

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6441927号
(P6441927)

(45) 発行日 平成30年12月19日 (2018.12.19)

(24) 登録日 平成30年11月30日 (2018.11.30)

(51) Int. Cl.	F I				
H O 1 L 21/683 (2006.01)	H O 1 L 21/68			R	
H O 2 N 13/00 (2006.01)	H O 2 N 13/00			D	
H O 5 B 3/10 (2006.01)	H O 5 B 3/10			A	
H O 5 B 3/74 (2006.01)	H O 5 B 3/74				
H O 5 B 3/00 (2006.01)	H O 5 B 3/00		3 7 0		
請求項の数 14 (全 16 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号	特願2016-533318 (P2016-533318)	(73) 特許権者	390040660
(86) (22) 出願日	平成26年7月25日 (2014.7.25)		アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド
(65) 公表番号	特表2016-534556 (P2016-534556A)		APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED
(43) 公表日	平成28年11月4日 (2016.11.4)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 054 サンタ クララ パウアーズ ア ベニュー 3050
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/048182	(74) 代理人	100086771
(87) 国際公開番号	W02015/020813		弁理士 西島 孝喜
(87) 国際公開日	平成27年2月12日 (2015.2.12)	(74) 代理人	100088694
審査請求日	平成29年3月22日 (2017.3.22)		弁理士 弟子丸 健
(31) 優先権主張番号	61/862, 866	(74) 代理人	100094569
(32) 優先日	平成25年8月6日 (2013.8.6)		弁理士 田中 伸一郎
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
早期審査対象出願			
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 局部的に加熱されるマルチゾーン式の基板支持体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁ベースと、

前記絶縁ベース上に配置され、基板支持表面を有する誘電体層と、

前記絶縁ベースと前記基板支持表面との間に配置された電極アセンブリであって、第1の平面に配置され、第2の平面に配置される第2の組の電極と交互に配置される第1の組の電極を備え、前記第1の平面と前記第2の平面とが互いに平行である、電極アセンブリと、

前記絶縁ベースに結合されると共に前記第1の組の電極と前記第2の組の電極の交互に配置される部分の間に配置された複数の加熱要素とを備え、前記複数の加熱要素が、前記絶縁ベースの上面に形成され、基板表面にわたって温度プロファイルを方位角方向に制御するように少なくとも1つまたは複数の加熱要素の独立して制御可能な群で配置される、静電チャック。

【請求項 2】

前記複数の加熱要素が、個別の金属区分の形である、請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 3】

前記複数の加熱要素が、抵抗加熱要素を備える、請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 4】

前記第1の組の電極が前記第2の組とは異なる極性を有する電荷を生成する、請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 5】

前記第 1 の組の電極が前記第 2 の組の電極に直接隣接して配置される、請求項 4 に記載の静電チャック。

【請求項 6】

前記誘電体層は、ガラス材料、又は、炭化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、イットリウム含有材料、酸化イットリウム (Y_2O_3)、イットリウム - アルミニウム - ガーネット (YAG)、酸化チタン (TiO) 及び窒化チタン (TiN) からなる群から選択されるセラミック材料から作られる請求項 1 に記載の静電チャック。

【請求項 7】

第 1 の表面および前記第 1 の表面とは反対側の第 2 の表面を有する絶縁ベースと、
前記絶縁ベースの前記第 1 の表面上に形成され、第 2 の極性を有する第 2 の組の電極と交互配置された第 1 の極性を有する第 1 の組の電極を有する電極アセンブリと、
前記第 1 の組の電極および第 2 の組の電極の交互配置部分間に形成され、前記絶縁ベースの前記第 1 の表面上に形成された複数の加熱要素であって、基板表面にわたって温度プロファイルを方位角方向に制御するように温度コントローラに接続される少なくとも 1 つまたは複数の加熱要素の独立して制御可能な群で配置される複数の加熱要素と、
前記電極アセンブリに結合された封入部材と
を備える静電チャック。

10

【請求項 8】

前記複数の加熱要素が、個別の区分の形である、請求項 7 に記載の静電チャック。

20

【請求項 9】

前記複数の加熱要素が、抵抗加熱要素を備える、請求項 7 に記載の静電チャック。

【請求項 10】

前記封入部材は、ガラス材料、又は、炭化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、イットリウム含有材料、酸化イットリウム (Y_2O_3)、イットリウム - アルミニウム - ガーネット (YAG)、酸化チタン (TiO) 及び窒化チタン (TiN) からなる群から選択されるセラミック材料から作られる請求項 7 に記載の静電チャック。

【請求項 11】

静電チャックを製造する方法であって、

第 2 の組の電極と交互配置された第 1 の組の電極を含む電極アセンブリを絶縁ベース上に形成するステップと、

30

基板表面にわたって温度プロファイルを方位角方向に制御するように少なくとも 1 つまたは複数の加熱要素の独立して制御可能な群で配置される複数の加熱要素を前記絶縁ベースの上面に前記第 1 の組の電極と前記第 2 の組の電極の交互配置部分間に形成するステップと、

前記電極アセンブリ上に封入部材を形成するステップとを含む方法。

【請求項 12】

前記絶縁ベースを前記封入部材に接合して一体構成要素を形成するステップ
をさらに含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記複数の加熱要素が、誘導加熱要素を備える、請求項 1 に記載の静電チャック。

40

【請求項 14】

前記複数の加熱要素が、誘導加熱要素を備える、請求項 7 に記載の静電チャック。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、一般に、プラズマ処理チャンバ内で使用するための基板支持アセンブリに関し、より詳細には、基板全体にわたって独立した温度制御を提供するために分散された加熱要素を有する静電チャックに関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

半導体およびその他の産業では、基板の処理中に基板などの加工物を支持体上で保持するために、静電チャック（ESC）が使用される。典型的なESCは、ベースと、ベース上に配置された電気絶縁層と、電気絶縁層内に埋め込まれた1つまたは複数の電極とを含むことができる。ESCは、埋め込まれた電気ヒータを備えることができ、ならびに処理中に基板温度を制御する熱伝達ガス源に流体結合することができる。使用中、ESCは、プロセスチャンバ内の支持体に固定される。ESC内の電極は、ESC上に配置された基板に対して電圧源によって電氣的にバイアスされる。ESCの電極内および基板の表面上には逆の静電荷が蓄積し、絶縁層は、これらの間の電荷の流れを防ぐ。静電荷の蓄積に起因する静電力は、基板の処理中にESCに対して基板を保持する。

10

処理結果を改善するために、複数の同心円状の加熱ゾーンを有するESCが開発されてきた。基板のエッチングなどの加工物上で行われる多くの化学反応は温度に大きく依存するので、これらの加熱ゾーンは、基板または膜の反応速度または他の特性を等しくするために、縁部から中心への温度制御を可能にする手段を提供する。チャンバ内のプラズマが他のチャンバ非対称物を励起することで基板全体の温度が方位角方向に不均一になることがあるため、プラズマチャンバ内で基板を精密にエッチングすることは困難になる可能性がある。基板全体にわたって非対称に方位角方向の温度勾配が存在することがあり、したがって、基板の1つの領域は、基板の別の領域と比較すると異なる温度になる。基板の温度が均一でないとき、基板上に配置された様々な層に特徴が均一にエッチングされないことがある。

20

しかし、従来のESCが基板の直径全体にわたって多数の同心円状の温度制御ゾーンを有することは困難であり、または非常に高価である。基板の方位角方向の温度の均一性を制御する能力がないことは、単一の基板内でも、基板間でも、処理の均一性に悪影響を与える。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 3 】

したがって、複数の温度制御ゾーンを提供する改善されたESCアセンブリが当技術分野で必要とされている。

【 課題を解決するための手段 】

30

【 0 0 0 4 】

本開示の実施形態は、複数の温度制御ゾーンを有する静電チャック（ESC）を提供する。一実施形態では、ESCは、絶縁ベースと、絶縁ベース上に配置された電極アセンブリと、絶縁ベースに結合され、方位角方向の温度制御を提供するように配置された複数の独立して制御可能な加熱要素と、ベースに結合され、ESCの基板支持表面を形成する誘電体部材とを含む。

別の実施形態では、ESCは、絶縁ベースと、絶縁ベース上に配置され、基板支持表面を有する誘電体層と、絶縁ベースと基板支持表面との間に配置された電極アセンブリと、基板表面全体にわたって温度プロファイルを方位角方向に制御するように構成された複数の加熱要素とを含む。

40

さらに別の実施形態では、静電チャックは、第1の表面および第1の表面とは反対側の第2の表面を有する絶縁ベースと、絶縁ベースの第1の表面上に形成され、第2の電極と交互配置された第1の電極を有する電極アセンブリと、第1および第2の電極の交互配置部分間に形成された複数の加熱要素と、電極アセンブリに結合された封入部材とを含む。

【 0 0 0 5 】

別の実施形態では、ESCを製造する方法は、第2の電極と交互配置された第1の電極を含む電極アセンブリを絶縁ベース上に形成するステップと、基板表面全体にわたって温度プロファイルを方位角方向に制御するように構成された複数の加熱要素を絶縁ベース上に形成するステップと、電極アセンブリ上に封入部材を形成するステップとを含む。

本開示の上記の特徴を詳細に理解できるように、実施形態を参照することに

50

よって、上記で簡単に要約した本開示のより具体的な説明を得ることができる。実施形態の一部を、添付の図面に示す。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1A】本開示の一実施形態による静電チャック（ESC）の分解図である。

【図1B】本開示の実施形態による電極の様々な例示的な配置の断面図である。

【図1C】本開示の実施形態による電極の様々な例示的な配置の断面図である。

【図1D】本開示の実施形態による電極の様々な例示的な配置の断面図である。

【図1E】本開示の実施形態による電極の様々な例示的な配置の断面図である。

【図2A】本開示の別の実施形態による図1のESCを有する基板支持アセンブリの断面図である。

10

【図2B】本開示の別の実施形態による加熱要素および電極の配置を示す絶縁ベースの一部分の拡大上面図である。

【図3】本開示の一実施形態による層の一部分を切り取って絶縁ベース104を露出させた図2Aの基板支持アセンブリの概略上面図である。

【図4A】加熱要素の様々な例示的な配置を示す図2Aの基板支持アセンブリの断面部分図である。

【図4B】加熱要素の様々な例示的な配置を示す図2Aの基板支持アセンブリの断面部分図である。

【図4C】加熱要素の様々な例示的な配置を示す図2Aの基板支持アセンブリの断面部分図である。

20

【図5】本開示の別の実施形態による誘導加熱要素を使用する基板支持アセンブリの概略部分横断面図である。

【図6】本開示の一実施形態による静電チャックを製造する方法の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

ただし、本開示は他の等しく有効な実施形態も許容することができるため、添付の図面は本開示の典型的な実施形態のみを示し、したがって本開示の範囲を限定すると見なされるべきではないことに留意されたい。理解を容易にするために、可能な場合、複数の図に共通の同一の要素を指すために、同一の参照番号を使用した。さらなる記載がなくても、一実施形態の要素を他の実施形態で利用することができることが有利であることが企図される。

30

本開示の実施形態は、方位角方向の温度制御を有する静電チャック（ESC）を提供する。ESCは、方位角方向の温度制御を可能にするようにESC全体にわたって分散された独立して制御可能な複数の加熱要素を含む。別の実施形態では、複数の加熱要素は、誘導によって駆動され、それによって加熱要素へ電力を送るためにESC内に必要とされる孔の量を最小にする。他の実施形態では、加熱要素は、抵抗ヒータとすることができる。

【0008】

図1Aは、本開示の一実施形態による静電チャック100の分解図を示す。静電チャック100は、物理気相堆積（PVD）プロセス、化学気相堆積（CVD）プロセス、エッチングプロセス、または任意の適したプラズマもしくは真空プロセスを含む任意の適したプラズマプロセスで 사용할 ことができる。静電チャック100はまた、特に高温の適用例に対して非プラズマおよび非真空環境で使用するために適合させることができる。本明細書では静電チャック100の一実施形態が配置されるが、任意の製造業者からの静電チャックを、本開示から利益を得るように適合させることができることが企図される。

40

静電チャック100は、概して、絶縁ベース104と、絶縁ベース104の上面107上に配置された電極アセンブリ106と、電極アセンブリ106上に配置された封入部材102とを含む。絶縁ベース104は、特有の加工物を取り扱うために選択された任意の適した形状を有することができる。図1Aに示す例では、絶縁ベース104は、その上に順次形成される電極アセンブリ106および封入部材102の形状および寸法に実質的に

50

整合する周辺部 132 を有する円形の形状を有し、類似の形状および寸法を有する基板をその上に配置することを可能にする。絶縁ベース 104 は、必要に応じて任意の形状または構成とすることができることに留意されたい。絶縁ベース 104 は、誘電体材料またはセラミック材料などの絶縁材料から製造することができる。セラミック材料または誘電体材料の適した例は、石英またはガラスなどの酸化ケイ素、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、窒化アルミニウム (AlN)、イットリウム含有材料、酸化イットリウム (Y_2O_3)、イットリウム - アルミニウム - ガーネット (YAG)、酸化チタン (TiO)、窒化チタン (TiN)、炭化ケイ素 (SiC) などを含むことができる。また、チタニアがドーブされたアルミナまたはカルシウムがドーブされた窒化アルミニウムなどのドーブされたセラミックを使用することもできる。任意選択で、絶縁ベース 104 は、電極アセンブリ 106 に面する表面上に配置された誘電体層を有する金属または半導体本体とすることができる。

【0009】

絶縁ベース 104 上に配置された電極アセンブリ 106 は、少なくとも 2 組の分散された電極 108、110 を含む。各電極 108、110 は、電圧電力が印加されるときに必要なに応じて異なる極性で帯電させることができ、したがって静電力を生成することができる。電極 108、110 は、静電チャック 100 の幅の少なくとも 2 倍の距離に沿って静電力を分散させるように構成することができる。各電極 108、110 は、互いに介在する複数の電極フィンガ 120、122 を有することができる。交互配置された電極フィンガ 120、122 は、静電チャック 100 の大きい面積全体にわたって分散された局所的な静電引力を提供し、その集まったものがより小さいチャッキング電圧を使用して高いチャッキング力を提供すると考えられる。電極フィンガ 120、122 は、異なる長さおよび形状寸法を有するように形成することができる。一例では、電極フィンガ 120、122 の一方または両方は、相互接続された電極アイランド 124 から形成することができる。電極アイランド 124 間の相互接続 126 は、図 1A に示すように電極 108、110 の平面内に位置することができ、またはジャンパおよび/もしくはバイアなどの形で平面外に位置することができる。一実施形態では、電極フィンガ 120、122 は、約 0.1 mm ~ 約 20 mm、たとえば約 0.25 mm ~ 約 10 mm の幅 116 を有することができ、幅 116 は、絶縁ベース 104 のタイプおよびチャッキングすべき材料タイプに応じて変動することができる。所望される場合、電極フィンガ 120、122 は、異なる寸法が互いに介在するように構成することができる。電極フィンガ 120、122 は、別法として、所望の数の電極フィンガが形成されるまで、繰り返し形成することができる。

【0010】

第 1 の電極 108 の電極フィンガ 120 の各々の間には、第 2 の電極 110 の電極フィンガ 122 を受け取るように、空間 133 が画定される。空間 133 は、空隙とすることができ、誘電体スペーサ材料で充填され、または絶縁ベース 104 もしくは封入部材 102 の少なくとも 1 つで充填される。

【0011】

図 1A に示す電極 108、110 の構成は、単なる例示を目的とすることが企図される。電極 108、110 は、電極が交互の極性で絶縁ベース 104 の上面 107 に分散されるように、任意の所望の構成で配置することができる。異なる極性で帯電された異なる 2 組の電極を有するという概念は、任意の所望の構成で配置された電極にも等しく適合することができる。図 1B ~ 1E は、第 1 および第 2 の電極のいくつかの可能な配置を示す。図 1B は、格子状の電極構成を示し、第 1 の電極 108 は、第 2 の電極 110 と交差して電極アセンブリの連続配列を形成する。第 1 の電極 108 および第 2 の電極 110 は、同一平面に位置決めすることができ、または互いに平行な異なる平面内に位置決めすることができる。図 1C は、画素状またはドット状の電極構成を示し、第 1 の電極 108 および第 2 の電極 110 は、ある行または列内の任意の 2 つの隣接する電極が逆の極性を有するように配置される (同一平面または異なる平面内)。図示の一例では、第 1 の電極 108 および第 2 の電極 110 は、格子配列に配置される。第 1 の電極 108 および第 2 の電極

110は、方形の配列、六角形の配列、はちの巣状の配列、または対称のパターンで配置することができることが企図される。図1Dは、電極の別の構成であり、第1の電極108および第2の電極110は、中心軸の周りに極性配列で交互に配置される。図1Eは、電極のさらに別の構成であり、第1の電極108および第2の電極110は、実質的に同心円状のパターンで交互に配置される。

【0012】

第1の電極108および第2の電極110には、電力スイッチ112を通して電源114が結合される。電源114は、第1の電極108および第2の電極110に電圧電力を提供して異なる極性を有する電荷、正または負の電荷を生成するように構成される。第1の電極108および第2の電極110から生成される正または負の電荷は、静電チャック100内に固定の位置で配置された基板を引き付ける静電力を提供する。一実施形態では、電源114は、第1の電極108および第2の電極110にDCまたはAC電力を提供するように構成することができる。別の実施形態では、電源114は、電極108、110に容量結合して基板にRFバイアスを印加するRF電力を提供するように構成することができる。

【0013】

封入部材102は、絶縁ベース104上に配置され、電極アセンブリ106を挟んで静電チャック100を単体構造として形成する。封入部材102は、基板がチャッキングされる絶縁表面を提供するように電極アセンブリ106上に位置決めされる。封入部材102は、下にある電極アセンブリ106の熱特性に、およびいくつかの実施形態では絶縁ベース104の熱特性にも実質的に整合する熱特性、たとえば熱膨張係数を有する材料によって製造することができる。

封入部材102、電極アセンブリ106、および絶縁ベース104が所定の順序で積層された後、アニーリングプロセスなどの接合プロセスを実行して、封入部材102、電極アセンブリ106、および絶縁ベース104とともに溶融し、静電チャック100の積層構造を一体部分として形成する。封入部材102、電極アセンブリ106、および絶縁ベース104は、たとえば摂氏300度を超える高温環境で動作することが必要とされることがあるため、これらの3つの構成要素を製造するために利用される材料は、加熱プロセス中の高熱処理に耐えることができるセラミック材料またはガラス材料などの耐熱材料から選択することができる。

【0014】

一実施形態では、封入部材102および絶縁ベース104は、良好な強度および耐久性ならびに熱伝達特性を提供するセラミック材料、ガラス材料、またはセラミック材料と金属材料の複合材から製造することができる。封入部材102および絶縁ベース104を製造するために選択される材料は、高熱の負荷を受けて応力または障害を引き起こすことがある熱膨張の不整合を低減させるために、中間の電極アセンブリ106に実質的に整合または類似する熱膨張係数を有することができる。一実施形態では、封入部材102の熱膨張係数は、約3~約8 $\mu\text{m}/(\text{m}\cdot\text{K})$ とすることができる。封入部材102および絶縁ベース104を製造するのに適したセラミック材料は、それだけに限定されるものではないが、ガラス、炭化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、イットリウム含有材料、酸化イットリウム(Y_2O_3)、イットリウム-アルミニウム-ガーネット(YAG)、酸化チタン(TiO)、または窒化チタン(TiN)を含むことができる。別の実施形態では、封入部材102および絶縁ベース104は、分散されたセラミック粒子を有する金属など、セラミックおよび金属の異なる組成を含む複合材料から製造することができる。

【0015】

一実施形態では、電極アセンブリ106は、隣接する封入部材102および絶縁ベース104に類似の熱膨張係数を有することができる金属材料、たとえばモリブデンから製造することができる。一実施形態では、電極アセンブリ106の熱膨張係数は、約2~約8 $\mu\text{m}/(\text{m}\cdot\text{K})$ であり、概して封入部材102の熱膨張係数の20パーセント以内であ

る。

動作中、電源 114 に電力が供給されるときに静電力を生成するために、第 1 の電極 108 に負の電荷を印加することができ、第 2 の電極 110 に正の電荷を印加することができ、または逆も同様である。チャッキング中、電極 108、110 から生成された静電力は、その上に配置された基板を固定の位置でチャッキングおよび保持する。電源 114 から供給される電力が切られたとき、電極 108、110 間の境界面 118 内に存在する電荷は、長期間にわたって維持することができる。静電チャック 100 上に保持された基板を解放するには、逆の極性の短い電力パルスを経電極 108、110 に提供して、境界面 118 内に存在する電荷を除去することができる。

【0016】

10

図 2A は、本開示の別の実施形態による図 1 の静電チャックを有する基板支持アセンブリ 200 の断面図を示す。次いで、基板支持アセンブリ 200 は、その上に配置された基板 204 を処理中に保持するように、プラズマ処理真空チャンバなどの処理チャンバ内にさらに配置することができる。本明細書に記載の基板支持アセンブリ 200 は、真空プラズマ処理に使用されるが、基板支持アセンブリ 200 は、大気または任意の条件下で動作する処理機器を含む任意の適した処理器具内で実施することができることに留意されたい。

【0017】

図 2A の横断面図に示すように、電極アセンブリ 106 は、ペDESTAL 202 によって支持される絶縁ベース 104 上に配置される。電極アセンブリ 106 は、封入部材 102 によって覆われており、介在する電極フィンガ 120、122 を有する第 1 の電極 108 および第 2 の電極 110 を含むことができる。図 2A に示す例では、第 1 の電極 108 に負の電荷が印加され、第 2 の電極 110 に正の電荷が印加される。電極アセンブリ 106 から生成される負および正の電荷は、それぞれ基板 204 を誘導して、逆の極性を有する電荷、すなわち正の電荷および負の電荷を生成させ、それによって基板支持アセンブリ 200 上に基板 204 をチャッキングする静電力を生成させる。たとえば、第 1 の電極 108 の電極フィンガ 120 上に存在する負の電荷は、基板 204 を誘導して、正の電荷 206 を局部的に生成させることができ、基板支持アセンブリ 200 上に基板 204 を固定して位置決めする静電力を生じさせる。同様に、第 2 の電極 110 の電極フィンガ 122 上に存在する正の電荷は、基板 204 を誘導して、負の電荷 210 を局部的に生成させることができる。処理中、曲がった基板を静電チャック 100 に対して平坦にするために、第 1 の電極 108 および第 2 の電極 110 からの電極フィンガのいくつかを切ることができ、または他の電極フィンガより高い電力で動作させることができることが企図される。

20

30

【0018】

第 1 の電極 108 および第 2 の電極 110 の介在するフィンガ電極 120、122 を利用することによって、拡大および局所化させた静電界を生じさせることができ、この静電界は、電極フィンガ 120、122 間に画定される境界面 118 の長さが長いこと、静電チャック 100 のより大きい面積全体にわたって分散され、基板への静電引力を生成し、従来の静電チャックと比較するとより少ないチャッキング電圧で基板 204 を基板支持アセンブリ 200 上で保持するのに役立つ。

40

【0019】

図 2A に示す本開示の一実施形態では、絶縁ベース 104 の上面上に複数の加熱要素 203 がさらに配置される。加熱要素 203 は、電極 108、110 に平行に位置決めすることができる。加熱要素 203 は、電極 108、110 間に画定された空間内に配置された個別の金属ラインまたは空間の形とすることができる。各群の 1 つまたは複数の加熱要素 203 は、温度コントローラ 211 に別個に結合され、それによって静電チャック 100 全体にわたって複数の独立して制御可能な加熱ゾーンを提供することができる。図 2A に示す一例では、加熱要素 203 は、2 つの隣接する電極フィンガ 120、122 間の空間に沿って配置される。2 つの直接隣接する電極フィンガ 120、122 間の間隔 209 は、約 1 mm ~ 約 3 mm とすることができ、電極アセンブリ 106 の寸法および / または

50

電極フィンガ１２０、１２２の寸法に応じて変動することができる。

本開示の別の実施形態では、加熱要素２０３は、電極１０８、１１０によって取り囲むことができ、電極の静電結合を減少させないように、加熱要素２０３が電極１０８、１１０と平行にならないように配置することができる。たとえば、絶縁ベース１０４の一部分の拡大上面図である図２Ｂに示す一実施形態では、加熱要素２０３の各々は、フィンガ状の形とすることができ、電極１０８、１１０の配置に実質的に直交する方向に延ばすことができる。加熱要素２０３の構成およびいくつかの可能な配置について、図３、図４Ａ～４Ｃ、および図５に関して以下でより詳細に論じる。

【００２０】

図３は、本開示の一実施形態による層３０２の一部分を切り取って絶縁ベース１０４を露出させた図２Ａの基板支持アセンブリ２００の概略上面図を示す。例示を簡単にする目的で、基板は省略されている。図３は、分散されて独立して制御される加熱要素２０３および電極フィンガ１２０、１２２の例示的な配置を示す。加熱要素２０３は、静電チャック１００に誘導または抵抗加熱を提供するのに適した任意の加熱デバイスとすることができる。

第１の電極１０８および第２の電極１１０は、図１Ｂ～１Ｅに示すように、任意の所望の構成で、絶縁ベース１０４の上面１０７上に交互の極性で配置することができる。それに対応して、絶縁ベース１０４の表面全体にわたって任意の所望の配置で、加熱要素２０３が第１の電極１０８および第２の電極１１０に物理的に接触することなく、加熱要素２０３に第１の電極１０８および第２の電極１１０を挿し入れることができる。別法として、加熱要素２０３は、電極を有する層とは異なる層内に配置することができ、したがって、加熱要素の数および／または構成は、チャッキング電極に必要とされる表面積によって制限されない。たとえば、加熱要素２０３は、図１Ｂ～１Ｅに関して上記で論じたものと同様に、格子状の構成、画素状もしくはドット状の構成、極性配列の構成、または同心円状の構成で配置することができる。

【００２１】

図３を再び参照すると、加熱要素２０３は、第１の電極１０８と第２の電極１１０との間に画定された空間１３３内に配置された個別の金属ラインまたは空間の形とすることができる。各群の１つまたは複数の加熱要素２０３は、温度コントローラ２１１に別個に結合して、静電チャック全体にわたって複数の独立して制御可能な加熱ゾーンを提供することができる。したがって、加熱要素２０３は、静電チャックを点ごとに制御可能に独立して加熱し、それによってその上に配置された基板の直径全体にわたって温度分布を方位角方向に制御することが可能である。

【００２２】

一例では、加熱要素２０３の各々は、幅約０．１ｍｍ～約３０ｍｍ、たとえば約０．５ｍｍ、および長さ約０．１ｍｍ～約３０ｍｍ、たとえば約１０ｍｍの規模で形成される。加熱要素２０３は、約０．０１ｍｍ～約１ｍｍの厚さを有することができる。本明細書に示す加熱要素２０３は、約８０個の加熱要素を有するが、任意の数の加熱要素が企図される。様々な例では、約１００～約１６０個の加熱要素など、約１０～約３００個の加熱要素を、絶縁ベース１０４の表面全体にわたって配置することができる。加熱要素２０３の数は、静電チャック１００の表面積に応じて変動することができる。基板加熱ゾーンの数に対する唯一の実際的な制限は、非チャッキング区域内で基板の裏側に作用させるガス圧力（熱交換の目的）を保持するために必要とされる力の量、およびチャッキング区域内で必要とされる静電力を実現するために電極１０８、１１０が占める表面積であることを理解されたい。

【００２３】

図４Ａは、本開示の別の実施形態による基板支持アセンブリ４００の概略部分横断面図を示す。図４Ａに示す基板支持アセンブリ４００は、図１Ａ～１Ｅ、図２Ａ～２Ｂ、および図３に示す静電チャック１００に関して上記で論じたものと同様に機能することができる。基板支持アセンブリ４００は、ペDESTAL ４０３上に位置決めされた静電チャック４

10

20

30

40

50

02を含む。静電チャック402は、絶縁ベース404と、絶縁ベース404上に配置された電極アセンブリ406と、処理中にその上に基板204を保持するように電極アセンブリ406上に配置された封入部材408とを含む。電極アセンブリ406は、空間417内に位置決めされた複数の加熱要素416(1つのみを示す)を含むことができ、空間417は、第1の電極412と第1の電極412に平行に配置された第2の電極414との間に画定され、または第1の電極412および第2の電極414に隣接して画定される。第1の電極412および第2の電極414の各々を、スイッチ422を介して電源420に接続し、第1の電極412および第2の電極414に電圧電力を提供して、異なる極性を有する電荷を生成する。

【0024】

図4Aの実施形態では、加熱要素416は、絶縁ベース404の頂面407上に配置することができる。第1の電極412および第2の電極414と同一平面である。加熱要素416は、第1の電極412および第2の電極414と同じ層内に配置することができる。別法として、交互配置された第1の電極412および第2の電極414は、加熱要素を有する第2の層に積層された第1の層内に形成することができる。たとえば、交互配置された第1および第2の電極は、図4Bに示すように、加熱要素416を有する薄層419上に直接配置することができる。そのような場合、加熱要素416は、所望のパターンで構成された個別の区分または連続する線の形とすることができる。加熱要素および電極を同じ層(またはともに積層された2つの隣接する層)内に形成することは、静電チャックの厚さを低減させ、低い質量を有する一体化された構成要素として形成することができるため、有利となることがある。低い質量は、基板支持アセンブリ400の急速な加熱および冷却を可能にし、これは、加熱要素416が約50 /秒~250 /秒、たとえば約100 /秒など、約30 /秒以上のより高い温度傾斜率を提供するように構成されるときに特に有用である。

【0025】

加熱要素416は、抵抗加熱または誘導加熱などの任意の適した加熱技法を使用することができる。図4A~4Cは、加熱要素416が抵抗加熱要素である実施形態を示す。加熱要素416は、抵抗金属、抵抗金属合金、またはこれら2つの組合せから構成することができる。加熱要素に適した材料は、タングステン、モリブデン、チタンなど、高い耐熱性を有するものを含むことができる。加熱要素416はまた、熱膨張の不整合によって引き起こされる応力を低減させるために、熱特性、たとえば封入部材408および下にある絶縁ベース404の熱特性の少なくとも1つまたは両方に実質的に整合する熱膨張係数を有する材料で製造することができる。

【0026】

図4Aを再び参照すると、加熱要素416は、絶縁ベース404を通る1つまたは複数の電気相互接続418を通して外部電源114に結合することができる。電源424は、直流(DC)電源、交流(AC)電源、またはこれら両方の組合せを含むことができる。加熱要素416の各々は、同じまたは別個の1つまたは複数の電源に結合することができる。処理中に基板204上の温度プロファイルを「調整」するように独立して制御することができる。

【0027】

図4Cに示す代替実施形態では、加熱要素416は、第1の電極412および第2の電極414とは反対側の絶縁ベース404の裏面409上に形成することができる。加熱要素416を絶縁ベース404の裏側に形成することは、加熱要素416を外部電源に接続するために必要とされる絶縁ベース404内の電気相互接続の配線の複雑さを回避するため、有利になることがある。加熱要素416が電極412、414とは異なる層内に形成されるため、加熱要素416は、電極108、110と水平方向に重複するパターンを含む任意のパターンで配置することができる。また、加熱要素416の数は、チャッキング電極に必要とされる表面積によって制限されない。その結果、基板全体にわたって温度プロファイルのより大きい制御を得ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

図 5 は、本開示の別の実施形態による誘導加熱要素を使用する基板支持アセンブリ 5 0 0 の概略部分横断面図を示す。基板支持アセンブリ 5 0 0 は、図 2 A に示す基板支持アセンブリ 2 0 0 に関して上記で論じたものと実質的に同様に機能することができるが、加熱要素 5 1 6 (1 つのみを示す) は誘導加熱要素として構成される。加熱要素 5 1 6 は、支持ペDESTAL 5 0 3 上に配置されたアンテナなどの誘導ドライバ 5 2 0 に誘導結合される。加熱要素 5 1 6 は、対応する誘導ドライバ 5 2 0 によって生成された誘導電流によって加熱することができる。加熱要素は、金属材料によって製造することができ、上記で論じたように個別の要素の形で第 1 の電極 1 0 8 および第 2 の電極 1 1 0 と同じ側に配置することができる。

10

【 0 0 2 9 】

一実施形態では、加熱要素 5 1 6 は、第 1 の電極 1 0 8 および第 2 の電極 1 1 0 と同じ層内に配置される。別法として、加熱要素 5 1 6 は、第 1 の電極 1 0 8 および第 2 の電極 1 1 0 とは異なる層内に形成することができる。たとえば、加熱要素 5 1 6 は、絶縁ベース 5 0 4 内の第 1 の層内に埋め込むことができる。第 1 の層は、第 1 の電極 1 0 8 および第 2 の電極 1 1 0 を有する第 2 の層に積層される。加熱要素 5 1 6 はまた、図 4 B ~ 4 C に関して上記で論じたものと同様に、絶縁ベース 5 0 4 の裏面上に形成することができる (誘導ドライバ 5 2 0 に干渉しない)。誘導ドライバ 5 2 0 は、電磁コイルなどとしてことができ、支持ペDESTAL 5 0 3 の上または中、すなわち第 1 の電極 1 0 8 および第 2 の電極 1 1 0 とは反対側の絶縁ベース 5 0 4 の側に形成することができる。

20

【 0 0 3 0 】

動作の際、誘導ドライバ 5 2 0 は、ライン 5 2 4 を介して外部電源 5 2 2、たとえば交流 (A C) 電源によって電力供給される。交流が誘導ドライバ 5 2 0 を通って流れるとき、誘導ドライバ 5 2 0 の磁界 5 3 0 が、対応する加熱要素 5 1 6 内に渦電流を引き起こし、それによって加熱要素 5 1 6 が高温になり、それによって静電チャック 5 0 2 の個別の区域を加熱する。各群の 1 つまたは複数の加熱要素 5 1 6 が独立して制御されるため、基板 5 1 0 の温度プロファイルは、方位角方向、径方向、または任意の他の方向に制御および調整することができる。誘導加熱技法によって静電チャック 5 0 2 を加熱することで、誘導加熱は加熱要素 5 1 6 を外部電源に接続するために必要とされる絶縁ベース 5 0 4 内の電気相互接続の配線の複雑さを回避するため、抵抗加熱技法に比べて利点が提供される。所望される場合、静電チャックは、相乗効果を提供するために抵抗および誘導加熱手法によって加熱することができる。

30

【 0 0 3 1 】

図 4 A ~ 4 C および図 5 に示す実施形態では、複数の隔置された冷却溝 4 2 6 を封入部材の頂面内に形成することができる。説明を簡単にする目的で、この議論は、図 4 A に関連して行う。見やすいように、いくつかの要素は図 4 B ~ 4 C および図 5 から省略されていることを理解されたい。冷却溝 4 2 6 (見やすいように、1 つの冷却溝のみを示す) を利用して、基板 2 0 4 の裏側へガスを提供し、静電チャック 4 0 2 と基板 2 0 4 との間の均一の熱伝達を容易にする。冷却溝 4 2 6 は、基板 2 0 4 を冷却するために冷却剤源 4 2 8 からライン 4 3 2 を介して冷却剤 (たとえば、冷却ガス) を循環させるように寸法設定して分散させることができる。冷却溝 4 2 6 は、円形の溝、径方向の溝、またはこれらの組合せから構成される任意の所望の構成で交差するチャネルのパターンを形成することができる。任意選択で、絶縁ベース 4 0 4 の裏面 4 0 9 はまた、冷却剤源 4 2 8 からライン 4 3 4 を介して冷却剤を循環させるために、隔置された溝 4 3 0 を有することができる。溝 4 3 0 は、加熱ゾーンに密接して配置することができる。溝 4 3 0 は、基板支持アセンブリ 4 0 0 の効果的な冷却に対して所望のパターンを形成することができる。追加または別法として、隔置された溝は、基板支持アセンブリ 4 0 0 の冷却を促進するために、ペDESTAL 4 0 3 の頂面内に設けることができる。

40

図 6 は、本開示の一実施形態による静電チャックを製造する方法の流れ図を示す。説明の目的で、以下の議論は、図 4 A に関して行う。この方法は、図 4 B ~ 4 C および図 5 に

50

示す静電チャックを製造するように同様に適合または修正することができることを理解されたい。方法 600 は、ステップ 602 で、頂面 407 および裏面 409 を有する絶縁ベース 404 を設けることによって始まる。絶縁ベース 404 の頂面 407 は、封入部材 408 などの静電チャックの他の構成要素を受け取るために使用される。絶縁ベース 404 の裏面 409 は、ペDESTAL 403 上に配置されて基板支持アセンブリ 400 を形成するように適合される。

【0032】

上記で論じたように、絶縁ベース 404 は、後にその上に形成される電極アセンブリ 406 を支持するように、絶縁材料によって製造することができる。一実施形態では、絶縁ベース 404 は、ガラス、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、またはセラミックから製造される。絶縁ベース 404 は、その上に配置される基板の寸法および形状に対応するように選択された平面区域を有することができる。一例では、絶縁ベース 404 は、約 4 インチ～約 18 インチの直径を有する円形の形状とすることができる。別法として、平面区域は、方形などの多角形とすることができる。

ステップ 604 で、絶縁ベース 404 の頂面 407 上に電極アセンブリ 406 が配置される。図 1～2 を参照して上述した電極アセンブリ 106 と同様に、電極アセンブリ 406 は、電源 420 によって電力供給されるときに異なる極性を有する電荷を生成する第 1 の電極 412 および第 2 の電極 414 を含むことができる。

【0033】

一実施形態では、電極アセンブリ 406 は、金属バー、シート、スティック、箔によって形成することができ、事前成形、事前鋳造、および事前製造し、静電チャックの製造中に絶縁ベース 404 の頂面 407 に配置することができる。別法として、金属堆積プロセスを実行して、絶縁ベース 404 の頂面 407 上に直接電極アセンブリ 406 を堆積および形成することができる。適した堆積プロセスは、PVD、CVD、めっき、インクジェット印刷、ゴム印、スクリーン印刷、またはエアゾール印刷プロセスを含むことができる。加えて、絶縁ベース 404 の頂面 407 上に金属ペースト/金属ラインを形成することができる。金属ペースト/金属ラインは、最初は液体、ペースト、または金属ゲルとすることができる。これらの金属ペースト/金属ラインを、隣接する長方形、円、六角形、または他の同様に成形された特徴の配列などの所望のパターンで物体表面上にパターン形成して、絶縁ベース 404 の頂面 407 上に異なる構成または寸法を有する所望の電極フィンガを形成することができる。上記で論じたように、第 1 の電極 412 および第 2 の電極 414 は各々、複数の電極フィンガを有することができる。

【0034】

ステップ 606 で、絶縁ベース 404 上に複数の加熱要素 416 を配置して、基板支持アセンブリ 400 全体にわたって複数の小さい独立して制御可能な加熱ゾーンを提供する。一実施形態では、加熱要素 416 は、絶縁ベース 404 の頂面 407 上に形成され、第 1 の電極 412 および第 2 の電極 414 と同一平面である。加熱要素 416 は、第 1 の電極 412 および第 2 の電極 414 と同じ層内に配置することができる。別法として、交互配置された第 1 の電極 412 および第 2 の電極 414 は、図 4B に示すように、加熱要素を有する第 2 の層に積層された第 1 の層内に形成することができる。別の実施形態では、加熱要素 416 は、図 4C に示すように、絶縁ベース 404 の裏面上に形成することができる。さらに別の実施形態では、加熱要素は、図 5 に示すように、絶縁ベースの上または中に形成された誘導加熱要素とすることができる。

【0035】

加熱要素 416 は、電極 412、414 によって占められていない絶縁ベース 404 の頂面 407 に沿って進む個別の金属ラインまたは空間の形とすることができる。一例では、加熱要素 416 は、第 1 の電極 412 と第 2 の電極 414 との間に画定された空間内に形成される。電極 412、414 が図 1B～1E に示すパターンで形成される場合、加熱要素 416 は、基板支持アセンブリ全体にわたって複数の独立して制御可能な加熱ゾーンを提供するように、電極によって覆われていない空間全体にわたって分散される。

【0036】

加熱要素416は、ステップ604で論じた電極412、414を作るものに類似の技法を使用して形成することができる。たとえば、加熱要素416は、スクリーン印刷プロセスなどの金属堆積プロセスを使用して形成することができる。加熱要素416は、絶縁ベース404内に事前形成することができる電気相互接続418を通して外部電源114に接続することができる。別法として、誘導加熱要素が使用される場合、電気相互接続は必要とされないことがある。一例では、加熱要素416は、幅約0.1mm～約30mmおよび長さ約0.1mm～約30mmの規模で形成される。一実施形態では、約80～約200個の加熱要素が絶縁ベース404の頂面407上に位置することができる。加熱要素416の数、寸法、およびパターンは、非チャッキング区域内で基板の裏側に作用させるガス圧力（約1～20トル）（熱交換の目的）を保持するために必要とされる力の量、およびチャッキング区域内で必要とされる静電力を実現するために電極412、414が占める表面積（加熱要素および電極が同じ層内にあるとき）に応じて変動することができる。

10

【0037】

ステップ608で、図4Aに示すように、絶縁ベース404上に存在する電極アセンブリ406および加熱要素416上に封入部材408が配置される。封入部材408は、図4B～4Cおよび図5に関して上記で論じたように、電極アセンブリとは異なる層内に加熱要素が存在する場合、電極アセンブリのみを覆うことができる。封入部材408は、セラミック材料またはガラス材料とすることができる。封入部材408は、化学気相堆積（CVD）プロセス、PECVDプロセス、スピンコーティングプロセス、フレイムコーティングプロセス、エアゾール堆積プロセス、物理気相堆積（PVD）プロセス、浸漬コーティング、スパッタリング、溶射コーティング（たとえば、プラズマ溶射コーティング）、プラズマを用いない熱に支援されないコーティング、熱間静水圧プレス、冷間静水圧プレス、積層、圧縮成形、鋳造、締固め、焼結もしくは共焼結技法、または電極アセンブリ406上にセラミック材料もしくはガラス材料を形成するための任意の適したプロセスによって、電極アセンブリ406上に形成することができる。一実施形態では、封入部材408を製造するために選択されるセラミック材料は、炭化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、イットリウム含有材料、酸化イットリウム（ Y_2O_3 ）、イットリウム-アルミニウム-ガーネット（YAG）、酸化チタン（TiO）、または窒化チタン（TiN）の少なくとも1つである。封入部材408は、約0.05mm～約2mmの厚さを有することができる。

20

30

【0038】

一実施形態では、封入部材408は、約4～約8 $\mu m / (m * K)$ の熱膨張係数を有することができる。封入部材408は、強化された耐熱性および摂氏1000度を超える融点を有することができる。封入部材408は、約10GPa～約30GPaの硬度（ピッカース1Kgf）、約4 μ インチなど、約6 μ インチ～1 μ インチの表面粗度、および約1パーセント以下の吸水度を有することができる。

ステップ610で、接合プロセスを実行して、封入部材408と絶縁ベース404の両方を、電極アセンブリ106および加熱要素416が間に挟まれた状態で、ともに全体として溶融し、それによって図4Aに示すように静電チャック402の一体構成要素を形成する。

40

【0039】

それだけに限定されるものではないが、アニーリング、焼結、接着、スランピング、または拡散接合など、異なるタイプの接合プロセスを利用することができることに留意されたい。一例では、ステップ610の接合プロセスは、アニーリングプロセスである。アニーリングプロセスは、オープン、炉、熱板、急速熱処理（RTP）チャンバ、スパイクアニール、またはレーザアニーリングチャンバなどの任意の適した硬化またはアニーリング器具によって実行することができる。アニーリングプロセスは、封入部材408、電極アセンブリ406、および絶縁ベース404の統合を助けて一体部分を形成するために、摂

50

氏約 1 2 0 0 度 ~ 摂氏約 2 5 0 0 度の温度で実行することができる。

【 0 0 4 0 】

したがって、静電チャックが複数の温度制御能力ゾーンを有する基板支持アセンブリが提供される。絶縁ベース上に複数の加熱要素を形成することができ、これらの加熱要素は、チャッキング電極と同一平面である。別法として、加熱要素は、チャッキング電極を有する第 2 の層に積層された第 1 の層内に形成することができる。加熱要素は、静電チャックの表面全体にわたって複数の加熱ゾーンを提供するように、チャッキング電極によって覆われていない表面積に沿って進む個別の区分の形で配置することができる。加熱要素およびチャッキング電極を同じ層（またはともに積層された 2 つの隣接する層）内に形成することは、静電チャックの厚さを低減させ、低い質量を有する一体化された構成要素として形成することができるため、有利である。低い質量は、基板支持アセンブリの急速な加熱および冷却を可能にする。

【 0 0 4 1 】

上記は本開示の実施形態を対象とするが、本開示の基本的な範囲を逸脱することなく、本開示の他のさらなる実施形態を考案することができ、本開示の範囲は、以下の特許請求の範囲によって決定される。

【 図 1 A 】

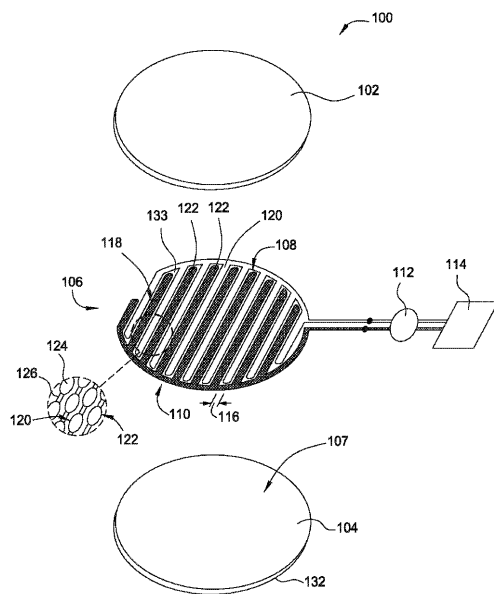


FIG. 1A

【 図 1 B 】

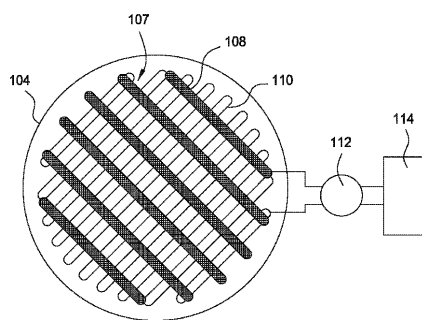


FIG. 1B

【 図 1 C 】

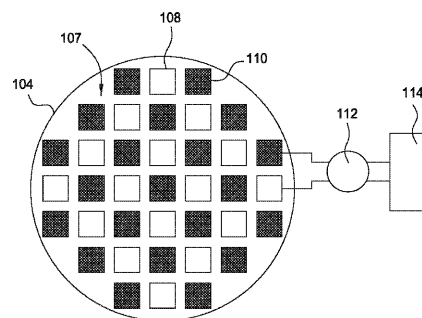


FIG. 1C

【図 1 D】

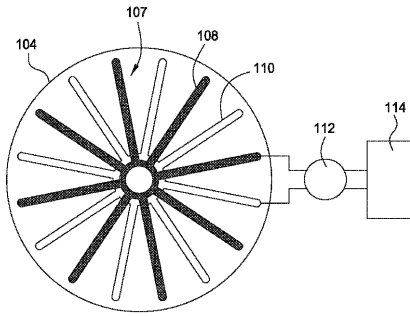


FIG. 1D

【図 1 E】

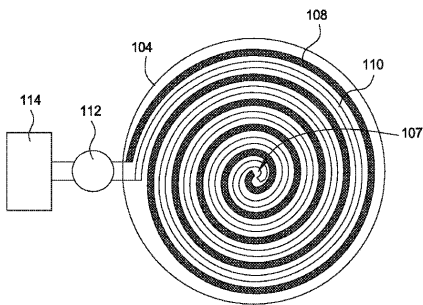


FIG. 1E

【図 2 B】

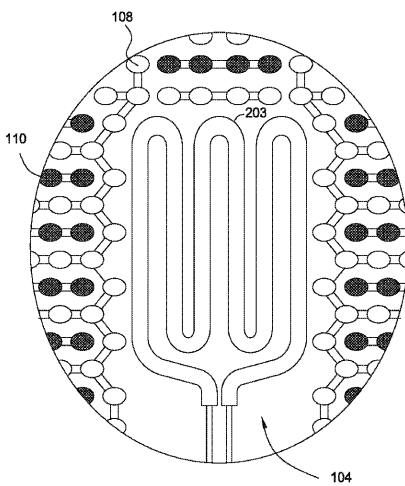


FIG. 2B

【図 2 A】

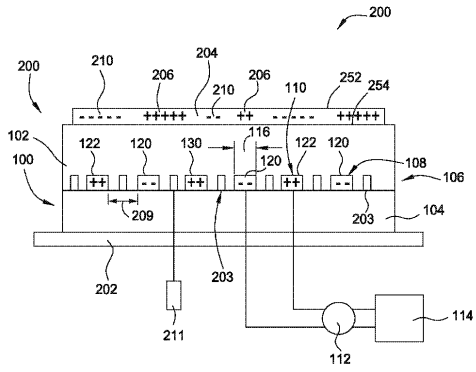


FIG. 2A

【図 3】

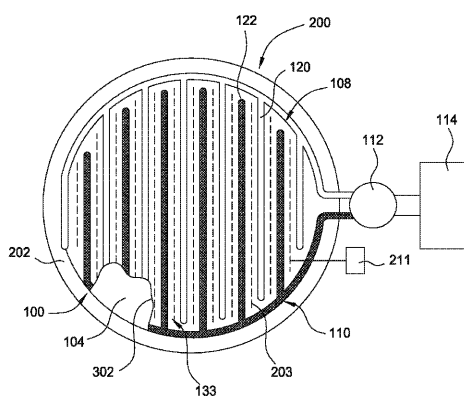


FIG. 3

【図 4 A】

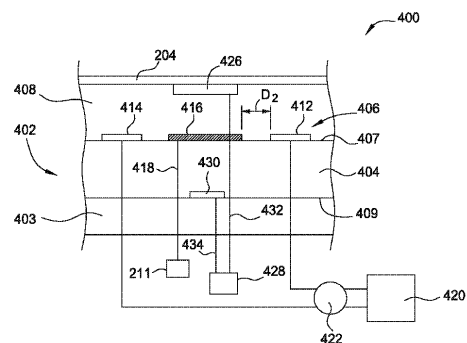
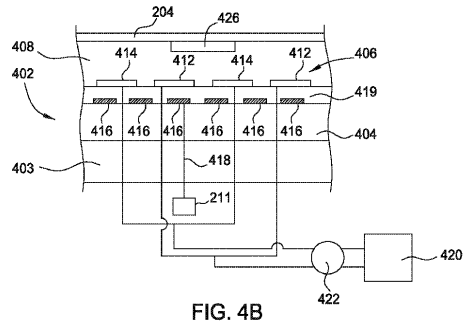
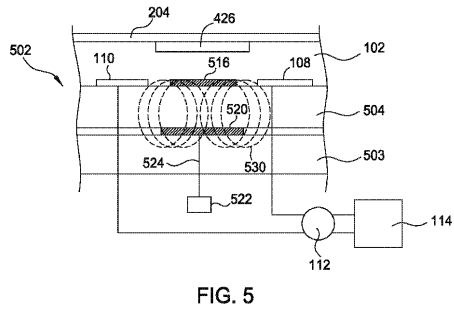


FIG. 4A

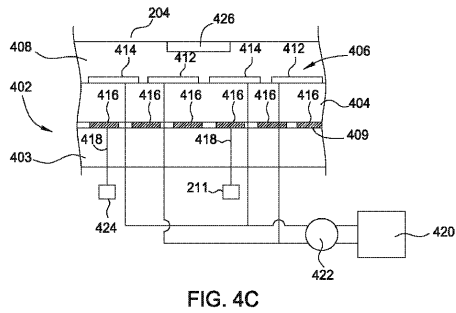
【図 4 B】



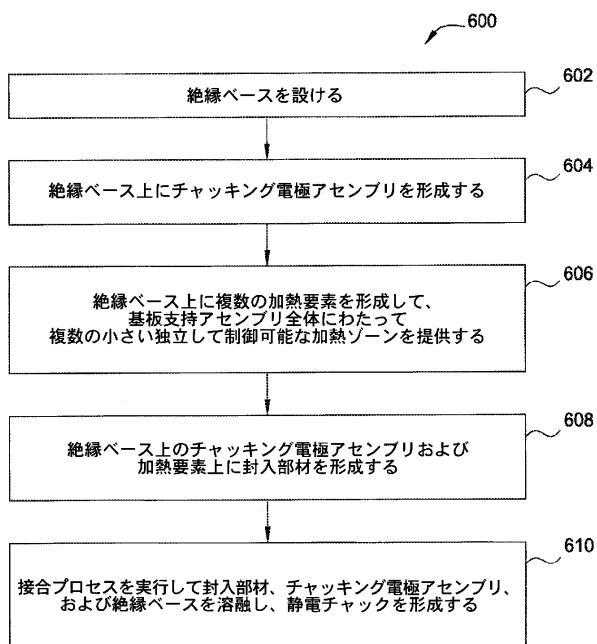
【図 5】



【図 4 C】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 5 B 6/10 (2006.01) H 0 5 B 6/10 3 8 1

(74)代理人 100067013

弁理士 大塚 文昭

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100141553

弁理士 鈴木 信彦

(72)発明者 コックス マイケル エス

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 2 0 ギルロイ チャーチ ストリート 7 0 9 0

審査官 高橋 宣博

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 0 8 8 4 1 1 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 3 0 3 0 1 4 (J P , A)

特表 2 0 0 8 - 5 2 2 4 4 6 (J P , A)

特開 2 0 1 1 - 1 7 6 2 7 5 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 2 6 7 2 5 6 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 2 3 4 2 6 2 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 3 / 0 4 2 0 3 0 (W O , A 1)

特表 2 0 0 3 - 5 2 4 8 8 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 6 8 - 2 1 / 6 8 7

H 0 2 N 1 3 / 0 0