

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-74145  
(P2018-74145A)

(43) 公開日 平成30年5月10日 (2018.5.10)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/3065 (2006.01)	H01L 21/302 105A	4K030
C23C 16/42 (2006.01)	H01L 21/302 101C	5F004
C23C 16/26 (2006.01)	C23C 16/42	
C23C 16/40 (2006.01)	C23C 16/26	
	C23C 16/40	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L 外国語出願 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2017-165118 (P2017-165118)  
 (22) 出願日 平成29年8月30日 (2017.8.30)  
 (31) 優先権主張番号 15/253, 546  
 (32) 優先日 平成28年8月31日 (2016.8.31)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 592010081  
 ラム リサーチ コーポレーション  
 LAM RESEARCH CORPOR  
 ATION  
 アメリカ合衆国, カリフォルニア 945  
 38, フレモント, クッシング パークウ  
 ェイ 4650  
 (74) 代理人 110000028  
 特許業務法人明成国際特許事務所  
 (72) 発明者 アーパン・マホロワラ  
 アメリカ合衆国 オレゴン州97068  
 ウェスト・リン, セランゴ・コート, 40  
 90

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体パターニング用途のための高ドライエッチング速度材料

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 スペース材のエッチング速度を高くすることでマスク材であるコア材の残量を確保する、ネガ型パターニングスキームのために原子層蒸着を用いて低密度スペースを蒸着するための方法および装置を提供する。

【解決手段】 方法は、蒸着前駆体および酸化プラズマの交互パルスの各サイクル中に約300ms未満の期間にわたって、基板をプラズマに暴露させること、約0.2 W/cm<sup>2</sup>未満の高周波電力密度で、基板をプラズマに暴露させること、少なくとも約1:12のアルゴン対酸化剤の比を有する処理ガスから生成されたプラズマに基板を暴露させること、の一以上の工程を含む。

【選択図】 図3

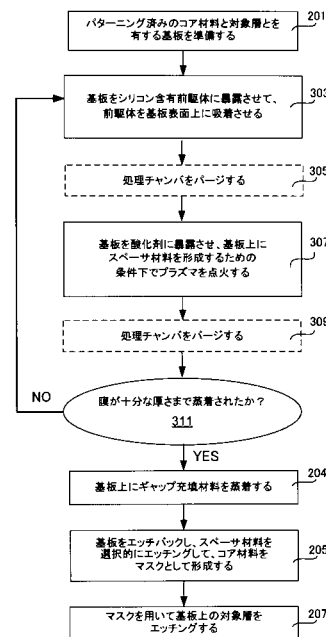


FIG. 3

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ネガ型パターニングを用いて基板をパターニングする方法であって、  
 (a) コア材料上にスペーサを共形的に蒸着する工程であって、前記スペーサは、1または複数の原子層蒸着サイクルによって蒸着され、各原子層蒸着サイクルは、  
 (i) 前記基板を蒸着前駆体に暴露させる工程と、  
 (ii) 前記基板を酸化剤に暴露させて、プラズマを点火する工程と、を含む、工程と、  
 (b) 前記コア材料よりも少なくとも6倍速い速度で前記スペーサをエッチングするための条件下で前記スペーサを選択的にエッチングすることにより、前記基板をパターニングするためのマスクを形成する工程と、  
 を備える、方法。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、前記コア材料は、炭素を含む、方法。

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法であって、前記スペーサを蒸着する工程は、  
 (1) 各サイクル中に約 300 ms 未満の期間にわたって、前記基板を前記プラズマに暴露させる技術、  
 (2) 基板アクティブ面領域において約  $0.2 \text{ W/cm}^2$  未満の高周波電力密度で、前記基板を前記プラズマに暴露させる技術、および、  
 (3) 少なくとも約 1:12 のアルゴン対酸化剤の比を有する処理ガスから生成された前記プラズマに前記基板を暴露させる技術、  
 からなる群より選択された技術を用いる工程を含む、方法。

20

## 【請求項 4】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の方法であって、前記スペーサは、シリコン含有材料を含む、方法。

## 【請求項 5】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の方法であって、さらに、DRAM の製造中に、前記マスクを通して前記基板をエッチングする工程を備える、方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の方法であって、前記スペーサは、約 1.4 ~ 約 1.5 の間の屈折率を有する、方法。

30

## 【請求項 7】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の方法であって、前記スペーサは、約 10 nm ~ 約 30 nm の間の厚さまで蒸着される、方法。

## 【請求項 8】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の方法であって、前記スペーサを選択的にエッチングする工程は、前記基板をフルオロカーボンエッチャントに暴露させる工程を含む、方法。

## 【請求項 9】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の方法であって、前記スペーサは、約 50 ~ 約 200 の間の温度で蒸着される、方法。

40

## 【請求項 10】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の方法であって、前記スペーサは、約 4 ~ 6 の間の誘電率を有する、方法。

## 【請求項 11】

請求項 2 に記載の方法であって、前記コア材料は、スピンオンカーボン、ダイヤモンド状炭素、および、ギャップ充填アッシュブルハードマスク、からなる群より選択される、方法。

## 【請求項 12】

50

請求項 5 に記載の方法であって、前記選択された技術は ( 3 ) であり、前記酸化剤は、約 0 . 5 s l m ~ 約 3 s l m の間の流量で流される、方法。

【請求項 1 3】

請求項 7 に記載の方法であって、前記スペーサは、酸化シリコンを含む、方法。

【請求項 1 4】

基板をパターニングするための装置であって、

- ( a ) 1 または複数の処理チャンバと、
  - ( b ) 前記 1 または複数の処理チャンバならびに関連する流量制御ハードウェアへの 1 または複数のガス流入口と、
  - ( c ) 低周波数高周波 ( L F R F ) 発生器と、
  - ( d ) 高周波数高周波 ( H F R F ) 発生器と、
  - ( e ) 少なくとも 1 つのプロセッサおよびメモリを有するコントローラと、
- を備え、

前記少なくとも 1 つのプロセッサおよび前記メモリは、互いに通信可能に接続され、前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記流量制御ハードウェア、前記 L F R F 発生器、および、前記 H F R F 発生器と少なくとも動作可能に接続され、

前記メモリは、前記流量制御ハードウェア、前記 H F R F 発生器、および前記 L F R F 発生器に対して、

( i ) 前記 1 または複数の処理チャンバの 1 つに収容された基板上的コア材料上にスペーサを共形的に蒸着する動作であって、前記スペーサは、1 または複数の原子層蒸着サイクルによって蒸着され、各原子層蒸着サイクルは、

- 1 ) 蒸着前駆体を流すこと、および、
- 2 ) 酸化剤を流して、プラズマを点火すること、を含む、動作と、

( i i ) 前記コア材料よりも少なくとも 6 倍速い速度で前記スペーサをエッチングするための条件下で前記コア材料に対して前記スペーサを選択的にエッチングする動作と、を実行させるように少なくとも制御するために、前記少なくとも 1 つのプロセッサを制御するコンピュータ実行可能な命令を格納する、装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の装置であって、前記スペーサを蒸着するための命令は、各サイクル中に約 3 0 0 m s 未満の期間にわたって前記プラズマを点火するための命令を含む、装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 4 に記載の装置であって、前記スペーサを蒸着するための命令は、基板アクティブ面領域の約 0 . 2 W / c m <sup>2</sup> 未満の高周波電力密度で前記プラズマを点火するための命令を含む、装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 4 に記載の装置であって、前記スペーサを蒸着するための命令は、( i ) ( 2 ) で、前記酸化剤が流され前記プラズマが点火される時に、少なくとも約 1 : 1 2 の比でアルゴンおよび前記酸化剤を前記 1 または複数の処理チャンバの前記 1 つに流すための命令を含む、装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 4 から 1 7 までのいずれか一項に記載の装置であって、前記処理チャンバは、基板を保持するためのペDESTALを備え、前記ペDESTALは、約 5 0 ° C ~ 約 2 0 0 ° C の間の温度に設定される、装置。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

先進的な集積回路の製造は、しばしば、半導体の大量生産で小さな特徴をパターニングすることを含む。マルチプルパターニング技術が、リソグラフィ技術 ( 1 9 3 n m 液浸リソグラフィなど ) に基づいたフィーチャサイズのスケールリングを可能にしうる。自己整合

10

20

30

40

50

ダブルパターニングが、マルチプルパターニング技術の一例である。

【発明の概要】

【0002】

本明細書では、基板を処理するための方法および装置が提供されている。一態様は、ネガ型パターニングを用いて基板をパターニングする方法を含み、その方法は：コア材料上にスペーサを共形的に蒸着する工程であって、スペーサは、1または複数の原子層蒸着サイクルによって蒸着され、各原子層蒸着サイクルは：基板を蒸着前駆体に暴露させる工程と、基板を酸化剤に暴露させて、プラズマを点火する工程と、を含む、工程と；コア材料よりも少なくとも6倍速い速度でスペーサをエッチングするための条件下でスペーサを選択的にエッチングすることにより、基板をパターニングするためのマスクを形成する工程と、を備える。

10

【0003】

様々な実施形態において、コア材料は、炭素を含む。いくつかの実施形態において、コア材料は、フォトレジスト、非晶質炭素、または、非晶質シリコンであってもよい。いくつかの実施形態において、コア材料は、スピンオンカーボン、ダイヤモンド状炭素、および、ギャップ充填アッシュャブルハードマスクのいずれかである。

【0004】

スペーサを蒸着する工程は、以下の技術の1または複数を用いる工程を含んでもよい：(1)各サイクル中に約300ms未満の期間にわたって、基板をプラズマに暴露させる技術；(2)基板アクティブ面領域の約0.2W/cm<sup>2</sup>未満の高周波電力密度で、基板をプラズマに暴露させる技術；ならびに(3)少なくとも約1:12のアルゴン対酸化剤の比を有する処理ガスから生成されたプラズマに基板を暴露させる技術。

20

【0005】

いくつかの実施形態において、スペーサは、シリコン含有材料を含む。例えば、いくつかの実施形態において、スペーサは、酸化シリコンを含む。

【0006】

スペーサは、約1.4~約1.5の間の屈折率を有してよい。スペーサは、約10nm~約30nmの間の厚さまで蒸着されてよい。スペーサを選択的にエッチングする工程は、基板をフルオロカーボンエッチャントに暴露させる工程を含んでもよい。様々な実施形態において、スペーサは、約50~約200の間の温度で蒸着される。スペーサは、約4~6の間の誘電率を有してよい。

30

【0007】

いくつかの実施形態において、選択された技術は(3)であり、酸化剤は、約0.5slm~約3slmの間の流量で流される。

【0008】

いくつかの実施形態において、コア材料上にスペーサを共形的に蒸着した後に、ギャップ充填材料が基板上に蒸着される。ギャップ充填材料は、非晶質炭素、スピンオンカーボン、ダイヤモンド状炭素、ギャップ充填アッシュャブルハードマスク、酸化チタン、酸化ハフニウム、酸化ジルコニウム、または、非晶質シリコンのいずれかであってもよい。スペーサを選択的にエッチングする工程は、スペーサのエッチング速度がギャップ充填材料よりも少なくとも6倍速くなるような条件下でスペーサをエッチングする工程を含んでもよい。

40

【0009】

方法は、さらに、DRAMの製造中に、マスクを用いて基板をエッチングする工程を備えてもよい。

【0010】

別の態様は、基板をパターニングするための装置を含み、その装置は：1または複数の処理チャンバと；1または複数の処理チャンバならびに関連する流量制御ハードウェアへの1または複数のガス流入口と；低周波数高周波(LFRF)発生器と；高周波数高周波(HFRF)発生器と；少なくとも1つのプロセッサおよびメモリを有するコントローラと、を備え、少なくとも1つのプロセッサおよびメモリは、互いに通信可能に接続され、

50

少なくとも1つのプロセッサは、流量制御ハードウェア、LFRF発生器、およびHFRF発生器と少なくとも動作可能に接続され、メモリは、流量制御ハードウェア、HFRF発生器、および、LFRF発生器に：1または複数の処理チャンバの1つに収容された基板上的コア材料上にスペーサを共形的に蒸着する動作であって、スペーサは、1または複数の原子層蒸着サイクルによって蒸着され、各原子層蒸着サイクルは、蒸着前駆体を流すこと、および、酸化剤を流して、プラズマを点火すること、を含む、動作と；コア材料よりも少なくとも6倍速い速度でスペーサをエッチングするための条件下でコア材料に対してスペーサを選択的にエッチングする動作と、を実行させるように少なくとも制御するために、少なくとも1つのプロセッサを制御するコンピュータ実行可能な命令を格納する。

【0011】

10

スペーサを蒸着するための命令は、各サイクル中に約300ms未満の期間にわたってプラズマを点火するための命令を含んでよい。スペーサを蒸着するための命令は、基板アクティブ面領域の約 $0.2\text{ W/cm}^2$ 未満の高周波電力密度でプラズマを点火するための命令を含んでよい。スペーサを蒸着するための命令は、酸化剤が流されプラズマが点火される時に、少なくとも約1:12の比でアルゴンおよび酸化剤を1または複数の処理チャンバの1つに流すための命令を含んでよい。

【0012】

これらの態様および他の態様について、図面を参照しつつ以下でさらに説明する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

20

【図1A】ネガ型自己整合ダブルパターニングスキームを受ける基板の概略図。

【0014】

【図1B】ネガ型自己整合ダブルパターニングスキームを受ける基板の概略図。

【0015】

【図1C】ネガ型自己整合ダブルパターニングスキームを受ける基板の概略図。

【0016】

【図1D】ネガ型自己整合ダブルパターニングスキームを受ける基板の概略図。

【0017】

【図1E】ネガ型自己整合ダブルパターニングスキームを受ける基板の概略図。

【0018】

30

【図2】特定の開示されている実施形態に従った方法のための動作を示す処理フローチャート。

【0019】

【図3】特定の開示されている実施形態に従った方法のための動作を示す処理フローチャート。

【0020】

【図4A】特定の開示されている実施形態に従ったネガ型自己整合ダブルパターニングスキームを受ける基板の概略図。

【0021】

【図4B】特定の開示されている実施形態に従ったネガ型自己整合ダブルパターニングスキームを受ける基板の概略図。

40

【0022】

【図4C】特定の開示されている実施形態に従ったネガ型自己整合ダブルパターニングスキームを受ける基板の概略図。

【0023】

【図5】特定の開示されている実施形態を実行するための処理チャンバ例を示す概略図。

【0024】

【図6】特定の開示されている実施形態を実行するための処理チャンバ例を示す概略図。

【0025】

【図7】特定の開示されている実施形態を実行するための処理ツール例を示す概略図。

50

【 0 0 2 6 】

【 図 8 】 特定の開示されている実施形態を実行するための処理ツール例を示す概略図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 7 】

以下の説明では、提示した実施形態の完全な理解を促すために、数多くの具体的な詳細事項が示されている。開示された実施形態は、これらの具体的な詳細事項の一部またはすべてがなくとも実施可能である。また、開示した実施形態が不必要に不明瞭となることを避けるため、周知の処理動作の詳細な説明は省略した。開示した実施形態は、具体的な実施形態に関連して説明されているが、開示した実施形態を限定する意図はないことを理解されたい。

10

【 0 0 2 8 】

パターニング方法が、多くの半導体製造処理で用いられる。特に、マルチプルパターニングが、リソグラフィ技術にその光学限界を超えさせるために用いられてきた。ダブルパターニングは、リソグラフィ技術にその光学限界を超えさせるために用いられる技術の一例であり、約 80 nm 未満のピッチに対してこの業界で現在幅広く用いられている。現行のダブルパターニング技術は、しばしば、トレンチをパターニングするための 2 つのマスクング工程と共に側壁スペーサを用いる。ダブルパターニングの方法（特に、ラインパターニング）は、ポジ型およびネガ型のダブルパターニング処理の両方で、スペーサおよびマスクの利用を伴っていた。しかしながら、現行の方法は、半導体デバイスにおける高アスペクト比特徴の効果的な形成を実現できない不良で、不安定で、かつ、弱いマスクにつ

20

【 0 0 2 9 】

図 1 A ~ 図 1 E に一例が提供されており、それらの図は、スペーサが従来の蒸着技術を用いて蒸着されるネガ型パターニングスキームを受ける基板の概略図である。図 2 は、ネガ型パターニングスキームを実行するための動作を示す処理フローチャートである。例示の目的で、図 1 A ~ 図 1 E および図 2 を一緒に論じる。

【 0 0 3 0 】

図 2 の動作 201 において、ネガ型パターニングスキームで用いるコア材料を有する基板が提供される。図 1 A は、ターゲット層 102 とパターニングされたコア材料 106 とを備えた基板 100 を示す。様々な実施形態において、基板 100 は、半導体基板である。基板 100 は、シリコンウエハ、例えば、200 mm ウエハ、300 mm ウエハ、または、450 mm ウエハであってよく、誘電材料、導電材料、または、半導体材料などの 1

30

または複数の材料層を上蒸着されたウエハを含みうる。

【 0 0 3 1 】

ターゲット層 102 は、最終的にパターニングされる層であってよい。ターゲット層 102 は、半導体、誘電体、または、その他の層であってよく、例えば、シリコン (Si)、酸化シリコン (SiO<sub>2</sub>)、窒化シリコン (SiN)、または、窒化チタン (TiN) で形成されてよい。ターゲット層 102 は、原子層蒸着 (ALD)、プラズマエンハンスド ALD (PEALD)、化学蒸着 (CVD)、または、その他の適切な蒸着技術によって蒸着されてよい。

40

【 0 0 3 2 】

コア材料 106 は、フォトレジストであってもよいし、非晶質炭素材料または非晶質シリコン材料で形成されてもよい。いくつかの実施形態において、コア材料 106 は、透過性を有していてもよい。コア材料は、プラズマ化学蒸着 (PECVD) などの蒸着技術によって蒸着され、蒸着技術は、炭化水素前駆体を含む蒸着ガスから蒸着チャンバ内でプラズマを生成する工程を含みうる。炭化水素前駆体は、化学式 C<sub>a</sub>H<sub>b</sub> によって定義されてよく、ここで、a は 2 ~ 10 の間の整数、b は 2 ~ 24 の間の整数である。例としては、メタン (CH<sub>4</sub>)、アセチレン (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)、エチレン (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)、プロピレン (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>)、ブタン (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)、シクロヘキサン (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>)、ベンゼン (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

50

、および、トルエン（ $C_7H_8$ ）が挙げられる。高周波（HF）電力および低周波（LF）電力を含むデュアル高周波（RF）プラズマ源が用いられてよい。コア材料106は、パターニングされる前にターゲット層102上に蒸着される。

【0033】

図2を参照すると、動作203で、スペーサ材料が基板上に共形的に蒸着される。図1Bは、コア材料106上に共形的に蒸着された従来のスペーサ材料104を示す。スペーサ材料を蒸着するための従来の技術は、シリコン含有前駆体またはゲルマニウム含有前駆体と酸化プラズマとを用いて、それぞれ酸化シリコンまたは酸化ゲルマニウムを形成するALDおよびPEALDを含む。

【0034】

ALDは、連続的な自己制限反応を用いて材料の薄層を蒸着する技術である。ALD処理は、表面介在蒸着反応を用いて、サイクルで層ごとに膜を蒸着する。一例として、ALDサイクルは、以下の動作を含んでよい：(i)前駆体の供給/吸着、(ii)チャンバからの前駆体のパージ、(iii)第2反応物質の供給および任意選択的なプラズマ点火、ならびに、(iv)チャンバからの副生成物のパージ。基板の表面上に膜を形成するための第2反応物質と吸着前駆体との間の反応は、不均一性、ストレス、ウェットエッチング速度、ドライエッチング速度、電気的特性（例えば、破壊電圧および漏れ電流）など、膜の組成および特性に影響を与える。

【0035】

ALD処理の一例では、一群の表面活性部位を含む基板表面が、基板を収容するチャンバへの1回の供給において、第1前駆体、例えばシリコン含有前駆体などの気相分布に暴露される。この第1前駆体の分子は、第1前駆体の化学吸着種および/または物理吸着分子を含め、基板表面上に吸着される。本明細書に記載のように化合物が基板表面上に吸着された時、吸着された層は、化合物と化合物の誘導体とを含みうることを理解されたい。例えば、シリコン含有前駆体の吸着層は、シリコン含有前駆体とシリコン含有前駆体の誘導体とを含みうる。第1前駆体の投入後、チャンバは、主に吸着種が残るかまたは吸着種のみが残るように、気相のままの第1前駆体のほとんどまたはすべてを除去するために排気される。いくつかの実施例において、チャンバは、完全には排気されなくてもよい。例えば、リアクタは、気相の第1前駆体の分圧が反応を和らげるのに十分低くなるように排気されてよい。酸素含有ガスなどの第2反応物質が、これらの分子の一部が表面上に吸着された第1前駆体と反応するように、チャンバに導入される。いくつかの処理において、第2反応物質は、吸着された第1前駆体と速やかに反応する。別の実施形態において、第2反応物質は、プラズマなどの活性化源が時間的に適用された後にのみ反応する。次いで、チャンバは、未結合の第2反応物質分子を除去するために再び排気されてよい。上述のように、いくつかの実施形態において、チャンバは、完全には排気されなくてもよい。さらなるALDサイクルが、膜厚を厚くするために用いられてもよい。

【0036】

いくつかの実施例において、ALD方法は、プラズマ活性化を含む。本明細書に記載されるように、本明細書に記載のALD方法および装置は、共形膜蒸着（CFD）方法であってよく、それらの方法は、2011年4月11日出願の米国特許出願第13/084,399号（現在の米国特許第8,728,956号）「PLASMA ACTIVATED CONFORMAL FILM DEPOSITION」、および、2011年4月11日出願の米国特許出願第13/084,305号「SILICON NITRIDE FILMS AND METHODS」で一般的に記載されており、これらの出願は、全体が参照によって本明細書に組み込まれる。

【0037】

しかしながら、基板上にスペーサ材料を蒸着するための従来技術は、後に詳述するように、高品質のマスクを形成するのに十分なエッチング選択比を達成しえない。図2を参照すると、動作204で、ギャップ充填材料が基板上に蒸着される。いくつかの実施形態において、ギャップ充填材料は、炭素含有材料であってよく、これは、PECVDおよびス

10

20

30

40

50

ピンオン技術を含む方法によって蒸着されてよい。様々な実施形態において、ギャップ充填材料は、酸化チタン、酸化ハフニウム、および、酸化ジルコニウムなど、金属酸化物であってよい。いくつかの実施形態において、ギャップ充填材料は、非晶質シリコンであってよい。図1Cは、ギャップ充填材料108を基板100上に蒸着された基板の一例100を示す。ギャップ充填材料は、いくつかの実施形態において、ギャップ充填アッシュャブルハードマスクであってよい。

#### 【0038】

図2を参照すると、動作205で、基板は、エッチバックされ、スペーサ材料は、ダブルパターンニングマスクとしてコア材料を形成するために選択的にエッチングされる。図1Dは、ギャップ充填材料118がエッチバックされる様子を示す。従来の方法で蒸着されたスペーサ材料が選択的にエッチングされる時、図1Eに示すように、スペーサ材料は除去されるが、エッチング選択比が不十分であるために、コア材料116は、劣化して高さが低くなる。エッチングされたスペーサ材料114上の残りのギャップ充填材料118は、基板上に残るが、マスクは、所望よりも実質的に短いパターンを含む。短いマスクを有することは、ターゲット層102の不良エッチングにつながる可能性があり、これは、信頼性の問題およびデバイスの問題を引き起こす。

10

#### 【0039】

これらの従来技術に関連する問題は、基板上にギャップ充填炭水化物含有材料を形成する前に、基板上に共形的に蒸着されたスペーサ材料のタイプが原因でありうる。したがって、スペーサ材料がより簡単に炭素含有コア材料およびギャップ充填材料に対して選択エッチングされるように基板を製造することで、炭素含有材料に対する劣化およびエッチングの量を低減することが望ましい。

20

#### 【0040】

スペーサ材料のエッチング速度が炭素含有材料よりも少なくとも6倍速くなるように、かかるパターンニングスキームに用いられるスペーサ材料が少なくとも6:1の炭素含有材料に対するエッチング選択比を有するようにするネガ型パターンニングスキームを用いた基板パターンニング方法および装置が、本明細書で提供される。開示されている実施形態は、さらに、炭素含有材料に比べてスペーサ材料のエッチング速度が速いことを保証するために、低密度を有するスペーサ材料の蒸着を含む。方法は、プラズマ原子層蒸着(PEALD)方法を用いてスペーサ材料を蒸着する工程を含む。

30

#### 【0041】

図3は、特定の開示された実施形態に従って実行される動作を示す処理フローチャートである。動作201、204、205、および、207が、図2に関して上述した動作として提供され、動作303~311が、上記の動作203で基板上に共形的にスペーサ材料を蒸着するために実行されてよい。図3で実行される動作は、図2に示したようなパターンニングスキームで実行されてよいことがわかる。さらに、動作201、204、205、および、207は、用いられるパターンニングスキームに応じて様々であってよいことがわかる。例えば、ダブルパターンニングスキームおよびクアドパターンニングスキームが、異なるおよび/またはさらなる動作を有してもよい。

40

#### 【0042】

図3を参照すると、動作201で、対象層上にパターンニングされたコア材料を有する基板が提供される。この動作は、図2の動作201に関して上述したような基板を提供することを含んでよい。

#### 【0043】

図3の動作303~311は、約50~約200の間の温度、約1.0 Torr~約9.0 Torrの間の圧力で実行されてよい。本明細書に記載の方法は、ALDを含んでよい。例えば、図3において、動作303~309は、ALDの1サイクルを構成する。図3に記載の動作では、シリコン含有スペーサ材料の形成に言及しているが、いくつかの実施形態において、ゲルマニウム含有スペーサ材料を蒸着するために用いられるゲルマニウム含有前駆体が用いられてもよい。例えば、スペーサ材料は、ゲルマニウムであっ

50



てもよいし、いくつかの実施形態においては、酸化チタン、酸化スズ、酸化ジルコニウム、または、酸化ハフニウムなどの金属酸化物であってもよい。

【0044】

図3を参照すると、動作303で、基板は、基板表面上にシリコン含有前駆体を吸着させるために、シリコン含有前駆体に暴露される。様々な実施形態において、シリコン含有前駆体は、表面活性部位の少なくとも約80%に吸着しうる。いくつかの実施形態において、シリコン含有前駆体は、シリコン含有前駆体が、コア材料の露出面および対象層の露出領域上に吸着するように、基板上に吸着して、基板の表面を完全に飽和状態にする。基板をシリコン含有前駆体に暴露させる時間は、約0.1秒~約2秒の間であってよい。

【0045】

開示されている実施形態に従った利用に適切なシリコン含有前駆体は、ポリシラン( $H_3Si-(SiH_2)_n-SiH_3$ )を含み、ここでn=0である。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、アシルシラン、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。

【0046】

ハロシランは、少なくとも1つのハロゲン基を含んでおり、水素および/または炭素基を含んでもよいし含まなくてもよい。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、プラズマが点火された時にシリコン材料をエッチングできる反応性ハロゲン化合物種を形成しうるが、いくつかの実施形態において、プラズマが点火された時に、ハロシランがチャンバに導入されなくてもよく、そのため、ハロシランからの反応性ハロゲン化合物種の形成が緩和されうる。具体的なクロロシランは、テトラクロロシラン、トリクロロシラン、ジクロロシラン、モノクロロシラン、クロロアシルシラン、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。

【0047】

アミノシランは、シリコン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、炭素を含んでもよい。アミノシランの例は、モノ-、ジ-、トリ-、および、テトラ-アミノシランであって、それぞれ、 $H_3Si(NH_2)$ 、 $H_2Si(NH_2)_2$ 、 $HSi(NH_2)_3$ 、および、 $Si(NH_2)_4$ であり、また、置換モノ-、ジ-、トリ-、および、テトラ-アミノシランであって、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(tert-ブチルアミノ)シラン( $SiH_2(NHC(CH_3)_3)_2$ (BTBAS))、tert-ブチルシリルカルバメート、 $SiH(CH_3)-(N(CH_3)_2)_2$ 、 $SiHCl(N(CH_3)_2)_2$ 、 $(Si(CH_3)_2NH)_3$ 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( $N(SiH_3)_3$ )である。

【0048】

動作305で、基板を収容する処理チャンバが、基板表面上に吸着されていない前駆体を除去するためにパージされてよい。チャンバのパージは、他の動作で用いられる搬送ガスであってもよいし異なるガスであってもよいパージガスまたはスイープガスを流すことを含む。パージガスの例は、アルゴン、窒素、水素、および、ヘリウムを含む。様々な実施形態において、パージガスは、不活性ガスである。不活性ガスの例は、アルゴン、窒素、および、ヘリウムを含む。いくつかの実施形態において、パージは、チャンバを排気することを含む。いくつかの実施形態において、動作305は、処理チャンバの排気のための1または複数の排気サブ段階を含んでよい。あるいは、動作305は、いくつかの実施形態において省略されてもよいことがわかる。動作305は、任意の適切な持続期間(約0.1秒~約2秒の間など)を有してよい。

10

20

30

40

50

## 【0049】

動作307で、コア材料のエッチング速度の少なくとも6倍のエッチング速度を有するスペーサ材料に吸着前駆体を変換する条件下で、基板は酸化剤に暴露され、プラズマが点火される。酸化シリコンスペーサが蒸着されている場所で、基板表面上に吸着されたシリコン含有前駆体は、プラズマと反応して酸化シリコンを形成する。酸化剤の例は、酸素ガス、水、二酸化炭素、亜酸化窒素、および、それらの組みあわせを含む。プラズマエネルギーが、第2反応物質（酸素含有ガスなど）をイオンおよびラジカルおよびその他の活性種へと活性化するために供給され、それらは、第1前駆体の吸着層と反応する。例えば、プラズマは、酸素含有気相分子を直接的または間接的に活性化して、酸素ラジカルまたはイオンを形成しうる。

10

## 【0050】

動作307中、フルオロカーボンエッチャントに暴露された時にコア材料のエッチング速度の少なくとも約6倍のエッチング速度を有する低密度酸化シリコン膜を蒸着するために、以下の条件の内の任意の1または複数が調節されてよい：(1)チャンバへの不活性ガス流量対酸化剤流量；(2)高周波(RF)プラズマ「ON」時間；および(3)RFプラズマ電力。酸化シリコン膜は、約1.4~約1.5の間の屈折率を有してよい。様々な実施形態において、酸化シリコン膜は、約5などの約4や約6の誘電率を有してよい。

## 【0051】

不活性ガス流量対酸化剤流量の調節のために、動作307中に、不活性ガスが、搬送ガスとして流されてもよいし、酸化剤と共に処理チャンバ内に流されてもよいことがわかる。不活性ガスの流量対酸化剤の流量の比は、低密度酸化シリコン膜の形成を促進するために、約1:100~約1:1.5の間または約1:12~1:4の間であってよい。様々な実施形態において、酸化剤は、約0.5slm~3slmの間の流量で流されてよい。

20

## 【0052】

様々な実施形態において、点火されるプラズマは、シングルまたはデュアル高周波プラズマであってよい。シングル周波数プラズマは、通例、必ずではないが、高周波数(HF)のみであり、デュアル周波数プラズマは、低周波数(LF)成分をさらに含む。様々な実施形態において、プラズマは、その場プラズマであり、チャンバ内で基板表面の真上で形成される。その場(in-situ)プラズマは、約0.05W/cm<sup>2</sup>~約0.2W/cm<sup>2</sup>の間の基板面積当たりの電力で点火されてよい。例えば、電力は、12インチウエハの面積にわたって各ステーションに対して約50W~約250Wの間であってよい。例えば、ALD処理のためのプラズマが、2つの容量結合プレートを用いて高周波(RF)場をガスに印加することによって生成されてよい。RF場によるプレート間でのガスのイオン化が、プラズマを点火して、プラズマ放電領域で自由電子を生成する。これらの電子は、RF場によって加速され、気相反応物質分子と衝突しうる。これらの電子と反応物質分子との衝突は、蒸着処理に関与するラジカル種を形成しうる。RF場は、任意の適切な電極を介して結合されてよいことが理解される。様々な実施形態において、少なくとも約13.56MHz、少なくとも約27MHz、少なくとも約40MHz、または、少なくとも約60MHzの周波数を有する高周波数プラズマが利用される。いくつかの実施形態において、マイクロ波ベースのプラズマが用いられてもよい。電極の非限定的な例は、処理ガス分配シャワーヘッドおよび基板支持ペダスタルを含む。ALD処理のためのプラズマは、ガスへのRF場の容量結合以外の1または複数の適切な方法で形成されてよいことが理解される。いくつかの実施形態において、プラズマは遠隔プラズマであり、酸化剤が、チャンバの上流の遠隔プラズマ発生器内で点火され、その後、基板が収容されたチャンバに供給される。

30

40

## 【0053】

RFプラズマ「ON」時間は、プラズマが動作307中に点火される期間を変更できるように調節されてよい。RFプラズマ「ON」時間は、約300ミリ秒未満であってよい。

## 【0054】

50

動作307は、(1)チャンバへの不活性ガス流量対酸化剤流量；(2)高周波(RF)プラズマ「ON」時間；および(3)RFプラズマ電力の内の任意の1または複数調節することを含む。チャンバへの不活性ガス流量対酸化剤流量を調節するために、不活性ガス対酸化剤の比は、約1:100~約1:1.5の間または約1:12~1:4の間であってよい。RFプラズマ「ON」時間を調節するために、RFプラズマ「ON」時間は、約300ミリ秒未満であってよい。RFプラズマ電力を調節するために、プラズマ電力密度(W/基板面積)は、約0.2W/cm<sup>2</sup>~約2W/cm<sup>2</sup>の間であってよい。様々な実施形態において、動作303は、シリコン含有前駆体、例えば、シラン、ジシラン、BTBAS、および、SAM24などを導入することを含んでよく、動作307で用いられる酸化剤は、酸素ガス、水、二酸化炭素、亜酸化窒素、および、それらの組み合わせの内のいずれかであってよい。

10

#### 【0055】

図3を参照すると、動作309で、処理チャンバは、酸化剤中のスペーサ材料前駆体の間反応から生じたすべての余分な副生成物を除去すると共に、基板表面上のスペーサ材料前駆体と反応しなかった余分な酸化剤を除去するためにパージされてよい。動作309の処理条件は、動作305に関して上述した条件のいずれであってもよい。いくつかの実施形態において、チャンバは、約5s/m~30s/mの間の流量で流される不活性ガスを用いてパージされる。

#### 【0056】

動作311で、スペーサ膜が十分な厚さまで蒸着されたか否かが判定される。十分でない場合、動作303~309が、任意選択的に繰り返されてよい。スペーサが十分な厚さまで蒸着された場合、動作204、205、および、207が、図2に関して上述したように実行されてよい。

20

#### 【0057】

図4A~図4Cは、ネガ型パターンニング用途で用いられる特定の開示された実施形態を用いて蒸着されたスペーサ材料404を有する基板例400を示す概略図である。図4Aでは、ギャップ充填炭素含有層408が、特定の開示された実施形態を用いて蒸着されたスペーサ材料404の上に蒸着されている。スペーサ材料404は、対象層402の上のコア材料406上に共形的に蒸着されることに注意されたい。図4Bにおいて、ギャップ充填炭素含有材料416がエッチバックされる。図4Cにおいて、スペーサ材料404bは、基板の対象層402上にエッチングコア材料496およびエッチングギャップ充填炭素含有材料498を残すように、選択的かつ指向的にエッチングされている。或る程度のスペーサ材料404bがギャップ充填炭素含有材料498の下に残っていることに注意されたい。結果としてのマスクは、マスクの高さがほとんどまたは全く低下しない良好なプロファイルを有しており、それにより、対象層402を効果的にエッチングするために利用できる。

30

#### 【0058】

#### 装置

図5は、低圧環境を維持するための処理チャンバ502を有する原子層蒸着(ALD)処理ステーションの一実施形態500を示す概略図である。複数のALD処理ステーションが、共通の低圧処理ツール環境内に備えられてよい。例えば、図6は、マルチステーション処理ツールの一実施形態600を示す。いくつかの実施形態において、ALD処理ステーション500の1または複数のハードウェアパラメータ(以下で詳述するパラメータなど)が、1または複数のコンピュータコントローラ550によってプログラマ的に調整されてよい。

40

#### 【0059】

ALD処理ステーション500は、分配シャワーヘッド506に処理ガスを供給するための反応物質供給システム501aと流体連通している。反応物質供給システム501aは、シャワーヘッド506への供給に向けて処理ガス(シリコン含有ガスまたは酸素含有ガスなど)を混合および/または調整するための混合容器504を備える。反応物質供給

50

システム501aは、さらに、処理ステーション500にガスを供給して低密度酸化シリコン膜を蒸着するために、不活性ガス対酸素含有ガスの比を調節してもよい。1または複数の混合容器入口バルブ520が、混合容器504への処理ガスの導入を制御しうる。様々な実施形態において、スペーサ材料の蒸着は処理ステーション500内で実行され、エッチングも同じ処理ステーション500内で実行される。例えば、いくつかの実施形態において、ALD処理ステーション500は、蒸着前駆体ガスを処理チャンバ502に供給した後に酸化ガスを供給してプラズマを点火することで、低密度酸化シリコンを形成するために用いられてよい。いくつかの実施形態において、スペーサ材料を選択的にエッチングして炭素含有マスクを形成するなどのためのエッチング動作は、図6に関して後に詳述するように、マルチステーション処理ツール600の別のステーションなど、ALD処理ステーション500とは別個の処理ステーションで実行される。

#### 【0060】

例えば、図5の実施形態は、混合容器504に供給される液体反応物質を気化させるための気化ポイント503を備える。いくつかの実施形態において、気化ポイント503は、加熱された気化器であってよい。かかる気化器から生成された飽和反応物質蒸気は、下流の供給配管内で凝結しうる。凝結した反応物質に相性の悪いガスを暴露させると、小粒子が発生しうる。これらの小粒子は、配管を詰まらせる、バルブ動作を妨げる、基板を汚染するなどの可能性がある。これらの課題に対処するためのいくつかのアプローチは、残留した反応物質を除去するために、供給配管をパージおよび/または排気することを含む。しかしながら、供給配管をパージすることは、処理ステーションのサイクル時間を長くして、処理ステーションのスループットを低下させうる。したがって、いくつかの実施形態において、気化ポイント503の下流の供給配管が、ヒートトレースされてもよい。いくつかの例では、混合容器504がヒートトレースされてもよい。非限定的な一例において、気化ポイント503の下流の配管は、約100°Cから混合容器504で約150°Cまで増加してゆく温度プロファイルを有する。

#### 【0061】

いくつかの実施形態において、液体前駆体または液体反応物質が、液体インジェクタ(図示せず)で気化されてもよい。例えば、液体インジェクタは、混合容器504の上流の搬送ガス流に液体反応物質のパルスを注入しうる。一実施形態において、液体インジェクタは、高圧から低圧へ液体を噴射することによって反応物質を気化させてよい。別の例において、液体インジェクタは、分散した微液滴に液体を霧化してよく、その後、微液滴は、加熱された供給管内で気化される。小さい液滴は、大きい液滴よりも速く気化して、液体注入と完全な気化との間の遅延を低減しうる。より迅速に気化すれば、気化ポイント503から下流の配管の長さを短くすることができる。1つのシナリオにおいて、液体インジェクタは、混合容器504に直接取り付けられてよい。別のシナリオにおいて、液体インジェクタは、シャワーヘッド506に直接取り付けられてもよい。

#### 【0062】

いくつかの実施形態において、気化ポイント503の上流に、液体流コントローラ(LFC)が、気化および処理チャンバ502への供給に向けて液体の質量流量を制御するために提供されてよい。例えば、LFCは、LFCの下流に配置された熱マスフローメータ(MFM)を含みうる。次いで、LFCのプランジャバルブが、MFMと電気通信して比例積分微分(PID)コントローラによって提供されたフィードバック制御信号に応答して調節されてよい。しかしながら、フィードバック制御を用いて液体流を安定化するには、1秒以上かかりうる。これは、液体反応物質を供給する時間を延長しうる。したがって、いくつかの実施形態において、LFCは、フィードバック制御モードと直接制御モードとの間で動的に切り替えられてよい。いくつかの実施形態において、これは、LFCの検知管およびPIDコントローラを無効化することによって実行されてよい。

#### 【0063】

シャワーヘッド506は、処理ガスを基板512に分配する。図5に示した実施形態において、基板512は、シャワーヘッド506の下方に配置され、ペDESTAL508上に

図示されている。シャワーヘッド506は、任意の適切な形状を有してよく、基板512へ処理ガスを分配するための任意の適切な数および配列のポートを有してよい。

【0064】

いくつかの実施形態において、ペDESTAL508は、基板512を基板512とシャワーヘッド506との間の空間に露出させるために、上下されてよい。いくつかの実施形態において、ペDESTAL508は、ヒータ510を用いて温度制御されてよい。ペDESTAL508は、様々な開示された実施形態を実行するための動作中に、任意の適切な温度（約25～約650の間など）に設定されてよい。いくつかの実施形態において、ペDESTALの高さは、適切なコンピュータコントローラ550によってプログラマ的に調節されてよいことがわかる。

10

【0065】

別のシナリオにおいて、ペDESTAL508の高さの調節は、特定の開示された実施形態で実行されるプラズマ活性化サイクル中に、プラズマ密度を変化させることを可能にする。処理段階の最後に、ペDESTAL508は、ペDESTAL508から基板512を回収できるように、別の基板移送段階中に下げられてよい。

【0066】

いくつかの実施形態において、シャワーヘッド506の位置は、基板512とシャワーヘッド506との間の空間を変化させるために、ペDESTAL508に対して調節されてよい。さらに、ペDESTAL508および/またはシャワーヘッド506の垂直位置は、本開示の範囲内の任意の適切なメカニズムによって変更されてよいことがわかる。いくつかの実施形態において、ペDESTAL508は、基板512の向きを回転させるための回転軸を備えてよい。いくつかの実施形態において、これらの調節の例の内の1または複数は、1または複数の適切なコンピュータコントローラ550によってプログラマ的に実行されてよいことがわかる。コンピュータコントローラ550は、図6のコントローラ650に関して後述する特徴の内のいずれかを備えてよい。

20

【0067】

上述のようにプラズマが利用されうるいくつかの実施形態において、シャワーヘッド506およびペDESTAL508は、プラズマに電力供給するために、高周波（RF）電源514および整合回路網516と電気的に通信する。いくつかの実施形態において、プラズマエネルギーは、処理ステーション圧力、ガス濃度、RF源電力、RF源周波数、および、プラズマ電力パルスタイミングの内の1または複数によって制御することによって制御されてよい。例えば、RF電源514および整合回路網516は、所望の組成のラジカル種を有するプラズマを形成するために、任意の適切な電力で動作されてよい。適切な電力の例については上述した。同様に、RF電源514は、任意の適切な周波数のRF電力を供給してよい。いくつかの実施形態において、RF電源514は、高周波RF電源および低周波RF電源を互いに独立して制御するよう構成されてよい。低周波RF周波数の例は、0kHz～500kHzの間の周波数を含みうるが、これに限定されない。高周波RF周波数の例は、以下を含むがこれらに限定されな。すなわち、1.8MHz～2.45GHzの間の周波数、約13.56MHzより大きい周波数、27MHzより大きい周波数、40MHzより大きい周波数、または、60MHzより大きい周波数であってもよい。任意の適切なパラメータが、表面反応にプラズマエネルギーを提供するために離散的または連続的に調整されてよいことがわかる。

30

40

【0068】

いくつかの実施形態において、プラズマは、1または複数のプラズマモニタによってその場で監視されてよい。1つのシナリオでは、プラズマ電力が、1または複数の電圧、電流センサ（例えば、VIプローブ）によって監視されてよい。別のシナリオでは、プラズマ密度および/または処理ガス濃度が、1または複数の発光分光法センサ（OES）によって測定されてもよい。いくつかの実施形態において、1または複数のプラズマパラメータが、かかるその場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されてよい。例えば、OESセンサが、プラズマ電力のプログラム制御を提供するためにフィード

50

バックループで用いられてよい。いくつかの実施形態において、他のモニタが、プラズマおよびその他の処理特性を監視するために用いられてもよいことがわかる。かかるモニタは、赤外線（IR）モニタ、音声モニタ、および、圧力変換器を含みうるが、これらに限定されない。

#### 【0069】

いくつかの実施形態において、コントローラ550のための命令が、入力/出力制御（I/O C）シーケンシング命令を介して提供されてよい。一例において、処理段階の条件を設定するための命令は、処理レシピの対応するレシピ段階に含まれてよい。一部の例では、処理レシピ段階は、連続的に配列されてよく、その結果、処理段階のためのすべての命令が、その処理段階と同時に実行される。いくつかの実施形態において、1または複数のリアクタパラメータを設定するための命令が、レシピ段階に含まれてよい。例えば、第1レシピ段階が、不活性ガスおよび/または反応ガス（例えば、シリコン含有前駆体などの第1前駆体）の流量を設定するための命令、搬送ガス（アルゴンなど）の流量を設定するための命令、ならびに、第1レシピ段階のための時間遅延命令を含んでよい。後続の第2レシピ段階は、不活性ガスおよび/または反応ガスの流量を調節または停止するための命令、搬送ガスまたはパージガスの流量を調節するための命令、ならびに、第2レシピ段階のための時間遅延命令を含んでよい。第3レシピ段階は、第2反応ガス（酸素など）の流量を調節するための命令、搬送ガスまたはパージガスの流量を調節するための命令、低電力でプラズマを点火するための命令、ならびに、第3レシピ段階のための時間遅延命令を含んでよい。後続の第3レシピ段階は、不活性ガスおよび/または反応ガスの流量を調節または停止するための命令、搬送ガスまたはパージガスの流量を調節するための命令、ならびに、第3レシピ段階のための時間遅延命令を含んでよい。これらのレシピ段階は、本開示の範囲内で、任意の適切な方法でさらに分割および/または反復されてもよいことがわかる。

#### 【0070】

さらに、いくつかの実施形態において、処理ステーション500の圧力制御が、バタフライバルブ518によって提供されてもよい。図5の実施形態に示すように、バタフライバルブ518は、下流の真空ポンプ（図示せず）によって提供された真空をスロットル調整する。しかしながら、いくつかの実施形態において、処理ステーション500の圧力制御は、処理ステーション500に導入される1または複数のガスの流量を変化させることによって調節されてもよい。

#### 【0071】

上述のように、1または複数の処理ステーションが、マルチステーション処理ツールに含まれてよい。図6は、入口ロードロック602および出口ロードロック604を備えたマルチステーション処理ツール600の一実施形態を示す概略図であり、ロードロックの一方または両方は、遠隔プラズマ源（図示せず）を備えてよい。大気圧下にあるロボット606が、ポッド608を通してロードされたカセットから大気ポート610を介して入口ロードロック602内にウエハを移動させるよう構成されている。ウエハ（図示せず）がロボット606によって入口ロードロック602内のペDESTAL 612上に載置され、大気ポート610が閉じられ、入口ロードロック602がポンプ排気される。入口ロードロック602が遠隔プラズマ源を備える場合、ウエハは、処理チャンバ614に導入される前に入口ロードロック602内で遠隔プラズマ処理を受けてよい。さらに、ウエハは、例えば、湿気および吸着ガスを除去するために、入口ロードロック602内で加熱されてもよい。次に、処理チャンバ614へのチャンバ移動ポート616が開かれ、別のロボット（図示せず）が、処理に向けて、リアクタにウエハを入れて、リアクタ内に示された第1のステーションのペDESTAL上に配置する。図6に示した実施形態は、ロードロックを備えているが、いくつかの実施形態において、処理ステーションにウエハを直接入れてもよいことがわかる。

#### 【0072】

図の処理チャンバ614は、図6に示した実施形態において、1から4までの番号を付

した4つの処理ステーションを備える。各ステーションは、加熱されたペDESTAL（ステーション1用は618と示されている）と、ガスライン流入口と、を有する。いくつかの実施形態において、各処理ステーションは、異なる目的または複数の目的を有してもよいことがわかる。例えば、いくつかの実施形態において、1つの処理ステーションが、ALD処理モードとプラズマエンハンストALD処理モードとの間で切り替え可能であってもよい。いくつかの実施形態において、蒸着前駆体への暴露ならびに第2反応物質およびプラズマへの暴露は、同じステーションで実行されてよい。追加的または代替的に、いくつかの実施例において、処理チャンバ614は、1または複数のマッチドペアのALD処理ステーションおよびプラズマエンハンストALD処理ステーションを備えてもよい。図の処理チャンバ614は4つのステーションを備えるが、本開示に従った処理チャンバは、任意の適切な数のステーションを有してよいことがわかる。例えば、いくつかの実施形態において、処理チャンバは、5以上のステーションを有してもよく、他の実施形態において、処理チャンバは、3以下のステーションを有してもよい。

10

20

30

40

50

#### 【0073】

図6は、処理チャンバ614内でウエハを移動するためのウエハ取扱いシステム690の一実施形態を示す。いくつかの実施形態において、ウエハ取扱いシステム690は、様々な処理ステーションの間で、および/または、処理ステーションとロードロックとの間で、ウエハを移動させる。任意の適切なウエハ取扱いシステムが用いられてよいことがわかる。非限定的な例は、ウエハカールセルおよびウエハハンドラロボットを含む。図6は、さらに、処理ツール600の処理条件およびハードウェア状態を制御するために用いられるシステムコントローラ650の一実施形態を示す。システムコントローラ650は、1または複数のメモリデバイス656と、1または複数のマストレージデバイス654と、1または複数のプロセッサ652と、を備えてよい。プロセッサ652は、CPUまたはコンピュータ、アナログおよび/またはデジタル入力/出力接続、ステップモータコントローラボードなどを備えてよい。

#### 【0074】

いくつかの実施形態において、システムコントローラ650は、処理ツール600の動作すべてを制御する。システムコントローラ650は、マストレージデバイス654に格納され、メモリデバイス656にロードされて、プロセッサ652で実行されるシステム制御ソフトウェア658を実行する。あるいは、制御ロジックがコントローラ650にハードコードされてもよい。これらの目的で、特定用途向け集積回路、プログラム可能論理デバイス（例えば、フィールドプログラマブルゲートアレイすなわちFPGA）などが用いられてもよい。以下では、「ソフトウェア」または「コード」が利用される場合、機能的に同等のハードコードされたロジックが代わりに利用される。システム制御ソフトウェア658は、タイミング；ガスの混合；ガス流量；チャンバおよび/またはステーションの圧力；チャンバおよび/またはステーションの温度；ウエハ温度；目標電力レベル；RF電力レベル；基板ペDESTAL、チャック、および/または、サセプタの位置；ならびに、処理ツール600によって実行される特定の処理の他のパラメータ、を制御するための命令を備えてよい。システム制御ソフトウェア658は、任意の適切な方法で構成されてよい。例えば、様々な処理ツールの処理を実行するために用いられる処理ツール構成要素の動作を制御するために、様々な処理ツール構成要素サブルーチンまたは制御オブジェクトが書かれてよい。システム制御ソフトウェア658は、任意の適切なコンピュータ読み取り可能プログラム言語でコードされてよい。

#### 【0075】

いくつかの実施形態において、システム制御ソフトウェア658は、上述の様々なパラメータを制御するための入力/出力制御（IOC）シーケンス命令を備えてよい。システムコントローラ650に関連付けられたマストレージデバイス654および/またはメモリデバイス656に格納された他のコンピュータソフトウェアおよび/またはプログラムが、いくつかの実施形態において用いられてもよい。この目的のためのプログラムまたはプログラムセクションの例は、基板位置決めプログラム、処理ガス制御プログラム、圧

力制御プログラム、ヒータ制御プログラム、および、プラズマ制御プログラムを含む。

【0076】

基板位置決めプログラムは、基板をペDESTAL 618上にロードすると共に基板と処理ツール600の他の部品との間の間隔を制御するために用いられる処理ツール構成要素のためのプログラムコードを備えてよい。

【0077】

処理ガス制御プログラムは、ガス組成（例えば、本明細書に記載のように、シリコン含有ガス、酸素含有ガス、供給後の処理を実行するためのガス、および、パージガス）および流量を制御するため、ならびに、任意選択的に、処理ステーション内の圧力を安定させるために蒸着の前に1または複数の処理ステーション内にガスを流すためのコードを備えてよい。圧力制御プログラムは、例えば、処理ステーションの排気システムのスロットルバルブ、処理ステーションへのガス流量などを調節することにより、処理ステーション内の圧力を制御するためのコードを備えてよい。

10

【0078】

ヒータ制御プログラムは、基板を加熱するために用いられる加熱ユニットへの電流を制御するためのコードを備えてよい。あるいは、ヒータ制御プログラムは、基板への熱伝導ガス（例えばヘリウムなど）の供給を制御してもよい。

【0079】

プラズマ制御プログラムは、本明細書の実施形態に従って、1または複数の処理ステーション内の処理電極に印加されるRF電力レベルを設定するためのコードを備えてよい。

20

【0080】

圧力制御プログラムは、本明細書の実施形態に従って、反応チャンバ内の圧力を維持するためのコードを備えてよい。

【0081】

いくつかの実施形態において、システムコントローラ650に関連したユーザインターフェースがあつてよい。ユーザインターフェースは、表示スクリーン（装置および/または処理条件のグラフィカルソフトウェアディスプレイ）と、ポインティングデバイス、キーボード、タッチスクリーン、マイクなどのユーザ入力デバイスと、を含みうる。

【0082】

いくつかの実施形態において、システムコントローラ650によって調整されるパラメータは、処理条件に関してよい。非限定的な例として、処理ガスの組成および流量、温度、圧力、プラズマ条件（RFバイアス電力レベルなど）などが挙げられる。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てよく、ユーザインターフェースを用いて入力されうる。

30

【0083】

処理を監視するための信号が、様々な処理ツールセンサから、システムコントローラ650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よい。処理を制御するための信号は、処理ツール600のアナログおよびデジタル出力接続で出力されてよい。監視されうる処理ツールセンサの非限定的な例は、マスフローコントローラ、圧力センサ（圧力計など）、熱電対などを含む。適切にプログラムされたフィードバックアルゴリズムおよび制御アルゴリズムが、処理条件を維持するためにこれらのセンサからのデータと共に用いられてよい。

40

【0084】

システムコントローラ650は、上述の蒸着処理を実施するためのプログラム命令を提供しうる。プログラム命令は、DC電力レベル、RFバイアス電力レベル、圧力、温度など、様々なプロセスパラメータを制御しうる。命令は、本明細書に記載の様々な実施形態に従って膜スタックのその場蒸着を動作させるためにパラメータを制御しうる。

【0085】

システムコントローラ650は、通例、1または複数のメモリデバイスと、装置が開示の実施形態に従って方法を実行するように命令を実行するよう構成された1または複数の

50



プロセッサと、を備える。開示された実施形態に従った処理動作を制御するための命令を含むマシン読み取り可能媒体が、システムコントローラ 650 に接続されてよい。

【0086】

いくつかの実施例において、システムコントローラ 650 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よい。かかるシステムは、1または複数の処理ツール、1または複数のチャンバ、処理のための1または複数のプラットフォーム、および/または、特定の処理構成要素（ウエハペDESTAL、ガスフローシステムなど）など、半導体処理装置を備える。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、処理後に、システムの動作を制御するための電子機器と一体化されてよい。電子機器は、「コントローラ」と呼ばれてもよく、システムの様々な構成要素または副部品を制御しうる。システムコントローラ 650 は、処理条件および/またはシステムのタイプに応じて、処理ガスの供給、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、高周波（RF）発生器設定、RF 整合回路設定、周波数設定、流量設定、流体供給設定、位置および動作設定、ならびに、ツールおよび他の移動ツールおよび/または特定のシステムと接続または結合されたロードロックの内外へのウエハ移動など、本明細書に開示の処理のいずれを制御するようプログラムされてもよい。

10

【0087】

概して、システムコントローラ 650 は、命令を受信する、命令を発行する、動作を制御する、洗浄動作を可能にする、エンドポイント測定を可能にすることなどを行う様々な集積回路、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（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）として定義されるチップ、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または複数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みうる。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）の形態でシステムコントローラ 650 に伝えられて、半導体ウエハに対するまたは半導体ウエハのための特定の処理を実行するための動作パラメータ、もしくは、システムへの動作パラメータを定義する命令であってよい。動作パラメータは、いくつかの実施形態において、ウエハの1または複数の層、材料、金属、酸化物、シリコン、二酸化シリコン、表面、回路、および/または、ダイの加工中に1または複数の処理工程を達成するために処理エンジニアによって定義されるレシピの一部であってよい。

20

30

【0088】

システムコントローラ 650 は、いくつかの実施例において、システムと一体化されるか、システムに接続されるか、その他の方法でシステムとネットワーク化されるか、もしくは、それらの組み合わせでシステムに結合されたコンピュータの一部であってよいし、かかるコンピュータに接続されてもよい。例えば、システムコントローラ 650 は、「クラウド」内にあってもよいし、ウエハ処理のリモートアクセスを可能にできるファブホストコンピュータシステムの全部または一部であってよい。コンピュータは、現在の処理のパラメータを変更する、現在の処理に従って処理工程を設定する、または、新たな処理を開始するために、システムへのリモートアクセスを可能にして、製造動作の現在の進捗を監視する、過去の製造動作の履歴を調べる、もしくは、複数の製造動作からの傾向または性能指標を調べる。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うるネットワークを介してシステムに処理レシピを提供してよい。リモートコンピュータは、パラメータおよび/または設定の入力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備えてよく、パラメータおよび/または設定は、リモートコンピュータからシステムに通信される。いくつかの例において、システムコントローラ 650 は、データの形式で命令を受信し、命令は、1または複数の動作中に実行される処理工程の各々のためのパラメータを指定する。パラメータは、実行される処理のタイプならびにシステムコントローラ 650 がインターフェース接続するまたは制御するよう構成されたツールのタイプに固有であってよいことを

40

50

理解されたい。したがって、上述のように、システムコントローラ650は、ネットワーク化されて共通の目的、例えば本明細書に記載の処理および制御などに向けて動作する1または複数の別個のコントローラを備えることなどによって分散されてよい。かかる目的のための分散コントローラの一例は、チャンパでの処理を制御するために協働するリモートに配置された(プラットフォームレベルにある、または、リモートコンピュータの一部として配置されるなど)1または複数の集積回路と通信するチャンパ上の1または複数の集積回路である。

#### 【0089】

限定はしないが、システムの例は、プラズマエッチングチャンパまたはモジュール、蒸着チャンパまたはモジュール、スピンリンスチャンパまたはモジュール、金属メッキチャンパまたはモジュール、洗浄チャンパまたはモジュール、ベベルエッジエッチングチャンパまたはモジュール、物理蒸着(PVD)チャンパまたはモジュール、化学蒸着(CVD)チャンパまたはモジュール、ALDチャンパまたはモジュール、原子層エッチング(ALE)チャンパまたはモジュール、イオン注入チャンパまたはモジュール、トラックチャンパまたはモジュール、ならびに、半導体ウエハの加工および/または製造に関連するかまたは利用される任意のその他の半導体処理システムを含みうる。

10

#### 【0090】

上述のように、ツールによって実行される1または複数の処理工程に応じて、システムコントローラ650は、他のツール回路またはモジュール、他のツール構成要素、クラスツール、他のツールインターフェース、隣接するツール、近くのツール、工場の至る所に配置されるツール、メインコンピュータ、別のコントローラ、もしくは、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に向かってまたはそこからウエハのコンテナを運ぶ材料輸送に用いられるツール、の内の1または複数と通信してもよい。

20

#### 【0091】

本明細書に開示された方法を実行するのに適切な装置については、2011年4月11日出願の米国特許出願第13/084,399号(現在の米国特許第8,728,956号)「PLASMA ACTIVATED CONFORMAL FILM DEPOSITION」、および、2011年4月11日出願の米国特許出願第13/084,305号「SILICON NITRIDE FILMS AND METHODS」でさらに議論および説明されており、これらの出願は、全体が本明細書に組み込まれる。

30

#### 【0092】

本明細書に記載の装置/処理は、例えば、半導体デバイス、ディスプレイ、LED、光起電力パネルなどの加工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処理と共に用いられてもよい。通例、必ずしもそうとは限らないが、かかるツール/処理は、共通の製造施設で一緒に利用または実行されている。膜のリソグラフィパターンニングは、通例、以下の動作の一部または全部を含み、各動作は、複数の可能なツールで実現される：(1)スピンオンまたはスプレーオンツールを用いて、ワークピース(すなわち、基板)上にフォトレジストを塗布する工程；(2)ホットプレートまたは炉またはUV硬化ツールを用いて、フォトレジストを硬化させる工程；(3)ウエハステッパなどのツールで可視光またはUVまたはX線にフォトレジストを暴露させる工程；(4)ウェットベンチなどのツールを用いて、選択的にレジストを除去することによってパターンニングするためにレジストを現像する工程；(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用いて、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工程；ならびに、(6)RFプラズマ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用いて、レジストを除去する工程。

40

#### 【0093】

スペーサ材料に対して選択的にコア材料をエッチングのための動作など、本明細書に記載のエッチング動作は、任意の適切な処理チャンパ内で実行されてよい。いくつかの実施形態において、基板は、図7に示すような誘導結合プラズマ(ICP)リアクタ内でエッチングされてよい。

50

## 【 0 0 9 4 】

特定の実施形態において、エッチング動作および原子層蒸着（ALD）動作に適切でありうる誘導結合プラズマ（ICP）リアクタについて、ここで記載する。かかるICPリアクタも、2013年12月10日出願の米国特許出願公開第2014/0170853号「IMAGE REVERSAL WITH AHM GAP FILL FOR MULTIPLE PATTERNING」に記載されており、参照によって全ての目的で本明細書にその全体が組み込まれる。本明細書ではICPリアクタが記載されているが、いくつかの実施形態において、容量結合プラズマリアクタが用いられてもよいことを理解されたい。

## 【 0 0 9 5 】

図7は、本明細書の特定の実施形態を実施するのに適した誘導結合プラズマ統合エッチング/蒸着装置700の概略断面図であり、その一例は、カリフォルニア州フレモントのLam Research社製のKiyoo（商標）リアクタである。誘導結合プラズマ装置700は、チャンバ壁701および窓711によって構造的に規定された全体処理チャンバを備える。チャンバ壁701は、ステンレス鋼またはアルミニウムから製造されてよい。窓711は、石英またはその他の誘電材料から製造されてよい。任意選択的な内部プラズマグリッド750が、全体処理チャンバを上側サブチャンバ702および下側サブチャンバ703に分割する。ほとんどの実施形態において、プラズマグリッド750を取り除くことにより、サブチャンバ702および703でできたチャンバ空間を利用することができる。チャック717が、下側サブチャンバ703内で底部内面付近に配置されている。チャック717は、エッチング処理および蒸着処理が実行される半導体ウエハ719を受けて保持するよう構成されている。チャック717は、ウエハの存在時にウエハ719を支持するための静電チャックでありうる。いくつかの実施形態では、エッジリング（図示せず）が、チャック717を取り囲んでおり、ウエハがチャック717上に存在する時にウエハ719の上面とほぼ同一平面上にある上面を有する。チャック717は、ウエハをチャックおよびデチャックするための静電電極も備える。フィルタおよびDCクランプ電源（図示せず）が、そのために提供されてよい。ウエハ719をチャック717から持ち上げるための他の制御システムも準備されうる。チャック717は、RF電源723を用いて帯電されうる。RF電源723は、接続727を通して整合回路721に接続される。整合回路721は、接続725を通してチャック717に接続される。このように、RF電源723が、チャック717に接続されている。

## 【 0 0 9 6 】

プラズマ生成のための要素には、窓711の上方に配置されたコイル733が含まれる。いくつかの実施形態においては、開示された実施形態でコイルは利用されない。コイル733は、導電材料から製造され、少なくとも1つの完全な巻きを含む。図7に示すコイル733の例は、3回の巻き数を含む。コイル733の断面が記号で示されており、「X」のコイルは、紙面の表から裏に向かって回転して伸び、「」のコイルは、紙面の裏から表に向かって回転して伸びている。プラズマ生成のための要素には、コイル733にRF電力を供給するように構成されたRF電源741も含まれる。一般に、RF電源741は、接続745を通して整合回路739に接続される。整合回路739は、接続743を通してコイル733に接続される。このように、RF電源741が、コイル733に接続されている。任意選択的なファラデーシールド749が、コイル733と窓711との間に配置されている。ファラデーシールド749は、コイル733に対して離間された関係に維持される。ファラデーシールド749は、窓711の直上に配置される。コイル733、ファラデーシールド749、および、窓711は、各々、互いに実質的に水平になるように構成される。ファラデーシールドは、金属またはその他の種がプラズマチャンバの誘電体窓上に蒸着することを防ぎうる。

## 【 0 0 9 7 】

処理ガスが、上側チャンバ内に配置された1または複数の主要ガス流入口760および/または1または複数のサイドガス流入口770を通して処理チャンバに流されてよい。

同じように、明示されていないが、同様のガス流入口が、容量結合プラズマ処理チャンバに処理ガスを供給するために用いられてよい。真空ポンプ740、例えば、1または2段の機械的乾式ポンプおよび/またはターボ分子ポンプが、処理チャンバ724から処理ガスを引き出すため、および、処理チャンバ700内の圧力を維持するために用いられてよい。例えば、ポンプは、チャンバ701を排気するために用いられてよい。バルブ制御された導管が、真空ポンプを処理チャンバに流体接続して、真空ポンプによって提供される真空環境の印加を選択的に制御するために用いられてよい。これは、動作プラズマ処理中、スロットルバルブ(図示せず)または振り子バルブ(図示せず)などの閉ループ制御された流量制限装置を用いて行われてよい。同様に、真空ポンプ、および、容量結合プラズマ処理チャンバへのバルブ制御された流体接続が、用いられてもよい。

10

**【0098】**

装置の動作中、1または複数の処理ガスが、ガス流入口760および/または770を通して供給されてよい。特定の実施形態において、処理ガスは、主要ガス流入口760を通してのみ、または、サイドガス流入口770を通してのみ供給されてよい。いくつかの場合、図に示したガス流入口は、例えば、より複雑なガス流入口、1または複数のシャワーヘッドと置き換えられてもよい。ファラデーシールド749および/または任意選択的なグリッド750は、チャンバへの処理ガスの供給を可能にする内部チャンネルおよび孔を備えてよい。ファラデーシールド749および任意選択的なグリッド750の一方または両方が、処理ガスの供給のためのシャワーヘッドとして機能してよい。いくつかの実施形態において、液体反応物質が気化されて、気化した反応物質がガス流入口760および/または770を介してチャンバに導入されるように、液体気化/供給システムが、チャンバ701の上流に配置されてもよい。

20

**【0099】**

高周波電力が、RF電源741からコイル733へ供給されることで、RF電流がコイル733を流れる。コイル733を流れるRF電流は、コイル733の周りに電磁場を生成する。電磁場は、上側サブチャンバ702内で誘導電流を発生させる。生成された様々なイオンおよびラジカルとウエハ719との物理的および化学的な相互作用が、ウエハのフィーチャを選択的にエッチングすると共にウエハ上に層を蒸着する。

**【0100】**

上側サブチャンバ702および下側サブチャンバ703の両方が存在するようにプラズマグリッドが利用される場合、誘導電流は、上側サブチャンバ702に存在するガスに作用して、上側サブチャンバ702内で電子イオンプラズマを生成する。任意選択的な内部プラズマグリッド750は、下側サブチャンバ703内のホットエレクトロンの量を制限する。いくつかの実施形態において、装置は、下側サブチャンバ703に存在するプラズマがイオン-イオンプラズマになるように設計および動作される。

30

**【0101】**

上側の電子-イオンプラズマおよび下側のイオン-イオンプラズマは両方とも、正イオンおよび負イオンを含むが、イオン-イオンプラズマの方が、正イオンに対する負イオンの比が大きい。揮発性のエッチング副生成物および/または蒸着副生成物が、ポート722を通して下側サブチャンバ703から除去されてよい。本明細書に開示されたチャック717は、約10°C~約850°Cの範囲の高温で動作されてよい。温度は、処理動作および個々のレシピに依存する。

40

**【0102】**

チャンバ701は、クリーンルームまたは製造施設に設置される時に、設備(図示せず)に接続されてよい。設備は、処理ガス、真空、温度制御、および、環境粒子制御を提供する配管を備える。これらの設備は、対象となる製造施設に設置される時に、チャンバ701に接続される。さらに、チャンバ701は、典型的なオートメーションを用いてロボット技術により半導体ウエハをチャンバ701の内外に移送することを可能にする移送チャンバに接続されてよい。

**【0103】**

50

いくつかの実施形態において、システムコントローラ730（1または複数の物理または論理コントローラを含みうる）が、処理チャンバの動作の一部または全部を制御する。システムコントローラ730は、システムコントローラ650に関して上述した任意の1または複数の特徴を備えてよい。

#### 【0104】

図8は、真空移送モジュール838（VTM：vacuum transfer module）に接続された様々なモジュールを備えた半導体処理クラスタアーキテクチャの図である。複数の保管設備および処理モジュールの間でウエハを「移送する」移送モジュールの配置は、「クラスタツール構造」システムと呼ばれることがある。ロードロックまたは移送モジュールとしても知られるエアロック830が、4つの処理モジュール820a～820dと共にVTM838内に図示されており、処理モジュールは、様々な製造処理を実行するために個別に最適化されうる。例えば、処理モジュール820a～820dは、基板エッチング、蒸着、イオン注入、ウエハ洗浄、スパッタリング、および/または、その他の半導体処理を実行するために実装されてよい。いくつかの実施形態において、ALDおよび選択的エッチングは、同じモジュール内で実行される。いくつかの実施形態において、ALDおよび選択的エッチングは、同じツールの異なるモジュールで実行される。基板エッチング処理モジュールの内の1または複数（820a～820dの内のいずれか）は、本明細書に開示されたように、すなわち、開示されている実施形態に従って、共形膜の蒸着、ALDによる膜の選択的蒸着、パターンのエッチング、および、その他の適切な機能を実行するために、実装されてよい。エアロック830および処理モジュール820は、「ステーション」と呼ばれてもよい。各ステーションは、ステーションをVTM838とつなぐファセット836を有する。各ファセットにおいて、ウエハがそれぞれのステーションの間で移動された時にウエハ826の通過を検出するために、センサ1～18が用いられる。

#### 【0105】

ロボット822が、ステーション間でウエハ826を移送する。一実施形態において、ロボット822は、1つのアームを有し、別の実施形態において、ロボット822は2つのアームを有し、各アームは、移送のためにウエハ（ウエハ826など）をつかむエンドエフェクタ824を有する。大気移送モジュール（ATM：atmospheric transfer module）840内のフロントエンドロボット832が、ロードポートモジュール（LPM：Load Port Module）842内のカセットまたは前開き一体型ポッド（FOUP：Front Opening Unified Pod）834からエアロック830へウエハ826を移送するために用いられる。処理モジュール820内のモジュールセンタ828が、ウエハ826を配置するための1つの場所となる。ATM840内のアライナ844が、ウエハを整列させるために用いられる。

#### 【0106】

処理方法の一例において、ウエハは、LPM842内のFOUP834の1つに配置される。フロントエンドロボット832は、FOUP834からアライナ844へウエハを移送し、アライナ844は、ウエハ826をエッチングまたは処理の前に適切に中心に配置することを可能にする。整列後、ウエハ826は、フロントエンドロボット832によってエアロック830へ移動される。エアロックモジュールは、ATMおよびVTMの間で環境に合わせることができるので、ウエハ826は、損傷されることなしに2つの圧力環境の間で移動されうる。エアロックモジュール830から、ウエハ826は、ロボット822によってVTM838を通して、処理モジュール820a～820dの1つに移動される。このウエハ移動を達成するために、ロボット822は、そのアームの各々にあるエンドエフェクタ824を用いる。ウエハ826は、処理されると、ロボット822によって処理モジュール820a～820dからエアロックモジュール830へ移動される。ここから、ウエハ826は、フロントエンドロボット832によってFOUP834の1つまたはアライナ844へ移動されてよい。

#### 【0107】

10

20

30

40

50

ウエハの移動を制御するコンピュータは、クラスタ構造にローカルに配置されてもよいし、製造フロア内でクラスタ構造の外側すなわち離れた位置に配置され、ネットワークを介してクラスタ構造に接続されてもよいことに注意されたい。図6に関して上述したようなコントローラが、図8のツールと共に実装されてよい。

【0108】

#### 実験

##### 実験1

3つの酸化シリコン膜をエッチングする実験を行った。第1酸化シリコン膜は、以下をサイクルで繰り返すことによって蒸着された。すなわち、(1)シリコン含有前駆体の供給；(2)パージ；(3)1.5 s c c mの流量での酸素の供給、および、0.4秒の持続時間にわたる900 Wの電力でのプラズマ点火；ならびに(4)パージのサイクルである。蒸着は、50 で実行された。この基板は、以下の表1で基板1と示されている。

【0109】

第2酸化シリコン膜は、以下をサイクルで繰り返すことによって蒸着された。すなわち、(1)シリコン含有前駆体の供給；(2)パージ；(3)2 s c c mの流量での酸素の供給、および、0.2秒の持続時間にわたる900 Wの電力でのプラズマ点火；ならびに(4)パージのサイクルである。蒸着は、30 ° Cで実行された。この基板は、以下の表1で基板2と示されている。

【0110】

第3酸化シリコン膜は、以下をサイクルで繰り返すことによって蒸着された。すなわち、(1)シリコン含有前駆体の供給；(2)パージ；(3)2 s c c mの流量での酸素の供給、および、0.2秒の持続時間にわたる300 Wの電力でのプラズマ点火；ならびに(4)パージのサイクルである。蒸着は、30 ° Cで実行された。この基板は、以下の表1で基板3と示されている。

【0111】

3つの膜は、30 m T o r rのチャンバ圧を有するチャンバ内で、700 M H zのL F周波数、1200 M H zのH F周波数を有するパルスデュアル周波数R Fプラズマを用いて、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>を8 s c c mの流量で、O<sub>2</sub>を12 s c c mの流量で、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>を6 s c c mの流量で、A rを500 s c c mの流量で流しつつ37秒間、エッチングされた。エッチング速度が測定され、以下の表1に示されている。

【表1】

Table 1. 実験1結果

基板	温度(°C)	RF プラズマ 電力 (W)	プラズマ 供給(秒)	基板1との エッチング 速度の差	エッチング 速度 (Å/時間)
基板1	50	900	0.4	0%	70900
基板2	30	900	0.2	7%	75100
基板3	30	300	0.2	14%	80900

【0112】

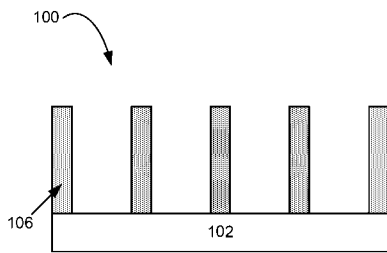
これらの結果は、R Fオン時間、温度、および、R F電力を低減すれば、エッチング速度が大きくなり、それによって、酸化シリコン対炭素含有コア材料の選択比が高くなることを示唆する。

【0113】

結論

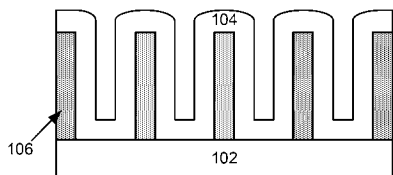
理解を深めるために、本実施形態について、ある程度詳しく説明したが、添付の特許請求の範囲内でいくらかの変更および変形を行ってもよいことは明らかである。本発明の処理、システム、および、装置を実施する多くの他の方法が存在することに注意されたい。したがって、本実施形態は、例示的なものであって、限定的なものではないとみなされ、実施形態は、本明細書に示した詳細に限定されない。

【図 1 A】



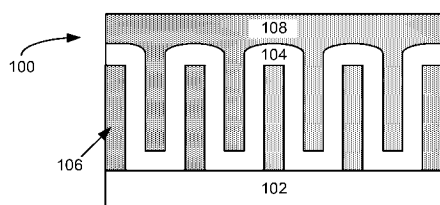
**FIG. 1A**

【図 1 B】



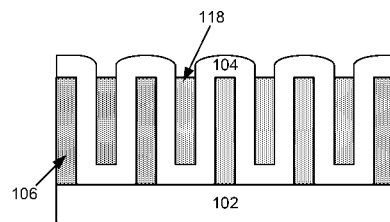
**FIG. 1B**

【図 1 C】



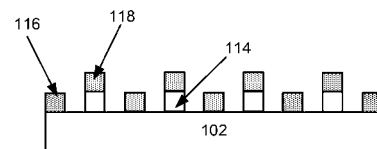
**FIG. 1C**

【図 1 D】



**FIG. 1D**

【図 1 E】



**FIG. 1E**

【 図 2 】

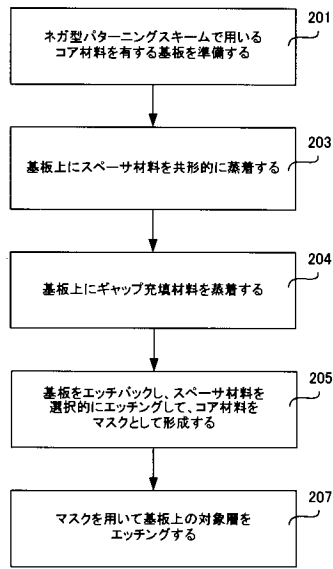


FIG. 2

【 図 3 】

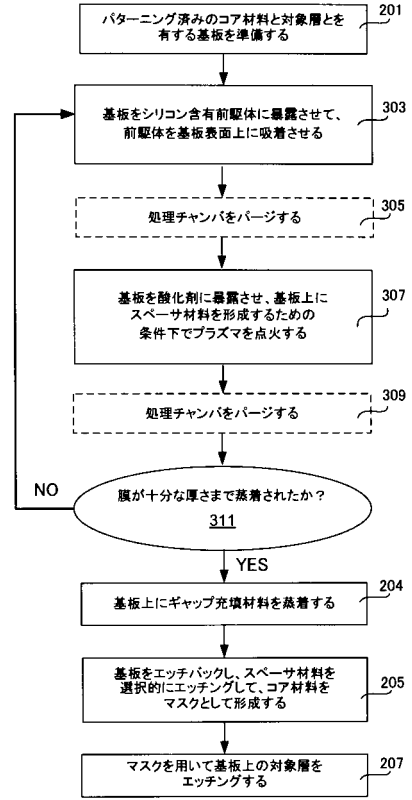


FIG. 3

【 図 4 A 】

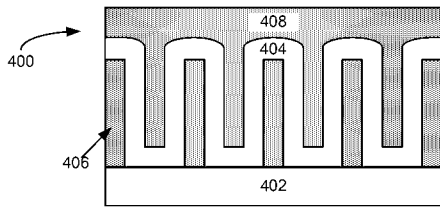


FIG. 4A

【 図 4 B 】

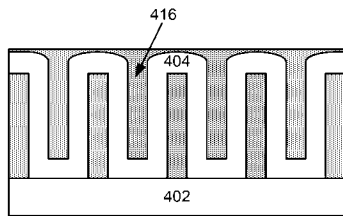


FIG. 4B

【 図 4 C 】

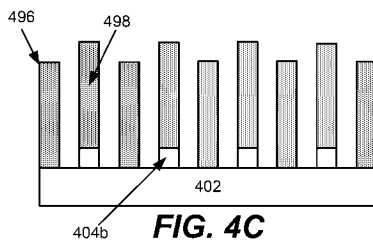


FIG. 4C

【 図 5 】

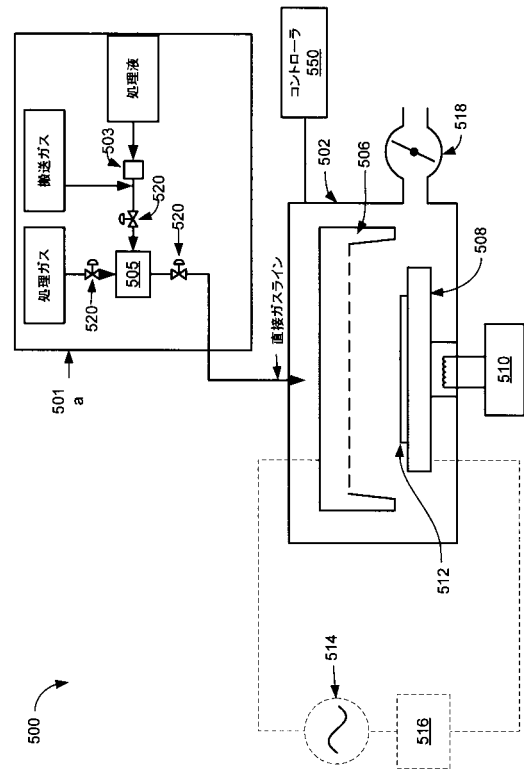


FIG. 5



【 図 6 】

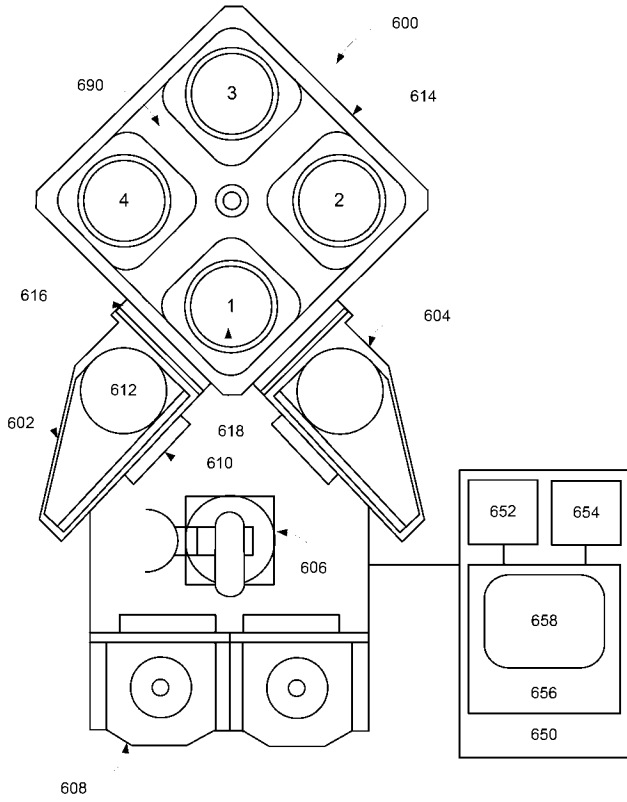


FIG. 6

【 図 7 】

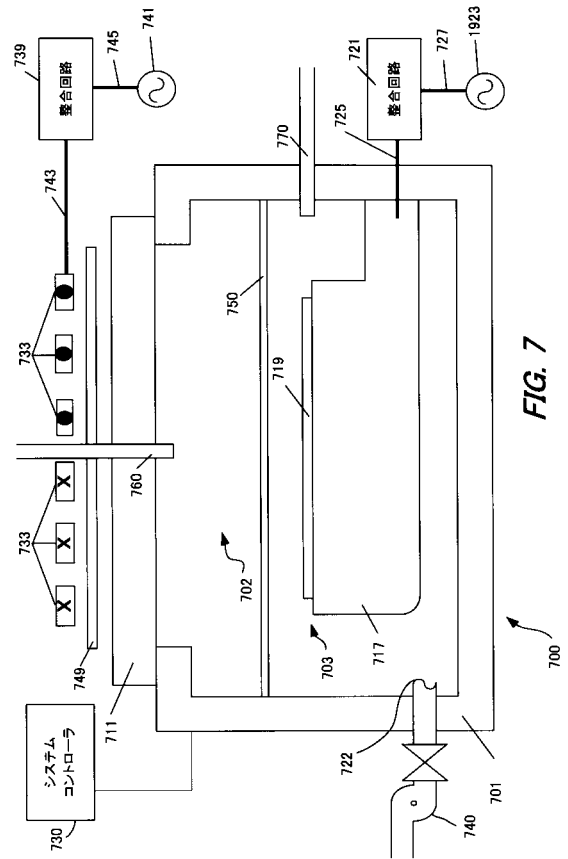


FIG. 7

【 図 8 】

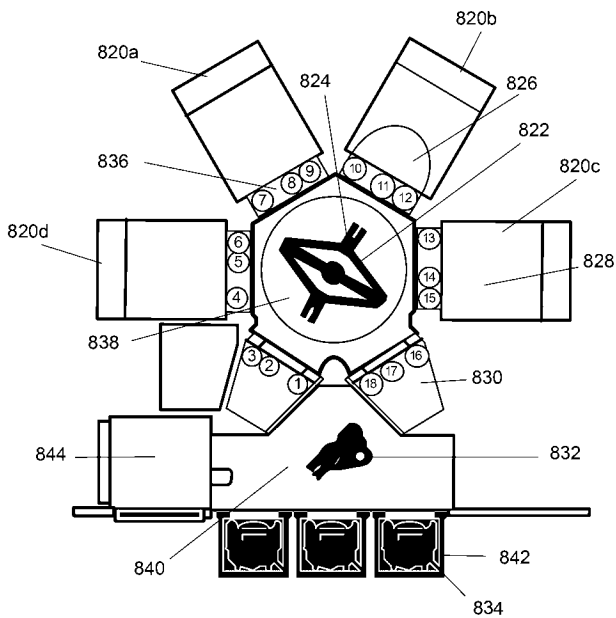


FIG. 8

## 【手続補正書】

【提出日】平成29年12月27日(2017.12.27)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0039】

これらの従来技術に関連する問題は、基板上にギャップ充填炭素含有材料を形成する前に、基板上に共形的に蒸着されたスペーサ材料のタイプが原因でありうる。したがって、スペーサ材料がより簡単に炭素含有コア材料およびギャップ充填材料に対して選択エッチングされうるように基板を製造することで、炭素含有材料に対する劣化およびエッチングの量を低減することが望ましい。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0055】

図3を参照すると、動作309で、処理チャンバは、スペーサ材料前駆体と酸化剤との間の反応から生じたすべての余分な副生成物を除去すると共に、基板表面上のスペーサ材料前駆体と反応しなかった余分な酸化剤を除去するためにパージされてよい。動作309の処理条件は、動作305に関して上述した条件のいずれであってもよい。いくつかの実施形態において、チャンバは、約5s/m<sup>3</sup>~30s/m<sup>3</sup>の間の流量で流される不活性ガスを用いてパージされる。

---

 フロントページの続き

- (72)発明者 イシュタク・カリム  
 アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 2 0 9 ポートランド, ノースウェスト・フロント・アベニュー  
 , 2 1 3 0, ナンバー エー 4 1 3
- (72)発明者 プルシヨッタム・クマル  
 アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 1 2 4 ヒルズボロ, ノースイースト・カールソン・コート, 6  
 6 1 6
- (72)発明者 シャンカー・スワミナタン  
 アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 0 0 7 ビーバートン, サウスウェスト・レッド・サンセット・  
 レーン, 7 9 3 4
- (72)発明者 アドリエン・ラボワ  
 アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 1 3 2 ニューバーグ, コヨーテ・ループ, 1 2 7 0 5
- Fターム(参考) 4K030 AA06 AA09 AA10 AA14 BA09 BA10 BA22 BA27 BA42 BA44  
 BA46 EA01 EA04 EA06 FA01 GA02 HA01 JA01 JA05 JA09  
 JA10 JA11 JA16 KA41 LA15  
 5F004 AA02 BA04 BB13 BB22 BB25 BB26 CA04 DA00 DA23 DA26  
 DB03 EA15

【外国語明細書】  
2018074145000001.pdf