

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3661366号

(P3661366)

(45) 発行日 平成17年6月15日(2005.6.15)

(24) 登録日 平成17年4月1日(2005.4.1)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 21/768

H O 1 L 21/90

B

H O 1 L 21/28

H O 1 L 21/28

3 O 1 R

H O 1 L 21/3205

H O 1 L 21/28

3 O 1 S

H O 1 L 21/88

N

H O 1 L 21/88

M

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-239725
 (22) 出願日 平成9年9月4日(1997.9.4)
 (65) 公開番号 特開平11-87499
 (43) 公開日 平成11年3月30日(1999.3.30)
 審査請求日 平成15年12月16日(2003.12.16)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都品川区北品川6丁目7番35号
 (74) 代理人 100062834
 弁理士 高橋 光男
 (72) 発明者 山岸 信久
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内

審査官 大嶋 洋一

(56) 参考文献 特開平07-235538 (JP, A)
 特開平09-213802 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

配線要素として、配線と拡散領域とを接続するために又は多層配線構造の上下配線同士を相互に接続するために絶縁膜を貫通して設けられた金属プラグ、又はダマシン法により絶縁膜内に設けられた金属溝配線の少なくともいずれか一方を有する半導体装置であって

配線要素が、配線要素の中核となる金属本体部と、金属本体部を取り囲み、かつ密着して設けられ、非晶質金属に加えて、金属本体部の金属と非晶質金属との固相反応により生成した反応生成物を含む金属拡散防止層とを備えることを特徴とする半導体装置において、非晶質金属が、非晶質シリコン、又は非晶質ゲルマニウムであることを特徴とする半導体装置。

10

【請求項2】

金属拡散防止層が、金属本体部形成用の金属膜を成膜する際の成膜温度及び金属膜成膜後の熱履歴に起因して金属膜から非晶質シリコンに拡散した金属と、非晶質シリコンとの固相反応により生成した金属シリサイドを含む層であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】

配線と拡散領域とを接続するために又は多層配線構造の上下配線同士を相互に接続するために絶縁膜を貫通して設けられた金属プラグ、又はダマシン法により絶縁膜内に設けられた金属溝配線の少なくともいずれか一方を有する半導体装置の製造方法において、

20

まず、絶縁膜内に設けた接続孔の孔面又は溝の溝面に非晶質シリコン、又は非晶質ゲルマニウムを堆積させる工程と、

次いで、非晶質シリコン又は非晶質ゲルマニウム金属層上に金属プラグ又は金属溝配線の中核となる金属本体部を形成する金属膜を成膜する工程とを有し、

金属膜の成膜工程での高温状態及び金属膜の加工工程を含む金属膜の成膜工程の後の工程での熱履歴に起因して拡散する金属を非晶質シリコン又は非晶質ゲルマニウムと固相反応させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、配線要素として、配線と拡散領域とを接続するために又は多層配線構造の上下配線同士を相互に接続するために絶縁膜を貫通して設けられた金属プラグ、又はダマシン法により絶縁膜内に設けられた金属溝配線の少なくともいずれか一方を有する半導体装置、更に詳細には、配線要素から金属が基板に拡散して素子特性を損じることがないようにした半導体装置、特に金属プラグ及び/又は金属溝配線を有する超LSIに最適な半導体装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体装置の高集積化に伴い、半導体装置の配線に多層配線構造を採用することが必然になっていて、それに伴う配線抵抗の増大が半導体装置の設計及び素子特性に影響を与えている。例えば、配線抵抗が増大すると、超LSI装置を駆動させる時の消費電力が増大し、また配線抵抗による発熱量が増大する等の種々の不都合がある。

そこで、配線抵抗を低減する方策の一貫として、多層配線構造の上下配線同士を相互接続するために設けた金属プラグの抵抗を低減するために、従来のWプラグに代えて、Wプラグに比べて抵抗が小さいCuプラグの利用が試みられつつある。

【0003】

ここで、図3を参照して、Cuプラグの従来の形成方法を説明する。

図3に示すように、トランジスタ等が集積形成されたSi基板1上に、絶縁膜としてボロン・リン・シリケートガラス(BPSG)膜2をリフロー法により成膜し、次いでAlCu配線とAlCu配線の上下に被着させたチタンナイトライド(TiN)膜との積層配線からなる第1層のAlCu配線3を形成する。

次に、AlCu配線3上に、プラズマCVD法で成膜したP-TEOS・NSG膜とO₃-TEOS・NSG膜との二層より成る第1の層間絶縁膜4を成膜し、更に平坦化処理を施して層間絶縁膜4の上面を平坦面5にする。

続いて、第1の層間絶縁膜4を貫通して第1層のAlCu配線3に達する層間接続孔6を設け、第1の層間接続孔6内に第1のCuプラグ8を形成する。

Cuプラグ8の形成に際しては、先ず、TiN密着層7を基板全面に堆積し、次いでTiN密着層7上にブランケット法によりCuを堆積し、CMP法により研磨してCuプラグ8を形成する。

【0004】

以下、同様にして、第2層のAlCu配線9、P-TEOS・NSG膜とO₃-TEOS・NSG膜との二層より成る第2の層間絶縁膜10、第2の層間絶縁膜10の平坦面11、第2の層間接続孔12、TiN密着層13、第2のCuプラグ14、及び第3層のAlCu配線15を形成する。

【0005】

上述したCuプラグの形成方法では、先ず、Cuの良好な埋め込み特性を得るために、密着層としてTiN層が用いられている。層間接続孔でのTiN密着層のボトムカバレッジが良いほど、Cuの濡れ性が改善されるので、TiN密着層の膜厚は、50nm程度が好適とされる。一方、TiN密着層の膜厚が厚いと、AlCu配線とCuの接触抵抗(シート抵抗)が増大するので、接触抵抗を抑制するためにはTiN密着層の膜厚を薄くする

10

20

30

40

50

ことが必要である。

そこで、従来は、コリメートスパッタ法によりTiN膜を成膜することにより、膜厚8nm程度で良好なボトムカバレッジを得ていて、Cuの埋め込み性も良好である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、多層配線構造の上下配線の相互接続にCuプラグを適用するあたり、上述した従来の方法により形成したCuプラグには、そのCu原子の挙動に起因して、次のような問題があった。

即ち、Cuプラグ中のCu原子は、Cu成膜中の高い成膜温度、及び、成膜後のCuプラグの熱履歴に起因してCuプラグの周囲に拡散する傾向が強い。その結果、Cuプラグと層間絶縁膜との間に相互の密着を高めるために設けられたTiN/Ti密着層を貫通して層間絶縁膜内に達し、更には層間絶縁膜を貫通して半導体基板に拡散して行く。半導体基板に到達したCu原子は、トランジスタ素子、キャパシタ素子などの特性に悪影響を及ぼす。

例えば、トランジスタのゲート酸化膜に拡散したCu原子は、ゲート酸化膜の絶縁耐圧を低下させ、またキャパシタのリーク電流増加により、LSIの信頼性を低下させる原因の一つとなっている。

これまで、Cuプラグを例にして金属拡散による影響を説明したが、他の金属プラグであっても、大なり小なりその影響は同じであり、またその影響は、ダマシン法により絶縁膜内に設けた金属溝配線についても同様である。

【0007】

そこで、本発明の目的は、この問題点に鑑み、金属配線の相互接続用金属プラグ及び金属溝配線等の配線要素から基板への金属拡散を抑制するようにした半導体装置及びその製造方法を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、配線要素を形成する際、予め非晶質金属層を設け、その上に金属本体部を成膜し、成膜時の高温雰囲気及び成膜後の熱履歴に起因して金属本体部から拡散する金属を非晶質金属層の非晶質金属と反応させて吸収することにより、金属の基板への拡散を防止することに着眼し、本発明を完成するに至った。

上記目的を達成するために、本発明に係る半導体装置は、配線要素として、配線と拡散領域とを接続するために又は多層配線構造の上下配線同士を相互に接続するために絶縁膜を貫通して設けられた金属プラグ、又はダマシン法により絶縁膜内に設けられた金属溝配線の少なくともいずれか一方を有する半導体装置において、

配線要素が、配線要素の中核となる金属本体部と、金属本体部を取り囲み、かつ密着して設けられ、非晶質金属に加えて、金属本体部の金属と非晶質金属との固相反応により生成した反応生成物を含む金属拡散防止層とを備えることを特徴としている。

【0009】

本発明では、金属本体部を構成する金属の種類には制約はないが、金属本体部を構成する金属がCuである場合に、本発明は最適である。

また、配線要素が、金属本体部とは反対側で金属拡散防止層を取り囲み密着して設けられた金属密着層を有しても良い。

非晶質金属としては、スパッタ法により堆積させた非晶質シリコン、又は非晶質ゲルマニウムを用いる。非晶質シリコンを用いる場合、金属拡散防止層は、金属本体部形成用の金属膜を成膜する際の成膜温度、及び金属膜成膜後の熱履歴に起因して、金属膜から非晶質シリコンに拡散した金属と非晶質シリコンとの固相反応により生成した金属シリサイド層になる。

【0010】

本発明の半導体装置を製造するには、好適には、配線と拡散領域とを接続するために又は多層配線構造の上下配線同士を相互に接続するために絶縁膜を貫通して設けられた金属

10

20

30

40

50

プラグ、又はダマシン法により絶縁膜内に設けられた金属溝配線の少なくともいずれか一方を有する半導体装置の製造方法において、

まず、絶縁膜内に設けた接続孔の孔面又は溝の溝面に非晶質シリコン又は非晶質ゲルマニウムの金属層を設ける工程と、

次いで、該非晶質金属層上に金属プラグ又は金属溝配線の中核となる金属本体部を形成する金属膜を成膜する工程とを有し、

金属膜の成膜工程での高温状態及び金属膜の加工工程を含む金属膜の成膜工程の後の工程での熱履歴に起因して拡散する金属を該非晶質金属と固相反応させることを特徴としている。

【0011】

10

【発明の実施の形態】

以下に、実施形態例を挙げ、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。

実施形態例

本発明に係る半導体装置では、多層配線構造の配線同士を相互に接続するために絶縁膜を貫通して設ける金属プラグとしてCuプラグを形成する際、例えばCuプラグ埋め込みのための密着層として、絶縁膜を貫通する接続孔上にTiN層を成膜し、次いでTiN層の上層に予め非晶質シリコン（以下、簡単にa-Siと表記する）、又は非晶質ゲルマニウム（以下、簡単にa-Geと表記する）からなるCu拡散防止用の層を成膜する。

そして、Cuを成膜する際の成膜温度、その後の熱履歴により拡散したCu原子とCu拡散防止用の層のa-Si、又はa-Geとを固相反応させ、CuSix又はCuGexからなる層を形成させる。

20

これにより、拡散したCuが効率良くシリサイドなどに転化して消費され、Cuプラグ外への拡散が防止される。よって、従来のようにCu拡散により基板上のトランジスタ素子のゲート酸化膜の耐圧低下などが発生するようなことはない。

【0012】

【実施例】

以下に、実施例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。

実施例1

本実施例は、本発明に係る半導体装置の実施例の一つであって、図1は実施例1の半導体装置の多層配線構造を示す基板断面図である。

30

本実施例の半導体装置に設けられた多層配線構造20は、図1に示すように、第1のCuプラグ22及び第2のCuプラグ30が、それぞれTiN密着層24、32と、その内側に設けられ、a-Siがシリサイド化したCuSixを含む非晶質シリコン（以下、a-Siと表記する）からなる有底筒状の金属拡散防止層26、34と、中心部のCu柱部28、36とから構成されている。

【0013】

以下に、図1を参照して、本実施例の半導体装置に設けた多層配線構造20を形成する方法を説明する。

図1に示すように、従来と同様にして、トランジスタ等が集積形成されたSi基板1上に、絶縁膜としてBPSG膜2をリフロー法により成膜し、次いでAlCu配線とAlCu配線の上下に被着させたTiN膜との積層配線からなる第1層のAlCu配線3を形成する。第1層のAlCu配線3をパターンニングする際には、既知のドライエッチング法により、微細加工して形成する。

40

【0014】

平行平板プラズマCVD装置を使用して、基板全面に、即ち第1層のAlCu配線3、及びBPSG膜2上に、順次、P-TEOS・NSG膜及びO₃-TEOS・NSG膜を以下の条件でプラズマCVD法により成膜し、2層の絶縁膜からなる第1の層間絶縁膜4を形成する。

P-TEOS・NSG膜を成膜する条件としては、

50

反応ガス : $O_2 / TEOS = 500 / 900$ sccm
 圧力 : 8.0 Torr
 出力 : 800 W
 温度 : 400

O_3 - TEOS・NSG膜を成膜する条件としては、

反応ガス : O_2 / O_3 流量 = 7.0 slm
 O_3 濃度は 100 mg/l
 TEOSバブリング N_2 流量 = 40 sccm
 バブラー温度 = 60

温度 : 400

10

圧力 : 8.0 Torr

【0015】

次いで、第1の層間絶縁膜4の上面をCMP法により研磨して平坦にして、平坦面5を得る。第1の層間絶縁膜4の膜厚は、900 nm程度とする。

【0016】

次に、第1の層間絶縁膜4上にフォトレジスト膜(図示せず)を成膜し、パターンングしてフォトマスクを形成し、続いてマグネトロンRIEによりエッチングして、層間接続孔6を第1のAlCu配線4上に開口する。

次いで、コリメートスパッタ装置を用いて、基板全面に、即ち層間接続孔6内、及び層間絶縁膜4上にTi及びTiNを以下の条件でコリメートスパッタ法により成膜して、膜厚がTiN/Ti = 8 nm/5 nmのTiN密着層24を形成する。

20

TiN密着層24の成膜条件は次の通りである。

ガス : $Ar + 80\% N_2 = 150$ sccm
 圧力 : 5 mTorr
 出力 : 10 kW
 温度 : 250
 ターゲット : Tiターゲット
 コリメータのアスペクト比 : 1 : 1.5

【0017】

遠距離スパッタ装置を用いて、層間接続孔6のTiN密着層膜24上にスパッタ法などにより、以下の条件でa-Si層を膜厚20 nmで成膜する。

30

a-Si層の成膜条件は、次の通りである。

ガス : $Ar = 100$ sccm
 圧力 : 5 mTorr
 出力 : 10 kW
 温度 : 250
 ターゲット : Siターゲット
 ターゲット基板間距離 : 20 cm

【0018】

スパッタ装置を用いて、a-Si層上にCuを以下の条件でスパッタ法によりブランク成膜し、層間絶縁孔6を埋め込む。

40

Cuの成膜条件は次の通りである。

ガス : $Ar = 100$ sccm
 圧力 : 5 mTorr
 出力 : 10 kW
 温度 : 250
 ターゲット : Cuターゲット

Cu層を全面に成膜した基板をCMP法により研磨して層間絶縁孔6内部にCu柱部28を形成する。

【0019】

50

以下、上述したプロセスを繰り返すことにより、第2のAlCu配線9、第2の層間絶縁膜10、平坦面11、第2の層間接続孔12、第2のCuプラグ30及び第3のAlCu配線15を形成する。

【0020】

第1のCuプラグ22及び第2のCuプラグ30のa-Si層は、Cu成膜時の高い温度状態、その後のAlCu配線層成膜のためのAlCuスパッタリング時の加熱などの熱履歴により、Cu柱部28、36から拡散してきたCu原子と固相反応して、CuSixなるシリサイド層を含む金属防止拡散層26、34として機能する。

Cu柱部28、36から拡散したCu原子は、a-Si層で消費されシリサイド化するため、Cuプラグ22、30から外部に拡散するCu原子の量は、その影響が無視出来るほどの量に減る。

10

このため、基板上のトランジスタ素子への悪影響が無くなり、ゲート酸化膜の耐圧不良などが発生することはない。即ち、本実施例によればシリサイド層26、34の形成により、Cu柱部28、36からのCu拡散を金属防止拡散層として設けられたa-Si層で吸収するので、ゲート酸化膜のCu汚染による耐圧低下を生じない。従って、本実施例を超LSI装置に適用した時には、高品質で信頼性の良好な超LSI装置を得ることが出来る。

【0021】

実施例2

本実施例は、ダマシン法によりCu溝配線を形成した半導体装置に本発明に係る半導体装置を適用した例であって、図2はダマシン法により形成したCu溝配線の断面図である。

20

本実施例の半導体装置のCu溝配線40は、断面で見ると、図2に示すように、TiN密着層42と、その内側に設けられ、a-Siがシリサイド化したCuSixを含むa-Siからなる溝状の金属拡散防止層44と、中心部のCu線部46とから構成されている。

基板1、BPSG膜2、絶縁膜4及び平坦面5は、実施例1と同じ構成であって、同様にして形成されている。

【0022】

実施例1及び2では、Cu拡散防止層としてa-Siを用いた例につき述べたが、これに代わって導電性が良好であり、Cuと固相反応するa-Ge等を非晶質金属として使用

30

できることは勿論である。また、実施例1及び2では、a-Siの成膜に遠距離スパッタ法を使用した。この他に、プラズマCVD装置として、ECR型CVD装置、ヘリコン波CVD装置、ICP型CVD装置などの高密度CVD装置を用いることもできる。スパッタ装置としては、コーメートスパッタ装置を用いることもできる。

【0023】

【発明の効果】

本発明によれば、配線要素、例えば金属プラグがその中核となる金属本体部と、金属本体部を取り囲み密着して設けられ、非晶質金属に加えて、金属本体部の金属と非晶質シリコン又は非晶質ゲルマニウムとの固相反応により生成した生成物を含む金属拡散防止層とを有することにより、金属プラグから拡散した金属を非晶質金属と固相反応させて、例えばa-Siでシリサイド化して消費するため、金属プラグ外部への金属拡散が防止される。

40

これにより、基板上のトランジスタ素子の絶縁耐圧が金属汚染により低下するなどの、従来生じていたような不都合が生じない。従って、本発明に係る半導体装置を超LSI装置に適用することにより、高品質で信頼性の良好な超LSI装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1の半導体装置の多層配線構造を示す基板断面図である。

【図2】 実施例2の半導体装置のCu溝配線を示す基板断面図である。

【図3】 従来の半導体装置の多層配線構造を示す基板断面図である。

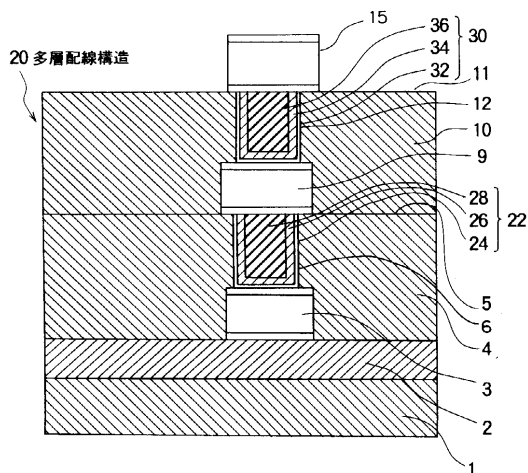
50

【符号の説明】

1 Si基板、2 BPSG膜、3 第1層のAlCu配線、4 第1の層間絶縁膜、5 平坦面、6 層間絶縁孔、7 TiN密着層、8 第1のCuプラグ、9 第2層のAlCu配線、10 第2の層間絶縁膜、11 平坦面、12 第2の層間絶縁孔、13 第2のTiN密着層、14 第2のCuプラグ、15 第3層のAlCu配線、20 実施例1の半導体装置に設けられた多層配線構造、22 第1のCuプラグ、24 TiN密着層、26 非晶質シリコン(a-Si)がシリサイド化したCuSixからなる金属拡散防止層、28 Cu柱部、30 第2のCuプラグ、32 TiN密着層、34 金属拡散防止層、36 Cu柱部、40 Cu溝配線、42 TiN密着層、44 金属拡散防止層、46 Cu線部

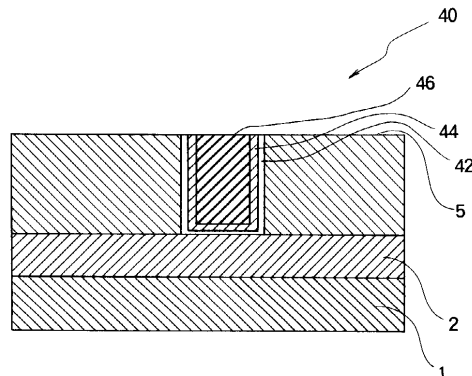
10

【図1】



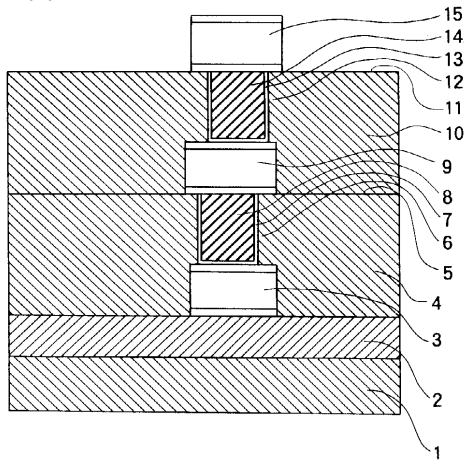
- | | |
|---|-------------|
| 1 Si基板 | 28 Cu柱部 |
| 2 BPSG膜 | 30 第2のCuプラグ |
| 3 第1層のAlCu配線 | 32 TiN密着層 |
| 4 第1の層間絶縁膜 | 34 金属拡散防止層 |
| 5 平坦面 | 36 Cu柱部 |
| 6 層間絶縁孔 | |
| 9 第2層のAlCu配線 | |
| 10 第2の層間絶縁膜 | |
| 11 平坦面 | |
| 12 第2の層間絶縁孔 | |
| 15 第3層のAlCu配線 | |
| 20 実施例1の半導体装置に設けられた多層配線構造 | |
| 22 第1のCuプラグ | |
| 24 TiN密着層 | |
| 26 非晶質シリコン(a-Si)がシリサイド化したCuSixからなる金属拡散防止層 | |

【図2】



- | |
|------------|
| 1 Si基板 |
| 2 BPSG膜 |
| 4 絶縁膜 |
| 5 平坦面 |
| 40 Cu溝配線 |
| 42 TiN密着層 |
| 44 金属拡散防止層 |
| 46 Cu線部 |

【図3】



- 1 Si基板
- 2 BPSG膜
- 3 第1層のAlCu配線
- 4 第1の層間絶縁膜
- 5 平坦面
- 6 層間絶縁孔
- 7 TiN密着層
- 8 第1のCuプラグ
- 9 第2層のAlCu配線
- 10 第2の層間絶縁膜
- 11 平坦面
- 12 第2の層間絶縁孔
- 13 第2のTiN密着層
- 14 第2のCuプラグ
- 15 第3層のAlCu配線

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 21/28-H01L 21/288

H01L 21/3205

H01L 21/3213

H01L 21/768

H01L 29/40-H01L 29/51