

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5159165号
(P5159165)

(45) 発行日 平成25年3月6日(2013.3.6)

(24) 登録日 平成24年12月21日(2012.12.21)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 21/88	B
HO 1 L 21/768 (2006.01)	C 2 3 C 14/04	Z
C 2 3 C 14/04 (2006.01)	C 2 3 C 14/14	B
C 2 3 C 14/14 (2006.01)	C 2 3 C 14/14	D
HO 1 L 21/285 (2006.01)	HO 1 L 21/285	S
請求項の数 5 (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2007-128493 (P2007-128493)	(73) 特許権者	000231464 株式会社アルバック
(22) 出願日	平成19年5月14日(2007.5.14)		神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地
(65) 公開番号	特開2008-283144 (P2008-283144A)	(74) 代理人	100102875 弁理士 石島 茂男
(43) 公開日	平成20年11月20日(2008.11.20)	(74) 代理人	100106666 弁理士 阿部 英樹
審査請求日	平成21年11月12日(2009.11.12)	(72) 発明者	佐々木 徳康 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 株式会社 アルバック内
		(72) 発明者	清水 三郎 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 株式会社 アルバック内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 凹部充填方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオン照射装置と、スパッタリングターゲットとを有する真空処理装置に、表面に凹部が形成された基板を配置する工程と、

前記スパッタリングターゲットをスパッタして前記凹部底面と前記凹部周囲の表面に薄膜を成長させる成膜工程と、

前記薄膜の表面上に前記イオン照射装置からイオン化したエッチングガスを入射させ、前記薄膜の前記凹部上に突き出されたオーバーハング部を除去するエッチング工程とを有し、

前記成膜工程と前記エッチング工程とを2回以上交互に繰り返す凹部充填方法。

10

【請求項 2】

イオン照射装置と、スパッタリングターゲットとを有する真空処理装置に、表面に凹部が形成された基板を配置し、

前記スパッタリングターゲットをスパッタして前記凹部底面と前記凹部周囲の表面に薄膜を成長させながら、前記イオン照射装置から前記薄膜の表面上にイオン化したエッチングガスを入射させる凹部充填方法。

【請求項 3】

イオン化した前記エッチングガスを、200 eV以上7000 eV以下のイオンエネルギーになるように加速して入射させる請求項1又は請求項2のいずれか1項記載の凹部充填方法。

20

【請求項4】

前記エッチングガスとして、Arと、Neと、Krとからなる希ガス群より選択されるいずれか1種類以上の希ガスを用いる請求項1又は請求項2のいずれか1項記載の凹部充填方法。

【請求項5】

Cuと、Alと、Tiと、Taと、Wと、Mnと、Zrと、Hfと、Vと、Agと、Pdと、Ptと、Auと、Mgと、Coと、Niとからなる金属元素群より選択されるいずれか1種の金属元素を含有する前記薄膜を成長させる請求項1乃至請求項4のいずれか1項記載の凹部充填方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は成膜方法に関し、特に、ビアホールやトレンチホール等の凹部を充填する成膜方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、ビアホールやトレンチホール等の凹部を充填し、配線膜を形成する方法としては、基板にRF又はDC電圧(バイアス電圧)を印加して、ターゲットをスパッタリングする方法が用いられている。

【0003】

基板にバイアス電圧を印加すると、スパッタリングに生成されるプラズマ中のイオンが基板に引き込まれる。凹部の開口部に形成される張り出し部分(オーバーハング部)が該イオンでスパッタリング、除去されるため、凹部の内部まで金属を充填することができる。

20

【0004】

しかし、基板に印加するバイアス電圧は150V程度が限界なため、このような小さいバイアス電圧では、十分にオーバーハング部を除去されない。

【0005】

近年、半導体構造の微細化に伴い、凹部の開口も小径になっているため、オーバーハング部が十分に除去されないと、凹部が金属で充填される前に開口が塞がってしまう。

【0006】

30

現状では、スパッタリングのようなドライプロセスで凹部を充填することは不可能なため、スパッタリングで凹部内部に下地の金属膜を形成した後、メッキ(ウェットプロセス)で凹部を金属で充填している。

工程の簡素化及び環境の配慮から、凹部の充填を一貫してドライプロセスで行うことが求められていた。

【0007】

先行技術の一例として、ターゲットをスパッタリングして基板表面に薄膜を形成する際に、基板表面に横方向から(基板面に対して0°~30°の角度、即ち60°~90°の入射角の範囲で)イオンビームを照射し、基板に形成された微細構造溝即ちトレンチの開目録部に堆積したスパッタリング粒子を除去し、配線薄膜を形成できるようにしたものが知られている(特許文献1参照)。

40

【0008】

また、別の先行技術としては、半導体基板上に層間絶縁膜を形成し、配線溝を形成し、かかる配線溝内にCuを堆積して埋め込み、CMP(化学機械研磨chemical mechanical polishing)法などにより層間絶縁膜上のCu導電膜を除去して配線溝内にCu配線を形成する方法、及び半導体基板上に形成した層間絶縁膜上に有機化合物膜を形成し、該有機化合物膜に貫通する配線溝を形成し、配線溝にCu配線材料を埋め込んで配線層を形成し、有機化合物膜上のCu配線材料をCMP法やRIE法によって除去し、そして有機化合物膜を除去してCu配線を形成する方法が知られている(特許文献2参照)。

50

【 0 0 0 9 】

さらにまた、基板表面に形成したCu層上に、形成すべきCu配線に相応したマスクを形成し、マスクで覆われていないCu層を、プラズマでヨウ素を含む反応性ガスを分解してヨウ素とCuとを反応させて、CuI_xを生成し、こうして生成されたCuI_xを洗浄処理することでCu配線を形成する方法も知られている（特許文献3及び特許文献4参照）。

【 0 0 1 0 】

しかし、上記で挙げた各特許文献に提案されている先行技術による方法及び装置では、現状で要求されている配線の微細化より更に高い微細構造には必ずしも対処できないだけでなく、処理工程の数が多く、装置の構造が複雑であるため、配線形成に手間がかかり、コストが高くなるという問題がある。

10

【 0 0 1 1 】

特に、微細化の進む半導体集積回路における配線の形成において、スパッタリング、ALD法（原子層蒸着法、Atomic Layer Deposition）、CVD法（化学気相蒸着法、Chemical Vapor Deposition）等従来の成膜方法により被覆膜を形成する場合にビアホールやトレンチの開口部におけるオーバーハングや非対称性を簡単かつ低コストで如何に改善できるようにするかが重要である。

【特許文献1】特開平 11 - 140640 公開特許公報

【特許文献2】特開 2000 - 124218 公開特許公報

【特許文献3】特開 2004 - 6441 公開特許公報

20

【特許文献4】特開 2004 - 6443 公開特許公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

本発明は、半導体構造の微細化に対応でき、しかも基板上に形成した被覆膜におけるビアホールやトレンチの開口部におけるオーバーハングや非対称性を改善できる成膜方法及び装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

基板にバイアス電圧を印加することによって、イオンを基板に引き込み、被覆膜の形状を所望の形状に改善する公知の技術においては、基板のバイアス電位はたかだか150V程度までである。

30

【 0 0 1 4 】

基板上に下層としてTi膜を厚さ10nmに形成し、その上にCu層を厚さ45nmに形成し、55～60nmの微細溝（トレンチ）を備えた試料と、基板上にTi膜を厚さ30nmに形成し、55～60nmの微細溝（トレンチ）を備えた試料とを用意し、この試料に対してイオンミリング法を用いてTi層及びCu層の形状変化を観察した。この場合、加速電圧は200eVにし、照射イオンとしてはアルゴンイオンを使用し、イオン電流密度は0.4mA/cm²である。

【 0 0 1 5 】

40

前者の試料では、トレンチにおけるオーバーハングの形状も開口幅も変化なかった。一方後者の試料ではTi層に対してトレンチの開目録部のエッチングは進んだが鋭角的な開口エッチング形状は得られなかった。

【 0 0 1 6 】

このことから、加速電圧200eV程度の低エネルギーのアルゴン粒子では、Cu被覆膜に対してトレンチの開口部のオーバーハングの形状及び開口幅を変えることができず、またTi被覆膜ではトレンチの開口部の鋭角的な開口エッチング形状が得られないことがわかった。

【 0 0 1 7 】

上記課題を解決するために本発明は、イオン照射装置と、スパッタリングターゲットと

50

を有する真空処理装置に、表面に凹部が形成された基板を配置する工程と、前記スパッタリングターゲットをスパッタして前記凹部底面と前記凹部周囲の表面に薄膜を成長させる成膜工程と、前記薄膜の表面上に前記イオン照射装置からイオン化したエッチングガスを入射させ、前記薄膜の前記凹部上に突き出されたオーバーハング部を除去するエッチング工程とを有し、前記成膜工程と前記エッチング工程とを2回以上交互に繰り返す凹部充填方法である。

本発明は、イオン照射装置と、スパッタリングターゲットとを有する真空処理装置に、表面に凹部が形成された基板を配置し、前記スパッタリングターゲットをスパッタして前記凹部底面と前記凹部周囲の表面に薄膜を成長させながら、前記イオン照射装置から前記薄膜の表面上にイオン化したエッチングガスを入射させる凹部充填方法である。

10

本発明は凹部充填方法であって、イオン化した前記エッチングガスを、200 eV以上7000 eV以下のイオンエネルギーになるように加速して入射させる凹部充填方法である。

本発明は凹部充填方法であって、前記エッチングガスとして、Arと、Neと、Krとからなる希ガス群より選択されるいずれか1種類以上の希ガスを用いる凹部充填方法である。

本発明は凹部充填方法であって、Cuと、Alと、Tiと、Taと、Wと、Mnと、Zrと、Hfと、Vと、Agと、Pdと、Ptと、Auと、Mgと、Coと、Niとからなる金属元素群より選択されるいずれか1種の金属元素を含有する前記薄膜を成長させる凹部充填方法である。

20

【発明の効果】

【0018】

成膜工程と、エッチング工程とを同時、又は交互に繰り返すことで、ドライプロセスだけで凹部を隙間無く充填することができる。凹部に充填された金属膜には空隙が無いから、金属膜の凹部に充填された部分を分離して形成された配線膜は低抵抗であり、かつ、基板に対する密着性も高い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

図1の符号1は本発明に用いる成膜装置の一例を示している。

成膜装置1は搬送室5を有しており、搬送室5には、1又は複数の成膜室2a~2cと、1又は複数のエッチング室4a~4cと、搬出入室7a、7bとが、真空バルブ8を介してそれぞれ接続されている。

30

【0020】

搬送室5と、各成膜室2a~2cと、各エッチング室4a~4cと、各搬出入室7a、7bには、それぞれ真空排気系9が接続されており、真空排気系9によって搬送室5と、各成膜室2a~2cと、各エッチング室4a~4cと、各搬出入室7a、7bの内部を真空排気し、真空雰囲気を形成することができる。

【0021】

搬送室5の内部には不図示の搬送口ポットが配置されている。真空バルブ8を開け、成膜室2a~2cと、エッチング室4a~4cと、搬出入室7a、7bを搬送室5に接続すると、基板11を大気に曝すことなく、搬送口ポットによって、成膜室2a~2cと、エッチング室4a~4cと、搬出入室7a、7bの間との間で搬送することができる。

40

【0022】

図2は成膜室2a~2cの内部を示す断面図である。ここでは、各成膜室2a~2cの内部に配置された部材は同じであり、同じ部材には同じ符号を付して説明する。

成膜室2a~2cの内部にはステージ22が配置され、成膜室2a~2c内部のステージ22と対面する位置にターゲット25とが配置されている。

【0023】

ステージ22はバイアス電源23に接続されており、ステージ22上に成膜対象物を配置すると、成膜対象物はステージ22を介してバイアス電源23に電氣的に接続され、バ

50

イアス電源 23 から直流 (DC) 又は交流 (RF) のバイアス電圧が印加される。

【0024】

ターゲット 25 はスパッタ電源 26 に接続されている。成膜室 2a ~ 2c にはガス供給系 29 が接続されており、成膜室 2a ~ 2c 内部を真空排気しながら、ガス供給系 29 からスパッタリングガスを供給するとターゲット 25 がスパッタリングされ、スパッタ粒子が放出される。

このとき、成膜対象物にバイアス電圧を印加しておくこと、スパッタ粒子は成膜対象物表面に略垂直に入射し、薄膜が成長する。

【0025】

ここでは、成膜室 2a ~ 2c 外部のターゲット 25 裏面位置には磁界形成手段 28 が配置され、スパッタリング時には、磁界形成手段 28 が形成する磁界によってターゲット 25 表面にプラズマが補足され、スパッタリング速度が速い。

10

【0026】

図 3 はエッチング室 4a ~ 4c の内部を示す断面図であり、各エッチング室 4a ~ 4c の内部に配置された部材は同じであり、同じ部材には同じ符号を付して説明する。

エッチング室 4a ~ 4c の内部には、イオン照射装置 50 が配置されている。ここでは、イオン照射装置 50 は、放電容器 51 と、放電電極 53 と、引き出し電極 61 ~ 63 とを有している。

【0027】

放電容器 51 は筒状であって、筒の一端の開口 (放出口) 55 をステージ 42 に向けて配置されている。放電電極 53 はコイル状であって、放電容器 51 の外周に巻き回されている。放電電極 53 は RF 電源 54 に接続されている。

20

【0028】

放電容器 51 の内部空間にはエッチングガス供給系 59 が接続されており、エッチング室 4a ~ 4c の内部に真空雰囲気を形成した状態で、放電容器 51 の内部にエッチングガスを供給し、放電電極 53 に高周波電圧を印加すると、エッチングガスがイオン化する。

【0029】

各引き出し電極 61 ~ 63 は、放電電極 53 と放出口 55 との間の位置で、放電容器 51 の中心軸線に沿って並べられている。

ここでは、各引き出し電極 61 ~ 63 は多孔板 (マルチアパーチャー) で構成され、イオン化したエッチングガスは、各引き出し電極 61 ~ 63 の孔を通過してから、放出口 55 から放出されるようになっている。

30

【0030】

各引き出し電極 61 ~ 63 は加速電源 65 に接続されている。加速電源 65 は互いに隣接する引き出し電極 61 ~ 63 に対して極性又は大きさの異なる電圧を印加するように構成されている。

【0031】

ここでは、引き出し電極 61 ~ 63 の数は 3 つであり、加速電源 65 は、放電電極 53 側の引き出し電極 61 に正電圧を印加し、放出口 55 側の引き出し電極 63 をエッチング室 4a ~ 4c と同じ接地電位に接続し、それらの引き出し電極 61、63 の間の引き出し電極に負電圧を印加するように設定されている。

40

【0032】

イオン化したエッチングガスは引き出し電極 61 ~ 63 のリング内側を通過する時に、電位差によって加速される。従って、放出口 55 からは加速されたイオンが放出される。

エッチング室 4a ~ 4c の内部には、放出口 55 と対面するステージ 42 が配置されており、放出口 55 から放出されたイオンは、ステージ 42 上に配置された成膜対象物に入射する。

【0033】

次に、この成膜装置 1 を用いて凹部を充填する工程について説明する。

図 4 (a) の符号 11 は本発明に用いる基板の一例を示しており、基板 11 の表面には

50

、溝又は有底の孔（凹部 1 2）が形成されている。ここでは、基板 1 1 の表面には T a , T i 等のバリア膜 1 3 が形成されているが、その膜厚は凹部 1 2 を充填しない程を薄く、凹部 1 2 の開口は露出している。

【 0 0 3 4 】

この状態の基板 1 1 を複数枚カセットに配置し、基板 1 1 が配置されたカセットを一方又は両方の搬出入室 7 a、7 b 内部に配置する。

搬送室 5 と、各成膜室 2 a ~ 2 c と、各エッチング室 4 a ~ 4 c と、搬出入室 7 a、7 b 内部を真空排気し、所定圧力の真空雰囲気を形成してから、搬出入室 7 a から基板 1 1 を取り出し、成膜室 2 a ~ 2 c に搬入する。

【 0 0 3 5 】

ここでは、ターゲット 2 5 として、C u を主成分とするターゲット 2 5 が配置されている。

真空排気しながらスパッタリングガスを供給し、成膜室 2 a ~ 2 c 内部に所定圧力の成膜雰囲気を形成する。基板 1 1 にバイアス電圧を印加し、ターゲット 2 5 をスパッタリングすると、スパッタ粒子は基板 1 1 表面に略垂直に入射するため、スパッタ粒子は、凹部 1 2 周囲の基板 1 1 表面上だけでなく、凹部 1 2 の内部にも入射し、金属膜が成長する（成膜工程）

図 4（b）は基板 1 1 表面に金属膜 1 5 が形成された状態を示しており、金属膜 1 5 は、基板 1 1 の表面上と、凹部 1 2 の底面と、凹部 1 2 の側壁に形成されている。

【 0 0 3 6 】

スパッタリングを続けると、基板 1 1 表面上に成長する金属膜 1 5 が、凹部 1 2 上で側方にも成長して、凹部 1 2 上に張り出すオーバーハング部 1 9 が形成される。

【 0 0 3 7 】

本発明では、凹部 1 2 の開口がオーバーハング部 1 9 で塞がれる前に、スパッタリングを停止し、金属膜 1 5 の成長を停止させる。

成膜室 2 a ~ 2 c を真空排気した後、金属膜 1 5 が形成された基板 1 1 をエッチング室 4 a ~ 4 c に搬入し、金属膜 1 5 が形成された面を放出口 5 5 に向けた状態でステージ 4 2 に乗せる。

【 0 0 3 8 】

図 4（b）の符号 c は放出口 5 5 から放出されたイオンの飛行方向を示しており、ここでは飛行方向 c は放電容器 5 1 の中心軸線と平行である場合を示している。

【 0 0 3 9 】

イオン照射装置 5 0 と、ステージ 4 2 との位置関係は、ステージ 4 2 上の基板 1 1 表面に対して垂直な垂線 A と、飛行方向 c とが成す入射角度 が 0° 以上 30° 以下になるように設定されている。図 4（b）は、垂線 A と、飛行方向 c が一致し、入射角度 がゼロの状態を示している。

【 0 0 4 0 】

放電容器 5 1 に A r、N e、K r 等の希ガスからなるエッチングガスを供給し、該エッチングガスをイオン化し、イオンエネルギーが、 200 eV 以上 10000 eV 以下、より好ましくは 200 eV 以上 7000 eV 以下になるように、加速電源 6 5 から引き出し電極 6 1 ~ 6 3 に電圧を印加する。

【 0 0 4 1 】

金属膜 1 5 には、 200 eV 以上 10000 eV 以下の高エネルギーのエッチングガスイオンが、 0° 以上 30° 以下の入射角度 で入射し、オーバーハング部 1 9 がエッチング除去される（エッチング工程）。

このとき、基板 1 1 表面と凹部 1 2 の側面及び底面は金属膜 1 5 で覆われているから、基板 1 1 はイオンによってダメージを受けない。

【 0 0 4 2 】

イオンは凹部 1 2 の内部にも入射するため、凹部 1 2 底面上に形成された金属膜 1 5 もエッチングされる。しかし、凹部 1 2 の側壁及び底面上の金属膜 1 5 がエッチングされる

10

20

30

40

50

ときには、エッチングによって放出される金属粒子が、凹部 1 2 の壁面上及び底面上の金属膜 1 5 に再付着するため、膜厚減少量が小さく、しかも、エッチング後は、凹部 1 2 内の金属膜 1 5 の非対称性が改善される。

【 0 0 4 3 】

オーバーハング部 1 9 が除去され、基板 1 1 表面上の金属膜 1 5 が完全に除去される前に、基板 1 1 表面上へのイオンの入射を停止させ、エッチング工程を終了する。

【 0 0 4 4 】

図 4 (c) はエッチング工程終了後の状態を示しており、この基板 1 1 を再び成膜室 2 a ~ 2 c に搬入してターゲット 2 5 をスパッタリングする。オーバーハング部 1 9 は除去されているから、スパッタ粒子が凹部 1 2 内に到達し、凹部 1 2 底面上の金属膜 1 5 が成長する (図 4 (d)) 。

10

【 0 0 4 5 】

凹部 1 2 がオーバーハング部 1 9 で塞がれる前に、成膜工程を終了し、成膜室 2 a ~ 2 c からエッチング室 4 a ~ 4 c に戻し、上述したエッチング工程でオーバーハング部 1 9 を除去する。

成膜工程とエッチング工程とを、凹部 1 2 底面上の金属膜 1 5 が成長し、凹部 1 2 が金属膜 1 5 で充填されるまで交互に繰り返す。図 4 (e) は凹部 1 2 が金属膜 1 5 で充填された状態を示している。この状態では、各凹部 1 2 に充填された金属膜 1 5 と、基板 1 1 表面上に形成された金属膜 1 5 は一体になっている。

【 0 0 4 6 】

20

凹部 1 2 が金属膜 1 5 で充填された状態の基板 1 1 を成膜装置 1 から取り出し、CMP (化学的機械研磨) 法や物理的研磨法で、バリア膜 1 3 が露出するまで金属膜 1 5 を削り、基板 1 1 表面上の金属膜 1 5 を除去すると、各凹部 1 2 に充填された金属膜 1 5 が互いに分離され、配線膜となる (図 5) 。

【 実施例 】

【 0 0 4 7 】

図 4 (a) 、 (b) の工程で金属膜 1 5 として純銅膜を成膜した後、イオンエネルギーとイオン照射時間を変えてエッチングを行った後、凹部 1 2 の開口と断面を電子顕微鏡で観察した。

図 6 (a) ~ (d) はイオンエネルギーが 3 0 0 e V であり、照射時間がそれぞれゼロ、1 5 秒、3 0 秒、4 5 秒の時の電子顕微鏡写真である。

30

【 0 0 4 8 】

図 7 (a) ~ (d) と図 8 (a) ~ (d) はイオンエネルギーが 1 0 0 0 e V 、照射時間がそれぞれゼロ、8 秒、1 5 秒、3 0 秒の時の凹部 1 2 の開口及び断面の電子顕微鏡写真である。

図 9 (a) ~ (d) と図 1 0 (a) ~ (d) は、イオンエネルギーが 2 0 0 0 e V 、照射時間がそれぞれゼロ、1 5 秒、3 0 秒、6 0 秒の時の凹部 1 2 の開口及び断面の電子顕微鏡写真である。

【 0 0 4 9 】

図 1 1 (a) ~ (d) 、図 1 2 (a) ~ (d) はイオンエネルギーが 3 0 0 0 e V 、照射時間がそれぞれ 2 0 秒、4 0 秒、6 0 秒、9 0 秒の時の凹部 1 2 の開口及び断面の電子顕微鏡写真である。

40

【 0 0 5 0 】

図 6 を見ると、イオンエネルギー 3 0 0 e V では、エッチングによるオーバーハング部 1 9 の減少量は少ないものの、凹部 1 2 底部分の金属膜 1 5 の非対称性が改善され、底部分に金属膜 1 5 が均一に充填されることが分かる。

【 0 0 5 1 】

図 7 ~ 図 1 2 を見ると、凹部 1 2 底部の金属膜 1 5 の非対称性が改善された上に、エッチングによってオーバーハング部 1 9 が減少しており、その減少量はイオンエネルギーが大きい程大きいことが変わる。

50

特に、イオンエネルギーが3000 eVと高エネルギーの場合、ボトムカバレッジも保持され、凹部12底部のエッチング量が少ないことが分かる。

【0052】

以上は、成膜工程とエッチング工程とを別々の真空槽で行う場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

図13の符号70は本発明に用いる成膜室の他の例を示している。この成膜室70の内部には、ターゲット25と、イオン照射装置50の両方が配置されている。

【0053】

イオン照射装置50は、ステージ42上の基板11への入射角度が0°以上30°以下になるように配置され、ターゲット25はステージ42上の基板11にスパッタ粒子が到達するように、表面がステージ42に向けられている。

10

【0054】

ここでは、イオン照射装置50は放出口55がステージ42真上に位置するように配置され、ターゲット25はステージ42の真上から離れた位置で、スパッタリングされる面が基板11表面に対して傾けられているが、ターゲット25をステージ42真上に配置し、放出口55をステージ42の真上から離れた位置に配置してもよい。

【0055】

この成膜室70では、同じステージ42上の基板11に、ターゲット25からのスパッタ粒子と、イオン照射装置50からのイオンの両方が到達する。従って、基板11を搬送しなくても、成膜工程とエッチング工程を交互に行うことが可能である。

20

【0056】

また、ターゲット25をスパッタリングしながら、放出口55からイオン化されたエッチングガスを放出して、成膜工程とエッチング工程とを同時に行えば、オーバーハング部19は成長する前に、エッチングガスのイオンでエッチングされるので、凹部12の開口は塞がれず、凹部12を金属膜15で充填することができる。

【0057】

更に、イオン照射装置50と、ターゲット25とを、エッチングガスのイオンと、スパッタリング粒子を成膜室70内部の異なる位置に到達するように配置し、基板11をエッチングガスのイオンが到達する位置と、スパッタリング粒子が到達する場所に交互に搬送(例えば回転)することで、成膜工程とエッチング工程とを交互に行うこともできる。

30

【0058】

以上は、金属膜15として純銅膜を形成する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

Cuと、Alと、Tiと、Taと、Wと、Mnと、Zrと、Hfと、Vと、Agと、Pdと、Ptと、Auと、Mgと、Coと、Niとからなる群より選択される1種以上の金属材料を含有するターゲット25をスパッタリングし、Cuと、Alと、Tiと、Taと、Wと、Mnと、Zrと、Hfと、Vと、Agと、Pdと、Ptと、Auと、Mgと、Coと、Niとからなる群より選択される1種以上の金属材料を含有する金属膜15を形成することもできる。

【0059】

更に、成膜工程でターゲット25をスパッタリングする際に、N₂、NH₃等窒化ガス、O₂、O₃、H₂O等の酸化ガスのいずれか一方又は両方を成膜室2a~2c内部に供給し、金属の窒化物と、金属の酸化物のいずれか一方又は両方を含む金属膜15を成膜してもよい。

40

【0060】

また、成膜方法はスパッタリング法に限定されない。基板11を、金属膜材料(例えば上述した金属材料)の蒸気と、金属膜材料と反応する反応ガス(例えば上述した窒化ガスや酸化ガス)に交互に曝して、金属膜材料と反応ガスの反応生成物の膜を形成するALD法、基板を金属膜材料の蒸気と、反応ガスに同時に曝して反応生成物の膜を生成するCVD法等で金属膜15を成膜することもできる。

【0061】

50

金属膜 15 はバリア膜 13 に密着形成する場合に限定されず、バリア膜 13 が形成されず、基板 11 が露出するものを成膜対象物として用い、金属膜 15 を基板 11 に密着形成してもよい。

【0062】

エッチング工程の入射角度も特に限定されないが、入射角度が 30° を超えると、イオンの凹部 12 入射量が小さくなり、オーバーハング部 19 の除去量と、凹部 12 底部の非対称性の改善が劣るので、入射角度は 0° 以上 30° 以下が望ましい。

更に、エッチング工程で、基板 11 に直流又は交流のバイアス電圧を印加しながら、エッチングガスのイオンを入射させてもよい。

【図面の簡単な説明】

10

【0063】

【図1】本発明に用いる成膜装置の一例を示す平面図

【図2】成膜室の一例を示す断面図

【図3】エッチング室の一例を示す断面図

【図4】(a)~(e)：凹部を充填する工程を説明するための断面図

【図5】配線膜が形成された状態の基板を示す断面図

【図6】(a)~(d)：イオンエネルギーが 300 eV 、照射時間がゼロ、15秒、30秒、45秒の時の凹部の断面を撮影した電子顕微鏡写真

【図7】(a)~(d)：イオンエネルギーが 1000 eV 、照射時間がゼロ、8秒、15秒、30秒の時の凹部の開口を撮影した電子顕微鏡写真

20

【図8】(a)~(d)：イオンエネルギーが 1000 eV 、照射時間がゼロ、8秒、15秒、30秒の時の凹部の断面を撮影した電子顕微鏡写真

【図9】(a)~(d)：イオンエネルギーが 2000 eV 、照射時間がゼロ、15秒、30秒、60秒の時の凹部の開口を撮影した電子顕微鏡写真

【図10】(a)~(d)：イオンエネルギーが 2000 eV 、照射時間がゼロ、15秒、30秒、60秒の時の凹部の断面を撮影した電子顕微鏡写真

【図11】(a)~(d)：イオンエネルギーが 3000 eV 、照射時間が20秒、40秒、60秒、90秒の時の凹部の開口を撮影した電子顕微鏡写真

【図12】(a)~(d)：イオンエネルギーが 3000 eV 、照射時間が20秒、40秒、60秒、90秒の時の凹部の断面を撮影した電子顕微鏡写真

30

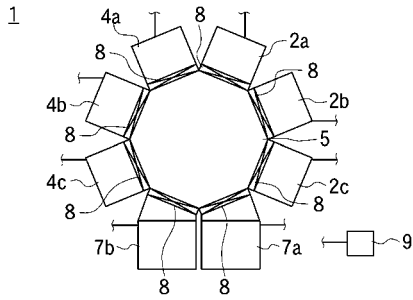
【図13】成膜室の他の例を示す断面図

【符号の説明】

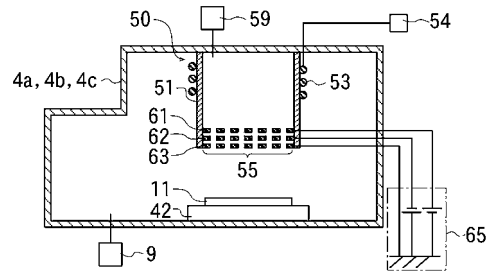
【0064】

11 基板 12 凹部 15 金属膜

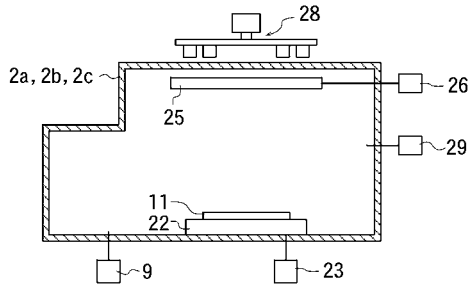
【図 1】



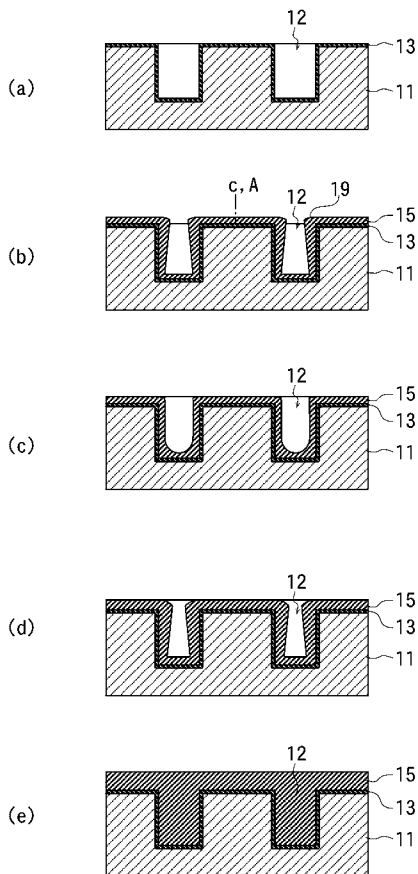
【図 3】



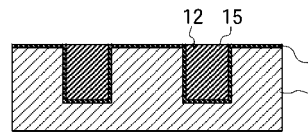
【図 2】



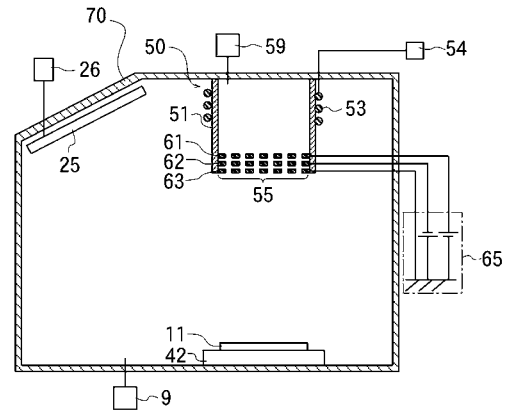
【図 4】



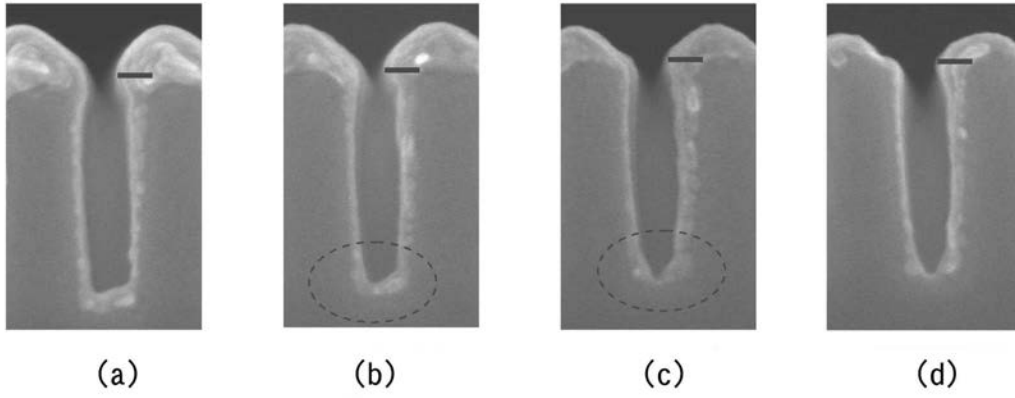
【図 5】



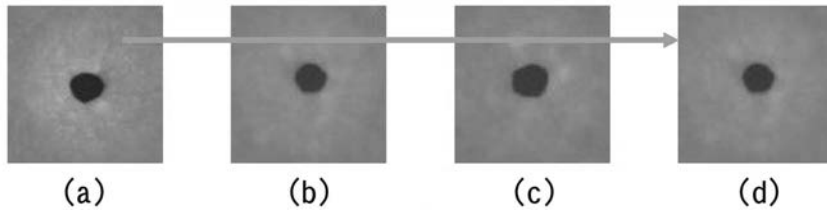
【図 13】



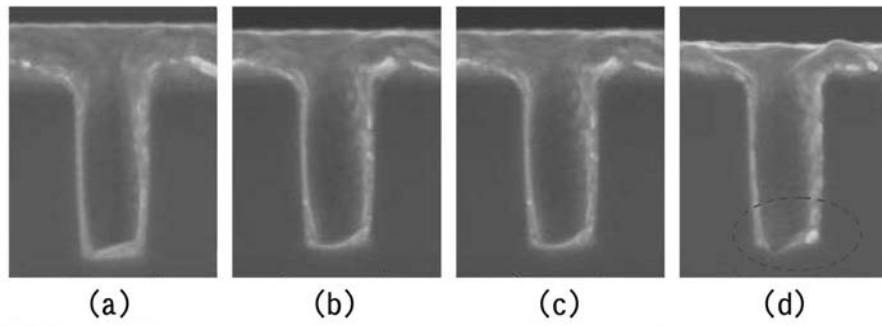
【 図 6 】



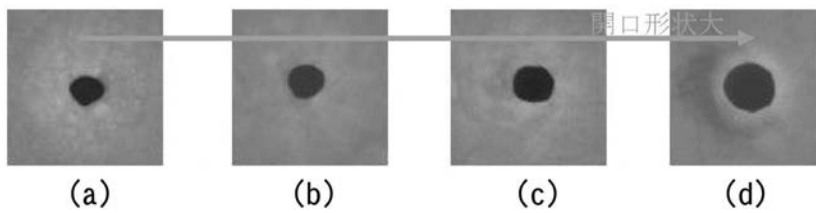
【 図 7 】



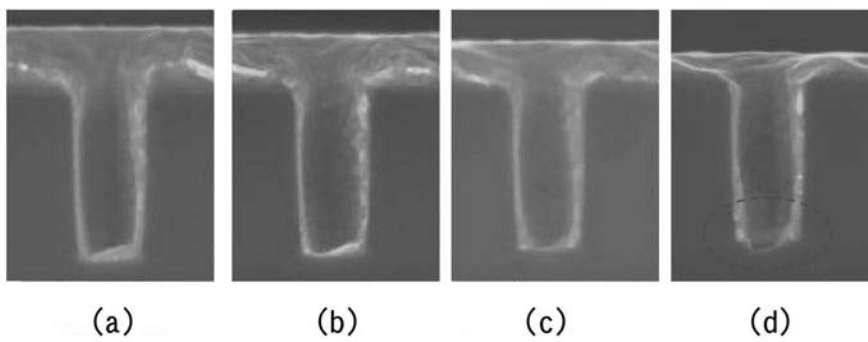
【 図 8 】



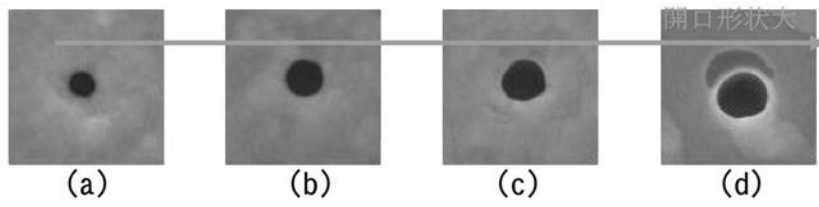
【 図 9 】



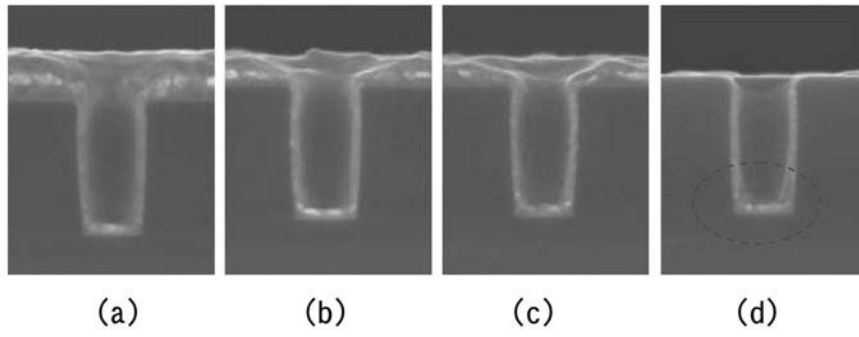
【 図 10 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 23/532 (2006.01) H 0 1 L 21/90 A
 H 0 1 L 21/88 R

(72)発明者 中村 久三
 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 株式会社アルバック内
 (72)発明者 豊田 聡
 静岡県裾野市須山1220-1 株式会社アルバック 半導体技術研究所内
 (72)発明者 小平 周司
 静岡県裾野市須山1220-1 株式会社アルバック 半導体技術研究所内
 (72)発明者 岡村 吉宏
 静岡県裾野市須山1220-1 株式会社アルバック 半導体技術研究所内

審査官 大嶋 洋一

(56)参考文献 特表2006-507670(JP,A)
 特開平11-307476(JP,A)
 特開平08-097279(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
 H 0 1 L 2 1 / 3 2 0 5
 C 2 3 C 1 4 / 0 4
 C 2 3 C 1 4 / 1 4
 H 0 1 L 2 1 / 2 8 5
 H 0 1 L 2 1 / 7 6 8
 H 0 1 L 2 3 / 5 3 2