(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 2 月 13 日(13.02.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/024358 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 43/12 (2006.01) *H01L 43/08* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/003014

(22) 国際出願日: 2013 年 5 月 10 日(10.05.2013)

(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 2012-178207 2012 年 8 月 10 日(10.08.2012) JP
特願 2012-287202 2012 年 12 月 28 日(28.12.2012) JP

(71) 出願人: キヤノンアネルバ株式会社(CANON ANELVA CORPORATION) [JP/JP]; 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２－５－１ Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 清野 拓哉(SEINO, Takuya); 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２－５－１ キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 西村 和正(NISHIMURA, Kazumasa); 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２－５－１ キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 恒川 孝二(TSUNEKAWA, Koji); 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２－５－１ キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 渡邊 栄作(WATANABE, Eisaku); 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２－５－１ キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP). 金子 重夫(KANEKO, Shigeo); 〒2158550 神奈川県川崎市麻生区栗木２－５－１ キヤノンアネルバ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 岡部 讓, 外(OKABE, Yuzuru et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内３－２－３ 富士ビル６０２号室 Tokyo (JP).

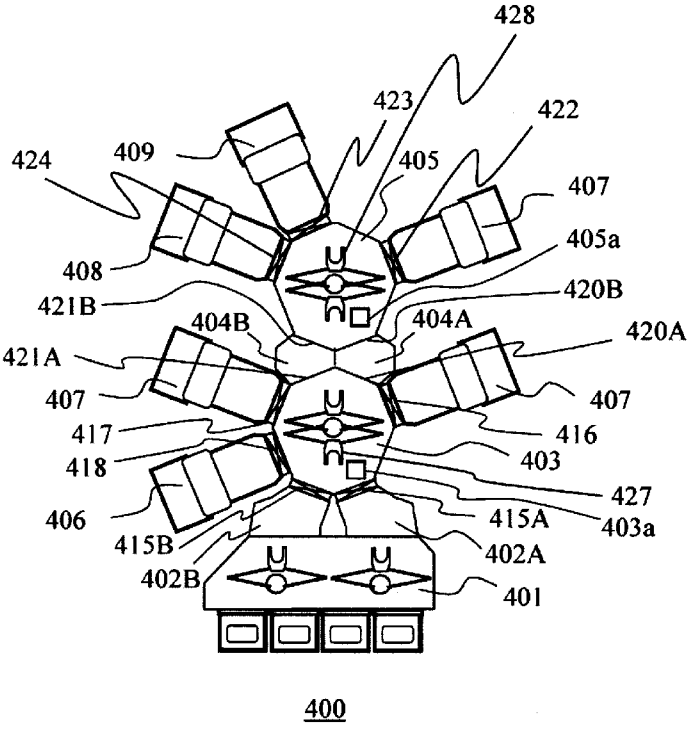
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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**: TUNNEL MAGNETORESISTIVE ELEMENT MANUFACTURING APPARATUS

(54) 発明の名称 : トンネル磁気抵抗素子の製造装置



400

(57) **Abstract**: The present invention provides a TMR element manufacturing apparatus which is capable of reducing the contamination of a magnetic film with impurities. A tunnel magnetoresistive element manufacturing apparatus according to one embodiment of the present invention is provided with: a load lock apparatus for carrying substrates to and from the outside; a first substrate transfer apparatus, which is connected to the load lock apparatus, and which has at least one substrate processing apparatus connected thereto; a first air-releasing section that is provided to the first substrate transfer apparatus; a second substrate transfer apparatus, which is connected to the first substrate transfer apparatus, and which has a plurality of substrate processing apparatuses connected thereto; and a second air-releasing section that is provided to the second substrate transfer apparatus. At least one of the substrate processing apparatuses connected to the second substrate transfer apparatus is an oxidation apparatus.

(57) 要約: 本発明は、磁性膜中への不純物の混入を低減可能なＴＭＲ素子の製造装置を提供する。本発明の一実施形態に係るトンネル磁気抵抗素子の製造装置は、外部との基板の搬入出を行うためのロードロック装置と、該ロードロック装置と接続され、少なくとも１つの基板処理装置が接続された第１基板搬送装置と、該第１基板搬送装置に設けられた第１排気部と、上記第１基板搬送装置と接続され、複数の基板処理装置が接続された第２基板搬送装置と、前記第２基板搬送装置に設けられた第２排気部とを備え、第２基板搬送装置に接続された複数の基板処理装置のうち少なくとも１つは酸化装置である。

WO 2014/024358 A1

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, 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 ： トンネル磁気抵抗素子の製造装置

技術分野

[0001] 本発明は、トンネル磁気抵抗素子の製造装置に関する。

背景技術

[0002] トンネル磁気抵抗効果（TMR：Tunnel Magneto Resistance effect）技術を半導体素子と融合した集積化磁気メモリであるＭＲＡＭ（Magnetic random access memory）が近年注目を集めている。ＭＲＡＭに用いられるＴＭＲ素子としては、非特許文献１に示されるような、フリー層とリファレンス層の磁化方向が積層膜方向に対して垂直方向に磁化回転する面内磁化型（In-plane）の素子や、非特許文献２に示されるようなフリー層とリファレンス層の磁化方向が積層膜方向と同方向に磁化回転する垂直磁化型（Perpendicular）の素子が用いられる。さらに非特許文献３に示すようなフリー層の上部に酸化物層を形成する構造も報告されている。

[0003] ＴＭＲ素子の製造においては、非特許文献１及び非特許文献２に示される構造のみならず、所望の成膜材料から成るターゲットをスパッタリングすることにより、対向する基板上に成膜するスパッタリング成膜（以下単にスパッタともいう）方法が広く用いられている（特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第２０１２/０８６１８３号

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Young-suk Choi et al, Journal of Appl. Phys. 48(2009)120214

非特許文献2：D.C.Worledge et al, Appl. Phys. Lett. 98 (2011)022501

非特許文献3：Kubota et al, Journal of Appl. Phys. 111, 07C723

(2012)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上述の技術にはそれぞれ以下のような課題が存在する。

特許文献１に記載の製造方法では、垂直磁化型積層膜として、Ta、Ru、CoFeB、MgOの4種類の材料をスパッタした構造が示されているが、高密度化が進むとＳＴＴ(Spin Transfer Torque)－ＭＲＡＭ積層構造が複雑化し、より多くの積層膜を形成する必要がある。具体的には、非特許文献２に示される構造である。多くの積層膜をスパッタする場合、同一チャンバ内に滞在する時間を短縮しないとスループットが遅くなり、生産性が劣化し、半導体デバイスにおけるコストが増加する。そのため、多種材料をスループットや生産性の低下を抑制しつつスパッタし、且つ特性改善のためのアニール処理や酸化膜形成のための酸化処理を短時間で行われなければならないという課題がある。

[0007] また特許文献１には、基板導入室を含む１つの基板搬送チャンバに、酸化、加熱及び洗浄(エッチング)と、３つのターゲットを有したスパッタチャンバを４台接続した構成が示されている。この装置では、基板導入室が搬送チャンバ内へ連続して基板搬入を行うと到達真空度が劣化し、搬送チャンバ内で基板上に原子層オーダーの不純物が吸着してしまうという課題がある。また、このような不純物が界面へ吸着することにより、金属積層膜構造において、結晶欠陥の発生や特性劣化を招くという課題がある。

課題を解決するための手段

[0008] 本願発明は上述した課題を契機として為されたものであり、磁性膜中への不純物の混入を低減可能なＴＭＲ素子の製造装置を提供することを目的とする。

[0009] 上記課題を解決するために、本願発明の一態様は、トンネル磁気抵抗素子の製造装置であって、外部との基板の搬入出を行うためのロードロック装置と、前記ロードロック装置と接続され、少なくとも１つの基板処理装置が接

続された第１基板搬送装置と、前記第１基板搬送装置に設けられた第１排気手段と、前記第１基板搬送装置と接続され、複数の基板処理装置が接続された第２基板搬送装置と、前記第２基板搬送装置に設けられた第２排気手段とを備え、前記第２基板搬送装置に接続された複数の基板処理装置のうち少なくとも１つは酸化装置であることを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明により、磁性膜中への不純物の混入を低減することができる。よって、より多くの積層膜形成が必要な磁気抵抗素子構造の形成において、金属積層膜構造における結晶欠陥の発生や特性劣化を低減することができ、スループットや生産性を改善することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の一実施形態に係るＴＭＲ素子の製造装置を説明するための図である。

[図2]本発明の一実施形態に係るＴＭＲ素子の製造装置を説明するための図である。

[図3]本発明の一実施形態に係るＴＭＲ素子の製造装置を説明するための図である。

[図4]本発明の一実施形態に係るＴＭＲ素子の製造装置を説明するための図である。

[図5]本発明の一実施形態に係るＴＭＲ素子の製造装置を説明するための図である。

[図6]本発明の一実施形態に係るＴＭＲ素子の製造装置を説明するための図である。

[図7]本発明の一実施形態に係るゲートバルブ動作と基板搬送を制御するためのフロー図である。

[図8]本発明の一実施形態に係る製造装置を用いた場合の酸化フローの説明図である。

[図9]本発明の一実施形態に係る製造装置を用いた場合の酸化フローの説明図

である。

[図10]本発明の一実施形態に用いられるスパッタリング装置を説明するための図である。

[図11]本発明の一実施形態に係る酸化装置を説明するための図である。

[図12]本発明の一実施形態に係る酸化装置を説明するための図である。

[図13]本発明の一実施形態に係る製造装置に用いられる制御装置を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の製造装置等について、本発明の実施形態を図面に基づき説明する。なお、実施形態間で共通する要素については説明を省略する。

[0013] （第１の実施形態）

図１に本実施の形態に係るＴＭＲ素子の製造装置４００の構成の一例を示す。製造装置４００は、ロボットアーム４２７を有し、少なくとも１つの基板処理装置が接続された搬送装置４０３と、基板を搬送装置４０３に搬入するまたはプロセスが完了した基板を搬出するための搬送装置４０１と、搬出入室４０２Ａ、４０２Ｂと、ロボットアーム４２８を有し、複数の基板処理装置が接続された搬送装置４０５とを備える。さらに、製造装置４００は、搬送装置４０３から搬送装置４０５へ基板を搬出入するための載置室４０４Ａおよび４０４Ｂを備えてもよい。搬出入室４０２Ａおよび４０２Ｂは、製造装置４００の外部に対して基板を搬入出するための所謂ロードロック（ＬＬ）室であり、それぞれ装置内を真空に排気するための排気装置と大気圧にするためのガス導入機構が接続されている。また、搬出入室４０２Ａ、４０２Ｂと搬送装置４０３との間にそれぞれゲートバルブ４１５Ａ、４１５Ｂが設けられている。

搬送装置４０３と搬送装置４０５とには、それぞれ装置内を真空に排気するための排気装置４０３ａ、４０５ａが接続されている。この排気装置４０３ａ、４０５ａは例えばターボ分子ポンプやクライオポンプ等の本実施形態に必要な真空度が得られる各種の排気装置を用いることができる。

なお、搬送装置４０５内の真空度が、搬送装置４０３内の真空度よりも高いことが好ましい。

[0014] 搬送装置４０３と搬送装置４０５との間にはゲートバルブが設けられる。搬送装置４０３と搬送装置４０５との間に載置室４０４Ａ、４０４Ｂを設けた場合、載置室４０４Ａ、４０４Ｂと搬送装置４０５の間、又は、載置室４０４Ａ、４０４Ｂと搬送装置４０３の間の、少なくともどちらか一方にゲートバルブを設けることで、搬送装置４０３と搬送装置４０５の空間が分離され、搬送装置４０５は高い真空度を維持することができる。本実施形態では、搬送装置４０３と搬送装置４０５との間には２基の載置室４０４Ａおよび４０４Ｂが設けられ、搬送装置４０３、載置室４０４Ａ、４０４Ｂおよび搬送装置４０５の各々の間にゲートバルブ４２０Ａ、４２０Ｂ、４２１Ａ、４２１Ｂを設け、より搬送装置４０５を高真空に維持可能な構成としている。また、搬送装置４０３と搬送装置４０５との間に位置するゲートバルブ４２０Ａおよび４２０Ｂ、ならびにゲートバルブ４２１Ａおよび４２１Ｂを同時に開閉させないことで、搬送装置４０５への基板搬入時に発生する真空度劣化がより抑制される。これにより搬送装置４０５の真空度をより安定で良好に保つことができる。

[0015] また、本実施形態に係る製造装置４００は、ＴＭＲ素子を形成する前に基板表面に付着している自然酸化膜や不純物を除去するためのエッチング装置４０６と、ＴＭＲ素子の各種金属膜を形成するためのスパッタ装置としてスパッタリングターゲットカソードを５つ備えたスパッタ装置（５ＰＶＤ）４０７とをさらに備えている。製造装置４００は、スパッタリングターゲットカソードを２つ備えたスパッタ装置（２ＰＶＤ）４０８と、金属膜を酸化するための酸化装置４０９とをさらに備えている。エッチング装置４０６は搬送装置４０３に接続され、スパッタ装置（５ＰＶＤ）４０７は搬送装置４０３および搬送装置４０５に接続される。さらにスパッタ装置（２ＰＶＤ）４０８が搬送装置４０５に接続されている。複数のスパッタリングカソードを備えたスパッタ装置である、スパッタ装置（５ＰＶＤ）４０７やスパッタ装

置（２ＰＶＤ）４０８の搬送装置４０３および搬送装置４０５への接続については、行われる基板処理のプロセスに応じて適宜変更可能である。酸化装置４０９は、搬送装置４０５に接続されている。

エッチング装置４０６と搬送装置４０３との間にはゲートバルブ４１８が設けられており、スパッタ装置（５ＰＶＤ）４０７と搬送装置４０３との間には、ゲートバルブ４１６、４１７が設けられている。また、スパッタ装置４０７と搬送装置４０５との間にはゲートバルブ４２２が設けられており、スパッタ装置（２ＰＶＤ）４０８と搬送装置４０５との間にはゲートバルブ４２４が設けられており、酸化装置４０９と搬送装置４０５との間にはゲートバルブ４２３が設けられている。

[0016] 本実施形態に係る製造装置４００は、真空度劣化による界面への不純物吸着を抑制するため、基板の搬入出を行うＬＬ室に接する搬送装置４０３とゲートバルブを介して接続される搬送装置４０５を設けている。このため搬送装置４０５を超高真空を保つことができる。酸化装置４０９は、搬送装置４０５に接続されていることで、特に素子特性に寄与する膜を形成又は処理する際に不純物の吸着を抑制することが可能であり、金属積層膜構造における結晶欠陥の発生や特性劣化を抑制してＴＭＲ素子を製造することができる。ＴＭＲ素子の製造においては、酸化処理時において、基板に対して不純物の付着を低減することが求められる。本実施形態では、外部に対して基板を出し入れするＬＬ室に直接接続されず、ＬＬ室に対して他の搬送装置（４０３）を介して接続された搬送装置４０５に酸化装置４０９を接続している。従って、反応装置４０５自体の真空度を高めることができ、非常に高い真空度を求められる酸化装置４０９を超真空が確立された搬送装置４０５に接続されることになる。その結果、多数の基板に対して連続成膜を行なっても、酸化装置４０９内を超真空に保つことができる。よって、上述のように、ＴＭＲ素子の製造における酸化処理において、基板（成膜済みの膜）に対して不純物の吸着を低減することができる。

[0017] ここで、図１０を用いて本実施形態に係るスパッタリング装置について説

明する。スパッタリング装置１は真空排気可能な処理容器２と、処理容器２と排気口を介して隣接して設けられた排気チャンバ８と、排気チャンバ８を介して処理容器２内を排気する排気装置４８と、を備えている。処理容器２内には、ターゲット４を、バックプレート５を介して保持するターゲットホルダ６が設けられている。ターゲットホルダ６の近傍には、ターゲットシャッター１４がターゲットホルダ６を遮蔽するように設置されている。ターゲットシャッター１４は、回転シャッターの構造を有している。ターゲットシャッター１４には、ターゲットシャッター１４の開閉動作を行うためのターゲットシャッター駆動機構３３が設けられている。

[0018] さらに、処理容器２は、処理容器２内へ不活性ガス（Ａｒなど）を導入するための不活性ガス導入系１５と、反応性ガス（酸素、窒素など）を導入するための反応性ガス導入系１７と、処理容器２の圧力を測定するための圧力計４４とを備えている。各導入系には、ガスを供給するためのガス供給装置が接続されている。またガスを導入するための配管と、流量を制御するためのマスフローコントローラー（ＭＦＣ）等を備え、制御装置（例えば、図１３に示す制御装置）により制御される。

[0019] 反応性ガス導入系１７には反応性ガスを供給するための反応性ガス供給装置（ガスボンベ）１８が接続されている。反応性ガス導入系１７は、反応性ガスを導入するための配管と、不活性ガスの流量を制御するためのＭＦＣと、ガスの流れを遮断したり開始したりするためのバルブ類とを有している。なお、反応性ガス導入系１７は、そして必要に応じて減圧弁やフィルターなどを有しても良い。このような構成により、反応性ガス導入系１７は、図示しない制御装置により指定されるガス流量を安定に流すことができる。

[0020] 処理容器２の内面は電気的に接地されている。ターゲットホルダ６と基板ホルダ７の間の処理容器２の内面には電気的に接地された筒状のシールド４０が設けられている。排気チャンバ８は、処理容器２と排気装置４８との間を繋いでいる。ターゲット４の背後には、マグネトロンスパッタリングを実現するためのマグネット１３が配設されている。マグネット１３は、マグネ

ットホルダ３に保持され、図示しないマグネットホルダ回転機構により回転可能となっている。ターゲットホルダ６には、スパッタ放電用電力を印加する電源１２が接続されている。本実施形態においては、図１５に示すスパッタリング装置１は、ＤＣ電源を備えているが、ＲＦ電源を備えていてもよい。

[0021] ターゲットホルダ６は、絶縁体３４により接地電位の処理容器２から絶縁されている。ターゲット４とターゲットホルダ６との間に設置されているバックプレート５がターゲット４を保持している。ターゲットホルダ６の近傍には、ターゲットシャッター１４がターゲットホルダ６を覆うように設置されている。ターゲットシャッター１４は、基板ホルダ７とターゲットホルダ６との間を遮蔽する閉状態、または基板ホルダ７とターゲットホルダ６との間を開放する開状態にするための遮蔽部材として機能する。

[0022] 基板ホルダ７の面上で、かつ基板１０の載置部分の外縁側（外周部）には、リング形状を有する遮蔽部材（以下、「カバーリング２１」ともいう）が設けられている。カバーリング２１は、基板ホルダ７上に載置された基板１０の成膜面以外の場所へスパッタ粒子が付着することを防止、ないしは低減する。基板ホルダ７には、基板ホルダ７を上下動したり、所定の速度で回転したりするための基板ホルダ駆動機構３１が設けられている。基板１０の近傍で、基板ホルダ７とターゲットホルダ６との間には、基板シャッター１９が配置されている。シャッター１９は、基板シャッター支持部材２０により基板１０の表面を覆うように支持されている。基板シャッター駆動機構３２は基板シャッター支持部材２０を回転及び並進させることにより、基板１０の表面付近の位置において、ターゲット４と基板１０との間にシャッター１９を挿入する（閉状態）。シャッター１９がターゲット４と基板１０との間に挿入されることによりターゲット４と基板１０との間は遮蔽される。また、基板シャッター駆動機構３２の動作によりターゲットホルダ６（ターゲット４）と基板ホルダ７（基板１０）との間からシャッター１９が退避すると、ターゲットホルダ６（ターゲット４）と基板ホルダ７（基板１０）との間

は開放される（開状態）。基板シャッター駆動機構３２は、基板ホルダ７とターゲットホルダ６との間を遮蔽する閉状態、または基板ホルダ７とターゲットホルダ６との間を開放する開状態にするために、シャッター１９を開閉駆動する。開状態において、シャッター１９は、シャッター収納部２３に収納される。図１５に示すようにシャッター１９の退避場所であるシャッター収納部２３が高真空排気用の排気装置４８までの排気経路の導管に納まるようにすれば、装置面積を小さく出来て好適である。

[0023]（第２の実施形態）

図２に本実施形態に係るＴＭＲ素子の製造装置５００の構成の一例を示す。製造装置５００は、ロボットアーム５２７を有し、少なくとも１つの基板処理装置が接続された搬送装置４０３と、基板を搬送装置５０３に搬入するための、またはプロセスが完了した基板を搬出するための搬送装置５０１と搬出入室５０２Ａ、５０２Ｂと、ロボットアーム５２８を有し、複数の基板処理装置が接続された搬送装置５０５と、搬送装置５０３から搬送装置５０５へ基板を搬出入するための載置室５０４Ａ、５０４Ｂとを備えている。搬送装置５０３と搬送装置５０５とには、それぞれ装置内を真空に排気するための排気装置５０３ａ、５０５ａが接続されている。この排気装置５０３ａ、５０５ａは例えばターボ分子ポンプやクライオポンプ等の本実施形態に必要な真空度が得られる各種の排気装置を用いることができる。

さらに載置室５０４Ａ、５０４Ｂと搬送装置５０５との間、および、載置室５０４Ａ、５０４Ｂと搬送装置５０３との間の両方にゲートバルブ５２０Ａ、５２０Ｂ、５２１Ａ、５２１Ｂが設けられている。搬送装置５０５は高真空に維持されている。また、搬送装置５０５に対する基板搬入時に発生する真空度劣化がより抑制されている。搬送装置５０５の真空度をより安定で良好に保つことができる。また、搬出入室５０２Ａ、５０２Ｂと搬送装置５０３との間にそれぞれゲートバルブ５１５Ａ、５１５Ｂが設けられている。

[0024] また、製造装置５００は、ＴＭＲ素子を形成する前に、基板表面に付着している自然酸化膜や不純物を除去するためのエッチング装置５０６と、ＴＭ

Ｒ素子の各種金属膜を形成するための４つのスパッタリングカソードを備えたスパッタ装置（４ＰＶＤ）５０７とを備えている。さらに、製造装置５００は、金属膜を酸化するための酸化装置５０８を備えている。

エッチング装置５０６と搬送装置５０３との間には、ゲートバルブ５１９が設けられており、スパッタ装置（４ＰＶＤ）５０７と搬送装置５０３との間には、ゲートバルブ５１６、５１７、５１８が設けられている。また、スパッタ装置（４ＰＶＤ）５０７と搬送装置５０５との間には、ゲートバルブ５２３、５２４、５２５、５２６とが設けられており、酸化装置５０８と搬送装置５０５との間には、ゲートバルブ５２２が設けられている。

搬送装置５０５はＬＬ室に対して搬送装置５０３を介して接続されているため、搬送装置５０５内を高真空に維持することが可能である。このため、搬送装置５０５に接続されたスパッタ装置５０７で金属膜を成膜後に酸化装置５０８で酸化処理を行う場合、搬送装置５０５内で基板を搬送する際の基板表面への不純物の吸着を抑制できる。金属膜表面への不純物を抑制しつつ、該金属膜を酸化することで、原子層オーダーで均一性が良好な金属酸化膜を形成できる。また、搬送装置５０５に接続されたスパッタ装置５０７で金属積層膜を形成し、さらに搬送装置５０５に接続された別のスパッタ装置５０７で金属積層膜を形成する場合、界面の不純物吸着が少ないため、格子欠陥の少ない金属積層膜の製造が可能となる。特に垂直磁化膜においては多数の金属膜を積層させて形成するため、界面の不純物吸着が少ないことが重要であり、本実施形態に係る装置を用いることで垂直磁化膜の磁気特性の劣化を抑制し、高い抵抗変化率を持つＴＭＲ素子の作成が可能である。なお、載置室５０４Ａおよび５０４Ｂにはクライオポンプがついていてもよい。

載置室５０４Ａおよび５０４Ｂにクライオポンプを接続することにより、搬送装置５０５の真空度をさらに安定で良好に保つことができる。クライオポンプを載置室５０４Ａおよび５０４Ｂに設けることにより、例えば、搬送装置５０５における水分分圧を下げることができ、金属積層膜の界面における不純物を低減できるため、垂直磁化膜の磁気特性の劣化を抑制し、高い抵

抗変化率を持つＴＭＲ素子の形成が可能である。

[0025] さらに、搬送装置５０５に対して、基板載置室５０４Ａ，５０４Ａに隣接した位置に酸化装置５０８を配置することで、製造装置５００が占める床面積を低減し、基板搬送装置５０５の真空度を向上させることが可能となる。

[0026] この点について図１および図２を用いて説明する。

図１の製造装置では、酸化装置４０９が、基板搬送装置４０４に対して遠く離れた位置で搬送装置４０５に接続されている。このような装置構成において、例えば多数の積層膜からなるＳＴＴ－ＴＭＲを下層から上層まで真空一貫で製造する場合、必要に応じて基板搬送装置４０５に更にスパッタ装置を増設する。ここで用いられるスパッタ装置は、図４でも説明した通り、多層の積層膜を真空一貫で形成するために複数のターゲットカソードを搭載したスパッタ装置が用いられる。複数のターゲットカソードを搭載したスパッタ装置を必要な数だけ接続したクラスタ型製造装置を使用することで、多層の積層膜を形成することができる。スパッタ装置は、多数のスパッタリングカソードを備えたスパッタ装置で、多数のスパッタリングターゲットを用いることで多層の積層膜を好適に作製できる。

[0027] しかし、多数のスパッタリングターゲットが配されたスパッタ装置は一般に大型であるため、基板載置室４０４Ａまたは４０４Ｂに隣接した位置にスパッタ装置を配する場合、基板搬送装置４０３側に設けられたスパッタ装置４０７との接触を避けるために、基板搬送装置４０３と基板搬送装置４０５の間隔を大きく空ける必要がある。結果、装置の床面積が増加し、また搬送装置４０３、載置室４０４Ａ、４０４Ｂ、搬送装置４０５の少なくとも１つを大型化する必要があり、真空度も低下しやすくなるかもしれない。特にターゲットカソードの数が多いスパッタ装置ほど大型化の問題は大きい。また本実施形態に係る搬送装置４０３および搬送装置４０５に接続された各スパッタ装置４０７は、各スパッタ装置４０７において搬送装置と接続されたゲートバルブと反対の側に排気室および排気装置を備えている。このようなスパッタ装置４０７の形態においてはさらに基板搬送装置４０３と基板搬送装

置４０５の間隔を大きく空ける必要がある。

これに対し、図５に示すように、複数のターゲットを備えるスパッタ装置５０７に対して小型の酸化装置５０８を基板搬送装置５０５に隣接して配置することで、搬送装置５０３に接続されたスパッタ装置５０７との接触を避けるために必要な搬送装置５０３と搬送装置５０５の間隔を小さくできる。このため、各搬送装置の大型化を防ぎ、各搬送装置内の真空度を良好に保持できる。

[0028] 本実施形態における製造装置では、各搬送装置の略中心に搬送手段としてロボットアーム５２７、５２８が設けられている。ロボットアーム５２７、５２８は搬送装置の略中心に回転軸を有し、該回転軸に設けられたアームを伸縮させることで基板を搬送する。本実施形態における搬送手段としてのロボットアーム５２７、５２８はアームを２本有しており、これらのアームは一体として回転してもよいし、各々が独立して回動可能に構成されてもよい。搬送装置における各処理装置および各載置室との接続面は、アームの伸縮方向に対して垂直であり、該接続面における基板の搬送口を可能な限り小さくするように構成される。このような構成により搬送装置５０５内の雰囲気をより高真空に維持することが可能となる。また、中心軸が回動する回動式アームを用いることで、中心軸が搬送装置内をスライドするスライド式アームに比べて発塵を抑制し、高真空を維持し易い。

[0029] また、本実施形態では、搬送手段の回転軸を中心として、搬送装置５０５に載置室や処理装置等を合計７つ、搬送装置５０３では合計８つ接続している。本実施形態のように、回転軸を中心として各装置との接続面が５角以上の多角形である搬送装置を用いた製造装置である場合、特に搬送装置５０３の載置室に隣り合わせて設けられた処理装置と、搬送装置５０５の載置室に隣り合わせて設けられた処理装置との接触が問題となり易い。このような場合においても、処理装置のうち比較的小型である酸化装置を、載置室５０４Ａまたは５０４Ｂに隣り合わせて搬送装置５０５に設けることで、製造装置の大型化を抑制し、各搬送装置内の真空度を良好に保持できる。

[0030]（第３の実施形態）

図３に本実施形態に係るＴＭＲ素子の製造装置５３０の構成を示す。この製造装置５３０は、図２の製造装置５００に設けられたスパッタ装置５０７の１つをアニール装置５１０に置き換えた構造となっている。このアニール装置５１０を用いて金属膜および金属酸化膜をアニールした結果、特にバリア層、フリー層およびリファレンス層の結晶性が改善でき、抵抗変化率を改善できる。これは、スパッタにより成膜された金属膜表面を高い真空度で維持された搬送装置５０５を用いて真空中に待機させることなくアニール装置５１０に搬送して処理が行われるため、界面への不純物吸着が抑制され、金属積層膜構造における結晶欠陥の発生や特性劣化を抑制することができたためと考えられる。また、アニール装置５１０は基板冷却機能を備えており、加熱後すぐに基板を冷却することができる。基板が高温のまま次のスパッタ処理を行った場合、スパッタされた金属膜が拡散し、原子層レベルの平坦性を劣化させ、特性劣化を引き起こすことがある。そのため、基板加熱処理後は、冷却することが必要となる場合もあり、図に示していないが、本発明の装置に、冷却装置を独立に備えても良い。アニール装置５１０としては、例えば国際公開ＷＯ２０１０／１５０５９０号に示される装置が好適に用いられる。

[0031]（第４の実施形態）

図４に本実施形態に係るＴＭＲ素子の製造装置６００の構成を示す。この製造装置６００は、図２の製造装置５００に設けられたスパッタ装置５０７の１つを酸化装置５１１に置き換えた構造となっている。例えば、非特許文献３に示されるように、トンネルバリア層以外の酸化物層を有するＴＭＲ素子を製造する場合、酸化処理が２回必要となる。

ここで、酸化装置を１つだけ有する製造装置における、ＴＭＲ素子の酸化プロセスを図１４に示す。

[0032] 図８は、図２に示す製造装置において非特許文献３に示されているＴＭＲ素子を製造する際の、酸化処理前後の処理および、基板間の各処理のタイミ

ングの関係を示したものである。まず基板上に所定の膜が形成された後、酸化処理が行われる金属膜の成膜が行われる。その後該金属膜の酸化処理が行われる。そして再度、酸化処理が行われる金属膜の成膜が行われ、該金属膜の酸化処理が行われる。１つのＴＭＲ膜の作製において２回の酸化処理を要する場合、１つの酸化装置５０８を２回使用する必要がある。図８に示すように、１枚目と２枚目の酸化処理は、互いの金属膜を成膜している時間に交互に酸化処理を行うことで、基板が酸化処理のために待機する時間を短縮できる。ただし、３枚目は２枚目の酸化処理が完了するまでの間待機する必要が生じる。３枚目以降の処理の流れは１枚目と２枚目の反復であり、３枚目、５枚目、７枚目、と奇数の順番の基板において待機時間が生じてしまう。基板の待機時間が生じると、待機している間に基板表面に不純物の吸着等が生じるため、スループットが低下するだけでなく、素子特性の劣化が生じる。従って、図２の製造装置による成膜においては、従来に比べて十分に不純物の付着を低減することができ、結晶欠陥の発生や特性劣化を良好に低減することができるが、同じ装置で２回の酸化処理を行う形態よりも、スループットおよび素子特性改善をさらに実現できることが好ましい。

[0033] 本実施の形態に係る製造装置６００では、酸化装置が搬送装置５０５に２台接続されている。本実施形態に係る装置において、非特許文献３に示されているＴＭＲ素子を製造する際の、酸化処理前後の処理および、基板間の各処理のタイミングの関係を図９に示す。まず基板上に所定の膜が形成された後、酸化処理が行われる金属膜の成膜が行われる。その後、該金属膜は酸化装置５１１にて酸化処理が行われる。そして再度、酸化処理が行われる金属膜の成膜が行われ、該金属膜は酸化装置５０８にて酸化処理が行われる。２枚目以降の基板については、先行する基板の酸化処理が終了した酸化装置に搬入され、酸化処理が行われるため、図２に示す装置のように、先行する基板の酸化処理が終了するまで待機している時間を大幅に短縮することが可能となる。この結果、本実施形態に係る製造装置６００は、スループットをさらに改善しつつ、さらに特性の優れたＴＭＲ素子を製造することができる。

[0034] このように、搬送装置５０５に接続される酸化装置は複数あるほうが生産性の向上や金属積層膜構造における結晶欠陥の発生や特性劣化の抑制の観点で望ましい。特に酸化処理が２回以上必要であるような場合には、生産性の向上や金属積層膜構造における結晶欠陥の発生や特性劣化の抑制の観点でさらに望ましい。酸化処理の回数と酸化装置の数が同じに設定されるほうが制御プログラムの簡素化の観点で好ましい。

[0035] なお、本実施形態においても、第３の実施形態で示したように、スパッタ装置５０７の１つをアニール装置５１０に置き換えてもよい。

[0036] （第５の実施形態）

上述した実施形態に係る装置では、搬送装置５０５と搬送装置５０３との間に載置室５０４Ａおよび５０４Ｂが配される。このため、搬送装置５０３に比して搬送装置５０５が高真空に維持される。しかし、搬送装置５０５に酸化装置が設けられている形態では、酸化装置内に導入された酸素ガス等によって搬送装置５０５の真空度が低下しやすい。このような問題に対し、酸化装置において、基板に所定の酸化処理を行った後、酸化装置内が規定の真空度に達するまで排気を行うという方法が考えられるが、この方法に依れば、酸化装置内の排気が完了するまで次の酸化処理が行えず、スループットの低下を招く。

[0037] 本実施形態は、酸化装置内の排気が十分に完了せずとも、他の基板への素子特性の劣化を抑制し、次の基板の酸化処理を可能とする。本実施形態について図５を用いて説明する。

各基板処理装置、載置室および各搬送装置の間には、各々の空間を隔離する開閉可能なゲートバルブ５１５Ａ、５１５Ｂ、５１６、５１７、５１８、５１９、５２０Ａ、５２０Ｂ、５２１Ａ、５２１Ｂ、５２２、５２３、５２４、５２５、５２６が設けられる。本実施形態では製造装置７００に備えられた制御装置（例えば、図１３に示す制御装置９００）により、上記各ゲートバルブと搬送装置５０３のロボットアーム５２７、搬送装置５０５のロボットアーム５２８が制御される。

制御装置（例えば、図１３に示す制御装置９００）は図７に示されるフローに従って、各ゲートバルブおよびロボットアーム５２７、５２８を制御する。

[0038] 図７に示すフローについて以下で説明する。

まず、ステップＳ７１にて、制御装置は、酸化装置５０８および酸化装置５１１の少なくとも一方にて酸化処理を実行する。ステップＳ７２にて、制御装置は、酸化装置５０８および酸化装置５１１の少なくとも一方において、基板の酸化処理が完了した後に、他の被処理基板が、搬送装置５０５から搬送装置５０５に接続された他の酸化装置やスパッタ装置、載置室５０４Ａおよび５０４Ｂの装置内に搬入されているか否かを判断する。未だ搬入されていない基板が存在する場合は、ステップＳ７３にて、制御装置は、搬送装置５０５に存在する基板が各処理装置または載置室に搬入されたのを確認できるまで、酸化装置５０８、５１１内に基板を載置した状態で待機する。

なお、これから酸化処理が行われる他の基板は必ずしも酸化装置内への搬入が完了している必要は無いが、素子特性安定のために、酸化装置内に基板が搬入されていることが望ましい。

[0039] ステップＳ７４にて、制御装置は、全ての基板がスパッタ装置内、他の酸化装置もしくは基板載置室５０４Ａまたは５０４Ｂに搬入された後、各々に設けられたゲートバルブが閉じているかどうかを判断する。未だ閉じられていないゲートバルブが在る場合は、ステップＳ７５にて、制御装置は、基板を該酸化装置内で待機させる。全てのゲートバルブが閉じられた後に、ステップＳ７６にて、制御装置は、酸化処理が完了した基板が載置されている酸化装置と基板搬送装置５０５との間のゲートバルブを開き、ステップＳ７７にて、搬送装置は、基板をロボットアーム５２８によって搬出する。その後、ステップＳ７８にて、制御装置は、該酸化装置のゲートバルブを閉じる。各酸化装置内の雰囲気を均一に保つため、２つの酸化装置と搬送装置５０５の間に設けられた各々のゲートバルブは同時に開放させないことが望ましい。すなわち、制御装置は、酸化装置と搬送装置５０５との間に設けられたゲ

ートバルブおよび搬送装置５０５と載置室５０４Ａ、５０４Ｂとの間に設けられたゲートバルブの一方が開放されている間は、他方を開放しないように、上記ゲートバルブを制御する。

このようにして、基板処理後の酸化装置のゲートバルブ開放タイミングと、他のゲートバルブの開放タイミングを一致させないことで、酸素ガスの他の処理装置内への流入を抑制することができる。

なお、本実施形態で説明した効果は、第１または第２の形態のように酸化装置が１つの場合よりも、第３または第４の実施形態で説明したような酸化装置が複数である場合の方が効果が大きい。

[0040]（第６の実施形態）

上述の通り、特に第４または第５の実施形態では、搬送装置５０５に酸化装置が複数設けられているため、酸化装置内に導入された酸素ガス等によって搬送装置５０５の真空度が特に低下しやすい。また、第１または第２の実施形態でも、搬送装置５０５に酸化装置が接続されているため、酸化装置内に導入された酸素ガス等によって搬送装置５０５の真空度が低下しやすいという問題は起こり得る。本実施形態ではこの問題に対し、搬送装置５０５に接続された処理装置内に酸素ゲッタ効果を有する物質を用いたシールド等の構成部材を配することを特徴とする。

[0041] 特にＴＭＲ素子の素子特性に大きな影響を及ぼすトンネルバリア層を構成するＭｇＯよりも酸素ガスに対する吸着エネルギーが大きい物質を用いることが好ましい。ＭｇＯの酸素ガスに対する吸着エネルギーは約１５０ｋｃａｌ／ｍｏｌであり、これより大きい物質としてはＴｉ、Ｔａ、Ｍｇ、ＣｒやＺｒなどが挙げられる。特に加工の容易性や効果的な酸素吸着などの観点からＴｉ製の構成部材が好適である。

また、酸化によって磁気特性の劣化が生じる磁性膜に対しても酸素ゲッタ効果を有する物質が装置構成部材に用いられていると、更なる素子特性の改善が望める。そのような物質としてはＴｉやＴａが挙げられる。

[0042] また、ゲッタ効果を有する構成部材をスパッタ装置内に設ける代わりにス

パッタ装置内に酸素ゲッタ効果を有する物質を含有するターゲットを設けてもよい。そして、各スパッタ装置における基板への成膜処理前に、酸素ゲッタ効果を有する物質をスパッタにより装置内壁に付着させ、スパッタ装置内の酸素量を低減させる。

[0043] なお、必ずしも全てのスパッタ装置において、基板への成膜前にゲッタ膜のスパッタを行う必要は無いが、少なくとも、特にＴＭＲの素子特性に大きな影響を及ぼすＭｇＯや磁性膜の成膜前に行うことが望ましい。酸素ゲッタ効果を有する物質としてはＴｉやＴａが好適である。またゲッタ膜の構成部材をスパッタ装置内に設けた上で、ゲッタ膜のスパッタを行ってもよい。

[0044] （第７の実施形態）

上述した各実施形態において搬送装置５０５に接続されたスパッタ装置５０７にＲＦ電源を取り付け、直接反応性スパッタや酸化物ターゲットなどを使用したＲＦスパッタを併せて用いて形成しても良い。このＲＦスパッタは、所望のＴＭＲ素子に合わせ、複数の搭載ができる。つまり、スパッタ装置５０７に複数のＲＦカソードを設けることや、２層の酸化層が必要な場合は、２台のスパッタ装置５０７の各々に１台のＲＦカソードを設けることができる。また、上述の酸化処理とＲＦスパッタとを組み合わせても良い。

複数台のＲＦカソードを１つのチャンバに設置することにより、成膜速度は台数に比例して増加するため、スループットを向上させることができる。

[0045] さらに、図３に示すように、ＲＦスパッタにより形成した絶縁膜をアニール装置５１０を用いてアニール処理を行っても良い。ＲＦスパッタにより成膜された絶縁膜表面を高い真空度で維持された搬送装置５０５を用いて、速やかにアニール装置５１０に搬送して処理が行われるため、界面への不純物吸着が抑制され、金属積層膜構造における結晶欠陥の発生や特性劣化を抑制することができている。

[0046] （第８の実施形態）

本実施形態では、搬送装置５０５に接続される酸化装置５０８および５１１について、より搬送装置５０５を高真空に維持するのに適した酸化装置を

用いている。図１１、図１２において、本実施形態に係る酸化装置８００について説明する。

酸化装置８００は、処理容器８０１と、処理容器内を排気するための排気部としての真空ポンプ８０２と、処理容器８０１内に設けられた基板８０３を保持するための基板ホルダ８０４と、処理容器８０１内に設けられた筒部材８０５と、処理容器８０１内に酸素ガスを導入する酸素ガス導入手段としてのガス導入部８０６と、基板搬送口８０７とを備えている。該基板搬送口８０７には図示しないスリットバルブが設けられている。

[0047] 基板ホルダ８０４は、基板８０３を保持するための基板保持面８０４ａと、該基板保持面８０４ａが形成された載置部８０４ｂとを有しており、該基板保持面８０４ａ上に基板８０３が載置される。また、基板ホルダ８０４の内部には加熱装置としてのヒータ８０８が設けられている。また、基板ホルダ８０４には、基板ホルダ８０４と筒部材８０５との相対位置を変化させる位置変化手段としての基板ホルダ駆動部８０９が接続されている。基板ホルダ駆動部８０９は、基板ホルダ８０４を、矢印方向Ｐ（基板ホルダ８０４を酸化処理空間８１０に近づける方向、および基板ホルダ８０４を酸化処理空間８１０から遠ざける方向）に移動させる。本実施形態では、基板搬送時においては、基板ホルダ駆動部８０９の制御により、基板ホルダ８０４を図１１に示す位置に移動させる。基板搬入時には、この状態で、基板搬送口８０７を介して基板８０３を処理容器８０１内に搬入し、基板保持面８０４ａ上に基板８０３を載置する。基板搬出時には、基板保持面８０４ａ上に保持された基板８０３を基板搬送口８０７を介して処理容器８０１から搬出する。一方、酸化処理時においては、基板ホルダ駆動部８０９の制御により、基板ホルダ８０４を図１２に示す位置に移動させる。この状態で、ガス導入部８０６により酸化処理空間８１０に限定的に酸素ガスを導入することにより（処理容器８０１内の一空間に限定的に酸素ガスを導入することにより）、酸化処理が行われる。

[0048] ガス導入部８０６は、基板ホルダ８０４と対向する処理容器８０１の壁８

０１ａから離間して設けられ、多数の孔を有するシャワープレート８１１と、上記壁８０１ａに設けられ、処理容器８０１内に酸素ガスを導入するガス導入口を有する酸素導入経路８１２と、シャワープレート８１１と壁８０１ａとの間の空間であって、酸素導入経路８１２から導入された酸素ガスを拡散するためのガス拡散空間８１３とを有する。本実施形態では、拡散空間８１３に酸素ガスが導入されるように酸素導入経路８１２が設けられており、酸素導入経路８１２から導入され拡散空間８１３にて拡散された酸素ガスは、シャワープレート８１１を介して、基板面内に均等に供給される。なお、酸素導入経路８１２を複数設けても良い。

[0049] 筒部材８０５は、処理容器８０１の壁８０１ａの、酸素導入経路８１２が接続された部分を少なくとも含む領域８０１ｂおよびシャワープレート８１１をぐるりと囲むように壁８０１ａに取り付けられ、壁８０１ａから該壁８０１ａと対向する側（ここでは基板ホルダ８０４側）に向かって延在する延在部８０５ａを有する部材である。本実施形態では、筒部材８０５は、延在方向に垂直に切断した断面が円状である筒状部材であるが、該断面が多角形など他の形状であっても良い。また、筒部材８０５は、例えばＡｌ製である。Ａｌは筒部材８０５を容易に加工することができるので好ましい。また、他には例えば、ＴｉやＳＵＳであっても良い。また、筒部材８０５が壁８０１ａに対して着脱可能に該筒部材８０５を構成しても良い。延在部８０５ａにより囲まれた空間、すなわち、筒部材８０５の中空部にはシャワープレート８１１が設けられており、筒部材８０５のシャワープレート８１１よりも壁８０１ａ側の部分と、該壁８０１ａにおける上記領域８０１ｂの少なくとも一部と、シャワープレート８１１とにより拡散空間８１３が形成されている。

[0050] シャワープレート８１１と筒部材８０５を設けることにより、基板８０３の表面に対してより均一に酸素ガスを供給することができ、酸化により生じるＭｇＯの基板８０３面内における酸化分布の偏りを低減することができる。よって、ＲＡ分布を向上させることができる。

[0051] 上記シャワープレート８１１の孔から酸化処理空間８１０へと酸素ガスが導入されるので、シャワープレート８１１は、ガス導入部８０６の、酸化処理空間内に酸素ガスを限定的に導入するための部分が設けられた領域（「酸素ガス導入領域」とも呼ぶ）と言える。

なお、一例としてシャワープレート８１１を設けない場合は、酸素ガスは、酸素導入経路８１２から酸化処理空間８１０内に限定的に導入されるので、領域８０１ｂが酸素ガス導入領域となる。

本実施形態では、酸素ガス導入領域、筒部材８０５、および基板ホルダ８０４（基板保持面８０４ａ）により、酸化処理空間８１０が形成されると言える。

[0052] また、筒部材８０５は、図１２に示すように、該筒部材８０５の開口部８０５ｂ内に基板ホルダ８０４が挿入された場合、延在部８０５ａと基板ホルダ８０４の少なくとも一部（載置部８０４ｂ）との間に間隙８１５が形成されるように設けられている。すなわち、筒部材８０５は、酸化処理空間８１０の形成時において、基板保持面８０４ａを囲み、かつ基板保持面８０４ａが形成された載置部８０４ｂと延在部８０５ａとの間に間隙８１５が設けられるように構成されている。よって、ガス導入部８０６から酸化処理空間８１０内に導入された酸素ガスは、間隙８１５を通して酸化処理空間８１０から該酸化処理空間８１０の外部空間８１４に排気される。酸化処理空間８１０から間隙８１５を介して外部空間８１４へと排気された酸素ガスは、真空ポンプ８０２により処理容器８０１から排気される。

[0053] 基板ホルダ駆動部８０９は、基板保持面８０４ａが筒部材８０５の内部に収容されるように基板ホルダ８０４を矢印方向Ｐにおいて移動させ、基板保持面８０４ａ（載置部８０４ｂ）が開口部８０５ｂに挿入された所定の位置で基板ホルダ８０４の移動を停止する。このようにして、図１２に示すように、間隙８１５のみにより外部空間８１４と連通する酸化処理空間８１０が形成される。このとき、酸化処理空間８１０は、シャワープレート８１１と、延在部８０５ａと、基板ホルダ８０４（基板保持面８０４ａ）とにより形

成される。よって、本実施形態においては、本発明の囲み部は、シャワープレート８１１、および延在部８０５ａである。よって、筒部材８０５は、酸化処理時において、ガス導入部８０６により導入された酸素ガスが処理容器８０１内の酸化処理空間８１０内に限定的に導入されるように、該酸化処理空間８１０をシャワープレート８１１と基板ホルダ８０４（基板保持面８０４ａ）と共に区画するための囲み部材である。

なお、上述のように一例としてシャワープレート８１１を設けない場合は、酸化処理空間８１０は、領域８０１ｂと、延在部８０５ａと、基板ホルダ８０４とにより形成されるので、この場合は、本発明の囲み部は、処理容器８０１の内壁の一部である領域８０１ｂ、および延在部８０５ａである。

[0054] なお、本実施形態では、基板ホルダ駆動部８０９により基板ホルダ８０４と筒部材８０５との相対位置を変化させて酸化処理空間８１０を形成可能にすることが重要であり、そのために、基板ホルダ駆動部８０９を、基板ホルダ８０４を一軸方向である矢印方向Ｐにおいて移動可能に構成している。しかしながら、この構成に限定されず、少なくとも酸化処理時には基板保持面８０４ａを筒部材８０５の内部に位置させて酸化処理空間８１０を形成でき、かつそれ以外（例えば、基板搬送時）には、基板保持面８０４ａを筒部材８０５の外部に位置させることができれば、いずれの構成を採用しても良い。例えば、基板ホルダ８０４を固定し、筒部材８０５およびガス導入部８０６をユニット化し、該ユニットを、ユニット化された筒部材８０５およびガス導入部８０６を基板ホルダ８０４に近づけることによって酸化処理空間８１０を形成するように構成しても良い。あるいは、基板ホルダ８０４を、筒部材８０５の左右方向にもスライド移動可能に構成し、酸化処理空間８１０の形成時以外には、基板ホルダ８０４が開口部８０５ｂに対向しない位置に移動させるように構成しても良い。

[0055] 本実施形態では、基板保持面８０４ａの形状は円状であり、筒部材８０５の、延在部８０５ａの延在方向と垂直に切断した断面は、基板保持面８０４ａ（載置部８０４ｂ）の外形と相似形状である。すなわち、上記断面は円状

である。また、酸化処理空間８１０の形成時において、シャワープレート８１１と基板保持面８０４ａとは対向し、かつ間隙８１５もシャワープレート８１１と対向している。このとき、間隙８１５の大きさを基板保持面８０４ａの周方向において同一にすることが好ましい。このように構成することで、基板保持面８０４ａの周方向に形成される間隙８１５の全てにおいて排気コンダクタンスを同一の値にすることができる。すなわち、酸化処理空間８１０からの排気口として機能する間隙８１５の全周囲において均一に排気することができる。よって、酸化処理空間８１０の形成時において基板ホルダ８０４に載置された基板８０３の表面における酸素圧力を均一にすることができ、ＲＡ分布を向上させることができる。

[0056] また、本実施形態では、基板ホルダ駆動部８０９は、基板ホルダ８０４を筒部材８０５の内部において、延在部８０５ａの延在方向に沿って移動させるように構成されている。すなわち、基板ホルダ駆動部８０９は、筒部材８０５の内部において、基板ホルダ８０４を酸素ガス導入領域としてのシャワープレート８１１に近づける方向、およびシャワープレート８１１から遠ざかる方向に移動させることができる。

[0057] また、本実施形態では、基板保持面８０４ａを有し、基板ホルダ８０４の、間隙８１５を形成する領域である載置部８０４ｂは、間隙８１５が延在部８０５ａの延在方向に沿って同一の大きさとなるように構成されている。すなわち、延在部８０５ａの延在方向に沿って筒部材８０５の径は一定であり、かつ載置部８０４ｂの上記延在方向に沿った径も一定であり、筒部材８０５の内部において、基板ホルダ８０４の、延在部８０５ａと最も近い部分である載置部８０４ｂを、シャワープレート８１１に近づける方向、および遠ざける方向に移動させても、間隙８１５における酸化処理空間８１０からのガスの排気コンダクタンスが変化しないように、基板ホルダ８０４および筒部材８０５は構成されている。よって、基板ホルダ８０４を筒部材８０５の内部において移動させても、酸化処理空間８１０から酸素ガスを同様に排気することができ、処理制御の複雑化を低減することができる。

[0058] さらに、本実施形態では、筒部材８０５の内壁部に、例えば電解研磨処理や化学研磨処理を施して滑らかにすることが好ましい。すなわち、本実施形態では、筒部材８０５の内壁は平坦化されている。このように筒部材８０５の内壁において、面粗さを低減することにより、筒部材８０５の内壁に対する酸素ガスの吸着、および該内壁に吸着した酸素ガスの放出を低減することができる。また、筒部材８０５の内壁表面に、酸素ガスが吸着しないような膜（例えば、酸化被膜など不動態膜）をコーティングすることも好ましい。このように、筒部材８０５の内壁表面に不動態膜を形成することにより、該内壁表面への酸素の吸着を低減することができる。例えば、筒部材８０５をＡｌとし、筒部材８０５の内側に対して上記化学研磨を行うと、筒部材８０５の内壁面を平坦化すると共に、酸化被膜を形成することができる。平坦化による効果と共に、該酸化被膜により、筒部材８０５への酸素の吸着を低減することができる。

[0059] また、本実施形態によれば、処理容器８０１の内部に、該処理容器８０１の内壁により区画される空間よりも小さい空間（酸化処理空間８１０）を形成し、該酸化処理空間８１０を区画する一部を基板保持面８０４ａとし、該酸化処理空間８１０に基板保持面８０４ａに保持された基板８０３を曝している。そして、該酸化処理空間８１０内に限定的に酸素ガスを供給して基板８０３の酸化処理を行う。このとき、筒部材８０５と基板ホルダ８０４との間に形成された間隙８１５により酸化処理空間８１０の排気を行っている。このように、本実施形態では、酸化処理の際に、処理容器８０１の限られた空間（酸化処理空間８１０）にのみ酸素ガスを供給し、酸化処理を行っているので、酸化処理のために酸素ガスが充満される空間が所定の圧力になるまでの時間を低減することができ、また排気にかかる時間も低減することができる。このため、酸化装置５０７と搬送室５０５の間で基板の搬送を行う際に、真空度の高い搬送室５０５への酸素ガスの流出を抑制することができ、より高品質の薄膜を成膜することが可能となる。

[0060] また、処理容器８０１の内部に該処理容器８０１の内壁により区画される

空間よりも小さい空間（酸化処理空間８１０）を形成し、その中で酸化処理を行っているので、従来に比べて酸化処理が行われる空間を区画する部材の表面積を大幅に小さくすることができる。従って、酸化処理が行われる酸化処理空間８１０を形成する筒部材８０５に付着する酸素の付着量を低減することができ、排気後において、筒部材８０５の内壁から放出されてしまう酸素の量を大幅に低減することができる。この点も搬送室５０５の高真空度を維持する点で有利である。

[0061] さらに、処理容器８０１の内部に、該処理容器８０１の内壁とは別個の部材である筒部材８０５を用いて酸化処理空間８１０を区画しているので、酸化処理空間８１０の形状を自由に設定することができる。よって、酸化処理空間８１０の、基板８０３（基板保持面８０４ａ）の表面と平行に切断した断面形状を、基板８０３（基板保持面８０４ａ）の外形と相似形状にすることができる。従来では、処理容器が円筒状である場合において、基板（基板保持面）の外形が四角形である場合、酸化処理が行われる空間の、基板（基板保持面）の表面と平行に切断した断面は円形となり、基板（基板保持面）の外形とは異なる。これに対して、本実施形態では、例えば、処理容器８０１が円筒状であり、基板８０３（基板保持面８０４ａ）の外形が四角形である場合、その断面が四角形となる筒部材８０５を処理容器８０１の内部に取り付けることにより、酸化処理空間８１０の断面形状を基板８０３（基板保持面８０４ａ）の外形と相似形状にすることができる。このように、酸化処理空間８１０の断面形状と基板８０３（基板保持面８０４ａ）の外形とを相似形状にすれば、基板８０３（基板保持面８０４ａ）の周方向において間隙８１５の幅を同一にすることができ、排気コンダクタンスを同一にすることができる。よって、基板８０３表面の酸化分布を低減することができる。

[0062] このように本実施形態に係る酸化装置を用いることにより、基板の酸化処理に必要な酸素導入量を低減することができ、また所定の酸化処理が行われた後に酸素ガスを速やかに排気することが可能となる。このため、酸化装置５０８および５１１から搬送装置５０５に流出する酸素ガスの流量を低減す

ることができ、搬送装置５０５をより高真空に維持することが可能となる。

[0063] （第９の実施形態）

本発明に係る基板処理システムにおいては、良質なトンネルバリア層を形成するために、より真空度の高い搬送装置５０５に酸化装置５０８が接続されている。しかしながら、真空度の高い搬送装置５０５に酸化装置５０８を接続した場合、酸化装置５０８から流出した酸素ガスにより搬送装置５０５内の酸素圧力が向上する可能性がある。このような問題は、特にスループット向上の観点から酸化装置５０８内における酸化処理後に酸化装置５０８内を十分に排気できない場合に生じ得る。

[0064] 搬送装置５０５内の酸素圧力が上がると、スパッタ装置５０７にて薄膜を形成後に他の処理装置に基板を搬送する際に、薄膜界面に酸素が吸着し、あるいは意図しない酸化が生じ、デバイス特性を劣化させうる。特に、デバイスを構成する薄膜のうち、より清浄な雰囲気が求められる薄膜について、搬送装置５０５に接続された処理装置を用いて処理を行っているため、このような薄膜界面の酸素への曝露は極力低減されることが望ましい。

[0065] 本実施形態では、基板が各処理装置間を搬送装置５０５を介して搬送される際に、基板が搬送装置５０５に滞在する時間を搬送装置５０３に比して短くすることで、薄膜界面が酸素に曝露される時間（酸素ガスへの曝露量）を低減している。本実施形態に係る基板処理システムを図６に示す。本実施形態に係る装置では、搬送装置５０３に設けられるロボットアーム５２７は２つであるのに対して、搬送装置５０５に設けられるロボットアーム５２８は１つとなっている。従来の装置では、単位時間あたりに処理可能な基板の枚数を増やすために搬送装置に設けられるロボットアームを２つ以上とし、基板処理システム内に滞在可能な基板の数を増やしていた。しかし、このような基板処理システムでは、ロボットアームが１つの場合に比べて搬送装置５０３および搬送装置５０５における基板の滞在時間が長くなる傾向にある。ロボットアームが２つ設けられた搬送装置を例として説明すると、第１の処理装置で基板処理が終了した後、２つのロボットアームの第１アームにより

該第１の処理装置から第２の基板が搬出される。そして２つのロボットアームの第２アームで保持していた第１の基板を該第１の処理装置に搬入する。次に、第２アームを、第２の基板が次に搬入されるべき第２の処理装置の前で待機させる。第２の処理装置に在る第３の基板の処理が終了した後に、第３の基板を第２アームによって搬出する。そして第１アームに保持している第２の基板を第２の処理装置に搬入する。

このような搬送方法によれば、各処理装置で処理が終了した基板は、次の処理装置で処理されている基板の処理が終了するまで、搬送装置の該処理装置の前で待機することになる。この待機中に基板最表面に形成された薄膜表面は搬送装置内の酸素ガスに曝露されることになる。

[0066] 本実施形態では、搬送装置５０３に設けられたロボットアーム５２７は２つであるのに対し、搬送装置５０５に設けられたロボットアーム５２８は１つとなっている。ロボットアームが１つである場合、各処理装置で処理が終了した基板は、次の処理装置にすぐに搬入される。もしくは次の処理装置で基板が処理中の場合は、該基板の処理が終了し、該基板をその次の処理装置に搬入した後に、基板の搬送が行われる。従って、基板が搬送装置内で待機する時間を無くし、基板が搬送装置内に滞在する時間を極力短縮することができる。

また搬送装置５０３にはロボットアームが２つ設けられているため、搬送装置５０３に接続された処理装置における基板処理時間と、搬送装置５０５に接続された処理装置における基板処理時間とを調整することで、スループットの低下を抑制しつつ、搬送装置５０５における基板の滞在時間を短縮することが可能となる。

[0067] （第１０の実施形態）

上述した第９の実施形態では、搬送装置５０３に設ける搬送手段としてのロボットアームを２つ以上とし、搬送装置５０５に設ける搬送手段としてのロボットアームを１つとすることで、スループットの低下を抑制しつつ、搬送装置５０５における基板の滞在時間を低減した。

これに対して本実施形態では搬送装置５０５に設けられるロボットアームを２つ以上とした上で、搬送装置５０５における基板の滞在時間を低減することを目的とする。

[0068] なお、本実施形態の説明では、第９の実施形態において説明した２つのロボットアームを用いた場合の搬送方法については第１のモード、１つのロボットアームを用いた場合の搬送方法については第２のモードと呼称する。本実施形態では、搬送装置５０５に設けられたロボットアームで基板を搬送する際に、第１のモードと第２のモードとを切り替えることを特徴とする。

搬送装置５０５に接続された各処理装置において基板が処理されるが、各々の処理が終了して基板が搬送装置５０５に搬出される際の基板の最表面が、比較的酸素による影響が小さい処理も存在しうる。このような酸素による影響が小さい状態の基板を搬送装置５０５にて待機させたとしても素子に及ぼす影響は小さい。本実施形態では、搬送装置５０５に搬送された基板のうち、酸素による影響が比較的小さい状態においては第１のモードで搬送し、その後に酸素による影響が大きい膜が基板の最表面に形成されてからは第２のモードに移行することを特徴とする。

[0069] 以下、非特許文献２に示される多層膜を本実施形態に係る基板処理システム８５０を用いて製造する例を用いて具体的に説明する。

まず、基板処理システム８５０に搬入された基板は搬送装置５０３に接続されたエッチング装置５０６にて、表面に付着した不純物等を除去する。次に搬送装置５０５に搬送され、スパッタ装置５０７Ｂに搬入される。スパッタ装置５０７ＢではＲｕＣｏＦｅおよびＴａからなるシード層が形成され、基板表面を平坦化する。次に、スパッタ装置５０７Ｃに搬入され、磁化自由層であるＣｏＦｅＢ層およびその後の酸化処理によりトンネルバリア層となるＭｇ層が形成される。このとき、載置室５０４Ａまたは５０４Ｂからスパッタ装置５０７Ｂへの搬送、およびスパッタ装置５０７Ｂからスパッタ装置５０７Ｃへの搬送については、エッチング後の基板表面およびシード層表面が酸化による影響が小さいため、第１のモードで基板の搬送を行う。

基板にＭｇ層が形成された後、基板は酸化装置５０８に搬入され、酸化処理が施されることでトンネルバリア層が形成される。その後、スパッタ装置５０７Ｄに搬入されて磁化固定層であるＦｅ層およびＣｏＦｅＢ層が形成される。次にスパッタ装置５０７Ｅに搬送され、Ｔａ層、Ｃｏ層およびＰｔ層が形成される。その後、基板は載置室５０４Ａまたは５０４Ｂを経由して搬送装置５０３に搬送され、Ｐｔ層以降の膜がスパッタ装置５０７Ａ、５０７Ｆ、５０７Ｇにより形成される。この製造工程において、酸化処理が施されてトンネルバリア層となるＭｇ層や、トンネルバリア層であるＭｇＯ層、磁化固定層であるＣｏＦｅＢ層の表面が多量の酸素ガスに曝露されると、トンネルバリア層の品質が劣化し、あるいは磁化固定層における磁気特性が劣化する。従って、スパッタ装置５０７Ｃから酸化装置５０８に搬送される場合、酸化装置５０８からスパッタ装置５０７Ｄに搬送される場合、およびスパッタ装置５０７Ｄからスパッタ装置５０７Ｅに搬送される場合は、搬送装置５０５における滞在時間が短くなる第２のモードで搬送されることが望ましい。なお、第２のモードで搬送する場合、ある処理装置から次の処理装置への搬送の際には、該次の処理装置に基板が在ってはならない。従って、次の処理装置を空けるためにさらに次の処理装置を空ける必要がある。従って、第２のモードに切り替わった後は、基板が載置室５０４Ａまたは５０４Ｂに搬送されるまで第２のモードで搬送されることになる。

なお、上述の例ではＭｇ層およびＭｇＯ層、ＣｏＦｅＢ層の表面が搬送装置５０５内の雰囲気に晒される場合について説明したが、非特許文献２に示されるようなＴＭＲ素子においては、トンネルバリア層の膜質およびそれに接する磁化自由層および磁化固定層の磁気特性が非常に重要となる。従ってこれらの膜が搬送装置５０５内の雰囲気に曝露される時間を短くするように第１のモードと第２のモードとの切り替えタイミングは決定される。

[0070] 図１３を用いて本発明の一実施形態に係る製造装置を動作させるための制御装置について説明する。制御装置は主制御部９００を備え、主制御部９００に具備された記憶装置９０１には、本発明に係る種々の基板処理プロセス

を実行する制御プログラムが格納されている。例えば、制御プログラムは、マスクＲＯＭとして実装される。あるいは、ハードディスクドライブ（ＨＤＤ）などにより構成される記憶装置９０１に、外部の記録媒体やネットワークを介して制御プログラムをインストールすることも可能である。主制御部９００は、各処理装置、各搬送装置、載置室およびＬＬ室の各々の間に設けられるゲートバルブの開閉動作や、搬送装置に設けられた搬送手段を制御する。その他に、各装置に設けられた排気装置やガス導入手段等も制御し得る。

請求の範囲

[請求項1] 外部との基板の搬入出を行うためのロードロック装置と、

前記ロードロック装置と接続され、少なくとも１つの基板処理装置が接続された第１基板搬送装置と、

前記第１基板搬送装置に設けられた第１排気手段と、

前記第１基板搬送装置と接続され、複数の基板処理装置が接続された第２基板搬送装置と、

前記第２基板搬送装置に設けられた第２排気手段とを備え、

前記第２基板搬送装置に接続された複数の基板処理装置のうち少なくとも１つは酸化装置であることを特徴とするトンネル磁気抵抗素子の製造装置。

[請求項2] 前記第１基板搬送装置と前記第２基板搬送装置の間には基板載置室が設けられていることを特徴とする請求項１に記載の製造装置。

[請求項3] 前記第２基板搬送装置には、酸化装置が複数接続されていることを特徴とする請求項１に記載の製造装置。

[請求項4] 前記基板載置室にはクライオポンプが設けられていることを特徴とする請求項２に記載の製造装置。

[請求項5] 前記複数の酸化装置のうち少なくとも１つは、前記基板載置室に隣り合わせて前記第２基板搬送装置に接続されることを特徴とする請求項３に記載の製造装置。

[請求項6] 前記第１基板搬送装置に接続された少なくとも１つの基板処理装置のうち少なくとも１つはスパッタ装置であり、

前記スパッタ装置は前記第１基板搬送装置と接続している側と反対の側に排気室を備え、

前記スパッタ装置は前記基板載置室と隣接して前記第１基板搬送装置に接続されていることを特徴とする請求項５に記載の製造装置。

[請求項7] 前記基板載置室と前記第２基板搬送装置との間に設けられた第１ゲートバルブと、

前記第２基板搬送装置と前記酸化装置との間に設けられた第２ゲートバルブと、

制御部と、を備え、

前記制御部は、前記酸化装置において前記基板の酸化処理が終了した後に、前記第１ゲートバルブが閉じられていることを確認し、前記第１ゲートバルブが閉じられている状態で前記第２ゲートバルブを開放することを特徴とする請求項１に記載の製造装置。

[請求項8] 前記制御部は、前記第１ゲートバルブおよび前記第２ゲートバルブの一方が開放されている間は、前記第１ゲートバルブおよび前記第２ゲートバルブの他方を開放しないことを特徴とする請求項７に記載の製造装置。

[請求項9] 前記第２基板搬送装置に接続された複数の基板処理装置のうち少なくとも１つはスパッタリング装置であり、

前記スパッタリング装置内には酸素ガスに対するゲッタ効果を有する物質を含む構成部材が設けられていることを特徴とする請求項１に記載の製造装置。

[請求項10] 前記第２基板搬送装置に接続された複数の基板処理装置のうち少なくとも１つはスパッタリング装置であり、

前記スパッタリング装置内にはＲＦカソードが設けられていることを特徴とする請求項１に記載の製造装置。

[請求項11] 前記酸素ゲッタ効果を有する物質はＴｉまたはＴａであることを特徴とする請求項９に記載の製造装置。

[請求項12] 前記第２基板搬送装置内の真空度が前記第１基板搬送装置内の真空度よりも高いことを特徴とする請求項１に記載の製造装置。

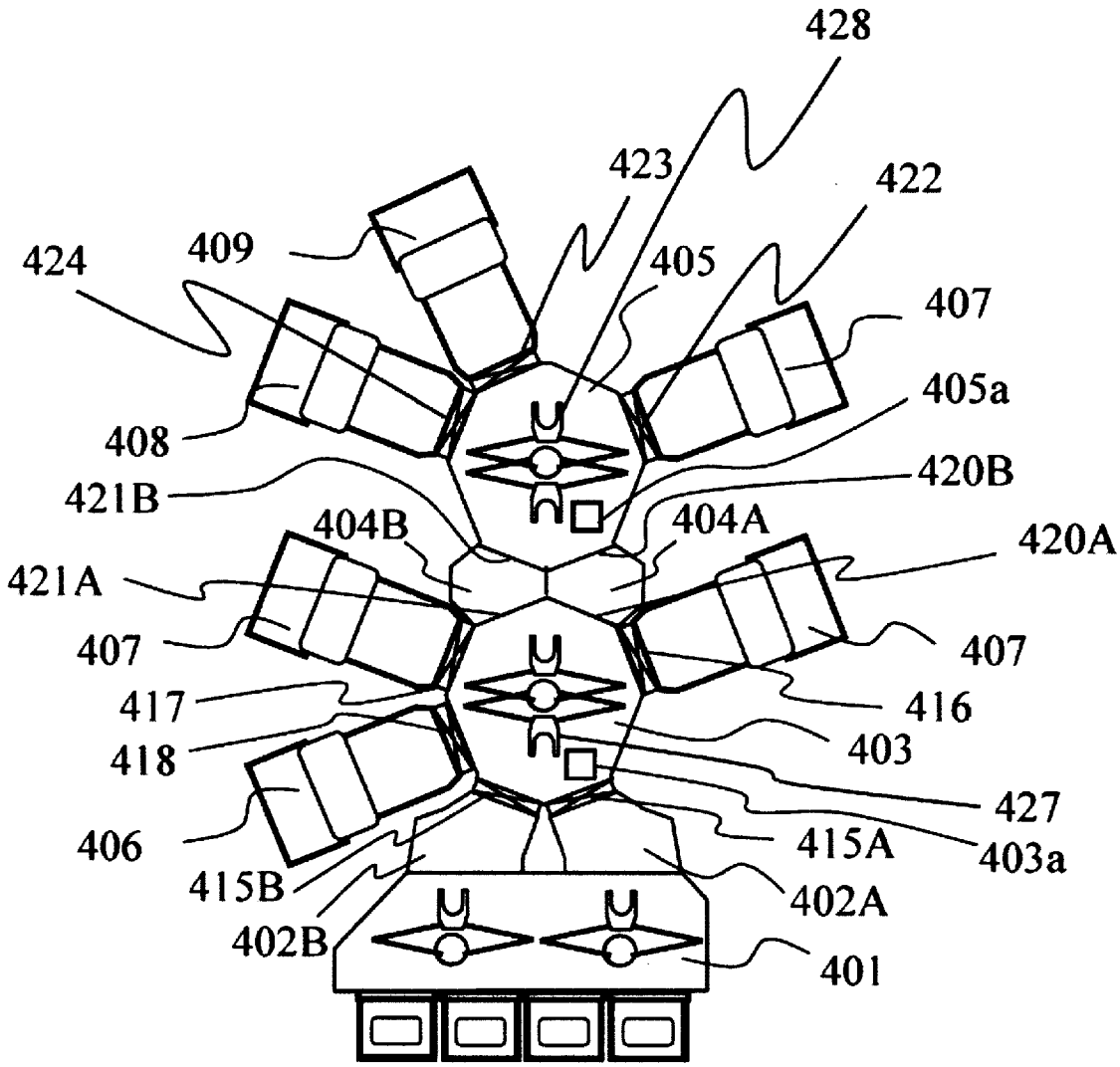
[請求項13] 前記第２基板搬送装置に接続された複数の基板処理装置のうちの少なくとも１つは加熱処理装置であることを特徴とする請求項１に記載の製造装置。

[請求項14] 前記第１基板搬送装置は、基板を搬送するための搬送手段を２つ以

上有し、

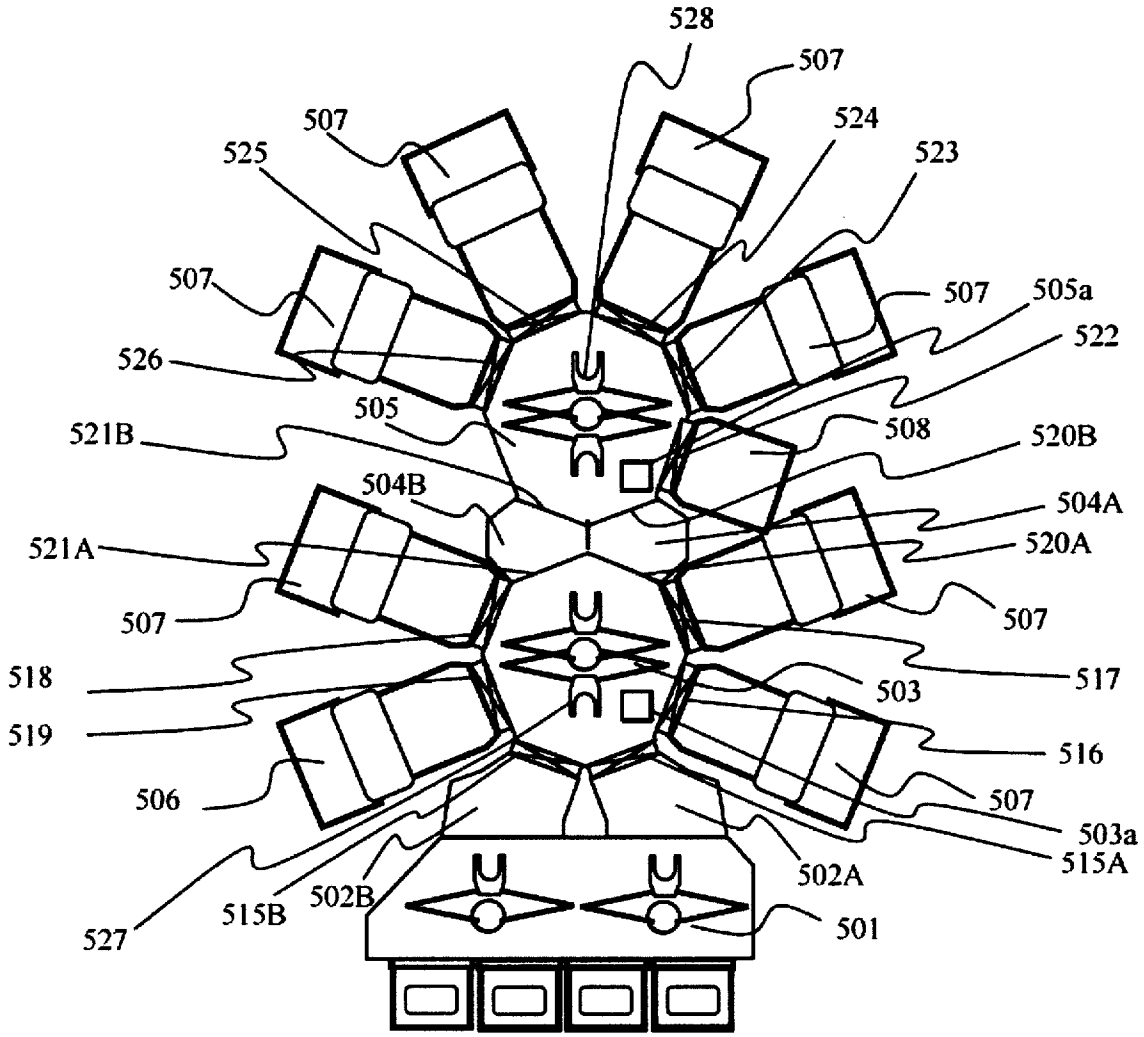
前記第２基板搬送装置は、基板を搬送するための搬送手段を少なくとも１つ以上有することを特徴とする請求項１に記載の製造装置。

[図1]

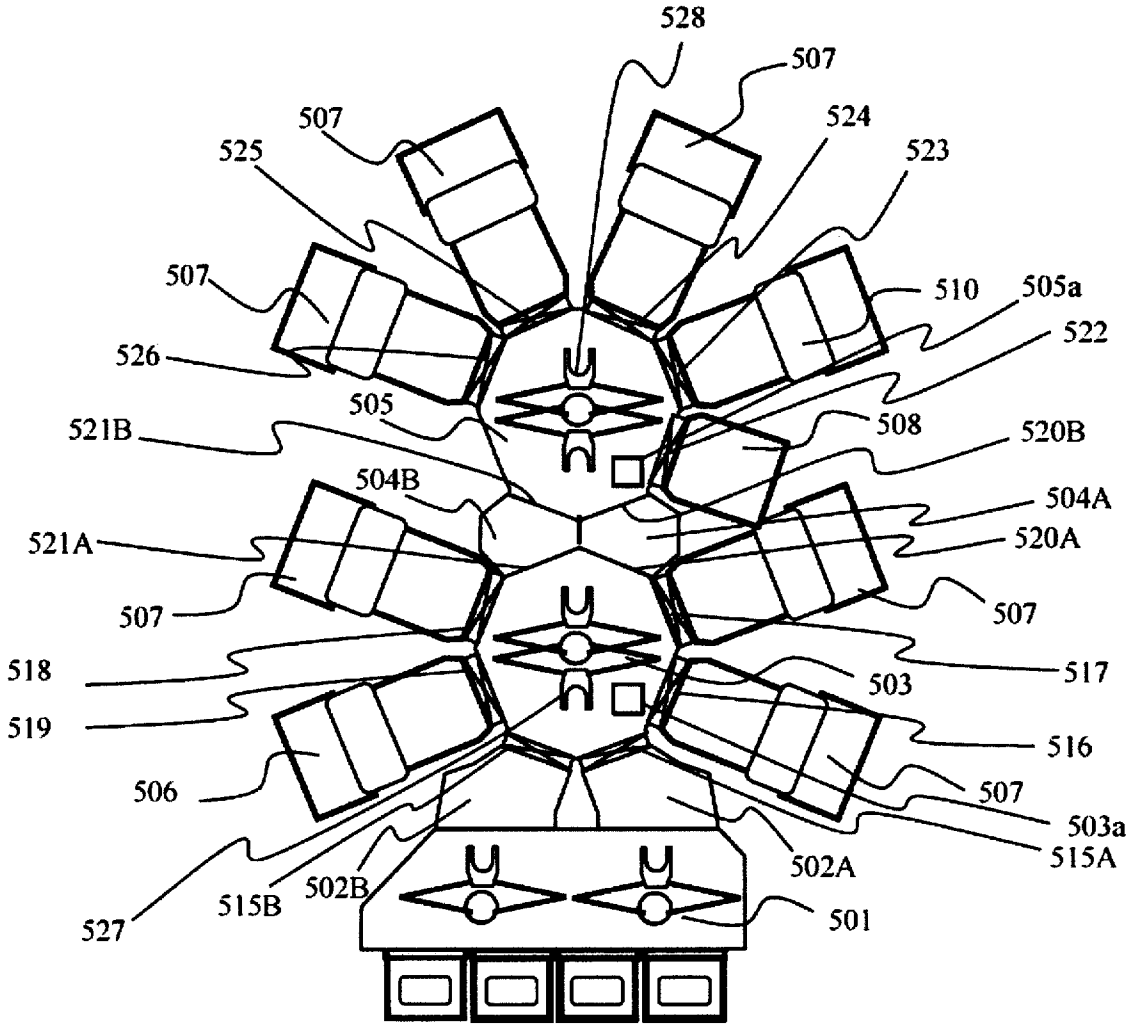

428
423
422
424
409
405
407
405a
408
420B
421B
404B
404A
420A
421A
407
407
417
416
403
418
427
406
415A
403a
415B
402A
402B
401

400

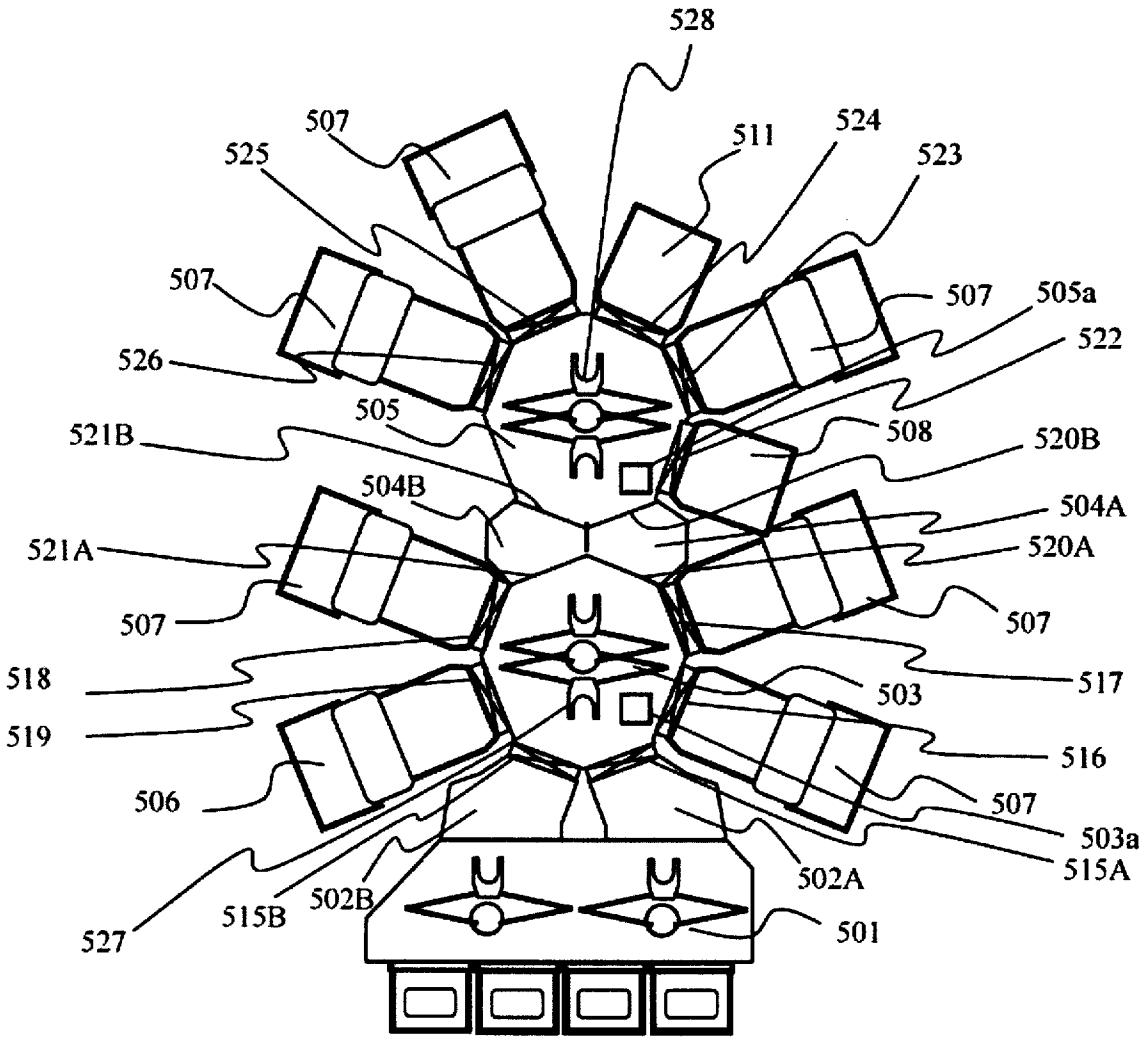
[図2]


528
507
507
524
525
523
507
507
505a
526
522
505
508
521B
520B
504B
504A
521A
520A
507
507
518
517
503
519
516
506
507
503a
515A
502A
527
515B
502B
501
500

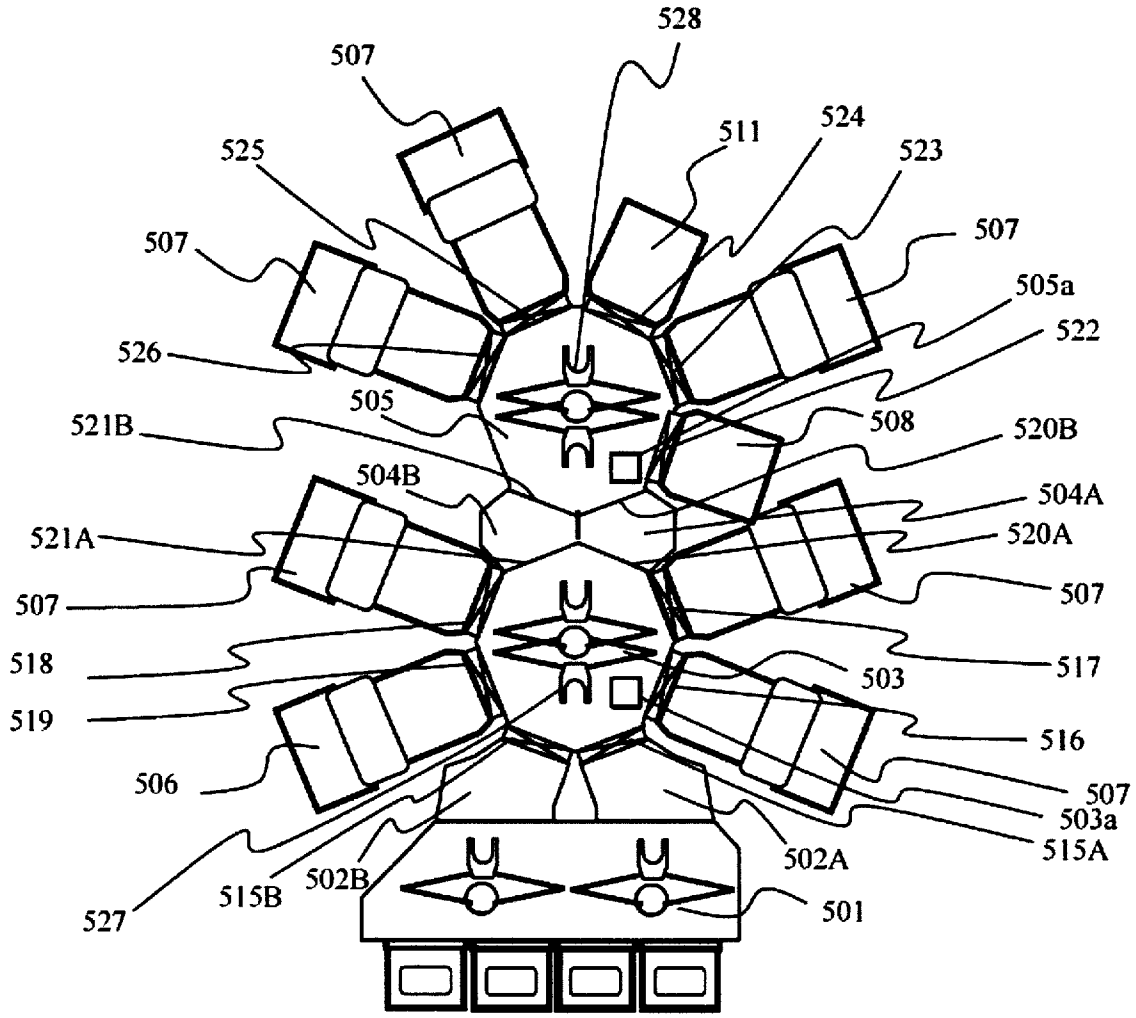
[図3]


528
507
507
524
525
523
507
510
505a
522
526
505
508
521B
520B
504B
504A
521A
520A
507
507
518
517
503
519
516
506
507
503a
515A
502A
527
515B
502B
501
530

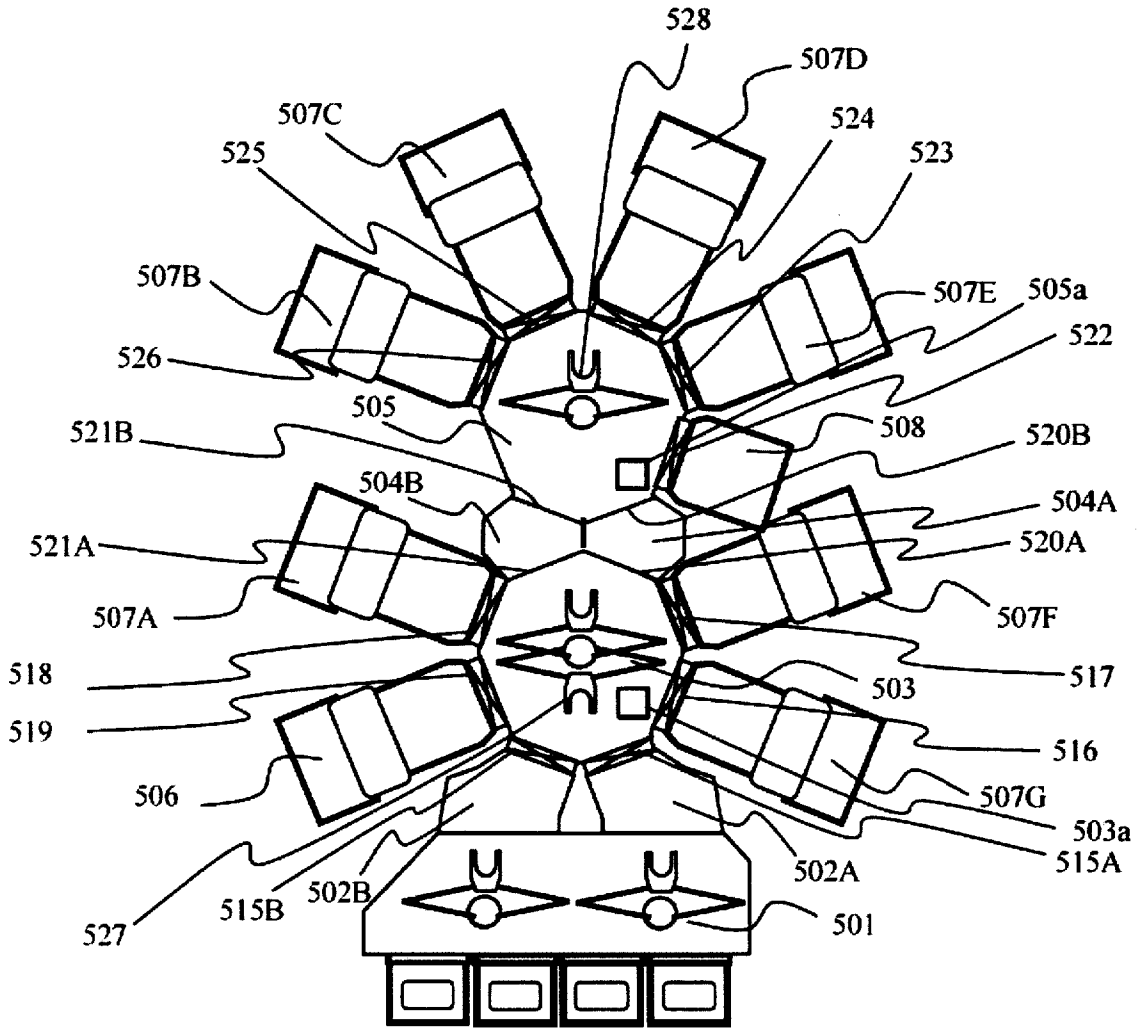
[図4]


528
507
525
511
524
523
507
507
505a
526
522
505
508
521B
520B
504B
504A
521A
520A
507
507
518
517
503
519
516
506
507
503a
515A
502A
502B
515B
527
501
600

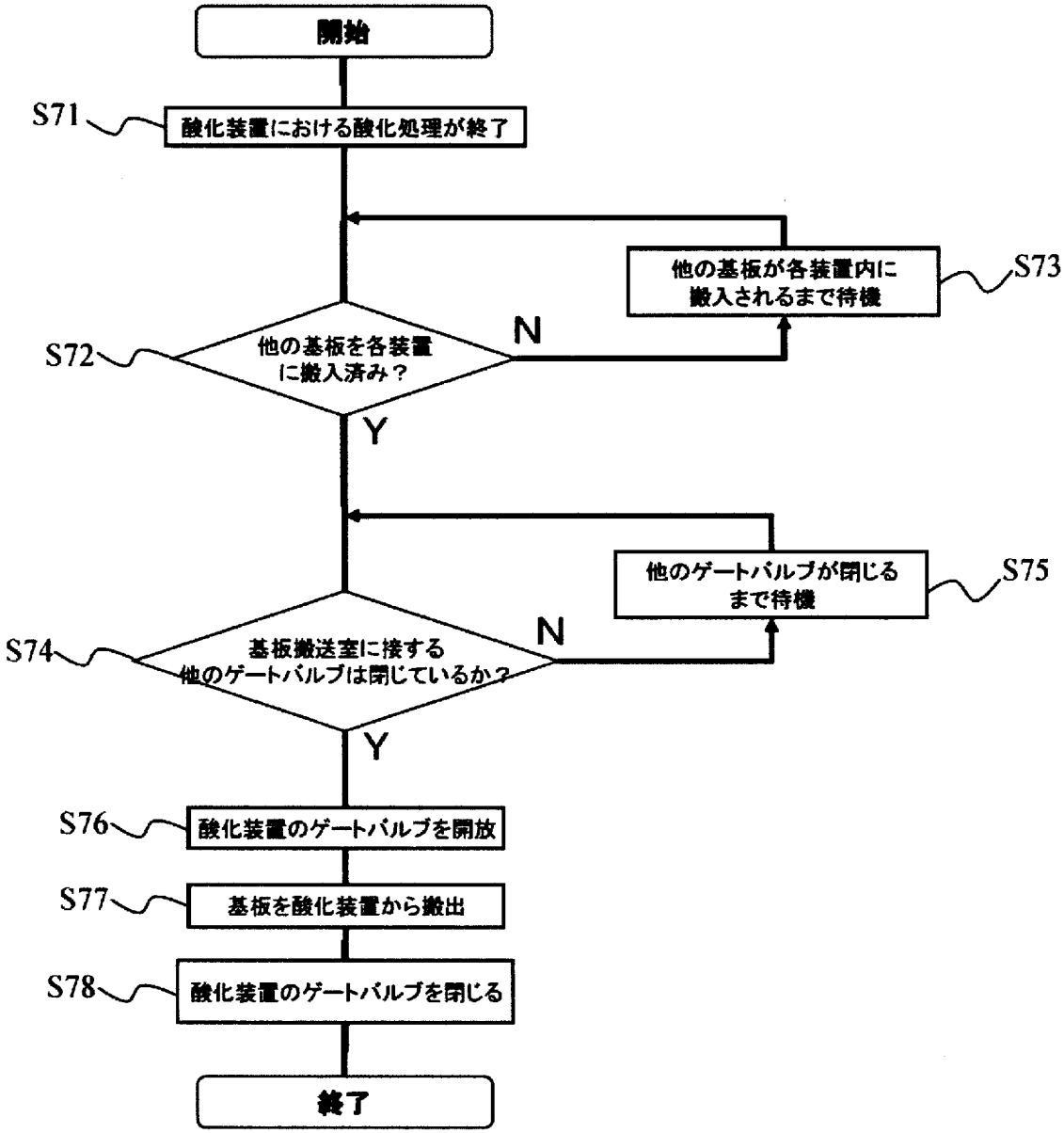
[図5]


528
507
511
524
525
523
507
507
505a
526
522
505
521B
508
520B
504B
504A
521A
520A
507
507
518
517
503
519
516
506
507
503a
515A
502A
527
515B
502B
501
700

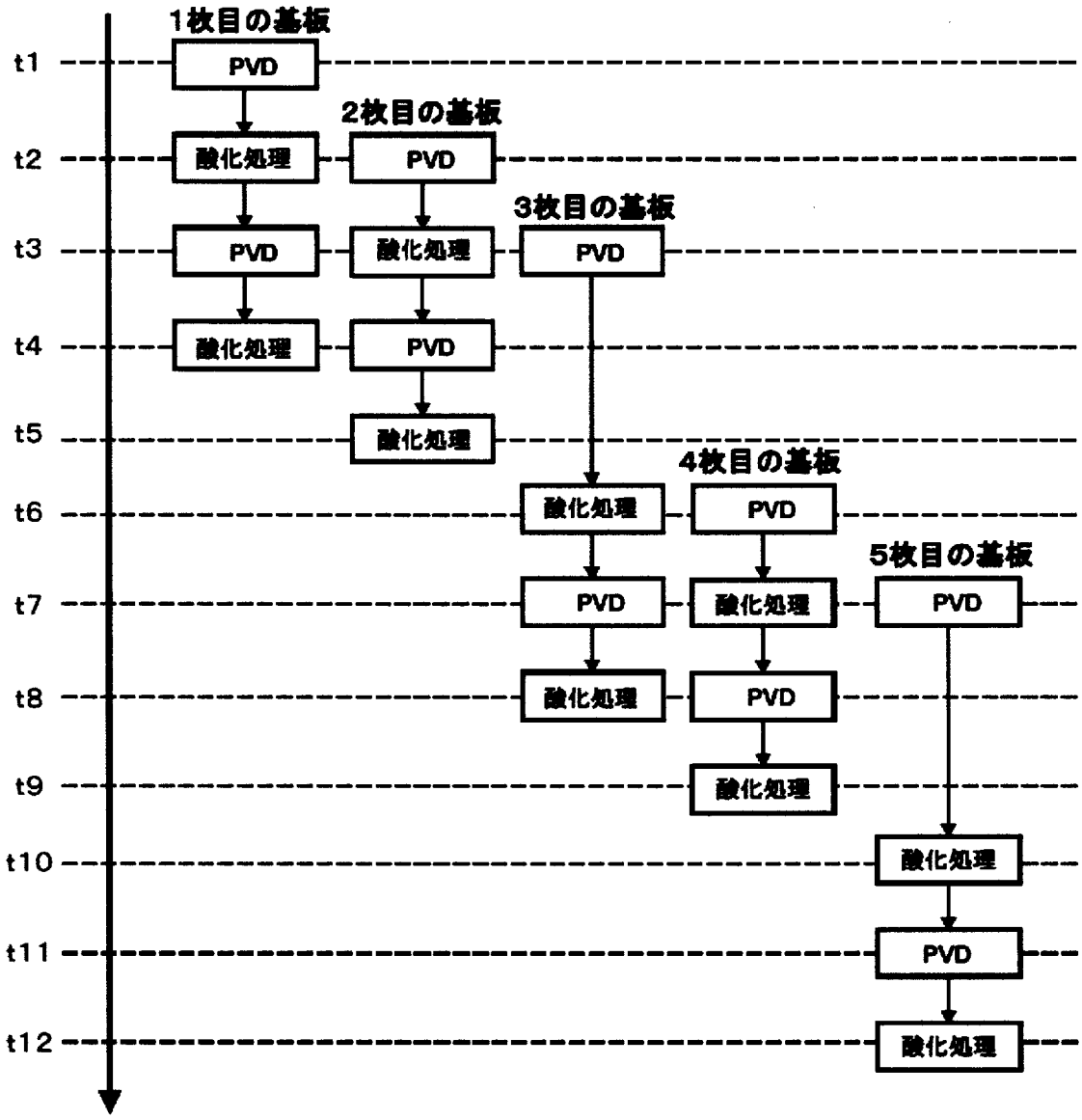
[図6]


528
507D
507C
524
525
523
507B
507E
505a
522
526
505
508
521B
520B
504B
504A
521A
520A
507A
507F
518
517
503
519
516
506
507G
503a
502A
515A
527
515B
502B
501
850

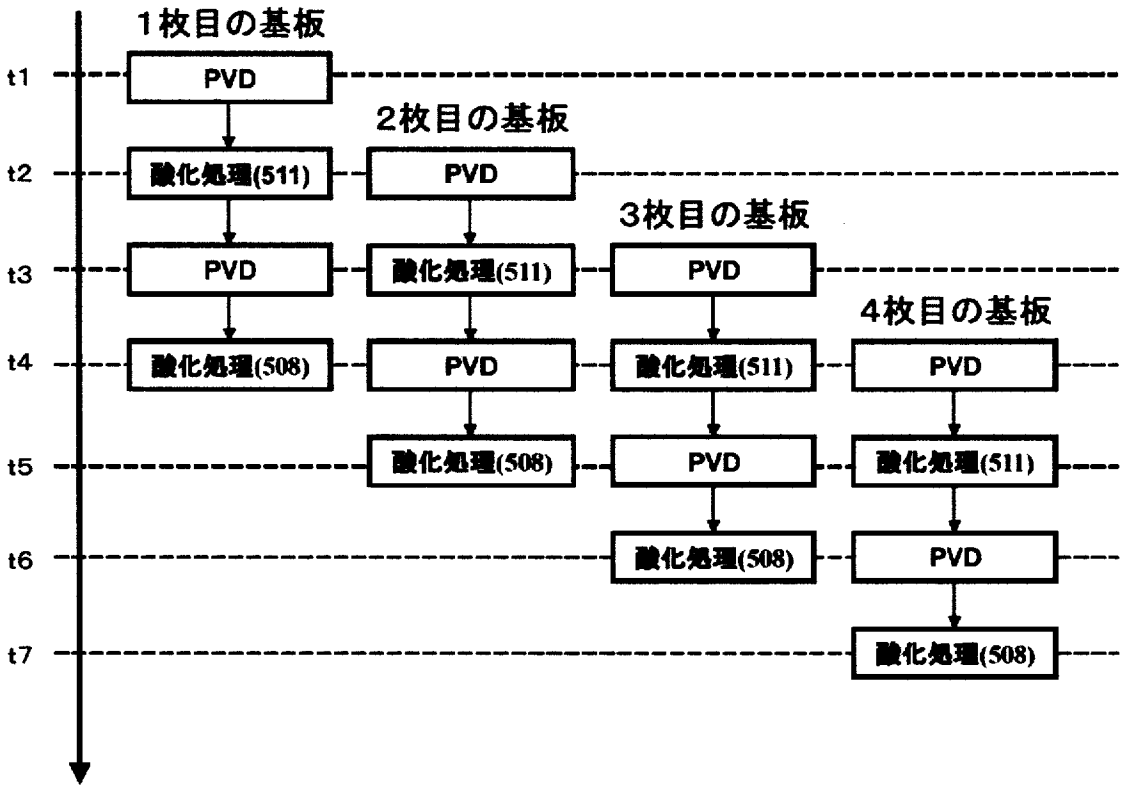
[図7]


開始
S71
酸化装置における酸化処理が終了
他の基板が各装置内に搬入されるまで待機
S73
S72
他の基板を各装置に搬入済み？
N
Y
他のゲートバルブが閉じるまで待機
S75
S74
基板搬送室に接する他のゲートバルブは閉じているか？
N
Y
S76
酸化装置のゲートバルブを開放
S77
基板を酸化装置から搬出
S78
酸化装置のゲートバルブを閉じる
終了

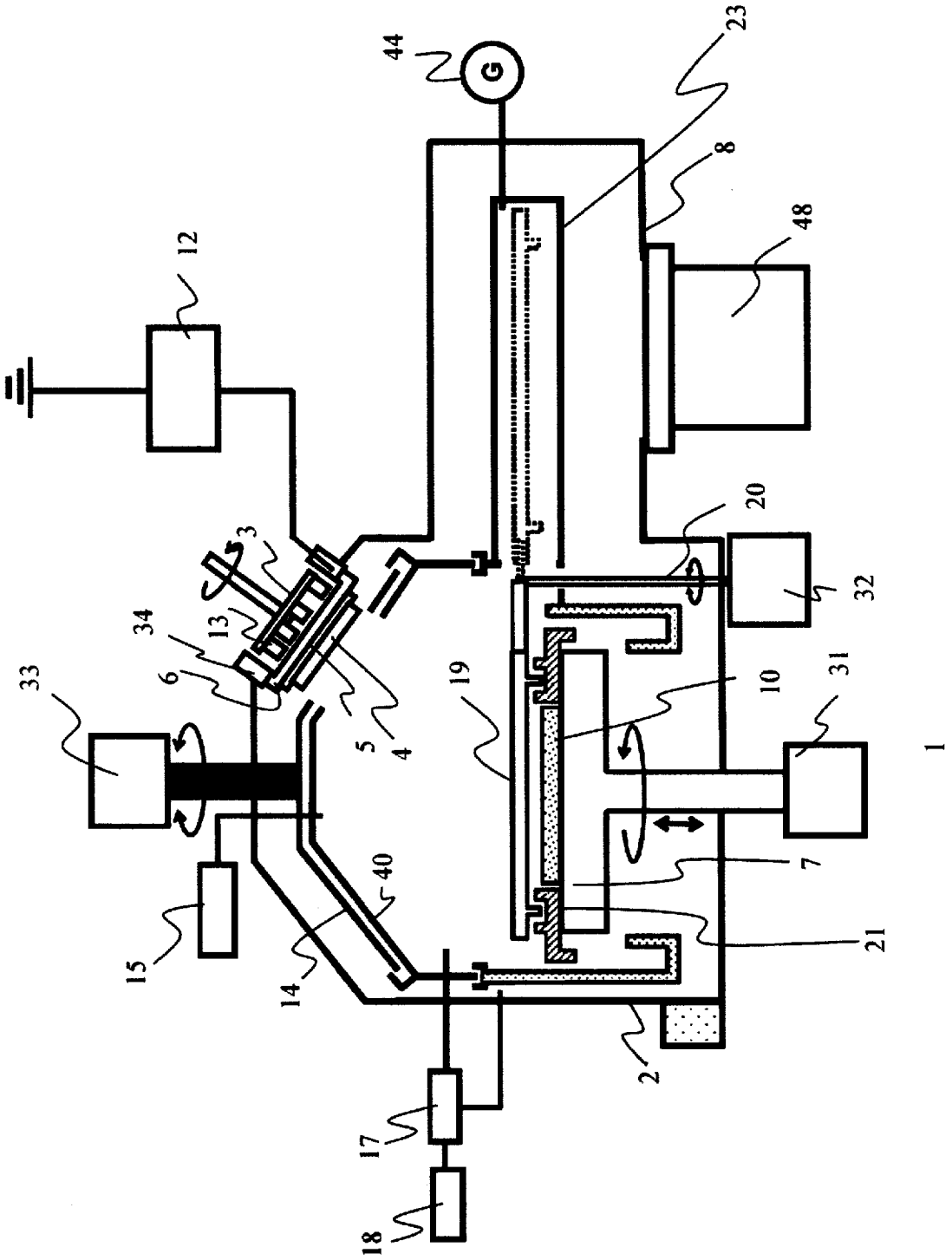
[図8]


1枚目の基板
2枚目の基板
3枚目の基板
4枚目の基板
5枚目の基板
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
t8
t9
t10
t11
t12
PVD
酸化処理

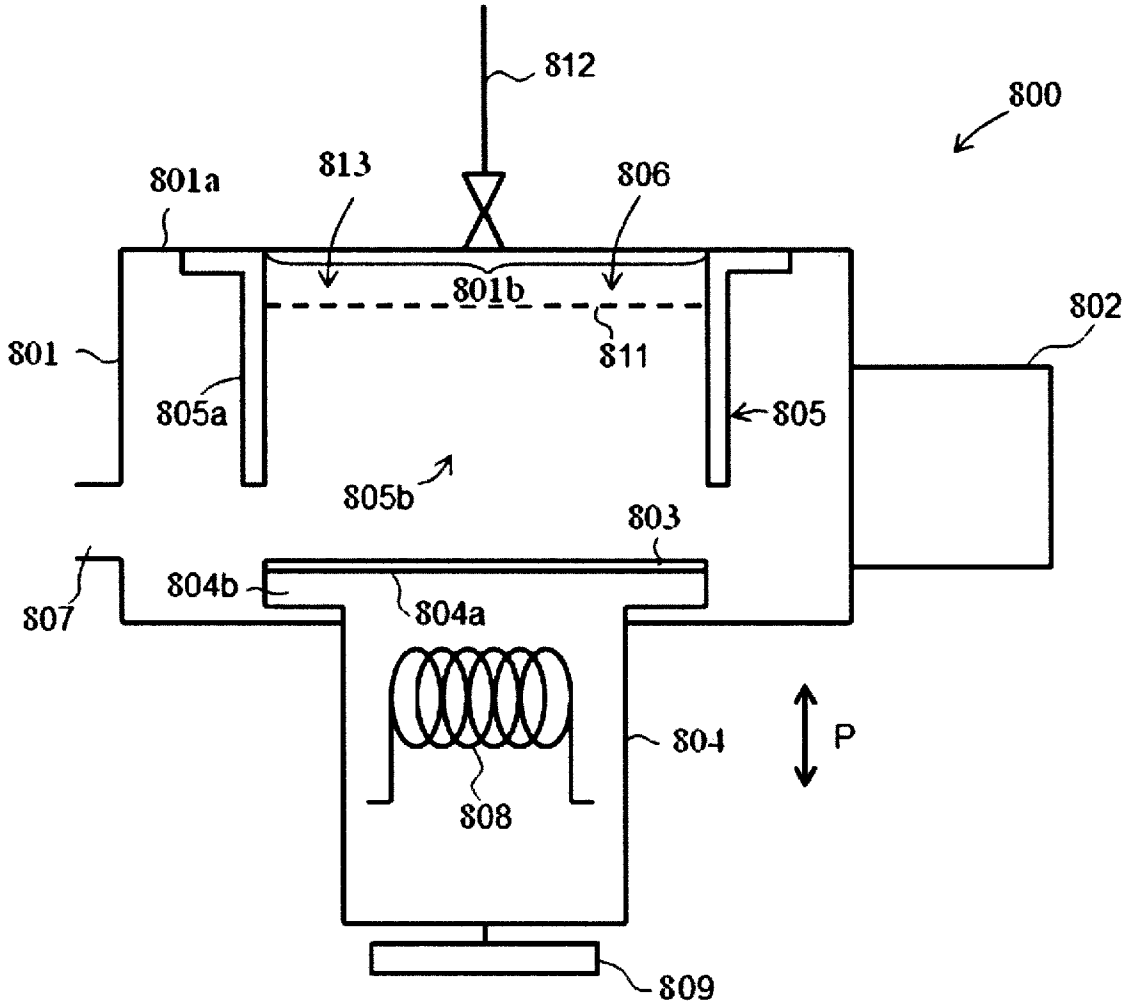
[図9]


1枚目の基板
2枚目の基板
3枚目の基板
4枚目の基板
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
PVD
酸化処理(511)
酸化処理(508)

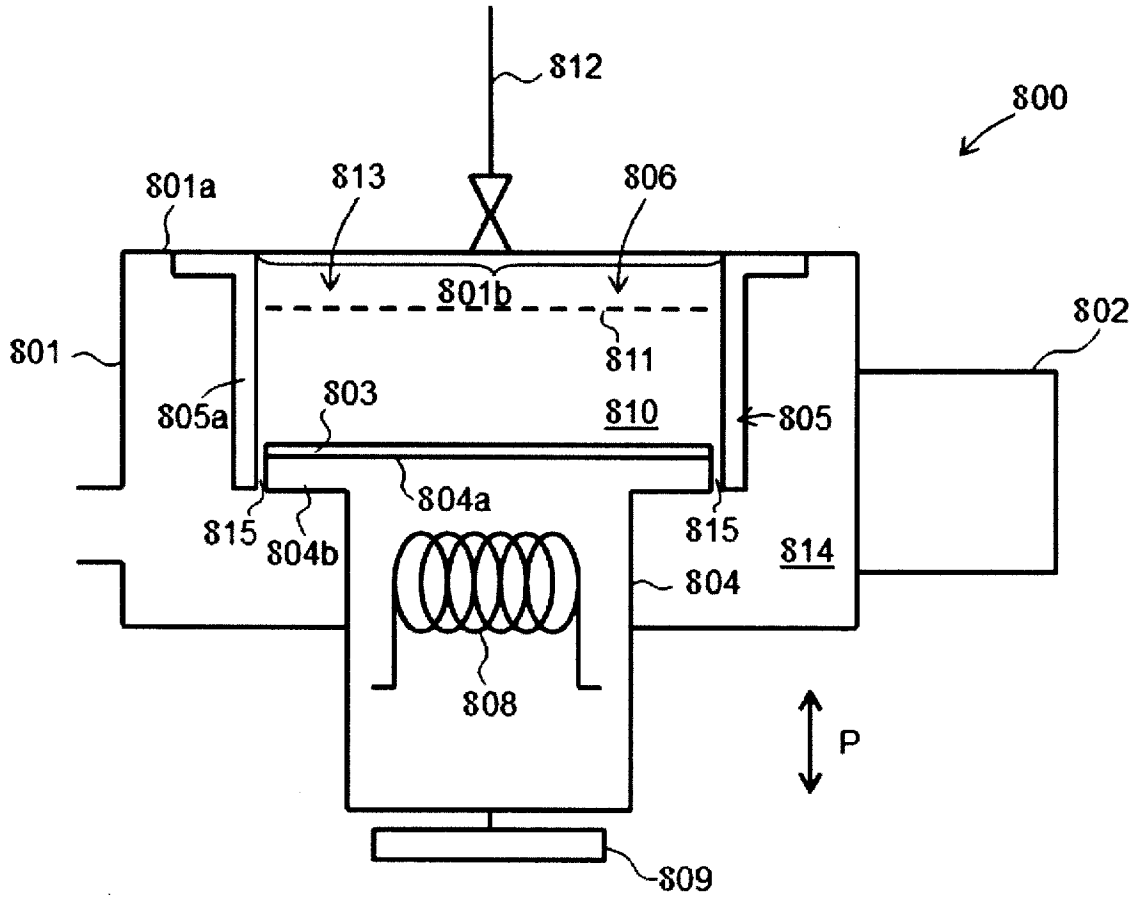
[図10]



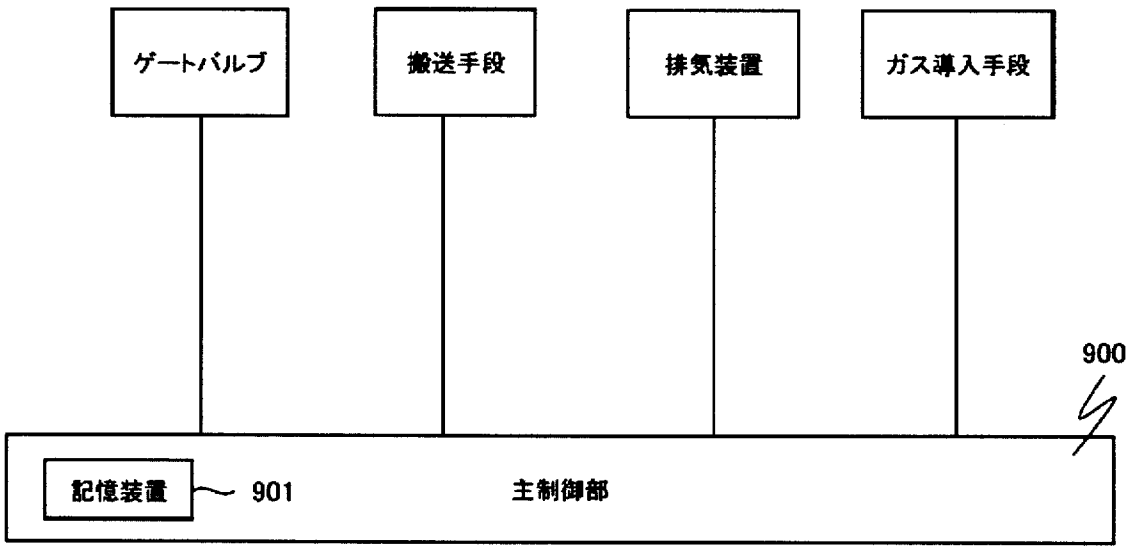
[図11]


812
800
801a
813
806
801b
802
801
811
805a
805
805b
803
807
804b
804a
804
P
808
809

[図12]


812
800
801a
813
806
801b
802
801
811
805a
803
810
805
804a
815
804b
815
814
804
808
P
809

[図13]


ゲートバルブ
搬送手段
排気装置
ガス導入手段
900
記憶装置
901
主制御部

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/003014

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L43/12(2006.01)i, *H01L43/08*(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)
H01L43/12, H01L43/08, G11B5/39, H01L21/67-21/683

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 2003-253439 A (Ulvac, Inc.), 10 September 2003 (10.09.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
Y	WO 2009/060541 A1 (Canon Anelva Corp.), 14 May 2009 (14.05.2009), paragraphs [0067] to [0069]; fig. 15 & US 2010/0215460 A1 & CN 101855717 A	1-14
Y	JP 2011-138844 A (Canon Anelva Corp.), 14 July 2011 (14.07.2011), paragraph [0013] (Family: none)	1-14

☒ 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 05 August, 2013 (05.08.13)	Date of mailing of the international search report 13 August, 2013 (13.08.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/003014

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-171011 A (Ken TAKAHASHI), 14 June 2002 (14.06.2002), paragraphs [0031] to [0033]; fig. 6 (Family: none)	6
Y	JP 50-037352 A (Hitachi, Ltd.), 08 April 1975 (08.04.1975), page 2, upper right column, line 10 to lower right column, line 5; fig. 1 (Family: none)	9,11
Y	WO 2012/086183 A1 (Ulvac, Inc.), 28 June 2012 (28.06.2012), paragraph [0074] & TW 201230425 A	13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／００３０１４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L43/12(2006.01)i, H01L43/08(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L43/12, H01L43/08, G11B5/39, H01L21/67-21/683

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３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 2003-253439 A (株式会社アルバック) 2003.09.10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14
Y	WO 2009/060541 A1 (キヤノンアネルバ株式会社) 2009.05.14, 段落【0067】-【0069】, 図15 & US 2010/0215460 A1 & CN 101855717 A	1-14
Y	JP 2011-138844 A (キヤノンアネルバ株式会社) 2011.07.14, 段落【0013】 (ファミリーなし)	1-14

☑　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	国際調査報告の発送日
０５．０８．２０１３	１３．０８．２０１３

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｆ　３３５３
石坂　博明
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５１６

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
Y	JP 2002-171011 A（高橋　研）2002.06.14，段落【0031】-【0033】，図６（ファミリーなし）	6
Y	JP 50-037352 A（株式会社日立製作所）1975.04.08，第２ページ右上欄第10行-右下欄第５行，第１図（ファミリーなし）	9，11
Y	WO 2012/086183 A1（株式会社アルバック）2012.06.28，段落【0074】& TW 201230425 A	13