

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5071976号
(P5071976)

(45) 発行日 平成24年11月14日 (2012.11.14)

(24) 登録日 平成24年8月31日 (2012.8.31)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/265 (2006.01)	H O 1 L 21/265 F
H O 1 J 37/32 (2006.01)	H O 1 J 37/32
H O 5 H 1/24 (2006.01)	H O 5 H 1/24

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-515133 (P2007-515133)	(73) 特許権者	500324750
(86) (22) 出願日	平成17年5月9日 (2005.5.9)		バリアン・セミコンダクター・エクイップ
(65) 公表番号	特表2008-500729 (P2008-500729A)		メント・アソシエイツ・インコーポレイテ
(43) 公表日	平成20年1月10日 (2008.1.10)		ッド
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/016219		アメリカ合衆国マサチューセッツ州019
(87) 国際公開番号	W02005/115104		30、グロスター、ドリー・ロード35
(87) 国際公開日	平成17年12月8日 (2005.12.8)	(74) 代理人	100096725
審査請求日	平成20年5月2日 (2008.5.2)		弁理士 堀 明▲ひこ▼
(31) 優先権主張番号	10/852,643	(72) 発明者	ワルター、スティーブン・アール
(32) 優先日	平成16年5月24日 (2004.5.24)		アメリカ合衆国マサチューセッツ州018
(33) 優先権主張国	米国 (US)		10、アンドーバー、モートン・ストリー
		(72) 発明者	ファン、ツイウエイ
			アメリカ合衆国マサチューセッツ州019
			15、ベベリー、ビルグリム・ハイッ 6
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 安定かつ反復可能なプラズマイオン注入方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板のプラズマイオン注入のための方法であって、

処理チャンバ、前記処理チャンバ内にプラズマを生成するためのソース、前記処理チャンバ内で基板を保持するためのプラテン、前記プラテンから離隔された陽極、プラズマから前記陽極へイオンを加速する前処理電源及びプラズマから基板へイオンを加速するための注入パルスを生成するパルスソースを含むプラズマイオン注入装置を与える工程と、

前記陽極から二次電子を放出させるよう、前記前処理電源を使用してプラズマから前記陽極へイオンを加速する工程と、

前記前処理電源を使用して、前記陽極から前記基板へ二次電子を加速する工程と、
注入処理に従い、前記パルスソースを使用して基板へのプラズマイオン注入を実行する工程と、

を備えたことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記二次電子は約 500 eV から 20 keV の範囲のエネルギーを有する、ことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記陽極は電子放出物質で被覆されている、ことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

前記陽極はプラズマに関して負にバイアスされている、ことを特徴とする請求項 1 記載の

10

20

方法。

【請求項 5】

前記プラテンは接地されている、ことを特徴とする請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

前記プラテンは正にバイアスされている、ことを特徴とする請求項 4 記載の方法。

【請求項 7】

中空陰極が、前記陽極とプラズマとの間のプラズマ放電領域を包囲している、ことを特徴とする請求項 4 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は基板のプラズマイオン注入用の装置及び方法に関し、特に、注入されるイオンと基板との間の不所望な相互作用効果を少なくとも部分的に補償する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

イオン注入は半導体ウエハ内に導電率を変化させる不純物を導入するための標準的な技術である。従来のビームラインイオン注入装置では、所望の不純物材料がイオンソース内でイオン化され、そのイオンが加速されて所定のエネルギーのイオンビームを形成し、そのイオンビームがウエハの表面に向けられる。イオンビーム内の高エネルギーイオンは半導体材料のバルク内に進入し、半導体材料の結晶格子中に埋め込まれ所望の導電率領域を形成する。

20

【0003】

半導体産業の周知のトレンドは、小型化及び高速デバイス化の方向に向かっている。特に、半導体デバイスの横方向の寸法及び深さが減少してきている。ドーパント材料の注入深さは、半導体ウエハ内に注入されるイオンのエネルギーにより少なくとも部分的に決定される。典型的に、ビームラインイオン注入装置は比較的高い注入エネルギーでの動作で有効であるように設計され、シャロージャンクション注入に要求される低エネルギーでは効果的に動作しない。

【0004】

プラズマドーピング装置が半導体ウエハ内にシャロージャンクションを形成するために研究されてきた。プラズマドーピング装置において、半導体ウエハは導体プラテン上に載置され、それは陽極として機能し、処理チャンバ内に配置される。所望のドーパント材料を含むイオン性処理ガスがチャンバ内に導入され、プラテンと陽極またはチャンバ壁との間に電圧パルスが印加され、ウエハ近傍にプラズマシースを有するプラズマが形成される。印加されたパルスはプラズマ中のイオンにプラズマシースを横切らせ、ウエハ内に注入させる。注入の深さは、ウエハと陽極との間に印加される電圧に比例する。非常に低い注入エネルギーを達成することができる。プラズマドーピング装置は、例えば、Sheng による 1994 年 10 月 11 日発行の米国特許第 5,354,381 号、Liebert らによる 2000 年 2 月 1 日発行の米国特許第 6,020,592 号、及び Goeckner らによる 2001 年 2 月 6 日発行の米国特許第 6,182,604 号に記載されている。

30

40

【特許文献 1】米国特許第 5,354,381 号

【0005】

上記プラズマドーピング装置において、印加された電圧パルスはプラズマを生成し、プラズマからウエハ方向へ正イオンを加速する。プラズマイメージョン装置として知られる他の種類のプラズマ装置において、連続またはパルス状 RF エネルギーが処理チャンバに印加され、それにより連続またはパルス状プラズマが生成される。インターバルにおいて、RF パルスを同期する負電圧パルスがプラテンと陽極との間に印加され、プラズマ中の正イオンがウエハ方向に加速される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 6 】

注入面は不所望の方向に注入されているイオンと相互作用する。例えば、イオン注入は基板の表面に絶縁または半絶縁構造の帯電を生じさせ得る。基板表面上のフォトリソトマスクのような膜または層が、注入中にガス及び電荷組成物を放出する。フォトリソトは注入の開始において絶縁体であるが、注入が進むに従い導体に成り得る。これらの効果により、不安定及び／または非反復的な注入条件が生じる。

【 0 0 0 7 】

プラズマイオン注入におけるこれらの問題に対する従来のアプローチは、紫外線によるフォトリソトの前処理またはベークングによるガス抜きを含む。また、フォトリソトは不活性イオン種のプラズマイオン注入またはプラズマイマージョンにより前処理される。ここで、基板はプラズマから電子を取り出すために正にバイアスされ、この取り出された電子がフォトリソトを前処理する。これらのアプローチは、ドーパント材料のイオン注入前に付加的な処理工程を要求し、そのためスループットが減少する。

10

【 0 0 0 8 】

ビームラインイオン注入装置はより低い初期ビーム電流を使用してフォトリソト効果を減少させた。このアプローチがビームライン装置に適用されると、ビームの空間電荷分布を変化させる欠点を有し、その結果注入均一性を壊し、瞬間的なドーズ率に依存する注入欠陥が生じる。電子フラッドガンのような中和システムは特定のビーム電流条件に対して最適化されるため、ビームラインアプローチはまた電荷中和の困難性を導く。

【課題を解決するための手段】

20

【 0 0 0 9 】

本発明の第1の態様に従い、基板にプラズマイオンを注入するための方法が与えられる。当該方法は、処理チャンバ、該処理チャンバ内でプラズマを生成するためのソース、該処理チャンバ内で基板を保持するためのプラテン、及びプラズマから基板ヘイオンを加速するための注入パルスを生成するパルスソースを含むプラズマイオン注入装置を与える工程と、ドーズ率を有する注入処理に従い基板のプラズマイオン注入を実行する工程と、注入処理中にドーズ率を変更する工程とから成る。

【 0 0 1 0 】

本発明の第2の態様に従い、基板のプラズマイオン注入のための方法が与えられる。当該方法は、処理チャンバ、該処理チャンバ内でプラズマを生成するためのソース、該処理チャンバ内で基板を保持するためのプラテン、該プラテンから離隔された陽極、及びプラズマから基板ヘイオンを加速するための注入パルスを生成するパルスソースを含むプラズマイオン注入装置を与える工程と、陽極から二次電子を放出させるべくプラズマから陽極ヘイオンを加速する工程と、陽極から基板ヘ二次電子を加速する工程と、注入処理に従い基板のプラズマイオン注入を実行する工程とから成る。

30

【 0 0 1 1 】

本発明の第3の態様に従い、基板のプラズマイオン注入のための方法が与えられる。当該方法は、処理チャンバ、該処理チャンバ内でプラズマを生成するためのソース、該処理チャンバ内で基板を保持するためのプラテン、及びプラズマから基板ヘイオンを加速するための注入パルスを生成するパルスソースを含むプラズマイオン注入装置を与える工程と、注入処置に従い基板のプラズマイオン注入を実行する工程と、注入されているイオンと基板との間の相互作用の不所望な効果を少なくとも部分的に補償するために注入処理中のイオンエネルギーを調節する工程とから成る。

40

【 0 0 1 2 】

本発明の第4の態様に従い、プラズマイオン注入装置は、処理チャンバと、該処理チャンバ内にプラズマを生成するためのソースと、処理チャンバ内で基板を保持するためのプラテンと、プラズマから基板ヘイオンを加速するための注入パルスを生成するパルスソースと、ドーズ率を有する注入処理に従い基板のプラズマイオン注入を実行しかつ注入処理中にドーズ率を変化させるように構成された注入制御器とから成る。

【 0 0 1 3 】

50

本発明の第5の態様に従い、プラズマイオン注入装置は、処理チャンバと、該処理チャンバ内にプラズマを生成するためのソースと、処理チャンバ内で基板を保持するためのプラテンと、プラズマから基板ヘイオンを加速するための注入パルスを生成するパルスソースと、陽極からの二次電子の放出を生じさせべくプラズマから陽極ヘイオンを加速するための及び陽極から基板ヘ二次電子を加速するための電源とから成る。

【0014】

本発明の第6の態様に従い、プラズマイオン注入装置は、処理チャンバと、該処理チャンバ内にプラズマを生成するためのソースと、処理チャンバ内で基板を保持するためのプラテンと、プラズマから基板ヘイオンを加速するための注入パルスを生成するパルスソースと、注入処理に従い基板のプラズマイオン注入を実行しかつ注入中のイオンと基板との間の不所望な相互作用効果を少なくとも部分的に補償するよう注入処理中のイオンエネルギーを調節するように構成された注入制御器とから成る。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の実施に適したプラズマイオン注入装置の例が図1に示されている。本発明の実施例が図2～7と関連して以下に説明される。図1から7において同じ構成要素は同一符号で示されている。

【0016】

処理チャンバ10は密閉された体積12を画成する。チャンバ10内に配置されたプラテン14は半導体ウエハ20のような基板を保持するための面を与える。例えば、ウエハ20はプラテン14の平坦面に対してその周辺でクランプされる。ひとつの実施例において、プラテンは、ウエハ20を支持するための導体面を有する。他の実施例において、プラテンはウエハ20と係合するための導体ピン（図示せず）を含む。

20

【0017】

陽極24がプラテン14に関して離隔してチャンバ10内に配置されている。陽極24はプラテンと垂直に矢印26方向へ移動可能である。典型的に、陽極はチャンバ10の導体壁に接続され、両者は接地される。他の実施例において、プラテン14は接地され、陽極24はパルス状の負電圧を印加される。さらに他の実施例において、陽極24及びプラテン14の両方は接地に関してバイアスをかけられる。

【0018】

30

プラテン14を通じてウエハ20と陽極24は高電圧パルスソース30に接続され、その結果ウエハ20は陰極として機能する。典型的に、パルスソース30は、振幅が約20から2000ボルト、間隔が約1から200マイクロ秒、パルス周期が約100Hzから20kHzの範囲のパルスを与える。これらのパルスパラメータ値は単なる例示であり、発明の態様の範囲内で他の値が使用されてもよい。

【0019】

チャンバ10の包囲された体積12は制御可能なバルブ32を通じて真空ポンプ34に結合されている。処理ガスソース36が質量流量制御器38を通じてチャンバ10に結合されている。チャンバ10内に配置された圧力センサー48はチャンバ圧力を示す信号を制御器46に与える。制御器46は検知したチャンバ圧力を所望の圧力入力と比較し、制御信号をバルブ32または質量流量制御器38に与える。制御信号は、チャンバ圧力と所望の圧力との間の差を最小化するように、バルブ32または質量流量制御器38を制御する。真空ポンプ34、バルブ32、質量流量制御器38、圧力センサー48及び制御器46は、閉ループ圧力制御システムを構成する。典型的に、圧力は約1ミリトルから約500ミリトルの範囲で制御されるが、この範囲に限定されるものではない。ガスソース36は被処理体への注入用の所望のドーパントを含むイオン性ガスを供給する。イオン性ガスの例として、BF₃、N₂、Ar、PH₃、AsH₃及びB₂H₆がある。質量流量制御器38はガスがチャンバ10に供給される流量を調整する。図1に示される構成は、所望の流量及び一定圧力の処理ガスの連続的な流れを与える。好適に、圧力及びガス流量は反復可能な結果を与えるよう調整される。他の実施例において、ガス流量は、バルブ32が固定位置に維持された状態で、制御器46により制御されるバルブを使って

40

50

調整されてもよい。このような装置はアップストリーム圧力制御と呼ばれる。ガス圧力を調整するために、他の構成が使用されてもよい。

【0020】

プラズマドーピング装置は、中空陰極パルスソース56へ結合された中空陰極54を含む。ひとつの実施例において、中空陰極54は陽極24とプラテン14との間隔を包囲する導体中空シリンダから成る。中空陰極は、非常に低いイオンエネルギーを要求する応用に利用される。特に、中空陰極パルスソース56はチャンバ12内にプラズマを形成するのに十分なパルス電圧を与え、パルスソース30は所望の注入電圧を確立する。中空陰極の使用に関する詳細はここに参考文献として組み込む上記した米国特許第6,182,604号に記載されている。

【0021】

ひとつまたはそれ以上のファラデーカップが、ウエハ20に注入されるイオンドーズ量を測定するために、プラテン14に隣接して配置される。図1の実施例において、ファラデーカップ50、52等はウエハ20の周囲に等間隔で配置される。各ファラデーカップはプラズマ40に面した入口60を有する導体エンクロージャから成る。好適に、各ファラデーカップはウエハ20にできるだけ近接して配置され、プラズマ40からプラテン14へ加速される正イオンのサンプルを取り込む。他の実施例において、環状ファラデーカップがウエハ20及びプラテン14の周囲に配置される。

【0022】

ファラデーカップはドーズプロセッサ70または他のドーズモニター回路に電氣的に接続されている。入口60を通じて各ファラデーカップに入る正イオンはファラデーカップに接続された電氣的回路にイオン電流を表す電流を生成する。ドーズプロセッサ70はイオンドーズ量を決定するために電流を処理する。

【0023】

プラズマイオン注入装置はプラテン14を包囲するガードリング66を含む。ガードリング66はウエハ20のエッジ付近の注入イオン分布の均一性を改善するためにバイアスがかけられてもよい。ファラデーカップ50、52はウエハ20及びプラテン14の外周付近でガードリング66内に配置される。

【0024】

プラズマイオン注入装置はシステムの構成に応じて付加的なコンポーネントを含むことができる。連続またはパルス状RFエネルギーを使用するシステムは、アンテナまたは誘導コイルに接続されたRFソースを含む。システムは電子を閉じ込め、かつ、プラズマ密度及び空間分布を制御する磁場を与える磁気エレメントを含んでもよい。プラズマイオン注入装置において磁気エレメントを使用することは、例えばここに参考文献として組み込む2003年6月12日発行の国際公開WO 03/049142号に開示されている。

【0025】

動作中、ウエハ20はプラテン14上に載置される。圧力制御システム、質量流量制御器38及びガスソース36は、チャンバ10内に所望の圧力及びガス流量を生成する。実施例として、チャンバ10は10ミリの圧力でBF₃ガスにより動作する。パルスソース30はウエハ20に一連の高電圧パルスを印加し、それによりウエハ20と陽極24との間のプラズマ放電領域44にプラズマ40が形成される。周知のように、プラズマ40はガスソース36からのイオン性ガスの正イオンを含む。プラズマ40はウエハ20の典型的に表面付近のプラズマシース42を含む。高電圧パルス中に陽極24とプラテン14との間に存在する電場は、プラズマシース42を横切ってプラズマ40からプラテン14へ正イオンを加速する。加速されたイオンは不純物材料の領域を形成するべくウエハ20内に注入される。パルス電圧は正イオンをウエハ20の所望の深さまで注入するよう選択される。パルスの数及びパルス間隔はウエハ20内に所望のドーズ量の不純物材料を与えるよう選択される。パルスあたりの電流は、パルス電圧、ガス圧力及びガス種、並びに電極の任意の可変位置の関数である。例えば、陰極と陽極との間隔は異なる電圧に対して調節されてもよい。

【0026】

本発明の第1の実施例に従うプラズマイオン注入装置の略示ブロック図が図2に示され

10

20

30

40

50

ている。プラズマ注入処理サブシステム100は、処理制御コンポーネントを除き、図1に示されるプラズマイオン注入装置コンポーネントのいくつかまたはすべてを含む。注入制御器110は注入処理に従ってプラズマイオン注入を実行するよう処理サブシステム100を制御する。

【0027】

例えば、注入処理は、イオン種、イオンエネルギー、イオンドーズ量、ドーズ率、チャンバ圧力、注入パルスパラメータ等を特定する。ある実施例において、注入制御器110は、パラメータが予めプログラムされた開ループ構成において動作する。注入パラメータは一定であるか、あるいはパラメータのひとつまたはそれ以上が注入処理中に予めプログラムされた変化を有してもよい。他の実施例において、注入制御器110は、少なくともひとつの付加的センサー120が処理サブシステム100のパラメータを検知し、注入制御器110へセンサー信号122を与えるところの開ループ構成で動作してもよい。注入制御器110は、センサー信号122にตอบสนองして処理サブシステム100のひとつまたはそれ以上のパラメータを調節してもよい。さらに他の実施例において、注入制御器110は予めプログラムされた制御及び開ループフィードバック制御の組み合わせを使用してもよい。

【0028】

注入制御器110は、注入処理を制御し、特にドーズ率を制御するために、パルス幅、パルス周波数、イオンエネルギー、プラズマ密度、RF電力、電場、磁場及び/または陽極陰極間隔のような処理サブシステム100のパラメータを調節する。イオン種及び全ドーズ量は特定の処理に対して通常は固定される。固定されないパラメータが別々にまたは任意の組み合わせで調節されてもよい。

【0029】

ドーズ率は、これに限定されないが、注入パルス幅、注入パルス周波数、または両方を含む多くのパラメータを制御することにより調節される。イオンエネルギーは注入パルス振幅を制御することにより調節される。プラズマ密度は、例えば、入力(DCまたはRF)電力、電場または陽極陰極間隔を制御することにより、あるいはプラズマ閉込めを制御することにより調節される。プラズマ密度の制御はまたドーズ率を制御する。パルス幅、パルス周波数及び/またはプラズマ密度のようなパラメータは素早く調節され、それにより注入処理中のドーズ率のダイナミックな制御が可能になる。ドーズ率は、注入されているイオンと基板との相互作用の不所望な効果を少なくとも部分的に補償するようダイナミックに変更される。この効果はこれに限定されないが、フォトレジストのガス抜け及び基板の帯電を含む。

【0030】

注入制御器110は、汎用コンピュータ(例えば、PC)、プロセス制御器、または注入処理がプログラムされた専用制御器として実施される。定数及び可変パラメータを含む注入処理はメモリ内に格納される。

【0031】

センサー120は、基板表面状態、基板からのガス抜け及び/または基板の帯電のような処理チャンバ内のさまざまな条件を検知する。例えば、ガス抜けは基板付近の圧力変化を検知することにより検知される。残留ガス分析(RGA)及び発光分光法(OES)のような技術が処置チャンバのパラメータを検知するために使用される。上記したように、ひとつまたはそれ以上のセンサーが使用されてもよい。

【0032】

本発明の第2の実施例に従うプラズマイオン注入装置の略示ブロック図が図3に示されている。図3の実施例において、注入制御器110はドーズ率、イオンエネルギーまたは両方を制御するためにパルスソース30の開ループ制御を与える。例として、注入制御器110は予めプログラムされた注入処理に従いドーズ率を制御する。注入パルス幅は、時間または注入ドーズ量の関数としてパルス幅をプログラムすることによりパルスごとのドーズ量を直接制御するようダイナミックに調節される。これにより、各注入パルスで注入される電荷の量は、注入環境及び基板表面状態に対して最適される。パルス反復周波数が同じ方

法で調節され、時間平均ドーズ率の時間平均が調節される。ある実施例において、パルス幅及びパルス反復周波数の両方がドーズ率の所望の変化を達成するよう調節される。特定の実施例において、ドーズ率は一枚の基板のプラズマ注入中に増加してもよい。低い開始ドーズ率はフォトレジストからの制御されたガス抜けを生成し、続くより高いドーズ率での注入に対してフォトレジストを安定化する。

【0033】

ドーズ率は、例えば階段状または連続して調節される。可変ドーズ率の第1の例が図4(a)に示されている。ドーズ率は、注入が進行し注入されたドーズ量が増加するに従い、最終ドーズ率136に対するまで、ステップ130、132、134で増加する。最終ドーズ率136は残りの注入処理中、固定されたままである。ステップ数並びにステップの幅及び振幅は、本発明の態様の範囲内で変更可能である。ドーズ率が注入の少なくとも一部にわたって連続的に増加する例が図4(b)に示されている。ドーズ率は、注入の初期部分にわたって、初期ドーズ率142から最終ドーズ率144へドーズ率曲線140に従い連続的に増加し、ドーズ率は残りの注入処理中固定されたままである。図4(b)において、最初のドーズ率142、ドーズ率曲線140の形状及び時間間隔、並びに最終ドーズ率144は、本発明の態様内で変更してもよい。図4(a)及び(b)の各々において、類似形状のドーズ率プロファイルが、時間の関数としてドーズ率をプロットすることにより得られる。図4(a)及び(b)に示されるような注入処理中のドーズ率の変化は、注入制御器110内に予めプログラムされる。

【0034】

概して、最大ドーズ率以下が使用されている間、注入のフラクシオンを制限することが所望される。最大ドーズ率以下の延長時間は全体の注入時間を増加し、かつスループットを減少させる。

【0035】

パルス当たりのドーズ率及び平均ドーズ率を制御する代わりに、またはそれに加えて、瞬間的なドーズ率が注入中のプラズマ密度を変化させることによりダイナミックに制御可能である。この制御技術は、プラズマ生成方法に依存するが、プラズマソースにより印加されるかまたは吸収されるRFまたはマイクロ波のような電力の制御、磁気または電気部品の制御によるプラズマ閉じ込めの制御、及び陽極陰極間隔の調節による中和ガス密度またはプラズマスケール長の制御を含む。

【0036】

注入深さは、注入中に注入パルスの振幅を変化させることによりダイナミックに制御可能である。これは注入イオン種の深さプロファイルを変更するが、この効果は揮発性イオン種のガス抜けのような効果を減少させながら制限される。付加的に、パルス状プラズマの実施例において、注入パルス後に適切な電荷中和を保証するようプラズマパルス幅を注入パルス幅より長くすることが所望される。これは中和電子を供給するための中空電極パルスソース56のような他のプラズマソースを使用して達成される。

【0037】

本発明の第3の実施例に従うプラズマイオン注入装置の略示ブロック図が図5に示されている。ドーズ率及び/またはイオンエネルギーの閉ループ制御用装置が示されている。センサー120は処理チャンバ10のパラメータを検知し、センサー信号122を注入制御器110に与える。センサー信号122に応答して、注入制御器110は、注入パルス幅、注入パルス周波数及び注入パルス振幅のようなパルスソース30のひとつまたはそれ以上のパラメータを制御する。センサー120は、圧力制御パラメータ、基板電圧、ウエハバイアス供給電流、インサイチュ充電モニター、発光分光器、残留ガス分析、フーリエ変換赤外線ガス解析またはプラズマ放電のビデオ解析のような、注入処理環境からのフィードバックを与える。ひとつまたはそれ以上のセンサーが注入制御器110にセンサー信号を与える。注入制御器110は、注入装置の動作が通常の動作範囲内にあるかどうかを決定するために、検知したパラメータの解析を実行する。ひとつまたはそれ以上の検知したパラメータが通常の動作範囲の外にある場合、上記したドーズ率を調節するようパルスソース30に制御信号が与えられる。調節は、通常の範囲内で動作条件を動かすよう選択される。

【 0 0 3 8 】

本発明の第4の実施例を図6及び7を参照して説明する。図6は、本発明の第4の実施例に従う、二次電子による基板20の前処理用に構成されたプラズマイオン注入装置の略示図である。図7は、本発明の第4の実施例に従う基板のプラズマイオン注入方法を示したフローチャートである。

【 0 0 3 9 】

前処理工程の間、パルスソース30は陽極24及びプラテン14から切断されているか、またはディスエーブルである。前処理電源200は、陽極24がプラテン14に関して負にバイアスされるように陽極24及びプラテン14に接続される。プラテン14は接地されるか、または正にバイアスされる。電源200は陽極24へ $-V$ の負バイアス電圧を供給する。プラズマ放電領域44内のプラズマ40は、電源200または独立のプラズマソース（図示せず）により開始されかつ維持される。プラズマ40は続く注入用のドーパント材のイオンを含みか、または不活性ガスのイオンを含んでもよい。プラズマ40内の正イオンは負にバイアスされた陽極24へ加速され、衝突する。正イオンの衝突は陽極24の表面から二次電子放出を生み出す。二次電子は負の陽極バイアスポテンシャルにより陽極24に面して配置された基板20の表面方向に加速される。基板は付勢されるか、または接地され、その結果二次電子の正味エネルギーは、陽極バイアスと基板20に印加された任意のバイアスとの間の差及び放出エネルギーの和になる。装置に対して接地基準値が基板それ自身により供給されるか、または他の接地面により供給される。

【 0 0 4 0 】

付勢された二次電子は基板20上のフォトレジストマスクを前処理し、続くイオン注入工程中のガス抜けを減少させる。二次電子は、フォトレジストマスクによるガス抜けがイオン注入前に実質的に完了するように、十分なエネルギー及びドーズ量を有する。これにより、イオン注入はフォトレジストのガス抜け効果を比較的受けにくくなり、電荷の電氣的不均衡を中和するために電子に晒している間に正イオンが基板表面に達することができる。

【 0 0 4 1 】

前処理工程用の適当なガス種は、これに限定されないが、 BF_3 、 AsF_5 、 N_2 、 Ar 、 PH_3 、 AsH_3 及び B_2H_6 を含む。陽極24に印加される電圧は、 -500 ボルトから -20 キロボルトの範囲である。適当な電子ドーズは $1\text{E}15$ から $1\text{E}17\text{ cm}^{-2}$ の範囲内にある。

【 0 0 4 2 】

図7を参照して、イオンがプラズマ40から陽極24へ加速され、ステップ250で二次電子が放出される。上記したように、正電荷イオンは陽極24の負バイアスによりプラズマ40から陽極24へ加速される。同じ負バイアスは、基板20の前処理のために陽極24から基板20へ二次電子を加速する。二次電子衝突は、フォトレジストのガス抜けのような不所望な効果が実質的に完了するまで、続けられる。その後、プラズマイオン注入装置はプラズマイオン注入用に構成される。例えば、前処理電源200が切断またはディスエーブルにされ、パルスソース30が上記したようにイネーブルにされる。その後、上記した注入処理に従ってステップ254で基板20のプラズマイオン注入が実行される。ある実施例において、ドーズ率、イオンエネルギーまたはその両方のようなプラズマイオン注入処理のパラメータは、注入イオンと基板との間の不所望な相互作用の効果を少なくとも部分的に補償するべく、注入処理中に変更される。必要なパラメータの変更は前処理工程の結果、減少する。他の実施例において、注入処理のパラメータはプラズマイオン注入中に一定に保持されてもよい。

【 0 0 4 3 】

本発明の少なくともひとつの実施例のいくつかの態様を説明してきたが、当業者は容易にさまざまな修正、変更及び改良を行うことができる。このような修正、変更及び改良は本発明の開示の一部であり、本発明の思想及び態様内のものである。したがって、上記説明及び図面は例示にすぎない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 4 】

【図 1】図 1 は、プラズマイオン注入装置の略示図である。

【図 2】図 2 は、本発明の第1の実施例に従う、プラズマイオン注入装置の略示図である。

。

【図 3】図 3 は、本発明の第2の実施例に従う、プラズマイオン注入装置の略示図である。

。

【図 4】図 4 (a) は、基板のプラズマイオン注入中のドーズ率の段階的増加を示すドーズ量の関数としてのドーズ率のグラフであり、図 4 (b) は基板のプラズマイオン注入中のドーズ率の連続的増加を示すドーズ量の関数としてのドーズ率のグラフである。

【図 5】図 5 は、本発明の第3の実施例に従う、プラズマイオン注入装置の略示図である

。

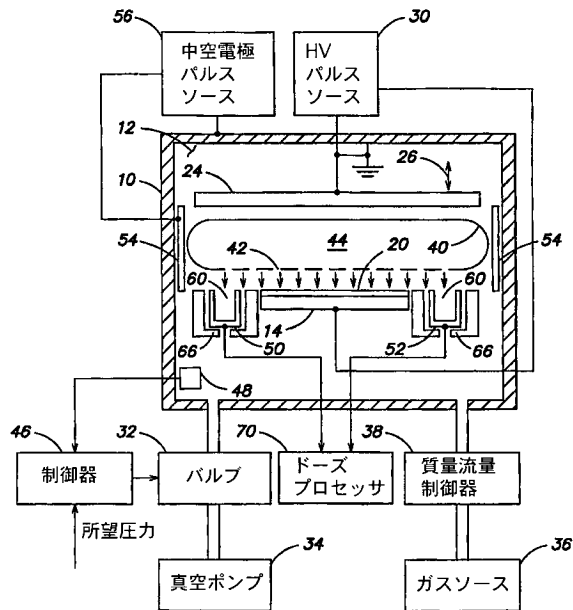
【図 6】図 6 は、本発明の第4の実施例に従う、プラズマイオン注入装置の略示図である

。

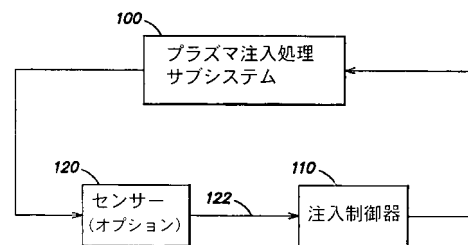
【図 7】図 7 は、本発明の第4の実施例に従う、基板のプラズマイオン注入方法のフローチャートである。

10

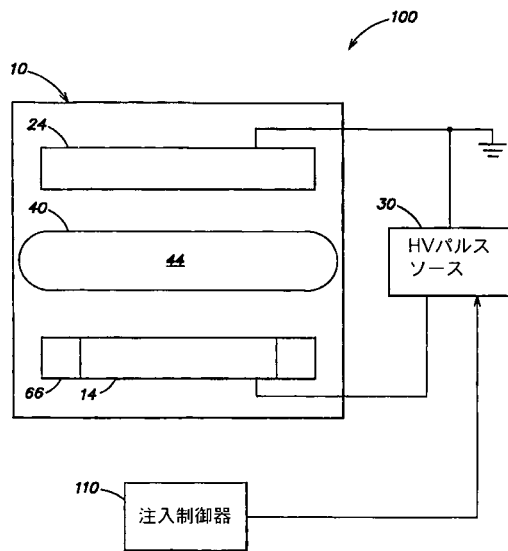
【図 1】



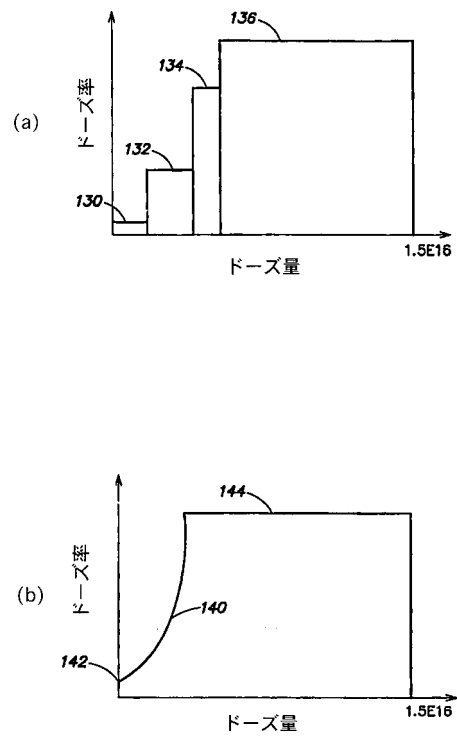
【図 2】



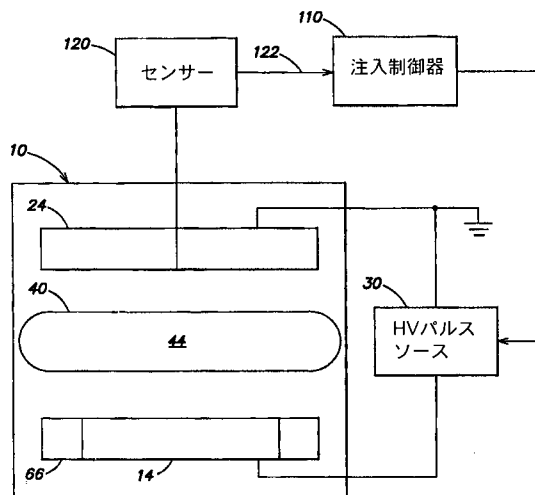
【図 3】



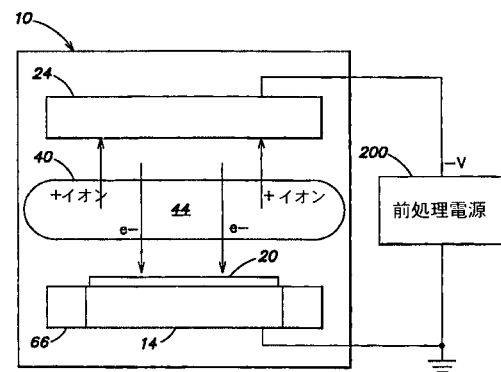
【図 4】



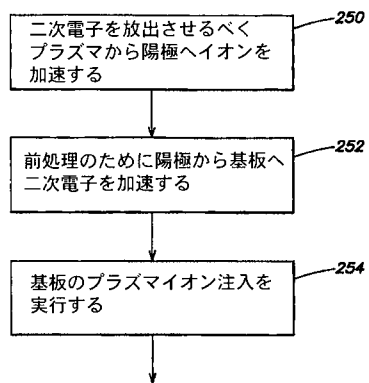
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 トッコ、ジャスティン

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 0 1 9 3 0、グロスター、ホーリー・ストリート 4 8

(72)発明者 エリス、カールトン、エフ、ザ・サード

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 0 1 9 3 0、グロスター、プレイ・ストリート 5

審査官 萩原 周治

(56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 2 6 7 2 6 6 (J P , A)

特開平 1 1 - 1 2 1 4 3 6 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 0 3 1 4 6 1 (J P , A)

特表 2 0 0 2 - 5 2 2 8 9 9 (J P , A)

特開平 0 7 - 1 6 9 4 3 7 (J P , A)

特開平 0 7 - 3 2 6 3 1 8 (J P , A)

特開昭 6 2 - 2 1 9 9 2 0 (J P , A)

特表 2 0 0 5 - 5 3 4 1 8 7 (J P , A)

特表 2 0 0 3 - 5 1 3 4 4 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/26-21/268

H01L 21/322-21/326

H01J 37/30-37/36

H05H 1/00-1/54