(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3897836号
(P3897836)
(45)発行日　平成19年3月28日(2007.3.28)　(24)登録日　平成19年1月5日(2007.1.5)

(51)Int.Cl.　　F I
H01L 21/20 (2006.01)　　H01L 21/20
H01L 21/336 (2006.01)　　H01L 29/78　627G
H01L 29/786 (2006.01)

請求項の数 5　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願平7-349666
(22)出願日　平成7年12月20日(1995.12.20)
(65)公開番号　特開平9-171965
(43)公開日　平成9年6月30日(1997.6.30)
審査請求日　平成14年12月13日(2002.12.13)

(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　張　宏勇
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
(72)発明者　寺本　聡
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　河本　充雄

(56)参考文献　特開平０７－１６１６３４（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２９７１２２（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体装置の作製方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
絶縁表面を有する基板上に非晶質珪素膜を形成し、
前記非晶質珪素膜の表面に接して珪素の結晶化を助長する金属元素の化合物を保持させ、
前記金属元素の化合物を保持させた前記非晶質珪素膜の表面に紫外光を照射することで前記金属元素の化合物を分解させた後、
前記非晶質珪素膜が結晶化しない条件で赤外光または紫外線レーザーを照射することで前記非晶質珪素膜中に前記金属元素を拡散させ、
加熱処理により前記非晶質珪素膜を結晶化させることを特徴とする結晶性珪素膜を用いた半導体装置の作製方法。
【請求項２】
ガラス基板上に下地膜を形成し、
前記下地膜上に非晶質珪素膜を形成し、
前記非晶質珪素膜の表面に接してニッケル化合物を保持させ、
前記ニッケル化合物を保持させた前記非晶質珪素膜の表面に紫外光を照射することで前記ニッケル化合物を分解させた後、
前記非晶質珪素膜の表面温度が２００～４５０℃になるように且つ前記非晶質珪素膜が結晶化しないように赤外光を照射することで前記非晶質珪素膜中にニッケルを拡散させ、
加熱処理により前記非晶質珪素膜を結晶化させることを特徴とする結晶性珪素膜を用い

た半導体装置の作製方法。
【請求項３】
ガラス基板上に下地膜を形成し、
前記下地膜上に非晶質珪素膜を形成し、
前記非晶質珪素膜の表面に接してニッケル化合物を保持させ、
前記ニッケル化合物を保持させた前記非晶質珪素膜の表面に紫外光を照射することで前記ニッケル化合物を分解させた後、
レーザー照射密度が１２０～２２０ｍＪ／ｃｍ^{2}で波長３８０ｎｍ以下の紫外線レーザーを前記非晶質珪素膜が結晶化しないように照射することで前記非晶質珪素膜中にニッケルを拡散させ、
加熱処理により前記非晶質珪素膜を結晶化させることを特徴とする結晶性珪素膜を用いた半導体装置の作製方法。
【請求項４】
ガラス基板上にシランとＮ$_2$Ｏを用いたプラズマＣＶＤ法により下地膜を形成し、
前記下地膜上にプラズマＣＶＤ法により非晶質珪素膜を形成し、
前記非晶質珪素膜の表面に接してニッケル化合物を保持させ、
前記ニッケル化合物を保持させた前記非晶質珪素膜の表面に紫外光を照射することで前記ニッケル化合物を分解させた後、
前記非晶質珪素膜の表面温度が２００～４５０℃になるように且つ前記非晶質珪素膜が結晶化しないように赤外光を照射することで前記非晶質珪素膜中にニッケルを拡散させ、
加熱処理により前記非晶質珪素膜を結晶化させることを特徴とする結晶性珪素膜を用いた半導体装置の作製方法。
【請求項５】
ガラス基板上にシランとＮ$_2$Ｏを用いたプラズマＣＶＤ法により下地膜を形成し、
前記下地膜上にプラズマＣＶＤ法により非晶質珪素膜を形成し、
前記非晶質珪素膜の表面に接してニッケル化合物を保持させ、
前記ニッケル化合物を保持させた前記非晶質珪素膜の表面に紫外光を照射することで前記ニッケル化合物を分解させた後、
レーザー照射密度が１２０～２２０ｍＪ／ｃｍ^{2}で波長３８０ｎｍ以下の紫外線レーザーを前記非晶質珪素膜が結晶化しないように照射することで前記非晶質珪素膜中にニッケルを拡散させ、
加熱処理により前記非晶質珪素膜を結晶化させることを特徴とする結晶性珪素膜を用いた半導体装置の作製方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本明細書で開示する発明は、薄膜トランジスタに代表される薄膜半導体装置の作製方法に関する。特に、ガラス基板や石英基板上に形成された結晶性を有する珪素薄膜（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】
従来より、珪素膜を用いた薄膜トランジスタが知られている。これは、ガラス基板や石英基板上に形成された珪素膜を用いて、薄膜トランジスタを構成する技術である。
【０００３】
ガラス基板や石英基板が利用されるのは、アクティブマトリクス型の液晶表示装置に上記薄膜トランジスタを利用するためである。従来は、非晶質珪素膜を用いて薄膜トランジスタが形成されてきた。しかし、より高性能を求めるために結晶性を有する珪素膜（結晶性珪素膜という）を利用して薄膜トランジスタを作製することが試みられている。
【０００４】
結晶性珪素膜を用いた薄膜トランジスタは、非晶質珪素膜を用いたものに比較して、２桁

以上の高速動作を行わすことができる。従って、これまで外付けのＩＣ回路によって構成されていたアクティブマトリクス型の液晶表示装置の周辺駆動回路をガラス基板または石英基板上にアクティブマトリクス回路と同様に作り込むことができる。

【０００５】

このような構成は、装置全体の小型化や作製工程の簡略化に非常に有利なものとなる。また作製コストの低減にもつながる構成となる。

【０００６】

一般に結晶性珪素膜は、非晶質珪素膜をプラズマＣＶＤ法や減圧熱ＣＶＤ法で成膜した後、加熱処理、またはレーザー光の照射を行うことにより、結晶化させることにより得ている。

【０００７】

しかし、加熱処理の場合、結晶化にむらができたりし、なかなか必要とするような結晶性を広い面積にわたって得ることが困難であるのが現状である。

【０００８】

また、レーザー光の照射による方法も部分的には高い結晶性を得ることができるが、広い面積にわたり、良好なアニール効果を得ることが困難である。また、良好な結晶性を得るような条件でのレーザー光の照射は、不安定になりやすいという問題もある。

【０００９】

一方、良好な結晶性をより低温での加熱処理で得る方法として、特開平６－２３２０５９号に記載された技術が公知である。この技術は、非晶質珪素膜に珪素の結晶化を助長する金属元素（例えばニッケル）を導入し、従来よりもより低い温度での加熱処理で結晶性珪素膜を得る技術である。

【００１０】

この方法を用いれば、従来の技術に比較してより広範囲において均一性に優れた結晶性珪素膜を得ることができる。

【００１１】

しかし、実用性を考えた場合、より高い結晶性の均一性、導入した金属元素の局所的な偏析の問題（シリサイドが形成されてしまう）の解決といった改善事項がある。

【００１２】

特に上記の方法を用いた場合、局所的に金属元素が偏析してしまうという問題がある。この金属元素が偏析した領域が金属シリサイド化しており、半導体としての特性を大きく損なう要因となる。また、半導体装置の信頼性を低下させる要因となる。具体的には、この現象に起因して、得られる薄膜トランジスタの特性にバラツキが生じやすく、また不良が発生しやすいものとなる。

【００１３】

【発明が解決しようとする課題】

本明細書で開示する発明は、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用して得られた結晶性珪素膜を用いた半導体装置の作製において、得られる半導体装置の特性のバラツキや信頼性を改善することを課題とする。

【００１４】

【課題を解決するための手段】

本明細書に開示する発明の代表的な構成の概略を以下に示す。（その他数々の構成の変更や追加、また組み合わせがある）

【００１５】

まず、非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を含んだ溶液（金属元素の化合物）を塗布する。そして、ＵＶ光の照射を行う。このＵＶ光の照射によって、当該金属元素の化合物が接して保持された非晶質珪素膜の表面を処理する。この際、前記金属化合物が紫外光のエネルギーによって分解される。

【００１６】

そして結晶化が発生しない範囲の条件で加熱処理を行う。この加熱処理はハロゲンランプ

からの光の照射によって行う。または、波長が３８０ｎｍ以下の紫外線レーザーを照射することによって行う。

【００１７】

この工程は、非晶質珪素膜を結晶化させる前の当該金属元素を非晶質珪素膜中に拡散させる予備工程に相当する。

【００１８】

上記のハロゲンランプまたは紫外線レーザーを用いた処理は、自動化処理によって行うことが好ましい。

【００１９】

そして、加熱処理を行うことにより、結晶性珪素膜を得る。この時、前述の拡散した珪素の結晶化を助長する金属元素の作用により、均一性の高い結晶性珪素膜を得ることができる。

【００２０】

本明細書で開示する発明の一つは、

絶縁表面を有する基板上に非晶質珪素膜を形成する工程と、

前記非晶質珪素膜の表面に接して珪素の結晶化を助長する金属元素の化合物を保持させる工程と、

前記非晶質珪素膜の表面に紫外光を照射する工程と、

赤外光または紫外線レーザーを照射し前記非晶質珪素膜中に前記金属元素を拡散させる工程と、

加熱処理により前記非晶質珪素膜を結晶化させる工程と、

を有することを特徴とする。

【００２１】

上記構成において、

珪素の結晶化を助長する金属元素として、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｐｄ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ｃｕ、Ａｕから選ばれた一種または複数種類から選ばれた元素が利用される。特にＮｉを用いることがその効果や再現性の点から好ましい。

【００２２】

上記構成において、金属元素が化合物として導入される。そして、紫外光の照射によって金属元素の化合物が分解され、非晶質珪素膜中に拡散し易い状態となる。

【００２３】

また上記構成において、赤外光または紫外線レーザーの照射による工程は、非晶質珪素膜の非晶質性を維持した状態で行われることが重要である。即ち、非晶質珪素膜の結晶化が進行しない条件で行われるこをが重要である。

【００２４】

これは、この工程においては、非晶質珪素膜中に当該金属元素を拡散させることがその目的であるからである。

【００２５】

また利用される紫外線レーザーの波長は３８０ｎｍ以下であることが必要である。また、使用される赤外線としては、ハロゲンランプからのものを用いることができる。

【００２６】

他の発明の構成は、

絶縁表面を有する基板上に非晶質珪素膜を形成する工程と、

前記非晶質珪素膜の表面に接して珪素の結晶化を助長する金属元素の化合物を保持させる工程と、

前記非晶質珪素膜の非晶質状態を維持した状態で前記金属元素の化合物を分解させる工程と、

前記非晶質珪素膜の非晶質状態を維持した状態で前記金属元素を前記非晶質珪素膜中に拡散させる工程と、

加熱処理により前記非晶質珪素膜を結晶化させる工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。
【００２７】
上記構成において、
金属元素の化合物の分解は紫外光の照射によって行うことを特徴とする。
【００２８】
上記構成において、
金属元素を非晶質珪素膜中に拡散させる工程は、
赤外光または紫外線レーザーの照射によって行われることを特徴とする。
【００２９】
上記構成において、紫外線レーザーの波長は３８０ｎｍ以下であることを特徴とする。
【００３０】
上記構成において、赤外線の照射はハロゲンランプを利用することを特徴とする。
【００３１】
【作用】
非晶質珪素膜に接して珪素の結晶化を助長する金属元素の化合物を接して保持させた状態において、紫外光の照射による処理を行うことで、前記金属元素の化合物を分解することができ、金属元素の作用を最大限利用することができる。また、金属元素を分散させて非晶質珪素膜中に導入することができるようになるのえ、後に局所的に金属元素が偏析してしまうことを防ぐことができる。
【００３２】
またハロゲンランプからの光の照射、または紫外線レーザーの照射による結晶化予備工程を行うことで、予め珪素の結晶化を助長する金属元素を非晶質珪素膜中に拡散させておくことができる。このようにすることで、局所的に当該金属元素が集中してしまうことを抑制することができる。なおこの際、非晶質珪素膜が結晶化しない条件とすることが重要となる。これは、結晶化が進行すると、当該金属元素が膜中で局所的に集中してしまうからである。
【００３３】
そしてその後に加熱処理を行い、結晶性珪素膜を得ることで、高い結晶性を有し、かつ高い均一性を有し、かつ局所的に当該金属元素が集中して存在しない結晶性珪素膜を得ることができる。
【００３４】
【実施例】
〔実施例１〕
ここでは、ガラス基板上に本明細書に開示する発明を利用して結晶性を有した珪素膜を形成する構成を説明する。図１に本実施例の作製工程を示す。
【００３５】
まずガラス基板（コーニング７０５９ガラスまたコーニング１７３７ガラス基板）１０１上に下地膜１０２として酸化珪素膜を成膜する。ここでは、シランとＴＥＯＳガスを用いたプラズマＣＶＤ法でもって酸化珪素膜を成膜する。下地膜の膜厚は３０００Åとする。
【００３６】
この下地膜１０２としては、シランとN_2Ｏガスとを混合したガスを用いたプラズマＣＶＤ法で成膜される膜を用いてもよい。
【００３７】
次にプラズマＣＶＤ法による非晶質珪素膜（アモルファスシリコン膜）１０３を成膜する。非晶質珪素膜１０３の膜厚は５００Åとする。この非晶質珪素膜１０３が、後に形成される結晶性珪素膜の出発膜となる。
【００３８】
次に珪素の結晶化を助長する金属元素であるニッケルを含んだニッケル化合物（溶液）を塗布する。本実施例においては、１０ｐｐｍのニッケル濃度（重量％）を有したニッケル酢酸塩溶液を用いてニッケル元素の導入を行う。

【００３９】
この場合、溶液中のニッケル元素の含有量を制御することで、非晶質珪素膜中に導入されるニッケル元素の量を制御することができる。
【００４０】
非晶質珪素膜１０３の表面に接してニッケル酢酸塩溶液を塗布した後、スピンコーターを用いてスピンドライを行うことによって、１０４で示されるようにニッケル化合物が非晶質珪素膜１０３の表面に接して保持された状態を実現する。
【００４１】
こうして図１（Ａ）に示す状態を得る。この状態において、非晶質珪素膜の表面い対して紫外光の照射を行う。すると、非晶質珪素膜の表面に接して保持されているニッケル化合物が紫外光のエネルギーにより分解される。（図１（Ｂ））
【００４２】
紫外光の照射は、水銀ランプ等の公知の紫外光発生手段を用いて行う。
【００４３】
そしてハロゲンランプから赤外光の照射を行い、非晶質珪素膜１０３を加熱する。この際、非晶質珪素膜が結晶化しない条件とすることが重要である。即ち、予め予備実験を行い、非晶質珪素膜が結晶化しない条件を割り出しておき、その条件でこの加熱処理を行うことが重要である。（図１（Ｃ））
【００４４】
この図１（Ｃ）に示す工程において、非晶質珪素膜の表面に接して存在していたニッケル元素が膜中に拡散する。
【００４５】
このニッケル元素を拡散させるための加熱処理の加熱温度は、非晶質珪素膜の表面温度が２００～４５０℃、好ましくは３５０℃～４００℃となるようにして行う。なお、このような温度でも加熱時間が長すぎると結晶化が進行する場合があるので注意が必要である。
【００４６】
次に非晶質珪素膜１０３を結晶化させるための加熱処理を行う。この加熱処理により、非晶質珪素膜１０３を結晶化させ、結晶性珪素膜１０５を得る。加熱処理は５００℃～６５０℃の温度範囲内で行えばよい。この加熱温度はなるべく高い温度とすることが好ましい。しかしこの加熱温度は、一般に使用するガラス基板の歪点以下の温度とすることが重要となる。これは、ガラス基板の変形を抑制するためである。
【００４７】
ここでは、窒素雰囲気中において、５５０℃、４時間の加熱処理を行うことにより、非晶質珪素膜１０３を結晶性珪素膜１０５に変成する。この加熱処理は、５００℃～ガラス基板の歪点以下で行うことができる。なお、コーニング７０５９ガラス基板の歪点は５９３℃であり、コーニング１７３７ガラス基板の歪点は６６７℃である。
【００４８】
また石英基板を用いた場合には、この加熱温度を８００℃～１１００℃とすることができる。このような高温での加熱処理は、より高い結晶性を得るために非常に有効なものとなる。
【００４９】
こうして得られた結晶性珪素膜の結晶性をラマン分光法で計測したところ以下のデータを得た。まず、ラマンシフトのピークは、５１８～５１７cm^{-1}であった。また半値幅が単結晶珪素ウエハーが示す値の1.2 ～1.5 倍であった。また、ラマンシフトの強度は、単結晶珪素ウエハーと同等であった。
【００５０】
上記の値は、この結晶性珪素膜１０５が高い結晶性を有していることを示している。また、高い均一性を有しており、局所的にニッケル元素が集中してしまう現象も大きく抑制されたものが得られた。
【００５１】

一方、比較のため図１（Ｂ）と（Ｃ）に工程を省いて、非晶質珪素膜１０３の表面にニッケル化合物が接して存在している状態で加熱処理を施し、結晶化をさせた試料を作製した。この場合、得られる結晶性珪素膜には、非晶質成分が散見され、また局所的にニッケルシリサイド成分が存在していることが観察された

【００５２】

本実施例で示す工程で作製される結晶性珪素膜はこのようなこともなく、非常に高い結晶性と均一性とを有したものであった。

【００５３】

また本実施例で示す工程に従って得られた結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを作製したところ、Ｎチャネル型の薄膜トランジスタで１５０ｃｍ^2／Ｖｓ、Ｐチャネル型の薄膜トランジスタで８０ｃｍ^2／Ｖｓの移動度を得ることができた。

【００５４】

〔実施例２〕

本実施例は、実施例１に示す工程のハロゲンランプからの赤外光の照射の代わりに、紫外線レーザーによる方法を採用した例を示す。

【００５５】

この方法は、紫外線レーザーの照射によって、非晶質珪素膜の表面が瞬間的に加熱される現象を利用した方法である。この方法においても非晶質珪素膜が結晶化しない条件で紫外線レーザーを照射することが重要である。

【００５６】

具体的には、レーザー照射密度を１２０～２２０ｍＪ／ｃｍ^{2}とし、非晶質珪素膜が結晶化しない条件で行うことが重要である。

【００５７】

レーザー光源としては、エキシマタイプのものを利用するとがその出力やコストの点から好ましい。ここでは紫外線レーザーとして、ＫｒＦエキシマレーザー（波長２４８ｎｍ）を用いる。またこの紫外線レーザーの波長は３８０ｎｍ以下であることが好ましい。

【００５８】

なお現実問題として紫外線レーザーの波長の下限は、使用するガスの種類によって限定される。またコストや実用性によっても制限される。低波長のエキシマレーザーとしては、Ar_2エキシマレーザー（波長１２６ｎｍ）、Kr_2エキシマレーザー（波長１４６ｎｍ）、ＡｒＣｌエキシシマレーザー（波長１７５ｎｍ）、ＡｒＦエキシマレーザー（１９３ｎｍ）が知られている。

【００５９】

〔実施例３〕

本実施例は、珪素の結晶化を助長する金属元素を拡散させる工程に利用されるハロゲンランプによる照射装置の例を示す。図２に本実施例に示す装置の構成の概要を示す。

【００６０】

図２に示す構成においては、予備室２１４内に配置されたカセット２１５内に複数枚が配置された試料（基板）が、搬送室２１１内のロボットアーム２１２によって、ゲイトバルブ２１３を介して引き出され、さらにゲイトバルブ２０５を介して、処理室２０２内に移送される。

【００６１】

そして、処理室２０１においてハロゲンランプからの赤外光が試料（基板）２１０に照射される。試料２１０は石英でなる密閉容器２０２内に配置される。また試料２１０は保持手段２０３によって保持される。

【００６２】

なお、図２（Ａ）のＡ－Ａ’で切った断面を図２（Ｂ）に示す。

【００６３】

２０４がハロゲンランプであり、ハロゲンランプが存在する空間内には、ランプを冷却するために適当な不活性ガス（例えば窒素）がガス導入系２０７が導入される。そして不要

なガスは排気系２０９から排気される。
【００６４】
試料２１０が配置される空間にも適当な不活性ガスが導入系２０６から導入される。また不要となったガスは排気系２０８から排気される。また必要に応じて試料２１０の配置された空間は減圧状態とすることができる。
【００６５】
処理の終わった試料２１０はゲイトバルブ２０５を介して、搬送室２１１に配置されたロボットアーム２１２によって移送される。そしてさらにゲイトバルブ２１３から予備室２１４のカセット２１５へと移送される。
【００６６】
以上の動作を繰り返すことにより、連続的に試料の処理が行われる。
【００６７】
〔実施例４〕
本実施例は、珪素の結晶化を助長する金属元素を拡散させる工程に利用される紫外線レーザーの照射装置の例を示す。
【００６８】
図３に装置の概要を示す。図３（Ａ）にＢ－Ｂ’で切った断面が図３（Ｂ）である。図３に示す構成において、図２び示すものと同じものは前述したものと同様である。
【００６９】
図３に示す構成は、移動する台３０２に配置された試料２１０に対してレーザー光を照射するものである。レーザー光は、レーザー発振器３０６から発振され、さらに光学系３０７とミラー３０８、さらに石英の窓３０９を介して試料２１０に照射される。
【００７０】
レーザー光の照射は、台３０２がレール３０４上を移動することにより、走査して行われる。レーザー光の照射は、気密性を有するチャンバー３０１内で行われる。なお必要に応じて、各種ガスをガス導入系３１０から導入することができる。また排気系３１１によって、必要とする減圧状態とすることができる。
【００７１】
図３に示す装置においても、予備室２１４内のカセット２１５内に配置された複数の試料が連続的に処理される。
【００７２】
〔実施例５〕
本実施例はガラス基板上に薄膜トランジスタでもってＣＭＯＳ構造を形成する例である。図４～図６に本実施例の作製工程を示す。
【００７３】
まず実施例１または実施例２に示す構成に従って、ガラス基板４０１上に結晶性珪素膜を得る。そしてそれをパターニングすることによりＮチャネル型の薄膜トランジスタの活性層４０４とＰチャネル型の薄膜トランジスタの活性層４０５を得る。なお、４０２は下地膜である。
【００７４】
活性層４０４と４０５を形成したら、ゲイト絶縁膜として機能する酸化珪素膜４０３をプラズマＣＶＤ法で成膜する。厚さは１０００Åとする。
【００７５】
こうして図４（Ａ）に示す状態を得る。ここでは説明を簡単にするために一組のＮチャネル型の薄膜トランジスタとＰチャネル型の薄膜トランジスタとを形成する例を示す。一般的には同一ガラス基板上に数百以上の単位でＮチャネル型の薄膜トランジスタとＰチャネル型の薄膜トランジスタとが形成される。
【００７６】
図４（Ａ）に示す状態を得たら、図４（Ｂ）に示すように後にゲイト電極を構成することになるアルミニウム膜４０６を成膜する。

【００７７】
このアルミニウム膜はヒロックやウィスカーの発生を抑制するためにスカンジウムを0.2ｗｔ重量％含有させる。アルミニウム膜の成膜方法はスパッタ法や電子ビーム蒸着法を用いて行う。
【００７８】
ヒロックやウィスカーというのは、アルミニウムの異常成長に起因する刺状あるいは針状の突起物のことである。ヒロックやウィスカーの存在は、隣合う配線間や上限間に離間した配線間においてショートやクロスクトークが発生する原因となる。
【００７９】
アルミニウム膜以外の材料としてはタンタル等の陽極酸化可能な金属を利用することができる。
【００８０】
アルミニウム膜４０６を成膜したら、電解溶液中においてアルミニウム膜４０６を陽極とした陽極酸化を行い薄く緻密な陽極酸化膜４０７を成膜する。
【００８１】
ここでは、３％の酒石酸を含んだエチレングルコール溶液をアンモニアで中和したものを電解溶液として用いる。この陽極酸化方法を用いると緻密な膜質を有した陽極酸化膜を得ることができる。またその膜厚は印加電圧によって制御することができる。
【００８２】
ここでは陽極酸化膜４０７の厚さを１００Å程度とする。この陽極酸化膜４０７は、後に形成されるレジストマスクとの密着性を向上させる役割を有している。このようにして図４（Ｂ）に示す状態を得る。
【００８３】
次にレジストマスク１０８と１０９を形成する。そしてこのレジストマスク４０８と４０９を利用してアルミニウム膜１０６とその表面の陽極酸化膜４０７をパターニングする。このようにして図１（Ｃ）に示す状態を得る。
【００８４】
次に３％のシュウ酸水溶液を電解溶液として、この溶液中で残存したアルミニウム膜でなるパターン４１０と４１１を陽極とした陽極酸化を行う。
【００８５】
この陽極酸化工程においては、陽極酸化が残存したアルミニウム膜４１０と４１１の側面において選択的に進行する。これは、アルミニウム膜４１０と４１１の上面に緻密な陽極酸化膜とレジストマスク４０８と４０９が残存しているからである。（図４（Ｄ））
【００８６】
またこの陽極酸化においては、多孔質状（ポーラス状）の膜質を有した陽極酸化膜が形成される。またこの多孔質状の陽極酸化膜は数μｍ程度まで成長させるさせることができる。（前述の緻密な陽極酸化膜の最大成長距離は３０００Å程度である）
【００８７】
この陽極酸化工程の結果、陽極酸化膜（膜というより陽極酸化物）４１２と４１３が形成される。ここでは、この陽極酸化の進行距離、即ち膜厚は７０００Åとする。この陽極酸化の進行距離によって、後に低濃度不純物領域の長さが決まる。経験的にこの多孔質状の陽極酸化膜の成長距離は６０００Å～８０００Åとすることが望ましい。こうして図４（Ｄ）に示す状態を得る。
【００８８】
この状態においてゲイト電極１１と１２が画定する。図４（Ｄ）に示す状態を得たら、レジストマスク４０８と４０９を取り除く。
【００８９】
次に再び３％の酒石酸を含んだエチレングルコール溶液をアンモニアで中和したものを電解溶液として用いた陽極酸化を行う。この工程においては、電解溶液が多孔質状の陽極酸化膜４１２と４１３の中に侵入する。この結果、図４（Ｅ）の４１４と４１５で示される

緻密な陽極酸化膜が形成される。

【００９０】

この緻密な陽極酸化膜４１４と４１５の厚さは６００Åとする。なお、先に形成した緻密な陽極酸化膜４０７の残存部分はこの陽極酸化膜４１４と４１５と一体化してしまう。

【００９１】

図４（Ｅ）に示す状態においてＮ型を付与する不純物としてＰ（リン）イオンを全面にドーピングする。

【００９２】

このドーピングは、0.2 ～５×１０^{15}／ｃｍ^{2} 、好ましくは１～２×１０^{15}／ｃｍ^{2} という高いドーズ量で行う。ドーピング方法としてはプラズマドーピング法を用いる。

【００９３】

この図４（Ｅ）に示す工程の結果、高濃度にＰイオンが注入された領域４１６、４１７、４１８、４１９が形成される。

【００９４】

次に酢酸と硝酸とリンとを混合した混酸を用いて多孔質状の陽極酸化膜４１２と４１３を除去する。こうして図５（Ａ）に状態を得る。

【００９５】

図５（Ａ）に示す状態を得たら、図５（Ｂ）に示すように再びＰイオンの注入を行う。このＰイオンの注入は、ドーズ量を0.1 ～５×１０^{14}／ｃｍ^{2} 、好ましくは0.3 ～１×１０^{14}／ｃｍ^{2} という低い値とする。このドーピングにおいては、Ｐの表面濃度が２×１０^{19}／ｃｍ^{3} 以下となるようにする。

【００９６】

即ち、図５（Ｂ）で示す工程で行われるＰイオンの注入はそのドーズ量を図４（Ｅ）に示す工程において行われたドーズ量に比較して低いものとする。

【００９７】

この工程の結果、４２１と４２３の領域、さらに４２６と４２７の領域がライトドープされた低濃度不純物領域となる。また、４２０と４２４の領域、さらに４２５と４２８の領域は、より高濃度にＰイオンが注入された高濃度不純物領域となる。

【００９８】

この工程において、４２０の領域がＮチャネル型の薄膜トランジスタのソース領域となる。そして４２１と４２３が低濃度不純物領域となる。また４２４がドレイン領域となる。また、４２３で示される領域が一般にＬＤＤ（ライトドープドレイン）領域と称される領域となる。

【００９９】

次に図５（Ｃ）に示すようにＮチャネル型の薄膜トランジスタを覆うレジストマスク４２９を配置する。

【０１００】

図５（Ｃ）に示す状態においてＢ（ボロン）イオンの注入を行う。ここでは、Ｂイオンのドーズ量を0.2 ～１０×１０^{15}／ｃｍ^{2} 、好ましくは１～２×１０^{15}／ｃｍ^{2} 程度とする。このドーズ量は図４（Ｅ）に示す工程におけるドーズ量と同程度とすることができる。

【０１０１】

この工程において、４２５と４２６、さらに４２７と４２８の領域の導電型がＮ型からＰ型に反転する。

【０１０２】

こうしてＰチャネル型の薄膜トランジスタのソース領域４３０とドレイン領域４３２が形成される。また４３１の領域は特に不純物が注入されずにチャネル形成領域となる。（図５（Ｃ））

【０１０３】

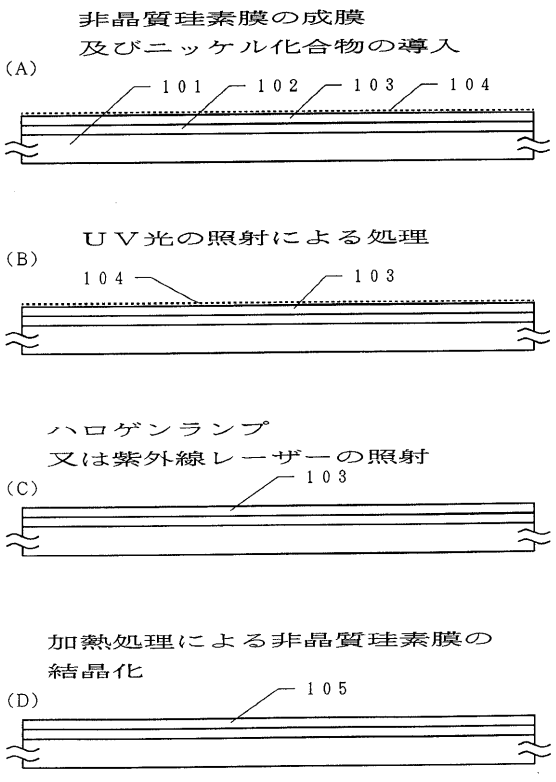
ここで、Ｂイオンを注入する前においては、図５（Ｂ）の４２６と４２７の領域はＰイオンが低濃度に注入されたＮ$^{-}$ 型の低濃度不純物領域である。従って、Ｂイオンの注入によ

って、容易にその導電型が反転する。
【０１０４】
特に、チャネル形成領域４３１との接合がＮＩ接合からＰＩ接合へと容易に反転する。即ち、必要とするジャンクションの形成を容易に行うことができる。
【０１０５】
従って、図４（Ｅ）の工程におけるＰイオンの注入工程と同程度のドーズ量でもって４２６と４２７の領域の導電型を反転させ、Ｐ型を有する不純物領域４３０と４３２とを形成することができる。
【０１０６】
また普通導電型を反転させる場合に比較して、ドーズ量を少なくすることができるので、不純物イオンの注入によってレジストマスクが変質してしまうことを抑制することができる。
【０１０７】
図５（Ｃ）に示す工程の終了後、レジストマスク４２９を取り除き、図５（Ｄ）に示す状態を得る。この状態で注入された不純物の活性化と不純物イオンが注入された領域のアニールを行うためにレーザー光の照射を行う。
【０１０８】
この時、Ｎチャネル型の薄膜トランジスタのソース／ドレイン領域である４２０と４２４の組で示される領域と、Ｐチャネル型の薄膜トランジスタのソース／ドレイン領域である４３０と４３２の組で示される領域との結晶性の違いがそれ程大きくない状態でレーザー光の照射を行うことができる。
【０１０９】
上記結晶性の違いがそれ程大きくないのは、図５（Ｃ）に示す工程において極端なヘビードーピングを行わないからである。
【０１１０】
従って、図５（Ｄ）に示す状態においてレーザー光の照射を行い、２つの薄膜トランジスタのソース／ドレイン領域のアニールを行う場合、そのアニール効果違いを是正することができる。
【０１１１】
このことにより、得られるＮおよびＰチャネル型の薄膜トランジスタの特性の違いを是正することができる。
【０１１２】
図５（Ｄ）に示す状態を得たら、図６（Ａ）に示すように層間絶縁膜１３３を成膜する。層間絶縁膜１３３は４０００Å厚の窒化珪素膜で構成する。この窒化珪素膜の成膜方法は、プラズマＣＶＤ法を用いる。
【０１１３】
次にコンタクトホールの形成を行い、Ｎチャネル型の薄膜トランジスタ（ＮＴＦＴ）のソース電極４３４とドレイン電極４３５を形成する。同時にＰチャネル型の薄膜トランジスタ（ＰＴＦＴ）のソース電極４３７とドレイン電極４３６を形成する。（図６（Ｂ））
【０１１４】
ここでＮチャネル型の薄膜トランジスタのドレイン電極４３５とＰチャネル型の薄膜トランジスタのドレイン電極４３６とを接続するようにパターニングを行い、さらに２つのＴＦＴのゲイト電極同士を接続すればＣＭＯＳ構造が実現される。
【０１１５】
図６（Ｂ）に示すＣＭＯＳ構造を有する構成は、Ｎチャネル型の薄膜トランジスタの方に低濃度不純物領域４２１と４２３が配置されている。
【０１１６】
４２１と４２３で示される低濃度不純物領域は、
・ＯＦＦ電流を低減させる。
・ホットキャリアーによるＴＦＴの劣化の防止する。

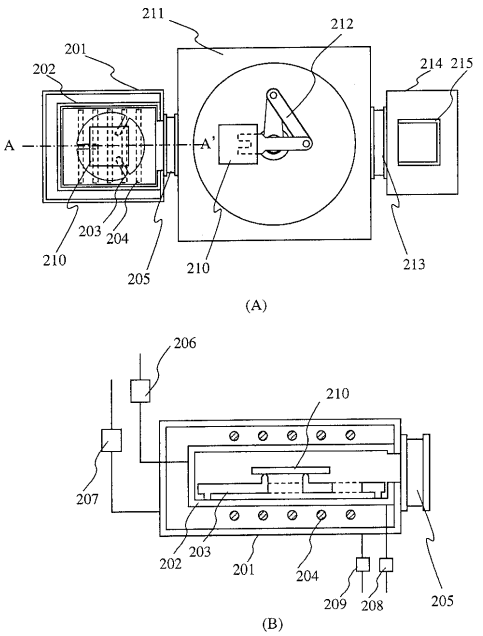
・ソース／ドレイン間の抵抗を増加させＮＴＦＴの移動度を低下させる。
といった作用を有している。
【０１１７】
一般に図６（Ｂ）に示すようなＣＭＯＳ構造とする場合、Ｎチャネル型の薄膜トランジスタとＰチャネル型の薄膜トランジスタとの特性の違いが問題となる。
【０１１８】
例えば本実施例のような結晶性珪素膜を用いた場合において、Ｎチャネル型の薄膜トランジスタの移動度は１００～１５０Ｖｓ／ｃｍ^2 程度得られるが、Ｐチャネル型の薄膜トランジスタの移動度は３０～８０Ｖｓ／ｃｍ^2 程度しか得られない。
【０１１９】
また、Ｎチャネル型の薄膜トランジスタには、ホットキャリアによる劣化という問題がある。この問題はＰチャネル型の薄膜トランジスタでは特に問題とならない。
【０１２０】
また一般にＣＭＯＳ回路では低ＯＦＦ電流特性は特に要求されない。
【０１２１】
このような状況において、Ｎ型の薄膜トランジスタ側に４２１や４２３で示される低濃度不純物領域を配置する構成とすることで以下の有意性を得ることができる。
【０１２２】
即ち、ＣＭＯＳ構造において、Ｎ型の薄膜トランジスタの移動度を低下させ、さらにその劣化を防止することによって、Ｐチャネル型の薄膜トランジスタとの総合的な特性のバランスを採り、ＣＭＯＳ回路としての特性を向上させることができる。
【０１２３】
また本実施例に示す工程において、図４（Ｅ）、図５（Ｂ）、図５（Ｃ）に示す不純物イオンの注入工程の際に、活性層がゲイト絶縁膜を構成する酸化珪素膜４０３で覆われていることは重要である。
【０１２４】
このような状態で不純物イオンの注入を行うと、活性層表面の荒れや汚染を抑制することができる。このことは、歩留りや得られる装置の信頼性を高めることに大きな寄与を果たす。
【０１２５】
本実施例に示すＣＭＯＳ型の薄膜回路は、アクティブマトリクス型の液晶表示装置やアクティブマトリクス型のＥＬ表示装置に利用することができる。
【０１２６】
〔実施例６〕
本実施例は、実施例１に示す工程で得られた結晶性珪素膜に対してさらにレーザー光を照射して、その結晶性を助長する場合の例を示す。
【０１２７】
実施例１に示す工程において加熱処理により結晶化させた結晶性珪素膜に対して、さらにレーザー光の照射を行うと、その結晶性を助長させることができる。そしてさらに高い結晶性を有した結晶性珪素膜を得ることができる。
【０１２８】
この場合のレーザー光としては、紫外領域を有するエキシマレーザーを用いることが好ましい。
【０１２９】
【発明の効果】
本明細書で開示する発明を利用することで、高い信頼性を有する薄膜半導体装置を得ることができる。特に、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用して得られた結晶性珪素膜を用いた半導体装置の作製において、得られる半導体装置の特性のバラツキや信頼性を改善することができる。
【図面の簡単な説明】

【図１】　結晶性珪素膜の作製工程を示す。
【図２】　ハロゲンランプを用いた処理装置の概要を示す。
【図３】　紫外線レーザーを用いた処理装置の概要を示す。
【図４】　相補型に構成された薄膜トランジスタの作製工程を示す。
【図５】　相補型に構成された薄膜トランジスタの作製工程を示す。
【図６】　相補型に構成された薄膜トランジスタの作製工程を示す。
【符号の説明】
１０１　　ガラス基板
１０２　　下地膜（酸化珪素膜）
１０３　　非晶質珪素膜
１０４　　ニッケル化合物
１０５　　結晶性珪素膜

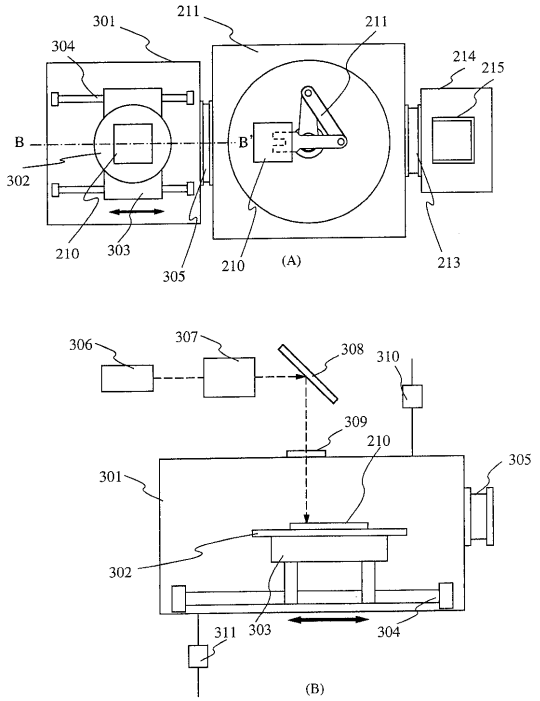
【図１】



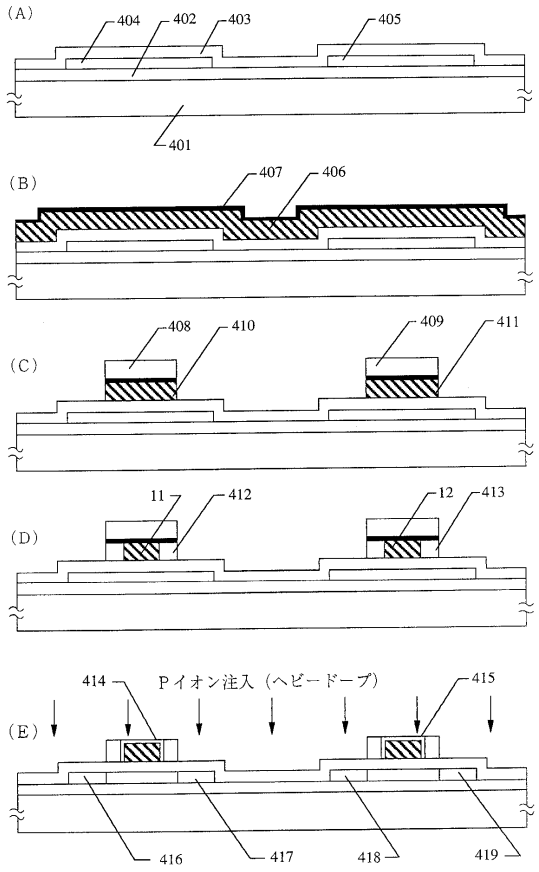
【図２】



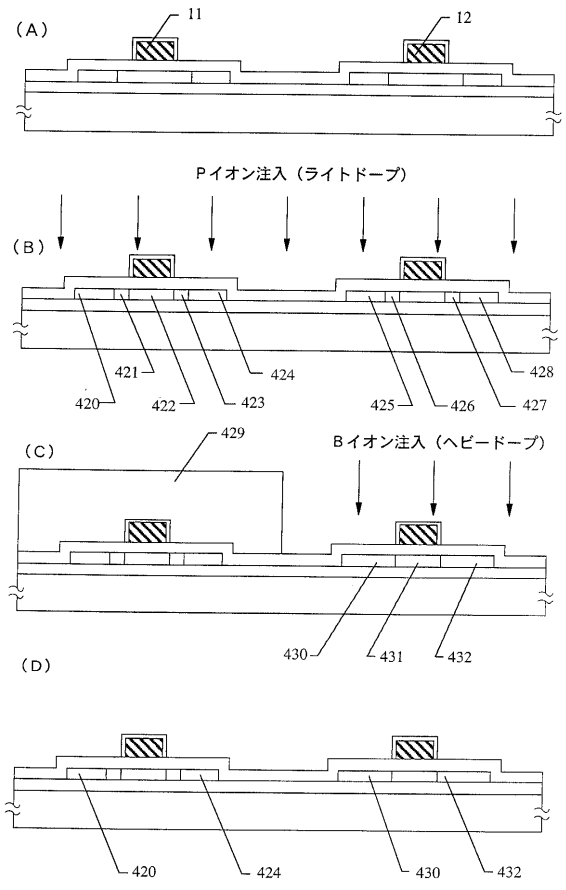
【図３】


301
211
211
304
214
215
B
B'
302
210
303
305
210
(A)
213
306
307
308
310
309
210
305
301
302
311
303
304
(B)

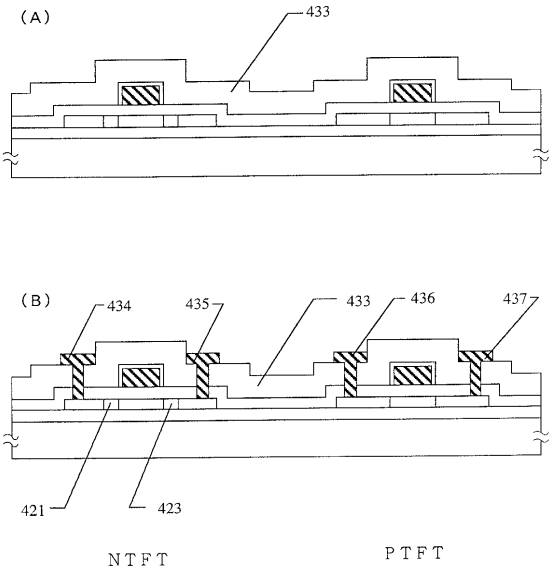
【図４】


(A)
404
402
403
405
401
(B)
407
406
(C)
408
410
409
411
(D)
11
412
12
413
(E)
414
Pイオン注入（ヘビードープ）
415
416
417
418
419

【図５】


(A)
11
12
Pイオン注入（ライトドープ）
(B)
421
424
428
420
422
423
425
426
427
(C)
429
Bイオン注入（ヘビードープ）
430
431
432
(D)
420
424
430
432

【図６】


(A)
433
(B)
434
435
433
436
437
421
423
NTFT
PTFT

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)

H01L 21/20

H01L 21/268

H01L 21/336

H01L 29/786