

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3819249号
(P3819249)

(45) 発行日 平成18年9月6日(2006.9.6)

(24) 登録日 平成18年6月23日(2006.6.23)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/20 (2006.01)

H O 1 L 21/20

H O 1 L 29/786 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 2 7 G

H O 1 L 21/336 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 2 7 Z

G O 2 F 1/1368 (2006.01)

G O 2 F 1/1368

請求項の数 17 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2001-87240 (P2001-87240)
 (22) 出願日 平成13年3月26日(2001.3.26)
 (62) 分割の表示 特願平9-205346の分割
 原出願日 平成9年7月14日(1997.7.14)
 (65) 公開番号 特開2001-338875 (P2001-338875A)
 (43) 公開日 平成13年12月7日(2001.12.7)
 審査請求日 平成16年5月7日(2004.5.7)

(73) 特許権者 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398番地
 (72) 発明者 山崎 舜平
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

審査官 山本 雄一

(56) 参考文献 特開平09-115831 (JP, A)
 特開平08-213316 (JP, A)

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)
 H01L 21/20
 H01L 21/336
 H01L 29/786

(54) 【発明の名称】 薄膜トランジスタの作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を選択的に導入し、
 前記第1の非晶質半導体膜を加熱して結晶性半導体膜を形成し、
 前記結晶性半導体膜上に周期表の15族に属する元素を含有する第2の非晶質半導体膜を形成し、

前記第2の非晶質半導体膜にレーザー光を照射して前記第2の非晶質半導体膜を活性化し、

前記結晶性半導体膜および前記第2の非晶質半導体膜を加熱して前記金属元素を前記第2の非晶質半導体膜に移動させて前記結晶性半導体膜から前記金属元素を除去し、

10

前記第2の非晶質半導体膜を除去し、

前記結晶性半導体膜にチャネル形成領域、ソース領域及びドレイン領域を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項2】

第1の非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を選択的に導入し、
 前記第1の非晶質半導体膜を加熱して結晶性半導体膜を形成し、
 前記結晶性半導体膜上にバリア膜を形成し、
 前記バリア膜上に周期表の15族に属する元素を含有する第2の非晶質半導体膜を形成し、

前記第2の非晶質半導体膜にレーザー光を照射して前記第2の非晶質半導体膜を活性化

20

し、

前記結晶性半導体膜および前記第2の非晶質半導体膜を加熱して前記金属元素を前記第2の非晶質半導体膜に移動させて前記結晶性半導体膜から前記金属元素を除去し、

前記第2の非晶質半導体膜を除去し、

前記バリア膜を除去し、

前記結晶性半導体膜にチャネル形成領域、ソース領域及びドレイン領域を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項3】

第1の非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を選択的に導入し、

前記第1の非晶質半導体膜を加熱して結晶性半導体膜を形成し、

前記結晶性半導体膜上に周期表の15族に属する元素を含有する第2の非晶質半導体膜を形成し、

前記第2の非晶質半導体膜に赤外光を照射して前記第2の非晶質半導体膜を活性化し、

前記結晶性半導体膜および前記第2の非晶質半導体膜を加熱して前記金属元素を前記第2の非晶質半導体膜に移動させて前記結晶性半導体膜から前記金属元素を除去し、

前記第2の非晶質半導体膜を除去し、

前記結晶性半導体膜にチャネル形成領域、ソース領域及びドレイン領域を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項4】

第1の非晶質半導体膜に珪素の結晶化を助長する金属元素を選択的に導入し、

前記第1の非晶質半導体膜を加熱して結晶性半導体膜を形成し、

前記結晶性半導体膜上にバリア膜を形成し、

前記バリア膜上に周期表の15族に属する元素を含有する第2の非晶質半導体膜を形成し、

前記第2の非晶質半導体膜に赤外光を照射して前記第2の非晶質半導体膜を活性化し、

前記結晶性半導体膜および前記第2の非晶質半導体膜を加熱して前記金属元素を前記第2の非晶質半導体膜に移動させて前記結晶性半導体膜から前記金属元素を除去し、

前記第2の非晶質半導体膜を除去し、

前記バリア膜を除去し、

前記結晶性半導体膜にチャネル形成領域、ソース領域及びドレイン領域を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項5】

請求項1乃至請求項4のいずれか一において、前記周期表の15族に属する元素は、リン、砒素もしくはアンチモンであることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項6】

請求項1乃至請求項4のいずれか一において、前記第1の非晶質半導体膜は、非晶質珪素膜であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項7】

請求項1乃至請求項4のいずれか一において、前記珪素の結晶化を助長する金属元素は、Fe、Co、Ni、Pd、Ir、Pt、CuもしくはAuであることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項8】

請求項1乃至請求項4のいずれか一において、前記第2の非晶質半導体膜の膜厚は、前記第1の非晶質半導体膜の膜厚よりも厚いことを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項9】

請求項1乃至請求項4のいずれか一において、前記第2の非晶質半導体膜は、 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ ($0 < x < 1$) であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項10】

請求項1乃至請求項4のいずれか一において、前記結晶性半導体膜および前記第2の非

10

20

30

40

50

晶質半導体膜の加熱は、450～750 の温度で行われることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 1 1】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかーにおいて、前記第 2 の非晶質半導体膜に含有された周期表の 15 族に属する元素の濃度は、前記珪素の結晶化を助長する金属元素の濃度よりも高いことを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 1 2】

請求項 2 又は請求項 4 において、前記バリア膜は、酸化珪素膜、窒化珪素膜もしくは酸化窒化珪素膜であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかーにおいて、前記結晶性半導体膜および前記第 2 の非晶質半導体膜の加熱後、前記第 2 の非晶質半導体膜中の前記珪素の結晶化を助長する金属元素の濃度は、前記結晶性半導体膜中の前記珪素の結晶化を助長する金属元素の濃度よりも高くなることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれかーにおいて、前記周期表の 15 族に属する元素は、前記第 2 の非晶質半導体膜にドーピングされていることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至請求項 1 4 のいずれかーに記載の薄膜トランジスタは、ボトムゲート型であることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至請求項 1 5 のいずれかーに記載の薄膜トランジスタの作製方法を含むことを特徴とする液晶表示装置の作製方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至請求項 1 5 のいずれかーに記載の薄膜トランジスタの作製方法を含むことを特徴とする E L 表示装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本明細書で開示する発明は、結晶性珪素膜の作製方法に関する。またはその結晶性珪素膜を用いた半導体装置の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

絶縁表面上に形成された珪素膜を用いた薄膜トランジスタ（以下 T F T と称する）が知られている。

【0003】

現在実用化されている薄膜トランジスタの形態は、非晶質珪素膜を用いたものと高温ポリシリコンと称される結晶性珪素膜を用いたものである。

【0004】

非晶質珪素膜を用いたものは、ガラス基板を利用できる関係からアクティブマトリクス型の液晶表示装置に盛んに利用されている。

【0005】

しかし、非晶質珪素膜を用いた T F T は、その電気的な特性が低いので、アクティブマトリクス回路に利用する以外には特に応用分野がない。

【0006】

他方、液晶パネル内に駆動回路を内蔵させたり、より高い表示機能を得るためにより特性の高い T F T を得ることが要求されている。また、アクティブマトリクス以外に T F T の応用範囲を広げるために非晶質珪素膜よりも高い特性を有する T F T が要求されている。

【0007】

10

20

30

40

50

高温 p - S i というのは、900 以上というような高温での加熱処理を利用して結晶性珪素膜を得る技術を利用して得られる。

【0008】

高い特性を要求する観点からは、結晶性珪素膜を用いることが好ましい。しかし、高温 p - S i 膜を作製する際に必要とされる加熱処理温度では、基板としてガラス基板が利用できないという問題がある。

【0009】

薄膜トランジスタは、主に L C D 装置に利用されるものであり、基板としてガラス基板が利用できることが要求される。

【0010】

また、プロセスマージンや生産コストを下げるためによりプロセス温度を下げることが要求されている。

【0011】

この問題を解決する手段として、より低温でのプロセス温度で結晶性珪素膜を得る技術が研究されている。

【0012】

このプロセスは、高温ポリシリコンを作製するプロセス（高温プロセス）に対応させて低温プロセスと称されている。

【0013】

また、この低温プロセスで作製された結晶性珪素膜を低温ポリシリコンと称する。

【0014】

低温ポリシリコン膜を作製する技術としては、レーザー照射による方法と加熱による方法とに大別することができる。

【0015】

レーザー照射による方法は、レーザー光が非晶質珪素膜の表面近傍で直接吸収される関係上、非晶質珪素膜の表面が瞬間的に加熱されるのみで、全体が加熱されることがない。従って、レーザー光の照射は、実質的に加熱を行わない工程とすることができる。

【0016】

しかし、この方法は、レーザー発振器の安定性に問題があり、また大面積に対応させることにも問題がある。また、得られる結晶性珪素膜の結晶性も十分なものではない。

【0017】

他方、加熱による方法は、ガラス基板が耐えるような温度での加熱処理では、必要とする結晶性珪素膜を得ることができないのが現状である。

【0018】

このような現状の問題点を改善する技術として、本出願人による特開平 6 - 2 6 8 2 1 2 号に記載された技術がある。

【0019】

この技術は、ニッケルに代表される珪素の結晶化を助長する金属元素を非晶質珪素膜の表面に接して保持させ、その後に加熱処理を行うことで、従来よりも低温でしかもガラス基板が耐える温度でもって、必要とする結晶性を有した結晶性珪素膜を得ることができる技術である。

【0020】

このニッケルを利用する結晶化技術は、ガラス基板が耐えるようなより低温での加熱処理によって、必要とする結晶性を有した結晶性珪素膜を得ることができる有用なものである。

【0021】

しかし、結晶化に利用したニッケルが活性層中に残留することが避けられず、そのことが T F T の特性の不安定性や信頼性の低下を招いていた。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

本明細書で開示する発明は、上述した珪素の結晶化を助長する金属元素を用いた結晶性珪素膜を得る技術において、得られる珪素膜中に残留するニッケル元素の影響を排除する構成を提供することを課題とする。

【0023】

【課題を解決するために手段】

本明細書で開示する発明の一つは、

珪素の結晶化を助長する金属元素の作用により結晶化された珪素膜を形成する工程と、

該珪素膜の少なくとも一部の表面にバリア膜を形成する工程と、

該バリア膜上び15族の元素を含有させた珪素膜を成膜する工程と、

加熱処理を施し、前記金属元素を前記珪素膜から前記15族の元素を含有させた珪素膜に移動させる工程と、

前記15族の元素を含有させた珪素膜を除去する工程と、

を有することを特徴とする半導膜の作製方法である。

【0024】

上記の発明において、珪素の結晶化を助長する金属元素としては、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Au、Ge、Pb、Inから選ばれた一種または複数種類のものを用いることができる。

【0025】

しかし珪素の結晶化を助長する金属元素として、Niを利用することが特に好ましい。Niを利用した場合に本明細書に開示する発明を最も顕著に得ることができる。

【0026】

バリア膜としては、酸化膜、窒化膜、酸化窒化珪素膜から選ばれた膜を利用することができる。酸化膜としては、自然酸化膜、熱酸化膜、プラズマCVD法で成膜された酸化珪素膜等を用いることができる。

【0027】

このバリア膜は、後の珪素膜のエッチングに際してエッチングストッパーとして利用される。よってその機能を有していることが重要となる。

【0028】

15族から選ばれた元素としては、P、As、Sbから選ばれた元素を用いることができる。

【0029】

特に15族から選ばれた元素としては、P(燐)を用いることが最も好ましい。本明細書で開示する発明は、結晶化を助長する金属元素としてニッケルを用い、15族から選ばれた元素として燐を用いた場合に特に顕著な効果を得ることができる。

【0030】

また当該金属元素を移動させるための加熱処理は、450 ~ 750 から選択された温度で行うことが重要である。

【0031】

上述した半導体膜を用いて、薄膜トランジスタ、さらには薄膜トランジスタを用いた半導体装置を作製することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】

図1に具体的な作製工程例を示す。まず、珪素の結晶化を助長する金属元素であるニッケルを103で示されるように非晶質珪素膜102の表面に接して保持させる。(図1(A))

【0033】

そして、加熱処理を加えて非晶質珪素膜を結晶化させ、結晶性珪素膜104を得る。この際、珪素膜104中にニッケル元素が拡散する。(図1(B))

【0034】

さらに熱酸化膜105を成膜し、さらに燐を高濃度に含有した非晶質珪素膜106を成膜

10

20

30

40

50

する。(図1(C))

【0035】

次に加熱処理を施し、燐を含有した珪素膜106中に存在するニッケル元素を珪素膜106中に移動させる。

【0036】

そして熱酸化膜105をエッチングストッパーとしてニッケル元素を吸い上げた珪素膜106を除去する。

【0037】

こうして、ニッケル元素の作用により高い結晶性が得られ、さらにニッケル元素の濃度が減少させられた珪素膜104を得ることができる。

10

【0038】

【実施例】

〔実施例1〕

図1に本実施例の作製工程を示す。本実施例では、ガラス基板上に結晶性珪素膜を作製する工程を示す。

【0039】

まずガラス基板101上に非晶質珪素膜102を減圧熱CVD法によって、50nmの厚さに成膜する。

【0040】

本実施例では、ガラス基板101としては、コーニング1737ガラス基板(歪点667)を用いる。一般にガラス基板の耐熱温度は、その歪点を目安とすることができる。

20

【0041】

非晶質珪素膜の成膜方法としては、プラズマCVD法を利用してもよい。しかし、結晶化を阻害する含有水素量の問題等を考慮した場合、減圧熱CVD法を用いた方が好ましい。

【0042】

なお、本実施例ではガラス基板の表面に直接非晶質珪素膜を成膜する例をしめすが、非晶質珪素膜の下地として酸化珪素膜や窒化珪素膜、さらには酸化窒化珪素膜等を成膜する構成を採用してもよい。

【0043】

非晶質珪素膜を成膜したら、ニッケル濃度を重量換算で10ppmの濃度に調整したニッケル酢酸塩溶液を塗布し、さらにスピンドライを用いてスピンドライを行い余分な溶液を吹き飛ばす。

30

【0044】

こうして、図1(A)の103で示されるようにニッケル元素が非晶質珪素膜102の表面に接して保持された状態を得る。

【0045】

ニッケルの導入方法は、本実施例に示すような溶液を用いる方法が最も簡便であり、生産性も非常に高い。また、ニッケル濃度を調整することで簡単にニッケルの導入量を調整できる点でも有利である。

【0046】

他のニッケルの導入方法としては、CVD法、スパッタ法、蒸着法、ガス吸着法、イオン注入法等の方法を利用することができる。

40

【0047】

図1(A)に示す状態を得たら、この状態で加熱処理を行い、非晶質珪素膜102を結晶化させ、図1(B)に示す結晶性珪素膜104を得る。

【0048】

この加熱処理は、窒素雰囲気中において、600、8時間の条件で行う。この加熱処理は、450～ガラス基板の歪点以下の温度で行うことができる。

【0049】

なお一般にニッケルを導入しない場合は、600、8時間の加熱処理では非晶質珪素膜

50

は結晶化しない。

【0050】

上記の加熱処理において、非晶質珪素膜102の表面に接して保持されていたニッケル元素は膜中に拡散する。そしてその際に結晶化が進行する。

【0051】

この工程は、ニッケルを膜中に拡散させることにより、結晶化を促進させるものであるといえる。

【0052】

結晶性珪素膜104中には、ニッケル元素が 1×10^{18} 原子/cm³ ~ 5×10^{18} 原子/cm³程度の濃度で存在している。この濃度の計測は、SIMS(2次イオン分析方法)によって行った値である。

10

【0053】

図1(B)に示すように結晶性珪素膜104を得たら、図1(B)に示す酸化膜105を形成する。

【0054】

ここでは、酸素雰囲気中において、640℃、2時間の加熱処理を行い、およそ10nmの熱酸化膜105を形成する。ここで熱酸化膜を成膜するのは、熱酸化膜が最も緻密で後にエッチングストッパーとしての機能を最も効果的に果たすからである。

【0055】

熱酸化膜105の膜厚は、20nm以下であることが好ましい。なお、熱酸化膜の形成時に雰囲気中に塩素に代表されるハロゲン元素を添加してもよい。

20

【0056】

熱酸化膜以外には、プラズマCVD法や熱CVD法で成膜される酸化珪素膜、さらにはプラズマCVD法で成膜される窒化珪素膜、さらには酸化窒化珪素膜等を利用することができる。

【0057】

次に燐を高濃度にドーピングした非晶質珪素膜106を200nmの厚さに成膜する。(図1(C))

【0058】

この非晶質珪素膜106は以下の条件を満たしていることが重要である。

30

(1) 膜厚が珪素膜104の膜厚以上、好ましくは2倍以上。

(2) 燐の含有濃度が珪素膜104中のニッケル濃度よりも高いこと。好ましくは5倍以上であること

【0059】

上記(1)及び(2)に要件を満たすことにより、後の加熱処理において、結晶性珪素膜104中のニッケル元素を効果的に珪素膜106中に移動させることができる。

【0060】

ここでは、シランを98体積%、フォスヒンを2体積%の割合で混合した成膜ガスを用いたプラズマCVD法により、燐が 10^{20} 原子/cm³程度の濃度で含まれる非晶質珪素膜106を成膜する。

40

【0061】

こうして図1(C)に示す状態を得たら、次に再度の加熱処理を行う。この工程では、結晶性珪素膜104中のニッケル元素が酸化膜105を透過して珪素膜106中に移動する。(図1(D))

【0062】

図1(D)に珪素膜104から珪素膜106へとニッケル元素が移動する様子を矢印で示す。

【0063】

燐とニッケルとは、多様な結合状態を有し、しかもその結合状態は非常に安定している。よって、珪素膜104から珪素膜106に移動したニッケル元素は、珪素膜106中の燐

50

と結合され、そこで固定化される。即ち、ニッケル元素が珪素膜 1 0 4 から珪素膜 1 0 6 へと移動した状態が得られる。

【 0 0 6 4 】

これは、ニッケル元素が珪素膜 1 0 4 から珪素膜 1 0 6 へとゲッタリングされた状態と見ることでもある。

【 0 0 6 5 】

なお、上記工程において、酸化膜 1 0 5 の膜厚が厚いと、ニッケル元素の移動が阻害されるので注意が必要である。

【 0 0 6 6 】

上記加熱処理は、窒素雰囲気中において、6 0 0 、4 時間の条件でもって行う。

10

【 0 0 6 7 】

この加熱処理は、4 5 0 ~ 7 5 0 の範囲で行うことができる。この温度範囲以下であるとニッケルの移動が盛んに行われぬ。また、この温度範囲以上だと、珪素膜 1 0 6 中の隣の移動が顕在化し、ニッケルを珪素膜 1 0 6 に移動させ、そこで固定化するという作用を得ることができない。

【 0 0 6 8 】

なお、この工程において非晶質珪素膜 1 0 6 は結晶化するが、このことは特に問題とはならない。

【 0 0 6 9 】

こうして珪素膜 1 0 4 中のニッケル元素が珪素膜 1 0 6 中に吸い出され、ニッケル濃度が減少した珪素膜 1 0 4 を得ることができる。この珪素膜 1 0 4 は、ニッケルの作用により高い結晶性を有し、しかも膜中のニッケル濃度を減少させたものとして得られる。

20

【 0 0 7 0 】

次に珪素膜 1 0 6 を除去し、図 1 (E) に示す状態を得る。この際、酸化膜 1 0 5 がエッチングストッパーとして作用する。酸化膜 1 0 5 が存在しないと、結晶性珪素膜 1 0 4 までのエッチングされてしまう。

【 0 0 7 1 】

次に酸化膜 1 0 5 を除去し、ガラス基板上に形成された結晶性珪素膜 1 0 4 を得る。(図 1 (F))

【 0 0 7 2 】

30

ここでは、酸化膜 1 0 5 を除去する例を示したが、この酸化膜 1 0 5 を保護膜として利用し、さらには後に素子形成の際に利用するために残存させてもよい。

【 0 0 7 3 】

〔実施例 2〕

本実施例は、実施例 1 とは異なる作製方法により結晶性珪素膜を得る場合の例である。

【 0 0 7 4 】

図 2 の本実施例の作製工程を示す。まず図 2 (A) に示すようにコーニング 1 7 3 7 ガラス基板 1 0 1 上に非晶質珪素膜 1 0 2 を減圧熱 C V D 法によって 5 0 n m の厚さに成膜する。

【 0 0 7 5 】

40

本実施例に示す結晶成長形態を実施する場合には、出発膜の非晶質珪素膜の成膜方法として減圧熱 C V D 法を用いることが好ましい。

【 0 0 7 6 】

非晶質珪素膜 1 0 2 を成膜したら、図示しない酸化珪素膜を 2 0 0 n m の厚さに成膜する。そしてこの図示しない酸化珪素膜をパターニングすることにより、マスク 2 0 1 を形成する。このマスク 2 0 1 には、開口 2 0 2 が設けられている。

【 0 0 7 7 】

この開口 2 0 2 は図面の手前側から奥行き方向へと長手形状を有するスリット形状を有したものとする。

【 0 0 7 8 】

50

次に重量換算で10ppmのニッケル濃度としたニッケル酢酸塩溶液を塗布しする。そして、スピンコーターを用いて余分なニッケル溶液を吹き飛ばす。

【0079】

こうして203で示されるようにニッケル元素が表面に接して保持された状態を得る。

【0080】

この状態では、開口202が設けられている領域において、ニッケル元素が選択的に非晶質珪素膜102の表面に接して保持された状態が得られる。即ち、非晶質珪素膜102の表面の一部において、スリット形状にニッケル元素が接して保持された状態が得られる。

【0081】

こうして図2(A)に示す状態を得る。次に560、14時間の加熱処理を窒素雰囲気中において加える。

【0082】

この工程においては、開口部202が設けられた領域から非晶質珪素膜102中にニッケル元素が拡散し、それに従って図2(B)の矢印203で示される方向に向かっての結晶化が進行する。

【0083】

この結晶化は、膜面に平行な方向にしかも開口202の延長方向に垂直な方向に概略平行に行われる。この結晶成長を横成長と称する。この結晶成長(横成長)は、100μm以上に渡って行わすことができる。

【0084】

この結晶成長を行わす加熱処理条件は、570以下の温度で行うことが好ましい。これは、これ以上の温度では、自然結晶化(ニッケルの作用によらない微小な領域での結晶成長)の影響で、横成長が阻害されるからである。

【0085】

ただし、加熱処理温度低下させると、横成長自体の成長速度も遅くなるので処理時間が長くなるという問題が発生する。

【0086】

図2(B)に示す結晶成長が終了したら、酸化珪素膜でなるマスク201を除去する。

【0087】

そして図2(C)に示すように熱酸化膜105を成膜する。成膜条件は実施例1の場合と同じである。さらに実施例1と同様の条件により燐を高濃度に含んだ非晶質珪素膜106を成膜する。

【0088】

この後は実施例1に示した構成に従い図2(D)に示すように珪素膜104中のニッケル元素を珪素膜106中に移動させる。

【0089】

さらに図2(E)に示すように珪素膜106を除去し、さらに熱酸化膜105を除去する。

【0090】

こうして、横成長というニッケル元素を利用した場合に得られる特異な結晶成長形態を有し、しかも膜中のニッケル元素を減少させた結晶性珪素膜を得ることができる。

【0091】

〔実施例3〕

本実施例は、実施例1または実施例2に示した作製方法によって得られた結晶性珪素膜を用いてTFETを作製する場合の例である。

【0092】

まず実施例1または実施例2に示す作製工程に従って結晶性珪素膜を得る。次にこの結晶性珪素膜をパターニングし、図3(A)の307で示すパターンを得る。

【0093】

そして、ゲート絶縁膜となる酸化珪素膜308をプラズマCVD法により120nmの厚

さに成膜する。

【 0 0 9 4 】

次にゲート電極を構成するための図示しないアルミニウム膜をスパッタ法によって、400nmの厚さに成膜する。このアルミニウム膜は、スカンジウムを0.18重量%含有させたターゲットを用いて成膜する。

【 0 0 9 5 】

アルミニウム膜中にスカンジウムを含有させるのは、後の工程におけるアルミニウムの異常成長に起因するヒロックやウィスカーと呼ばれる刺状あるいは針状の突起物が形成されることを抑制するためである。

【 0 0 9 6 】

次にレジストマスク300を用いて図示しないアルミニウム膜をパターニングし、図2(A)に示すパターン309を形成する。

【 0 0 9 7 】

次にレジストマスク300を残存させた状態でアルミニウムパターン309を陽極とした陽極酸化を行う。

【 0 0 9 8 】

この工程では、電解溶液として3%(体積)の蔞酸を含む水溶液を用い、アルミニウムパターンを陽極、白金を陰極として両電極間に電流を流す。こうして陽極酸化膜311が形成される。(図3(B))

【 0 0 9 9 】

この工程は、レジストマスク300を残存させた状態で行うので、311で示されるように陽極酸化膜は、アルミニウムパターン309の側面に形成される。なお、310で示されるのが、残存したアルミニウム膜パターンである。

【 0 1 0 0 】

本実施例では、陽極酸化膜311の成長距離を400nmとする。本実施例で形成される陽極酸化膜311は、多孔質状(ポーラス状)を有している。

【 0 1 0 1 】

陽極酸化膜311を成膜したら、レジストマスク300を除去する。そして、再度の陽極酸化を行う。この工程では、電解溶液として、3(体積)%の酒石酸を含んだエチレングリコール溶液をアンモニア水で中和したものを用いる。

【 0 1 0 2 】

この工程では、多孔質状の陽極酸化膜311の内部に電解溶液が侵入する関係から、312で示されるように陽極酸化膜が形成される。

【 0 1 0 3 】

即ち、アルミニウムパターン310の表面に陽極酸化膜112が形成される。なお、このアルミニウムパターン310が後にゲート電極となる。

【 0 1 0 4 】

この陽極酸化膜312の膜厚は、70nmとする。この陽極酸化膜は、緻密な膜質を有したものとなる。

【 0 1 0 5 】

こうして図3(B)に示す状態を得る。

【 0 1 0 6 】

次にゲート電極310、その周囲の緻密な膜質を有する陽極酸化膜312、さらに多孔質上の陽極酸化膜311をマスクとして、露呈した酸化珪素膜308を除去する。

【 0 1 0 7 】

ここでは、垂直異方性を有するドライエッチング法(RIE法)を用いて露呈した酸化珪素膜308をエッチング除去する。こうして、図2(C)に示す状態を得る。ここで313で示される酸化珪素膜(ゲート絶縁膜)が残存する。

【 0 1 0 8 】

次にプラズマドーピング法により、燐のドーピングを行う。プラズマドーピング法という

10

20

30

40

50

のは、ドーパント元素を含んだ原料ガスをプラズマ化させ、そこから電界によりドーパントイオンを引出し、それを電界により加速して、被ドーピング領域に加速注入するドーピング方法のことをいう。一般にプラズマドーピング法とは、特に磁場を用いた質量分離を行わない方法のことをいう。

【0109】

他方、ICの作製等で多用されている質量分離を行い、分離されたドーパントイオンを加速注入する方法をイオン注入法と称する。

【0110】

プラズマドーピング法は、大面積に対応できる優位性がある反面、水素等のドーパントガス中に含まれる他の元素もドーピングされてしまう問題がある。

10

【0111】

このドーピングによって、314及び316の領域に燐のドーピングが行われる。このドーピングされた領域を便宜上高濃度不純物領域と称する。なお、314及び316の領域は後にソース及びドレイン領域となる。

【0112】

このドーピングは、通常のソース及びドレイン領域を形成するためのドーピング条件でもって行えばよい。

【0113】

また、313で示される領域がドーピングが行われなかった領域として残存する。

【0114】

20

次に多孔質状の陽極酸化膜311を除去し、図3(D)に示すような状態を得る。そして再度の燐のドーピングをプラズマドーピング法でもって行う。この工程は、(C)に示す工程におけるドーピングよりも低ドーズ量でもって行う。

【0115】

こうして、ソース及びドレイン領域よりも低ドーズ量でもってドーピングが行われた低濃度不純物領域317及び319の領域が形成される。また、ドーピングが行われない318の領域がチャネル領域として画定する。(図3(D))

【0116】

次にエキシマレーザー光を照射することにより、被ドーピング領域の活性化を行う。具体的には、ドーピング時に生じた被ドーピング領域の損傷のアニールと、被ドーピング領域におけるドーパントの活性化とを行う。

30

【0117】

なお、緻密な膜質を有する陽極酸化膜312の膜厚分でもってチャネル領域318に隣接して高抵抗領域が形成されるが、本実施例では、陽極酸化膜312の膜厚が70nmと薄いので、その存在は無視する。

【0118】

次に図2(E)に示すように層間絶縁膜として窒化珪素膜322をプラズマCVD法により250nmの厚さに成膜する。さらにアクリル樹脂膜323をスピンコート法を用いて成膜する。アクリル樹脂膜323の膜厚は、最小の部分で700nmとする。

【0119】

40

さらにコンタクトホールの形成を行い、ソース電極324とドレイン電極325とを形成する。こうして図3(E)に示すTFET(薄膜トランジスタ)を完成させる。

【0120】

こうして、従来よりも高い結晶性を有した活性層をガラス基板上に形成することができ、高い特性を有したTFETを得ることができる。

【0121】

〔実施例4〕

本実施例は、実施例1または実施例2に示す作製工程において、ニッケルのゲッタリングを行うための珪素膜106を活性化させる工程の例を示す。

【0122】

50

まず、実施例 1 の場合について説明する。この場合、図 1 (C) に示す状態において、線状にビーム加工された K r F エキシマレーザー光を非晶質珪素膜 1 0 6 に照射する。

【 0 1 2 3 】

こうすることにより、非晶質珪素膜 1 0 6 中の燐が活性化されて、後のゲッタリング工程におけるゲッタリング効果を高めることができる。

【 0 1 2 4 】

ここではレーザー光を照射する場合の例を示すが、赤外光を照射することにより、このアニールを行うのもよい。

【 0 1 2 5 】

実施例 2 の場合は、図 2 (C) に示す状態においてレーザー光の照射を行う。または赤外光の照射を行う。 10

【 0 1 2 6 】

〔実施例 5〕

本実施例は、ボトムゲート型の T F T を作製する場合の例を示す。図 4 に本実施例の作製工程を示す。

【 0 1 2 7 】

まず、ガラス基板 4 0 1 上にゲート電極 4 0 2 を形成する。本実施例では、ガラス基板上に下地膜を形成しない場合の例を示す。(図 4 (A))

【 0 1 2 8 】

ゲート電極 4 0 2 は、後の加熱処理工程において耐えることのできる材料を選ぶことが必要である。ここでは、ゲート電極 4 0 2 としてスパッタ法で成膜された 4 0 0 n m 厚のタンタル膜を用いる。(図 4 (A)) 20

【 0 1 2 9 】

ゲート電極 4 0 2 を形成したら、ゲート絶縁膜となる酸化珪素膜 4 0 3 をプラズマ C V D 法により 1 0 0 n m の厚さに成膜する。

【 0 1 3 0 】

次に非晶質珪素膜 4 0 4 をプラズマ C V D 法でもって 5 0 n m の厚さに成膜する。なお、非晶質珪素膜の成膜方法としては、プラズマ C V D 法の代わりに減圧熱 C V D 法を用いてもよい。

【 0 1 3 1 】

次に露呈している非晶質珪素膜の表面の全面にニッケル酢酸塩溶液を塗布し、4 0 5 で示されるようにニッケル元素が接して保持された状態を得る。(図 4 (A)) 30

【 0 1 3 2 】

ここでは、非晶質珪素膜の表面の全面にニッケル元素を導入する例を示すが、マスクを設けて選択的にニッケルを導入し、横成長を行わず構成としてもよい。

【 0 1 3 3 】

次に 6 0 0 、8 時間の加熱処理を加えて非晶質珪素膜 4 0 4 を結晶化させ、結晶性珪素膜 4 0 6 を得る。(図 4 (B))

【 0 1 3 4 】

次に酸化珪素膜でなる熱酸化膜 4 0 7 を 1 0 n m の厚さに成膜する。さらに燐を高濃度にドーピングした非晶質珪素膜 4 0 8 をプラズマ C V D 法により、2 0 0 n m の厚さに成膜する。 40

【 0 1 3 5 】

ここで、非晶質珪素膜 4 0 8 は、シランを 9 9 体積%、フォスフィン を 1 体積% の割合で混合させた成膜ガスを用いたプラズマ C V D 法により成膜する。

【 0 1 3 6 】

次に 6 0 0 、2 時間の加熱処理を施すことにより、結晶性珪素膜 4 0 6 中のニッケル元素を非晶質珪素膜 4 0 8 中に移動させる。即ち、結晶性珪素膜 4 0 6 中のニッケル元素を非晶質珪素膜 4 0 8 中にゲッタリングさせる。

【 0 1 3 7 】

次に非晶質珪素膜 4 0 8 と熱酸化膜 4 0 7 を除去する。そして、結晶性珪素膜 4 0 6 をパターンニングして、4 1 0 で示されるパターンを得る。この 4 1 0 で示される結晶性珪素膜のパターンが T F T の活性層となる。(図 4 (C))

【 0 1 3 8 】

次に酸化珪素膜でなるマスク 4 0 6 を除去する。そして、図示しないドーピング用のマスクを設けて、活性層に対して選択的に燐のドーピングを行う。

【 0 1 3 9 】

この工程で 4 1 1 及び 4 1 3 の領域に燐がドーピングされる。なお、本実施例では、N チャネル型の T F T を作製する場合の例を示すが、P チャネル型の T F T を作製するのであれば、ボロンのドーピングを行えばよい。

10

【 0 1 4 0 】

ドーピングの終了後、レーザーアニールを行い、被ドーピング領域の活性化を行う。

【 0 1 4 1 】

こうして、ソース領域 4 1 1、チャネル領域 4 1 2、ドレイン領域 4 1 3 を形成する。(図 4 (D))

【 0 1 4 2 】

次に層間絶縁膜として窒化珪素膜 4 1 4 をプラズマ C V D 法により、3 0 0 n m の厚さに成膜する。さらにアクリル樹脂膜 4 1 5 をスピンコート法によって成膜する。

【 0 1 4 3 】

アクリル樹脂膜以外には、ポリイミド、ポリアミド、ポリイミドアミド、エポキシ等の樹脂材料を用いることができる。

20

【 0 1 4 4 】

層間絶縁膜を成膜したら、コンタクトホールの形成を行い、ソース電極 4 1 6 及びドレイン電極 4 1 7 を形成する。こうして図 4 (D) に示すボトムゲート型の T F T を完成させる。

【 0 1 4 5 】

〔実施例 6〕

本実施例では、T F T を利用した集積回路の例を示す。集積回路の例としては、C P U、メモリ、各種演算回路、増幅回路、スイッチ回路等を挙げることができる。図 5 に T F T を利用した集積回路の概要及びその一部の断面を示す。

30

【 0 1 4 6 】

〔実施例 7〕

本明細書で開示する薄膜トランジスタは、各種フラットパネルディスプレイやフラットパネルディスプレイを備えた情報処理端末やビデオカメラ等に利用することができる。本明細書では、これらの装置を総称して半導体装置と称する。

【 0 1 4 7 】

以下において各種装置の具体的な構成の例を示す。図 6 に各種半導体装置の例を示す。これらの半導体装置は、T F T を少なくとも一部に用いている。

【 0 1 4 8 】

図 6 (A) に示すのは、携帯型の情報処理端末である。この情報処理端末は、本体 2 0 0 1 にアクティブマトリクス型の液晶ディスプレイまたはアクティブマトリクス型の E L ディスプレイを備え、さらに外部から情報を取り込むためのカメラ部 2 0 0 2 を備えている。また内部に集積回路 2 0 0 6 を備えている。

40

【 0 1 4 9 】

カメラ部 2 0 0 2 には、受像部 2 0 0 3 と操作スイッチ 2 0 0 4 が配置されている。

【 0 1 5 0 】

情報処理端末は、今後益々その携帯性を向上させるために薄く、また軽くなるもと考えられている。

【 0 1 5 1 】

このような構成においては、アクティブマトリクス型のディスプレイ 2 0 0 5 が形成され

50

た基板上周辺駆動回路や演算回路や記憶回路がＴＦＴでもって集積化されることが好ましい。

【０１５２】

図６（Ｂ）に示すのは、ヘッドマウントディスプレイである。この装置は、アクティブマトリクス型の液晶ディスプレイやＥＬディスプレイ２１０２を本体２１０１に備えている。また、本体２１０１は、バンド２１０３で頭に装着できるようになっている。

【０１５３】

図６（Ｃ）に示すのは、カーナビゲーションシステムであって、人工衛星からの信号をアンテナ２２０４で受け、その信号に基づいて本体２２０１に備えられたアクティブマトリクス型の液晶ディスプレイ２２０２に地理情報を表示する機能を有している。

10

【０１５４】

ディスプレイ２２０２として、ＥＬ型の表示装置を採用することもできる。いずれの場合でもディスプレイは、ＴＦＴを利用したアクティブマトリクス型のフラットパネルディスプレイとする。

【０１５５】

また、本体２２０１には操作スイッチ２２０３が備えられており、各種操作を行うことができる。

【０１５６】

図６（Ｄ）に示すのは、携帯電話である。この装置は、本体２３０１にアクティブマトリクス型の液晶表示装置２３０４、操作スイッチ２３０５、音声入力部２３０３、音声出力部２３０２、アンテナ２３０６を備えている。

20

【０１５７】

また、最近は、（Ａ）に示す携帯型情報処理端末と（Ｄ）に示す携帯電話とを組み合わせたような構成も商品化されている。

【０１５８】

図６（Ｅ）に示すのは、携帯型のビデオカメラである。これは、本体２４０１に受像部２４０６、音声入力部２４０３、操作スイッチ２４０４、アクティブマトリクス型の液晶ディスプレイ２４０２、バッテリー２４０５を備えている。

【０１５９】

図６（Ｆ）に示すのは、リアプロジェクション型の液晶表示装置である。この構成は、本体２５０１に投影用のスクリーンを備えた構造となっている。表示は、光源２５０２からの光を偏光ビームスプリッタ２５０４で分離し、この分離された光を反射型の液晶表示装置２５０３で光学変調し、この光学変調された画像を反射してリフレクター２５０５、２５０６で反射し、それをスクリーン２５０７に投影するものである。

30

【０１６０】

ここでは、液晶表示装置２５０３として反射型のものを用いる例を示した。しかし、ここに透過型の液晶表示装置を用いてもよい。この場合、光学系を変更すればよい。

【０１６１】

またここでは、主に液晶表示装置の例を示したが、アクティブマトリクス型の表示装置として、ＥＬ表示装置を採用するのもよい。

40

【０１６２】

〔実施例８〕

本実施例は、他の実施例の構成において、珪素膜として $Si_x Ge_{1-x}$ （ $0 < x < 1$ ）で示される膜を用いる場合の例である。

【０１６３】

例えば実施例の１の場合は、１０２で非晶質珪素膜を $Si_x Ge_{1-x}$ （ $0 < x < 1$ ）で示される膜とすることができる。また、燐がドーピングされた膜１０６を $Si_x Ge_{1-x}$ （ $0 < x < 1$ ）で示される膜とすることもできる。

【０１６４】

【発明の効果】

50

本明細書で開示する発明を利用することで、珪素の結晶化を助長する金属元素を用いた結晶性珪素膜を得る技術において、得られる珪素膜中に残留するニッケル元素の影響を排除する構成を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 結晶性珪素膜を得る工程を示す図。

【図 2】 結晶性珪素膜を得る工程を示す図。

【図 3】 T F T の作製工程を示す図。

【図 4】 T F T の作製工程を示す図。

【図 5】 T F T を利用した集積回路を示す概略図。

【図 6】 T F T を利用した装置の概要を示す図。

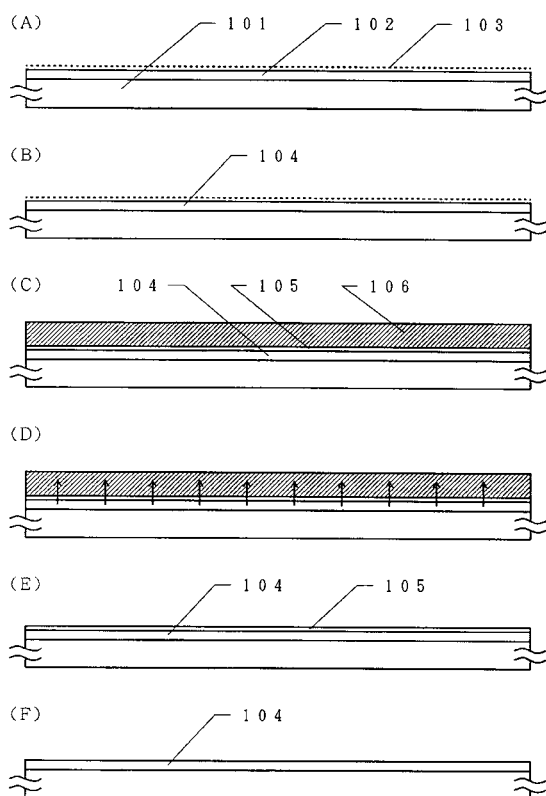
10

【符号の説明】

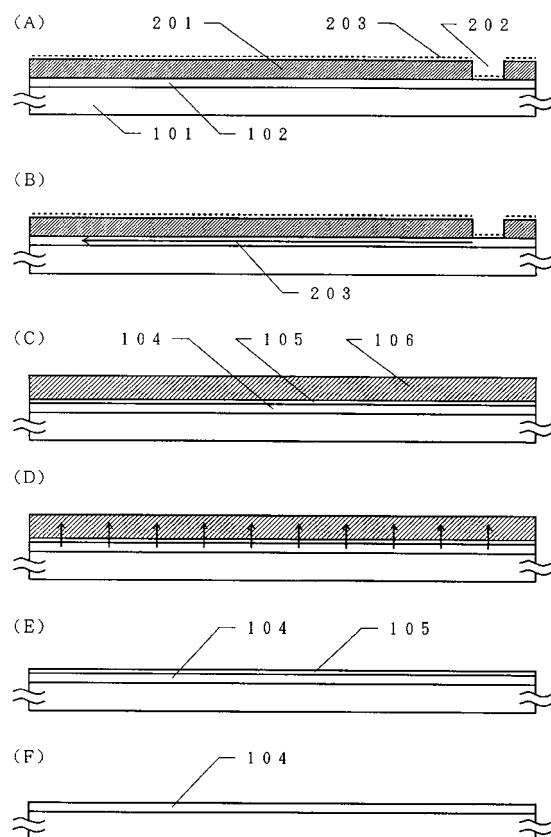
- 1 0 1 ガラス基板
- 1 0 2 非晶質珪素膜
- 1 0 3 表面に接して保持されたニッケル元素
- 1 0 4 結晶性珪素膜
- 1 0 5 熱酸化膜
- 1 0 6 燐を高濃度にドーピングした非晶質珪素膜
- 2 0 1 酸化珪素膜でなるマスク
- 2 0 2 マスク 2 0 1 に形成された開口部
- 2 0 3 表面に接して保持されたニッケル元素

20

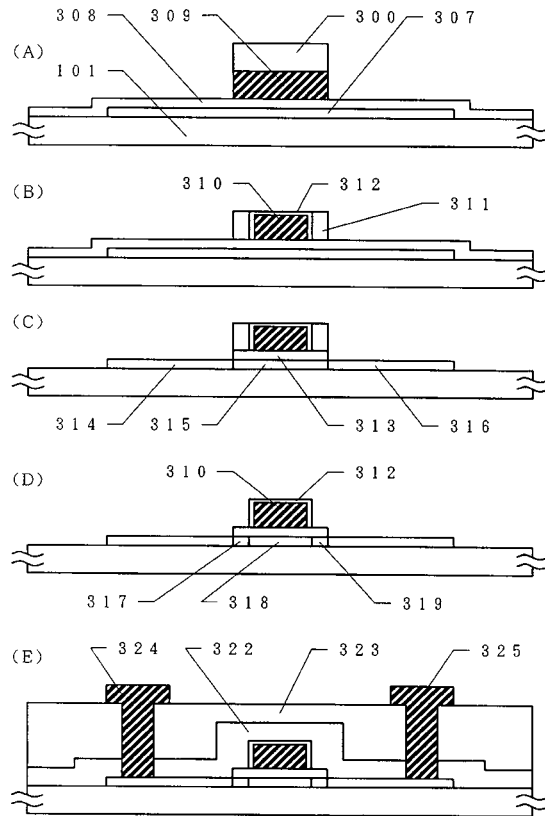
【図 1】



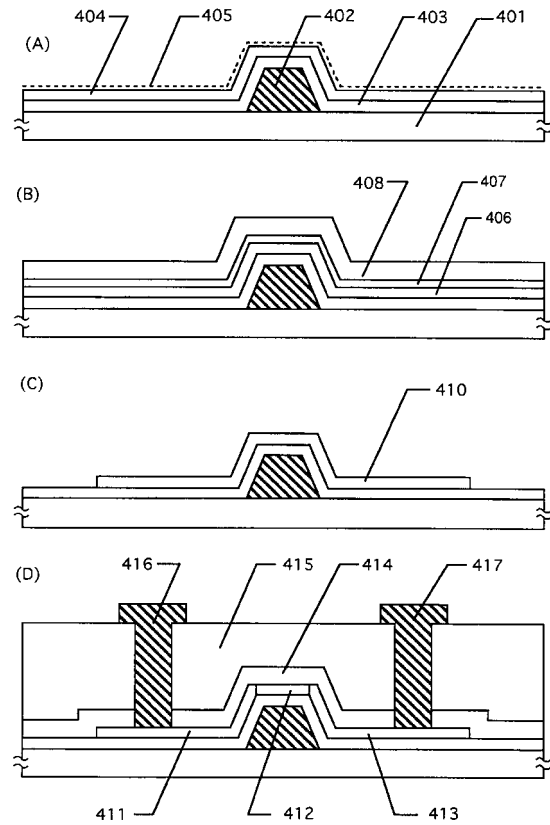
【図 2】



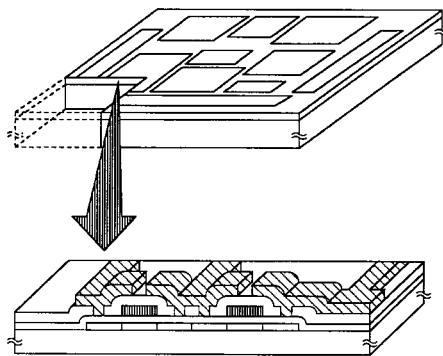
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

