

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-241265

(P2012-241265A)

(43) 公開日 平成24年12月10日(2012.12.10)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
C 2 3 C 16/54 (2006.01)	C 2 3 C 16/54	4 G 1 4 6
C 2 3 C 14/56 (2006.01)	C 2 3 C 14/56 C	4 K 0 2 9
C 0 1 B 31/02 (2006.01)	C 0 1 B 31/02 1 O 1 F	4 K 0 3 0

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-115291 (P2011-115291)	(71) 出願人	000005119
(22) 出願日	平成23年5月24日 (2011. 5. 24)		日立造船株式会社
			大阪府大阪市住之江区南港北 1 丁目 7 番 8 9 号
		(74) 代理人	110001298
			特許業務法人森本国際特許事務所
		(72) 発明者	平岡 和志
			大阪府大阪市住之江区南港北 1 丁目 7 番 8 9 号 日立造船株式会社内
		F ターム (参考)	4G146 AA11 AB07 AC03B BA04 BC09 DA16 DA31 DA48 4K029 AA25 CA01 KA06 4K030 AA09 BA27 CA02 CA17 FA10 GA14 KA10

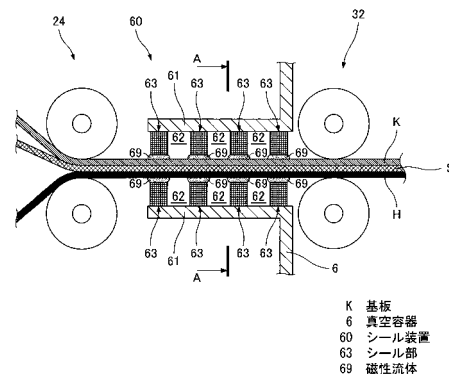
(54) 【発明の名称】 連続真空蒸着装置

(57) 【要約】

【課題】シール装置で基板や蒸着膜を傷つけることなく、高品質の蒸着膜を連続的に得られる連続真空蒸着装置を提供する。

【解決手段】基板 K をその長さ方向に送ることで連続的に基板 K を真空容器 6 に通過させて、真空容器 6 の内部で連続的に基板 K に蒸着を行う連続真空蒸着装置であって、基板 K を真空容器 6 の内部から外部に導く下流側開口部に、基板 K を通過させるとともに真空容器 6 の内部を気密にし得るシール装置 60 が設けられ、シール装置 60 が、基板 K の表裏面との間に隙間を有して配置されたシール部 63 と、シール部 63 に保持されて隙間を密封する磁性流体 69 とを備える。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板をその長さ方向に送ることによって連続的に当該基板を真空室に通過させて、当該真空室の内部で連続的に上記基板に蒸着を行う連続真空蒸着装置であって、

上記基板を上記真空室の内部から外部に導く開口部に、当該基板を通過させるとともに当該真空室の内部を気密にし得るシール装置が設けられ、

上記シール装置が、上記基板の表裏面との間に隙間を有して配置された磁極体と、当該磁極体に保持されて上記隙間を密封する磁性流体とを備えたことを特徴とする連続真空蒸着装置。

【請求項 2】

磁極体が、基板の表裏面にそれぞれ面して磁力により磁性流体を保持する一対のヨークと、これらヨークに磁力を帯びさせる磁石部とから構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の連続真空蒸着装置。

【請求項 3】

磁極体が、基板の長さ方向に複数配置されたものであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の連続真空蒸着装置。

【請求項 4】

ヨークが、基板の幅方向で複数に分割されており、

磁石部に、分割された各分割ヨーク部における各磁力を同等にし得る磁力調整部が設けられたことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の連続真空蒸着装置。

【請求項 5】

隣り合う分割ヨーク部の間に、漏洩磁束防止用の遮蔽体または空間を設けたことを特徴とする請求項 4 に記載の連続真空蒸着装置。

【請求項 6】

シール装置が、磁極体に磁性流体を供給する磁性流体供給装置を備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の連続真空蒸着装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、連続真空蒸着装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

連続真空蒸着装置は、基板を連続的に送るとともに、真空室の内部において基板に蒸着膜を成長させるものである。連続真空蒸着装置では、通常、基板を連続的に送るために、基板を引き出す巻出しローラと、蒸着膜を成長させた基板を巻き取る巻取りローラとを備えており、これら巻出しローラおよび巻取りローラは、その取り扱いを容易にするため、真空室の外部に配置される。このため、基板が真空室の外部から内部に亘って配置されるので、基板を真空室の外部（内部）から内部（外部）に導くための開口部と、基板を通過させている開口部を密封するためのシール装置とが必要となる。

【0003】

このようなシール装置として、ゲートバルブの弁体で基板の表裏面を挟む方式が開示されている（例えば、特許文献 1 参照）。また、ラビリンスシールを用いる方式が開示されている（例えば、特許文献 2 および 3 参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開昭 63 - 241169 号公報

【特許文献 2】特許 2646457 号

【特許文献 3】特公平 6 - 63101 号

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献1に記載の装置は、ゲートバルブの上下の弁体が基板を強く押し付ける方式であるから、連続的に基板を送る方式を採用する連続真空蒸着装置への適用はできないという問題がある。また、上記特許文献2および3に記載の装置は、シール装置が基板に非接触の方式であるが、真空室の内部と外部の差圧により、シール装置に高速の気流が発生する。この高速の気流で基板が煽られて振動し、この振動により基板がシール装置に接触するので、基板や蒸着膜が傷つくという問題があった。

【0006】

そこで本発明は、シール装置で基板や蒸着膜を傷つけることなく、高品質の蒸着膜を連続的に得られる連続真空蒸着装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明の請求項1に係る連続真空蒸着装置は、基板をその長さ方向に送ることによって連続的に当該基板を真空室に通過させて、当該真空室の内部で連続的に上記基板に蒸着を行う連続真空蒸着装置であって、

上記基板を上記真空室の内部から外部に導く開口部に、当該基板を通過させるとともに当該真空室の内部を気密にし得るシール装置が設けられ、

上記シール装置が、上記基板の表裏面との間に隙間を有して配置された磁極体と、当該磁極体に保持されて上記隙間を密封する磁性流体とを備えたものである。

【0008】

また、本発明の請求項2に係る連続真空蒸着装置は、請求項1に記載の連続真空蒸着装置において、磁極体が、基板の表裏面にそれぞれ面して磁力により磁性流体を保持する一対のヨークと、これらヨークに磁力を帯びさせる磁石部とから構成されているものである。

【0009】

さらに、本発明の請求項3に係る連続真空蒸着装置は、請求項1または2に記載の連続真空蒸着装置において、磁極体が、基板の長さ方向に複数配置されたものである。

また、本発明の請求項4に係る連続真空蒸着装置は、請求項2または3に記載の連続真空蒸着装置において、磁石部に、分割された各分割ヨーク部における各磁力を同等にし得る磁力調整部が設けられたものである。

【0010】

また、本発明の請求項5に係る連続真空蒸着装置は、請求項4に記載の連続真空蒸着装置において、隣り合う分割ヨーク部の間に、漏洩磁束防止用の遮蔽体または空間を設けたものである。

【0011】

さらに、本発明の請求項6に係る連続真空蒸着装置は、請求項1乃至5のいずれか一項に記載の連続真空蒸着装置において、シール装置が、磁極体に磁性流体を供給する磁性流体供給装置を備えたものである。

【発明の効果】

【0012】

上記連続真空蒸着装置によると、シール装置による基板の密封が、固体ではなく流体の磁性流体により行われているので、基板が固体に接触することがなく、また、シール装置で気密が確保されて、基板を振動させる気流が発生しないので、基板や蒸着膜が傷つくことがなく、高品質の蒸着膜を連続的に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施例1～3に係る連続真空蒸着装置における基板、スペーサおよび保護シートの斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 2】同連続真空蒸着装置の概略構成を示す側面断面図である。

【図 3】本発明の実施例 1 に係る連続真空蒸着装置におけるシール装置の要部側面断面図である。

【図 4】同シール装置の図 3 における A - A 断面図である。

【図 5】本発明の実施例 2 に係る連続真空蒸着装置におけるシール装置の要部側面断面図である。

【図 6】同シール装置の図 5 における B - B 断面図である。

【図 7】同シール装置の一部切欠平面図である。

【図 8】本発明の実施例 3 に係る連続真空蒸着装置におけるシール装置の要部正面断面図である。

10

【図 9】同シール装置の一部切欠平面図である。

【図 10】本発明の実施例 4 に係る連続真空蒸着装置におけるシール装置の要部正面断面図である。

【発明を実施するための形態】

【実施例 1】

【0014】

以下、本発明の実施例 1 に係る連続真空蒸着装置について図面に基づき説明する。

本実施例 1 では、連続真空蒸着装置の一例として、カーボンナノチューブ形成用の熱 CVD 装置について説明する。

【0015】

20

本実施例 1 においては、カーボンナノチューブを形成する基板として、表裏面および両側端部に SiO_2 をコーティングしたステンレス製の薄鋼板、すなわち SiO_2 コートステンレス鋼板（薄板材の一例であり、例えば箔材の場合は $20 \sim 300 \mu\text{m}$ 程度の厚さのものが用いられ、ステンレス箔ということもできる。また、板材である場合には、 $300 \mu\text{m} \sim$ 数 mm 程度の厚さのものが用いられる。）を用いるようにしたもので、しかも、このステンレス鋼板としては、所定幅で長いもの、つまり帯状のものが用いられる。したがって、このステンレス鋼板はロールに巻き付けられており、カーボンナノチューブの形成に際しては、このロールから引き出されて連続的にカーボンナノチューブが形成されるとともに、このカーボンナノチューブが形成されたステンレス鋼板は、やはり、ロールに巻き取るようにされている。すなわち、一方の巻出しロールからステンレス鋼板を引き出し、この引き出されたステンレス鋼板の表面にカーボンナノチューブを形成（生成）した後、カーボンナノチューブが形成された面にスペーサおよび保護シートを被せた上で、このステンレス鋼板を他方の巻取りロールに巻き取るようにされている。ここで、図 1 に示すように、スペーサ S は、上記ステンレス鋼板（以下、基板 K という）と同形状の帯状のものに矩形開口 W が長さ方向で所定間隔おきに形成されたものであり、保護シート H は、上記基板 K と同形状の帯状のものである。このため、基板 K のカーボンナノチューブが形成された面にスペーサ S および保護シート H を被せることで、スペーサ S の矩形開口 W の内部にカーボンナノチューブが位置し（基板 K における F の位置である）、保護シート H でカーボンナノチューブの表面が覆われて、カーボンナノチューブが保護される。

30

【0016】

40

以下、上述した帯状の基板 K の表面にカーボンナノチューブを形成するための熱 CVD 装置について、図 2 ～ 図 4 に基づき説明する。

上記熱 CVD 装置には、図 2 に示すように、細長い空間部が設けられて成る装置本体 1 が具備されており、この装置本体 1 内は、区画壁 2 により 3 つの部屋に区画されている。

【0017】

すなわち、この装置本体 1 内には、その一端側に位置して基板 K が巻き付けられた巻出しロール 21 が配置された基板供給室 3 と、上記装置本体 1 内の他端側に位置してカーボンナノチューブが形成された基板 K を巻き取るための巻取りロール 28 が配置された基板回収室 4 と、上記基板供給室 3 と基板回収室 4 との間に位置して基板 K にカーボンナノチューブを形成する設備が配置された中間室 5 とが具備されている。この中間室 5 内には、

50

巻出しロール 21 から引き出された基板 K を導き負圧下 (1 ~ 1000 Pa 程度) で当該基板 K にカーボンナノチューブを形成するための真空容器 (真空室である) 6 が配置されている。なお、以下では便宜上、巻出しロール 21 が配置された側を上流側、巻取りロール 28 が配置された側を下流側という。

【0018】

上記中間室 5 の内部における上記真空容器 6 の上部の空間は、上下流方向に 5 つの小部屋に区画されている。これら 5 つの小部屋のうち、上流側から 2 ~ 4 番目の小部屋は、それぞれ第 1 加熱室 11、第 2 加熱室 12 および第 3 加熱室 13 である。これら第 1 加熱室 11、第 2 加熱室 12 および第 3 加熱室 13 の内部には、それぞれ複数 (例えば 3 つ) の電熱ヒータ 14 と、これら電熱ヒータ 14 の上方に配置されて当該電熱ヒータ 14 の熱を下方に反射するゴールドミラー 15 とが設けられている。また、これら第 1 加熱室 11、第 2 加熱室 12 および第 3 加熱室 13 の下壁部 (真空容器 6 の上壁部でもある) には、電熱ヒータ 14 の熱を真空容器 6 の内部に伝達させるための石英窓 16 がそれぞれ設けられている。上記真空容器 6 内において上記第 1 加熱室 11、第 2 加熱室 12 および第 3 加熱室 13 と隣接する小部屋は、詳しくは後述するが、それぞれ予熱室 36、前処理室 38 および反応室 45 である。

10

【0019】

上記基板供給室 3 内には、スペーサ S が巻き付けられたスペーサ用ロール 22 が巻出しロール 21 の下方に配置され、保護シート H が巻き付けられた保護シート用ロール 23 がスペーサ用ロール 22 の下方に配置されている。これら巻出しロール 21、スペーサ用ロール 22 および保護シート用ロール 23 の下流側には、これらロール 21, 22, 23 から引き出された基板 K、スペーサ S および保護シート H を上からこの順で重ねて圧着する上流側圧着ロール 24 が配置されている。なお、以下では、基板 K、スペーサ S および保護シート H を重ねて圧着したものを、積層シートという。

20

【0020】

上記真空容器 6 には、その上流側壁面に形成されて積層シートを基板供給室 3 から導く上流側開口部と、下流側壁面に形成されて積層シートを基板回収室 4 に導く下流側開口部とを有する。また、上流側開口部および下流側開口部には、積層シートを通過させるとともに真空容器 6 の内部を気密にし得るシール装置 60 がそれぞれ設けられている。

【0021】

30

上記真空容器 6 内は、さらに 6 つの小部屋に区画されている。すなわち、この真空容器 6 内には、その上流側に位置して積層シートを基板 K とスペーサ S および保護シート H とに分離する分離室 31 と、この分離室 31 の上部に位置して積層シートから分離された基板 K を予熱する予熱室 36 と、上記分離室 31 および予熱室 36 の下流側に位置して予熱された基板 K に鉄触媒 (図 1 に示す) F を印刷する前処理室 38 と、この前処理室 38 の下流側に位置して第 1 真空ポンプ 43 により真空容器 6 の内部を負圧にし得る吸引室 41 と、この吸引室 41 の下流側に位置して基板 K に印刷された鉄触媒上にカーボンナノチューブを形成する反応室 45 と、この反応室 45 の下流側に位置して基板 K にスペーサ S および保護シート H を圧着することで当該基板 K に形成されたカーボンナノチューブを保護する保護室 51 とが具備されている。ここで、上記前処理室 38 には不活性ガス供給管 39 が設けられ、上記吸引室 41 には上記第 1 真空ポンプ 43 に接続された第 1 吸引管 42 が設けられ、上記反応室 45 には第 2 真空ポンプ 47 に接続された第 2 吸引管 46 と反応ガス供給管 48 とが設けられている。なお、これら 6 つの小部屋 31, 36, 38, 41, 45, 51 は互いに連通している。すなわち、上記真空容器 6 内の 6 つの小部屋は、上記吸引室 41 の内部を第 1 真空ポンプ 43 で負圧にすると、または上記反応室 45 の内部を第 2 真空ポンプ 47 で負圧にすると、他の 5 つの小部屋も (つまり真空容器 6 の内部全て) 負圧になり、同様に、上記前処理室 38 の内部に上記不活性ガス供給管 39 からヘリウムガス (He) を供給すると、他の 5 つの小部屋も (つまり真空容器 6 の内部全て) ヘリウムガスで満たされる構造である。

40

【0022】

50

上記分離室 31 内には、シール装置 60 および上流側開口部を通過させた積層シートを上方の基板 K と下方のスペーサ S および保護シート H とに分離する分離ロール 32 が当該上流側開口部の下流側に配置され、分離された基板 K を案内する上流側基板案内ロール 33 が上記分離ロール 32 の下流側上方に配置され、分離されたスペーサ S および保護シート H を案内する上流側保護部案内ロール 34 が上流側基板案内ロール 33 の下方に配置されている。また、上記予熱室 36 は、上記第 1 加熱室 11 の直下に隣接しており、基板 K を通過させて第 1 加熱室 11 からの熱で当該基板 K を加熱（予熱）するものである。さらに、上記前処理室 38 は、第 2 加熱室 12 の直下に隣接しており、基板 K に鉄触媒 F を印刷する触媒印刷器（図示しない）が設けられて、基板 K を通過させて第 2 加熱室 12 からの熱で当該基板 K を加熱しながら触媒印刷器で当該基板 K に鉄触媒 F を印刷するものである。また、上記反応室 45 は、第 3 加熱室 13 の直下に隣接しており、基板 K を通過させて第 2 加熱室 12 からの熱で当該基板 K を加熱しながら、反応ガス供給管 48 で供給されたアセチレンガス（ C_2H_2 ）により当該基板 K に印刷された鉄触媒 F 上にカーボンナノチューブを形成するものである。上記保護室 51 内には、基板 K を冷却するとともに当該基板 K の張力を制御する調整ロール 52 が配置され、カーボンナノチューブが形成された基板 K を案内する下流側基板案内ロール 53 が上記調整ロール 52 の下流側に配置され、スペーサ S および保護シート H を案内する下流側保護部案内ロール 54 が上記下流側基板案内ロール 53 の下方に配置され、下流側基板案内ロール 53 からの基板 K と下流側保護部案内ロール 54 からのスペーサ S および保護シート H とを圧着する下流側圧着ロール 55 が下流側基板案内ロール 53 および下流側保護部案内ロール 54 の下流側に配置されている。

【0023】

上記基板回収室 4 内には、下流側開口部およびこれに設けられたシール装置 60 を通過させた積層シートを案内する製品案内ロール 27 が当該シール装置 60 の下流側に配置され、積層シートを回収する巻取りロール 28 が製品案内ロール 27 の下流側に配置されている。

【0024】

以下、本発明の要旨であるシール装置 60 について、図 3 および図 4 に基づき詳しく説明する。

上記シール装置 60 は、上記真空容器 6 の上流側開口部および下流側開口部から、それぞれ基板供給室 3 内および基板回収室 4 内に突出するように設けられており、積層シートを通過させるとともに真空容器 6 の内部を気密にし得るものである。

【0025】

上記シール装置 60 は、図 3 に示すように、上記真空容器 6 の上流側開口部および下流側開口部の縁からそれぞれ突出させた中空の直方体形状である案内体 61 と、これら案内体 61 において上下流方向（積層シートの送り方向）に複数配置されたシール部（磁極体である）63 とを備えている。

【0026】

上記案内体 61 は、直方体の内部に、上下流方向に貫通して形成した空間であって積層シートを通過させ得る基板通過部 62 を有するものである。この基板通過部 62 は、上流側開口部または下流側開口部に連通する空間である。また、上記各シール部 63 は、積層シートをその幅方向および厚さ方向で密封して、この密封した位置の上流側と下流側との気密を確保し得るものである。このため、上記シール装置 60 は、上記シール部 63 が案内体 61 において上下流方向に複数配置されることで、当該シール装置 60 の上流側と下流側、すなわち真空容器 6 の内部を確実に気密し得るものである。ここで、上記複数のシール部 63 は、いずれかのシール部 63 が必ずスペーサ S の矩形開口 W でない部分を常に密封するような間隔で配置されている。言い換えれば、隣り合うシール部 63 の間隔においてシール部 63 で密封できない上下流方向の距離が、隣り合う矩形開口 W における上流側矩形開口 W の下流側端辺と下流側矩形開口 W の上流側端辺との距離よりも小さくなるように、シール部 63 同士の間隔が設定される。また、最上流側のシール部 63 と最下流側

のシール部 6 3 との間隔は、矩形開口 W の間隔より大きい構成となっている。なお、以下では便宜上、積層シートの幅方向を左右方向という。

【 0 0 2 7 】

上記各シール部 6 3 は、図 4 に示すように、案内体 6 1 の左右側にそれぞれ配置されてコイル 6 5 が巻き付けられた軸芯部（磁石部の一例である）6 4 と、左右の両軸芯部 6 4 の両上端および両下端から案内体 6 1 を貫通して基板通過部 6 2 に達する上下の貫通ヨーク部 6 7 と、基板通過部 6 2 において上側の左右の貫通ヨーク部 6 7 同士および下側の左右の貫通ヨーク部 6 7 同士からそれぞれ連続するとともに積層シートの表裏面に張り出した上下の対面ヨーク部 6 8 と、これら上下の対面ヨーク部 6 8 に保持される磁性流体 6 9 とから構成される。また、上記各コイル 6 5 は、直流電源 6 6 が接続されており、この直流電源 6 6 で直流電流が流されることにより、上記軸芯部 6 4 を磁化し得るものである。さらに、上記対面ヨーク部 6 8 は、磁化した上記軸芯部 6 4 により貫通ヨーク部 6 7 とともに磁力を帯び、磁性流体 6 9 を保持するものである。すなわち、上記貫通ヨーク部 6 7 および対面ヨーク部 6 8 が、ヨークとして作用するものである。なお、上下の対面ヨーク部 6 8 の隙間が積層シートを通過させる空間となり、上記磁性流体 6 9 は、上下の対面ヨーク部 6 8 の隙間において積層シートをその幅方向および厚さ方向で囲うように満たされるものである。また、上記磁性流体 6 9 には、水または油に強磁性超微粒子（例えば直径 10 nm 程度のマグネタイトや複合フェライトなどである）を界面活性剤で分散させたものが用いられる。

【 0 0 2 8 】

上記各シール部 6 3 の気密構造としては、図 3 および図 4 に示すように、基板通過部 6 2 の上壁部および下壁部にそれぞれ上の対面ヨーク部 6 8 の上端部および下の対面ヨーク部 6 8 の下端部が密接するとともに、基板通過部 6 2 の側壁部に上下の対面ヨーク部 6 8 の側端部が密接しており、これら上下の対面ヨーク部 6 8 の隙間において積層シートを囲うように磁性流体 6 9 が満たされることで、当該シール部 6 3 の上流側と下流側とで気密が確保される。なお、上下の対面ヨーク部 6 8 と積層シートの表裏面との間は、カーボンナノチューブの形成に悪影響を与えることなく気密を確保できる大きさが好ましく、具体的には 0.5 ~ 2.0 mm 程度である。

【 0 0 2 9 】

以下、上記連続真空蒸着装置の動作について説明する。

予め、真空容器 6 の内部は、不活性ガス供給管 3 9 で供給されたヘリウムガスが満たされ、その後、吸引室 4 1 および反応室 4 5 から、第 1 真空ポンプ 4 3 および第 2 真空ポンプ 4 7 でヘリウムガスが空気とともに排出されることにより、所定の真空度にされる。なお、基板供給室 3 および基板回収室 4 の内部は大気圧であるが、真空容器 6 の上流側開口部および下流側開口部に設けられたシール装置 6 0 により、当該真空容器 6 の内部は所定の真空度に維持される。

【 0 0 3 0 】

基板供給室 3 では、基板 K が巻取りロール 2 8 から引き出されるとともに、スペーサ S および保護シート H がそれぞれスペーサ用ロール 2 2 および保護シート用ロール 2 3 から引き出され、これら基板 K、スペーサ S および保護シート H が上流側圧着ロール 2 4 で圧着されて積層シートを形成する。そして、この積層シートを送り、シール装置 6 0 および上流側開口部に通過させる。

【 0 0 3 1 】

一方、シール装置 6 0 の各シール部 6 3 において、直流電源 6 6 でコイル 6 5 に電流を流し、軸芯部 6 4 を磁化して貫通ヨーク部 6 7 とともに上下の対面ヨーク部 6 8 に磁力を帯びさせる。磁力を帯びた上下の対面ヨーク部 6 8 は、これら上下の対面ヨーク部 6 8 の隙間において積層シートを囲うように磁性流体 6 9 を保持して、シール装置 6 0（具体的には各シール部 6 3）の上流側と下流側とで気密が確保される。

【 0 0 3 2 】

シール装置 6 0 および上流側開口部を通過した積層シートは、分離室 3 1 の分離ロール

32により、基板Kと、スペーサSおよび保護シートHとに分離される。基板Kは上流側基板案内ロール33で案内されて予熱室36に導かれ、この予熱室36の内部で基板Kが加熱（予熱）される。そして、基板Kは、前処理室38で鉄触媒Fが印刷されるとともに、吸引室41を通過して反応室45に導かれる。反応室45では、基板Kに印刷された鉄触媒Fに、反応ガス供給管48で供給されたアセチレンガスを導くことで、カーボンナノチューブが形成される。カーボンナノチューブが形成された基板Kは、保護室51の下流側基板案内ロール53で案内されて下流側圧着ロール55に導かれる。

【0033】

一方で、分離ロール32で分離されたスペーサSおよび保護シートHは、分離室31の上流側保護部案内ロール34で案内されて、予熱室36の下方から前処理室38、吸引室41および反応室45を通過し、保護室51の下流側保護部案内ロール54で案内されて下流側圧着ロール55に導かれる。そして、保護室51の下流側圧着ロール55で、基板Kと、スペーサSおよび保護シートHとが、再び圧着されて積層シートを形成する。当然ながら、保護室51内の積層シートは、その基板Kにカーボンナノチューブが形成されたものである。

【0034】

この積層シートを、下流側開口部およびシール装置60を通過させるとともに、製品案内ロール27で案内して巻取りロール28で巻き取る。この巻取りロール28で巻き取られた積層シートが製品となる。

【0035】

このように、シール装置60による基板Kの密封が、固体ではなく流体の磁性流体69により行われているので、基板Kやカーボンナノチューブが固体に接触することがなく、また、シール装置60で気密が確保されて、基板Kを振動させる気流が発生しないので、基板Kやカーボンナノチューブが傷つくことなく、高品質のカーボンナノチューブを連続的に形成することができる。

【実施例2】

【0036】

上記実施例1に係るカーボンナノチューブ形成用の熱CVD装置は、シール装置60における対面ヨーク部68が、各シール部63で上下に1つずつ配置されたものである。これに対して、本実施例2に係るシール装置では、図6および図7に示すように、実施例1での対面ヨーク部68に該当する箇所を左右方向に4つに分割し、これら4つの分割されたそれぞれにおける磁力を均一にし得るように構成したものである。さらに、本実施例2に係るシール装置70は、ヨークに磁性流体69を新たに供給するための磁性流体供給装置91を具備させたものである。なお、これら以外の構成については、上記実施例1と同一であるため、同一の符号を用いて説明を省略する。

【0037】

ところで、本実施例2に係るシール装置70も、実施例1と同様に、それぞれ上流側開口部および下流側開口部に設けられたものであるが、以下では上流側開口部に設けられた方に着目して、図5～図7に基づき説明する。

【0038】

まず、シール部73について説明する。

上記シール部73におけるヨークの磁性流体を保持する部分は、上述したように、実施例1での対面ヨーク部68を左右方向に4つに分割したもの（分割されたそれぞれを分割ヨーク部78，88という）であり、図6および図7に示すように、上下のこれら分割ヨーク部78，88は、それぞれ軸芯部74，84から上下の貫通ヨーク部77，87により連続したものである。なお、以下では便宜上、分割ヨーク部78，88のうち、左右側（外側）の2つを外側対面ヨーク部78といい、中央側（内側）の2つを内側対面ヨーク部88という。

【0039】

上記シール部73において、図7に示すように、上下の外側対面ヨーク部78に磁力を

10

20

30

40

50

帯びさせる外側用軸芯部 7 4 と、これら両外側用軸芯部 7 4 から上下の外側対面ヨーク部 7 8 に連続する上下の外側用貫通ヨーク部 7 7 とは、実施例 1 での軸芯部 6 4 および貫通ヨーク部 6 7 と同一の構成である。一方、上下の内側対面ヨーク部 8 8 に磁力を帯びさせる内側用軸芯部 8 4 は、図 7 に示すように、外側用軸芯部 7 4 の上流側に配置されたものである。また、これら両内側用軸芯部 8 4 から上下の内側対面ヨーク部 8 8 に連続する上下の内側用貫通ヨーク部 8 7 は、上下の外側対面ヨーク部 7 8 の上流側において左右側（外側）から中央側（内側）まで伸びるとともに当該中央側で下流側に屈曲した形状である。すなわち、上下の内側用貫通ヨーク部 8 7 は、内側用軸芯部 8 4 から上下の内側対面ヨーク部 8 8 に連続するとともに、外側用貫通ヨーク部 7 7 および外側用軸芯部 7 4 と干渉しないように配置されたものである。一方、外側用軸芯部 7 4 に巻き付けられたコイル 6 5 には、外側用直流電源（磁力調整部の一例である）7 6 が接続され、内側用軸芯部 8 4 に巻き付けられたコイル 6 5 には、内側用直流電源（磁力調整部の一例である）8 6 が接続されており、各分割ヨーク部 7 8 , 8 8 の磁力を調整できるように構成されている。

10

【0040】

次に、磁性流体供給装置 9 1 について図 5 および図 6 に基づき説明する。なお、図 7 ではシール部 7 3 の構成を見やすくするため、磁性流体供給装置 9 1 の図示を省略する。

シール装置 7 0 における磁性流体 6 9 は、分割ヨーク部 7 8 , 8 8 の磁力により保持されるが、積層シートがシール装置 7 0 を通過するに伴い、各分割ヨーク部 7 8 , 8 8 に保持された磁性流体 6 9 の一部は、積層シートとともに下流側に送られることで、喪失していく。上記磁性流体供給装置 9 1 は、この喪失した分の磁性流体 6 9 を補充するものである。図 5 および図 6 に示すように、上記磁性流体供給装置 9 1 は、案内体 6 1 の上方に位置して各分割ヨーク部 7 8 , 8 8 に供給する磁性流体 6 9 が蓄えられたタンク部 9 2 と、このタンク部 9 2 から各分割ヨーク部 7 8 , 8 8 に所望の磁性流体 6 9 を供給する複数の供給部 9 3 と、上記タンク部 9 2 および供給部 9 3 による磁性流体 6 9 の供給量を調整する制御部（図示せず）とから構成される。

20

【0041】

上記供給部 9 3 は、シール装置 7 0 における分割ヨーク部 7 8 , 8 8 の数だけ設けられている。各供給部 9 3 は、上記タンク部 9 2 に上端部が接続されて下端部が各分割ヨーク部 7 8 , 8 8 の上流側まで伸びたノズル 9 4 と、このノズル 9 4 に設けられてその内部を通過する磁性流体 6 9 の流量を調整するバルブ 9 5 と、上記ノズル 9 4 の下端部に設けられて各分割ヨーク部 7 8 , 8 8 と積層シートとの隙間に磁性流体 6 9 を供給する供給口 9 6 とが具備されている。また、上記制御部は、上記バルブ 9 5 の開度を調整することで、（１）常に磁性流体 6 9 を供給する、（２）一定時間間隔で定量の磁性流体 6 9 を供給する、（３）真空計等で真空容器 6 内の真空度を計測し当該真空度が下がると磁性流体 6 9 を供給する、ように構成されたものである。また、上記（１）については、各分割ヨーク部 7 8 , 8 8 に保持された磁性流体 6 9 の表面位置をセンサー等で検出し、その表面位置が常に一定となるように磁性流体 6 9 を供給するものであってもよい。

30

【0042】

以下、本実施例 2 に係るカーボンナノチューブ形成用の熱 CVD 装置の動作における上記実施例 1 との相違点、すなわち、本実施例 2 に係るシール装置 7 0 の動作について説明する。

40

【0043】

シール装置 7 0 の外側用直流電源 7 6 および内側用直流電源 8 6 で各コイル 6 5 に電流を流し、各軸芯部 7 4 , 8 4 を磁化して各分割ヨーク部 7 8 , 8 8 に磁力を帯びさせる。ここで、外側用直流電源 7 6 および内側用直流電源 8 6 の電圧が同一だと、内側用貫通ヨーク部 8 7 は外側用貫通ヨーク部 7 7 より長いので、内側対面ヨーク部 8 8 では外側対面ヨーク部 7 8 よりも磁力が弱くなる。このため、内側用軸芯部 8 4 に接続された内側用直流電源 8 6 の電圧を外側用直流電源 7 6 の電圧よりも若干高くすることで、外側対面ヨーク部 7 8 と内側対面ヨーク部 8 8 との磁力を均一にする。

【0044】

50

ここで、積層シートがシール装置 70 を通過するに伴い、各分割ヨーク部 78, 88 に保持された磁性流体 69 の一部は、積層シートとともに案内体 61 の外部（下流側）に送られることで喪失する。この喪失した分を補充するため、磁性流体供給装置 91 により適量の磁性流体 69 が各分割ヨーク部 78, 88 に供給される。この磁性流体 69 の供給量は、制御部により調整される。

【0045】

このように、本実施例 2 に係るカーボンナノチューブ形成用の熱 CVD 装置は、外側対面ヨーク部 78 および内側対面ヨーク部 88 で磁力を均一にすることで、保持される磁性流体 69 の量も均一となり、また、磁性流体 69 の喪失分を磁性流体供給装置 91 で補充するため、確実に気密が確保されることで、一層高品質のカーボンナノチューブを形成することができる。

10

【実施例 3】

【0046】

上記実施例 2 に係るカーボンナノチューブ形成用の熱 CVD 装置は、シール部 73 における内側用軸芯部 84 を、外側用軸芯部 74 の上流側に配置したものである。これに対して、本実施例 3 に係るシール装置 70 では、シール部 73 における内側用軸芯部 84 を、外側用軸芯部 74 の上流側ではなく左右側（外側）に配置したものである。なお、これ以外の構成については、上記実施例 2 と同一であるため、同一の符号を用いて説明を省略する。

【0047】

20

まず、各シール部 73 における外側用貫通ヨーク部 77' および内側用貫通ヨーク部 87' について説明する。

図 8 に示すように、両外側用軸芯部 74 から上下の外側対面ヨーク部 78 に連続する上下の外側用貫通ヨーク部 77' は、両外側用軸芯部 74 の上下端から中央側（内側）まで伸びるとともに当該中央側で案内体 61 側に屈曲して基板通過部 62 に達する形状である。また、両内側用軸芯部 84 から上下の内側対面ヨーク部 88 に連続する上下の内側用貫通ヨーク部 87' は、両内側用軸芯部 84 の上下端から中央側（内側）まで伸びるとともに当該中央側で案内体 61 側に屈曲して基板通過部 62 に達する形状である。なお、内側用貫通ヨーク部 87' は、外側用貫通ヨーク部 77' との干渉を防ぐため、外側用貫通ヨーク部 77' に比べて案内体 61 から遠い位置に配置されている。

30

【0048】

このように、本実施例 3 に係るカーボンナノチューブ形成用の熱 CVD 装置は、外側用軸芯部 74 と内側用軸芯部 84 が上下流方向に配置されることなく、シール部 73 同士の間隔を小さくできることから、シール装置 70 におけるシール部 73 の数を増やすことができ、より確実に気密が確保されることで、より一層高品質のカーボンナノチューブを形成することができる。

【実施例 4】

【0049】

上記実施例 1 に係るカーボンナノチューブ形成用の熱 CVD 装置では、磁石部として電磁石を用いたもの、すなわち、コイル 65 が巻き付けられた軸芯部 64 を有するものである。これに対して、本実施例 4 に係るシール部では、磁石部として永久磁石を用いたものである。なお、これ以外の構成については、上記実施例 1 と同一であるため、同一の符号を用いて説明を省略する。

40

【0050】

本実施例 4 に係るシール部は、実施例 1 でのコイル 65 および直流電源 66 を用いる代わりに、図 10 に示すように、軸芯部 64 の一部に永久磁石 105 を用いて、磁石部を構成したものである。これにより、電力を消費せずにシール部 103 を機能させることができる。

【0051】

ところで、本実施例 4 では、上記実施例 1 での磁石部に永久磁石 105 を用いたものに

50

ついて説明したが、これに限定されるものではなく、上記実施例 2 または 3 の磁石部に永久磁石を用いたものであってもよい。

【 0 0 5 2 】

また、上記実施例 1 ～ 3 では、連続真空蒸着装置の一例としてカーボンナノチューブ形成用の熱 CVD 装置について説明したが、これに限定されるものではなく、上述したシール装置 60, 70 が設けられた連続真空蒸着装置であればよい。

【 0 0 5 3 】

また、上記実施例 1 ～ 3 では、コイル 65 に接続された電源として直流電源 66, 76, 86 について説明したが、交流電源を用いてもよい。

さらに、上記実施例 2 ではシール装置 70 が磁性流体供給装置 91 を備えたものとして説明したが、実施例 1, 3 および 4 においても、シール装置が磁性流体供給装置 91 を備えたものであってもよい。

10

【 0 0 5 4 】

また、上記実施例 2 および 3 では、各シール部 73 における分割ヨーク部 78, 88 同士の間について説明しなかったが、隣り合う分割ヨーク部 78, 88 の磁力の影響を受けないためにも、これらの間に漏洩磁束防止用の遮蔽体または空間を設けてもよい。この遮蔽体は、テフロン（登録商標）、プラスチック膜または塗装膜などである。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

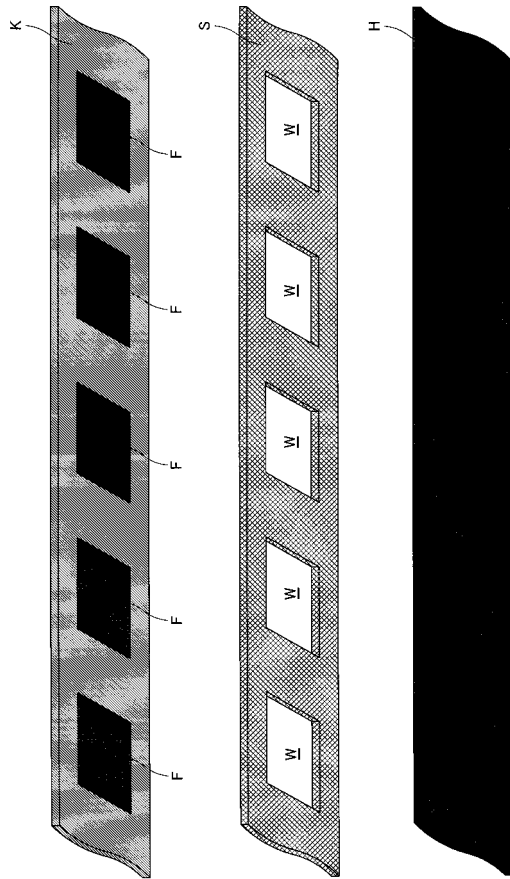
K	基板
S	スペーサ
H	保護シート
1	装置本体
2	区画壁
3	基板供給室
4	基板回収室
5	中間室
3 1	分離室
3 6	予熱室
3 8	前処理室
4 1	吸引室
4 5	反応室
5 1	保護室
6 0	シール装置
6 1	案内体
6 2	基板通過部
6 3	シール部
6 4	軸芯部
6 5	コイル
6 6	直流電源
6 7	貫通ヨーク部
6 8	対面ヨーク部
6 9	磁性流体
9 1	磁性流体供給装置
9 2	タンク部
9 3	供給部
9 4	ノズル
9 5	バルブ
9 6	供給口

20

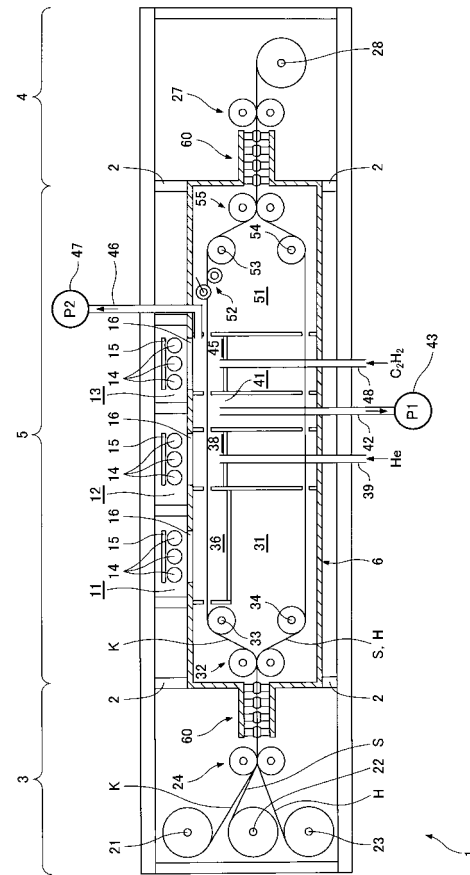
30

40

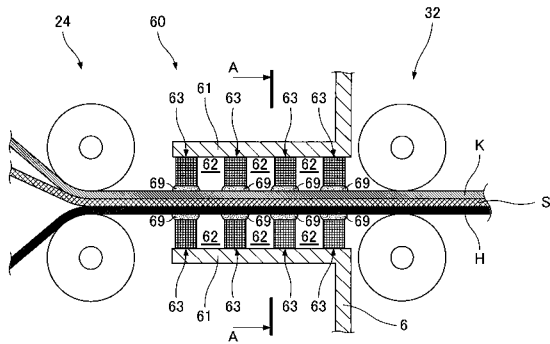
【図 1】



【図 2】

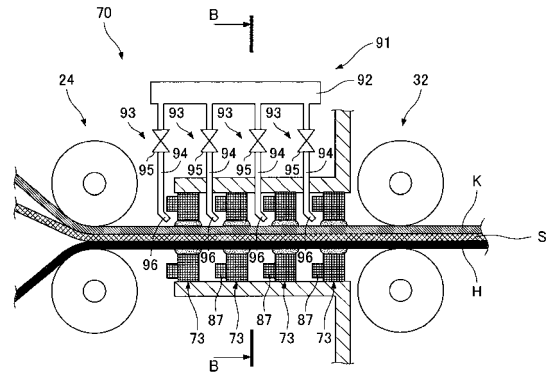


【図 3】

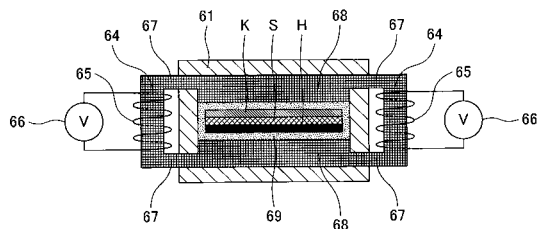


K 基板
6 真空容器
60 シール装置
63 シール部
69 磁性流体

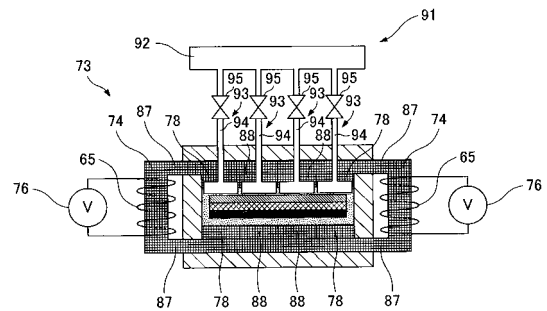
【図 5】



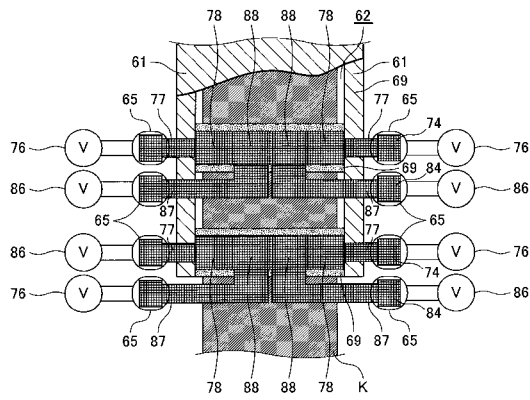
【図 4】



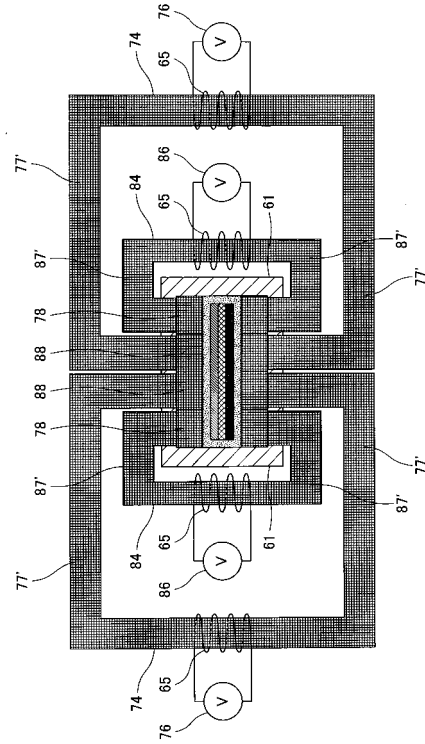
【図 6】



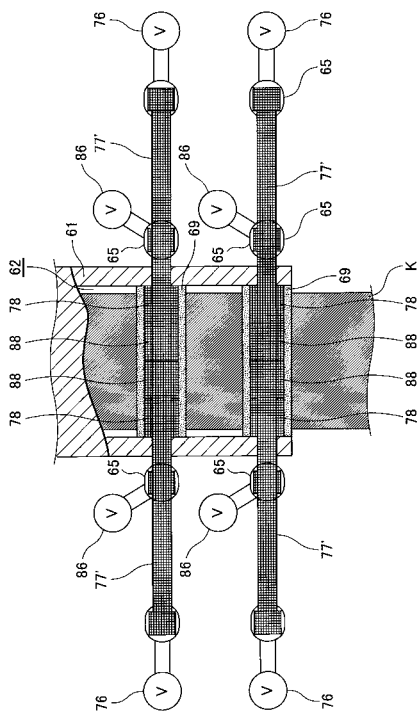
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

