

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4669679号
(P4669679)

(45) 発行日 平成23年4月13日(2011.4.13)

(24) 登録日 平成23年1月21日(2011.1.21)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 21/318 (2006.01) HO 1 L 21/318 B
 HO 1 L 29/78 (2006.01) HO 1 L 29/78 3 O 1 G

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-221490 (P2004-221490)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成16年7月29日(2004.7.29)	(74) 代理人	100108062 弁理士 日向寺 雅彦
(65) 公開番号	特開2006-41337 (P2006-41337A)	(72) 発明者	星 岳志 茨城県つくば市小野川16番地1 株式会 社半導体先端テクノロジーズ内
(43) 公開日	平成18年2月9日(2006.2.9)	(72) 発明者	齋藤 豪 茨城県つくば市小野川16番地1 株式会 社半導体先端テクノロジーズ内
審査請求日	平成19年2月9日(2007.2.9)	(72) 発明者	加藤 寿 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放 送センター 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】窒化珪素膜の製造方法及び半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基体の表面に窒化珪素膜を形成する窒化珪素膜の製造方法であって、
 珪素と塩素とを含む第1のガスを前記基体の表面に供給し、前記第1のガスに含まれる前記珪素と前記塩素とを含む第1の被膜を前記基体上に形成する第1の工程と、
 窒素を含む第2のガスを前記第1の被膜の表面に供給し、前記第1の被膜に含まれる前記珪素と前記塩素と、前記第2のガスに含まれる前記窒素と、を含む第2の被膜を前記基体上に形成する第2の工程と、
 活性化した水素を含む第3のガスを前記第2の被膜の表面に供給し、前記第2の被膜から前記塩素を取り除き、第3の被膜を形成する第3の工程と、
 をこの順に繰り返すことを特徴とする窒化珪素膜の製造方法。

【請求項 2】

前記水素は、原子状及びラジカルの少なくともいずれかに活性化してなることを特徴とする請求項1記載の窒化珪素膜の製造方法。

【請求項 3】

前記窒素は、活性化してなることを特徴とする請求項1または2に記載の窒化珪素膜の製造方法。

【請求項 4】

前記活性化は、プラズマにより生じてなることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の窒化珪素膜の製造方法。

【請求項 5】

前記活性化は、触媒及び紫外線の少なくともいずれかにより生じてなることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の窒化珪素膜の製造方法。

【請求項 6】

前記第 1 の工程と前記第 2 の工程との間に、前記基体の表面から前記第 1 のガスを除去する工程を実施し、

前記第 2 の工程と前記第 3 の工程との間に、前記基体の表面から前記第 2 のガスを除去する工程を実施することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の窒化珪素膜の製造方法。

【請求項 7】

シリコン基板と、前記シリコン基板の上に設けられた窒化珪素膜と、を有する半導体装置の製造方法であって、

前記窒化珪素膜を請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の窒化珪素膜の製造方法により製造することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

半導体層と、前記半導体層の主面上に選択的に設けられたゲート絶縁膜と、前記ゲート絶縁膜の上に設けられたゲート電極と、を有する基体を形成する工程と、

前記基体の上に、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の窒化珪素膜の製造方法により窒化珪素膜を製造する工程と、

前記半導体層の前記主面に対して略垂直方向に前記窒化珪素膜をエッチングすることにより、前記半導体層及び前記ゲート電極の上の前記窒化珪素膜を除去し、前記ゲート絶縁膜及びゲート電極の側面に前記窒化珪素膜からなる側壁を残留させる工程と、

を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

半導体層の上に、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の窒化珪素膜の製造方法により窒化珪素膜を製造する工程と、

前記窒化珪素膜の上に層間絶縁層を形成する工程と、

前記層間絶縁層の上に開口を有する層を形成する工程と、

前記窒化珪素膜に対するエッチング速度よりも前記層間絶縁層に対するエッチング速度のほうが大なる条件で、前記開口を介して前記層間絶縁層をエッチングする工程と、

を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化珪素膜の製造方法及び半導体装置の製造方法に関し、特に、LP-CVD (Low Pressure-Chemical Vapor Deposition) 法による窒化珪素膜の製造方法及びこの方法を備えた半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置のゲート電極のサイドウォールやライナー膜などを形成する目的で、LP-CVD 法により窒化珪素膜が成膜される。ところが、この場合に、原料として SiH_2Cl_2 、 SiCl_4 、 Si_2Cl_6 等のシリコン原料と NH_3 とを用いると、シリコン原料に含まれる塩素および NH_3 に含まれる水素が、成膜された膜中に不純物として残留する。この現象は、低温、例えば 600 以下での成膜では特に顕著となり、窒化膜の密度の低下やウェットエッチ耐性の低下などの問題が起こる。

【0003】

これに対して、 Si/N 比を一定に維持しつつ不純物含有量を少なくすること等を目的として、 Si_2Cl_6 および NH_3 を用いた原子層蒸着 (atomic layer deposition: ALD) による窒化珪素膜形成手法が提案されている。

【0004】

10

20

30

40

50

図15は、本発明者が本発明に至る過程で検討した窒化珪素膜の形成手法を表すフローチャートである。

すなわち、この方法の場合、第1の工程110として、反応室内のシリコンウェーハ上に、 SiH_2Cl_2 、 Si_2Cl_6 等の塩素を含むシリコン原料のガスを導入する。

次に、第2の工程120として、窒素ガスを導入し反応室内の未反応ガスを置換する。

次に、第3の工程130として、活性化した窒素原料のガスを反応室内に導入する。

次に、第4の工程140として、窒素ガスを導入し反応室内の未反応ガスを置換する。

【0005】

この手法により、通常のLPCVDによる窒化珪素膜と比較して塩素不純物量の少ない膜を形成することが可能である(例えば、特許文献1参照)。

【特許文献1】特開2002-343793号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、半導体装置のゲート電極のサイドウォールやライナー膜として窒化膜を使用する場合、低サーマルバジェット実現のためには、成膜温度が500以下、例えば成膜温度450で、膜質が良好でありかつ被覆率の高い窒化膜の成膜方法が必要である。これに対して、これまでの成膜方法によると、成膜温度の低下とともに膜中の不純物量が増加してしまい、ウェットエッチ耐性などの点で膜質が劣化する問題がある。

【0007】

例えば、ダマシゲートプロセスによりメタルゲート電極を有する半導体装置を作成する場合、ライナー膜を窒化珪素膜により形成した後、HF溶液による洗浄工程が必要となる。従来技術にて成膜温度500以下にて成膜した窒化膜では、HF溶液によるエッチング量が大きいため、目的とする構造の形成が難しい。

【0008】

本発明は、かかる課題の認識に基づいてなされたものであり、その目的は、窒化珪素膜の塩素不純物量の低減を実現し、ウェットエッチ耐性の高い窒化珪素膜の形成を可能とした窒化珪素膜の製造方法及びこの製造方法を備えた半導体装置の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明の一態様によれば、基体の表面に窒化珪素膜を形成する窒化珪素膜の製造方法であって、珪素と塩素とを含む第1のガスを前記基体の表面に供給し、前記第1のガスに含まれる前記珪素と前記塩素とを含む第1の被膜を前記基体上に形成する第1の工程と、窒素を含む第2のガスを前記第1の被膜の表面に供給し、前記第1の被膜に含まれる前記珪素と前記塩素と、前記第2のガスに含まれる前記窒素と、を含む第2の被膜を前記基体上に形成する第2の工程と、活性化した水素を含む第3のガスを前記第2の被膜の表面に供給し、前記第2の被膜から前記塩素を取り除き、第3の被膜を形成する第3の工程と、をこの順に繰り返すことを特徴とする窒化珪素膜の製造方法が提供される。

【0010】

ここで、前記水素は、活性化してなることを特徴とする。

また、前記水素は、原子状及びラジカルの少なくともいずれかに活性化してなることを特徴とする。

また、前記窒素は、活性化してなることを特徴とする。

またここで、前記活性化は、プラズマにより生じてなることを特徴とする。

または、前記活性化は、触媒及び紫外線の少なくともいずれかにより生じてなることを特徴とする。

【0011】

また、前記第1の工程と前記第2の工程との間に、前記基体の表面から前記第1のガス

10

20

30

40

50

を除去する工程を実施し、

前記第2の工程と前記第3の工程との間に、前記基体の表面から前記第2のガスを除去する工程を実施することを特徴とする。

【0012】

一方、本発明の他の一態様によれば、シリコン基板と、前記シリコン基板の上に設けられた窒化珪素膜と、を有する半導体装置の製造方法であって、

前記窒化珪素膜を上記のいずれかの窒化珪素膜の製造方法により製造することを特徴とする半導体装置の製造方法が提供される

または、本発明のさらに他の一態様によれば、半導体層と、前記半導体層の主面上に選択的に設けられたゲート絶縁膜と、前記ゲート絶縁膜の上に設けられたゲート電極と、を有する基体を形成する工程と、

前記基体の上に、上記のいずれかの窒化珪素膜の製造方法により窒化珪素膜を製造する工程と、

前記半導体層の前記主面に対して略垂直方向に前記窒化珪素膜をエッチングすることにより、前記半導体層及び前記ゲート電極の上の前記窒化珪素膜を除去し、前記ゲート絶縁膜及びゲート電極の側面に前記窒化珪素膜からなる側壁を残留させる工程と、

を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法が提供される。

【0013】

また、本発明のさらに他の一態様によれば、半導体層の上に、上記のいずれかの窒化珪素膜の製造方法により窒化珪素膜を製造する工程と、

前記窒化珪素膜の上に層間絶縁層を形成する工程と、

前記層間絶縁層の上に開口を有する層を形成する工程と、

前記窒化珪素膜に対するエッチング速度よりも前記層間絶縁層に対するエッチング速度のほうが大なる条件で、前記開口を介して前記層間絶縁層をエッチングする工程と、

を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、窒化珪素膜の塩素不純物量の低減を実現し、ウェットエッチ耐性を向上できる。すなわち、本発明によれば、サーマルバジェットが低く、Si/N比が一定で、不純物量の少ない窒化珪素膜が得られ、従来技術よりも更に塩素不純物量を減少させることにより、ウェットエッチ耐性などの膜質を向上できる。

【0015】

例えば、ダマシゲートプロセスによりメタルゲート電極を有する半導体装置を作成する場合、ライナー膜を窒化膜にて形成した後、HF溶液による洗浄工程が必要となる。従来技術にて成膜温度500以下にて成膜した窒化膜ではHF溶液によるエッチング量が大きいため、目的とする構造の形成が難しい。これに対して、本発明によればHF溶液によるエッチング量の小さい良質な窒化膜を形成することが可能なため、製造プロセス上の問題を回避し、かつ電気的特性を向上させることができる。

すなわち、本発明によれば、窒化珪素膜の塩素不純物量の低減を実現し、ウェットエッチ耐性を向上することが可能となり、産業上のメリットは多大である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

図1は、本発明の実施の形態にかかる窒化珪素膜の製造方法を表すフローチャートである。すなわち、本具体例は、LPCVD法により窒化珪素膜を成膜する方法を例示する。

【0017】

まず、第1の工程11として、反応室内に配置されたシリコンウェーハなどの基体上に、珪素と塩素とを含む原料ガスを導入する。このような原料ガスとしては、例えば、SiH₂Cl₂、Si₂Cl₆等を挙げることができる。以降、これらの原料ガスを「第1のガス」とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

次に、第 2 の工程 1 2 として、窒素ガスを導入し反応室内の未反応ガスを置換する。

次に、第 3 の工程 1 3 として、窒素を含む原料ガスを反応室内に導入する。以後、窒素を含む原料ガスを「第 2 のガス」とする。

次に、第 4 の工程 1 4 として、窒素ガスを導入し反応室内の未反応ガスを置換する。

次に、第 5 の工程 1 5 として、活性化した水素を含む原料ガスを反応室内に導入する。以後、活性化した水素を含む原料ガスを「第 3 のガス」とする。

最後に、第 6 の工程 1 6 として、窒素ガスを導入し反応室内の未反応ガスを置換する。

【 0 0 1 9 】

以上説明した第 1 ~ 第 6 の工程を一周期とし、この周期を所望の膜厚に達するまで繰り返すことによって、塩素濃度の低い窒化珪素膜を形成する。一周期は、例えば約 3 0 秒間程度とすることができる。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造方法を説明する工程断面図である。

図 2 (a) は、図 1 に関して前述した第 1 の工程 1 1 におけるシリコンウェーハの断面構造を例示する模式図である。すなわち、第 1 のガス (SiH_2Cl_2 , Si_2Cl_6 等の塩素を含むシリコン原料のガス) を反応室に導入することによって、シリコンウェーハ 2 1 上に、シリコンと塩素 2 5 とを含む層 2 2 が形成される。

【 0 0 2 1 】

図 2 (b) は、図 1 に関して前述した第 3 の工程 1 3 におけるシリコンウェーハの断面構造を例示する模式図である。すなわち、第 2 のガス (窒素を含む原料ガス) を反応室に導入することによりシリコンと窒素とが結合し、塩素 2 5 を含む窒化珪素薄膜 2 3 が形成される。なおここで、シリコンと窒素との結合を促進するために、窒素をラジカルあるいは原子状などの活性化した状態にして供給してもよい。

【 0 0 2 2 】

図 2 (c) は、図 1 に関して前述した第 5 の工程 1 5 におけるシリコンウェーハの断面構造を例示する模式図である。第 3 のガス (活性化した水素を含む原料ガス) を反応室内に導入することにより、塩素 2 5 の含有量が低減された窒化珪素薄膜 2 3 が形成される。すなわち、活性化した水素原料のガスを導入することにより、活性化した水素 2 6 と残留した塩素 2 5 とが反応化合物を形成し、膜から取り除かれる。その結果、窒化珪素薄膜 2 3 内の含有塩素量が低減される。

【 0 0 2 3 】

なお、図 2 には、説明の便宜上、平坦なシリコンウェーハ 2 1 の上に窒化珪素膜を形成する場合を例示したが、シリコンウェーハ 2 1 の表面にはトランジスタなどの構造が形成されていてもよく、またシリコンウェーハの代わりに S O I (semiconductor on insulator) 基板などの各種の基板を用いることができる。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、本発明の実施の形態にかかる窒化珪素膜の製造方法に用いることができる反応室を例示する模式図である。すなわち、同図は、L P C V D 装置の反応室を例示する。

反応室 3 1 内において、ウェーハステージ 3 6 上にシリコンウェーハ 3 5 が載置可能とされている。反応室 3 1 の側壁には、第 1 のガス (SiH_2Cl_2 , Si_2Cl_6 などのシリコンと塩素とを含む原料ガス) を導入するためのインジェクター 3 2 と、第 2 のガス (NH_3 などの窒素を含む原料ガス) を導入するためのインジェクター 3 3 と、第 3 のガス (活性化した水素原料のガス) を導入するためのインジェクター 3 4 と、真空ポンプに接続されている排気口 3 7 とが設けられている。

【 0 0 2 5 】

活性化した水素は、例えば、リモートプラズマ発生装置として R F ジェネレータにて 1 3 . 5 6 M H z (メガヘルツ) の高周波を 8 0 0 W (ワット) 印加することにより生成できる。または、水素を触媒に接触させたり、紫外線を照射することによっても活性化でき

10

20

30

40

50

る。触媒としては、例えば、タングステン、白金、パラジウム、モリブデン、タンタル、チタン、チタン酸化物、バナジウム、シリコン、アルミナ、炭化珪素、金属蒸着セラミックスなどを挙げることができる。また、光触媒の原理を利用して水素を活性化させてもよい。

紫外線により水素を活性化させる場合、紫外線の波長は概ね400ナノメートル以下とすると効率的である。

このようにして水素を活性化した後、反応室31に導入する。

【0026】

また、窒素を含む第2のガスとしては、例えば、 NH_3 を用いることができる。また、第2のガスとして、活性化した窒素を含むガスを導入してもよい。この場合もプラズマを利用して窒素を活性化できる。

成膜条件としては、例えば温度450、圧力130Pa（パスカル）、 Si_2Cl_6 流量10cc、 NH_3 流量1000cc、 H_2 流量1000ccにて実施することができる。

【0027】

活性化した水素原料のガスとしては、水素ラジカルや原子状水素などを含むガスを挙げることができる。例えば、プラズマや触媒あるいは紫外線照射などにより水素分子を分解させると、不対電子を持つ水素原子が得られる。この水素原子は反応性が高く、活性である。

【0028】

また、窒素を含む第2のガスとしては、 NH_3 以外にも、アミン系のガスなどを用いることができ、例えばヒドラジンを用いることができる。

【0029】

本実施形態によれば、上記した工程を経ることにより、塩素含有量の低い窒化珪素膜を低温で成膜できる。低温で成膜させることにより、製造工程途中の半導体装置に余分な熱を加えることなく、窒化膜の膜質を改善し、半導体装置の信頼性を向上する効果が得られる。

【0030】

図4は、窒化珪素膜中の塩素濃度を全反射蛍光X線法により測定した結果を表すグラフ図である。

すなわち、 Si_2Cl_6 および NH_3 の2種類のガスを同時に導入して成膜した第1の比較例の窒化珪素膜41と、第1のガス： Si_2Cl_6 、第2のガス：活性化した NH_3 を交互に導入し、これを繰り返すことにより成膜した第2の比較例の窒化珪素膜42と、本発明による第1のガス： Si_2Cl_6 、第2のガス：活性化した NH_3 に続いて、第3のガス：活性化した水素を導入し、これを繰り返すことにより成膜した窒化珪素膜43の3種の膜について比較した。

【0031】

全反射蛍光X線法により測定した塩素濃度は、通常のLPCVDにて成膜した第1比較例の窒化珪素膜41で $1.40 \times 10^{14} (\text{cm}^{-2})$ 、第2比較例の窒化珪素膜42で $8.60 \times 10^{13} (\text{cm}^{-2})$ であったのに対し、本発明の方法で成膜した窒化珪素膜43では $4.79 \times 10^{13} (\text{cm}^{-2})$ であった。つまり、第1比較例の窒化珪素膜41と比較して65%減少、第2比較例の窒化珪素膜42と比較して45%ほど、残留塩素量を減少させることが可能であることが明らかとなった。

【0032】

図5は、HF溶液に対するエッチング量の評価を行った結果を示すグラフ図である。DHF（希フッ酸）0.5%溶液に対するウェットエッチレート（対 SiO_2 比）は、通常のLPCVDにて成膜した第1比較例の窒化珪素膜41で19.7、第2比較例の窒化珪素膜42で8.5であったのに対し、本発明の方法で成膜した窒化珪素膜43では4.7であった。すなわち、第1比較例の窒化珪素膜41と比較して約4.2倍、第2比較例の窒化珪素膜42と比較して約1.8倍、ウェットエッチ耐性を向上させることが可能とな

10

20

30

40

50

った。

【0033】

次に、本発明の窒化珪素膜の製造方法を備えた半導体装置の製造方法について説明する。

【0034】

図6は、本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造方法を例示する工程断面図である。すなわち、本具体例は、ゲート側壁の形成工程を表す。

まず、図6(a)に表したように、シリコン基板61の上に、ゲート絶縁膜62を介してゲート電極63を形成する。

次に、図6(b)に表したように、これらの上に、窒化珪素膜64を形成する。この時に図1乃至図3に関して前述したような本発明の方法により形成する。

【0035】

次に、図6(c)に表したように、窒化珪素膜64をドライエッチングによって加工してサイドウォール71を形成する。すなわち、RIE(reactive ion etching)などの異方性の高いエッチング方法によりシリコン基板61の主面に対して略垂直方向からエッチングすると、ゲート絶縁膜62及びゲート電極73の側面のみ窒化珪素膜が残り、サイドウォール71として形成される。このサイドウォール71は、本発明の実施の形態にかかる製造方法によって成膜されているので、膜中の塩素濃度は低減されている。

【0036】

図7は、前述した比較例1あるいは比較例2の窒化珪素膜を設けた半導体装置の断面構造を例示する模式図である。すなわち、シリコン基板61の上に、ゲート絶縁膜83を介してゲート電極84が設けられていて、ゲート電極84の側面をサイドウォール81が覆っている。このサイドウォール81は、比較例の方法により Si_2Cl_6 と NH_3 を用いて成膜したので、膜中の塩素82の濃度が高い。

【0037】

本発明におけるサイドウォール71と比較して、比較例のサイドウォール81は、膜中の塩素82の濃度が高く、例えば、ゲート絶縁膜83やゲート電極84に対して塩素が拡散することにより、半導体装置の信頼性を低下させる懸念がある。これに対して、本発明におけるサイドウォール71では、残留する塩素の含有量を低減していることにより、例えばゲート絶縁膜72やゲート電極73に対する不純物拡散量を抑制することができるため、半導体装置の信頼性を向上する効果が得られる。

【0038】

本発明は、半導体装置のサイドウォールのみならず、その他、例えば、窒化珪素膜からなるゲート絶縁膜やライナー膜(エッチングストップ膜)の形成に用いても、含有塩素濃度を低減させた良質の膜を低温で形成できる点で有利な効果が得られる。

【0039】

図8は、本発明により製造される半導体装置の要部断面構造を例示する模式図である。

すなわち、同図は、半導体集積回路を構成するMOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)の要部断面構造を表す。

【0040】

シリコン基板の表面部分が素子分離領域101により絶縁分離され、これら分離されたウエル102のそれぞれにMOSFETが形成されている。それぞれのMOSFETは、ソース領域107、ドレイン領域108と、これら間に設けられたチャンネル103と、を有する。チャンネル103の上には、ゲート絶縁膜104を介してゲート電極106が設けられている。ソース・ドレイン領域107、108とチャンネル103との間には、いわゆる「ショートチャンネル効果」などを防ぐ目的で、LDD(lightly doped drain)領域103Dが設けられている。そして、これらLDD領域103Dの上には、ゲート電極106に隣接してゲート側壁105が設けられている。ゲート側壁105は、LDD領域103Dをセルフアライン(自己整合)的に形成するために設けられている。

【0041】

また、ソース・ドレイン領域 107、108 とゲート電極 106 の上には、電極とのコンタクトを改善するためにシリサイド層 119 が設けられている。これら構造体の上は、第 1 の層間絶縁膜 110 と第 2 の層間絶縁膜 111 と第 3 の層間絶縁膜 112 により覆われ、これらを通するコンタクトホールを介して、ソースコンタクト 113S、ゲートコンタクト 113G、ドレインコンタクト 113D が形成されている。ここで、第 1 の層間絶縁膜 110 と第 3 の層間絶縁膜 112 は、例えば、窒化珪素により形成され、第 2 の層間絶縁膜 111 は、例えば、酸化シリコンにより形成することができる。

【0042】

さらに、この上に、第 4 の層間絶縁膜 114 と第 5 の層間絶縁膜 115 が形成されている。そして、これらを通するトレンチにソース配線 116S、ゲート配線 116G、ドレイン配線 116D がそれぞれ埋め込み形成されている。ここで、第 4 の層間絶縁膜 114 は酸化シリコンにより形成され、第 5 の層間絶縁膜 115 は、窒化珪素により形成することができる。

10

【0043】

以上説明したような半導体装置を製造するに際し、本発明によれば、ゲート側壁 105 のみならず、ゲート絶縁膜 104、第 1 の層間絶縁膜 110、第 3 の層間絶縁膜 112、第 5 の層間絶縁膜 115 などを構成する窒化珪素膜を、図 1 乃至図 3 に関して前述した本発明により形成できる。

【0044】

図 9 乃至図 13 は、本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造方法を表す工程断面図である。

20

まず、図 9(a) に表したように、MOS トランジスタの要部を形成する。すなわち、Si 基板上に素子分離領域 101、ウェル 102、チャネル 103、ゲート絶縁膜 104、ゲート電極 106、LDD 注入サイドウォール(ゲート側壁) 105 を順次形成し、ソース領域 107、ドレイン領域 108 の形成を行う。さらに、ニッケル(Ni)のスパッタ、RTP(rapid thermal processing)を順次行い、ニッケルシリサイドからなるシリサイド層 119 を形成する。

ここで、ゲート絶縁膜 104 を形成する工程において、図 1 及び図 2 に関して前述した方法により窒化珪素膜を形成することができる。また、この時、ゲート絶縁膜 104 は、単一の窒化珪素膜には限定されず、例えば、酸化珪素や high-k(高誘電率)材料からなる膜と、窒化珪素膜と、の積層構造とすることができる。この場合には、窒化珪素膜について図 1 及び図 2 に関して前述した方法を実施することができる。

30

また、ゲート側壁 105 を形成する工程についても、図 6 に関して前述したように、本発明の窒化珪素膜の製造方法を用いることができる。

【0045】

次に、図 9(b) に表したように、第 1 の層間絶縁膜 110 及び第 2 の層間絶縁膜 111 を形成する。ここで、第 1 の層間絶縁膜 110 として、図 1 乃至図 3 に関して前述したように本発明の製造方法により厚みが 50nm 程度の窒化珪素膜を形成する。この時、ニッケルシリサイドからなる下地のシリサイド層 119 のコンタクト抵抗の上昇を防ぐためには、窒化珪素膜の成膜時の温度を 500 以下に抑えることが望ましい。これに対して、本発明によれば、例えば 450 程度の低温でも膜質が良好で、且つ、塩素の含有量の少ない窒化珪素膜を形成できる。

40

【0046】

このように第 1 の層間絶縁膜 110 として窒化珪素膜を形成した後に、第 2 の層間絶縁膜 111 として、TEOS(tetra ethoxy silane)ガスを用い、プラズマ CVD により 600 において厚みが 600nm のシリコン酸化膜を形成する。

また、第 2 の層間絶縁膜 111 の材料として、さらに誘電率の低い材料を用いることができる。そのような材料としては、メチル基を有するシリコン酸化物や、水素基を有するシリコン酸化物、有機ポリマーなど用いることができる。さらに具体的には、例えば、多孔質のメチルシルセスキオキサン(methyl silsequioxane: MSQ)などの各種のシルセ

50

スキオキサン化合物、ポリイミド、炭化フッ素 (fluorocarbon)、パリレン (parylene)、ベンゾシクロブテンなどを挙げることができる。また、その形成方法としては、例えば、溶液をスピコートし熱処理して薄膜を形成するスピン・オン・ガラス (spin on glass: SOG) 法を用いることができる。

【0047】

このように第2の層間絶縁膜111を形成した後に、図9(c)に表したように、この上に第3の層間絶縁膜112として、窒化珪素膜を形成する。この時にも、本発明の製造方法により、例えば成膜温度を450にして厚み120nm程度の窒化珪素膜を形成することができる。成膜温度を低く抑えることにより、シリサイド層119を構成するニッケルシリサイドの変質を防ぐことができる。

10

その後、レジストを塗布してパターンニングすることにより、レジストパターン120を形成する。レジストパターン120は、例えば、ArF露光機を用いて120nm径に露光することにより形成する。

【0048】

次に、図10(a)に表したように、レジストパターン120をマスクとして第3の層間絶縁膜112のエッチングを行う。エッチング方法としては、例えば、ICP (induct ion coupled plasma) 型反応性イオンエッチング装置を用いることができる。第3の層間絶縁膜112のエッチングに際しては、例えば、 CH_2F_2 : 50 sccm O_2 : 50 sccm の混合ガスを用いて6.7パスカル(Pa)にてエッチングすることにより、層間絶縁膜112に開口部121を形成することができる。

20

【0049】

次に、図10(b)に表したように、酸素プラズマによるアッシングを実施してレジストマスク120を除去する。

【0050】

その後、図10(c)に表したように、第2の層間絶縁膜111に接続孔(コンタクトホール)を形成する。第2の層間絶縁膜111の接続孔形成を行う際には、 C_4F_6 : 50 sccm、 CO : 50 sccm、 O_2 : 50 sccmおよびAr: 200 sccmの混合ガスを用いて6.7パスカルにて反応性イオンエッチングを行う。このようにして、第2の層間絶縁膜111の接続孔122を形成する。

30

【0051】

この時に、シリコン窒化膜からなる第3の層間絶縁膜112をエッチングマスクして用いることにより、安定したエッチングができる。すなわち、第2の層間絶縁膜111を構成するシリコン酸化膜と、第3の層間絶縁膜112を構成するシリコン窒化膜とでは、エッチング速度を異ならせることにより、大きなエッチング選択比を得ることが容易である。従って、第3の層間絶縁膜112により確実にマスクされた状態を維持しつつ、第2の層間絶縁膜111をエッチングできる。つまり、マスクの劣化によるエッチング開口サイズの変動などの問題を解消して、所望の開口を安定的に形成することができる。

【0052】

一方、第1の層間絶縁膜110は、第3の層間絶縁膜112と同一のシリコン窒化膜により形成されているので、エッチングストッパとして確実に作用する。つまり、オーバーエッチングやアンダーエッチングなどによる問題を解消することもできる。

40

【0053】

次に、図11(a)に表したように、第1の層間絶縁膜110に接続孔を形成する。第1の層間絶縁膜110と第3の層間絶縁膜112を同質の材料により形成した場合には、このエッチング工程において、第3の層間絶縁膜112もエッチングされる。そこで、第3の層間絶縁膜112を第1の層間絶縁膜110よりも厚く形成しておくことが必要である。エッチング条件としては、反応性イオンエッチング法により、 CH_2F_2 : 50 sccm O_2 : 50 sccmおよびAr: 200 sccmの混合ガスを用いて6.7パスカルにてエッチング行うことができる。

【0054】

50

次に、図 1 1 (b) に表したように、コンタクト金属 1 1 3 を堆積する。

そして、化学機械研磨法 (chemical mechanical polishing: C M P) により研磨して表面を平坦化させて、図 1 1 (c) に表したようにコンタクト金属を埋め込んだ構造を形成できる。なお、この際にも、第 3 の層間絶縁膜 1 1 2 を設けることにより、C M P による研磨に対して、第 2 の層間絶縁膜 1 1 1 を保護することができる。つまり、多孔質の酸化シリコンなどの比較的柔らかい材料により形成された第 2 の層間絶縁膜 1 1 1 の上に、窒化珪素などの比較的堅い材料からなる第 3 の層間絶縁膜 1 1 2 を設けることにより C M P の研磨の際に、第 2 の層間絶縁膜 1 1 1 が研磨されて膜厚が薄くなることを防ぐことができる。その結果として、配線間容量の増大や電流リークなどの問題を抑制できる。

【 0 0 5 5 】

10

次に、図 1 2 (a) に表したように、第 4 の層間絶縁膜 1 1 4 として、例えば、M S Q などの原料を用いて多孔質の酸化シリコンなどを堆積する。そして、さらに、図 1 2 (b) に表したように、第 5 の層間絶縁膜 1 1 5 として、例えば窒化珪素膜を堆積する。この時も、図 1 乃至図 3 に関して前述したように本発明の製造方法を用いることができる。

【 0 0 5 6 】

次に、図 1 3 (a) に表したように、レジストパターン 1 2 3 を形成する。

そして、図 1 3 (b) に表したように、第 5 の層間絶縁膜 1 1 5 と第 4 の層間絶縁膜 1 1 4 をそれぞれエッチングすることにより、トレンチ 1 2 4 を形成する。第 5 の層間絶縁膜 1 1 5 のエッチングに際しては、例えば、 CH_2F_2 : 5 0 s c c m O_2 : 5 0 s c c m の混合ガスを用いて 6 . 7 パスカ (P a) にてエッチングすることにより、層間絶縁膜 1 1 5 に開口部を形成することができる。第 4 の層間絶縁膜 1 1 4 にトレンチを形成する際には、 C_4F_6 : 5 0 s c c m、 CO : 5 0 s c c m、 O_2 : 5 0 s c c m および Ar : 2 0 0 s c c m の混合ガスを用いて 6 . 7 パスカにて反応性イオンエッチングを行うことができる。この際に、第 5 の層間絶縁膜 1 1 5 をハードマスクとして用い、同時に、第 3 の層間絶縁膜 1 1 2 をエッチングストップとして用いることができる。すなわち、酸化シリコンにより形成された第 4 の層間絶縁膜 1 1 4 をエッチングする際に、窒化珪素により形成された第 5 の層間絶縁膜 1 1 5 をハードマスクとして用い、同じく窒化珪素により形成された第 3 の層間絶縁膜 1 1 2 をエッチングストップとして用いることにより、オーバーエッチングなどを抑制してトレンチを精密に形成できる。

20

【 0 0 5 7 】

30

この後、配線用の金属を堆積し、C M P によって研磨して平滑化することにより、図 8 に表したように、トレンチにソース配線 1 1 6 S、ゲート配線 1 1 6 G、ドレイン配線 1 1 6 D がそれぞれ埋め込まれた層間配線構造を形成できる。

【 0 0 5 8 】

以上説明したように、本実施形態によれば、エッチングストップやハードマスクなどとして作用する層間絶縁膜 1 1 0、1 1 2、1 1 5 などを構成する窒化珪素膜を低温で形成することができ、シリサイド層 1 1 9 の変質を防ぐことができる。しかも、これら層間絶縁膜を構成する窒化珪素膜は、残留塩素の濃度が低く、半導体装置の信頼性の点でも優れる。

【 0 0 5 9 】

40

図 1 4 は、本発明の窒化珪素膜の製造方法の変型例を表すフローチャートである。

すなわち、本変型例の場合、工程 1 1 において第 1 のガスを導入し、工程 1 2 において窒素ガスによるパージを実施した後に、工程 1 7 において第 3 のガスとして活性化水素を導入する。すると、基板上に形成されたシリコン層に含有される塩素が活性化水素と反応しシリコン層から取り除かれる。

【 0 0 6 0 】

しかる後に、工程 1 8 において窒素ガスによりパージし、その後、工程 1 3 において第 2 逃すとしてアンモニアなどの窒素を含む原料ガスを導入する。この後は、図 1 に表した工程と同様に実施する。

本変型例によれば、第 1 のガスを導入してシリコン層を形成した後に、第 3 のガスとし

50

て活性化水素を導入（工程 17）してシリコン層に含有される塩素を引き抜く。またさらに、第 2 のガスを導入して窒化珪素膜を形成した後に、活性化水素を導入（工程 15）して窒化珪素層に含有される塩素を引き抜く。このように、シリコン層の状態と、窒化珪素層の状態のそれぞれにおいて活性化水素により残留塩素を引き抜くことにより、膜中の塩素の濃度をさらに低くすることができる。

【0061】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。

【0062】

しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、本発明の製造方法を使用して製造した半導体装置を構成する要素について当業者が設計変更を加えたものであっても、本発明の要旨を備えたものであれば、本発明の範囲に包含される。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図 1】本発明の実施の形態にかかる L P C V D 法による低温窒化成膜のフローチャートである。

【図 2】本発明の実施の形態にかかる L P C V D 法による低温窒化成膜の、シリコンウェーハの工程断面構造を例示する模式図である。

【図 3】本発明の実施の形態にかかる L P C V D 法による低温窒化成膜を行う際に使用する反応室を例示する模式図である。

【図 4】窒化珪素膜中の塩素濃度の、全反射蛍光 X 線測定結果を示すグラフ図である。

【図 5】H F 溶液に対するエッチング量の評価を行った結果を示すグラフ図である。

【図 6】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造方法を例示する模式図である。

【図 7】比較例の製造方法によって作成した半導体装置の断面構造を例示する模式図である。

【図 8】本発明により製造される半導体装置の要部断面構造を例示する模式図である。

【図 9】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造方法を表す工程断面図である。

【図 10】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造方法を表す工程断面図である。

【図 11】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造方法を表す工程断面図である。

【図 12】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造方法を表す工程断面図である。

【図 13】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造方法を表す工程断面図である。

【図 14】本発明の窒化珪素膜の製造方法の変型例を表すフローチャートである。

【図 15】本発明者が本発明に至る過程で検討した窒化珪素膜の形成手法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【0064】

1 1 第 1 の工程

1 2 第 2 の工程

1 3 第 3 の工程

1 4 第 4 の工程

1 5 第 5 の工程

1 6 第 6 の工程

2 1 シリコンウェーハ

2 2 シリコンと塩素とを含む層

2 3 窒化珪素薄膜

2 5 塩素

2 6 水素

3 1 反応室

3 2 第 1 のガスを供給するインジェクター

3 3 第 2 のガスを供給するインジェクター

3 4 第 3 のガスを供給するインジェクター

10

20

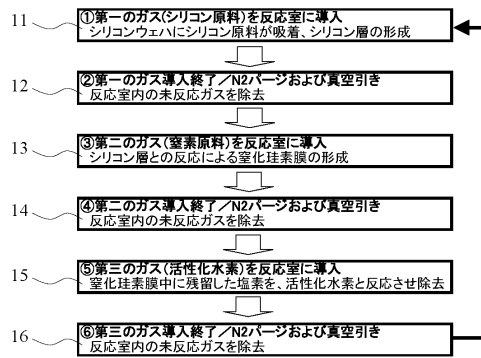
30

40

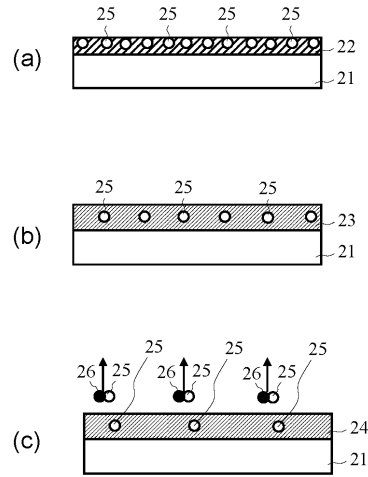
50

3 5	シリコンウェーハ	
3 6	ウェーハステージ	
3 7	排気口	
4 1	通常の L P C V D によって形成した窒化珪素膜	
4 2	従来技術によって形成した窒化珪素膜	
4 3	本発明の製造方法によって形成した窒化珪素膜	
6 1	シリコン基板	
6 2	ゲート絶縁膜	
6 3	ゲート電極	
6 4	窒化珪素膜	10
7 1	サイドウォール	
7 2	ゲート絶縁膜	
7 3	ゲート電極	
8 1	サイドウォール	
8 2	塩素	
8 3	ゲート絶縁膜	
8 4	ゲート電極	
1 0 1	素子分離領域	
1 0 2	ウェル	
1 0 3	チャンネル	20
1 0 4	ゲート絶縁膜	
1 0 5	ゲート側壁	
1 0 6	ゲート電極	
1 0 7	ソース領域	
1 0 8	ドレイン領域	
1 1 0 ~ 1 1 2	層間絶縁膜	
1 1 3 D	ドレインコンタクト	
1 1 3 G	ゲートコンタクト	
1 1 3 S	ソースコンタクト	
1 1 4、1 1 5	層間絶縁膜	30
1 1 6 D	ドレイン配線	
1 1 6 G	ゲート配線	
1 1 6 S	ソース配線	
1 1 9	シリサイド層	
1 2 0	レジストパターン	
1 2 0	レジストマスク	
1 2 1	開口部	
1 2 2	接続孔	
1 2 3	レジストパターン	
1 2 4	トレンチ	40
2 1 0	第 1 の工程	
2 2 0	第 2 の工程	
2 3 0	第 3 の工程	
2 4 0	第 4 の工程	

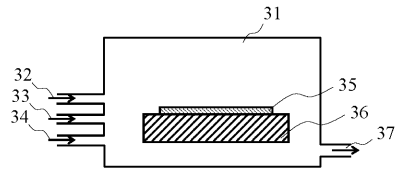
【図1】



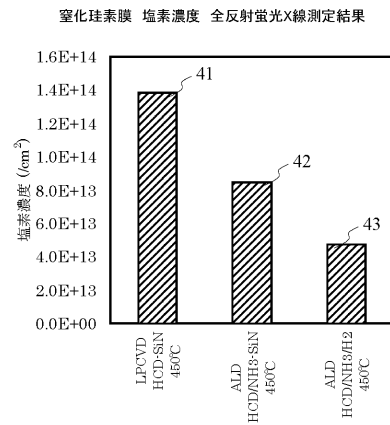
【図2】



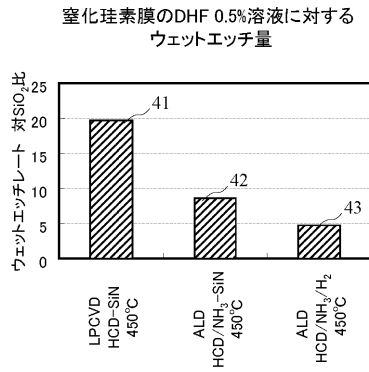
【図3】



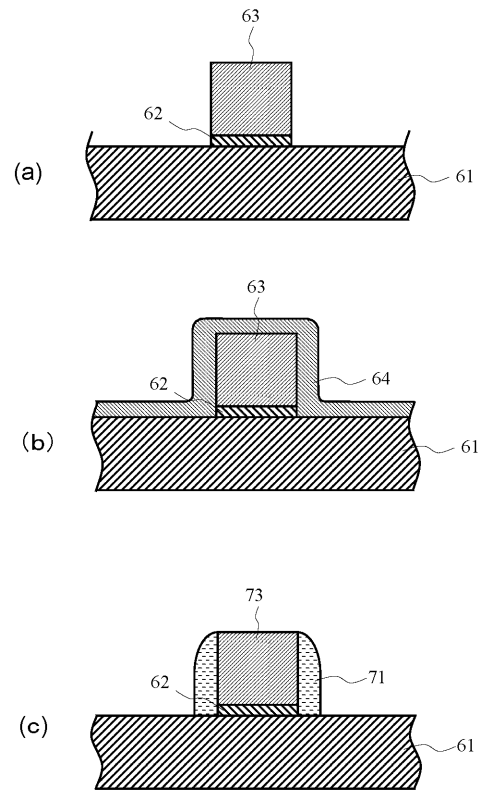
【図4】



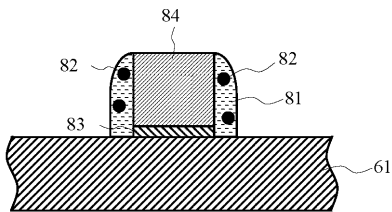
【図5】



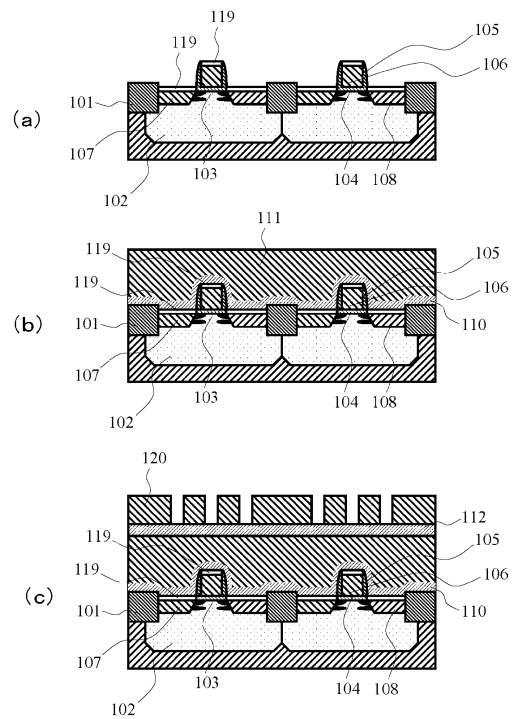
【図6】



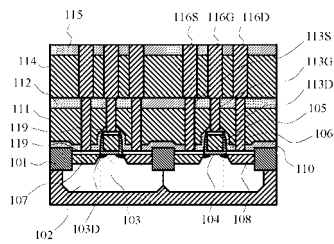
【図7】



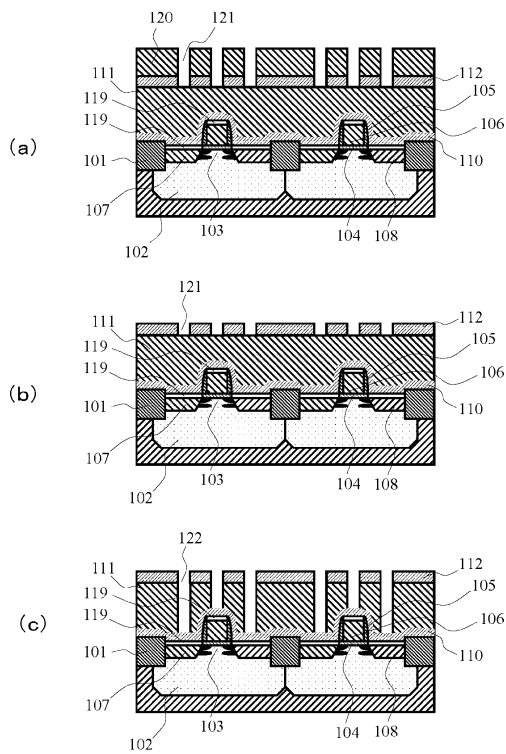
【図9】



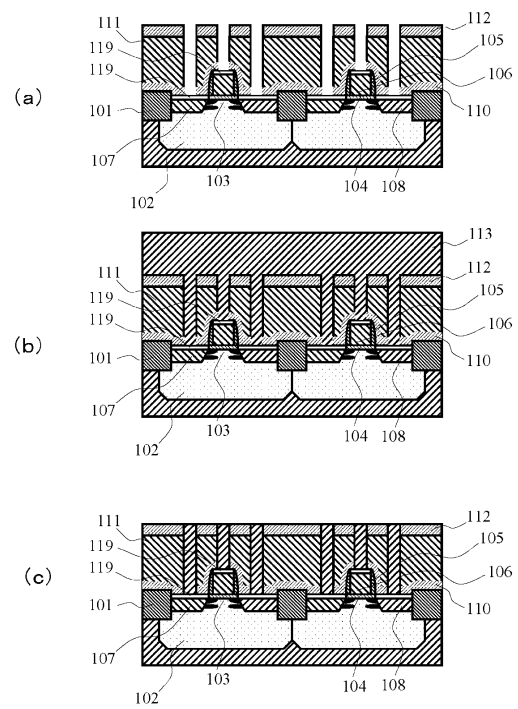
【図8】



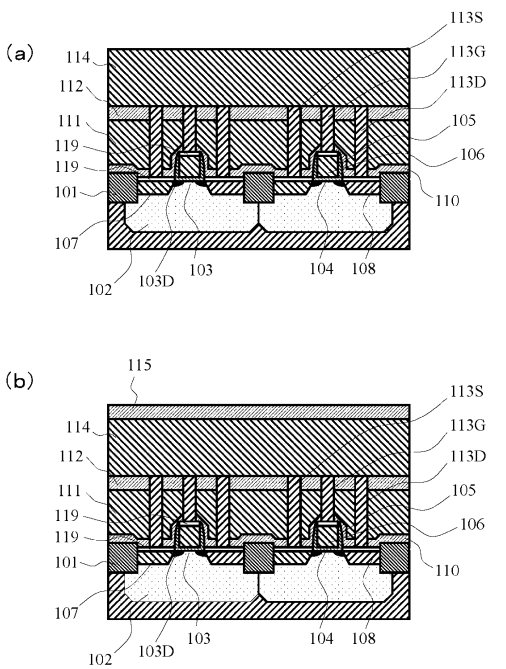
【図10】



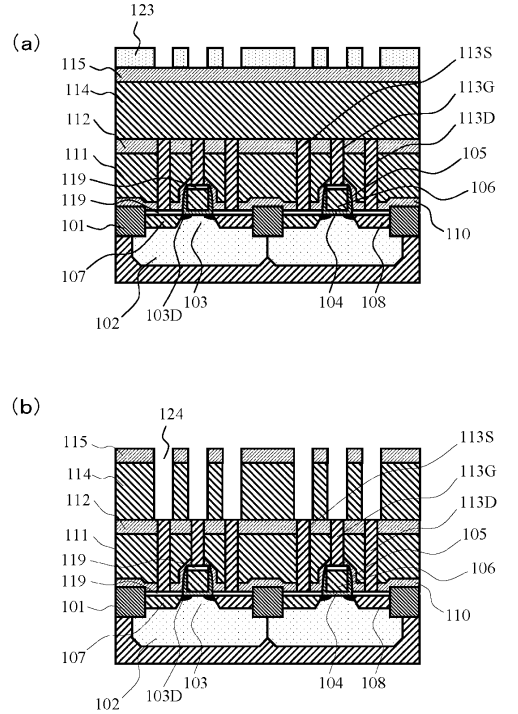
【図11】



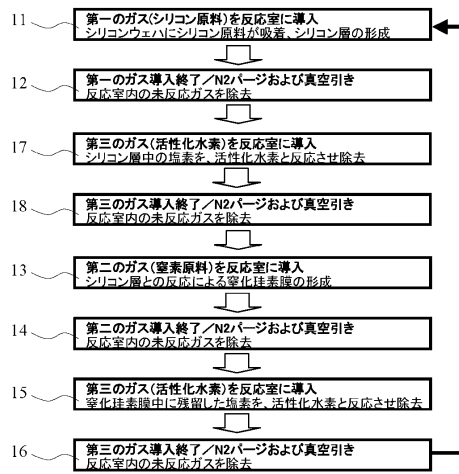
【図12】



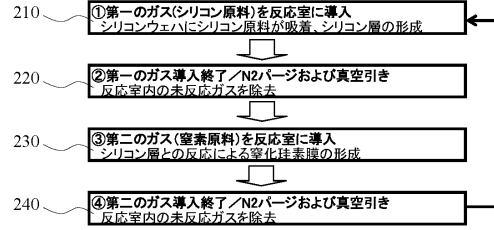
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 織戸 康一

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

審査官 宮本 靖史

(56)参考文献 国際公開第03/025243(WO,A1)

特開2003-249657(JP,A)

特開平01-179710(JP,A)

特開2003-218106(JP,A)

特開2002-343793(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01L 21/318

H01L 29/78