(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
2004 年4 月22 日 (22.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/034454 A1

(51) 国際特許分類[7]: H01L 21/31, C23C 16/455

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012786

(22) 国際出願日: 2003 年10 月6 日 (06.10.2003)

(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2002-295323 2002 年10 月8 日 (08.10.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立国際電気 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目１４番２０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 境 正憲 (SAKAI,Masanori) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目１４番２０号 株式会社日立国際電気内 Tokyo (JP). 加賀谷 徹 (KAGAYA,Toru) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目１４番２０号 株式会社日立国際電気内 Tokyo (JP). 嶋 信人 (SHIMA,Nobuhito) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目１４番２０号 株式会社日立国際電気内 Tokyo (JP).

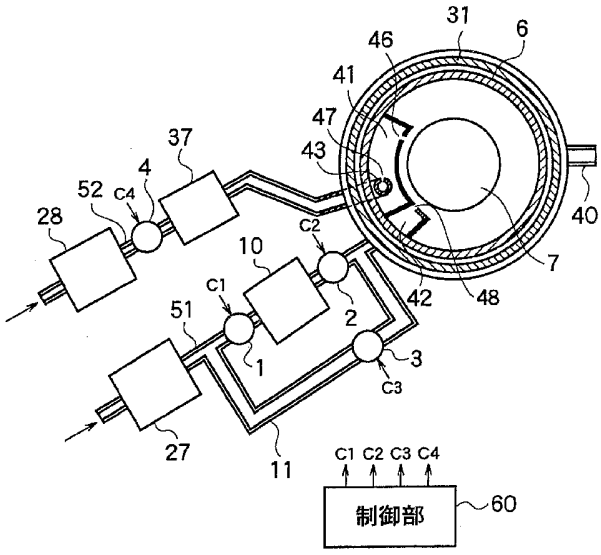
(74) 代理人: 宮本 治彦 (MIYAMOTO,Haruhiko); 〒228-0803 神奈川県 相模原市 相模大野三丁目１９番１３号 アーベイン相模ビル６０２号 Kanagawa (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: SUBSTRATE TREATING APPRATUS

(54) 発明の名称: 基板処理装置



60...CONTROL PART

(57) Abstract: A substrate treating apparatus, comprising a reaction chamber (6) forming a space for treating a substrate (7), and a gas reserving part (10) connected to the reaction chamber (6), having a gas supply pipe for supplying gas for treating the substrate (7) and a gas exhaust pipe for exhausting the gas inside the reaction chamber (6) and reserving gas supplied to the reaction chamber (6), and reserving the gas to be supplied to the reaction chamber (6) midway in the gas supply pipe, and a bypass line (11) bypassing the gas reserving part (10), the gas receiving part (10) being arranged parallel with the bypass line, and a control part (60) supplying the treating gas to the reaction chamber (6) by using either of the gas reserving part (10) and the bypass line (11) when the substrate (7) is treated.

(57) 要約: 本発明の基板処理装置は、基板（７）を処理する空間を形成する反応室（６）と、反応室（６）に接続され、基板（７）の処理用ガスを供給するガス供給配管及び、反応室（６）内を排気するガス排気配管とを有し、ガス供給配管の途中に、反応室（６）に供給するガスを溜めるガス溜め部（１０）と、そのガ

[続葉有]

WO 2004/034454 A1

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

ス溜め部（１０）をバイパスするバイパスライン（１１）とを並設し、基板（６）を処理するとき、ガス溜め部（１０）かバイパスライン（１１）のどちらか一方を使用して処理用ガスを反応室（６）に供給させる制御部（６０）を設けている。

明細書

基板処理装置

技術分野

本発明は基板処理装置に係り、特に成膜に寄与するガスを供給するガス供給構造を改善した基板処理装置に関するものである。

背景技術

基板へのプロセス処理例としてＡＬＤ（Atomic Layer Deposition)法を用いた成膜処理を行う基板処理装置が知られている。この基板処理装置は、ある成膜条件（温度、時間等）の下で、成膜に用いる２種（又はそれ以上）の原料ガスを１種類ずつ交互に反応室内の基板上に供給して、その基板上に１原子層単位で吸着させ、表面反応のみを利用して成膜を行うものである。この場合、原料ガスのガス供給量はガス供給配管に設けたマスフローコントローラ（ＭＦＣ）による流量制御によって行なっている。

気相反応物の交互表面反応に基板を曝すことによって基板上に膜を成長させる場合、各原料ガスの基板表面への吸着が速いほど成膜にかかる時間が少なくて済み、生産性が向上する。一般的に吸着量は圧力×時間に比例している。圧力×時間に当たる量をＬとすると、圧力が高ければ時間が短くても、Ｌが等しければ同じ量、吸着させることが可能である。すなわち、反応室内の圧力を急速に上げれば、原料ガスを短時間で吸着させることが可能ということになる。

そこで、反応室内の圧力を上げるには原料を急速に供給することが必要となる。通常原料ガスの供給は、ＭＦＣを使用するが、ＭＦＣの最大

流量の制限から供給速度が制限されてしまう。

このため、ＭＦＣの下流側のガス供給配管に原料ガスを溜めるガス溜め部を設けることが提案されている。

図６はガス供給配管にガス溜め部を取り付けた例を示す図である。

図６に示すように、ガス溜め部１０の前後のガス供給配管５１に開閉用の第１、第２バルブ１、２をそれぞれ設け、原料ガスの供給の際には、ＭＦＣ２７とガス溜め部１０との間にある第１バルブ１を開けて原料ガスを一旦ガス溜め部１０に溜めてから、ガス溜め部１０と反応室である反応管６との間にある第２バルブ２を開けるという動作を実施する。するとガス溜め部１０と反応管６との間には配管５１と開いた第２バルブ２しかなく、ＭＦＣ２７を通す従来の供給法ではさらにＭＦＣ２７と長い配管５１があることからそれに比べて、経路のコンダクタンスが大きくなり、供給速度が大きくなる。式を用いて説明すると、供給速度、コンダクタンス、圧力の関係式Ｑ＝Ｃ×（Ｐ１－Ｐ２）である。ここでＱは供給速度（Ｐａ・m^3／ｓｅｃ）、Ｃはコンダクタンス（m^3／ｓｅｃ）、Ｐ１、Ｐ２は配管前後の圧力（Ｐａ）を示す。

よって、経路のコンダクタンスが大きくなれば、供給速度も大きくなり、原料ガスを短時間で吸着させることが可能となる。つまり、ガス供給配管に原料ガスを溜めるガス溜め部を設けることにより、反応室内に供給する原料ガスの供給速度を速くすることができるので、原料ガスを短時間で吸着させることが可能となり、成膜時間を短くすることができる。

ＡＬＤ法を用いた基板処理装置は、複数種類例えば２種類の反応性ガスを１種類ずつ交互に基板上に供給して１原子層単位で吸着させ、表面反応を利用して成膜を行うものであり、この工程を１サイクルとする。膜厚制御は、反応性ガス供給のサイクル数で制御する。例えば、成膜速

度が１Å／サイクルとすると、５００Åの膜を形成する場合、処理を５００サイクル行う。つまり、１サイクルで極薄膜を形成し、これを所定サイクル行うことにより、所望の厚さの膜を得ている。

原料ガスを一旦ガス溜め部に溜め、ガス溜め部から速い供給速度で基板上へと供給する、例えば１つの原料ガスの供給口から基板上にその径方向に沿って供給すると、原料ガスの供給口に近い基板の膜厚が厚くなる、つまり局所的に膜が厚くなる部分ができ、周囲の１箇所だけ凸状になる恐れがある。次のサイクルでは、ガス溜め部を使用してガス溜め部から速い供給速度で基板上へと供給すると、局所的に膜が厚くなった部分（凸状部）以外の部分に膜が成膜される。このため、サイクル数が例えば５００であると、局所的に厚くなる部分が分散して、膜厚が均一になる。しかし、薄膜を形成する場合、例えば、サイクル数が６０未満の場合では、局所的に厚くなる部分の分散の程度が悪く、つまり局所的に厚くなる部分が分散する前に成膜が終ってしまい、周囲が凹凸になって膜厚の均一性が悪くなることがあり得る。

そこで、本発明の主な目的は、薄膜を成膜するときの膜厚の均一性を良好にすることができる基板処理装置を提供することにある。

発明の開示

本発明の好ましい態様によれば、基板を処理する空間を形成する反応室と、前記反応室に接続され、前記基板の処理用ガスを供給するガス供給配管及び、前記反応室内を排気するガス排気配管とを有した基板処理装置であって、

前記ガス供給配管の途中に、前記反応室に供給するガスを溜めるガス溜め部と、そのガス溜め部をバイパスするバイパスラインとを並設し、

前記基板を処理するとき、前記ガス溜め部か前記バイパスラインのど

ちらか一方を使用して前記処理用ガスを前記反応室に供給させる制御部を設けた基板処理装置が提供される。

このように構成することにより、ガス溜め部を使用せずに、バイパスラインを使用して処理用ガスを反応室に供給することで、処理用ガスは反応室に急速には供給されず、十分に拡散されるので、膜厚の均一性が良好になる。よって、薄膜を成膜するとき、バイパスラインを使用することにより、薄い膜でも膜厚の均一な膜を成膜することができる。

図面の簡単な説明

図１は、本発明にかかる基板処理装置の反応管の一例を示す模式的な横断面図である。

図２は、本発明にかかる基板処理装置の反応管の一例を示す模式的な縦断面図である。

図３Ａ、図３Ｂは、本発明にかかるノズルと第２バッファ室のガス孔の一例を示す斜視図である。

図４は、ガスの供給位置と基板との関係を示す図である。

図５Ａ、図５Ｂは、基板の状態を示す図であり、図５Ａは平面図、図５Ｂは側面図である。

図６は、先に提案されている基板処理装置の反応管の一例を示す模式的な横断面図である。

実施の形態

次に、本発明の好ましい実施の形態を図面を参照して説明する。

本発明の好ましい実施の形態にておこなった、基板へのプロセス処理例としてＡＬＤ（Atomic Layer Deposition)法を用いた成膜処理につい

て説明する。

図１及び図２は、実施の形態による縦型の基板処理装置の一例を示す図である。図１及び図２を用いて、縦型の基板処理装置の基本構成を説明する。なお、ここでは、基本構成に追加されるガス溜め部１０及びバイパス配管１１の構成を除いて説明してある。

図１及び図２に示すように、ヒータ３１の内側に、被処理基板である例えば直径２００ｍｍのウェーハ（基板）７を処理する反応室を構成する石英製の反応管６が設けられる。反応管６の下端開口はシールキャップ３５により気密に閉塞され、シールキャップ３５にボート３９が立設されて反応管６内に挿入される。ボート３９は、軸受１８に回転自在に軸支されている回転軸１９を介して回転機構２０に連結されており、処理の均一性を向上する為にボート３９（基板７）が回転し得る構造になっている。ボート３９にはバッチ処理される複数の基板７が水平姿勢で管軸方向に多段に積載される。前記ヒータ３１は反応管６内の基板７を所定の温度に加熱するようになっている。

反応管６内に複数種類、ここでは２種類のガスを供給する供給路としての２本のガス供給配管が設けられる。ここでは第１ガス供給配管５１はリモートプラズマユニットを介さないで、また第２ガス供給配管５２はリモートプラズマユニット３７を介して反応管６の一側部にそれぞれ接続されている。したがって反応管６内の複数の基板７に供給されるガスには、プラズマにより励起しないで供給するガスと、プラズマ励起することにより活性種として供給するガスとの２種類がある。第１供給配管５１及び第２供給配管５２には、ＭＦＣ２７、２８がそれぞれ設けられ、第１供給配管５１及び第２供給配管５２に流れるガス流量を制御するようになっている。なお、反応管６の他側部には、反応管６を排気する排気路としてのガス排気配管４０が接続され、ガス排気配管４０には

図示しない真空排気手段としての真空ポンプが接続されている。

リモートプラズマユニット３７は、反応管６内の第２バッファ室４１内にボート３９に沿って立設されたノズル４３に接続される。

第２バッファ室４１は、反応管６の内壁と基板７との間の空間、図示例では反応管６の内壁に沿って円弧状に設けられている。また、第２バッファ室４１は、反応管６の内壁に沿っていると共に、反応管６の内壁の下部より上部までわたって基板７の積載方向に沿って設けられている。第２バッファ室４１の基板７と隣接する壁の端部にはガス供給口としての第２バッファ室孔４６が設けられている。この第２バッファ室孔４６は反応管６（基板７）の中心へ向けて開口している。

そして第２バッファ室４１内の第２バッファ室孔４６が設けられた端部と反対側の端部には、リモートプラズマユニット３７に接続されたノズル４３が、やはり反応管６の下部より上部にわたり基板７の積載方向に沿って配設されている。ノズル４３には複数のノズル孔４７が設けられている。

ノズル４３と第２バッファ室４１には、上述したガスノズル孔４７と第２バッファ室孔４６とが設けられているが、この孔の開口状態の例を図３Ａ、３Ｂにより説明する。

図３Ａは、図１に示されたノズルの斜視図であり、図３Ｂは、同じく図１に示された第２バッファ室４１の斜視図である。

図３Ａに示すノズル４３は、断面が円形のパイプでその側面には、そのノズル４３のほぼ最上部より、第２バッファ室４１の底部に至る位置にまでノズル孔４７が、ガス流の上流側より下流側へ向けて直線的に並んで設けられ、且つその開口面積は、第２ガス供給配管５２から見て上流側（図３Ａ、３Ｂにおいては下方）より下流側（図３Ａ、３Ｂにおいては上方）に向かって大きく形成され、コンダクタンスを変化させて、

上流でも下流でも均等にガスが吹き出されるようになっている。

図３Ｂに示す第２バッファ室４１は、断面が円弧状を有するパイプで、その内側の曲面の端部には、同じ開口面積を有する第２バッファ室孔４６が、基板７の積載方向に沿って直線的に並んで設けられている。

また、第２バッファ室４１と隣接する反応管６の内壁には、図１及び図２に示すように、第１バッファ室４２が設けられている。この第１バッファ室４２の下部には、第１ガス供給配管５１が接続されている。第１バッファ室４２も、第２バッファ室４１と同様に基板７と隣接する位置に同一ピッチで第１バッファ室孔４８を有し、下部には反応ガス導入口を有している。第１バッファ室孔４８の開口面積は、上流でも下流でも均等にガスが吹き出されるように、上流側から下流に向かうに従って大きく形成されている。

また、２種類のガスの流し方、及び基板７の成膜温度を制御する制御部６０が設けられる。制御部６０は、２種類のガスを一種類ずつ交互に繰り返し流すように制御するガス供給制御機能と、ヒータ加熱による成膜温度を制御する温度制御機能とを有している。

次に上述した基本構成の縦型ＡＬＤ装置を用いて成膜する方法を説明する。膜はSi_3N_4膜を形成する。反応ガスはＤＣＳ（SiH_2Cl_2：ジクロルシラン）と、プラズマで活性化したNH_3活性種である。

まず成膜しようとする基板７をボート３９に装填し、反応管６内（以下、単に炉内ともいう）に搬入する。次に基板上にSi_3N_4膜の成膜を行なう。このときの反応管６内温度は、下地膜と密着性がよく界面の欠陥の少ない膜が形成される温度、例えば３５０～６００℃である。この成膜には、NH_3とＤＣＳとを交互に流して１原子層づつ膜を形成するＡＬＤ法を用いる。

まず第２ガス供給配管５２からNH_3を供給する。NH_3はＤＣＳよりも

反応温度が高いため、前記反応管６内温度では反応しない。そこで、NH_3をリモートプラズマユニット３７でプラズマ励起することにより活性種としてから流すようにして、前記反応管６内温度でも反応するようにする。このとき、反応管６内圧力は比較的低い圧力４０～６０Paに維持しつつ、プラズマ励起することにより活性種としたNH_3を５～１２０秒間供給する。反応管６内に流しているのはプラズマ励起することにより活性種としたNH_3だけで、ＤＣＳは存在しない。したがって、プラズマ励起することにより活性種としたNH_3は、気相反応を起こすことなく、基板７上の下地膜に吸着する。

ノズル４３に設けられたノズル孔４７は、ここから第２バッファ室４１に噴出するNH_3の流量が同量となるように、ガス流の上流側より下流側に向かって開口面積が徐々に大きくなるように設けられている。

従って、ノズル孔４７を通過して第２バッファ室４１に噴出するNH_3は、流速において、上流側で速く下流側で遅くなるが、流量においては、全てのノズル孔４７において同一となる。

この第２バッファ室４１に噴出したNH_3は、ここに一旦導入され、第２バッファ室４１の内部の圧力は均一になる。

上述したように第２バッファ室４１に設けられた第２バッファ室孔４６は、全て同一開口面積であるため、基板７へ供給されるNH_3の活性種は、均一な流量、且つ均一な流速で供給されるため、各基板７に対して均一な成膜処理が行われる。

さらに、第２バッファ室孔４６は、多段に載置された基板７の間隔の中間に位置するよう設けることにより、処理用ガスであるNH_3は、積載された各基板７へ充分に供給される。

つぎに第１ガス供給配管５１からＤＣＳを供給する。ＤＣＳは前記反応管６内温度で反応するので、リモートプラズマ３７によるプラズマ励

起の必要はない。このときの反応管６内圧力はNH_3のときよりも高い圧力２６６～９３１Ｐａに昇圧する。ＤＣＳの供給により下地膜上のNH_3とＤＣＳとが表面反応して、Si_3N_4膜が成膜される。

第１バッファ室４２には、ガスの上流より下流に向かって開口面積が徐々に大きくなる第１バッファ室孔４８が反応管６（基板７）の中心に向けて設けられている。この結果、第１バッファ室孔４８より基板７に供給されるＤＣＳは、流速は異なるが、流量は同一の流れとなって、反応管６内へ噴出する。

もちろん、ＤＣＳの供給も第１バッファ室４２の替わりに、NH_3の供給に用いたのと同様のノズル４３と第２バッファ室４１を、もう一組、反応管６内に設置し、ここに設けられた第２バッファ室孔４６よりＤＣＳを供給することとすれば、流量も流速も均一にすることができ好ましい。

しかし、本実施の形態において、ＤＣＳの供給は、ノズル４３と第２バッファ室４１の組合わせよりも簡易的な、第１バッファ室４２を用いて、ガス流量を等しくすれば、基板７において充分均一な成膜処理が可能である。

上述したNH_3とＤＣＳとを交互に流す工程を１サイクルとする。このサイクルを繰り返すことにより、所定厚のSi_3N_4膜が形成される。ＡＬＤ法では、成膜に寄与する２種のガスが同時に気相中に存在しないため、ガスは下地表面に吸着し、下地膜と反応する。このため下地膜との密着性が良い膜が得られ、２種のガスを同時に流すＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）法で成膜するよりも界面の欠陥が減少する。また、複数種類のガスのうちプラズマ励起の必要なNH_3ガスをプラズマ励起することにより活性種として流すようにしたので、プラズマ励起の必要のないＤＣＳガスによる反応温度で成膜できるので、３５０～６００℃とい

う低温で成膜できる。

この基本構成に加えて、本実施の形態の基板処理装置では、第１ガス供給配管５１のＭＦＣ２７の下流側（ＭＦＣ２７と反応管６との間）には、ガスを溜めるガス溜め部１０が設けられている。このガス溜め部１０は、例えば通常の配管よりもガス容量の大きなガスタンク又は螺旋配管などで構成する。

また、第１ガス供給配管５１のＭＦＣ２７の下流側には、ガス溜め部１０をバイパスするバイパスラインであるバイパス配管１１が接続されている。

ガス溜め部１０の近傍の上流側の第１ガス供給配管５１に管路を開閉する第１バルブ１を、下流側の第１ガス供給配管５１に管路を開閉する第２バルブ２をそれぞれ設ける。バイパス配管１１に管路を開閉する第３バルブ３を設ける。

第１、第２、第３バルブ１、２、３を開閉することにより、第１ガス供給配管５１を介して第１の種類のガスとしてのＤＣＳガスをガス溜め部１０に溜めたり、溜めたＤＣＳガスを反応管６に供給できたり、ガス溜め部１０を使用せずにＤＣＳガスをバイパス配管１１を介して反応管６に供給できるようになっている。

また、リモートプラズマユニット３７の近傍の上流側の第２ガス供給配管５２には管路を開閉する第４バルブ４を設け、この第４バルブ４を開閉することにより、第２の種類のガスとしてのNH_3ガスを反応管６に供給したり、供給を止めたりできるようになっている。ガス排気配管４０には管路を開閉及び開度を調整する排気バルブ（図示せず）を設け、この排気バルブを開閉することにより反応管６を排気したり、排気を止めたりできるようになっている。また排気バルブの開度を調整することにより反応管６を所定圧に維持しつつ排気できるようになっている。な

お、排気バルブは、開閉及び開度調整する機能を有する単体のバルブで構成しても、あるいは開閉機能を有するバルブと開度調整機能を有するバルブとの複数のバルブで構成してもよい。

また、第１、第２、第３、第４バルブ１、２、３、４、及びヒータ３１等を制御する制御部６０が設けられる。制御部６０は、排気バルブ及び第１、第２、第３バルブ１、２、３を制御して、ＤＣＳガスを第１ガス供給配管５１に流してガス溜め部１０に溜め、反応管６の排気を止めた状態あるいは排気をしながらガス溜め部１０に溜めたＤＣＳガスを反応管６に供給するか、または、ガス溜め部１０を使用せずに、バイパス配管１１を介してＤＣＳガスを反応管６に供給することにより、反応管６を昇圧状態として基板７をＤＣＳガスに晒す。また、反応管６を排気しつつNH_3ガスをリモートプラズマユニット３７を介して第２ガス供給配管５２より反応管６に供給することにより、NH_3ガスをプラズマ励起することにより得られた活性種に基板７を晒すようになっている。

つぎに、ガス溜め部１０を用いた成膜シーケンスの一例について説明する。

原料ガスとしてＤＣＳ及びNH_3を用いた場合について説明する。NH_3のガス供給配管５２（ライン）はガス溜め部１０がなく、ＤＣＳはガス溜め部１０を有するガス供給配管５１（ライン）を使って供給を行う例で示す。下記の例ではガス溜め部１０がない配管を用いて原料ガスを先に反応管６内に流しているが、ガス溜め部１０を有する配管を使って原料ガスを先に流す方法でも同様である。

まず成膜しようとする基板７をボート３９に装填し、反応管６内に搬入する。搬入後、次の（１）～（４）の動作を１サイクルとして、これを繰り返し実行する。

（１）プラズマ励起の必要なNH_3ガスと、プラズマ励起の必要のない

ＤＣＳガスとを併行して流す。まず第２ガス供給配管５２に設けた第４バルブ４、及びガス排気配管４０に設けた排気バルブを共に開けて、第２ガス供給配管５２からNH_3をリモートプラズマユニット３７でプラズマ励起することにより活性種として第２バッファ室４１を通って、例えば第２バッファ室４１に設けた基板７間隔１枚毎に設けられた第２バッファ室孔４６から基板７上に供給しつつ、ガス排気配管４０から排気する。

NH_3ガスをプラズマ励起することにより活性種として流すときは、ガス排気配管４０からの排気を適正に調整して反応管６内圧力を１０～１００Ｐａとする。ＭＦＣ２８で制御するNH_3の供給流量は１０００～１００００ｓｃｃｍである。基板７をNH_3をプラズマ励起することにより得られた活性種に晒す時間は２～６０秒間である。このときの反応管６内温度は３００～６００℃に設定してある。NH_3は反応温度が高いため、前記反応管６内温度では反応せず、第４バルブ４下流側にリモートプラズマユニット３７でプラズマ励起することにより活性種としてから流すようにしているので、反応管６内温度は設定した低い温度範囲のままで行なえる。

このNH_3をプラズマ励起することにより活性種として供給しているとき、第１ガス供給配管５１の上流側の第１バルブ１を開け、下流側の第２バルブ２を閉めて、ＤＣＳも流すようにする。これによりバルブ１、２間に設けたガス溜め部１０にＤＣＳが供給されて、ガス溜め部１０に所定圧、所定量のＤＣＳが溜まったら第１バルブ１も閉めて、ガス溜め部１０にＤＣＳを閉じ込めておく。ガス溜め部１０内には、圧力が２００００Ｐａ以上になるようにＤＣＳを溜める。また、ガス溜め部１０と反応管６との間のコンダクタンスが１．５×$10^{-3}m^3$／ｓ以上になるように配管系を構成する。また、反応管容積とこれに対する必要なガス溜め

部１０の容積との比として考えると、反応管容積１００１（１００リットル）の場合においては、ガス溜め部容積は１００～３００ｃｃであることが好ましく、容積比としてはガス溜め部１０は反応管容積の１／１０００～３／１０００倍とすることが好ましい。

反応管６内に流しているガスはNH_3をプラズマ励起することにより得られた活性種であり、ＤＣＳは存在しない。したがって、NH_3は気相反応を起こすことはなく、プラズマにより励起され活性種となったNH_3は基板７上の下地膜に吸着する。

ノズル４３から第２バッファ室４１に供給されたNH_3は、第２バッファ室４１に設けられた基板７間隔１枚毎に設けられた第２バッファ室孔４６から基板７上に供給される。

第４バルブ４を閉じてNH_3を反応管６内に流すことを止める。

（２）次に反応管６内、第２バッファ室４１内から残留NH_3の除去を行うが、真空排気手段による排気で、例えば、反応管６内を２０Ｐａ以下に排気し、残留NH_3を反応管６内から排除する。このとき、第２バッファ室４１とリモートプラズマユニット３７との間に不活性ガスでのラインを追加して、不活性ガスによるパージと真空引きを組み合わせるのもガス置換には効果的である。

（３）ガス溜め部１０の下流にある第２バルブ２を開く。これにより、ガス溜め部１０に溜められたＤＣＳが第１バッファ室４２を通って、第１バッファ室４２に設けられた基板７間隔１枚毎に設けられた第１バッファ孔４８から基板７上に一気に供給される。NH_3との反応を促進するためにＤＣＳの分圧が高くなるように反応管６内圧力の調整手段は圧力が高くなるように設定する。

例えば、ＤＣＳの供給により、反応管６内圧力は急激に上昇してNH_3のときよりも高い約２６６～９３１Ｐａまで昇圧される。ＤＣＳの供給

流量は１００～２０００ｃｃである。ＤＣＳを供給するための時間は２～４秒設定し、その後上昇した圧力雰囲気中に晒す時間を２～４秒に設定し、合計６秒とした。このときの反応管６内温度は、NH_3の供給時と同じく、３００～６００℃である。ＤＣＳの供給により、下地膜上のNH3とＤＣＳとが反応して、基板７上にSi_3N_4膜が成膜される。

第２バルブ２を閉じてＤＣＳのガス溜め部１０からの供給を止める。第バルブ２を閉じた後は、次の供給が始まるまでの時間をＤＣＳの溜め時間に当てることができる。（つまり、他の動作実施中、溜め時間のみの動作として余分に時間を取る必要がなく、第１バルブ１を開いてガス溜め部１０へのＤＣＳの供給を開始する。）

（４）次に反応管６内、第１バッファ室４２内から残留ＤＣＳの除去を行うが、真空排気手段による排気で実施し、残留するＤＣＳの成膜に寄与した後のガスを反応管６内から排除する。この際、第１バッファ室４２と第２バルブ２との間に不活性ガスでのラインを追加して、不活性ガスによるパージと真空引きを組み合わせるのもガス置換には効果的である。

これら（１）～（４）の動作を１サイクルとし、このサイクルを複数回繰り返すことにより、基板７上に所定膜厚のSi_3N_4膜を成膜することができる。

このシーケンス中、基板７を載置したボート３９を一定速度で回転させる。これにより、基板７上に一方向から（基板の径方向に沿うと共に基板の表面に沿って）ガスを供給しても、基板７の全面にわたって、より均一な成膜処理が実現される、つまり、膜厚の面内均一性が向上する。本実施の形態例において、基板７の回転速度は、前記１サイクルで１４～３０秒くらいであるが、スループットの観点からは、１０秒程度にすることが好ましい。

１サイクル／１回転であると、原料ガス例えばＤＣＳを供給するとき、毎回基板７の位置が同じである。つまり、基板７は回転しているが、第１バッファ室孔４８からＤＣＳを供給するとき、同じ基板７の一周縁部から基板７に向かってガスが供給される。このようにガスが供給されると、ガス溜め部１０を使用しているため、ガスの供給スピードが速いので、図５Ａ、５Ｂに示すように、第１バッファ室孔４８（ガス供給口）側になった基板端６５の膜厚が狭い幅で厚くなる傾向がある
。

このため、毎回基板７の同じ位置が第１バッファ室孔４８近くにくることがないように回転速度やガスの供給タイミングを微調整するようにすることが好ましい。この微調整は、例えば、図４に示すように、ガスの供給位置Ｐが１サイクル毎に４５°ずれてガスが供給されるように、回転速度を上げたり下げたり、または回転速度を同じにしてガスの供給タイミングをずらしたりして調整する。この微調整で、基板７の一部分だけに第１バッファ室孔４８が向かい合うという状態になることがなくなり、局所的に厚くなる部分を分散させ、均一性を向上させることができる。

しかし、この微調整は、例えば６０サイクル以上の交互供給を必要とする厚い膜を成膜する場合には、有効であるが、６０サイクル未満の薄い膜を成膜する場合には、回転速度とガス供給のタイミングの組み合わせによって基板７の一部分だけに第１バッファ室孔４８が向かい合うという状態にならないようにはできるが、回転回数が少ないため、分散の程度が低く周囲が凸凹になる恐れがある。回転数が少ないほど、すなわち、基板に形成する膜厚が薄い膜ほど凸凹による均一性悪化の可能性が高くなる。なお、ここで６０サイクルを境界にして厚い膜と薄い膜とに分けたが、この数値はあくまでも分りやすくするために挙げた例であ

り、これに限定されるものではない。例えば、１サイクルで膜厚が約１Åの膜が形成される場合には、６０サイクルで６０Åの膜が形成されるが、一般的には１００Å以下の膜厚の膜は薄膜といえる。また、１０００Å以上だと厚膜といえる。

そこで、６０サイクル未満の薄い膜を成膜する場合には、ガス溜め部１０を使用せずに、バイパス配管１１を使用して原料ガス、実施の形態ではＤＣＳを供給するようにする。バイパス配管１１を使用してＤＣＳを供給すると、ガス溜め部１０を使用してガスを供給する場合に比して基板７へのガスの供給スピードが例えば１／５と遅い。ガスがある程度長い時間かけて供給されるので、ガスが分散すると共に、回転する基板７のある狭い一部分のみにガスが集中することなく、広い範囲に分散される。よって、凸凹になる恐れがなくなり、薄膜を成膜する場合でも面内均一性を向上することができる。

したがって、実施の形態の基板処理装置では、薄膜成膜の際にはガス溜め部１０にガスを溜めて供給するのではなく、マスフローコントローラ２７を通して所望の時間ガスを反応管６に供給し得るバイパス配管１１を設けて、６０Å以下の薄膜の成膜時にはバイパス配管１１を、６０Åよりも厚い膜の成膜時にはガス溜め部１０を使うというように、供給路を使い分けることで、薄膜と厚膜両方で膜厚の均一性が良好な膜を成膜することができる。

なお、薄膜を成膜するとき、交互供給の回数（サイクル数）が少なくてすむので、ガス溜め部１０を用いない分、ガス溜め部１０を使用する場合に比して、１サイクル当たり数秒の昇圧時間が余分に必要になるが、トータル的にはあまり時間増加にはなることがない。

また、ガス溜め部１０をタンクとして使用せずに、第１、第２バルブ１，２を開けっぱなしにして、単にガスの通り道、つまり配管としてガ

ス溜め部１０を使用することも考えられるが、ガス溜め部１０を配管として成膜を実施したところ、バイパス配管１１を用いた場合と比較して、膜厚均一性、膜厚再現性が悪い。これは、ガス溜め部１０内にガスが溜まり、よどみが生じ、その後の排気動作でも除去しきれずに、次に流すガスと気相で反応してしまったことが原因と推測される。ガスの供給の後の排気時間を十分長くすることで、この悪化は解消された。しかし、それでは、１サイクル当たり数秒の供給時間延長に加え、排気時間も増加するので、成膜時間の増大を招き好ましくない。よって、バイパス配管１１を設けることが有効である。

本実施の形態では、ガス溜め部１０にＤＣＳを溜めている間に、ＡＬＤ法で必要なステップであるNH_3をプラズマ励起することにより活性種として供給、及び反応管６内排気をしているので、ＤＣＳを溜めるための特別なステップを必要としない。また、反応管６内を排気してNH_3を除去してからＤＣＳを流すので、両者は基板７に向かう途中で反応しない。供給されたＤＣＳは、基板７に吸着しているNH_3とのみ有効に反応させることができる。

なお、上述した実施の形態では、ガス溜め部１０としてガスタンクや螺旋配管を１個設けた場合について説明した。しかし、これに限定されることなく、並列に複数個設けるようにてもよい。また、本発明のガス溜め部１０はガスタンクや螺旋配管に限定されず、ガスを溜めて一気に放出できるものであればいずれの手段であってもよい。例えば、ＤＣＳのガス供給配管を通常よりも太くし、それに応じてＭＦＣの容量を大きくするようにしてもよい。また、ＤＣＳのガス供給配管を複数本にしてもよい。この場合、ＤＣＳ供給源となるボンベの数をガス供給配管の本数に応じて増やしても良い。また、ＤＣＳは蒸気圧が低いので、ボンベを加熱してＤＣＳの気化量を多くするようにしてもよい。さらに、ボン

プで強制的にＤＣＳを反応管６内に送り込むようにしてもよい。

また、上述した実施の形態では、本発明を縦型の基板処理装置について適用しているが、半導体装置の製造方法にも適用することが可能である。この半導体装置の製造方法は、例えば、反応室（反応管）内の排気と反応室への処理用ガスの供給とを行って、反応室内の基板を処理する半導体装置の製造方法において、処理用ガスを流す供給路の途中に処理用ガスを溜めておき、この供給路の途中に溜めた処理用ガスを反応室に供給するか、または、処理用ガスを供給路の途中に溜めることなく反応室に供給して、基板上に成膜するようにしたものとすることができる。これによれば、薄膜を成膜するとき、処理用ガスを供給路の途中に溜めることなく反応室に通常の供給速度で供給して、基板上に十分拡散するようにしたので、成膜される膜の厚さが均一になる。よって、薄膜を成膜するとき、ガスを溜めることなく反応室に供給することにより、薄い膜でも膜厚の均一な膜を成膜することができる。

なお、上述した実施の形態では、反応ガスにリモートプラズマユニットが必要なＤＣＳ、NH_3系を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、リモートプラズマユニットを必要としないガス系にも適用可能である。例えば、ＨＣＤ（Si_3Cl_6）とNH_3とを用いてSi_3N_4膜を形成する場合、両ガス供給配管にガス溜め部を用いることができるので、バイパスラインもそれぞれに設ける。また、Ａｌ（CH_3）$_3$とオゾンO_3とを用いてAl_2O_3膜を形成する場合、Ａｌ（CH_3）$_3$はガス溜め部に溜め、O_3はオゾン発生器から供給する。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明によれば、ガス溜め部と並列に設置したバイパスラインを使用してガスを供給し、薄膜成膜でも膜厚均一性の良好な膜

を得ることができ、膜厚に関わらず均一性の良好な膜を得ることができる。

その結果、本発明は、ＡＬＤ法を用いた基板成膜装置に特に好適に利用できる。

請求の範囲

1．基板を処理する空間を形成する反応室と、

前記反応室に接続され、前記基板の処理用ガスを供給するガス供給配管及び、前記反応室内を排気するガス排気配管とを有した基板処理装置であって、

前記ガス供給配管の途中に、前記反応室に供給するガスを溜めるガス溜め部と、そのガス溜め部をバイパスするバイパスラインとを並設し、

前記基板を処理するとき、前記ガス溜め部か前記バイパスラインのどちらか一方を使用して前記処理用ガスを前記反応室に供給させる制御部を設けたこと特徴とする基板処理装置。

図 1

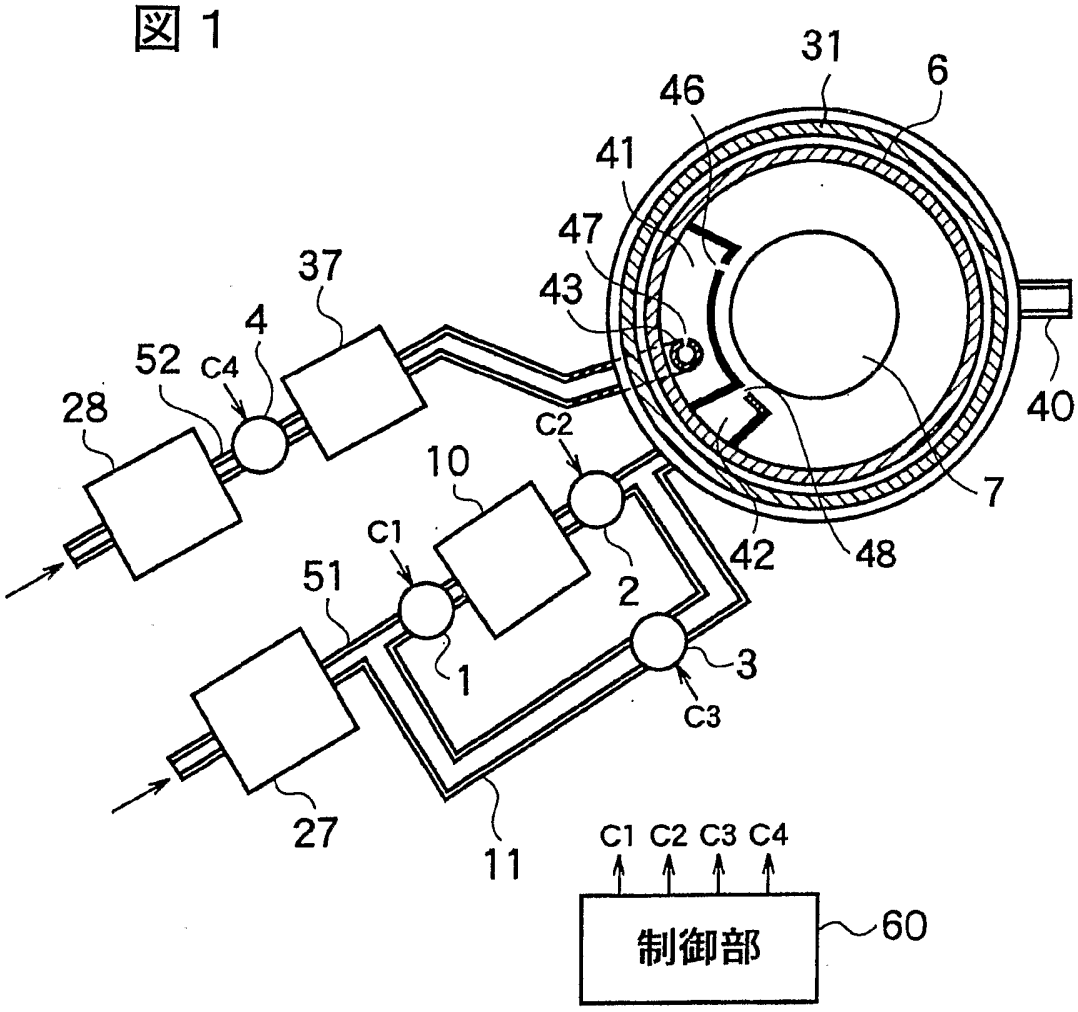

31
6
46
41
47
43
37
4
52
C4
28
C2
10
C1
51
2
1
3
C3
27
11
42
48
7
40
C1 C2 C3 C4
制御部
60

図 2

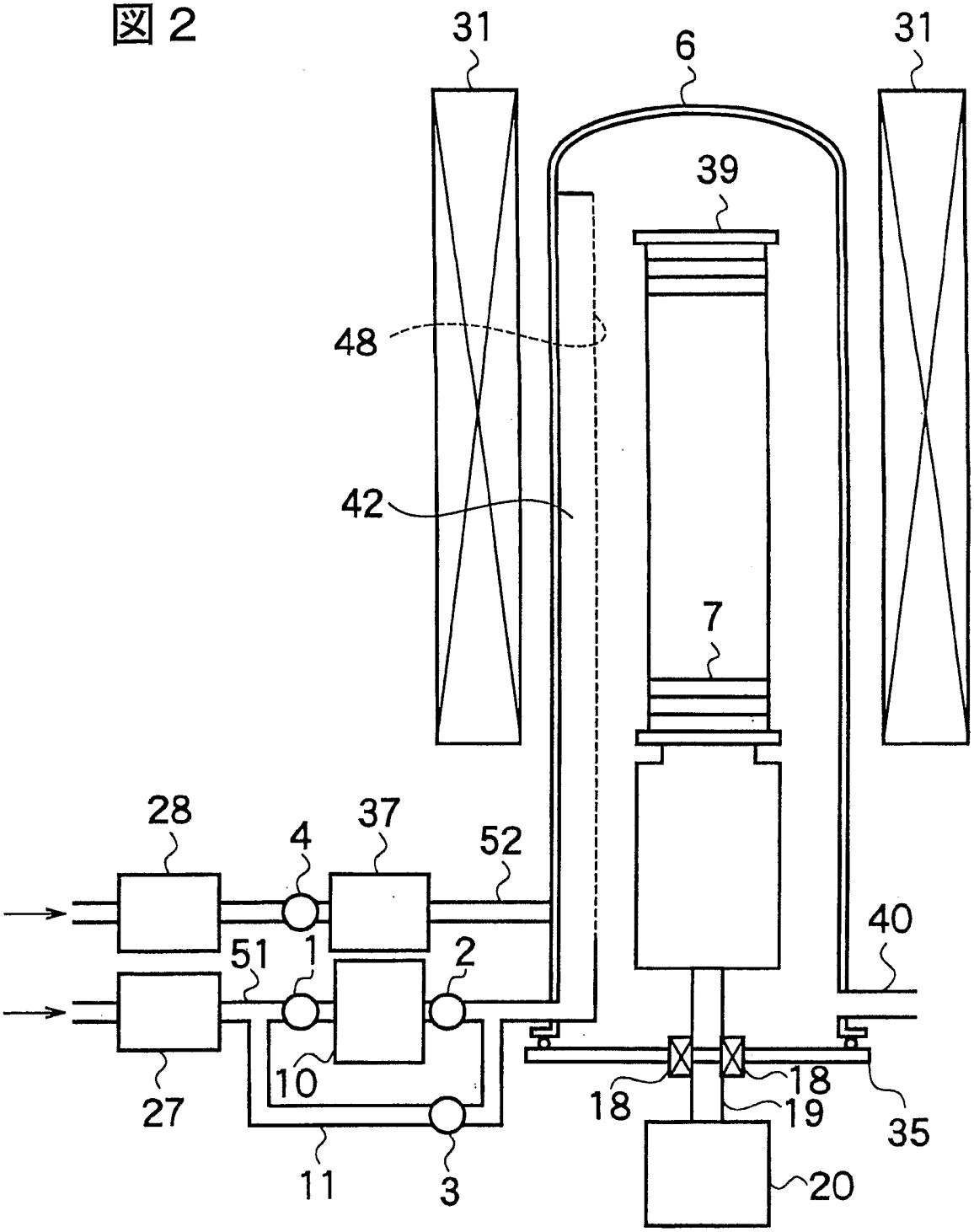


図3A

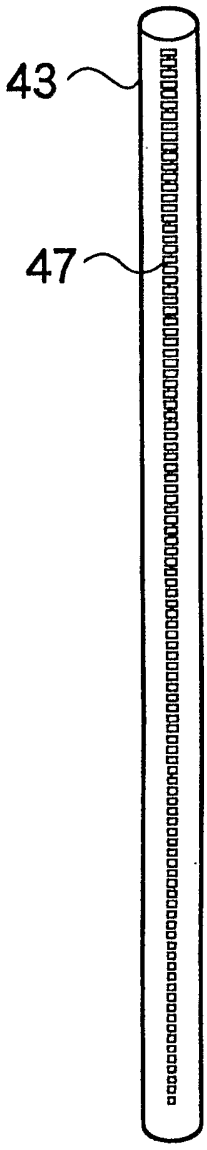


図3B

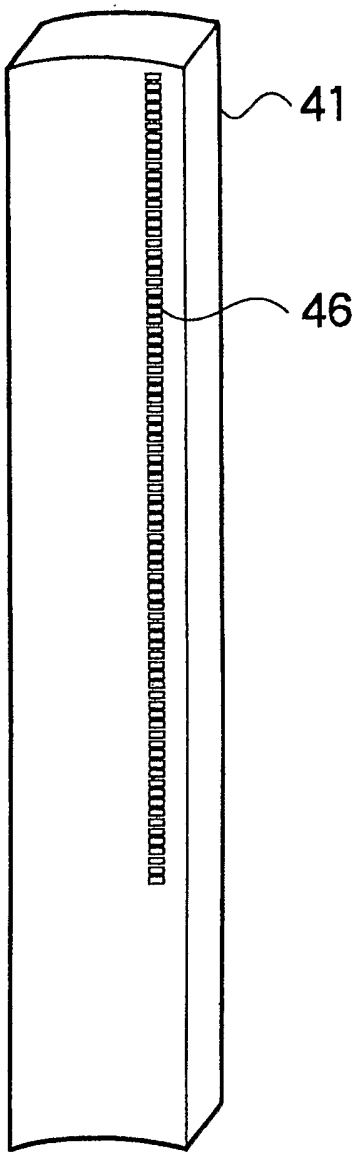


図４

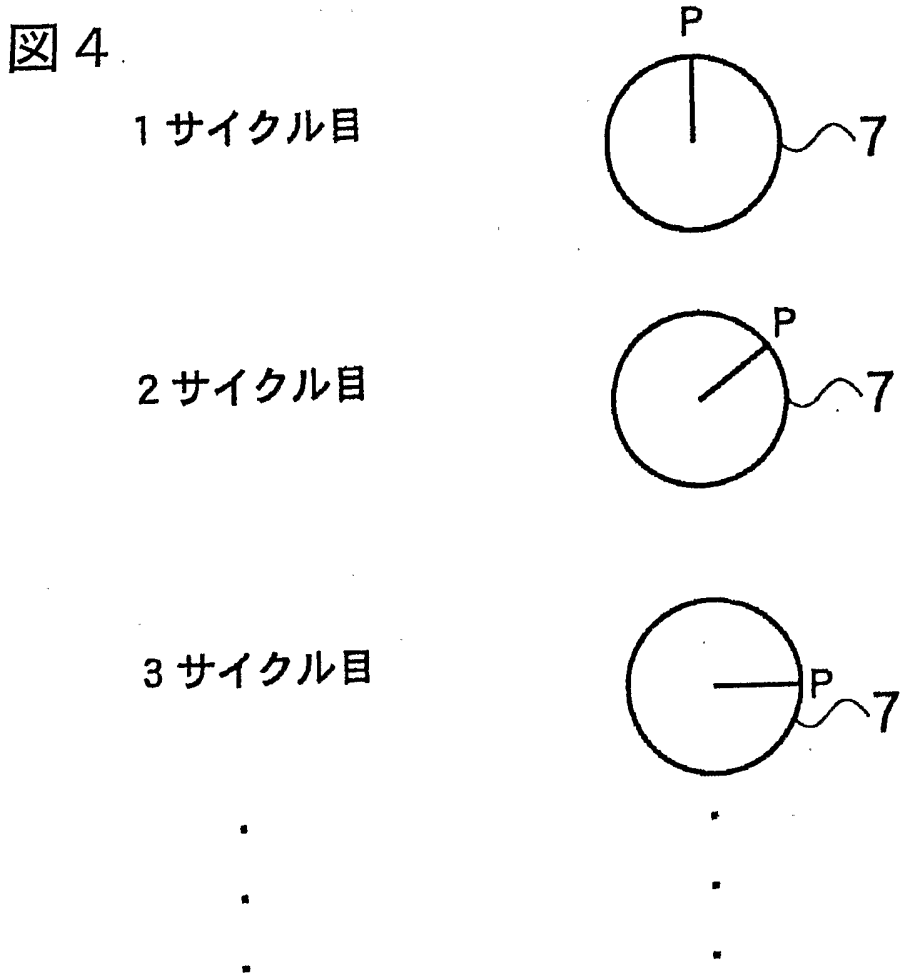


図5A

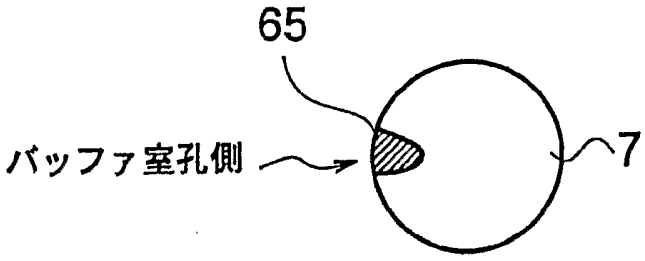


図5B

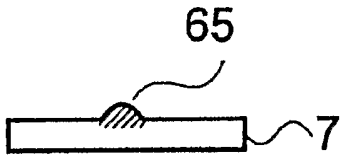
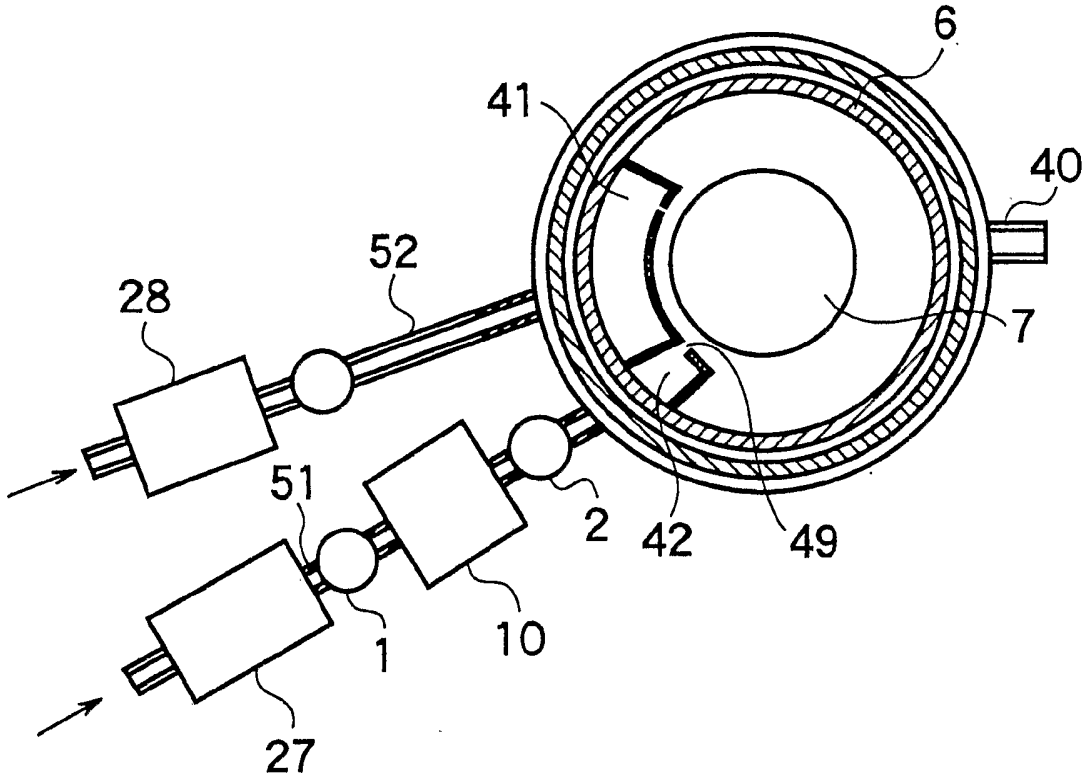


図 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/12786

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] H01L21/31, C23C16/455

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)
Int.Cl[7] C23C16/455, H01L21/205, 21/31, 21/316-21/318

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

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.
A	JP 2-199820 A (Fujitsu Ltd.), 08 August, 1990 (08.08.90), Page 3, upper left column, line 18 to lower left column, line 12; Fig. 1 (Family: none)	1
A	JP 6-45256 A (The Institute of Physical and Chemical Research), 18 February, 1994 (18.02.94), Par. Nos. [0011] to [0027]; Fig. 1 (Family: none)	1
P,A	JP 2003-218106 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 31 July, 2003 (31.07.03), Par. Nos. [0023] to [0036]; Figs. 4 to 5 (Family: none)	1

☒ 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 document 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	Date of mailing of the international search report
18 December, 2003 (18.12.03)	13 January, 2004 (13.01.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/12786

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E,A	JP 2003-297818 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 17 October, 2003 (17.10.03), Par. Nos. [0017] to [0074]; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ０３／１２７８６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl[7] H01L 21/31, C23C 16/455

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[7] C23C 16/455, H01L 21/205, 21/31, 21/316 - 21/318

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　１９７１－２００３年
日本国登録実用新案公報　１９９４－２００３年
日本国実用新案登録公報　１９９６－２００３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	関連する請求の範囲の番号
A	JP 2-199820 A（富士通株式会社），1990.08.08 ３頁左上欄１８行－左下欄１２行，第１図（ファミリーなし）	1
A	JP 6-45256 A（理化学研究所），1994.02.18 【００１１】－【００２７】，図１（ファミリーなし）	1
P，A	JP 2003-218106 A（株式会社日立国際電気），2003.07.31 【００２３】－【００３６】，図４－５（ファミリーなし）	1

☒ 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　１８．１２．０３

国際調査報告の発送日　13.01.04

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）　４Ｒ　２９２９
和瀬田　芳正

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６９

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ０３／１２７８６

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	関連する請求の範囲の番号
Ｅ，Ａ	JP 2003-297818 A（株式会社日立国際電気），2003.10.17 【００１７】－【００７４】，図１－９（ファミリーなし）	1