

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4297659号
(P4297659)

(45) 発行日 平成21年7月15日(2009.7.15)

(24) 登録日 平成21年4月24日(2009.4.24)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/683 (2006.01)
C 2 3 C 14/50 (2006.01)
C 2 3 C 16/44 (2006.01)
H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/68 R
 C 2 3 C 14/50 A
 C 2 3 C 16/44 F
 H O 1 L 21/302 1 O 1 G

請求項の数 41 外国語出願 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2002-228459 (P2002-228459)
 (22) 出願日 平成14年8月6日(2002.8.6)
 (65) 公開番号 特開2003-133404 (P2003-133404A)
 (43) 公開日 平成15年5月9日(2003.5.9)
 審査請求日 平成17年8月3日(2005.8.3)
 (31) 優先権主張番号 924038
 (32) 優先日 平成13年8月7日(2001.8.7)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (73) 特許権者 598133768
 トーヨー エレクトロン アリゾナ イ
 ンコーポレイテッド
 アメリカ合衆国85233-8205 ア
 リゾナ州, ジルバート, ダブリュー. グアダ
 ループ ロード 2120
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 ジョーゼフ ブルッカ
 アメリカ合衆国, アリゾナ州 85213
 , メーサ, イー・ノークロフト・サークル
 3429

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電チャックの性能を特徴付ける方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内での使用のために第1の真空チャンバ内の静電チャックの性能を判断する方法であって、

製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する第1の性能特性の第1の参照値を供給するステップと、

上記第1の真空チャンバ内に上記静電チャックを配置するステップと、

上記静電チャックの上記第1の性能特性の第1の測定値を測定する測定ステップと、

上記静電チャックの性能の指標を与える、上記第1の性能特性の上記第1の測定値と上記第1の参照値との比較を、行う比較ステップと、

上記比較ステップの結果に基づいて、上記静電チャックの上記性能が上記製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適しているか否かを判断する判断ステップとを含む、方法。

【請求項2】

上記静電チャックの支持表面上の支持位置に基板を配置するステップを、上記測定ステップの前に更に含む、請求項1記載の方法。

【請求項3】

上記第1の真空チャンバ内にプラズマを発生させ、発生したプラズマに上記基板を曝すステップを、上記測定ステップの前に更に含む、請求項2記載の方法。

10

20

【請求項 4】

上記プラズマから帯電粒子を上記基板の表面に引き付けるために、上記静電チャックに R F バイアス電位を印加するステップを、上記測定ステップの前に更に含む、請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】

上記支持表面上に上記基板を拘束する引力を生成するために、上記静電チャックに拘束電圧を印加するステップを、上記測定ステップの前に更に含む、請求項 2 記載の方法。

【請求項 6】

所定温度まで上記静電チャックを加熱するステップを、上記測定ステップの前に更に含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】

上記第 1 の性能特性は、電流 - 電圧特性、インピーダンス特性、プラズマ電流 - 収集電圧特性、及び、加熱 / 冷却特性よりなる群より選ばれる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】

上記比較ステップ後で上記判断ステップの前に、

上記製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する第 2 の性能特性の第 2 の参照値を供給するステップと、

上記静電チャックの上記第 2 の性能特性の第 2 の測定値を測定する測定ステップと、

上記静電チャックの性能の指標を与える、上記第 2 の性能特性の上記第 2 の測定値と上記第 2 の参照値との比較を、行う比較ステップと、

上記比較ステップの結果に基づいて、上記静電チャックの上記性能が上記製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適しているか否かを判断するステップとを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

上記第 2 の性能特性は、電流 - 電圧特性、インピーダンス特性、プラズマ電流 - 収集電圧特性、及び、加熱 / 冷却特性よりなる群より選ばれる、請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

上記比較ステップ後で上記判断ステップの前に、

上記製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する第 1 の性能特性の第 2 の参照値を供給するステップと、

上記静電チャックの上記第 1 の性能特性の第 2 の測定値を測定する測定ステップと、

上記静電チャックの性能の指標を与える、上記第 1 の性能特性の上記第 2 の測定値と上記第 2 の参照値との比較を、行う比較ステップと、

上記比較ステップの結果に基づいて、上記静電チャックの上記性能が上記製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適しているか否かを判断するステップとを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】

上記静電チャックを上記製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に実装するステップを、上記判断ステップの後に更に含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】

製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内での使用のために第 1 の真空チャンバ内の電極を備えた静電チャックの性能を判断する方法であって、

製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する参照インピーダンスレベルを定める目標インピーダンスのセットを供給するステップと、

上記第 1 の真空チャンバ内に上記静電チャックを配置するステップと、

所定の周波数範囲内の複数の周波数を選択するステップと、

上記複数の周波数のそれぞれ毎に、上記静電チャックの上記電極の両端に信号を印加す

10

20

30

40

50

る信号印加ステップと、

実測のインピーダンスのセットを作成するため、上記複数の周波数のそれぞれでの上記信号に対応する上記静電チャックのインピーダンスを測定する測定ステップと、

上記静電チャックの性能の指標を与える、上記実測のインピーダンスと上記周波数範囲での目標インピーダンスのセットとの比較を、行う比較ステップと、

上記比較ステップの結果に基づいて、上記静電チャックの上記性能が上記製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適しているか否かを判断する判断ステップとを含む、方法。

【請求項13】

上記静電チャックの支持表面上の支持位置に基板を配置するステップを、上記信号印加ステップの前に更に含む、請求項12記載の方法。

【請求項14】

上記第1の真空チャンバ内にプラズマを発生させ、発生したプラズマに上記基板を曝すステップを、上記測定ステップの前に更に含む、請求項13記載の方法。

【請求項15】

上記静電チャックは、双極型の静電チャックである、請求項12記載の方法。

【請求項16】

上記静電チャックに電氣的に接続するあらゆるRF電源を切断するステップを、上記信号印加ステップの前に更に含む、請求項12記載の方法。

【請求項17】

上記測定ステップは、インピーダンスの大きさ又は位相角から選ばれる測定値を供する、請求項12記載の方法。

【請求項18】

製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内での使用のために第1の真空チャンバ内の電極を備えた静電チャックの性能を判断する方法であって、

製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する参照リーク電流を定める目標電流のセットを供給するステップと、

上記第1の真空チャンバ内に上記静電チャックを配置するステップと、

電圧の範囲を選択するステップと、

上記静電チャックの上記電極に各電圧を印加する印加ステップと、

実測の電流のセットを作成するため、上記印加された各電圧で流れる電流を測定する測定ステップと、

上記静電チャックの性能の指標を与える、上記実測の電流と上記電圧範囲での目標電流のセットとの比較を、行う比較ステップと、

上記比較ステップの結果に基づいて、上記静電チャックの上記性能が上記製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適しているか否かを判断する判断ステップとを含む、方法。

【請求項19】

上記静電チャックの支持表面上の支持位置に基板を配置するステップを、上記印加ステップの前に更に含む、請求項18記載の方法。

【請求項20】

上記第1の真空チャンバ内にプラズマを発生させ、発生したプラズマに上記基板を曝すステップを、上記印加ステップの前に更に含む、請求項19記載の方法。

【請求項21】

上記静電チャックは、双極型の静電チャックである、請求項18記載の方法。

【請求項22】

上記電圧が、上記双極型の静電チャックの2つの電極に印加される、請求項21記載の方法。

【請求項23】

10

20

30

40

50

第 1 の所定温度まで上記静電チャックを加熱するステップを、上記印加ステップの前に更に含む、請求項 1 8 記載の方法。

【請求項 2 4】

上記第 1 の所定温度とは異なる第 2 の所定温度まで上記静電チャックを加熱するステップを、上記測定ステップの後に更に含むと共に、該第 2 の所定温度まで上記静電チャックを加熱するステップの後に上記印加ステップと上記測定ステップを繰り返すステップを更に含む、請求項 2 3 記載の方法。

【請求項 2 5】

製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内での使用のために第 1 の真空チャンバ内の支持表面を備えた静電チャックの性能を判断する方法であって、

10

製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する参照電流レベルを定める目標電流を供給するステップと、

上記第 1 の真空チャンバ内に上記静電チャックを配置するステップと、

上記静電チャックの上記支持表面上に基板を配置するステップと、

上記基板の露出した表面近傍の上記基板上の位置を選択する選択ステップと、

上記選択された位置にラングミュアプローブの電極を配置する配置ステップと、

上記ラングミュアプローブの上記電極に収集電圧を印加する印加ステップと、

上記ラングミュアプローブにプラズマから流れる電流を測定する測定ステップと、

上記静電チャックの性能の指標を与える、上記測定された電流と上記目標電流との比較を、行う比較ステップと、

20

上記比較ステップの結果に基づいて、上記静電チャックの上記性能が上記製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適しているか否かを判断する判断ステップとを含む、方法。

【請求項 2 6】

収集電圧の関数として上記プラズマから上記ラングミュアプローブに流れる電流のデータ群を生成するため、上記印加ステップと測定ステップを複数の収集電圧に対して繰り返すステップを更に含む、

上記比較ステップが、上記静電チャックの上記性能の指標を付与するため、測定電流のデータ群と目標電流のデータ群とを比較することを含む、請求項 2 5 記載の方法。

30

【請求項 2 7】

上記選択された位置の関数として上記プラズマから上記ラングミュアプローブに流れる電流のデータ群を生成するため、選択ステップ、配置ステップ、印加ステップ、測定ステップ及び比較ステップを複数の上記選択された位置に対して繰り返すステップを更に含む、

上記比較ステップは、上記静電チャックの上記性能の指標を付与するため、測定電流のデータ群と目標電流のデータ群とを比較することを含む、請求項 2 5 記載の方法。

【請求項 2 8】

上記プラズマから帯電粒子を上記基板の表面に引き付けるために、上記静電チャックに R F バイアス電位を印加するステップを、上記測定ステップの前に更に含む、請求項 2 5 記載の方法。

40

【請求項 2 9】

上記支持表面上に上記基板を拘束する引力を生成するため、上記静電チャックに拘束電圧を印加するステップを、上記測定ステップの前に更に含む、請求項 2 5 記載の方法。

【請求項 3 0】

上記選択された位置は、上記基板の外周縁と中心との間である、請求項 2 5 記載の方法。

【請求項 3 1】

上記静電チャックを所定の温度まで加熱するステップを、上記印加ステップの前に更に含む、請求項 2 5 記載の方法。

50

【請求項 3 2】

製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内での使用のために第 1 の真空チャンバ内の温度調整可能な静電チャックの性能を判断する方法であって、

製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する参照温度特性を定める目標温度特性のセットを供給するステップと、

上記第 1 の真空チャンバ内に上記静電チャックを配置するステップと、

所定温度で上記静電チャックの温度を安定化させる安定化ステップと、

上記安定化ステップにおける上記静電チャックの温度調整を中断する中断ステップと、

温度特性を生成するため、時間を関数とした上記静電チャックの温度変化を測定する測定ステップと、

上記静電チャックの性能の指標を与える、上記測定された温度特性と目標温度特性との比較を、行う比較ステップと、

上記比較ステップの結果に基づいて、上記静電チャックの上記性能が上記製造ラインの半導体処理システムの第 2 の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適しているか否かを判断する判断ステップとを含む、方法。

【請求項 3 3】

上記第 1 の真空チャンバ内に供給される処理ガスの圧力を励起するため、第 1 の RF 電力を印加することによってプラズマを発生させるステップを、上記測定ステップの前に更に含む、請求項 3 2 記載の方法。

【請求項 3 4】

上記測定ステップ後に、上記第 1 の真空チャンバ内に供給される処理ガスの圧力を励起するため、上記第 1 の RF 電力とは異なる第 2 の RF 電力を印加することによってプラズマを発生させるステップを更に含むと共に、該第 2 の RF 電力を印加するステップの後に上記安定化ステップ、中断ステップ及び測定ステップを繰り返すステップを更に含む、請求項 3 3 記載の方法。

【請求項 3 5】

上記測定ステップの前に、

上記静電チャックの支持表面上に基板を配置するステップと、

上記プラズマから帯電粒子を上記基板の表面に引き付けるため、第 1 の電圧レベルで RF バイアス電位を上記静電チャックに印加するステップとを更に含む、請求項 3 3 記載の方法。

【請求項 3 6】

上記測定ステップ後に、

上記プラズマから帯電粒子を上記基板の前記表面に引き付けるため、上記第 1 の電圧レベルとは異なる第 2 の電圧レベルで RF バイアス電位を上記静電チャックに印加するステップを更に含むと共に、

該第 2 の電圧レベルで RF バイアス電位を上記静電チャックに印加するステップの後に上記安定化ステップ、中断ステップ及び測定ステップを繰り返すステップを更に含む、請求項 3 5 記載の方法。

【請求項 3 7】

上記静電チャックの温度は、上記温度調整を中断する中断ステップの後に時間を関数として増加する、請求項 3 3 記載の方法。

【請求項 3 8】

上記測定ステップの前に、

上記静電チャックの支持表面上の支持位置に基板を配置するステップを更に含む、請求項 3 2 記載の方法。

【請求項 3 9】

上記支持表面上に上記基板を拘束するため、上記静電チャックの電極に第 1 の電圧レベルで DC 電圧を印加するステップを更に含む、請求項 3 8 記載の方法。

【請求項 4 0】

上記測定ステップ及び第 1 の電圧レベルで D C 電圧を印加するステップの後に、

上記プラズマから帯電粒子を上記基板の表面に引き付けるため、上記第 1 の電圧レベルとは異なる第 2 の電圧レベルで R F バイアス電位を上記静電チャックに印加するステップを更に含むと共に、

該第 2 の電圧レベルで R F バイアス電位を上記静電チャックに印加するステップの後に上記安定化ステップ、中断ステップ及び測定ステップを繰り返すステップを更に含む、請求項 3 9 記載の方法。

【請求項 4 1】

上記静電チャックの温度は、上記温度調整を中断する中断ステップの後に時間を関数として減少する、請求項 3 2 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、静電チャックに係り、より詳細には、静電チャックが製造ラインの半導体製造装置に設置される前に静電チャックの性能を特徴付けるための方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

静電チャックは、半導体ウェハのような基板を処理ステップ中に固定位置に保持するため、半導体処理システム、特にプラズマ処理システムの真空チャンバで使用される。静電チャックは、誘電体内に埋設された一若しくはそれ以上の電極を内蔵する。チャック電圧は、電極に印加され、クーロンの法則により静電チャックの表面に基板を引き付ける拘束力を確立する。ある静電チャックは、ジャンセン - ラーベック効果により、引き付ける拘束力を供給する。静電チャックの性能は、経時的に緩やかに劣化し、拘束電圧が印加されたとき拘束力がもはや適切でなくなり、若しくは、拘束電圧が除去された後で基板が速やかに解放又は非拘束されなくなる。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

未知の特性を有する静電チャックが、製造ラインで 1 以上のプロセスステップを実行する半導体処理システムに最初の実装された静電チャックの交換品として初期的に実装されたとき、相当な困難が生ずる。具体的には、交換品の静電チャックの性能は、最初に実装された静電チャックの性能と異なる。交換品の静電チャックは、最初に実装された静電チャックの未使用状態での性能と比較して、拘束電圧が印加されたとき略同一の拘束性能を提供すべきであり、拘束電圧が除去されたとき略同一の解放性能を提供すべきである。更に、交換品の静電チャックは、交換される静電チャックと類似するプロセス均一性を提供すべきである。プロセス均一性は、チャック電極が支持表面に空間均一性を備えた R F 電力を出力しない場合、基板表面全体にわたり変化することが、知られている。チャック電極の特性は、種々の電極の製造処理中に導入される差異に起因して変化する。交換品の静電チャックが実装前には検知されない劣った性能を有する場合、当該チャックは、通常の動作条件の下ですぐに不具合を生ずる可能性がある。

【0 0 0 4】

性能の特有の予測困難性が原因となり、技術者が、半導体処理システムに実装された後、且つ、プロセスのための基板を固定する初期的な使用の前に、交換品の静電チャックを校正しなければならない。この校正手順は、静電チャックの性能を最適化するために十分な時間、処理システムをアイドル状態とする。動作的なパラメータが初期の使用前に最適化されない限り、交換品のチャックは、基板を適切に拘束せず、若しくは、交換品のチャックは、拘束電圧が印加され基板が処理された後、基板を速やかに解放しない場合がある。静電チャックの性能が処理チャンバ内に実装される前に知られている場合、校正手順は、大幅に簡略化され促進される。

【0 0 0 5】

チャック性能の先見的な知識は、チャックの稼動状態での寿命を予測できる情報を提供しうる。低品質の初期性能を呈する静電チャックは、後に直ぐに不具合を生じ、処理システムや処理されるウェハにダメージを与える。欠陥のチャックは、処理システムをアイドル状態にすることを必要とする、交換若しくは修理がなされなければならない。この中断は、動作不能時間が、製造ラインの生産性を低下させ整備コストを増大させるという波及効果を製造ラインに及ぼすので、コストの嵩むものとなる。

【 0 0 0 6 】

交換の静電チャックの限られた性能試験は、製造ラインの半導体処理システムにチャックを装備させる前に、ベンチトップ上で実現されうる。しかしながら、ベンチトップ環境は、静電チャックが真空チャンバ内で受けるであろう環境を正確に再現できず、試験中にチャックを現実的な環境に晒していない。ベンチトップ環境と真空式半導体処理システム内部の環境との顕著な差異が原因となり、チャック性能の事前測定は、処理チャンバ内及び処理条件下での性能を正確に予測し得ない。静電チャックを試験中にプラズマに曝するか、若しくは真空環境で動作温度までチャックを加熱するといった追加的な変化は、チャックの性能に影響を及ぼすことができ、チャック性能に追加的な先見性を付与する。

10

【 0 0 0 7 】

静電チャックの性能に関する改善された診断情報に対する要求の高まりにより、本発明の目的は、静電チャックが製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装される前に、静電チャックの性能を予測すると共に、適切な性能レベルを有する静電チャックを選択するために当該予測性能を使用するための方法を提供することにある。

20

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上述の目的は、本発明により、第1の真空チャンバ内に静電チャックを配置するステップと、静電チャックの性能特性に対する測定値を測定するステップとを含む静電チャックの性能を特徴付ける方法を提供することによって達成される。性能特性の測定値は、当該性能特性の参照値と比較され、この参照値は、製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足できる性能と相関している。比較は、静電チャックの性能を識別する。この比較ステップの結果に基づいて、静電チャックの性能が製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適するか否かが判断される。

30

【 0 0 0 9 】

上述の目的は、本発明により、所定の周波数範囲内の複数の周波数を選択するステップと、

上記複数の周波数のそれぞれ毎に、静電チャックの電極の両端に信号を印加する信号印加ステップと、

実測のインピーダンスのセットを作成するため、上記複数の周波数のそれぞれでの上記信号に対応する上記静電チャックのインピーダンスを測定する測定ステップとを含む静電チャックの性能を特徴付ける方法を提供することによって達成される。目標インピーダンスのセットが与えられ、この目標インピーダンスのセットが、製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する参照インピーダンスレベルを定める。実測のインピーダンスのセットは、周波数範囲での目標インピーダンスのセットと比較され、当該比較により、静電チャックの性能の指標が得られる。この比較ステップの結果に基づいて、静電チャックの性能が製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適するか否かが判断される。

40

【 0 0 1 0 】

上述の目的は、本発明により、第1の真空チャンバ内に静電チャックを配置するステップと、

電圧の範囲を選択するステップと、

上記静電チャックの電極に各電圧を印加する印加ステップと、

50

実測の電流のセットを作成するため、上記印加された各電圧に応じて流れる電流を測定する測定ステップとを含む静電チャックの性能を特徴付ける方法を提供することによって達成される。目標電流のセットが与えられ、この目標電流のセットが、製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する参照リーク電流を定める。実測の電流のセットは、上記電圧範囲での目標電流のセットと比較され、当該比較により、静電チャックの性能の指標が得られる。この比較ステップの結果に基づいて、静電チャックの性能が製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適するか否かが判断される。

【0011】

上述の目的は、本発明により、第1の真空チャンバ内に静電チャックを配置するステップと、

上記静電チャックの支持表面上に基板を配置するステップと、

上記基板の露出した表面近傍の所定位置を選択する選択ステップとを含む静電チャックの性能を特徴付ける方法を提供することによって達成される。リングミュアプローブの電極は、上記所定位置近傍に配置され、収集電圧が上記電極に印加される。リングミュアプローブにプラズマから流れる電流は、上記所定位置に保持されるリングミュアプローブにより測定される。目標電流が与えられ、当該目標電流が、製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する参照電流レベルを定める。測定された電流は、目標電流と比較され、当該比較により、静電チャックの性能の指標が得られる。この比較ステップの結果に基づいて、静電チャックの性能が製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適するか否かが判断される。

【0012】

上述の目的は、本発明により、第1の真空チャンバ内に静電チャックを配置するステップと、

所定温度で上記静電チャックの温度を安定化させる加熱ステップと、

上記静電チャックの温度調整を中断する中断ステップと、

温度特性を生成するため、時間を関数とした上記静電チャックの増減しうる温度変化を測定する測定ステップとを含む静電チャックの性能を特徴付ける方法を提供することによって達成される。目標温度特性が与えられ、当該目標温度特性が、製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足な性能に相関する参照温度特性を定める。測定された温度特性は、目標温度特性と比較され、当該比較により、静電チャックの性能の指標が得られる。この比較ステップの結果に基づいて、静電チャックの性能が製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバ内に上記静電チャックを実装するのに適するか否かが判断される。

【0013】

かくして、静電チャックの性能を、適切な性能を呈する既存のチャックの目標性能特性と比較することを可能とする方法が提供される。本方法は、静電チャックが製造ラインの処理システムの真空チャンバ内に実際に装備される前に、静電チャックの性能を予測することを可能とする。

【0014】

本発明の方法は、単極型及び双極型のジャンセン - ラーベック式静電チャックやクーロン式静電チャックを含む如何なる種の静電チャックの性能を決定するのに適用可能である。本発明は、静電チャックが製造ラインの処理システムの真空チャンバ内に装備される前に、電気的特性のような静電チャックの性能を判断することを可能とする。性能の前もった判断は、静電チャックが、動作不良を起こし、半導体処理システムや当該システムの処理している基板を損傷する可能性を低減する。静電チャックの性能が実装前に知られるので、チャックを交換し大幅に低減された時間で校正することができる。このことは、製造ラインの生産性を向上させ、各基板の処理に関連するコストを低減する。チャック性能の

測定は、より長い所期寿命を有しうる静電チャックの選別を可能にする。

【 0 0 1 5 】

本発明の多様な効果、目的及び特徴は、次の好ましい実施例の詳細な説明を添付図面を参照しつつ精査すると、当業者にとってより容易に明白になるだろう。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

本発明は、一若しくはそれ以上の静電チャックの性能特性を測定すると共に、これら性能特性と、許容できる性能を示す参照静電チャックの目標性能特性とを比較するための方法を提供する。本発明の方法は、静電チャックが製造ラインの処理システムの真空チャンバ内に実際に装備される前に、静電チャックの性能を予測する。

10

【 0 0 1 7 】

本発明の方法は、単極型及び双極型のジャンセン - ラーベック式静電チャックやクーロン式静電チャックを含む如何なる種の静電チャックの性能を決定するのに適用可能である。本発明は、静電チャックが製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバに実装される前に、静電チャックの性能を定量化することを可能にする。この性能の定量化は、静電チャックの動作不良が半導体処理システムや当該システムの処理している基板を損傷する可能性を低減する。静電チャックの性能は実装前に知られているので、チャックを再配置し当該チャックを校正するのに要する時間が大幅に低減される。更に、チャック性能の測定は、より長い所期寿命を有しうる静電チャックを選別することを可能にする。

【 0 0 1 8 】

20

図 1 を参照するに、半導体ウェハのような基板 1 2 をプラズマにより処理しよう動作可能な半導体処理システム 1 0 若しくはその類の装置が図示されている。処理システム 1 0 は、真空処理空間 1 8 を包囲するチャンバ壁 1 6 を有する真空チャンバ 1 4 を含む。プラズマ 2 0 は、基板 1 2 の露出した表面を処理するため、真空処理空間 1 8 の部分に発生せられる。この目的のため、処理システム 1 0 には、インピーダンス・マッチング・ネットワークにより公知の方法でアンテナ 2 4 に電氣的に接続される R F 電力供給 2 2 が設けられる。アンテナ 2 4 は、導電性材料からなり、アンテナのコイルは、チャンバ壁 1 6 のシールされた部位を形成する平らな誘電体窓 2 6 近傍に配置される。誘電体窓 2 6 は、酸化アルミニウムのような誘電体材料から形成され、真空処理空間 1 8 内にアンテナ 2 4 から発せられる R F 電力を伝達する。伝達された R F 電力は、処理ガス供給 2 8 から選択的に供給される希圧雰囲気処理ガスに誘導的に結合する。典型的には、R F 電力供給 2 2 は、約 4 4 0 k H z ~ 約 1 3 . 5 6 M H z の周波数で動作し、約 5 0 0 0 ワットまでの R F 電力を出力する。マスフローコントローラ 3 0 は、処理ガス供給 2 8 からの処理ガスの流速を調整する。マスフローコントローラ 3 0 は、真空処理空間 1 8 内部の真空度を検出する圧力計からの情報を受け、測定された真空度に応じて処理ガスの流速を調整する。真空システム 3 2 は、真空チャンバ 1 4 に流体的に連通しており、真空処理空間 1 8 を排気する。真空システム 3 2 は、調整可能な真空バルブ 3 4 の絞りにより制御可能であるポンプ排気速度を有する。真空処理空間 1 8 にプラズマが存在する通常的な動作条件の下では、真空処理空間 1 8 の圧力は、約 0 . 5 m T o r r ~ 約 1 0 0 m T o r r であり、好ましくは約 1 0 m T o r r である。制御された流れの処理ガスを供給しポンプ排気速度を絞ることは、処理ガスを連続的に入れ替えると共に、真空処理空間 1 8 での所望の圧力を維持する。かかる処理システム 1 0 は、東京エレクトロンアリゾナ社 (Gilbert AZ) が製造するモデル P C M エッチシステムである。

30

40

【 0 0 1 9 】

従来の設計の静電チャック (E S C) 3 6 は、真空チャンバ 1 4 内に取外し可能に搭載でき、図 1 に搭載された状態が示されている。静電チャック 3 6 は、基板 1 2 を加熱若しくは冷却し、基板 1 2 を電氣的にバイアス印加し、基板 1 2 を真空処理空間 1 8 内のプラズマ 2 0 近傍に固定状態で保持するために使用される。

【 0 0 2 0 】

図 2 を参照するに、静電チャック 3 6 は、基板 1 2 を受ける支持表面 4 0 を有する誘電

50

体 3 8 を含む。誘電体 3 8 は、硝酸アルミニウムのようなセラミック材料から製造され、高い電氣的抵抗と共に適切な熱伝導性を有する。誘電体 3 8 には、ディスク状の内側の電極 4 2 と、内側の電極 4 2 を囲繞する環状の外側の電極 4 4 とが埋設される。外側の電極 4 4 は、内側の電極 4 2 と略同心をなし、各電極 4 2 , 4 4 は、モリブテンのような金属から形成される。内側の電極 4 2 は、外側の電極 4 4 から電氣的に絶縁されており、電極 4 2 , 4 4 が双極型の構成で静電チャック 3 6 の双極として機能できるようになる。可変型の高電圧電源 4 6 の出力は、シールド伝達ライン 4 8 , 4 9 を介して電極 4 2 , 4 4 に電氣的に結合され、D C バイアス電位や拘束電圧を供給する。典型的には、高電圧電源 4 6 は、内側の電極 4 2 が正にバイアスがかけられ、外側の電極 4 4 が負にバイアスがかけられるように、配線される。反対の極性に帯電した内外の電極 4 2 , 4 4 は、基板 1 2 と電極 4 2 , 4 4 との間に、印加された拘束電圧及び静電チャック 3 6 の特性に比例する拘束力により基板 1 2 を支持表面 4 0 に静電的に固定する電位差を確立する。高電圧電源 4 6 は、約 - 1 5 0 0 ボルト ~ 約 + 1 5 0 0 ボルト の拘束電圧を供給するよう動作可能である。

10

【 0 0 2 1 】

静電チャック 3 6 は図 2 には双極型のチャックとして図示され、以下の議論はジャンセン・ラーベック式的双極型チャックの内容で本発明を説明するが、本発明は、これに限定されることなく、ジャンセン・ラーベック式の単極型チャックやクーロン式チャックのような代替的な電極構成をもつ静電チャック 3 6 の性能を測定するためにも適用可能である。従来のジャンセン・ラーベック式チャックは、米国特許第 6 , 1 3 4 , 0 9 6 号や第 5 , 9 4 6 , 1 8 3 号に開示されている。これら各特許の開示内容は、ここに参照により組み込まれる。

20

【 0 0 2 2 】

R F 電源 5 0 は、高電圧電源 4 6 によって供給される拘束 D C 電圧に加えて、時間によって変化する D C バイアスを供給するため、対のシールド伝達ラインを介して電極 4 2 , 4 4 に電氣的に結合される。時変 D C バイアスは、基板 1 2 の露出した表面にプラズマからのラジカルやイオンを引き付ける。R F 電源 5 0 は、典型的には、約 1 3 . 5 6 M H z の周波数で動作し、約 5 0 0 ワットより小さい出力レベル、典型的には約 1 0 0 ワットである。

【 0 0 2 3 】

誘電体 3 8 には、適切なヒータ電源 5 4 に電氣的に結合される格子網状の抵抗加熱素子 5 5 が埋設される。加熱素子 5 5 は、電極 4 2 , 4 4 及び静電チャック 3 6 の他の部位から、介在する厚みの誘電体 3 8 の誘電体材料によって、電氣的に絶縁されている。抵抗加熱素子 5 5 は、ジュール熱によりヒータ電源 5 4 から供給される電気エネルギーを熱的に放散し、誘電体 3 8 を加熱する。熱エネルギーは、加熱素子 5 5 から誘電体 3 8 を通って支持表面 4 0 及び支持表面 4 0 に着座する基板 1 2 へと伝導される。基板 1 2 の温度は、ヒータ電源 5 4 から加熱素子 5 5 への電流を変化させることによって調整される。典型的には、基板 1 2 は、均一で繰り返し可能なエッチングや材料の堆積を保証するために選択される、処理中における特別な所定温度で保持される。

30

【 0 0 2 4 】

対のガス経路 5 6 は、誘電体 3 8 を通って延在し、誘電体 3 8 の表面上の相互結合されたガスチャンネル 5 8 のネットワークの一端に連通する。ガスチャンネル 5 8 は、支持表面 4 0 と基板 1 2 の対向表面との間へと、ヘリウムやアルゴンのような熱伝達ガスを方向付ける。各ガス経路 5 6 の他端は、熱伝達ガス供給 6 0 に至る適切なガスラインと連通している。熱伝達ガスの存在は、実際には物理的に接触していない支持表面 4 0 の部分と基板 1 2 との間の熱エネルギーの均一で効率的な伝達を、効率的な熱伝達媒体を供給することで促進する。支持表面 4 0 と基板 1 2 との間の熱の伝達を最適化すべく、静電力は、略均一であるべきであり、基板 1 2 の対向表面の相当の部分が支持表面 4 0 の物理的に接触し、略一定の力で表面 4 0 と接触するようにする。支持表面 4 0 と基板 1 2 との間の十分な物理的接触は、基板 1 2 下方からの熱伝達ガスの漏れを制限し、適切な熱伝達ガスの圧を維

40

50

持すると共に、それらの間の熱の伝達を改善する。

【 0 0 2 5 】

熱電対 6 2 は、誘電体 5 0 内に位置し、熱電対 6 2 からの信号を変換して熱電対 6 2 付近の誘電体の温度の表示を提供する熱電対コントローラ 6 4 に接続される。誘電体 3 8 の温度は、基板 1 2 の温度に近似し、基板 1 2 の温度を調整するためのヒータ電源 5 4 へのフィードバックとして与えられる。静電チャック 3 6 が、チャック 3 6 の温度を調整する際に使用される冷却流体を受け入れる部位を備えた構成であってよいことは、理解されるべきである。

【 0 0 2 6 】

熱伝達ガスは、典型的には、約 1 T o r r ~ 約 1 0 T o r r の圧力で供給されるものであるが、当該ガス圧と、約 5 m T o r r ~ 約 3 0 m T o r r である上述の真空処理空間 1 8 (図 1) 内のガス圧との圧力差に起因した力を付与する。熱伝達ガスにより付与される力は、支持表面 4 0 から基板 1 2 を離反するように作用する。この力、圧力に対抗する為、静電チャック 3 6 の電極 4 2 , 4 4 の印加される拘束電圧は、基板表面 4 0 に基板 1 2 を固定するのに十分な大きさの静電的な引力を提供しなければならない。

【 0 0 2 7 】

本発明は、静電チャック 3 6 の一以上の特性を測定し、測定された特性を、既知の特性に対して、若しくは、チャック 3 6 と略類似の構成及び/又は構造である参照の静電チャックの目標性能に対して比較し、チャック 3 6 の性能を把握する。測定された性能は、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内のチャック 3 6 の性能を予測するために用いられる。測定される性能は、チャック 3 6 のインピーダンス、チャック 3 6 の電流 - 電圧特性、支持表面 4 0 近傍の局所的プラズマ密度、チャック 3 6 の冷却若しくは加熱速度、及びこれらの種々の組み合わせを含む。チャック 3 6 の測定された性能は、処理中に基板 1 2 を拘束するため若しくは処理後の基板 1 2 を解放するための電氣的性能や、基板 1 2 の露出表面にイオン及びラジカルを均一に引き付けるチャック 3 6 の能力、その他関連特性を指示するものであってよい。目標性能は、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足できる性能に相関する参照レベルを提供する。

【 0 0 2 8 】

本発明の一面面によると、静電チャック 3 6 の性能は、印加電圧の関数として電極 4 2 , 4 4 間に流れるリーク電流を測定することによって、定量化される。適切な電流 - 電圧モニタ 6 3 が、高電圧 D C 電源 4 6 から電極 4 2 , 4 4 に至るシールド伝達ラインに設置される。当業者であれば、電流 - 電圧モニタ 6 3 が高電圧 D C 電源 4 6 と一体化されてよいことを理解するだろう。電流 - 電圧モニタ 6 3 の電流検出回路は、0 ミリアンペア ~ 2 0 ミリアンペアの範囲の感度であり、電流 - 電圧モニタ 6 3 の電圧検出回路は、約 - 1 5 0 0 ボルト ~ 約 + 1 5 0 0 ボルト範囲の感度であるべきである。この電圧範囲は、静電チャック 3 6 の電極 4 2 , 4 4 に典型的に印加される拘束電圧の範囲に対応する。電流 - 電圧モニタ 6 3 は、種々のチャック 3 6 の電流 - 電圧特性間の比較を行うのに適した態様で電流 - 電圧の測定値を示すことができるディスプレイデバイスを有すべきで、測定値の配列を記憶するメモリを含んでよい。明らかであるが、電流 - 電圧モニタ 6 3 は、測定及び比較を容易化するマイクロコンピュータ (図示せず) に接続されてよい。

【 0 0 2 9 】

図 2 に示す双極型の静電チャック 3 6 で電流 - 電圧測定を実行するため、電圧が高電圧電源 4 6 から電極 4 2 , 4 4 に印加される。加熱素子 5 5 への電力は、例えば約 2 0 0 の固定の一定温度まで静電チャック 3 6 を加熱するために調整される。共通的に接続された電極 4 2 , 4 4 に流れるリーク電流は、静電チャック 3 6 の所期の動作電圧範囲におよそ対応する電圧の両極性の範囲にわたる印加電圧の関数として、記録される。電流 - 電圧曲線の形状は、印加電圧の所定の電圧範囲にわたる静電チャック 3 6 の電流 - 電圧性能を表わす。所期の性能からの当該性能の逸脱は、例えば、誘電体 3 8 を形成する材料中の過剰な量の不純物、欠陥のチャック構成要素、若しくはチャック構成要素の不適切な組み立て

10

20

30

40

50

を提示してよい。

【0030】

電流 - 電圧性能の測定値は、支持表面 40 上における基板 12 の有無のような、種々の条件の下で測定されてよい。或いは、静電チャック 36 は、一連の温度のそれぞれの温度まで加熱されてよく、電流 - 電圧性能が、一連の各温度で測定される。静電チャック 36 の電気抵抗は、温度を関数として変化することが知られている。電流 - 電圧性能の測定に対するその他の代替として、安定なプラズマが、例えば約 500 ワット ~ 約 750 ワットの既知の電力レベルで動作する RF 電力供給 22 により、真空処理空間 18 に供給されてよく、特定のガス混合の処理ガスが、例えば約 1 mTorr ~ 約 200 mTorr の所与の圧力で真空処理空間 18 に供給される。例えば、電流 - 電圧データを取得する前に、プラズマは、10 mTorr のアルゴンから RF 電力 750 ワットで生成でき、若しくは、100 mTorr の 96% のヘリウムと 4% の水素から RF 電力 600 ワットで生成できる。プラズマの存在下で試験を行うことにより、静電チャック 36 の性能が所与のプロセスシーケンスやレシピ中に大きく変動することが認識される。これらの種々の試験条件の組み合わせは、本発明により意図されている。

10

【0031】

欠陥のある静電チャックと、許容性能を有する構成及び / 又は構造と類似若しくは同一の静電チャックとの電流 - 電圧性能比較の例が、図 3 及び図 4 に図示されている。測定されたリーク電流の大きさが、200 の静電チャックを用いて測定された横軸上の電極への印加電圧に対して、左の縦軸上に表わされている。各チャックの電極への電圧は、離散的な電圧増分（例えば約 50 ボルト）で、約 - 1000 ボルトから約 + 1000 ボルトまで徐々に上昇され、電極を含む回路内に流れる電流が監視される。曲線 100 は、所期の性能を有する静電チャックに対する、印加電圧の関数としてのリーク電流のプロットを表わす。リーク電流は、印加電圧の範囲にわたり略線形的に増加し、当該電圧範囲で約 - 1.5 ミリアンペア ~ 約 + 2 ミリアンペアの範囲であることがわかる。曲線 102 は、チャックの材料、構成、組み立て等において異常や欠陥の性能症状を有する静電チャックに対する、印加電圧の関数としてのリーク電流のプロットを表わす。曲線 102 は、約 - 1000 ボルトから約 + 450 ボルトの範囲では曲線 100 の傾斜に類する傾斜を有して線形であることがわかる。曲線 102 は、例えば印加電圧 0 ボルトにて顕著なリーク電流が欠陥のチャックに測定されるように、曲線 100 からオフセットする。印加電圧 450 ボルトでは、リーク電流が、初期の線形の依存性から逸脱しはじめ、大幅に増大した新たな傾きで線形的に増加することがわかる。印加電圧 1000 ボルトでは、例えば、欠陥のあるチャックは、曲線 100 の許容性能をもつチャックのリーク電流に比して、略一オーダ大きい曲線 102 でのリーク電流を呈する。

20

30

【0032】

欠陥チャックが図 3 の曲線 102 において約 + 450 ボルトから約 + 1000 ボルトの範囲で示すような、リーク電流の急激な増加は、静電チャックを形成する誘電体材料における不規則性によって頻繁に引き起こされる。増大されたリーク電流の発生は、許容性能を有するチャックと曲線 102 に係るチャックとを明確に区別する。曲線 100 の測定値に係るチャックのような許容性能を有するチャックの電流 - 電圧性能の数学的依存性と、曲線 102 の測定値に係るチャックのような欠陥のあるチャックの電流 - 電圧性能の数学的依存性との間の顕著な差異によって、欠陥のチャックを品質制御のために識別することが可能となり、製造ラインの半導体処理装置に欠陥のチャックを実装することが防止される。

40

【0033】

図 4 を参照するに、測定された電流の大きさが、横軸上の電極 42, 44 に印加された電圧に対して、左の縦軸上に表わされており、当該測定値は、200 の静電チャックを用いて、真空処理空間 18 にプラズマが存在する状態で取得されている。プラズマが基板 12 上の真空処理空間 18 に形成されると、プラズマ自身が、当該プラズマの基本特性に関連する DC 電位まで基板 12 にバイアスをかける。曲線 104 は、所期の性能を有する

50

静電チャックに対する、印加電圧の関数としての電流のプロットを表わし、曲線 100 (図 3) に類似する。リーク電流は、印加電圧の範囲で略線形的に増加し、当該電圧範囲で約 - 2 ミリアンペア ~ 約 + 2 ミリアンペアの範囲であることがわかる。曲線 106 は、異常や欠陥の性能症状を有する静電チャックに対する、印加電圧の関数としてのリーク電流のプロットを表わす。この静電チャックは、曲線 102 (図 3) が取得されたのと同じの静電チャックである。各曲線の電流は、印加電圧に線形的な依存性を有するが、曲線 106 は、明らかに曲線 104 に比して顕著に大きな傾きを有することがわかる。最大の正の電圧及び最小の負の電圧において、曲線 106 で欠陥チャックが示すリーク電流は、曲線 104 に示す許容性能を有するチャックのリーク電流に比して、およそ 1 オーダ大きい。明らかなように、印加電圧を関数とするリーク電流の数学的依存性における顕著な差異によって、曲線 106 に係るチャックのような欠陥のあるチャックと、曲線 104 に係るチャックのような許容性能を有するチャックとを識別することができる。

10

【0034】

本発明のその他の局面によれば、静電チャック 36 の性能は、適切な周波数範囲でのチャック 36 のインピーダンスを測定することによって定量化される。図 2 を参照するに、RF 電源 50 に至るシールド伝達ライン 52, 53 が、インピーダンス・アナライザ 66 の入力に非接続及び接続されている。インピーダンス・アナライザ 66 は、広い範囲のインピーダンス値を広い周波数帯域にわたり高精度に測定するために装備されたあらゆるシステムやデバイスであってよい。適切なインピーダンス・アナライザ 66 は、Agilent Technologies (Palo Alto, Ca) から入手できる、モデル番号 4396 であり、測定及び比較を容易化するマイクロプロセッサ制御のためにコンピューターシステム (図示せず) に接続されてよい。インピーダンス・アナライザ 66 は、種々のチャック 36 の電流 - 電圧特性間の比較を行うのに適した態様で電流 - 電圧の測定値を表示できるディスプレイデバイスを有すべきで、測定されたインピーダンス値の配列を記憶するメモリを含んでよい。

20

【0035】

インピーダンスデータを取得する前に、真空処理空間 18 は、約 0.1 mTorr より小さい真空度まで排気され、静電チャック 36 は、周囲温度とされる。静電チャック 36 のインピーダンスは、一定の大きさの電圧による励起信号を印加し、約 400 kHz ~ 約 60 MHz の範囲のような所定の周波数範囲にわたり離散的な増分量で周波数を変化させつつ、結果として得られる電流の大きさ及び位相を測定することによって、測定される。インピーダンスデータの大きさや位相角は、チャック 36 に略類する既知の静電チャック若しくはチャック 36 に略類する既知の一連の静電チャックのインピーダンスの所期の周波数依存挙動と比較される。所期の挙動からのいかなる静的な顕著な逸脱も、評価を受けた静電チャック 36 が欠陥であること若しくは不適切に組み立てられていることを示す。

30

【0036】

静電チャック 36 のインピーダンスは、チャック性能に関する関連情報を数回で若しくは合同的に提供してよい非常に異なる条件の下で測定できる。具体的には、インピーダンスデータは、静電チャック 36 上での基板 12 の有無、基板 12 への加熱の有無、場合によっては真空処理空間 18 内のプラズマの有無、及びこれらの組み合わせにより取得することができる。例えば、インピーダンスデータを取得する前に、プラズマを、10 mTorr のアルゴンから RF 電力 750 ワットで発生させ、若しくは、100 mTorr の 96 % のヘリウムと 4 % の水素から RF 電力 600 ワットで発生させることができる。その他の例として、インピーダンスデータは、例えば 150, 200, 250, 280, 300 の安定化した温度のような、一連の基板温度に加熱された基板を用いて取得することができる。

40

【0037】

欠陥の静電チャックのインピーダンス性能と、当該欠陥の静電チャックに略類する構成及び/又は構造であり、許容性能を有するその他の静電チャックのインピーダンス性能との比較例が、図 5A, 5B, 6A 及び 6B に示される。図 5A を参照するに、既知の静電チャック及び欠陥の静電チャックに対する、測定されたインピーダンスの大きさが、横軸上

50

の約 10 MHz ~ 約 15 MHz の範囲での周波数に対して、左の縦軸上に単位 で表わされている。既知の静電チャックは、製造ラインの半導体処理システムに使用に許容可能である性能パラメータを有する。欠陥の静電チャックは、図 5 A の曲線 112 で示すように、符合 110 が付された既知の許容性能を有するチャックに対して測定されたインピーダンスに比して、実質的に、周波数範囲全体にわたり大きなインピーダンスを示す。曲線 110 の目標インピーダンスの大きさのセットは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足できる性能に相関する参照インピーダンスの大きさを定める。図 5 B は、インピーダンス測定前に基板 12 が支持表面 40 上に配置された場合での、図 5 A の 2 つの静電チャックに対する測定されたインピーダンスの大きさを示す。図 5 A と同様に、欠陥のチャックのインピーダンスは、図 5 B の曲線 116 で示すように、約 10 MHz ~ 約 15 MHz の周波数範囲全体にわたり、符合 114 が付された既知のチャックのインピーダンスに比して実質的に大きい。明らかなように、印加された励起信号の周波数を関数とするインピーダンスの大きさの数学的依存性の顕著な差異から、曲線 110, 114 に係るチャックのような欠陥チャックと、曲線 112, 116 に係るチャックのような許容可能な性能を有するチャックとを区別することができる。

10

【0038】

同様に、図 6 A を参照するに、周波数が約 10 MHz ~ 約 15 MHz の範囲で走査される際に、正常な許容可能な周波数応答を有する既知の静電チャック及び異常な応答を有する欠陥静電チャックに対する、インピーダンスの位相角が、横軸上の周波数に対して左の縦軸上に表わされている。明らかなように、欠陥の静電チャックに対する位相角の周波数依存性は、図 6 A の曲線 120 で示すように、周波数範囲全体にわたり、符合 118 が付された既知の 8 チャックの位相角の周波数依存性と相違する。図 6 B は、インピーダンス測定前に基板 12 が支持表面 40 上に配置された場合での、図 6 A の 2 つの静電チャックに対する測定されたインピーダンスの位相角を示す。欠陥のチャックの位相角の周波数依存性は、図 6 B の曲線 124 で示すように、約 10 MHz ~ 約 15 MHz の周波数範囲全体にわたり、符合 122 が付された既知のチャックの位相角の周波数依存性に比して大きく、相違している。曲線 122 の目標インピーダンス位相角のセットは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足できる性能に相関する参照インピーダンス位相角レベルを定める。明らかなように、印加された励起信号の周波数を関数とするインピーダンスの位相角の数学的依存性の顕著な差異から、曲線 120, 124 に係るチャックのような欠陥チャックと、曲線 118, 122 に係るチャックのような許容可能な性能を有するチャックとを区別することができる。

20

30

【0039】

本発明のその他の局面によると、図 1 及び図 7 を参照するに、プラズマ処理システムには、ラングミュアプローブ 70 と、電流インジケータを有するプローブ電源 / コントローラ 72 とが設けられる。ラングミュアプローブ 70 は、プラズマ密度、帯電粒子濃度、及び、静電チャック 36 の支持表面 40 近傍位置でのエネルギー分布関数のような、プラズマ処理システム 10 におけるプラズマを特徴付けるパラメータを決定するよう動作可能な知られた装置である。図 7 に最もよく示されているように、ラングミュアプローブ 70 は、石英のような誘電体材料から形成される段付きの径の絶縁シリンダ 76 を通って延在する。ラングミュアプローブ 70 は、支持表面 40 付近に移動できるように、チャンバ壁 16 に対して半径方向（図中、矢印 78 により指示）に移動可能であり、絶縁されていない電極 74 の先端がプラズマ中に挿入される。プラズマは、電極 74 の露出部に当たり、収集電圧が電源 72 によって印加されるとき、小さい電流が発生する。ラングミュアプローブ 70 は、のこぎり波状電圧のような、所与の電圧範囲にわたり可変である、プローブ電源 / コントローラ 72 からの掃引電圧によって駆動される。測定中、真空処理空間 18 内のプラズマは、集中状態（study-state）の条件で維持され、ラングミュアプローブ 70 により測定される電流 - 収集電圧特性を比較的分析しやすくする。静電チャック 36 の電流 -

40

50

収集電圧特性は、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときに満足できる機能を持つ、静電チャック 36 に構成及び/又は構造において略類似する参照静電チャックの同特性と比較される。

【0040】

静電チャック 36 の性能を定量化するため、基板 12 が誘電体 38 上に配置され、拘束電圧が高電圧 DC 電源 46 から電極 42, 44 に印加され、プラズマが静電チャック 36 上に誘導される。ラングミュアプローブ 70 は、基板 12 の例えば約 2 mm 上方に懸架されつつ、基板 12 のエッジと基板 12 の中心との間の一連の位置に位置付けられる。測定は、真空処理空間 18 にプラズマを発生させるための RF 電力供給 22 に対する通電の有無に分けて実行できる。例えば、プラズマは、750ワットの RF 電力をアンテナ 24 に供給する RF 電力供給 22 により 10 mTorr のアルゴンから生成でき、或いは、600ワットの RF 電力をアンテナ 24 に供給する RF 電力供給 22 により 100 mTorr の 96% のヘリウムと 4% の水素から生成できる。RF 電力供給 22 が通電されていない場合、二次プラズマが、RF 電源 50 及び高電圧電源 46 により静電チャックの電極 42, 44 に印加される高電位によって真空処理空間 18 に独立的に形成されてよい。RF 電力供給 22 が通電された場合、測定が、例えばプラズマに供給される RF 電力を 0 ワットから約 1000 ワットまで徐々に増加させつつ、若しくは単一の出力レベルで、実行されてよい。

10

【0041】

本発明のその他の局面によると、静電チャック 36 の性能は、チャック 36 の加熱速度若しくは冷却速度を測定することによって特徴付けられてよい。静電チャック 36 の温度応答を特徴付けるため、加熱素子 55 がチャック 36 を約 200 ~ 400 の範囲の温度まで加熱するために使用される。温度が安定化し静電チャック 36 が熱的に平衡となった後、電力の供給が切断され、加熱素子 55 及びチャック 36 が冷却されていく。静電チャック 36 が冷却される際、チャック 36 の温度が、熱電対 62 及び熱電対コントローラ 64 によって、特定の時間間隔で監視される。典型的な冷却速度と比較して異常な冷却速度は、静電チャック 36 の性能が満足できるものでないことを表わす。静電チャックの冷却速度は、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときに満足できる機能を持つ、静電チャック 36 に構成及び/又は構造において略類似する参照静電チャックの冷却速度と比較される。

20

30

【0042】

プラズマが真空処理空間 18 に存在する場合、静電チャック 36 の温度は、加熱素子 55 への電力供給が中断され、且つ、チャック 36 のための冷却源が非可動とされたときに、増加する場合がある。例えば、プラズマは、750ワットの RF 電力をアンテナ 24 に供給する RF 電力供給 22 により 10 mTorr のアルゴンから生成でき、或いは、600ワットの RF 電力をアンテナ 24 に供給する RF 電力供給 22 により 100 mTorr の 96% のヘリウムと 4% の水素から生成できる。本例において、静電チャック 36 の加熱速度は、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときに満足できる機能を発揮する参照静電チャックの加熱速度と比較されるだろう。

40

【0043】

静電チャック 36 の加熱速度若しくは冷却速度は、チャック 36 が適切に組み立てられているか否か、及び/又は、チャック 36 の構成部品が欠陥であるか否かを特定してよい。例えば、静電チャック 36 が不適切に組み立てられた場合、チャック 36 は、熱伝導のための経路における一以上の不連続性に起因して、所期の速度で冷却されない。加熱速度若しくは冷却速度は、電極 42, 44 への高電圧 DC 電源供給 46 からの拘束電圧の印加の有無、静電チャック 36 上での基板 12 の有無、電極 42, 44 への RF 電源 50 からの RF 電力の印加の有無、及びこれらの組み合わせにより取得することができる。更に、温度は、高電圧 DC 電源供給 46 により電極 42, 44 に印加される一連の拘束電圧で、RF 電源 50 により静電チャック 36 に供給される一連の RF 電力で、或いは、測定されて

50

よく、RF電力供給22により真空処理空間18内のプラズマにアンテナ24を介して誘導的に結合される種々のRF電力で、測定されてよい。

【0044】

次に、本発明による、静電チャック(ESC)の性能を解析する為のルーチンについて説明する。上述の如く、一以上の静電チャックの性能特性が参照静電チャックの性能特性と比較され、比較ステップの結果に基づいて、静電チャックの性能が、製造ラインの半導体処理システムの第2の真空チャンバに実装するのに適しているか否かが判断される。

【0045】

図8を参照するに、静電チャックの性能を解析する為のルーチンが図示されている。本ルーチンは、性能解析用の半導体処理システムの真空チャンバに静電チャックを実装することにより、ステップ150で開始される。次いで、静電チャックの性能特性が、ブロック152に示すように一以上のインピーダンス特性により、ブロック154に示すように電流-電圧特性により、ブロック156に示すようにプラズマ電流-収集電圧特性により、ブロック158に示すように加熱/冷却特性により、測定される。次いで、これらの測定結果に基づいて、静電チャックが、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装されるか若しくは破棄される。

【0046】

本ルーチンが、ブロック152に示すように、静電チャックのインピーダンス特性を測定することによって起動されると、インピーダンスは、真空チャンバ内のプラズマの有無、基板上のウェハの有無、チャックの加熱の有無、若しくはそれらの組み合わせで測定される。インピーダンスは、所与の周波数範囲内の複数の周波数を選択し、複数の周波数のそれぞれ毎に、静電チャックの電極に信号を印加することによって、取得される。静電チャックのインピーダンスは、実測のインピーダンスのセットを作成するため複数の周波数で測定される。ブロック160に示すように、実測のインピーダンスの大きさ及び/又は位相は、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足できる機能に相関する参照インピーダンスレベルを定める目標インピーダンスのセット中の大きさ及び位相と比較される。

【0047】

次に、ブロック162で、比較結果に応じて、判断がなされる。性能が適正であると思われる場合、ブロック154に示す電流-電圧特性、ブロック156に示すプラズマ電流-収集電圧特性、及びブロック158に示す加熱/冷却特性のうちから選択された第2の性能特性を評価できる。或いは、ブロック190に示すように、静電チャックは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装できる。性能が不適正であると思われる場合、ブロック164に示すように、静電チャックは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装されない。ブロック166で、ブロック168に示すようにチャックが破棄されることになるか、若しくは特定される欠陥を有するかの決定がなされる。欠陥が特定可能でない場合、静電チャックはブロック168に示すように破棄されてよい。欠陥が特定可能であり、修理が適切である場合、静電チャックは、ブロック170に示すように入れ替え及び/又は修繕され、ブロック171に示すように、性能解析用の半導体処理システムの真空チャンバ内に再実装されてよく、本解析ルーチンが反復される。

【0048】

本ルーチンが、ブロック154に示すように、静電チャックの電流-電圧特性を測定することによって起動されると、印加電圧の関数として電流が、真空チャンバ内のプラズマの有無、基板上のウェハの有無、チャックの加熱の有無、若しくはそれらの組み合わせで測定される。インピーダンスは、電圧の範囲を選択し、静電チャックの電極に各電圧をそれぞれ印加することによって、取得される。静電チャックの電極を流れる電流は、実測の電流のセットを作成するために各印加電圧で測定される。ブロック172に示すように、実測の電流は、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足できる機能に相関する参照電流レベルを定める目標電流のセットと比較される。この比較は、静電チャックの性能の指標を提供

10

20

30

40

50

する。

【 0 0 4 9 】

次に、ブロック 1 7 4 で、比較結果に応じて、判断がなされる。性能が適正であると思われる場合、ブロック 1 5 2 に示すインピーダンス特性、ブロック 1 5 6 に示すプラズマ電流 - 収集電圧特性、及びブロック 1 5 8 に示す加熱 / 冷却特性のうちから選択された第 2 の性能特性を評価できる。或いは、ブロック 1 9 0 に示すように、静電チャックは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装できる。性能が不適正であると思われる場合、ブロック 1 6 4 に示すように、静電チャックは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装されない。ブロック 1 6 6 で、ブロック 1 6 8 に示すようにチャックが破棄されることになるか、若しくは特定される欠陥を有するかの決定がなされる。欠陥が特定可能でない場合、静電チャックはブロック 1 6 8 に示すように破棄されてよい。欠陥が特定可能であり、修理が適切である場合、静電チャックは、ブロック 1 7 0 に示すように入れ替え及び / 又は修繕され、ブロック 1 7 1 に示すように、性能解析用の半導体処理システムの真空チャンバ内に再実装されてよく、本解析ルーチンが反復される。

10

【 0 0 5 0 】

本ルーチンが、ブロック 1 5 6 に示すように、静電チャックのプラズマ電流 - 収集電圧特性を測定することによって起動されると、基板が静電チャックの支持表面上に配置され、プラズマが処理チャンバ内に確立され、ラングミュアプローブにより検出されるプラズマ電流が印加収集電圧の関数として測定される。プラズマ電流は、チャックの加熱の有無、基板支持への R F 電圧の印加の有無、若しくはそれら条件の組み合わせで測定できる。プラズマ電流は、基板の露出表面近傍の少なくとも 1 の所定位置を選択し、当該所定位置近傍にラングミュアプローブの電極を位置付けし、ラングミュアプローブにプラズマから流れる電流を測定することによって、取得される。ブロック 1 7 6 に示すように、測定電流は、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足できる機能に相関する参照電流レベルを定める目標電流と比較される。この比較は、静電チャックの性能の指標を提供する。

20

【 0 0 5 1 】

次に、ブロック 1 7 8 で、比較結果に応じて、判断がなされる。性能が適正であると思われる場合、ブロック 1 5 2 に示すインピーダンス特性、ブロック 1 5 4 に示す電流 - 電圧特性、及びブロック 1 5 8 に示す加熱 / 冷却特性のうちから選択された第 2 の性能特性を評価できる。或いは、ブロック 1 9 0 に示すように、静電チャックは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装できる。性能が不適正であると思われる場合、ブロック 1 6 4 に示すように、静電チャックは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装されない。ブロック 1 6 6 で、ブロック 1 6 8 に示すようにチャックが破棄されることになるか、若しくは特定される欠陥を有するかの決定がなされる。欠陥が特定可能でない場合、静電チャックはブロック 1 6 8 に示すように破棄されてよい。欠陥が特定可能であり、修理が適切である場合、静電チャックは、ブロック 1 7 0 に示すように入れ替え及び / 又は修繕され、ブロック 1 7 1 に示すように、性能解析用の半導体処理システムの真空チャンバ内に再実装されてよく、本解析ルーチンが反復される。

30

40

【 0 0 5 2 】

本ルーチンが、ブロック 1 5 8 に示すように、静電チャックの加熱 / 冷却特性を測定することによって起動されると、静電チャックの温度特性が、基板支持上のウェハへの拘束電圧の印加の有無、基板支持への R F 電圧の印加の有無、若しくはこれら条件の組み合わせで測定されてよい。温度特性は、静電チャックの温度を所定温度で安定化し、温度調整を中断し、温度特性を作成するために時間の関数として静電チャックの温度変化を測定することによって、取得されてよい。ブロック 1 8 0 に示すように、実測の温度特性は、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に配置され標準的な動作条件の下で動作したときの参照静電チャックの満足できる機能に相関する参照温度特性を定める目標温度特性と比較される。この比較は、静電チャックの性能の指標を提供する。

50

【 0 0 5 3 】

次に、ブロック 1 8 2 で、比較結果に応じて、判断がなされる。性能が適正であると思われる場合、ブロック 1 5 2 に示すインピーダンス特性、ブロック 1 5 4 に示す電流 - 電圧特性、及びブロック 1 5 6 に示すプラズマ電流 - 収集電圧特性のうちから選択された第 2 の性能特性を評価できる。或いは、ブロック 1 9 0 に示すように、静電チャックは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装できる。性能が不適正であると思われる場合、ブロック 1 6 4 に示すように、静電チャックは、製造ラインの半導体処理システムの真空チャンバ内に実装されない。ブロック 1 6 6 で、ブロック 1 6 8 に示すようにチャックが破棄されることになるか、若しくは特定される欠陥を有するかの決定がなされる。欠陥が特定可能でない場合、静電チャックはブロック 1 6 8 に示すように破棄されてよい。欠陥が特定可能であり、修理が適切である場合、静電チャックは、ブロック 1 7 0 に示すように入れ替え及び / 又は修繕され、ブロック 1 7 1 に示すように、性能解析用の半導体処理システムの真空チャンバ内に再実装されてよく、本解析ルーチンが反復される。

10

【 0 0 5 4 】

本発明の性能試験は、静電チャックが製造ラインの半導体処理システムの処理チャンバ内に実装される前に、静電チャックの性能特性を判断することを可能にする。各試験結果は、既知の静電チャックの性能と実験的に比較できる検査の下で、静電チャックの性能に関する情報を提供する。具体的には、静電チャックの電流 - 電圧特性、インピーダンス特性、プラズマ電流 - 収集電圧特性、及び加熱 / 冷却特性が、測定されてよく、個別に、選択的に、合同的に若しくは種々の組み合わせで利用され、静電チャックが製造ラインの半導体処理システムの処理チャンバ内に実装される前に、与えられた静電チャックの性能が評価される。略同一の条件下で試験され類似若しくは同一の構成及び / 又は構造である参照静電チャックの性能と比較して不適正な性能を有する静電チャックは、有用な構成部品を回収し若しくは回収せずに廃棄されるか、或いは、欠陥のチャック組立体や欠陥のチャック構成部品に起因しうる欠陥を修正するための修繕が試みでなされる。試験は、静電チャックの性能の劣化させる欠陥の特定の原因を決定する診断試験として使用されてよい。

20

【 0 0 5 5 】

本発明は、実施例の説明により示され、実施例が非常に詳細に説明されてきたが、それら実施例は、かかる詳細に上記請求項の観点を制限し限定することを意図していない。追加の効果及び修正が当業者には容易であろう。それ故に、本発明は、より広い局面において、装置及び方法を表わす特別な詳細、並びに説明及び図示された模範的な例に限定されない。従って、出願人の一般的な画期的な概念の精神若しくは観点から逸脱することなく、かかる詳細から逸脱がなされるだろう。

30

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の原理に適合する、静電チャックを有する半導体処理システムの概略図である。

【図 2】図 1 の半導体処理システム部の断面図である。

【図 3】印加電圧の関数として静電チャックに流れる電流の大きさを表わすグラフである。

40

【図 4】半導体処理システムの処理チャンバにプラズマが導入された場合の、印加電圧の関数として静電チャックに流れる電流の大きさを表わすグラフである。

【図 5 A】チャックの測定インピーダンスの大きさを表わすグラフである。

【図 5 B】基板支持上に基板がある状態でのチャックの測定インピーダンスの大きさを表わすグラフである。

【図 6 A】チャックの測定インピーダンスの位相角を表わすグラフである。

【図 6 B】基板支持上に基板がある状態でのチャックの測定インピーダンスの位相角を表わすグラフである。

【図 7】図 1 の半導体処理システム部の拡大斜視図である。

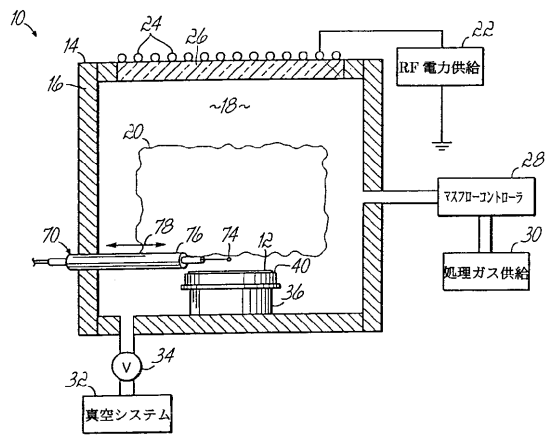
【図 8】本発明の手順ステップを示すフローチャートである。

50

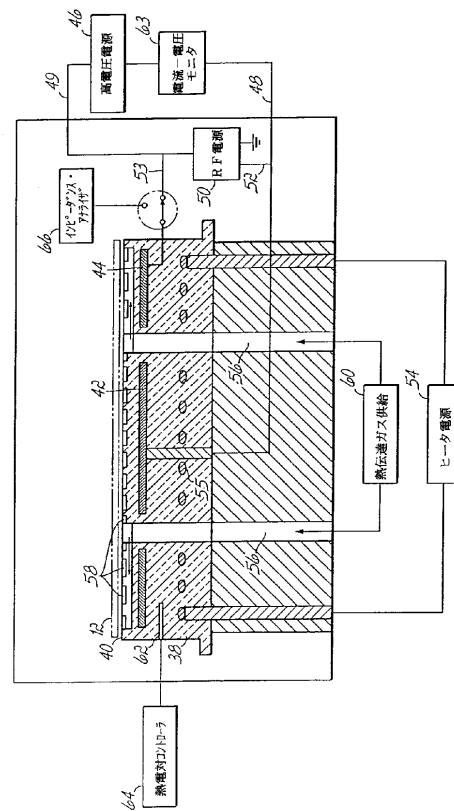
【符号の説明】

1 0	半導体処理システム	
1 2	基板	
1 4	真空チャンバ	
1 6	チャンバ壁	
1 8	真空処理空間	
2 0	プラズマ	
2 2	R F 電力供給	
2 4	アンテナ	
2 6	誘電体窓	10
2 8	処理ガス供給	
3 0	マスフローコントローラ	
3 2	真空システム	
3 6	静電チャック	
3 8	誘電体	
4 2 , 4 4	電極	
4 6	高電圧 D C 電源	
5 0	R F 電源	
6 0	熱伝達ガス供給	
6 2	熱電対	20
6 3	電流 - 電圧モニタ	
6 4	熱電対コントローラ	
6 6	インピーダンス・アナライザ	
7 0	ラングミュアプローブ	
7 2	プローブ電源 / コントローラ	
7 4	電極	

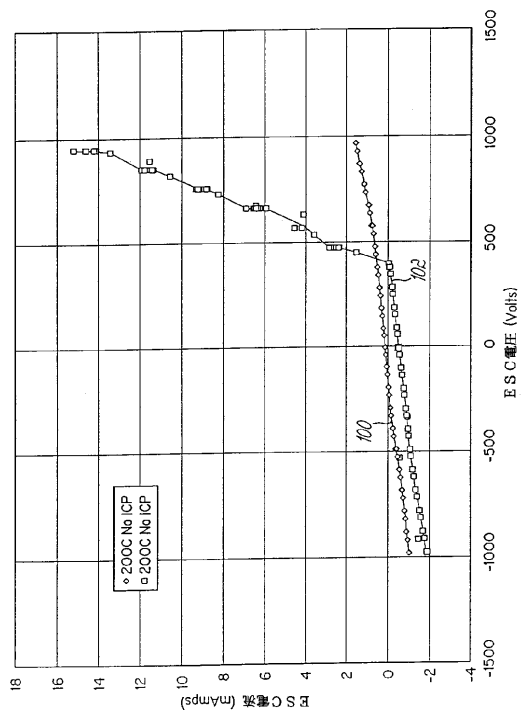
【図 1】



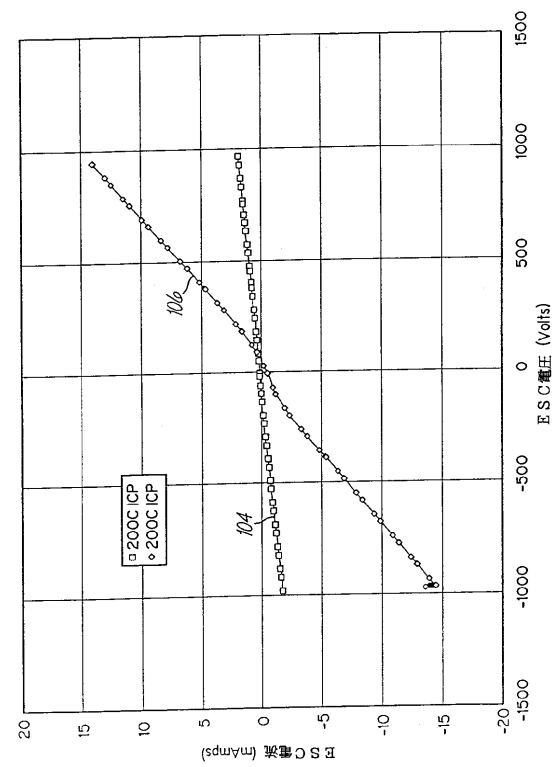
【図 2】



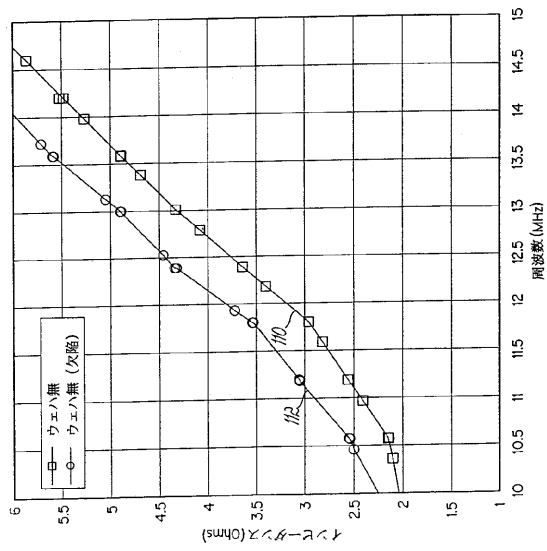
【図 3】



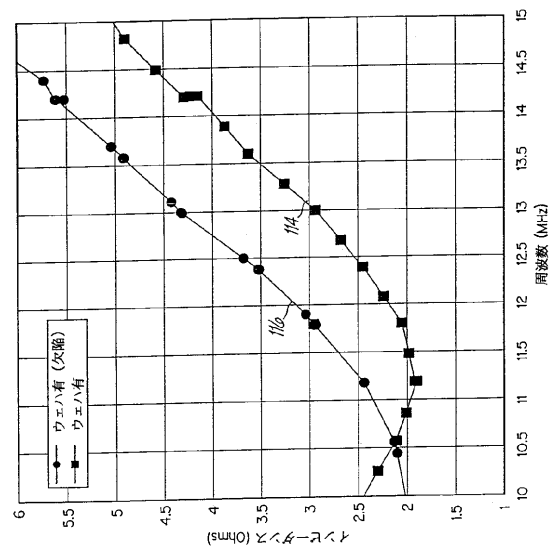
【図 4】



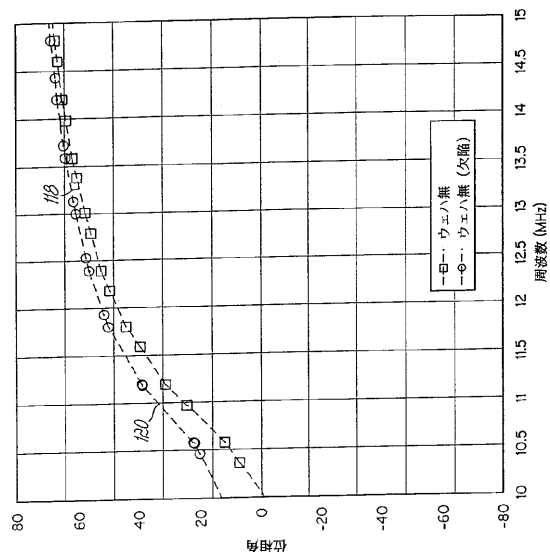
【図 5 A】



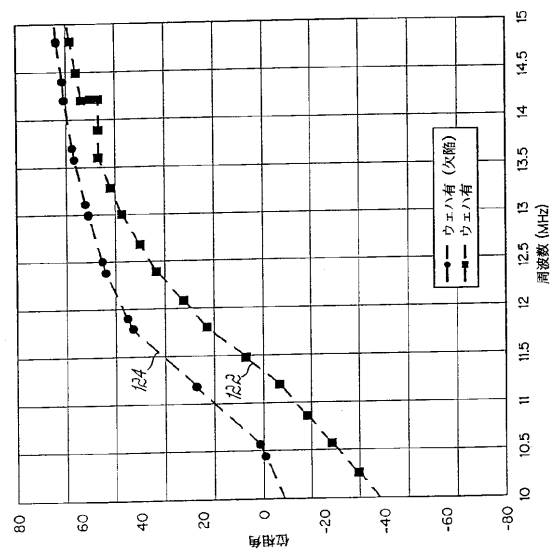
【図 5 B】



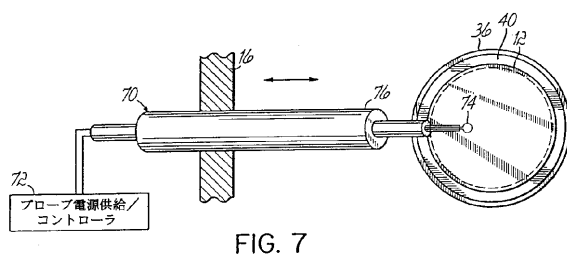
【図 6 A】



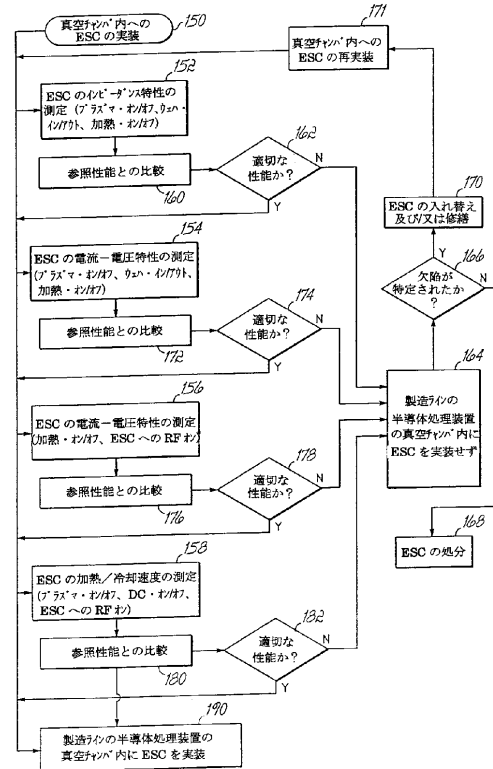
【図 6 B】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 ビル ジョーンズ
アメリカ合衆国, アリゾナ州 85007, フェニックス, ダブリュー・パーム・レーン 934
- (72)発明者 ヘリット リューシンク
アメリカ合衆国, アリゾナ州 85283, テンピ, エス・ロッキー・ポイント・ロード 5518
- (72)発明者 ジェフリー ジェイ ロング
アメリカ合衆国, アリゾナ州 85283, テンピ, イー・ハーヴァード・ドライヴ 103
- (72)発明者 ビル オリヴァー
アメリカ合衆国, アリゾナ州 85048, フェニックス, イー・ワイルドウッド・ドライヴ 342
- (72)発明者 チャールズ トウィード
アメリカ合衆国, アリゾナ州 85296, ギルバート, イー・タイソン・ストリート 1831

審査官 所村 美和

- (56)参考文献 特開平10-150098(JP, A)
特開昭63-007633(JP, A)
特開平10-241894(JP, A)
国際公開第99/052144(WO, A1)
特開平11-297804(JP, A)
特開平10-176971(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/67-21/683
C23C 14/50
C23C 16/44
H01L 21/3065