

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4168397号
(P4168397)

(45) 発行日 平成20年10月22日(2008.10.22)

(24) 登録日 平成20年8月15日(2008.8.15)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/90 C
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L 21/28 301D
HO 1 L 21/285 (2006.01)	HO 1 L 21/28 301S
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 21/285 C
HO 1 L 23/52 (2006.01)	HO 1 L 21/88 Q

請求項の数 16 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-517937 (P2003-517937)	(73) 特許権者	595168543 マイクロン テクノロジー, インク. アメリカ合衆国, アイダホ州 83716 -9632, ボイズ, サウス フェデ ラル ウエイ 8000
(86) (22) 出願日	平成14年7月30日 (2002.7.30)	(74) 代理人	100106851 弁理士 野村 泰久
(65) 公表番号	特表2005-527098 (P2005-527098A)	(74) 代理人	100074099 弁理士 大菅 義之
(43) 公表日	平成17年9月8日 (2005.9.8)	(72) 発明者	デラー, アマール アメリカ合衆国, アイダホ州 83706 , ボイズ, 225番, メルローズ ストリ ート 1097
(86) 國際出願番号	PCT/US2002/024088		
(87) 國際公開番号	W02003/012860		
(87) 國際公開日	平成15年2月13日 (2003.2.13)		
審査請求日	平成17年7月29日 (2005.7.29)		
(31) 優先権主張番号	09/918,919		
(32) 優先日	平成13年7月31日 (2001.7.31)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】高アスペクト比の半導体デバイス用のボロンドープ窒化チタン層

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に存在する絶縁性層中の開口部内に導電性コンタクトを形成する方法であって、前記開口部内における前記基板上にチタンシリサイド層を形成することと、前記チタンシリサイド層上にホウ窒化チタンを含む充填物を形成して、前記開口部を充填することとを有する方法。

【請求項 2】

半導体デバイスのシリコン含有基板まで絶縁性層を介して延在するコンタクト開口部内にホウ窒化チタン層を備える導電性コンタクトであって、前記ホウ窒化チタン層は、前記開口部内における前記シリコン含有基板上に配置されたチタンシリサイドを含む層上にあり、前記コンタクト開口部は側壁により規定されている、導電性コンタクト。

【請求項 3】

絶縁性コンタクト開口部内に、基板内のアクティブエリアと電気的に接触する少なくとも1つの導電性コンタクト充填物を有する集積回路デバイスであって、前記少なくとも1つの導電性コンタクト充填物がホウ窒化チタンを含む、集積回路デバイス。

【請求項 4】

前記充填物を形成することが、前記開口部内への熱的化学気相堆積によって、四塩化チタン、アンモニア、及びジボランを含むガス混合物から前記ホウ窒化チタンを堆積することを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記充填物を形成することが、窒化チタンとホウ窒化チタンが交互に重なった層を堆積して、前記開口部を充填することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記充填物を形成することが、四塩化チタン、アンモニア、及びジボランを含むガス混合物、ならびにジボランを含まない、四塩化チタン及びアンモニアを含むガス混合物を用いる化学気相堆積を含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記充填物を形成することが、窒化チタン層を形成するための四塩化チタン及びアンモニアを含む第 1 ガス混合物と、1 つ又はそれ以上のホウ窒化チタン層を形成するための四塩化チタン、アンモニア、及びジボランを含む第 2 ガス混合物と、を流すことによる熱的化学気相堆積を含む、請求項 5 に記載の方法。 10

【請求項 8】

前記コンタクトが窒化チタン層の間に置かれたホウ窒化チタン層を含む、請求項 2 に記載の導電性コンタクト。

【請求項 9】

前記開口部が約 3 : 1 以上の縦横比を有する、請求項 2 に記載の導電性コンタクト。

【請求項 10】

前記導電性コンタクトが、局部的相互接続、コンタクト、埋め込みコンタクト、ビア、プラグ、及び充填トレーニチからなる群から選択される、請求項 2 に記載の導電性コンタクト。 20

【請求項 11】

前記導電性コンタクトが、前記開口部の側壁からの前記導電性コンタクトの剥離をなくす、前記開口部内で前記絶縁性層への密着レベル、及び、前記絶縁性層のクラックをなくす熱ストレスレベル、を前記導電性コンタクトに与える量のホウ素と、前記基板中に配置された導電性エリアとの電気的接触のための所定のレベルで前記コンタクトの導電性を維持する量の窒素と、を含む、請求項 2 に記載の導電性コンタクト。

【請求項 12】

前記導電性コンタクトが少なくとも約 200 オングストロームの厚さを有し、前記導電性コンタクトは、前記側壁から剥離することなく、かつ、前記絶縁性層にクラックを生じさせることなく、前記開口部の前記側壁に密着されている、請求項 2 に記載の導電性コンタクト。 30

【請求項 13】

前記ホウ窒化チタン層が約 1000 ~ 約 3000 オングストロームの厚さを有する、請求項 2 に記載の導電性コンタクト。

【請求項 14】

前記導電性コンタクトが、窒化チタンとホウ窒化チタンが交互に重なった層を含む、請求項 2 に記載の導電性コンタクト。

【請求項 15】

前記導電性コンタクトがメモリセル及び内部回路のアレイに結合される、請求項 2 に記載の導電性コンタクト。 40

【請求項 16】

導電性コンタクトを含む半導体回路であって、前記導電性コンタクトは、半導体デバイスのシリコン含有基板まで絶縁性層を介して延在するコンタクト開口部内のホウ窒化チタン層を備え、前記ホウ窒化チタン層は、前記開口部内における前記シリコン含有基板上のチタンシリサイドを含む層上にあり、前記コンタクト開口部は側壁により規定されている、半導体回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイス製作の分野に関し、特に半導体デバイスの形成において導電性コンタクトを作る方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造は、回路密度を最大にする方向に進んでいるので、電子部品が多くの層及び種々の場所に形成される。このことは、基板において異なる高さで金属層間又は他の導電性層間での電気的接続を必要とする。そのような相互接続は、絶縁層を通して下地の導電性形態にコンタクト開口部を形成することにより通常与えられる。回路密度が高くなるにつれて、電気的コンタクトに対する開口部の寸法が狭く及び深くなり、高アスペクト比の開口部内に適当な導電性充填物を与えるという課題をもたらす。

10

【0003】

通常、コンタクトプラグを形成する際に、チタンの薄層がシリコンベース層（基板）の頂部上に堆積され、その後タンゲステン又は他の電気的に導電性のプラグ材料が化学的気相堆積（CVD）により六フッ化タンゲステン（WF₆）から堆積されてコンタクトホールを充填する。しかしながら、いくつかのタンゲステン（W）プラグの制限がある。タンゲステンは、高アスペクト比の形態に対して適当な充填物を与えない。さらに、タンゲステンプラグの形成において前駆物質ガスとしてのWF₆の使用は、フッ素成分が隣接する誘電体層に浸透して横方向の侵食及び虫食いを引き起こす結果となる。

【0004】

窒化チタン（TiN）膜は、集積回路（IC）デバイスが0.15ミクロン寸法未満に小さくなっていくときに、タンゲステンプラグの制限を克服し得る魅力的な特性を有する。TiN膜は、前駆物質ガスとしてテトラキスジメチル-アミドチタン（TDMAT）及びアンモニアを用いて低圧化学的気相堆積（LPCVD）により堆積される。しかしながら、TDMAT膜は高い炭素含有量を有し、酸素存在下で高温に晒されたときに、多孔質になり、それゆえ導電性コンタクトとして使用できない。

20

【0005】

薄いTiN膜及びライナー（liner）はまた、絶縁性層を覆うチタン（Ti）ライナー上にCVDにより四塩化チタン（TiCl₄）及びアンモニア（NH₃）から堆積される。薄いライナーを形成するために有用であるけれども、純粋なTiCl₄-ベースTiNが堆積されてピア又は他のコンタクト開口部を充填するときに、特にTiN層が約150から約200オングストローム厚よりも厚くなるときは、その材料はTi薄層に良く密着しない。

30

【0006】

したがって、半導体デバイスにおいて高アスペクト比の形態に導電性コンタクトを形成する際に、タンゲステンに置き換えられる充填材料として使用され得る窒化チタン材料を提供することが望ましい。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、半導体デバイスの構造において導電性コンタクトを形成する方法、及びそれらの方法により形成された導電性部品を提供する。この方法は、メモリデバイスのような集積回路における絶縁層下の電気的部品に対してコンタクトを作るために有用である。

40

【0008】

本TiCl₄-ベース窒化チタン膜は、高アスペクト比の形態、特に3:1又はそれよりも大きいアスペクト比を有する開口部及び他の形態においてタンゲステン（W）プラグに置き換わる導電性コンタクトとして特に有用である。それらの膜はまた半導体構造の絶縁性層を通して形成されたコンタクト開口部内に導電性コンタクト又は相互接続のための充填材料として使用される純粋なTiCl₄-ベース窒化チタン膜の欠点を克服する。純粋なTiCl₄-ベース窒化チタン充填物は、コンタクト開口部の絶縁性側壁の表面に良く密着せず、コンタクト開口部内の充填物の厚さが約200オングストローム又はそれよ

50

り大きいとき、与えられた圧力のために少なくとも部分的に絶縁性層にクラックを生じさせる。

【0009】

本発明は、ジボラン(B_2H_6)をガス混合物に混合して堆積プロセス中にTiCl₄-ベース窒化チタン膜にドーピングすることにより純粋TiCl₄-ベース窒化チタンプラグ又はバリア膜の課題を克服する。TiCl₄-ベース窒化チタン膜を形成するために使用される前駆物質ガスへのB₂H₆の付加で、その導電特性に実質的に影響を与えることなしに、得られる窒化チタン膜の機械的特性を向上することが見出された。特に、ボロンドープの窒化チタンコンタクトを形成するために使用されるガス混合物は、側壁からのコンタクトの剥離及び絶縁性層の本体のクラックを実質的になくすようにコンタクト開口部の絶縁性側壁に導電性コンタクトを密着させるレベルを与えるためのホウ素量を有するコンタクトを与えるために効果的な量のジボラン(B_2H_6)を含む。この混合物はさらに、半導体デバイス及び/又はメモリ若しくは論理アレイ内のアクティブエリアに/から基板内で導電性又はアクティブエリアと効果的に電気的に接触するために所定のレベルでコンタクトの導電性を維持するために効果的な窒素レベルをコンタクトに与えるようなアンモニア(NH₃)量を含む。

【0010】

一つの態様において、本発明は、半導体構造のピア又は他のコンタクト開口部に窒化チタン導電性コンタクトを形成する方法を提供する。開口部は、下地シリコン基板に、ソース/ドレイン領域のような導電性エリアに絶縁性層を通して形成される。その方法は、約3:1又はそれより大きいアスペクト比及び約0.25 μm又はそれより小さい幅寸法を有するピア又は他の開口部内に導電性コンタクトを形成するために特に有用である。

【0011】

本発明の方法の一実施の形態によれば、窒化チタン導電性コンタクトは、コンタクト開口部の底部でシリコン基板上にチタンシリサイド(TiSi_x)を含むシード(seed)層を、好ましくは約250から約300オングストロームの厚さにまず堆積することにより形成される。好ましくは、TiSi_xシード層は、プラズマ励起化学的気相堆積(PECVD)により四塩化チタン(TiCl₄)及び水素(H₂)から堆積される。

【0012】

ボロンドープ窒化チタン膜(すなわち、ホウ窒化チタン、TiB_xN_y)がその後、通常約1000から約3000オングストロームの厚さに、コンタクト開口部を充填するためにシード層上に堆積される。好ましくは、TiB_xN_y層は、約1から約15 Torrの圧力、約550から約700の温度で熱CVDにより、TiCl₄、NH₃、B₂H₆並びに一つ若しくはそれ以上のキャリアガスのガス混合物から堆積される。基板はその後、例えば化学的機械的研磨により、余剰の材料を除去するために処理されて開口部に導電性コンタクトが形成され得る。

【0013】

本発明の方法の他の実施の形態において、多層窒化チタン導電性コンタクトが、半導体構造のコンタクト開口部内に形成される。チタンシリサイドシード層が、コンタクト開口部の底部でシリコン基板上にまず形成される。層状コンタクトを形成するために、窒化チタンとボロンドープ窒化チタンとの交互層(alternating layers)がその後シード層上に堆積される。交互層の形成の際に、窒化チタン(非ドープ)を含む層が、TiCl₄及びNH₃を含む第1のガス混合物から堆積されて、通常約100から約500オングストローム厚の層を形成し得る。その後ボロンドープ窒化チタンの中間層を堆積するためにガス混合物にジボラン(B₂H₆)が導入されて、通常約100から500オングストローム厚の層を形成し得る。ガス混合物へのジボランの流れはその後、ドープされない窒化チタン層の次層を堆積するために、約100から約500オングストロームの通常の厚さで停止され得る。最上層が非ドープの窒化チタンであるように、ドープと非ドープの窒化チタンとのさらなる交互層が堆積されて開口部を充填し得る。

【0014】

10

20

30

40

50

本発明の他の態様は、半導体回路の半導体構造に形成された導電性コンタクトである。半導体構造は、シリコン基板、被覆（overlying）絶縁性層、下地シリコン基板を露出するように絶縁性層を通して形成されたコンタクト開口部、及び開口部内に形成された導電性コンタクトを有する。

【0015】

本発明に係る導電性コンタクトの一つの実施の形態において、コンタクトは、開口部の底部で基板上に形成された薄いチタンシリサイド層を覆うボロンドープ窒化チタン層を有する。

【0016】

他の実施の形態において、導電性コンタクトは、コンタクト開口部の底部でシリコン基板上に堆積された薄いチタンシリサイド層を覆う窒化チタンの多層を有する。コンタクトは、コンタクト開口部を充填する非ドープ及びボロンドープの窒化チタンの積層被覆層を有する。非ドープ窒化チタン層は、チタンシリサイド層を覆い、また導電性コンタクトの最上層を形成する。個々の層のそれぞれの厚さは、通常約100から約500オングストロームである。

10

【0017】

本発明の他の態様は、ボロンドープ窒化チタンを含む前述の導電性コンタクトを含む集積回路（IC）デバイスである。ICデバイスは、メモリ又は論理セルのアレイ、内部回路、及びセルアレイ及び内部回路に繋がれた少なくとも一つの概ね鉛直な導電性コンタクトを有する。

20

【0018】

本発明に係る集積回路デバイスの一つの実施の形態において、ICデバイスは、コンタクト開口部の底部で露出された基板上に堆積されたチタンシリサイドの薄い層上で絶縁性コンタクト開口部内に形成されたボロンドープ窒化チタンの導電性コンタクトを有する。集積回路デバイスの他の実施の形態において、導電性コンタクトは、多層であり、コンタクト開口部の底部で基板を覆うチタンシリサイド層上に堆積された、窒化チタン（非ドープ）とボロンドープ窒化チタンとの交互層を有する。そのコンタクトは、トランジスタのソース／ドレイン領域又はメモリ若しくは論理セルアレイ、又は他の半導体デバイスのような導電性エリア又はアクティブエリアと電気的に接触する。

30

【0019】

有利には、この膜は、高アスペクト比デバイスにおけるタングステンプラグ充填物の制限を克服する。その特性データは、タングステンのものと比較して優れた結果を示す。本発明は、半導体製造において実施するために迅速で簡単で安価である導電性コンタクトを形成するプロセスを提供する。

【0020】

本発明の好ましい実施の形態は、実例としての目的でのみ、以下の添付図面を参照して以下に説明される。以下の図全体を通して、参照番号が図において使用され、同じ又は同種の部分を示すためにいくつかの図を通して及び説明において同じ参照番号が使用される。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0021】

本発明は、集積回路を作る方法、特にディスクリート半導体デバイス又はそのようなデバイスの部分の導電性又はアクティブエリア間に電気的接続を与える導電性コンタクトを形成する方法を包含する。特に、本発明は、ボロンドープ窒化チタン膜を組み込むコンタクト構造に関する。本発明は、3:1又はそれより大きい高アスペクト比を有する開口部及び他の形態における導電性コンタクトを与える際に特に有用である。

【0022】

本発明は、好ましい形態を説明する目的のみに、それらを制限する目的でなく、図面を参照して概して説明されるであろう。図は、本発明に係る半導体デバイスの製造で使用するための処理ステップを示す。それらの処理ステップが全製造プロセスの部分のみであるこ

50

とが容易に明らかになる。

【0023】

集積回路は、種々のレベルの半導体基板に形成される多数の電子半導体デバイスを含む。典型的な半導体デバイスは、キャパシタ、抵抗、トランジスタ、ダイオードなどを含む。集積回路の製造において、非隣接構造的レベルで位置するディスクリート半導体デバイスは、例えば相互接続又は導電性コンタクト構造と電気的に接続される。導電性コンタクトは、通常電気的コミュニケーションに置かれている半導体デバイス間又は半導体デバイスの部分間で形成される導電性材料の領域を含む。導電性コンタクトは、半導体デバイス間に電流を伝達するコンジットとしての役割を果たす。特定のタイプの導電性コンタクト構造は、局部相互接続、コンタクト、埋め込みコンタクト、ビア、プラグ及び充填されたトレーナーを含む。本発明は特に、半導体デバイスの製作において使用される導電性コンタクトを作成する方法に関する。

【0024】

この出願において、語句「半導体ウエハフラグメント」又は「ウエハフラグメント」又は「ウエハ」は、限定されないが、半導体ウエハ（単独又はそれらの上に他の材料を有するアセンブリで）及び半導電性材料層（単独又は他の材料を含むアセンブリで）のようなバルク半導電性材料を含む半導体材料を含むいかなる構成をも意味するように理解されるべきである。語句「基板」は、限定されないが、半導電性ウエハフラグメント又は上述したウエハを含むいかなる支持構造をいう。

【0025】

本発明の方法の第1の実施の形態は、導電性コンタクト34を形成する方法において、図1Aから図1Dを参照して記載される。コンタクトは、拡散領域に繋がるように図示され説明されるが、本発明のコンタクトは、半導体回路の構造内で必要であるどこにでも使用され得る。

【0026】

図1Aを参照して、予備的な処理ステップでの半導体ウエハフラグメント10が示される。処理進行中のウエハフラグメント10は、一つ若しくはそれ以上の半導体層又は他のフォーメーション、及び半導体デバイスのアクティブ又は動作可能な部分を含み、半導体ウエハ基板又はその上に形成された種々のプロセス層を伴うウエハを有する。

【0027】

ウエハフラグメント10は、シリコン含有ベース層又は基板12を含むように示される。典型的な基板12は、導電性増強材料で概して軽くドーピングされた単結晶シリコンである。トランジスタ構造16及び被覆絶縁性層18が基板12の表面14に形成されている。ゲート20及び隣接するソース／ドレイン拡散領域22a, 22bを含むトランジスタ16は、当該技術で既知であり使用される従来の方法により形成され得る。

【0028】

絶縁性層18は、単一層又は多層で、酸化物、例えば二酸化シリコン(SiO₂)、リンケイ酸ガラス(PSG)、ホウケイ酸ガラス(BSG)及びホウリンケイ酸ガラス(BPSG)を含む。図示された実施の形態ではBPSGである。BPSG絶縁性層18は、絶縁性側壁26及び底部28により規定されたビア又は他のコンタクト開口部24を与えるために、パターニングされたフォトレジスト層(図示せず)でマスクして、既知のフォトリソグラフィー技術、例えば反応性イオンエッティング(RIE)を用いてエッティングされる。コンタクト開口部は、電気的コンタクトが形成される下地シリコン基板12における拡散領域22a(すなわち、ソース／ドレイン領域)に延在する。

【0029】

図1Bを参照して、チタンシリサイド(TiSi_x)シード層30は、コンタクト開口部24の底部28でシリコン基板の露出表面14上に形成される。通常、シード層は、約250から約300オングストロームの厚さに形成される。拡散領域22aを有する界面で形成された得られたTiSi_xシード層30は、コンタクト領域における低抵抗のために有用である。チタンシリサイド層を形成する技術及びプロセス系は、当該技術において良

10

20

30

40

50

く知られており、例えば米国特許第6,086,442号(サンドフ他)及び第5,976,976号(ドア他)に記載されている。

【0030】

好ましくは、 $TiSi$ ×シード層30は、四塩化チタン($TiCl_4$)、水素(H_2)、並びにアルゴン(Ar)及び/又はヘリウム(He)のようなキャリアガスを含むソースガスからRFプラズマを形成することを含む従来のプラズマ励起化学的気相堆積(PECVD)により形成され、基板(シリコン)表面上にチタン(Ti)層を堆積する。チタン膜が堆積されたとき、チタンがシリコンと反応して $TiSi$ ×膜層30を形成する。 $TiSi$ ×シード層30の配合物を達成するための典型的なプロセス条件は、約600¹⁰のウエハ温度、約0.5から約20Torrのプロセス圧力、約100から約800ワットの電力範囲(平行平板単一ウエハプラズマ反応器を用いる)、並びに約150から約300sccmの $TiCl_4$ 、約1000から約8000sccmの水素(H_2)、約1000scmのアルゴン(Ar)及び約50scmの窒素(N_2)の流量を含む。

【0031】

$TiSi$ ×シード層を形成する好ましいプロセスはPECVD技術によるが、 $TiSi$ ×シード層30はまた、コンタクト開口部の底部で基板12の表面14上に物理的気相堆積(PVD)、すなわちスパッタリングによりチタンの薄層を堆積し、その後窒素、アルゴン、アンモニア又は水素のような大気ガスにおいてアニールステップ(約650²⁰)を行うことにより形成され得る。これは、チタンを拡散領域22aの表面14で露出したシリコンと反応させて $TiSi$ ×シード層30を形成する。そのようなプロセスは、チタン金属がシリコンアクティブ領域に接触するところにのみ $TiSi$ が形成されるので、自己整合(self-aligning)と言われる。

【0032】

$TiSi$ ×シード層30を堆積する方法の他の例は、従来の低圧CVD(LPCVD)プロセスによるものである。典型的なプロセス条件は、ヘリウムのようなキャリアガス中に約5:1の比で四塩化チタン($TiCl_4$)とシラン(SiH_4)又はジクロロシラン(SiH_2Cl_2)のようなシリコン前駆物質又はソースガスとを加えたものを用いて、約650から約900³⁰のプロセス温度、及び約10mTorrから約1Torrの圧力を含む。

【0033】

コンタクト開口部の絶縁性側壁からのコンタクトの剥離及び絶縁性層のクラックのような純粹 $TiCl_4$ ベース窒化チタンプラグ又はコンタクトの使用において起こる問題を克服するために、本発明は、ボロンドープした $TiCl_4$ ベース窒化チタン充填物(ホウ窒化チタン)を用いて図1Dに示すように導電性コンタクト又はプラグ34を形成する。好ましくは、前述の導電性コンタクトは、従来の熱化学的気相堆積(TEVD)プロセスにより形成される。そのようなTEVD技術及びプロセス系は、当該技術において良く知られており、例えば米国特許第6,037,252号(ヒルマン他)及び第5,908,947号(アイヤー及びシャラン)に記載されている。TEVD系は、コールドウォール/ホットサブストレート反応器及びホットウォール反応器、プラズマ励起反応器、放射ビーム励起反応器などの標準の熱反応器を含む。⁴⁰

【0034】

通常、TEVDプロセスにおいて、基板及び/又はガス前駆物質が加熱される反応チャンバ(図示せず)に基板が置かれる。好ましくは、基板は、前駆物質ガスの分解温度を超える温度に加熱される。ガスが反応チャンバに導入され、基板と接触するとき、ガスは基板表面で分解し、金属と前駆物質又は反応ガスの元素(element)とを含むホウ窒化チタン膜を堆積する。

【0035】

ホット又はコールドウォール熱化学的気相堆積を用いて本発明に係るボロンドープ TiN 層を堆積する典型的なTEVDプロセスにおいて、ウエハフラグメント10はTEVD反応器(図示せず)内に置かれ、四塩化チタン($TiCl_4$)、ジボラン(B_2H_6)、アン

モニア (NH₃)、並びにアルゴン、ヘリウム及び／又は窒素のような不活性キャリアガスを含むガス材料が、コンタクト開口部 24 内でチタンシリサイド (TiSi_x) シード層 30 上にボロンドープした TiCl₄ベースホウ素化チタンの層 32 を化学的気相堆積堆積するために効果的な条件下で反応器に流される。ガス材料は、コンタクト開口部に完全に充填するような厚さに堆積され、図 1C に示す構造になる。ガスの好ましい流量は、TiCl₄が約 100 から 500 sccm、B₂H₆が約 100 から約 1000 sccm、及び NH₃が約 100 から約 1000 sccm である。反応器 (ホットウォール) 内又はサセプタ (コールドウォール) の好ましい温度は、反応器内の圧力条件が約 1 Torr から約 15 Torr、好ましくは約 10 Torr で、約 550 から約 700、好ましくは約 560 から約 650 の温度である。通常、コンタクト開口部を充填するために、約 1000 から約 3000 オングストロームの材料が通常堆積される。

【0036】

堆積した導電性層 32 は、一般式 TiB_xNy (ホウ素化チタン) を有する TiCl₄ベースボロンドープ窒化チタンを含む。その系中に流される B₂H₆ 及び NH₃ ガスの量は、形成されたコンタクト 34 が側壁に着いたままになり、側壁から剥がれず、絶縁性層 18 の本体に実質的なクラックが発生しないような、コンタクト開口部 24 の絶縁性側壁 26 への密着レベルを有する充填物を与えるように維持される。

【0037】

ガス混合物において B₂H₆ を含めないで作られた TiCl₄ベース TiN コンタクトは、コンタクト開口部の絶縁性側壁への密着レベルが低い。これは、結果として開口部の側壁からコンタクトが剥離することになる。さらに、そのようなコンタクトが約 200 オングストローム又はそれより大きい厚さになると、充填材料の高い熱ストレスが絶縁性層のクラックを引き起こし得る。TiCl₄ 及び NH₃ ガス成分に対して B₂H₆ の量を増加して添加すると、開口部 24 の絶縁性側壁 26 とコンタクト 34 の充填材料との密着度が向上し、熱ストレスレベルが減少してそれは絶縁性層 18 のクラックを実質的になくす。しかしながら、ホウ素量が増加するとまた、コンタクト 34 の導電率レベルが減少 (及び抵抗が増加) する。この影響を打ち消すために、拡散エリア 22a 又は他の半導体構造との効果的な電気的接触のための所定レベルで、形成されたコンタクト 34 の導電性を維持するために効果的である量で、ガス混合物においてアンモニアが与えられる。

【0038】

図 1D を参照して、余剰の導電性層 32 はその後、当該技術において既知の方法、例えば化学的機械的研磨 (CMP) により除去されて、半導体デバイスの種々の部分に対して拡散領域 (導電性エリア) 22a に / から電気的接続を与えるための導電性コンタクト又はプラグ 34 を形成し得る。

【0039】

得られたコンタクト 34 は、コンタクト開口部の底部で基板上に堆積された薄いチタンシリサイド層を覆うボロンドープ窒化チタン層を有する。コンタクト 34 は、開口部の絶縁性側壁に対する高レベルの密着性を有し、絶縁性層のクラックを実質的になくすような単位面積当たりの力 (すなわち Gdynes / cm²) で測定される十分に低い熱ストレスレベルを有し、低電気抵抗性で高導電性である。

【0040】

図示しないけれども、パッシベーション層がその後デバイス上に形成され得る。任意に、他の相互接続及びコンタクト構造 (図示せず) がその構造を覆って形成され得る。

【0041】

本発明の方法の他の実施の形態において、図 2A から図 2F に図示するように、多層窒化チタン導電性コンタクトがウエハフラグメントに作られ得る。

【0042】

図 2A を参照して、処理前のウエハフラグメント 10' が示される。簡単に、ウエハフラグメント 10' は、ソース / ドレイン領域のような導電性エリア 22a' を有するシリコン含有基板 12'、例えば単結晶シリコンを含む。例えば BPSG を含む被覆絶縁層 18' は

10

20

30

40

50

、露出表面 19' と、側壁 26' 及び底部 28' を有するコンタクト開口部 24' とを有する。コンタクト開口部 24' は、導電性エリア 22a' に延在する。

【0043】

図 2B を参照して、薄いチタンシリサイド (TiSix) 層 30' が開口部 24' の底部 28' で導電性エリア 22a' 上に形成される。TiSix 層 30' は、好ましくは約 250 から約 300 オングストロームの厚さを有する。TiSix 層 30' は、前述したように従来の方法により、好ましくは TiCl₄、H₂ 及び一つ又はそれ以上のキャリアガスを用いた PECVD により形成され得る。

【0044】

層状導電性コンタクトは、ボロンドープ窒化チタン層が非ドープ窒化チタンの 2 つの層間に挟まれるように、TiCl₄ベース窒化チタンとボロンドープ TiCl₄ベース窒化チタンとの交互層をコンタクト開口部に堆積することにより形成される。多層コンタクトは、約 550 から約 700 、好ましくは 560 から約 650 の温度で、約 1 Torr から約 15 Torr 、好ましくは 10 Torr の圧力で従来の熱 CVD 処理により形成され得る。

【0045】

四塩化チタン (TiCl₄) 、アンモニア (NH₃) 及び一つ又はそれ以上のキャリアガスを含むガス混合物が反応器に流され、TiSix シード層 30' 上に非ドープ窒化チタンの層 36a' を所望の厚さ、通常約 100 から約 500 オングストロームに形成し得る。得られた構造が図 2C に示される。ガス混合物の好ましい流量は、TiCl₄ が約 100 から約 500 sccm 及び NH₃ が約 100 から約 1000 sccm である。

【0046】

図 2D に示すように、その後ジボラン (B₂H₆) が反応器に流され、ボロンドープ窒化チタンを含む層 32' が TiCl₄、NH₃ 及び B₂H₆ を含むガス混合物から非ドープ窒化チタン上に堆積される。ボロンドープ窒化チタン層 32' は、約 100 から約 500 オングストロームの所望の厚さに堆積される。ガス混合物の好ましい流量は、TiCl₄ が約 100 から約 500 sccm 、NH₃ が約 100 から約 1000 sccm 、及び B₂H₆ が約 100 から約 1000 sccm である。前述したように、NH₃ 及び B₂H₆ の流れは、得られる多層コンタクトの密着性、熱ストレスレベル及び導電性を変更するために制御され得る。

【0047】

B₂H₆ の流れがその後止められ、第 1 のガス混合物 (すなわち TiCl₄、NH₃) が反応器内に流されて、図 2E に示すように、非ドープ窒化チタンを含む層 36b' が形成される。窒化チタン層 36b' は、通常約 100 から約 500 オングストロームの所望の厚みに堆積される。窒化チタン層 36b' は、開口部を充填するように堆積され得る。あるいは、ボロンドープ窒化チタンのさらなる層が、所望により非ドープ窒化チタンの 2 つの層間に堆積されて、非ドープ窒化チタンを含む最上層のコンタクトでコンタクト開口部 24' を充填し得る。

【0048】

余剰材料は、図 2F に図示するように、例えば CMP により除去され、導電性コンタクト 34' を形成し得る。

【0049】

非ドープ窒化チタン間にボロンドープ窒化チタン 32' の層を挟むことで、TiCl₄ ベース TiN 充填材料における熱ストレスを実質的に減少する。これは、充填物を導電性コンタクトとして使用させ、高アスペクト比形態におけるタンゲステン (W) プラグに置き換える。交互層のこの組み合わせは、コンタクト開口部の側壁から、形成されたコンタクトの剥離を実質的になくす密着レベルを有する TiCl₄ ベース TiN コンタクトを達成する。また、特にコンタクトの厚さが約 500 オングストローム又はそれより大きくなるとき、絶縁性層の本体のクラックを実質的に減少するより低いレベルの熱ストレスを与える。さらに、得られたコンタクトは、拡散領域又は他の導電性構造に対する効果的な電

10

20

30

40

50

気的コンタクト用の高い導電性レベルを有する。

【実施例】

【0050】

本発明の方法にしたがって、ボロンドープTiCl₄ベース窒化チタン(TiN)コンタクトをBPSG層の高アスペクト比開口部に形成した。ジボラン(B₂H₆)の流れをテスト範囲にわたって変えて、BPSG絶縁性層上のボロンドープTiCl₄ベースTiNコンタクトの熱ストレス(G dynes/cm²)変化をテストした。

【0051】

シリコン基板層及びBPSGの被覆層を有するウエハフラグメントを与えた。BPSG層を通してコンタクト開口部を形成した。開口部のアスペクト比は10:1であった。 10

【0052】

カリフォルニア、サンタクララのアプライドマテリアルカンパニーから市販されているセンチュラシステム(Centura system)を用いて10 Torrの圧力で熱CVDによりTiCl₄ベースTiN膜を堆積した。次のように反応器内に前駆物質ガスを流した: TiCl₄を340 sccm、NH₃を200 sccm、アルゴン(Arg)を3000 sccm、ガス状窒素(N₂)を2000 sccm。200 sccmから600 sccmの範囲の流量で反応器内にジボラン(B₂H₆)を流した。2つの異なる温度600及び650でデータを測定した。

【0053】

その結果をグラフの形で図3A及び図3Bに示す。それらに示されるように、ボロン(すなわちB₂H₆)の量が増加するにつれて、TiCl₄ベースTiN材料のストレス(G dynes/cm²)が中間の又はゼロのストレスレベル及びそれより下に減少する。したがって、B₂H₆流を変えることにより、材料が絶縁性層(例えばBPSG)をクラックさせないようにTiCl₄ベースTiN膜の熱ストレスを調整することができる。 20

【0054】

法令にしたがって、本発明は、構造的及び方法的形態に関して大体の仕様を言葉で説明している。しかしながら、ここで開示された手段は本発明を効果に至らしめる好ましい形を含むので、本発明が示され記載された特定の形態に限定されないことに留意すべきである。したがって、本発明は、均等論にしたがって適切に解釈された添付請求項の適正な範囲内でその形又は変形例のすべてで請求される。 30

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図1A】図1Aは、処理シーケンスの先行するステップで半導体ウエハフラグメントの断面図である。

【図1B】図1Bは、本発明の方法の実施の形態に係る導電性コンタクトの製作を示す、次の続いて起こる処理ステップでの図1Aのウエハフラグメントの図である。

【図1C】図1Cは、本発明の方法の実施の形態に係る導電性コンタクトの製作を示す、次の続いて起こる処理ステップでの図1Aのウエハフラグメントの図である。

【図1D】図1Dは、本発明の方法の実施の形態に係る導電性コンタクトの製作を示す、次の続いて起こる処理ステップでの図1Aのウエハフラグメントの図である。 40

【図2A】図2Aは、本発明の方法の他の実施の形態に係る導電性コンタクトの製作を示す、次の続いて起こる処理ステップでの図1Aのウエハフラグメントの図である。

【図2B】図2Bは、本発明の方法の他の実施の形態に係る導電性コンタクトの製作を示す、次の続いて起こる処理ステップでの図1Aのウエハフラグメントの図である。

【図2C】図2Cは、本発明の方法の他の実施の形態に係る導電性コンタクトの製作を示す、次の続いて起こる処理ステップでの図1Aのウエハフラグメントの図である。

【図2D】図2Dは、本発明の方法の他の実施の形態に係る導電性コンタクトの製作を示す、次の続いて起こる処理ステップでの図1Aのウエハフラグメントの図である。

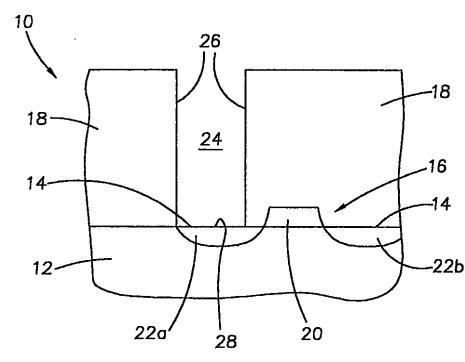
【図2E】図2Eは、本発明の方法の他の実施の形態に係る導電性コンタクトの製作を示す、次の続いて起こる処理ステップでの図1Aのウエハフラグメントの図である。 50

【図2F】図2Fは、本発明の方法の他の実施の形態に係る導電性コンタクトの製作を示す、次の続いて起こる処理ステップでの図1Aのウエハフラグメントの図である。

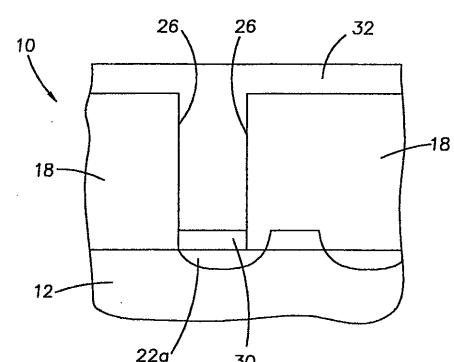
【図3A】図3Aは、600及び650の反応器温度で200から600sccmの範囲にわたって熱ストレス量(Gdynes/cm²)対ジボラン(B₂H₆)流を示す図である。

【図3B】図3Bは、600及び650の反応器温度で200から600sccmの範囲にわたって熱ストレス量(Gdynes/cm²)対ジボラン(B₂H₆)流を示す図である。

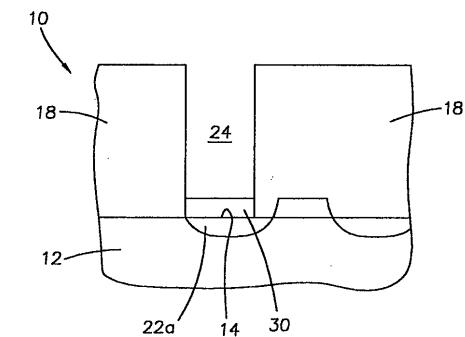
【図1A】



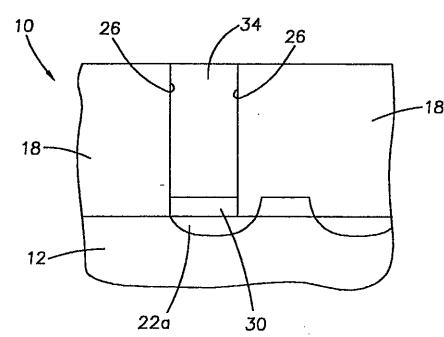
【図1C】



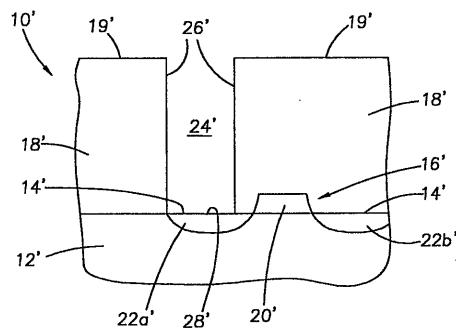
【図1B】



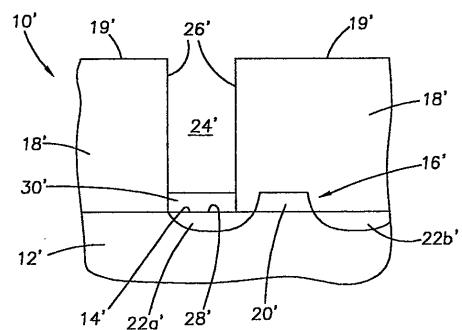
【図1D】



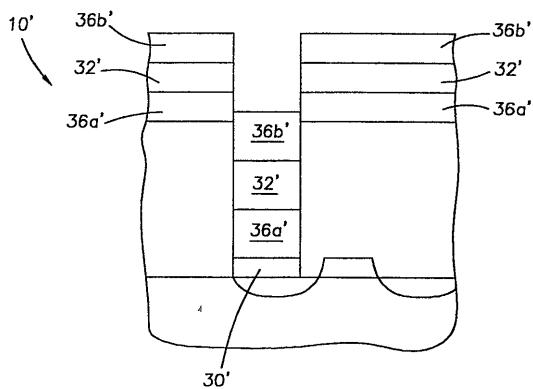
【図2A】



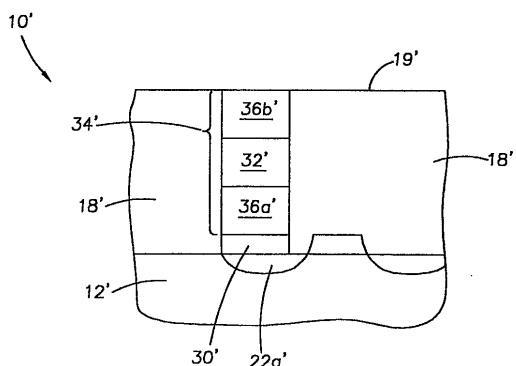
【図2B】



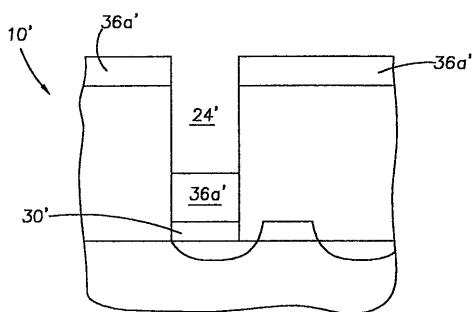
【図2E】



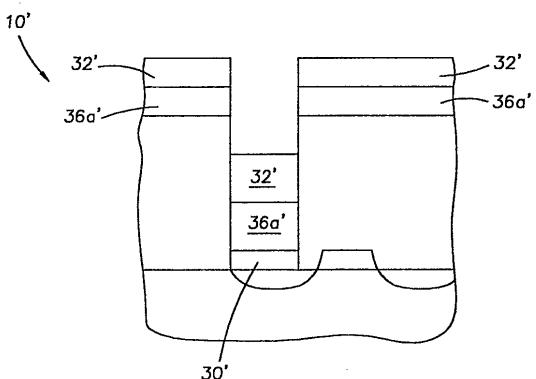
【図2F】



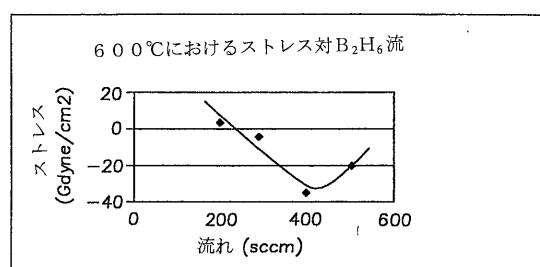
【図2C】



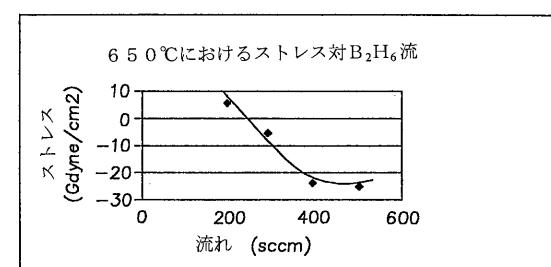
【図2D】



【図3A】



【図3B】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I
H 01 L 21/8242 (2006.01)	H 01 L 27/10 6 8 1 Z
H 01 L 27/108 (2006.01)	H 01 L 27/10 4 8 1
H 01 L 27/10 (2006.01)	H 01 L 29/78 3 0 1 X
H 01 L 29/78 (2006.01)	

(72)発明者 シャラン,スジット
アメリカ合衆国,アリゾナ州 85226,チャンドラー,ウェスト モンテレー ストリート
5105

(72)発明者 カストロヴィロ,ポール
アメリカ合衆国,アイダホ州 83706,ボイス,エヌ,フィリッピ 1814

審査官 小野田 誠

(56)参考文献 特開平05-267220 (JP, A)
特開平07-066143 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/768
H01L 21/28
H01L 21/285
H01L 21/3205
H01L 21/8242
H01L 23/52
H01L 27/10
H01L 27/108
H01L 29/78