

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7125427号

(P7125427)

(45)発行日 令和4年8月24日(2022.8.24)

(24)登録日 令和4年8月16日(2022.8.16)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/31 (2006.01)

H 0 1 L 21/31

C

H 0 1 L 21/316 (2006.01)

H 0 1 L 21/31

E

H 0 1 L 21/316

A

請求項の数 14 (全21頁)

(21)出願番号	特願2019-564957(P2019-564957)	(73)特許権者	390040660
(86)(22)出願日	平成30年3月27日(2018.3.27)		アプライド マテリアルズ インコーポレ
(65)公表番号	特表2020-522132(P2020-522132		イテッド
	A)		APPLIED MATERIALS ,
(43)公表日	令和2年7月27日(2020.7.27)		INCORPORATED
(86)国際出願番号	PCT/US2018/024539		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0
(87)国際公開番号	WO2018/222256		5 4 , サンタ クララ , パウアーズ ア
(87)国際公開日	平成30年12月6日(2018.12.6)		ヴェニュー 3 0 5 0
審査請求日	令和3年3月26日(2021.3.26)	(74)代理人	110002077園田・小林弁理士法人
(31)優先権主張番号	62/513,200	(72)発明者	オルセン , クリストファー エス .
(32)優先日	平成29年5月31日(2017.5.31)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		3 6 , フリーモント , ムーア ドライブ
			3 8 6 4 2
		(72)発明者	ショウノ , エリック キハラ
			アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 4
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 遠隔プラズマ酸化チャンバ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体処理チャンバのためのライナー部材であって、

第1の開口部を有する第1の端部と、前記第1の端部の反対側の第2の開口部を有する第2の端部とを備えたノズルであって、前記ノズルの前記第1の開口部は円形の断面を有し、前記ノズルの前記第2の開口部は、前記ノズルの前記第1の開口部よりも広く且つ浅い楕円形の断面を有し、前記ノズルの前記第2の開口部は、前記ノズルの前記第1の開口部の断面積と等しいかまたはそれより大きい断面積を有する、ノズルと、

第1の開口部を有する第1の端部と、前記第1の端部の反対側の第2の開口部を有する第2の端部とを備えたライナーであって、前記ライナーの前記第1の端部は前記ノズルの前記第2の端部に直接結合されており、前記ライナーの前記第2の開口部は、前記ライナーの前記第1の開口部の断面より広い断面を有するが、実質的に高さは同じである、ライナーと、

前記ライナー部材に形成され、前記ノズルの前記第1の端部から前記ライナーの前記第2の端部まで延びるチャンネルであって、前記ノズルの前記第1の端部におけるよりも前記ライナーの前記第2の端部においてより広く、前記ノズルの前記第1の端部におけるよりも前記ライナーの前記第2の端部においてより浅いチャンネルと、
を備えるライナー部材。

【請求項 2】

前記ライナー部材が石英を含む、請求項1に記載のライナー部材。

10

20

【請求項 3】

前記チャンネル内に配置された突起部を、さらに備える、請求項 1 に記載のライナー部材。

【請求項 4】

前記チャンネル内に配置された分流器をさらに備え、前記分流器は前記突起部によって前記ライナー部材に固定されており、前記分流器は前記ライナーの高さより低い高さを有する、請求項 3 に記載のライナー部材。

【請求項 5】

前記分流器が三角形の形状を有する、請求項 4 に記載のライナー部材。

【請求項 6】

ライナーアセンブリであって、

第 1 の開口部を有する第 1 の端部と、前記第 1 の端部の反対側の第 2 の開口部を有する第 2 の端部とを備えたコネクタであって、前記コネクタの第 2 の開口部は、前記コネクタの第 1 の開口部の断面積と等しいかまたはそれより大きい断面積を有し、前記コネクタの第 1 の端部はさらに、前記コネクタの前記第 1 の開口部から半径方向外側に延びる第 1 のフランジを備え、前記コネクタの第 2 の端部はさらに、前記コネクタの前記第 2 の開口部から半径方向外側に延びる第 2 のフランジを備える、コネクタと、

第 1 の開口部を有する第 1 の端部と、前記第 1 の端部の反対側の第 2 の開口部を有する第 2 の端部とを備えたノズルであって、前記ノズルの前記第 1 の端部は前記コネクタの前記第 2 の端部に直接結合されており、前記ノズルの前記第 1 の開口部は円形の断面を有し、前記ノズルの前記第 2 の開口部は、前記ノズルの前記第 1 の開口部よりも広く且つ浅い楕円形の断面を有し、前記ノズルの前記第 2 の開口部は、前記ノズルの前記第 1 の開口部の断面積と等しいかまたはそれより大きい断面積を有する、ノズルと、

第 1 の開口部を有する第 1 の端部と、前記第 1 の端部の反対側の第 2 の開口部を有する第 2 の端部とを備えたライナーであって、前記ライナーの前記第 1 の端部は前記ノズルの前記第 2 の端部に直接結合されており、前記ライナーの前記第 2 の開口部は、前記ライナーの前記第 1 の開口部の断面より広い断面を有するが、実質的に高さは同じである、ライナーと、

前記ライナーアセンブリを通して形成され、前記コネクタの前記第 1 の端部から前記ライナーの前記第 2 の端部まで延びる導管であって、前記導管が、流体流路を画定し、前記流体流路は、前記流体流路の主軸に実質的に垂直な第 1 の方向に広がり、前記流体流路の主軸および前記第 1 の方向に実質的に垂直な第 2 の方向に狭くなる、導管と、

を有する、ライナーアセンブリ。

【請求項 7】

前記コネクタの前記第 1 の開口部および前記第 2 の開口部が円形である、請求項 6 に記載のライナーアセンブリ。

【請求項 8】

前記ノズルの前記第 1 の開口部が、前記コネクタの前記第 2 の開口部より大きい直径を有する、請求項 6 に記載のライナーアセンブリ。

【請求項 9】

処理チャンバ、並びに

コネクタによって前記処理チャンバに結合された遠隔プラズマ源、
を備える処理システムであって、

前記処理チャンバは、

基板支持部、

前記基板支持部に結合されたチャンバ本体であって、前記チャンバ本体が、第 1 の側部および前記第 1 の側部の反対側の第 2 の側部を備え、前記チャンバ本体および前記基板支持部が、協働して処理容積部を画定する、チャンバ本体、

前記第 2 の側部に隣接して前記基板支持部に配置された分散ポンピング構造、および
前記第 1 の側部に配置されたライナーアセンブリ、
を備え、前記ライナーアセンブリは、

10

20

30

40

50

第 1 の開口部を有する第 1 の端部と、前記第 1 の端部の反対側の第 2 の開口部を有する第 2 の端部とを備えたノズルであって、前記ノズルの前記第 1 の開口部は円形の断面を有し、前記ノズルの前記第 2 の開口部は、前記ノズルの前記第 1 の開口部よりも広く且つ浅い楕円形の断面を有し、前記ノズルの前記第 2 の開口部は、前記ノズルの前記第 1 の開口部の断面積と等しいかまたはそれより大きい断面積を有する、ノズル、および

第 1 の開口部を有する第 1 の端部と、前記第 1 の端部の反対側の第 2 の開口部を有する第 2 の端部とを備えたライナーであって、前記ライナーの前記第 1 の端部は前記ノズルの前記第 2 の端部に直接結合されており、前記ライナーの前記第 2 の開口部は、前記ライナーの前記第 1 の開口部の断面より広い断面を有するが、実質的に高さは同じである、ライナー、

10

前記コネクタは、第 1 の開口部を有する第 1 の端部と、前記第 1 の端部の反対側の第 2 の開口部を有する第 2 の端部とを備え、前記コネクタの第 2 の開口部は、前記コネクタの第 1 の開口部の断面積と等しいかまたはそれより大きい断面積を有し、前記コネクタの前記第 2 の端部は、前記ライナーアセンブリの前記ノズルの前記第 1 の端部に接続されて、前記遠隔プラズマ源から前記処理容積部までの流体流路を形成し、前記流体流路は、前記流体流路の主軸に実質的に垂直な第 1 の方向に広がり、前記流体流路の主軸および前記第 1 の方向に実質的に垂直な第 2 の方向に狭くなる、処理システム。

【請求項 10】

前記分散ポンピング構造が、2つのポンピングポートを備える、請求項9に記載の処理システム。

20

【請求項 11】

前記2つのポンピングポートが、ガス流路に垂直な線に沿って離間している、請求項10に記載の処理システム。

【請求項 12】

前記2つのポンピングポートが、前記処理チャンバの中心軸に関して対称的に配置されている、請求項11に記載の処理システム。

【請求項 13】

2つのバルブをさらに備え、各バルブが、前記2つのポンピングポートのうちの対応するポンピングポートに接続されている、請求項10に記載の処理システム。

30

【請求項 14】

分流器が、前記ライナーに配置されており、前記分流器は前記ライナーの高さよりも低い高さを有する、請求項9に記載の処理システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本開示の実施形態は、一般に、半導体デバイス製造に関し、特に、高アスペクト比構造の共形酸化のための処理チャンバに関する。

【背景技術】

【0002】

40

[0002] シリコン集積回路の生産は、チップ上の最小フィーチャサイズを小さくしながら、デバイスの数を増やすという困難な要求を、製造ステップに課して来た。これらの要求は、種々の材料の層を難しいトポロジー上に堆積し、それらの層内にさらなるフィーチャをエッチングすることを含む製造ステップにまで広がっている。次世代NANDフラッシュメモリの製造プロセスは、特に困難なデバイスジオメトリとスケールを含む。NANDは、データを保持するための電力を必要としない不揮発性ストレージテクノロジーの一種である。同じ物理空間内でメモリ容量を増やすために、3次元NAND(3D NAND)設計が開発された。通常、そのような設計は、交互になっている酸化層と窒化物層を導入し、それらは、基板上に堆積され、その後、エッチングされて、基板に対して実質的に垂直に延びる1つ以上の表面を有する構造を生成する。1つの構造は、100を超え

50

るこのような層を有し得る。このような設計は、アスペクト比が 30 : 1 以上の高アスペクト比 (HAR) 構造を含むことができる。

【0003】

【0003】HAR 構造は、多くの場合、窒化ケイ素 (SiN_x) 層でコーティングされている。そのような構造を共形酸化して均一な厚さの酸化物層を生成することは、困難である。単に間隙やトレンチを埋めるのではなく、HAR 構造上に共形に層を堆積するための、新しい製造ステップが必要である。

【0004】

【0004】したがって、改善された処理チャンバが、必要である。

【発明の概要】

【0005】

【0005】本開示の実施形態は、一般に、半導体デバイス製造に関し、特に、高アスペクト比構造の共形酸化のための処理チャンバに関する。一実施形態では、半導体処理チャンバのためのライナー部材が、第 1 の端部、第 1 の端部の反対側の第 2 の端部、およびライナー部材の表面に形成され第 1 の端部から第 2 の端部まで延びるチャネルを含む。チャネルは、第 1 の端部よりも第 2 の端部で広く、第 1 の端部よりも第 2 の端部で浅くなっている。

【0006】

【0006】別の実施形態では、ライナーアセンブリは、第 1 の端部、第 1 の端部の反対側の第 2 の端部、および本体を通して形成され第 1 の端部から第 2 の端部まで延びる導管を有する本体を含む。導管は、流体流路を画定し、導管は、流体流路に実質的に垂直な第 1 の方向に広がり、流体流路および第 1 の方向に実質的に垂直な第 2 の方向に狭くなる。

【0007】

【0007】別の実施形態では、処理システムは、基板支持部と、基板支持部に結合されたチャンバ本体とを含む処理チャンバを含む。チャンバ本体は、第 1 の側部と、第 1 の側部の反対側の第 2 の側部とを含む。処理チャンバは、第 1 の側部に配置されたライナーアセンブリを、さらに含み、ライナーアセンブリは、分流器を含む。処理チャンバは、第 2 の側部に隣接して基板支持部に配置された分散ポンピング構造と、コネクタによって処理チャンバに結合された遠隔プラズマ源とを、さらに含み、コネクタは、ライナーアセンブリに接続されて、遠隔プラズマ源から処理容積部までの流体流路を形成する。

【0008】

【0008】本開示の上記の特徴を詳細に理解することができるように、上記で手短に要約された本開示のより詳細な説明が、実施形態を参照することによって得られ、実施形態のいくつかは、添付の図面に示されている。ただし、添付の図面は、例示的な実施形態のみを示しており、したがって、その範囲を限定するものと見なされるべきではなく、他の同等に有効な実施形態を認め得ることに、留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1 A】本明細書に記載の実施形態による処理システムの断面図である。

【図 1 B】本明細書に記載の実施形態による処理システムの斜視図である。

【図 1 C】本明細書に記載の実施形態による処理システムの概略上面図である。

【図 2 A】本明細書に記載の実施形態によるチャンバ本体の斜視図である。

【図 2 B】本明細書に記載の実施形態によるライナーアセンブリを含むチャンバ本体の一部の断面斜視図である。

【図 3】本明細書に記載の実施形態による図 1 A ~ 図 1 C の処理システムの一部の断面図である。

【図 4 A】本明細書に記載の実施形態によるライナーアセンブリの下部ライナーの斜視図である。

【図 4 B】本明細書に記載の実施形態による分流器の底面図である。

【図 4 C】本明細書に記載の実施形態によるライナーアセンブリの上部ライナーの斜視図

10

20

30

40

50

である。

【図 5】本明細書に記載の実施形態による図 1 A ~ 図 1 C の処理システムの一部の断面側面図である。

【図 6 A】本明細書に記載の実施形態によるノズルの斜視図である。

【図 6 B】図 6 A のノズルの断面図である。

【図 7】本明細書に記載の実施形態によるライナーの斜視図である。

【図 8】本明細書に記載の実施形態による図 1 A ~ 図 1 C の処理システムの一部の断面側面図である。

【図 9 A】本明細書に記載の実施形態によるライナーの斜視図である。

【図 9 B】本明細書に記載の実施形態による分流器の斜視図である。

10

【図 9 C】本明細書に記載の実施形態による留め具の斜視図である。

【図 10】本明細書に記載の実施形態による、留め具によってライナーに固定された分流器の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

[0028] 理解を容易にするために、可能な場合には、図面に共通の同一の要素を示すために、同一の参照番号が使用されている。1つの実施形態の要素および特徴は、さらに詳述することなく他の実施形態に有益に組み込むことができることが、予期されている。

【0011】

[0029] 本開示の実施形態は、一般に、高アスペクト比構造の共形酸化のための処理チャンバに関する。処理チャンバは、チャンバ本体の第 1 の側部に配置されたライナーアセンブリと、第 1 の側部とは反対側のチャンバ本体の第 2 の側部に隣接して基板支持部に配置された 2 つのポンピングポートを含む。ライナーアセンブリは、処理チャンバの処理領域に配置された基板の中心から離れた方向に流体の流れを向かわせる分流器を含む。ライナーアセンブリは、ラジカルなどのプロセスガスとの相互作用を最小限に抑えるために、石英で製造することができる。ライナーアセンブリは、ラジカルの流れの狭窄を低減し、ラジカル濃度とフラックスが増加するように設計されている。2 つのポンピングポートを個別に制御して、処理チャンバの処理領域を通るラジカルの流れを調整することができる。

20

【0012】

[0030] 図 1 A は、本明細書に記載の実施形態による処理システム 100 の断面図である。処理システム 100 は、処理チャンバ 102 および遠隔プラズマ源 104 を含む。処理チャンバ 102 は、急速熱処理 (RTP) チャンバであってもよい。遠隔プラズマ源 104 は、例えば約 6 kW の出力で動作することができる、マイクロ波結合プラズマ源などの任意の適切な遠隔プラズマ源とすることができる。遠隔プラズマ源 104 は、処理チャンバ 102 に結合され、遠隔プラズマ源 104 で形成されたプラズマを処理チャンバ 102 に向かって流す。遠隔プラズマ源 104 は、コネクタ 106 を介して処理チャンバ 102 に結合されている。明快にするため、図 1 A ではコネクタ 106 の構成要素は省略されており、コネクタ 106 は、図 3 に関連して詳しく説明される。遠隔プラズマ源 104 で形成されたラジカルが、基板の処理中にコネクタ 106 を通って処理チャンバ 102 に流入する。

30

【0013】

[0031] 遠隔プラズマ源 104 は、プラズマが生成される管 110 を囲む本体 108 を含む。管 110 は、石英またはサファイアから製造されてもよい。本体 108 は、入口 112 に結合された第 1 の端部 114 を含み、1つ以上のガス源 118 が、入口 112 に結合されて、1種以上のガスを遠隔プラズマ源 104 に導入することができる。一実施形態では、1つ以上のガス源 118 は、酸素含有ガス源を含み、1種以上のガスは、酸素含有ガスを含む。本体 108 は、第 1 の端部 114 の反対側の第 2 の端部 116 を含み、第 2 の端部 116 は、コネクタ 106 に結合されている。カップリングライナー (図示せず) が、第 2 の端部 116 で本体 108 内に配置されてもよい。カップリングライナーは、

40

50

図 3 に関連して詳しく説明される。電源 1 2 0 (例えば、R F 電源) が、プラズマの形成を促進するために遠隔プラズマ源 1 0 4 に電力を供給するために、マッチネットワーク 1 2 2 を介して遠隔プラズマ源 1 0 4 に結合されてもよい。プラズマ中のラジカルが、コネクタ 1 0 6 を介して処理チャンバ 1 0 2 に流される。

【 0 0 1 4 】

[0 0 3 2] 処理チャンバ 1 0 2 は、チャンバ本体 1 2 5、基板支持部 1 2 8、および窓アセンブリ 1 3 0 を含む。チャンバ本体 1 2 5 は、第 1 の側部 1 2 4 と、第 1 の側部 1 2 4 の反対側の第 2 の側部 1 2 6 とを含む。いくつかの実施形態において、上部側壁 1 3 4 によって囲まれたランプアセンブリ 1 3 2 が、窓アセンブリ 1 3 0 の上に配置され、窓アセンブリ 1 3 0 に結合されている。ランプアセンブリ 1 3 2 は、複数のランプ 1 3 6 および複数の管 1 3 8 を含み、各ランプ 1 3 6 が、対応する管 1 3 8 内に配置され得る。窓アセンブリ 1 3 0 は、複数のライトパイプ 1 4 0 を含み、複数のランプ 1 3 6 によって生成された熱エネルギーが処理チャンバ 1 0 2 内に配置された基板に到達できるように、各ライトパイプ 1 4 0 は、対応する管 1 3 8 と位置合わせされ得る。いくつかの実施形態では、複数のライトパイプ 1 4 0 に流体的に結合された排気管 1 4 4 に真空をかけることにより、真空状態が、複数のライトパイプ 1 4 0 内に生成され得る。窓アセンブリ 1 3 0 は、窓アセンブリ 1 3 0 を通って冷却流体を循環させるために形成された導管 1 4 3 を有してもよい。

10

【 0 0 1 5 】

[0 0 3 3] 処理領域 1 4 6 が、チャンバ本体 1 2 5、基板支持部 1 2 8、および窓アセンブリ 1 3 0 によって画定され得る。基板 1 4 2 が、処理領域 1 4 6 に配置され、反射板 1 5 0 の上方の支持リング 1 4 8 によって支持される。支持リング 1 4 8 は、基板 1 4 2 の回転を容易にするために、回転可能なシリンダ 1 5 2 に取り付けられてもよい。シリンダ 1 5 2 は、磁気浮上システム (図示せず) によって浮揚および回転させることができる。反射板 1 5 0 は、エネルギーを基板 1 4 2 の裏側に反射して、基板 1 4 2 の均一な加熱を促進し、処理システム 1 0 0 のエネルギー効率を増進させる。基板 1 4 2 の温度の監視を容易にするために、複数の光ファイバプローブ 1 5 4 が、基板支持部 1 2 8 および反射板 1 5 0 を通って配置されてもよい。

20

【 0 0 1 6 】

[0 0 3 4] ラジカルが遠隔プラズマ源 1 0 4 から処理チャンバ 1 0 2 の処理領域 1 4 6 に流れるために、ライナーアセンブリ 1 5 6 が、チャンバ本体 1 2 5 の第 1 の側部 1 2 4 に配置される。ライナーアセンブリ 1 5 6 は、酸素ラジカルなどのプロセスガスとの相互作用を低減するために、石英などの耐酸化性の材料から製造されてもよい。ライナーアセンブリ 1 5 6 は、処理チャンバ 1 0 2 に流れるラジカルの流れの狭窄を低減するように設計されている。ライナーアセンブリ 1 5 6 は、以下に詳細に説明される。処理チャンバ 1 0 2 は、ライナーアセンブリ 1 5 6 からポンピングポートへのラジカルの流れを調整するために、チャンバ本体 1 2 5 の第 2 の側部 1 2 6 に隣接して基板支持部 1 2 8 に形成された分散ポンピング構造 1 3 3 を、さらに含む。分散ポンピング構造 1 3 3 は、チャンバ本体 1 2 5 の第 2 の側部 1 2 6 に隣接して配置される。分散ポンピング構造 1 3 3 は、図 1 C に関連して詳細に説明される。

30

【 0 0 1 7 】

[0 0 3 5] コントローラ 1 8 0 が、処理チャンバ 1 0 2 および / または遠隔プラズマ源 1 0 4 などの処理システム 1 0 0 の様々な構成要素に結合されて、その動作を制御することができる。コントローラ 1 8 0 は、一般に、中央処理装置 (C P U) 1 8 2、メモリ 1 8 6、および C P U 1 8 2 のサポート回路 1 8 4 を含む。コントローラ 1 8 0 は、処理システム 1 0 0 を直接制御してもよいし、特定のサポートシステム構成要素に関連する他のコンピュータまたはコントローラ (図示せず) を介して制御してもよい。コントローラ 1 8 0 は、様々なチャンバおよびサブプロセッサを制御するために工業環境で利用できる任意の形態の汎用コンピュータプロセッサの 1 つであってよい。メモリ 1 8 6、すなわちコンピュータ可読媒体は、ランダムアクセスメモリ (R A M)、読み取り専用メモリ (R O

40

50

M)、フロッピーディスク、ハードディスク、フラッシュドライブ、または他の任意の形態の、ローカルもしくはリモートのデジタルストレージ、などの容易に入手可能なメモリのうちの1つ以上であってよい。サポート回路184は、従来の方法でプロセッサをサポートするためにCPU182に結合されている。サポート回路184は、キャッシュ、電源、クロック回路、入力/出力回路、およびサブシステムなどを含む。コントローラ180を、処理システム100の動作を制御する特定用途コントローラに変えるために、実行する、または呼び出すことができるソフトウェアルーチン188として、処理ステップがメモリ186に格納され得る。コントローラ180は、本明細書で説明される任意の方法を実行するように構成され得る。

【0018】

【0036】図1Bは、本明細書に記載の実施形態による処理システム100の斜視図である。図1Bに示されるように、処理チャンバ102は、第1の側部124と、第1の側部124の反対側の第2の側部126とを有するチャンバ本体125を含む。基板142が処理チャンバ102に出入りできるように、スリットバルブ開口部131が、チャンバ本体125の第2の側部126に形成されている。処理システム100は、明快にするために窓アセンブリ130とランプアセンブリ132が取り外されて、図1Bに示されている。処理チャンバ102は、支持体160によって支持されてもよく、遠隔プラズマ源104は、支持体162によって支持されてもよい。第1の導管164が、2つのポンピングポート(図1Bでは見えない)のうちの一方に結合され、バルブ170が、処理チャンバ102内のラジカルの流れを制御するために、第1の導管164に配置されてもよい。第2の導管166が、2つのポンピングポートのうちの他方のポンピングポート(図1Bでは見えない)に結合され、バルブ172が、処理チャンバ102内のラジカルの流れを制御するために、第2の導管166に配置されてもよい。第1および第2の導管164、166は、真空ポンプ(図示せず)に接続され得る第3の導管168に接続されてもよい。

【0019】

【0037】図1Cは、本明細書に記載の実施形態による処理システム100の概略上面図である。図1Cに示すように、処理システム100は、コネクタ106を介して処理チャンバ102に結合された遠隔プラズマ源104を含む。処理システム100は、明快にするために窓アセンブリ130とランプアセンブリ132が取り外されて、図1Cに示されている。処理チャンバ102は、第1の側部124および第2の側部126を有するチャンバ本体125を含む。チャンバ本体125は、内縁部195および外縁部197を含むことができる。外縁部197は、第1の側部124および第2の側部126を含むことができる。内縁部195は、処理チャンバ102内で処理される基板の形状に類似した形状を有することができる。一実施形態では、チャンバ本体125の内縁部195は、円形である。外縁部197は、図1Cに示されるように長方形であってもよいし、または他の適切な形状であってもよい。一実施形態では、チャンバ本体125は、ベースリングである。ライナーアセンブリ156が、チャンバ本体125の第1の側部124に配置されている。ライナーアセンブリ156は、基板142の中心から流体の流れをそらせる分流器190を含む。分流器190がないと、基板142上に形成された酸化物層は、不均一な厚さを有し、基板の中心の酸化物層は、基板の縁部の酸化物層よりも最大40パーセント厚くなり得る。分流器190を利用することにより、基板上に形成された酸化物層は、5パーセント以下の厚さ均一性を有することができる。

【0020】

【0038】処理チャンバ102は、2つ以上のポンピングポートを有する分散ポンピング構造133を含む(図1A)。2つ以上のポンピングポートは、1つ以上の真空源に接続され、独立して流れが制御される。一実施形態では、図1Cに示すように、2つのポンピングポート174、176が、チャンバ本体125の第2の側部126に隣接して基板支持部128に形成される。2つのポンピングポート174、176は、離間しており、独立して制御することができる。ポンピングポート174は、導管164(図1B)に接続されてもよく、ポンピングポート174からのポンピングは、バルブ170により制御

10

20

30

40

50

することができる。ポンピングポート１７６は、導管１６６（図１Ｂ）に接続されてもよく、ポンピングポート１７６からのポンピングは、バルブ１７２により制御することができる。各ポンピングポート１７４、１７６からのポンピングを個別に制御することにより、酸化物層の厚さ均一性をさらに改善することができる。処理チャンバ１０２を通して第１の側部１２４から第２の側部１２６に流れる酸素ラジカルなどの流体は、バルブ１７２および／またはバルブ１７０を開くことにより増加させることができる。処理チャンバ１０２を通して流れる流体の増加は、酸素ラジカル密度などの流体密度を増加させ、基板１４２上の堆積をより速くすることができる。ポンピングポート１７４およびポンピングポート１７６は、離間しており、独立して制御されるので、基板１４２の異なる部分を流れる流体を増加または減少させることができ、これにより、基板１４２の異なる部分の堆積を、より速くまたはより遅くして、基板１４２の異なる部分の酸化物層の厚さ不均一性を補償することができる。

10

【００２１】

【００３９】一実施形態では、２つのポンピングポート１７４、１７６は、チャンバ本体１２５の第１の側部１２４におけるガス流路に垂直な線１９９に沿って離間して配置される。図１Ｃに示すように、線１９９は、チャンバ本体１２５の第２の側部１２６に隣接していてもよく、線１９９は、基板支持リング１４８の外側にあってもよい。いくつかの実施形態では、線１９９は、基板支持リング１４８の一部と交差してもよい。いくつかの実施形態では、線１９９は、ガス流路に対して垂直ではなく、線１９９は、ガス流路に対して鋭角または鈍角を形成してもよい。ポンピングポート１７４、１７６は、図１Ｃに示されるように、基板支持部１２８内において処理チャンバ１０２の中心軸１９８に関して対称的に配置されてもよいし、または非対称的に配置されてもよい。いくつかの実施形態では、２つより多いポンピングポートが、基板支持部１２８に形成される。

20

【００２２】

【００４０】図２Ａは、本明細書に記載の実施形態によるチャンバ本体１２５の斜視図である。図２Ａに示すように、チャンバ本体１２５は、第１の側部１２４、第１の側部１２４の反対側の第２の側部１２６、第１の側部１２４と第２の側部１２６の間の第３の側部２１０、および第３の側部２１０の反対側の第４の側部２１２を含む。スロット２０２が、第１の側部１２４に形成され、ライナーアセンブリ１５６（図１Ａ）が、スロット２０２内に配置される。様々なセンサがプロセス状態を監視するために、開口部２０８が、第３の側部２１０に形成されている。基板トンネル２０１が、チャンバ本体１２５に形成され、基板トンネル２０１は、スリットバルブ開口部１３１（図１Ｂ）に接続されている。基板トンネル２０１は、第１のガス通路２０３と第２のガス通路２０５に接続されている。第１のガス通路２０３および第２のガス通路２０５は、分散ポンピング構造１３３（図１Ｃ）に接続されている。一実施形態では、第１のガス通路２０３および第２のガス通路２０５は、基板トンネル２０１の両側から延び、第１のガス通路２０３および第２のガス通路２０５は、チャンバ本体１２５の第１の側部１２４から第２の側部１２６へのガス流路に実質的に垂直な軸に沿って配置される。一実施形態では、第１のガス通路２０３および第２のガス通路２０５のそれぞれが、チャンバ本体１２５に形成されたチャネルと、基板支持部１２８に向かって延びる導管とを含む。一実施形態では、第１のガス通路２０３は、ポンピングポート１７６に接続され、第２のガス通路２０５は、ポンピングポート１７４に接続される。一実施形態では、ガス通路２０３は、導管１６６（図１Ｂ）に接続され、ガス通路２０５は、導管１６４（図１Ｂ）に接続される。チャンバ本体１２５は、上面２１４を有し、スロット２０４が、上面２１４に形成されてもよい。スロット２０４は、１種以上のガスを処理チャンバ１０２に導入するために利用されてもよい。１つ以上の締め具（図示せず）がライナーアセンブリ１５６（図１Ａ）をチャンバ本体１２５に固定するために、１つ以上の開口部２０６が、上面２１４に形成されてもよい。

30

40

【００２３】

【００４１】図２Ｂは、ライナーアセンブリ１５６を含むチャンバ本体１２５の一部の断面斜視図である。図２Ｂに示されるように、ライナーアセンブリ１５６が、チャンバ本体

50

１２５内に配置され、締め具２２０が、１つ以上の開口部２０６のうちの１つを通してライナーアセンブリ１５６をチャンバ本体１２５に固定する。一実施形態では、締め具２２０は、ねじである。締め具カバー２２２が、締め具２２０を覆うために、開口部２０６に配置されてもよい。

【００２４】

〔００４２〕図３は、図１Ａ～図１Ｃの処理システム１００の一部の断面図である。図３に示すように、処理システム１００は、コネクタプレート３１４を介して処理チャンバ１０２のチャンバ本体１２５の第１の側部１２４に結合されたコネクタ１０６を含む。コネクタ１０６は、コネクタプレート３１４に結合された第１のフランジ３１０と、遠隔プラズマ源１０４（図１Ａ）に結合された第２のフランジ３１２とを含んでもよい。コネクタ１０６は、ステンレス鋼などの金属から製造されてもよい。ライナー３１６が、コネクタ１０６内に配置されてもよく、ライナー３１６は、石英などの耐酸化性の材料から製造されてもよい。ライナー３１６は、円筒形であってもよく、第１の端部３１８、第１の端部３１８の反対側の第２の端部３２０、および第１の端部３１８と第２の端部３２０との間の中央部３２２を含むことができる。いくつかの実施形態では、ライナー３１６は、円筒形ではなく、ライナー３１６は、第１の端部３１８から第２の端部３２０へ断面積が拡大してもよい。第１の端部３１８は、中央部３２２の壁厚よりも薄い壁厚を有してもよい。第１の端部３１８は、中央部３２２の外径と同じ外径と、中央部３２２の内径よりも大きい内径とを有してもよい。第２の端部３２０は、中央部３２２の壁厚よりも薄い壁厚を有してもよい。第２の端部３２０は、中央部３２２の外径よりも小さい外径と、中央部３２２の内径と同じ内径とを有してもよい。ライナー３１６は、１個の石英を機械加工することにより、または３Ｄプリンティングにより製造されてもよい。

【００２５】

〔００４３〕カップリングライナー３０２が、ライナー３１６に結合されてもよく、カップリングライナー３０２は、遠隔プラズマ源１０４の出口カップリングの内側など、遠隔プラズマ源１０４（図１Ａ）内に配置されてもよい。カップリングライナー３０２は、円筒形であってもよい。カップリングライナー３０２は、石英などの耐酸化性の材料から製造されてもよい。カップリングライナー３０２は、第１の端部３０４、第１の端部３０４の反対側の第２の端部３０６、および第１の端部３０４と第２の端部３０６との間の中央部３０８を含むことができる。第１の端部３０４は、中央部３０８の壁厚よりも薄い壁厚を有する。第１の端部３０４は、中央部３０８の外径よりも小さい外径と、中央部３０８の内径と同じ内径とを有する。第２の端部３０６は、中央部３０８の壁厚よりも薄い壁厚を有する。第２の端部３０４は、中央部３０８の外径よりも小さい外径と、中央部３０８の内径と同じ内径とを有する。カップリングライナー３０２の第２の端部３０６は、ライナー３１６の第１の端部３１８に結合されてもよく、ライナー３１６の第１の端部３１８は、カップリングライナー３０２の第２の端部３０６を囲んでもよい。カップリングライナー３０２の第２の端部３０６は、任意の適切な方法でライナー３１６の第１の端部３１８に結合されてよい。一実施形態では、カップリングライナー３０２の第２の端部３０６が、ライナー３１６の第１の端部３１８にしっかりと嵌り込むことができるように、カップリングライナー３０２の第２の端部３０６の外径が、ライナー３１６の第１の端部３１８の内径よりわずかに小さくてもよい。別の実施形態では、ライナー３１６の第１の端部３１８が、カップリングライナー３０２の第２の端部３０６にしっかりと嵌り込むことができるように、カップリングライナー３０２の第２の端部３０６の内径が、ライナー３１６の第１の端部３１８の外径よりわずかに大きくてもよい。別の実施形態では、カップリングライナー３０２の第２の端部３０６の壁厚は、ライナー３１６の第１の端部３１８の壁厚と同じである。第１の端部３１８および第２の端部３０６のうちの一方が、その上に形成された突起部を含み、第１の端部３１８および第２の端部３０６のうちの他方が、その中に形成された凹部を含む。第１の端部３１８が第２の端部３０６に結合されるとき、第１の端部３１８および第２の端部３０６のうちの一方の突起部は、第１の端部３１８および第２の端部３０６のうちの他方の凹部内にある。突起部は、第１の端部３１８および

10

20

30

40

50

第2の端部306のうちの一方に形成された1つ以上の個別の突起部または連続した突起部であってもよく、凹部は、第1の端部318および第2の端部306のうちの他方に形成された1つ以上の対応する凹部または連続した凹部であってもよい。別の実施形態では、第1の端部318および第2の端部306は、互いと結合されたときに重なっている交互の部分を含むことができる。カップリングライナー302は、1個の石英を機械加工することにより、または3Dプリンティングにより製造されてもよい。

【0026】

[0044] ライナーアセンブリ156は、上部ライナー324および下部ライナー326を含むことができる。上部ライナー324および下部ライナー326は両方とも、石英などの耐酸化性の材料から製造されてもよい。上部ライナー324および下部ライナー326のそれぞれが、1個の石英を機械加工することにより、または3Dプリンティングにより製造されてもよい。下部ライナー326は、第1の部分336と第2の部分338を含む。第1の部分336が、スロット202(図2)内に配置されて、スロット202内の段344に対して押し付けられてもよい。この構成において、下部ライナー326が処理チャンバ102の処理領域146(図1A)の中に滑り込むことが、防止される。上部ライナー324が、下部ライナー326上に配置されている。上部ライナー324は、第1の部分340と第2の部分342を含む。第1の部分340が、スロット202内に配置されて、スロット202内の段346に対して押し付けられてもよい。この構成において、上部ライナー324が処理チャンバ102の処理領域146の中に滑り込むことが、防止される。下部ライナー326の第1の部分336は、端部330を含み、上部ライナー324の第1の部分340は、端部328を含む。端部330および端部328は、開口部332を形成してもよく、ライナー316の第2の端部320を囲んでもよい。一実施形態では、端部330および端部328によって形成される開口部332は、円形の断面を有し、ライナー316の第2の端部320は、円筒形である。ライナー316の第2の端部320が、端部330および端部328によって形成された開口部332にしっかりと嵌り込むことができるように、ライナー316の第2の端部320の外径は、端部330および端部328によって形成された開口部332よりわずかに小さくてもよい。ライナー316の第2の端部320は、任意の適切な方法で端部330および端部328に結合されてよい。一実施形態では、ライナー316の第2の端部320は、カップリングライナー302の第2の端部306がライナー316の第1の端部318に結合されるのと同じ方法で、端部330および端部328に結合される。

【0027】

[0045] 下部ライナー326の第1の部分336および上部ライナー324の第1の部分340は、スロット202の開口部332から引っ込んだ別の開口部334を形成してもよい。一実施形態では、開口部334は、レーストラック形状を有する。開口部334は、開口部332の断面積と実質的に同じまたはそれより大きい断面積を有する。下部ライナー326および上部ライナー324は、協働して流体流路を画定する。ライナーアセンブリ156は、本体339を含む。一実施形態では、本体339は、下部ライナー326および上部ライナー324を含む。導管343が、ライナーアセンブリ156の本体339を通して形成され、本体339の第1の端部341から本体339の第2の端部345まで延びている。導管343は、流体流路に実質的に垂直な第1の方向に広がり、流体流路および第1の方向に実質的に垂直な第2の方向に狭くなる。動作中、遠隔プラズマ源104(図1A)で形成されたラジカルは、カップリングライナー302、ライナー316、およびライナーアセンブリ156の導管343を通して、処理チャンバ102の処理領域146に流入する。ライナー302、316およびライナーアセンブリ156は、石英などの耐酸化性材料から製造されているので、ラジカルは、ライナー302、316およびライナーアセンブリ156の表面に接触した時に、再結合しない。加えて、開口部334の断面積は、開口部332の断面積と同じかそれより大きいので、ラジカルの流れは制限されず、処理領域146内のラジカル濃度とフラックスの増加につながる。

【0028】

【 0 0 4 6 】 図 4 A は、本明細書に記載の実施形態によるライナーアセンブリ 1 5 6 の下部ライナー 3 2 6 の斜視図である。図 4 A に示されるように、下部ライナー 3 2 6 は、第 1 の端部 3 3 0 と、第 1 の端部 3 3 0 の反対側の第 2 の端部 4 0 3 とを含む。一実施形態では、図 4 A に示すように、端部 3 3 0 は、半円形であってもよい。端部 3 3 0 および端部 3 2 8 (図 3) は、急激な狭窄のない流体の流れを提供する任意の形状を形成してよい。拡大チャネル 4 0 5 が、第 1 の端部 3 3 0 から第 2 の端部 4 0 3 まで延びている。第 2 の端部 4 0 3 は、チャンパ本体 1 2 5 (図 1 A) の第 1 の側部 1 2 4 を越えて延びてもよい。第 2 の端部 4 0 3 は、円弧である部分 4 2 0 を含むことができ、部分 4 2 0 は、支持リング 1 4 8 (図 1 A) の一部と実質的に平行であってもよい。拡大チャネル 4 0 5 は、第 1 の端部 3 3 0 から第 2 の端部 4 0 3 への流体流路に実質的に垂直な寸法 D において拡大することができる。拡大チャネル 4 0 5 は、第 1 の端部 3 3 0 よりも第 2 の端部 4 0 3 で広く、第 1 の端部 3 3 0 よりも第 2 の端部 4 0 3 で浅くなっている。流体は、酸素ラジカルであってもよく、拡大チャネル 4 0 5 が、ラジカルの流れの狭窄をさらに低減する。拡大チャネル 4 0 5 は、湾曲した断面を有してもよい。

10

【 0 0 2 9 】

【 0 0 4 7 】 下部ライナー 3 2 6 は、図 4 A に示されるように、第 2 の部分 3 3 8 の拡大チャネル 4 0 5 に配置された突起部 4 0 2 を含むことができる。突起部 4 0 2 は、分流器 1 9 0 (図 1 C) を固定するために利用される。図 4 B は、本明細書に記載の実施形態による分流器 1 9 0 の底面図である。図 4 B に示されるように、分流器 1 9 0 は、底面 4 0 8 と、底面 4 0 8 に形成された凹部 4 0 4 とを含む。分流器 1 9 0 は、下部ライナー 3 2 6 の第 2 の部分 3 3 8 の拡大チャネル 4 0 5 上に配置され、拡大チャネル 4 0 5 上に形成された突起部 4 0 2 が、下部ライナー 3 2 6 上に分流器 1 9 0 を固定するために、凹部 4 0 4 の内部に嵌合する。分流器 1 9 0 は、ラジカルなどの流体の流れを分割することができる任意の適切な形状を有することができる。一実施形態では、図 4 B に示されるように、分流器 1 9 0 は、三角形の形状を有する。別の実施形態では、分流器 1 9 0 は、楕円形の形状を有する。別の実施形態では、分流器 1 9 0 は、円形の形状を有する。分流器 1 9 0 の形状は、分流器 1 9 0 の上方からの見え方に基づいている。分流器 1 9 0 は、高さを有することができる。一実施形態では、分流器 1 9 0 は、シリンダである。別の実施形態では、分流器 1 9 0 は、楕円形のシリンダである。分流器 1 9 0 は、下部ライナー 3 2 6 の第 1 の部分 3 3 6 に面する第 1 の端部 4 1 0 と、第 1 の端部 4 1 0 の反対側の第 2 の端部 4 1 2 とを有する。第 1 の端部 4 1 0 は、第 2 の端部 4 1 2 の幅よりも小さい幅を有することができる。一実施形態では、第 1 の端部 4 1 0 は、鋭角のエッジである。第 1 の端部 4 1 0 および第 2 の端部 4 1 2 は、表面 4 1 4、4 1 6 によって接合され得る。一実施形態では、図 4 B に示すように、表面 4 1 4、4 1 6 のそれぞれが、直線状である。他の実施形態では、表面 4 1 4、4 1 6 の 1 つ以上が、湾曲していてもよい。

20

30

【 0 0 3 0 】

【 0 0 4 8 】 図 4 C は、本明細書に記載の実施形態によるライナーアセンブリ 1 5 6 の上部ライナー 3 2 4 の斜視図である。図 4 C に示されるように、上部ライナー 3 2 4 は、第 1 の部分 3 4 0 と第 2 の部分 3 4 2 を含む。第 1 の部分 3 4 0 は、端部 3 2 8 を含む。一実施形態では、図 4 C に示すように、端部 3 2 8 は、半円形であってもよい。端部 3 3 0 (図 4 A) および端部 3 2 8 は、急激な狭窄のない流体の流れを提供する任意の形状を形成してよい。第 2 の部分 3 4 2 は、拡大チャネル 4 0 5 と同様の拡大チャネル (図示せず) を含むことができる。一実施形態において、上部ライナー 3 2 4 は、突起部 4 0 2 を含まないことを除いて、下部ライナー 3 2 6 と同一である。分流器 1 9 0 は、下部ライナー 3 2 6 上に配置されたとき、上部ライナー 3 2 4 と接触してもよく、または、分流器 1 9 0 が下部ライナー 3 2 6 上に配置されたとき、間隙が、分流器 1 9 0 と上部ライナー 3 2 4 との間に形成されてもよい。

40

【 0 0 3 1 】

【 0 0 4 9 】 図 5 は、本明細書に記載の実施形態による図 1 A ~ 図 1 C の処理システム 1 0 0 の一部の断面図である。図 5 に示すように、処理システム 1 0 0 は、コネクタプレー

50

ト 3 1 4 を介して処理チャンバ 1 0 2 のチャンバ本体 1 2 5 の第 1 の側部 1 2 4 に結合されたコネクタ 1 0 6 を含む。コネクタ 1 0 6 は、コネクタプレート 3 1 4 に結合された第 1 のフランジ 3 1 0 と、遠隔プラズマ源 1 0 4 (図 1 A) に結合された第 2 のフランジ 3 1 2 とを含んでもよい。ライナー 5 0 2 が、コネクタ 1 0 6 内に配置され得る。ライナー 5 0 2 は、石英などの耐酸化性の材料から製造されている。ライナー 5 0 2 は、円筒形であってもよく、第 1 の端部 5 0 4、第 1 の端部 5 0 4 の反対側の第 2 の端部 5 0 6、および第 1 の端部 5 0 4 と第 2 の端部 5 0 6 との間の中央部 5 0 8 を含むことができる。いくつかの実施形態では、ライナー 5 0 2 は、円筒形ではなく、ライナー 5 0 2 は、第 1 の端部 5 0 4 から第 2 の端部 5 0 6 へ断面積が拡大してもよい。第 1 の端部 5 0 4 は、中央部 5 0 8 の壁厚よりも薄い壁厚を有してもよい。第 1 の端部 5 0 4 は、中央部 5 0 8 の外径よりも小さい外径と、中央部 5 0 8 の内径と同じ内径とを有してもよい。第 2 の端部 5 0 6 は、中央部 5 0 8 の壁厚よりも薄い壁厚を有してもよい。第 2 の端部 5 0 6 は、中央部 5 0 8 の外径よりも小さい外径と、中央部 5 0 8 の内径と同じ内径とを有してもよい。ライナー 5 0 2 は、1 個の石英を機械加工することにより、または 3 D プリンティングにより製造されてもよい。

10

【 0 0 3 2 】

[0 0 5 0] カップリングライナー 5 1 0 が、ライナー 5 0 2 に結合されてもよく、カップリングライナー 5 1 0 は、遠隔プラズマ源 1 0 4 の出口カップリングの内側など、遠隔プラズマ源 1 0 4 (図 1 A) 内に配置されてもよい。カップリングライナー 5 1 0 は、円筒形であってもよい。カップリングライナー 5 1 0 は、石英などの耐酸化性の材料から製造されてもよい。カップリングライナー 5 1 0 は、第 1 の端部 5 1 2、第 1 の端部 5 1 2 の反対側の第 2 の端部 5 1 4、および第 1 の端部 5 1 2 と第 2 の端部 5 1 4 との間の中央部 5 1 6 を含むことができる。第 1 の端部 5 1 2 は、中央部 5 1 6 の壁厚よりも薄い壁厚を有する。第 1 の端部 5 1 2 は、中央部 5 1 6 の外径よりも小さい外径と、中央部 5 1 6 の内径と同じ内径とを有する。第 2 の端部 5 1 4 は、中央部 5 1 6 の壁厚よりも薄い壁厚を有する。第 2 の端部 5 1 4 は、中央部 5 1 6 の外径よりも小さい外径と、中央部 5 1 6 の内径と同じ内径とを有する。ライナー 5 1 0 の第 2 の端部 5 1 4 の内径および外径は、それぞれ、ライナー 5 0 2 の第 1 の端部 5 0 4 の内径および外径と同じであってもよい。カップリングライナー 5 1 0 の第 2 の端部 5 1 4 は、外部の締め具 (図示せず) によってライナー 5 0 2 の第 1 の端部 5 0 4 に結合されてもよい。カップリングライナー 5 1 0 は、1 個の石英を機械加工することにより、または 3 D プリンティングにより製造されてもよい。

20

30

【 0 0 3 3 】

[0 0 5 1] ライナーアセンブリ 1 5 6 は、ノズル 5 2 0、およびノズル 5 2 0 と接触しているライナー 5 2 2 を含むことができる。ノズル 5 2 0 およびライナー 5 2 2 は両方とも、石英などの耐酸化性の材料から製造されている。ノズル 5 2 0 およびライナー 5 2 2 のそれぞれが、1 個の石英を機械加工することにより、または 3 D プリンティングにより製造されてもよい。ノズル 5 2 0 は、チャンバ本体 1 2 5 のスロット 2 0 2 (図 2) 内に配置され得る。ノズル 5 2 0 は、ライナー 5 0 2 の第 2 の端部 5 0 6 に結合された端部 5 2 4 を含む。ノズル 5 2 0 の端部 5 2 4 の内径および外径は、それぞれ、ライナー 5 0 2 の第 2 の端部 5 0 6 の内径および外径と同じであってもよい。ノズル 5 2 0 は、ライナー 5 0 2 に面する第 1 の開口部 5 3 2 と、第 1 の開口部 5 3 2 の反対側の第 2 の開口部 5 3 4 とを含むことができる。第 1 の開口部 5 3 2 は、ライナー 5 0 2 の第 2 の端部 5 0 6 の形状に適合する形状を有する。一実施形態では、第 2 の端部 5 0 6 は、円筒形であり、第 1 の開口部 5 3 2 は、円形の断面積を有する。第 2 の開口部 5 3 4 は、ライナー 5 2 2 に形成された開口部の形状に適合する形状を有する。一実施形態では、第 2 の開口部 5 3 4 は、レーストラック形状を有する。第 2 の開口部 5 3 4 は、第 1 の開口部 5 3 2 の断面積と実質的に同じまたはそれより大きい断面積を有する。第 1 の開口部 5 3 2 および第 2 の開口部 5 3 4 は、表面 5 2 6、5 2 8、5 3 0 によって接続され得る。表面 5 2 6、5 2 8、5 3 0 は、拡大チャネル 5 3 1 を形成する連続的な曲面であってもよい。動作中、遠

40

50

隔プラズマ源 104 で形成されたラジカルは、ライナー 510、ライナー 502、およびライナーアセンブリ 156 を通って、処理チャンバ 102 の処理領域 146 に流入する。ライナー 510、502 およびライナーアセンブリ 156 は、石英から製造されているので、ラジカルは、ライナー 510、502 およびライナーアセンブリ 156 の表面に接触した時に、再結合しない。加えて、第 2 の開口部 534 の断面積は、第 1 の開口部 532 の断面積と同じかそれより大きいので、ラジカルの流れは制限されず、処理領域 146 内のラジカル濃度とフラックスの増加につながる。一実施形態において、ライナー 510、502 およびライナーアセンブリ 156 は、処理システム 100 で使用される。

【0034】

[0052] 図 6A は、本明細書に記載の一実施形態によるノズル 520 の斜視図であり、図 6B は、図 6A のノズル 520 の断面図である。図 6A および図 6B に示されるように、ノズル 520 は、第 1 の表面 602 と、第 1 の表面 602 の反対側の第 2 の表面 604 とを含む。第 1 の表面 602 は、コネクタ 106 (図 5) のライナー 502 に面してもよく、第 2 の表面 604 は、ライナー 522 (図 5) に面してもよい。端部 524 が、第 1 の表面 602 に配置されてもよい。第 1 の開口部 532 が、第 1 の表面 602 に形成され、第 1 の開口部 532 は、図 6A に示されるように、円形の形状を有してもよい。第 2 の開口部 534 が、第 2 の表面 604 に形成され、第 2 の開口部 534 は、レーストラック形状を有してもよい。第 2 の開口部 534 は、第 1 の開口部 532 の直径より大きい長い寸法と、第 1 の開口部 532 の直径より小さい短い寸法とを含むことができる。ノズル 520 は、第 1 の端部 601、第 1 の端部 601 の反対側の第 2 の端部 603、および第 1 の端部 601 と第 2 の端部 603 との間に位置する部分 605 を含むことができる。第 1 の表面 602 を見たとき、第 1 および第 2 の端部 601、603 は、それぞれ長方形の形状を有することができ、部分 605 は、楕円形の形状を有することができる。部分 605 は、図 6A に示される楕円形とは異なる形状を有してもよい。

【0035】

[0053] 図 5、図 6A および図 6B に示すように、表面 526、528、530、608 は、第 1 の開口部 532 を第 2 の開口部 534 に接続する。第 2 の開口部 534 の断面積が、第 1 の開口部 532 の断面積と実質的に同じかそれより大きくなるように、表面 526、528、530、608 は、第 1 の開口部 532 の形状から第 2 の開口部 534 の形状への移行を容易にする。表面 526、528、530、608 は、拡大チャネル 531 を形成する連続的な曲面であってもよい。一実施形態では、拡大チャネル 531 は、第 2 の開口部 534 のレーストラック形状の長い寸法などの 1 つの寸法において拡大しており、他方、第 2 の開口部 534 のレーストラック形状の短い寸法などの別の寸法において減少していてもよい。いくつかの実施形態では、表面 526、528、530、608 は、異なる曲率を有する別個の表面であってもよい。

【0036】

[0054] 図 7 は、本明細書に記載の一実施形態によるライナー 522 の斜視図である。図 7 に示されるように、ライナー 522 は、第 1 の端部 702 と、第 1 の端部 702 の反対側の第 2 の端部 704 とを含む。第 1 の端部 702 は、コネクタ 106 および遠隔プラズマ源 104 (図 1A) に面してもよく、第 2 の端部 704 は、処理チャンバ 102 の処理領域 146 (図 1A) に面してもよい。凹部 706 が、ノズル 520 がその中に配置されるように第 1 の端部 702 に形成されてもよい。開口部 708 が、凹部 706 に形成され、ノズル 520 の第 2 の開口部 534 に結合する。開口部 708 は、ノズル 520 の第 2 の開口部 534 と同じ形状を有してもよい。一実施形態では、ノズル 520 の第 2 の開口部 534 およびライナー 522 の開口部 708 は、両方ともレーストラック断面形状を有する。第 2 の端部 704 は、第 1 のチャンバ壁 124 (図 1A) を越えて延びてもよい。第 2 の端部 704 は、部分 714 を含むことができる。一実施形態では、部分 714 は、円弧であり、支持リング 148 (図 1A) の一部と実質的に平行である。拡大チャネル 712 が、ライナー 522 内に形成され、拡大チャネル 712 は、開口部 708 から第 2 の端部 704 への流体流路に実質的に垂直な寸法 D において拡大することができる。拡

大チャネル 7 1 2 は、ラジカルの流れの狭窄を低減する。１つ以上の締め具（図示せず）がライナー 5 2 2 をチャンバ本体 1 2 5（図 5）に固定するために、１つ以上の開口部 7 1 0 が、ライナー 5 2 2 に形成されてもよい。

【 0 0 3 7 】

[0 0 5 5] 図 8 は、本明細書に記載の実施形態による図 1 A ~ 図 1 C の処理システム 1 0 0 の一部の断面側面図である。図 8 に示すように、処理システム 1 0 0 は、コネクタプレート 3 1 4 を介して処理チャンバ 1 0 2 のチャンバ本体 1 2 5 の第 1 の側部 1 2 4 に結合されたコネクタ 1 0 6 を含む。コネクタ 1 0 6 は、コネクタプレート 3 1 4 に結合された第 1 のフランジ 3 1 0 と、遠隔プラズマ源 1 0 4（図 1 A）に結合された第 2 のフランジ 3 1 2 とを含む。ライナー 3 1 6 が、コネクタ 1 0 6 内に配置されて、第 1 の端部 3 1 8 と、第 1 の端部 3 1 8 の反対側の第 2 の端部 3 2 0 とを含むことができる。カップリングライナー 3 0 2 が、ライナー 3 1 6 に結合されてもよく、カップリングライナー 3 0 2 は、遠隔プラズマ源 1 0 4（図 1 A）内に配置されてもよい。カップリングライナー 3 0 2 は、ライナー 3 1 6 の第 1 の端部 3 1 8 にしっかりと嵌合する第 2 の端部 3 0 6 を含むことができる。

10

【 0 0 3 8 】

[0 0 5 6] ライナーアセンブリ 1 5 6 は、ノズル 5 2 0、およびノズル 5 2 0 と接触しているライナー 5 2 2 を含むことができる。ノズル 5 2 0 の端部 5 2 4 が、ライナー 3 1 6 の第 2 の端部 3 2 0 を囲むことができる。端部 5 2 4 は、ライナー 3 1 6 に面する第 1 の開口部 5 3 2 を形成する。ライナー 3 1 6 の第 2 の端部 3 2 0 が、第 1 の開口部 5 3 2 にしっかりと嵌り込むことができるように、ライナー 3 1 6 の第 2 の端部 3 2 0 の外径は、開口部 5 3 2 よりわずかに小さくてもよい。第 2 の端部 3 2 0 は、任意の適切な方法で端部 5 2 4 に結合されてよい。第 2 の開口部 5 3 4 は、ライナー 5 2 2 に形成された開口部 7 0 8（図 7）の形状に適合する形状を有する。動作中、遠隔プラズマ源 1 0 4 で形成されたラジカルは、カップリングライナー 3 0 2、ライナー 3 1 6、およびライナーアセンブリ 1 5 6 を通って、処理チャンバ 1 0 2 の処理領域 1 4 6 に流入する。ライナー 3 0 2、3 1 6 およびライナーアセンブリ 1 5 6 は、石英などの耐酸化性の材料から製造されているので、ラジカルは、ライナー 3 0 2、3 1 6 およびライナーアセンブリ 1 5 6 の表面に接触した時に、再結合しない。加えて、第 2 の開口部 5 3 4 の断面積は、第 1 の開口部 5 3 2 の断面積と同じかそれより大きいので、ラジカルの流れは制限されず、処理領域 1 4 6 内のラジカル濃度とフラックスの増加につながる。

20

30

【 0 0 3 9 】

[0 0 5 7] 図 9 A は、本明細書に記載の実施形態によるライナー 5 2 2 の斜視図である。図 9 A に示されるように、ライナー 5 2 2 は、第 1 の端部 7 0 2 と、第 1 の端部 7 0 2 の反対側の第 2 の端部 7 0 4 とを含む。第 1 の端部 7 0 2 は、コネクタ 1 0 6 および遠隔プラズマ源 1 0 4（図 1 A）に面してもよく、第 2 の端部 7 0 4 は、処理チャンバ 1 0 2 の処理領域 1 4 6（図 1 A）に面してもよい。ライナー 5 2 2 は、上面 9 0 2 と、上面 9 0 2 の反対側の底面 9 0 4 とを、さらに含む。拡大チャネル 7 1 2 が、ライナー 5 2 2 内に上面 9 0 2 と底面 9 0 4 との間に形成される。スロット 9 0 6 が、底面 9 0 4 に形成されてもよく、スロット 9 0 6 は、図 9 A に示されるように、第 2 の部分 9 1 0 と第 3 の部分 9 1 2 との間に位置する第 1 の部分 9 0 8 を含む。スロット 9 0 6 の第 1 の部分 9 0 8 は、スロット 9 0 6 の第 2 の部分 9 1 0 および第 3 の部分 9 1 2 よりも大きい。

40

【 0 0 4 0 】

[0 0 5 8] 図 9 B は、本明細書に記載の実施形態による分流器 1 9 0 の斜視図である。図 9 B に示すように、分流器 1 9 0 は、第 1 の端部 4 1 0、第 1 の端部 4 1 0 の反対側の第 2 の端部 4 1 2、および第 1 の端部 4 1 0 と第 2 の端部 4 1 2 を接続する表面 4 1 4、4 1 6 を有する。凹部 9 2 0 が、第 2 の端部 4 1 2 に形成されてもよい。凹部 9 2 0 は、留め具によってライナー 5 2 2 内に分流器 1 9 0 を固定するために利用される。図 9 C は、本明細書に記載の実施形態による留め具 9 3 0 の斜視図である。留め具 9 3 0 は、第 1 の部分 9 3 2 と第 2 の部分 9 3 4 を含む。第 1 の部分 9 3 2 は、ライナー 5 2 2 の底面 9

50

04に形成されたスロット906の第1の部分908に嵌り込むことができる大きさを有する。第1の部分932が、スロット906に固定されるように、第1の部分932の大きさは、スロット906の第2の部分910および第3の部分912よりも大きい。留め具930がスロット906の第1の部分908を通して落下するのを防止するため、第2の部分934が、ライナー522の底面904に載るように、留め具930の第2の部分934は、第1の部分932よりも大きい。第2の部分934は、分流器190の凹部920に嵌り込む大きさである。

【0041】

[0059] 図10は、本明細書に記載の実施形態による、留め具930によってライナー522に固定された分流器190の斜視図である。図10に示されるように、第1の部分932(図9C)が、ライナー522の底面904に形成されたスロット906の第1の部分908(図9A)に固定されるので、留め具930の第2の部分934は、ライナー522の底面904に固定される。留め具930の第2の部分934が、分流器190の凹部920に嵌り込むので、分流器190は、ライナー522に固定される。図10に示すように、分流器190が処理チャンバ102内に落下するのが、留め具930によって防止されている。ライナー522内の拡大チャネル712が、高さH₁を有し、分流器190が、高さH₂を有する。分流器190が、ライナー522の拡大チャネル712にしっかりと嵌め込まれることができるように、高さH₂は、高さH₁よりわずかに小さくてもよい。いくつかの実施形態では、高さH₂は、高さH₁よりもはるかに小さく、例えば、H₁の75パーセント、H₁の50パーセント、またはH₁の25パーセントなどである。

【0042】

[0060] 上記は、本開示の実施形態に向けられているが、本開示の基本的な範囲から逸脱することなく、本開示の他のさらなる実施形態を考え出すこともでき、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。

10

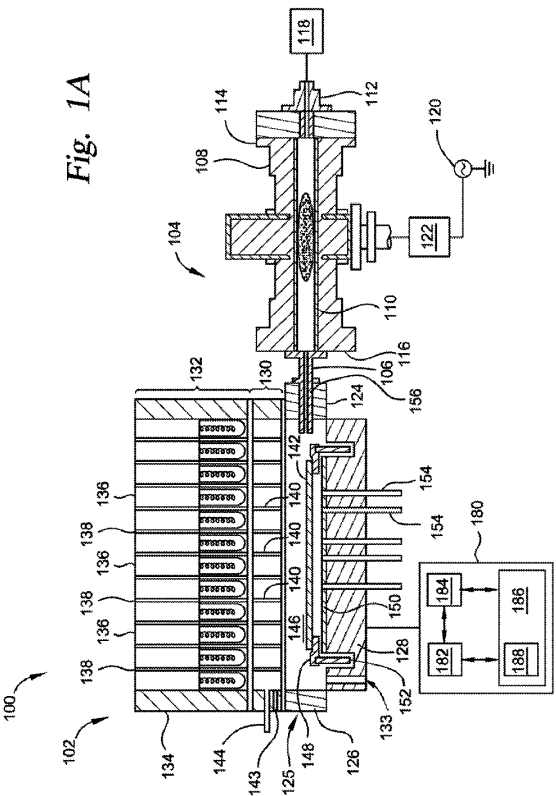
20

30

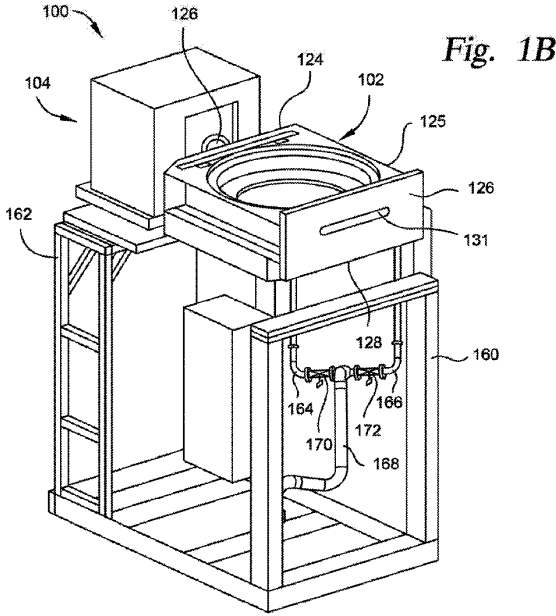
40

50

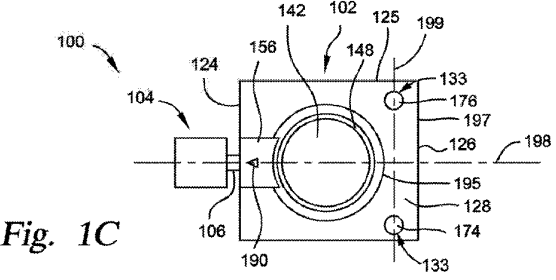
【図面】
【図 1 A】



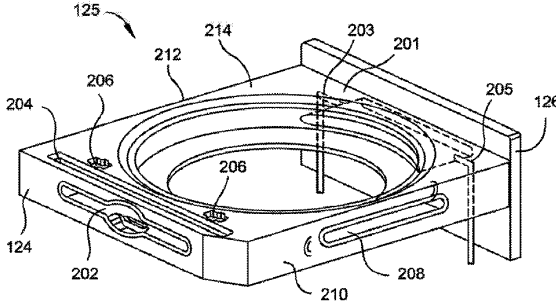
【図 1 B】



【図 1 C】



【図 2 A】



10

20

30

40

50

【 図 2 B 】

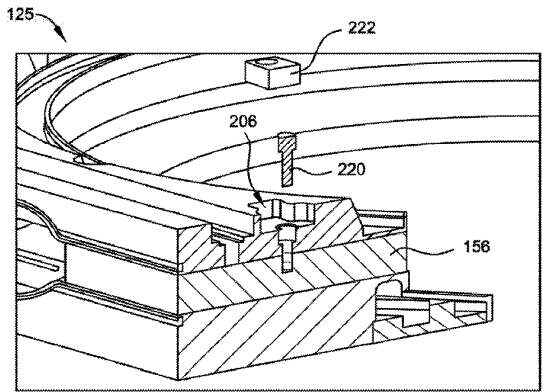


Fig. 2B

【 図 3 】

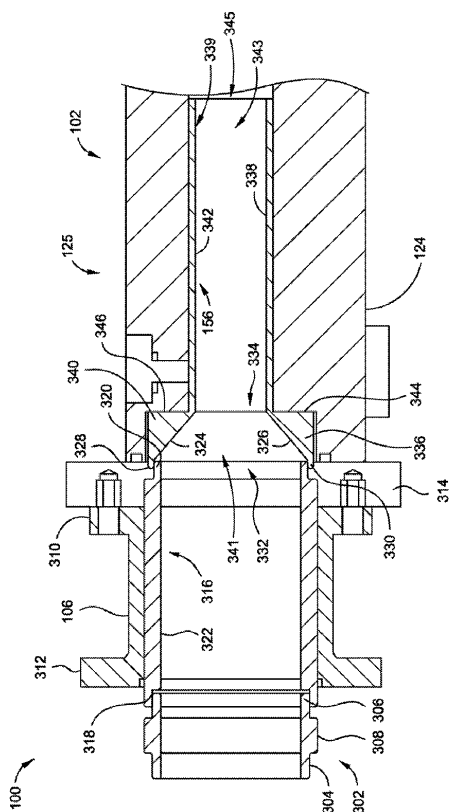


Fig. 3

【 図 4 A 】

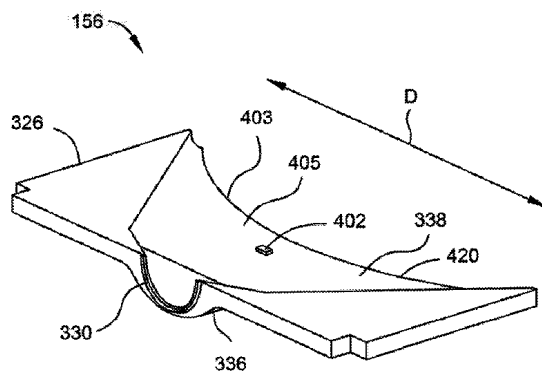


Fig. 4A

【 図 4 B 】

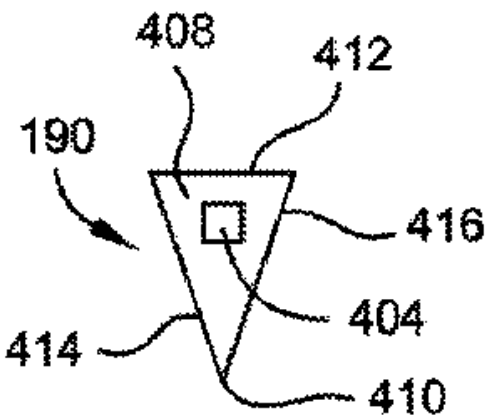


Fig. 4B

10

20

30

40

50

【 図 4 C 】

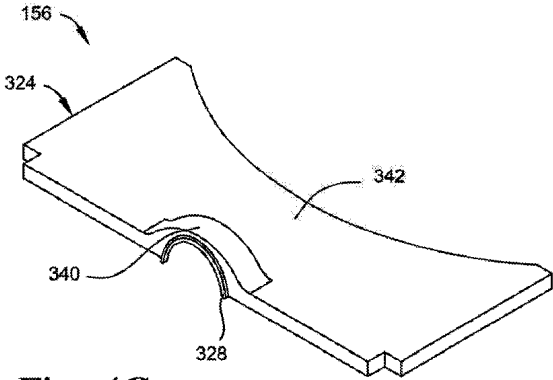


Fig. 4C

【 図 5 】

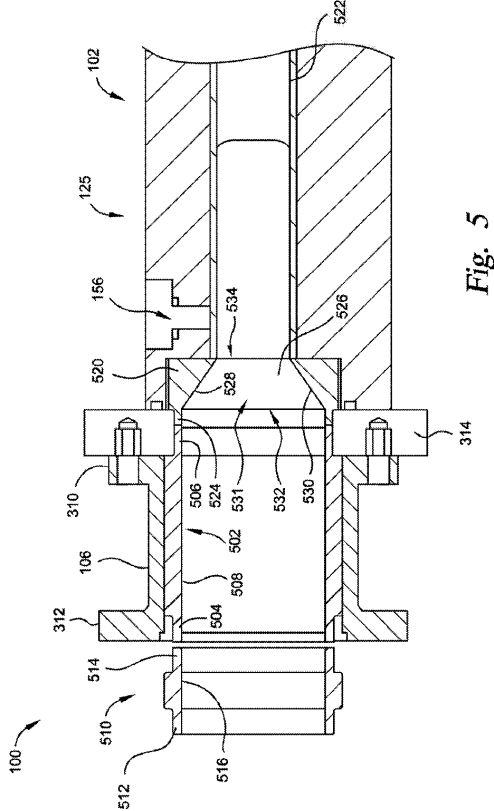


Fig. 5

【 図 6 A 】

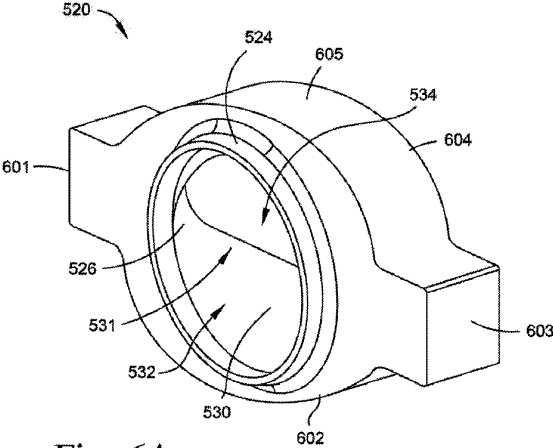


Fig. 6A

【 図 6 B 】

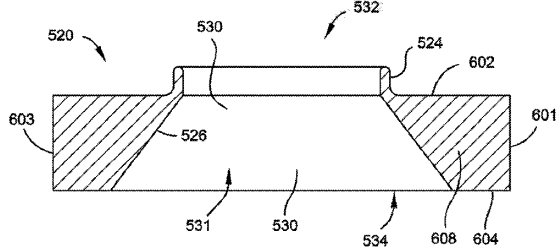


Fig. 6B

10

20

30

40

50

【 図 7 】

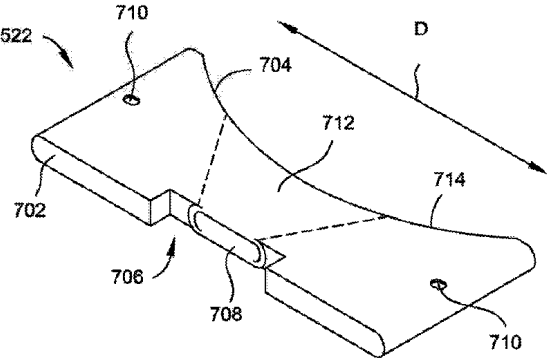


Fig. 7

【 図 8 】

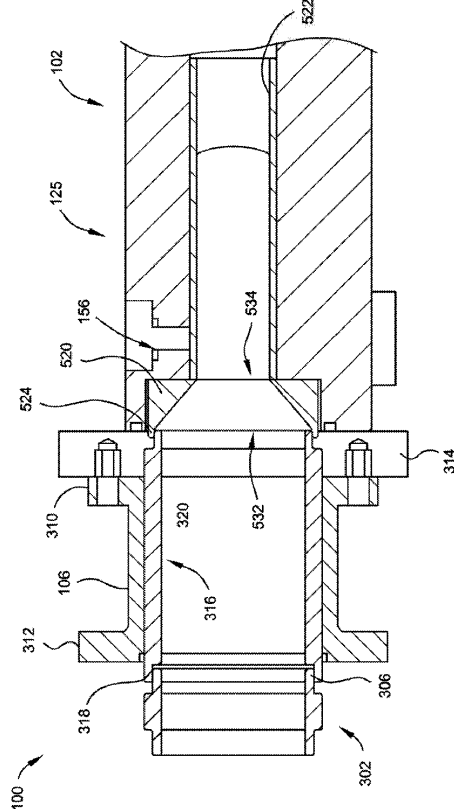


Fig. 8

【 図 9 A 】

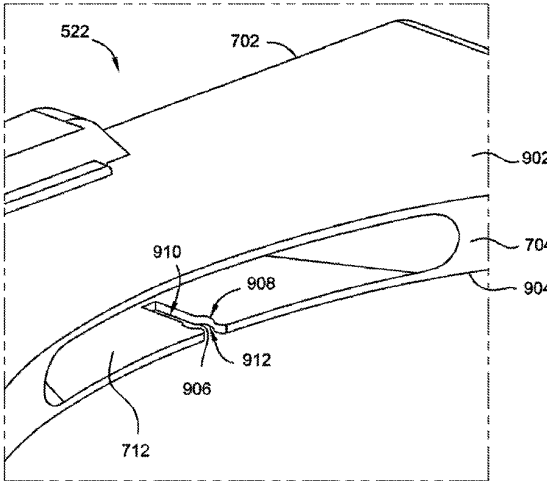


Fig. 9A

【 図 9 B 】

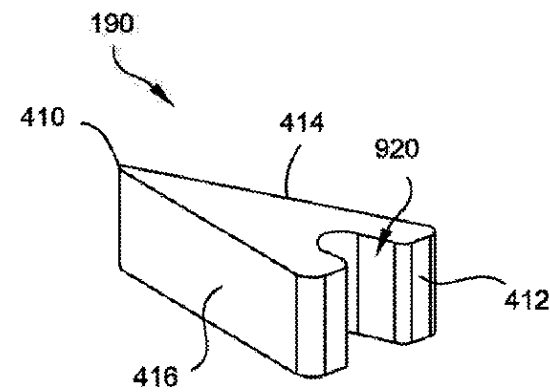


Fig. 9B

10

20

30

40

50

【 図 9 C 】

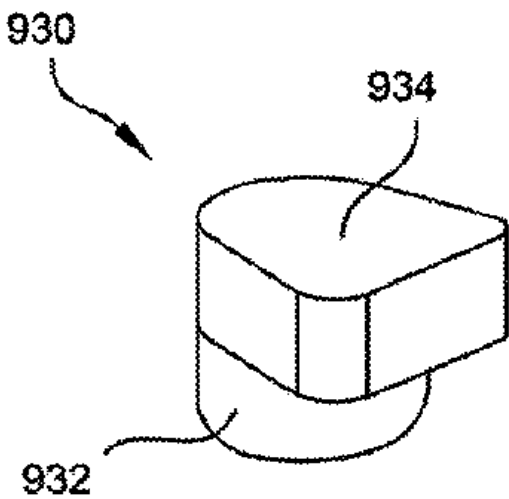


Fig. 9C

【 図 1 0 】

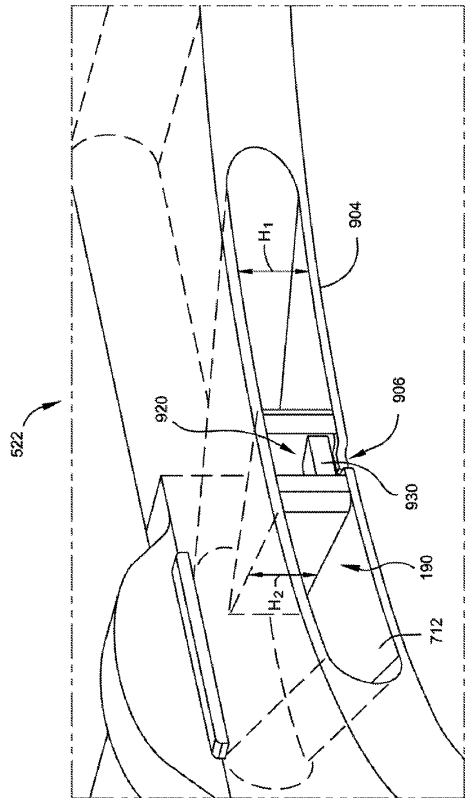


Fig. 10

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 04, サン マテオ, ブリッジポイント パークウェイ 2205, アpartment 217
(72)発明者 ハウリルチャック, ララ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95020, ギルロイ, チャーチ ストリート 7090
(72)発明者 チャンドラ, アグス ソフィアン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95035, ミルピタス, ヒドゥン クリーク レーン 1556
(72)発明者 ブラサド, チャイタニヤ エー.
インド国 バンガロール - 560011, イースト ジャヤナガー, サード ブロック, エルア
イシー コロニー, フォース クロス, 4番
審査官 長谷川 直也
(56)参考文献 米国特許出願公開第2002/0073925(US, A1)
特開2004-091848(JP, A)
特開2007-157885(JP, A)
特開2012-089863(JP, A)
米国特許出願公開第2013/0168377(US, A1)
米国特許出願公開第2009/0110826(US, A1)
特開2002-151486(JP, A)
国際公開第2013/051248(WO, A1)
特開2001-118799(JP, A)
特開2002-217187(JP, A)
特開平07-029827(JP, A)
特開2008-091938(JP, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/31
H01L 21/316