

(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 7 月 3 日(03.07.2014)

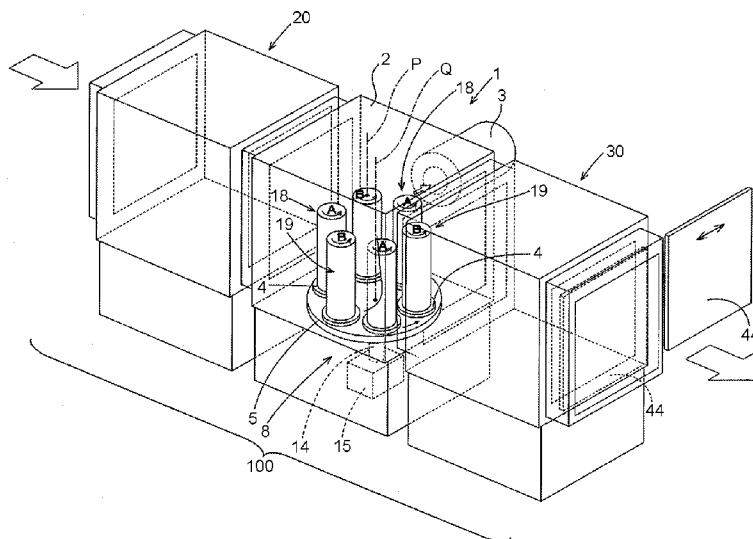


(10) 国際公開番号
WO 2014/103228 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 16/458 (2006.01) *C23C 16/503* (2006.01)
C23C 16/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/007338
- (22) 国際出願日: 2013 年 12 月 12 日(12.12.2013)
- (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 2012-282954 2012 年 12 月 26 日(26.12.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBELCO STEEL, LTD.))
[JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目 2 番 4 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 玉垣 浩(TAMAGAKI, Hiroshi). 芳賀 潤二(HAGA, Junji).
- (74) 代理人: 小谷 悦司, 外(KOTANI, Etsuji et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島 2 丁目 2 番 2 号大阪中之島ビル 2 階 Osaka (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, IR, 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, 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))

(54) Title: IN-LINE PLASMA CVD DEVICE

(54) 発明の名称: インライン式プラズマ CVD 装置



(57) Abstract: Provided is an in-line plasma CVD device (100) capable of performing a deposition process at a high production efficiency while maintaining stable deposition conditions, without spending time and energy on cleaning and the like even when in use for a long time. This plasma CVD device (100) is equipped with a deposition chamber (1) and load-lock chambers (20, 30) which are separate from the deposition chamber (1). The device (100) is of the in-line-type for conveying a substrate between these chambers and producing a film on the substrate. The deposition chamber (1) is equipped with a vacuum chamber (2), a vacuum exhaust means (3) for discharging the air inside the vacuum chamber (2), a gas supply unit (9) for supplying a starting-material gas into the vacuum chamber (2), and a plasma generation power source (10) for generating plasma inside the vacuum chamber (2). Substrates in the deposition chamber (1) are divided into a first group (18) connected to one pole of the plasma generation power source (10), and a second group (19) connected to the other pole of the plasma generation power source (10). The plasma is produced between the first group (18) and the second group (19) which have different polarities from one another.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/103228 A1



長時間に亘って使用しても清掃などの手間をかけることなく、安定した成膜条件を維持しつつ、高い生産効率で成膜処理することが可能なプラズマCVD装置100が提供される。プラズマCVD装置100は、成膜室1と、成膜室1とは別のロードロック室20、30を備え、それらの室間を基材を搬送して基材に成膜を生成するインライン式である。成膜室1は、真空チャンバ2と、真空チャンバ2内の空気を排気する真空排気手段3と、真空チャンバ2内に原料ガスを供給するガス供給部9と、真空チャンバ2内にプラズマを発生させるプラズマ発生電源10とを備える。成膜室1において、基材は、プラズマ発生電源10の一方極に接続された第1の群18と、プラズマ発生電源10の他方極に接続される第2の群19とに分けられて、互いに異なる極性とされた第1の群18の基材と、第2の群19の基材との間にプラズマが発生する。

明 細 書

発明の名称： インライン式プラズマCVD装置

技術分野

[0001] 本発明は、基材にCVD皮膜を形成するプラズマCVD装置に関し、特に、安定した成膜条件を維持しつつ生産効率が高いインライン式プラズマCVD装置に関する。

背景技術

[0002] ピストンリングのような自動車のエンジン部品などには、良好な耐摩耗性、耐熱性、耐焼付き性等が求められる。そのため、これら機械部品には、DLC(Diamond-Like-Carbon)のような耐摩耗性コーティングがプラズマCVD法を用いて施される。

[0003] ところで、上述した基材にプラズマCVD法を施す際は、生産性を考えて真空チャンバ内に多数の基材を収容して一度に処理を行うのが好ましい。このように多数の基材を一度に処理する場合には、それぞれの基材に形成される皮膜の厚さや膜質を基材同士で均一にしなければならない。このため、従来のプラズマCVD装置では、複数の基材が同じテーブルの上に並べられ、当該テーブルの駆動により自転及び公転させられながら成膜処理される。

[0004] あるいは、別の生産性向上の観点では、いわゆるインライン型の装置や、ロードロック室付きの装置が採用されている。これらの装置は、成膜室と、これとは別に設けられた真空排気等を専用に行う室と、を備え、それらの室同士の間で基材が搬送される。これにより、成膜室は常に真空状態に維持したままで多数の成膜サイクルが実施される。

[0005] 特開平5-295551号公報(特許文献1)には、プラズマCVD法によって被処理物(基材、基板)の表面に被膜を形成するインライン型のプラズマCVD装置の改良技術が開示されている。この特許文献1の図2には、従来技術としてインライン型プラズマCVD装置の典型的な例が開示されている。この図2およびその説明によると、このインライン型プラズマCVD

装置は、互いに仕切られた複数の独立室（隔室）を備え、各室でそれぞれ、真空排気・基材の加熱、成膜処理、大気開放の成膜工程における各ステップが個別に実施される。基材は当該装置の内部で順次搬送され、これにより皮膜形成のプロセスが実行される。

[0006] このインライン型プラズマCVD装置によると、プロセスの各段階が互いに独立した部屋で行なわれるので、高い生産性が期待できると共に、成膜室を基材挿入の度に大気開放する必要がなく、成膜室内へのガス吸着が無く、高品質の皮膜を安定的に形成できることが期待できる。なお、特許文献1は、このようなインライン型プラズマCVD装置において大気圧下で基材を予備加熱する大気加熱炉を設けて、ロード室において基材を所定の温度とするまでの昇温時間を短くする技術を開示している。

[0007] ところで、プラズマCVD法により皮膜形成を行う装置の場合、皮膜は成膜対象の基材に成膜されるだけで無く、成膜室の壁や基材に対向する電極等にも堆積する。特に、プラズマを発生させるための電流の通り道になる場所には皮膜が形成されやすい。成膜対象の基材やそれを支持する治具は成膜処理が完了すると取外され、次に処理を行なう対象物と交換されるが、成膜室の壁や基材に対向する電極等は何回もの処理の間に亘って使用するので、成膜サイクルを重ねるにつれて厚い皮膜が堆積する。

[0008] 例えば、特許文献1に記載の成膜装置では、当該特許文献1の図2において符号30が付された高周波電極と、符号1が付された基材カートの上に搭載された基材とが対向した状態で、前記高周波電極に高周波電力が加えられてプラズマが発生し、これにより、基材上に皮膜が形成されると同時に、高周波電極にも基材上の皮膜とほぼ同じ量の皮膜が堆積する。基材カートと基材は成膜のサイクルが完了するたびに新しいものに交換されるが、高周波電極は常に使用するため皮膜が継続的に堆積する。このように堆積して厚くなった皮膜は剥がれて飛散し易く、これが皮膜欠陥の原因となり得る。このような内部の堆積物は、定期的な清掃による除去される必要がある。

[0009] さらに、プラズマCVD法に形成される皮膜がDLCのような絶縁性の皮

膜である場合はさらに別の問題も生じる。すなわち成膜が進んで膜厚が大きくなれば、絶縁性の皮膜は電力を供給するときの抵抗成分を生む。このため、同一の電力条件を設定しても、プラズマ発生の変動が変動して、皮膜の特性も変化してしまう問題が生じる。

[0010] また、プラズマCVD装置の別の方式として、高周波電極の部分は単なるチャンバの壁とし、基材および基材カート側に電力を加える方式もある。しかしながら、この方式でも、基材に対向するチャンバ壁には基材と同じように皮膜が堆積する。結果として、厚く付着した堆積物が飛散する問題が生じる。また、形成される皮膜が絶縁性を有する場合、当該皮膜がチャンバ側にあったとしても、電力が流れる部分に存在するため、チャンバ内壁の電気的な抵抗が増大する。従って、内壁を一方の電極として発生するプラズマの生成が不安定になったり、操業条件が最適な条件からズレたりする可能性が生じる。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開平5-295551号公報

発明の概要

[0012] 本発明は、インライン式プラズマCVD装置であって、基材以外の部分にCVD皮膜が堆積しにくく、長期にわたり清掃を行わずに安定操業が可能で、かつ、生産効率の高いプラズマCVD装置を提供することを目的とする。

[0013] 本発明が提供するインライン式プラズマCVD装置は、成膜室と、前記成膜室とは別の隔室と、を備え、前記成膜室と前記隔室との間で基材が搬送される。前記成膜室は、真空チャンバと、前記真空チャンバ内の空気を排気するポンプと、前記真空チャンバ内に原料ガスを供給するガス供給部と、前記真空チャンバ内に供給された原料ガスにプラズマを発生させる交流型のプラズマ発生電源と、を有する。前記成膜室において、前記基材は2群に分かれており、前記プラズマ発生電源の一方極に接続された第1の群および前記プ

ラズマ発生電源の他方極に接続される第2の群のいずれかに属する。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の第1の実施形態に係るインライン式プラズマCVD装置の全体構成を示す斜視図である。

[図2]図1に示すインライン式プラズマCVD装置の平面図である。

[図3A]前記プラズマCVD装置の自転テーブルへの基材の設置例を示した斜視図である。

[図3B]前記プラズマCVD装置の自転テーブルへの基材の設置例を示した斜視図である。

[図4A]図1に示すインライン式プラズマCVD装置の作動状態を説明するための平面図である。

[図4B]図1に示すインライン式プラズマCVD装置の作動状態を説明するための側面図である。

[図5A]本発明の第2の実施形態に係るインライン式プラズマCVD装置の全体構成を示す平面図である。

[図5B]テーブル台車及び基材テーブルの斜視図である。

[図5C]前記テーブル台車及び前記基材テーブルの側面図である。

[図5D]前記テーブル台車及び前記基材テーブルの平面図である。

[図6A]本発明の第3の実施形態に係るインライン式プラズマCVD装置の全体構成を示す平面図である。

[図6B]本発明の第3の実施形態に係るインライン式プラズマCVD装置に用いられる基材ホルダの斜視図である。

[図7]本発明の第4の実施形態に係るインライン式プラズマCVD装置の全体構成を示す平面図である。

[図8A]本発明の第5の実施形態に係るインライン式プラズマCVD装置の全体構成を示す平面図である。

[図8B]多層に並べられた基材の斜視図である。

[図8C]多層に並べられた基材ホルダの平面図である。

[図9]本発明の第6の実施形態に係るインライン式プラズマCVD装置の全体構成を示す平面図である。

[図10A]本発明の第7の実施形態に係るインライン式プラズマCVD装置の全体構成を示す平面図である。

[図10B]本発明の第7の実施形態に係るインライン式プラズマCVD装置の全体構成を示す平面図である。

[図10C]本発明の第7の実施形態に係る仕切板およびテーブルの斜視図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明に係るインライン式プラズマCVD装置100（以下、単にプラズマCVD装置100と記載）の実施形態を、図面に基づき詳しく説明する。ここで、インライン式とは、ロードロック室（予備排気室）を有し、この部屋を介して装置外部（大気圧）と成膜室（真空圧）との間で基材をやり取りすることにより、成膜室を基材の入れ替え時も含めて常時真空状態に保つ機構を有する装置の方式の総称であり、ロードロック式、インターバック式、マルチチャンバ式も包含する意味である。また、このプラズマCVD装置100における成膜処理の対象は、基材Wである。

[0016] <第1の実施形態>

図1は、本発明の第1の実施形態に係るプラズマCVD装置100の全体構成を示す斜視図であり、図2はその上面図である。

[0017] このプラズマCVD装置100は、プラズマCVD機構を備えた成膜室1と、成膜室1の上流側に配置された別の隔室であるロードロック室20と、成膜室1の下流側に配置された別の隔室であるロードロック室（隔室）30と、を備える。ここでいう上流および下流は、基材Wの移送方向についてのものである。ロードロック室20の入口には仕切弁41が、ロードロック室20の出口と成膜室1の入口との間には仕切弁42が、成膜室1の出口とロードロック室30の入口との間には仕切弁43が、および、ロードロック室30の出口には仕切弁44が、それぞれ設置されている。図1は仕切弁44

のみを示すが、図2に示すようにこのプラズマCVD装置100には4つの仕切弁41～44（言い換えれば、仕切扉41～44）が設けられている。

[0018] これらの仕切弁41～44が閉じることにより成膜室1、ロードロック室20およびロードロック室30が隣室または大気と遮断される。すなわち、仕切弁を閉じることにより隣室間で雰囲気や圧力の遮断が可能である。一方、仕切弁を開くことにより、基材Wを単独でまたは基材テーブルに搭載された状態の基材Wを隣室間において移送することが可能である。図1および図2では基材Wを基材テーブルに搭載した状態で移送する例を示している。

[0019] 基材Wは、二つの群に分けられている。少なくとも成膜室1においては、後に述べる真空チャンバ2が接地され、当該真空チャンバ2から前記両群が絶縁されるとともに群同士も相互に絶縁されている。従って、各群は互いに独立した電位を有し得る。これについての詳細は後述する。

[0020] ロードロック室20は、基材Wの搬入用の扉となる仕切弁41と真空排気機構を備える。仕切弁41が開いて（このとき仕切弁42は閉状態である）大気に開放された状態で基材Wと基材テーブルがプラズマCVD装置100の外部からロードロック室20内へ搬入される。その後、仕切弁41が閉じられることにより（このとき仕切弁42は閉状態を維持）、ロードロック室20の内部を真空に排気することが可能である。ロードロック室20の内部が真空状態となって加熱等の前処理が完了したら、次に、あらかじめ真空排気状態にある成膜室1との間の仕切弁42が開かれ（このとき仕切弁41、43は閉状態である）、真空状態で基材Wと基材テーブルが成膜室1に移送される。このプラズマCVD装置100は、前記室間での基材Wと基材テーブルの移送のための移送機構を備える。

[0021] 移送が完了したら、仕切り弁42が閉じられ、ロードロック室20に大気が導入されて当該ロードロック室20内が大気圧にされる。これにより、次のロットの基材Wと基材テーブルを受入れることが可能な状態となる。

[0022] 成膜室1は、図1および図2に示すように、真空チャンバ2と、真空チャンバ2内を真空排気する真空排気手段である真空ポンプ3と、前記真空ポン

プ3により真空状態にされた真空チャンバ2内に原料ガスを供給するガス供給部9と、真空チャンバ2内に供給されたプロセスガスにプラズマを発生させる交流電力供給型のプラズマ発生電源10とを備えている。成膜室1において、2群の基材Wは、プラズマ発生電源10の両極にそれぞれ接続され、2群の基材Wの間に印加された電圧によってグロー放電が発生し、皮膜形成が行われる。この成膜室1には、下流側のロードロック室30が仕切弁43を介して接続されている。

[0023] ロードロック室30は、基材Wの搬出用の扉となる仕切弁44と、真空排気機構と、を備える。仕切弁44を閉じてあらかじめロードロック室30の内部を真空状態としてから仕切弁43を開くことにより、成膜室1において真空状態で皮膜が形成された基材Wと基材テーブルとを当該成膜室1からロードロック室30へ搬入することができる。その後、仕切弁43を閉じることにより、成膜室1は再びロードロック室20からの基材Wと基材テーブルの搬入を待つ状態となる。

[0024] 前記仕切弁43が閉じた後、ロードロック室30の内部が真空状態で冷却等の後処理が行われる。この後処理が完了したら、次に大気が導入され、ロードロック室30の内部が大気圧となった時点で仕切弁44が開かれる（このとき仕切弁43は閉状態である）。これにより、大気に開放された状態で基材Wと基材テーブルとがロードロック室30からプラズマCVD装置100の外部へ搬出される。プラズマCVD装置100は、この室間の基材Wと基材テーブルの移送のための移送機構を備える。

[0025] その後、仕切り弁44が閉じられてロードロック室30の内部が真空に排気される。これにより、ロードロック室30は成膜室1からのロットの基材Wと基材テーブルを受入れ可能な状態となる。

[0026] 第1の実施形態に係るプラズマCVD装置100の上述した構成は、後述する本発明の特徴である、2群に分けた基材Wに交流電力を印加する点を除けば、通常のいわゆるインライン式成膜装置と同様である。従って、当該プラズマCVD装置100は、インライン式成膜装置の一般的な長所、すなわ

ち、成膜室が大気に晒される機会が少なく安定な被覆が可能であることや、短いタクトタイムでの処理により量産が可能であること等の優位点を有する。これに加えて、プラズマCVD装置100は、通常のインライン式成膜装置の短所、すなわち、大気に晒される機会が少ない成膜室1の内壁面に堆積した被膜を清掃するためにロードロック室20およびロードロック室30に挟まれた成膜室1をわざわざ大気開放しなければならないという短所、を成膜室1の構成の工夫により克服していることを特徴とする。以下において、このプラズマCVD装置100の成膜室1の構成について詳しく説明する。

[0027] プラズマCVD装置100の中の成膜室1の構成を、図1～図4Bを用いて説明する。

[0028] 前記真空チャンバ2は、その内部が外部に対して気密可能とされた筐体である。前記真空ポンプ3は、前記真空チャンバ2の側方に設けられ、この真空チャンバ2内にある気体を外部に排気してこの真空チャンバ2内を低圧状態にする。この真空ポンプ3は、真空チャンバ2内を真空状態まで減圧することが可能である。

[0029] プラズマCVD装置100は、基材テーブルをさらに備える。基材テーブルには、複数の基材Wが搭載されることが可能であり、かつ、その搭載された状態で真空チャンバ2の内部で当該基材Wが処理されることが可能である。基材テーブルは、この基材テーブル上に搭載された基材Wを遊星回転させる、つまり自転させながら公転させる機構を有する。具体的に、この実施の形態に係る基材テーブルは、図4Bに示すように、6個の自転テーブル4と、これらの自転テーブル4を搭載する公転テーブル5とを有する。

[0030] 基材テーブルはさらに、テーブル台車50を用いて移送されることが可能である。このテーブル台車50は、基材Wを基材テーブルごと移送する移送機構であり、複数の車輪51を有する。前記基材テーブルは、前記テーブル台車50に搭載されながらプラズマCVD装置100の内部を水平方向に移動することが可能である。この第1の実施形態に係るテーブル台車50は、プラズマCVD装置100の外部からロードロック室20へ、ロードロック

室 20 から成膜室 1 へ、成膜室 1 からロードロック室 30 へ、ロードロック室 30 からプラズマ CVD 装置 100 の外部へ、順に移動する。

[0031] テーブル台車 50 が成膜室 1 の中央に停止した状態で、成膜室 1 の下部に設けられた回転導入機構がテーブル台車 50 に接続される。この回転導入機構は、図 4 B に示される軸部 14 および回転駆動部 15 を有する。回転駆動部 15 は、軸部 14 及びこれに連結された基材テーブルの公転テーブル 5 を回転駆動する。基材テーブルに組み込まれた遊星回転機構は公転テーブル 5 上の自転テーブル 4 を公転させながら自転させる。

[0032] 第 1 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 100 で成膜される基材 W は、均一な成膜を可能とするため上下に長尺な円柱状空間内に配備されるのがよい。例えば、基材 W が図 3 A に示すようなピストンリングである場合は、そのままでは不均一に成膜される可能性がある。図 3 A のように、積み重ねても周方向の一部が欠落して完全な円筒にならない場合は、必要に応じてカバー 11 でその欠落部分の開口を塞ぐことにより、均一な成膜が可能となる。

[0033] また、成膜しようとする基材 W が図 3 B に示すような小型部材（例えば小さなピストンピン）の場合は、同図に示される設置ジグ 13 が用いられるとよい。この設置ジグ 13 は、上下方向に配列された複数の円板 12 を含み、円柱状空間内に収まる全体形状を有する。前記基材 W は、前記各円板 12 の上に載置されることにより、上下方向に多段にわたって積み重ねられることが可能である。

[0034] さらに、基材 W が前記の形状以外の形状を有する物である場合も、その形状に応じた固定用のジグが適宜製作され、ジグと基材が円柱状空間内に収められるのがよい。

[0035] 図 3 A および図 3 B に示した基材 W の集合体は、基材セット（ワークセット）と呼ばれる場合がある。後述するように、この基材セット毎に、プラズマ発生電源 10 の一方極に接続された第 1 の群 18 及び他方極に接続された第 2 の群 19 のうちのいずれかの群への振り分けがなされる。

[0036] 前記自転テーブル 4 は、例えば水平な上面を有する円形の載置台であり、

上面乃至は上方に配備された基材Wを回転軸回りに自転させつつ保持する。

自転テーブル4は、給電されることが可能であり、供給された電圧は基材Wにも印加される。

[0037] 図1、図2および図4Bに示すプラズマCVD装置100の基材テーブルは計6つの自転テーブル4を有する。これら6つの自転テーブル4は、平面視で一つの円の上に並ぶように公転テーブル5の上に配備されている。

[0038] 一方、図1、図2及び図4A及び図4Bに示すように、真空チャンバ2内には、当該真空チャンバ2内に原料ガスを含むプロセスガスを供給するガス供給部9が設けられている。このガス供給部9は、CVD皮膜の形成に必要な原料ガスや、成膜をアシストするアシストガスを、ポンペ16から所定量だけ真空チャンバ2内に供給する。

[0039] 例えばDLC（ダイヤモンドライクカーボン、非晶質カーボン膜）などのカーボン系のCVD皮膜を成膜する場合には、プロセスガスとして、炭化水素（アセチレン、エチレン、メタン、エタン、ベンゼン、トルエンなど）を含む原料ガスが用いられ、また必要によりアルゴン、ヘリウムなどの不活性ガスがアシストガスとして加えられてもよい。また、シリコン酸化物系のCVD皮膜（ SiO_x 膜、 SiOC 膜、 SiN_x 膜、 SiCN 膜）を成膜する場合には、シリコン系有機化合物（モノシラン、TMS、TEOS、HMDSOなど）やシランなどシリコン含む原料ガスに酸素、窒素、アンモニアなどの反応ガスを加え、さらに必要に応じアルゴンなどの不活性ガスをアシストガスとして加えたものを用いることができる。CVD皮膜としては、上述したもの以外にも、 TiO_x 膜、 AlO_x 膜、 AlN 膜などを成膜することができる。

[0040] また、主たる原料ガスに少量の添加原料ガスが混合されることもある。例えば、DLC皮膜の形成の際に、炭化水素を主たる原料ガスとして、シリコン系有機化合物ガスを少量添加することにより、DLC中にSiを含む皮膜を形成することができる。あるいは、DLC皮膜の形成の際に、炭化水素を主たる原料ガスとして、金属を含有する原料ガス（例として、TTIP（チ

タニウムイソプロポキサイド)やTDMAT(テトラジメチルアミノチタン))を少量添加することで、DLC中に金属(例ではチタン)を含む皮膜を形成することができる。

[0041] これらの原料ガス、反応ガス及びアシストガスは、使用するガスの種類を適宜組みあわせて用いることができる。

[0042] 第1の実施形態に係るプラズマCVD装置100の成膜室1の特徴的な構成である、プラズマ発生電源10およびそのプラズマ発生電源10から基材Wへの電力供給について説明する。

[0043] プラズマ発生電源10は、真空チャンバ2内に供給したプロセスガスにグロー放電を発生させて、プラズマを発生させるために用いるもので、交流の電力を供給する。このプラズマ発生電源10が供給する交流の電力としては、正弦波の波形に従って電流や電圧が正負に変化する交流だけでなく、パルス状の波形に従って正負に入れ替わる矩形波の交流でも良い。この交流には、連続した同一極性のパルス群が交互に現れるものや、正弦波の交流に矩形波を重ねたものを用いることもできる。実際のプラズマ発生中の電圧波形は、プラズマ生成の影響によって歪む場合がある。また、プラズマが発生すると交流電圧のゼロレベルがシフトし、各電極の接地電位に対する電位を測定すると、マイナス側電極に印加電圧の80～95%が、プラス側電極に印加電圧の5～20%が加わるのが多く観察される。

[0044] プラズマ発生電源10から供給される交流の周波数は1kHz～100MHzが好ましい。周波数が1kHz未満では皮膜のチャージアップが起り易く、100MHzを超えるとチャンバの内部への電氣的な給電が困難になるからである。特に、基材Wへの電力の容易な供給やさらには電源の入手容易性等を考えると、10kHz～400kHzの範囲が好ましい。また、特に、基材Wの自公転機構を含むような場合は、1kHz～1MHzの周波数が好ましい。1kHz未満では皮膜のチャージアップが起り易く、1MHzを超える周波数の電力を自転公転する基材Wに伝達する機構が難しいからである。さらに電源の入手容易性等を考慮すると、10kHz～400kHzの

範囲とするのがなお好ましい。プラズマ発生電源10から供給される交流の電圧は、波高値でグロー放電の維持に必要な300～3000Vが好ましい。さらに、プラズマ発生電源10から供給される交流の電力は、基材Wの表面積によって変動するが、単位面積あたりの電力で0.05～5W/cm²程度の電力密度であるのが好ましい。

[0045] このような周波数、電圧、電力（電力密度）の交流電流を真空チャンバ2内に配備された一对の電極間に作用させれば、グロー放電が電極間に発生し、発生したグロー放電で真空チャンバ2内に供給されたプロセスガスが分解されてプラズマが発生する。そして、プラズマにより分解されたこれらのガス成分が電極表面に堆積することで、CVD皮膜の成膜が行われる。つまり、一对の電極のいずれかに基材Wを用いれば、基材Wの表面にCVD皮膜を成膜することが可能となる。

[0046] ところで、図1、図2および図4Aに示すように、第1の実施形態に係るプラズマCVD装置100においては、複数の自転テーブル4の半数が、プラズマ発生電源10の一方極に接続された第1の群18に属する。併せて、複数の自転テーブル4の残り半数が、プラズマ発生電源10の他方極に接続された第2の群19に属する。互いに異なる極性とされた第1の群18の自転テーブル4に保持された基材Wと、第2の群19の自転テーブル4に保持された基材Wとの間にプラズマが発生することが可能である。

[0047] 詳しくは、公転テーブル5に自転テーブル4が全部で6つ配備されている状態においては、自転テーブル4のうち、第1の群18には図2の「A」で示される3つの自転テーブル4が属し、第2の群19には図2の「B」で示される3つの自転テーブル4が属する。つまり、第1の群18に属する自転テーブル4の数と第2の群19に属する自転テーブル4の数は同じである。

[0048] これらの自転テーブル4について、第1の群18に属する自転テーブル4の両隣に第2の群19に属する自転テーブル4が設けられ、これら第2の群19に属する自転テーブル4のさらに隣に別の第1の群18に属する自転テーブル4が設けられている。つまり、第1の群18に属する自転テーブル4

と第2の群19に属する自転テーブル4とは、公転テーブル5の公転軸Q回りに1つずつ交番に（交互に）並ぶように配備されている。

[0049] プラズマ発生電源10は一对の電極を有する。第1の群18に属する3つの自転テーブル4はいずれもプラズマ発生電源10の一方の電極に接続されている。第2の群19に属する3つの自転テーブル4はいずれもプラズマ発生電源10の他方の電極に接続されている。つまり、電圧印加中は、第1の群18に属する自転テーブル4と、第2の群19に属する自転テーブル4は、常に互いに逆の極性を有している。

[0050] 前記各自転テーブル4に上述した極性を与えるには、例えば、公転軸Qならびに自転軸Pにそれぞれ図略のブラシ機構を設けてこのブラシ機構を通じてそれぞれの極性の電圧を印加するとよい。公転軸Q及び自転軸Pはベアリング機構を介して回転時自在に保持されているが、このベアリング機構を通じて電圧を印加するようにしてもよい。

[0051] 次に、図1および図2に示す如く、公転テーブル5上に6個の自転テーブル4が公転軸Qを中心として60°間隔で並べられたプラズマCVD装置100を用いてCVD皮膜を実際に成膜する場合の作動状態について、図4A及び図4Bを用いて説明する。なお、図4AはプラズマCVD装置100の平面図、図4BはプラズマCVD装置100の側面図である。

[0052] （第1工程：基材Wの準備）

まず、基材Wが自転テーブル4に設置される。基材Wは、自転テーブル4の上に直接固定されてもよいし、設置ジグ13を介して自転テーブル4の上に載置されてもよい。自転テーブル4は公転テーブル5とともに基材テーブルを構成する。さらに、基材テーブルはテーブル台車50に搭載されながらプラズマCVD装置100の中を移動可能である。

[0053] （第2工程：ロードロック室20への搬入および前処理）

このようにして基材Wが用意されたら、まず、ロードロック室20の入口扉である仕切弁41が開かれ、基材Wを搭載したテーブル台車50がロードロック室20に進入する。次に、ロードロック室20の入口扉である仕切弁

4 1 が閉じられ、真空排気手段である真空ポンプ 3 がロードロック室 2 0 内を排気する。この後、ロードロック室 2 0 内で加熱ヒータにより基材 W が加熱されても良い。この工程において仕切弁 4 2 は閉状態を維持している。図 4 に示される例では、このロードロック室 2 0 内においても成膜室 1 と同様にロードロック室 2 0 の底面にある基材テーブルの回転機構が上昇してテーブル台車 5 0 上にある基材テーブルと結合し、これにより、基材テーブルを回転させることが可能になっている。基材テーブルの回転が不要であれば、ロードロック室 2 0 には基材テーブルの回転機構は不要である。

[0054] (第 3 工程：成膜室 1 での処理)

次に、ロードロック室 2 0 とあらかじめ真空中に排気された状態の成膜室 1 との間の仕切弁 4 2 が開かれ、基材 W を搭載したテーブル台車 5 0 が成膜室 1 まで移動する。成膜室 1 へのテーブル台車 5 0 の移動が完了したら仕切弁 4 2 が閉じられ、成膜室 1 内の真空排気が行われる。加えて、第 1 の実施形態では、成膜室 1 の底部にある基材テーブルの回転機構が上昇してテーブル台車 5 0 上にある基材テーブルと結合し、基材テーブルを回転させることが可能な状態になると共に、前記基材テーブルをプラズマ発生電源 1 0 と電氣的に接続する。

[0055] 次に、必要に応じて、ガス供給部 9 が A r 等の不活性ガスや H₂ や O₂ などのガスを真空チャンバ 2 内に供給し、プラズマ発生電源 1 0 が電力を供給して基材 W 間に表面清化のためのグロー放電を発生させる（イオンボンバード処理）。

[0056] この後、ガス供給部 9 がプロセスガスを真空チャンバ 2 内に供給し、これにより、真空チャンバ 2 内の圧力を成膜に適した 0. 1 ~ 1 0 0 0 P a の圧力に保持する。

[0057] 成膜にあたっては、プラズマ発生電源 1 0 が各群 1 8, 1 9 に属する自転テーブル 4 に交流の電力を供給して第 1 の群 1 8 に属する自転テーブル 4 の基材 W と第 2 の群 1 9 に属する自転テーブル 4 の基材 W との間にグロー放電を発生させ、これにより、基材 W 間に成膜に必要なプラズマを発生させる。

[0058] 成膜時の圧力の好適な値は、成膜しようとするCVD皮膜（プロセスガスや反応性ガス）の種類によって異なるが、一般には0.1Pa～1000Pa程度の圧力が好ましい。上述したように0.1Pa～1000Pa程度の圧力は安定したグロー放電の発生を可能にし、良好な成膜速度で成膜を行うことを可能にする。さらに、気体中での反応に伴うパウダー生成を抑制する観点では成膜時の圧力は100Pa以下が好ましい。

[0059] プラズマ発生電源10から供給される交流の電圧は、グロー放電の維持に必要な300V～3000Vの間（両極間の電圧の波高値）であるのが、好ましい。さらに、プラズマ発生電源10から供給される交流の出力電力は、単位面積あたりの電力に換算すると0.05～5W/cm²程度が好ましい。

[0060] このようにプラズマ発生電源10から供給される交流の電圧及び電力を調整した上で基材を自転テーブル4ごと自転及び公転させることで、周方向に隣り合う基材W（近接する基材W）の間に安定したグロー放電が発生し、基材Wの表面に膜厚が均一なCVD皮膜を形成することが可能となる。これらの工程において仕切弁42および仕切弁43は閉状態を維持している。

[0061] （第4工程：ロードロック室30への搬入および後処理）

成膜処理が終了したら、プラズマ発生電源10からの出力およびプロセスガスの導入が停止される。その後、成膜室1とあらかじめ真空中に排気されている下流側のロードロック室30の間の仕切弁43を開かれ、基材Wが基材テーブルに搭載された状態でテーブル台車50の移動によりロードロック室30まで移送され、仕切弁43が閉じられる。その後、ロードロック室30内で、必要に応じて基材Wの温度が低下するのを待つ。なお、この工程において仕切弁44は閉状態を維持している。

[0062] （第5工程：ロードロック室30からの搬出）

次に、大気あるいは不活性ガスなどがロードロック室30に導入される。これによりロードロック室30内の圧力が大気圧となったらロードロック室30の出口扉である仕切弁44が開かれ、基材Wを搭載したテーブル台車50がロードロック室30から退出する。

[0063] (成膜工程における作動状態)

成膜室 1 においては、上述したように、互いが逆極性とされた第 1 の群 18 の自転テーブル 4 と第 2 の群 19 の自転テーブル 4 との周方向の交番（交互）配置により、周方向に隣り合う自転テーブル 4 にそれぞれ保持される基材 W 同士の間には電位差が生じ、両者の間に確実にグロー放電が発生する。そして、プラズマ発生電源 10 の両電極の正負が入れ替われば、周方向に隣り合う自転テーブル 4 の極性も入れ替わり、引き続き両者間にグロー放電が発生する。それ故、多数の基材 W に対して一度に且つ均一に成膜を行うことが可能となる。

[0064] すなわち、第 1 の群 18 に属する自転テーブル 4 の基材 W が作用極として働いてこの基材 W 側に CVD 皮膜が成膜されているときには、第 2 の群 19 に属する自転テーブル 4 の基材 W が対極（反対極）となる。そして、プラズマ発生電源 10 の正負が入れ替われば、第 2 の群 19 に属する自転テーブル 4 の基材 W が作用極となり、第 1 の群 18 に属する自転テーブル 4 の基材 W が対極となる。

[0065] つまり、上述の構成であれば、基材 W は対極となっても、公転テーブル 5 や真空チャンバ 2 の筐体が対極になることはない。これらの部材は放電発生電極として作用していないため、原料ガスを分解するプラズマに直接的にはさらされず、従来技術に比べてこれらの部材には皮膜が堆積しにくい。その結果、皮膜の厚い堆積が原因となるフレークの飛散も起りにくく、皮膜欠陥も発生しにくい。また、これらの部材はプラズマ生成のためのグロー放電発生用電極としては作用せず、仮に絶縁皮膜が長時間の運転で厚く堆積したとしても、プラズマの不安定化が発生しない。従って、膜質や厚みにバラツキのない CVD 皮膜を安定的に生産することも可能となる。

[0066] 特に、インライン式のプラズマ CVD 装置に係る成膜室 1 は大気開放されることなく多数の基材の処理を行うことが求められるため、真空チャンバ 2 の筐体に皮膜が厚く堆積することのない、第 1 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 100 の構成は非常に有効である。

[0067] 以上、大気状態で搬入→真空排気→加熱→プラズマCVDによる成膜→冷却→大気状態で取り出しという、最小限の成膜プロセスについて説明したが、必要に応じて、プラズマCVD装置100の部屋数を増加させる等の方法で、より複雑な成膜プロセスを実現することも可能である。例えば、プラズマCVD装置100は、それぞれが異なる工程を実行する次のような多数の隔室を具備することも可能である。

- [0068] 1) ロードロック室：真空排気
2) 加熱室：基材Wの予備加熱
3) 前処理室：基材Wのエッチング等の密着性向上処理
4) 中間層成膜室：スパッタリング法などにより密着性向上のための中間層形成
5) 成膜室：基材を2群に分けたプラズマCVDによる成膜
6) 冷却室：冷却
7) ロードロック室：大気開放

[0069] この場合においても、「5) 成膜室」において、第1の実施形態に係るプラズマCVD装置100の構成を採用することにより、成膜室での安定的な成膜と低いメンテナンス頻度とを実現することができる。

[0070] <第2の実施形態>

以下、図5A～図5Dに示される本発明の第2の実施形態に係るプラズマCVD装置200について説明する。第2の実施形態に係るプラズマCVD装置200は、上述した第1の実施形態に係るプラズマCVD装置100と基材テーブル上の基材Wの配置において相違する。それ以外は、第1の実施形態と同じであるので、上述した説明と重複する部分についてはここでは繰り返さない。

[0071] 図5Aは、第2の実施形態に係るプラズマCVD装置200を示す。この図5Aは図4Aに対応する。

[0072] 図5Aに示すように、このプラズマCVD装置200は、プラズマCVD機構を備えた成膜室201であって真空チャンバ202を有するものと、そ

の上流側に配置されたロードロック室 220 と、その下流側に配置されたロードロック室 230 と、を備える。このプラズマ CVD 装置 200 においては、図 5 B および図 5 C に示すように、テーブル台車の上に一对の回転する基材テーブル 4 が設けられており、これらの基材テーブル 4 上にそれぞれ基材 W が搭載されている。

[0073] 前記一对の基材テーブルは、相互に絶縁され、また真空チャンバ 202 から絶縁されており、各テーブル上の基材 W は群を構成している。成膜室 201、ロードロック室 220 およびロードロック室 230 は、これらの基材テーブルを収納することができる大きさを備える。成膜室 201 においては、前記各基材テーブル上の基材 W の群間にプラズマが生成され、基材 W が成膜される。

[0074] 前記基材テーブルは、図 5 D に示すように各基材 W を遊星回転させる機構を有しても良い。

[0075] <第 3 の実施形態>

以下、図 6 A に示される本発明の第 3 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 300 について説明する。このプラズマ CVD 装置 300 は、上述した第 1 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 100 と基材 W の配置において異なる。それ以外は、第 1 の実施形態と同じであるので、上述した説明と重複する部分についてはここでは繰り返さない。

[0076] 図 6 A は、第 3 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 300 を示す。この図 6 A は図 4 A に対応した、インライン式プラズマ CVD 装置の作動状態を説明するための平面図である。

[0077] 図 6 A に示すように、プラズマ CVD 装置 300 は、プラズマ CVD 機構を備えた成膜室 301 であって真空チャンバ 302 を有するものと、その上流側に配置されたロードロック室 320 と、その下流側に配置されたロードロック室 330 と、を備える。このプラズマ CVD 装置 300 においては、一对の基材ホルダ 313 にそれぞれ少なくとも一つの基材 W が搭載される。前記各基材ホルダ 313 は図 6 B に示されるように平板状をなし、これによ

り1または複数の基材Wが固定される。図6Bに示される基材ホルダ313には9個の基材Wが搭載される。1つの基材ホルダに搭載された基材Wは、1つの群を形成する。

[0078] 一对の基材ホルダ313は、少なくとも成膜室301においては、相互に絶縁されるとともに真空チャンバ302からも絶縁され、互いに独立した電位を有し得る。ロードロック室320内、成膜室301内およびロードロック室330内において、一对の基材ホルダ313は、互に対向するように配置される。詳しくは、各基材ホルダ313のそれぞれの両面のうち基材Wが搭載される面が互に向かい合うように配置される。

[0079] このように配置されかつ基材Wを搭載した一对の基材ホルダ313は、ロードロック室320に搬入され、その後に当該ロードロック室320内が真空状態まで排気される。ロードロック室320内は、必要に応じて、当該ロードロック室320内に設置された加熱ヒータによりあらかじめ加熱される。

[0080] 所定の真空排気、あるいは加熱が完了したら、ロードロック320室と成膜室301との間の仕切弁42が開かれ、基材Wを搭載した一对の基材ホルダ313が成膜室1に搬入され、その後に仕切弁42が閉じられる。この後、ロードロック室320は、再び大気に開放されて、次の処理物の受入れの準備を行う。

[0081] 成膜室301に搬入された基材Wの成膜は次のように進展する。真空排気された成膜室301の基材ホルダ313間の空間にプロセスガス（成膜原料ガス、反応ガス、補助ガス）が供給され、これにより当該成膜室301内が所定の圧力に維持される。この状態で、一对の基材ホルダ313に対して、交流のプラズマ発生電源10が高周波の交流電力を供給する。この結果、それぞれの基材ホルダ313に固定された基材群の間に交流電圧が印加され、2群の基材同士の間すなわち一对の基材ホルダ313同士の間でグロー放電が発生し、基材W上に皮膜が形成される。

[0082] このとき、プラズマは主として基材ホルダ313間の空間に形成されるた

め、形成される皮膜は当該空間に面する部分に偏在する。このため、成膜室 301 の内面には殆ど皮膜は形成されない。皮膜形成が完了すると、プラズマ発生電源 10 の出力は停止され、プロセスガスの導入も停止される。これにより成膜工程が完了する。

[0083] 次に、ロードロック室 330 と成膜室 301 との間の仕切弁 43 が開かれ、基材ホルダ 313 と共に基材 W が成膜室 301 からロードロック室 330 へ移送される。移送が完了したら、両室 301, 330 間の仕切弁 43 が閉じられ、成膜室 301 は、再び、ロードロック室 20 からの基材 W の搬入を待つ状態となる。

[0084] ロードロック室 330 内は、基材 W の所定の冷却時間を経た後、大気又は不活性ガスの導入を受けて大気圧状態となる。そして、仕切弁 44 が開かれて基材 W が基材ホルダ 313 と共にロードロック室 330 から搬出される。これにより成膜の処理は完了する。仕切弁 44 を閉じた後、ロードロック室 330 は再び排気され、成膜室 301 からの次のロットの移送を待つ状態となる。

[0085] 第 3 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 300 によれば、皮膜形成は基材および基材ホルダには発生するが、成膜室の壁面等には殆ど発生しない。基材および基材ホルダは 1 ロット毎に搬出されるため、成膜室への皮膜形成は最小限に維持できる。結果として、多数のロットに対する成膜を行なっても、成膜室は汚染されず、欠陥の原因となる皮膜フレークの飛散や、絶縁皮膜の形成に伴うプロセスの変動は発生しない。

[0086] <第 4 の実施形態>

以下、図 7 に示される本発明の第 4 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 400 について説明する。なお、第 4 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 400 は、上述した第 3 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 300 における下流側のロードロック室 330 を備えない、いわゆるインターバック式の装置である。それ以外は、第 3 の実施形態と同じであるので、上述した説明と重複する部分についてはここでは繰り返さない。

[0087] 図7は第4の実施形態に係るプラズマCVD装置400を示す。この図7は図6Aに対応する。このプラズマCVD装置400は、プラズマCVD機構を備えた成膜室401（真空チャンバ402）とその上流側に配置されたロードロック室320とを備えるが、成膜装置401の下流側にロードロック室は設けられない。このため、成膜室401（真空チャンバ402）は下流側の開口部を有しない。

[0088] このプラズマCVD装置400においては、図7に示すように、成膜室401における成膜処理が完了したら、基材Wおよび基材ホルダ313は、上流側のロードロック室320へ逆送され、さらに大気状態でプラズマCVD装置400から搬出される。

[0089] このプラズマCVD装置400においては、第3の実施形態に係るプラズマCVD装置300と比べると、隔室数が少なく、設備コストが抑制可能である。

[0090] <第5の実施形態>

以下、図8Aに示される本発明の第5の実施形態に係るプラズマCVD装置500について説明する。なお、第5の実施形態に係るプラズマCVD装置500は、上述した第1の実施形態に係るプラズマCVD装置100と基材Wの配置が異なる。それ以外は、第1の実施形態と同じであるので、上述した説明と重複する部分についてはここでは繰り返さない。

[0091] 図8Aは第5の実施形態に係るプラズマCVD装置500を示す。この図8Aは図4Aに対応する。このプラズマCVD装置500は、プラズマCVD機構を備えた成膜室501であって真空チャンバ502を有するものと、その上流側に配置されたロードロック室520と、その下流側に配置されたロードロック室530と、を備える。このプラズマCVD装置500においては、図8Bに示すような平板状または略平板状の複数の基材Wが処理される。これらの基材Wは、間隔をおいて多層に配置される。これらの基材Wは、ひとつおきに、別の群に分類される。言い換えると、多層に並べられた基材Wは、ひとつ置きに同一電位になるように電氣的に接続されると共に、別

の群および真空チャンバとは、少なくとも成膜室 501 においては絶縁される。

[0092] 変形例として図 8C に示すように、平板状の基材ホルダ 513 が間隔をおいて多層に配置され、各基材ホルダ 513 の両面に基材 W が取り付けられることも可能である。

[0093] このように、多層に間隔をおいて重ねられた基材 W、または、基材 W がセットされた基材ホルダ 513 が、プラズマ CVD 装置 500 に搬入する。

[0094] 成膜室 501 に搬入された基材 W の成膜は次のように進展する。真空排気された成膜室 501 の基材 W 同士の間または基材ホルダ 513 同士の間の空間にプロセスガス（成膜原料ガス、反応ガス、補助ガス）が供給され、これにより当該空間の圧力が所定の圧力に維持される。この状態で、多層に配置された基材 W または基材ホルダ 513 に対して、交流のプラズマ発生電源 10 が高周波の交流電力を供給する。この結果、A 群または B 群の基材 W（または基材ホルダ 513 に固定された基材 W）の間に交流電圧が印加され、2 群の基材 W 同士の間（または 2 群の基材ホルダ 513 間）にグロー放電が発生し、基材 W 上に皮膜が形成される。この場合、プラズマは多層に積層された基材 W 間（または基材ホルダ 513 間）の空間に発生する。これにより、基材 W の両面または基材ホルダ 513 の両面に皮膜形成を行うことが可能である。

[0095] <第 6 の実施形態>

以下、図 9 に示される本発明の第 6 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 600 について説明する。なお、第 6 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 600 は、上述した実施形態に係るプラズマ CVD 装置とは隔室の配置および基材テーブルの動作が異なる。それ以外は、上述した他の実施形態と同じであるので、上述した説明と重複する部分についてはここでは繰り返さない。

[0096] 図 9 は第 6 の実施形態に係るプラズマ CVD 装置 600 の平面図である。この図 9 は、図 2 に対応する。このプラズマ CVD 装置 600 は、上方から

見て中央の位置に配置されるトランスファーチャンバ610と、その周囲に配置される複数の室、すなわち、図の左側であって上流側に配置されるロードロック室20、上側に配置されて中間層を成膜する中間層成膜室40、下側に配置される成膜室1であって真空チャンバ2を有するもの、図の右側であって下流側に配置されるロードロック室30と、を備える。ロードロック室20には、基材Wの搬入用の扉である仕切弁65が設けられ、ロードロック室30には基材Wの搬出用の扉である仕切弁66が設けられている。

[0097] トランスファーチャンバ610とその周囲の各室との間にはそれぞれ仕切り弁が配置されている。詳しくは、トランスファーチャンバ610とロードロック室20との間には仕切弁61が、トランスファーチャンバ610と成膜室1との間には仕切弁62が、トランスファーチャンバ610と中間層成膜室40との間には仕切弁63が、トランスファーチャンバ610とロードロック室30との間には仕切弁64が、それぞれ開閉自在に設けられている。これらの仕切弁は、トランスファーチャンバ610、成膜室1および中間層成膜室40がプラズマCVD装置600の稼働中に真空状態に排気された状態を維持することを可能にする。

[0098] 図9に示すように、基材Wは、第1の実施形態と同じく、6個の自転テーブル4が配置された公転テーブル5に搭載されている。基材Wは公転テーブル5に搭載された状態のままでこのプラズマCVD装置600の外部から上流側のロードロック室20へ搬入され、トランスファーチャンバ610を経由して、中間層成膜室40、成膜室1の真空チャンバ2、下流側のロードロック室30へ順次移送され、下流側のロードロック室30からこのプラズマCVD装置600の外部へ搬出される。この公転テーブル5の移送の順序を、図9に白抜き矢示で示す。

[0099] 公転テーブル5の移送機構については、第1の実施形態に示したテーブル台車50と同じ、または、それに類するものが用いられる。図9に示される例では、基材Wは第1の実施形態と同じく6個の自転テーブル4が配置された公転テーブル5に搭載されているが、テーブルの形態および基材Wの搭載

形態は、上述した他の実施形態に示した形態であっても構わない。

- [0100] このプラズマCVD装置600における基材Wの成膜処理の手順について説明する。
- [0101] このプラズマCVD装置600における成膜プロセスでは、真空排気を経て中間層成膜が行われた後、プラズマCVDによる成膜、冷却、及び大気への基材Wの取り出しが順に行われる。公転テーブル5に搭載された基材Wは以下のように処理される。なお、初期状態においては、仕切弁61～66は閉状態であって、トランスファーチャンバ610、成膜室1および中間層成膜室40は真空状態であるとする。
- [0102] 仕切弁65が開かれ、基材Wが搭載された公転テーブル5がロードロック室20へ搬入される。その後、仕切弁65が閉じられ、ロードロック室20が真空状態になるまで排気される。
- [0103] ロードロック室20内の排気が完了したら、仕切弁61および仕切弁62が開かれ、基材Wを搭載した公転テーブル5がトランスファーチャンバ610を経由して中間層成膜室40へ移動する。移動が完了すると仕切弁61が閉じられる。
- [0104] ロードロック室20は、仕切弁61が閉じた後に大気に開放され、仕切弁65が開かれることにより次に搬入される基材Wを待つ状態となる。中間層成膜室40においては、皮膜供給源（スパッタ蒸発源）6が作動してCVD層の下地となる中間層を基材Wの表面に形成する。
- [0105] 中間層成膜室40での中間層の成膜が完了したら、仕切弁62および仕切弁63が開かれ、基材Wを搭載した公転テーブル5がトランスファーチャンバ610を経由して成膜室1に移動する。中間層成膜室40は、ロードロック室20から次に移送される基材Wを待つ状態となる。
- [0106] 成膜室1においては、仕切弁63が閉じた後、公転テーブル5に搭載された2群の基材Wがプラズマ発生電源10の両極に接続されて、プロセスガスが導入されながらの成膜が行なわれる。
- [0107] 成膜室1でのCVD層の成膜が完了したら、仕切弁63および仕切弁64

が開かれ、基材Wを搭載した公転テーブル5がトランスファーチャンバ610を經由してロードロック室30へ移動する。成膜室1は、中間層成膜室40から次に移送される基材Wを待つ状態となる。

[0108] ロードロック室30においては、仕切弁64が閉じられた後、公転テーブル5に搭載された2群の基材Wが適当な温度に冷却されるのを待つ。基材Wが適当な温度に冷却された後に、ロードロック室30内に大気が導入され、仕切弁66が開かれ、基材Wが搭載された公転テーブル5がロードロック室30から搬出される。

[0109] 以上のように、このプラズマCVD装置600によると、CVD皮膜は基材Wおよび公転テーブル5には形成されるが、成膜室1の壁面等には殆ど形成されない。基材Wおよび基材ホルダは1ロット毎にこのプラズマCVD装置600の外部へ搬出されるため、成膜室1への皮膜形成を最小限に維持できる。その結果、多数のロットに対する成膜を行なっても、成膜室1は汚染されず、欠陥の原因となる皮膜フレークの飛散や、絶縁皮膜の形成に伴うプロセスの変動は発生しない。特に、このプラズマCVD装置600では、成膜室1を真空状態に維持して連続成膜処理を行うことが可能であり、これにより多数のロットの効率的処理が可能であるから、成膜室1の汚染を抑制することができることは、このプラズマCVD装置600を長時間に亘り安定的に稼働させるための非常に有効な方策となる。

[0110] <第7の実施形態>

以下、図10A及び図10Bに示される本発明の第7の実施形態に係るプラズマCVD装置700について説明する。第7の実施形態に係るプラズマCVD装置700は、上述した実施形態に係るプラズマCVD装置とは隔室の配置および基材テーブルの動作が異なる。それ以外は、上述した他の実施形態と同じであるので、上述した説明と重複する部分についてはここでは繰り返さない。

[0111] 図10A及び図10Bは第7の実施形態に係るプラズマCVD装置700を示す。図10Aは後述する回転移送機構710のアーム712を伸ばして

隔室で処理を行っている状態を示す平面図であって、図10Bはアーム712を縮めて隔室から隔室へ基材Wを回転移送している状態を示す平面図である。図10Cはアーム712の先端に取り付けられた仕切板720およびテーブル730を示す斜視図である。

[0112] 図10A及び図10Bに示すように、このプラズマCVD装置700においては、第6の実施形態に係るプラズマCVD装置600と同様に、中央に配置されたトランスファーチャンバ610と、その周囲に配置される複数の隔室と、を備える。詳しくは、プラズマCVD装置700の上方から見て、中央にトランスファーチャンバ610が配置され、その周囲において、図の右側すなわち上流側に加熱室21が配置され、上側に中間層を成膜する中間層成膜室40が配置され、左側すなわち下流側に成膜室1の真空チャンバ2が配置され、下側にロードロック室30が配置される。ロードロック室30には、基材Wの搬入および搬出用の扉である仕切弁65が設けられている。この隔室の配置等は、プラズマCVD装置700とプラズマCVD装置600と異なる。さらに、以下の構成が異なる。

[0113] トランスファーチャンバ610には、プラズマCVD装置600とは異なり、回転移送機構710が配置されている。この回転移送機構710は、回転可能な中心軸711と、その周囲に90°間隔で配置される、伸縮可能な4つのアーム712と、を有し、このアーム712の先端に仕切板720が取り付けられている。図10Aに示すように、各アーム712が伸びることにより、各仕切板720は4つの隔室の開口部のそれぞれを閉鎖することができて、4つの各隔室を独立の雰囲気とすることが可能である。さらに、仕切板720には基材Wを搭載可能なテーブル730が設けられている。また、図10Bに示すように、アーム712が縮んだ状態では、4つの仕切板720およびテーブル730は、中心軸711回りに回転移動（図10では反時計回り方向の回転移動）することができる。

[0114] 図10Cに示すように、基材Wは、2個の自転テーブル4が配置されたテーブル730に搭載されている。基材Wは、テーブル730の上の自転テ

ブル4に搭載されてこのプラズマCVD装置600の外部からロードロック室30へ搬入される。基材Wは、トランスファーチャンバ610に設けられた回転移送機構710により、加熱室21、中間層成膜室40、成膜室1（真空チャンバ2）、元のロードロック室30へ順次移送され、ロードロック室30からこのプラズマCVD装置700の外部へ搬出される。この公転テーブル5の移送の順序を、図10Aに白抜き矢示で示す。

[0115] この実施の形態では、テーブル730に2個の自転テーブル4が配置され、各自転テーブル4に基材Wが搭載されるが、テーブルの形態および基材Wの搭載形態は、上述した他の実施形態に示した形態であっても構わない。

[0116] このプラズマCVD装置700における基材Wの成膜処理の手順について説明する。このプラズマCVD装置700における成膜プロセスは、プラズマCVD装置600と同様に、真空排気→加熱→中間層成膜→プラズマCVDによる成膜→冷却→大気取り出し、である。テーブル730に搭載された基材Wは以下のように処理される。図10Aは初期状態を示す。この初期状態において、仕切弁65は閉状態であって、ロードロック室30には、成膜処理が終了した基材Wが存在しているとする。

[0117] ロードロック室30が仕切板720により他の隔室から独立された状態で当該ロードロック室30に大気が導入される。その後、仕切弁65が開かれてロードロック室30内が大気に一旦開放され、成膜処理が終了した基材Wがテーブル730から取り外される。次の基材Wがテーブル730に搭載されてロードロック室30へ搬入される。その後、仕切弁65が閉じられ、ロードロック室30が真空状態になるまで排気される。

[0118] ロードロック室30内の排気が完了したら、回転移送機構710のアーム712が縮んだ状態で中心軸711が反時計回りに90°回転する。回転終了後、回転移送機構710のアーム712が伸びてテーブル730を加熱室21へ移送する。このとき、仕切板720は加熱室21を他の隔室から独立した状態（4つの隔室全てが独立した状態）にする。この後、自転テーブル4が回転しながら加熱室21内に設置された加熱ヒータ17が昇温し、基材

Wを加熱する。

[0119] 加熱室21での基材Wの加熱が完了したら、回転移送機構710のアーム712が縮んだ状態で中心軸711が反時計回りに90°回転する。回転終了後に、回転移送機構710のアーム712が伸びてテーブル730を中間層成膜室40へ移送する。このとき、仕切板720が中間層成膜室40を他の隔室から独立した状態にする。この後、自転テーブル4が回転しながら皮膜供給源（スパッタ蒸発源）6が作動してCVD層の下地となる中間層を基材Wの表面に形成する。

[0120] 中間層成膜室40での中間層の成膜が完了したら、回転移送機構710のアーム712が縮んだ状態で中心軸711が反時計回りに90°回転する。回転終了後に、回転移送機構710のアーム712が伸びてテーブル730を成膜室1へ移送する。このとき、仕切板720が成膜室1を他の隔室から独立した状態にする。この後、自転テーブル4が回転しながら2群の基材Wがプラズマ発生電源10の両極にそれぞれ接続されて、プロセスガスを導入しながらの成膜が行なわれる。

[0121] 成膜室1でのCVD層の成膜が完了したら、回転移送機構710のアーム712が縮んで中心軸711を反時計回りに90°回転させる。回転終了後に、回転移送機構710のアーム712が伸びてテーブル730をロードロック室30へ移送する。このとき、仕切板720がロードロック室30を他の隔室から独立した状態にする。この後、2群の基材Wが適当な温度に冷却されるのを待つ。基材Wが適当な温度に冷却された後に、ロードロック室30に大気を導入し、仕切弁65が開いて基材Wはロードロック室30から搬出される。

[0122] このように仕切弁65が閉じた状態で行われる成膜処理（真空排気→加熱→中間層成膜→プラズマCVDによるCVD層成膜→冷却）は、4つの隔室がいずれも真空にある状態で行われる。この状態で、アーム712が縮むと、4つの仕切板720はトランスファーチャンバ610の中央付近に、テーブル730に基材Wを搭載した状態で引き寄せられ、この状態で、中心軸7

11が反時計周りに90°回転することができる。この後に、アーム712が伸びると、各基材Wは、成膜プロセスの次の処理が行われる隔室に移送されることができる。

[0123] このような成膜処理は、4つの隔室のそれぞれに基材Wが格納されて同時進行で行われることもできる。このようにすると、処理効率が大幅に向上する。

[0124] 以上のように、このプラズマCVD装置700によると、プラズマCVD装置600と同様に、CVD皮膜は成膜室1の壁面等には殆ど形成されないため、成膜室1への皮膜形成を最小限に維持できる。その結果、多数のロットに対する成膜を行なっても、成膜室1は汚染されず、欠陥の原因となる皮膜フレークの飛散や、絶縁皮膜の形成に伴うプロセスの変動は発生しない。このように成膜室1の汚染を抑制することができることは、このプラズマCVD装置700を長時間に亘り安定的かつ高効率で稼働させるための非常に有効な方策となる。

[0125] なお、処理工程の数により配置される隔室の数が変更され、回転移送機構710における1回あたりの回転角度も変更される。

[0126] ところで、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、発明の本質を変更しない範囲で各部材の形状、構造、材質、組み合わせなどを適宜変更可能である。また、今回開示された実施形態において、明示的に開示されていない事項、例えば、運転条件や操業条件、各種パラメータ、構成物の寸法、重量、体積などは、当業者が通常実施する範囲を逸脱するものではなく、通常の当業者であれば、容易に想定することが可能な事項を採用している。

[0127] 以上のように、本発明によれば、インライン式プラズマCVD装置であって、基材以外の部分にCVD皮膜が堆積しにくく、長期にわたり清掃を行わずに安定操業が可能で、かつ、生産効率の高いプラズマCVD装置が提供される。このインライン式プラズマCVD装置は、成膜室と、前記成膜室とは別の隔室と、を備え、前記成膜室と前記隔室との間で基材が搬送される。

前記成膜室は、真空チャンバと、前記真空チャンバ内の空気を排気するポンプと、前記真空チャンバ内に原料ガスを供給するガス供給部と、前記真空チャンバ内に供給された原料ガスにプラズマを発生させる交流型のプラズマ発生電源と、を有する。前記成膜室において、前記基材は2群に分かれており、前記プラズマ発生電源の一方極に接続された第1の群および前記プラズマ発生電源の他方極に接続される第2の群のいずれかに属する。

[0128] 本発明において、好ましくは、前記2群の基材は、対向配置された平板状の基材であるように構成することができる。

[0129] さらに好ましくは、前記2群の基材は、交互に間隔をおいて配置されたホルダ上に固定された平板状の基材、または、交互に間隔をおいて配置された平板状の基材であって、前記2群の基材または基材ホルダは、交互に異なる群に属するように構成することができる。

[0130] さらに好ましくは、前記2群の基材は、成膜中にそれぞれ回転する基材ホルダに搭載されているように構成することができる。

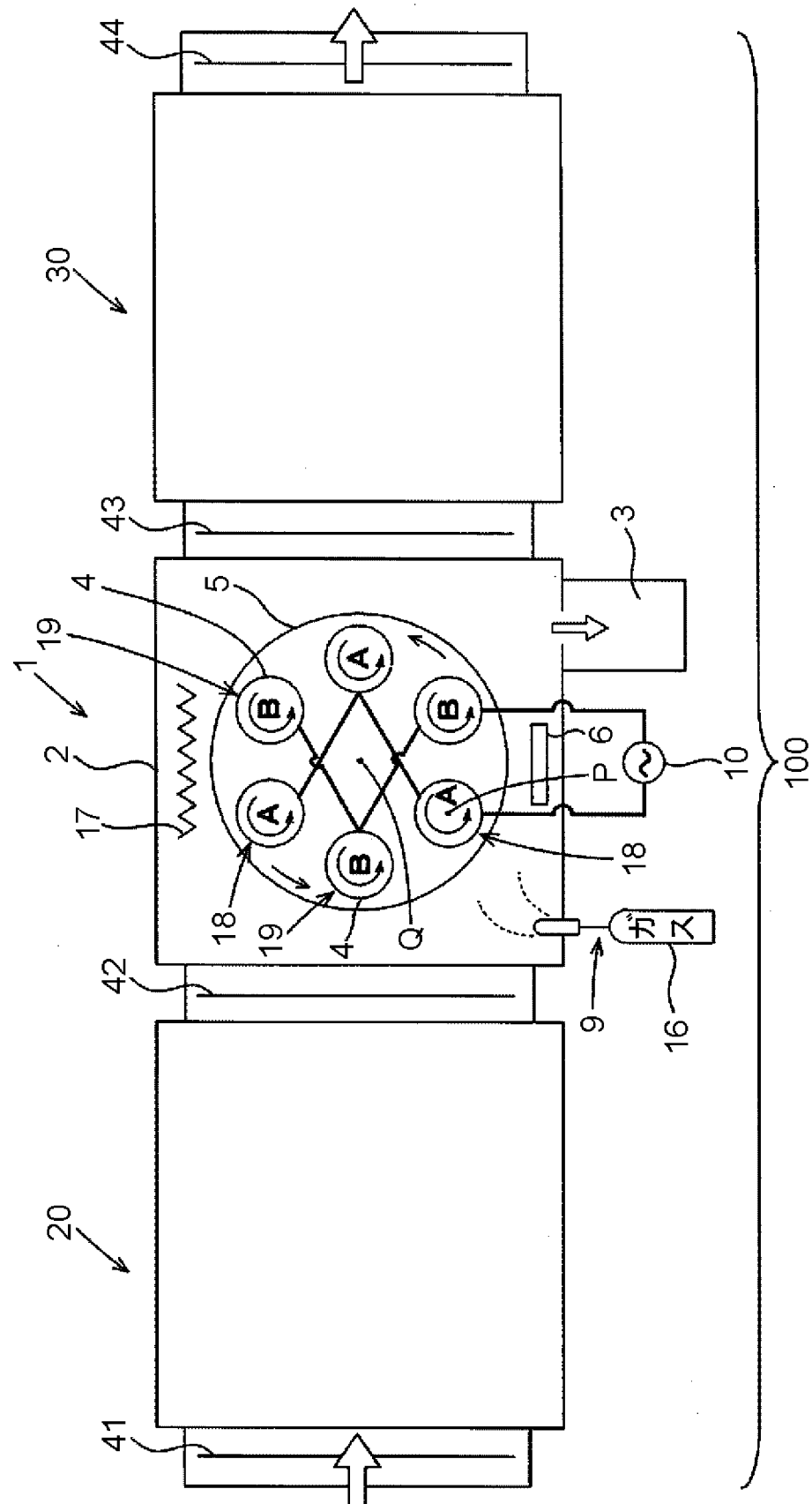
[0131] さらに好ましくは、前記2群の基材は、成膜中にそれぞれ自公転する基材ホルダに搭載されているように構成することができる。

[0132] さらに好ましくは、前記2群の基材は、自公転する基材ホルダに搭載され、第1の群に属する自転テーブルと第2の群に属する自転テーブルとは、互いに同数とされており、前記公転軸回りに1つずつ交互に並んで配備されているように構成することができる。

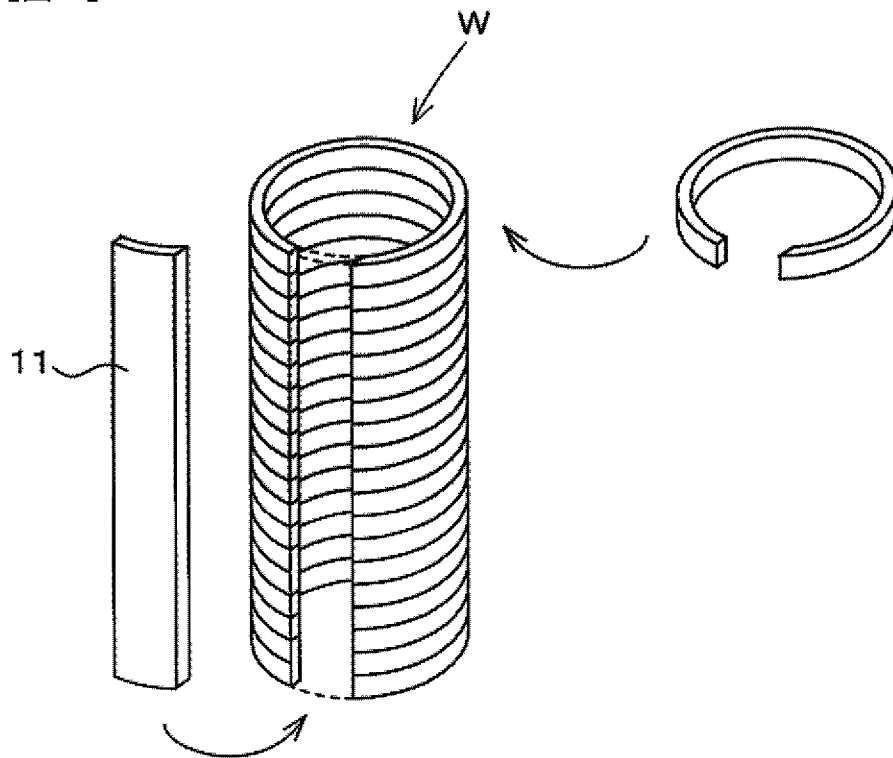
請求の範囲

- [請求項1] 成膜室と、前記成膜室とは別の隔室と、を備え、前記成膜室と別の隔室との間で基材が搬送されて前記基材に成膜されるインライン式プラズマCVD装置であって、
- 前記成膜室は、真空チャンバと、前記真空チャンバ内の空気を排気するポンプと、前記真空チャンバ内に原料ガスを供給するガス供給部と、前記真空チャンバ内に供給された原料ガスにプラズマを発生させる交流型のプラズマ発生電源とを備え、
- 前記成膜室において、前記基材は、2群に分かれており、前記プラズマ発生電源の一方極に接続された第1の群および前記プラズマ発生電源の他方極に接続される第2の群のいずれかに属する、プラズマCVD装置。
- [請求項2] 前記2群の基材は、対向配置された平板状の基材である、請求項1に記載のプラズマCVD装置。
- [請求項3] 前記2群の基材は、交互に間隔をおいて配置されたホルダ上に固定された平板状の基材、または、交互に間隔をおいて配置された平板状の基材であって、
- 前記2群の基材または基材ホルダは、交互に異なる群に属する、請求項1に記載のプラズマCVD装置。
- [請求項4] 前記2群の基材は、成膜中にそれぞれ回転する基材ホルダに搭載されている、請求項1に記載のプラズマCVD装置。
- [請求項5] 前記2群の基材は、成膜中にそれぞれ自公転する基材ホルダに搭載されている、請求項1に記載のプラズマCVD装置。
- [請求項6] 前記2群の基材は、自公転する基材ホルダに搭載され、第1の群に属する自転テーブルの数と第2の群に属する自転テーブルは、互いに同数で、かつ、前記公転軸回りに1つずつ交互に並んで配備されていることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマCVD装置。

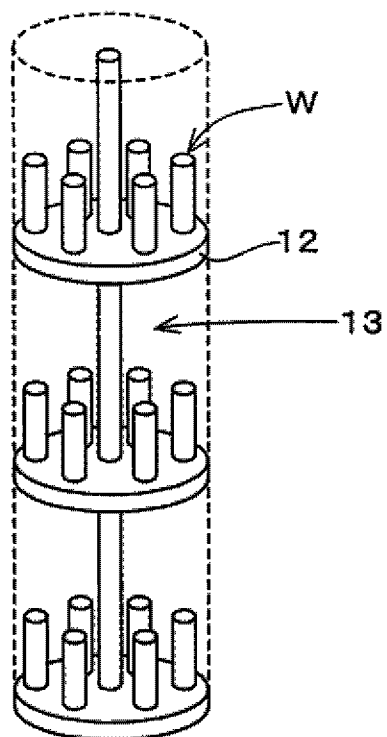
[図2]



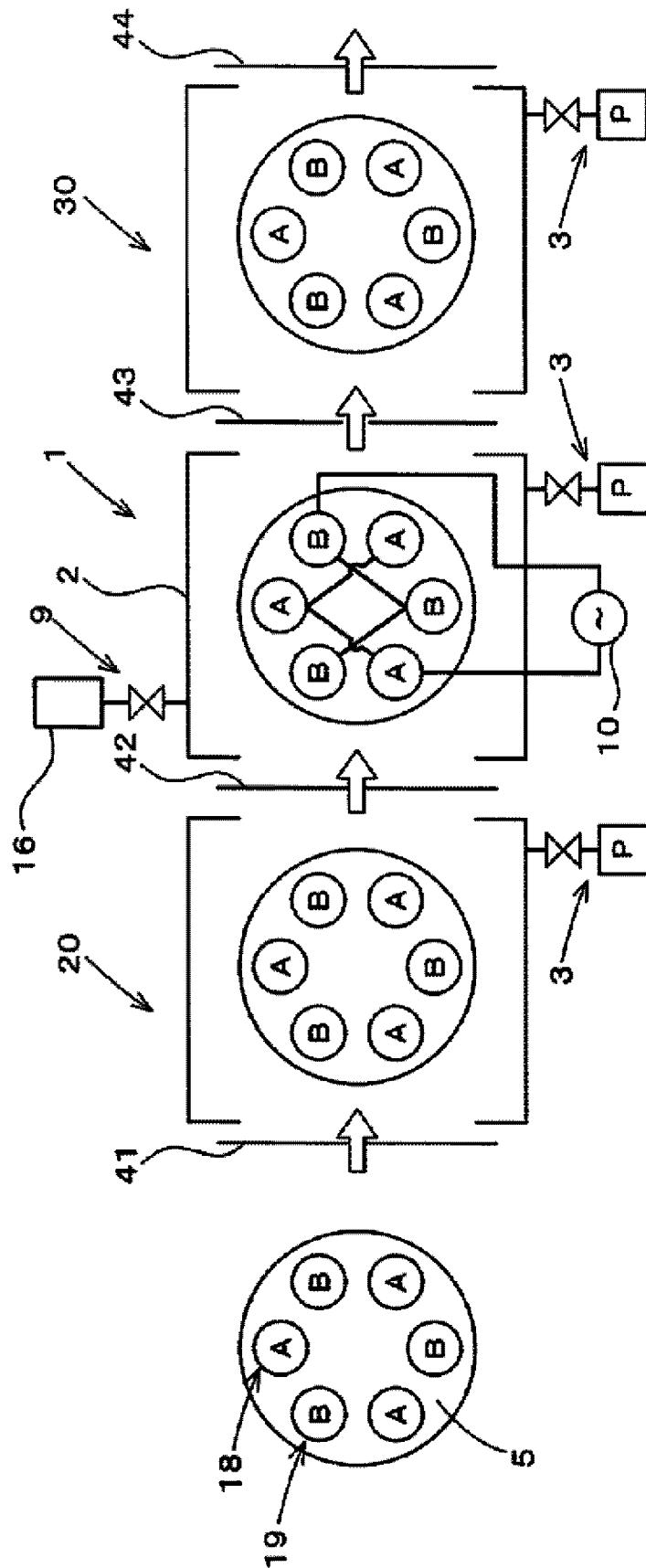
[図3A]

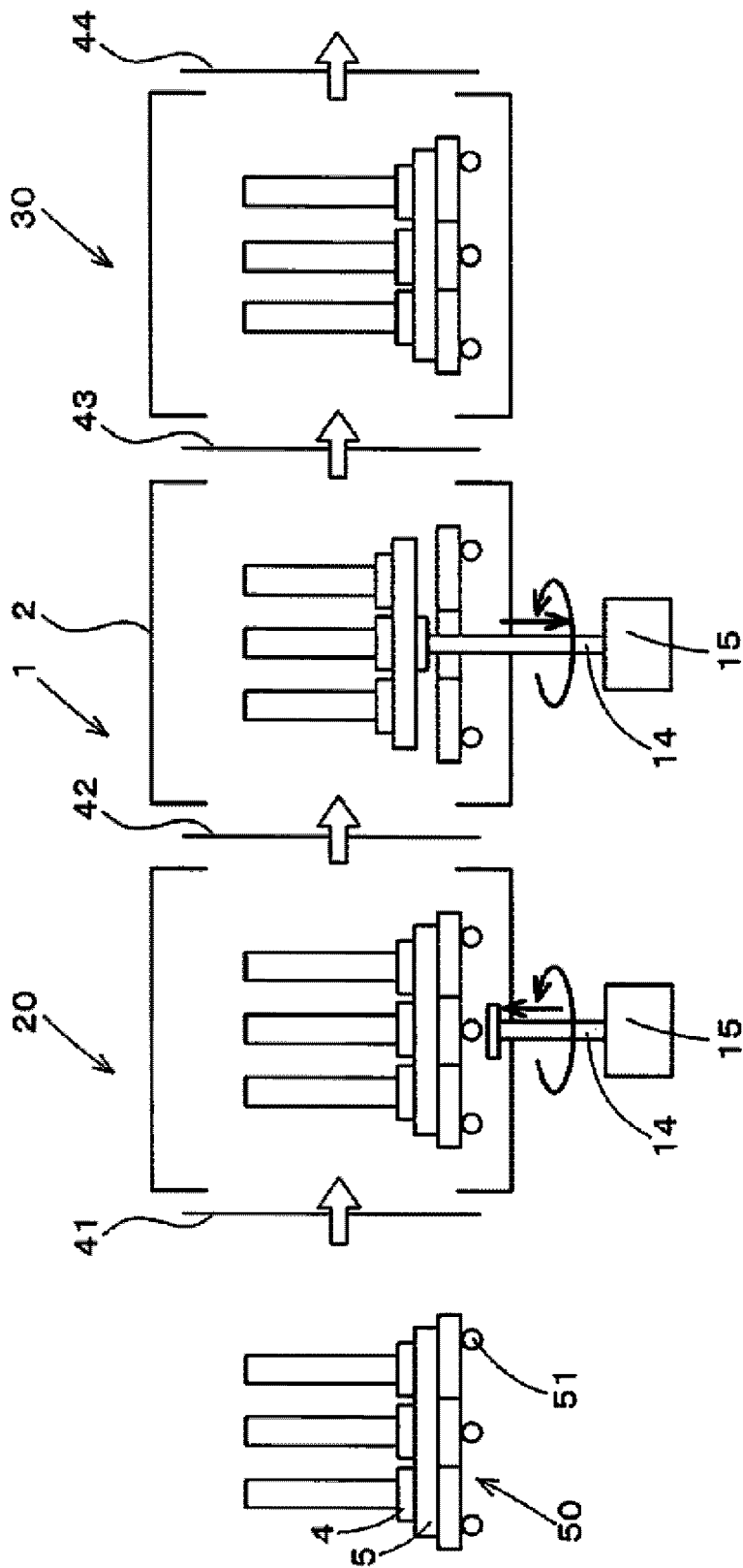


[図3B]

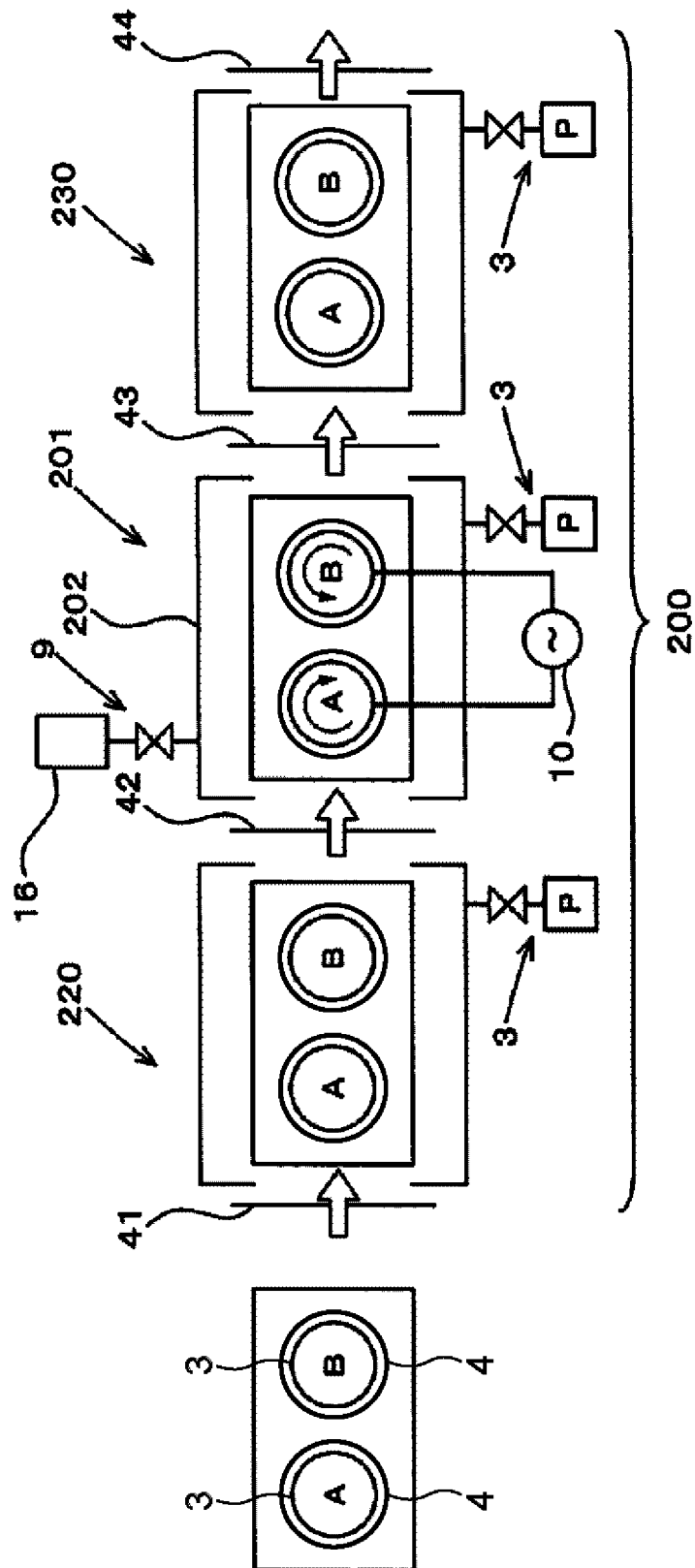


[図4A]

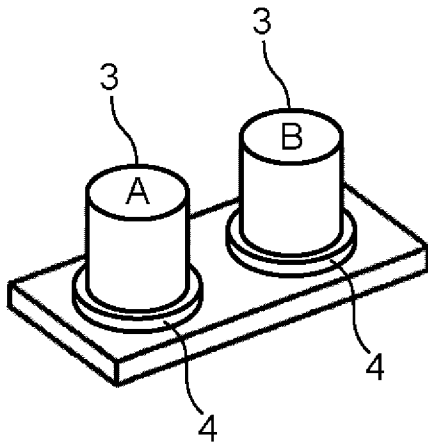




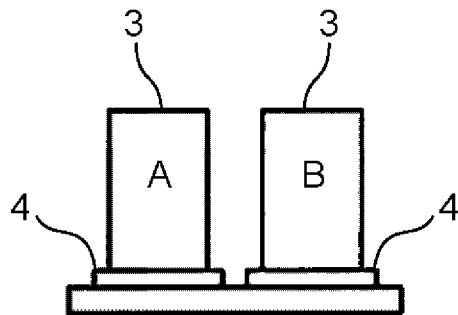
[図5A]



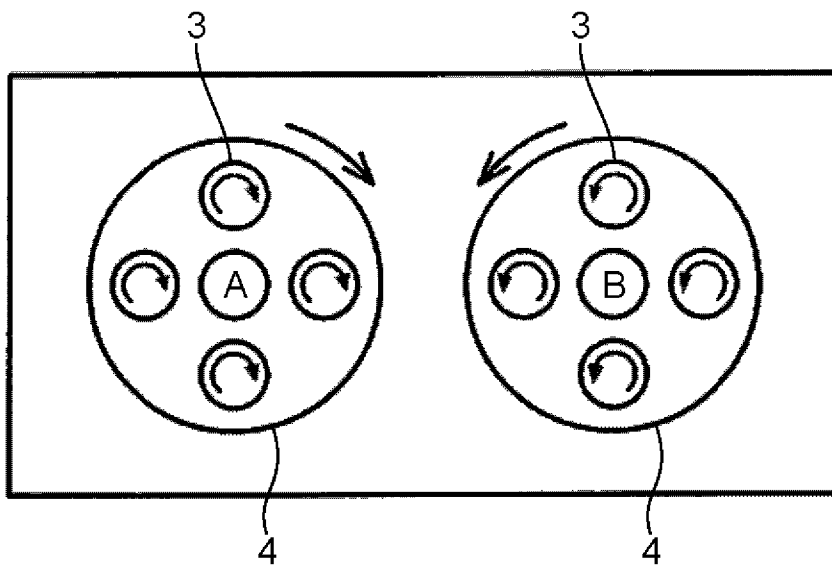
[図5B]



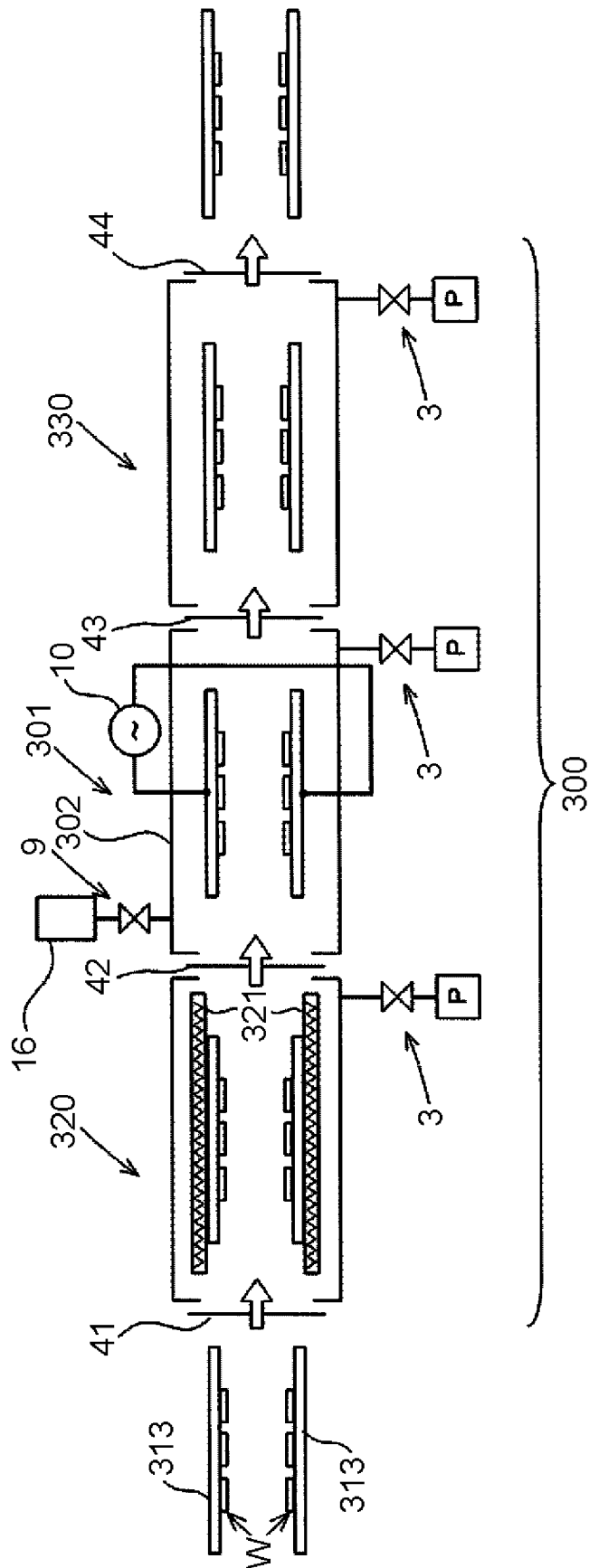
[図5C]



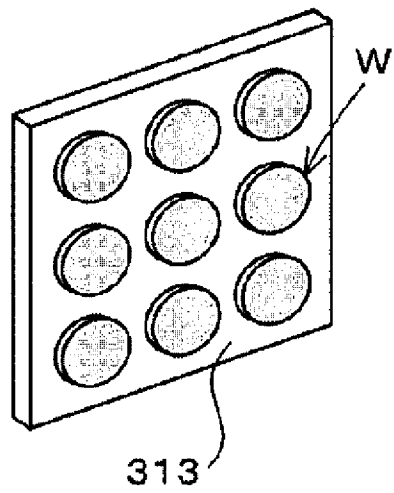
[図5D]



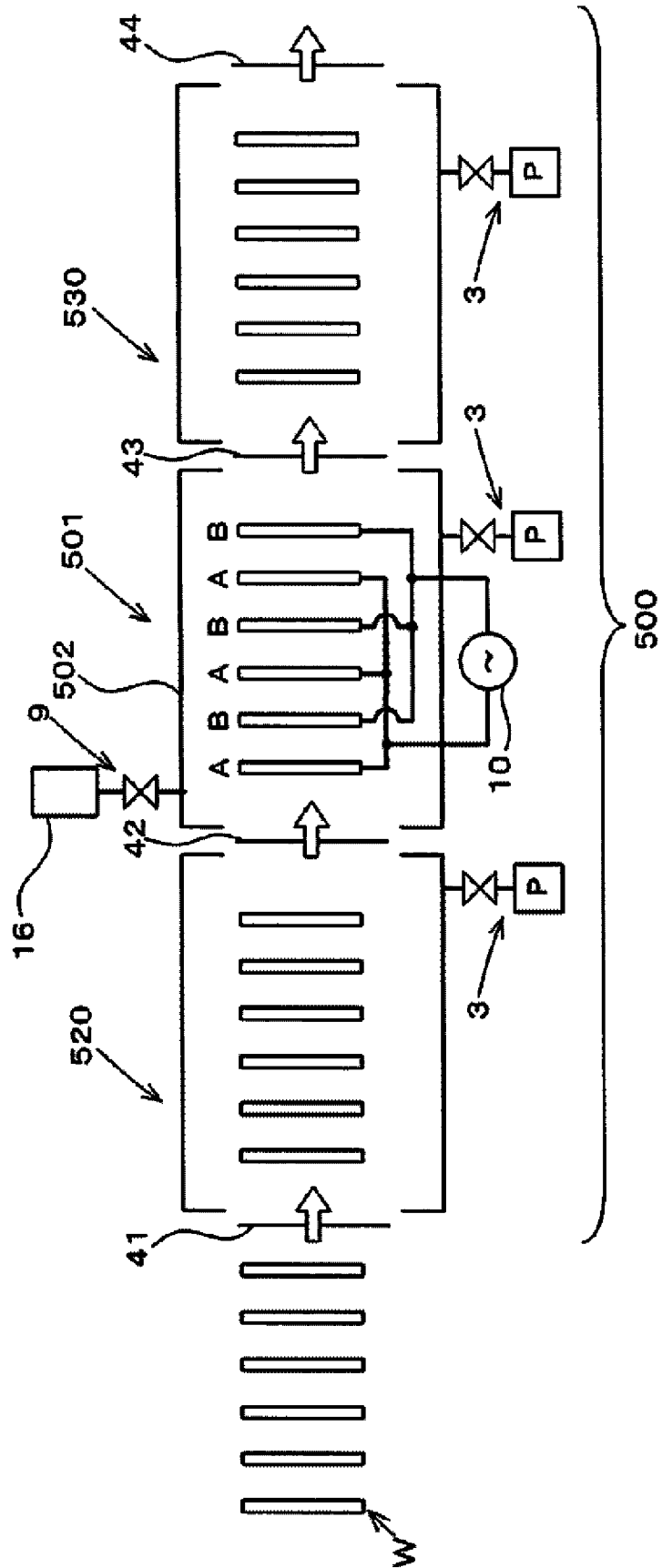
[図6A]



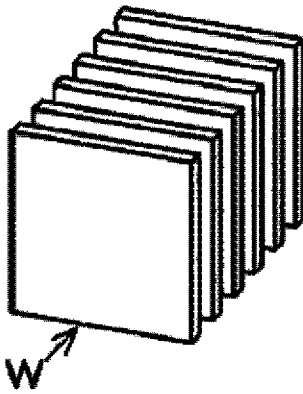
[図6B]



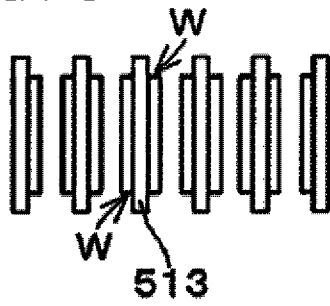
[図8A]



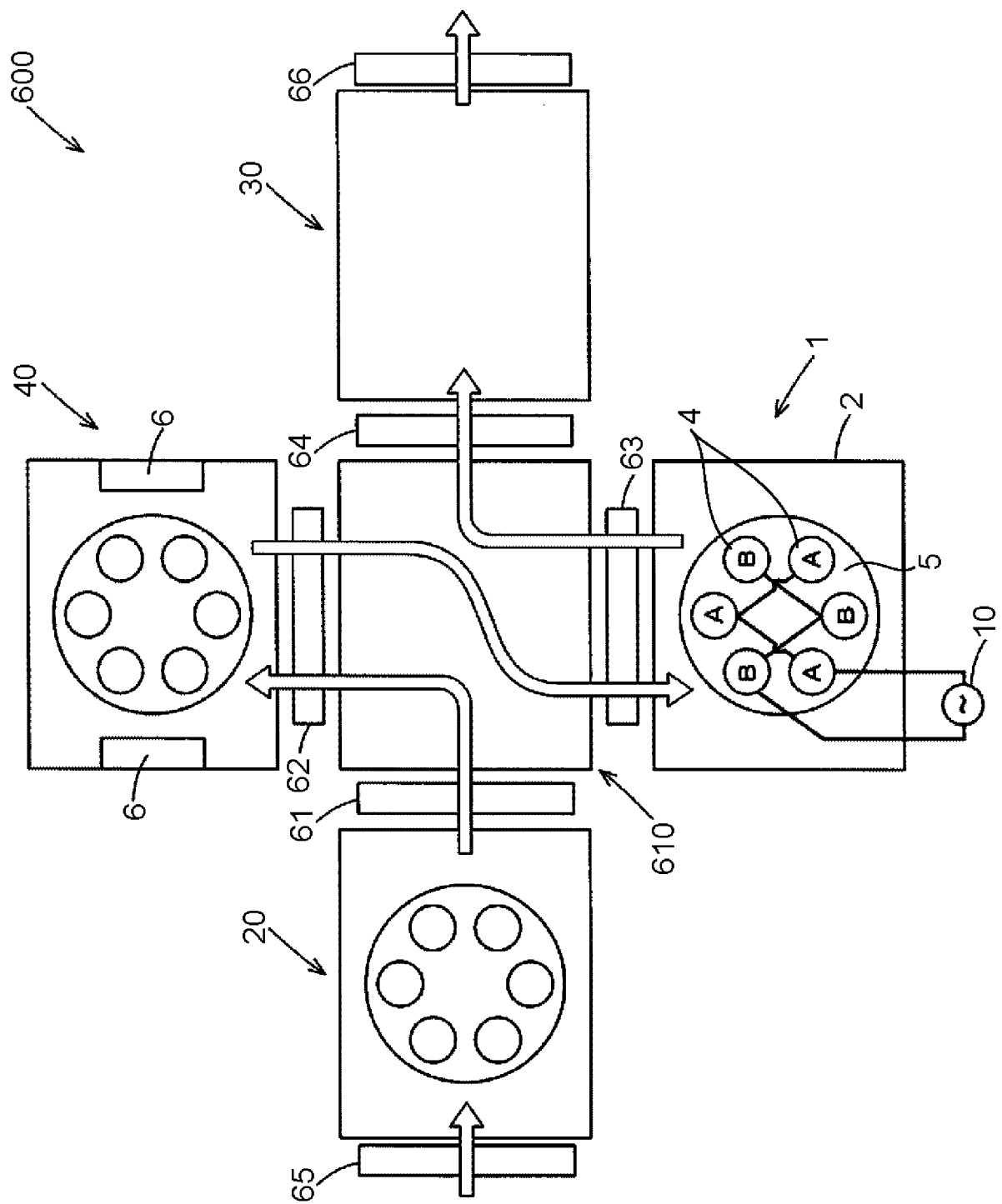
[図8B]



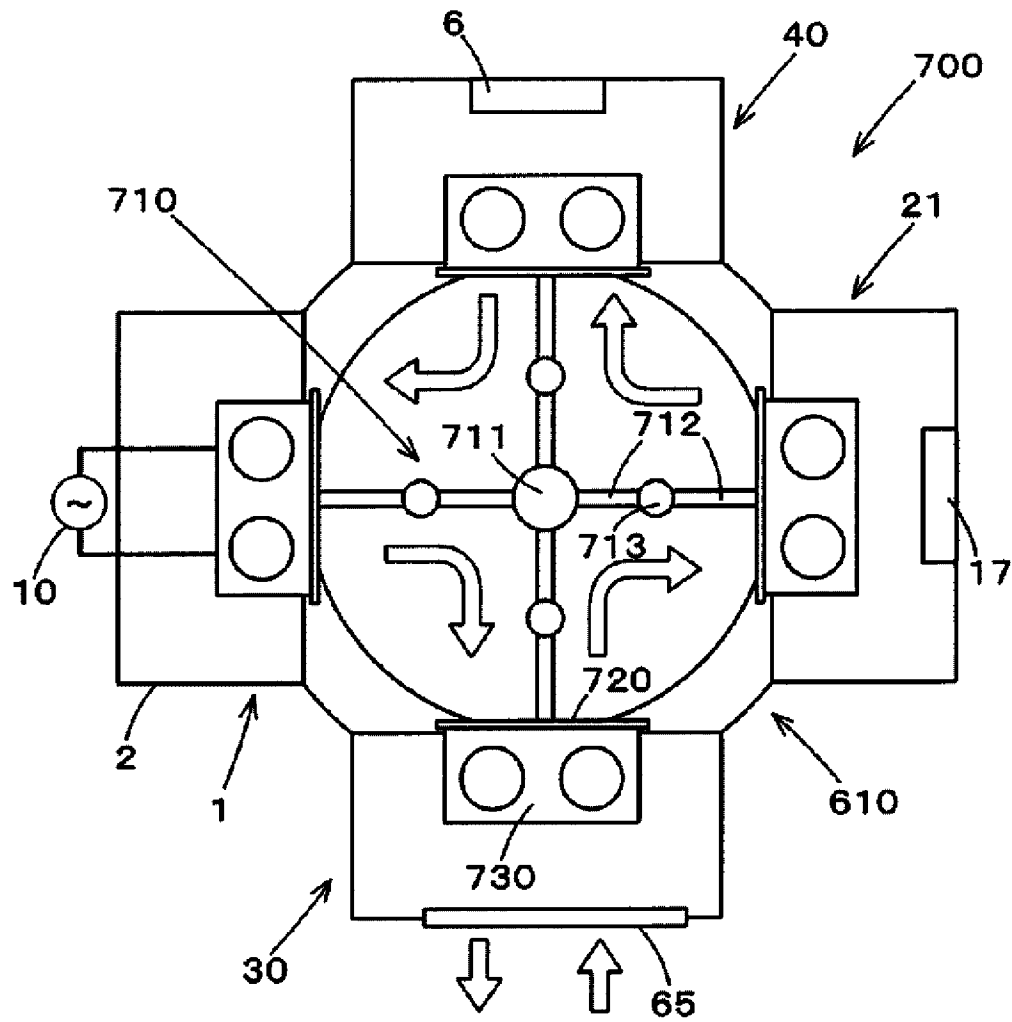
[図8C]



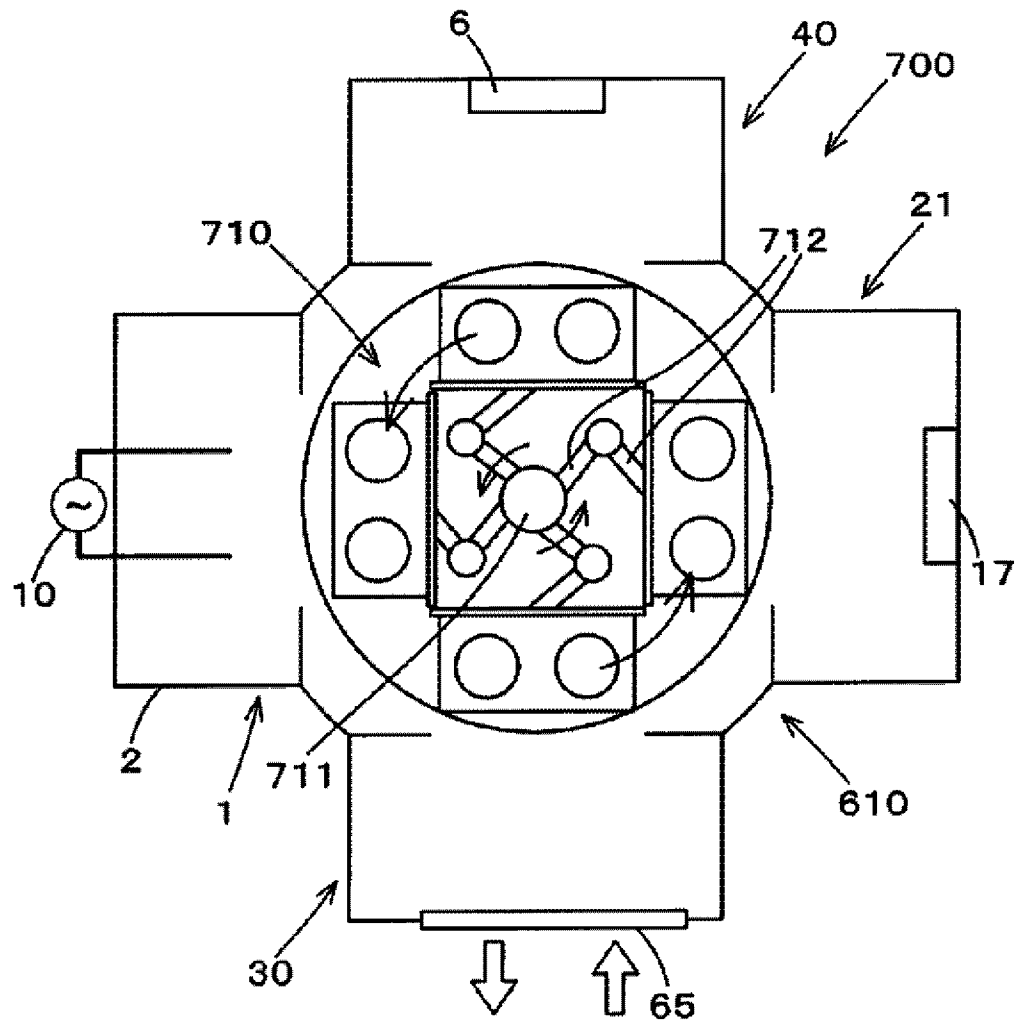
[図9]



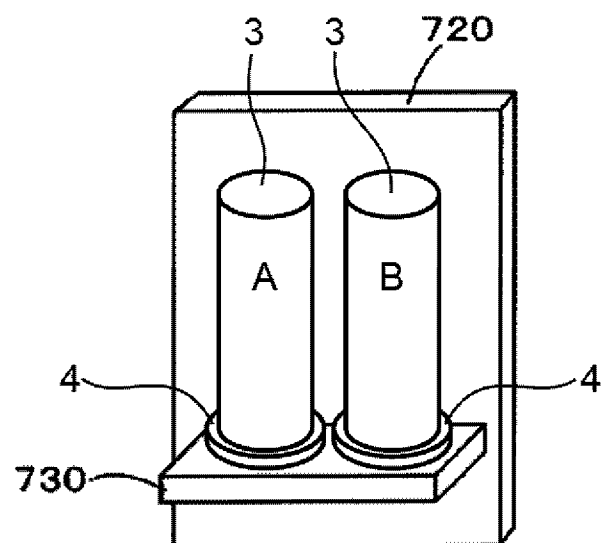
[図10A]



[図10B]



[図10C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/007338

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C16/458(2006.01)i, C23C16/44(2006.01)i, C23C16/503(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)

C23C16/458, C23C16/44, C23C16/503

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2004-323883 A (Kobe Steel, Ltd.), 18 November 2004 (18.11.2004), claims 1 to 6; examples; drawings & WO 2004/015170 A1 & EP 1553210 A1 & US 2009/0173625 A1 & CN 1675409 A	1-6
A	JP 2-138475 A (Canon Inc.), 28 May 1990 (28.05.1990), claim 1; examples; drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2007-308758 A (Denso Corp.), 29 November 2007 (29.11.2007), claims 1 to 10; examples; drawings (Family: none)	1-6

☒ 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
11 March, 2014 (11.03.14)

Date of mailing of the international search report
25 March, 2014 (25.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/007338

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 7-297142 A (Canon Inc.), 10 November 1995 (10.11.1995), claims 1 to 22; embodiment examples; drawings (Family: none)	1-6
A	JP 62-47486 A (Hitachi, Ltd.), 02 March 1987 (02.03.1987), claims 1 to 4; examples of the invention; drawings (Family: none)	1-6
P,X	JP 2013-14818 A (Kobe Steel, Ltd.), 24 January 2013 (24.01.2013), claims 1 to 4; Mode for carrying out the Invention; drawings & WO 2013/005435 A1	1-6
P,A	JP 2013-28851 A (Kobe Steel, Ltd.), 07 February 2013 (07.02.2013), claims 1 to 3; Mode for carrying out the Invention; drawings & WO 2013/018319 A	1-6
P,A	JP 2013-44047 A (Kobe Steel, Ltd.), 04 March 2013 (04.03.2013), claims 1 to 9; Mode for carrying out the Invention; drawings & WO 2013/005435 A1	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C23C16/458(2006.01)i, C23C16/44(2006.01)i, C23C16/503(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. C23C16/458, C23C16/44, C23C16/503

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
A	JP 2004-323883 A（株式会社神戸製鋼所）2004. 11. 18, 請求項 1-6、実施例及び図面 & WO 2004/015170 A1 & EP 1553210 A1 & US 2009/0173625 A1 & CN 1675409 A	1 - 6
A	JP 2-138475 A（キャノン株式会社）1990. 05. 28, 請求項 1、実施例及び図面（ファミリーなし）	1 - 6

☒ 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

1 1 . 0 3 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 3 . 2 0 1 4

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

植前 充司

4 G

9 4 4 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 1 6

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 2007-308758 A (株式会社デンソー) 2007. 11. 29, 請求項 1-10、実施例及び図面 (ファミリーなし)	1 - 6
A	JP 7-297142 A (キャノン株式会社) 1995. 11. 10, 請求項 1-22、実施態様例及び図面 (ファミリーなし)	1 - 6
A	JP 62-47486 A (株式会社日立製作所) 1987. 03. 02, 特許請求の範囲第 1-4 項、発明の実施例の項及び図面 (ファミリーなし)	1 - 6
P, X	JP 2013-14818 A (株式会社神戸製鋼所) 2013. 01. 24, 請求項 1-4、発明を実施するための形態の項及び図面 & WO 2013/005435 A1	1 - 6
P, A	JP 2013-28851 A (株式会社神戸製鋼所) 2013. 02. 07, 請求項 1-3、発明を実施するための形態の項及び図面 & WO 2013/018319 A	1 - 6
P, A	JP 2013-44047 A (株式会社神戸製鋼所) 2013. 03. 04, 請求項 1-9、発明を実施するための形態の項及び図面 & WO 2013/005435 A1	1 - 6