(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7630004号
(P7630004)

(45)発行日　令和7年2月14日(2025.2.14)

(24)登録日　令和7年2月5日(2025.2.5)

(51)国際特許分類
H01L 21/027(2006.01)

FI
H01L 21/30 568
H01L 21/30 567

請求項の数 20 （全30頁）

(21)出願番号　特願2023-549055(P2023-549055)
(86)(22)出願日　令和3年4月2日(2021.4.2)
(65)公表番号　特表2024-514383(P2024-514383A)
(43)公表日　令和6年4月2日(2024.4.2)
(86)国際出願番号　PCT/CN2021/085424
(87)国際公開番号　WO2022/205461
(87)国際公開日　令和4年10月6日(2022.10.6)
審査請求日　令和5年10月16日(2023.10.16)

(73)特許権者　390040660
アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, バウアーズ アヴェニュー 3050
3050 Bowers Avenue Santa Clara CA 95054 U.S.A.
(74)代理人　110002077
園田・小林弁理士法人
(72)発明者　ルボミルスキー, ドミトリー
アメリカ合衆国 カリフォルニア 950
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　電界誘導される露光後ベークプロセス用のプロセスセル

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板処理装置であって、
支持プレート、
前記支持プレートの上に配置されたベース部であって、
ベース本体、
前記ベース本体内に配置された基板支持プレート、
前記基板支持プレート上の基板支持面、
前記ベース本体に結合され、軸の周りで前記ベース本体を回転させるように構成された１以上のベアリング、及び
前記ベース本体と前記支持プレートとに結合されたアクチュエータを備える、ベース部、
前記ベース部と前記支持プレートとの上方に配置された上部であって、
電極、及び
前記電極の上方に配置されたリッドを備える、上部、並びに
前記上部と前記ベース部とを接続する複数のアームを備え、
前記上部が処理位置まで下降したときに、前記ベース部と前記上部との間に形成されるプロセス空間にプロセス流体を充填するように構成された、基板処理装置。
【請求項２】
前記複数のアームの各々は、

前記ベース本体の下方に配置されたアームアクチュエータ、及び
前記アームアクチュエータの一部分と前記ベース本体とを通して配置されたシャフトであって、前記上部に結合され、前記上部を前記ベース本体に対して上げ下げするように構成されたシャフトを備える、請求項１に記載の基板処理装置。
【請求項３】
前記１以上のベアリングは、２つのピローブロックベアリング含み、前記ピローブロックベアリングの各々は、
前記支持プレート上に配置されたハウジング、及び
前記ハウジング内で回転するように、前記ハウジングを通して配置され、前記ベース部に結合されたベアリングシャフトを更に備える、請求項１に記載の基板処理装置。
【請求項４】
前記ベース本体と前記基板支持プレートとを通して配置された複数のリフトピン、
前記ベース本体の下方に配置され、前記複数のリフトピンの各々を支持するように構成されたリフトピンプレート、及び
前記リフトピンプレートと前記ベース本体との間に配置され、前記複数のリフトピンの一部分を取り囲むリフトピンベローズアセンブリを更に備える、請求項１に記載の基板処理装置。
【請求項５】
前記基板支持プレートは、内部に配置された１以上の加熱要素を有する加熱されるプレートである、請求項１に記載の基板処理装置。
【請求項６】
前記基板支持プレートは、前記上部の前記電極に対向して配置された第２の電極である、請求項１に記載の基板処理装置。
【請求項７】
前記アクチュエータは、前記アクチュエータに最も近い前記ベース本体の側部を上昇させ、前記ベース本体を傾斜させるように構成されている、請求項１に記載の基板処理装置。
【請求項８】
前記アクチュエータは、ガス圧アクチュエータである、請求項７に記載の基板処理装置。
【請求項９】
基板処理装置であって、
支持プレート、
基板処理モジュールであって、
前記支持プレートの上に配置されたベース部であって、
ベース本体と、
前記ベース本体内に配置された基板支持プレートと、
前記基板支持プレート上の基板支持面とを備える、ベース部、
前記ベース部と前記支持プレートの上方に配置された上部であって、
前記基板支持面と平行に配置された下面を有する電極と、
前記電極の上方に配置されたリッドとを備える、上部、及び
前記上部と前記ベース部とを接続する複数のアームを備える、基板処理モジュール、
前記ベース本体と前記支持プレートとに結合されたアクチュエータ、
前記ベース本体に結合され、前記アクチュエータが前記ベース本体を移動させるときに、軸の周りで前記ベース本体を回転させるように構成された１以上のベアリング、並びに
前記ベース本体を通して配置された流体入口を備え、
前記上部が処理位置まで下降したときに、前記ベース部と前記上部との間に形成されるプロセス空間に前記流体入口を通してプロセス流体を充填するように構成された、基板処理装置。
【請求項１０】
前記基板支持プレートは、
前記基板支持面上に配置された２つ以上の密封リング、

裏側ガス導管、及び
前記基板支持面に沿って配置され、前記裏側ガス導管に流体連通する複数の裏側ガスチャネルを更に備える、請求項９に記載の基板処理装置。
【請求項１１】
前記流体入口に流体結合された流体供給システムを更に備え、前記流体供給システムは、
流体供給バルブ、及び
流体排出バルブを備える、請求項９に記載の基板処理装置。
【請求項１２】
前記流体入口は、前記プロセス空間に流体連通し、前記プロセス空間は、前記上部が前記処理位置まで下降したときに、前記ベース部と前記上部との間に形成される、請求項９に記載の基板処理装置。
【請求項１３】
出口が、前記プロセス空間の前記流体入口とは反対側に前記ベース部を通して配置されている、請求項１２に記載の基板処理装置。
【請求項１４】
通風路が、前記プロセス空間の前記流体入口とは前記反対側に前記上部を通して配置されている、請求項１３に記載の基板処理装置。
【請求項１５】
密封溝が、前記ベース部の密封面内で前記プロセス空間の周りに配置されている、請求項１２に記載の基板処理装置。
【請求項１６】
前記流体入口は、前記軸から見て前記アクチュエータとは反対側に配置されている、請求項９に記載の基板処理装置。
【請求項１７】
基板を処理する方法であって、
基板支持プレートが第１の位置にある間に、前記基板を前記基板支持プレートの上に配置すること、
前記基板の周りで、電極と前記基板支持プレートとの間にプロセス空間を生成するために、前記電極を前記基板支持プレートに向けて移動させること、
前記基板の裏側を第１の裏側圧力までポンピングすること、
アクチュエータを使用して、前記プロセス空間を回転軸の周りでプロセス位置まで回転させること、
前記基板の裏側を前記第１の裏側圧力よりも低い第２の裏側圧力までポンピングすること、
前記プロセス空間を前記プロセス位置まで回転させ、前記基板の前記裏側を前記第２の裏側圧力までポンピングした後で、流体入口から前記プロセス空間にプロセス流体を供給すること、
前記プロセス位置にある間に、前記電極を使用して前記基板に電界を印加すること、及び
前記プロセス位置にある間に、前記プロセス空間から前記プロセス流体を排出することを含む、方法。
【請求項１８】
前記プロセス空間を前記回転軸の周りで前記プロセス位置まで回転させることは、
前記第１の位置から約５度から約６０度の前記プロセス位置まで回転させることを含む、請求項１７に記載の方法。
【請求項１９】
前記電界を印加することは、
前記電極と前記基板支持プレートとの平行な表面間に前記電界を印加することを更に含む、請求項１７に記載の方法。
【請求項２０】
前記プロセス流体を前記プロセス空間に供給する前に、前記プロセス空間の圧力を第１

のプロセス空間圧力まで低減させることを更に含む、請求項１７に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
［0001］本開示は、広くは、基板を処理するための方法及び装置に関し、特に、パターニングプロセスを改善するための方法及び装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
［0002］集積回路は、単一チップ上に数百万個もの構成要素（例えば、トランジスタ、コンデンサ、及び抵抗）が搭載され得る複雑なデバイスへと進化を遂げている。フォトリソグラフィは、チップ上に部品を形成するために使用され得るプロセスである。概して、フォトリソグラフィのプロセスには、幾つかの基礎段階が含まれる。最初に、基板上にフォトレジスト層が形成される。化学的増幅型フォトレジストは、典型的には、レジスト樹脂と光酸発生剤とを含む。光酸発生剤は、その後の露光段階で電磁放射に曝露されると、現像プロセスにおけるフォトレジストの溶解性を変化させる。電磁放射は、任意の適切な波長（例えば、１９３nmのＡｒＦレーザー）を有し得るか、又は電子ビーム、イオンビーム、又は他の適切な電磁放射源であり得る。
【０００３】
［0003］露光段階において、基板の特定の領域を選択的に電磁放射に曝露するために、フォトマスク又はレチクルが使用される。他の露光方法は、マスクレス露光方法などを含む。光酸発生剤は、光への曝露によって分解され、それによって酸が生成され、レジスト樹脂内に酸の潜像がもたらされる。露光後に、基板が、露光後ベークプロセスにおいて加熱される。露光後ベークプロセス中に、光酸発生剤によって生成された酸はレジスト樹脂と反応し、この後の現像プロセス中のレジストの溶解性を変化させる。
【０００４】
［0004］露光後ベーク後に、基板（特にフォトレジスト層）が現像され、すすがれる。使用されるフォトレジストの種類に応じて、電磁放射に曝露された基板の領域は、除去に対する耐性を有するか、又はより除去され易くなるかのどちらかある。現像及びすすぎの後で、マスクのパターンは、湿式又はドライエッチングプロセスを使用して基板に転写される。
【０００５】
［0005］チップの設計の進化によって、絶えず、より高速でより高密度な回路の実現が求められる。より高密度な回路への需要は、集積回路部品の寸法の縮小を活用する。集積回路部品の寸法が縮小するにつれて、より多くの素子が、半導体集積回路上の所与のエリア内に配置され得る。したがって、リソグラフィプロセスは、更に小さなフィーチャを基板上に転写し、リソグラフィは、高度なチップ設計仕様を満たすために、正確に、高精度で、損傷することなくそれを行う。フィーチャを正確に高精度で基板の上に転写するために、高解像度リソグラフィが、短波長の放射線を提供する光源を利用する。短波長は、基板又はウエハ上の最小プリント可能サイズを縮小することに資する。しかし、短波長リソグラフィは、低スループット、ラインエッジ粗さの増大、及び／又はレジスト感度の低下といった問題を被る。
【０００６】
［0006］リソグラフィの露光／現像解像度の向上のため、電磁放射線が伝送されるフォトレジスト層の一部分の化学的特性を修正するように、露光プロセスの前又は後に基板上に配置されたフォトレジスト層に電界を生成及び供給するために、電極アセンブリが利用される。しかしながら、そのようなシステムを実施する際の課題は、まだ十分に克服されていない。例えば、フォトレジスト層全体の電界強度が異なると、酸の生成速度や脱保護速度が不均一になり、基板のパターニングに悪影響を及ぼす可能性がある。
【０００７】
［0007］したがって、電界誘導される露光後のベークプロセス用の方法及び装置を改善

することが必要とされている。
【発明の概要】
【０００８】
[0008] 一実施形態では、基板処理装置が説明される。基板処理装置は、支持プレート、支持プレートの上に配置されたベース部、上部、及び上部とベース部とを接続する複数のアームを含む。ベース部は、ベース本体、ベース本体内に配置された基板支持プレート、基板支持プレート上の基板支持面、ベース本体に結合され、軸の周りでベース本体を回転させるように構成された１以上のベアリング、及びベース本体と支持プレートとに結合されたアクチュエータを含む。上部は、ベース部と支持プレートとの上方に配置されている。上部は、電極、及び電極の上方に配置されたリッドを含む。
【０００９】
[0009] 別の一実施形態では、基板処理装置が説明される。基板処理装置は、支持プレート、基板処理モジュール、アクチュエータ、１以上のベアリング、及び流体入口を含む。基板処理モジュールは、ベース部、上部、及び上部とベース部とを接続する複数のアームを含む。ベース部は、支持プレートの上に配置され、ベース本体、ベース本体内に配置された基板支持プレート、及び基板支持プレート上の基板支持面を含む。上部は、ベース部と支持プレートとの上方に配置され、基板支持面と平行に配置された下面を有する電極、及び電極の上方に配置されたリッドを含む。アクチュエータが、ベース本体と支持プレートとに結合されている。１以上のベアリングが、ベース本体に結合され、アクチュエータがベース本体を移動させるときに、軸の周りでベース本体を回転させるように構成されている。流体入口は、ベース本体を通して配置されている。
【００１０】
[0010] 更に別の一実施形態では、基板を処理する方法が説明される。該方法は、基板支持プレートが第１の位置にある間に、基板を基板支持プレートの上に配置すること、基板の周りで、電極と基板支持プレートとの間にプロセス空間を生成するために、電極を基板支持プレートに向けて移動させること、基板の裏側を第１の裏側圧力までポンピングすること、アクチュエータを使用して、プロセス空間を回転軸の周りでプロセス位置まで回転させること、及び基板の裏側を第１の裏側圧力よりも低い第２の裏側圧力までポンピングすることを含む。プロセス空間をプロセス位置まで回転させ、基板の裏側を第２の裏側圧力までポンピングした後で、プロセス流体が、流体入口からプロセス空間に供給される。プロセス位置にある間に、電極を使用して基板に電界が印加され、プロセス流体は、プロセス位置にある間にプロセス空間から排出される。
【００１１】
[0011] 上述の本開示の特徴を詳しく理解し得るように、上記で簡単に要約し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、一部の実施形態は付随する図面に示されている。しかし、添付図面は例示的な実施形態のみを示すものであり、したがって、本開示の範囲を限定すると見なすべきではなく、その他の等しく有効な実施形態も許容され得ることに留意されたい。
【図面の簡単な説明】
【００１２】
【図１】[0012] 本明細書で説明される一実施形態による基板処理モジュールの概略前面図を示す。
【図２】[0013] 本明細書で説明される一実施形態による図１の基板処理モジュールの概略側面図を示す。
【図３Ａ】[0014] 本明細書で説明される一実施形態による図１の基板処理モジュールの概略平面図を示す。
【図３Ｂ】[0015] 本明細書で説明される別の一実施形態による図１の基板処理モジュールの概略平面図を示す。
【図４】[0016] 本明細書で説明される一実施形態による第１の平面を通る図１の基板処理モジュールの概略断面図を示す。

【図５Ａ】[0017]本明細書で説明される一実施形態によるプロセス動作中の第２の平面を通る図１の基板処理モジュールの概略断面図を示す。
【図５Ｂ】[0018]本明細書で説明される一実施形態による別のプロセス動作中の第２の平面を通る図１の基板処理モジュールの概略断面図を示す。
【図５Ｃ】[0019]本明細書で説明される一実施形態による更に別のプロセス動作中の第２の平面を通る図１の基板処理モジュールの概略断面図を示す。
【図５Ｄ】[0020]本明細書で説明される一実施形態による更に別のプロセス動作中の第２の平面を通る図１の基板処理モジュールの概略断面図を示す。
【図５Ｅ】[0021]本明細書で説明される一実施形態による更に別のプロセス動作中の第２の平面を通る図１の基板処理モジュールの概略断面図を示す。
【図５Ｆ】[0022]本明細書で説明される一実施形態による更に別のプロセス動作中の第２の平面を通る図１の基板処理モジュールの概略断面図を示す。
【図６】[0023]本明細書で説明される一実施形態による第３の平面を通る図１の基板処理モジュールの概略断面図を示す。
【図７Ａ】[0024]本明細書で説明される一実施形態による図１の基板処理モジュールと共に使用される基板支持プレートの概略断面図を示す。
【図７Ｂ】[0025]本明細書で説明される一実施形態による図１の基板処理モジュールと共に使用される基板支持プレートの平面図である。
【図８】[0026]本明細書で説明される一実施形態による基板処理モジュールの積み重ねられたアセンブリの概略側面図である。
【図９Ａ】[0027]本明細書で説明される一実施形態による浸漬式の露光後ベークプロセスを実行するための方法の動作を示す。
【図９Ｂ】[0028]本明細書で説明される一実施形態による図９Ｂの浸漬式の露光後ベークプロセスを実行するための方法の動作を示す。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
[0029]理解し易くするために、可能な場合には、図に共通する同一の要素を指し示すのに同一の参照番号を使用した。一実施形態の要素及び特徴は、追加の記述がなくても、他の複数の実施形態に有益に組み込むことができると考えられている。
【００１４】
[0030]本開示は、広くは、露光後ベークプロセスのための方法及び装置に関する。本明細書で開示される方法及び装置は、半導体用途のためのフォトリソグラフィプロセスにおいて、ラインエッジ粗さ／ライン幅粗さを低減させ、露光解像度を向上させる助けとなる。
【００１５】
[0031]本明細書で開示される方法及び装置は、フォトリソグラフィプロセスのフォトレジスト感度及び生産性を改善する。露光後ベーク手順中に、光酸発生剤によって生成された荷電種がランダムに拡散することは、ラインエッジ粗さ／ライン幅粗さに寄与し、レジスト感度の低下に寄与する。フォトリソグラフィプロセス中に、本明細書で説明されるものなどの電極アセンブリを利用して、電界及び／又は磁界をフォトレジスト層に印加する。電界の印加は、光酸発生剤によって生成された荷電種の拡散を制御する。更に、フォトレジスト層と電極アセンブリとの間で生成された電界を強化するために、両者の間で中間媒体が利用される。
【００１６】
[0032]フォトレジスト層と電極アセンブリとの間で画定された空隙によって、電極アセンブリに印加される電圧の低下がもたらされ、したがって、好ましくないことに、フォトレジスト層に印加される電界の強度が低下する。フォトレジスト層における不均一な電界は、フォトレジスト内で特定の望ましい方向に荷電種を動かす又は他の方法で荷電種に影響を与えるための電圧が不十分又は不正確であるという結果をもたらし、したがって、フォトレジスト層に対するラインエッジプロファイル制御が低下することにつながる可能

性がある。したがって、フォトレジスト層と相互作用する電界の適切な強度及び均一性を維持するように、フォトレジスト層と電極アセンブリとの間で空隙が生成されることを防止するために、両者の間に中間媒体が置かれる。

【００１７】

[0033] 電界によって生成される荷電種は、ライン方向及び間隔の方向に沿った所望の方向に誘導され、不正確でランダムな拡散からもたらされるラインエッジ粗さ／ライン幅粗さを実質的に防止する。したがって、電界は電界の強度及び均一性を維持するように上手く制御され、露光後現像プロセス中にフォトレジスト層の精度及び感度を向上させる。一実施例では、中間媒体が、スラリ、ゲル、溶液、又は固体媒体などの非気相の媒体であり、電極アセンブリから基板上に配置されたフォトレジスト層に伝わるときに、印加される電圧レベルを特定の範囲に効率的に維持する。

【００１８】

[0034] 中間媒体を使用している間でさえも、フォトレジスト層と電極アセンブリとの間には電圧降下が依然として存在する。この電圧降下は、フォトレジスト層と電極アセンブリとの間の距離に直接関係している。フォトレジスト層と電極アセンブリとの間の距離を縮めることは、フォトレジスト層と電極アセンブリとの間の電界の均一性を向上させる助けとなる。中間媒体を使用している間の別の考慮事項は、フォトレジスト層と電極アセンブリとの間の気泡の存在である。フォトレジスト層と電極アセンブリとの間の気泡やエアポケットの生成は、電界内の不均一性をもたらし、したがって、露光後ベークプロセスの後で、フォトレジスト内の欠陥及び不正確さの数を増加させる。フォトレジストと電極アセンブリとの間の距離を短縮するための本明細書で説明される装置及び方法は、フォトレジスト層と電極アセンブリとの間の気泡又はエアポケットの数を有益に低減させる。

【００１９】

[0035] 複数の実施形態は、更に、アセンブリの垂直方向の設置面積を低減させ、プロセスモジュールの垂直方向の積み重ねを可能にする。垂直方向の設置面積の低減は、少なくとも部分的に、プロセスモジュールへの及びプロセスモジュールからの基板の水平方向の出し入れによって可能になる。処理中のアセンブリの配向（水平面に対するプロセスモジュールの角度）もまた、垂直方向の設置面積を減らしながら、気泡の効果を低減させるように制御される。水平から約５度を超える処理角度は、プロセス空間を満たした後の電極と基板との間の気泡の量を実質的に低減させることが判明している。約６０度又は約５０度未満の角度は、システムアーキテクチャ内でのアセンブリの垂直方向の積み重ねを可能にすることが示されている。

【００２０】

[0036] 図１は、本明細書で説明される一実施形態による基板処理モジュール１００の概略前面図を示す。基板処理モジュール１００は、支持プレート１０６、支持プレート１０６の上に配置されたベース部１０４、及びベース部１０４と支持プレート１０６との上方に配置された上部１０２を含む。ベース部１０４と上部１０２は、基板処理モジュール１００内で基板を処理している最中に移動するように構成されている。ベース部１０４は、１以上のベアリングアセンブリ１０８ａ、１０８ｂによって支持プレート１０６に結合されている。ベアリングアセンブリ１０８ａ、１０８ｂは、ベース部１０４の側部に配置され、ベース部１０４及び上部１０２の回転を可能にするように構成されている。一実施形態では、ベアリングアセンブリ１０８ａ、１０８ｂが、互いに対向してベース部１０４に結合されている。

【００２１】

[0037] アクチュエータ１１０が、ベース部１０４の表面１５９と支持プレート１０６とに結合されている。アクチュエータ１１０は、ベース部１０４に力を与え、ベース部１０４と上部１０２とを、軸Ａの周りで傾動運動で移動させるように構成されている（図２）。流体供給アセンブリ１２２の一部分が、ベース部１０４のアクチュエータ１１０とは反対側に図示されている。流体供給アセンブリ１２２は、基板処理モジュール１００へ／から、液体又は処理媒体などの流体を供給及び除去するように構成されている。

【００２２】
[0038] 図１で示されているように、ベース部１０４はベース本体１２８を含む。複数のアーム１１２が、ベース部１０４と上部１０２とを接続している。複数のアーム１１２は、ベース本体１２８を通り、上部１０２と接続するように構成されている。複数のアーム１１２は、ベース本体１２８の下方に配置されたアームアクチュエータ１４２、及びアームアクチュエータ１４２の一部分とベース本体１２８とを通して配置されたシャフト１４０を含む。シャフト１４０は、上部１０２に結合され、上部１０２をベース本体１２８に対して上げ下げするように構成されている。図１で示されているように、シャフト１４０は、ファスナ１３８を使用して上部１０２に結合されている。ファスナ１３８は、シャフト１４０を上部１０２のリッド１３０に接続する。他の複数の実施形態では、ファスナ１３８が、シャフト１４０をリッド１３０の下方に配置されたスペーサプレート１３２に接続する。ファスナ１３８は、クラスプ、クランプ、バックル、ボルト、ねじ、又は他の適切な接続装置であってよい。幾つかの実施形態では、ファスナ１３８が、ナット及びボルト、又はシャフト１４０から上部１０２に延在する第２のシャフトなどの、複数の構成要素を含む。
【００２３】
[0039] アームアクチュエータ１４２は、シャフト１４０を上げ下げするように構成されたアクチュエータ機構である。本明細書で説明されるアームアクチュエータ１４２は、ガス圧アクチュエータであるが、電気モータなどのモータであってもよい。アームアクチュエータ１４２は、上部１０２とベース部１０４との間の開口部の閉塞を防止するために、ベース本体１２８の下方に配置されている。一実施形態では、アームアクチュエータ１４２が、ベース本体１２８と支持プレート１０６との間に配置される。アームアクチュエータ冷却剤接続部１１４が、ベース本体１２８及び／又はアームアクチュエータ１４２に結合されている。アームアクチュエータ冷却剤接続部１１４は、冷却剤ラインがベース部１０４に結合されることを可能にするように構成されている。アームアクチュエータ冷却剤接続部１１４は、流体源から流体を受け取り、アームアクチュエータ１４２の周りに又はアームアクチュエータ１４２に隣接して配置された導管を通して流体を循環させることによって、アームアクチュエータ１４２を冷却するように構成されている。
【００２４】
[0040] ベース本体１２８は、温度制御プレート１３１及び誘電体プレート１２９を含む。誘電体プレート１２９は、温度制御プレート１３１の上に配置されている。一実施形態では、誘電体プレート１２９が、温度制御プレート１３１に結合し、接触している。誘電体板プレート１２９は、フルオロポリマー又はポリアリルエーテルケトン（PAEK）ポリマー材料などの、ポリマー材料から製造される。幾つかの実施形態では、誘電体プレート１２９が、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）又はポリテトラフルオロエチレンポリマー材料である。他の複数の実施形態では、誘電体プレート１２９が、酸化アルミニウム（Al_2O_3）、窒化アルミニウム（AlN）、又は酸化イットリウム（Y_2O_3）などの、セラミック材料から製造される。温度制御プレート１３１は、金属材料から製造される。金属材料は、アルミニウム、ステンレス鋼、ニッケル、銅、若しくはそれらの合金のうちのいずれか１つ又は組み合わせを含む。幾つかの実施形態では、アームアクチュエータ冷却剤接続部１１４が、ベース本体１２８用の冷却剤接続部であり、冷却チャネル４１１が、温度制御プレート１３１の温度制御を可能にするために、ベース本体１２８を通して形成される（図４）。
【００２５】
[0041] 上部１０２は、電極４００（図４）、リッド１３０、及びスペーサプレート１３２を含む。リッド１３０は、スペーサプレート１３２の上方に配置されている。一実施形態では、リッド１３０が、スペーサプレート１３２に結合し、接触して配置されている。スペーサプレート１３２は、リッド１３０とベース本体１２８との間に配置されている。リッド１３０は、電極４００及びスペーサプレート１３２を支持するように構成されている。リッド１３０は、金属材料から製造される。金属材料は、アルミニウム、ステンレ

ス鋼、ニッケル、銅、若しくはそれらの合金のうちのいずれか１つ又は組み合わせを含む。スペーサプレート１３２は、リッド１３０の下部に配置されるか、又はさもなければ結合されている。スペーサプレート１３２は、誘電体又はセラミック材料である。スペーサプレート１３２は、リッド１３０及び電極４００をベース本体１２８の上面１５４から分離するように機能する。幾つかの実施形態では、スペーサプレート１３２が、フルオロポリマー又はポリアリルエーテルケトン（PAEK）などの、ポリマー材料から製造される。幾つかの実施形態では、スペーサプレート１３２が、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）プラスチック又はポリテトラフルオロエチレン材料である。他の複数の実施形態では、スペーサプレート１３２が、酸化アルミニウム（Al_2O_3）、窒化アルミニウム（AlN）、又は酸化イットリウム（Y_2O_3）などの、セラミック材料から製造される。

【００２６】

[0042] 電極冷却流体接続部１３４が、リッド１３０の上に配置されている。電極冷却流体接続部１３４は、水供給及び除去ラインなどの冷却剤ラインが、上部１０２に接続されることを可能にする。電極冷却流体接続部１３４は、入口及び出口を含む。電極冷却流体接続部１３４は、電極４００内の導管に接続する（図４）。導管は、電極４００の温度調節を可能にするために、電極４００を通して配置される。リッド冷却流体接続部１３３が、リッド１３０の上に更に配置されている。リッド冷却流体接続部１３３は、水供給及び除去ラインなどの第２の冷却剤ラインが、上部１０２に接続されることを可能にするように構成されている。リッド冷却流体接続部１３３は、入口及び出口を含む。リッド冷却流体接続部１３３は、リッド１３０内の導管に流体接続されている（図４）。

【００２７】

[0043] 電極接続部１３６が、リッド１３０の上に配置され、リッド１３０とスペーサプレート１３２の一部分とを通って延在し、電極接続部１３６を電極４００に電気的に結合する（図４）。電極接続部１３６は、電圧生成器又は電流生成器などの電源に結合されるように構成されている。電極接続部１３６は、DC又はAC電源のいずれかに結合されるように構成されている。電極接続部１３６は、オス又はメスの電気接続部のいずれであってもよい。

【００２８】

[0044] ベース下プレート１２４が、ベース本体１２８の下方に配置されている。ベース下プレート１２４はまた、チャック分離プレート１２６の下方に配置されている。ベース下プレート１２４は、金属材料である。それによって、ベース下プレート１２４は、アルミニウム、ステンレス鋼、ニッケル、銅、若しくはそれらの合金のいずれか１つ又は組み合わせを含む。チャック分離プレート１２６は、誘電体又はセラミック材料である。一実施形態では、チャック分離プレート１２６が、ポリマー、例えば、フルオロポリマー又はポリアリルエーテルケトン（PAEK）材料などの、スペーサプレート１３２と同様の材料である。幾つかの実施形態では、チャック分離プレート１２６が、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）又はポリテトラフルオロエチレンである。他の複数の実施形態では、チェック分離プレート１２６が、酸化アルミニウム（Al_2O_3）、窒化アルミニウム（AlN）、酸化イットリウム（Y_2O_3）、又はそれらの組み合わせなどの、セラミック材料である。チャック分離プレート１２６は、ベース下プレート１２４からベース本体１２８内の基板支持プレート４０８（図４）を電気的及び熱的に絶縁する。チャック分離プレート１２６は、基板支持プレート４０８とベース下プレート１２４との間に配置されている。ベース下プレート１２４は、チャック分離プレート１２６及び基板支持プレート４０８に構造的な支持を提供する。ベース下プレート１２４及びチャック分離プレート１２６は、ベース本体１２８の下部と機械的に結合されている。ベース下プレート１２４は、更に、その下面に取り付けられた１以上のベローズ１１６を有してよい。ベローズ１１６は、複数のリフトピン４１６を取り囲むように構成されている（図４）。複数のリフトピン４１６は、ベース下プレート１２４、チャック分離プレート１２６、及び基板支持プレート４０８を通して配置されている。

【００２９】

[0045] 複数のリフトピン４１６は、リフトピンプレート１１８の上方に配置されている。ベローズ１１６の各々は、リフトピンプレート１１８とベース下プレート１２４との間に配置されている。ベローズ１１６は、複数のリフトピン４１６の各々の周りを取り囲み、密封を形成する。ベローズ１１６は、可撓性材料であり、リフトピンプレート１１８がベース本体１２８に対して上げ下げされるときに伸縮してよい。リフトピンプレート１１８は、複数の接続ロッド１２０によって、上部１０２と機械的に結合されている。接続ロッド１２０は、リフトピンプレート１１８からベース本体１２８を通って上部１０２まで延在する。接続ロッド１２０は、リフトピンプレート１１８と上部１０２のリッド１３０又はスペーサプレート１３２のうちの少なくとも一方との各々に機械的に接続されている。本明細書で説明される複数の実施形態では、接続ロッド１２０が、アーム１１２のシャフト１４０の径方向内側に配置されている。

【００３０】

[0046] ベアリングアセンブリ１０８ａ、１０８ｂは、軸Ａの周りでのベース部１０４及び上部１０２の回転を可能にするように構成されている（図２）。ベアリングアセンブリ１０８ａ、１０８ｂは、第１のベアリングアセンブリ１０８ａと第２のベアリングアセンブリ１０８ｂとを含む。ベアリングアセンブリ１０８ａ、１０８ｂの各々は、ハウジング１４６及びシャフト１４８を含む。シャフト１４８は、ハウジング１４６を通して配置され、ハウジング１４６内で回転するように構成されている。シャフト１４８は、円筒形状シャフト又は他の適切な形状であり、複数のボールベアリング及び密封リング（図示せず）を介してハウジング１４６に結合されている。第１のベアリングアセンブリ１０８ａと第２のベアリングアセンブリ１０８ｂの各々は、ピローブロックベアリングである。他の種類のベアリングアセンブリが、ピローブロックベアリングに加えて又は代えて利用されてよい。

【００３１】

[0047] ベアリングアセンブリ１０８ａ、１０８ｂの各々のハウジング１４６は、ベアリングペデスタル１４４の上に配置されている。２つのベアリングペデスタル１４４の各々は、支持プレート１０６に接触することなしに基板処理モジュール１００の十分な回転を可能にする高さまで、ベアリングアセンブリ１０８ａ、１０８ｂを持ち上げるように、ハウジング１４６の下方に配置されている。第１のベアリングアセンブリ１０８ａと第２のベアリングアセンブリ１０８ｂの各々のハウジング１４６は、ベアリングペデスタル１４４のうちの１つと機械的に結合されている。ベアリングペデスタル１４４は、支持プレート１０６と機械的に結合され、支持プレート１０６の上に配置されている。

【００３２】

[0048] 第１のベアリングアセンブリ１０８ａのシャフト１４８と第２のベアリングアセンブリ１０８ｂのシャフト１４８とは、ベースハウジング１５０に結合されている。ベースハウジング１５０は、ベース本体１２８の下面１５２に結合されている。ベースハウジング１５０は、シャフト１４８とベース本体１２８とを結合するように構成されている。ベースハウジング１５０は、シャフト１４８に固定的に結合されている。それによって、シャフト１４８は、ベースハウジング１５０内で動かない。シャフト１４８がベースハウジング１５０に固定されていることにより、ベース本体１２８は、シャフト１４８と共に回転することが可能である。第１のベアリングアセンブリ１０８ａと第２のベアリングアセンブリ１０８ｂの各々は、シャフト１４８の各々の中心軸が同一直線上にあるように、ベース本体１２８の両側に配置されている。回転の軸が単一であることにより、ベース本体１２８は、旋回軸の周りで傾斜運動するように作動されることが可能である。

【００３３】

[0049] アクチュエータ１１０は、支持プレート１０６の上面１０７とベース本体１２８の表面１５９とに結合されている。アクチュエータ１１０は、支持プレート１０６に結合され、支持プレート１０６上に配置された下側ヒンジ１５６上に配置されている。ピストン１５８が、一端１５７で下側ヒンジ１５６に結合されている。アクチュエータシャフト１６２は、少なくとも部分的に、ピストン１５８内に配置されている。上側ヒンジ１６

０は、アクチュエータシャフト１６２の遠位端１６１とベース本体１２８の表面１５９とに結合されている。下側ヒンジ１５６は、支持プレート１０６とピストン１５８とに結合されている。下側ヒンジ１５６は、ピストン１５８が下側ヒンジ軸の周りで移動することを可能にする。ピストン１５８は、円筒形状シャフトであり、アクチュエータシャフト１６２がそこを通して配置される開口部５２４（図５Ａ）を含む。アクチュエータシャフト１６２は、ベース本体１２８を作動させるために、ピストン１５８内で移動するように構成されている。アクチュエータシャフト１６２の上遠位端１６１は、上側ヒンジ１２８に結合されている。上側ヒンジ１２８は、アクチュエータシャフト１６２とベース本体１２８とを接続する。上側ヒンジ１２８は、アクチュエータシャフト１６２とベース本体１２８とが、上側ヒンジ軸の周りで互いに対して移動することを可能にする。

【００３４】

[0050] 流体供給アセンブリ１２２が、ベース本体１２８のアクチュエータ１１０とは反対側に配置されている。流体供給アセンブリ１２２は、流体供給接続部１７０と流体排出接続部１７２を含む。流体供給接続部１７０は、プロセス流体導管（図示せず）に取り付けられるように構成され、プロセス流体を基板処理モジュール１００に導入する。流体排出接続部１７２は、プロセス流体排出導管（図示せず）に取り付けられるように構成されている。プロセス流体排出導管は、流体が基板処理モジュール１００から除去されることを可能にする。

【００３５】

[0051] １以上のガイドポスト２１２が、ベース本体１２８の下面１５２と支持プレート１０６との間に配置されている。１以上のガイドポスト２１２は、ベース本体１２８の予め設定された位置への作動を可能にし、ベース本体１２８の移動をガイドする助けとなる。一実施形態では、１以上のガイドポスト２１２が、ベース本体１２８のアクチュエータ１１０に最も近い側に配置される。幾つかの実施形態では、ガイドポスト２１２が、アクチュエータ１１０の側と、ベース本体１２８の流体供給アセンブリ１２２に最も近い反対側とに配置される。

【００３６】

[0052] 図２は、基板処理モジュール１００の概略側面図を示す。上述されたように、第２のベアリングアセンブリ１０８ｂのシャフト１４８は、シャフト１４８に沿って同一直線上に延在する軸Ａを規定する。軸Ａは、処理モジュール１００用の回転軸として機能する。流体供給アセンブリ１２２はまた、流体アセンブリ本体２０６も含む。第１のバルブアクチュエータ２１０と第２のバルブアクチュエータ２０８が、流体アセンブリ本体２０６に結合され、連通している。第１のバルブアクチュエータ２１０と第２のバルブアクチュエータ２０８は、流体アセンブリ本体２０６内のバルブを開閉するように構成されている。第１のバルブアクチュエータ２１０と第２のバルブアクチュエータ２０８は、ガス圧アクチュエータであるが、ステッピングモータ、サーボモータ、リニアモータ、又はダイレクトドライブモータなどの、モータであってもよい。

【００３７】

[0053] ベントコネクタ２０４が、リッド１３０の上などの上部１０２の上に配置されている。ベントコネクタ２０４は、流体供給ライン（図示せず）に結合されている。ベントコネクタ２０４は、プロセス空間４０４（図４）への通気を提供する助けとなる。ベントコネクタ２０４はまた、プロセス空間４０４へ減圧を加えたり、プロセス空間４０４を加圧したりするためにも使用され得る。

【００３８】

[0054] 図３Ａは、第１の実施形態による図１の基板処理モジュール１００の概略平面図を示す。図３Ａの処理モジュール１００は、４つのシャフト１４０を有する４つのアーム１１２、及び４つの接続ロッド１２０を含む。４つのアーム１１２と接続ロッド１２０の各々は、上部１０２及びリッド１３０の角部に配置されている。同様に、アームアクチュエータ冷却剤接続部１１４の各々は、ベース本体１２８のそれぞれの角部に近接して配置されている。一実施形態では、ベント接続部２０４が、アクチュエータ１１０に最も近

いリッド１３０の半ばに配置される。別の一実施形態では、ベント接続部２０４が、アクチュエータ１１０とは反対側のリッド１３０の半ばに配置される。電極冷却流体接続部１３４と電極接続部１３６の各々は、リッド１３０内の窪み３０２内に配置されている。窪み３０２は、リッド１３０の上面内の円形の窪みである。それによって、リッド１３０の厚さは、窪み３０２において減少する。

【００３９】

[0055] 図示されているように、第１のベアリングアセンブリ１０８ａと第２のベアリングアセンブリ１０８ｂの各々は、互いに対向して、ベース部１０４のいずれかの側に鏡面配置される。

【００４０】

[0056] 図３Ａの第１の実施形態内で、リッド１３０は、ベース本体１２８の上面１５４よりも小さい上部面積を有する。図３Ａの一実施形態では、アーム１１２のシャフト１４０が、リッド１３０を通過せず、代わりに、リッド１３０の縁部３０４の外側に配置されている。接続ロッド１２０は、リッド１３０を通して配置されている。ファスナ１３８が、接続ロッド１２０とシャフト１４０の各々を共に結合する。ファスナ１３８は、更に、シャフト１４０を使用してリッド１３０を上げ下げできるように、シャフト１４０の各々をリッド１３０に結合する。リッド１３０の角部の各々におけるシャフト１４０及び接続ロッド１２０の使用により、リッド１３０とリフトピンプレート１１８との両方の均一な上げ下げが可能になる。シャフト１４０及び接続ロッド１２０の他の配置も考えられ、３つのシャフト１４０及び３つの接続ロッド１２０などの、２つ以上のシャフト１４０及び接続ロッド１２０の使用を含んでよい。

【００４１】

[0057] 図３Ｂは、第２の実施形態による図１の基板処理モジュールの概略平面図を示す。第２の実施形態は、図３Ａの第１の実施形態と同様であるが、アーム１１２のシャフト１４０が、リッド１３０を通して配置されている。シャフト１４０は、締結キャップ１３９によってリッド１３０の上面３０６においてリッド１３０に結合されている。締結キャップ１３９は、シャフト１４０の各々をリッド１３０に固定する。接続ロッド１２０は、図３Ｂの一実施形態では図示されていないが、シャフト１４０の径方向内側に配置される。接続ロッド１２０は、リッド１３０の上面まで完全には延在しないが、上部１０２の少なくとも一部分を通って配置される。図３Ｂでは、リッド１３０の上表面積が、図３Ａの一実施形態におけるリッド１３０の上表面積よりも大きい。

【００４２】

[0058] 図４は、本明細書で説明される一実施形態による第１の平面を通る図１の基板処理モジュールの概略断面図を示す。図４のビューは、プロセス空間４０４、基板支持面４０６、電極４００、下電極面４０２、プロセス空間４０４の周りに配置された密封溝４１２、及び密封溝４１２内に配置された密封リング４１０を更に示す。プロセス空間４０４は、基板の処理のための空間であり、上部１０２とベース部１０４との間に配置されている。プロセス空間４０４は、少なくとも部分的に、ベース本体１２８の上面１５４から垂直方向にオフセットされた基板支持面４０６によって形成される。

【００４３】

[0059] 基板支持プレート４０８は、ベース本体１２８内に配置され、プロセス空間４０４の一部分を形成する。基板支持プレート４０８は、チャック分離プレート１２６及びベース下プレート１２４の上方に配置されている。基板支持プレート４０８は、加熱されるプレートとなるように構成され、１以上の電気接続部４３２によって接地されてよい。基板支持プレート４０８は、内部に配置された１以上の加熱要素４３０を使用して加熱される。幾つかの実施形態では、加熱要素４３０が抵抗加熱器である。加熱要素４３０は、代替的に、基板支持プレート４０８内に配置された加熱パイプ又はランプであってよい。基板支持プレート４０８は、金属又は金属含有材料などの導電性材料である。幾つかの実施形態では、基板支持プレート４０８が、アルミニウム材料、ステンレス鋼材料、又はそれらの合金である。更に他の実施形態では、基板支持プレート４０８が、石英材料又は炭

化ケイ素材料で形成される。基板支持プレート４０８は、基板支持面４０６を形成する。基板支持面４０６は、基板支持プレート４０８の上に配置され、図５Ａの基板５００などの半導体基板を受けるように構成された表面である。

【００４４】

[0060] リフトピン４１６が、基板支持プレート４０８を通して配置されている。リフトピン４１６は、基板支持プレート４０８内の開孔４１４内に配置されている。図５Ａで示されているように、リフトピン４１６の各々は、リフトピン４１６が基板支持プレート４０８を通して上げ下げされることを可能にするように、別々の開孔４１４内に配置される。幾つかの実施形態では、開孔４１４がまた、基板の裏側に減圧を加えるか又は基板の裏側を加圧するためにも利用される。

【００４５】

[0061] 密封溝４１２が、ベース本体１２８の上面１５４内に形成されている。幾つかの実施形態では、密封溝４１２が、代替的に、スペーサプレート１３２の下面４１３内に形成されてもよい。密封溝４１２は、内部に配置された密封リング４１０を含む。密封リング４１０は、フルオロポリマー又はポリアリルエーテルケトン（PAEK）材料などのポリマーである。幾つかの実施形態では、密封リング４１０が、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）又はポリテトラフルオロエチレン材料である。幾つかの実施形態では、密封リング４１０が、Oリング、ガスケット、又は他の種類のシールである。密封リング４１０は、基板の処理中にプロセス空間４０４から流体が漏れることを防止するために、スペーサプレート１３２の下面４１３とベース本体１２８の上面１５４との間に密封を形成する。

【００４６】

[0062] 一実施形態では、電極４００が、基板支持面４０６の上方に配置されたディスクである。電極４００は、電気抵抗率が約1×10^{-3}Ω・m未満、例えば1×10^{-4}Ω・m未満、例えば1×10^{-5}Ω・m未満である、導電性材料から製造される。幾つかの実施形態では、電極４００が、金属材料、金属合金材料、又は炭化ケイ素材料である。電極４００が金属材料であるときに、電極４００は、銅、アルミニウム、白金、鋼、又はそれらの組み合わせで形成される。電極４００は、電源（図示せず）を介して電圧又は電流が電極４００に印加されることを可能にするために、電極接続部１３６と電気的に結合されている。

【００４７】

[0063] 図５Ａ～図５Ｆは、異なるプロセス動作中の第２の平面を通る図１の基板処理モジュール１００の概略断面図を示す。図５Ａ～図５Ｆは、図９Ａ及び図９Ｂの方法９００のプロセス動作の一実施形態を示す。

【００４８】

[0064] 図５Ａ～図５Ｆで示されているように、処理モジュール１００は、流体入口通路５０８、通風路５０２、及び減圧通路５０６を更に含む。流体入口通路５０８、通風路５０２、及び減圧通路５０６の各々は、プロセス空間４０４に流体連通している。流体入口通路５０８は、ベース本体１２８を通して配置され、プロセス空間４０４を流体供給アセンブリ１２２に流体接続する。

【００４９】

[0065] 流体供給アセンブリ１２２は、第１の分岐路５１６と第２の分岐路５１８とに接続された中央通路５１０を含む。第１の分岐路５１６と第２の分岐路５１８の各々は、中央通路５１０から外れて配置されている。第１の分岐路５１６は、第１の分岐路５１６の側壁を通して配置されたプロセス流体開口部５２０、及び第１のバルブ５１２を含む。第１のバルブ５１２は、第１のバルブアクチュエータ２１０に結合されている。第１のバルブアクチュエータ２１０は、プロセス流体開口部５２０を開閉するために、第１のバルブ５１２を動かすよう構成されている。プロセス流体開口部５２０は、中央通路５１０と流体連通するときに開いた位置にあり、次のような場合に閉じた位置にある。すなわち、プロセス流体開口部５２０が中央通路５１０と流体連通しない位置に、第１のバルブ５１２が作動された場合である。

【００５０】
[0066] 第２の分岐路５１８は、第２の分岐路５１８の側壁を通して配置された排出開口部５２２、及び第２のバルブ５１４を含む。第２のバルブ５１４は、第２のバルブアクチュエータ２０８に結合されている。第２のバルブアクチュエータ２０８は、排出開口部５２２を開閉するために、第２のバルブ５１４を動かすよう構成されている。排出流体開口部５２２は、中央通路５１０と流体連通するときに開いた位置にあり、次のような場合に閉じた位置にある。すなわち、排出開口部５２２が中央通路５１０と流体連通しない位置に、第２のバルブ５１４が作動された場合である。本明細書で示されているように、第１のバルブ５１２と第２のバルブ５１４の各々は、ピストンである。第１のバルブ５１２は、第１のバルブ５１２のピストンヘッドがプロセス流体開口部５２０を中央通路５１０から分離するときに閉じられる。第２のバルブ５１４は、第２のバルブ５１４のピストンヘッドが排出開口部５２２を中央通路５１０から分離するときに閉じられる。中央通路５１０と連通したときに、プロセス流体開口部５２０又は排出開口部５２２のうちのいずれかは、プロセス空間４０４に流体連通する。
【００５１】
[0067] 流体供給接続部１７０は、プロセス流体開口部５２０に対応し、プロセス流体供給源（図示せず）に結合されたときに、プロセス流体をプロセス流体開口部５２０に供給する。流体排出接続部１７２は、排出開口部５２２に対応し、流体ポンプ（図示せず）などのプロセス流体除去デバイスに結合されたときに、排出開口部５２２を介してプロセス流体を除去する。
【００５２】
[0068] プロセス空間４０４の流体入口通路５０８への開口部とは反対側に、通風路５０２と減圧通路５０６とへの開口部がある。通風路５０２は、上部１０２を通って延在する。それによって、通風路５０２は、リッド１３０及びスペーサプレート１３２を通して形成された通路となっている。通風路５０２は、電極４００の径方向外側に配置されている。通風路５０２は、プロセス空間４０４をベントコネクタ２０４に接続する。一実施形態では、通風路５０２を使用して、過剰な流体又はガスをプロセス空間４０４から排出する。代替的に、通風路５０２が排出ポンプ（図示せず）と流体連通しているときに、通風路５０２を使用して、プロセス空間４０４内に減圧を生成する。
【００５３】
[0069] 減圧通路５０６は、ベース部１０４を通って延在する。それによって、減圧通路５０６は、ベース本体１２８を通って延在する。減圧通路５０６は、プロセス空間とベース本体１２８の下面１５２に配置された減圧接続部５０４とを流体接続する。減圧接続部５０４は、流体又はガスラインに取り付けられるように構成されたカップリング構成要素である。幾つかの実施形態では、減圧接続部５０４が、プロセス空間４０４からのガスを除去するための減圧ポンプに結合される。更に他の実施形態では、減圧接続部５０４が、流体ポンプに結合されるように構成され、基板処理中にプロセス空間４０４からの流体を再循環させる又は除去することができる。
【００５４】
[0070] アクチュエータ１１０が、本明細書ではガス圧アクチュエータとして示されている。アクチュエータ１１０は、ピストン１５８内に開口部５２４を含む。開口部５２４は、内部に配置されたアクチュエータシャフト１６２を含む。開口部５２４は、円筒形状の開口部であり、開口部５２４の内面５２５は、アクチュエータシャフト１６２のヘッド５３１と同様なサイズに構成されている。それによって、開口部５２４の異なる部分の間で圧力差が得られる。
【００５５】
[0071] 図５Ａで示されているように、処理モジュール１００が、水平装填位置に配向される。水平装填位置は、上部１０２とリフトピン４１６とが上昇位置にあることを含む。基板５００は、上昇位置にあるリフトピン４１６の上に置かれている。リフトピン４１６の上遠位端は、基板支持面４０６から垂直方向にオフセットして配置されている。それ

によって、リフトピン４１６の上遠位端は、基板支持面４０６の上方にある。処理モジュール１００は、処理モジュール１００からの基板５００の出し入れ中に、水平装填位置に配置される。

【００５６】

[0072] 図５Ｂは、上部１０２が中間位置にある間の処理モジュール１００を示す。中間位置は、装填位置と下降位置との間の位置である。中間位置は、次のような位置である。すなわち、基板５００が基板支持面４０６上に配置され、上部１０２が、プロセス空間４０４を密封するためにベース部１０４との密封を形成しておらず、例えば、上部１０２がベース部１０４から間隔を空けられている位置である。水平装填位置と中間位置との間では、電極４００と基板５００とが同じ速度で下降する。上部１０２が中間位置に到達した後で、基板５００は静止したままであり、一方、電極４００及び上部１０２の他の構成要素は、図５Ｃで示されているように下降位置まで下降し続ける。

【００５７】

[0073] 図５Ｃの下降位置にある間、スペーサプレート１３２の下面４１３などの上部１０２の下面４１３とベース本体１２８の上面１５４とは接触し、密封リング４１０を使用してそれらの間に密封を形成する。プロセス空間４０４は、電極４００、基板支持プレート４０８、ベース本体１２８、及びスペーサプレート１３２によって、外側の環境から密封される。処理モジュール１００が下降位置にあると、プロセス空間４０４は、排気（排液）されるか又は流体で満たされる。基板５００と基板支持プレート４０８との間の空間はまた、図９Ａ及び図９Ｂの方法９００で説明されるように減圧されてもよい。

【００５８】

[0074] 下降位置にある間、リフトピン４１６は、基板５００の下面から間隔を開けられている。基板５００が、基板支持面４０６上に配置され、上部１０２が下降している後も、接続ロッド１２０とリフトピンプレート１１８及び上部１０２の両方との接続により、リフトピン４１６は下降し続ける。ベローズ１１６は、リフトピン４１６が下降するにつれて延伸する。

【００５９】

[0075] 処理空間４０４が密封されると、処理モジュール１００は、図５Ｄで示されているように、第１の角度位置に作動される。第１の角度位置は、処理モジュール１００の上部１０２及びベース部１０４が、水平面及び／又は支持プレート１０６に対して角度を付けられる位置である。上部１０２及びベース部１０４は、ピストン１５８内でアクチュエータシャフト１６２を移動させることによって角度を付けられる。それによって、ベース部１０４及び上部１０２は、ベアリングアセンブリ１０８ａ、１０８ｂを利用して、軸Ａの周りで回転される。

【００６０】

[0076] 図５Ｅは、処理モジュール１００が第１の角度位置にあり、中間媒体又は誘電体液などのプロセス流体で満たされている間の、処理モジュール１００を示している。プロセス流体は、図５Ｅで開いているように示されている、プロセス流体開口部５２０を通して導入される。余剰なプロセス流体５２０及び任意の残留ガスは、通風路５０２を通して排出されてよい。減圧通路５０６は、プロセス流体が減圧通路５０６に接続された減圧ポンプに入ることを防止するために、プロセス流体から密封される。処理位置にある間、基板の上面と電極の下面との間の距離Ｈは、約０．１mmから約１０mm、例えば、約０．５mmから約７mm、例えば約１mmから約５mm、例えば、約１mmから約３mmである。基板の上面と電極の下面との間の距離Ｈは、基板５００と電極４００との間の間隙にわたる電圧降下の低減を可能にする。間隙にわたる電圧降下を低減させることによって、露光後ベーク動作中に、より低い電圧の使用が可能になる。

【００６１】

[0077] 図５Ｆは、処理モジュール１００が第１の角度位置にあり、プロセス流体が排出開口部５２２を通して排出されている間の、処理モジュール１００を示している。図５Ｆで示されているように、排出開口部５２２は、第２のバルブ５１４が開位置にある間に

、プロセス空間４０４と流体連通している。
【００６２】
[0078] 図６は、本明細書で説明される一実施形態による第３の平面を通る図１の基板処理モジュール１００の概略断面図を示す。第３の平面は、処理モジュール１００の対角面である。図６は、接続ロッド開孔６０２とアーム１１２用のシャフト開孔６０４とを示す。
【００６３】
[0079] 接続ロッド開孔６０２は、接続ロッド１２０がベース本体１２８内で自由に移動することを可能にする。接続ロッド開孔６０２は、ベース本体１２８の上面１５４とベース本体１２８の下面１５２との間で延在する。１つの接続ロッド１２０が、接続ロッド開孔６０２の各々内に配置されている。接続ロッド開孔６０２の各々は、ベアリングアセンブリ（図示せず）を更に含む。ベアリングアセンブリは、接続ロッド開孔６０２を通る接続ロッド１２０をガイドする助けとなる。ベアリングアセンブリは、リニアベアリング、ボールスプラインベアリング、又は他の適切なベアリングアセンブリであってよい。
【００６４】
[0080] シャフト開孔６０４は、アーム１１２のシャフト１４０がベース本体１２８内で自由に移動することを可能にする。シャフト開孔６０４は、ベース本体１２８の上面１５４とベース本体１２８の下面１５２との間で延在する。１つのシャフト１４０が、シャフト開孔６０４の各々内に配置されている。シャフト開孔はまた、内部に配置されたベアリングアセンブリ（図示せず）を含んでもよい。ベアリングアセンブリは、シャフト開孔６０４を通るシャフト１４０をガイドする助けとなる。ベアリングアセンブリは、リニアベアリング、ボールスプラインベアリング、又は他の適切なベアリングアセンブリであってよい。
【００６５】
[0081] アームアクチュエータ１４２の各々は、アームアクチュエータ開口部６０６、及びシャフト１４０の各々に結合されたシャフトヘッド６０８を含むように更に図示されている。アクチュエータ開口部６０６は、アームアクチュエータ１４２の各々内に配置された開口部である。シャフトヘッド６０８とシャフト１４０のうちの１つの一部分とが、アクチュエータ開口部６０６の各々内に配置されている。図６で示されているように、アークアクチュエータ１４２は、ガス圧アクチュエータである。
【００６６】
[0082] 図７Ａは、本明細書で説明される一実施形態による図１の基板処理モジュール１００と共に使用される基板支持プレート４０８の概略断面図を示す。基板支持プレート４０８は、代替的に、基板チャック又は加熱チャックと呼ばれることもある。基板支持プレート４０８は、チャック本体７００を含む。チャック本体７００は、内部に配置された基板支持面４０６を含む。基板支持面４０６は、チャック本体７００の上面として配置されている。基板支持面４０６は、基板支持面４０６上に配置された２つ以上の密封リング７３０、７３２、７３４と、複数の裏側ガスチャネル７１８、７２０、７２２、７２４、７２８とを含む。複数の裏側ガスチャネル７１８、７２０、７２２、７２４、及び７２８は、１以上の裏側ガス導管７０６、７０８に流体接続されている。
【００６７】
[0083] 密封リング７３０、７３２、７３４の各々は、基板支持面４０６の上に配置された又は基板支持面４０６内に部分的に埋め込まれた円形シールである。密封リング７３０、７３２、７３４はまた、卵形、楕円形、又は直線形状などの、他の形状であってもよい。他の密封リングの形状も想定される。密封リング７３０、７３２、７３４は、第１の密封リング７３０、第２の密封リング７３２、及び第３の密封リング７３４として図示されている。密封リング７３０、７３２、７３４はまた、それぞれ、内側密封リング、中間密封リング、及び外側密封リングとして説明されてもよい。この実施例では、第２の密封リング７３２の直径が、第１の密封リング７３０の直径よりも大きく、第３の密封リング７３４の直径が、第２の密封リング７３２の直径よりも大きい。密封リング７３０、７３

２、７３４の各々は、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）プラスチック又はポリテトラフルオロエチレンなどの、ポリマー材料から製造される。密封リングは、ショアＡ硬度スケールで約３０デュロメータから約１２０デュロメータ、ショアＡスケールで例えば約４５デュロメータから約１００デュロメータ、ショアＡスケールで例えば約５０デュロメータから約９０デュロメータの硬度を有する。密封リング７３０、７３２、７３４の各々は、所定の圧力条件下で密封リング７３０、７３２、７３４の曲げを強化するように修正された断面形状を有してよい。幾つかの実施形態では、密封リング７３０、７３２、７３４のいずれか又は全てが、Ｃ字形状の断面を有するか又は中空リングの断面を有する。密封リング７３０、７３２、７３４の各々は、基板５００と基板支持面４０６との間の密封を形成するように構成されている。

【００６８】

[0084] 密封リング７３０、７３２、７３４は、上側のプロセス空間４０４と基板５００の裏側５０１に沿った空間との間の圧力差が、所定のレベルまで増大したときに、変形して、基板５００の下面が基板支持面４０６と接触することを可能にするように構成されている。本明細書で説明される複数の実施形態では、密封リング７３０、７３２、７３４が、プロセス空間４０４と基板５００の裏側５０１に沿った空間との間の圧力差が、約７５Torrより上、例えば約９０Torrより上、例えば約１００Torrより上であるときに、基板５００が基板支持面４０６と接触することを可能にするために変形するよう構成されている。基板５００を基板支持面と接触しないように維持することは、基板５００内の温度増加の速度を低減させるために、特定のプロセス動作中に有益である。基板５００の基板支持面４０６との接触を遅らせることにより、チャンバがプロセス流体で満たされ始め又は既に満たされ、電界がアクティブにされるまで、基板５００の著しい加熱を遅らせる。プロセス空間４０４と基板５００の裏側５０１に沿った空間との間の圧力差は、基板５００内での急速な温度上昇が有益であるときに増加される。

【００６９】

[0085] 第１の密封リング７３０、第２の密封リング７３２、及び第３の密封リング７３４は、中心支持軸Ｂを中心としてその周りに配置されている。中心支持軸Ｂは、基板支持面４０６の中心軸である。第１の密封リング７３０は、約０．６インチから約２．７５インチ、例えば約１ｍｍから約２ｍｍの半径を有する。第２の密封リング７３２は、約２．７５インチから約４．５インチ、例えば約３．５ｍｍから約４．５ｍｍの半径を有する。第３の密封リング７３４は、約４インチから約５．５インチ、例えば約４．５ｍｍから約５ｍｍの半径を有する。中心支持軸Ｂは、中心裏側ガスチャネル７１８を通過する。第１の裏側ガスチャネル７２０、第２の裏側ガスチャネル７２２、及び第３の裏側ガスチャネル７２４は、中心支持軸Ｂを中心としてその周りに配置されている。第１の裏側ガスチャネル７２０は、約０ｍｍから約１．６ｍｍ、例えば約１ｍｍから約２ｍｍの半径を有する。第２の裏側ガスチャネル７２２は、約１．７５ｍｍから約３．７５ｍｍ、例えば約２．２５ｍｍから約３．２５ｍｍの半径を有する。第３の裏側ガスチャネル７２４は、約４ｍｍから約５ｍｍ、例えば約４．２ｍｍから約４．５ｍｍの半径を有する。外側裏側ガスチャネル７２８は、約５ｍｍから約６ｍｍ、例えば約５．３ｍｍから約５．５ｍｍの半径を有する。密封リング７３０、７３２、７３４の各々と裏側ガスチャネル７１８、７２０、７２２、７２４の各々との位置は、基板５００の縁部における温度を制御し、基板の縁部がたわみにより浮き上がることを防止するように位置付けられている。

【００７０】

[0086] プロセス空間４０４と基板５００の裏側５０１に沿った空間７５０との間の圧力差は、裏側ガスチャネル７１８、７２０、７２２、７２４、７２８及び１以上の裏側ガス導管７０６、７０８を使用して制御される。中央裏側ガスチャネル７１８、第１の裏側ガスチャネル７２０、第２の裏側ガスチャネル７２２、第３の裏側ガスチャネル７２４、及び外側裏側ガスチャネル７２８は、チャック本体７００内に形成されている。中央裏側ガスチャネル７１８、第１の裏側ガスチャネル７２０、第２の裏側ガスチャネル７２２、及び第３の裏側ガスチャネル７２４の各々は、全て、内側裏側ガスチャネルであり、基板

５００の内側裏側部分と流体連通するように構成されている。外側裏側ガスチャネル７２８は、第１の裏側ガスチャネル７２０、第２の裏側ガスチャネル７２２、及び第３の裏側ガスチャネル７２４の各々の径方向外側に配置されている。外側裏側ガスチャネル７２８は、第３の密封リング７３４と縁部支持リング７３６との間に配置されている。

【００７１】

[0087] 中央裏側ガスチャネル７１８、第１の裏側ガスチャネル７２０、第２の裏側ガスチャネル７２２、及び第３の裏側ガスチャネル７２４は、第１の裏側ガス導管７０８に接続されている。第１の裏側ガス導管７０８は、１以上の中央ガス開孔７１０を介して、中央裏側ガスチャネル７１８に流体接続されている。第１の裏側ガス導管７０８は、１以上の第１のガス開孔７１２を介して、第１の裏側ガスチャネル７２０に流体接続されている。第１の裏側ガス導管７０８は、１以上の第２のガス開孔７１４を介して、第２の裏側ガスチャネル７２２に流体接続されている。第１の裏側ガス導管７０８は、１以上の第３のガス開孔７１６を介して、第３の裏側ガスチャネル７２４に流体接続されている。中央ガス開孔７１０は、中央裏側ガスチャネル７１８と第１の裏側ガス導管７０８との間で延在し、それらを接続する。第１のガス開孔７１２は、第１の裏側ガスチャネル７２０と第１の裏側ガス導管７０８との間で延在し、それらを接続する。第２のガス開孔７１４は、第２の裏側ガスチャネル７２２と第１の裏側ガス導管７０８との間で延在し、それらを接続する。第３のガス開孔７１６は、第３の裏側ガスチャネル７２４と第１の裏側ガス導管７０８との間で延在し、それらを接続する。第１の裏側ガス導管７０８は、裏側ガス供給接続部７０２に流体結合されている。裏側ガス供給接続部７０２は、チャック本体７００の下面に配置され、第１の裏側ガス供給源（図示せず）に取り付けられるように構成されている。裏側ガス供給接続部７０２はまた、基板５００の裏側と基板支持面４０６との間に減圧を生成するために、第１の裏側ポンプ（図示せず）にも接続されてよい。

【００７２】

[0088] 中央裏側ガスチャネル７１８は、第１の裏側ガスチャネル７２０の直径にわたり延在し、第１の裏側ガスチャネル７２０の両側の端部を接続する。１以上の径方向ガスチャネル７２１が、第１の裏側ガスチャネル７２０と第２の裏側ガスチャネル７２２とを接続する。１以上の径方向ガスチャネル７２１は、第１の密封リング７３０の下方に延在し、第１の裏側ガスチャネル７２０と第２の裏側ガスチャネル７２２とからの流体連通を可能にするために、第１の密封リング７３０の下でより大きい深さを有する。１以上の径方向ガスチャネル７２３の同様な一組が、第２の裏側ガスチャネル７２２と第３の裏側ガスチャネル７２４とを接続し、第１の径方向ガスチャネル７２１と同様に第２の密封リング７３２の下でより大きい深さを有する（図７Ｂ）。

【００７３】

[0089] 第１の密封リング７３０は、第１の裏側ガスチャネル７２０と第２の裏側ガスチャネル７２２との間に配置されている。第２の密封リング７３２は、第２の裏側ガスチャネル７２２と第３の裏側ガスチャネル７２４との間に配置されている。第３の密封リング７３４は、第３の裏側ガスチャネル７２４と外側裏側ガスチャネル７２８との間に配置されている。

【００７４】

[0090] 外側裏側ガスチャネル７２８は、チャック本体７００を通して配置された第２の裏側ガス導管７０６に接続されている。第２の裏側ガス導管７０６は、１以上の外側ガス開孔７２６を使用して、外側裏側ガスチャネル７２８に結合されている。外側ガス開孔７２６は、第２の裏側ガス導管７０６と外側裏側ガスチャネル７２８との間の流体連通を提供する。第１の裏側ガスチャネル７２０、第２の裏側ガスチャネル７２２、第３の裏側ガスチャネル７２４、及び外側裏側ガスチャネル７２８は、リング形状であり、基板支持面４０６の周りに溝を形成する。

【００７５】

[0091] 第２の裏側ガス導管７０６は、第２の裏側ガス供給接続部７０４に流体結合されている。第２の裏側ガス供給接続部７０４は、チャック本体７００の下面に配置され、

第２の裏側ガス供給源（図示せず）に取り付けられるように構成されている。第２の裏側ガス供給接続部７０４もまた、基板５００の外側縁部の裏側と基板支持面４０６との間に減圧を生成するために、第２の裏側ポンプ（図示せず）にも接続されてよい。

【００７６】

[0092] 縁部支持リング７３６が、外側裏側ガスチャネル７２８の径方向外側に配置されている。一実施形態では、縁部支持リング７３６が、２つ以上の密封リング７３０、７３２、７３４と同様な材料である。幾つかの実施形態では、縁部支持リング７３６が、チャック本体７００と同じ材料である。縁部支持リング７３６は、基板５００の最外縁部を支持するように配置されている。縁部支持リング７３６は、基板５００の外側縁部と基板支持面４０６との間の密封を形成する助けとなる。

【００７７】

[0093] チャック本体７００は、基板支持面４０６の周りに配置された隆起縁部７３８を含む。隆起縁部７３８は、基板支持面４０６が配置される窪みを形成する。縁部支持リング７３６は、隆起縁部７３８の内径より小さい外径を有する。それによって、縁部支持リング７３６は、隆起縁部７３８の径方向内側の支持面４０６上に配置される。

【００７８】

[0094] 図７Ｂは、本明細書で説明される一実施形態による図１の基板処理モジュール１００と共に使用される基板支持プレート４０８の平面図である。基板５００は、図７Ｂでは示されていない。図７Ｂは、裏側ガスチャネル７１８、７２０、７２２、７２４、７２８に対する、ガス開孔７１０、７１２、７１４、７１６、及び７２６の分布を更に示す。ガス開孔７１０、７１２、７１４、７１６、及び７２６は、裏側ガスチャネル７１８、７２０、７２２、７２４、７２８の各々の円周上に分布している。第１の密封リング７３０は、１以上の径方向ガスチャネル７２１の一部分の上に配置され、第２の密封リング７３２は、１以上の径方向ガスチャネル７２３の別の一組の一部分の上に配置されている。

【００７９】

[0095] 図８は、本明細書で説明される一実施形態による基板処理モジュール１００の積み重ねられたアセンブリ８００の概略側面図である。積み重ねられたアセンブリ８００は、垂直方向に互いの上に積み重ねて配置された複数の処理モジュール１００を含む。本明細書で示されるように、処理モジュール１００の各々の支持プレート１０６は、支持レール８０２に取り付けられている。支持レール８０２は、垂直方向に配向されたポール又は支持構造である。基板プレート１０６は、処理モジュール１００を適所に固定するために、支持レール８０２の各々に摺動させて接続することができる。本明細書で示されているように、互いの上に積み重ねられた５つの処理モジュール１００が存在する。処理モジュール１００の各々の頂部とその処理モジュール１００の上の支持プレート１０６の下部との間の隙間は、約１８インチ未満、例えば約１５インチ未満、例えば約９インチから約１５インチ、例えば約１１インチから約１３インチである。処理モジュール１００の積み重ねは、処理システムトラックの水平設置面積を低減させながら、処理モジュール１００の各々内で基板５００などの基板を処理することによるスループットの向上を可能にする。処理モジュール１００の各々の間の隙間は、処理モジュール１００の１つが隣接する処理モジュール１００の支持プレート１０６と接触することなしに、図９Ａ～図９Ｂの方法９００で説明されるように、処理モジュール１００の回転を可能にする。

【００８０】

[0096] 図９Ａ～図９Ｂは、本明細書で説明される一実施形態による浸漬式の電界誘導される露光後ベークプロセスを実行するための方法９００の動作を示す。方法９００は、とりわけ、図１～図８の装置を使用して実行される。方法９００は、基板５００などの基板を、処理モジュール１００などのプロセスモジュールの中に装填する動作９０２を含む。基板をプロセスモジュールの中に装填することは、処理モジュール１００が図５Ａで示されているような水平装填位置にある間に実行される。基板は、ロボット又は位置決めアセンブリ（図示せず）によって、リフトピン４１６などのリフトピン上に置かれる。基板がリフトピン上に置かれた後で、基板は、動作９０４中に、基板支持プレート４０８など

の基板支持プレート上の複数の支持要素の上に降ろされる。複数の支持要素は、密封リング７３０、７３２、７３４、及び縁部支持リング７３６を含む。基板は、図５Ｂで示されているように、リフトピン上で基板支持面４０６に向けて降ろされる。基板を処理モジュール１００の中に装填している最中に、上部１０２及びベース部１０４は、水平な位置に配置される。上部１０２及びベース部１０４が水平な位置になることによって、基板が水平な配向にある間に、基板をベース部１０４の中に装填することが可能になる。

【００８１】

[0097] 動作９０２及び動作９０４中に基板を装填した後で、上部１０２などの電極及び上側アセンブリが、ベース部１０４などのベースアセンブリに向けて降ろされる。電極及び上側アセンブリを降ろすことにより、プロセス空間４０４などのプロセス空間が生成される。動作９０４の後で、図５Ｃで示されているように、上部が動作９０６中に下降位置に移動される。上側アセンブリとベースアセンブリとを閉じることにより、上側アセンブリとベースアセンブリとの間に密封が形成される。上側アセンブリとベースアセンブリとの間に密封を形成することにより、後の動作中に電極アセンブリとベースアセンブリとの間のプロセス空間をプロセス流体で満たすことが可能になる。密封はまた、プロセス空間が排気（排液）され、減圧又は所望の圧力下に維持されることも可能にする。

【００８２】

[0098] 動作９０８中に、基板の裏側領域は、ポンピングされるか又は他の方法で第１の裏側圧力まで減圧される。第１の裏側圧力は、約７５Torrから約１５０Torr、例えば約９０Torrから約１１０Torrの範囲の圧力である。裏側圧力は、基板を基板支持面に接触させないが、基板を支持要素にチャックするのに十分である。幾つかの実施形態では、プロセス空間の主たる部分内の圧力と裏側圧力との両方が操作される。プロセス空間内の圧力と裏側圧力とは、プロセス空間と基板の裏側に沿った空間との間の圧力差が、約１Torrから約５０Torr、例えば約５Torrから約２０Torr、例えば約５Torrから約１０Torrであるような圧力にされる。基板の裏側領域は、裏側ガス供給接続部７０２などの裏側ガス接続部に取り付けられた１以上のポンプアセンブリ又はガスアセンブリを使用してポンピングされる。本明細書で説明されるような裏側領域は、第３の密封リング７３４などの最外密封リングの内側の領域を含む。

【００８３】

[0099] 幾つかの実施形態では、プロセス空間内で維持される圧力が、大気圧であるか又はそれに近い。例えば、プロセス空間内の圧力は、約６００Torrから約８００Torr、例えば約７００Torrから約８００Torr、例えば約７５０Torrである。プロセス空間内の圧力が大気圧に近いときに、第１の裏側圧力は、約４００Torrから約６５０Torr、例えば約５００Torrから約６００Torr、例えば約５５０Torrから約６００Torrである。裏側圧力が大気圧から第１の裏側圧力まで減圧されることにより、プロセス空間と基板の裏側に沿った空間との間に圧力差が生じる。プロセス空間内の圧力が大気圧により近い複数の実施形態では、プロセス空間と基板の裏側に沿った空間との間の圧力差が、約２５０Torr未満、例えば約０Torrから約２５０Torr、例えば約１Torrから約２００Torr、例えば約５Torrから約２００Torrである。この圧力差は、本明細書で説明される傾斜動作９１２中に、基板を基板支持面上の適所に保持するのに十分な大きさである。しかし、基板の加熱速度を低減させるために、動作９０８中、この圧力差は十分に小さく、密封リングは、基板の裏側が基板支持面に接触しないように離隔させることを維持するように構成されている。

【００８４】

[0100] 動作９０８と同時に又は動作９０８の後にのいずれかで、基板の上方のプロセス空間をポンピングする動作９１０が実行される。動作９１０中に、基板の上方及び周りのプロセス空間は、流体充填前圧力までポンピングされる。流体充填前圧力は、約１７５Ｔｏｒｒから約２５０Ｔｏｒｒ、例えば約１９５Ｔｏｒｒから約２２５Ｔｏｒｒ、例えば約２００Ｔｏｒｒから約２１０Ｔｏｒｒである。プロセス空間が流体充填前圧力にされると、プロセス空間と基板の裏側に沿った空間との間の圧力差が、依然として約１Torrから約５０Torr、例えば約５Torrから約２０Torr、例えば約５Torrから約１０Torrであるよ

うに、基板の裏側に沿った圧力が、同時に低減されてよい。プロセス空間は、ベント接続部２０４や減圧接続部５０４などのベント接続部又は減圧接続部のうちの１つに流体結合された減圧ポンプを使用してポンピングされる。

【００８５】

[0101]幾つかの実施形態では、流体充填前圧力が、約６００Torrから約８００Torr、例えば約７００Torrから約８００Torr、例えば約７５０Torrなどの、大気圧又はその近傍である。大気圧に近い流体充填前圧力は、ポンピングの時間を減らし、スループットを向上させる。流体充填前圧力が大気圧に近い複数の実施形態では、基板の上方のプロセス空間をポンピングするための動作９１０がなくてもよい。

【００８６】

[0102]動作９１０の後で、プロセスモジュールは、図２～図６の軸Ａなどの回転軸の周りで回転される。プロセスモジュールは、アクチュエータ１１０などの１以上のアクチュエータを使用して回転される。ベアリング１０８ａ、１０８ｂなどの１以上のベアリングを利用して、回転軸の周りでのプロセスモジュールの回転を補助する。プロセスモジュールは、動作９１２中にプロセス位置まで回転される。動作９１２は、基板支持面と電極の下面とを、水平面に対して約５度から約６０度、例えば約５度から約４５度、例えば約１０度から約３０度の角度まで動かす。動作９１２中の処理モジュール及び基板の配置は、図５Ｄで示されている。本明細書で説明される複数の実施形態では、水平面が、下降位置及び水平装填位置にある間の基板支持面と電極の下面との配向である。水平面は、支持プレート１０６などの支持プレートの上面の平面である。基板支持面と電極の下面とを上述されたものなどの角度まで回転させると、基板と電極との間のプロセス空間の中への、気泡が低減された流体の導入の助けとなることが分かった。角度が付けられた配向は、更に、プロセス空間から流体を除去する助けとなる。

【００８７】

[0103]動作９１２と同時に又は動作９１２の後にのいずれかで、動作９１４が実行される。動作９１４は、基板の裏側領域を第２の裏側圧力までポンピング又は他の方法で減圧することを含む。第２の裏側圧力は、約０Ｔｏｒｒから約２０Ｔｏｒｒ、例えば約０Ｔｏｒｒから約１５Ｔｏｒｒ、例えば５Ｔｏｒｒから約１０Ｔｏｒｒの圧力である。裏側領域が第２の裏側圧力まで減圧されると、プロセス空間と基板の裏側に沿った空間との間の圧力差は、約７５Ｔｏｒｒから約１２５Ｔｏｒｒ、例えば約９０Ｔｏｒｒから約１１０Ｔｏｒｒである。第２の裏側圧力は、第１の裏側圧力よりも低い。第２の裏側圧力は、基板を基板支持面に接触させるのに十分強い減圧であり、動作９１６中にプロセス流体がプロセス空間の中に導入されるときに、基板の移動を低減させる。基板支持面に接触すると、基板は基板支持プレートによって加熱される。したがって、基板支持プレートによる基板の急速加熱は、基板の裏側に沿った圧力が第２の裏側圧力に減圧された後まで遅延される。圧力が第２の裏側圧力まで減圧されると、基板は、約４℃／秒から約２０℃／秒、例えば約５℃／秒から約１５℃／秒、例えば約６℃／秒から約１０℃／秒の速度で加熱される。基板は、約４０℃から約２５０℃、例えば約８０℃から約２３０℃、例えば約９０℃から約１３０℃の温度まで加熱される。この熱は、１以上の加熱要素４３０などの１以上の加熱要素を使用して印加される。

【００８８】

[0104]動作９０８に関して説明されたように、プロセス空間内の圧力が大気圧又はその近傍にある複数の実施形態では、第２の裏側圧力が、約２５０Torrから約４５０Torr、例えば約３００Torrから約４００Torr、例えば約３２５Torrから約３７５Torrである。裏側圧力が第１の裏側圧力から第２の裏側圧力まで減圧されると、プロセス空間と基板の裏側に沿った空間との間の圧力差が大きくなる。上述されたように、第２の裏側圧力は、基板を基板支持面に接触させ、基板加熱の速度を増加させるのに十分強い減圧である。プロセス空間内の圧力が大気圧により近い複数の実施形態では、プロセス空間と基板の裏側に沿った空間との間の圧力差が、約４５０Torr未満、例えば約１００Torrから約４５０Torr、例えば約２００Torrから約４５０Torr、例えば約３００Torrから約４５０Torrで

ある。

【００８９】

[0105] 動作９１６は、動作９１４の前、最中、又は後のいずれかに実行される。幾つかの実施形態では、動作９１６が、動作９１２の直後且つ動作９１４の直前に実行される。動作９１６は、流体入口通路５０８などの流体入口からプロセス空間の中にプロセス流体を供給することを含む。プロセス流体は、図１～図６の装置を使用してプロセス空間の中に分注される。プロセス空間は、プロセス流体で満たされる。プロセス流体はプロセス空間の中に注入され、プロセス空間を、４秒未満、例えば３秒未満、例えば２秒未満で満たす。プロセス空間を満たすために、プロセス流体は、プロセス空間の中に、約５Ｌ／分から約２０Ｌ／分、例えば約１０Ｌ／分から約１５Ｌ／分の速度で注入される。本明細書で説明される複数の実施形態では、プロセス空間が、約０．４Lから約０．６L、例えば約０．５Lの容積を有する。プロセス流体は、非気相媒体、スラリ、ゲル、溶液、又は固体媒体などの、中間媒体である。それらは、電極アセンブリから基板上に配置されたフォトレジスト層に伝わるときに、印加される電圧レベルを特定の範囲に効率的に維持してよい。動作９１６中の処理モジュールは、図５Ｅで示されている。

【００９０】

[0106] プロセス流体がプロセス空間を満たすと、動作９１８中に、プロセス流体が減圧ポンプに入るのを防止するために、減圧ポート開口部が閉じられる。動作９１８中に減圧ポート開口部が閉じられた後で、通風路５０２などの通風路を介して、余剰なガスやプロセス流体が排出される。

【００９１】

[0107] 動作９１６及び動作９１８中又は後のいずれかで、動作９２０中に、電極及び基板支持面によって基板に電界が印加される。基板に電界を印加することにより、基板は電界誘導される露光後ベークで処理される。電界は、基板と電極との間に分布する。基板は、第１の電圧で保持される。電極は、第１の電圧とは異なる第２の電圧で保持される。電界は、約５０００Vまで、例えば約３５００Vまで、例えば約３０００Vまでの電圧差を印加することによって生成される。電極と基板との間の電界は、約1×10^{7}V／m未満、例えば約1×10^{6}V／m未満、例えば約1×10^{5}V／m未満である。電界は、約1×10^{5}V／mから約1×10^{7}V／m、例えば約1×10^{5}V／mから約約1×10^{6}V／mであってよい。電界の強度は、プロセス空間内に配置された媒体の耐圧（breakdown voltage）によって制限される。幾つかの実施形態では、プロセス空間内に配置された流体の耐圧が、約1.4×10^{7}V／mである。電界は、露光後ベーク動作が完了するまで、基板に印加される。露光後ベーク動作が完了したときに、加熱が停止される。基板及び処理モジュールは、動作９２０中に、図５Ｅで示されているものと同様な位置に保持される。幾つかの実施形態では、電圧が、動作９２０の全体を通して電極の表面にわたり変化する。電圧は、電圧波形、電圧差の大きさ、又は電圧差が変化する位置を交互に変えることによって変化させることができる。幾つかの実施形態では、電極に印加される電流が、電圧差とは対照的に変化する。電流は、電極の表面にわたり同様に変化してよく、異なる波形を含んでよい。電流は、交流（AC）でも直流（DC）でもよい。

【００９２】

[0108] 動作９２０後で、電界の生成は停止され、動作９２２中に、プロセス流体は、流体入口を通してプロセス空間から排出される。動作９２２中にプロセス空間からプロセス流体を排出することは、通風路又は減圧通路のうちの１つを介してパージガスなどのガスを導入することを含む。動作９２２中に、減圧通路は再び開かれる。プロセス流体を除去している間にプロセス空間の中にガスを導入することにより、プロセス流体の除去速度が増加してよく、動作９２２後に存在する残留プロセス流体の量が減少してよい。動作９２２中に、水平に対するプロセスモジュールの角度が増加してよい。水平に対するプロセスモジュールの角度の増加は、支持プレートの上面に対する基板支持面及び電極の下部の角度の増加を含む。増加した角度は、ドレイン角度と呼ばれることもある。ドレイン角度は、約５度から約６０度、例えば約５度から約４５度である。プロセス空間からのプロセ

ス流体の排出は、図５Ｆで示されている。

【００９３】

[0109] 動作９２２と同時に又は動作９２２の後にのいずれかで、動作９２４が実行される。動作９２４は、プロセスモジュールを回転軸の周りで水平位置まで戻すように回転させることを含む。プロセスモジュールを水平位置まで戻すように回転させることは、基板支持面及び電極の下面が、支持プレートの上面と平行になるように、プロセスモジュールを回転させることを含む。水平位置に戻すように回転させることにより、基板は、動作９０２中で使用されたのと同じ水平ロボットアーム又は位置決め器を使用して、後続の動作で取り出されることが可能になる。

【００９４】

[0110] 動作９２４後に、基板の裏側領域は、動作９２６中に第３の裏側圧力までポンピングされる。動作９２６中に、第３の裏側圧力は、約３００Ｔｏｒｒから約９０００Ｔｏｒｒ、例えば約４００Ｔｏｒｒから約８５０Ｔｏｒｒ、例えば４５０Ｔｏｒｒから約５５０Ｔｏｒｒである。第３の裏側圧力は、第１の裏側圧力又は第２の裏側圧力よりも大きい。第３の裏側圧力は、基板支持面及び基板支持プレートから基板がデチャックされることを可能にするための圧力の増加である。幾つかの実施形態では、第３の裏側圧力が、プロセス空間内の圧力よりも大きくて、上向きの力を生成し、基板支持面から基板を離れるように移動させる。基板の裏側領域が第３の裏側圧力にされると、プロセス空間と基板の裏側の沿った空間との間の圧力差が、約－２００Ｔｏｒｒから約２００Ｔｏｒｒ、例えば約－１００Ｔｏｒｒから約１００Ｔｏｒｒである。

【００９５】

[0111] プロセス空間が大気圧、例えば約６００Ｔｏｒｒから約８００Ｔｏｒｒに近い複数の実施形態では、第３の裏側圧力が、同様に、大気圧であるか、大気圧に近いか、又は大気圧よりも大きい。したがって、動作９２６中に、裏側圧力は、基板の裏側への損傷を低減させながら、リフトピンを使用して基板を持ち上げることを可能にするのに十分、プロセス空間内の圧力に近い。この圧力差は、１００Ｔｏｒｒ未満、例えば５０Ｔｏｒｒ未満であってよい。幾つかの実施形態では、動作９２６中の裏側圧力が、密封リング及びリフトピンによって基板を基板支持面から「イジェクト」させるために、大気圧よりも大きい。

【００９６】

[0112] 動作９２８は、動作９２６と同時に又は動作９２６の後にのいずれかで実行される。動作９２８は、上側アセンブリ及びベースアセンブリを開位置に戻すように作動させることを含む。上側アセンブリが、開位置まで上向きに作動されるときに、基板は、リフトピンによって基板支持面上の支持要素から外される。基板は、図５Ａで示されているものと同様な位置まで持ち上げられる。上側アセンブリ及びベースアセンブリを開位置まで作動させることは、上側アセンブリとベースアセンブリとの密封面を分離させることを含む。

【００９７】

[0113] 動作９２８後で、動作９３０中に基板は処理モジュールから取り出される。基板は、位置決め器又はロボットアームを使用して取り出され、異なる処理モジュール又はプロセスステーションに移される。

【００９８】

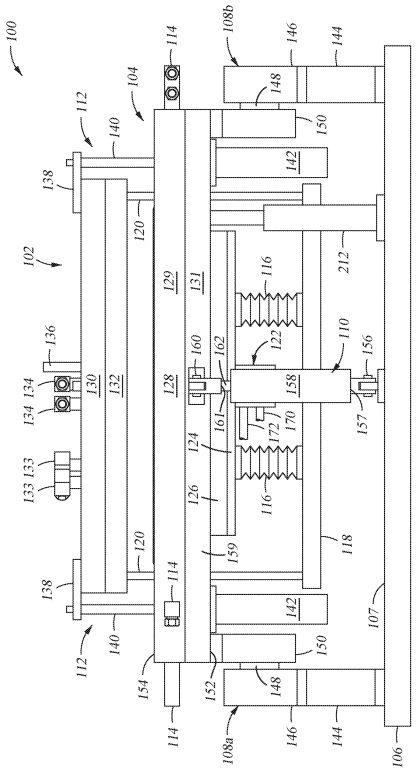
[0114] 本明細書で説明される複数の実施形態は、次の点で有益である。すなわち、露光後ベークプロセスにおける気泡効果を低減させながら、基板は水平に処理されてよい。本明細書で説明される複数の実施形態はまた、処理中に電極と基板とを共により近く配置することも可能にする。それは、電界不均一性の影響を低減させる。ペデスタル用の複数の開口部を有する移送装置を使用することにより、更に、複数の基板を共有の装置で一度に処理することが可能になる。これにより、システムのスループットが増加し、所有コストが削減される。

【００９９】

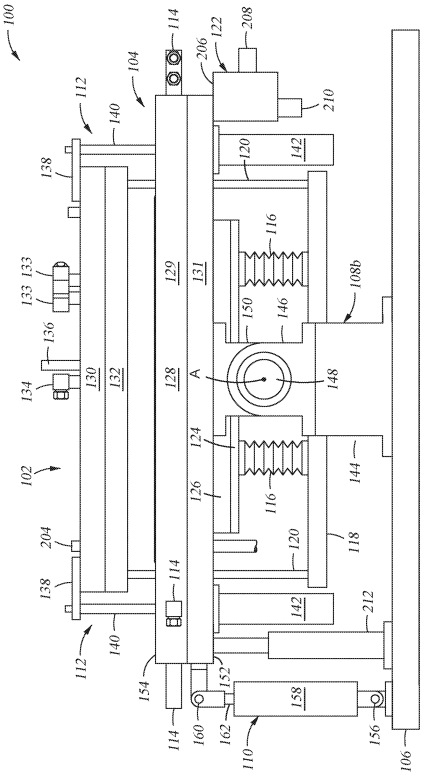
[0115] 上記は本開示の実施形態を対象としているが、本開示の他の実施形態及び更なる実施形態が、その基本的な範囲から逸脱せずに考案されてもよく、その範囲は以下の特許請求の範囲によって決定される。

【図面】

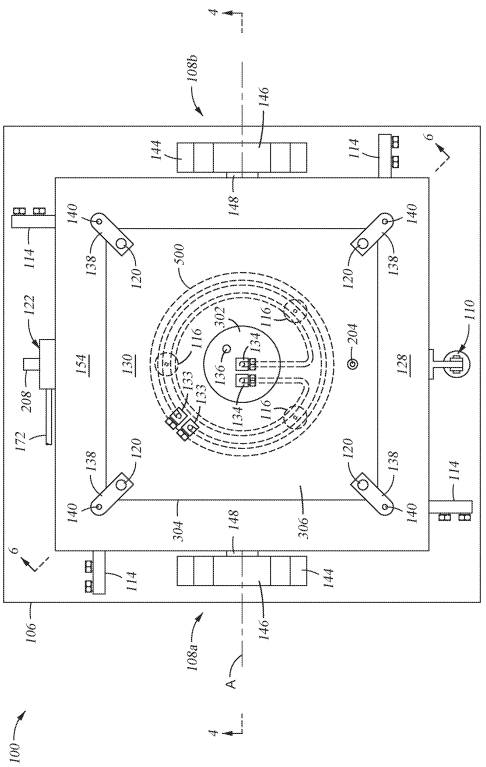
【図１】



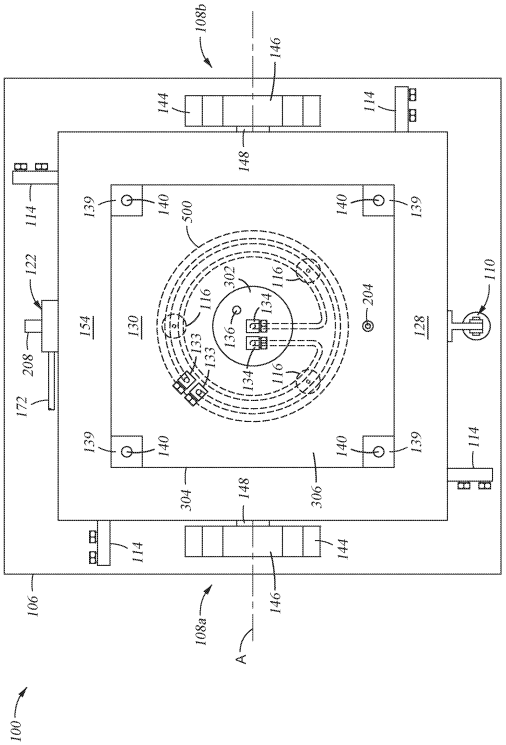
【図２】



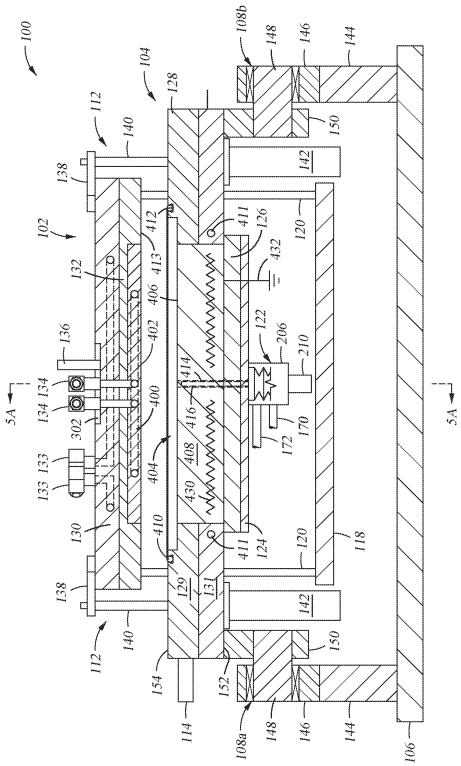
【図３Ａ】



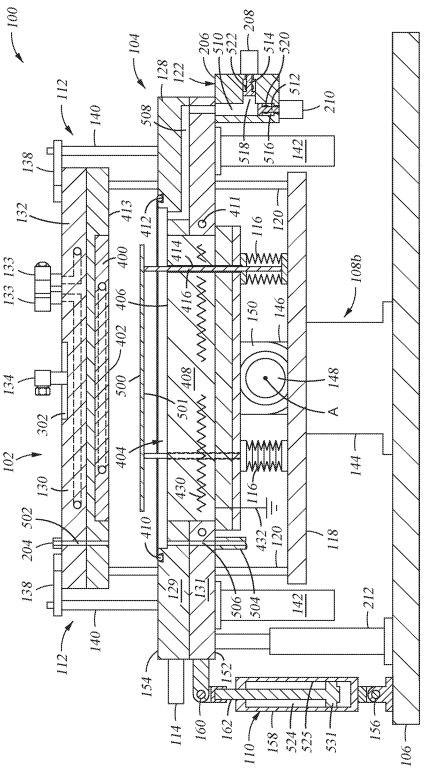
【図３Ｂ】



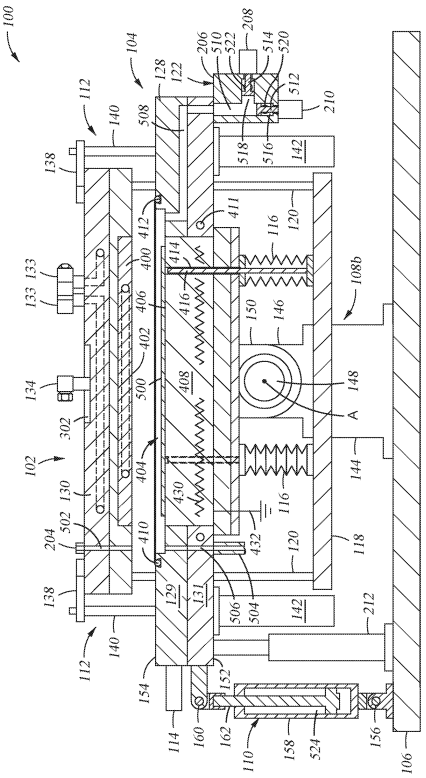
【図４】



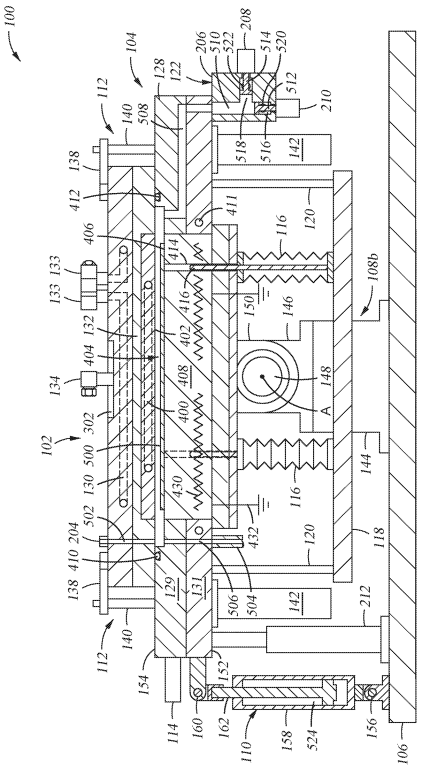
【図５Ａ】



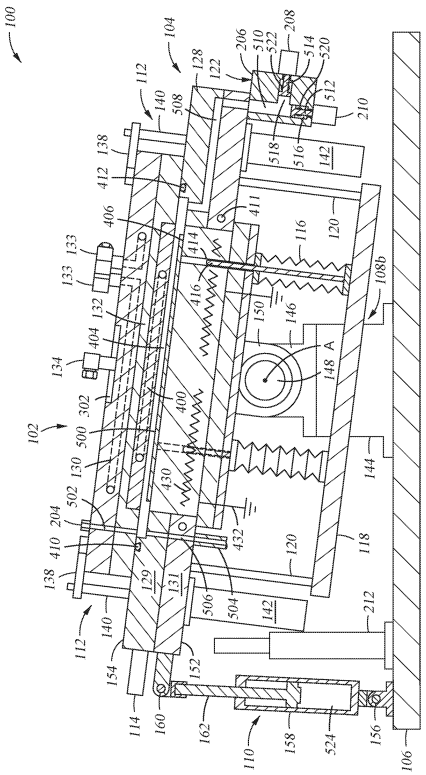
【図５Ｂ】



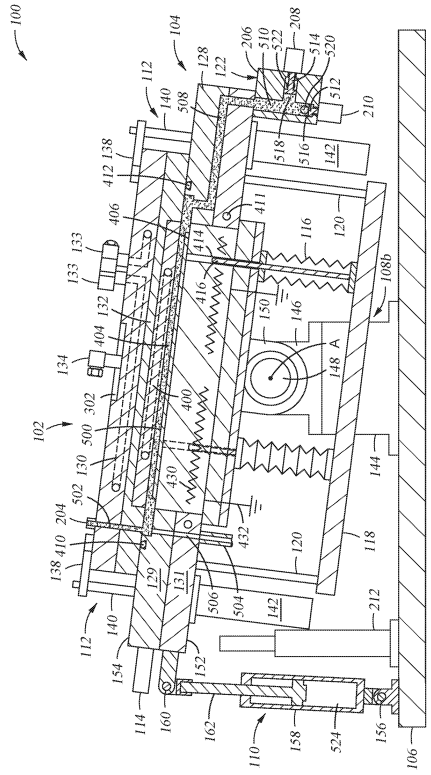
【図５Ｃ】



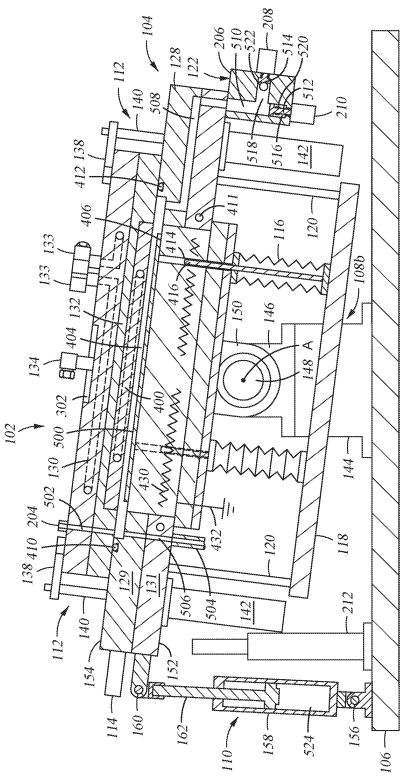
【図５Ｄ】



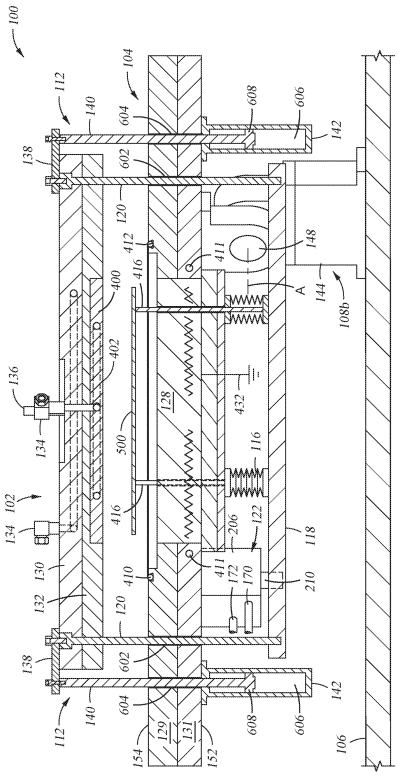
【図５Ｅ】



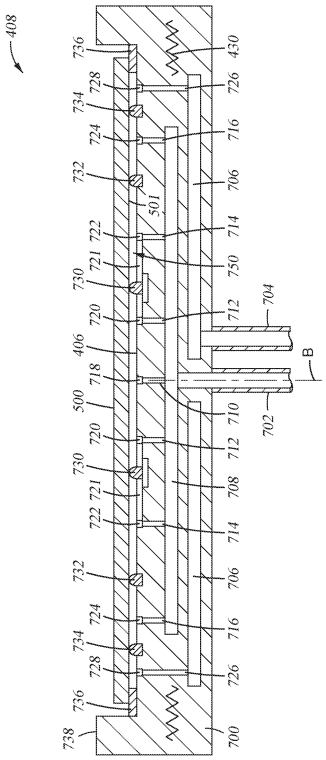
【図５Ｆ】



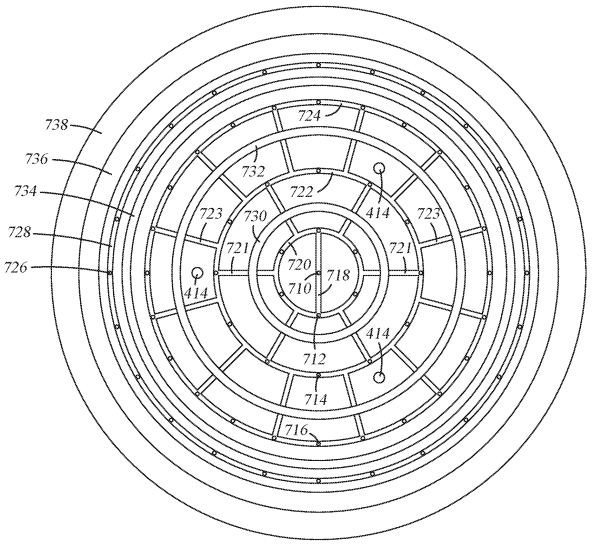
【図６】



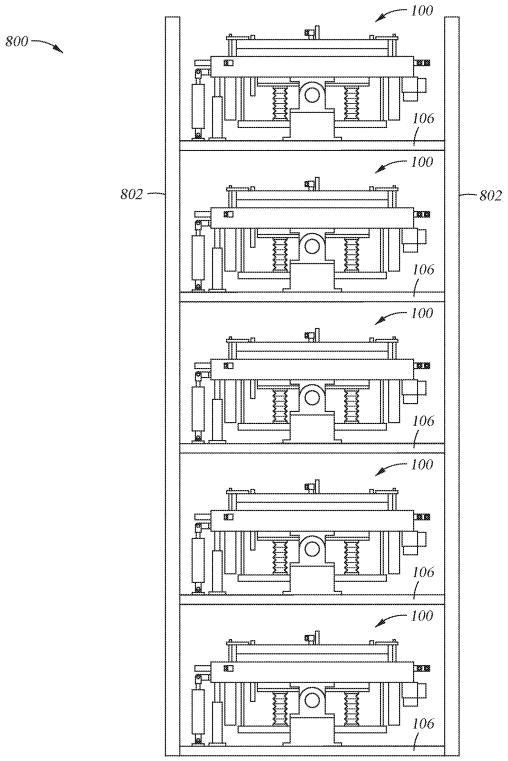
【図７Ａ】



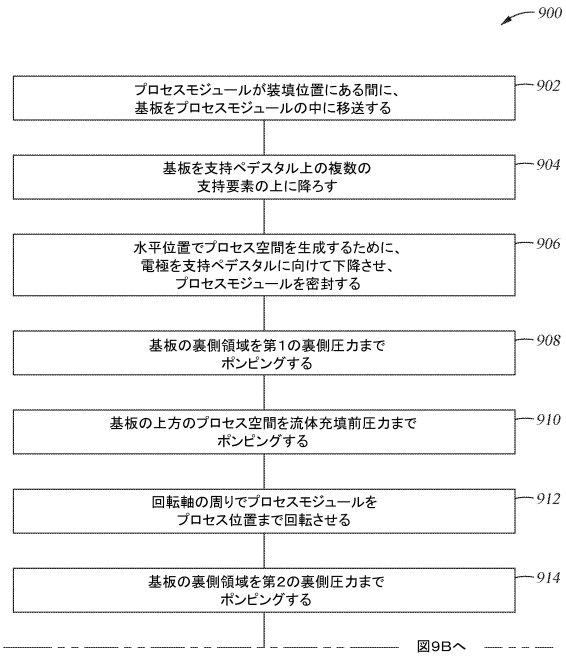
【図７Ｂ】



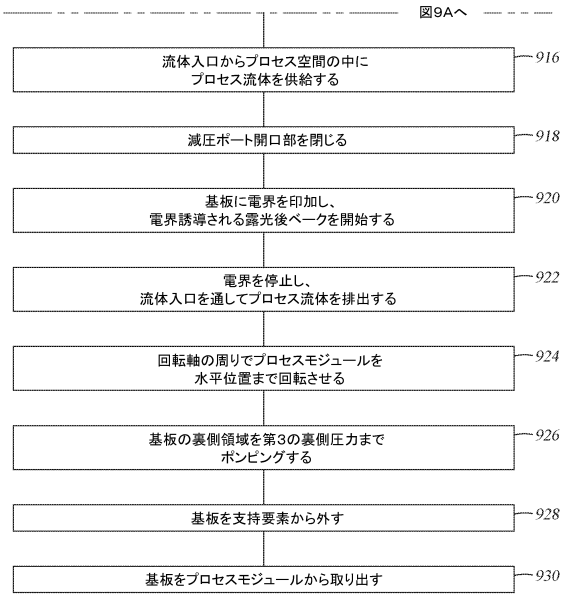
【図８】


800
100
106
802
802

【図９Ａ】


900
プロセスモジュールが装填位置にある間に、基板をプロセスモジュールの中に移送する
902
基板を支持ペデスタル上の複数の支持要素の上に降ろす
904
水平位置でプロセス空間を生成するために、電極を支持ペデスタルに向けて下降させ、プロセスモジュールを密封する
906
基板の裏側領域を第１の裏側圧力までポンピングする
908
基板の上方のプロセス空間を流体充填前圧力までポンピングする
910
回転軸の周りでプロセスモジュールをプロセス位置まで回転させる
912
基板の裏側領域を第２の裏側圧力までポンピングする
914
図9Bへ

【図９Ｂ】


図9Aへ
流体入口からプロセス空間の中にプロセス流体を供給する
916
減圧ポート開口部を閉じる
918
基板に電界を印加し、電界誘導される露光後ベークを開始する
920
電界を停止し、流体入口を通してプロセス流体を排出する
922
回転軸の周りでプロセスモジュールを水平位置まで回転させる
924
基板の裏側領域を第３の裏側圧力までポンピングする
926
基板を支持要素から外す
928
基板をプロセスモジュールから取り出す
930

フロントページの続き

５４， サンタ クララ， バウアーズ アヴェニュー ３０５０， エム／エス １２６９， シー／オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド， ロー デパートメント
(72)発明者 ハンソン， カイル エム．
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９５０５４， サンタ クララ， バウアーズ アヴェニュー ３０５０， エム／エス １２６９， シー／オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド， ロー デパートメント
(72)発明者 ブッフバーガー， ダグラス エー．， ジュニア
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９５０５４， サンタ クララ， バウアーズ アヴェニュー ３０５０， エム／エス １２６９， シー／オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド， ロー デパートメント
(72)発明者 ツォー， アラン エル．
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９５０５４， サンタ クララ， バウアーズ アヴェニュー ３０５０， エム／エス １２６９， シー／オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド， ロー デパートメント
(72)発明者 コジカルカンディ， ラーフル
インド国 ５６０ ０６６ バンガロール， ホワイトフィールド ロード， エクスプローラー ビルディング ３階， ユニット ５， シー／オー アプライド マテリアルズ インディア プライベート リミテッド
(72)発明者 マクヒュー， ポール アール．
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９５０５４， サンタ クララ， バウアーズ アヴェニュー ３０５０， エム／エス １２６９， シー／オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド， ロー デパートメント
(72)発明者 スン， チアイー
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９５０５４， サンタ クララ， バウアーズ アヴェニュー ３０５０， エム／エス １２６９， シー／オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド， ロー デパートメント
(72)発明者 リャン， チーウェイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９５０５４， サンタ クララ， バウアーズ アヴェニュー ３０５０， エム／エス １２６９， シー／オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド， ロー デパートメント
(72)発明者 アレックス， ニティン トーマス
インド国 ５６０ ０６６ バンガロール， ホワイトフィールド ロード， エクスプローラー ビルディング ３階， ユニット ５， シー／オー アプライド マテリアルズ インディア プライベート リミテッド
(72)発明者 ファン， ランスロット
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９５０５４， サンタ クララ， バウアーズ アヴェニュー ３０５０， エム／エス １２６９， シー／オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド， ロー デパートメント
(72)発明者 イー， エリー ワイ．
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９５０５４， サンタ クララ， バウアーズ アヴェニュー ３０５０， エム／エス １２６９， シー／オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド， ロー デパートメント

審査官 坂上 大貴
(56)参考文献 特表２０１６－５２９７３３（ＪＰ，Ａ）
特表２０２０－５１５０４５（ＪＰ，Ａ）
特表２０１９－５２３５４９（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３０３９９８（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００４／０１２４０９０（ＵＳ，Ａ１）

特開２００８－２１８７０８（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－０３２６０５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－１５２６７９（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０２１／００４１７８５（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／０２７
２１／４６