

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5057980号
(P5057980)

(45) 発行日 平成24年10月24日(2012.10.24)

(24) 登録日 平成24年8月10日(2012.8.10)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/3065 (2006.01)

HO 1 L 21/302 1 0 3

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-533669 (P2007-533669)	(73) 特許権者	504401617
(86) (22) 出願日	平成17年9月23日 (2005. 9. 23)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2008-515198 (P2008-515198A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(43) 公表日	平成20年5月8日 (2008. 5. 8)		538-6470, フレモント, カッシン
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/034227		グ パークウェイ 4650番地
(87) 国際公開番号	W02006/036821	(74) 代理人	100083932
(87) 国際公開日	平成18年4月6日 (2006. 4. 6)		弁理士 廣江 武典
審査請求日	平成20年9月22日 (2008. 9. 22)	(74) 代理人	100129698
(31) 優先権主張番号	10/951, 553		弁理士 武川 隆宣
(32) 優先日	平成16年9月27日 (2004. 9. 27)	(74) 代理人	100129676
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 ▲高▼荒 新一
		(74) 代理人	100135585
			弁理士 西尾 務
		(74) 代理人	100147038
			弁理士 神谷 英昭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ加工システムで基板の属性を現場でモニターするためのモニター方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ加工チャンバを有したプラズマ加工システムで基板の属性を現場でモニターするためのモニター方法であって、

前記プラズマ加工チャンバ内に基板を配置するステップと、

前記基板が前記プラズマ加工チャンバ内に配置されているときに該プラズマ加工チャンバ内でプラズマを放射するステップと、

一連のプラズマパラメータの値を測定するステップであって、前記プラズマパラメータが、特定周波数のRF電源のインピーダンス、周波数調整されたプラズマシステムのRF周波数、特定周波数のRF電源の位相角、の中のいずれかであるステップと、を備えており、

一連の前記プラズマパラメータの値が設定されている統計的範囲を外れていれば、前記基板の前記属性のエクスカージョンの特定の種類の発生したと推定し、一連の前記プラズマパラメータの値が設定されている統計的範囲を外れている場合に前記基板の前記属性のエクスカージョンの特定の種類の推定に役立つデータを発生させるために、前記基板の前記属性は、基板の工程の履歴データを用いて前記プラズマパラメータと予め関連づけられていることを特徴としており、

且つ前記基板の前記属性が、エッチング速度、選択度、エッチング均一性の測定値の中のいずれか一つであることを特徴とする方法。

【請求項 2】

プラズマ加工システムはV / Iプローブを含んでおり、前記一連のプラズマパラメータの値は前記V / Iプローブを利用して測定されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】

測定された前記一連のプラズマパラメータの値は、前記特定周波数の前記RF電源の位相角であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項4】

測定された前記一連のプラズマパラメータの値は、前記特定周波数の前記RF電源のインピーダンスであることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項5】

測定された前記一連のプラズマパラメータの値は、前記周波数調整されたプラズマシステムのRF周波数であることを特徴とする請求項1記載の方法。

10

【請求項6】

前記基板属性は、基板エッチング中の前記エッチング速度であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項7】

前記基板属性は、基板エッチング中の前記選択度であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項8】

前記基板属性は、基板エッチング中の前記エッチング均一性の測定値であることを特徴とする請求項1記載の方法。

20

【請求項9】

前記プラズマ加工システムは、周波数調整結合プラズマ加工システムであることを特徴とする請求項1記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般的に基板製造技術に関し、特ににはプラズマパラメータによるプラズマ加工システムの加工工程モニター方法並びに装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体基板及びフラットパネルディスプレイ製造に使用されるガラスパネル等である基板の加工ではプラズマが多用される。例えば基板加工の一環として基板はそれぞれが集積回路を提供する複数のダイスまたは方形領域に分割される。その後基板は一連のステップで加工処理され、基板上に電気コンポーネントを形成するために材料が選択的に除去(エッチング)され、堆積される。

30

【0003】

1例示的プラズマ加工では基板は硬化エマルジョンの薄膜(フォトレジストマスク等)で被膜される。その後硬化エマルジョン領域は選択的に除去され、下側層のコンポーネントを露出させる。続いて基板はチャックまたはペDESTALと称される単極あるいは双極の基板支持構造体上に載置されてプラズマ加工チャンバに入れられる。適したエCHANTソースがチャンバ内に導入され、基板の露出領域をエッチングするためのプラズマを形成する。

40

【0004】

図1は容量結合プラズマ加工システムの概略図である。一般的に容量結合プラズマ加工システムは1体または2体のRF電源を備えている。ソースRF発生器134で発生するソースRFはプラズマの発生及び容量結合を介したプラズマ密度の制御のために通常に使用される。一方、バイアスRF発生器138で発生するバイアスRFはDCバイアス及びイオン衝撃エネルギーの制御のために通常に使用される。ソースRF発生器134及びバイアスRF発生器138にはさらに整合ネットワーク136が結合され、RF電源のインピーダンスをプラズマ110のインピーダンスと整合させるように試みる。加えて、整合

50

ネットワーク 136 はプラズマ 110 に送られる電圧と電流のインピーダンスを測定することができる V/I プロブ (図示せず) をも含むことができ、並びにプラズマ加工条件をさらに改善するために発生プラズマ周波数を修正する性能をも有することができる。

【0005】

一般的に適したガス (気体) セットが気体配給システム 122 から上部電極 104 の注入口を通してチャンバ 102 内に送り込まれる。電極としても機能する静電チャック 116 上に載置されたエッジリング 115 と共に設置された半導体基板並びにガラスパネルのごとき基板 114 の露出領域を加工 (例えばエッチングまたは堆積) するため、引き続いてこれらプラズマ加工ガスをイオン化し、プラズマ 110 を形成することができる。

【0006】

通常、プラズマが点火されると熱均衡を達成するために冷却システム 140 が静電チャック 116 に結合される。普通、冷却システム自体はチャック内の孔部を通じてクーラントを送り込む冷却器とを含んでおり、ポンプ 111 によってヘリウムガスをチャックと基板との間に送る (例えば裏側 He フロー)。発生熱を取り除くことに加えて、ヘリウムガスは冷却システムに熱放散を迅速に制御させる。すなわちヘリウム圧の増大は伝熱率をも増加させる。ほとんどのプラズマ加工システムは操作用ソフトウェアプログラムを含んだ高性能コンピュータでも制御される。典型的な操作環境においては、製造工程パラメータ (例えば、電圧、ガス流混合物、ガス流速、圧力、等々) は一般的に特定のプラズマ加工システム並びに特殊製法用に設計されるものである。

【0007】

デュアルダマシンと呼称される通常の基板製造方法では、誘電層はバイアホールを満たす導電プラグによって電氣的に接続される。一般的に、普通は TaN または TiN バリアで裏張りされた開口部が誘電層に形成され、その後、2 セットの導電パターン間を電気接触状態にする導電材料 (例えばアルミニウム、銅、等々) で充填される。これでソース/ドレイン領域のごとき基板上の 2 つの活性領域間に電気接触状態が提供される。誘電層表面の余剰導電材料は典型的には化学機械研磨 (CMP) により除去される。続いて窒化ケイ素のブランケット層が堆積され、充填された銅にキャップ処理が施される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、これら及び他のプラズマ加工では、加工条件がいつ設定パラメータを外れるか正確に知るのは困難なことが多い。特に装置寸法が縮小され、さらに進歩した低 k 材料が使用されると、均一なエッチング速度を維持し、収量性を改善する安定した加工条件はさらに厳格化している。

【0009】

特に汚染は大きな問題を提起する。汚染程度は普通は特定のプラズマ加工条件 (例えば化学的性質、電力及び温度) 並びにチャンバの当初表面状態に左右される。堆積物の完全除去には長時間を要するため、プラズマ加工システムチャンバは一般的に汚染レベルが許容レベルを超えたときにのみ実質的に洗浄されるが、その特にはプラズマ加工システムを開いて消費構造物 (例えばエッジリング等) を交換しなければならない。あるいは洗浄は設定された予防保守 (PM) 作業の一環として実行される。

【0010】

同様にハードウェアの劣化も問題を提起する。プラズマチャンバコンポーネントはプラズマに曝露されるため自身がダメージを受け、それらの物理特性及び電気特性を変え、汚染物をも発生させる。事実、無ウェハ自動洗浄 (WAC) 中の静電チャックの場合と同様に洗浄作業自体がコンポーネントを傷つけることがある。

【0011】

それでも、まず加工処理を実行し、その後に基板を部分的に製造する試験を実施することなく、現場でプラズマ加工パラメータが設定パラメータから外れているか否かを知る効果的な一般方法はない。すなわち、一定バッチの基板が加工された後、サンプルの基板を

10

20

30

40

50

そのバッチから取り出して試験する。試験の結果、その基板が設定仕様に則していないことが判明すれば、基板の全バッチは破棄されねばならないであろう。

【 0 0 1 2 】

1つの解決策は加工機械の操作状態を十分に把握するためにプラズマ加工システムの単純化された経験モデルを準備することである。しかし経験モデルの準備も容易ではない。例えば単純経験モデルのパラメータを得るには修正された非実用プラズマチャンバを分析する必要がある。別技術においてはプラズマ加工システムの個別コンポーネントはネットワーク分析装置を使用して個別に測定される。

【 0 0 1 3 】

しかし、プラズマ加工工程の反復はプラズマ加工システムコンポーネントの電気特性を変更するので、緩やかに相関する(すなわち弱い予測性の)モデルでさえも入手は困難である。

【 0 0 1 4 】

よってプラズマパラメータを測定することでプラズマ加工システムの工程をモニターする方法と装置が求められている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

本発明はプラズマ加工チャンバを有したプラズマ加工システムの1実施例において利用される加工工程の現場モニター方法に関する。この方法はプラズマ加工チャンバ内に基板を配置するステップを含む。この方法はまた、基板がプラズマ加工チャンバ内に配置されているときにプラズマ加工チャンバ内でプラズマをストライク処理(strike)するステップを含んでいる。この方法はプラズマパラメータを測定するステップをさらに含む。

【 0 0 1 6 】

本発明はプラズマ加工システムの1実施例においてプラズマ加工チャンバを有したプラズマ加工システムの工程を現場モニターする装置にも関する。この装置はプラズマ加工チャンバ内に基板を配置する手段を含む。この装置はさらに基板がプラズマ加工チャンバ内に配置されているとき、プラズマ加工チャンバ内でプラズマをストライク処理する手段をも含んでいる。この装置はまたプラズマパラメータを測定する手段をも含んでいる。

【 0 0 1 7 】

本発明のこれら及び他の特徴を添付図面を利用して以下において詳細に解説する。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 8 】

本発明を添付図面を利用していくつかの好適実施例を解説することで詳細に説明する。本発明の完全な理解を助けるために以下の説明では数多くの特定細部が解説されているが、本発明はそれら細部のいくつか、または全部を省略しても実施が可能である。周知加工ステップ及び/又は構造体は説明の簡素化のために簡潔に記載されている。

【 0 0 1 9 】

本発明の発明者は、測定容易なプラズマパラメータエクスカージョンは測定困難な基板属性エクスカージョンに相関可能であると信じる。一般的にエクスカージョンは設定統計範囲または値範囲を外れているデータポイントを表す。すなわちエクスカージョンは統計的上部制御限度を上回るもの、あるいは統計的下部制御限度を下回るデータポイントでよい。プラズマ加工においては検出されない、あるいは未然に処置したいかなるエクスカージョンであっても大量の基板材料を危険に曝す。

【 0 0 2 0 】

例えば、通常の運用ではプラズマパラメータは特定値範囲(すなわち、各プラズマ周波数のインピーダンスセット、各プラズマ周波数の位相角セット、各プラズマ周波数の特定周波数範囲)内に残ることが予測されている。この範囲は標的または基線の3標準偏差値(3σ)である。

【 0 0 2 1 】

10

20

30

40

50

標準偏差値 () は一般的に分散値の平方根である。標準偏差値は分散値の最も多用される測定値である。一般的に正規分布の平均値と標準偏差値は知られているなら、どの評価値 (すなわちデータポイント等) と関連する百分率ランクを算出することは可能である。正規分布では約 68% の評価値が平均値の 1 標準偏差値内であり、約 95% の評価値が 2 標準偏差値内であり、約 99% が 3 標準偏差値内である。

【 0 0 2 2 】

$$= (X - \mu)^2 / N \quad (\text{式 1})$$

X は特定評価値であり、 μ は平均値であり、N は評価値数である。

【 0 0 2 3 】

しかしプラズマ加工法はプラズマパラメータに合わせて最良化されるため、それらに対して非常に敏感である。従ってプラズマ加工システムの提起された問題に関して、基板属性エクスカージョン (すなわち不適当なエッチング速度等) はプラズマパラメータエクスカージョン (すなわち特定周波数に対して 3 以上のインピーダンス値等) に関連させることが可能である。すなわち特定の問題はプラズマと基板の両方にエクスカージョンのセットを発生させるであろう。通常のプラズマ加工問題 (及び可能な加工処理エクスカージョン) にはチャンバ汚染、プラズマ構造ダメージ及び劣化、ガス圧漏出、ガス流混合問題、仕様を外れたチャンバ温度、劣悪 RF ケーブル、不適当に接続されたケーブル、等々が含まれる。

10

【 0 0 2 4 】

1 実施例においては、相関は特定周波数の RF 電源のインピーダンスエクスカージョンと、基板属性エクスカージョン (例えば不適当なフォトリソエッチング速度、等々) との間で決定できる。

20

【 0 0 2 5 】

別実施例においては、相関は周波数調整されたプラズマシステムの周波数エクスカージョンと基板属性エクスカージョン (例えば不適当なフォトリソエッチング速度、等々) との間で決定できる。一般的に周波数調整されたプラズマシステムは、処理工程中に反射電力を最低とするため、プラズマの発生に使用される周波数セットを修正することができる。その結果、プラズマの変動に対応して周波数が変動する。

【 0 0 2 6 】

1 実施例においては、相関は特定周波数で RF 電源の位相角エクスカージョンと基板属性エクスカージョン (例えば不適当なフォトリソエッチング速度、等々) との間で決定できる。

30

【 0 0 2 7 】

参考例では、相関は自己バイアス電圧のエクスカージョンと基板属性エクスカージョン (例えば不適当なフォトリソエッチング速度、等々) との間で決定できる。

【 0 0 2 8 】

一般的に電界は基板直前で発生されなければならない (例えば基板とプラズマとの間)。これで十分なエネルギーのプラズマイオンを基板に衝突させられる。自己バイアス電圧とプラズマ放電電圧との間の電位差が大きいほど、基板はプラズマイオンを強力に引き寄せる。しかし電圧電位差はプラズマ放電面とプラズマチャンバ内の他の非標的面との間にも存在する。これら非標的面 (すなわち、チャンバ壁、上部電極、等々) はプラズマイオンを基板から逸らすので、自己バイアス電圧はそれらの面にも相当に大きな電位差を有していなければならない。その結果、プラズマ、すなわち基板に影響を及ぼすであろう問題は、自己バイアス電圧にも影響を及ぼすであろう。

40

【 0 0 2 9 】

前述のごとくプラズマ加工システムは RF 電源型の電源によって電力供給されることが多い。プラズマ密度を発生させてその制御するために使用されるソース RF 発生器がしばしば利用され、バイアス RF 発生器はプラズマ DC バイアスとイオン衝撃エネルギーの制御のために普通に使用される。これら RF 電源は普通、RF 電源のインピーダンスをプラズマのインピーダンスと整合させるよう試みる整合ネットワークを介してプラズマにカップ

50

リングされる。

【0030】

加えて、整合ネットワークは電圧（ V ）、電流（ I ）、プラズマの電圧（ V ）と電流（ I ）との間の位相角（ θ ）、インピーダンス（ Z ）、供給電力、順方向電力、反射電力、無効電力、反射率等を測定できる V/I プローブをさらに含むこともできる。さらに、整合ネットワークはプラズマ加工条件をさらに改善するために設定範囲値内で発生プラズマ周波数を修正することもできる。前述のごとく、プラズマを発生させるために使用する周波数セットを修正できるプラズマ加工システムは一般的に周波数調整プラズマシステムと呼称される。

供給電力は一般的に次の様に計算できる。

【0031】

$$\text{電力} = V \times I \times \cos(\theta) \quad (\text{式2})$$

インピーダンス、複素数、は一般的に次の様に計算できる。

【0032】

$$Z = V_0 / I_0 = R - jX \quad (\text{式3})$$

V_0 が基部での電圧（ピーク電圧）である場合、 I_0 は基部での電流（ピーク電流）であり、 R は実抵抗であり、 $j = \sqrt{-1}$ （複素数の虚数部）であり、 X はコンプレックスリアクタンスである。コンプレックスリアクタンスは、電流及び電圧が θ で表わされる角周波数を有した発生信号のそれぞれのACサイクルと共に変動するとき、電子部品がエネルギーを保存及び放出する程度のことである。

【0033】

θ は電圧源によって発生される信号の角周波数であり、次の式で表わすことができる。

【0034】

$$\theta = 2\pi f L \quad (\text{周波数}) \quad (\text{式4})$$

プラズマインピーダンスの位相角は次の式で表わすことができる。

【0035】

$$\theta = \tan^{-1}(X/R) \quad (\text{式5})$$

$R = Z \cos(\theta)$ で $X = Z \sin(\theta)$ である。

【0036】

図2は本発明の1実施例による、数週間に渡った特定の同一プラズマ加工システムにおけるブランケット酸化エッチングセットの統計的制御概略図である。一般的に、プラズマ加工システムの質とは要求に対する充足性をいう。充足性とは、一般的に基板がターゲットや耐久性等の製法において予め設定された要求又は仕様を満たす程度をいう。

【0037】

加えて、いかなるプラズマ加工もバリエーションとしても知られるある程度の不確実性を含んでいる。一般的に、バリエーションの減少は対応する品質の向上と直接的に相関している。バリエーションの原因のいくつかは正常あるいは許容範囲であると考えられ、必ずしも対応が必要ではない。例えば、異なるプラズマ加工システムで同一プロセスによって生じる製造基板の僅かな差異がある。すなわち1つのプラズマ加工システムを別のプラズマ加工システムに整合させようとする場合、バリエーションは殆ど確実に起こりうるものである。バリエーションの別の原因は通常範囲外の特別なものである。それらは加工において想定範囲外の部分であり、矯正の対応が必要とされることがある。すなわちそれらは通常バリエーションの範囲を超えるものである。例えば、基板を破壊する可能性があるプラズマチャンバ内の湿気がそうである。

【0038】

この図では、ターゲットは約 110.52 nm/分 の所望平均エッチング速度であり、許容範囲はエッチング速度の制御上限（ ER_{UCL} ）である約 120.12 nm/分 と制御下限（ ER_{LCL} ）である約 100.91 nm/分 内である。この特定エッチングセットはラムリサーチエクセラン™ 2300デュアル周波数プラズマ加工システムで実施されたものであるが、他のプラズマ加工システムを使用してもよい。この加工パラメー

10

20

30

40

50

タは次の通りである。

【0039】

圧力：70ミリ トル

電力(2MHz)：1000.0ワット

電力(27MHz)：2000.0ワット

混合ガス：5 SCCM CH₂F₂, 6 SCCM C₄F₈, 180 SCCM N₂
及び200 SCCM AR

温度：TP(上部)で80 及びESCで20

加工時間：60秒間

CW：37

プロット202は数週間に渡ったブランケット酸化物のエッチング速度をナノメートル毎分(nm/分)で表している。この図を分析すると2つのエクスカージョンポイントが明らかとなる：2004年4月6日実施の204と2004年4月9日実施の206である。前述のごとくエクスカージョンは設定統計範囲または値範囲を外れているデータポイントを表し、数々の要素(すなわち、チャンバ汚染、プラズマ構造ダメージ及び劣化、ガス圧漏出、ガス流混合問題、仕様を外れたチャンバ温度、劣悪RFケーブル、不適当に接続されたケーブル、裏側Heフロー等々)によって発生する。

【0040】

図3は本発明の1実施例による裏側Heフローポットを追加した図2の概略図を示す。前述したように、プロット202は数週間に渡ったブランケット酸化物のエッチング速度をナノメートル毎分(nm/分)で表している。同様にプロット208もそれぞれのエッチング中における対応する測定裏側Heフローを表している。

2004年4月6日に示すように、エッチングプロット202とプロットHeフロー208は共に204でエクスカージョンを示している。すなわち、Heフローは約33.5 SCCMへ減少し、エッチング速度も実質的に約33.4 nm/分へ減少し、実質的に100.91 nm/分である3 制御下限を外れている。

【0041】

エッチング速度とHeフローは共に同じポイントでエクスカージョンを表すため、相関性を示している可能性がある。このようにHeフローは2004年4月9日のエッチング速度エクスカージョンの実質的原因である可能性がある。対照的に206で約33.5 nm/分である2004年4月9日の減少エッチングプロット202エクスカージョンはポイント204でほどは減少Heフローと深い相関性を有していないと考えられるため、減少Heフローはおそらく2004年4月9日のエッチング速度エクスカージョンの実質的原因ではないと考えられる。

【0042】

図4は本発明の1実施例によるV/Iプローブでの27MHzの測定インピーダンスを追加した図2の概略図を示す。前述のごとくプロット202は数週間に渡ったブランケット酸化物のエッチング速度をナノメートル毎分(nm/分)で表している。加えて、プロット402は27MHzの対応する測定インピーダンスを表している。

【0043】

前述のごとく、所望ターゲットエッチング速度は約110.52 nm/分であり、制御上限(ER UCL)は約120.12 nm/分であり、制御下限(ER LCL)は約100.91 nm/分である。所望ターゲットインピーダンスは約3.88 オームであり、制御上限(Z UCL)は約4.02 オームであり、制御下限(Z LCL)は約3.75 オームである。エッチングプロット202と27MHzの測定インピーダンス402は共に2004年4月6日の204と2004年4月9日の206 a bあたりでエクスカージョンを示している。このように測定インピーダンスのエクスカージョン(Z UCL以上であるか、あるいはZ LCL以下であるかにかかわらず)はE/R LCL以下のエッチング速度における減少(すなわち属性エクスカージョン)と相関していると考えられる。

10

20

30

40

50

【0044】

理論に縛られるのは望まないが発明者は、プラズマインピーダンスを実質的に変える可能性がある要素は、エッチング速度等の基板属性にも実質的变化を発生させる傾向があると信じる。これらの要素にはチャンバ材料（例：電極、閉じ込めリング等）の劣化、ガス流のエクスカージョン、ガス圧あるいは温度、基板タイプの変化、チャック面の変化、RF発生器、RF接続、劣悪RFケーブルの問題等を含んでいる。

【0045】

図5は本発明の1実施例によるV/Iプローブでの2MHzの測定インピーダンスを追加した図2の概略図を示す。前述したごとくプロット202は数週間に渡ったブランケット酸化物のエッチング速度をナノメートル毎分（nm/分）で表している。加えて、プロット502は27MHzの対応する測定インピーダンスを表している。

10

【0046】

前述のごとく、所望ターゲットエッチング速度は約110.52nm/分であり、制御上限（ER UCL）は約120.12nm/分であり、制御下限（ER LCL）は約100.91nm/分である。所望ターゲットインピーダンスは約145.73オームであり、制御上限（Z UCL）は約149.16オームであり、制御下限（Z LCL）は約142.29オームである。

【0047】

エッチングプロット202と2MHzの測定インピーダンス402は共に2004年4月6日の204a bと2004年4月9日の206あたりでエクスカージョンを表している。図5のごとく、測定インピーダンスのエクスカージョン（Z UCL以上であるか、あるいはZ LCL以下であるかにかかわらず）はE/R LCL以下のエッチング速度における減少（すなわち属性エクスカージョン）と相関していると考えられる。

20

【0048】

図6は本発明の1実施例によるV/Iプローブでの27MHzの測定周波数を追加した図2の概略図を示す。前述のごとく周波数調整されたプラズマシステムは、処理工程中に反射電力を最低とするためプラズマの発生に使用される周波数セットを修正することができる。その結果、プラズマの変動に対応して周波数が変動する。

【0049】

前述のごとく、プロット202は数週間に渡ったブランケット酸化物のエッチング速度をナノメートル毎分（nm/分）で表している。さらにプロット602は27MHzの対応する測定周波数を表している。前述のごとく所望ターゲットエッチング速度は約110.52nm/分であり、制御上限（ER UCL）は約120.12nm/分であり、制御下限（ER LCL）は約100.91nm/分である。27MHzの所望ターゲット周波数は約27.47680MHzであり、制御上限（FREQ UCL）は約27.52331MHzであり、制御下限（FREQ LCL）は約27.43029MHzである。

30

【0050】

エッチングプロット202と27MHzの測定周波数602は共に2004年4月6日の204a bと2004年4月9日の206あたりでエクスカージョンを表している。図では、エクスカージョンはプロット平均値の3標準偏差値（3σ）を超えるポイントとして定義している。よってこのように測定周波数のエクスカージョン（FREQ UCL以上であるか、あるいはFREQ LCL以下であるかにかかわらず）はE/R LCL以下のエッチング速度における減少（すなわち属性エクスカージョン）と相関していると考えられる。

40

【0051】

図7は本発明の1実施例によるV/Iプローブでの測定インピーダンス位相角を追加した図2の概略図を示す。前述のごとくプロット202は数週間に渡ったブランケット酸化物のエッチング速度をナノメートル毎分（nm/分）で表している。加えてプロット702はインピーダンスの対応する測定位相角を表している。

50

【 0 0 5 2 】

前述のごとく所望ターゲットエッチング速度は約 1 1 0 . 5 2 n m / 分であり、制御上限 (E R U C L) は約 1 2 0 . 1 2 n m / 分であり、制御下限 (E R L C L) は約 1 0 0 . 9 1 n m / 分である。測定インピーダンス位相角の所望ターゲットは約 5 9 . 6 7 ° であり、制御上限 (A N G L E U C L) は約 5 8 . 1 7 ° であり、制御下限 (A N G L E L C L) は約 6 1 . 1 6 ° である。

【 0 0 5 3 】

エッチングプロット 2 0 2 と測定位相角 7 0 2 は共に 2 0 0 4 年 4 月 6 日の 2 0 4 と 2 0 0 4 年 4 月 9 日の 2 0 6 a b あたりでエクスカッションを表している。図では、エクスカッションはプロット平均値の 3 標準偏差値 (3) を超えるポイントとして定義している。よって、このように測定位相角のエクスカッション (A N G L E U C L 以上であるか、あるいは A N G L E L C L 以下であるかにかかわらず) は E / R L C L 以下のエッチング速度における減少 (すなわち属性エクスカッション) と関連していると考えられる。

10

【 0 0 5 4 】

図 8 は参考例のプラズマ加工チャンバを有したプラズマ加工システムの現場モニター方法の概略ステップ図を示す。まず、プラズマ加工チャンバ内に基板を配置する (ステップ 8 0 2) 。次に、基板がプラズマ加工チャンバ内に配置されているときにプラズマ加工チャンバ内でプラズマをストライク処理する (ステップ 8 0 4) 。プラズマストライク処理後に存在する測定された自己バイアス電圧をその後獲得し、その測定された自己バイアス電圧はプラズマが存在しないときには第 1 値を有し、プラズマが存在するときには第 1 値とは異なる少なくとも第 2 値を有する (ステップ 8 0 6) 。測定された自己バイアス電圧値が設定自己バイアス電圧値範囲を外れていれば (ステップ 8 0 8) 、測定された自己バイアス電圧値をその工程の属性と関連させる (ステップ 8 1 0) 。外れていなければ測定された自己バイアス電圧値はその工程の属性と関連されていない (ステップ 8 1 2) 。

20

【 0 0 5 5 】

本発明について好適実施例を用いて説明したが、本発明の範囲内で本発明を変更することは可能である。例えば、本発明をラムリサーチプラズマ加工システム (例 : エクセランTM、エクセランTMHP、エクセランTMHP T、2 3 0 0TM、ペリシスTMスター等) との関連で説明したが、他のプラズマ加工システム (例 : 容量結合、誘導結合、大気等) を利用することもできる。本発明では多様な径 (例 : 2 0 0 m m、3 0 0 m m 等) を有する基板を利用することもできる。本発明の方法の実施には他にも多くの方法がある。

30

【 0 0 5 6 】

参考例の利点には、自己バイアス電圧の測定によって、プラズマ加工システムにおいて加工をモニターする方法及び装置が含まれる。その他の利点には診断あるいはモニタープロセスとして利用できる信頼性の高い信号の利用が含まれる。

【 0 0 5 7 】

好適実施例について説明したが、本発明の範囲内でこれら実施例の変更が可能である。本発明の範囲は添付の請求の範囲によってのみ定義される。

【 図面の簡単な説明 】

40

【 0 0 5 8 】

【 図 1 】 図 1 は静電結合プラズマ加工システムの概略図である。

【 図 2 】 図 2 は本発明の 1 実施例によるプラズマ加工システムのブランケット酸化物エッチングセットの統計的加工制御概略図を示す。

【 図 3 】 図 3 は本発明の 1 実施例による裏側 H e フローポットを追加した図 2 の概略図を示す。

【 図 4 】 図 4 は本発明の 1 実施例による V / I プローブでの 2 7 M H z の測定インピーダンスを追加した図 2 の概略図を示す。

【 図 5 】 図 5 は本発明の 1 実施例による V / I プローブでの 2 M H z の測定インピーダンスを追加した図 2 の概略図を示す。

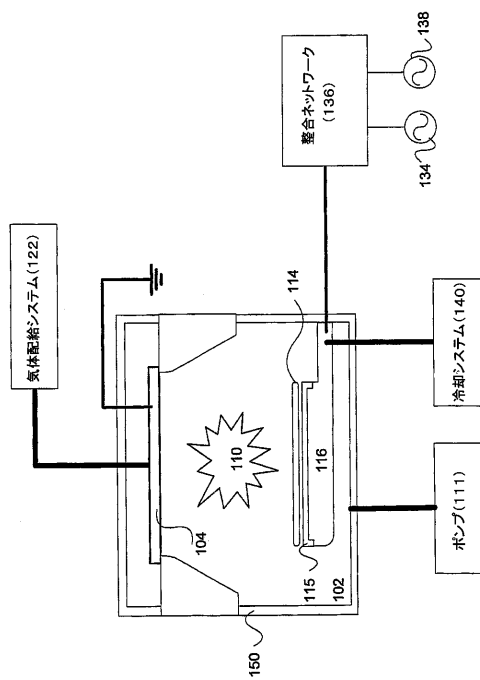
50

【図6】図6は本発明の1実施例によるV/Iプローブでの27MHzの測定周波数を追加した図2の概略図を示す。

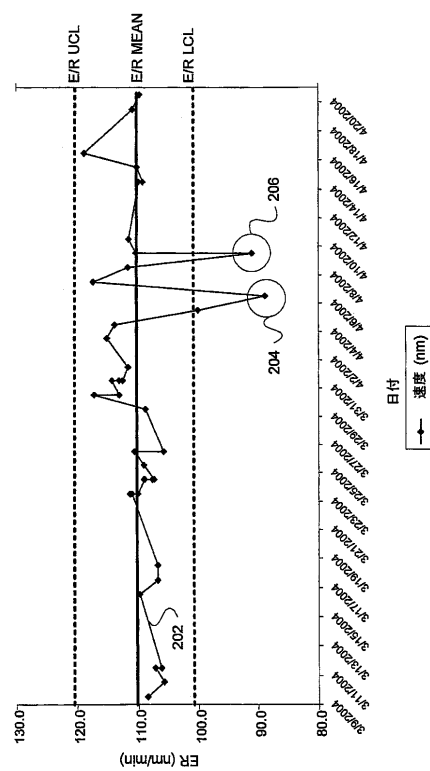
【図7】図7は本発明の1実施例によるV/Iプローブでの測定インピーダンス位相角を追加した図2の概略図を示す。

【図8】図8は参考例の現場モニター方法の概略ステップ図を示す。

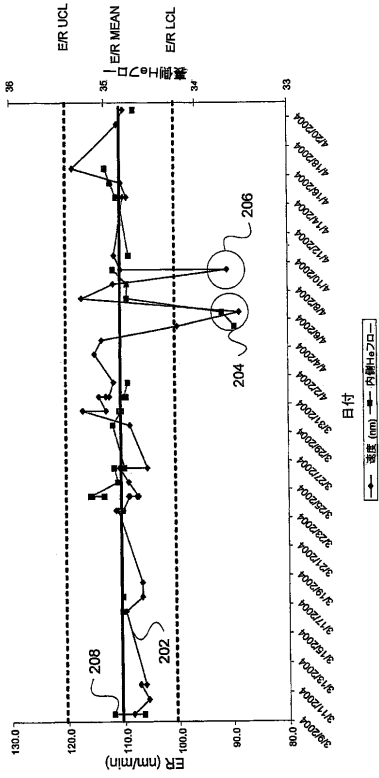
【図1】



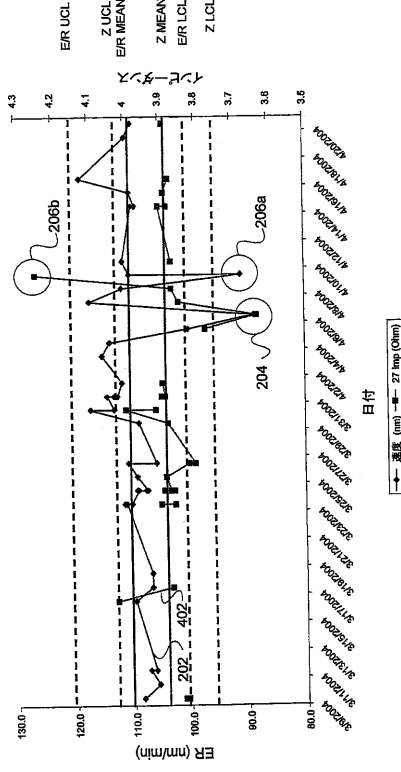
【図2】



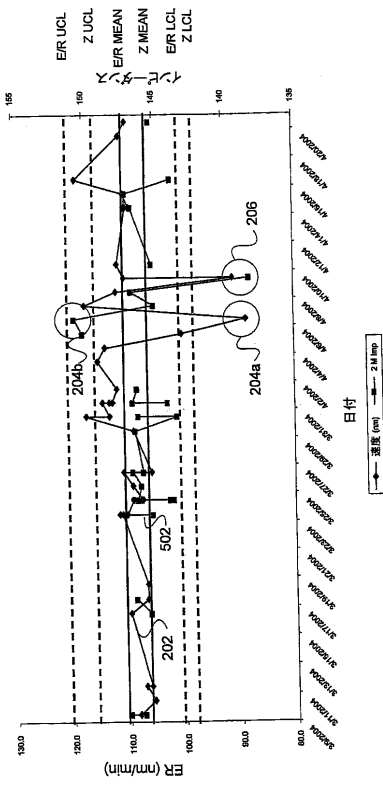
【 3 】



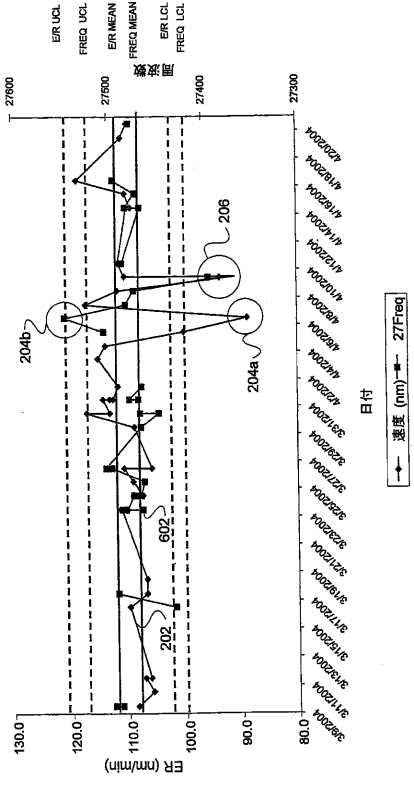
【 4 】



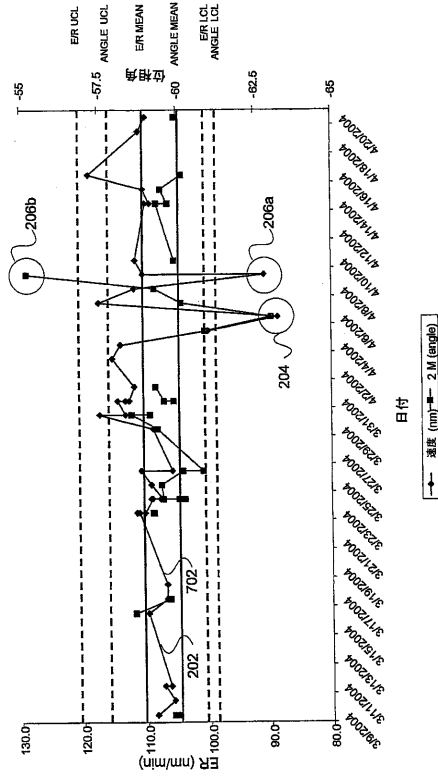
【 5 】



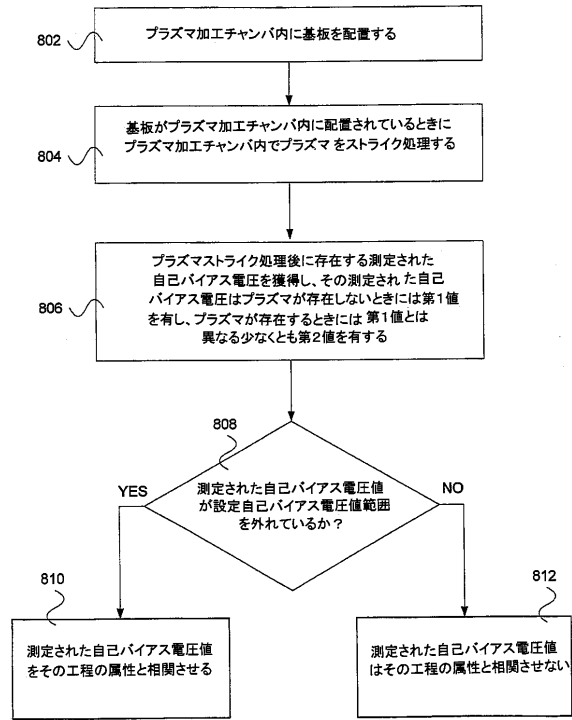
【 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 グイニー, ティモシー, ジェイ.
アメリカ合衆国 ワシントン州 98604, バトル グラウンド, エヌイー ワンハンドレッド
セカンド アベニュー 17416番地
- (72)発明者 アナプラガダ, ラオ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94587, ユニオン シティ, ピナクルズ ドライブ
34268番地
- (72)発明者 デシュムク, サブハッシュ
アメリカ合衆国 ワシントン州 98686, バンクーバー, エヌイー トウェンティーフィフス
アベニュー 13612番地
- (72)発明者 チェン, チア, チェン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95120, サン ジョゼ, カミノ ロブレス コート 1
458番地

審査官 関根 崇

- (56)参考文献 実開平05 - 085038 (JP, U)
特開2000 - 173924 (JP, A)
特開2003 - 124201 (JP, A)
特開平05 - 051772 (JP, A)
特開平08 - 165585 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
H01L 21/205
H05H 1/46
C23C 16/44