

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5244331号
(P5244331)

(45) 発行日 平成25年7月24日(2013.7.24)

(24) 登録日 平成25年4月12日(2013.4.12)

(51) Int.Cl.	F I	
H01L 29/786 (2006.01)	H01L 29/78	618B
C23C 14/08 (2006.01)	C23C 14/08	D
C23C 14/34 (2006.01)	C23C 14/34	A
G02F 1/1368 (2006.01)	G02F 1/1368	
G09F 9/30 (2006.01)	G09F 9/30	338
請求項の数 16 (全 34 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2007-78996 (P2007-78996)	(73) 特許権者	000183646 出光興産株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目1番1号
(22) 出願日	平成19年3月26日(2007.3.26)	(74) 代理人	100086759 弁理士 渡辺 喜平
(65) 公開番号	特開2008-243928 (P2008-243928A)	(72) 発明者	矢野 公規 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
(43) 公開日	平成20年10月9日(2008.10.9)	(72) 発明者	井上 一吉 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
審査請求日	平成21年10月1日(2009.10.1)	審査官	綿引 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非晶質酸化物半導体薄膜、その製造方法、薄膜トランジスタの製造方法、電界効果型トランジスタ、発光装置、表示装置及びスパッタリングターゲット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

キャリア密度が 10^{+18} cm^{-3} 未満であり、さらに、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、砒酸系エッチング液に対して可溶であり、

インジウム、錫、亜鉛及び酸素を含有し、インジウムの原子の数 (= [In]) と錫の原子の数 (= [Sn]) と亜鉛の原子の数 (= [Zn]) の合計に対する前記 [Sn] の原子比が、 $0.1 > \text{[Sn]} / (\text{[In]} + \text{[Sn]} + \text{[Zn]}) > 0.2$ 未満のときは下記原子比1を満たし、 $0.2 > \text{[Zn]} / (\text{[In]} + \text{[Sn]} + \text{[Zn]}) > 0.3$ 未満のときは下記原子比2を満たし、

原子比1

$$0.1 < \text{[In]} / (\text{[In]} + \text{[Sn]} + \text{[Zn]}) < 0.5$$

$$0.1 < \text{[Sn]} / (\text{[In]} + \text{[Sn]} + \text{[Zn]}) < 0.2$$

$$0.3 < \text{[Zn]} / (\text{[In]} + \text{[Sn]} + \text{[Zn]}) < 0.8$$

原子比2

$$0.01 < \text{[In]} / (\text{[In]} + \text{[Sn]} + \text{[Zn]}) < 0.3$$

$$0.2 > \text{[Sn]} / (\text{[In]} + \text{[Sn]} + \text{[Zn]}) > 0.3$$

$$0.4 < \text{[Zn]} / (\text{[In]} + \text{[Sn]} + \text{[Zn]}) < 0.8$$

さらに、前記 [Sn] と [Zn] の合計に対する前記 [Sn] の原子比が、

$$0.1 < \text{[Sn]} / (\text{[Sn]} + \text{[Zn]}) < 0.27$$

であることを特徴とする非晶質酸化物半導体薄膜。

【請求項2】

前記リン酸系エッチング液による35 でのエッチング速度が10nm/分未満であり、かつ、前記稼酸系エッチング液による35 でのエッチング速度が20nm/分以上であることを特徴とする請求項1に記載の非晶質酸化物半導体薄膜。

【請求項3】

前記インジウム以外のIIIB族(=B、Al、Ga、Tlのうち少なくとも一つ)を含有し、前記[In]と[Sn]と[Zn]とIIIB族の原子の数(=[IIIB])の合計に対する前記[IIIB]の原子比が、

$$0.0001 < [IIIB] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [IIIB]) < 0.33$$

であることを特徴とする請求項1又は2に記載の非晶質酸化物半導体薄膜。

【請求項4】

ランタノイド類(Ln=L a, C e, P r, N d, P m, S m, E u, G d, T b, D y, H o, E r, T m, Y b, L uのうち少なくとも一つ)を含有し、前記[In]と[Sn]と[Zn]とランタノイド類の原子の数(=[Ln])の合計に対する前記[Ln]の原子比が、

$$0.0001 < [Ln] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Ln]) < 0.1$$

であることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の非晶質酸化物

【請求項5】

上記請求項1～4のいずれかに記載された非晶質酸化物半導体薄膜の製造方法であって、

前記非晶質酸化物半導体薄膜として、前記キャリア密度が 10^{+18} cm^{-3} 以上の非晶質薄膜を、基板温度150 未満の条件で成膜する成膜工程と、

前記非晶質薄膜に高抵抗化処理を施し、前記キャリア密度を 10^{+18} cm^{-3} 未満に調整するキャリア密度調整工程と

を有すること特徴とする非晶質酸化物半導体薄膜の製造方法。

【請求項6】

前記高抵抗化処理が、酸素存在下で150～650 、0.5～12000分の条件で行われる熱処理であることを特徴とする請求項5に記載の非晶質酸化物半導体薄膜の製造方法。

【請求項7】

活性層として、上記請求項1～4のいずれかに記載された非晶質酸化物半導体薄膜を用いた薄膜トランジスタの製造方法であって、

前記非晶質酸化物半導体薄膜を用いた活性層を、カルボン酸を含むエッチング液でエッチングする活性層形成工程と、

前記活性層より上の層にある電極層を、オキソ酸を含むエッチング液でエッチングする電極層形成工程と

を有す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8】

活性層として、上記請求項1～4のいずれかに記載された非晶質酸化物半導体薄膜を用いたことを特徴とする電界効果型トランジスタ。

【請求項9】

前記非晶質酸化物半導体薄膜がカルボン酸を含むエッチング液でエッチングされ、さらに、前記非晶質酸化物半導体薄膜上に、オキソ酸を含むエッチング液でエッチングされた電極を備えていることを特徴とする請求項8に記載の電界効果型トランジスタ。

【請求項10】

前記非晶質酸化物半導体薄膜が、層厚方向に組成が変化しており、ゲート絶縁膜から遠い第一の領域と、前記ゲート絶縁膜に近い第二の領域とを有しており、前記第二の領域の酸素濃度が、前記第一の領域の酸素濃度より濃いことを特徴とする請求項8又は9に記載の電界効果型トランジスタ。

【請求項11】

前記非晶質酸化物半導体薄膜が、層厚方向に組成が変化しており、ゲート絶縁膜から遠

10

20

30

40

50

い第一の領域と、前記ゲート絶縁膜に近い第二の領域とを有しており、前記第二の領域の Sn 濃度が、前記第一の領域の Sn 濃度より薄いことを特徴とする請求項 8 ~ 10 のいずれか一項に記載の電界効果型トランジスタ。

【請求項 12】

光制御素子と、

この光制御素子を駆動するための、上記請求項 8 ~ 11 のいずれかに記載された電界効果型トランジスタと

を備えたことを特徴とする発光装置。

【請求項 13】

前記光制御素子と前記電界効果型トランジスタが一体となった請求項 12 に記載の発光装置。

10

【請求項 14】

上記請求項 12 又は 13 に記載された発光装置を用いたことを特徴とする表示装置。

【請求項 15】

インジウム、錫、亜鉛、前記インジウム以外の III B 族 (= B、Al、Ga、Tl のうち少なくとも一つ) 及び酸素を含有し、インジウムの原子の数 (= [In]) と、錫の原子の数 (= [Sn]) と、亜鉛の原子の数 (= [Zn]) と、III B 族の原子の数 (= [IIIB]) の原子比が、

$$0.1 < [In] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.5$$

$$0.1 < [Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.2$$

$$0.3 < [Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.8$$

$$0.0001 < [IIIB] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [IIIB]) < 0.33$$

であり、さらに、

バルク抵抗が $10^{-3} \sim 10^3 \text{ m}$ 、焼結密度が 80% 以上であり、

さらに、前記 [Sn] と [Zn] の合計に対する前記 [Sn] の原子比が、

$$0.1 < [Sn] / ([Sn] + [Zn]) < 0.27$$

であることを特徴とするスパッタリングターゲット。

20

【請求項 16】

インジウム、錫、亜鉛、ランタノイド類 (Ln = La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu のうち少なくとも一つ) 及び酸素を含有し、インジウムの原子の数 (= [In]) と、錫の原子の数 (= [Sn]) と、亜鉛の原子の数 (= [Zn]) と、ランタノイド類の原子の数 (= [Ln]) の原子比が、

$$0.1 < [In] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.5$$

$$0.1 < [Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.2$$

$$0.3 < [Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.8$$

$$0.0001 < [Ln] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Ln]) < 0.1$$

であり、さらに、

バルク抵抗が $10^{-3} \sim 10^3 \text{ m}$ 、焼結密度が 80% 以上であり、

さらに、前記 [Sn] と [Zn] の合計に対する前記 [Sn] の原子比が、

$$0.1 < [Sn] / ([Sn] + [Zn]) < 0.27$$

であることを特徴とするスパッタリングターゲット。

30

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非晶質酸化物半導体薄膜、その製造方法、薄膜トランジスタの製造方法、電界効果型トランジスタ、発光装置、表示装置及びスパッタリングターゲットに関し、特に、キャリア密度が 10^{18} cm^{-3} 未満であり、さらに、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、砒酸系エッチング液に対して可溶である非晶質酸化物半導体薄膜や、その製造方法などに関する。

【背景技術】

50

【0002】

LCD（液晶表示装置）や有機EL（Electro Luminescence）表示装置などのアクティブマトリクス型の画像表示装置は、表示性能、省エネルギー等の理由から広く利用されている。特に、携帯電話やPDA（個人向け携帯情報端末）、パソコンやラップトップパソコン、テレビ等の表示装置として、ほぼ主流を占めるに至っている。これらの表示装置には、一般に、TFT基板が用いられている。

【0003】

例えば、液晶表示装置は、TFT基板と対向基板との間に液晶などの表示材料を充填し、この表示材料に対して画素ごとに選択的に電圧を印加するように構成されている。ここで、TFT基板とは、非晶質シリコン薄膜や多結晶シリコン薄膜などの半導体薄膜（半導体膜とも呼ばれる）を活性層に用いるTFT（電界効果型薄膜トランジスタ）が配置されている基板をいう。上記画像表示装置は、TFTのアクティブマトリクス回路により駆動される。一般に、TFT基板は、アレイ状にTFTが配置されているので、「TFTアレイ基板」とも呼ばれる。

10

【0004】

なお、液晶表示装置などに用いられるTFT基板は、TFTと液晶表示装置の画面の1画素との組（これを1ユニットと呼ぶ）が、ガラス基板上に縦横に配設されている。TFT基板は、ガラス基板上に、ゲート配線が例えば縦方向に等間隔で配置されており、ソース配線又はドレイン配線が横方向に等間隔で配置されている。また、ゲート電極、ソース電極及びドレイン電極が、各画素を構成する上記ユニット中にそれぞれ設けられている。

20

【0005】

ところで、上述のシリコン薄膜を用いるトランジスタの製造は、シラン系のガスを用いて製造するため安全性や設備費用の点で問題があった。また、非晶質シリコン薄膜は、TFTとした場合の電子移動度が約 $0.5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 程度と低く、また、バンドギャップが小さいため可視光を吸収し誤動作するおそれがあった。また、多結晶シリコン薄膜は、比較的高温の熱工程を要し、エネルギー費用が高く、さらに、大型のガラス基板上に直接形成することは困難である。さらに、シリコン系半導体は、パターンニングする際に、ウェットエッチングが困難であり、設備費用が高く生産性が低いドライエッチングを行う必要があった。

【0006】

そこで、低温での成膜が可能で、かつ、電子移動度が高い酸化物半導体薄膜を用いたTFTの開発が活発に行われている（例えば、特許文献1～6参照）。

30

一般に、酸化物結晶の電子移動度は、金属イオンのs軌道の重なりが大きくなるほど、大きくなり、原子番号の大きなZn, In, Snの酸化物結晶は、 $0.1 \sim 200 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ の大きな電子移動度を有する。さらに、酸化物では、酸素と金属イオンとがイオン結合しているために、化学結合の方向性がなく、結合の方向が不均一な非晶質状態でも、結晶状態の移動度に近い電子移動度を有することが可能となる。このことから、Si系半導体と異なり金属酸化物は、非晶質でも電界効果移動度の高いトランジスタを作ることが可能である。すなわち、上記特性を利用して、Zn, In, Snを含む結晶質・非晶質の金属酸化物を用いた半導体デバイスや、それを用いた回路等が様々検討されている。

40

【0007】

なお、金属酸化物を用いた技術として、In, Ga, Znを含む酸化物薄膜や、Zn, In, Snを含む酸化物薄膜について導電性の検討や蔭酸エッチング性の検討などがなされている（例えば、参考文献1及び特許文献7～9参照）。

また、透明導電膜に関する技術として、ランタノイド類の添加による選択エッチングの検討がなされている（特許文献10）。

【特許文献1】特開2006-165527号公報

【特許文献2】特表平11-505377号公報

【特許文献3】特開昭60-198861号公報

【特許文献4】特表2006-528843号公報

50

【特許文献5】特表2006-502597号公報

【特許文献6】WO 2005/088726号公報

【特許文献7】特開平10-83719号公報

【特許文献8】特開2000-256061号公報

【特許文献9】特開2006-210033号公報

【特許文献10】特開2004-240091号公報

【非特許文献1】Philosophical Magazine B,01 May,2001(01.05.01),Vol.81,No.5,pages 501-515. ORITA et al.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0008】

しかしながら、低温での成膜が可能でかつ移動度が高い酸化物半導体の中には、ウェットエッチング可能なものもあるが、ZnOなどのウェットエッチング可能な酸化物半導体は、PANなどの金属電極のエッチング液にも溶解する。したがって、この酸化物半導体を用いた活性層の上に、ウェットエッチングを用いたフォトリソグラフィ法で電極をパターンニングすることは困難であった。このため、リフトオフ法などの、工程が多く歩留まりが低いうえ、高精細化、大面積化、量産化が困難な方法を用いる必要があった(特許文献1,6参照)。また、酸化物半導体を結晶化させると、PANなどの金属電極のエッチング液に不溶になるものもあるが、酸化物半導体自体のウェットエッチングが困難であり、また結晶化条件が複雑であった。すなわち、酸化物半導体自体をウェットエッチングし、さらに、この酸化物半導体上にウェットエッチングで電極をパターンニングする方法は見出されていなかった。

20

なお、特許文献8~10の技術は、あくまでも透明導電膜としての技術であり、薄膜トランジスタの活性層への適用や、稼酸系エッチング液及びリン酸系エッチング液による選択エッチング性(例えば、リン酸系エッチング液(例えば、PAN(PAN系エッチング液)など)に対して不溶であり、かつ、稼酸系エッチング液に対して可溶であるといった特性)の可能性については全く検討されていなかった。

【0009】

本発明は、以上のような従来の技術が有する問題を解決するために提案されたものであり、インジウム、錫、亜鉛の量を適正化することにより、リン酸系エッチング液に不溶であり、かつ、稼酸系エッチング液に可溶な非晶質酸化物半導体薄膜や、その製造方法などの提供を目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するため、本発明の非晶質酸化物半導体薄膜は、キャリア密度が 10^{18} cm^{-3} 未満であり、さらに、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、稼酸系エッチング液に対して可溶である。

このようにすると、稼酸系エッチング液を用いて非晶質酸化物半導体薄膜自体をウェットエッチングし、さらに、この非晶質酸化物半導体薄膜上に、リン酸系エッチング液を用いたウェットエッチングで電極をパターンニングすることができる。これにより、製造原価のコストダウンを図ることができるとともに、生産性などを向上させることができる。

40

【0011】

また、好ましくは、前記リン酸系エッチング液による35μmでのエッチング速度が10nm/分未満であり、かつ、前記稼酸系エッチング液による35μmでのエッチング速度が20nm/分以上であるとよい。

このようにすると、選択エッチング性を効果的に発揮することができるとともに、選択エッチング性を定量的に判断したり管理することができる。

【0012】

また、好ましくは、インジウム、錫、亜鉛及び酸素を含有し、インジウムの原子の数(=[In])と錫の原子の数(=[Sn])と亜鉛の原子の数(=[Zn])の合計に対

50

する前記 [S n] の原子比が、0.1を超え0.2未満のときは下記原子比1を満たし、0.2以上0.3未満のときは下記原子比2を満たすとよい。

原子比1

$$0.1 < [I n] / ([I n] + [S n] + [Z n]) < 0.5$$

$$0.1 < [S n] / ([I n] + [S n] + [Z n]) < 0.2$$

$$0.3 < [Z n] / ([I n] + [S n] + [Z n]) < 0.8$$

原子比2

$$0.01 < [I n] / ([I n] + [S n] + [Z n]) < 0.3$$

$$0.2 < [S n] / ([I n] + [S n] + [Z n]) < 0.3$$

$$0.4 < [Z n] / ([I n] + [S n] + [Z n]) < 0.8$$

このように、インジウム、錫、亜鉛の量を適正化することにより、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、砒酸系エッチング液に対して可溶な非晶質酸化物半導体膜とすることができる。

【0013】

また、好ましくは、前記 [S n] と [Z n] の合計に対する前記 [S n] の原子比が、 $0.1 < [S n] / ([S n] + [Z n]) < 0.3$

であるとよい。

このようにすると、オンオフ比の高いトランジスタを作製することができる。

【0014】

また、好ましくは、前記インジウム以外のIIIB族 (= B, Al, Ga, Tlのうち少なくとも一つ) を含有し、前記 [I n] と [S n] と [Z n] とIIIB族の原子の数 (= [IIIB]) の合計に対する前記 [IIIB] の原子比が、

$0.001 < [IIIB] / ([I n] + [S n] + [Z n] + [IIIB]) < 0.33$ である

とよい。このようにすると、キャリア密度を下げやすくなる。また、キャリア密度の低い状態が安定化しトランジスタに利用した場合の信頼性が向上する。

【0015】

また、好ましくは、ランタノイド類 (L n = La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luのうち少なくとも一つ) を含有し、前記 [I n] と [S n] と [Z n] とランタノイド類の原子の数 (= [L n]) の合計に対する前記 [L n] の原子比が、

$$0.001 < [L n] / ([I n] + [S n] + [Z n] + [L n]) < 0.1$$

であるとよい。

このようにすると、キャリア密度を下げやすくなる。また、キャリア密度の低い状態が安定化しトランジスタに利用した場合の信頼性が向上する。

なお、[] は、[] 内の原子の数を表し、例えば、[L n] はランタノイド類の原子の数を表している。

【0016】

上記目的を達成するため、本発明の非晶質酸化物半導体薄膜の製造方法は、上述した非晶質酸化物半導体薄膜の製造方法であって、前記非晶質酸化物半導体薄膜として、前記キャリア密度が 10^{+18} cm^{-3} 以上の非晶質薄膜を、基板温度150 未満の条件で成膜する成膜工程と、前記非晶質薄膜に高抵抗化処理を施し、前記キャリア密度を 10^{+18} cm^{-3} 未満に調整するキャリア密度調整工程とを有する方法としてある。

このようにすると、大面積均一性が得やすく、例えば、大型のTFET基板などの品質を向上させることができる。

【0017】

また、好ましくは、前記高抵抗化処理が、酸素存在下で150 ~ 650 、0.5 ~ 12000分の条件で行われる熱処理であるとよい。

このようにすると、品質や生産性を向上させることができる。

【0018】

10

20

30

40

50

上記目的を達成するため、本発明の薄膜トランジスタの製造方法は、活性層として、上述した非晶質酸化物半導体薄膜を用いた薄膜トランジスタの製造方法であって、前記非晶質酸化物半導体薄膜を用いた活性層を、カルボン酸を含むエッチング液でエッチングする活性層形成工程と、前記活性層より上の層にある電極層を、オキソ酸を含むエッチング液でエッチングする電極層形成工程とを有する方法としてある。

このようにすると、製造原価のコストダウンを図ることができ、また、生産性を向上させることができる。また、簡便で大面積均一性や再現性に優れている。

【0019】

上記目的を達成するため、本発明の電界効果型トランジスタは、活性層として、上述した非晶質酸化物半導体薄膜を用いた構成としてある。

このようにすると、製造原価のコストダウンを図ることができ、また、生産性を向上させることができる。また、この電界効果型トランジスタは、電界効果移動度が高く、信頼性が高く、活性層が透明で高精細とすることができる。

【0020】

また、好ましくは、前記非晶質酸化物半導体薄膜がカルボン酸を含むエッチング液でエッチングされ、さらに、前記非晶質酸化物半導体薄膜上に、オキソ酸を含むエッチング液でエッチングされた電極を備えているとよい。

このようにすると、カルボン酸を含むエッチング液やオキソ酸を含むエッチング液で、非晶質酸化物半導体薄膜や電極をエッチングすることができる。

なお、通常、電極を溶解するオキソ酸を含むエッチング液に対して、非晶質酸化物半導体薄膜は耐性を有している。

また、カルボン酸を含むエッチング液としては、ITO-06N（関東化学(株)製）などの修酸系エッチング液が挙げられ、さらに、オキソ酸を含むエッチング液としては、PAN系エッチング液が挙げられる。

PAN系エッチング液は、リン酸、硝酸、酢酸を含むエッチング液であり、リン酸が約45～95wt%、硝酸が約0.5～5wt%、酢酸が約3～50wt%の範囲にあるものが好ましい。修酸系エッチング液は、修酸を約0.5～10wt%含むものが好ましい。

カルボン酸とは、カルボン酸構造（R-COOH）を酸成分とする化合物で下記のもの（例示）が挙げられる。

すなわち、下記のもの（例示）として、乳酸、リンゴ酸、クエン酸、シュウ酸（修酸）、マロン酸、コハク酸、フマル酸、マレイン酸、アコニット酸、グルタル酸、アジピン酸、アミノ酸、ニトロカルボン酸や、ギ酸（メタン酸）、酢酸（エタン酸）、プロピオン酸（プロパン酸）、酪酸（ブタン酸）、吉草酸（ペンタン酸）、カブロン酸（ヘキサン酸）、エナント酸（ヘプタン酸）、カプリル酸（オクタン酸）、ペラルゴン酸（ノナン酸）、カプリン酸（デカン酸）、ラウリン酸（ドデカン酸）、ミリスチン酸（テトラデカン酸）、ペンタデカン酸、パルミチン酸（ヘキサデカン酸、セタン酸）、マルガリン酸（ヘプタデカン酸）、ステアリン酸（オクタデカン酸）、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸、アラキドン酸、ドコサヘキサエン酸、エイコサペンタエン酸や、安息香酸、フタル酸、イソフタル酸、テレフタル酸、サリチル酸、没食子酸、メリト酸、ケイ皮酸、ピルビン酸などが挙げられる。

また、オキソ酸（無機オキソ酸）としては、硫酸、亜硫酸、硝酸、亜硝酸、リン酸、亜リン酸、クロム酸、ニクロム酸、過マンガン酸などが挙げられる。

【0021】

また、好ましくは、前記非晶質酸化物半導体薄膜が、層厚方向に組成が変化しており、ゲート絶縁膜から遠い第一の領域と、前記ゲート絶縁膜に近い第二の領域とを有しており、前記第二の領域の酸素濃度が、前記第一の領域の酸素濃度より濃いとよい。

このようにすると、ゲート絶縁膜側の酸素が多いので、ゲート絶縁膜との界面付近のキャリア密度が低減でき、トランジスタのオンオフ比などを向上させることができる。

【0022】

10

20

30

40

50

また、好ましくは、前記非晶質酸化物半導体薄膜が、層厚方向に組成が変化しており、ゲート絶縁膜から遠い第一の領域と、前記ゲート絶縁膜に近い第二の領域とを有しており、前記第二の領域の S_n 濃度が、前記第一の領域の S_n 濃度より薄いとよい。

このようにすると、ゲート絶縁膜側の S_n が少ないので、PAN耐性を維持しつつゲート絶縁膜との界面付近のキャリア密度が低減でき、トランジスタのオンオフ比などを向上させることができる。

【0023】

上記目的を達成するため、本発明の表示装置は、光制御素子と、この光制御素子を駆動するための、上述した電界効果型トランジスタとを備えた構成としてある。

このようにすると、製造原価のコストダウンを図ることができ、また、生産性を向上させることができる。

なお、光制御素子として、液晶を用いた素子や、無機EL、有機ELを用いた発光素子を挙げることができる。また、電界効果型トランジスタを液晶ディスプレイのスイッチング素子に用いてもよい。

【0024】

また、好ましくは、前記光制御素子と前記電界効果型トランジスタが一体となった構成としてもよい。

このようにすると、効果的に製造することができる。

【0025】

上記目的を達成するため、本発明の表示装置は、上述した発光装置を用いた構成としてある。

このようにすると、製造原価のコストダウンを図ることができ、また、生産性を向上させることができる。

なお、表示装置は、画像や文字などを表示する装置である。

【0026】

上記目的を達成するため、本発明のスパッタリングターゲットは、インジウム、錫、亜鉛、前記インジウム以外のIIIB族(=B、Al、Ga、Tlのうち少なくとも一つ)及び酸素を含有し、インジウムの原子の数(=[In])と、錫の原子の数(=[Sn])と、亜鉛の原子の数(=[Zn])と、IIIB族の原子の数(=[IIIB])の原子比が、

$$0.1 < [In] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.5$$

$$0.1 < [Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.2$$

$$0.3 < [Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.8$$

$$0.0001 < [IIIB] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [IIIB]) < 0.33$$

であり、さらに、バルク抵抗が $10^{-3} \sim 10^3 \text{ m}$ 、焼結密度が80%以上である。

このように、本発明は、スパッタリングターゲットとしても有効であり、製造原価のコストダウンを図ることができるとともに、生産性などを向上させることができる非晶質酸化物半導体薄膜を作製することができる。

【0027】

上記目的を達成するため、本発明のスパッタリングターゲットは、インジウム、錫、亜鉛、ランタノイド類(Ln=L a, C e, P r, N d, P m, S m, E u, G d, T b, D y, H o, E r, T m, Y b, L uのうち少なくとも一つ)及び酸素を含有し、インジウムの原子の数(=[In])と、錫の原子の数(=[Sn])と、亜鉛の原子の数(=[Zn])と、ランタノイド類の原子の数(=[Ln])の原子比が、

$$0.1 < [In] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.5$$

$$0.1 < [Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.2$$

$$0.3 < [Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.8$$

$$0.0001 < [Ln] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Ln]) < 0.1$$

であり、さらに、バルク抵抗が $10^{-3} \sim 10^3 \text{ m}$ 、焼結密度が80%以上である。

このように、本発明は、スパッタリングターゲットとしても有効であり、製造原価のコストダウンを図ることができるとともに、生産性などを向上させることができる非晶質酸

10

20

30

40

50

化物半導体薄膜を作製することができる。

【発明の効果】

【0028】

以上のように、本発明によれば、インジウム、錫、亜鉛の量を適正化することにより、稼酸系エッチング液を用いて非晶質酸化物半導体薄膜自体をウェットエッチングし、さらに、この非晶質酸化物半導体薄膜上に、リン酸系エッチング液を用いたウェットエッチングで電極をパターンニングすることができる。これにより、製造原価のコストダウンを図ることができるとともに、生産性などを向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、本発明に係る非晶質酸化物半導体薄膜、その製造方法、薄膜トランジスタの製造方法、電界効果型トランジスタ、画像表示装置及びスパッタリングターゲットの好ましい実施形態について、説明する。

【0030】

[非晶質酸化物半導体薄膜の一実施形態]

本発明の一実施形態に係る非晶質酸化物半導体薄膜は、インジウム、錫、亜鉛の量を適正化することにより、キャリア密度が 10^{18} cm^{-3} 未満であり、さらに、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、稼酸系エッチング液に対して可溶である構成としてある。このようにすると、稼酸系エッチング液を用いて非晶質酸化物半導体薄膜自体をウェットエッチングし、さらに、この非晶質酸化物半導体薄膜上に、リン酸系エッチング液を用いたウェットエッチングで電極をパターンニングすることができる。

【0031】

また、上記非晶質酸化物半導体薄膜は、室温付近（例えば、 $0 \sim 40$ ）でのキャリア密度が 10^{18} cm^{-3} 未満であるのが好ましく、より好ましくは $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満、さらに好ましくは 10^{17} cm^{-3} 未満、特に好ましくは $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満である。

この理由は、キャリア密度が 10^{18} cm^{-3} 以上になると、TFETとして駆動しないおそれがある。また、TFETとして駆動しても、ノーマリーオンになったり、閾値電圧が高くなったり、on-off比が小さくなったり、漏れ電流が大きくなったりするおそれがあるからである。

【0032】

また、非晶質酸化物半導体薄膜は、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、稼酸系エッチング液に対して可溶であるので、この非晶質酸化物半導体薄膜を用いた薄膜トランジスタなどを、簡便なウェットエッチングにより作製することができる。すなわち、設備費用が高く、エッチング速度が遅く、堆積物などの問題が発生するドライエッチングや、工程が複雑で歩留まりが低いうえ、高精細化、大面積化、量産化が困難なリフトオフなどを用いる必要がなくなる。したがって、製造原価のコストダウンを図ることができるとともに、生産性などを向上させることができる。

【0033】

また、リン酸系エッチング液として、通常、PAN系エッチング液が用いられる。PAN系エッチング液は、リン酸、硝酸、酢酸を含むエッチング液であり、リン酸が約 $20 \sim 95 \text{ wt} \%$ 、硝酸が約 $0.5 \sim 5 \text{ wt} \%$ 、酢酸が約 $3 \sim 50 \text{ wt} \%$ の範囲にあるものが好ましい。また、液温は約 $20 \sim 50$ が好ましい。

稼酸系エッチング液は、稼酸を約 $0.5 \sim 10 \text{ wt} \%$ 含むものが好ましい。また、液温は $20 \sim 50$ が好ましい。

【0034】

上記非晶質酸化物半導体薄膜の非晶質とは、X線回折でハローパターンが観測され特定の回折線を示さないものをいい、TEM（透過型電子顕微鏡）などの観察により非晶質中に微結晶が確認できるものを含む。ただし、エッチング時の残渣となるおそれがあるため、微結晶は少ないか無い方が好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

また、非晶質酸化物半導体薄膜の比抵抗は、通常 $10^{-2} \sim 10^8$ $\Omega \cdot \text{cm}$ である。この理由は、比抵抗が 10^{-2} $\Omega \cdot \text{cm}$ より小さいと、電気が容易に流れ半導体薄膜として機能しないおそれがあるからである。一方、比抵抗が 10^8 $\Omega \cdot \text{cm}$ より大きいと、強い電界をかけないと半導体として機能しないおそれがあるからである。このような不具合をより有効に回避するには、比抵抗が、約 $10^{-1} \sim 10^7$ $\Omega \cdot \text{cm}$ であるのが好ましく、より好ましくは $1 \sim 10^6$ $\Omega \cdot \text{cm}$ であり、 $10 \sim 10^5$ $\Omega \cdot \text{cm}$ であるのが特に好ましい。

【 0 0 3 6 】

また、非晶質酸化物半導体薄膜の結晶化温度は、 280 より高いことが好ましく、 300 より高いとより好ましく、 350 高いとさらに好ましく、 400 より高いと特に好ましい。この理由は、結晶化温度が 280 以下だと、キャリア密度を下げるため高抵抗化処理した際に結晶化してしまい、稀酸エッチング速度が遅くなったりエッチング残渣が発生してしまうおそれがあるからである。

【 0 0 3 7 】

また、好ましくは、リン酸系エッチング液による 35 でのエッチング速度が 10 $\text{nm}/\text{分}$ 未満であり、かつ、稀酸系エッチング液による 35 でのエッチング速度が 20 $\text{nm}/\text{分}$ 以上であるとよい。このようにすると、選択エッチング性を効果的に発揮することができる。また、リン酸系エッチング液による 35 でのエッチング速度が 10 $\text{nm}/\text{分}$ 未満であるとき、リン酸系エッチング液に対して不溶であると判断し、また、稀酸系エッチング液による 35 でのエッチング速度が 20 $\text{nm}/\text{分}$ 以上であるとき、稀酸系エッチング液に対して可溶であると判断してもよい。このようにすると、選択エッチング性を定量的に判断したり管理することができる。

また、リン酸系エッチング液による 35 でのエッチング速度は、 5 $\text{nm}/\text{分}$ 未満がより好ましく、 2 $\text{nm}/\text{分}$ がさらに好ましい。

また、稀酸系エッチング液による 35 でのエッチング速度は、 50 $\text{nm}/\text{分}$ 以上がより好ましく、 80 $\text{nm}/\text{分}$ 以上がさらに好ましく、 120 $\text{nm}/\text{分}$ 以上が特に好ましい。ただし、稀酸系エッチング液によるエッチング速度には上限があり、稀酸系エッチング液による 35 でのエッチング速度の上限は、好ましくは 800 $\text{nm}/\text{分}$ 以下、より好ましくは 500 $\text{nm}/\text{分}$ 以下、さらに好ましくは 400 $\text{nm}/\text{分}$ である。この理由は、 800 $\text{nm}/\text{分}$ より大きいとエッチングの精度の制御が困難となり、ばらつきが大きくなったり耐薬品性が低下するおそれがあるからである。

【 0 0 3 8 】

また、本実施形態の非晶質酸化物半導体薄膜は、インジウム、錫、亜鉛及び酸素を含有し、インジウムの原子の数 ($= [\text{In}]$) と錫の原子の数 ($= [\text{Sn}]$) と亜鉛の原子の数 ($= [\text{Zn}]$) の合計に対する前記 $[\text{Sn}]$ の原子比が、 0.1 を超え 0.2 未満のときは下記原子比 1 を満たし、 0.2 以上 0.3 未満のときは下記原子比 2 を満たす構成としてある。

原子比 1

$$0.1 < [\text{In}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}]) < 0.5$$

$$0.1 < [\text{Sn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}]) < 0.2$$

$$0.3 < [\text{Zn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}]) < 0.8$$

原子比 2

$$0.01 < [\text{In}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}]) < 0.3$$

$$0.2 < [\text{Sn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}]) < 0.3$$

$$0.4 < [\text{Zn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}]) < 0.8$$

【 0 0 3 9 】

上記原子比 1 において、 $[\text{In}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ は、好ましくは $0.1 \sim 0.5$ 、より好ましくは $0.18 \sim 0.48$ 、さらに好ましくは $0.2 \sim 0.45$ とするとよい。この理由は、 0.1 より小さいと、トランジスタを構成した際に移動度が小さくなるおそれがある。また、亜鉛/錫比の変動 (これは、 $[\text{Zn}] / [\text{Sn}]$ 比の

変動をいう。)に敏感になり、大面積におけるトランジスタの特性が不均一になるおそれがある。さらに、ターゲットの抵抗が高くなり、DCスパッタリングでの成膜が困難となるからである。また、0.5より大きいと、キャリア電子が生成しやすくなり、低抵抗化してトランジスタを構成した際に、ノーマリーオンとなったりオンオフ比が小さくなるおそれや結晶化しやすくなるおそれがあるからである。なお、結晶化すると、蔘酸系エッチング液によるエッチング速度が遅くなったりエッチング後に残渣が残るおそれがある。

【0040】

また、上記原子比1において、 $[Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ は、好ましくは0.1~0.2、より好ましくは0.1~0.19、さらに好ましくは0.11~0.19、特に好ましくは0.11~0.18とするとよい。この理由は、0.1より小さいとPAN耐性が失われるおそれがあるからである。また、0.2より大きいと、蔘酸エッチング性が失われたり、面内均一性が低下するおそれがある。また、ターゲットの抵抗が高くなり、DCスパッタができなくなるおそれがあるからである。

10

【0041】

また、上記原子比1において、 $[Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ は、好ましくは0.3~0.8、より好ましくは0.35~0.75、さらに好ましくは0.4~0.7とするとよい。この理由は、0.3より小さいと蔘酸エッチング性が失われるおそれがあるからである。また、0.8より大きいと、PAN耐性、耐熱性、面内均一性が失われるおそれや結晶化しやすくなるおそれがある。なお、結晶化すると、蔘酸系エッチング液でのエッチング速度が遅くなったりエッチング後に残渣が残るおそれがある。さらに、スパッタリングの場合に成膜速度が遅くなるおそれがあるからである。

20

【0042】

また、上記原子比2において、 $[In] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ は、好ましくは0.01~0.3、より好ましくは0.05~0.25、さらに好ましくは0.1~0.23とするとよい。この理由は、0.1より小さいと、トランジスタを構成した際に移動度が小さくなるおそれがある。また、亜鉛/錫比の変動(これは、 $[Zn] / [Sn]$ 比の変動をいう。)に敏感になり、大面積におけるトランジスタの特性が不均一になるおそれがある。さらに、ターゲットの抵抗が高くなり、DCスパッタリングでの成膜が困難となるからである。また、0.3より大きいと、キャリア電子が生成しやすくなり、低抵抗化してトランジスタを構成した際に、ノーマリーオンとなったりオンオフ比が小さくなるおそれや結晶化しやすくなるおそれがあるからである。なお、結晶化すると、蔘酸系エッチング液によるエッチング速度が遅くなったりエッチング後に残渣が残るおそれがある。

30

【0043】

また、上記原子比2において、 $[Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ は、好ましくは0.2以上0.3未満、より好ましくは0.21~0.29、さらに好ましくは0.22~0.28とするとよい。この理由は、0.2より小さいとPAN耐性が失われるおそれがあるからである。また、0.3より大きいと、蔘酸エッチング性が失われたり、面内均一性が低下するおそれがある。また、ターゲットの抵抗が高くなり、DCスパッタができなくなるおそれがあるからである。

40

【0044】

また、上記原子比2において、 $[Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ は、好ましくは0.4~0.8、より好ましくは0.45~0.75、さらに好ましくは0.5~0.7とするとよい。この理由は、0.4より小さいと蔘酸エッチング性が失われるおそれがあるからである。また、0.8より大きいと、PAN耐性、耐熱性、面内均一性が失われるおそれや結晶化しやすくなるおそれがある。なお、結晶化すると、蔘酸系エッチング液でのエッチング速度が遅くなったりエッチング後に残渣が残るおそれがある。さらに、スパッタリングの場合に成膜速度が遅くなるおそれがあるからである。

このように、原子比1又は2によりインジウム、錫、亜鉛の量を適正化することによって、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、蔘酸系エッチング液に対して可溶

50

な非晶質酸化物半導体膜とすることができる。

【0045】

また、ここで好ましくは、前記[Sn]と[Zn]の合計に対する前記[Sn]の原子比が、

$$0.1 < [\text{Sn}] / ([\text{Sn}] + [\text{Zn}]) < 0.3$$

であるとよい。すなわち、 $[\text{Sn}] / ([\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ は、0.1~0.3が好ましく、0.11~0.29がより好ましく、0.13~0.27がさらに好ましく、0.15~0.25が特に好ましい。この理由は、0.1より小さいとPAN耐性が失われるおそれがあるからである。また、0.3より大きいと稼酸エッチング性が失われるおそれがある。さらに、錫は移動度を低下させずPAN耐性を持たせることに効果があるが、亜鉛に対する錫の比率が高くなりすぎると高抵抗化処理をしてもキャリア密度が下がりにくくなるおそれがあるからである。したがって、オンオフ比の高いトランジスタを作製するには、錫と亜鉛の比率を適性に保つことが好ましい。また、上記範囲を外れるとスパッタリングするための焼結ターゲットの抵抗が高くなるおそれがある。

10

【0046】

また、好ましくは、本実施形態の非晶質酸化物半導体薄膜は、前記インジウム以外のIIIB族(=B、Al、Ga、Tlのうち少なくとも一つ)を含有し、前記[In]と[Sn]と[Zn]とIIIB族の原子の数(=[IIIB])の合計に対する前記[IIIB]の原子比が、

$$0.0001 < [\text{IIIB}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}] + [\text{IIIB}]) < 0.33$$

であるとよい。すなわち、 $[\text{IIIB}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}] + [\text{IIIB}])$ は、通常0.0001~0.5であり、好ましくは0.001~0.33、より好ましくは0.01~0.25、さらに好ましくは0.03~0.2、特に好ましくは0.05~0.15とする。この理由は、0.0001より小さいと効果が期待できず、また、0.5より大きいと、トランジスタを構成した際の移動度が低下したり、稼酸エッチング速度が低下するおそれがあるからである。

20

このようにIn以外のIIIB族を含むと、キャリア密度を下げやすくなる。また、キャリア密度の低い状態が安定化しトランジスタに利用した場合の信頼性が向上する。これはIn以外のIIIB族がInよりも酸素との結合が強く酸素欠損によるキャリアの生成が起きにくいと思われる。

30

【0047】

また、前記IIIB族の中では、Inより原子番号の小さいB、Al、Gaが、キャリア密度の低い状態が安定化しより好ましい。

さらに、前記[In]と[IIIB]の合計に対する前記[In]の原子比が、

$$0.5 < [\text{In}] / ([\text{In}] + [\text{IIIB}])$$

であるとよい。すなわち、 $[\text{In}] / ([\text{In}] + [\text{IIIB}])$ は、0.5より大きい方が好ましく、0.6より大きい方がより好ましく、0.7より大きい方がさらに好ましい。この理由は、0.5以下だとトランジスタの移動度が低下するおそれがあるからである。

【0048】

また、好ましくは、本実施形態の非晶質酸化物半導体薄膜は、ランタノイド類(Ln=L a, C e, P r, N d, P m, S m, E u, G d, T b, D y, H o, E r, T m, Y b, L uのうち少なくとも一つ)を含有し、前記[In]と[Sn]と[Zn]とランタノイド類の原子の数(=[Ln])の合計に対する前記[Ln]の原子比が、

$$0.0001 < [\text{Ln}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}] + [\text{Ln}]) < 0.1$$

であるとよい。すなわち、 $[\text{Ln}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}] + [\text{Ln}])$ は、好ましくは0.0001~0.1、より好ましくは0.001~0.09、さらに好ましくは0.01~0.08である。この理由は、0.0001より少ないと下記効果が期待できず、また、0.1より多いとトランジスタを構成した際の移動度が低下するおそれがあるからである。

40

50

このようにすると、キャリア密度を下げやすくなる。また、キャリア密度の低い状態が安定化しトランジスタに利用した場合の信頼性が向上する。また、上記ランタノイド類を含むと、非晶質膜の抵抗が安定しやすくトランジスタを構成した際の信頼性が向上するといった効果をも有する。

また、ランタノイド類としては、La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Ybが好ましく、Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Ybが移動度の低下が少なくより好ましい。

【0049】

以上説明したように、本実施形態の非晶質酸化物半導体薄膜によれば、稀酸系エッチング液を用いて非晶質酸化物半導体薄膜自体をウェットエッチングし、さらに、この非晶質酸化物半導体薄膜上に、リン酸系エッチング液を用いたウェットエッチングで電極をパターンニングすることができる。したがって、製造原価のコストダウンを図ることができるとともに、生産性などを向上させることができる。

【0050】

[非晶質酸化物半導体薄膜の製造方法の一実施形態]

本発明の一実施形態に係る非晶質酸化物半導体薄膜の製造方法は、上記実施形態の非晶質酸化物半導体薄膜の製造方法であって、前記非晶質酸化物半導体薄膜として、キャリア密度が 10^{+18} cm^{-3} 以上の非晶質薄膜を、基板温度150 未満の条件で成膜する成膜工程と、前記非晶質薄膜に高抵抗化処理を施し、キャリア密度を 10^{+18} cm^{-3} 未満に調整するキャリア密度調整工程とを有する方法としてある。

【0051】

上記成膜には、通常、物理的成膜方法が用いられる。物理的成膜方法としては、例えば、スパッタ法、真空蒸着法、イオンプレーティング法、パルスレーザーディポジション法などを挙げることができるが、工業的には量産性の高いスパッタ法が好ましい。

スパッタ法としては、例えば、DCスパッタ法、RFスパッタ法、ACスパッタ法、ECRスパッタ法、対向ターゲットスパッタ法などが挙げられる。これらのなかでも、工業的に量産性が高く、また、RFスパッタ法よりもキャリア濃度を下げやすいDCスパッタ法や、ACスパッタ法が好ましい。また、成膜による界面の劣化を抑えて、漏れ電流を抑制したり、透明半導体薄膜におけるon-off比などの特性を向上させたりするには、膜質の制御がしやすいECRスパッタ法や、対向ターゲットスパッタ法が好ましい。

【0052】

また、スパッタ時における基板からターゲットまでの距離(S-T距離)は、通常150 mm以下、好ましくは110 mm、特に好ましくは80 mm以下である。この理由は、S-T距離が短いとスパッタ時に基板がプラズマに曝されることにより、正二価元素の活性化が期待できる。また、150 mmより長いと、成膜速度が遅くなり工業化に適さなくなるおそれがあるからである。

【0053】

また、成膜する際の基板温度は、150 未満が好ましく、100 未満がより好ましく、50 未満がさらに好ましい。この理由は、基板温度が150 以上だと高抵抗化処理によりキャリア密度を低減させることが困難となるおそれがあるからである。

【0054】

次に、上記により成膜された非晶質薄膜に対して、高抵抗化処理を行う。この高抵抗化処理としては、酸素存在下での熱処理、プラズマ処理、オゾン処理、水蒸気処理、RTAなどを用いることができる。

また、高抵抗化処理を行った後のキャリア密度は、 10^{+18} cm^{-3} 未満が好ましく、 $2 \times 10^{+17} \text{ cm}^{-3}$ 未満がより好ましく、 10^{+17} cm^{-3} 未満がさらに好ましい。このようにすると、非晶質酸化物半導体薄膜を用いた半導体装置の信頼性及び性能(例えば、TFETにおけるノーマリーオフなどの特性)をさらに向上させることができる。

【0055】

また、好ましくは、上記高抵抗化処理が、酸素存在下で150 ~ 650 、0.5 ~ 1

10

20

30

40

50

2000分の条件で行われる熱処理であるとよく、このようにすると、品質や生産性を向上させることができる。この温度に関する理由は、熱処理の温度が150より低いと処理効果が発現しなかったり、時間がかかりすぎたりするおそれがあるからである。また、650より高いとエネルギーコストが高くなったり、タクトタイムが長くなったり、TFETとしたときの閾値電圧が大きくなったり、基板が変形したりするおそれがあるからである。このような不具合をより有効に回避するために、処理温度は、好ましくは180~450、より好ましくは190~390、さらに好ましくは200~350であり、210~290が特に好ましい。

【0056】

また、上記時間に関する理由は、熱処理の時間が0.5分より短いと内部まで加熱する時間が不足し処理が不十分となるおそれがあるからである。また、12000分より長いと処理装置が大きくなり工業的に使用できなかったり、処理中に基板が破損・変形したりするおそれがあるからである。このような不具合をより有効に回避するために、処理時間は、好ましくは1~600分、より好ましくは5~360分、さらに好ましくは15~240分であり、30~120分が特に好ましい。

さらに、成膜時の基板温度と高抵抗化処理の温度差は50以上が好ましく、150以上がより好ましく、250以上が特に好ましい。この理由は、温度差が50未満だと高抵抗化処理の効果が十分にでずキャリア密度が低減しないおそれがあるからである。

【0057】

以上説明したように、本実施形態の非晶質酸化物半導体薄膜の製造方法によれば、成膜時の酸素分圧でキャリア密度を調整しないので、成膜時のプラズマの分布の影響などで面内均一性が悪くなるといった不具合を回避することができる。したがって、大面積均一性が得やすく、例えば、大型のTFET基板などの品質を向上させることができる。

【0058】

次に、上記非晶質酸化物半導体薄膜の一実施形態及びその製造方法の一実施形態に係る、実施例1~20と比較例1~10について、図面を参照して説明する。

図1は、実施例1~10に対する、成膜条件、膜組成原子比、高抵抗化処理、半導体薄膜の特性、及び、TFET特性を表した表1を示している。

また、図2は、実施例11~20に対する、成膜条件、膜組成原子比、高抵抗化処理、半導体薄膜の特性、及び、TFET特性を表した表2を示している。

さらに、図3は、比較例1~10に対する、成膜条件、膜組成原子比、高抵抗化処理、半導体薄膜の特性、及び、TFET特性を表した表3を示している。

【0059】

[実施例1]

(1)スパッタリングターゲットの製造、及び評価

1.ターゲットの製造

原料として、酸化インジウム粉末と、酸化錫粉末と、酸化亜鉛粉末とを、 $[In]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.20、 $[Sn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.15、 $[Zn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.65となるように混合して、これを湿式ボールミルに供給し、72時間混合粉碎して原料微粉末を得た。

得られた原料微粉末を造粒した後、直径10cm、厚さ5mmの寸法にプレス成形して、これを焼成炉に入れ、1400、48時間の条件で焼成して、焼結体(ターゲット)を得た。このとき、昇温速度は、3/分であった。

2.ターゲットの評価

得られたターゲットにつき、密度、バルク抵抗値を測定した。その結果、理論相対密度は98%であり、四端子法により測定したバルク抵抗値は、80mであった。

【0060】

(2)透明半導体薄膜の成膜

上記(1)で得られたスパッタリングターゲットを、スパッタ法の一つであるRFマグネトロンスパッタリング法の成膜装置に装着し、ガラス基板(コーニング1737)上に

透明導電膜を成膜した。

ここでのスパッタ条件としては、基板温度；25℃、到達圧力； 5×10^{-4} Pa、雰囲気ガス；Ar 100%、スパッタ圧力（全圧）； 4×10^{-1} Pa、投入電力100W、成膜時間20分間、S-T距離95mmとした。

この結果、ガラス基板上に、膜厚が約100nmの透明導電性酸化物が形成された透明導電ガラスが得られた。

なお、得られた膜組成をICP法で分析したところ、 $[In]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.20、 $[Sn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.15、 $[Zn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.65であった。

【0061】

10

(3) 透明半導体薄膜の高抵抗化処理

上記(2)で得られた透明半導体薄膜に対して、高抵抗化処理を施した。この高抵抗化処理として、大気中（酸素存在下）280℃で2時間加熱（大気下熱処理）する、酸化処理を行った。

【0062】

(4) 透明半導体薄膜の物性の評価

上記(3)で得られた透明半導体薄膜のキャリア濃度、及びホール移動度をホール測定装置により測定した。キャリア濃度は 5×10^{16} cm⁻³、ホール移動度は3 cm²/Vsであった。また、比抵抗の値は、42 Ωcmであった。さらに、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、1.05であった。

20

【0063】

ホール測定装置、及びその測定条件は下記のとおりであった、

[ホール測定装置]

東陽テクニカ製：Resi Test 8310

[測定条件]

室温（25℃）、0.5 [T]、 $10^{-4} \sim 10^{-1}$ A、AC磁場ホール測定

【0064】

さらに、この透明導電性酸化物の透明性については、分光光度計により波長400nmの光線についての光線透過率が85%以上であり、透明性においても優れたものであった。

30

また、X線結晶構造解析により非晶質であることが確認された。

【0065】

また、PAN耐性や蔞酸エッチング速度などについても評価し、上記各表に示した。

[PAN耐性]

PANによるエッチング速度が10nm/分以上のものをxとし、それ以外のものをとした。ここで、PAN耐性の評価には、35℃のPAN系エッチング液（リン酸91.4wt%、硝酸3.3wt%、酢酸5.3wt%）を用いた。なお、PAN系エッチング液（リン酸、硝酸、酢酸を含むエッチング液）は、通常、リン酸が20~95wt%、硝酸0.5~5wt%、酢酸3~50wt%の範囲にあるものが用いられる。

実施例1の非晶質酸化物半導体薄膜は、上記PAN（PAN系エッチング液）によるエッチング速度が10nm/分未満であり、評価は、（不溶）であった。

40

[蔞酸エッチング速度]

蔞酸系エッチング液によるエッチング性として、エッチング速度が20nm/分以上のものをxとし、それ以外のものをとした。蔞酸系エッチング液として、35℃のITO-06N（関東化学(株)）を用いエッチング速度を測定した。なお、150%オーバーエッチング後に顕微鏡観察して残渣の有無を確認した。

実施例1の非晶質酸化物半導体薄膜は、蔞酸系エッチング液によるエッチング速度が400nm/分であり、評価は、（可溶）であった。また、蔞酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0066】

50

[実施例 2]

実施例 2 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 1 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成を ICP 法で分析したところ、 $[In] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.31、 $[Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.11、 $[Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.59 であった。なお、この相違点の他は、実施例 1 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 1 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $10 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 7 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1.05 であった。さらに、PAN によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $400 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

10

【 0067 】

[実施例 3]

実施例 3 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 1 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成を ICP 法で分析したところ、 $[In] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.31、 $[Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.15、 $[Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.54 であった。なお、この相違点の他は、実施例 1 の作製条件とほぼ同じとした。

20

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 1 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $1.2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $11 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1.05 であった。さらに、PAN によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $300 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【 0068 】

[実施例 4]

実施例 4 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 1 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成を ICP 法で分析したところ、 $[In] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.43、 $[Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.14、 $[Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.43 であった。なお、この相違点の他は、実施例 1 の作製条件とほぼ同じとした。

30

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 1 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $25 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 1 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1.05 であった。さらに、PAN によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $150 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

40

【 0069 】

[参考例 1]

参考例 1 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 1 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成を ICP 法で分析したところ、 $[In] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.20、 $[Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.23、 $[Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn])$ が 0.57 であった。なお、この相違点の他は、実施例 1 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 1 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $17 \text{ cm}^2 /$

50

V sであった。四端子法により測定した比抵抗の値は、0.5 cmであり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、1.10であった。さらに、PANによるエッチング速度が10 nm/分未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稀酸系エッチング液によるエッチング速度が100 nm/分であり、評価は、（可溶）であった。また、稀酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0070】

[実施例6]

実施例6の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例1の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、IIIB族のGaを含有し、膜組成をICP法で分析したところ、 $[Ga] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Ga])$ が0.10であった。なお、この相違点の他は、実施例1の作製条件とほぼ同じとした。

10

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図1に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $3 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、233 cmであり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、1.05であった。さらに、PANによるエッチング速度が10 nm/分未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稀酸系エッチング液によるエッチング速度が250 nm/分であり、評価は、（可溶）であった。また、稀酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0071】

[実施例7]

実施例7の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例4の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、IIIB族のGaを含有し、膜組成をICP法で分析したところ、 $[Ga] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Ga])$ が0.10であった。なお、この相違点の他は、実施例4の作製条件とほぼ同じとした。

20

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図1に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $15 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、4 cmであり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、1.05であった。さらに、PANによるエッチング速度が10 nm/分未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稀酸系エッチング液によるエッチング速度が120 nm/分であり、評価は、（可溶）であった。また、稀酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

30

【0072】

[実施例8]

実施例8の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例7の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成をICP法で分析したところ、 $[Ga] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Ga])$ が0.20であった。なお、この相違点の他は、実施例7の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図1に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $2 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、315 cmであり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、1.05であった。さらに、PANによるエッチング速度が10 nm/分未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稀酸系エッチング液によるエッチング速度が90 nm/分であり、評価は、（可溶）であった。また、稀酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

40

【0073】

[実施例9]

実施例9の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例8の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、スパッタ条件として、雰囲気ガス；Ar 96容積% + O₂ 4容積%、酸素分圧； $16 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ とし、高抵抗化処理を行わなかった。なお、この相違点の他は、実施例8の作製条件とほぼ同じとした。

50

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図1に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $1 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 630 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、 2.10 であった。さらに、PANによるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、蔞酸系エッチング液によるエッチング速度が $90 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、蔞酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

なお、本実施例は、高抵抗化処理を行わずに、成膜時における酸素分圧により高抵抗化を行った例であり、非抵抗の面内均一性が他の実施例より劣っていた。

【0074】

10

[実施例10]

実施例10の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例7の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、Gaの代わりにAlを含有し、ICP法で分析したところ、 $[Al] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Al])$ が 0.10 であった。なお、この相違点の他は、実施例7の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図1に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $17 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 2 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、 1.05 であった。さらに、PANによるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、蔞酸系エッチング液によるエッチング速度が $130 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、蔞酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

20

【0075】

[実施例11]

実施例11の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例4の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類のLaを含有し、膜組成をICP法で分析したところ、 $[La] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [La])$ が 0.03 であった。なお、この相違点の他は、実施例4の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図2に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $13 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、 1.05 であった。さらに、PANによるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、蔞酸系エッチング液によるエッチング速度が $170 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、蔞酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

30

【0076】

[実施例12]

実施例12の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例4の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類のCeを含有し、膜組成をICP法で分析したところ、 $[Ce] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Ce])$ が 0.03 であった。なお、この相違点の他は、実施例4の作製条件とほぼ同じとした。

40

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図2に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $13 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、 1.05 であった。さらに、PANによるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、蔞酸系エッチング液によるエッチング速度が $130 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、蔞酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0077】

[実施例13]

50

実施例 13 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 4 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類の Nd を含有し、膜組成を ICP 法で分析したところ、 $[Nd] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Nd])$ が 0.03 であった。なお、この相違点の他は、実施例 4 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 2 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $13 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1.05 であった。さらに、PAN によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $130 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0078】

[実施例 14]

実施例 14 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 4 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類の Sm を含有し、膜組成を ICP 法で分析したところ、 $[Sm] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Sm])$ が 0.03 であった。なお、この相違点の他は、実施例 4 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 2 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $13 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1.05 であった。さらに、PAN によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $130 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0079】

[実施例 15]

実施例 15 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 4 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類の Eu を含有し、膜組成を ICP 法で分析したところ、 $[Eu] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Eu])$ が 0.03 であった。なお、この相違点の他は、実施例 4 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 2 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $13 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1.05 であった。さらに、PAN によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $130 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0080】

[実施例 16]

実施例 16 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 4 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類の Gd を含有し、膜組成を ICP 法で分析したところ、 $[Gd] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Gd])$ が 0.03 であった。なお、この相違点の他は、実施例 4 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 2 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $13 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1.05 であった。さらに、PAN によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $130 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【 0 0 8 1 】

[実施例 1 7]

実施例 1 7 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 4 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類の T b を含有し、膜組成を I C P 法で分析したところ、 $[T b] / ([I n] + [S n] + [Z n] + [T b])$ が 0 . 0 3 であった。なお、この相違点の他は、実施例 4 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 2 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $13 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1 . 0 5 であった。さらに、P A N によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $130 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

10

【 0 0 8 2 】

[実施例 1 8]

実施例 1 8 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 4 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類の D y を含有し、膜組成を I C P 法で分析したところ、 $[D y] / ([I n] + [S n] + [Z n] + [D y])$ が 0 . 0 3 であった。なお、この相違点の他は、実施例 4 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 2 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $13 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1 . 0 5 であった。さらに、P A N によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $130 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

20

【 0 0 8 3 】

[実施例 1 9]

実施例 1 9 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 4 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類の E r を含有し、膜組成を I C P 法で分析したところ、 $[E r] / ([I n] + [S n] + [Z n] + [E r])$ が 0 . 0 3 であった。なお、この相違点の他は、実施例 4 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 2 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $13 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 5 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1 . 0 5 であった。さらに、P A N によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $130 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、（可溶）であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

30

【 0 0 8 4 】

[実施例 2 0]

実施例 2 0 の非晶質酸化物半導体薄膜は、実施例 4 の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、ランタノイド類の Y b を含有し、膜組成を I C P 法で分析したところ、 $[Y b] / ([I n] + [S n] + [Z n] + [Y b])$ が 0 . 0 3 であった。なお、この相違点の他は、実施例 4 の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図 2 に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $12 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 2 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、1 . 0 5 であった。さらに、P A N によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、稼酸系

40

50

エッチング液によるエッチング速度が130 nm/分であり、評価は、（可溶）であった。また、蔭酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0085】

[比較例1]

比較例1の酸化物薄膜は、実施例1の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成をICP法で分析したところ、 $[In]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.90、 $[Sn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.10、 $[Zn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0であった。なお、この相違点の他は、実施例1の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が多結晶であり、キャリア濃度が $2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $15 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 0.00021 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、1.05であった。さらに、PANによるエッチング速度が10 nm/分未満であり、評価は、（不溶）であった。また、蔭酸系エッチング液によるエッチング速度が10 nm/分未満であり、評価は、×（不溶）であった。

10

【0086】

[比較例2]

比較例1の酸化物薄膜は、比較例1の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、高抵抗化処理を行わなかった。なお、この相違点の他は、比較例1の作製条件とほぼ同じとした。

20

また、上記製作条件にて製作した酸化物薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $20 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 0.00315 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、1.20であった。さらに、PANによるエッチング速度が200 nm/分であり、評価は、×（可溶）であった。また、蔭酸系エッチング液によるエッチング速度が50 nm/分であり、評価は、（可溶）であった。また、蔭酸系エッチング後の残渣は、×（残渣有り）であった。

【0087】

[比較例3]

比較例3の酸化物薄膜は、実施例1の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成をICP法で分析したところ、 $[In]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.66、 $[Sn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.34、 $[Zn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0であった。なお、この相違点の他は、実施例1の作製条件とほぼ同じとした。

30

また、上記製作条件にて製作した酸化物薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が多結晶であり、キャリア濃度が $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $25 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 0.00252 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値/面内の最小値）は、1.10であった。さらに、PANによるエッチング速度が10 nm/分未満であり、評価は、（不溶）であった。また、蔭酸系エッチング液によるエッチング速度が10 nm/分未満であり、評価は、×（不溶）であった。

40

【0088】

[比較例4]

比較例4の酸化物薄膜は、実施例1の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成をICP法で分析したところ、 $[In]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.90、 $[Sn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0、 $[Zn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.10であった。なお、この相違点の他は、実施例1の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が非

50

晶質であり、キャリア濃度が $3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $35 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 0.0006 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、 1.05 であった。さらに、PANによるエッチング速度が 250 nm / 分 であり、評価は、 \times （可溶）であった。また、蔞酸系エッチング液によるエッチング速度が 100 nm / 分 であり、評価は、（可溶）であった。また、蔞酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0089】

[比較例5]

比較例5の酸化物薄膜は、実施例1の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成をICP法で分析したところ、 $[\text{In}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ が 0.45 、 $[\text{Sn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ が 0.50 、 $[\text{Zn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ が 0.05 であった。なお、この相違点の他は、実施例1の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $15 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 0.005 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、 2.50 であった。さらに、PANによるエッチング速度が 10 nm / 分 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、蔞酸系エッチング液によるエッチング速度が 10 nm / 分 未満であり、評価は、 \times （不溶）であった。

【0090】

[比較例6]

比較例6の酸化物薄膜は、実施例1の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成をICP法で分析したところ、 $[\text{In}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ が 0.20 、 $[\text{Sn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ が 0.50 、 $[\text{Zn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ が 0.30 であった。なお、この相違点の他は、実施例1の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $3 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 7 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、 2.10 であった。さらに、PANによるエッチング速度が 10 nm / 分 未満であり、評価は、（不溶）であった。また、蔞酸系エッチング液によるエッチング速度が 10 nm / 分 未満であり、評価は、 \times （不溶）であった。

【0091】

[比較例7]

比較例7の酸化物薄膜は、実施例1の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理）と比べて、膜組成をICP法で分析したところ、 $[\text{In}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ が 0.20 、 $[\text{Sn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ が 0.05 、 $[\text{Zn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{Zn}])$ が 0.75 であった。なお、この相違点の他は、実施例1の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $3 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 53 cm であり、比抵抗の面内均一性（面内の最大値 / 面内の最小値）は、 1.10 であった。さらに、PANによるエッチング速度が 600 nm / 分 であり、評価は、 \times （可溶）であった。また、蔞酸系エッチング液によるエッチング速度が 1000 nm / 分 であり、評価は、（可溶）であった。また、蔞酸系エッチング後の残渣は、（残渣無し）であった。

【0092】

[比較例8]

比較例8の酸化物薄膜は、実施例1の作製条件（成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵

10

20

30

40

50

抗化処理)と比べて、IIIB族のGaを含有し、膜組成をICP法で分析したところ、 $[In]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.50、 $[Sn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0、 $[Zn]/([In]+[Sn]+[Zn])$ が0.50、 $[Ga]/([In]+[Sn]+[Zn]+[Ga])$ が0.33であった。なお、この相違点の他は、実施例1の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $7 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 11 cm であり、比抵抗の面内均一性(面内の最大値/面内の最小値)は、1.20であった。さらに、PANによるエッチング速度が $100 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、×(可溶)であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $50 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、(可溶)であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、(残渣無し)であった。

【0093】

[比較例9]

比較例9の酸化物薄膜は、比較例8の作製条件(成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理)と比べて、スパッタ条件として、雰囲気ガス; Ar 96容積% + O² 4容積%、酸素分圧; $16 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ とし、高抵抗化処理を行わなかった。なお、この相違点の他は、比較例8の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物半導体薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が非晶質であり、キャリア濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $1 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 630 cm であり、比抵抗の面内均一性(面内の最大値/面内の最小値)は、2.30であった。さらに、PANによるエッチング速度が $100 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、×(可溶)であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $50 \text{ nm} / \text{分}$ であり、評価は、(可溶)であった。また、稼酸系エッチング後の残渣は、(残渣無し)であった。

【0094】

[比較例10]

比較例10の酸化物薄膜は、比較例1の作製条件(成膜条件、膜組成原子比、及び、高抵抗化処理)と比べて、ランタノイド類のCeを含有し、膜組成をICP法で分析したところ、 $[Ce]/([In]+[Sn]+[Zn]+[Ce])$ が0.04であった。なお、この相違点の他は、比較例1の作製条件とほぼ同じとした。

また、上記製作条件にて製作した酸化物薄膜の特性は、図3に示すように、結晶性が多結晶であり、キャリア濃度が $2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度は $15 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。四端子法により測定した比抵抗の値は、 0.00021 cm であり、比抵抗の面内均一性(面内の最大値/面内の最小値)は、1.05であった。さらに、PANによるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、(不溶)であった。また、稼酸系エッチング液によるエッチング速度が $10 \text{ nm} / \text{分}$ 未満であり、評価は、×(不溶)であった。

【0095】

上記実施例1と比較例6,7を比較すると、インジウムの含有量が同じでもSn量によりPAN耐性や稼酸エッチング速度が大きく変化しており、特定の範囲だけが選択エッチング性を保持していることが分かる。また、Sn量が過剰になると面内の均一性が失われていることも分かる。

【0096】

[薄膜トランジスタの製造方法の一実施形態]

本発明の一実施形態に係る薄膜トランジスタの製造方法は、活性層として、上記実施形態の非晶質酸化物半導体薄膜を用いた薄膜トランジスタの製造方法であって、前記非晶質酸化物半導体薄膜を用いた活性層を、カルボン酸を含むエッチング液でエッチングする活性層形成工程と、前記活性層より上の層にある電極層を、オキソ酸を含むエッチング液でエッチングする電極層形成工程とを有する方法としてある。

10

20

30

40

50

【0097】

通常、上記カルボン酸として、蔞酸などが用いられ、オキソ酸として、リン酸などが用いられる。また、両エッチング液は、アニオン系又はノニオン系などの界面活性剤を含んでいることが好ましい。このように、界面活性剤を含んでいると、残渣を低減できる場合がある。

また、エッチング液の温度は、20～50 が好ましく、30～45 がより好ましい。

【0098】

本実施形態の製造方法によれば、ドライエッチング工程やリフトオフ工程を行わなくても済み、ウェットエッチングによるフォトリソグラフィ法のみで、活性層及び活性層より上の層にある電極層をパターンニングすることができる。一般的に、金属酸化物のドライエッチング工程は設備費用がかさむうえ、加工時間が長く、また堆積物による不良が発生しやすく歩留まりが低下するおそれがある。また、リフトオフ工程は、工程が多く歩留まりが低いうえ高精細化・大面積化・量産化となるおそれがある。すなわち、ドライエッチング工程やリフトオフ工程の代わりに、ウェットエッチングによるフォトリソグラフィ法のみで、パターンニングすることにより、経済性や生産性を向上させることができる。

以上説明したように、本実施形態の製造方法によれば、製造原価のコストダウンを図ることができ、また、生産性などを大幅に向上させることができる。さらに、本実施形態の製造方法は、簡便で大面積均一性や再現性に優れている。

【0099】

[薄膜トランジスタの一実施形態]

図4は、本発明の一実施形態に係る、絶縁体基板上に作製したボトムゲート型薄膜トランジスタの要部の概略断面図を示している。

図4において、ボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、ガラス基板10と、ガラス基板10上に形成されたゲート電極25と、ガラス基板10及びゲート電極25上に形成されたゲート絶縁膜24と、ゲート電極25の上方のゲート絶縁膜24上に形成された、活性層としての非晶質酸化物半導体薄膜2と、非晶質酸化物半導体薄膜2の両端上に形成されたソース電極22及びドレイン電極23とを備えている。また、非晶質酸化物半導体薄膜2は、上記実施形態の非晶質酸化物半導体薄膜を用いてある。

なお、本発明の薄膜トランジスタは、上記構成のボトムゲート型薄膜トランジスタ1に限定されるものではなく、図5に示すボトムゲート型薄膜トランジスタ1aなどの様々な構成であってもよい。

【0100】

ゲート電極25、ソース電極22及びドレイン電極23の各電極を形成する材料は、特に制限されるものではなく、本実施形態の効果を失わない範囲で一般に用いられているものを任意に選択できる。例えば、インジウム錫酸化物(ITO)、インジウム亜鉛酸化物、ZnO、SnO₂などの透明電極や、Al、Ag、Cr、Ni、Mo、Au、Ti、Taなどの金属電極、又はこれらを含む合金の金属電極などを用いることができる。また、それらを2層以上積層して接触抵抗を低減したり、界面強度を向上させてもよい。

【0101】

また、上記各電極層に透明導電膜を用いてもよい。透明導電膜はエッチング時に非晶質酸化物であることが好ましい。例えば、インジウム亜鉛酸化物や、水又は水素により非晶質化したインジウム錫酸化物(ITO)を用いることができる。インジウム錫酸化物(ITO)などの結晶化した透明導電膜は、蔞酸系エッチング液でのエッチングが困難となるおそれがある。

また、非晶質透明導電膜は、エッチング後に熱処理などによって結晶化させてもよく、このようにすると、蔞酸系エッチング液に対して耐性を有するようになるので、選択エッチングの自由度を拡大することができる。すなわち、電極層を透明導電膜とすることで、ウェットエッチングプロセスにより簡便に透明トランジスタを作製することができる。

【0102】

ゲート絶縁膜24の材料も、特に制限されるものではなく、本実施形態の発明の効果を失わない範囲で一般に用いられているものを任意に選択できる。例えば、 SiO_2 、 SiNx 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 MgO 、 ZrO_2 、 CeO_2 、 K_2O 、 Li_2O 、 Na_2O 、 Rb_2O 、 Sc_2O_3 、 Y_2O_3 、 Hf_2O_3 、 CaHfO_3 、 PbTi_3 、 BaTa_2O_6 、 SrTiO_3 、 AlN などの酸化物を用いることができる。これらのなかでも、 SiO_2 、 SiNx 、 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、 Hf_2O_3 、 CaHfO_3 を用いるのが好ましく、より好ましくは SiO_2 、 SiNx 、 Y_2O_3 、 Hf_2O_3 、 CaHfO_3 であり、特に好ましくは Y_2O_3 である。これらの酸化物の酸素数は、必ずしも化学量論比と一致していなくともよい(例えば、 SiO_2 でも SiO_x でもよい)。

このようなゲート絶縁膜24は、図示していないが、異なる2層以上の絶縁膜を積層した構造でもよい。また、ゲート絶縁膜24は、結晶質、多結晶質、非晶質のいずれであってもよいが、工業的に製造しやすい多結晶質か、非晶質であるのが好ましい。

【0103】

また、上記トップゲート型薄膜トランジスタ1aのチャンネル幅Wとチャンネル長Lの比W/Lは、通常0.1~100、好ましくは1~20、特に好ましくは2~8である。この理由は、W/Lが100を越えると漏れ電流が増えたり、on-off比が低下したりするおそれがあるからである。また、0.1より小さいと電界効果移動度が低下したり、ピンチオフが不明瞭になったりするおそれがあるからである。

さらに、チャンネル長Lは、通常0.1~1000 μm 、好ましくは1~100 μm 、さらに好ましくは2~10 μm である。この理由は、0.1 μm より短いと工業的に製造が難しくまた漏れ電流が大きくなるおそれがあるからである。また、1000 μm を超える長さとなると、素子が大きくなりすぎて好ましくないからである。

【0104】

非晶質酸化物半導体薄膜2の膜厚は、通常0.5~500nm、好ましくは1~150nm、より好ましくは3~80nm、特に好ましくは10~60nmである。この理由は、0.5nmより薄いと工業的に均一に成膜することが難しいからである。また、500nmより厚いと成膜時間が長くなり工業的に採用できないからである。また、3~80nmの範囲内にあると、移動度やオンオフ比などTFT特性が特に良好である。

【0105】

ボトムゲート型薄膜トランジスタ1の電界効果移動度は、通常 $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上とする。電界効果移動度が $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ より小さいと、スイッチング速度が遅くなるおそれがある。このような不具合をより有効に回避するために、電界効果移動度は、好ましくは $5\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上、より好ましくは $18\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上、さらに好ましくは $30\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上であり、特に好ましくは $50\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上である。

また、ボトムゲート型薄膜トランジスタ1のon-off比は、通常 10^3 以上とするが、好ましくは 10^4 以上、よりより好ましくは 10^5 以上、さらに好ましくは 10^6 以上であり、特に好ましくは 10^7 以上である。

【0106】

また、ボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、閾値電圧(V_{th})がプラスでノーマリーオフとなることが好ましい。閾値電圧(V_{th})がマイナスでノーマリーオンとなると、消費電力が大きくなるおそれがある。

さらに、TFT駆動時のゲート電圧やドレイン電圧は、通常100V以下、好ましくは50V以下、より好ましくは20V以下である。100Vより大きいと、消費電力が大きくなり実用性が低下するおそれがある。

また、本発明においては、ゲート電極25と、ソース電極22及びドレイン電極23とが自己整合していてもいなくてもよいが、自己整合していると洩れ電流が低減でき好ましい。

【0107】

上記構成のボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、非晶質酸化物半導体薄膜2を形成する際、蔘酸系エッチング液によりウェットエッチングされ、ソース電極22及びドレイン

10

20

30

40

50

電極 2 3 を形成する際、リン酸系エッチング液によりウェットエッチングされる。また、リン酸系エッチング液によりウェットエッチングされる際、露出した非晶質酸化物半導体薄膜 2 は、リン酸系エッチング液に対して不溶である。すなわち、ドライエッチング工程やリフトオフ工程の代わりに、ウェットエッチングによるフォトリソグラフィ法のみで、非晶質酸化物半導体薄膜 2、ソース電極 2 2 及びドレイン電極 2 3 をパターンニングすることにより、経済性や生産性を向上させることができる。

【 0 1 0 8 】

また、トップゲート型薄膜トランジスタ 1 a は、ソース電極 2 2 及びドレイン電極 2 3 を形成する際、リン酸系エッチング液によりウェットエッチングされ、非晶質酸化物半導体薄膜 2 を形成する際、稼酸系エッチング液によりウェットエッチングされる。稼酸系エッチング液によりウェットエッチングされる際、ソース電極 2 2 及びドレイン電極 2 3 が、上記金属電極や結晶化された透明導電膜からなる電極の場合、稼酸系エッチング液に対して不溶である。すなわち、ドライエッチング工程やリフトオフ工程の代わりに、ウェットエッチングによるフォトリソグラフィ法のみで、非晶質酸化物半導体薄膜 2、ソース電極 2 2 及びドレイン電極 2 3 をパターンニングすることにより、経済性や生産性を向上させることができる。

【 0 1 0 9 】

また、好ましくは、非晶質酸化物半導体薄膜 2 がカルボン酸を含むエッチング液でエッチングされ、さらに、非晶質酸化物半導体薄膜 2 上に、オキシ酸を含むエッチング液でエッチングされたソース電極 2 2 及びドレイン電極 2 3 を備えているとよい。

このようにすると、カルボン酸を含むエッチング液やオキシ酸を含むエッチング液で、非晶質酸化物半導体薄膜 2 や各電極 2 2、2 3 をエッチングすることができる。すなわち、非晶質酸化物半導体薄膜 2 は、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、稼酸系エッチング液に対して可溶であることから、稼酸系エッチング液とほぼ同等以上の溶解性能を有するカルボン酸を含むエッチング液を用いても、非晶質酸化物半導体薄膜 2 を溶解することができる。また、リン酸系エッチング液とほぼ同等以上の溶解性能を有し、かつ、非晶質酸化物半導体薄膜 2 を溶解しないオキシ酸を含むエッチング液を用いても、ソース電極 2 2 及びドレイン電極 2 3 を溶解することができる。

なお、PAN などのオキシ酸を含むエッチング液でウェットエッチングするのは、ゲート電極 2 5、ソース電極 2 2、ドレイン電極 2 3 の一部でもよい。ただし、工程の簡素化の観点から、ゲート電極 2 5、ソース電極 2 2、ドレイン電極 2 3 の全てを同じエッチング液でウェットエッチングすることが好ましい。

また、本発明の薄膜トランジスタは、図 4 に示すボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 でも、図 5 に示すトップゲート型薄膜トランジスタ 1 a でもよく、移動度などの TFT 特性の良好なボトムゲート型が好ましい。

【 0 1 1 0 】

また、図示してないが、好ましくは、非晶質酸化物半導体薄膜 2 が、層厚方向に組成が変化しており、ゲート絶縁膜 2 4 から遠い第一の領域と、ゲート絶縁膜 2 4 に近い第二の領域とを有しており、第二の領域の酸素濃度が、第一の領域の酸素濃度より濃いとよい。

このようにすると、ゲート絶縁膜 2 4 側の酸素が多いので、ゲート絶縁膜 2 4 との界面付近のキャリア密度が低減でき、トランジスタのオンオフ比などを向上させることができる。

【 0 1 1 1 】

また、図示してないが、好ましくは、非晶質酸化物半導体薄膜 2 が、層厚方向に組成が変化しており、ゲート絶縁膜 2 4 から遠い第一の領域と、ゲート絶縁膜 2 4 に近い第二の領域とを有しており、第二の領域の S_n 濃度が、第一の領域の S_n 濃度より薄いとよい。

このようにすると、ゲート絶縁膜 2 4 側の S_n が少ないので、PAN 耐性を維持しつつゲート絶縁膜 2 4 との界面付近のキャリア密度が低減でき、トランジスタのオンオフ比などを向上させることができる。

【 0 1 1 2 】

以上説明したように、本実施形態のボトムゲート型薄膜トランジスタ1によれば、ドライエッチング工程やリフトオフ工程の代わりに、ウェットエッチングによるフォトリソグラフィ法のみで、非晶質酸化物半導体薄膜2、ソース電極22及びドレイン電極23をパターンニングすることができる。したがって、製造原価のコストダウンを図ることができ、また、生産性を大幅に向上させることができる。また、ボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、電界効果移動度が高く、信頼性が高く、活性層が透明で高精細とすることができる。

【0113】

次に、上述した実施例及び比較例の非晶質酸化物半導体薄膜を用いて、以下のように薄膜トランジスタを製造して、その評価を行った。これら薄膜トランジスタの実施例及び比較例について、説明する。

【0114】

[実施例A1：ボトムゲート型透明薄膜トランジスタ/絶縁体基板]

まず、図4に示すように、ガラス基板10上にDCマグネトロンスパッタ法によりAl膜を成膜した。次に、フォトレジストの塗布、フォトマスクを用いたゲート電極25および配線のパターンを露光し、現像液で現像した。続いて、35のPAN系エッチング液(リン酸91.4wt%、硝酸3.3wt%、酢酸5.3wt%)を用いたエッチングによりゲート電極25および配線パターンを形成した。

次に、CVD法によりゲート絶縁膜24として、SiNx膜300nmを成膜した。

次に、成膜時間以外は上記実施例1と同じ条件で、厚み30nmの非晶質酸化物半導体薄膜2を成膜した。続いて、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを用いた活性層パターンを露光し、現像液で現像した。そして、蔞酸系エッチング液として、35のITO-06N(関東化学(株))を用いたエッチングにより、非晶質酸化物半導体薄膜2からなる活性層を形成した。

【0115】

次に、DCマグネトロンスパッタ法によりMo、Alの順に成膜した。続いて、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを用いたソース電極22、ドレイン電極23および配線のパターンを露光し、現像液で現像した。そして、35のPAN系エッチング液(リン酸91.4wt%、硝酸3.3wt%、酢酸5.3wt%)を用いたエッチングにより、ソース電極22、ドレイン電極23および配線を形成した。

本実施例のボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、チャネル長さ $L = 50 \mu\text{m}$ 、チャネル幅 $W = 100 \mu\text{m}$ とした。

このボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、電界効果移動度； $25 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、on-off比； 10^5 以上、閾値電圧(Vth)；+2.0V(ノーマリーオフ)であり、出力特性は明瞭なピンチオフを示した。すなわち、十分良好なトランジスタ特性を有していた。

【0116】

[実施例A2：ボトムゲート型透明薄膜トランジスタ/絶縁体基板]

本実施例A2のボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、上記実施例A1と比べて、非晶質酸化物半導体薄膜2として上記実施例1の代わりに実施例4, 7, 8, 15などを用いた。なお、この相違点の他は、実施例A1とほぼ同様に薄膜トランジスタを作製した。

実施例4を用いたボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、電界効果移動度； $35 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、on-off比； 10^4 以上、閾値電圧(Vth)；+1.0V(ノーマリーオフ)であり、出力特性は明瞭なピンチオフを示した。すなわち、十分良好なトランジスタ特性を有していた。

また、実施例7を用いたボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、電界効果移動度； $30 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、on-off比； 10^6 以上、閾値電圧(Vth)；+1.0V(ノーマリーオフ)であり、出力特性は明瞭なピンチオフを示した。すなわち、十分良好なトランジスタ特性を有していた。

さらに、実施例8を用いたボトムゲート型薄膜トランジスタ1は、電界効果移動度；2

10

20

30

40

50

$5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、 on-off 比； 10^7 以上、閾値電圧 (V_{th})； $+1.5 \text{ V}$ (ノーマリーオフ) であり、出力特性は明瞭なピンチオフを示した。すなわち、十分良好なトランジスタ特性を有していた。

また、実施例 15 を用いたボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 は、電界効果移動度； $30 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、 on-off 比； 10^6 以上、閾値電圧 (V_{th})； $+1.0 \text{ V}$ (ノーマリーオフ) であり、出力特性は明瞭なピンチオフを示した。すなわち、十分良好なトランジスタ特性を有していた。

すなわち、上記各ボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 は、実施例 A 1 とほぼ同様に、十分良好なトランジスタ特性を有していた。また、IIIB 族やランタノイド類を添加したものは、オンオフ比が大幅に向上した。また、伝達特性測定時に発生していたヒステリシスが大幅に減少し、動作の安定性が向上した。

なお、図 1, 2 に示すように、非晶質酸化物半導体薄膜 2 として、他の実施例を用いて、実施例 A 1 とほぼ同様にボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 を作製したところ、いずれも、TFT 特性を確認することができた。

【0117】

[実施例 B 1 : トップゲート型透明薄膜トランジスタ / 絶縁体基板]

まず、図 5 に示すように、ガラス基板 10 上に、DC マグネトロンスパッタ法により Mo、Al の順に成膜した。続いて、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを用いたソース電極 22、ドレイン電極 23 および配線のパターンを露光し、現像液で現像した。そして、35 の PAN 系エッチング液 (リン酸 9.4 wt%、硝酸 3.3 wt%、酢酸 5.3 wt%) を用いたエッチングにより、ソース電極 22、ドレイン電極 23 および配線を形成した。本実施例のトップゲート型薄膜トランジスタ 1a は、チャンネル長さ $L = 50 \mu\text{m}$ 、チャンネル幅 $W = 100 \mu\text{m}$ とした。

次に、成膜時間以外は上記実施例 1 と同じ条件で、厚み 30 nm の非晶質酸化物半導体薄膜 2 を成膜した。続いて、フォトレジストを塗布し、フォトマスクを用いた活性層パターンを露光し、現像液で現像した。そして、蔞酸系エッチング液として、35 の ITO-06N (関東化学(株)) を用いたエッチングにより、非晶質酸化物半導体薄膜 2 からなる活性層を形成した。

【0118】

次に、CVD 法によりゲート絶縁膜 24 として、 SiNx 膜 300 nm を成膜した。

続いて、DC マグネトロンスパッタ法により Al 膜を成膜した。次に、フォトレジストの塗布、フォトマスクを用いたゲート電極 25 および配線のパターンを露光し、現像液で現像した。続いて、35 の PAN 系エッチング液 (リン酸 9.4 wt%、硝酸 3.3 wt%、酢酸 5.3 wt%) を用いたエッチングによりゲート電極 25 および配線パターンを形成した。

【0119】

このトップゲート型薄膜トランジスタ 1a は、電界効果移動度； $25 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、 on-off 比； 10^5 以上、閾値電圧 (V_{th})； $+2.0 \text{ V}$ (ノーマリーオフ) であり、出力特性は明瞭なピンチオフを示した。すなわち、十分良好なトランジスタ特性を有していた。

【0120】

[比較例 A 0 : ボトムゲート型透明薄膜トランジスタ / 絶縁体基板]

本比較例 A 0 のボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 は、上記実施例 A 1 と比べて、非晶質酸化物半導体薄膜 2 として上記実施例 1 の代わりに比較例 6 を用いた。なお、この相違点の他は、実施例 A 1 とほぼ同様に薄膜トランジスタを作製しようとした。

ところが、活性層をパターンニングできず、ボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 を作製できなかった。

なお、図 3 に示すように、非晶質酸化物半導体薄膜 2 として、他の比較例を用いて、実施例 A 1 とほぼ同様にボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 を作製したところ、いずれも、TFT 特性を確認することができなかった。すなわち、蔞酸系エッチング液に対するエッ

10

20

30

40

50

チング性を有しない比較例 1, 3, 5, 6, 10 をもちいたものは、活性層をパターンニングできなかつた。また、蔭酸系エッチング液に対するエッチング性を有する比較例 2, 4, 7, 8, 9 をもちいたものは、薄膜トランジスタ特性が得られなかつた。確認したところ、PAN 耐性を有しないため、活性層が溶解して消失していた。

【0121】

[比較例 B0: トップゲート型透明薄膜トランジスタ/絶縁体基板]

本比較例 B0 のトップゲート型薄膜トランジスタ 1 a は、上記実施例 B1 と比べて、非晶質酸化半導体薄膜 2 として上記実施例 1 の代わりに比較例 6 を用いたが、活性層をパターンニングできず、薄膜トランジスタを作製できなかつた。

なお、トップゲート型薄膜トランジスタ 1 a は、蔭酸系エッチング液に対するエッチング性を有する比較例 2, 4, 7, 8, 9 をもちいると、各比較例の PAN 耐性の有無にかかわらず、作製可能であつた。また、図示していないが、比較例 7, 8, 9 をもちいたトップゲート型薄膜トランジスタ 1 a については、TFT 特性を確認できた。

【0122】

[表示装置の一実施形態]

図 6 は、本発明の一実施形態に係る表示装置の構成を説明するための、要部の概略拡大断面図を示している。

図 6 において、画像表示装置 3 は、ガラス基板 10、光制御素子としての液晶 40、この液晶 40 を駆動するための、上述したボトムゲート型薄膜トランジスタ 1、画素電極 30 及び対向電極 50 を備えている。また、電界効果型トランジスタであるボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 は、透明なガラス基板 10 にマトリックス状に配設されている。

なお、本発明の光制御素子は、液晶を含むものに限定されるものではなく、たとえば、電気泳動粒子を含み、該電気泳動粒子を利用するものや、自ら発光する有機 EL 素子や無機 EL 素子などでもよい。なお、自ら発光する有機 EL 素子や無機 EL 素子などを用いた装置は、発光装置と呼称してもよい。

また、上記ボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 が形成される基体は、透明なガラス基板 10 に限定されるものではなく、たとえば、可撓性を有する樹脂フィルムなどであってもよい。

【0123】

ボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 は、ガラス基板 10 上に形成されたゲート電極 25 と、ゲート電極 25 及びガラス基板 10 上に形成されたゲート絶縁膜 24 と、活性層としての非晶質酸化半導体薄膜 2 と、非晶質酸化半導体薄膜 2 の両端上に形成されたソース電極 22 及びドレイン電極 23 とを備えている。また、ボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 上には、酸化シリコン又は窒化シリコンなどからなる層間絶縁膜 26 が形成されている。

なお、画像表示装置 3 は、ボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 に限定されるものではなく、例えば、トップゲート型などの様々な構成のトランジスタであってもよい。さらに、一つの画素に対して、スイッチトランジスタと駆動トランジスタなどを備えた構成としてもよい。

【0124】

画素電極 30 は、ゲート絶縁膜 24 上に形成され、ドレイン電極 23 と接続されている。また、画素電極 30 及び層間絶縁膜 26 上に、配向膜としての高抵抗膜 41、42 及び対向電極 50 (通常、高抵抗膜 42 と対向電極 50 は、対向基板 (図示せず) に形成されている。) が形成され、高抵抗膜 41 と高抵抗膜 42 の間の隙間に、液晶 40 が注入されている。

【0125】

以上説明したように、本実施形態の画像表示装置 3 によれば、ボトムゲート型薄膜トランジスタ 1 を作製する際、ドライエッチング工程やリフトオフ工程の代わりに、ウェットエッチングによるフォトリソグラフィ法のみで、非晶質酸化半導体薄膜 2、ソース電極 22 及びドレイン電極 23 をパターンニングすることができる。したがって、製造原価のコ

10

20

30

40

50

ストダウンを図ることができ、また、生産性を大幅に向上させることができる。

【0126】

[スパッタリングターゲットの第一実施形態]

また、本発明は、スパッタリングターゲットの発明としても、有効である。

本実施形態のスパッタリングターゲットは、インジウム、錫、亜鉛、前記インジウム以外のIIIB族(=B、Al、Ga、Tlのうち少なくとも一つ)及び酸素を含有し、インジウムの原子の数(=[In])と、錫の原子の数(=[Sn])と、亜鉛の原子の数(=[Zn])と、IIIB族の原子の数(=[IIIB])の原子比が、

$$0.1 < [In] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.5$$

$$0.1 < [Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.2$$

$$0.3 < [Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.8$$

$$0.0001 < [IIIB] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [IIIB]) < 0.33$$

であり、さらに、バルク抵抗が $10^{-3} \sim 10^3 \text{ m}$ 、焼結密度が80%以上である。

【0127】

本実施形態のスパッタリングターゲットによれば、上述したように、キャリア密度が 10^{+18} cm^{-3} 未満であり、さらに、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、砒酸系エッチング液に対して可溶である非晶質酸化物半導体薄膜を製造することができる。さらに、インジウム以外のIIIB族を含有することにより、キャリア密度を下げやすくなり、また、キャリア密度の低い状態が安定化しトランジスタに利用した場合の信頼性が向上する。

また、このスパッタリングターゲットを用いて作製した非晶質酸化物半導体薄膜は、砒酸系エッチング液を用いてウェットエッチングされ、さらに、この非晶質酸化物半導体薄膜上に、リン酸系エッチング液を用いたウェットエッチングで電極をパターンニングすることができる。したがって、製造原価のコストダウンを図ることができるとともに、生産性などを向上させることができる。

【0128】

[スパッタリングターゲットの第二実施形態]

また、本実施形態のスパッタリングターゲットは、インジウム、錫、亜鉛、ランタノイド類(=La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luのうち少なくとも一つ)及び酸素を含有し、インジウムの原子の数(=[In])と、錫の原子の数(=[Sn])と、亜鉛の原子の数(=[Zn])と、ランタノイド類の原子の数(=[Ln])の原子比が、

$$0.1 < [In] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.5$$

$$0.1 < [Sn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.2$$

$$0.3 < [Zn] / ([In] + [Sn] + [Zn]) < 0.8$$

$$0.0001 < [Ln] / ([In] + [Sn] + [Zn] + [Ln]) < 0.1$$

であり、さらに、バルク抵抗が $10^{-3} \sim 10^3 \text{ m}$ 、焼結密度が80%以上である。

【0129】

本実施形態のスパッタリングターゲットによれば、上述したように、キャリア密度が 10^{+18} cm^{-3} 未満であり、さらに、リン酸系エッチング液に対して不溶であり、かつ、砒酸系エッチング液に対して可溶である非晶質酸化物半導体薄膜を製造することができる。さらに、ランタノイド類を含有することにより、キャリア密度を下げやすくなり、また、キャリア密度の低い状態が安定化しトランジスタに利用した場合の信頼性が向上する。

また、このスパッタリングターゲットを用いて作製した非晶質酸化物半導体薄膜は、砒酸系エッチング液を用いてウェットエッチングされ、さらに、この非晶質酸化物半導体薄膜上に、リン酸系エッチング液を用いたウェットエッチングで電極をパターンニングすることができる。したがって、製造原価のコストダウンを図ることができるとともに、生産性などを向上させることができる。

【0130】

10

20

30

40

50

以上、本発明の非晶質酸化物半導体薄膜、その製造方法、薄膜トランジスタの製造方法、電界効果型トランジスタ、画像表示装置及びスパッタリングについて、好ましい実施形態を示して説明したが、本発明に係る非晶質酸化物半導体薄膜、その製造方法、薄膜トランジスタの製造方法、電界効果型トランジスタ、画像表示装置及びスパッタリングは、上述した実施形態にのみ限定されるものではなく、本発明の範囲で種々の変更実施が可能であることは言うまでもない。

例えば、画像表示装置は、液晶画像表示装置に限定されるものではなく、EL画像表示装置などであってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0131】

本発明に係る非晶質酸化物半導体薄膜は、様々な半導体素子、半導体装置、回路などに広く用いられ、例えば、ICカードやIDタグなどの構成要素としても幅広く応用できる。

【図面の簡単な説明】

【0132】

【図1】図1は、実施例1～10に対する、成膜条件、膜組成原子比、高抵抗化処理、半導体薄膜の特性、及び、TFT特性を表した表1を示している。

【図2】図2は、実施例11～20に対する、成膜条件、膜組成原子比、高抵抗化処理、半導体薄膜の特性、及び、TFT特性を表した表2を示している。

【図3】図3は、比較例1～10に対する、成膜条件、膜組成原子比、高抵抗化処理、半導体薄膜の特性、及び、TFT特性を表した表3を示している。

【図4】図4は、本発明の一実施形態に係る、絶縁体基板上に作製したボトムゲート型薄膜トランジスタの要部の概略断面図を示している。

【図5】図5は、本発明の一実施形態の応用例に係る、絶縁体基板上に作製したトップゲート型薄膜トランジスタの要部の概略断面図を示している。

【図6】図6は、本発明の一実施形態に係る表示装置の、電界効果型薄膜トランジスタの構成を説明するための、要部の概略拡大断面図を示している。

【符号の説明】

【0133】

- 1 ボトムゲート型薄膜トランジスタ
- 1 a トップゲート型薄膜トランジスタ
- 2 非晶質酸化物半導体薄膜
- 3 画像表示装置
- 10 ガラス基板
- 22 ソース電極
- 23 ドレイン電極
- 24 ゲート絶縁膜
- 25 ゲート電極
- 25 a 導電性シリコン基板（ゲート電極）
- 26 層間絶縁膜
- 30 画素電極
- 40 液晶
- 41、42 高抵抗膜
- 50 対向電極

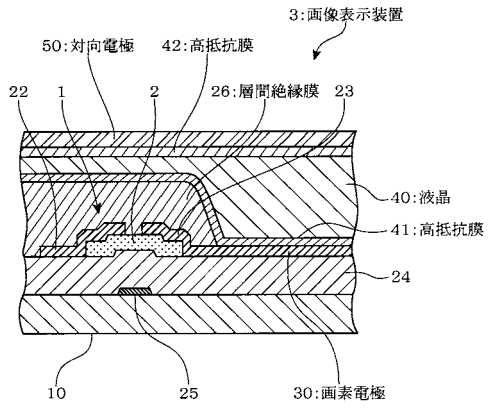
10

20

30

40

【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
H 0 1 L 21/306 (2006.01)		H 0 1 L 21/306	B
H 0 1 L 21/363 (2006.01)		H 0 1 L 21/363	
H 0 1 L 29/26 (2006.01)		H 0 1 L 29/26	
H 0 1 L 21/336 (2006.01)		H 0 1 L 29/78	6 2 7 C

(56)参考文献 国際公開第2007/026783(WO,A1)
 特開2006-165529(JP,A)
 特開2006-186319(JP,A)
 国際公開第2005/088726(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 2 3 C 1 4 / 0 8
 C 2 3 C 1 4 / 3 4
 G 0 2 F 1 / 1 3 6 8
 G 0 9 F 9 / 3 0
 H 0 1 L 2 1 / 3 0 6
 H 0 1 L 2 1 / 3 3 6
 H 0 1 L 2 1 / 3 6 3
 H 0 1 L 2 9 / 2 6
 H 0 1 L 2 9 / 7 8 6