

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 1 区分

【発行日】平成22年3月11日 (2010.3.11)

【公表番号】特表2009-529765(P2009-529765A)

【公表日】平成21年8月20日 (2009.8.20)

【年通号数】公開・登録公報2009-033

【出願番号】特願2008-558441(P2008-558441)

【国際特許分類】

H 0 1 J 49/40 (2006.01)

H 0 5 H 1/00 (2006.01)

H 0 1 L 21/205 (2006.01)

H 0 1 L 21/3065 (2006.01)

C 2 3 C 16/52 (2006.01)

H 0 1 L 21/265 (2006.01)

H 0 1 J 49/46 (2006.01)

【F I】

H 0 1 J 49/40

H 0 5 H 1/00 A

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/302 1 0 3

C 2 3 C 16/52

H 0 1 L 21/265 T

H 0 1 L 21/265 F

H 0 1 J 49/46

【手続補正書】

【提出日】平成22年1月20日 (2010.1.20)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 7

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 1】

イオンセンサ 1 0 0 は、例えば、望ましい電位 V_{L3} で個別に同様にバイアスされうるハウジング 1 0 2 の内側のドリフトチューブ 1 0 4 を含む。ドリフトチューブ 1 0 4 は、通常、ごくわずかな電磁界による中空空間を有する。ドリフトチューブ 1 0 4 の抽出器側は、イオンが入る開口（ドリフトチューブ開口）を有しうる。ドリフトチューブ 1 0 4 の検出器側は、外部電界から遮蔽しつつイオンが出て行くのを許容するグリッド 1 2 4 を有しうる。プラズマチャンバの圧力は、一般的に 1 から 3 , 0.00 mTorr であり、一方、ドリフトチューブの圧力は、一般的に $2 \times 10^{-6} \text{ Torr}$ 以下である。差動ポンピングを用いることにより、圧力差を維持できる。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

さまざまな実施形態は、ハウジング開口とドリフトチューブ開口との間のドリフトチューブ104の抽出器側近傍にレンズまたは偏向器を形成する1つ以上の電極および／またはグリッドを含む。いくつかの実施形態では、イオンを抽出して集束させる一連の電極が存在する。例えば、ハウジング開口近傍に抽出器電極106が存在しうる。抽出器電極106は、直径10から500ミクロン（いくつかの実施形態では好ましくは50から200ミクロン）の開口を有してよいが、実際の開口サイズは、差動ポンピングの必要条件に応じて少なくとも部分的に変化しうる。抽出器電極106は、プラズマからの陽または陰イオンを引き付けるのに適した電位 $V_{\text{extractor}}$ でバイアスされうる。引き付けられたイオンは、さまざまな角度で進行してよい。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

本開示の複数の実施形態によれば、イオンセンサ100は、電位の異なる組み合わせをハウジング102、ドリフトチューブ104、抽出器電極106、静電レンズ108、110、および、検出器アセンブリ112に印加することによりフレキシブルに構成される。図1から4に典型的な構成が示される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0034】

1つの典型的な構成では、ハウジング104は、接地されるか、および／または、プラズマチャンバ壁に取り付けられる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0036】

説明の便宜上、以下の説明では、陽イオンのみがサンプリングされることとする。しながら、本開示の実施形態は、陰イオンに関しても容易に適合または構成されうることに留意されたい。さらに、説明を簡単にすべく、静電レンズ108はレンズ1、静電レンズ110はレンズ2、ドリフトチューブ104は、レンズ3と称する。レンズ1およびレンズ3は、例えば-150Vから-300Vの固定値でありうる同じまたは同様の電位に保たれてよい。望ましい電位は、例えば、ドリフトチューブ104の長さ、および、望ましいイオン質量分解能などの因子によって決定される。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0037】

いくつかの実施形態では、レンズ1およびレンズ3は、異なる電位（例えば、 $V_{L1} =$

−400 Vから−200 V、 $V_{L3} = -200$ V) でバイアスされうる。レンズ2は、 $V_{L2} = -500$ Vから−900 Vでバイアスされうる。レンズ2は、さらに、ドリフトチューブ104の「ゲート」として構成されてもよい。ゲートを開くには、短い電圧パルス（例えば50から500ナノ秒）をレンズ2に供給することによりイオンパケットがドリフトチューブ104に入るようにする。ゲートを閉じるには、比較的大きい陽電位をレンズ2にかけることにより、陽イオンがドリフトチューブ104に入るのを阻止するようにする。一実施形態によれば、レンズ2（すなわちゲート電極）は、非常に短いゲート開閉期間以外は、通常、例えば+30 V以上の正電圧でバイアスされうる。例えば、ゲートパルス幅が100 ns、ウェハのパルス周波数が5,000 kHz（期間=200マイクロ秒）であり、ウェハのパルスごとにサンプルがとられると仮定すると、ゲート電極は、期間の99.95%（199.9マイクロ秒）は閉じていて、期間の0.05%のみ開いている。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0038】

ゲートパルスがウェハパルスと同期するとき、ウェハパルスに関しゲートパルスが開いている状態を制御すべく、遅延が導入されうる。この方法では、時空間における異なるポイントにおいて高分解能でプラズマをサンプリングすることができる。レンズ1〜3へのバイアスの効果により、入ってくるイオンを限られた発散角のイオンビームに集束させる静電界を生じる。検出器側では、検出器アセンブリ112が高電圧 V_{MCP} でバイアスされうる。グリッド124は、ドリフトチューブ104を高電圧 V_{MCP} から静電的に遮蔽する。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0039】

イオンセンサ100は、プラズマの時間分解測定用にも構成されうる。多くの半導体処理用プラズマは、周期的にオンオフ（アフターグロー）状態が切り替わるパルスプラズマである。プラズマのオン状態は、各サイクルの1から50%（以上）続いてよい。パルス動作は、プラズマ条件およびプロセス化学におけるダイナミックな変化をもたらさう。イオン種のサンプリングは、プラズマパルスまたはウェハバイアスパルスのいずれかと同期してよく、あるいは、プラズマパルスとウェハパルスとが同期していればそれら両方と同期さう。基準パルス（プラズマパルスおよび／またはウェハバイアス）に関するゲート遅延を変更することにより、すべての期間にわたって時間分解測定を実行することができる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0041】

イオンセンサ100は、イオンおよび／またはプラズマ電位のエネルギー分布を測定するようにも構成されうる。一実施形態では、抽出器電極106、静電レンズ108、および、静電レンズ110などの電極またはグリッドは、遅延要素となるべくバイアスされる。その後、電極電圧の関数である伝達されたイオン数が測定される。エネルギー分布およ

びプラズマ電位はどちらも測定されたデータから決定されることができる。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 5】

図 3 は、本開示の一実施形態における他の典型的な構成を有するイオンセンサ 3 0 0 を示す。イオンセンサ 3 0 0 は、図 1 に示されるイオンセンサ 1 0 0 と実質的に同じ構成要素を備える。しかしながら、この典型的な構成では、抽出器電極 1 0 6 は、R F（1 から 3 0 0 M H z、典型的には 1 3 . 5 6 M H z）バイアスを受ける。R F バイアスの抽出器電極 1 0 6 は、二重機能として役立ちうる。すなわち、抽出器電極 1 0 6 は、イオンを抽出すると共に、堆積が優位な環境においては抽出器の開口から堆積物を取り除くことができる。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 6】

薄膜材料がプラズマチャンバに堆積される堆積優位環境においては多くの半導体製造プロセスが実行される。厚い絶縁膜が抽出器開口をふさぐ場合、抽出器電極 1 0 6 の D C バイアスは、もはや有効でない可能性がある。R F バイアスは、抽出器開口をスパッタ洗浄して堆積された材料を取り除くのに役立ちうる。このように、R F バイアスは、イオンセンサ 3 0 0 に「自己洗浄」能力を提供しうる。イオン抽出のために、R F バイアスは、- 5 0 V から 0 Vの負の平均電位（または R F セルフバイアス）、および、0 V から 1 0 0 Vのピークピーク値を有しうる。スパッタ洗浄のためには、R F セルフバイアスは、スパッタリング閾値より大きくてよく、ピークピーク値は、1 0 0 から 1 0 0 0 V以上でありうる。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 8】

本開示の実施形態におけるイオンセンサは、プラズマチャンバにおけるイオン種のフレキシブルな検出のために多数の方法で設置されうる。典型的な設置オプションが図 5 から 7に示される。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 9】

図 5 は、本開示の一実施形態におけるイオンセンサ 5 0 8 の 1 つの設置オプションを示す。極めて単純化したプラズマチャンバ 5 0 0 がウェハ 5 0 4 を保持するプラテン／陰極 5 0 2 と共に示されている。プラテン／陰極 5 0 2 上に陽極 5 0 6 が配置される。陽極 5 0 6 は、必ずしも接地されていなくてもよいが、例えば、- 1 k V から + 1 k V（他の電圧でもよい）の電圧でバイアスされうる。陽極シャフト 5 0 7 は、陽極 5 0 6 を垂直方向に移動させることができる。陰極バイアス電圧、または、追加のプラズマ源のいずれかに

より、陽極 5 0 6 とプラテン／陰極 5 0 2 との間にプラズマ 5 0 が生成されうる。

【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 2】

図 6 a から 6 c は、本開示の実施形態におけるプラズマ処理チャンバの異なる例を示す。

【手続補正 1 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 7】

図 7 a から 7 b は、本開示の実施形態におけるプロセス制御のためにイオンセンサを用いる典型的なシステムを示す。

【手続補正 1 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 0】

プラズマ 5 0 の陰極側（またはウェハ側）の測定では、イオンセンサ 7 0 2 は、図 1 から 4 に示されるものとは異なる構成を有しうる。一例が図 8 に示される。

【手続補正 1 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 1】

図 8 は、本開示の一実施形態における典型的なイオンセンサ 8 0 0 を示す。イオンセンサ 8 0 0 は、抽出器電極 1 0 6 が取り除かれたこと以外は図 1 に示すイオンセンサ 1 0 0 と実質的に同じ構成を備えうる。抽出器側におけるハウジング開口は、ほぼ 1 0 から 5 0 0 ミクロン（好ましくは 5 0 から 2 0 0 ミクロン）まで縮小されうる。ハウジング 1 0 2 は、ウェハ 5 0 4 と同じまたは同様の電位（例えば 0 V から -1 0 k V）でバイアスされうる。レンズ 1、レンズ 3（ドリフトチューブ 1 0 4）および検出器アセンブリ 1 1 2 も、同じまたは同様の電位でバイアスされてよい。レンズ 2 は、イオンパケットをドリフトチューブ 1 0 4 に律動的に送るゲートとして機能しうる。