

(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
2024年10月31日(31.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/225342 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 23/373 (2006.01) C22C 21/06 (2006.01)
C22C 1/10 (2023.01) C22C 21/12 (2006.01)
C22C 21/00 (2006.01) C22C 26/00 (2006.01)
C22C 21/02 (2006.01) H01L 23/36 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/016149

(22) 国際出願日: 2024年4月24日(24.04.2024)

(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 2023-075161 2023年4月28日(28.04.2023) JP

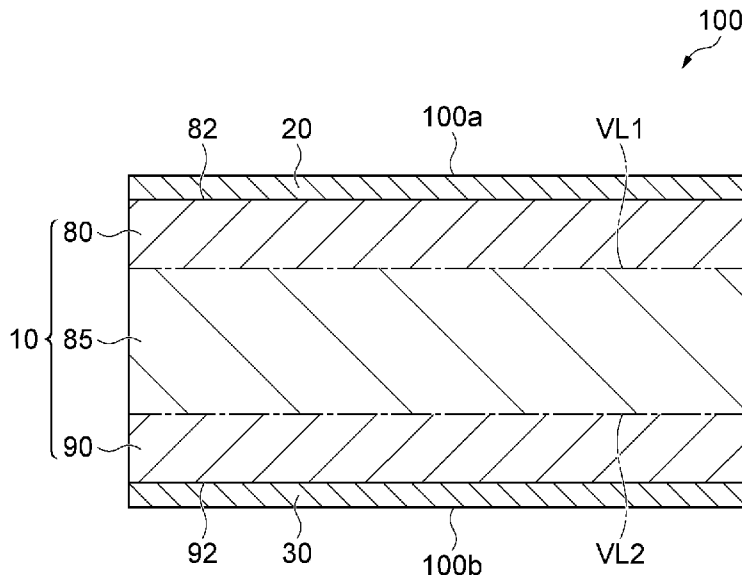
(71) 出願人: デンカ株式会社 (DENKA COMPANY LIMITED) [JP/JP]; 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 太田 寛朗 (OTA Hiroaki); 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内 Tokyo (JP). 後藤 大助 (GOTO Daisuke); 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(54) Title: ALUMINUM-DIAMOND COMPOSITE, METHOD FOR PRODUCING ALUMINUM-DIAMOND COMPOSITE, AND SEMICONDUCTOR PACKAGE

(54) 発明の名称: アルミニウム-ダイヤモンド複合体、及びアルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法、並びに半導体パッケージ



(57) Abstract: Provided is an aluminum-diamond composite comprising a laminate structure including a composite layer, which contains an aluminum phase and a plurality of diamond particles having different sizes from each other, and a pair of aluminum layers sandwiching the composite layer, wherein: in a cut surface obtained by cutting along a lamination direction, the plurality of diamond particles include coarse particles having an area of $2000 \mu\text{m}^2$ or more and fine particles having an area less than $2000 \mu\text{m}^2$; and an average value α of the ratio of the total area of the coarse particles to the total area of the plurality of diamond particles in a region up to $200 \mu\text{m}$ from a boundary line between the pair of aluminum layers and the composite layer toward the inside of 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

composite layer is 65-80%.

(57) 要約: アルミニウム-ダイヤモンド複合体は、アルミニウム相と大きさが互いに異なる複数のダイヤモンド粒子とを含む複合層と、前記複合層を挟む一対のアルミニウム層と、を有する積層構造を備えるアルミニウム-ダイヤモンド複合体であって、積層方向に沿って切断して得られる切断面において、前記複数のダイヤモンド粒子は、 $2000\mu\text{m}^2$ 以上の面積を有する粗粒子と、 $2000\mu\text{m}^2$ 未満の面積を有する微粒子と、を含み、前記一対のアルミニウム層と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域における、前記複数のダイヤモンド粒子の合計面積に対する前記粗粒子の合計面積の比率の平均値 α が65~80%である。

明 細 書

発明の名称：

アルミニウム－ダイヤモンド複合体、及びアルミニウム－ダイヤモンド複体の製造方法、並びに半導体パッケージ

技術分野

[0001] 本開示は、アルミニウム－ダイヤモンド複合体、及びアルミニウム－ダイヤモンド複体の製造方法、並びに半導体パッケージに関する。

背景技術

[0002] アルミニウム－ダイヤモンド複合体は、高い熱伝導率を有するダイヤモンドと、高い熱膨張率を有するアルミニウムとを複合化した材料であり、ヒートシンク等の種々の材料に用いられている。特許文献1には、アルミニウム－ダイヤモンド系複合体放熱部品が開示されている。また、特許文献2には、このような複合体を使用した半導体パッケージが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-107468号公報
特許文献2：国際公開2015/182576号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] アルミニウム－ダイヤモンド複合体は、アルミニウム相中にダイヤモンドの粒子が分散されて形成される。したがって、アルミニウム相中のダイヤモンド粒子の大きさ、粒子数及び分布を調整することで、複合体の熱伝導率を向上させることができると考えられる。本開示は、十分に高い熱伝導率を有するアルミニウム－ダイヤモンド複合体、及びその製造方法を提供する。本開示は、そのようなアルミニウム－ダイヤモンド複合体を備えることによって放熱性に優れる半導体パッケージを提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一側面は、以下のアルミニウム－ダイヤモンド複合体を提供する。

[0006] [1] アルミニウム相と大きさが互いに異なる複数のダイヤモンド粒子とを含む複合層と、前記複合層を挟む一対のアルミニウム層と、を有する積層構造を備えるアルミニウム－ダイヤモンド複合体であって、

積層方向に沿って切断して得られる切断面において、

前記複数のダイヤモンド粒子は、 $2000\mu\text{m}^2$ 以上の面積を有する粗粒子と、 $2000\mu\text{m}^2$ 未満の面積を有する微粒子と、を含み、

前記一対のアルミニウム層と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域における、前記複数のダイヤモンド粒子の合計面積に対する前記粗粒子の合計面積の比率の平均値 α が $65\sim 80\%$ である、アルミニウム－ダイヤモンド複合体。

[0007] 上記[1]のアルミニウム－ダイヤモンド複合体は、切断面における所定の領域において、ダイヤモンドの粗粒子と微粒子の合計の面積に対する粗粒子の面積比率の平均値 α が $65\sim 80\%$ である。このようなアルミニウム－ダイヤモンド複合体は、熱伝導率の高いダイヤモンド粒子がアルミニウム相中に密に分散しているため、高い熱伝導率を有する。

[0008] 上記[1]のアルミニウム－ダイヤモンド複合体は、以下の[2]～[4]のいずれか一つであってもよい。

[0009] [2] 前記領域において、前記複数のダイヤモンド粒子の粒子数に対する前記粗粒子の粒子数の比率の平均値 β が 2.0% 以下である、[1]に記載のアルミニウム－ダイヤモンド複合体。

[3] 前記領域は、前記一対のアルミニウム層の一方と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域である第1領域と、前記アルミニウム層の他方と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域である第2領域とを含み、

前記第1領域における前記複数のダイヤモンド粒子の粒子数に対する前記

粗粒子の粒子数の比率の平均値 $\beta 1$ と、前記第 2 領域における前記複数のダイヤモンド粒子の粒子数に対する前記粗粒子の粒子数の比率の平均値 $\beta 2$ との差の絶対値が 0.6% 以下である、上記 [1] 又は [2] に記載のアルミニウム-ダイヤモンド複合体。

[4] 前記領域は、前記一対のアルミニウム層の一方と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって 200 μm までの領域である第 1 領域と、前記アルミニウム層の他方と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって 200 μm までの領域である第 2 領域とを含み、

前記第 1 領域における前記複数のダイヤモンド粒子の合計面積に対する前記粗粒子の合計面積の比率の平均値 $\alpha 1$ と、前記第 2 領域における前記複数のダイヤモンド粒子の合計面積に対する前記粗粒子の合計面積の比率の平均値 $\alpha 2$ との差の絶対値が 6.0% 以下である、[1] ~ [3] のいずれか一つに記載のアルミニウム-ダイヤモンド複合体。

[0010] 上記 [2] のアルミニウム-ダイヤモンド複合体は、切断面における領域において、複数のダイヤモンド粒子の粒子数に対する粗粒子の粒子数比率の平均値 β が 2.0% 以下である。このようなアルミニウム-ダイヤモンド複合体は、一層高い熱伝導率を有する。

[0011] 上記 [3] のアルミニウム-ダイヤモンド複合体は、上記第 1 領域における上記粒子数比率の平均値 $\beta 1$ と、上記第 2 領域における上記粒子数比率の平均値 $\beta 2$ との差の絶対値が 0.6% 以下である。このようなアルミニウム-ダイヤモンド複合体は、粗粒子の分布のばらつきが十分に低減されているため、一層高い熱伝導率を有する。

[0012] 上記 [4] のアルミニウム-ダイヤモンド複合体は、上記第 1 領域における上記面積比率の平均値 $\alpha 1$ と、上記第 2 領域における上記面積比率の平均値 $\alpha 2$ との差の絶対値が 6.0% 以下である。このようなアルミニウム-ダイヤモンド複合体は、粗粒子の分布のばらつきが十分に低減されているため、一層高い熱伝導率を有する。

[0013] 本開示の一側面は、以下のアルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法

を提供する。

[0014] [5] V型混合機を用いて、大きさが互いに異なるダイヤモンドの粗粒子と微粒子とを混合して複数のダイヤモンド粒子を含む混合物を得る混合工程と、

前記混合物をアルミニウム箔で挟んだ状態で加熱して、アルミニウム相と前記混合物とを含む複合層と、前記複合層を挟む一対のアルミニウム層とを備える積層構造を得る加熱工程と、を有する、アルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法。

[0015] 上記[5]のアルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法は、V型混合機を用いてダイヤモンド粒子の粗粒子と微粒子とを混合する混合工程を有する。このような混合工程を有するアルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法では、ダイヤモンド粒子の粗粒子と微粒子とが高い均一性で混合されるため、高い熱伝導率を有するアルミニウム-ダイヤモンド複合体を得ることができる。

[0016] 上記[5]のアルミニウム-ダイヤモンド複合体は、以下の[6]～[8]のいずれか一つであってもよい。

[0017] [6] 前記アルミニウム-ダイヤモンド複合体を、積層方向に沿って切断して得られる切断面において、

前記複数のダイヤモンド粒子は、 $2000\mu\text{m}^2$ 以上の面積を有する前記粗粒子と、 $2000\mu\text{m}^2$ 未満の面積を有する前記微粒子と、を含み、

前記一対のアルミニウム層と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域における、前記複数のダイヤモンド粒子の合計面積に対する前記粗粒子の合計面積の比率の平均値 α が65～80%である、[5]に記載のアルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法。

[7] 前記混合工程において、前記V型混合機を回転速度15～50rpmで5～30分間回転させることを含む、[5]又は[6]に記載のアルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法。

[8] 前記混合工程において、V型混合機の全容積に対する前記複数のダイ

ヤモンド粒子の体積の比率が10～50%である、[5]～[7]のいずれか一つに記載のアルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法。

[0018] 上記[6]のアルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法は、アルミニウム－ダイヤモンド複合体の切断面における領域において、ダイヤモンドの粗粒子と微粒子の合計の面積に対する粗粒子の面積比率の平均値 α が65～80%である。このようなアルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法では、熱伝導率の高いダイヤモンド粒子がアルミニウム相中に密に分散するため、高い熱伝導率を有するアルミニウム－ダイヤモンド複合体を得ることができる。

[0019] 上記[7]のアルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法は、上記混合工程において、V型混合機を回転速度15～50rpmで5～30分間回転させることを含む。このようなアルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法では、ダイヤモンド粒子を一層高い均一性で混合できるため、一層高い熱伝導率を有するアルミニウム－ダイヤモンド複合体を得ることができる。

[0020] 上記[8]のアルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法は、V型混合機の全容積に対する前記複数のダイヤモンド粒子の体積の比率が10～50%である。このようなアルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法では、ダイヤモンド粒子を一層高い均一性で混合できるため、一層高い熱伝導率を有するアルミニウム－ダイヤモンド複合体を得ることができる。

[0021] 本開示の一側面は、以下の半導体パッケージを提供する。

[0022] [9] 上記[1]～[4]のいずれか一つに記載のアルミニウム－ダイヤモンド複合体、又は上記[5]～[8]のいずれか一つに記載の製造方法によって得られるアルミニウム－ダイヤモンド複合体を含む放熱部材と、前記放熱部材に接合している半導体素子と、を備える、半導体パッケージ。

[0023] 上記[9]の半導体パッケージは、上記アルミニウム－ダイヤモンド複合体を含む放熱部材を備える。したがって、上記半導体パッケージは高い熱伝導率を有する。

発明の効果

[0024] 本開示は、十分に高い熱伝導率を有するアルミニウム－ダイヤモンド複合体、及びその製造方法を提供することができる。本開示は、そのようなアルミニウム－ダイヤモンド複合体を備えることによって放熱性に優れる半導体パッケージを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]アルミニウム－ダイヤモンド複合体の積層方向の断面の一例を示す図である。

[図2]アルミニウム－ダイヤモンド複合体の積層方向の断面における、第1アルミニウム層及び第1領域の境界部分の一部を拡大した図である。

[図3]アルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法における、ブロック形成工程の一例を表す図である。

[図4]アルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法における、加熱工程の一例を表す図である。

[図5]アルミニウム－ダイヤモンド複合体を含む放熱部材を使用した半導体パッケージの一例を示す図である。

[図6]実施例1におけるアルミニウム－ダイヤモンド複合体のN o. 1の切断面のSEM写真である。

[図7]実施例1におけるアルミニウム－ダイヤモンド複合体のN o. 2の切断面のSEM写真である。

[図8]実施例1におけるアルミニウム－ダイヤモンド複合体のN o. 3の切断面のSEM写真である。

[図9]実施例1におけるアルミニウム－ダイヤモンド複合体のN o. 4の切断面のSEM写真である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本開示の実施形態を説明する。ただし、以下の実施形態は、本開示を説明するための例示であり、本開示を以下の内容に限定する趣旨ではない。本明細書に明示される数値範囲の上限値又は下限値は、実施例に示されるいずれかの値に置き換えてもよい。また、個別に記載した上限値及び下限値

は任意に組み合わせてもよい。本明細書において例示する材料又は成分は特に断らない限り、1種を単独で又は2種以上を組み合わせて用いることができる。説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、説明に使用される上下左右等の位置関係は、特に断らない限り、図面に示す位置関係に基づくものとする。数値範囲で用いている「～」の記号は、上限及び下限の数値を含む数値範囲を示す。例えば、「X～Y」は「X以上且つY以下」の数値範囲を示す。

[0027] 図1は、一実施形態に係るアルミニウム－ダイヤモンド複合体の積層方向に沿って切断して得られる切断面を示す。アルミニウム－ダイヤモンド複合体100は、第1アルミニウム層20と、複合層10と、第2アルミニウム層30とをこの順に備える。

[0028] アルミニウム－ダイヤモンド複合体100の形状は板状であれば特に限定されない。アルミニウム－ダイヤモンド複合体100の厚さは、1.0～3.0mmであってもよく、1.2～2.5mmであってもよい。

[0029] 複合層10は、アルミニウム相と、大きさが互いに異なる複数のダイヤモンド粒子を含む。ダイヤモンド粒子は、天然ダイヤモンドであってもよく、人造ダイヤモンドであってもよく、その両者の混合物であってもよい。また、粒子径の大きな粗粒子と、粒子径の小さな微粒子とを含む。粗粒子の平均粒子径は100～250 μm であってもよく、140～210 μm であってもよい。微粒子の平均粒子径は5～30 μm であってもよく、10～25 μm であってもよい。ダイヤモンド粒子は、高純度のものであってもよく、シリカ等の結合剤を含んでいてもよい。ダイヤモンド粒子、粗粒子及び微粒子のそれぞれの平均粒子径は、ISO 13320:2009の記載に準拠し、レーザー回折散乱法粒度分布測定装置を用いて測定することができる。レーザー回折散乱法粒度分布測定装置としては、例えば、ベックマンコールター社製の「LS-13320」（装置名）等を使用できる。横軸を対数目盛の粒子径 $[\mu\text{m}]$ 、縦軸を頻度〔体積%〕として示される体積基準の粒子径分布（累積分布）において、小粒径からの積算値が全体の50%に達した

ときの粒子径が上述の平均粒子径（D 5 0）である。

[0030] ダイヤモンド粒子としては、表面に β 型炭化ケイ素層が形成されたダイヤモンド粒子を使用することもできる。このようなダイヤモンド粒子は、熱伝導率の低い金属炭化物（例えば、炭化アルミニウム（ Al_4C_3 ））の生成を抑制することができ、アルミニウム－ダイヤモンド複合体 1 0 0 の熱伝導率を向上することができる。

[0031] 複合層 1 0 の厚さは、0. 5 ～ 2. 5 mm であってもよく、0. 8 mm ～ 2. 2 mm であってもよく、1. 0 ～ 1. 8 mm であってもよい。

[0032] 複合層 1 0 におけるダイヤモンド粒子の全質量に対する粗粒子の質量比率は 6 0 質量% 以上であってもよく、7 0 質量% 以上であってもよく、9 0 質量% 以下であってもよい。粗粒子の質量比率の範囲は、例えば、6 0 ～ 9 0 質量%、又は 7 0 ～ 9 0 質量% であってもよい。また、ダイヤモンド粒子の全質量に対する微粒子の質量比率は 4 0 質量% 以下であってもよく、3 0 質量% 以下であってもよく、1 0 質量% 以上であってもよい。微粒子の質量比率の範囲は、例えば 1 0 ～ 3 0 質量%、又は 1 0 ～ 4 0 質量% であってもよい。ダイヤモンド粒子が粗粒子と微粒子をこのような質量比率であることで、アルミニウム相にダイヤモンド粒子が高い均一性で分散し、アルミニウム－ダイヤモンド複合体 1 0 0 の熱伝導率を向上することができる。

[0033] アルミニウム相は、主成分としてアルミニウムを含んでいればよく、アルミニウム以外の金属を含んでいてもよい。アルミニウム以外の金属として、例えば、ケイ素、マグネシウム、及び銅等が挙げられる。このような金属を含むことで、ダイヤモンド粒子の空隙に十分にアルミニウム相を浸透させることができ、一層緻密な複合層 1 0 を得ることができる。

[0034] アルミニウム－ダイヤモンド複合体 1 0 0 は、複合層 1 0 を挟むように第 1 アルミニウム層 2 0 及び第 2 アルミニウム層 3 0 を有する。このようなアルミニウム層を有することで、アルミニウム－ダイヤモンド複合体 1 0 0 の主面 1 0 0 a、1 0 0 b を滑らかにし、めっき性を向上させることができる。

- [0035] 第1アルミニウム層20及び第2アルミニウム層30の厚さは10～100 μm であってもよく、20～80 μm であってもよい。第1アルミニウム層20及び第2アルミニウム層30の厚さがこの範囲であることで、アルミニウム－ダイヤモンド複合体100の熱伝導率を高くしつつ、表面のめっき性を向上させることができる。
- [0036] 第1アルミニウム層20及び第2アルミニウム層30におけるアルミニウムの含有量の下限值は、例えば、80質量%、82質量%、84質量%、又は86質量%であってもよい。アルミニウムの含有量の上限值は、例えば、100質量%、98質量%、96質量%、94質量%、92質量%、又は90質量%であってもよい。
- [0037] アルミニウム－ダイヤモンド複合体100は、主面100a, 100b上にめっき層を有してもよい。めっき層はアルミニウム－ダイヤモンド複合体100側から、ニッケルめっき層と金めっき層とをこの順に有してもよい。この場合、ニッケルめっき層の平均厚さが、0.5～6.5 μm であり、金めっき層の平均厚さが、0.5 μm 以上であってもよい。ニッケルめっき層の平均厚さを上記範囲内とすることで、めっき層におけるピンホール等の欠陥の発生を抑制し、且つめっき部品を使用する際の高温環境下においても、めっき膜のはく離、及びクラック等の発生をより十分に抑制することができる。
- [0038] めっき層の形成には、一般的なめっき法を用いることができる。めっき法としては、例えば、電解めっき法、無電解めっき法等が挙げられる。第1アルミニウム層20及び第2アルミニウム層30に対してニッケルめっきを行う場合には、例えば、アルミニウム－ダイヤモンド複合体100の主面100a, 100bの少なくとも一部を亜鉛等で置換する前処理を行ってもよい。このような前処理を行うことによって、めっき層の密着性をより向上させることができる。
- [0039] ニッケルめっきを行ってニッケルめっき層を形成した場合、ニッケルめっき層の表面には、厚さが0.5～6.5 μm のアモルファスのニッケル合金

めっき膜を形成してもよい。この場合、アルミニウム−ダイヤモンド複合体の表面に、ダイヤモンド粒子が露出しているとしても、ピンホール等の発生を抑制することができる。アモルファスのニッケル合金めっきを形成する手段は、無電解めっき法であってもよい。この場合のアモルファスのニッケル合金めっきは、ニッケルとリン（P）とを例えば5～15質量%含有する合金めっきであってもよい。

[0040] また、接合温度の上昇、実使用時の温度負荷の増加に伴い、アモルファスのニッケル合金めっきが結晶化し、その際の体積変化によりマイクロクラックが発生し、その後の温度負荷でクラックが伸展するといった場合が生じ得ることから、ニッケル合金めっき層は、例えば0.5～2 μm の厚さであってもよい。

[0041] 高温でろう材による接合を行う用途で使用する場合には、めっき部品の最表面に金めっき層を設けることが望ましい。金めっき層の厚さは、接合を十分に強固なものとする観点から、例えば、0.01 μm 以上であってもよい。金めっき層の厚さは、コストを抑制する観点から、例えば、4.0 μm 以下であってもよい。

[0042] 図1に示すアルミニウム−ダイヤモンド複合体100の切断面において、複合層10は、主面100aと平行に延びる第1仮想線VL1、及び、主面100bと平行に延びる第2仮想線VL2によって、3つの帯状の領域に区画される。3つの帯状の領域は、第1アルミニウム層20から第2アルミニウム層30に向かって、第1領域80、中央領域85及び第2領域90の順に並んでいる。第1仮想線VL1は、第1アルミニウム層20と複合層10との第1境界線82から複合層10の内部に向かって200 μm の位置に描かれる。第2仮想線VL2は、第2アルミニウム層30と複合層10との第2境界線92から複合層10の内部に向かって200 μm の位置に描かれる。

[0043] 第1境界線82と第1仮想線VL1によって画定される第1領域80は、第1アルミニウム層20と複合層10との第1境界線82から複合層10の

内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの帯状の領域である。第2境界線92と第2仮想線VL2によって画定される第2領域90は、第2アルミニウム層30と複合層10との第2境界線92から複合層10の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの帯状の領域である。中央領域85は、第1仮想線VL1と第2仮想線VL2によって画定される帯状の領域である。すなわち、中央領域85は、第1領域80及び第2領域90の間に位置する。中央領域85を有することは必須ではなく、第1仮想線VL1と第2仮想線VL2が重なっていてもよい。すなわち、複合層10の厚みは $400\mu\text{m}$ 以上であってよい。複合層10の厚み（積層方向における長さ）は、 $1000\mu\text{m}$ 以上、又は $3000\mu\text{m}$ 以上であってよい。

[0044] アルミニウム－ダイヤモンド複合体100の切断面は、第1アルミニウム層20、複合層10及び第2アルミニウム層30の積層方向（主面100a, 100bに直交する方向）に沿って切断して得ることができる。切断は、ウォータージェット加工又はレーザー加工等で行ってもよいし、作業員が手で行ってもよい。切断位置は特に制限されず、第1アルミニウム層20、複合層10及び第2アルミニウム層30を備える部分であればどこであってもよい。ただし、以下に説明する平均値 α 、 β を得るため、4つ以上の切断面を観察することが好ましい。

[0045] アルミニウム－ダイヤモンド複合体100の切断面は、クロスセクションポリッシャ（日本電子株式会社製）を用いて加工して得られる。このような切断面を、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて観察することで、平均値 α 、 β 等の値を得ることができる。SEMの倍率は50～100倍であってもよく、60～90倍であってもよい。

[0046] 図2は、図1に示す切断面のうち、第1アルミニウム層20と第1領域80の境界部分を拡大して示す断面図である。第1境界線82は、複合層10のアルミニウム相86中に分散しているダイヤモンド粒子84のうち、最も第1アルミニウム層20寄りに存在するダイヤモンド粒子84の外縁Aに接し、主面100aに平行な接線である。第1境界線82は、主面100aに

平行であれば、複数のダイヤモンド粒子 84 の外縁に接してもよい。第 2 境界線 92 も、第 1 境界線 82 と同様に、複合層 10 におけるダイヤモンド粒子 84 のうち、最も第 2 アルミニウム層 30 寄りに存在するダイヤモンド粒子 84 の外縁に接し、主面 100b に平行な接線である。第 1 境界線 82 及び第 2 境界線 92 は画像解析で描いてもよく、SEM 写真に目視で描いてもよい。

[0047] 上記切断面の第 1 領域 80 及び第 2 領域 90 における複数のダイヤモンド粒子のうち、 $2000\mu\text{m}^2$ 以上の面積を有するものを粗粒子、 $2000\mu\text{m}^2$ 未満の面積を有するものを微粒子とする。4つ以上の切断面の第 1 領域 80 及び第 2 領域 90 において、粗粒子及び微粒子の面積及び粒子数を測定して、平均値 α 及び平均値 β を以下の手順で求める。切断面におけるダイヤモンド粒子の面積及び粒子数は、画像解析によって求めることができる。画像解析は、例えば、「ImageJ」を用いることができる。ダイヤモンド粒子が第 1 領域 80 と中央領域 85 にまたがって存在している場合、第 1 領域 80 に含まれる部分をダイヤモンド粒子の面積とみなす。この面積に基づいて微粒子か粗粒子かを判定する。第 1 領域 80 と中央領域 85 にまたがって存在するダイヤモンド粒子も第 1 領域 80 に含まれる 1 つの粒子とみなす。第 2 領域 90 についても同様とする。

[0048] 4つ以上の切断面のそれぞれにおいて、第 1 領域 80 及び第 2 領域 90 における複数のダイヤモンド粒子 84 の合計面積に対する粗粒子の合計面積の比率を求める。4つ以上の切断面における当該比率の平均値 α （加重平均）は 65～80%である。平均値 α は、70～78%であってもよく、72～77%であってもよい。このような平均値 α であれば、アルミニウム相にダイヤモンドの粗粒子が十分密に分散しており、アルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 の熱伝導率を十分に高くすることができる。

[0049] 第 1 領域 80 における平均値 α_1 と、第 2 領域 90 における平均値 α_2 との差の絶対値が 6.0%以下であってもよく、2.5%以下であってもよく、0.5%以下であってもよい。第 1 領域 80 における平均値 α_1 と、第 2

領域 90 における平均値 $\alpha 2$ との差の絶対値が上記範囲であれば、複合層 10 の全体においてダイヤモンド粒子が十分に高い均一性で分散していることから、アルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 の熱伝導率を一層向上することができる。また、上記平均値 $\alpha 1$ と $\alpha 2$ との差の絶対値は 0 % 以上であってもよい。

[0050] 4 つ以上の切断面のそれぞれにおいて、第 1 領域 80 及び第 2 領域 90 におけるダイヤモンド粒子の粒子数に対する粗粒子の粒子数の比率を求める。4 つ以上の切断面における当該比率の平均値 β （加重平均）は 2.0 % 以下であってもよく、1.5 % 以下であってもよい。このような平均値 β であれば、ダイヤモンドの粗粒子間に微粒子が分散して緻密性が向上し、アルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 の熱伝導率を一層向上することができる。また、平均値 β は 1.0 % 以上であってもよい。

[0051] 第 1 領域 80 における平均値 $\beta 1$ と、第 2 領域 90 における平均値 $\beta 2$ との差の絶対値が 0.6 % 以下であってもよく、0.3 % 以下であってもよい。第 1 領域 80 における平均値 $\beta 1$ と、第 2 領域 90 における平均値 $\beta 2$ との差の絶対値が上記範囲であれば、複合層 10 の全体においてダイヤモンド粒子が高い均一性で分散しており、アルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 の熱伝導率を一層向上することができる。また、平均値 $\beta 1$ と $\beta 2$ との差の絶対値は 0 % 以上であってもよい。

[0052] アルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 は、アルミニウム相にダイヤモンド粒子が緻密に充填されているため、熱伝導性に優れる。アルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 の 25 °C における熱伝導率は 500 W / (m · K) 以上であってもよく、550 W / (m · K) 以上であってもよい。また、25 °C における熱伝導率は 650 W / (m · K) 以下であってもよく、600 W / (m · K) 以下であってもよい。熱伝導率は、レーザーフラッシュ法により測定することができる。熱伝導率の測定には、例えば、「L F / T C M - 8 5 1 0 B」（商品名、理学電機株式会社製）等を使用することができる。

[0053] 一実施形態に係るアルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法は、V型混合機を用いてダイヤモンドの粗粒子及び微粒子を混合して混合物を得る混合工程と、得られた混合物をアルミニウム箔で挟んだ状態で加熱する加熱工程を有する。

[0054] 原料となるダイヤモンドの粗粒子及び微粒子は上述したものを用いることができる。混合工程では、上述した粗粒子及び微粒子をV型混合機に投入する。V型混合機を用いることで、上記平均値 α を65～80%とすることができる。また、上記平均値 β を2.0%以下にすることができる。投入するダイヤモンド粒子の全質量に対する粗粒子の質量比率は60質量%以上であってもよく、70質量%以上であってもよく、90質量%以下であってもよい。投入するダイヤモンド粒子の全質量に対する粗粒子の質量比率の数値範囲は、例えば、60～90質量%、又は70～90質量%であってもよい。また、ダイヤモンド粒子の全質量に対する微粒子の質量比率は40質量%以下であってもよく、30質量%以下であってもよく、10質量%以上であってもよい。ダイヤモンド粒子の全質量に対する微粒子の質量比率の数値範囲は、例えば、10～30質量%、又は10～40質量%であってもよい。粗粒子と微粒子の質量比率が上記範囲である混合物は、粗粒子と微粒子を十分に高い均一性で含むことができるため、アルミニウム－ダイヤモンド複合体の熱伝導率を高くすることができる。

[0055] V型混合機の全容積は、例えば、0.1～5.0 m³であってもよく、0.5～3.0 m³であってもよい。V型混合機は、例えば、「V-10」（商品名、株式会社徳寿工作所製）を用いることができる。また、V型混合機の全容積に対する投入したダイヤモンド粒子の体積比率は、10～50%であってもよく、15～40%であってもよく、20～40%であってもよい。このような体積比率でダイヤモンド粒子を投入することで、混合の効率が向上し、平均値 α_1 と α_2 との差、及び平均値 β_1 と β_2 との差を十分に小さくすることができる。これによって、一層均一性の高い混合物を得ることができ、アルミニウム－ダイヤモンド複合体の熱伝導率を一層高くすることができる。

きる。

[0056] 混合工程において、V型混合機の回転速度は15～50rpmであってもよく、20～40rpmであってもよい。V型混合機の回転時間は5～30分間であってもよく、10～20分間であってもよい。V型混合機の回転速度及び回転時間をこの範囲で調整することで、平均値 $\alpha 1$ と $\alpha 2$ との差、及び平均値 $\beta 1$ と $\beta 2$ との差を十分に小さくすることができる。これによって、一層均一性の高い混合物を得ることができ、アルミニウム-ダイヤモンド複合体の熱伝導率を一層高くすることができる。

[0057] 加熱工程について、図3、及び図4を用いて以下に説明する。加熱工程を行う前に、図3及び図4に示すように2枚の金属板60及び多孔質材50に囲まれた空間内に、第1離型板6a、アルミニウム層22、ダイヤモンド粒子の混合物層21、アルミニウム層22、及び第2離型板6bをこの順に積層する積層構造40を含む構造体101を得るブロック形成工程を含んでもよい。

[0058] 図3において、多孔質材50の有する開口部は、上下方向に貫通する貫通孔である。ただし、開口部は、貫通孔に限定されず、例えば、多孔質材50の一方の主面側に開口を有する凹部であってもよい。また、開口部は、より均質なアルミニウム-ダイヤモンド複合体100を得る観点から、多孔質材50の中央に一つ設けられることが望ましいが、特に限定されず、例えば、一つの多孔質材50に複数の開口部が設けられてもよく、開口部が形成される位置も適宜調整してよい。以下の説明では、開口部が貫通孔である例に基づいて説明するが、開口部が凹部である場合、図3及び図4における金属板60の一方が、多孔質材50と同じ材料で一体となっているものと読み替えてよい。

[0059] ブロック形成工程では、2枚の金属板60の間に設置され、アルミニウム-ダイヤモンド複合体100の型となる枠材である多孔質材50が有する開口部の内側に、多孔質材50の開口部の内周面50aから離れるように、隙間Sを設けて積層構造40を設ける工程である。多孔質材50の有する開口

部内に積層構造40を設ける方法は、特に限定されるものではない。例えば、金属板60上に多孔質材50を設置し、その後、積層構造40を構成する各層を順次積層していく方法であってもよく、別途形成した積層構造40を多孔質材50の有する開口部の内側に挿入する方法であってもよい。多孔質材50の開口部の内周面50aと、積層構造40の外周面との間に隙間S（距離g）を設ける方法は、例えば、後に除去可能な所定厚さのスペーサーを開口部の内周面50aに接するように設け、スペーサーの内側（多孔質材50側とは反対側の空間）に積層構造40を形成又は挿入した後、スペーサーを除去する方法であってもよい。なお、図3及び図4は、積層構造40を一つ設けた例で示したが、多孔質材50の開口部の内側に、多孔質材50の厚さ方向に沿って、複数の積層構造40を積層してもよい。

[0060] 多孔質材50の開口部の内周面50aと、積層構造40の外周面との距離gは、目的とするアルミニウムダイヤモンド複合体100の側面に形成する金属層の厚さに応じて調整することができる。多孔質材50の開口部の内周面50aと、積層構造40の外周面との距離gは、例えば、0.05～3.50mm、0.05～2.50mm、又は0.05～1.00mmであってよい。

[0061] 金属板60の例としては、鉄板、及びステンレス板等が挙げられる。

[0062] 多孔質材50は、後述する加熱工程において、アルミニウムを含有する金属の熔融物を圧入又は浸透させることが可能な耐熱性を有するものであってよい。多孔質材50は、例えば、黒鉛又は窒化ホウ素からなる多孔質焼結体（例えば、等方性黒鉛型材等）、及びアルミナ繊維で構成される多孔質体等を用いることができる。多孔質材50の開口部の形状は、目的とするアルミニウムダイヤモンド複合体100の形状に応じて調整することができる。本実施形態の製造方法では、多孔質材50の開口部の形状を調整することによって、アルミニウムダイヤモンド複合体100の形状を変更できる。このため、従来の方法におけるレーザー加工等による成形よりも設計の自由度に優れる。

- [0063] ブロック形成工程において形成される積層構造40は、第1離型板6aと、アルミニウム層22と、混合物層21と、アルミニウム層22と、第2離型板6bと、をこの順に備える。
- [0064] 混合物層21は、上述した混合工程で得られるダイヤモンド粒子の混合物を用いることができる。混合物層21は、例えば、ダイヤモンド粒子のみで構成されてもよく、またその他の成分を含んでもよい。その他の成分としては、例えば、シリカ等の結合剤であってよい。混合物層21がその他成分を含む場合、その他成分の含有量は、混合物層21の全量を基準として、例えば、0.5～3.0質量%であってよい。
- [0065] アルミニウム層22は、無機繊維を含んでもよく、例えば、アルミナ繊維、及びガラス繊維等を含んでもよい。アルミニウム層22は、例えば、アルミニウム箔、及びアルミニウム合金箔等であってもよい。
- [0066] アルミニウム層22の厚さは、例えば、0.01mm以上、0.02mm以上、又は0.03mm以上であってよい。アルミニウム層22の厚さの下限值が上記範囲内であることで、ダイヤモンド粉末がアルミニウム-ダイヤモンド複合体100の表面に露出すること等をより十分に抑制することができる。アルミニウム層22の厚さは、例えば、0.20mm以下、0.15mm以下、0.10mm以下、0.08mm以下、又は0.06mm以下であってよい。アルミニウム層22の厚さの上限値が上記範囲内であることで、得られるアルミニウム-ダイヤモンド複合体100の厚さ方向の熱伝導率が低下することを十分に抑制することができる。上記厚さは、上述の範囲内で調整でき、例えば、0.01～0.20mm、又は0.02～0.15mmであってよい。アルミニウム層22の厚さは、マイクロメーターによって測定することができ、面内の5点で測定した値の算術平均値である。なお、混合物層21を挟む一对のアルミニウム層22は互いに異なる厚さであってもよく、同一の厚さであってもよい。
- [0067] 第1離型板6a及び第2離型板6bは、後述する加熱工程において、アルミニウムを含有する金属の溶融物を圧入し、混合物層21に含浸させる際に

十分に圧力を印加できるよう緻密な構造を有する板を使用できる。第1離型板6a及び第2離型板6bは、例えば、ステンレス板、及びセラミックス板等を使用できる。第1離型板6a及び第2離型板6bの混合物層21側の主面には、離型剤が塗布されていてよく、離型処理されていてもよい。このような離型剤としては、例えば、黒鉛、窒化ホウ素及びアルミナ等が挙げられる。第1離型板6a及び第2離型板6bとしては、例えば、混合物層21側の主面上にアルミナゾル等によるコーティング層を形成した後、更に離型剤を付着させた離型板を使用することができる。このような離型板を用いることで、より安定した離型を行うことができ、得られるアルミニウムダイヤモンド複合体100の主面をより平滑なものとすることができる。

[0068] 加熱工程は、上述した構造体101を、アルミニウムを含有する金属の溶融物を含浸させて行うことができる。溶融物の温度は600～1500℃であってよく、700～1300℃であってもよい。これにより、多孔質材50を介して混合物層21の中及び表面に金属の溶融物が供給される。これによって、図4に示すように、構造体102において、アルミニウム及びダイヤモンドを含有する複合層10、第1アルミニウム層20、及び第2アルミニウム層30を有するアルミニウムダイヤモンド複合体100（図1）が形成される。さらに、アルミニウムダイヤモンド複合体100の側面に金属層24を形成することができる。以下、アルミニウムダイヤモンド複合体100の形成方法を具体的に説明する。

[0069] 加熱工程では、金属層24に加えて、アルミニウム層22の内部、又はアルミニウム層22の混合物層21側の主面上に、アルミニウムを含有する金属の溶融物が浸透し、第1アルミニウム層20及び第2アルミニウム層30が形成されてもよい。アルミニウム層22は、それ自体が金属含有層を構成し、アルミニウム層22の混合物層21側の主面上に、アルミニウムを含有する金属の溶融物が浸透することで、複合層10と、第1アルミニウム層20及び第2アルミニウム層30とが強固に接合する。

[0070] 加熱工程において、アルミニウムを含有する金属の溶融物を供給する方法

は、例えば、高圧下で金属の溶融物を対象物に含浸させる、いわゆる高圧鍛造法であってよい。熱伝導率により優れるアルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 を得る観点から、溶湯鍛造法を用いることが望ましい。加熱工程は、例えば、ブロック形成工程において得られた構造体 101 を溶融物が充填された容器に浸漬し、溶融物に圧力をかけることで行われる。これによって、多孔質材 50 が有する細孔を介して、溶融物が浸透し、多孔質材 50 の開口部の内周面 50a と積層構造の外周面との間に供給され、その後、混合物層 21 の内部にまで溶融物が含浸することによって複合層 10 を得ることができる。

[0071] アルミニウムを含有する金属の溶融物は、例えば、アルミニウムに加えて、その他の金属を含んでもよい。その他の金属は、例えば、ケイ素、マグネシウム、及び銅等が挙げられる。その他の金属としては、ケイ素及びマグネシウムの少なくともいずれかを含むことが好ましい。溶融物が上述の金属を含むことで、溶融物の融点を低下させることができ、含浸時の溶融粘度を低下させることが可能であることから、混合物層 21 中のダイヤモンド粉末の粒子同士で構成される空隙にも十分に溶融物を浸透させることができる。このような作用によって、得られるアルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 における複合層 10 の密度をより向上させることができる。溶融物がケイ素を含む場合、融点をより低下させることができ、溶融物がマグネシウムを含む場合、複合層 10 とアルミニウム層との結合をより強固なものとすることができる。

[0072] 溶融物がアルミニウムに加えて、その他の金属を含む場合、その他の金属の含有量は、溶融物全量を基準として、2～20質量%、2～15質量%、又は5～15質量%であってよい。

[0073] 溶融物の含浸を行う際、構造体 101 を予備加熱しておくことが望ましい。予備加熱における加熱温度の下限値は、例えば、520℃以上、又は540℃以上であってよい。加熱温度の下限値を上記範囲内とすることによって、溶融物を混合物層 21 により容易に含浸させることができ、加熱工程にお

ける金属の含浸をより安定に行うことができる。加熱温度の上限値は、例えば、 750°C 以下、又は 700°C 以下であってよい。予備加熱における加熱温度の上限値を上記範囲内とすることによって、ダイヤモンド粒子とアルミニウムとの複合化の際に炭化アルミニウム (Al_4C_3) が形成されることをより抑制することができ、アルミニウム-ダイヤモンド複合体100の熱伝導率をより向上することができる。加熱温度は、上述の範囲内で調整してよく、例えば、 $520\sim 750^{\circ}\text{C}$ 、又は $540\sim 700^{\circ}\text{C}$ とすることができる。

[0074] 溶融物を混合物層21に含浸させる際の圧力は、例えば、 20MPa 以上、 30MPa 以上、 40MPa 以上、又は 50MPa 以上であってよい。溶融物を混合物層21に含浸させる際の圧力の下限値が上記範囲内とすることによって、加熱工程における複合化をより安定に行うことができ、得られるアルミニウム-ダイヤモンド複合体100の熱伝導率をより向上することができる。溶融物を混合物層21に含浸させる際の圧力は、例えば、 150MPa 以下、 100MPa 以下、又は 80MPa 以下であってよい。溶融物を混合物層21に含浸させる際の圧力は、上述の範囲内で調整してよく、例えば、 $20\sim 150\text{MPa}$ であってよい。

[0075] 加熱工程後、金属板60、多孔質材50、第1離型板6a、及び第2離型板6bを構造体102から取り外し、図1に示すようなアルミニウム-ダイヤモンド複合体100を取り出すことができる。ウォータージェット加工又はレーザー加工等を行うことで、構造体102からアルミニウム-ダイヤモンド複合体100を切り出してもよい。得られたアルミニウム-ダイヤモンド複合体100の表面を平滑にするために、表面処理を行ってもよい。表面処理は、通常の金属加工で採用される加工方法を採用でき、例えば、研磨、平面研削等を行うことができる。

[0076] 得られたアルミニウム-ダイヤモンド複合体100に対して、アニール工程を行ってもよい。アニール工程では、加熱工程後に、比較的低温で加熱処理を行うことによって、複合層10、第1アルミニウム層20、第2アルミ

ニウム層 30、及び金属層 24 等が有し得る歪みなどを低減する。当該工程によって、より熱伝導率に優れるアルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 を製造できる。アニール工程における加熱温度は、例えば、400～550℃、又は 400～500℃であってよい。アニール工程における加熱時間は、例えば、10 分間以上、又は 20 分間以上であってよく、また 24 時間以下、又は 12 時間以下であってよい。

[0077] 図 5 にアルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 を含む放熱部材を用いた半導体パッケージの一例を示す。図 5 の半導体パッケージは、放熱部材 2 に半導体素子 8 を接合し、絶縁部材 1 及びふた材 5 を、半導体素子 8 を囲むように互いに接合するとともに、絶縁部材 1 を放熱部材 2 に接合することで得ることができる。半導体パッケージは、導線 6 を介して外部の端子（不開示）に接続される。放熱部材 2 と半導体素子 8 は、接合材 7 を介して接合される。放熱部材 2 と絶縁部材 1 の下面は、接合材 3 を介して接合される。絶縁部材 1 の上面とふた材 5 は、接合材 4 を介して接合される。絶縁部材 1 には、例えば、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、及び酸化ベリリウム等を用いることができる。このような半導体パッケージの放熱部材 2 が熱伝導率の高いアルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 を含むことで、放熱性が一層向上した半導体パッケージを得ることができる。

[0078] 以上、本開示の幾つかの実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に何ら限定されるものではない。例えば、アルミニウム-ダイヤモンド複合体 100 は、複合層 10 の側面に金属層を有してもよい。

実施例

[0079] 以下、実施例及び比較例を挙げて本開示の内容をより具体的に説明する。なお、本開示は下記実施例に限定されるものではない。

[0080] （実施例 1）

市販されている高純度のダイヤモンド粉末 A（平均粒子径：180 μm 、サンゴバン株式会社製）、及び、高純度のダイヤモンド粉末 B（平均粒子径：20 μm 、サンゴバン株式会社製）を、質量比が A : B = 7 : 3 となるよ

うにV型混合機（商品名：V-10、株式会社徳寿工作所製）に投入した。V型混合機の内部容積に対するダイヤモンド粒子の体積比率は17%であった。V型混合機を回転速度25rpmで10分間回転させてダイヤモンド粉末を混合し、ダイヤモンド粉末A、Bの混合物を得た。縦×横×厚さ=40mm×40mm×2mmのステンレス板（SUS430材）の表面に、アルミナゾルをコーティングして350℃で30分間焼き付け処理を行うことで離型板を作製した。

[0081] 縦×横×厚さ=60mm×60mm×8mmの外形を有し、中央部に縦×横×長さ=40mm×40mm×8mmの貫通孔を有する気孔率20%の等方性黒鉛治具を準備した。等方性黒鉛治具を貫通孔の開口が上向きになるように、四隅にボルト穴を有する厚さ12mmの鉄板の上に載置した。上方から貫通孔に離型板及び厚さ30μmの純アルミニウム箔（株式会社UACJ製）をこの順に挿入して、貫通孔の内部で離型板の上に純アルミニウム箔を積層した。さらにこの純アルミニウム箔の上に上記ダイヤモンド粉末の混合物を厚さが1.24mmとなるように充填して混合物層を形成し、混合物層の上に純アルミニウム箔、及び離型板をこの順に積層して貫通孔の内部に積層構造を形成した。

[0082] 同様の手順を繰り返し行って、貫通孔の内部にこのような積層構造を6個形成した。その後、これらの積層構造の上に、縦×横×厚さ=60mm×60mm×1mmの黒鉛系離型剤を塗布したステンレス板を貫通孔に挿入し、積層構造を一对のステンレス板で挟んだ。貫通孔を覆うように、等方性黒鉛治具の上に四隅にボルト穴を有する厚さ12mmの鉄板を配置した。上下に配置された鉄板同士を、M10のボルト6本で連結して面方向の締め付けトルクが10N・mとなるようにトルクレンチで締め付けて一つのブロックを得た。

[0083] 得られたブロックを、電気炉で温度650℃に予備加熱した後、あらかじめ加熱しておいた内径300mmのプレス型内に収容した。プレス型内にシリコンを12質量%、及びマグネシウムを1質量%含有する温度800℃の

アルミニウム合金の溶湯を注ぎ、100MPaの圧力で20分間加圧した。これによって、混合物層にアルミニウム合金を含浸させてアルミニウム合金とダイヤモンド粉末A、Bを含む複合層を得た。複合層が形成されたブロックを室温まで冷却した後、湿式バンドソーにて離型板の形状に沿って切断し、ステンレス板を剥がして切断片を得た。その後、含浸時の歪み除去のために切断片を400℃の温度で3時間加熱するアニール処理を行った。その後、切断片におけるアルミニウム層の表面を#600の研磨紙で研磨した後、バフ研磨を行った。このようにして、第1アルミニウム層、複合層、及び第2アルミニウム層をこの順に備える積層体を得た。

[0084] 積層体の表面を超音波洗浄した後、第1アルミニウム層及び第2アルミニウム層の主面をZn触媒で前処理した。前処理を施した第1アルミニウム層及び第2アルミニウム層の表面に、電気Niめっき、無電解Ni-Pめっき、及び電気Auめっきを順次行って、アルミニウム-ダイヤモンド複合体の表面に6μm厚（Ni：2.0μm+Ni-P：2.0μm+Au：2.0μm）のめっき層を形成した。

[0085] 続いて、YAGレーザー加工機により、縦×横×厚さ＝25mm×25mm×2mmの形状に加工して、実施例1のアルミニウム-ダイヤモンド複合体を得た。

[0086] （実施例2，3）

実施例1と同様の手順で、実施例2，3のアルミニウム-ダイヤモンド複合体を得た。

[0087] （比較例1）

V型混合機の代わりに作業員が手攪拌で5分間攪拌してダイヤモンドの混合物を得たこと以外は、実施例1～3と同様の手順で、比較例1のアルミニウム-ダイヤモンド複合体を得た。

[0088] （比較例2）

等方性黒鉛治具の貫通孔にダイヤモンド粉末の混合物を充填する代わりに、ダイヤモンド粉末Aを入れ、その後上からダイヤモンド粉末Bを質量比7

： 3 となるように入れてダイヤモンド粉末を充填した。それ以外は実施例 1 ～ 3 と同様の手順で、比較例 2 のアルミニウム－ダイヤモンド複合体を得た。

[0089] [熱伝導率の測定]

各実施例及び各比較例のアルミニウム－ダイヤモンド複合体の 25℃での熱伝導率をレーザーフラッシュ法（商品名：LF/TCM-8510B、理学電機株式会社製）を用いて測定した。結果を表 2 及び表 4 に示した。

[0090] [断面におけるダイヤモンド粒子の面積比率及び粒子数比率の算出]

各実施例及び各比較例のアルミニウム－ダイヤモンド複合体を、YAGレーザー加工機により第 1 アルミニウム層及び第 2 アルミニウム層の主面に直交する方向に沿って 4 箇所で切断し 4 つの切断面を得た。クロスセクションポリッシャを用いて切断面を研磨し、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて各切断面を倍率 70 倍で観察した。図 6 は、実施例 1 の No. 1 の切断面を示す SEM 写真である。図 7 は、実施例 1 の No. 2 の切断面を示す SEM 写真である。図 8 は、実施例 1 の No. 3 の切断面を示す SEM 写真である。図 9 は、実施例 1 の No. 4 の切断面を示す SEM 写真である。図 6 ～ 9 に示すように、第 1 アルミニウム層と第 2 アルミニウム層に挟まれるようにアルミニウム－ダイヤモンド複合体の複合層が存在していた。また、複合層では、ダイヤモンド粒子の粗粒子と微粒子がアルミニウム相中に分散していた。

[0091] 得られた SEM 画像の第 1 アルミニウム層と複合層との第 1 境界線から複合層側に 200 μm 進入した部分までを第 1 領域とした。第 1 境界線は、図 2 に示すように最も第 1 アルミニウム層 20 寄りに位置するダイヤモンド粒子 84 の外縁 A に接し、第 1 アルミニウム層 20 の主面に平行に描かれる接線である。また、第 2 アルミニウム層と複合層との第 2 境界線から複合層側に 200 μm 進入した部分までを第 2 領域とした。第 2 境界線は、最も第 2 アルミニウム層寄りに位置するダイヤモンド粒子の外縁を通り、第 2 アルミニウム層の主面に平行に描かれる接線である。

[0092] ImageJを用いて、各切断面の第1領域及び第2領域の画像解析を行った。2000 μm^2 以上の面積を有するダイヤモンド粒子を粗粒子、2000 μm^2 未満の面積を有するダイヤモンド粒子を微粒子とした。第1領域及び第2領域のそれぞれにおいて、粗粒子及び微粒子の面積及び粒子数を測定した。結果を表1及び表3に示した。

[0093] 表1及び表2には、各領域におけるダイヤモンド粒子の合計面積、及び当該合計面積に対する粗粒子の合計面積の比率、並びに、第1領域及び第2領域ごとの当該比率の平均値 ($\alpha 1$ 、 $\alpha 2$)、第1領域及び第2領域の両方を合わせた当該比率の平均値 α 、及び第1領域の平均値 $\alpha 1$ と第2領域の平均値 $\alpha 2$ の差の絶対値を示した。

[0094] 表3及び表4には、各切断面におけるダイヤモンド粒子の粒子数（合計X）、当該合計Xに対する粗粒子の粒子数の比率、並びに、第1領域及び第2領域ごとの当該比率の平均値 ($\beta 1$ 、 $\beta 2$)、第1領域及び第2領域の両方を合わせた当該比率の平均値 β 、及び第1領域の平均値 $\beta 1$ と第2領域の平均値 $\beta 2$ の差の絶対値を示す。なお、表1～表4において、一つの実施例のNo. 1～4のうち、同じNo. を付したものは同一の切断面における第1領域及び第2領域の結果を示したものである。

[0095]

[表1]

			面積(μm^2)			粗粒子の 面積比率
			合計	粗粒子	微粒子	
実施例1	第1領域	No.1	204668.8	151340.4	53328.5	73.9%
		No.2	236857.5	180398.0	56459.5	76.2%
		No.3	237102.4	166235.0	70867.5	70.1%
		No.4	211674.8	156247.7	55427.1	73.8%
	第2領域	No.1	214377.7	160758.4	53619.3	75.0%
		No.2	228442.3	176247.801	52194.5	77.2%
		No.3	203372.9	148662.797	54710.1	73.1%
		No.4	182550.1	127374.6	55175.5	69.8%
実施例2	第1領域	No.1	206006.8	150646.8	55360.0	73.1%
		No.2	224979.2	161690.7	63288.5	71.9%
		No.3	242273.0	199227.9	43045.1	82.2%
		No.4	187489.6	149803.6	37686.1	79.9%
	第2領域	No.1	197782.8	145700.9	52081.9	73.7%
		No.2	228570.1	177588.3	50981.9	77.7%
		No.3	240265.4	187538.5	52727.0	78.1%
		No.4	190105.1	147367.6	42737.5	77.5%
実施例3	第1領域	No.1	218669.5	181280.0	37389.5	82.9%
		No.2	219728.5	169447.0	50281.5	77.1%
		No.3	246313.2	202251.7	44061.6	82.1%
		No.4	216888.8	172796.3	44092.6	79.7%
	第2領域	No.1	209101.4	167744.8	41356.6	80.2%
		No.2	237404.7	180186.6	57218.1	75.9%
		No.3	239399.6	181698.0	57701.6	75.9%
		No.4	177822.2	120369.2	57453.0	67.7%
比較例1	第1領域	No.1	176388.3	153395.9	22992.4	87.0%
		No.2	240375.5	185235.7	55139.8	77.1%
		No.3	248256.7	195239.7	53017.0	78.6%
		No.4	241358.8	184601.7	56757.1	76.5%
		No.5	229390.2	167387.499	62002.704	73.0%
	第2領域	No.1	196127.0	162392.1	33734.9	82.8%
		No.2	252178.8	216677.8	35501.0	85.9%
		No.3	257264.9	220330.0	36934.9	85.6%
		No.4	248427.5	198380.2	50047.2	79.9%
		No.5	252881.8	204981.4	47900.4	81.1%
比較例2	第1領域	No.1	143810.4	21809.1	122001.365	15.2%
		No.2	153457.4	0	153457.422	0.0%
		No.3	144716.6	0	144716.634	0.0%
		No.4	156562.9	0	156562.854	0.0%
	第2領域	No.1	205791.5	194673.2	11118.3	94.6%
		No.2	210608.4	198381.3	12227.1	94.2%
		No.3	190216.1	173120.9	17095.2	91.0%
		No.4	220943.2	210861.4	10081.9	95.4%

[0096] [表2]

			面積比率の 平均値 ($\alpha 1$ 、 $\alpha 2$)	面積比率 の平均値 α	面積比率の 平均値の差 $ \alpha 1 - \alpha 2 $	熱伝導率 ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
実施例1	第1領域	No.1	73.5%	73.7%	0.5%	578
		No.2				
		No.3				
		No.4				
	第2領域	No.1	74.0%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				
実施例2	第1領域	No.1	76.8%	76.8%	0.0%	553
		No.2				
		No.3				
		No.4				
	第2領域	No.1	76.8%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				
実施例3	第1領域	No.1	80.5%	77.9%	5.2%	538
		No.2				
		No.3				
		No.4				
	第2領域	No.1	75.3%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				
比較例1	第1領域	No.1	78.0%	80.7%	5.1%	495
		No.2				
		No.3				
		No.4				
	第2領域	No.1	83.1%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				
比較例2	第1領域	No.1	3.6%	48.8%	90.3%	98
		No.2				
		No.3				
		No.4				
	第2領域	No.1	93.9%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				

[0097] [表3]

			粒子数(個)			粗粒子の粒子数の比率
			合計X	粗粒子	微粒子	
実施例1	第1領域	No.1	1608	19	1589	1.2%
		No.2	1558	21	1537	1.3%
		No.3	1711	16	1695	0.9%
		No.4	1437	14	1423	1.0%
	第2領域	No.1	847	18	829	2.1%
		No.2	1216	22	1194	1.8%
		No.3	1201	24	1177	2.0%
		No.4	1535	16	1519	1.0%
実施例2	第1領域	No.1	1482	18	1464	1.2%
		No.2	1349	18	1331	1.3%
		No.3	994	20	974	2.0%
		No.4	1347	13	1334	1.0%
	第2領域	No.1	1132	18	1114	1.6%
		No.2	2390	20	2370	0.8%
		No.3	1081	26	1055	2.4%
		No.4	1316	17	1299	1.3%
実施例3	第1領域	No.1	1541	17	1524	1.1%
		No.2	1362	20	1342	1.5%
		No.3	1499	21	1478	1.4%
		No.4	1118	19	1099	1.7%
	第2領域	No.1	1557	14	1543	0.9%
		No.2	1681	20	1661	1.2%
		No.3	1179	16	1163	1.4%
		No.4	1557	14	1543	0.9%
比較例1	第1領域	No.1	339	15	324	4.4%
		No.2	895	21	874	2.3%
		No.3	851	24	827	2.8%
		No.4	653	20	633	3.1%
		No.5	1053	22	1031	2.1%
	第2領域	No.1	744	16	728	2.2%
		No.2	945	18	927	1.9%
		No.3	821	16	805	1.9%
		No.4	939	21	918	2.2%
比較例2	第1領域	No.1	2124	2	2122	0.1%
		No.2	1737	0	1737	0.0%
		No.3	2109	0	2109	0.0%
		No.4	2077	0	2077	0.0%
	第2領域	No.1	261	25	236	9.6%
		No.2	241	21	220	8.7%
		No.3	230	24	206	10.4%
		No.4	127	22	105	17.3%

[0098] [表4]

			粒子数比率 の平均値 (β 1、 β 2)	粒子数比率 の平均値 β	粒子数比率の 平均値の差 $ \beta$ 1－ β 2	熱伝導率 (W・m ⁻¹ ・K ⁻¹)
実施例1	第1領域	No.1	1.1%	1.4%	0.6%	578
		No.2				
		No.3				
		No.4				
	第2領域	No.1	1.7%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				
実施例2	第1領域	No.1	1.3%	1.35%	0.0%	553
		No.2				
		No.3				
		No.4				
	第2領域	No.1	1.4%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				
実施例3	第1領域	No.1	1.4%	1.25%	0.3%	538
		No.2				
		No.3				
		No.4				
	第2領域	No.1	1.1%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				
比較例1	第1領域	No.1	2.7%	2.4%	0.6%	495
		No.2				
		No.3				
		No.4				
		No.5				
	第2領域	No.1	2.1%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				
比較例2	第1領域	No.1	0.0%	5.35%	10.7%	98
		No.2				
		No.3				
		No.4				
	第2領域	No.1	10.7%			
		No.2				
		No.3				
		No.4				

[0099] 表2及び表4に示すように、実施例1～3のダイヤモンド粉末の混合物を使用したアルミニウム－ダイヤモンド複合体は、比較例1及び比較例2に比べて熱伝導率が高かった。また、表2に示すように、各アルミニウム－ダイヤモンド複合体において、第1領域及び第2領域における粗粒子の面積比率の平均値 α を比較すると、実施例1～3では73.7%～77.9%であった。一方、比較例1の平均値 α は80.7%と高く、比較例2の平均値 α は48.8%と低かった。さらに、表4に示すように、実施例1～3は、領域ごとに算出されるダイヤモンド粒子の全粒子数に対する粗粒子の粒子数の比率の平均値 β がいずれも2.0%以下であった。このように実施例1～3のアルミニウム－ダイヤモンド複合体は、熱伝導性の高いダイヤモンドの粒子がアルミニウム相内で適度に分散していることが確認された。

産業上の利用可能性

[0100] 本開示によれば、十分に高い熱伝導率を有するアルミニウム－ダイヤモンド複合体、及びその製造方法を提供することができる。また、そのようなアルミニウム－ダイヤモンド複合体を備えることによって放熱性に優れる半導体パッケージを提供することができる。

符号の説明

[0101] 100…アルミニウム－ダイヤモンド複合体、100a, 100b…主面、20…第1アルミニウム層、30…第2アルミニウム層、10…複合層、80…第1領域、85…中央領域、90…第2領域、82…第1境界線、92…第2境界線、VL1…第1仮想線、VL2…第2仮想線、84…ダイヤモンド粒子、86…アルミニウム相、A…外縁、21…混合物層、22…アルミニウム層、40…積層構造、50…多孔質材、60…金属板、50a…内周面、S…隙間、g…距離、24…金属層、101, 102…構造体、1…絶縁部材、2…放熱部材、3, 4, 7…接合材、5…ふた材、6…導線、6a…第1離型板、6b…第2離型板、8…半導体素子。

請求の範囲

- [請求項1] アルミニウム相と大きさが互いに異なる複数のダイヤモンド粒子とを含む複合層と、前記複合層を挟む一対のアルミニウム層と、を有する積層構造を備えるアルミニウム－ダイヤモンド複合体であって、
- 積層方向に沿って切断して得られる切断面において、
- 前記複数のダイヤモンド粒子は、 $2000\mu\text{m}^2$ 以上の面積を有する粗粒子と、 $2000\mu\text{m}^2$ 未満の面積を有する微粒子と、を含み、
- 前記一対のアルミニウム層と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域における、前記複数のダイヤモンド粒子の合計面積に対する前記粗粒子の合計面積の比率の平均値 α が65～80％である、アルミニウム－ダイヤモンド複合体。
- [請求項2] 前記領域において、前記複数のダイヤモンド粒子の粒子数に対する前記粗粒子の粒子数の比率の平均値 β が2.0％以下である、請求項1に記載のアルミニウム－ダイヤモンド複合体。
- [請求項3] 前記領域は、前記一対のアルミニウム層の一方と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域である第1領域と、前記アルミニウム層の他方と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域である第2領域とを含み、
- 前記第1領域における前記複数のダイヤモンド粒子の粒子数に対する前記粗粒子の粒子数の比率の平均値 β_1 と、前記第2領域における前記複数のダイヤモンド粒子の粒子数に対する前記粗粒子の粒子数の比率の平均値 β_2 との差の絶対値が0.6％以下である、請求項2に記載のアルミニウム－ダイヤモンド複合体。
- [請求項4] 前記領域は、前記一対のアルミニウム層の一方と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域である第1領域と、前記アルミニウム層の他方と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域である第2領域とを

含み、

前記第1領域における前記複数のダイヤモンド粒子の合計面積に対する前記粗粒子の合計面積の比率の平均値 $\alpha 1$ と、前記第2領域における前記複数のダイヤモンド粒子の合計面積に対する前記粗粒子の合計面積の比率の平均値 $\alpha 2$ との差の絶対値が6.0%以下である、請求項1～3のいずれか一項に記載のアルミニウム-ダイヤモンド複合体。

[請求項5] V型混合機を用いて、大きさが互いに異なるダイヤモンドの粗粒子と微粒子とを混合して複数のダイヤモンド粒子を含む混合物を得る混合工程と、

前記混合物をアルミニウム箔で挟んだ状態で加熱して、アルミニウム相と前記混合物とを含む複合層と、前記複合層を挟む一対のアルミニウム層とを備える積層構造を得る加熱工程と、を有する、アルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法。

[請求項6] 前記アルミニウム-ダイヤモンド複合体を、積層方向に沿って切断して得られる切断面において、

前記複数のダイヤモンド粒子は、 $2000\mu\text{m}^2$ 以上の面積を有する前記粗粒子と、 $2000\mu\text{m}^2$ 未満の面積を有する前記微粒子と、を含み、

前記一対のアルミニウム層と前記複合層との境界線から前記複合層の内部に向かって $200\mu\text{m}$ までの領域における、前記複数のダイヤモンド粒子の合計面積に対する前記粗粒子の合計面積の比率の平均値 α が65～80%である、請求項5に記載のアルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法。

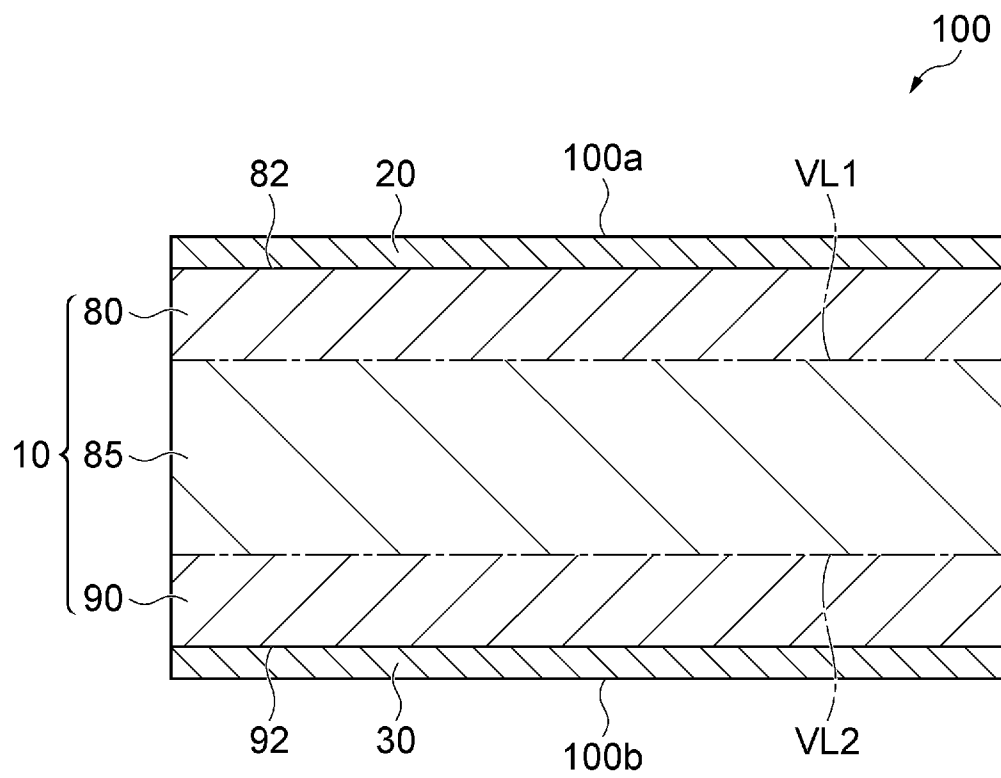
[請求項7] 前記混合工程において、前記V型混合機を回転速度15～50rpmで5～30分間回転させることを含む、請求項5又は6に記載のアルミニウム-ダイヤモンド複合体の製造方法。

[請求項8] 前記混合工程において、V型混合機の全容積に対する前記複数のダ

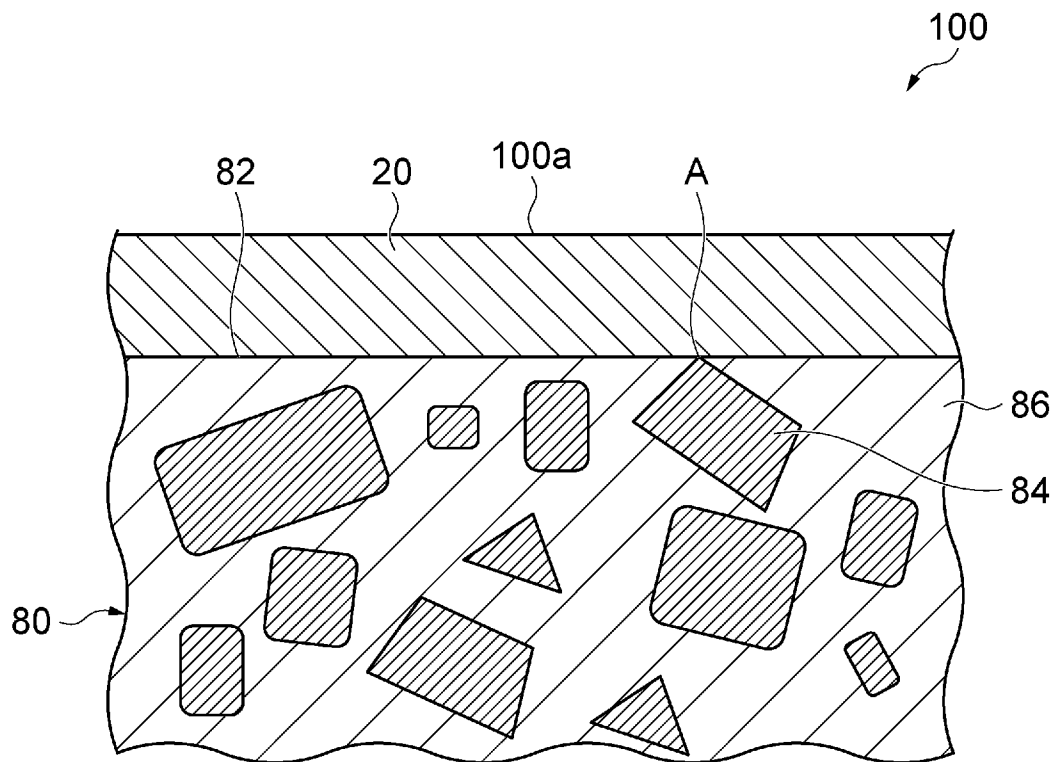
ダイヤモンド粒子の体積の比率が10～50%である、請求項5又は6に記載のアルミニウム－ダイヤモンド複合体の製造方法。

[請求項9] 請求項1～3のいずれか一項に記載のアルミニウム－ダイヤモンド複合体を含む放熱部材と、前記放熱部材に接合している半導体素子と、を備える、半導体パッケージ。

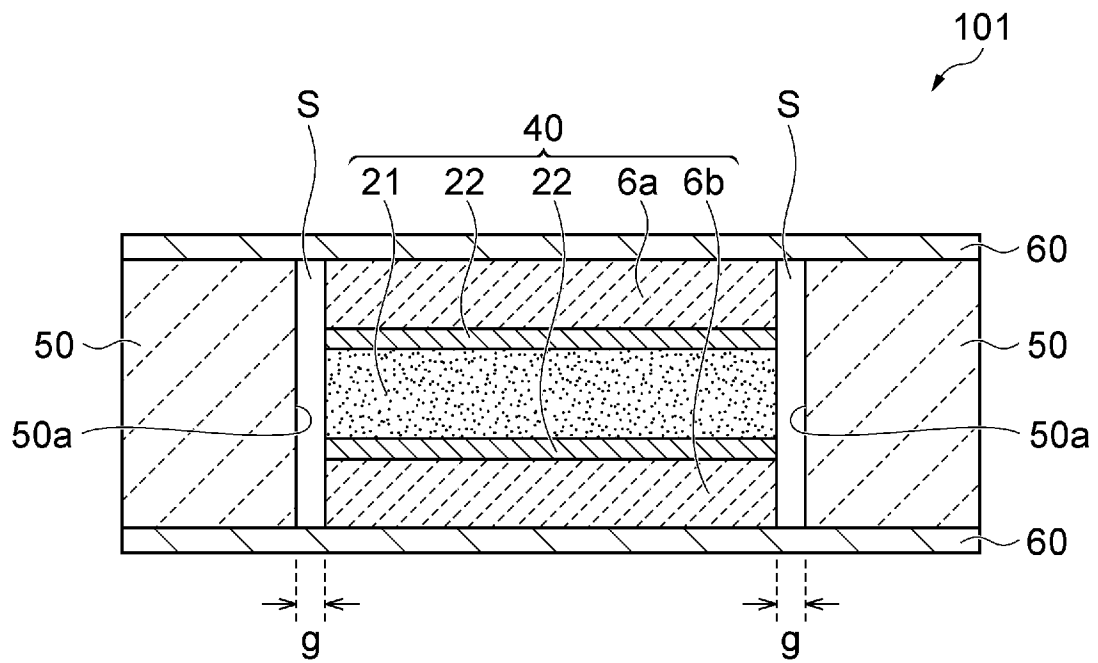
[図1]



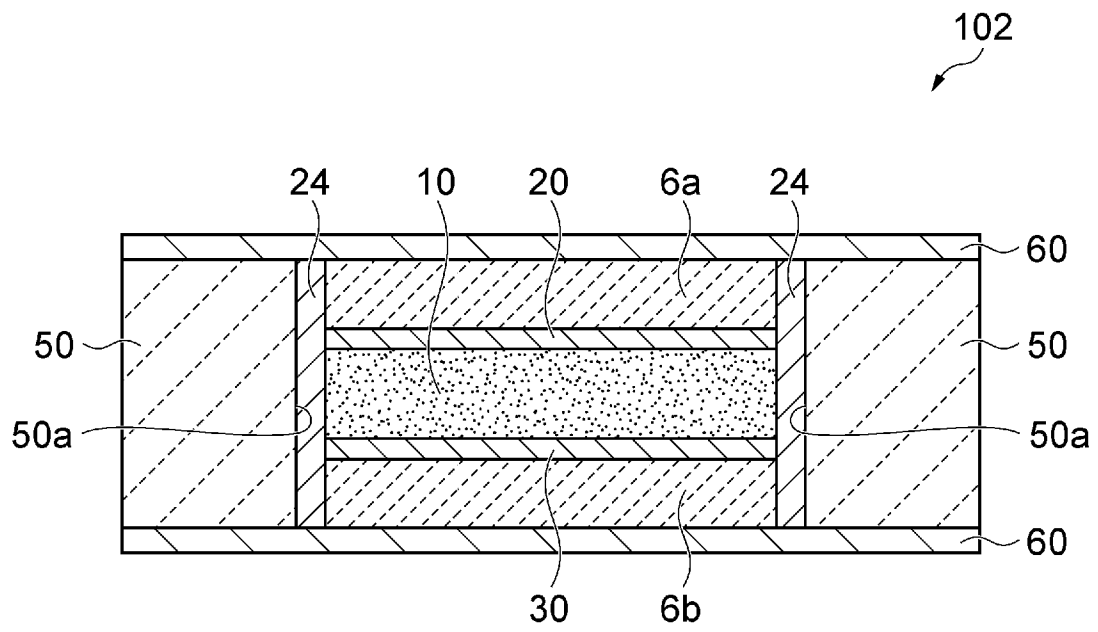
[図2]



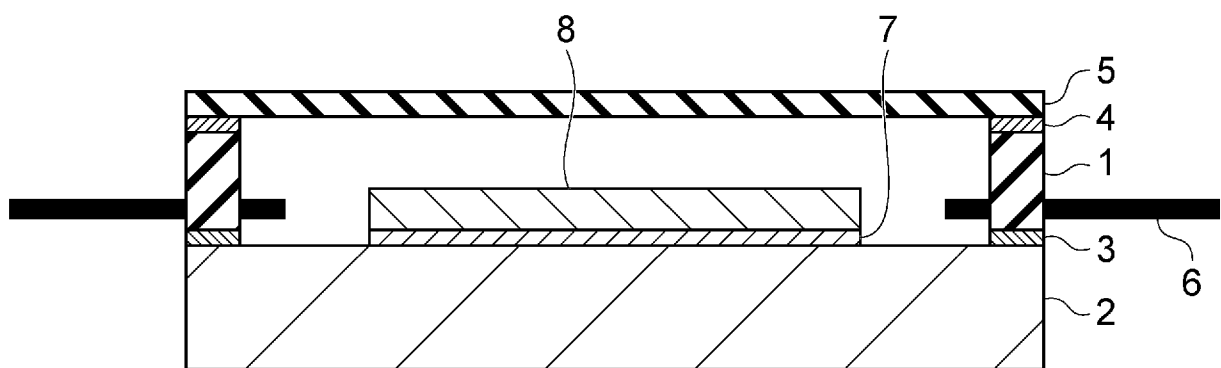
[図3]



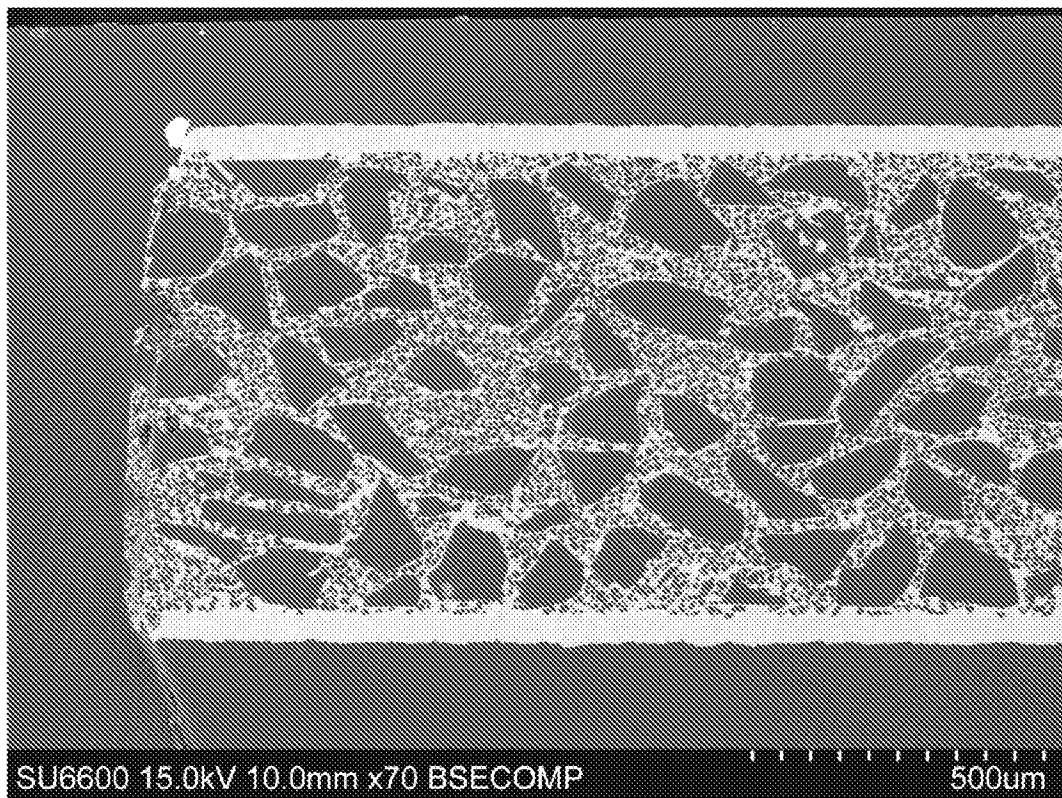
[図4]



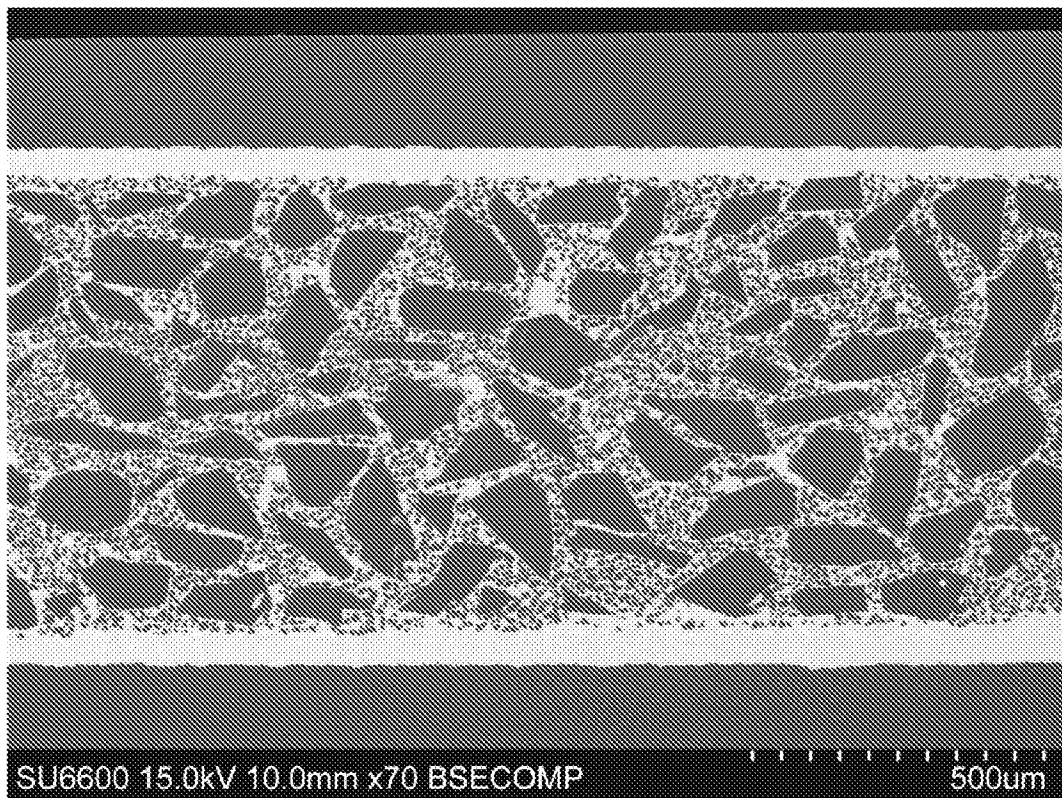
[図5]



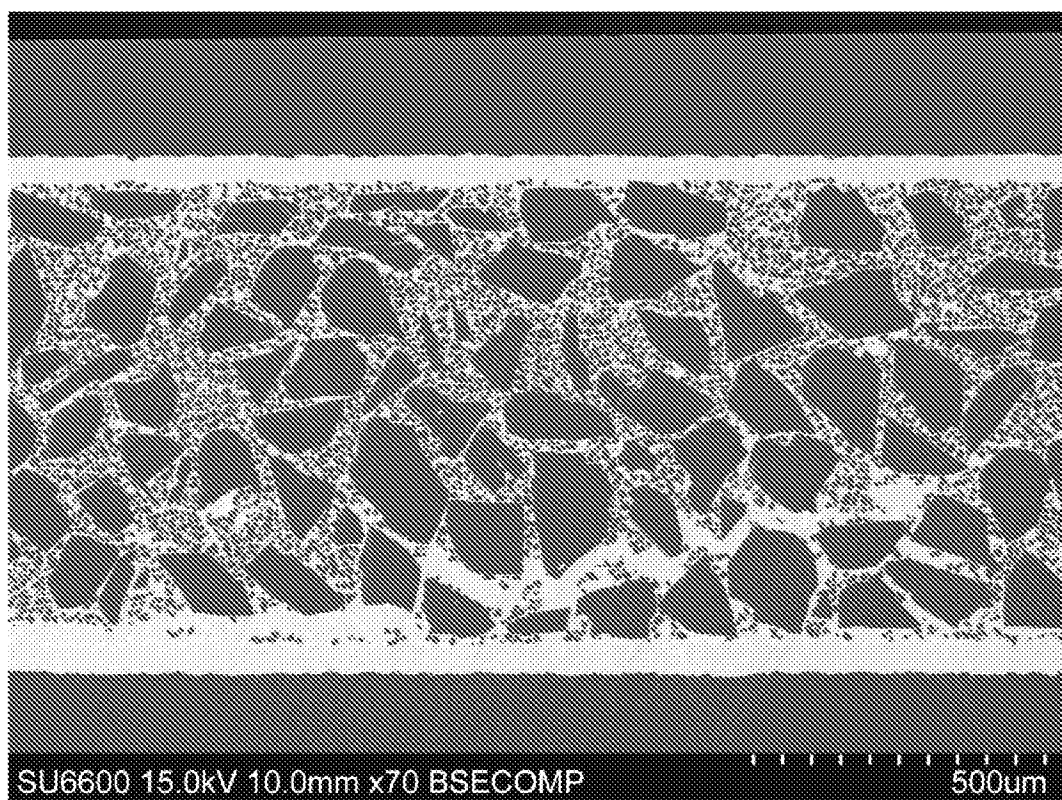
[図6]



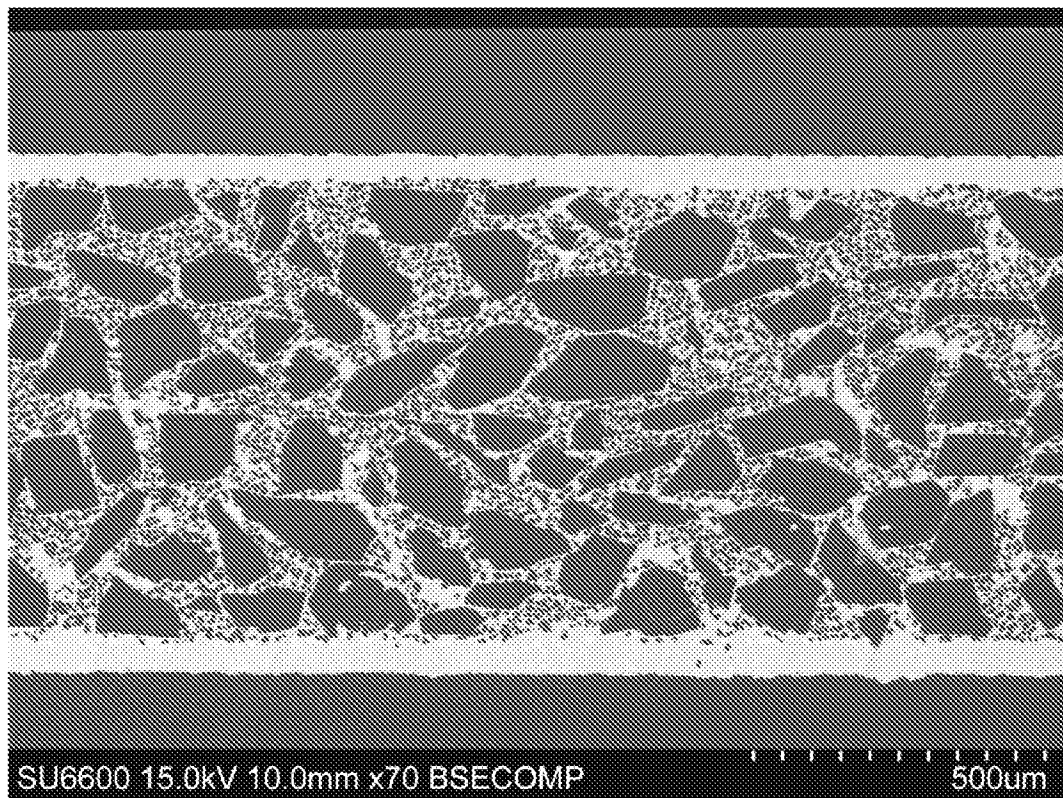
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/016149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 23/373 (2006.01)i; C22C 1/10 (2023.01)i; C22C 21/00 (2006.01)i; C22C 21/02 (2006.01)i; C22C 21/06 (2006.01)i; C22C 21/12 (2006.01)i; C22C 26/00 (2006.01)i; H01L 23/36 (2006.01)i FI: H01L23/36 M; C22C1/10 Z; C22C21/00 E; C22C21/02; C22C21/06; C22C21/12; C22C26/00 Z; H01L23/36 D 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) H01L23/373; C22C1/10; C22C21/00; C22C21/02; C22C21/06; C22C21/12; C22C26/00; H01L23/36 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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	WO 2013/015158 A1 (DENKI KAGAKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 31 January 2013 (2013-01-31)	5, 7-8
A	paragraphs [0018]-[0104], fig. 1-6	1-4, 6, 9
Y	WO 2023/013500 A1 (DENKA CO., LTD.) 09 February 2023 (2023-02-09)	5, 7-8
A	paragraph [0060]	1-4, 6, 9
A	JP 2022-2266 A (USHIO INC.) 06 January 2022 (2022-01-06)	1-9
	entire text, all drawings	
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 03 July 2024		Date of mailing of the international search report 16 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/016149

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2013/015158	A1	31 January 2013	US 2014/0182824 A1 paragraphs [0025]-[0109], fig. 1-6 EP 2738802 A1 CN 103733331 A KR 10-2014-0063618 A	
WO	2023/013500	A1	09 February 2023	CN 117795665 A	
JP	2022-2266	A	06 January 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01L 23/373(2006.01)i; C22C 1/10(2023.01)i; C22C 21/00(2006.01)i; C22C 21/02(2006.01)i;
C22C 21/06(2006.01)i; C22C 21/12(2006.01)i; C22C 26/00(2006.01)i; H01L 23/36(2006.01)i
FI: H01L23/36 M; C22C1/10 Z; C22C21/00 E; C22C21/02; C22C21/06; C22C21/12; C22C26/00 Z; H01L23/36 D

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））

H01L23/373; C22C1/10; C22C21/00; C22C21/02; C22C21/06; C22C21/12; C22C26/00; H01L23/36

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 - 2024年
日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年
日本国登録実用新案公報 1994 - 2024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	WO 2013/015158 A1（電気化学工業株式会社）31.01.2013（2013 - 01 - 31） 段落[0018]-[0104], 図1-6	5, 7-8
A		1-4, 6, 9
Y	WO 2023/013500 A1（デンカ株式会社）09.02.2023（2023 - 02 - 09） 段落[0060]	5, 7-8
A		1-4, 6, 9
A	JP 2022-2266 A（ウシオ電機株式会社）06.01.2022（2022 - 01 - 06） 全文全図	1-9

☐ 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、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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抵触するものではなく、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 03.07.2024

国際調査報告の発送日 16.07.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

鈴木 駿平 5D 5588

電話番号 03-3581-1101 内線 3549

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/016149

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2013/015158	A1	31.01.2013	US	2014/0182824	A1	段落[0025]-[0109], 図1-6
				EP	2738802	A1	
				CN	103733331	A	
				KR	10-2014-0063618	A	
WO	2023/013500	A1	09.02.2023	CN	117795665	A	
JP	2022-2266	A	06.01.2022	(ファミリーなし)			