

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4942005号  
(P4942005)

(45) 発行日 平成24年5月30日(2012.5.30)

(24) 登録日 平成24年3月9日(2012.3.9)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 3 C 14/35	(2006.01)	C 2 3 C 14/35	B
H O 1 L 21/31	(2006.01)	H O 1 L 21/31	D
H O 1 L 21/285	(2006.01)	H O 1 L 21/285	S

請求項の数 21 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2009-505194 (P2009-505194)	(73) 特許権者	504157024 国立大学法人東北大学 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
(86) (22) 出願日	平成20年3月14日(2008.3.14)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/054730	(74) 代理人	100077838 弁理士 池田 憲保
(87) 国際公開番号	W02008/114718	(74) 代理人	100082924 弁理士 福田 修一
(87) 国際公開日	平成20年9月25日(2008.9.25)	(72) 発明者	大見 忠弘 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内
審査請求日	平成21年10月1日(2009.10.1)		
(31) 優先権主張番号	特願2007-67940 (P2007-67940)		
(32) 優先日	平成19年3月16日(2007.3.16)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2007-99778 (P2007-99778)		
(32) 優先日	平成19年4月5日(2007.4.5)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マグネトロンスパッタ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレートと、ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して前記ターゲットと反対側に設けられ電氣的に接地される遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記被処理基板は被処理基板設置台に設置されており、前記ターゲットにDC電力またはRF電力またはDC電力とRF電力を同時に印加してターゲット表面にプラズマが励起されている間は、前記被処理基板または前記被処理基板設置台と前記遮蔽部材との距離が、前記プラズマの前記遮蔽部材の位置でのシース厚より短いことを特徴とするマグネトロ

10

20

ンスパッタ装置。

【請求項 2】

被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレートと、ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して前記ターゲットと反対側に設けられ電氣的に接地される遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記被処理基板は被処理基板設置台に設置されており、前記ターゲットに DC 電力または RF 電力または DC 電力と RF 電力を同時に印加してターゲット表面にプラズマが励起されている間は、前記被処理基板または前記被処理基板設置台と前記遮蔽部材との距離が、前記プラズマの前記遮蔽部材の位置での電子の平均自由行程より短いことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 3】

被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレートと、ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して反対側に設けられ電氣的に接地される遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記被成膜基板は被処理基板設置台に設置されており、前記ターゲットに DC 電力または RF 電力または DC 電力と RF 電力を同時に印加してターゲット表面にプラズマが励起されている間は、前記被処理基板と前記遮蔽部材との距離が、前記プラズマの前記遮蔽部材の位置での電子の平均自由行程より短く、かつプラズマ着火時および消去時には、前記被処理基板を前記スリットの下から退避させるように前記被処理基板設置台を横方向に移動させるとともに、当該退避位置において、前記被処理基板と前記遮蔽部材との横方向での距離が前記遮蔽部材の位置での電子の平均自由行程より長いことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 4】

処理室内に被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレートを有し、前記ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺

10

20

30

40

50

にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して前記ターゲットと反対側に設けられる遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記遮蔽部材は、内部が導電体で、表面は絶縁体であり、前記内部の導体が電氣的に前記処理室に接地された第一の状態、または前記処理室及び前記ターゲットとは電氣的に絶縁された第二の状態のいずれかに設定でき、前記第二の状態の時に、DC電力を前記内部の導体に印加して、前記遮蔽部材において電流ループを形成し、前記遮蔽部材の周りに磁場を発生させ、同時にコンデンサーを介して前記遮蔽部材にRF電力を印加することで、マグネトロンプラズマを発生させることが可能であることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置。

【請求項5】

処理室内に被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックアッププレート  
を有し、前記ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によ  
ってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込め  
るマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺  
にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石  
とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面  
の磁場パターンが時間と共に動くように構成したマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に  
対して前記ターゲットと反対側に設けられる遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状  
回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口する  
スリットを構成し、

前記遮蔽部材表面のうち、少なくとも前記ターゲット表面にプラズマを励起した時にタ  
ーゲット粒子が飛散して付着される領域には、曲面または平面のみで構成されている板状  
部材が取り外し可能に設けられていることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置。

【請求項6】

前記板状部材は、

一方の端部が曲面形状を有し、他の端部が前記遮蔽部材に取り外し可能に設けられてい  
ることを特徴とする請求項5記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項7】

前記回転磁石群は、前記柱状回転軸に板磁石を螺旋状に設置することにより複数の螺旋  
を形成し、前記柱状回転軸の軸方向に隣り合う螺旋同士が前記柱状回転軸の径方向外側に  
互いに異なる磁極であるN極とS極を形成している螺旋状板磁石群であり、

前記固定外周板磁石はターゲット側からみて前記回転磁石群を囲んだ構造を成し、かつ  
ターゲット側にN極又はS極の磁極を形成していることを特徴とする請求項1から6のい  
ずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項8】

前記柱状回転軸の少なくとも一部が常磁性体であることを特徴とする請求項1から7の  
いずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項9】

前記固定外周板磁石の前記ターゲットとは反対側の面に、前記固定外周板磁石と隣接し  
て固定外周常磁性体が設置されていることを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載

10

20

30

40

50

のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 0】

前記固定外周板磁石から前記ターゲットの外側に向かう磁束が前記固定外周板磁石から前記ターゲットの内側に向かう磁束よりも弱まるような手段を設けたことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 1】

前記手段は、前記固定外周板磁石の表面のうち、前記ターゲット側からみて外側の側面と前記ターゲット側の面の一部とを連続して覆うように設けられた常磁性体部材を含むことを特徴とする請求項 1 0 に記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 2】

前記手段は、前記固定外周板磁石の表面のうち前記ターゲット側の表面が前記ターゲットの内側に向かって突き出るように前記固定外周板磁石を構成することを含むことを特徴とする請求項 1 0 または 1 1 に記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 3】

前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、該スリットの幅および長さを、前記回転磁石群を一定周波数で回転させた時の、ターゲット表面に形成される磁場のうちターゲット面と平行な成分の磁場強度の時間平均分布において、最大値の 75% 以上である領域を、被処理基板からみて開口するような幅および長さ設定したことを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 4】

前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在してその間に前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、該スリットの幅および長さを、被処理基板を固定しかつ前記板磁石群を一定周波数で回転させた時に、前記ターゲットの端部が遮蔽されない場合に被処理基板に単位時間に成膜される最大膜厚の 80% 以下である領域を遮蔽するように設定したことを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 5】

前記回転磁石群と、前記固定外周板磁石とが、ターゲット表面と垂直方向に可動することを特徴とする請求項 1 から 1 4 のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 6】

前記回転磁石群と、前記固定外周板磁石とが、ターゲット材とターゲット材が貼り付けられているバックングプレート及びバックングプレート周辺から連続して設置された壁面により囲まれた空間内に設置され、前記空間が減圧可能であることを特徴とする請求項 1 から 1 5 のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 7】

前記バックングプレートの厚さは、前記ターゲットの初期厚さよりも薄いことを特徴とする請求項 1 6 記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 8】

前記柱状回転軸の軸方向に交わる方向に前記被処理基板を相対的に移動させる手段を有することを特徴とする請求項 1 から 1 7 のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 から 1 8 のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置を、前記柱状回転軸の軸方向に平行に複数備え、前記柱状回転軸の軸方向に交わる方向に前記被処理基板を相対的に移動させる手段を有することを特徴とするマグネトロンスパッタ装置。

【請求項 2 0】

請求項 1 から 1 9 のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置を用いて、前記柱状回転軸を回転させつつ被処理基板に前記ターゲットの材料を成膜することを特徴とするスパッタ方法。

【請求項 2 1】

請求項 20 に記載のスパッタ方法を用いて被処理基板にスパッタ成膜する工程を含むことを特徴とする電子装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液晶表示基板や半導体基板等の被処理体に所定の表面処理を施すための処理装置であるマグネトロンスパッタ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示素子やIC等の半導体素子などの製造において、その基板上に金属あるいは絶縁物などの薄膜を形成する薄膜形成工程は必要不可欠なものである。これらの工程では薄膜形成用の原材料をターゲットとして、直流高電圧あるいは高周波電力によりアルゴンガス等をプラズマ化し、そのプラズマ化ガスによりターゲットを活性化して融解し飛散させ、被処理基板に被着させるスパッタ装置による成膜方法が用いられている。

10

【0003】

スパッタ成膜法においては、成膜速度を高速化するために、ターゲットの裏側に磁石を配置し、ターゲット表面に磁力線を平行に走らせることにより、ターゲット表面にプラズマを閉じ込め、高密度なプラズマを得るマグネトロンスパッタ装置による成膜法が主流となっている。

【0004】

20

図16はこのような従来技術によるマグネトロンスパッタ装置の主要部構成を説明するための図であり、101はターゲット、102は薄膜を形成する被処理基板、103は複数の磁石、104は磁力線、105はターゲット101が融解剥離する領域すなわちエロージョン領域である。

【0005】

図16に示すように、ターゲット101の裏側に複数の磁石103をそれぞれのN極とS極の向きを所定の方向に配置し、ターゲット101と被処理基板102との間に高周波電力(RF電力)106あるいは直流高圧電力107を印加してターゲット101上にプラズマを励起する。

【0006】

30

一方、ターゲット101の背面に設置した複数の磁石103において、隣接するN極からS極に向かって磁力線104が発生する。ターゲット表面において垂直磁場(ターゲット表面と垂直な磁力線成分)がゼロの位置において、局所的に水平磁場(ターゲット表面と平行な磁力線成分)が最大となる。水平磁場成分が多い領域では、電子がターゲット表面近傍に補足され密度の高いプラズマが形成されるため、この位置を中心としてエロージョン領域105が形成される。

【0007】

エロージョン領域105は他の領域に比べて高密度のプラズマに晒されるため、ターゲット101の消耗が激しくなる。成膜を続けることでこの領域においてターゲット材料が無くなると、ターゲット全体を交換しなくてはならなくなる。結果として、ターゲット101の利用効率が悪くなってしまい、さらにターゲット101と対向して設置された被処理基板102の薄膜の膜厚についても、エロージョン領域105に対向する位置の膜厚が厚くなり、被処理基板102全体の膜厚均一性が劣化するという性質を持つ。

40

【0008】

そこで、磁場を発生させるマグネットを棒磁石とし、この棒磁石を移動もしくは回転させることでエロージョン領域を時間的に移動させ、時間平均で実質的にターゲットの局所的消耗を無くし、さらには被処理基板の膜厚の均一性を向上させる手法が従来提案されている(特許文献1~3参照)。

【0009】

これらの手法においては、棒磁石はN極とS極がその直径方向の対向表面にその長手方

50

向と平行に同磁極の各配列を有するか、もしくはその直径方向の対向表面にその長手方向に関して螺旋状の同時極の各配列を有している。さらに、移動もしくは回転する棒磁石の周りには、エロージョン領域がターゲット内で閉じた回路を形成するために、固定した棒磁石を配置している。この固定した棒磁石は、N極とS極がその直径方向の対向表面にその長手方向と平行に同磁極の各配列を有している。また、成膜を行うためのプラズマを着火する瞬間とプラズマを消去する瞬間の非定常状態時に被処理基板前面にイオン・電子が照射される。

【0010】

【特許文献1】特開平5-148642号公報

【特許文献2】特開2000-309867号公報

【特許文献3】特許第3566327号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、上記従来手法においては、被処理基板への成膜速度を上げるために、瞬時瞬時のエロージョン密度を上げる、すなわちエロージョン領域が全体のターゲット領域に対して大きな割合にしようとする、棒磁石の強度を増強し、さらにコンパクトにした棒磁石同士を近づける必要がある。しかし、このような構成を採用すると、磁石同士の反発力もしくは吸引力により磁石や固定する棒が歪んでしまったり、あるいはその力に対抗して移動や回転を行うことが困難になるという問題点があった。

【0012】

また、周辺に固定した棒磁石と隣接する回転磁石が回転するに従い、回転磁石と周辺に固定した棒磁石との磁極が同一になる位相がどうしても生じてしまい、その際に閉じたエロージョンが形成されないという問題点があった。さらに、プラズマを着火した瞬間や、消去する瞬間の非定常時に被処理基板へプラズマのイオン・電子が照射され、被処理基板が帯電することによる、絶縁膜破壊等のチャージアップダメージが問題となっていた。

【0013】

さらに、スパッタされた粒子が被処理基板以外の防着板やグラウンド接地板などの遮蔽部材へ付着し、長期運転を行うと、多く粒子が到達する領域から、付着膜が厚くなって剥がれてしまい、ゴミが発生してしまうという問題点があった。ゴミが発生してしまうと、一度処理室を大気開放し、大量に膜が付着した遮蔽部材等を交換する必要があり、高効率な成膜運転ができていなかった。

【0014】

そこで、本発明は、上記従来の問題点に鑑みて成されたものであり、その目的の一つは、ターゲット上での瞬時瞬時のエロージョン密度を上昇させて成膜速度を向上させるようにしたマグネトロンスパッタ装置を提供することにある。

【0015】

さらに、本発明の他の目的は、エロージョン領域を時間的に移動させてターゲットの局所的磨耗を防いで均一な消耗を実現することによりターゲットを長寿命化するようにしたマグネトロンスパッタ装置を提供することにある。

【0016】

さらに、被処理基板へのチャージアップダメージを発生させないマグネトロンスパッタ装置を提供することにある。

【0017】

本発明の更に別の目的は、付着膜が剥がれづらい遮蔽部材を実現し、また処理室を大気開放することなく遮蔽部材の付着膜を剥がし、高効率な成膜運転を実現するマグネトロンスパッタ装置を提供することにある。

【0018】

本発明の他の目的は、マグネトロンスパッタ装置内をクリーニングする方法を提供することである。

10

20

30

40

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0019】

本発明の第1の態様によれば、被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレートと、ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して前記ターゲットと反対側に設けられ電氣的に接地される遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記被処理基板は被処理基板設置台に設置されており、前記ターゲットにDC電力またはRF電力またはDC電力とRF電力を同時に印加してターゲット表面にプラズマが励起されている間は、前記被処理基板または前記被処理基板設置台と前記遮蔽部材との距離が、前記プラズマの前記遮蔽部材の位置でのシース厚より短いことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【0020】

本発明の第2の態様によれば、被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレートと、ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して前記ターゲットと反対側に設けられ電氣的に接地される遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記被処理基板は被処理基板設置台に設置されており、前記ターゲットにDC電力またはRF電力またはDC電力とRF電力を同時に印加してターゲット表面にプラズマが励起されている間は、前記被処理基板または前記被処理基板設置台と前記遮蔽部材との距離が、前記プラズマの前記遮蔽部材の位置での電子の平均自由行程より短いことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【0021】

本発明の第3の態様によれば、被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレートと、ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面

10

20

30

40

50

の磁場パターンが時間と共に動くように構成したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して反対側に設けられ電氣的に接地される遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記被成膜基板は被処理基板設置台に設置されており、前記ターゲットにDC電力またはRF電力またはDC電力とRF電力を同時に印加してターゲット表面にプラズマが励起されている間は、前記被処理基板と前記遮蔽部材との距離が、前記プラズマの前記遮蔽部材の位置での電子の平均自由行程より短く、かつプラズマ着火時および消去時には、前記被処理基板を前記スリットの下から退避させるように前記被処理基板設置台を横方向に移動させるとともに、当該退避位置において、前記被処理基板と前記遮蔽部材との横方向での距離が前記遮蔽部材の位置での電子の平均自由行程より長いことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

10

#### 【0022】

本発明の第4の態様によれば、処理室内に被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレート<sup>1</sup>を有し、前記ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

20

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して前記ターゲットと反対側に設けられる遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記遮蔽部材は、電氣的に前記処理室に接地された第一の状態、または前記処理室及び前記ターゲットとは電氣的に絶縁された第二の状態のいずれかに設定でき、前記第二の状態の時に、前記遮蔽部材にRF電力、またはDC電力、またはRF電力及びDC電力を印加して前記遮蔽部材を電極としてプラズマを励起できることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

30

#### 【0023】

本発明の第5の態様によれば、処理室内に被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレート<sup>1</sup>を有し、前記ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

40

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して前記ターゲットと反対側に設けられる遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記遮蔽部材は、内部が導電体で、表面は絶縁体であり、前記内部の導体が電氣的に前

50

記処理室に接地された第一の状態、または前記処理室及び前記ターゲットとは電氣的に絶縁された第二の状態のいずれかに設定でき、前記第二の状態の時に、DC電力を前記内部の導体に印加して、前記遮蔽部材において電流ループを形成し、前記遮蔽部材の周りに磁場を発生させ、同時にコンデンサーを介して前記遮蔽部材にRF電力を印加することで、マグネトロンプラズマを発生させることが可能であることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

【0024】

本発明の第6の態様によれば、第4乃至第5の態様のいずれかにおいて、前記遮蔽部材表面のうち、少なくとも前記ターゲット表面にプラズマを励起した時にターゲット粒子が飛散して付着される領域は、曲面または平面のみで構成されていることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

10

【0025】

本発明の第7の態様によれば、処理室内に被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレートを有し、前記ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したマグネトロンスパッタ装置であり、

20

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して前記ターゲットと反対側に設けられる遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

前記遮蔽部材表面のうち、少なくとも前記ターゲット表面にプラズマを励起した時にターゲット粒子が飛散して付着される領域は、曲面または平面のみで構成されていることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

【0026】

本発明の第8の態様によれば、処理室内に被処理基板に対向して設置され、ターゲットを保持するバックングプレートを有し、前記ターゲットの被処理基板とは反対側に設置された磁石とを有し、この磁石によってターゲット表面に磁場を形成することによりターゲット表面にプラズマを閉じ込めるマグネトロンスパッタ装置であって、

30

前記磁石は、複数の板磁石が柱状回転軸に設けられた回転磁石群と、回転磁石群の周辺にターゲット面と平行に設置されかつターゲット面と垂直方向に磁化した固定外周板磁石とを含み、

前記回転磁石群を前記柱状回転軸とともに回転させることにより、前記ターゲット表面の磁場パターンが時間と共に動くように構成したマグネトロンスパッタ装置であり、

前記ターゲットの端部を覆うように前記ターゲットから離隔してかつ前記回転磁石群に対して前記ターゲットと反対側に設けられる遮蔽部材を具備し、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、

40

前記遮蔽部材表面のうち、少なくとも前記ターゲット表面にプラズマを励起した時にターゲット粒子が飛散して付着される領域には、曲面または平面のみで構成されている板状部材が取り外し可能に設けられていることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

【0027】

本発明の第9の態様によれば、第8の態様において、前記板状部材は一方の端部が曲面形状を有し、他の端部が前記遮蔽部材に取り外し可能に設けられていることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

50

## 【 0 0 2 8 】

本発明の第 1 0 の態様によれば、第 1 乃至第 9 の態様のいずれかにおいて、前記回転磁石群は、前記柱状回転軸に板磁石を螺旋状に設置することにより複数の螺旋を形成し、前記柱状回転軸の軸方向に隣り合う螺旋同士が前記柱状回転軸の径方向外側に互いに異なる磁極である N 極と S 極を形成している螺旋状板磁石群であり、

前記固定外周板磁石はターゲット側からみて前記回転磁石群を囲んだ構造を成し、かつターゲット側に N 極又は S 極の磁極を形成していることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 2 9 】

本発明の第 1 1 の態様によれば、第 1 から第 1 0 の態様にいずれかにおいて、前記柱状回転軸の少なくとも一部が常磁性体であることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 3 0 】

本発明の第 1 2 の態様によれば、第 1 から第 1 1 の態様にいずれかにおいて、前記固定外周板磁石の前記ターゲットとは反対側の面に、前記固定外周板磁石と隣接して固定外周常磁性体が設置されていることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 3 1 】

本発明の第 1 3 の態様によれば、第 1 から第 1 2 の態様のいずれかにおいて、前記固定外周板磁石から前記ターゲットの外側に向かう磁束が前記固定外周板磁石から前記ターゲットの内側に向かう磁束よりも弱まるような手段を設けたことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 3 2 】

本発明の第 1 4 の態様によれば、第 1 3 の態様において、前記手段は、前記固定外周板磁石の表面のうち、前記ターゲット側からみて外側の側面と前記ターゲット側の面の一部とを連続して覆うように設けられた常磁性体部材を含むことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 3 3 】

本発明の第 1 5 の態様によれば、第 1 3 又は第 1 4 の態様において、前記手段は、前記固定外周板磁石の表面のうち前記ターゲット側の表面が前記ターゲットの内側に向かって突き出るように前記固定外周板磁石を構成することを含むことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 3 4 】

本発明の第 1 6 の態様によれば、第 1 から第 1 5 の態様のいずれかにおいて、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在して前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、該スリットの幅および長さを、前記回転磁石群を一定周波数で回転させた時の、ターゲット表面に形成される磁場のうちターゲット面と平行な成分の磁場強度の時間平均分布において、最大値の 7 5 % 以上である領域を、被処理基板からみて開口するような幅および長さ設定したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 3 5 】

本発明の第 1 7 の態様によれば、第 1 から第 1 5 の態様のいずれかにおいて、前記遮蔽部材は前記柱状回転軸の軸方向と同じ方向に延在してその間に前記ターゲットを前記被処理基板に対して開口するスリットを構成し、該スリットの幅および長さを、被処理基板を固定しかつ前記板磁石群を一定周波数で回転させた時に、前記ターゲットの端部が遮蔽されない場合に被処理基板に単位時間に成膜される最大膜厚の 8 0 % 以下である領域を遮蔽するように設定したことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 3 6 】

本発明の第 1 8 の態様によれば、第 1 から第 1 7 の態様のいずれかにおいて、前記回転磁石群と、前記固定外周板磁石とが、ターゲット表面と垂直方向に可動することを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 7 】

本発明の第 1 9 の態様によれば、第 1 から第 1 8 の態様のいずれかにおいて、前記回転磁石群と、前記固定外周板磁石とが、ターゲット材とターゲット材が貼り付けられているバックングプレート及びバックングプレート周辺から連続して設置された壁面により囲まれた空間内に設置され、前記空間が減圧可能であることを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 3 8 】

本発明の第 2 0 の態様によれば、前記バックングプレートの厚さは、前記ターゲットの初期厚さよりも薄いことを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 3 9 】

本発明の第 2 1 の態様によれば、第 1 から第 2 0 の態様のいずれかにおいて、前記柱状回転軸の軸方向に交わる方向に前記被処理基板を相対的に移動させる手段を有することを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

10

## 【 0 0 4 0 】

本発明の第 2 2 の態様によれば、第 1 から第 2 1 の態様のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置を、前記柱状回転軸の軸方向に平行に複数備え、前記柱状回転軸の軸方向に交わる方向に前記被処理基板を相対的に移動させる手段を有することを特徴とするマグネトロンスパッタ装置が得られる。

## 【 0 0 4 1 】

本発明の第 2 3 の態様によれば、第 1 から第 2 2 の態様のいずれかに記載のマグネトロンスパッタ装置を用いて、前記柱状回転軸を回転させつつ被処理基板に前記ターゲットの材料を成膜することを特徴とするスパッタ方法が得られる。

20

## 【 0 0 4 2 】

本発明の第 2 4 の態様によれば、第 2 3 の態様に記載のスパッタ方法を用いて被処理基板にスパッタ成膜する工程を含むことを特徴とする電子装置の製造方法が得られる。

## 【 0 0 4 3 】

更に、本発明によれば、上記したスパッタ方法を用いて被処理基板にスパッタ成膜する工程を含むことを特徴とする電子装置（半導体装置またはフラットディスプレイ装置、その他の電子装置を言う）の製造方法が得られる。

## 【 発明の効果 】

30

## 【 0 0 4 4 】

本発明によれば、成膜速度を向上させると共に、ターゲットの局所的磨耗を防いで均一な消耗を実現することによりターゲットを長寿命化することが可能になると同時に、チャージアップダメージを発生させない成膜が可能となる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 4 5 】

【 図 1 】本発明の第 1 の実施の形態に係るマグネトロンスパッタ装置を示す概略図である。

【 図 2 】図 1 に示されたマグネトロンスパッタ装置の磁石部分を示す斜視図である。

【 図 3 】ターゲット側から螺旋状板磁石群を見た場合における磁極配列を概念的に説明する図であって、S 極は点描で表している。

40

【 図 4 】エロージョン領域の水平磁場強度と、柱状回転軸の比透磁率との関係を示すグラフである。

【 図 5 】固定外周常磁性体を設置した場合と、設置しない場合における水平磁場強度を比較して説明するグラフである。

【 図 6 】ターゲット表面におけるプラズマの時間変化を説明するための図である。

【 図 7 】長時間放電後のターゲットの消耗状態を示す図である。

【 図 8 】プラズマ遮蔽部材によって形成されるスリット幅とチャージアップダメージとの関係を示すグラフである。

【 図 9 】本発明の第 2 の実施の形態に係るマグネトロンスパッタ装置を示す概略図である

50

。

【図 1 0】スリット幅と成膜レートとの関係を示すグラフである。

【図 1 1】被処理基板と遮蔽部材との間の距離をより具体的に説明するための図である。

【図 1 2】ターゲット表面における、水平磁場分布を示す等高線図である。

【図 1 3】本発明の第 3 の実施の形態に係るマグネトロンスパッタ装置を示す概略図である。

【図 1 4】本発明の第 4 の実施形態に係るマグネトロンスパッタ装置のうち、プラズマ遮蔽部材の構造を具体的に示す図である。

【図 1 5】本発明の第 5 の実施形態に係るマグネトロンスパッタ装置のうち、プラズマ遮蔽部材を説明するための図である。

10

【図 1 6】従来のマグネトロンスパッタ装置を説明するための概略図である。

【図 1 7】本発明の第 7 の実施形態に係るマグネトロンスパッタ装置を示す概略図である。

。

【符号の説明】

【 0 0 4 6 】

- |       |               |    |
|-------|---------------|----|
| 1     | ターゲット         |    |
| 2     | 柱状回転軸         |    |
| 3     | 螺旋状板磁石群       |    |
| 4     | 固定外周板磁石       |    |
| 5     | 外周常磁性体        | 20 |
| 6     | バックングプレート     |    |
| 8     | 冷媒通路          |    |
| 9     | 絶縁材           |    |
| 1 0   | 被処理基板         |    |
| 1 1   | 処理室内空間        |    |
| 1 2   | フィーダ線         |    |
| 1 3   | カバー           |    |
| 1 4   | 外壁            |    |
| 1 5   | 常磁性体          |    |
| 1 6   | プラズマ遮蔽部材      | 30 |
| 1 6 a | 板部材           |    |
| 1 7   | 絶縁材           |    |
| 1 8   | スリット          |    |
| 1 9   | 被処理基板を設置する設置台 |    |

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 4 7 】

以下、本発明の実施形態を、図面を用いて説明する。

【 0 0 4 8 】

(第 1 の実施の形態)

本発明の第 1 の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明をする。

40

【 0 0 4 9 】

図 1 は本発明によるマグネット回転スパッタ装置の第 1 の実施の形態の構成を説明する断面図である。

【 0 0 5 0 】

図 1 において、1 はターゲット、2 は柱状回転軸、3 は回転軸 2 の表面に螺旋状に配置した複数の螺旋状板磁石群、4 は外周に配置した固定外周板磁石、5 は固定外周板磁石 4 にターゲットとは反対側に対向して配置した外周常磁性体、6 はターゲット 1 が接着されているバックングプレート、1 5 は柱状回転軸 2 及び螺旋状板磁石群 3 を、前記ターゲット側以外の部分について覆う構造をなす常磁性体、8 は冷媒を通す通路、9 は絶縁材、1 0 は被処理基板、1 9 は被処理基板を設置する設置台、1 1 は処理室内空間、1 2 はフィ

50

ーダ線、13は処理室と電氣的に接続されたカバー、14は処理室を形成する外壁、16は外壁14に電氣的に設置されて接続されたプラズマ遮蔽部材、17は耐プラズマ性に優れた絶縁材である。

#### 【0051】

フィーダ線12には、DC電源、RF電源、及び整合器が接続されている。このDC電源およびRF電源により、整合器を介し、さらに、フィーダ線12及びハウジングを介してバックグプレート6及びターゲット1へプラズマ励起電力が供給され、ターゲット表面にプラズマが励起される。DC電力のみ若しくはRF電力のみでもプラズマの励起は可能であるが、膜質制御性や成膜速度制御性から、両方印加することが望ましい。また、RF電力の周波数は、通常数100kHzから数100MHzの間から選ばれるが、プラズマの高密度低電子温度化という点から高い周波数が望ましい。本実施の形態では13.56MHzとした。遮蔽部材16はRF電力に対するグランド板としても機能し、このグランド板があると、被処理基板10が電氣的浮遊状態にあっても効率良くプラズマが励起可能となる。常磁性体15は、磁石で発生した磁界の磁気シールドの効果及びターゲット近辺での外乱による磁場の変動を減少する効果を持つ。

#### 【0052】

より詳細に磁石部分を説明するために、柱状回転軸2、複数の螺旋状板磁石群3、固定外周板磁石4の斜視図を図2に示す。ここで、複数の螺旋状板磁石群3は柱状回転軸2の回転にしたがって回転する回転磁石群を構成している。

#### 【0053】

柱状回転軸2の材質としては通常のステンレス鋼等でも良いが、磁気抵抗の低い常磁性体、例えば、Ni-Fe系高透磁率合金等で一部または全てを構成することが望ましい。本実施の形態においては、Ni-Fe系高透磁率合金で柱状回転軸2が構成されている。柱状回転軸2は、図示しないギアユニットおよびモータにより回転させることが可能となっている。

#### 【0054】

柱状回転軸2はその断面が正16角形となっており、一辺の長さは16.7mmとした。それぞれの面に菱形の板磁石が多数取り付けられ、複数の螺旋状板磁石群3を構成している。この柱状回転軸2は外周に磁石を取り付ける構造であり、太くすることも容易であり磁石にかかる磁力による曲がりには強い構造となっている。螺旋状板磁石群3を構成する各板磁石は強い磁界を安定して発生させるために、残留磁束密度、保磁力、エネルギー積の高い磁石が望ましく、例えば残留磁束密度が1.1T程度のSm-Co系焼結磁石、さらには残留磁束密度が1.3T程度あるNd-Fe-B系焼結磁石等が好適である。本実施の形態においては、Nd-Fe-B系焼結磁石を使用した。螺旋状板磁石群3の各板磁石はその板面の垂直方向に磁化されており、柱状回転軸2に螺旋状に貼り付けて複数の螺旋を形成し、柱状回転軸の軸方向に隣り合う螺旋同士が前記柱状回転軸の径方向外側に互いに異なる磁極、すなわちN極とS極を形成している。

#### 【0055】

固定外周板磁石4は、ターゲット1から見ると、螺旋状板磁石群3からなる回転磁石群を囲んだ構造をなし、ターゲット2の側がS極となるように磁化されている。固定外周板磁石4についても、螺旋状板磁石群3の各板磁石と同様の理由でNd-Fe-B系焼結磁石を用いている。

#### 【0056】

次に、図3を用いて本実施の形態におけるエロージョン形成についてその詳細を説明する。上述のように、柱状回転軸2に多数の板磁石を配置することによって螺旋状板磁石群3を構成した場合、ターゲット側から螺旋状板磁石群3を見ると、近似的に板磁石のN極の周りを他の板磁石のS極が囲んでいる配置となる。図3はその概念図である。このような構成の下、板磁石3のN極から発生した磁力線は周辺のS極へ終端する。この結果として、板磁石面からある程度離れたターゲット面においては閉じたエロージョン領域301が多数形成される。さらに、柱状回転軸2を回転させることで、多数のエロージョン領域

10

20

30

40

50

301は回転と共に動く。図3においては、矢印の示す方向へエロージョン領域301が動くこととなる。なお、回転磁石群3の端部においては、端部の一方からエロージョン領域301が順次発生し、他方の端部で順次消滅する。

【0057】

なお、本実施の形態では、柱状回転軸2の断面を正八角形としてそれぞれの面に板磁石を貼り付けているが、より滑らかな螺旋形状を実現するために、その断面をさらに数の多い正多角形にして細かな板磁石を貼り付けたたり、螺旋を形成する隣り合う板磁石同士を近づけるために、板磁石の断面を長方形でなく回転軸径方向で外側の辺が大きい台形にしたりしても良い。

【0058】

次に、図4を用いて、柱状回転軸2を常磁性体へ変えたことによる効果を説明する。

【0059】

図4の縦軸及び横軸は、それぞれ、エロージョン領域301の水平磁場強度及び柱状回転軸2の比透磁率を示し、水平磁場強度の、柱状回転軸2の比透磁率依存性を示している。図4では、比透磁率が1の場合で規格化している。図4より、柱状回転軸2の比透磁率が上昇するにつれて水平磁場強度も増加することが分かり、特に、比透磁率が100以上であれば60%程度の磁場強度増強が得られた。これは螺旋を形成している板磁石の回転柱状軸側の磁気抵抗を下げ、効率よくターゲット側へ磁力線を発生させることができたためである。これにより、プラズマを励起したときの閉じ込め効果が向上し、プラズマの電子温度が下がり被処理基板へのダメージを低減するとともに、プラズマ密度が上昇すること

【0060】

さらに、図5に示すように、固定外周板磁石4の下に固定外周常磁性体を設置した場合には設置しない場合に比べて水平磁場強度が約10%増強し、さらに固定外周常磁性体の一部を柱状回転軸2に隣接する部分まで延長し、磁性流体を介して柱状回転軸2の磁性体部分に隣接させ、回転磁石群と固定外周板磁石との間に磁気抵抗の低い磁気回路を形成した場合については水平磁場強度が約30%増強し、成膜性能が向上することが分かった。

【0061】

本実施例において、エロージョン領域301の水平磁場すなわちターゲット面と平行な磁場強度は、500ガウスを越えており、プラズマを閉じ込めるには十分な強度が得られていることが分かった。ターゲット表面におけるプラズマの時間変化の写真を図6に示す。プラズマ励起条件は、アルゴンガスを毎分1000cc導入し、13.56MHzのRF電力を800W投入した。柱状回転軸は1Hzで回転させた。図6の左側の写真(上から下に時間的に変化する様子を示す)からわかるように、回転軸の左端から安定してプラズマループ601(エロージョンループ)が生成され、回転とともに移動して、図6の右側の写真(上から下に時間的に変化する様子を示す)からわかるように、回転軸の右端から安定して消滅している。また図7に長時間放電後のターゲットの消耗状態を写真で示す。図から、ターゲット表面が局所的ではなく、均一に消耗していることが分かる。

【0062】

本実施形態では、ターゲット1の、前記螺旋状板磁石群3の反対側すなわち被処理基板が設置される側の面に、螺旋状板磁石群の軸方向と同じ方向に対向して伸びて開口している電氣的に接地された部材、即ち、プラズマ遮蔽部材16(図1)がターゲット1の端部を覆いかつターゲット1から隔離するように処理室壁14に接続して設けられ、ターゲット1を開口するスリット18を形成している。すなわち、接地されたプラズマ遮蔽部材16によりスリット18が形成されている。

【0063】

被処理基板10は、プラズマを着火及び消去する時は図1に示すように、スリット18の直下から退避させておき、プラズマを着火してから設置台19を移動させながらスリット開口部すなわち成膜領域へ被処理基板を連続的に移動させて成膜を行う。この時、成膜される膜厚を多くするために複数回の往復運動を行っても良い。ただし、プラズマの着火

10

20

30

40

50

及び消去を行う瞬間は、被処理基板はスリット 18 から退避させている。

【0064】

更に、図示された例では、設置台 19 とプラズマ遮蔽部材 16 との距離  $W$  はプラズマ電子の平均自由行程よりも短く設定されている。このため、プラズマ着火や消去の際の非正常状態で発生するアーキングや異常放電で発生する制御されない電子は被処理基板へ到達できない。一方、電子の平均自由行程よりも距離  $W$  が長いと、多くのプラズマが被処理基板 10 へ到達する。電子の平均自由行程  $\lambda_{en}$  は、アルゴンガス雰囲気中では、 $\lambda_{en} = 0.4 / P$  で与えられる。ここで、 $\lambda_{en}$  の単位は mm であり、 $P$  は単位を Torr で現したアルゴン圧力である。成膜時のアルゴン圧力は 5 mTorr で行ったので、平均自由行程は 8 mm となる。

10

【0065】

図 8 は、200 mm 直径のウェハ上に多数形成した熱酸化膜のアンテナ MOS キャパシター（酸化膜厚 4 nm）でのチャージアップダメージ評価結果である。アンテナは、それぞれの MOS キャパシターに接続されている。アンテナ比（アンテナの面積とアクティブ領域の面積の比）は 100 万倍であり、ゲートに 5 V 印加した際の、リーク電流の正規プロットである。10<sup>-9</sup> A 以上流れた場合に不良と定義した。

【0066】

図 8 より、 $W = 20$  mm の場合は、プラズマ着火や消去時に発生した電子が、ウェハへ到達して帯電してしまい、30% 近くの不良が発生していることが分かる。一方、 $W = 5$  mm の場合には、不良となるアンテナ MOS キャパシターは一つも発生しなかった。このことより、 $W$  を平均自由行程より短く設定することで、被処理基板へのチャージアップダメージを大幅に低減できることが分かった。

20

【0067】

なお、本実施例においては  $W$  を電子の平均自由行程以下に設定したが、よりプラズマ遮蔽 16 を確実にするために、この距離をプラズマ遮蔽部材 16 近傍のプラズマのシース厚以下することがより望ましい（通常平均自由行程よりシース厚の方が短い）。具体的には、プラズマ遮蔽部材 16 でのプラズマ密度は 10<sup>10</sup> cm<sup>-3</sup>、電子温度は 2 eV、シース電圧は 12 V 程度であるから、この場合は設定する  $W = 0.4$  mm となる。

【0068】

一方、ターゲット 1 表面の水平磁場強度は、バックングプレート 6 を薄くすれば磁石と近くなり、より増大する。水平磁場強度が増大すればプラズマ閉じ込めが改善され、より速い成膜レートやプラズマ励起効率が改善する。このために、空間 20 を減圧可能とし、バックングプレート 6 をターゲットの初期厚さより薄くすることで、さらなる成膜レート向上が図れた。

30

【0069】

また、均一にターゲット 1 が消耗されるため、ターゲット 1 の消耗に合わせて磁石を垂直方向に動かすことで、ターゲット表面上のあらゆる位置に常に再現性良く等しい強度の水平磁場が形成可能となり、長期連続運転した際の成膜再現性が向上した。

【0070】

(第 2 の実施の形態)

40

本発明の第 2 の実施の形態を、以下の図面を参照して詳細に説明をする。なお、前述の実施の形態と重複する部分は、便宜上説明を省略する。図 9 に示す本実施形態では、スリット 18 の幅 2.0 および長さが、被処理基板を固定して、かつ螺旋状板磁石群を一定周波数で回転させた時に、スリットが無い場合に被処理基板に単位時間に成膜される最大膜厚の 80% 以下である領域を遮蔽するように設定されている。本実施例において、ターゲット材質は純アルミニウムである。図 10 を用いてより詳細に説明する。

【0071】

図 10 は、ターゲット表面に対向して 30 mm 離れた位置にシリコン基板を設置した場合の、柱状回転軸の軸に垂直な方向の成膜レート分布である。前記スリット幅 2.0 が 1.4 mm と 6.0 mm の場合について示しており、中央の最大成膜レートで規格化している。

50

スリット18を形成するプラズマ遮蔽部材(即ち、グランドプレート)16はターゲット1表面から25mm離れた位置に厚さ2mmのステンレス板で形成している。ターゲット1幅は102mmであるため、スリット幅114mmの場合は実質的に飛散したターゲット1粒子はプラズマ遮蔽部材16で遮断されることなく被処理基板10であるシリコン基板へ到達して成膜される。一方、スリット幅60mmの場合、最大成膜レートの80%以下部分を遮蔽することになる。

#### 【0072】

図11をも参照すると、1301は、前記被処理基板設置台と前記遮蔽部材との垂直方向距離であり、前記遮蔽部材の位置での電子の平均自由行程より短く設定されている。また、1302は、前記被処理基板と前記遮蔽部材の、垂直方向から見た最も近い部分の水平方向距離であり、前記遮蔽部材の位置での電子の平均自由行程より長く設定されている。即ち、退避位置における被処理基板と遮蔽部材との間の距離も、遮蔽部材の位置における電子の平均自由行程よりも長く設定されている。このような設定であれば、プラズマ着火時およびプラズマ消去時に、被処理基板へ電子が到達することは無く、電子よりも大きいアルゴンのようなイオン等は電子の平均自由行程よりさらに短いので、被処理基板へは到達しない。このことにより、チャージアップダメージを回避することが可能である。

#### 【0073】

また、図12に、ターゲット表面における、水平磁場分布の等高線図を示す。これは柱状回転軸がある位相の場合であるが、実質的に全ての位相について時間平均を取ると、最大平均水平磁場強度は392Gであり、スリット幅を60mmとすることで、被処理基板からみて、最大平均水平磁場強度の75%である295G以下の領域を遮蔽することとなる。スリット幅を60mmとすることで、被処理基板に成膜される際、プラズマに照射されると同時に、速やかにアルミニウム原子が成膜されて金属膜となるため、被処理基板の帯電を防ぐことが可能である。このことより、チャージアップダメージを回避することが可能である。図8を用いてより詳細に説明する。図8は、Wを電子の平均自由行程以下に設定し、さらにスリット幅を60mmに設定したものである。アンテナ比100万のアンテナMOSに対して、不良率が0パーセントであるだけでなく、成膜前と殆ど同じリーク電流の分布を示している。このことより、MOSトランジスタ等を作成する際のメタル成膜工程に適用すれば、しきい値電圧ばらつきや低周波雑音の劇的な低減が実現されることを意味している。

#### 【0074】

(第3の実施の形態)

本発明の第3の実施の形態を、以下の図面を参照して詳細に説明をする。なお、前述の実施の形態と重複する部分は、便宜上説明を省略する。本発明による回転マグネットスputta装置は、図13に示すように、往復移動型成膜装置として使用した場合に特に好適である。

#### 【0075】

図13において、401は処理室、402はゲートバルブ、403は被処理基板、404は第3の実施例に示した回転マグネットプラズマ励起部である。ただし、第1の実施の形態では螺旋部分の軸方向長さは307mmであったが、本実施例においては、270mmとなっている。プラズマ励起電力の周波数は13.56MHzとした。プラズマの高密度化・低電子温度化という観点からは高い周波数、例えば100MHz程度にすることが望ましいが、プラズマ励起部が2.7m程度あり、一方100MHzの波長は3mである。このように励起部が波長と同程度になると、定在波が励起され、プラズマが不均一になる恐れがある。周波数が13.56MHzであれば波長が22.1mであるからプラズマ励起部の長さは波長に比べて十分短く、プラズマが定在波の影響で不均一になることは無い。

#### 【0076】

この例においても、前記被処理基板は被処理基板設置台に設置されており、前記ターゲットにDC電力またはRF電力またはDC電力とRF電力を同時に印加してターゲット表

10

20

30

40

50

面にプラズマが励起されている間は、前記被処理基板または前記被処理基板設置台と前記遮蔽部材との距離が、前記プラズマの前記遮蔽部材の位置での電子の平均自由行程より短くなるように設定されている。

#### 【0077】

本実施の形態では、回転マグネットプラズマ励起部404を4本使用している。このことにより、実質的な成膜レートを上げることが可能となる。励起部の本数は4本に限定されるものではない。被処理基板403は2.2m×2.5mのガラス基板であり、本実施例においては縦方向を2.5mとして設置し、基板が回転マグネットプラズマ励起部の柱状回転軸に対して垂直方向に往復運動して被処理基板の上に実質的に均一に成膜することが可能となっている。均一に成膜するためには、被処理基板403を往復運動せずに一方向に通過するように設定しても良いし、回転マグネットプラズマ励起部404を移動させる方法を使用しても良い。本実施例においては、被処理基板を往復運動させることで、連続的に基板の一部を回転マグネットプラズマ励起部により励起されたプラズマ領域へ晒し、均一に薄膜を成膜することが可能となる。回転マグネットの回転速度は、一回転する時間を基板の通過時間に比べて早くすることで、瞬時瞬時のエロージョンパターンに影響されない均一な成膜が可能となる。典型的には、基板の通過速度は60秒/枚、回転マグネットの回転速度は10Hzである。なお、本実施例においては被処理基板を往復運動させたが、1本もしくは複数本の回転マグネットプラズマ励起部を一度のみ通過させて成膜する、通過成膜型装置として装置を構成することも可能である。

#### 【0078】

(第4の実施の形態)

本発明の第4の実施の形態を、以下の図面を参照して詳細に説明をする。なお、前述の実施の形態と重複する部分は、便宜上説明を省略する。

#### 【0079】

本実施の形態では、図1で図示されたプラズマ遮蔽部材16は柱状回転軸2の軸方向に延在し、ターゲット1を被処理基板10に対して開口するスリット18を有している。この例では、回転磁石群3を一定周波数で回転させた時、ターゲット1表面に形成される磁場のうち、ターゲット1面と平行な成分の磁場強度の時間平均分布において最大値の75%以上である領域が被処理基板10からみて開口されるように、スリット18の幅および長さが設定されている。同時に、ターゲット1の端部が遮蔽されない場合に、被処理基板10に単位時間に成膜される最大膜厚の80%以下である領域が遮蔽されるように、スリット18の幅および長さが設定されている。プラズマ遮蔽部材16によって遮蔽されていない領域(即ち、スリット18によってターゲット1に対して開口された領域)は、磁場強度が強く高密度で低電子温度のプラズマが生成され、被処理基板へチャージアップダメージやイオン照射ダメージが入らない領域であり、且つ、同時に成膜レートが速い領域である。この領域以外の領域をプラズマ遮蔽部材16によって遮蔽することで、成膜レートを実質的に落とすことなくダメージの入らない成膜が可能となる。

#### 【0080】

また、前述したプラズマ遮蔽部材16はRF電力に対するグラウンド板としても機能し、このグラウンド板があると、被処理基板10が電氣的浮遊状態にあっても効率良くプラズマが励起可能となる。常磁性体15は、磁石で発生した磁界の磁気シールドの効果及びターゲット近辺での外乱による磁場の変動を減少する効果を持つ。

#### 【0081】

次に、図14をも参照して、本実施形態に係るプラズマ遮蔽部材16の構造をより具体的に説明する。図14に示すように、プラズマ遮蔽部材16と外壁14には、それぞれ端子が設けられ、端子ペア801を構成している。プラズマ遮蔽部材16と外壁14の端子ペア801を電氣的に接続状態にすることで、プラズマ遮蔽部材16と外壁14とを電氣的に接続できる。他方、プラズマ遮蔽部材16と外壁14の端子ペア801を電氣的絶縁状態にすることで、プラズマ遮蔽部材16と外壁14は電氣的に絶縁状態となる。

#### 【0082】

通常運転中、すなわち、被処理基板 10 にスパッタプロセスにより薄膜を形成する時には、プラズマ遮蔽部材 16 をグラウンドに電氣的に接続することで、ターゲット 1 に印加する電力に対するグラウンド面として機能する。なお、外壁 14 との抵抗をなるべく低くするために、プラズマ遮蔽部材 16 と外壁 14 の端子ペア 801 は複数ペア設けることが望ましい。

#### 【0083】

ここで、プラズマ遮蔽部材 16 と外壁 14 にそれぞれ端子を設け、端子ペア 801 を構成した理由について説明しておく。図示されたマグネトロンスパッタ装置を長期間運転すると、プラズマ遮蔽部材 16 に大量に膜が付着し、付着した膜が剥離してしまう。剥離した膜によって処理室内が汚染されると云う問題が発生する。そこで、この問題を解決するために、本発明では、ある程度、プラズマ遮蔽部材 16 に膜が付着した段階で、処理室空間 11 を大気開放することなくクリーニングを行う。

10

#### 【0084】

図示された例では、クリーニングを行う際に、プラズマ遮蔽部材 16 と外壁 14 とを電氣的絶縁状態とする。次に、処理室空間 11 にプラズマを励起するためのアルゴンガスを流し、図示しない RF 電源により、プラズマ遮蔽部材 16 に電力を印加し、プラズマ遮蔽部材 16 を電極としてプラズマを励起する。プラズマ遮蔽部材 16 を電極としているため、ターゲット 1 には密度の薄いプラズマしか届かないし、イオン照射エネルギーも数 10 V 程度であるので、ターゲット 1 が消耗することは実質的に無い。一方、遮蔽部材 16 表面へは、マイナス数 100 V のセルフバイアス電圧が発生し、高エネルギーのプラズマイオンが照射されるため、付着した膜をクリーニングすることが可能である。尚、本実施形態においては RF 電力のみでクリーニングを行ったが、セルフバイアスを積極的に制御するために RF 電力と DC 電力を同時に印加しても良いし、DC 電力のみでプラズマ励起を行っても良い。

20

#### 【0085】

クリーニングを行う際は、付着していた粒子（すなわちターゲット材料の粒子）に起因する発光波長を計測し、その発光が無くなった時点、もしくは十分弱くなった時点でクリーニングを終了すれば良い。本実施形態においては、磁石を回転させることにより、軸方向に均一に膜が付着することから、クリーニングも効率的に行うことが可能である。

#### 【0086】

プラズマを励起するガスは、本実施例においてはアルゴンガスをを用いたが、付着膜に対して反応性がありエッチング作用のあるガスをを用いても良い。

30

#### 【0087】

プラズマ遮蔽部材 16 の材質はステンレスやアルミ等の導体である必要があるが、最表面は、クリーニング終了時にダメージを受けないように、強固な保護膜が形成されていることが望ましい。

#### 【0088】

本実施形態においては、Al を 3% 含有したオーステナイト系ステンレスの表面を 100 nm 程度選択酸化させて Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 保護膜を形成している。保護膜はこれに限られることは無く、例えば、Zr を 0.1%、Mg を 2% 程度含有した Al 表面に無水陽極酸化により、厚みが 0.5 μm の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 保護膜を形成しても良いし、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> や Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の保護膜を溶射により形成しても良い。

40

#### 【0089】

図 14 に示された例では、802 に拡大して示すように、ターゲット 1 表面にプラズマを励起した時に、ターゲット粒子が飛散して付着されるプラズマ遮蔽部材 16 の領域、即ち、少なくとも、ターゲット 1 と対向するプラズマ遮蔽部材 16 の領域は、曲面または平面のみで構成されている。換言すれば、スリット近傍におけるプラズマ遮蔽部材 16 は、角型、鋭角等、尖塔形状を有していない。プラズマ遮蔽部材 16 における長期運転中の膜剥がれは、まず尖った所から発生し始めるので、本構造は、それを回避し、膜剥がれ自体も起こりにくい構造を採用している。

50

## 【0090】

なお、ターゲット1表面の水平磁場強度は、バックングプレート6を薄くすれば磁石と近くなり、より増大する。水平磁場強度が増大すればプラズマ閉じ込めが改善され、より速い成膜レートやプラズマ励起効率が改善する。このために、図1に示された空間20を減圧可能とし、バックングプレート6をターゲットの初期厚さよりもより薄くすることで、さらなる成膜レート向上が図れた。

## 【0091】

また、均一にターゲット1が消耗されるため、ターゲット1の消耗に合わせて磁石を垂直方向に動かすことで、ターゲット表面上のあらゆる位置に常に再現性良く等しい強度の水平磁場が形成可能となり、長期連続運転した際の成膜再現性が向上した。

10

## 【0092】

以上より、処理室空間を大気開放せずに、また遮蔽部材の交換を行うことなしに安定して長期成膜運転を行うことが可能となった。

## 【0093】

(第5の実施の形態)

本発明の第5の実施の形態を、以下の図面を参照して詳細に説明をする。なお、前述の実施の形態と重複する部分は、便宜上説明を省略する。本発明による回転マグネットスパッタ装置を図15に示す。プラズマ遮蔽部材901は、電気抵抗の低い銅により形成され、表面は $Y_2O_3$ の溶射膜が形成されている。すなわち、内部が導体で外部が絶縁体になっている。内部の導体は、複数の端子が設けられており、そのうちの端子902、及びもう一つの端子903との間にDC電源904が設けられ、プラズマ遮蔽部材901にDC電流ループが形成できるようになっている。同時に、この電流ループに、同時にコンデンサ905を介してRF電源906が設けられており、電流ループにRF電力を印加することもできるようになっている。

20

## 【0094】

DC電源904により電流ループを形成することで、プラズマ遮蔽部材901の周辺に磁場を発生させることができる。図示されたプラズマ遮蔽部材901の内側の導体は銅であり電気抵抗が低いので、端子902と端子903の間に殆ど電位差は発生しない。一方、この電流ループにコンデンサ905を介してRF電源906が設けられている。このRF電源により、プラズマ遮蔽部材901の内側の導体にRF電力を印加することで、プラズマ遮蔽部材901表面にプラズマを励起することが可能である。磁場によるプラズマ閉じ込め効果があるため、よりクリーニング時間を短縮することができる。また、プラズマ遮蔽部材901の表面は絶縁体であるため、電流ループにプラズマ電流が流れ込むことは無い。

30

## 【0095】

(第6の実施の形態)

本発明の第6の実施の形態を、以下の図面を参照して詳細に説明をする。なお、前述の実施の形態と重複する部分は、便宜上説明を省略する。本発明による回転マグネットスパッタ装置は、図13に示すように、往復移動型成膜装置として使用した場合に特に好適である。

40

## 【0096】

本実施例においては、図13において、遮蔽部材と外壁を電氣的に接続または絶縁できるように設定し、絶縁した状態に、遮蔽部材表面にRF電力を印加してプラズマを励起できる構造とし、処理室内を大気開放せずに遮蔽部材をクリーニングできることが可能となっている。

## 【0097】

(第7の実施の形態)

本発明の第7の実施の形態を、以下の図面を参照して詳細に説明をする。なお、前述の実施の形態と重複する部分は、便宜上説明を省略する。本発明による回転マグネットスパッタ装置を図17に示す。

50

## 【 0 0 9 8 】

本実施例においては、プラズマ遮蔽部材 1 6 の内側（ターゲット 1 側）に、図 1 7 に 1 6 a で示すような、端部が曲面形状の板部材が取り付けられている。

## 【 0 0 9 9 】

より具体的に説明すると、板部材 1 6 a は一方の端部が曲面形状を有し、他の端部がプラズマ遮蔽部材 1 6 のうち、ターゲット粒子が飛散して付着されるに領域に取り外し可能に設けられている。

## 【 0 1 0 0 】

この板部材 1 6 a は、例えばステンレススチールで構成し、ターゲット側の面を梨地加工しておいても良い。

10

## 【 0 1 0 1 】

この板部材 1 6 a は、プラズマ遮蔽部材 1 6 に取り外し可能に取り付けておき、所定時間経過後に取り外して表面への付着物を洗浄して再取り付けをするか、新規のものと交換する。

## 【 0 1 0 2 】

このように、プラズマ遮蔽部材 1 6 の内側に端部が曲面形状の板部材 1 6 a を設けることにより、ターゲット粒子が飛散して付着される板部材 1 6 a は、曲面または平面のみで構成される。

## 【 0 1 0 3 】

即ち、本構造は、第 4 の実施形態と同様に、長期運転中の膜剥がれを回避し、膜剥がれ自体も起こりにくくし、メンテナンス周期をより長期化することができる。

20

## 【 0 1 0 4 】

また、板部材 1 6 a を取り外し可能に設けることにより、クリーニングが容易となる。

## 【 0 1 0 5 】

以上、本発明を実施の形態によって説明したが、磁石寸法、基板寸法等は実施例に限定されるものではない。

## 【産業上の利用可能性】

## 【 0 1 0 6 】

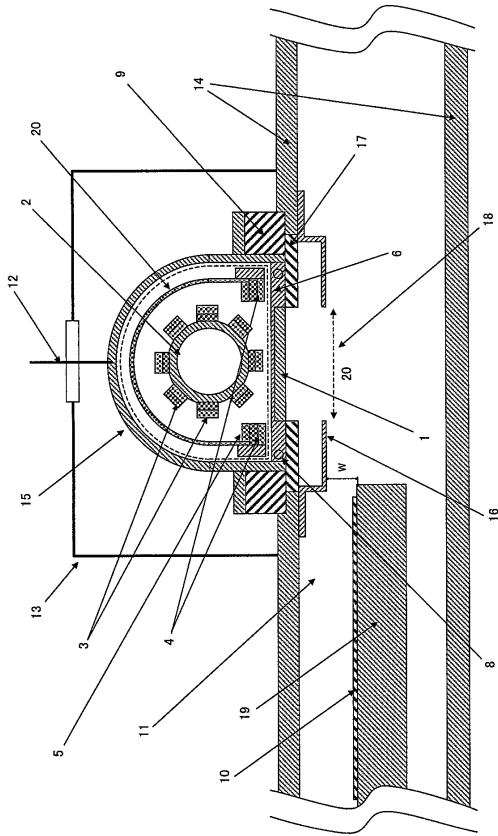
本発明に係るマグネトロンスパッタ装置は、半導体ウェハ等に絶縁膜或いは導電性膜を形成するために使用できるだけでなく、フラットディスプレイ装置のガラス等の基板に対して種々の被膜を形成するのにも適用でき、記憶装置やその他の電子装置の製造においてスパッタ成膜のために使用することができる。

30

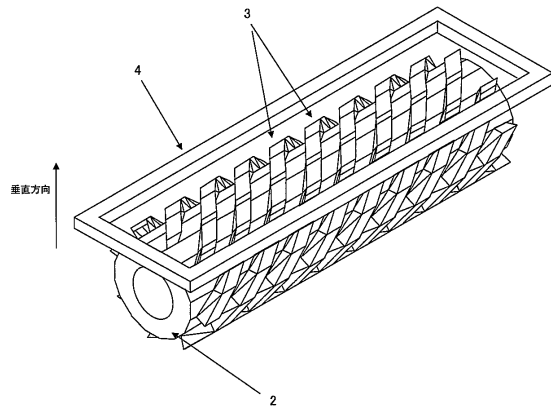
## 【 0 1 0 7 】

なお、本出願は、2007年3月16日に出願された、日本国特許出願第2007-67940号、および2007年4月5日に出願された、日本国特許出願第2007-099778号からの優先権を基礎として、その利益を主張するものであり、その開示はここに全体として参考文献として取り込む。

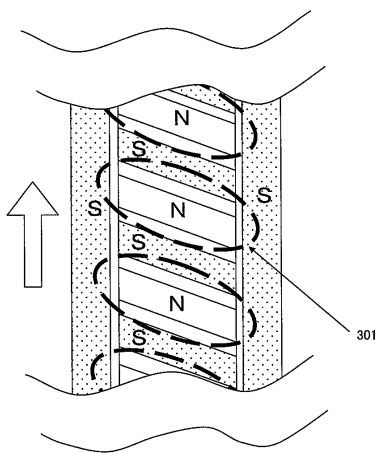
【図1】



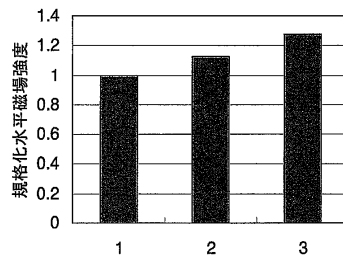
【図2】



【図3】

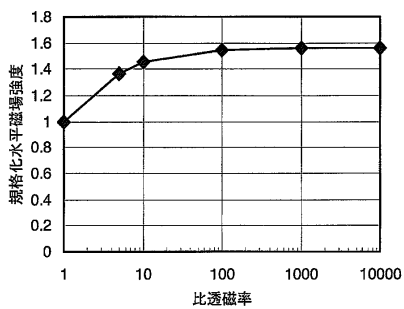


【図5】

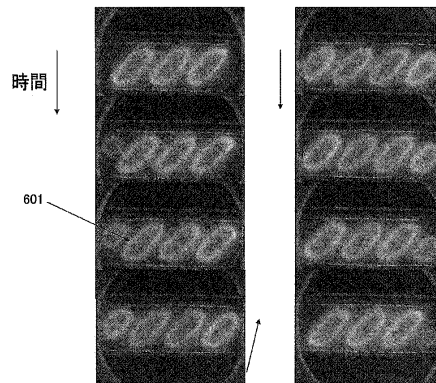


- 1. 磁気回路形成無し
- 2. 固定外周板磁石の下に常磁性体設置(比透磁率100)
- 3. 固定外周板磁石の下の常磁性体と柱状回転軸との間に磁気回路形成

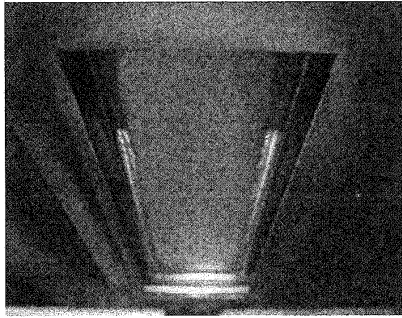
【図4】



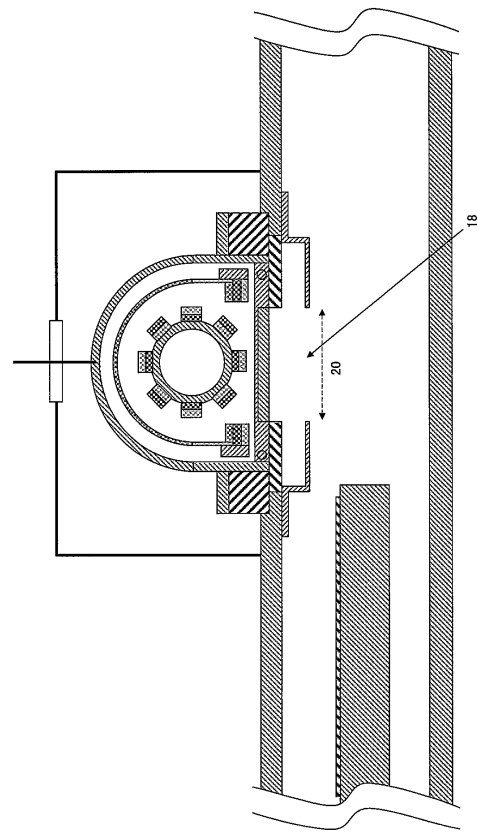
【図6】



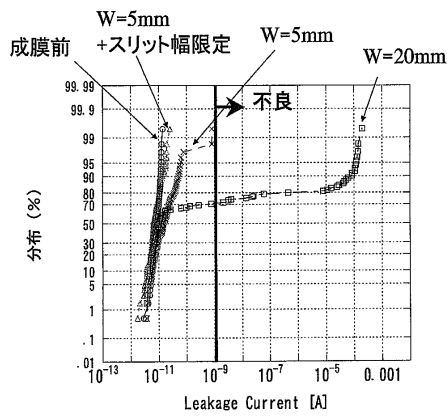
【 図 7 】



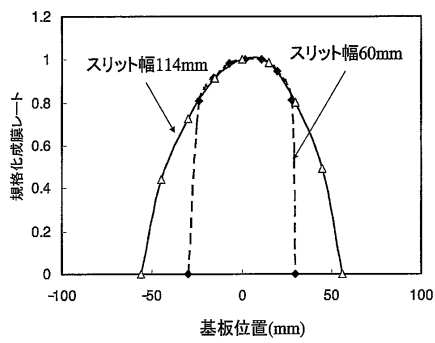
【 図 9 】



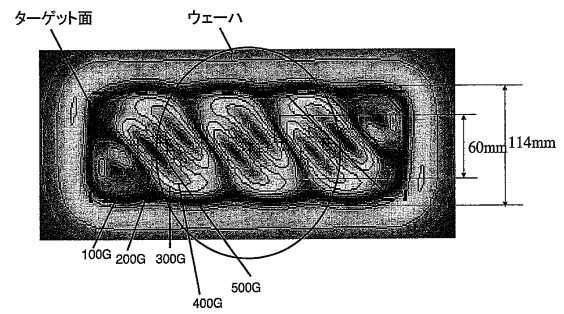
【 図 8 】



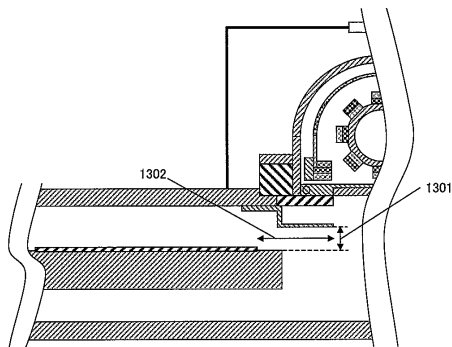
【 図 10 】



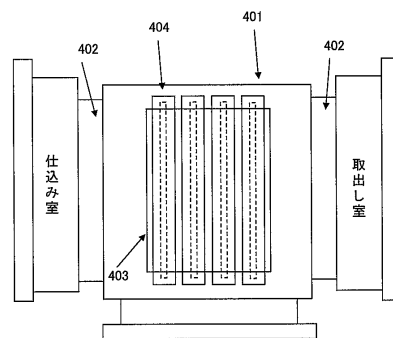
【 図 12 】



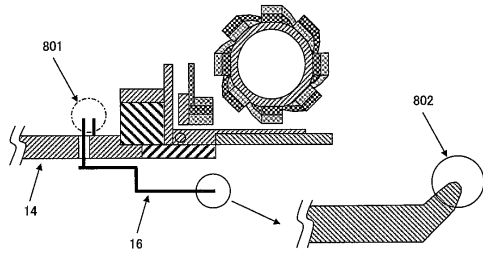
【 図 11 】



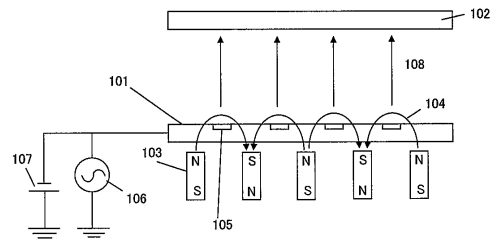
【 図 13 】



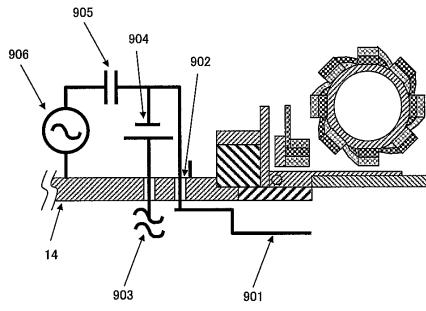
【 14 】



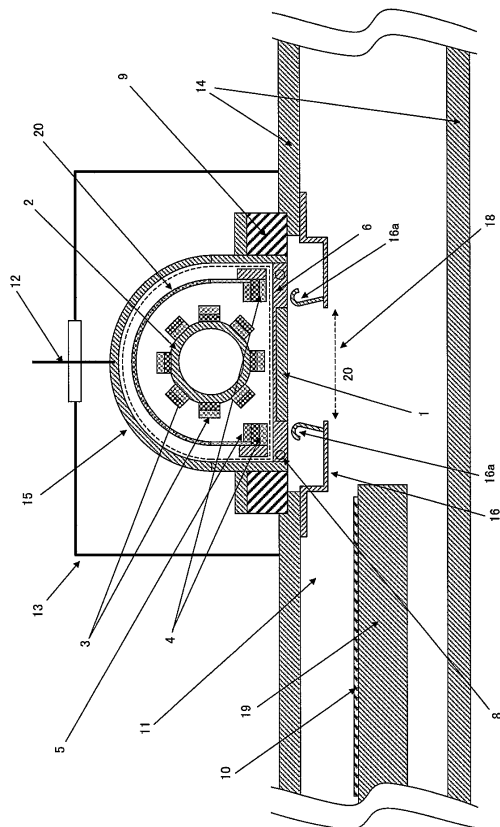
【 16 】



【 15 】



【 17 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 後藤 哲也

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内

(72)発明者 松岡 孝明

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 岡田 隆介

(56)参考文献 特開2001-032067(JP,A)

特開平07-090569(JP,A)

特開平10-072665(JP,A)

特開2001-026869(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00-14/58