

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5717444号  
(P5717444)

(45) 発行日 平成27年5月13日(2015.5.13)

(24) 登録日 平成27年3月27日(2015.3.27)

(51) Int.Cl. F 1  
**C 2 3 C 14/34 (2006.01)** C 2 3 C 14/34 C

請求項の数 5 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-518017 (P2010-518017)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成21年6月23日 (2009.6.23)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2009/061397</p> <p>(87) 国際公開番号 W02009/157438</p> <p>(87) 国際公開日 平成21年12月30日 (2009.12.30)</p> <p>審査請求日 平成23年10月14日 (2011.10.14)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2008-167175 (P2008-167175)</p> <p>(32) 優先日 平成20年6月26日 (2008.6.26)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国(JP)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000231464 株式会社アルバック 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地</p> <p>(74) 代理人 110000305 特許業務法人青莪</p> <p>(72) 発明者 森本 直樹 静岡県裾野市須山1220-14 株式会社アルバック 富士裾野工場内</p> <p>(72) 発明者 近藤 智保 静岡県裾野市須山1220-14 株式会社アルバック 富士裾野工場内</p> <p>(72) 発明者 森 大介 静岡県裾野市須山1220-14 株式会社アルバック 富士裾野工場内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 カソードユニット及びこのカソードユニットを備えたスパッタリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

片面に複数の凹部が形成されたホルダを備え、前記凹部に有底筒状のターゲット材がその底部側から装着されると共に、前記凹部に配置された前記ターゲット材の内部空間に磁場を発生させる磁場発生手段を組み付けて構成し、

前記凹部は、前記ホルダの全面に亘って同一の開口径で所定の間隔を存して形成され、かつ前記ホルダの最外に位置する凹部の中心が基板の外周より径方向内側に位置するように定寸されたものであり、

前記磁場発生手段が、相互に隣接する各凹部の中心を結ぶ線上で当該凹部の深さ方向に沿って配置される棒状の磁石であり、

前記ホルダのうち前記凹部が形成された片面と背向する面に、前記磁石の収容を可能とする収容孔が開設されていることを特徴とするカソードユニット。

【請求項2】

片面に複数の凹部が形成されたホルダを備え、前記凹部に有底筒状のターゲット材がその底部側から装着されると共に、前記凹部に配置された前記ターゲット材の内部空間に磁場を発生させる磁場発生手段を組み付けて構成し、

前記凹部は、前記ホルダの全面に亘って同一の開口径で所定の間隔を存して形成され、かつ前記ホルダの最外に位置する凹部の中心が基板の外周より径方向内側に位置するように定寸されたものであり、

前記磁場発生手段が各凹部を囲繞するリング状の磁石であり、

前記ホルダのうち前記凹部が形成された片面と背向する他面に、前記磁石の収容を可能とする環状の収容溝が開設されていることを特徴とするカソードユニット。

【請求項 3】

前記磁石のそれぞれが一体の支持板に取付けられ、当該支持板をホルダの他面と接合すると、前記収容孔または収容溝に各磁石が挿設され、前記凹部の周囲に配置されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載のカソードユニット。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載のカソードユニットと、前記カソードユニットが内部に配置される真空チャンバと、前記真空チャンバ内に所定のスパッタガスを導入するガス導入手段と、前記カソードユニットに電力投入するスパッタ電源とを備えたことを特徴とするスパッタリング装置。

10

【請求項 5】

前記カソードユニットと基板とを結ぶ基準軸の回りで真空チャンバの壁面に設けたコイルと、各コイルへの通電を可能とする電源装置とを更に備えることを特徴とする請求項 4 記載のスパッタリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、処理すべき基板の表面に成膜するために用いられるカソードユニット及びこのカソードユニットを備えたスパッタリング装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、例えば半導体デバイスの製作における成膜工程においてはスパッタリング装置が用いられ、このような用途のスパッタリング装置には、近年の配線パターンの微細化に伴い、高アスペクト比の微細ホールに対して、処理すべき基板全面に亘って被覆性よく成膜できること、即ち、カバレッジの向上が強く要求されている。

【0003】

一般に、上記のスパッタリング装置では、例えばターゲットの後方（スパッタ面と背向する側）に、交互に極性を変えて複数の磁石を設けた磁石組立体を配置し、この磁石組立体によりターゲットの前方（スパッタ面側）にトンネル状の磁場を発生させ、ターゲットの前方で電離した電子及びスパッタリングによって生じた二次電子を捕捉することで、ターゲットの前方での電子密度を高めてプラズマ密度を高くしている。

30

【0004】

このようなスパッタリング装置では、ターゲットのうち上記磁場の影響を受ける領域でターゲットが優先的にスパッタリングされる。このため、上記領域が、放電の安定性やターゲットの使用効率の向上等の観点から例えばターゲット中央付近にあると、スパッタリング時のターゲットのエロージョン量はその中央付近で多くなる。このような場合、基板の外周部においては、ターゲットからスパッタリングされたターゲット材粒子（例えば金属粒子、以下、「スパッタ粒子」という）が傾斜した角度で入射、付着することになる。その結果、上記用途の成膜に用いた場合には、特に、基板の外周部でカバレッジの非対称性の問題が生じることが従来から知られている。

40

【0005】

このような問題を解決するために、真空チャンバ内で基板が載置されるステージの上方に、ステージの表面と略平行に第 1 のスパッタリングターゲットを配置すると共に、ステージの斜め上方でステージ表面に対して斜めに第 2 のスパッタリングターゲットを配置したスパッタリング装置、つまり、複数のカソードユニットを備えたものが例えば特許文献 1 で知られている。

【0006】

然し、上記特許文献 1 記載のように複数のカソードユニットを真空チャンバ内に配置す

50

ると、装置構成が複雑となり、また、ターゲットの数に応じたスパッタ電源や磁石組立体が必要になる等、部品点数が増えることでコスト高を招くという不具合がある。

【特許文献1】特開2008-47661号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、以上の点に鑑み、基板全面で高アスペクト比の各微細ホールに対し被覆性よく成膜できるようにした装置構成が簡単でかつ低コストのカソードユニット及びこのカソードユニットを備えたスパッタリング装置を提供することをその課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するため、本発明のカソードユニットは、片面に少なくとも1個の凹部が形成されたホルダを備え、前記凹部に、有底筒状のターゲット材がその底部側から装着されると共に、前記ターゲット材の内部空間のみに磁場を発生させる磁場発生手段を組み付けて構成したことを特徴とする。

【0009】

本発明によれば、このカソードユニットをスパッタリング装置の真空チャンバに装着し、当該真空チャンバを真空引きした後、希ガス等のスパッタガスを導入して前記カソードユニットに例えば負の所定電位を印加すると、カソードユニット前方の空間からターゲット材内部の空間にグロー放電が生じ、磁場発生手段により発生させた磁場によりターゲット材内部の空間にプラズマが封じ込められ（特に、スパッタリングにより生じた二次電子が封じ込められ易くなる）、この状態でスパッタガスの導入を停止すると、ターゲット材内部の空間において低圧力下で自己放電するようになる。そして、プラズマ中のスパッタガスイオン等がターゲット材の内壁面に衝突してスパッタリングされ、このスパッタリングにより生じたスパッタ粒子やスパッタ粒子のイオンが、ターゲット材の開口から強い直進性を持ってカソードユニット前方の空間に放出される。

【0010】

このため、真空チャンバ内でカソードユニットに対向させて基板を配置しておけば、ターゲット材の開口に対向する部分及びその周辺では極めて高い膜厚均一性を持って成膜される。つまり、基板表面に対して傾斜した角度で入射、付着するものが制限される。その結果、半導体デバイスの製作における成膜工程で本発明のスパッタリング装置を用いれば、高アスペクト比の微細ホールに対しても被覆性よく成膜できる。なお、ターゲット材内部の空間で確実に自己放電が継続するようにするには、500 Gauss以上の磁場強度で磁場を発生させることが好ましい。

【0011】

また、本発明においては、前記凹部は、前記ホルダの全面に亘って同一の開口径で所定の間隔を存して形成したものであり、前記磁場発生手段が、相互に隣接する各凹部の中心を結ぶ線上で当該凹部の深さ方向に沿って配置される棒状の磁石であり、前記ホルダのうち前記凹部が形成された片面と背向する面に、前記磁石の収容を可能とする収容孔が開設されている構成を採用すれば、基板全面で高アスペクト比の微細ホールに対して被覆性よく成膜できること、つまり、カバレッジの非対称性の問題を解消して面内均一性を向上することが実現でき、しかも、ホルダの凹部や収容孔にターゲット材や磁石を挿設するだけでカソードユニットを簡単に組み付けできてよい。

【0012】

他方で、前記凹部は、前記ホルダの全面に亘って同一の開口径で所定の間隔を存して形成したものであり、前記磁場発生手段が各凹部を囲繞するリング状の磁石であり、前記ホルダのうち前記凹部が形成された片面と背向する他面に、前記磁石の収容を可能とする環状の収容溝が開設されている構成を採用してもよい。

【0013】

なお、前記磁石のそれぞれが一体の支持板に取付けられ、当該支持板をホルダの他面と

10

20

30

40

50

接合すると、前記収容孔または収容溝に各磁石が挿設され、前記凹部の周囲に配置されるようにしておけば、カソードユニットの組み付けが一層簡単になってよい。

【0014】

さらに、上記課題を解決するために、本発明のスパッタリング装置は、請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載のカソードユニットと、前記カソードユニットが内部に配置される真空チャンバと、前記真空チャンバ内に所定のスパッタガスを導入するガス導入手段と、前記カソードユニットに電力投入するスパッタ電源とを備えたことを特徴とする。

【0015】

本発明によれば、上記従来技術のように複数のカソードユニットをスパッタリング装置自体に設けるのではなく、1個のカソードユニットにより高い膜厚均一性を持って成膜できるので、複数のカソードユニットを用いるために装置構成を変更するような場合と比べてその構成は簡単であり、その上、装置の製作コストを低くできる。

【0016】

この場合、前記カソードユニットと基板とを結ぶ基準軸の回りで真空チャンバの壁面に設けたコイルと、各コイルへの通電を可能とする電源装置とを更に備える構成を採用すれば、コイルに通電してカソードユニット及び基板全面に亘って等間隔で垂直な磁力線が通るように垂直磁場を発生でき、このような状態で成膜すれば、ターゲット材からのスパッタ粒子が上記垂直磁場によりその方向が変えられ、基板に対してより略垂直に入射して付着するようになる。その結果、半導体デバイスの製作における成膜工程で本発明のスパッタリング装置を用いれば、高アスペクト比の微細ホールに対しても基板全面で一層被覆性よく成膜できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態のカソードユニットを備えたスパッタリング装置について説明する。図1に示すように、スパッタリング装置1は真空雰囲気形成が可能な真空チャンバ2を備え、真空チャンバ2の天井部にカソードユニットCが取付けられている。なお、以下においては、真空チャンバ2の天井部側を「上」とし、その底部側を「下」として説明する。

【0018】

図2及び図3に示すように、カソードユニットCは、導電性を有する材料、例えば後述するターゲット材と同一材料から作製された円板状のホルダ3を備えている。ホルダ3の下面には、平面視円形の凹部4が同一の開口面積で複数形成されている。本実施の形態では、まずホルダ3の中心Cpと同心に1個の凹部4を形成し、当該凹部4を基準としてその周囲に6個の凹部4bを同一の仮想円周Vc上でかつ等間隔に位置するように形成する。次いで、当該仮想円周Vc上の各凹部4をさらに基準として、上記中心の凹部4を含めて、その周囲にさらに6個の凹部4が上記と同一径の仮想円周上でかつ等間隔に位置するように形成する。このようにして、ホルダ3の径方向外側で凹部4が形成できなくなるまで形成していく。これにより、ホルダ3の下面全体に亘って密集させて多くの凹部4を形成している。

【0019】

各凹部4の開口面積は、20～60mmの範囲に設定され、これに応じて、ホルダ3下面の面積は、ホルダ3の径方向最外に位置する凹部4の中心が基板Wの外周より径方向内側に位置するように定寸される。また、各凹部4相互の径方向の間隔は、後述する円筒状の磁石の直径より大きく、かつ、ホルダ3の強度が保持できる範囲で設定される。各凹部4にはターゲット材5が挿設される。

【0020】

ターゲット材5は、処理すべき基板Wに形成しようとする薄膜の組成に応じて適宜選択された材料、例えば、Cu、TiやTa製であり、内部に放電用の空間5aが存するように有底筒状の外形を有する。そして、ターゲット材5が、その底部側から各凹部4に着脱

10

20

30

40

50

自在に嵌着される。このとき、ターゲット材5下面がホルダ3下面と面一となるようにその長さが設定されている。また、ターゲット材5をホルダ3の各凹部4に嵌着した後、ターゲット材5の開口面積より小さい開口を備えたマスクプレート（図示せず）がホルダ3の下面に取付けられ、カソードユニットCを真空チャンバ2の天井部に取付けたときに各ターゲット材5が凹部4から脱離しないようにしている。この場合、マスクプレートは、例えばターゲット材5と同一材料から作製すればよい。

#### 【0021】

ホルダ3の上面上には、その厚さ方向に延びる収容孔6が複数開設され、円柱状や角柱状に成形した棒状の磁石7が挿設されるようになっている。本実施の形態では、収容孔6が1個の凹部の周囲に6個の磁石7が等間隔で、かつ、相互に隣接する各凹部4の中心を結ぶ線上に位置するように形成されている（図3参照）。また、ターゲット材5の底部から少なくとも1/3程度の深さ位置まで磁石7が位置するようにホルダ3上面からの深さが設定されている。

10

#### 【0022】

各磁石7は、各凹部4の周囲に配置したときにターゲット材5内部の空間5aに500 Gauss以上の強磁場が発生するように設計され、円板状の支持板8の所定位置にその極性を一致させて（例えば、支持板8側の極性をN極として）立設されている。そして、支持板8をホルダ3の上表面と接合すると、収容孔6に各磁石7が挿入され、各凹部4の周囲に磁石7が配置されるようになっている。支持板8もまた、導電性を有する材料から形成され、両者の接合後には、ボルト等の締結手段（図示せず）を用いて両者が固定されるようになっている。なお、支持板8の内部空間に冷媒を循環させる機構を設け、スパッタリング中、ターゲット材5を挿設したホルダ3を冷却するバックリングプレートとしての役割を果たすようにしてもよい。

20

#### 【0023】

カソードユニットCは、公知の構造を有するDC電源（スパッタ電源）9に電氣的に接続され、所定の負の電位が印加されるようになっている。また、真空チャンバ2の底部には、カソードユニットCに対向させてステージ10が配置され、シリコンウエハ等の処理すべき基板Wを位置決め保持できる。また、真空チャンバ2の側壁には、アルゴンガスなどのスパッタガスを導入するガス管11が接続され、その他端は、図示省略したマスフローコントローラを介してガス源に連通している。さらに、真空チャンバ2には、ターボ分子ポンプやロータリポンプなどからなる真空排気手段12に通じる排気管12aが接続されている（図1参照）。

30

#### 【0024】

次に、上記スパッタリング装置1を用いた成膜について、成膜される基板Wとして、Siウエハ表面にシリコン酸化物膜（絶縁膜）を形成した後、このシリコン酸化物膜中に公知の方法で配線用の微細ホールをパターンニングして形成したものを扱い、スパッタリングによりシード膜たるCu膜を成膜する場合を例に説明する。

#### 【0025】

まず、ホルダ3下面の各凹部4にターゲット材5を嵌着すると共に、磁石7が立設された支持板8を、各磁石7がホルダ3の収容孔6に挿入されるようにしてホルダ3上面と接合し、図示省略したボルトを用いて固定してカソードユニットCを組付ける。そして、カソードユニットCを真空チャンバ2の天井部に取付ける。

40

#### 【0026】

次いで、カソードユニット3に対向するステージ3に基板Wを載置した後、真空排気手段12を作動させて真空チャンバ2内を所定の真空度（例えば、 $10^{-5}$  Pa）まで真空引きする。そして、真空チャンバ2内の圧力が所定値に達すると、真空チャンバ2内にアルゴンガス等のスパッタスを所定の流量で導入しつつ、DC電源9よりカソードユニットCに所定値の負の電位を印加（電力投入）する。

#### 【0027】

カソードユニットCに負の電位が印加されると、ホルダ3内の各ターゲット材5の空間

50

5 a からカソードユニット C 前方の空間にグロー放電が生じ、このとき、磁石 7 により発生させた磁場により空間 5 a にプラズマが封じ込められる。この状態でスパッタガスの導入を停止すると、空間 5 a で自己放電するようになる。そして、プラズマ中のアルゴンイオン等がターゲット材 5 の内壁面に衝突してスパッタリングされ、Cu 原子が飛散し、Cu 原子や電離した Cu イオンが、各ターゲット材 5 下面の開口から強い直進性を持って基板 W に向かって放出される（図 4 参照）。

【0028】

その結果、各ターゲット材 5 の開口直下の位置（ターゲット材 5 の開口に対向する部分及びその周辺を含む領域）では、極めて高い膜厚均一性を持って成膜され、これらのターゲット材 5 を相互に密集させていることで、基板 W 全面で高アスペクト比の微細ホールに対して被覆性よく成膜できる。即ち、カバレッジの非対称性の問題が解消されて面内均一性が向上する。

10

【0029】

このように本発明においては、上記従来技術のように複数のカソードユニットをスパッタリング装置自体に設けるものではないため、1 個のカソードユニット C でカバレッジの非対称性の問題が解消できるので、複数のカソードユニットを用いるために装置構成を変更するような場合と比べてその構成は簡単であり、その上、装置の製作コストを低くできる。

【0030】

なお、本実施の形態では、磁石 7 として棒状のものをを用いたものを例に説明したが、ターゲット材 5 の空間 5 a に 500 ガウス以上の強磁場が形成されるものであれば、その形態は問わない。図 5 (a) 及び (b) に示すように、リング状の磁石 20 を用い、ターゲット材 5 の空間 5 a をそのターゲット材 5 を囲繞するように配置してもよい。この場合、ホルダ 30 の上面には、リング状の磁石 20 の収容を可能とする環状の収容溝 21 を開設しておけばよい。他方で、2 個の棒状の磁石を非磁性材料のスペーサーを介在させてターゲット材 5 側の極性を相互に変えて上下に重ねた状態で収容孔 6 に挿設し、上下一対の磁石でターゲット材 5 の空間 5 a に磁場を発生させるようにしてもよい（図 6 参照）。

20

【0031】

また、本実施の形態では、量産性やターゲットの使用効率を考慮してホルダ 3 にターゲット材 5 を着脱自在に挿設するものについて説明したが、ホルダ 3 自体がターゲットとしての役割を果たすようにしてもよい。つまり、ホルダ 3 の下面に凹部だけを形成し、この凹部の周囲に磁石を内蔵し、その凹部内壁面をスパッタリングするように構成してもよい。

30

【0032】

さらに、本実施の形態のスパッタリング装置においては、カソードユニット C 及び基板 W の中心を結ぶ基準軸 CL の回りで、真空チャンバの外壁面にコイル 13 と、コイル 13 への通電を可能とする電源装置 14 とを設け（図 1 参照）、カソードユニット C から基板 W の全面に亘って等間隔で垂直な磁力線が通るように垂直磁場を発生させ、この状態で成膜を行うようにしてもよい。

【0033】

これにより、ターゲット材 5 からのスパッタ粒子が上記垂直磁場によりその方向が変えられ、基板 W に対して略垂直に入射して付着するようになる。その結果、半導体デバイスの製作における成膜工程で本発明のスパッタリング装置を用いれば、高アスペクト比の微細ホールに対しても基板全面に亘ってより一層被覆性よく成膜できるようになる。

40

【0034】

また、ステージに、公知の構造を有する高周波電源（図示せず）を電氣的に接続し、スパッタリング中、ステージ 10、ひいては基板 W に所定のバイアス電位が印加できるようにして、Cu のシード層を形成するような場合には、Cu イオンを基板に積極的に引き込んでスパッタレートが高くなるようにしてもよい。

【実施例 1】

50

## 【0035】

実施例1では、図1に示すスパッタリング装置を用い、Cu膜を成膜した。基板Wとして、300mmのSiウエハ表面全体に亘ってシリコン酸化物膜を形成した後、このシリコン酸化物膜中に公知の方法で微細ホール(幅40nm、深さ140nm)をパターンニングして形成したものをを用いた。

## 【0036】

また、カソードユニットとして、図6に示すように、組成比が99%で、200mmに作製したCu製のホルダを用いた。そして、その下面中央に開口径40mm、深さ50mmの凹部を形成し、ターゲット材を兼用するようにした。また、凹部の周囲には、周方向に等間隔で6個の磁石ユニットを内蔵し、実施例1用のカソードユニットC1とした。この場合、磁石ユニットは、2個の磁石をターゲット材5側の極性を相互に変えて(下側の磁石がN極、上側がS極)、かつ、凹部の深さ方向略全長に亘って磁石が存するように上下に重ねて設けたものであり、凹部の空間に500ガウスの磁場強度で磁場を発生させるようにした。そして、このように作製したカソードユニットC1を真空チャンバ2の天井部に取付けた後、凹部の開口を除くホルダ下面をマスク部材Mを装着して覆った。

## 【0037】

成膜条件として、ホルダ下面と基板との間の距離を300mmに設定し、ターゲットへの投入電力を8KW(電流17.5A)に設置し、スパッタ時間を60秒に設定してCu膜の成膜を行った。

## 【0038】

図6中には、上記条件で成膜したときの基板の径方向のスパッタリングレートの分布を併せて示している。これによれば、基板中心から径方向半分的位置まで同等のスパッタリングレート(基板中心で0.97nm/s、基板中心から75mmの位置で、0.90及び0.86nm/s)が得られており、ホルダ3の開口直下及びその周辺では、膜厚分布の均一性が極めて高くなることが判る。また、微細ホールのカバレッジをSEM写真で確認したところ、上記位置では、微細ホールの壁面に緻密な薄膜が形成されて非対称性の問題が解消され、面内均一性が向上していることが確認できた。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0039】

【図1】本発明の実施の形態のカソードユニットを備えたスパッタリング装置の模式的断面図。

【図2】カソードユニットを分解して説明する断面図。

【図3】カソードユニットの横断面図。

【図4】ターゲット材内部の空間でのスパッタリングを説明する一部拡大断面図。

【図5】(a)及び(b)は、変形例に係るカソードユニットを説明する断面図。

【図6】実施例1で用いたカソードユニットを説明する断面図。

## 【符号の説明】

## 【0040】

- 1 スパッタリング装置
- 2 真空チャンバ
- C、C1 カソードユニット
- 4 凹部
- 5 ターゲット材
- 5a 放電用の空間
- 6 収容孔
- 7 磁石(磁場発生手段)
- 9 DC電源
- 11 ガス管(ガス導入手段)
- 12 真空排気手段
- W 基板

10

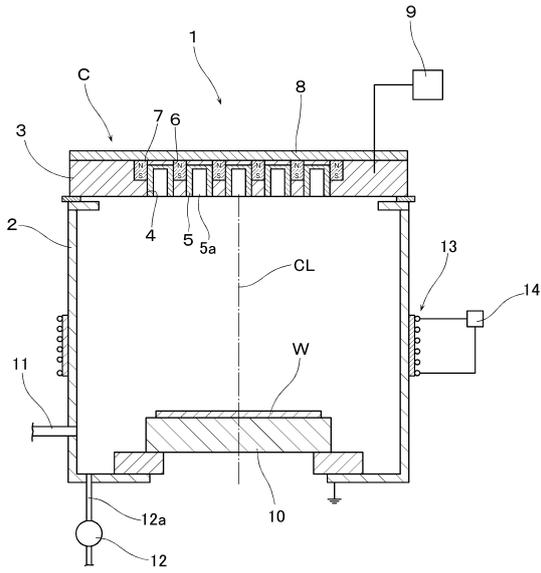
20

30

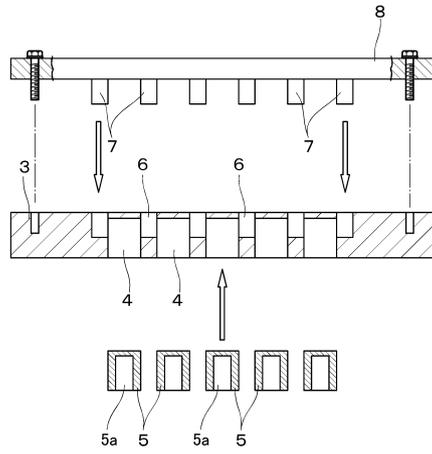
40

50

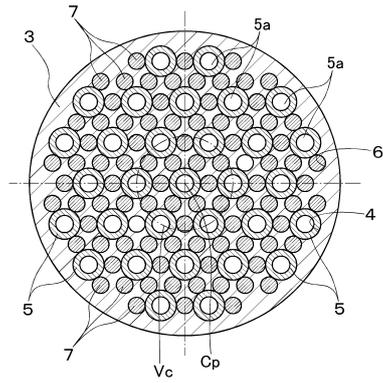
【図1】



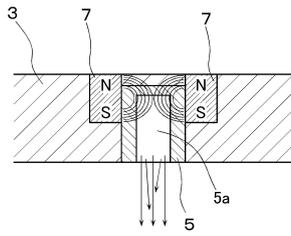
【図2】



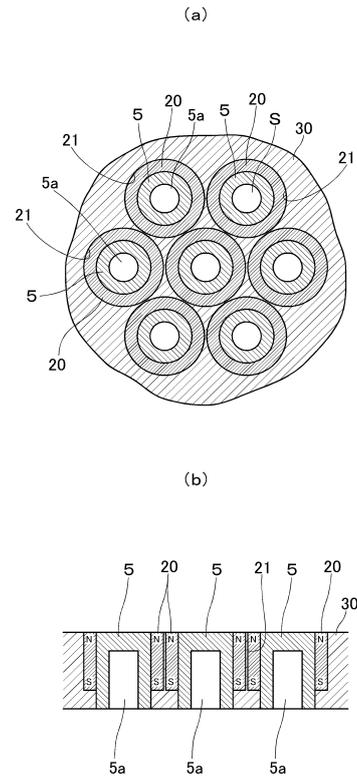
【図3】



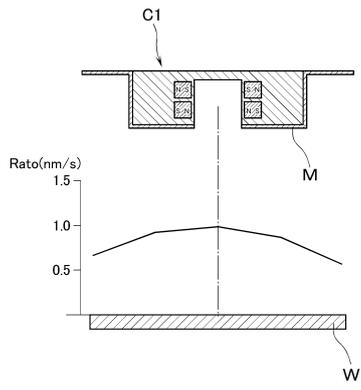
【図4】



【図5】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 中村 久三  
神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 株式会社アルバック内

審査官 伊藤 光貴

(56)参考文献 特開平07-183219(JP,A)  
特開昭60-181268(JP,A)  
特開昭62-007855(JP,A)  
特開平06-093442(JP,A)  
特開平02-175864(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C23C 14/00 - 14/58