

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4242648号
(P4242648)

(45) 発行日 平成21年3月25日 (2009. 3. 25)

(24) 登録日 平成21年1月9日 (2009. 1. 9)

| | |
|--------------------------|----------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| HO 1 L 21/768 (2006. 01) | HO 1 L 21/90 K |
| HO 1 L 23/522 (2006. 01) | HO 1 L 21/205 |
| HO 1 L 21/205 (2006. 01) | |

請求項の数 6 (全 11 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2002-555477 (P2002-555477) | (73) 特許権者 | 596012272 |
| (86) (22) 出願日 | 平成14年1月3日 (2002. 1. 3) | | ダウ・コーニング・コーポレーション |
| (65) 公表番号 | 特表2004-523889 (P2004-523889A) | | アメリカ合衆国48686ミシガン州ミド |
| (43) 公表日 | 平成16年8月5日 (2004. 8. 5) | | ランド、ウェスト・サルツバーグ・ロード |
| (86) 国際出願番号 | PCT/US2002/000130 | | 2200 |
| (87) 国際公開番号 | W02002/054484 | (74) 代理人 | 100064908 |
| (87) 国際公開日 | 平成14年7月11日 (2002. 7. 11) | | 弁理士 志賀 正武 |
| 審査請求日 | 平成16年12月13日 (2004. 12. 13) | (74) 代理人 | 100108578 |
| (31) 優先権主張番号 | 60/259, 489 | | 弁理士 高橋 詔男 |
| (32) 優先日 | 平成13年1月3日 (2001. 1. 3) | (74) 代理人 | 100089037 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | 弁理士 渡邊 隆 |
| | | (74) 代理人 | 100101465 |
| | | | 弁理士 青山 正和 |
| | | (74) 代理人 | 100094400 |
| | | | 弁理士 鈴木 三義 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属イオン拡散バリア層

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体物質製の基板として形成された固体状態デバイスと、前記固体状態デバイスを接続する金属配線と、少なくとも前記金属配線上に形成された拡散バリア層とのサブアセンブリから成り、

前記拡散バリア層が組成 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ (式中、 w は18乃至20の値を有し、 x は18乃至21の値を有し、 y は5乃至38の値を有し、 z は25乃至32の値を有し、更に $w+x+y+z=100$ 原子%である)を有する合金膜であり、該拡散バリア層が、メチル含有シラン及び制御された量の亜酸化窒素を含む反応性気体混合物の化学蒸着によって製造される、集積回路。

【請求項 2】

前記メチル含有シランが、トリメチルシランである、請求項 1 に記載の集積回路。

【請求項 3】

組成 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ (式中、 w は18乃至20の値を有し、 x は18乃至21の値を有し、 y は5乃至38の値を有し、 z は25乃至32の値を有し、更に $w+x+y+z=100$ 原子%である)を有する合金膜の拡散バリア層を、金属配線を覆って適用することにより、集積回路内における隣接デバイス相互接続間の金属イオンの移動を防止する方法であって、前記拡散バリア層が、メチル含有シラン及び制御された量の亜酸化窒素を含む反応性気体混合物の化学蒸着によって製造される方法。

【請求項 4】

メチル含有シランが、トリメチルシランである、請求項 3 に記載の方法。

10

20

【請求項 5】

メチル含有シラン1体積部当たり、0.1乃至4.5体積部の亜酸化窒素が存在する、請求項1に記載の集積回路。

【請求項 6】

メチル含有シラン1体積部当たり、0.1乃至4.5体積部の亜酸化窒素が存在する、請求項3に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2001年1月3日に提出された米国仮出願第60/259,489号の利益を主張する。

10

【背景技術】

【0002】

伝統的には、無定形の水素添加窒化ケイ素 ($a\text{-SiN:H}$) 及び無定形の水素添加炭化ケイ素 ($a\text{-SiC:H}$) 等の物質が、デバイス内の相互接続金属の熱または電場による拡散を回避するために半導体集積回路 (IC) 作成において使用される、接触もしくは金属間絶縁層分離技術において使用されている。IC内における金属の拡散は、当該デバイスの早期故障をもたらす。これらの物質の使用は、 SiO_2 及び類似の酸化物ベースの関連物質等の通常の電気絶縁誘電体が、バリアとしての作用に乏しいという既知の特性に基づく。前述の炭化物及び窒化物は、これらの物質が SiO_2 と同等またはより高い比誘電率を有し、かつ相互接続容量を増大させる結果をもたらすため、回路の相互接続に関連する電気抵抗 - 容量 (RC) 遅延を最小化するための工業的要求によって疑問視されている。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、多重金属集積回路及び配線ボード設計における、例えば Cu、Al 等の金属イオンの拡散に対して有効なバリアとしての、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ の組成を有する合金膜である低誘電率物質の使用に関する。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜の機能は、電気回路中におけるデバイス相互接続である隣接導電体間の、金属イオンの移動を停止することである。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜によって該回路に付加される確実性のため、導電体間の絶縁媒体として、低抵抗導電体及び低誘電定数の物質を使用することができる。

30

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、より優れた操作速度及び確実性を有する、改善された集積回路に関する。前記回路は、半導体物質製基板に形成された固体状態デバイスのサブアッセンブリを含む。前記サブアッセンブリ内のデバイスは、導電性金属で形成された金属配線によって接続されている。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ (式中、 w は 10 乃至 33、好ましくは 18 乃至 20 原子 % の値を有し、 x は 1 乃至 66、好ましくは 18 乃至 21 原子 % の値を有し、 y は 1 乃至 66、好ましくは 5 乃至 38 原子 % の値を有し、 z は 0.1 乃至 60、好ましくは 25 乃至 32 原子 % の値を有し、更に $w + x + y + z = 100$ 原子 % である) の組成を有する合金膜の拡散バリア層は、前記金属配線と接触している。

40

【0005】

本発明は、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ (式中、 w は 10 乃至 33、好ましくは 18 乃至 20 原子 % の値を有し、 x は 1 乃至 66、好ましくは 18 乃至 21 原子 % の値を有し、 y は 1 乃至 66、好ましくは 5 乃至 38 原子 % の値を有し、 z は 0.1 乃至 60、好ましくは 25 乃至 32 原子 % の値を有し、更に $w + x + y + z = 100$ 原子 % である) の組成を有する合金膜 (「 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜」) の使用に関する。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜は、電気回路中の隣接デバイス相互接続間の金属原子の移動を停止するために使用される。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜はまた、無定形の水素添加窒化ケイ素 ($a\text{-SiN:H}$) 及び無定形の水素添加炭化ケイ素 ($a\text{-SiC:H}$) より低い比誘電率を有する。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜の比誘電率は、これらの窒化物及び炭化物よりも 50% 以上低くなりうる。こうしたより低い比誘電率は、相互接続に関連した容量の低減を助ける。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜はまた、 SiO_2 膜よりも低い誘電率を有す

50

る。したがって、金属拡散の防止に加えて、前記物質はそれ自体適当な相互誘電体である。多機能物質として、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜の実用は、金属間分離スキームにおける多重層間物質の必要性を消去することによって、IC作成を単純化し、よってIC製造コストを低減する。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜物質が金属拡散に対するバリアであることから、導電性金属自体に隣接して使用される金属ベースの拡散バリアの必要性がなくなり、更に作成が単純化され、かつコストが低減される。一例として、銅の導電体に隣接するTiまたはTaベースの層の排除が挙げられる。最後に、これらのTi及びTaベースの層はまた、金属相互接続において獲得される最低抵抗に制限を呈するものであり、これらを排除することで相互接続抵抗を低減する機会が生じる。したがって、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜を使用すれば、高誘電率誘電膜及び高抵抗金属をベースとするバリア金属の必要性をなくすことによって非常にRC遅延の低い相互接続を製造することができる。このことは、高速集積回路の性能全般において改善をもたらすであろう。

10

【0006】

本発明の方法において使用される集積回路サブアセンブリは決定的ではなく、当業者に知られた、及び/または商業ベースで製造されるおよそあらゆるものが、ここでは有用である。図1は、サブトラクティブ技術によって製造された回路アセンブリを表す。サブトラクティブ技術が使用される場合は、配線の層が製造され、その後前記配線は層間物質で覆われる。図2は、ダマシン技術を使用して製造される回路アセンブリを表す。ダマシン技術が使用される場合は、層間誘電体が付着された後に配線がトレンチ内に付設されるが、配線を絶縁するために使用されるトレンチは既に形成されている。

20

【0007】

こうした回路を製造するために使用される方法もまた既知であり、本発明にとって決定的ではない。こうした回路の例は、その表面上に成長するエピタキシャル層を有する半導体基板（例えばケイ素、ガリウム、ヒ素等）を含むものである。このエピタキシャル層は、適切にドーピングされて、回路の活性な固体状態デバイス領域を成すPN接合領域を形成する。これらの活性なデバイス領域は、金属配線層によって適切に相互接続された際に集積回路を形成するダイオード及びトランジスタである。図1は、デバイス領域(2)及び前記デバイスを相互接続する薄膜金属配線(3)を有する、こうした回路サブアセンブリ(1)を図示する。図2は、デバイス領域(2)及び前記デバイスを相互接続する薄膜配線(3)を有する、別の回路アセンブリ(1)を図示する。本発明は、これら2つの構造における $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜の応用に制限されることを意図しない。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜が集積回路中における金属イオン拡散に対するバリアを提供する、別の構造もまたここで使用して良い。

30

【0008】

金属配線層のために使用される物質は、導電性金属である限りは制限されない。集積回路サブアセンブリ上の金属配線層は、一般的にアルミニウムまたは銅の薄膜である。更に、金属配線層は、銀、金、合金、超導電体他であってよい。

【0009】

金属層を付着させるための方法は当業者に既知である。使用される特定の手法は決定的ではない。こうした方法の例には、例えばスパッタリング及び電子ビーム蒸着等の様々な物理蒸着(PVD)技術が含まれる。

40

【0010】

$\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜は、金属配線層と接触して、金属イオンがデバイス内に拡散可能なこれらの領域を保護するように形成される。該デバイスがサブトラクティブ技術を使用して形成される場合は、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜は、デバイス上に配線を付設した後、しかし他のいかなる内部層も付設される前に、該配線の上に適用される。該デバイスがダマシン技術を使用して形成される場合は、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜は、相互接続及び金属配線の形成前にトレンチ中に適用される。その後 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜を、金属配線が露出した、残りのあらゆる表面に適用してもよい。あるいはまた、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜を金属配線層の下に、例えば図1及び2の層(4)によって例示されるように適用してもよい。あるいはまた、配線の上のみに、例えばマスキングによって $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜を選択的に適用しうることを、または表面全体を被覆した後に Si_w

50

$C_xO_yH_z$ 膜が望ましくない領域を腐食除去しうることもありうる。 $Si_wC_xO_yH_z$ 膜は既知の拡散バリア物質と共に使用可能である。例えば、配線を、部分的に通常のバリア金属で被覆した後に、残りの配線を $Si_wC_xO_yH_z$ 膜で被覆しても良い。

【0011】

$Si_wC_xO_yH_z$ 膜を適用するための方法は本発明にとって決定的ではなく、多数が当業者に知られている。応用可能な方法の例には、様々な化学蒸着技術、例えば従来のCVD、光化学蒸着、プラズマ強化化学蒸着(PECVD)、電子サイクロトロン共鳴(ECR)、ジェット蒸着等、並びに様々な物理蒸着技術、例えばスパッタリング、電子ビーム蒸着等が含まれる。これらの方法は、気化した種にエネルギーを(熱、プラズマ等の形態で)加えて所望の反応を引き起こすことか、または材料の固体試料にエネルギーを集中させて付着を引き起こすことのいずれかを含む。

10

【0012】

好ましくは、 $Si_wC_xO_yH_z$ 膜は、1998年5月29日に出願され、Dow Corning Corporationに譲渡された米国特許出願第09/086811号に開示される方法($Si_wC_xO_yH_z$ 膜を如何に適用するかについてのその教示を、参照のためにここに取り込むこととする)によって適用される。この方法によれば、 $Si_wC_xO_yH_z$ 膜は、メチル含有シラン及び酸素供給気体を含む反応性気体混合物から製造される。使用して良いメチル含有シランは、メチルシラン(CH_3SiH_3)、ジメチルシラン($(CH_3)_2SiH_2$)、トリメチルシラン($(CH_3)_3SiH$)、及びテトラメチルシラン($(CH_3)_4Si$)を含み、好ましくはトリメチルシランである。制御された量の酸素が、蒸着チャンバ内に存在する。酸素は、使用する酸素供給気体のタイプによって制御しても、または使用する酸素供給気体の量によって制御してもよい。蒸着チャンバ内に存在する酸素が多すぎるならば、化学量が SiO_2 に近い酸化ケイ素膜が形成されるであろう。蒸着チャンバ内に十分な酸素が存在しなければ、化学量が SiC に近い炭化ケイ素膜が形成されるであろう。これらいずれの経緯によっても、膜に所望の特性は達成されないであろう。酸素供給気体には、以下に限定されるものではないが、オゾン、酸素、亜酸化窒素、及び酸化窒素が含まれ、好ましいのは亜酸化窒素である。酸素供給気体の量として典型的なのは、メチル含有シラン1体積部当たりの酸素供給気体が5体積部未満、より好ましくは、メチル含有シラン1体積部当たりの酸素供給気体が0.1乃至4.5体積部である。当業者であれば、 $Si_wC_xO_yH_z$ (式中、 w は10乃至33、好ましくは18乃至20原子%の値を有し、 x は1乃至66、好ましくは18乃至21原子%の値を有し、 y は1乃至66、好ましくは5乃至38原子%の値を有し、 z は0.1乃至60、好ましくは25乃至32原子%の値を有し、更に $w+x+y+z=100$ 原子%である)の組成を有する膜を製造するために、酸素供給気体のタイプ及び蒸着条件に基づいて酸素供給気体の量を容易に決定することができるであろう。

20

30

【0013】

従来の化学蒸着においては、被覆層は、加熱した基板上に所望の前駆体気流を通過させることによって堆積される。前駆体気体が高温表面に接触すると、これらは反応して被覆層が堆積する。これらの被覆を数分間乃至数時間で形成するためには、前駆体及び所望の被覆の厚さにもよるが、約100-1000 の範囲の基板温度が十分である。所望であれば、こうした方法において堆積を促進するために反応性金属を使用することができる。

【0014】

PECVDにおいては、所望の前駆体気体は、プラズマ場を通過させることによって反応に供される。こうして形成された反応性種をその後基板に集中させると、前記反応性種はここに容易に付着する。一般的に、この方法のCVDに対する利点は、より低い基板温度が使用可能なことである。例えば、約50 から約600 の基板温度が有用である。

40

【0015】

こうした方法において使用されるプラズマは、放電、高周波または超短波範囲の電磁場、レーザーまたは粒子ビームなどの様々な源から誘導されるエネルギーを含みうる。ほとんどのプラズマ堆積方法において一般的に好ましいのは、穏やかな出力密度(0.1-5ワット/cm²)での高周波(10kHz-102MHz)または超短波(0.1-10GHz)のエネルギーの使用である。しかしながら、特定の周波数、出力、及び圧力は、一般的に、使用する前駆体気体

50

及びデバイスに適合させる。

【0016】

$\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜の形成用に当業者に知られる別の前駆体を、ここで使用しても良い。該前駆体は、Si、C、O、及びH元素を提供する単一の化合物であるか、または例えばメチルシリコン等の前駆体であって良い。あるいは該前駆体は、Si、C、O、及びH元素を提供する化合物、例えばシラン、酸素源（即ち O_2 、 O_3 、 H_2O_2 、 N_2O 等）、及び有機化合物（すなわちメタン）の混合物；あるいはメチル含有シランと上述の酸素源との混合物であってもよい。 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜を形成するための好ましい方法は、 N_2O を用いるトリメチルシランのプラズマ強化化学蒸着である。

【0017】

ここで使用される膜はまた、スピンオンまたは別の液相成長技術による液体前駆体の適用によって製造することも可能である。適用後に硬化させられるオルガノシロキサン及びシルセスキオキサンを、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜の形成に使用することも可能である。

【0018】

ここで使用される膜は、式 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ （式中、 w は10乃至33、好ましくは18乃至20原子%の値を有し、 x は1乃至66、好ましくは18乃至21原子%の値を有し、 y は1乃至66、好ましくは5乃至38原子%の値を有し、 z は0.1乃至60、好ましくは25乃至32原子%の値を有し、更に $w+x+y+z=100$ 原子%である）によって表すことが可能な組成を有する。当該膜の拡散バリア特性を変化させない限りにおいては別の元素、例えばフッ素（F）を導入することができる。

【0019】

ここで形成されるデバイスは、典型的には多層デバイスであるが、前記 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜は単層デバイスにおいて使用することも可能である。通常の誘電物質などの別の物質を、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜の上に適用しても良い。図1は、相互接続（6）によって配線の第1層の選択的領域と相互接続された、前述のような第2金属配線層（7）を示す。しかしながら、ここでもまた、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜は、誘電体中への金属の拡散を防ぐために、誘電体と金属との間に付着されるべきである。この $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜は、上述のように形成可能である。こうした方法において、金属配線は、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜間に挟まれる。この方法は、回路内における様々な層の金属化のために、何度も繰り返すことができる。

【0020】

この技術が、上述の回路がその上に設けられた配線板に応用可能なことに留意すべきである。これらの配線板上の金属配線及び $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜の構造は、上述のものと同様であろう。更なる使用には、別の層中への金属の拡散が望ましくない場合において金属を被覆することが含まれる。

【0021】

図1及び2において、層は以下のように説明できる。

1は、回路アッセンブリである。これは当業者に知られた如何なる回路アッセンブリであってもよい。

2は、デバイス領域である。デバイス領域は、当業者に既知であり、ここでは以上に概要を述べてある。

3は、第1金属配線層である。金属配線を形成するための方法は当業者に知られており、以上に概要を述べてある。金属配線（3）は、ここに記述したように導電性金属から形成される。

4は、バリアである。バリア（4）は、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜または、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜と、 $\alpha\text{-SiC:H}$ 、 $\alpha\text{-SiN:H}$ 、 $\alpha\text{-SiCN:H}$ 、バリア物質（即ちTa、Ti）および別の既知のバリア物質等の1つ以上のバリア物質との組み合わせであってよい。典型的には、バリア物質の組み合わせを使用する場合には、前記物質は配線の異なる部分を被覆する。好ましくは、バリア層は、ここに記載の $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜である。好ましくは、層4は、 N_2O を用いるトリメチルシランのプラズマ強化化学蒸着によって製造される。

4(a)もまた、ここに記載のようなバリア層である。4(a)は図2のみに表される。

5は、第1層間誘電体である。層間誘電体は、酸化ケイ素、炭化ケイ素、シリコンオキシカーバイド、窒化ケイ素、シリコンオキシニトリド、シリコンカーボニトリド、有機物質、例えばポリイミド、エポキシ、PARYLENE（登録商標）、SiLK（登録商標）、水素シルセスキオキサンから製造されるもの（FOX（登録商標）、XLK（登録商標））等のあらゆる既知の層間物質から製造することができる。さらにまた、層間誘電体は、バリア層としてここに記載した $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜であってもよい。これは、 $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜を使用することの独特の特徴の1つである。金属配線間の間隙を少なくとも部分的に満たすのに十分な厚さで適用された $\text{Si}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$ 膜は、誘電物質としても機能する。これは、この物質の低い誘電定数及び低い抵抗のためである。

6は、相互接続である。相互接続（6）は、金属配線の第1層と第2層金属配線とを接続する。相互接続（6）は、金属配線に使用されるものと同じまたは別の導電性金属から形成されていてよい。

7は、金属配線の第2層である。この第2金属配線（7）は第1金属配線層と同じまたは別の導電性金属から製造されていてよい。

9は、第2層間誘電体である。第2層間誘電体（9）は第1層間誘電体（5）と同じまたは相違してよい。

10は、腐食止めである（図2）。この層は、ダマシン技術によって形成されるデバイス中に、金属配線をその中に付設するためのトレンチを形成する際に、別の層中へ腐食が進行するのを防ぐために適用される。

【0022】

本発明は、これらの層のみを有するデバイスに限定されることを企図しない。デバイスの平面化、不活性化、保護または操作に影響を及ぼす付加的な層が、該デバイス中または表面に形成されてもよい。

【実施例】

【0023】

以下の非限定的実施例は、当業者が本発明をより容易に理解できるように提供される。

【0024】

以下の実施例は、優れた拡散バリア特性及び低い k 値を有する酸化オルガノシラン薄膜の堆積を示す。これらの実施例は、Applied Materials, Inc.によって製造されたチャンバ処理キットと固体状態RF適合ユニットとを含む化学蒸着チャンバ「DxZ」を使用して行われた。

【0025】

（実施例1）

酸化トリメチルシラン膜を、8インチのシリコンウェーファー上に、8.7Torrのチャンバ圧及び370の温度で蒸着したところ、下記のような反応性気体が反応器中に流入した。

【0026】

【表1】

| | |
|---------------------------------------------|---------|
| トリメチルシラン (CH_3) ₃ SiH | 210sccm |
| ヘリウム、He | 600sccm |
| 二酸化炭素、CO ₂ | 165sccm |

【0027】

基板を、気体分配シャワーヘッドから435milに配置し、プラズマ強化蒸着のために585W（13.56MHz）の高周波電力を前記シャワーヘッドに適用した。酸化トリメチルシラン物質は1.88の屈折率を有しており、これを1467Å/分の速度にて2%のウェーファー厚み均一性をもって蒸着したところ、4.5の比誘電率を有していた。

【0028】

10

20

30

40

50

(実施例2)

酸化トリメチルシラン膜を、8インチのシリコンウェーファー上に、7Torrのチャンバ圧及び370℃の温度で蒸着したところ、下記のような反応性気体が反応器中に流入した。

【0029】

【表2】

| | |
|----------------------------------------------|---------|
| トリメチルシラン (CH ₃) ₃ SiH | 350sccm |
| ヘリウム、He | 300sccm |
| 亜酸化窒素、N ₂ O | 420sccm |

10

【0030】

基板を、気体分配シャワーヘッドから300milに配置し、プラズマ強化蒸着のために800W (13.56MHz)の高周波電力を前記シャワーヘッドに適用した。酸化トリメチルシラン物質は1.46の屈折率を有しており、これを14080Å/分の速度にて3%のウェーファー厚み均一性をもって蒸着したところ、2.6の比誘電率を有していた。

【0031】

(実施例3)

酸化トリメチルシラン膜を、8インチのシリコンウェーファー上に、6Torrのチャンバ圧及び370℃の温度で蒸着したところ、下記のような反応性気体が反応器中に流入した。

20

【0032】

【表3】

| | |
|----------------------------------------------|---------|
| トリメチルシラン (CH ₃) ₃ SiH | 350sccm |
| ヘリウム、He | 300sccm |
| 亜酸化窒素、N ₂ O | 820sccm |

【0033】

基板を、気体分配シャワーヘッドから400milに配置し、プラズマ強化蒸着のために625W (13.56MHz)高周波電力及び95W (350KHz)の低周波電力を前記シャワーヘッドに適用した。酸化トリメチルシラン物質は1.44の屈折率を有しており、これを16438Å/分の速度にて5%のウェーファー厚み均一性をもって蒸着したところ、2.5の比誘電率を有していた。

30

【0034】

(実施例4)

酸化トリメチルシラン膜を、8インチのシリコンウェーファー上に、8.7Torrのチャンバ圧及び370℃の温度で蒸着したところ、下記のような反応性気体が反応器中に流入した。

【0035】

【表4】

40

| | |
|----------------------------------------------|---------|
| トリメチルシラン (CH ₃) ₃ SiH | 210sccm |
| ヘリウム、He | 600sccm |
| 酸素、O ₂ | 100sccm |

【0036】

基板を、気体分配シャワーヘッドから435milに配置し、プラズマ強化蒸着のために700Wの高周波電力 (13.56MHz)を前記シャワーヘッドに適用した。酸化トリメチルシラン物質は1.41の屈折率を有しており、これを5965Å/分の速度にて4%のウェーファー厚み均一性を

50

もって蒸着したところ、2.6の比誘電率を有していた。

【0037】

(実施例5)

酸化トリメチルシラン膜を、8インチのシリコンウェーファー上に、8.7Torrのチャンバ圧及び370℃の温度で蒸着したところ、下記のような反応性気体が反応器中に流入した。

【0038】

【表5】

| | |
|----------------------------------------------|---------|
| トリメチルシラン (CH ₃) ₃ SiH | 200sccm |
| ヘリウム、He | 800sccm |
| 亜酸化窒素、N ₂ O | 100sccm |
| 窒素、N ₂ | 200sccm |

10

【0039】

基板を、気体分配シャワーヘッドから435milに配置し、プラズマ強化蒸着のために585Wの高周波電力(13.56MHz)を前記シャワーヘッドに適用した。酸化トリメチルシラン物質は1.59の屈折率を有しており、これを2058Å/分の速度にて6.5%のウェーファー厚み均一性をもって蒸着したところ、3.4の比誘電率を有していた。

20

【0040】

(実施例6)

酸化トリメチルシラン膜を、8インチのシリコンウェーファー上に、8.7Torrのチャンバ圧及び370℃の温度で蒸着したところ、下記のような反応性気体が反応器中に流入した。

【0041】

【表6】

| | |
|----------------------------------------------|---------|
| トリメチルシラン (CH ₃) ₃ SiH | 200sccm |
| ヘリウム、He | 800sccm |
| 亜酸化窒素、N ₂ O | 150sccm |
| 窒素、N ₂ | 100sccm |

30

【0042】

基板を、気体分配シャワーヘッドから435milに配置し、プラズマ強化蒸着のために585Wの高周波電力(13.56MHz)を前記シャワーヘッドに適用した。酸化トリメチルシラン物質は1.48の屈折率を有しており、これを5410Å/分の速度にて5%のウェーファー厚み均一性をもって蒸着したところ、3.0の比誘電率を有していた。

【0043】

(実施例7)

Applied Materials PECVD装置の気体混合物中において、少量のN₂Oを加えてまたは加えずに、SiCH膜を蒸着させた。表1に蒸着パラメータをまとめる。

【0044】

40

【表 7】

| 実施ID | 蒸着時間 | RF(W) | プレス(T) | (CH ₃) ₃ SiH (sccm) | He (sccm) | N ₂ O (sccm) | k |
|------|------|-------|--------|-----------------------------------------------|--------------|----------------------------|-----|
| 7-1 | 46.0 | 585 | 8.7 | 210 | 600 | 0 | 4.6 |
| 7-2 | 39.2 | 585 | 8.7 | 210 | 600 | 61 | 3.8 |
| 7-3 | 39.2 | 585 | 8.7 | 210 | 600 | 81 | 3.5 |
| 7-4 | 39.2 | 585 | 8.7 | 210 | 600 | 101 | 3.4 |
| 7-5 | 46.0 | 585 | 8.7 | 210 | 600 | 0 | 5.1 |
| 7-6 | 28 | 585 | 8.7 | 210 | 600 | 101 | 3.9 |

10

【0045】

誘電定数 k を、Cu電極で形成されたコンデンサ構造を使用して測定した。1MHzでの結果を表に示す。更なるN₂Oの導入により、比誘電率 k が僅かに低下する。

【0046】

室温での絶縁破壊強度の測定により、N₂Oを含まないもの（例えばa-SiC:H）が約3.0MV/cmであるのに対して、N₂Oを含む方法では4-5MV/cmの範囲のより高い破壊強度を示す膜が蒸着することが示される。これらの物質の別の試験、銅拡散についてのBTS試験（bias-temperature-stress test）においては、高電場（2.5MV/cm）をコンデンサに適用する一方でこれを250 に維持する。電極への正電圧の適用により、電極内のCuはコンデンサ中を
20
通って逆の電極に移動しようとする。これが起こる時には、コンデンサは導電性になり、短絡が起こるであろう。バリア特性は、短絡条件に到達するためにかかる時間によって評価される。N₂Oなしで蒸着された膜（例えばa-SiC:H）においてコンデンサ劣化が起こるまでの時間は、約30000-80000秒であり、N₂Oを用いて蒸着された膜に測定されるよりも10-100倍低いことが判明している。従って、この酸化物の導入はバリア特性をも改善する。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】図1は、サブトラクティブ技術を使用して形成したデバイスの断面図である。

【図2】図2は、ダマシン技術を使用して形成したデバイスの断面図である。

【符号の説明】

30

【0048】

- 1 回路アッセンブリ
- 2 デバイス領域
- 3 金属配線
- 4 バリア

【図 1】

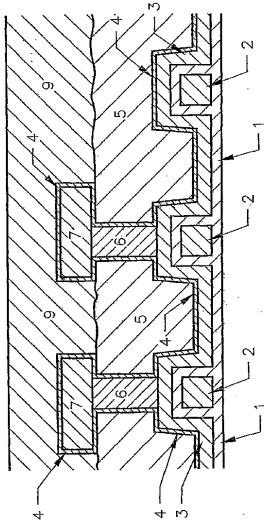


Figure 1

【図 2】

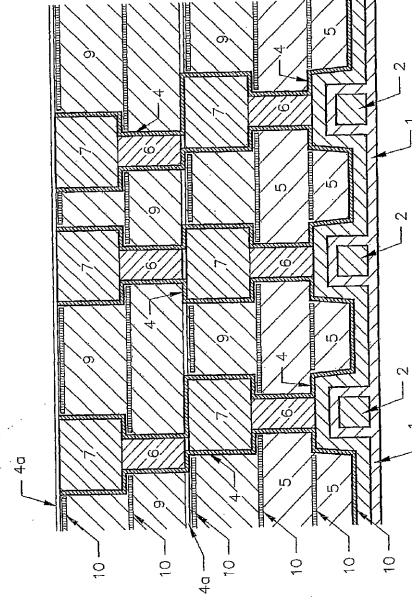


Figure 2

フロントページの続き

(74)代理人 100107836

弁理士 西 和哉

(74)代理人 100108453

弁理士 村山 靖彦

(74)代理人 100110364

弁理士 実広 信哉

(72)発明者 マーク・ロボダ

アメリカ合衆国・ミシガン・４８６８６・ミッドランド・ヴァイン・ストリート・１９０２

審査官 村岡 一磨

(56)参考文献 国際公開第 9 9 / 0 4 1 4 2 3 (WO , A 1)

特開平 1 1 - 0 1 6 9 0 4 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 3 5 1 9 7 6 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 1 6 4 3 4 6 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 2 2 8 5 9 9 (J P , A)

特開平 0 8 - 2 3 6 5 2 1 (J P , A)

特開平 0 6 - 1 6 8 9 3 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/768

H01L 21/205

H01L 23/522