

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6590322号
(P6590322)

(45) 発行日 令和1年10月16日(2019.10.16)

(24) 登録日 令和1年9月27日(2019.9.27)

(51) Int.Cl.	F 1
H01L 21/02 (2006.01)	H01L 21/02 B
C30B 33/06 (2006.01)	C30B 33/06
C30B 29/06 (2006.01)	C30B 29/06 B
	H01L 21/02 C

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-81747 (P2016-81747)
 (22) 出願日 平成28年4月15日 (2016.4.15)
 (65) 公開番号 特開2017-28247 (P2017-28247A)
 (43) 公開日 平成29年2月2日 (2017.2.2)
 審査請求日 平成30年12月6日 (2018.12.6)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-141731 (P2015-141731)
 (32) 優先日 平成27年7月16日 (2015.7.16)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
日本国 (JP)

(73) 特許権者 314012076
パナソニックIPマネジメント株式会社
大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
 (74) 代理人 100106518
弁理士 松谷 道子
 (74) 代理人 100132241
弁理士 岡部 博史
 (74) 代理人 100113170
弁理士 稲葉 和久
 (72) 発明者 西川 和宏
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
 (72) 発明者 西木 直巳
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】グラファイトとシリコンとの結合体及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(002) 面のX線回折ピークの半値幅が、6°より小さいグラファイトと、
シリコンと、

前記グラファイトと前記シリコンとの間に位置する中間層と、を有し、

前記中間層は、酸素と炭素とシリコンとを含み、

前記酸素の濃度は、0.5 atm% ~ 5 atm%である、グラファイトとシリコンとの結合体。

【請求項 2】

前記酸素の濃度は、0.7 atm% ~ 4 atm%である請求項1に記載のグラファイトと
シリコンとの結合体。 10

【請求項 3】

前記中間層は、シリコンと炭素と酸素以外、不可避の元素のみ含む請求項1または2に記載のグラファイトとシリコンとの結合体。

【請求項 4】

前記中間層は、その厚みが2 μm ~ 30 μmである請求項1 ~ 3のいずれか1項に記載の
グラファイトとシリコンとの結合体。

【請求項 5】

グラファイトとシリコンを積層し、加熱加圧時に、
酸素濃度を0.2 v o l % 霧囲気にし、

加圧力を24.5 MPa以上にし、

加熱温度を1260℃以上とするグラファイトとシリコンとの結合体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、グラファイトとシリコンとの結合体およびその製造方法に関する。特に、放射線光学素子や熱対策材部材用グラファイトとシリコンとの結合体、その製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、炭素系基材とシリコン基材とを、その接合面に、アモルファスシリコンやシリコンカーバイド層を介して接合した結合体が報告されている（特許文献1）。

【0003】

この構成では、接合面が溶融することによりシリコンとカーボンとの化合物の層が形成される。この方法では、大型の複合基板を作製するのに有利である。

【0004】

基材に黒鉛を用いた場合には、黒鉛基材表面に予めSiC層を形成し、且つ、シリコン基材表面にはアモルファスシリコン層を予め形成し、SiC層とアモルファスシリコン層とを接合し、結合体を作製することが報告されている。

【0005】

さらに、炭素系基材とセラミクス基材の結合体として、グラファイト膜とシリコン基材とを接合した結合体が報告されている（特許文献2）。この特許文献2ではグラファイト膜の表面に水酸基を形成し、シリコン基材表面にシラノール基を形成した後、両基材を加圧しながら熱を加えることによりシリコンカーバイド結合を生じさせて結合した結合体を報告している。

【0006】

さらに、シリコン表面の熱酸化により酸化シリコン膜を形成した基材と、表面に水酸基を形成したグラファイト膜とを直接加圧しながら熱処理することにより、結合体を製造している報告がある。

【0007】

この方法では、容易にシリコンカーバイド結合を生じさせることで、両基材を結合できることも報告している。

【0008】

これらの方法で作製したグラファイト膜とシリコン基材の結合体はシリコンカーバイド結合により接合されていることを特徴としている。炭素材料とセラミクス材料や金属材料との接合界面にSiCを形成させた強固な結合体として、例えば、特許文献3のものがあり、一方で、セラミクス基材同士を酸素、窒素または炭素の拡散層と金属層を有して接合した結合体も報告されている（特許文献4）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特許第4182323号公報

【特許文献2】特開2008-294110号公報

【特許文献3】特公昭58-6712号公報

【特許文献4】特許第3505212号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、前述した炭素基材とシリコン基材との結合体の形成方法では、その製造工程において、真空系の装置を使用して、基板上に多結晶シリコン膜やシリコンカーバイ

10

20

30

40

50

ド膜あるいはアモルファスシリコン膜を事前に形成する必要がある。

【0011】

また、基材によってはドーピングをも必要としている。このため、工程数が多く非常に高価になるという欠点があった。

【0012】

また、結合体を、X線モノクロメータ等の放射線光学素子として使用する場合には、ボロンのようなドーパントがX線の回折バラツキを引き起こす。このために、回折X線の強度が低下や、ノイズが増大等の問題が発生する。

【0013】

さらに、シリコンとカーボンの化合物の層は、シリコンや炭素の基材と比較して弾性率が大きい。このため、接合された結合体自身は熱衝撃に対する十分な強度を確保することが困難である。さらに、結合体を電子機器のデバイスや部材とする場合には設計上の配慮が必要である。10

【0014】

よって、本願発明の課題は、放射線光学素子としてのX線強度の低下や、ノイズ増大の問題が発生せず、且つ、熱衝撃に対する十分な強度を確保されたグラファイトとシリコンとの結合体を提供する。また、その製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題を解決するために、グラファイトと、シリコンと、グラファイトとシリコンとの間に位置する中間層と、を有し、中間層は、酸素と炭素とシリコンとを含むグラファイトとシリコンとの結合体を用いる。20

また、グラファイトとシリコンを積層し、加熱加圧時に、酸素濃度を0.2%雰囲気にし、加圧力を24.5MPa以上にし、加熱温度を1260以上とするグラファイトとシリコンとの結合体の製造方法を用いる。

【発明の効果】

【0016】

本実施の形態のグラファイトとシリコンとの結合体は、グラファイト基材の高い結晶性が維持されている。また、本実施の形態のグラファイトとシリコンとの結合体は、X線モノクロメータ等の放射線光学素子としてX線の回折性能に優れている。また、本実施の形態のグラファイトとシリコンとの結合体は、熱衝撃に対する十分な強度が確保される。また、本実施の形態のグラファイトとシリコンとの結合体では、グラファイト基材の高い熱伝導性も維持されているので、半導体装置等の発熱対策用部材としても利用可能である。30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本実施の形態の結合体の断面図

【図2】(a)本実施の形態の結合体の境界層におけるSi原子濃度分布を示す図、(b)本実施の形態の結合体の境界層におけるO原子濃度分布を示す図、(c)本実施の形態の結合体の境界層におけるC原子濃度分布を示す図

【図3】(a)~(c)本実施の形態の結合体の製造工程を示す図40

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。実施の形態のものは、グラファイトとシリコンと中間層とが積層された結合体6である。その結合体6を図1の断面図に示す。

【0019】

この結合体6は、グラファイト2とシリコン1とその間の中間層3とからなる。この中間層3中の酸素の存在により、グラファイト2とシリコン1とが確実に接合されている。以下で、酸素の効果を説明する。

【0020】50

<グラファイト2>

グラファイト2は、六方晶の異方性材料で、炭素の6員環が網目状に結合した面(a b面)が層状に重なった構造をとっている。本実施の形態に使用するグラファイト2は、a b面をシリコン1と対向させている。しかし、これに制約されることは無くa b面と垂直な面(c軸面)を対向させても良い。結晶性の高いグラファイト2を使用する。

【0021】

グラファイト2の結晶性は、Cuターゲットを使ったX線回折評価による(002)結晶面のピークの半値幅で表される。単結晶に近づく程、この半値幅の値は小さくなる。

【0022】

実施の形態のグラファイト2は、放射線光学素子用に使用するので、非常に結晶性が高く、且つ、表面や内部の欠陥が少ないものを使用する。特に、高分子フィルムの熱処理で作製された異方性グラファイトは、天然に産出されるグラファイト、及び、粉状のグラファイトを加工したもの、炭素原料からCVD法による堆積で作製したものと比較して、非常に結晶性が高く、本実施の形態に使用するグラファイトに適している。

10

【0023】

特に、グラファイト2の結晶性は、半値幅が0.2°~5.0°のものが好ましい。

【0024】

<シリコン1>

シリコン1は、CZ法により作製されたシリコンインゴットをスライスしたものを研磨したものを使用する。シリコンは単結晶のものが好ましい。

20

【0025】

<中間層3>

中間層3は、シリコンと酸素と炭素からなる層である。シリコンと炭素とを酸素を用いて接合したものである。この中間層3により、シリコン1とグラファイト2とが確実に接合される。

【0026】

シリコン1と中間層3とグラファイト2との界面の元素分析した結果を図2(a)~図2(c)に示す。

【0027】

中間層3を含む約18μmを日本電子株式会社製FE-EPMA JXA-8530Fを使用して、シリコン原子、酸素原子及び炭素原子の線分析を行った。図2(a)は、シリコン、図2(b)は酸素、図2(c)はグラファイトの元素を分析した結果である。

30

【0028】

図2(a)~図2(c)中の距離4.3μmまでは、グラファイト2を示し、4.3μm~14.5μmが界面の中間層3を示し、14.5μm以降はシリコン1の層を示している。中間層3は、その厚みが2μm~30μm必要である。その厚みは、4μm~15μmが好ましい。

【0029】

その結果、図2(c)が示すとおり、距離4.3μmまではCの原子が検知される。それに対して、図2(a)が示すとおり、距離14.5μm以降はシリコン1の原子数が多く検知される。

40

【0030】

これらの結果より、中間層3においては、シリコン1の側とグラファイト2の側の両側から異なる速度で原子の拡散が生じ、そこに雰囲気中に存在する微量の酸素原子が混合して、混合層が形成されると考える。

【0031】

酸素元素は全元素数中0.5atm%~5atm%必要である。

【0032】

0.5atm%より少ないと、酸素により炭素とシリコンとの接合が十分でなく、接合強度を確保できない。

50

【0033】

5% atmより多いと、炭素やシリコンと結合し、酸化物化する。

酸素元素以外では、上記効果はない。周期律表において、酸素、珪素に近い元素として、窒素、リン、酸素、イオウがあるが、活性があるのは酸素のみである。酸素以外では、炭素、シリコンとの結合力がない。

【0034】

周期律表で離れた他の活性な元素の場合、元素の大きさが異なり、酸素とシリコンのどちらかの1方とのみと結合する。結果、シリコンと炭素(グラファイト)との接合ができない。

【0035】

10

<製造方法>

図3(a)～図3(d)は、本実施の形態の結合体6の製造工程を示す断面図である。

【0036】

第1工程

まず、図3(a)に示すように、グラファイト2、シリコン1及びスペーサー5を準備する。グラファイト2の接合面2Aと反対面2Bとが、グラファイト結晶のab面と一致している。一方、シリコン1についてはCZ法等から作製されたSiインゴットスライスしたもの、スライスしたものを研磨したものを使用する。

【0037】

20

グラファイト2には、パナソニック株式会社製グラファイト(品名パナソニックグラファイト 品番PGC-X-07、X-10)を準備した。シリコン1は、CZ法により作製されたシリコンインゴットをスライスしたものを研磨して準備した。

【0038】

PGC-X-7、X-10は、グラファイト基材の結晶方位(002)でのX線回折の半値幅が、それぞれ、0.69～0.72と1.33～1.35の特性を持つものである。半値幅に応じて品番の数値が付けられている。

【0039】

グラファイト2において、シリコン1と対向する接合面2Aの粗度は、Rz=3(μm)である。

【0040】

30

また、シリコン1のグラファイト2との対向する反対面1Bの粗度は、Rz=0.005(μm)である。これらを、グラファイト2のab面とシリコン1の反対面1B面とが対向するように配置する。本実施の形態に用いるグラファイト2及びシリコン1の寸法に制限は無い。

【0041】

スペーサー5は、製造工程において使用する加熱プレス装置の治具との接着を防ぐ為のものである。アルミナやジルコニア及び本実施の形態で使用する高結晶性グラファイトなどを用いることができる。

【0042】

40

図3(b)に示すように、シリコン1とグラファイト2との積層体4を加熱プレス装置で処理する。加熱プレス工程は、積層体4が設置された装置のチャンバー内を空気から所定の混合比のアルゴンと酸素の混合ガスに置換する工程と、所定のプレス圧力に制御しながら所定の温度まで昇温する工程と、所定の温度に到達後に圧力を制御しながら所定時間一定に温度を保つ工程と、プレス圧力を所定の圧力に制御しながら降温する工程からなる。

【0043】

数時間保持の後、プレス圧力を開放し、5～15／分の冷却速度で降温する。積層体4が結合体6になる。

【0044】

チャンバー内温度が室温近傍まで冷却後に、結合体6を取り出し、評価に供する。結合

50

体 6 には、中間層 3 (図 1) が、シリコン 1 とグラファイト 2 との界面にできている。

【 0 0 4 5 】

(実施例 1)

実施例 1 として、上記の工程で、以下の条件で結合体 6 を作製した。

グラファイト 2 は、パナソニック株式会社製グラファイト (品名パナソニックグラファイト 品番 P G C X - 0 7) を使用した。シリコン 1 は、C Z 法により作製されたシリコンインゴットをスライスしたものを研磨して準備した。

【 0 0 4 6 】

グラファイト 2 の接合面 2 A の粗度は、 $R_z = 3 (\mu m)$ である。シリコン 1 の接合面 1 A の粗度は、 $R_z = 0.005 (\mu m)$ である。スペーサー 5 は、アルミナを用いた。

10

【 0 0 4 7 】

チャンバー内の酸素濃度を 0.2 V o l % に調整しチャンバー全圧が 1 気圧となるようする。その後、積層体 4 を接合面に対して垂直の方向から 24.5 MPa のプレス圧力で加圧しながら、10 / 分の昇温速度で所定の温度まで加熱する。積層体 4 の温度が 1260 に到達後 2 時間保持する。その間もプレス圧力は 24.5 MPa で一定を保つ。

【 0 0 4 8 】

2 時間保持の後、プレス圧力を 0 MPa にし 10 / 分の冷却速度で降温する。チャンバー内温度が室温近傍まで冷却後に結合体 6 を取り出し、評価に供した。

その他、条件は表 1 のものである。

20

【 0 0 4 9 】

(実施例 2)

プレス圧力が表 1 記載の通り 44.1 MPa であること以外は、実施例 1 と同じ条件で製造して評価に供した。

【 0 0 5 0 】

(実施例 3)

プレス圧力が表 1 記載の通り 68.6 MPa であること以外は、実施例 1 と同じ条件で製造し評価に供した。

【 0 0 5 1 】

(実施例 4)

30

加熱温度が 1360 であること以外は、実施例 3 と同じ条件で製造し評価に供した。

【 0 0 5 2 】

(実施例 5)

グラファイトの種類が P G C X - 1 0 (半値幅 1.33 ~ 1.35) であること以外は、実施例 3 と同じ条件で製造し評価に供した。

【 0 0 5 3 】

(実施例 6)

酸素濃度が 1.6 V o l % であること以外は、実施例 3 と同じ条件で製造し評価に供した。

。

【 0 0 5 4 】

(実施例 7)

40

製造条件のプレス圧が 24.5 MPa であること以外は、実施例 6 と同じ条件で製造し評価に供した。実施例 6 と比較して圧力が低下していることで、グラファイトとシリコンの拡散速度が低下するために、中間層の酸素濃度が増加したと推測される。

【 0 0 5 5 】

(実施例 8)

製造所条件の加熱温度が 1400 であること以外は、実施例 3 と同じ条件で製造し評価に供した。シリコンの融点 (1414) 付近で加熱した場合、グラファイトとシリコンの拡散速度が速まり、中間層の酸素濃度が低下したと推測される。

【 0 0 5 6 】

50

グラファイトとシリコンの接合のような固相拡散では、温度と圧力によって拡散速度が変化し拡散層の厚みが変化する。また、固層への気体の拡散についても、雰囲気濃度、圧力、温度によって拡散速度が変化し濃度が変化する。

【0057】

今回の実施例では酸素濃度をあげることで、中間層の酸素濃度が上昇し、また、プレス圧を低下させることで酸素の拡散速度は変化しないが、グラファイトとシリコンの拡散速度が低下したために、中間層の酸素の濃度が上昇したと考えられる。

【0058】

さらに、加熱温度を1400と融点付近まで加熱するとシリコン結晶の結合が不安定になり始め、グラファイトの結合が進み拡散速度が増加する。そのため、温度上昇による酸素の拡散速度より、グラファイトとシリコンの拡散速度の上昇幅が大きく酸素濃度が低下したと推測される。

【0059】

(比較例1)

加熱温度が1150であること以外は、実施例1と同じ条件で製造し評価に供した。

【0060】

(比較例2)

加熱温度が1150であること以外は、実施例3と同じ条件で製造し評価に供した。

【0061】

(比較例3)

加熱温度が1000であること以外は、実施例3と同じ条件で製造し評価に供した。

【0062】

(比較例4)

加熱温度が800であること以外は、実施例3と同じ条件で製造し評価に供した。

【0063】

(比較例5)

グラファイトの種類が試作品(半値幅6.0~7.0)であること以外は、実施例3と同じ条件で製造し評価に供した。

【0064】

(比較例6)

グラファイトの種類が試作品(半値幅6.0~7.0)であること以外は、実施例1と同じ条件で製造し評価に供した。

【0065】

上記条件、および、下記の評価結果を表1に示す。

【0066】

10

20

30

【表1】

製造条件				評価						
加熱温度 (°C)	プレス圧 (MPa)	酸素濃度 (Vol%)	接合可否 (○/×)	半値幅FWHM M(°)	半値幅FWHM 接合後 (○/×)	半値幅FWHM 接合前 (○/×)	熱伝導率 (W/m·K) 接合後 (○/×)	熱伝導率 (W/m·K) 接合前 (○/×)	総合合格判定 (○/×)	中間層3の 酸素濃度 (atm%)
実施例1 1260	24.5	0.2	接合可(○)	0.69～0.72	0.62～0.78(○)	1450	1400(○)	○	○	0.7
実施例2 1260	44.1	0.2	接合可(○)	0.70～0.72	0.62～0.77(○)	1450	1460(○)	○	○	0.7
実施例3 1260	68.6	0.2	接合可(○)	0.70～0.72	0.62～0.78(○)	1450	1460(○)	○	○	0.7
実施例4 1360	68.6	0.2	接合可(○)	0.69～0.71	0.61～0.78(○)	1440	1400(○)	○	○	0.7
実施例5 1260	68.6	0.2	接合可(○)	1.33～1.35	1.18～1.20(○)	1200	1190(○)	○	○	0.7
実施例6 1260	68.6	1.6	接合可(○)	0.69～0.71	0.61～0.79(○)	1430	1430(○)	○	○	4
実施例7 1260	24.5	1.6	接合可(○)	0.69～0.72	0.61～0.78(○)	1430	1430(○)	○	○	5
実施例8 1400	68.6	0.2	接合可(○)	0.70～0.72	0.62～0.77(○)	1450	1450(○)	○	○	0.5
比較例1 1150	24.5	0.2	接合不可(×)	0.68～0.72	0.62～0.78(○)	1400	1390(○)	×	○	0
比較例2 1150	68.6	0.2	接合不可(×)	0.69～0.71	0.60～0.78(○)	1460	1450(○)	×	○	0
比較例3 1000	68.6	0.2	接合不可(×)	0.67～0.72	0.62～0.79(○)	1450	1450(○)	×	○	0
比較例4 800	68.6	0.2	接合不可(×)	0.69～0.72	0.62～0.78(○)	1410	1420(○)	×	○	0
比較例5 1260	68.6	0.2	接合可(○)	6.0～7.0	7.0～9.1(×)	900	880(○)	×	○	0
比較例6 1260	24.5	0.2	接合可(○)	6.0～7.0	7.0～9.0(×)	890	890(○)	×	○	0

【0067】

40

<評価>

(半値幅)

表1の半値幅は、グラファイト基材2(接合前)及び接合した結合体3(接合後)の反対面2B面内の5点を株式会社リガク製X線回折装置RINT-2200HL/PCを使用して測定した。

【0068】

スキャン角度11.5°～14.5°で、測定した時の(002)面の結晶ピークの半値幅の最小値～最大値表している。

【0069】

接合前後で、半値幅の変化が、10%以内なら合格とした。もともと5～10%のばら

50

10

20

30

つきがあるためである。変化がないものを合格とした。

【0070】

(接合可否)

接合可否については製造完了後取り出し時の接合状態により判断した。取り出し時に乖離状態にあるものを不合格とし、それ以外の場合を合格とした。

【0071】

(熱伝導率)

熱伝導率は、株式会社ベテル社製サーモウェーブアナライザーでグラファイト2の反対面2B面を測定した。接合前と接合後とで測定した。

【0072】

接合前後で、熱伝導率の変化が、5%以内なら合格とした。もともと5%のばらつきがあるためである。変化がないものを合格とした。

【0073】

<結果>

(加熱温度)

表1の(実施例1)~(実施例5)の結果より、加熱温度が1260以上的場合、プレス圧力が24.5 MPa~68.6 MPaの範囲で接合可能で、更に半値幅の大きな変化が無くグラファイト2の持つ高い結晶性が維持された。

【0074】

一方、(比較例1)~(比較例4)の結果より、加熱温度が1150~800の範囲ではプレス圧力が68.6 MPaでも接合されなかった。

【0075】

(酸素)

総合合否判定で合格した(実施例1)~(実施例8)については、界面の中間層3に酸素原子の存在が確認された。酸素濃度は、0.5 atm%から5 atm%がよい。さらに、0.7 atm%から4 atm%が好ましい。

【0076】

(半値幅)

一方、(比較例5)及び(比較例6)に示すとおり、半値幅が大きく結晶性の悪いグラファイト2を用いて、実施例1および実施例3と同じ製造条件で作製した場合、グラファイト2ヒリコン1の接合は確認された。しかし、半値幅は大きく低下し、さらなる結晶性の悪化が見られた。

【0077】

これは、グラファイト2の結晶性が悪く、元素の拡散が激しく、界面がみだれたためと考えられる。

【0078】

グラファイト2の半値幅は、少なくとも6.0°より小さい方がよい。更に好ましくは、1.35°(実施例5)以下である。

【0079】

6.0°以上であると、炭素の配列の規則性がみだれていって、グラファイト2ヒリコン1との入り混じりがまったく生じない。

【0080】

1.35°を超えると、炭素の配列の規則性が低く、グラファイト2ヒリコン1との入り混じりが十分でない。

【0081】

(熱伝導率)

実施例1~実施例6、及び比較例1~比較例6の測定結果が示すとおり、グラファイト2の持つ熱伝導率は、これらの例に示したいずれの製造工程の前後においても有意な変化は無い。

【0082】

10

20

30

40

50

また、この製造工程前後の熱伝導率の変化幅は、実施例1～実施例6におけるものと、比較例1～比較例6におけるものを比較しても大きな有意差が無い。

【0083】

(総合評価)

グラファイト2のX線回折での(002)面のピークの半値幅品質を維持し、且つ熱伝導率も維持するものは実施例1～6だけである。

【0084】

<変形例>

(多数個積層)

実施例1から実施例6で製造されたグラファイト2とシリコン1が接合した結合体を複数積層した後に、本実施例1～実施例6で説明した製造方法に従って処理することにより、複数の結合体を接合することが可能である。積層は、結合体6のシリコン1の接合面1A同士、或いは、シリコン1の接合面1Aとグラファイト2の接合面2Aとを対向して積層することが望ましい。

10

【0085】

(被覆層)

本実施の形態のグラファイトとシリコンが接合した結合体6は、グラファイト2の反対面2Bとシリコン1の反対面1Bに金属層、高分子樹脂層が形成されていてもよい。

【0086】

例えば、実施例3で製造したグラファイト2とシリコン1が接合した結合体6を使用して、結合体6のグラファイト2側の反対面2Bにポリパラキシリレンの高分子樹脂層を形成することも可能である。これによりグラファイト2の反対面2Bの電気絶縁が可能になる。具体的には、ジパラキシリレンを原料として熱分解重合によりグラファイト2の反対面2Bにポリパラキシリレンの高分子樹脂膜を成膜する。成膜されるポリパラキシリレンの膜厚は成膜の時間に依存するが、数μmから数十μmまでの膜厚で電気的な絶縁が可能になる。

20

【0087】

また、例えば、実施例3で製造したグラファイト2とシリコン1が接合した結合体6のグラファイト2側の反対面2Bには、チタン層を形成することも可能である。具体的には、チタンを原料として蒸着により成膜する方法やチタントーゲットを使用してスパッタにより成膜する方法があるが、いずれの方法でもグラファイト2の反対面2Bに容易に成膜が可能である。これにより他の金属との密着が容易になり、特にニッケルや銅等の回路基板や半導体装置内で使用される金属と密着可能になり、回路基板の半導体装置の熱拡散層として導入が可能になる。

30

【0088】

(全体として)

なお、シリコン1は、単結晶がよく、グラファイト2は、不純物の少ない純度の高いものがよい。結果、中間層3は、シリコン、炭素、酸素以外には、不可避の元素のみ含むのが好ましい。

【産業上の利用可能性】

40

【0089】

本実施の形態の結合体は、放射線モノクロメータとして利用できる。また、半導体装置や回路基板の放熱用途にも適用できる。

【符号の説明】

【0090】

1 シリコン

1 A 接合面

1 B 反対面

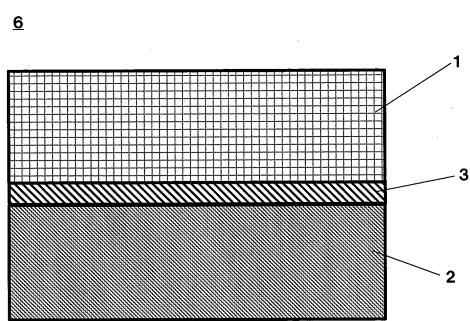
2 グラファイト

2 A 接合面

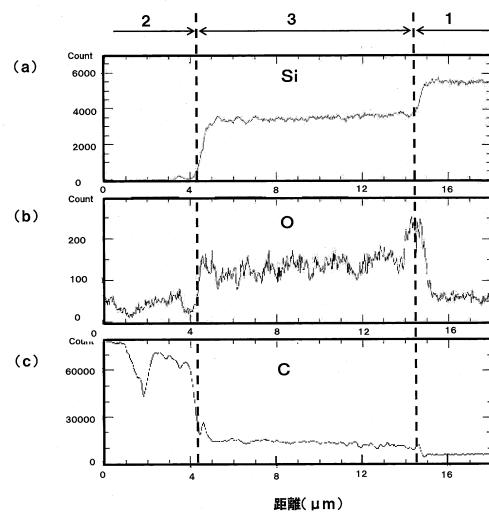
50

- 2 B 反対面
 3 中間層
 4 積層体
 5 スペーサー
 6 結合体

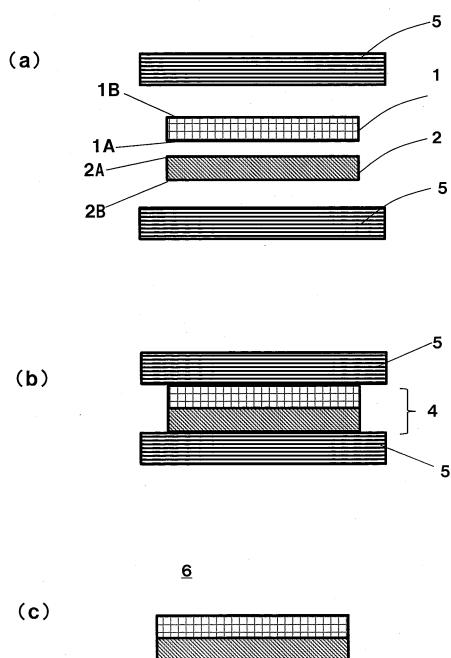
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 北浦 秀敏

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 田中 篤志

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 中谷 公明

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 ヘンリック・ローニー

スイス、ツェーハー-1015ローザンヌ、ペアシュ・デ2・455、スタシオン3、スイス連邦
工科大学ローザンヌ校内

審査官 加藤 芳健

(56)参考文献 特開2011-9281(JP,A)

特開2008-235520(JP,A)

特開昭63-11509(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/02

C30B 29/06

C30B 33/06