

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4911898号

(P4911898)

(45) 発行日 平成24年4月4日(2012.4.4)

(24) 登録日 平成24年1月27日(2012.1.27)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/265 (2006.01)

H O 1 L 21/265

F

請求項の数 16 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-523544 (P2004-523544)
 (86) (22) 出願日 平成15年7月17日 (2003.7.17)
 (65) 公表番号 特表2005-533391 (P2005-533391A)
 (43) 公表日 平成17年11月4日 (2005.11.4)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/022433
 (87) 国際公開番号 W02004/010458
 (87) 国際公開日 平成16年1月29日 (2004.1.29)
 審査請求日 平成18年7月13日 (2006.7.13)
 (31) 優先権主張番号 10/198,370
 (32) 優先日 平成14年7月18日 (2002.7.18)
 (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019
 30, 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 ウォルター、スティーブン・アール
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州018
 10、アンドーバー、モートン・ストリー
 ト83

審査官 萩原 周治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターゲットの移動をともなうプラズマ注入システムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ注入システムであって、

プラズマ注入チェンバーと、

プラズマ注入チェンバー内で、イオンがワークピースに注入される少なくとも一つの注
 入位置と、イオンがワークピースに注入されない少なくとも一つの他の位置との間で、複
 数のワークピースのそれぞれを移動させるワークピース支持体と、

注入位置にあるワークピースの表面のプラズマ放電領域においてプラズマを発生させる
 ように構成されるプラズマ発生装置であって、ワークピースの少なくとも一部に向かって
 プラズマ内のイオンを加速するためにプラズマにパルスを適用するところのプラズマ発生
 装置と、

注入処理の間、プラズマ放電領域に関して、前記少なくとも一つの注入位置と前記少な
 くとも一つの他の位置との間で、複数のワークピースをプラズマ注入チェンバー内で移動
 させる制御器であって、プラズマ放電領域に関するワークピースの位置に応じて、プラズ
 マ発生装置によるパルスの周波数を調整させる制御器と、
 を含む、

ところのプラズマ注入システム。

【請求項 2】

制御器は、プラズマ注入チェンバーで、ワークピース支持体の少なくとも一部を移動さ
 せるワークピース駆動制御器を含む、請求項 1 に記載のプラズマ注入システム。

10

20

【請求項 3】

制御器は、処理ガスの導入を制御し、プラズマ注入チェンバーでの注入プラズマの発生を制御するプラズマ注入制御器を含む、請求項 1 または 2 に記載のプラズマ注入システム。

【請求項 4】

ワークピース支持体は、プラズマ注入チェンバー内で回転のために取り付けられる、複数のワークピースを支持するように構成されるディスクを含む、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のプラズマ注入システム。

【請求項 5】

ディスクは複数のワークピースを、ディスクの上に円形に配列して支持する、請求項 4 に記載のプラズマ注入システム。

10

【請求項 6】

ワークピース支持体は、プラズマ放電領域に関して、弧状の軌道にそって、ワークピースを移動させる、請求項 4 に記載のプラズマ注入システム。

【請求項 7】

ワークピース支持体は、ディスクの回転に関して、放射方向に複数のワークピースを移動せるように構成される、請求項 4 ないし 6 のいずれかに記載のプラズマ注入システム。

【請求項 8】

プラズマ発生装置は、注入位置にあるワークピースの一部のみに、イオンを注入するためにプラズマを発生させるように構成される、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載のプラズマ注入システム。

20

【請求項 9】

ワークピース支持体は、各ワークピースを注入のためのプラズマに周期的に配置させるように構成され、プラズマ発生装置は、プラズマのイオンを加速し、ワークピースに衝突させるために、パルスがプラズマに適用されるよう構成され、プラズマに適用されるパルスのレートが、ワークピース支持体が、各ワークピースを注入のためのプラズマに配置させるためのレートよりも高い、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載のプラズマ注入システム。

【請求項 10】

イオンをワークピースに注入する注入方法であって、
 複数のワークピースをプラズマ注入チェンバーに供給する工程と、
 複数のワークピースをプラズマ注入チェンバー内で移動させる工程と、
 複数のワークピースの少なくともひとつをプラズマ注入チェンバーで移動させる間、複数のワークピースの少なくともひとつの表面で生成されるプラズマからのイオンを、複数のワークピースの少なくともひとつに注入する工程であって、ワークピースの少なくとも一部に向かってプラズマ内のイオンを加速するためにプラズマにパルスを適用し、プラズマ放電領域に関するワークピースの位置に応じて、パルスの周波数を調整するところの前記工程と、

30

を含む、注入方法。

【請求項 11】

複数のワークピースを移動させる工程は、プラズマ注入チェンバで複数のワークピースを円形経路にそって移動させる工程を含む、請求項 10 に記載の注入方法。

40

【請求項 12】

回転の軸線が複数のワークピースのどのひとつにも通過しない、請求項 11 に記載の注入方法。

【請求項 13】

イオン注入工程は、イオンが注入されるワークピースのそれぞれの粒子注入領域よりも小さいプラズマ放電領域に、プラズマを発生させる工程を含む、請求項 10 に記載の注入方法。

【請求項 14】

50

複数のワークピースを移動せる工程は、複数のワークピースのそれぞれを、粒子注入のためのプラズマに周期的に位置させる工程を含み、イオン注入工程は、複数のワークピースのそれぞれが粒子注入のためのプラズマに位置するレートを超えるレートをもつ電場で、プラズマをパルス化する工程を含む、請求項 10 に記載の注入方法。

【請求項 15】

複数のワークピースを移動させる工程は、複数のワークピースに与えられるドーズ量の一樣性または全ドーズ量における変化を調節するために、複数のワークピースの速度を調節する工程を含む、請求項 10 に記載の注入方法。

【請求項 16】

イオン注入システムであって、

イオンをワークピースに注入することができる少なくとも一つの注入位置と、イオンをワークピースに注入することができない少なくとも一つの他の位置との間で、複数のワークピースのそれぞれを移動させるワークピース支持体と、

注入位置にあるワークピースの表面またはその近傍にあるプラズマ放電領域においてプラズマを発生させるように構成されるプラズマ発生装置と、

プラズマ注入処理の間、プラズマ放電領域に関して、前記少なくとも一つの注入位置と前記少なくとも一つの他の位置との間で、複数のワークピースをワークピース支持体によりプラズマ注入チャンバー内で移動させるように構成される制御器であって、イオンを加速してワークピースに注入させるために、ワークピース支持体に電圧パルスを適用するように構成される制御器と、

を含み、

ワークピース支持体に適用される前記電圧パルスは、プラズマ放電領域に関するワークピースの一部に対して、周波数が変化されるところのイオン注入システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ注入システムにおいて、半導体ウエハのような材料にイオンを注入することに関する。

【0002】

発明の背景

イオン注入は、伝導性を変化させる不純物を、半導体ウエハのような半導体基板に導入する標準的な技術である。ビームラインイオン注入システムは、この不純物を半導体ウエハに導入するために広く使用されている。在来のビームラインイオン注入システムにおいて、所望の不純物材がイオン化され、そのイオンは加速され、半導体ウエハの表面に向けたイオンビームを形成する。ウエハに衝突したビーム内のイオンは半導体材料に進入し所望の伝導性をもつ領域を形成する。

【0003】

ベースラインイオン注入システムは、比較的高いエネルギーでのイオン注入のような注入条件では効率よく動作するが、他の応用例では所望の効果を奏するようには機能しない。たとえば、半導体チップのデバイス要素がチップ上のデバイス密度を高めるために小さく作られる、イオン注入イオンにより形成された要素の幅、深さはデバイス密度が増加するように、減少しなければならない。注入イオンにより形成された要素の幅を狭くすることは、典型的に、半導体ウエハ上のフォトレジストパターンまたは他のマスキング要素を小さくすることに関連してくる。しかし、より浅い接合または他の要素をつくるために、イオンが半導体に注入される深さを減少させるには、比較的低い注入エネルギーが必要となる。すなわち、注入イオンは、イオンの進入深さを減少させるために、半導体に衝突する際に、より低い運動エネルギーをもつようにしなければならない。在来のベースラインイオン注入システムが比較的高い注入エネルギーで効率的に動作するが、これらシステムは、浅い接合深さを得るために必要なより低いエネルギーでは効率的に動作しない。

【0004】

たとえば、半導体材料に比較的浅い接合または他の要素を形成するために、比較的低いエネルギーのイオンを半導体ウエハに注入すべく、プラズマ注入システムが使用されてきた。ひとつのタイプのプラズマ注入システムでは、半導体ウエハは、プラズマ注入チェンバー内に位置する静止伝導性ディスク上に配置される。所望のドーパント材を含むイオン化可能なガスがチェンバーに導入され、半導体ウエハの近傍にプラズマを形成するために、電圧が適用される。プラズマに適用される電場は、プラズマ中のイオンを加速し、半導体ウエハに注入させる。プラズマ注入システムは、比較的低い注入エネルギーで効率的に動作することもある。プラズマ注入システムはたとえば、特許文献 1、2、3 に記述されている。

【特許文献 1】米国特許第5,354,381号明細書

10

【特許文献 2】米国特許第6,020,592号明細書

【特許文献 3】米国特許第6,182,604号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般的に、イオン注入処理はすべて（ベースライン注入であろうと、プラズマ注入であろうと）、正確な全ドーズ量をウエハに与えること、さらにウエハ上のドーズ量が非常に一様であることを要求する。これらパラメータは、注入領域の電氣的な特性を全ドーズ量が決定し、半導体ウエハ上のデバイスが所望の範囲内で動作特性をもつことを、ドーズ量の一様性が確実にすることから重要である。半導体ウエハ上により小さいサイズの要素を形成することは、より小さいサイズの要素が、全ドーズ量およびドーズ量の一様性の变化に非常に影響を受けることから、全ドーズ量およびドーズ量の一様性について厳しい条件をより高くしている。

20

【0006】

プラズマイオン注入システムにおいて、ドーズ量の空間的な一様性は、ウエハの表面近くに形成されるプラズマの一様性、および/または注入中のウエハの近傍の電場に依存する。プラズマが時にランダムで予期せぬ仕方で動くイオンを含むことから、プラズマは、空間的に不様なものとなる（これは処理を行うウエハにドーズ量の不様性をもたらす）。ウエハの近くに形成される電場の变化はまた、ウエハへのプラズマから加速されるイオンの密度に変化をもたらし、ドーズ量の一様性に影響を与える。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様において、プラズ注入システムの粒子注入の一様性は、半導体ウエハが、プラズマまたはプラズマ放電領域に対して二カ所以上の異なる位置にあるとき、半導体ウエハにイオンを注入することにより改善される。注入処理中、少なくともある形態で半導体ウエハを移動させることで、プラズマ密度の一時的な変化、空間的な変化、プラズマのまわり、ウエハの近くの電場の变化、ドーズ量の一様性に影響を与える他のパラメータは、平均化され、補償される。

【0008】

本発明の一態様において、プラズマ注入システムが、注入チェンバー、およびプラズマ注入チェンバー内で、少なくともひとつのワークピースを移動させるワークピース支持体を含む。プラズマ発生装置が、イオンをワークピースに注入するために、ワークピースの表面またはその近くでプラズマを発生させ、制御器が、注入処理中、チェンバー内でワークピースをワークピース支持体が移動させるようにする（注入中、制御器は、プラズマ発生装置がプラズマを発生させ、イオンをワークピースに注入するようにする）。本発明の態様にしたがつたシステムが、半導体のようなワークピースが移動する間、プラズマからのイオンをワークピースに注入することにより、および/または注入中、プラズマまたはプラズマ放電領域に対して、一カ所以上の位置にワークピースを配置することにより、ワークピースのより一様な注入を提供する。本発明の態様にしたがつたシステムは、複数のワークピースが、注入チェンバー内に配置され、イオンをワークピースに同時に注入処理

40

50

することから、ワークピース注入処理時間をより短くする。

【0009】

本発明の一態様において、ワークピース支持体はプラズマ注入チェンバー内に回転のために取り付けられるディスクを含む。半導体ウエハのような、複数のワークピースがディスク上に取り付けられ、プラズマチェンバーにおいて円形経路で移動する。ワークピースの回転運動は、プラズマからのイオンがワークピースに注入されるプラズマ放電領域に、各ワークピースが周期的に位置するようにする。ワークピースの移動は、ドーズ量の一様性および/またはワークピースに与えられる全ドーズ量の制御を補助するために、調節することができる。

【0010】

本発明の一実施例において、イオンをワークピースに注入する方法は、複数のワークピースをプラズマ注入チェンバーに供給すること、複数のワークピースをプラズマ注入チェンバー内で移動すること、および少なくともひとつのワークピースの表面またはその近傍にあるプラズマからイオンをワークピースに注入するとともに、ワークピースをプラズマ注入チェンバー内で移動することを含む。

【0011】

本発明の一態様において、イオンをワークピースに注入する方法は、少なくともひとつのワークピースをプラズマ注入チェンバーに供給すること、およびプラズマ注入チェンバーで、少なくともひとつのワークピースの表面またはその近傍にあるプラズマ放電領域にプラズマを発生させることを含む。イオンはプラズマから少なくともひとつのワークピースに注入され、その間ワークピースはプラズマ放電領域に対して第一の位置にある。その少なくともひとつのワークピースはプラズマ放電領域に対して移動し、イオンがプラズマから少なくともひとつのワークピースに注入される（その間ワークピースはプラズマ放電領域に対して第二の位置にある）。

【0012】

本発明の一態様において、イオンを半導体ウエハに注入する方法は、少なくともひとつの半導体ウエハをプラズマ注入チェンバーに供給することを含む。少なくともひとつの半導体ウエハは、イオンが注入される粒子注入領域を有する。必須ではないが、粒子注入領域は典型的に、半導体ウエハの一全表面である。プラズマがチェンバー内に発生され、プラズマ中のイオンが、ウエハの粒子注入領域よりも小さな領域にある少なくともひとつの半導体ウエハに注入される。本発明のこの態様にしたがって、半導体ウエハの一部がプラズマのイオンで、断片的に注入されてもよい。ある時間ウエハの一部のみを注入することにより、ウエハ上の注入サブ領域が、イオン注入処理における不様性を補償し、または注入されたウエハに所望の不様性を形成するために重複し、調整されてもよい。

【0013】

本発明のこれらまたは他の態様は以下の説明から明らかになるう。

【0014】

本発明の態様は図面と関連づけて記述されるが、図面では同じ要素には同じ符号が付されている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

図1は、本発明の実施例のプラズマ注入システムの略示ブロック図で、図2および図3はワークピース支持体およびプラズマ発生装置を示す。本発明のいろいろな態様は、図1ないし図3を参照して説明されるが、本発明のこれらの態様は、図1ないし図3に示された特定の実施例に限定されない。これに代え、本発明の態様は適切な要素の配列をもつ適切なプラズマ注入システムにおいて使用されうる。本発明のいくつかの態様はプラズマシステムにおいて、注入されたイオンの非常に高い一様性を達成することに向けられているが、本発明のこれらの態様は、特許文献4に説明されているもののよう、一様性を強化する他の配列と組み合わせられてもよく、また従来より知られている他のプラズマ注入システム（ここでは説明しない）と組み合わせられてもよい。たとえば、プラズマ注入システ

10

20

30

40

50

ムは、プラズマが半導体ウエハにイオンを注入するために、パルス化された電場にしながらパルス化システムであってもよく、またはプラズマがほぼ一定の電場にしながら連続システムであってもよい。要するに、本発明の態様は適切な方法で、適切なプラズマ注入システムにおいて使用することができる。

【特許文献4】米国特許第5,711,812号明細書

【0016】

図1に図示の実施例において、プラズマ注入システム100は、半導体ウエハ4が配置され、プラズマからのイオンが注入されるプラズマ注入チェンバー1を含む。ここで使用される用語「イオン」は、注入処理の間、ウエハに注入される種々の粒子を含むものである。このような粒子は正、または負に帯電した原子または分子、中性の粒子、汚染物質などを含む。この実施例において、ウエハ4は、ウエハ駆動制御器12の制御の下で、プラズマ注入チェンバー1内で、ウエハが移動できるように、ワークピース支持体2に取り付けられる。ウエハ4がプラズマ注入チェンバー1に適切に配置されると、真空制御器13が注入に適するようにチェンバー1内に、制御された低圧環境を形成し、ウエハはプラズマ放電領域7で発生したプラズマからのイオンで注入される。プラズマは、適切な大きさ、形状のプラズマ放電領域7において、適切なプラズマ発生装置により、適切に発生させることができる。図示の実施例では、プラズマ発生装置は電極5（一般的に、陽極）および中空パルス源6（一般的に、陰極パルス源）を含む。ガス源14を含むプラズマ発生装置の動作は、プラズマ注入制御器11に制御することができる。たとえば、プラズマ注入制御器11は、プラズマ注入チェンバー1のハウジング、ワークピース支持体2、電極5、中空パルス源6、ガス源、イオン可能なガス源および適切なプラズマを発生させ、イオンを半導体ウエハ4に注入し、さらに所望の機能を実行する電場を与える他の要素と通信することができる。この実施例において、プラズマ発生装置は、所望のドーパント材を含むガス源14により与えられるガスを、中空パルス源6により形成される電場に晒すことにより、プラズマを発生させる。プラズマ中のイオンが電極5とワークピース支持体2/半導体ウエハ4との間に形成される電場により、加速され、半導体ウエハ4に注入される。このようなプラズマ発生装置についての詳細は、特許文献5および6に示されている。

【特許文献5】米国特許第6,182,604号明細書

【特許文献6】米国出願第10/006,462号明細書

【0017】

全体として、プラズマ注入システム100のシステムレベルの制御は、関連したプラズマ注入制御器11、ウエハ駆動制御器および真空制御器13、ならびに所望の入出力または他の機能を実施する他の適切なシステムに、制御信号を与えるシステム制御器10により達成される。したがって、システム制御器10、プラズマ注入制御器11、ウエハ駆動制御器12、および真空制御器13は一緒になって、プラズマ注入システム100の動作を制御するために制御器101を形成する。制御器101は、汎用性データ処理システム（汎用性コンピュータ、汎用性コンピュータのネットワークであってもよい）、および関連装置（通信装置、モデム、および/または所望の入出力または他の機能を実施するのに必要な他の回路、要素）を含むことができる。制御器101はまた、少なくとも部分的に、ひとつの特定用途用の集積回路（たとえば、ASIC）またはASICのアレー（それぞれは、全体のシステムレベル制御のためのメインまたは中央プロセッサセクション、ならびに中央プロセッサセクションの制御の下で、種々の異なる特定の計算、機能および他の用途を専用に行う別個セクションを有する。）のように実行される。制御器101はさらに、複数の分離した専用プログラム可能な集積または他の電子回路または装置、たとえば別個の要素回路またはプログラム可能な論理回路のようなハードワイヤード電子または論理回路を使用して実行される。制御回路101はまた、ユーザー入出力装置（モニター、ディスプレイ、プリンター、キーボード、ユーザー位置決め装置、タッチスクリーンなど）のような他の要素または装置、駆動モータ、リンケージ、弁制御器、ロボット装置、真空または他のポンプ、圧力センサー、イオン検出器、電源、パルス源などのような他の要素、装置を含んでもよい。制御器101はまた、ここでは説明されないが、当業者には明らかな他の適切な機能を実施するため

に、自動、ロボットウエハハンドリングシステム、ロードロック装置、真空弁、シールなど（図示せず）のようなシステム100の他の部分を制御してもよい。

【0018】

本発明の一態様にしたがって、半導体基板がプラズマからのイオンで注入されるが、その間、半導体基板はプラズマまたはプラズマ放電領域に関してひとつ以上の異なる位置にある。したがって、本発明の態様にしたがって、半導体ウエハは、第一の位置に配置され、プラズマからのイオンがウエハに注入され、つぎに、半導体ウエハは、第二の位置に移される（プラズマからのイオンが再度、ウエハに注入される）。たとえば、半導体基板は注入処理の間、移動してもよく、したがって、基板は二カ所の異なる位置の間で移動し、その間、イオンは基板に実際に注入される。これに代えて、半導体基板は、プラズマからのイオンの注入のとき、プラズマ放電領域またはプラズマに関して二カ所以上の異なる位置に配置されてもよい。他の実施例では、半導体基板は、注入の開始のとき、プラズマまたはプラズマ放電領域に関して動かしてもよいが、イオンが実際に基板と衝突する時間が短いため（たとえば、電場でのプラズマのパルス化のため）、基板は、イオンが実際に基板に衝突する間、目に見える距離、移動しなくともよい。この実施例では、注入処理は、イオンが基板に注入される間、多数の、短期間注入サイクルを含む。上述したように、注入処理の間、半導体基板を移動することは、プラズマの空間および/または一時的な変化、注入の間、半導体基板の近くの電場の変化、および/または注入の一樣性に影響を与える他のパラメータによる、注入の不一樣性を補償することができる。

【0019】

図1の実施例では、半導体ウエハ4が、ワークピース支持体2上に取り付けられ、適切な方法でプラズマまたはプラズマ放電領域7に関して移動させられる。たとえば、図2に示されているように、ワークピース支持体2は複数のウエハ4（たとえば、10個またはそれ以上のウエハ4）が円形または他の配列で取り付けられるディスクを含む。これに代え、ひとつ以上のウエハ4が、図示のディスクと異なるワークピース支持体2上に取り付けられてもよい。ウエハ4は、静電的、遠心作用もしくは機械的チャックまたは他の手段により、ワークピース支持体2に取り付けることができる。さらに、半導体ウエハ4は、たとえば適切な電場がプラズマからのイオンを半導体ウエハ4に注入するために、形成されるように、ワークピース支持体2の少なくとも一部と電気的に通じてよい。在来のベースラインイオン注入システムに使用される回転ディスクのような、ワークピース支持体のための半導体ウエハ取り付け構成は当業者には知られている。したがって、種々の適切なウエハ取り付けシステムに関してここでは細説しない。

【0020】

ワークピース支持体2は、所望の速度でワークピース支持体2を回転するサーボ駆動モータを含むことができるウエハ駆動制御器12に連結されたシャフト3により回転させることができる。ウエハ4がプラズマ注入チェンバー1で回転または移動すると、ウエハ4は注入のためのプラズマ中に周期的に位置する。つまり、ウエハ4は注入のためのプラズマに対して適切に位置することができる。回転移動に代え、またはこれに加え、ウエハ駆動制御器12は、上下方向の矢印21により図示されているように、ディスクの回転に対して放射方向にウエハ4を移動させてもよい。その結果、半導体ウエハ4がプラズマまたはプラズマ放電領域7に関してアーチ状の軌道で移動するようにウエハ4はプラズマ注入チェンバー1内で円形に移動し、さらにプラズマまたはプラズマ放電領域7に対して線形（たとえば、放射）方向に移動する。ワークピース支持体2上またはプラズマ放電領域7に関して、ウエハを傾斜させること、回動させることまたは他の移動をさせること含むウエハ4の他の適切な移動が考えられる。同様に、一次元または二次元で、ひとつまたはそれ以上の線形経路にそってウエハを移動させてもよい。

【0021】

他の実施例として、プラズマ放電領域7にウエハが連続的に位置するようにするが、プラズマ放電領域に関する位置を変化させるように、ウエハ4を移動させてもよい。たとえば、図1および2に示された、ウエハまたはプラズマ放電領域7を通らない回転軸ではな

く、図3に、または特許文献6に示されているように、ウエハおよび/または放電領域7を通る回転軸22を中心に、ディスク上のウエハを回転させてもよい。図3の実施例では、回転可能に取り付けられたワークピース支持体2が、プラズマ発生装置のプラズマ放電領域7に関して、ひとつのウエハのみを支持するようになっていてもよい。これに代えて、ワークピース支持体2は図2に示されているような構成をもち、ウエハの各中心近くを通過する軸のまわりに、各ウエハを回転させるようにしてもよい。このような構成では、複数のウエハが、プラズマ放電領域7で、一度にひとつ、ウエハに注入を行うために、各ウエハの位置決めを行うワークピース支持体2に取り付けられてもよい。ウエハは、約10から600RPMの適切な速度で、ウエハの中心付近を通過する回転軸22の回りに回転させることができる。ウエハの回転速度は、プラズマがパルス化されているときは、プラズマに適用されるパルスレートが回転速度よりも早くなるように、さらに/またはウエハの回転がパルスレートと同期しないように、選択されてもよい。注入処理の間、ウエハを回転させることにより、方位角にそった一様性のばらつきがウエハ表面にわたって平均化することができ、これによりドーズ量の一様性が高まる。

【0022】

図1および図2の実施例において、ワークピース支持体2のディスク上のウエハ4は、1,000RPMといった適切な速度をもって、プラズマ注入チャンバー内で、ウエハ駆動制御器12により回転させてもよい。その結果、支持体2の各ウエハ4は、約毎分1,000回の注入のために、プラズマのところに位置する。プラズマ内のイオンを加速し、半導体ウエハ4に注入するために、プラズマ注入制御器11により、電極5および/またはワークピース支持体2に適用される電圧パルスの周波数およびタイミングが、ウエハ4がプラズマに関して適切に配置されたとき注入が始まり、イオンが、注入処理において、半導体ウエハ4に様に注入されるように、調節される。図示の一実施例において、電圧パルスは、毎秒約1500パルスのレートでプラズマに適用されてもよい。ウエハ4が注入のためにプラズマ内に位置するレートより大きなレートで、プラズマをパルス化することは、注入処理において、不様性を補償する。したがって、ウエハがプラズマ内に位置するレートと比較して、比較的高いレートでプラズマをパルス化することにより、ウエハの擬似ランダムな部分が、各パルスに対して、プラズマからのイオンで注入される。各パルスに対して注入されるウエハの部分を変化させることにより、システムにおける不様性が平均化され、または補償され、ウエハの注入の一様性が達成される。パルスレートおよびウエハの回転は、場合によっては、パルス化が不適切に同期化されないように、そしてウエハが不適切に注入されるように、たとえば、ウエハの一部が、ウエハの他の部分よりも多いドーズ量で注入されるように、調節されるべきであることは、当業者には分かるであろう。しかし、プラズマまたはプラズマ放電領域7に関するウエハ4の位置が各パルスで、最適に制御されるように、プラズマに適用されるパルスのタイミングはウエハ4の角度位置および/または支持体2と同期されることもまた補償される。もちろん、パルスはイオンをウエハへと加速するためにプラズマに適用される必要はないが、プラズマに適用される、より長い期間をもつ電圧のように、他のプラズマ注入処理が使用されてもよい。

【0023】

注入中に、半導体ウエハを移動することにより、プラズマの時間的および/または空間的な不様性、ウエハ4の近くの電場、注入に影響を与える他のパラメータはウエハの粒子注入領域にわたって平均化することができる。たとえば、注入のある期間で、ウエハ4の一部が、ウエハ4の他の部分よりも密度が低いドーズ量を受けるとしても、ウエハ4の移動により、その後の注入期間の間、他の部分よりも密度の高いドーズ量を受けることになる。ウエハのドーズ量の不様性を補償することができる、半導体ウエハの移動を行う正確な機構は、プラズマ放電領域の大きさおよび/または形状、注入中ウエハの近くまたはその他の領域に形成される電場の形状のような種々の注入パラメータに依存する。したがって、半導体ウエハ4の種々の移動、または移動の組み合わせを、プラズマ注入におけるドーズ量の一様性を補償するために、調整してもよい。ウエハ4の移動は、予めプログラムされた移動のルーティンに基づいて、および/またはフィードバック制御調整に基づき

調整、または制御することができる。たとえば、ウエハを支承するディスクの回転速度を、ウエハの所望のドーズ量の一様性またはウエハに与えられる全ドーズ量を達成するために、調節してもよい。フィードバック制御において、ウエハ4の少なくとも一部に与えられるドーズ量を表わす出力を与えることができるファラデーカップ、または他のセンサーが、ウエハの移動を調節するため、注入パラメータの変化を補償するため、使用されてもよい。このようなセンサーは特許文献2に示されているように、ワークピース支持体2上のウエハ4のまわり、またはその近くに設けられる。

【0024】

ここで使用される半導体ウエハ4の移動が、プラズマまたはプラズマ発生領域に関してであることから、半導体ウエハの移動はプラズマまたはプラズマ放電領域を基準点として使用して決定されることは理解されよう。したがって、プラズマ注入システムは、プラズマまたはプラズマ発生装置が、プラズマ注入チェンバー1の外側からみて、半導体ウエハ4に関して移動するように構成してもよい。したがって、プラズマまたはプラズマ放電領域7に関する半導体ウエハ4の移動は、プラズマ注入チェンバー1の外側の基準点に関して、半導体ウエハ4を移動することおよび/またはプラズマまたはプラズマ放電領域7を移動することを含むことができる。

【0025】

半導体ウエハの移動の間に、プラズマからのイオンを半導体ウエハに注入することが、イオンが実際にウエハに注入される期間、ウエハが適切な距離を移動することと、半導体の移動の間、注入または注入サイクルが開始することを意図することは分かるであろう。たとえば、プラズマ注入システムにおいて、プラズマからのイオンを加速し、ウエハに注入するために、プラズマに短い間隔のパルスが適用される。これらのパルスの短い間隔のため、ウエハは、イオンが半導体ウエハ4と実際に衝突する時間、感知できるほどの距離を実際に移動することはない。しかし、ここで使用されているように、ウエハが移動している間、プラズマからのイオンをウエハに注入するということは、注入が開始されること、たとえばウエハの移動中に、パルスが先ずプラズマに適用されることを意図している。同様に、用語「注入処理（プロセス、プロセッシング）」は、各サイクル毎に電圧でプラズマがパルス化される複数の注入サイクルを含んでもよく、さらに/またはプラズマが長い期間または連続した電圧信号にしたがう、ひとつ以上の長い期間をもつ注入サイクルを含んでもよい。

【0026】

本発明の他の態様において、プラズマのイオンが、イオンが注入されるべき基板の粒子注入領域より小さな、半導体ウエハのような半導体基板の領域に注入されてもよい。たとえば、半導体ウエハの粒子注入領域が半導体ウエハの、全体の面積または一部であってもよい。本発明のこの態様にしたがって、全粒子注入領域の一部のみが注入処理の一部の間、プラズマからのイオンが注入され得る。このような部分的な注入は、半導体基板の粒子注入領域よりも小さなプラズマ放電領域にプラズマを発生させること、または粒子注入領域の一部のみを注入のためのプラズマに晒すことを含む、多数の異なる適切な方法で達成することができる。

【0027】

たとえば、図2は複数の半導体ウエハを支持体2に円形に配列されたワークピース支持体、電極5、中空パルス源6の斜視図である。この図示の実施例では、中空のパルス源6が、各半導体ウエハ4の全露出表面の注入に適したプラズマを発生させる大きさをもつ。しかし、プラズマ発生装置はいろいろな大きさ、形状をもってもよいことは分かるであろう。たとえば、中空パルス源6により形成されたプラズマ放電領域は、図示の実施例ではほぼ円形であるが、矩形であってもよく、また他の適切な形状をもってもよい。さらに、プラズマ放電領域は半導体ウエハ4上の粒子注入領域と同程度に大きくある必要はない。すなわち、プラズマ放電領域は、半導体ウエハ4よりも小さくとてもよいもので、粒子注入領域にわたって効果的に走査される。

【0028】

しかし、プラズマ放電領域は、各半導体ウエハ4の粒子注入領域の一部のみが、注入処理のある期間の間、プラズマからのイオンが注入されるように、大きさおよび/または形状が決められ、プラズマ注入システム100は動作する。たとえば、図4に示されているように、ウエハが回転して、図2のディスク上のプラズマ放電領域を通過する際、パルスがウエハの異なる部分を注入するために、プラズマに適用される。図4は、ウエハ4-1からウエハ4-5の、五つの異なる位置を示し、ここでパルスはプラズマに適用され、ウエハ4は注入される。位置4-1で、プラズマ放電領域7に位置するウエハ4の左側は位置4-1に対応するパルスに基づいて注入される。位置4-2で、ウエハ4の大半が、プラズマ放電領域7に位置し、注入される。位置4-3で、全ウエハがプラズマ放電領域7に位置し、注入される。位置4-4で、ウエハ4の左側がプラズマの露出からはずれ、したがって、ウエハ4のほぼ右半分が位置4-4に対応するパルスに基づき注入される。位置4-5で、プラズマ放電領域7に位置するウエハ4の右側のみが位置4-5におけるパルスで注入される。このような構成により、注入の際の不一樣性を制御でき、たとえば、ウエハのある部分の全ドーズ量をウエハの他の部分と比較して増加させることができ、またはウエハにおける注入の全体的な一様性を増加させることができる。

10

【0029】

本発明の態様は図4の実施例に限定されないことは分かるであろう。すなわち、プラズマはパルス化される必要はなく、長い間隔の電圧が二カ所以上の位置4-1と4-5との間にウエハが移動するとき、プラズマに適用されてもよい。また、プラズマは、図示以上のウエハ位置のため、または図4のある位置のみに対してパルス化されてもよい。たとえば、プラズマは、ウエハが図4の位置4-3に対応する位置にあるとき、ウエハの各回転に対して一度パルス化されてもよい。上述したように、図4のアーチ状の軌道ではなく、ウエハがプラズマに対して線形方向に移動してもよい。

20

【0030】

本発明の他の態様にしたがって、半導体ウエハのような複数の半導体基板が、同時処理のために、プラズマ注入チャンバーに供給される。このことは、一枚のウエハが、プラズマ注入チャンバーに設けられ、プラズマからのイオンで注入される従前のプラズマ注入システムとは対照的である。複数の半導体ウエハをチャンバに供給し、ウエハを同時に注入処理することにより、ウエハ一枚当たりの注入時間が減少する。ウエハ一枚当たりの注入時間は、プラズマ注入チャンバー1の唯一の大きな排気機構が複数のウエハに対して要求されることから、減少する。すなわち、在来のプラズマ注入システムにおいて、一枚のウエハが低圧（比較的高真空）の注入チャンバー内に配置され、チャンバーは閉じられる。チャンバーは、適切なドーパントガスで満たされ、注入が実行され、チャンバー内のガスは排気され、再度チャンバー内が低圧となる。チャンバーの排気後、注入されたウエハは、チャンバーから取り出され、処理のための次のウエハがチャンバー内に配置される。チャンバーは再びドーパントガスで満たされ、注入が実行され、チャンバーは排気され、注入されたウエハは取り出される。本発明の実施態様にしたがって、チャンバーの唯一の大きな排気機構および/またはドーパントガスでのチャンバーの充填機構を、複数の半導体ウエハに対して必要としてもよい。したがって、比較的長い排気時間は複数のウエハにわたって分散し、したがって、ウエハ一枚当たりの処理時間は短くなる。プラズマ注入処理の他の効率性は、ひとつの注入チャンバーで、複数のウエハが同時注入処理により達成される。

30

40

【0031】

本発明が特定の実施例と関連して説明されてきたが、多くの変更、修正、変形が当業者には可能であることは明白である。したがって、本発明の好適な実施例は説明のためのものであって、限定的なものではない。いろいろな変形などが本発明の思想、範囲から逸脱することなくなしうものである。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】図1は本発明の実施例にしたがった、プラズマ注入システムの略示ブロック図で

50

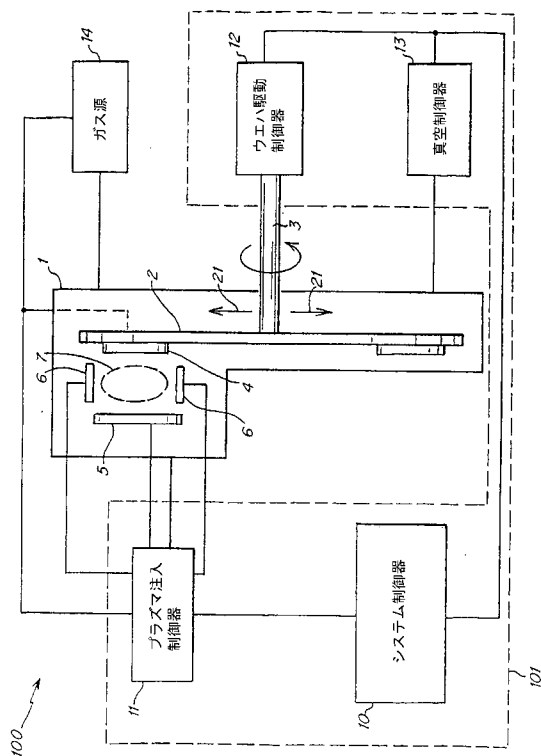
ある。

【図2】図2は本発明の実施例にしたがった例示的なワークピース支持体およびプラズマ発生装置の斜視図である。

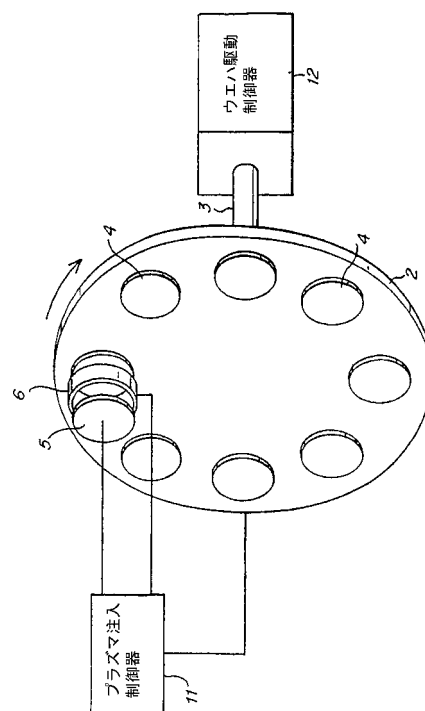
【図3】図3は半導体ウエハを支持する回転プラテンを有するプラズマ注入システムの略示図である。

【図4】図4は半導体ウエハが注入される配列図である。

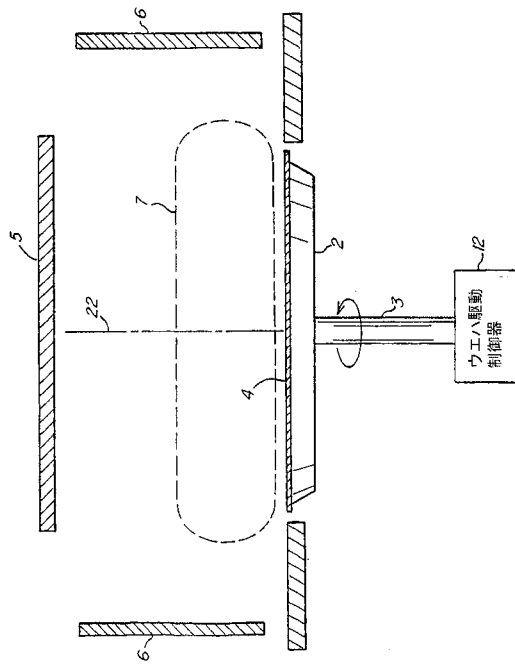
【図1】



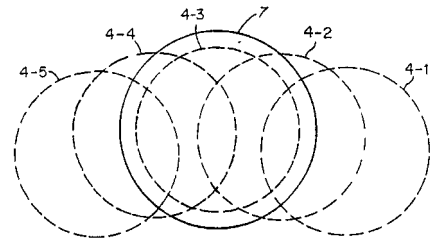
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭57-032378(JP,A)
特開2000-243721(JP,A)
特開平04-280055(JP,A)
特開昭62-015743(JP,A)
特開2000-058521(JP,A)
特開平09-153465(JP,A)
特開平06-291073(JP,A)
特開2002-170782(JP,A)
特開平10-223553(JP,A)
特開2000-331640(JP,A)
特開平09-074068(JP,A)
特開平07-335585(JP,A)
特開平04-336421(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/26-21/268
H01L 21/322-21/326
H01L 21/302
H01L 21/3065