(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-543119
(P2024-543119A)
(43)公表日　令和6年11月19日(2024.11.19)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
H01L 21/31 (2006.01)		H01L	21/31	C	2G084
H01L 21/3065(2006.01)		H01L	21/302	101G	5F004
H05H 1/46 (2006.01)		H05H	1/46	M	5F045

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全37頁）

(21)出願番号　特願2024-530417(P2024-530417)
(86)(22)出願日　令和4年11月17日(2022.11.17)
(85)翻訳文提出日　令和6年7月18日(2024.7.18)
(86)国際出願番号　PCT/US2022/050241
(87)国際公開番号　WO2023/096817
(87)国際公開日　令和5年6月1日(2023.6.1)
(31)優先権主張番号　63/283,971
(32)優先日　令和3年11月29日(2021.11.29)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　592010081
ラム リサーチ コーポレーション
ＬＡＭ ＲＥＳＥＡＲＣＨ ＣＯＲＰＯＲＡＴＩＯＮ
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９４５３８，フレモント，クッシング パークウェイ ４６５０
(74)代理人　110000028
弁理士法人明成国際特許事務所
(72)発明者　ルオ・ビン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０
(72)発明者　トッピン・スティーブン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　シャワーヘッドフェイスプレート構成

(57)【要約】
【解決手段】基板を処理するためのシャワーヘッドは、バックプレートと、バックプレートに取り付けられたフェイスプレートとを備える。フェイスプレートは、バックプレートに面する第１の面と、第１の面と対向する第２の面と、第１の面と第２の面との間に延びる複数の貫通孔とを含む。第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方は、少なくとも部分的にコンタリングされている。
【選択図】図３

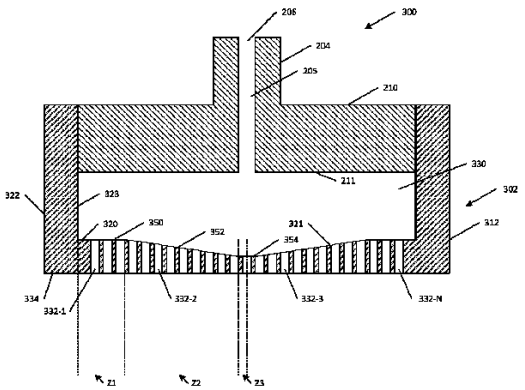


FIG. 3

【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板を処理するためのシャワーヘッドであって、
バックプレートと、
前記バックプレートに取り付けられたフェイスプレートと、を備え、
前記フェイスプレートは、
前記バックプレートに面する第１の面と、
前記第１の面と対向する第２の面と、
前記第１の面と前記第２の面との間に延びる複数の貫通孔と、を含み、
前記第１の面および前記第２の面のうちの少なくとも一方は、少なくとも部分的にコンタリングされている、シャワーヘッド。
【請求項２】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分は、少なくとも部分的に凹状である、シャワーヘッド。
【請求項３】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分は、少なくとも部分的に凸状である、シャワーヘッド。
【請求項４】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記バックプレートおよび前記フェイスプレートは筒状であって、前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分は、前記フェイスプレートの外径から前記フェイスプレートの内径へ傾斜している、シャワーヘッド。
【請求項５】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記バックプレートおよび前記フェイスプレートは筒状であって、前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分は、前記フェイスプレートの内径から前記フェイスプレートの外径へ傾斜している、シャワーヘッド。
【請求項６】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記バックプレートおよび前記フェイスプレートは筒状であって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの一方の第１のコンタリング部分は、前記フェイスプレートの内径から前記フェイスプレートの外径へ傾斜しており、
前記第１の面および前記第２の面のうちの他方の第２のコンタリング部分は、前記フェイスプレートの前記外径から前記フェイスプレートの前記内径へ傾斜している、シャワーヘッド。
【請求項７】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分は、線形の傾きを有する、シャワーヘッド。
【請求項８】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方の前記少なくとも一部のコンタリング部分は、多項式の傾きを有する、シャワーヘッド。
【請求項９】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方の前記少なくとも一部のコンタリング部分は、線形の傾きおよび多項式の傾きを有する、シャワーヘッド。
【請求項１０】

請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分は、少なくとも部分的に、前記バックプレートに向かって延びている、シャワーヘッド。
【請求項１１】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分は、少なくとも部分的に、前記バックプレートから離れる方向に延びている、シャワーヘッド。
【請求項１２】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの一方の第１のコンタリング部分は、少なくとも部分的に、前記バックプレートに向かって延びており、
前記第１の面および前記第２の面のうちの他方の第２のコンタリング部分は、少なくとも部分的に、前記バックプレートから離れる方向に延びている、シャワーヘッド。
【請求項１３】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記貫通孔は、前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分内に配置される、シャワーヘッド。
【請求項１４】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記貫通孔の一部は、前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分の外に配置される、シャワーヘッド。
【請求項１５】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記バックプレートおよび前記フェイスプレートは筒状であって、
前記第１の面および前記第２の面のうちの前記少なくとも一方のコンタリング部分は、前記フェイスプレートの内径内で延びている、シャワーヘッド。
【請求項１６】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記バックプレートおよび前記フェイスプレートは筒状であって、
前記第２の面のコンタリング部分は、前記フェイスプレートの外径内で延びている、シャワーヘッド。
【請求項１７】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記バックプレートおよび前記フェイスプレートは筒状であって、
前記第１の面のコンタリング部分は、前記フェイスプレートの内径内で延びており、
前記第２の面のコンタリング部分は、前記フェイスプレートの外径内で延びている、シャワーヘッド。
【請求項１８】
請求項１に記載のシャワーヘッドであって、
前記バックプレートおよび前記フェイスプレートは筒状であって、前記フェイスプレートは、前記バックプレートに取り付けられた側壁を含み、前記バックプレートと、前記フェイスプレートと、前記側壁とがプレナムを規定し、前記シャワーヘッドは、
前記バックプレートに取り付けられ、ガス入口を含むステム部と、
前記ガス入口から、前記ステム部、前記バックプレート、および前記フェイスプレートを通じて前記プレナムまで延びる導管と、をさらに備え、
前記ガス入口、前記プレナム、および前記貫通孔が互いに流体連通している、シャワーヘッド。
【請求項１９】
システムであって、

請求項１に記載のシャワーヘッドと、
前記基板を支持する台座と、
前記シャワーヘッドに対して相対的に前記台座を移動させるアクチュエータと、
前記アクチュエータを制御するコントローラと、
を備える、システム。
【請求項２０】
システムであって、
請求項１８に記載のシャワーヘッドと、
前記入口にガスを供給するガス源と、
前記基板を支持する台座と、
無線周波数電力を供給して前記ガスを活性化させる無線周波数源と、
前記シャワーヘッドに対して相対的に前記台座を移動させるアクチュエータと、
前記ガス源、前記無線周波数源、および前記アクチュエータを制御するコントローラと、
を備える、システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
＜関連出願の相互参照＞
本出願は、２０２１年１１月２９日に出願された米国仮特許出願第６３／２８３，９７１号に基づき利益を主張する。上記出願の全開示が、参照により本明細書に組み込まれる。
【０００２】
本開示は、概して基板処理システムに関し、より具体的には、基板処理システム内で使用されるシャワーヘッドのためのフェイスプレート構成に関する。
【背景技術】
【０００３】
ここで提供される背景の説明は、本開示の内容を概ね提示することを目的とする。この背景技術の欄で説明される範囲内における、現時点で名前を挙げられている発明者らによる研究、ならびに出願時に先行技術として別途みなされ得ない説明の態様は、明示または暗示を問わず、本開示に対抗する先行技術として認められない。
【０００４】
基板処理システム（ツールとも称される）は、処理チャンバ（ステーションまたはプロセスモジュールとも称される）を備える。処理チャンバ内において、半導体基板（ウエハとも称される）が台座上に配置される。１つ以上のプロセスガスが、シャワーヘッドから処理チャンバに供給される。シャワーヘッドと台座との間でプラズマを衝突させることで、基板上に材料を堆積するか、または基板から材料を除去（エッチング）する。
【発明の概要】
【０００５】
基板を処理するためのシャワーヘッドは、バックプレートと、バックプレートに取り付けられたフェイスプレートとを備える。フェイスプレートは、バックプレートに面する第１の面と、第１の面と対向する第２の面と、第１の面と第２の面との間に延びる複数の貫通孔とを含む。第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方は、少なくとも部分的にコンタリングされている。
【０００６】
追加の特徴では、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分は、少なくとも部分的に凹状である。
【０００７】
追加の特徴では、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分は、少なくとも部分的に凸状である。

【０００８】
追加の特徴では、バックプレートおよびフェイスプレートは筒状であって、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分は、フェイスプレートの外径からフェイスプレートの内径へ傾斜している。
【０００９】
追加の特徴では、バックプレートおよびフェイスプレートは筒状であって、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分は、フェイスプレートの内径からフェイスプレートの外径へ傾斜している。
【００１０】
追加の特徴では、バックプレートおよびフェイスプレートは筒状である。第１の面および第２の面のうちの一方の第１のコンタリング部分は、フェイスプレートの内径からフェイスプレートの外径へ傾斜している。第１の面および第２の面のうちの他方の第２のコンタリング部分は、フェイスプレートの外径からフェイスプレートの内径へ傾斜している。
【００１１】
追加の特徴では、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分は、線形の傾きを有する。
【００１２】
追加の特徴では、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方の少なくとも一部のコンタリング部分は、多項式の傾きを有する。
【００１３】
追加の特徴では、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方の少なくとも一部のコンタリング部分は、線形の傾きおよび多項式の傾きを有する。
【００１４】
追加の特徴では、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分は、少なくとも部分的に、バックプレートに向かって延びている。
【００１５】
追加の特徴では、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分は、少なくとも部分的に、バックプレートから離れる方向に延びている。
【００１６】
追加の特徴では、第１の面および第２の面のうちの一方の第１のコンタリング部分は、少なくとも部分的に、バックプレートに向かって延びている。第１の面および第２の面のうちの他方の第２のコンタリング部分は、少なくとも部分的に、バックプレートから離れる方向に延びている。
【００１７】
追加の特徴では、貫通孔は、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分内に配置される。
【００１８】
追加の特徴では、貫通孔の一部は、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分の外に配置される。
【００１９】
追加の特徴では、バックプレートおよびフェイスプレートは筒状であって、第１の面および第２の面のうちの少なくとも一方のコンタリング部分は、フェイスプレートの内径内で延びている。
【００２０】
追加の特徴では、バックプレートおよびフェイスプレートは筒状であって、第２の面のコンタリング部分は、フェイスプレートの外径内で延びている。
【００２１】
追加の特徴では、バックプレートおよびフェイスプレートは筒状である。第１の面のコンタリング部分は、フェイスプレートの内径内で延びている。第２の面のコンタリング部分は、フェイスプレートの外径内で延びている。

【００２２】
追加の特徴では、バックプレートおよびフェイスプレートは筒状である。フェイスプレートは、バックプレートに取り付けられた側壁を含む。バックプレートと、フェイスプレートと、側壁とがプレナムを規定する。シャワーヘッドは、バックプレートに取り付けられたステム部をさらに備える。ステム部は、ガス入口を含む。導管は、ガス入口から、ステム部、バックプレート、およびフェイスプレートを通じてプレナムまで延びる。ガス入口、プレナム、および貫通孔は互いに流体連通している。
【００２３】
追加の特徴では、システムは、シャワーヘッドと、基板を支持する台座と、シャワーヘッドに対して相対的に台座を移動させるアクチュエータと、アクチュエータを制御するコントローラとを備える。
【００２４】
追加の特徴では、システムは、シャワーヘッドと、入口にガスを供給するガス源と、基板を支持する台座と、無線周波数電力を供給してガスを活性化させる無線周波数源と、シャワーヘッドに対して相対的に台座を移動させるアクチュエータとを備える。システムは、ガス源、無線周波数源、およびアクチュエータを制御するコントローラを備える。
【００２５】
本開示の適用可能な他の分野は、詳細な説明、特許請求の範囲、および図面から明らかになるであろう。詳細な説明および特定の例は、例示のみを目的としており、本開示の範囲を限定することは意図していない。
【図面の簡単な説明】
【００２６】
本開示は、詳細な説明および添付の図面から、より完全に理解されるであろう。
【００２７】
【図１】図１は、処理チャンバを含む基板処理システムの例を示す。
【００２８】
【図２】図２は、シャワーヘッドの例の断面図を示す。
【００２９】
【図３】図３は、内側コンタリング（すなわち、フェイスプレートにおける基板とは離れた位置に面する側のコンタリング）を伴うフェイスプレートを含むシャワーヘッドの例の断面図である。
【００３０】
【図４】図４は、外側コンタリング（すなわち、フェイスプレートにおける基板に面する側のコンタリング）を伴うフェイスプレートを含むシャワーヘッドの例の断面図である。
【図５】図５は、外側コンタリング（すなわち、フェイスプレートにおける基板に面する側のコンタリング）を伴うフェイスプレートを含むシャワーヘッドの例の断面図である。
【図６】図６は、外側コンタリング（すなわち、フェイスプレートにおける基板に面する側のコンタリング）を伴うフェイスプレートを含むシャワーヘッドの例の断面図である。
【００３１】
【図７】図７は、内側コンタリングおよび外側コンタリング（すなわち、フェイスプレートにおける基板とは離れた位置に面する側、および基板に面する側の両方のコンタリング）を伴うフェイスプレートを含むシャワーヘッドの例の断面図である。
【図８】図８は、内側コンタリングおよび外側コンタリング（すなわち、フェイスプレートにおける基板とは離れた位置に面する側、および基板に面する側の両方のコンタリング）を伴うフェイスプレートを含むシャワーヘッドの例の断面図である。
【図９】図９は内側コンタリングおよび外側コンタリング（すなわち、フェイスプレートにおける基板とは離れた位置に面する側、および基板に面する側の両方のコンタリング）を伴うフェイスプレートを含むシャワーヘッドの例の断面図である。
【図１０】図１０は、内側コンタリングおよび外側コンタリング（すなわち、フェイスプレートにおける基板とは離れた位置に面する側、および基板に面する側の両方のコンタリ

ング）を伴うフェイスプレートを含むシャワーヘッドの例の断面図である。
【００３２】
図面において、参照番号は、類似の要素および／または同一の要素を指すために再度利用される場合がある。
【発明を実施するための形態】
【００３３】
基板処理システム（図１の例を参照）において、１つ以上のプロセスガスをシャワーヘッドから供給することによって、台座上に配置された基板上にフィルムが堆積される場合がある。いくつかの堆積プロセスでは、堆積中にプラズマも使用する。多くの要因が基板上に堆積されるフィルムの特性（すなわち、厚さプロファイル）に影響を及ぼす。フィルム特性に影響を及ぼす要因の非限定的な例としては、シャワーヘッドのフェイスプレート内の貫通孔のサイズ、密度、および分布、フェイスプレートの形状、ならびにフェイスプレートと基板との間の距離が挙げられる。
【００３４】
いくつかの適用は、基板上に堆積されるフィルムについて、径方向に均一な（平坦な）厚さプロファイルを要する一方で、他の適用は、径方向に均一ではなく径方向に変動するプロファイルを要する。フィルム特性を変動させるために多くの技術が使用される。例えば、シャワーヘッドを通るプロセスガスの流量、プラズマ密度分布などのパラメータを制御することで、フィルムプロファイルを調節できる。しかしながら、これらの技術は、適切でなく、望ましくない副作用をもたらす傾向がある。
【００３５】
本開示は、基板上に堆積されるフィルムの特性を調節するために、様々な形状のフェイスプレートを提供する。具体的には、以下で詳細に説明するように、フェイスプレートは、内側（すなわち、基板とは離れた位置に面する側）、外側（すなわち、基板に面する側）、またはそれらの組み合わせにおいてコンタリングされてよい。本明細書で使用される場合、表面のコンタリングは、本開示で説明されるように表面を形成することを意味する。例えば、コンタリングされた表面は、本明細書に記載されるような形状、輪郭、またはプロファイルを有する表面である。例えば、コンタリングされた表面は、湾曲面、傾斜を有する面、または湾曲部分、傾斜を有する部分、平坦な面、あるいはそれらの任意の組み合わせを含む表面を含む。フェイスプレートのコンタリングは、フェイスプレート内の貫通孔の高さ（または深さ）をシャワーヘッドの半径に沿って変化させる。半径に沿った貫通孔の深さの変動は、プロセスガスの流れに対する抵抗をシャワーヘッドの半径にわたって変化させる。プロセスガスの流れに対する抵抗が半径にわたって変化することにより、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルが変化する。
【００３６】
具体的には、フェイスプレートの内側コンタリングは、プロセスガスの圧力分布を径方向に調節することによって、フィルムの径方向プロファイルを調節できる。フェイスプレートの外側コンタリングは、プロセスガスの圧力分布を径方向に調節すること、およびプラズマ密度を径方向に調節することによって、フィルムの径方向プロファイルを調節できる。例えば、内側コンタリングおよび／または外側コンタリングされたフェイスプレートの使用に加えて、フェイスプレートと基板との間の距離（すなわち、シャワーヘッドと台座との間の隙間）を調整することで、フィルム特性をさらに調節できる。フェイスプレートの外側コンタリングは、基板上への応力などの他の特性にも影響を与え得る。本開示のこれらの特徴、および他の特徴について、以下で詳細に説明する。
【００３７】
基板処理システム：
図１は、基板処理システム１００の例を示す。基板処理システム１００は、処理チャンバ１０２と、ガス分配システム１０４と、マニホールド１０６と、無線周波数（ＲＦ）源１０８と、バルブ１１０と、ポンプ１１２と、コントローラ１１４とを含む。処理チャンバ１０２は、台座１２０と、台座１２０の上方に配置されたシャワーヘッド１２２とを含

む。基板１２４は、処理中に台座１２０上に配置される。
【００３８】
台座１２０は、概して１２６に示される１つ以上の加熱器を含む。図示しないが、台座１２０は、クーラントが中を通って循環可能な冷却チャネルも含んでよい。台座１２０は、概して１２８に示される１つ以上の温度センサも含む。加熱器１２６および冷却チャネルは、処理中に基板１２４の温度を制御する。
【００３９】
シャワーヘッド１２２は、基部１３０と、ステム部１３２とを含む。基部１３０は、概して筒状であり、バックプレートとフェイスプレートとを含む（以下で図２～図１０を参照して詳細に示し説明される）。ステム部１３２は、基部１３０の中心から延びて処理チャンバ１０２の上部に取り付けられる。シャワーヘッド１３０はまた、加熱器と冷却チャネル（いずれも図示しない）とを含んでよい。シャワーヘッド１３０は、概して１３４に示される１つ以上の温度センサも含む。
【００４０】
ガス分配システム１０４は、複数のガス源１４０と、複数のバルブ１４２と、複数のマスフローコントローラ（ＭＦＣｓ）１４４とを含む。ガス源１４０は、バルブ１４２およびＭＦＣｓ１４４を通じてマニホールド１０６にプロセスガスを供給する。ガス分配システム１０４はまた、１つ以上のバルブ１４８を通じてマニホールド１０６に１つ以上の気化前駆体１４６を供給する。マニホールド１０６は、シャワーヘッド１３０のステム部１３２を通じて１つ以上のプロセスガスおよび／または１つ以上の気化前駆体をシャワーヘッド１３０に供給する。シャワーヘッド１３０は、シャワーヘッドのフェイスプレート内の貫通孔を介して処理チャンバ１０２内にガスを供給する。貫通孔は図２～図１０に図示される。
【００４１】
ＲＦ源１０８は、ＲＦ発生器１５０と整合回路１５２とを含む。ＲＦ発生器は、ＲＦ電力を生成する。整合回路１５２は、台座１２０が接地された状態でシャワーヘッド１３０にＲＦ電力を供給する。代替的に、台座１２０にＲＦ電力を供給し、シャワーヘッド１３０を接地できる。ＲＦ電力は、プロセスガスおよび／または前駆体を活性化することでプラズマ１５４を発生させる。
【００４２】
アクチュエータ１１６は、台座１２０を上方および下方に動かすことで、処理中に台座１２０とシャワーヘッド１３０との間の隙間を調整する。代替的に、または追加で、図示しないが、１つ以上のアクチュエータを使用してシャワーヘッド１３０を台座１２０に対して相対的に移動できる。バルブ１１０およびポンプ１１２は、処理チャンバ１０２内の圧力を維持する、ならびに処理チャンバ１０２からガスを排気する。コントローラ１１４は、上述の基板処理システム１００の全ての要素（すなわち構成要素）を制御する。
シャワーヘッド
【００４３】
図２は、図１に示す基板処理システム１００内で使用可能なシャワーヘッド２００の断面図を示す。シャワーヘッド２００は、基部２０２と、基部２０２から延びるステム部２０４とを含む。ステム部２０４は、プロセスガスを受け取る入口２０６を含む。基部２０２は、バックプレート２１０と、フェイスプレート２１２とを含む。バックプレート２１０は、概して筒状である。フェイスプレート２１２は、以下でさらに詳細に説明されるように、バックプレート２１０の外径（ＯＤ）に取り付けられる。ステム部２０４は、バックプレート２１０の中心から延びる。
【００４４】
フェイスプレート２１２は、概してＣ形状で、かつ筒状でもある。具体的には、フェイスプレート２１２は、筒状基部２２０と側壁２２２とを含む。側壁２２２は、筒状基部２２０から延びる。側壁２２２は、バックプレート２１０に向かって延びてバックプレート２１０に取り付けられる。具体的には、側壁２２２は、バックプレート２１０のＯＤに取

り付けられる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁２２２の内面２２３に対して直角である。バックプレート２１０の底面２１１は、筒状基部２２０およびバックプレート２１０が置かれる面と平行である。

【００４５】

バックプレート２１０およびフェイスプレート２１２は、プレナム２３０を規定する。具体的には、バックプレート２１０の底面２１１、筒状基部２２０の上面２２１、および側壁２２２の内面２２３がプレナム２３０を規定する。導管２０５は、入口２０６からステム部２０４およびバックプレート２１０を通じて延びる。導管２０５は、プレナム２３０と流体連通している。プレナム２３０は、入口２０６と流体連通している。図３～図１０を参照して説明はしないが、導管２０５は図３～図１０に図示され、図３～図１０に図示される各プレナムに入口２０６を同様に接続する。

【００４６】

筒状基部２２０は、複数の貫通孔２３２－１、２３２－２、２３２－３、・・・、および２３２－Ｎ（集合的に貫通孔２３２）を含む。貫通孔２３２は、フェイスプレート２１２の底からフェイスプレート２１２の上部に延びる。具体的には、貫通孔２３２は、筒状基部２２０の底から筒状基部２２０の上部に延びる。より具体的には、貫通孔２３２は、筒状基部２２０の底面２３４から筒状基部２２０の上面２２１に延びる。底面２３４は基板に面し、上面２２１は基板とは離れた位置に面する。

【００４７】

筒状基部２２０の上面２２１および底面２３４に関する以下の説明は、図３～図１０を参照して以下に示され説明される全てのシャワーヘッドの筒状基部の上面および底面に適用される。筒状基部２２０の上面２２１は、バックプレート２１０の底面２１１に面し、バックプレート２１０の底面２１１と平行である。したがって、筒状基部２２０の上面２２１は、基板とは離れた位置に面する。上面２２１は、筒状基部２２０の内面２２１と称されてもよく、底面２３４は、筒状基部２２０の外面２３４と称されてもよい。概して、上面２２１は、筒状基部２２０の第１の面と称されてもよく、底面２３４は、筒状基部２２０の第２の面と称されてもよい。筒状基部の上面および底面に関する代替用語、ならびにバックプレート２１０および基板に対する筒状基部の上面および底面の空間的関係は、図３～図１０を参照して以下に説明される全てのシャワーヘッドの筒状基部の上面および底面に適用される。

【００４８】

貫通孔２３２は、筒状基部２２０を通って、筒状基部２２０およびバックプレート２１０が置かれる面に対して直角な軸に沿って垂直に延びる。貫通孔２３２は、筒状基部２２０の中心から側壁２２２の内径（ＩＤ）にかけて分布する。貫通孔２３２は、プレナム２３０および入口２０６と流体連通している。入口２０６から受け取ったガスは、プレナム２３０を通って、貫通孔２３２を介して処理チャンバ内に流れる。

【００４９】

貫通孔２３２の以下の説明は、図３～図１０を参照して以下に示され説明される全ての貫通孔に適用される。例示の便宜上、いくつかの貫通孔２３２のみが図示されるが、貫通孔２３２の数は数千のオーダーであり得る。いくつかの適用では、図示しないが、貫通孔２３２は異なるパターンで配置できる。例えば、貫通孔２３２は、正方形のパターン、六角形（ハニカム）のパターンなどで配置できる。いくつかの適用では、貫通孔２３２は、筒状基部２２０全体に分布する異なる形状の異なる領域またはゾーン内に配置できる。いくつかの適用では、貫通孔２３２の直径は変動可能であり、貫通孔２３２の密度はゾーンにわたって変動可能である。いくつかの適用では、貫通孔２３２は垂直でなくてもよい。加えて、図３～図１０を参照して以下で説明されるように、貫通孔２３２の高さは、筒状基部２２０をコンタリングすることで変動させ得る。いくつかの適用では、貫通孔２３２のこれらの配置を任意に組み合わせて使用できる。

【００５０】

図３～図１０は、本開示にかかるフェイスプレートの様々な構成を含むシャワーヘッド

を示す。図３～図１０に示すシャワーヘッドは、図１に示す基板処理システム１００内で使用できる。図３～図１０に示すシャワーヘッドのフェイスプレートは、以下に示されて説明されるように、フェイスプレート２１２とは異なる。図３は、内側コンタリングを伴うフェイスプレートの例を示す。図４～図６は、外側コンタリングを伴うフェイスプレートの例を示す。図７～図１０は、内側コンタリングおよび外側コンタリングを伴うフェイスプレートの例を示す。なお、筒状基部の上面および底面のいずれか、または両方のコンタリング部分の形状は、プロセス要件によって多様に変動可能である。図３～図１０に示すコンタリングは、専ら例示的であって非限定的である。

内側コンタリングを伴うフェイスプレート

【００５１】

図３は、本開示にかかるフェイスプレートを含むシャワーヘッド３００を示す。フェイスプレートは、以下で詳細に説明するような内側コンタリングを含む。シャワーヘッド３００は、基部３０２とステム部２０４とを含む。基部３０２は、バックプレート２１０とフェイスプレート３１２とを含む。フェイスプレート３１２は、概してＣ形状で、かつ筒状でもある。具体的には、フェイスプレート３１２は、筒状基部３２０と側壁３２２とを含む。側壁３２２は、筒状基部３２０から延びる。側壁３２２は、バックプレート２１０に向かって延びてバックプレート２１０に取り付けられる。具体的には、側壁３２２は、バックプレート２１０のＯＤに取り付けられる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁３２２の内面３２３に対して直角である。

【００５２】

バックプレート２１０およびフェイスプレート３１２は、プレナム３３０を規定する。具体的には、バックプレート２１０の底面２１１、筒状基部３２０の上面３２１、および側壁３２２の内面３２３がプレナム３３０を規定する。プレナム３３０は、入口２０６と流体連通している。

【００５３】

筒状基部３２０の、基板とは離れた位置に面する上面３２１は平坦でない。代わりに、筒状基部３２０の上面３２１はコンタリングされている。例えば、筒状基部３２０の上面３２１は、概して凹状である。具体的には、上面３２１の第１の部分３５０は、第１の距離だけ、側壁３２２のＩＤから径方向内側に延びる。第１の部分３５０は、第１の距離だけ、側壁３２２の内面３２３から直角に延びる。第１の部分３５０は、第１の距離だけ、筒状基部３２０の底面３３４と平行に、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。

【００５４】

そして、上面３２１の第２の部分３５２は、第２の距離だけ、第１の部分３５０から径方向内側に延び、筒状基部３２０の底面３３４に向かって先細になる。第２の部分３５２は、第２の距離だけ、筒状基部３２０の中心に向かって先細になる。そして、上面３２１の第３の部分３５４は、第３の距離だけ、第２の部分３５２から筒状基部３２０の中心まで延びる。第３の部分３５４は、第３の距離だけ、筒状基部３２０の底面３３４と平行に延びる。筒状基部３２０の、基板に面する底面３３４は、側壁３２２の内面３２３に対して直角であり、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。したがって、上面３２１の第３の部分３５４もまた、第３の距離だけ、側壁３２２の内面３２３に対して直角に延び、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。

【００５５】

筒状基部３２０の上面３２１はフェイスプレート３１２の内面でもあるため、上述の概して凹状の上面３２１の形成は、フェイスプレート３１２の内側コンタリングとも称される。なお、上面３２１のコンタリングは、筒状基部３２０の上面３２１上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、上面３２１のコンタリングは、筒状基部３２０の上面３２１上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、第１、第２、および第３の距離は変動可能である。さらに、上面３２１のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。

【００５６】
筒状基部３２０は、複数の貫通孔３３２－１、３３２－２、３３２－３、・・・、および３３２－Ｎ（集合的に貫通孔３３２）を含む。貫通孔３３２は、フェイスプレート３１２の底からフェイスプレート３１２の上部に延びる。具体的には、貫通孔３３２は、筒状基部３２０の底から筒状基部３２０の上部に延びる。より具体的には、貫通孔３３２は、筒状基部３２０の底面３３４から筒状基部３２０の上面３２１に延びる。底面３３４は基板に面し、上面３２１は基板とは離れた位置に面する。底面３３４は、筒状基部３２０の外面３３４と称されてもよく、上面３２１は、筒状基部３２０の内面３２１と称されてもよい。

【００５７】
貫通孔３３２は、筒状基部３２０を通って、筒状基部３２０およびバックプレート２１０が置かれる面に対して直角な軸に沿って垂直に延びる。貫通孔３３２は、筒状基部３２０の中心から側壁３２２の内径（ＩＤ）にかけて分布する。貫通孔３３２は、プレナム３３０および入口２０６と流体連通している。入口２０６から受け取ったガスは、プレナム３３０を通って、貫通孔３３２を介して処理チャンバ内に流れる。

【００５８】
筒状基部３２０の上面３２１のコンタリングによって、図示されるように、筒状基部３２０内の貫通孔３３２の高さ（または深さ）が側壁３２２のＩＤから筒状基部３２０の中心にかけて変動する。貫通孔３３２の高さが変動することにより、プロセスガスの流れに対する抵抗がシャワーヘッド３００の半径にわたって変化する。プロセスガスの流れに対する抵抗が半径にわたって変化することにより、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルが変化する。さらに、図１を参照して上記で説明したように、シャワーヘッド３００と基板との間の隙間は変動可能である。隙間を変化させることでシャワーヘッド３００と基板との間のプラズマ密度が変化し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。

【００５９】
具体的には、筒状基部３２０の上面３２１のコンタリングによって、筒状基部３２０は複数の同心円状の径方向ゾーンに分割される。図示の例では、筒状基部３２０は、それぞれＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の同心円状の径方向ゾーンに分割される。筒状基部３２０の第１のゾーンＺ１は、第１の距離だけ、側壁３２２のＩＤから筒状基部３２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第１のゾーンＺ１のＯＤは、側壁３２２のＩＤと同じである。筒状基部３２０の第２のゾーンＺ２は、第２の距離だけ、第１のゾーンＺ１のＩＤから筒状基部３２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第２のゾーンＺ２のＯＤは、第１のゾーンＺ１のＩＤと同じである。筒状基部３２０の第３のゾーンＺ３は、第３の距離だけ、第２のゾーンＺ２のＩＤから筒状基部３２０の中心まで径方向内側に延びる。第３のゾーンＺ３のＯＤは、第２のゾーンＺ２のＩＤと同じである。

【００６０】
第１のゾーンＺ１の幅（すなわち、第１のゾーンＺ１のＯＤとＩＤとの間の差）は、第１の距離と等しい。第２のゾーンＺ２の幅（すなわち、第２のゾーンＺ２のＯＤとＩＤとの間の差）は、第２の距離と等しい。第３のゾーンＺ３の幅（すなわち、第３のゾーンＺ３のＯＤと筒状基部３２０の中心との間の距離）は、第３の距離と等しい。筒状基部３２０のＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の径方向ゾーン内の貫通孔３３２の高さは、以下のように変動する。

【００６１】
筒状基部３２０の上面３２１のコンタリングによって、側壁３２２のＩＤに最も近い、最も外側にある第１のゾーンＺ１内の貫通孔３３２の高さは、第２のゾーンＺ２および第３のゾーンＺ３内の貫通孔３３２の高さよりも大きい。筒状基部３２０の中心に最も近い、最も内側にある第３のゾーンＺ３内の貫通孔３３２の高さは、第１のゾーンＺ１および第２のゾーンＺ２内の貫通孔３３２の高さよりも小さい。したがって、筒状基部３２０の

最も内側にある第３のゾーンＺ３内の貫通孔３３２は、プロセスガスの流れに対して最も小さな抵抗をもたらし、筒状基部３２０の最も外側にある第１のゾーンＺ１内の貫通孔３３２は、プロセスガスの流れに対して最も大きな抵抗をもたらす。第２ゾーン２内の貫通孔３３２の高さは、第３のゾーンＺ３内の貫通孔３３２の高さよりも大きく、第１のゾーンＺ１内の貫通孔３３２の高さよりも小さい。したがって、第２のゾーンＺ２内の貫通孔３３２は、プロセスガスの流れに対して、第３のゾーンＺ３内の貫通孔３３２よりも大きな抵抗をもたらし、かつ第１のゾーンＺ１内の貫通孔３３２よりも小さな抵抗をもたらす。

【００６２】

具体的には、第２のゾーンＺ２内の貫通孔３３２の高さは、第２のゾーンＺ２内のコンタリング部分にわたって変動するため、第２のゾーンＺ２内の貫通孔３３２は、プロセスガスの流れに対して変動する抵抗をもたらす。より具体的には、第２のゾーンＺ２内の貫通孔３３２の高さは、第２のゾーンＺ２のＯＤから筒状基部３２０の中心に向かって（すなわち、第２のゾーンＺ２のＩＤに向かって）徐々に減少する。したがって、第２のゾーンＺ２内の貫通孔３３２は、プロセスガスの流れに対して、第２のゾーンＺ２のＯＤから筒状基部３２０の中心に向かって（すなわち、第２のゾーンＺ２のＩＤに向かって）徐々に減少する抵抗をもたらす。最も外側にある第１のゾーンＺ１の貫通孔３３２は、プロセスガスの流れに対して最も大きな抵抗をもたらす。したがって、シャワーヘッド３００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルは、シャワーヘッド２００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルとは異なる。

【００６３】

さらに、図１を参照して上記で説明したように、シャワーヘッド３００と基板との間の隙間は変動可能である。隙間を変化させることでプラズマ密度、シャワーヘッド４００、および基板が変化し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。したがって、シャワーヘッド３００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルは、シャワーヘッド２００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルとは異なる。

【００６４】

外側コンタリングを伴うフェイスプレート：

図４は、本開示にかかるフェイスプレートを含むシャワーヘッド４００を示す。フェイスプレートは、以下で詳細に説明するような外側コンタリングを含む。シャワーヘッド４００は、基部４０２とステム部２０４とを含む。基部４０２は、バックプレート２１０とフェイスプレート４１２とを含む。フェイスプレート４１２は、概してＣ形状で、かつ筒状でもある。具体的には、フェイスプレート４１２は、筒状基部４２０と側壁４２２とを含む。側壁４２２は、筒状基部４２０から延びる。側壁４２２は、バックプレート２１０に向かって延びてバックプレート２１０に取り付けられる。具体的には、側壁４２２は、バックプレート２１０のＯＤに取り付けられる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁４２２の内面４２３に対して直角である。

【００６５】

バックプレート２１０およびフェイスプレート４１２は、プレナム４３０を規定する。具体的には、バックプレート２１０の底面２１１、筒状基部４２０の上面４２１、および側壁４２２の内面４２３がプレナム４３０を規定する。プレナム４３０は、入口２０６と流体連通している。

【００６６】

筒状基部４２０の、基板とは離れた位置に面する上面４２１は平坦である。筒状基部４２０の上面４２１は、側壁４２２の内面４２３に対して直角である。筒状基部４２０の上面４２１は、バックプレート２１０の底面２１１と平行である。筒状基部４２０の底面４３４は平坦でない。代わりに、筒状基部４２０の底面４３４はコンタリングされている。

【００６７】

具体的には、底面４３４の第１の部分４５０は、第１の距離だけ、側壁４２２のＯＤか

ら径方向内側に延びる。第１の部分４５０は、第１の距離だけ、側壁４２２から直角に延びる。第１の部分４５０は、第１の距離だけ、筒状基部４２０の上面４２１と平行に、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。

【００６８】

そして、底面４３４の第２の部分４５２は、第２の距離だけ、第１の部分４５０から径方向内側に延びる。第２の部分４５２は、第２の距離だけ、上面４２１に対して離れる方向に筒状基部４２０の中心に向かって先細になる。そして、底面４３４の第３の部分４５４は、第３の距離だけ、第２の部分４５２から筒状基部４２０の中心まで延びる。第３の部分４５４は、第３の距離だけ、筒状基部４２０の上面４２１と平行に延びる。筒状基部４２０の、基板とは離れた位置に面する上面４２１は、側壁４２２の内面４２３に対して直角であり、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。したがって、底面４３４の第３の部分４５４もまた、第３の距離だけ、側壁４２２の内面４２３に対して直角に延び、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。

【００６９】

筒状基部４２０の底面４３４はフェイスプレート４１２の外面でもあるため、上述の概して凸状の底面４３４の形成は、フェイスプレート４１２の外側コンタリングとも称される。なお、底面４３４のコンタリングは、筒状基部４２０の底面４３４上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、底面４３４のコンタリングは、筒状基部４２０の底面４３４上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、第１、第２、および第３の距離は変動可能である。さらに、底面４３４のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。

【００７０】

筒状基部４２０は、複数の貫通孔４３２－１、４３２－２、４３２－３、・・・、および４３２－Ｎ（集合的に貫通孔４３２）を含む。貫通孔４３２は、フェイスプレート４１２の底からフェイスプレート４１２の上部に延びる。具体的には、貫通孔４３２は、筒状基部４２０の底から筒状基部４２０の上部に延びる。より具体的には、貫通孔４３２は、筒状基部４２０の底面４３４から筒状基部４２０の上面４２１に延びる。底面４３４は基板に面し、上面４２１は基板とは離れた位置に面する。底面４３４は、筒状基部４２０の外面４３４と称されてもよく、上面４２１は、筒状基部４２０の内面４２１と称されてもよい。

【００７１】

貫通孔４３２は、筒状基部４２０を通って、筒状基部４２０およびバックプレート２１０が置かれる面に対して直角な軸に沿って垂直に延びる。貫通孔４３２は、筒状基部４２０の中心から側壁４２２のＩＤにかけて分布する。貫通孔４３２は、プレナム４３０および入口２０６と流体連通している。入口２０６から受け取ったガスは、プレナム４３０を通って、貫通孔４３２を介して処理チャンバ内に流れる。

【００７２】

筒状基部４２０の底面４３４のコンタリングによって、図示されるように、筒状基部４２０内の貫通孔４３２の高さ（または深さ）が側壁４２２のＩＤから筒状基部４２０の中心にかけて変動する。貫通孔４３２の高さが変動することにより、プロセスガスの流れに対する抵抗がシャワーヘッド４００の半径にわたって変化する。プロセスガスの流れに対する抵抗が半径にわたっての変化することにより、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルが変化する。

【００７３】

加えて、筒状基部４２０の底面４３４のコンタリングによって、プロセスガスが貫通孔４３２を抜ける方向も変動し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。さらに、図１を参照して上記で説明したように、シャワーヘッド４００と基板との間の隙間は変動可能である。隙間を変化させることでプラズマ密度、シャワーヘッド４００、および基板が変化し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。

【００７４】
具体的には、筒状基部４２０の底面４３４のコンタリングによって、筒状基部４２０は複数の同心円状の径方向ゾーンに分割される。図示の例では、筒状基部４２０は、それぞれＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の同心円状の径方向ゾーンに分割される。筒状基部４２０の第１のゾーンＺ１は、第１の距離だけ、側壁４２２のＯＤから筒状基部４２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第１のゾーンＺ１のＯＤは、側壁４２２のＩＤと同じである。筒状基部４２０の第２のゾーンＺ２は、第２の距離だけ、第１のゾーンＺ１のＩＤから筒状基部４２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第２のゾーンＺ２のＯＤは、第１のゾーンＺ１のＩＤと同じである。筒状基部４２０の第３のゾーンＺ３は、第３の距離だけ、第２のゾーンＺ２のＩＤから筒状基部４２０の中心まで径方向内側に延びる。第３のゾーンＺ３のＯＤは、第２のゾーンＺ２のＩＤと同じである。
【００７５】
第１のゾーンＺ１の幅（すなわち、第１のゾーンＺ１のＯＤとＩＤとの間の差）は、第１の距離と等しい。第２のゾーンＺ２の幅（すなわち、第２のゾーンＺ２のＯＤとＩＤとの間の差）は、第２の距離と等しい。第３のゾーンＺ３の幅（すなわち、第３のゾーンＺ３のＯＤと筒状基部４２０の中心との間の距離）は、第３の距離と等しい。筒状基部４２０のＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の径方向ゾーン内の貫通孔４３２の高さは、以下のように変動する。
【００７６】
筒状基部４２０の底面４３４のコンタリングによって、側壁４２２のＩＤに最も近い、最も外側にある第１のゾーンＺ１内の貫通孔４３２の高さは、第２のゾーンＺ２および第３のゾーンＺ３内の貫通孔４３２の高さよりも小さい。筒状基部４２０の中心に最も近い、最も内側にある第３のゾーンＺ３内の貫通孔４３２の高さは、第１のゾーンＺ１および第２のゾーンＺ２内の貫通孔４３２の高さよりも大きい。したがって、最も外側にある第１のゾーンＺ１内の貫通孔４３２は、プロセスガスの流れに対して最も小さな抵抗をもたらし、最も内側にある第３のゾーンＺ３内の貫通孔４３２は、プロセスガスの流れに対して最も大きな抵抗をもたらす。第２ゾーン２内の貫通孔４３２の高さは、第１のゾーンＺ１内の貫通孔４３２の高さよりも大きく、第３のゾーンＺ３内の貫通孔４３２の高さよりも小さい。したがって、第２のゾーンＺ２内の貫通孔４３２は、プロセスガスの流れに対して、第１のゾーンＺ１内の貫通孔４３２よりも大きな抵抗をもたらし、かつ第３のゾーンＺ３内の貫通孔４３２よりも小さな抵抗をもたらす。
【００７７】
具体的には、第２のゾーンＺ２内の貫通孔４３２の高さは、第２のゾーンＺ２内のコンタリング部分にわたって変動するため、第２のゾーンＺ２内の貫通孔４３２は、プロセスガスの流れに対して変動する抵抗をもたらす。より具体的には、第２のゾーンＺ２内の貫通孔４３２の高さは、第２のゾーンＺ２のＯＤから筒状基部４２０の中心に向かって（すなわち、第２のゾーンＺ２のＩＤに向かって）徐々に増大する。したがって、第２のゾーンＺ２内の貫通孔４３２は、プロセスガスの流れに対して、第２のゾーンＺ２のＯＤから筒状基部４２０の中心に向かって（すなわち、第２のゾーンＺ２のＩＤに向かって）徐々に増大する抵抗をもたらす。最も内側にある第３のゾーンＺ３内の貫通孔４３２は、プロセスガスの流れに対して最も大きな抵抗をもたらす。
【００７８】
さらに、コンタリングによって、プロセスガスは、第１のゾーンＺ１および第３のゾーンＺ３内の貫通孔４３２とは異なる方向に第２のゾーンＺ２内の貫通孔４３２を介して抜ける。さらに、異なるゾーン内の貫通孔４３２と基板との間の距離も異なる。したがって、シャワーヘッド４００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルは、シャワーヘッド２００および３００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルとは異なる。
【００７９】

図５は、本開示にかかるフェイスプレートを含むシャワーヘッド５００を示す。フェイスプレートは、以下で詳細に説明するような外側コンタリングを含む。シャワーヘッド５００は、基部５０２とステム部２０４とを含む。基部５０２は、バックプレート２１０とフェイスプレート５１２とを含む。フェイスプレート５１２は、概してＣ形状で、かつ筒状でもある。具体的には、フェイスプレート５１２は、筒状基部５２０と側壁５２２とを含む。側壁５２２は、筒状基部５２０から延びる。側壁５２２は、バックプレート２１０に向かって延びてバックプレート２１０に取り付けられる。具体的には、側壁５２２は、バックプレート２１０のＯＤに取り付けられる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁５２２の内面５２３に対して直角である。

【００８０】

バックプレート２１０およびフェイスプレート５１２は、プレナム５３０を規定する。具体的には、バックプレート２１０の底面２１１、筒状基部５２０の上面５２１、および側壁５２２の内面５２３がプレナム５３０を規定する。プレナム５３０は、入口２０６と流体連通している。

【００８１】

筒状基部５２０の、基板とは離れた位置に面する上面５２１は平坦である。筒状基部５２０の上面５２１は、側壁５２２の内面５２３に対して直角である。筒状基部５２０の上面５２１は、バックプレート２１０の底面２１１と平行である。筒状基部５２０の底面５３４は平坦でない。代わりに、筒状基部５２０の底面５３４はコンタリングされている。

【００８２】

具体的には、底面５３４の第１の部分５５０は、第１の距離だけ、側壁５２２のＯＤから径方向内側に延びる。第１の部分５５０は、第１の距離だけ、側壁５２２から直角に延び、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。そして、底面５３４の第２の部分５５２は、第２の距離だけ、第１の部分５５０から延びる。第２の部分５５２は、第２の距離だけ、上面５２１に向かって径方向内側に先細になる。第２の部分５５２は、第２の距離だけ、筒状基部５２０の中心に向かって先細になる。

【００８３】

そして、底面５３４の第３の部分５５４は、第３の距離だけ、第２の部分５５２から延びる。第３の部分５５４は、第３の距離だけ、筒状基部５２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第３の部分５５４は、第３の距離だけ、側壁５２２に対して直角に延び、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。第３の部分５５４は、第１の部分５５０と平行である。

【００８４】

そして、底面５３４の第４の部分５５６は、第４の距離だけ、第３の部分５５４から延びる。第４の部分５５６は、第４の距離だけ、上面５２１に対して離れる方向に筒状基部５２０の中心に向かって先細になる。そして、底面５３４の第５の部分５５８は、第５の距離だけ、第４の部分５５６から延びる。第５の部分５５８は、第５の距離だけ、第４の部分５５６から筒状基部５２０の中心まで延びる。第５の部分５５８は、第５の距離だけ、筒状基部５２０の上面５２１と平行に延び、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。筒状基部５２０の、基板とは離れた位置に面する上面５２１は、側壁５２２の内面５２３に対して直角であり、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。したがって、底面５３４の第５の部分５５８もまた、第５の距離だけ、側壁５２２の内面５２３に対して直角に延び、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。第５の部分５５８は、第３の部分５５４および第１の部分５５０と平行である。

【００８５】

筒状基部５２０の底面５３４はフェイスプレート５１２の外面でもあるため、上述の概して凸状の底面５３４の形成は、フェイスプレート５１２の外側コンタリングとも称される。なお、底面５３４のコンタリングは、筒状基部５２０の底面５３４上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、底面５３４のコンタリングは、筒状基部５２０の底面５３４上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、第１、第２、第３、第４、および第

５の距離は変動可能である。さらに、底面５３４のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。

【００８６】

筒状基部５２０は、複数の貫通孔５３２－１、５３２－２、５３２－３、・・・、および５３２－Ｎ（集合的に貫通孔５３２）を含む。貫通孔５３２は、フェイスプレート５１２の底からフェイスプレート５１２の上部に延びる。具体的には、貫通孔５３２は、筒状基部５２０の底から筒状基部５２０の上部に延びる。より具体的には、貫通孔５３２は、筒状基部５２０の底面５３４から筒状基部５２０の上面５２１に延びる。底面５３４は基板に面し、上面５２１は基板とは離れた位置に面する。底面５３４は、筒状基部５２０の外面５３４と称されてもよく、上面５２１は、筒状基部５２０の内面５２１と称されてもよい。

【００８７】

貫通孔５３２は、筒状基部５２０を通って、筒状基部５２０およびバックプレート２１０が置かれる面に対して直角な軸に沿って垂直に延びる。貫通孔５３２は、筒状基部５２０の中心から側壁５２２のＩＤにかけて分布する。貫通孔５３２は、プレナム５３０および入口２０６と流体連通している。入口２０６から受け取ったガスは、プレナム５３０を通って、貫通孔５３２を介して処理チャンバ内に流れる。

【００８８】

筒状基部５２０の底面５３４のコンタリングによって、図示されるように、筒状基部５２０内の貫通孔５３２の高さ（または深さ）が側壁５２２のＩＤから筒状基部５２０の中心にかけて変動する。貫通孔５３２の高さが変動することにより、プロセスガスの流れに対する抵抗がシャワーヘッド５００の半径にわたって変化する。プロセスガスの流れに対する抵抗が半径にわたって変化することにより、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルが変化する。

【００８９】

加えて、筒状基部５２０の底面５３４のコンタリングによって、プロセスガスが貫通孔５３２を抜ける方向も変動し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。さらに、図１を参照して上記で説明したように、シャワーヘッド５００と基板との間の隙間は変動可能である。隙間を変化させることでプラズマ密度、シャワーヘッド５００、および基板が変化し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。

【００９０】

具体的には、筒状基部５２０の底面５３４のコンタリングによって、筒状基部５２０は複数の同心円状の径方向ゾーンに分割される。図示の例では、筒状基部５２０は、それぞれＺ１、Ｚ２、Ｚ３、Ｚ４、およびＺ５として示される第１、第２、第３、第４、および第５の同心円状の径方向ゾーンに分割される。筒状基部５２０の第１のゾーンＺ１は、第１の距離だけ、側壁５２２のＯＤから筒状基部５２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第１のゾーンＺ１のＯＤは、側壁５２２のＯＤと同じである。図示の例では、第１のゾーンＺ１は、いかなる貫通孔５３２も含まない。

【００９１】

筒状基部５２０の第２のゾーンＺ２は、第２の距離だけ、第１のゾーンＺ１のＩＤから筒状基部５２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第２のゾーンＺ２のＯＤは、第１のゾーンＺ１のＩＤと同じである。筒状基部５２０の第３のゾーンＺ３は、第３の距離だけ、第２のゾーンＺ２のＩＤから筒状基部５２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第３のゾーンＺ３のＯＤは、第２のゾーンＺ２のＩＤと同じである。

【００９２】

筒状基部５２０の第４のゾーンＺ４は、第４の距離だけ、第３のゾーンＺ３のＩＤから筒状基部５２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第４のゾーンＺ４のＯＤは、第３のゾーンＺ３のＩＤと同じである。筒状基部５２０の第５のゾーンＺ５は、第５の距離だけ、第４のゾーンＺ４のＩＤから筒状基部５２０の中心まで径方向内側に延びる。第５の

ゾーンＺ５のＯＤは、第４のゾーンＺ４のＩＤと同じである。

【００９３】

第１のゾーンＺ１の幅（すなわち、第１のゾーンＺ１のＯＤとＩＤとの間の差）は、第１の距離と等しい。第２のゾーンＺ２の幅（すなわち、第２のゾーンＺ２のＯＤとＩＤとの間の差）は、第２の距離と等しい。第３のゾーンＺ３の幅（すなわち、第３のゾーンＺ３のＯＤとＩＤとの間の差）は、第３の距離と等しい。第４のゾーンＺ４の幅（すなわち、第４のゾーンＺ４のＯＤとＩＤとの間の差）は、第４の距離と等しい。第５のゾーンＺ５の幅（すなわち、第５のゾーンＺ５のＯＤと筒状基部５２０の中心との間の距離）は、第５の距離と等しい。筒状基部５２０のＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の径方向ゾーン内の貫通孔５３２の高さは、以下のように変動する。

【００９４】

筒状基部５２０の底面５３４のコンタリングによって、最も外側にある第２のゾーンＺ２内の貫通孔５３２の高さは変動し、したがって、プロセスガスの流れに対して変動する抵抗をもたらす。具体的には、第２のゾーンＺ２内の貫通孔５３２の高さは、第２のゾーンＺ２のＯＤから第２のゾーンＺ２のＩＤにかけて（すなわち、筒状基部５２０の中心に向かって）徐々に減少する。したがって、第２のゾーンＺ２内の貫通孔５３２は、プロセスガスの流れに対して、第２のゾーンＺ２のＯＤから第２のゾーンＺ２のＩＤにかけて（すなわち、筒状基部５２０の中心に向かって）徐々に減少する抵抗をもたらす。

【００９５】

第３のゾーンＺ３内の貫通孔５３２の高さは、第２のゾーンＺ２、第４のゾーンＺ４、および第５のゾーンＺ５内の貫通孔５３２の高さよりも小さい。したがって、第３のゾーンＺ３内の貫通孔５３２は、プロセスガスの流れに対して、第２のゾーンＺ２、第４のゾーンＺ４、および第５のゾーンＺ５内の貫通孔５３２よりも小さな抵抗をもたらす。図示の例では、第３のゾーンＺ３内の貫通孔５３２の高さは、第２のゾーンＺ２、第４のゾーンＺ４、および第５のゾーンＺ５内の貫通孔５３２と比較して最も小さい。したがって、第３のゾーンＺ３内の貫通孔５３２は、第２のゾーンＺ２、第４のゾーンＺ４、および第５のゾーンＺ５内の貫通孔５３２と比較して、プロセスガスの流れに対して最も小さな抵抗をもたらす。

【００９６】

第４のゾーンＺ４内の貫通孔５３２の高さは変動し、したがって、プロセスガスの流れに対して変動する抵抗をもたらす。具体的には、第４のゾーンＺ４内の貫通孔５３２の高さは、第４のゾーンＺ４のＯＤから第４のゾーンＺ４のＩＤにかけて（すなわち、筒状基部５２０の中心に向かって）徐々に増大する。したがって、第４のゾーンＺ４内の貫通孔５３２は、プロセスガスの流れに対して、第４のゾーンＺ４のＯＤから第４のゾーンＺ４のＩＤにかけて（すなわち、筒状基部５２０の中心に向かって）徐々に増大する抵抗をもたらす。第４のゾーンＺ４内の貫通孔５３２の高さは、第３のゾーンＺ３内の貫通孔５３２よりも大きく、第５のゾーンＺ５内の貫通孔５３２の高さよりも小さい。したがって、第４のゾーンＺ４内の貫通孔５３２は、プロセスガスの流れに対して、第３のゾーンＺ３内の貫通孔５３２よりも大きな抵抗をもたらし、かつ第５のゾーンＺ５内の貫通孔５３２よりも小さな抵抗をもたらす。

【００９７】

最も内側にある第５のゾーンＺ５内の貫通孔５３２の高さは最も大きく、したがって、プロセスガスの流れに対して最も大きな抵抗をもたらす。さらに、コンタリングによって、プロセスガスは、第３のゾーンＺ３および第５のゾーンＺ５内の貫通孔５３２とは異なる方向に第２のゾーンＺ２および第４のゾーン４内の貫通孔５３２を抜ける。さらに、異なるゾーン内の貫通孔５３２と基板との間の距離も異なる。したがって、シャワーヘッド５００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルは、シャワーヘッド２００、３００、および４００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルとは異なる。

【００９８】

図６は、本開示にかかるフェイスプレートを含むシャワーヘッド６００を示す。フェイ

スプレートは、以下で詳細に説明するような外側コンタリングを含む。シャワーヘッド６００は、基部６０２とステム部２０４とを含む。基部６０２は、バックプレート２１０とフェイスプレート６１２とを含む。フェイスプレート６１２は、概してＣ形状で、かつ筒状でもある。具体的には、フェイスプレート６１２は、筒状基部６２０と側壁６２２とを含む。側壁６２２は、筒状基部６２０から延びる。側壁６２２は、バックプレート２１０に向かって延びてバックプレート２１０に取り付けられる。具体的には、側壁６２２は、バックプレート２１０のＯＤに取り付けられる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁６２２の内面６２３に対して直角である。

【００９９】

バックプレート２１０およびフェイスプレート６１２は、プレナム６３０を規定する。具体的には、バックプレート２１０の底面２１１、筒状基部６２０の上面６２１、および側壁６２２の内面６２３がプレナム６３０を規定する。プレナム６３０は、入口２０６と流体連通している。

【０１００】

筒状基部６２０の、基板とは離れた位置に面する上面６２１は平坦である。筒状基部６２０の上面６２１は、側壁６２２の内面６２３に対して直角である。筒状基部６２０の上面６２１は、バックプレート２１０の底面２１１と平行である。筒状基部６２０の底面６３４は平坦でない。代わりに、筒状基部６２０の底面６３４はコンタリングされている。

【０１０１】

具体的には、底面６３４の第１の部分６５０は、第１の距離だけ、側壁６２２のＯＤから径方向内側に延びる。第１の部分６５０は、第１の距離だけ、側壁６２２から直角に延びる。第１の部分６５０は、第１の距離だけ、筒状基部６２０の上面６２１と平行に、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。

【０１０２】

そして、底面６３４の第２の部分６５２は、第２の距離だけ、第１の部分６５０から径方向内側に延びる。第２の部分６５２は、第２の距離だけ、筒状基部６２０の上面６２１に向かって先細になる。第２の部分６５２は、第２の距離だけ、筒状基部６２０の中心に向かって先細になる。

【０１０３】

そして、底面４３４の第３の部分６５４は、第３の距離だけ、第２の部分６５２から筒状基部６２０の中心まで延びる。第３の部分６５４は、第３の距離だけ、筒状基部６２０の上面６２１と平行に延びる。筒状基部６２０の、基板とは離れた位置に面する上面６２１は、側壁６２２の内面６２３に対して直角であり、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。したがって、底面６３４の第３の部分６５４もまた、第３の距離だけ、側壁６２２の内面６２３に対して直角に延び、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。

【０１０４】

筒状基部６２０の底面６３４はフェイスプレート６１２の外面でもあるため、上述の概して凹状の底面６３４の形成は、フェイスプレート６１２の外側コンタリングとも称される。なお、底面６３４のコンタリングは、筒状基部６２０の底面６３４上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、底面６３４のコンタリングは、筒状基部６２０の底面６３４上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、第１、第２、および第３の距離は変動可能である。さらに、底面６３４のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。

【０１０５】

筒状基部６２０は、複数の貫通孔６３２－１、６３２－２、６３２－３、・・・、および６３２－Ｎ（集合的に貫通孔６３２）を含む。貫通孔６３２は、フェイスプレート６１２の底からフェイスプレート６１２の上部に延びる。具体的には、貫通孔６３２は、筒状基部６２０の底から筒状基部６２０の上部に延びる。より具体的には、貫通孔６３２は、筒状基部６２０の底面６３４から筒状基部６２０の上面６２１に延びる。底面６３４は基

板に面し、上面６２１は基板とは離れた位置に面する。底面６３４は、筒状基部６２０の外面６３４と称されてもよく、上面６２１は、筒状基部６２０の内面６２１と称されてもよい。

【０１０６】

貫通孔６３２は、筒状基部６２０を通って、筒状基部６２０およびバックプレート２１０が置かれる面に対して直角な軸に沿って垂直に延びる。貫通孔６３２は、筒状基部６２０の中心から側壁６２２のＩＤにかけて分布する。貫通孔６３２は、プレナム６３０および入口２０６と流体連通している。入口２０６から受け取ったガスは、プレナム６３０を通って、貫通孔６３２を介して処理チャンバ内に流れる。

【０１０７】

筒状基部６２０の底面６３４のコンタリングによって、図示されるように、筒状基部６２０内の貫通孔６３２の高さ（または深さ）が側壁６２２のＩＤから筒状基部６２０の中心にかけて変動する。貫通孔６３２の高さが変動することにより、プロセスガスの流れに対する抵抗がシャワーヘッド６００の半径にわたって変化する。プロセスガスの流れに対する抵抗が半径にわたって変化することにより、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルが変化する。

【０１０８】

加えて、筒状基部６２０の底面６３４のコンタリングによって、プロセスガスが貫通孔６３２を抜ける方向も変動し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。さらに、図１を参照して上記で説明したように、シャワーヘッド６００と基板との間の隙間は変動可能である。隙間を変化させることでプラズマ密度、シャワーヘッド６００、および基板が変化し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。

【０１０９】

具体的には、筒状基部６２０の底面６３４のコンタリングによって、筒状基部６２０は複数の同心円状の径方向ゾーンに分割される。図示の例では、筒状基部６２０は、それぞれＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の同心円状の径方向ゾーンに分割される。筒状基部６２０の第１のゾーンＺ１は、第１の距離だけ、側壁６２２のＯＤから筒状基部６２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第１のゾーンＺ１のＯＤは、側壁６２２のＩＤと同じである。筒状基部６２０の第２のゾーンＺ２は、第２の距離だけ、第１のゾーンＺ１のＩＤから筒状基部６２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第２のゾーンＺ２のＯＤは、第１のゾーンＺ１のＩＤと同じである。筒状基部６２０の第３のゾーンＺ３は、第３の距離だけ、第２のゾーンＺ２のＩＤから筒状基部６２０の中心まで径方向内側に延びる。第３のゾーンＺ３のＯＤは、第２のゾーンＺ２のＩＤと同じである。

【０１１０】

第１のゾーンＺ１の幅（すなわち、第１のゾーンＺ１のＯＤとＩＤとの間の差）は、第１の距離と等しい。第２のゾーンＺ２の幅（すなわち、第２のゾーンＺ２のＯＤとＩＤとの間の差）は、第２の距離と等しい。第３のゾーンＺ３の幅（すなわち、第３のゾーンＺ３のＯＤと筒状基部６２０の中心との間の距離）は、第３の距離と等しい。筒状基部６２０のＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の径方向ゾーン内の貫通孔６３２の高さは、以下のように変動する。

【０１１１】

筒状基部６２０の底面６３４のコンタリングによって、側壁６２２のＩＤに最も近い、最も外側にある第１のゾーンＺ１内の貫通孔６３２の高さは、第２のゾーンＺ２および第３のゾーンＺ３内の貫通孔６３２の高さよりも大きい。筒状基部６２０の中心に最も近い、最も内側にある第３のゾーンＺ３内の貫通孔６３２の高さは、第１のゾーンＺ１および第２のゾーンＺ２内の貫通孔６３２の高さよりも小さい。したがって、最も外側にある第１のゾーンＺ１内の貫通孔６３２は、プロセスガスの流れに対して最も大きな抵抗をもたらし、最も内側にある第３のゾーンＺ２内の貫通孔６３２は、プロセスガスの流れに対し

て最も小さな抵抗をもたらす。第２ゾーン２内の貫通孔６３２の高さは、第１のゾーンＺ１内の貫通孔６３２の高さよりも小さく、第３のゾーンＺ３内の貫通孔６３２の高さよりも大きい。したがって、第２のゾーンＺ２内の貫通孔６３２は、プロセスガスの流れに対して、第１のゾーンＺ１内の貫通孔６３２よりも小さな抵抗をもたらし、かつ第３のゾーンＺ３内の貫通孔６３２よりも大きな抵抗をもたらす。

【０１１２】

具体的には、第２のゾーンＺ２内の貫通孔６３２の高さは、第２のゾーンＺ２内のコンタリング部分にわたって変動するため、第２のゾーンＺ２内の貫通孔６３２は、プロセスガスの流れに対して変動する抵抗をもたらす。具体的には、第２のゾーンＺ２内の貫通孔６３２の高さは、第２のゾーンＺ２のＯＤから筒状基部６２０の中心に向かって（すなわち、第２のゾーンＺ２のＩＤに向かって）徐々に減少する。したがって、第２のゾーンＺ２内の貫通孔６３２は、プロセスガスの流れに対して、第２のゾーンＺ２のＯＤから筒状基部６２０の中心に向かって（すなわち、第２のゾーンＺ２のＩＤに向かって）徐々に減少する抵抗をもたらす。最も内側にある第３のゾーンＺ３内の貫通孔６３２は、プロセスガスの流れに対して最も小さな抵抗をもたらす。

【０１１３】

さらに、コンタリングによって、プロセスガスは、第１のゾーンＺ１および第３のゾーンＺ３内の貫通孔６３２とは異なる方向に第２のゾーンＺ２内の貫通孔６３２を抜ける。さらに、異なるゾーン内の貫通孔６３２と基板との間の距離も異なる。したがって、シャワーヘッド６００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルは、図２～図５に図示されるシャワーヘッドを使用して処理された基板のフィルムプロファイルとは異なる。

内側コンタリングおよび外側コンタリングを伴うフェイスプレート

【０１１４】

図７は、本開示にかかるフェイスプレートを含むシャワーヘッド７００を示す。フェイスプレートは、以下で詳細に説明するような内側コンタリングおよび外側コンタリングの両方を含む。シャワーヘッド７００は、基部７０２とステム部２０４とを含む。基部７０２は、バックプレート２１０とフェイスプレート７１２とを含む。フェイスプレート７１２は、図３および図４に示すフェイスプレート３０２および４０２の特徴の組み合わせを含む。

【０１１５】

フェイスプレート７１２は、概してＣ形状で、かつ筒状でもある。具体的には、フェイスプレート７１２は、筒状基部７２０と側壁７２２とを含む。側壁７２２は、筒状基部７２０から延びる。側壁７２２は、バックプレート２１０に向かって延びてバックプレート２１０に取り付けられる。具体的には、側壁７２２は、バックプレート２１０のＯＤに取り付けられる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁７２２の内面７２３に対して直角である。

【０１１６】

バックプレート２１０およびフェイスプレート７１２は、プレナム７３０を規定する。具体的には、バックプレート２１０の底面２１１、筒状基部７２０の上面７２１、および側壁７２２の内面７２３がプレナム７３０を規定する。プレナム７３０は、入口２０６と流体連通している。

【０１１７】

筒状基部７２０の、基板とは離れた位置に面する上面７２１、および基板に面する底面７３４はいずれも平坦でなく、代わりに、コンタリングされている。例えば、筒状基部７２０の上面７２１は、概して凹状であり、筒状基部７２０の底面７３４は、概して凸状である。

【０１１８】

具体的には、上面７２１の第１の部分７５０は、第１の距離だけ、側壁７２２のＩＤから径方向内側に延びる。第１の部分７５０は、第１の距離だけ、側壁７２２の内面７２３から直角に延びる。第１の部分７５０は、第１の距離だけ、バックプレート２１０の底面

２１１と平行に延びる。そして、上面７２１の第２の部分７５２は、第２の距離だけ、第１の部分７５０から径方向内側に延び、筒状基部７２０の底面７３４に向かって先細になる。第２の部分７５２は、第２の距離だけ、筒状基部７２０の中心に向かって先細になる。

【０１１９】

そして、上面７２１の第３の部分７５４は、第３の距離だけ、第２の部分７５２から筒状基部７２０の中心まで延びる。第３の部分７５４は、第３の距離だけ、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁７２２の内面７２３に対して直角である。したがって、上面７２１の第３の部分７５４もまた、第３の距離だけ、側壁７２２の内面７２３に対して直角に延びる。

【０１２０】

筒状基部７２０の上面７２１はフェイスプレート７１２の内面でもあるため、上述の概して凹状の上面７２１の形成は、フェイスプレート７１２の内側コンタリングとも称される。なお、上面７２１のコンタリングは、筒状基部７２０の上面７２１上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、上面７２１のコンタリングは、筒状基部７２０の上面７２１上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、上面７２１についての第１、第２、および第３の距離は変動可能である。さらに、上面７２１のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。

【０１２１】

さらに、底面７３４の第１の部分７５１は、第１の距離だけ、側壁７２２のＯＤから径方向内側に延びる。第１の部分７５１は、第１の距離だけ、側壁７２２から直角に延びる。第１の部分７５１は、第１の距離だけ、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。そして、底面７３４の第２の部分７５３は、第２の距離だけ、第１の部分７５１から径方向内側に延びる。第２の部分７５３は、第２の距離だけ、上面７２１に対して離れる方向に筒状基部７２０の中心に向かって先細になる。

【０１２２】

そして、底面７３４の第３の部分７５５は、第３の距離だけ、第２の部分７５３から筒状基部７２０の中心まで延びる。第３の部分７５５は、第３の距離だけ、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁７２２の内面７２３に対して直角である。したがって、底面７３４の第３の部分７５５もまた、第３の距離だけ、側壁７２２の内面７２３に対して直角に延びる。

【０１２３】

筒状基部７２０の底面７３４はフェイスプレート７１２の外面でもあるため、上述の概して凸状の底面７３４の形成は、フェイスプレート７１２の外側コンタリングとも称される。なお、底面７３４のコンタリングは、筒状基部７２０の底面７３４上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、底面７３４のコンタリングは、筒状基部７２０の底面７３４上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、底面７３４についての第１、第２、および第３の距離は変動可能である。さらに、底面７３４のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。

【０１２４】

筒状基部７２０の上面７２１および底面７３４のコンタリングは、対称に示されるが、上面７２１および底面７３４のコンタリングは、非対称であってもよい。例えば、いくつかの適用では、上面７２１および底面７３４についての第１、第２、および第３の距離は、別様に変動可能である。

【０１２５】

筒状基部７２０は、複数の貫通孔７３２－１、７３２－２、７３２－３、・・・、および７３２－Ｎ（集合的に貫通孔７３２）を含む。貫通孔７３２は、フェイスプレート７１２の底からフェイスプレート７１２の上部に延びる。具体的には、貫通孔７３２は、筒状基部７２０の底から筒状基部７２０の上部に延びる。より具体的には、貫通孔７３２は、筒状基部７２０の底面７３４から筒状基部７２０の上面７２１に延びる。底面７３４は基

板に面し、上面７２１は基板とは離れた位置に面する。底面７３４は、筒状基部７２０の外面７３４と称されてもよく、上面７２１は、筒状基部７２０の内面７２１と称されてもよい。

【０１２６】

貫通孔７３２は、筒状基部７２０を通って、筒状基部７２０およびバックプレート２１０が置かれる面に対して直角な軸に沿って垂直に延びる。貫通孔７３２は、筒状基部７２０の中心から側壁７２２のＩＤにかけて分布する。貫通孔７３２は、プレナム７３０および入口２０６と流体連通している。入口２０６から受け取ったガスは、プレナム７３０を通って、貫通孔７３２を介して処理チャンバ内に流れる。

【０１２７】

筒状基部７２０の上面７２１および底面７３４のコンタリングによって、筒状基部７２０内の貫通孔７３２の高さ（または深さ）が側壁７２２のＩＤから筒状基部７２０の中心にかけて変動可能である。例えば、上面７２１および底面７３４の一部が延びる距離は同一に図示されるが、それらの距離は異なり得る。したがって、図示の例では、貫通孔７３２の高さは同じに示されるが、異なるゾーンにおいて貫通孔７３２の高さは異なり得る（以下で説明される）。貫通孔７３２の高さが変動することにより、プロセスガスの流れに対する抵抗がシャワーヘッド７００の半径にわたって変化する。プロセスガスの流れに対する抵抗が半径にわたって変化することにより、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルが変化する。

【０１２８】

加えて、筒状基部７２０の底面７３４のコンタリングによって、プロセスガスが貫通孔７３２を抜ける方向も変動し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。さらに、図１を参照して上記で説明したように、シャワーヘッド７００と基板との間の隙間は変動可能である。隙間を変化させることでプラズマ密度、シャワーヘッド７００、および基板が変化し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。

【０１２９】

具体的には、筒状基部７２０の上面７２１および底面７３４のコンタリングによって、筒状基部７２０は複数の同心円状の径方向ゾーンに分割される。図示の例では、筒状基部７２０は、それぞれＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の同心円状の径方向ゾーンに分割される。筒状基部７２０の第１のゾーンＺ１は、第１の距離だけ、側壁７２２のＩＤから筒状基部７２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第１のゾーンＺ１のＯＤは、側壁７２２のＩＤと同じである。筒状基部７２０の第２のゾーンＺ２は、第２の距離だけ、第１のゾーンＺ１のＩＤから筒状基部７２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第２のゾーンＺ２のＯＤは、第１のゾーンＺ１のＩＤと同じである。筒状基部７２０の第３のゾーンＺ３は、第３の距離だけ、第２のゾーンＺ２のＩＤから筒状基部７２０の中心まで径方向内側に延びる。第３のゾーンＺ３のＯＤは、第２のゾーンＺ２のＩＤと同じである。

【０１３０】

第１のゾーンＺ１の幅（すなわち、第１のゾーンＺ１のＯＤとＩＤとの間の差）は、第１の距離と等しい。第２のゾーンＺ２の幅（すなわち、第２のゾーンＺ２のＯＤとＩＤとの間の差）は、第２の距離と等しい。第３のゾーンＺ３の幅（すなわち、第３のゾーンＺ３のＯＤと筒状基部７２０の中心との間の距離）は、第３の距離と等しい。筒状基部７２０のＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の径方向ゾーン内の貫通孔７３２の高さは、筒状基部７２０の上面７２１および底面７３４のコンタリングに応じて変動可能である。さらに、筒状基部７２０の底面７３４のコンタリングによって、プロセスガスは、第１のゾーンＺ１および第３のゾーンＺ３内の貫通孔７３２とは異なる方向に第２のゾーンＺ２内の貫通孔７３２を抜ける。さらに、異なるゾーン内の貫通孔７３２と基板との間の距離も異なる。したがって、シャワーヘッド７００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルは、図２～図６に図示されるシャワーヘッドを使用して

処理された基板のフィルムプロファイルとは異なる。

【０１３１】

図８は、本開示にかかるフェイスプレートを含むシャワーヘッド８００を示す。フェイスプレートは、以下で詳細に説明するような内側コンタリングおよび外側コンタリングの両方を含む。シャワーヘッド８００は、基部８０２とステム部２０４とを含む。基部８０２は、バックプレート２１０とフェイスプレート８１２とを含む。フェイスプレート８１２は、図３および図５に示すフェイスプレート３０２および５０２の特徴の組み合わせを含む。

【０１３２】

フェイスプレート８１２は、概してＣ形状で、かつ筒状でもある。具体的には、フェイスプレート８１２は、筒状基部８２０と側壁８２２とを含む。側壁８２２は、筒状基部８２０から延びる。側壁８２２は、バックプレート２１０に向かって延びてバックプレート２１０に取り付けられる。具体的には、側壁８２２は、バックプレート２１０のＯＤに取り付けられる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁８２２の内面８２３に対して直角である。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁８２２の内面８２３に対して直角である。

【０１３３】

バックプレート２１０およびフェイスプレート８１２は、プレナム８３０を規定する。具体的には、バックプレート２１０の底面２１１、筒状基部８２０の上面８２１、および側壁８２２の内面８２３がプレナム８３０を規定する。プレナム８３０は、入口２０６と流体連通している。

【０１３４】

筒状基部８２０の、基板とは離れた位置に面する上面８２１、および基板に面する底面８３４はいずれも平坦でなく、代わりに、コンタリングされている。例えば、筒状基部８２０の上面８２１は、概して凹状であり、筒状基部８２０の底面８３４は、概して凸状である。

【０１３５】

具体的には、上面８２１の第１の部分８５０は、第１の距離だけ、側壁８２２のＩＤから径方向内側に延びる。第１の部分８５０は、第１の距離だけ、側壁８２２の内面８２３から直角に延びる。第１の部分８５０は、第１の距離だけ、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。そして、上面８２１の第２の部分８５２は、第２の距離だけ、第１の部分８５０から径方向内側に延び、筒状基部８２０の底面８３４に向かって先細になる。第２の部分８５２は、第２の距離だけ、筒状基部８２０の中心に向かって先細になる。

【０１３６】

そして、上面８２１の第３の部分８５４は、第３の距離だけ、第２の部分８５２から筒状基部８２０の中心まで延びる。第３の部分８５４は、第３の距離だけ、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁８２２の内面８２３に対して直角である。上面８２１の第３の部分８５４もまた、第３の距離だけ、側壁８２２の内面８２３に対して直角に延びる。

【０１３７】

筒状基部８２０の上面８２１はフェイスプレート８１２の内面でもあるため、上述の概して凹状の上面８２１の形成は、フェイスプレート８１２の内側コンタリングとも称される。なお、上面８２１のコンタリングは、筒状基部８２０の上面８２１上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、上面８２１のコンタリングは、筒状基部８２０の上面８２１上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、上面８２１についての第１、第２、および第３の距離は変動可能である。さらに、上面８２１のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。

【０１３８】

さらに、底面８３４の第１の部分８６０は、第１の距離だけ、側壁８２２のＯＤから径

方向内側に延びる。第１の部分８６０は、第１の距離だけ、側壁８２２から直角に延び、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。そして底面８３４の第２の部分８６２は、第２の距離だけ、第１の部分８６０から延びる。第２の部分８６０は、第２の距離だけ、上面８２１に向かって径方向内側に先細になる。第２の部分８６２は、第２の距離だけ、筒状基部８２０の中心に向かって先細になる。

【０１３９】

そして、底面８３４の第３の部分８６４は、第３の距離だけ、第２の部分８６２から延びる。第３の部分８６４は、第３の距離だけ、筒状基部８２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第３の部分８６４は、第３の距離だけ、側壁８２２に対して直角に延び、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行である。第３の部分８６４は、第１の部分８６０とも平行である。なお、筒状基部８２０の底面８３４についての第１、第２、および第３の距離は、筒状基部８２０の上面８２１についての第１、第２、および第３の距離とは異なる。

【０１４０】

そして、底面８３４の第４の部分８６６は、第４の距離だけ、第３の部分８６４から延びる。第４の部分８６６は、第４の距離だけ、上面８２１に対して離れる方向に筒状基部８２０の中心に向かって先細になる。そして、底面８３４の第５の部分８６８は、第５の距離だけ、第４の部分８６６から延びる。第５の部分８６８は、第５の距離だけ、第４の部分８６６から筒状基部８２０の中心まで延びる。第５の部分８６８は、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。第５の部分８６８は、第５の距離だけ、側壁８２２の内面８２３に対して直角に延びる。第５の部分８６８は、第３の部分８６４および第１の部分８６０とも平行である。

【０１４１】

筒状基部８２０の底面８３４はフェイスプレート８１２の外面でもあるため、上述の概して凸状の底面８３４の形成は、フェイスプレート８１２の外側コンタリングとも称される。なお、底面８３４のコンタリングは、筒状基部８２０の底面８３４上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、底面８３４のコンタリングは、筒状基部８２０の底面８３４上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、いくつかの適用では、底面８３４についての第１、第２、第３、第４、および第５の距離は別様に変動可能である。さらに、底面８３４のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。

【０１４２】

筒状基部８２０の上面８２１および底面８３４の一部のコンタリングは、対称に示されるが、上面８２１および底面８３４のこれらの部分のコンタリングは、非対称であってもよい。例えば、いくつかの適用では、上面８２１についての第２の距離および第３の距離と、底面８３４についての第４の距離および第５の距離とが別様に変動可能である。

【０１４３】

筒状基部８２０は、複数の貫通孔８３２－１、８３２－２、８３２－３、・・・、および８３２－Ｎ（集合的に貫通孔８３２）を含む。貫通孔８３２は、フェイスプレート８１２の底からフェイスプレート８１２の上部に延びる。具体的には、貫通孔８３２は、筒状基部８２０の底から筒状基部８２０の上部に延びる。より具体的には、貫通孔８３２は、筒状基部８２０の底面８３４から筒状基部８２０の上面８２１に延びる。底面８３４は基板に面し、上面８２１は基板とは離れた位置に面する。底面８３４は、筒状基部８２０の外面８３４と称されてもよく、上面８２１は、筒状基部８２０の内面８２１と称されてもよい。

【０１４４】

貫通孔８３２は、筒状基部８２０を通って、筒状基部８２０およびバックプレート２１０が置かれる面に対して直角な軸に沿って垂直に延びる。貫通孔８３２は、筒状基部８２０の中心から側壁８２２のＩＤにかけて分布する。貫通孔８３２は、プレナム８３０および入口２０６と流体連通している。入口２０６から受け取ったガスは、プレナム８３０を通って、貫通孔８３２を介して処理チャンバ内に流れる。

【０１４５】
筒状基部８２０の上面８２１および底面８３４のコンタリングによって、筒状基部８２０内の貫通孔８３２の高さ（または深さ）が側壁８２２のＩＤから筒状基部８２０の中心にかけて変動可能である。例えば、上面８２１および底面８３４のコンタリングの部分は類似して図示されるが、上面８２１および底面８３４のこれらの部分のコンタリングは異なり得る。したがって、図示の例では、一部の貫通孔８３２の高さは同じに示されるが、図３および図５を参照して上記で説明されたものと同様に、異なるゾーンにおいて貫通孔８３２の高さは異なり得る。

【０１４６】
さらに、図示の例では、側壁８２２のＩＤに最も近い、最も外側のゾーン内の貫通孔８３２の高さは、残りの貫通孔８３２の高さよりも大きい。最も外側のゾーンの例としては、図５に第２のゾーンＺ２として示される。さらに、筒状基部８２０の底面８３４のコンタリングによって、最も外側にあるゾーン内の貫通孔８３２の高さは変動し、したがって、プロセスガスの流れに対して変動する抵抗をもたらす。具体的には、最も外側にあるゾーン内の貫通孔８３２の高さは、側壁８２２のＩＤから筒状基部８２０の中心に向かって徐々に減少する。したがって、最も外側にあるゾーン内の貫通孔８３２は、プロセスガスの流れに対して、側壁８２２のＩＤから筒状基部８２０の中心に向かって徐々に減少する抵抗をもたらす。

【０１４７】
したがって、貫通孔８３２の高さが変動することにより、プロセスガスの流れに対する抵抗がシャワーヘッド８００の半径にわたって変化する。プロセスガスの流れに対する抵抗が半径にわたって変化することにより、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルが変化する。加えて、筒状基部８２０の底面８３４のコンタリングによって、プロセスガスが貫通孔８３２を抜ける方向も変動し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。また、異なるゾーン内の貫通孔８３２と基板との間の距離も異なる。さらに、図１を参照して上記で説明したように、シャワーヘッド８００と基板との間の隙間は変動可能である。隙間を変化させることでプラズマ密度、シャワーヘッド８００、および基板が変化し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。したがって、シャワーヘッド８００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルは、図２～図７に図示されるシャワーヘッドを使用して処理された基板のフィルムプロファイルとは異なる。

【０１４８】
図９は、図８に図示されるシャワーヘッド８００の変形例であるシャワーヘッド９００を示す。シャワーヘッド９００は、本開示にかかるフェイスプレート８１２－１を含む。シャワーヘッド９００は、フェイスプレート８１２－１における以下の違いを除いて、シャワーヘッド８００と同様である。図８を参照して上記で説明したように、シャワーヘッド８００では、筒状基部８２０の上面８２１の第１の部分８５０は、第１の距離だけ、バックプレート２１０底面２１１と平行に延びる。代わりに、シャワーヘッド９００では、上面８２１の最も外側の部分は、図９の８７０に示されるように先細になっている。したがって、図８に示される第１の部分８５０は、図９に第１の部分８５０－１として示される。

【０１４９】
具体的には、上面８２１の最も外側の部分８７０は、第４の距離だけ、側壁８２２のＩＤから径方向内側に延びる。最も外側の部分８７０は、第４の距離だけ、バックプレート２１０の底面２１１に向かって延びる。そして、第１の部分８５０－１は、図８に図示される第１の部分８５０を参照して説明された第１の距離よりも短い距離だけ、最も外側の部分８７０から径方向内側に延びる。第１の部分８５０－１は、第１の距離より短い距離だけ、側壁８２２の内面８２３に対して直角に、かつバックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。シャワーヘッド９００の残りの箇所は、シャワーヘッド８００の残りの箇所と同様である。

【０１５０】
先細になった最も外側の部分８７０によって、最も外側の（例えば、図５に示される第２のゾーンＺ２内の）貫通孔８３２の高さは変動し、プロセスガスの流れに対して変動する抵抗をもたらす。加えて、最も外側の部分８７０が先細ることで、プロセスガスが最も外側の貫通孔８３２を抜ける方向も変動し、それによって、シャワーヘッド８００と比較して、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。さらに、最も外側の貫通孔８３２と基板との間の距離も異なる。したがって、シャワーヘッド９００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルは、シャワーヘッド８００、ならびに図２～図７に図示される他のシャワーヘッドを使用して処理された基板のフィルムプロファイルとは異なる。

【０１５１】
図１０は、本開示にかかるフェイスプレートを含むシャワーヘッド１０００を示す。フェイスプレートは、以下で詳細に説明するような内側コンタリングおよび外側コンタリングの両方を含む。シャワーヘッド１０００は、基部１００２とステム部２０４とを含む。基部１００２は、バックプレート２１０とフェイスプレート１０１２とを含む。フェイスプレート１０１２は、図３および図６に示すフェイスプレート３０２および６０２の特徴の組み合わせを含む。

【０１５２】
フェイスプレート１０１２は、概してＣ形状で、かつ筒状でもある。具体的には、フェイスプレート１０１２は、筒状基部１０２０と側壁１０２２とを含む。側壁１０２２は、筒状基部１０２０から延びる。側壁１０２２は、バックプレート２１０に向かって延びてバックプレート２１０に取り付けられる。具体的には、側壁１０２２は、バックプレート２１０のＯＤに取り付けられる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁１０２２の内面１０２３に対して直角である。

【０１５３】
バックプレート２１０およびフェイスプレート１０１２は、プレナム１０３０を規定する。具体的には、バックプレート２１０の底面２１１、筒状基部１０２０の上面１０２１、および側壁１０２２の内面１０２３がプレナム１０３０を規定する。プレナム１０３０は、入口２０６と流体連通している。

【０１５４】
筒状基部１０２０の、基板とは離れた位置に面する上面１０２１、および基板に面する底面１０３４はいずれも平坦でなく、代わりに、コンタリングされている。例えば、筒状基部１０２０の上面１０２１は、概して凹状であり、筒状基部１０２０の底面１０３４もまた、概して凹状である。図示の例では、筒状基部１０２０の上面１０２１および底面１０３４のコンタリングは、筒状基部１０２０の上面１０２１および底面１０３４が互いに鏡像のようになっている。しかしながら、いくつかの適用では、筒状基部１０２０の上面１０２１および底面１０３４のコンタリングは異なり得る。

【０１５５】
図示のように、上面１０２１の第１の部分１０５０は、第１の距離だけ、側壁１０２２のＩＤから径方向内側に延びる。第１の部分１０５０は、第１の距離だけ、側壁１０２２の内面１０２３から直角に延びる。第１の部分１０５０は、第１の距離だけ、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。そして、上面１０２１の第２の部分１０５２は、第２の距離だけ、第１の部分１０５０から径方向内側に延び、筒状基部１０２０の底面１０３４に向かって先細になる。第２の部分１０５２は、第２の距離だけ、筒状基部１０２０の中心に向かって先細になる。そして、上面１０２１の第３の部分１０５４は、第３の距離だけ、第２の部分１０５２から筒状基部１０２０の中心まで延びる。第３の部分１０５４は、第３の距離だけ、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁１０２２の内面１０２３に対して直角である。したがって、上面１０２１の第３の部分１０５４もまた、第３の距離だけ、側壁１０２２の内面１０２３に対して直角に延びる。

【０１５６】
筒状基部１０２０の上面１０２１はフェイスプレート１０１２の内面でもあるため、上述の概して凹状の上面１０２１の形成は、フェイスプレート１０１２の内側コンタリングとも称される。なお、上面１０２１のコンタリングは、筒状基部１０２０の上面１０２１上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、上面１０２１のコンタリングは、筒状基部１０２０の上面１０２１上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、上面１０２１についての第１、第２、および第３の距離は変動可能である。さらに、上面１０２１のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。
【０１５７】
さらに、底面１０３４の第１の部分１０５１は、第１の距離だけ、側壁１０２２のＯＤから径方向内側に延びる。第１の部分１０５１は、第１の距離だけ、側壁１０２２から直角に延びる。第１の部分１０５１は、第１の距離だけ、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。上面１０２１の第１の部分１０５１は、底面１０３４の第１の部分１０５０と平行である。そして、底面１０３４の第２の部分１０５３は、第２の距離だけ、第１の部分１０５１から径方向内側に延びる。第２の部分１０５３は、第２の距離だけ、筒状基部１０２０の上面１０２１に向かって先細になる。第２の部分１０５３は、第２の距離だけ、筒状基部１０２０の中心に向かって先細になる。
【０１５８】
そして、底面１０３４の第３の部分１０５５は、第３の距離だけ、第２の部分１０５３から筒状基部１０２０の中心まで延びる。第３の部分１０５５は、バックプレート２１０の底面２１１と平行に延びる。バックプレート２１０の底面２１１は、側壁１０２２の内面１０２３に対して直角である。したがって、底面１０３４の第３の部分１０５５もまた、第３の距離だけ、側壁１０２２の内面１０２３に対して直角に延びる。上面１０２１の第３の部分１０５４は、底面１０３４の第３の部分１０５５と平行である。
【０１５９】
筒状基部１０２０の底面１０３４はフェイスプレート１０１２の外面でもあるため、上述の概して凹状の底面１０３４の形成は、フェイスプレート１０１２の外側コンタリングとも称される。なお、底面１０３４のコンタリングは、筒状基部１０２０の底面１０３４上の任意の径方向位置で開始してよい。同様に、底面１０３４のコンタリングは、筒状基部１０２０の底面１０３４上の任意の径方向位置で終了してもよい。例えば、底面１０３４についての第１、第２、および第３の距離は変動可能である。さらに、底面１０３４のコンタリング部分の傾きは、線形または多項式であってよい。
【０１６０】
図示の例では、第１、第２、第３の距離は、上面１０２１および底面１０３４について等しく示されている。しかしながら、いくつかの適用では、上面１０２１についての第１、第２、第３の距離は、底面１０３４についての第１、第２、第３の距離と異なっていてもよい。したがって、上面１０２１および底面１０３４のコンタリングは、対称に示されるが、上面１０２１および底面１０３４のコンタリングは、非対称であり得る。
【０１６１】
筒状基部１０２０は、複数の貫通孔１０３２－１、１０３２－２、１０３２－３、・・・、および１０３２－Ｎ（集合的に貫通孔１０３２）を含む。貫通孔１０３２は、フェイスプレート１０１２の底からフェイスプレート１０１２の上部に延びる。具体的には、貫通孔１０３２は、筒状基部１０２０の底から筒状基部１０２０の上部に延びる。より具体的には、貫通孔１０３２は、筒状基部１０２０の底面１０３４から筒状基部１０２０の上面１０２１に延びる。底面１０３４は基板に面し、上面１０２１は基板とは離れた位置に面する。底面１０３４は、筒状基部１０２０の外面１０３４と称されてもよく、上面１０２１は、筒状基部１０２０の内面１０２１と称されてもよい。
【０１６２】
貫通孔１０３２は、筒状基部１０２０を通って、筒状基部１０２０およびバックプレート２１０が置かれる面に対して直角な軸に沿って垂直に延びる。貫通孔１０３２は、筒状

基部１０２０の中心から側壁１０２２のＩＤにかけて分布する。貫通孔１０３２は、プレナム１０３０および入口２０６と流体連通している。入口２０６から受け取ったガスは、プレナム１０３０を通って、貫通孔１０３２を介して処理チャンバ内に流れる。

【０１６３】

筒状基部１０２０の上面１０２１および底面１０３４のコンタリングによって、筒状基部１０２０内の貫通孔１０３２の高さ（または深さ）が側壁１０２２のＩＤから筒状基部１０２０の中心にかけて変動可能である。貫通孔１０３２の高さが変動することにより、プロセスガスの流れに対する抵抗がシャワーヘッド１０００の半径にわたって変化する。プロセスガスの流れに対する抵抗が半径にわたって変化することにより、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルが変化する。

【０１６４】

加えて、筒状基部１０２０の底面１０３４のコンタリングによって、プロセスガスが貫通孔１０３２を抜ける方向も変動し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。さらに、図１を参照して上記で説明したように、シャワーヘッド１０００と基板との間の隙間は変動可能である。隙間を変化させることでプラズマ密度、シャワーヘッド１０００、および基板が変化し、それによって、基板上に堆積されるフィルムのフィルムプロファイルがさらに変化する。

【０１６５】

具体的には、筒状基部１０２０の上面１０２１および底面１０３４のコンタリングによって、筒状基部１０２０は複数の同心円状の径方向ゾーンに分割される。図示の例では、筒状基部１０２０は、それぞれＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の同心円状の径方向ゾーンに分割される。筒状基部１０２０の第１のゾーンＺ１は、第１の距離だけ、側壁１０２２のＩＤから筒状基部１０２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第１のゾーンＺ１のＯＤは、側壁１０２２のＩＤと同じである。筒状基部１０２０の第２のゾーンＺ２は、第２の距離だけ、第１のゾーンＺ１のＩＤから筒状基部１０２０の中心に向かって径方向内側に延びる。第２のゾーンＺ２のＯＤは、第１のゾーンＺ１のＩＤと同じである。筒状基部１０２０の第３のゾーンＺ３は、第３の距離だけ、第２のゾーンＺ２のＩＤから筒状基部１０２０の中心まで径方向内側に延びる。第３のゾーンＺ３のＯＤは、第２のゾーンＺ２のＩＤと同じである。

【０１６６】

第１のゾーンＺ１の幅（すなわち、第１のゾーンＺ１のＯＤとＩＤとの間の差）は、第１の距離と等しい。第２のゾーンＺ２の幅（すなわち、第２のゾーンＺ２のＯＤとＩＤとの間の差）は、第２の距離と等しい。第３のゾーンＺ３の幅（すなわち、第３のゾーンＺ３のＯＤと筒状基部１０２０の中心との間の距離）は、第３の距離と等しい。筒状基部１０２０のＺ１、Ｚ２、およびＺ３として示される第１、第２、および第３の径方向ゾーン内の貫通孔１０３２の高さは、筒状基部１０２０の上面１０２１および底面１０３４のコンタリングに応じて変動可能である。

【０１６７】

例えば、最も外側にある第１のゾーンＺ１内の貫通孔１０３２の高さは、第２のゾーンＺ２および第３のゾーンＺ３内の貫通孔１０３２の高さよりも大きい。したがって、第１のゾーンＺ１内の貫通孔１０３２は、プロセスガスの流れに対して、第２のゾーンＺ２および第３のゾーンＺ３内の貫通孔１０３２よりも大きな抵抗をもたらす。最も内側にある第３のゾーンＺ３内の貫通孔１０３２の高さは、第１のゾーンＺ１および第２のゾーンＺ２内の貫通孔１０３２の高さよりも小さい。したがって、第３のゾーンＺ３内の貫通孔１０３２は、プロセスガスの流れに対して、第１のゾーンＺ１および第２のゾーンＺ２内の貫通孔１０３２よりも小さな抵抗をもたらす。

【０１６８】

さらに、第２のゾーンＺ２内の貫通孔１０３２の高さは、第２のゾーンＺ２のＯＤから第２のゾーンＺ２のＩＤにかけて（すなわち、筒状基部１０３４の中心に向かって）減少する。したがって、第２のゾーンＺ２内の貫通孔１０３２は、プロセスガスの流れに対し

て、第２のゾーンＺ２のＯＤから第２のゾーンＺ２のＩＤにかけて（すなわち、筒状基部１０３４の中心に向かって）徐々に減少する抵抗をもたらす。

【０１６９】

さらに、筒状基部１０２０の底面１０３４のコンタリングによって、プロセスガスは、第１のゾーンＺ１および第３のゾーンＺ３内の貫通孔１０３２とは異なる方向に第２のゾーンＺ２内の貫通孔１０３２を抜ける。さらに、異なるゾーン内の貫通孔１０３２と基板との間の距離も異なる。したがって、シャワーヘッド１０００を使用して処理された基板のフィルムプロファイルは、図２～図９に図示されるシャワーヘッドを使用して処理された基板のフィルムプロファイルとは異なる。

【０１７０】

なお、フェイスプレートの凸状の内側コンタリングについては明示的に示されないが、シャワーヘッド２００において、フェイスプレート２１２の筒状基部２３４の上面２２１は、凸形を有するようにコンタリング可能である。例えば、フェイスプレート２１２の筒状基部２３４の上面２２１は、バックプレート２１０の底面２１１に向かって湾曲できる。この構成では、図３を参照して説明した貫通孔の特性、および貫通孔を介するプロセスガスの流れの特性が、逆転あるいは反転されるであろう。さらに、筒状基部の上面の同様の凸状コンタリングが、図４～図１０に示すシャワーヘッドにおける筒状基部の底面のコンタリングと共に実施されることで、追加のフィルムプロファイルおよび特性を達成できる。

【０１７１】

前述の説明は本質的に単なる例示に過ぎず、本開示、その適用または使用を限定することは意図されていない。本開示の広範な教示は、様々な形で実施できる。したがって、本開示は特定の例を含むが、図面、明細書、および以下の特許請求の範囲を検討すると、他の変形例が明らかになるであろうことから、本開示の真の範囲はそのように限定されるべきではない。ある方法における１つ以上のステップは、本開示の原理を変更することなく、異なる順序で（または同時に）実行され得ることを理解すべきである。さらに、実施形態の各々は、特定の特徴を有するものとして上述されているが、本開示の任意の実施形態に関して記載されているこれらの特徴のうちのいずれか１つ以上を、他の実施形態のいずれかに実装でき、および／または、他の実施形態のいずれかの特徴と組み合わせることができ、その組み合わせは、たとえ明示的に説明されていなくてもよい。換言すれば、記載した実施形態は相互排他的ではなく、１つ以上の実施形態の順序を互いに並べ換えることは、本開示の範囲内にとどまる。

【０１７２】

要素間の空間的および機能的関係（例えば、モジュール間、回路要素間、半導体層間など）は、「接続された」、「係合された」、「結合された」、「隣接する」、「隣の」、「上の」、「上方の」、「下方の」、および「配置された」を含む様々な用語を使用して説明される。「直接」であると明示的に記載されていない限り、第１の要素と第２の要素との間の関係が上述した開示に記載されている場合、その関係は、第１の要素と第２の要素との間に他の介在要素が存在しない直接的な関係であり得るが、１つ以上の介在要素が（空間的または機能的のいずれかで）第１の要素と第２の要素との間に存在する間接的な関係でもあり得る。本明細書で使用する場合、Ａ、Ｂ、およびＣのうちの少なくとも１つ、という表現は、非排他的論理和ＯＲを使用した論理（Ａ　ＯＲ　Ｂ　ＯＲ　Ｃ）を意味すると解釈されるべきであり、「Ａのうちの少なくとも１つ、Ｂのうちの少なくとも１つ、およびＣのうちの少なくとも１つ」を意味すると解釈されるべきではない。

【０１７３】

いくつかの実装形態では、コントローラはシステムの一部であり、システムは、上述の例の一部であってもよい。そのようなシステムは、１つまたは複数の処理ツール、１つまたは複数のチャンバ、１つまたは複数の処理用プラットフォーム、および／または特定の処理部品（ウエハ台座、ガスフローシステムなど）を含む半導体処理設備を含み得る。これらのシステムは、半導体ウエハまたは基板の処理前、処理中、および処理後の電子機器

の操作を制御するために、電子機器と統合されてもよい。電子機器は、１つまたは複数のシステムの様々な部品またはサブ部品を制御し得る「コントローラ」と称する場合がある。コントローラは、処理要件および／またはシステムの種類に応じて、本明細書に開示のいずれかのプロセス（例えば、処理ガスの送達、温度設定（例えば、加熱および／または冷却）、圧力設定、真空設定、電力設定、無線周波数（ＲＦ）発生器の設定、ＲＦ整合回路の設定、周波数設定、流量設定、流体送達設定、位置および動作設定、ツールへのウエハの搬入出、ならびに、特定のシステムに接続または連動する他の搬送ツールおよび／またはロードロックへのウエハの搬入出など）を制御するようにプログラムされていてよい。

【０１７４】

概して、コントローラは、例えば、命令を受信し、命令を出し、動作を制御し、洗浄動作を可能とし、エンドポイント計測を可能にする各種集積回路、ロジック、メモリ、および／またはソフトウェアを有する電子機器として定義されてよい。集積回路は、プログラム命令を格納するファームウェアの形態のチップ、デジタル信号プロセッサ（ＤＳＰｓ）、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣｓ）として定義されたチップ、および／またはプログラム命令（例えば、ソフトウェア）を実行する１つ以上のマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラを含んでよい。プログラム命令は、様々な個別設定（またはプログラムファイル）の形でコントローラに伝達される命令であって、半導体ウエハ上もしくは半導体ウエハ用に、またはシステムに対して特定のプロセスを実行する動作パラメータを定義するものであってよい。いくつかの実施形態では、動作パラメータは、１つ以上の層、材料、金属、酸化物、ケイ素、二酸化ケイ素、表面、回路、および／またはウエハのダイの製作中に１つ以上の処理ステップを達成するためにプロセスエンジニアによって定義されるレシピの一部であってもよい。

【０１７５】

いくつかの実装形態では、コントローラは、システムと一体化された、システムに結合された、そうでなければシステムにネットワーク接続されたコンピュータの一部であってもよく、またはそのようなコンピュータに結合されていてもよく、またはそれらの組み合わせであってもよい。例えば、コントローラは、「クラウド」内、または、ウエハ処理のリモートアクセスを可能とする製作工場のホストコンピュータシステムのすべてもしくは一部であってもよい。コンピュータは、システムへのリモートアクセスを可能とすることで、製作動作の現在の進行を監視し、過去の製作動作の履歴を検証し、複数の製作動作から傾向または性能基準を検証することで、現在の処理のパラメータを変更し、現在の処理に続く処理ステップを設定し、または新しいプロセスを開始してもよい。いくつかの例では、リモートコンピュータ（例えば、サーバ）が、ローカルネットワークまたはインターネットを含み得るネットワークを通じてシステムにプロセスレシピを提供できる。リモートコンピュータは、パラメータおよび／または設定の入力またはプログラミングを可能とするユーザインターフェイスを含んでもよく、パラメータおよび／または設定はその後リモートコンピュータからシステムに伝達される。

【０１７６】

いくつかの例では、コントローラは、１つ以上の動作中に実行される各処理ステップのパラメータを特定するデータの形式で命令を受信する。パラメータは、実行されるプロセスの種類や、コントローラが結合または制御するように構成されるツールの種類に特有のものであり得ることを理解されたい。したがって、上述のように、コントローラは、互いにネットワーク接続されて、本明細書に記載されるプロセスおよび制御などの共通の目的に向かって働く１つ以上の別個のコントローラを含めることなどにより、分散されてもよい。そのような目的のために分散されたコントローラの例としては、チャンバ上のプロセスを制御するために組み合わされて、（プラットフォームレベルで、またはリモートコンピュータの一部としてなど）遠隔に配置された１つ以上の集積回路と通信する、チャンバ上の１つ以上の集積回路が挙げられる。

【０１７７】

システムの例としては、プラズマエッチングチャンバまたはモジュール、堆積チャンバまたはモジュール、スピンリンスチャンバまたはモジュール、金属めっきチャンバまたはモジュール、クリーンチャンバまたはモジュール、ベベルエッジエッチングチャンバまたはモジュール、物理気相堆積（ＰＶＤ）チャンバまたはモジュール、化学気相堆積（ＣＶＤ）チャンバまたはモジュール、原子層堆積（ＡＬＤ）チャンバまたはモジュール、原子層エッチング（ＡＬＥ）チャンバまたはモジュール、イオン注入チャンバまたはモジュール、トラックチャンバまたはモジュール、ならびに半導体ウエハの製作および／または製造に関連づけられるか、または使用され得る他の任意の半導体処理システムが挙げられるが、これらに限定されない。

【０１７８】

上述のように、ツールによって行われる１つまたは複数のプロセスステップに応じて、コントローラは、他のツール回路またはモジュール、他のツール部品、クラスタツール、他のツールインターフェイス、隣接ツール、近隣ツール、工場全体に配置されたツール、メインコンピュータ、別のコントローラ、または半導体製造工場内のツール位置および／またはロードポートへウエハの容器を搬入出する材料輸送に用いられるツールのうちの１つ以上と通信してもよい。

【図面】

【図１】

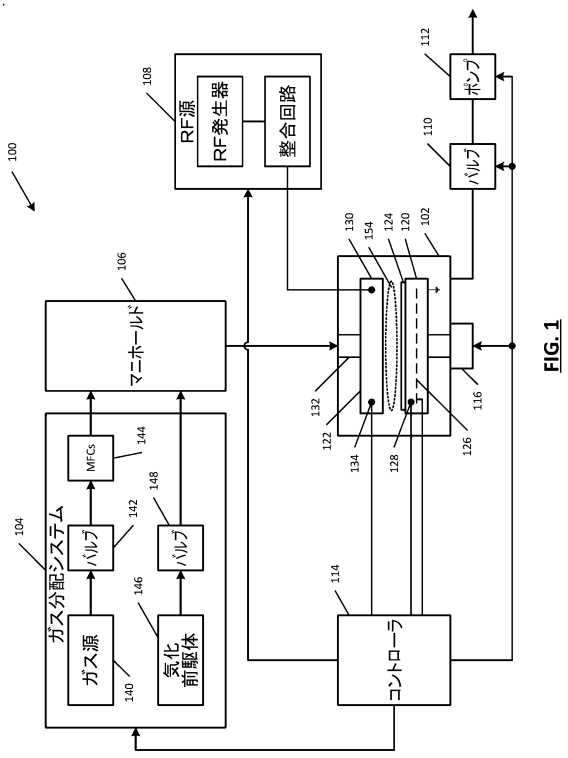


FIG. 1

【図２】

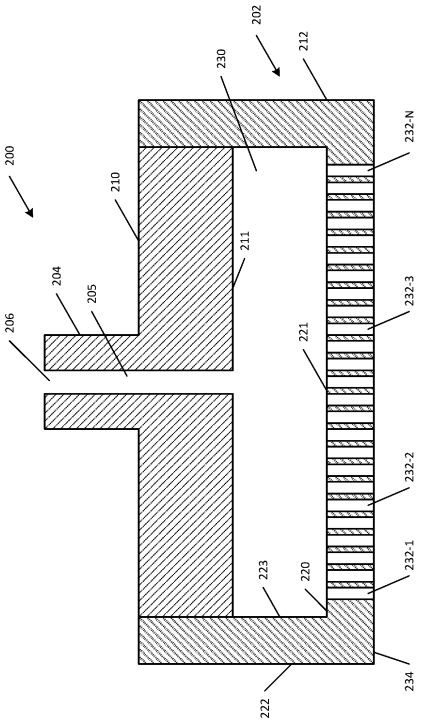


FIG. 2

【図３】

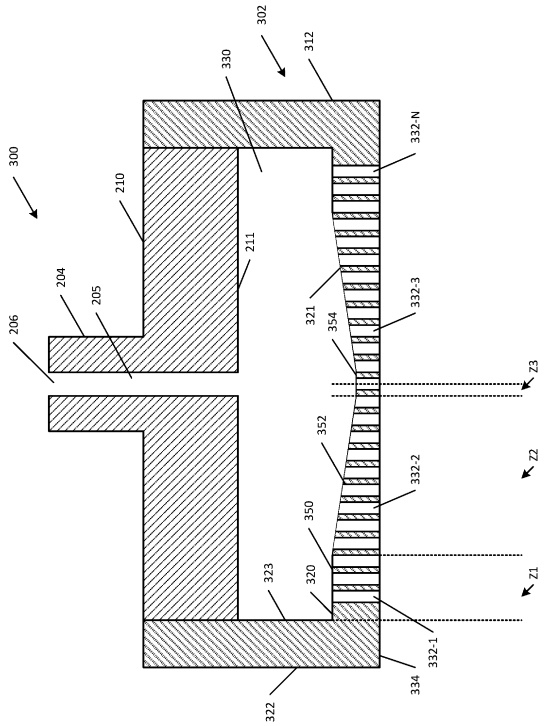


FIG. 3

【図４】

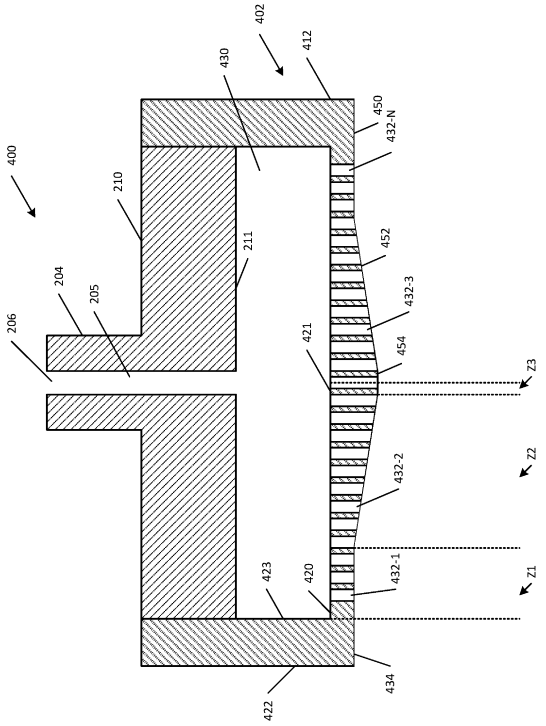


FIG. 4

【図５】

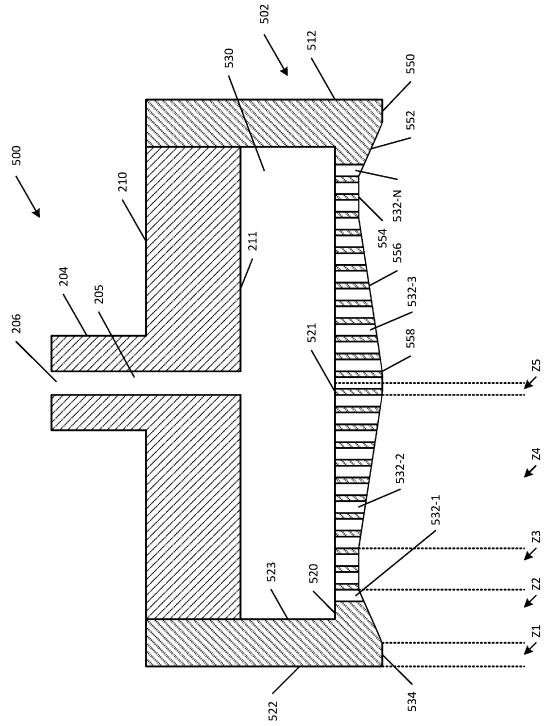


FIG. 5

【図６】

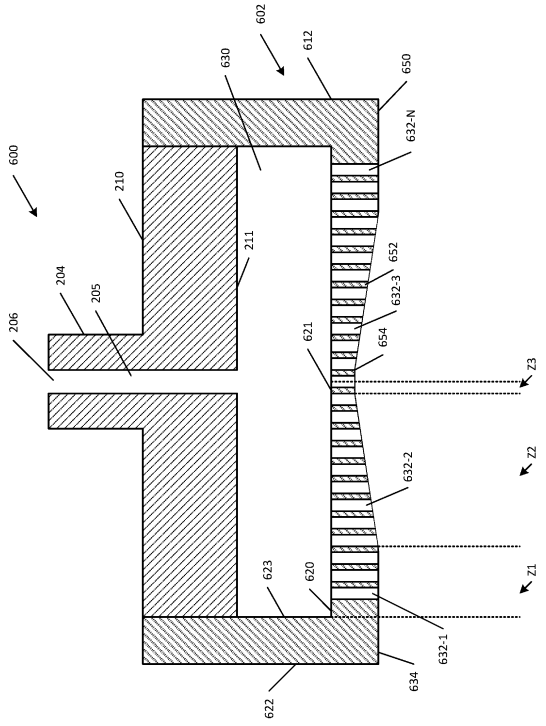


FIG. 6

【図７】

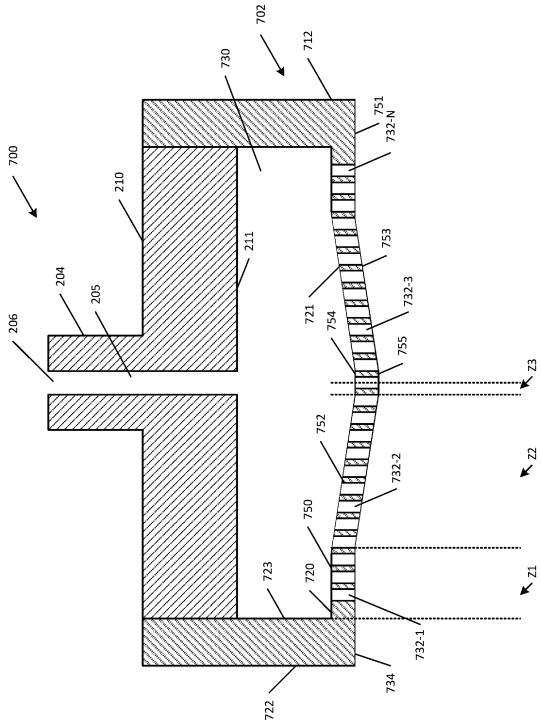


FIG. 7

【図８】

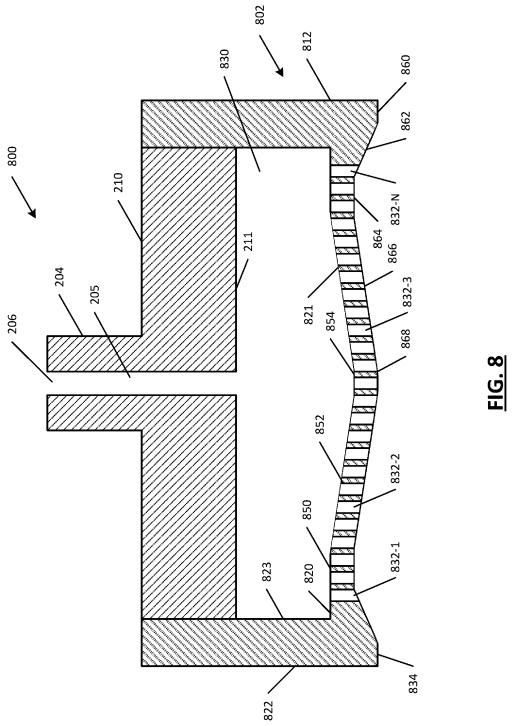


FIG. 8

【図９】

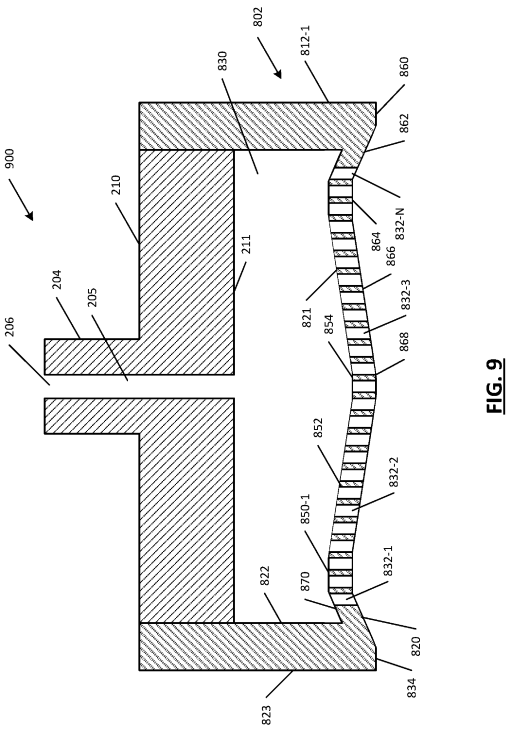


FIG. 9

【図１０】

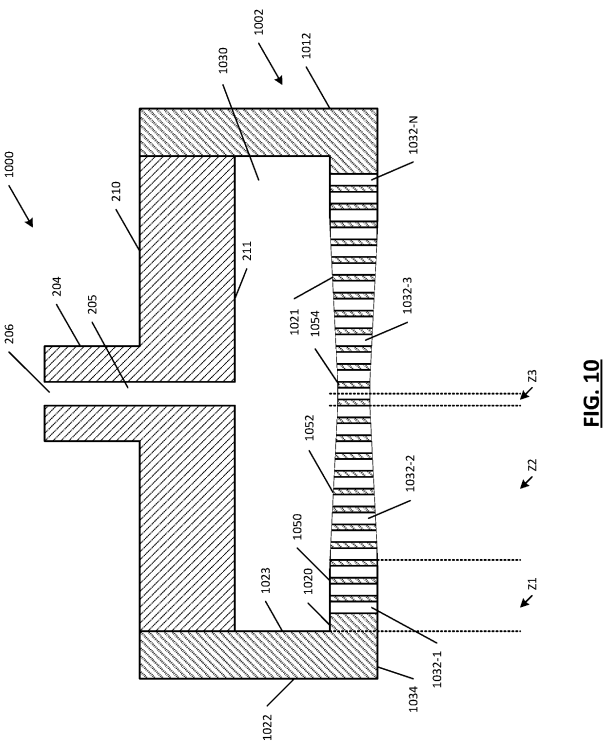


FIG. 10

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2022/050241

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C 16/455(2006.01)i; **H01J 37/32**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C 16/455(2006.01); H01J 37/32(2006.01); H01L 21/205(2006.01); H01L 27/11524(2017.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models
Japanese utility models and applications for utility models

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: showerhead, faceplate, slope, concave, convex, contoured, incline, angle, taper, nonplanar, gas distributor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2020-0385862 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 10 December 2020 (2020-12-10) paragraphs [0013]-[0021], [0028], [0033], [0036], [0038], [0042], claim 1 and figures 1-3, 4-5	1-2,4-13,15,18-20
Y		3,14,16-17
Y	US 2020-0173022 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 04 June 2020 (2020-06-04) claim 1 and figures 2A-2B	3
Y	US 2016-0203953 A1 (NOVELLUS SYSTEMS, INC.) 14 July 2016 (2016-07-14) paragraphs [0016], [0072], [0076] and figure 9D	14,16-17
X	WO 2021-141718 A1 (LAM RESEARCH CORPORATION) 15 July 2021 (2021-07-15) claims 1, 4-5, 22 and figures 1A-1C	1-2,4-5,10-11, 13,15,18-20

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 March 2023	**31 March 2023**
Name and mailing address of the ISA/KR **Korean Intellectual Property Office** **189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon** **35208, Republic of Korea** Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Authorized officer **LEE, Eon Su** Telephone No. **+82-42-481-8539**

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2022/050241

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2007-0002218 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 05 January 2007 (2007-01-05) claim 1 and figure 1	1-2,4-5,10-11, 13,15,18-20

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2022/050241

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2020-0385862 A1	10 December 2020	CN 113939893 A	14 January 2022
		JP 2022-535285 A	05 August 2022
		KR 10-2022-0018554 A	15 February 2022
		SG 11202112364 A	30 December 2021
		TW 202113144 A	01 April 2021
		WO 2020-247269 A1	10 December 2020
US 2020-0173022 A1	04 June 2020	CN 113056807 A	29 June 2021
		JP 2022-509636 A	21 January 2022
		KR 10-2021-0087084 A	09 July 2021
		SG 11202103765 A	29 June 2021
		TW 202029433 A	01 August 2020
		US 11339475 B2	24 May 2022
		WO 2020-112329 A1	04 June 2020
US 2016-0203953 A1	14 July 2016	KR 10-2013-0141358 A	26 December 2013
		KR 10-2091881 B1	23 March 2020
		TW 201405633 A	01 February 2014
		TW I633586 B	21 August 2018
		US 2013-0334344 A1	19 December 2013
		US 9315899 B2	19 April 2016
		US 9598770 B2	21 March 2017
WO 2021-141718 A1	15 July 2021	CN 114929935 A	19 August 2022
		KR 10-2022-0124221 A	13 September 2022
		TW 202142728 A	16 November 2021
KR 10-2007-0002218 A	05 January 2007	CN 100567563 C	09 December 2009
		CN 100891855 A	10 January 2007
		KR 10-0686724 B1	26 February 2007

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2022)

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０
(72)発明者 マーティン・キース・ジョゼフ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０
(72)発明者 チェン・ウェイフェン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０
(72)発明者 バッバール・ヨゲシュ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０
(72)発明者 スブラモニウム・ピラモド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州９４５３８ フレモント，クッシング・パークウェイ，４６５０

Ｆターム（参考） 2G084 AA05 BB02 BB05 CC12 CC33 DD02 DD15 DD24 DD67 FF15
FF39
5F004 BA04 BB13 BB18 BB25 BB26 BB28 BC03 BD04 CA03 CA04
5F045 AA08 AA15 DP03 DQ10 EE17 EF05 EH05 EH12 EJ09