

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4666448号
(P4666448)

(45) 発行日 平成23年4月6日(2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月21日(2011.1.21)

(51) Int.Cl.

H01L 21/265 (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)

F 1

H01L 21/265
H05H 1/46F
A

請求項の数 14 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-534185 (P2001-534185)
 (86) (22) 出願日 平成12年9月20日 (2000.9.20)
 (65) 公表番号 特表2003-513441 (P2003-513441A)
 (43) 公表日 平成15年4月8日 (2003.4.8)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2000/025803
 (87) 國際公開番号 WO2001/031683
 (87) 國際公開日 平成13年5月3日 (2001.5.3)
 審査請求日 平成19年9月18日 (2007.9.18)
 (31) 優先権主張番号 09/427,869
 (32) 優先日 平成11年10月27日 (1999.10.27)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500324750
 バリアン・セミコンダクター・エクイップメント・アソシエイツ・インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州01930, グロスター, ドリー・ロード35
 (74) 代理人 100096725
 弁理士 堀 明▲ひこ▼
 (72) 発明者 ジョークナー, マシュー・ジェイ
 アメリカ合衆国テキサス州75075, プラーノ, バンドリノ・レーン3117

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】中空カソードを含むプラズマドーピングシステム。

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ処理チェンバーにおいて、イオンをターゲットに注入するためのパルス化される
プラズマ処理システムであって、

アノードと、

アノードから離され、それに平行な、第一のターゲットが上に配置されるターゲットカソードと、

アノードおよびターゲットカソードの各々に隣接して配置され、ターゲットカソードから物理的に分離している中空カソードと、

を含み、中空カソードは、アノードとターゲットカソードとの間の空間の一部を取り囲む、ところのパルス化されるプラズマ処理システム。 10

【請求項 2】

中空カソードは円形、矩形および多辺の断面の一つをもつ、請求項 1 に記載のパルス化されるプラズマ処理システム。

【請求項 3】

さらに、出力部をもつ第一の高電圧パルスソースを含み、

アノードは基準電圧に結合し、

ターゲットカソードおよび中空カソードはそれぞれ、第一の高電圧パルスソースの出力部に接続される、請求項 1 に記載のパルス化されるプラズマ処理システム。

【請求項 4】

さらに，第一の出力部を有する第一の高電圧パルスソースおよび第二の出力部を有する第二の高電圧パルスソースを含み，

アノードは基準電圧に結合し，

ターゲットカソードは第二の出力部に結合し，

中空カソードは第一の出力部に結合する，

請求項 1 に記載のパルス化されるプラズマ処理システム。

【請求項 5】

さらに，中空カソードにより囲まれる空間内にイオン化可能なガスを含む，請求項 3 に記載のパルス化されるプラズマ処理システム。

【請求項 6】

さらに，中空カソード上に配置される第二のターゲットを含む，請求項 1 に記載のパルス化されるプラズマ処理システム。

【請求項 7】

イオンをターゲットに注入する，パルス化されるプラズマ処理システムであって，

エンクロージャーと，

エンクロージャー内に設けられるアノードと，

エンクロージャー内に設けられ，第一のターゲットが上に配置されるターゲットカソードと，

エンクロージャー内に配置され，アノードおよびターゲットカソードのそれぞれに隣接した中空カソードと，

ターゲットカソードに接続される高電圧パルスソースと，
を含み，

アノードとエンクロージャーは基準電圧に結合し，

ターゲットカソードは，アノードから離され，それに平行に配置され，

中空カソードは，アノードとターゲットカソードとの間の空間の一部を囲み，ターゲットカソードから物理的に離れている，ところのパルス化されるプラズマ処理システム。

【請求項 8】

さらに，中空カソード上に配置される第二のターゲットを含む，請求項 7 に記載のパルス化されるプラズマ処理システム。

【請求項 9】

中空カソードは円形，矩形および多辺の断面の一つをもつ，請求項 7 に記載のパルス化されるプラズマ処理システム。

【請求項 10】

パルス化されるプラズマ処理システムにおいて，イオンを第一のターゲットに注入する方法であって，

アノードを設ける工程と，

アノードから離し，それに平行にカソードを配置する工程と，

第一のターゲットをカソード上に設ける工程と，

アノードとカソードとの間でかつ隣接して，さらにカソードから物理的に分離して，中空カソードを配置する工程と，

第一の高電圧パルスを中空カソードに適用する工程と，

中空カソードは，アノードとターゲットカソードとの間の空間の一部を取り囲む，ところの方法。

【請求項 11】

さらに，

アノードを基準電圧に結合する工程と，

第一の高電圧パルスをカソードに適用する工程と，

を含む，請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

さらに，イオン化可能なガスを，中空カソードにより囲まれる，アノードとカソードの間

10

20

30

40

50

の空間の一部に与える工程を含み，

第一の高電圧パルスは，イオン化可能なガスから，ターゲットに注入されるイオンを生成するのに十分である，請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

さらに，第二のターゲットを中空カソードに設ける，請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

さらに，

アノードを基準電圧に結合する工程と，

第二の高電圧パルスをカソードに適用する工程と，

を含む，請求項 1 0 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

発明の分野

本発明は，ワークピースへのイオン注入のために使用される，プラズマ処理システムに関し，特に，プラズマドーピングシステムのための，カソードの幾何学的形状に関する。

【0 0 0 2】

発明の背景

イオン注入は伝導性を変える不純物を，半導体ウエハに導入するための標準技術である。在来のイオン注入システムにおいて，所望の不純物材料がイオンソースでイオン化され，イオンは所定のエネルギーをもつイオンビームを形成するために加速され，イオンビームはウエハの表面に向けられる。ビームのエネルギーをもったイオンは半導体材料のバルク内に突き進み，半導体材料の結晶格子に埋め込まれ，所望の伝導性の領域を形成する。

20

【0 0 0 3】

ウエハに注入される累積イオンドーズ量，注入深さ，ウエハ表面にわたるドーズ量の一様性，表面のダメージ，および不所望の汚染に関し，厳格な要件が，イオン注入に関する半導体製造プロセスに課せられている。注入ドーズ量および深さは注入領域の電気的活性を決定するが，半導体ウエハ上のすべてのデバイスが特定の制限内で，動作特性を有することを確実にするために，ドーズ量の一様性が要求される。過度の表面ダメージ，特に表面の化学的エッチ，または汚染はウエハ上の，前もって製造された構成を破壊することになる。

30

【0 0 0 4】

ある応用例において，半導体ウエハに浅い接合部（不純物材料がウエハの表面近傍領域に限定されるところ）を形成する必要がある。このような応用例において，従前のイオン注入器の高エネルギー加速および関連したビーム形成装置が不要である。したがって，半導体ウエハにおいて，浅い接合部を形成するために，プラズマドーピング（PLAD）の使用が提案されている。

【0 0 0 5】

PLADシステムにおいて，半導体ウエハがチャンバーに配置された伝導性プラテン上に配置され，プラテンがカソードとして機能する。所望のドーパント材を含むイオン化可能なガスがチャンバーに導入され，高電圧パルスがプラテンとアノード（またはチャンバー壁）の間に適用され，プラズマシースをもつプラズマがウエハの近傍に形成される。適用電圧は，プラズマ中のイオンがプラズマシースを横断し，ウエハ内に注されるようとする。注入の深さは，ウエハとアノードとの間に適用される電圧に関連する。プラズマドーピングシステムが，Shengによる1994年10月11日に発行された米国特許第5,354,381号に記載されている。

40

【0 0 0 6】

上記のPLADシステムにおいて，高電圧パルスはプラズマを発生し，正のイオンをプラズマからウエハに向けて加速する。プラズマソースイオン注入（Plasma-Source Ion Implantation），PSIIシステムのような，他のタイプのプラズマ注入システムにおいて，別個のプラズマソースが連続プラズマを与えるために使用される。（これら注入システムはまた，

50

他の頭文字により、最も一般的であるPlasma-Immersion Ion Implantation, PIIIとして知られている。)このようなシステムにおいて、プラテンおよびウエハはこの連続プラズマに間隔をおいて浸され、高電圧パルスがプラテンおよびアノードの間に適用され、プラズマ中の正イオンがウエハに向けて加速される。このようなシステムは、Conradによる、1988年8月16日に発行された米国特許第4,764,394号に記載されている。

【0007】

PSIIシステムを越えたPLADシステムの利点は、ターゲット対象物が注入されるときにのみプラズマがあることである。このことは、PSIIシステムの連続したプラズマにより作られる化学的に活性な種の減少、したがって、ウエハ表面への化学的なダメージの減少をもたらす。さらに、連続プラズマはまた、注入される汚染物を高レベルにし、パーティクルの生成を高レベルにする。PLADシステムは、ターゲット対象物がイオンを注入するためにバイアスされたときを除き、プラズマをオフにすることによりPSIIシステムを改良する。このことは、汚染物、パーティクル、および表面エッティングダメージのレベルを下げる。

10

【0008】

PLADシステムは、プラズマが着火し、イオンが注入できる最小のブレークダウン電圧 V_{bd} をもつ。このブレークダウン電圧 V_{bd} は、カソード表面材、システムに存在するガスのタイプ、システムにあるガス圧 P 、およびカソードからアノードまでの距離を含む、システムの物理的特徴により定義される。ある表面材およびガスのタイプに対して、ブレークダウン曲線 V_{bd} は $P \times d$ の関数であり、パッシュエン曲線として知られている。プロセスはプラズマの物理テキストによく説明されている。典型的に、ブレークダウン電圧 V_{bd} の最小値は、 $Pd \sim 500$ ミリトルル cmに近い。SiのPLADに対して使用される共通フィードガス、 BF_3 に対して、最小のブレークダウン電圧は $V_{bd} \sim 530V$ である。他のドーパントフィードガス/基板の組み合わせも同様の最小ブレークダウン電圧 V_{bd} をもつ。プラズマにおけるイオン注入エネルギーは従来技術のPLADシステムにおいて、カソードとアノードとの間の電圧に比例する。

20

【0009】

PLADシステムにおいて、カソードへのイオン電流は適用電圧、ガス圧、および表面状況の関数である。 V_{bd} に近い電圧では、電流は低い。電圧または圧力が増加すると、電流も増加する。電流を増加させ、これにより注入時間を減少させるために、より高い圧力でかつ V_{bd} より上の電圧で動作することが望ましい。局所的な表面状態、表面温度、材料、材料の構成（結晶対アモルファス）などもまた局所イオン電流において一定の役割をもつ。

30

【0010】

生産率を高めるために、すなわち、ドーピングプロセスを通して、ターゲットウエハのスループットを増大させるために、各ウエハを処理する時間を減少させる必要がある。知られているように、ターゲットウエハに対するサイクル時間は、チャンバーを排気するのに必要な時間、ドーパント供給ガスを導入し、チャンバーを所望の圧力にするのに必要な時間、ならびに所望のレベルのドーパント密度を達成するために、ターゲットウエハをイオン電流で衝突させるのに必要な持続時間を含む。したがって、PLADシステムを使用して、生産率および一様性を改良する方法が求められている。

40

【0011】

発明の要約

本発明の第一の態様にしたがって、パルス化されるプラズマ処理システムが提供される。そのシステムは、アノード、第一のターゲットが配置されるターゲットカソード（ターゲットカソードはアノードから離され、実質的に平行に配置される）、アノードおよびターゲットカソードの各々に隣接して配置される中空カソードを含む。中空カソードはアノードおよびターゲットカソードとの間の空間の一部を囲む。

【0012】

システムは、出力部を有する第一の高電圧パルスソースを含むが、ここでアノードは基準電圧に結合し、ターゲットカソードおよび中空カソードはそれぞれ、第一の高電圧パルスソースの出力部に接続される。

50

【 0 0 1 3 】

本発明の他の態様において、システムは第一の出力を有する第一の高電圧パルスソースおよび第二の出力部を有する第二の高電圧パルスソースを含む。アノードは基準電圧に結合し、ターゲットカソードは第二の出力部に結合し、中空カソードは第一の出力部に結合する。

【 0 0 1 4 】

本発明の他の態様において、パルス化されるプラズマ処理システムが提供される。システムは、エンクロージャー、エンクロージャー内にあるアノード（アノードおよびエンクロージャーは基準電圧に結合される）、第一のターゲットが配置されるターゲットカソード（ターゲットカソードはエンクロージャー内にあり、アノードから離され、実質的に平行に配置される）、エンクロージャー内に配置され、アノードおよびターゲットカソードの各々に隣接する中空カソード（中空カソードはアノードとターゲットカソードとの間の空間の一部を囲む）、ならびにターゲットカソードおよび中空カソードに接続される高電圧パルスソースを含む。10

【 0 0 1 5 】

さらに、本発明の他の態様において、パルス化されるプラズマ処理システムで、イオンを第一のターゲットに注入する方法が提供される。本方法は、アノードを設け、アノードから離され、実質的に平行なカソードを設け、第一のターゲットをカソード上に備え、中空カソードを、アノードとカソードに隣接して、かつそれらの間に配置し、第一の高電圧パルスを中空カソードに適用してなり、ここで、中空カソードはアノードとカソードとの間の空間の一部を囲む。20

【 0 0 1 6 】

さらに、本発明の他の態様において、パルス化されるプラズマシステムが提供されるが、第一のアノード、第一のアノードから離れ、向かい合う第二のアノード、第一および第二のアノードに隣接して配置される中空カソード（中空カソードは第一および第二のアノードの間の空間の一部を囲む）、基準電圧に対して、正の電圧パルスを第一および第二のアノードの各々に供給する第一の高電圧パルスソースを含み、ここで中空カソードは基準電圧に結合する。

【 0 0 1 7 】

本発明のよりよい理解のために、添付図面が参照されるが、ここで同じ要素には同じ符号が付されている。30

【 0 0 1 8 】**詳細な説明**

従前のプラズマドーピング装置の例が図1に略示されている。プラズマドーピングチャンバー10が、囲まれた容積部12を画成する。チャンバー10内に配置されたプラテン（カソード）14が、半導体ウエハ20のようなワークピースを保持するための表面を提供する。半導体ウエハは単に、考えられるターゲットのタイプの一例である。本発明は、半導体ウエハへの注入に限定されるものではない。たとえば、工具、自動車の要素、スタンピングダイなどの金属およびプラスチックへの注入もまた可能である。ウエハ20は、たとえば、プラテン14の平坦な表面にその周囲で留め付けることができる。プラテン14はウエハ20を支持し、ウエハ20に電気的な接続をなす。一例として、プラテン14は実質的に、平坦であり、ウエハ20を支持するための、電気伝導性のある表面を有する。他の例として、プラテン14はウエハ20への電気的な接続のために伝導性ピンを有する。40

【 0 0 1 9 】

アノード24がプラテン（カソード）14から空間的に離れるようにして、チャンバー10内に配置されている。アノード24はプラテン14に垂直な、矢印26で示された方向に可動となつてもよい。アノード24は典型的に、チャンバー10の電気伝導性壁（両者とも接地されている）に接続されている。一つの例では、アノード24およびプラテン14は実質的に互いに平行となっている。

【 0 0 2 0 】

ウエハ20およびカソード14は高電圧パルスソース30に接続され，その結果ウエハ20はカソードとして機能する。パルスソース30は典型的に，電圧が約100から10,000ボルト，持続時間が1から50ミリ秒の範囲で，パルス反復率が約100Hzから2KHzのパルスを与える。これらパルスパラメータ値が例示であり，他の値を利用できることは理解されよう。

【0021】

チェンバー10の包含する容積12は制御可能なバルブ32を介して，真空ポンプ34に連結される。ガスソース36が，質量流量コントローラ38を介して，チェンバー10に連結される。チェンバー10内に配置された圧力センサー44がチェンバーの圧力を示す信号をコントローラ46に与える。コントローラ46は検知チェンバー圧力を所望の圧力入力と比較し，制御信号をバルブ32に与える。制御信号はバルブ32を制御し，チェンバー圧力と所望の圧力との間の違いを最小化する。真空ポンプ34，バルブ32，圧力センサー44およびコントローラ46は閉じたループ圧力制御システムを構成する。圧力は典型的に，約1ミリトルから約500ミリトルの範囲で制御されるが，この範囲には限定されない。ガスソース36は，ワクピースへのイオンの注入のための所望のドーパントを含み，イオン化可能なガスを提供する。イオン化可能なガスの例は，BF₃，N₂，Ar，PF₅およびB₂H₆を含む。質量流量コントローラ38はガスがチェンバー10に与えられる流速を制御する。図1に示された構成は，連続した流体のプロセスガスを一定のガス流速および一定の圧力で提供する。圧力およびガス流速は好適に制御され，反復結果を与える。

10

【0022】

動作において，ウエハ20はプラテン14上に配置される。そして，圧力制御システム，質量流量コントローラ38およびガスソース36は，チェンバー10内に所望の圧力およびガス流速を生成する。たとえば，チェンバー10は十ミリトルの圧力のBF₃ガスで動作する。パルスソース30は一連の高電圧パルスをプラテン14に，したがってウエハ20に適用し，ウエハ20とアノード24との間にプラズマが発生する。従来から知られているように，プラズマ40はガスソース36からのイオン化可能なガスの正のイオンを含む。プラズマ40はさらに，プラテン14の近傍にプラズマシース42を含む。高電圧パルスがある間，アノード24とプラテン14との間に存在する電場は，プラズマ40から正イオンを，プラズマシース42を通ってプラテン14およびウエハ20に向けて加速する。加速されてイオンはウエハ20に注入され，不純物材料の領域を形成する。パルス電圧は，正イオンをウエハ20に所望の深さで注入するために選択される。パルスの数およびパルス持続時間は，ウエハ20に不純物材料(正イオン)の所望のドーズ量を与るために選択される。パルス当たりの電流は，パルス電圧，ガス圧，ガス種，および電極の可変な位置の関数である。たとえば，カソードとアノードとの間隔は，いろいろな電圧に対して調節できる。ドーズ量プロセッサ70が，ターゲットウエハ20に蓄積する正イオンのドーズ量の測定のため，電流測定装置50に接続されている。一つのシステムにおいて，測定装置50はファラデーカップである。知られているように，ファラデーカップに入る正イオンは，カップに取り付けられた回路において電流を生じさせる。電流は時間当たりの正イオンの数，すなわちイオン電流を示す。

20

【0023】

図1に示されたプラズマドーピングシステムにおいて，プラテン14およびアノード24は平面構造，すなわち基本的に平坦である。アノード24およびカソード14はそれぞれ，応用例にそって，さまざまな形状，たとえば，矩形，四角，円形などとしてもよい基本的に平面構造をもつ。アノード24およびカソード14は互いに距離dだけ離れ，そして互いに実質的に平行となるように配置される。上述したように，アノードは距離dを調節するために方向26に可動である。知られているように，距離d，チェンバー内の圧力，イオン化可能なガスのタイプ，ならびに高電圧パルスの値およびタイミングはイオン注入のための所望の深さおよびドーズ量に依存して選択される。

30

【0024】

本発明の第一の実施例において，図1のようなPLADの実施のため，平面的なアノード304は図2Aおよび図2Bに示されているように，平面的なカソード302に向かい合うように配置される。平面的なアノード304および平面的なカソード302は互いに実質的に平行になる

40

50

ように配置される。中空の円筒状カソード300が、平面的なアノード304と平面的なカソード302との間の空間のを有効に囲むように配置される。中空の円筒状カソード300は、カソードの幾何学的な形状が、内部の空間を覆い、または囲むという意味で"中空(hollow)"である。カソードは、中空でないアルミニウム、シリコーンコートされた中空でないアルミニウムのような、PLAD用のカソードを製造するために使用される材料で作られるように、それ自身中空ではない。

【0025】

動作において、平面的なアノード304は典型的に、基準電圧 V_{ref} に接続され、たとえば接地されるとともに、円筒状の中空カソードおよび平面的なカソード302の両者は、高電圧パルスソース30の出力部に結合する。プラズマ40が、円筒状の中空カソード300により画成される容積内で、平面的なアノード304と平面的なカソード302との間に形成される。高電圧パルスの間、プラズマ40からの正のイオンがプラズマシース42を通ってターゲット20に向けて加速される。10

【0026】

図2Aに示されている線2B 2Bにそった、本発明の第一の実施例の断面が図2Bに示されている。円筒状の中空カソード300は平面的なカソード302から物理的に離れ、またはそこに機械的に連結されてもよい。例示として、平面的なカソード302が中空カソード300に取り付けられると、閉じた円筒状のものとなり、"カップ"が形成される。平面的なカソード302は中空カソード300に電気的に結合してもよいが、閉じたカップを形成はしない。20

【0027】

動作において、中空カソードはより一様なプラズマを形成し、低ガス圧の使用を可能にする。中空カソードの放電は、或るバイアス、ガス、ガス圧および表面状態で、中空カソードが、平面的なカソード構造物の電流密度の100倍以上に形成することを示すことから、従前の冷カソードの放電を越えた利点をもつ。この"中空"カソードの効果は、電子を、中空カソード300の一部分の間で、跳ね返りながら行きつ戻りつさせて、イオン化およびイオン電流を増加させる。電流が高くなると、スループットもまた高くなる、これに代えて、同じ注入時間をもたらすように低圧が利用されてもよい。低ガス圧で動作することはまた、排気の後に再度導入されるドーパントガスが少ないとことから、チャンバーの排気および再充填の時間を短くし、したがって、ガス消費が低く、スループット率が高くなる。30

【0028】

本発明の第二の実施例において、図3Aに示されているように、平面的なアノード304および平面的なカソード302は、図2Aに示されて構成のように、実質的に互いに離れ、平行になるように配置される。矩形の中空カソード300'は、平面的なアノード304と平面的なカソード302との間の容積を覆うように配置される。図3Aに示されているように、線3B 3B線に沿った、第二の実施例の断面が、図3Bに示されている。図面の簡単化のため、プラズマ40およびカソードシース42は図3Aおよび図3Bに示されていない。30

【0029】

本発明の第二の実施例の矩形中空カソード300'は、ターゲットウェハ20を、平面的なカソード302か、矩形中空カソード300'の壁の一つかのいずれかに配置できる。さらに、ターゲットウェア20は平面的なカソード302上に配置されてもよく、一つ以上のターゲットウェハ20は矩形の中空カソード300'の一つ以上の壁に配置されてもよい。一度に複数のターゲットウェハ20にイオンを注入する能力は、図3Aおよび図3Bに示されているように、矩形の中空カソード300'を使用するプラズマドーピングチャンバーでのスループットの増大に寄与する。40

【0030】

もちろん、平面的なアノード304および平面的なカソード302が、図2Aおよび図3Aに示されているように、円形または矩形であるように示されているが、当業者には、これら平面的な構造物が、円形であっても他の所望の形状をとってもよいことは分かるであろう。同様に、円形の断面をもつ円筒状の中空カソード300および矩形の断面をもつ矩形の中空カソード300'が記述されているが、たとえば多角形の、多辺体、または"D"字形の断面を50

もつ中空カソード300も使用することができる。基本的に、中空カソードに対し、"中空カソードの効果"を生じさせる幾何学形状を使用することができる。

【0031】

本発明者により、中空カソードの直径が注入の一様性に影響をおよぼすことが確認された。直径が小さくなればなるほど、一様性が悪くなる。しかし、中空カソードの直径があまりにも大きいと、その効果もまた減少する。特定の装置に対する最適な直径は、必要以上の実験を行うことなく、当業者によって容易に決定することができる。1.5~2の範囲内にある、中空カソードの、平面的なカソードに対する直径の比が受け入れ可能な結果を与える。さらに、中空カソードの長さが一様性および動作に影響を与えることが分かった。あまりにも短いと、中空カソードの効果が効果的でなく、一様性が悪くなる。中空カソードがあまりにも長いと、注入領域から離れるように生成されたプラズマが浪費されることから、高率が悪くなる。2~5の範囲の直径の長さに対する比は受け入れ可能な結果を与える。
10

【0032】

本発明の第三の実施例において、図4Aに示されているように、リング状アノード400が、二つの平面的なカソード302-1と302-2との間の空間のまわりに配置される。動作において、カソード302-1, 302-2は高電圧パルスソース30の出力部に接続されるとともに、リングカソード400は第二の高電圧パルスソース130に接続される。図4Aに示されているような構造物を使用するプラズマドーピングシステムにおいて、イオン化可能なガスは適切な圧力となるようにされ、カソード302-1, 302-2の間に生成される。都合よく、一つ以上のターゲットウエハ20は、イオンを複数のターゲットに同時に注入するために、カソード302-1, 302-2に配置されてもよい。
20

【0033】

図4Aに示されている実施例の、線4B~4Bにそった断面が図4Bに示されている。図4Bに示されているように、プラズマ40はカソード302-1, 302-2の間に生成され、ウエハターゲット20にそれぞれへのイオンの注入を容易にする。

【0034】

中空カソードを利用する、本発明の変形の実施例が図5に示されている。アノード304は V_{ref} に電気的に結合されるとともに、中空カソード300, 300'はパルス発生器30の出力部に電気的に結合している。しかし、平面的なカソード302は注入電圧パルス V_{imp} を受けるために、第二の高電圧パルスソース130に結合されている。この構成は、同時出願され、同時に譲り受けた出願（TETHOD AND APPARATUS FOR LOW VOLTAGE PLASMA DOPING USING DUAL PULSES）（代理人整理番号V0077/7085）（内容はここに組み込まれる）に開示されているように、パッシュエン曲線以下のイオン注入をなす。
30

【0035】

従前において、PLADは、負のPLADパルスをターゲット20に与えて動作する。図1に関連して説明されているように、チャンバー10およびアノード24はとともに、接地されている。図6に示されているように、正のPLADパルスでの動作が今や可能である。第一および第二の平面的なアノード304-1, 304-2は、互いに向かい合うように配置され、中空カソードがそれらの間に配置される。正の電圧パルスが、平面的なアノード304-1, 304-2に適用される。この実施例において、電流測定は、接地されたターゲットウエハ20により容易になすことができる。電流測定のために使用されるファラデーカップには変位電流はなく、反応性電流測定装置が使用できる。
40

【0036】

本発明は、PLADシステムでの一様な注入の改良のために、中空カソード構成を使用する。中空カソードは、いくつかの幾何学的形状をもつことができ、複数のウエハが一度に注入できるような大きさをもつ。

【0037】

この増加した電流は、（カソードのイオン衝撃により発生した）高速の二次の電子の捕捉から生じる。したがって、或る注入電流（したがって注入時間）およびバイアス電圧に対
50

して、中空カソードは低ガス圧の使用を可能にする。中空カソードが高速電子を"捕捉"することから、より一様なプラズマが生成され、したがって一様な注入プロフィールが得られる。

【0038】

低注入電圧(500ボルト)での一様性の改良が本発明の中空カソードを使用するときに測定された。一様性のこの改良は、中空カソードのないPLADを越えて、約5の因子であると測定された。さらに、約2以上の因子の注入レートの増加が観測された。

【0039】

本発明を好適な実施例に基づいて記述してきたが、特許請求の範囲により画成される発明の範囲から逸脱することなく種々の変更、修正をなしうることは当業者には明らかである。
10

。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、従前のプラズマドーピングシステムの略示ブロック図である。

【図2】 図2Aは、本発明の第一の実施例の略示ブロック図で、図2Bは図2Aの線2B
2Bにそった図2Aの断面である。

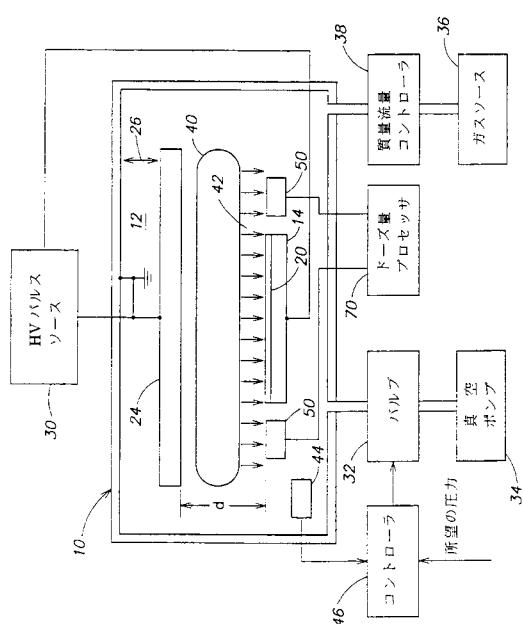
【図3】 図3Aは、本発明の第二の実施例の略示ブロック図で、図3Bは図3Aの線3B
3Bにそった図3Aの断面である。

【図4】 図4Aは、本発明の第三の実施例の略示ブロック図で、図4Bは図4Aの線4B
4Bにそった図4Aの断面である。

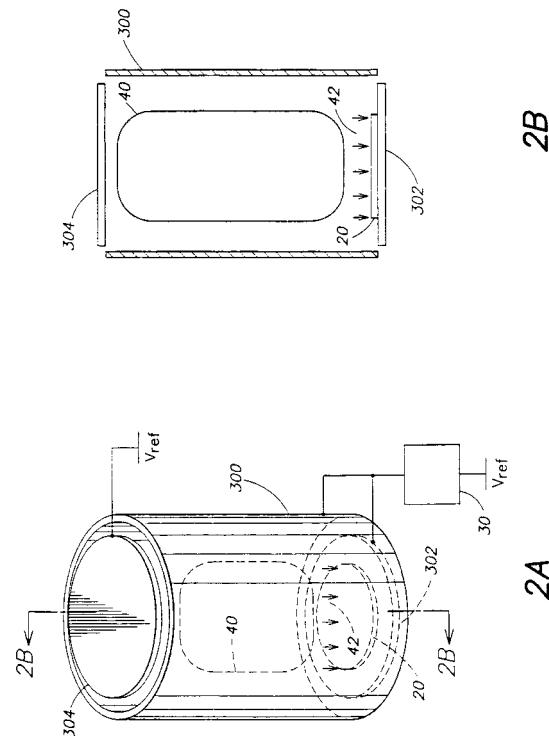
【図5】 図5は、二重PLADパルスを使用した本発明の断面略示図である。

【図6】 図6は、正PLADプラスを使用した本発明の断面略示図である。
20

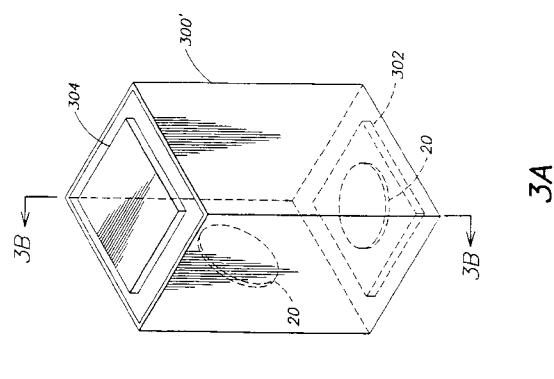
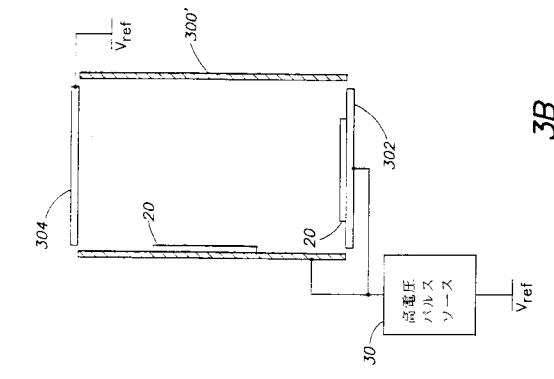
【図1】



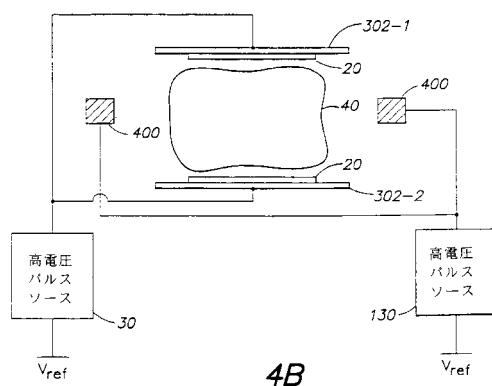
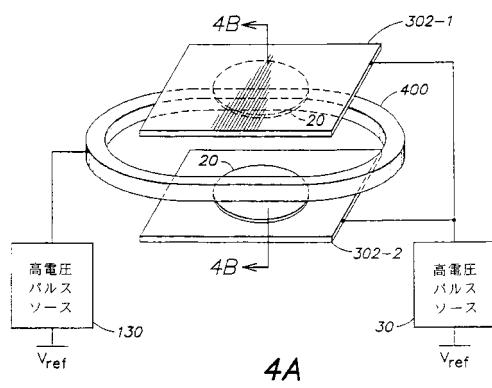
【図2】



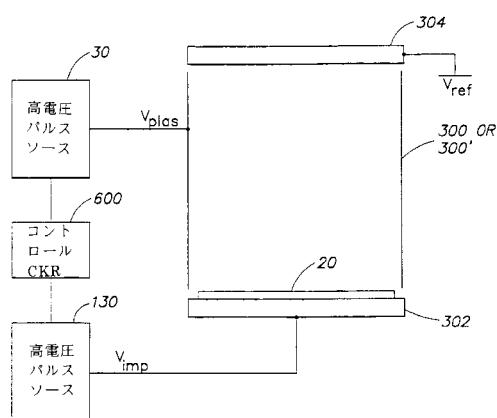
【図3】



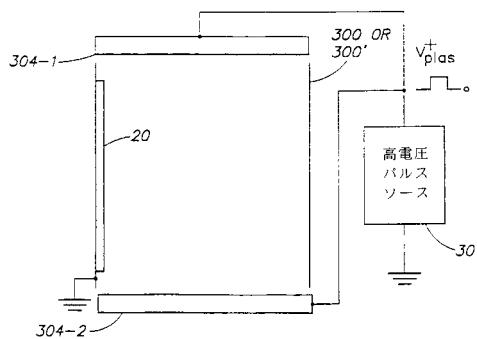
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 ファン , ツイウェイ

アメリカ合衆国カリフォルニア州 94086 , サニーヴェール , イースト・ワシントン・アヴェニュー・ナンバー 1016 , 555

審査官 太田 一平

(56)参考文献 特開平 07 - 006728 (JP, A)

特開平 10 - 121240 (JP, A)

特開平 04 - 264346 (JP, A)

特表平 11 - 503560 (JP, A)

特開平 04 - 280055 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/265

H05H 1/46

C23C 14/48