

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-126760

(P2017-126760A)

(43) 公開日 平成29年7月20日(2017.7.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 B	4 K O 2 9
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 F	5 F 1 0 3
HO 1 L 21/363 (2006.01)	HO 1 L 21/363	5 F 1 1 0
C 2 3 C 14/08 (2006.01)	C 2 3 C 14/08 J	
C 2 3 C 14/58 (2006.01)	C 2 3 C 14/08 K	

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 37 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-25722 (P2017-25722)
 (22) 出願日 平成29年2月15日 (2017. 2. 15)
 (62) 分割の表示 特願2016-42265 (P2016-42265)
 の分割
 原出願日 平成23年3月24日 (2011. 3. 24)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-72532 (P2010-72532)
 (32) 優先日 平成22年3月26日 (2010. 3. 26)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
 (72) 発明者 山崎 舜平
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 F ターム (参考) 4K029 AA06 AA08 AA09 AA24 BA17
 BA43 BA50 BB02 BC09 BD01
 CA06 DA08 DC05 DC34 EA01
 EA08 FA04 GA01 HA07
 5F103 AA08 BB22 DD30 HH03 HH04
 LL08 LL13 NN01 NN04 NN06
 PP02 PP03 PP13

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【課題】 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。

【解決手段】 酸化物半導体膜を不活性ガス雰囲気化で加熱し、その後、酸化物半導体膜を酸素雰囲気化で加熱する。本工程によって、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膜より意図的に排除し、酸化物半導体膜を高純度化することができる。不純物を排除する際、酸化物半導体を構成する主成分材料である酸素が欠損する可能性があるが、酸素雰囲気化で加熱することによって、酸素を供給することができる。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

酸化物半導体膜上に金属酸化膜が積層した状態で、酸素を導入し、その後、加熱処理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】

請求項 1 において、

前記加熱処理は、250 以上 650 以下の温度で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】**

10

【0001】

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（TFET）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。

20

【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

30

【発明の概要】**【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、その電気伝導度に変化してしまう。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。

40

【0008】

また、酸化物半導体膜のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止することを目的の一とする。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

酸化物半導体膜を用いる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膜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、酸化物半導体膜を高純度化及び電氣的に I 型（真性）化する。

50

【0010】

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、酸化物半導体の主成分以外の不純物が極力含まれないように高純度化することにより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、不純物を添加してI型化するのではなく、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。

【0011】

酸化物半導体膜を含むトランジスタにおいて、酸化物半導体膜上に接して酸化物半導体膜のバックチャネル側への帯電を防止するための酸化物層を形成し、酸化物層を通過して酸素を導入（添加）し、酸化物層上に絶縁層を形成し、加熱処理を行う。この加熱処理は酸化物層上に絶縁層を形成する前に行ってもよい。

10

【0012】

帯電を防止するための酸化物層は、酸化物半導体膜、好ましくは高純度化された酸化物半導体膜のバックチャネル側（ゲート絶縁膜と反対側）に設けられ、酸化物半導体よりも誘電率が小さいことが好ましい。例えば、誘電率が8以上20以下の酸化物層を用いる。

【0013】

該酸化物層は、酸化物半導体膜の厚さよりも厚いものとする。例えば、酸化物半導体膜の膜厚3nm以上30nm以下として、該酸化物層は、10nmを超える膜厚、且つ、酸化物半導体膜の膜厚以上とすることが好ましい。

20

【0014】

上記酸化物層として、金属酸化物を用いることができる。金属酸化物として、例えば、酸化ガリウム、またはこれにインジウムや、亜鉛を0.01～5原子%添加した酸化ガリウムを用いることができる。

【0015】

上述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膜より意図的に排除し、酸化物半導体膜を高純度化する。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が生成されるため、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

【0016】

酸化物半導体膜への酸素の導入を、積層された金属酸化膜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、酸化物半導体膜中への酸素を効率よく導入することができる。

【0017】

また、酸素を含む金属酸化膜と酸化物半導体膜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、酸素を含む金属酸化膜より酸化物半導体膜へ供給することができる。よって、酸化物半導体膜はより高純度化し、電氣的にI型（真性）化する。

40

【0018】

また、加熱処理後において、水分や水素などの不純物が酸化物半導体膜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を絶縁層上にさらに形成してもよい。

【0019】

高純度化された酸化物半導体膜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氣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。

【0020】

50

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膜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。よって安定した電氣的特性を有する酸化物半導体を用いた信賴性の高い半導体装置を提供することができる。

【0021】

加熱処理の温度は、250 以上650 以下、または450 以上600 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。

【0022】

本明細書で開示する発明の構成の一形態は、基板上に、ゲート電極を形成し、ゲート電極を覆うゲート絶縁膜を形成し、ゲート絶縁膜を介してゲート電極と重畳する領域に酸化物半導体膜を形成し、酸化物半導体膜上に、ソース電極及びドレイン電極を形成し、酸化物半導体膜と接し、ソース電極及びドレイン電極を覆う金属酸化膜を形成し、酸化物半導体膜、金属酸化膜、または、酸化物半導体膜と金属酸化膜との界面の少なくとも一へ、酸素を導入し、金属酸化膜を覆う絶縁膜を形成し、加熱処理を行う半導体装置の作製方法である。

10

【0023】

また、本明細書で開示する発明の構成の別の形態は、基板上に、ゲート電極を形成し、ゲート電極を覆うゲート絶縁膜を形成し、ゲート絶縁膜を介してゲート電極と重畳する領域に酸化物半導体膜を形成し、酸化物半導体膜上に、ソース電極及びドレイン電極を形成し、酸化物半導体膜と接し、ソース電極及びドレイン電極を覆う金属酸化膜を形成し、金属酸化膜を覆う絶縁膜を形成し、酸化物半導体膜、金属酸化膜、または、酸化物半導体膜と金属酸化膜との界面の少なくとも一へ、酸素を導入し、加熱処理を行う半導体装置の作製方法である。

20

【0024】

また、本明細書で開示する発明の構成の別の形態は、基板上に、ゲート電極を形成し、ゲート電極を覆うゲート絶縁膜を形成し、ゲート絶縁膜を介してゲート電極と重畳する領域に酸化物半導体膜を形成し、酸化物半導体膜に対して、不活性雰囲気下での加熱と酸素雰囲気下での冷却を含む第1の加熱処理を行い、酸化物半導体膜上に、ソース電極及びドレイン電極を形成し、酸化物半導体膜と接し、ソース電極及びドレイン電極を覆う金属酸化膜を形成し、酸化物半導体膜、金属酸化膜、または、酸化物半導体膜と金属酸化膜との界面の少なくとも一へ、酸素を導入し、金属酸化膜を覆う絶縁膜を形成し、第2の加熱処理を行う半導体装置の作製方法である。

30

【0025】

また、本明細書で開示する発明の構成の別の形態は、基板上に、ゲート電極を形成し、ゲート電極を覆うゲート絶縁膜を形成し、ゲート絶縁膜を介してゲート電極と重畳する領域に酸化物半導体膜を形成し、酸化物半導体膜に対して、不活性雰囲気下での加熱と酸素雰囲気下での冷却を含む第1の加熱処理を行い、酸化物半導体膜上に、ソース電極及びドレイン電極を形成し、酸化物半導体膜と接し、ソース電極及びドレイン電極を覆う金属酸化膜を形成し、金属酸化膜を覆う絶縁膜を形成し、酸化物半導体膜、金属酸化膜、または、酸化物半導体膜と金属酸化膜との界面の少なくとも一へ、酸素を導入し、第2の加熱処理を行う半導体装置の作製方法である。

40

【0026】

また、上記の半導体装置の作製方法において、金属酸化膜として、酸化ガリウムを含む膜を形成するのが好ましい。

【0027】

または、上記の半導体装置の作製方法において、金属酸化膜として、インジウムまたは亜鉛を0.01乃至5原子%含む酸化ガリウム膜を形成してもよい。

【0028】

また、上記の半導体装置の作製方法において、加熱処理の温度を450 乃至600 と

50

するのが好ましい。

【0029】

また、上記半導体装置の作製方法において、酸化物半導体膜として、インジウムおよびガリウムを含む膜を形成するのが好ましい。

【0030】

上記構成において、金属酸化膜として酸化ガリウム膜を用いることが好ましい。酸化ガリウム膜はスパッタ法、CVD法、蒸着法などによって得ることができる。酸化ガリウム膜は、酸素とガリウムの組成比にもよるが、およそ4.9 eVのエネルギーギャップを有し、可視光域において透光性を有している。

【0031】

本明細書では、酸化ガリウムを GaO_x ($x > 0$)と表記する場合がある。例えば、 GaO_x が結晶構造を有する場合、 $x = 1.5$ である Ga_2O_3 が知られている。

【0032】

上記構成において、酸化物半導体膜上に金属酸化膜を形成する前に、酸化物半導体膜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。

【発明の効果】

【0033】

酸化物半導体膜上に接して金属酸化膜を形成し、金属酸化膜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膜より意図的に排除し、酸化物半導体膜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膜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。

【0034】

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。

【0035】

また、本発明の一形態は、電気特性が良好で信頼性の高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】

【0036】

【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】半導体装置の一形態を説明する図。

【図3】半導体装置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】電子機器を示す図。

【図8】電子機器を示す図。

【図9】(A)誘電体の積層構造を示すモデル図。(B)等価回路図。

【発明を実施するための形態】

【0037】

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。

【0038】

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。

10

20

30

40

50

【0039】

(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膜を有するトランジスタを示す。

【0040】

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401、ゲート絶縁膜402、酸化物半導体膜403、ソース電極405a、ドレイン電極405bを含む。酸化物半導体膜403上には、酸化物半導体膜403のバックチャネル側への帯電を防止するための金属酸化膜407、及び絶縁膜409が順に積層されている。

10

【0041】

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。

【0042】

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。

【0043】

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、少なくとも、後の加熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有していることが必要となる。例えば、ガラス基板、セラミック基板、石英基板、サファイア基板など基板を用いることができる。また、絶縁表面を有していれば、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基板などを適用することも可能であり、これらの基板上に半導体素子が設けられていてもよい。

20

【0044】

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膜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膜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膜を含むトランジスタとの間に剥離層を設けるとよい。

30

【0045】

下地膜となる絶縁膜を基板400とゲート電極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。

【0046】

また、ゲート電極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、ネオジウム、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。

40

【0047】

次いで、ゲート電極401上にゲート絶縁膜402を形成する。ゲート絶縁膜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。

【0048】

また、本実施の形態の酸化物半導体膜403には、不純物を除去され、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。

50

【0049】

このような高純度化された酸化物半導体は界面準位または界面電荷に対して極めて敏感であるため、酸化物半導体膜とゲート絶縁膜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膜には、高い品質が要求される。

【0050】

例えば、 μ 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ゲート絶縁膜の作製方法として好ましい。高純度化された酸化物半導体と高品質ゲート絶縁膜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。

【0051】

もちろん、ゲート絶縁膜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膜の膜質、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、ゲート絶縁膜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。

【0052】

また、ゲート絶縁膜402、酸化物半導体膜に水素、水酸基及び水分がなるべく含まれないようにするために、酸化物半導体膜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401が形成された基板400、又はゲート絶縁膜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し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、後の工程で、ソース電極405a及びドレイン電極405bまで形成した基板400（金属酸化膜407の成膜前）にも同様に行ってもよい。

【0053】

次いで、ゲート絶縁膜402上に、膜厚3nm以上30nm以下の酸化物半導体膜をスパッタリング法で形成する。酸化物半導体膜の膜厚を大きくしすぎると（例えば、膜厚を50nm以上とすると）、トランジスタがノーマリーオンになってしまうおそれがあるため、上述の膜厚とするのが好ましい。

【0054】

なお、酸化物半導体膜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を行い、ゲート絶縁膜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。

【0055】

酸化物半導体膜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、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、In-Ga-O系酸化物半導体や、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SiO₂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、インジウム（In）、ガリウム（Ga）、亜鉛（Zn）を有する酸化物膜、という意味であり、その組成比はとくに問わない。また、InとGaとZn以外の元素を含んでもよい。

【0056】

10

20

30

40

50

また、酸化物半導体膜は、化学式 $InMO_3(ZnO)_m$ ($m > 0$) で表記される薄膜を用いることができる。ここで、Mは、Ga、Al、MnおよびCoから選ばれた一または複数の金属元素を示す。例えばMとして、Ga、Ga及びAl、Ga及びMn、またはGa及びCoなどがある。

【0057】

酸化物半導体としてIn-Ga-Zn-O系の材料を用いる場合、用いるターゲットとしては、例えば、組成比として、 $In_2O_3 : Ga_2O_3 : ZnO = 1 : 1 : 1$ [mol数比]の酸化物ターゲットを用いることができる。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、 $In_2O_3 : Ga_2O_3 : ZnO = 1 : 1 : 2$ [mol数比]の酸化物ターゲットを用いてもよい。

10

【0058】

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、 $In : Zn = 50 : 1 \sim 1 : 2$ (モル数比に換算すると $In_2O_3 : ZnO = 25 : 1 \sim 1 : 4$)、好ましくは $In : Zn = 20 : 1 \sim 1 : 1$ (モル数比に換算すると $In_2O_3 : ZnO = 10 : 1 \sim 1 : 2$)、さらに好ましくは $In : Zn = 15 : 1 \sim 1.5 : 1$ (モル数比に換算すると $In_2O_3 : ZnO = 15 : 2 \sim 3 : 4$)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 $In : Zn : O = X : Y : Z$ のとき、 $Z > 1.5X + Y$ とする。

【0059】

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99.9%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る。

20

【0060】

本実施の形態では、酸化物半導体膜としてIn-Ga-Zn-O系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、酸化物半導体膜は、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。

【0061】

酸化物半導体膜を、成膜する際に用いるスパッタガスとしては、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

【0062】

酸化物半導体膜の成膜は、減圧状態に保持された成膜室内に基板400を保持し、基板温度を100以上600以下好ましくは200以上400以下として行う。基板400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膜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上に酸化物半導体膜を成膜する。成膜室内の残留水分を除去するためには、吸着型の真空ポンプ、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、排気手段は、ターボポンプにコールドトラップを加えたものであってもよい。クライオポンプを用いて排気した成膜室は、例えば、水素原子、水(H_2O)など水素原子を含む化合物(より好ましくは炭素原子を含む化合物も)等が排気されるため、当該成膜室で成膜した酸化物半導体膜に含まれる不純物の濃度を低減できる。

40

【0063】

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。

【0064】

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により島状の酸化物半導体膜4

50

41に加工する(図1(A)参照。)。また、島状の酸化物半導体膜441を形成するた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。

【0065】

なお、ここでの酸化物半導体膜のエッチングは、ドライエッチングでもウェットエッチングでもよく、両方を用いてもよい。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、リン酸と酢酸と硝酸を混ぜた溶液などを用いることができる。また、ITO07N(関東化学社製)を用いてもよい。

【0066】

次いで、ゲート絶縁膜402及び酸化物半導体膜441上に、ソース電極及びドレイン電極(これと同じ層で形成される配線を含む)を形成するための導電膜を形成する。ソース電極及びドレイン電極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、ソース電極及びドレイン電極に用いる導電膜は、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。

【0067】

なお、ソース電極及びドレイン電極の材料は、用いる酸化物半導体の電子親和力と金属酸化膜の電子親和力を考慮して決定することが好ましい。すなわち、ソース電極及びドレイン電極の材料の仕事関数を W [eV]、酸化物半導体の電子親和力を χ_1 [eV]、金属酸化膜の電子親和力を χ_2 [eV]としたとき、 $\chi_2 + 0.4 < W < (\chi_1 + 0.5)$ 、好ましくは、 $(\chi_2 + 0.9) < W < (\chi_1 + 0.4)$ 、という関係を満たすことが好ましい。例えば、酸化物半導体と金属酸化膜として、電子親和力が、それぞれ、 4.5 eV、 3.5 eVの材料を用いるのであれば、ソース電極及びドレイン電極の材料は、その仕事関数が 3.9 eVより大きく 5.0 eV未満、好ましくは、 4.4 eVより大きく 4.9 eV未満である金属あるいは金属化合物を用いることが好ましい。かくするとトランジスタ410においてソース電極405a及びドレイン電極405bから金属酸化膜407への電子の注入を防止し、リーク電流を抑制することができ、また、酸化物半導体膜とソース電極及びドレイン電極との接合において良好な電気特性を得ることができる。このような仕事関数を有する材料としては、例えば、窒化モリブデンや窒化タングステン等が挙げられる。なお、これらの材料は、耐熱性の面でも優れているため好ましい。なお、上記の関係式から、 $\chi_2 < (\chi_1 + 0.1)$ 、好ましくは $\chi_2 < (\chi_1 - 0.5)$ という関係式が導かれるが、より好ましくは、 $\chi_2 < (\chi_1 - 0.9)$ という関係を満たすとよい。

【0068】

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405a、ドレイン電極405bを形成した後、レジストマスクを除去する(図1(B)参照。)。

【0069】

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。酸化物半導体膜441上で隣り合うソース電極の下端部とドレイン電極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ネル長 L が決定される。なお、チャネル長 $L = 25$ nm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

10

20

30

40

50

。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 10 nm 以上 1000 nm 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。

【0070】

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。

10

【0071】

なお、導電膜のエッチングの際に、酸化物半導体膜441がエッチングされ、分断するこ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、酸化物半導体膜441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膜441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膜となることもある。

【0072】

本実施の形態では、導電膜としてTi膜を用い、酸化物半導体膜441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。

20

【0073】

次いで、 N_2O 、 N_2 、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膜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、当該プラズマ処理に続けて大気に触れることなく、酸化物半導体膜441の一部に接する金属酸化膜407を形成することが望ましい。

【0074】

次いで、ソース電極405a、及びドレイン電極405bを覆い、且つ酸化物半導体膜441の一部と接する金属酸化膜407を形成する。なお、金属酸化膜407の膜厚は、酸化物半導体膜441よりも厚くする。金属酸化膜407は、酸化物半導体膜441のバックチャンネル側、即ち、ソース電極405aとドレイン電極405bの間の酸化物半導体膜441と接し、その界面に蓄積する電荷を除去する膜である。

30

【0075】

ソース電極405aまたはドレイン電極405bにたまった電位（電荷）により、ソース電極405aまたはドレイン電極405bから酸化物半導体膜にプラスの電荷が移動し、酸化物半導体膜のバックチャンネル側の界面に帯電する恐れがある。特に、酸化物半導体膜の電気伝導度と、酸化物半導体膜のバックチャンネル側と接する材料層の電気伝導度とが異なると、電荷が酸化物半導体膜に流れ、電荷が界面に捕獲され、酸化物半導体膜中の水素と結合して界面のドナーセンターになる。これにより、トランジスタの特性が変動するという問題が生じてしまう。従って、酸化物半導体膜中の水素の低減と帯電防止の両方が重要である。

40

【0076】

酸化物半導体膜と金属酸化膜との物性値の差は小さいことが好ましい。ここでいう物性値とは、例えば、仕事関数、電子親和力、誘電率、バンドギャップなどである。具体的には、酸化物半導体膜のバンドギャップと金属酸化膜のバンドギャップとの差は、 3 eV 未満が好ましい。例えば、酸化物半導体膜としてIn-Ga-Zn-O系酸化物半導体を用い、金属酸化膜として、酸化シリコンや酸化アルミニウムを用いた場合、In-Ga-Zn-O系酸化物半導体のバンドギャップは 3.15 eV 、酸化シリコン及び酸化アルミニウムのバンドギャップは 8 eV となるため、上述の問題が生じるおそれがある。また、窒化

50

物を含む膜（例えば、窒化シリコン膜）を金属酸化膜の代わりに用いると、窒化物を含む膜と酸化物半導体膜とが接することにより、酸化物半導体膜の電気伝導度が変動するおそれがある。

【0077】

金属酸化膜407は、バックチャネル側にプラスの電荷が帯電したとしても速やかに除去する性質を有する膜である。ただし、金属酸化膜407に用いる材料は、水素の含有量が酸化物半導体膜と同等またはそれ以下であり、酸化物半導体膜より多い場合であっても一桁以上は多くない材料であって、そのエネルギーギャップが、酸化物半導体膜の材料と等しいか、またはそれ以上を有する材料であることが好ましい。

【0078】

このように、帯電を防止するための金属酸化膜407を用いることにより、酸化物半導体膜403のバックチャネル側と接する材料層から、酸化物半導体膜403へ電荷が流れることを抑制することができる。また、金属酸化膜407を酸化物半導体膜の上面に設けることにより、酸化物半導体膜403のバックチャネル側にプラスの電荷が帯電したとしても速やかに除去することができる。また、金属酸化膜407を用いることにより、酸化物半導体膜403のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止することができる。これにより、酸化物半導体膜403の電気伝導度やしきい値電圧など電気的特性の変動を抑制することができるため、トランジスタ410の信頼性を向上させることができる。

【0079】

本実施の形態は、金属酸化膜407として、パルス直流（DC）電源を用いるスパッタ法により得られる酸化ガリウム膜を用いる。なお、スパッタ法に用いるターゲットとしては、酸化ガリウムターゲットを用いることが好ましい。また、用いる酸化物半導体膜の電気伝導度に合わせて金属酸化膜407に適宜、InやZnを添加して電気伝導度を調整してもよい。例えば、酸化ガリウムにインジウム、又は亜鉛を添加したターゲットを用いて、スパッタリング法によりインジウム、又は亜鉛を0.01乃至5原子%含む膜を形成する。インジウム又は亜鉛を添加することによって、金属酸化膜407の電気伝導度を向上させ酸化物半導体膜403の電気伝導度と近づけることで、電荷の蓄積をより低減することができる。

【0080】

酸化ガリウムのバンドギャップは3.0 eV ~ 5.2 eV（例えば、4.9 eV）、誘電率は10 ~ 12、電子親和力は3.5 eVであり、In-Ga-Zn-O系酸化物半導体の、バンドギャップは3.15 eV、誘電率は15、電子親和力は3.5 eVであるため、それぞれの差が小さく、好ましい。また、酸化ガリウムは、およそ4.9 eVのワイドバンドギャップを有するため、可視光領域で透光性を有している。また、酸化ガリウムを金属酸化膜として用いることにより、In-Ga-Zn-O系の酸化物半導体膜と酸化ガリウムの膜との接触抵抗を低減することができるため、好ましい。金属酸化膜として酸化ガリウムを用いる場合、In-Ga-Zn-O系酸化物半導体の他、酸化物半導体材料としてIn-Ga-O系酸化物半導体、Ga-Zn-O系酸化物半導体を用いるとよい。

【0081】

特に、酸化物半導体膜としてIn-Ga-Zn-O膜を用いる場合には、金属酸化膜407として用いるGaO_xに共通のガリウム元素を含んでいるため、材料の相性がよい。

【0082】

金属酸化膜407は、水、水素等の不純物を混入させない方法を用いて成膜することが好ましい。金属酸化膜407に水素が含まれると、その水素の酸化物半導体膜への侵入、又は水素による酸化物半導体膜中の酸素の引き抜き、が生じ酸化物半導体膜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、金属酸化膜407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ないことが重要である。

【0083】

本実施の形態では、金属酸化膜407として10 nmを超える膜厚、且つ、酸化物半導体

10

20

30

40

50

膜 4 4 1 の膜厚以上の酸化ガリウム膜を、スパッタリング法を用いて成膜する。このように金属酸化膜 4 0 7 の膜厚を厚くすることで、金属酸化膜 4 0 7 は効率よく電荷の放出を行うことができるためである。成膜時の基板温度は、室温以上 3 0 0 以下とすればよい。酸化ガリウム膜のスパッタ法による成膜は、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。

【 0 0 8 4 】

酸化物半導体膜の成膜時と同様に、金属酸化膜 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金属酸化膜 4 0 7 に含まれる不純物の濃度を低減できる。また、金属酸化膜 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

【 0 0 8 5 】

金属酸化膜 4 0 7 を、成膜する際に用いるスパッタガスとしては、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。

【 0 0 8 6 】

また、金属酸化膜 4 0 7 は少なくとも酸化物半導体膜のチャネル形成領域、ソース電極 4 0 5 a、及びドレイン電極 4 0 5 b を覆えばよく、必要があれば、金属酸化膜 4 0 7 を選択的に除去してもよい。なお、本実施の形態で用いる酸化ガリウム膜のエッチングには、公知のウェットエッチングまたは公知のドライエッチングを用いることができる。例えば、フッ酸溶液または硝酸を用いてウェットエッチングを行う。

20

【 0 0 8 7 】

次に、酸化物半導体膜 4 4 1、金属酸化膜 4 0 7 または、酸化物半導体膜 4 4 1 と金属酸化膜 4 0 7 との界面の少なくとも一に、金属酸化膜 4 0 7 を通過させて酸素 4 2 1 を導入する（図 1（C）参照。）。

【 0 0 8 8 】

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膜に添加されてしまうの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。

30

【 0 0 8 9 】

酸化物半導体膜 4 4 1 への酸素の導入を、積層された金属酸化膜 4 0 7 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、酸化物半導体膜 4 4 1 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、また通過させる金属酸化膜 4 0 7 の膜厚を適宜設定して制御すればよい。

40

【 0 0 9 0 】

次に、金属酸化膜 4 0 7 上に絶縁膜 4 0 9 を形成する（図 1（D）参照。）。絶縁膜 4 0 9 としては、無機絶縁膜を用い、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などの酸化絶縁膜、又は窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜などの窒化絶縁膜の単層、或いは積層を用いればよい。例えば、金属酸化膜 4 0 7 側から順にスパッタリング法を用いて、酸化シリコン膜及び窒化シリコン膜の積層を形成する。

【 0 0 9 1 】

なお、上述の酸素導入処理は、金属酸化膜 4 0 7 上に絶縁膜 4 0 9 を形成した後に行って

50

も良い。

【0092】

次に酸素を導入した酸化物半導体膜441に、金属酸化膜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（図1（E）参照。）。

【0093】

加熱処理の温度は、250以上650以下、好ましくは450以上600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、酸化物半導体膜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。

【0094】

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ガスが用いられる。なお、加熱処理装置としてGRTA装置を用いる場合には、その熱処理時間が短いため、650～700の高温に加熱した不活性ガス中で基板を加熱してもよい。

10

20

【0095】

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（99.9999%）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。

【0096】

このように、酸化物半導体膜441、金属酸化膜407または酸化物半導体膜441と金属酸化膜407との界面の少なくとも一に、酸素を添加し、その後、加熱処理を行うことにより、酸化物半導体膜441中、金属酸化膜407中、または酸化物半導体膜441と金属酸化膜407との界面に存在する不對結合手を酸素で終端することが可能である。酸化物半導体膜441中、金属酸化膜407中、または酸化物半導体膜441と金属酸化膜407との界面に不對結合手が存在すると、水素が拡散してボンドが形成される恐れがあるが、不對結合手を酸素で終端することにより、ボンドの形成を防止することができるのである。

30

【0097】

また、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が生成される。よって、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。

40

【0098】

このように、酸素の導入及び加熱処理によって、ボンドの形成を防止すると共に、酸化物半導体膜の脱水化または脱水素化を行うことができ、酸化物半導体膜から水素、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。

【0099】

また、酸化物半導体膜と酸素を含む金属酸化膜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を構成する主成分材料

50

の一つである酸素を、酸素を含む金属酸化膜 407 より酸化物半導体膜へ供給することができる。これによって、酸化物半導体膜中の電荷捕獲中心を低減することができる。以上の工程で高純度化し、電氣的に I 型（真性）化された酸化物半導体膜 403 を得る。また、この加熱処理によって、金属酸化膜 407 も同時に不純物が除去され、高純度化される。

【0100】

高純度化された酸化物半導体膜 403 中ではドナーに由来する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。

【0101】

また、金属酸化膜 407 を通過させて酸素を添加することによって、酸化物半導体膜 441 と金属酸化膜 407 との界面近傍の原子の配列に歪みが生じ、その後の加熱処理により、酸化物半導体膜 403 と金属酸化膜 407 との界面近傍の原子の再配列が行われる。このとき、酸化物半導体膜 403 と金属酸化膜 407 との間で互いの原子の結合が生じるので、酸化物半導体膜 403 と金属酸化膜 407 との電気伝導度などの物性値の差を低減し、酸化物半導体膜のバックチャネル側の界面における帯電を抑制することができる。これにより、酸化物半導体膜のしきい値電圧など電氣的特性の変動を抑制することができるため、トランジスタの信頼性を向上させることができる。

【0102】

以上の工程でトランジスタ 410 が形成される（図 1（E）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膜より意図的に排除し、高純度化された酸化物半導体膜 403 を含むトランジスタである。よって、トランジスタ 410 は、電氣的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。

【0103】

なお、酸素を導入後の加熱処理は、絶縁膜 409 の形成前に行ってもよい。この場合、加熱処理後に金属酸化膜 407 上に絶縁膜 409 を形成する。

【0104】

また、上記加熱処理に加えて、他の加熱処理を行っても良い。例えば、酸化物半導体膜 441 を形成した後に、加熱処理（第 1 の加熱処理）を行い、金属酸化膜 407 を形成した後に、さらに加熱処理（第 2 の加熱処理）を行っても良い。この場合、第 1 の加熱処理は、例えば、不活性ガス雰囲気下で加熱を行い、酸素雰囲気下（少なくとも酸素を含む雰囲気下）で冷却を行う処理とすることができる。このような第 1 の加熱処理を適用することで、酸化物半導体膜の脱水化と加酸化を好適に行うことができる。

【0105】

また、図 1（E）の工程の後に、さらに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。

【0106】

また、酸化物半導体膜 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が得られるため、高速駆動が可能である。よって、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膜を含むトランジスタを有する駆動回路部と画素部を同一基板上に形成できるため、半導体装置の部品点数を削減することができる。

【0107】

また、金属酸化膜 407 を有するトランジスタ 410 では、酸化物半導体膜 403 のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止することができる。さらに、トランジスタ 410 において酸化物半導体膜 403 のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止するこ

10

20

30

40

50

とで、しきい値電圧の変動を抑制することができるため、信頼性の向上したトランジスタとすることができる。

【0108】

ところで、図1(E)に示すトランジスタ410においては、酸化物半導体膜403と、金属酸化膜407との2層の誘電体が接して設けられている。異なる2層の誘電体が積層された場合、1層目(トランジスタ410においては酸化物半導体膜403)の誘電率を ϵ_1 、電気伝導度を σ_1 、厚さを d_1 とし、2層目(トランジスタ410においては金属酸化膜407)の誘電率を ϵ_2 、電気伝導度を σ_2 、厚さを d_2 としたとき、2層の積層は図9(A)のモデル図で表すことができる。なお、図9(A)において、 S は面積を表す。また、図9(A)のモデル図は、図9(B)の等価回路に置き換えることができる。図中の C_1 は1層目の容量値を、 G_1 は1層目の抵抗値を、 C_2 は2層目の容量値を、 G_2 は2層目の抵抗値をそれぞれ表す。ここで、2層に電圧 V を印加した場合、 t 秒後に2層の界面には以下の式(1)で表される電荷 Q が蓄積するとされる。

10

【0109】

【数1】

$$Q = \frac{C_2 G_1 - C_1 G_2}{G_1 + G_2} V \times \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{G_1 + G_2}{C_1 + C_2} t\right) \right\} \quad (1)$$

【0110】

図1(E)に示すトランジスタ410において、上述の電荷 Q が蓄積される界面は、酸化物半導体膜403のバックチャネル側に相当し、金属酸化膜407の誘電率または電気伝導度、あるいは金属酸化膜407の膜厚を適宜設定することで、バックチャネル側の界面に蓄積する電荷 Q を小さくすることができる。

20

【0111】

ここで、式(1)を変形すると、下記式(2)及び式(3)で表される。

【0112】

【数2】

$$Q = \left(1 - \frac{\tau_1}{\tau_2}\right) C_2 V_2 \times \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right) \right\} \quad (2)$$

30

$$V_2 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} V \quad (3)$$

$$\left(\text{但し、} C_1 = \frac{\epsilon_1}{d_1} S, C_2 = \frac{\epsilon_2}{d_2} S, G_1 = \frac{\sigma_1}{d_1} S, G_2 = \frac{\sigma_2}{d_2} S, \tau_1 = \frac{\epsilon_1}{\sigma_1}, \tau_2 = \frac{\epsilon_2}{\sigma_2}, \tau_i = \frac{C_1 + C_2}{G_1 + G_2}\right)$$

【0113】

式(2)及び式(3)より、電荷 Q を小さくするためには、以下(A)乃至(D)の4条件を想定することができる。

40

条件(A) τ_i を非常に大きくする。

条件(B) V_2 をゼロに近づける、すなわち、 G_2 を G_1 より非常に大きくする。

条件(C) C_2 をゼロに近づける。

条件(D) τ_1 を τ_2 に近づける。

【0114】

条件(A)で、 τ_i を非常に大きくするには、 $\tau_i = (C_1 + C_2) / (G_1 + G_2)$ であるから、 $(C_1 + C_2)$ を $(G_1 + G_2)$ より非常に大きくすればよい。 C_1 、 G_1 は酸化物半導体膜403のパラメータであるから、金属酸化膜407によって電荷 Q を小さくするためには、 C_2 を大きくする必要がある。しかしながら、 $C_2 = \epsilon_2 S / d_2$ より

50

C_2 を大きくすると、式(2)より Q が大きくなり、矛盾を生じる。つまり i にて電荷 Q を調整することは出来ない。

【0115】

条件(B)で、 V_2 をゼロに近づけるためには、式(3)より、 $G_2 \gg G_1$ を満たせばよい。 G_1 は酸化物半導体膜403のパラメータであるため、金属酸化膜407によって電荷 Q を小さくするためには、 G_2 を大きくする必要がある。具体的には、 $G_2 = \epsilon_2 S / d_2$ であるため、 d_2 を小さくするか、 ϵ_2 を大きい材料を選択することとなる。しかし、 d_2 の縮小は、 $C_2 = \epsilon_2 S / d_2$ より C_2 が大きくなり、条件(A)と同様に Q が大きくなるため採用することができない。また、 ϵ_2 が大きいとは、金属酸化膜407が酸化物半導体膜403より電気伝導度が高いことを意味しており、リーク電流の発生やショート

10

【0116】

条件(C)で、 C_2 を非常に小さくするためには、 $C_2 = \epsilon_2 S / d_2$ より、 d_2 を大きくするか、 ϵ_2 の小さい材料を選択することとなる。

【0117】

また、条件(D)で、 ϵ_1 を ϵ_2 に近づけるためには、 $\epsilon_1 = \epsilon_1 / \epsilon_1$ 、 $\epsilon_2 = \epsilon_2 / \epsilon_2$ であるから、 $\epsilon_1 / \epsilon_1 = \epsilon_2 / \epsilon_2$ となる膜を選べばよい。これは $C_1 / G_1 = C_2 / G_2$ と等価である。

【0118】

したがって、電荷 Q の蓄積を効果的に防止するためには、金属酸化膜407の膜厚(d_2)を大きくする、または金属酸化膜407の材料として誘電率(ϵ_2)の小さい材料、好ましくは酸化物半導体膜403より小さい材料(例えば、誘電率が8以上20以下である材料)を選択するのが好ましい。あるいは $\epsilon_1 / \epsilon_1 = \epsilon_2 / \epsilon_2$ (ϵ_1 は酸化物半導体の誘電率、 ϵ_1 は酸化物半導体の伝導率)となるよう、酸化物半導体膜との物性値が近い材料を金属酸化膜として選択するのが好ましい。

20

【0119】

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。

【0120】

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

30

【0121】

(実施の形態2)

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。

【0122】

本実施の形態では、実施の形態1で示したトランジスタ410の作製方法において、酸化物半導体膜と接する金属酸化膜407を形成する前に酸化物半導体膜に加熱処理を行う例を示す。

40

【0123】

この加熱処理は、酸化物半導体膜が形成された後、金属酸化膜407が形成される前であれば、島状の酸化物半導体膜に加工前の酸化物半導体膜に適用してもよく、ソース電極405a及びドレイン電極405bの形成前または形成後のいずれに適用してもよい。

【0124】

加熱処理の温度は、250℃以上650℃以下、好ましくは450℃以上600℃以下とする。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、酸化物半導体膜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金属酸化膜を形成し、酸化物半導体膜への水や水素の再混入を防ぐことが好ましい。

50

【0125】

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装置、LRTA装置等のRTA装置を用いることができる。なお、加熱処理装置としてGRTA装置を用いる場合には、その熱処理時間が短いため、650～700の高温に加熱した不活性ガス中で基板を加熱してもよい。

【0126】

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。

10

【0127】

この加熱処理により、酸化物半導体膜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。

【0128】

さらに、酸化物半導体膜上に金属酸化膜を形成し、酸化絶縁層である金属酸化膜を通過させて、酸化物半導体膜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、絶縁層を形成し、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。

20

【0129】

酸化物半導体膜と酸素を含む金属酸化膜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、酸素を含む金属酸化膜より酸化物半導体膜へ供給することができる。

【0130】

従って、酸化物半導体膜に対して、金属酸化膜の形成前の加熱処理、及び金属酸化膜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膜を得ることができる。

30

【0131】

従って、高純度化された酸化物半導体膜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、電気的に安定である。

【0132】

また、帯電を防止するための金属酸化膜を有するトランジスタは、酸化物半導体膜のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止することができる。さらに、トランジスタにおいて酸化物半導体膜のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止することで、しきい値電圧の変動を抑制することができる。

40

【0133】

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。

【0134】

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

【0135】

（実施の形態3）

実施の形態1または2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

50

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。

【0136】

図2(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2(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

【0137】

図2(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2(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2(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

【0138】

また図2(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。

【0139】

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2(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2(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2(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

【0140】

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。

【0141】

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(照明装置を含む)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

【0142】

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または2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。

【0143】

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。

【0144】

半導体装置の一形態について、図3乃至図5を用いて説明する。図3乃至図5は、図2(B)のM-Nにおける断面図に相当する。

【0145】

図3乃至図5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

【0146】

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のソース電極及びドレイン電極と同じ導電膜で形成されている。

【0147】

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3乃至図5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3では、トランジスタ4010、4011上には帯電を防止するための金属酸化膜4020、絶縁膜4024が設けられ、図4及び図5ではさらに、絶縁層4021が設けられている。なお、絶縁膜4023は下地膜として機能する絶縁膜である。

20

【0148】

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または2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。

【0149】

トランジスタ4010及びトランジスタ4011において、酸化物半導体膜は、上に積層される金属酸化膜4020を通過して酸素を導入し、金属酸化膜4020上に絶縁膜4024を形成した後、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膜より意図的に排除し、高純度化された酸化物半導体膜である。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

【0150】

酸化物半導体膜への酸素の導入を、積層された金属酸化膜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、酸化物半導体膜中への酸素を効率よく導入することができる。

【0151】

また、酸化物半導体膜と酸素を含む金属酸化膜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、酸素を含む金属酸化膜4020より酸化物半導体膜へ供給することができる。よって、酸化物半導体膜はより高純度化し、電氣的にI型(真性)化する。

40

【0152】

従って、高純度化された酸化物半導体膜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3乃至図5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。

【0153】

また、帯電を防止するための金属酸化膜を有するトランジスタは、酸化物半導体膜のバックチャンネル側の寄生チャンネルの発生を防止することができる。さらに、トランジスタにお

50

いて酸化物半導体膜のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止することで、しきい値電圧の変動を抑制することができる。

【0154】

また、本実施の形態では、絶縁膜4024上において駆動回路用のトランジスタ4011の酸化物半導体膜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。導電層を酸化物半導体膜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。また、導電層は、電位がトランジスタ4011のゲート電極と同じでもよいし、異なっても良く、第2のゲート電極として機能させることもできる。また、導電層の電位がGND、0V、或いはフローティング状態であってもよい。

10

【0155】

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。

【0156】

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。

【0157】

図3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3において、表示素子である液晶素子4013は、第1の電極層4030、第2の電極層4031、及び液晶層4008を含む。なお、液晶層4008を挟持するように配向膜として機能する絶縁膜4032、4033が設けられている。第2の電極層4031は第2の基板4006側に設けられ、第1の電極層4030と第2の電極層4031とは液晶層4008を介して積層する構成となっている。

20

【0158】

また4035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4008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もよい。

30

【0159】

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。

【0160】

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1ms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。酸化物半導体膜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膜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

【0161】

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 1×10^1

50

$1 \times 10^1 \text{ cm}$ 以上であり、さらに好ましくは $1 \times 10^{1.2} \text{ cm}$ 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。

【0162】

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、所定の期間の間電荷を保持できるように設定される。高純度の酸化物半導体膜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。

【0163】

本実施の形態で用いる高純度化された酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、オフ状態における電流値（オフ電流値）を低くすることができる。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

【0164】

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膜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、上記トランジスタを有する駆動回路部と画素部を同一基板上に形成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。

20

【0165】

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。

【0166】

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を向く方式である。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 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、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

【0167】

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

【0168】

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適用することで、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。

【0169】

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

50

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、本実施の形態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。

【0170】

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。

10

【0171】

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。

【0172】

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。

20

【0173】

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。

30

【0174】

図4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。

【0175】

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。

40

【0176】

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。

【0177】

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

50

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。

【0178】

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。

【0179】

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（ / 4板、 / 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。

【0180】

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。

【0181】

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。

【0182】

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。

【0183】

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。

【0184】

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。

【0185】

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。

【0186】

図5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5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。

【0187】

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

10

20

30

40

50

、周りに液体で満たされているキャピティ 4 6 1 2 を含む球形粒子 4 6 1 3 が設けられており、球形粒子 4 6 1 3 の周囲は樹脂等の充填材 4 6 1 4 で充填されている。第 2 の電極層 4 0 3 1 が共通電極（対向電極）に相当する。第 2 の電極層 4 0 3 1 は、共通電位線と電氣的に接続される。

【 0 1 8 8 】

なお、図 3 乃至図 5 において、第 1 の基板 4 0 0 1、第 2 の基板 4 0 0 6 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。

10

【 0 1 8 9 】

絶縁膜 4 0 2 4 は、トランジスタの保護膜として機能する。

【 0 1 9 0 】

また、金属酸化膜 4 0 2 0 は、酸化物半導体膜のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止するのみでなく、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膜から減少してしまう酸素を、酸化物半導体膜へ供給する機能も有する。

20

【 0 1 9 1 】

金属酸化膜 4 0 2 0 としては、スパッタリング法により形成された酸化ガリウム膜を用いればよい。また酸化ガリウムにインジウム、又は亜鉛を添加した膜でもよく、例えば、インジウム又は亜鉛を 0 . 0 1 乃至 5 原子% 含む酸化ガリウム膜を用いることができる。インジウム又は亜鉛を添加することによって、金属酸化膜 4 0 2 0 の電気伝導度を向上させ、電荷の蓄積をより低減することができる。

【 0 1 9 2 】

なお、絶縁膜 4 0 2 4 は、スパッタ法を用いて、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。

30

【 0 1 9 3 】

また、絶縁層 4 0 2 1 は、無機絶縁材料又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ることで、絶縁層を形成してもよい。

【 0 1 9 4 】

絶縁層 4 0 2 1 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、スピンコート法、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、カーテンコーティング、ナイフコーティング等を用いることができる。

40

【 0 1 9 5 】

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。

【 0 1 9 6 】

表示素子に電圧を印加する第 1 の電極層 4 0 3 0 及び第 2 の電極層 4 0 3 1 (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。

【 0 1 9 7 】

50

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、ITO、インジウム亜鉛酸化物、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物などの透光性を有する導電性材料を用いることができる。

【0198】

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(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。

10

【0199】

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を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。

【0200】

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。

20

【0201】

以上のように実施の形態1または2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。

【0202】

(実施の形態4)

実施の形態1または2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。

【0203】

図6(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6(A)はフォトセンサの等価回路であり、図6(B)はフォトセンサの一部を示す断面図である。

30

【0204】

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。

【0205】

なお、本明細書における回路図において、酸化物半導体膜を用いるトランジスタと明確に判明できるように、酸化物半導体膜を用いるトランジスタの記号には「OS」と記載している。図6(A)において、トランジスタ640、トランジスタ656は酸化物半導体膜を用いるトランジスタである。

40

【0206】

図6(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を示す断面図であり、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。

【0207】

50

トランジスタ 640 上には帯電を防止するための金属酸化膜 631、絶縁膜 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。

【0208】

トランジスタ 640 において、酸化物半導体膜は、上に積層される金属酸化膜 631 を通過して酸素を導入し、金属酸化膜 631 上に絶縁膜 632 を形成した後、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膜より意図的に排除し、高純度化された酸化物半導体膜である。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。

10

【0209】

酸化物半導体膜への酸素の導入を、積層された金属酸化膜 631 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、酸化物半導体膜中への酸素を効率よく導入することができる。

20

【0210】

また、酸化物半導体膜と酸素を含む金属酸化膜 631 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、酸素を含む金属酸化膜 631 より酸化物半導体膜へ供給することができる。よって、酸化物半導体膜はより高純度化し、電気的に I 型（真性）化する。

【0211】

従って、高純度化された酸化物半導体膜を含むトランジスタ 640 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、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。

【0212】

電極層 641 は、層間絶縁層 634 に形成された導電層 643 と電気的に接続し、電極層 642 は電極層 644 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 はトランジスタ 640 と電気的に接続している。

30

【0213】

ここでは、第 1 半導体層 606a として p 型の導電型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 型の導電型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。

【0214】

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（SiH₄）を用いればよい。または、Si₂H₆、SiH₂Cl₂、SiHCl₃、SiCl₄、SiF₄ 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。

40

【0215】

50

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（ 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。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。

【0216】

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（ 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、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。

10

【0217】

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。

20

【0218】

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が単結晶シリコンを示す 520cm^{-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 520cm^{-1} とアモルファスシリコンを示す 480cm^{-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膜が得られる。

30

【0219】

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、 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 、 SiCl_4 、 SiF_4 などの珪素含有気体を水素で希釈して形成することができる。また、珪素含有気体及び水素に加え、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。これらのときの珪素含有気体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、 CH_4 、 C_2H_6 等の炭化物気体、 GeH_4 、 GeF_4 等のゲルマニウム含有気体、 F_2 等を混入させてもよい。

40

【0220】

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

50

が受ける光 6 2 2 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、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の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。

【0221】

金属酸化膜 6 3 1 としては、スパッタリング法により形成された酸化ガリウム膜を用いればよい。また酸化ガリウムにインジウム、又は亜鉛を添加した膜でもよく、例えば、インジウム又は亜鉛を 0.01 乃至 5 原子% 含む酸化ガリウム膜を用いることができる。インジウム又は亜鉛を添加することによって、金属酸化膜 6 3 1 の電気伝導度を向上させ、電荷の蓄積をより低減することができる。

10

【0222】

絶縁膜 6 3 2 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、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。

【0223】

層間絶縁層 6 3 3、6 3 4 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 6 3 3、6 3 4 としては、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。

20

【0224】

絶縁膜 6 3 2、層間絶縁層 6 3 3、層間絶縁層 6 3 4 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、スピンコート法、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、カーテンコーティング、ナイフコーティング等を用いて形成することができる。

【0225】

フォトダイオード 6 0 2 に入射する光 6 2 2 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ことができる。

30

【0226】

トランジスタ 6 4 0 として、実施の形態 1 または 2 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膜より意図的に排除し、高純度化された酸化物半導体膜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。また、帯電を防止するための金属酸化膜を有するトランジスタは、酸化物半導体膜のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止することができる。さらに、トランジスタにおいて酸化物半導体膜のバックチャネル側の寄生チャネルの発生を防止することで、しきい値電圧の変動を抑制することができる。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。

40

【0227】

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。

【0228】

(実施の形態 5)

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

50

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。

【0229】

図7(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7(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7(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4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。

10

【0230】

図7(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。

20

【0231】

また図7(A)に示す充放電制御回路9634の構成、及び動作について図7(B)にブロック図を示し説明する。図7(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。

【0232】

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9635の充電を行う構成とすればよい。

30

【0233】

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。

【0234】

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。

40

【0235】

図8(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4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。

【0236】

図8(B)は、携帯情報端末(PDA)であり、本体3021には表示部3023と、外

50

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4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。

【0237】

図8(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。

【0238】

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8(C)では表示部2705)に文章を表示し、左側の表示部(図8(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4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とすることができる。

【0239】

また、図8(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。

【0240】

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。

【0241】

図8(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4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。

【0242】

また、表示パネル2802はタッチパネルを備えており、図8(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。

【0243】

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8(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。

【0244】

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

10

20

30

40

50

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 2 8 1 1 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。

【 0 2 4 5 】

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。

【 0 2 4 6 】

図 8 (E) は、デジタルビデオカメラであり、本体 3 0 5 1、表示部 (A) 3 0 5 7、接眼部 3 0 5 3、操作スイッチ 3 0 5 4、表示部 (B) 3 0 5 5、バッテリー 3 0 5 6 などによって構成されている。実施の形態 1 乃至 4 のいずれかで示した半導体装置を表示部 (A) 3 0 5 7、表示部 (B) 3 0 5 5 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。

10

【 0 2 4 7 】

図 8 (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 9 6 0 0 は、筐体 9 6 0 1 に表示部 9 6 0 3 が組み込まれている。表示部 9 6 0 3 により、映像を表示することが可能である。また、ここでは、スタンド 9 6 0 5 により筐体 9 6 0 1 を支持した構成を示している。実施の形態 1 乃至 4 のいずれかで示した半導体装置を表示部 9 6 0 3 に適用することにより、信頼性の高いテレビジョン装置とすることができる。

【 0 2 4 8 】

テレビジョン装置 9 6 0 0 の操作は、筐体 9 6 0 1 が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機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。

20

【 0 2 4 9 】

なお、テレビジョン装置 9 6 0 0 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。

【 0 2 5 0 】

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実施することが可能である。

30

【 符号の説明 】

【 0 2 5 1 】

- 4 0 0 基板
- 4 0 1 ゲート電極
- 4 0 2 ゲート絶縁膜
- 4 0 3 酸化物半導体膜
- 4 0 5 a ソース電極
- 4 0 5 b ドレイン電極
- 4 0 7 金属酸化膜
- 4 0 9 絶縁膜
- 4 1 0 トランジスタ
- 4 2 1 酸素
- 4 4 1 酸化物半導体膜
- 6 0 1 基板
- 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

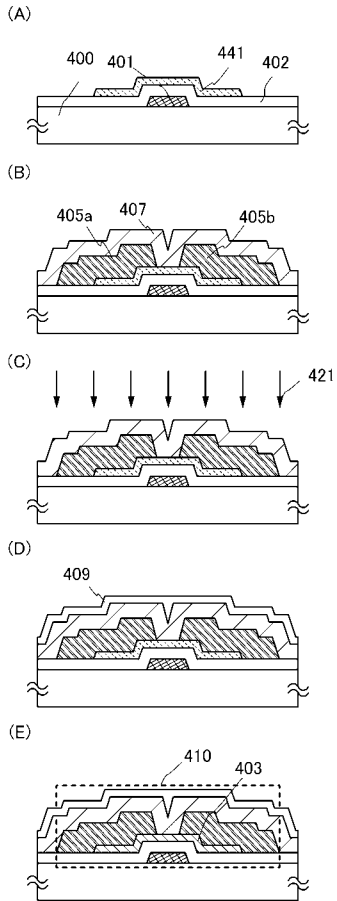
40

50

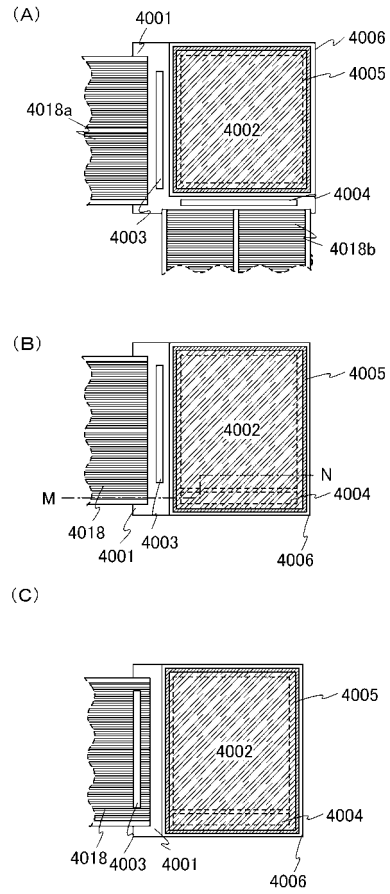
6 3 1	金属酸化膜	
6 3 2	絶縁膜	
6 3 3	層間絶縁層	
6 3 4	層間絶縁層	
6 4 0	トランジスタ	
6 4 1	電極層	
6 4 2	電極層	
6 4 3	導電層	
6 4 5	ゲート電極	
6 5 6	トランジスタ	10
6 5 8	フォトダイオードリセット信号線	
6 5 9	ゲート信号線	
6 7 1	フォトセンサ出力信号線	
6 7 2	フォトセンサ基準信号線	
2 7 0 0	電子書籍	
2 7 0 1	筐体	
2 7 0 3	筐体	
2 7 0 5	表示部	
2 7 0 7	表示部	
2 7 1 1	軸部	20
2 7 2 1	電源	
2 7 2 3	操作キー	
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	
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	30
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	
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	40
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	
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	50

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	
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	10
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	金属酸化膜	
4 0 2 1	絶縁層	
4 0 2 3	絶縁膜	
4 0 2 4	絶縁膜	
4 0 3 0	電極層	
4 0 3 1	電極層	
4 0 3 2	絶縁膜	20
4 0 3 3	絶縁膜	
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	
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	30
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	
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	40
9 6 3 6	コンバータ	
9 6 3 7	コンバータ	

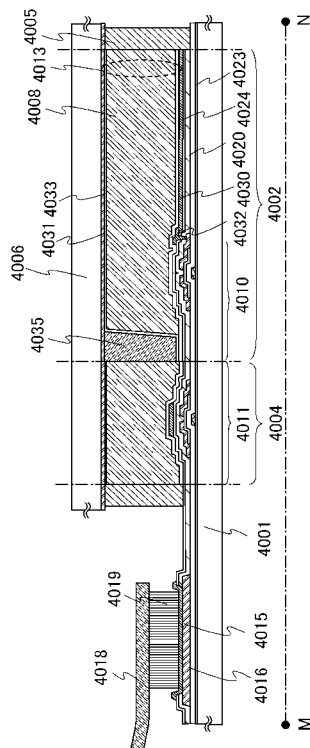
【 図 1 】



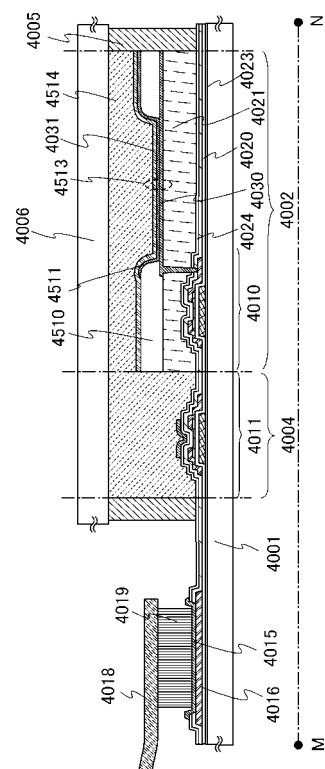
【 図 2 】



【 図 3 】

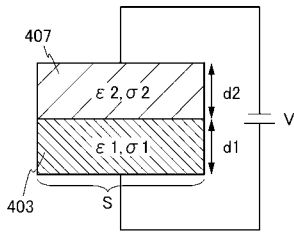


【 図 4 】

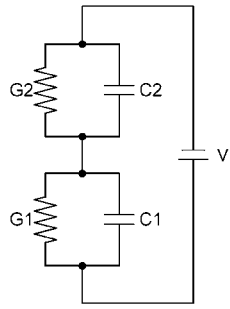


【 図 9 】

(A)



(B)



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
C 2 3 C 14/06	(2006.01)	C 2 3 C	14/58	A
		C 2 3 C	14/06	N

Fターム(参考) 5F110 AA06 AA08 AA14 BB02 BB10 CC07 DD01 DD02 DD03 DD04
 DD05 DD13 DD14 DD15 DD17 EE02 EE03 EE04 EE06 EE14
 EE30 FF01 FF02 FF03 FF04 FF09 FF28 FF30 GG01 GG28
 GG34 GG35 GG43 GG57 GG58 HK01 HK02 HK03 HK04 HK07
 HK17 HK21 HK22 HK42 NN02 NN03 NN04 NN05 NN22 NN23
 NN24 NN25 NN27 NN28 NN33 NN34 NN36 NN40 NN71 NN72
 NN78 PP01 PP02 PP10 PP13 PP29 PP35 QQ01 QQ02 QQ06
 QQ26