

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7295892号
(P7295892)

(45)発行日 令和5年6月21日(2023.6.21)

(24)登録日 令和5年6月13日(2023.6.13)

(51)国際特許分類 F I
H 0 5 H 1/26 (2006.01) H 0 5 H 1/26

請求項の数 16 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-570908(P2020-570908)	(73)特許権者	595115802 ネーデルランセ オルハニサチエ フォール トゥーヘパスト・ナツールウェーテ ンシャッペルック オンデルズク テーエ ヌオー Neder landse Organi satie voor toegepas t - natuurwetenschap pelijk onderzoek TNO オランダ王国 NL - 2 5 9 5 DA ス フラーフェンハーフェ アンナファンブ エレンプレイン 1
(86)(22)出願日	令和1年6月20日(2019.6.20)	(74)代理人	100095407 弁理士 木村 満
(65)公表番号	特表2021-529416(P2021-529416 A)	(74)代理人	100132883
(43)公表日	令和3年10月28日(2021.10.28)		
(86)国際出願番号	PCT/NL2019/050383		
(87)国際公開番号	WO2019/245372		
(87)国際公開日	令和1年12月26日(2019.12.26)		
審査請求日	令和4年5月23日(2022.5.23)		
(31)優先権主張番号	18179096.5		
(32)優先日	平成30年6月21日(2018.6.21)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ源及びその操作方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ源(100)であって、
 少なくとも1つの開口(14)であって、当該開口からプラズマを送出するための開口を備える外面(10)と、
 基板(11)と前記プラズマ源とを互いに相対的に前記外面に沿って搬送するように構成された搬送機構と、
 前記基板から離れる方向に延びる少なくとも第1の面(3-1)及び第2の面(3-3)を備える対電極と、
 複数の平面状のタイル(4-1、4-2、4-3)を備え、各タイルが、誘電体層(1-1、1-2、1-3)によって少なくとも部分的に囲まれている少なくとも1つのフィルム状の導電層(2-1、2-2、2-3)を備える作用電極(22)と、
 少なくとも1つの前記開口と連通する少なくとも2つのプラズマ回収空間であって、第1のプラズマ回収空間(6-1)が前記対電極の第1の面と前記作用電極の第1の面との間に少なくとも部分的に形成され、第2のプラズマ回収空間(6-3)が、前記対電極の第2の面と前記作用電極の第2の面との間に少なくとも部分的に形成された、少なくとも2つのプラズマ回収空間と、
 前記少なくとも2つのプラズマ回収空間を通過してガス流を前記開口に提供するためのガス導入口(5)と、
 を備え、

第 1 のタイル (4 - 1) 及び第 2 のタイル (4 - 2) が、前記第 1 のプラズマ回収空間に隣接する隣り合う端 (1 2) を有する前記作用電極の第 1 の平面内に配置され、第 3 のタイル (4 - 3) が、前記第 1 の平面における前記隣り合う端と重なるように、前記第 1 の平面に対して平行な前記作用電極の第 2 の平面に配置され、

前記作用電極 (2 2) 及び前記対電極の少なくとも 1 つは、前記隣接する 2 つの端の近くに、前記隣り合う端によるプラズマ回収の損失を補う、前記開口へのプラズマ送を増加させるための局所改変部を備える、

ことを特徴とするプラズマ源。

【請求項 2】

前記局所改変部は、前記第 1 の平面における前記隣り合う端と並ぶ位置に、前記対電極の前記第 2 の面へ設けられる幾何学的改変部を備える、

10

ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ源。

【請求項 3】

前記幾何学的改変部は、前記第 2 の面における前記位置に設けられた溝 (1 3) を備え、それにより前記溝の下流の前記第 2 のプラズマ回収空間を経由するガス流量を増加させる、

ことを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ源。

【請求項 4】

前記隣り合う端と並んで前記第 1 のプラズマ回収空間に設けられた部分的狭窄部 (1 5) を更に備え、それにより、前記隣り合う端の下流の位置にある前記第 1 のプラズマ回収空間における前記ガス流を減少させる、

20

ことを特徴とする請求項 3 に記載のプラズマ源。

【請求項 5】

前記部分的狭窄部は、前記隣り合う端と並ぶ位置に、前記対電極の前記第 1 の面に設けられた隆起 (1 5) を備える、

ことを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマ源。

【請求項 6】

前記局所改変部は、前記タイルに設けられ、前記基板に面する誘電体バリアによって少なくとも部分的に囲まれた複数のフィルム状の導電層 (2 - 1 a、2 - 3 a) を備え、

前記フィルム状の層は、前記開口の長さに沿う端を有し、前記開口の幅を横切る水平な端のパターンを形成する、

30

ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ源。

【請求項 7】

前記パターンは、前記開口を横切る幅を有し、隣接する端に沿った位置に向かって徐々に増加する、

ことを特徴とする請求項 6 に記載のプラズマ源。

【請求項 8】

前記局所改変部は、隣接する端に重なるタイルの前記フィルム状の導電層へ設けられ、前記開口の幅を横切る方向を部分的に向く延長部を備える、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ源。

40

【請求項 9】

前記延長部の長さは、隣接する端に沿った位置に向かって徐々に増加する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のプラズマ源。

【請求項 10】

前記局所改変部は、電界強度を局所的に増加させるために、前記隣り合う端と並ぶ位置に、前記第 2 の平面におけるタイルに対して削減された厚さの誘電体バリアを備える、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ源。

【請求項 11】

前記タイルは、前記フィルム状の導電層と導電接続する外部導電コンタクト領域 (7 - 1、7 - 3) を更に含み、前記タイルにおける前記フィルム状の導電層が実質的に同一の

50

電位を有するように、前記タイルは、第 1 のタイルの前記コンタクト領域が対向するタイルの前記コンタクト領域と導電接触するように積層して配置される、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のプラズマ源。

【請求項 1 2】

前記導電接続は、導電ビアによって提供される、

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記導電接続は、前記タイルの外面に沿って前記外部導電コンタクト領域へと延びる前記フィルム状の導電層のストリップによって提供される、

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の装置。

10

【請求項 1 4】

前記積層は、対向する 2 つのタイルの 2 つの前記外部導電コンタクト領域間に設けられた導体プレート要素 (8) を更に備える、

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 5】

対電極について、前記基板の移動方向に沿って処理される基板の表面に最も近い前記対電極の面の幅は、前記対電極から処理される前記基板への熱伝達を低減するために、1 ~ 4 mm の範囲とされる、

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 6】

処理される基板の最大使用温度を超える操作温度で請求項 1 に係る装置を操作する方法であって、

前記操作温度は、前記使用温度を超える 20 ~ 100 の範囲である、

ことを特徴とする方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はプラズマ源装置、特に開口と連通する回収空間を備え、開口からプラズマが処理される基板の表面に送出され得る種類のプラズマ源装置に関連する。そのような装置は、特許文献 1 から知られている。その装置では、対電極の第 1 の面と作用電極の第 1 の面との間に、少なくとも部分的に第 1 のプラズマ回収空間を形成し、対電極の第 2 の面と作用電極の第 1 の面に対向する作用電極の第 2 の面との間に、少なくとも部分的に第 2 のプラズマ回収空間を、形成する。

30

【背景技術】

【0002】

プラズマ表面処理は、表面放電、塗料、接着剤及び他のコーティング剤のような材料の濡れ性又は接着性を向上する表面エネルギーの変更、表面の細菌細胞の洗浄及び / 又は不活性化、を含む多くの有用な用途を有し、同様に、例えば、化学気相成長、プラズマエッチング、原子層堆積及び原子層エッチング装置のような半導体産業で使用される表面処理のためのより大きなアセンブリの一部として含まれている。特許文献 1 に開示されているようなプラズマ回収空間は、誘電体バリアによってカプセル化され、接地された一対の外部電極面の間に距離を置いて配置された中央平面タイル状高電圧電極間に形成される。入口からの適切なガス流を使用し、このような空間で生成されたプラズマは、開口に運ばれることができ、開口から処理される基板の表面へと送出される。特許文献 1 は、プラズマ均一性にとって不可欠な制御された低電流密度を得るため、高電圧電極上にセラミック誘電体バリア層を使用する。セラミックは、高密度多結晶セラミック材料から形成される。

40

【0003】

厚み、誘電体層の組成及び粗さ、外部電極の形状、開口の幅、プラズマ密度の角度のような重要なパラメータを注意深く制御することによって、基板への送出を効果的に且つ均一に行うことができる。報告されている配置では、両方の空間で生成されたプラズマは、

50

開口から送出されるプラズマの全流束に寄与することに留意することが重要である。

【0004】

特許文献1に開示されているプラズマ源は、表面処理ツールに実装されており、例えばインジウム（ガリウム）酸化亜鉛半導体及び低温薄膜カプセル化層の堆積プロセスで使用されており、両方のプロセスは、例えばOLEDディスプレイの製造に応用できる可能性がある。特許文献2は、大気圧下でプラズマを生成し、基板の表面にプラズマを接触させるために生成されたプラズマをプラズマ生成空間から外に導き出すことによって、基板を処理するために使用されるプラズマ生成装置を開示する。

【0005】

将来世代の製造プロセスの重要なゴールは、ますます大きくなる表面、例えば、0.5 ~ 3メートルの最大幅を有する表面の処理である。この目的のため、いくつかのプラズマ処理ツールは、そのような表面の全幅上に均一なプラズマの堆積が可能なプラズマ源を目指している。これは、課題を提起する。なぜなら、例えば、10又は20マイクロメートル以内であるセラミック部品（厚さ、平坦度及び粗さ）についての厳密な寸法公差を考慮し、プラズマ源が適用できるべき20 ~ 350 という広い幅の温度を考慮すると、現在のプラズマ源を例えば3m幅まで拡大させることは困難であるためである。

10

【0006】

プラズマ種による大きな基板の処理を容易とするため、線状のアレイに配置された要素を備える装置が提案されてきた（図1a参照）。しかしながら、線状のアレイの素子を使用する場合、そのような個々の素子間の境界下を通過する基板の領域にプラズマが送出されない。線状のアレイの複数の列は、特許文献3に開示されているように、重複する処理素子を形成するように、互いに連続する列をシフトさせて構築することができる。または代わりに、配置を開示する特許文献4に記載のように、アレイ内の個々の要素が列方向にうるこ状に、つまり屋根上の屋根板のように配置され得る配置を開示する。しかし、両方の開示は、個々の素子の界面によって影響を受ける領域が存在し続けるために、基板へのプラズマ送達での均一性を提供すること、及び又は搬送方向での基板の広い部分をカバーすること、という目的において、多かれ少なかれ失敗している。基板は高温での長時間の加熱に敏感であるため、これは厄介であり、プラズマ送出システムの範囲を最小限に抑えることを目的とするコストの制約もある。従って、図1b~dの方向は、より均一な送達を提供し得るが、高温への長時間の曝露に悩まされる可能性もある。素子の数の増加に伴い、解決する必要のある問題が生じる。1つの態様において、本発明は、広い面積の均一な処理を可能しつつ、これらの欠点を克服することを目的とする。

20

30

【0007】

とりわけ、基板表面での短寿命の反応性プラズマ種の効率的な搬送及び均一な送出のためのプラズマ源及び/又は表面処理装置を提供することが目的である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】国際公開第2015/199539号

国際公開第2008/038901号

国際公開第02/094455号

米国特許出願公開第2016/0289836号明細書

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項1に係るプラズマ源が提供される。

【0010】

プラズマ源は、少なくとも1つの開口を備える外面を備え、該開口からプラズマを送出する。搬送機構は、処理される基板表面が、開口を含む外面の少なくとも一部と平行な状態で、基板とプラズマ源とを、外面に平行に互いに相対的に搬送するように構成される。

50

対電極は、基板から離れる方向に延びる少なくとも第1の及び第2の殆ど平行方向の面を備え、作用電極は多数の平面状のタイルを備え、タイルは少なくとも1つのフィルム状の導電層を備え、導電層は少なくとも一部が誘電体層によって包囲される。少なくとも2つのプラズマ回収空間は、少なくとも1つの開口と連通し、第1のプラズマ回収空間は、対電極の第1の面と作用電極の第1の面との間に少なくとも部分的に形成され、第2のプラズマ回収空間は、対電極の第2の面と作用電極の第2の面との間に少なくとも部分的に形成される。ガス導入口は、少なくとも2つのプラズマ回収空間を通過して開口へとガス流を提供する。第1及び第2のタイルは、第1のプラズマ回収空間に隣接する隣り合う端を備える作用電極の第1の平面内に配置され、第3のタイルは、第3のタイルが第1の平面内の隣り合う端と重なるように、第1の平面と平行な作用電極の第2の平面に配置される。作用電極及び対電極の少なくとも1つは、隣り合う端の近傍で局所改変部を備え、開口へのプラズマの送出を増加させ、隣り合う端によるプラズマ回収の損失を補償する。

10

【0011】

実施形態において、改変部は、第1の平面における隣り合う端に並ぶ位置での対電極の第2の表面への幾何学的な改変部を提供することを含む。改変部は、ガス流を強化することができ、それによりタイルの反対側でプラズマの生成が妨げられている位置で、より多くのプラズマを生成できる。

【0012】

別の実施形態において、局所改変部は、隣接する端に重なるタイルのフィルム状の導電層への幾何学的改変部を提供することを含む。特にフィルム状の導電層は、基板の搬送方向に部分的に向くことができ、フィルム状の導電層は、隣り合う端から離れ基板の搬送方向に沿う方向に、延長部を備え、それにより、隣接する端に沿う位置でプラズマが関連する可能性がある作用電極の領域を拡張する。作用電極の形、特にその底面を補うことで、導電体層の延長によってプラズマ生成を促進することができ、隣接する端の近傍で低減する生成を補う。表面処理装置に対する基板の搬送方向は、往復する方法で逆にすることができることに留意されたい。

20

【0013】

プラズマ源は、一連の反応物（少なくとも2つ）に基板を繰り返し曝し、層の表面に限定された成長を提供する電子層堆積（ALD）での使用に特に適している。プラズマ源は、1つ以上の連続する反応物を提供するために使用することができ、一連のプラズマ源を使用することができる。非常に反応性の高いプラズマ種を提供するプラズマ源によれば、飽和するまで表面と反応する共反応物のために必要な空間及び/又は時間を減らすことができる。これにより、空間ALD処理における基板速度を増加させることができる。他の実施形態において、化学反応プラズマ種（ラジカル、イオン、電子的及び振動的励起種）が表面と反応するために必要とされる他の大気プラズマ処理方法のために、プラズマ源を使用することができる。そのような方法の例は、酸化による（例えば、オラジカルを使用する）又は還元による（ハラジカルを使う）洗浄又はエッチング、接着性の改善のための活性化、及びプラズマ化学気相成長法（PECVD）である。

30

【0014】

ガス組成は、N、O、H、OH及びNHのようなラジカルを生成するために、N₂、O₂、H₂、H₂O、NO、H₂O₂、NH₃、N₂O、又はCO₂及び混合物を含むことができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1a】図1aは、基板上への均一な堆積を生ずるための、積層されたプラズマ送出配置の概要を示す。

【図1b】図1bは、基板上への均一な堆積を生ずるための、積層されたプラズマ送出配置の概要を示す。

【図1c】図1cは、基板上への均一な堆積を生ずるための、積層されたプラズマ送出配置の概要を示す。

50

【図 1 d】図 1 d は、基板上への均一な堆積を生ずるための、積層されたプラズマ送出配置の概要を示す。

【図 2 a】図 2 a は、1 つの変形例におけるプラズマ源の側面図を示す。

【図 2 b】図 2 b は、1 つの変形例におけるプラズマ源の側面図を示す。

【図 2 c】図 2 c は、1 つの変形例におけるプラズマ源の側面図を示す。

【図 3 a】図 3 a は、別の変形例におけるプラズマ源の側面図を示す。

【図 3 b】図 3 b は、別の変形例におけるプラズマ源の側面図を示す。

【図 3 c】図 3 c は、別の変形例におけるプラズマ源の側面図を示す。

【図 4】図 4 は、別の実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0016】

図 2 a は、基板 1 1 を処理するための表面処理装置 1 0 0 の例示的な実施形態の断面図を示す。基板 1 1 は、フレキシブルホイル又は例えば半導体ウエハのような剛性板の一部であってもよい。図示されている実施形態において、表面処理装置は、基板 1 1 に面する平坦な面状の外表面 1 0 を有するが、代わり曲がった形状を使用してもよい。例示的な実施形態において、外表面 1 0 と基板 1 1 との間の距離は、0.01 ~ 0.2 mm の範囲、又は最大で 0.5 mm である。外表面 1 0 の開口 1 4 - 1、1 4 - 3 は、基板 1 1 と外表面 1 0 との間の空間へ大気プラズマ (6 - 1、6 - 3) を供給するために使用される。本明細書で使用されるように、大気は実質的に真空であることを意味しない、例えば 0.1 ~ 10 Torr である。実施形態において、開口 1 4 - 1、1 4 - 3 は、0.1 mm 幅であるが、これは設計の詳細に依存し得る。ノズルと呼ばれることもある開口 1 4 - 1、1 4 - 3 は、図の平面に垂直な線に沿って伸びる。表面処理装置は、基板 1 1 を移動させるための搬送機構と、導電材料 (好ましくは、接地されている又は基板が接地されていない場合は基板と同じ電位である) の第 1 及び第 2 の対電極 3 - 1、3 - 3 と、対電極の 2 つの面 3 - 1、3 - 3 間の中心位置に向く作用電極 2 2 を形成する導電材料を備え、及び複数の平面状のタイル 4 - 1、4 - 3 を備える誘電体タイル 4 - 1、4 - 3 と、を備える。タイルは、誘電体層 1 - 1、1 - 3 によって少なくとも部分的に囲まれているフィルム状の導電層 2 - 1、2 - 3 を備える。対電極 3 - 1、3 - 3 と作用電極 2 2 を形成するタイル 4 - 1、4 - 3 の対向する側との間に、プラズマ回収空間が形成される。作用電極は、開口の中心に位置し、そこから離れるように伸び、底の形状に応じて、タイル 4 - 1、4 - 3 の対向する側に横方向に伸びるスリット状のプラズマ回収空間 6 - 1、6 - 3 の 2 つの開口 1 4 - 1、1 4 - 3 を効果的に形成することができ、2 つのプラズマ回収空間を開口 1 4 と又はそれぞれの開口スリット 1 4 - 1、1 4 - 3 と効果的に連通させる。対電極は、ステンレス鋼、チタン (好適)、又は導電性セラミック、例えば水素ドープ SiC から形成されてもよい。対電極 3 - 1、3 - 3 の図の平面と直角に、作用電極 2 2 は、少なくとも開口 1 4 の長さに沿って伸びる。加えて、表面処理装置は、対電極 3 - 1、3 - 3 に連結された交流又はパルス電圧発生器 (図示せず) と、一方の作用電極 2 2 と対電極 3 - 1、3 - 3 の一方との間に電場を加えるための作用電極 2 2 の一部である導電層 2 - 1、2 - 3 とを備えてもよい。代わりに、表面処理装置の外の電圧発生器を使用してもよい。

【0017】

基板 1 1 の搬送機構は、記号的にだけ示されている。例として、基板 1 1 を搬送するためのコンベヤベルト、又はテーブル及びテーブルを駆動するためのモータを備えてもよく、ホイルのような基板 1 1 をそれぞれロールオフ及びロールオンする第 1 の及び第 2 の回転ロールを備えるロールツーロール (R2R) 機構を使用してもよい。他の実施形態において、搬送機構は、作用電極 2 2 及び対電極 3 - 1、3 - 3 のアセンブリに対して基板 1 1 を動かすための、又はその反対のためのモータを備えてもよい。別の実施形態において、電極は回転ドラム内に統合されてもよく、開口 1 4 はドラムの表面から排出され、この場合、搬送機構はドラムの回転を直接又は間接的に駆動するためのモータを備えてもよい。

【0018】

対電極 3 - 1 及び 3 - 2 は、くさび状の部分 9 - 1、9 - 3 を有し、それらは、それぞ

10

20

30

40

50

れ開口 1 4 で尖った縁で終わる。

【 0 0 1 9 】

タイル 4 - 1、4 - 3 の底の尖った端は、プラズマ回収空間の適切な相互距離を保つため、開口内のスペーサ要素によって部分的に保持されてもよい。これは、(フィラメント化されていない)プラズマの適切な生成のために重要である。例として、平面を備えるくさび状の部分 9 - 1、9 - 3 が示されているが、代わりに曲面も使用することができる。ステンレス鋼製の第 1 及び第 2 のくさび状部 9 - 1、9 - 3 を、例えば使用することができる。その部分がくさび形状を有することは、その上面と下面とが尖った端に向かって収束すること、つまり、それらの距離が減少することを意味する。上面と下面とが端から平面内を延びる場合、それらは互いに角度をなし、角度は 0 度より大きく 90 度未満であり、好ましくは 10 ~ 60 度、より好ましくは 45 度未満であり、更により好ましくは 30 度以下である。曲がった上面又は下面を使用する場合、当然ながら固定された角度はないが、好ましくは、尖った端から 3 mm の距離にある面上の点に対する端からの直交断面図において、平坦な面について説明した範囲の角度である。

10

【 0 0 2 0 】

例示的な実施形態において、くさび状の部分 9 - 1、9 - 3 の下面は、単一の平面内に延び、基板 1 1 に面する表面処理装置の外側面 1 0 を形成する。

【 0 0 2 1 】

作用電極 2 2 は、対電極 3 - 1、3 - 3 を形成するくさび状 9 - 1、9 - 3 の面部分に並ぶ又は平行な表面を有する。誘電体層 1 - 1、1 - 3 は、作用電極 2 2 の表面を覆い、例えば、酸化アルミニウム誘電体層を使用することができる。実施形態において、作用電極 2 2 は、誘電体層 1 - 1、1 - 3 で覆われたフィルム電極として実現されてもよい。誘電体層 1 - 1、1 - 3 は、タイル 4 - 1、4 - 3 と一体な部品であってもよい。

20

【 0 0 2 2 】

対電極と誘電体層 1 - 1、1 - 3 との間の距離が比較的小さい場合、誘電体バリア放電プラズマ回収空間は、対電極 3 - 1、3 - 3 と作用電極 2 2 との間のガス体積 (に位置する。誘電体層 1 - 1、1 - 3 の下面は、V 型の開口に適合し、誘電体層 1 - 1、1 - 3 の下面と対電極の第 1 及び第 2 のくさび状の部分 9 - 1、9 - 3 の上面との間のプラズマ回収空間 6 - 1、6 - 3 内を、プラズマ流体流のための薄く平坦な面のプラズマ回収空間を残す。好ましくは、誘電体層 1 - 1、1 - 3 の下面と第 1 及び第 2 のくさび状の部分 9 - 1、9 - 3 の上面との間の距離は、これらのプラズマ回収空間内で一定である。プラズマ回収空間 6 - 1、6 - 3 内で生成される誘電体バリア放電プラズマは、表面誘電体バリア放電 (S D B D) プラズマとして、これらのプラズマ回収空間の外に延び、基板に直接面する誘電体層 1 - 1、1 - 3 の表面部分まで延びることがある。開口 1 4 の全幅を十分に小さく維持することで、この基板が導電性で非常に近い距離にある場合でも、イオン化プラズマが基板へ搬送されない。このように、リモート S D B D プラズマを、基板を電極として使用せずに、基板から非常に近い距離で効果的に生成することができる。これは、直接プラズマによって基板に損傷を与えず、高いラジカル流束が求められる場合の用途で重要である。開口の最適な幅は、作用電極 2 2 の誘電体層 2 と基板との間の空間的なギャップによる。作用電極と基板との間のギャップが 0 . 1 ~ 0 . 3 mm の幅であると、基板への直接プラズマを避ける開口 1 4 の可能な幅は、0 . 5 ~ 2 . 0 mm、好ましくは 0 . 7 ~ 1 . 5 mm である。

30

40

【 0 0 2 3 】

運転時、作用電極 2 2 の導電層 2 - 1、2 - 3 と対電極 3 - 1、3 - 3 との間に、交流又はパルス高電圧差が、発生器 (図示せず) によってかけられる。対電極 3 - 1、3 - 2 は、一定の電位、例えば接地電位に維持されてもよく、高周波電位を導電層 2 - 1、2 - 3 に印加してもよい。純ガス又はガス (N₂、O₂、H₂O、H₂O₂、NO、N₂O、H₂、NH₃、CO₂ 等) の混合物であり得るガスは、ガス導入口 5 - 1、5 - 3 を通って供給され、ガス導入口から、作用電極 2 2 と対電極 3 - 1、3 - 3 との間の平面状のプラズマ回収空間を經由して、開口 1 4 へと流れる。電圧差から得られるこれらの空間の高周波

50

電場は、ガスをイオン化し、プラズマを生成する。酸化窒素（NO）を他の1つ又は複数のガス（N₂のような）と組み合わせて使用して、ラジカル密度を、例えばプラズマ回収空間で高めることができることが分かった。代わりに、又は加えて、提案のプラズマ装置を運転するために必要とされるガス流量を低減するためにNOを加えてもよい。

【0024】

イオン化されたガスは、開口14に流れ込み、大気プラズマ、つまり相当な圧力のガスでのプラズマを形成する。大気プラズマは、高周波電圧下でも、急速に消滅する傾向にある。結果として、印加する交流又はパルス電圧の半サイクル中に、定期的に再び起こさなければならない。プラズマは、中性分子の他に、自由電子、イオン、電氣的及び振動的に励起された分子、光子及びラジカルを含むことがある。プラズマ種の多くは、化学反応性であり、反応性プラズマ種（RPS）として表すことができる。RPSの性質と濃度は、ガス組成と電気プラズマ状態による。更には、速い再結合プロセスは、空間の関数として及び時間の関数としてRPSの強い多様性を引き起こす。RPSの他の例は、電気又は振動励起原子又は分子である。著しい濃度のRPSを含むプラズマは、開口14を通して流れ、そこから基板11と外面10との間の空間を横に通って開口14の両側へ流れる。開口14の下、及びその近くのある程度の範囲まで、RPSは基板11の表面と相互作用する。

【0025】

誘電体層1-1、1-3の厚さは、誘電体層1-1、1-3を通る放電を避けるために少なくとも十分な厚さであるように、選択される。層の厚さには基本的な上限はないが、プラズマを維持するために必要とされる高周波電圧を低く保つため、厚さは、好ましくは、許容される最小値をはるかに超えない。例示的な実施形態において、0.1~2mmの範囲、例えば0.15mmの厚さを使用する。誘電体バリアは、押出チューブ、例えばセラミックチューブ、又はセラミックがコーティングされた金属チューブから得ることができる。管状構造は、高い固有の機械的強度を提供する。形状は、正方形、六角形等とすることもできる。2つ以上の表面は、作用電極22と対電極3-1、3-3間のギャップ距離に要求される機械的公差を満たすように機械加工される。実際の実施形態において、作用電極は、対電極3-1、3-3の2つの対向する面の間の中央位置に向けられ、複数の平面状のタイル4を含み、タイルは、誘電体層1-1、1-3によって少なくとも部分的に包囲されている1つ以上のフィルム状の導電層2-1、2-3を備える。例えば、低温同時焼成セラミックプロセスでは、タイル4は、誘電体層が埋め込まれ、ビアによって結合されたグリーンセラミックシートを層状に積み重ねることによって製造することができる。シート式の製造方法の代わりに、完成させる前に形に成型することができるスリップキャストイング又は射出成型セラミックを使用することができる。また、3D印刷技術を使用することも可能である。

【0026】

両方の導入口5-1、5-3に連結した単一のガスソース（図示せず）を使用することができる。ガスソースは、ガスの異なる成分のためのサブソースと、サブソースに連結された流入部と導入口5-1、5-3に連結された流出部とを備えるガスミキサーと、を備えることができる。

【0027】

導入口5-1、5-3からのガス流量（例えば、秒あたりの質量又は体積）は、基板11上の反応性プラズマ種の所望の流量に応じて選択することができる。一例では、導入口あたりの開口の長さ1mmあたり、毎秒1000~2000立方mmの流量、又は1気圧の圧力及び25の温度と仮定して得られる対応する質量流の範囲が使用される。

【0028】

作用電極22と対電極3-1、3-3との間の空間を通るガス流速は、流量を空間の断面積で割ったものに対応する（厚さ×幅）。断面積を小さく保つことで、高流速が実現する。高流速は、基板11上での反応の前にラジカルとイオンとが再結合することで生じる損失がより少なくなるという利点を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

図 2 b は、プラズマ源装置における実質的に同じ断面図を示すが、タイル 4 - 1 が終わる断面位置においては、隣接する端には導電層の断面は示されておらず、これとは対照的に、その断面位置において、反対側のタイル 4 - 3 の層 2 - 3 は延びていることが可視的に示されている。図 2 c は、図 2 a 及び 2 b の平面図に対して垂直な断面図を示すため、これが更に明確である。

【 0 0 3 0 】

実際に、タイル 4 - 1、4 - 2 が隣り合う端 1 2 を有し、図 2 b の断面図では、他のタイルの隣接する端と重なる 1 つの電極 4 - 3 だけが示されていることが、示され得る。タイル 4 - 1 及び 4 - 3 のようなタイル 4 - 2 は、フィルム状の導電層（内部電極）2 - 2

10

【 0 0 3 1 】

図 2 b の断面図は、隣り合う端 1 2 によるプラズマ回収の損失を補うために開口 6 - 3 へのプラズマ送出を増加させるための、対電極 3 - 3 において隣り合う端 1 2 の近くにある局所改変部 1 3 を示す。例において、改変部は、隣り合う端 1 2 に並ぶ位置での対電極 3 - 3 の面への幾何学的な改変によって提供される。より具体的に、幾何学的改変は、溝の下流の第 2 のプラズマ回収空間を介してガス流量を増加させるように第 2 の面での前記位置に溝を設けることを含む。溝は、隣り合う端に接する空間に対向するプラズマ回収空間における流量を増加する機能を有する。有利なことに、プラズマ回収空間におけるプラズマが飽和しているので、流量を増加させることで、プラズマ回収空間の下流で、化学反応プラズマ種の密度が線形に増加する。これは、開口から離れた位置で終わる溝のチャンネル長を選択することで、都合よく提供され得る。開口の近くでは、好ましくは、スリットは、所定のギャップ幅を有する平面形状である。反対側で溝 1 3 によってプラズマ比率を増加させることによって、開口 1 4 でのプラズマ送出を均等化することができる。実施形態は、局所改変部として溝構造 1 3 を示すが、作用電極 2 2 内のくぼみのような、他の流れを強める構造を設計することができる。好ましくは、溝（トレンチ）は、傾斜状の対電極 3 - 3 の端まで延びない。プラズマ体積の狭い部分の長さ（ガス流の方向）を減らすことは、この体積を通る質量流量を増やすために十分効果的である。トレンチの下流でプラズマ体積を通る流量は、狭い部分（小文字 h ）の係数 h^3 / L によって、主に決定されるので、この狭い部分の L を減少することで、増加させることができる。

20

30

【 0 0 3 2 】

開口 1 4 - 3 で終わるプラズマ回収空間 6 - 3 に、一定で比較的狭いスリット幅を設けることは、以下の重要な利点：

- ・増加したガス質量流量を備えるこのセクションで適用される電場条件は、2つの隣接するセクションで適用される電場条件に対して一定である。誘電体バリア放電プラズマの均一性は、電場の均一性に強く依存し、局所的に増加する流れによる影響はわずかである。

- ・開口 1 4 - 3 の幅は、基板とプラズマ源との（最小）距離より小さく維持されることができる。アップスケールされたシステム（大きな基板幅、R 2 R、S 2 S）の実際の運転では、インジェクタと基板とのギャップは、0.1 ~ 0.3 mm の範囲で変化し得る。従って、プラズマ回収空間 6 - 3 の端でプラズマスリットギャップ（ h ）を、より大きい値に拡大することは、基板の移動に対して垂直な方向の開口 1 4 内でのガス送出を防ぐために望ましくない。

40

を有する。

【 0 0 3 3 】

スリット長に沿う均一なガス分布を得るための代替的な方法は、ガスを通過し小さい孔径を有する多孔質誘電体材料を使用することである。このガスでは、多孔質誘電体で満たされた「ギャップ」（ h ）は、一般に 0.3 ~ 1.0 mm の範囲であるより大きな幅と、この範囲よりも小さい大きさの細孔を有することができる。多孔質層は、誘電体バリア上の層として製造されることができ、タイル状の誘電体バリア要素 4 の一体部分として設けられ、内部電極（2 - 1、2 - 3）を包む誘電体材料は、高密度及び高絶縁性を備える非

50

多孔質である。

【0034】

更に、隣り合う端12の近傍でプラズマ回収空間6-1、6-3に隣接する溝13の反対側で、作用電極は突起15を有することが示される。突起15は、開口の長さに沿う均一な流れの分布を得るために、タイル4-1、4-2の隣り合う端12の近傍でガス流を制限する、及び流れの断面の全体のバランスをとる。突起は、例えば隣り合う端12に沿って部分的に延びる1つの隆起によって形成されるが、隣り合う端に並ぶプラズマ改修空間における、より複雑な部分的狭窄部であることもでき、それにより隣り合う端12の下流位置でのプラズマ回収空間におけるガス流を低減する。作用電極12に接触する場合、突起15は、対電極3-1、3-3及び誘電体バリアタイル4-1、4-3との間のプラズマガスギャップの短い長さ及びこの長さ(0.1+/-0.01mm)の高精度を定義することができる。この突起を閉じることによって、プラズマを生成できない線形誘電体要素の端近傍で、非プラズマ活性化ガスの流れを回避する。

10

【0035】

本発明の別の態様において、図2a~cは、タイル4-1、4-3が、ビア接続によりフィルム状の導電層2-1、2-3に結合された外部導電性コンタクト領域7-1、7-3を有することを示す。タイル内のフィルム状の導電層が実質的に同一の電位を共有できるように、第1のタイル4-1のコンタクト領域7-1が対向するタイル4-3のコンタクト領域7-3と導電接触するように、タイル4-1、4-2、4-3が積層して配置されうるような方法で、導電領域7-1、7-3はタイルと一体とされてもよい。代わりに、コンタクト領域7-1、7-3と接続し、タイル4-2のコンタクト領域7-2が効果的に同一の電位を共有するために、固体金属ストリップ8を使用することができる。タイル4-2のコンタクト領域7-2は、図2a~bの断面図では示されていないことに留意されたい。図2cから明らかのように、タイル2とその各接触領域とは、図2a~bの図の平面から出た手前の方向に存在する。

20

【0036】

図3a~cは、開口へのプラズマ送を増加させ、隣り合う端によるプラズマ回収の損失を補うための、平面内に並べられた2つのタイルの隣り合う端の近傍の局所改変部の別の例を示す。局所改変部は、隣接する端に重なるタイル内のフィルム状の導電層への延長部を提供することを含み、延長部は部分的に基板の搬送方向に向く。図3aに示すように、延長部は、ビアによって電氣的に相互接続された導電層を平行に加えることによって実現されてもよい。

30

【0037】

図3aに示すように、誘電体タイル4-1、4-3内の異なる大きさ及び位置を有する平行な平面状の導電層2-1a、2-3aを、対電極3-1、3-3のエッジ状部分9-1、9-3に面するタイルの底での誘電体層の厚さを制御するために使用することができる。これは、プラズマ回収空間6-1、6-3での十分に均一な電場分布を得て、プラズマを均一に生成するために重要である。各タイルにおける異なる大きさの2つの平行な導電層が、図3aに示されているが、プラズマ回収空間において印加される電場の均一性を改善するために、より多くの数の平行な導電層を使用することができる。

40

【0038】

セラミックシートと印刷された金属膜との積層構造を最初に組み立て、その後に焼成してモノリシック金属-セラミック構造を得る同時焼成技術を使用して、内部及び外部導電フィルムを備えるセラミックタイルを製造することができる。一般に、導電層間の距離は0.1~1.0mmの範囲であり、好ましくは0.2~0.5mmである。印刷された同時焼成層の厚さは、好ましくは0.1~0.2mmの範囲である。金属膜は、好ましくは、連続する線状の端を有するが、この端を離れると、金属膜を閉じる必要はない。パターン化された金属膜は、最終的な同時焼成構造の機械的特性及び電圧絶縁特性を改善することができる。

【0039】

50

図3 bは、図3 aに示す断面図と同様であるが、誘電体タイル4 - 1の端1 2の近くの開口1 4に沿った異なる位置での断面図を示す。タイル4 - 1、4 - 2の端の近くで導電層がないことで、この位置でプラズマはより少なく生成する、又は生成しない。プラズマ回収の損失は、端の位置で反対のタイル4 - 3により多くの導電層を加えることによって補われる。

【0040】

図3 a及び3 bに示すように、各タイル4 - 1、4 - 3内で導電層2 - 1 a、2 - 3 aは、タイルの外面の中心部分上に存在するコンタクト層7 - 1、7 - 3に接続される。対向するタイルのコンタクト領域は、作用電極2 2を形成する連続した誘電体層の全ての導電層へ同じ高い周波数電圧を供給するために使用される。

10

【0041】

図3 cは、作用電極2 2と対電極3 - 1、3 - 3の異なる断面図を示す。誘電体タイル内に平行に位置する異なる導電層は、細長い開口1 4の方向に異なる長さを有する。タイル4 - 1、4 - 2の端1 2の近傍でプラズマ回収がないことは、反対のタイル4 - 3の付加的な導電層によって補われる。図3 cに示す断面図で視覚化されているように、作用電極2 2の複数の導電層を使用して、三角形のプラズマ形成領域を形成することができる。プラズマ形成領域の基板移動方向の長さは、隣接する端に沿った位置に向かって徐々に増加する。従って、複数のフィルム状の導電層がタイルに設けられ、基板に面する誘電体バリアによって少なくとも部分的に囲まれる。フィルム状の層2 - 1 aは、開口1 4の長さに沿う端を有し、開口の幅をわたる平行な端のパターンを形成する。例えば、参照符号2 - 1 aから理解できるように、開口をわたるパターンの幅は、隣接する端に沿う位置に向かって増加する。

20

【0042】

この実施形態において、プラズマは、図3 aのプラズマ回収空間6 - 1、6 - 3内に形成されるだけでなく、平行な導電フィルムの大きさ及び位置に従い、誘電体タイル4 - 1、4 - 3の底面と基板との間の体積まで延びて形成することができる。結果として、基板の導電性及び導電性基板が固定された電位に接続されているか浮遊電位であるかによって、プラズマと基板との間に比較的強い電氣的相互作用が生ずる可能性がある。

【0043】

平行な導電層のアセンブリは、特に細長い開口1 4の方向で、プラズマの均一性を改善する。誘電体タイル内で複数の導電層を使用することで、移動する基板に向かい、プラズマ生成反応性ラジカル流束の均一な分布が得られる。

30

【0044】

誘電体タイル4 - 1、4 - 3の底面で開口1 4内に生成されるプラズマは、主にガス拡散によって支配されガス流による支配がはるかに少ない、高いラジカル流束をもたらす。それにもかかわらず、基板1 1に向かってプラズマ回収空間6 - 1、6 - 3を通るガス流の使用は、開口1 4内の均一なプラズマの伸長のために好ましい条件(電子、負イオン、エネルギー的に励起された分子)を引き起こす。

【0045】

比較的広い開口1 4に形成されるプラズマは、誘電体、接地された又は浮遊電位の導電性基板との特定の種類の電氣的相互作用に依存しない「平面平行」プラズマと呼ばれてもよい。

40

【0046】

この平面平行プラズマの基板へのラジカル流束は、主に拡散律速であるが、平面平行部分を通る流れの送出は、反応ゾーンを、開口1 4より広い表面領域まで拡大し、対電極(3 - 1、3 - 3)の外表面(1 0)間の体積まで延びる。流れによる送出は、基板1 1と表面処理装置1 0 0の外表面1 0との間の相対運動によって起きる推進流によって起きる。プラズマインジェクタと基板との間の体積で、流れの方向性を更に制御することは有利である。流れの方向性の制御は、ガス導入口5 - 1及び5 - 3とプラズマ回収空間6 - 1及び6 - 3とを通る異なる圧力で誘導されるプラズマガス流量を使用することによって可能で

50

ある。同じ方向であるため互いに打ち消し合わない圧力で誘導されるガス流と基板移動により誘導される推進流とを使用することが有利である。基板の搬送方向が往復運動のように反転する場合、それに応じてガス導入口 5 - 1 及び 5 - 3 を通る相対ガス流量を変えることが好ましい。

【 0 0 4 7 】

図 4 は、パージガス及び排気を提供するインジェクタヘッドに、プラズマ源が統合されている表面処理装置 1 0 0 の代替の実施形態を示す。この種類のインジェクタヘッドは、一連のガスインジェクタ及び排出チャンネルに沿ってガスを通過させながら薄層が堆積される又はエッチングされる空間原子層堆積又は空間原子層エッチング（空間 A L D / A L E ）において、特に有用である。空間 A L D では、コーティング前駆体ガス（例えば、トリメチルアルミニウム（TMA）又はトリメチルインジウム（TMI））、非表面反応前駆体ガス（N₂）を除去するためのパージガス、共反応物（例えば、プラズマ生成ラジカル）、及び最後に非表面反応化合物（例えば、O₃、H₂O、H₂O₂）を除去するためのパージガスの順に、基板が曝される。

10

【 0 0 4 8 】

空間 A L D / A L E 法において、インジェクタヘッドのサイズを低減することが重要である。これは、図 4 に示すような、本発明に係るプラズマ源を備えるインジェクタヘッドを使用することによって可能である。開口 1 4 の長さによって画定されるプラズマ処理ゾーンの外の横の位置で、電気接続ストリップ 8 を介して外部高周波電源発生器に接触できる中心電氣的コンタクト 7 を提供するセラミック誘電体タイル 4 - 1、4 - 3 を用いて、作用電極 2 2 の幅を比較的小さく形成することができる。作用電極の幅は、一般に 2 ~ 4 mm の範囲である。

20

【 0 0 4 9 】

ラジカルの大半の種類は、気相再結合によって及び表面上で非常に速く反応し、対電極 3 - 1、3 - 3 の平らな表面及び外側の開口 1 4 に沿うラジカル曝露の有用な長さは、最大で数 mm である。

【 0 0 5 0 】

図 4 に示されるような表面処理装置及びプラズマ源の実施形態は、特にコンパクトであり、短時間のプラズマ曝露時間内で移動する基板を処理するために非常に適している。

【 0 0 5 1 】

作用電極 2 2 及び対電極 3 も長さが短いことは、付加的な利点を提供する。反応性プラズマを、プラズマ反応種の反応性を高める熱源として使用することができる。近くの排気チャンネル 1 6 及びパージガスインジェクタ 1 9 により、プラズマ曝露後に基板最表層の急速な冷却ができる。表面処理装置及び統合されたプラズマ源の付加的な特徴は、プラズマ源によって、より効率的なガス加熱を可能とする。対電極 3 の幅 2 0 は、プラズマ源の底部分からインジェクタヘッドまでの熱伝導損失を制限するように小さく形成することができる。加えて、絶縁材料 2 1、例えばセラミック材料を、熱伝導損失を制限するために使用することができる。

30

【 0 0 5 2 】

熱的に向上されたプラズマインジェクタは、高温を（熱プラズマ）を対象としていないことが、強調される。誘電体バリア放電プラズマ源によって到達する温度上昇は、20 ~ 100 の範囲である。使用する電圧及び電源生成部から供給される周波数によって決定されるガス流量とプラズマパワーに応じて、実際に到達する温度上昇値は、20 ~ 50 である。例として、基板上面を 120 ~ 150 で急速な層ごとのアニールをするためのインジェクタヘッドを使用して平均ホイール温度 100 で、PET ホイール又は任意の他の温度に敏感な基板を処理するために、動作中の加熱された DBD プラズマ源を使用することができる。

40

【 0 0 5 3 】

誘電体層という用語が使用されている場合、この層がどこでも同じ厚さを有する必要がないことが理解されるべきである。開口からのガスが、第 1 の電極の外表面と基板との間に

50

ガスベアリングを形成するために使用されることが付加的に出来る実施形態を説明したが、そのようなガスベアリングは常に必要とは限らないことが理解されるべきである。基板がフレキシブルホイルである場合に非常に有用であるが、剛性基板（つまり、外面までの距離が大幅に、例えば20%を超えて変わる可能性がある程度まで基板が変形しない）を使用する場合、開口の端に隣接する接触スペーサのような、外面と基板との間の距離を保つ別の方法を使用してもよい。

【0054】

本出願は、以下にリストされる「a」から「o」の節に関連する。これらの節の態様は、例えば請求項に記載されているような本発明の他の態様と組み合わせることができることが理解される。例えば、節「a」に記載されている、タイルがフィルム状の導電層に結合された外側導電コンタクト領域を備え、第1のタイルのコンタクト領域が対向するタイルのコンタクト領域と電気的に接触するようにタイルが積層して配置されることを特徴とするプラズマ源は、作用電極及び対電極の少なくとも1つが、開口へのプラズマ送出を増加させて隣り合う端によるプラズマ回収の損失を補うために、隣り合う端の近傍に局所改変部を備えることを特徴とする様々なプラズマ源の実施形態の態様と組み合わせることができる。

10

【0055】

プラズマ源のタイルにフィルム状の導電層に結合された外部導電コンタクト領域を設けることにより、積層されたタイルが接触することができ、それにより、タイル内のフィルム状の導電層が効果的に同一の電位を共有できる。更に、外部導電コンタクト領域を提供することで、開口14の長さによって画定されるプラズマ処理ゾーンの外側の横の位置で、電気接続ストリップ8を介して外部高周波電源生成部に接続されうる中心電氣的コンタクト7を提供するセラミック誘電体タイル4-1、4-3を用いて、作用電極22の幅を比較的小さく低減することができる。

20

【0056】

節

a. プラズマ源であって、

少なくとも1つの開口であって、当該開口からプラズマを送出するための開口を備える外面と、

処理される基板表面が開口を含む前記外面の少なくとも一部と平行な状態で、基板と前記プラズマ源とを前記外面に平行に互いに相対的に搬送するように構成された搬送機構と、前記基板から離れる方向に延びる少なくとも第1及び第2の殆ど平行方向の面を備える対電極と、

30

少なくとも2つの少なくとも部分的に重なる平面状のタイルを備え、タイルが誘電体層によって少なくとも部分的に囲まれているフィルム状の導電層を備える作用電極と、

少なくとも1つの開口と連通する少なくとも2つのプラズマ回収空間であって、第1のプラズマ回収空間が前記対電極の第1の面と前記作用電極の第1の面との間に少なくとも部分的に形成され、第2のプラズマ回収空間が、前記対電極の第2の面と前記作用電極の第2の面との間に少なくとも部分的に形成された、少なくとも2つのプラズマ回収空間と、

40

少なくとも2つの前記プラズマ回収空間を通してガス流を前記開口に提供するためのガス導入口と、

を備え、

2つの前記タイルは、前記フィルム状の導電層と連結された外部導電コンタクト領域を備え、及び、

2つの前記タイルは、第1のタイルの前記コンタクト領域が対向するタイルの前記コンタクト領域と導電接触するように積層して配置される、

ことを特徴とする。

【0057】

b. 前記電気導電接続は、導電ビアによって提供される、

ことを特徴とする節aに記載のプラズマ源。

50

【 0 0 5 8 】

c . 前記導電接続は、前記タイルの外面に沿って前記外部導電コンタクト領域へ延びる前記フィルム状の導電層のストリップによって提供される、
ことを特徴とする節 a に記載のプラズマ源。

【 0 0 5 9 】

d . 前記積層は、対向する 2 つのタイルの 2 つの前記外部導電コンタクト領域間に設けられた導体プレート要素を更に備える、
ことを特徴とする節 a に記載のプラズマ源。

【 0 0 6 0 】

e . 対電極について、前記基板の移動方向に沿って処理される基板の表面に最も近い前記対電極の前記面の幅は、前記電極から処理される前記基板への熱伝達を低減するために、1 ~ 4 mm の範囲とされる、
ことを特徴とする節 a に記載のプラズマ源。

10

【 0 0 6 1 】

f . 前記積層内で、第 1 のタイル (4 - 1) 及び第 2 のタイル (4 - 2) が、前記第 1 のプラズマ回収空間に隣接する隣り合う端 (1 2) を有する前記作用電極の第 1 の平面内に配置され、第 3 のタイル (4 - 3) が、前記第 1 の平面で前記隣り合う端と重なるように、前記第 1 の平面に対して平行な前記作用電極の第 2 の平面に配置され、

前記作用電極 (2 2) 及び前記対電極 (3 - 1 、 3 - 3) の少なくともいずれか 1 つは、前記隣り合う端の近くに、前記隣り合う端によるプラズマ回収の損失を補うため、前記開口へのプラズマ送出を増加させるための局所改変部を備える、

20

ことを特徴とする節 a ~ e のいずれか 1 つに記載のプラズマ源。

【 0 0 6 2 】

g . 前記局所改変部は、前記第 1 の平面における前記隣り合う端に並ぶ位置に、前記対電極の前記第 2 の面へ設けられる幾何学的改変部を備える、

ことを特徴とする節 f に記載のプラズマ源。

【 0 0 6 3 】

h . 前記幾何学的改変部は、前記第 2 の面における前記位置に設けられた溝 (1 3) を備え、それにより前記溝の下流の前記第 2 のプラズマ回収空間を経由するガス流量を増加させる、

30

ことを特徴とする節 g に記載のプラズマ源。

【 0 0 6 4 】

i . 前記隣り合う端と並んで前記第 1 のプラズマ回収空間に設けられた部分的狭窄部 (1 5) を更に備え、それにより、前記隣り合う端の下流の位置にある前記第 1 のプラズマ回収空間における前記ガス流を減少させる、

ことを特徴とする節 h に記載のプラズマ源。

【 0 0 6 5 】

j . 前記部分的狭窄部は、前記隣り合う端と並ぶ位置の前記対電極の前記第 1 の面に設けられた隆起 (1 5) を備える、

ことを特徴とする節 i に記載のプラズマ源。

40

【 0 0 6 6 】

k . 前記局所改変部は、前記タイルに設けられ、前記基板に面する誘電体バリアによって少なくとも部分的に囲まれた複数のフィルム状の導電層 (2 - 1 a 、 2 - 3 a) を備え、前記フィルム状の層は、前記開口の長さに沿う端を有し、前記開口の前記幅を横切る水平な端のパターンを形成する、

ことを特徴とする節 j に記載のプラズマ源。

【 0 0 6 7 】

l . 前記パターンは、前記開口を横切る幅を有し、隣接する端に沿った位置に向かって徐々に増加する、

ことを特徴とする節 k に記載のプラズマ源。

50

【 0 0 6 8 】

m . 前記局所改変部は、隣接する端に重なるタイルの前記フィルム状の導電層へ設けられ、前記開口の幅を横切る方向を部分的に向く延長部を備える、
ことを特徴とする節 f に記載のプラズマ源。

【 0 0 6 9 】

n . 前記延長部の前記長さは、隣接する端に沿った位置に向かって徐々に増加する、
ことを特徴とする節 m に記載のプラズマ源。

【 0 0 7 0 】

o . 前記幾何学的改変部は、電界強度を局所的に増加させるために、前記隣り合う端と並ぶ位置に、前記第 2 の平面におけるタイルに対して削減された厚さの前記誘電体バリアを備える、
ことを特徴とする節 f に記載のプラズマ源。

10

【 0 0 7 1 】

[付記]

[付記 1]

プラズマ源 (1 0 0) であって、
少なくとも 1 つの開口 (1 4) であって、当該開口からプラズマを送出するための開口を備える外面 (1 0) と、
基板 (1 1) と前記プラズマ源とを互いに相対的に前記外面に沿って搬送するように構成された搬送機構と、

20

前記基板から離れる方向に延びる少なくとも第 1 の面 (3 - 1) 及び第 2 の面 (3 - 3) を備える対電極と、

複数の平面状のタイル (4 - 1 、 4 - 2 、 4 - 3) を備え、各タイルが、誘電体層 (1 - 1 、 1 - 2 、 1 - 3) によって少なくとも部分的に囲まれている少なくとも 1 つのフィルム状の導電層 (2 - 1 、 2 - 2 、 2 - 3) を備える作用電極 (2 2) と、

少なくとも 1 つの前記開口と連通する少なくとも 2 つのプラズマ回収空間であって、第 1 のプラズマ回収空間 (6 - 1) が前記対電極の第 1 の面と前記作用電極の第 1 の面との間に少なくとも部分的に形成され、第 2 のプラズマ回収空間 (6 - 3) が、前記対電極の第 2 の面と前記作用電極の第 2 の面との間に少なくとも部分的に形成された、少なくとも 2 つのプラズマ回収空間と、

30

前記少なくとも 2 つのプラズマ回収空間を通してガス流を前記開口に提供するためのガス導入口 (5) と、
を備え、

第 1 のタイル (4 - 1) 及び第 2 のタイル (4 - 2) が、前記第 1 のプラズマ回収空間に隣接する隣り合う端 (1 2) を有する前記作用電極の第 1 の平面内に配置され、第 3 のタイル (4 - 3) が、前記第 1 の平面における前記隣り合う端と重なるように、前記第 1 の平面に対して平行な前記作用電極の第 2 の平面に配置され、

前記作用電極 (2 2) 及び前記対電極の少なくとも 1 つは、前記隣接する 2 つの端の近くに、前記隣り合う端によるプラズマ回収の損失を補う、前記開口へのプラズマ送を増加させるための局所改変部を備える、

40

ことを特徴とするプラズマ源。

【 0 0 7 2 】

[付記 2]

前記局所改変部は、前記第 1 の平面における前記隣り合う端と並ぶ位置に、前記対電極の前記第 2 の面へ設けられる幾何学的改変部を備える、
ことを特徴とする付記 1 に記載のプラズマ源。

【 0 0 7 3 】

[付記 3]

前記幾何学的改変部は、前記第 2 の面における前記位置に設けられた溝 (1 3) を備え、それにより前記溝の下流の前記第 2 のプラズマ回収空間を経由するガス流量を増加させ

50

る、

ことを特徴とする付記 2 に記載のプラズマ源。

【 0 0 7 4 】

[付記 4]

前記隣り合う端と並んで前記第 1 のプラズマ回収空間に設けられた部分的狭窄部 (1 5) を更に備え、それにより、前記隣り合う端の下流の位置にある前記第 1 のプラズマ回収空間における前記ガス流を減少させる、

ことを特徴とする付記 3 に記載のプラズマ源。

【 0 0 7 5 】

[付記 5]

前記部分的狭窄部は、前記隣り合う端と並ぶ位置に、前記対電極の前記第 1 の面に設けられた隆起 (1 5) を備える、

ことを特徴とする付記 4 に記載のプラズマ源。

【 0 0 7 6 】

[付記 6]

前記局所改変部は、前記タイルに設けられ、前記基板に面する誘電体バリアによって少なくとも部分的に囲まれた複数のフィルム状の導電層 (2 - 1 a、2 - 3 a) を備え、

前記フィルム状の層は、前記開口の長さに沿う端を有し、前記開口の前記幅を横切る水平な端のパターンを形成する、

ことを特徴とする付記 1 に記載のプラズマ源。

【 0 0 7 7 】

[付記 7]

前記パターンは、前記開口を横切る幅を有し、隣接する端に沿った位置に向かって徐々に増加する、

ことを特徴とする付記 6 に記載のプラズマ源。

【 0 0 7 8 】

[付記 8]

前記局所改変部は、隣接する端に重なるタイルの前記フィルム状の導電層へ設けられ、前記開口の幅を横切る方向を部分的に向く延長部を備える、

ことを特徴とする付記 1 に記載のプラズマ源。

【 0 0 7 9 】

[付記 9]

前記延長部の前記長さは、隣接する端に沿った位置に向かって徐々に増加する、

ことを特徴とする付記 8 に記載のプラズマ源。

【 0 0 8 0 】

[付記 1 0]

前記幾何学的改変部は、電界強度を局所的に増加させるために、前記隣り合う端と並ぶ位置に、前記第 2 の平面におけるタイルに対して削減された厚さの前記誘電体バリアを備える、

ことを特徴とする付記 1 に記載のプラズマ源。

【 0 0 8 1 】

[付記 1 1]

前記タイルは、前記フィルム状の導電層と導電接続する外部導電コンタクト領域 (7 - 1、7 - 3) を更に含み、前記タイルにおける前記フィルム状の導電層が実質的に同一の電位を有するように、前記タイルは、第 1 のタイルの前記コンタクト領域が対向するタイルの前記コンタクト領域と導電接触するように積層して配置される、

ことを特徴とする付記 1 乃至 1 0 のいずれか 1 つに記載のプラズマ源。

【 0 0 8 2 】

[付記 1 2]

前記導電接続は、導電ビアによって提供される、

10

20

30

40

50

ことを特徴とする付記 1 1 に記載の装置。

【 0 0 8 3 】

[付記 1 3]

前記導電接続は、前記タイルの外面に沿って前記外部導電コンタクト領域へと延びる前記フィルム状の導電層のストリップによって提供される、

ことを特徴とする付記 1 1 に記載の装置。

【 0 0 8 4 】

[付記 1 4]

前記積層は、対向する 2 つのタイルの 2 つの前記外部導電コンタクト領域間に設けられた導体プレート要素 (8) を更に備える、

ことを特徴とする付記 1 1 に記載の装置。

【 0 0 8 5 】

[付記 1 5]

対電極について、前記基板の移動方向に沿って処理される基板の表面に最も近い前記対電極の前記面の幅は、前記電極から処理される前記基板への熱伝達を低減するために、1 ~ 4 mm の範囲とされる、

ことを特徴とする付記 1 1 に記載の装置。

【 0 0 8 6 】

[付記 1 6]

処理される基板の最大使用温度を超える操作温度で付記 1 に係る装置を操作する方法であって、

前記操作温度は、前記使用温度を超える 2 0 ~ 1 0 0 の範囲である、

ことを特徴とする方法。

10

20

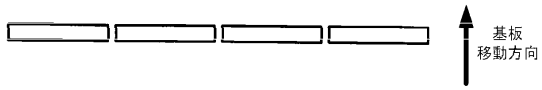
30

40

50

【図面】

【図 1 a】



【図 1 b】



Fig. 1b

10

20

30

40

50

【 図 1 c 】

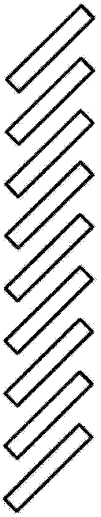


Fig. 1c

【 図 1 d 】

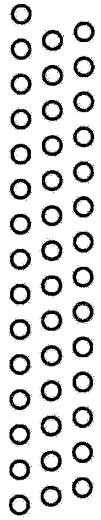


Fig. 1d

10

20

【 図 2 a 】

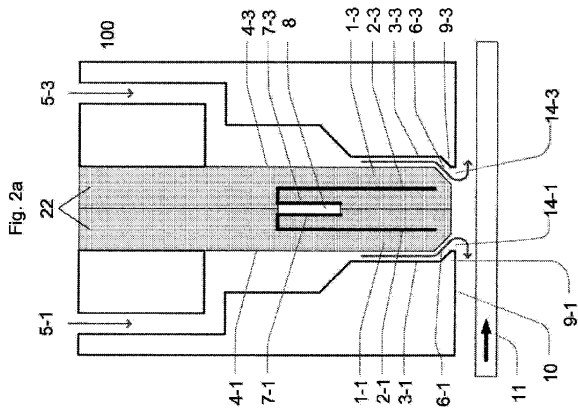
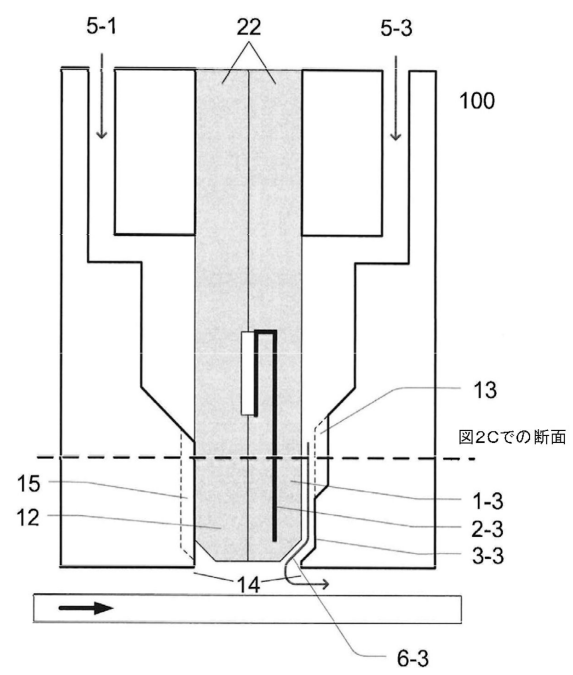


Fig. 2a

【 図 2 b 】

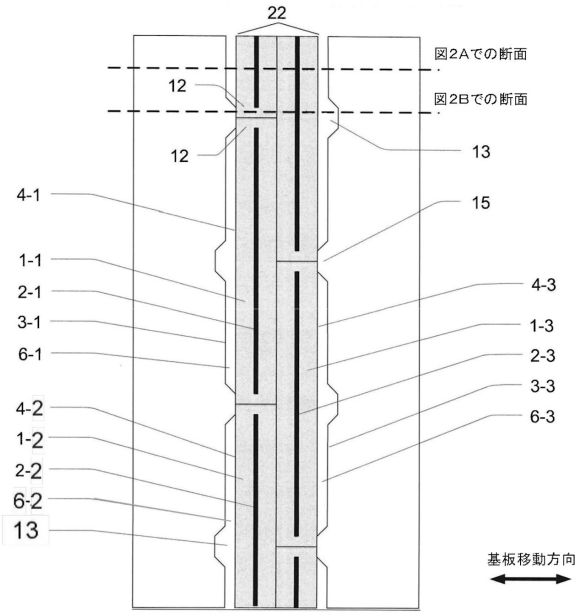


30

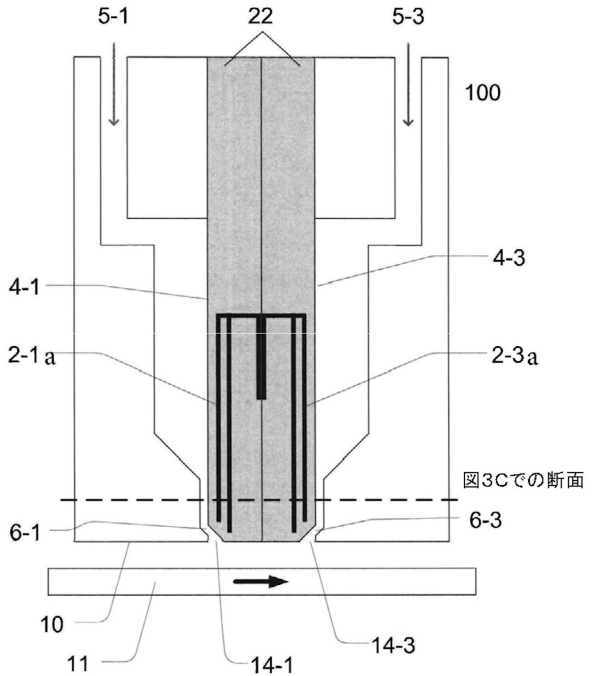
40

50

【図 2 c】



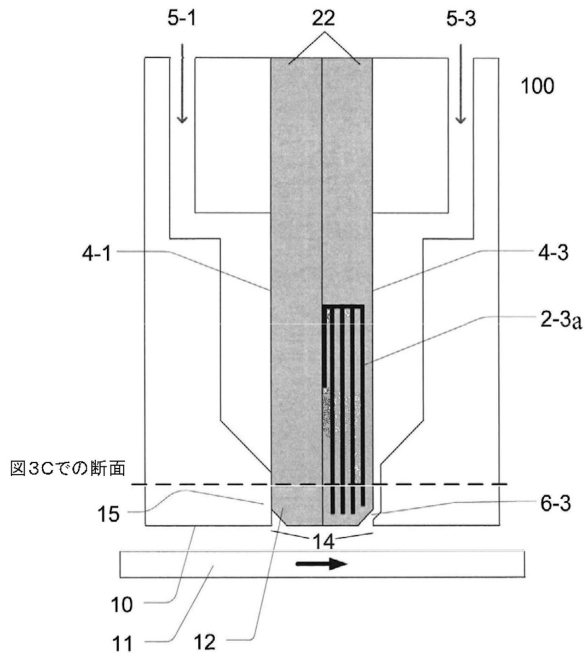
【図 3 a】



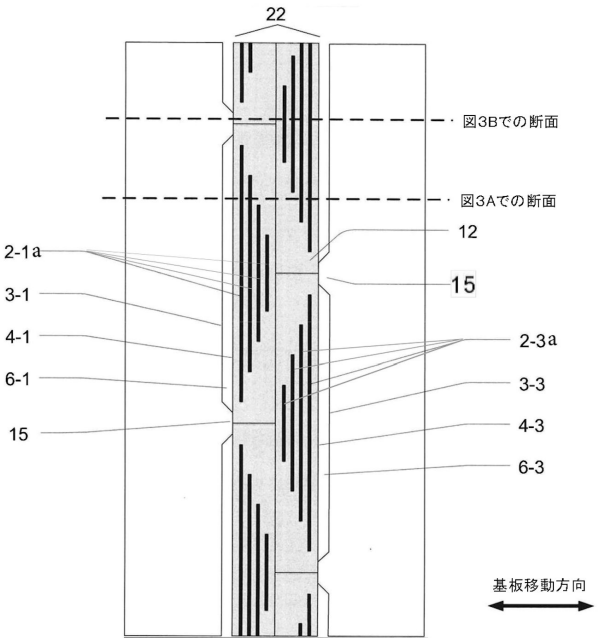
10

20

【図 3 b】



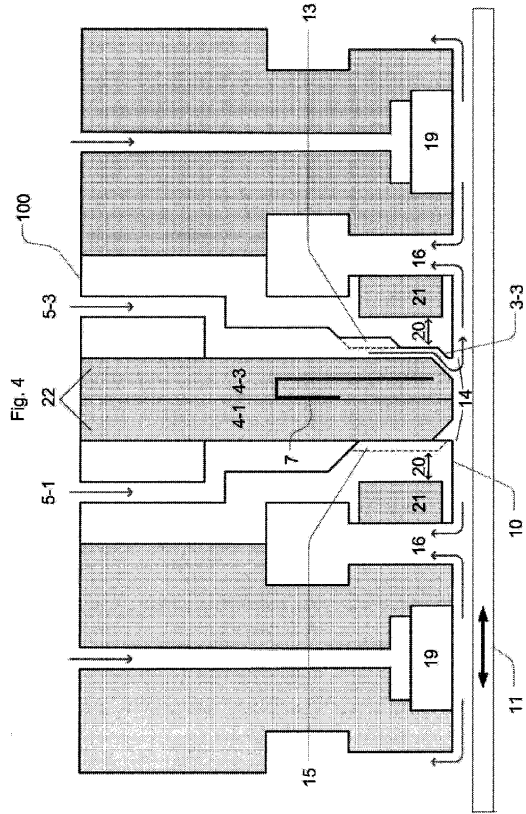
【図 3 c】



30

40

【 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 弁理士 森川 泰司
(74)代理人 100148633
弁理士 桜田 圭
(74)代理人 100147924
弁理士 美恵 英樹
(72)発明者 クレイフトン、イフェス ローデヴェイク マリア
オランダ王国 2595DA ス - フラーフェンハーフェ アンナファンブレンプレイン1 テー
エヌオー / イーペーアンドコントラクティング内
(72)発明者 レイフェルス、アンドリース
オランダ王国 2595DA ス - フラーフェンハーフェ アンナファンブレンプレイン1 テー
エヌオー / イーペーアンドコントラクティング内
審査官 松平 佳巳
(56)参考文献 特開2002 - 018276 (JP, A)
国際公開第2015 / 199539 (WO, A1)
国際公開第2008 / 038901 (WO, A1)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H05H 1 / 26