

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6972184号
(P6972184)

(45) 発行日 令和3年11月24日 (2021. 11. 24)

(24) 登録日 令和3年11月5日 (2021. 11. 5)

(51) Int. Cl. F I
H O 1 L 21/304 (2006. 01) H O 1 L 21/304 6 2 2 N

請求項の数 18 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2019-570944 (P2019-570944)	(73) 特許権者	599119503
(86) (22) 出願日	平成30年6月4日 (2018. 6. 4)		ジルトロニック アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2020-524909 (P2020-524909A)		S i l t r o n i c A G
(43) 公表日	令和2年8月20日 (2020. 8. 20)		ドイツ、81677 ミュンヘン、アインシュタインシュトラッセ、172
(86) 国際出願番号	PCT/EP2018/064551		E i n s t e i n s t r a s s e 1 7 2
(87) 国際公開番号	W02018/234018		, 81677 Muenchen, Germany
(87) 国際公開日	平成30年12月27日 (2018. 12. 27)	(74) 代理人	110001195
審査請求日	令和2年2月13日 (2020. 2. 13)		特許業務法人深見特許事務所
(31) 優先権主張番号	102017210450.3	(72) 発明者	バイヤー、アクセル
(32) 優先日	平成29年6月21日 (2017. 6. 21)		ドイツ、84489 ブルクハウゼン、アントン-リーマーシュミット-シュトラッセ、39
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ (DE)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体ウェハを処理するための方法、制御システムおよびプラント、ならびに半導体ウェハ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単結晶シリコンから構成される半導体ウェハ（600）を処理する方法であって、前記半導体ウェハ（600）がコーティング装置（300）内のサセプタ（310）上に配置され、次いで処理動作において処理され、

塩化水素または塩化水素と水素との混合物からなるエッチングガスが、前記処理動作のエッチングステップにおいて前記コーティング装置（300）を通過し、

前記半導体ウェハ（600）の2つの面のうちの、CMPによる研磨動作が行われた前記半導体ウェハ（600）の第1の面（FS）、または前記第1の面の反対側の前記半導体ウェハ（600）の第2の面（BS）の一方が、前記処理動作前に保護層（601）によってコーティングされることを特徴とする、方法。

【請求項 2】

前記保護層によってコーティングされた前記第1の面（FS）が、前記エッチングガスの前記通過中に、前記サセプタから離れて上部に位置するように、前記半導体ウェハが前記サセプタ上に配置される、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記保護層によってコーティングされた前記第2の面（BS）が、前記エッチングガスの前記通過中に、前記サセプタに面して下部に位置するように、前記半導体ウェハが前記サセプタ上に配置される、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

10

20

前記保護層(601)は、前記処理動作の後に前記半導体ウェハ(600)から再び除去される、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】

前記処理動作の過程で、前記エッチングステップ、次いで堆積ステップが行われ、前記堆積ステップ中に、前記半導体ウェハ(600)上にエピタキシャル層を堆積するために、堆積ガスが前記コーティング装置(300)を通過する、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】

前記エッチングステップは、第1のエッチングステップと第2のエッチングステップとに分けられ、第1の保護層および第2の保護層が形成され、前記第1の保護層は、前記第2の保護層が形成される前に除去され、前記半導体ウェハは、前記第1の保護層によってコーティングされた前記第1の面(FS)が、前記第1のエッチングステップ中に、前記サセプタから離れた上部にあり、前記保護層によってコーティングされた前記第2の面(BS)が、前記第2のエッチングステップ中、前記サセプタに面して下部にあるように、前記サセプタ上に配置され、前記第2のエッチングステップ後、前記堆積ステップが実施される、請求項5に記載の方法。

10

【請求項7】

前記エッチングステップまたは前記第1のエッチングステップおよび前記第2のエッチングステップが、前記コーティング装置(300)内で、1000 ~ 1250、好ましくは1100 ~ 1150の温度で行われる、請求項6に記載の方法。

20

【請求項8】

前記保護層(601)は、酸化物層、特に低温酸化物層として形成される、請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の方法。

【請求項9】

前記保護層(601)は、200nm以下、好ましくは150nm以下、より好ましくは100nm以下の厚さで形成される、請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の方法。

【請求項10】

前記保護層(601)が、0.5mm以下、好ましくは0.2mm以下、より好ましくは0.1mm以下のエッジ除外域(d_1)を有して形成される、請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の方法。

30

【請求項11】

前記半導体ウェハ(600)の前記第1の面(FS)および前記第2の面(BS)は、各々、前記処理動作の前にCMPによる前記研磨動作に供される、請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の方法。

【請求項12】

前記半導体ウェハ(600)の前記第1の面(FS)は、前記半導体ウェハ(600)の半径方向において、領域(231、232)が、特に、前記半導体ウェハの前記領域(231、232)に対して異なる圧力(p_2 、 p_3)を定義することにより、前記処理において別様に研磨されるように、前記研磨動作中に研磨される、請求項1に記載の方法。

40

【請求項13】

前記少なくとも1つの研磨動作における少なくとも1つの動作パラメータ(p_2 、 p_3)が、前記処理動作の少なくとも1つの動作パラメータ(f_1)の関数として、ならびに/または、前記少なくとも1つの研磨動作および/もしくは処理動作によって予想されるウェハパラメータの関数として定義される、請求項12に記載の方法。

【請求項14】

単結晶シリコンから構成される半導体ウェハ(600)を処理するためのコーティング装置(300)を制御するための制御システム(400)であって、処理動作において、エッチングガスを通過させることができ、および/または、層を前記半導体ウェハ(600)上にエピタキシャル堆積することができ、特に、前記制御システムは、研磨装置(2

50

00)を制御するためのものでもあり、前記半導体ウェハ(600)を研磨動作において研磨することができ、前記制御システム(400)は、前記コーティング装置(300)とともに、特に同じく前記研磨装置(200)とともに使用する場合に、請求項1~13のいずれか1項に記載の方法を実施するように設定されている、制御システム(400)。

【請求項15】

半導体ウェハ(600)を処理するためのプラント(500)であって、前記プラントは、処理動作においてエッチングガスを通過させることができ、および/または層を前記半導体ウェハ(600)上にエピタキシャル堆積させることができるコーティング装置(300)を有し、特に、研磨動作において前記半導体ウェハ(600)を研磨することができる研磨装置(200)をも有し、請求項14に記載の制御システム(400)をも有する、プラント(500)。

10

【請求項16】

エッジ除外域(R_1)が2mm以下で $ESFQR_{max}$ が5nm以下であり、各々が30mmの長さ(R_2)を有する72個のセクタ(625)を有する、単結晶シリコンから構成される半導体ウェハ(600)。

【請求項17】

エッジ除外域(R_1)が1mm以下で $ESFQR_{max}$ が10nm以下であり、各々が30mmの長さ(R_2)を有する72個のセクタ(625)を有する、請求項16に記載の半導体ウェハ(600)。

20

【請求項18】

エッジ除外域(R_1)が0.5mm以下で $ESFQR_{max}$ が15nm以下であり、各々が30mmの長さ(R_2)を有する72個のセクタ(625)を有する、請求項16に記載の半導体ウェハ(600)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

説明

本発明は、半導体ウェハの処理方法、半導体ウェハを処理するためのコーティング装置を制御する制御システム、そのような処理装置およびそのような制御システムを有する半導体ウェハを処理するプラント、ならびに半導体ウェハに関する。

30

【背景技術】

【0002】

従来技術

半導体ウェハ、特にシリコンウェハは、例えば、半導体産業での使用、特に高度に統合された電子部品、例えばマイクロプロセッサまたはメモリチップの製造に適している。現代のマイクロエレクトロニクスでは、基板と呼ばれる、大域的および局所的な平坦性、エッジジオメトリ、厚さ分布、ナノポロジと呼ばれる片面ベースの局所的な平坦性、および欠陥がないことへの高い要求がある。

【0003】

40

そのような特性を有する半導体ウェハを得るために、これらの半導体ウェハは様々な処理動作を受け得る。これらは特に両面研磨(DSPと呼ばれる)を含み、この研磨では、好ましくは、材料除去中に半導体ウェハの前面および背面に作用する処理力が、本質的に平衡しており、ガイド装置によって半導体ウェハに拘束力が加えられず、すなわち、半導体ウェハが「自由浮動」方式で処理されるように、半導体ウェハの両面が、2つの作業面による1つの処理ステップにおいて材料を除去することによって同時に処理される。これに関連して、複数の半導体ウェハが、半導体ウェハのための凹部を有する1つまたは複数の「キャリアプレート」に挿入され、その後、半導体ウェハの両面に作用する力により研磨されることが特に可能である。シリコンウェハのDSP処理は、例えば、米国特許出願公開第2003/054650号に記載されており、それに適した装置はドイツ特許出願

50

公開第 1 0 0 0 7 3 9 0 号に記載されている。

【 0 0 0 4 】

有用なさらなる処理動作は、例えばドイツ特許第 1 0 2 0 0 8 0 4 5 5 3 4 号から知られているような、化学機械研磨（「CMP」）である。この場合、半導体ウェハは、キャリアによって研磨パッドに（場合によっては研磨プレートに）押し付けられ、その後、通常は回転しながら圧力下で動かされる。適切な研磨媒体または研磨媒体懸濁液を使用することにより、半導体ウェハの片面が研磨される。

【 0 0 0 5 】

有用なさらなる処理動作は、例えばドイツ特許出願公開第 1 0 2 0 0 5 0 4 5 3 3 9 号から知られているようなコーティング動作である。例えば、エピタキシャルリアクタ内の半導体ウェハのエピタキシャルコーティングでは、堆積ガスがエピタキシャルリアクタを通過し、その結果、半導体ウェハの表面上に材料がエピタキシャル成長され得る。ただし、半導体ウェハ上を除き、材料は常にエピタキシャルリアクタ内に堆積される。したがって、通常、堆積中に制御されない状態でエピタキシャルリアクタの表面上に堆積された残留物を時々除去する必要がある。

【 0 0 0 6 】

半径方向と円周方向の両方において、上記のすべての処理ステップにおいて不均質性が発生する。ここで言及すべき顕著な例は、エピタキシャル堆積層の 4 回対称と呼ばれるものであり、その原因の 1 つは、異なる結晶軸に沿った異なる成長速度である。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

この背景に対して、対処される問題は、特にその表面の平坦性に関して、さらにより良好な半導体ウェハを得る方法を特定することである。

【 0 0 0 8 】

発明の開示

本発明に従って開示されるのは、独立請求項の特徴を有する、半導体ウェハを処理するための方法、制御システムおよびプラント、ならびにまた、半導体ウェハである。有利な実施形態は、従属請求項および以下の説明の主題である。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本発明は、半導体ウェハを処理する方法を含み、半導体ウェハは、コーティング（成膜）装置内のサセプタ上に配置される。ここで有用なコーティング装置は、特にエピタキシャルリアクタである。この方法は、1 つまたは複数の処理動作を含み、そのような処理動作の 1 つは、エッチングステップと、任意選択的に堆積ステップとを含む。エッチングステップの過程で、エッチングガスがコーティング装置を通過する。エッチングガスは塩化水素と水素との混合物からなることが好ましいが、エッチングガスはまた、塩化水素のみまたは水素のみからなってもよい。

【 0 0 1 0 】

任意の堆積ステップが行われる過程で、堆積ガスがコーティング装置を通過して、半導体ウェハ上の層のエピタキシャル堆積が行われる。ここで有用な堆積ガスは、特にトリクロロシランである。処理動作がエッチングステップとその後の堆積ステップとを含むことが特に好ましい。

【 0 0 1 1 】

エッチングステップは、先行する堆積ステップから生じるコーティング装置内またはエピタキシャルリアクタ内の堆積物または堆積を少なくとも部分的に除去する役割を果たすことができる。そのような堆積物は、コーティング装置内のガスの流れに影響し、温度勾配にも影響し、したがって半導体ウェハ上の堆積ガスによってエピタキシャルに堆積可能な層にも影響する。エッチングステップは、半導体ウェハの中央で、エッジよりもより高い材料除去を達成するために利用することもできる。

【 0 0 1 2 】

本発明に関連して選択された条件下で、材料はエッチングステップでサセプタから離れた半導体ウェハの面上で除去されるが、特にエッジ領域または半導体ウェハがサセプタに隣接する領域においては、サセプタに面する面上に材料が堆積されることが、現在分かっている。これが生じる様態は、特に、エッチングガスが（平衡反応において）、コーティング装置内に存在する材料、例えば前の堆積動作で堆積された材料を溶解し、それを半導体ウェハ上に再び堆積させること、または、前の処理ステップからのサセプタ上に存在する材料が、処理されるべきウェハの材料に結合され、コーティング装置のアンロードに同伴されることである。

【 0 0 1 3 】

本発明によって、処理動作の前に、半導体ウェハの2つの面の一方が保護層によってコーティングされることである。CMP（化学機械研磨）による研磨動作が行われた半導体ウェハの第1の面（FS）、または第1の面の反対側にあり、CMPによる研磨動作を受けている場合がある半導体ウェハの第2の面（BS）がコーティングされる。好ましくは、保護層によってコーティングされた半導体ウェハは、両面研磨（DSP）により同時に研磨された第1の面および第2の面を有する半導体ウェハであり、その第1の面（FS）は両面研磨後にCMP研磨動作によって研磨されている。半導体ウェハは、単結晶シリコンからなる半導体ウェハであることが好ましく、直径が200mm以上であることが好ましく、直径が300mm以上であることがより好ましい。有用な保護層は、酸化物層、特に低温酸化物（LTO）層を含むことが好ましい。「低温酸化物層」または「LTO」という用語は、ここでは特定の方法によって被着される酸化物層を指す。考えられる例は二酸化ケイ素である。層の厚さは、特に良好な結果を達成するために、特に最大で200nm、好ましくは最大で150nm、より好ましくは最大で100nmであってよい。保護層は、さらに、適切には0.5mm以下、好ましくは0.2mm以下、より好ましくは0.1mm以下のエッジ除外域を有して形成されてもよく、これは、半導体ウェハのエッジの対応する領域が保護層によってコーティングされず、被覆されないことを意味する。その場合、エッチングステップは、コーティング装置において、1000 ~ 1250、好ましくは1100 ~ 1150の温度で適切に実施することができる。代替的に、保護層は、RTA（高速熱アニール）熱処理により生成される二酸化ケイ素の保護層であってもよい。

【 0 0 1 4 】

第1の面（FS）または第2の面（BS）上に保護層が存在することにより、エッチングステップにおいて保護層が設けられた半導体ウェハの面から材料が除去されることが防止される。これは、例えば、半導体材料の酸化物が、対応する純粋な半導体材料よりもエッチングガスによって攻撃され、それにより侵食される度合いがはるかに低いという事実を利用する。さらに、最初に説明したサセプタと接触して材料が移動することおよび材料が堆積されることも、保護層によって防止される。

【 0 0 1 5 】

保護層が、エッチングステップ中にサセプタから離れた面にある場合、この面から材料を除去する動作は行われなない。本発明の第1の好ましい実施形態では、第1の面（FS）は保護層が設けられた面であり、第2の面（BS）はエッチングステップ中にサセプタに面する面である。この場合、特に第2の面（BS）のエッジ領域に材料を堆積させるために、エッチングステップが利用される。エッチングステップおよび保護層の除去の後、エピタキシャル層を第1の面（FS）に堆積することができる。

【 0 0 1 6 】

エッチングステップ中に保護層が、エッチングステップ中にサセプタに面する面にある場合、特にこの面のエッジ領域での材料堆積の動作は行われなない。本発明の第2の好ましい実施形態では、第2の面（BS）が、保護層が設けられており、エッチングステップ中にサセプタに面する面である。この場合、第1の面（FS）から材料を除去するために、エッチングステップが利用される。好ましくは、エッチングステップの後に堆積ステップ

が行われ、その過程で、エピタキシャル層が第1の面(F S)上に堆積される。保護層は、エピタキシャル層の堆積の前または後に除去される。

【0017】

本発明の第3の好ましい実施形態では、処理動作は第1のエッチングステップと第2のエッチングステップとに分けられ、第2のエッチングステップの後に堆積ステップが行われ、その過程でエピタキシャル層が第1の面(F S)上に堆積される。第1のエッチングステップ中、第1の面(F S)は保護層が設けられた面であり、第2の面(B S)はエッチングステップ中にサセプタに面する面である。第1のエッチングステップの後、保護層は第1の面(F S)から除去され、第2の面(B S)上に保護層が設けられる。第2のエッチングステップ中、第2の面(B S)は、保護層が設けられており、サセプタに面している面である。保護層は、第2のエッチングステップの後、または半導体ウェハの第1の面(F S)上にエピタキシャル層を堆積した後、第2の面(B S)から除去される。

10

【0018】

記載された実施形態の1つにおいて方法が実施される場合、半導体ウェハの2つの面は、互いに独立して、制御された様式で処理することができる。

【0019】

本発明の第2の好ましい実施形態は、半導体ウェハをエピタキシャル層によってコーティングした後に半導体ウェハのエッジ領域で生じる厚さの対称的な変動を打ち消すために特に適している。厚さの変動は、エピタキシャル層の堆積において、極座標における角度に応じてエッジ領域に異なる速度で材料が堆積されるという事実によるものである。例えば、単結晶シリコンのエピタキシャル層は、追加の対策を講じなければ、0°、90°、180°、および270°の極角位置において、<110>方向を示し、0°の極角位置を定義するオリエンテーションノッチを有する単結晶シリコンの{100}配向半導体ウェハに対して言及される位置に対して45°オフセットされた極角位置よりも速く成長する。したがって、エピタキシャルコーティングされた半導体ウェハの厚さは、互いに等距離にある円周の4つの領域内で、その間の領域よりも大きくなる(4回対称と呼ばれる)。

20

【0020】

エピタキシャル層の堆積の前に、本発明の第2の好ましい実施形態によるプロセスが実行されるとき、エッジ領域内のエピタキシャルコーティングされた半導体ウェハの厚さを均質化することができることが分かった。第1の面(F S)のエッチングステップの過程で行われる材料除去の速度は、エピタキシャル層の堆積中に材料がより高い速度で堆積される点におけるエッジ領域内でより大きい。エッチングステップの過程で生じるこの効果は、以下、反4回対称エッチング(4FSE)として参照される。局所的に達成される材料の除去は、特にエッチングステップの持続時間によって誘導される。例えば、円周方向においてより均質な厚さプロファイルを有するエピタキシャルコーティング半導体ウェハを得るために、本発明の第2の好ましい実施形態の手順を、エピタキシャル層の堆積と組み合わせて使用することが可能である。

30

【0021】

したがって、本発明の第2の好ましい実施形態は、第1の面(F S)がシリコンのエピタキシャル層によってコーティングされており、第1の面(F S)が{100}配向または{110}配向を有するシリコンの半導体ウェハを製造するために利用されることが好ましい。

40

【0022】

本発明の第1の好ましい実施形態は、DSPにより、第1の面(F S)および/または第2の面(B S)上でのDSPおよび場合によってはCMPにより引き起こされたエッジロールオフに対抗するために特に適している。第2の面(B S)のエッジ領域に堆積した材料は、半導体ウェハの厚さを局所的に増加させ、厚さの半径方向プロファイルが確実に均質化される。堆積する材料の量および位置は、サセプタを設定することにより、またエッチングステップの期間を介して影響を及ぼすことができる。少なくとも60秒のエッチ

50

ング時間内に、堆積した材料の直線的な成長が観察される。サセプタは、好ましくは、下向きに傾斜した棚部を有し、その上でエッジ領域内に半導体ウェハが載っている。棚部の半径方向の幅および棚部の傾斜角は、サセプタの設定において特に考慮する必要がある影響力のあるパラメータである。

【0023】

本発明の第3の好ましい実施形態は、第1の好ましい実施形態と第2の好ましい実施形態との組み合わせを本質的に含む。

【0024】

エッチングステップ中、または第1のエッチングステップおよび第2のエッチングステップ中、塩化水素の体積流量は、好ましくは2 s l m以上5 s l m以下である。水素の体積流量は、好ましくは30 s l m以上110 s l m以下、より好ましくは40 s l m以上70 s l m（標準リットル毎分）以下である。特に滑らかな表面は、4 s l mの塩化水素の体積流量および50 s l mの水素の体積流量において得られる。これらのガス流量は、例えば、半導体ウェハの中央で、エッジよりもより高い材料除去を達成するために利用することができる。

【0025】

提案されているプロセスは、反4回対称エッチング（4 F S E）に関して、コーティング後の4回対称の減少を可能にし、エッチングステップのより長い持続時間（エッチングガスの流れを伴う）により、残りの4回対称が少なくなる。手順の最大可能持続時間は、通常、エッチングステップの持続時間が長すぎる場合、第2の面（B S）への堆積が半導体ウェハの局所形状（平坦性）の劣化をもたらすという事実から生じる。望ましくない材料の堆積が抑制されるため、この問題はここで保護層によって解決される。さらに、コーティング装置による処理および他の先行する研磨動作において生じる不均質性を巧みに組み合わせることにより、これまでよりも明らかに、エッジ付近の良好な平坦性を達成することができる。

【0026】

エッチングステップ後の処理動作はまた、慣例的であるように、保護層も存在する堆積ステップも含み得ることに留意すべきである。ただし、材料を選択的に除去するのみとし、材料を再度堆積しないように、エッチングステップのみを使用することも可能である。複数の処理動作の場合、一部の処理動作でのみ、すなわち、例えば2つのうちの第1の動作でのみ堆積ステップを実行することも考えられる。

【0027】

提案された方法により、最初に述べられた要求に関してはるかににより良好な値を有する半導体ウェハ、特にシリコンウェハを得ることが可能である。この種の半導体ウェハは、CMPにより研磨された少なくとも1つの面を有する単結晶シリコンの半導体ウェハ、または単結晶シリコンの層によってエピタキシャルコーティングされた単結晶シリコンの半導体ウェハであってもよい。半導体ウェハは、2 mm以下のエッジ除外域で5 nm以下のE S F Q R_{max}、および、各々30 mmの長さを有する72個のセクタを有する。好ましくは、半導体ウェハは、1 mm以下のエッジ除外域で10 nm以下のE S F Q R_{max}、および、各々30 mmの長さを有する72個のセクタを有する。より好ましくは、半導体ウェハは、0.5 mm以下のエッジ除外域で15 nm以下のE S F Q R_{max}、および、各々30 mmの長さを有する72個のセクタを有する。この種の半導体ウェハも、本発明の主題の一部を形成する。

【0028】

S F Q Rは「Site Front surface - referenced least - squares / Range」の略で、その値は半導体ウェハの平坦度を示す。より詳細には、これは、平坦な基準面からの表面の正と負の偏差を相関させる。一般に、偏差は各々、半導体ウェハの表面における特定の寸法を有する領域の計算に使用される。E S F Q Rは「Edge Site Front surface - referenced least - squares / Range」の略で、その値はS F Q R値として定義される

が、半導体ウェハのエッジ領域のみに関するものである。

【0029】

ESFQD_{av}は「Edge Site Front surface - referenced least squares / Deviation」の略で、添え字avは半導体ウェハの円周領域のエッジサイトのESFQD値の平均を示す。通常、円周領域はこの種の72個のサイト(セクタ)を含む。

【0030】

記載されているウェハパラメータの定義および試験方法は、規格SEMI M67 (ESFQRおよびESFQD)およびSEMI M1、5 SEMI MF1530およびSEMI M49 (SFQR)に含まれている。

10

【0031】

堆積ステップ中にサセプタに隣接している場合の保護層のさらなる利点は、成長を通じて半導体ウェハがサセプタに固定され得ないことである。この理由は、保護層の材料が異なることである。例えば、二酸化ケイ素はシリコンにほとんど結合しない。このようにして、サセプタから半導体ウェハを除去する際に、サセプタからも材料が除去されることがなく、したがって、より詳細には、半導体ウェハ、特にエッジ領域内で、あるとしても、際だって小さい応力のみが生じることを達成することができる。この効果は、コーティング装置が加熱されるときに、すなわち、エッチングステップまたは堆積ステップが実行されるか否かに関係なく、すでに発生している。

【0032】

20

好ましくは、保護層は、処理動作の後、特にその後半導体ウェハに何が行われると考えるかに応じて、半導体ウェハから再び除去される。例えば、その後、さらなる処理動作を実施することができ、その前に、反対の面に保護層が提供される。コーティング装置によって行われるすべての処理作業の終わりに、完成した半導体ウェハを得るために保護層を除去することができる。保護層は、特にシリコンウェハ上の酸化物層の場合、例えば、フッ化水素酸(HF)を使用して除去することができる。これは、フッ化水素酸は酸化物を溶解するが、シリコンは溶解しないためである。

【0033】

また、1つまたは複数の処理動作の前に、研磨装置を用いた1つまたは複数の研磨動作において、半導体ウェハが2つの面の少なくとも1つにおいて研磨されることも特に好ましい。ここで適切な装置は、化学機械研磨(CMP)の冒頭で述べた研磨装置であり、片面のみの制御された処理を可能にする。より詳細には、ここでは、半導体ウェハの半径方向において、特に各事例において半導体ウェハの領域に対する異なる圧力の指定によって、領域が処理において異なる程度まで影響されるように、研磨を行うことができる。

30

【0034】

そのような異なる圧力は、例えば、対応する研磨装置の適切に設計されたキャリアによって発生させることができ、それによって圧力が半導体ウェハに加えられる。したがって、半導体ウェハの個々の領域または他のゾーンに対して圧力を特異的に定義することが可能である。したがって、各半導体ウェハに対して個別に(研磨装置の対応する動作パラメータの)レシピを定義することが可能である。したがって、後続の処理動作においてコーティング装置内で発生する、半導体ウェハのエッジに蓄積する材料の望ましくない成分に対抗することが特に可能である。

40

【0035】

ここで、研磨動作の少なくとも1つの動作パラメータが、処理動作の少なくとも1つの動作パラメータの関数として、および/または、研磨動作もしくは処理動作によって予想されるウェハパラメータの関数として定義されることが特に有利である。有用なウェハパラメータは、例えば、ESFQD_{av}値、または、平坦度もしくは平面度を報告することができる他のパラメータを含む。したがって、このようにして、全体としてより平坦な半導体ウェハを達成するために、一方における研磨動作と、他方におけるコーティング装置内での処理動作との相互作用を制御された状態で利用することが可能である。すなわち、

50

より詳細には、コーティング中に制御された状態で研磨動作中の材料の有害な除去を補償することが可能であり、逆もまた同様である。特に、このようにして、例えば、それ自体では個々の装置に対してより悪い結果をもたらすため、各装置が個別に最適化される従来のプロセスでは考慮されない個々の装置に対する動作パラメータを考慮することも可能である。ただし、これは、複数の装置を組み合わせる場合にはもはや当てはまらない。

【0036】

完全を期すために、化学機械研磨のための研磨動作の前に、両面研磨のための研磨動作（最初に述べたように）も提供できることに留意されたい。この研磨動作も、他の研磨および／または処理動作の動作パラメータならびにそれらの動作パラメータに関して考慮に入れることができる。

10

【0037】

本発明は、半導体ウェハを処理するためにコーティング装置を制御するための制御システムをさらに提供し、このシステムでは、処理動作においてエッチングガスを通過させることができ、および／または層を半導体ウェハ上にエピタキシャル堆積させることができ、当該制御システムは特にまた、研磨動作において半導体ウェハを研磨することができる研磨装置を制御するためのものである。この制御システムは、コーティング装置、特にまた研磨装置とともに使用する場合に、本発明の方法を実施するために設定されている。

【0038】

本発明は、半導体ウェハを処理するためのプラントをさらに提供し、プラントは、処理動作においてエッチングガスを通過させることができ、および／または層を半導体ウェハ上にエピタキシャル堆積させることができるコーティング装置を有し、特にまた、研磨動作において半導体ウェハを研磨することができる研磨装置をも有し、また、本発明の制御システムをも有する。

20

【0039】

さらなる構成および利点ならびに制御システムおよびプラントに関しては、繰り返しを避けるために、ここで対応して適用可能である、提案された方法についての言及が参照される。

【0040】

本発明のさらなる利点および実施形態が、本明細書および添付の図面から明らかになるであろう。

30

【0041】

本発明の範囲から逸脱することなく、上記の特徴および以下に説明される特徴は、示された特定の組み合わせだけでなく、他の組み合わせで、または単独で使用することもできることが理解されよう。

【0042】

以下、図面を参照して本発明を説明する。

図面の説明

【図面の簡単な説明】

【0043】

40

【図1】本発明の方法をともに実施することができる好ましい実施形態における本発明のプラントの概略図である。

【図2】本発明の方法の文脈で使用可能な第1の研磨装置の概略図である。

【図3】本発明の方法の文脈で使用可能な第2の研磨装置の概略図である。

【図4】本発明の方法の文脈で使用可能なコーティング装置の概略図である。

【図5】様々なビューにおける保護層を備えた半導体ウェハの概略図である。

【図6】本発明の方法の文脈においてコーティング装置内でエッチングステップを受けた後の2つの半導体ウェハの直径にわたる厚さの差のプロファイルの概略図である。

【図7】本発明の方法の文脈においてコーティング装置内でエッチングステップを受けた後の半導体ウェハの円周にわたる厚さの差のプロファイルの概略図である。

50

【図 8】本発明の方法の 3 つの好ましい実施形態の手順の概略図である。

【図 9】エッジ領域の厚さの差に関する、2 つのエピタキシャルコーティングされた半導体ウェハの測定結果を示す図である。

【図 10】エッジ領域の厚さの差に関する、2 つのエピタキシャルコーティングされた半導体ウェハの測定結果を示す図である。

【図 11】動作パラメータの制御のフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0044】

図面の詳細な説明

図 1 は、本発明の方法をともに実施することができる好ましい実施形態における本発明のプラント 500 の概略図を示す。プラント 500 は、半導体ウェハ 600 を処理する役割を果たし、処理装置として、第 1 の研磨装置 100 と、第 2 の研磨装置 200 と、コーティング装置 300 とを備えている。これら 3 つの処理装置は、個々の処理装置を連続的に通過することができる半導体ウェハ 600 を処理する役割を果たす。完全を期すために、この時点で、処理装置の前、間、および / または後に追加の処理装置を提供することも可能であるが、これらは少なくとも、本発明に対して、あったとしてもほとんど関連性がないことに再度言及しなければならない。本発明に特に関連するのは、コーティング装置 300 であり、実施形態によればまた、第 2 の研磨装置 200 であり、ちなみに単に研磨装置としても参照される。それにも関わらず、半導体ウェハの処理は、ここに示されている第 1 の研磨装置 100 を使用して行うこともでき、これはより詳細には実際に慣例である。個々の処理装置のより詳細な説明については、この時点で図 2 から 4 を参照されたい。

【0045】

加えて、プラント 500 は、図示の 3 つの処理装置と共に使用してそれらを作動または動作することができる制御システム 400 を備えている。示された例では、制御システム 400 は、3 つの個別の制御ユニット 410、420 および 430 を備え、それらの各々は、3 つの処理装置のうちの 1 つの作動または動作のために提供される。それぞれの制御ユニットによって、各事例においてそれぞれの処理装置に対して少なくとも 1 つの動作パラメータを定義または設定することが特に可能である。

【0046】

制御ユニット 410、420、および 430 のそれぞれについて、それぞれの測定装置 411、421、および 431 が各事例において提供される。これらの測定装置により、少なくとも 1 つのウェハパラメータに関して、それぞれの処理装置内で処理された後の半導体ウェハを測定することが可能である。そのような測定装置は、用途に応じて、それぞれの制御ユニットに統合することもできることは明らかである。

【0047】

さらに、中央制御ユニット 440 がここに示されており、中央制御ユニット 440 は、制御ユニット 410、420 および 430 の各々、ならびに、測定装置 411、421 および 431 の各々に接続されている。そのような接続は、例えば有線または無線形式のデータ転送のための少なくとも 1 つの接続を含む。個々の測定装置 411、421、および 431 によって決定された値は、このようにして中央制御ユニット 440 に送信することができ、結果、中央制御ユニット 440 によって、それぞれの処理装置の適切な動作パラメータを決定することが可能になり、これらのパラメータはその後、それぞれの制御ユニット 410、420 または 430 に送信することができる。それぞれの処理パラメータの決定は、他の何らかの方法で、例えば個々の制御ユニットの 1 つにおいて直接行うこともできることは明らかである。

【0048】

図 2 は、第 1 の研磨装置 100 (DSP のための) の断面図を図 1 よりも詳細に概略的に示している。この場合、回転装置と呼ばれる、内側リングギア 131 および外側リングギア 132 によって動かされるキャリアプレート 130 の対応する凹部内の 4 つの半導体

10

20

30

40

50

ウェハ 6 0 0 (そのうち左半分の 2 つのみに参照符号が与えられている) が、上側研磨プレート 1 1 0 と下側研磨プレート 1 1 1 との間に挿入される。

【 0 0 4 9 】

下側研磨プレート 1 1 1 上には研磨パッド 1 2 1 がある。上側研磨プレート 1 1 0 上には研磨パッド 1 2 0 がある。研磨プレート 1 1 0 は、研磨パッド 1 2 0 とともに、研磨または接触圧力 p_1 の方向において、キャリアプレート 1 3 0、半導体ウェハ 6 0 0、および研磨パッド 1 2 1 を有する下側研磨プレート 1 1 1 に押し付けられる。

【 0 0 5 0 】

上側研磨プレート 1 1 0 および下側研磨プレート 1 1 1 は、回転速度 ω_1 および ω_2 において旋回または回転させることができる。ここでは、2 つの回転速度が反対方向に示されているが、これらはまた、例えば、用途に応じて、同じ回転方向を有し、ただし異なる大きさを有してもよい。同様に、動作中に回転速度、同様に、接触圧力または研磨圧力を変更することも考えられる。研磨のために、ここで適切な研磨媒体を研磨パッドに適用することが可能である。

【 0 0 5 1 】

図 3 は、本発明の方法の文脈で使用可能な好ましい実施形態における (第 2 の) 研磨装置 2 0 0 (CMP のための) を、概略的な形で図 1 よりも詳細に断面図で示している。ここで、半導体ウェハ 6 0 0 は、研磨パッド 2 2 0 に施与されており、研磨パッド 2 2 0 は、研磨プレート 2 1 0 上に配置されている。キャリア 2 3 0 により、半導体ウェハ 6 0 0 は研磨パッド 2 2 0 に押し付けられる。研磨中、キャリア 2 3 0 は回転速度 ω_3 で第 1 の軸を中心として回転し、研磨プレート 2 1 0 は回転速度 ω_4 で第 2 の軸を中心として回転する。さらに、キャリアは半径方向速度 v_1 (内向きまたは外向きのいずれか) で動かされ得る。研磨のために、ここで適切な研磨媒体を研磨パッドに適用することが可能である。

【 0 0 5 2 】

より詳細には、付加的に、キャリア 2 3 0 により、半導体ウェハ 6 0 0 に加えることができる圧力を異なる領域に対して異なるように設定することができる場合がある。示されている簡略化された例では、半径方向外側領域 2 3 1 に圧力 p_2 を、半径方向内側領域 2 3 2 に圧力 p_3 を加えることができる。これらの圧力 p_2 および p_3 は、特に、第 2 の研磨装置の有用な動作パラメータである。同様に、回転速度 ω_3 および ω_4 と半径方向速度 v_1 の両方を付加的にまたは代替的に動作パラメータとして使用することも考えられる。

【 0 0 5 3 】

圧力は、例えば、圧力 p_2 が圧力 p_3 よりも大きくなるように選択することができる。より詳細には、圧力は、代替的に、その大きさに関して具体的に設定されてもよい。圧力が個別に調整可能な、さらにより多くの異なる領域を半径方向において提供することができることは明らかであろう。

【 0 0 5 4 】

図 4 は、本発明の方法の文脈で使用可能な、ここでは気相エピタキシャルリアクタの形態の、好ましい実施形態におけるコーティング装置 3 0 0 を、概略的な形で図 1 よりも詳細に断面図で示している。コーティング装置 3 0 0 の中央にはサセプタ 3 1 0 があり、その上に、コーティングされるべき半導体ウェハ 6 0 0 を配置する、すなわち置くことができる。サセプタ 3 1 0 は、半導体ウェハ 6 0 0 がサセプタ 3 1 0 上で、例えばそのエッジの数ミリメートルの領域内のみにあるように、中央に窪みを有する。

【 0 0 5 5 】

ガスは、本例では 2 つの矢印で示されるように、エピタキシャルリアクタ 3 0 0 の左側の開口部からエピタキシャルリアクタ 3 0 0 の右側の開口部まで、エピタキシャルリアクタ 3 0 0 を通過することができる。熱発生器、例えば、一例として一方に参照符号が与えられている、エピタキシャルリアクタ 3 0 0 の上側および下側の加熱ランプ 3 3 0 により、エピタキシャルリアクタ 3 0 0 および半導体ウェハを通過するガスは、必要に応じて、所望の温度にすることができる。

10

20

30

40

50

【0056】

コーティング動作の文脈において、エッチングガス、例えば塩化水素と水素との混合物が、その後、エッチングステップにおいてエピタキシャルリアクタ300を通過し、結果、その後の任意の堆積ステップの前に半導体ウェハが制御された様式で前処理される。そのような後続の堆積ステップがなければ、例えば、材料の制御された除去のみを行うことも可能である。好ましくは、塩化水素の体積流量はここで4 s l mに設定することができ、水素の体積流量は50 s l mに設定することができる。

【0057】

半導体ウェハ600のコーティングのため、または層のエピタキシャル堆積のために、堆積ガス、例えば、任意選択的に水素と混合されたトリクロロシランが、次いで、エピタキシャルリアクタ300を通過する。体積流量f1および/または通過の持続時間および/または温度は、ここでは、例えば、動作パラメータとして半導体ウェハ600上にエピタキシャル堆積される層の所望の厚さに従って調整することができる。さらに、半導体ウェハ600がその上に配置されたサセプタ310は、定義可能な回転速度 ω 5で軸を中心として回転させることができ、これは、図に示すように、同様に付加的または代替的な動作パラメータである。このようにして、エピタキシャル層の均質な堆積を達成することができる。

10

【0058】

コーティング動作の文脈において、堆積ガスを通過させる前に、エッチングガス、例えば塩化水素と水素との混合物が、その後、エッチングステップにおいてエピタキシャルリアクタ300を通過することができ、結果、実際のコーティング動作の前に半導体ウェハが制御された様式で前処理される。好ましくは、塩化水素の体積流量はここで4 s l mに設定することができ、水素の体積流量は50 s l mに設定することができる。

20

【0059】

図5は、様々な好ましい実施形態における本発明の方法において使用可能な半導体ウェハ600を種々のビューで示している。

【0060】

上側のビューにおいて、保護層601、例えば二酸化ケイ素が、半導体ウェハ600の2つの面のうちの第1の面(FS)に被着されている。二酸化ケイ素は、例えば、層がLT0(低温酸化物)層の形態である通常の方法によって適用することができる。2つの面のうちの第2の面(BS)はコーティングされない。保護層601は、ここでは、例えば0.1 mmであり得るエッジ除外域d₁まで設けられる。

30

【0061】

中央のビューにおいて、保護層601、例えば同様に二酸化ケイ素が、半導体ウェハ600の第2の面(BS)に被着されている。第1の面(FS)はコーティングされていない。

【0062】

下側のビューでは、すでに図4に同様に示されているのと同様に、半導体ウェハ600はこの時点で、コーティング装置またはエピタキシャルリアクタ300のサセプタ310に施与されている。この場合、保護層601は、第2の面(BS)に被着されており、第2の面上で、半導体ウェハ600はまた、このとき、サセプタ310の被着領域311内でサセプタ310上にも存在する。半導体ウェハは、半径方向において測度d₂だけ、被着領域311またはサセプタ310と重なり合う。この測度d₂は、例えば、1 mmであり得る。この点で、図は縮尺通りではなく、個々の測度は不均衡であることに留意されたい。

40

【0063】

図6は、各事例において、本発明の方法の文脈においてコーティング装置を通過した後の、ここでは各事例において、一方の面が保護層を有する半導体ウェハで被覆されている、60秒の持続時間を有するコーティング装置でのエッチングステップの後の、2つの半導体ウェハのmm単位の直径dにわたるnm単位の厚さの差thの半径方向プロファイル

50

を示す。厚さの差は、エッチングステップの前後に測定されるそれぞれの半導体ウェハの厚さの比較によって求められる。グラフを見やすくするために、ウェハの厚さの最小値がゼロに近くなるように、大域的オフセットが差し引かれている。

【 0 0 6 4 】

上部の図は、エッチングステップ中に第2の面 (B S) が保護層で被覆され、この面がサセプタに面している場合に生じる厚さの差の典型的なプロファイルを示している。ここで、半径方向の材料除去に差が生じることが明瞭に認められる。保護層によって、これは本質的に第1の面 (F S) からの材料の除去である。

【 0 0 6 5 】

下部の図は、エッチングステップ中に第1の面 (F S) が保護層で被覆され、第2の面 (B S) がサセプタに面している場合の厚さの差の典型的なプロファイルを示している。ここで、エッチングステップ中に、特に図5の下部に示すように、エッジに非常に近い材料、特にサセプタ上にある領域内で選択的な成長が見られることが明瞭に認められる。第1の面 (F S) 上の保護層により、これは本質的に第2の面 (B S) 上に堆積された材料である。

10

【 0 0 6 6 】

したがって、提案されている方法によって、半導体ウェハの両面を互いに別個に処理し、材料除去および材料成長の作用モードを互いに別個に制御された状態で利用することが特に可能である。より詳細には、各処理動作について、一方の面の処理に合わせて調整された一連の動作パラメータを確立することができる。保護層がないと、選択された動作パラメータに関係なく、処理動作によって両面の特性が同時に変更されるため、これは不可能である。

20

【 0 0 6 7 】

図7は、エッチングステップ中に、第2の面 (B S) が保護層で被覆され、第2の面 (B S) がサセプタに面する面である場合の、コーティング装置内でエッチングステップを受けた後の、すでに説明した { 1 0 0 } 配向を有する半導体ウェハの (約 1 4 8 mm の半径での度単位の極角 ϕ に対する) 円周方向の厚さの差 t_h の典型的なプロファイルを概略的な形で示している。

【 0 0 6 8 】

各々が 90° オフセットした4つの領域が明確に現れ、材料の除去がはるかに大きくなっている。結晶構造のために、ここでは、エッチングガスが使用されるとき、その間の領域よりも材料の除去が大きくなることが分かる。厚さの差は約 10 nm である。半導体ウェハの円周における材料の除去がより大きい領域の位置は、エピタキシャル層がより速く成長する4つの領域の位置に対応する。この結果は、好ましくは、エッチングステップの過程で材料をより大きく除去し、堆積ステップの過程で材料をより多く増加させることによって、エピタキシャルコーティングされた半導体ウェハが、円周方向にほぼ均質になり、所望の値を有することになることを目的として、エッチングステップと堆積ステップとを組み合わせることによって利用することができる。

30

【 0 0 6 9 】

図8は、本発明の方法の3つの好ましい実施形態の手順の概略図である。これに関係なく、本発明はまた、半導体ウェハの特定の面を保護層によってコーティングすることと、コーティング装置のサセプタ上に特定の面を、この面がサセプタに面することを目的として置くこととの図示されない組み合わせに関する実施形態も含む。示される好ましい実施形態 (a)、(b) および (c) は、まず、研磨装置 2 0 0 による研磨動作を含む。研磨動作 (ここでは C M P) の前にまた、他の処理動作 (より詳細には、両面が同時に研磨される D S P 研磨動作などの他の研磨動作を含む) が先行し行われてもよいことは明らかであろう。研磨された半導体ウェハは、半径方向の厚さプロファイルを有する。

40

【 0 0 7 0 】

第1の好ましい実施形態 (a) の過程で、コーティング装置において、半導体ウェハの第1の面 (F S) が、保護層を設けられ、第2の面 (B S) がサセプタ上に配置されるよ

50

うに、サセプタ上に置かれるエッチングステップが行われる。このようにして、エッチングステップにより、例えば、以前の研磨動作によって生じたエッジロールオフに対抗するために、材料を第2の面(B S)のエッジに制御された状態で堆積させることができる。保護層の除去後、結果として、少なくとも片面がCMPにより研磨され、特にエッジ領域で特に均質な厚さを有する半導体ウェハが得られる。より詳細には、エッジ除外域が小さくても、比較的低いESFQR_{max}値が達成される。

【0071】

第2の好ましい実施形態(b)では、コーティング装置において、半導体ウェハの第2の面(B S)が、保護層を設けられ、第2の面がサセプタに面するように、半導体ウェハがサセプタ上に配置されるエッチングステップが行われる。このようにして、例えば、第1の面(F S)上でのその後のエピタキシャル層の堆積における4回対称性による厚さの差を最小限にするための前提条件を作成する目的で、第1の面(F S)から制御された状態で材料を除去することができる。同時に、半導体ウェハの局所的な平坦性に悪影響を及ぼす、第2の面(B S)上での材料の望ましくない成長が抑制される。

【0072】

第3の好ましい実施形態(c)では、第1の好ましい実施形態(a)と第2の好ましい実施形態(b)とが本質的に組み合わせられる。エッチングステップは、第1のエッチングステップと第2のエッチングステップとに分けられる。研磨動作の後、第1の保護層が第1の面(F S)上に形成され、半導体ウェハが、第2の面がサセプタに面するようにサセプタ上に配置される。次に、コーティング装置300において、第1のエッチングステップが実施され、その過程で、第2の面(B S)のエッジ領域に材料が堆積される。続いて、第1の保護層が第1の面(F S)から除去され、第2の保護層が第2の面(B S)上に形成される。その後、コーティング装置300において、第2のエッチングステップが実施され、その過程で、第1の面(F S)から材料が除去される。第2のエッチングステップの後、堆積ステップがコーティング装置内で行われ、その過程で、エピタキシャル層が第1の面(F S)上に堆積される。

【0073】

図9および図10は、2つのエピタキシャルコーティングされた半導体ウェハについて、エッジ領域の厚さの差 t_h の測定結果を示している。各事例において、方法を実施する状態に従って、60秒の持続時間を有するエッチングステップ後に見られる厚さのそれぞれの差のプロファイルが示されている。厚さの差は、エッチングステップの前後に条件におけるそれぞれの半導体ウェハの厚さの比較によって生じる。小さい図では、半導体ウェハのエッジからの距離Rにおける臨界プロファイルが拡大によって強調されている。

【0074】

第1の好ましい実施形態の手順に従う場合、すなわち、塩化水素を用いたエッチングステップ中に半導体ウェハが、第2の面(B S)がサセプタに面し、第1の面(F S)が保護層を支えるようにサセプタ上にある場合、エッジ領域において厚さプロファイルの典型的な急上昇が見られ、矢印で強調されている(図9)。特に従来技術によるエピタキシャルコーティングされた半導体ウェハの場合、エッジ除外域が小さい(2mm未満)達成可能な平坦度を決定的に制限するのは、まさに厚さプロファイルのこの急上昇である。

【0075】

第2の好ましい実施形態の手順に従う場合、すなわち、エッチングステップ中に半導体ウェハが、第2の面(B S)がサセプタに面し、第2の面(B S)が保護層を支えるようにサセプタ上にある場合、半導体ウェハは、加熱およびエッチング動作中にほぼ均質に平坦なままであり、これは同様に矢印によって強調される(図10)。この利点により、2mmのエッジ除外域から0.5mm未満の非常に小さいエッジ除外域まで、優れた平坦性/平面性を備えた半導体ウェハの製造が可能になる。

【0076】

さらに、各実施形態の実施のために、各処理動作の少なくとも1つの動作パラメータが、特に、

10

20

30

40

50

処理される半導体ウェハ上で決定される少なくとも1つのウェハパラメータに基づいて

、それぞれの処理動作が実行される処理装置の実際の状態に基づいて、および

3つの処理動作を受けた後のその状態に関して平坦度を特性化するためにウェハパラメータを、当該3つのすべての個々の処理動作後の状態に関してこれらのウェハパラメータを最適化する代わりに、最適化することに基づいて、

すべてのそれぞれの処理動作（例えば、DSPによる研磨、CMPによる研磨、エッチングステップ（複数可）およびエピタキシャル層（EPI）の堆積）について定義される場合があります。

【0077】

10

図11は、DSP、CMP、およびEPIの処理ステップについてこれを代表的な様態で示している。3つの処理動作の各々について、各処理装置に固有の少なくとも1つの動作パラメータを定義することを可能にするための情報が提供される。すなわち、後続の処理動作（クロスプロセスフィードフォワード、 ff ）の少なくとも1つの動作パラメータを定義するために、処理される半導体ウェハ上で少なくとも1つのウェハパラメータが決定される。

【0078】

それぞれの処理装置（DSP、CMP、EPI）の実際の状態が、処理中の半導体ウェハを参照して評価され、これに基づいて、評価中の処理装置の少なくとも1つの動作パラメータが、この処理装置による後続の半導体ウェハの処理について定義される（プロセス内フィードバック、 wp ）。

20

【0079】

3つの処理動作を通過した後、その平坦度を特徴付ける処理済み半導体ウェハのパラメータ、例えば $ESFQR_{max}$ および $SFQR_{max}$ が考慮され、後続の半導体ウェハを処理するための3つの処理動作のうちの1つまたは複数の、少なくとも1つの動作パラメータを定義するために、それぞれの目標値と比較される（プロセス間フィードバック、 fb ）。

【図 1】

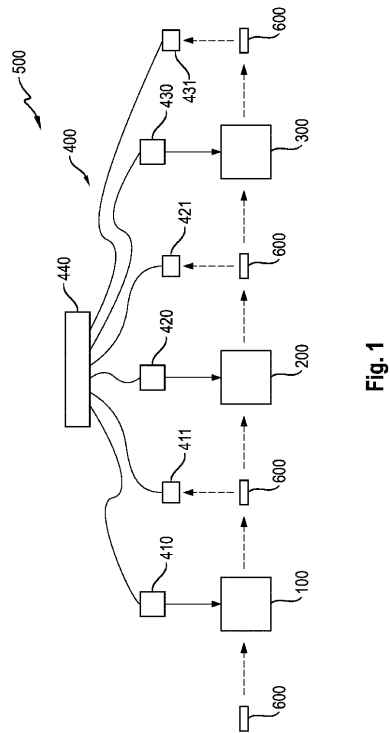


Fig. 1

【図 2】

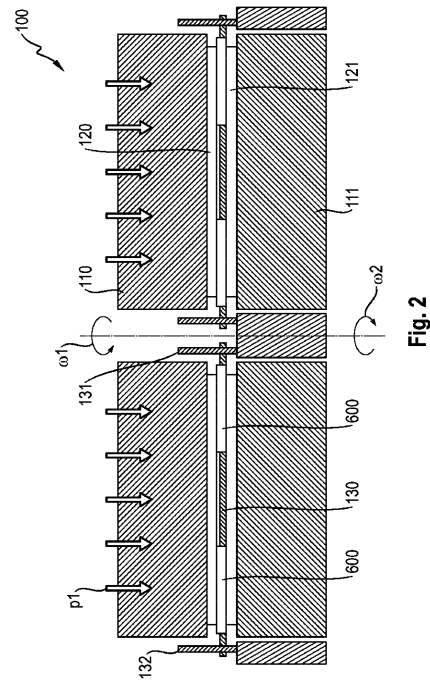


Fig. 2

【図 3】

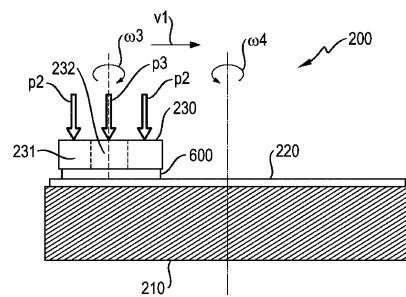


Fig. 3

【図 4】

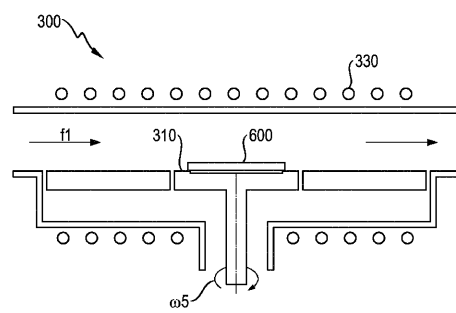


Fig. 4

【図 5】

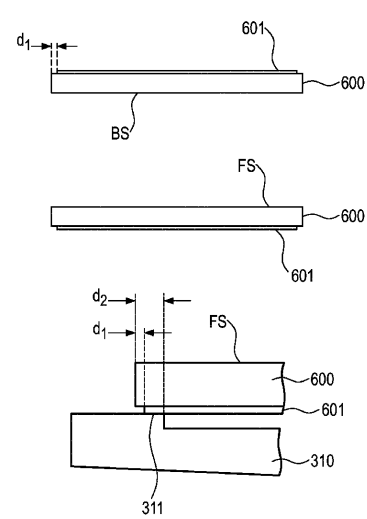


Fig. 5

【図 6】

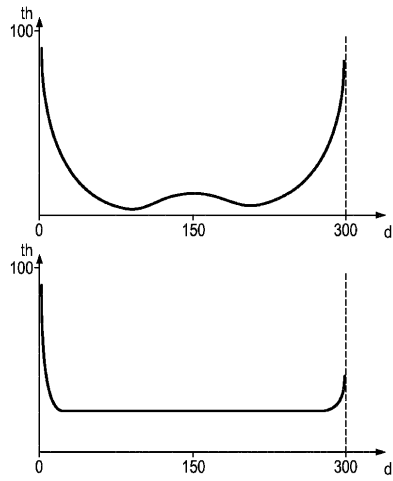


Fig. 6

【図 7】

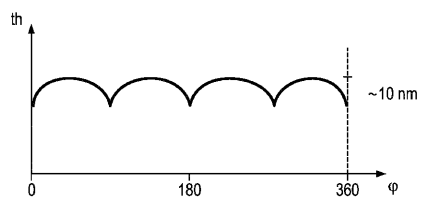


Fig. 7

【図 10】

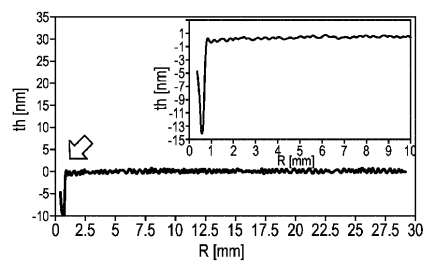


Fig. 10

【図 11】

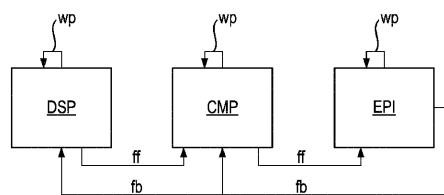


Fig. 11

【図 8】

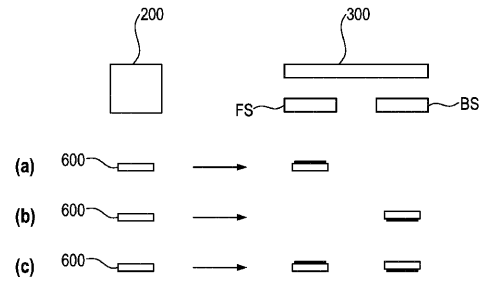


Fig. 8

【図 9】

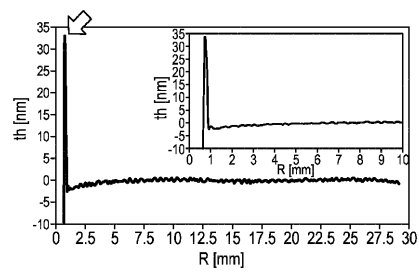


Fig. 9

フロントページの続き

- (72)発明者 ベーバー, クリストフ
ドイツ、84489 ブルクハウゼン、ルードビヒ - トーマ - シュトラーセ、12
- (72)発明者 ベルシュ, シュテファン
ドイツ、84570 ポリング、モースビーゼンベーク、4

審査官 鈴木 孝章

- (56)参考文献 特開2013-016841(JP, A)
特開2010-062561(JP, A)
特開2010-283227(JP, A)
国際公開第2010/023829(WO, A1)
特開平04-320326(JP, A)
特開2014-212213(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/304