

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 4 月 3 日(03.04.2014)



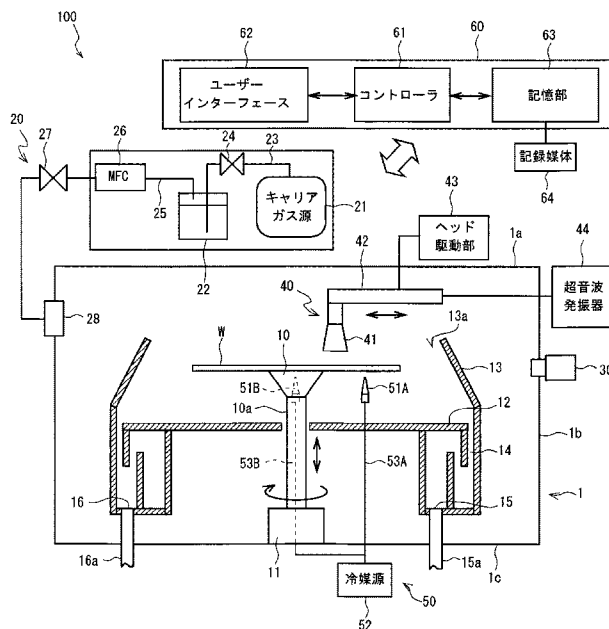
(10) 国際公開番号
WO 2014/050428 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/304 (2006.01) **B08B 3/12** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/073289
- (22) 国際出願日: 2013 年 8 月 30 日(30.08.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-212271 2012 年 9 月 26 日(26.09.2012) JP
- (71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 土橋 和也 (DOBASHI Kazuya); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP). 長池 宏史 (NAGAIKE Hiroshi); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ 1 番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 渡邊 和浩, 外 (WATANABE Kazuhiro et al.); 〒2520231 神奈川県相模原市中央区相模原 2 丁目 1 3 番 2 号 服部相模原ビル 7 0 3 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: SUBSTRATE-CLEANING DEVICE AND SUBSTRATE-CLEANING METHOD

(54) 発明の名称: 基板洗浄装置及び基板洗浄方法



- 21 Carrier gas source
43 Head driving section
44 Ultrasonic generator
52 Coolant source
61 Controller
62 User interface
63 Storage unit
64 Recording medium

(57) Abstract: A cleaning device (100) is provided with a treatment container (1) having a sealable interior, a spin chuck (10) provided inside the treatment container (1) and used for holding a wafer (W) to be treated, a gas-introducing device (20) for introducing a concentration-adjusted gas into the treatment container (1), a gas concentration sensor (30) used as a detector for detecting the gas concentration inside the treatment container (1), and an ultrasonic generator (40) for generating ultrasonic waves and propagating the ultrasonic waves at the surface of the wafer (W) held by the spin chuck (10).

(57) 要約: 洗浄装置 (100) は、内部を密閉することができる処理容器 (1) と、処理容器 (1) 内に設けられた、被処理体であるウエハ (W) を保持するスピンドルチャック (10) と、処理容器 (1) 内へ濃度調節されたガスを導入するガス導入装置 (20) と、処理容器 (1) 内のガス濃度を検出する検出装置としてのガス濃度センサ (30) と、超音波を発生させ、スピンドルチャック (10) に保持されたウエハ (W) の表面に超音波を伝搬させる超音波発生装置 (40) と、を備えている。



GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 基板洗浄装置及び基板洗浄方法

技術分野

[0001] 本発明は、例えば半導体装置などの製造工程で基板を洗浄するための基板洗浄装置及び基板洗浄方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置などの製造工程においては、半導体ウエハなどの基板の洗浄が行われる。従来は、複数枚の基板を大型の浸漬槽に浸漬して洗浄するディップ式洗浄が行なわれてきた。しかし、基板サイズの大口径化に伴って、近年では枚葉式のスピンの洗浄が主流になりつつある（例えば、日本国特開2009-71272号公報）。枚葉式のスピンの洗浄は、大径の基板についても面内を均一に洗浄できることや、洗浄によって除去した汚染物質の再付着が少ないこと、洗浄液やリンス用純水の使用量を抑制できること等の利点がある。

[0003] スピン洗浄方式の基板洗浄には、超音波が広く利用されている。これは、洗浄チャンバ内で基板を回転させながら、基板表面に超音波ノズルから洗浄液を吐出するとともに、超音波ノズルに内蔵されている超音波振動子を発振させる。そして、洗浄液の液膜を介して基板表面に超音波を伝搬させ、超音波の振動エネルギーと遠心力による液体の衝突などの物理力を利用して基板表面の洗浄を行う。基板表面に吐出された洗浄液は、基板の回転に伴う遠心力によって、超音波振動で剥離したパーティクルを伴って基板の径外方向へと移動し、基板の周縁部から洗浄チャンバ内に流出する。

[0004] ところで、近年、半導体装置の微細化が進んでおり、微細パターンが形成された基板に対する洗浄が求められている。しかし、微細パターンを有する基板に対してスピンの洗浄を行うと、超音波の音圧が強過ぎることによって、基板表面に形成したパターンを破壊する場合がある。

[0005] また、超音波方式と同じく従来広く利用されている方式として2流体スプ

レー方式が知られている。この2流体スプレー方式では、スプレーノズルから微小な液滴を発生させて基板に衝突させる事でパーティクルを除去しているが、50nm以下の微少なパーティクルを除去する事が難しい。これは、基板と水の境界付近では水の流れがほとんど発生せず、パーティクル除去に効果的な力を与える事が出来ないためである。加えて、純水を使用することで基板表面の水溶性材料の溶解によるマテリアルロスが生じること、洗浄後の乾燥工程で大量のイソプロピルアルコールが必要になること、などの問題もあった。

発明の概要

- [0006] 本発明は、超音波を利用して基板表面のパーティクルを効果的に除去できる基板洗浄装置及び基板洗浄方法を提供する。
- [0007] 本発明の基板洗浄装置は、基板を収容する処理容器と、前記処理容器内で基板を回転可能に保持する基板保持装置と、前記処理容器内に、濃度調節されたガスを導入するガス導入装置と、前記処理容器内のガス濃度を検出する検出装置と、超音波を発生させ、前記基板保持装置に保持された基板の表面に超音波を伝搬させる超音波発生装置と、を備えている。そして、本発明の基板洗浄装置は、前記ガス導入装置によって前記処理容器内に濃度調節されたガスを導入し、前記処理容器内のガス濃度を調節しながら、前記超音波発生装置によって発生させた超音波によって基板の洗浄を行う。
- [0008] また、本発明の基板洗浄装置は、さらに、前記基板を冷却する冷却装置を備えていてもよい。
- [0009] また、本発明の基板洗浄装置において、前記ガス導入装置は、液体を気化させる気化装置と、気化したガスを所定流量で前記処理容器内へ供給する流量調節装置と、を有していてもよい。
- [0010] また、本発明の基板洗浄装置は、前記濃度調節されたガスが、水分を含む空気であってもよい。
- [0011] また、本発明の基板洗浄装置は、さらに、前記検出装置によって検出されたガス濃度に基づき、前記ガス導入装置によって前記処理容器内に導入する

ガスの濃度及び／又は流量を調節する制御部を備えていてもよい。

[0012] 本発明の基板洗浄方法は、超音波発生装置によって発生させた超音波を利用して基板の洗浄を行うものであって、処理容器内に基板を搬入し、基板保持装置によって回転可能に保持する工程と、前記処理容器内に濃度調節されたガスを導入し、処理容器内のガス濃度を調整する工程と、前記基板保持装置に保持された基板を回転させながら、超音波発生装置によって発生させた超音波を基板の表面に付与し、基板表面において超音波を伝搬させることによって基板の洗浄を行う工程と、を備えている。

[0013] また、本発明の基板洗浄方法は、前記基板を洗浄する工程より前に、さらに、基板を冷却する工程を備えていてもよい。

[0014] また、本発明の基板洗浄方法は、前記基板の洗浄を行う工程の間、前記基板の冷却を継続してもよい。

[0015] また、本発明の基板洗浄方法は、前記濃度調節されたガスが、水分を含む空気であってもよい。この場合、前記処理容器内の水分濃度は、装置内雰囲気温度における飽和水蒸気量未満であることが望ましい。

[0016] 本発明では、ガス導入装置によって処理容器内に濃度調節されたガスを導入し、処理容器内のガス濃度を調節することによって、基板の表面に、数分子層の厚みでガス分子を付着させた状態で超音波洗浄を行う。これによって、超音波によるパターン崩れやマテリアルロスが発生させることなく、基板表面のパーティクルを効果的に除去できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施の形態に係る洗浄装置の概略構成図である。

[図2]本発明の一実施の形態の洗浄方法によって生じるウエハ表面の状態変化を説明する模式図であり、洗浄前の状態を示している。

[図3]本発明の一実施の形態の洗浄方法によって生じるウエハ表面の状態変化を説明する模式図であり、ウエハWの表面に水分子が付着した状態を示している。

[図4]本発明の一実施の形態の洗浄方法によって生じるウエハ表面の状態変化

を説明する模式図であり、ウエハWの表面に超音波を伝搬させている状態を示している。

[図5A]比較例の洗浄方法について説明する模式図である。

[図5B]比較例の別の洗浄方法について説明する模式図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

[0019] [洗浄装置の概要]

まず、本発明の一実施の形態に係る洗浄装置の構成例について説明する。図1は、本実施の形態にかかる洗浄装置100の概略構成を示す縦断面図である。洗浄装置100は、内部を密閉することができる処理容器1と、処理容器1内に設けられた、被処理体である半導体ウエハ（以下、単に「ウエハ」という）Wを保持する基板保持装置としてのスピチャック10とを備えている。また、洗浄装置100は、処理容器1内へ濃度調節されたガスを導入するガス導入装置20と、処理容器1内のガス濃度を検出する検出装置としてのガス濃度センサ30と、を備えている。また、洗浄装置100は、超音波を発生させ、スピチャック10に保持されたウエハWの表面に超音波を伝搬させる超音波発生装置40と、ウエハWを冷却する冷却装置50と、を備えている。さらに、洗浄装置100は、洗浄装置100における各構成部を制御する制御部60を備えている。

[0020] この洗浄装置100は、ガス導入装置20によって処理容器1内に濃度調節されたガスを導入し、処理容器1内のガス濃度を調節しながら、超音波発生装置40によって発生させた超音波によってウエハWの洗浄を行うものである。

[0021] (処理容器)

処理容器1は、天板1a、側壁1b及び底壁1cを備えている。処理容器1は、例えばアルミニウム、SUSなどの材質で形成されている。処理容器1の一側面には、図示を省略するが、ウエハWの搬入出口が形成され、該搬入出口には、開閉シャッタが設けられている。

[0022] (スピンチャック)

処理容器 1 の内部には、図 1 に示すようにウエハ W を吸着保持する回転保持部材として、スピンチャック 10 が設けられている。スピンチャック 10 は、水平な上面を有し、当該上面には、例えばウエハ W を吸引する吸引口（図示せず）が設けられている。この吸引口からの吸引によって、ウエハ W をスピンチャック 10 上に吸着保持できる。

[0023] スピンチャック 10 は、支柱 10 a を介して駆動部 11 に接続されている。駆動部 11 は、例えばモータなどの回転駆動部を有しており、支柱 10 a を回転させることによって、スピンチャック 10 に保持されたウエハ W を所定の速度で水平方向に回転できる。また、駆動部 11 は、例えばシリンダなどの昇降駆動部を有しており、支柱 10 a を含むスピンチャック 10 を上下に昇降変位させることができる。

[0024] スピンチャック 10 の下方側にはガイドリング 12 が設けられており、このガイドリング 12 の外周縁は下方側に折曲して延びている。また、スピンチャック 10、このスピンチャック 10 に保持されたウエハ W 及びガイドリング 12 を囲むように、これらの外側にカップ 13 が設けられている。カップ 13 によって、ウエハ W から飛散又は落下するパーティクルを受け止め、回収することができる。

[0025] このカップ 13 の上部には、ウエハ W を保持した状態のスピンチャック 10 が昇降できるように、ウエハ W よりも大きい開口部 13 a が形成されている。また、カップ 13 の内側周面とガイドリング 12 の折曲した外周縁との間には、排出路となる隙間 14 が形成されている。カップ 13 の下部は、ガイドリング 12 の外周縁部分と共に屈曲路を形成して気液分離部を構成している。カップ 13 の底部の内側領域には、カップ 13 内の雰囲気気を排気する排気口 15 が形成されており、この排気口 15 には排気管 15 a が接続されている。さらに、前記カップ 13 の底部の外側領域には、回収した液体を排出する排液口 16 が形成されており、この排液口 16 には排液管 16 a が接続されている。

[0026] (ガス導入装置)

ガス導入装置 20 は、処理容器 1 内へ濃度調節されたガスを導入する。ガス導入装置 20 は、キャリアガス源 21 と、該キャリアガス源 21 からのキャリアガスを導入しながら液体を気化させる気化装置 22 と、キャリアガス源 21 と気化装置 22 との間を接続する配管 23 と、該配管 23 に設けられたバルブ 24 と、を有している。また、ガス導入装置 20 は、気化装置 22 で気化したガスを処理容器 1 内に供給する配管 25 と、配管 25 に設けられ、供給するガスの流量調節を行う流量調節装置（マスフローコントローラ（MFC））26 と、配管 25 に設けられたバルブ 27 と、を有している。さらに、ガス導入装置 20 は、配管 25 によって処理容器 1 の側壁 1b に設けられたガス導入口 28 に接続されている。なお、洗浄装置 100 は、ガス導入装置 20 以外のガス導入機構として、例えば、処理容器 1 内をパージするためのパージガス導入装置などを有していてもよい。ガス導入装置 20 によって処理容器 1 内へ導入するガスとしては、例えば、水分を含有する空気、水分を含有する窒素ガス、メタノールなどの有機溶媒を挙げることができる。

[0027] ガス導入装置 20 によって、処理容器 1 内へ濃度調節されたガスを導入することによって、処理容器 1 内のガス濃度を厳密に管理することができる。また、処理容器 1 内のガス濃度は、処理容器 1 の側壁 1b を介して内部雰囲気に出露するように装着されたガス濃度センサ 30 によって検出することができる。例えば、ガス導入装置 20 によって処理容器 1 内へ導入されるガスが、水分を含有する空気又は水分を含有する窒素ガスの場合、ガス濃度センサ 30 としては湿度計が用いられる。

[0028] (超音波発生装置)

超音波発生装置 40 は、超音波を発生させ、スピンチャック 10 に保持されたウエハ W の表面に超音波を付与し、伝搬させる。超音波発生装置 40 は、図示しない振動子を備えた超音波付与ヘッド 41 と、超音波付与ヘッド 41 を保持するアーム部材 42 と、超音波付与ヘッド 41 を移動させるヘッド

駆動部 4 3 と、超音波付与ヘッド 4 1 に向けてパルス信号を出力する超音波発振器 4 4 と、を有している。ヘッド駆動部 4 3 は、超音波付与ヘッド 4 1 とウエハ W の表面との距離を一定に保ちながら、超音波付与ヘッド 4 1 をウエハ W に対して相対移動させる。超音波発振器 4 4 は、制御部 6 0 からの制御信号に基づき、パルス信号を超音波付与ヘッド 4 1 の振動子（図示せず）に出力する。これによって、振動子が超音波振動し、ウエハ W 表面に超音波振動が付与される。本実施の形態では、気相中で使用するため、超音波付与ヘッド 4 1 として増幅設備（例えばホーン）を有するものや、熱伝搬方式の振動子を有するものなどを用いることが好ましい。

[0029] （冷却装置）

冷却装置 5 0 は、ノズル 5 1 A、5 1 B と、ノズル 5 1 A、5 1 B へ冷媒を供給する冷媒源 5 2 と、ノズル 5 1 A、5 1 B と冷媒源 5 2 とを接続する冷媒供給管 5 3 A、5 3 B と、を備えている。ノズル 5 1 A は、ウエハ W の周縁部の裏面に冷媒を供給できるように配置されている。ノズル 5 1 B は、支柱 1 0 a 内に挿通された冷媒供給管 5 3 B を介してウエハ W の中央部の裏面に向けて冷媒を供給できるように配備されている。冷却装置 5 0 は、冷媒源 5 2 から所定温度に冷却された冷媒を供給し、ノズル 5 1 A、5 1 B からウエハ W の裏面に噴射することによって、ウエハ W を冷却することができる。ここで、冷媒としては、例えば H e ガス、C O₂ ガスなどを用いることができる。なお、ウエハ W の冷却は、例えばチラー機構などによって行ってもよい。

[0030] （制御部）

洗浄装置 1 0 0 を構成する各エンドデバイス（例えば、スピンチャック 1 0、ガス導入装置 2 0、ガス濃度センサ 3 0、超音波発生装置 4 0、冷却装置 5 0 など）は、制御部 6 0 に接続されて制御される構成となっている。コンピュータ機能を有する制御部 6 0 は、C P U を備えたコントローラ 6 1 と、このコントローラ 6 1 に接続されたユーザーインターフェース 6 2 および記憶部 6 3 を備えている。ユーザーインターフェース 6 2 は、工程管理者が

洗浄装置１００を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードやタッチパネル、洗浄装置１００の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等を有している。記憶部６３には、洗浄装置１００で実行される各種処理をコントローラ６１の制御にて実現するための制御プログラム（ソフトウェア）や処理条件データ等が記録されたレシピが保存されている。そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース６２からの指示等にて任意の制御プログラムやレシピを記憶部６３から呼び出してコントローラ６１に実行させることで、コントローラ６１の制御下で、洗浄装置１００の処理容器１内で所望の洗浄処理が行われる。

[0031] 具体的には、コントローラ６１は、上記各エンドデバイスに対し、レシピに定められた条件で作動や停止を指示する。例えば、コントローラ６１は、処理容器１内のガス濃度をレシピに基づく範囲に保持するため、ガス導入装置２０に制御信号を送出し、作動や停止を指示するほか、処理容器１内に導入するガスの流量や濃度を調節する。この場合、コントローラ６１は、ガス濃度センサ３０によって検出された処理容器１内のガス濃度の検出値の信号を参照し、ガス供給装置２０に対しフィードバック制御を行うこともできる。また、コントローラ６１は、スピンチャック１０、超音波発生装置４０、冷却装置５０などに対しても、制御信号を送出し、作動や停止を指示するほか、ガス濃度センサ３０によって検出された処理容器１内のガス濃度の検出値の信号を参照しながら、これらのエンドデバイスを制御することができる。例えば、コントローラ６１は、ガス濃度センサ３０によって検出された処理容器１内のガス濃度の検出値に応じて、超音波発生装置４０によって発生させる超音波の発振周波数や振動振幅などを調節することができる。また、コントローラ６１は、ガス濃度センサ３０によって検出された処理容器１内のガス濃度の検出値に応じて、駆動部１１に制御信号を送出し、スピンチャック１０の回転速度を調節することもできる。さらに、コントローラ６１は、ガス濃度センサ３０によって検出された処理容器１内のガス濃度の検出値に応じて、冷却装置５０によるウエハＷの冷却温度を調節するため、冷媒の

温度や噴射量などを調節することもできる。

[0032] 前記制御プログラムや処理条件データ等のレシピは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体 64 に格納された状態のものを記憶部 63 にインストールすることによって利用できる。コンピュータ読み取り可能な記録媒体 64 としては、特に制限はないが、例えば C D - R O M、ハードディスク、フレキシブルディスク、フラッシュメモリ、D V D などを使用できる。また、前記レシピは、他の装置から、例えば専用回線を介して随時伝送させてオンラインで利用したりすることも可能である。

[0033] [洗浄方法]

洗浄装置 100 では、ウエハ W に対して超音波発生装置 40 によって発生させた超音波を利用した洗浄処理が行われる。洗浄装置 100 における洗浄処理は、例えば、処理容器 1 内にウエハ W を搬入し、スピンチャック 10 によって回転可能に保持する工程と、処理容器 1 内にガスを導入し、処理容器 1 内のガス濃度を調節する工程と、ウエハ W を回転させながら、超音波発生装置 40 によって超音波を発生させ、スピンチャック 10 に保持されたウエハ W の表面に超音波を伝搬させることによってウエハ W の洗浄を行う工程と、を含むことができる。以下、各工程について説明する。

[0034] (ウエハの搬入及び固定)

まず、処理容器 1 の図示しない搬入出口を開放した状態で、外部の搬送装置によってウエハ W を搬入する。スピンチャック 10 は、上記のとおり駆動部 11 によって昇降変位が可能に構成されており、上昇位置において外部の搬送装置との間でウエハ W の受け渡しを行う。次に、スピンチャック 10 にウエハ W を保持した状態で下降させ、洗浄位置にセットする。

[0035] (ガス濃度の調整)

次に、ガス導入装置 20 によって処理容器 1 内へ所定濃度のガスを導入する。すなわち、配管 23 のバルブ 24 及び配管 25 のバルブ 27 を開放し、キャリアガス源 21 からキャリアガスを気化装置 22 に導入する。そして、気化装置 22 で気化されたガスをマスフローコントローラ 26 で流量調節し

ながら、ガス導入口28を介して処理容器1内へ供給する。キャリアガスとしては、例えば、乾燥エア、乾燥窒素ガスなどを用いることができる。また、気化装置22に貯留され、気化対象となる液体としては、例えば蒸留水、有機溶媒などを挙げることができる。

[0036] ガスの導入開始後、例えば10秒以上300秒以下の間ガスの供給を続けることで、処理容器1内のガス濃度を安定化させる。例えば、ガスとして、水分を含有する空気又は水分を含有する窒素ガスを用いる場合、ウエハW表面に適量の水分子を付着させる観点から、処理容器1内の湿度が例えば0.1%以上、処理容器1内の雰囲気温度における飽和水蒸気量未満となるように調節することが好ましい。処理容器1内の湿度が0.1%未満では、ウエハW表面への水分子の高効率な付着が困難であり、飽和水蒸気量以上であると、ウエハW表面に過剰量の水分子が付着し、液膜が形成されてしまう。なお、本実施の形態では、処理容器1内の圧力に関しては特段の制御は必要でなく、大気圧が好ましい。

[0037] (超音波洗浄処理)

次に、駆動部11を駆動させ、スピチャック10によって保持したウエハWを所定速度で回転させながら、超音波発生装置40によって超音波を発生させ、スピチャック10に保持されたウエハWの表面に超音波を伝搬させることによってウエハWの洗浄を行う。具体的には、超音波発振器44から超音波付与ヘッド41に向けてパルス信号を出力してウエハWの表面に超音波振動を付与する。この間、ヘッド駆動部43によってアーム部材42を動かし、超音波付与ヘッド41を回転するウエハWの径方向にスキャンさせる。

[0038] 超音波洗浄処理において、超音波付与ヘッド41からウエハW表面に付与する超音波の振動周波数は、ウエハWの表面における音圧を好ましくは $1 \times 10^4 \text{ Pa}$ 以上 $1 \times 10^6 \text{ Pa}$ 以下の範囲内に制御する観点から、例えば20kHz以上1.6MHz以下の範囲内とすることが好ましい。

[0039] また、ウエハWの回転速度は、超音波によって剥離されたパーティクルを

遠心力によってウエハWの径外方向に効率良く飛散させる観点から、例えば100rpm以上1000rpm以下の範囲内とすることが好ましい。

[0040] ここで、本実施の形態の洗浄方法において、ガス導入装置20を用いて処理容器1内のガス濃度を制御しながら超音波洗浄処理を施す意義について図2～図5Bを参照して説明する。図2～図4は、本実施の形態の洗浄方法によって生じるウエハW表面の状態変化を説明する模式図である。ここでは、所定濃度の水分を含む空気を処理容器1内に導入する場合を例に挙げて説明する。図5A、図5Bは、比較例の洗浄方法におけるウエハWの表面状態を説明する模式図である。

[0041] 図2は、洗浄前の状態を示している。この状態では、処理容器1内の湿度の調整は行っていない。ウエハWの表面には、複数の微細なパーティクル101が付着している。次に、図3は、ウエハWの表面に水分子102が付着した状態を示している。この状態は、ウエハWの表面に数層、例えば5層以下、好ましくは2～3分子層程度の水分子102が付着している程度であり、液膜が生成した状態（完全に濡れた状態）とは異なる。目視では乾燥状態と区別できない程度の付着量である。このように、ウエハWの表面に数層の水分子102が付着した状態は、ガス導入装置20によって処理容器1内へ所定濃度の水分を含む空気を導入し、処理容器1内の湿度を上記範囲内に制御することによって作り出すことができる。

[0042] 次に、図4に示すように、超音波発生装置40によって超音波Uを発生させ、超音波付与ヘッド41から、スピチャック10に保持されたウエハWの表面に超音波を伝搬させる。本実施の形態では、数層の水分子102を介して超音波Uを伝搬させることによって、図4に示すように、超音波振動による物理力でウエハWの表面に存在するパーティクル101を効果的に剥離させ、ウエハWの表面から除去することができる。ウエハWから回転の遠心力で飛散又は落下したパーティクル101は、カップ13によって受け止められ、隙間14を介してカップ13の底部に落下する。落下したパーティクルは、カップ13の内部を水などで洗い流すことによって、排液口16から

回収することができる。

[0043] 超音波洗浄の時間は、特に限定されるものではないが、例えば 1 分間以上 10 分間以下の範囲内とすることができる。

[0044] (ウエハの搬出)

所定時間の超音波洗浄が終了したら、超音波発生装置 40 及びスピンチャック 10 の回転を停止し、スピンチャック 10 とともにウエハ W を受け渡し位置まで上昇させる。そして、外部の搬送装置を用い、上記と逆の手順でウエハ W を処理容器 1 内から搬出することによって、1 枚のウエハ W に関する洗浄処理が完了する。

[0045] (任意工程)

本実施の形態の洗浄方法は、上記以外の任意の工程を含むことができる。例えば、ウエハ W を洗浄する工程より前に、ウエハ W を冷却する工程を設けることが好ましい。ウエハ W の冷却は、冷却装置 50 の冷媒源 52 から冷媒例えば所定温度に冷却された He ガスなどを供給し、ノズル 51 A 及び／又はノズル 51 B を介してウエハ W の裏面に噴射することによって行うことができる。超音波洗浄時のウエハ W の温度は、例えば 0℃ 以上 200℃ 以下の範囲内であればよいが、本工程でウエハ W の冷却を行う場合は、例えば、処理容器 1 内の雰囲気温度から 10℃ 程度低い温度までの範囲内に冷却することが好ましい。このように、ウエハ W を処理容器 1 内の雰囲気温度よりも低い温度に冷却しておくことによって、ガス中に含まれる分子（例えば水分子）がウエハ W 表面に付着しやすくなり、数層の厚みのガス分子をウエハ W 表面に効率よく形成することができる。また、超音波発生装置 40 によってウエハ W に対して超音波を付与している間、冷却装置 50 によるウエハ W の冷却を継続して行うことが好ましい。

[0046] [作用]

次に、比較例の洗浄方法との対比において、本発明の作用効果について説明する。図 5 A は、ウエハ W の表面に多量の水 200 が存在する状態で超音波洗浄を行う場合を示している。例えば、ウエハ W を水中に浸漬するディッ

プ方式、あるいは、スピンチャック 10 に固定したウエハ W の表面に水 200 を滴下しながら、厚さ数 mm 程度の液膜を形成した状態で超音波 U を付与するスピン洗浄方式を挙げることができる。図 5 B はウエハ W の表面が完全に乾燥した状態で超音波洗浄を行うドライ洗浄方式を示している。

[0047] 図 5 A に示したように、水中で超音波振動を伝搬させる方式（以下、「ウェット洗浄方式」と記すことがある）では、超音波発生装置として、ウエハ W の表面での音圧が例えば $1 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5 \text{ Pa}$ 程度の大きさとなるものを使用できるため、大きな物理力によってパーティクル 101 の除去効率が低い。このような超音波発生装置の例として、本多電子株式会社製石英振動体型洗浄機（型式 W-357-1MQB-CV）などを挙げることができる。

[0048] しかし、上述のように、ウェット洗浄方式はウエハ W 表面に形成されたパターンへのダメージが大きく、水溶性材料の溶出によるマテリアルロスが問題となる。

[0049] 一方、図 5 B に示したようなドライ洗浄方式の場合は、超音波発生装置として、振動子の後段に増幅設備（ホーン）を備えたものや、熱伝搬方式の振動子を有するものを使用する。この場合、ウエハ W の表面での音圧は例えば $2 \times 10^2 \text{ Pa}$ 程度に留まるため、パーティクル 101 の除去効率が十分に得られないという問題がある。なお、ウェット洗浄方式で使用される大きな音圧を発生できる超音波発生装置（例えば、上記の本多電子株式会社製石英振動体型洗浄機（型式 W-357-1MQB-CV））は、空気中では振動子が異常加熱してしまうためドライ洗浄方式では使用できない。

[0050] 超音波振動によって発生する音圧の大きさは、ウエハ W 表面の分子密度に依存する。図 5 A 及び図 5 B に示した比較例の洗浄方法に対し、本実施の形態の洗浄方法では、図 4 に示したように、数層の水分子 102 を介して超音波 U を伝搬させることによって、パーティクル 101 に与えられる音圧を例えば最大で $1 \times 10^6 \text{ Pa}$ 程度まで増加させることが可能になる。つまり、ウエハ W の表面に数層の水分子 102 を付着させておくことによって、通常ド

ライ洗浄方式で使用される超音波発生装置を用いて、ドライ洗浄方式の場合より大きな音圧をウエハW表面に加えることが可能になる。また、この程度の音圧であれば、ウェット洗浄方式のようなパターンへのダメージの問題は生じず、水分量も少ないため、マテリアルロスも生じない。このような原理によって、本実施の形態の洗浄方法では、ウエハWの表面に存在するパーティクル101を効果的に剥離させ、ウエハWの表面から効率良く除去することができる。

[0051] なお、処理容器1内の湿度の調整によってウエハW表面に付着させた水分子層の厚み（層数N）は、以下の手順で計測することができる。まず、ウエハWの表面に水分子が付着した状態で全体の重量を測定する。次に、付着した水分を加熱脱離させた状態でウエハWの重量を測定する。そして、水分子の加熱脱離の前後のウエハWの重量変化から付着水分の重量を算出する。次に、ウエハWの表面に1層の水分子が規則的に配列した状態を仮定し、その時の分子量Mを計算によって求める。また、上記計測された付着水分の重量から、計算によって分子量M1を求める。そして、ウエハW表面に付着させた水分子層の厚み（層数N）は、次の式； $N = M1 / M$ 、によって算出することができる。

[0052] 以上のように、本実施の形態の洗浄装置100及び洗浄方法によれば、ガス導入装置20によって処理容器1内に濃度調節されたガスを導入し、処理容器1内のガス濃度を調節することによって、ウエハWの表面に数分子層の厚みのガス分子を付着させた状態で超音波洗浄を行うことができる。これによって、超音波によるパターン崩れやマテリアルロスを発生させることなく、ウエハW表面のパーティクルを効果的に除去できる。

[0053] 以上、本発明の実施の形態を例示の目的で詳細に説明したが、本発明は上記実施の形態に制約されることはなく、種々の変形が可能である。例えば、本発明は、半導体ウエハを被処理体とする場合に限らず、例えば太陽電池パネル用基板やフラットパネルディスプレイ用基板を被処理体とする場合にも適用できる。

[0054] また、ガス導入装置 20 は、所定濃度のガスを生成できればよいため、図 1 に示した構成のバブリング方式の気化装置 22 に限らず、例えばノズルから噴射して気化させる方式などでもよい。

[0055] 本国際出願は、2012 年 9 月 26 日に出願された日本国特許出願 2012-212271 号に基づく優先権を主張するものであり、この出願の全内容をここに援用する。

請求の範囲

- [請求項1] 基板を収容する処理容器と、
前記処理容器内で前記基板を回転可能に保持する基板保持装置と、
前記処理容器内に、濃度調節されたガスを導入するガス導入装置と、
、
前記処理容器内のガス濃度を検出する検出装置と、
超音波を発生させ、前記基板保持装置に保持された前記基板の表面に超音波を伝搬させる超音波発生装置と、
を備え、前記ガス導入装置によって前記処理容器内に濃度調節されたガスを導入し、前記処理容器内の前記ガスの濃度を調節しながら、前記超音波発生装置によって発生させた超音波によって、前記基板の洗浄を行う基板洗浄装置。
- [請求項2] さらに、前記基板を冷却する冷却装置を備えている請求項1に記載の基板洗浄装置。
- [請求項3] 前記ガス導入装置は、液体を気化させる気化装置と、気化した前記ガスを所定流量で前記処理容器内へ供給する流量調節装置と、を有している請求項1に記載の基板洗浄装置。
- [請求項4] 前記濃度調節された前記ガスが、水分を含む空気である請求項1に記載の基板洗浄装置。
- [請求項5] さらに、前記検出装置によって検出された前記ガスの濃度に基づき、前記ガス導入装置によって前記処理容器内に導入する前記ガスの濃度及び／又は流量を調節する制御部を備えた請求項1に記載の基板洗浄装置。
- [請求項6] 超音波発生装置によって発生させた超音波を利用して基板の洗浄を行う基板洗浄方法であって、
処理容器内に前記基板を搬入し、基板保持装置によって回転可能に保持する工程と、
前記処理容器内に濃度調節されたガスを導入し、処理容器内の前記

ガスの濃度を調整する工程と、

前記基板保持装置に保持された前記基板を回転させながら、超音波発生装置によって発生させた超音波を前記基板の表面に付与し、前記基板の表面において超音波を伝搬させることによって前記基板の洗浄を行う工程と、
を備えた基板洗浄方法。

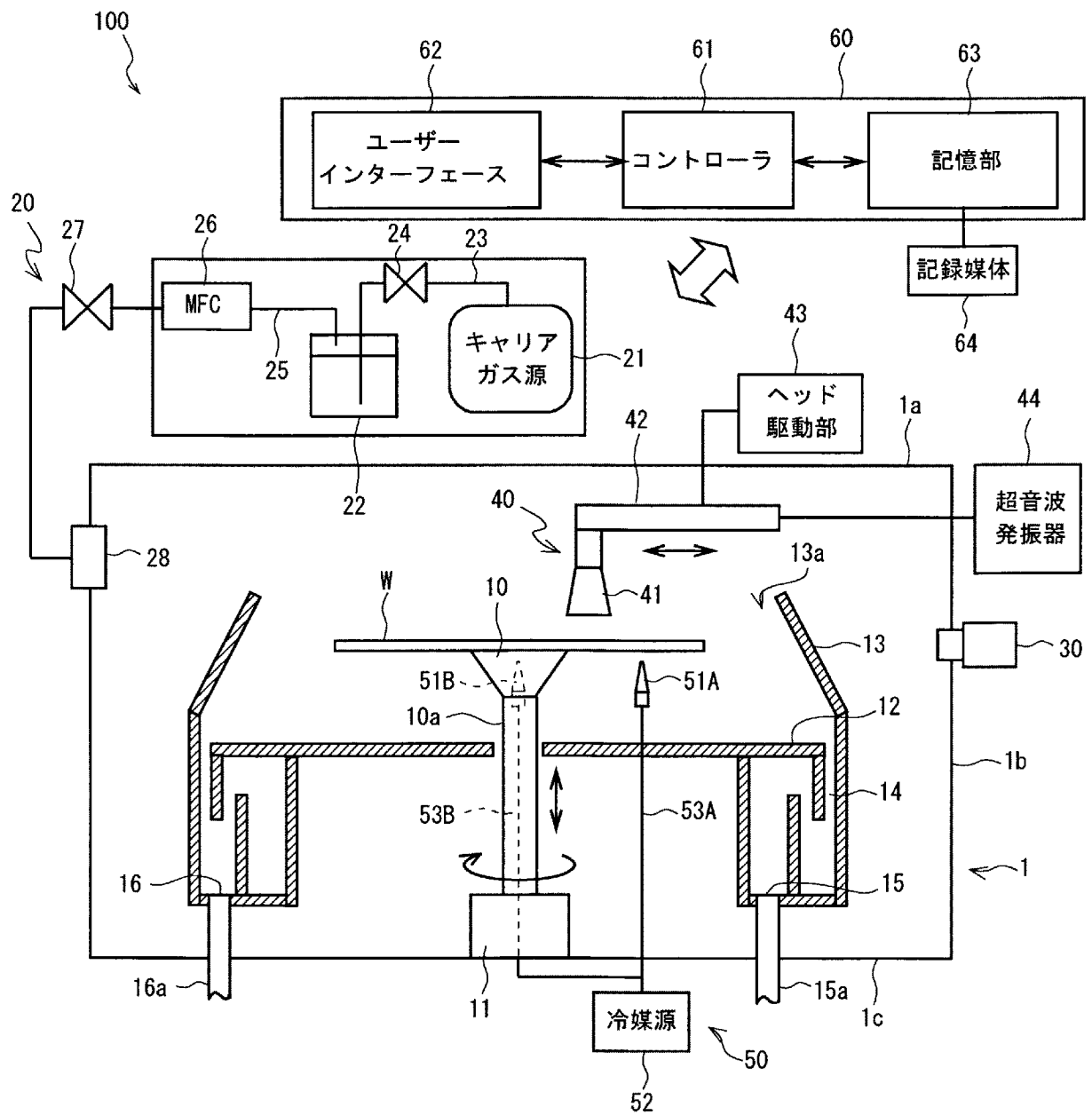
[請求項7] 前記基板の洗浄を行う工程より前に、さらに、前記基板を冷却する工程を備えている請求項6に記載の基板洗浄方法。

[請求項8] 前記基板の洗浄を行う工程の間、前記基板の冷却を継続する、請求項7に記載の基板洗浄方法。

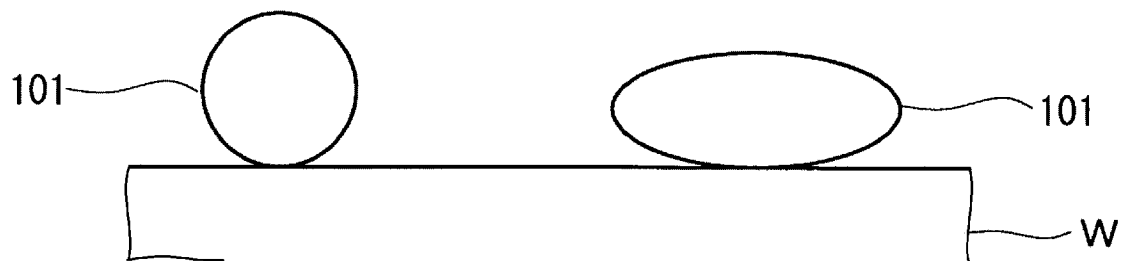
[請求項9] 前記濃度調節されたガスが、水分を含む空気である請求項6に記載の基板洗浄方法。

[請求項10] 前記処理容器内の湿度が、前記処理容器内の雰囲気温度における飽和水蒸気量未満である請求項9に記載の基板洗浄方法。

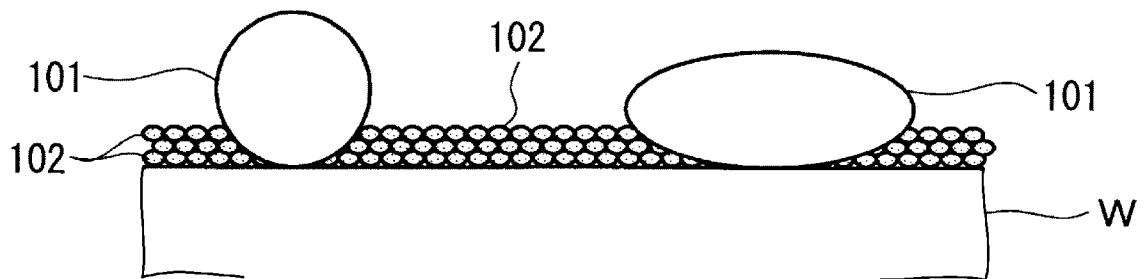
[図1]



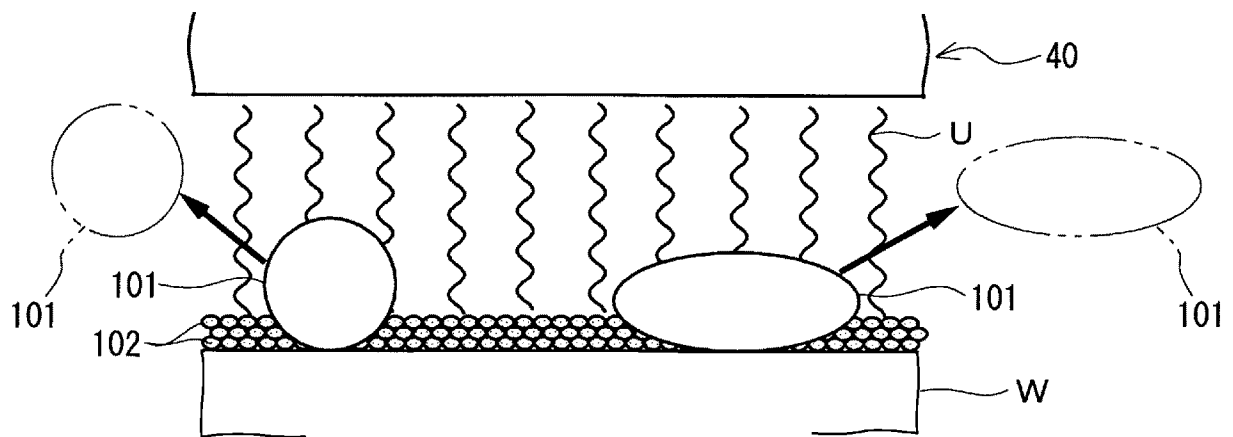
[図2]



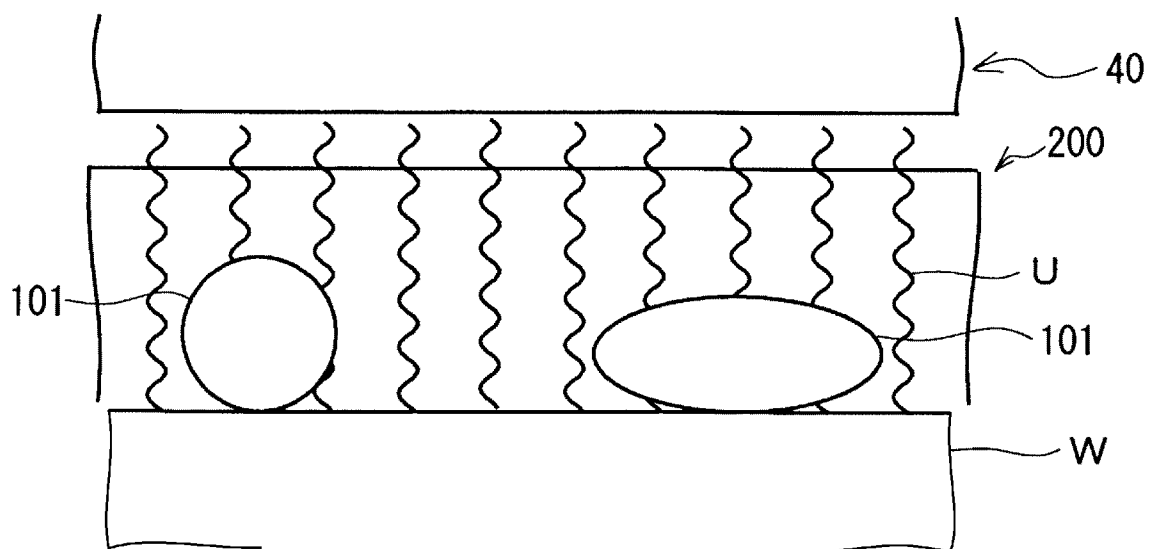
[図3]



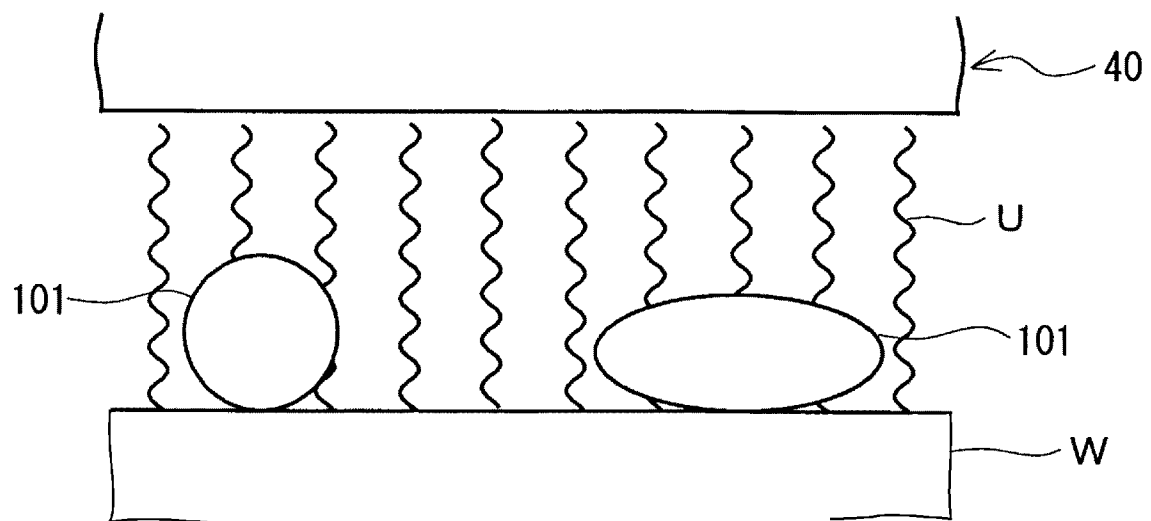
[図4]



[図5A]



[図5B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073289

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/304(2006.01)i, B08B3/12(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/304, B08B3/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-538635 A (Semitool, Inc.), 24 December 2004 (24.12.2004), paragraphs [0010], [0077] to [0087]; fig. 5 & US 2002/0157686 A1 & US 6869487 B1 & EP 1481741 A2 & WO 2003/015146 A1 & DE 1100630 T1 & CN 1539161 A	1-10
Y	JP 2004-535662 A (Akrion, LLC), 25 November 2004 (25.11.2004), paragraphs [0036] to [0038]; all drawings & US 2002/0144708 A1 & US 2003/0111092 A1 & WO 2002/081106 A1	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 November, 2013 (22.11.13)

Date of mailing of the international search report
03 December, 2013 (03.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073289

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-247752 A (Pre-Tech Co., Ltd., UCT Corp.), 02 September 2004 (02.09.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 11-176786 A (Sony Corp.), 02 July 1999 (02.07.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/304(2006.01)i, B08B3/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/304, B08B3/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-538635 A（セミトウル・インコーポレイテッド） 2004.12.24, 段落【0010】、【0077】－【0087】、第5図 & US 2002/0157686 A1 & US 6869487 B1 & EP 1481741 A2 & WO 2003/015146 A1 & DE 1100630 T1 & CN 1539161 A	1 - 1 0
Y	JP 2004-535662 A（アクリオン・エルエルシー）2004.11.25, 段落 【0036】－【0038】、全図 & US 2002/0144708 A1 & US 2003/0111092 A1 & WO 2002/081106 A1	1 - 1 0

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 2 . 1 1 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 3 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

伊藤 秀行

3 K

4 4 2 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 3 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-247752 A (株式会社プレテック, ユーシーティー株式会社) 2004.09.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 11-176786 A (ソニー株式会社) 1999.07.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 0