

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7630232号  
(P7630232)

(45)発行日 令和7年2月17日(2025.2.17)

(24)登録日 令和7年2月6日(2025.2.6)

(51)国際特許分類		F I	
C 2 5 D	21/10 (2006.01)	C 2 5 D	21/10 3 0 1
C 2 5 D	17/06 (2006.01)	C 2 5 D	17/06 C
C 2 5 D	17/08 (2006.01)	C 2 5 D	17/08 S
C 2 5 D	7/12 (2006.01)	C 2 5 D	7/12
請求項の数 39 外国語出願 (全14頁)			
(21)出願番号	特願2020-57969(P2020-57969)	(73)特許権者	512221197
(22)出願日	令和2年3月27日(2020.3.27)		エスピーティーエス テクノロジーズ リミティド
(65)公開番号	特開2020-180369(P2020-180369 A)		イギリス国, エヌピー１８２ティーエー, ニューポート, リングランド ウェイ, コーエド レディン
(43)公開日	令和2年11月5日(2020.11.5)	(74)代理人	110001210
審査請求日	令和5年3月20日(2023.3.20)		弁理士法人ＹＫＩ国際特許事務所
(31)優先権主張番号	1905138.2	(72)発明者	マーティン エアーズ
(32)優先日	平成31年4月11日(2019.4.11)		イギリス ニューポート リングランド ウェイ コーエド レディン エスピーティーエス テクノロジーズ リミティド内
(33)優先権主張国・地域又は機関	英国(GB)	(72)発明者	ジョン マクニール
			イギリス ニューポート リングランド ウェイ コーエド レディン エスピーテ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 基板処理装置及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

半導体基板を電気化学的に処理する装置であって、

半導体基板の周縁部分を封止することで覆い付処理ボリュウムを画定することが可能な処理チャンバと、

その半導体基板を支持する基板支持器と、

前記処理チャンバ外に配置されており磁界を発生させる磁石配列と、

その磁石配列を制御することで前記磁界を変化させるコントローラと、

前記処理チャンバ内に配置されており磁気反応要素を備える攪拌器であり、その磁気反応要素が前記処理チャンバの側壁越しに前記磁石配列の磁界の変化に反応することで攪拌器に反復運動がもたらされる攪拌器と、

を備え、

前記攪拌器が、前記処理チャンバの相対向する側壁に対し隣接配列された２個の磁気反応要素を備え、各磁気反応要素が前記磁石配列の磁界の変化に反応することで当該攪拌器に反復運動がもたらされる装置。

【請求項２】

請求項１に記載の装置であって、前記磁気反応要素が少なくとも１個の永久磁石を備える装置。

【請求項３】

請求項１又は２に記載の装置であって、前記磁気反応要素が、前記磁石配列の磁界の位

置の変化に反応する装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の装置であって、前記磁気反応要素がそれ越しに前記磁界の変化に反応する側壁の厚みが、前記処理チャンバの他の側壁の厚みより小さい装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の装置であって、前記磁気反応要素がそれ越しに前記磁界の変化に反応する側壁の厚みが 3 ～ 10 mm である装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の装置であって、前記磁気反応要素及び前記磁石配列の分離度が 30 mm 未満、25 mm 未満、20 mm 未満又は 10 mm 未満である装置。

10

【請求項 7】

請求項 1 に記載の装置であって、前記磁石配列が永久磁石、電磁石又は磁石アレイを備える装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の装置であって、前記攪拌器が、更に、少なくとも 1 個のパドルを備える装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の装置であって、前記パドルが複数個のパドルであり、それら複数個のパドルのうち隣り合うパドル同士が、規則的な間隔で以て隔てられている装置。

【請求項 10】

20

請求項 1 に記載の装置であって、前記攪拌器が、前記処理チャンバの相補部分により受容され前記攪拌器を支持するタブを備える装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の装置であって、前記タブが前記磁気反応要素を備える装置。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の装置であって、前記攪拌器が、金属素材、プラチナ被覆チタン、誘電素材、プラスチック素材のいずれかで作成された装置。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の装置であって、前記基板支持器が、その上にある半導体基板を水平姿勢で支持する種類のものであり、付随的にはその処理対象半導体基板の前面が上向きとされる装置。

30

【請求項 14】

請求項 1 に記載の装置であって、前記処理チャンバの断面寸法が 300 mm 未満又は 200 mm 未満である装置。

【請求項 15】

請求項 1 に係る装置を複数個有する垂直方向スタックを備える処理システム。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の処理システムであって、前記垂直方向スタック内で隣り合う装置同士が 200 mm 以下の間隔で以て隔てられている処理システム。

【請求項 17】

40

半導体基板を電気化学的に処理するための装置であって、  
覆われた処理容積を画定するように半導体基板の周縁部分を封止することで覆い付処理ボリュームを画定することが可能な処理チャンバと、  
前記半導体基板を支持する基板支持器と、  
前記処理チャンバ外に配置されており磁界を発生させる磁気装置と、  
前記磁界を変化させるように前記磁気装置を制御するコントローラと、  
前記処理チャンバ内に配置されており磁気反応要素を備える攪拌器であり、その磁気反応要素が前記処理チャンバの側壁越しに前記磁気装置の磁界の変化に反応することで攪拌器に反復運動がもたらされる攪拌器と、  
を備え、

50

前記攪拌器が、前記処理チャンバの相対向する側壁に対し隣接配列された２個の磁気反応要素を備え、各磁気反応要素が前記磁気装置の磁界の変化に反応することで当該攪拌器に反復運動がもたらされる装置。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の装置であって、前記磁気反応要素は、少なくとも１つの永久磁石を含む装置。

【請求項 19】

請求項 17 に記載の装置であって、前記磁気反応要素は、前記磁気装置の磁界の位置の変化に応答する装置。

【請求項 20】

請求項 17 に記載の装置であって、前記磁気反応要素が磁界の変化に応答する前記側壁は、前記処理チャンバの別の側壁の厚さよりも小さい厚さを有する装置。

【請求項 21】

請求項 17 に記載の装置であって、前記磁気反応要素が磁界の変化に応答する前記側壁は、３～１０ mm の厚さを有する装置。

【請求項 22】

請求項 17 に記載の装置であって、前記磁気反応要素および前記磁気装置は、３０ mm 未満、２５ mm 未満、２０ mm 未満、または１０ mm 未満の間隔を有する装置。

【請求項 23】

請求項 17 に記載の装置であって、前記磁気装置は、永久磁石、電磁石、または磁気アレイを含む装置。

【請求項 24】

請求項 17 に記載の装置であって、前記攪拌器は、さらに少なくとも１つのパドルを含む装置。

【請求項 25】

請求項 24 に記載の装置であって、前記パドルは複数のパドルであり、前記複数のパドル内の隣接するパドルは、規則的な間隔によって離間される装置。

【請求項 26】

請求項 17 に記載の装置であって、前記攪拌器は、前記処理チャンバの相補部分により受容され前記攪拌器を支持するタブを備える装置。

【請求項 27】

請求項 26 に記載の装置であって、前記タブは磁気反応要素を含む装置。

【請求項 28】

請求項 17 に記載の装置であって、前記攪拌器は、金属材料、誘電体材料、またはプラスチック材料で作成された装置。

【請求項 29】

請求項 17 に記載の装置であって、前記基板支持器が、その上にある半導体基板を水平姿勢で支持する種類のものであり、付随的にはその処理対象半導体基板の前面が上向きとされる装置。

【請求項 30】

請求項 17 に記載の装置であって、前記処理チャンバは、３００ mm 未満、または２００ mm 未満の断面寸法を有する装置。

【請求項 31】

請求項 17 に記載の装置を複数個有する垂直方向スタックを備える処理システム。

【請求項 32】

請求項 31 に記載の処理システムであって、前記垂直方向スタック内で隣接する装置は、２００ mm 以下の間隔で離間される処理システム。

【請求項 33】

請求項 17 に記載の装置を用いて半導体基板を処理する方法であって、

前記処理チャンバと半導体基板の周縁部との間にシールを形成することで前記覆い付処

10

20

30

40

50

理ボリュームを画定するステップと、

磁界を変化させるように磁気配列を制御するステップであって、前記磁気反応要素は、前記攪拌器に反復運動を提供するように、前記磁気装置の磁界の変化に応答する、ステップと、

前記攪拌器に反復運動を与えながら前記半導体基板に対する処理工程を実行するステップと、

を有する方法。

【請求項 3 4】

請求項 3 3 に記載の方法であって、前記攪拌器は、前記半導体基板から離間している方法。

【請求項 3 5】

請求項 3 3 に記載の方法であって、前記攪拌器は、前記半導体基板から 1 . 5 3 0 m m 、 2 ~ 2 0 m m 、または 3 ~ 1 0 m m の距離だけ離間している方法。

【請求項 3 6】

請求項 3 3 に記載の方法であって、前記攪拌器は、前記半導体基板と平行な方向に反復運動する方法。

【請求項 3 7】

請求項 3 3 に記載の方法であって、前記反復運動は、 $5 \sim 30 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  の速度を有する方法。

【請求項 3 8】

請求項 3 3 に記載の方法であって、前記反復運動は、前方ストローク及び後方ストロークを含み、前記前方ストロークは、前記後方ストロークのストローク速度及び / 又はストローク長とは異なるストローク速度及び / 又はストローク長を有する方法。

【請求項 3 9】

請求項 3 3 に記載の方法であって、前記攪拌器は、複数のパドルを含み、前記複数のパドル内の隣接するパドルは、パドル間隔によって離間され、前記反復運動は、前記パドル間隔以上のストローク長を有する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体基板を電気化学的に処理する装置、とりわけ半導体基板の前面を電気化学的に処理する装置に関する。本発明は、半導体基板の電気化学的な処理及び半導体基板上への電気化学堆積を初め、半導体基板を処理する方法にも関する。

【背景技術】

【0002】

電気化学堆積（別称電着又は電解メッキ）は、印刷回路基板（PCB）、半導体デバイス及びフラットパネルディスプレイ（FPD）の製造において、金属被覆を導電基板上に堆積（成長）させるのに用いられている。許容しうる堆積を果たすには堆積特性、例えば堆積均一度及び堆積速度を注意深く制御しなければならない。

【0003】

電気化学堆積プロセスの堆積特性（例、均一度及び速度）を決める重要因子は、被覆対象基板の表面への素材の質量輸送である。その電極表面への素材の質量輸送速度は、電気化学堆積プロセスにおける電流密度ひいては堆積速度と相関している。その堆積速度を制限する最大電流密度は、その基板の表面における拡散境界層厚（別称「拡散層」厚）により決定される。その拡散境界層厚が減ると基板表面への素材の質量輸送速度が高まり、その結果として電流密度及び堆積速度が高まる。その拡散境界層厚（ひいては堆積速度）は、基板表面を横断する電解質の流れを、例えば電極運動（例えば回転）、泡による流体攪拌、超音波振動又は機械運動により制御することによって、制御することができる。一般的に、質量輸送が速めだと堆積速度が高めになる。

【0004】

半導体及びその関連業界、例えばLED及びFPD製造では、電気化学堆積（ECD）システムがコスト効率的であることが求められる。コストオブオーナーシップ（COO）を秀逸にするため、これらの分野におけるECDシステムには、処理能力が秀逸であること、堆積速度が高く均一度制御が良好であること、並びに高信頼且つ可反復な動作を低い稼働コストで行えることが求められている。これは、とりわけ、比較的厚い被覆又は膜、例えば数 $\mu\text{m}$ 超のそれが求められる用途にて真なることである。そのため、良好な均一度制御を高信頼且つ可反復な態にて維持しつつECDプロセスの堆積速度を改善することが求められている。

【0005】

ECDシステムのランニングコストは、更にそのツールフットプリントに基づき評価される。ウェハ製造スペースが高コストであるため、ECDシステムのツールフットプリントは、そのシステムの生産性を高めつつ最小化されるべきである。

【0006】

特許文献1にて開示の半導体基板前面処理装置はウェハ処理モジュールの垂直方向スタック（縦スタック）を備えており、その狙いは、隣り合うウェハ処理モジュールの高さ及びその間の間隔を小さくすることでツールフットプリントを抑えつつ生産性を高めることにある。こうすることで、固定された（垂直方向）スペース内により多数の処理モジュールをスタック（積み重ね）することが可能となる。処理チャンバの種類が、覆い付処理ボリウム（別称「閉」処理チャンバ）が画定される種類であれば、そのチャンバ上にかさばったハードウェアを（例、基板ローディング（装填）/アンローディング（回収）用に）配置する必要がないことから、隣り合う処理モジュールをより小さな相互間垂直方向分離度で以てスタックすることが可能となる。しかしながら、この種の覆い付即ち「閉」処理モジュールを用いた場合、全ての可動部分に対して高信頼シール（封止部）を形成することが、より難題となる。流体シールが適切に形成されていないと漏れが生じうるし、それは汚染問題につながりうる。加えて、ウェハ処理モジュールの高さが低減されるにつれ、基板表面付近における電解質の効率的混合を保つことが、より難題となる。混合が貧弱であると不均一堆積及び堆積速度低下が生じうる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】欧州特許出願公開第3352206号明細書

【文献】欧州特許出願公開第2652178号明細書

【文献】欧州特許出願公開第2781630号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

そのため、可動部分を備える処理チャンバでの漏れを回避することが希望されている。電気化学処理チャンバ、とりわけ低背小容積なチャンバにおける電解質の混合を改善して堆積速度及び堆積均一度を高めることも希望されている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明では、その実施形態のうち少なくとも幾つかにおいて、上述の諸問題、希望及び需要のうち少なくとも一部への対処が図られている。とりわけ、本発明では、その実施形態のうち少なくとも幾つかにおいて、小容積で低背な電気化学処理チャンバにてとりわけ有益であるところの、高い堆積速度、良好な堆積均一度及び効率的な電解質混合のうち少なくとも一つが実現される。加えて、本発明では、その実施形態のうち少なくとも幾つかにおいて、可動部分に関しより高信頼な流体シールを提供する装置が提供される。

【0010】

本発明の第1態様により提供されるのは、半導体基板を電気化学的に処理する装置であり、

10

20

30

40

50

半導体基板の周縁部分を封止することで覆い付処理ボリュームを画定することが可能な種類の処理チャンバと、

その半導体基板を支持する基板支持器と、

処理チャンバ外に配置されており磁界を発生させる磁石配列と、

その磁石配列を制御することでその磁界を変化させるコントローラと、

処理チャンバ内に配置されており磁気反応要素を備える攪拌器であり、その磁気反応要素が磁石配列の磁界の変化に反応することで自攪拌器に反復運動がもたらされる攪拌器と、を備える。

#### 【 0 0 1 1 】

半導体基板の周縁部分を封止することで覆い付処理ボリュームを画定することが可能な種類の処理チャンバのことを、「閉」処理チャンバと呼ぶことができる。「閉処理チャンバ」なる表現は、実質的に封止された処理ボリュームを有するチャンバに相応している。ご理解頂けるように、そうした閉処理チャンバでは、通常、処理工程を実行するのに何らかの開口又はオリフィスが必要となる。例えば、閉処理チャンバは、通常、処理ボリューム内に流体を導入するための1個又は複数個の流体インレット、及び/又は、その処理ボリュームから流体を排出するための1個又は複数個の流体アウトレットを備えている。

#### 【 0 0 1 2 】

そうした処理チャンバ内に攪拌器を設けることは、処理中における半導体基板表面への質量輸送の速度を高めるのに役立つ。磁石配列を磁気反応要素に結合させることで、その処理チャンバの上方又は下方にかさばったハードウェアがなくとも、その攪拌器に反復運動を印加することが可能となる。従って、電解質の効率的な攪拌及び混合を、低背で小容積な処理チャンバにおいてさえも、達成することができる。これには、複数個の装置をコンパクトにスタック可能となる、という長所もある。更に、磁石配列を用い攪拌器と磁気結合することで、チャンバ壁を貫き延びる機械可動部、即ちさもなければ封止する必要があったであろうそれを取り払われる。これにより、漏れひいては汚染の蓋然性が生来的に低減される。

#### 【 0 0 1 3 】

磁気反応要素が少なくとも1個の永久磁石を備えていてもよい。当該少なくとも1個の永久磁石が複数個の永久磁石であってもよい。磁気反応要素が磁石アレイ、例えば永久磁石からなる磁石アレイを備えていてもよい。磁気反応要素が電磁石を備えていてもよい。磁石配列・磁気反応要素間磁気結合は、その磁気反応要素が自分で磁界を発生させう場合に強めになる。磁気反応要素が磁界を発生させてもよい。磁気反応要素の磁界と磁気結合するよう、磁石配列の磁界を工夫してもよい。磁気結合先となる磁気反応要素の極性に對し、磁石配列の極性を逆にしてもよい。

#### 【 0 0 1 4 】

磁気反応要素が、磁石配列の磁界の位置の変化に反応するのでもよい。磁気反応要素が、磁石配列の磁界の大きさの変化に反応するのでもよい。

#### 【 0 0 1 5 】

磁気反応要素が、処理チャンバの側壁越しに磁界の変化に反応するのでもよい。側壁越し磁気結合を用いることは、磁界が処理工程例えば電気化学堆積工程に影響するのを防ぐのに役立つ。磁気反応要素を、処理チャンバの側壁の内面に対し隣接配置してもよい。磁石配列を、処理チャンバの側壁の外面に対し隣接配置してもよい。こうした構成では、磁気反応要素が磁界の変化に対し側壁越しに反応可能となる。磁気反応要素がそれ越しに磁界の変化に反応する側壁の厚みを、処理チャンバの他の側壁の厚みより小さくしてもよい。これにより、強めの側壁越し磁気結合が発生する。磁気反応要素がそれ越しに磁界の変化に反応する側壁の厚みを3 ~ 10 mm、好ましくは約5 mmとしてもよい。付随的には、磁気反応要素が、処理チャンバの頂壁又は底壁越しに磁界の変化に反応するのでもよい。例えばリッド(蓋)、基板支持器又は半導体基板を以て処理チャンバの頂壁又は底壁としてもよい。磁石配列を処理チャンバの上方又は下方に(例・頂壁又は底壁に対し隣接して)配置することで、処理チャンバの頂部又は底部越しにその磁石配列が磁気反応要素に

10

20

30

40

50

磁気結合されうるようにしてもよい。

【0016】

磁気反応要素及び磁石配列の分離度を30mm未満、25mm未満、20mm未満又は10mm未満としてもよい。

【0017】

攪拌器が、処理チャンバの相対向する側壁に対し隣接配列された2個の磁気反応要素を備え、各磁気反応要素が磁石配列の磁界の変化に反応することで攪拌器に反復運動がもたらされるようにしてもよい。典型的には、それら2個の磁気反応要素を、攪拌器上で径方向に沿い対峙する位置に配置する。2個の磁気反応要素と磁石配列とをこのように配列することで、強めの磁気結合を達成することができる。加えて、より均等なパワーでの攪拌器駆動が達成される。

10

【0018】

磁石配列が永久磁石、電磁石又は磁石アレイを備えていてもよい。磁石配列が、2個以上の永久磁石、電磁石及び/又は磁石アレイの配列を備えていてもよい。それら2個以上の永久磁石、電磁石及び/又は磁石アレイを、処理チャンバの相対向する側壁に対し隣接配置してもよい。磁石配列を、それら2個の磁気反応要素の配列に対応させることで、相対向する側壁それぞれ越しに磁気結合が生じうるようにしてもよい。各磁気反応要素が、それら2個の永久磁石、電磁石又は磁石アレイのうち少なくとも1個の磁界の変化に反応することで、攪拌器に反復運動がもたらされるようにしてもよい。

【0019】

20

攪拌器をパドルアセンブリとしてもよい。更に、その攪拌器が少なくとも1個のパドル(櫂)を備えていてもよい。当該少なくとも1個のパドルが複数個のパドルであってもよい。典型的には、反復運動の方向が、当該少なくとも1個のパドルの表面に対し実質的に直交する方向となる。好ましくは、それら複数個のパドルのうち隣接しているパドル同士を、実質的に規則的な間隔で以て隔てるのがよい。それら複数個のパドルをフレーム(枠)上で支持してもよい。そのフレームを実質的に環状としてもよい。

【0020】

攪拌器が、処理チャンバの相補部分により受容され自攪拌器を支持するタブ(耳)を備えていてもよい。処理チャンバの側壁の一部を以てその処理チャンバの相補部分とすればよい。側壁のその部分に備わる相補部分が窪んでいてもよい。処理チャンバの相補部分が段差を有し、その段差によりタブが受容されその段差上でタブが支持されるのでもよい。タブがフレーム上で支持されるのでもよい。パドルを備える諸実施形態にて、各パドルが少なくとも1個のタブを備え、それが処理チャンバの相補部分により受容されるようにしてもよい。各パドルが、自パドルの各端にタブを備えるようにしてもよい。その又はそれらのタブにより、処理中において半導体基板の上方に攪拌器を支持することで、その攪拌器を、処理中の半導体基板から隔ててもよい。それらのタブにより、攪拌器と処理中の半導体基板との間の間隔を、制御された間隔にすることができる。これにより、攪拌器が半導体基板と接触すること、即ち処理対象基板が損傷するだろうそれが防止される。加えて、それらのタブにより、攪拌器と処理中の半導体基板との間に一定の間隔が提供される。例えば、攪拌器を、処理中の基板から数mm以内のところに位置決めしてそれを維持することができる。基板に対する攪拌器の位置を一定に保つことは、電気化学堆積プロセスにおける堆積均一度及び堆積速度を改善するのに役立つ。

30

40

【0021】

タブが磁気反応要素を備えていてもよい。

【0022】

攪拌器は、金属素材例えばチタン、プラチナ被覆チタンか、誘電素材か、プラスチック素材例えばポリ塩化ビニル(PVC)かで、作成すればよい。

【0023】

基板支持器を、その上にある半導体基板を実質的に水平姿勢で支持(横支持)する種類のものとしてもよい。付随的には、基板支持器を、その処理対象半導体基板の前面を上向

50

きにして、半導体基板を支持する種類のものとしてもよい。

【0024】

処理チャンバの断面寸法を500mm未満、好ましくは300mm未満又は200mm未満としてもよい。例えば、処理チャンバの頂壁から底壁までを以て断面寸法とすればよい。高さを以て断面寸法としてもよい。

【0025】

コントローラは、ユーザインタフェースシステム例えばコンピュータでも、空気圧アクチュエータでも、電動モータでもよい。

【0026】

典型的には、本装置は更に1個又は複数個の電極を備える。当該1個又は複数個の電極を、基板支持器の向かい側に配列してもよい。本装置が、更に、当該1個又は複数個の電極及び/又は半導体基板と電氣的に接触するよう配列された1個又は複数個の電気接触部(コンタクト)を備えていてもよい。本装置が更に1個又は複数個の流体インレットを備えていてもよい。本装置が更に1個又は複数個の流体アウトレットを備えていてもよい。本装置が、更に、半導体基板の周縁部分を封止して覆い付処理ボリュームを画定するよう構成されたシールを、備えていてもよい。そのシールにより、半導体基板からの距離が3mm以下のところに、その半導体基板との流体封止を形成してもよい。そのシールを、処理チャンバの側壁のうち一つに配置してもよい。そのシールによって、流体例えば電解質が漏れて本装置の他部材が汚染されるのを防いでよい。

10

【0027】

本装置を電気化学処理チャンバとしてもよい。本装置を電気化学堆積チャンバとしてもよい。

20

【0028】

本発明の第2態様に係る処理システムは、本発明の第1態様に係る装置を複数個有する垂直方向スタックを備える。

【0029】

その垂直方向スタック内で隣り合う装置が200mm以下、付随的には150mm以下の間隔で以て隔てられていてもよい。

【0030】

本発明の第3態様は、本発明の第1態様に係る装置を用い半導体基板を処理する方法であって、

30

処理チャンバと半導体基板の周縁部分との間にシールを形成することで覆い付処理ボリュームを画定するステップと、

磁石配列を制御することでその磁石配列の磁界を変化させ、磁気反応要素がその磁石配列の磁界の変化に反応することで攪拌器に反復運動がもたらされるステップと、

攪拌器にその反復運動をもたらしつつ半導体基板に対する処理工程を実行するステップと、

を有する。

【0031】

その処理工程が、湿式化学処理工程例えば電気化学堆積工程、無電解堆積工程、化学エッチング工程、電解研磨工程を含んでいてもよい。その処理工程が清掃工程、リンス工程及び/又は乾燥処理工程であってもよい。

40

【0032】

攪拌器を半導体基板から隔ててもよい。

【0033】

攪拌器を、1.5~30mm、2~20mm又は3~10mmなる距離を以て半導体基板から隔ててもよい。攪拌器・半導体基板間間隔を小さくすることで、電解質の混合が改善され、且つその基板への質量輸送の速度が改善される。

【0034】

攪拌器を、半導体基板に対し実質的に平行な方向に沿い反復運動させてもよい。その反

50



復運動は、典型的には第1軸に沿い反復する速度成分を有する。その反復運動が直線反復運動であってもよい。付随的には、その反復運動が非直線反復運動であり又は蛇状路を呈していてもよい。その反復運動が、第1軸に直交する他の少なくとも一通りの速度成分を有していてもよい。例えば、その反復運動が、第1軸に直交する第2軸に沿い反復する第2速度成分を有していてもよい。

【0035】

反復運動の速さが $5 \sim 30 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ であってもよい。

【0036】

反復運動が前方ストローク及び後方ストロークを有していてもよい。その前方ストロークのストローク速及び/又はストローク長が、後方ストロークのストローク速及び/又はストローク長と異なってもよい。即ち、反復運動が非対称であってもよい。非対称なストロークパターンを用いることで、共鳴効果を回避することができる。これは、処理均一度例えば堆積均一度を改善するのに役立つ。

【0037】

攪拌器が複数のパドルを備えていてもよい。それら複数のパドルのうち隣接するパドル同士をあるパドル間隔で以て隔ててもよい。反復運動のストローク長をそのパドル間隔以上としてもよい。

【0038】

本発明について上述したが、これは上掲の又は後掲の記述、図面及び特許請求の範囲にて説明される諸特徴のあらゆる組合せに敷衍される。例えば、本発明の一態様との関連で開示された何れの特徴を、本発明の他態様のうち何れに備わる何れの特徴と組み合わせてもよい。

【0039】

以下、本発明の諸実施形態について、専ら例示により、以下の添付図面を参照し記述することにする。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】基板処理システムの模式的断面図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る基板処理装置の模式的断面図である。

【図3】第1実施形態に係る基板処理装置の部分切欠図であり、基板や基板支持器の図示が省かれている。

【図4】第1実施形態に係る攪拌器の模式的平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

本発明の発明者は、先行出願たる特許文献2、特許文献3及び特許文献1中の電気化学処理チャンバの現実的商品化に関わる様々な問題について考察した。ここにそれら文献の全容を参照により繰り入れるものとする。図1に本発明の基板処理システム100を示す。この基板処理システムは、特許文献1(SPTS Technologies Limited)記載の種類とすることができる。

【0042】

基板処理システム100は、ハンドリング環境104を画定するフレーム102と、ローディング/アンローディングポート106と、基板処理モジュール110a~dを有する少なくとも1個の垂直方向スタック108とを、備えている。図1に示されている垂直方向スタック108は1個である。しかしながら、基板処理システム100が複数の垂直方向スタックを有することもありうる。図1に示す垂直方向スタック108は、4個の処理モジュール110a~dを備えている。各垂直方向スタック108における処理モジュールの個数は何個にすることもでき、典型的には3個超とされる。基板処理モジュール110a~dは、それぞれ、個別的に、一通り又は複数通りの湿式化学処理工程例えば電気化学堆積、無電解堆積、化学エッチング、電解研磨等に、及び/又は、清掃、リンス及び/又は乾燥処理工程に、適するものとされよう。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 3 】

エンドエフェクタ 1 1 4 を備える移送ロボット 1 1 2 が、そのハンドリング環境 1 0 4 内に配置されている。移送ロボット 1 1 2 により、エンドエフェクタ 1 1 4 に接する基板 1 1 6 をローディング / アンローディングポート 1 0 6 と任意の基板処理モジュール 1 1 0 a ~ d との間で移送することができ、及び / 又は、個別の基板処理モジュール 1 1 0 a ~ d 間で基板 1 1 6 を移送することができる。ハンドリング環境 1 0 4 を、例えば、ファン / 濾過システム 1 1 8 からの濾過気供給を用い実質的に無粒子状態に保つことで、基板 1 1 6 の汚染を回避することができる。

## 【 0 0 4 4 】

流体供給器例えば電解質供給器並びに制御器例えばポンプ、フィルタ等 1 2 0 が、基板処理モジュール 1 1 0 a ~ b の下側又は隣に設けられている。

10

## 【 0 0 4 5 】

次に、半導体基板を電気化学的に処理するのに適した基板処理装置 2 0 0 について、図 2 及び図 3 を参照し記述することにする。この基板処理装置 2 0 0 は、基板処理モジュール 1 1 0 a ~ d のうち一つとして基板処理システム 1 0 0 内に組み込めるよう適合化されている。

## 【 0 0 4 6 】

本装置 2 0 0 は、1 個又は複数個の側壁 2 0 4 を有する処理チャンバ 2 0 2 を備えている。第 1 実施形態ではその処理チャンバ 2 0 2 が電気化学処理チャンバとされている。処理チャンバ 2 0 2 は、例えば円形基板処理時には実質円筒状とされるのが通例である。とはいえ、処理チャンバ 2 0 2 は他の何れの幾何形状ともされうる。例えば、パネル等の長方形基板向けなら、チャンバは実質的に立方体即ち箱状とされうる。処理チャンバ 2 0 2 は、基板 2 0 8 の周縁部分を封止して覆い付処理ポリウム 2 1 8 を画定することができる種類のものである。第 1 実施形態ではその処理チャンバ 2 0 2 の高さが 3 0 0 mm 未満とされている。本装置 2 0 0 は、処理工程にて用いられている電解質及び試薬と両立する素材を用い、作成されている。好適な素材としては、(これに限られるものではないが) 誘電素材例えばポリプロピレン、ポリ塩化ビニル ( P V C )、ポリエーテルエーテルケトン ( P E E K ) や、フッ素化ポリマ例えばポリテトラフルオロエチレン ( P T F E ) 又はペルフルオロアルコキシアルカン ( P F A ) がある。

20

## 【 0 0 4 7 】

本装置 2 0 0 は、更に、その上に処理対象基板 2 0 8 が配置される基板支持器 2 0 6 を備えている。基板支持器 2 0 6 は、その基板を、実質的に水平姿勢で支持する。基板 2 0 8 は半導体基板であり、電気化学処理工程中には電極として動作する。例えば電気化学堆積プロセスでは基板 2 0 8 がカソードとして動作する。基板 2 0 8 は、典型的にはウェハ、例えばシリコンウェハなる態を示している。第 1 実施形態では、その基板 2 0 8 の前面を上向きにして処理チャンバ内に向けている。これに代わる実施形態では、基板 2 0 8 の前面を下向きにして処理チャンバ 2 0 2 内に向ける。

30

## 【 0 0 4 8 】

基板 2 0 8 の逆側には第 2 電極 2 1 0 が配置されている。電気化学堆積プロセスではこの第 2 電極 2 1 0 がアノードとなる。このアノードは使い捨て電極や不活性電極とすることができる。基板 2 0 8 ・第 2 電極 2 1 0 間にはオーミック接続を介し D C 電源 2 1 2 が接続されている。この D C 電源により、基板 2 0 8 ・第 2 電極 2 1 0 間に電位差を付与することができる。基板 2 0 8 とのオーミック接続は、典型的には、一連の又は環状のオーミック接触部 2 1 4 を基板の周縁部、例えば基板の縁から約 1 ~ 1 . 5 mm のところに作成することでなされる。オーミック接触部 2 1 4 は、典型的にはチタン又はプラチナ被覆チタンで作成される。

40

## 【 0 0 4 9 】

基板 2 0 8 を処理する際には、その基板 2 0 8 を、処理チャンバ 2 0 2 の基部に所在するシール 2 1 6 と接触させる。シール 2 1 6 がその基板 2 0 8 の周縁部と接触することで、基板 2 0 8 ・処理チャンバ 2 0 2 間に流体封止が形成される。シール 2 1 6 は、基板 2

50

08の縁から約3mm以内のところで基板208と接触する。流体封止をなすことで、壁204及び基板208により覆い付処理ポリウム218が画定される。電気化学処理中には、その覆い付処理ポリウム218が電解質で満たされる。流体封止されているため、処理中にその覆い付処理ポリウム218から電解質が漏れ出さない。これは、基板208の裏側並びに本装置200の他部材の汚染を避けるのに役立つ。シール216は不活性素材、例えばViton（登録商標）等の不活性エラストマ素材で作成される。

#### 【0050】

本装置200は、更に、流体攪拌手段例えば攪拌器220を備えている。攪拌器は流体、例えば液体、溶液又は電解質をかき混ぜる装置である。第1実施形態ではその攪拌器がパドルアセンブリとされている。攪拌器220は処理チャンバ202内に配置されている。攪拌器220は1個又は複数個のパドル、フィン又はブレード222を備えている。典型的には、複数枚のブレード222が、所定の隣接ブレード間間隔で以て互いに平行に配列される。隣接ブレード222間間隔は、その処理工程の流体力学的要請により決定される。ブレード222は金属素材や絶縁素材で作成することができる。ブレード222は、処理対象基板208のすぐそばで（但し間隔を置いて）保持されている。各ブレード222は、そのブレード222の各端にあるタブ226により、フレーム224上に支持されている。このやり方でブレード222をフレーム224に固定することで、ブレード222と処理中の基板208との間の垂直方向間隔を、精密に制御すること及び固定された所定間隔に保つことが可能となる。基板208とブレード222の間隔は、1.5mm～30mm、2mm～20mm又は3mm～10mmとすることができる。それらの範囲のあらゆる組合せのなかで予め定めた距離で以て、基板208及びブレード222を隔てることのできる。それらブレードの高さ（図2上ではhマーク付き両矢印線で表されている）は、基板208・第2電極210間距離の約10～50%とすることができる。

#### 【0051】

攪拌器220は、反復運動の態で運動する（即ち前方及び後方に振動する）よう構成されている。反復運動には前方ストロークと後方ストロークとがあり、それらがめいめいにストローク速及びストローク長を有している。攪拌器220は、基板208及び基板支持器206に対し平行な方向に沿い反復運動する。本発明の発明者が見出したところによれば、攪拌器220の精密位置決めと、その反復運動との結合によって、小体積の電解質を効率的に混合することが可能になる。加えて、攪拌器220の反復運動は、基板208の表面（即ち電極表面）への電解質の質量輸送の速度を高めるのに役立つ。これは拡散境界層厚を減らすので、（質量輸送制限を受ける）電気化学反応の速度を高めるのに役立つ。例えば、攪拌器220の反復運動を、電気化学堆積プロセスにおける堆積速度を高めるのに役立てることができる。加えて、攪拌器220の反復運動は、質量輸送が確かに基板（電極）の表面全体に亘り均一になるようにするのに役立つ。これにより、電気化学堆積中に均一被覆が堆積されることとなる。

#### 【0052】

攪拌器は磁気反応要素230を備えている。磁気反応要素230は処理チャンバ202内に配置されている。磁気反応要素230は、磁性素材例えば磁化可能な金属、或いは磁石例えば永久磁石、電磁石又は磁石アレイとすることができる。好ましくは磁気反応要素230を永久磁石とする。好ましくは、本装置200を、一对の磁気反応要素を備えるものとし、各磁気反応要素230が攪拌器220の反対側に装着されるようにそれらを配列する。典型的には、当該一对の磁気反応要素をなす磁気反応要素を、処理ポリウム218を横断し径方向逆側に配置する。典型的には、その（又はそれぞれの）磁気反応要素230を磁界と連携させる。第1実施形態に係る装置200は一对の永久磁石を備えており、それら磁石が、ブレード222又はタブ226の相逆側の端に配列及び装着され一对の磁気反応要素230として機能している。その磁気反応要素230の運動によって、攪拌器220の運動が引き起こされる。

#### 【0053】

磁石配列232は磁界をもたらすものであり、処理チャンバ202外に配置されている

。磁石配列 232 は、永久磁石、電磁石又は磁石アレイとすることができる。好ましいことに、本装置 200 は、処理チャンバ 202 外に配置されていて相逆側にある一対の磁石 232 を備えている。典型的には、処理チャンバ 202 外における磁石配列 232 の位置を、その処理チャンバ 202 内に配置されている磁気反応要素の配列に対応させる。その磁石配列 232 の磁界が磁気反応要素 230 に結合する。磁石配列 232・磁気反応要素 230 間距離を小さくすることで、それらの間の磁気結合の強度を高めることができる。その磁界の極性は、磁石配列 232・磁気反応要素 230 間磁気結合が保たれるよう調整される。実施形態によっては、磁気反応要素 230 の極性と、磁石配列 232 の極性とが、密な磁気結合が保たれるよう調整される。例えば、磁石配列の極性を、磁気反応要素の極性とは逆にすることができる。そうすることで、磁石配列 232 の磁界の変化により、磁気反応要素 230 を動かすことができる。例えば、磁石配列 232 の位置の変化により磁気反応要素 230 の位置を変化させ、それにより攪拌器 220 を動かすことができる。他の実施形態によれば、磁界の大きさの変化を以てその磁界の変化とすることができる。

#### 【0054】

第 1 実施形態では、一対の永久磁石 232 が、相逆側にあるチャンバ側壁 204 の外面に対し隣接配置されている。磁石 232 がそれらチャンバ側壁 204 越しに一対の磁気反応要素 230 と磁気結合している。しかしながら、磁石配列 232 を処理チャンバ 202 の上方又は下方に配置して、その処理チャンバ 202 の頂部又は底部越しに磁石配列 232 を磁気反応要素 230 に磁気結合させることもできる。このようなやり方にて一対の磁石 232 及び一対の磁気反応要素 230 を用いることで、磁気結合を強くすること、ひいては攪拌器 220 の運動を付勢する力を大きくすることができる。それ越しに磁気結合が生じるチャンバ壁の厚みを、残りのチャンバ壁と比べ小さく（薄く）することで、磁石配列 232・磁気反応要素 230 間磁気結合の強度を高めることができる。例えば、その薄手チャンバ壁（それ越しに磁気結合が生じるもの）を典型的には約 3 ~ 10 mm、付随的には約 5 mm とする。磁石配列 232 及び磁気反応要素 230 は、その薄手チャンバ壁のそばに配置される。好ましいことに、磁石配列 232・磁気反応要素 230 間距離が最小化される。

#### 【0055】

第 1 実施形態では、運動を発生させるコントローラ 234 を用い、反復運動の態をなす磁石配列 232 の運動を付勢している。空気圧アクチュエータ又は電動モータを以てそのコントローラ 234 とすることができる。

#### 【0056】

稼働時には、コントローラ 234 が、反復運動の態で磁石配列 232 を前方及び後方に運動させる。磁石配列 232 の反復運動により、磁気反応要素 230 を同期的に運動させる。ひいては、それにより攪拌器 220 を反復運動の態で運動させ、それにより処理チャンバ 202 内の電解質を混合させる。

#### 【0057】

このようなやり方で攪拌器 220 の運動を付勢することで、処理チャンバ 202 内の電解質の秀逸な攪拌が実現される。磁気結合を用いることで、処理スペース 218 を封止及び閉鎖することが可能となり、チャンバ壁を貫き延びる可動部分を設ける必要もなくなる。これには二重の長所がある。第 1 に、これにより処理チャンバ 202 を周囲から分離することが可能となり、それは汚染を回避するのに役立つ。第 2 に、チャンバ壁を貫き可動部分が延びていると高信頼流体封止を保つのが非常に困難であるところ、漏れ（これは汚染にもつながる）のリスクが更に低減される。

#### 【0058】

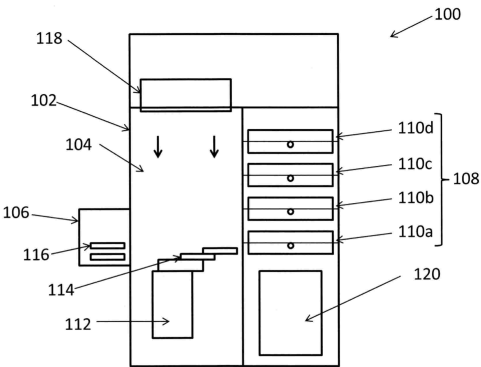
攪拌器の前方及び後方ストロークの長さは、典型的には隣接ブレード 222 間の分離度により決定される。好ましくは、このストローク長を隣接ブレード 222 間分離度と同じかそれよりも大きくする。好ましくは、反復運動を非対称にすることで共鳴効果の発生を回避する。例えば、前方ストロークの速さを後方ストロークの速さよりも高速（又は低速）にすることができる。稼働時における攪拌器の速度は約 5 ~ 30 cm・s<sup>-1</sup> とする。

【 0 0 5 9 】

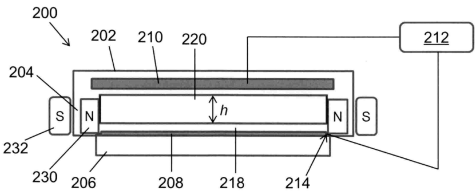
ホールセンサ（図示せず）を用いることで、攪拌器 2 2 0 内に埋め込まれた磁石の位置を監視することができる。ホールセンサによって、攪拌器 2 2 0 の位置のリアルタイム監視を実現することができる。ホールセンサは、磁界に応じその出力が変化するトランスデューサであり、それを用い磁界の強さを計測することができる。攪拌器 2 2 0 の位置をリアルタイム監視することで、攪拌器 2 2 0 の運動、例えば攪拌器の周波数及び速度を正確に制御することが可能となる。これは、処理対象基板の表面への流体例えば電解質の質量輸送の均一度及び速度を改善するのに役立つ。

【 図 面 】

【 図 1 】

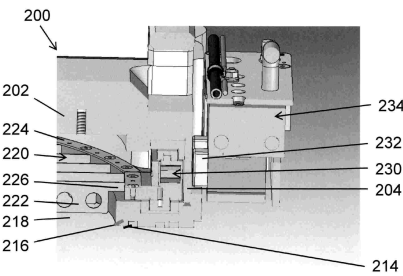


【 図 2 】

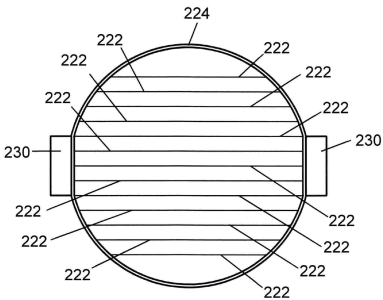


10

【 図 3 】



【 図 4 】



20

30

40

50

## フロントページの続き

- イーエス テクノロジーズ リミティド内  
(72)発明者   トレバー トーマス  
              イギリス ニューポート リングランド ウェイ コーエド レディン エスピーティーエス テクノロ  
              ジーズ リミティド内
- 審査官   関口 貴夫  
(56)参考文献   特開 2 0 0 1 - 3 0 3 3 0 0 ( J P , A )  
                  特開 2 0 1 8 - 1 5 0 5 9 8 ( J P , A )  
                  国際公開第 2 0 1 5 / 1 4 6 4 8 0 ( W O , A 1 )  
                  特開 2 0 0 5 - 0 2 3 4 0 8 ( J P , A )  
                  米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 2 0 5 6 7 8 ( U S , A 1 )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
                  C 2 5 D   2 1 / 0 0 - 2 1 / 2 2  
                  C 2 5 D   1 3 / 0 0 - 1 3 / 2 4  
                  C 0 9 D   2 0 1 / 0 0