

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4906331号
(P4906331)

(45) 発行日 平成24年3月28日 (2012. 3. 28)

(24) 登録日 平成24年1月20日 (2012. 1. 20)

(51) Int. Cl.

F I

C 2 3 C 14/34 (2006. 01)

C 2 3 C 14/34 T

H 0 1 L 21/285 (2006. 01)

H 0 1 L 21/285 S

H 0 5 H 1/48 (2006. 01)

H 0 5 H 1/48

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2005-351576 (P2005-351576)
 (22) 出願日 平成17年12月6日 (2005. 12. 6)
 (65) 公開番号 特開2007-154265 (P2007-154265A)
 (43) 公開日 平成19年6月21日 (2007. 6. 21)
 審査請求日 平成20年10月29日 (2008. 10. 29)

(73) 特許権者 000002358
 新明和工業株式会社
 兵庫県宝塚市新明和町 1 番 1 号
 (74) 代理人 100065868
 弁理士 角田 嘉宏
 (74) 代理人 100106242
 弁理士 古川 安航
 (72) 発明者 丸中 正雄
 兵庫県宝塚市新明和町 1 番 1 号 新明和工
 業株式会社 開発センタ内
 (72) 発明者 土屋 貴之
 兵庫県宝塚市新明和町 1 番 1 号 新明和工
 業株式会社 開発センタ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シートプラズマ成膜装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマの輸送方向の中心に対して略等密度分布するソースプラズマを放電により形成して、前記ソースプラズマを前記輸送方向に向けて放出可能なプラズマガンと、

前記輸送方向に延びた輸送空間を有するシートプラズマ変形室と、

互いに同極同士を向き合わせて、前記輸送空間を挟むように配置される第 1 の磁界発生手段の対と、

前記輸送空間に連通した成膜空間を有する成膜室と、

互いに異極同士を向き合わせて、前記成膜空間を挟むように配置される第 2 の磁界発生手段の対と、を備え、

前記ソースプラズマは、前記輸送空間を移動する間に、前記第 1 の磁界発生手段の対の磁界により前記中心を含む主面に沿ってシート状に拡がり、

前記シート状のプラズマは、前記成膜空間を移動する間に、前記第 2 の磁界発生手段の対の磁界により前記主面から凸状に偏倚するシートプラズマ成膜装置であって、

ターゲットを装着するターゲットホルダと、前記シート状のプラズマ中の荷電粒子により叩き出された前記ターゲットの材料を堆積する基板を装着する基板ホルダと、を更に備え、

前記ターゲットおよび前記基板は、前記シート状のプラズマの厚み方向に間隔を隔て、かつ前記シート状のプラズマを挟むようにして、前記成膜空間内に互に対向して配置され、

前記シート状のプラズマは、前記主面からターゲットに向かうよう、前記シート状のプラズマの厚み方向に突出した湾曲部を有するシートプラズマ成膜装置。

【請求項 2】

前記第 2 の磁界発生手段の対は一对の電磁コイルであり、前記電磁コイルのコイル面の法線が、前記主面に対し傾斜している請求項 1 記載のシートプラズマ成膜装置。

【請求項 3】

前記シート状のプラズマは、略一定の曲率半径により湾曲してなる請求項 1 記載のシートプラズマ成膜装置。

【請求項 4】

前記電磁コイルの各々のコイル面の法線が、前記ターゲット側に傾斜する、前記主面と所定の傾斜角をなしている請求項 2 記載のシートプラズマ成膜装置。

10

【請求項 5】

前記シート状のプラズマの湾曲部は、前記主面から最大に偏倚した頂上部を有し、前記ターゲットの表面が、前記頂上部に位置するシート状のプラズマ中の荷電粒子に曝されないよう、前記傾斜角の上限が設定されてなる請求項 4 記載のシートプラズマ成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シートプラズマ成膜装置に係り、更に詳しくは、シート状プラズマ中の荷電粒子のターゲット衝突による真空スパッタリング技術の改良に関する。

20

【背景技術】

【0002】

円柱状のプラズマを、同じ磁極（例えば N 極）同士を互いに対向させて強力な反発磁界を発生するような永久磁石の対で挟み込み、これにより、均一かつ高密度のシート状プラズマを形成できることが知られている（特許文献 1 参照）。

【0003】

また、このようなシート状プラズマをターゲットと基板との間の成膜空間に導いて、これにより、シート状プラズマ中の荷電粒子（正イオン）を用いたスパッタリングによりターゲット材料（スパッタ粒子）を叩き出した後に、当該スパッタ粒子をシート状プラズマに通して電離させ基板表面に飛散、堆積させるといった、スパッタリング技術が既に開発されている（特許文献 2 参照）。

30

【特許文献 1】特公平 4 - 23400 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 179767 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本件発明者等は、半導体デバイスの微細化や高速化に対応して、上記シート状プラズマ技術を応用することにより、既存技術では到達困難であった高品質の金属（例えば銅）の配線膜を基板上の配線溝に形成するという真空成膜技術の開発に取り組んでいる。

40

【0005】

このような開発の過程において、シート状プラズマを、真空成膜室内を跨ぐよう、移動させる間に、その移動経路として、例えば上記特許文献 2 に記載のシートプラズマ技術をそのまま適用したのでは、成膜粒子（例えば Cu スパッタ粒子）による基板上の配線溝の入口が閉塞されるという問題が顕在化した。

【0006】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、シート状プラズマ技術の採用に際して、基板上の配線溝に形成した配線膜の膜特性を改善可能なシートプラズマ成膜装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 7 】

ところで、本件発明者等による鋭意検討の結果、シート状プラズマを磁界により凸状に偏倚させることにより、上記課題に適切に対処可能であるという知見が得られた。

【 0 0 0 8 】

例えば、微細な配線パターンの各配線溝へのスパッタリングによる銅配線形成を想定した場合、シート状プラズマをその主面から湾曲させることにより、シート状プラズマ中の荷電粒子（正イオン）によって叩き出されたCu粒子は、上記特許文献2に記載のシート状プラズマ技術に比べて、Cu粒子による配線溝の入口閉塞を改善しつつ、Cu粒子の配線溝内部への適正な埋め込みが図れるよう、望ましい方向に揃って、配線溝に到達することが次第に分かってきた。

10

【 0 0 0 9 】

よって、本発明に係るシートプラズマ成膜装置は、プラズマの輸送方向の中心に対して略等密度分布するソースプラズマを放電により形成して、前記ソースプラズマを前記輸送方向に向けて放出可能なプラズマガンと、前記輸送方向に延びた輸送空間を有するシートプラズマ変形室と、互いに同極同士を向き合わせて、前記輸送空間を挟むように配置される第1の磁界発生手段の対と、前記輸送空間に連通した成膜空間を有する成膜室と、互いに異極同士を向き合わせて、前記成膜空間を挟むように配置される第2の磁界発生手段の対と、を備えて構成され、前記ソースプラズマは、前記輸送空間を移動する間に、前記第1の磁界発生手段の対の磁界により前記中心を含む主面に沿ってシート状に拡がり、前記シート状のプラズマは、前記成膜空間を移動する間に、前記第2の磁界発生手段の対の磁界により前記主面から凸状に偏倚する装置であって、ターゲットを装着するターゲットホルダと、前記シート状のプラズマ中の荷電粒子により叩き出された前記ターゲットの材料を堆積する基板を装着する基板ホルダと、を更に備え、前記ターゲットおよび前記基板は、前記シート状のプラズマの厚み方向に間隔を隔て、かつ前記シート状のプラズマを挟むようにして、前記成膜空間内に互に対向して配置され、前記シート状のプラズマは、前記主面からターゲットに向かうよう、前記シート状のプラズマの厚み方向に突出した湾曲部を有する装置である。

20

【 0 0 1 0 】

このようなシートプラズマ成膜装置の構成によれば、シートプラズマをその主面から磁界に基づき凸状に偏倚させたことにより、装置の成膜特性の改善が図れる。例えば、配線溝へのスパッタリングによるスパッタ粒子の堆積に際して、スパッタ粒子の指向性を改善して、基板の配線溝へのスパッタ粒子の適正な埋め込み効果やスパッタ粒子による配線溝閉塞の改善効果が発揮される。つまり、シートプラズマを磁界に基づき湾曲させれば、上記スパッタ粒子の配線溝への適正な埋め込み効果や配線溝閉塞改善効果が期待される。

30

【 0 0 1 1 】

なおここで、前記第2の磁界発生手段の対は一对の電磁コイルであり、前記電磁コイルのコイル面の法線が、前記主面に対し傾斜して構成されても良い。

【 0 0 1 2 】

このようにして、電磁コイルの磁界に基づき、シートプラズマを適切にその主面から凸状に偏倚させることができる。

40

【 0 0 1 5 】

なお、前記シート状のプラズマを、略一定の曲率半径により湾曲させても良い。そしてこの場合、前記電磁コイルの各々のコイル面の法線が、前記ターゲット側に傾斜するよう、前記主面と所定の傾斜角をなしても良い。

【 0 0 1 6 】

また、前記シート状のプラズマの湾曲部は、前記主面から最大に偏倚した頂上部を有し、前記ターゲットの表面が、前記頂上部に位置するシート状のプラズマ中の荷電粒子に曝されないよう、前記傾斜角の上限が設定されても良い。

【 0 0 1 7 】

このような構成によれば、シートプラズマとターゲットとの接触（回路的に導通状態）

50

を未然に回避して、ターゲットに適切にバイアス電圧（マイナス電圧）を印加でき好適である。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、基板上の配線溝に形成した配線膜の膜特性を改善可能なシートプラズマ成膜装置が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照しながら説明する。

【0020】

図1は、本発明の実施形態に係るシートプラズマ成膜装置の構成例を示す概略図である。

【0021】

以下、図1を参照しながら本実施形態のシートプラズマ成膜装置について説明する。

【0022】

なおここでは便宜上、図1に示す如く、プラズマ輸送の方向をZ方向にとり、このZ方向に直交し、かつ棒磁石24A、24B（後記）の磁化方向をY方向にとり、これらのZ方向およびY方向の両方に直交する方向をX方向にとって、このシートプラズマ成膜装置の構成を述べる。

【0023】

本実施形態のシートプラズマ成膜装置100は、図1に示す如くYZ平面において略十字形をなしており、プラズマ輸送の方向（Z方向）から見て順番に、プラズマを高密度に生成するプラズマガン40と、Z方向の軸を中心とした円筒状の非磁性（例えばステンレス製やガラス製）のシートプラズマ変形室20と、Y方向の軸を中心とした円筒状の非磁性（例えばステンレス製）の真空成膜室30と、を備えて構成されている。なおこれらの各部40、20、30は、プラズマを輸送する通路を介して互いに気密状態を保って連通されている。

【0024】

プラズマガン40は、減圧可能な放電空間（不図示）を有し、このプラズマガン40のZ方向の一端は、この放電空間を塞ぐようにフランジ11（カソードマウント）が配置されている。このフランジ11には、プラズマ放電誘発用の熱電子を放出するカソードKが配置されているとともに、斯かる放電により電離される放電ガスとしてのアルゴン（Ar）ガスをこの放電空間に導くガス導入手段（不図示）が設けられている。

【0025】

また、プラズマガン40の放電空間の適所には、カソードKとの間でプラズマ放電（グロー放電）を維持するため、直流の電源V1と適宜の抵抗Rv、R₁、R₂の組合せにより所定のプラス電圧を印加された一対のグリッド電極G₁、G₂（中間電極）が配置され、このようなプラズマ放電により、プラズマガン40の放電空間には、荷電粒子（ここではAr⁺と電子）の集合体としてのプラズマが形成される。

【0026】

なおここでは、電源V1に基づく低電圧かつ大電流の直流アーク放電により、カソードKとアノードA（後記）との間に高密度のプラズマ放電を可能にする、公知の圧力勾配型のプラズマガン40が採用されている。

【0027】

プラズマガン40の周囲には、このプラズマガン40の側面周囲を取り囲むように、円形状の第1の電磁コイル12（空心コイル）が配設され、この第1の電磁コイル12の巻線に電流を流すことにより、プラズマガン40の放電空間にはコイル磁界に基づく磁束密度のZ方向の勾配が形成される。このような磁束密度のZ方向の勾配により、プラズマを構成する荷電粒子は、この放電空間からZ方向（アノードAに向かう方向）に運動するよう、磁力線の回りを旋回しながらZ方向に進み、これらの荷電粒子の集合体としてのプラ

10

20

30

40

50

ズマが、Z方向の輸送中心P（図2参照）に対して略等密度分布してなる円柱状のソースプラズマ（以下、「円柱プラズマ22」という）として、プラズマガン40のZ方向の他端とシートプラズマ変形室20のZ方向の一端との間に介在する通路（不図示）を介してシートプラズマ変形室20へ引き出される。

【0028】

シートプラズマ変形室20は、Z方向の軸を中心とした円柱状の減圧可能な輸送空間21を有し、この輸送空間21は、バルブ26により開閉可能な排気口から真空ポンプ25（例えばターボポンプ）により真空引きされ、これにより、当該輸送空間21は円柱プラズマ22を輸送可能なレベルの真空度にまで速やかに減圧される。

【0029】

シートプラズマ変形室20の側面周囲には、このシートプラズマ変形室20を取り囲み、円柱プラズマ22のZ方向の推進力を発生する円形状の第2の電磁コイル23（空心コイル）が配設されている。なお、第2の電磁コイル23の巻線には、カソードK側をS極、アノードA側をN極とする向きの電流が通電されている。

【0030】

また、この第2の電磁コイル23のZ方向の前方側（アノードAに近い側）には、このシートプラズマ変形室20（輸送空間21）を挟み、互いに同極（ここではN極）が対向するようにして、Y方向に磁化され、かつX方向に延びる一対の角形の棒磁石24A、24B（永久磁石；第1の磁界発生手段の対）が、Y方向に所定の間隔を隔てて配設されている。

【0031】

上記第2の電磁コイル23の巻線に電流を流すことによりシートプラズマ変形室20の輸送空間21に形成されるコイル磁界と、棒磁石24A、24Bによりこの輸送空間21に形成される磁石磁界との相互作用により、シートプラズマ変形室20の輸送空間21を円柱状プラズマ22がZ方向に移動する間に、この円柱プラズマ22は、その輸送方向（Z方向）の輸送中心Pを含むXZ平面（以下、「主面S」という）に沿って広がる、均一なシート状のプラズマ（以下、「シートプラズマ27」という）に変形される。

【0032】

以下、第2のコイル23および一対の棒磁石24A、24Bによる磁界相互作用に基づき、円柱プラズマ22からシートプラズマ27に変形する方法について、図2を参照しつつ述べる。

【0033】

図2は、シートプラズマの形成法の概略を説明する模式図であり、図2（a）は、棒磁石のZ方向略中央付近のXY平面に平行な断面の模式図であり、図2（b）は、棒磁石のX方向略中央付近のYZ平面に平行な断面の模式図である。

【0034】

なお、図2中の符号 B_x 、 B_y および B_z は各々、図1中のX方向、Y方向およびZ方向の磁束密度ベクトル成分を表している。

【0035】

図2（b）から理解されたとおり、第2の電磁コイル23の磁界により、棒磁石24A、24Bに到達する前の円柱プラズマ22のZ方向に作用する初期の磁束密度成分 B_z0 が形成されている。このとき、初期の磁束密度成分 B_z0 と、一対の棒磁石24A、24Bが作るZ方向の磁束密度成分 B_z との間の大小関係を適正に保つように、第2の電磁コイル23の配置や第2の電磁コイル23の巻線に流す電流量を設定する必要がある。両者間の適正な関係を保たなければ、円柱プラズマ22をシートプラズマ27に変形する際の、プラズマの形態が乱れて（例えば、いわゆる角の発生）、主面Sに沿って、円柱プラズマ22を均一に広げ難くなると、考えられている。

【0036】

次に、図2（a）から理解されたとおり、XY平面上には、一対の棒磁石24A、24BのN極面から互いに輸送中心Pに近づく、磁束密度のY方向成分 B_y の対が形成される

10

20

30

40

50

とともに、これらの棒磁石 24 A、24 B の N 極面と平行に輸送中心 P から互いに離れる、磁束密度の X 方向成分 B_x の対が形成されている。

【0037】

磁束密度の Y 方向成分 B_y の対については、棒磁石 24 A、24 B の N 極面を互いに対向配置させていることから、これらの N 極面から輸送中心 P に近づくに連れて、その Y 方向成分に互いに相殺され、これらの磁束密度の Y 成分に適宜のマイナス勾配を持たせることができる。

【0038】

このような磁束密度の Y 方向成分 B_y の勾配は、図 2 (a) の矢印で示す如く、輸送中心 P に向かって Y 方向に円柱プラズマ 22 を圧縮する方向に荷電粒子を運動させ、これにより、円柱プラズマ 22 中の荷電粒子は、磁力線の回りを旋回しながら輸送中心 P の方向に進む。

10

【0039】

一方、磁束密度の X 方向成分 B_x の対については、棒磁石 24 A、24 B の配置やその磁場強度の適切な設計により、輸送中心 P から X 方向に離れるに連れて、これらの磁束密度の X 成分に適宜のマイナス勾配を持たせるように調整できる。

【0040】

このような磁束密度の X 方向成分 B_x の勾配は、図 2 (a) の矢印で示す如く、円柱プラズマ 22 を主面 S (XZ 平面) に沿って拡げる方向に荷電粒子を運動させ、これにより、円柱プラズマ 22 中の荷電粒子は、磁力線の回りを旋回しながら輸送中心 P から離れる方向に進む。

20

【0041】

こうして、円柱プラズマ 22 は、シートプラズマ変形室 20 を Z 方向に移動する間に、第 2 の電磁コイル 23 および棒磁石 24 A、24 B による磁界相互作用に基づいて、主面 S に沿ったシートプラズマ 27 に均一に変形される。なお、シートプラズマ 27 の幅、厚みおよび荷電粒子密度分布等は、これらの磁束密度 B_x 、 B_y 、 B_z 、 B_z0 を適宜変更することにより、調整可能である。

【0042】

このようにして変形されたシートプラズマ 27 は、図 1 に示す如く、シートプラズマ変形室 20 の Z 方向の他端と真空成膜室 30 の側壁との間に介在する、シートプラズマ 27 の通過用のスリット状のボトルネック部 28 を介して真空成膜室 30 へ引き出される。なお、ボトルネック部 28 の間隔 (Y 方向寸法) および厚み (Z 方向寸法) 並びに幅 (X 方向寸法) は、シートプラズマ 27 を適切に通過するように設計されている。

30

【0043】

またここでの真空成膜室 30 としては、例えば、シートプラズマ 27 中の Ar^+ の衝突エネルギーによりターゲット 35 B の Cu 材料をスパッタ粒子として叩き出す真空スパッタリング装置が採用されている。

【0044】

真空成膜室 30 は、Y 方向の軸を中心とした円柱状の減圧可能な、スパッタリングプロセス用の成膜空間 31 を有し、この成膜空間 31 は、バルブ 37 により開閉可能な排気口から真空ポンプ 36 (例えばターボポンプ) により真空引きされ、これにより、当該成膜空間 31 はスパッタリングプロセス可能なレベルの真空度にまで速やかに減圧される。

40

【0045】

ここで成膜空間 31 は、その機能上、上下方向 (Y 方向) において、ボトルネック部 28 の間隔に対応する水平面 (XZ 平面) に沿った中央空間を境にして、板状の銅製のターゲット 35 B を格納する囲い部により区画されたターゲット空間と、板状の基板 34 B を格納する囲い部により区画された基板空間と、に区別して理解され得る。

【0046】

要するに、ターゲット 35 B は、ターゲットホルダ 35 A に装着された状態において、中央空間の上方に位置するターゲット空間内に格納され、適宜のアクチュエータ (不図示

50

）によりターゲット空間内を上下（Ｙ方向）に移動可能に構成されている。一方、基板３４Ｂは、基板ホルダ３４Ａに装着された状態において、中央空間の下方に位置する基板空間内に格納され、適宜のアクチュエータ（不図示）により基板空間内を上下（Ｙ方向）に移動可能に構成されている。

【００４７】

なお上記中央空間は、真空成膜室３０においてシートプラズマ２７の主成分を輸送させる空間である。但し本実施の形態においては、後記のとおり、このシートプラズマ２７をコイル磁界により湾曲させることにより、このシートプラズマ２７の一部をターゲット空間に進入させても良い。

【００４８】

このようにして、ターゲット３５Ｂおよび基板３４Ｂは互いに、シートプラズマ２７の厚み方向（Ｙ方向）に一定の好適な間隔を隔てるようにして、このシートプラズマ２７（中央空間）を挟み、成膜空間３１内に対向して配置されている。

【００４９】

また、ターゲット３５Ｂは、スパッタリングプロセス中には、直流電源Ｖ３によりバイアス電圧（マイナス電圧）を給電され、これにより、シートプラズマ２７中の Ar^+ がターゲット３５Ｂに向かって引き付けられ、その結果、 Ar^+ とターゲット３５Ｂとの間の衝突エネルギーによりターゲット３５Ｂのスパッタ粒子（例えば銅粒子）が、ターゲット３５Ｂから基板３４Ｂに向かって叩き出される。

【００５０】

また、基板３４Ｂは、スパッタリングプロセス中には、直流電源Ｖ２によりバイアス電圧（マイナス電圧）を給電され、これにより、シートプラズマ２７により、電子を剥ぎ取られて電離されたスパッタ粒子（例えば銅イオン）が、基板３４Ｂに向かって加速され、この基板３４Ｂに対し付着強度を高めて堆積される。

【００５１】

次に、ボトルネック部２８から見て、Ｚ方向に対向する位置の真空成膜室３０の周辺構成を説明する。

【００５２】

当該位置の真空成膜室３０の側壁にはアノードＡが配置され、この側壁とアノードＡの間には、プラズマ通過用の通路２９が設けられている。

【００５３】

アノードＡは、カソードＫとの間で適宜のプラス電圧（例えば１００Ｖ）を印加され、これにより、カソードＫおよびアノードＡの間の直流アーク放電によるシートプラズマ２７中の荷電粒子（特に電子）を回収する役割を担っている。

【００５４】

また、アノードＡの裏面（カソードＫに対する対向面の反対側の面）には、アノードＡ側をＳ極、大気側をＮ極とした永久磁石３８が配置されている。このため、この永久磁石３８のＮ極から出てＳ極に入るＸＺ平面に沿った磁力線により、アノードＡに向かうシートプラズマ２７の幅方向（Ｘ方向）の拡散を抑えるようにシートプラズマ２７が幅方向に収束され、シートプラズマ２７の荷電粒子が、アノードＡに適切に回収され得る。

【００５５】

ここで、円形状の第３および第４の電磁コイル３２、３３（空心コイル；第２の磁界発生手段の対）は、互いに対をなして、真空成膜室３０は側壁を臨むようにして成膜空間３１を挟み、異極同士（ここでは、第３の電磁コイル３２はＮ極、第４の電磁コイルはＳ極）を向かい合わせ、かつこれらのコイル面３２Ａ、３３Ａの法線３２Ｂ、３３Ｂを、シートプラズマ２７の主面Ｓに対し、ＹＺ平面においてハの字状に傾斜させるよう、配置されている。

【００５６】

より詳しくは、第３の電磁コイル３２は、第３の電磁コイル３２の巻線が、一对の棒磁石２４Ａ、２４Ｂと真空成膜室３０との間のＺ方向の適所を取り囲むよう、かつ第３の電

10

20

30

40

50

磁コイル 3 2 のコイル面 3 2 A の法線 3 2 B (第 3 の電磁コイル 3 2 の中心軸) が、ターゲット 3 5 B 側にシートプラズマ 2 7 の主面 S と傾斜角 θ をなして延びるよう、配置されている。

【 0 0 5 7 】

また、第 4 の電磁コイル 3 3 は、第 4 の電磁コイル 3 3 の巻線が、真空成膜室 3 0 の側壁とアノード A との間の Z 方向の適所を取り囲むよう、かつ第 4 の電磁コイル 3 3 のコイル面 3 3 A の法線 3 3 B (第 4 の電磁コイル 3 3 の中心軸) が、ターゲット 3 5 B 側にシートプラズマ 2 7 の主面 S と傾斜角 θ をなして延びるよう、配置されている。

【 0 0 5 8 】

このような第 3 および第 4 の電磁コイル 3 2、3 3 の対の巻線に電流を流すことにより作られるコイル磁界 (例えば 1 0 G ~ 3 0 0 G 程度) によれば、シートプラズマ 2 7 の幅方向 (X 方向) については、シートプラズマ 2 7 は、真空成膜室 3 0 の成膜空間 3 1 を跨ぐように Z 方向に移動する間に、ミラー磁界として、その幅方向拡散を適切に抑えるように形状を整形されている。

【 0 0 5 9 】

また、シートプラズマ 2 7 の厚み方向 (Y 方向) については、第 3 および第 4 の電磁コイル 3 2、3 3 の、Y Z 平面における磁力線の主成分が法線 3 2 B、3 3 B の方向に沿って進むことから、このシートプラズマ 2 7 の荷電粒子も、こうした磁力線に巻き付いて進む。これにより、シートプラズマ 2 7 は、真空成膜室 3 0 の成膜空間 3 1 を跨ぐように Z 方向に移動する間に、シートプラズマ 2 7 の主面 S から凸状に偏倚して、この主面 S からターゲット 3 5 B に向かうよう、シートプラズマ 2 7 の厚み方向に突出した、略一定の曲率半径で扇状に湾曲した湾曲部 2 7 A を有することになる。

【 0 0 6 0 】

なおここでは、湾曲部 2 7 A は、シートプラズマ 2 7 の主面 S から最大に偏倚した頂上部 2 7 B を有しており、ターゲット 3 5 B の表面が、頂上部 2 7 B に位置するシートプラズマ 2 7 中の荷電粒子に曝されないよう、傾斜角 θ の上限は設定されている。

【 0 0 6 1 】

すなわち、第 3 および第 4 の電磁コイル 3 2、3 3 は、シートプラズマ 2 7 とターゲット 3 5 B との接触 (電気回路的に導通状態) を未然に回避して、ターゲット 3 5 B に適切にバイアス電圧 (マイナス電圧) を印加できるよう、その最大傾斜を適宜制限して配置されている。

【 0 0 6 2 】

以上に述べたシートプラズマ成膜装置 1 0 0 によれば、シートプラズマ 2 7 をコイル磁界に基づき湾曲させたことにより、基板上の微細な配線パターンの配線溝 (凹部断面溝) へのスパッタ粒子の堆積に際して、以下のような効果を奏すると、期待され、斯かる効果、後程述べる、配線溝へのスパッタ粒子堆積実験の結果により裏付けられている。

【 0 0 6 3 】

図 3 は、シートプラズマを湾曲させた場合と、そうさせなかった場合とにおいて、シートプラズマの荷電粒子によるスパッタリングターゲットの材料の飛散状況を概念的に描いた図であり、図 3 (a) は、シートプラズマを湾曲させた場合に相当する図であり、図 3 (b) は、シートプラズマを湾曲させなかった場合に相当する図である。

【 0 0 6 4 】

ここで、シートプラズマ 2 7 を湾曲させなかった場合には、シートプラズマ 2 7 中の正イオン (ここでは $A r^+$) は、図 3 (b) に示す如く、ターゲット 3 5 B の表面の略全域に対し垂直 (図 1 の Y 方向) に衝突することから、このような正イオン衝突エネルギーにより叩き出されるスパッタ粒子 (ここでは $C u$ 粒子) の角度分布は、ターゲット 3 5 B の表面全域に亘って同じ傾向を示す。そうであれば、ターゲット 3 5 B の表面全域において叩き出されたスパッタ粒子のうちの斜めにランダムに逸れた成分 (例えばターゲット 3 5 B の表面に対し斜めに大きく逸れた方向の成分) が、配線溝の内部に進入できずにこの配線溝の入口付近に堆積して、これにより、この部分を閉塞するといった銅金属埋め込み不良

10

20

30

40

50

を招くことが懸念される。

【 0 0 6 5 】

これに対して、シートプラズマ 2 7 を湾曲させた場合であっても、図 3 (a) に示す如く、シートプラズマ 2 7 から放出される正イオンは、ターゲット 3 5 B の表面の略全域に対し垂直に衝突して、このような正イオン衝突により叩き出されるスパッタ粒子は、図 3 (b) と同様に所定の角度分布を持ってシートプラズマ 2 7 に向けて放出される。その一方で、ターゲット 3 5 B の周辺部から放出され、シートプラズマ 2 7 に入ったスパッタ粒子は、図 3 (a) に示す如く、シートプラズマ 2 7 の傾斜した部分を斜めに跨ぐ際に電離され、その結果として、シートプラズマ 2 7 のレンズ作用により垂直直線性から若干斜めの指向性を持つと、考えられる。

10

【 0 0 6 6 】

具体的には、ターゲット 3 5 B の中央部からシートプラズマ 2 7 に向けて放出されるスパッタ粒子は、シートプラズマ 2 7 の平坦な部分を跨ぐことから、シートプラズマ 2 7 のレンズ作用に影響させずに、ターゲット 3 5 B の表面に対し垂直な方向を主成分とし、この方向を中心軸にして所定の角度分布を持つと、推認される。また、ターゲット 3 5 B の周辺部からシートプラズマ 2 7 に向けて放出されるスパッタ粒子は、シートプラズマ 2 7 の傾斜した部分を跨ぐことから、シートプラズマ 2 7 のレンズ作用により、所定の斜め方向を主成分とし、この方向を中心軸にして所定の角度成分を持つと、推認される。

【 0 0 6 7 】

ターゲット 3 5 B とシートプラズマ 2 7 との協働によるスパッタリング現象を以上の如く解すると、ターゲット 3 5 B の中央部付近から放出されるスパッタ粒子は、その主成分を基板 3 4 B に対し垂直に向けていることから、配線溝の底面に堆積し、ターゲット 3 5 B の周辺部付近から放出されるスパッタ粒子は、その主成分を基板 3 4 B に対し幾分斜めに向けていることから、配線溝の底面や側壁に堆積して好適であると、本件発明者等は予測している。なお、このような配線溝側壁へのスパッタ粒子斜め方向飛散は、配線溝にスパッタ粒子を堆積する際の被覆率の向上に寄与する。

20

【 0 0 6 8 】

一方、シートプラズマ 2 7 を湾曲させなかった場合 (図 3 (b)) に、配線溝内部に進入できず、その入口を塞ぐように斜め方向にランダムに逸れたスパッタ粒子は、今度は、シートプラズマ 2 7 を湾曲させた場合の図 3 (a) に示す如く、更に大きく斜め方向に逸れて最早、基板 3 4 B 上の配線溝に到達できなくなり、その結果として、銅金属埋め込み不良が改善されると、期待される。

30

【 0 0 6 9 】

このように、本実施形態のシートプラズマ成膜装置 1 0 0 は、シートプラズマ 2 7 を磁界に基づき湾曲させたことにより、配線溝へのスパッタリングによるスパッタ粒子の堆積に際して、スパッタ粒子の指向性を改善して、基板 3 4 B の配線溝へのスパッタ粒子の適正な埋め込み効果やスパッタ粒子による配線溝閉塞の改善効果が発揮される。

【 0 0 7 0 】

(配線溝へのスパッタ粒子堆積実験例)

図 4 は、シートプラズマを湾曲させた場合 (傾斜角 は略 1 0 °) と、そうさせなかった場合において、基板の配線溝への C u 粒子堆積実験結果の断面写真を模写した図であり、図 4 (a) は、シートプラズマを湾曲させた場合に相当する図であり、図 4 (b) は、シートプラズマを湾曲させなかった場合に相当する図である。

40

【 0 0 7 1 】

なお本堆積実験では、シートプラズマ 2 7 の湾曲の有無以外のパラメータ (例えば、真空度、ターゲット電圧、成膜時間および放電電流) については、両者間において同一にしている。

【 0 0 7 2 】

シートプラズマ 2 7 を湾曲させなかった場合の、基板 3 4 B の配線溝 5 0 への C u 粒子堆積実験結果によれば、図 4 (b) に示す如く、配線溝 5 0 の入口が C u 堆積膜 5 1 によ

50

り閉塞されることにより、配線溝 5 0 中の C u 堆積膜 5 1 の厚みが確保されず、この内部において空孔 5 2 の存在が確認された。

【 0 0 7 3 】

これに対し、シートプラズマ 2 7 を湾曲させた場合の、基板 3 4 B の配線溝 5 0 への C u 粒子堆積実験結果によれば、図 4 (a) に示す如く、C u 堆積膜 5 1 の配線溝 5 0 への適正な埋め込みが確認された。

【 0 0 7 4 】

また、図 4 (a) に示す如く、C u 堆積膜 5 1 による、配線溝 5 0 の入口閉塞という事態に至らないことも確認された。

【産業上の利用可能性】

10

【 0 0 7 5 】

本発明は、シートプラズマの移動方向を適切に調整でき、例えば、シートプラズマの荷電粒子によってターゲットをスパッタリングする真空スパッタリング装置に有用である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 6 】

【図 1】本発明の実施形態に係るシートプラズマ成膜装置の構成例を示す概略図である。

【図 2】シートプラズマの形成法の概略を説明する模式図である。

【図 3】シートプラズマを湾曲させた場合と、そうさせなかった場合とにおいて、シートプラズマの荷電粒子によるスパッタリングターゲットの材料の飛散状況を概念的に描いた図である。

20

【図 4】シートプラズマを湾曲させた場合と、そうさせなかった場合において、基板上の配線溝への C u 粒子堆積実験結果の断面写真を模写した図である。

【符号の説明】

【 0 0 7 7 】

1 1	フランジ
1 2	第 1 の電磁コイル
2 0	シートプラズマ変形室
2 1	輸送空間
2 2	円柱プラズマ
2 3	第 2 の電磁コイル
2 4 A、2 4 B	棒磁石
2 5、3 6	真空ポンプ
2 6、3 7	バルブ
2 7	シートプラズマ
2 7 A	湾曲部
2 7 B	頂点部
2 8	ボトルネック部
2 9	通路
3 0	真空成膜室
3 1	成膜空間
3 2	第 3 の電磁コイル
3 3	第 4 の電磁コイル
3 2 A、3 3 A	コイル面
3 2 B、3 3 B	法線
3 4 A	基板ホルダ
3 4 B	基板
3 5 A	ターゲットホルダ
3 5 B	ターゲット
3 8	永久磁石
4 0	プラズマガン

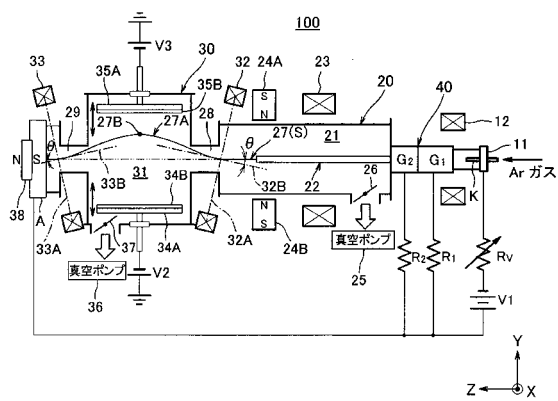
30

40

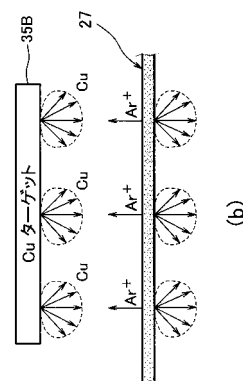
50

5 0	配線溝
5 1	Cu 堆積膜
5 2	空孔
1 0 0	シートプラズマ成膜装置
A	アノード
K	カソード
P	輸送中心
S	主面

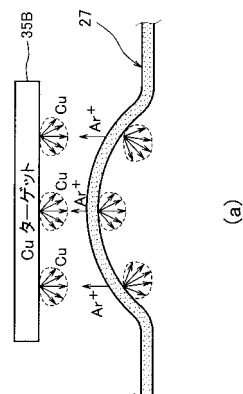
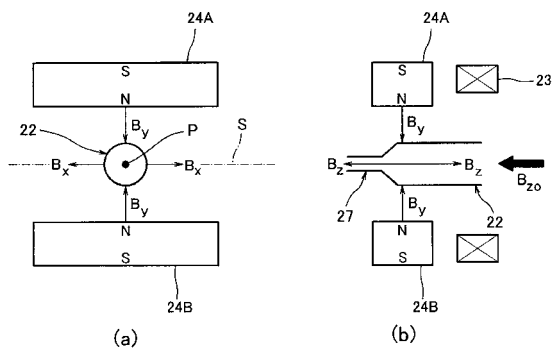
【図 1】



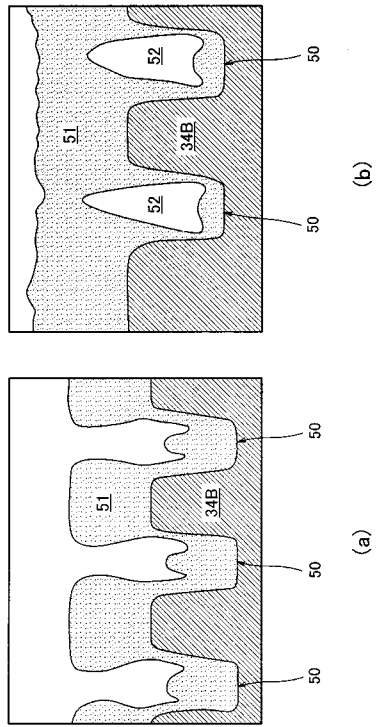
【図 3】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 寺倉 厚広
兵庫県宝塚市新明和町1番1号 新明和工業株式会社 開発センタ内
- (72)発明者 武内 清
兵庫県宝塚市新明和町1番1号 新明和工業株式会社 開発センタ内

審査官 松本 要

- (56)参考文献 特開平07-094451(JP,A)
特開平07-310186(JP,A)
特開平09-078230(JP,A)
特開昭61-257471(JP,A)
特開2005-179767(JP,A)
特開2003-264098(JP,A)
特公平04-023400(JP,B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------------|
| C23C | 14/00 - 14/58 |
| H01L | 21/285 |
| H05H | 1/48 |