(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3649933号
(P3649933)
(45)発行日　平成17年5月18日(2005.5.18)　(24)登録日　平成17年2月25日(2005.2.25)

(51)Int.Cl.[7]　F I
C23C 14/35　C23C 14/35 C

請求項の数 11　(全 39 頁)

(21)出願番号　特願平11-53194
(22)出願日　平成11年3月1日(1999.3.1)
(65)公開番号　特開2000-248360(P2000-248360A)
(43)公開日　平成12年9月12日(2000.9.12)
審査請求日　平成13年7月13日(2001.7.13)

(73)特許権者　000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
(74)代理人　100080034
弁理士　原　謙三
(72)発明者　山本　達志
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
シャープ株式会社内

審査官　吉田　直裕

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】

真空室内で薄膜が形成される矩形状の基板に対向配置され、該基板の有効成膜面積よりも大きい矩形状のターゲットと、

上記ターゲットに対してマグネトロン放電を行なうことにより、該ターゲットの表面に、複数の閉じたレーストラック状高密度プラズマを生成するプラズマ生成手段と、

上記プラズマ生成手段を、上記ターゲットに対して、該ターゲットの長辺あるいは短辺の何れかに平行に往復移動させる駆動手段とを備え、

上記プラズマ生成手段は、上記ターゲットの表面に、該プラズマ生成手段の移動方向に沿って、それぞれ一つの閉じたレーストラック状高密度プラズマ中におけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔と、複数の閉じたレーストラック状高密度プラズマにおけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔であって隣り合う異なるレーストラック状高密度プラズマに起因するライン同士の間隔とが略等しくなるようにレーストラック状高密度プラズマを生成し、

上記駆動手段は、生成されたレーストラック状高密度プラズマ中におけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔以下の大きさの振幅で上記プラズマ生成手段を等速で往復移動させ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】

第１真空室内で薄膜が形成される矩形状の基板に対向配置され、該基板の有効成膜面積よりも大きい矩形状のターゲットと、

上記ターゲットを支持するバッキングプレートの裏面側に配設され、該ターゲットの上記基板の対向面上に磁界を発生させる磁界発生手段と、
上記磁界発生手段を、上記ターゲットに対して、該ターゲットの長辺あるいは短辺の何れかに平行に往復移動させる駆動手段とを備え、
上記磁界発生手段は、
ターゲット表面に磁界を発生させる矩形状の磁石ユニットを、それぞれの長辺が互いに隣接するように、且つ同一極性を示すように複数個配置した複合磁気回路からなり、
上記駆動手段は、
上記一つの磁石ユニットによってターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインのピッチＰに対して、上記複合磁気回路を上記各磁気ユニット並び方向に等速で往復移動させるときの振幅ＳＷが、ＳＷ≦Ｐの関係が成り立つように該複合磁気回路を移動させ、
かつ、上記複合磁気回路における各磁石ユニットは、各磁石ユニットによって前記ターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインの間隔であって隣り合う異なる磁石ユニットに起因するライン同士の間隔が、上記ピッチＰと等しくなるように配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。

【請求項３】
上記磁石ユニットは、該磁石ユニット中心に配置された中心磁石と、この中心磁石の周囲を囲むように、且つ中心磁石とは逆極性の磁極が対向するように配置された周辺磁石とで構成され、これら中心磁石と周辺磁石とにより上記ターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行な部分のピッチＰが、該磁石ユニットの短辺方向の寸法ＭＷに対して、Ｐ＞ＭＷ／２となるように形成されていることを特徴とする請求項２記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項４】
上記複合磁気回路は、ｎ個（ｎ＞１）の磁石ユニットからなり、各磁石ユニットは、上記ターゲットの磁石ユニット並び方向の寸法をＴＷとしたときに、Ｐ＝ＴＷ／（２×ｎ＋１）となるように設定されていることを特徴とする請求項２または３に記載の記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項５】
上記磁界発生手段は、上記ターゲットの基板対向面とは反対面側に設けられた第２真空室内に配置されていることを特徴とする請求項２ないし４の何れかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項６】
上記第２真空室内に配置された磁界発生手段および該磁界発生手段を駆動させる駆動手段と、該第２真空室自体とは、上記ターゲットおよび該ターゲットを支持するバッキングプレートと同電位に設定さ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】
上記複合磁気回路は、ターゲットの基板対向面の磁石ユニットの並び方向両端部が中央部に対して磁界が強く、上記磁石ユニットの並び方向に直交する方向両端部が中央部に対して磁界が弱くなるように調整されていることを特徴とする請求項２ないし６の何れかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項８】
上記磁石ユニットは、中心磁石と周辺磁石とが磁石アッシーヨークに接着固定された磁石アッシーと、該磁石ユニットの全体のベースとなるベースヨークとで構成され、
上記磁石アッシーは、上記磁石アッシーヨークに設けられた締結用穴を用いて、上記ベースヨークにボルトで締結され、

上記締結用穴の直径は、上記ボルトの直径よりも大きくなるように形成されていることを特徴とする請求項７記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項９】

上記磁石アッシーヨークの締結用穴は、上記磁石アッシーとベースヨークとを締結する際に、該磁石アッシーの位置がベースヨーク上で磁界発生手段の駆動方向に調整可能なように長穴に形成されていることを特徴とする請求項８記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項１０】

上記磁石アッシーヨークとベースヨークの少なくとも一方は、磁石ユニットの長手方向端部が他の部分よりも薄く形成されていることを特徴とする請求項８または９記載のマグネトロンスパッタ装置。

【請求項１１】

上記磁石アッシーヨークと上記ベースヨークとは、導電性の軟磁性材料で構成され、

上記中心磁石と上記周辺磁石とは、導電性の磁石材料あるいは導電性材料を表面に被覆した磁石材料で構成され、

上記磁石アッシーは、中心磁石と周辺磁石とが磁石アッシーヨークに対して導電性接着剤で固定されていることを特徴とする請求項８ないし１０の何れかに記載のマグネトロンスパッタ装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マグネトロンスパッタ装置に関し、さらに詳しくは、静止した矩形状の基板の表面に、該基板有効成膜面積よりも大きい矩形ターゲットを用いて、厚さや膜質の均一な薄膜を形成できるマグネトロンカソード電極を備えたマグネトロンスパッタ装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

近年、液晶表示装置製造用として大面積基板上に膜厚分布が均一でかつ均質な成膜が可能な装置が要求されている。その成膜装置としてマグネトロンスパッタ装置が多く使用されている。

【０００３】

一般的なマグネトロンスパッタ装置の基本構成について、図１４を用いて説明する。

【０００４】

上記マグネトロンスパッタ装置は、真空室１０１内に成膜すべき基板１０２と、この基板１０２に対向して薄膜の母材であるターゲット１０３とが配置された構成となっている。

【０００５】

上記ターゲット１０３は、冷却水等により冷却されたバッキングプレート１０４にインジウム等の低融点金属（ハンダ）（図示せず）で接合されており、このバッキングプレート１０４によりスパッタ時のイオン衝撃による温度上昇が抑制されている。

【０００６】

上記バッキングプレート１０４の裏面側には、磁気回路１０５が設置され、ターゲット１０３の表面にトンネル状のポロイダル磁界を発生させるようになっている。

【０００７】

上記磁気回路１０５によりトンネル状のポロイダル磁界が発生した状態で、ターゲット１０３に電源１０６により負電位が印加されると、ターゲット１０３表面がプラズマ中のイオンで衝撃される。このとき、γ作用により放出される二次電子がポロイダル磁界により捕捉されるので、トンネル状のポロイダル磁界に沿った閉じた環状（以下、レーストラック状と称する）の高密度プラズマが形成される。

【０００８】

上記の高密度プラズマ中のイオンは、ターゲット１０３表面近傍に生成されるイオンシ

ースの電界により該ターゲット１０３に向けて加速され、上記ターゲット１０３に衝突し、該ターゲット１０３を構成する物質を飛散させる。このとき、同時にγ作用により二次電子もターゲット１０３表面から放出される。

【０００９】

上記ターゲット１０３の表面から飛散した粒子が該ターゲット１０３に対向する基板１０２の表面に付着、堆積することで薄膜が形成される。

【００１０】

このマグネトロンスパッタ装置では、レーストラック状に局部的な高密度プラズマを発生することができるので高速成膜や基板の温度上昇の抑制が可能となっている。

【００１１】

ところが、上記構成のマグネトロンスパッタ装置では、ターゲット１０３が局部的に消耗することを反映して、基板１０２に形成される薄膜の厚さや膜特性の面内分布が発生する。

【００１２】

そこで、基板１０２上に形成される薄膜の厚さを均一にしたり、ターゲット１０３が均一に消耗して有効に利用されるための技術が種々提案されてきている。このような技術は、例えばスパッタによって膜を形成しようとする基板１０２が円形である場合と矩形である場合とに大別される。基本的には、どちらの技術においてもターゲット１０３を保持するバッキングプレート１０４裏面に配置される磁気回路１０５を意図的に移動させることでターゲット１０３を均一に消耗させ、かつ基板１０２上に形成される薄膜の膜厚や膜質の均一性を得ようとしている。

【００１３】

つまり、基板１０２上に形成される薄膜の厚さを均一にしたり、ターゲット１０３が均一に消耗して有効に利用されるために、基板１０２が円形の場合には、磁気回路１０５をターゲット１０３表面にほぼ平行な面内で回転させればよく、また、基板１０２が矩形の場合には、磁気回路１０５をターゲット１０３表面にほぼ平行な面内で往復運動させればよい。

【００１４】

ここで、膜を形成しようとする基板が矩形の場合に、該基板の有効成膜面積よりも大きい矩形状のターゲットを用いて基板表面に薄膜を形成するためのマグネトロンスパッタ装置について説明する。このマグネトロンスパッタ装置では、磁場発生手段である磁気回路をターゲット表面にほぼ平行な面内で往復運動させるようになっている。

【００１５】

始めに、磁場発生手段である磁気回路ユニットが単一の磁気回路で構成されたマグネトロンスパッタ装置について、図１５および図１６を参照しながら以下に説明する。

【００１６】

図１５は、特開平６－１０１２７号公報に開示されたマグネトロンスパッタ装置の成膜室要部断面図を示したものである。図１６は、特開平９－３１６４６号公報に開示されたマグネトロンスパッタ置の成膜室要部斜視図を示したものである。

【００１７】

図１５に示すマグネトロンスパッタ装置は、ターゲット１１２を表面に取り付けたバッキングプレート１１１の裏面側に一つの磁気回路で構成された磁気回路ユニットとしての磁石装置１１３が配設されている。この磁石装置１１３には、該磁石装置１１３をバッキングプレート１１１の裏面に沿って移動させる移動手段１１４が取り付けられている。

【００１８】

このとき、磁石装置１１３は、高密度プラズマがターゲット１１２の一端部と他端部との間で各端部においてはみ出すようになるまで移動する。また、スパッタ時には、ターゲット１１２の各端部においてプラズマが不安定とならぬよう光照射による励起や熱電子供給が行われる。

【００１９】

また、図１６に示すマグネトロンスパッタ装置は、ターゲット（図示せず）が取り付けられたバッキングプレート２１５の裏面に矢印方向に移動可能な一つの磁気回路で構成された磁気回路ユニットとしての磁場発生手段２１１が配置されている点で、図１５で示したマグネトロンスパッタ装置と同様の構成であるが、バッキングプレート２１５のターゲット取り付け面とは反対面にリブ２１５ａを設け、これと機械的に干渉せぬように磁場発生手段２１１に逃げを設けている点で異なる。

【００２０】

このように、バッキングプレート２１５にリブ２１５ａが設けられていることで、該バッキングプレート２１５を厚く形成することなく、機械的強度を確保することができる。

【００２１】

また、スパッタ対象となる基板の大型化に伴い、バッキングプレート２１５を大きくする場合、大気圧により該バッキングプレート２１５上のターゲットが変形するのを防止するために厚くする必要があるが、上述のようにリブ２１５ａを設けることにより、該バッキングプレート２１５を厚くすることなく、大気圧によるターゲットの変形を抑制することができる。

【００２２】

さらに、大気圧によるターゲットの変形を抑制するために、特開平５－１３２７７４号公報には、磁場発生手段を収容する空間を真空排気する手段を備えたマグネトロンスパッタ装置が開示されている。このマグネトロンスパッタ装置では、図１７に示すように、ターゲット３０９を取り付けたバッキングプレート３０４を薄くすることで磁場発生手段３０５とターゲット３０９表面とを近づけ、該ターゲット３０９表面で強い磁界を得ようとしている。

【００２３】

続いて、磁場発生手段である磁気回路ユニットが複数の磁気回路で構成されたマグネトロンスパッタ装置について、図１８（ａ）～（ｃ）ないし図２２（ａ）～（ｃ）を参照しながら以下に説明する。

【００２４】

図１８（ａ）～（ｃ）および図１９（ａ）～（ｃ）は、特開平６－１９２８３３号公報に開示されたマグネトロンスパッタ装置についての説明図である。

【００２５】

図１８（ａ）は、一組のターゲット４０１とバッキングプレート４０２に対して、それぞれの磁界強度が同じである磁気回路４０３ａ…を複数配置した磁気回路ユニット４０３が設けられているマグネトロンスパッタ装置の概略断面図である。

【００２６】

図１８（ｂ）は、ターゲット４０１の両側部分に対応する磁気回路４１３ａにおける磁界強度が該ターゲット４０１の中央部分に対応する磁気回路４１３ｂにおける磁界強度よりも強くなるように構成された磁気回路ユニット４１３が設けられているマグネトロンスパッタ装置の概略断面図である。

【００２７】

図１８（ｃ）は、図１８（ｂ）に示すマグネトロンスパッタ装置と同様に、ターゲット４０１の両側部分に対応する磁気回路４２３ａにおける磁界強度が該ターゲット４０１の中央部分に対応する磁気回路４２３ｂにおける磁界強度よりも強くなるように構成された磁気回路ユニット４２３が設けられているマグネトロンスパッタ装置の概略断面図である。

【００２８】

図１９（ａ）は、複数の磁気回路４３３ａ…と、各磁気回路４３３ａ間およびその周囲に磁気シールド４３４，４３５が形成された磁気回路ユニット４３３の平面図である。

【００２９】

図１９（ｂ）は、図１９（ａ）に示す磁気回路ユニット４３３により浸食された状態の矩形状のターゲット４３１の平面図である。ここでは、上記磁気回路ユニット４３３を静

止した状態で該ターゲット４３１を浸食した状態を示しており、浸食部分４３１ａはレーストラック状になっている。この場合、上記磁気回路ユニット４３３の各磁気回路４３３ａの磁気強度はどれも同じとする。

【００３０】

図１９（ｃ）は、図１９（ｂ）に示すターゲット４３１の断面図である。この場合、上記磁気回路ユニット４３３における各磁気回路４３３ａの磁気強度が同じであるので、ターゲット４３１の各浸食部分４３１ａの深さは同じとなっている。

【００３１】

ところで、上記のように磁気回路ユニット４３３を静止させた状態では、磁気回路４３３ａに対応した部分のみが浸食されることになるので、磁気回路ユニット４３３を、図１９（ｂ）に示すように、ターゲット４３１の長手方向を示す矢印Ｘ・Ｙ方向に移動させれば、図１９（ｃ）の一点鎖線で示す浸食部分４３１ｂのようにほぼ均一にターゲット４３１を浸食することが可能となる。

【００３２】

図２０（ａ）（ｂ）は、特開平８－１３４６４０号公報に開示されたマグネトロンスパッタ装置の磁場発生手段を示したものである。同図（ａ）は単一の磁気回路５０１ａからなる磁気回路ユニット５０１の斜視図、同図（ｂ）は複数の磁
気回路５１１ａ…を組み合わせた磁気回路ユニット５１１の平面図である。

【００３３】

上記公報のマグネトロンスパッタ装置では、例えば図２０（ｂ）に示すように、磁気回路ユニット５１１を図示しない矩形状のターゲットの長手方向である矢印Ｘ・Ｙ方向に往復移動させて該ターゲットの不均一消耗と、それにより引き起こされる薄膜の厚さ分布とを所望の範囲内に収めようとするとき、各磁気回路５１１ａの外周部を構成する磁石部分５１２に対応するターゲット表面の領域では磁界強度を弱くする必要がある。

【００３４】

このため、図２０（ａ）に示す磁気回路ユニット５０１では、磁気回路５０１ａの外周部を構成する磁石部分５０２の高さを中央部にある磁石部分５０３よりも低くすることで、該磁気回路５０１ａの外周部に対応するターゲット表面の領域での磁界強度を小さくしている。

【００３５】

一方、図２０（ｂ）に示す磁気回路ユニット５１１では、磁気回路５１１ａの外周部を構成する磁石部分５１２と、その中心にある中心磁石５１３との距離（ＧＡ，ＧＢ）を大きくして、該磁気回路５１１ａの外周部に対応するターゲット表面の領域での磁界強度を小さくしている。

【００３６】

図２１（ａ）（ｂ）は、特開平８－１９９３５４号公報に開示されたマグネトロンスパッタ装置の磁場発生手段の側面図を示したものである。同図（ａ）は磁気回路ユニット６０１の長手方向に垂直な面を含む要部断面図を示し、同図（ｂ）は磁気回路ユニット６０１の短手方向に垂直な面を含む要部断面図を示している。

【００３７】

上記磁気回路ユニット６０１は、図２１（ａ）に示すように、複数の磁気回路６０１ａ…で構成されており、それぞれの磁気回路６０１ａ同士の間隔を独立に調整できるようになっていると同時に、図２１（ｂ）に示すように、その長辺方向に自在に傾斜させることができるようになっている。

【００３８】

これにより、磁場発生手段である磁気回路ユニット６０１を往復運動させてターゲット６０２の不均一消耗とそれにより引き起こされる薄膜の厚さ分布を所望の範囲内に収めようとした場合に、調整しきれないプラズマの非対称性による薄膜の厚さの不均一性を、磁気回路ユニット６０１の往復運動と連動して磁気回路６０１ａを傾斜運動させることでプラズマの非対称性を補償するようになっている。

【００３９】
図２２（ａ）～（ｃ）は、特開平９－１２５２４２号公報に開示されるマグネトロンスパッタ装置を示したものである。同図（ａ）はマグネトロンスパッタ装置の成膜室７００の要部断面図、同図（ｂ）は成膜室７００内に配置されたマグネトロンスパッタ装置の磁場発生手段７０２の平面図、同図（ｃ）は磁場発生手段７０２を構成する５つの磁石ユニット７０３の磁極面とターゲット７０１との距離を調整してターゲット７０１表面での磁界強度を調整し、ひいては基板７０４上に形成される薄膜の厚さ分布を調整する場合の各磁石ユニット７０３の配置を示す断面図である。
【００４０】
上記構成のマグネトロンスパッタ装置には、上述した図１８（ａ）～（ｃ）および図１９（ａ）～（ｃ）に示した特開平６－１９２８３３号公報に開示さるような磁場発生手段を構成する複数の磁気回路ユニットの、両端の磁気回路によりターゲット表面に発生させる磁界強度を強くするための磁気回路構成に加えて、中心に位置する磁石ユニット７０３によりターゲット７０１表面に発生させる磁界強度を強くする構成と、それに伴うターゲット７０１の不均一消耗を抑制するための磁石ユニット７０３の端部の構成とが開示されている。
【００４１】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、上記の各従来の構成では、以下のような問題が生じる。
【００４２】
（Ａ）図１５と図１６に示されたマグネトロンスパッタ装置では、単一の磁石ユニットにより磁場発生手段が構成されているので、基板上に形成される薄膜の厚さの均一性を図るために、磁石ユニットをターゲットの全幅にわたって往復移動させる必要がある。
【００４３】
また、成膜速度を増加させるために、プラズマを発生させるための投入電力を増加させる必要がある。しかしながら、投入電力を増加させすぎると、ターゲットを衝撃するイオン電流密度が大きくなりすぎて、スパッタ作用を起こさせるグロー放電（γ作用による二次電子放出が放電維持に必要な電子供給源）から、アーク放電（熱電子放出が放電維持に必要な電子供給源）へと放電形態が変化してしまう。即ち、投入電力密度を一定値以上に大きくできない。
【００４４】
したがって、上記の投入電力の増加による弊害の発生と、先に述べた磁石ユニットをターゲット全幅にわたって往復運動させる必要性とから、磁石ユニットの幅に対してかなり大きなターゲットを用いた場合には単一の磁石ユニットで得られるレーストラック状高密度プラズマに極端に多くの電力を投入することができず、装置性能を向上させる目的で成膜速度を向上させるのにも限界がある。
【００４５】
さらに、基板上に形成される薄膜の厚さ分布を均一にするために、磁石ユニットの往復運動の速度をターゲットとの相対位置によって制御する必要があり、複雑な制御系を必要とする。
【００４６】
（Ｂ）図１６に示されたマグネトロンスパッタ装置において、バッキングプレート２１５にリブ２１５ａを設ける点については、ターゲットをバッキングプレート２１５にインジウム等の低融点ハンダでボンディングする際に、以下の様な問題が発生する。
【００４７】
通常、バッキングプレート２１５の材料には、スパッタリング中のターゲットへのイオン衝撃によるターゲット温度の上昇を抑制するために熱伝導の良い銅系の材料が用いられる。ターゲットは、インジウム系の低温ハンダでバッキングプレート２１５にボンディングされ、その上で、バッキングプレート２１５を直接あるいは間接に冷却（通常は水冷）することにより冷却される。

【００４８】
ターゲットは、バッキングプレート２１５とは異なる材料（基板上に形成したい薄膜材そのものか、あるいは、反応性スパッタで薄膜を形成するための材料）であるので、大なり小なり熱膨張に差がある。この状態でインジウム系の低温ハンダ（融点１５０℃程度）でターゲットとバッキングプレート２１５をボンディングすると、熱膨張の差のために全体として反りが発生してしまう。バッキングプレート２１５の材料をターゲットと同等の熱膨張であるものとし、一方で熱伝導を犠牲にしつつ反りを解消しようとする試みも見られるが、素材のコスト、加工のコストという観点から好ましくはない。
【００４９】
また、図１６に示されたマグネトロンスパッタ装置では、ターゲットのボンディングに伴う該バッキングプレート２１５の反りをも軽減できるが、実際にはボンディング時の熱履歴と熱膨張の差による熱応力はそのまま残るのでターゲット表面には大きな応力がかかった状態となってしまう。特に、ターゲットが銅系統の材料よりも熱膨張が小さいセラミック材料である場合には、ターゲット表面に大きな引っ張り側の応力が残る結果となりターゲットの機械的強度の為には好ましくない。
【００５０】
尚、リブのない平板型のバッキングプレートを使用する場合には、ターゲットのボンディング工程の温度下降時に、適当な温度において積極的にバッキングプレートをたわませた形態をある時間維持することで、インジウムハンダの塑性流動を起こさせ、熱応力を緩和しつつターゲット全体としての反りを小さくするという処理を施すこともできる。しかしながら、上述のようにバッキングプレートにリブがあれば、この処理での自由度が減少してしまう。
【００５１】
さらに、図１６のマグネトロンスパッタ装置を開示した公報には、バッキングプレート２１５を薄くすることの目的としてその重量を軽くすることのみが記載されているにすぎず、ターゲット表面の磁界強度に関する記述はない。
【００５２】
（Ｃ）図１７に示されたマグネトロンスパッタ装置では、磁場発生手段３０５を収容する空間の圧力を規定しておらず、また磁場発生手段を収容する空間の外壁や磁場発生手段３０５あるいは磁場発生手段駆動機構の電位を規定していないので、ただ単に大気圧との圧力差を小さくするために磁場発生手段を収容する空間を排気してしまうと、その空間内での幾何学的配置と各部品の電位によってはバッキングプレート３０４と磁場発生手段３０５や磁場発生手段移動機構等との間で放電してしまい、スパッタリングのために投入された電力が損失するだけでなく、機構上の障害を誘発してしまう。
【００５３】
ここで、「ただ単に」とは磁場発生手段３０５を収容する空間を排気するに際して、大気圧との圧力差によるバッキングプレート３０４の変形だけを考慮した場合の排気の程度という意味で使用している。したがって、上記の磁場発生手段３０５を収容する空間を排気するための排気ポンプは、油回転ポンプやあるいは油回転ポンプとメカニカルブースターポンプを組み合わせた様な数Ｐａ程度まで排気できるものが用いられる。このようなポンプは、機器のコストや維持管理の観点からも好んで選択される。
【００５４】
しかしながら、排気ポンプとしてこれらのものを使用した場合には、磁場発生手段３０５を収容する空間は数Ｐａ程度の圧力にしかならず、磁場発生手段３０５や磁場発生手段駆動機構等の電位がターゲット３０９やバッキングプレート３０４と同一でなく、例えば接地されていたとすれば、スパッタするためにターゲット３０９がボンディングされたバッキングプレート３０４に高電圧が印加されたときには前記のようなターゲット３０９表面だけでない不要な放電が発生してしまう。
【００５５】
これを回避するために、磁場発生手段を収容する空間を排気するに際して、その到達圧

力が10^{-3}Ｐａ程度よりも低くなるような例えばターボ分子ポンプやクライオポンプを使用すると、コスト的に不利である。

【００５６】

（Ｄ）図１８（ａ）～（ｃ）ないし図２２（ａ）～（ｃ）で示したマグネトロンスパッタ装置では、個々の具体的手段により得られる効果はそれぞれの公報に開示されるものが期待できる。しかしながら、磁場発生手段を構成する複数の磁石ユニットの寸法と磁場発生手段の往復運動の振幅とにおいて、「ターゲットの不均一消耗を抑制する」という目的に於いて未だ問題点を有している。

【００５７】

図１８（ａ）～（ｃ）および図１９（ａ）～（ｃ）で説明した特開平６－１９２８３３号公報に開示されたマグネトロンスパッタ装置では、磁場発生手段の往復運動の振幅は一つの磁気回路ユニット４０３の短辺方向の幅とほぼ等しいとしている。また、往復運動は正弦波状に速度を変化させている。

【００５８】

この時、図１８（ａ）ないし（ｃ）に示される磁気回路ユニット４０３を静止させた場合、ターゲット４０１は、例えば図２３（ａ）に示される様な浸食状況になる。図において、凹状部分が浸食された部分を示す。

【００５９】

そして、磁気回路ユニット４０３を往復運動させた場合の浸食状況は、図２３（ｂ）～（ｅ）のようになる。ここで、図２３（ｂ）～（ｅ）におけるＰ１からＰ４は、磁気回路ユニット４０３の往復運動した場合の振幅を示しており、徐々に振幅が大きくなっていることを示している。そして、図２３（ｅ）で示す振幅がＰ４のときに、磁気回路ユニット４０３の一つの磁気回路４０３ａの短辺方向の幅とほぼ等しい状態となっている。即ち、ターゲット４０１は均一に浸食されるのでなく、浸食が進行する部分とさほど進行しない部分とが縦縞状に分布することになる。

【００６０】

従って、ターゲット４０１の利用効率は最も浸食が進行する部分で定まってしまう。さらに、この状態に於いて基板上に形成される薄膜の厚さ分布はやはりターゲット４０１の浸食状況を反映して縦縞状の分布となる。

【００６１】

（Ｅ）図２０（ａ）（ｂ）で説明した特開平８－１３４６４０号公報に開示されたマグネトロンスパッタ装置では、磁気回路ユニット５１１の往復運動の振幅が一つの磁気回路５１１ａの短辺方向の幅の約半分に等しくなるように設定されている。また、磁気回路ユニット５１１の往復運動における速度は、正弦波状に変化させている。

【００６２】

上記公報には、磁気回路ユニット５１１を静止させた時に得られるターゲットの浸食状況が開示されていないので、該磁気回路ユニット５１１を往復運動させて放電した場合のターゲット浸食状況は必ずしも明らかでないが、単一の磁気回路５１１ａの寸法と各磁気回路５１１ａの並びピッチが規定されていないことから、ターゲット浸食が均一に進行しているとは限らない。さらに、往復運動が正弦波状の速度変化を持つ分だけターゲットが高密度のプラズマに晒される時間に差があり、往復運動の振幅両端部分でターゲット浸食が進行しやすい。

【００６３】

上記公報におけるターゲットの浸食状況の分布は、例えば図２４に示すように、縦縞状の分布となっている。これは先に述べたターゲット利用効率と基板上に形成される薄膜の厚さ分布に関して程度は異なるものの同様の問題点を有していることになる。

【００６４】

（Ｆ）図２１（ａ）（ｂ）で説明した特開平８－１９９３５４号公報に開示されたマグネトロンスパッタ装置では、磁気回路ユニット６０１の往復運動の振幅や速度変化について記載されていない。この公報では、複数の磁気回路６０１ａが一体化された磁気回路ユ

ニット６０１自体を往復運動させる機構に加えて、複数の磁気回路６０１ａの互いの間隔を調整する機構、各磁気回路６０１ａとバッキングプレート（ターゲット表面）との距離を調整する機構を備えた構成となっている。特に、後者については、各磁気回路６０１ａの長辺方向で磁気回路ユニット６０１とバッキングプレート（ターゲット表面）との距離、即ち傾斜の程度を変化させられる構成としている。

【００６５】

ところが、上記公報におけるマグネトロンスパッタ装置では、基板上に形成される薄膜の厚さ分布を調整する手段の一具体例を示しているにすぎず、装置構成として複雑になり、コストがかさむばかりでなく、可動部品が多くなってしまうので装置自体の信頼性を確保し難くなる。

【００６６】

また、磁気回路ユニット６０１は、ほとんどの時間をバッキングプレート（ターゲット表面）に最も近づいた位置から離脱した位置で使用されることとなり、磁気回路ユニット６０１としての能力を十分に発揮できていない。

【００６７】

（Ｇ）図２２（ａ）～（ｃ）で説明した特開平６－１９２８３３号公報に開示されたマグネトロンスパッタ装置では、磁場発生手段７０２の往復運動の振幅は一つの磁石ユニット７０３の短辺方向の幅の約半分に等しいとしているが、特開平８－１３４６４０号公報と同じく、磁石ユニット７０３の並びピッチに関しては記述されていない。また、磁場発生手段７０２の往復運動の速度も開示の例では正弦波状となる。

【００６８】

従って、必ずしもターゲット７０１の浸食が均一に進行するとは限らず、さらに、磁場発生手段７０２の往復運動が正弦波状の速度変化を持つ分だけターゲットが高密度のプラズマに晒される時間に差があり、往復運動の振幅両端部分でターゲット浸食が進行しやすい。

【００６９】

本願発明は、上記の各問題点に鑑みなされたものであって、その目的は、コスト的に有利な部品で構成された単純な機構を有し、投入される電力を有効にターゲットのスパッタに費やすことができて、なおかつターゲットの利用効率を高く保ち、基板上に形成される薄膜の厚さ分布を所定の範囲内に収めることが可能なマグネトロンスパッタ装置を提供することにある。

【００７０】

【課題を解決するための手段】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、真空室内で薄膜が形成される矩形状の基板に対向配置され、該基板の有効成膜面積よりも大きい矩形状のターゲットと、上記ターゲットに対してマグネトロン放電を行なうことにより、該ターゲットの表面に、複数の閉じたレーストラック状高密度プラズマを生成するプラズマ生成手段と、上記プラズマ生成手段を、上記ターゲットに対して、該ターゲットの長辺あるいは短辺の何れかに平行に往復移動させる駆動手段とを備え、上記プラズマ生成手段は、上記ターゲットの表面に、該プラズマ生成手段の移動方向に沿って、それぞれ一つの閉じたレーストラック状高密度プラズマ中におけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔と、複数の閉じたレーストラック状高密度プラズマにおけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔であって隣り合う異なるレーストラック状高密度プラズマに起因するライン同士の間隔とが略等しくなるようにレーストラック状高密度プラズマを生成し、上記駆動手段は、生成されたレーストラック状高密度プラズマ中におけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔以下の大きさの振幅で上記プラズマ生成手段を等速で往復移動させることを特徴としている。

【００７１】

上記の構成によれば、プラズマ生成手段が、上記ターゲットの表面に、該プラズマ生成

手段の移動方向に沿って、それぞれ一つの閉じたレーストラック状高密度プラズマ中におけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔と、複数の閉じたレーストラック状高密度プラズマにおけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔であって隣り合う異なるレーストラック状高密度プラズマに起因するライン同士の間隔とが略等しくなるようにレーストラック状高密度プラズマを生成するようになっている。これにより、プラズマ発生のために供給される電力が複数個のプラズマに分散されるので、電力密度を抑制することができ、アーク放電に至るような異常放電なく大電力供給が可能となって装置の性能としての成膜速度を増加させることができる。

【００７２】

さらに、駆動手段が、レーストラック状高密度プラズマ中におけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔以下の大きさの振幅で上記プラズマ生成手段を等速で往復移動させるようになっているので、個々のレーストラック状高密度プラズマにより浸食されるターゲット表面部分が重なり合うことがなくなり、局所的にターゲットの浸食が進行してしまうことをなくすことができる。

【００７３】

したがって、上記構成のマグネトロンスパッタ装置によれば、コスト的に有利な部品で構成された単純な機構を有し、投入される電力を有効にターゲットのスパッタに費やすことができて、なおかつターゲットの利用効率を高く保ち、基板上に形成される薄膜の厚さ分布を所定の範囲内に収めることが可能となる。

【００７４】

また、上記の構成によれば、レーストラック状高密度プラズマの間隔は、該レーストラック状高密度プラズマの最も密度の高い部分同士の距離であることで、上記複合磁気回路を上記各磁気ユニット並び方向に等速で往復移動させるときの振幅が、上記のレーストラック状高密度プラズマの最も密度の高い部分同士の距離よりも小さく設定することができ、この結果、個々のレーストラック状高密度プラズマにより浸食されるターゲット表面部分が重なり合うことがなくなり、局所的にターゲットの浸食が進行してしまうことがない。

【００７５】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、第１真空室内で薄膜が形成される矩形状の基板に対向配置され、該基板の有効成膜面積よりも大きい矩形状のターゲットと、上記ターゲットを支持するバッキングプレートの裏面側に配設され、該ターゲットの上記基板の対向面上に磁界を発生させる磁界発生手段と、上記磁界発生手段を、上記ターゲットに対して、該ターゲットの長辺あるいは短辺の何れかに平行に往復移動させる駆動手段とを備え、上記磁界発生手段は、ターゲット表面に磁界を発生させる矩形状の磁石ユニットを、それぞれの長辺が互いに隣接するように、且つ同一極性を示すように複数個配置した複合磁気回路からなり、上記駆動手段は、上記一つの磁石ユニットによってターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインのピッチＰに対して、上記複合磁気回路を上記各磁気ユニット並び方向に等速で往復移動させるときの振幅ＳＷが、ＳＷ≦Ｐの関係が成り立つように該複合磁気回路を移動させ、かつ、上記複合磁気回路における各磁石ユニットは、各磁石ユニットによって前記ターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインの間隔であって隣り合う異なる磁石ユニットに起因するライン同士の間隔が、上記ピッチＰと等しくなるように配置されていることを特徴としている。

【００７６】

上記の構成によれば、磁界発生手段が、ターゲット表面に磁界を発生させる矩形状の磁石ユニットを、それぞれの長辺が互いに隣接するように、且つ同一極性を示すように複数個配置した複合磁気回路からなることで、これらの複合磁気回路を発生源とするターゲットの表面上に、生成された磁界により収束された閉じたレーストラック状高密度プラズマ

を複数個得ることができる。

【００７７】

これにより、プラズマ発生のために供給される電力が複数個のプラズマに分散されるので電力密度を抑制することができ、アーク放電に至るような異常放電なく大電力供給が可能となって装置の性能としての成膜速度を増加させることができる。

【００７８】

さらに、駆動手段が、一つの磁石ユニットによってターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインのピッチＰに対して、上記複合磁気回路を上記各磁気ユニット並び方向に等速で往復移動させるときの振幅ＳＷが、ＳＷ≦Ｐの関係が成り立つように設定されていることで、個々のレーストラック状高密度プラズマにより浸食されるターゲット表面部分が重なり合うことがなくなり、局所的にターゲットの浸食が進行してしまうことがない。

【００７９】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、上記構成に加えて、上記磁石ユニットは、ユニット中心に配置された中心磁石と、この中心磁石の周囲を囲むように、且つ中心磁石とは逆極性の磁極が対向するように配置された周辺磁石とで構成され、これら中心磁石と周辺磁石とにより上記ターゲット表面に発生させる磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行な部分のピッチＰが、該磁石ユニットの短辺方向の寸法ＭＷに対して、Ｐ＞ＭＷ／２となるように形成されていることを特徴としている。

【００８０】

上記の構成によれば、上記作用に加えて、磁石ユニットは、ユニット中心に配置された中心磁石と、この中心磁石の周囲を囲むように、且つ中心磁石とは逆極性の磁極が対向するように配置された周辺磁石とで構成され、これら中心磁石と周辺磁石とにより上記ターゲット表面に発生させる磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行な部分のピッチＰが、該磁石ユニットの短辺方向の寸法ＭＷに対して、Ｐ＞ＭＷ／２となるように形成されていることで、単一の磁石ユニットにより形成されるレーストラック状高密度プラズマのピッチもＭＷ／２よりも大きくなる。

【００８１】

したがって、隣接する磁石ユニットにおいて生成されるレーストラック状高密度プラズマとの距離を、個々の磁石ユニットにおいて生成される高密度プラズマのピッチ間隔と等しくなるように磁石ユニット間の隙間を調整して配置することができる。

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、上記構成に加えて、上記複合磁気回路は、ｎ個（ｎ＞１）の磁石ユニットからなり、各磁石ユニットは、上記ターゲットの磁石ユニット並び方向の寸法をＴＷとしたときに、Ｐ＝ＴＷ／（２×ｎ＋１）となるように設定されていることを特徴している。

【００８２】

上記の構成によれば、上記作用に加えて、複合磁気回路は、ｎ個（ｎ＞１）の磁石ユニットからなり、各磁石ユニットが、各磁石ユニットによって前記ターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインの間隔であって隣り合う異なる磁石ユニットに起因するライン同士の間隔が、上記ピッチＰと等しくなるように配置されていると共に、上記ターゲットの磁石ユニット並び方向の寸法をＴＷとしたときに、Ｐ＝ＴＷ／（２×ｎ＋１）となるように設定されていることで、ターゲットをピッチＰ間隔で浸食させることが可能となる。

【００８３】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、上記構成に加えて、上記磁界発生手段は、上記ターゲットの基板対向面とは反対面側に設けられた第２真

空室内に配置されていることを特徴としている。

【００８４】

上記の構成によれば、上記作用に加えて、磁界発生手段は、上記ターゲットの基板対向面とは反対面側に設けられた第２真空室内に配置されていることで、装置稼働状態においてターゲットがボンディングされたバッキングプレートはターゲット側の第１真空室（成膜空間側）とその裏面側の第２真空室（複合磁気回路側）の両面が真空排気状態となる。

【００８５】

これにより、ターゲットがボンディングされたバッキングプレートの両面には実質的に機械構造上影響を与えるような圧力差が無くなるので、バッキングプレートはターゲットとのボンディングや、装置へ取り付けるのに必要な機械的強度を持つ厚さでよく、大気圧に耐えるだけの強度を持たせる場合よりも薄くすることができる。

【００８６】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、上記構成に加えて、上記第２真空室内に配置された磁界発生手段および該磁界発生手段を駆動させる駆動手段と、該第２真空室自体とは、上記ターゲットおよび該ターゲットを支持するバッキングプレートと同電位に設定されていることを特徴としている。

【００８７】

上記の構成によれば、上記作用に加えて、第２真空室内に配置された磁界発生手段および該磁界発生手段を駆動させる駆動手段と、該第２真空室自体とは、上記ターゲットおよび該ターゲットを支持するバッキングプレートと同電位に設定されていることで、磁界発生手段が収められるターゲット裏面に設けられた第２真空室の排気は油回転ポンプやあるいは油回転ポンプとメカニカルブースターポンプの組合のようないわゆる“粗引”程度であっても、ターゲットがボンディングされたバッキングプレートに高電圧を印加してスパッタの為のマグネトロン放電を起こさせる際に、バッキングプレートと磁界発生手段が収められるターゲット裏面に設けられた第２真空室あるいはその内容物との間で放電することがない。

【００８８】

したがって、第２真空室を排気するためのポンプを前記のような粗引ポンプで済ますことができるので、高真空排気するための高価なポンプやそれを動作させるための各種バルブを含む排気系を必要としないので装置としてのコストを少なくできる。

【００８９】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、上記構成に加えて、上記複合磁気回路は、ターゲットの基板対向面の磁石ユニットの並び方向両端部が中央部に対して磁界が強く、上記磁石ユニットの並び方向に直交する方向両端部が中央部に対して磁界が弱くなるように調整されていることを特徴としている。

【００９０】

上記の構成によれば、上記作用に加えて、複合磁気回路は、ターゲットの基板対向面の磁石ユニットの並び方向両端部が中央部に対して磁界が強く、上記磁石ユニットの並び方向に直交する方向両端部が中央部に対して磁界が弱くなるように調整されていることで、ターゲットを均一に浸食させ、基板上の膜厚分布を補正することができる。

【００９１】

したがって、磁石ユニットを、複合磁気回路に組み立てられた時に、ターゲット表面の磁石ユニット並び方向両端部で磁界が中央部に対して強くなるように調整することにより、ターゲット長辺に沿った部分のプラズマ密度を高め、磁界発生手段が往復移動を行う方向（ターゲット短辺方向）の膜厚分布を補正することができる。

【００９２】

さらに、磁石ユニット並び直角方向端部で磁界を中央部に対して弱くすることにより、矩形状磁石ユニットの長辺方向端部（ターゲット短辺に沿った周辺部分）における高密度プラズマの密度を小さくし、磁界発生手段を往復移動した際にターゲット表面でのプラズマ滞在時間の差に基づくターゲット浸食進行速度を調整し、膜厚分布を補正することがで

きる。

【００９３】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、上記構成に加えて、上記磁石ユニットは、中心磁石と周辺磁石とが磁石アッシーヨークに接着固定された磁石アッシーと、該磁石ユニットの全体のベースとなるベースヨークとで構成され、上記磁石アッシーは、上記磁石アッシーヨークに設けられた締結用穴を用いて、上記ベースヨークにボルトで締結され、上記締結用穴の直径は、上記ボルトの直径よりも大きくなるように形成されていることを特徴としている。

【００９４】

上記の構成によれば、上記作用に加えて、磁石ユニットは、中心磁石と周辺磁石とが磁石アッシーヨークに接着固定された磁石アッシーと、該磁石ユニットの全体のベースとなるベースヨークとで構成され、上記磁石アッシーは、上記磁石アッシーヨークに設けられた締結用穴を用いて、上記ベースヨークにボルトで締結されていることで、磁石ユニットにより発生する磁界のターゲット表面上での強度分布調整を、磁石アッシーとベースヨークとの間に補助ヨークを挿入した状態でのボルト締結により実現することができる。

【００９５】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、上記構成に加えて、上記磁石アッシーヨークの締結用穴は、上記磁石アッシーとベースヨークとを締結する際に、該磁石アッシーの位置がベースヨーク上で磁界発生手段の駆動方向に調整可能なように長穴に形成されていることを特徴としている。

【００９６】

上記の構成によれば、上記作用に加えて、磁石アッシーヨークの締結用穴は、上記磁石アッシーとベースヨークとを締結する際に、該磁石アッシーの位置がベースヨーク上で磁界発生手段の駆動方向に調整可能なように長穴に形成されていることで、複数の磁石ユニットを組み合わせた時において、レーストラック状高密度プラズマの磁石ユニット長辺方向に平行な部分の矩形短辺方向ピッチが等しくなるように微調整することができる。

【００９７】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、上記構成に加えて、上記磁石アッシーヨークとベースヨークの少なくとも一方は、磁石ユニットの長手方向端部が他の部分よりも薄く形成されていることを特徴としている。

【００９８】

上記の構成によれば、上記作用に加えて、磁石アッシーヨークとベースヨークの少なくとも一方は、磁石ユニットの長手方向端部が他の部分よりも薄く形成されていることで、磁石ユニット長手方向端部で磁界が中央部に対して特に弱くなるように調整することができる。

【００９９】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、上記の課題を解決するために、上記構成に加えて、上記磁石アッシーヨークとベースヨークとは、導電性の軟磁性材料で構成され、上記中心磁石と周辺磁石とは、導電性の磁石材料あるいは導電性材料を表面に被覆した磁石材料で構成され、上記磁石アッシーは、中心磁石と周辺磁石とが磁石アッシーヨークに対して導電性接着剤で固定されていることを特徴としている。

【０１００】

上記の構成によれば、上記作用に加えて、磁石アッシーヨークとベースヨークとは、導電性の軟磁性材料で構成され、上記中心磁石と周辺磁石とは、導電性の磁石材料あるいは導電性材料を表面に被覆した磁石材料で構成され、上記磁石アッシーは、中心磁石と周辺磁石とが磁石アッシーヨークに対して導電性接着剤で固定されていることで、磁界発生手段の支持を導電性物質で行い、必要な電気的接続を行うことにより複合磁気回路の磁石表面まで同電位とすることができる。

【０１０１】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施の形態について、図１ないし図１３に基づいて説明すれば以下の通りである。

【０１０２】

本実施の形態に係るマグネトロンスパッタ装置は、図１に示すように、第１真空室を構成する成膜室１と、該成膜室１に隣接した第２真空室を構成するマグネット室２とを備えている。

【０１０３】

上記成膜室１には、表面に薄膜が成膜される基板３と、この基板３に対向し、該基板３表面に成膜される薄膜の母材となるターゲット４とが配されている。

【０１０４】

上記基板３は、成膜室１内に設けられた基板ホルダ５に膜形成面と反対面で装着されている。尚、基板３の基板ホルダ５への装着は、成膜室１内で行われる場合や前段階の真空室（図示せず）内で行われる場合、さらには、大気中で行われる場合等適宜選択されるものとする。

【０１０５】

上記ターゲット４は、成膜室１とマグネット室２との境界部分に配置されており、該成膜室１の底面を構成している。このターゲット４は、基板３との対向面と反対面側で上記マグネット室２の上面を構成しているバッキングプレート６に半田やインジウム等の低融点金属（図示せず）により接続されている。

【０１０６】

上記バッキングプレート６は、冷却水等により冷却される機構を有し、接続されたターゲット４がスパッタリング時に温度が上昇するのを抑えるようになっている。

【０１０７】

上記マグネット室２内には、上記バッキングプレート６に接続されているターゲット４の表面にトンネル状のポロイダル磁界を発生させるための磁界発生手段としての磁場発生機構７が配設されている。なお、磁場発生機構７の詳細な構成については、後述する。

【０１０８】

さらに、マグネット室２内には、磁場発生機構７を矢印Ａ・Ｂ方向に等速で往復移動させる駆動装置８が設けられている。

【０１０９】

上記成膜室１は、上述したように第１真空室を構成していることから、図示しない排気ポンプにより、排気ダクト９を通して成膜室１の外部（図中矢印方向）に成膜室１内のガスを排気する機構と、成膜室１外部の図示しないガス供給源からガス配管１０を通して該成膜室１内部にガスを導入する機構とを備えている。これらの機構により、成膜時に、成膜室１内は、０．０１～１Ｐａ程度の圧力に設定される。

【０１１０】

また、マグネット室２は、図示しない排気ポンプにより、排気ダクト１１を通してガスを該マグネット室２の外部（図中矢印）に排気する機構を備えている。この機構により、成膜時に、マグネット室２内も、連続排気され０．０１～１Ｐａ程度の圧力に設定される。

【０１１１】

上記成膜室１およびマグネット室２は、上述のように０．０１～１Ｐａ程度の圧力に設定すればよいことから、排気ポンプとして、メカニカルブースターポンプが使用される。

【０１１２】

例えば、上記成膜室１内の圧力は、成膜時（ガス導入時）、０．０５～１Ｐａ程度の圧力に設定され、ガス導入がなければ、10^{-5}～10^{-4}Ｐａ程度の圧力に設定される。

【０１１３】

なお、上記マグネット室２は、大気圧が10^{5} Ｐａ程度であるので、ターゲット４の反り防止の為には１００Ｐａ程度の圧力で支障はない。

【０１１４】

上記構成のマグネトロンスパッタ装置において、上記マグネット室２と、駆動装置８と、磁場発生機構７と、バッキングプレート６とは電気的に同電位であるように接続されている一方、成膜室１は接地されているので、上記マグネット室２は電気的に短絡しないように絶縁材１２・１２を介して成膜室１に固定されている。

【０１１５】

さらに、上述の排気ダクト１１は、絶縁フランジ１３を介してマグネット室２に接続されている。

【０１１６】

また、上記成膜室１の両側部には、該成膜室１に隣接する図示しない他の機構と連結するためのバルブ１４・１４が設けられている。ここで、他の機構とは、例えば他の成膜室、ロードロック室、あるいは大気中の機構等である。したがって、成膜室１と該成膜室１にバルブ１４により接続された他の機構との間では、該バルブ１４の開閉により、同じ雰囲気にしたり、異なる雰囲気にしたりすることが可能となる。

【０１１７】

また、基板３の周縁部には、スパッタリング時にスパッタ薄膜が付着するのを防止するためのマスク１５が設けられている。

【０１１８】

さらに、ターゲット４の周縁部には、スパッタリング時に該ターゲット４周囲の機構がプラズマにさらされるのを防ぐためのグラウンドシールド１６が設けられている。

【０１１９】

また、バッキングプレート６には、負電位を印加するための電源１７が接続されている。

【０１２０】

したがって、上記磁場発生機構７、バッキングプレート６および電源１７により、ターゲット４表面に高密度のプラズマを生成するプラズマ生成手段を構成している。

【０１２１】

ここで、上記のマグネトロンスパッタ装置に備えられている磁場発生機構７について詳細に説明する。

【０１２２】

はじめに、磁場発生機構７の構成について簡単に説明する。

【０１２３】

上記磁場発生機構７は、図１に示すように、上記ターゲット４に対して平行な略平板状の支持部材７ａ上に複数の磁石ユニット３０…が配設された複合磁気回路構造となっている。上記支持部材７ａは、駆動装置８に固定されており、該駆動装置８によって矢印Ａ・Ｂ方向に移動するようになっている。上記磁石ユニット３０は、本マグネトロンスパッタ装置におけるマグネトロンカソード電極として用いられている。

【０１２４】

つまり、上記磁場発生機構７は、成膜時において、ターゲット４表面に、プラズマを収束させるプラズマ収束手段としての機能を有していることになる。

【０１２５】

上記の各磁石ユニット３０は、上記磁場発生機構７の移動方向に直交する方向が長手方向となる矩形状をなしており、それぞれが略等間隔で上記支持部材７ａ上に配置されている。

【０１２６】

次に、上記磁石ユニット３０を利用したマグネトロン放電について図２（ａ）～（ｄ）を参照しながら以下に説明する。なお、図２（ａ）～（ｄ）は、説明の便宜上、必要な部材のみを記載したものとなっている。

【０１２７】

上記磁石ユニット３０は、矩形状をなし、図２（ａ）に示すように、中心磁石３１と、該中心磁石３１の周囲に略口状に形成された周辺磁石３２と、上記中心磁石３１と周辺磁

石３２とを固定するためのヨーク３３とで構成されている。上記中心磁石３１と周辺磁石３２とは、上記ヨーク３３に対して逆極性の磁極を対向させて固定されている。ここでは、中心磁石３１はＮ極、周辺磁石３２はＳ極がヨーク３３に接した状態となっている。

【０１２８】

上記磁石ユニット３０では、中心磁石３１、周辺磁石３２、およびヨーク３３とで磁気回路を構成し、該磁石ユニット３０の上方空間にポロイダル磁界を発生させている。つまり、磁石ユニット３０では、図２（ｂ）に示すように、磁力線３４が周辺磁石３２から中心磁石３１に向かうポロイダル磁界を発生させている。

【０１２９】

なお、磁石ユニット３０における磁力線３４の形状や強さは、中心磁石３１、周辺磁石３２、ヨーク３３の寸法や磁気特性で決定される。また、ヨーク３３は、磁気飽和しないような寸法となっている。

【０１３０】

上記構成のマグネトロンスパッタ装置では、図２（ｃ）に示すように、磁石ユニット３０のヨーク３３とは反対側の磁極面側にバッキングプレート６にボンディングされたターゲット４が配置されている。ここで、バッキングプレート６が銅のような強磁性体でない材料で製作され、また、ターゲット４も強磁性体でない材料からなるものであれば、磁石ユニット３０は発生する磁力線３４の形状を保ってターゲット４の表面に磁界を発生させる。

【０１３１】

また、磁石ユニット３０は、図２（ｄ）に示すように、ターゲット４の表面において長手方向のみならず短手方向にも磁力線３４が形成される。そして、このときの磁力線３４による磁界分布は、その形状から『トンネル状の磁界』あるいは『トンネル状のポロイダル磁界』と称される。つまり、磁石ユニット３０は、ターゲット４の表面にトンネル状磁界を発生させることになる。

【０１３２】

ここで、上記マグネトロンスパッタ装置におけるスパッタリングについて以下に説明する。なお、ここではターゲット４が強磁性体でない場合について説明する。

【０１３３】

まず、図２（ｄ）に示すように、ターゲット４表面にトンネル状の磁界が形成された状態で、該ターゲット４の表面側を真空排気し、Ａｒ等の不活性ガスを導入して10^{-2}～10^{-1}Ｐａ程度の圧力で保持する。

【０１３４】

次いで、図２（ｃ）に示すように、ターゲット４がボンディングされたバッキングプレート６に電源１７より負電圧を印加して上記ターゲット４表面に向かう電界３５を与えてグロー放電させる。

【０１３５】

このとき、ターゲット４表面がプラズマ中のイオンで衝撃され、このイオンの衝撃のγ作用により放出される二次電子がトンネル状の磁界に補足される。そして、ターゲット４表面上には、トンネル状の磁界に沿った細長い環状（以下、レーストラック状と称する）の高密度プラズマ３６が形成される。

【０１３６】

続いて、プラズマ中のイオンはターゲット４表面近傍に生成されるイオンシースの電界により上記ターゲット４に向けて加速されて該ターゲット４に衝突し、ターゲット４を構成する物質を飛散させる。この時、同時にγ作用により二次電子もターゲット表面から放出される。ターゲット４表面から飛散した粒子が該ターゲット４に対向する基板３に付着、堆積することで薄膜が形成される。

【０１３７】

上記のレーストラック状の高密度プラズマ３６は、ターゲット４の表面に磁界が平行な位置、すなわちターゲット４に垂直な磁界成分がゼロの位置で最も密度が高くなる。そし

て、この位置でターゲット４のスパッタリング作用による浸食が最も速く進行する。従って、ターゲット４上には、図２（ｄ）に示すように、高密度プラズマ３６に沿った形のレーストラック状の浸食領域３７が生成されることになる。

【０１３８】

本発明のマグネトロンスパッタ装置に用いられる磁石ユニット３０では、レーストラック状の浸食領域３７の磁石ユニット３０の短手方向の間隔が磁石ユニット３０短辺方向の寸法ＭＷの１／２以上となるように中心磁石３１と周辺磁石３２の寸法を決定している。

【０１３９】

従来の技術でも述べたように、単一の矩形状の磁石ユニット３０をターゲット４に対して静止した状態でスパッタを継続すれば、ターゲット４が局部的に消耗されることを反映して、形成される薄膜の厚さや膜特性の基板３面内分布が発生する。そこで、基板３の上に形成される薄膜の厚さを均一にしたり、ターゲット４が均一に消耗して有効に利用することが必要となる。

【０１４０】

上記磁場発生機構７は、図３（ａ）（ｂ）に示すように、ターゲット４表面上に複数のレーストラック状の高密度プラズマ３６を生成するようになっている。ここで、磁場発生機構７は、７個の磁石ユニット３０からなっているので、ターゲット４表面上に７個の高密度プラズマ３６が形成される。

【０１４１】

それぞれの磁石ユニット３０は、前記のようにレーストラック状の浸食領域３７の間隔が該磁石ユニット３０の短手方向の寸法ＭＷの１／２以上となるように中心磁石３１と周辺磁石３２の寸法を決定してあるので、それぞれの磁石ユニット３０の間にクリアランスＣを保って磁石ユニット３０を長辺が隣り合う形で並べ、隣り合う磁石ユニット３０のそれぞれが形成するレーストラック状の高密度プラズマ３６によって最もターゲット４の浸食が進行する部分、すなわち最もプラズマ密度が高い部分の間隔を、浸食領域３７の磁石ユニット３０の短手方向の間隔と等しくすることができる。以下の説明において、上記浸食領域３７の磁石ユニット３０の短手方向の間隔をピッチＰとする。

【０１４２】

図３（ａ）に示す状態で、磁場発生機構７を静止させてマグネトロン放電を続ければ、ターゲット４は、高密度プラズマ３６により形成されるレーストラック状の浸食領域３７（図２（ｄ））が等ピッチＰで複数個並んだ状態に浸食される。

【０１４３】

しかしながら、上記構成のマグネトロンスパッタ装置では、磁場発生機構７をターゲット４に平行な面内で磁石ユニット３０の短手方向に往復移動させる駆動装置８が設けられている。そこで、この駆動装置８により磁場発生機構７を等速で往復移動させ、さらにその振幅ＳＷを高密度プラズマ３６のピッチＰと等しいかこれより小さく設定する。これにより、ターゲット４表面全体のレーストラック状の高密度プラズマ３６にさらされる時間が平均化されるので、ターゲット４表面全体の浸食進行を均一化することができる。

【０１４４】

この時、磁場発生機構７が往復する方向のターゲット４の寸法ＴＷ（短手方向寸法）は少なくとも磁石ユニット３０の数ｎ（本実施の形態では、ｎ＝７）の２倍にピッチＰを乗じたものより大でなければならない。実際には、ターゲット４の浸食が進行する部分は有限の幅を持つが、磁石ユニット３０を静止させてマグネトロン放電を継続させても、磁石ユニット３０自体の幅よりも外側におよぶことはないように、磁石ユニット３０の中心磁石３１と周辺磁石３２の寸法が定められる。

【０１４５】

本発明の磁石ユニット３０では、ピッチＰが磁石ユニット３０の短辺方向寸法ＭＷの１／２以上となるように中心磁石３１と周辺磁石３２の寸法を決定してあるため、ＴＷ＝Ｐ（２ｎ＋１）であるようにターゲット４の寸法ＴＷを定めれば、往復移動方向の端部で浸食されない部分を大きくすることなくターゲット４を有効に使用することができる。

【０１４６】
さらに、上記磁場発生機構７の構成の詳細について、図４（ａ）（ｂ）および図５（ａ）（ｂ）を参照しながら以下に説明する。
【０１４７】
図４（ａ）は磁場発生機構７の平面図、図４（ｂ）は同図（ａ）の磁場発生機構７の側面図である。また、図５（ａ）は図４（ａ）の要部４０の拡大図、図５（ｂ）は同図（ａ）の側面図である。
【０１４８】
磁場発生機構７は、図４（ａ）に示すように、７個の磁石ユニット３０を配置した構成となっている。これら各磁石ユニット３０は、図４（ｂ）に示すように、該磁石ユニット３０の長手方向端部側の中心磁石３１および周辺磁石３２の支持部材７ａからの高さがそれ以外の中心磁石３１および周辺磁石３２よりも小さくなるように形成されている。
【０１４９】
上記中心磁石３１および周辺磁石３２は、複数のブロックに分割されている。例えば中心磁石３１は、磁石ユニット３０の長手方向端部の１ブロックのみを中心磁石３１ｂとし、他のブロックを中心磁石３１ａと便宜上区別する。一方、周辺磁石３２は、磁石ユニット３０の長手方向端部において、長辺部分の１ブロックを周辺磁石３２ｂ、短辺部分のブロックを周辺磁石３２ｃと便宜上区別する。
【０１５０】
したがって、上記磁石ユニット３０では、長手方向端部側の中心磁石３１ａと周辺磁石３２ｂと周辺磁石３２ｃとで構成される部分の厚みが、中心磁石３１ｂと周辺磁石３２ａとで構成される部分の厚みよりも薄くなるように形成されている。この詳細な構成については、後述する。
【０１５１】
さらに、上記中心磁石３１および周辺磁石３２が取り付けられたヨーク３３は、図５（ｂ）に示すように、ベースヨーク４１と、中心磁石３１を取り付けるための中心磁石用磁石アッシーヨーク４２と、周辺磁石３２を取り付けるための周辺磁石用磁石アッシーヨーク４３とで構成されている。
【０１５２】
上記中心磁石３１が中心磁石用磁石アッシーヨーク４２に接着固定され中心磁石用磁石アッシー４４を構成し、上記周辺磁石３２が周辺磁石用磁石アッシーヨーク４３に接着固定され周辺磁石用磁石アッシー４５を構成している。
【０１５３】
上記周辺磁石用磁石アッシー４５には、ベースヨーク４１に対してボルト４６で締結するための締結用穴４７が形成されている。つまり、周辺磁石用磁石アッシー４５は、ベースヨーク４１に対してボルト４６で締結固定される。なお、中心磁石用磁石アッシー４４は、図示されていないが、ベースヨーク４１の裏面側から同じくボルトにより締結固定されている。
【０１５４】
また、周辺磁石用磁石アッシー４５の締結用穴４７は、上記ボルト４６の直径よりも大きく、且つ該ボルト４６で該周辺磁石用磁石アッシー４５をベースヨーク４１に固定する際に固定位置を微調整できるように長孔状に形成されている。つまり、複数の磁石ユニット３０を組み合わせた時の、レーストラック状の高密度プラズマ３６の磁石ユニット３０の長手方向に平行な部分の矩形短手方向のピッチＰがそれぞれ等しくなるように微調整することができる。
【０１５５】
さらに、中心磁石３１と周辺磁石３２は導電性の磁石材料であるか導電性の表面被覆（図示せず）が施され、かつ、磁石ユニット３０の構成部材である中心磁石用磁石アッシー４４および周辺磁石用磁石アッシー４５は、中心磁石３１と周辺磁石３２が中心磁石用磁石アッシーヨーク４２および周辺磁石用磁石アッシーヨーク４３に対して導電性接着材（

図示せず）で固定される。これにより、中心磁石３１と周辺磁石３２の表面は電気的に中心磁石用磁石アッシー４４および周辺磁石用磁石アッシー４５と同じ電位とするとができるので、磁石ユニット３０までターゲット４がボンディングされたバッキングプレート６と同電位とすることができる。

【０１５６】

さらに、ベースヨーク４１と、中心磁石用磁石アッシー４４および周辺磁石用磁石アッシー４５は、磁石ユニット３０長手方向端部で、いずれか、または双方が他の部分よりも薄くなるように形成されている。これにより、磁石ユニット３０の長手方向端部での磁界が中央部に対して弱くなるように調整することができる。

【０１５７】

ここで、上記磁石ユニット３０の長手方向端部と中央部との磁界強度を異ならせるための構成について、図６（ａ）～（ｄ）を参照しながら以下に説明する。図６（ｂ）～（ｄ）は本発明のマグネトロンスパッタ装置のマグネトロンカソード電極に用いられる磁石ユニット３０の各種の構成を該磁石ユニット３０の長軸方向断面図である。また、図６（ａ）は磁石ユニット３０の平面図である。

【０１５８】

磁石ユニット３０は、前記のように中心磁石用磁石アッシー４４および周辺磁石用磁石アッシー４５が磁石ユニット３０の全体のベースとなるベースヨーク４１に対して、ボルトで締結され、さらに、磁石ユニット３０の構成部材でベースヨーク４１と中心磁石用磁石アッシー４４および周辺磁石用磁石アッシー４５が該磁石ユニット３０長手方向端部３０ｂで、いずれか、または双方が中央部３０ａよりも薄く形成されている。

【０１５９】

そして、磁石ユニット３０により発生する磁界のターゲット４の表面上での強度分布を調整するためには、磁石ユニット３０表面とターゲット４表面との距離を磁場発生機構７とバッキングプレート６との間隔により調整するようになっている。

【０１６０】

図６（ｂ）に示す磁石ユニット３０は、中心磁石用磁石アッシー４４および周辺磁石用磁石アッシー４５の厚みは均一にし、ベースヨーク４１の厚みを該磁石ユニット３０の長手方向端部３０ｂにおいて中央部３０ａよりも薄くなるように形成されている。これにより、磁石ユニット３０表面とターゲット４表面との間で、磁石ユニット３０の長手方向端部３０ｂにおける距離を中央部３０ａにおける距離よりも長くなり、ターゲット４の表面における磁界強度が該磁石ユニット３０の長手方向端部３０ｂに対応する領域が中央部３０ａに対応する領域よりも小さくなる。すなわち、この磁石ユニット３０は、該磁石ユニット３０の長手方向端部３０ｂで磁界強度を弱める構成となっている。

【０１６１】

また、図６（ｃ）に示す磁石ユニット３０は、図６（ａ）に示す磁石ユニット３０と同様に、中心磁石用磁石アッシー４４および周辺磁石用磁石アッシー４５の厚みが均一となっている。この磁石ユニット３０では、中央部３０ａの中央近傍を除く部分にベースヨーク４１と周辺磁石用磁石アッシー４５との間に補助ヨーク４８が設けられている。なお、中心磁石用磁石アッシー４４とベースヨーク４１との間にも、図示しないが同じ厚みの補助ヨーク４８が設けられている。これにより、磁石ユニット３０の中央部分３０ａの中央近傍以外の領域の表面がターゲット４に近づくようになり、結果として、該ターゲット４の中央近傍の磁界強度がその両側部分よりも弱くなる。

【０１６２】

さらに、図６（ｄ）に示す磁石ユニット３０は、図６（ｂ）に示す磁石ユニット３０の中央部分３０ａの中央近傍にのみ上記補助ヨーク４８が設けられている。これにより、磁石ユニット３０の中央近傍表面のみがターゲット４に近づくようになり、結果として、該ターゲット４の中央近傍の磁界強度が他の領域に比べて強くなる。

【０１６３】

上記磁場発生機構７において、複合化する磁石ユニット３０はすべて同じ寸法、同じ極

性の磁極構成であっても良いが、通常全く同一の磁石ユニット３０を複数個並べた場合には、磁場発生機構７より発生させられるターゲット４の表面上での磁界強度は磁石ユニット３０の並び方向端部で弱くなるため、例えば両端の磁石ユニット３０は中心磁石３１と周辺磁石３２の磁石ユニット３０の並び方向寸法を増加させて磁界の均一性を得ることもできる。

【０１６４】

例えば図７に示すように、磁場発生機構７において、磁石ユニット３０を複合化する際に、短手方向端部において、該磁場発生機構７の支持部材７ａと磁石ユニット３０との間に補助板４９を設ければ、該磁場発生機構７によりターゲット４上に生成される磁界の、磁石ユニット３０の並び方向端部において磁界強度を強めることができ、結果として、ターゲット４表面の磁界強度の均一化を図ることになる。なお、上記補助板４９は、導電性材料であれば、軟磁性を有していなくても良い。

【０１６５】

ここで、図４（ａ）（ｂ）で示した磁場発生機構７の実際の寸法について述べる。

【０１６６】

磁場発生機構７に適用されるターゲット４は、８２５ｍｍ×９７５ｍｍ×６ｍｍの大きさであり、バッキングプレート６の厚さは１９ｍｍである。磁石ユニット３０は７個（ｎ＝７）であるので、該磁場発生機構７の磁石ユニット３０の並び方向の幅ＴＷ＝８２５ｍｍとなり、ＴＷ＝（２×７＋１）×Ｐより、ピッチＰ＝５５ｍｍであるように各磁石ユニット３０を配設した。

【０１６７】

また、磁石ユニット３０を構成する中心磁石３１と周辺磁石３２は厚さ（磁化方向）が１５ｍｍのネオジウム系希土類永久磁石であり、残留磁束密度が１．３５Ｔ程度のものである。両端の磁石ユニット３０に属する中心磁石３１と周辺磁石３２は他の磁石ユニット３０に属する中心磁石３１と周辺磁石３２よりも磁石ユニット３０の並び方向寸法を増加させるように設計されている。

【０１６８】

これにより、７個の磁石ユニットが同一平面にある状態で磁石ユニット３０の並び方向磁界強度分布を均一にすることができる。さらに、各磁石ユニット３０の長辺方向端部では中心磁石用磁石アッシー４４、周辺磁石用磁石アッシー４５、ベースヨーク４１ともに薄く形成した。

【０１６９】

以上のように、ターゲット４の浸食を略均一にするには、上述したように該ターゲット４表面の高密度プラズマ３６のピッチＰを磁場発生機構７において同じにする必要がある。

【０１７０】

上記磁場発生機構７において各磁石ユニット３０同士のピッチＰをそれぞれ同じにするには、上述したように、磁石ユニット３０の短手方向の幅ＭＷとピッチＰとがＰ＞ＭＷ／２の関係にあればよい。このことについて、図８（ａ）～（ｃ）および図９（ａ）～（ｃ）を参照しながら以下に説明する。図８（ａ）～（ｃ）は、Ｐ＞ＭＷ／２の場合についての説明図、図９（ａ）～（ｃ）は、Ｐ＜ＭＷ／２の場合についての説明図である。

【０１７１】

図８（ａ）に示すように、磁石ユニット３０の短手方向の長さＭＷの１／２よりも、該磁石ユニット３０が、図８（ｂ）に示されるターゲット４の配置において、磁力線３４がターゲット４の表面と平行になる位置同士の距離であるピッチＰを大きく設定した場合、図８（ｂ）に示すように、ターゲット４表面に形成される高密度プラズマ３６の最もプラズマの高い部分同士の距離もピッチＰとなる。

【０１７２】

したがって、Ｐ＞ＭＷ／２に設定された磁石ユニット３０を、長手方向で配置した場合、図８（ｃ）に示すように、各磁石ユニット３０間に隙間Ｃを設けることができる。この

場合、上記隙間Ｃを調節することにより、隣接する磁石ユニット３０同士の高密度プラズマ３６間の距離を磁石ユニット３０のピッチＰと同じにすることができる。すなわち、磁石ユニット３０を該磁石ユニット３０の短手方向に並べた場合の高密度プラズマ３６同士の間隔を全て同じにすることが可能となる。

【０１７３】

これに対して、図９（ａ）に示すように、磁石ユニット３０’の短手方向の長さＭＷの１／２よりも、該磁石ユニット３０’が、図９（ｂ）に示されるターゲット４の配置において、磁力線３４’がターゲット４の表面と平行になる位置同士の距離Ｐ’を小さく設定した場合、図９（ｂ）に示すように、ターゲット４表面に形成される高密度プラズマ３６’の最もを高い部分同士の距離もＰ’となる。ここで、ＭＷを一定とすれば、Ｐ＞Ｐ’の関係となっている。なお、上記磁石ユニット３０’は、中心磁石３１’、周辺磁石３２’およびヨーク３３’からなっている。

【０１７４】

したがって、各磁石ユニット３０’の高密度プラズマ３６’同士の距離を同じにしようとして、Ｐ’＜ＭＷ／２に設定された磁石ユニット３０’を、長手方向で配置しても、図９（ｃ）に示すように、Ｐ’＜ＭＷ／２となっていることから、各磁石ユニット３０’を隙間無く配置しても磁石ユニット３０’間の高密度プラズマ３６’の距離Ｐ”は、距離Ｐ’よりも大きく（Ｐ’＜Ｐ”）なり、磁石ユニット３０’を該磁石ユニット３０’の短手方向に並べた場合の高密度プラズマ３６’同士の間隔を同じにすることができない。

【０１７５】

以上のことから、ターゲット４の浸食を均一にするには、磁石ユニット３０の短手方向の幅ＭＷとピッチＰとがＰ＞ＭＷ／２の関係にあればよいことが分かる。

【０１７６】

したがって、図１０に示すように、ターゲット４の寸法のうち、複数個の磁石ユニット３０を並べた方向の寸法ＴＷと前記のレーストラック状の高密度プラズマ３６の磁石ユニット３０の長手方向に平行な部分の矩形短手方向のピッチＰとが、Ｐ＝ＴＷ／（２×ｎ＋１）となる関係を満たすように設計することができる。この状態で、磁場発生機構７が移動しないでスパッタリングを行った場合、ターゲット４は、図１１（ａ）に示すように、ピッチＰで並んだ部分が浸食されることになる。

【０１７７】

また、上記磁場発生機構７は、磁石ユニット３０の並び方向に等速で往復移動するように構成されている。このときの磁場発生機構７の振幅ＳＷは、レーストラック状の高密度プラズマ３６の長辺部並びピッチＰに対してＳＷ≦Ｐなる関係とすることで、個々の高密度プラズマ３６により浸食されるターゲット４表面部分が重なり合うことがないように設定されている。この場合、ターゲット４は、図１１（ｂ）に示すように、局所的にターゲット４の浸食が進行してしまうことがなく、略均一に浸食されている。

【０１７８】

以上のように、本願発明では、ターゲット４の浸食進行状況を完全に均一にすることが目的ではなく、あくまで基板３上に形成される薄膜の膜厚分布を所定の範囲内とし、かつターゲット４の利用効率を極力大きくすることが目的となっている。

【０１７９】

例えば、ターゲット４が無限大の大きさであれば、完全に均一に浸食進行させれば基板３上にも均一な厚さで薄膜が形成される。この場合、薄膜として基板３上に堆積するターゲット材料とターゲット４表面から取り去られたターゲット材料との比率はゼロとなる。これは、ターゲット４が無限大の大きさであるので、上記比率を示す分母が無限大となるためである。

【０１８０】

また、ターゲット４と基板３との面積が同じか小さければ、いくらターゲット４を均一に浸食進行させても基板３上に形成される薄膜の厚みは均一にならない。

【０１８１】

そこで、ターゲット４として、基板３の有効成膜面積よりもも若干大きなものを使用することが考えられる。この場合、ターゲット４は、基板３に対して辺の長さの比で１．２～１．５倍の大きさ、好ましくは１．３～１．４倍のものを使用する。

【０１８２】

この場合、ターゲット４の浸食進行をなるべく均一にするとともに、基板３に形成される薄膜を均一にするために該ターゲット４の周縁で浸食進行を中央部よりも速くするように磁場発生機構７が調整される。

【０１８３】

したがって、ターゲット４は、図１１（ｃ）に示すように、該ターゲット４の両端部の浸食進行がそれ以外の部分の浸食進行よりも進んでいるのが分かる。

【０１８４】

そして、磁場発生機構７を振幅ＳＷ≦Ｐにより磁石ユニット３０の並び方向に往復移動させれば、ターゲット４は、図１１（ｄ）に示すように、周縁において若干浸食進行が進んでいるものの全体としてはほぼ均一に浸食されていることが分かる。

【０１８５】

このように、ターゲット４の大きさは有限であるので、薄膜として基板３上に堆積するターゲット材料と、該ターゲット４表面から取り去られたターゲット材料との比率はゼロとはならず、通常、ターゲット４表面から取り去れるターゲット材料の量の５０％程度が基板３上に堆積することになる。

【０１８６】

さらに、ターゲット４の浸食される部分の体積の新品ターゲット母材体積に占める割合は２０～３０％、多くても６０％程度なので、実際に基板３表面に堆積されるターゲット材料は、新品のターゲット４そのものの多くとも３０％程度にしかならない。

【０１８７】

このように、ターゲット４の浸食進行状況に重みをつけることにより、基板３に形成される薄膜の膜厚分布を調整することができ、且つターゲット４そのものの使用効率を高めることができる。

【０１８８】

具体的には、例えば磁石ユニット３０が磁場発生機構７に組み込まれる時に、ターゲット４表面の磁石ユニット３０の並び方向両端部で磁界が中央部に対して強く、磁石ユニット３０の並び直角方向端部で磁界が中央部に対して弱くなるように、それぞれ中心磁石３１・周辺磁石３２・ヨーク３３の寸法を調整する。これにより、ターゲット４を均一に浸食させることが可能となり、基板３上の薄膜の膜厚分布を補正することができる。

【０１８９】

例えば図１２および図１３に示す３次元グラフは、ターゲット４表面が均一に浸食されていくと仮定し、さらにスパッタ粒子の放出密度がターゲット４表面の法線方向に対してなす角度の余弦に比例する場合に、余弦則に基づいて基板３表面に形成される薄膜の膜厚分布シミュレーションを行った結果を示している。

【０１９０】

上記３次元グラフでは、ターゲット４は基板３に対して辺の長さで１．５倍の相似形とし、基板３は、短辺５５０ｍｍ、長辺６５０ｍｍの大きさとした場合についての結果を示している。

【０１９１】

ここで、図１２および図１３の３次元グラフ横軸上の数値は、それぞれ基板３の各辺の中心からの距離を示している。つまり、基板３の短辺方向に対応する軸には－２７０ｍｍから＋２７０ｍｍまで、長辺方向に対応する軸には－３２０ｍｍから＋３１０ｍｍでの数値が記載されている。また、縦軸は、基板３表面に形成される薄膜の相対的な膜厚分布を示している。この縦軸上の数値は、(Ｔmax ＋Ｔmin)／２を中心膜厚（分布で０）とする基板３面内一での膜厚のずれを示している。また、上記縦軸の値Ｚを数式で示せば、以下のようになる。

【０１９２】
Ｚ＝｛Ｔlocal －(Ｔmax ＋Ｔmin)／２｝／｛（Ｔmax ＋Ｔmin ）／２｝×１００
ここで、Ｔmax は面内最大膜厚、Ｔmin は面内最小膜厚、Ｔlocal を各位置での膜厚とする。
【０１９３】
通常、膜厚分布は、±（Ｔmax －Ｔmin ）／（Ｔmax ＋Ｔmin ）を百分率で表した数値で評価する。上記の数式において、Ｔlocal にＴmax またはＴmin を代入した値に相当する。
【０１９４】
基板３表面に形成される薄膜の膜厚分布の程度は該基板３とターゲット４との間隔にも依存するが、上述したように、基板３に対してターゲット４は無限に大きくはないことを反映して、図１２に示す３次元グラフのように、基板３の周縁部、特に４角において膜厚が薄くなる。
【０１９５】
これを補正するために、ターゲット４の周縁部で浸食進行が速い（スパッタ粒子の放出密度が大きい）余弦則に基づいた膜厚分布シミュレーションを行った結果、図１３に示す３次元グラフとなった。この３次元グラフから基板３の周縁部での膜厚の落ち込みが補正されていることが分かる。
【０１９６】
従って、磁石ユニット３０を磁場発生機構７に組み込む時に、ターゲット４表面の磁石ユニット３０の並び方向両端部で磁界が中央部に対して強くなるようにすることにより、ターゲット４の長辺に沿った部分のプラズマ密度を高め、該磁場発生機構７が往復移動を行う方向（ターゲット４の短辺方向）の膜厚分布を補正することができる。
【０１９７】
さらに、磁石ユニット３０の並び直角方向端部で磁界を中央部に対して弱くすることにより、矩形状の磁石ユニット３０の長辺方向端部（ターゲット４の短辺に沿った周辺部分）における高密度プラズマの密度を小さくし、磁場発生機構７が往復移動した際にターゲット４表面でのプラズマ滞在時間の差に基づく該ターゲット４の浸食進行速度を調整し、膜厚分布を補正することができる。
【０１９８】
以上のように、本発明に開示した構成にすることにより、静止した矩形基板の表面に、該基板有効成膜面積よりも大きい矩形ターゲットを用いて、厚さや膜質の均一な薄膜を形成できるマグネトロンカソード電極を備えたマグネトロンスパッタリング装置を、複雑な機構を設けることなく高速成膜が可能な形で構成することができる。
【０１９９】
具体的には、磁場発生手段が複数個の矩形状磁石ユニットを組み合わせたものであるので、レーストラック状の高密度プラズマを複数個得ることができる。これにより、プラズマ発生のために供給される電力が複数個のプラズマに分散されるので単一の磁石ユニットを用いる場合に比べて電力密度を抑制し易くなり、アーク放電に至るような異常放電なく大電力供給が可能となって、装置の性能としての成膜速度を増加させることができる。
【０２００】
単一の磁石ユニットに関して、それによりターゲット表面に形成されるレーストラック状高密度プラズマの磁石ユニット長辺方向に平行な部分のピッチＰを、磁石ユニットの短辺方向の寸法ＭＷに対して、Ｐ＞ＭＷ／２となるようにしたので、隣接する磁石ユニットにより形成されるレーストラック状高密度プラズマのピッチを個々の磁石ユニットにより形成されるレーストラック状高密度プラズマのピッチＰと等しくなるように磁石ユニット間の隙間Ｃを確保して配置することができる。
【０２０１】
一方、磁場発生手段はターゲット裏面に設けられた真空室内に設置されるので、装置稼働状態においてターゲットがボンディングされたバッキングプレートはターゲット側（成

膜空間側）とその裏面側（複合磁気回路側）の両面が真空排気状態となる。これにより、ターゲットがボンディングされたバッキングプレートの両面には実質的に機械構造上影響を与えるような圧力差が無くなるので、バッキングプレートはターゲットとのボンディングや、装置へ取り付けるのに必要な機械的強度を持つ様な厚さでよく、大気圧に耐えるだけの強度を持たせる場合よりも薄くすることができる。

【０２０２】

しかも、磁場発生手段表面とターゲット表面間の距離を小さくすることができるので、同じ磁場発生手段を用いたときには、ターゲット表面での磁界強度を大きくすることができるため、より高密度のプラズマを発生させることができ、装置性能を向上させることができる。また、一定の磁界強度を得るのに必要な永久磁石の体積を小さくすることができるので、コスト的に有利となる。

【０２０３】

さらに、磁場発生手段、磁場発生手段の往復移動駆動系の主要部、真空室自体はターゲット及びバッキングプレートと同電位としているので、磁場発生手段が収められるターゲット裏面に設けられた真空室の排気は油回転ポンプやあるいは油回転ポンプとメカニカルブースターポンプの組合のようないわゆる“粗引”程度であっても、ターゲットがボンディングされたバッキングプレートに高電圧を印加してスパッタの為のマグネトロン放電を起こさせる際に、バッキングプレートと磁場発生手段が収められるターゲット裏面に設けられた真空室あるいはその内容物との間で放電することがない。

【０２０４】

また、磁場発生手段が収められるターゲット裏面に設けられた真空室を排気するためのポンプも前記のような粗引ポンプで済ますことができて、高真空排気するための高価なポンプやそれを動作させるための各種バルブを含む排気系を必要としないので装置としてのコストを低減できる。

【０２０５】

さらに、磁石ユニットは複合磁気回路に組み立てられる時に、ターゲット表面の磁石ユニット並び方向両端部で磁界が中央部に対して強く、磁石ユニット並び直角方向端部で磁界が中央部に対して弱くなるように、それぞれ中心磁石・周辺磁石・ヨーク寸法が調整されている。

【０２０６】

これにより、磁場発生手段をバッキングプレートの裏面側で各磁気回路の短辺方向に往復移動させてレーストラック状高密度プラズマのターゲット表面上での位置を変化させて均一にターゲット浸食を進行させて基板上にスパッタ薄膜を形成する場合に、成膜されるべき基板の大きさに対してターゲットが無限に大きくないような実際の装置構成において、ターゲットを完全に均一に浸食させた場合に生じる基板上の膜厚分布を補正することができる。

【０２０７】

さらに、磁石ユニットは、中心磁石と周辺磁石が磁石アッシーヨークに接着固定されて磁石アッシーを構成し、該磁石アッシーは磁石ユニットの全体のベースとなるベースヨークに対して、ボルトで締結されているので、磁石ユニットにより発生する磁界のターゲット表面上での強度分布調整を、磁石アッシーとベースヨークとの間に補助ヨークを挿入した状態でのボルト締結により、磁石表面とターゲット表面との間の距離を調整することで実現することができる。

【０２０８】

また、磁石アッシーの磁石アッシーヨークに設けられた締結用の穴は、磁石アッシーの位置がベースヨーク上で磁場発生手段駆動方向に調整可能であるように長穴であるので、中心磁石や周辺磁石の加工精度を極端に高く設定しなくても、複数の磁石ユニットを組み合わせた時の、レーストラック状高密度プラズマの磁石ユニット長辺方向に平行な部分の矩形短辺方向ピッチＰが等しくなるように微調整することができる。即ち、磁石のコストを低減することができるとともに、ヨークも含めた磁気特性のバラツキや接着精度等の組

立バラツキを吸収して所望の磁場発生手段を容易に製作することができる。

【０２０９】

さらに、磁石ユニットの構成部材である磁石アッシーのベースヨークと磁石アッシーヨークは、ターゲット面上でのレーストラック状高密度プラズマが磁場発生手段駆動方向に平行に近くなる磁石ユニット長手方向端部において、ベースヨークと磁石アッシーヨークのいずれか、または双方が他の部分よりも薄く形成されているので、磁石ユニット並び直角方向端部即ち磁石ユニット長手方向端部で磁界が中央部に対して特に弱くなるように調整することができる。

【０２１０】

また、ベースヨークと磁石アッシーヨークは導電性の軟磁性材料であり、中心磁石と周辺磁石は導電性の磁石材料であるか導電性の表面被覆を施し、かつ、磁石ユニットの構成部材である磁石アッシーは、中心磁石と周辺磁石が磁石アッシーヨークに対して導電性接着材で固定されるので、磁場発生手段の支持を導電性物質で行い、必要な電気的接続を行うことにより複合磁気回路を構成する磁石まで同電位にすることができる。

【０２１１】

また、上述の中心磁石、周辺磁石を構成する永久磁石材料には、現存する最もエネルギー積の大きい磁石として、希土類系磁石（ネオジ－鉄系、サマリウム－コバルト系等）を用いる。但し、希土類系磁石は脆弱であり、耐食性に劣る欠点を有する。そこで、表面に導電性被覆を施すようにすれば、上記の短所を補い、磁石ユニット組立や複合磁気回路の組立に際して磁石の破損および腐食を防止することができる。

【０２１２】

【発明の効果】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、真空室内で薄膜が形成される矩形状の基板に対向配置され、該基板の有効成膜面積よりも大きい矩形状のターゲットと、

上記ターゲットに対してマグネトロン放電を行なうことにより、該ターゲットの表面に、複数の閉じたレーストラック状高密度プラズマを生成するプラズマ生成手段と、

上記プラズマ生成手段を、上記ターゲットに対して、該ターゲットの長辺あるいは短辺の何れかに平行に往復移動させる駆動手段とを備え、上記プラズマ生成手段は、上記ターゲットの表面に、該プラズマ生成手段の移動方向に沿って、それぞれ一つの閉じたレーストラック状高密度プラズマ中におけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔と、複数の閉じたレーストラック状高密度プラズマにおけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔であって隣り合う異なるレーストラック状高密度プラズマに起因するライン同士の間隔とが略等しくなるようにレーストラック状高密度プラズマを生成し、上記駆動手段は、生成されたレーストラック状高密度プラズマ中におけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔以下の大きさの振幅で上記プラズマ生成手段を等速で往復移動させる構成である。

【０２１３】

それゆえ、プラズマ生成手段が、上記ターゲットの表面に、該プラズマ生成手段の移動方向に沿って、それぞれのレーストラック状高密度プラズマの長軸方向直線領域での間隔と、隣り合うレーストラック状高密度プラズマの長軸方向直線領域での間隔とが略等しくなるようにレーストラック状高密度プラズマを生成するようになっている。

【０２１４】

これにより、プラズマ発生のために供給される電力が複数個のプラズマに分散されるので、電力密度を抑制することができ、アーク放電に至るような異常放電なく大電力供給が可能となって装置の性能としての成膜速度を増加させることができる。

【０２１５】

さらに、駆動手段が、生成されたレーストラック状高密度プラズマ中におけるプラズマ密度が最も高い部分を結ぶラインのうち長軸に平行なラインの間隔以下の大きさの振幅で上記プラズマ生成手段を等速で往復移動させるようになっているので、個々のレーストラ

ック状高密度プラズマにより浸食されるターゲット表面部分が重なり合うことがなくなり、局所的にターゲットの浸食が進行してしまうことをなくすことができる。

【０２１６】

したがって、上記構成のマグネトロンスパッタ装置によれば、コスト的に有利な部品で構成された単純な機構を有し、投入される電力を有効にターゲットのスパッタに費やすことができて、なおかつターゲットの利用効率を高く保ち、基板上に形成される薄膜の厚さ分布を所定の範囲内に収めることができるという効果を奏する。

【０２１７】

しかも、レーストラック状高密度プラズマの間隔は、該レーストラック状高密度プラズマの最も密度の高い部分同士の距離であることで、上記複合磁気回路を上記各磁気ユニット並び方向に等速で往復移動させるときの振幅が、上記のレーストラック状高密度プラズマの最も密度の高い部分同士の距離よりも小さく設定することができ、この結果、個々のレーストラック状高密度プラズマにより浸食されるターゲット表面部分が重なり合うことがなくなり、局所的にターゲットの浸食の進行を抑制することができるという効果を奏する。

【０２１８】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、第１真空室内で薄膜が形成される矩形状の基板に対向配置され、該基板の有効成膜面積よりも大きい矩形状のターゲットと、上記ターゲットを支持するバッキングプレートの裏面側に配設され、該ターゲットの上記基板の対向面上に磁界を発生させる磁界発生手段と、上記磁界発生手段を、上記ターゲットに対して、該ターゲットの長辺あるいは短辺の何れかに平行に往復移動させる駆動手段とを備え、上記磁界発生手段は、ターゲット表面に磁界を発生させる矩形状の磁石ユニットを、それぞれの長辺が互いに隣接するように、且つ同一極性を示すように複数個配置した複合磁気回路からなり、上記駆動手段は、上記一つの磁石ユニットによってターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインのピッチＰに対して、上記複合磁気回路を上記各磁気ユニット並び方向に等速で往復移動させるときの振幅ＳＷが、ＳＷ≦Ｐの関係が成り立つように該複合磁気回路を移動させ、かつ、上記複合磁気回路における各磁石ユニットは、各磁石ユニットによって前記ターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインの間隔であって隣り合う異なる磁石ユニットに起因するライン同士の間隔が、上記ピッチＰと等しくなるように配置されている構成である。

【０２１９】

それゆえ、磁界発生手段が、ターゲット表面に磁界を発生させる矩形状の磁石ユニットを、それぞれの長辺が互いに隣接するように、且つ同一極性を示すように複数個配置した複合磁気回路からなることで、これらの複合磁気回路を発生源とするターゲットの表面上に、生成された磁界により収束された、閉じたレーストラック状高密度プラズマを複数個得ることができる。

【０２２０】

これにより、プラズマ発生のために供給される電力が複数個のプラズマに分散されるので、電力密度を抑制することができ、アーク放電に至るような異常放電なく大電力供給が可能となって装置の性能としての成膜速度を増加させることができる。

【０２２１】

さらに、駆動手段が、一つの磁石ユニットによってターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインのピッチＰに対して、上記複合磁気回路を上記各磁気ユニット並び方向に等速で往復移動させるときの振幅ＳＷが、ＳＷ≦Ｐの関係が成り立つように設定されていることで、個々のレーストラック状高密度プラズマにより浸食されるターゲット表面部分が重なり合うことがなくなり、局所的にターゲットの浸食の進行を抑制することができるという効果を奏する。

【０２２２】
本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記磁石ユニットは、ユニット中心に配置された中心磁石と、この中心磁石の周囲を囲むように、且つ中心磁石とは逆極性の磁極が対向するように配置された周辺磁石とで構成され、これら中心磁石と周辺磁石とにより上記ターゲット表面に発生させた磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行な部分のピッチＰが、該磁石ユニットの短辺方向の寸法ＭＷに対して、Ｐ＞ＭＷ／２となるように形成されている構成である。
【０２２３】
それゆえ、上記構成による効果に加えて、磁石ユニットは、ユニット中心に配置された中心磁石と、この中心磁石の周囲を囲むように、且つ中心磁石とは逆極性の磁極が対向するように配置された周辺磁石とで構成され、これら中心磁石と周辺磁石とにより上記ターゲット表面に発生させた磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行な部分のピッチＰが、該磁石ユニットの短辺方向の寸法ＭＷに対して、Ｐ＞ＭＷ／２となるように形成されていることで、単一の磁石ユニットにより形成されるレーストラック状高密度プラズマのピッチもＭＷ／２よりも大きくなる。
【０２２４】
したがって、隣接する磁石ユニットにおいて生成されるレーストラック状高密度プラズマとの距離を、個々の磁石ユニットにおいて生成される高密度プラズマのピッチ間隔と等しくなるよう、磁石ユニット間の隙間を調整して配置することができるという効果を奏する。
【０２２５】
本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記複合磁気回路は、ｎ個（ｎ＞１）の磁石ユニットからなり、各磁石ユニットが、上記ターゲットの磁石ユニット並び方向の寸法をＴＷとしたときに、Ｐ＝ＴＷ／（２×ｎ＋１）となるように設定されている構成である。
【０２２６】
上記の構成によれば、上記作用に加えて、複合磁気回路は、ｎ個（ｎ＞１）の磁石ユニットからなり、各磁石ユニットが、各磁石ユニットによって前記ターゲット表面に発生された磁界の上記ターゲット表面に垂直な成分がゼロとなる点を結ぶラインのうち上記磁石ユニットの長辺に平行なラインの間隔であって隣り合う異なる磁石ユニットに起因するライン同士の間隔が、上記ピッチＰと等しくなるように配置されていると共に、上記ターゲットの磁石ユニット並び方向の寸法をＴＷとしたときに、Ｐ＝ＴＷ／（２×ｎ＋１）となるように設定されていることで、ターゲットをピッチＰで並んだ浸食領域を磁界発生手段の移動幅ＳＷで走査して均一にさせることができるという効果を奏する。
【０２２７】
本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記磁界発生手段は、上記ターゲットの基板対向面とは反対面側に設けられた第２真空室内に配置されている構成である。
【０２２８】
それゆえ、上記構成による効果に加えて、磁界発生手段は、上記ターゲットの基板対向面とは反対面側に設けられた第２真空室内に配置されていることで、装置稼働状態においてターゲットがボンディングされたバッキングプレートはターゲット側の第１真空室（成膜空間側）とその裏面側の第２真空室（複合磁気回路側）の両面が真空排気状態となる。
【０２２９】
これにより、ターゲットがボンディングされたバッキングプレートの両面には実質的に機械構造上影響を与えるような圧力差が無くなるので、バッキングプレートはターゲットとのボンディングや、装置へ取り付けるのに必要な機械的強度を持つ厚さでよく、大気圧に耐えるだけの強度を持たせる場合よりも薄くすることができるという効果を奏する。

【０２３０】
本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記第２真空室内に配置された磁界発生手段および該磁界発生手段を駆動させる駆動手段と、該第２真空室自体とは、上記ターゲットおよび該ターゲットを支持するバッキングプレートと同電位に設定されている構成である。
【０２３１】
それゆえ、上記構成による効果に加えて、第２真空室内に配置された磁界発生手段および該磁界発生手段を駆動させる駆動手段と、該第２真空室自体とは、上記ターゲットおよび該ターゲットを支持するバッキングプレートと同電位に設定されていることで、磁界発生手段が収められるターゲット裏面に設けられた第２真空室の排気は油回転ポンプやあるいは油回転ポンプとメカニカルブースターポンプの組合のようないわゆる“粗引”程度であっても、ターゲットがボンディングされたバッキングプレートに高電圧を印加してスパッタの為のマグネトロン放電を起こさせる際に、バッキングプレートと磁界発生手段が収められるターゲット裏面に設けられた第２真空室あるいはその内容物との間で放電することがない。
【０２３２】
したがって、第２真空室を排気するためのポンプを前記のような粗引ポンプで済ますことができるので、高真空排気するための高価なポンプやそれを動作させるための各種バルブを含む排気系を必要としないので装置としてのコストを少なくできるという効果を奏する。
【０２３３】
本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記複合磁気回路は、ターゲットの基板対向面の磁石ユニットの並び方向両端部が中央部に対して磁界が強く、上記磁石ユニットの並び方向に直交する方向両端部が中央部に対して磁界が弱くなるように調整されている構成である。
【０２３４】
それゆえ、上記の構成による効果に加えて、複合磁気回路は、ターゲットの基板対向面の磁石ユニットの並び方向両端部が中央部に対して磁界が強く、上記磁石ユニットの並び方向に直交する方向両端部が中央部に対して磁界が弱くなるように調整されていることで、ターゲットを均一に浸食させ、基板上の膜厚分布を補正することができる。
【０２３５】
したがって、磁石ユニットを、複合磁気回路に組み立てられた時に、ターゲット表面の磁石ユニット並び方向両端部で磁界が中央部に対して強くするように調整することにより、ターゲット長辺に沿った部分のプラズマ密度を高め、磁界発生手段が往復移動を行う方向（ターゲット短辺方向）の膜厚分布を補正することができる。
【０２３６】
さらに、磁石ユニット並び直角方向端部で磁界を中央部に対して弱くすることにより、矩形状磁石ユニットの長辺方向端部（ターゲット短辺に沿った周辺部分）における高密度プラズマの密度を小さくし、磁界発生手段を往復移動した際にターゲット表面でのプラズマ滞在時間の差に基づくターゲット浸食進行速度を調整し、膜厚分布を補正することができるという効果を奏する。
【０２３７】
本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、請上記構成に加えて、上記磁石ユニットは、中心磁石と周辺磁石とが磁石アッシーヨークに接着固定された磁石アッシーと、該磁石ユニットの全体のベースとなるベースヨークとで構成され、上記磁石アッシーは、上記磁石アッシーヨークに設けられた締結用穴を用いて、上記ベースヨークにボルトで締結され、上記締結用穴の直径は、上記ボルトの直径よりも大きくなるように形成されている構成である。
【０２３８】
それゆえ、上記構成による効果に加えて、磁石ユニットは、中心磁石と周辺磁石とが磁

石アッシーヨークに接着固定された磁石アッシーと、該磁石ユニットの全体のベースとなるベースヨークとで構成され、上記磁石アッシーは、上記磁石アッシーヨークに設けられた締結用穴を用いて、上記ベースヨークにボルトで締結されていることで、磁石ユニットにより発生する磁界のターゲット表面上での強度分布調整を、磁石アッシーとベースヨークとの間に補助ヨークを挿入した状態でのボルト締結により実現することができるという効果を奏する。

【０２３９】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記磁石アッシーヨークの締結用穴は、上記磁石アッシーとベースヨークとを締結する際に、該磁石アッシーの位置がベースヨーク上で磁界発生手段の駆動方向に調整可能なように長穴に形成されている構成である。

【０２４０】

それゆえ、上記構成による効果に加えて、磁石アッシーヨークの締結用穴は、上記磁石アッシーとベースヨークとを締結する際に、該磁石アッシーの位置がベースヨーク上で磁界発生手段の駆動方向に調整可能なように長穴に形成されていることで、複数の磁石ユニットを組み合わせた時の、レーストラック状高密度プラズマの磁石ユニット長辺方向に平行な部分の矩形短辺方向ピッチが等しくなるように微調整することができるという効果を奏する。

【０２４１】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記磁石アッシーヨークとベースヨークの少なくとも一方は、磁石ユニットの長手方向端部が他の部分よりも薄く形成されている構成である。

【０２４２】

それゆえ、上記構成による効果に加えて、磁石アッシーヨークとベースヨークの少なくとも一方は、磁石ユニットの長手方向端部が他の部分よりも薄く形成されていることで、磁石ユニット長手方向端部で磁界が中央部に対して特に弱くなるように調整することができるという効果を奏する。

【０２４３】

本発明のマグネトロンスパッタ装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記磁石アッシーヨークとベースヨークとは、導電性の軟磁性材料で構成され、上記中心磁石と周辺磁石とは、導電性の磁石材料あるいは導電性材料を表面に被覆した磁石材料で構成され、上記磁石アッシーは、中心磁石と周辺磁石とが磁石アッシーヨークに対して導電性接着剤で固定されている構成である。

【０２４４】

それゆえ、上記構成による効果に加えて、磁石アッシーヨークとベースヨークとは、導電性の軟磁性材料で構成され、上記中心磁石と周辺磁石とは、導電性の磁石材料あるいは導電性材料を表面に被覆した磁石材料で構成され、上記磁石アッシーは、中心磁石と周辺磁石とが磁石アッシーヨークに対して導電性接着剤で固定されていることで、磁界発生手段の支持を導電性物質で行い、必要な電気的接続を行うことにより複合磁気回路の磁石表面まで同電位とすることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の実施の形態に係るマグネトロンスパッタ装置の概略構成図である。

【図２】　図１に示すマグネトロンスパッタ装置に備えられた磁場発生機構を構成する矩形状の磁石ユニットにおけるマグネトロン放電を説明する図であって、（ａ）は一つの磁石ユニットの斜視図、（ｂ）は（ａ）で示した磁石ユニットの長手方向断面図、（ｃ）は（ａ）で示した磁石ユニットにおいてターゲットと組み合わせてグロー放電させた場合の説明図、（ｄ）は（ｃ）の斜視図である。

【図３】　図１に示すマグネトロンスパッタ装置の磁場発生機構によるターゲット上での高密度プラズマの形成状態を示す図であって、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）の磁場発生機構の長手方向断面図である。

【図４】　（ａ）は図１に示すマグネトロンスパッタ装置の磁場発生機構の平面図、（ｂ）は（ａ）で示した磁場発生機構の側面図である。
【図５】　（ａ）は図４（ａ）で示した磁場発生機構の要部拡大図、（ｂ）は（ａ）の断面図である。
【図６】　図１に示すマグネトロンスパッタ装置の磁場発生機構を構成する磁石ユニットの種々の構成例を示す図であって、（ａ）は平面図、（ｂ）は磁石ユニットの短手方向に垂直な断面図、（ｃ）は長手方向の２箇所で補助板を挿入した磁石ユニットの短手方向に垂直な断面図、（ｄ）は長手方向の中央部１箇所のみに補助板を挿入した磁石ユニットの短手方向に垂直な断面図である。
【図７】　本発明のマグネトロンスパッタ装置に備えられた磁場発生機構の他の例を示す概略構成図である。
【図８】　（ａ）～（ｃ）は磁場発生機構を構成する各磁石ユニット同士のピッチＰと、磁石ユニットの短手方向の幅ＭＷとの関係がＰ＞ＭＷ／２の場合についての説明図である。
【図９】　（ａ）～（ｃ）は磁場発生機構を構成する各磁石ユニット同士のピッチＰと、磁石ユニットの短手方向の幅ＭＷとの関係がＰ＜ＭＷ／２の場合についての説明図である。
【図１０】　本発明の磁場発生機構によってターゲット上に高密度プラズマを発生させた場合のターゲット寸法のうち、複数個の磁石ユニットを並べた磁場発生機構の短手方向の寸法ＴＷと高密度プラズマの磁石ユニットの長手方向に平行な部分のピッチＰとが、Ｐ＝ＴＷ／（２×ｎ＋１）なる関係を満たしている場合を示す説明図である。
【図１１】　本発明の磁場発生機構から発生される高密度プラズマによりターゲットを浸食した状態を示す図であり、（ａ）はターゲットの全ての浸食位置で浸食進行速度が同じである場合に該磁場発生機構を静止させてマグネトロン放電を行ったときのターゲット浸食状況を示す説明図、（ｂ）は（ａ）の場合で隣接するターゲットの浸食位置が重ならない振幅で磁場発生機構を往復移動させたときのターゲット浸食状況を示す説明図、（ｃ）は両端の磁石ユニットに対応するターゲットの浸食位置で浸食速度が他よりも大きい場合で磁場発生機構を静止させてマグネトロン放電を行ったときのターゲットの浸食状況を示す説明図、（ｄ）は（ｃ）の場合で隣接するターゲットの浸食位置が重ならない振幅で磁場発生機構を往復移動させたときのターゲット浸食状況を示す説明図である。
【図１２】　余弦則に基づく基板表面に形成された薄膜の膜厚分布シミュレーションの結果を示すグラフであって、膜厚分布がある場合の３次元グラフである。
【図１３】　余弦則に基づく基板表面に形成された薄膜の膜厚分布シミュレーションの結果を示すグラフであって、膜厚分布を補正した場合の３次元グラフである。
【図１４】　従来のマグネトロンスパッタ装置の概略構成断面図である。
【図１５】　従来の他のマグネトロンスパッタ装置の成膜室要部断面図である。
【図１６】　従来のさらに他のマグネトロンスパッタ装置の成膜室要部斜視図である。
【図１７】　従来のさらに他のマグネトロンスパッタ装置の概略構成断面図である。
【図１８】　（ａ）～（ｃ）は、従来のさらに他のマグネトロンスパッタ装置に備えられている磁気回路ユニットとターゲットとの配置関係を示す説明図である。
【図１９】　従来のさらに他のマグネトロンスパッタ装置に備えられている磁気回路ユニットとターゲットの関係を示し、（ａ）は磁気回路ユニットの平面図、（ｂ）はターゲットの平面図、（ｃ）は（ｂ）で示したターゲットが浸食された状態を示す断面図である。
【図２０】　従来のさらに他のマグネトロンスパッタ装置に備えられた磁気回路ユニットを示し、（ａ）は一つの磁気回路で構成される磁気回路ユニットの斜視図、（ｂ）は複数の磁気回路で構成される磁気回路ユニットの平面図である。
【図２１】　従来のさらに他のマグネトロンスパッタ装置を示し、（ａ）はマグネトロンスパッタ装置に備えられた矩形状の磁気回路ユニットの長手方向概略断面図、（ｂ）はマグネトロンスパッタ装置に備えられた矩形状の磁気回路ユニットの短手方向概略断面図である。

【図２２】　従来のさらに他のマグネトロンスパッタ装置を示し、（ａ）はマグネトロンスパッタ装置の概略構成断面図、（ｂ）は（ａ）で示したマグネトロンスパッタ装置に備えられた磁気回路ユニットの平面図、（ｃ）は（ａ）で示したマグネトロンスパッタ装置に備えられた磁気回路ユニットおよびターゲットと、成膜対象となる基板との位置関係を示す説明図である。

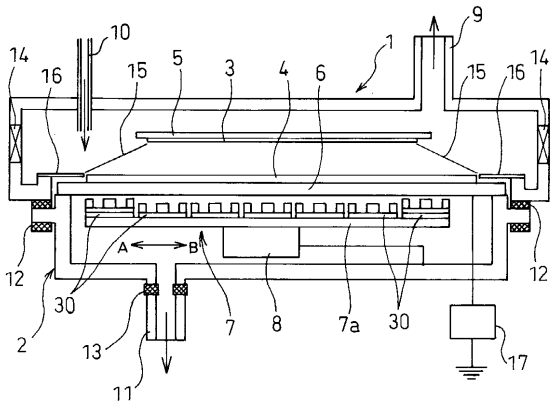
【図２３】　従来の複数の磁気回路で構成された磁気回路ユニットにより浸食される矩形状のターゲットの浸食状態を示す磁気回路ユニットの長手方向断面図であり、（ａ）は磁気回路ユニットが静止した状態でのターゲットの浸食状態を示す長手方向断面図、（ｂ）は磁気回路ユニットがターゲットの長手方向に振幅Ｐ１だけ振幅した場合のターゲットの浸食状態を示す長手方向断面図、（ｃ）は磁気回路ユニットがターゲットの長手方向に振幅Ｐ２だけ振幅した場合のターゲットの浸食状態を示す長手方向断面図、（ｄ）は磁気回路ユニットがターゲットの長手方向に振幅Ｐ３だけ振幅した場合のターゲットの浸食状態を示す長手方向断面図、（ｅ）は磁気回路ユニットがターゲットの長手方向に振幅Ｐ４だけ振幅した場合のターゲットの浸食状態を示す長手方向断面図である。

【図２４】　従来のマグネトロンスパッタ装置によるターゲットの浸食状態を示す斜視図である。

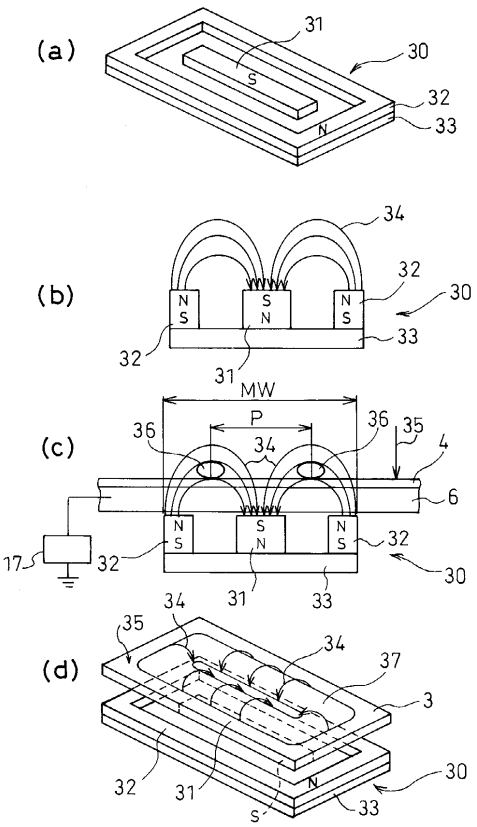
【符号の説明】

１　　成膜室（第１真空室）
２　　マグネット室（第２真空室）
３　　基板
４　　ターゲット
６　　バッキングプレート（プラズマ生成手段）
７　　磁場発生機構（プラズマ生成手段，磁界発生手段）
８　　駆動装置（駆動手段）
１７　　電源（プラズマ生成手段）
３０　　磁石ユニット
３１　　中心磁石
３２　　周辺磁石
３３　　ヨーク
３４　　磁力線
３５　　電界
３６　　高密度プラズマ（レーストラック状高密度プラズマ）
４１　　ベースヨーク
４２　　中心磁石用磁石アッシーヨーク
４３　　周辺磁石用磁石アッシーヨーク
４４　　中心磁石用磁石アッシー
４５　　周辺磁石用磁石アッシー
４６　　ボルト
４７　　締結用穴

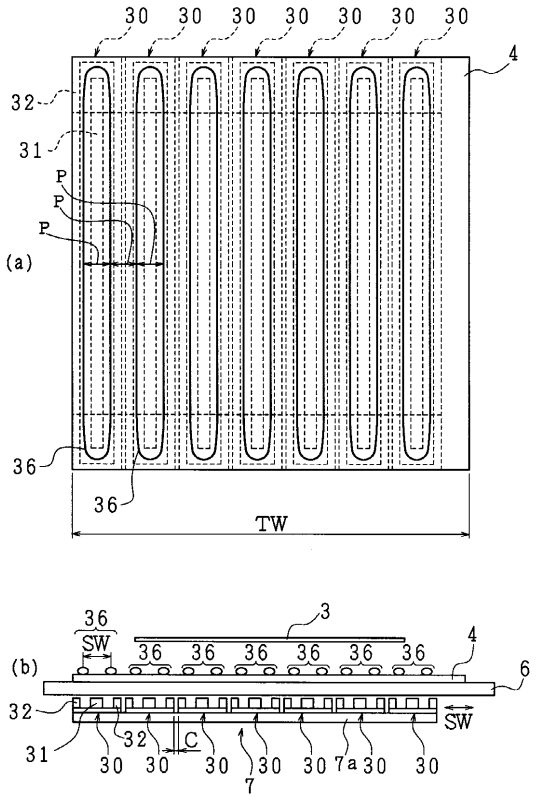
【図１】


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
30
A
B
7a

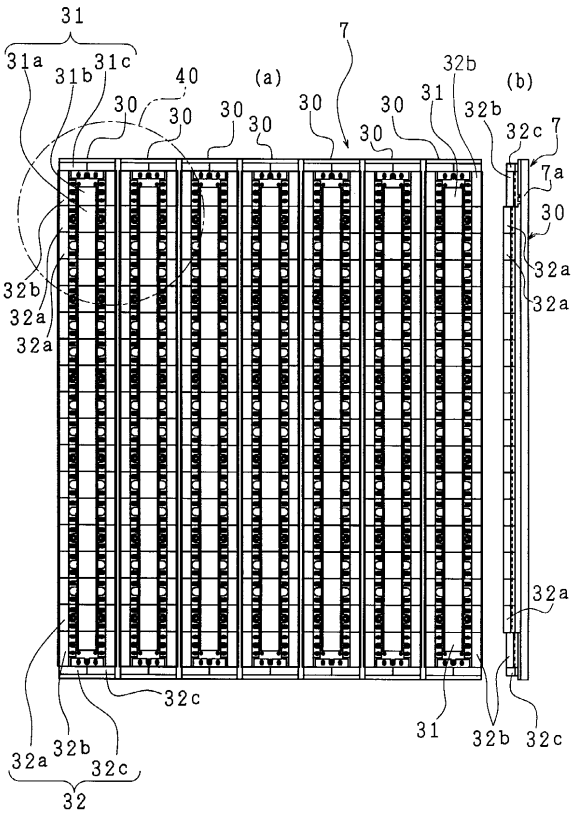
【図２】


(a)
(b)
(c)
(d)
30
31
32
33
34
35
36
37
3
4
6
17
MW
P
N
S

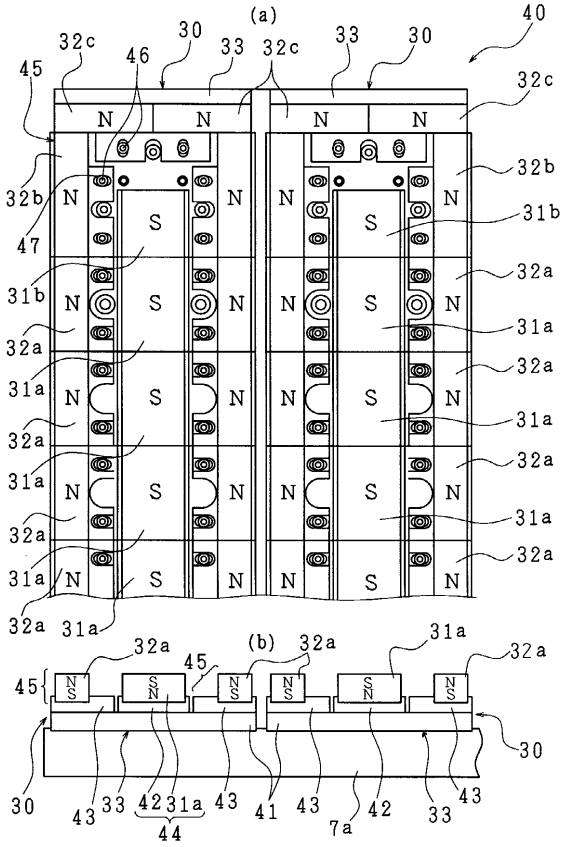
【図３】


(a)
(b)
30
31
32
36
4
3
6
P
TW
SW
C
7
7a

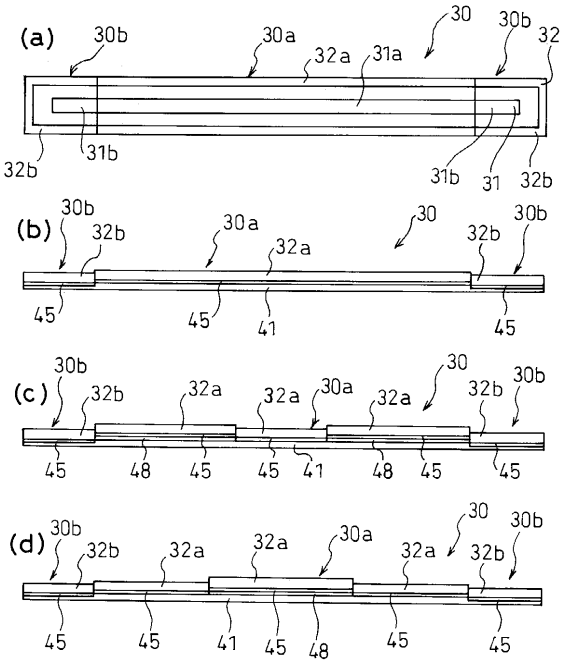
【図４】


(a)
(b)
7
30
31
31a
31b
31c
32
32a
32b
32c
40

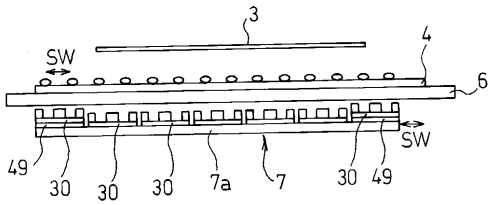
【図５】


(a)
(b)
40
30
32c
33
46
45
47
32b
31b
32a
31a
N
S
44
42
41
43
7a

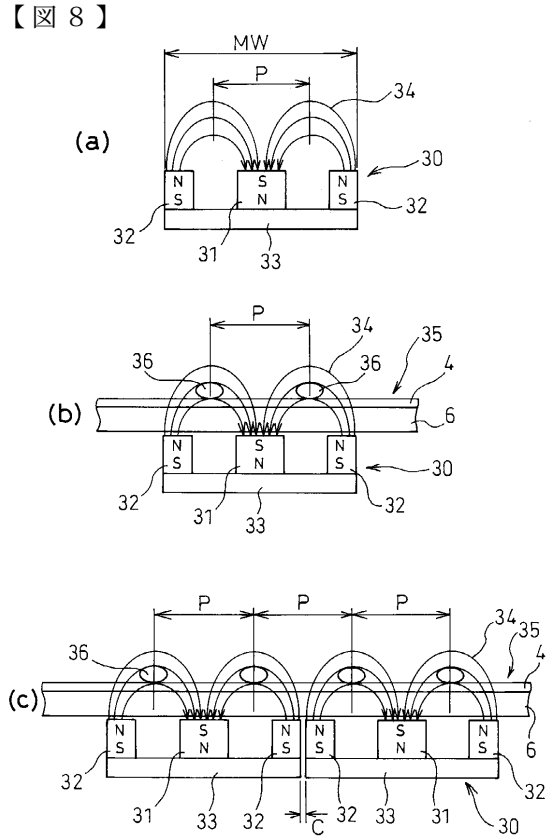
【図６】


(a)
(b)
(c)
(d)
30
30a
30b
32
32a
32b
31a
31b
31
45
41
48

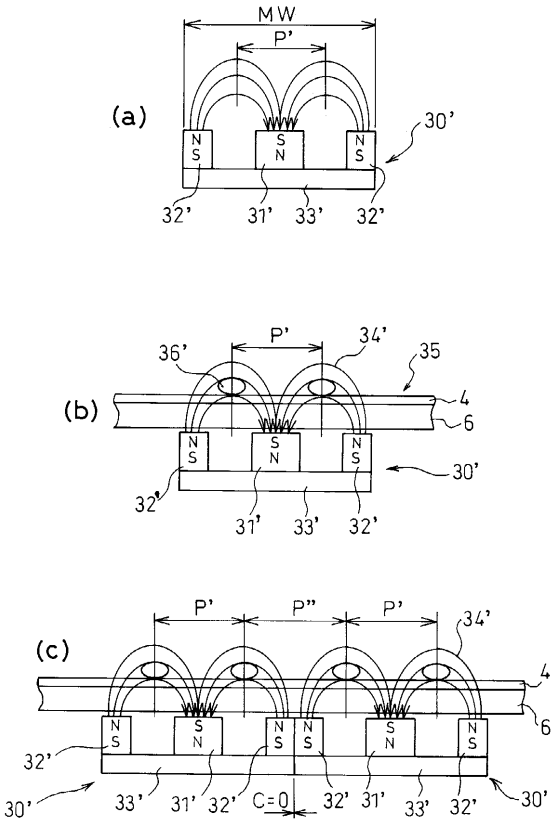
【図７】


3
4
6
SW
49
30
7a
7

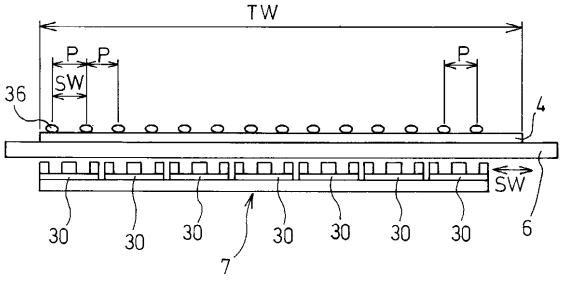
【図８】


(a)
(b)
(c)
MW
P
34
35
36
30
32
31
33
4
6
N
S
C

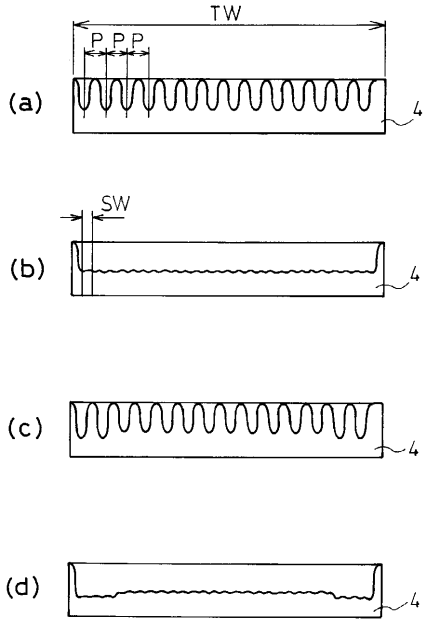
【図９】



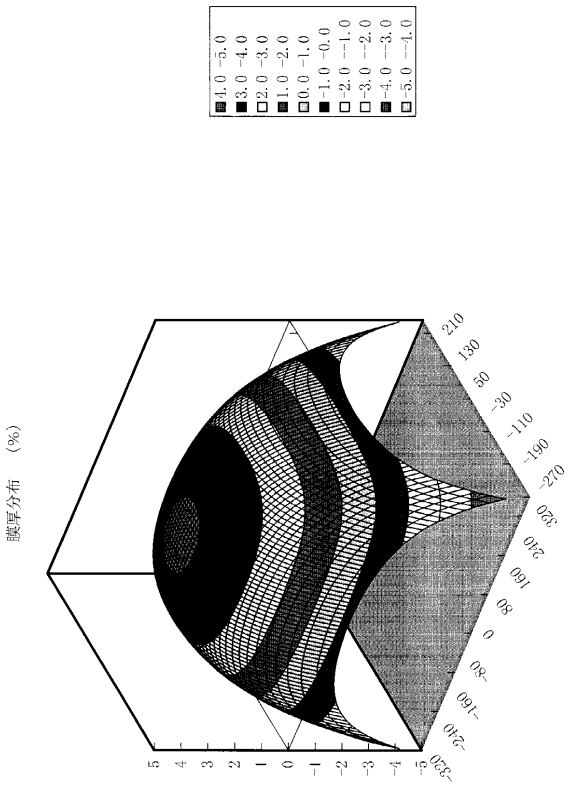
【図１０】



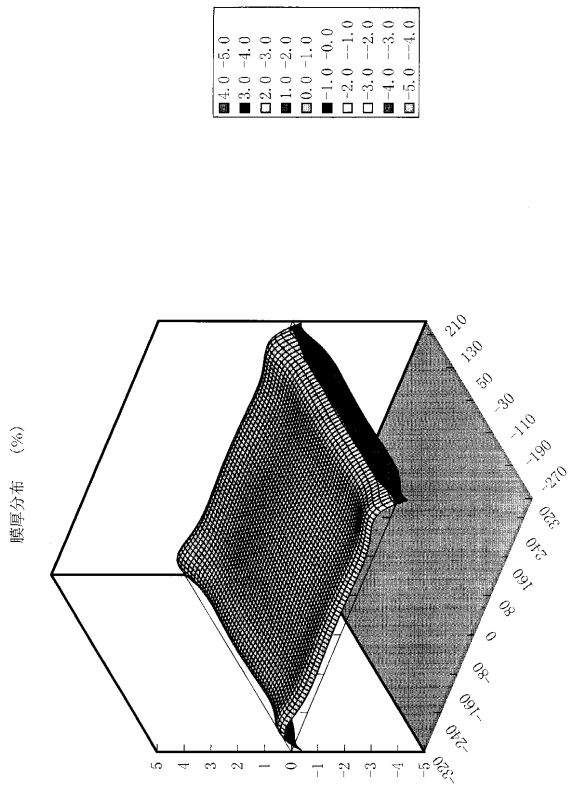
【図１１】



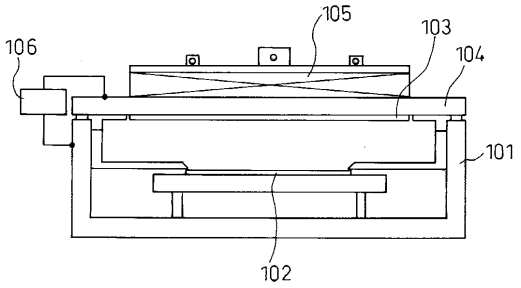
【図１２】



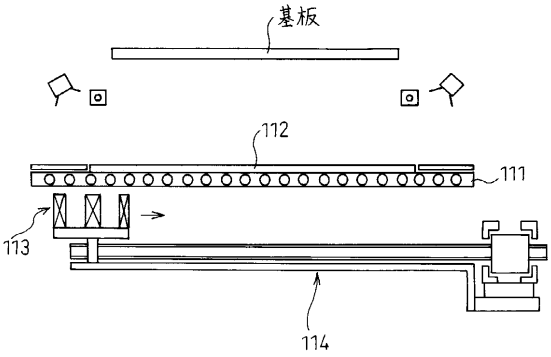
【図１３】



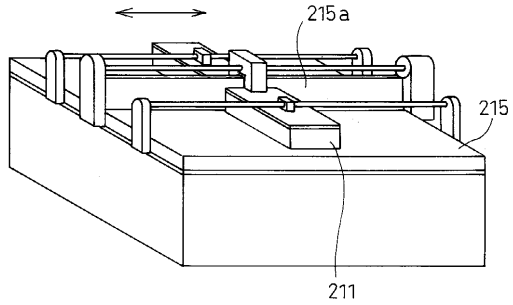
【図１４】



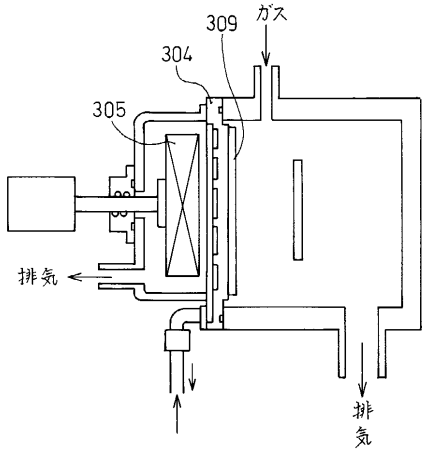
【図１５】



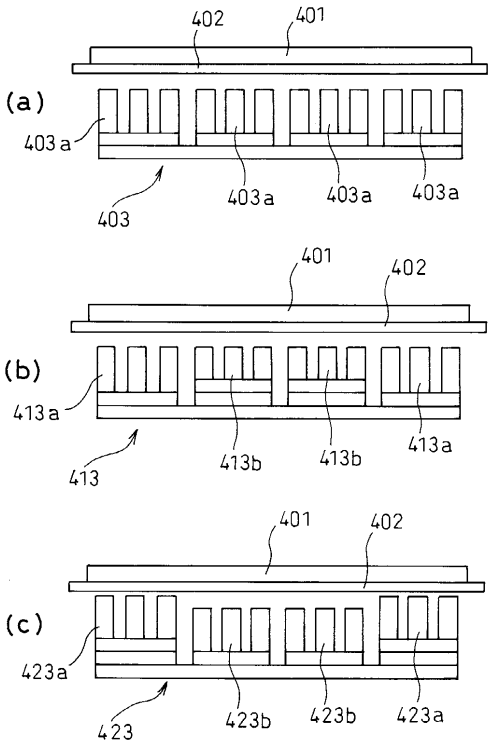
【図１６】



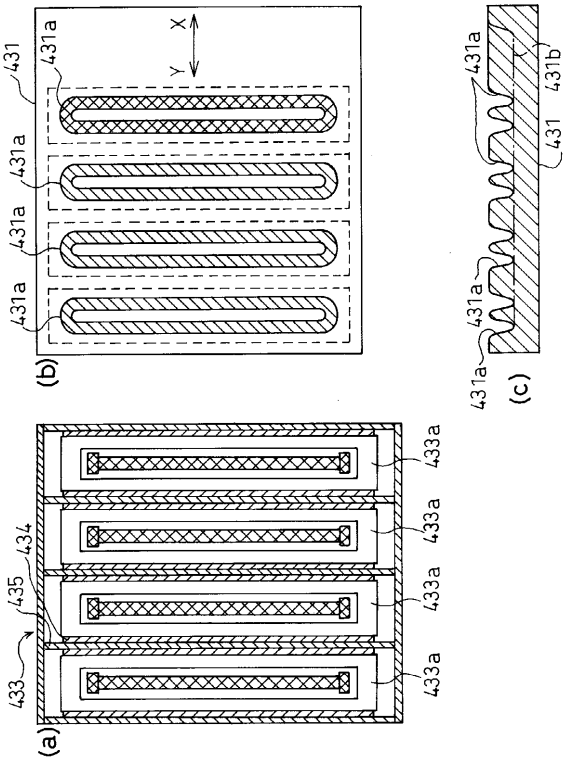
【図１７】



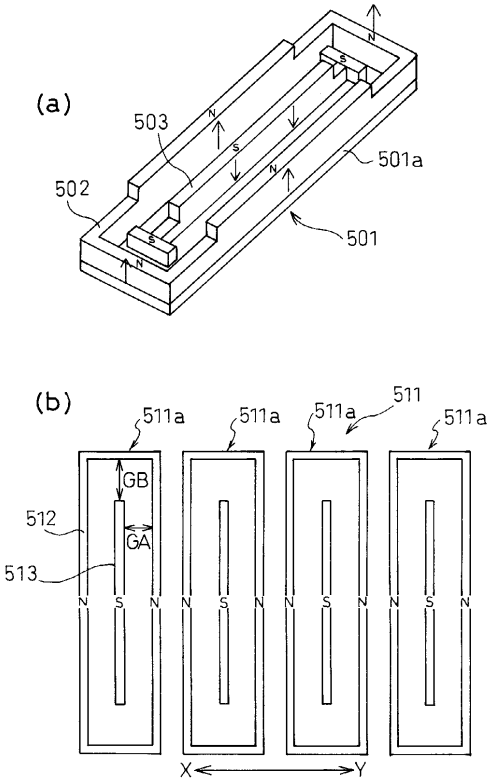
【図１８】



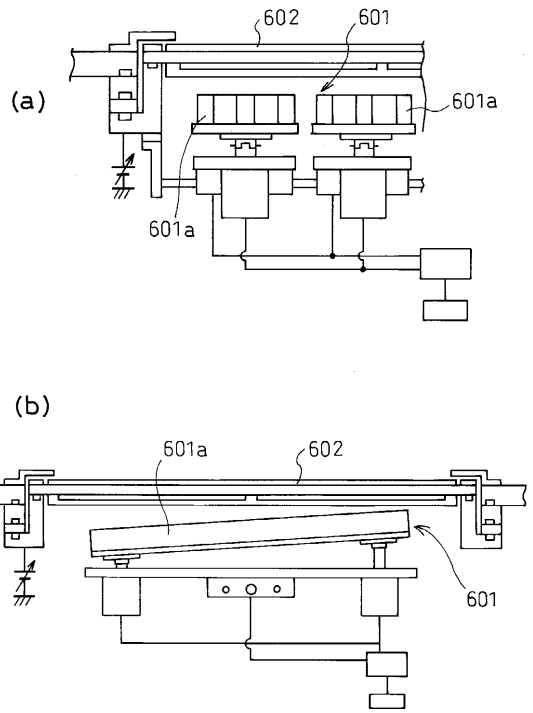
【図１９】



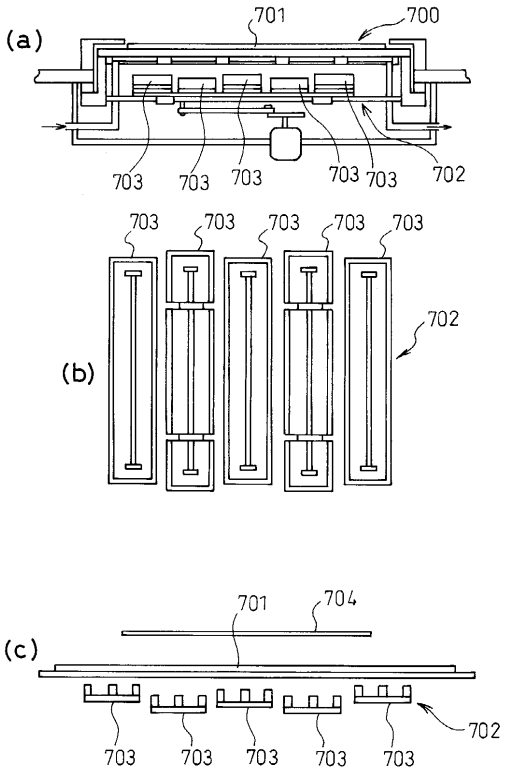
【図２０】



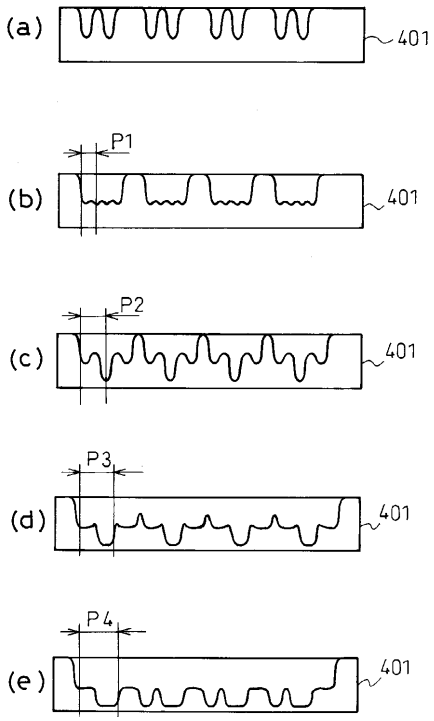
【図２１】



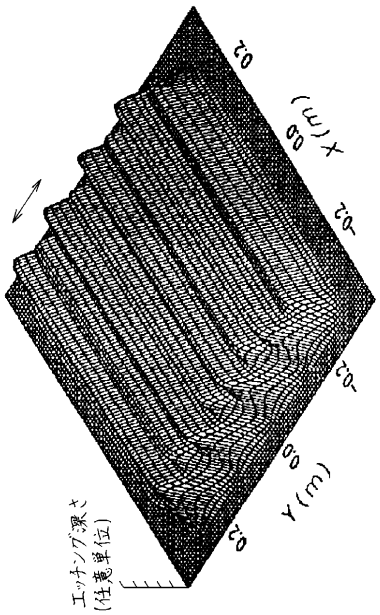
【図２２】



【図２３】


(a)
401
P1
(b)
401
P2
(c)
401
P3
(d)
401
P4
(e)
401

【図２４】


0.2
0.0
X(m)
-0.2
-0.2
0.0
Y(m)
0.2
エッチング深さ
(任意単位)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－１３４６４０（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－３００６７１（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２３２０６３（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１０２２４６（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１２５２４２（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０３１６４６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１９２８３３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
C23C 14/00-14/58