

(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
2010 年 12 月 9 日(09.12.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/140541 A1

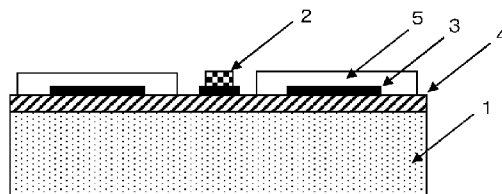
- (51) 国際特許分類:
C04B 41/88 (2006.01) H01L 33/64 (2010.01)
H01L 23/373 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/059071
- (22) 国際出願日: 2010 年 5 月 28 日(28.05.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-133016 2009 年 6 月 2 日(02.06.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 電気化学工業株式会社(DENKI KAGAKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [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; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 日隈 智志 (HIGUMA Satoshi) [JP/JP]; 〒8368510 福岡県大牟田市新開町 1 電気化学工業株式会社 大牟田工場内 Fukuoka (JP). 廣津留 秀樹(HIOTSURU Hideki) [JP/JP]; 〒8368510 福岡県大牟田市新開町 1 電気化学工業株式会社 大牟田工場内 Fukuoka (JP). 成田 真也 (NARITA Shinya) [JP/JP]; 〒8368510 福岡県大牟田市新開町 1 電気化学工業株式会社 大牟田工場内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 園田 吉隆, 外 (SONODA Yoshitaka et al.); 〒1630434 東京都新宿区西新宿二丁目 1 番 1 号 新宿三井ビル 3 4 階 園田・小林特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: ALUMINUM-GRAPHITE COMPOSITE, AND HEAT DISSIPATING COMPONENT AND LED LUMINESCENT MEMBER THAT USE SAME

(54) 発明の名称: アルミニウム-黒鉛質複合体、それを用いた放熱部品及びLED発光部材

[図1]



(57) Abstract: A laminate formed of one or a plurality of plates made of a graphite material, the porosity of which is 10 to 25 % by volume, held by a metal jig is placed in a container. Then, molten metal of aluminum alloy that contains silicon in an amount of 3 to 20 % by mass is fed into the container. Then, when pores of the graphite material is impregnated with the aluminum alloy by pressurizing the molten metal, a pressure larger than 3 MPa is applied, whereby the above pores of the graphite material are impregnated by pressure to contain the aluminum alloy in an amount of not less than 55 % by volume but less than 90 % by volume. Then, the graphite material is removed from the container to be processed with a multiple wire saw, whereby aluminum-graphite composite is produced. An LED luminescent member and a heat dissipating component using the LED luminescent member, which are excellent in heat dissipating property and reliability, can be provided with the use of this aluminum-graphite composite.

(57) 要約: 気孔率が10～25体積%である板状の黒鉛材料の1又は2以上を金属製の治具で保持される積層体を容器内に配置してから、珪素3～20質量%含有のアルミニウム合金の溶湯を入れ、加圧して黒鉛材料の気孔にアルミニウム合金を含浸させるに際し、その加圧力を3MPaより大きな圧力で加圧し、黒鉛材料の上記気孔の55体積%以上、90体積%未満に加圧含浸した後、容器から取り出し、マルチワイヤーソーで加工してアルミニウム-黒鉛質複合体を製造する。当該アルミニウム-黒鉛質複合体を用いることにより、放熱特性及び、信頼性に優れたLED発光部材及びそれを構成する放熱部品を提供する。

WO 2010/140541 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

アルミニウム－黒鉛質複合体、それを用いた放熱部品及びＬＥＤ発光部材
技術分野

[0001] 本発明は、アルミニウム－黒鉛質複合体、それを用いた放熱部品及びＬＥＤ発光部材に関する。

背景技術

[0002] 近年、軽量、薄型化及び省電力化が可能な照明および発光手段として、発光ダイオード（以下ＬＥＤ素子をＬＥＤという）が注目されている。ＬＥＤは、半導体のｐｎ接合に順方向電流を流すと発光する素子であり、ＧａＡｓ、ＧａＮ等のⅢ－Ⅴ族半導体結晶を用いて製造される。半導体のエピタキシャル成長技術と発光素子プロセス技術の進歩により、変換効率の優れたＬＥＤが開発され、様々な分野において幅広く使用されている。

[0003] 近年、ＬＥＤの発光効率の改善が急速に進み、ＬＥＤの高輝度化に伴って発熱量が増加している。そのため、十分な放熱対策をとらないとＬＥＤの信頼性が低下する。具体的には、ＬＥＤ温度の上昇に伴い、輝度の低下及び素子寿命の低下という問題が発生する。そこで、ＬＥＤパッケージの放熱性を高めるために、ＬＥＤを実装する基板部分に銅やアルミニウム等の熱伝導率が高い金属材料が用いられている。基板だけでは放熱が不十分である場合には、放熱対策としてさらに金属製のヒートシンクが用いられることがある。

[0004] ＬＥＤの照明用途への応用に向け、さらにＬＥＤの高出力化、大型化が進んでいる。一般にＬＥＤは、基板に半田等により接合して用いられるが、ＬＥＤと基板材料の熱膨張係数が異なると接合層に応力が発生し、最悪の場合、ＬＥＤの破壊等が起こり信頼性の著しい低下を招く場合がある。

[0005] ＬＥＤの高出力化、大型化に伴う発熱量の増加に対応するため、熱伝導率が高く、熱膨張係数が小さい材料として、セラミックス粒子と金属アルミニウムとを複合化した金属基複合材料が知られている（特許文献１）。例えば

、アルミニウムに炭化珪素を複合化した金属基複合材料は、特性面では上記した特性を満たすが、難加工性材料であり、LED用基板として用いる場合、高価になるといった課題がある。このため、比較的加工性に優れる金属基複合材料として、アルミニウムに黒鉛を複合化した金属基複合材料が検討されている。（特許文献2）

アルミニウムと黒鉛からなる金属基複合材料は当初、摺動部材として開発された。特性を向上させるため、高温・高圧下でアルミニウム合金を黒鉛材料に含浸させ、特性を改善する検討がなされている（特許文献3）。

特許文献1：特許第3468358号

特許文献2：特許第3673436号

特許文献3：特開平5-337630号公報

発明の概要

[0006] アルミニウム－黒鉛質複合体の熱伝導特性を向上させるには、黒鉛材料として結晶性が高いコークス系黒鉛材料を使用することが有効である。しかし、コークス系黒鉛材料は材料の異方性が強く、アルミニウムと複合化して得られているアルミニウム－黒鉛質複合体も特性に異方性が生じる。LED発光部材の基板材料は、熱伝導率や熱膨張率といった特性に加え、部材としての均一性が重要である。極端に異方性のある材料を用いた場合、反り等の発生や、最悪の場合、LEDの破壊が起こるといった課題がある。

[0007] 本発明は、上記の状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、放熱特性及び信頼性に優れたLED発光部材及びそれを構成する放熱部品を提供することである。

[0008] 本発明は、上記の目的を達成するために鋭意検討した結果、等方性黒鉛材料に溶湯鍛造法でアルミニウム合金を複合化する際に、アルミニウム－黒鉛質複合体の気孔中へのアルミニウム合金の含浸率を制御することで、熱伝導特性、強度特性にも優れ、低熱膨張特性を有するため高信頼性に優れたアルミニウム－黒鉛質複合体を効率的に作製し、マルチワイヤーソーにて加工条件を適正化することで切り代を低減し、且つ効率的に板状のアルミニウム－

黒鉛質複合体を得ることができるとの知見を得た。更に、基板材料、絶縁材料及び回路構成を適正化することにより、放熱特性及び信頼性に優れるLED発光部材を得ることができるとの知見を得て本発明を完成した。

[0009] 即ち、本発明は、珪素3～20質量%含有のアルミニウム合金を黒鉛材料に含浸させてなり、温度25℃～150℃の熱膨張係数が $4 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / \text{K}$ 、温度25℃の熱伝導率が150～300W/(m・K)、表面粗さ(Ra)が0.1～3μm、3点曲げ強度が50～150MPaであることを特徴とするアルミニウム－黒鉛質複合体である。

[0010] また、本発明は、黒鉛材料が、温度25℃の熱伝導率が100～200W/(m・K)であり、温度25℃～150℃の熱膨張係数が $2 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6} / \text{K}$ であり、気孔率が10～25体積%であり、各辺の長さが100～500mmの直方体形状であり、コークス系黒鉛を原料とする等方性黒鉛材料であることを特徴とするアルミニウム－黒鉛質複合体である。

更に、本発明のアルミニウム－黒鉛質複合体は、取り付け用の穴を有し、かつ／または、表面にめっき層を有してなることを特徴とするアルミニウム－黒鉛質複合体である。

[0011] 加えて、本発明は、気孔率が10～25体積%である板状の黒鉛材料の1又は2以上を金属製の治具で保持されてなる積層体を容器内に配置してから、珪素3～20質量%含有のアルミニウム合金の溶湯を入れ、加圧して黒鉛材料の気孔にアルミニウム合金を含浸させるに際し、その加圧力を3MPaより大きな圧力で加圧し、黒鉛材料の上記気孔の55体積%以上、90体積%未満に加圧含浸した後、容器から取り出し、マルチワイヤーソーで加工し、アルミニウム－黒鉛質複合体の気孔率を3～9体積%とし、マルチワイヤーソーの加工条件を、平均粒子径が10～100μmのダイヤモンド、C-BN、炭化珪素、アルミナから選ばれる1種以上の砥粒を接合してなる、線径が0.1～0.3mmのワイヤーを用いて、ワイヤー送り速度が100～700m/分で且つ切り込み速度が0.1～2mm/分、とすることを特徴とするアルミニウム－黒鉛質複合体の製造方法である。

[0012] 更に加えて、本発明は、上記アルミニウム－黒鉛質複合体の少なくとも一つの面に金属回路を形成してなることを特徴とする放熱部品、および、この放熱部品にＬＥＤベアチップ及び／又はＬＥＤパッケージが搭載されてなることを特徴とするＬＥＤ発光部材である。

図面の簡単な説明

[0013] [図1] 図１は本発明の一実施の形態を示す、LED発光部材の概略断面図である。

。

[図2] 図２は本発明の一実施の形態を示す、LED発光部材の概略断面図である。

。

[図3] 図３は本発明の一実施の形態を示す、LED発光部材の概略断面図である。

。

符号の説明

- [0014]
- １ アルミニウム－黒鉛質複合体
 - ２ ＬＥＤチップ
 - ３ 金属回路
 - ４ 絶縁層
 - ５ ソルダーレジスト
 - ６ 層間接続突起
 - ７ 活性金属ろう材層

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明のＬＥＤ発光部材及びそれに用いるアルミニウム－黒鉛質複合体の実施形態について説明する。

本明細書において「基板」とは、銅箔や電子部品を取り付ける前の母材を指す。本明細書において「放熱部品」とは、ＬＥＤから発生した熱を放熱する部材の総称であり、例えば、アルミニウム－黒鉛質複合体からなる基板の一主面又は両主面に任意に金属回路を形成したものを指す。また、本明細書において「ＬＥＤ発光部材」とは、放熱部品にＬＥＤベアチップ及び／又はＬＥＤパッケージを搭載した部材を指す。

- [0016] アルミニウム－黒鉛質複合体を構成する黒鉛材料は、温度 25°C の熱伝導率が $100 \sim 200 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ であって、温度 $25^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ の熱膨張係数が $2 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6} / \text{K}$ であり、気孔率が $10 \sim 25$ 体積%のコークス系黒鉛を原料とする各辺の長さが $100 \sim 500 \text{ mm}$ の直方体形状の等方性黒鉛材料である。
- [0017] 等方性黒鉛材料の温度 25°C の熱伝導率は $100 \sim 200 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ であることが好ましい。等方性黒鉛材料の熱伝導率が $100 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 未満では、得られるアルミニウム－黒鉛質複合体の熱伝導率が低くなり、LED 発光部材の基板材料として用いる場合、放熱特性が不足して好ましくない。上限に関して、特性上の制約はないが、材料自体が高価になったり、特性の異方性が大きくなりすぎ、LED 発光部材の基板材料として用いる場合、過渡的にLEDの温度が上昇したりする等の問題が発生し、好ましくない。
- [0018] 等方性黒鉛材料の温度 $25^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ の熱膨張係数は、 $2 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6} / \text{K}$ であることが好ましい。等方性黒鉛材料の温度 $25^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ の熱膨張係数が $2 \times 10^{-6} / \text{K}$ 未満又は $5 \times 10^{-6} / \text{K}$ を超えると、得られるアルミニウム－黒鉛質複合体とLEDの熱膨張係数差が大きくなりすぎて、LEDの寿命低下、場合によってはLEDが破壊する等の問題が発生し好ましくない。
- [0019] 更に、等方性黒鉛材料は、気孔率が $10 \sim 25$ 体積%であることが好ましい。気孔率が 10 体積%未満では、アルミニウム合金を加圧含浸する際に、気孔部分にアルミニウム合金が十分に含浸されず、得られるアルミニウム－黒鉛質複合体の熱伝導率特性が低下するため、好ましくない。また、気孔率が 25 体積%を超えると、得られるアルミニウム－黒鉛質複合体中のアルミニウム合金の含有量が多くなり、その結果、アルミニウム－黒鉛質複合体の熱膨張係数が大きくなり好ましくない。等方性黒鉛材料の原料としては、熱伝導率の点から、コークス系黒鉛を原料とし、静水圧成形した後、黒鉛化して得られる等方性黒鉛材料が好適である。
- [0020] 最終的に得られる板状のアルミニウム－黒鉛質複合体を安価に提供するに

は、その後の加工工程（具体的には切断加工工程）も視野に入れ最も効率的にアルミニウム－黒鉛質複合体を作製する必要がある。すなわち、アルミニウム－黒鉛質複合体を加圧含浸法によって効率的に作製することはもちろん、切断加工を効率的に実施する必要がある。切断加工を効率的に実施するには、アルミニウム－黒鉛質複合体の形状が直方体形状であることが最も好ましい。更に、各辺の長さが、100mm未満の直方体形状の場合、1回の複合化で得られるアルミニウム－黒鉛質複合体の体積が小さく、加工後に得られる板状のアルミニウム－黒鉛質複合体の単位体積当たりのコストが高くなり、好ましくない。一方、各辺の長さが500mmを超えると、複合化に使用する設備および切断加工に使用する設備が非常に高価となり、更に、ハンドリング性が低下する等の問題もあり、最終的な加工後に得られる板状のアルミニウム－黒鉛質複合体の単位体積当たりのコストが高くなり、好ましくない。

[0021] 等方性黒鉛材料とアルミニウム合金を複合化する方法は、等方性黒鉛材料とアルミニウム合金とをアルミニウム合金の融点以上に加熱した後、加圧含浸する溶湯鍛造法が好適である。積層体をアルミニウム合金の融点以上の温度に加熱した後、アルミニウム合金溶湯を加圧含浸することにより、LED発光部材に適した特性を有するアルミニウム－黒鉛質複合体が得られる。

[0022] より具体的には、直方体形状の等方性黒鉛材料を鉄製の治具等ではさんで積層体とした後、温度600℃～750℃で大気雰囲気又は窒素雰囲気下で加熱後、高圧容器内に配置し、積層体の温度低下を防ぐためにできるだけ速やかに、融点以上に加熱したアルミニウム合金の溶湯を給湯して圧力を加え、黒鉛材料の空隙中に含浸させることで、金属基複合材料が得られる。含浸時の圧力は使用する等方性黒鉛材料によって適宜決められるが、3MPaより大きな圧力での含浸が好ましく、更に好ましくは30～80MPaの圧力での含浸が好ましい。含浸圧力が3MPa以下の場合アルミニウム－黒鉛質複合体の熱伝導率が低下して好ましくない。また、含浸圧力が100MPaより高いと、等方性黒鉛材料中に含まれるアルミニウム合金の比率が高くな

り、熱膨張係数が高くなってしまいうため好ましくない。なお、含浸時の歪み除去の目的で、含浸品のアニール処理を行うこともある。積層時に用いる治具は、離型性の面から、黒鉛やアルミナ等の離型剤を塗布して用いることがある。

[0023] 含浸時の積層体の加熱温度は、温度 600℃未満では、アルミニウム合金の複合化が不十分となり、アルミニウム－黒鉛質複合体の熱伝導率等の特性が低下して好ましくない。一方、加熱温度が 750℃を超えると、アルミニウム合金との複合化時に低熱伝導率の炭化アルミニウムが生成し、アルミニウム－黒鉛質複合体の熱伝導率が低下して好ましくない。

[0024] アルミニウム－黒鉛質複合体中のアルミニウム合金は、珪素 3～20 質量%を含有することが好ましい。珪素含有量が 20 質量%を超えると、アルミニウム合金の熱伝導率が低下し好ましくない。一方、珪素含有量が 3 質量%未満では、溶解したアルミニウム合金の湯流れが悪くなり、含浸時に等方性黒鉛材料の空隙内にアルミニウム合金が十分に浸透することができないため好ましくない。アルミニウム合金中のアルミニウム、珪素以外の金属成分に関しては、極端に特性が変化しない範囲であれば特に制限はなく、マグネシウムであれば 3 質量%程度まで含有することができる。

[0025] アルミニウム－黒鉛質複合体は、等方性黒鉛材料の気孔の 55 体積%以上 90 体積%未満がアルミニウム合金で含浸されることが好ましい。アルミニウム－黒鉛質複合体の気孔の含浸率が 55 体積%を下回ると、アルミニウム－黒鉛質複合体の熱伝導率や強度が低下し好ましくない。アルミニウム－黒鉛質複合体の気孔の含浸率は更に好ましくは 70 体積%以上 90 体積%未満であり、90 体積%以上だと、アルミニウム－黒鉛質複合体の熱膨張係数を $8 \times 10^{-6}/K$ 以下に制御することが困難になる場合がある。

[0026] 該アルミニウム－黒鉛質複合体の含浸率の算出方法を以下に記載する。アルキメデス法により実測した等方性黒鉛材料の密度を黒鉛の理論密度 $2.20 g/cm^3$ で除して等方性黒鉛材料の充填率 (Vf) を求め、100 体積%から充填率 (Vf) を引くことで、等方性黒鉛材料の気孔率 (A 体積%) を

算出する。次に、アルミニウム－黒鉛質複合体の理論密度($\rho_{\text{理論}}$)を上記V fを利用して算出し、アルキメデス法により実測したアルミニウム－黒鉛質複合体の密度($\rho_{\text{実測}}$)を理論密度($\rho_{\text{理論}}$)で除してアルミニウム－黒鉛質複合体の相対密度($\rho_{\text{相対}}$)を求め、100体積%から相対密度($\rho_{\text{相対}}$)を引いてアルミニウム－黒鉛質複合体の気孔率(B体積%)を算出する。

$$\text{i) } (A \text{ 体積\%}) = 100 - (V f)$$

$$\text{ii) } (\rho_{\text{相対}}) = (\rho_{\text{実測}}) \div (\rho_{\text{理論}}) \times 100$$

$$\text{iii) } (B \text{ 体積\%}) = 100 - (\rho_{\text{相対}})$$

等方性黒鉛材料の気孔の含浸率(C体積%)は等方性黒鉛材料の気孔率(A体積%)をアルミニウム－黒鉛質複合体の気孔率(B体積%)で引いた値を、等方性黒鉛材料の気孔率(A体積%)で除して算出する。尚、アルミニウムの理論密度には2.70 g/cm³、珪素の理論密度は2.33 g/cm³を使用する。

$$\text{iv) } (C \text{ 体積\%}) = \{ (A \text{ 体積\%}) - (B \text{ 体積\%}) \} \div (A \text{ 体積\%}) \times 100$$

[0027] アルミニウム－黒鉛質複合体の気孔率(B体積%)は黒鉛材料の種類に応じた含浸圧力をかけることにより、3～9体積%に調整することが好ましい。アルミニウム－黒鉛質複合体の気孔率が3体積%より低いと複合体中に占めるアルミニウムの割合が高くなり、かつ黒鉛成型体中に均一に複合化されているためアルミニウムが連続的に繋がったような組織になるため、熱膨張係数を $8 \times 10^{-6}/K$ 以下に制御することが困難になる場合がある。気孔率が9体積%より大きいと、複合体中の黒鉛粒子間や黒鉛粒子中にマイクロポアが発生してしまい、強度特性が低下する場合がある。

[0028] アルミニウム－黒鉛質複合体は、温度25℃の熱伝導率が150～300 W/(m・K)であり、且つ直交する3方向の熱伝導率の最大値/最小値が1～1.3である。ここで、本明細書において、「直交する3方向」とは、直方体形状の等方性黒鉛材料の各主面に対して垂直な3方向(縦方向、横方向、高さ方向)である。温度25℃の熱伝導率が150 W/(m・K)未満では

、LED発光部材の基板材料として用いる場合、放熱特性が不足して好ましくない。上限に関しては、特性上の制限はないが、材料自体が高価になったり、特性の異方性が強くなったりするため好ましくない。更に、直交する3方向の熱伝導率の最大値／最小値が1.3を超えると、放熱特性の異方性が大きくなり過ぎて、LED発光部材の基板材料として用いた場合、過渡的にLEDの温度が上昇する等の問題があり好ましくない。

[0029] アルミニウム－黒鉛質複合体は、温度25℃～150℃の熱膨張係数が $4 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / \text{K}$ であり、且つ直交する3方向の熱膨張係数の最大値／最小値が1～1.3である。温度25℃～150℃の直交する3方向の熱膨張係数の最大値／最小値が1.3を超えると、アルミニウム－黒鉛質複合体の熱膨張係数の異方性が大きくなり過ぎ、LED発光時にLEDに不均一な応力が加わり、LEDの寿命低下、場合によってはLEDが破壊する等の問題が発生し好ましくない。

[0030] アルミニウム－黒鉛質複合体の3点曲げ強度は、50～150MPaである。3点曲げ強度が50MPa未満では、取り扱い時にカケ等が発生する場合がある。アルミニウム－黒鉛質複合体は導電性材料であるため、絶縁不良等の原因となり好ましくない。また、ヒートシンクや筐体にネジ止めして用いる場合、締め付け時に欠け等が発生することがあり、好ましくない。3点曲げ強度の上限に関しては、特性上の制約はないが、アルミニウム－黒鉛質複合体の3点曲げ強度が150MPaを超える高強度とするには、他のセラミックス粒子の添加や熱伝導特性の悪いモザイク黒鉛等を添加する必要がある。この場合、アルミニウム－黒鉛質複合体の熱伝導率が低下する場合があり好ましくない。更に、LED発光部材を自動車等の移動機器用の照明用途に用いる場合、強度が十分でないと、振動等によって欠けや割れ等が発生し好ましくない。

[0031] 直方体形状のアルミニウム－黒鉛質複合体を効率的に板状のアルミニウム－黒鉛質複合体とする方法として、マルチワイヤーソーによる切断を行う。アルミニウム－黒鉛質複合体は加工性に優れる材料であるが、材料自体は、

銅やアルミニウム等の金属材料に比べると高価である。このため、板状のアルミニウム－黒鉛質複合体をより安価に製作するには、効率的にアルミニウム－黒鉛質複合体を作製することに加え、効率的に板状化することも重要である。具体的には、切断時の加工代（切り代）を極力低減させ効率的に切断加工を行い、且つ基板材料として用いるのに十分な表面精度を確保することが重要であり、これには以下の所定の加工条件を必要とする。

[0032] マルチワイヤーソーでの切断加工には、大別して遊離砥粒方式と固定砥粒方式があるが、被加工物であるアルミニウム－黒鉛複合体の硬度が高いことから、固定砥粒方式を採用することにより、目標とする板状のアルミニウム－黒鉛質複合体を効率的に切断加工することができる。直方体形状のアルミニウム－黒鉛質複合体の切断に用いるマルチワイヤーソーのワイヤーは、砥粒として平均粒子径が $10 \sim 100 \mu\text{m}$ のダイヤモンド、C-BN、炭化珪素、アルミナから選ばれる1種以上の砥粒を接合してなるワイヤーである。加工効率の面からは、ダイヤモンド砥粒を電着した砥粒を接合したワイヤーを用いるのが、最も好ましい。砥粒の平均粒子径が $10 \mu\text{m}$ 未満では、加工性が低下し、効率的に切断加工を行うことができず、また、加工時のワイヤーのブレによる加工面の凹凸が発生し好ましくない。一方、砥粒の平均粒子径が $100 \mu\text{m}$ を超えると、加工品の面精度が低下し、表面粗さが粗くなりすぎて好ましくない。また、砥粒の平均粒子径が $100 \mu\text{m}$ を超えると、ワイヤー径が大きくなり、ワイヤーの価格が高価になると共に、切断加工時の加工代が大きくなり好ましくない。

[0033] マルチワイヤーソーのワイヤー線径は、 $0.1 \sim 0.3 \text{ mm}$ が好ましく、更に好ましくは $0.15 \sim 0.25 \text{ mm}$ である。ワイヤー線径が 0.1 mm 未満では、接合できる砥粒の粒度が細くなりすぎて、加工速度が低下するため好ましくない。ワイヤー線径が 0.3 mm を越えるとワイヤーの価格が高価になると共に、切断加工時の加工代が大きくなり好ましくない。

[0034] マルチワイヤーソーによる加工条件は、ワイヤー送り速度が $100 \sim 700 \text{ m/分}$ で且つ切り込み速度が $0.1 \sim 2 \text{ mm/分}$ の条件である。ワイヤー

の送り速度が100m/分未満では、十分な加工速度が得られずに加工コストが高くなり好ましくない。一方、ワイヤーの送り速度が700m/分を超えると、十分な加工速度は得られるが、高価なワイヤーの磨耗が激しく好ましくない。また、ワイヤーの切り込み速度が0.1mm/分未満では十分な加工速度が得られず加工コストが高くなり好ましくなく、逆に切り込み速度が、2m/分を超えると、切断加工品の凹凸の発生や、ワイヤーの断線が起こり好ましくない。

[0035] マルチワイヤーソーで切断加工して得られる板状のアルミニウム－黒鉛質複合体の厚さは、0.5～3mmが好ましく、更に好ましくは1～2mmである。アルミニウム－黒鉛質複合体の板厚が0.5mm未満では、LEDを搭載する基板材料として用いる場合に、熱容量が不足し、LEDの温度が瞬間的に上昇するため好ましくない。一方、板厚が3mmを超えると、厚み方向の熱抵抗が増加し、LEDの温度が上昇するため好ましくない。

[0036] マルチワイヤーソーで切断加工して得られる板状のアルミニウム－黒鉛質複合体の表面粗さ(Ra)は0.1～3μmであることが好ましく、更には、0.1～2μmである。表面粗さ(Ra)が、3μmを超えると、LED発光部材の基板材料として用いる場合に、絶縁層やLEDと接合する際の密着強度が得られず、更には、低熱伝導の絶縁層の厚みが厚くなり放熱特性が低下するために、好ましくない。一方、表面粗さ(Ra)の下限に関しては、特性面での制約はないが、Raを0.1μm未満にするには、直方体状のアルミニウム－黒鉛質複合体の加工効率が低下し、材料が高価になり好ましくない。表面粗さは、切断加工面にて、目標とする表面粗さを達成するが、必要に応じて、研磨加工等を施し、所望の表面粗さに調整することも可能である。

[0037] アルミニウム－黒鉛質複合体からなる基板をLED発光部材として用いる場合、放熱性の面より、金属製のヒートシンクや筐体等に放熱グリスや放熱シート等を介して接合して用いることが多い。このような使用形態では、接合面の密着性を確保するため、LEDを搭載した基板を、金属製のヒートシン

クや筐体等にネジ止めする方法が採用される。基板材料に穴を形成し、LEDを搭載した基板をヒートシンクや筐体等にネジ止めすることで、両者の密着性を向上せしめるとともに、接合部分の信頼性を向上させることができる。アルミニウム－黒鉛質複合体は加工性に優れるため通常のドリル等で穴加工を行うことができる。また、レーザー加工やウォータージェット加工、更には、プレス加工によっても穴を形成することができる。穴の形状に関しては、ネジ止めが可能な形状であればよく、U字形状等でもよい。

[0038] LED発光部材の放熱性の面から更に好ましくは、放熱グリスや放熱シート等を介さずに基板材料とヒートシンク（放熱フィン）が一体となった構造であることが好ましい。アルミニウム－黒鉛質複合体は、加工性に優れるため、LED搭載面の裏面側を加工して放熱フィンを形成することができる。アルミニウム－黒鉛質複合体の一主面をフィン形状に加工することで、LED発光部材の放熱特性を改善すると共に、ネジ止め等が不要となり、部品数の低減及びLED発光部材の小型化が可能となる。また、アルミニウム－黒鉛質複合体は放射による放熱特性に優れるため、放熱フィンとしては好適な材料である。

[0039] LEDを基板材料に接合する方法は、一般に高熱伝導性接着剤やはんだ付け等が用いられている。熱伝導性の面からは、熱伝導率の低い絶縁層を介さずに基板材料に直接はんだ付けすることが好ましい。しかし、アルミニウム－黒鉛質複合体は、直接はんだ付けができないため、アルミニウム－黒鉛質複合体の表面にめっき層を形成する。めっき層の形成方法は特に限定されず、電気めっきや無電解めっきにて形成することができる。めっき材質はニッケル、銅、金、錫等が採用でき、これらの複合めっきも使用可能である、めっき厚に関しては、基材であるアルミニウム－黒鉛質複合体とめっき層の密着性及びはんだ濡れ性が確保できる範囲であれば、熱伝導の面からは極力薄い方が好ましく、一般的には1～5 μm である。

[0040] LED発光部材に搭載するLEDは、ベアチップでもパッケージ化された構造でもよい。又、アルミニウム－黒鉛質複合体の一主面又は両主面に金属

回路を形成した放熱部品とLEDの接触する部分は、電氣的絶縁処置がされていてもされていなくてもよい。

[0041] 図1に、非絶縁タイプのLEDチップを用いた場合の一実施の形態を示す。アルミニウム－黒鉛質複合体1の一主面に絶縁層4を介して金属回路3を形成し、金属回路面、又はアルミニウム－黒鉛質複合体に直接ろう付け法等により、LED2を配置する構造である。

[0042] アルミニウム－黒鉛質複合体1の一主面又は両主面に形成される絶縁層4は、耐熱性樹脂と無機フィラーを主成分とする硬化性樹脂組成物であり、しかも硬化後の熱伝導率が $1\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上であることが好ましい。耐熱樹脂としては、例えばエポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリアミド樹脂、アクリル樹脂等が使用できる。耐熱樹脂の使用割合は10～40容量%であり、10容量%未満では絶縁層組成物の粘度が上昇して作業性が低下し、一方、40容量%を超えると絶縁層の熱伝導性が低下して好ましくない。

[0043] 板状のアルミニウム－黒鉛質複合体1とLED2の材料の熱膨張係数の差が大きい場合は、熱サイクルによる接合部分の疲労を緩和するために、硬化後の樹脂組成物の貯蔵弾性率が、300Kで15000MPa以下であることが好ましい。この場合、硬化性樹脂組成物は、(1)エポキシ樹脂を主体とする樹脂、(2)ポリエーテル骨格を有し、主鎖の末端に1級アミノ基を有する硬化剤、及び、(3)無機フィラーを組み合わせることにより、応力緩和性、電気絶縁性、放熱性、耐熱性、耐湿性に優れた硬化物を提供することができる。エポキシ樹脂は、ビスフェノールF型エポキシ樹脂やビスフェノールA型エポキシ樹脂等の汎用のエポキシ樹脂を用いることができるが、ジシクロペンタジエン骨格を持つエポキシ樹脂、ナフタレン骨格を持つエポキシ樹脂、ビフェニル骨格を持つエポキシ樹脂及びノボラック骨格を持つエポキシ樹脂から選ばれた1種以上を、全エポキシ樹脂中10質量%以上含むと、応力緩和性と耐湿性のバランスが更に向上する。ノボラック骨格を持つ代表的なエポキシ樹脂には、フェノールノボラック型エポキシ樹脂やクレゾールノボラック型エポキシ樹脂があるが、ジシクロペンタジエン骨格、ナフ

タレン骨格又はビフェニル骨格とノボラック骨格を併せ持つエポキシ樹脂を用いることもできる。エポキシ樹脂として、上記の骨格を持つエポキシ樹脂を単独で使用してもかまわない。また、エポキシ樹脂を主体に他の樹脂として、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂等の熱硬化性樹脂やフェノキシ樹脂、アクリルゴム、アクリロニトリルブタジエン等の高分子量樹脂を配合してもよいが、応力緩和性、電気絶縁性、耐熱性、耐湿性のバランスを考慮すると、上記高分子量樹脂の配合量はエポキシ樹脂との合計量に対して30質量%以下であることが好ましい。

[0044] 硬化剤は、ポリエーテル骨格を有し、主鎖の末端に1級アミノ基を有する硬化剤を硬化後の樹脂組成物の貯蔵弾性率を下げるために使用する。他の硬化剤と併用することができる。芳香族アミン系硬化剤を併用すると、応力緩和性、電気絶縁性、耐湿性等のバランスを更に好適にすることができる。芳香族アミン系硬化剤としては、ジアミノジフェニルメタン、ジアミノジフェニルスルホン、メタフェニレンジアミン等が使用できる。フェノールノボラック樹脂等の硬化剤を更に併用することもできる。

[0045] 無機フィラーとしては、例えば酸化アルミニウム（アルミナ）、酸化ケイ素、酸化マグネシウム等の酸化物セラミックス、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素等の窒化物セラミックス及び炭化物セラミックス等があげられる。硬化性樹脂組成物中の無機フィラーの割合は、無機フィラー18～27容量%である。この範囲以外では樹脂組成物粘度の上昇、熱伝導率の低下があり好ましくない。無機フィラーは、最大粒子径100 μm 以下、最小粒子径0.05 μm 以上で球状粒子が好ましい。更に、粒子径5～50 μm の粒子を50～75質量%、粒子径0.2～1.5 μm の粒子を25～50質量%含むことがより好ましい。

[0046] 絶縁層組成物には、必要に応じてシラン系カップリング剤、チタネート系カップリング剤、安定剤、硬化促進剤等も用いることができる。金属回路3の材料としては、銅箔、アルミニウム箔、銅-アルミニウムクラッド箔、銅-ニッケルアルミニウムクラッド箔等があげられる。

[0047] アルミニウム－黒鉛質複合体 1 上に絶縁層 4 を介して金属回路 3 を形成する手法としては、例えば次のものが挙げられる。絶縁層 4 を構成する硬化性樹脂組成物スラリーをアルミニウム－黒鉛質複合体 1 にスクリーン印刷等の方法によりパターン印刷し、加熱して半硬化状態にした後、金属箔を張り合わせ、更に加熱してほぼ完全な硬化状態とする方法や、あらかじめ絶縁層 4 を半硬化状態のシート状に加工し、ホットプレス装置により金属箔とともに一体化させる方法である。金属回路 3 のパターン形成方法については特に制限はないが、あらかじめ金属箔上の所定箇所にレジストインクを塗布し、加熱あるいは UV 硬化させた後、塩化第二銅、過酸化水素水と硫酸の混合物等のエッチャントを利用して、エッチングにより形成することが好ましい。

[0048] 図 2 に、LED に絶縁タイプを用いた場合の一実施の形態を示す。図 2 は、板状のアルミニウム－黒鉛質複合体 1 の一主面に絶縁層 4 を介して金属回路 3 を形成し LED 2 の下部に層間接続突起 6 を介して層間で接続した構造を示す。

もしくは、図 3 に示したように、板状のアルミニウム－黒鉛質複合体 1 の一主面に活性金属ろう材層 7 を介して金属回路 3 を形成してなることを特徴とする放熱構造が好ましい。

[0049] 図 2 において、金属回路 3 の材料、絶縁層 4 の材料としては、図 1 と同様でかまわないが、層間接続突起 6 を介して層間で接続し層間接続構造とする方法として、板状のアルミニウム－黒鉛質複合体 1 上に層間接続突起 6 を形成する方法は、金属回路 3 と層間接続突起 6 とが導電接続可能な方法であれば何れでもよく、例えば金属のメッキにより形成する方法、導電性ペーストにより形成する方法などが挙げられる。この層間接続突起 6 を有した状態で上記絶縁層を形成させる手法としては、上記の絶縁層組成物をスラリー状にしたものを上記層間接続突起 6 の周囲及び上部にスクリーン印刷等の方法により、充填させ、加熱して半硬化状態にした後、これに金属箔を張り合わせ、さらなる加熱によりほぼ完全な硬化状態とした後、当該層間接続突起 6 の上部の金属回路 3 をエッチング等により除去し、絶縁層組成物をレーザー加

工等により除去する方法や、あらかじめ、絶縁層組成物を半硬化状態のシート状に加工し、ホットプレス装置により、金属箔とともに一体化させ、層間接続突起6に対応する位置に凸部を有し表面に金属層が形成された積層体とし、この積層体の凸部を除去して、層間接続突起6を露出させる等の手法がある。

実施例

[0050] (実施例1、2)

実施例1は、嵩密度 1.82 g/cm^3 の等方性黒鉛材料、実施例2は、別の種類の嵩密度 1.89 g/cm^3 の等方性黒鉛材料を、 $200\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 250\text{ mm}$ の直方体状に加工した後、当該黒鉛材料を黒鉛離型剤を塗布した板厚 12 mm の鉄板で挟み、 $M10$ のボルトで連結して積層体とした。得られた積層体は、電気炉で窒素雰囲気下、温度 650°C で1時間予備加熱した後、予め加熱しておいた内径 $\Phi 400\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ のプレス型内に収め、珪素を12質量%含有するアルミニウム合金の溶湯を注ぎ、 50 MPa の圧力で20分間加圧して、等方性黒鉛材料にアルミニウム合金を含浸させた。次に、室温まで冷却した後、湿式バンドソーでアルミニウム合金部分と鉄板部分を離型し $200\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 250\text{ mm}$ のアルミニウム-黒鉛質複合体を得た。得られた複合体は、含浸時の歪み除去の為、温度 500°C で2時間のアニール処理を行った。

[0051] 実施例1及び2で使用した等方性黒鉛材料から、研削加工により直交する3方向の熱膨張係数測定用試験体($4 \times 4 \times 20\text{ mm}$)及び熱伝導率測定用試験体($25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 1\text{ mm}$)を作製した。それぞれの試験体を用いて、温度 $25^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の熱膨張係数を熱膨張計(セイコー電子工業社製; TMA300)で、 25°C での熱伝導率をレーザーフラッシュ法(理学電機社製; LF/TCM-8510B)で測定した。その結果を表1に示す。等方性黒鉛材料の気孔率は、黒鉛の理論密度: 2.20 g/cm^3 を用いて、アルキメデス法で測定した嵩密度より算出した。

[0052]

[表1]

	嵩密度 (g/cm ³)	黒鉛の 気孔率(%)	熱伝導率(W/(m・K))		熱膨張係数(×10 ⁻⁶ /K)	
			平均値	最大/最小	平均値	最大/最小
実施例1	1.82	17	115	1.1	4.3	1.2
実施例2	1.89	14	155	1.1	3.8	1.1

注1: 熱伝導率と熱膨張係数の平均値は、直行する3方向の値の平均値

注2: 熱伝導率と熱膨張係数の最大/最小は、直行する3方向の最大値と最小値の比

[0053] 次に、得られたアルミニウム－黒鉛質複合体より、研削加工により直交する3方向の熱膨張係数測定用試験体（4 mm×4 mm×20 mm）、熱伝導率測定用試験体（25 mm×25 mm×1 mm）及び強度試験体（3 mm×4 mm×40 mm）を作製し、それぞれの試験体を用いて、温度25℃～150℃の熱膨張係数を熱膨張計（セイコー電子工業社製；TMA300）、25℃での熱伝導率をレーザーフラッシュ法（理学電機社製；LF/TCM-8510B）及び3点曲げ強度（JIS-R1601に準拠）を測定した。また、試験体の嵩密度をアルキメデス法で測定し、等方性黒鉛材料の気孔の含浸率を算出した。結果を表2に示す。

[0054]

[表2]

	実密度 (g/cm ³)	理論密度 (%)	相対密度 (%)	Al含浸率 (%)	複合体の 気孔率(%)	曲げ強度 (MPa)	熱伝導率(W/(m・K))		熱膨張係数(×10 ⁻⁶ /K)	
							平均値	最大/最小	平均値	最大/最小
実施例1	2.21	2.279	96.9	82	3.1	75	180	1.1	7.2	1.1
実施例2	2.15	2.264	95.0	64	5.0	77	193	1.1	4.7	1.1

注1:熱伝導率と熱膨張係数の平均値は、直行する3方向の値の平均値
 注2:熱伝導率と熱膨張係数の最大/最小は、直行する3方向の最大値と最小値の比

[0055] 次に、直方体形状のアルミニウム－黒鉛質複合体の200mm×200mmの面が切断面となるように、アルミニウム－黒鉛質複合体を固定し、マルチワイヤーソー（タカトリ社製；MWS－612SD）にて、表3の加工条件にて、線径：0.20mmの電着タイプのワイヤーを1.5mm間隔で配置して、切断加工を実施した。実施例1、2共に加工代は0.3mmであった。得られた板状のアルミニウム－黒鉛質複合体の板厚をノギスにて、切断

加工面の表面粗さ（ R_a ）を表面粗さ計にて測定した。その結果を表3に示す。

[0056] [表3]

	加工条件				複合体測定結果	
	砥粒		送り速度 (m/分)	切込速度 (m/分)	板厚 (mm)	R_a (μm)
	種類	平均粒子径				
実施例1	ダイヤモンド	50 μm	400	0.6	1.2	0.6
実施例2	ダイヤモンド	50 μm	400	0.6	1.2	0.6

[0057] (LED発光部材の製造例)

(1) エポキシ樹脂としてビスフェノールF型エポキシ樹脂（エピコート807：エポキシ当量＝173、油化シェルエポキシ株式会社製）100質量部、シランカップリング剤、 γ -グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン（AZ-6165：日本ユニカー株式会社製）5質量部、無機フィラーとして平均粒子径5.2 μm のアルミナ（AS-50：昭和電工株式会社製）300質量部、平均粒子径1.2 μm の球状アルミナ（AKP-15：住友化学株式会社製）200質量部を、万能混合攪拌機で混合し、これに硬化剤としてポリオキシプロピレンアミン（ジェファーマインD-400：テキサコケミカル社製）25質量部、ポリオキシプロピレンアミン（ジェファーマインD2000：テキサコケミカル社製）20質量部を配合、混合した。

(2) 上記混合物を得られた板状のアルミニウム－黒鉛質複合体上に硬化後の絶縁接着層の厚み100 μm になるように塗布し、Bステージ状態に予備硬化させ、ラミネーターで厚さ35 μm の電解銅箔を張り合わせ、その後80°C×2h+150°C×3hアフターキュアを行い絶縁接着層付き銅箔付き複合体を作製した。更に、銅箔をエッチングしてパッド部を有する所望の回路を形成して、アルミニウム－黒鉛質複合体回路基板とした。次に、特定の回路上に白色ソルダーレジスト（PSR4000-LEW1：太陽インキ社製）をスクリーンにて塗布後、UV硬化させた。さらに、電解銅箔露出部分上に非絶縁タイプのLEDチップ（1mm²）をAgペーストにて接着させ、図1に示す構造を得た。また、所望の個所の絶縁層露出部分をCO₂レーザーにより除去し、その部分上に絶縁タイプのLEDチップ（1mm²）をAgペ

ーストにて接着させ、図3に示す構造を得た。

[0058] (実施例3、4)

(LED発光部材の製造例)

(1) 実施例3は実施例1で得られた板状のアルミニウム－黒鉛質複合体を用い、実施例4は実施例2で得られた板状のアルミニウム－黒鉛質複合体上に、電解めっきにより35 μ m厚の銅層を複合体の片面全体に形成させた。所望の個所以外の銅層をエッチングにて除去することにより、銅バンプ付きアルミニウム－黒鉛質複合体を作成した。また一方で、エポキシ樹脂としてビスフェノールF型エポキシ樹脂（エピコート807：エポキシ当量＝173、油化シェルエポキシ株式会社製）100質量部、シランカップリング剤、 γ -グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン（AZ-6165：日本ユニカー株式会社製）5質量部、無機フィラーとして平均粒子径5 μ mのアルミナ（AS-50：昭和電工株式会社製）500質量部を、万能混合攪拌機で混合し、これに硬化剤としてポリオキシプロピレンアミン（ジェファーマインD-400：テキサコケミカル社製）45質量部を添加混合した。35 μ m厚の銅層上に厚みが100 μ mになるように塗布し、Bステージ状態として樹脂付き銅箔を作製した。

(2) 前記の銅バンプ付きアルミニウム－黒鉛質複合体と樹脂付き銅箔を積層して、180℃にて加熱プレスを行い一体化した。銅バンプ上に凸状態となった個所の銅箔をエッチングにて除去し、さらに絶縁層（Bステージシートの硬化部分）をCO₂レーザーにより除去して、図2に示す銅バンプ付きアルミニウム－黒鉛質複合体回路基板とした。次に、特定の回路上に白色ソルダーレジスト（PSR4000-LW1：太陽インキ社製）をスクリーンにて塗布後、UV硬化させた。#200の研磨紙にて、上述の銅バンプ上の回路面から絶縁層の残留物を除去し、#800の研磨紙にて表面を平滑に仕上げた。この表面上に絶縁タイプのLEDチップ（1mm²）をAgペーストにて接着させ、図2に示す構造を得た。

[0059] (実施例5、6)

(LED発光部材の製造例)

実施例5では実施例1で得られた板状のアルミニウム－黒鉛質複合体を用い、一方、実施例6では実施例2で得られた板状のアルミニウム－黒鉛質複合体を用いて、これに0.4mm厚のAl回路と、95%Al－4%Cu－1%Mgの組成、厚み0.3mmの合金からなる接合材とを1セットとし、これらをスペーサーを介して10セット重ねて積層した。これを炉外から油圧式の一軸加圧装置でカーボン製の押し棒を介してアルミニウム－黒鉛質複合体からなる基板面と垂直方向に500MPaの圧力で加圧しながら 4×10^{-3} Paの真空中（バッチ炉）610℃にて10分間加熱を行って接合し、アルミニウム－黒鉛質複合体回路基板を10枚製造した。次に、特定の回路上に白色ソルダーレジスト（PSR4000－LEW1：太陽インキ社製）をスクリーンにて塗布後、UV硬化させた。さらに、Al回路上に絶縁タイプのLEDチップ（1mm²）をAgペーストにて接着させ、図1に示す構造を得た。

[0060]（実施例7～13、比較例1）

表4に示す各種等方性黒鉛材料（実施例7～13）及び押し出し黒鉛材料（比較例1）（200mm×200mm×250mm）を使用したこと以外は、実施例1と同様にして、アルミニウム－黒鉛質複合体を作製した。得られたアルミニウム－黒鉛質複合体は、実施例1と同様にして特性評価を実施した。結果を表5に示す。

[0061] [表4]

	嵩密度 (g/cm ³)	黒鉛の 気孔率(%)	熱伝導率(W/(m・K))		熱膨張係数(×10 ⁻⁶ /K)	
			平均値	最大/最小	平均値	最大/最小
実施例7	1.66	25	80	1.0	3.1	1.1
実施例8	1.98	10	105	1.2	3.9	1.0
実施例9	1.79	19	100	1.0	3.4	1.1
実施例10	1.69	23	100	1.2	4.2	1.1
実施例11	1.82	17	200	1.1	2.5	1.3
実施例12	1.87	15	135	1.1	4.3	1.0
実施例13	1.75	20	115	1.0	3.8	1.0
比較例1	1.75	20	160	1.8	4.6	1.8

注1：熱伝導率と熱膨張係数の平均値は、直行する3方向の値の平均値

注2：熱伝導率と熱膨張係数の最大／最小は、直行する3方向の最大値と最小値の比

[0062]

[表5]

	嵩密度 (g/cm ³)	理論密度	相対密度 (%)	Al含浸率 (%)	複合体の 気孔率(%)	曲げ強度 (MPa)	熱伝導率 (W/(m・K))			熱膨張係数 (×10 ⁻⁶ /K)		
							平均値	最大/最小	平均値	最大/最小	平均値	最大/最小
実施例7	2.10	2.312	91.0	63	9.0	64	180	1.1	6.5	1.1	6.5	1.0
実施例8	2.16	2.246	96.1	61	3.9	85	170	1.1	6.1	1.1	6.1	1.1
実施例9	2.10	2.284	91.7	55	8.3	70	165	1.0	5.5	1.0	5.5	1.0
実施例10	2.24	2.307	97.0	87	3.0	80	195	1.1	7.7	1.1	7.7	1.1
実施例11	2.15	2.279	94.4	67	5.6	55	250	1.0	5.2	1.0	5.2	1.1
実施例12	2.17	2.269	95.6	71	4.4	92	190	1.1	7.4	1.1	7.4	1.0
実施例13	2.13	2.293	92.7	64	7.3	75	150	1.0	7.0	1.0	7.0	1.0
比較例1	2.25	2.293	98.0	90	2.0	25	260	1.7	8.2	1.7	8.2	1.6

注1:熱伝導率と熱膨張係数の平均値は、直行する3方向の値の平均値

注2:熱伝導率と熱膨張係数の最大/最小は、直行する3方向の最大値と最小値の比

[0063] (実施例14～17、比較例2)

実施例1と同様にして積層体を作製した後、表6に示す条件以外は実施例1と同様にして、等方性黒鉛材料にアルミニウム合金を含浸させ、アルミニウム-黒鉛質複合体を作製した。得られた複合体は、含浸時の歪み除去の為

、温度 500℃で2時間のアニール処理を行った後、実施例1と同様の手法にて評価を実施した。結果を表7に示す。

[0064] [表6]

	アルミニウム合金 (MPa)	含浸圧力 (MPa)
実施例14	Al-12%Si	30
実施例15	Al-12%Si	100
実施例16	Al-3%Si	50
実施例17	Al-20%Si	50
比較例2	Al-12%Si	3

[0065]

[表7]

	嵩密度 (g/cm^3)	理論密度	相対密度 (%)	Al含浸率 (%)	複合体の 気孔率(%)	曲げ強度 (MPa)	熱伝導率 ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)		熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/\text{K}$)	
							平均値	最大/最小	平均値	最大/最小
実施例14	2.17	2.279	95.2	72	4.8	72	173	1.1	6.7	1.0
実施例15	2.21	2.279	97.0	83	3.0	80	180	1.1	7.4	1.0
実施例16	2.21	2.284	96.7	81	3.3	80	170	1.1	7.4	1.1
実施例17	2.19	2.274	96.3	79	3.7	83	170	1.1	6.7	1.0
比較例2	2.07	2.279	90.8	47	9.2	55	140	1.1	6.0	1.1

注1:熱伝導率と熱膨張係数の平均値は、直行する3方向の値の平均値

注2:熱伝導率と熱膨張係数の最大/最小は、直行する3方向の最大値と最小値の比

[0066] (実施例18～32、比較例3～5)

実施例1にて作製した200mm×200mm×250mm形状のアルミニウム-黒鉛質複合体を200mm×200mmの面が切断面となるように固定し、マルチワイヤーソー（タカトリ社製；MWS-612SD）にて、表8の加工条件にて、切断加工を実施した。得られた板状のアルミニウム-

黒鉛質複合体の板厚及び表面粗さ（ R_a ）を表 9 に示す。尚、比較例 3 は、切断加工時にワイヤー切れが頻発し、板状のアルミニウム－黒鉛質複合体を得ることができなかった。

[0067] [表8]

	砥粒		送り速度 (m/分)	切込速度 (m/分)	線径 (mm)	ワイヤー間隔 (μm)	板厚 (mm)	表面粗さ(R_a) (μm)
	種類	平均粒子径						
実施例 18	ダイヤモンド	50 μm	700	0.5	0.2	1.5	1.2	0.6
実施例 19	ダイヤモンド	50 μm	100	0.5	0.2	1.5	1.2	1.1
実施例 20	ダイヤモンド	50 μm	400	2.0	0.2	1.5	1.2	2.2
実施例 21	ダイヤモンド	50 μm	400	0.1	0.2	1.5	1.2	0.3
実施例 22	ダイヤモンド	50 μm	400	1.0	0.2	1.5	1.2	1.1
実施例 23	ダイヤモンド	50 μm	200	0.1	0.2	1.5	1.2	0.5
実施例 24	ダイヤモンド	50 μm	400	0.5	0.1	1.5	1.3	0.4
実施例 25	ダイヤモンド	50 μm	400	0.5	0.3	2.0	1.4	0.7
実施例 26	ダイヤモンド	50 μm	400	0.5	0.2	0.8	0.5	0.7
実施例 27	ダイヤモンド	50 μm	400	0.5	0.2	3.3	3.0	0.6
実施例 28	ダイヤモンド	100 μm	400	0.5	0.2	1.5	1.2	1.0
実施例 29	ダイヤモンド	10 μm	400	0.5	0.2	1.5	1.2	0.4
実施例 30	C-BN	50 μm	400	0.5	0.2	1.5	1.2	0.8
実施例 31	炭化珪素	50 μm	400	0.5	0.2	1.5	1.2	0.7
実施例 32	アルミナ	50 μm	400	0.5	0.2	1.5	1.2	0.7
比較例 3	ダイヤモンド	2 μm	400	0.1	0.2	1.5	—	—
比較例 4	ダイヤモンド	200 μm	1000	2.0	0.3	2.0	0.7	3.6
比較例 5	ダイヤモンド	200 μm	700	2.0	0.3	2.0	0.8	3.3

[0068] (実施例 3 3、3 4)

実施例 1 の板状のアルミニウム－黒鉛質複合体（200mm×200mm×1.6mm）を、水にて超音波洗浄した後、膜厚：3 μm の無電解 Ni—P めっき処理をおこなった。実施例 3 3 は、無電解 Ni—P めっき後に、膜厚：1 μm の無電解 Ni—B めっきを行い、実施例 3 4 は、無電解 Ni—P めっき後に、膜厚：1 μm の無電解 Au めっきを行い、アルミニウム－黒鉛質複合体の表面にめっき層を形成した。得られためっき品は、肉眼で確認されるピンホールはなく良好であった。また、めっき面にフラックスを塗布した後、鉛／錫の共晶はんだに浸漬した。めっき面は、99%以上がはんだで濡れていた。

[0069] 実施例 1 と同様の手法で、絶縁されていない LED チップに対して、図 1 に示す構造を得た。また、絶縁されている LED チップ（1mm²）を Ag ペーストにて接着させ、図 3 に示すような構造を得た。更に、実施例 3 と同様の手法で、絶縁されている LED チップ（1mm²）を Ag ペーストにて接着させ、図 2 に示す構造を得た。

請求の範囲

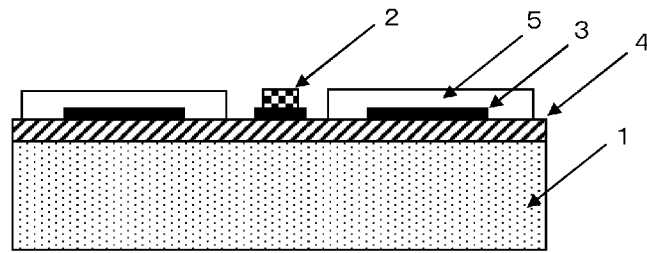
- [請求項1] 珪素3～20質量%含有のアルミニウム合金を黒鉛材料に含浸させてなり、温度25℃～150℃の熱膨張係数が $4 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6} / \text{K}$ 、温度25℃の熱伝導率が $150 \sim 300 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 、表面粗さ(Ra)が $0.1 \sim 3 \mu\text{m}$ 、3点曲げ強度が $50 \sim 150 \text{ MPa}$ であることを特徴とするアルミニウム－黒鉛質複合体。
- [請求項2] 黒鉛材料が、温度25℃の熱伝導率が $100 \sim 200 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ であり、温度25℃～150℃の熱膨張係数が $2 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6} / \text{K}$ であり、気孔率が10～25体積%であり、各辺の長さが100～500mmの直方体形状であり、コークス系黒鉛を原料とする等方性黒鉛材料であることを特徴とする請求項1記載のアルミニウム－黒鉛質複合体。
- [請求項3] 取り付け用の穴を有してなることを特徴とする請求項1又は2に記載のアルミニウム－黒鉛質複合体。
- [請求項4] 表面にめっき層を有してなることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のアルミニウム－黒鉛質複合体。
- [請求項5] 気孔率が10～25体積%である板状の黒鉛材料の1又は2以上を金属製の治具で保持されてなる積層体を容器内に配置してから、珪素3～20質量%含有のアルミニウム合金の溶湯を入れ、加圧して黒鉛材料の気孔にアルミニウム合金を含浸させるに際し、その加圧力を3MPaより大きな圧力で加圧し、黒鉛材料の上記気孔の55体積%以上、90体積%未満に加圧含浸した後、容器から取り出し、マルチワイヤーソーで加工することを特徴とする請求項1又は2記載のアルミニウム－黒鉛質複合体の製造方法。
- [請求項6] 加圧力を3MPaより大きな圧力で加圧し、アルミニウム－黒鉛質複合体の気孔率を3～9体積%とすることを特徴とする請求項5記載のアルミニウム－黒鉛質複合体の製造方法。
- [請求項7] マルチワイヤーソーの加工条件を、平均粒子径が $10 \sim 100 \mu\text{m}$

のダイヤモンド、C-BN、炭化珪素、アルミナから選ばれる1種以上の砥粒を接合してなる、線径が0.1～0.3mmのワイヤーを用いて、ワイヤー送り速度が100～700m/分で且つ切り込み速度が0.1～2mm/分、とすることを特徴とする請求項6記載のアルミニウム-黒鉛質複合体の製造方法。

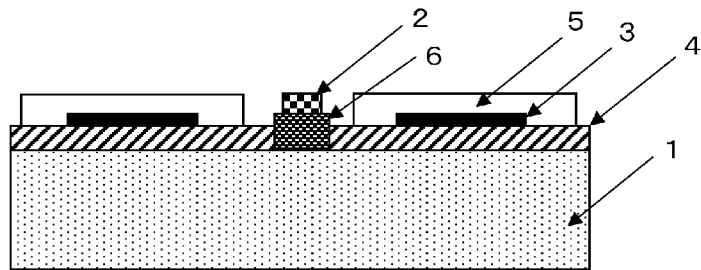
[請求項8] 請求項1～4に記載されたいずれかのアルミニウム-黒鉛質複合体の少なくとも1つの面に金属回路を形成してなることを特徴とする放熱部品。

[請求項9] 請求項8記載の放熱部品に、LEDベアチップ及び／又はLEDパッケージが搭載されてなることを特徴とするLED発光部材。

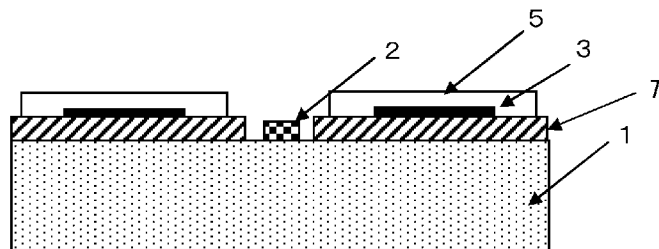
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/059071

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C04B41/88 (2006.01) i, H01L23/373 (2006.01) i, H01L33/64 (2010.01) 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)

C04B41/88, H01L23/373, H01L33/64

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 2001-058255 A (Advanced Materials International Co., Ltd.), 06 March 2001 (06.03.2001), claims 1 to 4, 7, 8; paragraphs [0011], [0018] to [0022], [0024]; example 1; fig. 4	1-9
Y	JP 2001-339022 A (NGK Insulators, Ltd.), 07 December 2001 (07.12.2001), claims 1 to 3, 21, 44; paragraphs [0030], [0041], [0179]; fig. 19 to 22	1-9
Y	JP 05-337630 A (Tokai Carbon Co., Ltd.), 21 December 1993 (21.12.1993), claims 1, 2; paragraph [0002]	2-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 June, 2010 (22.06.10)

Date of mailing of the international search report
06 July, 2010 (06.07.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/059071

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-002470 A (Hitachi Metals, Ltd.), 06 January 2005 (06.01.2005), paragraphs [0008], [0009], [0066] to [0071]; fig. 3, 10, 11	3, 4, 8, 9
Y	JP 2000-158318 A (Fujikoshi Machinery Corp.), 13 June 2000 (13.06.2000), claims 1, 2	5-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2010/059071

JP 2001-058255 A	2001.03.06	US 6649265 B1 EP 1055650 A1 WO 2000/027776 A1 KR 10-2001-49523 A
JP 2001-339022 A	2001.12.07	US 6933531 B1 EP 1160860 A1 WO 2001/048816 A1 CN 1345467 A
JP 05-337630 A	1993.12.21	DE 4318193 A1
JP 2005-002470 A	2005.01.06	US 2004/241447 A1 US 2007/132127 A1 US 2008/38535 A1 EP 1477467 A1
JP 2000-158318 A	2000.06.13	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C04B41/88(2006.01)i, H01L23/373(2006.01)i, H01L33/64(2010.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C04B41/88, H01L23/373, H01L33/64

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 2001-058255 A（株式会社先端材料）2001.03.06, 請求項 1-4, 7, 8, 【0011】、【0018】 - 【0022】、【0024】、実施例 1、図 4	1-9
Y	JP 2001-339022 A（日本碍子株式会社）2001.12.07, 請求項 1-3, 21, 44, 【0030】、【0041】、【0179】、図 19-22	1-9
Y	JP 05-337630 A（東海カーボン株式会社）1993.12.21, 請求項 1, 2, 【0002】	2-9

☒ 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

2 2 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 6 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

正 知晃

4 T

3 6 4 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 5

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
Y	JP 2005-002470 A (日立金属株式会社) 2005. 01. 06, 【0008】、【0009】、 【0066】 - 【0071】、図 3, 10, 11	3, 4, 8, 9
Y	JP 2000-158318 A (不二越機械工業株式会社) 2000. 06. 13, 請求項 1, 2	5-7

JP 2001-058255 A	2001. 03. 06	US 6649265 B1 EP 1055650 A1 WO 2000/027776 A1 KR 10-2001-49523 A
JP 2001-339022 A	2001. 12. 07	US 6933531 B1 EP 1160860 A1 WO 2001/048816 A1 CN 1345467 A
JP 05-337630 A	1993. 12. 21	DE 4318193 A1
JP 2005-002470 A	2005. 01. 06	US 2004/241447 A1 US 2007/132127 A1 US 2008/38535 A1 EP 1477467 A1
JP 2000-158318 A	2000. 06. 13	ファミリーなし