

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 10 月 11 日(11.10.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/137959 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/28 (2006.01) H01L 29/872 (2006.01)
H01L 29/47 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/059606
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 6 日(06.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-084493 2011 年 4 月 6 日(06.04.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立
行政法人産業技術総合研究所 (National Institute of
Advanced Industrial Science and Technology) [JP/JP];
〒1008921 東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1
号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 木下 明将
(KINOSHITA, Akimasa) [JP/JP]; 〒3058569 茨城県つ
くば市小野川 1 6 - 1 独立行政法人産業技術
総合研究所内 Ibaraki (JP). 辻 崇 (TSUJI, Takashi)
[JP/JP]; 〒3058569 茨城県つくば市小野川 1 6 -
1 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki
(JP). 今井 文一 (IMAI, Fumikazu) [JP/JP]; 〒

3058569 茨城県つくば市小野川 1 6 - 1 独立
行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).

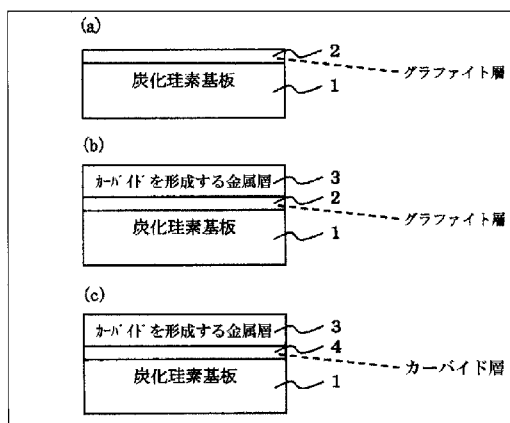
- (74) 代理人: 酒井 昭徳 (SAKAI, Akinori); 〒1006020 東
京都千代田区霞が関 3 丁目 2 番 5 号 霞が関ビ
ルディング 2 0 階 酒井総合特許事務所 Tokyo
(JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: MANUFACTURING METHOD FOR SILICON CARBIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 炭化珪素半導体装置の製造方法

[図1]



- 1 SILICON CARBIDE SUBSTRATE
2 GRAPHITE LAYER
3 METAL LAYER FORMING CARBIDE
4 CARBIDE LAYER

(57) Abstract: The surface of a silicon carbide substrate (1), having a graphite layer (2) on a surface, is covered with a metal layer (3) which can form carbide. Subsequently, the silicon carbide substrate (1) is annealed, the metal in the metal layer (3) capable of forming a carbide is reacted to the silicon in the silicon carbide substrate (1), and by altering the graphite layer (2), between the metal layer (3) capable of forming carbide and the silicon carbide substrate (1), into a metal carbide layer (4), the graphite layer (2) is removed. This improves adhesion of the metal layer (3) which can form carbide and the silicon carbide substrate (1), and suppresses detachment of the metal layer (3) which can form carbide. Additionally, removal of the graphite layer (2) can suppress deposition of graphite, and suppress detachment of the metal film for wiring that is formed on the surface of the metal layer (3) which can form carbide.

(57) 要約: 表面にグラファイト層 (2) が生じている炭化珪素基板 (1) の表面を、カーバイドを形成することが可能な金属層 (3) で覆う。次に、炭化珪素基板 (1) をアニールし、カーバイドを形成することが可能な金属層 (3) 中の金属と炭化珪素基板 (1) 中のシリコンとを反応させ、カーバイドを形成することが可能な金属層 (3) と炭化珪素基板 (1) との間のグラファイト層 (2) を金属カーバイド

層 (4) へと変化させることにより、グラファイト層 (2) を除去する。これにより、カーバイドを形成することが可能な金属層 (3) と炭化珪素基板 (1) との密着性が向上し、カーバイドを形成することが可能な金属層 (3) の剥離を抑制することができる。また、グラファイト層 (2) を除去することによりグラファイトの析出が抑制され、カーバイドを形成することが可能な金属層 (3) の表面に形成される配線用金属膜の剥離を抑制することができる。

WO 2012/137959 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：炭化珪素半導体装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、炭化珪素半導体装置と金属堆積膜との密着性を向上させる炭化珪素半導体装置の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 炭化珪素（S i C）は化学的に非常に安定な材料であり、バンドギャップが3 e Vと広く、高温でも半導体として極めて安定的に使用できる。また、最大電界強度もシリコン（S i）より1桁以上大きいため、パワー半導体素子の観点から性能限界の近いシリコンに代わる材料として注目されている（例えば、下記非特許文献1参照）。

[0003] 半導体装置は工程の終盤で外部装置と接続するための配線用金属膜の形成を行う。この配線用金属膜に要求される項目は、接触抵抗が小さいこと、ダイシング時に剥離がないこと、ボンディングやダイボンディング後の長時間の使用にも耐えられ剥離が起こらないこと等、多くの項目があるが特に剥離が起こらないことが求められ密着性の強さが要求される。これは炭化珪素半導体装置の電極構造を形成する場合も例外ではない。

[0004] 炭化珪素を材料とした炭化珪素半導体装置は、炭化珪素がカーボン（C）を含むこと、炭化珪素半導体装置を作製（製造）する工程で高温の処理が多用されることなどから、炭化珪素半導体装置を構成する炭化珪素基板の表面にグラファイト層が形成されやすい。炭化珪素基板のグラファイト層が生じた表面に配線用等の金属膜を堆積した場合、炭化珪素基板から金属膜が剥離しやすい。

[0005] 特に、炭化珪素半導体装置において低抵抗接続となるオーミック電極を形成する工程に注目すると、炭化珪素基板上にニッケル（N i）膜を堆積した後、熱処理を行いN i膜中のニッケルと炭化珪素基板中のシリコンとを反応させ炭化珪素基板上に、例えばN iシリサイド膜を形成すればよいことが報

告されている。しかしながら、Niシリサイド膜を形成した場合、Niはカーボンと反応しにくいため、炭化珪素基板中のシリコンがNiと反応することにより当該シリコンとの結合が切断されたカーボン（以下、余ったカーボンとする）がNiシリサイド膜上にグラファイト層を形成する。このグラファイト層上に外部装置との接続用の配線用金属膜を形成すると、炭化珪素基板と配線用金属膜との密着力が低下し、配線用金属膜の剥離を引き起こす要因となる。

[0006] このため、配線用金属膜の剥離を抑制する方法として、グラファイト層を不活性ガス（アルゴン（Ar）など）雰囲気中でのプラズマプロセスにて除去する方法や、Ni膜を熱処理する前に予めNi膜上にNiシリサイド膜を形成しグラファイトが最表面に析出されないようにする方法（例えば、下記特許文献1参照）や、グラファイト層上にカーボンと反応する金属層を堆積して熱処理することにより析出グラファイトを除去する方法（例えば、下記特許文献2参照）が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2006-332358号公報

特許文献2：特開2006-344688号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献1：ケイ・シェナイ（K. Shenai）、外2名、Optimum Semiconductors for High-Power Electronics）、アイ・トリプル・イー トランザクションズ オン エレクトロン デバイス（IEEE Transactions on Electron Devices）、1989年9月、第36巻、第9号、p. 1811-1823

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] しかしながら、炭化珪素半導体装置の製造工程において配線用金属膜の剥離を引き起こすグラファイト層が形成される要因は多くある。この剥離原因となるグラファイト層をA rスパッタ等の物理的手段で除去する場合、グラファイト層のみならず低抵抗接続に必要なN iシリサイド膜も除去されてしまう。このため、正確にグラファイト層のみを物理的手段で除去する方法は工程が複雑になる。
- [0010] 一方、カーボンと反応する金属層を堆積して熱処理することにより析出グラファイトを除去する場合、工程を簡略化することができるが、N iシリサイド膜形成から配線用金属膜形成までに多くの工程を経る必要がある。このため、これらの工程の過程で様々な要因により配線用金属膜形成用の面にグラファイト層が堆積し、配線用金属膜の剥離を誘発する虞がある。
- [0011] この発明は、上述した従来技術による問題点を解消するため、金属膜と炭化珪素デバイスとの密着性を向上し金属膜の剥離を抑制することができる炭化珪素半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0012] 上述した課題を解決し、本発明の目的を達成するため、この発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法は、炭化珪素基板上に電極構造が形成された炭化珪素半導体装置の製造方法であって、次の特徴を有する。まず、グラファイト層が生じている前記炭化珪素基板の表面を、カーバイドを形成可能な金属層で覆う第1工程を行う。次に、アニールによって前記グラファイト層中のカーボンと前記金属層中の金属とを反応させ、前記金属層と前記炭化珪素基板との間の前記グラファイト層をカーバイド層へと変化させる第2工程を行う。
- [0013] また、この発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法は、上述した発明において、前記金属層の表面に前記電極構造として配線用金属膜を形成した後、前記第2工程を行うことを特徴とする。
- [0014] また、この発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法は、上述した発明

において、前記金属層は、チタンを主成分としてできていることを特徴とする。

[0015] また、この発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法は、上述した発明において、前記炭化珪素基板の表面に前記電極構造として予め金属シリサイド膜が形成されており、前記第1工程では、前記グラファイト層が生じている前記金属シリサイド膜の表面を前記金属層で覆うことを特徴とする。

[0016] また、この発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法は、上述した発明において、前記金属シリサイド膜は、ニッケルシリサイド膜であることを特徴とする。

[0017] また、この発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法は、上述した発明において、前記炭化珪素基板の前記アニールは、500K以上の温度で行うことを特徴とする。

[0018] また、この発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法は、上述した発明において、前記炭化珪素基板の前記アニールは、真空雰囲気中で行うことを特徴とする。

[0019] 上述した発明によれば、炭化珪素基板の表面または炭化珪素基板上に形成された金属シリサイド膜の表面にグラファイト層が生じた場合に、グラファイト層と、その表面に堆積したカーバイドを形成可能な金属層とを室温より高い温度でアニールすることにより反応させ、グラファイト層をカーバイド層へと変化させて除去する。グラファイト層を除去することにより、炭化珪素基板または金属シリサイド膜と、カーバイドを形成可能な金属層との密着力を向上させることができる。さらに、グラファイト層をカーバイド層へと変化させることにより、カーバイドを形成可能な金属層上にグラファイトが析出しない。このため、カーバイドを形成可能な金属層上に形成された配線用金属膜の剥離が抑制される。したがって、カーバイドを形成可能な金属層上に任意の配線用金属膜を形成しても本発明の効果を得ることができ、配線用金属膜を構成する金属を自由に選択し炭化珪素半導体装置を作製することができる。

発明の効果

[0020] 本発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法によれば、金属膜と炭化珪素デバイスとの密着性を向上し金属膜の剥離を抑制することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図1は、本発明の第一の実施の形態にかかる炭化珪素半導体基板の製造途中の状態を示す断面図である。

[図2]図2は、本発明の第二の実施の形態にかかる炭化珪素半導体基板の製造途中の状態を示す断面図である。

[図3]図3は、本発明の第三の実施の形態にかかる炭化珪素半導体基板の製造途中の状態を示す断面図である。

[図4]図4は、本発明の第一の実施例にかかる炭化珪素半導体装置の製造途中の状態を示す断面図である。

[図5]図5は、本発明の第二の実施例にかかる炭化珪素半導体装置の製造途中の状態を示す断面図である。

[図6]図6は、本発明の第三の実施例にかかる炭化珪素半導体装置の製造途中の状態を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下に添付図面を参照して、この発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法の好適な実施の形態を詳細に説明する。なお、以下の実施の形態の説明および添付図面において、同様の構成には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0023] (本発明の原理)

(第一の実施の形態)

本発明の第一の実施の形態にかかる炭化珪素半導体基板の製造方法について説明する。図1は、本発明の第一の実施の形態にかかる炭化珪素半導体基板の製造途中の状態を示す断面図である。図1には、炭化珪素(SiC)基板上に生じているグラファイト層と、カーバイドを形成することが可能な金

属層との接合状態を示す。炭化珪素基板 1 は、本発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法を適用して作製（製造）される炭化珪素半導体装置の構成部である。図示省略するが、炭化珪素基板 1 には、一般的な方法によりデバイスの素子構造（以下、炭化珪素デバイスとする）が形成されている（以下、図 2～6 においても同様）。

[0024] そして、炭化珪素基板 1 の表面には、一般的な方法により、SBD（Schottky Barrier Diode：ショットキーバリアダイオード）やMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor：絶縁ゲート型電界効果トランジスタ）などの表面電極を構成する配線用金属膜（不図示）が形成される。この配線用金属膜を形成するときに、図 1（a）に示すように炭化珪素基板 1 の表面にグラファイト層 2 が生じている場合、次の処理を行うことにより本発明の効果をを得ることができる。

[0025] 図 1（a）に示すように炭化珪素基板 1 の表面にグラファイト層 2 が形成された場合、図 1（b）に示すようにカーバイドを形成することが可能な金属層 3（図 1 では、カーバイドを形成する金属層と示す。以下、図 2，3 においても同様）をグラファイト層 2 の表面に堆積する。カーバイドを形成することが可能な金属層 3 は、カーバイドを形成することが可能な金属を主成分としてできている。カーバイドを形成することが可能な金属とは、炭化珪素基板 1 中のカーボン（C）や、炭化珪素半導体装置を作製（製造）するときに生じるグラファイト層 2 中のカーボンと化学反応（不可逆反応）し、生成物としてカーバイドを形成可能な金属ある。具体的には、カーバイドを形成することが可能な金属とは、例えばチタン（Ti）である。

[0026] 次に、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 を堆積し終わった後、例えば室温より高い温度で炭化珪素基板 1 をアニールすることにより、配線用金属膜剥離の原因となるグラファイト層 2 中のカーボンとカーバイドを形成することが可能な金属層 3 中の金属とを反応させる。この反応によりグラファイト層 2 が金属カーバイド層 4 へと変化し、図 1（c）に示すように炭

化珪素基板 1 とカーバイドを形成することが可能な金属層 3 との間に金属カーバイド層 4 が形成される。室温とは、アニール炉内の温度を加熱または冷却しない状態であり、例えば 25℃程度である。

[0027] このように金属カーバイド層 4 を形成することにより、炭化珪素基板 1 とカーバイドを形成することが可能な金属層 3 との間のグラファイト層 2 を除去することができる。このため、炭化珪素基板 1 とカーバイドを形成することが可能な金属層 3 との密着性が向上する。これにより、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 の剥離を抑制することができる。また、このように金属カーバイド層 4 を形成することによりグラファイト層 2 のみを正確に除去することができるため、工程を簡略化することができる。したがって、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 の表面にグラファイトが堆積される要因を低減させることができる。

[0028] カーバイドを形成することが可能な金属層 3 は、カーバイドを形成することが可能な金属を、少なくともグラファイト層 2 中のカーボンが余らないように金属カーバイド層 4 を生成可能な割合で含むことが好ましい。その理由は、炭化珪素基板 1 とカーバイドを形成することが可能な金属層 3 との間にグラファイト層 2 が残らないように金属カーバイド層 4 を形成することができるからである。

[0029] また、グラファイト層 2 中のカーボンとカーバイドを形成することが可能な金属層 3 中の金属とを反応させるためのアニールは、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 を堆積し終わった後に行うことが好ましい。その理由は、次のとおりである。カーバイドを形成することが可能な金属層 3 の堆積中にアニールを行う場合においても、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 中の金属がグラファイト層 2 中のカーボンと反応し金属カーバイド層 4 が形成される。しかし、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 に含まれる金属と炭化珪素基板 1 との熱膨張率が異なるため、アニール後、温度を下げたときに、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 が炭化珪素基板 1 よりも大きく縮む（または炭化珪素に比べてほとんど縮まない）こと

により炭化珪素基板 1 に応力が加わり、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 と炭化珪素基板 1 との密着力が低下するからである。

[0030] (第二の実施の形態)

次に、本発明の第二の実施の形態にかかる炭化珪素半導体基板の製造方法について説明する。図 2 は、本発明の第二の実施の形態にかかる炭化珪素半導体基板の製造途中の状態を示す断面図である。図 2 には、炭化珪素基板上に生じているグラファイト層と、カーバイドを形成することが可能な金属層と、配線用金属膜との接合状態を示す。

[0031] 図 2 (a) に示すように炭化珪素基板 1 の表面にグラファイト層 2 が形成された場合、図 2 (b) に示すようにカーバイドを形成することが可能な金属層 3 を堆積し、続けて配線用金属膜 5 として任意の金属を単層もしくは複数層堆積する。グラファイト層 2 の表面にカーバイドを形成することが可能な金属層 3 を堆積させることにより、後のアニール工程において、上述したように金属カーバイド層 4 が形成され、且つカーバイドを形成することが可能な金属層 3 と配線用金属膜 5 との界面にグラファイトが析出しない。このため、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 と配線用金属膜 5 との間の密着力が保障される。

[0032] 次に、配線用金属膜 5 を堆積し終わった後、室温より高い温度で炭化珪素基板 1 をアニールすることにより、配線用金属膜 5 剥離の原因となるグラファイト層 2 中のカーボンとカーバイドを形成することが可能な金属層 3 中の金属とを反応させる。この反応によりグラファイト層 2 が金属カーバイド層 4 へと変化し、図 2 (c) に示すように炭化珪素基板 1 とカーバイドを形成することが可能な金属層 3 との間に金属カーバイド層 4 が形成される。これにより、第一の実施の形態と同様に炭化珪素基板 1 とカーバイドを形成することが可能な金属層 3 との密着性が向上する。

[0033] また、グラファイト層 2 中のカーボンは、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 中の金属と反応して金属カーバイド層 4 となることによりカーボン単体で残らないため、カーバイドを形成することが可能な金属層 3 と配

線用金属膜 5 との界面にグラファイトは析出しない。このため、配線用金属膜 5 の構成材料として、グラファイトによる炭化珪素デバイス（デバイス構造が形成された炭化珪素基板）との密着性低下が低減される金属を選択する必要がない。したがって、配線用金属膜を構成する金属を自由に選択して炭化珪素半導体装置を製造することができ、且つ配線用金属膜 5 の剥離を抑制することができる。

[0034] （第三の実施の形態）

次に、本発明の第三の実施の形態にかかる炭化珪素半導体基板の製造方法について説明する。図 3 は、本発明の第三の実施の形態にかかる炭化珪素半導体基板の製造途中の状態を示す断面図である。図 3 には、炭化珪素基板上に金属シリサイド膜を形成したときに金属シリサイド膜上に生じているグラファイト層と、カーバイドを形成することが可能な金属層と、配線用金属膜との接合状態を示す。

[0035] 図 3（a）に示すように、オーミック電極を形成するための金属膜 6 を炭化珪素基板 1 の表面に堆積した後にアニールする場合、炭化珪素基板 1 と金属膜 6 との界面において炭化珪素基板 1 中のシリコンと金属膜 6 中の金属とが反応し、金属膜 6 は金属シリサイドへと変化する。図 3（b）に示すように金属膜 6 の厚さが薄い場合、金属膜 6 が金属シリサイド、金属カーバイドおよびグラファイトのいずれか 2 つ以上を含む混合層 7（図 3 には金属シリサイド膜と示す）へと変化し、その表面にグラファイト層 2 が形成されやすい。特に、金属膜 6 として例えばカーボンと反応しにくいニッケル（Ni）などを堆積する場合に上記問題が顕著にあらわれる。

[0036] このため、図 3（c）に示すようにカーバイドを形成することが可能な金属層 3 をグラファイト層 2 の表面に堆積した後にアニールを行うことにより、第一の実施の形態および第二の実施の形態と同様にグラファイト層 2 を除去する。具体的には、混合層 7 のグラファイト層 2 が生じた表面にカーバイドを形成することが可能な金属層 3 を堆積し、続けてカーバイドを形成することが可能な金属層 3 の表面に配線用金属膜 5 として任意の金属を単層でま

たは複数層堆積する。さらに、図3（d）に示すように配線用金属膜5を堆積し終わった後、混合層7、カーバイドを形成することが可能な金属層3および配線用金属膜5が堆積された炭化珪素基板1を室温より高い温度でアニールする。

[0037] このアニールによって、カーバイドを形成することが可能な金属層3と混合層7との間のグラファイト層2は金属カーバイド層4へと変化する。これにより、カーバイドを形成することが可能な金属層3の剥離の原因となるグラファイト層2をなくすことができ、且つカーバイドを形成することが可能な金属層3と配線用金属膜5との界面へのグラファイトの析出を防止することができる。このため、カーバイドを形成することが可能な金属層3および配線用金属膜5の剥離を抑制することができる。したがって、炭化珪素基板1の表面にオーミック電極を形成するために金属膜6を堆積し、その表面に配線用金属膜5を堆積する場合においても、第一の実施の形態および第二の実施の形態と同様の効果が得られる。

[0038] また、通常、炭化珪素基板1上への各金属膜の堆積は例えば真空雰囲気中で行われる。このため、カーバイドを形成することが可能な金属層3を堆積した後、または、さらに連続して配線用金属膜5を堆積した後、続けて行うアニールも真空雰囲気中で行うことにより、カーバイドを形成することが可能な金属層3中の金属が空気中の酸素や窒素と反応することを回避できる。これにより、グラファイト層2中のカーボンがカーバイドを形成することが可能な金属層3中の金属との反応せずに余ることを回避することができるため、さらに本発明の効果が向上される。

[0039] （第一の実施例）

次に、第一の実施の形態にしたがい、第一の実施例にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法について詳細に説明する。図4は、本発明の第一の実施例にかかる炭化珪素半導体装置の製造途中の状態を示す断面図である。図4には、カーバイドを形成することが可能な金属層としてTi膜8を形成したときの炭化珪素基板1とTi膜8との接合状態を示す。

[0040] まず、図4（a）に示すように、例えば4H-SiCからなる炭化珪素基板1を用意する。この炭化珪素基板1は、すべてが炭化珪素で構成されていてもよいし、本発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法を適用する第1主面側のみが炭化珪素で構成されていてもよい。また、この炭化珪素基板1は、本発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法を適用する第1主面に対して反対側の第2主面に任意の構造、例えばSBD等のデバイスが形成されていてもよい。この炭化珪素基板1の第1主面にはグラファイト層2が堆積されている。

[0041] このグラファイト層2は、例えば炭化珪素半導体装置を作製する多数の工程を経ている間に炭化珪素基板1の表面に堆積され、電極用金属膜形成時には炭化珪素基板1の表面全体に一様に、または、炭化珪素基板1の表面の一部に残ってしまう。例えば、炭化珪素基板1の第2主面にSBDやMOSFET等のデバイス構造を形成した後、炭化珪素基板1の第1主面に電極用金属膜を形成する直前にエッチングなどの除去工程を行うことができないなどの理由により、グラファイト膜2は完全に除去されずに炭化珪素基板1の表面に残ってしまう。

[0042] そこで、図4（b）に示すように、例えば物理蒸着（PVD：Physical Vapor Deposition）装置を用いて真空雰囲気中で、炭化珪素基板1のグラファイト層2が生じた第1主面に、Ti膜8を例えば100nmの厚さで形成する。このとき、炭化珪素基板1の第1主面の一部上にのみ電極用金属膜を形成する場合には、電極用金属膜を形成するその一部にのみTi膜8が残るようにTi膜8をパターニングしてもよい。

[0043] 次に、Ti膜8を蒸着した後、好ましくは例えばTi膜8の蒸着直後に、Ti膜8が形成された炭化珪素基板1に対して、真空雰囲気中で、高温、好ましくは500K（ケルビン）（223℃）以上の温度の熱処理を行う。これにより、図4（c）に示すように、Ti膜8中のTiとグラファイト層2中のカーボンとが反応して、炭化珪素基板1とTi膜8との間のグラファイト層2が炭化チタン（TiC）層9へと変化し、Ti膜8の剥離の原因とな

るグラファイト層 2 が除去される。

[0044] このとき、炭化珪素基板 1 と T i C 層 9 との界面、および T i C 層 9 と T i 膜 8 との界面において各層どうしは化学的に結合される。このため、炭化珪素基板 1 から T i 膜 8 までの各層どうしは高い密着強度で接合される。

[0045] このように、炭化珪素基板 1 の表面に T i 膜 8 を形成してアニールを行う一連の工程により、炭化珪素基板 1 と T i 膜 8 とに挟まれたグラファイト層 2 を T i C 層 9 へと変化させる。したがって、工程が複雑な物理的手段等を用いて配線用金属膜の形成前に前もってグラファイト層 2 を除去しなくても、T i 膜 8 の剥離の原因となるグラファイト層 2 のみを正確に除去することができる。これにより、T i 膜 8 の剥離を防止することが可能となる。また、炭化珪素基板 1 の表面に T i 膜 8 を完全に蒸着した後に高温熱処理を行うことにより、炭化珪素基板 1 と T i 膜 8 との熱膨張率の違いにより引き起こされる応力がかからないため、炭化珪素基板 1 と T i 膜 8 との密着力が高くなる。

[0046] (第二の実施例)

次に、第二の実施の形態にしたがい、第二の実施例にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法について詳細に説明する。図 5 は、本発明の第二の実施例にかかる炭化珪素半導体装置の製造途中の状態を示す断面図である。図 5 には、カーバイドを形成することが可能な金属層として T i 膜 8 を形成し、配線用金属膜として N i 膜 10 および金 (A u) 膜 11 をこの順に積層したときの炭化珪素基板 1 と T i 膜 8、N i 膜 10 および A u 膜 11 との接合状態を示す。

[0047] まず、図 5 (a) に示すように第一の実施例と同様に、炭化珪素半導体装置を作製する各工程を経ることにより第 1 主面にグラファイト層 2 が堆積された例えば 4 H - S i C からなる炭化珪素基板 1 を用意する。

[0048] 次に、図 5 (b) に示すように、例えば物理蒸着装置を用いて真空雰囲気中で、炭化珪素基板 1 のグラファイト層 2 が形成された第 1 主面に、T i 膜 8 を例えば 100 nm の厚さで形成する。続けて、T i 膜 8 の表面に N i 膜

10を例えば500nmの厚さで形成し、さらにNi膜10の表面にAu膜11を例えば200nmの厚さで形成する。このとき、炭化珪素基板1の第1主面の一部にのみ電極用金属膜を形成する場合には、電極用金属膜を形成するその一部にのみTi膜8が残るようにTi膜8をパターニングしてもよい。

[0049] 次に、Ti膜8、Ni膜10およびAu膜11をこの順に蒸着した後、好ましくは例えば蒸着直後に、これらの金属膜が形成された炭化珪素基板1に対して、真空雰囲気中で、高温、好ましくは500K（223℃）以上の温度の熱処理を行う。これにより、図5（c）に示すように、Ti膜8中のTiとグラファイト層2と中のカーボンとが反応し、炭化珪素基板1とTi膜8との間のグラファイト層2がTiC層9へと変化する。このようにして、Ti膜8の剥離の原因となるグラファイト層2が除去される。

[0050] このとき、炭化珪素基板1とTiC層9との界面、およびTiC層9とTi膜8との界面において各層どうしは化学的に結合される。また、Ti膜8とNi膜10との界面、およびNi膜10とAu膜11との界面において各金属膜どうしの密着力は、真空雰囲気中で連続して各金属膜を蒸着することにより、各金属膜どうしが剥離しない程度に十分に強くなる。このため、炭化珪素基板1からAu膜11までの各層どうしが高い密着強度で接合される。

[0051] このように、炭化珪素基板1の表面にTi膜8、Ni膜10およびAu膜11を形成してアニールを行う一連の配線用金属膜形成工程により、炭化珪素基板1とTi膜8とに挟まれたグラファイト層2をTiC層9へと変化させ、各金属膜間にグラファイトが析出することを防止する。したがって、工程が複雑な物理的手段等を用いて配線用金属膜の形成前に前もってグラファイト層2を除去しなくても、配線用金属膜形成工程を行うだけでグラファイト層2を除去することができ、且つグラファイトの析出を防止することができる。これにより、Ti膜8、Ni膜10およびAu膜11の剥離を防止することが可能となる。

[0052] この後工程については図示省略するが、配線用金属膜として最表面に酸化されないA u膜11を形成することにより、リードフレームなどへのはんだ接合などをスムーズに行うことができ、安定した炭化珪素半導体装置を製造することができる。また、炭化珪素基板1の表面にT i膜8、N i膜10およびA u膜11を完全に蒸着した後に高温熱処理を行うことにより、炭化珪素基板1、T i C層9、T i膜8、N i膜10およびA u膜11の各熱膨張率の違いにより引き起こされる応力の影響もなくなり、炭化珪素基板1からA u膜11までの各層の密着力が高くなる。

[0053] (第三の実施例)

次に、第三の実施の形態にしたがい、第三の実施例にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法について詳細に説明する。図6は、本発明の第三の実施例にかかる炭化珪素半導体装置の製造途中の状態を示す断面図である。図6には、金属シリサイド膜としてN iシリサイド膜13を形成し、カーバイドを形成することが可能な金属層としてT i膜8を形成し、配線用金属膜としてN i膜10およびA u膜11をこの順に積層したときの炭化珪素基板1とN iシリサイド膜13、T i膜8、N i膜10およびA u膜11との接合状態を示す。

[0054] まず、図6(a)に示すように、例えば4H-S i Cからなる炭化珪素基板1を用意し、この炭化珪素基板1の第1主面に炭化珪素基板1とのオーミックコンタクト用のN i膜12を例えば50nmの厚さで堆積する。このとき、炭化珪素基板1の本発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法を適用する第1主面の一部にのみ電極用金属膜を形成する場合には、その一部にのみN i膜12が堆積されるようにN i膜12をパターニングしてもよい。

[0055] 次に、急速加熱処理(RTA: Rapid Thermal Anneal)装置を用いて、300℃以上、例えば1000℃の温度で2分間の熱処理を行う。これにより、図6(b)に示すように、N i膜12がシリサイド化され、炭化珪素基板1の表面に低抵抗のオーミックコンタクトとなるN iシリサイド膜13が形成される。しかし、N iはカーボンと非常に反応しに

くいため、炭化珪素基板 1 中の余ったカーボンによって N i シリサイド膜 1 3 の上にグラファイト層 2 が形成される。グラファイト等他の物質は、N i シリサイド膜 1 3 の中にも混ざる場合がある。

[0056] 次に、炭化珪素基板 1 の第 2 主面に図示省略する例えば縦型 S B D を製造する場合、炭化珪素基板 1 の第 2 主面にショットキーコンタクト等のデバイス構造を形成するため、炭化珪素基板 1 は多数の工程を通過する。したがって、この多数の工程を通過する過程で、炭化珪素基板 1 は、例えばレジストの残渣などに汚染され、その表面にグラファイトが形成される。このため、低抵抗のオーミックコンタクトとなる N i シリサイド膜 1 3 の表面に元々存在するグラファイト層 2 を配線用金属膜の形成前に前もって除去したとしても、配線用金属膜を形成する直前には配線用金属膜の剥離を誘発するグラファイト層 2 が再び形成される。

[0057] そこで、工程が複雑な物理的手段等を用いて配線用金属膜の形成前に前もってグラファイト層 2 を除去せずに、N i シリサイド膜 1 3 の表面にグラファイト層 2 が形成された状態のまま、次のように配線用金属膜形成工程を行う。具体的には、図 6 (c) に示すように、例えば物理蒸着装置を用いて真空雰囲気中で、N i シリサイド膜 1 3 のグラファイト層 2 が形成された表面に、T i 膜 8 を例えば 1 0 0 n m の厚さで形成する。さらに連続して、例えば T i 膜 8 の形成と同様の蒸着装置を用いて真空雰囲気中で、T i 膜 8 の表面に N i 膜 1 0 を例えば 5 0 0 n m の厚さで形成し、N i 膜 1 0 の表面に A u 膜 1 1 を例えば 2 0 0 n m の厚さで形成する。

[0058] 次に、例えば T i 膜 8、N i 膜 1 0 および A u 膜 1 1 の蒸着直後に、T i 膜 8、N i 膜 1 0 および A u 膜 1 1 が形成された炭化珪素基板 1 に対して、真空雰囲気中で、高温、好ましくは 5 0 0 K (2 2 3 ° C) 以上の温度の熱処理を行う。これにより、図 6 (d) に示すように、T i 膜 8 中の T i とグラファイト層 2 中のカーボンとが反応して、N i シリサイド膜 1 3 と T i 膜 8 との間のグラファイト層 2 が T i C 層 9 へと変化する。このようにして、T i 膜 8 の剥離の原因となるグラファイト層 2 が除去される。

[0059] このとき、炭化珪素基板 1 と N i シリサイド膜 1 3 との界面、N i シリサイド膜 1 3 と T i C 層 9 との界面、および T i C 層 9 と T i 膜 8 との界面において各層どうしは化学的に結合される。また、T i 膜 8 と N i 膜 1 0 との界面、および N i 膜 1 0 と A u 膜 1 1 との界面において各金属膜どうしの密着力は、真空雰囲気中で連続して各金属膜を蒸着することにより十分強くなる。このため、炭化珪素基板 1 から A u 膜 1 1 までの各層どうしが高い密着強度で接合される。

[0060] このように、炭化珪素基板 1 の表面に N i シリサイド膜 1 3、T i 膜 8、N i 膜 1 0 および A u 膜 1 1 を形成してアニールを行う一連のオーミック電極および配線用金属膜形成工程により、N i シリサイド膜 1 3 と T i 膜 8 とに挟まれたグラファイト層 2 を T i C 層 9 へと変化させる。したがって、工程が複雑な物理的手段等を用いて配線用金属膜の形成前に前もってグラファイト層 2 を除去しなくても、オーミック電極および配線用金属膜形成工程を行うだけでグラファイト層 2 を除去することができる。これにより、グラファイトの析出を防止することができるため、T i 膜 8、N i 膜 1 0 および A u 膜 1 1 の剥離を防止することが可能となる。

[0061] この後の工程については図示省略するが、配線用金属膜として最表面に酸化されない A u 膜 1 1 を形成することにより、リードフレームなどへのはんだ接合などをスムーズに行うことができ、安定した炭化珪素半導体装置を製造することができる。また、炭化珪素基板 1 の表面に T i 膜 8、N i 膜 1 0 および A u 膜 1 1 を完全に蒸着した後に高温熱処理を行うことにより、炭化珪素基板 1、N i シリサイド膜 1 3、T i C 層 9、T i 膜 8、N i 膜 1 0 および A u 膜 1 1 の各熱膨張率の違いにより引き起こされる応力の影響もなくなり密着力が高くなる。

[0062] 以上において本発明では、上記各実施の形態および各実施例に限定されず、本発明の趣旨を逸脱することがない範囲で種々設計変更を行うことが可能である。具体的には、例えば、実施の形態において炭化珪素基板の主面全面に均一な厚さで電極を形成した場合を例に説明したが、炭化珪素基板の主面

に部分的に電極を形成する例えばMPS (Merged PIN and Schottky Barrier) 構造ダイオードのコンタクト電極などに適用可能である。また、本発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法を適用する炭化珪素基板の第1主面に対して反対側の第2主面にデバイス構造を備えない場合を例に説明したが、炭化珪素基板の第2主面にデバイス構造を備えた例えば縦型SBDのショットキー電極等に適用可能である。

産業上の利用可能性

[0063] 以上のように、本発明にかかる炭化珪素半導体装置の製造方法は、炭化珪素基板に接する電極を備えた炭化珪素半導体装置に有用である。

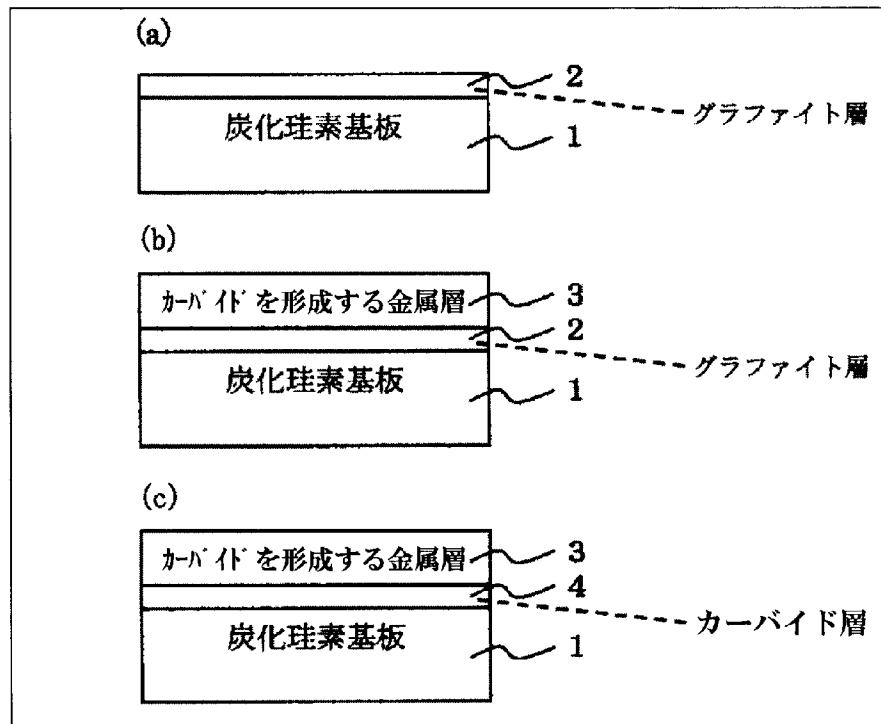
符号の説明

- [0064] 1 炭化珪素基板
2 グラファイト層
3 カーバイドを形成することが可能な金属層
4 金属カーバイド層
5 配線用金属膜
6 オーミック電極用の金属膜
7 金属シリサイド、金属カーバイドおよびグラファイトのいずれか2つ以上を含む混合層
8 Ti膜（カーバイドを形成することが可能な金属層）
9 TiC層
10 Ni膜（配線用金属膜）
11 Au膜（配線用金属膜）
12 オーミック電極用のNi膜
13 Niシリサイド膜

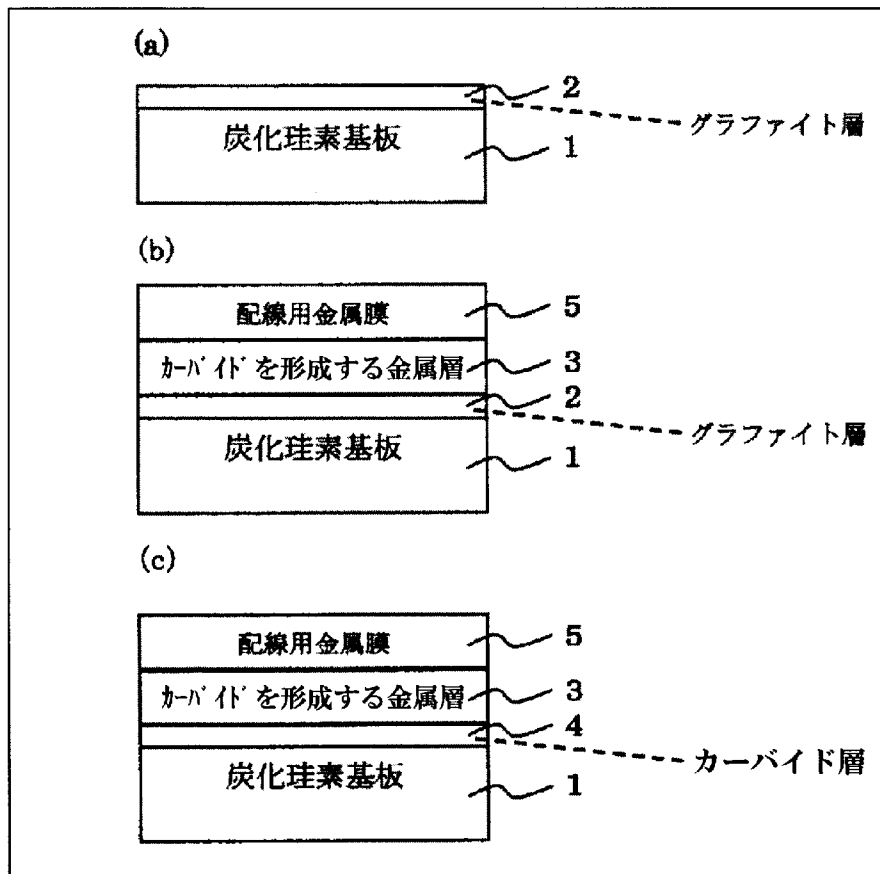
請求の範囲

- [請求項1] 炭化珪素基板上に電極構造を形成する炭化珪素半導体装置の製造方法であって、
- グラファイト層が生じている前記炭化珪素基板の表面を、カーバイドを形成可能な金属層で覆う第1工程と、
- アニールによって前記グラファイト層中のカーボンと前記金属層中の金属とを反応させ、前記金属層と前記炭化珪素基板との間の前記グラファイト層をカーバイド層へと変化させる第2工程と、
- を含むことを特徴とする炭化珪素半導体装置の製造方法。
- [請求項2] 前記金属層の表面に前記電極構造として配線用金属膜を形成した後に、前記第2工程を行うことを特徴とする請求項1に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。
- [請求項3] 前記金属層は、チタンを主成分としてできていることを特徴とする請求項1に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。
- [請求項4] 前記炭化珪素基板の表面に前記電極構造として予め金属シリサイド膜が形成されており、
- 前記第1工程では、前記グラファイト層が生じている前記金属シリサイド膜の表面を前記金属層で覆うことを特徴とする請求項1に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。
- [請求項5] 前記金属シリサイド膜は、ニッケルシリサイド膜であることを特徴とする請求項4に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。
- [請求項6] 前記炭化珪素基板の前記アニールは、500K以上の温度で行うことを特徴とする請求項1に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。
- [請求項7] 前記炭化珪素基板の前記アニールは、真空雰囲気中で行うことを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

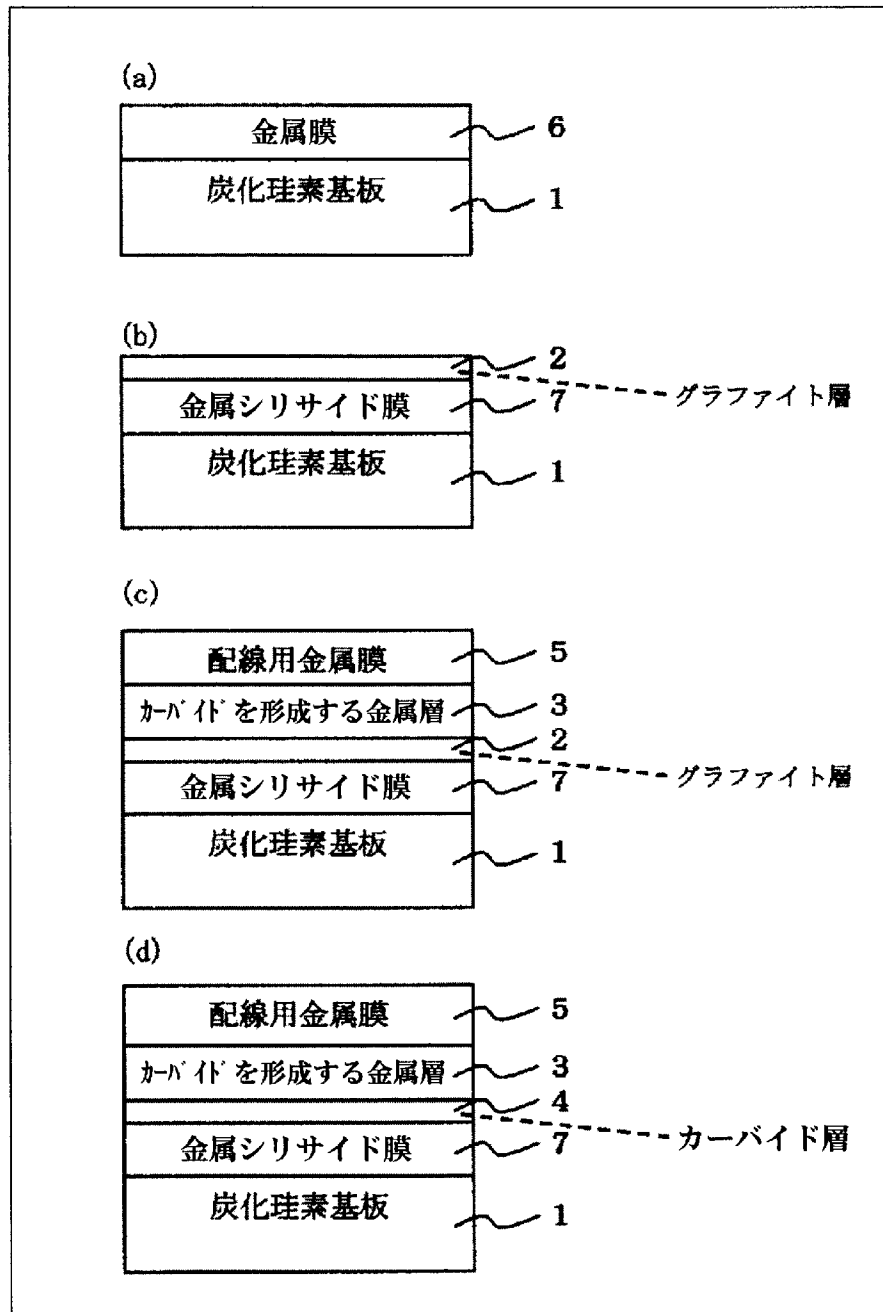
[図1]



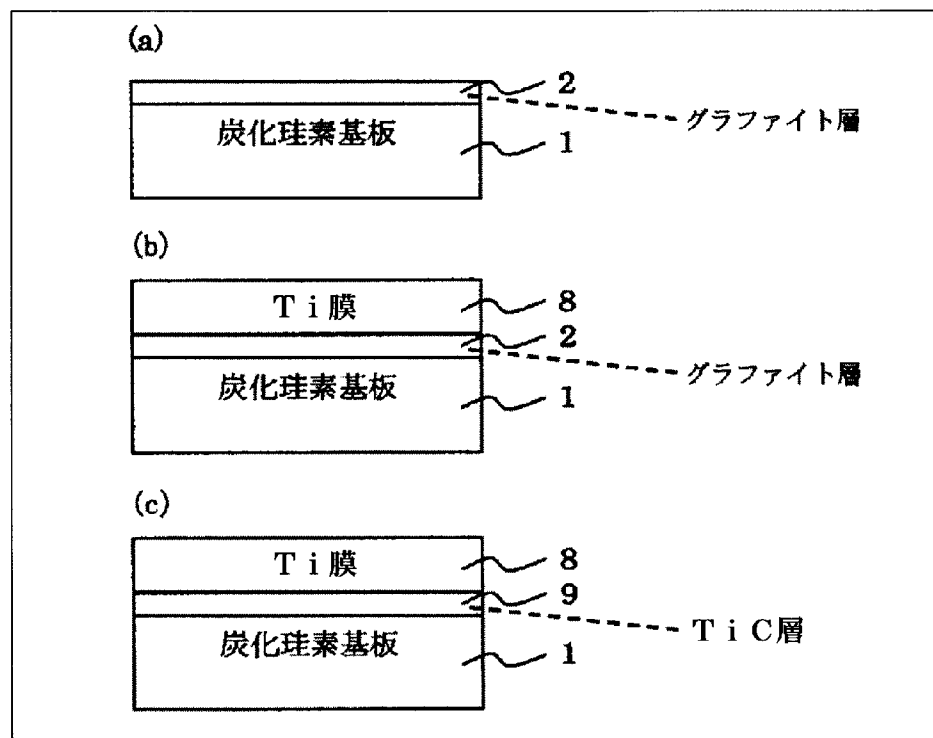
[図2]



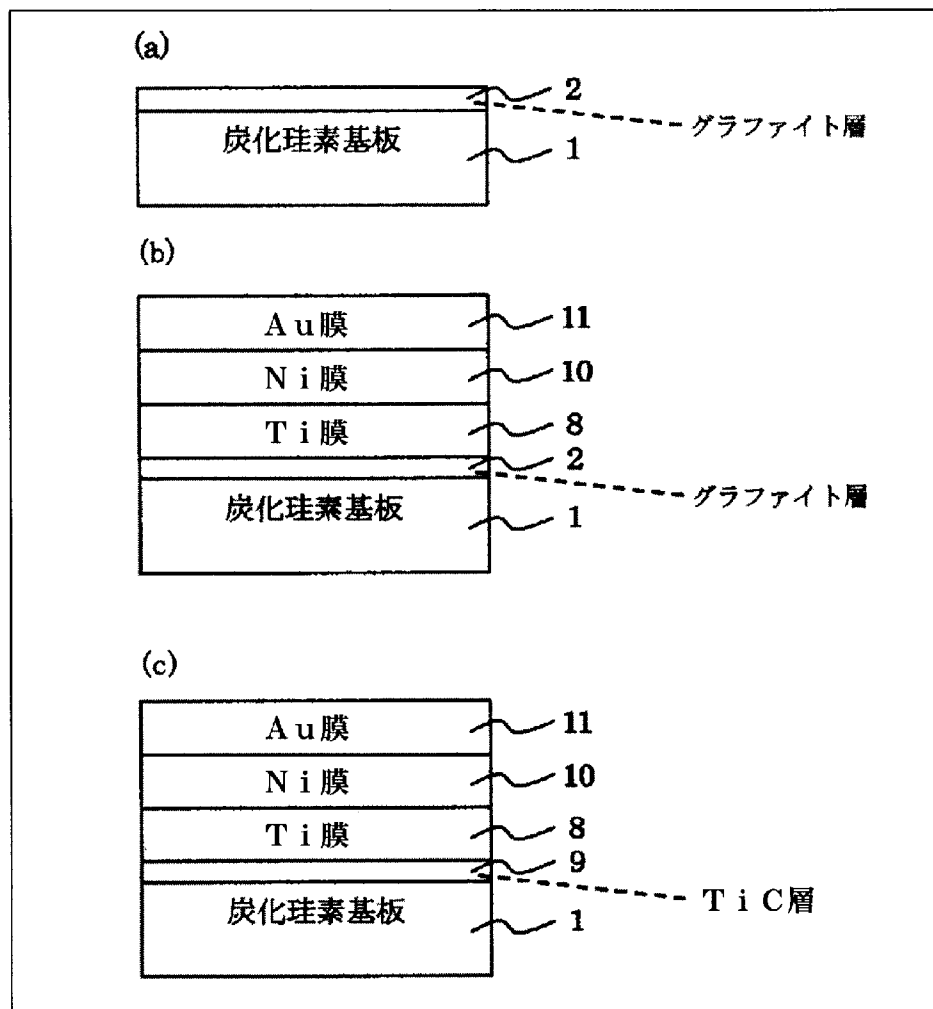
[図3]



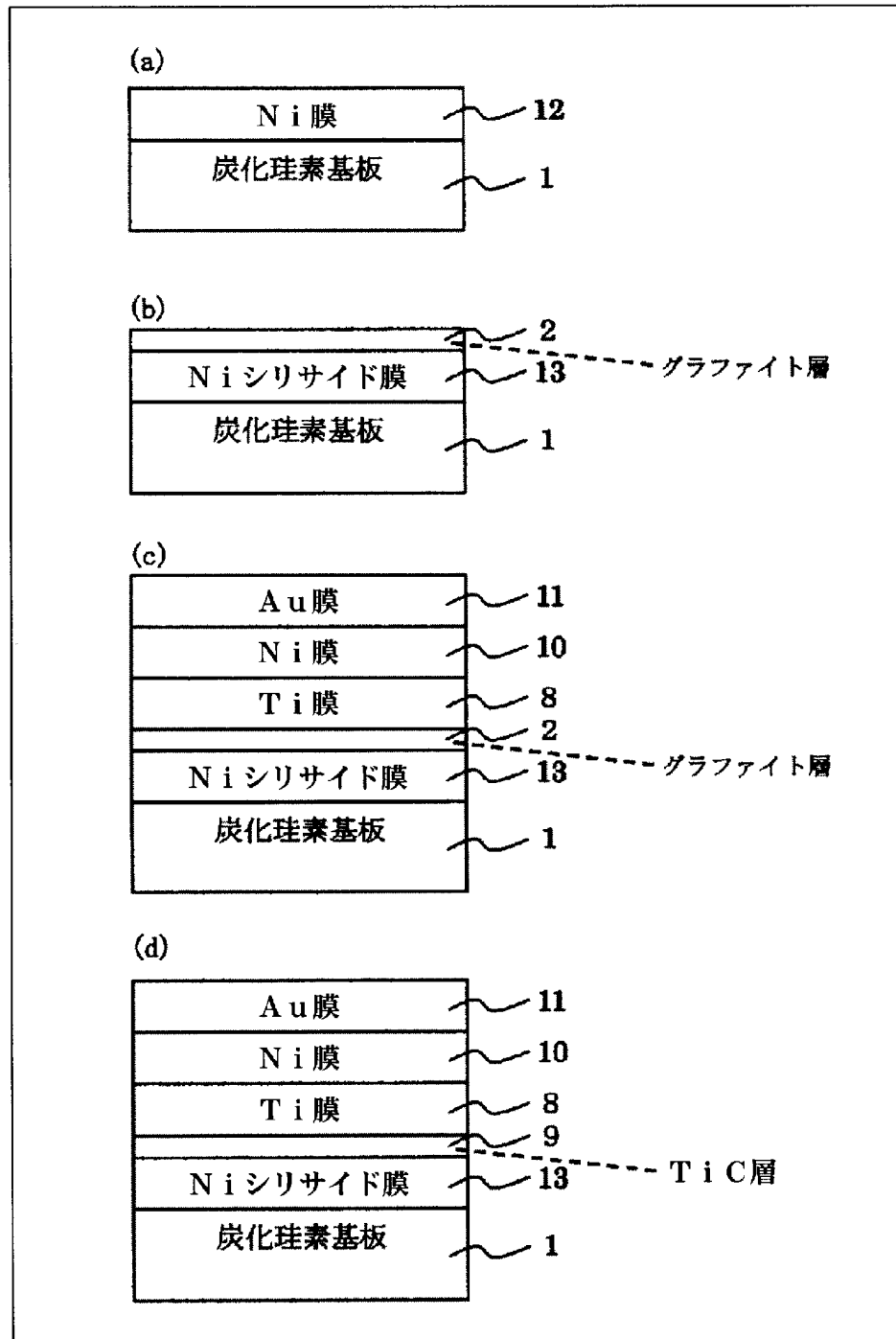
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059606

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/28(2006.01)i, H01L29/47(2006.01)i, H01L29/872(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/28, H01L29/47, H01L29/872

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 11-503568 A (Siemens AG.), 26 March 1999 (26.03.1999), pages 4 to 9; fig. 1 to 7 & US 6139624 A & EP 820638 A & WO 1996/032739 A1	1-3, 6-7 4-5
A	JP 2006-332357 A (Denso Corp.), 07 December 2006 (07.12.2006), paragraphs [0025] to [0051]; fig. 2 & US 2006/0270225 A1	1-7
A	JP 2009-10096 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 15 January 2009 (15.01.2009), paragraphs [0011] to [0023]; fig. 2 (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 June, 2012 (11.06.12)Date of mailing of the international search report
26 June, 2012 (26.06.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059606

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6410460 B1 (Ramot University Authority for Applied Research and Industrial Development Ltd.), 25 June 2002 (25.06.2002), columns 4 to 6; fig. 1 (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/28(2006.01)i, H01L29/47(2006.01)i, H01L29/872(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/28, H01L29/47, H01L29/872

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 11-503568 A (シーメンス アクチエンゲエルシャフト) 1999.03.26, 第4頁-第9頁, 図1-図7 & US 6139624 A & EP 820638 A & WO 1996/032739 A1	1-3, 6-7 4-5
A	JP 2006-332357 A (株式会社デンソー) 2006.12.07, [0025]-[0051], 図2 & US 2006/0270225 A1	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 1 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

崎間 伸洋

5 F

3 5 7 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-10096 A (日産自動車株式会社) 2009.01.15, [0011]-[0023], 図 2 (ファミリーなし)	1-7
A	US 6410460 B1 (Ramot University Authority for Applied Research and Industrial Development Ltd.) 2002.06.25, column4 - column6, FIG.1 (ファミリーなし)	1-7