

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5168599号
(P5168599)

(45) 発行日 平成25年3月21日(2013.3.21)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L	21/336	(2006.01)	HO 1 L	29/78 6 2 7 F
HO 1 L	29/786	(2006.01)	HO 1 L	21/363
HO 1 L	21/363	(2006.01)	HO 1 L	29/78 6 1 8 B
GO 2 F	1/1368	(2006.01)	GO 2 F	1/1368

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2010-81588 (P2010-81588)	(73) 特許権者	503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(22) 出願日	平成22年3月31日(2010.3.31)	(74) 代理人	100108671 弁理士 西 義之
(65) 公開番号	特開2011-216574 (P2011-216574A)	(72) 発明者	野村 研二 神奈川県大和市下鶴間2341ヌーフ エ スホ°ワール204
(43) 公開日	平成23年10月27日(2011.10.27)	(72) 発明者	細野 秀雄 神奈川県大和中央林間4-9-13-3 01
審査請求日	平成23年5月2日(2011.5.2)	(72) 発明者	神谷 利夫 神奈川県川崎市高津区溝の口2-23-5 モナーク溝の口111207

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜トランジスタの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、ゲート電極と、ゲート絶縁膜と、チャネル層とを含み、該チャネル層として In - Ga - Zn - O系アモルファス酸化物半導体膜を用いた薄膜トランジスタの製造方法において、該半導体膜を製膜した後、乾燥酸素中にオゾンを1.0容積%以下0.01容積%以上含む乾燥酸素ガス雰囲気中で該半導体膜を100~200の温度範囲内で1~120分間、熱処理し、熱処理後の a - IGZO 薄膜の閾値電圧が $0 \pm 5 V$ 以内、電界効果移動度が $5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上である薄膜トランジスタを得ることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項2】

前記薄膜トランジスタは、アクティブマトリクス方式の液晶ディスプレイ及び有機ELディスプレイのバックプレーン用であることを特徴とする請求項1記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、In - Ga - Zn - O系アモルファス酸化物半導体膜をチャネル層とした薄膜トランジスタ(TFT)とその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、水素化アモルファスシリコン(a-Si)及び多結晶シリコン(poly-Si)に代わり、低温で高い電子移動度を有する薄膜が作製できる酸化物半導体をチャンネル層とする薄膜トランジスタ(TFT)の研究開発が活発に行われている[非特許文献1]。

【0003】

多くの酸化物半導体(例えば、酸化亜鉛など)は、高温・耐薬品性に優れていることに加えて、光学バンドギャップが3.0 eV以上を有することから、可視光領域の光を完全に透過する。よって、透明酸化物半導体をTFTのチャンネル層として用いることにより、可視光に対して光応答性を示さない透明TFTが作製できる。したがって、液晶ディスプレイにおける駆動スイッチング用TFTとして応用することにより、液晶素子の開口率の向上、光遮断マスクが不要になるなどの利点が期待されている。

10

【0004】

しかし、酸化亜鉛などの代表的な酸化物半導体では、残留電子キャリア濃度の低減が困難である。また、電子キャリア濃度が小さく、高品質の酸化物薄膜を得るためには、高価な単結晶基板の使用や高温製膜プロセスが必要である[非特許文献2]。加えて、酸化亜鉛は低温(室温)製膜でもアモルファス状態にならず、多くの結晶粒界を含んだ多結晶状態である。多結晶酸化物からなるチャンネル層を用いたTFTでは結晶粒界の欠陥によりTFT特性は極めて悪くなる。

【0005】

多結晶酸化物をチャンネル層としたTFTに共通的に発生する上記の課題を克服するため、本発明者らは、2004年にアモルファス酸化物半導体材料を開発し、それをチャンネル層としたTFTを発表した[非特許文献3、特許文献1, 2]。このTFTのチャンネル層は結晶状態における組成が、例えば、 $(In_{1-x}M_x)_2O_3(ZnO)_m$ [mは、0又は6未満の数又は自然数、Mは、B, Al, Ga, Y又はLu]で表される化合物のモルファス状態の金属酸化物である。

20

【0006】

特に、アモルファス $InGaO_3(ZnO)_m$ (以下、「a-IGZO」という)膜では、室温堆積膜でも、ホール効果測定より求めた電子移動度が $7\text{ cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 以上の大きな値を示し、電子キャリア濃度を再現性よく、安定に $10^{15} \sim 10^{20}\text{ cm}^{-3}$ に制御することが可能である[非特許文献4]。そのため、軟化点が300以下のプラスチック基板上へもTFTや電子回路を作製できる。

30

【0007】

a-IGZOをチャンネル層としたTFT(以下、「a-IGZO-TFT」という)では、チャンネル中の伝導キャリアの動き易さを表す電界効果移動度が約 $10\text{ cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 、閾値電圧付近におけるゲート電圧の変動に対するドレイン電流の変化の度合いを示すサブスレシヨルド(subthreshold)値が約0.2 V/decade、電流オン・オフ(On/Off)比が約 10^8 以上という優れたトランジスタ特性を示す[非特許文献5]。また、TFTのチャンネル層が、結晶粒界を一切含まないアモルファス状態であることから、トランジスタ特性に優れ、TFT素子間のトランジスタ特性のばらつきが少ない[非特許文献6]。したがって、大面積でも特性が均一なTFTが作製できるので、大面積平面ディスプレイ用の駆動スイッチングTFTとしての応用を目指した開発が精力的に進められている。

40

【0008】

現在までに、n型アモルファス酸化物半導体として、a-IGZO以外に2成分系 $In-Zn-O$ 、 $In-Ga-O$ 、 $Zn-Sn-O$ 、3成分系 $Sn-Ga-Zn-O$ などが報告されている[非特許文献7]。これらの金属酸化物も室温堆積膜はアモルファス状態であり、TFTのnチャンネル層へ適用できる。これらの金属酸化物では、伝導帯を構成する電子軌道は金属のns軌道であることから、軌道半径の大きな5s軌道を有するInやSnを多く含んだ組成系で、高い飽和移動度が得られる[非特許文献8]。しかしながら、デバイス特性の再現性・安定性の観点からは、 $In-Ga-Zn$ 3成分系アモルファス酸化物の方が、2成分系アモルファス酸化物よりも、優れた性能、特に閾値電圧、電界効果移動度の長期安定性を示すことが知られている。

50

【0009】

よって、アモルファス酸化物半導体の中でも、特に3成分系のa-IGZOが広く研究されている。現在までに、a-IGZO-TFTを用いた発振回路(リングオシレータ)において410kHzで動作することなどが実証されている[非特許文献9]。また、画素と駆動回路のスイッチング素子用TFTとしてa-IGZO-TFTを用いた19インチアクティブマトリクス方式の有機ELディスプレイ(AMOLED)や37インチアクティブマトリクス方式の液晶ディスプレイ(AMLCD)などが実用試作ディスプレイとして開発されている[非特許文献10, 11]。

【0010】

AMOLEDでは発光部位に自発光型エレクトロルミネセンス(EL)素子を用いることから、高輝度・高解像度・高応答性に加えて低消費電力・省スペース化などの有利性から次世代ディスプレイとして期待されている。AMOLEDにおける発光素子制御用TFTとしては主に二つの条件が要求される。第一の条件は、電流を注入することで得るエレクトロルミネセンスを取り出す電流注入型有機発光ディスプレイであることから、高輝度・高応答性を実現するためには、高移動度・低サブスレッショルド値を示すTFTが望ましいことである。第二の条件は、大面積デバイス特性の均一性とデバイス特性、特に長時間駆動に対する閾値電圧の安定性が必要なことである。

【0011】

現在まで、AMOLED用のTFTのチャネル材料として高移動度を示すpoly-SiTFTが検討されているが、多結晶状態による素子間におけるTFT特性のばらつきが大きく、大面積化が非常に困難である[非特許文献12]。よって、大面積ディスプレイ作製においてはa-Siの方が有利であるが、トランジスタが流せる電流量の指標である移動度が $2\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下と小さいなどの問題がある[非特許文献13]。現在、この問題は電極幅の大きいa-SiTFT構造を使うことなどで回避されているが、移動度の大きいTFTを使えば開口率の増大や高速動作の面で大きな利点となる。

【0012】

a-IGZO-TFTでは、チャネル層がアモルファス状態であることから多結晶半導体デバイスと異なりTFT素子間特性の均一性に優れている。また、a-IGZO-TFTではa-SiTFTと比較して、10倍以上の電界効果移動度、低サブスレッショルド値を有する高性能TFTが作製できる。よって、AMOLED用のスイッチングTFTとしてa-IGZO-TFTが特に有望である。

【0013】

現在までに、a-IGZO-TFTにおける電界効果移動度及びサブスレッショルド値などのデバイス特性改善・向上において、a-IGZO薄膜を300以上で熱処理することが非常に有効であることが知られている。容量-電圧(C-V)測定より、a-IGZO薄膜中のサブギャップ準位は約 10^{17} cm^{-3} 程度であり、このサブギャップ準位は熱処理により低減され、TFT特性は向上する[非特許文献14]。また、Nomura et al.,は、露点温度30~95の水蒸気を含んだ酸素(湿潤酸素)雰囲気中で300でa-IGZO薄膜の熱処理を行うことにより、a-IGZO-TFTの移動度、サブスレッショルド値を向上させ、安定性も改善できると報告している[非特許文献15]。

【0014】

現在まで、a-IGZO-TFTの特性改善を目的としたa-IGZO薄膜の熱処理における熱処理雰囲気は、大気中、酸素ラジカル、オゾン、水蒸気、窒素中、乾燥酸素中、又は湿潤酸素中で実施されている(特許文献3~5)。しかし、a-IGZOを含む多くの酸化物半導体では、熱処理による材料特性及びTFT特性に及ぼす影響は非常に大きいと考えられる。既に、乾燥酸素や湿潤酸素雰囲気中での熱処理によるTFT特性の改善に関してはいくつかの報告はあるが、200以下での熱処理では大きな移動度の改善が得られないこと、閾値電圧が大きく負にシフトすることなどが問題となっている[非特許文献16, 17]。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【非特許文献】

【0015】

【非特許文献1】R. L. Hoffman et al, Appl. Phys. Lett. 82, 733 (2003).

【非特許文献2】K. Nomura et al, Science. 300, 1269 (2003).

【非特許文献3】K. Nomura et al, Nature (London) 432, 488 (2004).

【非特許文献4】A. Takagi et al, Thin Solid Films 486 38(2005).

【非特許文献5】H. Yabuta et al, Appl. Phys. Lett. 89 112123 (2006).

【非特許文献6】R. Hayashi et al, Journal of the SID 15/11 915 (2007).

【非特許文献7】H. Q. Chiang et al, J. Vac. Sci. Technol. B 24, 2702 (2006).

【非特許文献8】H. Kumomi et al, Thin Solid Films 516, 1516 (2008). 10

【非特許文献9】M. Ofuji et al, IEEE Elect. Device Lett. 28 273 (2007).

【非特許文献10】H.D. Kim et al., IMID2009 DIGEST, 3-1 (2009).

【非特許文献11】M.-C. Hung et al., Abstract of TAOS2010 (2010).

【非特許文献12】R.M.A. Dawson et al, SID 98 Digest. p. 11 (1998).

【非特許文献13】M. J. Powell et al, Phys. Rev. B 87, 4160 (1992).

【非特許文献14】M. Kimura et al, Appl. Phys. Lett. 92, 133512 (2008).

【非特許文献15】K. Nomura et al, Appl. Phys. Lett. 93, 192107 (2008).

【非特許文献16】Y. Kikuchi et al., Abstract of TOE06, 16p-P164 (2009).

【非特許文献17】K. Nomura et al, Appl. Phys. Lett. 95, 013502 (2009).

【特許文献】 20

【0016】

【特許文献1】特開2004-103957号公報

【特許文献2】W02005/088726号公報

【特許文献3】特開2006-165531号公報

【特許文献4】特開2007-311404号公報

【特許文献5】特開2008-53356号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

2004年に、本発明者らがIn-Ga-Zn-O系アモルファス酸化物をチャネル層とする薄膜トランジスタを報告して以来、そのTFT特性・安定性の改善、向上に関する研究が活発に研究されている。 30

【0018】

現在までに、電界効果移動度やサブスレッショルド値などのTFT特性及びその安定性の向上に関して、300以上における空气中又は乾燥酸素雰囲気中でのa-IGZO薄膜の熱処理が有効なことがよく知られている。また、湿潤酸素雰囲気中での300~500の範囲におけるa-IGZO薄膜の熱処理では、さらにTFT特性を改善できるが、200以下におけるa-IGZO薄膜の熱処理では移動度の改善は $8\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度に限られること、閾値電圧が-15V以下と大きく負の値にシフトしてしまう問題がある。OLEDディスプレイや80インチ以上の画面サイズ・240Hz以上のフレームレート・フルハイビジョン解像度の液晶ディスプレイには電界効果移動度が $5\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上が必要である。また、閾値電圧シフトを大幅に低減する必要がある。 40

【0019】

また、プラスチック基板上にディスプレイや電子回路を作製するためには、デバイス作製プロセスの最高温度をプラスチック基板の軟化点よりも低く抑える必要があり、例えば、ポリイミド基板の場合で300、ポリエチレンテレフタレート(PET)基板の場合で150以下に抑える必要がある。

【課題を解決するための手段】

【0020】

プラスチック基板上にアクティブマトリクス方式の液晶ディスプレイ及び有機ELディスプレイ 50

プレイを形成するためには、300 以下の、より好ましくは、200 以下のデバイス作製プロセスとする必要がある。本発明者は、200 以下の低温における熱処理によって、処理後の a - I G Z O 薄膜の閾値電圧が $0 \pm 5 \text{ V}$ 以内、T F T の移動度が $5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上となる条件を見出した。

【0021】

すなわち、本発明は、基板と、ゲート電極と、ゲート絶縁膜と、チャンネル層とを含み、該チャンネル層として $\text{In} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ 系アモルファス酸化物半導体膜を用いた薄膜トランジスタにおいて、熱処理後の a - I G Z O 薄膜の閾値電圧が $0 \pm 5 \text{ V}$ 以内、電界効果移動度が $5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上である薄膜トランジスタを提供するものである。

【0022】

本発明は、基板と、ゲート電極と、ゲート絶縁膜と、チャンネル層とを含み、該チャンネル層として $\text{In} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ 系アモルファス酸化物半導体膜を用いた薄膜トランジスタの製造方法において、該半導体膜を製膜した後、乾燥酸素中にオゾンを経過させた後、乾燥酸素中にオゾンを 1.0 容積% 以下 0.01 容積% 以上含む乾燥酸素ガス雰囲気中で該半導体膜を 100 ~ 200 の温度範囲内で 1 ~ 120 分間、熱処理し、熱処理後の a - I G Z O 薄膜の閾値電圧が $0 \pm 5 \text{ V}$ 以内、電界効果移動度が $5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上である薄膜トランジスタを得ることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法、である。

【0023】

本発明の製造方法によって、特に、アクティブマトリクス方式の液晶ディスプレイ及び有機 E L ディスプレイのバックプレーンとして、実用可能な T F T 特性を実現することができる。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、チャンネル層として a - I G Z O 薄膜を用いる T F T において、製膜後に酸化性雰囲気中で熱処理する場合の問題であった閾値電圧が大きく負にシフトしてしまう問題とデバイス作製プロセスの最高温度をプラスチック基板の軟化点よりも低く抑えろとい問題を、従来の製造プロセスを変更することなく熱処理雰囲気の制御と加熱温度の低温化により同時に解決することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】実施例1の T F T の伝達特性のグラフである。

【図2】比較例1の T F T の伝達特性のグラフである。

【図3】比較例2の T F T の伝達特性のグラフである。

【図4】本発明の製造方法を適用する a - I G Z O 薄膜をチャンネル層とする T F T の構造の一例を示す模式図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

本発明者は、基板と、ゲート電極と、ゲート絶縁膜と、チャンネル層とを含み、該チャンネル層として $\text{In} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$ 系アモルファス酸化物半導体膜を用いた薄膜トランジスタにおいて、オゾンを含む乾燥酸素ガス雰囲気による熱処理後の a - I G Z O 薄膜の閾値電圧が $0 \pm 5 \text{ V}$ 以内、電界効果移動度が $5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上である薄膜トランジスタを実現した。

【0027】

図4に、本発明の T F T の一例である基板1上に形成した熱酸化膜 SiO_2 をゲート絶縁層2とするボトムゲート構造のトランジスタの模式図を示しているが、本発明の T F T は、ボトムゲート構造に限らない。ソース電極4、ドレイン電極5、ゲート電極6の形成は通常採用されている材料、方法を用いればよい。

【0028】

本発明の T F T のチャンネル層3は、真空容器中で、例えば、 InGaZnO_4 焼結体又は $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{Ga}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ を含む3成分酸化物焼結体をターゲットとして用いて、P L

10

20

30

40

50

D 法やスパッタ法などで堆積させる製膜工程により形成できる。例えば、RFマグネトロンスパッタリング(RFMS)法を用いる場合は、容量結合型プラズマを用いてInGaZnO₄焼結体のターゲットをスパッタリングし、加熱していない基板上に電源出力30~70W、基板-ターゲット間距離40~90mm、プラズマガスはArとO₂の混合ガス、全圧を0.1~1Pa、酸素分圧を0.01~0.1Paで行うことが好ましい。基板は100~200の温度範囲の熱処理に耐え得る材料であれば制限されない。製膜工程は酸素分圧を制御できれば、PLD法やスパッタ法など制限されない。

【0029】

a-IGZO薄膜の製膜工程では、残留電子キャリア濃度を $10^{15} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ で制御する目的で製膜室内雰囲気酸素分圧を適正な範囲に設定する。なお、酸素分圧とは、流量制御装置により製膜室内に意図的に導入された酸素ガスの分圧のことを意味する。酸素分圧は、通常0.01~1Pa程度とする。酸素分圧が小さいときは、酸素欠損を多く含む伝導性薄膜が作製される。また、酸素分圧を大きくすることにより、半導体及び半絶縁体薄膜に変化する。

10

【0030】

a-IGZO薄膜を製膜した後、加熱装置に移して酸化性雰囲気中で熱処理する。紫外線(UV)ランプ及びプラズマオゾン発生器により発生させたオゾンを1.0容積%以下、0.01容積%以上添加した乾燥酸素ガスとなるように両者の流量を調整して連通接続した供給管を通して加熱装置に導入する。熱処理雰囲気は大気圧下が好ましいが、必要に応じて減圧下、又は加圧下でもよい。酸素雰囲気中に水分を含むとオゾンと反応してオゾン含有の効果が減殺されるので乾燥酸素を用いる。オゾン含有量が0.01容積%未満の場合はオゾン濃度が十分でなく、良好な結果が得られない。また、1.0容積%超では理由は定かでないがTF特性の改善効果が乏しい。より好ましくは0.05~0.5容積%とする。

20

【0031】

乾燥酸素ガスは、工業用乾燥酸素ガスを用いる。乾燥酸素ガスは水蒸気分圧が 10^{-3} Pa 以下が好ましい。オゾン発生装置は、UVランプ単独、プラズマオゾン発生器単独、これらの組み合わせなど制限されない。加熱装置は、抵抗加熱炉、赤外線加熱炉など制限されない。炉内温度が熱処理温度になるように制御する。

【0032】

加熱温度が90以下ではTF特性に変化は認められず、また、加熱温度が250以上ではオゾンが自己分解して、オゾン含有させる効果がなくなるとともに、300以上ではチャンネル層の抵抗が大きくなりすぎ、TF動作しない。そのため、加熱温度は100~200が好ましく、100~150がより好ましい。加熱時間が1分以内ではTF特性に変化は認められず、また、120分以上では処理に要する時間(タクトタイム)が長くなる。好ましくは10分~60分とする。

30

【0033】

上記の熱処理により、a-IGZO薄膜のバンドギャップ内の欠陥準位密度が減り、TFのサブスレッショルド値を減少させると共に、閾値電圧が大きな負の値にシフトすることを防ぐことができる。よって、熱処理後のa-IGZO薄膜の閾値電圧が $0 \pm 5 \text{ V}$ 以内、電界効果移動度が $5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上である薄膜トランジスタが得られる。

40

【0034】

さらに詳しく、本発明を実施例に基いて説明する。

【実施例1】

【0035】

a-IGZO薄膜をチャンネル層として、図4に示す構造のボトムゲート型TFを作製した。初めに、TFのチャンネル層として、 n^+ -Si基板1上に製膜したSiO₂熱酸化膜2上に厚さ30nmのa-IGZO層3を製膜した。

【0036】

a-IGZO薄膜層3はRFマグネトロンスパッタリング(RFMS)法により堆積した

50

。RFMS装置としては、CANON ANELVA社製RFMS製膜装置を用いた。平行平板電極に13.56MHzのラジオ波電力を引加する容量結合型プラズマを用いてInGaZnO₄焼結体のターゲットをスパッタリングし、加熱していないSiO₂熱酸化膜2上にa-IGZO薄膜を製膜した。RF電源出力は30~70W、基板-ターゲット間距離は40~90mm、プラズマガスはArとO₂の混合ガス、全圧を0.1~1Pa、酸素分圧を0.01~0.1Paの範囲とした。

【0037】

製膜後に試料をRFMS装置から取り出し、サムコ社製UVオゾンクリーナー(型式UV-1)に搬送した。次に、1気圧のオゾン含有乾燥酸素(オゾン含有量0.5容積%)雰囲気中で100(実施例1-1)、130(実施例1-2)、150(実施例1-3)、で各15分の熱処理を行った。乾燥酸素は工業用酸素を上記装置に供給し、UVランプ及びプラズマオゾン発生器を用いてオゾンを生成した。試料温度はヒーターによる基板加熱機構により上記温度に設定した。

10

【0038】

その後、フォトリソグラフィと電子線蒸着法によりAu(30nm^t)/Ti(5nm^t)層からなるソース電極4及びドレイン電極5を作製した。また、基板1にAl層からなるゲート電極6を作製した。チャンネル長(L)及びチャンネル幅(W)はL/W=50/300μmとした。

[比較例1、2]

【0039】

実施例1と同じ方法でa-IGZO層を製膜した。次に、オゾンを含まない1気圧の乾燥酸素中で100(比較例1-1)、150(比較例1-2)、200(比較例1-3)の温度で熱処理を行った。また、1気圧、露点温度50の湿潤酸素中で100(比較例2-1)、150(比較例2-2)、200(比較例2-3)の温度で熱処理を行ってa-IGZO薄膜をチャンネル層とするボトムゲート型TFTを作製した。なお、加熱条件は加熱雰囲気を変更した以外は、実施例1と同じ条件である。

20

【0040】

作製したTFTは大気中、暗所にて、出力特性、伝達特性の解析を行った。図1に、実施例1のTFTの伝達特性を示す。比較のために、150で0.5分の短時間熱処理した結果の伝達特性を図1に示す。実施例1-1のTFTの移動度は6.7cm²/Vs、閾値電圧は1.5Vであったが、サブスレッショルド値は0.78V/decadeであった。実施例1-2のTFTの移動度は8.9cm²/Vs、閾値電圧は0.3Vであり、サブスレッショルド値も0.4V/decadeへ改善した。実施例1-3のTFTの移動度は10.3cm²/Vs、サブスレッショルド値は0.26V/decadeであり、閾値電圧-2.0Vが得られた。実施例1では、閾値電圧は0±2Vの範囲にあることが分かる。

30

【0041】

図2に、比較例1のa-IGZO薄膜をチャンネル層としたTFTの伝達特性を示す。比較例1-1のTFTの移動度は4.1cm²/Vs、サブスレッショルド値は0.53V/decade、比較例1-2のTFTの移動度は8.9cm²/Vs、サブスレッショルド値は0.38V/decadeと、実施例1のTFTよりも悪い。また、閾値電圧は、比較例1-1では8.8V、比較例2-1では-5Vとなり、大きく負の値にシフトした。比較例1-3のTFTの移動度は11cm²/Vs、サブスレッショルド値は0.29V/decadeであったが、閾値電圧は-10Vと、やはり大きく負の値にシフトした。

40

【0042】

図3に、比較例2のa-IGZO薄膜をチャンネル層としたTFTの伝達特性を示す。比較例2-1のTFTの移動度は4.1cm²/Vs、サブスレッショルド値は0.53V/decade、比較例2-2のTFTの移動度は8.9cm²/Vs、サブスレッショルド値は0.4V/decadeと、実施例1のTFTよりも悪い。また、閾値電圧は、比

50

較例 2 - 1 では - 3 . 1 V、比較例 2 - 2 では - 4 0 V となり、大きく負の値にシフトした。比較例 2 - 3 では閾値電圧は - 5 0 V 以下となり、T F T の移動度もサブスレッシュヨルド値も測定不能であった。よって、T F T 特性は、実施例 1 の T F T では比較例 1、2 よりも大幅に改善され、特に、閾値電圧を - 2 ~ 2 V の範囲で制御できたことが分かる。

【 0 0 4 3 】

実施例及び比較例の結果を表 1 にまとめて示す。

【 0 0 4 4 】

【表 1】

	熱処理温度(°C)	移動度(cm ² /Vs)	S値(V/decade)	閾値電圧(V)
実施例1-1	100	6.7	0.78	1.5
実施例1-2	130	8.9	0.4	0.3
実施例1-3	150	10.3	0.26	-2.0
熱処理なし		4.1	0.53	8.8
比較例1-1	100	4.1	0.53	8.8
比較例1-2	150	8.9	0.38	-5
比較例1-3	200	11	0.29	-10
比較例2-1	100	4.1	0.53	-3.1
比較例2-2	150	8.9	0.4	-40
比較例2-3	200	測定不能	測定不能	-50以下

10

20

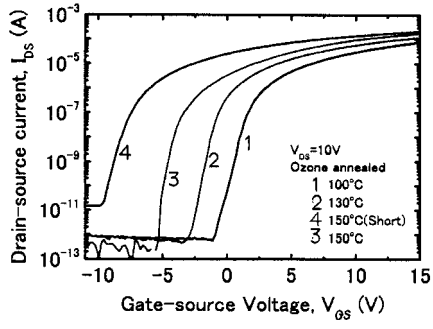
【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 5 】

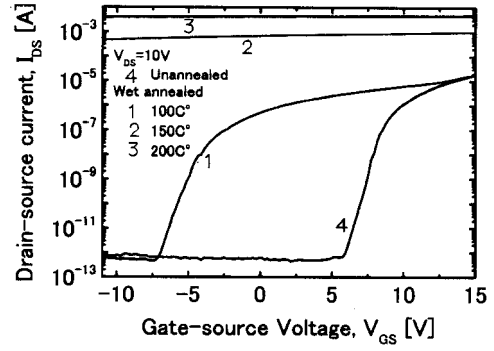
本発明によれば、熱処理の影響による閾値電圧シフトを低減して、I n - G a - Z n - O 系アモルファス酸化物半導体膜を用いた薄膜トランジスタにおいて、a - I G Z O 薄膜の閾値電圧が 0 ± 5 V 以内、電界効果移動度が $5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上である T F T を提供できる。また、大面積有機 L E D (O L E D) ディスプレイ及び液晶ディスプレイにおいて、T F T 作製プロセスの低温化は、廉価なガラス基板を使用できる、昇温・降温時間の低減、熱コストの削減、熱膨張によるパターン合わせ精度の低下の抑制など、メリットが多い。また、プラスチック基板上にこれらディスプレイや電子回路を作製する場合は、軟化点の高いポリイミドを使っても 3 0 0 °C、軟化点の低い P E T を使う場合は 1 5 0 °C 以下にすることが必要である。本発明の方法は、a - I G Z O 薄膜を 1 0 0 ~ 2 0 0 °C で熱処理することによって、製作した T F T の閾値電圧を 0 V 近辺で制御できることにより、単純な回路を用い、T F T がオフ時の印加電圧を下げるのが可能となる。

30

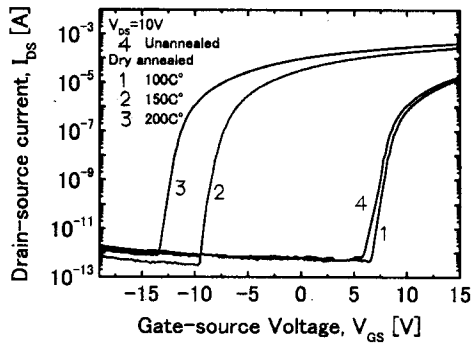
【 図 1 】



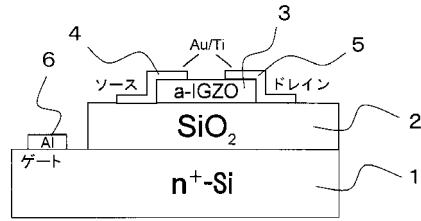
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 平野 正浩
東京都世田谷区松原5-5-6

審査官 竹口 泰裕

(56)参考文献 特開2008-053356(JP,A)
特開2009-290113(JP,A)
特開2010-016163(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/33、29/786