

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7623499号
(P7623499)

(45)発行日 令和7年1月28日(2025.1.28)

(24)登録日 令和7年1月20日(2025.1.20)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 L 23/373 (2006.01)	H 0 1 L 23/36 M
C 2 2 C 1/10 (2023.01)	C 2 2 C 1/10 E
C 2 2 C 26/00 (2006.01)	C 2 2 C 26/00 Z
C 2 2 C 1/05 (2023.01)	C 2 2 C 1/05 P

請求項の数 6 (全13頁)

(21)出願番号	特願2023-540287(P2023-540287)	(73)特許権者	000003296 デンカ株式会社 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和4年7月27日(2022.7.27)	(74)代理人	100110928 弁理士 速水 進治
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/028968	(72)発明者	永沢 基 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
(87)国際公開番号	WO2023/013500	(72)発明者	野口 孝眞 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
(87)国際公開日	令和5年2月9日(2023.2.9)	審査官	庄司 一隆
審査請求日	令和5年12月19日(2023.12.19)		
(31)優先権主張番号	特願2021-129883(P2021-129883)		
(32)優先日	令和3年8月6日(2021.8.6)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放熱部材および電子装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

銅を含有する金属マトリックス中に複数のダイヤモンド粒子が分散した、銅 - ダイヤモンド複合体と、

前記銅 - ダイヤモンド複合体の少なくとも一方の面に接合した金属膜と、
を含む放熱部材であって、

当該放熱部材の積層方向における断面の少なくとも一つにおいて、前記銅 - ダイヤモンド複合体と前記金属膜との界面に、前記金属膜と前記複数のダイヤモンド粒子の少なくとも一個とが存在する遷移領域を有しており、

前記銅 - ダイヤモンド複合体の表面において、(前記ダイヤモンド粒子の露出面積 / 前記金属マトリックスの面積) × 100% から求められる前記ダイヤモンド粒子の露出面積の割合が、1%以上50%以下である、放熱部材。

10

【請求項2】

請求項1に記載の放熱部材であって、

前記遷移領域は厚み方向において20μm以上100μm以下である、放熱部材。

【請求項3】

請求項1または2に記載の放熱部材であって、

前記銅 - ダイヤモンド複合体の熱伝導率が600W/m・K以上である、放熱部材。

【請求項4】

請求項1または2に記載の放熱部材であって、

20

画像式粒度分布測定装置を用いて前記ダイヤモンド粒子の粒度分布を測定したとき、前記ダイヤモンド粒子の球形度の体積粒度分布において、累積値が50%となる球形度の S_{50} が0.75以上である、放熱部材。

【請求項5】

請求項1または2に記載の放熱部材であって、

画像式粒度分布測定装置を用いて前記ダイヤモンド粒子の粒度分布を測定したとき、前記ダイヤモンド粒子の粒子径の体積粒度分布において、累積値が50%となる粒子径の D_{50} が300 μm 以下である、放熱部材。

【請求項6】

請求項1または2に記載の放熱部材と、

前記放熱部材上に設けられた電子部品と、を備える、電子装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放熱部材および電子装置に関する。

【背景技術】

【0002】

これまで銅 - ダイヤモンド複合体を用いた放熱部材について様々な開発がなされてきた。この種の技術として、例えば、特許文献1に記載の技術が知られている。特許文献1には、金属マトリクス - 熱伝導体粒子の複合材料に関して、このような複合材料にはダイヤモンド粒子やSiC粒子等のセラミックス粒子を含有しているため、複合材料の表面を研磨して平坦に加工することは困難であると記載されている（段落0012）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】国際公開第2016/035796号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、本発明者が検討した結果、上記特許文献1に記載の放熱部材において、熱伝導率について改善の余地があることが判明した。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明者がさらに検討したところ、銅 - ダイヤモンド複合体と金属膜との界面に、金属膜とダイヤモンド粒子とが存在する遷移領域を形成し、ダイヤモンド粒子の露出面積を所定値以下とすることにより、放熱部材における熱伝導率を向上できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0006】

本発明の一態様によれば、以下の放熱部材および電子装置が提供される。

【0007】

1. 銅を含有する金属マトリクス中に複数のダイヤモンド粒子が分散した、銅 - ダイヤモンド複合体と、

40

前記銅 - ダイヤモンド複合体の少なくとも一方の面に接合した金属膜と、を含む放熱部材であって、

当該放熱部材の積層方向における断面の少なくとも一つにおいて、前記銅 - ダイヤモンド複合体と前記金属膜との界面に、前記金属膜と前記複数のダイヤモンド粒子の少なくとも一個とが存在する遷移領域を有しており、

前記銅 - ダイヤモンド複合体の表面において、（前記ダイヤモンド粒子の露出面積 / 前記金属マトリクスの面積） $\times 100\%$ から求められる前記ダイヤモンド粒子の露出面積の割合が、1%以上50%以下である、放熱部材。

50

2. 1.に記載の放熱部材であって、

前記遷移領域は厚み方向において20 μm以上100 μm以下である、放熱部材。

3. 1.または2.のいずれか一つに記載の放熱部材であって、

前記銅 - ダイヤモンド複合体の熱伝導率が600 W/m・K以上である、放熱部材。

4. 1. ~ 3.のいずれか一つに記載の放熱部材であって、

画像式粒度分布測定装置を用いて前記ダイヤモンド粒子の粒度分布を測定したとき、前記ダイヤモンド粒子の球形度の体積粒度分布において、累積値が50%となる球形度のS₅₀が0.75以上である、放熱部材。

5. 1. ~ 4.のいずれか一つに記載の放熱部材であって、

画像式粒度分布測定装置を用いて前記ダイヤモンド粒子の粒度分布を測定したとき、前記ダイヤモンド粒子の粒子径の体積粒度分布において、累積値が50%となる粒子径のD₅₀が300 μm以下である、放熱部材。

6. 1. ~ 5.のいずれか一つに記載の放熱部材と、

前記放熱部材上に設けられた電子部品と、を備える、電子装置。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、熱伝導率に優れた放熱部材、およびそれを用いた電子装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施形態に係る放熱部材の構成の一例を示す断面模式図である。

【図2】実施例1の放熱部材における積層方向の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。なお、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。また、図は概略図であり、実際の寸法比率とは一致していない。

【0011】

本実施形態の放熱部材の概要について、図1を用いて説明する。

図1は、本実施形態に係る放熱部材の構成の一例を示す断面模式図である。

【0012】

本実施形態の放熱部材100は、銅を含有する金属マトリックス10中に複数のダイヤモンド粒子20が分散した、銅 - ダイヤモンド複合体30と、銅 - ダイヤモンド複合体30の少なくとも一方の面に接合した金属膜50と、を含む。

【0013】

この放熱部材100は、放熱部材100の積層方向における断面の少なくとも一つにおいて、好ましくは当該積層方向における断面のうち少なくとも2つ断面のそれぞれにおいて、銅 - ダイヤモンド複合体30と金属膜50との界面に、金属膜50と複数のダイヤモンド粒子20の少なくとも一個（ダイヤモンド粒子20a）とが存在する遷移領域60を有する。

【0014】

本実施形態の放熱部材100において、銅 - ダイヤモンド複合体30（以下、単に「複合体」と呼称することもある。）の表面（接合界面12）には、ダイヤモンド粒子20aの少なくとも一部が露出している。その複合体の表面に露出しているダイヤモンド粒子20a同士の間を金属膜50が埋設して、遷移領域60を構成している。このような遷移領域60により、ダイヤモンド固有の熱伝導特性を複合体から金属膜50に亘ってよく発現させることが可能となる。これにより、放熱部材100の熱伝導率を向上できる。

【0015】

また、銅 - ダイヤモンド複合体30の表面（接合界面12）において、（ダイヤモンド粒子20aの露出面積 / 金属マトリックス10の面積）×100%から求められる、ダイ

10

20

30

40

50

ヤモンド粒子 20 a の露出面積の割合の上限は、例えば、50%以下、好ましくは40%以下、より好ましくは30%以下である。

一方、ダイヤモンド粒子 20 a の露出面積の割合の下限は、1%以上、好ましくは5%以上、好ましくは10%以上である。

このような範囲内とすることにより、放熱部材 100 における熱伝導率を向上できる。

【0016】

遷移領域 60 の、放熱部材 100 の厚み方向における幅の下限は、例えば、20 μm 以上、好ましくは25 μm 以上、より好ましくは30 μm 以上である。これにより、放熱部材の熱伝導率を向上できる。また、複合体と金属膜との密着性を高め、放熱部材の耐久性を向上できる。

一方、遷移領域 60 の上記幅の上限は、特に限定されないが、例えば、100 μm 以下、好ましくは90 μm 以下、より好ましくは80 μm 以下である。これにより、金属膜の薄膜化を図ることができる。

【0017】

また、本発明者のさらなる知見によれば、例えば、ダイヤモンド粒子の粒径や球形度、研削・研磨に用いる砥石の粒度（番手）などを適切に調整して、緩やかな条件の研削手段を用いることにより、銅 - ダイヤモンド複合体の表面における平滑度合や遷移領域の幅、ダイヤモンド粒子の露出面積の割合を適切に制御できることを見出した。

また、詳細なメカニズムは定かではないが、穏やかな条件の研削手段により、ダイヤモンド粒子の割れや脱落を抑制しつつ、銅 - ダイヤモンド複合体の表面を適度に平滑化することで、かかる複合体の表面に形成する金属膜の膜厚を薄膜化することができ、その結果、銅 - ダイヤモンド複合体および金属膜で構成される放熱部材全体の熱伝導率を向上できると考えられる。

一方で、銅 - ダイヤモンド複合体の表面に平滑化処理がなされていない場合、表面に存在する大きな凹凸を埋めるために金属膜を厚く形成する必要があるが、複合体の表面における金属膜を厚膜化すると、全体の熱伝導率が低下する恐れがある。

【0018】

放熱部材 100 の熱伝導率の下限は、好ましくは600 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上、より好ましくは630 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上、さらに好ましくは650 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上である。これにより、放熱部材の放熱特性を高められる。

一方、放熱部材 100 の熱伝導率の上限は、特に限定されないが、好ましくは950 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下、より好ましくは900 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下、さらに好ましくは870 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下である。

【0019】

本実施形態の放熱部材の構成について詳細を説明する。

【0020】

放熱部材 100 は、銅 - ダイヤモンド複合体 30 および金属膜 50 を備える。

【0021】

(銅 - ダイヤモンド複合体)

銅 - ダイヤモンド複合体 30 は、銅を含有する金属マトリックス 10 と、金属マトリックス 10 中に存在する複数のダイヤモンド粒子 20 を含む。

【0022】

銅 - ダイヤモンド複合体 30 の熱伝導率の下限は、好ましくは600 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上、より好ましくは630 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上、さらに好ましくは650 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上である。これにより、放熱部材の放熱特性を高められる。

一方、銅 - ダイヤモンド複合体 30 の熱伝導率の上限は、特に限定されないが、好ましくは950 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下、より好ましくは900 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下、さらに好ましくは870 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以下である。

【0023】

銅 - ダイヤモンド複合体 30 の形状、サイズは、用途に応じて適宜設定され得る。

10

20

30

40

50

銅 - ダイヤモンド複合体 30 の形状の一例は、例えば、平板状、ブロック状、棒状等が挙げられる。

【0024】

金属マトリックス 10 は、銅を含有するものであればよく、銅以外の他の高熱伝導性金属を含有してもよい。すなわち、金属マトリックス 10 は、銅相および/または銅合金相で構成される。

【0025】

金属マトリックス 10 中の主成分は、熱伝導性やコストの観点から、銅が好ましい。

主成分の銅の含有量の下限は、金属マトリックス 10 の 100 質量%中、好ましくは 50 質量%以上、より好ましくは 60 質量%以上、さらに好ましくは 70 質量%以上、特に好ましくは 80 質量%以上、最も好ましくは 90 質量%以上である。これにより、銅および銅合金の良好な熱伝導率を利用できる。また、ロウ付け性や表面平滑性の確保のためマトリックスと同じ銅を表面層として活用でき、他の表面被膜層形成を省ける。

主成分の銅の含有量の上限は、金属マトリックス 10 の 100 質量%中、とくに限定されないが、100 質量%以下でもよく、99 質量%以下でもよい。

【0026】

他の高熱伝導性金属として、例えば、銀、金、アルミニウム等が挙げられる。これらを単独で用いても 2 種以上を組み合わせ用いてもよい。銅とともに他の高熱伝導性金属を組み合わせる場合、銅と他の高熱伝導性金属とで形成した合金や、複合材料を用いることができる。

なお、金属マトリックス 10 は、本発明の効果を損なわない範囲であれば、高熱伝導性金属以外の金属等を許容する。

【0027】

また、金属マトリックス 10 として、銅合金を用いる場合、銅合金は、CuAg、CuAl、CuSn、CuZr、CrCu等が挙げられる。

【0028】

金属マトリックス 10 は、例えば、銅（および必要に応じて他の高熱伝導性金属）を含む金属粉末の焼結体である。本実施形態において、金属マトリックス 10 は、複数のダイヤモンド粒子 20 の少なくとも一部が内部に埋設された焼結体で構成される。

【0029】

ダイヤモンド粒子 20 は、複数の粒子の全体が金属マトリックス 10 中に埋設された状態であるが、1 個の粒子または複数の粒子における少なくとも一部が銅 - ダイヤモンド複合体 30 の接合界面 12 において露出するように構成されてもよい。

【0030】

ダイヤモンド粒子 20 は、表面に金属含有被覆層を有しないノンコートダイヤモンド粒子、および表面に金属含有被覆層を有するコートダイヤモンド粒子の少なくとも一方を含む。ダイヤモンドと金属粒子間の密着性向上や分散性の観点から、コートダイヤモンド粒子がより好ましい。

【0031】

銅 - ダイヤモンド複合体 30 中のダイヤモンド粒子 20 の体積比率の下限は、好ましくは 10 体積%以上、より好ましくは 20 体積%以上、さらに好ましくは 30 体積%以上である。これにより、銅 - ダイヤモンド複合体 30 の熱伝導性を高められる。

一方、銅 - ダイヤモンド複合体 30 中のダイヤモンド粒子 20 の体積比率の上限は、例えば、好ましくは 80 体積%以下、より好ましくは 70 体積%以下、さらに好ましくは 60 体積%以下である。これにより、銅 - ダイヤモンド複合体 30 中において、ダイヤモンド粒子 20 の周囲に銅粉の付着が低下する等により大きな気孔が残留することを抑制でき、製造安定性に優れた構造を実現できる。

【0032】

ダイヤモンド粒子 20 として、コートダイヤモンド粒子を用いる場合、コートダイヤモンド粒子中の金属含有被覆層は、モリブデン、タングステン、クロム、ジルコニウム、ハ

10

20

30

40

50

フニウム、バナジウム、ニオブ、タンタルおよびこれらの合金等を含んでもよい。これらを単独で用いても2種以上を組み合わせ用いてもよい。また、金属含有被覆層は、粒子表面の少なくとも一部または全面を覆うように構成される。

【0033】

ダイヤモンド粒子20の球形度や粒子径は、以下の手順に従って測定する。

ダイヤモンド粒子20の粒度分布を、画像式粒度分布測定装置（例えば、Malvern社製、Morphologi4）を用いて測定する。粒度分布は、形状分布や粒子径分布を含む。

得られた粒度分布から、球形度の体積粒度分布や粒子径の体積粒度分布を作成する。

そして、ダイヤモンド粒子20の球形度の体積粒度分布において、所定の累積値の球形度や、所定の累積値の粒子径を求める。

10

ここで、球形度および粒子径を以下のように定義する。

球形度：投影された物体と同じ面積を持つ円周と物体との円周長の比率

粒子径：粒子画像の輪郭上の2点における最大長さ

【0034】

上記の手順に従って測定される、ダイヤモンド粒子20における累積値が50%となる球形度 S_{50} の下限は、例えば、0.75以上、好ましくは0.80以上、より好ましくは0.85以上、さらに好ましくは0.9以上である。これにより、ダイヤモンド粒子20の充填度合を高め、複合体の熱伝導率を高められる。

一方、上記球形度 S_{50} の上限は、とくに限定されないが、例えば、1.0以下、0.99以下でもよい。

20

【0035】

上記の手順に従って測定される、ダイヤモンド粒子20における累積値が50%となる粒子径 D_{50} の上限は、例えば、300 μm 以下、好ましくは270 μm 以下、より好ましくは250 μm 以下、さらに好ましくは220 μm 以下、特に好ましくは200 μm 以下、最も好ましくは180 μm 以下である。これにより、ダイヤモンド粒子20の充填度合を高め、複合体の熱伝導率を高められる。

上記粒子径 D_{50} の下限は、とくに限定されないが、例えば、5 μm 以上でもよい。

【0036】

放熱部材100中において、複数のダイヤモンド粒子20が、金属マトリックス10から少なくとも一部の面が露出した第一ダイヤモンド粒子と、金属マトリックス10中に全面が埋設された第二ダイヤモンド粒子とを、含むように構成されてもよい。

30

また、放熱部材100は、第一ダイヤモンド粒子のひとつと、第二ダイヤモンド粒子のひとつとが接する連結構造を有してもよい。連結構造において、第二ダイヤモンド粒子は、少なくとも1個以上、2個以上、あるいは4個以上が連続的に接していてもよい。

これにより、放熱部材100の熱伝導率を向上できる。

なお、上記の連結構造は、放熱部材100の厚み方向の断面の少なくとも一つで確認される。

【0037】

銅-ダイヤモンド複合体30の、JIS B 0621:1984に準拠して算出される平坦度の上限は、例えば、40 μm 以下、好ましくは39 μm 以下、より好ましくは38 μm 以下である。これにより、複合体と金属膜との密着性を向上できる。

40

一方、上記の平坦度の下限は、とくに限定されないが、1 μm 以上としてもよい。

【0038】

銅-ダイヤモンド複合体30の表面（接合界面12）において露出しているダイヤモンド粒子表面の、JIS B 0601:2013に準拠して算出される十点平均高さの上限は、例えば、5 μm 以下、好ましくは4 μm 以下、より好ましくは3 μm 以下である。これにより、複合体と金属膜との密着性を向上できる。

一方、上記のダイヤモンド粒子表面の十点平均高さの下限は、とくに限定されないが、0.1 μm 以上としてもよい。

50

【 0 0 3 9 】

(金属膜)

金属膜 5 0 は、銅 - ダイヤモンド複合体 3 0 の少なくとも一面上に形成されていればよく、例えば、平板状の銅 - ダイヤモンド複合体 3 0 の両面にそれぞれ形成されてもよい。

【 0 0 4 0 】

金属膜 5 0 は、銅、銀、金、アルミニウム、ニッケル、亜鉛、錫、およびマグネシウムからなる群から選ばれる一または二以上を含んでもよい。好ましくは、金属膜 5 0 が、金属マトリックス 1 0 中の主成分の金属と同種の金属を含むことが好ましく、少なくとも銅または銅合金を含むことが好ましい。

【 0 0 4 1 】

主成分の銅の含有量は、金属膜 5 0 の 1 0 0 質量%中、好ましくは 5 0 質量%以上、より好ましくは 6 0 質量%以上、さらに好ましくは 7 0 質量%以上、特に好ましくは 8 0 質量%以上、最も好ましくは 9 0 質量%以上である。

主成分の銅の含有量の上限は、金属膜 5 0 の 1 0 0 質量%中、とくに限定されないが、1 0 0 質量%以下でもよく、9 9 質量%以下でもよい。

【 0 0 4 2 】

金属膜 5 0 の膜厚の上限は、好ましくは 1 5 0 μm 以下、より好ましくは 1 2 0 μm 以下、さらに好ましくは 1 0 0 μm 以下である。これにより、放熱部材の熱伝導率を高められる。

一方、金属膜 5 0 の膜厚の下限は、好ましくは 1 0 μm 以上、より好ましくは 1 5 μm 以上、さらに好ましくは 2 0 μm 以上である。これにより、複合体との密着強度や自身の耐久性を高められる。

【 0 0 4 3 】

金属膜 5 0 は、例えば、スパッタ法、メッキ法により得られる。

金属膜 5 0 中の金属の結晶粒径の平均値は、好ましくは 5 nm以上 5 0 nm以下、より好ましくは 1 0 nm以上 4 0 nm以下、さらに好ましくは 2 0 nm以上 3 0 nm以下である。結晶粒径の平均値は、透過型電子顕微鏡 (T E M) により測定する。

【 0 0 4 4 】

本実施形態の電子装置は、上記の放熱部材と、放熱部材上に設けられた電子部品とを備える。

【 0 0 4 5 】

電子部品としては、例えば、半導体素子等が挙げられる。半導体素子の具体例として、例えば、パワー半導体、画像表示素子、マイクロプロセッサユニット、レーザダイオード等が挙げられる。

【 0 0 4 6 】

放熱部材は、ヒートシンクやヒートスプレッド等に用いられる。ヒートシンクは、半導体素子の動作時に発生する熱を外部空間に放熱し、ヒートスプレッドは、半導体素子の発熱を他の部材に伝熱する。

【 0 0 4 7 】

電子部品は、放熱部材に直接またはセラミック基板等を介して間接的に設置されてもよい。

【 0 0 4 8 】

本実施形態の放熱部材の製造方法の一例を説明する。

【 0 0 4 9 】

放熱部材の製造方法の一例は、原料混合工程、焼結工程、平滑化工程、および成膜工程を含む。

【 0 0 5 0 】

原料混合工程では、銅粉末等の銅を含む金属粉末、およびダイヤモンド粒子を混合し、混合物を得る。

原料粉末の混合は、乾式、湿式の種々の方法を適用できるが、乾式混合方法を用いても

10

20

30

40

50

よい。

【0051】

焼成工程では、金属粉末とダイヤモンド粒子との混合物を焼成し、銅とダイヤモンド粒子との複合焼結体を得る。

焼成温度は、金属粉末に含まれる金属種に応じて適宜選択できるが、銅粉末の場合、好ましくは800以上1100以下、より好ましくは850以上1000以下である。焼成温度を800以上とすることにより、銅-ダイヤモンド複合体が緻密化し、所望の熱伝導率が得られる。焼成温度を1100以下とすることにより、ダイヤモンド粒子の界面のグラファイト化による劣化を抑制し、ダイヤモンド本来の熱伝導率の低下を防止できる。

10

焼成時間は、特に限定されないが、好ましくは5分以上3時間以下、より好ましくは10分以上2時間以下である。焼成時間を5分以上とすることにより、銅-ダイヤモンド複合体が緻密化し、所望の熱伝導率が得られる。焼成時間を3時間以下とすることにより、コートダイヤモンド粒子中のダイヤモンドと表面を被覆する金属との間で炭化物の形成や厚膜化が生じて、フォノン散乱による熱伝導率低下や線膨張率差によるクラックが引き起こされることを抑制できる。また複合体の生産性を高められる。

【0052】

焼成工程では、常圧焼結方法でも加圧焼結方法でも構わないが、緻密な複合体を得るために加圧焼結方法が好ましい。

【0053】

加圧焼結方法としては、ホットプレス焼結や放電プラズマ焼結(SPS)、熱間等方加圧焼結(HIP)等が挙げられる。ホットプレス焼結やSPS焼結の場合、圧力は、好ましくは10MPa以上、より好ましくは30MPa以上である。一方、ホットプレス焼結やSPS焼結の場合、圧力は、100MPa以下が好ましい。圧力を10MPa以上とすることにより、銅-ダイヤモンド複合体が緻密化し、所望の熱伝導率が得られる。圧力を100MPa以下とすることにより、ダイヤモンドの割れが生じ、ダイヤ界面の増加やダイヤ破砕面と金属間との密着性が低下して、ダイヤモンド本来の熱伝導率が低下してしまうことを防止できる。

20

【0054】

平滑化工程では、複合焼結体の表面の少なくとも一部を研削・研磨し、銅-ダイヤモンド複合体を得る。

30

【0055】

成膜工程では、平滑化した銅-ダイヤモンド複合体の表面の少なくとも一部に金属膜を形成する。

【0056】

金属膜を形成する方法は、スパッタ法、めっき法、銅箔を用いた加圧共焼成法などの一般的な方法を採用してもよいが、薄膜化するためにスパッタ法を用いてもよい。

また、金属膜の表面の少なくとも一部を平面研削・研磨をしてもよい。これにより、成膜工程後における金属膜の表面平滑性を向上できる。

【0057】

また、焼成工程と平滑化工程との間に、アニール工程を追加して行ってもよい。

40

また、成膜工程の前に、銅-ダイヤモンド複合体において、形状加工や穴あき加工等の加工を施す工程を行ってもよい。

【0058】

以上、本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することができる。また、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれる。

【実施例】

【0059】

以下、本発明について実施例を参照して詳細に説明するが、本発明は、これらの実施例

50

の記載に何ら限定されるものではない。

【0060】

<複合体、放熱部材の作製>

(実施例1)

銅粉末とダイヤモンド粒子(Moコート)とを50体積%:50体積%になるように秤量し、秤量した粉末をV型混合機で均一に混合し、混合物を得た(原料混合工程)。

続いて、SPS焼成装置を用いて、得られた混合物を型内に充填し、30MPaの加圧条件下で、900で1時間加熱焼結し、銅マトリックス中に複数のダイヤモンド粒子が分散してなる、円板状の複合焼結体を得た(焼結工程)。

【0061】

原料のダイヤモンド粒子について、画像式粒度分布測定装置(Malvern社製、Morpholog 4)を用いてダイヤモンド粒子の粒度分布(形状分布/粒子径分布)を測定した。

ダイヤモンド粒子の球形度の体積粒度分布において、累積値が50%となる球形度 S_{50} 、ダイヤモンド粒子の粒子径の体積粒度分布において、累積値が50%となる粒子径 D_{50} を求めた。これらの値は、2回測定した値の平均値とした。

球形度および粒子径を以下のように定義した。

球形度:投影された物体と同じ面積を持つ円周と物体との円周長の比率

粒子径:粒子画像の輪郭上の2点における最大長さ

その結果、使用したダイヤモンド粒子における球形度 S_{50} が0.9、粒子径 D_{50} が200 μm であった。

【0062】

得られた複合焼結体の両面を、#400の砥石を用いて平面研削・研磨して平滑化し、外径30mm、厚み3mmの銅-ダイヤモンド複合体(研削した複合焼結体)を得た(平滑化工程)。

【0063】

銅-ダイヤモンド複合体中のダイヤモンド粒子の含有量が、50.8体積%であった。

銅-ダイヤモンド複合体の、平滑化した表面のうちの一方の面(銅マトリックスからダイヤモンド粒子に跨がる面領域)における平坦度を、デジタルマイクロスコープ(VHX-8000、Keyence製)により観察・測定した。JIS B 0621:1984に準拠して算出される平坦度が30.1 μm であった。

また、JIS B 0601:2013に準拠して算出される、銅-ダイヤモンド複合体の表面において露出しているダイヤモンド粒子表面の十点平均高さ(ダイヤ面の十点平均高さ R_z)が1.5 μm であった。

また銅-ダイヤモンド複合体の表面において、銅マトリックスの面積とダイヤモンド粒子が露出している面積とを測定した。そして、ダイヤモンド粒子の露出面積の割合(%)を、式:ダイヤモンド粒子の露出面積/銅マトリックス(金属マトリックス)の面積 $\times 100$ から求めた。

また銅-ダイヤモンド複合体の熱伝導率をレーザーフラッシュ法により測定した結果、753W/m \cdot Kであった。なお、レーザーフラッシュ法の測定は、サンプル表面にカーボンコーティングを施し、室温下で測定とした。

【0064】

その後、銅-ダイヤモンド複合体の両面上のそれぞれに、スパッタ法により、厚み30 μm のCu膜を成膜し、Cu膜/銅-ダイヤモンド複合体/Cu膜で構成される放熱部材を得た(成膜工程)。

放熱部材の熱伝導率をレーザーフラッシュ法により測定した結果、748W/m \cdot Kであった。

放熱部材中のCu膜の結晶粒径の平均値が26nmであった。なお、結晶粒径の測定方法は、透過型電子顕微鏡により得られた組織から1 μm^2 内の結晶粒数から算出した。

【0065】

10

20

30

40

50

実施例 1 の放熱部材の厚み方向（複合体と Cu 膜との積層方向）における断面 SEM 画像を図 2 に示す。

図 2 において、銅 - ダイヤモンド複合体と Cu 膜（金属膜）との界面に、Cu 膜とダイヤモンド粒子とが存在する遷移領域が確認された。この遷移領域の厚み方向における幅は $27 \mu\text{m}$ であった。

遷移領域の幅は、断面 SEM 画像観察から最深部から 10 点平均で算出した。ここで、最深部とは、Cu 膜が複合体側に食い込んだ部分の中でも最も複合体側の部分、10 点とは、露出した（Cu 膜側に食い込んだ）ダイヤモンド粒子を 10 点選択し、その 10 点の最も Cu 膜側の部分（再表面の部分）とする。

また図 2 の断面と並行かつ別領域における断面における SEM 画像（2 つ目）を取得したとき、その放熱部材の断面 SEM 画像（2 つ目）においても、同様に、遷移領域が存在することが確認された。

【 0 0 6 6 】

（実施例 2 ~ 6、比較例 1 , 2）

表 1 のダイヤモンド粒子の粒径、球形度を変更し、研削・研磨条件を備考に記載の条件に変更した以外は、実施例 1 と同様にして、複合体および放熱部材を得た。

得られた複合体および放熱部材に対して、実施例 1 と同様の評価を行った。

なお、実施例 2 ~ 6 の放熱部材において、2 つの断面 SEM 画像のそれぞれにて、上記の遷移領域が確認された。

【 0 0 6 7 】

10

20

30

40

50

【表 1】

表1	ダイヤモンド粒子		銅-ダイヤモンド複合体				Cu膜/銅-ダイヤモンド複合体/Cu膜		備考
	粒子径D ₅₀ (μm)	球形度S ₅₀	平坦度 (μm)	遷移領域の幅 (μm)	ダイヤモンド粒子の 露出面積の割合(%)	熱伝導率 (W/m・K)	Cu膜厚 (μm)	熱伝導率 (W/m・K)	
実施例1	200	0.9	30.1	27	18.7	753	30	748	#400研削・研磨
実施例2	200	0.8	36.5	35	25.9	693	30	685	#400研削・研磨、ダイヤモンド球形成
実施例3	200	0.9	32.9	26	19.3	758	100	637	#400研削・研磨、Cu厚み
実施例4	200	0.9	30.5	29	22.8	751	20	749	
実施例5	100	0.9	27.3	—	15.5	755	30	753	#400研削・研磨、ダイヤモンド粒径
実施例6	50	0.9	25.4	—	14.2	707	30	701	
比較例1	200	0.9	247	138	51.0	749	30	582	研削無し
比較例2	200	0.7	41.5	—	56.9	628	30	593	

10

20

30

【0068】

表1に示したとおり、実施例1～6の放熱部材は、比較例1, 2比べて、優れた熱伝導率を実現できる結果を示した。

40

【0069】

この出願は、2021年8月6日に出願された日本出願特願2021-129883号を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】

【0070】

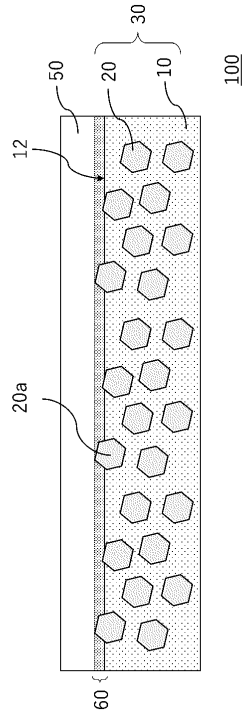
- 10 金属マトリックス
- 12 接合界面
- 20、20a ダイヤモンド粒子
- 30 銅-ダイヤモンド複合体
- 50 金属膜

50

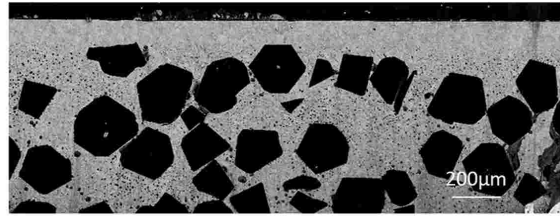
6 0 遷移領域
1 0 0 放熱部材

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第08178893 (US, B1)

特開2013-098491 (JP, A)

特開2015-160996 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 23/373

C22C 1/10

C22C 26/00

C22C 1/05