

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第2区分
 【発行日】平成25年8月1日(2013.8.1)

【公開番号】特開2012-15436(P2012-15436A)
 【公開日】平成24年1月19日(2012.1.19)
 【年通号数】公開・登録公報2012-003
 【出願番号】特願2010-152754(P2010-152754)
 【国際特許分類】

H 0 1 L 21/336 (2006.01)
 H 0 1 L 29/786 (2006.01)
 H 0 1 L 21/20 (2006.01)
 H 0 5 B 33/08 (2006.01)
 H 0 1 L 51/50 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 29/78 6 1 9 A
 H 0 1 L 29/78 6 1 8 B
 H 0 1 L 29/78 6 1 6 V
 H 0 1 L 29/78 6 1 8 E
 H 0 1 L 21/20
 H 0 5 B 33/08
 H 0 5 B 33/14 A

【手続補正書】
 【提出日】平成25年6月13日(2013.6.13)

【手続補正1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0016
 【補正方法】変更
 【補正の内容】

【0016】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 第1の実施の形態(トップゲート薄膜トランジスタ; 層間絶縁膜を第1無機絶縁膜および有機樹脂膜の2層構造とし、第1無機絶縁膜を金属膜の酸化により形成した例)
2. 変形例1(第1無機絶縁膜を、金属膜および金属酸化膜を積層し、金属膜を酸化させることにより形成した例)
3. 変形例2(低抵抗領域を、プラズマを用いて形成した例)
4. 変形例3(低抵抗領域を、シリコン窒化膜からの水素の拡散により形成した例)
5. 変形例4(酸化物半導体膜を、非晶質膜および結晶化膜の積層膜を形成し、この積層膜をエッチングにより加工する例)
6. 変形例5(酸化物半導体膜を、非晶質膜および非晶質膜の積層膜を形成し、この積層膜をエッチングにより加工したのちに、上層の非晶質膜をアニールして結晶化膜を形成する例)
7. 第2の実施の形態(トップゲート薄膜トランジスタ; 層間絶縁膜を有機樹脂膜のみにより構成する例)
8. 第3の実施の形態(トップゲート薄膜トランジスタ; 層間絶縁膜を第1無機絶縁膜、有機樹脂膜および第2無機絶縁膜の3層構造とし、第1の無機絶縁膜を金属膜の酸化により形成した例)
9. 第4の実施の形態(金属膜を酸化させたのち除去し、層間絶縁膜を有機樹脂膜および

第 2 無機絶縁膜の 2 層構造とする例)

1 0 . 第 5 の実施の形態 (ボトムゲート薄膜トランジスタ ; 層間絶縁膜を第 1 無機絶縁膜および有機樹脂膜の 2 層構造とし、第 1 無機絶縁膜を金属膜の酸化により形成した例)

1 1 . 第 6 の実施の形態 (ボトムゲート薄膜トランジスタ ; 層間絶縁膜を有機樹脂膜のみにより構成する例)

1 2 . 第 7 の実施の形態 (ボトムゲート薄膜トランジスタ ; 層間絶縁膜を第 1 無機絶縁膜、有機樹脂膜および第 2 無機絶縁膜の 3 層構造とし、第 1 無機絶縁膜を金属膜の酸化により形成した例)

1 3 . 第 8 の実施の形態 (金属膜を酸化させたのち除去し、層間絶縁膜を有機樹脂膜および第 2 無機絶縁膜の 2 層構造とする例)

1 4 . 適用例

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0027】

層間絶縁膜 50 は、酸化物半導体膜 20 に接して設けられ、有機樹脂膜 51 を含んでいる。これにより、この薄膜トランジスタ 1 は、層間絶縁膜 50 に起因する不良を抑え、セルフアライン構造を有する薄膜トランジスタ 1 の信頼性を向上させることが可能となっている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

また、層間絶縁膜 50 は、有機樹脂膜 51 および第 1 無機絶縁膜 52 の積層構造を有していることが好ましい。酸化物半導体膜 20 は酸素や水分により電気特性が変化しやすいものであるが、酸素や水分などに対するバリア性の高い第 1 無機絶縁膜 52 により、酸化物半導体膜 20 への水分の混入や拡散を抑え、薄膜トランジスタ 1 の信頼性を向上させることが可能となる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0030】

層間絶縁膜 50 は、第 1 無機絶縁膜 52 および有機樹脂膜 51 を酸化物半導体膜 20 の側からこの順に積層したものであることが好ましい。バリア性の高い第 1 無機絶縁膜 52 により、酸化物半導体膜 20 の近くで保護することが可能となるので、より高い効果が得られるからである。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

引き続き、同じく図 2 (C) に示したように、ゲート電極 40 をマスクとしてゲート絶縁材料膜 30 A をエッチングすることによりゲート絶縁膜 30 を形成する。このとき、酸

化物半導体膜 20 を ZnO, IZO, IGO 等の結晶化材料により構成した場合には、ゲート絶縁材料膜 30A をエッチングする際に、フッ酸等の薬液を用いて非常に大きなエッチング選択比を維持して容易に加工することが可能となる。これにより、酸化物半導体膜 20 のチャンネル領域 20A 上に、ゲート絶縁膜 30 およびゲート電極 40 がこの順に同一形状で形成される。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

金属膜 52A を形成したのち、熱処理を行うことにより、図 3 (B) に示したように、金属膜 50A が酸化されて第 1 無機絶縁膜 52 が形成される。この金属膜 52A の酸化反応には、ソース領域 20S およびドレイン領域 20D に含まれる酸素の一部が利用される。そのため、金属膜 52A の酸化の進行に伴って、ソース領域 20S およびドレイン領域 20D の金属膜 52A と接する上面側から、ソース領域 20S およびドレイン領域 20D 中の酸素濃度が低下していく。これにより、ソース領域 20S およびドレイン領域 20D の上面から深さ方向における一部に、チャンネル領域 20A よりも酸素濃度が低い低抵抗領域 21 が形成される。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0045】

また、低抵抗領域 21 を形成するために金属膜 52A の材料としてアルミニウムを用いた場合には、金属膜 52A の熱処理に伴い、ソース領域 20S およびドレイン領域 20D の金属膜 52A と接する上面側から、ソース領域 20S およびドレイン領域 20D 中にアルミニウムが拡散する。これにより、ソース領域 20S およびドレイン領域 20D の上面から深さ方向における一部に、アルミニウムをドーパントとして含む低抵抗領域 21 が形成される。この低抵抗領域 21 に含まれるアルミニウム濃度は、チャンネル領域 20A よりも高くなる。すなわち、低抵抗領域 21 に含まれるアルミニウムは、ドーパントとしてソース領域 20S およびドレイン領域 20D を低抵抗化させる機能も有している。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0073】

その際、金属膜 52A を酸化させる方法としては、第 1 の実施の形態と同様に、熱処理のほか、水蒸気雰囲気での酸化、またはプラズマ酸化などの方法により酸化を促進させることも可能である。特にプラズマ酸化は、変形例 2 で後述するように、後工程でシリコン酸化膜等よりなる第 1 無機絶縁膜 52 をプラズマ CVD 法により形成する直前に実施することが可能であり、特に工程を増やす必要がないという利点がある。プラズマ酸化では、例えば、基板 11 の温度を 200 ~ 400 程度にして、酸素や二酸化酸素等の酸素を含むガス雰囲気中でプラズマを発生させて処理することが望ましい。これにより、上述したような外気に対して良好なバリア性を有する第 1 無機絶縁膜 52 を形成することが可能となるからである。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0096

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0096】

非晶質膜22は、薄膜トランジスタ1Aのチャンネルとしての機能を有するものであり、酸化物半導体膜20の基板11側に設けられている。非晶質膜22は、例えば、厚みが10nm~50nm程度であり、IGZOなどのアモルファス状態の酸化物半導体により構成されている。アモルファス状態の酸化物半導体膜をチャンネルに用いたTFTでは、均一性に優れた電気特性が得られる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0099】

酸化物半導体膜20のソース領域20Sおよびドレイン領域20Dは、第1の実施の形態と同様に、それぞれ、上面から深さ方向における一部に、チャンネル領域20Aよりも酸素濃度が低い低抵抗領域21を有している。なお、図10では、低抵抗領域21の深さと結晶化膜23の厚みとが等しくなっている場合を表しているが、低抵抗領域21は、結晶化膜23の上面から深さ方向における一部に設けられていてもよい。また、低抵抗領域21は、結晶化膜23の上面から深さ方向における全部と、非結晶膜22の結晶化膜23との界面から深さ方向における一部に設けられていてもよい。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0101

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0101】

図11ないし図13は、この薄膜トランジスタ1Aの製造方法を工程順に表したものである。まず、図11(A)に示したように、基板11に、例えばスパッタリング法により、上述した厚みおよび材料よりなる非晶質膜22を形成する。具体的には、例えばIGZOよりなる非晶質膜22を形成する場合には、IGZO膜のセラミックをターゲットとしたDCスパッタ法を用い、アルゴンと酸素との混合ガスによるプラズマ放電にて非晶質膜22を形成する。なお、プラズマ放電の前に真空容器(図示せず)内の真空度が 1×10^{-4} Pa以下になるまで排気したのち、アルゴンと酸素との混合ガスを導入する。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0107

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0107】

引き続き、同じく図11(D)に示したように、第1の実施の形態と同様にして、ゲート電極40をマスクとしてゲート絶縁材料膜30Aをエッチングすることによりゲート絶縁膜30を形成する。このとき、酸化物半導体膜20が基板11側から非晶質膜22および結晶化膜23をこの順に積層した構造を有しているため、ゲート絶縁材料膜30Aをエッチングする際に、フッ酸等の薬液を用いて非常に大きなエッチング選択比を維持して容易に加工することが可能となる。これにより、酸化物半導体膜20のチャンネル領域20A上に、ゲート絶縁膜30およびゲート電極40がこの順に同一形状で形成される。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0109

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0109】

金属膜52Aを形成したのち、第1の実施の形態と同様にして、熱処理を行うことにより、図12(B)に示したように、金属膜52Aが酸化されて第1無機絶縁膜52が形成されると同時に、ソース領域20Sおよびドレイン領域20Dの上面から深さ方向における一部に、チャンネル領域20Aよりも酸素濃度が低い低抵抗領域21が形成される。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0111

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0111】

有機樹脂膜51を形成したのち、図13に示したように、この層間絶縁膜50の第1無機絶縁膜52に例えばエッチングにより接続孔50Aを設け、この接続孔50A内に酸化物半導体膜20の結晶化膜23を露出させる。このとき、層間絶縁膜50の第1無機絶縁膜52が結晶化膜23の上に設けられているので、結晶化膜23のエッチングレートが層間絶縁膜50およびゲート絶縁膜30に比べて十分に低くなり、層間絶縁膜50の第1無機絶縁膜52と酸化物半導体膜20とのウェットエッチング選択比が高くなる。よって、酸化物半導体膜20のエッチングを抑制したままで層間絶縁膜50の第1無機絶縁膜52を選択的にエッチングし、接続孔50Aを容易に形成することが可能となる。また、ドライエッチングにより加工しにくい酸化アルミニウム膜よりなる第1無機絶縁膜52もウェットエッチングにより容易に加工することが可能となる。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0112

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0112】

続いて、図10に示したように、第1の実施の形態と同様にして、ソース電極60Sおよびドレイン電極60Dを形成し、接続孔50Aを介してソース電極60Sおよびドレイン電極60Dをソース領域20Sおよびドレイン領域20Dの低抵抗領域21に接続する。以上により、図10に示した薄膜トランジスタ1Aが完成する。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0116

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0116】

次いで、同じく図14(A)に示したように、例えばスパッタリング法により、非晶質膜22よりも低融点の酸化物半導体よりなる非晶質膜23Aを形成する。具体的には、例えばIZOよりなる非晶質膜23Aを形成する場合には、IZO膜のセラミックをターゲットとしたDCスパッタ法を用い、スパッタリング条件を制御することにより非晶質状態のIZOよりなる非晶質膜23Aを形成する。このようにして、非晶質膜22および非晶質膜23Aの積層膜24Aが形成される。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0117

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0117】

積層膜24Aを形成したのち、図14(B)に示したように、例えばフォトリソグラフィおよびエッチングにより積層膜24Aを所定の形状、例えばゲート電極40およびその近傍を含むことが可能な島状に成形する。このとき、非晶質膜22および非晶質膜23Aはいずれも非晶質状態なので、リン酸、硝酸および酢酸を含む混合液等によりウェットエッチングすることで低コスト化が可能である。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0118

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0118】

積層膜24Aを成形したのち、図14(C)に示したように、非晶質膜23Aに対して例えば200～400程度のアニール処理Aを行うことにより結晶化膜23を形成する。これにより、非晶質膜22および結晶化膜23の積層構造を有する酸化物半導体膜20が形成される。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0121

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0121】

引き続き、同じく図14(E)に示したように、変形例4と同様にして、ゲート電極40をマスクとしてゲート絶縁材料膜30Aをエッチングすることによりゲート絶縁膜30を形成する。このとき、酸化物半導体膜20が基板11側から非晶質膜22および結晶化膜23をこの順に積層した構造を有しているので、ゲート絶縁材料膜30Aをエッチングする際に、フッ酸等の薬液を用いて非常に大きなエッチング選択比を維持して容易に加工することが可能となる。これにより、酸化物半導体膜20のチャネル領域20A上に、ゲート絶縁膜30およびゲート電極40がこの順に同一形状で形成される。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0123

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0123】

金属膜52Aを形成したのち、変形例4と同様にして、図12(B)に示した工程により、熱処理を行う。これにより、金属膜52Aが酸化されて第1無機絶縁膜52が形成されると同時に、ソース領域20Sおよびドレイン領域20Dの上面から深さ方向における一部に、チャネル領域20Aよりも酸素濃度が低い低抵抗領域21が形成される。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0125

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0125】

有機樹脂膜51を形成したのち、変形例4と同様にして、図13に示した工程により、この層間絶縁膜50の第1無機絶縁膜52に例えばエッチングにより接続孔50Aを設け、この接続孔50A内に酸化物半導体膜20の結晶化膜23を露出させる。このとき、層間絶縁膜50の第1無機絶縁膜52が結晶化膜23の上に設けられているので、結晶化膜

23のエッチングレートが層間絶縁膜50およびゲート絶縁膜30に比べて十分に低くなり、層間絶縁膜50の第1無機絶縁膜52と酸化物半導体膜20とのウェットエッチング選択比が高くなる。よって、酸化物半導体膜20のエッチングを抑制したままで層間絶縁膜50の第1無機絶縁膜52を選択的にエッチングし、接続孔50Aを容易に形成することが可能となる。また、ドライエッチングにより加工しにくい酸化アルミニウム膜よりなる第1無機絶縁膜52もウェットエッチングにより容易に加工することが可能となる。

【手続補正22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0126

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0126】

続いて、図10に示したように、変形例4と同様にして、ソース電極60Sおよびドレイン電極60Dを形成し、接続孔50Aを介してソース電極60Sおよびドレイン電極60Dをソース領域20Sおよびドレイン領域20Dの低抵抗領域21に接続する。以上により、図10に示した薄膜トランジスタ1Aが完成する。

【手続補正23】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0137

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0137】

この薄膜トランジスタ3は、有機樹脂膜51を形成したのち、有機樹脂膜51の上に、例えばスパッタリング法により、上述した厚みおよび材料よりなる第2無機絶縁膜53を形成し、第1無機絶縁膜52および第2無機絶縁膜53に接続孔50Aを設け、この接続孔50Aを介してソース電極60Sおよびドレイン電極60Dをソース領域20Sおよびドレイン領域20Dの低抵抗領域21に接続することを除いては、第1の実施の形態と同様にして製造することができる。

【手続補正24】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0147

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0147】

引き続き、図20(A)に示したように、第1の実施の形態と同様にして、熱処理により、金属膜52Aを酸化させて第1無機絶縁膜52を形成すると共に、ソース領域20Sおよびドレイン領域20Dの上面から深さ方向の一部に、チャンネル領域20Aよりも酸素濃度の低い低抵抗領域21を形成する。

【手続補正25】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0153

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0153】

<適用例1>

図23は、この薄膜トランジスタ1~6, 1Aを駆動素子として備えた表示装置の回路構成を表すものである。表示装置80は、例えば液晶ディスプレイや有機ELディスプレイなどであり、駆動パネル81上に、マトリクス状に配設された複数の画素10R, 10G, 10Bと、これらの画素10R, 10G, 10Bを駆動するための各種駆動回路とが形成されたものである。画素10R, 10G, 10Bはそれぞれ、赤色(R:Red), 緑

色（G：Green）および青色（B：Blue）の色光を発する液晶表示素子や有機EL素子などである。これら3つの画素10R，10G，10Bを一つのピクセルとして、複数のピクセルにより表示領域110が構成されている。駆動パネル81上には、駆動回路として、例えば映像表示用のドライバである信号線駆動回路120および走査線駆動回路130と、画素駆動回路150とが配設されている。この駆動パネル81には、図示しない封止パネルが貼り合わせられ、この封止パネルにより画素10R，10G，10Bおよび上記駆動回路が封止されている。

【手続補正26】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0154

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0154】

図24は、画素駆動回路150の等価回路図である。画素駆動回路150は、上記薄膜トランジスタ1～6，1Aとして、トランジスタTr1，Tr2が配設されたアクティブ型の駆動回路である。トランジスタTr1，Tr2の間にはキャパシタCsが設けられ、第1の電源ライン（Vcc）および第2の電源ライン（GND）の間において、画素10R（または画素10G，10B）がトランジスタTr1に直列に接続されている。このような画素駆動回路150では、列方向に信号線120Aが複数配置され、行方向に走査線130Aが複数配置されている。各信号線120Aは、信号線駆動回路120に接続され、この信号線駆動回路120から信号線120Aを介してトランジスタTr2のソース電極に画像信号が供給されるようになっている。各走査線130Aは走査線駆動回路130に接続され、この走査線駆動回路130から走査線130Aを介してトランジスタTr2のゲート電極に走査信号が順次供給されるようになっている。この表示装置80では、トランジスタTr1，Tr2が、上記実施の形態の薄膜トランジスタ1～6，1Aにより構成されているので、セルフライン構造により寄生容量が小さくなっていると共に素子特性および信頼性の向上した薄膜トランジスタ1～6，1Aにより、高品質な表示が可能となる。このような表示装置80は、例えば次の適用例2～6に示した電子機器に搭載することができる。

【手続補正27】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0161

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0161】

また、例えば、上記実施の形態では、酸化物半導体膜20が基板11上に直接設けられている場合について説明したが、酸化物半導体膜20は、基板11上に、シリコン酸化膜，シリコン窒化膜または酸化アルミニウム膜などの絶縁膜を間にして設けられていてもよい。これにより、基板11から酸化物半導体膜20に不純物や水分などが拡散することを抑えることが可能となる。

【手続補正28】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図10】

