

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-157776

(P2017-157776A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/28 (2006.01)	H O 1 L 21/28 3 O 1 R	4 M 1 O 4
C 2 2 C 9/00 (2006.01)	C 2 2 C 9/00	5 F O 3 3
C 2 2 C 9/06 (2006.01)	C 2 2 C 9/06	
C 2 2 C 9/10 (2006.01)	C 2 2 C 9/10	
H O 1 L 21/3205 (2006.01)	H O 1 L 21/88 R	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-41977 (P2016-41977)
 (22) 出願日 平成28年3月4日 (2016.3.4)

(71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県長久手市横道41番地の1
 (71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 110000110
 特許業務法人快友国際特許事務所
 (72) 発明者 山寺 秀哉
 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会
 社豊田中央研究所内
 (72) 発明者 明渡 邦夫
 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会
 社豊田中央研究所内

最終頁に続く

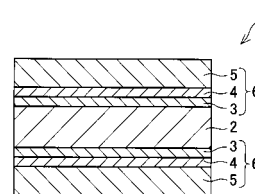
(54) 【発明の名称】 電極膜、電極膜を有する半導体装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】電極材料として銅が用いられている電極膜において、クラックの発生が抑えられる技術を提供する。

【解決手段】電極膜5は、半導体基板2上に設けられている。電極膜5の材料は、Ti、Nb、Zr、Ni、Co、Fe、Ta、W、Mo、Siからなる群より選択される少なくとも1種類の添加元素を含む銅合金である。電極膜5の平均結晶粒径が、10nm以上であり、且つ、500nm以下である。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板上に設けられる電極膜であって、

Ti、Nb、Zr、Ni、Co、Fe、Ta、W、Mo、Si からなる群より選択される少なくとも 1 種類の添加元素を含む銅合金を材料としており、

平均結晶粒径が、10 nm 以上、且つ、500 nm 以下である、電極膜。

【請求項 2】

前記添加元素の含有量が、0.5 原子% 以上、且つ、10 原子% 以下である、請求項 1 に記載の電極膜。

【請求項 3】

厚みが、0.1 μm 以上、且つ、50 μm 以下である、請求項 1 に記載の電極膜。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の前記電極膜を有する半導体装置。

【請求項 5】

前記電極膜に高耐熱接合材を介して接合する外部端子をさらに備えており、

前記高耐熱接合材は、鉛はんだ、銀微粒子を含む接合材、銅微粒子を含む接合材、鉛フリーはんだ又は拡散接合材である、請求項 4 に記載の半導体装置。

【請求項 6】

半導体装置の製造方法であって、

半導体基板上に電極膜を形成する工程と、

高耐熱接合法を利用して、前記電極膜と外部端子を接合する工程と、を備えており、

前記電極膜の材料が、Ti、Nb、Zr、Ni、Co、Fe、Ta、W、Mo、Si からなる群より選択される少なくとも 1 種類の添加元素を含む銅合金であり、

前記電極膜の平均結晶粒径が、10 nm 以上、且つ、500 nm 以下である、半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記高耐熱接合法では、鉛はんだ、銀微粒子を含む接合材、銅微粒子を含む接合材、鉛フリーはんだ又は拡散接合材が高耐熱接合材として用いられる、請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書が開示する技術は、半導体基板上に設けられる電極膜に関する。本明細書が開示する技術はまた、電極膜を有する半導体装置にも関する。本明細書が開示する技術はさらに、半導体装置の製造方法にも関する。

【背景技術】

【0002】

インバータ又はコンバータ等に用いられる電力用の半導体装置の開発が進められている。この種の半導体装置では、素子内部で発熱した熱を効率的に放熱することが求められている。このため、この種の半導体装置に用いられる電極膜の材料として、熱伝導性に優れた銅を採用する試みが行われている。特許文献 1 は、電極材料に銅が採用されている電極膜を開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2014 - 107345 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

電力用の半導体装置では、200 以上の冷熱サイクルにも耐えられる電極膜が必要と

10

20

30

40

50

されている。このような高温の冷熱サイクルでは、電極膜に加わる熱応力が大きくなり、電極膜の弾性領域を超えて降伏点に達し、電極膜にクラックが生じることがある。このようなクラックが電極膜に生じると、電極膜の熱伝導率が低下し、電極膜の放熱特性が悪化する。クラックがさらに進行すると、素子破壊が発生する虞がある。

【0005】

本明細書は、電極材料として銅が用いられている電極膜において、クラックの発生が抑えられる技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本明細書は、半導体基板上に設けられる電極膜を開示する。この電極膜は、Ti、Nb、Zr、Ni、Co、Fe、Ta、W、Mo、Siからなる群より選択される少なくとも1種類の添加元素を含む銅合金を材料とする。さらに、この電極膜の平均結晶粒径が、10nm以上、且つ、500nm以下である。

10

【0007】

上記添加元素は、銅よりもヤング率が高い材料であり、電極膜の結晶粒径を小さくさせることができる。このため、上記添加元素を含む銅合金の電極膜では、平均結晶粒径が10nm以上、且つ、500nm以下の範囲にまで小さくすることができる。これにより、上記添加元素を含む銅合金の電極膜は、弾性領域が広がることで高い降伏点を有することができる。この結果、上記添加元素を含む銅合金の電極膜では、高い熱応力が加わる状況下でも、クラックの発生が抑えられる。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本明細書で開示される半導体装置の要部断面図を模式的に示す。

【図2】試験用の半導体装置の断面図を模式的に示す。

【発明を実施するための形態】

【0009】

図1に示されるように、半導体装置1は、半導体基板2及び一対の積層電極6を備える。半導体基板2は、例えば、シリコン基板、炭化珪素基板又は窒化ガリウム基板であり、特定機能を発揮する回路素子が形成されている。この例では、例えば、IGBT、MOSFET、ダイオード等の縦型の電力用半導体装置が半導体基板2に形成されている。

30

【0010】

一対の積層電極6の各々は、半導体基板2に形成されている電力用半導体装置に接続しており、コンタクト膜3、バリアメタル膜4及び銅合金の電極膜5を有する。例えば、半導体基板2に形成されている電力用半導体装置が縦型のIGBTの場合、半導体基板2の表面に形成されている積層電極6はエミッタ電極と称され、半導体基板2の裏面に形成されている積層電極6はコレクタ電極と称される。なお、一対の積層電極6の各々の構造は同一であることから、以下では半導体基板2の表面に形成されている積層電極6を参照し、これらの積層電極6を説明する。

【0011】

コンタクト膜3は、半導体基板2の表面に接しており、電力用半導体装置を構成する不純物領域に電氣的に接触する。例えば、コンタクト膜3は、電力用半導体装置を構成する不純物領域にオーミック接触又はショットキー接触する。例えば、半導体基板2の材料が炭化珪素の場合、n型の不純物領域にオーミック接触するコンタクト膜3の材料には、ニッケルシリサイドが用いられる。ニッケルシリサイドは、ニッケルとシリコンの金属間化合物である。一例では、ニッケルシリサイドは、Ni₃Si、Ni₂Si、Ni₃Si₂、NiSiからなる群から選択される少なくとも1種類を含む。コンタクト膜3は、例えばスパッタリング技術を利用して、半導体基板2の表面に形成される。

40

【0012】

バリアメタル膜4は、コンタクト膜3と電極膜5の間に設けられており、コンタクト膜3と電極膜5の双方に接する。バリアメタル膜4は、Ta又はTiを含む導電性の金属膜

50

であり、Ta、Ti、TiN又はTaNであるのが望ましい。バリアメタル膜4は、電極膜5に含まれる銅がコンタクト膜3を超えて半導体基板2に拡散するのを抑制するために設けられている。バリアメタル膜4は、例えばスパッタリング技術を利用して、コンタクト膜3の表面に形成される。

【0013】

電極膜5は、バリアメタル膜4上に設けられており、外部端子に接合する。電極膜5は、例えば、高耐熱接合材が表面に塗布され、リードフレーム等の外部端子が高耐熱接合技術を利用して接合される。電極膜5は、添加元素を含む銅合金である。添加元素には、Ti、Nb、Zr、Ni、Co、Fe、Ta、W、Mo、Siの少なくとも1種類が用いられる。電極膜5は、例えばスパッタリング技術を利用して、バリアメタル膜4の表面に形成される。

10

【0014】

積層電極6は、電極膜5に添加元素が含まれていることを特徴とする。電極膜5に含まれる添加元素のヤング率は、銅よりも高い。このため、電極膜5に含まれる添加元素は、電極膜5の結晶粒径を小さくする。これにより、電極膜5では、平均結晶粒径が10nm以上、且つ、500nm以下の範囲にまで小さくすることができる。電極膜5の平均粒径が500nm以下であると、電極膜5は、弾性領域が広がることで高い降伏点を有することができる。この結果、電極膜5では、高い熱応力が加わる状況下でも、クラックの発生が抑えられる。さらに、電極膜5の平均結晶粒径が10nm以上であれば、銅合金である電極膜5が有する優れた放熱特性が維持される。このように、電極膜5は、クラック発生

20

【0015】

電極膜5に添加される添加元素の含有量が、0.5原子%以上、且つ、10原子%以下であるのが望ましい。電極膜5に添加される添加元素の含有量が、0.5原子%以上であれば、電極膜5の降伏点が、銅単体の電極膜よりも上昇する。電極膜5に添加される添加元素の含有量が、10原子%以下であれば、銅合金である電極膜5が有する優れた放熱特性が維持される。電極膜5の厚みが、0.1μm以上、且つ、50μm以下であるのが望ましい。電極膜5の厚みが0.1μm以上であると、高耐熱接合技術を利用してリードフレーム等の外部端子を良好に接合させることができる。電極膜5の厚みが50μm以下であれば、内部応力による破損及び下地（コンタクト膜3及びバリアメタル膜4）との剥離の発生が抑えられる。

30

【実施例1】

【0016】

（冷熱サイクル試験）

図2に示す試験用の半導体装置10を用意し、積層電極16の冷熱サイクル試験を行った。図2に示す試験用半導体装置10は、以下の手順で用意した。まず、n型の炭化珪素の半導体基板12を用意した。次に、スパッタリング技術を利用して、半導体基板12の表面及び裏面の各々にニッケルシリサイド（Ni₂Si）のコンタクト膜13と窒化タンタル（TaN）のバリアメタル膜14の順次成膜した。コンタクト膜13の厚みは約0.2μmであり、バリアメタル膜14の厚みは約0.1μmである。次に、スパッタリング技術を利用して、バリアメタル膜14上に銅合金の電極膜15を成膜した。電極膜15の厚みは約5μmである。電極膜15に添加する金属の種類を変えて複数種類の試験用半導体装置10を作成した。

40

【0017】

次に、半導体基板12の表面及び裏面に形成されている積層電極16の各々に対して、高耐熱接合技術を利用して、高耐熱接合層22を介してリードフレーム24を接合した。ここで、高耐熱接合技術とは、融点が200以上の高耐熱接合材を利用する技術である。高耐熱接合技術で用いられる高耐熱接合材としては、鉛はんだ、銀微粒子を含む接合材、銅微粒子を含む接合材、鉛フリーはんだ又は拡散接合材が例示される。なお、鉛フリーはんだとしては、亜鉛はんだが好ましい。試験用半導体装置10では、高耐熱接合層22

50

の高耐熱接合材に鉛はんだ（Pb - 10重量％）を使用した。接合温度は、水素雰囲気中で312℃である。

【0018】

冷熱サイクル試験は、-40℃と250℃の温度サイクルを80分かけて実施し、この温度サイクルを500回繰り返した。冷熱サイクル試験では、冷熱サイクルの後のクラック発生の有無を走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）により観察した。また、冷熱サイクル試験前に、各試験用半導体装置10の電極膜15の平均結晶粒径をSEM観察により測定した。表1に、冷熱サイクル試験の結果を示す。

【0019】

【表1】

	電極膜15の組成 (原子%)	電極膜15の平均 結晶粒径(nm)	冷熱サイクル試験後の クラックの発生の有無
実施例1	Cu-0.5%Ta	480	無
実施例2	Cu-1%Ta	410	無
実施例3	Cu-2%Ta	370	無
実施例4	Cu-5%Ta	320	無
実施例5	Cu-10%Ta	280	無
実施例6	Cu-2%Ti	260	無
実施例7	Cu-2%Zr	310	無
実施例8	Cu-2%Nb	240	無
実施例9	Cu-2%Ni	340	無
実施例10	Cu-2%Co	360	無
実施例11	Cu-2%Fe	320	無
実施例12	Cu-2%Mo	440	無
実施例13	Cu-2%W	460	無
実施例14	Cu-2%Si	180	無
比較例1	Cu	1110	有
比較例2	Cu-0.1%Ta	890	有
比較例3	Cu-0.2%Ta	730	有

【0020】

表1に示されるように、実施例1～14はいずれも、比較例1～3に比して、電極膜15の平均結晶粒径が大幅に低下し、500nm以下にまで低下している。このように、電極膜15の平均結晶粒径が500nm以下にまで低下した実施例1～14のいずれにおいても、冷熱サイクル試験後にクラックの発生が認められなかった。このことは、電極膜15の平均粒径が500nm以下であると、電極膜5が高い降伏点を有することにより、高い熱応力に対して塑性変形することで耐えることができたからである。

【0021】

この結果は、以下のことを示唆する。高耐熱接合技術で利用される高耐熱接合材は、200℃以上の融点を有しており、200℃以上の高温化でも破損しないことが知られている。このような高耐熱接合材を利用した場合、従来技術では、高耐熱接合材よりも先に電極膜にクラックが発生する。このため、従来技術では、高耐熱接合材の高融点という特徴を有効に利用することができなかった。一方、添加元素を含む電極膜15を有する積層電極16は、-40℃と250℃の温度サイクルを繰り返す冷熱サイクル試験でも、クラッ

クの発生が抑えられた。したがって、上記の積層電極 16 と高耐熱接合技術を組み合わせた場合、200 以上の過酷な環境下でも、接合状態を良好に維持することができると考えられる。電力用の半導体装置では、このような過酷な環境下でも高い信頼性を得ることが求められている。本明細書で開示する技術は、このような要求に応えることができることが示唆された。

【0022】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々な変形、変更したものが含まれる。また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

10

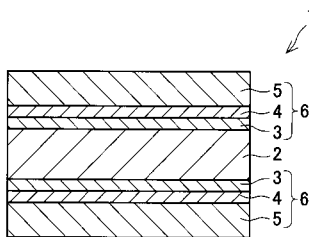
【符号の説明】

【0023】

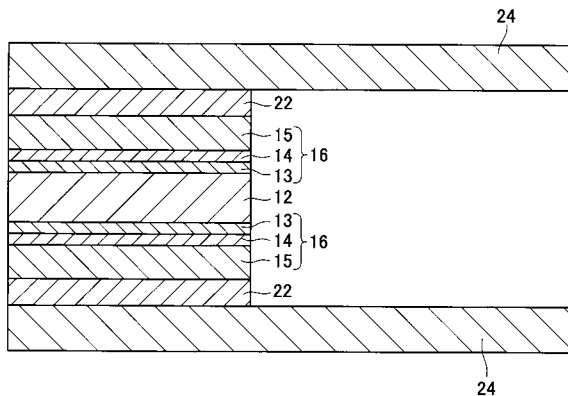
- 1：半導体装置
- 2：半導体基板
- 3：コンタクト膜
- 4：バリアメタル膜
- 5：電極膜
- 6：積層電極

20

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<i>H 0 1 L 21/768 (2006.01)</i>	H 0 1 L 21/88	Q
<i>H 0 1 L 23/532 (2006.01)</i>	H 0 1 L 21/88	T
<i>H 0 1 L 23/522 (2006.01)</i>	H 0 1 L 29/91	F
<i>H 0 1 L 29/868 (2006.01)</i>	H 0 1 L 29/86	3 0 1 D
<i>H 0 1 L 29/861 (2006.01)</i>	H 0 1 L 29/78	6 5 2 Q
<i>H 0 1 L 29/872 (2006.01)</i>	H 0 1 L 29/78	6 5 2 T
<i>H 0 1 L 29/78 (2006.01)</i>	H 0 1 L 21/60	3 2 1 E
<i>H 0 1 L 29/12 (2006.01)</i>		
<i>H 0 1 L 21/60 (2006.01)</i>		

(72)発明者 加藤 武寛

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム(参考) 4M104 AA01 AA03 AA04 BB04 BB24 BB37 BB38 BB39 CC01 DD37
 FF18 GG02 GG06 GG09 GG18 HH20
 5F033 GG01 GG02 HH07 HH12 HH14 HH18 HH21 HH25 HH32 HH33
 LL02 LL08 LL09 MM08 MM13 PP15 VV07 WW01 WW02 WW04
 XX17 XX19 XX22