

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5925789号  
(P5925789)

(45) 発行日 平成28年5月25日 (2016. 5. 25)

(24) 登録日 平成28年4月28日 (2016. 4. 28)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/02 (2006. 01)	HO 1 L 21/02 Z
HO 1 L 21/31 (2006. 01)	HO 1 L 21/31 F
HO 1 L 21/683 (2006. 01)	HO 1 L 21/68 R

請求項の数 15 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2013-534926 (P2013-534926)  
(86) (22) 出願日 平成23年9月28日 (2011. 9. 28)  
(65) 公表番号 特表2014-502037 (P2014-502037A)  
(43) 公表日 平成26年1月23日 (2014. 1. 23)  
(86) 国際出願番号 PCT/US2011/053558  
(87) 国際公開番号 W02012/054198  
(87) 国際公開日 平成24年4月26日 (2012. 4. 26)  
審査請求日 平成26年9月4日 (2014. 9. 4)  
(31) 優先権主張番号 12/910, 347  
(32) 優先日 平成22年10月22日 (2010. 10. 22)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 592010081  
ラム リサーチ コーポレーション  
LAM RESEARCH CORPOR  
ATION  
アメリカ合衆国, カリフォルニア 945  
38, フレモント, クッシング パークウ  
エイ 4650  
(74) 代理人 110000028  
特許業務法人明成国際特許事務所  
(74) 代理人 100102989  
弁理士 井上 佳知  
(72) 発明者 シング・ハーミート  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州945  
39 フレモント, プラデリア・サークル  
, 759

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多重加熱器アレイのための故障検出の方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体処理装置内で半導体基板を支持するために使用される基板支持アセンブリにおける複数区域加熱プレートのための故障検出の方法であって、前記加熱プレートは、複数の平坦加熱器区域と、複数の電力供給ラインと、複数の電力リターンラインとを備え、各前記電力供給ラインは前記複数の平坦加熱器区域と接続され、各前記電力リターンラインは前記複数の平坦加熱器区域と接続され、いずれの2つの平坦加熱器区域も同一の電力供給ラインおよび電力リターンラインの対を共有せず、

(a) 前記複数の平坦加熱器区域の少なくともいくつかを供給された電力で個別に制御することによって生成される支持温度プロファイルを実現するために1つ以上の前記電力供給ラインに対して電力を供給し、

(b) 1つまたは複数の平坦加熱器区域の測定総加熱出力を取得し、

(c) 前記測定総加熱出力を、前記1つまたは複数の平坦加熱器区域の予め定められた総加熱出力と比較し、

(d) 前記測定総加熱出力が前記予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすることとを備える方法。

【請求項 2】

請求項1に記載の方法において、前記所定の偏差は、前記予め定められた総加熱出力の±20%、±10%、±5%、または±1%である、方法。

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法において、前記測定総加熱出力は、前記 1 つまたは複数の各平坦加熱器区域にわたる電圧  $V$  を測定し、前記 1 つまたは複数の各平坦加熱器区域を介して流れる電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算し、前記 1 つまたは複数の平坦加熱器区域の  $V \cdot I$  を加算することによって得られる、方法。

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の方法において、前記電圧  $V$  は、前記電力供給ラインの 1 つと前記電力リターンラインの 1 つの間に接続された電圧計を使用して測定され、前記電流  $I$  は、前記電力リターンラインの 1 つと接地の間に接続された電流計を使用して測定される、方法。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法において、

1 つまたは複数の電力供給ラインが電源に接続され、少なくとも 1 つの電力リターンラインが接地されている状態で、前記 1 つまたは複数の電力供給ライン、および前記少なくとも 1 つの電力リターンラインに接続されている前記平坦加熱器区域の前記測定総加熱出力は、前記 1 つまたは複数の電力供給ライン上の電圧  $V$  を測定し、前記少なくとも 1 つの電力リターンラインによって搬送される総電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって取得され、

前記予め定められた総加熱出力は、前記 1 つまたは複数の電力供給ラインおよび前記少なくとも 1 つの電力リターンラインに接続されている各前記平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される、方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法において、

1 つまたは複数の電力リターンラインが接地され、少なくとも 1 つの電力供給ラインが電源に接続されている状態で、前記 1 つまたは複数の電力リターンライン、および前記少なくとも 1 つの電力供給ラインに接続されている前記平坦加熱器区域の前記測定総加熱出力は、前記少なくとも 1 つの電力供給ライン上で電圧  $V$  を測定し、前記少なくとも 1 つの電力供給ライン上で電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって取得され、

前記予め定められた総加熱出力は、前記 1 つまたは複数の電力リターンラインおよび前記少なくとも 1 つの電力供給ラインに接続されている各前記平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される、方法。

## 【請求項 7】

請求項 5 に記載の方法において、前記 1 つまたは複数の電力供給ラインでの前記電圧  $V$  は、平坦加熱器区域での電圧降下ではない電圧降下を差し引くことによって補正される、方法。

## 【請求項 8】

請求項 6 に記載の方法において、前記少なくとも 1 つの電力供給ラインでの前記電圧  $V$  は、平坦加熱器区域での電圧降下ではない電圧降下を差し引くことによって補正される、請求項 6 に記載の方法。

## 【請求項 9】

半導体処理装置内で半導体基板を支持するために使用される基板支持アセンブリにおける複数区域加熱プレートのための故障検出の方法であって、前記加熱プレートは、複数の平坦加熱器区域と、複数の電力供給ラインと、複数の電力リターンラインとを備え、各前記電力供給ラインは前記複数の平坦加熱器区域と接続され、各前記電力リターンラインは前記複数の平坦加熱器区域と接続され、いずれの 2 つの平坦加熱器区域も同一の電力供給ラインおよび電力リターンラインの対を共有せず、

( a ) 支持温度プロファイルを実現するために 1 つ以上の前記電力供給ラインに対して接続されている電源によって電力を供給し、

( b ) 全ての電力リターンラインが電流計を介して接地され、第  $i$  の電力供給ラインの

10

20

30

40

50

みが前記電源に接続されている状態で、前記第  $i$  の電力供給ライン上の電圧  $V$  を測定し、前記全ての電力リターンライン上の総電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって、前記第  $i$  の電力供給ラインに接続されている全ての前記平坦加熱器区域の測定総加熱出力を取得し、

(c) 前記測定総加熱出力を、前記第  $i$  の電力供給ラインに接続されている各前記平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される予め定められた総加熱出力と比較し、

(d) 前記測定総加熱出力が前記予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガし、

(e) 全ての電力供給ラインが前記電源に接続され、第  $j$  の電力リターンラインのみが接地された状態で、前記全ての電力供給ライン上の電圧  $V$  を測定し、前記第  $j$  の電力リターンライン上の電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって、前記第  $j$  の電力リターンラインに接続されている全ての平坦加熱器区域の総加熱出力を取得し、

(f) 前記測定総加熱出力を、前記第  $j$  の電力リターンラインに接続されている各前記平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される予め定められた総加熱出力と比較し、

(g) 前記測定総加熱出力が前記予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすること  
を備える方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法において、さらに、前記第  $i$  の電力供給ラインのみが前記電源に接続され、全ての前記電力リターンラインが接地されているとき、および前記第  $j$  の電力リターンラインのみが接地され、前記すべての電力供給ラインが前記電源に接続されているときにアラーム信号がトリガされた場合に、前記第  $i$  の電力供給ラインと前記第  $j$  の電力リターンラインの両方に接続されている前記平坦加熱器区域が故障状態であると識別することを備える、方法。

【請求項 11】

請求項 9 に記載の方法において、前記全ての電力供給ラインでの前記電圧  $V$ 、および前記第  $i$  の電力供給ラインでの前記電圧  $V$  は、平坦加熱器区域での電圧降下ではない電圧降下を差し引くことによって補正される、方法。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の方法において、前記半導体処理装置は、前記半導体基板の処理中に前記複数区域加熱プレートの下方に冷却プレートが内部に配置されているチャンバを備え、

前記方法はさらに、

前記半導体基板を前記基板支持アセンブリ上に搭載し、

前記チャンバ内に処理ガスを供給し、

前記処理ガスを励起してプラズマを発生させる、ことを備え、

前記 1 以上の電力供給ラインに対する電力の供給は、前記冷却プレート内に冷媒を循環させている間に実行され、前記支持温度プロファイルは前記電力供給ラインに接続されている第 1 のマルチプレクサおよび前記電力リターンラインに接続されている第 2 のマルチプレクサを制御することによって生成される、方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の方法において、前記半導体基板は前記プラズマによってエッチングされる、方法。

【請求項 14】

請求項 9 に記載の方法において、前記半導体処理装置は、前記半導体基板の処理中に前記複数区域加熱プレートの下方に冷却プレートが内部に配置されているチャンバを備え、

前記方法はさらに、

前記半導体基板を前記基板支持アセンブリ上に搭載し、

前記チャンバ内に処理ガスを供給し、

10

20

30

40

50

前記処理ガスを励起してプラズマを発生させる、ことを備え、  
前記１以上の電力供給ラインに対する電力の供給は、前記冷却プレート内に冷媒を循環  
させている間に実行される、方法。

【請求項１５】

請求項１４に記載の方法において、前記半導体基板は前記プラズマによってエッチング  
される、方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【０００１】

半導体技術の世代が進むにつれて、基板の直径は増加する傾向にあり、一方、トランジスタのサイズは減少する傾向にあり、結果として、基板処理の精度および再現性をより一層高めることが必要とされた。シリコン基板などの半導体基板材料は、真空チャンバの使用を含む技法によって処理される。これらの技法は、電子ビーム堆積などの非プラズマアプリケーション（応用）と、スパッタ堆積、プラズマ化学気相成長（PECVD）、レジストストリップ、およびプラズマエッチングなどのプラズマアプリケーション（応用）とを含む。

10

【０００２】

今日利用可能なプラズマ処理システムは、精度および再現性の改良の必要性が高まっている半導体製造ツールの１つである。プラズマ処理システムの１つの利点は、改良された均一性であり、均一性には、１つの半導体基板表面上でのプロセス結果の均一性と、公称で同じ入力パラメータで処理される一連の基板のプロセス結果の均一性とが含まれる。基板上での均一性を引き続き改良することが望ましい。これは、とりわけ、改良された均一性、一貫性、および自己診断機能を備えるプラズマチャンバを必要とする。

20

【０００３】

独立して制御可能な複数の平坦加熱器区域を備える半導体処理装置内の基板支持アセンブリ用の加熱プレートは、本願と同一の所有者によって所有されている米国特許出願第１２／５８２，９９１号に開示されており、その開示は参照により本明細書に組み込まれる。この加熱プレートは、平坦加熱器区域ならびに電力供給ラインおよび電力リターンラインの拡張可能な多重レイアウト方式を備える。平坦加熱器区域の出力を調整することによって、処理中の温度プロファイルを、半径方向でも、方位角方向でも整形することができる。この加熱プレートは主にプラズマ処理装置に関して説明されるが、この加熱プレートは、プラズマを使用しない他の半導体処理装置においても使用することができる。加熱区域での過熱を防止するために、故障検出システムが望ましい。

30

【発明の概要】

【０００４】

本願では、半導体処理装置内で半導体基板を支持するために使用される基板支持アセンブリにおける複数の区域加熱プレートのための故障検出の方法であって、加熱プレートは、複数の平坦加熱器区域と、複数の電力供給ラインと、複数の電力リターンラインとを備え、各平坦加熱器区域は、電力供給ラインの１つと電力リターンラインの１つに接続され、いずれの２つの平坦加熱器区域も同一の電力供給ラインおよび電力リターンラインの対を共有せず、故障検出方法は、（ａ）１つまたは複数の平坦加熱器区域の測定総加熱出力を取得し、（ｂ）測定総加熱出力を１つまたは複数の平坦加熱器区域の予め定められた総加熱出力と比較し、（ｃ）測定総加熱出力が予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすることを備える方法が記載されている。

40

【図面の簡単な説明】

【０００５】

【図１】平坦加熱器区域のアレイを有する加熱プレートが組み込まれた、静電チャック（ESC）も備える基板支持アセンブリの概略断面図である。

【０００６】

【図２】電力供給ラインおよび電力リターンラインから加熱プレート内の平坦加熱器区域

50

のアレイへの電気接続を示す図である。

【 0 0 0 7 】

【 図 3 】 図 1 の基板支持アセンブリを備えることができる例示的なプラズマ処理チャンバの概略図である。

【 0 0 0 8 】

【 図 4 】 一実施形態による加熱プレートへの電圧計および電流計の電気的接続を示す図である。

【 0 0 0 9 】

【 図 5 】 別の実施形態による加熱プレートへの電圧計および電流計の電気的接続を示す図である。

【 0 0 1 0 】

【 図 6 】 さらに別の実施形態による加熱プレートへの電圧計および電流計の電気的接続を示す図である。

【 0 0 1 1 】

【 図 7 】 加熱プレートへの電圧計、電流計、および 2 つのマルチプレクサの電気的接続を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 2 】

基板上で望ましい限界寸法 ( C D ) 均一性を実現するために、半導体処理装置内における半径方向および方位角方向での基板の温度制御は、ますます要求の厳しいものになっている。特に、半導体製造プロセスでは C D が 1 0 0 n m 未満に近付くので、小さな温度変動でさえ許容できない程、C D に影響を及ぼすことがある。

【 0 0 1 3 】

基板支持アセンブリは、処理中に、基板の支持、基板温度の調整、および高周波出力の供給など様々な役割を果たすように構成することができる。基板支持アセンブリは、処理中に基板支持アセンブリ上に基板を静電クランプするのに有用な静電チャック ( E S C ) を備えることができる。E S C は、調整可能な E S C ( T - E S C ) でよい。T - E S C は、参照により本明細書に組み込まれる、本願と同一の譲受人に譲渡されている米国特許第 6 , 8 4 7 , 0 1 4 号および第 6 , 9 2 1 , 7 2 4 号に記載されている。基板支持アセンブリは、セラミック基板ホルダ、流体冷却ヒートシンク ( 以後、冷却プレートと呼ぶ ) 、および段階的な半径方向の温度制御を実現するために複数の同心平坦加熱器区域を備えることができる。典型的には、冷却プレートは、- 2 0 ~ 8 0 の間で維持される。加熱器は、冷却プレート上に位置され、間に断熱材の層が挟まれる。加熱器は、基板支持アセンブリの支持面を、冷却プレートの温度よりも約 0 ~ 9 0 高い温度で維持することができる。複数の平坦加熱器区域内での加熱器出力を変えることによって、基板支持温度プロファイルを、中央の温度が高いプロファイル、中央の温度が低いプロファイル、および均一なプロファイルの間で変えることができる。さらに、平均基板支持温度を、冷却プレートの温度よりも 0 ~ 9 0 高い動作範囲内で段階的に変えることができる。半導体技術の進歩と共に C D が減少するにつれて、方位角方向での小さな温度変動がますます大きな問題となる。

【 0 0 1 4 】

温度の制御は、いくつかの理由により、簡単な作業ではない。まず、熱源およびヒートシンクの位置や、媒体の移動、材料、および形状など、多くの因子が伝熱に影響及ぼし得る。第 2 に、伝熱は、動的なプロセスである。対象の系が熱平衡状態にない限り、伝熱が生じ、温度プロファイルおよび伝熱は、時間と共に変化する。第 3 に、当然ながらプラズマ処理中に常に存在するプラズマなど非平衡の現象が、任意の実用的なプラズマ処理装置の伝熱挙動の理論的な予測を非常に困難にする。

【 0 0 1 5 】

プラズマ処理装置内の基板温度プロファイルは、プラズマ密度プロファイル、R F 出力プロファイル、およびチャック内の様々な加熱または冷却要素の詳細な構造など、多くの

10

20

30

40

50

因子によって影響を及ぼされ、したがって、基板温度プロファイルはしばしば均一でなく、少数の加熱または冷却要素を用いて制御するのは困難である。この欠点は、基板全体にわたる処理速度の不均一性、および基板上のデバイスダイの限界寸法の不均一性につながる。

#### 【 0 0 1 6 】

温度制御の複雑さに鑑みて、装置が所望の空間的および時間的溫度プロファイルを能動的に生成して維持し、C Dの均一性に悪影響を及ぼす他の有害因子を補償することができるように、独立して制御可能な複数の平坦加熱器区域を基板支持アセンブリに組み込むことが有利である。

#### 【 0 0 1 7 】

独立して制御可能な複数の平坦加熱器区域を備える、半導体処理装置内の基板支持アセンブリ用の加熱プレートは、本願と同一の所有者によって所有されている米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 0 9 2 0 7 2 号に開示されており、その開示は参照により本明細書に組み込まれる。この加熱プレートは、平坦加熱器区域ならびに電力供給ラインおよび電力リターンラインの拡張可能な多重レイアウト方式を備える。平坦加熱器区域の出力を調整することによって、処理中の温度プロファイルを、半径方向および方位角方向の双方に整形することができる。この加熱プレートは主にプラズマ処理装置に関して説明されるが、この加熱プレートは、プラズマを使用しない他の半導体処理装置でも使用することができる。

#### 【 0 0 1 8 】

この加熱プレートにおける平坦加熱器区域は、好ましくは、規定のパターン、例えば、長方形グリッド、六角形グリッド、円形状配列 ( p o l a r a r r a y )、同心リング、または任意の所望のパターンで配列される。各平坦加熱器区域は、任意の適切なサイズでよく、1つまたは複数の加熱器要素を有することができる。1つの平坦加熱器区域内の全ての加熱器要素がまとめてオンまたはオフに切り替えられる。電気的接続の数を最小にするために、電力供給ラインがそれぞれ異なる平坦加熱器区域のグループに接続され、電力リターンラインがそれぞれ異なる平坦加熱器区域のグループに接続されるように電力供給ラインおよび電力リターンラインが配置され、各平坦加熱器区域は、特定の電力供給ラインに接続されているグループの1つと、特定の電力リターンラインに接続されているグループの1つとに含まれている。どの2つの平坦加熱器区域も、同一の電力供給ラインと電力リターンラインの対に接続されることはない。したがって、平坦加熱器区域は、この特定の平坦加熱器区域が接続される電力供給ラインと電力リターンラインの対に電流を流すことによって稼働 ( 活性化 ) させることができる。加熱器要素の出力は、好ましくは、20 W 未満、より好ましくは 5 ~ 10 W である。加熱器要素は、ポリイミド製加熱器、シリコンゴム製加熱器、マイカ製加熱器、金属製加熱器 ( 例えば W、Ni / Cr 合金、Mo、または Ta )、セラミック製加熱器 ( 例えば WC )、半導体製加熱器、またはカーボン製加熱器などの抵抗加熱器でよい。加熱器要素は、スクリーンプリント型、巻線型、またはエッチドフォイル型の加熱器でよい。一実施形態では、各平坦加熱器区域は、半導体基板上に製造されるデバイスダイ4個分以下であり、または、半導体基板上に製造されるデバイスダイ2個分以下であり、または半導体基板上に製造されるデバイスダイ1個分以下であり、または、基板上のデバイスダイに対応するように、面積が  $16 \sim 100 \text{ cm}^2$ 、または  $1 \sim 15 \text{ cm}^2$ 、または  $2 \sim 3 \text{ cm}^2$  である。加熱器要素の厚さは、2 マイクロメートル ~ 1 ミリメートル、好ましくは 5 ~ 80 マイクロメートルの範囲内でよい。平坦加熱器区域ならびに / または電力供給ラインおよび電力リターンラインの間にスペースを設けるために、平坦加熱器区域の総面積は、基板支持アセンブリの上面の面積の最大 90 %、例えば面積の 50 ~ 90 % でよい。電力供給ラインまたは電力リターンライン ( 総称して「電力ライン」 ) は、平坦加熱器区域の間にある 1 ~ 10 mm の範囲内の隙間に配置することができる、または、電気絶縁層によって平坦加熱器区域の平面から離隔された別個の平面内に配置することができる。電力供給ラインおよび電力リターンラインは、大きな電流を搬送し、ジュール加熱を減少するために、スペースが許す限り広い幅で形成されるこ

10

20

30

40

50

とが好ましい。電力ラインが平坦加熱器区域と同じ平面内にある一実施形態では、電力ラインの幅は、好ましくは、 $0.3\text{ mm} \sim 2\text{ mm}$ の間である。電力ラインが平坦加熱器区域とは異なる平面上にある別の実施形態では、電力ラインの幅は、平坦加熱器区域と同じ大きさにすることができ、例えば $300\text{ mm}$ のチャックに関しては、その幅を $2.54 \sim 5.08\text{ cm}$  ( $1 \sim 2$ インチ)にすることができる。電力ラインの材料は、加熱器要素の材料と同じ材料でも、異なる材料でもよい。好ましくは、電力ラインの材料は、Cu、Al、W、Inconel (登録商標)、またはMoなど、低抵抗材料である。

#### 【0019】

図1は、2つの電気絶縁層104Aおよび104B内に組み込まれている平坦加熱器区域101のアレイを有する加熱プレートの一実施形態を備える基板支持アセンブリを示す。電気絶縁層は、ポリマー材料、無機材料、セラミック、例えば、酸化ケイ素、アルミナ、イットリア、窒化アルミニウム、または他の適切な材料でよい。基板支持アセンブリは、さらに、(a)セラミック層103(静電クランプ層)を有するESCであって、基板をセラミック層103の表面にDC電圧で静電クランプするために電極102(例えば単極または双極)が埋め込まれたESCと、(b)断熱層107と、(c)クーラントを流すためのチャンネル106を含む冷却プレート105と、を備える。

#### 【0020】

図2に示されるように、各平坦加熱器区域101は、電力供給ライン201の1つと、電力リターンライン202の1つとに接続される。どの2つの平坦加熱器区域101も、同一の電力供給ライン201と電力リターンライン202の対を共有することはない。適切な電気スイッチング構成によって、1対の電力供給ライン201と電力リターンライン202を電源(図示せず)に接続することができ、これにより、この1対のラインに接続された平坦加熱器区域のみがオンに切り替えられる。各平坦加熱器区域の時間平均加熱出力は、時分割多重によって個別に調整することができる。異なる平坦加熱器区域の間のクロストークを防止するために、ダイオード250が、各平坦加熱器区域101と、そこに接続された電力供給ライン201との間に直列接続され(図2に示す)、または各平坦加熱器区域101と、そこに接続された電力リターンライン202との間に直列接続され(図示せず)、それにより、ダイオード250は、電力リターンライン201から平坦加熱器区域101を介して電力供給ライン201に向かう方向には電流を流さない。ダイオード250は、平坦加熱器区域内に、または平坦加熱器区域に隣接して、物理的に位置される。

#### 【0021】

基板支持アセンブリは、加熱プレートの一実施形態を備えることができ、この実施形態において、加熱プレートの各平坦加熱器区域は、基板上の単一のデバイスダイまたはデバイスダイグループ以下のサイズであり、各デバイスダイ位置ごとに基板温度、結果としてプラズマエッチングプロセス、を制御して、基板からのデバイスの歩留まりを最大にすることができる。加熱プレートは、 $10 \sim 100$ 個、 $100 \sim 200$ 個、 $200 \sim 300$ 個、またはより多くの平坦加熱区域を含むことができる。加熱プレートの拡張可能なアーキテクチャは、最小限の数の電力供給ライン、電力リターンライン、および冷却プレート内の通路を用いて、ダイ毎(die-by-die)の基板温度制御に必要な平坦加熱器区域の数(典型的には、直径 $300\text{ mm}$ の基板上に $100$ 個を超えるダイ、したがって $100$ 個以上の加熱器区域)に容易に対応することができ、したがって、基板温度に対する外乱、製造費、および基板支持アセンブリの複雑さを減少する。図示していないが、基板支持アセンブリは、基板を持ち上げるためのリフトピン、ヘリウム裏面冷却、温度フィードバック信号を提供するための温度センサ、加熱出力フィードバック信号を提供するための電圧および電流センサ、加熱器および/またはクランプ電極のための給電、および/またはRFフィルタなどの機能を備えることができる。

#### 【0022】

プラズマ処理チャンバの動作の概要として、図3は、チャンバ713を備えるプラズマ処理チャンバの概略図を示し、チャンバ713内に、上側シャワーヘッド電極703と基

10

20

30

40

50

板支持アセンブリ 704 が配設されている。基板（例えば 300 mm のウェハ）712 が、装填ポート 711 を通して基板支持アセンブリ 704 上に装填される。ガスライン 709 が、上側シャワーヘッド電極 703 にプロセスガスを供給し、上側シャワーヘッド電極 703 は、プロセスガスをチャンバ内に送り込む。ガス源 708（例えば、適切なガス混合物を供給するマスフローコントローラ「MFC」）が、ガスライン 709 に接続される。RF 電源 702 が、上側シャワーヘッド電極 703 に接続される。動作時、チャンバが真空ポンプ 710 によって排気され、RF 出力が、上側シャワーヘッド電極 703 と、基板支持アセンブリ 704 内の下側電極との間で容量結合されて、基板 712 と上側シャワーヘッド電極 703 との間の空間内でプロセスガスを励起してプラズマを発生させる。このプラズマを使用して、基板 712 上の層にデバイスダイフィーチャをエッチングすることができる。既述のように、基板支持アセンブリ 704 は、内部に組み込まれた加熱器を有することがある。プラズマ処理チャンバの詳細な設計は変えることができるが、RF 出力が基板支持アセンブリ 704 を通してプラズマに結合されることを理解すべきである。

#### 【0023】

所望の基板支持温度プロファイルを実現するために、各平坦加熱器区域 101 に供給される電力は、その実際の温度に基づいて調節することができる。各平坦加熱器区域 101 での実際の温度は、そこに接続されているダイオード 250 の逆方向飽和電流を測定することによって監視することができる。また、各平坦加熱器区域 101 での実際の温度は、各平坦加熱器区域での熱電対またはフルオロプティック（fluoro-optic）温度センサによって監視することもできる。

#### 【0024】

一実施形態による加熱プレートに関する故障検出の方法は、ステップ（a）1 つまたは複数の平坦加熱器区域の測定総加熱出力を取得し、ステップ（b）測定総加熱出力を 1 つまたは複数の平坦加熱器区域の予め定められた総加熱出力と比較し、ステップ（c）測定総加熱出力が予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすることを備える。所定の偏差は、例えば、事前設定予め定められた総加熱出力の  $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、または  $\pm 1\%$  でよい。半導体基板の処理中、アラーム信号を使用して、アラームを引き起こしている加熱区域に対する再校正試験または電力調節をトリガすることができる。

#### 【0025】

ステップ（a）における 1 つまたは複数の各平坦加熱器区域の測定加熱出力は、その平坦加熱器区域にわたる電圧  $V$  を測定し、その平坦加熱器区域を介して流れる電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって得ることができる。ステップ（a）における測定総加熱出力は、1 つまたは複数の各平坦加熱器区域の測定加熱出力の和である。電圧測定は、電圧計または他の適切な電圧測定デバイスを用いて行うことができ、電流測定は、電流計または他の適切な電流測定デバイスを使用して得ることができる。

#### 【0026】

図 4 に示されるように、加熱プレートは、加熱区域 101 に接続された電力供給ライン 201 とリターンライン 202 の間に接続されている電圧計 520（または他の適切な電圧測定デバイス）とを有することができ、電流計 530（または他の適切な電流測定デバイス）は、各平坦加熱器区域 101 とそこに接続されている電力リターンライン 202 または電力供給ライン 201 との間に直列接続されている。処理装置 5000（例えば、コンピュータやマイクロコントローラなど）は、各電圧計 520 から読み取った電圧値を取得し、各電流計 530 から読み取った電流値を取得するように動作可能である。加熱器区域の  $N \times M$  のアレイと、 $N$  本の電力供給ラインと、 $M$  本の電力リターンラインとを有する加熱プレートでは、 $N \times M$  個の電流計および  $N \times M$  個の電圧計が必要とされる。故障検出の方法は、（a）平坦加熱器区域が通電された状態で、平坦加熱器区域にわたる電圧  $V$  を、好ましくはそこに接続されている電圧計 520 を使用して測定し、平坦加熱器区域を流れる電流  $I$  を、好ましくはそこに接続されている電流計 530 を使用して測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって、平坦加熱器区域の測定加熱出力を取得し、（b）平坦加



熱器区域の測定加熱出力を、平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力と比較し、(c)測定加熱出力が予め定められた加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすることを備える。

【0027】

あるいは、図5に示されるように、電圧計520が各電力供給ライン210に接続され、電流計530が各電力リターンライン202に直列接続され、それにより、任意の電力リターンライン202が接地されるとき、電流計530は、電力リターンライン202と接地の間にある。処理装置5000は、各電圧計520から読み取った電圧値を取得し、各電流計530から読み取った電流値を取得するように動作可能である。加熱器区域のN×Mのアレイと、N本の電力供給ラインと、M本の電力リターンラインとを有する加熱プレートでは、N個の電圧計およびM個の電流計が必要とされる。故障検出の方法は、(a)1つまたは複数の電力供給ライン201が電源に接続され、少なくとも1つの電力リターンライン202が接地されている状態で、1つまたは複数の電力供給ライン201上の電圧Vを、好ましくはそこに接続されている電圧計520の少なくとも1つを使用して測定し、少なくとも1つの電力リターンライン202によって搬送される総電流Iを、好ましくはそこに接続されている電流計530を使用して測定し、VとIを乗算することによって、1つまたは複数の電力供給ライン201と少なくとも1つの電力リターンライン202に接続されている平坦加熱器区域の測定総加熱出力を取得し、(b)測定総加熱出力を、1つまたは複数の電力供給ライン201と少なくとも1つの電力リターンライン202に接続されている各平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される予め定められた総加熱出力と比較し、(c)測定総加熱出力が予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすることを備える。

【0028】

あるいは、図6に示されるように、電圧計520が各電源ライン201に接続され、電流計530が各電力供給ライン201に直列接続され、それにより、任意の電力供給ライン201が電源に接続されるとき、その電力供給ライン201によって搬送されるすべての電流が、そこに接続された電流計530を通して流れ、その後、任意の平坦加熱器区域101内に流れる。処理装置5000は、各電圧計520から読み取った電圧値を取得し、各電流計530から読み取った電流値を取得するように動作可能である。加熱器区域のN×Mのアレイと、N本の電力供給ラインと、M本の電力リターンラインとを有する加熱プレートでは、N個の電圧計およびN個の電流計が必要とされる。故障検出の方法は、(a)1つまたは複数の電力リターンライン202が接地され、少なくとも1つの電力供給ライン201が電源に接続されている状態で、少なくとも1つの電力供給ライン201上の電圧Vを、好ましくはそこに接続されている電圧計520を使用して測定し、少なくとも1つの電力供給ライン201上の電流Iを、好ましくはそこに接続されている電流計530を使用して測定し、VとIを乗算することによって、1つまたは複数の電力リターンライン202と少なくとも1つの電力供給ライン201に接続されている平坦加熱器区域の測定総加熱出力を取得し、(b)測定総加熱出力を、1つまたは複数の電力リターンライン202と少なくとも1つの電力供給ライン201に接続されている各平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される予め定められた総加熱出力と比較し、(c)測定総加熱出力が予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすることを備える。

【0029】

あるいは、図7に示されるように、マルチプレクサ1000は、各電力リターンライン202を、他の電力リターンラインとは別個に、選択的に、電流計530を介して接地するように、または電気絶縁端に接続するように構成されている。マルチプレクサ2000は、各電力供給ライン201を、他の電力供給ラインとは別個に、選択的に電気絶縁端に接続するように構成されている。処理装置5000は、電圧計520から電圧読取値を取得し、電流計530から電流読取値を取得するように動作可能であり、マルチプレクサ1000および2000を制御する。加熱器区域のN×Mのアレイと、N本の電力供給ライ

10

20

30

40

50

ンと、M本の電力リターンラインとを有する加熱プレートでは、ただ1つの電圧計およびただ1つの電流計が必要とされる。故障検出の方法は、(a)全ての電力リターンライン202が電流計530を介して接地され、第iの電力供給ライン201のみが電源に接続された状態で、第iの電力供給ライン201上の電圧Vを、好ましくは電圧計520を使用して測定し、全ての電力リターンライン202上の総電流Iを、好ましくは電流計530を使用して測定し、VとIを乗算することによって、第iの電力供給ライン201に接続されている全ての平坦加熱器区域の測定総加熱出力を取得し、(b)総加熱出力を、第iの電力供給ライン201に接続されている各平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される予め定められた総加熱出力と比較し、(c)測定総加熱出力が予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれているときに、アラーム信号をトリガし、(d)全ての電力供給ライン201が電源に接続され、第jの電力リターンライン202のみが接地されている状態で、全ての電力供給ライン201上の電圧Vを、好ましくは電圧計520を使用して測定し、第jの電力リターンライン202上の電流Iを、好ましくは電流計530を使用して測定し、VとIを乗算することによって、第jの電力リターンライン202に接続されている全ての平坦加熱器区域の総加熱出力を取得し、(e)測定総加熱出力を、第jの電力リターンラインに接続されている各平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される予め定められた総加熱出力と比較し、(f)測定総加熱出力が予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすることを備える。この方法はさらに、どの平坦加熱器区域が故障状態であるかを識別することができる。第iの電力供給ライン201のみが電源に接続され、全ての電力リターンライン202が接地されているとき、および第jの電力リターンライン202のみが接地され、全ての電力供給ライン201が電源に接続されているときにアラーム信号がトリガされた場合、第iの電力供給ライン201と第jの電力リターンライン202の両方に接続されている平坦加熱器区域が故障状態である。

#### 【0030】

電力供給ライン201で測定された電圧Vから、平坦加熱器区域での電圧降下ではない電圧降下、例えば、電力供給ライン201、電力リターンライン202、および/またはダイオード250での電圧降下を差し引くことによって、測定誤差を修正することができる。

#### 【0031】

独立して制御可能な複数の平坦加熱器区域を備える半導体処理装置内の基板支持アセンブリ用の加熱プレートのための故障検出の方法を、その具体的な実施形態を参照して詳細に説明してきたが、添付の特許請求の範囲から逸脱することなく、様々な変更および修正を施すことができ、均等形態を採用することができることが当業者には明らかであろう。

適用例1：半導体処理装置内で半導体基板を支持するために使用される基板支持アセンブリにおける複数区域加熱プレートのための故障検出の方法であって、前記加熱プレートは、複数の平坦加熱器区域と、複数の電力供給ラインと、複数の電力リターンラインとを備え、各平坦加熱器区域は、前記電力供給ラインの1つと前記電力リターンラインの1つに接続され、いずれの2つの平坦加熱器区域も同一の電力供給ラインおよび電力リターンラインの対を共有せず、(a)1つまたは複数の平坦加熱器区域の測定総加熱出力を取得し、(b)前記測定総加熱出力を、前記1つまたは複数の平坦加熱器区域の予め定められた設定総加熱出力と比較し、(c)前記測定総加熱出力が前記予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすることとを備える方法。

適用例2：適用例1に記載の方法において、前記所定の偏差は、前記予め定められた総加熱出力の $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、または $\pm 1\%$ である、方法。

適用例3：適用例1に記載の方法において、前記測定総加熱出力は、前記1つまたは複数の各平坦加熱器区域にわたる電圧Vを測定し、前記1つまたは複数の各平坦加熱器区域を介して流れる電流Iを測定し、VとIを乗算し、前記1つまたは複数の平坦加熱器区域の $V \cdot I$ を加算することによって得られる、方法。

適用例4：適用例3に記載の方法において、前記電圧Vは、前記電力供給ラインの1つ

10

20

30

40

50

と前記電力リターンラインの1つの間に接続された電圧計を使用して測定され、前記電流  $I$  は、前記電力リターンラインの1つと接地の間に接続された電流計を使用して測定される、方法。

適用例5：適用例1に記載の方法において、1つまたは複数の電力供給ラインが電源に接続され、少なくとも1つの電力リターンラインが接地されている状態で、前記1つまたは複数の電力供給ライン、および前記少なくとも1つの電力リターンラインに接続されている前記平坦加熱器区域の前記測定総加熱出力は、前記1つまたは複数の電力供給ライン上の電圧  $V$  を測定し、前記少なくとも1つの電力リターンラインによって搬送される総電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって取得され、前記予め定められた総加熱出力は、前記1つまたは複数の電力供給ラインおよび前記少なくとも1つの電力リターンラインに接続されている各前記平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される、方法。

10

適用例6：適用例1に記載の方法において、1つまたは複数の電力リターンラインが接地され、少なくとも1つの電力供給ラインが電源に接続されている状態で、前記1つまたは複数の電力リターンライン、および前記少なくとも1つの電力供給ラインに接続されている前記平坦加熱器区域の前記測定総加熱出力は、前記少なくとも1つの電力供給ライン上で電圧  $V$  を測定し、前記少なくとも1つの電力供給ライン上で電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって取得され、前記予め定められた総加熱出力は、前記1つまたは複数の電力リターンラインおよび前記少なくとも1つの電力供給ラインに接続されている各前記平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される、方法。

20

適用例7：適用例5に記載の方法において、前記1つまたは複数の電力供給ラインでの前記電圧  $V$  は、平坦加熱器区域での電圧降下ではない電圧降下を差し引くことによって補正される、方法。

適用例8：適用例6に記載の方法において、前記少なくとも1つの電力供給ラインでの前記電圧  $V$  は、平坦加熱器区域での電圧降下ではない電圧降下を差し引くことによって補正される、請求項6に記載の方法。

適用例9：半導体処理装置内で半導体基板を支持するために使用される基板支持アセンブリにおける複数区域加熱プレートのための故障検出の方法であって、前記加熱プレートは、複数の平坦加熱器区域と、複数の電力供給ラインと、複数の電力リターンラインとを備え、各平坦加熱器区域は、前記電力供給ラインの1つと前記電力リターンラインの1つに接続され、いずれの2つの平坦加熱器区域も同一の電力供給ラインおよび電力リターンラインの対を共有せず、(a)全ての電力リターンラインが前記電流計を介して接地され、第  $i$  の電力供給ラインのみが前記電源に接続されている状態で、前記第  $i$  の電力供給ライン上の電圧  $V$  を測定し、前記全ての電力リターンライン上の総電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって、前記第  $i$  の電力供給ラインに接続されている全ての前記平坦加熱器区域の測定総加熱出力を取得し、(b)前記総加熱出力を、前記第  $i$  の電力供給ラインに接続されている各前記平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される予め定められた総加熱出力と比較し、(c)前記測定総加熱出力が前記予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガし、(d)全ての電力供給ラインが前記電源に接続され、第  $j$  の電力リターンラインのみが接地された状態で、前記全ての電力供給ライン上の電圧  $V$  を測定し、前記第  $j$  の電力リターンライン上の電流  $I$  を測定し、 $V$  と  $I$  を乗算することによって、前記第  $j$  の電力リターンラインに接続されている全ての平坦加熱器区域の総加熱出力を取得し、(e)前記測定総加熱出力を、前記第  $j$  の電力リターンラインに接続されている各前記平坦加熱器区域の予め定められた加熱出力を加算することによって計算される予め定められた総加熱出力と比較し、(f)前記測定総加熱出力が前記予め定められた総加熱出力から所定の偏差ずれている場合に、アラーム信号をトリガすることを備える方法。

30

40

適用例10：適用例9に記載の方法において、さらに、前記第  $i$  の電力供給ラインと前記第  $j$  の電力リターンラインの両方に接続されている前記平坦加熱器区域が故障状態であ

50

る、前記第  $i$  の電力供給ラインのみが前記電源に接続され、全ての前記電力リターンラインが接地されているとき、および前記第  $j$  の電力リターンラインのみが接地され、前記すべての電力供給ラインが前記電源に接続されているときにアラーム信号がトリガされた場合に、前記第  $i$  の電力供給ラインと前記第  $j$  の電力リターンラインの両方に接続されている前記平坦加熱器区域が故障状態であると識別することを備える、方法。

適用例 11：適用例 9 に記載の方法において、前記全ての電力供給ラインでの前記電圧  $V$ 、および前記第  $i$  の電力供給ラインでの前記電圧  $V$  は、平坦加熱器区域での電圧降下ではない電圧降下を差し引くことによって補正される、方法。

【図 2】

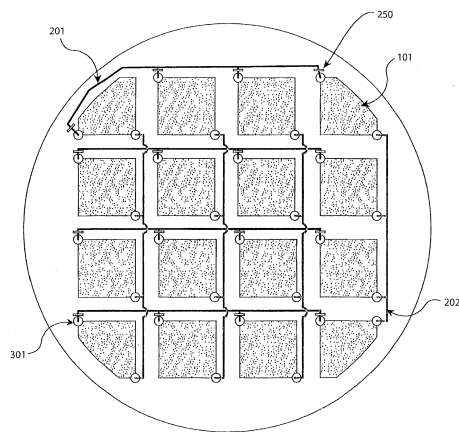


FIG. 2

【図 3】

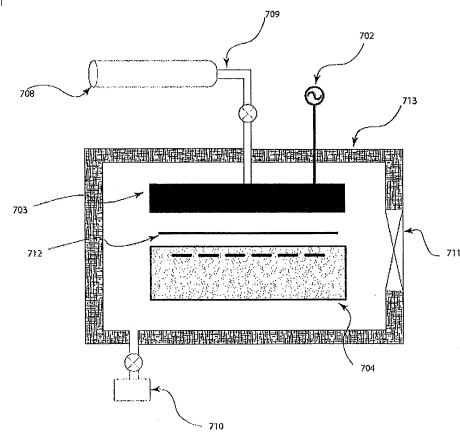


FIG. 3

【図 4】

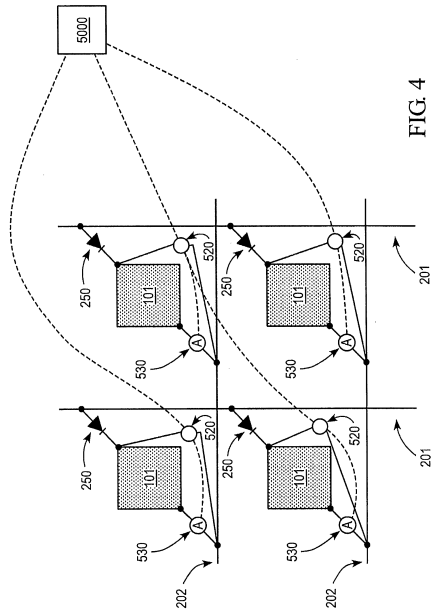


FIG. 4

【図 5】

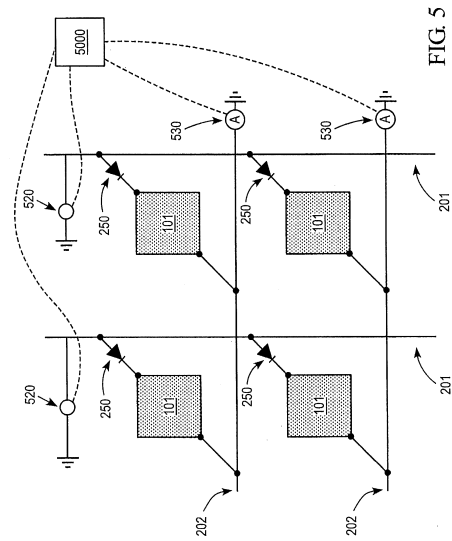


FIG. 5

【図 6】

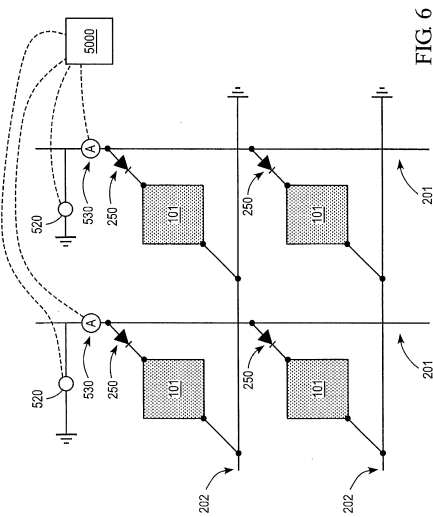


FIG. 6

【図 7】

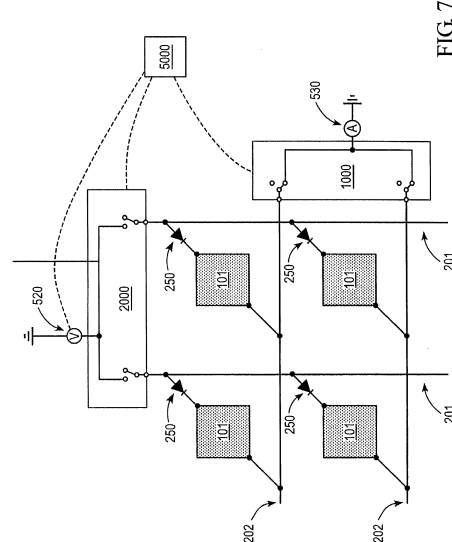


FIG. 7

【図 1】

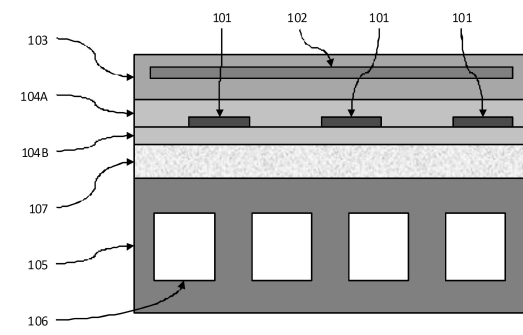


FIG.1

---

フロントページの続き

審査官 工藤 一光

(56)参考文献 特開平08-130184(JP,A)  
特開平07-078668(JP,A)  
特開2004-319953(JP,A)  
特表2013-508968(JP,A)  
特表2013-545310(JP,A)  
特表2014-529847(JP,A)  
特開2001-57370(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L21/02  
H01L21/027  
H01L21/302  
H01L21/31  
H01L21/683  
H05B3/00