

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7414708号
(P7414708)

(45)発行日 令和6年1月16日(2024.1.16)

(24)登録日 令和6年1月5日(2024.1.5)

(51)国際特許分類

C 2 3 C	16/455 (2006.01)	F I	C 2 3 C	16/455
H 0 1 L	21/285 (2006.01)		H 0 1 L	21/285
H 0 1 L	21/28 (2006.01)		H 0 1 L	21/28

C
3 0 1 S

請求項の数 12 (全12頁)

(21)出願番号 特願2020-501310(P2020-501310)
 (86)(22)出願日 平成30年7月10日(2018.7.10)
 (65)公表番号 特表2020-528493(P2020-528493)
 A)
 (43)公表日 令和2年9月24日(2020.9.24)
 (86)国際出願番号 PCT/US2018/041379
 (87)国際公開番号 WO2019/014170
 (87)国際公開日 平成31年1月17日(2019.1.17)
 審査請求日 令和3年7月12日(2021.7.12)
 (31)優先権主張番号 62/532,335
 (32)優先日 平成29年7月13日(2017.7.13)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)
 (31)優先権主張番号 16/028,855
 (32)優先日 平成30年7月6日(2018.7.6)

最終頁に続く

(73)特許権者 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 A P P L I E D M A T E R I A L S ,
 I N C O R P O R A T E D
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0
 5 4 , サンタ クララ , パワーズ ア
 ヴェニュー 3 0 5 0
 3 0 5 0 B o w e r s A v e n u e
 S a n t a C l a r a C A 9 5 0 5 4
 U . S . A .
 (74)代理人 100094569
 弁理士 田中 伸一郎
 (74)代理人 100103610
 弁理士 吉 田 和彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体膜を堆積させるための方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に膜を形成するための方法であって、

プラズマプロセスと、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスとを使用して、前記基板上に第1の層を形成し、

少なくとも1種の水素ベースの前駆体ガスを用いて前記第1の層をサーマルソーキすること

によって、摂氏500度未満のプロセス温度で前記基板上に膜を堆積させることと、

前記プラズマプロセスを使用せず、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスを使用して、前記第1の層上に第2の層を形成することと、

少なくとも1種の水素ベースの前駆体ガスを用いて前記第2の層をサーマルソーキすること

を含む、方法。

【請求項2】

前記プラズマプロセスに0.283ワット/cm²未満の電力を供給することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記プラズマプロセスに0.141ワット/cm²未満の電力を供給することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて 100 ミリ秒～10 秒の継続時間の間、サーマルソーキすること

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記プラズマプロセスが、プラズマ原子層堆積プロセスとプラズマ化学気相堆積プロセスのうちの一方である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

1 ミリトル～100 ボルトの圧力で前記膜を堆積させること

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

半導体プロセスチャンバ内で基板上に膜を形成するための方法であって、

プラズマプロセスと、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスとを使用して、前記基板上に第 1 の層を形成すること、

前記半導体プロセスチャンバからガスをページすること、

少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて 100 ミリ秒～10 秒の継続時間の間、前記第 1 の層をサーマルソーキすること、および

前記半導体プロセスチャンバからガスをページすること、

によって、前記基板上に膜を堆積させることと、

前記基板上である厚さが達成されるまで前記膜を前記堆積させることを繰り返すことと、
塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスを使用し、前記プラズマプロセスを使用せずに前記第 1 の層上に第 2 の層を形成することと、

少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて前記第 2 の層をサーマルソーキすること

を含む、方法。

【請求項 8】

前記プラズマプロセスに 0.283 ワット / cm² 未満の電力を供給すること

をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記プラズマプロセスに 0.141 ワット / cm² 未満の電力を供給すること

をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて 100 ミリ秒～10 秒の継続時間の間、サーマルソーキすること

をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記膜を前記堆積させることが 50 ボルトの圧力で実行される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 12】

半導体プロセスチャンバ内で基板上に膜を形成するための方法であって、

0.283 ワット / cm² 未満の電力密度を用いたプラズマプロセスと、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスとを使用して、前記基板上に第 1 の層を形成し、

前記半導体プロセスチャンバからガスをページし、

少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて前記第 1 の層をサーマルソーキし、
前記半導体プロセスチャンバからガスをページし、

前記プラズマプロセスを使用せずに前記基板上に後続の層を形成し、

少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて前記後続の層をサーマルソーキすること

によって、前記基板上に膜を堆積させること

を含む方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】**【0001】**

本発明の原理の実施形態は一般に、半導体製造において使用される半導体プロセスに関する。

【背景技術】**【0002】**

半導体製造に使用されるシリコン基板はしばしば、処理中に表面に形成した酸化ケイ素を有し、基板に形成されたコンタクトの抵抗率を大幅に増大させる。この酸化ケイ素と相互作用してより良好な接触領域を形成するために反応性のケイ素化合物を使用することができる。コンタクトとしてしばしば使用されるアルミニウムは、このケイ素化合物およびその下のケイ素と不都合に反応し、このことが接合部故障の原因となる。しかしながら、ケイ化チタンは、優れた接触領域を形成すると同時に、窒化チタン障壁層の使用を可能にしてアルミニウムのケイ素吸着の問題を軽減させることができた。

10

【0003】

これらの理由から、オーミックコンタクトを形成するため、および局所トランジスタ接続の接触抵抗を低減するために、ケイ化チタンがしばしば使用される。基板上にケイ化チタン層を形成する間にしばしば基板のケイ素が消費され、このことが、基板内のケイ素材料の減少およびケイ素と酸化ケイ素の低い選択比 (selectivity ratio) の原因となる。一般に、ケイ化チタン堆積プロセス中にはしばしば高温 (例えば摂氏 700 度) が使用される。

20

【0004】

これに応じて、本発明の発明者は、ケイ化チタンおよび他のタイプの膜を基板上に堆積させるための改良されたプロセスを開発した。

【発明の概要】**【0005】**

半導体プロセスチャンバ内で基板上に強化された膜を形成するための方法および装置が提供される。

【0006】

いくつかの実施形態では、基板上に膜を形成するための方法が、プラズマプロセス (plasma enhanced process) と、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガス (gas compound) とを使用して、基板上に第1の層を形成し、少なくとも1種の水素ベースの前駆体ガスを用いて第1の層をサーマルソークする (thermally soak) ことによって、摂氏 500 度未満のプロセス温度で基板上に膜を堆積させることを含む。いくつかの実施形態では、この方法がさらに、プラズマプロセスを使用せず、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスを使用して、第1の層上に第2の層を形成すること、ならびに少なくとも1種の水素ベースの前駆体ガスを用いて第2の層をサーマルソークすることを含む。

30

【0007】

いくつかの実施形態では、この方法がさらに、プラズマプロセスを使用せず、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスを使用して、第1の層上に第2の層を形成すること、ならびに少なくとも1種の水素ベースの前駆体ガスを用いて第2の層をサーマルソークすること、プラズマプロセスに約 0.283 ワット / cm² 未満の電力を供給すること、プラズマプロセスに約 0.141 ワット / cm² 未満の電力を供給すること、少なくとも1種の水素ベースの前駆体ガスを用いて約 100 ミリ秒～約 10 秒の継続時間 (time duration) の間、サーマルソークすることを含み、不活性ガスがアルゴンであり、プラズマプロセスが、プラズマ原子層堆積プロセスとプラズマ化学気相堆積プロセスのうちの一方であり、この方法がさらに、約 1 ミリトル～約 100 トルの圧力で膜を堆積させることを含み、膜

40

50

の堆積が約 50 トルの圧力で実行され、ならびに / または、この方法がさらに、基板上である厚さが達成されるまで膜の堆積を繰り返すことを含む。

【 0 0 0 8 】

いくつかの実施形態では、半導体プロセスチャンバ内で基板上に膜を形成するための方法が、プラズマプロセスと、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスとを使用して、基板上に第 1 の層を形成すること、半導体プロセスチャンバからガスをページすること、少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて約 100 ミリ秒～約 10 秒の継続時間の間、第 1 の層をサーマルソーキすること、および半導体プロセスチャンバからガスをページすることによって基板上に膜を堆積させること、ならびに基板上である厚さが達成されるまで膜を堆積させることを繰り返すことを含む。いくつかの実施形態では、この方法がさらに、プラズマプロセスを使用せず、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスを使用して、第 1 の層上に第 2 の層を形成すること、ならびに少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて第 2 の層をサーマルソーキすることを含む。

10

【 0 0 0 9 】

いくつかの実施形態では、この方法がさらに、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスを使用し、プラズマプロセスを使用せずに第 1 の層上に第 2 の層を形成すること、ならびに少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて第 2 の層をサーマルソーキすること、プラズマプロセスに約 0.283 ワット / cm² 未満の電力を供給すること、プラズマプロセスに約 0.141 ワット / cm² 未満の電力を供給すること、少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて約 100 ミリ秒～約 10 秒の継続時間の間、サーマルソーキすることを含み、プラズマプロセスが、プラズマ原子層堆積プロセスとプラズマ化学気相堆積プロセスのうちの一方であり、この方法がさらに、約 1 ミリトル～約 100 トルの圧力で膜を堆積させることを含み、ならびに / または、膜を堆積させることが約 50 トルの圧力で実行される。

20

【 0 0 1 0 】

いくつかの実施形態では、半導体プロセスチャンバ内で基板上に膜を形成するための方法が、約 0.283 ワット / cm² 未満の電力密度を用いたプラズマプロセスと、塩化物ベースのガス、水素ガスおよび不活性ガスの複合ガスとを使用して、基板上に第 1 の層を形成し、半導体プロセスチャンバからガスをページし、少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて第 1 の層をサーマルソーキし、半導体プロセスチャンバからガスをページし、プラズマプロセスを使用せずに基板上に後続の層を形成し、少なくとも 1 種の水素ベースの前駆体ガスを用いて後続の層をサーマルソーキすることによって、基板上に膜を堆積させることを含む。

30

【 0 0 1 1 】

以下には、他のさらなる実施形態が開示されている。

【 0 0 1 2 】

上にその概要を簡単に示し、以下でより詳細に論じる本発明の原理の実施形態は、添付図面に示された本発明の原理の例示的な実施形態を参照することによって理解することができる。しかしながら、添付図面は本発明の原理の典型的な実施形態だけを示すものであり、したがって添付図面を範囲を限定するものと考えるべきではない。等しく有効な他の実施形態を本発明の原理が許容する可能性があるためである。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】本発明の原理のいくつかの実施形態による、基板上に膜を堆積させるための方法の流れ図である。

【図 2 A - F】本発明の原理のいくつかの実施形態による、基板上での膜の堆積を示す図である。

【図 3】本発明の原理のいくつかの実施形態による代表的な半導体プロセスチャンバを示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0014】

理解を容易にするため、可能な場合には、図に共通する同一の要素を示すのに同一の参考符号を使用した。図は縮尺通りには描かれておらず、分かりやすくするために単純化されていることがある。追加の詳述なしに、1つの実施形態の要素および特徴が別の実施形態に有益に組み込まれることがある。

【0015】

半導体デバイスの製造プロセス中には多くの異なるタイプの膜が使用される。プロセスの効率は、最終半導体製品のコストに影響を与えるだけでなく、プロセス時間、サーマルバジェット (thermal budget) および消費される材料の量にも影響を与える。本発明の原理の方法および装置のいくつかの実施形態を使用して、遷移金属およびその他の種、例えばインシトウドーピング (in situ doping) で使用されたゲルマニウム、リン、ホウ素などを含む膜を製造することができる。簡潔にするため、以下では、いくつかの実施形態の特定の例が、ケイ素を含む種に基づいて論じられる。しかしながら、方法および装置はケイ素を含む種に限定されない。さらに、本発明の原理の方法は摂氏 500 度未満で実行することができ、このことは、基板のサーマルバジェットを有利に低減させる。さらに、方法は、300 mm ウエハ上でのプラズマプロセスを使用した膜堆積に関して 200 ワット未満の RF 電力、または 0.283 ワット / cm² 未満の RF 電力で実行することができ、このことは、プロセスの運転コストを有利に低減させる。さらに、方法は、より低い塩化物不純物レベルを有利に達成する。

10

【0016】

いくつかの半導体プロセスでは、例えばオーミックコンタクトを形成するため、および接触抵抗を低減するために、ケイ化チタン (Ti_{Si_x}、x 3) が使用される。堆積プロセスでは、シリコンウエハ上に Ti_{Si_x} を形成するために、塩化チタンベースのガス (TiCl_x、x 4) が使用される。TiCl_x は、基板のケイ素と相互作用して Ti_{Si_x} を形成する。この相互作用は、堆積プロセス中に基板の表面のケイ素の一部を消費し、このことは、酸化ケイ素上の堆積ケイ化チタンの量と比較したときのケイ素上の堆積ケイ化チタンの量 (例えば厚さ) を低減させる。ケイ素上の堆積 Ti_{Si_x} の量と酸化ケイ素上の堆積 Ti_{Si_x} の量との差を、(Ti_{Si_x} の堆積に関する) ケイ素と酸化ケイ素の選択比 (Si : SiO₂) と呼ぶことができる。ケイ素上の堆積速度が酸化ケイ素上に比べて大きいと、選択比は有利に高くなる。従来のプロセスはしばしば、3 : 1 よりも小さい低い選択比を有する。方法は、いくつかの実施形態において約 5 : 1 よりも大きい選択比を有利に与える。本発明の原理の方法は、いくつかの実施形態において、堆積の間、基板のケイ素を有益に保存し、同時に基板上に高品質の Ti_{Si_x} 膜を形成する。いくつかの実施形態では、タンタルと塩化タンタル (TaCl₄) など、(Ti 以外の) 他の遷移金属とともに、(TiCl_x 以外の) 他の遷移金属ハロゲン化物を使用することができる。

20

【0017】

Ti_{Si_x} の例では、TiCl_x (H₂) プラズマ堆積と、ケイ素ベースの前駆体 (例えばシラン (SiH₄) または他のケイ素ベースのガス) のサーマルソーグを逐次に使用して、Ti_{Si_x} 膜が形成される。例えば他の遷移金属を利用するいくつかの実施形態では、TiCl_x の代わりに他の遷移金属ハロゲン化物が使用される。例えばゲルマニウムベースの膜、リンベースの膜、ホウ素ベースの膜または他のドープされた膜を利用するいくつかの実施形態では、例えばゲルマン (GeH₄)、ホスファン (PH₃) および / またはジボラン (B₂H₆) を含み得る非ケイ素ベースの前駆体によるサーマルソーグが使用されてもよい。いくつかの実施形態では、非ケイ素ベースの前駆体が、例えば三塩化ホウ素 (BCl₃)、三塩化リン (PCl₃)、各種クロロシランおよび各種クロロゲルマンなどのハロゲン化物を含んでいてもよい。図 1 は、基板上に例えばケイ化チタン (Ti_{Si_x}) などの膜を堆積させるための、本発明の原理のいくつかの実施形態による方法 100 の流れ図を示す。図 2A に示されているように、プラズマプロセスにおいて (例えば Ti_{Si_x} 膜用の塩化チタン (TiCl_x) などの) 塩化物ベースのガスと水素ガス (H₂) および不活性ガスとの

30

40

50

混合プロセスガス (process gas mixture) 204を流すことによって、例えばTi_{Si_x}膜を形成する際に使用されるシリコン基板などの基板202上に、第1の層206 (図2B) (例えばケイ化チタン (Ti_{Si_x}))を堆積させる (流れ図ブロック102)。いくつかの実施形態では、この不活性ガスがアルゴンである。混合プロセスガス204と不活性ガスは、流す前に前もって混合しておいてもよく、または流している間に混合してもよい (例えば処理チャンバに入るまでガスを分離しておいてもよい)。

【0018】

このプラズマプロセスは、プラズマ化学気相堆積プロセスまたはプラズマ原子層堆積プロセスを含むことができる。このプラズマ堆積プロセスおよびサーマルソーグは、摂氏500度未満の温度で実行される。いくつかの実施形態では、堆積およびサーマルソーグの温度が摂氏約300度であってもよい。いくつかの実施形態では、この温度が、方法100の継続時間の間、維持されてもよい。これらのプロセスを低い温度に維持することによって、方法100の効率が増大する。これらのプロセスの温度をほぼ共通にすることによって、これらのプロセスを単一の処理チャンバ内で有利に実行することができ、このことは、製造スループットを有益に増大させ、処理コストを有益に低減させる。

10

【0019】

いくつかの実施形態では、プラズマプロセスに供給される無線周波 (RF) 電力が0.283ワット / cm²未満であってもよい。別の実施形態では、プラズマプロセス中に供給される電力が0.141ワット / cm²未満であってもよい。より良好な選択性はより低い電力レベルで達成されることがある。さらに、より低い電力レベルはより効率的なプロセスに寄与する。いくつかの実施形態では、供給されるRFエネルギーの周波数が約2MHz～約60MHzの範囲にあり、または、例えば、2MHz、13.56MHz、27.12MHzまたは60MHzなど、無制限の周波数 (non-limiting frequency) を使用することができる。いくつかの実施形態では、上記の複数の周波数のRFエネルギーを供給するために複数のRF電源が提供される。

20

【0020】

いくつかの実施形態では、方法100が、膜堆積およびサーマルソーグの間、約1ミリトル～約100トルの圧力で実行されてもよい。別の実施形態では、方法100が、膜堆積およびサーマルソーグの間、約50トルの圧力で実行される。いくつかの実施形態では、排気またはバージ中に、この圧力がゼロまたは負の圧力 (negative pressure) (真空) に達してもよい。

30

【0021】

図2Aは、第1の層206 (図2B) を堆積するために混合プロセスガス204が流れている、基板202の断面図200Aを示す。混合プロセスガス204からプラズマ205を形成するためにRF電力が使用されており、プラズマ205は、基板202と相互作用して、図2Bの断面図200Bに示されているように第1の層206を形成する。プラズマ205によってTiCl_xガス分子の結合が破壊される。破壊されたTiCl_xガス分子からのTi分子は、例えば基板202中のSi分子によってより低い温度でより容易に吸着され、これによって基板202のSiが消費される。この反応は、堆積Ti_{Si_x}膜のSi : SiO₂選択比の低下を引き起す。

40

【0022】

この反応の分子の一部は吸着されないことがある。吸着されていない分子を残存ガスとともに基板202から除去するためにバージプロセスが実行される (図1の流れ図ブロック104)。このバージプロセスは、基板202の上に不活性ガスを流すこと、および/または基板202の近くのガスをポンプ排出することを含むことができる。次いで、図2Cの断面図200Cに示されているように、第1の層206をサーマルソーグするために、基板202の上に水素ベースの前駆体208が流される (図1の流れ図ブロック106)。いくつかの実施形態では、水素ベースの前駆体208が、シラン (SiH₄)、ゲルマニア (GeH₄)、ホスファン (PH₃) および/もしくはジボラン (B₂H₆)、ならびに/または他の前駆体を含む。例えば、ゲルマニウム基板は水素ベースの前駆体としてゲルマ

50

ンを使用することができ、リン基板は水素ベースの前駆体としてホスファンを使用することができ、ホウ素基板は水素ベースの前駆体としてジボランを使用することができる。

【0023】

いくつかの実施形態では、このサーマルソーキングの継続時間が約100ミリ秒～約10秒であってもよい。TiSi_xの例では、プラズマ堆積プロセス中に消費されたSiを補給するために、例えばシラン(SiH₄)からのケイ素分子が第1の層206に吸着される。このサーマルソーキングは、第1の層206の成長、抵抗率および結晶化度を増大させ、さらに、このプロセスがシリコン基板を用いたケイ素ベースのプロセスである場合には基板202のSi選択比を増大させる。サーマルソーキングの継続時間が長いほど、成長、抵抗率および結晶化度は大きな影響を受ける。さらに、水素ベースの前駆体208を用いたサーマルソーキングは、水素ベースの前駆体208を使用しない場合と比べたときに塩化物不純物を少なくする。水素ベースの前駆体208は、不活性ガスと一緒に流してもよく、または不活性ガスおよび水素(H₂)ガスと一緒に流してもよい。いくつかの実施形態では、この不活性ガスがアルゴンであってもよい。

【0024】

第1の層206をサーマルソーキングした後、水素ベースの前駆体208および/またはすべての吸着されていない分子を基板202から除去するためにパージプロセスが実行される(図1の流れ図ブロック108)。このパージプロセスは、基板202の上に不活性ガスを流すこと、および/または基板202の近くのガスをポンプ排出することを含むことができる。図2Dの断面図200Dに示されているように、プラズマプロセスを使用してまたはプラズマプロセスを使用せずに、塩化物ベースのガスと水素ガス(H₂)および不活性ガスとの混合プロセスガス210を流すことによって、任意選択で、第1の層206上に、図2Eの断面図200Eに示されている第2の層212を堆積させることができる(流れ図ブロック110)。プラズマプロセスを使用するいくつかの実施形態については、プラズマプロセスが、流れ図ブロック102に関して上で説明されている。

【0025】

プラズマ211を形成することが任意選択であること示すために、図2Dではプラズマ211が破線によって示されている。プラズマプロセスを使用しないいくつかの実施形態では、プラズマによって提供される分子結合を弱める効果なしで、基板202の上に混合プロセスガス210が流される。プラズマによって結合が弱められることはないが、混合プロセスガス210は第1の層および基板202によって吸着される。プラズマ211を使用しない場合、第2の層212は、第1の層206とは異なる膜特性を有する。プラズマプロセスを使用してもまたは使用しなくても、基板上には膜が形成され、同時に、このことが堆積膜の選択比をさらに高める。

【0026】

次いで、吸着されていない分子をガスと一緒に基板202から除去するためにパージプロセスが実行される(図1の流れ図ブロック112)。このパージプロセスは、基板202の上に不活性ガスを流すこと、および/または基板202の近くのガスをポンプ排出することを含むことができる。次いで、図2Fの断面図200Fに示されているように、第2の層212をサーマルソーキングするために、基板202の上に水素ベースの前駆体214が流される(図1の流れ図ブロック114)。いくつかの実施形態では、第2の層212に対して使用される水素ベースの前駆体214と第1の層206に対して使用される水素ベースの前駆体208とが異なるガスまたは異なる混合ガスであってもよい。いくつかの実施形態では、水素ベースの前駆体214が、シラン(SiH₄)もしくは他のシリコン誘導体ガス、ゲルマン(GeH₄)もしくは他のゲルマニウム誘導体ガス、ホスファン(PH₃)もしくは他のリン誘導体ガス、および/またはジボラン(B₂H₆)もしくは他のホウ素誘導体ガス、ならびに/あるいは他の前駆体を含んでいてよい。いくつかの実施形態では、B₂H₆またはPH₃をSiH₄と一緒に使用することによりインシトウドーピングを実行して、例えばTiSi_x膜の全体にわたってドーパントを分布させるために、水素ベースの前駆体214が使用されてもよい。いくつかの実施形態では、ヒ素がn型ドーパ

ントとして使用されてもよい。いくつかの実施形態では、ホウ素ドーパントの代わりにガリウムドーパントが使用されてもよい。

【0027】

このサーマルソーキングを実行するときには、継続時間を変えてもよく、または継続時間がほぼ同じでもよい。いくつかの実施形態では、このサーマルソーキングの継続時間が約100ミリ秒～約10秒であってもよい。このサーマルソーキングは、第2の層212の成長、抵抗率および結晶化度を増大させる。第2の層212をサーマルソーキングした後、水素ベースの前駆体214および／または吸着されていない分子を基板202から除去するため、任意選択で、基板202を取り出す前または基板202の後続の追加の処理の前にバージプロセスを実行することができる（図1の流れ図ブロック116）。このバージプロセスは、基板202の上に不活性ガスを流すこと、および／または基板202の近くのガスをポンプ排出することを含むことができる。

【0028】

いくつかの実施形態では、任意選択で、基準が満たされるまで、方法100の上記のブロックが繰り返されてもよい（図1の流れ図ブロック118）。例えば、ある膜厚が達成されるまで、またはある選択比（例えば $TiSi_x$ に対する $Si:SiO_2 > 3:1$ など）が達成されるまで、方法100を繰り返すことができる。本発明の原理のいくつかの実施形態では、方法100の一部のブロックが実行されなくてもよい。本発明の原理のいくつかの実施形態では、方法100のブロックが2回以上実行され、かつ／または方法100のブロックが異なる順序で実行されてもよい。例えば $TiSi_x$ などのケイ素ベースの種に20
関して方法100を2回以上実行することによって、5:1よりも大きな $Si:SiO_2$ 選択比を達成することができる。いくつかの実施形態、例えば $TiSi_x$ ベースの実施形態では、方法100のさらなる繰り返しが、約10:1～約20:1のより高い $Si:SiO_2$ 選択比を達成し得る。いくつかの実施形態では、この選択比が約15:1であってもよい。

【0029】

図3は、本発明の原理のいくつかの実施形態によるプロセスチャンバ300を示す。プロセスチャンバ300は、処理容積322を有するチャンバ本体302を有する。ペデスタル304によって支持された基板支持体306上に基板308が載っている。プラズマ堆積中には、プロセスガス源310から混合プロセスガス311が流される。いくつかの実施形態では、プロセスガス源310が、塩化物ベースのガスと水素ガス（ H_2 ）および不活性ガスとの混合ガスを供給する。いくつかの実施形態では、この不活性ガスがアルゴンである。混合プロセスガス311と不活性ガスは、流す前に前もって混合しておいてよく、または流している間に混合してもよい（例えばチャンバ本体302に入るまでガスを分離しておいてよい）。

【0030】

いくつかの実施形態では、RF電源316からのRF電力を使用することによって混合プロセスガス311が点火してプラズマ320になってもよい。プラズマ320は、処理容積322内で基板308と相互作用する。堆積後、処理容積は、堆積ガスおよび分子を除去するためにポンプ318によってバージされる。このバージプロセスは不活性ガスを流すことを含むことができる。次いで、前駆体源314から処理容積322内に水素ベースの前駆体315が流される。基板308上で、水素ベースの前駆体315を用いたサーマルソーキングが実行される。温度制御装置324が、堆積プロセス中とサーマルソーキングプロセス中のプロセスチャンバ300内の温度をほぼ共通の温度に維持する。

【0031】

次いで、ポンプ318によって、水素ベースの前駆体315が処理容積322からバージされる。このバージプロセスは不活性ガスを流すことを含むことができる。次いで、ある膜厚が達成されるまで、および／またはある選択比が達成されるまで、これらのプロセスをプロセスチャンバ300内で繰り返すことができる。いくつかの実施形態では、最初の堆積の後にプラズマ320が使用されない。いくつかの実施形態では、後続のサーマルソーキングプロセスで異なる前駆体が使用される。

【 0 0 3 2 】

プロセスチャンバ 300 は代表的なプロセスチャンバであり、プラズマ原子層堆積 (P E A L D) チャンバまたはプラズマ化学気相堆積 (P E C V D) チャンバなどとすることができます。上述の方法で単一のチャンバを使用することは、処理時間、消耗品材料 (c o n s u m a b l e m a t e r i a l) および半導体製造中の複雑さを低減させます。

【 0 0 3 3 】

以上の説明は本発明の原理の実施形態を対象としているが、本発明の原理の基本的な範囲を逸脱することなく本発明の原理の他のさらなる実施形態を考案することができる。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

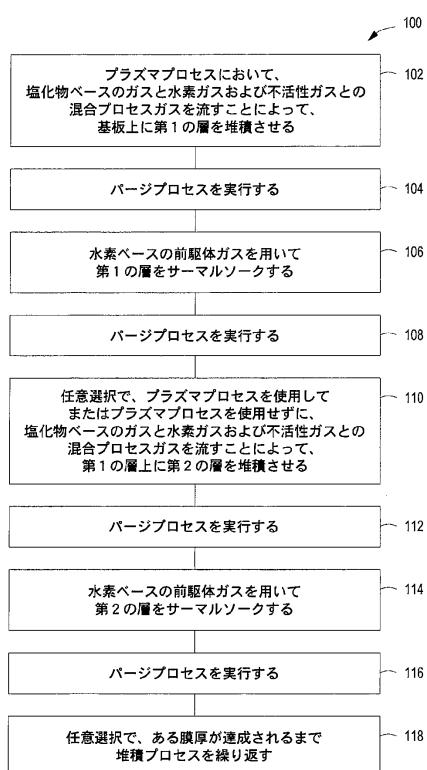


FIG. 1

10

【図 2 A】

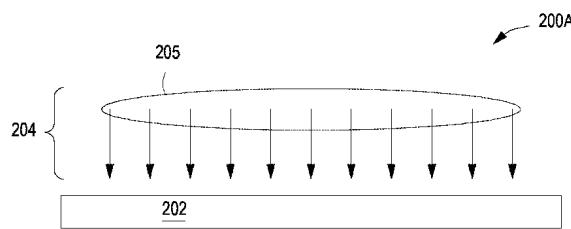


FIG. 2A

20

【図 2 B】



FIG. 2B

30

【図 2 C】

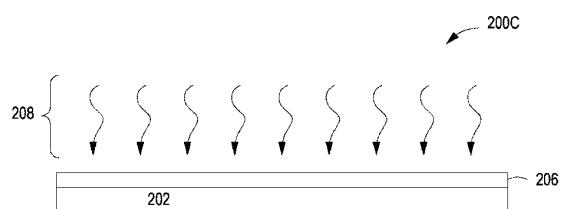


FIG. 2C

40

50

【図 2 D】

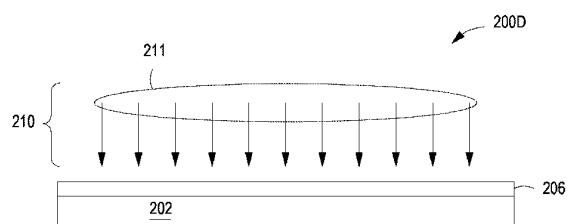


FIG. 2D

【図 2 E】



FIG. 2E

10

【図 2 F】

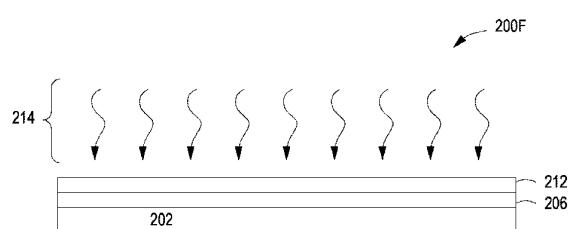
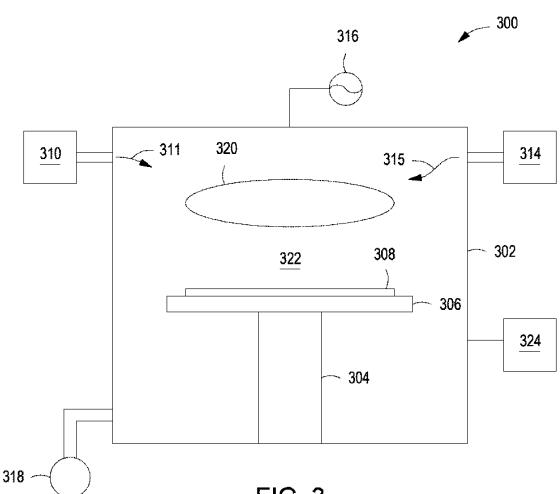


FIG. 2F

【図 3】



20

30

40

50

フロントページの続き

(33) 優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100067013

弁理士 大塚 文昭

(74)代理人 100086771

弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100139712

弁理士 那須 威夫

(74)代理人 100141553

弁理士 鈴木 信彦

(72)発明者 シュー イー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95129 サンノゼ エルムハースト ドライブ 4589

(72)発明者 倉富 敬

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95134 サンノゼ デスカンソ ドライブ 130

(72)発明者 ジェラトス アヴゲリノス ヴイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95066 スコットバレー カーサ ウェイ 31

(72)発明者 バンシア ヴィカシュ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94024 ロスアルトス アウォルト コート 1530

(72)発明者 チャン メイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95070 サラトガ コルテ デ アルゲロ 12881

(72)発明者 大東 和也

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95035 ミルピタス リー ウェイ 1812

審査官 宮崎 園子

(56)参考文献 特開2011-100962(JP, A)

特表2012-507150(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C23C 16/455

H01L 21/285

H01L 21/28