

(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
2018年2月8日(08.02.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/025911 A1

(51) 国際特許分類:

H05B 3/14 (2006.01) *C03C 3/091* (2006.01)
C03C 3/06 (2006.01) *C04B 35/569* (2006.01)
C03C 3/085 (2006.01) *C04B 41/86* (2006.01)
C03C 3/087 (2006.01) *H05B 3/12* (2006.01)
C03C 3/089 (2006.01) *H05B 3/20* (2006.01)

[JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町
6番地28 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/028028

(22) 国際出願日: 2017年8月2日(02.08.2017)

(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 2016-151911 2016年8月2日(02.08.2016) JP

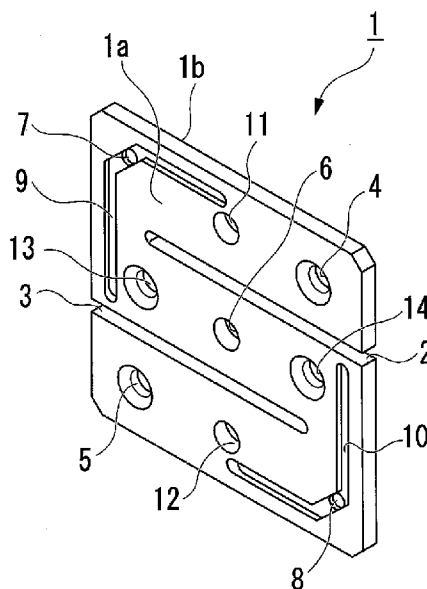
(71) 出願人: 住友大阪セメント株式会社
(SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.)

(72) 発明者: 長友 大朗 (NAGATOMO Hiroaki);
〒1028465 東京都千代田区六番町6番地28 住
友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP). 内川
雄貴 (UCHIKAWA Yuki); 〒1028465 東京都千
代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株
式会社内 Tokyo (JP). 村上 嘉彦 (MURAKAMI
Yoshihiko); 〒1028465 東京都千代田区六番町6
番地28 株式会社キャップ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁
目9番2号 Tokyo (JP).

(54) Title: SIC HEATER

(54) 発明の名称: SiCヒーター



(57) **Abstract:** This SiC heater is provided with: a heating element which comprises a silicon carbide sintered body in the form of a thin plate and an insulating coating film formed on the surface of the silicon carbide sintered body; a pair of electrodes for having an electric current pass through the heating element; and a heater base which holds the heating element from one surface side, while blocking the heat from the heating element. The insulating coating film is arranged on a surface of the silicon carbide sintered body, said surface being on the



(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

reverse side of the heater base-side surface, and has an electric specific resistance at room temperature of $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ or more and a thermal expansion coefficient of from $2 \times 10^{-6}/\text{K}$ to $6 \times 10^{-6}/\text{K}$ (inclusive). The insulating coating film uses SiO_2 as a matrix, and contains 1% by weight to 35% by weight (inclusive) of a first additive component that contains at least one of B_2O_3 and Al_2O_3 and 1% by weight to 35% by weight (inclusive) of a second additive component that contains at least one of MgO and CaO .

(57) 要約: この SiC ヒーターは、薄板状の炭化珪素焼結体と前記炭化珪素焼結体の表面に形成された絶縁被膜とを有する発熱体と、前記発熱体に通電するための一対の電極と、前記発熱体からの熱を断熱しつつ前記発熱体を一面側から保持するヒーターベースと、を備え、前記絶縁被膜は、前記炭化珪素焼結体の前記ヒーターベースと反対側の面に位置し、常温での電気比抵抗が $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であり、熱膨張率が $2 \times 10^{-6}/\text{K}$ 以上 $6 \times 10^{-6}/\text{K}$ 以下であり、 SiO_2 をマトリックスとし、 B_2O_3 および Al_2O_3 の少なくとも1つを含む第1の添加成分を1重量%以上35重量%以下含有し、 MgO および CaO の少なくとも1つを含む第2の添加成分を1重量%以上35重量%以下含有する。

明 細 書

発明の名称：S i Cヒーター

技術分野

[0001] 本発明は、S i Cヒーターに関するものである。

本願は、2016年8月2日に、日本に出願された特願2016-151911号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 近年、スマートフォンや携帯電話、タブレット端末などを中心に2.5D、3D実装などの高集積化へ向けた開発が加速している。メモリーやアプリケーションプロセッサなどのS o C (System-on-a-Chip) の実装においては、複数のデバイスを一括で連続的に熱処理するリフローによる実装が主流である。しかしながら、リフローによる実装では、バンプのファイン化、狭ギャップ化に限界があり、さらなる高集積化が困難となっている。そこでリフローに変わる代替技術として、熱圧着工法と呼ばれる実装方式が注目され、一部では実用化されている。

[0003] 熱圧着工法とは、発熱体を備えたヒーターによりチップごとに荷重をかけながら加熱、冷却を行い実装する方式である。熱圧着工法を実現するヒーターの発熱体としてセラミックからなるものを用いることで、荷重をかけた際の発熱体の変形が抑制され高精度な実装を実現できることが知られている。このため今後は、発熱体にセラミックを用いたセラミックスヒーターによる熱圧着工法が実装の主流になっていくことが予想されている。

[0004] セラミックヒーターとしては、発熱体に炭化珪素を用いたS i Cヒーターが特許文献1に記載されている。このS i Cヒーターは、炭化珪素からなる発熱体の表面に、硼珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスからなる絶縁被膜が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第3 7 1 0 6 9 0号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1に記載のSiCヒーターは、700℃以上の高温の熱履歴を受けると絶縁被膜が白濁して絶縁特性が著しく低下する場合がある。一般的に、実装時のワークの加熱温度は450℃程度であるが、想定外の過昇温に対応してある程度の高温にも耐えるものであることが望まれている。

[0007] 本発明は、従来の炭化珪素ヒーターにおける前記問題点に鑑みて成されたものであり、過昇温による絶縁性の低下を抑制したSiCヒーターの提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の課題を解決するため本発明の一態様のSiCヒーターは、薄板状の炭化珪素焼結体と前記炭化珪素焼結体の表面に形成された絶縁被膜とを有する発熱体と、前記発熱体に通電するための一対の電極と、前記発熱体からの熱を断熱しつつ前記発熱体を一面側から保持するヒーターベースと、を備え、前記絶縁被膜は、前記炭化珪素焼結体の前記ヒーターベースと反対側の面に位置し、硼珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスの少なくとも1つからなり、常温での電気比抵抗が $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であり、熱膨張率が $2 \times 10^{-6} / \text{K}$ 以上 $6 \times 10^{-6} / \text{K}$ 以下であり、 SiO_2 をマトリックスとし、 B_2O_3 および Al_2O_3 のうち何れか一方又は両方を含む第1の添加成分を1重量%以上35重量%以下含有し、 MgO および CaO のうち何れか一方又は両方を含む第2の添加成分を1重量%以上35重量%以下含有する。

すなわち、上記の課題を解決するため本発明の一態様のSiCヒーターは、薄板状の炭化珪素焼結体と前記炭化珪素焼結体の表面に形成された絶縁被膜とを有する発熱体と、前記発熱体に通電するための一対の電極と、前記発熱体からの熱を断熱しつつ前記発熱体を一面側から保持するヒーターベースと、を備え、前記絶縁被膜は、前記炭化珪素焼結体の前記ヒーターベースと反対側の面に位置し、前記絶縁被膜は、常温での電気比抵抗が $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$

以上であり、前記絶縁被膜は、熱膨張率が $2 \times 10^{-6} / \text{K}$ 以上 $6 \times 10^{-6} / \text{K}$ 以下であり、前記絶縁被膜は、 SiO_2 をマトリックスとし、 B_2O_3 および Al_2O_3 の少なくとも1つを含む第1の添加成分を1重量%以上35重量%以下含有し、 MgO および CaO の少なくとも1つを含む第2の添加成分を1重量%以上35重量%以下含有する。

[0009] 上記の SiC ヒーターにおいて、前記第2の添加成分は、さらに BaO を含む構成としてもよい。

[0010] 上記の SiC ヒーターにおいて、前記第2の添加成分は、 BaO 、 MgO および CaO をすべて含む構成としてもよい。

[0011] 上記の SiC ヒーターにおいて、前記第2の添加成分の MgO および CaO の含有量の合計が、 BaO の含有量に対して1倍以上2倍以下である構成としてもよい。

[0012] 上記の SiC ヒーターにおいて、前記発熱体の形状は、略正方形または略長方形の互いに対向する2辺からそれぞれ反対側の辺に向けて切り込んでい2つのスリットを有する平面視略S字形状であり、前記略S字形状の両端部それぞれに前記一对の電極の一方が接続されている構成としてもよい。

[0013] 上記の SiC ヒーターにおいて、前記絶縁被膜は、硼珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスの少なくとも1つからなる構成としてもよい。

[0014] 上記の SiC ヒーターにおいて、前記第1の添加成分の割合は、前記絶縁被膜の全重量に対し、1重量%以上30重量%以下である構成としてもよい。

[0015] 上記の SiC ヒーターにおいて、前記炭化珪素焼結体の結合体密度が $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上であり、 25°C における電気比抵抗が $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下である構成としてもよい。

発明の効果

[0016] 本発明の SiC ヒーターによれば、過昇温による絶縁性の低下を抑制した SiC ヒーターの提供を目的とする。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態に係るS i Cヒーターの発熱体の断面図である。

[図2]本発明の一実施形態に係るS i Cヒーターの発熱体を示す斜視図である。

[図3]本発明の一実施形態に係るS i Cヒーターを示す正面図である。

[図4]本発明の一実施形態に係るS i Cヒーターを示す下平面図である。

[図5]本発明の一実施形態に係るS i Cヒーターを示す上平面図である。

[図6]本発明の一実施形態に係るS i Cヒーターを示す側面図である。

[図7]本発明の一実施形態に係るS i Cヒーターを用いて半導体チップを接合する状態を示す正面断面図（図4で示すA－A線に沿う断面図）である。

[図8]発明の一実施形態に係るS i Cヒーターを用いて半導体チップを接合する状態を示す側面断面図（図4で示すB－B線に沿う断面図）である。

[図9]発明の一実施形態に係るS i Cヒーターを用いて半導体チップを接合する状態を示す斜め方向から見た側面断面図（図4で示すC－C線に沿う断面図）である。

[図10]発明の一実施形態に係るS i Cヒーターを用いてフリップチップボンダによる製造状態を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の一実施形態を具体的に説明する。

ただし、この実施の形態は、発明の趣旨をより良く理解させるため具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、発明内容を限定するものではない。本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、数や、位置や、大きさ等についての変更、省略、追加及びその他の変更が可能である。

[0019] [S i Cヒーター]

図1および図2は、それぞれ本実施形態のS i Cヒーター100の発熱体1の断面図および斜視図である。また、図3～図6は、それぞれ本実施形態のS i Cヒーター100の正面図、下平面図、上平面図および側面図である。

図4に示すように、本実施形態のS i Cヒーター100は、発熱体1と、

一对の電極20、20と、ヒーターベース21と、冷却系接続部材22と、を備える。一对の電極20、20は、発熱体1に通電する。ヒーターベース21は、発熱体1からの熱を断熱しつつ、発熱体1を一面側から保持する。冷却系接続部材22は、ヒーターベース21を支持する。電極20は、リード線24と、リード線24を発熱体1に固定するためのボルト16とを有する。

以下、各部について具体的に説明する。

[0020] 〔発熱体〕

図1に示すように、発熱体1は、薄板状の炭化珪素焼結体1Aと前記炭化珪素焼結体の表面に形成された絶縁被膜1Bとを有する。

図2に示すように、発熱体1は、略正方形または略長方形である薄板である。本実施形態において、前記略正方形または略長方形は、互いに対向する第1および第2の辺、前記第1および第2の辺と角部で接続し、互いに対向する第3および第4の辺を有すると定義する。一例として、発熱体1は、外形が22mmの四角形で厚みが1mmの薄板である。発熱体1は、チップを吸着する側の面であってヒーターベース21と反対側に位置する吸着面1aと、ヒーターベース21側に位置する裏面1bと、を有する。

[0021] 発熱体1は、互いに対向する2辺（すなわち第1の辺および第2の辺）からそれぞれ反対側の辺に向けて切り込んだ2つのスリット2, 3（第1のスリット2、第2のスリット3ともいう）を有する略S字形状である。2つのスリット2, 3は、互いに概ね平行であり、第3および第4の辺に概ね垂直である。スリット2, 3の長さは、第3および第4の辺の長さの2/3である。また、発熱体1には、略S字状の両端部（始点および終点ともいう）にそれぞれ電極20が接続されている。スリット2, 3は、温度変化による発熱体1の熱膨張、熱収縮の影響を吸収する。したがって、スリット2, 3を設けることにより、発熱体1を熱応力に対し強くすることが可能となる。これにより、発熱体1の板厚を薄く形成することが可能となり、結果的に発熱体1の熱容量を小さくして、急速な加熱および冷却を可能とする。加えて、

発熱体 1 をスリット 2, 3 によって略 S 字状とすることで電流がその経路を流れ発熱体 1 の均熱性を向上できる。

[0022] 発熱体 1 には、電極取り付け用の貫通孔 4, 5 と、チップ吸着用の気体通路を形成する貫通孔 6 と、伝熱板吸着用の気体通路を形成する貫通孔 7, 8 および溝 9, 10 と、不活性ガスの通路を形成する貫通孔 11, 12 と、発熱体 1 をヒーターベース 21 に固定する皿小ネジ 15、15 を挿通するための貫通孔 13, 14 と、が設けられている。

電極取り付け用の貫通孔 4, 5 は、発熱体 1 の略 S 字形状の各先端部（すなわち始点および終点）に位置する。貫通孔 6 は、発熱体 1 の略中央部に位置する。言い換えれば、貫通孔 6 は、貫通孔 4 と貫通孔 5 を結ぶ直線の略中間点に位置する。貫通孔 7, 8 は、発熱体 1 の略 S 字状の各先端部に対向する角部の外縁寄りに位置している。溝 9, 10 は、発熱体 1 の吸着面 1a において貫通孔 7, 8 にそれぞれ連通するとともに外縁に沿って略 L 字状に形成されている。貫通孔 11 は、貫通孔 4 と貫通孔 7 との中間位置に位置する。貫通孔 12 は、貫通孔 5 と貫通孔 8 との中間位置に位置する。

[0023] 発熱体 1 の炭化珪素焼結体 1A は、炭化珪素、特に焼結体密度が $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上の炭化珪素であることが好ましく、より好ましくは、焼結体密度が $3.15 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上の炭化珪素である。炭化珪素焼結体 1A の焼結体密度を $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上とすることで、炭化珪素粒子間の結合力を充分に得ることができる。また、炭化珪素焼結体 1A の焼結体密度を $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上とすることで、高温での機械強度も十分に確保できる。したがって、ボンディング時の荷重により発熱体 1 の破損および高温時の塑性変形を抑制して、数 μm の表面精度を容易に得ることができる。なお、炭化珪素の理論密度は $3.21 \text{ g} / \text{cm}^3$ である。よって、本実施形態における炭化珪素焼結体 1A の焼結体密度は、 $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上 $3.21 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以下であることが好ましい。

[0024] 炭化珪素焼結体 1A は、室温での熱伝導率が $100 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 以上であることが好ましく、 $180 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 以上であることがより好ましい。上述し

たように炭化珪素焼結体 1 A の焼結密度は、 2.5 g/cm^3 以上と緻密質であり、しかも後述するように焼結助剤無添加で焼結できるので、粒界に存在する不純物が少なく、微細で均一な組織が得られ、 $100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上の高い熱伝導率となる。この炭化珪素焼結体 1 A は、均熱性に優れたものとなり、ボンディング部分の接続不良がなく製品歩留まりが高くなり、更に冷却に要する時間が短く 1 回のボンディング処理時間が短縮されコストパフォーマンスが高くなる他、急速昇温時又は急速降温時においても熱衝撃で破損する虞がない。炭化珪素焼結体 1 A の室温での熱伝導率は、高いほど好ましいが、通常 $260 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下である。

[0025] 炭化珪素焼結体 1 A は、室温 (25°C) における電気比抵抗が $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であることが好ましく、 $0.2 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $10.0 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であることがより好ましい。

炭化珪素焼結体 1 A の電気比抵抗を $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上とすることで、炭化珪素焼結体 1 A に大電流が流れることを抑制できる。したがって、電極 20 のリード線 24 に生じる電磁誘導に起因する応力を抑制してヒーターヘッドの位置精度の低下を抑えることができる。加えて、炭化珪素焼結体 1 A の電気比抵抗を $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上とすることで、炭化珪素焼結体 1 A の抵抗値を、発熱体 1 を薄肉化することなく十分に確保することが可能となり、ボンディング時の圧力 (通常 50 kg/cm^2 程度) に耐えうる強度とすることができる。

また、炭化珪素焼結体 1 A の電気比抵抗を $100 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下とすることで、大電圧をかけることなく電流を流すことができ、特別の電源を必要としないため好ましい。

[0026] 発熱体 1 の絶縁被膜 1 B は、少なくとも炭化珪素焼結体 1 A のヒーターベース 21 と反対側の面 (吸着面 1 a) に設けられている。絶縁被膜 1 B は、硼珪酸ガラスおよびアルミノ珪酸ガラスの少なくとも 1 つからなる。なお、絶縁被膜 1 B は、吸着面 1 a のみならず、発熱体 1 の裏面 1 b および側面にも形成されていることが好ましい。

[0027] 絶縁被膜 1 B の膜厚は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。絶縁被膜 1 B の膜厚が $10\ \mu\text{m}$ 未満の場合ヒーターとしての絶縁特性が著しく低下してしまい、 $100\ \mu\text{m}$ を超えると、SiCヒーターとの内部歪みにより、絶縁被膜 1 B が炭化珪素焼結体 1 A から剥離しやすくなるので好ましくない。絶縁被膜 1 B の膜厚が $10\ \mu\text{m}$ 以上であると、ヒーターとしての絶縁特性を確保することができる。また、絶縁被膜 1 B を $100\ \mu\text{m}$ 以下とすることで、絶縁被膜 1 B の熱容量を小さくすると共に、炭化珪素焼結体 1 A からワークへの絶縁被膜 1 B を介した熱伝導率を高めることができるため、ヒーターの応答速度を高めることができる。

[0028] 絶縁被膜 1 B は、常温での電気比抵抗が $10^9\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上であることが好ましく、 $10^{10}\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上であることがより好ましい。これにより、発熱体 1 と発熱体 1 によるワーク（加熱対象）であるチップとの絶縁を確実に確保することができる。

絶縁被膜 1 B は、常温での電気比抵抗は、絶縁抵抗計により測定され、具体的にはヒーターに被覆したガラス表面とヒーター電極間に高電圧を印加して測定される。

[0029] 絶縁被膜 1 B の熱膨張率は、 $2\times 10^{-6}/\text{K}$ 以上 $6\times 10^{-6}/\text{K}$ 以下であることが好ましく、 $3.5/\text{K}$ 以上 $5.5/\text{K}$ 以下であることがより好ましい。発熱体 1 は、急速な昇降温を何度も繰り返す。このため、絶縁被膜 1 B の熱膨張率を、発熱体 1 のベースの組成である炭化珪素焼結体 1 A の熱膨張率（約 $4.5\times 10^{-6}/\text{K}$ ）に近づけることで、絶縁被膜 1 B が炭化珪素焼結体 1 A から剥離することを抑制できる。

絶縁被膜 1 B の熱膨張率は、レーザー干渉計により測定される。

[0030] 絶縁被膜 1 B は、 SiO_2 をマトリックスとする。絶縁被膜 1 B は、 SiO_2 をマトリックスとすることで、上述した電気比抵抗を有する十分な絶縁性を確保することができる。なお、 SiO_2 をマトリックスとするとは、絶縁被膜 1 B において、 SiO_2 が主成分であることを意味する。 SiO_2 は、絶縁被膜 1 B の全重量に対し30重量%以上98重量%以下であることが好ましく

、46重量%以上57重量%以下であることがより好ましい。

[0031] 絶縁被膜1Bは、 B_2O_3 および Al_2O_3 の少なくとも1つを含む第1の添加成分を、絶縁被膜1Bの全重量に対し1重量%以上35重量%以下含有し、15重量%以上33重量%以下含有することが好ましい。言い換えれば、絶縁被膜1Bは、 B_2O_3 および Al_2O_3 の少なくとも1つを含み、 B_2O_3 および Al_2O_3 の少なくとも1つが含まれる割合は、絶縁被膜1Bの全重量に対し1重量%以上35重量%以下含有し、15重量%以上33重量%以下含有することが好ましい。

なお、絶縁被膜1Bに含まれる B_2O_3 の割合は、絶縁被膜1Bの全重量に対し2重量%以上15重量%以下が好ましく、4重量%以上13重量%以下がより好ましい。絶縁被膜1Bに含まれる Al_2O_3 の割合は、絶縁被膜1Bの全重量に対し8重量%以上25重量%以下が好ましく、10重量%以上22重量%以下がより好ましい。また、必要に応じて Al_2O_3 の量の方が B_2O_3 の量より多いことが好ましい。

絶縁被膜1Bは、 B_2O_3 および Al_2O_3 の少なくとも1つである第1の添加成分を、絶縁被膜1Bの全重量に対し1重量%以上含むことで、耐熱衝撃性および耐摩耗性を高めることができる。一方で、第1の添加成分の含有量が絶縁被膜1Bの全重量に対し30重量%を超えると絶縁被膜1Bの靱性が損なわれ脆くなる。したがって、第1の添加成分の含有量を30重量%以下とすることが好ましい。

[0032] 絶縁被膜1Bは、 MgO および CaO の少なくとも1つである第2の添加成分を絶縁被膜1Bの全重量に対し1重量%以上35重量%以下含有し、10重量%以上33重量%以下含有することが好ましい。言い換えれば、絶縁被膜1Bは、 MgO および CaO の少なくとも1つを含み、 MgO および CaO の少なくとも1つが含まれる割合は、絶縁被膜1Bの全重量に対し1重量%以上35重量%以下含有し、10重量%以上33重量%以下含有することが好ましい。また、第2の添加成分は、 MgO および CaO の少なくとも1つと、さらに BaO であることが好ましい。この場合、絶縁被膜1Bに含

まれるMgOおよびCaOの少なくとも1つとBaOとの合計の割合は、絶縁被膜1Bの全重量に対し1重量%以上35重量%以下であり、10重量%以上33重量%以下であることが好ましい。さらに、第2の添加成分は、BaO、MgOおよびCaOであることがより好ましい。この場合、絶縁被膜1Bに含まれるBaO、MgOおよびCaOの合計の割合は、絶縁被膜1Bの全重量に対し1重量%以上35重量%以下であり、10重量%以上33重量%以下であることが好ましい。

なお、絶縁被膜1Bに含まれるMgOの割合は、必要に応じて2重量%以上15重量%以下であることも好ましく、3重量%以上12重量%以下であることがより好ましい。

絶縁被膜1Bに含まれるCaOの割合は、必要に応じて1重量%以上15重量%以下であることも好ましく、3重量%以上12重量%以下であることがより好ましい。

BaOが絶縁被膜1Bに含まれるとき、絶縁被膜1Bに含まれるBaOの割合は、必要に応じて3重量%以上23重量%以下であることも好ましく、4重量%以上13重量%以下であることがより好ましい。

MgOとCaOの両方が絶縁被膜1Bに含まれるとき、必要に応じて、CaOの量は、MgOの量以上であることも好ましい。

MgOとBaOの両方が絶縁被膜1Bに含まれるとき、必要に応じて、BaOの量は、MgOの量が大きいことも好ましい。

CaOとBaOの両方が絶縁被膜1Bに含まれるとき、必要に応じて、BaOの量は、CaOの量が大きいことも好ましい。

[0033] 第2の添加成分を構成するBaO、MgOおよびCaOは、絶縁被膜1Bに含まれることで、絶縁被膜1Bの熱膨張率を高める。SiOをマトリックスとして硼珪酸ガラスおよびアルミノ珪酸ガラスの少なくとも1つからなる絶縁被膜1Bは、炭化珪素焼結体1Aの熱膨張率より低い。

第2の添加成分として、BaO、MgOおよびCaOの少なくとも1つを絶縁被膜1Bに含ませることで、絶縁被膜1Bの熱膨張率を炭化珪素焼結体

1 Aの熱膨張率に近づけることが可能となる。すなわち、第2の添加成分は、熱膨張率調整成分として機能する。

[0034] 絶縁被膜1 Bは、第2の添加成分を絶縁被膜1 Bの全重量に対し1重量%以上35重量%以下含有することで、絶縁被膜1 Bの熱膨張率を炭化珪素焼結体1 Aの熱膨張率に近づけることが可能となる。なお、第2の添加成分の含有量が、絶縁被膜1 Bの全重量に対し1重量%未満の場合には絶縁被膜1 Bの熱膨張率が $2 \times 10^{-6}/K$ 未満となり、35重量%を超える場合には絶縁被膜1 Bの熱膨張率が $6 \times 10^{-6}/K$ を超える。

[0035] MgOおよびCaOは、絶縁被膜1 Bの融点を十分に上昇させる効果を奏する。したがって、第2の添加成分として、MgOおよびCaOの少なくとも1つを絶縁被膜1 Bに含ませることで、絶縁被膜1 Bの融点を高めて、発熱体1の耐熱温度をさらに高くすることができる。したがって、発熱体1が想定外に過昇温された場合であっても絶縁性の低下を抑制することができる。また、発熱体1の耐熱温度を高めることで、発熱体1によりワーク（加熱対象）を加熱する際に、加熱対象の目的温度より発熱体1の温度を十分に高めることが可能となる。これにより、加熱対象を更に急速に加熱することが可能となる。

一方で、BaOは、絶縁被膜1 Bの融点を高める効果が十分ではない。したがって、MgOおよびCaOの少なくとも1つを含まず、BaOのみを絶縁被膜1 Bに含ませる場合には、発熱体1の耐熱温度を十分に高めるという効果を十分に奏することがない。しかしながら、BaOは、MgOおよびCaOと比較して絶縁被膜1 Bとしての粘りを出す効果がある。よって、第2の添加成分としてMgOおよびCaOの少なくとも1つに加えて、さらにBaOを添加することで、炭化珪素焼結体1 Aからの剥離を効果的に抑制された絶縁被膜1 Bを形成することができる。さらに、第2の添加成分にBaO、MgOおよびCaOが含まれる場合には、絶縁被膜としての耐熱性を高めることができるとともに、炭化珪素焼結体1 Aに対する絶縁被膜1 Bの密着性を高めることができる。

[0036] 第2の添加成分において、MgOおよびCaOの含有量の合計が、BaOの含有量に対して1倍以上2倍以下であることが好ましい。これにより、絶縁被膜1Bの耐熱性を高めつつ、炭化珪素焼結体1Aに対する絶縁被膜1Bの密着性をバランスよく向上させることができる。

[0037] [電極]

電極20は、リード線24と、ボルト16とを有する。ボルト16は、発熱体1の略S字状の各先端部に位置する貫通孔4、5に挿通してリード線24を発熱体1に固定する。なお、発熱体1に固定される電極20は、発熱体1の形状に応じて、発熱体1の全範囲にわたってより均一に電流が流れるように配置されることが好ましい。

[0038] [ヒーターベース]

ヒーターベース21は、冷却系接続部材22と発熱体1との間に位置する。ヒーターベース21は、チップ吸着側の面（溝刻設側の面）を下端に向けた状態で発熱体1を保持する。ヒーターベース21は、発熱体1の貫通孔13、14にそれぞれ挿通する皿小ネジ15、15を用いて発熱体1を保持する。

[0039] ヒーターベース21は、断熱性が高く耐熱衝撃性に優れた絶縁体セラミックスからなる。ヒーターベース21に用いられるセラミックスとしては、窒化珪素（ Si_3N_4 ）、カルシウムシリケート（ $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ）、サイアロン等を例示することができる。

[0040] ヒーターベース21は、発熱体1を一面側から保持するため、発熱体1の昇温時においてヒーターベース21を介する熱逃げを抑制できる。これにより、発熱体1を小さな投入電力で急速昇温することが可能となる。また、ヒーターベース21を取り付けた冷却系接続部材22への熱逃げも少なくなるために、冷却系接続部材22の熱膨張によるヒーターの位置ずれを抑制できる。加えて、ヒーターベース21は、発熱体1を一方向から機械的に補強するため、ボンディング時の荷重により発熱体1が損傷することを抑制できる。

[0041] 図6に示すように、ヒーターベース21の発熱体1と接する側の面には、ザグリ部（凹部ともいう）21aが設けられている。ザグリ部21aは、発熱体1とヒーターベース21との間で断熱を必要とする部分以外に設けられている。すなわち、ザグリ部21aが設けられていることで、発熱体1とヒーターベース21との間で、断熱が必要な部分以外は、互いに接触しない。また、ザグリ部21aは、ザグリ部21aが形成する隙間を冷却気体の通路として機能する。

[0042] [冷却系接続部材]

図3、図4および図6に示すように、冷却系接続部材22は、ヒーターベース21を介して発熱体1を支持する。冷却系接続部材22は、一对のボルト23、23によりヒーターベース21と固定されている。

[0043] 図5に示すように、冷却系接続部材22のヒーターベース21と反対側の面（上面22a）は、平坦な面として形成されている。SiCヒーター100は、上面22aを介してフリップチップボンダ等のボンディング装置側のヒーター取り付け部に固定される。上面22aには、ヒーター取り付け部にネジ止めするための4つの貫通孔28、…、28が設けられている。

[0044] 図7～図9は、SiCヒーターを用いて半導体チップを接合する状態を示す図である。図7は、本発明の一実施形態に係るSiCヒーターを用いて半導体チップを接合する状態を示す、図4のA-A線に沿う断面図である。図8は、本発明の一実施形態に係るSiCヒーターを用いて半導体チップを接合する状態を示す、図4のB-B線に沿う断面図である。図9は、本発明の一実施形態に係るSiCヒーターを用いて半導体チップを接合する状態を示す、図4のC-C線に沿う断面図である。

[0045] 図7に示すように、冷却系接続部材22およびヒーターベース21には、発熱体1の貫通孔6と同心的にヒーターベース21および冷却系接続部材22を貫通した貫通孔（チップ吸着用貫通孔）31が設けられている。貫通孔31には、負圧発生装置（図示略）が接続されており、発熱体1の貫通孔6においてチップを吸着する。

[0046] 図8に示すように、冷却系接続部材22およびヒーターベース21には、発熱体1の貫通孔11、12と同心的にヒーターベース21および冷却系接続部材22を貫通する貫通孔（各種ガス供給用貫通孔）32、33が設けられている。貫通孔32、33は、不活性ガス雰囲気、SiCヒーター100を用いた接合を行う場合に、供給する窒素ガス等の各種ガスの通路となる。

[0047] 図9に示すように、冷却系接続部材22およびヒーターベース21には、発熱体1の貫通孔7、8と同心的にヒーターベース21および冷却系接続部材22を貫通する貫通孔（溝側の伝熱板吸着用貫通孔）35、36が設けられている。また、図5に示すように、冷却系接続部材22には、一对の溝26が設けられている。また、貫通孔35、36は、一对の溝26において上側に開口している。貫通孔35、36は、伝熱板吸着用の気体通路を形成する。

[0048] 図9に示すように、冷却系接続部材22およびヒーターベース21には、ヒーターベース21のザグリ部21aに連通する位置においてヒーターベース21および冷却系接続部材22を貫通する貫通孔37、38が設けられている。また、図5に示すように、冷却系接続部材22には、一对の溝27が設けられている。また、貫通孔37、38は、一对の溝27において上側に開口している。貫通孔37、38は、発熱体1を急速に冷却する冷却気体をザグリ部21aに供給する給気路を形成する。貫通孔37、38より供給された冷却気体は、ヒーターベース21の発熱体1側の面に形成されたザグリ部21aを通り、発熱体1の裏面を冷却した後、ヒーターベース21の横面より外部へ抜けていく。また、貫通孔37、38より供給された冷却気体は、ザグリ部21aを介してスリット2、3を通り、発熱体1を冷却したのち発熱体1の横面から抜けていく。

このようにヒーターベース21の発熱体1側の面に、ザグリ部21aを形成して発熱体1とヒーターベース21の間に隙間を設けるとともに発熱体1にスリット2、3を形成したことにより、冷却気体で冷却を行うにあたって

、ザグリ部21aによって発熱体1とヒーターベース21との間隙が冷却気体と接する面積を大きくして冷却効率を上げることができる。しかも、発熱体1のスリット2, 3がザグリ部21aと連通していることにより、スリット2, 3にも冷却気体が通過して冷却速度を高めることができ、急速冷却が可能となる。

[0049] 〔発熱体の製造方法〕

次に発熱体1の製造方法について説明する。

本実施形態の発熱体1は、焼結体密度 2.5 g/cm^3 以上で電気比抵抗 $0.1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ である炭化珪素焼結体1Aを有する。このような炭化珪素焼結体1Aは、平均粒径 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ の第1の炭化珪素粉末と $0.1 \mu\text{m}$ 以下の第2の炭化珪素粉末とを混合し、これを焼結する方法により得られる。この方法によれば、 $0.1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ の範囲の電気比抵抗を示す炭化珪素を得ることが容易である。このような炭化珪素焼結体1Aの製造方法は、特開平4-65361号公報に開示されているが、この実施の形態においては電気比抵抗が $0.1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ と大きいものを用いることが望ましい。

[0050] 上述の特性を有する炭化珪素焼結体1Aを製造するために、まず、平均粒径が $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ の第1の炭化珪素粉末と、平均粒径が $0.1 \mu\text{m}$ 以下の第2の炭化珪素微粉末とを用意する。第1および第2の炭化珪素粉末の平均粒径は、レーザー回折式粒度分布測定装置により求められる。

第1の炭化珪素粉末としては、一般に使用されているものでよく、例えばシリカ還元法、アチソン法等の方法によって製造されたものが用いられる。第1の炭化珪素粉末の結晶相としては非晶質、 α 型、 β 型のいずれであってもよいが、電気比抵抗値を $0.1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ に調整する容易さからは α 型のものが好適である。

第2の炭化珪素粉末としては、非酸化性雰囲気中のプラズマ中にシラン化合物またはハロゲン化珪素と炭化水素とからなる原料ガスを導入し、反応系の圧力を1気圧未満から 0.1 torr （なお、 $1 \text{ torr} = 133.3 \text{ Pa}$ ）

）の範囲で制御しつつ気相反応させることによって得られたものを使用する。第2の炭化珪素粉末の結晶相としては非晶質、 α 型、 β 型のいずれであってもよい。このようにして得られた第2の炭化珪素粉末は焼結性が非常に優れているために、上記第1の炭化珪素粉末と混合するのみで、焼結助剤を添加することなく高純度かつ緻密質の炭化珪素焼結体1Aを得ることができるようになる。

[0051] 次に、上記第1の炭化珪素粉末と第2の炭化珪素粉末とを混合して混合物とする。混合比率は、得られる炭化珪素焼結体が所定の電気比抵抗値（ $0.1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ ）となるよう予め予備実験で求めておく。その後、上記混合物を所望の形状に成形し、得られた成形体を $1800 \sim 2400^\circ\text{C}$ の温度で焼結して焼結体を得て、これを炭化珪素焼結体1Aとする。焼結方法、焼結時の雰囲気はいずれも制限されないが、例えば、非酸化雰囲気におけるホットプレス炉による焼結法などが挙げられる。

[0052] 次に、炭化珪素焼結体1Aの表面に、絶縁被膜1Bを形成する。

絶縁被膜1Bの形成は、以下の方法で行われる。まず加工した炭化珪素焼結体1Aの表面をアセトンで超音波洗浄した後自然乾燥させる。その後、酸化炉にて、例えば、温度 1000°C で70時間熱処理して十分な酸化膜を生成させる。

次に、所望のガラス組成を有するガラス粉末と、第1および第2の添加成分と、スクリーンオイルとを混合してスラリーを形成する。ガラス粉末の所望のガラス組成とは、具体的には、例えば、高純度（3N以上）の酸化ケイ素ガラスである。ガラス粉末と第1および第2の添加成分とを混合したときの組成比は、ガラス粉末と第1および第2の添加成分の全重量に対し、酸化ケイ素が44～60重量%、第1の添加成分が1～35重量%、第2の添加成分が1～35重量%である。ガラス粉末と第1および第2の添加成分とを混合したときの組成比は、ガラス粉末と第1および第2の添加成分の全重量に対し、酸化ケイ素が46～57重量%、第1の添加成分が5～25重量%、第2の添加成分が5～20重量%であることが好ましい。

次に、炭化珪素焼結体 1 A のヒーターベースと接する面（裏面 1 b）と反対の面（吸着面 1 a）および側面にスラリー状のガラスを塗布し、乾燥器にて例えば 100℃で 1 時間乾燥させる。

次に、酸化炉にて、例えば、1050℃で 20 分間加熱してガラスを炭化珪素焼結体 1 A に溶着させ絶縁被膜 1 B を形成する。さらに仕上げ工程として、形成された絶縁被膜 1 B の表面を研削して発熱体 1 の上下面（吸着面 1 a および裏面 1 b）の平行度をそれぞれ例えば 3 μm 以下とする。

発熱体 1 の上下面の平行度は、ダイヤルゲージにて、9 点を測定することにより算出される。

[0053] 〔半導体チップのボンディング方法〕

図 10 は、発明の一実施形態に係る SiC ヒーターを用いてフリップチップボンダによる製造状態を示す斜視図である。図 10 を基に本実施形態の SiC ヒーター 100 を用いた半導体チップのボンディング方法について説明する。

[0054] 図 10 に示すように、SiC ヒーター 100 は、フリップチップボンダ 200 の可動台 210 の下端部に取り付けて半導体実装ボードの製造のために使用される。

まず、SiC ヒーター 100 は、複数の半導体チップ 40 が置かれているトレイ 220 を載置したオートローダ 230 の位置まで、可動台 210 を移動し、貫通孔 6 から空気を吸引してトレイ 220 から 1 つの半導体チップ 40 を吸着する。

[0055] 次に、可動台 210 を基板 50 が用意されている位置まで移動して、図 7 ～図 9 に示す基板 50 上に予め載置された導電性ボンディング材 60 の上に半導体チップ 40 を載せる。さらに、可動台 210 により下方に加圧力を加えつつ、SiC ヒーター 100 に通電して発熱体 1 を発熱させ、伝熱板 30 を介して半導体チップ 40、導電性ボンディング材 60、基板 50 を略均等に昇温する。これにより、導電性ボンディング材 60 を数秒で熔融し、熔融した導電性ボンディング材 60 により基板 50 と半導体チップ 40 とを接合

する。

なお、不活性ガス雰囲気中でボンディングを行う場合には、貫通孔 32, 33 から供給された不活性ガスを導電性ボンディング材の配設側に吹き出しながら接合する。

[0056] 基板 50 と半導体チップ 40 との接合が完了した後に、圧縮空気を、貫通孔 37, 38 を介してザグリ部 21a に供給する。圧縮空気は、発熱体 1 の裏面 1b 側からスリット 2, 3 を介して SiC ヒーター 100 の外部に流出する。発熱体 1 は、圧縮空気により急速に冷却される。導電性ボンディング材 60 が冷却されて固化してから、半導体チップ 40 の吸着を解除し、可動台 210 を上方に移動する。圧縮空気等の高圧の圧縮ガスを供給する冷却によれば、発熱体 1 を数秒で急速冷却することができるため、半導体チップ 40 および基板 50 は、過熱から保護されるとともに 1 サイクルのボンディング処理時間を短縮できる。

[0057] 次に、オートローダ 230 の位置まで可動台 210 を移動して新たに半導体チップ 40 を吸着し、次の基板 50 に対するフリップチップボンディングを連続して行う。

[0058] この半導体チップ実装ボードの製造に使用される伝熱板 30 は、発熱体 1 の熱を半導体チップ 40、導電性ボンディング材 60、基板 50 に対して均一に伝熱するために用いられるものである。よって、伝熱板 30 は、伝熱性、耐熱性、熱衝撃性に優れていることが必要である。伝熱板 30 は、例えば、窒化アルミニウム (AlN) 等のセラミック製であることが好ましい。

導電性ボンディング材 60 としては、ハンダバンプ、金バンプ等が挙げられる。このようなボンディング材は加熱によって熔融し、冷却によって固化する性質を持っている。

発熱体 1 は、急速昇降温させるため、熱容量の小さいものが好ましい。従って、発熱体 1 としての機械的強度を維持しながら熱容量を小さくするためには、発熱体 1 の厚みが約 0.5 ~ 1.5 mm であることが好ましく、0.8 ~ 1.2 mm であることがより好ましい。

[0059] 本実施形態のSiCヒーターを用いた接合方法によれば、発熱体1からの熱により半導体チップ40、導電性ボンディング材60、基板50を加熱加圧して導電性ボンディング材60を数秒で熔融する急速加熱である。したがって、半導体チップ40と基板50の過熱を抑制できる。

[0060] 以上に、本発明の実施形態を説明したが、実施形態における各構成およびそれらの組み合わせ等は一例であり、本発明の趣旨から逸脱しない範囲内で、構成の付加、省略、置換およびその他の変更が可能である。また、本発明は実施形態によって限定されることはない。

実施例

[0061] 以下に本発明を実施例により説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0062] [試料の作製]

SiCヒーターの発熱体を次のようにして製造した。

まず、四塩化珪素とエチレンとを原料ガスとし、プラズマCVD法により、平均粒径0.01 μ m、BET比表面積96m²/gの非晶質炭化珪素超微粉末を得た。

この炭化珪素超微粉末5重量%と市販の α 型炭化珪素粉末（平均粒径0.7 μ m、BET比表面積13m²/g）95重量%とを、メタノール中に分散させ、さらにボールミルで12時間混合した。次いで、この混合物を乾燥し、成形、ホットプレス焼結した。

なお、非晶質炭化珪素超微粉末および α 型炭化珪素粉末の平均粒径は、レーザー回折式粒度径分布測定装置SALD-2300（島津製作所社製）により測定した。

非晶質炭化珪素超微粉末および α 型炭化珪素粉末のBET比表面積は、BET比表面積測定装置BELSORP-miniII（マイクロトラックベル社製）を用いて、ガス吸着法により測定した。

焼結条件は、アルゴン雰囲気下で、焼結温度2200℃、プレス圧39.23MPa（400kgf/cm²）で、90分間であった。焼結体の密度は

3. $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、室温での電気比抵抗は、 $0.3 \Omega \cdot \text{cm}$ （4端子法）、室温での熱伝導率が 230 W/mK （レーザーフラッシュ法）の炭化珪素焼結体を得た。

焼結体の密度は、焼結体の真密度（ d_0 ）をアルキメデス法により測定し、この真密度（ d_0 ）の理論密度（ d_t ）に対する比（ d_0/d_t ）を百分率で表し、相対密度（%）とした。

焼結体の室温での電気比抵抗は、ロレスタGX（（株）三菱ケミカルナリテック社製）を用いて4端子法により測定したが、具体的には表面研削した円板の焼結体表面を、 45° 、 10 cm 間隔で、放射状に測定した。

焼結体の室温での熱伝導率は、レーザーフラッシュ法で測定したが、具体的には、焼結体を $\Phi 10 \times 3 \text{ t}$ に切出し、表面にレーザー光を照射し、裏面の温度を放射温度計で測定することにより、熱伝導率を算出した（日本工業規格 JIS R 1611「ファインセラミックスのフラッシュ法による熱拡散率・比熱容量・熱伝導率の測定方法」に規定されたレーザーフラッシュ法）。

[0063] 次に、前記炭化珪素焼結体を加工することにより、図2に示すような、直径 2 mm の半導体チップ吸着用の貫通孔6と、伝熱板吸着用の貫通孔7, 8と、外縁部から内部にのびた幅 1 mm のスリット2, 3とを有する炭化珪素焼結体の薄板を得た。薄板のヒーター一面の大きさは $22 \times 22 \text{ mm}$ であり、その厚み t は 1.0 mm であった。さらに、この薄板は、ヒーターベース21にネジ止めするための貫通孔13, 14と電極取り付け用の貫通孔4, 5とが形成されている。なお、半導体チップ吸着用の貫通孔6、伝熱板吸着用の貫通孔7, 8および伝熱板分離用の貫通孔11, 12は、ヒーターベース21に穿設されている貫通孔31, 32, 33, 35, 36とそれぞれ同軸的に穿設される。

[0064] 次に、上述の工程を経て作製した炭化珪素焼結体からなる薄板の表面に絶縁被膜を形成する表面処理を行った。以下に、絶縁被膜の形成手順についてより具体的に説明する。

まず、炭化珪素焼結体からなる薄板の表面をアセトンで超音波洗浄した後自然乾燥させ、その後、酸化炉に温度 1000℃で 70 時間熱処理して十分な酸化膜を生成させた。

次に、以下の表 1 に示すように、比較例 1 および実施例 1～実施例 7 の組成比となるように、ガラス粉末および各添加成分とスクリーンオイルを 3 : 2 の割合でメノウ乳鉢に入れてよく混合し、スラリーを作成する。

次に、炭化珪素焼結体の表面にスラリー状のガラスを均一に約 200 μm の厚みで塗布し、乾燥器にて温度 100℃で 1 時間乾燥させた後、酸化炉にて加熱して炭化珪素焼結体の表面に絶縁被膜を溶着させた。なお、酸化炉における加熱時間および加熱温度について、比較例 1 については温度 950℃で 20 分間の加熱を行い、実施例 1～実施例 7 については 1050℃で 20 分間の加熱を行った。

最後に、ガラス表面を研削して発熱体の平行度を 3 μm 以下に仕上げた。なお、得られた絶縁被膜の膜厚は 50 μm であった。

ガラス表面の平行度は、ダイヤルゲージで、発熱体の厚み 9 点を測定し、平行度を算出した。

[0065] [表1]

試料	組成比 (重量%)					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	BaO	MgO	CaO
比較例 1	46	14	13	27	—	—
実施例 1	51	18	4	11	7.5	8.5
実施例 2	50	10	8	15	8	9
実施例 3	57	22	10	5	3	3
実施例 4	52	18	11	11	8	—
実施例 5	52	18	11	11	—	8
実施例 6	52	16	10	—	10	12
実施例 7	46	14	13	20	3	4

[0066] 次に、図 7～図 9 に示すように、前記発熱体の上面（裏面 1b）に、ヒーターベース 21 としての窒化珪素焼結体を重ねた。なお、ヒーターベース 2

1 は、発熱体を冷却するための貫通孔 37, 38 を備えたものである。さらに、締結用の貫通孔 13, 14 に M1.4 のボルトを挿通して、ヒーターベース 21 と発熱体とをネジ止めした。また、電極取り付け孔 29 に M1.4 の皿小ネジを挿通し、そのネジの先端付近にリード線の端部をナットにより固定することによって電極 20 を形成し、その結果として、比較例 1 および実施例 1 ～実施例 7 の SiC ヒーターが得られた。

[0067] [評価]

次いで、上述の工程を経た比較例 1 および実施例 1 ～実施例 7 の試料に対して、過昇温前後の絶縁性試験およびヒートサイクル後の密着性評価を行った。以下、その評価法について説明する。

[0068] (過昇温の熱サイクル後の絶縁特性および膜の密着性評価)

まず、比較例 1 および実施例 1 ～実施例 7 の試料である各 SiC ヒーターの絶縁被膜を、メガテスターを用いて絶縁抵抗を測定したところ、全て 2 MΩ 以上 (DC 500 V 印加) の十分な絶縁抵抗があることを確認した。

次いで、各試料の SiC ヒーターにおいて、温度調整計を用いて、1 秒間で発熱体を 100℃ から 800℃ に加熱させた後、エア圧 0.5 MPa の圧縮空気により強制冷却させた。その後、目視にて絶縁被膜に異常がないか確認した後、メガテスターにより絶縁被膜の絶縁抵抗を測定した。過昇温の熱履歴を最大 5 回繰り返し、その度に目視による絶縁被膜の確認と絶縁抵抗を測定した。絶縁抵抗が劣化した試料についてはその時点で終了とした。これらの測定結果を表 2 に示した。

[0069]

[表2]

試料	過昇温前	過昇温 (100→800℃) 回数				
		1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
比較例 1	○ 2 MΩ 以上	× 250 Ω 以下	—	—	—	—
実施例 1	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上
実施例 2	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上
実施例 3	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上
実施例 4	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	△ 2 MΩ 以上
実施例 5	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	△ 2 MΩ 以上
実施例 6	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	△ 2 MΩ 以上	× 250 Ω 以下	—
実施例 7	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	○ 2 MΩ 以上	× 250 Ω 以下	—	—

注 1) 絶縁膜の観察結果、○：異常無し、△：多少白濁あり、×：かなり白濁あり

注 2) メガテスターによる絶縁抵抗測定 (DC 500V 印加)

[0070] [考察]

比較例 1 の試料は、過昇温後に絶縁性が著しく低下した。比較例 1 の試料は、過昇温後にヒーターのスリットの根元部分の絶縁被膜が部分的に白濁していたことが確認された。

なお、比較例 1 の絶縁被膜の融点を別途測定したところ融点は 844℃であった。これらの結果から、比較例 1 の試料においては、過昇温時に電流が集中して特に温度が高まった部分で絶縁被膜が融点に達して成分が変化し絶縁性が劣化したと考えられる。

一方で、実施例 1～実施例 3 の試料においては、5 回の過昇温の後でも、絶縁被膜に外観上の変化はなく、絶縁抵抗の劣化もなかった。実施例 1 の絶縁被膜の融点を別途測定したところ融点は 943℃であった。

また、実施例 4、5 においては、5 回の過昇温の後で、絶縁抵抗の劣化はみられなかったものの、ヒーターのスリットの根元部分の絶縁被膜が若干の

白濁が確認された。

これらの結果から、実施例 1～実施例 3 の絶縁被膜においては、BaO、MgO および CaO をすべて含んでいることで、融点が十分に高くなり過昇温を行った場合であっても絶縁性が確保できることが確認された。

ただし、実施例 4、5 にみられるように、MgO または CaO のどちらかを含まない場合は、炭化珪素表面への絶縁被膜の密着性が若干低下するために、5 回の過昇温の後に、絶縁被膜の界面での剥離が起こり、多少の白濁として観察されたものと思われる。

[0071] 実施例 6、7 においては、3 回目以降の過昇温の後に、ヒーターのスリットの根元部分の絶縁被膜に白濁が観察され、絶縁抵抗の低下がみられた。

実施例 6 の試料は、絶縁被膜に BaO が添加されていない。このため、絶縁被膜に粘りがなく脆くなっており、炭化珪素焼結体に対する絶縁被膜の密着性が低くなっていると考えられる。これにより、炭化珪素焼結体と絶縁被膜との界面で剥離が生じて多少の白濁がみられ、4 回目の過昇温後には絶縁抵抗も劣化してしまったものと推測される。

実施例 7 の試料は、絶縁被膜の BaO の含有量に対して、MgO および CaO の含有量の割合が少ない。より具体的には、MgO および CaO の含有量の合計が、BaO の含有量に対して 1 倍以上 2 倍以下の範囲となっていない。このため、実施例 7 の試料は、前記の範囲となっている実施例 1～3 と比較して、絶縁被膜の耐熱性が低くなっており、3 回目の過昇温において、絶縁被膜の成分が変化して絶縁性が劣化したものと考えられる。

産業上の利用可能性

[0072] 本発明は、急速な昇温と降温が可能な SiC ヒーターに関するものであり、特に半導体の組立工程において使用される半導体チップボンディング用ヒーターとして好適に使用される。本発明は、過昇温による絶縁性の低下を抑制した SiC ヒーターを提供することができる。

符号の説明

[0073] 1 …発熱体

- 1 A…炭化珪素焼結体
- 1 B…絶縁被膜
- 2, 3…スリット
- 4, 5…（電極取り付け用）貫通孔
- 6…（チップ吸着用）貫通孔
- 7, 8…（伝熱板吸着用）貫通孔
- 9, 10…（伝熱板吸着用）溝
- 11, 12…（各種ガス供給用）貫通孔
- 13, 14…（取り付けネジ挿通用）貫通孔
- 15…皿小ネジ
- 21…ヒーターベース
- 21a…ザグリ部
- 22…冷却系接続部材
- 24…リード線（配線）
- 26, 27…溝
- 28…貫通孔
- 29…電極取り付け孔
- 30…伝熱板
- 31…（チップ吸着用）貫通孔
- 32, 33…（各種ガス供給用）貫通孔
- 35, 36…（溝側の伝熱板吸着用）貫通孔
- 37, 38…（冷却気体供給用）貫通孔
- 40…半導体チップ
- 50…基板
- 60…導電性ボンディング材
- 100…SiCヒーター

請求の範囲

- [請求項1] 薄板状の炭化珪素焼結体と、前記炭化珪素焼結体の表面に形成された絶縁被膜とを有する発熱体と、
前記発熱体に通電するための一対の電極と、
前記発熱体からの熱を断熱しつつ前記発熱体を一面側から保持するヒーターベースと、を備え、
前記絶縁被膜は、前記炭化珪素焼結体の前記ヒーターベースと反対側の面に位置し、
前記絶縁被膜は、常温での電気比抵抗が $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であり、
前記絶縁被膜は、熱膨張率が $2 \times 10^{-6} / \text{K}$ 以上 $6 \times 10^{-6} / \text{K}$ 以下であり、
前記絶縁被膜は、 SiO_2 をマトリックスとし、
前記絶縁被膜は、 B_2O_3 および Al_2O_3 の少なくとも1つを含む第1の添加成分を含有し、
前記第1の添加成分の割合は、前記絶縁被膜の全重量に対し、1重量%以上35重量%以下であり、
前記絶縁被膜は、 MgO および CaO の少なくとも1つを含む第2の添加成分を含有し、
前記第2の添加成分の割合は、前記絶縁被膜の全重量に対し、1重量%以上35重量%以下である、
 SiC ヒーター。
- [請求項2] 前記第2の添加成分は、さらに BaO を含む、
請求項1に記載の SiC ヒーター。
- [請求項3] 前記第2の添加成分は、 BaO 、 MgO および CaO をすべて含む、
請求項2に記載の SiC ヒーター。
- [請求項4] 前記第2の添加成分の MgO および CaO の含有量の合計が、 Ba

Oの含有量に対して1倍以上2倍以下である、
請求項3に記載のSiCヒーター。

[請求項5] 前記発熱体の形状は、平面視略正方形または略長方形の互いに対向する2辺からそれぞれ反対側の辺に向けて切り込んでいる2つのスリットを有する平面視略S字形状であり、前記略S字形状の両端部にそれぞれ前記一对の電極の一方に接続されている、
請求項1～4の何れか一項に記載のSiCヒーター。

[請求項6] 前記絶縁被膜は、硼珪酸ガラスまたはアルミノ珪酸ガラスの少なくとも1つからなる、

請求項1～5のいずれか一項に記載のSiCヒーター。

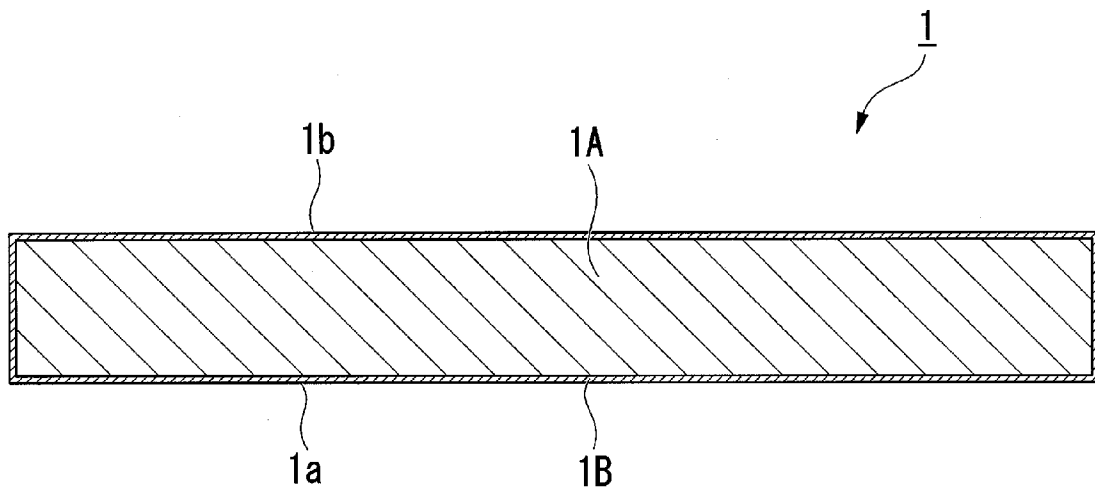
[請求項7] 前記第1の添加成分の割合は、前記絶縁被膜の全重量に対し、1重量%以上30重量%以下である、

請求項1～6のいずれか一項に記載のSiCヒーター。

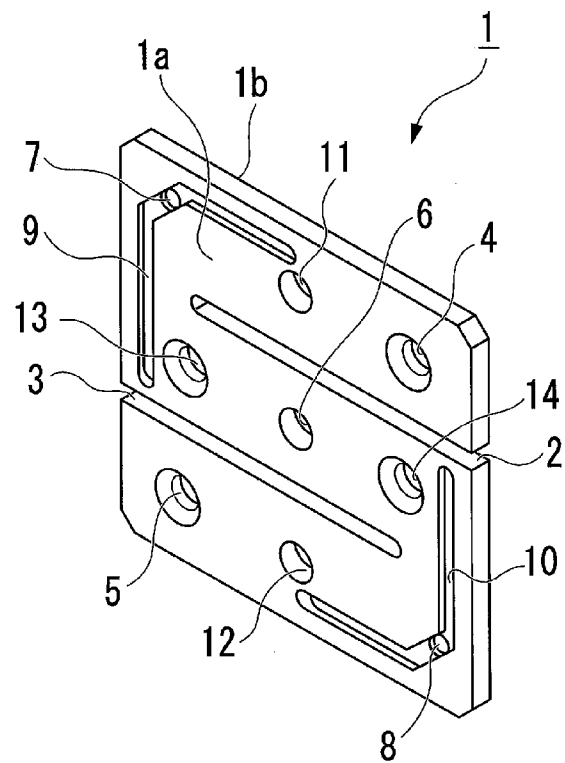
[請求項8] 前記炭化珪素焼結体の結合体密度が 2.5 g/cm^3 以上であり、 25°C における電気比抵抗が $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $100 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下である、

請求項1～7のいずれか一項に記載のSiCヒーター。

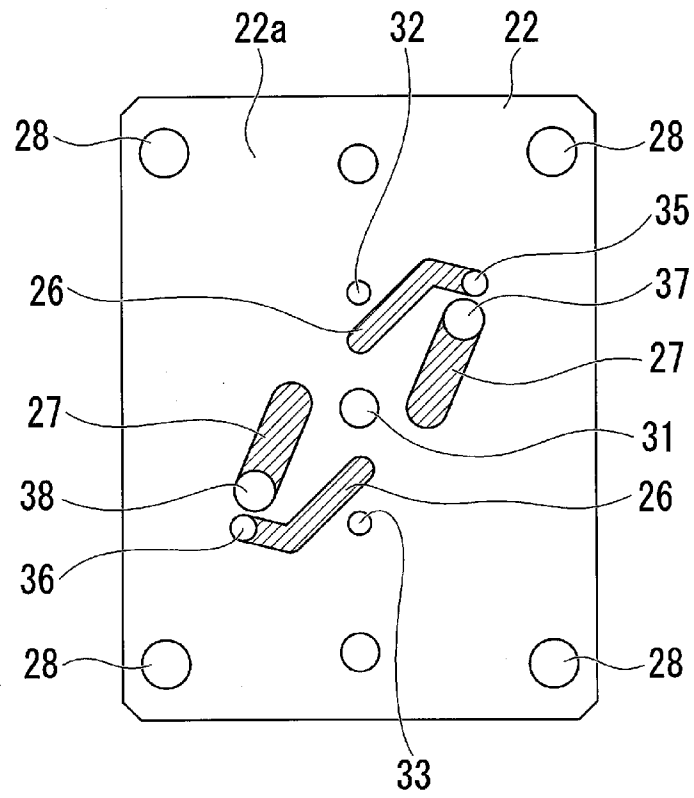
[図1]



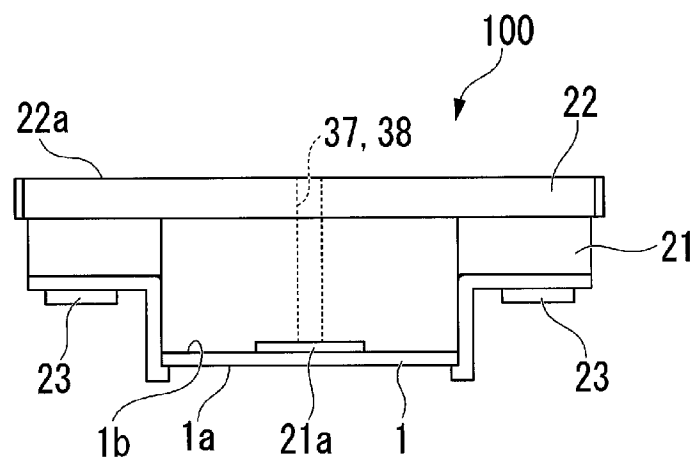
[図2]



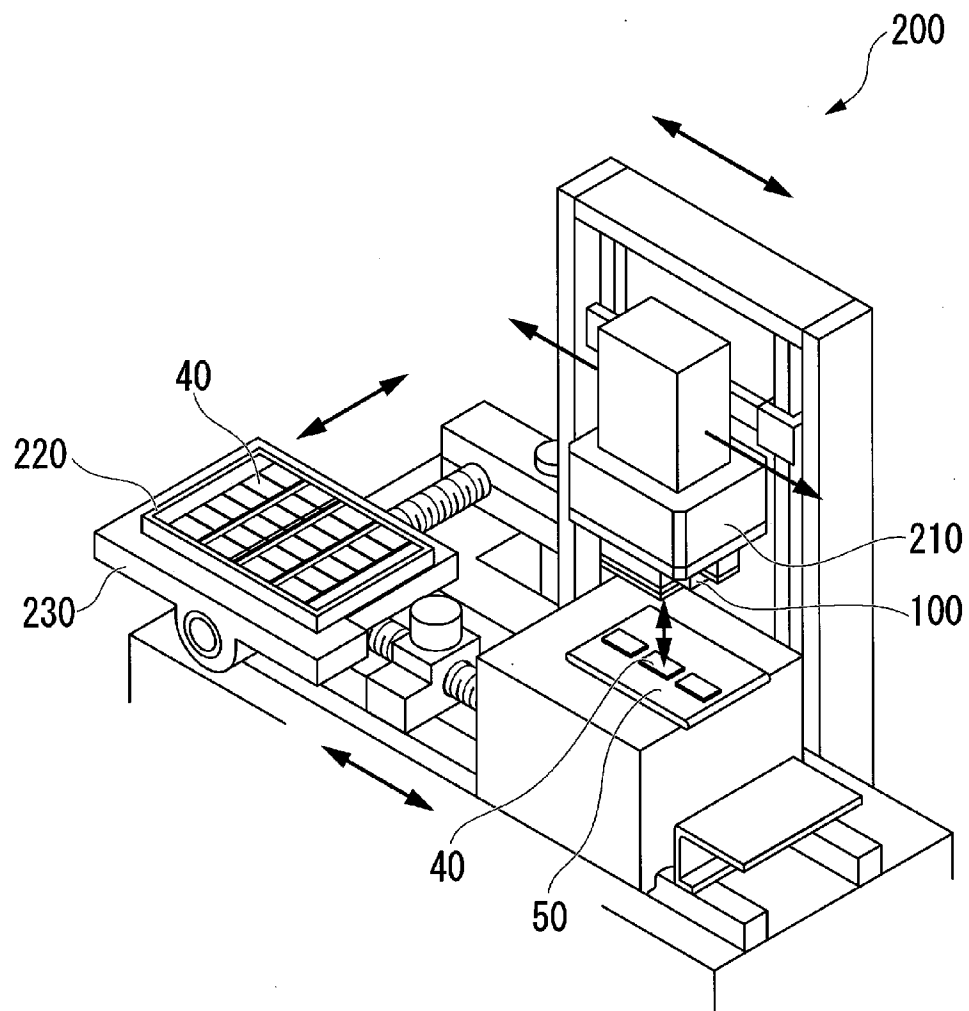
[図5]



[図6]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/028028

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05B3/14(2006.01)i, C03C3/06(2006.01)i, C03C3/085(2006.01)i, C03C3/087(2006.01)i, C03C3/089(2006.01)i, C03C3/091(2006.01)i, C04B35/569(2006.01)i, C04B41/86(2006.01)i, H05B3/12(2006.01)i, H05B3/20(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)

H05B3/14, C03C3/06, C03C3/085, C03C3/087, C03C3/089, C03C3/091, C04B35/569, C04B41/86, H05B3/12, H05B3/20

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	JP 2002-025751 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 25 January 2002 (25.01.2002), paragraphs [0011] to [0012], [0015] to [0016], [0020], [0026] to [0027]; fig. 1, 3	1-8
Y	JP 60-143585 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 29 July 1985 (29.07.1985), page 2, upper right column, lines 7 to 13; page 3, lower right column, line 14 to page 4, lower left column, line 20; 1st, 4th tables; drawings	1-8
A	JP 6-104072 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 April 1994 (15.04.1994), entire text; all drawings	1-8

☒ 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

"I" 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
20 October 2017 (20.10.17)Date of mailing of the international search report
31 October 2017 (31.10.17)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/028028

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 62-93884 A (Bayer AG.), 30 April 1987 (30.04.1987), entire text	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2017/028028

JP 2002-25751 A	2002.01.25	(Family: none)
JP 60-143585 A	1985.07.29	(Family: none)
JP 6-104072 A	1994.04.15	(Family: none)
JP 62-93884 A	1987.04.30	US 4713530 A entire text EP 222162 A1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H05B3/14(2006.01)i, C03C3/06(2006.01)i, C03C3/085(2006.01)i, C03C3/087(2006.01)i, C03C3/089(2006.01)i, C03C3/091(2006.01)i, C04B35/569(2006.01)i, C04B41/86(2006.01)i, H05B3/12(2006.01)i, H05B3/20(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 (IPC))

Int.Cl. H05B3/14, C03C3/06, C03C3/085, C03C3/087, C03C3/089, C03C3/091, C04B35/569, C04B41/86, H05B3/12, H05B3/20

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y	JP 2002-025751 A (住友大阪セメント株式会社) 2002.01.25, 段落[0011]-[0012], [0015]-[0016], [0020], [0026]-[0027], 第1, 3図	1-8
Y	JP 60-143585 A (松下電器産業株式会社) 1985.07.29, 第2 ページ右上欄第7行-第13行, 第3 ページ右下欄第14行-第4 ページ左下欄第20行, 第1, 4表, 図面	1-8
A	JP 6-104072 A (松下電器産業株式会社) 1994.04.15, 全文, 全図	1-8

☑ 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

20.10.2017

国際調査報告の発送日

31.10.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

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)

西田 侑以

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

3 L

5274

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 62-93884 A (バイエル・アクチエンゲゼルシャフト) 1987. 04. 30, 全文	1-8

JP 2002-25751 A	2002. 01. 25	ファミリーなし
JP 60-143585 A	1985. 07. 29	ファミリーなし
JP 6-104072 A	1994. 04. 15	ファミリーなし
JP 62-93884 A	1987. 04. 30	US 4713530 A, 全文 EP 222162 A1