

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2012-511104
(P2012-511104A)

(43) 公表日 平成24年5月17日(2012.5.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 3 C 14/48 (2006.01)	C 2 3 C 14/48 Z	4 K O 2 9
H O 1 L 21/265 (2006.01)	H O 1 L 21/265 6 O 3 A	5 C O 3 0
H O 1 J 37/08 (2006.01)	H O 1 L 21/265 F	
H O 1 J 27/14 (2006.01)	H O 1 J 37/08	
	H O 1 J 27/14	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2011-539688 (P2011-539688)
 (86) (22) 出願日 平成21年12月3日 (2009.12.3)
 (85) 翻訳文提出日 平成23年7月28日 (2011.7.28)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/066549
 (87) 国際公開番号 W02010/065718
 (87) 国際公開日 平成22年6月10日 (2010.6.10)
 (31) 優先権主張番号 12/328,096
 (32) 優先日 平成20年12月4日 (2008.12.4)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500239188
 ヴァリアン セミコンダクター イクイップメント 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 O 1930 グローチェスター ドリーロード 35
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100164448
 弁理士 山口 雄輔
 (74) 代理人 100165940
 弁理士 大谷 令子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イオン注入制御のための励起ガス注入

(57) 【要約】

励起したおよび/または原子状態のガスの注入を利用するイオン源を開示する。イオンビームに適用する場合、ソースガスはそのまま使用して従来どおり供給する。代替的にまたは付加的に、ソースガスをイオン源チャンバに導入する前にリモートプラズマ源を通過させることにより変質させることができる。これにより励起中性種、重イオン、準安定分子、または多価イオンを生成することができる。他の実施形態において、複数のガスを用い、1つ以上のガスがリモートプラズマ源を通過するようにする。特定の実施形態においては、複数のガスをイオン源チャンバへ供給する前に単一のプラズマ源において混合する。プラズマ浸漬に適用する場合、1つ以上の追加ガス注入箇所を介して、プラズマをプロセスチャンバに注入する。これら注入箇所により、プロセスチャンバの外部におけるリモートプラズマ源で生成した追加プラズマの流入が可能になる。

【選択図】 図5

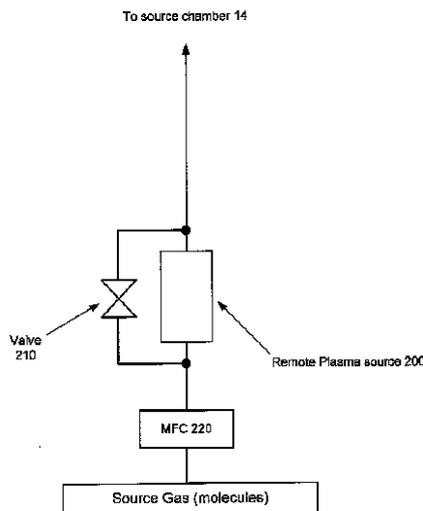


FIG. 5

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオン源であって、

- a. イオン源チャンバを画定し、分子が 1 つ以上の入口から進入するイオンチャンバハウジングと、
 - b. リモートプラズマ発生器に連通するガス源と、
 - c. 前記入口の 1 つに連通する出口をもつ前記リモートプラズマ発生器と、
- を備え、前記リモートプラズマ発生器は、前記ガス源から供給されたガスを、前記イオンチャンバに送給する前に変質状態に変換する発生器とした、イオン源。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のイオン源であって、さらに、前記ガス源を前記入口の 1 つに接続するバイパスバルブを備えた、イオン源。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のイオン源であって、さらに、第 2 のプラズマ発生器に連通する第 2 のガス源を備え、前記第 2 のプラズマ発生器は前記入口の 1 つに接続する出口を有し、前記第 2 のプラズマ発生器は前記第 2 のガス源によって供給されるガスを、前記イオンチャンバに送給する前に変質状態に変換する、イオン源。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のイオン源であって、さらに、前記第 2 のガス源を前記入口の 1 つに接続するバイパスバルブを備えた、イオン源。

20

【請求項 5】

請求項 1 に記載のイオン源であって、さらに、前記リモートプラズマ発生器に連通する第 2 のガス源を備えた、イオン源。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のイオン源であって、前記リモートプラズマ発生器は、マイクロ波プラズマ源、ヘリコン源、誘導結合プラズマ (I C P) 源、容量結合プラズマ源、中空陰極 (H C) 源、およびフィラメント型プラズマ源からなる群から選択した、イオン源。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のイオン源であって、前記リモートプラズマ発生器は、傍熱陰極を具える副チャンバを有する構成とした、イオン源。

30

【請求項 8】

請求項 7 に記載のイオン源であって、前記副チャンバは、ハウジングを有し、前記副チャンバハウジングの上面は前記イオンチャンバハウジングの底面とした、イオン源。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のイオン源であって、前記副チャンバの上面は、開孔を有し、変質した分子が前記開孔から前記イオンチャンバハウジングに通過する、イオン源。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のイオン源であって、磁場を用いて前記イオン源チャンバ内にイオンを閉じ込め、副チャンバが前記磁場を利用する、イオン源。

40

【請求項 11】

請求項 9 に記載のイオン源であって、前記副チャンバ内の圧力は、前記イオン源チャンバ内の圧力よりも高いものとした、イオン源。

【請求項 12】

イオン源からの特定のイオン種におけるイオン電流出力を改善する方法において、

- a. イオン源であって、
 - i. イオン源チャンバを画定し、分子が 1 つ以上の入口から進入するイオンチャンバと、
 - ii. リモートプラズマ発生器に連通するガス源と、
 - iii. 前記入口の 1 つに連通する出口を具える前記リモートプラズマ発生器と、

50

を備え、前記リモートプラズマ発生器は前記ガス源から供給されたガスを、前記イオンチャンバに送給する前に変質状態に変換する、該イオン源を準備するステップと、

b. 前記リモートプラズマ発生器を励磁して、前記イオン源に送給すべき変質された分子を生成するステップと

を有する方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の方法であって、前記リモートプラズマ発生器を前記イオン源よりも高い圧力で動作させ、より重い中性種を生成する方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の方法であって、前記特定のイオン種がより重いイオン種を含む方法

10

【請求項 15】

請求項 12 に記載の方法であって、前記リモートプラズマ発生器を前記イオン源よりも高い電力で動作させ、より多くの励起され、また解離された中性種を生成する方法。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の方法であって、前記特定のイオン種が単原子イオン種および多価イオン種をも含む方法。

【請求項 17】

プラズマ処理装置内の中性分子とプラズマの両方の均一性を改善する方法において、

a. プラズマ処理装置であって、

20

- i. 内部に配置したワークピースを有するチャンバと、
- ii. 分子が前記チャンバ内に進入する複数の入口と、
- iii. 前記分子をプラズマに変換するよう構成したプラズマ発生器と、
- iv. リモートプラズマ発生器に連通するガス源と、

v. 前記複数の入口の 1 つに連通する出口を有する前記リモートプラズマ発生器と、を備えた、該プラズマ処理装置を準備するステップと、

b. 前記リモートプラズマ発生器を励磁して、前記複数の注口の 1 つに送給すべき変質された分子を生成するステップと、

を有する方法。

【請求項 18】

30

請求項 17 に記載の方法であって、さらに、前記複数注口のそれぞれに送給すべき前記変質された分子の流れを調整するステップを有し、これにより前記チャンバ内の中性種およびイオン種の両方の均一性を制御する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

イオン注入装置は、半導体ウェハの製造において一般的に利用されている。イオン源を使用して、荷電イオンのビームを生成し、このビームをその後ウェハに照射する。イオンがウェハに当たると、衝突した領域に電荷が付与される。この電荷により、ウェハの特定の領域を適切に「ドーピング」することが可能になる。ドーピング領域の形態がウェハの機能性を規定し、また導電性配線を使用することによりこれらのウェハを複合回路に変えることができる。

40

【背景技術】

【0002】

図 1 に、代表的なイオン注入装置 1 のブロック図を示す。電源 2 は必要なエネルギーをイオン源 3 に供給し、イオンの発生を可能にする。イオン源 3 は所望の種のイオンを発生させる。ある実施形態においては、これらの種は単原子とし、高エネルギーを注入するのに最適である。別の実施形態において、これらの種は分子とし、低エネルギーを注入するのに好適である。イオン源 3 は、イオンが通過できる開孔を有する。これらイオンは電極 4 によって開孔に誘引され、また開孔を透過させられる。これらイオンはビーム 95 を形

50

成し、質量分析器 6 を通過する。分析開孔を有する質量分析器 6 を用いてイオンビームから不要な成分を取り除き、結果として所望のエネルギーおよび質量特性をもつイオンビームが分析開孔を通過する。所望の種のイオンはその後、1 つ以上の電極を有することができる減速ステージ 8 を通過する。この減速ステージにおける出力は発散イオンビームである。

【0003】

補正用磁石 13 は、発散イオンビームを偏向して、ほぼ平行な軌道を有するビームレットの集合体にする。好ましくは、補正用磁石 13 は、電磁コイルと、ギャップを形成するよう互いに離して配置した磁極片とを備え、ギャップ内をイオンのビームレットが通過する。コイルを励磁してギャップ内に磁場を作り出し、印加する磁場の強度および方向にしたがってイオンのビームレットが偏向される。電磁コイルを流れる電流を変化させることによって磁場を調整する。代案として、他の構造、例えば平行化レンズを利用して、この機能を実行することもできる。

10

【0004】

角度偏向器としての補正用磁石 13 に続いて、帯状のビームはワークピースを標的とする。ある実施形態においては、第 2 の減速ステージ 11 を追加してもよい。ワークピースは、ワークピース支持体 15 に取り付けられる。ワークピース支持体 15 は、多様な注入用途向けに様々な運動の自由度をもたせる。

【0005】

図 2 を参照すると、イオン注入装置 1 に組み込むことができる、従来のイオン源を示す。図 2 に示すイオン源は、イオン源チャンバ 14 を画定するチャンバハウジング 10 を有することができる。チャンバハウジング 10 の一方の側面には、イオンが通過する抽出開孔 12 を設ける。ある実施形態においては、この開孔はホールであるが、高電流注入などの他の用途においては、この開孔は、溝孔又は複数のホールによる集合体とする。

20

【0006】

陰極 20 はイオン源チャンバ 14 の一方の端部に配置する。フィラメント 30 は、イオンチャンバの外部で陰極 20 の近傍に設置する。反射電極 60 はイオン源チャンバ 14 の反対側の端部に配置する。

【0007】

フィラメント 30 はフィラメント供給電圧 54 により付勢する。フィラメント 30 を流れる電流はフィラメントを十分に加熱し（例えば 2000 超）、熱電子を生成する。バイアス供給電圧 52 を用いて、フィラメント 30 より実質的に高い電圧で陰極 20 にバイアスを印加する。この大きい電圧差の効果により、フィラメントから放出される熱電子が陰極に向けて加速される。これらの電子が陰極に衝突すると、陰極はたいてい 2000 を超えるほどの温度まで大幅に加熱される。傍熱陰極（IHC：indirectly heated cathode）と称される陰極は、その後熱電子をイオン源チャンバ 14 に放出する。

30

【0008】

アーク電源 50 を用いて、陰極と比較して高い電圧でイオンチャンバハウジング 10 にバイアスを印加する。アーク電源は一般的に、陰極 20 よりもおおよそ 50 ~ 100 ボルト高い電圧でハウジング 10 にバイアスを印加する。この電圧差により、陰極 20 から放出された電子がハウジング 10 に向けて加速される。

40

【0009】

典型的にはチャンバ外に位置する磁極 86 を用いて、方向 62 に磁場を生ずると好ましい。磁場の効果は、磁力線内に放出電子を閉じ込めることにある。陰極と反射電極の間に静電的に閉じ込められた放出電子は、ソース磁力線に沿って渦巻き線状に運動し、これにより効果的にバックグラウンドガスをイオン化し、イオンを形成する（図 3 に示すように）。

【0010】

蒸気またはガス源 40 を用いて、原子または分子をイオン源チャンバ 14 内に供給する。分子は、不活性ガス（アルゴンまたは水素のような）、酸素含有ガス（酸素および二酸

50

化炭素のような)、窒素含有ガス(窒素または三フッ化窒素のような)、および他のドーパント含有ガス(ジボラン、三フッ化ホウ素、または五フッ化ヒ素のような)を含む、ただしこれに制限されない多様な種とすることができる。これらのバックグラウンドガスは電子衝撃によってイオン化され、これによりプラズマ80を形成する。

【0011】

陰極20に対向するチャンバ14の対極端部において、反射電極60に陰極20と同じ電圧までバイアスを印加することが好ましい。これにより放出電子を陰極20と反射電極60の間に静電的に閉じ込める。イオン源チャンバ14の両端にこれらの構造を用いることにより、放出電子とバックグラウンドガスの相互作用が最大限に高め、高密度プラズマを発生する。

10

【0012】

図3は、図2に示すイオン源を別描写で示す。ソース磁石86はイオンチャンバの両端にわたって磁場62を生ずる。陰極20および反射電極60は同じ電位に保たれ、バックグラウンドガスと衝突してプラズマ80を発生させる電子を効果的に閉じ込める。電極セット90にバイアスを印加し、イオンを抽出開孔12に誘引し、抽出開孔内を通過するよう誘引する。これら引き出されたイオンはイオンビーム95を形成し、上述のように使用する。

【0013】

イオン注入システムの別の実施形態におけるプラズマ浸漬を図4に示す。プラズマドーピング装置100は、密閉した容積103を画定するプロセスチャンバ102を有する。プラテン134をプロセスチャンバ102内に配置し、ワークピース138を支持する。一例としては、ワークピース138は、例えば直径300ミリメートル(mm)のシリコンウエハのようなディスク形状をもつ半導体ウエハとする。このワークピース138は、静電力または機械力により、プラテン134の平坦面にクランプすることができる。一実施形態においては、プラテン134には、ワークピース138に連結するための導電ピン(図示せず)を設けることができる。

20

【0014】

ガス源104は、質量流制御装置106を介して、プロセスチャンバ102の内部容積103にドーパントガスを供給する。ガスバッフル170は、プロセスチャンバ102内に配置し、ガス源104からのガスを均一に供給する。圧力計108は、プロセスチャンバ102内の圧力を測定する。真空ポンプ112は、プロセスチャンバ102内の排気口110を介して、プロセスチャンバ102から排気を排出する。排気バルブ114は、排気口110を通る排気量を制御する。

30

【0015】

プラズマドーピング装置100には、さらにガス圧力制御装置116を設け、このガス圧力制御装置116を質量流制御装置106、圧力計108、および排気バルブ114に電氣的に接続する。ガス圧力制御装置116は、圧力計108に応答するフィードバックループ内において、排気バルブ114で排気量を制御する、又は質量流制御装置106でプロセスガスの流量を制御することにより、プロセスチャンバ102内を所望の圧力に維持するように構成することができる。

40

【0016】

プロセスチャンバ102にはチャンバ頂部118を設け、このチャンバ頂部118は、誘電材料で形成し、かつほぼ水平方向に延びる第1区域120を有することができる。チャンバ頂部118には、さらに、誘電材料で形成し、かつ第1区域120から高くほぼ垂直方向に延びる第2区域122を設ける。チャンバ頂部118には、さらに、導電性および伝熱性のある材料で形成し、かつほぼ第2区域122を横切って水平方向に延びる蓋124を設ける。

【0017】

プラズマドーピング装置は、さらに、プロセスチャンバ102内にプラズマ140を発生するよう構成した発生源101を設けることができる。発生源101は、電源、例えば

50

R F 源 1 5 0 を含んでもよく、平面アンテナ 1 2 6 および螺旋状アンテナ 1 4 6 のいずれか一方または両方に R F 電力を供給してプラズマ 1 4 0 を発生させる。R F 源 1 5 0 の出力インピーダンスを R F アンテナ 1 2 6 , 1 4 6 のインピーダンスにマッチさせるインピーダンスマッチングネットワークにより、R F 源 1 5 0 を R F アンテナ 1 2 6 , 1 4 6 に結合することができるが、これは R F 源 1 5 0 から R F アンテナ 1 2 6 , 1 4 6 へ送られるパワーを最大にするために行う。

【 0 0 1 8 】

プラズマドーピング装置 1 0 0 には、さらに、プラテン 1 3 4 に電氣的に接続したバイアス電源 1 4 8 を設けることができる。バイアス電源 1 4 8 は、パルスオン期間およびパルスオフ期間を有するパルスプラテン信号を供給するように構成し、プラテン 1 3 4 、ひいてはワークピース 1 3 8 にバイアスを印加し、パルスオフ期間中ではなく、パルスオン期間中にプラズマ 1 4 0 からワークピース 1 3 8 へ向けてイオンを加速する。バイアス電源 1 4 8 は、D C 電源または R F 電源とすることができる。

10

【 0 0 1 9 】

プラズマドーピング装置 1 0 0 には、さらに、プラテン 1 3 4 の周りに配置した遮蔽リング 1 9 4 を設けることができる。当技術分野で周知のように、遮蔽リング 1 9 4 にバイアスを印加し、ワークピース 1 3 8 の端縁近傍における、注入されたイオンの分布の均一性を改善することができる。1 つ以上のファラデーセンサ、例えば環状ファラデーセンサ 1 9 9 を遮蔽リング 1 9 4 内に配置して、イオンビーム電流を感知することもできる。

20

【 0 0 2 0 】

プラズマドーピング装置 1 0 0 には、さらに、コントローラ 1 5 6 およびユーザーインタフェース装置 1 5 8 を設けることができる。コントローラ 1 5 6 は、所望の入力 / 出力機能を実行するようプログラムした、汎用コンピュータまたは汎用コンピュータのネットワークとする、又はそれを設けることができる。コントローラ 1 5 6 は、さらに他の電子回路または電子コンポーネント、例えば特定用途向け集積回路、他の結線接続による、またはプログラム可能な電子機器、個別素子回路等を含みうる。コントローラ 1 5 6 は、通信機器、データ記憶装置、およびソフトウェアとすることができる。明確に例示するため、コントローラ 1 5 6 は、電源 1 4 8 への出力信号のみを供給し、ファラデーセンサ 1 9 9 から入力信号を受信するものとして図示する。当業者は、コントローラ 1 5 6 が、プラズマドーピング装置 1 0 0 の他のコンポーネントへ出力信号を供給し、同コンポーネントから入力信号を受信しうることを認識できるであろう。ユーザーインタフェース装置 1 5 8 は、タッチスクリーン、キーボード、ユーザーポインティングデバイス、ディスプレイ、プリンタ等の機器とすることができ、これによりユーザーが、コントローラ 1 5 6 を介して、コマンドおよび / またはデータを入力する、および / またはプラズマドーピング装置をモニタすることができるようになる。

30

【 0 0 2 1 】

動作にあたり、ガス源 1 0 4 は、注入するための所望のドーパントを含む主要なドーパントガスをワークピース 1 3 8 に供給する。ガス圧力制御装置 1 1 6 は、主要なドーパントガスをプロセスチャンバ 1 0 2 に供給する流量を調整する。発生源 1 0 1 は、プロセスチャンバ 1 0 2 内にプラズマ 1 4 0 を発生するように構成する。発生源 1 0 1 は、コントローラ 1 5 6 により制御することができる。プラズマ 1 4 0 を発生させるために、R F 源 1 5 0 は、R F アンテナ 1 2 6 , 1 4 6 の少なくとも一方の R F 電流を共振させ、振動磁場を生ずる。振動磁場は、プロセスチャンバ 1 0 2 内に R F 電流を誘導する。プロセスチャンバ 1 0 2 内の R F 電流は、主要なドーパントガスを励起しイオン化して、プラズマ 1 4 0 を発生させる。

40

【 0 0 2 2 】

バイアス電源 1 4 8 は、プラテン 1 3 4 、ひいてはワークピース 1 3 8 にバイアスを印加してパルスプラテン信号を供給し、パルスプラテン信号のパルスオン期間に、プラズマ 1 4 0 からワークピース 1 3 8 へ向けてイオンを加速する。パルスプラテン信号の周波数および / またはパルスのデューティサイクルは、所望のドーズ率を得るよう選択すること

50

ができる。パルスプラテン信号の振幅は、所望のエネルギーを生ずるよう選択することができる。他のすべてのパラメータが等しい場合、エネルギーが大きいほど、より深く注入される。

【0023】

なお、いずれの方法においても、後にウェハに注入するイオンの生成に用いるチャンバにガスを供給する。従来、これらのガスとしては、水素、アルゴン、酸素、窒素などの元素ガス、または以下に限定されないが、他の分子、例えば二酸化炭素、三フッ化窒素、ジボラン、三フッ化リン、三フッ化ホウ素、もしくは五フッ化ヒ素がある。

【0024】

上述したように、これらガスをイオン化し、注入するための所望のイオンを生成する。イオン源に適用するには、特定のイオン種の生成量を最大限に増やすために、ソースガス流、アーク電流、イオン源材料、壁部温度、その他を含む種々の変数を制御する必要がある。同様に、プラズマ注入に適用するには、種々の因子を用いて均一な荷電種をウェハ領域上に発生させる。因子、例えば、ソースアンテナの設計、圧力、出力、ターゲットバイアス電圧、壁部/ターゲット温度、その他は、所望のイオン分布を得るために変更される。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0025】

十分に活用されていない一要因として、流入するソースガスの特性を制御することができる。上述したように、用途によって異なる種類のガスが用いられているが、一旦ガスを選択した後は、ソースガスに他の変更は加えていない。ソースガスの特性を変化させることによりイオン種の組成およびその空間分布を制御することは有益であろう。

20

【課題を解決するための手段】

【0026】

従来技術の問題は本発明によって解決することができ、本明細書はガスおよび/または原子ガスの注入を用いるイオン源を説明する。イオンビームを使用する場合、ソースガスはそのまま使用して従来どおり供給する。代替的にまたは付加的に、ソースガスをイオン源チャンバに導入する前にリモートプラズマ源を通過させることにより変質させることができる。これにより特定の原子イオンの発生に有利なソース状態をもたらす励起中性種、重イオン、準安定分子、または多価イオンを生成することができる。他の実施形態において、複数のガスをいい、1つ以上のガスがリモートプラズマ源を通るようにする。特定の実施形態においては、複数のガスをイオン源チャンバへ供給する前に単一のプラズマ源において組み合わせる。

30

【0027】

プラズマ浸漬での適用において、1つ以上の追加ガス注入箇所を介して、プラズマをプロセスチャンバに注入する。これらの注入箇所により、プロセスチャンバの外部におけるリモートプラズマ源で生成した追加分子の流入を可能にする。

【図面の簡単な説明】

【0028】

40

【図1】代表的な高電流イオン注入手段のブロック図を示す図。

【図2】イオンビームに適用する従来のイオン源を示す図。

【図3】図2に示す従来のイオン源の主要なコンポーネントを示す図。

【図4】プラズマ浸漬装置を示す図。

【図5】イオンビームに適用するガス注入装置の第1実施形態を示す図。

【図6】イオンビームに適用するガス注入装置の第2実施形態を示す図。

【図7】イオンビームに適用するガス注入装置の第3実施形態を示す図。

【図8】イオンビームに適用するガス注入装置の第4実施形態を示す図。

【図9】プラズマ浸漬装置に適用するガス注入装置の実施形態を示す図。

【図10】図9に示すガス注入装置の第2説明図。

50

【発明を実施するための形態】

【0029】

図5は、イオンビームに適用するガス注入装置の第1の実施形態を示す。従来、ガス源40はソースチャンバ14に直接流体連通させる。一方、図5は、本発明による第1実施形態によるガス注入装置のコンポーネントを示す。本実施形態において、ガス源40は質量流制御装置(MFC: mass flow controller)220に接続することができる。MFCはガス源40からのガス流を所望流量に調整する機能をもつ。MFCの出力口は、調節可能なバイパスバルブ210およびリモートプラズマ源200に流体連通させる。調節可能なバイパスバルブ210およびリモートプラズマ源200からの出力は、その後合流し、ソースチャンバ14に流体連通させる。

10

【0030】

リモートプラズマ源200は任意の適切なタイプとすることができる。ただし、高密度プラズマおよび/または励起中性種の生成能力に関して広範な動作領域をもつ発生源が望ましい。ある実施形態では、 $10^{-6} \sim 10^{-1}$ torrの圧力で動作可能とし、高密度、高電荷イオン種および/または高励起中性種を生成するマイクロ波プラズマ源(電子サイクロトロン共鳴型)を用いる。第2の実施形態では、MKSインストルメント社製のASTRON(登録商標)などのマイクロ波プラズマ源を用いるが、同プラズマ源は 10^{-1} トール~大気圧の圧力で動作可能にし、再結合または励起した中性種を生成する。他の実施形態において、第2の傍熱陰極(IHC)イオン源を用いて重い中性種およびイオン種を生成し、その後イオン源14に供給する。他の実施形態において、ヘリコン源、誘導結合プラズマ(ICP: inductively-coupled plasma)源、容量結合プラズマ源、中空陰極(HC: hollow-cathode)源、またはフィラメント型プラズマ源を用いることができる。「リモートプラズマ源」という用語は、分子を変質状態に変化させうるすべての装置を包含するよう意図される。変質状態はプラズマだけでなくイオン、励起中性種、および準安定分子を含む。周知の通り、イオンは、 BF_2^+ のように、単に、電荷を伴う原子または分子である。励起中性種とは、依然として電荷的に中性である原子または分子を指す。ただし、これらの原子または分子は、励起エネルギー状態の1つ以上の電子をもつ。最後に、準安定分子とは、 B_2F_4 または B_4F_5 などの生成可能な分子構造を指す。ただし、これらの分子は長期間こうした構造を維持せずともよく、より一般的な分子構造に再結合または分解する可能性が高い。これらの変質した状態、すなわちプラズマ、イオン、励起中性種、および準安定分子のいずれもが対象となる。そのため、リモートプラズマ発生器が実際にその出力としてプラズマを生成することは必要条件ではない。

20

30

【0031】

リモートプラズマ源200を動作させるとき、ソースガス40からの分子がMFC220を通過し、プラズマ源に入る。リモートプラズマ源の種類およびその動作パラメータに基づいて、ソースガスを変質させることができる。ある特定の場合においては、ソースガスを作用させて励起中性種、準安定分子、またはイオン性分子を生成する。他の場合では、ソースガスが原子種および/またはより小さい分子種に再結合する。さらに別の実施形態においては、ソースガスが結合して重分子または準安定分子が発生する。

【0032】

特定のイオン種の最大引き出し電流が必要とされる場合、ソースチャンバ14における特定のイオンの濃度を最適化(または最大化)するよう、ソースガスの注入を調整することができる。一例として、リモートプラズマ源を低圧力かつ高電圧で動作させる場合、励起中性種の生成が促進される。励起中性種をソースチャンバ14に導入すると、単原子イオンおよび/または多価イオンの生成が増進され、その結果、単原子イオン電流および/または多価イオン電流が増加する。

40

【0033】

例えば、同時に三フッ化ボロンなどのソースガスをイオン源チャンバに供給する。このガスは傍熱陰極によりイオン化され、 BF_2^+ 、 BF^+ 、 F^+ 、 $B_xF_y^+$ 、および B^+ などの様々なイオン種が生成される。本発明において、ソースガスは、好ましくは高電圧

50

かつ低圧力で動作するリモートプラズマ源に供給する。このリモートプラズマ源はその後、分解された励起中性種、または種々の分解されたイオン種のいずれかを生成する。これらの様々な種を、その後イオン源チャンバ14に供給する。供給するガスの組成およびエネルギー準位が調整されるため、イオン源の出力も同様に影響を受け、特定種のイオンをさらに多く生成する。この例では、 B^+ および BF^+ などの小さいイオン種がさらに生成される。

【0034】

他の実施形態においては、ダイマー、トライマー、またはテトラマーなどのより重いイオンを生成することが望ましい。リモートプラズマ源は、はるかに高い圧力で動作させることができ、分子が結合してより重い中性種または準安定分子になる。これらの励起された重分子および準安定分子を、その後イオン源チャンバ14に供給する。

10

【0035】

例えば、同時にヒ素およびリンなどのソースガスをイオン源チャンバ14に供給する。より重い種を生成するために、チャンバは低電圧で動作する必要があり、一般的に出力電流は非常に小さい。一実施形態によると、これらのソースガスはリモートプラズマ源200に供給することができる。リモートプラズマ源200は単原子種の生成に用いるよりもはるかに高い圧力で動作し、より重い中性種、例えば As_2 、 As_3 、 P_2 、 P_3 および P_4 を生成する。これらのより重い種を、その後イオン源チャンバ14に供給し、イオン化し、イオンビームとして取り出す。リモートプラズマ源を使用すると、より重い種の濃度が増加するため、得られるイオンビームはより大きい電流をもつ。

20

【0036】

上記の説明ではリモートプラズマ源200の使用を主に説明したが、本発明はこの実施形態に制限されない。調節可能なバイパスバルブ210を使用することにより、分子ソースガスおよびリモートプラズマ源200からの出力を混合することができる。得られた混合物を調整することにより、所望の効果を得られるよう、分子ソースガスおよびリモートプラズマ源の出力の割合を精密に制御することができる。

【0037】

図6は、図3のイオン源チャンバとともに使用可能なガス注入装置の第2の実施形態を示す。本実施形態において、2種類のソースガスをそれぞれ別の質量流制御装置(MFC)320, 325に接続する。これらのMFC320, 325はそれぞれ対応するリモートプラズマ源300, 305および調節可能なバイパスバルブ310, 315に流体接続する。MFCを使用することにより、それぞれのソースガスの流量を制御することができる。また、調節可能なバイパスバルブを使用することにより、注入される分子ソースガスと変質状態のソースガスの割合を、それぞれのソースガスに応じて変えることができる。さらに、図6に示す構造を複製することによって、2つより多いソースガスを使用することができる。最後に、図6はソースガスA、励起ソースガスA、ソースガスB、および励起ソースガスBの注入を可能にする、極めて融通性の高い装置を示す。それぞれのソースガスは異なる量で供給することができ、それぞれの流量は他のソースガスの流量とは全く無関係である。なお、図示されたコンポーネントのすべてが必要なわけではない。例えば、ある特定の実施形態では、ソースガスAのみと、両方の状態のソースガスBが必要であることが想定される。この場合、リモートプラズマ源300および調節可能なバイパスバルブ310を省略することができる。代替案として、励起状態のソースガスBのみが必要である場合、調節可能なバイパスバルブ315を省略することができる。

30

40

【0038】

ある実施形態においては、2つの別々のソースガスには専用の特化コンポーネントを用いることができる。例えば、1つのソースガス、バイパスバルブ、およびリモートプラズマ源をn型ドーパント専用にし、第2のコンポーネント集合をp型ドーパント専用にして、潜在的なクロスコンタミネーションを回避し、かつ/あるいは保守性を改善する。

【0039】

図7は、図3のイオン源チャンバ14とともに用いると適切な別の実施形態を示す。本

50

実施形態においては、共通リモートプラズマ源 330 を用い、2つのソースガスが単独のプラズマ源に流入する。この2つのソースガス（元素ガスまたは化合物ガス）を、意図的な反応を起させることにより新たな化合物ガスを生成し、その後イオン源チャンバ 14 に注入する。

【0040】

こうすることにより、真空下ならびにソース領域および/またはリモートプラズマ領域の環境下における複数の異なるガスの混合によって生じる所望の分子を生成することができる。つまり、異なるガスを真空環境またはプラズマチャンバに供給し、互いに反応させることにより所望の分子を生成することができる。これらの分子は特定の目的、例えば注入、堆積、またはクリーニングでの使用に有益である。分子の形成は様々な制御メカニズム、例えば磁場、流動、圧力、または電界および/もしくは電気特性、によってプラズマを操作することにより適合させることができ、所望の効果をもたらす。こうして、新たな、または改良された分子の形成を実現し、直接プロセス内で使用することができる。この一例として、2つのソースガスを用いて水素化物およびフッ化物を導入し、これらの結合により一般的な分子の1つである HF（フッ化水素）を生成することが挙げられる。

【0041】

複数のガスを添加してチャンバ内の反応状態を操作することにより分子を調整して形成することができるが、そうしなければ、分子は不安定性、毒性、自然発火性、危険性、または他の特性をもつ可能性があり、それによりバルクでの保管および輸送に不都合を生じることがある。そのため、本実施形態において、これらの分子は実際に使用する場所および所望の効果のみのために生成される。

【0042】

また、上述したように、図7に示すすべてのコンポーネントが必要なわけではない。例えば、ソースガス A およびソースガス B のみを混合した状態で励起させる場合、リモートプラズマ源 300、305 を別々に設ける必要はない。代替案として、ソースガスの一方の分子状態を注入する必要がない場合、対応するバイパスバルブを省略することができる。

【0043】

リモートプラズマ源 300、305、330 とソースチャンバ 14 との間の経路長は考慮すべき重要な点である。経路が長すぎる場合、準安定種、励起種、または再結合種がイオン源チャンバ 14 に入る前に結合してしまう可能性がある。リモートプラズマ源から出る種の再結合を最少にするにはいくつかの技術が用いることができる。特定の実施形態においては、リモートプラズマ源とイオン源チャンバの間の物理的距離を最小にする。他の実施形態においては、局所磁気閉じ込め法式を採用して励磁電子およびイオンをソースチャンバに輸送することができる。さらに別の実施形態において、リモートプラズマ源の出力口に隣接して設けられたオリフィスを用いて異なる動作条件に応じて必要な圧力差を提供する。

【0044】

図5～7のガス注入装置は、本来、イオンビーム装置内のイオン源と連携させて用いることを目的とする。したがって、ガス注入装置を用いて、ガスがイオン源チャンバ 14 に入る前に変質させる。こうして、注入されたガスは、エネルギー、形態、およびフラグメンテーション（解離）に関して異なる中性状態を呈しうるが、これはイオン源を用いて後に流入するガスをイオン化するためである。

【0045】

図8はイオンビーム用途に使用する際別の実施形態を示す。本実施形態において、副チャンバ（アンティチャンバ）400として知られる第2のチャンバを用いてソースガスをイオン源チャンバ 14 に入る前に励起させる。1つ以上のガス源 40 からのがスが副チャンバ 400 に入る。副チャンバ 400 は傍熱陰極 420 を有してもよく、その一方の端部にはフィラメント 430 が、その反対側の端部には反射電極 460 を具える。図8は副チャンバの左の端部における反射電極 460、およびイオン源の右の端部における反射電極

10

20

30

40

50

60を示すが、これは必須ではない。例えば、副チャンバの反射電極460およびイオン源の反射電極60は、各チャンバの同じ側の端部にあってもよい。副チャンバおよびイオン源チャンバが図8に示すように整列される場合、電子およびイオンをソースチャンバ14に閉じ込めるために用いられるのと同じソースマグネット86を用いて、副チャンバ400に同じ作用をもたらすことができる。

【0046】

上述したように、ガスは副チャンバ400に流入し、励起中性種および若干のイオンを生ずるよう処理される。これらの励起分子はその後、副チャンバ上面の小さい開口またはホール450を経てイオン源チャンバ14に供給される。なお、本実施形態において、副チャンバの上面はイオン源チャンバ14の底部としても機能する。こうして、励起種、再結合種、および/または重中性種は、副チャンバ400で処理された後、イオン源チャンバ14に入る。また、イオン源チャンバ14および副チャンバ400内で電場が平行になるため、ソースマグネット86により生成されるような共通の磁場を用いて、電子イオン源の動作に不可欠な電子を両方のチャンバに閉じ込めることができる。

10

【0047】

ある実施形態において、副チャンバからイオン源チャンバ14に通じるホール450は極めて狭く、例えば0.5mmである。このため、副チャンバ400内の圧力はイオン源チャンバ内と著しく異なる。上記のように、リモートプラズマ源を設けることにより、所望の種の形成を最適化することができる。例えば、より重い種および準安定種を生成するには、副チャンバをイオン源チャンバ14よりもはるかに高い圧力、例えばおよそ100~500mTorrに保つ。これにより、より重い励起中性種、例えば P_2 および P_4 を生成することができる。その後チャンバ同士をつなぐ小さいホールを介してこれらの分子をイオン源チャンバ14に送り、イオン化することができる。

20

【0048】

代替案として高電圧および低圧力を用いて単原子種を生成する。例えば、三フッ化ホウ素を副チャンバ400に供給することができる。副チャンバ400内の陰極420はガスを多様なイオン種および励起中性種に分解する機能をもつ。これらの種はその後イオン源チャンバに供給され、イオンビームとして取り出される前にさらに分解される。ガスを前処理することによって、特定の荷電イオン、例えば B^+ の濃度が増加し、特定の種用にイオンビーム電流の増加につながる。

30

【0049】

上記の説明では傍熱陰極(IHC)イオン源を副チャンバとして用いているが、副チャンバに他の種類のプラズマ源を用いてもよい。例えば、従来のバーナス型イオン源、中空陰極型源、またはフィラメント型イオン源を用いることができる。他の実施形態においては、前述した他の種類のプラズマ源を用いることができる。

【0050】

別の実施形態において、プラズマ浸漬を用いたイオン注入を行う。プラズマ浸漬注入にも変質されたソースガス注入を用いる。図4に示すように、ソースガスは容積領域の上部付近の導管を経てプロセスチャンバ102に入る。ソースガスはその後アンテナ126, 146によってプラズマに変換され、ウェハ上に拡散する。バッフル170は、チャンバ102内でプラズマを比較的均一に分散させる機能をもつ。これらの注入用途において、プラズマの均一性および堆積パターンを制御することは、許容される注入均一性を達成するために厳密に行う。しかしながら、プラズマ生成およびプラズマ閉じ込めの非対称性により、ある用途のための目標を達成することが難しくなり、特に低エネルギーを使用する場合には困難である。その上、非対称ポンピングにより、装置にさらなる不均一性が加えられる可能性がある。

40

【0051】

この不均一性を補償するために、ガス注入箇所510をプロセスチャンバ102に付加することができる。図9はいくつかのリモートプラズマ源500を追加した状態を示す。これらのリモートプラズマ源は、イオンビーム注入装置に関して上述した種類のものとす

50

ることができる。各リモートプラズマ源は、例えば中央タンクからソースガスを受け取る。このガスはその後変質されプラズマ、イオン、励起中性種、および準安定分子を生成する。上述したとおり、特定の所望の種に応じて、異なる圧力および電圧レベルを用いて異なる特性を生じることが可能である。これらの変質状態は後にプロセスチャンバ102に注入することができる。図9には、4箇所の注入箇所が示される。ただし、これは単なる一実施形態にすぎず、より多い、または少ない注入箇所を設けてもよい。なお、図10に示すように、注入箇所は、プロセスチャンバ102の側面沿いのアンテナ126近傍が望ましい。こうして、平面アンテナ126により注入ガスをプラズマに励起する効果もたらされ、ワークピース上の均一性の改善を促進する。特定の実施形態において、各ガス注入箇所への励起ガスの流量は等しく、各リモートプラズマ源500にかかる電圧のみを調節する。ただし、非対称ガス注入が望ましい場合、ソースガスタンクと各リモートプラズマ源500の間に質量流制御装置(MFC)を配置してもよい。これにより、チャンバ内のプラズマおよび中性種の均一性が改善される。

10

20

30

40

【0052】

図9は、注入箇所に直接接続したリモートプラズマ源の出力口を示すが、これは本発明の必要条件ではない。例えば、図5~7に示す構成のいずれかを図9の装置と関連して用いることができる。すなわち、ソースガスと変質された分子の混合物(図5に示すような)を1つ以上の注入箇所に供給することができる。同様に、2種類のガスとそれらの変質物の混合物(図6に示すような)を1つ以上の注入箇所に供給することもできる。最後に、図7に示す構成を用いて1つ以上の注入箇所にガスを供給することもできる。これらの構成のコンポーネントは各注入箇所に複製することができる。代案として、このようなコンポーネント集合を2つ以上の注入箇所でも共用することができる。

【0053】

図10に示す別の実施形態において、プロセスチャンバ102の上部に位置するガス注入箇所520に、リモートプラズマ源500eから分子が供給される。ガスの前処理にリモートプラズマ源を使用して、プラズマ源および/またはプラズマ閉じ込めに起因する根本的な非対称性を補償することができる。リモートプラズマ源500eは注入箇所にガスを供給する。このリモートプラズマ源は適当な装置、例えば上記のようなものでよい。

【0054】

動作の際、ガス源104は1つ以上のガスを1つ以上のリモートプラズマ源500に供給する。これらのリモートプラズマ源は、上述したようにソースガスを励起する。変質されたガスはその後注入箇所510を経由してプラズマチャンバ102に供給される。ある実施形態においては、各注入箇所につき異なる流量が必要とされるため、各注入箇所に別々のMFCを用いる。またある実施形態においては、注入箇所に供給する変質されたガスが同種であり、したがって1つのリモートプラズマ源のみを用いてすべての注入箇所にガスを供給し、各位置の流量は単独のMFCによって制御する。他の実施形態において、入箇所供給する変質されたガスは異なる場合がある。例えば、プラズマチャンバ102の外端縁近傍にはより重い種を注入することが望ましいが、それは、これらの種が軽いイオンのように簡単には分散しないためである。その場合、1つより多いリモートプラズマ源500を用いることができる。

【0055】

本明細書では上記のように特定の実施形態が開示したが、当業者は多種の変形や変更が可能であることを認識できるであろう。

【0056】

したがって、本明細書で説明した実施形態は、例示を意図したものであり、限定的なものではない。本発明の精神から逸脱することなく、多様な実施形態を構想することが可能である。

【 図 1 】

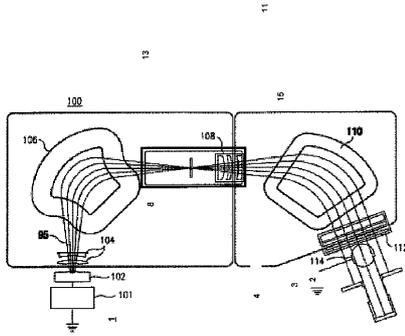


FIG. 1

【 図 2 】

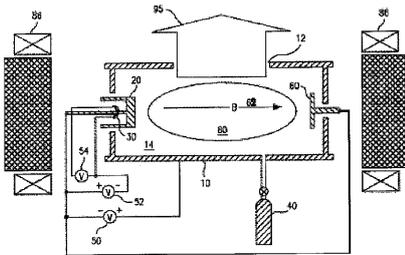
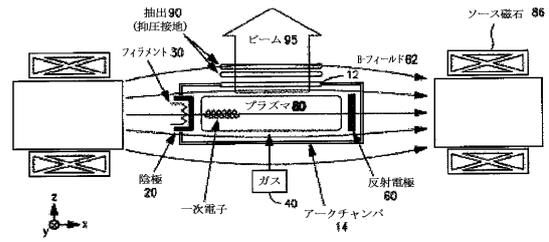
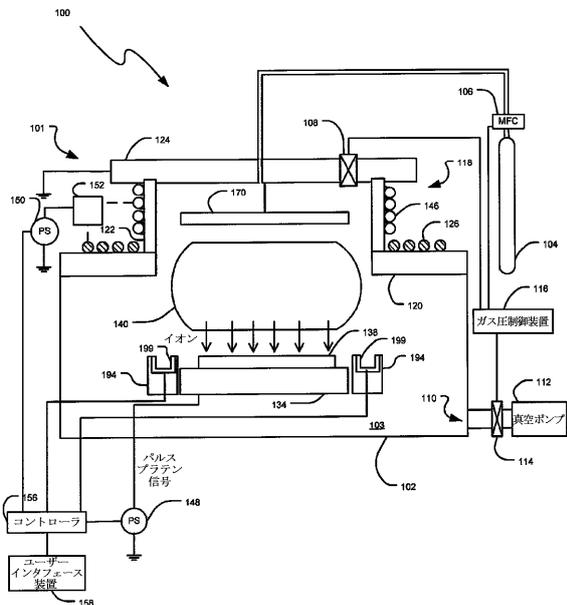


FIG. 2

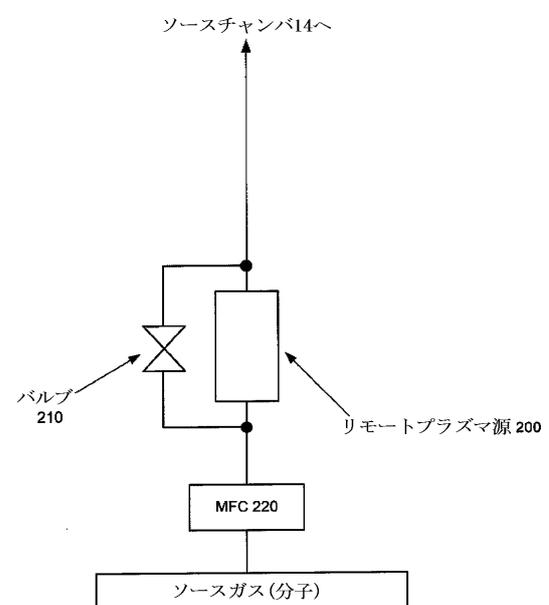
【 図 3 】



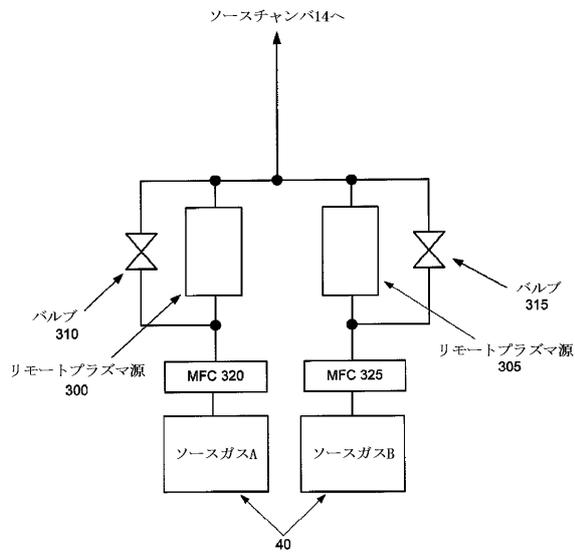
【 図 4 】



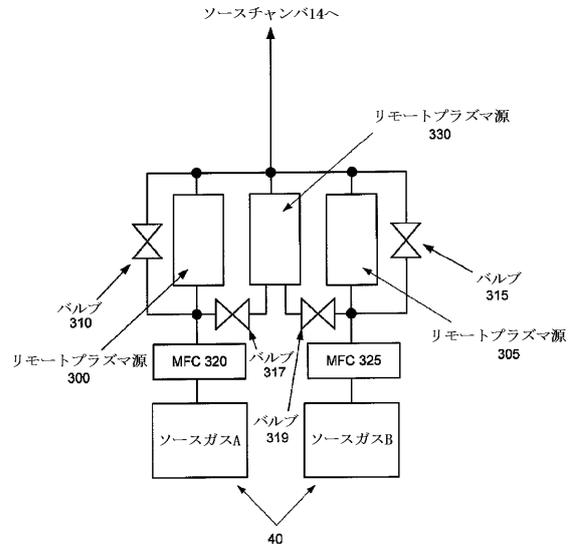
【 図 5 】



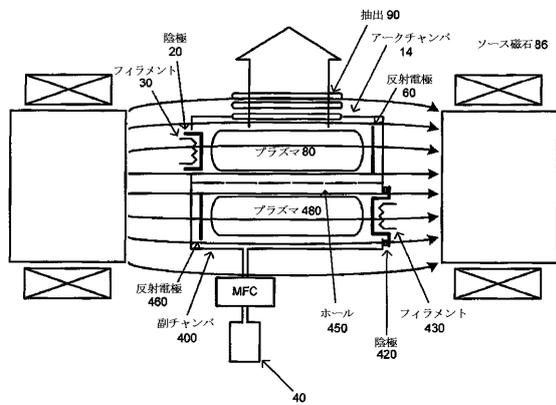
【 図 6 】



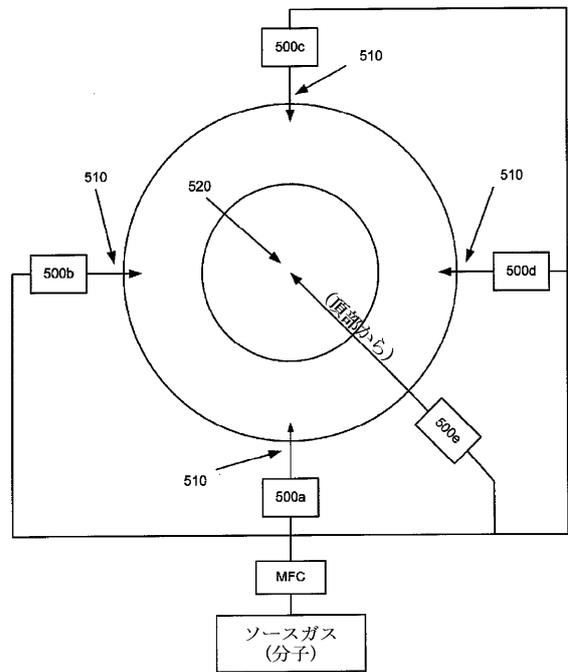
【 図 7 】



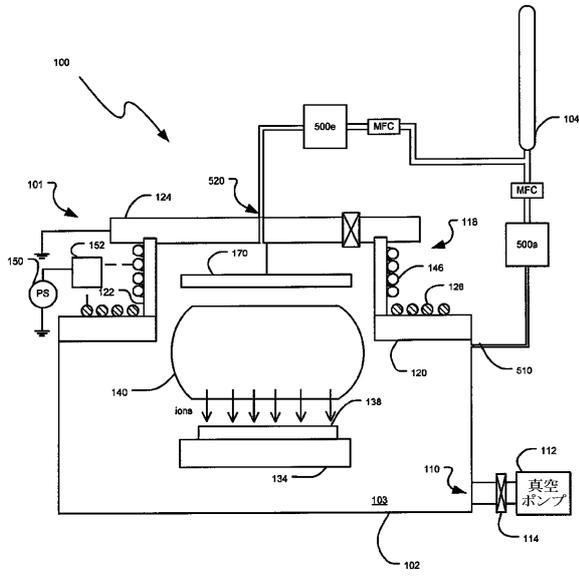
【 図 8 】



【 図 9 】



【図10】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2009/066549
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 21/265(2006.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 21/265; H01J 27/14; H01J 27/16; H01J 7/24; H05A 13/00; H05H 1/46		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: ion, source, remote, plasma		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5107170 A1 (ISHIKAWA; JUNZO et al.) 21 April 1992 See Abstract; Column 1, Line 6-Column 15, Line 54; Claims 1-18; Figures 1-24	1-18
A	JP 10-241591 A (NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) 11 September 1998 See Abstract; Paragraphs [0001]-[0076]; Claims 1-5; Figures 1-6	1-18
A	US 5517084 A1 (LEUNG; KA-NGO) 14 May 1996 See Abstract; Column 1, Line 4-Column 10, Line 37; Claims 1-27; Figures 1-4	1-18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 30 JUNE 2010 (30.06.2010)		Date of mailing of the international search report 30 JUNE 2010 (30.06.2010)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer Lee, Byul Sup Telephone No. 82-42-481-8497 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2009/066549

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5107170 A1	21.04.1992	JP 02-123051 U	09.10.1990
		JP 02-239543 A	21.09.1990
		JP 02-239557 A	21.09.1990
		JP 02-765013 B2	03.04.1998
		JP 02-765014 B2	03.04.1998
		JP 07-052635 B2	05.06.1995
		JP 2020031 C	19.02.1996
		JP 2109236 A	20.04.1990
		JP 2765013 B2	11.06.1998
		JP 2765014 B2	11.06.1998
JP 10-241591 A	11.09.1998	JP 3368790 B2	20.01.2003
US 5517084 A1	14.05.1996	None	

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/265 T

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ボン ウォン クー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5
(72)発明者 ヴィクター エム バンヴェニスト
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5
(72)発明者 クリストファー エイ ローランド
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5
(72)発明者 クレイグ アール チェニー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5
(72)発明者 フランク シンクレア
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5
(72)発明者 ネイル ジェイ バッソム
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

Fターム(参考) 4K029 CA10 DE02
5C030 DD03 DD05 DE01 DE05 DG02