

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3706148号  
(P3706148)

(45) 発行日 平成17年10月12日(2005.10.12)

(24) 登録日 平成17年8月5日(2005.8.5)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

C 2 3 C 14/34  
H O 1 L 21/203  
H O 1 L 21/285

C 2 3 C 14/34 U  
C 2 3 C 14/34 R  
H O 1 L 21/203 S  
H O 1 L 21/285 S

請求項の数 16 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平10-550642	(73) 特許権者	東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂5丁目3番6号
(86) (22) 出願日	平成10年5月21日(1998.5.21)	(74) 代理人	弁理士 浅村 皓
(65) 公表番号	特表2002-503289(P2002-503289A)	(74) 代理人	弁理士 浅村 肇
(43) 公表日	平成14年1月29日(2002.1.29)	(74) 代理人	弁理士 吉田 裕
(86) 国際出願番号	PCT/US1998/010417	(74) 代理人	弁理士 岩本 行夫
(87) 国際公開番号	W01998/053116	(72) 発明者	ランツマン、アレクザンダー、ディ アメリカ合衆国 ニューヨーク、ミドルタ ウン、ケネディ テラス 4
(87) 国際公開日	平成10年11月26日(1998.11.26)		
審査請求日	平成13年8月28日(2001.8.28)		
(31) 優先権主張番号	08/861,958		
(32) 優先日	平成9年5月22日(1997.5.22)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低圧スパッタリングの方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スパッタリング方法であって、  
真空スパッタリング・チャンバ内で、スパッタリング陰極アセンブリに取り付けられたスパッタリング被覆材料のターゲットに面して、基板を支持するステップと、  
チャンバ内に真空圧を確立するステップと、  
補助プラズマ電極からのRFエネルギーをチャンバ内のガスと結合するステップと、  
チャンバ内の圧力および補助プラズマ電極への電力を、チャンバ内のガス中でプラズマを点火するのに十分なレベルに制御するステップと、  
プラズマの点火に続いて、ターゲット電源によりターゲットに通電して、プラズマからのイオンによるターゲットからの被覆材料のスパッタを開始するステップと、  
ターゲットに通電しながら、圧力または補助プラズマ電極へのRF電力を、プラズマに点火するのに必要なレベルよりは低い、ターゲットから被覆材料をスパッタするようにプラズマを維持するのに必要なレベルよりは高いレベルまで低下させるステップと、  
1 mトル(0.133 N/m<sup>2</sup>)未満の圧力でターゲットから材料をスパッタするのに十分な程度にターゲットの通電を続け、それによりスパッタされた材料で基板を被覆するステップとを含む方法。

【請求項2】

圧力または補助プラズマ電極へのRF電力を低下させるステップが、圧力および補助プラズマ電極への電力をプラズマに点火するのに必要なレベルよりは低い、ターゲットから

10

20

被覆材料をスパッタするようにプラズマを維持するのに必要なレベルよりは高いレベルまで低下させるステップを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

スパッタリング・チャンバ内で、スパッタリング陰極アセンブリの近傍に補助プラズマ電極を設けるステップを更に含む、請求項 1 または請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

ターゲットの周縁の近傍、およびチャンバ内でターゲットの周囲の暗部シールドの近傍に補助プラズマ電極を設けるステップを更に含む、請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

ターゲットのスパッタリング表面を通る面の近傍に補助プラズマ電極を設けるステップを更に含む、請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

RF エネルギーが、ターゲットの周縁の近傍でそれを囲むスパッタリング材料の補助ターゲットにエネルギーを与えることにより、ガスに静電結合される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

RF エネルギーが、ターゲットの周縁の近傍でそれを囲むコイルにエネルギーを与えることにより、ガスに誘導結合される、請求項 1 から請求項 5 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

コイルが、スパッタリング陰極アセンブリの周辺でチャンバ内に対称に設け、区分された螺旋コイルである、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

陰極アセンブリが DC 電力で通電される、請求項 1 から請求項 8 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

陰極線アセンブリがパルス状 DC 電力で通電される、請求項 1 から請求項 9 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

基板にバイアスをかけるステップと、ターゲットから遠い点でターゲットからスパッタされた材料をイオン化するステップと、バイアスを制御して、イオン化したスパッタリング粒子を基板に向かって引きつけるステップを更に含む、請求項 1 から請求項 10 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

補助プラズマ電極への RF 電力を制御して、結合された RF エネルギーを変化させ、基板の蒸着率を制御するステップを更に含む、請求項 1 から請求項 11 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

プラズマが、チャンバ内の少なくとも  $1 \text{ mTorr}$  ( $0.133 \text{ N/m}^2$ ) の圧力が陰極を操作して点火され、チャンバ内の圧力が、陰極でスパッタリング・プラズマを生成するよう  $1 \text{ mTorr}$  以下に維持される、請求項 1 から請求項 12 までのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

スパッタリング装置であって、真空スパッタリング・チャンバと、チャンバ内のスパッタリング材料のターゲットを含むスパッタリング陰極アセンブリと、陰極アセンブリに接続された陰極電源と、チャンバ内へのガスの流れを制御し、チャンバ内の圧力に影響を与えるガス流制御部と、補助プラズマ電極と、電極に接続された RF エネルギー源と、ガス流制御部、電源および RF 源に接続されコントローラとを備え、コントローラが、RF 源が陰極アセンブリに隣接したプラズマを点火するレベルで RF 電極に通電する間、チャンバ内の圧力を制御するようにし、陰極電源が陰極アセンブリに通電してスパッタさせる間、

10

20

30

40

50

ガス流制御部がチャンバ内の圧力を1 mトル ( $0.133 \text{ N/m}^2$ ) 未満に維持するように構成されるスパッタリング装置。

【請求項15】

電極が、スパッタリング材料で作成されるか、少なくともそれで被覆された補助ターゲットであり、電極が、RFエネルギーをチャンバ内のガスと静電結合させて、その中のプラズマに点火し、それを維持するよう構成される、請求項14に記載の装置。

【請求項16】

電極が、ターゲットを囲み、その周辺に近いコイルであり、RFエネルギーをチャンバ内のガスに誘導結合して、その中のプラズマに点火し、それを形成する、請求項14に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

本発明は低圧スパッタリング、特に1.0ミリトル未満、特に0.05から0.5 mトル以下の範囲の圧力で高い縦横比機構のスパッタ被覆に於いてプラズマを点火し、プラズマを維持する方法および装置に関する。

発明の背景

超大規模集積(VLSI)半導体デバイスの製造においては、機構(features)はますます小さくなっている。現在、幅0.25から0.35ミクロン( $6.35 \sim 8.89 \times 10^{-9} \text{ m}$ )の範囲にある縦横比が高い機構の底部で、接点を金属被覆する必要がある。このような接点を、スパッタ被覆プロセスで金属被覆することが望ましいのは、スパッタリングが代替のプロセスに対して時間、費用および装置の単純さの面で商業的な利点を有するからであり、特に基板上のデバイスが化学蒸着(CVD)などの被覆プロセスに必要な高温に曝された場合に、損傷を受けるような場合は、なおさらである。しかし、縦横比が高く、機構のサイズ即ち寸法が小さくなるとともに、スパッタリング・プロセスに対する需要、およびスパッタする材料の方向性を高める必要が高まっている。ウェーハの台にRFでバイアスをかけることによって、粒子をイオン化し、基板に向かって電気的に加速するのも、スパッタされ、基板に向かって移動する粒子に望ましい垂直の方向性を維持するために提案された方法である。このような機構は、あまり成功せず、広く使用されているわけではない。

スパッタした粒子の路を基板に対して垂直に向ける方法は何であれ、スパッタリングに使用する1から3 mトル( $0.133 \sim 0.400 \text{ N/m}^2$ )という典型的な圧力で基板に向かって移動する粒子は、基板への途上でアルゴン・ガスの原子と衝突する。このような衝突によって、粒子は散乱する。散乱により、ある角度で基板に衝突する路に沿った粒子の多くが方向転換し、基板では、窪んだ機構に入ることがあり、したがって被覆することが好ましい底部ではなく、主に側壁に衝突してしまう。チャンバ内の圧力を低下させると、それに対応して粒子が遭遇する衝突数も低下する。しかし、1 mトル( $0.133 \text{ N/m}^2$ )未満の場合、DCまたはパルス状のDCプラズマを維持することが益々困難になって、陰極を改造する必要があり、費用および複雑さが増大する。さらに、プロセス圧力が低いと、成長する膜に組み込まれる不純物の量が少なくなり、膜の純度およびそのような膜で形成される集積デバイスの信頼性が向上することがよく知られている。

したがって、高縦横比の機構を被覆しなければならない場合に、スパッタされる材料の方向性を維持するという問題が残っており、スパッタリングを低圧で、とくに1 mトル以下で実行する場合に、プラズマを維持する必要もある。

欧州特許出願第0479189号は、半導体集積回路にエッチングを施すマグネトロン・プラズマ処理装置について記載している。装置は、真空チャンバおよびエッチング・ガス供給源、高周波(HF)電源に接続するか接地することができる底部電極、および接地するかHFで電力を供給できる頂部電極を備える。したがって、エッチング・プロセスは、陽極または陰極結合システムとして操作することができる。D1のHFの定義は、無線周波数を含む。好ましい使用圧力は10~100 mトルであり、圧力は高い方が好ましい。

欧州特許第0469469号は、半導体デバイスの製造方法について記載している。真空チャンバ、流量発生器を有する処理ガス入口、接地された電極およびRFエネルギー源およびマ

10

20

30

40

50

ッチングした回路を有するRF電極を備える装置が開示される。方法および装置は、スパッタリングの装置に使用することができる。しかし、そのように使用するためのプロセスのパラメータが開示されていない。

#### 発明の概要

本発明の主な目的は、VLSI半導体デバイスの高い縦横比機構 (high aspect ratio features) をスパッタリング被覆し、特にこのような機構の底部にある接点の方向性の高いスパッタリング被覆の有効性を向上させることである。本発明の特定の目的は、スパッタされる粒子の散乱を減少させ、スパッタリング被覆プロセスにおけるスパッタリング粒子の方向性を維持することである。

本発明の別の目的は、低圧プラズマ処理用途でプラズマを維持する方法および装置を提供することである。本発明のさらに特定の目的は、例えば0.05から0.5 mトル (0.0067 ~ 0.067 N/m<sup>2</sup>) の範囲以下など、1 mトル (0.133 N/m<sup>2</sup>) 未満の処理圧力で行う高縦横比の機構の被覆など、スパッタリング被覆の用途で、低圧プラズマを維持することである。

本発明の原理によると、基板に向かって移動するスパッタリング材料の方向性が失われる可能性は、通常は1から3 mトル (0.133 ~ 0.400 N/m<sup>2</sup>) 未満、例えば0.05から0.5 mトル (0.007 ~ 0.067 N/m<sup>2</sup>) の範囲内、およびさらに低圧という低圧でスパッタリングをすることにより低下する。本発明の別の原理によると、ターゲットから材料をスパッタするのに使用するガスをイオン化するのに使用する主なプラズマに加え、補助プラズマを提供することにより、低圧でプラズマが維持される。

本発明の好ましい実施形態によると、好ましくは0.05から0.5 mトル (0.007 ~ 0.067 N/m<sup>2</sup>) の範囲など、1 mトル (0.133 N/m<sup>2</sup>) 未満の圧力で、低圧スパッタリング被覆プロセスが提供され、DCまたはパルス状DCマグネトロンで強化したプラズマなどの主プラズマが、補助RFプラズマをターゲットの表面付近に設けることにより維持される。補助プラズマおよび低いスパッタリング圧力は、有効範囲および膜の品質を改良するためにバイアスをかけた基板と組み合わせると、特に有用である。補助プラズマは、誘導結合または静電結合することができる。プロセス・ガス圧を動的に制御して、補助プラズマの点火を容易にし、その後、プラズマを低圧に維持する。特に、プロセス・ガスは、補助プラズマの点火中に1 ~ 30 mトル (0.133 ~ 4.000 N/m<sup>2</sup>) の範囲に維持され、次に、処理のために1 mトル未満、好ましくは0.05から0.5 mトル (0.007 ~ 0.067 N/m<sup>2</sup>) の範囲に低下させる。さらに、ターゲットへの電力レベルを変動させることにより、蒸着率を制御する。

好ましい実施形態は、ターゲットの周囲にある単コイルに誘導結合されたRFエネルギーを使用して、補助プラズマを生成し、コイルはマグネトロンのターゲットおよび暗部シールドの近傍に配置することが好ましい。例えば区分した螺旋コイルなどの他の形態のコイルを使用してもよい。代替実施形態は、別個のRFターゲットに静電結合され、主ターゲットの縁の近傍に配置されたRFエネルギーを含み、別個のターゲットは主スパッタリング・ターゲットと同じ材料で作成する。

図2Cでは、コイル30aおよび30bのさらなる代替品、つまり環状補助ターゲット30cが図示される。ターゲット30cは、ターゲット16と同じ材料で作成することが好ましい。ターゲット30cは、RFエネルギーをガスと静電結合して補助プラズマを形成するよう、RFエネルギー源35の出力リード線と接続される。

処理ガス40の源は、流量制御デバイス41を通してチャンバ11に接続される。スパッタ処理の場合、供給源40からのガスは、通常、アルゴンなどの不活性ガスである。制御部41は、チャンバ11に入る少量のガスの流れを調整し、チャンバ11に接続した真空ポンプ (図示せず) を使用してチャンバを概ね排気して高度の真空にした後、チャンバ内の圧力を微制御する。

装置10は、主コントローラ50も含み、これは上述した構成要素の操作を整理し、制御するよう作動できる、マイクロプロセッサ・ベースのプログラマブル・コントローラであることが好ましい。コントローラ50は、陰極電源20および24、基板のバイアス電源

10

20

30

40

50

27、補助プラズマ・エレメント30およびガス流制御部41に通電するRF発電機、およびガス流制御部41への通電を制御する出力部を有する。本発明の特定の原理によると、コントローラ50は、ガス流制御部41を操作して、チャンバ内の圧力を1mトルと50mトル(0.133~6.666N/m<sup>2</sup>)との間まで上昇させ、次にRF発電機32がエレメント30に通電し、ターゲット16の表面のすぐ近傍でチャンバ11内に補助プラズマを点火し、維持するようプログラムされる。このプラズマが安定したら、コントローラ50によって圧力が0.5mトル(0.667N/m<sup>2</sup>)以下に低下し、主ターゲット16への電源20が起動してターゲット16に主プラズマを生成し、RF補助プラズマは、エレメント30と静電結合したRFエネルギーによって維持されて、主プラズマを点火して維持するが、これは他の方法では、1mトル(0.133N/m<sup>2</sup>)未満の圧力で

10

図3は、コントローラ50のプログラムが装置10を制御する方法を、より詳細に示す。図3で、曲線60は、コントローラ50からガス流制御部41への信号を表す。曲線60で、曲線は時間T1(サイクル開始)で開始し、時間T4(通常はT1から約2~5秒後)で終了する通常は約2から5秒間、高い流量値60aになる。曲線61では、圧力が時間T1で上昇し始め、時間T2の前にほぼ10~50mトル(1.333~6.666N/m<sup>2</sup>)の範囲にある所望の高い方の圧力に到達し、時間T4まで1mトル(1.33N/m<sup>2</sup>)より上の値にあり、T4で低下し始める。T4で、流量制御信号は低い流量制御値に変化し、これは通常、曲線60の60bで示すように、チャンバへ1~10sccm

20

という流れの信号を送ることによって達成される。これによって、チャンバ11内の圧力は、時間T4から時間T5でレベル61aからレベル61bへと低下する。曲線62は、RF源35からRFエレメント30へ送られるRF電力を表す。コントローラ50によって、RFエネルギーは、1~60MHzの範囲で、時間T2でゼロから、プラズマに点火するのに十分なレベル、通常は曲線62の62aで示すように1~5kWまで上昇する。このRF電力は、時間T3まで高レベル62aを維持し、時間T3は時間T1およびT2から0.5ないし3秒後である。時間T3から時間T8は、T3から約5~5秒後で、その間、RF電力レベルによって、レベル62aから低レベル62bへと減少し、それはプラズマを維持するのに必要な最低値から基板15への蒸着率を制御できる値との間の値である。このレベル62bは、通常、0.1~3kWで、周波数は1~

30

60MHzである。時間T3の前に、好ましくはプロセス・ガスの圧力が高レベル61aから低レベル61bへと低下する前に、ターゲット16へのDC電力は、曲線63に示すように、ゼロから作動電力レベル63aまで増加し、これは通常、一般に使用される直径12インチ(30.48cm)のターゲットでは0.5~30kWである。ターゲット電力の増加は、時間T9とT10の間、つまり最大約5秒以内に発生する。DC電力は、ターゲット16上に時間T6までレベル63aに維持され、それはウェーハ15が処理されるまでの時間であり、通常は時間T10から10秒ないし数分である。時間T6で、DC電力レベル63aがターゲット16から除去され、持続しているRF電力レベル62bは、時間T6以降に補助エレメント30から除去される。次に時間T7で、ガス流はゼロに減少し、そこにかかるガス圧は低い方のポンプ・ダウン圧力へと低下する。ウェーハが新しいものと交換されると、サイクルが繰り返される。

40



【 3 】

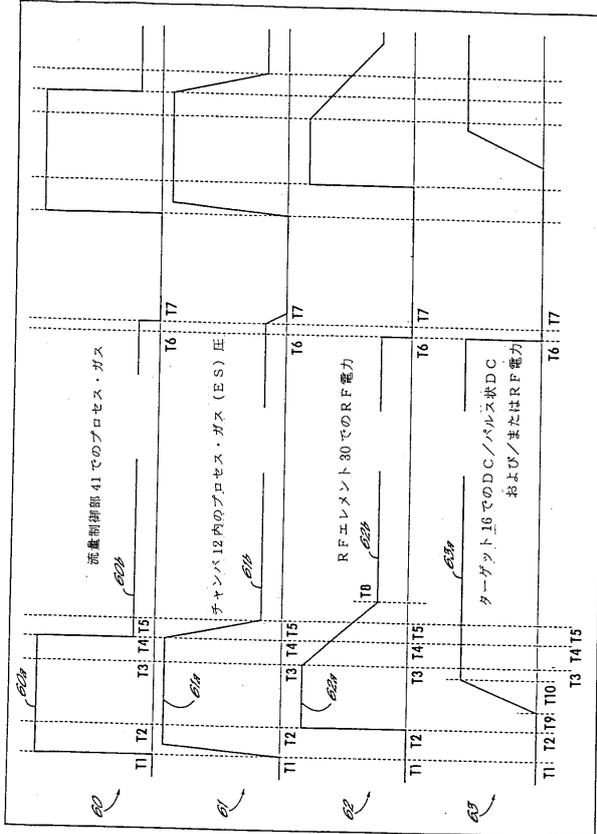


FIG. 3

---

フロントページの続き

審査官 新居田 知生

(56)参考文献 特開平06 - 108242 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

C23C 14/34