(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
2012 年 11 月 1 日(01.11.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/147610 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 23/373 (2006.01) *H01L 23/12* (2006.01)
B32B 9/00 (2006.01) *H01L 23/14* (2006.01)
C22C 26/00 (2006.01) *H01L 23/36* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/060585

(22) 国際出願日: 2012 年 4 月 19 日(19.04.2012)

(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 2011-100937 2011 年 4 月 28 日(28.04.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社アライドマテリアル(A.L.M.T. CORP.) [JP/JP]; 〒1050014 東京都港区芝一丁目１１番１１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): 福井 彰 (FUKUI, Akira) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀一丁目４番１６号 株式会社アライドマテリアル内 Osaka (JP). 藤本 正雄(FUJIMOTO, Masao) [JP/JP]; 〒9318543 富山県富山市岩瀬古志町２番地 株式会社アライドテック内 Toyama (JP). 武田 良宏 (TAKEDA, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀一丁目４番１６号 株式会社アライドマテリアル内 Osaka (JP). 柴戸 政宏 (SHIBATO, Masahiro) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀一丁目４番１６号 株式会社アライドマテリアル内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (Fukami Patent Office, p.c.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目２番７号 中之島セントラルタワー Osaka (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, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

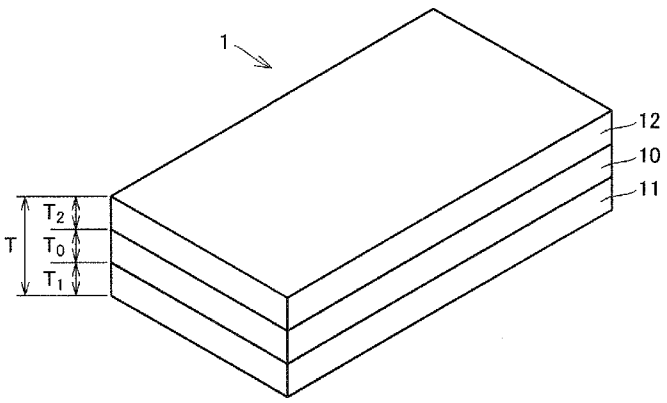
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

(54) **Title**: HEAT DISSIPATING SUBSTRATE

(54) 発明の名称 : 放熱基板

[図1]



(57) **Abstract**: A heat dissipating substrate (1) comprises a first metal-diamond composite layer (11), a second metal-diamond composite layer (12), and a core material layer (10) disposed between the first metal-diamond composite layer (11) and the second metal-diamond composite layer (12). The first metal-diamond composite layer (11) and second metal-diamond composite layer (12) each have a diamond content of less than 50% by volume. The core layer (10) has a coefficient of thermal expansion in a direction parallel to a main surface of 4.5×10^{-6} K^{-1} - 13×10^{-6} K^{-1} and a thermal conductivity of 140 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ or greater in the direction of thickness. Thus, a low-cost heat dissipating substrate having a coefficient of thermal expansion and high thermal conductivity suitable for mounting or holding a semiconductor element is provided.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/147610 A1

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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

本放熱基板（１）は、第１の金属ダイヤモンド複合層（１１）と、第２の金属ダイヤモンド複合層（１２）と、第１の金属ダイヤモンド複合層（１１）と第２の金属ダイヤモンド複合層（１２）との間に配置された芯材層（１０）と、を含み、第１の金属ダイヤモンド複合層（１１）および第２の金属ダイヤモンド複合層（１２）は、それぞれのダイヤモンド含有率が５０体積%未満であり、芯材層（１０）は、主面に平行な方向の熱膨張係数が４．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以上１３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以下で、厚さ方向の熱伝導率が１４０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$以上である。これにより、半導体素子を搭載または保持するために適した熱膨張係数と高い熱伝導率とを有する低価格の放熱基板が提供される。

明　細　書

発明の名称 ： 放熱基板

技術分野

[0001] 本発明は、半導体素子を搭載または保持するために適した熱膨張係数と高い熱伝導率とを有する低価格の放熱基板に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体素子を搭載または保持するための基板として、高密度に集積された半導体素子に蓄積する熱を効率的に放出するための放熱基板が多く提案されている。

[0003] たとえば、特開平１０－１２７６７号公報（特許文献１）は、第１層としてＣｕと、第２層としてＭｏまたはＣｕ－Ｍｏ複合材と、第３層としてＣｕとがこの順に積層され、第１層と第２層との界面および第２層と第３層との界面にＡｇ層を有する積層構造放熱基板を開示する。

[0004] また、特開平０６－２６８１１７号公報（特許文献２）は、Ｗ－Ｃｕ合金およびＭｏ－Ｃｕ合金からなる群より選ばれた少なくとも一種の金属材料からなる第１の部材と、その第１の部材の一方と他方の主表面に接合されかつＣｕからなる第２の部材とを備える放熱基板を開示する。

[0005] また、ＷＯ２００３／０４０４２０号公報（特許文献３）は、ダイヤモンド粒子を焼結体全体に対して６０体積以上９０体積％以下含有し、残部が実質的にＣｕからなる高熱伝導性ダイヤモンド焼結体を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平１０－１２７６７号公報

特許文献2：特開平０６－２６８１１７号公報

特許文献3：ＷＯ２００３／０４０４２０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特開平１０－１２７６７号公報（特許文献１）および特開平０６－２６８１１７号公報（特許文献２）において開示される放熱基板は、半導体素子を搭載または保持するのに適した熱膨張係数を有しているが、熱伝導率が必ずしも高くならないという問題点があった。

[0008] また、ＷＯ２００３／０４０４２０号公報（特許公報３）において開示される高熱伝導性ダイヤモンド焼結体は、半導体素子を搭載または保持するのに適した熱膨張係数を有しかつ高い熱伝導率を有するが、焼結体のダイヤモンドの含有率が６０体積％以上と高いことから、製造方法の制約から、製造コストが極めて高いという問題点があった。

[0009] 本発明は、上記の問題点を解決して、半導体素子を搭載または保持するために適した熱膨張係数と高い熱伝導率とを有する低価格の放熱基板を提供することを目的とする。

[0010] 上記問題点を解決するために、本発明者らは、ダイヤモンド含有率が５０体積％未満の金属ダイヤモンド複合材を用いることにより熱伝導率が高い放熱基板を低価格で製造できることを見出し、さらに、かかる金属ダイヤモンド複合材を他の材料の芯材と積層させることにより熱膨張係数を調節することにより、本発明を完成させた。すなわち、本発明の技術的手段は以下の通りである。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明は、ある局面に従えば、第１の金属ダイヤモンド複合層と、第２の金属ダイヤモンド複合層と、第１の金属ダイヤモンド複合層と第２の金属ダイヤモンド複合層との間に配置された芯材層と、を含む放熱基板であって、第１の金属ダイヤモンド複合層および第２の金属ダイヤモンド複合層は、それぞれのダイヤモンド含有率が５０体積％未満であり、芯材層は、主面に平行な方向の熱膨張係数が４．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以上１３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以下で、厚さ方向の熱伝導率が１４０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$以上である放熱基板である。

[0012] 本発明にかかる放熱基板において、放熱基板の全体は、主面に平行な方向の熱膨張係数を７×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以上１３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以下とし、厚さ方向の熱伝

導率を４００Ｗ・m^{-1}・K^{-1}以上とすることができる。また、放熱基板の全体は、厚さを５００μｍ以上１００００μｍ以下とすることができる。また、芯材層は、厚さを５０μｍ以上４０００μｍ以下とすることができる。また、芯材層は、Ｍｏを含むことができる。また、第１の金属ダイヤモンド複合層および第２の金属ダイヤモンド複合層に含まれるダイヤモンド粒子の粒径を２０μｍ以上２５０μｍ以下とすることができる。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、半導体素子を搭載または保持するために適した熱膨張係数と高い熱伝導率とを有する低価格の放熱基板を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明にかかる放熱基板の一例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0015] ［放熱基板］

図１を参照して、本発明の一実施形態である放熱基板１は、第１の金属ダイヤモンド複合層１１と、第２の金属ダイヤモンド複合層１２と、第１の金属ダイヤモンド複合層１１と第２の金属ダイヤモンド複合層１２との間に配置された芯材層１０と、を含み、第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２は、それぞれのダイヤモンド含有率が５０体積％未満であり、芯材層１０は、主面に平行な方向の熱膨張係数が４．５×$10^{-6}K^{-1}$以上１３×$10^{-6}K^{-1}$以下で、厚さ方向の熱伝導率が１４０Ｗ・m^{-1}・K^{-1}以上である。

[0016] 本実施形態の放熱基板１は、ダイヤモンド含有率がいずれも５０体積％未満である第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２を含むため、製造コストが低く、４００Ｗ・m^{-1}・K^{-1}以上の高い熱伝導率を有する。また、本実施形態の放熱基板１は、主面に平行な方向の熱膨張係数が４．５×$10^{-6}K^{-1}$以上１３×$10^{-6}K^{-1}$以下で厚さ方向の熱伝導率が１４０Ｗ・m^{-1}・K^{-1}以上である芯材層１０を含むため、半導体素子の熱膨張係数と同一または近似の熱膨張係数を有するため、半導体素子の搭載ま

たは保持に適する。

[0017] 本実施形態の放熱基板１の全体は、その主面に平行な方向の熱膨張係数が７×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以上１３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以下で、その厚さ方向の熱伝導率が４００Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$以上であることが好ましい。なお、本実施形態の放熱基板１の全体の厚さ方向の熱伝導率の上限は、現在のところ、６００Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$程度である。ここで、放熱基板１の全体の熱膨張係数および熱伝導率とは、放熱基板１の全体を一体とした時の熱膨張係数および熱伝導率を意味する。かかる範囲内の熱膨張係数および熱膨張係数を有する放熱基板１は、半導体素子の熱膨張係数と同一または近似の熱膨張係数を有し、また高い熱伝導率を有するため、半導体素子の搭載または保持するための放熱基板として極めて好適である。

[0018] 本実施形態の放熱基板１の全体は、その厚さＴが５００μｍ以上１００００μｍ以下であることが好ましい。放熱基板１の全体について、その厚さＴが５００μｍより薄いと放熱性能が低下し、その厚さＴが１００００μより厚いと半導体素子を高密度に搭載または保持することが困難となり実装用基板として適さない。

[0019] （芯材層）

本実施形態の放熱基板１の芯材層１０は、第１の金属ダイヤモンド複合層１１と第２の金属ダイヤモンド複合層１２との間に配置されている。第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２は、それらの熱伝導率は高いが、それらの熱膨張係数は半導体素子の熱膨張係数に比べて大きいため、それらのみでは半導体素子の搭載または保持するのに適さない。このため、芯材層１０は、放熱基板１の全体の熱膨張係数を、半導体素子の熱膨張係数と同一または近似にするために必要とされる。

[0020] 上記の観点から、芯材層１０は、主面に平行な方向の熱膨張係数が４．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以上１３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以下で、厚さ方向の熱伝導率が１４０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$以上であることが必要である。なお、芯材層１０の厚さ方向の熱伝導率の上限は、現在のところ、２５０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$程度である。

[0021] 芯材層１０は、上記の熱膨張係数および熱伝導率を有するものであれば特に制限はなく、一つの層からなる単層であってもよく、複数の層からなる複層であってもよい。また、単層においては、単一の化学種からなる単体層であってもよく、複数の化学種からなる複合層であってもよい。ここで、単体層としては、Ｍｏ層、W層、ＡｌＮ層、Si_3N_4層などが好適に挙げられる。複合層としては、ＣｕW層、ＣｕＭｏ層などが好適に挙げられる。また、複層としては、Ｍｏ／Ｘ／Ｍｏ層（Ｘは、Ｃｕ、Ａｇ、Ｃｕダイヤモンドおよびダイヤモンドからなる群から選ばれる少なくとも１つ）、Ｍｏ／Ｘ／Ｍｏ／Ｘ／Ｍｏ層（Ｘは、Ｃｕ、Ａｇ、Ｃｕダイヤモンドおよびダイヤモンドからなる群から選ばれる少なくとも１つ）などが好適に挙げられる。なお、ＡｌＮ層、Si_3N_4層などの絶縁性のある芯材層１０を用いた場合は、放熱基板１の厚さ方向に絶縁性を付与することができる。

[0022] また、芯材層１０は、上記の熱膨張係数および熱伝導率を有するものであれば特に制限はないが、Ｍｏを含むものが好ましく、具体的には、Ｍｏ層、ＣｕＭｏ層、Ｍｏ／Ｘ／Ｍｏ層（Ｘは、Ｃｕ、Ａｇ、Ｃｕダイヤモンドおよびダイヤモンドからなる群から選ばれる少なくとも１つ）、Ｍｏ／Ｘ／Ｍｏ／Ｘ／Ｍｏ層（Ｘは、Ｃｕ、Ａｇ、Ｃｕダイヤモンドおよびダイヤモンドからなる群から選ばれる少なくとも１つ）などがより好ましい。

[0023] さらに、芯材層１０には、その表面にメッキおよび蒸着の少なくとも１つの方法により形成された金属層が形成されていてもよい。かかる金属層には、Ｎｉ層、Ｃｕ層、Ａｇ層、Ａｕ層、またはこれらの層が積層された層などが好適に挙げられる。

[0024] また、芯材層１０の厚さT_0は、特に制限はないが、５０μｍ以上４０００μｍ以下が好ましく、２５０μｍ以上１０００μｍ以下がより好ましい。芯材層１０の厚さT_0が５０μｍより小さいと、放熱基板１の全体の主面に平行な方向の熱膨張係数を７×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以上１３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以下とすることが難しく、芯材層１０の厚さT_0が４０００μｍより大きいと、放熱基板１の全体の厚さ方向の熱膨張係数を４００Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$以上に大きくすることが難し

くなる。

[0025] （第１および第２の金属ダイヤモンド複合層）

本実施形態の放熱基板１において、第１の金属ダイヤモンド複合層１１は芯材層１０の一方の主面側に配置され、第２の金属ダイヤモンド複合層１２は芯材層１０の他方の主面側に配置されている。このため、熱伝導率が高い放熱基板１が得られる。第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２は、パンチングによる打ち抜き加工を可能とする観点および製造コストを低減する観点から、それぞれのダイヤモンド含有率が、５０体積％未満であり、４０体積％以下が好ましい。また、第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２は、それぞれのダイヤモンド含有率を１０体積％以上とすることにより、それぞれの熱伝導率を４２０Ｗ・m^{-1}・K^{-1}以上に高くすることができる。また、第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２は、それぞれのダイヤモンド含有率が５０体積％未満であるため、それぞれの熱伝導率が７００Ｗ・m^{-1}・K^{-1}未満である。

[0026] ここで、上述のように本実施形態の放熱基板１における芯材層１０は、主面に平行な方向の熱膨張係数が４．５×１０$^{-6}$$K^{-1}$以上１３×１０$^{-6}$$K^{-1}$以下であり、半導体素子の熱膨張係数と同一または近似の熱膨張係数を有するため、半導体素子の搭載または保持に適したものであるが、厚さ方向の熱伝導率が１４０Ｗ・m^{-1}・K^{-1}以上であり放熱基板としてはより高い熱伝導率が望まれる。このため、かかる芯材層１０を第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２で挟むことにより、厚さ方向の熱伝導率が４００Ｗ・m^{-1}・K^{-1}以上と高く製造コストの低い放熱基板１が得られる。

[0027] 第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２は、金属とダイヤモンドとを含む複合体で形成されている層であり、たとえば、ダイヤモンド粒子が金属中に分散して存在する形態を有する。金属としては、特に制限はないが、熱伝導率が高い観点から、Ｃｕ、Ａｇ、Ａｌ

などが好適に用いられる。すなわち、Ｃｕダイヤモンド複合層、Ａｇダイヤモンド複合層、ＡＩダイヤモンド複合層などが好適に挙げられる。また、ダイヤモンド粒子の粒径は、特に制限はないが、作業性を高める観点から２０μｍ以上が好ましく、金属中での均一な分散性を高める観点から２５０μｍ以下が好ましい。

[0028] さらに、第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２には、それらの表面にメッキおよび蒸着の少なくとも１つの方法により形成された金属層が形成されていてもよい。かかる金属層には、Ｎｉ層、Ｃｕ層、Ａｇ層、Ａｕ層、またはこれらの層が積層された層などが好適に挙げられる。

[0029] 第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２は、低い製造コストで高熱伝導率の層を形成する観点から、それぞれのダイヤモンド含有率が５０体積％未満であることが必要である。特に、第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２を、コールドスプレー法などの各種スプレー法により形成する場合は、それぞれのダイヤモンド含有率は、１０体積％以上５０体積％未満であることが好ましく、１０体積％以上４０体積％以下であることがより好ましい。ダイヤモンド含有率が１０体積％より低いとスプレーが安定せず、ダイヤモンド含有率が５０体積％以上に高いとスプレーの際に金属ダイヤモンド複合層内に気泡が発生しやすい。

[0030] ここで、第１の金属ダイヤモンド複合層１１のダイヤモンド含有率および第２の金属ダイヤモンド複合層１２のダイヤモンド含有率は、同じであっても異なっていてもよい。

[0031] また、第１の金属ダイヤモンド複合層１１の厚さT_1および第２の金属ダイヤモンド複合層１２の厚さT_2は、同じであっても異なっていてもよい。

[0032] 放熱基板１においては、芯材層１０の種類および厚さT_0、第１の金属ダイヤモンド複合層１１のダイヤモンド含有率および厚さT_1、ならびに第２の金属ダイヤモンド複合層１２のダイヤモンド含有率および厚さT_2を変えること

によって、所望の熱膨張係数および熱伝導率を有する放熱基板１が得られる。

[0033] 放熱基板１は、一般的には、たとえば、第１の金属ダイヤモンド複合層１１のダイヤモンド含有率と第２の金属ダイヤモンド複合層１２のダイヤモンド含有率とを同じにし、かつ、第１の金属ダイヤモンド複合層１１の厚さT_1と第２の金属ダイヤモンド複合層１２の厚さT_2とを同じにすることにより、主面に平行な熱膨張係数を第１の金属ダイヤモンド複合層１１側と第２の金属ダイヤモンド複合層１２側とで同じにする。

[0034] 放熱基板１は、その使用目的に応じて、第１の金属ダイヤモンド複合層１１のダイヤモンド含有率と第２の金属ダイヤモンド複合層１２のダイヤモンド含有率とを異ならせ、または、第１の金属ダイヤモンド複合層１１の厚さT_1と第２の金属ダイヤモンド複合層１２の厚さT_2とを異ならせることにより、主面に平行な熱膨張係数を第１の金属ダイヤモンド複合層１１側と第２の金属ダイヤモンド複合層１２側とで異ならせてもよい。

[0035] また、第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２は、半導体素子の熱膨張係数と同一または近似の熱膨張係数と高い熱伝導率とを有する放熱基板１を形成する観点から、それぞれの主面に平行な方向の熱膨張係数が８．５×１０$^{-6}$K^{-1}以上１５×１０$^{-6}$K^{-1}以下で、それぞれの厚さ方向の熱伝導率が４２０W・m^{-1}・K^{-1}以上であることが好ましい。

[0036] ［放熱基板の製造方法］

図１を参照して、本実施形態の放熱基板を製造する方法は、特に制限はなく、たとえば、芯材層１０を準備する工程と、芯材層１０の一方の主面側に第１の金属ダイヤモンド複合層１１を形成し、芯材層１０の他方の主面側に第２の金属ダイヤモンド複合層１２を形成する工程を含むことができる。

[0037] {芯材層の準備工程}

準備される芯材層１０は、上記のとおりであり、ここでは繰り返さない。

[0038] {第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の形成工程}

形成される第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２は、上記のとおりであり、ここでは繰り返さない。

[0039] 第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２を形成する方法は、特に制限はなく、芯材層１０の一方の主面側に第１の金属ダイヤモンド複合層１１を直接形成し、芯材層１０の他方の主面側に第２の金属ダイヤモンド複合層１２を直接形成する直接的方法、予め第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２を準備し、芯材層１０の一方の主面側に第１の金属ダイヤモンド複合層１１を貼り合わせ、芯材層１０の他方の主面側に第２の金属ダイヤモンド複合層１２を貼り合わせる間接的方法、などがある。効率よく低い製造コストで第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２を形成する観点から、直接的方法が好ましい。

[0040] （直接的方法）

直接的方法としては、コールドスプレー法、ＨＶＡＦ（Ｈｉｇｈ Ｖｅｌｏｃｉｔｙ Ａｅｒｏ Ｆｕｅｌ）法、ＡＤ（Ａｅｒｏｓｏｌ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法などのスプレー法が挙げられる。

[0041] かかるスプレー法においては、特に制限はないが、たとえば、スプレー用の金属ダイヤモンド組成物を準備するサブ工程と、芯材層の両方の主面側に金属ダイヤモンド組成物をスプレーすることにより放熱基板を得るサブ工程と、を含む。

[0042] （スプレー用の金属ダイヤモンド組成物を準備するサブ工程）

まず、スプレー用の金属ダイヤモンド組成物を準備する。準備される金属ダイヤモンド組成物は、ダイヤモンド粒子の表面に金属膜が被覆されて形成された金属被覆ダイヤモンド粒子の粉末であり、必要に応じて、金属粒子粉末が添加される。ここで、金属膜としては、特に制限はないが、熱伝導率が高い観点から、Ｃｕ膜、Ａｇ膜、ＡＩ膜などが好適に挙げられる。添加される金属粒子粉末は、特に制限はないが、熱伝導率が高い観点から、Ｃｕ粒子粉末、Ａｇ粒子粉末、ＡＩ粒子粉末などが好適に挙げられる。

[0043] 金属ダイヤモンド組成物のダイヤモンド含有率は、１０体積％以上５０体積％未満が好ましく、１０体積％以上４０体積％以下がより好ましい。ダイヤモンド含有率が１０体積％より低いとスプレーが安定せず、ダイヤモンド含有率が５０体積％以上に高いとスプレーの際に金属ダイヤモンド複合層内に気泡が発生しやすい。

[0044] ダイヤモンド粒子の粒子径は、特に制限はないが、２０μｍ以上２５０μｍ以下が好ましい。ダイヤモンド粒子の粒子径が２０μｍより小さいとスプレーの供給が安定せず、粒子径が２５０μｍより大きいとスプレーの際に気泡が発生しやすい。また、ダイヤモンド粒子に被覆される金属膜の厚さは、特に制限はないが、１μｍ以上３０μｍ以下が好ましい。金属膜の厚さが１μｍより小さいとスプレー時の粒子間の密着が不十分になるおそれがあり、金属膜の厚さが３０μｍより大きい金属被覆ダイヤモンド粒子を製造することは困難である。したがって、金属被覆ダイヤモンド粒子の粒子径は、特に制限はないが、上記の理由から、２１μｍ以上２８０μｍ以下が好ましい。

[0045] また、金属被覆ダイヤモンド粒子には、ダイヤモンド粒子と金属膜との間に別の金属の膜（中間金属膜）が介在していてもよい。かかる中間金属膜は、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉおよびこれらを含む化合物からなる群から選ばれる少なくとも１つを含むことが好ましい。中間金属膜の厚さは、特に制限はないが、０．５μｍ以上１．０μｍ以下が好ましい。中間金属膜の厚さが０．５μｍより小さいと金属膜とダイヤモンド粒子との間の熱伝導が低下するおそれがあり、中間金属膜の厚さが１．０μｍより大きいと中間金属膜自体が熱伝導率を低下させるおそれがあり、いずれの場合も金属ダイヤモンド複合層の熱伝導率を低下させるおそれがある。

[0046] 金属被覆ダイヤモンド粒子において、ダイヤモンド粒子の表面上に金属膜、または中間金属膜および金属膜を形成する方法は、特に制限はなく、メッキ法、金属箔の接合法、ＣＶＤ（化学気相堆積）法、プラズマＣＶＤ法、ＭＯＣＶＤ（有機金属化学気相堆積）法、蒸着法、スプレー法などが好適に挙げられる。

[0047] なお、金属ダイヤモンド組成物として、ダイヤモンド粒子に上記の中間金属膜を形成した中間金属被覆ダイヤモンド粒子の粉末および金属粒子粉末を用いることもできる。

[0048] （芯材層の両方の主面側に金属ダイヤモンド組成物をスプレーすることにより放熱基板を得るサブ工程）

次に、準備された金属ダイヤモンド組成物を、芯材層１０の一方の主面側にスプレーして第１の金属ダイヤモンド複合層１１を形成し、芯材層１０の他方の主面側にスプレーして第２の金属ダイヤモンド複合層１２を形成する。こうして、第１の金属ダイヤモンド複合層１１と第２の金属ダイヤモンド複合層１２との間に芯材層１０が配置されている放熱基板１が得られる。

[0049] 金属ダイヤモンド組成物をスプレーする方法は、金属ダイヤモンド複合層を形成できる方法であれば特に制限はなく、コールドスプレー法、ＨＶＡＦ（Ｈｉｇｈ Ｖｅｌｏｃｉｔｙ Ａｅｒｏ Ｆｕｅｌ）法、ＡＤ（Ａｅｒｏｓｏｌ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法などが好適に挙げられる。

[0050] スプレー条件は、金属ダイヤモンド組成物およびスプレー方法に適合している限り特に制限はない。たとえば、コールドスプレーの場合は、吹きつけのためのガスとして、窒素ガス、ヘリウムガス、アルゴンガスなどの不活性ガス、またはこれらの不活性ガスに水素ガスを混合した混合ガスを使用して、吹き付けガス圧を２ＭＰａ以上５ＭＰａ以下（より好ましくは２ＭＰａ以上４ＭＰａ以下）として、吹き付けガス温度を７００℃以上１０００℃以下（より好ましくは７００℃以上９００℃以下）とし、吹き付けの際の金属被覆ダイヤモンド粒子および金属粒子の速度を７００ｍ／ｓ以上１０００ｍ／ｓ以下とするのが好ましい。ここで、吹き付けの際の金属被覆ダイヤモンド粒子および金属粒子の速度は、吹き付けの際にＣＣＤカメラで撮影した粒子の画像を解析することにより算出される。

[0051] 直接的方法による放熱基板の製造方法においては、放熱基板中の酸化物を除去し粒子間の結合力を向上させる観点から、得られた放熱基板１を熱処理するサブ工程をさらに含むことが好ましい。

[0052] （放熱基板を熱処理するサブ工程）

放熱基板を熱処理するサブ工程において、熱処理雰囲気は、スプレーの際に形成された放熱基板中の酸化物を除去する観点から、還元性ガス含有する非酸化性雰囲気、たとえば、水素ガス雰囲気、水素ガスと窒素ガスの混合ガス雰囲気などが好ましい。熱処理温度は、放熱基板中の酸化物を除去し粒子間の結合力を向上させる観点から、４００℃以上６００℃以下が好ましい。熱処理時間は、放熱基板中の酸化物を除去し粒子間の結合力を向上させる観点から、０．２時間以上１時間以下が好ましい。

[0053] （間接的方法）

間接的方法においては、特に制限はないが、たとえば、第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）および第２の金属ダイヤモンドウエハ（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）を形成するサブ工程と、芯材層１０の両方の主面側に第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）および第２の金属ダイヤモンドウエハ（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）をそれぞれ貼り合わせることにより放熱基板を得るサブ工程と、を含む。

[0054] （第１の金属ダイヤモンドウエハおよび第２の金属ダイヤモンドウエハを形成するサブ工程）

第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）および第２の金属ダイヤモンドウエハ（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）を形成する方法は、特に制限はなく、焼結法、溶浸法、ＨＰ（ホットプレス）法、通電焼結法、圧延法などが好適に挙げられる。

[0055] 形成される第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）および第２の金属ダイヤモンドウエハ（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）は、金属とダイヤモンドとを含む複合体で形成されているウエハであり、たとえば、ダイヤモンド粒子が金属中に分散して存在する形態を有する。金属としては、特に制限はないが、熱伝導率が高い観点から、Ｃｕ、Ａｇ、ＡＩなどが好適に用いられる。すなわち、ＣｕダイヤモンドＣｕ複合ウエ

ハ、Ａｇダイヤモンド複合ウエハ、ＡｌダイヤモンドＡｌ複合ウエハなどが好適に挙げられる。また、ダイヤモンド粒子の粒径は、特に制限はないが、作業性を高める観点から２０μｍ以上が好ましく、金属中での均一な分散性を高める観点から２５０μｍ以下が好ましい。

[0056] 第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）および第２の金属ダイヤモンドウエハ（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）は、低い製造コストで高熱伝導率の第１の金属ダイヤモンド複合層１１および第２の金属ダイヤモンド複合層１２をそれぞれ形成する観点から、それぞれのダイヤモンド含有率は、１０体積％以上５０体積％未満であることが好ましく、１０体積％以上４０体積％以下であることがより好ましい。ダイヤモンド含有率が１０体積％より低いと熱伝導率の高いウエハが得られず、ダイヤモンド含有率が５０体積％以上に高いとウエハの製造の際に高圧が必要となり製造コストが高くなる。

[0057] ここで、第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）のダイヤモンド含有率および第２の金属ダイヤモンドウエハ（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）のダイヤモンド含有率は、同じであっても異なっていてもよい。

[0058] ここで、第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）のダイヤモンド含有率および第２の金属ダイヤモンドウエハを形成するための原材料となる金属ダイヤモンド組成物は、特に制限はないが、作業性および成形性が高い観点から、上記の直接的方法において用いられた金属ダイヤモンド組成物が好適である。

[0059] また、第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）の厚さT_1および第２の金属ダイヤモンドウエハ（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）の厚さT_2は、同じであっても異なっていてもよい。

[0060] （芯材層の両方の主面側に第１の金属ダイヤモンドウエハおよび第２の金属ダイヤモンドウエハをそれぞれ貼り合わせることにより放熱基板を得るサブ工程）

次に、芯材層１０の一方の主面側に第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）を貼り合わせ、芯材層１０の他方の主面側に第２の金属ダイヤモンドウエハ（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）を貼り合わせる。こうして、第１の金属ダイヤモンド複合層１１と第２の金属ダイヤモンド複合層１２との間に芯材層１０が配置されている放熱基板１が得られる。

[0061] 第１の金属ダイヤモンドウエハ（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）および第２の金属ダイヤモンドウエハ（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）を芯材層１０に貼り合わせる方法は、特に制限はなく、蝋付け法、ＨＰ法、圧延法、通電焼結法、およびそれらの組み合わせなどが好適に挙げられる。

実施例

[0062] ［実施例１］

（例１－１）

１．芯材層の準備

図１を参照して、芯材層１０として、直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが５００μｍのＭｏ（Ｍｏの純度は９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：５．２×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$、熱伝導率κ：１４２Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$）を準備した。

[0063] ２．第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の形成による放熱基板の作製

Ｍｏ芯材（芯材層１０）の両側の主面上に、コールドスプレー法により、Ｃｕダイヤモンド組成物（金属ダイヤモンド組成物）をスプレーすることにより、第１のＣｕダイヤモンド複合層（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）および第２のＣｕダイヤモンド複合層（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）を形成した。より具体的には、以下のようにした。

[0064] Ｃｕダイヤモンド組成物（金属ダイヤモンド組成物）としては、平均粒径が１００μｍで純度が９９．９質量％のダイヤモンド粒子に厚さ０．５μｍ～１．０μｍのＴｉ層が被覆された市販のＴｉ被覆ダイヤモンド粒子（ＤＩ（ダイヤモンドイノベーションインターナショナル）社製ＭＢＧ６００　１

００μＴＩ）に厚さ１０μｍの無電解メッキＣｕ層を形成したＣｕ／Ｔｉ被覆ダイヤモンド粒子（金属被覆ダイヤモンド粒子）の粉末と、平均粒径が１００μｍの電解Ｃｕ（金属）粒子の粉末とを、組成物全体におけるダイヤモンド含有率が３０体積％となるように、混合させたものを用いた。

[0065] Ｍｏ芯材（芯材層１０）の一方および他方の主面上に、上記のＣｕダイヤモンド組成物（金属ダイヤモンド組成物）をコールドスプレーすることにより、厚さが６００μｍの第１のＣｕダイヤモンド複合層（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）および厚さが６００μｍの第２のＣｕダイヤモンド複合層（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）を形成した。こうして、第１のＣｕダイヤモンド複合層（第１の金属ダイヤモンド複合層１１）と第２のＣｕダイヤモンド複合層（第２の金属ダイヤモンド複合層１２）との間に、Ｍｏ芯材（芯材層１０）が配置された厚さが１７００μｍの放熱基板１が得られた。

[0066] Ｃｕダイヤモンド組成物（金属ダイヤモンド組成物）のコールドスプレーにおいては、吹き付けガスとして窒素ガスを使用し、吹き付けガス圧が４ＭＰａ、吹き付けガス温度が８００℃、吹き付けの際のＣｕ／Ｔｉ被覆ダイヤモンド粒子（金属被覆ダイヤモンド粒子）およびＣｕ粒子（金属粒子）の速度が８００ｍ／ｓであった。

[0067] ３．放熱基板の熱処理

得られた放熱基板１を、水素ガス雰囲気中、６００℃で１時間熱処理した。

[0068] ４．放熱基板の評価

上記のようにして得られた放熱基板１の主面に平行な方向の熱膨張係数αは、放熱基板から切り出された４ｍｍ×２０ｍｍ×厚さ１７００μｍのサンプルを、２５℃～２００℃において本実施例で得られた放熱基板と同じ元素組成を有する溶浸法で作製されたＣｕＷ（Ｃｕ：２０質量％、Ｗ：８０質量％、熱膨張係数α：８．３×$10^{-6}K^{-1}$、熱伝導率κ：２００Ｗ・m^{-1}・K^{-1}）を基準物質として比較測定法により測定したところ、８．５×$10^{-6}K^{-1}$であ

り、半導体素子の搭載または保持に適していた。また、放熱基板１の厚さ方向の熱伝導率κは、放熱基板から切り出された直径１０ｍｍで厚さが１７００μｍのサンプルをレーザフラッシュ法により測定したところ、４０８Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と極めて高かった。また、Ｃｕダイヤモンド複合層（金属ダイヤモンド複合層）とＭｏ芯材（芯材層）との接合強度は、直径２インチ（５．０８ｃｍ）のＣｕダイヤモンド複合層（金属ダイヤモンド複合層）とＭｏ芯材（芯材層）との接合体について引張試験を行ったところ、０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0069] （例１－２）

芯材層の厚さを３００μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を２５０μｍとしダイヤモンド含有量を８体積％としたこと以外は、例１－１と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが１４．２×$10^{-6}$$K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３９０Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．６９ＧＰａと極めて大きかった。例１－２においては、ダイヤモンド含有量が好ましい範囲よりも低かったため、放熱基板の熱膨張係数αが好ましい範囲よりも高くなり、また、放熱基板の熱伝導率κが好ましい範囲よりも低くなった。結果を表１にまとめた。

[0070] （例１－３）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を１０体積％としたこと以外は、例１－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが１３．０×$10^{-6}$$K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４０９Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．６０ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0071] （例１－４）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を

２０体積％としたこと以外は、例１－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが１１．４×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４４１Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５７ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0072] （例１－５）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を３０体積％としたこと以外は、例１－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４７８Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0073] （例１－６）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を４０体積％としたこと以外は、例１－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．１×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが５２１Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0074] （例１－７）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を５０体積％としたこと以外は、例１－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが７．２×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３７４Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$であり、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５７ＧＰａと極めて大きかった。例１－７においては、ダイヤモンド含有量が高すぎたため、放熱基板の熱伝導率κが低くなった。結果を表１にまとめた。

[0075] （例１－８）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を３００μｍとしたこと以外は、例１－７と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが６．８×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３２０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$であり、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。例１－８においては、ダイヤモンド含有量が高すぎ、また、ダイヤモンド粒子の粒径が好ましい範囲よりも高かったため、放熱基板の熱膨張係数αが好ましい範囲よりも低くなり、また、放熱基板の熱伝導率κが低くなった。結果を表１にまとめた。

[0076] （例１－９）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を１００μｍとしたこと以外は、例１－５と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４３７Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0077] （例１－１０）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を２０μｍとしたこと以外は、例１－５と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４０５Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0078] （例１－１１）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を１５μｍとしたこと以外は、例１－５と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３９７Ｗ

・m^{-1}・K^{-1}と高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。例１－１１においては、ダイヤモンド粒子の粒径が好ましい範囲よりも低かったため、放熱基板の熱伝導率κが好ましい範囲よりも低くなった。結果を表１にまとめた。

[0079] （例１－１２）

芯材層の厚さを１００μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の厚さを１００μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を５０μｍとしたこと以外は、例１－５と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが３００μｍであり、熱膨張係数αが８．５×１０$^{-6}$$K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４０２Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0080] （例１－１３）

芯材層の厚さを２５０μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の厚さを２５０μｍとしたこと以外は、例１－１２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが７５０μｍであり、熱膨張係数αが８．５×１０$^{-6}$$K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４０５Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0081] （例１－１４）

芯材層の厚さを１０００μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の厚さを１０００μｍとしたこと以外は、例１－１２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが３０００μｍであり、熱膨張係数αが８．５×１０$^{-6}$$K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４１０Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５７ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0082] （例１－１５）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の厚さを２０００μｍとしたこと以外は、例１－１４と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが５０００μｍであり、熱膨張係数αが８．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４７１Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0083] （例１－１６）

芯材層を直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが６００μｍのＷ（Ｗの純度は９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：４．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$、熱伝導率κ：１８０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$）としたこと以外は、例１－９と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１８００μｍであり、熱膨張係数αが８．３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４４４Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．６６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0084] （例１－１７）

芯材層を直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが６００μｍのＭｏＣｕ（Ｍｏ：６０質量％、Ｃｕ：４０質量％、ＭｏおよびＣｕの純度はそれぞれ９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：１１×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$、熱伝導率κ：２３４Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$）としたこと以外は、例１－９と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１８００μｍであり、熱膨張係数αが１０．２×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４７７Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．４８ＧＰａと極めて大きかった。結果を表１にまとめた。

[0085] （例１－１８）

芯材層を直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが６００μｍのＷＮｉ（Ｗ：９９質量％、Ｎｉ：１質量％、ＷおよびＮｉの純度はそれぞれ９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$、熱伝導率κ：１３０Ｗ・ｍ$^{-1}$・

K^{-1}としたこと以外は、例１－９と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１８００μｍであり、熱膨張係数αが８．１×１０$^{-6}K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３９５Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．６２ＧＰａと極めて大きかった。例１－１８においては、芯材層の熱伝導率κが低すぎたため、放熱基板の熱伝導率κが低くなった。結果を表１にまとめた。

[0086] （例１－１９）

芯材層を直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが６００μｍのＭｏＣｕ（Ｍｏ：２０質量％、Ｃｕ：８０質量％、ＭｏおよびＣｕの純度はそれぞれ９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：１６×１０$^{-6}K^{-1}$、熱伝導率κ：３４０Ｗ・m^{-1}・K^{-1}）としたこと以外は、例１－９と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１８００μｍであり、熱膨張係数αが１３．５×１０$^{-6}K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが５１７Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５４ＧＰａと極めて大きかった。例１－１９においては、芯材層の熱膨張係数αが高すぎたため、放熱基板の熱膨張係数αが高くなった。結果を表１にまとめた。

[0087]

[表1]

実施例1	芯材層				第1および第2の金属ダイヤモンド複合層				放熱基板			
	材質	α (10^{-6} K^{-1})	κ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	層厚 (μm)	D含有量 (体積%)	D粒径 (μm)	金属の材質	層厚 (μm)	α (10^{-6} K^{-1})	κ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	厚さ (μm)	接合強度 (GPa)
例1-1	Mo	5.2	142	500	30	100	Cu	600	8.5	408	1700	0.56
例1-2	Mo	5.2	142	300	8	250	Cu	600	14.2	390	1500	0.69
例1-3	Mo	5.2	142	300	10	250	Cu	600	13.0	409	1500	0.60
例1-4	Mo	5.2	142	300	20	250	Cu	600	11.4	441	1500	0.57
例1-5	Mo	5.2	142	300	30	250	Cu	600	8.5	478	1500	0.56
例1-6	Mo	5.2	142	300	40	250	Cu	600	8.1	521	1500	0.56
例1-7	Mo	5.2	142	300	50	250	Cu	600	7.2	374	1500	0.57
例1-8	Mo	5.2	142	300	50	300	Cu	600	6.8	320	1500	0.56
例1-9	Mo	5.2	142	300	30	100	Cu	600	8.5	437	1500	0.56
例1-10	Mo	5.2	142	300	30	20	Cu	600	8.5	405	1500	0.56
例1-11	Mo	5.2	142	300	30	15	Cu	600	8.5	397	1500	0.56
例1-12	Mo	5.2	142	100	30	50	Cu	100	8.5	402	300	0.56
例1-13	Mo	5.2	142	250	30	50	Cu	250	8.5	405	750	0.56
例1-14	Mo	5.2	142	1000	30	50	Cu	1000	8.5	410	3000	0.57
例1-15	Mo	5.2	142	1000	30	50	Cu	2000	8.5	471	5000	0.56
例1-16	W	4.5	180	600	30	100	Cu	600	8.3	444	1800	0.66
例1-17	MoCu(60/40)	11	234	600	30	100	Cu	600	10.2	477	1800	0.48
例1-18	WNi(99/1)	5	130	600	30	100	Cu	600	8.1	395	1800	0.62
例1-19	MoCu(20/80)	16	340	600	30	100	Cu	600	13.5	517	1800	0.54

表注)

※金属ダイヤモンド複合層は、第1、第2ともに同じ材質、層厚である。

※α：熱膨張係数、κ：熱伝導率、D：ダイヤモンド。

[0088] ［実施例２］

（例２－１）

１．芯材層の準備

図１を参照して、芯材層１０として、直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが５００μｍのＭｏ（Ｍｏの純度は９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：５．２×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$、熱伝導率κ：１４２Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$）を準備した。

[0089] ２．第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の作製

Ｃｕダイヤモンド組成物（金属ダイヤモンド組成物）としては、実施例１の例１－１と同様に、平均粒径が１００μｍで純度が９９．９質量％のダイヤモンド粒子に厚さ０．５μｍ～１．０μｍのＴｉ層が被覆された市販のＴｉ被覆ダイヤモンド粒子（ＤＩ（ダイヤモンドイノベーションインターナショナル）社製ＭＢＧ６００　１００μＴＩ）に厚さ１０μｍの無電解メッキＣｕ層を形成したＣｕ／Ｔｉ被覆ダイヤモンド粒子（金属被覆ダイヤモンド粒子）の粉末と、平均粒径が１００μｍの電解Ｃｕ（金属）粒子の粉末とを、組成物全体におけるダイヤモンド含有率が３０体積％となるように、混合させたものを準備した。

[0090] 上記のＣｕダイヤモンド組成物を、圧力８０００ｋｇｆ／ｃｍ^{2}で型押しした後、真空雰囲気中８５０℃で２時間の条件で焼結した後、６３０℃で圧下率１０％の条件で熱間圧延した。こうして、それぞれの厚さが６００μｍの第１および第２の金属ダイヤモンド複合層が得られた。

[0091] ３．放熱基板の作製

第１の金属ダイヤモンド複合層、芯材層および第２の金属ダイヤモンド複合層をこの順に配置して、真空雰囲気中８５０℃で１時間、電流密度５００Ａ／ｃｍ^{2}の条件で通電焼結した。こうして、厚さが１７００μｍの放熱基板が得られた。

[0092] ４．放熱基板の評価

得られた放熱基板は、例１－１と同様の方法で評価したところ、熱膨張係数αが８．３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝

導率κが４１２Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５５ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0093] （例２－２）

芯材層の厚さを３００μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を２５０μｍとしダイヤモンド含有量を８体積％としたこと以外は、例２－１と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが１４．０×$10^{-6}$$K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３８７Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．６７ＧＰａと極めて大きかった。例２－２においては、ダイヤモンド含有量が好ましい範囲よりも低かったため、放熱基板の熱膨張係数αが好ましい範囲よりも高くなり、また、放熱基板の熱伝導率κが好ましい範囲よりも低くなった。結果を表２にまとめた。

[0094] （例２－３）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を１０体積％としたこと以外は、例２－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが１２．９×$10^{-6}$$K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４０８Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．６１ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0095] （例２－４）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を２０体積％としたこと以外は、例２－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが１１．０×$10^{-6}$$K^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４５１Ｗ・m^{-1}・K^{-1}と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0096] （例２－５）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を３０体積％としたこと以外は、例２－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４８０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0097] （例２－６）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を４０体積％としたこと以外は、例２－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．２×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが５２０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５９ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0098] （例２－７）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド含有量を５０体積％としたこと以外は、例２－２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが７．４×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３７７Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$であり、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５５ＧＰａと極めて大きかった。例２－７においては、ダイヤモンド含有量が高すぎたため、放熱基板の熱伝導率κが低くなった。結果を表２にまとめた。

[0099] （例２－８）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を３００μｍとしたこと以外は、例２－７と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが６．８×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３２１Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$であり、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．

５５ＧＰａと極めて大きかった。例２－８においては、ダイヤモンド含有量が高すぎ、また、ダイヤモンド粒子の粒径が好ましい範囲よりも高かったため、放熱基板の熱膨張係数αが好ましい範囲よりも低くなり、また、放熱基板の熱伝導率κが低くなった。結果を表２にまとめた。

[0100] （例２－９）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を１００μｍとしたこと以外は、例２－５と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．４×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４４０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５８ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0101] （例２－１０）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を２０μｍとしたこと以外は、例２－５と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．２×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４１５Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５４ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0102] （例２－１１）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を１５μｍとしたこと以外は、例２－５と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１５００μｍであり、熱膨張係数αが８．３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３９７Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５５ＧＰａと極めて大きかった。例２－１１においては、ダイヤモンド粒子の粒径が好ましい範囲よりも低かったため、放熱基板の熱伝導率κが好ましい範囲よりも低くなった。結果を表２にまとめた。

[0103] （例２－１２）

芯材層の厚さを１００μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の厚さを１００μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層におけるダイヤモンド粒子の粒径を５０μｍとしたこと以外は、例２－５と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが３００μｍであり、熱膨張係数αが８．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４０９Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５５ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0104] （例２－１３）

芯材層の厚さを２５０μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の厚さを２５０μｍとしたこと以外は、例２－１２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが７５０μｍであり、熱膨張係数αが８．４×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４０４Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５６ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0105] （例２－１４）

芯材層の厚さを１０００μｍとし、第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の厚さを１０００μｍとしたこと以外は、例２－１２と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが３０００μｍであり、熱膨張係数αが８．６×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４１１Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５７ＧＰａと極めて高かった。結果を表２にまとめた。

[0106] （例２－１５）

第１および第２の金属ダイヤモンド複合層の厚さを２０００μｍとしたこと以外は、例２－１４と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが５０００μｍであり、熱膨張係数αが８．３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４８１Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５７ＧＰａと極

めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0107] （例２－１６）

芯材層を直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが６００μｍのＷ（Ｗの純度は９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：４．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$、熱伝導率κ：１８０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$）としたこと以外は、例２－９と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１８００μｍであり、熱膨張係数αが８．９×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４５４Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．６５ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0108] （例２－１７）

芯材層を直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが６００μｍのＭｏＣｕ（Ｍｏ：６０質量％、Ｃｕ：４０質量％、ＭｏおよびＣｕの純度はそれぞれ９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：１１×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$、熱伝導率κ：２３４Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$）としたこと以外は、例２－９と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１８００μｍであり、熱膨張係数αが１０．０×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが４８０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．４９ＧＰａと極めて大きかった。結果を表２にまとめた。

[0109] （例２－１８）

芯材層を直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが６００μｍのＷＮｉ（Ｗ：９９質量％、Ｎｉ：１質量％、ＷおよびＮｉの純度はそれぞれ９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$、熱伝導率κ：１３０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$）としたこと以外は、例２－９と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１８００μｍであり、熱膨張係数αが８．３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが３９１Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．６１ＧＰａと極めて大きかった。例２－１８においては、芯材層の熱伝導率κが低すぎたため、放熱基板の熱伝導率κが低くなった。結果を表２にまとめた。

[0110] （例２－１９）

芯材層を直径が２インチ（５．０８ｃｍ）で厚さが６００μｍのＭｏＣｕ（Ｍｏ：２０質量％、Ｃｕ：８０質量％、ＭｏおよびＣｕの純度はそれぞれ９９．９質量％）芯材（熱膨張係数α：１６×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$、熱伝導率κ：３４０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$）としたこと以外は、例２－９と同様の放熱基板を作製した。得られた放熱基板は、厚さが１８００μｍであり、熱膨張係数αが１３．２×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$と半導体素子の搭載または保持に適しており、熱伝導率κが５２３Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$と極めて高く、金属ダイヤモンド複合層と芯材層との接合強度は０．５３ＧＰａと極めて大きかった。例２－１９においては、芯材層の熱膨張係数αが高すぎたため、放熱基板の熱膨張係数αが高くなった。結果を表２にまとめた。

[0111]

[表2]

実施例 2	芯材層				第1および第2の金属ダイヤモンド複合層				放熱基板			
	材質	α (10^{-6} K^{-1})	κ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	層厚 (μm)	D 含有量 (体積%)	D 粒径 (μm)	金属の材質	層厚 (μm)	α (10^{-6} K^{-1})	κ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	厚さ (μm)	接合強度 (GPa)
例 2-1	Mo	5.2	142	500	30	100	Cu	600	8.3	412	1700	0.55
例 2-2	Mo	5.2	142	300	8	250	Cu	600	14.0	387	1500	0.67
例 2-3	Mo	5.2	142	300	10	250	Cu	600	12.9	408	1500	0.61
例 2-4	Mo	5.2	142	300	20	250	Cu	600	11.0	451	1500	0.56
例 2-5	Mo	5.2	142	300	30	250	Cu	600	8.3	480	1500	0.56
例 2-6	Mo	5.2	142	300	40	250	Cu	600	8.2	520	1500	0.59
例 2-7	Mo	5.2	142	300	50	250	Cu	600	7.4	377	1500	0.55
例 2-8	Mo	5.2	142	300	50	300	Cu	600	6.8	321	1500	0.55
例 2-9	Mo	5.2	142	300	30	100	Cu	600	8.4	440	1500	0.58
例 2-10	Mo	5.2	142	300	30	20	Cu	600	8.2	415	1500	0.54
例 2-11	Mo	5.2	142	300	30	15	Cu	600	8.3	391	1500	0.55
例 2-12	Mo	5.2	142	100	30	50	Cu	100	8.5	409	300	0.55
例 2-13	Mo	5.2	142	250	30	50	Cu	250	8.4	404	750	0.56
例 2-14	Mo	5.2	142	1000	30	50	Cu	1000	8.6	411	3000	0.57
例 2-15	Mo	5.2	142	1000	30	50	Cu	2000	8.3	481	5000	0.57
例 2-16	W	4.5	180	600	30	100	Cu	600	8.9	454	1800	0.65
例 2-17	MoCu(60/40)	11	234	600	30	100	Cu	600	10.0	480	1800	0.49
例 2-18	WNi(99/1)	5	130	600	30	100	Cu	600	8.3	391	1800	0.61
例 2-19	MoCu(20/80)	16	340	600	30	100	Cu	600	13.2	523	1800	0.53

表注)

※金属ダイヤモンド複合層は、第1、第2ともに同じ材質、層厚である。

※α：熱膨張係数、κ：熱伝導率、D：ダイヤモンド。

[0112] 今回開示された実施形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明でなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内のすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

[0113] 本発明にかかる放熱基板は、半導体を用いるメモリＩＣ、ＬＳＩ、パワーデバイス、通信用デバイス、光デバイス、センサ用デバイスおよびこれらのモジュールに好適に適用できる。

符号の説明

[0114] １　放熱基板、１０　芯材層、１１　第１の金属ダイヤモンド複合層、１２　第２の金属ダイヤモンド複合層。

請求の範囲

[請求項1] 第１の金属ダイヤモンド複合層（１１）と、第２の金属ダイヤモンド複合層（１２）と、前記第１の金属ダイヤモンド複合層（１１）と前記第２の金属ダイヤモンド複合層（１２）との間に配置された芯材層（１０）と、を含む放熱基板（１）であって、

前記第１の金属ダイヤモンド複合層（１１）および前記第２の金属ダイヤモンド複合層（１２）は、それぞれのダイヤモンド含有率が５０体積％未満であり、

前記芯材層（１０）は、主面に平行な方向の熱膨張係数が４．５×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以上１３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以下で、厚さ方向の熱伝導率が１４０Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$以上である放熱基板。

[請求項2] 前記放熱基板（１）の全体は、主面に平行な方向の熱膨張係数が７×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以上１３×１０$^{-6}$Ｋ$^{-1}$以下で、厚さ方向の熱伝導率が４００Ｗ・ｍ$^{-1}$・Ｋ$^{-1}$以上である請求項１に記載の放熱基板。

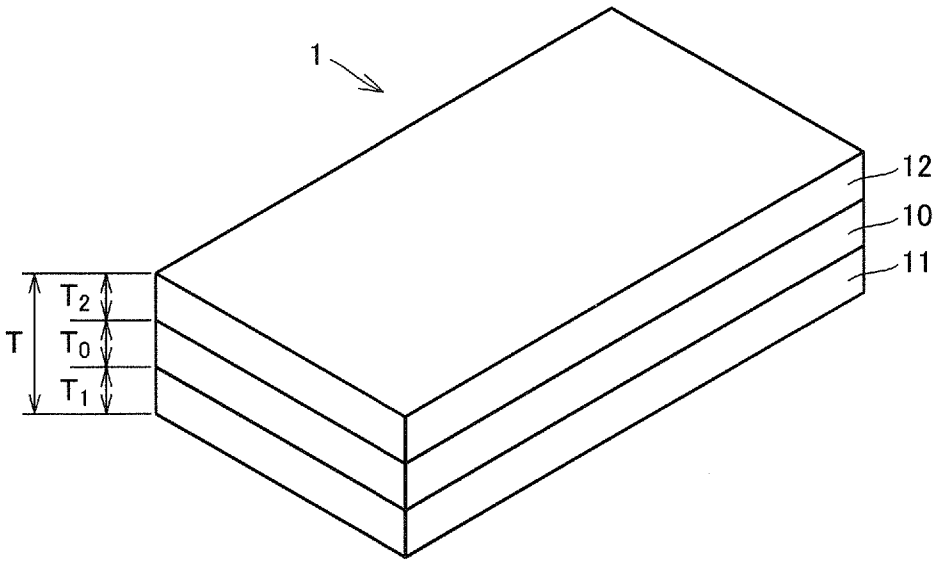
[請求項3] 前記放熱基板（１）の全体は、厚さが５００μｍ以上１００００μｍ以下である請求項１に記載の放熱基板。

[請求項4] 前記芯材層（１０）は、厚さが５０μｍ以上４０００μｍ以下である請求項１に記載の放熱基板。

[請求項5] 前記芯材層（１０）は、Ｍｏを含む請求項１に記載の放熱基板。

[請求項6] 前記第１の金属ダイヤモンド複合層（１１）および前記第２の金属ダイヤモンド複合層（１２）に含まれるダイヤモンド粒子の粒径は、２０μｍ以上２５０μｍ以下である請求項１に記載の放熱基板。

[図1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/060585

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L23/373(2006.01)i, *B32B9/00*(2006.01)i, *C22C26/00*(2006.01)i, *H01L23/12*(2006.01)i, *H01L23/14*(2006.01)i, *H01L23/36*(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)
H01L23/373, B32B9/00, C22C26/00, H01L23/12, H01L23/14, H01L23/36

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X	JP 2008-085096 A (Kyocera Corp.), 10 April 2008 (10.04.2008), paragraphs [0025] to [0057]; fig. 2(C) (Family: none)	1-6
A	JP 2004-197153 A (Allied Material Corp.), 15 July 2004 (15.07.2004), paragraphs [0024] to [0103]; fig. 1 (Family: none)	1-6

☐ 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	Date of mailing of the international search report
20 June, 2012 (20.06.12)	03 July, 2012 (03.07.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０６０５８５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L23/373(2006.01)i, B32B9/00(2006.01)i, C22C26/00(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/14(2006.01)i, H01L23/36(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.　H01L23/373, B32B9/00, C22C26/00, H01L23/12, H01L23/14, 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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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
X	JP 2008-085096 A (京セラ株式会社) 2008.04.10, 段落【0025】－【0057】, 図2(C) (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2004-197153 A (株式会社アライドマテリアル) 2004.07.15, 段落【0024】－【0103】, 図1 (ファミリーなし)	1-6

☐　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 ２０．０６．２０１２	国際調査報告の発送日 ０３．０７．２０１２
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　４Ｒ　３８３８ 関根　崇 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４７１