

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4316132号
(P4316132)

(45) 発行日 平成21年8月19日(2009.8.19)

(24) 登録日 平成21年5月29日(2009.5.29)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 21/20
HO 1 L 21/322 (2006.01)	HO 1 L 21/322 J
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 G
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 Z

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2000-384543 (P2000-384543)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成12年12月19日(2000.12.19)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2002-184695 (P2002-184695A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成14年6月28日(2002.6.28)	(74) 代理人	100103159
審査請求日	平成17年1月18日(2005.1.18)		弁理士 加茂 裕邦
		(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
		(72) 発明者	中村 理
			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	和瀬田 芳正

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】

一対のゲッタリングサイトと、前記一対のゲッタリングサイトに挟まれた一対の不純物領域と、前記一対の不純物領域に挟まれたチャンネル形成領域と、を有する半導体装置の作製方法であって、

非晶質構造を有する第1の半導体膜の全面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素を添加する第1の工程と、

前記第1の半導体膜を第1の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第2の半導体膜を形成する第2の工程と、

前記第2の半導体膜上にゲート絶縁膜を形成する第3の工程と、

前記ゲート絶縁膜上にゲート電極を形成する第4の工程と、

前記ゲート絶縁膜及び前記ゲート電極上にマスクを形成する第5の工程と、

前記マスクを用い、前記第2の半導体膜に、周期表18族元素を添加した前記一対のゲッタリングサイトを形成する第6の工程と、

前記マスクを除去する第7の工程と、

前記ゲート電極をマスクとして前記第2の半導体膜に一導電型の不純物を添加した前記一対の不純物領域を形成する第8の工程と、

第2の加熱処理により、前記一対のゲッタリングサイトに、前記第2の半導体膜に含まれる前記金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第9の工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

20

【請求項 2】

一对のゲッターリングサイトと、前記一对のゲッターリングサイトに挟まれた一对の不純物領域と、前記一对の不純物領域に挟まれたチャンネル形成領域と、を有する半導体装置の作製方法であって、

非晶質構造を有する第 1 の半導体膜に、選択的に結晶化を促進する触媒作用のある金属元素を添加する第 1 の工程と、

前記第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、

前記第 2 の半導体膜上にゲート絶縁膜を形成する第 3 の工程と、

前記ゲート絶縁膜上にゲート電極を形成する第 4 の工程と、

前記ゲート絶縁膜及び前記ゲート電極上にマスクを形成する第 5 の工程と、

前記マスクを用い、前記第 2 の半導体膜に、周期表 18 族元素を添加した前記一对のゲッターリングサイトを形成する第 6 の工程と、

前記マスクを除去する第 7 の工程と、

前記ゲート電極をマスクとして前記第 2 の半導体膜に一導電型の不純物を添加した前記一对の不純物領域を形成する第 8 の工程と、

第 2 の加熱処理により、前記一对のゲッターリングサイトに、前記第 2 の半導体膜に含まれる前記金属元素を偏析させるゲッターリングを行う第 9 の工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記周期表 18 族元素は H e、N e、A r、K r、X e から選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一において、

前記一導電型の不純物は周期表 15 族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一において、

前記一導電型の不純物は、周期表 13 族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一において、

前記金属元素は F e、N i、C o、R u、R h、P d、O s、I r、P t、C u、A u から選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はゲッターリング技術を用いた半導体装置の作製方法及び、当該作製方法により得られる半導体装置に関する。特に本発明は、半導体膜の結晶化において触媒作用のある金属元素を添加して作製される結晶質半導体膜を用いた半導体装置の作製方法並びに半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

結晶構造を有する半導体膜（以下、結晶質半導体膜という）を用いた代表的な半導体素子として薄膜トランジスタ（以下、T F Tと記す）が知られている。T F Tはガラスなどの絶縁基板上に集積回路を形成する技術として注目され、駆動回路一体型液晶表示装置などが実用化されつつある。従来からの技術において、結晶質半導体膜は、プラズマC V D法や減圧C V D法で堆積した非晶質半導体膜を、加熱処理やレーザーアニール法（レーザー光の照射により半導体膜を結晶化させる技術）により作製されている。

【0003】

こうして作製される結晶質半導体膜は多数の結晶粒の集合体であり、その結晶方位は任意な方向に配向して制御不能であるため、T F Tの特性を制限する要因となっている。このような問題点に対し、特開平7-183540号公報で開示される技術は、ニッケルなど半導体膜の結晶化に対し触媒作用のある金属元素を添加して結晶質半導体膜を作製するものであり、結晶化に必要とする加熱温度を低下させる効果ばかりでなく、結晶方位の配向性を単一方向に高めることが可能である。このような結晶質半導体膜でT F Tを形成すると、電界効果移動度の向上みでなく、サブスレッショルド係数（S値）が小さくなり、飛躍的に電気的特性を向上させることが可能となっている。

【0004】

10

しかし、触媒作用のある金属元素を添加する故に、結晶質半導体膜の膜中或いは膜表面には、当該金属元素が残存し、得られる素子の特性をばらつかせるなどの問題がある。その一例は、T F Tにおいてオフ電流が増加し、個々の素子間でばらつくなどの問題がある。即ち、結晶化に対し触媒作用のある金属元素は、一旦結晶質半導体膜が形成されてしまえば、かえって不要な存在となってしまう。

【0005】

リンを用いたゲッターリングは、このような金属元素を結晶質半導体膜の特定の領域から除去するための手法として有効に活用されている。例えば、T F Tのソース・ドレイン領域にリンを添加して450～700℃の熱処理を行うことで、チャンネル形成領域から当該金属元素を容易に除去することが可能である。

20

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

リンはイオンドープ法（ PH_3 などをプラズマで解離して、イオンを電界で加速して半導体中に注入する方法であり、基本的にイオンの質量分離を行わない方法を指す）で結晶質半導体膜に注入するが、ゲッターリングのために必要なリン濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上である。イオンドープ法によるリンの添加は、結晶質半導体膜の非晶質化をもたらすが、リン濃度の増加はその後のアニールによる再結晶化の妨げとなり問題となっている。また、高濃度のリンの添加は、ドーピングに必要な処理時間の増大をもたらし、ドーピング工程におけるスループットを低下させるので問題となっている。

【0007】

30

さらに、pチャンネル型T F Tのソース・ドレイン領域に添加したリンに対し、その伝導型を反転させるために必要な硼素の濃度は1.5～3倍が必要であり、再結晶化の困難さに伴って、ソース・ドレイン領域の高抵抗化をもたらす問題となっている。

【0008】

本発明はこのような問題を解決するための手段であり、半導体膜の結晶化に対して触媒作用のある金属元素を用いて得られる結晶質半導体膜に残存する当該金属元素を効果的に除去する技術を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

ゲッターリング技術は単結晶シリコンウエハーを用いる集積回路の製造技術において主要な技術として位置付けられている。ゲッターリングは半導体中に取り込まれた金属不純物が、何らかのエネルギーでゲッターリングサイトに偏析して、素子の能動領域の不純物濃度を低減させる技術として知られている。それは、エクストリンシックゲッターリング(Extrinsic Gettering)とイントリンシックゲッターリング(Intrinsic Gettering)の二つに大別されている。エクストリンシックゲッターリングは外部から歪場や化学作用を与えてゲッターリング効果をもたらすものである。高濃度のリンを単結晶シリコンウエハーの裏面から拡散させるリンゲッタはこれに当たり、前述の結晶質半導体膜に対するリンを用いたゲッターリングもエクストリンシックゲッターリングの一種と見なすことができる。

40

【0010】

一方、イントリンシックゲッターリングは単結晶シリコンウエハーの内部に生成された酸素

50

が関与する格子欠陥の歪場を利用したものとして知られている。本発明は、このような格子欠陥、或いは格子歪みを利用したイントリンシックゲッタリングに着目したものであり、厚さ10～100nm程度の結晶質半導体膜に適用するために以下の手段を採用するものである。

【0011】

本発明は結晶構造を有する半導体膜に、周期表18族元素を添加した不純物領域を形成し、加熱処理により前記不純物領域に半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行うことを特徴としている。また、当該不純物領域には一導電型の不純物が含まれていても良い。

【0012】

周期表18族元素はHe、Ne、Ar、Kr、Xeから選ばれた一種または複数種であり、これらのイオンを電界で加速して半導体膜に注入することにより、ダングリングボンドや格子歪みを形成してゲッタリングサイトを形成することができる。また、一導電型不純物は周期表15族元素或いは周期表13族元素が適用され、これらは周期表18族元素を添加した領域に共に含まれていても良い。

【0013】

このように周期表18族元素を用いる結晶質半導体膜の作製方法は、非晶質構造を有する第1の半導体膜に、金属元素を添加する第1の工程と、第1の半導体膜を第1の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第2の半導体膜を形成する第2の工程と、第2の半導体膜に周期表18族元素を添加した不純物領域を形成する第3の工程と、第3の工程の後に、第2の加熱処理により、不純物領域に、第2の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第4の工程とを有している。

【0014】

または、非晶質構造を有する第1の半導体膜の第1の領域に、選択的に金属元素を添加する第1の工程と、第1の半導体膜を第1の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第2の半導体膜を形成する第2の工程と、第2の半導体膜における前記第1の領域に、周期表18族元素を添加する第3の工程と、第3の工程の後に、第2の加熱処理により、第1の領域に、第2の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第4の工程とを有している。

【0015】

このような工程を経て作製される半導体装置は、一導電型の不純物領域に、金属元素と、周期表18族元素が共に含まれていることを特徴としている。または、一導電型の第1の不純物領域に接して第2の不純物領域が設けられ、第2の不純物領域には金属元素と、周期表18族元素が共に含まれていることを特徴としている。

【0016】

また、結晶構造を有する半導体膜に、一導電型の第1の不純物領域と、第1の不純物領域に接する第2の不純物領域と、第1の不純物領域に接するチャネル形成領域とが設けられ、第2の不純物領域に、金属元素と、周期表18族元素が共に含まれていることを特徴としている。

【0017】

上記本発明の構成において、当該金属元素はFe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種である。

【0018】

以上説明したように、本発明は周期表18族元素を用いて半導体膜に含まれる金属元素をゲッタリングする技術を提供する。以下、実施の形態により本発明をより詳細に説明する。

【0019】

【発明の実施の形態】

[実施の形態1]

図1は本発明の一実施形態を説明する図であり、非晶質半導体膜の全面に触媒作用のある

10

20

30

40

50

金属元素を全面に添加して結晶化した後、ゲッタリングを行う方法である。図1(A)において、基板101はバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラス、或いは石英などを用いることができる。基板101の表面には、ブロッキング層102として無機絶縁膜を10～200nmの厚さで形成する。好適なブロッキング層の一例は、プラズマCVD法で作製される酸化窒化シリコン膜であり、 SiH_4 、 NH_3 、 N_2O から作製される第1酸化窒化シリコン膜を50nmの厚さに形成し、 SiH_4 と N_2O から作製される第2酸化窒化珪素膜を100nmの厚さに形成したものが適用される。ブロッキング層102はガラス基板に含まれるアルカリ金属がこの上層に形成する半導体膜中に拡散しないために設けるものであり、石英を基板とする場合には省略することも可能である。

【0020】

ブロッキング層102の上に形成する非晶質構造を有する半導体膜103は、シリコンを主成分とする半導体材料を用いる。代表的には、非晶質シリコン膜又は非晶質シリコンゲルマニウム膜などが適用され、プラズマCVD法や減圧CVD法、或いはスパッタ法で10～100nmの厚さに形成する。良質な結晶を得るためには、非晶質構造を有する半導体膜103に含まれる酸素、窒素、炭素などの不純物濃度を極力低減する必要があり、高純度の材料ガスを用いることはもとより、超高真空対応のCVD装置を用いることが望ましい。

【0021】

その後、非晶質構造を有する半導体膜103の表面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素を添加する。半導体膜の結晶化を促進する触媒作用のある金属元素としては鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)などであり、これらから選ばれた一種または複数種を用いることができる。代表的にはニッケルを用い、重量換算で1～10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布して触媒含有層104を形成する。この場合、当該溶液の馴染みをよくするために、非晶質構造を有する半導体膜103の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておく。シリコンなど半導体膜の表面は本来疎水性なので、このように酸化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【0022】

勿論、触媒含有層104はこのような方法に限定されず、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理などにより形成しても良い。

【0023】

次に、500℃にて1時間の加熱処理を行い、非晶質構造を有する半導体膜103が含有する水素を放出させる。そして、580℃にて4時間に加熱処理を行い結晶化を行う。こうして、図1(B)に示す結晶質半導体膜105が形成される。

【0024】

さらに結晶化率(膜の全体積における結晶成分の割合)を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するためには、結晶質半導体膜105に対してレーザー光を照射することも有効である。レーザーには波長400nm以下のエキシマレーザー光や、YAGレーザーの第2高調波、第3高調波を用いる。いずれにしても、繰り返し周波数10～1000Hz程度のパルスレーザー光を用い、当該レーザー光を光学系にて100～400mJ/cm²に集光し、90～95%のオーバーラップ率をもって結晶質半導体膜105に対するレーザー処理を行っても良い。

【0025】

このようにして得られる結晶質半導体膜105には、金属元素(ここではニッケル)が残存している。それは膜中において一様に分布していないにしろ、平均的な濃度とすれば、 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ を越える濃度で残存している。勿論、このような状態でもTFEをはじめ各種半導体素子を形成することが可能であるが、より好ましくはゲッタリングにより当該

10

20

30

40

50

元素を除去することが望ましい。

【0026】

図1 (B) はゲッターリングサイト108を形成するために、イオンドープ法で周期表18族元素、或いは当該元素と一導電型の不純物元素を結晶質半導体膜105に添加する工程を示している。結晶質半導体膜105の表面には、マスク用の酸化シリコン膜106が100～200nmの厚さに形成され、開孔部107が設けられ結晶質半導体膜が露出した領域に周期表18族元素、或いは当該元素と一導電型の不純物元素を添加する。当該元素の結晶質半導体膜中における濃度は $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ とする。

【0027】

周期表18族元素としてはヘリウム (He)、ネオン (Ne)、アルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe) から選ばれた一種または複数種を用いる。本発明はゲッターリングサイトを形成するためにこれら不活性気体をイオンソースとして用い、イオンドープ法或いはイオン注入法で半導体膜に注入することに特徴を有している。これら不活性気体のイオンを注入する意味は二つある。一つは注入によりダングリングボンドを形成し半導体膜に歪みを与えることであり、他の一つは半導体膜の格子間に当該イオンを注入することで歪みを与えることである。不活性気体のイオンを注入はこの両者を同時に満たすことができるが、特に後者はアルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe) などシリコンより原子半径の大きな元素を用いた時に顕著に得られる。

【0028】

ゲッターリングは窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行うと、ゲッターリングサイト108に金属元素を偏析させることができる。

【0029】

その後、エッチングによりゲッターリングサイトを除去すると、図1 (C) に示すように金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜109が得られる。こうして形成された結晶質珪素膜108は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。

【0030】

[実施の形態2]

半導体膜の結晶化を助長する元素を選択的に形成する方法を図2により説明する。図2 (A) において、基板101としてガラス基板を用いる場合にはブロッキング層102を設ける。また、非晶質構造を有する半導体膜103も実施の形態1と同様に作製する。

【0031】

そして、非晶質構造を有する半導体膜103上に上に100～200nmの厚さの酸化珪素膜110を形成する。酸化珪素膜の作製方法は限定されないが、例えば、オルトケイ酸テトラエチル (Tetraethyl Ortho Silicate: TEOS) と O_2 とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波 (13.56MHz) 電力密度0.5～0.8W/cm²で放電させ形成する。

【0032】

次に、酸化珪素膜110に開口部111を形成し、重量換算で1～10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液を塗布する。これにより、触媒金属含有層112が形成され、それは開口部111の底部のみで半導体膜103と接触する。

【0033】

図2 (B) で示す結晶化は、加熱処理の温度500～650℃で4～24時間、例えば570℃にて14時間の熱処理を行う。この場合、結晶化は触媒となる金属元素が接した半導体膜の部分でシリサイドが形成され、それを核として基板の表面と平行な方向に結晶化が進行する。こうして形成された結晶質珪素膜114は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。

【0034】

次いで、開口部111を利用して、同様にイオンドープ法で周期表18族元素、或いは当

10

20

30

40

50

該元素と一導電型の不純物元素を添加してゲッタリングサイト 115 を形成する。ゲッタリングは窒素雰囲気中で 450～800℃、1～24 時間、例えば 550℃ にて 14 時間の熱処理を行うと、ゲッタリングサイト 115 に金属元素を偏析させることができる。その後、エッチングによりゲッタリングサイトを除去すると、図 2 (D) に示すように金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜 116 が得られる。

【0035】

[実施の形態 3]

触媒作用のある金属元素を用いて形成された半導体膜を用いて T F T のチャネル形成領域やソース・ドレイン領域などの不純物領域を形成することができる。ここでは、T F T の作製工程において当該金属元素を該不純物領域をゲッタリングサイトとして、チャネル形成領域から除去する方法について説明する。

10

【0036】

図 3 (A) において、基板 301、ブロック層 302、半導体膜 303 は実施の形態 1 または 2 と同様にして作製されるものである。半導体膜 303 の上層に形成する絶縁膜は T F T のゲート絶縁膜として用いるものであり、酸化シリコンや窒化酸化シリコン膜で 30～150 nm、代表的には 80 nm の厚さに形成する。ゲート電極 305 はタングステン、タンタル、チタン、モリブデンなどの金属材料またはこれらの合金で形成するのが好ましい。

【0037】

不純物領域 306 は n チャネル型 T F T であればドナーとして代表的にはリンが添加される。また、p チャネル型 T F T であればアクセプタとして硼素が添加されて形成される。いずれにしても、不純物領域 306 はイオンドープ法により形成することが可能であり、リンを添加する場合には PH_3 を、また硼素を添加する場合には B_2H_6 を用いる。これらは通常水素で希釈されて供給される。この不純物領域を効果的なゲッタリングサイトとするためには、イオンドープ法にてドナーまたはアクセプタの添加と同時に、或いはその前か後に周期表 18 族元素を注入する。

20

【0038】

その後、図 3 (B) に示すように、窒化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜でパッシベーション膜 308 を形成し、窒素雰囲気中で 450～800℃、1～24 時間、例えば 550℃ にて 14 時間の熱処理を行うと、不純物領域 306 がゲッタリングサイトとなり、チャネル形成領域からその領域に金属元素を偏析させることができる。従って、不純物領域にはドナーまたはアクセプタと金属元素が共に存在することになる。

30

【0039】

また、図 4 に示すように、基板 301 上にブロック層 302、半導体膜 303、絶縁膜 304、ゲート電極 305 を形成した後、マスク 310 を形成する。そして、マスク 310 を用いて、半導体膜 303 の端部に 18 族元素のいずれか一種または複数種を添加してゲッタリングサイト 311 を形成する。

【0040】

その後、ドナー又はアクセプタを添加して不純物領域 312 を形成する。ゲッタリングサイト 311 にも同様にドナー又はアクセプタが添加され、これを区別してゲッタリングサイト 313 として示す。その後、図 4 (C) に示すように、窒化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜でパッシベーション膜 314 を形成し、窒素雰囲気中で 450～800℃、1～24 時間、例えば 550℃ にて 14 時間の熱処理を行うと、不純物領域 306 がゲッタリングサイトとなり、チャネル形成領域からその領域に金属元素を偏析させることができる。

40

【0041】

周期表 18 族元素を添加した半導体膜の領域は結晶構造が破壊され非晶質化する。18 族元素はシリコンと結合せずに、格子間に存在するが、当該元素の濃度が高い場合には格子が歪んだまま残り、その後の加熱処理によって再結晶化させることが困難になる。一方、ゲッタリングサイトを形成する目的からは、歪みを大きくした方が当該金属元素を偏析さ

50

せる効果がより増大する。図4で示す構成は、この両者を同時に満足する方法であり、素子を形成するための不純物領域とゲッタリングサイトとを分離して形成した例を示している。

【0042】

[実施の形態4]

図5は半導体膜に格子歪み、或いは欠陥を生成するために導入する周期表18族元素の添加について説明する図である。図3または図4で説明したゲッタリングは半導体膜の素子形成領域の一部にゲッタリングサイトを形成する例を示している。その場合、ゲッタリングサイトは加熱処理により再結晶化できることが望ましいと考えられる。

【0043】

シリコンを主成分とする半導体膜に対し、高濃度の周期表18族元素はしばしば再結晶化を妨げる要因となる。再結晶化を確実なものとするためには、注入する18族元素の濃度分布に注意を要する。図5において、半導体膜401、絶縁膜404、ゲート電極405の構成は図3と同様である。18族元素は絶縁膜404を通して半導体膜401に注入される。注入される当該元素は、加速電圧に依存するが、絶縁膜404から半導体膜401の厚さ方向に渡って図5に挿入したグラフに示すように濃度分布を持つ。

【0044】

半導体膜401において、周期表18族元素は絶縁膜404側で高く、その反対側は低くなる。非晶質化は18族元素が注入される濃度に依存し、その濃度が低いと結晶成分を残存させることができる。その境界を明瞭に区別することはできないが、図5で示すように18族元素が添加され非晶質化した領域402と、18族元素が添加されているものの、結晶成分が残存している領域403とに分けて見ることができる。

【0045】

結晶成分が残存している領域403があると、ゲッタリングを伴う加熱処理により再結晶化させることが容易となる。即ち、結晶成分が残存している領域403が結晶成長の核となり、非晶質化した領域402の結晶化を促進させることが可能になる。このようなゲッタリングサイトは、イオンドープ法における加速電圧の制御で容易に実現でき、これは、ドナー又はアクセプタのドーピングを伴っていても同様に実現することができる。

【0046】

勿論、本実施形態で示す構成は、実施形態1～3におけるゲッタリングサイトの形成において適用することができる。

【0047】

【実施例】

[実施例1]

本発明の有効性を確認するため、周期表18族元素としてアルゴンを用い、以下の実験を行った。

【0048】

半導体膜は50nmの非晶質シリコン膜に10ppmの酢酸ニッケル含有水溶液を塗布した後、500℃にて1時間の脱水素処理と、550℃にて4時間の加熱処理により結晶化させた結晶質半導体膜を用いた。そして、ゲッタリングサイトをリンをイオンドープ法で注入した試料、リンを注入した後、アルゴンを注入した試料、アルゴンのみを注入した試料を作製し、これらを比較評価した。この時、リンの注入条件は、水素で希釈された5%のPH₃を用い、加速電圧80keV、ドーズ量 $1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ とした。注入に要する時間は約8分であり、結晶質半導体膜には平均濃度で $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のリンを注入することができる。一方、アルゴンは90keVの加速電圧で、 2×10^{15} または $4 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ のドーズ量で注入した。アルゴンは99.9999%以上のものを用い、注入に要する時間は1～2分でよかった。表1にこれらの条件をまとめて示す。

【0049】

【表1】

試料No.	P 添加条件		A r 添加条件	
	加速電圧	ト ⁺ -フ ⁺ 量	加速電圧	ト ⁺ -フ ⁺ 量
1	8 0 keV	$1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$	—	—
2	8 0 keV	$1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$	9 0 keV	$2.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$
3	8 0 keV	$1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$	9 0 keV	$4.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$
4	—	—	9 0 keV	$2.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$

10

【0050】

ゲッターリングは窒素雰囲気中、550℃にて4時間の加熱処理をもって行った。ゲッターリングの効果は、結晶質半導体膜の被ゲッターリング領域におけるエッチピットの数により確認した。即ち、添加したニッケルの大部分はニッケルシリサイドとして結晶質半導体膜に残存するが、これはFPM（フッ酸、過酸化水素水、純水の混合液）によりエッチングされることが知られている。従って、被ゲッターリング領域をFPMで処理してエッチピットの有無を確認することにより、ゲッターリングの効果を確認することができる。この場合、エッチピットの数が少ない程、ゲッターリングの効果が高いことを意味する。

20

【0051】

図6にその結果を示し、リンのみを添加した試料が 3.5×10^{-3} 個/ μm^2 のエッチピット密度であるのに対し、アルゴンを添加してゲッターリングした試料はエッチピット数は 5×10^{-4} 個/ μm^2 以下であり、その数が極端に減少していることが解る。この結果は、アルゴンを注入することによりゲッターリングの効果が極端に高められることを意味し、本発明の周期表の18族元素を用いたゲッターリングが極めて有効であることを示している。

【0052】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明における周期表の18族元素を半導体膜に注入して行うイントリンシックゲッターリングは、結晶質半導体膜中に残存する金属元素をゲッターリングさせる効果が極めて高い。これは、触媒作用のある金属元素を用いて作製される結晶質半導体膜の高純度化に寄与するばかりでなく、結晶質半導体膜を用いる半導体装置の生産性の向上にも寄与することができる。即ち、周期表の18族元素は不活性気体であり、イオンドーピングにおいても取り扱いが容易である。また、ドーピングに要する時間も短時間で済むなどの特徴を有している。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図2】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図3】 周期表18族元素を用いたゲッターリング方法を用いる半導体装置の作製方法を説明する図。

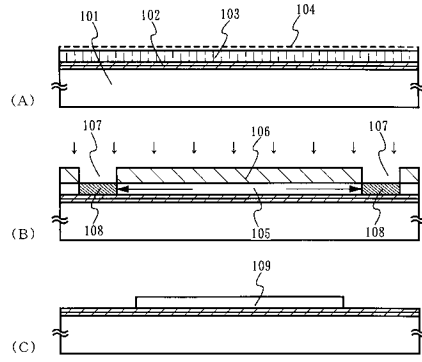
40

【図4】 周期表18族元素を用いたゲッターリング方法を用いる半導体装置の作製方法を説明する図。

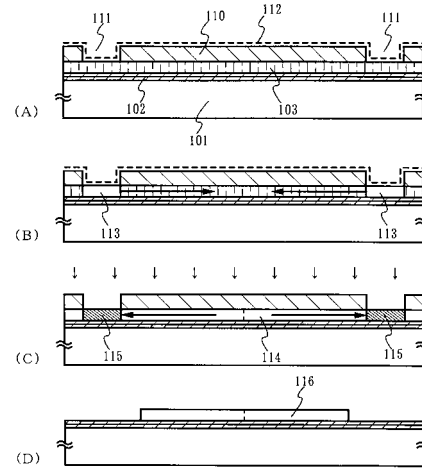
【図5】 イオンドーピング法により注入される周期表18族元素の適した濃度分布を説明する図。

【図6】 ゲッターリング後のFPM処理により観察されるエッチピット密度を示すグラフ。

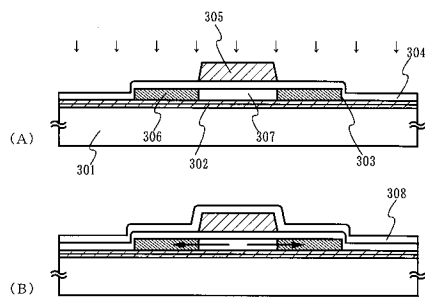
【図 1】



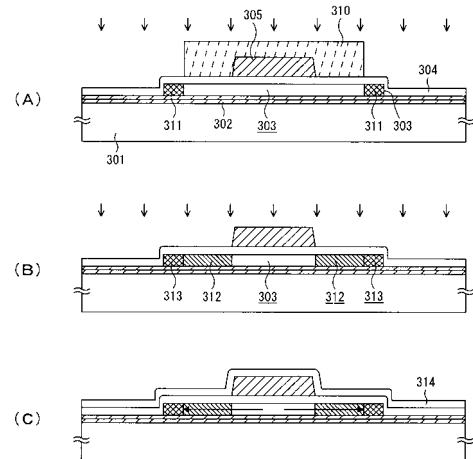
【図 2】



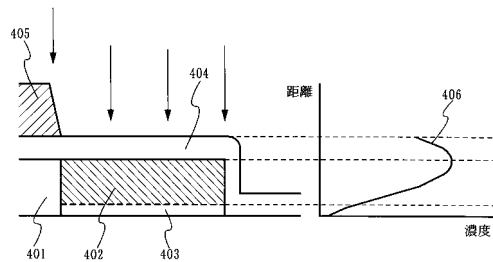
【図 3】



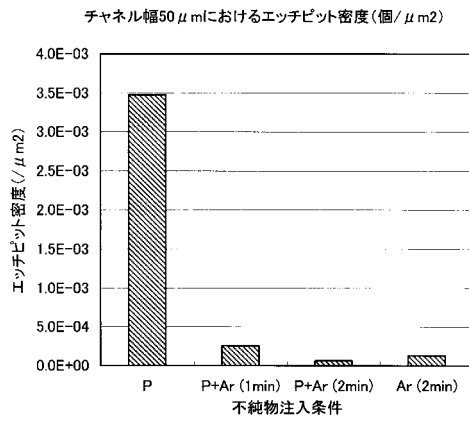
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-133594 (JP, A)
特開平10-223533 (JP, A)
特開平5-109737 (JP, A)
特開平10-135226 (JP, A)
特開平8-236471 (JP, A)
特開2001-250777 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/20
H01L 21/322
H01L 21/336
H01L 29/786