

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7624460号
(P7624460)

(45)発行日 令和7年1月30日(2025.1.30)

(24)登録日 令和7年1月22日(2025.1.22)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/31 (2006.01)

H 0 1 L 21/31

C

C 2 3 C 16/50 (2006.01)

C 2 3 C 16/50

請求項の数 21 (全29頁)

(21)出願番号	特願2022-579932(P2022-579932)	(73)特許権者	592010081
(86)(22)出願日	令和3年6月21日(2021.6.21)		ラム リサーチ コーポレーション
(65)公表番号	特表2023-532277(P2023-532277 A)		L A M R E S E A R C H C O R P O R A T I O N
(43)公表日	令和5年7月27日(2023.7.27)		アメリカ合衆国, カリフォルニア 9 4
(86)国際出願番号	PCT/US2021/038215		5 3 8 , フレモント, クッシング パー
(87)国際公開番号	WO2021/262585		クウェイ 4 6 5 0
(87)国際公開日	令和3年12月30日(2021.12.30)	(74)代理人	110000028
審査請求日	令和6年6月18日(2024.6.18)		弁理士法人明成国際特許事務所
(31)優先権主張番号	62/705,411	(72)発明者	ラインバーガー・ニック・レイ・ジュニア
(32)優先日	令和2年6月25日(2020.6.25)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		5 3 8 フレモント, クッシング・パー
		(72)発明者	クウェイ, 4 6 5 0
			シャイク・ファヤズ・エイ.
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 裏面処理のためのステーション可変支持フィーチャを備えたマルチステーション処理ツール

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

マルチステーションプラズマ処理システムであって、

第1の処理ステーションであって、基板が前記第1の処理ステーションで処理されるとき、前記基板の裏面上の第1のセットの位置で前記基板を支持するように構成された第1のセットの支持フィーチャを備える第1の処理ステーションと、

第2の処理ステーションであって、前記基板が前記第2の処理ステーションで処理されるとき、前記基板の前記裏面上の第2のセットの位置で前記基板を保持するように構成された第2のセットの支持フィーチャを備える第2の処理ステーションと

を備え、

前記第1のセットの位置は、前記第2のセットの位置と重ならない、

マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項2】

請求項1に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1の処理ステーションは、第1のシャワー台座をさらに備え、前記第2の処理ステーションは、第2のシャワー台座をさらに備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項3】

請求項2に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1のセットの支持フィーチャは、前記第1のシャワー台座から第1の離間した関

係で前記基板を支持するように構成された第1のスペーサを備え、前記第2のセットの支持フィーチャは、前記第2のシャワー台座から第2の離間した関係で前記基板を支持するように構成された第2のスペーサを備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項4】

請求項2に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1の処理ステーションは、前記第1のシャワー台座に結合され、前記基板が前記第1の処理ステーションで処理されるときに第1のガス源から第1のガスを提供する第1のガスマニホールドをさらに備え、前記第2の処理ステーションは、前記第2のシャワー台座に結合され、前記基板が前記第2の処理ステーションで処理されるときに第2のガス源から第2のガスを提供する第2のガスマニホールドをさらに備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

10

【請求項5】

請求項2に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記基板が前記第1のセットの支持フィーチャによって支持されている間に電力を前記第1のシャワー台座に提供し、前記裏面上に第1の膜を堆積するためのプラズマを生成するように構成された少なくとも1つの無線周波数(RF)電源をさらに備え、前記少なくとも1つのRF電源は、前記基板が前記第2のセットの支持フィーチャによって支持されている間に電力を前記第2のシャワー台座に提供し、前記基板の前記裏面上に第2の膜を堆積するための追加のプラズマを生成するように構成される、マルチステーションプラズマ処理システム。

20

【請求項6】

請求項5に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1のセットの位置は、前記第2のセットの位置と重ならず、それにより前記基板の前記裏面全体に前記第1および第2の膜の少なくとも1つが堆積されている、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項7】

請求項1～6のいずれか一項に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1のセットの支持フィーチャおよび前記第2のセットの支持フィーチャは各々、安定して前記基板を支持するのに十分に離間された少なくとも3つの支持フィーチャを備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

30

【請求項8】

請求項1～6のいずれか一項に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

少なくとも1つの回転インデクサであって、前記回転インデクサは、前記基板を前記第1の処理ステーションから前記第2の処理ステーションに移送するように構成される少なくとも1つの回転インデクサ

をさらに備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項9】

請求項1～6のいずれか一項に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

40

少なくとも1つの回転インデクサであって、前記回転インデクサは、キャリアリングが前記第1のセットの支持フィーチャと係合して前記第1のセットの支持フィーチャから前記基板を持ち上げるように前記キャリアリングを持ち上げ、前記キャリアリングおよび前記基板を前記第1の処理ステーションから前記第2の処理ステーションに移送し、前記基板が前記第2のセットの支持フィーチャ上に置かれ、前記キャリアリングが前記基板から外れるように前記キャリアリングを下降させるように構成される少なくとも1つの回転インデクサ

をさらに備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項10】

50

Dの公称直径を有する基板を処理するためのマルチステーションプラズマ処理システムであって、

第1のセットの支持フィーチャを有する第1の処理ステーションと、

第2のセットの支持フィーチャを有する第2の処理ステーションと、

中心軸を中心に回転し、それによって前記基板を前記第1の処理ステーションから前記第2の処理ステーションに移送するように構成されたインデクサと

を備え、

前記第1のセットの支持フィーチャは、Dの第1の直径を有し、前記第1の処理ステーションの第1の中心点を中心とする第1の円形領域内に位置決めされた第1のセットの接触面を有し、

前記第2のセットの支持フィーチャは、Dの第2の直径を有し、前記第2の処理ステーションの第2の中心点を中心とする第2の円形領域内に位置決めされた第2のセットの接触面を有し、

回転変換された前記第1の中心点が前記第2の中心点と整列するような前記中心軸を中心とした前記第1の中心点および前記第1のセットの接触面の前記回転変換は、前記中心軸に沿って見たとき、前記第2のセットの接触面と前記回転変換された第1のセットの接触面との間の重なりを生じさせない、

マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項11】

請求項10に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1の処理ステーションは、第1のシャワー台座をさらに備え、前記第2の処理ステーションは、第2のシャワー台座をさらに備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項12】

請求項11に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1のセットの支持フィーチャは、前記第1のシャワー台座から第1の離間した関係で前記基板を支持するように構成された第1のスペーサを備え、前記第2のセットの支持フィーチャは、前記第2のシャワー台座から第2の離間した関係で前記基板を支持するように構成された第2のスペーサを備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項13】

請求項10～12のいずれか一項に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1のセットの支持フィーチャおよび前記第2のセットの支持フィーチャは各々、安定して前記基板を支持するのに十分に離間された少なくとも3つの支持フィーチャを備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項14】

請求項10～12のいずれか一項に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1の処理ステーションは、前記基板の裏面上に第1の膜を堆積するための第1の機器を備え、前記第2の処理ステーションは、前記基板の前記裏面上に第2の膜を堆積するための第2の機器を備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項15】

請求項14に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第1のセットの接触面は、第1のセットの裏面位置で前記基板の前記裏面に接触するように構成され、前記第2のセットの接触面は、第2のセットの裏面位置で前記基板の前記裏面に接触するように構成され、前記第1のセットの支持フィーチャは、前記第1のセットの裏面位置における前記第1の膜の堆積をブロックし、前記第2のセットの支持フィーチャは、前記第1のセットの裏面位置における前記第2の膜の堆積を可能にする、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項16】

請求項 15 に記載のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第 1 のセットの支持フィーチャは、前記第 2 のセットの裏面位置における前記第 1 の膜の堆積を可能にし、前記第 2 のセットの支持フィーチャは、前記第 2 のセットの裏面位置における前記第 2 の膜の堆積をブロックする、マルチステーションプラズマ処理システム。

【請求項 17】

マルチステーションプラズマ処理システムにおいて基板の裏面を処理するための方法であって、前記マルチステーションプラズマ処理システムは、第 1 のセットの支持フィーチャを備えた第 1 のステーションを含み、前記マルチステーションプラズマ処理システムは、第 2 のセットの支持フィーチャを備えた第 2 のステーションを含み、前記方法は、

基板を前記第 1 のセットの支持フィーチャ上に移動させることと、

前記基板が前記第 1 のセットの支持フィーチャ上にある間に、前記基板の前記裏面を処理することであって、前記第 1 のセットの支持フィーチャは、前記基板の前記裏面上の第 1 のセットの場所で前記基板の前記裏面の処理をブロックする、前記基板の前記裏面の処理と、

前記基板を前記第 2 のセットの支持フィーチャ上に移動させることと、

前記基板が前記第 2 のセットの支持フィーチャ上にある間に、前記基板の前記裏面を処理することであって、前記第 2 のセットの支持フィーチャは、前記基板の前記裏面上の前記第 1 のセットの場所で前記基板の前記裏面の処理をブロックしない、前記基板の前記裏面の処理と、

を含む、方法。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の方法であって、

前記第 1 のセットの場所は、前記第 2 のセットの場所と重ならない、方法。

【請求項 19】

請求項 17 または 18 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記第 2 のセットの支持フィーチャは、前記基板の前記裏面上の第 2 のセットの場所における前記基板の前記裏面の処理をブロックする、方法。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の方法であって、

前記第 1 のセットの支持フィーチャは、前記基板の前記裏面上の前記第 2 のセットの場所における前記基板の前記裏面の処理をブロックしない、方法。

【請求項 21】

請求項 17 または 18 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記マルチステーションプラズマ処理システムは、インデクサをさらに含み、前記基板を前記第 2 のセットの支持フィーチャ上に移動させることは、中心軸を中心に前記インデクサを回転させ、前記基板を前記第 1 のステーションから前記第 2 のステーションに移動させることを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

参照による援用

本出願の一部として、本明細書と同時に PCT 出願願書が提出される。この同時出願された PCT 出願願書に明記され、本出願が利益または優先権を主張する各出願は、参照によりその全体があらゆる目的で本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

本開示は、裏面処理のためのマルチステーション処理ツールに関する。

【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

10

20

30

40

50

背景技術のセクション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、ならびに出願の時点で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。

【発明の概要】

【0004】

一態様では、マルチステーションプラズマ処理システムが提供され、システムは、第1の処理ステーションであって、基板が第1の処理ステーションで処理されるとき、基板の裏面上の第1のセットの位置で基板を支持するように構成された第1のセットの支持フィーチャを備える第1の処理ステーションと、第2の処理ステーションであって、基板が第2の処理ステーションで処理されるとき、基板の裏面上の第2のセットの位置で基板を保持するように構成された第2のセットの支持フィーチャを備える第2の処理ステーションとを含み、第1のセットの位置は、第2のセットの位置と重ならない。

10

【0005】

別の態様では、Dの公称直径を有する基板を処理するためのマルチステーションプラズマ処理システムが提供され、システムは、第1のセットの支持フィーチャを有する第1の処理ステーションと、第2のセットの支持フィーチャを有する第2の処理ステーションと、中心軸を中心に回転し、それによって基板を第1の処理ステーションから第2の処理ステーションに移送するように構成されたインデクサとを含み、第1のセットの支持フィーチャは、Dの第1の直径を有し、第1の処理ステーションの第1の中心点を中心とする第1の円形領域内に位置決めされた第1のセットの接触面を有し、第2のセットの支持フィーチャは、Dの第2の直径を有し、第2の処理ステーションの第2の中心点を中心とする第2の円形領域内に位置決めされた第2のセットの接触面を有し、回転変換された第1の中心点が第2の中心点と整列するような中心軸を中心とした第1の中心点および第1のセットの接触面の回転変換は、中心軸に沿って見たとき、第2のセットの接触面と回転変換された第1のセットの接触面との間の重なりを生じさせない。

20

【0006】

別の態様では、マルチステーションプラズマ処理システムにおいて基板の裏面を処理するための方法が提供され、システムは、第1のセットの支持フィーチャを備えた第1のステーションを含み、システムは、第2のセットの支持フィーチャを備えた第2のステーションを含み、方法は、基板を第1のセットの支持フィーチャ上に移動させることと、基板が第1のセットの支持フィーチャ上にある間に基板の裏面を処理することであって、第1のセットの支持フィーチャは、基板の裏面上の第1のセットの場所で基板の裏面の処理をブロックすることと、基板を第2のセットの支持フィーチャ上に移動させることと、基板が第2のセットの支持フィーチャ上にある間に基板の裏面を処理することであって、第2のセットの支持フィーチャは、基板の裏面上の第1のセットの場所で基板の裏面の処理をブロックしないこととを含む。

30

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】図1は、特定の開示された実施形態による、基板処理システムの概略図である。

【0008】

【図2】図2は、特定の開示された実施形態による、マルチステーション処理ツールの上面図である。

40

【0009】

【図3】図3は、特定の開示された実施形態による、マルチステーション処理ツールの概略図である。

【0010】

【図4A】図4Aは、マルチステーション処理ツール内の支持フィーチャの斜視図である。

【0011】

【図4B】図4Bは、マルチステーション処理ツールにおける支持フィーチャの上面図である。

50

【0012】

【図4C】図4Cは、マルチステーション処理ツールにおける支持フィーチャの側面図である。

【0013】

【図5】図5は、特定の開示された実施形態による、基板処理システムを制御するための例示的な制御モジュールの概略図である。

【0014】

【図6】図6は、特定の開示された実施形態による、マルチステーション処理ツールで処理されるウエハの様々な底面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下の説明では、提示された実施形態の完全な理解を提供するために、多くの具体的な詳細が記載されている。開示された実施形態は、これらの具体的な詳細の一部または全部なしで実践することができる。他の例では、開示された実施形態を不必要に曖昧にしないように、周知のプロセス動作は詳細に説明されていない。開示された実施形態は、特定の実施形態と併せて説明されるが、開示された実施形態を限定することを意図するものではないことが理解されるであろう。

【0016】

本開示の一部は、プラズマ強化化学気相堆積（PECVD）に関する。PECVDは、ウエハなどの基板上にガス状態（すなわち、蒸気）から固体状態まで薄膜を堆積するために使用されるプラズマ堆積の一種である。PECVDシステムは、液体前駆体を蒸気前駆体に変換し、蒸気前駆体がチャンバに送給される。PECVDシステムは、制御された方式で液体前駆体を蒸発させて蒸気前駆体を生成する気化器を含むことができる。典型的には、PECVDに使用されるチャンバは、処理中にウエハを支持するためのセラミック台座を使用し、これにより高温下での処理が可能になる。

【0017】

デバイスを形成するためのほとんどのPECVD堆積および他の処理は、ウエハの前面、例えば、上部側で行われる。堆積層が構築されると、ウエハに応力が導入される場合がある。この応力は、望ましくないウエハの反りを引き起こす可能性がある。反りが大きい場合、その後の処理ステップに悪影響が及ぼされる場合がある。場合によっては、ウエハの裏面上に材料を堆積することで、ウエハの反りおよび応力に対抗することができる。しかし、ウエハの裏面上への堆積を行うためには、ウエハを裏返して裏面を上にしてロードしなければならない。ウエハを裏返すと、追加の取り扱い、粒子への曝露の可能性、および／または処理歩留まりの低下などのさらなる問題が生じる。

【0018】

本開示の実施形態は、堆積およびエッチングなどの裏面処理のためのステーション可変支持フィーチャ（station-varying support feature）（持ち上げフィーチャと呼ばれることもある）を備えたマルチステーション処理ツールの実施態様を提供する。シングルステーション内での裏面堆積、エッチング、および／または他の処理の間、持ち上げフィーチャは、持ち上げフィーチャの接触点で処理されるウエハまたは他の基板上での堆積、エッチング、および／または他の処理をブロックすることができる。いくつかの現在の設計では、キャリアリングが、堆積中にウエハを保持する支持フィーチャを有する。キャリアリングがマルチステーションリアクタ内でステーションからステーションへと移動しても、支持フィーチャはウエハに対してそれ以上は移動しない。キャリアリングは、ウエハをステーションからステーションへと運ぶ。そのような設計では、ウエハのすべての場所に対して堆積、エッチング、および／または他の処理を実施することは不可能である。

【0019】

一実施態様では、第1のステーションは、第1のセットの位置で処理されるウエハまたは他の基板に接触する第1のセットの支持フィーチャを有することができ、第2のステーションは、第2のセットの位置で処理されるウエハまたは他の基板に接触する第2のセットの支持フィーチャを有することができ、第2のセットの支持フィーチャは、第1のセットの支持フィーチャとは異なる位置でウエハまたは他の基板に接触する。

10

20

30

40

50

ションは、第1のセットの位置とは異なる第2のセットの位置で処理されるウエハまたは他の基板に接触する第2のセットの支持フィーチャを有することができる。その結果、第1のステーションにおける堆積、エッチング、および／または他の処理中に第1のセットの支持フィーチャによってブロックされる領域は、第2のステーションにおける堆積、エッチング、および／または他の処理中に露出され得る。これにより、方位角方向における堆積プロファイル、エッチングプロファイル、および／または他の処理プロファイルの制御が可能になり、全層ボイド (full thickness void) または他の方位角不均一性なしに裏面のすべての部分上での膜の堆積、エッチング、および／または他の処理が可能になる。一例としてエッチング中、これは裏面のすべての部分をエッチングすることを可能にし、完全にエッチングされていない部分は存在しない。いくつかの実施態様では、支持フィーチャは、キャリアリングの一部ではない。むしろ、支持フィーチャはステーションの一部であり、マルチステーションリアクタの各ステーションは、それ自体の支持フィーチャを有する。

【0020】

高度なメモリおよび論理チップを製造するために使用されるマルチレベル半導体処理フローにより、基板が圧縮方向および引張方向に著しく湾曲することになる。この中度から重度の基板の湾曲により、様々な製造プロセスの処理条件が損なわれ、プロセス制御の問題、リソグラフィのチャッキング、およびオーバーレイの問題が発生し、場合によっては歩留まり損失が増加することがある。一実施形態では、湾曲を制御する1つの方法は、基板の反対側（すなわち、裏面）上に犠牲膜または複数の膜を堆積して反対方向の湾曲を補償し、基板を平坦化することである。従来のデュアル電極無線周波数 (RF) プラズマ強化化学気相堆積 (PECVD) システムは、RFまたは接地とすることができる1つのガス流動 (gas-flowing) 電極を有する。典型的には、ガス流動電極（シャワーヘッド104とも呼ばれる）は、PECVDリアクタの上部側にあり、反応剤をウエハの前面上に流してウエハの前面上のみに堆積を引き起こす。

【0021】

一実施形態によれば、デュアルガス流動電極を有するRF PECVDシステムが開示される。電極のいずれか1つは、CVD膜堆積のためのプラズマ強化を可能にするAC電場を提供するRF電極とすることができる。このデュアルガス流動電極PECVDシステムは、ウエハの両面または片面のみに膜を選択的に堆積することが可能である。一例では、ガス流動台座（本明細書では「シャワー台座」または「ショーベッド (show-*bed*)」と呼ばれる）は、機器の設定に基づく標準的な移送機構を介して隣接するステーション間でチャンバ内またはチャンバ外に移送するためにウエハを保持することができるが、ウエハの裏面からガスを流すことができる。いくつかの他の実施形態では、裏面堆積、エッチング、または他の動作用に構成されたシステムは、シャワー台座を含まなくてもよく、ガスをウエハの裏面に流すために他の構造を利用してもよい。

【0022】

一実施形態では、裏面ガス流は、ウエハの裏面上でのPECVD堆積を可能にし、前面ガス流は、ウエハの前面上での堆積を可能にすることができる。システムは、膜堆積を引き起こす反応剤をオンおよびオフにし、それらを非反応ガス（例えば、不活性ガス）で置き換えることによって、堆積の側面を選択的に可能にするように設定することができる。このシステムの別の態様は、反応剤流動ガスから基板の側面までの距離を制御することができることである。この制御により、裏面補償などの用途に必要な堆積プロファイルおよび膜性質を達成することが可能になる。

【0023】

別の実施形態では、ショーベッドおよびシャワーヘッドは、適切な反応剤混合を可能にし、ウエハの裏面、または前面上でのPECVD堆積プロセスに対して適切な流れ力学を提供することを可能にするシャワーヘッド様フィーチャを提供する構成を含む。加えて、いくつかの実施形態は、堆積のためにウエハの所望の（片方または両方の）側面上のプラズマを抑制または可能にすることができる制御可能なギャップを可能にする。制御される

10

20

30

40

50

ギャップは、例えば、ウエハの上部側と（図 1 に示すような）シャワーヘッド 104 の上面との間のギャップ間隔、およびウエハの裏面と（図 1 に示すような）ショーベッド 106 の上面との間のギャップ間隔を含むことができる。例えば、ウエハの裏面が堆積されている間、ウエハの上部側とシャワーヘッドの上面との間のギャップは最小限に抑えられる。
【0024】

ショーベッド 106 は、ガスを均一に分配するためのシャワーヘッド穴パターンおよび内部プレナムを含むようにさらに構成される。ガスの均一な分配を提供するシャワーヘッド穴パターンおよび内部プレナムにより、プロセスガスが適切に均一な分配でウエハの底部に向かって送給されることが可能になる。実施形態はまた、プロセスガスを適切な温度にするために、ガス流動台座（すなわち、ショーベッド）がアクティブヒータを有することを可能にする。ショーベッド 106 とシャワーヘッド 104 の組み合わせにより、両方の重要な属性の同時機能が可能になる。ショーベッド 106 は、一実施形態では、依然としてウエハを加熱し、リアクタチャンバ内またはリアクタの外部にウエハ移送フィーチャを提供することができる一方、シャワーヘッド 104 の構成要素は、プロセスガスの流れを可能にする。したがって、本明細書に開示されるガス流動台座（すなわち、ショーベッド）は、選択的にウエハのいずれかの側面上に堆積を行う従来の PECVD プロセスの実施を可能にする。これらの構成はまた、上部電極または底部電極に選択的に RF 電力を供給し、堆積を必要とするウエハの側面上でプラズマを動的に有効化／無効化するように構成される。

【0025】

広義には、ショーベッドは、ウエハの裏面上に膜を堆積することによって、応力および反りの問題に対処するためのいくつかの利点を提供する。裏面膜は、前面堆積からの応力に対抗し、反りを示さない（または実質的に反りが無い、例えば、約 $150\text{ }\mu\text{m}$ 未満の反り）中立応力（または実質的に中立応力、例えば、約 $+/-150\text{ MPa}$ 未満）のウエハをもたらす。前面上に堆積された膜が引張り性である場合、裏面膜もまた引張り性であり、全体的な応力のバランスをとるべきである。同様に、前面膜が圧縮性である場合、裏面膜も圧縮性であるべきである。裏面膜は、様々な反応機構（例えば、化学気相堆積（CVD）、プラズマ強化化学気相堆積（PECVD）、原子層堆積（ALD）、プラズマ強化原子層堆積（PEALD）、低圧化学気相堆積（LPCVD）など）により堆積され得る。様々な場合において、このタイプの反応で達成される高い堆積速度のために、プラズマ強化化学気相堆積が使用される。

【0026】

特定の堆積パラメータを調節し、所望の応力レベルを有する裏面膜をもたらすことができる。これらの堆積パラメータの 1 つは、堆積された裏面膜の厚さである。より厚い膜はウエハにより多くの応力を誘起するが、より薄い膜（同じ組成で同じ条件下で堆積される）はウエハにより少ない応力を誘起する。したがって、裏面層を形成する際に消費される材料の量を最小限に抑えるために、この層は、高応力膜の形成を促進する条件下で比較的薄く堆積させることができる。

【0027】

いくつかの実施形態では、マルチステーション処理ツールは、裏面堆積のためのステーション可変支持フィーチャを有することができる。シングルステーション内での裏面堆積の間、支持フィーチャは、支持フィーチャの接触点で処理されるウエハまたは他の基板上への堆積をブロックすることがある。一実施形態では、第 1 のステーションは、第 1 のセットの位置で処理されるウエハまたは他の基板に接触する第 1 のセットの支持フィーチャを有することができ、第 2 のステーションは、第 1 のセットの位置とは異なる第 2 のセットの位置で処理されるウエハまたは他の基板に接触する第 2 のセットの支持フィーチャを有することができる。その結果、第 1 のステーションにおける堆積中に第 1 のセットの支持フィーチャによってブロックされる領域は、第 2 のステーションにおける堆積中に露出され得る。したがって、裏面層は、全層ボイドなしに裏面のすべての部分上に堆積させることができる。本開示の多くは、裏面堆積のためのステーション可変支持フィーチャ（支

持フィーチャとも呼ばれる)の利点に言及しているが、ステーション可変支持フィーチャはまた、エッチングなどの他の種類の裏面処理に対して利点を提供するように利用することができる。

【0028】

前述のように、堆積材料のスタックは、ウエハの応力および反りをもたらす可能性が高い。これらの問題を引き起こし得る1つの例示的なスタックは、酸化物と窒化物の交互層(例えば、酸化ケイ素/窒化ケイ素/酸化ケイ素/窒化ケイ素など)を有するスタックである。反りをもたらす可能性が高い別の例示的なスタックには、酸化物とポリシリコンの交互層(例えば、酸化ケイ素/ポリシリコン/酸化ケイ素/ポリシリコンなど)が挙げられる。問題となり得るスタック材料の他の例には、限定はしないが、タングステンおよび窒化チタンが挙げられる。スタック内の材料は、プラズマ強化化学気相堆積(PECVD)、低圧化学気相堆積(LPCVD)、有機金属化学気相堆積(MOCVD)、原子層堆積(ALD)、プラズマ強化原子層堆積(PEALD)などの化学気相堆積技法により、または直接金属堆積(DMD)などにより堆積され得る。これらの例は、限定を意図するものではない。特定の開示された実施形態は、ウエハの前面に存在する材料によりウエハの応力および/または反りが誘起されるときはいつでも有用であり得る。

【0029】

前面スタックは、任意の数の層および厚さに堆積され得る。典型的な例では、スタックは、約32~72層を含み、約2~4 μmの総厚を有する。スタックによってウエハに誘起される応力は、約-500 MPa~約+500 MPaであり得、その結果、しばしば約200~400 μm(300 mmウエハの場合)、場合によってはさらに大きくなる反りが生じる。

【0030】

ウエハの裏面上に堆積される材料は、様々な実施形態において誘電体材料であり得る。場合によっては、酸化物および/または窒化物(例えば、酸化ケイ素/窒化ケイ素)が使用される。使用することができるケイ素含有反応剤の例には、限定はしないが、シラン、ハロシラン、およびアミノシランが挙げられる。シランは水素および/または炭素基を含むが、ハロゲンを含まない。シランの例は、シラン(SiH_4)、ジシラン(Si_2H_6)、およびオルガノシラン、例えばメチルシラン、エチルシラン、イソプロピルシラン、*t*-ブチルシラン、ジメチルシラン、ジエチルシラン、ジ-*t*-ブチルシラン、アリルシラン、*sec*-ブチルシラン、テキシルシラン、イソアミルシラン、*t*-ブチルジシラン、ジ-*t*-ブチルジシランなどである。ハロシランは、少なくとも1つのハロゲン基を含み、水素および/または炭素基を含んでも含まなくてもよい。ハロシランの例は、ヨードシラン、プロモシラン、クロロシラン、およびフルオロシランである。ハロシラン、特にフルオロシランは、ケイ素材料をエッチングすることができる反応性ハロゲン化合物種を形成することができるが、本明細書に記載の特定の実施形態では、ケイ素含有反応剤は、プラズマが衝突するときには存在しない。具体的なクロロシランは、テトラクロロシラン(SiCl_4)、トリクロロシラン(HSiCl_3)、ジクロロシラン(H_2SiCl_2)、モノクロロシラン(ClSiH_3)、クロロアリルシラン、クロロメチルシラン、ジクロロメチルシラン、クロロジメチルシラン、クロロエチルシラン、*t*-ブチルクロロシラン、ジ-*t*-ブチルクロロシラン、クロロイソプロピルシラン、クロロ-*sec*-ブチルシラン、*t*-ブチルジメチルクロロシラン、テキシルジメチルクロロシランなどである。アミノシランは、ケイ素原子に結合した少なくとも1つの窒素原子を含むが、水素、酸素、ハロゲン、および炭素も含むことができる。アミノシランの例は、モノ、ジ、トリ、およびテトラアミノシラン(それぞれ $\text{H}_3\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 、 $\text{H}_2\text{Si}(\text{NH}_2)_2$ 、 $\text{HSi}(\text{NH}_2)_3$ 、および $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$)、ならびに置換されたモノ、ジ、トリ、およびテトラアミノシラン、例えば、*t*-ブチルアミノシラン、メチルアミノシラン、*tert*-ブチルシランアミン、ビス(第三ブチルアミノ)シラン($\text{SiH}_2(\text{NHC}(\text{CH}_3)_3)_2$ (BTBAS))、*tert*-ブチルシリルカルバメート、 $\text{SiH}(\text{CH}_3)-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ 、 $\text{SiHCl}-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ 、 $(\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{NH})_3$ などである。アミノシランのさら

なる例は、トリシリルアミン ($N(SiH_3)$) である。他の潜在的なケイ素含有反応剤には、テトラエチルオルトシリケート (TEOS)、ならびに環状および非環状 TEOS 変異体、例えばテトラメトキシシラン (TMOS)、フルオロトリエトキシシラン (FTEOS)、トリメチルシラン (TMS)、オクタメチルテトラシクロシロキサン (OMCTS)、テトラメチルシクロテトラシロキサン (TMCTSO)、ジメチルジメトキシシラン (DMDS)、ヘキサメチルジシラザン (HMDS)、ヘキサメチルジシロキサン (HMDSO)、ヘキサメチルシクロトリシロキサン (HMCTSO)、ジメチルジエトキシシラン (DMDEOS)、メチルトリメトキシシラン (MTMOS)、テトラメチルジシロキサン (TMDSO)、ジビニルテトラメチルジシロキサン ($VS i_2$)、メチルトリエトキシシラン (MTEOS)、ジメチルテトラメトキシジシロキサン (DMTMODSO)、エチルトリエトキシシラン (ETEOS)、エチルトリメトキシシラン (ETMOS)、ヘキサメトキシジシラン (HMODS)、ビス(トリエトキシシリル)エタン (BTEOSE)、ビス(トリメトキシシリル)エタン (BTMOSE)、ジメチルエトキシシラン (DMEOS)、テトラエトキシジメチルジシロキサン (TEODMDSO)、テトラキス(トリメチルシロキシ)シラン (TTMSOS)、テトラメチルジエトキシジシロキサン (TMDEODSO)、トリエトキシシラン (TIEOS)、トリメトキシシラン (TIMEOS)、またはテトラプロポキシシラン (TPOS) が挙げられる。

【0031】

例示的な窒素含有反応剤には、限定はしないが、アンモニア、ヒドラジン、アミン (例えば、炭素を有するアミン)、例えばメチルアミン、ジメチルアミン、エチルアミン、イソプロピルアミン、*tert*-ブチルアミン、ジ-*tert*-ブチルアミン、シクロプロピルアミン、*sec*-ブチルアミン、シクロブチルアミン、イソアミルアミン、2-メチルブタン-2-アミン、トリメチルアミン、ジイソプロピルアミン、ジエチルイソプロピルアミン、ジ-*tert*-ブチルヒドラジン、ならびに芳香族含有アミン、例えばアニリン、ピリジン、およびベンジルアミンが挙げられる。アミンは、第一級、第二級、第三級、または第四級 (例えば、テトラアルキルアンモニウム化合物) であり得る。窒素含有反応剤は、窒素以外のヘテロ原子を含むことができ、例えば、ヒドロキシルアミン、*tert*-ブチルオキシカルボニルアミン、および *N-tert*-ブチルヒドロキシルアミンは、窒素含有反応剤である。

【0032】

酸素含有共反応剤の例には、酸素、オゾン、亜酸化窒素、一酸化炭素、一酸化窒素、二酸化窒素、硫黄酸化物、二酸化硫黄、酸素含有炭化水素 ($C_xH_yO_z$)、水、それらの混合物などが挙げられる。

【0033】

これらの反応剤の流量は、裏面層が堆積される反応のタイプに大きく依存する。CVD/PECVDが裏面層を堆積するために使用される場合、ケイ素含有反応剤の流量は、約 $0.5 \sim 10 \text{ mL/分}$ (噴霧化前)、例えば約 $0.5 \sim 5 \text{ mL/分}$ であってもよい。窒素含有反応剤、酸素含有反応剤、または他の共反応剤の流量は、毎分約 $3 \sim 25$ 標準リットル (SLM)、例えば約 $3 \sim 10 \text{ SLM}$ であってもよい。

【0034】

特定の実施形態では、さらなる処理の後に裏面層を除去することができる。この場合、裏面層の組成は、適切な時点で基板から容易に除去することができるようを選択されるべきである。この点に関して、所望の除去化学物質において、裏面層の材料 (例えば、誘電体) と下にある基板の材料 (例えば、ケイ素) との間に高い選択性が存在する必要がある。

【0035】

裏面層の最適な厚さは、ウエハの前面上への堆積によって誘起される応力の量、ならびに裏面層が堆積される条件に依存する。裏面層は、ウエハにおける応力が無視できる厚さ (例えば、約 150 MPa 未満) まで堆積させることができる。これらまたは他の実施形態では、裏面層は、ウエハの反りが無視できる厚さ (例えば、約 $150 \text{ }\mu\text{m}$ 未満の反り) まで堆積されてもよい。場合によっては、これは、約 $0.1 \sim 2 \text{ }\mu\text{m}$ 、例えば約 $0.3 \sim 2 \text{ }\mu\text{m}$ 、または約 $0.1 \sim 1 \text{ }\mu\text{m}$ 、または約 $0.3 \sim 1 \text{ }\mu\text{m}$ の裏面層の厚さに相当する。

窒化ケイ素が裏面層を形成するために使用される場合、約 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有する膜は、約 $50\sim200\text{ }\mu\text{m}$ の反りを緩和するのに十分である。上述のように、層の必要な厚さを低減するために、より高い応力の裏面層を使用することができる。これにより材料を節約し、コストを削減することが可能である。

【0036】

本実施形態は、プロセス、装置、システム、デバイス、または方法など、多数の方法で実施することができることを理解されたい。いくつかの実施形態について、以下で説明する。

【0037】

膜の堆積は、一実施形態では、プラズマ強化化学気相堆積（PECVD）システムで実施される。PECVDシステムは、多くの異なる形態をとることができる。PECVDシステムは、1つまたは複数のウェハを収容し、ウェハ処理に適した1つまたは複数のチャンバまたは「リアクタ」（複数のステーションを含む場合もある）を含む。各チャンバは、処理のために1つまたは複数のウェハを収容することができる。1つまたは複数のチャンバは、定義された1つまたは複数の位置にウェハを維持する（その位置内での動き、例えば、回転、振動、または他の攪拌の有無にかかわらず）。堆積中のウェハは、プロセス中にリアクタチャンバ内であるステーションから別のステーションに移送され得る。もちろん、膜堆積はシングルステーションで完全に行うことができ、または膜の任意の部分を任意の数のステーションで堆積させることができる。

【0038】

プロセス中、各ウェハは、台座、ウェハチャック、および／または他のウェハ保持装置によって適所に保持される。特定の動作の場合、装置は、ウェハを加熱するための加熱プレートなどのヒータを含むことができる。

【0039】

図1は、ウェハ128を処理するために使用される基板処理システム100を示している。システムは、チャンバ102を含む。中心コラムが、基板128の上面が処理されているとき、例えば、膜が上面上に形成されているときのための台座を支持するように構成される。本明細書に開示される実施形態による台座は、シャワーヘッド台座（「ショーベッド」）106と呼ばれる。シャワーヘッド104が、ショーベッド106の上に配置される。一実施形態では、シャワーヘッド104は、マッチネットワーク125を介して電源122に電気的に結合される。電源122は、制御モジュール120、例えば、コントローラによって制御される。他の実施形態では、電力をシャワーヘッド104の代わりにショーベッド106に提供することが可能である。制御モジュール120は、特定のレシピに対するプロセス入力および制御を実行することによって、基板処理システム100を動作させるように構成される。基板128の上面が堆積膜を受け取っているか、または基板128の底面が堆積膜を受け取っているかに応じて、制御モジュール120は、例えば、電力レベル、タイミングパラメータ、プロセスガス、ウェハ128の機械的移動、ウェハ128がショーベッド106から離される高さなどのプロセスレシピのための様々な動作入力を設定する。複数の処理チャンバ102を有する実施態様（図2および図3の例など）では、システム100は、電源122と、マッチネットワーク125などの関連する要素とを含んでもよく、それらの各々は、チャンバ102のそれぞれにおけるシャワーベッド106および／またはシャワーヘッド104に結合される。他の実施形態では、単一の電源122が、複数のチャンバ102内のシャワーベッド106および／またはシャワーヘッド104に結合され得る。制御モジュール120、ガス源114、ガスマニホールド112、ガスマニホールド108、ガス源110、マッチネットワーク125、RF電源112、ショーベッド106、シャワーヘッド104、および処理チャンバの1つまたは複数は、基板の裏面上に膜を堆積するための機器を形成することができる。以下でさらに詳細に説明するように、マルチステーション処理ツールは、基板の裏面上に膜を堆積するための前述の機器を含む複数の2つ以上の処理ステーションを含むことができる。前述の機器のいくつかは、マルチステーション処理ツール内の複数の処理ステーションによっ

10

20

30

40

50

て共有されてもよい。加えて、単一のウエハは、マルチステーション処理ツール内の複数のステーションによって処理される場合がある。したがって、マルチステーション処理ツール内の第1の処理ステーションは、基板の裏面上に堅い膜を堆積するための第1の機器を有することができ、マルチステーション処理ツール内の第2の処理ステーションは、基板の裏面上に第2の膜を堆積するための第2の機器を有することができる。

【0040】

中心コラムはまた、リフトピン制御によって制御されるリフトピンを含むことができる。リフトピンは、ショーベッド106からウエハ128を上昇させ、エンドエフェクタがウエハを持ち上げ、エンドエフェクタによって載置された後にウエハ128を下降させることを可能にするために使用される。エンドエフェクタ（図示せず）はまた、スペーサ130の上にウエハ128を載置することができる。以下で説明するように、スペーサ130は、シャワーヘッド104の上面（ウエハに面する）とショーベッド106の上面（ウエハに面する）との間のウエハ128の制御された分離を提供するようにサイズ決定される。

10

【0041】

基板処理システム100は、ガス源110、例えば、設備からのガス化学物質供給物および／または不活性ガスに接続されたガスマニホールド108をさらに含む。基板の上面にわたって実施される処理に応じて、制御モジュール120は、ガスマニホールド108を介してガス源110の送給を制御する。次に、選択されたガスがシャワーヘッド104内に流れ、ウエハが台座140の上に置かれているときにそのウエハ128に面するシャワーヘッド104の面の間に画定された空間容積に分配される。

20

【0042】

基板処理システム100は、ガス源114、例えば、設備からのガス化学物質供給物および／または不活性ガスに接続されたガスマニホールド112をさらに含む。基板の底面にわたって実施される処理に応じて、制御モジュール120は、ガスマニホールド112を介してガス源114の送給を制御する。次に、選択されたガスがシャワーヘッド104内に流れ、ウエハがスペーサ130の上に置かれているときにウエハ128の下面／下側に面するショーベッド106の面の間に画定された空間容積に分配される。スペーサ130は、ウエハ128の下面への堆積を最適化する一方、ウエハの上面にわたる堆積を低減する分離を提供する。一実施形態では、堆積がウエハ128の下面を対象としている間、不活性ガスがシャワーヘッド104を介してウエハ128の上面にわたって流され、これにより反応剤ガスが上面から押しのけられ、ショーベッド106から提供された反応剤ガスがウエハ128の下面に向けられるようになる。複数の処理チャンバ102を有する実施態様（図2および図3の例など）では、システム100は、その各々がチャンバ102のそれぞれにおけるショーベッド106に結合された複数のガスマニホールド112を含んでもよく、かつ／またはその各々がチャンバ102のそれぞれにおけるシャワーヘッド104に結合された複数のガスマニホールド108を含んでもよい。

30

【0043】

さらに、ガスは、予め混合されていてもいなくてもよい。プロセスの堆積およびプラズマ処置段階中に正しいガスが送給されることを確実にするために、適切な弁調節および質量流量制御機構を用いることができる。プロセスガスは、出口を介してチャンバを出る。真空ポンプ（例えば、1段または2段の機械式ドライポンプおよび／またはターボ分子ポンプ）がプロセスガスを引き出し、絞り弁または振り子弁などの閉ループ制御流量制限デバイスによってリアクタ内を適切に低い圧力に維持する。

40

【0044】

また、ショーベッド106の外側領域を取り囲むキャリアリング124が示されている。ウエハ128の上面が処理されているとき、例えば、材料がその上に堆積されているとき、キャリアリング124は、台座ショーベッド106の中心におけるウエハ支持領域から一段下がったキャリアリング支持領域の上に着座するように構成される。キャリアリング124は、そのディスク構造の外エッジ側、例えば、外半径、およびそのディスク構造

50

のウエハエッジ側、例えば、ウエハ128が着座する場所に最も近い内半径を含む。キャリアリング124のウエハエッジ側は、ウエハ128を支持するように構成された複数の接触支持構造を含む。スペーサ130は、キャリアリング124を支持するキャリアリング支持フィーチャを含み得る。スペーサ130は、キャリアリング124がスペーサ130によって保持されるとき、キャリアリング124から離してウエハ128を支持するウエハ支持フィーチャを含み得る。

【0045】

いくつかの実施態様では、チャンバ102は、マルチステーション処理ツール内の処理チャンバであってもよく、スペーサ130のウエハ支持フィーチャは、ウエハがどのステーションにあるかに応じて、ウエハ上の異なる方位角場所でウエハと係合してもよい。一例として、第1の処理ステーション内のスペーサ130は、第1のセットの位置（例えば、ウエハの周囲に均等にまたは不均等に配置された3つ以上の位置）でウエハと係合することによってウエハ128を支持するウエハ支持フィーチャを含むことができ、第2の処理ステーション内のスペーサ130は、第2のセットの位置（例えば、ウエハの周囲に均等にまたは不均等に配置された3つ以上の位置）でウエハと係合することによってウエハ128を支持するウエハ支持フィーチャを含むことができる。第1および第2のセットの位置は、重ならないか、または部分的にのみ重なり得る。このタイプの配置では、第1のステーション内での裏面堆積は、スペーサ130のウエハ支持フィーチャによる第1のセットの位置における物理的閉塞のために、第1のセットの位置においてウエハ128に適用された裏面膜にボイドをもたらす可能性がある。しかし、第2のステーション内での裏面堆積は、それらのボイドを少なくとも部分的に充填することができる（第2のステーション内のウエハ支持フィーチャが、第1のセットの位置と重ならないか、または部分的にしか重ならない第2のセットの位置でウエハ128と係合するため）。

【0046】

いくつかの他の実施態様では、ウエハ128は1つのステーションから次のステーションに移動するときに回転することができ、それによりウエハ128は、ステーションの各々に置かれているときにウエハ上の異なる方位角位置でスペーサ130または他のウエハ支持フィーチャと係合する。ステーション間のウエハの回転は、裏面膜が所望の方式で堆積されること（例えば、裏面膜に全層ボイドがないこと）を確実にするのに十分であり得るそのような実施態様では、スペーサ130または他のウエハ支持フィーチャは、複数のステーションにわたって同じ方位角位置にあってもよい。

【0047】

図2は、4つの処理ステーションが設けられたマルチステーション処理ツールの上面図を示している。図1の実施形態は、4つのチャンバステーションを有する図2および図3のチャンバ102で実施することができるチャンバ102を示している。図2および図3は、チャンバ部分の上面図（例えば、説明のために上部チャンバ部分が取り除かれている）を提供し、4つのステーションがスパイダフォーク132によってアクセスされる。各スパイダフォーク132、またはフォークは、第1および第2のアームを含み、それらの各々はショーベッド106の各側面の一部の周りに位置決めされる。この図では、スパイダフォーク132は破線で図示されており、それらがキャリアリング124の下にあることを伝えている。スパイダフォーク132は、係合および回転機構220を使用して、同時にステーションから（すなわち、キャリアリング124の下面から）キャリアリング124を上昇させて支持し、次にキャリアリング124（キャリアリングの少なくとも1つがウエハ128を支持する）を次の場所に下降させる前に少なくとも1つまたは複数のステーションを回転させ、さらなるプラズマ処理、処置、および／または膜堆積をそれぞれのウエハ128上で行うことができるように構成される。上記のように、一実施形態では、スパイダフォーク132を使用して、ウエハ128をスペーサ130などのウエハ支持フィーチャ上に下降させる（かつウエハ支持フィーチャからウエハ128を上昇させる）ことができる。スペーサ130は、例えば、図1に示すように、ウエハ128の上部側上への堆積を実質的に防止しながら、ウエハ128の裏面上への堆積を可能にする高さでウ

エハ 1 2 8 を保持することができる。

【 0 0 4 8 】

図 3 は、インバウンドロードロック 1 4 8 およびアウトバウンドロードロック 1 4 0 を有するマルチステーション処理ツールの一実施形態の概略図を示す。ロボット 1 4 2 は、大気圧において、ポッド 1 5 0 を介してロードされたカセットから、大気圧ポート 1 4 4 を介してインバウンドロードロック 1 4 8 に基板 1 2 8 を移動させるように構成される。インバウンドロードロック 1 4 8 は真空源（図示せず）に結合され、したがって大気圧ポート 1 4 4 が閉じている場合、インバウンドロードロック 1 4 8 をポンプダウンすることができる。インバウンドロードロック 1 4 8 はまた、処理チャンバ 1 0 2 と連動するチャンバ搬送ポート 1 4 6 を含む。したがって、チャンバ搬送ポート 1 4 6 が開かれると、別のロボット（図示せず）が、基板をインバウンドロードロック 1 4 8 から処理のために第 1 のプロセスステーションのショーペッド 1 0 6 に移動させることができる。

10

【 0 0 4 9 】

図示の処理チャンバ 1 0 2 は、図 3 に示す実施形態において 1 から 4 まで番号が付けられた 4 つのプロセスステーションを備える。いくつかの実施形態では、処理チャンバ 1 0 2 は、低圧環境を維持するように構成されてもよく、それにより基板は、真空破壊および／または空気曝露を受けることなく、プロセスステーション間でキャリアリング 1 2 4 を使用して移送され得る。図 3 に図示される各プロセスステーションは、裏面堆積が行われるときにプロセスガスを送給するように構成されたショーペッド 1 0 6 である。裏面堆積中、ウエハ支持フィーチャを有するスペーサを使用してショーペッド 1 0 6 から離してウエハを保持する場合、シャワーヘッド 1 0 4 は、基板の上面の上に不活性ガスを供給し、ウエハ 1 0 6 の上面の上への堆積を防止または低減するように構成され得る。

20

【 0 0 5 0 】

図 3 はまた、処理チャンバ 1 0 2 内でウエハを移送するためのスパイダフォーク 1 3 2 を図示する。以下でより詳細に説明するように、スパイダフォーク 1 3 2 は回転することもでき、あるステーションから別のステーションへのウエハの移送を可能にする。移送は、スパイダフォーク 1 3 2 が外側下面からキャリアリング 1 2 4 を持ち上げることができるようにすることによって行われ、これによりウエハが持ち上げられ、次にウエハおよびキャリア 1 2 4 が共に次のステーションまで回転する。一構成では、スパイダフォーク 1 3 2 は、処理中の高レベルの熱に耐えるようにセラミック材料から作製される。

30

【 0 0 5 1 】

他の実施形態では、ウエハを持ち上げて移送するためにスパイダフォーク 1 3 2 を使用する代わりに、パドルタイプの構造もウエハを持ち上げて移送するように機能することができる。パドルは、スパイダフォーク 1 3 2 が着座する方法と同様に、ステーション間に配置することができ、同じ方法で機能することができる。したがって、理解を容易にするために、スパイダフォーク 1 3 2 への言及は、制御リフト（例えば、裏面ウエハ堆積中）およびステーション間の移送を提供することができるパドル構成にも適用されると理解されるべきである。場合によっては、ウエハを持ち上げ、支持し、かつ／または移送するように構成された構造（スパイダフォーク 1 3 2 など）は、「インデクサ」または「回転インデクサ」と呼ばれることがある。これらの構造は、ステーション間でウエハを移動させるための回転カールセルの一部であってもよい。したがって、理解を容易にするために、スパイダフォーク 1 3 2 への言及はまた、そのような構造が「スパイダフォーク」と異なる場合（例えば、異なる構造配置を有する、ウエハを支持および／または移動させるために異なる技法を利用するなど）であっても、「インデクサ」または「回転インデクサ」を指すと理解されるべきである。

40

【 0 0 5 2 】

広義には、本明細書に開示される実施形態は、動的制御によりウエハの選択的側面（前面および／または裏面）上に P E C V D 膜を堆積するシステムに関するものである。一実施形態は、容量結合 P E C V D システムを定義するためのデュアルガス流動電極を含む。システムは、ガス流動シャワーヘッド 1 0 4 と、ショーペッド 1 0 6 とを含む。一実施形

50

態では、ガス流動台座（すなわち、ショーベッド）は、シャワーヘッドと台座の組み合わせであり、ウエハの裏面上への堆積を可能にする。電極の幾何学的形状は、例えば、ガス混合プレナム、穴、穴パターン、ガスジェット防止バッフルなどのシャワーヘッドの特徴と、例えば、埋め込み型制御ヒータ、ウエハリフト機構（ウエハ支持フィーチャおよびウエハ支持構造とも呼ばれる）、プラズマ抑制リングを保持する能力、および可動性などの台座の特徴を組み合わせる。これにより、台座からのRF電力の有無にかかわらず、ウエハの移送およびガスの処理が可能になる。

【0053】

一実施形態では、システムは、ステーション可変支持フィーチャを含むウエハ支持フィーチャを有する。一例として、システムは、図1のスペーサ130など、ステーション可変支持フィーチャを備えたスペーサを有することができる。一実施形態では、第1のプロセスステーションのウエハ支持フィーチャは、ウエハの周縁に沿った第1の複数の場所（例えば、3つ以上）で、裏面とも呼ばれるウエハの下側と係合する。その結果、第1のプロセスステーションのウエハ支持フィーチャは、ウエハの下側を物理的に塞ぐことができ、したがって第1の複数の場所での裏面堆積を防止する。この第1のステーションにおける裏面堆積が実施される唯一の裏面堆積であった場合、ウエハは、第1の複数の場所において（例えば、ウエハ支持フィーチャがウエハと係合して保持する場所において）裏面膜に全層ボイドを有する。したがって、少なくともいくつかの実施形態では、第2のプロセスステーションのウエハ支持フィーチャは、ウエハの周縁に沿った第2の複数の場所でウエハの下側と係合するように構成される。第2の複数の場所は、第1の複数の場所と重ならないか、または部分的にしか重ならない。したがって、裏面堆積が第2のプロセスステーションで実施されるとき、全層ボイドを有する部分（例えば、第1のプロセスステーションのウエハ支持フィーチャによって塞がれた領域）は、堆積された裏面層で少なくとも部分的に充填され得る。その結果、マルチステーション処理システムは、全層ボイドのない裏面膜を堆積することができる。

【0054】

所望に応じて、マルチステーション処理システムは、任意の数の処理ステーション（例えば、2つ、3つ、4つ、5つ、またはそれ以上）を有することができる。そのような実施形態では、各処理ステーションは、その特定の処理ステーションに固有のウエハの下側上の一連の場所でウエハと係合するウエハ支持フィーチャを有することができる。あるいは、2つ以上の処理ステーションが、共通のセットの場所でウエハと係合するウエハ支持フィーチャを有してもよく、1つまたは複数の他の処理ステーションが、異なるセットの場所でウエハと係合するウエハ支持フィーチャを有する。一般に、異なる係合場所を有する処理ステーションの数を増加させることは、裏面堆積における変動の低減に役立ち得る。

【0055】

一実施形態では、システムは、電極に対する基板の平行度の厳密な制御を可能にするウエハリフト機構を有する。一実施形態では、これは、リフト機構を2つの電極に平行に設定し、製造公差、例えば、スピンドルまたはリフトピン機構を制御することによって達成される。別の実施形態は、ウエハリフト部品を上昇させることによって定義されるが、このオプションは、堆積を受ける側面の動的制御を可能にしない。

【0056】

一構成では、リフト機構は、プロセス中（プラズマ前、プラズマ中、プラズマ後）に動的に距離を制御し、堆積の側面、堆積のプロファイル、および堆積膜の性質を制御することを可能にする。システムはさらに、反応剤が流れる側面の選択的な有効化／無効化を可能にする。一方の側面は反応剤を流し、他方の側面は不活性ガスを流すことで堆積およびプラズマを抑制することができる。

【0057】

一実施形態では、プラズマまたは膜堆積を必要としないウエハの側面の間のギャップは、プラズマを抑制するために（例えば、プラズマ損傷を低減または排除するために）厳密に制御され得る。一例では、このシステムは、約2mm～約0.5mm、別の実施形態で

は約1mm～約0.05mmの最小ギャップを許容し（ウエハの反りによって制限される）、そのようなギャップは制御することができる。一実施形態では、このギャップは、プロセス条件に依存する。

【0058】

一実施形態では、ガス流動台座（すなわち、ショーベッド）は、限定はしないが、以下を可能にする：（a）処理前の処理温度に対するウエハの熱安定化、（b）ウエハの裏面の異なる領域に膜を選択的に堆積させるための、ショーベッド上への穴パターンの選択的設計、（c）交換可能なリングを取り付け、適切なプラズマ閉じ込め、穴パターン、およびエッジインピーダンスを達成することが可能であること（これは、膜性質の所望の半径方向分配を達成するのに役立ち得る）、（d）リフトピン、RF結合フィーチャ、最小接触アレイなど、チャンバ内の安定したウエハ移送機構、およびウエハを外部の別のチャンバまたはカセットに移送するための機構、（e）例えば、内部プレナム、バッフル、およびマニホールライン開口部などのガス混合フィーチャの実装、ならびに（f）ガス流動台座（すなわち、ショーベッド）にコンパートメントを追加し、ウエハの裏面の異なる領域への選択的なガス流を可能にし、フローコントローラおよび／または複数のプレナムを介して流量を制御すること。

【0059】

別の実施形態では、ウエハリフト機構を使用する動的ギャップ制御は、以下を可能にする：（a）堆積または反応剤流動電極から、堆積を必要とするウエハの側面または中間までの距離を制御し、それにより両側面への堆積を可能にすること、および（b）プロセス中（プラズマ前、プラズマ中、プラズマ後）に動的に距離を制御し、堆積の側面、堆積のプロファイル、および堆積膜の性質を制御するリフト機構。別の実施形態では、ウエハの裏面上に堆積を行うために使用される堆積モードについて、リソグラフィ関連のオーバーレイの問題を回避するために膜エッジ除外制御が非常に望ましい。このシステムで使用されるリフト機構は、エッジ上の堆積物を覆い隠す設計特徴を有するキャリアリング124を介して行われる。これは、キャリアリングの設計および形状を介してエッジ除外制御を指定する。

【0060】

図4A、図4B、および図4Cは、ウエハキャリアリング400ならびにステーション可変支持フィーチャ402aおよび402bの底面斜視図、底面図、および側面図をそれぞれ示す。図4Aに示すように、第1の処理ステーションは、第1の支持フィーチャ402aを有する要素401aを有することができる。図4Aはまた、第2の処理ステーションが、第2の支持フィーチャ402bを有する要素401bをどのように有することができるかを示す。要素401aおよび402bは、図1のスペーサ130の実施態様であり得る。要素401aおよび401b、ならびにそれらに関連する支持フィーチャ402aおよび402bは、図2および図3のツールなどのマルチステーション処理ツール内の異なる処理ステーションの一部であってもよい（例えば、フィーチャ402aが第1のステーションに存在し、フィーチャ402bが第2のステーションに存在してもよい）。いくつかの実施形態では、各処理ステーションは、安定性を提供するために3つ以上の支持フィーチャを有することができる。加えて、任意の数（すべてまたは1つ、2つ、3つ、4つだけなど）の支持フィーチャが、ステーション可変（例えば、ウエハがどのステーションにあるかに応じて、異なる場所でウエハの下側と係合する）であってもよい。

【0061】

図4A、図4B、および図4Cはまた、いくつかの実施形態では、ウエハキャリアリング400がウエハまたは他の基板を支持する複数のウエハ保持フィーチャ406を含むことを示している。ウエハキャリアリング400が持ち上げられると（例えば、ステーション間の移動または処理動作のために）、ウエハ保持フィーチャ406は、ウエハの下側と係合することができる。ウエハ保持フィーチャ406は、ウエハキャリアリング400の内周に沿って、安定してウエハを保持するのに十分な数および適切な間隔で配置することができる。特に、ウエハの安定性を維持するのに十分に離間された少なくとも3つのウエ

10

20

30

40

50

ハ保持フィーチャ４０６が存在してもよい。他の実施形態では、ウエハキャリアリング４００の上部側の内周は、ウエハ保持フィーチャとして機能することができる（フィーチャ４０６は、任意選択で省略されてもよい）。

【００６２】

裏面堆積の一部として、ウエハキャリアリング４００は、ウエハをマルチステーション処理システムにおける第１の処理ステーションに搬送することができる。ウエハキャリアリング４００は、スパイダフォーク１３２、パドルなどによってシステム内で運ばれてもよい。次いで、ウエハキャリアリング４００は、ウエハがフィーチャ４０２aを含む第１のセットのウエハ支持フィーチャの上に置かれるまで第１のステーション内で（例えば、スパイダフォークを下降させることによって）下降させることができる。次に、裏面堆積プロセスを第１の処理ステーション内で実施することができる。続いて、ウエハキャリアリング４００およびウエハを持ち上げ、第２の処理ステーションに搬送し、ウエハがフィーチャ４０２bを含む第２のセットのウエハ支持フィーチャの上に置かれるまで第２のステーション内で下降させることができる。そのような実施形態では、キャリアリング４００はウエハと共にステーションからステーションへと移動し、支持フィーチャ４０２aおよび４０２bなどのステーション固有の支持フィーチャの特定の部分は、キャリアリングから離れてウエハに接触する。

【００６３】

図４Ａ、図４Ｂ、および図４Ｃに示すように、第１の処理ステーションのフィーチャ４０２aなどの支持フィーチャは、第１のセットの位置（フィーチャ４０２aのように、ウエハキャリアリング４００のウエハ保持フィーチャ４０６のすぐ左にあり得る）にウエハを保持するように構成することができる。対照的に、第２の処理ステーションのフィーチャ４０２bなどの支持フィーチャは、第２のセットの位置（フィーチャ４０２bのように、ウエハ保持フィーチャ４０６のすぐ右にあり得る）にウエハを保持するように構成することができる。この配置により、第１の処理ステーション内の裏面堆積は、第１のセットの位置でブロックされ得、第２の処理ステーション内の裏面堆積は、第２のセットの位置でブロックされ得る。しかし、第１および第２のセットの位置は重ならないため、第２の処理ステーション内の裏面堆積は、フィーチャ４０２aなどの支持フィーチャの閉塞によって残されたボイドを少なくとも部分的に充填することができる。同様に、裏面堆積が第２のステーションでの裏面堆積の後に第１のステーションで行われる場合、第１のステーション内の裏面堆積は、フィーチャ４０２bなどの支持フィーチャの閉塞によって残されたボイドを少なくとも部分的に充填することができる。これらのタイプの配置により、全層ボイドのない裏面膜を形成することができる。これらの利点の一例が、図６に示されている。

【００６４】

図６は、マルチステーション処理ツールの２つのステーションで処理されるウエハの底面画像６００～６０４を含む。図６は、堆積プロセス、エッチングプロセス、および他の製作プロセスにも同様に適用可能であるが、以下の説明は、明確さおよび便宜のために堆積に関して説明される。

【００６５】

画像６００は、マルチステーション処理ツール内の第１の処理ステーションの３つ以上の支持フィーチャ４０２aによって支持されたウエハ６１０を示す。画像６００は、第１の処理ステーションにおける膜の最初の堆積前のウエハ６１０を示す。

【００６６】

画像６０１は、第１の処理ステーションにおける膜の最初の堆積後のウエハ６１０を示す。膜の最初の堆積は、画像６０３と比較して、ウエハ６１０の比較的薄い陰影または点描によって示される。

【００６７】

画像６０２は、ウエハがマルチステーション処理ツール内の第２の処理ステーションに移送された後のウエハ６１０を示す。画像６０２は、第２の処理ステーションにおける膜

のさらなる堆積前のウエハ 6 1 0 を示す。第 2 の処理ステーションでは、ウエハ 6 1 0 は、支持フィーチャ 4 0 2 a とは異なる場所でウエハ 6 1 0 と係合する 3 つ以上の支持フィーチャ 4 0 2 b によって支持される。したがって、ウエハ 6 1 0 が第 2 の処理ステーションにあるとき、支持フィーチャ 4 0 2 a と前に接触していたウエハ 6 1 0 の部分 6 1 2 は、ここでは覆われずに露出される。画像 6 0 2 に見られるように、画像 6 0 0 と 6 0 1 との間に堆積された膜は、支持フィーチャ 4 0 2 が部分 6 1 2 上への堆積をブロックしていたので、ウエハ 6 1 0 の部分 6 1 2 上にここでは堆積されなかった。

【 0 0 6 8 】

画像 6 0 3 は、第 2 の処理ステーションにおける膜のさらなる堆積後のウエハ 6 1 0 を示す。膜のさらなる堆積は、画像 6 0 1 と比較して、ウエハ 6 1 0 の比較的暗い陰影または点描によって示される。画像 6 0 3 に示すように、少なくともある程度の厚さの膜が部分 6 1 2 上に堆積されるが、これらは支持フィーチャ 4 0 2 a によって前は隠されていた。画像 6 0 3 内の部分 6 1 2 の比較的薄い陰影または点描によって示されるように、部分 6 1 2 に堆積された膜の量（例えば、厚さ）は、ウエハ 6 1 0 全体に堆積された膜の平均量（例えば、厚さ）よりもわずかに少ないものであり得る。

【 0 0 6 9 】

画像 6 0 4 は、第 2 の処理ステーションにおける膜のさらなる堆積後のウエハ 6 1 0 を示しており、明確にするために支持フィーチャ 4 0 1 b および他の構成要素が取り除かれている。画像 6 0 4 に示すように、部分 6 1 2 および 6 1 4 上に堆積された膜の量は、ウエハ 6 1 0 の残りの部分全体に堆積されたものよりも比較的少ない（例えば、より薄い）量である。したがって、画像 6 0 0 ～ 6 0 4 は、ステーション可変支持フィーチャが堆積プロセス中に全層ボイドをどのように回避することができるかを示している。同様の結果が、エッチングおよび他の製作動作において達成することができることに留意されたい。一例として、本明細書に開示される技法がエッチングの場面で適用される場合、ステーション可変支持フィーチャは、あらゆる領域が完全にエッチングされないことを回避することができる。画像 6 0 0 ～ 6 0 4 はまた、第 1 の処理ステーションの支持フィーチャ 4 0 2 a が第 1 のセットの位置でウエハ 6 1 0 をどのように支持し、第 2 の処理ステーションの支持フィーチャ 4 0 2 a が第 2 のセットの位置でウエハをどのように支持し、かつ第 1 および第 2 のセットの位置がどのように重なっていないかを示している。

【 0 0 7 0 】

図 5 は、上述のシステムを制御するための制御モジュール 5 0 0 を示す。一実施形態では、図 5 の制御モジュール 5 0 0 は、例示的な構成要素のいくつかを含み得る。例えば、制御モジュール 5 0 0 は、プロセッサと、メモリと、1 つまたは複数のインターフェースとを含むことができる。制御モジュール 5 0 0 は、感知された値に部分的に基づいてシステム内のデバイスを制御するために用いられ得る。ほんの一例として、制御モジュール 5 0 0 は、感知された値および他の制御パラメータに基づいて、弁 5 0 2、フィルタヒータ 5 0 4、ポンプ 5 0 6、および他のデバイス 5 0 8 の 1 つまたは複数を制御することができる。制御モジュール 5 0 0 は、ほんの一例として、圧力計 5 1 0、流量計 5 1 2、温度センサ 5 1 4、および／または他のセンサ 5 1 6 から感知された値を受信する。制御モジュール 5 0 0 を用いて、前駆体の送給および膜の堆積中のプロセス条件を制御することもできる。制御モジュール 5 0 0 は、典型的には、1 つまたは複数のメモリデバイスと、1 つまたは複数のプロセッサとを含む。

【 0 0 7 1 】

制御モジュール 5 0 0 は、前駆体送給システムおよび堆積装置の活動を制御することができる。制御モジュール 5 0 0 は、プロセスタイミング、送給システム温度、フィルタにわたる圧力差、弁位置、ガスの混合、チャンバ圧力、チャンバ温度、ウエハ温度、RF 電力レベル、ウエハチャックまたは台座位置、および特定のプロセスの他のパラメータを制御するための一連の命令を含むコンピュータプログラムを実行する。制御モジュール 5 0 0 はまた、圧力差を監視し、蒸気前駆体の送給を 1 つまたは複数の経路から 1 つまたは複数の他の経路に自動的に切り替えることができる。いくつかの実施形態では、制御モジュ

10

20

30

40

50

ール500に関連付けられたメモリデバイスに格納された他のコンピュータプログラムを用いることができる。

【0072】

典型的には、制御モジュール500に関連付けられたユーザインターフェースが存在する。ユーザインターフェースは、ディスプレイ518（例えば、装置および／またはプロセス条件のディスプレイスクリーンおよび／またはグラフィカルソフトウェアディスプレイ）、およびポインティングデバイス、キーボード、タッチスクリーン、マイクロフォンなどのユーザ入力デバイス520を含むことができる。

【0073】

プロセスシーケンスにおける前駆体の送給、堆積、および他のプロセスを制御するためのコンピュータプログラムは、任意の従来のコンピュータ可読プログラミング言語（例えば、アセンブリ言語、C、C++、パスカル、フォートランなど）で書かれ得る。コンパイルされたオブジェクトコードまたはスクリプトは、プログラムに識別されたタスクを実施するためにプロセッサによって実行される。

【0074】

制御モジュールパラメータは、例えば、フィルタ圧力差、プロセスガス組成および流量、温度、圧力、RF電力レベルおよび低周波RF周波数などのプラズマ条件、冷却ガス圧力、ならびにチャンバ壁温度などのプロセス条件に関連する。

【0075】

システムソフトウェアは、多くの異なる方法で設計または構成することができる。例えば、様々なチャンバ構成要素サブルーチンまたは制御オブジェクトは、本発明の堆積プロセスを実行するために必要なチャンバ構成要素の動作を制御するために書かれてもよい。この目的のためのプログラムまたはプログラムのセクションの例には、基板位置決めコード、プロセスガス制御コード、圧力制御コード、ヒータ制御コード、およびプラズマ制御コードが挙げられる。

【0076】

基板位置決めプログラムは、基板を台座またはチャック上にロードし、基板とガス入口および／またはターゲットなどのチャンバの他の部分との間の間隔を制御するために使用されるチャンバ構成要素を制御するためのプログラムコードを含むことができる。プロセスガス制御プログラムは、チャンバ内の圧力を安定化するために、ガス組成および流量を制御するためのコード、ならびに任意選択で、堆積前にガスをチャンバに流すためのコードを含むことができる。フィルタ監視プログラムは、測定された差を所定の値と比較するコードおよび／または経路を切り替えるためのコードを含む。圧力制御プログラムは、例えば、チャンバの排気システムのスロットル弁を調節することによってチャンバの圧力を制御するためのコードを含み得る。ヒータ制御プログラムは、前駆体送給システム、基板および／またはシステムの他の部分の構成要素を加熱するための加熱ユニットへの電流を制御するためのコードを含むことができる。あるいは、ヒータ制御プログラムは、ウエハチャックへの熱伝達ガス（ヘリウムなど）の送給を制御することができる。

【0077】

堆積中に監視することができるセンサの例には、限定はしないが、質量流量制御モジュール、圧力マノメータ510などの圧力センサ、および送給システム、台座、またはチャック（例えば、温度センサ514）に位置する熱電対が挙げられる。適切にプログラムされたフィードバックおよび制御アルゴリズムをこれらのセンサからのデータと共に使用して、所望のプロセス条件を維持することができる。以上は、シングルまたはマルチチャンバ半導体処理ツールにおける本発明の実施形態の実施を説明したものである。

【0078】

いくつかの実施形態では、プラズマは、1つまたは複数のプラズマモニタによってin-situで監視することができる。1つのシナリオでは、プラズマ電力は、1つまたは複数の電圧、電流センサ（例えば、VIプローブ）によって監視され得る。別のシナリオでは、プラズマ密度および／またはプロセスガス濃度は、1つまたは複数の発光分光セン

10

20

30

40

50

サ（O E S）によって測定されてもよい。いくつかの実施形態では、1つまたは複数のプラズマパラメータは、そのような *i n - s i t u* プラズマモニタからの測定値に基づいてプログラマ的に調整することができる。例えば、O E S センサは、プラズマ電力のプログラム制御を提供するためのフィードバックループで使用され得る。いくつかの実施形態では、他のモニタを使用して、プラズマおよび他のプロセス特性を監視することができることが理解されよう。そのようなモニタには、限定はしないが、赤外線（I R）モニタ、音響モニタ、および圧力変換器が挙げられ得る。

【0079】

開示された実施形態を実施するために、任意の適切なチャンバを使用することができる。例示的な堆積装置には、限定はしないが、各々がカリフォルニア州フリーモントの L a m R e s e a r c h 社から入手可能な A L T U S （登録商標）製品ファミリー、V E C T O R （登録商標）製品ファミリー、および／もしくは S P E E D （登録商標）製品ファミリーからの装置、または様々な他の市販されている処理システムのいずれかが挙げられる。2つ以上のステーションが、同じ機能を実施してもよい。同様に、2つ以上のステーションが異なる機能を実施してもよい。各ステーションは、所望の特定の機能／方法を実施するように設計／構成することができる。

【0080】

システム制御論理は、任意の適切な方法で構成することができる。一般に、論理はハードウェアおよび／またはソフトウェアで設計または構成することができる。駆動回路を制御するための命令は、ハードコードされるか、またはソフトウェアとして提供され得る。命令は、「プログラミング」によって提供されてもよい。そのようなプログラミングは、デジタル信号プロセッサのハードコードされた論理、特定用途向け集積回路、およびハードウェアとして実装された特定のアルゴリズムを有する他のデバイスを含む、あらゆる形式の論理を含むと理解される。プログラミングはまた、汎用プロセッサで実行され得るソフトウェアまたはファームウェア命令も含むと理解される。システム制御ソフトウェアは、任意の適切なコンピュータ可読プログラミング言語でコード化され得る。

【0081】

プロセスシーケンスにおけるプロセスを制御するためのコンピュータプログラムコードは、任意の従来のコンピュータ可読プログラミング言語（例えば、アセンブリ言語、C、C++、パスカル、フォートランなど）で書かれ得る。コンパイルされたオブジェクトコードまたはスクリプトは、プログラムに識別されたタスクを実施するためにプロセッサによって実行される。また、示されているように、プログラムコードはハードコードされてもよい。

【0082】

コントローラパラメータは、例えば、プロセスガス組成および流量、温度、圧力、冷却ガス圧力、基板温度、ならびにチャンバ壁温度などのプロセス条件に関連している。これらのパラメータは、レシピの形態でユーザに提供され、ユーザインターフェースを利用して入力することができる。プロセスを監視するための信号は、システムコントローラのアナログおよび／またはデジタル入力接続によって提供されてもよい。プロセスを制御するための信号は、堆積装置のアナログおよびデジタル出力接続で出力される。

【0083】

システムソフトウェアは、多くの異なる方法で設計または構成することができる。例えば、様々なチャンバ構成要素サブルーチンまたは制御オブジェクトは、開示された実施形態による堆積プロセス（場合によっては、他のプロセス）を実行するために必要なチャンバ構成要素の動作を制御するために書かれてもよい。この目的のためのプログラムまたはプログラムのセクションの例には、基板位置決めコード、プロセスガス制御コード、圧力制御コード、およびヒータ制御コードが挙げられる。

【0084】

いくつかの実施態様では、コントローラはシステムの一部であり、そのようなシステムは上述した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-

10

20

30

40

50

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／または特定の処理構成要素（ウエハ台座、ガス流システムなど）を含む半導体処理機器を含むことができる。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、および処理後のシステム動作を制御するための電子機器と一体化されてもよい。そのような電子機器は「コントローラ」と呼ばれることがあり、1つまたは複数のシステムの様々な構成要素または副部品を制御してもよい。コントローラは、処理要件および／またはシステムのタイプに応じて、本明細書に開示されるプロセスのいずれかを制御するようにプログラムされてもよい。そのようなプロセスとしては、処理ガスの送給、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、一部のシステムにおける無線周波数（RF）発生器設定、RF整合回路設定、周波数設定、流量設定、流体送給設定、位置および動作設定、ツールに対するウエハの搬入と搬出、ならびに、特定のシステムに接続または連動する他の移送ツールおよび／またはロードロックに対するウエハの搬入と搬出が含まれる。

【0085】

広義には、コントローラは、命令を受信し、命令を発行し、動作を制御し、洗浄動作を可能にし、エンドポイント測定を可能にするなどの様々な集積回路、論理、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もよい。集積回路は、プログラム命令を記憶するファームウェアの形式のチップ、デジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）として定義されたチップ、および／または1つまたは複数のマイクロプロセッサ、すなわちプログラム命令（例えば、ソフトウェア）を実行するマイクロコントローラを含んでもよい。プログラム命令は、様々な個々の設定（またはプログラムファイル）の形式でコントローラに通信される命令であって、特定のプロセスを半導体ウエハ上で、または半導体ウエハ用に、またはシステムに対して実行するための動作パラメータを定義してもよい。動作パラメータは、いくつかの実施形態では、1つまたは複数の層、材料、金属、酸化物、ケイ素、二酸化ケイ素、表面、回路、および／またはウエハダイの製作における1つまたは複数の処理ステップを実現するため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。

【0086】

コントローラは、いくつかの実施態様では、システムと統合または結合されるか、他の方法でシステムにネットワーク接続される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」内にあってもよいし、ファブ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。これにより、ウエハ処理のリモートアクセスが可能となる。コンピュータは、システムへのリモートアクセスを可能にして、製作動作の現在の進捗状況を監視し、過去の製作動作の履歴を検討し、複数の製作動作から傾向または性能基準を検討し、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するか、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）は、ネットワークを通じてプロセスレシピをシステムに提供することができる。そのようなネットワークは、ローカルネットワークまたはインターネットを含んでもよい。リモートコンピュータは、パラメータおよび／または設定のエントリまたはプログラミングを可能にするユーザインターフェースを含んでもよく、そのようなパラメータおよび／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通信される。いくつかの例では、コントローラは命令をデータの形式で受信する。そのようなデータは、1つまたは複数の動作中に実施される各処理ステップのためのパラメータを特定するものである。パラメータは、実施されるプロセスのタイプ、およびコントローラが連動または制御するように構成されるツールのタイプに特有のものであってもよいことを理解されたい。したがって、上述したように、コントローラは、例えば、互いにネットワーク接続され共通の目的（本明細書で説明されるプロセスおよび制御など）に向けて協働する1つまたは複数の個別のコントローラを備えることによって分散されてもよい。このような目的のための分散型コントローラの例として、チャンバ上の1つまたは

10

20

30

40

50

複数の集積回路であって、（例えば、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）遠隔配置されておりチャンバにおけるプロセスを制御するよう組み合わせられる１つまたは複数の集積回路と通信するものが挙げられるであろう。

【００８７】

例示的なシステムは、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、スピンド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、洗浄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、追跡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／または製造に関連するか使用されてもよい任意の他の半導体処理システムを含むことができるが、これらに限定されない。

【００８８】

本出願では、「半導体ウエハ」、「ウエハ」、「基板」、「ウエハ基板」、および「部分的に製作された集積回路」という用語は、互換的に使用される。当業者は、「部分的に製作された集積回路」という用語が、集積回路製作の多くの段階のいずれかにあるケイ素ウエハを指すことができることを理解するであろう。半導体デバイス業界で使用されるウエハまたは基板は、典型的には、２００mmまたは３００mmの直径を有するが、業界は直径４５０mmの基板の採用に向けて動いている。本明細書の説明では、「前面」および「裏面」という用語を使用して、ウエハ基板の異なる側面を説明している。前面は、ほとんどの堆積および処理が行われる場所であり、かつ半導体デバイス自体が製作される場所であることが理解される。裏面は、ウエハの反対側であり、典型的には製作中に最小限の処理しか受けないか、またはまったく処理されない。

【００８９】

本明細書で提供される流量および電力レベルは、別段の指定がない限り、３００mm基板上での処理に適切なものである。当業者は、これらの流量および電力レベルが、他のサイズの基板に対して必要に応じて調整され得ることを理解するであろう。以下の詳細な説明は、本発明がウエハ上で実施されることを想定している。しかし、本発明は、そのように限定されない。ワークピースは、様々な形状、サイズ、および材料のものであってもよい。半導体ウエハに加えて、本発明を利用することができる他のワークピースには、プリント回路基板などの様々な物品が挙げられる。

【００９０】

本明細書で説明される装置／プロセスは、例えば、半導体デバイス、ディスプレイ、ＬＥＤ、太陽光パネルなどの製作または製造のために、リソグラフィパターンニングツールまたはプロセスと併せて使用されてもよい。典型的には、必須ではないが、そのようなツール／プロセスは、共通の製作施設で共に使用または実施される。膜のリソグラフィパターンニングは、典型的には、以下の動作のいくつかまたはすべてを含み、各動作が使用可能な多くのツールを用いて可能にされる：（１）スピンドリソツールまたはスプレーソツールを使用して、ワークピース（すなわち、基板）にフォトレジストを塗布する動作、（２）ホットプレートまたは炉またはＵＶ硬化ツールを使用してフォトレジストを硬化する動作、（３）ウエハステッパなどのツールを用いて可視光またはＵＶ光またはＸ線光でフォトレジストを露光する動作、（４）ウェットベンチなどのツールを使用して、レジストを現像してレジストを選択的に除去し、それによってレジストをパターンニングする動作、（５）ドライエッチングツールまたはプラズマ支援エッチングツールを使用することによって、下層の膜またはワークピースにレジストパターンを転写する動作、および（６）ＲＦまたはマイクロ波プラズマレジストストリッパなどのツールを使用してレジストを除去する動作。

【００９１】

結論

前述の実施形態は、明確な理解のために多少詳しく説明されてきたが、一定の変更および修正が添付の特許請求の範囲の範囲内で実践されてもよいことは明らかであろう。本実施形態のプロセス、システム、および装置の実施には多くの別の方法があることに留意されたい。したがって、本実施形態は、限定ではなく例示と見なされるべきであり、それらの実施形態は本明細書に述べられる詳細に限定されるべきではない。

本発明は、たとえば、以下のような態様で実現することもできる。

適用例 1：

マルチステーションプラズマ処理システムであって、

第 1 の処理ステーションであって、基板が前記第 1 の処理ステーションで処理されるとき、前記基板の裏面上の第 1 のセットの位置で前記基板を支持するように構成された第 1 のセットの支持フィーチャを備える第 1 の処理ステーションと、

10

第 2 の処理ステーションであって、前記基板が前記第 2 の処理ステーションで処理されるとき、前記基板の前記裏面上の第 2 のセットの位置で前記基板を保持するように構成された第 2 のセットの支持フィーチャを備える第 2 の処理ステーションと
を備え、

前記第 1 のセットの位置は、前記第 2 のセットの位置と重ならない、

マルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 2：

請求項 1 のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第 1 の処理ステーションは、第 1 のシャワー台座をさらに備え、前記第 2 の処理ステーションは、第 2 のシャワー台座をさらに備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

20

適用例 3：

請求項 2 のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第 1 のセットの支持フィーチャは、前記第 1 のシャワー台座から第 1 の離間した関係で前記基板を支持するように構成された第 1 のスペーサを備え、前記第 2 のセットの支持フィーチャは、前記第 2 のシャワー台座から第 2 の離間した関係で前記基板を支持するように構成された第 2 のスペーサを備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 4：

請求項 2 のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第 1 の処理ステーションは、前記第 1 のシャワー台座に結合され、前記基板が前記第 1 の処理ステーションで処理されるときに第 1 のガス源から第 1 のガスを提供する第 1 のガスマニホールドをさらに備え、前記第 2 の処理ステーションは、前記第 2 のシャワー台座に結合され、前記基板が前記第 2 の処理ステーションで処理されるときに第 2 のガス源から第 2 のガスを提供する第 2 のガスマニホールドをさらに備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

30

適用例 5：

請求項 2 のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記基板が前記第 1 のセットの支持フィーチャによって支持されている間に電力を前記第 1 のシャワー台座に提供し、前記裏面上に第 1 の膜を堆積するためのプラズマを生成するように構成された少なくとも 1 つの無線周波数（RF）電源をさらに備え、前記少なくとも 1 つの RF 電源は、前記基板が前記第 2 のセットの支持フィーチャによって支持されている間に電力を前記第 2 のシャワー台座に提供し、前記基板の前記裏面上に第 2 の膜を堆積するための追加のプラズマを生成するように構成される、マルチステーションプラズマ処理システム。

40

適用例 6：

請求項 5 のマルチステーションプラズマ処理システムであって、

前記第 1 のセットの位置は、前記第 2 のセットの位置と重ならず、それにより前記基板の前記裏面全体に前記第 1 および第 2 の膜の少なくとも 1 つが堆積されている、マルチステーションプラズマ処理システム。

50

適用例 7：

請求項 1～6 のいずれか一項のマルチステーションプラズマ処理システムであって、
前記第 1 のセットの支持フィーチャおよび前記第 2 のセットの支持フィーチャは各々、
安定して前記基板を支持するのに十分に離間された少なくとも 3 つの支持フィーチャを備
える、マルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 8：

請求項 1～6 のいずれか一項のマルチステーションプラズマ処理システムであって、
少なくとも 1 つの回転インデクサであって、前記回転インデクサは、前記基板を前記第
1 の処理ステーションから前記第 2 の処理ステーションに移送するように構成される少な
くとも 1 つの回転インデクサ
をさらに備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 9：

請求項 1～6 のいずれか一項のマルチステーションプラズマ処理システムであって、
少なくとも 1 つの回転インデクサであって、前記回転インデクサは、キャリアリングが
前記第 1 のセットの支持フィーチャと係合して前記第 1 のセットの支持フィーチャから前
記基板を持ち上げるように前記キャリアリングを持ち上げ、前記キャリアリングおよび前
記基板を前記第 1 の処理ステーションから前記第 2 の処理ステーションに移送し、前記基
板が前記第 2 のセットの支持フィーチャ上に置かれ、前記キャリアリングが前記基板から
外れるように前記キャリアリングを下降させるように構成される少なくとも 1 つの回転イ
ンデクサ
をさらに備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 10：

D の公称直径を有する基板を処理するためのマルチステーションプラズマ処理システム
であって、
第 1 のセットの支持フィーチャを有する第 1 の処理ステーションと、
第 2 のセットの支持フィーチャを有する第 2 の処理ステーションと、
中心軸を中心に回転し、それによって前記基板を前記第 1 の処理ステーションから前記
第 2 の処理ステーションに移送するように構成されたインデクサと
を備え、

前記第 1 のセットの支持フィーチャは、D の第 1 の直径を有し、前記第 1 の処理ステー
ションの第 1 の中心点を中心とする第 1 の円形領域内に位置決めされた第 1 のセットの接
触面を有し、

前記第 2 のセットの支持フィーチャは、D の第 2 の直径を有し、前記第 2 の処理ステー
ションの第 2 の中心点を中心とする第 2 の円形領域内に位置決めされた第 2 のセットの接
触面を有し、

回転変換された前記第 1 の中心点が前記第 2 の中心点と整列するような前記中心軸を中
心とした前記第 1 の中心点および前記第 1 のセットの接触面の前記回転変換は、前記中心
軸に沿って見たとき、前記第 2 のセットの接触面と前記回転変換された第 1 のセットの接
触面との間の重なりを生じさせない、

マルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 11：

請求項 10 のマルチステーションプラズマ処理システムであって、
前記第 1 の処理ステーションは、第 1 のシャワー台座をさらに備え、前記第 2 の処理ス
テーションは、第 2 のシャワー台座をさらに備える、マルチステーションプラズマ処理シ
ステム。

適用例 12：

請求項 11 のマルチステーションプラズマ処理システムであって、
前記第 1 のセットの支持フィーチャは、前記第 1 のシャワー台座から第 1 の離間した関
係で前記基板を支持するように構成された第 1 のスペーサを備え、前記第 2 のセットの支
持フィーチャは、前記第 2 のシャワー台座から第 2 の離間した関係で前記基板を支持する

10

20

30

40

50

ように構成された第2のスペーサを備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 13 :

請求項 10 ~ 12 のいずれか一項のマルチステーションプラズマ処理システムであって、
前記第1のセットの支持フィーチャおよび前記第2のセットの支持フィーチャは各々、
安定して前記基板を支持するのに十分に離間された少なくとも3つの支持フィーチャを備
える、マルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 14 :

請求項 10 ~ 12 のいずれか一項のマルチステーションプラズマ処理システムであって、
前記第1の処理ステーションは、前記基板の裏面上に第1の膜を堆積するための第1の
機器を備え、前記第2の処理ステーションは、前記基板の前記裏面上に第2の膜を堆積す
るための第2の機器を備える、マルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 15 :

請求項 14 のマルチステーションプラズマ処理システムであって、
前記第1のセットの接触面は、第1のセットの裏面位置で前記基板の前記裏面に接触す
るように構成され、前記第2のセットの接触面は、第2のセットの裏面位置で前記基板の
前記裏面に接触するように構成され、前記第1のセットの支持フィーチャは、前記第1の
セットの裏面位置における前記第1の膜の堆積をブロックし、前記第2のセットの支持フ
ィーチャは、前記第1のセットの裏面位置における前記第2の膜の堆積を可能にする、マ
ルチステーションプラズマ処理システム。

適用例 16 :

請求項 15 のマルチステーションプラズマ処理システムであって、
前記第1のセットの支持フィーチャは、前記第2のセットの裏面位置における前記第1
の膜の堆積を可能にし、前記第2のセットの支持フィーチャは、前記第2のセットの裏面
位置における前記第2の膜の堆積をブロックする、マルチステーションプラズマ処理シ
ステム。

適用例 17 :

マルチステーションプラズマ処理システムにおいて基板の裏面を処理するための方法で
あって、前記マルチステーションプラズマ処理システムは、第1のセットの支持フィー
チャを備えた第1のステーションを含み、前記マルチステーションプラズマ処理システムは
、第2のセットの支持フィーチャを備えた第2のステーションを含み、前記方法は、
基板を前記第1のセットの支持フィーチャ上に移動させることと、

前記基板が前記第1のセットの支持フィーチャ上にある間に、前記基板の前記裏面を処
理することであって、前記第1のセットの支持フィーチャは、前記基板の前記裏面上の第
1のセットの場所で前記基板の前記裏面の処理をブロックする、前記基板の前記裏面の処
理と、

前記基板を前記第2のセットの支持フィーチャ上に移動させることと、

前記基板が前記第2のセットの支持フィーチャ上にある間に、前記基板の前記裏面を処
理することであって、前記第2のセットの支持フィーチャは、前記基板の前記裏面上の前
記第1のセットの場所で前記基板の前記裏面の処理をブロックしない、前記基板の前記裏
面の処理と、

を含む、方法。

適用例 18 :

請求項 17 の方法であって、

前記第1のセットの場所は、前記第2のセットの場所と重ならない、方法。

適用例 19 :

請求項 17 または 18 のいずれか一項の方法であって、

前記第2のセットの支持フィーチャは、前記基板の前記裏面上の第2のセットの場所に
おける前記基板の前記裏面の処理をブロックする、方法。

適用例 20 :

請求項 19 の方法であって、

10

20

30

40

50

前記第 1 のセットの支持フィーチャは、前記基板の前記裏面上の前記第 2 のセットの場所における前記基板の前記裏面の処理をブロックしない、方法。

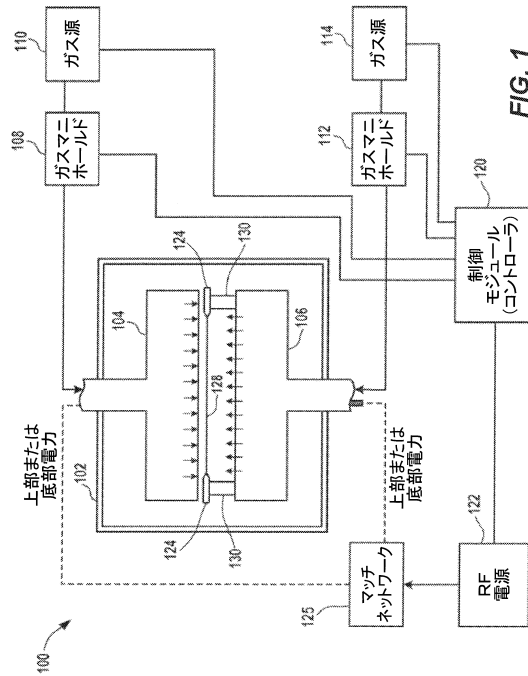
適用例 2 1：

請求項 1 7 または 1 8 のいずれか一項の方法であって、

前記マルチステーションプラズマ処理システムは、インデクサをさらに含み、前記基板を前記第 2 のセットの支持フィーチャ上に移動させることは、中心軸を中心に前記インデクサを回転させ、前記基板を前記第 1 のステーションから前記第 2 のステーションに移動させることを含む、方法。

【図面】

【図 1】



【図 2】

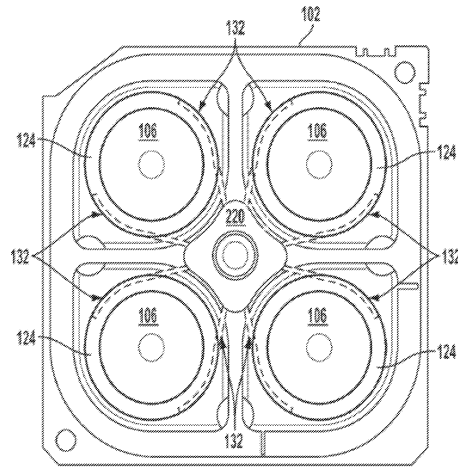


FIG. 2

【図 3】

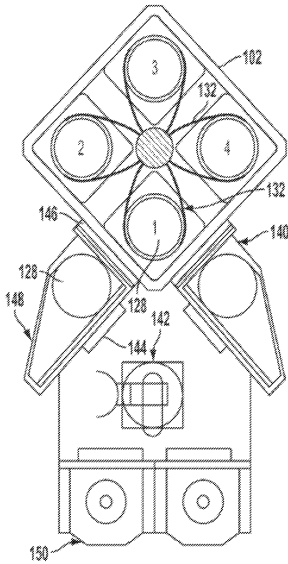


FIG. 3

【図 4 A】

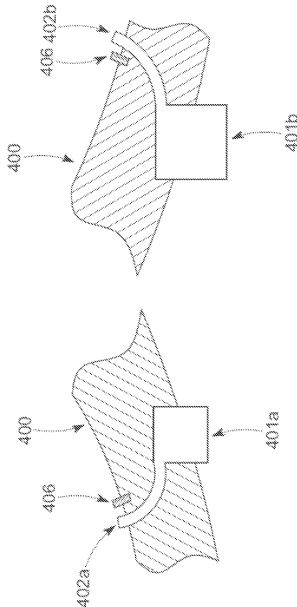


FIG. 4A

【図 4 B】

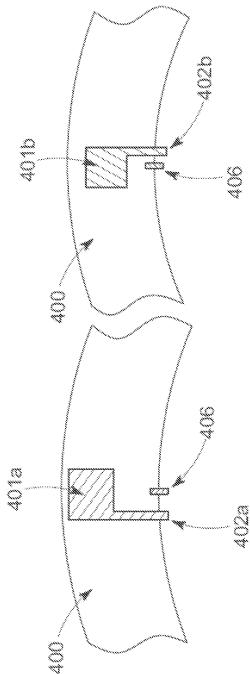


FIG. 4B

【図 4 C】

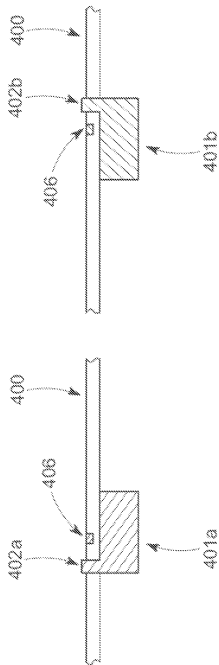


FIG. 4C

10

20

30

40

50

【図 5】

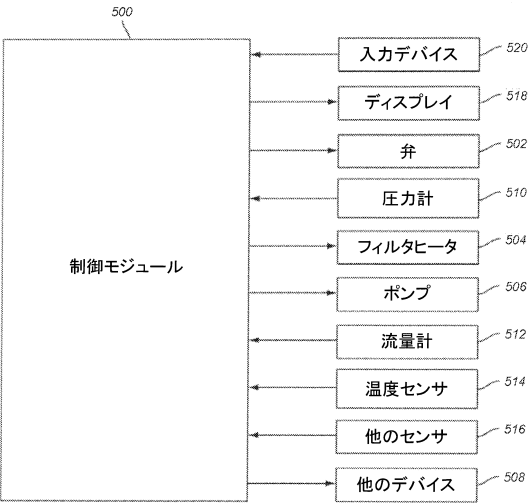


FIG. 5

【図 6】

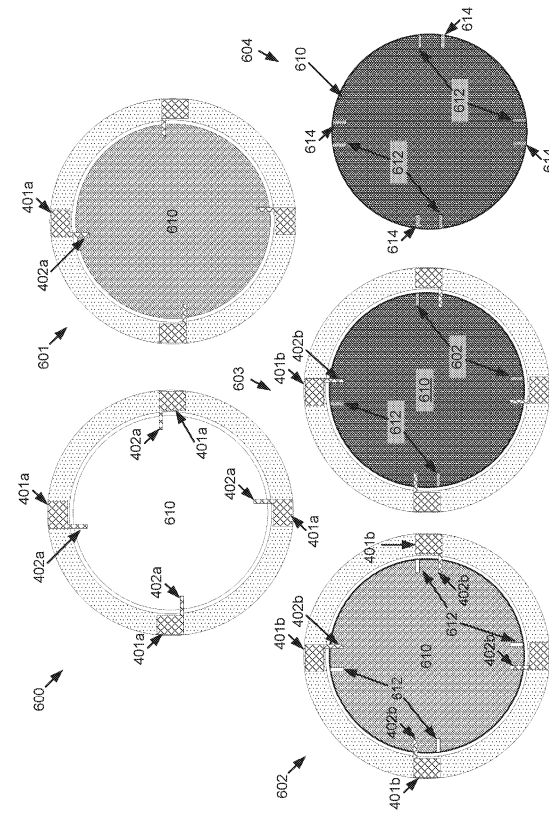


FIG. 6

10

20

30

40

50

フロントページの続き

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4 6 5 0
(72)発明者 ドハス・アルール・エヌ.
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4 6 5 0
審査官 加藤 芳健
(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 3 4 0 2 2 5 (U S, A 1)
国際公開第 2 0 2 0 / 0 3 1 7 7 8 (W O, A 1)
特開 2 0 1 8 - 2 2 6 8 5 (J P, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)
H 0 1 L 2 1 / 3 1
C 2 3 C 1 6 / 5 0