

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6976686号
(P6976686)

(45) 発行日 令和3年12月8日 (2021. 12. 8)

(24) 登録日 令和3年11月12日 (2021. 11. 12)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/683 (2006. 01)	HO 1 L 21/68 N
HO 1 L 21/3065 (2006. 01)	HO 1 L 21/302 I O I G

請求項の数 16 外国語出願 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-6322 (P2017-6322)	(73) 特許権者	592010081
(22) 出願日	平成29年1月18日 (2017. 1. 18)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公開番号	特開2017-183701 (P2017-183701A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公開日	平成29年10月5日 (2017. 10. 5)		ATION
審査請求日	令和2年1月15日 (2020. 1. 15)		アメリカ合衆国、カリフォルニア 945
(31) 優先権主張番号	62/314, 659		38, フレモント, クッシング パークウ
(32) 優先日	平成28年3月29日 (2016. 3. 29)		エイ 4650
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	110000028
(31) 優先権主張番号	15/403, 786		特許業務法人明成国際特許事務所
(32) 優先日	平成29年1月11日 (2017. 1. 11)	(72) 発明者	マークス・マセルマン
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州946
			06 オークランド, ニュートン・アベニ
			ュー, 350, アpartment 16

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エッジリング特性評価を実行するためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板処理システム内の基板支持体であって、
 基板を支持するよう構成された内側部分と、
 前記内側部分を囲むエッジリングと、
 コントローラと、
 を備え、
 前記コントローラは、

(i) 前記エッジリングを上げて、前記エッジリングを前記基板と選択的に接触させること、および、(i i) 前記内側部分を下げて、前記エッジリングを前記基板と選択的に接触させること、の内の少なくとも一方を実行し、

前記エッジリングが前記基板に接触したことを示す測定信号に応答して、前記エッジリングが前記基板と接触した時を決定し、

前記エッジリングが前記基板と接触した時の決定に基づいて、前記エッジリングの厚さを計算するように構成されている、基板支持体。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の基板支持体であって、前記エッジリングが前記基板と接触した時を決定するために、前記コントローラは、更に、前記エッジリングを前記基板と接触させるために前記エッジリングが上げられた量および前記内側部分が下げられた量の少なくとも一方を決定するように構成されている、基板支持体。

10

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載の基板支持体であって、更に、前記基板を備え、前記基板は、前記基板の縁部から外向きに伸びる少なくとも 1 つの接触フィンガを備え、前記少なくとも 1 つの接触フィンガは、前記エッジリングと接触するよう構成されている、基板支持体。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の基板支持体であって、前記接触フィンガは、前記エッジリングの内径と接触するよう構成されている、基板支持体。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の基板支持体であって、前記エッジリングが前記基板と接触した時を決定するために、前記コントローラは、前記測定信号を用いて、前記基板の表面から反射された信号を監視するように構成されている、基板支持体。

10

【請求項 6】

請求項 1 に記載の基板支持体であって、前記エッジリングの厚さを計算するために、前記コントローラは、前記エッジリングを前記基板と接触させるために前記エッジリングが上げられた量および前記内側部分が下げられた量の少なくとも一方を決定するように構成されている、基板支持体。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の基板支持体であって、さらに、
前記エッジリングを支持するために配置された複数のピンと、
前記コントローラにตอบสนองして、前記複数のピンのそれぞれを選択的に上下させるよう構成された複数のアクチュエータと、
を備える、基板支持体。

20

【請求項 8】

請求項 1 に記載の基板支持体であって、さらに、
前記コントローラにตอบสนองして、前記内側部分を選択的に上下させるよう構成された少なくとも 1 つのアクチュエータを備える、基板支持体。

【請求項 9】

基板処理システムにおけるエッジリングの厚さを決定する方法であって、
基板支持体の内側部分の上にテスト基板を配置する工程であって、前記テスト基板は、前記テスト基板の縁部から外向きに伸びる接触フィンガを備える、工程と、
(i) 前記内側部分を囲むエッジリングを上げて、前記エッジリングの内径を前記接触フィンガと接触させること、および、(i i) 前記内側部分を下げて、前記エッジリングの前記内径を前記接触フィンガと接触させること、の内の少なくとも一方を実行する工程と、

30

前記エッジリングの前記内径が前記テスト基板の前記接触フィンガに接触したことを示す測定信号にตอบสนองして、前記エッジリングの前記内径が前記接触フィンガと接触した時を決定する工程と、

前記エッジリングの前記内径が前記接触フィンガと接触した時の決定に基づいて、前記エッジリングの前記厚さを決定する工程と、
を備える、方法。

40

【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法であって、前記エッジリングの前記内径が前記テスト基板と接触した時を決定する工程は、前記エッジリングの前記内径を前記テスト基板と接触させるために前記エッジリングが上げられた量および前記内側部分が下げられた量の少なくとも一方を決定する工程を含む、方法。

【請求項 11】

請求項 9 に記載の方法であって、前記テスト基板は、前記テスト基板の縁部から外向きに伸びる少なくとも 1 つの接触フィンガを備え、前記少なくとも 1 つの接触フィンガは、前記エッジリングと接触するよう構成されている、方法。

【請求項 12】

50

請求項 1 1 に記載の方法であって、前記接触フィンガは、前記エッジリングの内径と接触するよう構成されている、方法。

【請求項 1 3】

請求項 9 に記載の方法であって、前記エッジリングが前記テスト基板と接触した時を決定する工程は、前記測定信号を用いて、前記テスト基板の表面から反射された信号を監視する工程を含む、方法。

【請求項 1 4】

請求項 9 に記載の方法であって、前記エッジリングの前記厚さを決定する工程は、前記エッジリングを前記テスト基板と接触させるために前記エッジリングが上げられた量および前記内側部分が下げられた量の少なくとも一方を決定する工程を含む、方法。

10

【請求項 1 5】

請求項 9 に記載の方法であって、前記エッジリングを上げる工程は、前記エッジリングを支持するために配置された複数のピンと、前記複数のピンのそれぞれを選択的に上下させるよう構成された複数のアクチュエータとを用いて、前記エッジリングを上げる工程を含む、方法。

【請求項 1 6】

請求項 9 に記載の方法であって、前記内側部分を下げる工程は、前記内側部分を選択的に上下させるよう構成された少なくとも 1 つのアクチュエータを用いて、前記内側部分を下げる工程を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

〔関連出願への相互参照〕

本願は、2016年3月29日出願の米国仮出願第62/314,659号の利益を主張する。上記の出願の開示全体が、参照によって本明細書に組み込まれる。

【0002】

本開示は、基板処理システム内でエッジリングを測定するためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0003】

30

本明細書で提供されている背景技術の記載は、本開示の背景を概略的に提示するためのものである。ここに名を挙げられている発明者の業績は、この背景技術に記載された範囲において、出願時に従来技術として通常見なされえない記載の態様と共に、明示的にも默示的にも本開示に対する従来技術として認められない。

【0004】

半導体ウエハなどの基板上に膜をエッチングするために、基板処理システムが利用される。基板処理システムは、通例、処理チャンバ、ガス分配装置、および、基板支持体を備える。処理中、基板は、基板支持体の上に配置される。異なるガス混合物が処理チャンバに導入され、高周波(RF)プラズマが化学反応を活性化するために利用される。

【0005】

40

基板支持体は、基板支持体の外側部分の周りに(例えば、周囲の外側におよび/または周囲に隣接して)配置されたエッジリングを備える。エッジリングは、基板上方の空間にプラズマを閉じこめる、プラズマによって引き起こされる腐食から基板支持体を保護する、などのために提供される。

【発明の概要】

【0006】

基板処理システム内の基板支持体が、基板を支持するよう構成された内側部分と、内側部分を囲むエッジリングと、コントローラと、を備える。コントローラは、エッジリングを上げて、エッジリングを基板と選択的に係合させること、および、内側部分を下げて、エッジリングを基板と選択的に係合させること、の内の少なくとも一方を実行する。コン

50

トローラは、エッジリングが基板と係合した時を決定し、エッジリングが基板と係合した時の決定に基づいて、基板処理システムの少なくとも1つの特性を計算する。

【0007】

基板処理システムの特性を決定する方法が、基板支持体の内側部分の上にテスト基板を配置する工程を備える。テスト基板は、テスト基板の縁部から外向きに伸びる接触フィンガを備える。方法は、さらに：内側部分を囲むエッジリングを上げて、エッジリングの内径を接触フィンガと係合させること、および、内側部分を下げて、エッジリングの内径を接触フィンガと係合させること、の内の少なくとも一方を実行する工程と；エッジリングの内径が接触フィンガと係合した時を決定する工程と；エッジリングの内径が接触フィンガと係合した時の決定に基づいて、基板処理システムの少なくとも1つの特性を計算する工程と、を備える。

10

【0008】

詳細な説明、特許請求の範囲、および、図面から、本開示を適用可能なさらなる領域が明らかになる。詳細な説明および具体的な例は、単に例示を目的としており、本開示の範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0009】

本開示は、詳細な説明および以下に説明する添付図面から、より十分に理解できる。

【0010】

【図1】本開示に従って、処理チャンバの一例を示す機能ブロック図。

20

【0011】

【図2A】本開示に従って、下位置にあるエッジリングの一例を示す図。

【0012】

【図2B】本開示に従って、上位置にあるエッジリングの一例を示す図。

【0013】

【図2C】本開示に従って、傾斜位置にあるエッジリングの一例を示す図。

【0014】

【図3A】本開示に従って、上位置にある基板支持体の一例を示す図。

【0015】

【図3B】本開示に従って、下位置にある基板支持体の上に配置されたテストウエハの一例を示す図。

30

【0016】

【図3C】本開示に従って、下位置にある基板支持体の上に配置されたテストウエハの別の例を示す図。

【0017】

【図4A】本開示に従って、テストウエハの例を示す平面図。

【図4B】本開示に従って、テストウエハの例を示す平面図。

【0018】

【図5A】本開示に従って、第1形状を有する接触フィンガを示す図。

【図5B】本開示に従って、第1形状を有する接触フィンガを示す図。

40

【0019】

【図6A】本開示に従って、第2形状を有する接触フィンガを示す図。

【図6B】本開示に従って、第2形状を有する接触フィンガを示す図。

【0020】

【図7A】本開示に従って、第3形状を有する接触フィンガを示す図。

【図7B】本開示に従って、第3形状を有する接触フィンガを示す図。

【0021】

【図8】本開示に従って、エッジリングの寸法を測定するための方法の一例を示すフローチャート。

【0022】

50

図面において、同様および／または同一の要素を特定するために、同じ符号を用いる場合がある。

【発明を実施するための形態】

【0023】

基板処理チャンバ内の基板支持体は、基板上方の空間にプラズマを閉じこめる、プラズマによって引き起こされる腐食から基板支持体を保護する、などのためにエッジリングを備えてよい。例えば、エッジリングは、基板およびエッジリングの付近および周囲のプラズマシースの特性を制御して、所望のクリティカルディメンション均一性(CDU)を達成するために配置されてよい。エッジリングの様々な表面は、チャンバ内でプラズマへの暴露によって時間と共に摩耗を受け、これは、エッジリングの寸法の変化を引き起こす。結果として、チャンバ内で処理された基板のCDUが影響を受けうる。

10

【0024】

したがって、好ましくは基板処理チャンバを開けることなしに、エッジリングを交換または調整するか否かを判定するために、摩耗の影響を受けたエッジリングの寸法を定期的に測定することが望ましい。エッジリングの寸法を測定するための方法の例は、レーザ変位センサなどを利用して、レーザおよびフォトダイオードを用いて、基板支持体上に配置された基板の傾きを測定する方法を含む。

【0025】

本開示の原理に従ったエッジリング測定システムおよび方法は、移動可能／調整可能なエッジリング(および／または、調整可能な基板支持体、チャック、ペDESTALなど)と、エッジリングの寸法を測定するためのテストウエハすなわちダミーウエハと、を実装する。エッジリングは、例えば、エッジリングのそれぞれの部分を独立的に上下させるための1または複数のピンおよび関連するアクチュエータ(自由度3すなわち3DOFの平行ロボット)を用いて、移動可能であってよい。テストウエハは、テストウエハの縁部の周りに配置され縁部から外側に伸びる1または複数の接触フィンガを備える。

20

【0026】

テストウエハの有効直径(例えば、接触フィンガの外端によって規定される)は、エッジリングの内径よりも大きい。したがって、接触フィンガは、エッジリングの上面に接触する。このように、エッジリングを上下させることは、それに応じて、テストウエハを上下させ、ピンは、テストウエハに対するエッジリングの所望の配置(例えば、高さ、傾きなど)を達成するために独立して制御されうる。調整可能な基板支持体を含む例において、基板支持体は、接触フィンガを同様にエッジリングに接触させるために下げられてよい。テストウエハが1つだけの接触フィンガを備える例において、テストウエハは、接触フィンガがエッジリングの所望の位置と整列されるように(例えば、回転して)配置されてよい。したがって、接触フィンガを係合させるためにエッジリングを持ち上げることは、その位置のエッジリングの特性に基づいて、ウエハを異なって傾けさせる。

30

【0027】

基板処理チャンバは、基板支持体上に載置されたウエハの様々な特性を測定するために配置された測定装置(例えば、スペクトル反射率計すなわちSR、レーザスペクトル反射率計すなわちLSR、など)を備えてよい。例えば、SRは、SR信号を下向きにウエハへ方向付けるように、基板支持体の真上に配置されてよい。フォトダイオード、電荷結合素子(CCD)、または、その他の検知装置が、ウエハの表面から反射したSR信号を検知するために配置される。反射SR信号の特性は、ウエハの様々な特性を示す。例えば、反射SR信号は、ウエハが基板支持体に対して実質的に平坦である(すなわち、基板支持体の上面と平行である)か、傾いているか、などを示しうる。したがって、エッジリングが持ち上げられると、反射SR信号の角度は、エッジリングが接触フィンガの内の1または複数と係合するとすぐに変化する。

40

【0028】

逆に、ウエハがエッジリングを用いて基板支持体から持ち上げられた場合に、エッジリングにおける不均一な摩耗が、反射SR信号の角度を予測角度(すなわち、基板支持体上

50

に実質的に平坦に置かれたウエハに対応する角度)と異ならせる。同様に、ウエハがエッジリングを用いて(例えば、1つだけのピンをアクチュエートしてエッジリングを傾けることによって)意図的に傾けられた場合に、反射SR信号は、ウエハの傾きがウエハの予測された傾きに対応するか否かを示す。

【0029】

このように、本明細書に記載のシステムおよび方法は、エッジリングが接触フィンガと係合する時を決定し、さらに、エッジリングの様々な部分上の摩耗を決定するよう構成される。例えば、接触フィンガのそれぞれの形状(例えば、接触面のプロファイル)は、エッジリングのどの部分が測定されるのかを決定しうる。接触フィンガがエッジリングの内径と接触するよう配置された場合、接触フィンガとエッジリングとの間の接触は、エッジリングの内径上の摩耗を示しうる。逆に、接触フィンガがエッジリングの中間部分または外径と接触するよう配列された場合、接触フィンガとエッジリングとの間の接触は、エッジリングの中間部分または外径上の摩耗を示しうる。本明細書ではSR装置として記載されているが、本開示の原理は、エッジリングがテストウエハと係合して、テストウエハの移動、傾斜などを引き起こした時に検知するよう構成された任意の測定装置を用いて実施されてよい。

【0030】

ここで、図1を参照すると、本開示に従って基板の層(単に例として、タングステンすなわちWの層)をエッチングするための基板処理チャンバの一例100を示す。特定の基板処理チャンバが図示および説明されているが、本明細書に記載の方法は、他のタイプの基板処理システムで実施されてもよい。

【0031】

基板処理チャンバ100は、下側チャンバ領域102および上側チャンバ領域104を備える。下側チャンバ領域102は、チャンバ側壁面108、チャンバ底面110、および、ガス分配装置114の下面によって規定される。

【0032】

上側チャンバ領域104は、ガス分配装置114の上面およびドーム118の内面によって規定される。いくつかの例において、ドーム118は、第1環状支持体121の上にある。いくつかの例において、第1環状支持体121は、後に詳述するように、上側チャンバ領域104に処理ガスを供給するための1または複数の離間された穴123を備える。いくつかの例において、処理ガスは、ガス分配装置114を含む平面に対して鋭角に上方向に1または複数の離間した穴123によって供給されるが、その他の角度/方向が用いられてもよい。いくつかの例において、第1環状支持体121内のガス流路134が、1または複数の離間した穴123にガスを供給する。

【0033】

第1環状支持体121は、ガス流路129から下側チャンバ領域102へ処理ガスを供給するための1または複数の離間した穴127を規定する第2環状支持体125上にあってよい。いくつかの例において、ガス分配装置114の穴131は、穴127と整列する。別の例において、ガス分配装置114は、より小さい直径を有しており、穴131は必要ない。いくつかの例において、処理ガスは、ガス分配装置114を含む平面に対して鋭角に基板に向かって下方向に1または複数の離間した穴127によって供給されるが、その他の角度/方向が用いられてもよい。

【0034】

別の例において、上側チャンバ領域104は、平坦な上面を備えた円筒形であり、1または複数の平坦な誘導コイルが用いられてよい。さらに別の例において、単一のチャンバが、シャワーヘッドと基板支持体との間に配置されたスペーサと共に用いられてもよい。

【0035】

基板支持体122が、下側チャンバ領域102内に配置されている。いくつかの例において、基板支持体122は、静電チャック(ESC)を備えるが、その他のタイプの基板支持体が用いられてもよい。基板126が、エッチング中に基板支持体122の上面に配

10

20

30

40

50

置される。いくつかの例において、基板 1 2 6 の温度は、ヒータプレート 1 3 2 と、流体流路を備えた任意選択的な冷却プレートと、1 または複数のセンサ（図示せず）とによって制御されてよいが、任意のその他の適切な基板支持体温度制御システムが用いられてもよい。

【0036】

いくつかの例において、ガス分配装置 1 1 4 は、シャワーヘッド（例えば、複数の離間した穴 1 3 3 を有するプレート 1 2 8）を備える。複数の離間した穴 1 3 3 は、プレート 1 2 8 の上面からプレート 1 2 8 の下面まで伸びる。いくつかの例において、離間した穴 1 3 3 は、0.4"（1.016 cm）から 0.75"（1.905 cm）の範囲の直径を有し、シャワーヘッドは、導電材料製の埋め込み電極を備えた導電材料（アルミニウムなど）または非導電材料（セラミックなど）で製造される。

10

【0037】

1 または複数の誘導コイル 1 4 0 が、ドーム 1 1 8 の外側部分の周りに配列されている。励起されると、1 または複数の誘導コイル 1 4 0 は、ドーム 1 1 8 の内部に電磁場を生成する。いくつかの例では、上側コイルおよび下側コイルが用いられる。ガスインジェクタ 1 4 2 が、ガス供給システム 1 5 0 - 1 から 1 または複数のガス混合物を注入する。

【0038】

いくつかの例において、ガス供給システム 1 5 0 - 1 は、1 または複数のガス源 1 5 2 と、1 または複数のバルブ 1 5 4 と、1 または複数のマスフローコントローラ（MFC）1 5 6 と、混合マニホールド 1 5 8 とを備えるが、その他のタイプのガス供給システムが用いられてもよい。ガススプリッタ（図示せず）が、ガス混合物の流量を変化させるために用いられてよい。別のガス供給システム 1 5 0 - 2 が、（ガスインジェクタ 1 4 2 からのエッチングガスに加えてまたはその代わりに）エッチングガスまたはエッチングガス混合物をガス流路 1 2 9 および / または 1 3 4 に供給するために用いられる。

20

【0039】

適切なガス供給システムが、2015年12月4日出願の同一出願人の米国特許出願第 1 4 / 9 4 5 , 6 8 0 号「Gas Delivery System」に図示および記載されており、この出願は、その全体が参照によって本明細書に組み込まれる。適切なシングルまたはデュアルガスインジェクタおよび他のガス注入位置が、2016年1月7日出願の同一出願人の米国仮特許出願第 6 2 / 2 7 5 , 8 3 7 号「Substrate Processing System with Multiple Injection Points and Dual Injector」に図示および記載されており、この出願は、その全体が参照によって本明細書に組み込まれる。

30

【0040】

いくつかの例において、ガスインジェクタ 1 4 2 は、下方向にガスを方向付ける中央注入位置と、下方向に対して或る角度でガスを注入する 1 または複数の側方注入位置とを備える。いくつかの例において、ガス供給システム 1 5 0 - 1 は、中央注入位置に第 1 流量でガス混合物の第 1 部分を供給し、ガスインジェクタ 1 4 2 の側方注入位置へ第 2 流量でガス混合物の第 2 部分を供給する。別の例では、異なるガス混合物が、ガスインジェクタ 1 4 2 によって供給される。いくつかの例において、ガス供給システム 1 5 0 - 1 は、後述するように、ガス流路 1 2 9 および 1 3 4 ならびに / もしくは処理チャンバの他の位置へ調節ガスを供給する。

40

【0041】

プラズマ発生器 1 7 0 が、1 または複数の誘導コイル 1 4 0 に出力される RF 電力を生成するために用いられる。プラズマ 1 9 0 が、上側チャンバ領域 1 0 4 で生成される。いくつかの例において、プラズマ発生器 1 7 0 は、RF 発生器 1 7 2 および整合回路網 1 7 4 を備える。整合回路網 1 7 4 は、RF 発生器 1 7 2 のインピーダンスを 1 または複数の誘導コイル 1 4 0 のインピーダンスに整合させる。いくつかの例において、ガス分配装置 1 1 4 は、接地などの基準電位に接続される。バルブ 1 7 8 およびポンプ 1 8 0 が、下側および上側チャンバ領域 1 0 2、1 0 4 の内部の圧力を制御すると共に、反応物質を排出

50

するために用いられてよい。

【 0 0 4 2 】

コントローラ 1 7 6 が、ガス供給システム 1 5 0 - 1 および 1 5 0 - 2、バルブ 1 7 8、ポンプ 1 8 0、ならびに / もしくは、プラズマ発生器 1 7 0 と通信して、処理ガス、ページガスの流量、RF プラズマ、および、チャンバ圧を制御する。いくつかの例において、プラズマは、1 または複数の誘導コイル 1 4 0 によってドーム 1 1 8 内で維持される。1 または複数のガス混合物が、ガスインジェクタ 1 4 2 (および / または穴 1 2 3) を用いてチャンバの上部から導入され、プラズマは、ガス分配装置 1 1 4 を用いてドーム 1 1 8 内に閉じこめられる。

【 0 0 4 3 】

ドーム 1 1 8 におけるプラズマの閉じこめは、プラズマ種の体積再結合を可能にし、ガス分配装置 1 1 4 を通して所望のエッチング種を放出する。いくつかの例において、基板 1 2 6 には RF バイアスが印加されない。結果として、基板 1 2 6 上に活性シースはなく、イオンが任意の有限エネルギーで基板に衝突することがない。或る程度の量のイオンが、ガス分配装置 1 1 4 を通してプラズマ領域から拡散する。しかしながら、拡散するプラズマの量は、ドーム 1 1 8 内に位置するプラズマよりも桁が小さい。プラズマ内のイオンのほとんどは、高圧で体積再結合によって失われる。ガス分配装置 1 1 4 の上面での表面再結合の損失も、ガス分配装置 1 1 4 の下のイオン密度を低下させる。

【 0 0 4 4 】

いくつかの例において、RF バイアス発生器 1 8 4 が設けられており、RF 発生器 1 8 6 および整合回路網 1 8 8 を備える。RF バイアスは、ガス分配装置 1 1 4 と基板支持体との間でプラズマを生成するため、または、イオンを引きつけるために基板 1 2 6 上で自己バイアスを生成するために利用されうる。コントローラ 1 7 6 は、RF バイアスを制御するために用いられてよい。

【 0 0 4 5 】

基板支持体 1 2 2 は、エッジリング 1 9 2 を備える。本開示の原理に従ったエッジリング 1 9 2 が、基板 1 2 6 に対して移動可能 (例えば、垂直方向に上下に移動可能) である、および / または、基板支持体 1 2 2 は、上下に移動可能である。例えば、エッジリング 1 9 2 および / または基板支持体 1 2 2 は、後に詳述するように、コントローラ 1 7 6 に応答して、1 または複数のアクチュエータを介して制御されてよい。

【 0 0 4 6 】

基板 1 2 6 は、エッジリング 1 9 2 と係合するように配置された 1 または複数の接触フィンガ 1 9 4 を備える。例えば、エッジリング 1 9 2 および / または基板支持体 1 2 2 を上下させて、後に詳述するように、選択的にエッジリング 1 9 2 を接触フィンガ 1 9 4 と係合させる。SR 装置 1 9 6 が、基板 1 2 6 の表面に SR 信号を方向付けるように配置される。SR 信号は反射され、センサ (例えば、フォトダイオード) 1 9 8 によって受信される。エッジリング 1 9 2 の寸法 (例えば、摩擦の影響を受けた寸法) は、(例えば、反射 SR 信号によって示されるように) エッジリング 1 9 2 が接触フィンガ 1 9 4 と接触した時に、エッジリング 1 9 2 (および / または基板支持体 1 2 2) の高さをを用いて計算されうる。

【 0 0 4 7 】

ここで、図 2 A、図 2 B、および、図 2 C を参照すると、本開示の原理に従って配列されたそれぞれのテスト基板またはウエハ 2 0 4 を有する基板支持体の例 2 0 0 が示されている。基板支持体 2 0 0 は、(例えば、ESC に対応する) 内側部分 2 0 8 および外側部分 2 1 2 を有するベースまたはペデスタルをそれぞれ備えてよい。例において、内側部分 2 0 8 は、外側部分 2 1 2 から独立しており、それに対して移動可能であってよい (すなわち、内側部分 2 0 8 が、挙上および / または降下されるよう構成された例において) 。コントローラ 2 1 6 が、1 または複数のアクチュエータ 2 2 0 と通信して、エッジリング 2 2 4 を選択的に上下させる。単に例として、エッジリング 2 2 4 は、図 2 A では完全に下げられた位置に示されており、図 2 B および図 2 C では上げられた位置例に示されてい

10

20

30

40

50

る。この例に示されるように、アクチュエータ 220 は、垂直方向に選択的にピン 228 を伸び縮みさせるよう構成されたピンアクチュエータに対応する。その他の適切なタイプのアクチュエータが、別の例で用いられてもよい。例えば、アクチュエータ 220 は、それぞれのピン 228 のネジ山に係合して段階的にピン 228 を上下させるよう構成されたモータに対応してよい。単に例として、エッジリング 224 は、セラミックまたは石英のエッジリングに対応する。

【0048】

テストウエハ 204 は、1 または複数の接触フィンガ 232 を備える。2 つの接触フィンガ 232 が示されているが、例においては、テストウエハ 204 は、1、2、3、または、それより多い接触フィンガ 232 を備えてよい。図 2 B では、コントローラ 216 が、アクチュエータ 220 と通信してエッジリング 224 全体を持ち上げる様子が示されている。例えば、コントローラ 216、アクチュエータ 220、および、ピン 228 は、エッジリング 224 全体のみが上下されるように構成されてよく、または、コントローラ 216 は、ピン 228 を個々に制御するよう構成されてもよい。したがって、テストウエハ 204 は、基板支持体 200 に関して実質的に平坦（すなわち、平行）である。逆に、図 2 C では、コントローラ 216 が、アクチュエータ 220 の 1 つのみと通信して、ピン 228 のそれぞれの 1 つと、エッジリング 224 の一部のみとを持ち上げる様子が示されている。したがって、テストウエハ 204 は、基板支持体 200 に関して傾けられている。

【0049】

基板支持体 200 がアクチュエータ 220 の 1 つおよびそれぞれのピン 228 のみを含む例において、テストウエハ 204 は、接触フィンガ 232 をエッジリング 224 の異なる位置に整列させるために、回転されて異なる位置に配置されうる。このように、エッジリング 224 が接触フィンガ 232 と係合した時のエッジリング 224 の高さは、接触フィンガ 232 と整列されたエッジリング 224 の部分の寸法（例えば、摩耗）を示す。

【0050】

図 3 A、図 3 B、および、図 3 C に示す別の例において、エッジリング 224（および/またはエッジリング 224 が取り付けられた外側部分 212）の絶対的な高さは、チャンパの底面に対して固定されてよい。その代わり、内側部分 208（例えば、ESC）は、エッジリング 224 に対して移動可能である。したがって、コントローラ 216 は、アクチュエータ 220 と通信して、基板支持体 200 に対するエッジリング 224 の高さを調整するために内側部分 208 をエッジリング 224 に対して上下させてよい。内側部分 208 は、図 3 A では上位置に、図 3 B および図 3 C では下位置例に示されている。したがって、テストウエハ 204 が（図 3 B に示すように）複数の接触フィンガ 232 を含む例では、テストウエハ 204 全体が、エッジリング 224 によって支持され、基板 200 に対して実質的に平坦（すなわち、平行）である。逆に、テストウエハ 204 が（例えば、図 3 C に示すように）接触フィンガ 232 の 1 つだけを含む例では、接触フィンガ 232 に対応するテストウエハ 204 の部分が、エッジリング 224 によって支持され、テストウエハ 204 は、基板支持体 200 に対して傾けられている。テストウエハ 204 は、接触フィンガ 232 をエッジリング 224 の異なる部分と整列させるために、回転され異なる位置に配置されることが可能である。

【0051】

上記の例において、エッジリング 224 および内側部分 208 のそれぞれの上位置での高さおよび下位置での高さ（ならびに、基板支持体 200 に対するテストウエハ 204 の対応する向きまたは傾き）は、例示の目的でのみ示されている。動作中、エッジリング 224 は、エッジリング 224 が接触フィンガ 232 の 1 または複数と係合するまで持ち上げられてよく、それにより、反射 S R 信号の特性が変化する。同様に、内側部分 208 は、接触フィンガ 232 の 1 または複数がエッジリング 224 と係合するまで下げられてよく、それにより、反射 S R 信号の特性が変化する。

【0052】

このように、コントローラ 216 は、反射 S R 信号の特性を監視して、エッジリング 2

10

20

30

40

50

24が接触フィンガ232と係合した時(またはその逆)を検出し、エッジリング224が接触フィンガ232と係合したエッジリング224(および/または内側部分208)の第1高さを決定し、第1高さと、新しい(すなわち、摩耗していない、最適な、など)エッジリングに対応する高さとの間の差を決定し、その差に基づいてエッジリング224の寸法を計算するよう構成される。したがって、エッジリング224が時間と共に摩耗する時に、エッジリング224の上面の変化を計算することができ、摩耗を補償するように、エッジリング224(および/または内側部分208)を配置できる。例えば、コントローラ216は、エッジリング224の内径の厚さが0.Xミリメートルだけ(例えば、エッジリング224の外周周りの平均で)減少したと算出した場合、基板の処理中に、エッジリング224を0.Xミリメートルだけ持ち上げることができる。さらに、コントローラ216は、エッジリング224がメンテナンス、交換などを必要とする時を決定(そして、LED、グラフィカルインターフェースなどを介してユーザに提示)してよい。コントローラ216は、ユーザによって指示された時など、上記の方法によって定期的にエッジリング224の寸法の測定を実行できる。

【0053】

図4Aおよび図4Bは、テストウエハの例260および264を示す平面図である。図4Aにおいて、テストウエハ260は、複数(例えば、3つ)の接触フィンガ268を備える。図4Bにおいて、テストウエハ264は、接触フィンガ268を1つだけ備える。接触フィンガ268の内の1または複数が、ノッチ272を備えてよい。ノッチ272は、基板支持体に対する所望のアライメントでテストウエハ260および264を位置決めするために用いられてよい。例えば、テストウエハ260および264の位置は、ノッチ272を(例えば、カメラまたはその他の画像検知装置を用いて)検出し、それに従ってテストウエハ260および264のアライメントを計算することによって決定されうる。

【0054】

図5Aおよび図5B、図6Aおよび図6B、ならびに、図7Aおよび図7Bは、エッジリング300およびテストウエハ304の例を示す。図5A、図6A、および、図7Aは、エッジリング300が摩耗を受ける前のエッジリング300の高さHを示す。図5B、図6B、および、図7Bは、高さHにエッジリング300のそれぞれの摩耗を補償するためのオフセットdを加えたものを示す。たとえば、H+dは、エッジリング300が接触フィンガ308、312、および、316と係合すると(例えば、コントローラ216および反射SR信号を用いて)判定された時のエッジリング300のそれぞれの高さに対応する。接触フィンガ308、312、および、316は、エッジリング300の寸法を測定するために異なる形状(すなわち、接触フィンガプロファイル)を有する。図5Aおよび図5Bにおいて、接触フィンガ308は、エッジリング300の内径と係合するよう構成されている。図5Bに示すように、エッジリング300の内径が時間と共に摩耗すると、エッジリング300は、異なる高さで接触フィンガ308と係合する。したがって、エッジリング300を持ち上げることで、エッジリング300の内径に対する摩耗の量(および、対応する寸法の変化)を決定し、エッジリングの上面と処理中のウエハとの間の所望の関係性を達成することができる。逆に、接触フィンガ312は、エッジリング300の外径と係合するよう構成され、接触フィンガ316は、エッジリング300の中間直径と係合するよう構成されている。このように、エッジリング300の異なる部分の寸法を測定できる。

【0055】

ここで、図8を参照すると、本開示に従ってエッジリングの寸法を測定するための方法の例400が、工程404で始まる。工程408で、テスト基板が、基板支持体の上に配置される。例えば、テスト基板は、図1~7に関して上述したように、接触フィンガを備え、接触フィンガは、基板支持体のエッジリングの上方に伸びる。工程412で、エッジリングは持ち上げられる(または、一部の例では、基板支持体の内側部分が下げられる)。工程416で、方法400(例えば、コントローラ216)は、エッジリング(例えば、エッジリングの内径)が接触フィンガと係合するか否かを判定する。例えば、コントロ

ーラ 2 1 6 は、テスト基板の表面から反射した信号に基づいて、エッジリングが接触フィンガと係合するか否かを判定する。係合する場合、方法 4 0 0 は、工程 4 2 0 に進む。係合しない場合、方法 4 0 0 は、工程 4 1 2 に進む。

【 0 0 5 6 】

工程 4 2 0 で、方法 4 0 0（例えば、コントローラ 2 1 6）は、エッジリングが接触フィンガと係合した時に基づいて、基板処理システムの少なくとも 1 つの特性を決定する。例えば、コントローラ 2 1 6 は、エッジリングが接触フィンガと係合した時のエッジリング（または、内側部分が下げられる例においては、基板支持体の内側部分）の位置 / 高さ、エッジリングが持ち上げられた全体量、などに基づいて、エッジリングの摩耗を算出する。方法 4 0 0 は、工程 4 2 4 で終了する。

10

【 0 0 5 7 】

上述の記載は、本質的に例示に過ぎず、本開示、応用例、または、利用法を限定する意図はない。本開示の広範な教示は、様々な形態で実施されうる。したがって、本開示には特定の例が含まれるが、図面、明細書、および、以下の特許請求の範囲を研究すれば他の変形例が明らかになるため、本開示の真の範囲は、それらの例には限定されない。方法に含まれる 1 または複数の工程が、本開示の原理を改変することなく、異なる順序で（または同時に）実行されてもよいことを理解されたい。さらに、実施形態の各々は、特定の特徴を有するものとして記載されているが、本開示の任意の実施形態に関して記載された特徴の内の任意の 1 または複数の特徴を、他の実施形態のいずれかに実装することができる、および / または、組み合わせが明確に記載されていないとしても、他の実施形態のいずれかの特徴と組み合わせることができる。換言すると、上述の実施形態は互いに排他的ではなく、1 または複数の実施形態を互いに置き換えることは本開示の範囲内にある。

20

【 0 0 5 8 】

要素の間（例えば、モジュールの間、回路要素の間、半導体層の間）の空間的關係および機能的關係性が、「接続される」、「係合される」、「結合される」、「隣接する」、「近接する」、「の上部に」、「上方に」、「下方に」、および、「配置される」など、様々な用語を用いて記載されている。第 1 および第 2 要素の間の關係性を本開示で記載する時に、「直接」であると明確に記載されていない限り、その關係性は、他に介在する要素が第 1 および第 2 の要素の間に存在しない直接的な關係性でありうるが、1 または複数の介在する要素が第 1 および第 2 の要素の間に（空間的または機能的に）存在する間接的な關係性でもありうる。本明細書で用いられているように、「A、B、および、C の少なくとも 1 つ」という表現は、非排他的な論理和 OR を用いて、論理（A または B または C）を意味すると解釈されるべきであり、「A の少なくとも 1 つ、B の少なくとも 1 つ、および、C の少なくとも 1 つ」という意味であると解釈されるべきではない。

30

【 0 0 5 9 】

いくつかの実施例において、コントローラは、システムの一部であり、システムは、上述の例の一部であってよい。かかるシステムは、1 または複数の処理ツール、1 または複数のチャンバ、処理のための 1 または複数のプラットフォーム、および / または、特定の処理構成要素（ウエハペDESTAL、ガスフローシステムなど）など、半導体処理装置を備えうる。これらのシステムは、半導体ウエハまたは基板の処理前、処理中、および、処理後に、システムの動作を制御するための電子機器と一体化されてよい。電子機器は、「コントローラ」と呼ばれてもよく、システムの様々な構成要素または副部品を制御しうる。コントローラは、処理要件および / またはシステムのタイプに応じて、処理ガスの供給、温度設定（例えば、加熱および / または冷却）、圧力設定、真空設定、電力設定、高周波（RF）発生器設定、RF 整合回路設定、周波数設定、流量設定、流体供給設定、位置および動作設定、ならびに、ツールおよび他の移動ツールおよび / または特定のシステムと接続または結合されたロードロックの内外へのウエハ移動など、本明細書に開示の処理のいずれを制御するようプログラムされてもよい。

40

【 0 0 6 0 】

概して、コントローラは、命令を受信する、命令を発行する、動作を制御する、洗浄動

50

作を可能にする、エンドポイント測定を可能にすることなどを行う様々な集積回路、ロジック、メモリ、および/または、ソフトウェアを有する電子機器として定義されてよい。集積回路は、プログラム命令を格納するファームウェアの形態のチップ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)として定義されるチップ、および/または、プログラム命令(例えば、ソフトウェア)を実行する1または複数のマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラを含みうる。プログラム命令は、様々な個々の設定(またはプログラムファイル)の形態でコントローラに伝えられて、半導体ウエハに対するまたは半導体ウエハのための特定の処理を実行するための動作パラメータ、もしくは、システムへの動作パラメータを定義する命令であってよい。動作パラメータは、いくつかの実施形態において、ウエハの1または複数の層、材料、金属、酸化物、シリコン、二酸化シリコン、表面、回路、および/または、ダイの加工中に1または複数の処理工程を達成するために処理エンジニアによって定義されるレシピの一部であってよい。

10

【0061】

コントローラは、いくつかの実施例において、システムと一体化されるか、システムに接続されるか、その他の方法でシステムとネットワーク化されるか、もしくは、それらの組み合わせでシステムに結合されたコンピュータの一部であってもよいし、かかるコンピュータに接続されてもよい。例えば、コントローラは、「クラウド」内にあってもよいし、ウエハ処理のリモートアクセスを可能にするファブホストコンピュータシステムの全部または一部であってもよい。コンピュータは、現在の処理のパラメータを変更する、現在の処理に従って処理工程を設定する、または、新たな処理を開始するために、システムへのリモートアクセスを可能にして製造動作の現在の進捗を監視する、過去の製造動作の履歴を調べる、複数の製造動作からの傾向または性能指標を調べる。いくつかの例では、リモートコンピュータ(例えば、サーバ)が、ネットワーク(ローカルネットワークまたはインターネットを含みうる)を介してシステムに処理レシピを提供してよい。リモートコンピュータは、パラメータおよび/または設定の入力またはプログラミングを可能にするユーザインターフェースを備えてよく、パラメータおよび/または設定は、リモートコンピュータからシステムに通信される。いくつかの例において、コントローラは、データの形式で命令を受信し、命令は、1または複数の動作中に実行される処理工程の各々のためのパラメータを指定する。パラメータは、実行される処理のタイプならびにコントローラがインターフェース接続するまたは制御するよう構成されたツールのタイプに固有であってよいことを理解されたい。したがって、上述のように、コントローラは、ネットワーク化されて共通の目的(本明細書に記載の処理および制御など)に向けて動作する1または複数の別個のコントローラを備えることなどによって分散されてよい。かかる目的のための分散コントローラの一例は、チャンバでの処理を制御するために協働するリモートに配置された(プラットフォームレベルにある、または、リモートコンピュータの一部として配置されるなど)1または複数の集積回路と通信するチャンバ上の1または複数の集積回路である。

20

30

【0062】

限定はしないが、システムの例は、プラズマエッチングチャンバまたはモジュール、蒸着チャンバまたはモジュール、スピンリンスチャンバまたはモジュール、金属メッキチャンバまたはモジュール、洗浄チャンバまたはモジュール、ベベルエッジエッチングチャンバまたはモジュール、物理蒸着(PVD)チャンバまたはモジュール、化学蒸着(CVD)チャンバまたはモジュール、原子層蒸着(ALD)チャンバまたはモジュール、原子層エッチング(ALE)チャンバまたはモジュール、イオン注入チャンバまたはモジュール、トラックチャンバまたはモジュール、ならびに、半導体ウエハの加工および/または製造に関連するかまたは利用されうる任意のその他の半導体処理システムを含みうる。

40

【0063】

上述のように、ツールによって実行される1または複数の処理工程に応じて、コントローラは、他のツール回路またはモジュール、他のツール構成要素、クラスタツール、他のツールインターフェース、隣接するツール、近くのツール、工場の至る所に配置されるツ

50

ール、メインコンピュータ、別のコントローラ、もしくは、半導体製造工場内のツール位置および/またはロードポートに向かってまたはそこからウエハのコンテナを運ぶ材料輸送に用いられるツール、の内の1または複数と通信してもよい。本開示は以下の適用例としても実現できる。

[適用例 1]

基板処理システム内の基板支持体であって、
基板を支持するよう構成された内側部分と、
前記内側部分を囲むエッジリングと、
コントローラと、
を備え、

10

前記コントローラは、
(i) 前記エッジリングを上げて、前記エッジリングを前記基板と選択的に係合させること、および、(i i) 前記内側部分を下げ、前記エッジリングを前記基板と選択的に係合させること、の内の少なくとも一方を実行し、
前記エッジリングが前記基板と係合した時を決定し、
前記エッジリングが前記基板と係合した時の決定に基づいて、前記基板処理システムの少なくとも1つの特性を計算する、基板支持体。

[適用例 2]

適用例 1 に記載の基板支持体であって、前記エッジリングが前記基板と係合した時を決定することは、前記エッジリングを前記基板と係合させるために前記エッジリングが上げられた量および前記内側部分が下げられた量の少なくとも一方を決定することを含む、基板支持体。

20

[適用例 3]

適用例 1 に記載の基板支持体であって、前記少なくとも1つの特性は、前記エッジリングの寸法である、基板支持体。

[適用例 4]

適用例 1 に記載の基板支持体であって、前記基板は、前記基板の縁部から外向きに伸びる少なくとも1つの接触フィンガを備え、前記少なくとも1つの接触フィンガは、前記エッジリングと係合するよう構成されている、基板支持体。

[適用例 5]

30

適用例 4 に記載の基板支持体であって、前記接触フィンガは、前記エッジリングの内径と係合するよう構成されている、基板支持体。

[適用例 6]

適用例 1 に記載の基板支持体であって、前記エッジリングが前記基板と係合した時を決定するために、前記コントローラは、前記基板の表面から反射された信号を監視する、基板支持体。

[適用例 7]

適用例 1 に記載の基板支持体であって、前記基板処理システムの前記少なくとも1つの特性を計算するために、前記コントローラは、前記エッジリングを前記基板と係合させるために前記エッジリングが上げられた量および前記内側部分が下げられた量の少なくとも一方を決定する、基板支持体。

40

[適用例 8]

適用例 1 に記載の基板支持体であって、さらに、
前記エッジリングを支持するために配置された複数のピンと、
前記コントローラに応答して、前記複数のピンのそれぞれを選択的に上下させるよう構成された複数のアクチュエータと、
を備える、基板支持体。

[適用例 9]

適用例 1 に記載の基板支持体であって、さらに、
前記コントローラに応答して、前記内側部分を選択的に上下させるよう構成された少な

50

くとも1つのアクチュエータを備える、基板支持体。

[適用例 1 0]

基板処理システムの特性を決定する方法であって、

基板支持体の内側部分の上にテスト基板を配置する工程であって、前記テスト基板は、前記テスト基板の縁部から外向きに伸びる接触フィンガを備える、工程と、

(i) 前記内側部分を囲むエッジリングを上げて、前記エッジリングの内径を前記接触フィンガと係合させること、および、(i i) 前記内側部分を下げて、前記エッジリングの前記内径を前記接触フィンガと係合させること、の内の少なくとも一方を実行する工程と、

前記エッジリングの前記内径が前記接触フィンガと係合した時を決定する工程と、

前記エッジリングの前記内径が前記接触フィンガと係合した時の決定に基づいて、前記基板処理システムの少なくとも1つの特性を計算する工程と、
を備える、方法。

10

[適用例 1 1]

適用例 1 0 に記載の方法であって、前記エッジリングの前記内径が前記基板と係合した時を決定する工程は、前記エッジリングの前記内径を前記基板と係合させるために前記エッジリングが上げられた量および前記内側部分が下げられた量の少なくとも一方を決定する工程を含む、方法。

[適用例 1 2]

適用例 1 0 に記載の方法であって、前記少なくとも1つの特性は、前記エッジリングの寸法である、方法。

20

[適用例 1 3]

適用例 1 0 に記載の方法であって、前記基板は、前記基板の縁部から外向きに伸びる少なくとも1つの接触フィンガを備え、前記少なくとも1つの接触フィンガは、前記エッジリングと係合するよう構成されている、方法。

[適用例 1 4]

適用例 1 3 に記載の方法であって、前記接触フィンガは、前記エッジリングの内径と係合するよう構成されている、方法。

[適用例 1 5]

適用例 1 0 に記載の方法であって、前記エッジリングが前記基板と係合した時を決定する工程は、前記基板の表面から反射された信号を監視する工程を含む、方法。

30

[適用例 1 6]

適用例 1 0 に記載の方法であって、前記基板処理システムの前記少なくとも1つの特性を計算する工程は、前記エッジリングを前記基板と係合させるために前記エッジリングが上げられた量および前記内側部分が下げられた量の少なくとも一方を決定する工程を含む、方法。

[適用例 1 7]

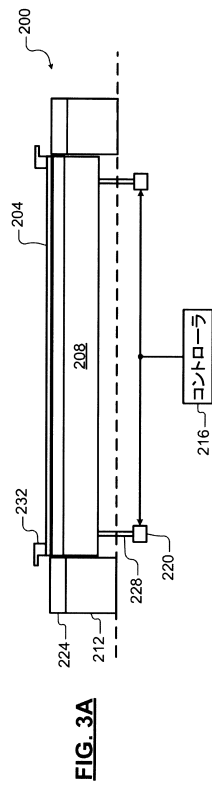
適用例 1 0 に記載の方法であって、前記エッジリングを上げる工程は、前記エッジリングを支持するために配置された複数のピンと、前記複数のピンのそれぞれを選択的に上下させるよう構成された複数のアクチュエータとを用いて、前記エッジリングを上げる工程を含む、方法。

40

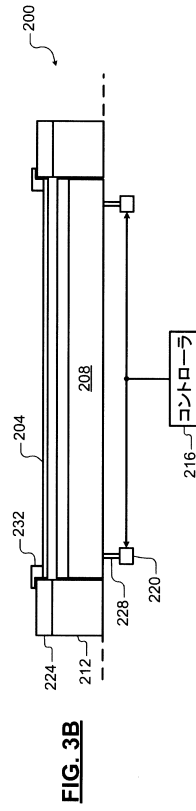
[適用例 1 8]

適用例 1 0 に記載の方法であって、前記内側部分を下げる工程は、前記内側部分を選択的に上下させるよう構成された少なくとも1つのアクチュエータを用いて、前記内側部分を下げる工程を含む、方法。

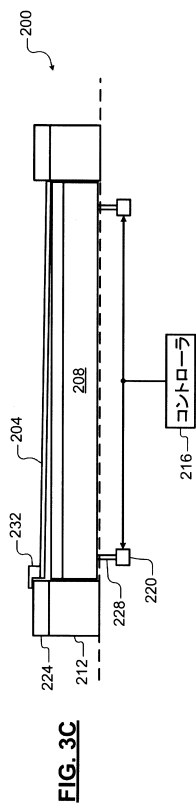
【図 3 A】



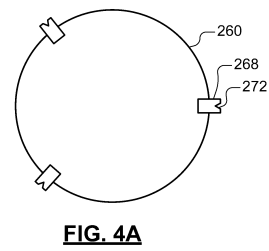
【図 3 B】



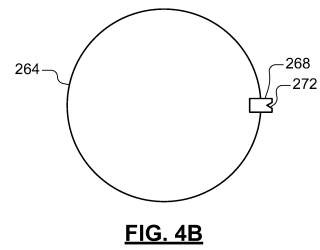
【図 3 C】



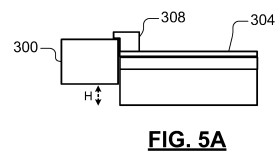
【図 4 A】



【図 4 B】



【図 5 A】



【図 5 B】

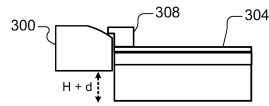


FIG. 5B

【図 6 A】

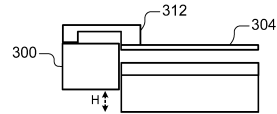


FIG. 6A

【図 6 B】

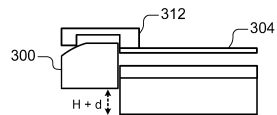


FIG. 6B

【図 7 A】

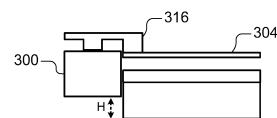


FIG. 7A

【図 7 B】

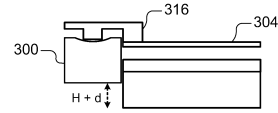


FIG. 7B

【図 8】

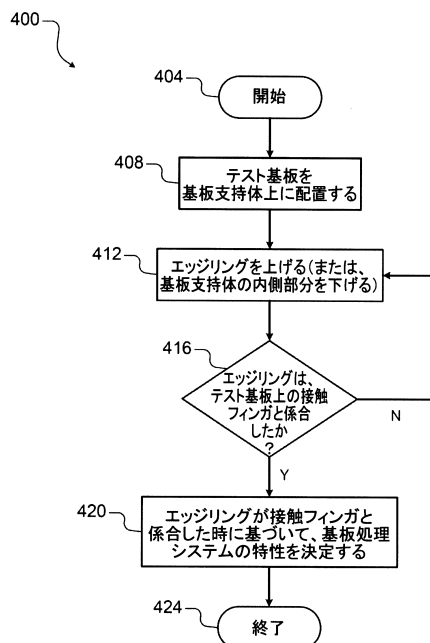


FIG. 8

フロントページの続き

- (72)発明者 アンドリュー・ディー．・ベイリー・ザ サード
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 8 プレザントン，セイジウッド・コート，3 3 6 3
- (72)発明者 ジョン・マケズニー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 9 フレモント，ミッション・ブルバード，4 6 5 0
9

審査官 湯川 洋介

- (56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 1 7 3 2 2 3 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 8 6 1 7 1 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 1 7 6 0 3 0 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 3 0 2 3 9 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 0 4 1 2 3 8 (U S , A 1)
韓国登録特許第 1 0 - 0 7 8 3 0 6 2 (K R , B 1)
特開 2 0 1 1 - 2 1 0 8 5 3 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 0 3 4 4 1 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 6 8 3
H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5