの降温を複数回くりかえして行ってもよい。

40

#### 【0085】

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は、オフ状態における電流値(オフ電流値)を、チャネル幅 $1 \mu\text{m}$ 当たり室温にて $10 \text{ zA} / \mu\text{m}$ 未満、85にて $100 \text{ zA} / \mu\text{m}$ 未満レベルにまで低くすることができる。

#### 【0086】

また、酸化物半導体層403を用いたトランジスタ410は、比較的高い電界効果移動度

50

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、高画質な画像を提供することができる。また、高純度化された酸化物半導体層 403 を含むトランジスタによって、同一基板上に駆動回路部または画素部を作り分けて作製することができるため、半導体装置の部品点数を削減することができる。

【0087】

以上のように、安定した電気的特性を有する酸化物半導体を用いた半導体装置を提供することができる。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。

【0088】

(実施の形態 2)

本実施の形態では、半導体装置の他の一形態を図 2 を用いて説明する。上記実施の形態と同一部分又は同様な機能を有する部分、及び工程は、上記実施の形態と同様に行うことができ、繰り返しの説明は省略する。また同じ箇所の詳細な説明は省略する。

10

【0089】

図 2 (A) 乃至 (D) に示すトランジスタ 450 は、トップゲート構造の一つであり順スタガ型薄膜トランジスタともいう。

【0090】

トランジスタ 450 は、絶縁表面を有する基板 400 上に、ソース電極層 405a、及びドレイン電極層 405b、酸化物半導体層 403、酸化物絶縁層 437、保護絶縁層 438、ゲート電極層 401 を含む。酸化物絶縁層 437 及び保護絶縁層 438 はゲート絶縁層として機能する。

20

【0091】

図 2 (A) 乃至 (D) にトランジスタ 450 の作製方法の一例を示す。

【0092】

まず、絶縁表面を有する基板 400 上に絶縁層 436 を形成する。

【0093】

絶縁層 436 上にソース電極層 405a、ドレイン電極層 405b を形成し、絶縁層 436、ソース電極層 405a、及びドレイン電極層 405b 上に酸化物半導体層 441 と同様に酸化物半導体層 451 を形成する。本実施の形態では、In-Ga-Zn-O 系金属酸化物ターゲットを用いてスパッタリング法により In-Ga-Zn-O 系酸化物膜を成膜し、島状に加工して酸化物半導体層 451 を形成する。(図 2 (A) 参照)。

30

【0094】

酸化物半導体層 451 上にゲート絶縁層として機能する酸化物絶縁層 437 を形成する。酸化物絶縁層 437 は酸化物絶縁層 407 と同様に形成する。本実施の形態では、酸化物絶縁層 437 として膜厚 200 nm の酸化シリコン膜を、スパッタリング法を用いて成膜する。

【0095】

次に、酸化物半導体層 451 に、酸化物絶縁層 437 を通過させて酸素 421 を導入する(図 2 (B) 参照)。酸素 421 の導入方法としては、イオン注入法またはイオンドーピング法などを用いることができる。本実施の形態では、酸素ガスをを用いて、イオン注入法で酸素の導入を行う。

40

【0096】

酸化物半導体層 451 への酸素の導入を、積層された酸化物絶縁層 437 を通過して行うため、酸素の導入深さ(導入領域)を制御することができ、酸化物半導体層 451 中へ酸素を効率よく導入することができる。酸素の導入深さは、加速電圧、ドーズ量などの導入条件、また通過させる酸化物絶縁層 437 の膜厚を適宜設定して制御すればよい。例えば、酸素ガスをを用いて、イオン注入法で酸素の導入を行う場合、ドーズ量を  $1 \times 10^{13} \text{ ions/cm}^2$  以上  $5 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$  以下とすればよい。

【0097】

特に酸化物半導体層のチャネル形成領域における、水素、水、水酸基又は水素化物などの不純物を排除することが重要であるため、トップゲート構造のトランジスタ 450 では、

50

酸化物半導体層 451 において酸化物絶縁層 437 との界面付近に多く酸素を導入することが好ましい。

【0098】

酸化物半導体層における導入された酸素濃度のピークは  $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 3 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  (好ましくは  $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ) とすることが好ましい。

【0099】

なお、上記酸素濃度は、酸素として質量数 18 の酸素同位体を導入し、二次イオン質量分析法 (SIMS: Secondary Ion Mass Spectroscopy) により、導入後の酸化物半導体層における質量数 18 の酸素同位体の濃度を分析することによって求めることができる測定値である。

10

【0100】

次に酸素を導入した酸化物半導体層 451 に、酸化物絶縁層 437 と接した状態で加熱処理を行う。

【0101】

加熱処理の温度は、250 以上 700 以下、または 400 以上 700 以下、または基板の歪み点未満とする。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、ヘリウムなど) の雰囲気で行えばよいが、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガス等の雰囲気に水、水素などが含まれないことが好ましい。例えば、加熱処理装置の一つである電気炉に基板を導入し、酸化物半導体層 451 に対して窒素雰囲気下 450 において 1 時間の加熱処理を行う。

20

【0102】

酸素の導入により、酸化物半導体を構成している金属と水素の間の結合、或いは該金属と水酸基の間の結合を切断するとともに、これら水素、または水酸基が、酸素と反応することで水を生成する。よって、後に行われる加熱処理により、不純物である水素、または水酸基を、水として、脱離させやすくすることができる。

【0103】

酸素の導入及び加熱処理によって、酸化物半導体層 451 の脱水化または脱水素化を行うことができ、酸化物絶縁層から水素、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。

30

【0104】

また、酸化物半導体層 451 と酸素を含む酸化物絶縁層 437 とを接した状態で加熱処理を行うため、不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体を構成する主成分材料の一つである酸素を、酸素を含む酸化物絶縁層 437 より酸化物半導体層 451 へ供給することができる。以上の工程で酸化物半導体層 451 を高純度化し、電氣的に I 型 (真性) 化された酸化物半導体層 403 を得る (図 2 (C) 参照)。

【0105】

酸化物絶縁層 437 上にさらに水分や水素などの不純物が酸化物半導体層 403 に再混入しないように、これらが外部から侵入することをブロックする保護絶縁層 438 を形成することが好ましい。保護絶縁層 438 も酸化物絶縁層 437 と同様にゲート絶縁層として機能する。例えば、保護絶縁層 438 として、RF スパッタリング法を用いて窒化シリコン膜を形成する。

40

【0106】

酸化物半導体層 403 と重なる保護絶縁層 438 上にゲート電極層 401 を形成する。

【0107】

以上の工程でトランジスタ 450 が形成される (図 2 (D) 参照。)。トランジスタ 450 は、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 450 は、電氣的特性変動が抑制されており、電氣的に安定

50

である。

【0108】

以上のように、安定した電気的特性を有する酸化物半導体を用いた半導体装置を提供することができる。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。

【0109】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせる実施することが可能である。

【0110】

(実施の形態3)

本実施の形態では、半導体装置の他の一形態を図3を用いて説明する。上記実施の形態と同一部分又は同様な機能を有する部分、及び工程は、上記実施の形態と同様に行うことができ、繰り返しの説明は省略する。また同じ箇所の詳細な説明は省略する。

10

【0111】

図3(A)乃至(E)に示すトランジスタ420は、チャネル保護型(チャネルストップ型ともいう)と呼ばれるボトムゲート構造の一つであり逆スタガ型薄膜トランジスタともいう。

【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酸化物絶縁層427、ソース電極層405a、及びドレイン電極層405bを含む。また、トランジスタ420を覆い、保護絶縁層409が形成されている。

20

【0113】

図3(A)乃至(E)にトランジスタ420の作製方法の一例を示す。

【0114】

まず、絶縁表面を有する基板400上にゲート電極層401を形成し、ゲート電極層401上にゲート絶縁層402を形成する。

【0115】

次にゲート絶縁層402上に酸化物半導体層441と同様に酸化物半導体層422を形成する。本実施の形態では、In-Ga-Zn-O系金属酸化物ターゲットを用いてスパッタリング法によりIn-Ga-Zn-O系酸化物膜を成膜し、島状に加工して酸化物半導体層422を形成する。

30

【0116】

酸化物半導体層422上に酸化物絶縁層407と同様に酸化物絶縁層426を形成する(図3(A)参照)。本実施の形態では、酸化物絶縁層426として膜厚200nmの酸化シリコン膜を、スパッタリング法を用いて成膜する。

【0117】

次に、酸化物半導体層422に、酸化物絶縁層426を通過させて酸素421を導入する(図3(B)参照)。酸素421の導入方法としては、イオン注入法またはイオンドーピング法などを用いることができる。本実施の形態では、酸素ガスを用いて、イオン注入法で酸素の導入を行う。

40

【0118】

酸化物半導体層422への酸素の導入を、積層された酸化物絶縁層426を通過して行うため、酸素の導入深さ(導入領域)を制御することができ、酸化物半導体層422中へ酸素を効率よく導入することができる。酸素の導入深さは、加速電圧、ドーズ量などの導入条件、また通過させる酸化物絶縁層426の膜厚を適宜設定して制御すればよい。例えば、酸素ガスを用いて、イオン注入法で酸素の導入を行う場合、ドーズ量を $1 \times 10^{13} \text{ ions/cm}^2$ 以上 $5 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$ 以下とすればよい。

【0119】

特に酸化物半導体層422のチャネル形成領域における、水素、水、水酸基又は水素化物などの不純物を排除することが重要であるため、ボトムゲート構造のトランジスタ420

50

では、酸化物半導体層 4 2 2 においてゲート絶縁層 4 0 2 との界面付近に多く酸素を導入することが好ましい。

【0 1 2 0】

酸化物半導体層 4 2 2 における導入された酸素濃度のピークは  $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 3 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  (好ましくは  $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ) とすることが好ましい。

【0 1 2 1】

なお、上記酸素濃度は、酸素として質量数 18 の酸素同位体を導入し、二次イオン質量分析法 (SIMS: Secondary Ion Mass Spectroscopy) により、導入後の酸化物半導体層における質量数 18 の酸素同位体の濃度を分析することによって求めることができる測定値である。

10

【0 1 2 2】

次に酸素を導入した酸化物半導体層 4 2 2 に、酸化物絶縁層 4 2 6 と接した状態で加熱処理を行う。

【0 1 2 3】

加熱処理の温度は、250 以上 700 以下、または 400 以上 700 以下、または基板の歪み点未満とする。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、ヘリウムなど) の雰囲気下で行えばよいが、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガス等の雰囲気中に水、水素などが含まれないことが好ましい。例えば、加熱処理装置の一つである電気炉に基板を導入し、酸化物半導体層 4 2 2 に対して窒素雰囲気下 450 において 1 時間の加熱処理を行う。

20

【0 1 2 4】

酸素の導入により、酸化物半導体を構成している金属と水素の間の結合、或いは該金属と水酸基の間の結合を切断するとともに、これら水素、または水酸基が、酸素と反応することで水を生成する。よって、後に行われる加熱処理により、不純物である水素、または水酸基を、水として、脱離させやすくすることができる。

【0 1 2 5】

酸素の導入及び加熱処理によって、酸化物半導体層 4 2 2 の脱水化または脱水素化を行うことができ、酸化物半導体層 4 2 2 から水素、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。

30

【0 1 2 6】

また、酸化物半導体層 4 2 2 と酸素を含む酸化物絶縁層 4 2 6 とを接した状態で加熱処理を行うため、不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体を構成する主成分材料の一つである酸素を、酸素を含む酸化物絶縁層 4 2 6、より酸化物半導体層 4 2 2 へ供給することができる。以上の工程で酸化物半導体層 4 2 2 を高純度化し、電氣的に I 型 (真性) 化された酸化物半導体層 4 0 3 を得る。

【0 1 2 7】

酸化物絶縁層 4 2 6 をフォトリソグラフィ工程により加工し、酸化物半導体層 4 0 3 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酸化物絶縁層 4 2 7 を形成する (図 3 (D) 参照)。なお、この酸化物絶縁層 4 2 6 のエッチング工程において、酸化物半導体層 4 0 3 の一部も除去される場合がある。この場合、酸化物絶縁層 4 2 7 に覆われていない酸化物半導体層 4 0 3 の領域の膜厚は薄くなる。

40

【0 1 2 8】

酸化物半導体層 4 0 3 及び酸化物絶縁層 4 2 7 上にソース電極層 4 0 5 a、ドレイン電極層 4 0 5 b を形成する。

【0 1 2 9】

以上の工程でトランジスタ 4 2 0 が形成される (図 3 (E) 参照)。トランジスタ 4 2 0 は、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 4 0 3 を含むトランジスタであ

50



る。よって、トランジスタ 4 2 0 は、電気的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。

【0 1 3 0】

酸化物絶縁層 4 2 7、ソース電極層 4 0 5 a、及びドレイン電極層 4 0 5 b 上にさらに水分や水素などの不純物が酸化物半導体層 4 0 3 に再混入しないように、これらが外部から侵入することをブロックする保護絶縁層 4 0 9 を形成することが好ましい（図 3（E）参照）。例えば、保護絶縁層 4 0 9 として、R F スパッタリング法を用いて窒化シリコン膜を形成する。

【0 1 3 1】

以上のように、安定した電気的特性を有する酸化物半導体を用いた半導体装置を提供することができる。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。

10

【0 1 3 2】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせる実施することが可能である。

【0 1 3 3】

（実施の形態 4）

本実施の形態では、半導体装置の他の一形態を図 4 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トランジスタを示す。上記実施の形態と同一部分又は同様な機能を有する部分、及び工程は、上記実施の形態と同様に行うことができ、繰り返しの説明は省略する。また同じ箇所の詳細な説明は省略する。

【0 1 3 4】

トランジスタの構造は特に限定されず、例えばトップゲート構造、又はボトムゲート構造のスタガ型及びプレーナ型などを用いることができる。また、トランジスタはチャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造でも、二つ形成されるダブルゲート構造もしくは三つ形成されるトリプルゲート構造であっても良い。また、チャネル領域の上下にゲート絶縁層を介して配置された 2 つのゲート電極層を有する、デュアルゲート型でもよい。

20

【0 1 3 5】

なお、図 4（A）（B）にトランジスタ 4 3 0、4 4 0 の断面構造の一例を以下に示す。図 4（A）（B）に示すトランジスタ 4 3 0、4 4 0 も実施の形態 1 乃至 3 で示したトランジスタ 4 1 0、4 2 0、4 5 0 同様に、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を含むトランジスタである。よって、トランジスタ 4 3 0、4 4 0 は電気的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。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。

30

【0 1 3 6】

図 4（A）示すトランジスタ 4 3 0 はボトムゲート型のトランジスタであり、絶縁表面を有する基板である基板 4 0 0 上に、ゲート電極層 4 0 1、ゲート絶縁層 4 0 2、ソース電極層 4 0 5 a、ドレイン電極層 4 0 5 b、及び酸化物半導体層 4 0 3 を含む。また、トランジスタ 4 3 0 を覆い、酸化物半導体層 4 0 3 に接する酸化物絶縁層 4 0 7 が設けられている。酸化物絶縁層 4 0 7 上にはさらに保護絶縁層 4 0 9 が形成されている。

40

【0 1 3 7】

トランジスタ 4 3 0 においては、ゲート絶縁層 4 0 2 は基板 4 0 0 及びゲート電極層 4 0 1 上に接して設けられ、ゲート絶縁層 4 0 2 上にソース電極層 4 0 5 a、ドレイン電極層 4 0 5 b が接して設けられている。そして、ゲート絶縁層 4 0 2、及びソース電極層 4 0 5 a、ドレイン電極層 4 0 5 b 上に酸化物半導体層 4 0 3 が設けられている。

【0 1 3 8】

図 4（B）に示すトランジスタ 4 4 0 は、トップゲート構造のトランジスタの一つである。トランジスタ 4 4 0 は、絶縁表面を有する基板 4 0 0 上に、絶縁層 4 3 6、酸化物半導体層 4 0 3、ソース電極層 4 0 5 a、及びドレイン電極層 4 0 5 b、ゲート絶縁層を構成する酸化物絶縁層 4 6 7、保護絶縁層 4 6 8、ゲート電極層 4 0 1 を含み、ソース電極層

50

405a、ドレイン電極層405bにそれぞれ配線層465a、配線層465bが接して設けられ電氣的に接続している。ゲート電極層401、配線層465a、配線層465b上を覆うように保護絶縁層469が形成されている。

【0139】

酸化物半導体層403に用いる酸化物半導体としては、四元系金属酸化物であるIn-Sn-Ga-Zn-O系や、三元系金属酸化物であるIn-Ga-Zn-O系、In-Sn-Zn-O系、In-Al-Zn-O系、Sn-Ga-Zn-O系、Al-Ga-Zn-O系、Sn-Al-Zn-O系や、二元系金属酸化物であるIn-Zn-O系、Sn-Zn-O系、Al-Zn-O系、Zn-Mg-O系、Sn-Mg-O系、In-Mg-O系や、In-O系、Sn-O系、Zn-O系などを用いることができる。また、上記酸化物半導体にSiO<sub>2</sub>を含んでもよい。ここで、例えば、In-Ga-Zn-O系酸化物半導体とは、少なくともInとGaとZnを含む酸化物であり、その組成比に特に制限はない。また、InとGaとZn以外の元素を含んでもよい。

10

【0140】

また、酸化物半導体層403は、化学式InMO<sub>3</sub>(ZnO)<sub>m</sub>(m>0、且つmは自然数でない)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。

【0141】

ボトムゲート構造のトランジスタ430において、下地膜となる絶縁膜を基板とゲート電極層の間に設けてもよい。下地膜は、基板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、又は酸化窒化シリコン膜から選ばれた一又は複数の膜による積層構造により形成することができる。

20

【0142】

基板400、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は実施の形態1と同様な材料及び方法で形成することができる。

【0143】

ソース電極層405a、ドレイン電極層405bに接続する配線層465a、配線層465bのような導電膜も、ソース電極層405a、ドレイン電極層405bと同様な材料を用いることができる。

30

【0144】

絶縁層436、ゲート絶縁層として機能する酸化物絶縁層467は、酸化物絶縁層407と同様な材料を用いることができ、代表的には酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜などの無機絶縁膜を用いることができる。

【0145】

ゲート絶縁層として機能する保護絶縁層468、保護絶縁層469は、窒化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、窒化酸化シリコン膜、窒化酸化アルミニウム膜、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。

【0146】

また、保護絶縁層409上にトランジスタ起因の表面凹凸を低減するために平坦化絶縁膜を形成してもよい。平坦化絶縁膜としては、ポリイミド、アクリル、ベンゾシクロブテン、等の有機材料を用いることができる。また上記有機材料の他に、低誘電率材料(low-k材料)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ることで、平坦化絶縁膜を形成してもよい。

40

【0147】

トランジスタ430及びトランジスタ440において、酸化物半導体層403は、上に積層される酸化物絶縁層407、酸化物絶縁層467を通過して酸素を導入し、加熱処理を行うことによって、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である。酸素の導入により、酸化物半導体を構成している金属と水素の間の結合、或いは該金属と水酸基

50

の間の結合を切断するとともに、これら水素、または水酸基が、酸素と反応することで水を生成するため、後に行われる加熱処理により、不純物である水素、または水酸基を、水として、脱離させやすくすることができる。

【0148】

酸化物半導体層への酸素の導入を、積層された酸化物絶縁層を通過して行うため、酸素の導入深さ（導入領域）を制御することができ、酸化物半導体層中への酸素を効率よく導入することができる。

【0149】

また、酸化物半導体層と酸素を含む酸化物絶縁層407、及び酸化物絶縁層467とを接した状態で加熱処理を行うため、不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体を構成する主成分材料の一つである酸素を、酸素を含む酸化物絶縁層407、及び酸化物絶縁層467より酸化物半導体層へ供給することができる。よって、酸化物半導体層403はより高純度化し、電氣的にI型（真性）化する。

【0150】

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430、440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。

【0151】

また、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430、440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該トランジスタを用いることで、高画質な画像を提供することができる。また、該トランジスタは、同一基板上に駆動回路部または画素部に作り分けて作製することができるため、表示装置の部品点数を削減することができる。

【0152】

以上のように、安定した電氣的特性を有する酸化物半導体を用いた半導体装置を提供することができる。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。

【0153】

（実施の形態5）

本実施の形態では、半導体装置の他の一形態を図1及び図5を用いて説明する。上記実施の形態と同一部分又は同様な機能を有する部分、及び工程は、上記実施の形態と同様に行うことができ、繰り返しの説明は省略する。また同じ箇所の詳細な説明は省略する。

【0154】

本実施の形態では、トランジスタのソース電極層又はノード及びドレイン電極層に導電層（配線層や画素電極層など）を接続する構成の一例を示す。なお、本実施の形態では、トランジスタとして実施の形態1で示したトランジスタ410を用いて説明するが、実施の形態2乃至4のいずれかで示したトランジスタにも適用できる。

【0155】

図5（A）に示すように、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、ドレイン電極層405bを含む。トランジスタ410上には、酸化物絶縁層407、及び保護絶縁層409が順に積層されている。

【0156】

実施の形態1で示したように、トランジスタ410の作製工程において、酸化物絶縁層407を、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上に形成し、酸素421を酸化物絶縁層407を通過させて酸化物半導体層441へ導入し、加熱処理を行う（図1（B）乃至（D）参照）。この酸素導入及び加熱処理工程において、酸素421は酸化物半導体層403の他、ソース電極層405a、ドレイン電極層405bへも到達し、照射（表面付近に導入）される。よって、図5（A）に示すように酸素421が照射されたソース電極層405a、ドレイン電極層405b表面が酸化され、酸化物絶縁層407の間に酸化金属領域404a、404bが形成される場合がある。酸化金属領域404a、404bは膜の形状となる場合もある。

10

20

30

40

50

## 【0157】

図5(A)のような場合、保護絶縁層409上に、ソース電極層405a及びドレイン電極層405bに接続する導電層を形成するための開口455a、455bは、抵抗の高い酸化金属領域404a、404bも除去し、抵抗の低いソース電極層405a及びドレイン電極層405bが露出するまで形成することが好ましい(図5(B)参照)。開口455a、455bは保護絶縁層409、酸化物絶縁層407、酸化金属領域404a、404bの一部を除去して形成する。

## 【0158】

次に、開口455a、455bにおいて露出されたソース電極層405a及びドレイン電極層405bに接するように導電層456a、456bを形成する(図5(C)参照)。導電層456a、456bは抵抗の高い酸化金属領域404a、404bを介さずに、直接抵抗の低いソース電極層405a及びドレイン電極層405bと接して設けられるために、良好な電氣的接続(コンタクト)を行うことができる。

10

## 【0159】

導電層456a、456bの上に保護層としてトランジスタ410を覆う保護絶縁層457を形成してもよい(図5(D)参照)。さらに保護絶縁層457を覆うことで、開口455a、455b部分より水素、水分などの不純物が酸化物半導体層403へ侵入することを防止することができる。

## 【0160】

また、ソース電極層405a、ドレイン電極層405bにおいて酸素が照射される面に酸素が導入されにくい導電膜(代表的にはタングステン膜やタンタル膜)を設けてもよい。例えば、ソース電極層405a、ドレイン電極層405bをチタン膜とタングステン膜との積層とし、酸素の導入側にタングステン膜を設けることにより、高抵抗な酸化金属領域の形成を抑制することができる。

20

## 【0161】

以上のように、トランジスタの良好な電氣的接続及び安定した電氣的特性を有する酸化物半導体を用いた半導体装置を提供することができる。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。

## 【0162】

(実施の形態6)

30

本実施の形態では、半導体装置の作製方法の他の一形態を説明する。上記実施の形態と同一部分又は同様な機能を有する部分、及び工程は、上記実施の形態と同様に行うことができ、繰り返しの説明は省略する。また同じ箇所の詳細な説明は省略する。

## 【0163】

なお、本実施の形態は、実施の形態1乃至5のいずれかで示したトランジスタ410、420、430、440、450にも適用できる。

## 【0164】

本実施の形態では、トランジスタ410、420、430、440、450の作製方法において、酸化物半導体層と接する酸化物絶縁層407、437、426、467を形成する前に酸化物半導体層に加熱処理を行う例を示す。

40

## 【0165】

この加熱処理は、酸化物半導体層が形成された後、酸化物絶縁層が形成される前であれば、島状の酸化物半導体層に加工前の酸化物半導体層に行ってもよく、トランジスタ410の場合はソース電極層405a及びドレイン電極層405bの形成前でも形成後でもよい。

## 【0166】

加熱処理の温度は、400 以上750 以下、または400 以上基板の歪み点未満とする。例えば、加熱処理装置の一つである電気炉に基板を導入し、酸化物半導体層に対して窒素雰囲気下450 において1時間の加熱処理を行う。加熱処理後は、大気に触れることなく酸化物絶縁層を形成し、酸化物半導体層への水や水素の再混入を防ぐことが好ま

50

しい。

【0167】

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、被処理物を加熱する装置を用いてもよい。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、被処理物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。高温のガスには、アルゴンなどの希ガス、または窒素のような、加熱処理によって被処理物と反応しない不活性気体を用いられる。

10

【0168】

例えば、加熱処理として、650 ~ 700 の高温に加熱した不活性ガス中に基板を入れ、数分間加熱した後、高温に加熱した不活性ガス中から基板を出すGRTAを行ってもよい。

【0169】

加熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気(水の含有量が20ppm以下、好ましくは1ppm以下、好ましくは10ppb以下の空気)、または希ガス(アルゴン、ヘリウムなど)の雰囲気下で行えばよいが、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガス等の雰囲気中に水、水素などが含まれないことが好ましい。また、加熱処理装置に導入する窒素、酸素、または希ガスの純度を、6N(99.9999%)以上好ましくは7N(99.99999%)以上(即ち不純物濃度を1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下)とすることが好ましい。

20

【0170】

この加熱処理により、酸化物半導体層中の水分または水素などの不純物を低減させることができる。

【0171】

さらに、酸化物半導体層上に酸化物絶縁層を形成し、酸化物絶縁層を通過させて、酸化物半導体層に酸素を導入することで、酸化物半導体を構成している金属と水素の間の結合、或いは該金属と水酸基の間の結合を切断するとともに、これら水素または水酸基を酸素と反応させて、水を生成する。そして、酸素の導入後にさらに加熱処理を行うことで、強固に残存していた水素または水酸基などの不純物を、水として、脱離させやすくすることができる。

30

【0172】

酸化物半導体層と酸素を含む酸化物絶縁層とを接した状態で加熱処理を行うため、不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体を構成する主成分材料の一つである酸素を、酸素を含む酸化物絶縁層より酸化物半導体層へ供給することができる。

【0173】

従って、酸化物半導体層に対して、酸化物絶縁層の形成前の加熱処理、及び酸化物絶縁層を形成し酸素を導入した後の加熱処理を行えば、さらに水分、水素などの不純物が脱離した、I型(真性半導体)又はI型に限りなく近い酸化物半導体層を得ることができる。

40

【0174】

従って、高純度化された酸化物半導体層を含むトランジスタは、電気的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。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。

【0175】

(実施の形態7)

実施の形態1乃至6のいずれかで一例を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

50

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。

【0176】

図6(A)において、第1の基板4001上に設けられた画素部4002を囲むようにして、シール材4005が設けられ、第2の基板4006によって封止されている。図6(A)においては、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、別途用意された基板上に単結晶半導体膜又は多結晶半導体膜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。また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、FPC(Flexible printed circuit)4018a、4018bから供給されている。

10

【0177】

図6(B)(C)において、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とを囲むようにして、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とは、第1の基板4001とシール材4005と第2の基板4006とによって、表示素子と共に封止されている。図6(B)(C)においては、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、別途用意された基板上に単結晶半導体膜又は多結晶半導体膜で形成された信号線駆動回路4003が実装されている。図6(B)(C)においては、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から供給されている。

20

【0178】

また図6(B)(C)においては、信号線駆動回路4003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。

【0179】

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)方法、ワイヤボンディング方法、或いはTAB(Tape Automated Bonding)方法などを用いることができる。図6(A)は、COG方法により信号線駆動回路4003、走査線駆動回路4004を実装する例であり、図6(B)は、COG方法により信号線駆動回路4003を実装する例であり、図6(C)は、TAB方法により信号線駆動回路4003を実装する例である。

30

【0180】

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等を実装した状態にあるモジュールとを含む。

【0181】

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、コネクタ、例えばFPCもしくはTABテープもしくはTCPが取り付けられたモジュール、TABテープやTCP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。

40

【0182】

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、トランジスタを複数有しており、実施の形態1乃至6のいずれかで一例を示したトランジスタを適用することができる。

【0183】

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

50

輝度が制御される素子とその範疇に含んでおり、具体的には無機EL (Electro Luminescence)、有機EL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適用することができる。

【0184】

半導体装置の一形態について、図7乃至図9を用いて説明する。図7乃至図9は、図6(B)のM-Nにおける断面図に相当する。

【0185】

図7乃至図9で示すように、半導体装置は接続端子電極4015及び端子電極4016を有しており、接続端子電極4015及び端子電極4016はFPC4018が有する端子と異方性導電膜4019を介して、電氣的に接続されている。

10

【0186】

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。

【0187】

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7乃至図9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。図7では、トランジスタ4010、4011上には酸化物絶縁層4020、保護絶縁層4024が設けられ、図8及び図9ではさらに、絶縁層4021が設けられている。なお、絶縁層4023は下地膜として機能する絶縁膜である。

20

【0188】

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乃至6のいずれかで示したトランジスタを適用することができる。

【0189】

トランジスタ4010及びトランジスタ4011において、酸化物半導体層は、上に積層される酸化物絶縁層4020を通過して酸素を導入し、加熱処理を行うことによって、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である。酸素の導入により、酸化物半導体を構成している金属と水素の間の結合、或いは該金属と水酸基の間の結合を切断するとともに、これら水素、または水酸基が、酸素と反応することで水を生成するため、後に行われる加熱処理により、不純物である水素、または水酸基を、水として、脱離させやすくすることができる。

30

【0190】

酸化物半導体層への酸素の導入を、積層された酸化物絶縁層4020を通過して行うため、酸素の導入深さ(導入領域)を制御することができ、酸化物半導体層中への酸素を効率よく導入することができる。

【0191】

また、酸化物半導体層と酸素を含む酸化物絶縁層4020とを接した状態で加熱処理を行うため、不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体を構成する主成分材料の一つである酸素を、酸素を含む酸化物絶縁層4020より酸化物半導体層へ供給することができる。よって、酸化物半導体層はより高純度化し、電氣的にI型(真性)化する。

40

【0192】

従って、高純度化された酸化物半導体層を含むトランジスタ4010及びトランジスタ4011は、電氣的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。よって、図7乃至図9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。

【0193】

また、本実施の形態では、絶縁層4023上において駆動回路用のトランジスタ4011

50

の酸化物半導体層のチャネル形成領域と重なる位置に導電層が設けられている例である。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、B T 試験前後におけるトランジスタ 4 0 1 1 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。また、導電層は、電位がトランジスタ 4 0 1 1 のゲート電極層と同じでもよいし、異なっても良く、第 2 のゲート電極層として機能させることもできる。また、導電層の電位が G N D、0 V、或いはフローティング状態であってもよい。

#### 【0194】

また、該導電層は外部の電場を遮蔽する、すなわち外部の電場が内部（薄膜トランジスタを含む回路部）に作用しないようにする機能（特に静電気に対する静電遮蔽機能）も有する。導電層の遮蔽機能により、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。

10

#### 【0195】

画素部 4 0 0 2 に設けられたトランジスタ 4 0 1 0 は表示素子と電気的に接続し、表示パネルを構成する。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。

#### 【0196】

図 7 に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。図 7 において、表示素子である液晶素子 4 0 1 3 は、第 1 の電極層 4 0 3 0、第 2 の電極層 4 0 3 1、絶縁層 4 0 3 2、絶縁層 4 0 3 3、及び液晶層 4 0 0 8 を含む。なお、液晶層 4 0 0 8 を挟持するように配向膜として機能する絶縁層 4 0 3 2、4 0 3 3 が設けられている。第 2 の電極層 4 0 3 1 は第 2 の基板 4 0 0 6 側に設けられ、第 1 の電極層 4 0 3 0 と第 2 の電極層 4 0 3 1 とは液晶層 4 0 0 8 を介して積層する構成となっている。

20

#### 【0197】

また 4 0 3 5 は絶縁膜を選択的にエッチングすることで得られる柱状のスペーサであり、液晶層 4 0 0 8 の膜厚（セルギャップ）を制御するために設けられている。なお球状のスペーサを用いていても良い。

#### 【0198】

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、スメクチック相、キュービック相、カイラルネマチック相、等方相等を示す。

30

#### 【0199】

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用いて液晶層に用いる。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 m s e c 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可能となる。酸化物半導体層を用いるトランジスタは、静電気の影響によりトランジスタの電気的な特性が著しく変動して設計範囲を逸脱する恐れがある。よって酸化物半導体層を用いるトランジスタを有する液晶表示装置にブルー相の液晶材料を用いることはより効果的である。

40

#### 【0200】

また、液晶材料の固有抵抗は、 $1 \times 10^9 \cdot \text{cm}$  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の値は、20 で測定した値とする。

#### 【0201】

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

50



ク電流等を考慮して、所定の期間の間電荷を保持できるように設定される。保持容量の大きさは、トランジスタのオフ電流等を考慮して設定すればよい。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以下の容量の大きさを有する保持容量を設ければ充分である。

#### 【0202】

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。よって、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。

10

#### 【0203】

また、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、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、高画質な画像を提供することができる。また、上記トランジスタは、同一基板上に駆動回路部または画素部に作り分けて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。

#### 【0204】

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。

20

#### 【0205】

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。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 Alignment) 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、VA型の液晶表示装置にも適用することができる。VA型の液晶表示装置とは、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る。VA型の液晶表示装置は、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を向く方式である。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。

30

#### 【0206】

また、表示装置において、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) などは適宜設ける。例えば、偏光基板及び位相差基板による円偏光を用いてもよい。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。

40

#### 【0207】

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)、又はRGBに、イエロー、シアン、マゼンタ等を一色以上追加したものがある。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適用することもできる。

#### 【0208】

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

50

子を適用することができる。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。

#### 【０２０９】

有機ＥＬ素子は、発光素子に電圧を印加することにより、一对の電極から電子およ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（電子および正孔）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。このようなメカニズムから、このような発光素子は、電流励起型の発光素子と呼ばれる。

#### 【０２１０】

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。

10

#### 【０２１１】

発光素子は発光を取り出すために少なくとも一对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、どの射出構造の発光素子も適用することができる。

20

#### 【０２１２】

図８に表示素子として発光素子を用いた発光装置の例を示す。表示素子である発光素子４５１３は、画素部４００２に設けられたトランジスタ４０１０と電氣的に接続している。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の積層構造であるが、示した構成に限定されない。発光素子４５１３から取り出す光の方向などに合わせて、発光素子４５１３の構成は適宜変えることができる。

30

#### 【０２１３】

隔壁４５１０は、有機絶縁材料、又は無機絶縁材料を用いて形成する。特に感光性の樹脂材料を用い、第１の電極層４０３０上に開口部を形成し、その開口部の側壁が連続した曲率を持っ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。

#### 【０２１４】

電界発光層４５１１は、単数の層で構成されていても、複数の層が積層されるように構成されていてもどちらでも良い。

#### 【０２１５】

発光素子４５１３に酸素、水素、水分、二酸化炭素等が侵入しないように、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膜等を形成することができる。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空間には充填材４５１４が設けられ密封されている。このように外気に曝されないように気密性が高く、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。

40

#### 【０２１６】

充填材４５１４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。例えば充填材として窒素を用いればよい。

50

## 【0217】

また、必要であれば、発光素子の射出面に偏光板、又は円偏光板（楕円偏光板を含む）、位相差板（ $\lambda/4$ 板、 $\lambda/2$ 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、偏光板又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。

## 【0218】

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提供することも可能である。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、紙と同じ読みやすさ、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。

10

## 【0219】

電気泳動表示装置は、様々な形態が考えられ得るが、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であり、マイクロカプセルに電界を印加することによって、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の粒子の色と第2の粒子の色は異なるもの（無色を含む）とする。

## 【0220】

このように、電気泳動表示装置は、誘電定数の高い物質が高い電界領域に移動する、いわゆる誘電泳動的効果を利用したディスプレイである。

20

## 【0221】

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。

## 【0222】

なお、マイクロカプセル中の第1の粒子および第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ト材料、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ればよい。

30

## 【0223】

また、電子ペーパーとして、ツイストボール表示方式を用いる表示装置も適用することができる。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に用いる電極層である第1の電極層及び第2の電極層の間に配置し、第1の電極層及び第2の電極層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。

## 【0224】

図9に、半導体装置の一形態としてアクティブマトリクス型の電子ペーパーを示す。図9の電子ペーパーは、ツイストボール表示方式を用いた表示装置の例である。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る電極層間に配置し、電極層間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。

40

## 【0225】

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、周りに液体で満たされているキャピティ4612を含む球形粒子4613が設けられており、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、共通電位線と電氣的に接続される。

## 【0226】

50

なお、図 7 乃至図 9 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 (Fiber glass - 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樹脂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もできる。

【0227】

酸化物絶縁層 4020 及び保護絶縁層 4024 はトランジスタの保護膜として機能する。

【0228】

また、酸化物絶縁層 4020 は、水素、水分、水酸基又は水素化物などの不純物の排除工程によって同時に酸化物半導体層から減少してしまう酸素を、酸化物半導体層へ供給する機能も有する。

【0229】

酸化物絶縁層 4020 としては、酸化シリコン層、酸化窒化シリコン層など酸素を多く含む絶縁層を、スパッタリング法を用いて形成すればよい。

【0230】

なお、保護絶縁層 4024 は、大気中に浮遊する有機物や金属物、水蒸気などの汚染不純物の侵入を防ぐためのものであり、緻密な膜が好ましい。保護絶縁層 4024 は、スパッタリング法を用いて、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、又は窒化酸化アルミニウム膜の単層、又は積層で形成すればよい。

【0231】

また、平坦化絶縁膜として機能する絶縁層 4021 は、アクリル、ポリイミド、ベンゾシクロブテン、ポリアミド、エポキシ等の、耐熱性を有する有機材料を用いることができる。また上記有機材料の他に、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ることで、絶縁層を形成してもよい。

【0232】

酸化物絶縁層 4020、保護絶縁層 4024、絶縁層 4021 の形成法は、特に限定されず、その材料に応じて、スパッタリング法、SOG 法、スピンコート、ディップ、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)、ドクターナイフ、ロールコーター、カーテンコーター、ナイフコーター等を用いることができる。

【0233】

表示装置は光源又は表示素子からの光を透過させて表示を行う。よって光が透過する画素部に設けられる基板、絶縁膜、導電膜などの薄膜はすべて可視光の波長領域の光に対して透光性とする。

【0234】

表示素子に電圧を印加する第 1 の電極層 4030 及び第 2 の電極層 4031 (画素電極層、共通電極層、対向電極層などともいう) においては、取り出す光の方向、電極層が設けられる場所、及び電極層のパターン構造によって透光性、反射性を選択すればよい。

【0235】

第 1 の電極層 4030、第 2 の電極層 4031 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、インジウム錫酸化物 (以下、ITO と示す。)、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ることができる。

【0236】

また、第 1 の電極層 4030、第 2 の電極層 4031 はタングステン (W)、モリブデン

10

20

30

40

50

(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、又はその合金、若しくはその金属窒化物から一つ、又は複数種を用いて形成することができる。

【0237】

また、第1の電極層4030、第2の電極層4031として、導電性高分子(導電性ポリマーともいう)を含む導電性組成物を用いて形成することができる。導電性高分子としては、いわゆる電子共役系導電性高分子が用いることができる。例えば、ポリアニリンまたはその誘導体、ポリピロールまたはその誘導体、ポリチオフェンまたはその誘導体、若しくはアニリン、ピロールおよびチオフェンの2種以上からなる共重合体若しくはその誘導体などがあげられる。

10

【0238】

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。

【0239】

以上のように実施の形態1乃至6のいずれかで示したトランジスタを適用することで、様々な機能を有する半導体装置を提供することができる。

【0240】

(実施の形態8)

20

実施の形態1乃至6のいずれか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。

【0241】

図10(A)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10(A)はフォトセンサの等価回路であり、図10(B)はフォトセンサの一部を示す断面図である。

【0242】

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のゲートに電氣的に接続されている。トランジスタ640は、ソース又はドレインの一方がフォトセンサ基準信号線672に、ソース又はドレインの他方がトランジスタ656のソース又はドレインの一方に電氣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、ソース又はドレインの他方がフォトセンサ出力信号線671に電氣的に接続されている。

30

【0243】

なお、本明細書における回路図において、酸化物半導体層を用いるトランジスタと明確に判明できるように、酸化物半導体層を用いるトランジスタの記号には「OS」と記載している。図10(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。

【0244】

図10(B)は、フォトセンサにおけるフォトダイオード602及びトランジスタ640に示す断面図であり、絶縁表面を有する基板601(TFT基板)上に、センサとして機能するフォトダイオード602及びトランジスタ640が設けられている。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。

40

【0245】

トランジスタ640上には絶縁層631、保護絶縁層632、層間絶縁層633、層間絶縁層634が設けられている。フォトダイオード602は、層間絶縁層633上に設けられ、層間絶縁層633上に形成した電極層641と、層間絶縁層634上に設けられた電極層642との間に、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を積層した構造を有している。

50

## 【0246】

電極層641は、層間絶縁層634に形成された導電層643と電氣的に接続し、電極層642は電極層641を介してゲート電極層645と電氣的に接続している。ゲート電極層645は、トランジスタ640のゲート電極層と電氣的に接続しており、フォトダイオード602はトランジスタ640と電氣的に接続している。

## 【0247】

ここでは、第1半導体層606aとしてp型の導電性を有する半導体層と、第2半導体層606bとして高抵抗な半導体層(I型半導体層)、第3半導体層606cとしてn型の導電性を有する半導体層を積層するpin型のフォトダイオードを例示している。

## 【0248】

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アモルファスシリコン膜により形成することができる。第1半導体層606aの形成には13族の不純物元素(例えばボロン(B))を含む半導体材料ガスを用いて、プラズマCVD法により形成する。半導体材料ガスとしてはシラン( $\text{SiH}_4$ )を用いればよい。または、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ 、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{SiHCl}_3$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiF}_4$ 等を用いてもよい。また、不純物元素を含まないアモルファス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アモルファス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とよい。この場合にアモルファスシリコン膜を形成する方法としては、LPCVD法、気相成長法、又はスパッタリング法等を用いればよい。第1半導体層606aの膜厚は10nm以上50nm以下となるよう形成することが好ましい。

## 【0249】

第2半導体層606bは、I型半導体層(真性半導体層)であり、アモルファスシリコン膜により形成する。第2半導体層606bの形成には、半導体材料ガスを用いて、アモルファスシリコン膜をプラズマCVD法により形成する。半導体材料ガスとしては、シラン( $\text{SiH}_4$ )を用いればよい。または、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ 、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{SiHCl}_3$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiF}_4$ 等を用いてもよい。第2半導体層606bの形成は、LPCVD法、気相成長法、スパッタリング法等により行っても良い。第2半導体層606bの膜厚は200nm以上1000nm以下となるように形成することが好ましい。

## 【0250】

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アモルファスシリコン膜により形成する。第3半導体層606cの形成には、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法により形成する。半導体材料ガスとしてはシラン( $\text{SiH}_4$ )を用いればよい。または、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ 、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{SiHCl}_3$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiF}_4$ 等を用いてもよい。また、不純物元素を含まないアモルファス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アモルファス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とよい。この場合にアモルファスシリコン膜を形成する方法としては、LPCVD法、気相成長法、又はスパッタリング法等を用いればよい。第3半導体層606cの膜厚は20nm以上200nm以下となるよう形成することが好ましい。

## 【0251】

また、第1半導体層606a、第2半導体層606b、及び第3半導体層606cは、アモルファス半導体ではなく、多結晶半導体を用いて形成してもよいし、微結晶(セミアモルファス(Semi Amorphous Semiconductor: SAS))半導体を用いて形成してもよい。

## 【0252】

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

10

20

30

40

50

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が単結晶シリコンを示す  $520\text{ cm}^{-1}$  よりも低波数側に、シフトしている。即ち、単結晶シリコンを示す  $520\text{ cm}^{-1}$  とアモルファスシリコンを示す  $480\text{ cm}^{-1}$  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、未結合手（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膜が得られる。

#### 【0253】

この微結晶半導体膜は、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、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ 、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{SiHCl}_3$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiF}_4$ 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。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膜を形成することができる。これらのときの水素化珪素に対して水素の流量比を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。さらには、シリコンを含む気体中に、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 等の炭化物気体、 $\text{GeH}_4$ 、 $\text{GeF}_4$ 等のゲルマニウム化気体、 $\text{F}_2$ 等を混入させてもよい。

10

#### 【0254】

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、pin型のフォトダイオードはp型の半導体層側を受光面とする方がよい特性を示す。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の面からフォトダイオード602が受ける光を電気信号に変換する例を示す。また、受光面とした半導体層側とは逆の導電型を有する半導体層側からの光は外乱光となるため、電極層は遮光性を有する導電膜を用いるとよい。また、n型の半導体層側を受光面として用いることもできる。

20

#### 【0255】

絶縁層631、保護絶縁層632、層間絶縁層633、層間絶縁層634としては、絶縁性材料を用いて、その材料に応じて、スパッタリング法、SOG法、スピンコート、ディップ、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）、ドクターナイフ、ロールコーター、カーテンコーター、ナイフコーター等を用いて形成することができる。

30

#### 【0256】

絶縁層631としては、酸化シリコン層、酸化窒化シリコン層、酸化アルミニウム層、又は酸化窒化アルミニウム層などの酸化物絶縁層の単層、又は積層を用いることができる。

#### 【0257】

保護絶縁層632としては、無機絶縁材料としては、窒化シリコン層、窒化酸化シリコン層、窒化アルミニウム層、又は窒化酸化アルミニウム層などの窒化物絶縁層の単層、又は積層を用いることができる。またμ波（2.45GHz）を用いた高密度プラズマCVDは、緻密で絶縁耐圧の高い高品質な絶縁層を形成できるので好ましい。

40

#### 【0258】

層間絶縁層633、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。層間絶縁層633、634としては、例えばポリイミド、アクリル、ベンゾシクロブテン、ポリアミド、エポキシ等の、耐熱性を有する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）、シロキサン系樹脂、PSG（リンガラス）、BPSG（リンボロンガラス）等の単層、又は積層を用いることができる。

#### 【0259】

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バックライトなどの光源を用いる

50

ことができる。

【0260】

トランジスタ640として、実施の形態1乃至6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、水酸基又は水素化物（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層を含むトランジスタは、トランジスタの電気的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。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。

【0261】

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ることで実施することが可能である。

【0262】

（実施の形態9）

本明細書に開示する液晶表示装置は、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。

【0263】

図11（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11（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、日付又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又は編集する機能、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11（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。実施の形態1乃至8のいずれかで示した半導体装置を表示部9631に適用することにより、信頼性の高い電子書籍とすることができる。

【0264】

図11（A）に示す構成とすることにより、表示部9631として半透過型、又は反射型の液晶表示装置を用いる場合、比較的明るい状況下での使用も予想され、太陽電池9633による発電、及びバッテリー9635での充電を効率よく行うことができ、好適である。なお太陽電池9633は、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ため、効率的なバッテリー9635の充電を行う構成とすることができるため好適である。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。

【0265】

また図11（A）に示す充放電制御回路9634の構成、及び動作について図11（B）にブロック図を示し説明する。図11（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について示しており、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が充放電制御回路9634に対応する箇所となる。

【0266】

まず外光により太陽電池9633により発電がされる場合の動作の例について説明する。太陽電池9633で発電した電力は、バッテリー9635を充電するための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

10

20

30

40

50



９６３５の充電を行う構成とすればよい。

【０２６７】

次いで外光により太陽電池９６３３により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。

【０２６８】

なお太陽電池９６３３については、充電手段の一例として示したが、他の手段によるバッテリー９６３５の充電を行う構成であってもよい。また他の充電手段を組み合わせる構成としてもよい。

10

【０２６９】

図１２（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。実施の形態１乃至８のいずれかで示した半導体装置を表示部３００３に適用することにより、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る。

【０２７０】

図１２（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ラス３０２２がある。実施の形態１乃至８のいずれかで示した半導体装置を表示部３０２３に適用することにより、より信頼性の高い携帯情報端末（ＰＤＡ）とすることができる。

20

【０２７１】

図１２（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および筐体２７０３の２つの筐体で構成されている。筐体２７０１および筐体２７０３は、軸部２７１１により一体とされており、該軸部２７１１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。

【０２７２】

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および表示部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１２（Ｃ）では表示部２７０５）に文章を表示し、左側の表示部（図１２（Ｃ）では表示部２７０７）に画像を表示することができる。実施の形態１乃至８のいずれかで示した半導体装置を表示部２７０５、表示部２７０７に適用することにより、信頼性の高い電子書籍２７００とすることができる。

30

【０２７３】

また、図１２（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。

40

【０２７４】

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。

【０２７５】

図１２（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、カメラ用レンズ２８０７、外部接続端子

50

２８０８などを備えている。また、筐体２８００には、携帯型情報端末の充電を行う太陽電池セル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。実施の形態１乃至８のいずれかで示した半導体装置を表示パネル２８０２に適用することにより、信頼性の高い携帯電話とすることができる。

【０２７６】

また、表示パネル２８０２はタッチパネルを備えており、図１２（Ｄ）には映像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、太陽電池セル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。

【０２７７】

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２８０２と同一面上にカメラ用レンズ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、テレビ電話、録音、再生などが可能である。さらに、筐体２８００と筐体２８０１は、スライドし、図１２（Ｄ）のよう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、携帯に適した小型化が可能である。

10

【０２７８】

外部接続端子２８０８はＡＣアダプタ及びＵＳＢケーブルなどの各種ケーブルと接続可能であり、充電及びパーソナルコンピュータなどとのデータ通信が可能である。また、外部メモリスロット２８１１に記録媒体を挿入し、より大量のデータ保存及び移動に対応できる。

20

【０２７９】

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。

【０２８０】

図１２（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、バッテリー３０５６などによって構成されている。実施の形態１乃至８のいずれかで示した半導体装置を表示部（Ａ）３０５７、表示部（Ｂ）３０５５に適用することにより、信頼性の高いデジタルビデオカメラとすることができる。

30

【０２８１】

図１２（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可能である。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。実施の形態１乃至８のいずれかで示した半導体装置を表示部９６０３に適用することにより、信頼性の高いテレビジョン装置９６００とすることができる。

【０２８２】

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。

40

【０２８３】

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。

【０２８４】

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ることで実施することが可能である。

【実施例１】

【０２８５】

本実施例では、実施の形態４の図４（Ｂ）に示したトップゲート構造のトランジスタを作

50

製し、トランジスタの作製と同時に、シート抵抗評価用TEG (Test Element Group) を作製し、酸素導入による酸化物半導体層のシート抵抗を評価した。まず、トランジスタ、及びTEGの作製方法について図13(A)、及び図13(B)を用いて説明する。

【0286】

図13(A)に示すように、トランジスタ540は、絶縁表面を有する基板500上に、下地層536、酸化物半導体層503、ソース電極層505a、ドレイン電極層505b、ゲート絶縁層567、ゲート電極層501、保護絶縁層569、配線層565a、及び配線層565bにより構成されている。

【0287】

また、TEG550は、絶縁表面を有する基板500上に、下地層536、酸化物半導体層503、ソース電極層505a、及びドレイン電極層505bと同時に形成される電極層505c、及びゲート絶縁層567により構成されている。なお、図13(A)に示したTEG550は、図13(B)に示す破線AA1 - AA2間の断面である。

【0288】

図13(A)に示したTEG550の平面図を図13(B)に示す。酸化物半導体層503上に、電極層505cが櫛歯状に形成されており、電極層505cに電位を与えることで、酸化物半導体層503のシート抵抗が測定できる。なお、電極層505cが形成されていない領域は、 $L/W = 100/50000 \mu m$ である。

【0289】

次に、図13に示したトランジスタ540及びTEG550の作製方法について説明する。

【0290】

はじめに、基板500上に下地層536として、スパッタリング法を用いて酸化シリコン膜(膜厚300nm)を100℃にて成膜した。

【0291】

次に、下地層536上にIn-Ga-Zn-O系金属酸化物ターゲット( $In_2O_3 : Ga_2O_3 : ZnO = 1 : 1 : 1$ )を用いて、圧力0.4Pa、直流(DC)電源0.5kW、アルゴン及び酸素(アルゴン:酸素=30sccm:15sccm)雰囲気下、200℃で成膜を行い、膜厚30nmの酸化物半導体層を形成した。

【0292】

次に、酸化物半導体層を選択的にエッチングし、島状の酸化物半導体層503を形成した。その後、酸化物半導体層503上にソース電極層及びドレイン電極層として機能する導電膜として、タンゲステン膜(膜厚50nm)を、スパッタリング法を用いて200℃で成膜した。ここで、タンゲステン膜を選択的にエッチングし、ソース電極層505a、ドレイン電極層505b、及び電極層505cを形成した。

【0293】

次に、ソース電極層505a、ドレイン電極層505b、電極層505c、一部が露出した酸化物半導体層503、及び下地層536上にゲート絶縁層567を形成した。ゲート絶縁層567としては、プラズマCVD法により酸化窒化シリコン膜(膜厚30nm)を形成した。なお、本実施例においては、図4(B)に示したゲート絶縁層として機能する保護絶縁層は形成していない。

【0294】

次に、ゲート絶縁層567を通過させて酸化物半導体層503に酸素を導入(酸素導入)した。酸素の導入方法としては、イオン注入法を用い、ソースガスとして $16O_2$  ( $16O^+$ )、加速電圧25keVにて処理を行った。なお、酸素の導入は、酸素導入なし、酸素導入あり(ドーズ量 $4.5 \times 10^{14} ions/cm^2$ )、及び、酸素導入あり(ドーズ量 $4.5 \times 10^{15} ions/cm^2$ )の3条件振りを行い、3試料を作製した。

【0295】

次に、窒素雰囲気にて450℃、1時間の第1の熱処理を行った後、ゲート絶縁層567

10

20

30

40

50

上にゲート電極層として、スパッタリング装置を用いて、窒化タンタル膜（膜厚 30 nm）とタンゲステン膜（膜厚 370 nm）を積層成膜し、選択的にエッチングを行い、ゲート電極層 501 を形成した。

【0296】

次に、ゲート電極層 501、及びゲート絶縁層 567 に接するように保護絶縁層 569 としてスパッタリング法を用いて、酸化シリコン膜（膜厚 300 nm）を 200 で成膜した。ここで、保護絶縁層 569 である酸化シリコン膜、及びゲート絶縁層 567 を選択的にエッチングし、コンタクト領域に開口部を形成した。

【0297】

次に、接続配線として、スパッタリング法を用いて、チタン膜（膜厚 50 nm）、アルミニウム膜（膜厚 100 nm）、チタン膜（膜厚 5 nm）の 3 層を順に積層し、選択的にエッチングを行い配線層 565a、及び配線層 565b を形成した。

【0298】

以上の工程でトランジスタ 540、及び TEG 550 を形成した。

【0299】

図 13 に示した TEG 550 を用いて、酸化物半導体層 503 のシート抵抗測定を行った。シート抵抗測定結果を図 14 に示す。

【0300】

図 14 に示すグラフは縦軸がシート抵抗の測定結果を示し、横軸は各酸素導入条件を示している。なお、横軸に示すプロット 571 は、酸素導入なし、プロット 572 は、酸素導入あり（ドーズ量  $4.5 \times 10^{14} \text{ ions/cm}^2$  条件）、プロット 573 は、酸素導入あり（ドーズ量  $4.5 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$  条件）をそれぞれ示している。また、各プロットはガラス基板上に形成したシート抵抗評価用 TEG が 13 個分のデータを示している。

【0301】

図 14 より、プロット 571 の酸素導入なしにおいては、シート抵抗が  $1.0 \times 10^7 \sim 1.7 \times 10^8 / \text{cm}^2$  となり、プロット 572 の酸素導入あり（ドーズ量  $4.5 \times 10^{14} \text{ ions/cm}^2$  条件）においては、シート抵抗が  $1.0 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^9 / \text{cm}^2$  となり、プロット 573 の酸素導入あり（ドーズ量  $4.5 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$  条件）においては、シート抵抗が  $1.0 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^{10} / \text{cm}^2$  となっている。

【0302】

以上のように、酸化物半導体層 503 に対し、酸化物絶縁層であるゲート絶縁層 567 を通過して酸素導入を行うことで、酸化物半導体層 503 のシート抵抗が上昇していることが分かる。また、酸素導入の導入濃度により酸化物半導体層 503 のシート抵抗を制御できることが確認された。

【0303】

以上の結果により、酸化物半導体層に接して酸化物絶縁層（ゲート絶縁層）を形成し、酸化物絶縁層を通過して酸素を導入（酸素導入）し、加熱処理を行うことで、酸化物半導体を構成する主成分材料の一つである酸素を、酸素を含む酸化物絶縁層より酸化物半導体層へ供給することができる。よって、酸化物半導体層はより高純度化し、電氣的に I 型（真性）化になり、酸化物半導体層のシート抵抗が上昇している。

【0304】

よって、安定した電気特性を有する酸化物半導体を用いた半導体装置、及び信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【0305】

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

【符号の説明】

【0306】

10

20

30

40

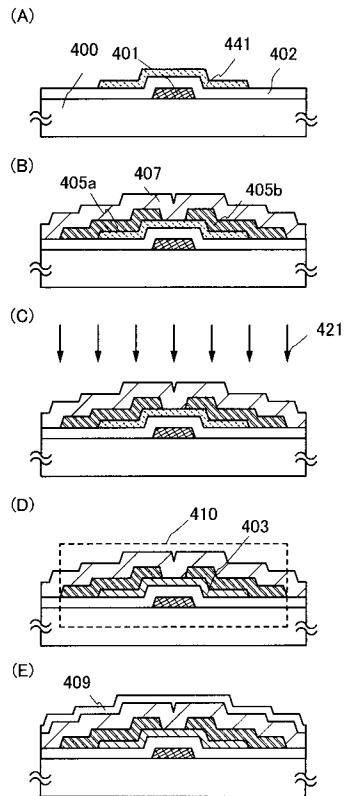
50

4 0 0	基板	
4 0 1	ゲート電極層	
4 0 2	ゲート絶縁層	
4 0 3	酸化物半導体層	
4 0 4 a	酸化金属領域	
4 0 5 a	ソース電極層	
4 0 5 b	ドレイン電極層	
4 0 7	酸化物絶縁層	
4 0 9	保護絶縁層	
4 1 0	トランジスタ	10
4 2 0	トランジスタ	
4 2 1	酸素	
4 2 2	酸化物半導体層	
4 2 6	酸化物絶縁層	
4 2 7	酸化物絶縁層	
4 3 0	トランジスタ	
4 3 6	絶縁層	
4 3 7	酸化物絶縁層	
4 3 8	保護絶縁層	
4 4 0	トランジスタ	20
4 4 1	酸化物半導体層	
4 5 0	トランジスタ	
4 5 1	酸化物半導体層	
4 5 5 a	開口	
4 5 5 b	開口	
4 5 6 a	導電層	
4 5 6 b	導電層	
4 5 7	保護絶縁層	
4 6 5 a	配線層	
4 6 5 b	配線層	30
4 6 7	酸化物絶縁層	
4 6 8	保護絶縁層	
4 6 9	保護絶縁層	
5 0 0	基板	
5 0 1	ゲート電極層	
5 0 3	酸化物半導体層	
5 0 5 a	ソース電極層	
5 0 5 b	ドレイン電極層	
5 0 5 c	電極層	
5 3 6	下地層	40
5 4 0	トランジスタ	
5 5 0	T E G	
5 6 5 a	配線層	
5 6 5 b	配線層	
5 6 7	ゲート絶縁層	
5 6 9	保護絶縁層	
5 7 1	プロット	
5 7 2	プロット	
5 7 3	プロット	
6 0 1	基板	50

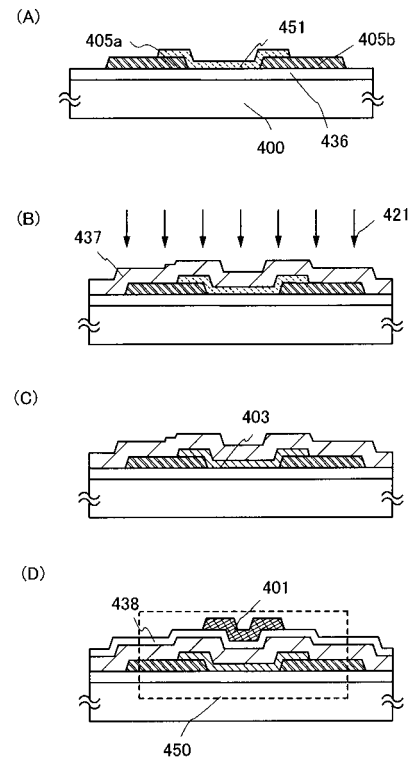
6 0 2	フォトダイオード	
6 0 6 a	半導体層	
6 0 6 b	半導体層	
6 0 6 c	半導体層	
6 0 8	接着層	
6 1 3	基板	
6 3 1	絶縁層	
6 3 2	保護絶縁層	
6 3 3	層間絶縁層	
6 3 4	層間絶縁層	10
6 4 0	トランジスタ	
6 4 1	電極層	
6 4 2	電極層	
6 4 3	導電層	
6 4 5	ゲート電極層	
6 5 6	トランジスタ	
6 5 8	フォトダイオードリセット信号線	
6 5 9	ゲート信号線	
6 7 1	フォトセンサ出力信号線	
6 7 2	フォトセンサ基準信号線	20
2 7 0 0	電子書籍	
2 7 0 1	筐体	
2 7 0 3	筐体	
2 7 0 5	表示部	
2 7 0 7	表示部	
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	30
2 8 0 1	筐体	
2 8 0 2	表示パネル	
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	カメラ用レンズ	
2 8 0 8	外部接続端子	
2 8 1 0	太陽電池セル	
2 8 1 1	外部メモリスロット	40
3 0 0 1	本体	
3 0 0 2	筐体	
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	スタイラス	
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	50

3 0 5 3	接眼部	
3 0 5 4	操作スイッチ	
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	10
4 0 0 6	基板	
4 0 0 8	液晶層	
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 8 a	F P C	
4 0 1 9	異方性導電膜	20
4 0 2 0	酸化物絶縁層	
4 0 2 1	絶縁層	
4 0 2 3	絶縁層	
4 0 2 4	保護絶縁層	
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 5 1 0	隔壁	
4 5 1 1	電界発光層	30
4 5 1 3	発光素子	
4 5 1 4	充填材	
4 6 1 2	キャビティ	
4 6 1 3	球形粒子	
4 6 1 4	充填材	
4 6 1 5 a	黒色領域	
4 6 1 5 b	白色領域	
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	40
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	
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	

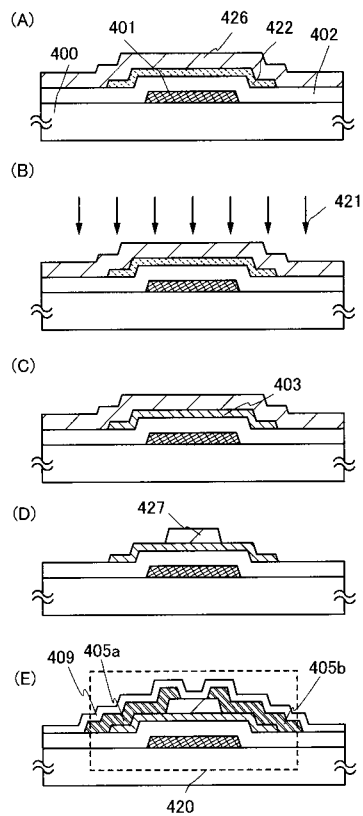
【図 1】



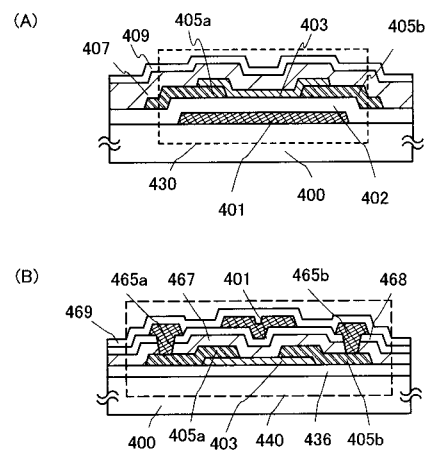
【図 2】



【図 3】

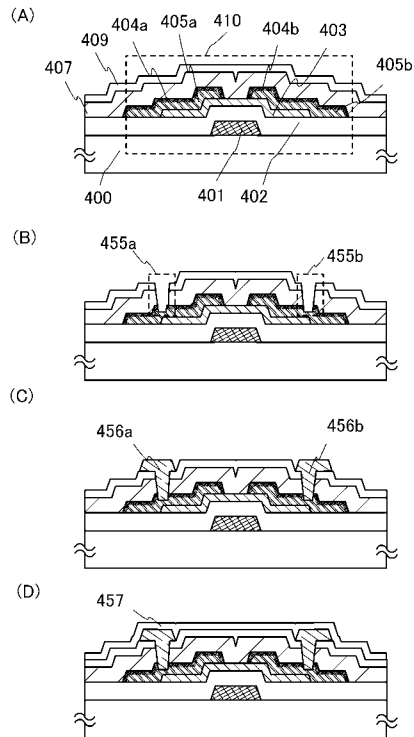


【図 4】

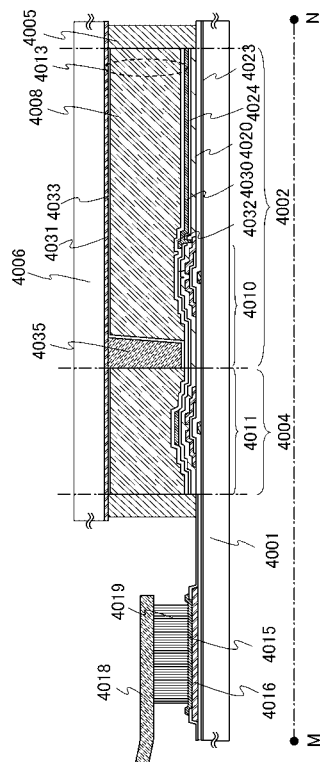




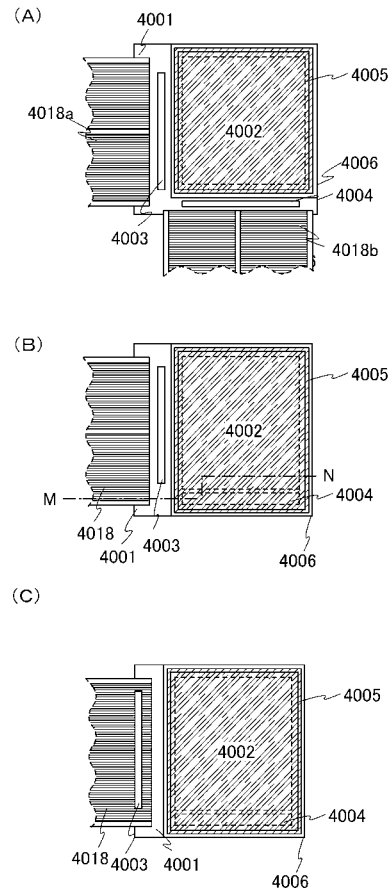
【 図 5 】



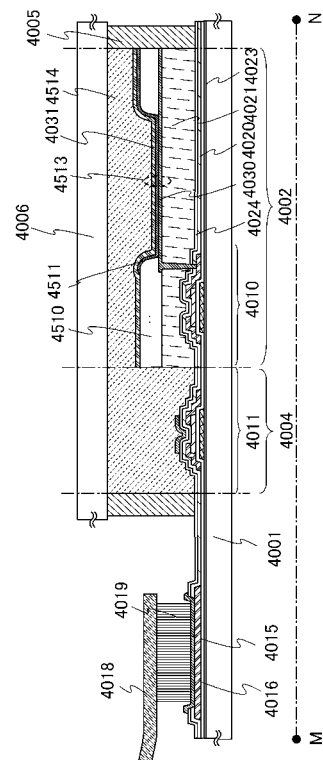
【 圖 7 】



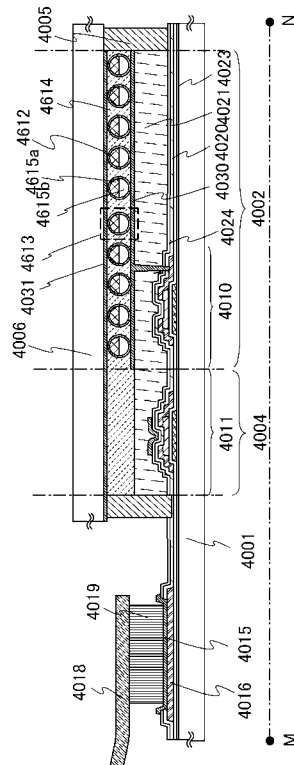
【 図 6 】



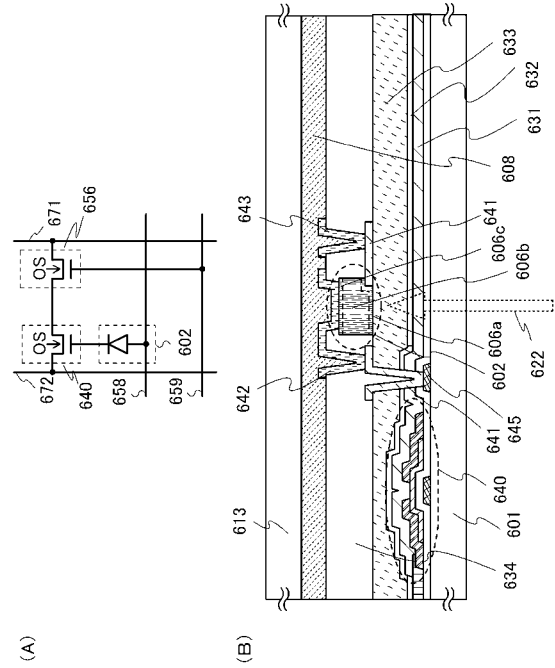
【 図 8 】



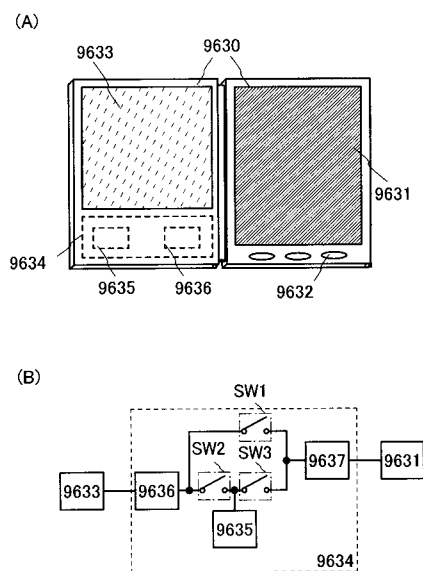
【図 9】



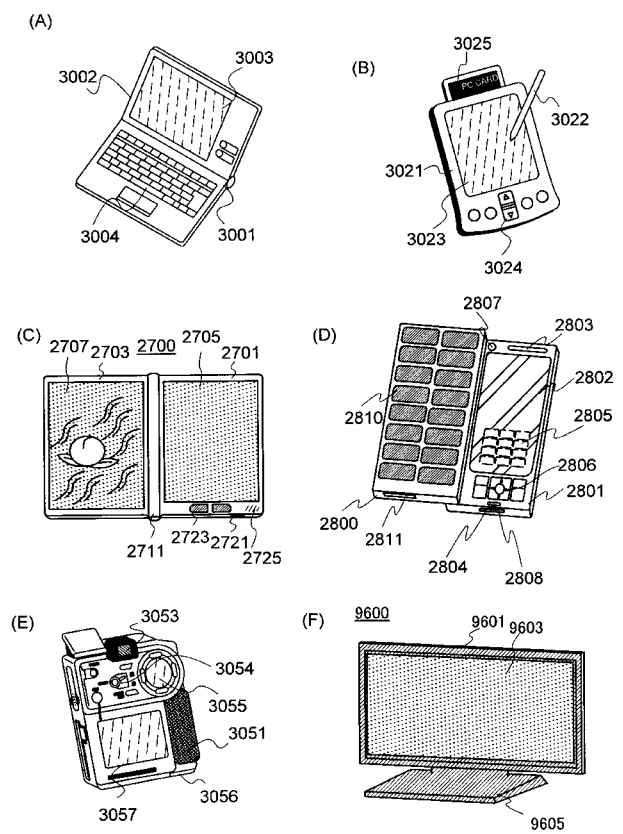
【図 10】



【図 11】

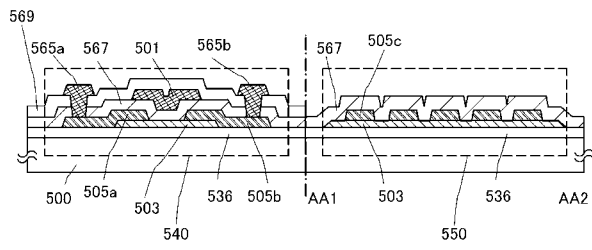


【図 12】

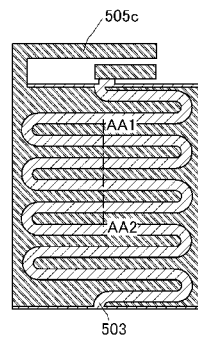


【図 13】

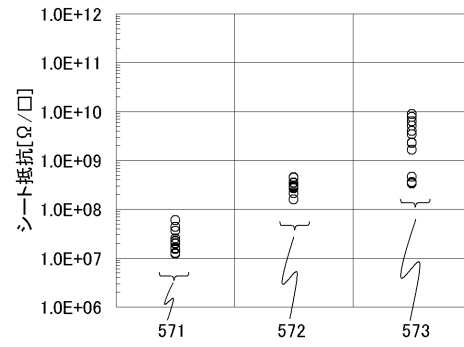
(A)



(B)



【図 14】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 F 1/1343

G 0 9 F 9/30 3 3 8

F ターム(参考) 5C094 AA21 AA31 BA03 BA27 BA43 BA75 CA19 DA13 DB04 EA04  
FA01 FA02 FB12 FB14 FB15 HA06 HA07 HA08  
5F110 AA14 BB02 BB10 CC01 CC03 CC05 CC07 DD02 DD13 DD14  
DD15 DD17 EE01 EE02 EE03 EE04 EE06 EE14 EE30 EE44  
FF01 FF02 FF03 FF04 FF09 FF28 FF30 FF36 GG01 GG25  
GG28 GG29 GG35 GG43 GG57 GG58 HK01 HK02 HK03 HK04  
HK07 HK21 HK22 HL01 HL02 HL03 HL04 HL06 HL07 HL12  
HL23 HM17 NN03 NN04 NN16 NN22 NN23 NN24 NN25 NN27  
NN33 NN34 NN36 NN40 NN71 QQ02 QQ09

专利名称(译)	液晶显示装置，手机		
公开(公告)号	<a href="#">JP2019082691A</a>	公开(公告)日	2019-05-30
申请号	JP2018221860	申请日	2018-11-28
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社半导体能源研究所		
申请(专利权)人(译)	半导体能源研究所有限公司		
[标]发明人	山崎舜平 肥塚純一		
发明人	山崎 舜平 肥塚 純一		
IPC分类号	G02F1/1368 H01L29/786 G02F1/1343 G09F9/30		
CPC分类号	H01L29/66409 H01L29/786 H01L29/7869 H01L21/02554 H01L21/02565 H01L21/324 H01L21/385 H01L29/66742 H01L29/78606 G02F1/134309 G02F1/13439 G02F1/1368 G02F2201/123 H01L27/1225 H01L27/124 H01L29/4908 H01L29/4958 H01L29/4966 H01L29/513 H01L29/518 H01L29/66969 H01L29/78696		
FI分类号	G02F1/1368 H01L29/78.618.B H01L29/78.616.U H01L29/78.616.S H01L29/78.616.V G02F1/1343 G09F9/30.338		
F-TERM分类号	2H092/HA04 2H092/JA25 2H092/JA26 2H092/JA29 2H092/JA46 2H092/JB57 2H092/JB58 2H092 /MA05 2H092/MA15 2H192/AA24 2H192/BC31 2H192/CB03 2H192/CB05 2H192/CB06 2H192/CB08 2H192/CB37 2H192/CB71 2H192/CC44 2H192/CC72 2H192/EA67 2H192/EA74 2H192/FA73 2H192 /FB02 2H192/FB15 2H192/FB22 2H192/FB27 2H192/HA90 5C094/AA21 5C094/AA31 5C094/BA03 5C094/BA27 5C094/BA43 5C094/BA75 5C094/CA19 5C094/DA13 5C094/DB04 5C094/EA04 5C094 /FA01 5C094/FA02 5C094/FB12 5C094/FB14 5C094/FB15 5C094/HA06 5C094/HA07 5C094/HA08 5F110/AA14 5F110/BB02 5F110/BB10 5F110/CC01 5F110/CC03 5F110/CC05 5F110/CC07 5F110 /DD02 5F110/DD13 5F110/DD14 5F110/DD15 5F110/DD17 5F110/EE01 5F110/EE02 5F110/EE03 5F110/EE04 5F110/EE06 5F110/EE14 5F110/EE30 5F110/EE44 5F110/FF01 5F110/FF02 5F110 /FF03 5F110/FF04 5F110/FF09 5F110/FF28 5F110/FF30 5F110/FF36 5F110/GG01 5F110/GG25 5F110/GG28 5F110/GG29 5F110/GG35 5F110/GG43 5F110/GG57 5F110/GG58 5F110/HK01 5F110 /HK02 5F110/HK03 5F110/HK04 5F110/HK07 5F110/HK21 5F110/HK22 5F110/HL01 5F110/HL02 5F110/HL03 5F110/HL04 5F110/HL06 5F110/HL07 5F110/HL12 5F110/HL23 5F110/HM17 5F110 /NN03 5F110/NN04 5F110/NN16 5F110/NN22 5F110/NN23 5F110/NN24 5F110/NN25 5F110/NN27 5F110/NN33 5F110/NN34 5F110/NN36 5F110/NN40 5F110/NN71 5F110/QQ02 5F110/QQ09		
优先权	2010042024 2010-02-26 JP		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

通过使用氧化物半导体向半导体器件赋予稳定的电特性，提供具有高可靠性的液晶显示装置。氧化物半导体层，具有栅电极，栅电极上方的栅极绝缘层，通过栅极绝缘层与栅电极重叠的区域，以及电连接到氧化物半导体层的源极电极，与氧化物半导体层电连接的漏电极，氧化物半导体层，源电极，漏电极上的绝缘层，绝缘层和源电极之间的第一氧化金属区域，绝缘层，漏电极之间的第二金属氧化物区域，设置在绝缘层中的开口，以及设置在开口中的导电层;并且，该区域不与第二金属氧化物区域重叠。 [选择图]图7

