

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-136617

(P2016-136617A)

(43) 公開日 平成28年7月28日(2016.7.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 1 O 5 A	5 F O O 4
H O 1 L 21/304 (2006.01)	H O 1 L 21/302 1 O 2	5 F 1 5 7
	H O 1 L 21/304 6 4 5 C	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-240748 (P2015-240748)	(71) 出願人	592010081 ラム リサーチ コーポレーション LAM RESEARCH CORPOR ATION アメリカ合衆国, カリフォルニア 945 38, フレモント, クッシング パークウ エイ 4650
(22) 出願日	平成27年12月10日 (2015.12.10)	(74) 代理人	110000028 特許業務法人明成国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	14/576, 978	(72) 発明者	トム・エー・カンブ アメリカ合衆国 カリフォルニア州951 31 サン・ホセ, ゴールデンツリー・ド ライブ, 1693
(32) 優先日	平成26年12月19日 (2014.12.19)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

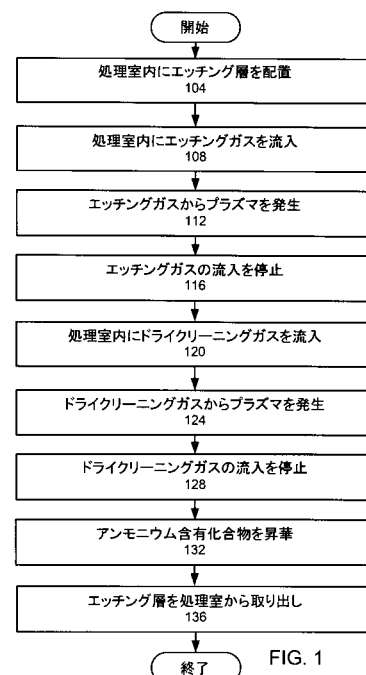
(54) 【発明の名称】 シリコンのエッチングおよびクリーニング

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】シリコン含有エッチング層にフィーチャをエッチングするための方法を提供する。

【解決手段】エッチング層がプラズマ処理室内に配置される。プラズマ処理室内にエッチングガスを流入させる。エッチングガスからエッチングプラズマを生成させる。エッチングプラズマはシリコン含有層にシリコン含有残渣を残してフィーチャをエッチングする。プラズマ処理室内へのエッチングガスの流入を停止させる。プラズマ処理室内にドライクリーニングガスを流入させ、ドライクリーニングガスは、 NH_3 および NF_3 を含む。ドライクリーニングガスからプラズマを生成させる。シリコン含有残渣はドライクリーニングガス・プラズマに暴露され、シリコン含有残渣の少なくとも一部または全てはアンモニウム含有化合物を生成させる。ドライクリーニングガスの流入を停止させる。アンモニウム化合物を層から昇華させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコン含有エッチング層にフィーチャをエッチングするための方法であって、
前記エッチング層を、プラズマ処理室内に配置し、
前記プラズマ処理室内にエッチングガスを流入させ、
前記エッチングガスからエッチングプラズマを生成させ、前記シリコン含有エッチング層は前記エッチングプラズマに暴露され、前記エッチングプラズマは前記シリコン含有層にシリコン含有残渣を残してフィーチャをエッチングし、
前記プラズマ処理室内への前記エッチングガスの流入を停止させ、
 NH_3 および NF_3 を含むドライクリーニングガスを、前記プラズマ処理室内に流入させ
、
前記ドライクリーニングガスからプラズマを生成させ、前記シリコン含有残渣は前記ドライクリーニングガス・プラズマに暴露され、前記シリコン含有残渣の少なくとも一部からアンモニウム含有化合物を生成させ、
前記ドライクリーニングガスの流入を停止させ、
前記エッチング層を前記プラズマ処理室から取り出すこと、を備える方法。

【請求項 2】

前記ドライクリーニングガスは、さらに希ガスを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記プラズマ処理室から前記層を取り出す前に、前記アンモニウム含有化合物を昇華させることをさらに備える、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記ドライクリーニングガスは、 NH_3 対 NF_3 の流量比が 1 : 1 から 20 : 1 の間である、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ドライクリーニングガスからプラズマを生成させている間、0 ~ 1000 ボルトの間のバイアスが供給される、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記アンモニウム含有化合物を昇華させている間、前記エッチング層は 60 °C ~ 220 °C の間の温度に維持される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記エッチング層は、シリコン基板、シリコンウェハ、ゲート、シャロートレンチ・アイソレーション層、ソース層、ドレイン層、またはポリシリコン層である、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記エッチングガスは、ハロゲン含有エッチングガスである、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記プラズマ処理室から前記層を取り出す前に、前記アンモニウム含有化合物を昇華させることをさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記アンモニウム含有化合物を昇華させている間、前記エッチング層は 60 °C ~ 220 °C の間の温度に維持される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記ドライクリーニングガスは、 NH_3 対 NF_3 の流量比が 1 : 1 から 20 : 1 の間である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記ドライクリーニングガスからプラズマを生成させている間、0 ~ 1000 ボルトの間のバイアスが供給される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記エッチング層は、シリコン基板、シリコンウェハ、ゲート、シャロートレンチ・ア

イソレーション層、ソース層、ドレイン層、またはポリシリコン層である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記エッチングガスは、ハロゲン含有エッチングガスである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 15】

前記シリコン含有残渣は、酸化シリコン、 SiBr_x 、 SiCl_x 、 SiON 、 SiO_xF_y 、 SiCO 、 SiO_xCl_y 、または SiO_xBr_y 、のうちの少なくとも 1 つを含み、ただし、 x と y は正の整数である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

シリコン含有エッチング層にフィーチャをエッチングするための方法であって、

10

前記エッチング層を、プラズマ処理室内に配置し、

前記プラズマ処理室内にハロゲン含有エッチングガスを流入させ、

前記ハロゲン含有エッチングガスからエッチングプラズマを生成させ、前記シリコン含有エッチング層は前記エッチングプラズマに暴露され、前記エッチングプラズマは前記シリコン含有層にシリコン含有残渣を残してフィーチャをエッチングし、このとき、前記シリコン含有残渣は、酸化シリコン、 SiBr_x 、 SiCl_x 、 SiON 、 SiO_xF_y 、 SiCO 、 SiO_xCl_y 、または SiO_xBr_y 、のうちの少なくとも 1 つを含み、ただし、 x と y は正の整数であり、

前記プラズマ処理室内への前記エッチングガスの流入を停止させ、

前記プラズマ処理室内にドライクリーニングガスを流入させる、前記ドライクリーニングガスは、 NH_3 および NF_3 を含み、前記ドライクリーニングガスは、 NH_3 対 NF_3 の流量比が 1 : 1 から 20 : 1 の間であり、

20

前記ドライクリーニングガスからプラズマを生成させ、前記シリコン含有残渣は前記ドライクリーニングガス・プラズマに暴露され、前記シリコン含有残渣の少なくとも一部はアンモニウム含有化合物を生成させ、

前記ドライクリーニングガスの流入を停止させ、

前記アンモニウム含有化合物を、 $60^\circ\text{C} \sim 220^\circ\text{C}$ の間の温度で昇華させ、

前記エッチング層を前記プラズマ処理室から取り出すこと、を備える方法。

【請求項 17】

前記エッチング層は、シリコン基板、シリコンウェハ、ゲート、シャロートレンチ・アイソレーション層、ソース層、ドレイン層、またはポリシリコン層である、請求項 16 に記載の方法。

30

【請求項 18】

シリコン含有エッチング層にフィーチャをエッチングするための装置であって、

プラズマ処理室であって、

プラズマ処理室エンクロージャを形成する室壁と、

前記プラズマ処理室エンクロージャ内でウェハを支持するための基板サポートと、

前記プラズマ処理室エンクロージャ内の圧力を調整するための圧力調整器と、

プラズマを維持するために前記プラズマ処理室エンクロージャに電力を供給するための少なくとも 1 つの電極と、

40

前記プラズマ処理室エンクロージャ内にガスを供給するためのガス入口と、

前記プラズマ処理室エンクロージャからガスを排出するためのガス出口と、を備えるプラズマ処理室と、

前記少なくとも 1 つの電極に電氣的に接続されている少なくとも 1 つの RF 電源と、

前記シリコン含有エッチング層を加熱するためのヒータと、

前記ガス入口に流体接続されているガス源であって、

エッチングガス源と、

NH_3 ガス源と、

NF_3 ガス源と、を含むガス源と、

前記ガス源および前記少なくとも 1 つの RF 電源に制御可能に接続されているコントロ

50

ーラであって、

少なくとも1つのプロセッサと、

コンピュータ読み取り可能媒体と、を有し、前記コンピュータ読み取り可能媒体は、

前記エッチングガス源から前記プラズマ処理室内にエッチングガスを流入させるためのコンピュータ可読コードと、

前記エッチングガスをエッチングプラズマに変換し、これにより前記シリコン含有エッチング層にシリコン含有残渣を残してフィーチャをエッチングするためのコンピュータ可読コードと、

前記エッチングガスの流入を停止させるためのコンピュータ可読コードと、

前記 NH_3 ガス源からの NH_3 および前記 NF_3 ガス源からの NF_3 を含むドライクリーニングガスを前記プラズマ処理室内に流入させるためのコンピュータ可読コードと、

前記ドライクリーニングガスをドライクリーニングプラズマに変換し、これにより前記シリコン含有残渣の少なくとも一部をアンモニウム含有化合物に変換するためのコンピュータ可読コードと、

前記ドライクリーニングガスの流入を停止させるためのコンピュータ可読コードと

、

前記シリコン含有エッチング層を加熱し、これにより前記アンモニウム含有化合物を昇華させるためのコンピュータ可読コードと、を含む、コントローラと、を備える装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイスの製造に関する。より具体的には、本発明は、シリコン層のエッチングおよびクリーニングに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体ウェハの処理において、シリコン層にフィーチャがエッチングされ得る。そのようなエッチングプロセスでは、残渣またはパッシベーションが形成され得る。

【発明の概要】

【0003】

上述の内容を達成し、本発明の目的に従い、シリコン含有エッチング層にフィーチャをエッチングするための方法が提供される。エッチング層がプラズマ処理室内に配置される。プラズマ処理室内にエッチングガスが流入される。エッチングガスからエッチングプラズマが生成され、このエッチングプラズマにシリコン含有エッチング層が暴露され、エッチングプラズマにより、シリコン含有層にシリコン含有残渣を残してフィーチャがエッチングされる。プラズマ処理室内へのエッチングガスの流入が停止される。プラズマ処理室内にドライクリーニングガスが導入される。このドライクリーニングガスは、 NH_3 および NF_3 を含む。ドライクリーニングガスからプラズマを生成させ、このドライクリーニングガス・プラズマにシリコン含有残渣が暴露され、シリコン含有残渣の少なくとも一部で、アンモニウム含有化合物が生成される。ドライクリーニングガスの導入が停止される。エッチング層がプラズマ処理室から取り出される。

【0004】

本発明の別の態様において、シリコン含有エッチング層にフィーチャをエッチングするための方法が提供される。エッチング層が、プラズマ処理室内に配置される。プラズマ処理室内にハロゲン含有エッチングガスが導入される。ハロゲン含有エッチングガスからエッチングプラズマを生成させ、このエッチングプラズマにシリコン含有エッチング層が暴露され、エッチングプラズマにより、シリコン含有層にシリコン含有残渣を残してフィーチャがエッチングされる。このとき、シリコン含有残渣は、酸化シリコン、 SiBr_x 、 SiCl_x 、 SiON 、 SiO_xF_y 、 SiCO 、 SiO_xCl_y 、または SiO_xBr_y 、のうちの少なくとも1つを含む。ただし、 x と y は正の整数である。プラズマ処理室内への

10

20

30

40

50

エッチングガスの導入が停止される。プラズマ処理室内にドライクリーニングガスが導入される。このドライクリーニングガスは、 NH_3 および NF_3 を含み、ドライクリーニングガスは、 NH_3 対 NF_3 の流量比が1：1から20：1の間である。ドライクリーニングガスからプラズマを生成させて、このドライクリーニングガス・プラズマにシリコン含有残渣が暴露され、シリコン含有残渣の少なくとも一部から、アンモニウム含有化合物が生成される。ドライクリーニングガスの導入が停止される。アンモニウム含有化合物が、 $60^\circ\text{C} \sim 220^\circ\text{C}$ の間の温度で昇華される。エッチング層がプラズマ処理室から取り出される。

【0005】

本発明の別の態様において、シリコン含有エッチング層にフィーチャをエッチングするための装置が提供される。プラズマ処理室が備えられ、プラズマ処理室は、プラズマ処理室エンクロージャを形成する室壁と、プラズマ処理室エンクロージャ内でウェハを支持するための基板サポートと、プラズマ処理室エンクロージャ内の圧力を調整するための圧力調整器と、プラズマを維持するためにプラズマ処理室エンクロージャに電力を供給するための少なくとも1つの電極と、プラズマ処理室エンクロージャ内にガスを供給するためのガス入口と、プラズマ処理室エンクロージャからガスを排出するためのガス出口と、を有する。少なくとも1つの電極には、少なくとも1つのRF電源が電氣的に接続される。シリコン含有エッチング層を加熱するために、ヒータがプラズマ処理室に接続される。ガス入口には、ガス源が流体接続されており、ガス源は、エッチングガス源、 NH_3 ガス源、および NF_3 ガス源を含む。ガス源および少なくとも1つのRF電源には、コントローラが制御可能に接続されており、コントローラは、少なくとも1つのプロセッサと、コンピュータ読み取り可能媒体とを有する。コンピュータ読み取り可能媒体は、エッチングガス源からプラズマ処理室内にエッチングガスを流入させるためのコンピュータ可読（コンピュータ読み取り可能）コードと、エッチングガスをエッチングプラズマに変換し、これによりシリコン含有エッチング層にシリコン含有残渣を残してフィーチャをエッチングするためのコンピュータ可読コードと、エッチングガスの流入を停止させるためのコンピュータ可読コードと、 NH_3 ガス源からの NH_3 および NF_3 ガス源からの NF_3 を含むドライクリーニングガスをプラズマ処理室内に流入させるためのコンピュータ可読コードと、ドライクリーニングガスをドライクリーニングプラズマに変換し、これによりシリコン含有残渣の少なくとも一部をアンモニウム含有化合物に変換するためのコンピュータ可読コードと、ドライクリーニングガスの流入を停止させるためのコンピュータ可読コードと、シリコン含有エッチング層を加熱し、これによりアンモニウム含有化合物を昇華させるためのコンピュータ可読コードと、を含む。

【0006】

本発明のこれらおよび他の特徴について、以下の本発明の詳細な説明において、次の図面を併用して、さらに詳細に説明する。

【0007】

本発明を、限定するものではなく、例として、添付の図面の図に示しており、これらの図面では、類似の要素は、同様の参照符号で示している。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施形態の上位フローチャートである。

【0009】

【図2A】本発明の一実施形態により処理される積層体の概略図である。

【図2B】本発明の一実施形態により処理される積層体の概略図である。

【図2C】本発明の一実施形態により処理される積層体の概略図である。

【図2D】本発明の一実施形態により処理される積層体の概略図である。

【0010】

【図3】エッチングに使用され得るエッチング反応器の概略図である。

【0011】

10

20

30

40

50

【図 4】本発明の実施形態において使用されるコントローラを実現するのに適したコンピュータシステムを示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明について、添付の図面に示すいくつかの好適な実施形態を参照して、以下で詳細に説明する。本発明についての完全な理解を与えるため、様々な具体的詳細が以下の説明において記載される。しかしながら、これら特定の詳細の一部または全てがなくても本発明を実施できることは、当業者には明らかであろう。また、本発明を不必要に不明瞭にすることがないように、周知の処理工程および／または構造については詳細に記載していない。

10

【0013】

理解を助けるため、図 1 は、本発明の一実施形態において用いられるプロセスの上位フローチャートである。エッチング層を、プラズマ処理室内に配置する（ステップ 104）。プラズマ処理室内にエッチングガスを流入させる（ステップ 108）。エッチングガスからプラズマを生成（エッチングガスをプラズマ化）させて（ステップ 112）、これにより、エッチング層にエッチングを施し、パッシベーションとなり得る残渣を形成する。エッチングガスの導入（流入）を停止させる（ステップ 116）。 NH_3 および NF_3 を含むドライクリーニングガスを、プラズマ処理室内に流入させる（ステップ 120）。ドライクリーニングガスからプラズマを生成（ドライクリーニングガスをプラズマ化）させて（ステップ 124）、これによりシリコンエッチング残渣をアンモニウム含有化合物に変換する。ドライクリーニングガスの流入を停止させる（ステップ 128）。層を加熱して、アンモニウム含有化合物を昇華させる（ステップ 132）。エッチング層をプラズマ処理室から取り出す（ステップ 136）。

20

【0014】

例：

本発明の好適な実施形態の一例では、プラズマ処理室内に層が配置される（ステップ 104）。図 2 A は、マスクフィーチャ 212 を有するマスク 208 の下に配置されたシリコン含有エッチング層 204 を有する積層体 200 の断面図である。本例では、エッチング層 204 は、シリコンウェハである。他の実施形態では、エッチング層は、シリコンウェハよりも上に形成されたシリコン層またはポリシリコン層であり得る。

30

【0015】

一実施形態では、すべての処理を、単一のプラズマエッチング室で実施することができる。図 3 は、プラズマ処理ツール 301 を含むプラズマ処理システム 300 の概略図である。プラズマ処理ツール 301 は、誘導結合プラズマエッチングツールであり、プラズマ処理室 304 を内部に有するプラズマ反応器 302 を備えている。トランス結合電力（TCP）コントローラ 350 とバイアス電力コントローラ 355 は、プラズマ処理室 304 内で生成されるプラズマ 324 に影響を及ぼす TCP 電源装置 351 とバイアス電源装置 356 をそれぞれ制御する。

【0016】

TCP コントローラ 350 は、プラズマ処理室 304 付近に配置された TCP コイル 353 に対して、TCP 整合回路 352 で調整された 13.56 MHz の高周波信号を供給するように構成された TCP 電源装置 351 のための、設定点を設定する。RF 透明窓 354 が設けられており、これにより、エネルギーを TCP コイル 353 からプラズマ処理室 304 へ透過させることを可能としつつ、TCP コイル 353 をプラズマ処理室 304 から切り離している。

40

【0017】

バイアス電力コントローラ 355 は、プラズマ処理室 304 内に配置されたチャック電極 308 に対して、バイアス整合回路 357 で調整された RF 信号を供給するように構成されたバイアス電源装置 356 のための、設定点を設定し、処理されるフィーチャ層 204 を有するウェハを受けるように構成された電極 308 の上方に直流（DC）バイアスを

50

発生させる。

【0018】

ガス供給機構またはガス源310は、プロセスに必要な適切な化学物質を供給するために、ガスマニホールド317を介してプラズマ処理室304の内部に接続されたガス源または複数のガス源316を含んでいる。本例では、ガス源316は、エッチングガス源381とNH₃ガス源382とNF₃ガス源383を少なくとも含む。ガス排出機構318は、圧力調整弁319および排気ポンプ320を含み、プラズマ処理室304内から粒子を除去して、プラズマ処理室304内に特定の圧力を維持する。

【0019】

温度コントローラ380は、冷却電源装置384を制御することにより、チャック電極308内に設けられた冷却再循環系の温度を制御する。プラズマ処理システムは、バイアス電力コントローラ355、TCPコントローラ350、温度コントローラ380、およびその他の制御システムを制御するために使用され得る電子制御回路370をさらに備える。チャック電極308を加熱するために、ヒータ371が設けられており、これによりシリコン含有エッチング層204を加熱する。プラズマ処理システム300は、さらに終点検出器を備えることもできる。このような誘導結合システムの一例は、カリフォルニア州フリーモント市所在のラムリサーチ社(Lam Research Corporation)製のKiyooであり、これは、シリコン層、ポリシリコン層、および導電層をエッチングするために用いられる。本発明の他の実施形態では、容量結合システムを用いることができる。

【0020】

図4は、本発明の実施形態において使用される制御回路370を実現するのに適したコンピュータシステム400を示す上位ブロック図である。コンピュータシステムは、集積回路、プリント回路基板、小型ハンドヘルドデバイスから、巨大なスーパーコンピュータまで、数多くの物理的形態をとることができる。コンピュータシステム400は、1つ以上のプロセッサ402を備えており、さらに、(グラフィックス、テキスト、およびその他のデータの表示用の)電子表示装置404、メインメモリ406(例えば、ランダムアクセスメモリ(RAM))、記憶装置408(例えば、ハードディスクドライブ)、リムーバブル記憶装置410(例えば、光ディスクドライブ)、ユーザインタフェース装置412(例えば、キーボード、タッチスクリーン、キーパッド、マウスまたは他のポインティングデバイスなど)、および通信インタフェース414(例えば、無線ネットワーク・インタフェース)を備えることができる。通信インタフェース414によって、コンピュータシステム400と外部装置との間でリンクを介したソフトウェアおよびデータの転送が可能となる。システムは、さらに、上記のデバイス/モジュールが接続される通信インフラストラクチャ416(例えば、通信バス、クロスオーバー・バー、またはネットワーク)を含むこともできる。

【0021】

通信インタフェース414を介して転送される情報は、ワイヤもしくはケーブル、光ファイバ、電話回線、携帯電話リンク、無線周波数リンク、および/または他の通信チャネルを用いて実現することができる信号を伝送する通信リンクを介して、通信インタフェース414による受信が可能な、電子信号、電磁信号、光信号、または他の信号などの信号形式のものであり得る。このような通信インタフェースによって、1つ以上のプロセッサ402が、上記方法の手順を実行する過程でネットワークから情報を受信し得ること、またはネットワークに情報を出力し得ること、が企図される。また、本発明の実施形態の方法は、プロセッサで単独で実行してもよく、あるいはインターネットなどのネットワークを介して処理の一部を共有する遠隔プロセッサと連携して実行してもよい。

【0022】

「非一時的コンピュータ読み取り可能媒体」という用語は、一般に、メインメモリ、二次メモリ、リムーバブルストレージなどの媒体、ハードディスク、フラッシュメモリ、ディスクドライブメモリ、CD-ROMなどの記憶装置、および他の形態の永続メモリを指

して用いられており、搬送波または信号のような一時的な対象事物を包含するものと解釈されてはならない。コンピュータコードの例として、コンパイラにより生成されるような機械語コード、およびコンピュータによりインタプリタを用いて実行される高級言語コードを含むファイル、が挙げられる。コンピュータ可読媒体は、搬送波で具現化されるコンピュータデータ信号により伝送され、プロセッサにより実行可能な命令列を表すコンピュータコードの場合もあり得る。

【0023】

エッチングガス源381からプラズマ処理室304内にエッチングガスを流入させる（ステップ108）。本実施形態では、エッチングガスは、ハロゲン含有成分を含んでいる。エッチングガスレシピの一例は、HBrとO₂である。

10

【0024】

エッチングガスからプラズマを生成させる（ステップ112）。本例では、TCP電力を13.5MHzで供給することで、エッチングガスからプラズマを生成させる。このプラズマによって、エッチング層204にエッチングを施す。0～3000ボルトのバイアスを供給する。プラズマによる所望のエッチングが完了したら、エッチングガスの流入を停止させる（ステップ116）。

【0025】

図2Bは、エッチングフィーチャ（feature）216を形成するエッチングがエッチング層に施された後の積層体200の概略断面図である。エッチングプロセスによって、シリコン含有パッシベーションとなり得るシリコン含有残渣220が形成されている。シリコン含有残渣は、酸化シリコン（SiOまたはSiO₂）、SiBr_x、SiCl_x、SiON、SiO_xF_y、SiCO、SiO_xCl_y、またはSiO_xBr_yであり得るものであり、ここで、xとyは正の整数である。好ましくは、シリコン含有残渣は、シリコンと酸素の両方を含む。

20

【0026】

シリコン含有残渣を取り除くために、ガス源316からプラズマ処理室304内にドライクリーニングガスを流入させる（ステップ120）。本例では、ドライクリーニングガスは、NH₃ガス源382からの50～1500sccmのNH₃と、NF₃ガス源からの10～500sccmのNF₃と、を含む。

【0027】

ドライクリーニングガスからプラズマを生成させる（ステップ124）。本例では、TCP電力を13.5MHzで供給することで、ドライクリーニングガスからプラズマを生成させる。0～500ボルトのバイアスを供給する。エッチング層を、-20～120℃に維持する。レシピによって、低密度、低エネルギー、低バイアスでプラズマを提供する。ドライクリーニングガスから生成されたプラズマで、シリコン残渣をアンモニウム含有化合物に変換する。ドライクリーニングガスの流入を停止させる（ステップ128）。図2Cは、シリコン残渣がアンモニウム含有化合物224に変換された後の積層体200の概略断面図である。好ましくは、この工程では、エッチング層204はエッチングを受けない。

30

【0028】

アンモニウム含有化合物224が昇華される（ステップ132）。本例では、アンモニウム含有化合物224を昇華させる温度に、エッチング層204または積層体200を加熱する。本例では、エッチング層204または積層体200を、200℃の温度に加熱する。図2Dは、アンモニウム含有化合物を昇華させた後の積層体200の概略断面図である。

40

【0029】

本例では、同じ処理室内で、シリコンエッチングを提供するとともに、その結果として生じるシリコン残渣を除去するための、方法および装置を提供する。このようなプロセスによって、ウェハをウェット槽に移送する必要がある別個のウェットクリーニングプロセスの必要性が排除される。

50

【0030】

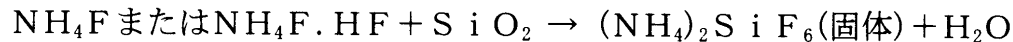
好ましくは、ドライクリーニングガスは、 NH_3 と NF_3 を含む。より好ましくは、ドライクリーニングガスは、 NH_3 と NF_3 と希ガスを含む。アンモニウム含有化合物は、好ましくは、 NH_4F 、 NH_4Br 、または NH_4Cl を含む。除去されるパッシベーション残渣に応じて、反応の例は、以下のようであり得る。

【化1】

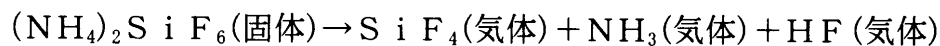


【化2】

10



【化3】



好ましくは、ドライクリーニングプロセスでは、0～1000ボルトの間のバイアスを供給する。より好ましくは、ドライクリーニングプロセスでは、0～500ボルトの間のバイアスを供給する。好ましくは、ドライクリーニング中の NH_3 の流量は、50～15000 scm である。好ましくは、ドライクリーニング中の NF_3 の流量は、10～5000 scm である。好ましくは、 NH_3 対 NF_3 の流量比は、1：1から20：1である。より好ましくは、 NH_3 対 NF_3 の流量比は、1：1から15：1である。好ましくは、ドライクリーニングプロセスは、 -20°C ～ 120°C の間の温度で達成される。

20

【0031】

好ましくは、昇華は、エッチング層を 60°C よりも高い温度に加熱することによって達成される。より好ましくは、昇華は、エッチング層を 60°C ～ 220°C の間の温度に加熱することによって達成される。

【0032】

好ましくは、エッチングプラズマが生成されているときに、0～3000ボルトのバイアスを供給し、エッチング層を -20°C ～ 120°C の間の温度に維持する。

30

【0033】

好ましい実施形態では、エッチングされたフィーチャで、シャロートレンチ・アイソレーションを形成する。別の好ましい実施形態では、エッチングされたフィーチャを用いてゲートを形成する。他の実施形態では、エッチングされたフィーチャを用いてソースまたはドレインを形成することができる。より好ましくは、シリコン含有層は、純シリコン、またはドーパントを有する純シリコンである。最も好ましくは、シリコン含有層は、シリコンである。

【0034】

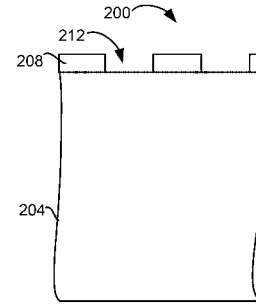
別の実施形態では、アンモニウム含有化合物を昇華させる前に、エッチング層を処理室から取り出す。このような実施形態では、アニールプロセスなど、プラズマ処理室の外での後続の高温プロセスを用いて、アンモニウム含有化合物を昇華させることができる。

40

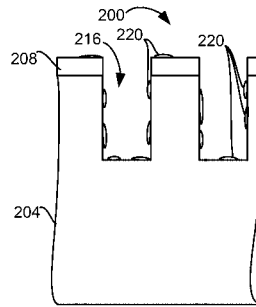
【0035】

本発明について、いくつかの好適な実施形態に関して説明したが、本発明の範囲内に含まれる、変更、置換、変形、および種々の代替均等物がある。また、本発明の方法および装置を実現する数多くの代替的形態があることにも、留意すべきである。よって、以下の添付の請求項は、本発明の真の趣旨および範囲から逸脱しないあらゆる変更、置換、および種々の代替均等物を含むものと解釈されるべきである。

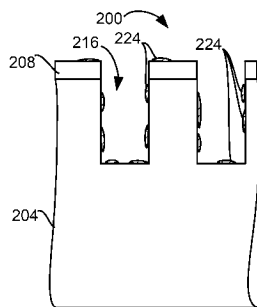
【図 2 A】



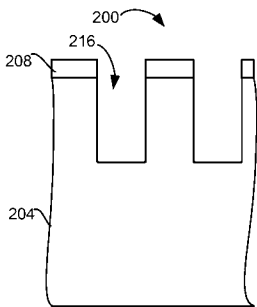
【 図 2 B 】



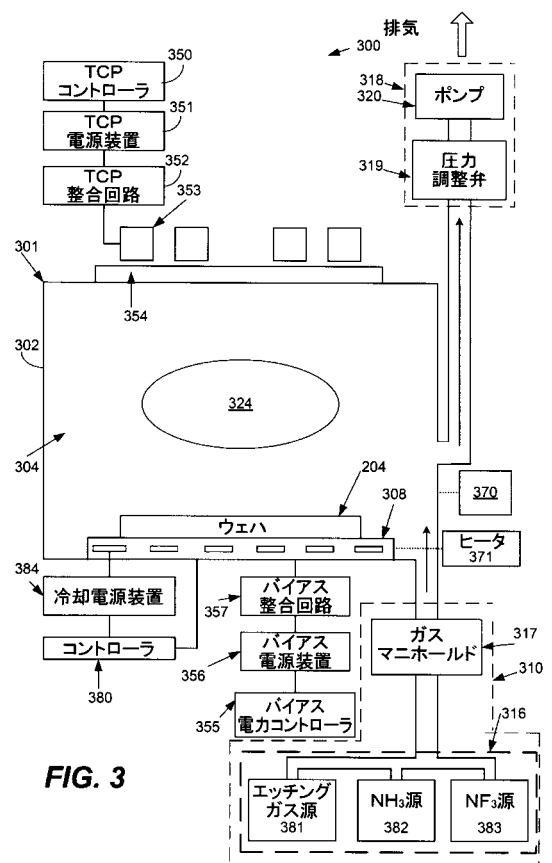
【図 2 C】



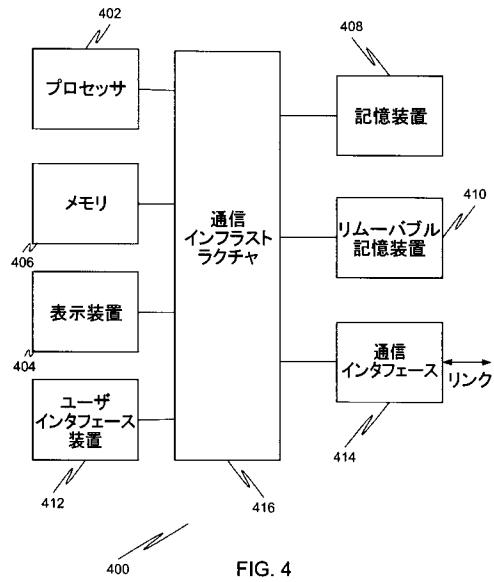
【図 2 D】



【 図 3 】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 アレクサンダー・エム．・パターソン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 0 サン・ホセ, マートウッド・ウェイ, 7 2 6 8

(72)発明者 ニーマ・ラストガー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 6 フレモント, ラスティカ・サークル, 4 3 7 6

Fターム(参考) 5F004 AA09 AA14 DA00 DA17 DA22 DA23 DA26 DB01 EA28 EB04

EB08

5F157 AA09 AA28 AA29 AA63 AA93 AB02 AB13 AB33 BG32 BG39

BH18

【外国語明細書】
2016136617000001.pdf