

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5043823号
(P5043823)

(45) 発行日 平成24年10月10日(2012.10.10)

(24) 登録日 平成24年7月20日(2012.7.20)

(51) Int.Cl.

C23C 14/35 (2006.01)

F 1

C 23 C 14/35
C 23 C 14/35C
B

請求項の数 13 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2008-501923 (P2008-501923)
(86) (22) 出願日	平成18年3月10日 (2006.3.10)
(65) 公表番号	特表2008-533305 (P2008-533305A)
(43) 公表日	平成20年8月21日 (2008.8.21)
(86) 國際出願番号	PCT/US2006/008593
(87) 國際公開番号	W02006/101772
(87) 國際公開日	平成18年9月28日 (2006.9.28)
審査請求日	平成21年2月27日 (2009.2.27)
(31) 優先権主張番号	60/663,568
(32) 優先日	平成17年3月18日 (2005.3.18)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	11/218,756
(32) 優先日	平成17年9月2日 (2005.9.2)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド A P P L I E D M A T E R I A L S, I N C O R P O R A T E D アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 054 サンタ クララ バウアーズ ア ベニュー 3050
(74) 代理人	100092093 弁理士 辻居 幸一
(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 賢男
(74) 代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マグネットロンスパッタチャンバにおけるスプリットマグネットリング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中心軸の周りに配列された側壁部を有する真空チャンバと、
上記真空チャンバの一方の端部に封止されたスパッターターゲットと、
上記スパッターターゲットと対向して上記中心軸に沿って配列されて、処理すべき基板を支持するためのペデスタルと、

上記中心軸の周りに配列された複数の永久マグネットを有し、上記スパッターターゲットと上記ペデスタルとの間で少なくとも部分的に上記中心軸に沿って配設されたスプリットマグネットリングであって、上記中心軸に沿う第1の磁気極性の少なくとも2つのサブリングを含み、これらのサブリングは、それぞれ上記永久マグネットから構成されており、これらのサブリング間に、上記中心軸に沿った、実質的に磁性の減じた軸方向スペーシングが維持されている、スプリットマグネットリングと、

を備え、上記軸方向スペーシングは、上記スパッターターゲットと上記ペデスタルとの間に軸方向に配置され、上記側壁部に隣接する磁界を垂直方向に平坦化し、上記スパッターターゲットと上記ペデスタルとの間の領域の上記側壁部に隣接してプラズマの拡散に対するバリアとして作用するスパッタリーアクタ。

【請求項 2】

上記軸方向スペーシングは、上記中心軸に沿う上記サブリングのうちの1つの長さに少なくとも等しい長さを有する、請求項1に記載のスパッタリーアクタ。

【請求項 3】

10

20

上記軸方向スペーシングの長さは、上記サブリングのうちの前記 1 つの長さの 5 倍以下である、請求項 2 に記載のスパッタリアクタ。

【請求項 4】

上記中心軸の周りで回転でき且つ上記スパッタターゲットの上記ペデスタルとは反対の側に配設されたマグネットロンを更に備える、請求項 1 から 3 のいずれかに記載のスパッタリアクタ。

【請求項 5】

上記マグネットロンは、上記第 1 の磁気極性とは反対の第 2 の磁気極性の内側ポールを取り囲む上記第 1 の磁気極性の外側ポールを備え、上記外側ポールの全磁気強度は、上記内側ポールの全磁気強度よりも実質的に大きい、請求項 4 に記載のスパッタリアクタ。 10

【請求項 6】

上記サブリングの各々は、更に、上記永久マグネットを保持する 1 対の環状磁気部材を、上記永久マグネット用のポール面として備える、請求項 1 に記載のスパッタリアクタ。

【請求項 7】

上記真空チャンバの側壁部の外部の周りに配列されて上記サブリングのマグネットを保持するカラーを更に備える、請求項 1 に記載のスパッタリアクタ。

【請求項 8】

上記サブリングの各々 1 つのマグネットの対向端部を保持する複数対の磁気リングを更に備え、上記軸方向スペーシングは、2 つのサブリングの対向するマグネットリングの間に配置される、請求項 7 に記載のスパッタリアクタ。 20

【請求項 9】

上記スパッタリングターゲットのスパッタリング面は、主として、タンタル、チタン及びタンクステンのうちの 1 つを含む、請求項 1 から 3 のいずれかに記載のスパッタリアクタ。

【請求項 10】

金属を基板上へスパッタリングする方法において、
中心軸の周りに配列される真空チャンバを設けるステップと、
金属を含む表面を備えるターゲットを上記真空チャンバに取り付けるステップと、
上記ターゲットに対向させてペデスタル電極上に、処理すべき基板を支持させるステップと、 30

上記ターゲットから上記金属をスパッタするため上記チャンバ内にプラズマを励起する
ように上記ターゲットに直流電力を印加するステップと、

上記ターゲットの背後で上記中心軸の周りに非平衡マグネットロンを回転させるステップ
と、

上記ペデスタル電極を高周波バイアスするステップと、
上記ターゲットと上記ペデスタル電極との間の領域において上記中心軸を取り囲むスプリットマグネットリングを設けるステップと、
を備え、上記スプリットマグネットリングは、上記中心軸に沿う第 1 の磁気極性の 2 つの
マグネットリングを含み、上記 2 つのマグネットリングは、上記マグネットリングのいづれかの軸方向の長さと少なくとも同じ軸方向の長さを有する実質的に非磁性のスペーシング
によって分離され、上記スペーシングは、上記スパッタターゲットと上記基板との間に
軸方向に配置され、上記側壁部に隣接する磁界を垂直方向に平坦化し、上記スパッタターゲットと上記ペデスタル電極との間の領域の上記側壁部に隣接してプラズマの拡散に対する
バリアとして作用するようにした方法。 40

【請求項 11】

上記金属は、耐熱性金属である、請求項 1_0 に記載の方法。

【請求項 12】

上記非平衡マグネットロンは、上記第 1 の磁気極性の外側ポールを備え、上記外側ポール
は、反対の第 2 の磁気極性のより弱い内側ポールを取り囲んでいる、請求項 1_0 又は 1_1
に記載の方法。 50

【請求項 1 3】

上記永久マグネットの各々が、上記サブリング内で、自身の周りに二極性の磁界を発生する、請求項 1 に記載のスパッタリアクタ。

【発明の詳細な説明】**【関連出願】****【0 0 0 1】**

本出願は、2005年3月18日に出願された仮出願第60/663,568号の利益を請求している。

【発明の分野】**【0 0 0 2】**

本発明は、一般に、物質のスパッタリングに係る。特に、本発明は、マグнетロンスパッタリアクタにおける均一性を改善するのに使用される補助マグネットに係る。

10

【背景技術】**【0 0 0 3】**

物理気相堆積（PVD）とも称されるスパッタリングは、半導体集積回路の形成において金属及び関連物質の層を堆積するのに普通に使用されている。シリコン集積回路において銅の金属化のために元々開発された最近の技法は、現在では、絶縁体にエッチングされた相互接続ホール構造におけるバリヤ層として使用されるタンタルの如き耐熱性金属のスパッタリング及び上記ホールを埋め込むため銅の最終的電気めっきのためのシード層として使用する銅のスパッタリングに適用されてきている。このようなスパッタリングに課せられる要件は、その相互接続ホールの直径が100nmより小さくなるにつれ、また、ホールのアスペクト比が5及びそれ以上に増大していくにつれて厳しくなっていく。

20

【0 0 0 4】

複雑な形状をしたターゲット及び誘導性電力源を有する新型のスパッタリアクタが開発されてきており、これらのほとんどのものは、スパッタ原子のイオン化断片を増大させようとしているものである。従って、ウエハをバイアスすることにより、イオン化されスパッタされた原子が、ホール内の深部まで吸引され、また、ホールの底部のスパッタエッチオーバハンギング及び不所望の層へと吸引される。しかしながら、このような新型以前の従来のスパッタリアクタは、それらが簡単且つ低価格であるが故に、新しい用途でも使用され続けている。このような従来のスパッタリアクタは、より複雑なスパッタリアクタの性能特性の多くを達成するため複雑な磁気系をもって変更されている。

30

【0 0 0 5】

以下にGung氏としてここに援用する米国特許第6,610,184号において、Gung氏等は、図1の概略断面図に例示されるようなプラズマスパッタリングリアクタ10を開示している。真空チャンバ12は、電気的に接地されている概ね円筒状の側壁部14を含む。典型的に、この側壁部14の内側には、それらがスパッタコーティングされてしまわないようにするための図示していない接地される交換可能なシールド及びある場合には付加的なフローティングシールドが配設されているが、これらは、真空を保持することを除いて、チャンバ側壁部として作用する。スパッタされるべき金属からなる少なくとも表面層を有するスパッタリングターゲット16は、電気絶縁体18によってチャンバ12に対して封止されている。ペデスタル電極22は、スパッタコーティングすべきウエハ24をターゲット16と平行な状態に支持する。処理スペースは、それらシールドの内側でターゲット16とウエハ24との間に画成される。

40

【0 0 0 6】

スパッタリング作用ガス、好ましくは、アルゴンが、ガス供給源26からマスフローコントローラ28を通してチャンバ内へ計量導入される。図示していない真空ポンプシステムにより、チャンバ12の内部は、典型的に、 10^{-8} トール以下の非常に低いベース圧力に維持される。プラズマ点火中に、概略5ミリトルのチャンバ圧力を生成する量のアルゴン圧力が与えられるが、後述するように、この圧力は、その後に減少させられる。直流電力供給源34は、ターゲット16を概略-600VDCまで負にバイアスして、アル

50

ゴン作用ガスが電子及び正のアルゴンイオンを含むプラズマへと励起させられるようにする。それらの正のアルゴンイオンは、負にバイアスされたターゲット 16 へと吸引され、そのターゲット 16 から金属原子をスパッタさせる。

【 0 0 0 7 】

本発明は、特に、小型ネスト状マグネットロン 36 がターゲット 16 の背後の図示していないバックプレートに支持されているような自己イオン化プラズマ (SIP) スパッタリングに有用である。チャンバ 12 及びターゲット 16 は、中心軸 38 のまわりに概ね円形で対称的である。SIP マグネットロン 36 は、第 1 の垂直磁気極性の内側マグネットポール 40 及びそれと反対の第 2 の垂直磁気極性の周辺外側マグネットポール 42 を含む。これら両方のポールは、磁気ヨーク 44 によって支持されており且つ磁気的に結合されている。このヨーク 44 は、中心軸 38 に沿って延長している回転シャフト 48 に支持された回転アーム 46 に固定されている。シャフト 48 に接続されたモータ 50 により、マグネットロン 36 は、中心軸 38 の周りに回転させられる。10

【 0 0 0 8 】

非平衡マグネットロンにおいては、外側ポール 42 は、その面積に亘って積分された全磁束が内側ポール 40 によって発生されるよりも大きく、好ましくは、少なくとも 150 % の磁気強度の比率を有するものとなっている。それらの対向する磁気ポール 40、42 は、チャンバ 12 内に高密度プラズマを生成してスパッタリング割合を増大し且つスパッタ金属原子のイオン化断片を増大させるようにターゲット 16 の面に対して平行で近接した強い成分を有する概ねセミトロイド状の磁界 B_M を作り出す。外側ポール 42 は、内側ポール 40 よりも磁気的に強いので、外側ポール 42 からの磁界の一部分は、その外側ポール 42 の背後に戻って磁気回路を閉成する前に、ペデスタル 22 に向かって遠くへと張り出す。20

【 0 0 0 9 】

例えば、13.56 MHz の周波数を有する高周波電力供給源 54 が、ウエハ 24 に負の自己バイアスを掛けるためペデスタル電極 22 に接続される。このバイアスにより、隣接プラズマのシースに亘って正に荷電された金属原子が吸引され、インターレベルビアの如きウエハにおける高アスペクト比のホールの側部及び底部をコーティングする。

【 0 0 1 0 】

SIP スパッタリングにおいて、マグネットロンは、小型であり、高い磁気強度を有しており、プラズマ密度がターゲットの近くで 10^{10} cm^{-3} より高くなるように、高い直流電力量がそのターゲットに印加される。このようなプラズマ密度の存在において、非常に多くのスパッタ原子が、正に荷電された金属イオンへとイオン化される。その金属イオン密度は、非常に多くの金属イオンが、ターゲットへと吸引し戻されて更なる金属イオンをスパッタするに十分に高いものである。その結果として、それら金属イオンは、そのスパッタリングプロセスにおける実効作用種としてアルゴンイオンと少なくとも部分的に置き換わっていくことができる。即ち、アルゴン圧力を減少させることができる。そのように圧力を減少させると、金属イオンの散乱及び脱イオン化を減少させることができるという効果が得られる。銅スパッタリングの場合には、ある条件下で、持続自己スパッタリング (SSS) と称されるプロセスにおいてプラズマが点火されたときにアルゴン作用ガスを完全に除去することが可能である。アルミニウム又はタンクステンスパッタリングの場合には、SSS は可能ではないが、アルゴン圧力を、従来のスパッタリングに使用される圧力より、例えば、1ミリトールより低い値まで実質的に減少させることができる。3040

【 0 0 1 1 】

永久マグネット 62 の補助アレイ 60 が、チャンバ側壁部 14 の周りに配置され、ウエハ 24 に向かう処理スペースの半分に概ね配置される。これら補助マグネット 62 は、外側ポール 42 からの磁界の非平衡部分を引き下ろすように、ネスティッドマグネットロン 36 の外側ポール 42 と同じ第 1 の垂直磁気極性を有している。後で詳述する実施形態においては、8 個の永久マグネットがあるが、4 個又はそれより多い任意の数のマグネットを中心軸 38 の周りに分散配置することにより、同様の良い結果を得ることができよう。チャ50

ンバ側壁部 14 の内側に補助マグネット 62 を配置することが可能であるが、薄い側壁部の外側に配置するのが処理領域におけるそれらの実効強度を増大する上で好ましい。しかしながら、総合的に良い処理結果を得るために、側壁部 14 の外側に配置するのが好ましい。

【 0 0 1 2 】

補助マグネットアレイ 62 は、円形状の対称的な磁界を生成するため、中心軸 38 の周りに概ね対称に配置される。一方、ネステッドマグネットロン 36 は、中心軸の周りに非対称な磁界分布を有しているが、このネステッドマグネットロンの回転時間に亘って平均されるとき、それは対称となる。ネステッドマグネットロン 36 には、多くの形式がある。あまり好ましくはないが最も簡単な形式のものは、円形環状外側磁気ポール 42 によって取り囲まれた底部中央磁気ポール 40 を有しており、その磁界がチャンバ軸 38 からはずれた軸の周りに対称となり、そのネステッドマグネットロン軸がチャンバ軸 38 の周りに回転させられるようなものである。このような 1 つのネステッドマグネットロンとしては、中心軸 38 の近くに頂点を有しターゲット 16 の周辺近くに底辺を有するような三角形状のものがある。このような形状は、特に効果的である。何故ならば、磁界の時間平均が、円形のネステッドマグネットロンの場合よりもより均一となるからである。

【 0 0 1 3 】

Gung 氏は、それらの磁気素子の効果について記述している。非平衡マグネットロン 36 は、ターゲット 16 のスパッタリング面に対して概ね平行で電子をトラップしプラズマ密度を増大させ、従って、スパッタリング割合を増大させるようなセミトロイド状磁界 B_M を生成する。不平衡のため、実質的に不整合な磁界が外側ポール 42 から出て、チャンバ中心 38 の近くにチャンバ 12 内へ張り出すがマグネットロン 36 の背部へ戻る戻り磁界 B_A 1 及びチャンバ側壁部 14 の近くの側壁部磁界 B_{A_2} の両者を生成する。側壁部磁界 B_{A_2} は、それがマグネットロン 42 の背部へ戻る前に、同様の極性の補助アレイ 62 の方へ引き下げられる。Gung 氏は、プラズマをウエハ 24 の方へ延ばしイオン化されたスパッタ粒子をウエハ 24 の方へ導くような配列の効果について記述している。Gung 氏は、更に、銅膜の堆積の半径方向の均一性が改善されることについて記述している。

【 0 0 1 4 】

Gung 氏の構成は、銅堆積、特に、商業的に重要なデュアルダマシン構造において垂直相互通じ続並びに水平相互通じ続を形成するためインターレベル絶縁体を通して形成される狭いビアホール内に薄い銅シード層を堆積するのに効果的に適用されている。その銅シード層は、その後の電気化学めっき (ECP) によるそのビアホールの埋め込みのためのシード及び電気めっき層として使用される。この応用例では、オーバハンギングが相当の問題となる。一方、Gung 氏の構成がそのビアホールの壁と銅シード層との間にタンタルバリヤ層をスパッタリングするのに適用されるときには、その結果得られる均一性が完全に満足できるものとはならない。このようなバリヤ適用例の場合には、ビアホール深部の側壁部カバー及び均一性がより重要である。

【発明の概要】

【 0 0 1 5 】

補助マグネットアセンブリが、プラズマスパッタリアクタの処理領域の周りに、好ましくは、チャンバ壁部の外側に配置される。この補助マグネットアセンブリは、非磁性又は磁性の減じた材料又は空間のスペーシングによって分離された同じ磁気極性の少なくとも 2 つのマグネットリングを含み、好ましくは、このスペーシングの軸方向長さは、それらリングのうちのいずれかの長さと少なくとも同程度であり、より好ましくは、それらの長さの少なくとも 2 倍である。

【 0 0 1 6 】

これら 2 つのマグネットリングは、チャンバ外部に一緒に固定できるツーピースの非磁性カラーにて構成されると都合がよい。このカラーは、マグネットのための凹部を有した 2 つの内方に向いたリブを有する。2 組のリング形状の磁性体により、凹部内にマグネットが保持され、これらリング形状の磁性体は、磁気ヨークとして作用する。

10

20

30

40

50

【0017】

タンタル、チタン又はタングステンの如き耐熱性金属のような金属のためのスパッタリング方法は、スプリットマグネットリングを使用することができ、リング間のスペーシングを、そのプロセスのために最適化することができる。

【好ましい実施形態の詳細な説明】

【0018】

Gung氏によって達成される改善された均一性は、回転マグネットロン36から離れたチャンバ側壁部14又はチャンバの側部のシールドに隣接してダイポール場に似ているが回転マグネットロン36と一時的に整列するチャンバ12の側部に存在する概ねセミトロイド状の磁界64を発生するマグネットリング62によって部分的に達成されると信じられる。
図2の概略立面図により詳細に示されるように、マグネットリング62によって発生される磁界64は、マグネットリング62の環状形状による重要でない二次的効果を除いてマグネットダイポール場である。チャンバ側壁部14の内側では、そのダイポール場64は、プラズマ、特に、その電子の接地チャンバ側壁部14への拡散に対する磁気バリヤを生成する。その結果、マグネットロン46の近くのターゲット16から拡散するスパッタ金属イオンを含むプラズマが、接地壁部へ拡散するのが阻止される。このような拡散プラズマは、チャンバの縁部により近いところよりチャンバ中心38でより強いプラズマとなる。スパッタ堆積され、また、別の仕方でプラズマ処理されるべきウエハ24に近づくにつれて、このように不均一であるプラズマによると、ウエハ24上の半径方向における不均一性が強くなってしまう。側壁部の拡散を減じた状態で、そのプラズマは、半径方向においてより均一となり、より均一なウエハ処理を行うことができる。
10

【0019】

しかしながら、ダイポール場64は、ある不利益をこうむる。例示されるように、そのダイポール場は、マグネットリング60の中央線の近くでチャンバの内方へふくらんでいる。即ち、このダイポール場64は、チャンバ中心軸38に向かってふくらみ、相当に凹んだバリヤを生成していることになる。その結果、そのプラズマは、その内方に凹んだバリヤ内に閉じ込められ、イオン化スパッタ粒子は、ウエハ24の中心に向かって幾分収束されてしまい、ウエハ24の不均一な、スパッタ堆積、より特定すると、スパッタエッティングを生じてしまう。

【0020】

ウエハ24のスパッタエッティングは、高いアスペクト比の狭くて深いビアの側壁部をコーティングするのに特に重要である。チタン、モリブデン、タンタル、タングステン、コバルト、クロム及びルテニウムを含む耐熱性金属の如きバリヤ金属は、減じているが相当の導電性を有しており、反応性スパッタによりマグネットロンスパッタリアクタにてスパッタ堆積することのできるこれらの窒化物は、不良導体である。もし、スパッタフラックスが高イオン化断片を有し且つウエハが強くバイアスされている場合には、それらのイオンは、そのビア内に深く引き込まれてその底部ビア側壁部をコーティングする。ビアの底部に当たり堆積されるフラックスの部分は、同時に又は後で再スパッタされ、底部ビア側壁部に堆積されがちである。従って、このようなプロセスは、下方金属レベルに対して必要とされない底部でのバリヤ層を減少又は除去し、側壁部カバーを増大させる。
30

【0021】

ふくらみ磁気バリヤのこのような作用は、現世代の銅スパッタリングにとって重要なことではないようである（将来の世代においては重要となってくるかもしれないが）。しかしながら、図1の構成でタンタルをスパッタリングすると、側壁部非対称及び底部堆積及び再スパッタリングの半径方向の均一性が不良となってしまう。銅とタンタルとは、明確に異なる物質である。ターゲット再スパッタリングの生産性は、これら二つの物質の間では相當に異なり、持続自己スパッタリングが銅で可能な範囲で、銅の場合には、相当により高いイオン化断片が生ずるが、タンタルの場合にはそうではない。即ち、銅スパッタリングの場合、プラズマ点火後、アルゴンスパッタリングガスを遮断することができ、スパッタ銅イオンは、スパッタリングガスとして作用しそのプラズマを維持する。また、銅
40

10

20

30

40

50

及びタンタルの質量は相當に異なり、ピア内のスパッタエッチングの割合が相當に異なつてくる。

【0022】

チャンバ側壁部14又はそれに関連付けられたシールドに隣接した磁界を平坦化することにより、プラズマをより良好に閉じ込めることができ、より均一なスパッタ堆積及びエッチングを得ることができる。このような平坦化は、マグネットリングを、空間又は他の絶縁体によって分離した2つ又はそれより多いマグネットリングへと分割することによって達成することができる。図3の立面図に概略的に例示されるように、スプリットマグネットリング70は、同じ極性の2つのマグネットサブリング72、74を含み、非磁性であるか又はそれら2つのマグネットサブリング72、74の透磁率よりは少なくとも相当に減じた透磁率を有する分離又は軸方向スペーシング76を含む。各サブリング72、74は、それぞれ実質的に二極性の磁界を発生する。しかしながら、合成されたスプリットリング磁界78は、非磁性スペーシング76のために、特に側壁部14の内側で、実質的に平坦化されたものとなる。その結果、その合成磁界78は、チャンバ側壁部14に隣接した実効バリヤとして作用し、プラズマが接地側壁部14又はシールドへ拡散するのを阻止し、チャンバ12の中心38の方へプラズマが収束してしまうのを相当に減ずる。10

【0023】

このような構成は、マグネットリング72、74の磁気飽和を減ずるという更なる効果をも有している。その結果、このスプリットマグネットリング70によって生成される平均磁界密度は、同じマグネットを使用したマグネットリング72、74を、それらの間にスペーシング76を設けずに連続又は互いに隣接させた場合に生成されるものよりも、増大したものとなる。20

【0024】

スプリットマグネットリング76を含む本発明のスパッタリアクタ80を、図4の概略横断面図に例示している。非平衡ルーフマグネットロン36の下の推定磁界分布82は、マグネットロン36及びスプリットマグネットリング72からの非平衡場を組み合わせたものである。

【0025】

マグネットロン36は、優先的には、ここに援用される、2004年9月23日に出願され米国特許出願第2005/0211548号として公開された米国特許出願第10/949,735号明細書においてGung氏等によって開示されているような閉プラズマループのアーク形状を有する非平衡LDRマグネットロンである。そのスパッタリング位置において、アーク形状の凸部側は、その磁界がターゲット周辺の近くに集中されるように、ターゲット16の周辺に近接している。マグネットロン36は、アーク形状がターゲット半径とより密接に整列して堆積の間でターゲット16の中央部分を清掃するように、遠心機構によって切り換えることができる。30

【0026】

図5の斜視図に例示されるスプリットマグネットアセンブリ90は、アルミニウムの如き非磁性材料からなる2つのハーフカラー92、94を含む。これら2つのハーフカラー92、94は、チャンバ側壁部14の外部の周りで整列ピン96及びねじ98でもって互いに接合され、垂直貫通孔100を介して側壁部14に支持されるようにねじ止めすることができる。各ハーフカラー92、94は、2つの環状の内方に向いたリブ102を含み、これらリブ102は、複数の、例えば、8つの垂直方向に極性付けられたロッドマグネット104を収容する凹部を有している。各マグネット104は、約15cmの典型的な長さ及び6mmの典型的な直径を有しており、NdFeBからなるものでよい。即ち、300mmウエハのために構成されたチャンバの場合、16個のマグネット104の2つのセット（2つのハーフカラー92、94の間で分割されている）がその中心軸の周りに配列される。マグネット104の間の垂直スペーシングは、堆積均一性を最適なものとするため変更することができる。典型的な範囲は、25mmから44mmまでであり、即ち、個々のマグネットの長さより大きく、好ましくは、マグネットの長さの少なくとも2倍で40

あるが、マグネット長さの4倍に、関連ポール面の厚さを加えたものより小さい。磁気材料、例えば、S S 4 1 0 ステンレス鋼からなる2対のワッシャ形状ホルダー106を通してねじにより、リブ102にマグネット104が保持される。これらホルダー106は、リブ102の対向する垂直方向に離間した側部に配設されており、ホルダーとして作用するだけでなく、磁気ポール面としても作用するものである。

【0027】

一般的に、これら側壁部マグネットは、ビア底部に堆積されたタンタルを下方ビア側壁部へと再スパッタするためには、相当なウエハバイアスの存在下、例えば、300mmウエハの場合には800W高周波電力の存在下でのみ有効である。補助側壁部マグネットによっても影響を受けるイオン化スパッタイオンは、バイアスにより引かれるが、中性スパッタ原子は、本来、ウエハバイアスによっても側壁部マグネットによっても影響を受けない。タンタルをスパッタリングするため種々なリングマグネットを使用して、スパッタリング均一性テストを行った。ウエハの半径方向に亘る堆積均一性を決定するため、堆積タンタル膜についてシート抵抗 R_s を測定した。図6のグラフに示されるように、Gung氏により教示されるような単一側壁部マグネットリングでも、2つのリングの間にスペーシングを有さないスプリットマグネットでも、一般的に不満足なものと考えられるようなほぼ同じ高い非均一性となった。25mm及び44mmのスペーシングを有するスプリットマグネットリングによると、非均一性が相當に減ぜられている。更に別の実験により、スプリットマグネットリングは、ウエハ中心部での一般的により高い再スパッタリングに対してウエハ縁部近くでの再スパッタリングを増大する点で効果的であることが実証された。

10

【0028】

このスプリットマグネットリングは、チタンのスパッタリングにも適用された。この場合には、2つのマグネットリングの間のスペーシングは、その性能を最適化するため2mmだけ減少された。異なる応用においてスペーシングを自由に設計できることは、このスプリットマグネットリングの1つの利点である。

20

【0029】

3つ以上のマグネットサブリングとし、それらの間に非磁性スペーシングを設けるようにすることも可能である。

【0030】

タンタル及びチタンをスパッタリングすることについて本発明を説明してきたのであるが、本発明は、その他の物質、特にバリヤ金属をスパッタリングするのにも適用できるものである。実験によれば、本発明は、タングステンをスパッタリングするのに有用であることが示されている。

30

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】単一補助マグネットリングを含む従来技術のマグネットロンスパッタリアクタの横断面図である。

【図2】図1の單一マグネットリングによって発生される磁界を概略的に示す図である。

【図3】本発明のスプリットマグネットリングによって発生される磁界を概略的に示す図である。

40

【図4】図3のスプリットマグネットリングを含む本発明のマグネットロンスパッタリアクタの横断面図である。

【図5】本発明のスプリットマグネットリングを組み込むツーピースカラーの斜視図である。

【図6】本発明でもって達成しうる改善された均一性を例示するグラフである。

【符号の説明】

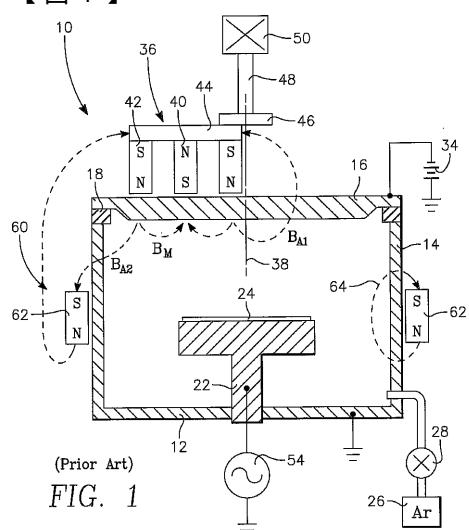
【0032】

10...プラズマスパッタリングリアクタ、12...真空チャンバ、14...チャンバ側壁部、16...スパッタリングゲート、18...電気絶縁体、22...ペデスタル電極、24...ウエハ、26...ガス供給源、28...マスフローコントローラ、34...直流電力供給源、36...小

50

型ネスティッドマグネットロン、38...中心軸、40...内側マグネットポール、42...外側ポール、44...磁気ヨーク、46...回転アーム、48...シャフト、50...モータ、54...高周波電力供給源、60...補助アレイ、62...永久マグネット(マグネットリング)、64...セミトロイド状の磁界(ダイポール場)、70...スプリットマグネットリング、72...マグネットサブリング、74...マグネットサブリング、76...分離又は軸方向スペーシング、78...合成されたスプリットリング磁界、80...スペッタリアクタ、82...推定磁界分布、90...スプリットマグネットアセンブリ、92...ハーフカラー、94...ハーフカラー、96...整列ピン、98...ねじ、100...垂直貫通孔、102...リブ、104...ロッドマグネット、106...ワッシャ形状ホルダー

【図1】

FIG. 1
(Prior Art)

【図2】

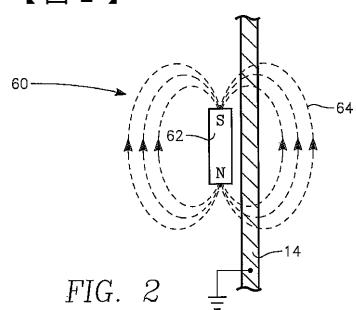


FIG. 2

【図3】

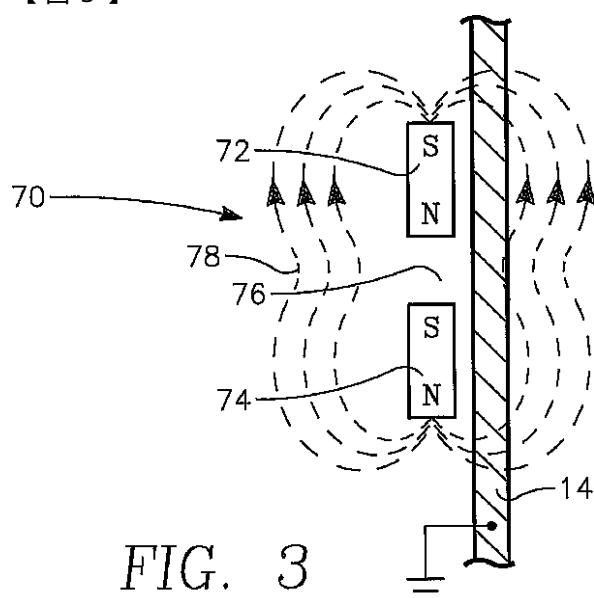


FIG. 3

【図4】

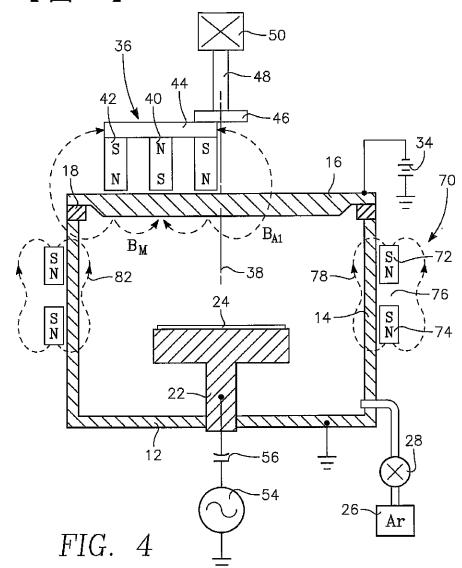


FIG. 4

【 义 5 】

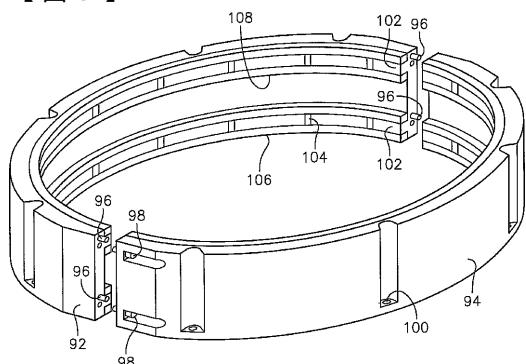
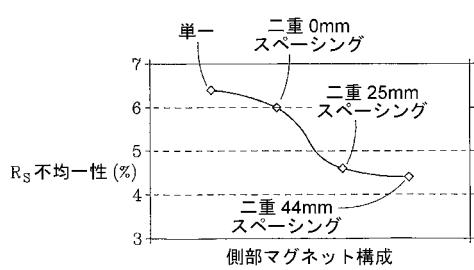


FIG. 5

【図6】



フロントページの続き

(74)代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
(74)代理人 100109070
弁理士 須田 洋之
(74)代理人 100109335
弁理士 上杉 浩
(74)代理人 100103849
弁理士 平野 誠
(74)代理人 100107456
弁理士 池田 成人
(72)発明者 フ , シンユー
アメリカ合衆国 , カリフォルニア州 , フリーモント , ソーリーフ ストリート 48356

審査官 菊地 則義

(56)参考文献 米国特許第05519373(US, A)
特開2004-111334(JP, A)
特表2004-526051(JP, A)
国際公開第02/021585(WO, A1)
特開2001-226767(JP, A)
特開平10-144662(JP, A)
特開平06-053177(JP, A)
特開2003-309107(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00-14/58

H01L 21/3065