

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5908403号
(P5908403)

(45) 発行日 平成28年4月26日 (2016. 4. 26)

(24) 登録日 平成28年4月1日 (2016. 4. 1)

(51) Int. Cl. F I
H O 1 L 21/205 (2006. 01) H O 1 L 21/205
C 2 3 C 16/455 (2006. 01) C 2 3 C 16/455

請求項の数 13 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2012-532245 (P2012-532245)
(86) (22) 出願日 平成22年9月28日 (2010. 9. 28)
(65) 公表番号 特表2013-507004 (P2013-507004A)
(43) 公表日 平成25年2月28日 (2013. 2. 28)
(86) 国際出願番号 PCT/US2010/050593
(87) 国際公開番号 W02011/043961
(87) 国際公開日 平成23年4月14日 (2011. 4. 14)
審査請求日 平成25年9月27日 (2013. 9. 27)
(31) 優先権主張番号 61/248, 585
(32) 優先日 平成21年10月5日 (2009. 10. 5)
(33) 優先権主張国 米国 (US)
(31) 優先権主張番号 12/887, 647
(32) 優先日 平成22年9月22日 (2010. 9. 22)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(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
APPLIED MATERIALS, I
NCORPORATED
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
054 サンタ クララ バウアーズ ア
ベニュー 3050
(74) 代理人 100109726
弁理士 園田 吉隆
(74) 代理人 100101199
弁理士 小林 義教

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 クロスフローを有するエピタキシャルチャンバ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を処理するための装置であって、
中に基板の処理面をプロセスチャンバ内の所望の位置に支持するための基板支持体を有するプロセスチャンバと、
前記基板の前記処理面上に第 1 の方向に第 1 のプロセスガスを提供するための第 1 の吸入口と、
前記基板の前記処理面上に前記第 1 の方向と異なる第 2 の方向に第 2 のプロセスガスを提供するための第 2 の吸入口であって、前記基板支持体の中心軸に対して前記第 1 の方向と前記第 2 の方向の間で測定される方位角が 0 度より大きく 1 4 5 度以内であり、前記第 2 の方向が前記処理面に向かって角度を有する第 2 の吸入口と、
前記第 1 のプロセスガスおよび第 2 のプロセスガスを前記プロセスチャンバから排気するために、前記第 1 の吸入口の反対側に配置された排気口と
を備え、
前記処理面に対する前記第 2 の吸入口の高さが、前記処理面に対する前記第 1 の吸入口の高さよりも大きい、装置。

【請求項 2】

前記方位角が 9 0 度である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記処理面に対する前記第 1 の吸入口および前記第 2 の吸入口の一方または両方の高さ

が調整可能である、請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記基板の前記処理面を前記処理面に垂直な軸に沿った複数の位置に支持するために、前記基板支持体が前記プロセスチャンバ内でさらに移動可能に配置される、請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 5】

前記第 2 の方向が前記処理面に向けられる、請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 6】

前記第 1 の吸入口が、それぞれが前記第 1 のプロセスガスを送達可能な第 1 の複数の 2 次的な入口をさらに備え、かつ / または

前記第 2 の吸入口が、それぞれが前記第 2 のプロセスガスを送達可能な第 2 の複数の 2 次的な入口をさらに備える、

請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 7】

前記第 1 の複数の 2 次的な入口のうちの少なくとも 1 つの 2 次的な入口が、前記第 1 の複数の 2 次的な入口のうちの少なくとも 1 つの他の 2 次的な入口とは異なる組成物の前記第 1 のプロセスガスを提供することができ、および / または前記第 2 の複数の 2 次的な入口のうちの少なくとも 1 つの 2 次的な入口が、前記第 2 の複数の 2 次的な入口のうちの少なくとも 1 つの他の 2 次的な入口とは異なる組成物の前記第 2 のプロセスガスを提供することができる、請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

前記第 1 の複数の 2 次的な入口および / または前記第 2 の複数の 2 次的な入口のうちの 1 つまたは複数の前記 2 次的な入口からのプロセスガスの流量が独立して調整可能である、請求項 6 に記載の装置。

【請求項 9】

前記基板支持体を前記中心軸の周りで回転させるように前記基板支持体に結合されている回転機構、および

前記基板支持体を前記中心軸に沿って動かすように前記基板支持体に結合されているリフト機構

のうちの少なくとも 1 つをさらに備える、請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 10】

基板上に層を堆積させるための方法であって、

基板の処理面にわたって第 1 の方向に第 1 のプロセスガスを流すステップと、

前記基板の前記処理面にわたって前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に第 2 のプロセスガスを流すステップであって、前記基板の中心軸に対して前記第 1 の方向と前記第 2 の方向の間で測定される方位角が 0 度より大きく 145 度以内であり、前記第 2 の方向が前記処理面に対して角度を有するステップと、

前記基板上に、少なくとも部分的に前記第 1 のプロセスガスと第 2 のプロセスガスのクロスフロー相互作用から形成される層を堆積させるステップと

を含み、

第 2 のプロセスガスが前記処理面に対して流れる高さが、第 1 のプロセスガスが前記処理面に対して流れる高さよりも大きい、方法。

【請求項 11】

前記第 1 のプロセスガスと第 2 のプロセスガスとが同一でも異なってもよく、それぞれが、

シラン (SiH_4)、ジシラン (Si_2H_6)、およびジクロロシラン (H_2SiCl_2) のうちの少なくとも 1 つを含む堆積ガスと、

メチルシラン (H_3CSiH_3)、ゲルマン (GeH_4)、ホスフィン (PH_3)、ジボラン (B_2H_6)、およびアルシン (AsH_3) のうちの少なくとも 1 つを含むドーパント前駆体ガスと、

メタン (CH_4)、塩化水素 (HCl)、塩素 (Cl_2)、およびフッ化水素 (HF) の1つまたは複数を含むエッチャントガスと、

窒素 (N_2)、アルゴン (Ar)、ヘリウム (He)、および水素 (H_2) のうちの少なくとも1つを含むキャリアガスとを含む、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

前記第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスのうちの少なくとも1つを流すときに、前記基板を前記中心軸の周りで回転させるステップ、および/または

前記第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスのうちの少なくとも1つを流すときに、前記基板を前記中心軸に沿って動かすステップ

をさらに備える、請求項10または11に記載の方法。

【請求項13】

前記第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスを、交互のパターンまたは周期的なパターンで律動的に送る、または前記第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスを同時に流す、請求項10または11に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、一般に、基板を処理するための方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

基板上的層のエピタキシャル堆積などの、いくつかのプロセスにおいて、プロセスガスが、基板表面にわたって同じ方向に流される場合がある。例えば、基板表面上にエピタキシャル層を成長させるために、プロセスチャンバの両端に配置された吸入口と排気口の間で基板表面にわたって、1つまたは複数のプロセスガスが流される場合がある。

【0003】

典型的には、従来の見識では、温度が膜厚を制御するための断然優勢な変数であるとされている。そのために、基板上に堆積される膜厚の制御を試みるために、基板および/またはプロセス環境の温度制御が使用される。

【0004】

本発明者は、基板を処理するための改善された方法および装置を、本明細書で提供している。

【発明の概要】

【0005】

本明細書において、基板を処理するための方法および装置が提供される。いくつかの実施形態において、基板を処理するための装置は、中に基板の処理面をプロセスチャンバ内の所望の位置に支持するための基板支持体を有するプロセスチャンバと、基板の処理面上に第1の方向に第1のプロセスガスを提供するための第1の吸入口と、基板の処理面上に第1の方向と異なる第2の方向に第2のプロセスガスを提供するための第2の吸入口であって、基板支持体の中心軸に関して第1の方向と第2の方向の間で測定される方位角が最大約145度である第2の吸入口と、第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスをプロセスチャンバから排気するために第1の吸入口の反対側に配置された排気口とを含む。

【0006】

いくつかの実施形態において、基板上に層を堆積させるための方法は、基板の処理面にわたって、第1の方向に第1のプロセスガスを流すステップと、基板の処理面にわたって、第1の方向とは異なる第2の方向に第2のプロセスガスを流すステップであって、基板の中心軸に関して第1の方向と第2の方向の間で測定される方位角が最大約145度であるステップと、基板に、少なくとも部分的に第1のプロセスガスと第2のプロセスガスの流れの相互作用から形成される層を堆積させるステップとを含む。他の実施形態および変形形態は、以下に詳細な説明の中で開示される。

【 0 0 0 7 】

本発明の実施形態は、上で簡単に要約され下で詳細に議論されるが、添付された図面に示された本発明の例証的な実施形態を参照することにより理解することができる。しかし、本発明が他の同様に有効な実施形態を容認し得るので、添付された図面が本発明の典型的な実施形態だけを図示しており、したがって添付された図面は本発明の範囲を限定するものと考えられるべきではないことに留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】本発明のいくつかの実施形態によるプロセスチャンバの概略側面図である。

【図 2 A】本発明のいくつかの実施形態によるプロセスチャンバの概略上面図である。

【図 2 B】本発明のいくつかの実施形態による吸入口を示す図である。

【図 2 C】本発明のいくつかの実施形態によるプロセスチャンバの概略側面図である。

【図 3】本発明のいくつかの実施形態による、基板上に層を堆積させるための方法の流れ図である。

【図 4】図 3 に示された方法による、基板上に堆積された層を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

理解しやすくするために、可能な場合は、図に共通な同一の要素を指定するために、同一の参照番号が使用されている。図は一定の縮尺で描かれておらず、見やすいように簡略化される場合がある。一実施形態の要素および特徴は、さらなる記述なしに、他の実施形態に有利に組み込まれ得ることが意図される。

【 0 0 1 0 】

基板上に層を堆積させるための方法および装置が、本明細書で開示される。従来のプロセスの期間に、基板表面上に成長したエピタキシャル層に、望ましくない厚さの不均一性および/または組成上の不均一性が、まだ存在する場合があることを、発明者は観察した。より小さい限界寸法および/またはより高度な組成上のローディングにおいて、そのような厚さおよび組成物中の不均一性が、さらに望ましくないことになる可能性があることを、発明者はさらに観察した。本明細書に開示の本発明の方法および装置の実施形態は、有利なことに、堆積のために使用されるプロセスガス間の流れの相互作用を生成することによって、堆積された層の中の厚さの不均一性および/または組成上の不均一性を克服することができる。本発明の方法および装置は、堆積された層の中の欠陥/粒子形成をさらに減少させ、堆積された層の厚さおよび/または組成物および/または結晶化度の調整を可能にする。

【 0 0 1 1 】

図 1 は、本発明のいくつかの実施形態による、プロセスチャンバ 1 0 0 の概略側面図を示す。プロセスチャンバ 1 0 0 は、Santa Clara, Calif. の Applied Materials, Inc. から入手可能な、RP EPI (登録商標) リアクタ、またはエピタキシャルシリコン堆積プロセスを実施するよう適合された、任意の好適な半導体プロセスチャンバなどの、市販されているプロセスチャンバから改変することができる。プロセスチャンバ 1 0 0 は、上で議論したようにエピタキシャルシリコン堆積プロセスを実施するよう適合されてもよく、チャンバ本体 1 1 0、ならびに基板支持体 1 2 4 の周りに配置された、第 1 の吸入口 1 1 4、第 2 の吸入口 1 7 0、および排気口 1 1 8 を例証的に備える。第 1 の吸入口 1 1 4 および排気口 1 1 8 は、基板支持体 1 2 4 の対向する側に配置される。第 2 の吸入口 1 7 0 は、第 2 のプロセスガスを第 1 の吸入口 1 1 4 によって提供される第 1 のプロセスガスに対して角度をもって提供するために第 1 の吸入口 1 1 4 に対して構成される。プロセスチャンバ 1 0 0 の上面図を図示する図 2 A を参照して、以下で説明される、第 2 の吸入口 1 7 0 および第 1 の吸入口 1 1 4 は、チャンバのいずれかの側に最大約 1 4 5 度の方位角 2 0 2 だけ離すことができる。プロセスチャンバ 1 0 0 は、以下により詳細に議論される、支持システム 1 3 0 およびコントローラ 1 4 0 をさらに含む。

【 0 0 1 2 】

チャンバ本体 1 1 0 は、一般に、上部 1 0 2、下部 1 0 4、および筐体 1 2 0 を含む。上部 1 0 2 は下部 1 0 4 上に配置され、リッド 1 0 6、クランプリング 1 0 8、ライナ 1 1 6、ベースプレート 1 1 2、1 つまたは複数の上側ランプ 1 3 6 および 1 つまたは複数の下側ランプ 1 3 8、ならびに上側高温計 1 5 6 を含む。一実施形態において、リッド 1 0 6 はドーム様のフォームファクタを有するが、他のフォームファクタを有するリッド（例えば、平坦なリッドまたはリバースカーブリッド）も意図される。下部 1 0 4 は、第 1 の吸入口 1 1 4、第 2 の吸入口 1 7 0 および排気口 1 1 8 と結合され、ベースプレートアセンブリ 1 2 1、下側ドーム 1 3 2、基板支持体 1 2 4、前加熱リング 1 2 2、基板リフトアセンブリ 1 6 0、基板支持体アセンブリ 1 6 4、1 つまたは複数の上側ランプ 1 5 2 および 1 つまたは複数の下側ランプ 1 5 4、ならびに下側高温計 1 5 8 を備える。前加熱リング 1 2 2 など、プロセスチャンバの特定の構成要素を記述するために、用語「リング」が使用されているが、これらの構成要素の形状は円形である必要はなく、限定するものではないが、矩形、多角形、長円形などを含む任意の形状を含むことができることが意図される。

10

【 0 0 1 3 】

図 2 A は、チャンバ 1 0 0 の概略上面図を示す。図示されるように、第 1 の吸入口 1 1 4、第 2 の吸入口 1 7 0、および排気口 1 1 8 は、基板支持体 1 2 4 の周りに配置される。排気口 1 1 8 は、基板支持体 1 2 4 の第 1 の吸入口 1 1 4 から反対側に配置することができる（例えば、排気口 1 1 8 および第 1 の吸入口 1 1 4 は、お互いとほぼ位置合わせされる）。第 2 の吸入口 1 7 0 は、基板支持体 1 2 4 の周りに配置されてもよく、いくつかの実施形態においては（図示されるように）、排気口 1 1 8 または第 1 の吸入口 1 1 4 のどちらとも対向しない。しかし、図 2 A における第 2 の吸入口 1 7 0 の位置付けは、単に例示であって、以下で議論されるように、基板支持体 1 2 4 の周りの他の位置が可能である。

20

【 0 0 1 4 】

第 1 の吸入口 1 1 4 は、第 1 のプロセスガスを、基板 1 2 5 の処理面上に第 1 の方向 2 0 8 に提供するように構成される。本明細書において使用されるとき、用語プロセスガスは、単一のガスと複数のガスの混合物の両方のことを言う。また、本明細書において使用されるとき、用語「方向」は、プロセスガスが吸入口を出る方向を意味する。いくつかの実施形態において、第 1 の方向 2 0 8 は、基板 1 2 5 の処理面に平行であり、全体的に対向する排気口 1 1 8 へと向けられる。

30

【 0 0 1 5 】

第 1 の吸入口 1 1 4 は、そこを通して第 1 のプロセスガスが提供される、単一の口を備えることができ（図示せず）、または第 1 の複数の 2 次的な入口 2 1 0 を備えることができる。いくつかの実施形態において、第 1 の複数の 2 次的な入口 2 1 0 の数は、最大約 5 個の入口であるが、より多くの 2 次的な入口またはより少ない 2 次的な入口が提供され得る（例えば、1 つまたは複数）。各 2 次的な入口 2 1 0 は、例えばいくつかのプロセスガスの混合物であり得る、第 1 のプロセスガスを提供することができる。別法として、1 つまたは複数の 2 次的な入口 2 1 0 は、少なくとも 1 つの他の 2 次的な入口 2 1 0 と異なる、1 つまたは複数のプロセスガスを提供することができる。いくつかの実施形態において、プロセスガスは、第 1 の吸入口 1 1 4 を出た後、実質的に均一に混合して、第 1 のプロセスガスを形成することができる。いくつかの実施形態において、第 1 のプロセスガスが故意に不均一な組成物を有するように、プロセスガスが第 1 の吸入口 1 1 4 を出た後、全体的に一緒に混合しない場合がある。各 2 次的な入口 2 1 0 における、流量、プロセスガス組成物などは、独立に制御することができる。いくつかの実施形態において、以下に議論されるように、例えば、第 2 の吸入口 1 7 0 によって提供される第 2 のプロセスガスとの、所望の流れの相互作用を達成するために、2 次的な入口 2 1 0 のいくつかは、処理期間に、アイドル状態または律動的に動かすことができる。さらに、第 1 の吸入口 1 1 4 が単一の口を備える実施形態において、単一の口は、上で議論されたのと同じ理論のために

40

50

、律動的に動かすことができる。

【 0 0 1 6 】

第 2 の吸入口 1 7 0 は、第 1 の吸入口 1 1 4 についての設計と、実質的に同様であり得る。第 2 の吸入口 1 7 0 は、第 1 の方向 2 0 8 と異なる第 2 の方向 2 1 2 に、第 2 のプロセスガスを提供するように構成される。第 2 の吸入口 1 7 0 は、(図 1 に概略的に示されるように) 単一の口を備えることができる。別法として、第 2 の吸入口 1 7 0 は、第 2 の複数の 2 次的な入口 2 1 4 を備えることができる。各 2 次的な入口 2 1 4 は、例えばいくつかのプロセスガスの混合物であり得る、第 2 のプロセスガスを提供することができる。別法として、1 つまたは複数の 2 次的な入口 2 1 4 は、少なくとも 1 つの他の 2 次的な入口 2 1 4 と異なる、1 つまたは複数のプロセスガスを提供することができる。いくつかの実施形態において、プロセスガスは、第 2 の吸入口 1 7 0 を出た後、実質的に均一に混合して、第 2 のプロセスガスを形成することができる。いくつかの実施形態において、第 2 のプロセスガスが故意に不均一な組成物を有するように、プロセスガスが第 2 の吸入口 1 7 0 を出た後、全体的に一緒に混合しない場合がある。各 2 次的な入口 2 1 0 における、流量、プロセスガス組成物などは、独立に制御することができる。いくつかの実施形態において、例えば、第 1 の吸入口 1 1 4 によって提供される第 1 のプロセスガスとの所望の流れの相互作用を達成するために、第 2 の吸入口 1 7 0 または 2 次的な入口 2 1 4 のいくつかまたは全ては、処理期間に、アイドル状態または律動的に動かすことができる。

10

【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態において、第 1 の吸入口 1 1 4 の第 1 の方向 2 0 8 と第 2 の吸入口 1 7 0 の第 2 の方向 2 1 2 の間の関係は、少なくとも部分的には、方位角 2 0 2 によって規定することができる。方位角 2 0 2 は、基板支持体 1 2 4 の中心軸 2 0 0 に対して第 1 の方向 2 0 8 と第 2 の方向 2 1 2 の間で測定される。方位角 2 0 2 は、最大約 1 4 5 度、または約 0 度から約 1 4 5 度の間であり得る。いくつかの実施形態において、線 2 0 4 により示されるように、方位角 2 0 2 は 9 0 度未満でよく、その結果、第 2 の吸入口 1 7 0 は排気口 1 1 8 よりも第 1 の吸入口 1 1 4 により近く近接する位置になる。いくつかの実施形態において、線 2 0 6 により示されるように、方位角 2 0 2 は 9 0 度より大きくてよく、その結果、第 2 の吸入口 1 7 0 は第 1 の吸入口 1 1 4 よりも排気口 1 1 8 により近く近接する位置になる。いくつかの実施形態において、図 2 A に図示されるように、方位角 2 0 2 は約 9 0 度である。方位角 2 0 2 は、第 1 のプロセスガスと第 2 のプロセスガスの間に所望の量のクロスフロー相互作用を提供するように選択することができる。

20

30

【 0 0 1 8 】

第 1 の方向 2 0 8 および第 2 の方向 2 1 2 の一方または両方は、基板 1 2 5 の処理面に実質的に平行であっても、(図 2 B に示されるように) 基板 1 2 5 の処理面に対して角度があってもよい。図 2 B に図示されるように、第 1 の吸入口 1 1 4 は、第 1 の方向 2 0 8 が基板 1 2 5 の処理面に対して角度があるように配向される 1 つまたは複数の 2 次的な入口 2 1 0 を有することができる。第 2 の吸入口 1 7 0 (図 2 B に示さず) は、第 2 の方向 2 1 2 が基板 1 2 5 の処理面に対して角度があるように、1 つまたは複数の 2 次的な入口 2 1 4 を配向する同様の構成を有することができる。

【 0 0 1 9 】

いくつかの実施形態において、第 2 の方向 2 1 2 は、基板表面に対して角度を設けられてもよく、第 1 の方向 2 0 8 は、基板表面に平行である。そのような実施形態において、方位角 2 0 2 は、(線 2 0 6 により示されるように) 最大約 1 4 5 度であり得る。そのような実施形態の一具体例 (図示せず) では、方位角がゼロ度である。したがって、第 1 の吸入口 1 1 4 および第 2 の吸入口 1 7 0 は、垂直に整列されて配置され、例えばお互いの上に積み重ねられ、または単一のユニットに一体化することができる。そのような実施形態において、基板表面に対し、第 2 の方向 2 1 2 が角度のある配向であり、第 1 の方向 2 0 8 が平行な配向であるために、(第 1 の方向 2 0 8 と第 2 の方向 2 1 2 の間の方位角 2 0 2 がゼロ度であるにも関わらず) 第 1 の方向 2 0 8 および第 2 の方向 2 1 2 は、依然として異なる。したがって、流れの相互作用が、第 1 のプロセスガスと第 2 のプロセスガス

40

50

の間に生じることができる。

【 0 0 2 0 】

いくつかの実施形態において、方位角が、第 1 の方向 2 0 8 および第 2 の方向 2 1 2 の間の違いを規定する。例えば、第 1 の方向 2 0 8 および第 2 の方向 2 1 2 が両方とも基板表面に平行である場合、第 1 の方向 2 0 8 と第 2 の方向 2 1 2 が異なるように方位角 2 0 2 は非ゼロであり、したがって流れの相互作用が達成され得る。

【 0 0 2 1 】

いくつかの実施形態において、図 2 C に図示されるように、第 1 の吸入口 1 1 4 は、基板 1 2 5 の処理面上の第 1 の高さ 2 1 6 に配置されてもよく、第 2 の吸入口は、基板 1 2 5 の処理面上の第 2 の高さ 2 1 8 に配置されてもよい。第 1 の高さ 2 1 6 および第 2 の高さ 2 1 8 は、調整可能であり、例えば、各高さが、チャンバ 1 0 0 内で基板 1 2 5 を処理する前に設定されてもよく、または各吸入口 1 1 4、1 7 0 が可動プラットフォーム（図示せず）上に設けられてもよく、または第 1 の高さ 2 1 6 および第 2 の高さ 2 1 8 を調整するために、基板支持体アセンブリ 1 6 4 が中心軸 2 0 0 に沿って動かされてもよい（例えば、ここで基板支持体アセンブリ 1 6 4 は、様々な処理面に基板 1 2 5 を置くために垂直に移動可能である）。いくつかの実施形態において、第 2 の吸入口 1 7 0 の第 2 の高さ 2 1 8 は、第 1 の吸入口 1 1 4 の第 1 の高さ 2 1 6 より高い。そのような実施形態において、第 2 の方向 2 1 2 は基板表面（図 2 C に図示せず）に対し平行または角度がある場合がある。

【 0 0 2 2 】

図 1 に戻って、基板支持体アセンブリ 1 6 4 は、一般に、基板支持体 1 2 4 と結合される複数の支持ピン 1 6 6 を有する支持ブラケット 1 3 4 を含む。基板リフトアセンブリ 1 6 0 は、基板リフトシャフト 1 2 6、および基板リフトシャフト 1 2 6 のそれぞれのパッド 1 2 7 上に選択的に載っている複数のリフトピンモジュール 1 6 1 を備える。一実施形態において、リフトピンモジュール 1 6 1 は、基板支持体 1 2 4 内の第 1 の開口 1 6 2 を通って移動可能に配置される、リフトピン 1 2 8 のオプションの上部を備える。動作において、基板リフトシャフト 1 2 6 は、リフトピン 1 2 8 と係合するよう動かされる。係合したとき、リフトピン 1 2 8 は、基板 1 2 5 を基板支持体 1 2 4 の上に上げる、または基板 1 2 5 を基板支持体 1 2 4 上に下げることができる。

【 0 0 2 3 】

基板支持体 1 2 4 は、基板支持体アセンブリ 1 6 4 と結合する、リフト機構 1 7 2 および回転機構 1 7 4 をさらに含む。リフト機構 1 7 2 は、中心軸 2 0 0 に沿って基板支持体 1 2 4 を動かすために使用することができる。回転機構 1 7 4 は、中心軸 2 0 0 の周りで基板支持体 1 2 4 を回転させるために使用することができる。

【 0 0 2 4 】

処理の期間、基板 1 2 5 は、基板支持体 1 2 4 上に配置される。ランプ 1 3 6、ランプ 1 3 8、ランプ 1 5 2、およびランプ 1 5 4 は、赤外（IR）放射（すなわち、熱）の源であり、動作において、基板 1 2 5 にわたって、所定の温度分布を生成する。リッド 1 0 6、クランプリング 1 1 6、および下側ドーム 1 3 2 は、石英から形成される。しかし、他の IR について透明でプロセス互換性のある材料も、これらの構成要素を形成するために使用することができる。

【 0 0 2 5 】

支持システム 1 3 0 は、プロセスチャンバ 1 0 0 内の所定のプロセス（例えば、エピタキシャルシリコン膜を成長すること）を実行および監視するために使用される構成要素を含む。そのような構成要素は、一般に、プロセスチャンバ 1 0 0 の様々なサブシステム（例えば、ガスパネル（複数可）、ガス分配コンジット、真空サブシステムおよび排気サブシステムなど）およびデバイス（例えば、電力供給装置、プロセス制御機器など）を含む。これらの構成要素は、当業者にはよく知られており、明確にするために、図面から省略されている。

【 0 0 2 6 】

コントローラ 140 は、一般に、中央演算処理装置 (CPU) 142、メモリ 144、支持回路 146 を備え、(図 1 に示されるように) プロセスチャンバ 100 および支持システム 130 に直接、または別法として、プロセスチャンバおよび / または支持システムに関連するコンピュータ (またはコントローラ) を介して、結合され制御する。

【0027】

本発明のチャンバ 100 が上で説明された。しかし、本発明者によって、チャンバの他の実施形態が、第 1 のプロセスガスと第 2 のプロセスガスの間のクロスフロー相互作用を生成するため考案された。例えば、チャンバ 100 は、示されるような第 2 の吸入口 170 の代わりに、第 2 の排気口 (図示せず) を含むよう構成することができる。例えば、第 1 の流れの方向 208 および第 2 の流れの方向 212 の間の関係を方位角 202 が規定するやり方と同様に、第 2 の排気口の位置が方位角 202 によって規定され得る。そのような例において、第 1 のプロセスガスと第 2 のプロセスガスの両方が、第 1 の吸入口 114 から流されることがあり、第 1 の吸入口に対して第 1 の排気口と第 2 の排気口が非対称であることによって、流れの相互作用が生成され得る。

【0028】

図 3 は、本発明のいくつかの実施形態による、基板上に層を堆積させるための方法の流れ図を示す。方法 300 は、上で説明されたチャンバ 100 の実施形態に関連し、下で説明される。

【0029】

方法 300 は、基板 125 などの基板を準備することにより、302 で始まる。基板 125 は、結晶シリコン (例えば、 $\text{Si} < 100 >$ または $\text{Si} < 111 >$)、酸化ケイ素、ストレインドシリコン、シリコンゲルマニウム、ドーパされたポリシリコンまたは非ドーパポリシリコン、ドーパされたシリコンウエハまたは非ドーパシリコンウエハ、パターン形成されたウエハまたは未パターン形成ウエハ、シリコンオンインシュレータ (SOI)、炭素がドーパされた酸化ケイ素、窒化ケイ素、ドーパされたシリコン、ゲルマニウム、ガリウムヒ素、ガラス、サファイアなどの好適な材料を含むことができる。さらに、基板 125 は、複数の層を備え、または例えば、トランジスタ、フラッシュメモリデバイスなどの、部分的に製作されたデバイスを含むことができる。

【0030】

304 において、第 1 のプロセスガスは、基板 125 の処理面にわたって、例えば第 1 の方向 208 といった、第 1 の方向に流され得る。第 1 のプロセスガスは、第 1 の吸入口 114 からまたは 2 次的な入口 210 の 1 つまたは複数から第 1 の方向 208 に、処理面にわたって、排気口 118 に向かって流され得る。第 1 のプロセスガスは、第 1 の吸入口 114 から、処理面に平行にまたは処理面に角度をもって、第 1 の方向 208 に流され得る。

【0031】

第 1 のプロセスガスは、1 つまたは複数のプロセスガスを含むことができる。例えば、プロセスガスが、選択的エピタキシャル成長プロセスのためなど、堆積ガスおよび / またはエッチングガスを含むことができる。いくつかの実施形態において、第 1 のプロセスガスは、1 つまたは複数の堆積ガス、および任意選択で、ドーパント前駆体ガス、エッチャントガス、またはキャリアガスの 1 つまたは複数を含むことができる。堆積ガスは、シラン (SiH_4)、ジシラン (Si_2H_6)、ジクロロシラン (H_2SiCl_2) のうちの少なくとも 1 つなどのシリコン前駆体を含むことができる。ドーパント前駆体ガスは、ゲルマン (GeH_4)、ホスフィン (PH_3)、ジボラン (B_2H_6)、アルシン (AsH_3)、またはメチルシラン (H_3CSiH_3) のうちの少なくとも 1 つを含むことができる。エッチャントガスは、メタン (CH_4)、塩化水素 (HCl)、塩素 (Cl_2)、またはフッ化水素 (HF) のうちの少なくとも 1 つを含むことができる。キャリアガスは、窒素 (N_2)、アルゴン (Ar)、ヘリウム (He)、または水素 (H_2) のうちの少なくとも 1 つを含むことができる。

【0032】

いくつかの実施形態において、例えばシリコンおよびゲルマニウムを含む層を堆積させるために、第1のプロセスガスは、ジクロロシラン(H_2SiCl_2)、ゲルマン(GeH_4)、ジボラン(B_2H_6)、および水素(H_2)を含むことができる。いくつかの実施形態において、例えばシリコンの層を堆積させるために、第1のプロセスガスは、シラン(SiH_4)、ジシラン(Si_2H_6)、またはジクロロシラン(H_2SiCl_2)のうちの少なくとも1つ、ならびに塩化水素(HCl)および水素(H_2)を含むことができる。いくつかの実施形態において、例えば、堆積層がドーブされたシリコンを含む場合、第1のプロセスガスは、上のガスを含んでもよく、ホスフィン(PH_3)、ジボラン(B_2H_6)または、アルシン(AsH_3)のうちの少なくとも1つをさらに含んでもよい。いくつかの実施形態において、堆積層がシリコンおよび炭素を含む場合、第1のプロセスガスは、ジシラン(Si_2H_6)、メチルシラン(H_3CSiH_3)、ゲルマン(GeH_4)、ホスフィン(PH_3)、および窒素(N_2)または水素(H_2)のうちの少なくとも1つを含む環境で、塩化水素(HCl)または塩素(Cl_2)のうちの少なくとも1つを含むことができる。

10

【0033】

306において、第2のプロセスガスが、基板125の処理面にわたって、例えば第2の方向212といった、第2の方向に流され得る。チャンバ100の実施形態にしたがって上で議論したように、第1のプロセスガスと第2のプロセスガスの間に流れの相互作用を促進させるために、第2の方向212は、第1の方向208と異なる。第2の方向212は、非ゼロ方位角202によって、(図2Bに示されるように)第2のプロセスガスを基板表面に角度をもって提供することによって、またはその組合せによって、第1の方向208と相違させることができる。第1の方向208と第2の方向212の違いは、第1のプロセスガスと第2のプロセスガスの間の流れの相互作用を生み出すために使用されてもよく、このことが、基板の処理面にわたる、堆積された層の厚さの均一性および/または組成上の均一性を改善し得る。

20

【0034】

第2のプロセスガスは、第1のプロセスガスと同じであっても、または異なってもよい。第2のプロセスガスは、第1のプロセスガスに関して上で議論された任意のガスまたは上で議論されたガスの全ての組合せを含むことができる(例えば、堆積ガス、エッチャントガス、ドーパント前駆体ガス、およびキャリアガスの組合せ)。いくつかの実施形態において、例えば、選択的エピタキシャル成長プロセスの期間に、第2のプロセスガスは、エッチャントガス、堆積ガスまたはこの組合せを含むことができる。第2のプロセスガスは、第1のプロセスガスと交互に、周期的に、部分的に並行して、または並行して流され得る。いくつかの実施形態において、ステップ304とステップ306が並行して実施されるように、第2のプロセスガスが、第1のプロセスガスと同時に流され得る。

30

【0035】

いくつかの実施形態において、例えば堆積された層の組成上の均一性を改善するために、第2のプロセスガスは第1のものと異なってよい(下の308で議論される)。いくつかの実施形態において、例えばシリコンおよびゲルマニウムを含む層を堆積させるために、第2のプロセスガスは、ジクロロシラン(H_2SiCl_2)、ゲルマン(GeH_4)、ジボラン(B_2H_6)、塩化水素(HCl)、および水素(H_2)を含むことができる。

40

【0036】

いくつかの実施形態において、例えば、第1のプロセスガスに触媒作用を及ぼす触媒ガスを提供することにより、第2のプロセスガスは、第1のプロセスガスと異なってよい。例えば、そのような触媒作用が、基板上に堆積された層の組成上の均一性および/または厚さを改善し得る。第2のプロセスガスは、触媒、および上に挙げられた、例えばシランおよび/またはゲルマンなど他のガスを含むことができる。例示的な触媒は、ゲルマン(GeH_4)を含むことができる。

【0037】

308において、層400(図4に示される)は、少なくとも部分的に、第1のプロセ

50

スガスと第2のプロセスガスの流れの相互作用から、基板125の上に堆積される。いくつかの実施形態において、層400は約1ナノメートルから約10,000ナノメートルの間の厚さを有することができる。いくつかの実施形態において、層400はシリコンおよびゲルマニウムを含む。層400中のゲルマニウムの濃度は、約5原子百分率から約100原子百分率（すなわち、ゲルマニウムのみ）の間であり得る。一特定の実施形態において、層400は、約25原子百分率から約45原子百分率の間のゲルマニウム濃度を有するシリコンゲルマニウム（SiGe）層である。

【0038】

上に記載したように、層400は、少なくとも部分的に、異なる流れの方向208、212に流される第1のプロセスガスと第2のプロセスガスの間の流れの相互作用によって、堆積される。理論に束縛されることを望むものではないが、発明者は、例えば、約90度の方位角202を有するいくつかの構成で、基板の外周端に近接する堆積は、主に2つのプロセスガス間のクロスフロー相互作用を介して生じ、一方基板の中心に近接する（中心軸200に近い）堆積は、主に第1のプロセスガスを介して堆積され得ると考える。例えば、約ゼロ度の方位角202を有する他の構成において、堆積は、完全に第1のプロセスガスと第2のプロセスガスの間の流れの相互作用を介して生じ得る。

【0039】

層400は、1つまたは複数の処理方法によって堆積させることができる。例えば、第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスの流量は、層400の厚さおよび/または組成物を調整するために変えることができる。さらに、流量は、層の結晶化度を調節するために変えることができる。例えば、より大きな流量では、層の結晶化度が改善し得る。他のプロセスの変形形態は、第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスのうちの1つまたは両方が流れるときに、基板125を中心軸200の周りで回転させることおよび/または中心軸200に沿って動かすことを含むことができる。例えば、いくつかの実施形態において、第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスのうちの1つまたは両方が流れるときに、基板125が回転される。例えば、いくつかの実施形態において、第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスのうちの1つまたは両方が流れるときに、各プロセスガスの流量を調節するために、基板125が中心軸200に沿って動かされる。

【0040】

層を堆積させる他の変形実施形態が可能である。例えば、第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスが、交互のパターンまたは周期的なパターンのうちの1つで律動的に送られ得る。いくつかの実施形態において、第1の吸入口114と第2の吸入口170の一方または両方からの堆積ガスおよびエッチガスを交互に律動的に送ることにより、層の選択的エピタキシャル成長が実施され得る。さらに、第1のプロセスガスおよび第2のプロセスガスを律動的に送ることは、他の処理方法と組み合わせを行うことができる。例えば、第1のプロセスガスと第2のプロセスガスのうちの1つまたは両方の第1のパルスが、中心軸200に沿った第1の基板位置で生じてよく、第1のプロセスガスと第2のプロセスガスのうちの1つまたは両方の第2のパルスが、中心軸200に沿った第2の基板位置で生じてよい。さらに、律動的に送ることは、基板が中心軸200の周りで回転することと共に行われ得る。

【0041】

このように、基板上に層を堆積させるための方法および装置が、本明細書において開示された。本発明の方法および装置は、有利なことに、堆積のために使用されるプロセスガス間に流れの相互作用を生成することによって、堆積された層の厚さの不均一性および/または組成上の不均一性を克服する。本発明の方法および装置は、堆積された層の中の欠陥/粒子形成をさらに減少させ、堆積された層の厚さおよび/または組成物および/または結晶化度の調整を可能にする。

【0042】

上記が本発明の実施形態を対象とする一方、本発明の他の実施形態およびさらなる実施形態が、本発明の基本範囲から逸脱することなく考案され得る。

フロントページの続き

- (72)発明者 ラマチャンドラン, バラスブラマニアン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95051, サンタ クララ, ダラス コート 3166
- (72)発明者 サンチェス, エロール, アントニオ, シー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95377, トレイシー, ジル ドライヴ 324
- (72)発明者 ミヨー, ニー, オー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95124, サン ノゼ, コルテ デ ピアソン 1561
- (72)発明者 バウティスタ, ケヴィン, ジョゼフ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95122, サン ノゼ, クレメンス アヴェニュー 1454
- (72)発明者 ジュネジャ, ハープリート, シン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95134, サン ノゼ, ユニット 224, エラン
ヴィレッジ レーン 305
- (72)発明者 シュ, ズオミン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94085, サニーヴェール, イースト ヘムロック ア
ヴェニュー 237

審査官 小川 将之

- (56)参考文献 特開2000-349030(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0163042(US,A1)
特開2004-296537(JP,A)
特開平11-102871(JP,A)
特開2003-086524(JP,A)
特開昭54-144867(JP,A)
特開2004-119786(JP,A)
特開2007-294545(JP,A)
特開2005-353665(JP,A)
特開2010-263112(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205
C23C 16/455