

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6711838号  
(P6711838)

(45) 発行日 令和2年6月17日(2020.6.17)

(24) 登録日 令和2年6月1日(2020.6.1)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/683 (2006.01)

H01L 21/68

R

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/302

101G

H01L 21/205 (2006.01)

H01L 21/205

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2017-541608 (P2017-541608)  
 (86) (22) 出願日 平成28年1月6日 (2016.1.6)  
 (65) 公表番号 特表2018-505561 (P2018-505561A)  
 (43) 公表日 平成30年2月22日 (2018.2.22)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2016/012362  
 (87) 國際公開番号 WO2016/126360  
 (87) 國際公開日 平成28年8月11日 (2016.8.11)  
 審査請求日 平成31年1月7日 (2019.1.7)  
 (31) 優先権主張番号 14/616,647  
 (32) 優先日 平成27年2月6日 (2015.2.6)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73) 特許権者 390040660  
アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッド  
A P P L I E D M A T E R I A L S, I  
N C O R P O R A T E D  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 950  
54, サンタ クララ, パウアーズ  
アヴェニュー 3050  
(74) 代理人 100094569  
弁理士 田中 伸一郎  
(74) 代理人 100088694  
弁理士 弟子丸 健  
(74) 代理人 100103610  
弁理士 ▲吉▼田 和彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電チャック表面の半径方向外側パッド設計

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

中にチャック電極が配設された本体であって、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジと中心とを有する、本体と、

前記前側表面に形成されたウエハスペーシングマスクであって、前記ウエハスペーシングマスクが、同心列に配置される複数の細長いフィーチャを有し、前記細長いフィーチャが、中心から前記外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有し、前記ウエハスペーシングマスクが、前記細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有する、ウエハスペーシングマスクとを含み、

前記ウエハスペーシングマスクが、少なくとも1つの丸いフィーチャを備えており、  
前記少なくとも1つの丸いフィーチャが、前記細長いフィーチャのうちの少なくとも2  
つと半径方向に整列される静電チャックアセンブリ。

## 【請求項 2】

前記外側エッジに最も近い前記同心列のうちの1列に配列された細長いフィーチャの数が、前記中心に最も近い前記同心列のうちの1列に配列された細長いフィーチャの数よりも多い、請求項1に記載の静電チャックアセンブリ。

## 【請求項 3】

後続の列の細長いフィーチャの数が倍増する、請求項1に記載の静電チャックアセンブリ。

## 【請求項 4】

10

20

半径方向に整列された細長いフィーチャは、3 %と15 %の間の基板コンタクト面積を有する、請求項1に記載の静電チャックアセンブリ。

**【請求項5】**

前記半径方向に整列されたガス通路および細長いフィーチャが、少なくとも0.1 S C C Mの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて5 Torr未満の圧力を維持するように配列される、請求項1に記載の静電チャックアセンブリ。

**【請求項6】**

前記半径方向に整列されたガス通路および細長いフィーチャが、少なくとも3 S C C Mの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて4 Torr～7 Torr未満の圧力を維持するように配列される、請求項1に記載の静電チャックアセンブリ。10

**【請求項7】**

処理容積部を画定するリッド、壁、および底部と、  
前記処理容積部内に配設された静電チャックアセンブリと  
を備えるプラズマ処理チャンバであって、  
前記静電チャックアセンブリは、

中にチャック電極が配設された本体であって、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジと中心とを有する、本体、および

前記前側表面に形成されたウエハスペーシングマスクであって、前記ウエハスペーシングマスクが、同心列に配列される複数の細長いフィーチャを有し、前記細長いフィーチャが、中心から前記外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有し、前記ウエハスペーシングマスクが、前記細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有する、ウエハスペーシングマスク20

を備え、

前記ウエハスペーシングマスクが、少なくとも1つの丸いフィーチャを含み、  
前記少なくとも1つの丸いフィーチャが、前記細長いフィーチャのうちの少なくとも2つと半径方向に整列される、  
プラズマ処理チャンバ。

**【請求項8】**

前記外側エッジに最も近い前記同心列のうちの1列に配列された細長いフィーチャの数が、前記中心に最も近い前記同心列のうちの1列に配列された細長いフィーチャの数よりも多い、請求項7に記載のプラズマ処理チャンバ。30

**【請求項9】**

後続の列の細長いフィーチャの数が倍増する、請求項7に記載のプラズマ処理チャンバ。

**【請求項10】**

半径方向に整列された細長いフィーチャが、3 %と15 %との間の基板コンタクト面積を有する、請求項7に記載のプラズマ処理チャンバ。

**【請求項11】**

前記半径方向に整列されたガス通路に入る裏側ガスの速度が、少なくとも0.1 S C C Mの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて4 mm / 秒以下である、請求項7に記載のプラズマ処理チャンバ。40

**【請求項12】**

前記半径方向に整列されたガス通路に入る裏側ガスの速度が、3 S C C Mの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて4 mm / 秒以下である、請求項7に記載のプラズマ処理チャンバ。

**【請求項13】**

前記半径方向に整列されたガス通路および細長いフィーチャが、3 S C C Mの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて4 Torr～7 Torr未満の圧力を維持するように配列される、請求項7に記載のプラズマ処理チャンバ。

**【請求項14】**

前記半径方向に整列されたガス通路に入る裏側ガスの速度が、少なくとも 0 . 1 S C C M ~ 0 . 5 S C C M の裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて 4 mm / 秒 以下である、請求項 7 に記載のプラズマ処理チャンバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書で開示される実施形態は、一般に、静電チャックに関し、より具体的には、本明細書で開示される実施形態は、一般に、静電チャック表面のためのパターンに関する。

【背景技術】

【0002】

静電チャックは、物理的気相堆積 ( P V D ) 、エッティング、または化学気相堆積などの様々な用途で使用される処理チャンバにおける基板処理の間、半導体基板などの基板を保持するために広く使用されている。静電チャックは、典型的には、誘電体または半導体セラミック材料からなる単体チャック本体内に埋め込まれた 1 つまたは複数の電極を含み、誘電体または半導体セラミック材料の端から端まで静電クランピング場が発生され得る。半導体セラミック材料、例えば、金属酸化物でドープされた窒化アルミニウム、窒化ホウ素、または酸化アルミニウムなどを使用して、J o h n s e n - R a h b e k または非クーロン的静電クランピング場を発生可能にすることができる。

処理の間に基板の表面にわたって印加されるチャック力の変動は、基板の望ましくない変形を引き起こすことがあり、基板と静電チャックとの間の界面に粒子の発生および堆積を引き起こすことがある。これらの粒子は、チャック力の量に影響を及ぼすことによって静電チャックの動作を妨げることがある。基板が、その後、静電チャックにおよび静電チャックから移動されるとき、これらの堆積された粒子が、さらに、基板を引っ掻くかまたは溝状の傷をつけ、最終的に、基板の破損をもたらし、ならびに静電チャックの表面を摩滅することができる。

【0003】

加えて、従来の静電チャックは、裏側ガスが堆積プロセス中に導入されるときに温度の突然のスパイクを経験することがある。基板と静電チャックとの間の不均一なまたは過度の伝熱は、さらに、基板および / またはチャックに損傷を与えることもある。例えば、オーバーチャックされた基板は、基板とチャック表面との間のコンタクトの過度に大きい面積またはコンタクトの過度に集中した区域をもたらすことがある。コンタクトの区域で生じる伝熱は、基板および / またはチャックの物理的限界を超えることがあり、それは、亀裂または破損をもたらし、そして、可能性としてはチャック表面に粒子を発生および堆積させ、それがさらなる損傷または摩耗を引き起こすことがある。

したがって、基板および / またはチャックへの損傷を低減するより良好な静電チャックが必要とされている。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

静電チャックアセンブリおよびそれを有する処理チャンバが本明細書で開示される。1つの実施形態では、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジを有する本体を含む静電チャックアセンブリが提供される。本体は、その中にチャック電極が配設されている。ウエハスペーシングマスクが、本体の前側表面に形成される。ウエハスペーシングマスクは、複数の細長いフィーチャを有する。細長いフィーチャは、中心から外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有する。ウエハスペーシングマスクは、細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有する。

別の実施形態では、処理チャンバの処理容積部内に配設された静電チャックアセンブリを含む処理チャンバが提供される。静電チャックアセンブリは、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジを有する本体を含む。本体は、その中にチャック電極が配設されている。ウエハスペーシングマスクが、本体の前側表面に形成される。ウエハスペーシングマ

10

20

30

40

50

スクは、複数の細長いフィーチャを有する。細長いフィーチャは、中心から外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有する。ウエハスペーシングマスクは、細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有する。

#### 【0005】

本発明の上述で列挙した特徴を詳細に理解できるように、上述で簡単に要約した本発明のより詳細な説明を、実施形態を参照することによって得ることができ、実施形態のいくつかが添付図面に示される。しかしながら、添付図面は、本開示の典型的な実施形態のみを示しており、それゆえに、本開示が他の等しく効果的な実施形態を認めることができるためその範囲を限定すると考えるべきではないことに留意されたい。

#### 【図面の簡単な説明】

10

#### 【0006】

【図1】例示的な静電チャックを動作させることができる物理的気相堆積（PVD）チャンバの図式的断面側面図である。

【図2】図1に示した静電チャックアセンブリの図式的断面詳細図である。

【図3】静電チャックアセンブリの前側表面上のウエハスペーシングマスクの図式的断面詳細図である。

【図4】最小コンタクト面積フィーチャの配列を有する静電チャックアセンブリの上面の上面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0007】

20

理解しやすくするために、可能である場合は、同一の参照番号が、図に共通する同一の要素を指定するために使用されている。ある実施形態の要素および特徴は、さらなる詳述なしに、他の実施形態に有利に組み込むことができる意図される。

上述のように、基板にわたる不均一なチャック力の印加、ならびに基板とチャックとの間の一様でないまたは過度の伝熱が、基板とチャックの界面で粒子発生を生じさせることができ、それは、基板およびチャックへの損傷または摩耗増加をもたらすことがある。それゆえに、静電チャックと基板との界面での粒子発生を減少させると、両方の要素の摩耗の低減とより長い動作寿命を直接もたらすことができ、チャックのより一貫した要求される動作を実現することができる。

粒子発生は、いくつかの設計またはプロセスパラメータを調節することによって減少させることができる。例えば、チャック表面は、チャックされた基板の変形を減少させまたは最小にし、それによって、基板の変形に起因して粒子を発生する確率を減少させるように設計することができる。他の物理的設計パラメータ（例えば、伝熱ガス流）に従って、チャック表面は、基板とのコンタクト点の特定の配列を利用することができ、および／または所望の性質を有する特定の材料を使用することができる。

#### 【0008】

30

図1は、1つの実施形態による、例示的な静電チャックアセンブリ120が中で動作できるPVDチャンバ100の図式的断面側面図を示す。PVDチャンバ100は、処理容積部116を画定するチャンバ壁110、チャンバリッド112、およびチャンバ底部114を含む。処理容積部116は、ポンピングシステム118によって処理の間真空に維持することができる。チャンバ壁110、チャンバリッド112、およびチャンバ底部114は、アルミニウムおよび／またはステンレス鋼などの導電性材料から形成することができる。誘電体絶縁部126が、チャンバリッド112とチャンバ壁110との間に配設され、チャンバ壁110とチャンバリッド112との間の電気的絶縁を行うことができる。チャンバ壁110およびチャンバ底部114は、動作の間電気的に接地することができる。

40

静電チャックアセンブリ120は、コンタクト表面158に沿って基板122を支持するために処理容積部116に配設される。静電チャックアセンブリ120は、基板処理および基板移送を容易にするために処理容積部116内で垂直に移動することができる。チャック電源132は、基板122を静電チャックアセンブリ120に固定するために静電

50

チャックアセンブリ 120 に結合させることができ、DC 電力またはRF 電力を 1つまたは複数のチャック電極 150 に供給することができる。チャック電極 150 は、半円、「D」形状プレート、ディスク、リング、くさび、細片などのような任意の好適な形状を有することができる。チャック電極 150 は、例えば、金属または合金などの任意の好適な導電性材料で製作することができる。

#### 【0009】

ターゲット 124 は、チャンバリッド 112 に装着することができ、静電チャックアセンブリ 120 と向き合う。ターゲット 124 は、処理中に基板 122 に堆積されるべき材料を含む。ターゲット電源 138 は、ターゲット 124 に結合することができ、DC 電力またはRF 電力をターゲットに供給して、動作の間ターゲット 124 への負の電圧もしくはバイアスを発生させるか、またはチャンバ 100 内にプラズマ 146 を駆動することができる。ターゲット電源 138 はパルス電源とすることができます。ターゲット電源 138 は、約 10 kWまで、および約 0.5 MHz から約 60 MHz までの範囲内の周波数、またはより好ましくは約 2 MHz と約 13.56 MHz との間の範囲内の周波数でターゲット 124 に電力を供給することができる。より低い周波数を使用してバイアスを駆動し（それによってイオンエネルギーを制御する）てもよく、より高い周波数を使用してプラズマを駆動してもよい。1つの実施形態では、ターゲット 124 は、反応性スパッタリングによって誘電体材料を形成するための 1つまたは複数の導電性材料から形成されてもよい。1つの実施形態では、ターゲット 124 は金属または合金を含むことができる。

#### 【0010】

シールドアセンブリ 128 を処理容積部 116 内に配設することができる。シールドアセンブリ 128 は、ターゲット 124 と、静電チャックアセンブリ 120 の上に配設された基板 122 とを囲んで、チャンバ内の処理化学作用を保持し、チャンバ壁 110、チャンバ底部 114、および他のチャンバ部品の内面を保護する。1つの実施形態では、シールドアセンブリ 128 は、動作の間電気的に接地することができる。

#### 【0011】

基板 122 上に堆積される材料のより良好な制御を可能にするために、カバーリング 123 が、基板 122 の周囲に位置づけられ、処理の間シールドアセンブリ 128 の一部に載ることができる。カバーリング 123 は、一般に、静電チャックアセンブリ 120 が垂直に移動するときチャンバ 100 内で位置づけるかまたは移動させることができる。カバーリング 123 は、エッジ欠陥を防止しながら、基板のエッジの近くの堆積を促進するよう整形することができる。カバーリング 123 は、処理チャンバ 100 の底部、例えば、チャンバ底部 114 およびそのまわりに堆積材料が形を成さないようにすることができる。

プロセスガス源 130 が、1つまたは複数の処理ガスを供給するために処理容積部 116 に流動的に接続される。流量コントローラ 136 が、処理容積部 116 に送出されるガス流を制御するためにプロセスガス源 130 と処理容積部 116 との間に結合され得る。

#### 【0012】

マグネットロン 134 が、チャンバリッド 112 上方の外部に配設されることもある。マグネットロン 134 は複数の磁石 152 を含む。磁石 152 は、プラズマ 146 を発生させるために処理容積部 116 内でターゲット 124 の前面 148 の近くに磁場を生成し、その結果、かなり大きいイオン束がターゲット 124 に衝突し、ターゲット材料のスパッタ放出を引き起こす。磁石 152 は、ターゲット 124 の前面 148 にわたる磁場の均一性を高めるために回転するかまたは直線的にターゲットを走査することができる。図示のように、複数の磁石 152 が、シャフト 142 に接続されたフレーム 140 に装着されてもよい。シャフト 142 は、磁石 152 が中心軸 144 のまわりを回転するように、静電チャックアセンブリ 120 の中心軸 144 に軸方向に位置合わせすることができる。

物理的気相堆積チャンバ 100 を使用して、基板 122 に膜を堆積させることができる。図 1 は、基板 122 上に膜を堆積させるための処理構成の物理的気相堆積チャンバ 100 を概略的に示す。堆積の間、1つまたは複数の反応性ガスと1つまたは複数の不活性ガ

10

20

30

40

50

スとを含む混合ガスを、ガス源 130 から処理容積部 116 に供給することができる。ターゲット 124 の前面 148 の近くに形成されるプラズマ 146 は、1つまたは複数の不活性ガスおよび1つまたは複数の反応性ガスのイオンを含むことができる。プラズマ 146 中のイオンはターゲット 124 の前面 148 に衝突して導電性材料をスパッタリングし、次いで、導電性材料は反応性ガスと反応して基板 122 上に膜を形成する。

基板 122 に形成されるべき材料に応じて、ターゲット 124 は、アルミニウム、タンタル、ハフニウム、チタン、銅、ニオブ、またはそれらの合金などの金属から形成することができる。反応性ガスは、酸化剤、窒化剤、または他の反応性ガスを含むことができる。1つの実施形態によれば、反応性ガスは、金属酸化物を形成するための酸素、または金属窒化物を形成するための窒素を含むことができる。不活性ガスはアルゴンを含むことができる。10

#### 【0013】

PVD チャンバ 100 が、基板 122 を処置するための例示的な静電チャックアセンブリの動作に関して上述されたが、同じまたは同様の構成を有する PVD チャンバが、さらに、静電チャックアセンブリ 120 上に所望の表面を生成するために材料を堆積させるのに使用されてもよいことに留意されたい。例えば、PVD チャンバ 100 は、図 4 に示す静電チャック表面を生成するためにマスクを使用することができる。

#### 【0014】

図 2 は、図 1 に示した静電チャックアセンブリ 120 の図式的断面詳細図を示す。図示のように、2つのチャック電極 150 が、静電チャックアセンブリ 120 の本体 202 に埋め込まれる。本体 202 は、窒化アルミニウムなどのセラミックなどの誘電体材料から製作することができる。本体 202 は、代替として、ポリイミド、ポリエーテルエーテルケトンなどのシートなどからのプラスチック材料から製作されてもよい。本体 202 は、裏側表面 204 と前側表面 205 とを有する。前側表面 205 は、基板 122 を支持するために利用される。20

#### 【0015】

ウェハスペーシングマスク 210 が、基板 122 と静電チャックアセンブリ 120 との間のコンタクト面積を最小にするために前側表面 205 に形成される。ウェハスペーシングマスク 210 は、本体 202 を構成する材料から一体化して形成されてもよく、または本体 202 の前側表面 205 に堆積された材料の1つまたは複数の別個の層から構成されてもよい。30

ウェハスペーシングマスク 210 は、上面 208 と底面 206 とを有することができる。底面 206 は、静電チャックアセンブリ 120 の前側表面 205 上に直接配設され得る。ウェハスペーシングマスク 210 の厚さ 260 は、複数のメサ 215 およびオプションとして外側周辺リング 225 などのフィーチャを形成するように、優先的に選択され、前側表面 205 にわたって空間的に分布される。メサ 215 は、一般に、処理の間上面 208 に沿って基板 122 を支持するように構成される。ガス通路 220 がメサ 215 の間に形成され、それにより、基板 122 と静電チャックアセンブリ 120 の前側表面 205 との間に裏側ガスを供給することができるようになる。外側周辺リング 225 は、静電チャックアセンブリ 120 の上面 208 のメサ 215 と同様の構造の連続したリングまたはセグメントであり、通路 220 を通る基板 122 の下からの裏側ガスの流れの存在を制限するかまたは調整するために利用することができる。1つの実施形態では、外側周辺リング 225 は、形状および構成がメサ 215 と同様である。交互に、外側周辺リング 225 は、静電チャックアセンブリ 120 上で基板 122 を中心に置くために利用することができる。40

#### 【0016】

伝熱ガス源 230 は、静電チャックアセンブリ 120 を通して前側表面 205 に結合されて、メサ 215 間に画定されたガス通路 220 に裏側ガスを供給する。伝熱ガス源 230 は、基板 122 の裏側と静電チャックアセンブリ 120 との間を流れる伝熱ガス（すなわち、裏側ガス）を供給して、静電チャックアセンブリ 120 と基板 122 との間の伝熱50

率を調整するのに役立つ。伝熱ガスは、静電チャックアセンブリ 120 の中心からメサ 215 のまわりのガス通路 220 を通って外側に流れ、外側周辺リング 225 を越えて処理容積部 116（図 1 に示した）に入る。1つの例では、伝熱ガスは、アルゴン、ヘリウム、窒素などの不活性ガス、またはプロセスガスを含むことができる。アルゴンなどの伝熱ガスをプロセスガスとすることができる、予測可能な結果を得るためにチャンバ容積部への流量が測定される。伝熱ガスは、1つまたは複数のガス通路 220 および伝熱ガス源 230 と流体連結する静電チャックアセンブリ 120 の1つまたは複数の入口 222 を通してガス通路 220 に送出され得る。外側周辺リング 225 は、基板のエッジの近くで基板に接触し、基板 122 と静電チャックアセンブリ 120 との間から処理容積部中に逃げる伝熱ガスの量を制御するように優先的に設計することができる。例えば、外側周辺リング 225 およびメサ 215 は、基板 122 と静電チャックアセンブリ 120 との間に存在するガスの圧力が所定の値を超えないように移送ガスの流れに抵抗を与えるように構成することができる。10

#### 【0017】

本体 202 および最終的には基板 122 の温度調整は、さらに、本体 202 の裏側表面 204 に接触して配設された冷却プレート 240 に配設された1つまたは複数の冷却チャネル 245 を使用してモニタおよび制御することができる。冷却チャネル 245 は流体源 250 に結合され、かつ流体連結され、流体源 250 は流体水などの冷却材流体を供給するが、ガスであっても液体であっても任意の他の好適な冷却材流体を使用することができる。20

#### 【0018】

ウェハスペーシングマスク 210 は、マスクを通して材料を前側表面 205 上に堆積させることによって形成することができる。マスクを使用すると、ウェハスペーシングマスク 210 のフィーチャのサイズ、形状、および分布をより良好に制御し、それによって、メサ 215 のコンタクト面積と、メサ 215 間に画定されるガス通路 220 のコンダクタンスとの両方を制御することができるようになる。

#### 【0019】

平坦な上面 208 を有するように示されているが、各々個別のメサ 215 は、一般に、任意の好適な形状および高さを有することができ、任意の好適な形状および高さの各々は、特定の設計パラメータ（所望のチャック力および／または伝熱など）を満たすように優先的に選択することができる。1つの実施形態では、ウェハスペーシングマスク 210 のメサ 215 の上面 208 は、平面表面を形成することができる。他の実施形態では、ウェハスペーシングマスク 210 のメサ 215 の上面 208 は、非平面表面、例えば、凹状または凸状表面を形成することができる。一般に、メサ 215 は、約 1 μm から約 100 μm の、またはより好ましくは約 1 μm と 30 μm との間のメサ高さ 262 を有することができる。1つの実施形態では、基板 122 を支持するメサ 215 の表面は、メサ 215 と基板 122 との間の全コンタクト面積を最小にするために小さく丸いバンプ様形状を有することができる。別の実施形態では、メサ 215 は、全体的に平坦な表面の上の小さいバンプまたは突起を含むことができる。さらなる別の実施形態では、前側表面 205 自体が、相対的に高い点および低い点（メサ 215 およびガス通路 220 と同様の）の間で変化することができ、ウェハスペーシングマスク 210 はこの不均一な表面に形成することができる。3040

1つまたは複数の実施形態では、不均一なマスクプロファイルを使用して、ウェハスペーシングマスク 210 を形成することができる。一般に、不均一なマスクプロファイルは、各メサ 215 の高さまたは各ガス通路 220 の深さを個別にまたは組合せて制御することを可能にすることができます。不均一なマスクプロファイルを使用して作り出されたウェハスペーシングマスク 210 は、有利には、基板の端から端までより均一なチャック力を与えることができる。

#### 【0020】

図 3 は、1つの実施形態による、静電チャックアセンブリ上に堆積されたウェハスペー

50

シングマスクの図式的断面詳細図を示す。この例では、メサ 215 の高さは、静電チャックアセンブリ 120 の中心線 360 からの横方向距離とともに増加し、その結果、最大のメサ高さは、外側周辺リング 225 に対応する最も外側のメサ 325 で生じる。同様に、メサ 215 の高さは、中心線 360 に最も近いメサ 315 で最小になり得る。上述のように、個別のメサ 215 は、任意の好適な形状を有することができ、マスクプロファイルは、異なるサイズおよび／または形状を有するメサ 215 を設けるように選択することができる。マスクプロファイルは、中心線 360 から特定の横方向距離にある対応するメサ 215 が同じ高さおよび／または形状を有するように横対称の規定を設けることができる。

#### 【0021】

図 4 は、静電チャックアセンブリ 120 の前側表面 205 の上面図を示す。静電チャックアセンブリ 120 の前側表面 205 は、その上に堆積されたウエハスペーシングマスク 210 を有する。したがって、静電チャックアセンブリ 120 の前側表面 205 は、ウエハスペーシングマスク 210 によって画定された隆起区域 402 と、ウエハスペーシングマスク 210 によって実質的に覆われていない前側表面 205 の一部によって画定された未変更区域 404 とを有するものと特徴付けることができる。前側表面 205 の未変更区域 404 は、メサ 215 の上面 208 の下方に残るとともにガス通路 220 を画定するウエハスペーシングマスク 210 を形成するために堆積された同じ材料の層を含むことができる。

10

#### 【0022】

ウエハスペーシングマスク 210 は、図 2 のメサ 215 に対応する細長いフィーチャ 406 をさらに含むことができる。ウエハスペーシングマスク 210 は、円柱状フィーチャ 408 および 410 と、中央タップフィーチャ 414 とをさらに含むことができる。上面 208 は、リフトピン孔開口 416 をさらに有することができる。円柱状フィーチャ 410 は、基板コンタクト面積を局所的に減少させるために細長いフィーチャの代わりにリフトピン孔開口 416 の内部に形成され、静電チャックアセンブリ 120 の本体 202 を通って延びるリフトピン孔開口 416 の存在によって引き起こされる熱の不均一性をより多くのガス流が補償することを可能にすることができる。ウエハスペーシングマスク 210 の細長いフィーチャ 406 の長軸は、一般に、静電チャックアセンブリ 120 の中心線 460 から外側エッジ 462 まで半径方向に整列され得る。加えて、丸いフィーチャ 408 および 410 は、同様に、中心線 460 から外側エッジ 462 まで細長いフィーチャ 406 に半径方向に整列され得る。メサ 215 の最も外側のリング 418 は外側周辺リング 225 を画定することができる。ガス通路 220 は、ウエハスペーシングマスク 210 を画定するメサ 215 の上面 208 間に画定される。ガス通路 220 は、さらに、静電チャックアセンブリ 120 の中心線 460 から外側エッジ 462 まで半径方向に整列されてもよく、または、さらに、静電チャックアセンブリ 120 の中心線 460 から同心状などの異なる方向に延びてもよい。

20

#### 【0023】

細長いフィーチャ 406 は、中心から発する同心列 409 に配列することができる。1 つの実施形態では、各同心列 409 は、同じ数の細長いフィーチャ 406 を有する。別の実施形態では、同心列 409 の各々における細長いフィーチャ 406 の数は、中心線 460 から外側エッジ 462 へと増加してもよい。例えば、外側エッジ 462 に最も近い列 409 の細長いフィーチャ 406 の数は、中心線 460 に最も近い同心列 409 の細長いフィーチャ 406 の数よりも多い。さらなる別の実施形態では、細長いフィーチャ 406 の数は、1 つまたは複数の後続の同心列 409 で倍増することができる。例えば、第 1 の列 413 の細長いフィーチャ 406 の数は、第 2 の列 415 の細長いフィーチャ 406 の数の半分とすることができます。第 2 の列 415 の細長いフィーチャ 406 の数は、第 4 の列 417 の細長いフィーチャ 406 の数の半分とすることができます。第 4 の列 417 の細長いフィーチャ 406 の数は、第 6 の列 419 の細長いフィーチャ 406 の数の半分とすることができます。すなわち、細長いフィーチャ 406 の数は、中心線 460 から始まって外側エッジ 462 まで 1 列 409 おきに倍増することができる。このようにして、列 409

30

40

50

の細長いフィーチャ 406 間の間隔 440 は、ほとんど変わらないままである。列 409 における隣接する細長いフィーチャ 406 間の間隔 440 は、約 0.1 インチ～約 0.5 インチの横方向距離を有することができる。細長いフィーチャ 406 の長軸の半径方向長さは、約 0.1 インチ～約 0.5 インチの範囲内とすることができます。隣接する列 409 の半径方向に整列された細長いフィーチャ 406 間の間隔は、約 0.1 インチ～約 0.5 インチの範囲内とすることができます。

#### 【0024】

粒子発生と、静電チャックアセンブリ 120 の上面 208 の摩耗とのさらなる低減を行うために、ウエハスペーシングマスク 210 の材料組成物が、いくつかの性質に基づいて優先的に選択され得る。例えば、上面 208 の改善のための材料組成物は、高い硬度、高い弾性率、低い摩擦係数、および／または低い摩耗指数のうちの 1 つまたは複数を示すように選択することができる。1 つの実施形態では、ウエハスペーシングマスク 210 は、窒化チタンから製作することができます。別の実施形態では、ウエハスペーシングマスク 210 は、D Y L Y N (商標) (Sulzer Ltd. の商標) などのようなダイヤモンド様炭素 (DLC) 組成物から製作することができます。

#### 【0025】

半径方向に整列されたガス通路 220 およびメサ 215 は、ガス通路 220 を通って流れる裏側ガスの圧力を減少させる。半径方向に整列されたガス通路 220 およびメサ 215 は、ガス流のコンダクタンスを低減することによって裏側ガスの流れを促進する。例えば、半径方向に整列されたガス通路 220 およびメサ 215 は、半径方向に整列された細長いフィーチャを有していない従来の静電チャックアセンブリと比較して、非半径方向に整列されたガス通路およびメサからの外側エッジ 462 における裏側ガス圧力を、300 mm 静電チャックアセンブリ 120 で 10 SCCM 流量未満において約 50%～約 70%、例えば約 64% 減少させることができる。したがって、裏側ガスが入口 222 などの入口で約 3 Torr の圧力および 3 SCCM を有する場合、非半径方向に整列されたメサを有する従来の ESC の外側エッジの約 7 Torr の圧力は、半径方向に整列されたガス通路 220 およびメサ 215 を有する ESC 120 で圧力が約 4 Torr まで低下し得る。減少した圧力は、有利には、裏側ガスの速度を約 100% 増加させる。同様に、裏側ガスが入口 222 などの入口で約 3 Torr の圧力および 0.1 SCCM を有する場合、非半径方向に整列されたメサを有する従来の ESC の外側エッジの約 4 Torr の圧力は、半径方向に整列されたガス通路 220 およびメサ 215 を有する ESC 120 で圧力が約 2 Torr まで低下し得る可能性がある。減少した圧力は、有利には、裏側ガスの速度を約 100% 増加させる。裏側ガス圧力および速度の改善は、ウエハスペーシングマスク 210 に配設される基板 122 の熱均一性を増進する。裏側ガスがより自由に流れるので、裏側ガスは、基板 122 の温度をより良好に調整することができるが、その理由は、熱が基板 122 からより容易に移送されるからである。例えば、裏側ガスが導入されたときの堆積に由来する突然の温度スパイク、およびプロセス終了の際の静電チャックアセンブリ 120 から基板 122 への伝熱は、自由に流れる裏側ガスによって低減され、それにより、基板 122 の急速加熱はそれ以上促進されない。追加として、裏側ガス圧力および速度の改善は、熱の均一性を増進するために裏側ガスの流れを調整する必要性をなくす。1 つの実施形態では、半径方向に整列されたガス通路 220 およびメサ 215 は、約 3 Torr の圧力で入口 222 を通して約 0.1 SCCM の裏側ガスを流すとき、外側エッジ 462 において約 2.5 Torr と約 8 Torr との間、例えば、2.5 Torr などの裏側ガス圧力を生成する。別の実施形態では、半径方向に整列されたガス通路 220 およびメサ 215 は、約 3 Torr の圧力で入口 222 を通して約 3 SCCM の裏側ガスを流すとき、外側エッジ 462 において約 4 Torr の裏側ガス圧力を生成する。

#### 【0026】

外側エッジ 462 における裏側ガスの最大速度は、入口 222 からガス通路 220 に約 3 SCCM の裏側ガスを流すとき、約 6 mm / 秒と約 1 mm / 秒との間、例えば、約 5.77 mm / 秒などである。1 つの実施形態では、3 SCCM のレートの裏側ガスが 3 To

10

20

30

40

50

rrで入口222に流されるとき、最大速度は4mm/秒である。別の実施形態では、21SCCMのレートの裏側ガスが3Torrrで入口222に流されるとき、最大速度は1.31mm/秒である。外側エッジ462における裏側ガスの最大速度は、入口222からガス通路220中に約0.1SCCM～約1SCCMの裏側ガスを流すとき、約6mm/秒と約1mm/秒との間、例えば、約4mm/秒などである。1つの実施形態では、0.1SCCMのレートの裏側ガスが3Torrrで入口222に流されるとき、最大速度は2.1mm/秒である。別の実施形態では、0.1SCCMのレートの裏側ガスが3Torrrで入口222に流されるとき、最大速度は4.7mm/秒である。

#### 【0027】

基板122に接触するウエハスペーシングマスク210の上面208の全面積は、約20cm<sup>2</sup>～約60cm<sup>2</sup>であり、これは、従来のウエハスペーシングマスクに比べてほぼ3倍の表面コンタクト面積の増加である。半径方向に整列されたメサ215のコンタクト面積の増加により、基板上の理論的なチャック力が同じチャック電圧で約800グラムから約3300グラムに増加する。半径方向に整列されたガス通路220およびメサ215の基板122との追加コンタクト面積は、基板122の全体的な応力を著しく低減させるが、基板122に接触する静電チャックアセンブリ120の実際の表面積はわずか約3%から約15%の間である。半径方向に整列されたメサ215は、基板122と静電チャックアセンブリ120との間の摩擦を減少させる。半径方向に整列されたメサ215は、基板122と静電チャックアセンブリ120との間のより大きい表面コンタクトにより摩耗および粒子発生を減少させる。静電チャックアセンブリ120と基板122との間のより大きいコンタクト面積は、基板に追加の支持を与え、それにより、基板122をチャックすることに由来する基板122の端から端までの全体的な応力を低下させる。例えば、半径方向に整列されたメサ215を有する静電チャックアセンブリ120は、従来の静電チャックアセンブリに対して基板122上で応力を約30%低減することができる。さらに、半径方向に整列されたメサ215は、従来の静電チャックアセンブリと比較して基板122の中心線460から外側エッジ462までの温度勾配を減少させる。基板122は、特に外側周囲に沿って、基板を損傷する（すなわち、クラックする）ことがあるコンタクト面積の増加に由来する応力ならびに裏側ガスの圧力の減少および速度の増加に由来する温度勾配の減少を経験する。基板122の応力は熱勾配だけでなく材料にも依存する。例えば、基板122上のTTN膜は、膜の最も大きい温度勾配に対応する時間に約58MPaになり、次いで、約10秒後に約8MPa未満に達することがある。同様に、基板122上のDLC膜は、膜の最も大きい温度勾配に対応する時間に約50MPaになり、次いで、約10秒後に約11MPa未満に達することがある。ここで、基板122の応力は、初期時間ステップにおける温度の最大差のために約0秒～約1秒の時間ステップにおいて最大である。0～3秒の間の基板の疲労応力は極めて危険であり、それは、接触している材料の破壊をもたらすことがあり、それゆえに、基板を予熱することおよび静電チャック上の基板のランディングを制御することは両方とも非常に重要である。入口温度を上昇させることによる基板の対流加熱は、基板搬送中に変化する可能性がある。ヒータのブレードを、さらに、プロセス方策±50°に基づいて能動的に高温に維持して、最初の3秒のコンタクトでの熱衝撃および熱過渡疲労応力を減少させることができる。

#### 【0028】

有利には、静電チャックアセンブリ120の前側表面205上のメサ215およびガス通路220の半径方向外側設計は、その上で処理される基板の熱均一性を改善する。メサ215およびガス通路220の半径方向外側設計は、静電チャックアセンブリ120の裏側ガスのより良好な制御を提供する。メサ215およびガス通路220の半径方向外側設計は、基板122と静電チャックアセンブリ120との間のより多い表面積コンタクトにより摩耗特性の低減を促進する。静電チャックアセンブリ120の上面208上のメサ215およびガス通路220の半径方向外側設計は、基板122への応力および後続の損傷を低減するための改善されたコンタクト面積により基板裏側への支持の改善を提供する。したがって、本発明の開示した実施形態は、基板およびチャックデバイスの粒子発生の低

10

20

30

40

50

減および摩耗の低減に向けた静電チャックアセンブリのフィーチャのパターンを提供する。

【0029】

上述の実施例に加えて、いくつかの追加の非限定の実施例を以下のように説明することができる。

【0030】

(例1)

中にチャック電極が配設された本体であって、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジを有する、本体と、

前記前側表面に形成されたウエハスペーシングマスクであって、前記ウエハスペーシングマスクが複数の細長いフィーチャを有し、前記細長いフィーチャが、中心から前記外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有し、前記ウエハスペーシングマスクが、前記細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有し、前記半径方向に整列されたガス通路およびメサが、約3S C C Mの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて約3Torr未満の圧力を維持するように配列される、ウエハスペーシングマスクと

を含む静電チャックアセンブリ。

【0031】

(例2)

中にチャック電極が配設された本体であって、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジを有する、本体と、

前記前側表面に形成されたウエハスペーシングマスクであって、前記ウエハスペーシングマスクが複数の細長いフィーチャを有し、前記細長いフィーチャが、中心から前記外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有し、前記ウエハスペーシングマスクが、前記細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有し、前記半径方向に整列されたガス通路に入る裏側ガスの速度が、約3S C C Mの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて約7mm/秒以下である、ウエハスペーシングマスクと

を含む静電チャックアセンブリ。

【0032】

(例3)

中にチャック電極が配設された本体であって、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジを有する、本体と、

前記前側表面に形成されたウエハスペーシングマスクであって、前記ウエハスペーシングマスクが複数の細長いフィーチャを有し、前記細長いフィーチャが、中心から前記外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有し、前記ウエハスペーシングマスクが、前記細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有し、前記半径方向に整列されたガス通路に入る裏側ガスの速度が、少なくとも0.1S C C Mの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて約4mm/秒以下である、ウエハスペーシングマスクと

を含む静電チャックアセンブリ。

【0033】

(例4)

中にチャック電極が配設された本体であって、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジを有する、本体と、

前記前側表面に形成されたウエハスペーシングマスクであって、前記ウエハスペーシングマスクが複数の細長いフィーチャを有し、前記細長いフィーチャが、中心から前記外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有し、前記ウエハスペーシングマスクが、前記細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有し、前記半径方向に整列されたガス通路およびメサが、少なくとも0.1S C C Mの裏側ガスを前記ガ

10

20

30

40

50

ス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて約1～4 Torr未満の圧力を維持するように配列される、ウエハスペーシングマスクとを含む静電チャックアセンブリ。

【0034】

(例5)

中にチャック電極が配設された本体であって、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジを有する、本体と、

前記前側表面に形成されたウエハスペーシングマスクであって、前記ウエハスペーシングマスクが複数の細長いフィーチャを有し、前記細長いフィーチャが、中心から前記外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有し、前記ウエハスペーシングマスクが、前記細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有し、前記半径方向に整列されたガス通路に入る裏側ガスの速度が、約3 SCCMの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて約1.31mm/秒以下である、ウエハスペーシングマスクと

を含む静電チャックアセンブリ。

【0035】

(例6)

中にチャック電極が配設された本体であって、前側表面と裏側表面とを接続する外側エッジを有する、本体と、

前記前側表面に形成されたウエハスペーシングマスクであって、前記ウエハスペーシングマスクが複数の細長いフィーチャを有し、前記細長いフィーチャが、中心から前記外側エッジまで半径方向に整列された長軸を有し、前記ウエハスペーシングマスクが、前記細長いフィーチャの間に画定された複数の半径方向に整列されたガス通路を有し、前記半径方向に整列されたガス通路に入る裏側ガスの速度が、少なくとも0.1 SCCMの裏側ガスを前記ガス通路を通して流すときに前記外側エッジにおいて約2mm/秒～約5mm/秒以下である、ウエハスペーシングマスクと

を含む静電チャックアセンブリ。

【0036】

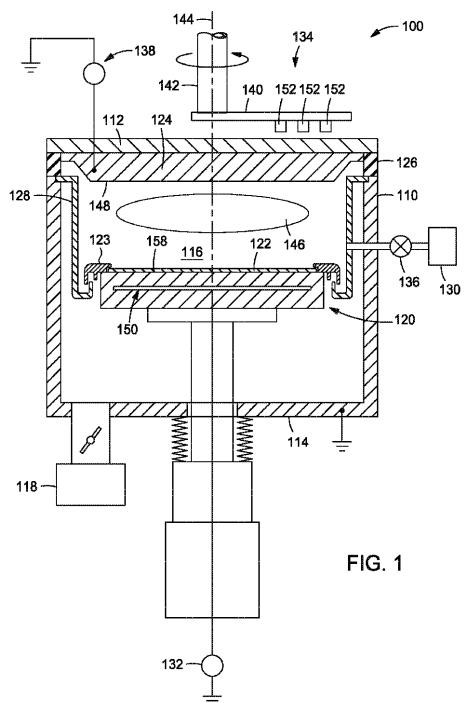
前述は本発明の実施形態に関するが、本発明の他のおよびさらなる実施形態が、本発明の基本的な範囲から逸脱することなく考案され得る。

10

20

30

【図1】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100067013  
弁理士 大塚 文昭  
(74)代理人 100086771  
弁理士 西島 孝喜  
(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 ラジ ゴヴィンダ  
インド 560040 バンガロール ヴィジエイナガー カヴェリー レイアウト ファースト  
ピー メイン マルス アパートメント エス 204  
(72)発明者 ヒラハラ ロバート ティー<sup>1</sup>  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95112 サンノゼ サウス イレヴァンス ストリート  
952 ユニット 336

審査官 中田 剛史

(56)参考文献 特開平10-070180(JP,A)  
特開平08-203991(JP,A)  
特開2013-042128(JP,A)  
特開2001-341043(JP,A)  
特表2011-530833(JP,A)  
特開2000-332091(JP,A)  
特表2010-521820(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/683  
H01L 21/205  
H01L 21/3065