



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104185900 B

(45)授权公告日 2017.03.15

(21)申请号 201380015211.6

(22)申请日 2013.03.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104185900 A

(43)申请公布日 2014.12.03

(30)优先权数据
2012-083246 2012.03.30 JP
2013-046960 2013.03.08 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.09.19

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2013/059498 2013.03.29

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/147142 JA 2013.10.03

(73)专利权人 三菱综合材料株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 长友义幸 寺崎伸幸 黑光祥郎

(74)专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018

代理人 康泉 王珍仙

(51)Int.Cl.
H01L 23/36(2006.01)
H01L 23/12(2006.01)

(56)对比文件
JP 2012064801 A, 2012.03.29,
JP 2012023404 A, 2012.02.02,
CN 101061580 A, 2007.10.24,
CN 101218671 A, 2008.07.09,
CN 1832157 A, 2006.09.13,

审查员 雷颖劼

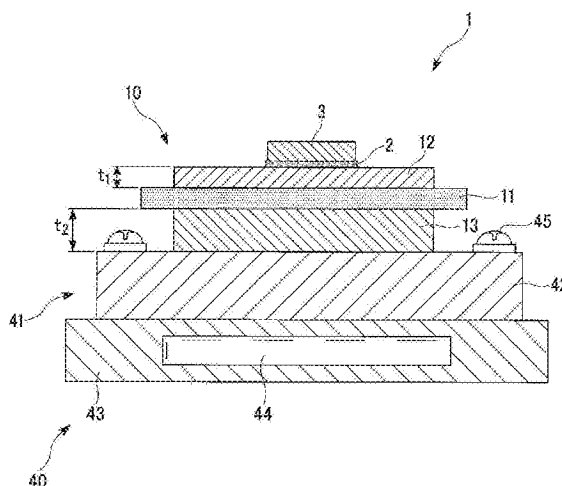
权利要求书1页 说明书16页 附图6页

(54)发明名称

功率模块用基板、自带散热器的功率模块用基板以及功率模块

(57)摘要

本发明提供一种功率模块用基板、自带散热器的功率模块用基板以及功率模块。所述功率模块用基板(10)具备绝缘基板(11)、形成于绝缘基板(11)的一面的电路层(12)以及形成于绝缘基板(11)的另一面的金属层(13),电路层(12)由铜或铜合金构成,该电路层(12)的一面为搭载电子部件(3)的搭载面,金属层(13)通过接合由铝或铝合金构成的铝板而构成,电路层(12)的厚度 t_1 在 $0.1\text{mm} \leq t_1 \leq 0.6\text{mm}$ 的范围内,金属层(13)的厚度 t_2 在 $0.5\text{mm} \leq t_2 \leq 6\text{mm}$ 的范围内,电路层(12)的厚度 t_1 与金属层(13)的厚度 t_2 的关系为 $t_1 < t_2$ 。



1. 一种功率模块用基板,其特征在于,
具备绝缘基板、形成于所述绝缘基板的一面的电路层以及形成于所述绝缘基板的另一面的金属层,
所述电路层由OFC或6N-Cu构成,该电路层的一面为搭载电子部件的搭载面,
所述金属层通过接合由铝或铝合金构成的铝板而构成,
所述电路层的厚度 t_1 在 $0.1\text{mm} \leq t_1 \leq 0.6\text{mm}$ 的范围内,
所述金属层的厚度 t_2 在 $0.5\text{mm} \leq t_2 \leq 6\text{mm}$ 的范围内,
所述电路层的厚度 t_1 与所述金属层的厚度 t_2 的关系为 $t_1 < t_2$,
所述电路层的厚度 t_1 与所述金属层的厚度 t_2 的关系为 $t_2/t_1 \geq 4.00$,
在所述电路层中与所述绝缘基板的接合界面附近的压痕硬度 H_{B1} 在 $60\text{mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B1} \leq 120\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 的范围内。
2. 根据权利要求1所述的功率模块用基板,其中,
所述金属层由铝含量为99.0质量%以上且99.85质量%以下的铝轧制板构成。
3. 一种自带散热器的功率模块用基板,具备:
权利要求1或2所述的功率模块用基板;及接合于所述金属层一侧的散热器。
4. 根据权利要求3所述的自带散热器的功率模块用基板,其中,
所述散热器与所述金属层通过焊料层而被接合。
5. 一种功率模块,具备:
权利要求1或2所述的功率模块用基板;及搭载于所述电路层上的电子部件。

功率模块用基板、自带散热器的功率模块用基板以及功率模块

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在控制大电流、高电压的半导体装置中所使用的功率模块用基板、自带散热器的功率模块用基板以及功率模块。

[0002] 本申请主张基于2012年3月30日在日本申请的专利申请2012-083246号以及2013年3月8日在日本申请的专利申请2013-046960号的优先权,并将其内容援用于本说明书中。

背景技术

[0003] 在半导体元件中,由于用于供给电力的功率模块的发热量比较高,因此作为搭载该功率模块的基板,例如使用具备电路层及金属层的功率模块用基板,其中,所述电路层通过第一金属板接合于由AlN(氮化铝)、Al₂O₃(氧化铝)、Si₃N₄(氮化硅)等构成的绝缘基板的一面侧而构成,所述金属层通过第二金属板接合于绝缘基板的另一面侧而构成。

[0004] 在这种功率模块基板中,在电路层上,通过焊材搭载有功率元件的半导体元件。

[0005] 并且,在金属层的另一面侧,接合有用于冷却功率模块用基板的散热器。

[0006] 例如,专利文献1中提出一种功率模块用基板,该功率模块用基板将构成电路层及金属层的第一金属板及第二金属板设为铜板,并通过DBC法将该铜板直接接合于绝缘基板而构成。并且,如专利文献1的图1所示,利用有机类耐热粘结剂,将铝制散热器接合在该功率模块用基板上,从而构成自带散热器的功率模块用基板。

[0007] 并且,专利文献2中提出一种功率模块用基板,该功率模块用基板利用铝板来作为构成电路层及金属层的第一金属板及第二金属板。该功率模块用基板,在金属层上通过钎焊而接合散热器,从而构成自带散热器的功率模块用基板。

[0008] 另外,专利文献3中提出,将金属板接合于绝缘基板的一面而作为电路层,并通过铸造法,将铝制散热器直接形成于绝缘基板的另一面。并且,公开有使用铝板及铜板来作为构成电路层的金属板。

[0009] 专利文献1:日本专利公开平04-162756号公报

[0010] 专利文献2:日本专利第3171234号公报

[0011] 专利文献3:日本专利公开2002-076551号公报

[0012] 然而,在专利文献1中所记载的功率模块用基板以及自带散热器的功率模块用基板中,在铝制散热器与绝缘基板之间配设有铜板,因此该铜板无法充分减缓因散热器与绝缘基板之间的热膨胀系数之差而引起热应变,在热循环负载时会有绝缘基板容易产生破裂等问题。

[0013] 另外,专利文献1中记载有通过夹在散热器与金属层之间的有机类耐热粘结剂来减缓热应变,但因夹有该有机类耐热粘结剂而热阻变高,因此存在无法将来自搭载于电路层上的电气部件等发热体的热量向散热器一侧有效地发散的问题。

[0014] 并且,专利文献2中所记载的功率模块用基板以及自带散热器的功率模块用基板中,使用铝板来作为构成电路层的第一金属板。

[0015] 在此,比较铜和铝,由于铝的热传导率低,因此将铝板用作构成电路层的第一金属板的情况下,来自搭载于电路层上的电气部件等发热体的热量的扩散程度比铜差。

[0016] 因此,通过电子部件的小型化和高输出功率化而功率密度上升的情况下,可能无法充分发散热量。因此在负载功率循环时,耐久性可能会降低。

[0017] 另外,专利文献3中所记载的自带散热器的功率模块用基板中,铝制散热器直接接合于绝缘基板上,因此通过因散热器与绝缘基板之间的热膨胀系数之差而引起的热应变,有绝缘基板容易产生破裂的倾向。为防止这一点,在专利文献3中,需要将散热器的屈服强度设定为较低。因此散热器本身的强度不足,操作起来非常困难。

[0018] 并且,由于通过铸造法来形成散热器,因此散热器的结构比较简单,无法形成冷却能力高的散热器,存在无法促进发散热量的问题。

发明内容

[0019] 本发明是鉴于所述问题而提出的,其目的在于提供一种能够促进发散来自搭载于电路层上的电子部件等发热体的热量,具有优异的功率循环特性,且在冷热循环负载时能够抑制绝缘基板产生破裂的可靠性高的功率模块用基板、自带散热器的功率模块用基板以及功率模块。

[0020] 为解决这种课题以达成所述目的,本发明的功率模块用基板具备:绝缘基板;在该绝缘基板的一面形成的电路层;及在所述绝缘基板的另一面形成的金属层,其中,所述电路层由铜或铜合金构成,该电路层的一面为搭载电子部件的搭载面,所述金属层通过接合由铝或铝合金构成的铝板而构成,所述电路层的厚度 t_1 在 $0.1\text{mm} \leq t_1 \leq 0.6\text{mm}$ 的范围内,所述金属层的厚度 t_2 在 $0.5\text{mm} \leq t_2 \leq 6\text{mm}$ 的范围内,所述电路层的厚度 t_1 与所述金属层的厚度 t_2 的关系为 $t_1 < t_2$ 。

[0021] 在具有该结构的功率模块用基板中,由变形阻力比较大的铜及铜合金构成的电路层的厚度 t_1 为 0.1mm 以上,因此能够使大电流流过,并能够搭载功率元件。并且,电路层的厚度 t_1 为 0.6mm 以下,因此绝缘基板不会因电路层而受到过度的约束,可抑制绝缘基板破裂。

[0022] 并且,由变形阻力比较小的铝及铝合金构成的金属层的厚度 t_2 为 0.5mm 以上,因此通过金属层的变形,负载到功率模块用基板上的应力得到减缓,可抑制绝缘基板的破裂。并且,金属层的厚度 t_2 为 6mm 以下,因此能够将金属层中的热阻抑制得较低。另外,基于上述观点,优选金属层的厚度 t_2 为 3mm 以下。

[0023] 另外,所述电路层的厚度 t_1 与所述金属层的厚度 t_2 的关系为 $t_1 < t_2$,因此能够抑制在功率模块用基板上产生翘曲。

[0024] 例如,即使在该功率模块用基板的金属层一侧接合散热器的情况下,通过形成为足够厚的金属层变形,能够减缓因绝缘基板与散热器之间的热膨胀系数之差而引起热应变,并且电路层不会强力约束绝缘基板本身,因此能够抑制绝缘基板的破裂。

[0025] 并且,在上述功率模块用基板中,具有搭载电子部件的搭载面的电路层由铜或铜合金构成,因此能够充分地扩散从电子部件产生的热量,可促进热量的散发。从而,在负载功率循环时,能够使耐久性提高。

[0026] 其中,优选所述电路层的厚度 t_1 与所述金属层的厚度 t_2 的关系为 $t_2/t_1 \geq 2.5$ 。

[0027] 在该情况下,由铜或铜合金构成的电路层的厚度 t_1 与由铝或铝合金构成的金属层

的厚度 t_2 的关系为 $t_2/t_1 \geq 2.5$,因此能够可靠地抑制在功率模块用基板上产生翘曲。

[0028] 并且,在所述金属层中与所述绝缘基板的接合界面附近,固溶有Si、Cu、Ag、Zn、Mg、Ge、Ca、Ga、Li中的任一种或两种以上的添加元素,所述金属层中接合界面附近的所述添加元素的浓度总和优选设定在0.01质量%以上且5质量%以下的范围内。

[0029] 在该情况下,由于在所述金属层中固溶有Si、Cu、Ag、Zn、Mg、Ge、Ca、Ga、Li中的任一种或两种以上的添加元素,并且在所述金属层中的接合界面附近的所述添加元素的浓度总和在0.01质量%以上,因此所述金属层的接合界面一侧部分会固溶强化。并且,在所述金属层中的接合界面附近的所述添加元素的浓度总和在5质量%以下,因此能够防止所述金属层的接合界面附近的强度变得过高,当该功率模块用基板受到热循环负载时,利用所述金属层能够减缓热应变,并能够抑制产生绝缘基板的破裂。

[0030] 另外,在所述金属层中的与所述绝缘基板的接合界面,优选形成有添加元素高浓度部,在该添加元素高浓度部中, Si、Cu、Ag、Zn、Mg、Ge、Ca、Ga、Li中的任一种或两种以上的添加元素的浓度为所述金属层中的所述添加元素浓度的2倍以上。

[0031] 在该情况下,由于在所述金属层的接合界面,形成有添加元素高浓度部,在该添加元素高浓度部中,所述添加元素的浓度为所述金属层中的所述添加元素浓度的2倍以上,因此通过存在于界面附近的所述添加元素原子,可实现所述金属层的接合强度的提高。另外,金属层中的所述添加元素的浓度是指,所述金属层中与接合界面相距一定距离(例如,5nm以上)的部分的所述添加元素的浓度。

[0032] 并且,优选在所述电路层中与所述绝缘基板的接合界面附近的压痕硬度 H_{B1} 在 $60\text{mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B1} \leq 120\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 的范围内。

[0033] 在该情况下,优选在所述电路层中与所述绝缘基板的接合界面附近的压痕硬度 H_{B1} 为 $60\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 以上,因此电路层的接合界面附近的强度得到确保,并能够防止在电路层本身产生龟裂。并且,由于所述压痕硬度 H_{B1} 为 $120\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 以下,因此绝缘基板不会被电路层强力地约束,能够抑制绝缘基板的破裂。

[0034] 并且,优选在所述金属层中与所述绝缘基板的接合界面附近的压痕硬度 H_{B2} 在 $30\text{mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B2} \leq 80\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 的范围内。

[0035] 在该情况下,优选在所述金属层中与所述绝缘基板的接合界面附近的压痕硬度 H_{B2} 为 $30\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 以上,因此金属层的接合界面附近的强度得到确保,并能够防止在金属层本身产生龟裂。并且,由于所述压痕硬度 H_{B2} 为 $80\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 以下,因此能够将金属层的变形阻力抑制得较低,并通过金属层的变形而减缓应力,从而可以抑制绝缘基板的破裂。

[0036] 另外,关于电路层的接合界面附近的压痕硬度 H_{B1} 以及金属层的接合界面附近的压痕硬度 H_{B2} ,将与接合界面相距 $50\mu\text{m}$ 处作为测定位置,在下面测定条件下进行了测定。

[0037] 测定装置:ELIONIX株式会社制ENT-1100a

[0038] 压头:Berkovich三棱锥压头

[0039] 试验荷载:5000mgf

[0040] 分割数:500step

[0041] 步进间隔:20msec

[0042] 温度:27°C

[0043] 模式:负载-卸载试验

[0044] 测定值： $HIT = \text{最大荷载} / \text{接触投影面积}$

[0045] 本发明的自带散热器的功率模块用基板的特征在于，具备所述功率模块用基板和接合于所述金属层一侧的散热器。

[0046] 根据具有该结构的自带散热器的功率模块用基板，在散热器与绝缘基板之间夹有接合由铝或铝合金构成的铝板而构成的金属层，该金属层的厚度 t_2 在 $0.5\text{mm} \leq t_2 \leq 6\text{mm}$ 的范围内，因此通过金属层的变形能够减缓因绝缘基板与散热器之间的热膨胀系数之差而引起热应变，并能够抑制绝缘基板的破裂。

[0047] 其中，在本发明的自带散热器的功率模块用基板中，所述散热器与所述金属层也可以构成为通过焊料层而被接合。

[0048] 在该情况下，功率模块用基板具有由铜或铜合金构成的电路层和由铝或铝合金构成的金属层，所述电路层的厚度 t_1 以及所述金属层的厚度 t_2 被规定为如上所述，因此功率模块用基板的刚性得到确保，在热循环负载时，功率基板不易变形，并能够抑制焊料层中产生龟裂。

[0049] 本发明的功率模块的特征在于，具备所述功率模块用基板和搭载于所述电路层上的电子部件。

[0050] 根据具有该结构的功率模块，能够有效地发散来自搭载于电路层上的电子部件的热量，即使在电子部件的功率密度(发热量)提高的情况下也能够充分地应对。并且能够使功率循环负载时的耐久性提高。

[0051] 根据本发明，能够提供一种能够促进发散来自搭载于电路层上的电子部件等发热体的热量，具有优异的功率循环的特性，且在冷热循环负载时能够抑制产生绝缘基板的破裂的可靠性高的功率模块用基板、自带散热器的功率模块用基板以及功率模块。

附图说明

[0052] 图1为使用本发明第1实施方式的功率模块用基板的功率模块的概略说明图。

[0053] 图2为本发明第1实施方式的功率模块用基板以及自带散热器的功率模块用基板的制造方法的流程图。

[0054] 图3为表示本发明第1实施方式的功率模块用基板以及自带散热器的功率模块用基板的制造方法的说明图。

[0055] 图4为使用本发明第2实施方式的自带散热器的功率模块用基板的功率模块的概略说明图。

[0056] 图5为本发明第2实施方式的功率模块用基板以及自带散热器的功率模块用基板的制造方法的流程图。

[0057] 图6为使用本发明另一实施方式的功率模块用基板的功率模块的概略说明图。

[0058] 图7为本发明另一实施的功率模块用基板的电路层和绝缘基板的放大说明图。

具体实施方式

[0059] 以下，参考附图，对本发明的实施方式进行说明。

[0060] 图1表示本发明第1实施方式的功率模块用基板10、自带散热器的功率模块用基板40及使用该功率模块用基板10的功率模块1。

[0061] 该功率模块1具备自带散热器的功率模块用基板40和半导体元件(电子部件)3,所述半导体元件3通过焊料层2接合于自带散热器的功率模块用基板40的一侧(图1中为上侧)表面。

[0062] 其中,焊料层2例如为Sn-Ag系、Sn-In系或者Sn-Ag-Cu系焊材。

[0063] 自带散热器的功率模块用基板40具备功率模块用基板10和对功率模块用基板10进行冷却的散热器41。

[0064] 本实施方式中的散热器41具备与功率模块用基板10接合的顶板部42,和在该顶板部42层叠配置的冷却部件43。在冷却部件43的内部形成有冷却介质所流通的流路44。

[0065] 其中,顶板部42和冷却部件43被设为通过固定螺钉45连接的结构。因此,顶板部42需要确保刚性,以便在拧入固定螺钉45时也不易变形。于是,在本实施方式中,散热器41的顶板部42由屈服强度为 $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以上的金属材料构成,其厚度为 2mm 以上。另外,在本实施方式中,顶板部42由A6063合金(铝合金)构成。

[0066] 功率模块用基板10具备:绝缘基板11;在该绝缘基板11的一面(图1中为上表面)配设的电路层12;及在绝缘基板11的另一面(图1中为下表面)配设的金属层13。

[0067] 绝缘基板11防止电路层12与金属层13之间的电连接,并且,例如由 AlN (氮化铝)、 Si_3N_4 (氮化硅)、 Al_2O_3 (氧化铝)等绝缘性高的陶瓷构成,在本实施方式中是由 Al_2O_3 (氧化铝)构成。并且,绝缘基板11的厚度设定在 0.2mm 以上且 1.5mm 以下的范围内,在本实施方式中被设定为 0.635mm 。

[0068] 电路层12通过在绝缘基板11的一面接合由铜或铜合金构成的铜板22而形成。如图3所示,在本实施方式中,作为构成电路层12的铜板22使用韧铜轧制板。该电路层12上形成有电路图案,其一面(图1中为上表面)为搭载半导体元件3的搭载面。

[0069] 金属层13通过在绝缘基板11的另一面接合由铝或铝合金构成的铝板23而形成。在本实施方式中,如图3所示,作为构成金属层13的铝板23,使用纯度为 99.99% 以上的铝(所谓的4N铝)轧制板。另外,该铝板23被设为 0.2% 的屈服强度在 $30\text{N}/\text{mm}^2$ 以下。

[0070] 其中,电路层12(铜板22)的厚度 t_1 设定在 $0.1\text{mm} \leq t_1 \leq 0.6\text{mm}$ 的范围内,金属层13(铝板23)的厚度 t_2 设定在 $0.5\text{mm} \leq t_2 \leq 6\text{mm}$ 的范围内,另外,电路层12的厚度 t_1 与金属层13的厚度 t_2 的关系为 $t_1 < t_2$ 。另外,电路层12的厚度 t_1 与金属层13的厚度 t_2 的关系优选为 $t_2/t_1 \geq 2.5$ 。厚度 t_1 更优选在 $0.2\text{mm} \leq t_1 \leq 0.4\text{mm}$ 的范围内,厚度 t_2 更优选在 $0.6\text{mm} \leq t_2 \leq 3.0\text{mm}$ 的范围内。并且, t_2/t_1 的上限值并没有被特别限定,优选为10以下。

[0071] 在本实施方式中,电路层12(铜板22)的厚度 t_1 设定为 $t_1 = 0.3\text{mm}$,金属层13(铝板23)的厚度 t_2 设定为 $t_2 = 2.0\text{mm}$, $t_2/t_1 = 6.67$ 。

[0072] 并且,在本实施方式中,在电路层12中与绝缘基板11的接合界面附近的压痕硬度 H_{B1} 在 $60\text{mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B1} \leq 120\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 的范围内。

[0073] 另外,在金属层13中与绝缘基板11的接合界面附近的压痕硬度 H_{B2} 在 $30\text{mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B2} \leq 80\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 的范围内。

[0074] 并且,在金属层13中与绝缘基板11的接合界面附近,固溶有Si、Cu、Ag、Zn、Mg、Ge、Ca、Ga、Li中的任一种或两种以上的添加元素,在本实施方式中,作为添加元素固溶有Cu。

[0075] 在金属层13的接合界面附近的添加元素的浓度(本实施方式中为Cu浓度)设定在 0.01 质量%以上且 5 质量%以下的范围内。另外,金属层13的接合界面附近的添加元素的浓

度为,通过EPMA分析(点径 $30\mu\text{m}$),在与金属层13相距 $50\mu\text{m}$ 的位置进行5个点测定的平均值。

[0076] 并且,在金属层13与散热器41的顶板部42之间的接合界面附近,在金属层13以及顶板部42中固溶有Si、Cu、Ag、Zn、Mg、Ge、Ca、Ga、Li中的任一种或两种以上的添加元素,在本实施方式中,作为添加元素固溶有Cu。

[0077] 金属层13以及顶板部42的接合界面附近的添加元素的浓度(本实施方式中为Cu浓度)设定在0.01质量%以上且5质量%以下的范围内。另外,该金属层13以及顶板部42的接合界面附近的添加元素浓度为,通过EPMA分析(点径 $30\mu\text{m}$)在与金属层相距 $50\mu\text{m}$ 的位置进行5个点测定的平均值。

[0078] 并且,在透射电子显微镜中观察绝缘基板11与金属层13之间的接合界面时,在接合界面形成有添加元素(Cu)浓缩的添加元素高浓度部。该添加元素高浓度部中,添加元素的浓度(Cu浓度)为金属层13中的添加元素浓度(Cu浓度)的2倍以上。另外,该添加元素高浓度部的厚度H为4nm以下。并且,添加元素高浓度部的添加元素浓度相对于金属层13中的添加元素浓度的比率并无特别的上限,但优选上限为200倍程度。

[0079] 另外,在此所观察的接合界面,将金属层13的晶格像的界面侧端部与绝缘基板11的晶格像的接合界面侧端部之间的中央作为基准面S。并且,金属层13中的添加元素浓度(Cu浓度)为,在金属层13中与接合界面相距一定距离(本实施方式中为5nm)部分的添加元素的浓度(Cu浓度)。利用与接合界面附近的添加元素的浓度相同的方法来测定添加元素高浓度部的添加元素浓度、以及金属层13中的添加元素的浓度即可。

[0080] 下面,参考图2、图3,对具有所述结构的功率模块用基板10、以及自带散热器的功率模块用基板40的制造方法进行说明。

[0081] 首先,如图3所示,将成为电路层12的铜板22和绝缘基板11进行接合(铜板接合工序S01)。其中,由于绝缘基板11由 Al_2O_3 构成,因此通过利用铜和氧的共晶反应的DBC法,接合铜板22和绝缘基板11。

[0082] 具体而言,使得由韧铜构成的铜板22和绝缘基板11接触,并且在氮气气氛中,以 1075°C 加热10分钟,从而铜板22和绝缘基板11被接合起来。

[0083] 接着,在绝缘基板11的另一面侧接合成为金属层13的铝板23(铝板接合工序S02),并且将铝板23和散热器41的顶板部42进行接合(散热器接合工序S03)。在本实施方式中,同时实施这些铝板接合工序S02和散热器接合工序S03。

[0084] 在铝板23中与绝缘基板11的接合面,通过溅射而固着添加元素(Cu),形成第1固着层51,并且在铝板23中与散热器41的顶板部42的接合面,通过溅射而固着添加元素(Cu),以形成第2固着层52(固着层形成工序S11)。其中,第1固着层51及第2固着层52中的添加元素量在 $0.01\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上且 $10\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下的范围内,在本实施方式中,使用Cu作为添加元素,第1固着层51及第2固着层52中的Cu量设定为 $0.08\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上且 $2.7\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下。

[0085] 接着,如图3所示,将铝板23层叠于绝缘基板11的另一面侧。另外,在铝板23的另一面侧层叠散热器41的顶板部42(层叠工序S12)。

[0086] 此时,如图3所示,使铝板23的形成有第1固着层51的表面朝向绝缘基板11,并且使铝板23的形成有第2固着层52的表面朝向顶板部42,并将它们层叠。

[0087] 接着,将接合有铜板22的绝缘基板11、铝板23及顶板部42,在其层叠方向上加压(压力为 $1\sim 35\text{kgf}/\text{cm}^2$)的状态下,放入到真空加热炉内进行加热(加热工序S13)。其中,在

本实施方式中,真空加热炉内的压力设定在 $10^{-3}\sim 10^{-6}$ Pa的范围内,加热温度设定在 550°C 以上且 650°C 以下的范围内。

[0088] 于是,第1固着层51的添加元素(Cu)向铝板23一侧扩散,在铝板23与绝缘基板11之间的界面形成第1熔融金属区域。

[0089] 并且,第2固着层52的添加元素(Cu)向铝板23一侧及顶板部42一侧扩散,在铝板23与顶板部42之间的界面形成第2熔融金属区域。

[0090] 接着,在形成第1熔融金属区域、第2熔融金属区域的状态下,将温度保持为恒定(熔融金属凝固工序S14)。

[0091] 于是,第1熔融金属区域中的Cu进而向铝板23一侧扩散,作为第1熔融金属区域的部分的Cu浓度逐渐下降,熔点上升,从而,在温度保持恒定的状态下,逐渐进行凝固。由此,绝缘基板11和铝板23被接合起来。

[0092] 同样,第2熔融金属区域中的Cu进而向铝板23一侧以及顶板部42一侧扩散,作为第2熔融金属区域部分的Cu浓度逐渐下降,熔点上升,从而,在温度保持恒定的状态下,逐渐进行凝固。由此,铝板23和顶板部42被接合起来。

[0093] 即,绝缘基板11与铝板23(金属层13)、以及顶板部42与铝板23(金属层13),通过所谓的瞬间液相扩散连接法(Transient Liquid Phase Diffusion Bonding)而被接合。并且,在进行凝固之后,进行冷却至常温为止。

[0094] 由此,铜板22(电路层12)、绝缘基板11、铝板23(金属层13)及散热器41的顶板部42被接合起来,制造出作为本实施方式的功率模块用基板10及自带散热器的功率模块用基板40。

[0095] 根据如上述构成的本实施方式的功率模块用基板10、自带散热器的功率模块用基板40,由于接合铜板22而成的电路层12的厚度 t_1 在 $0.1\text{mm}\leq t_1\leq 0.6\text{mm}$ 的范围内,接合铝板23而成的金属层13的厚度 t_2 在 $0.5\text{mm}\leq t_2\leq 6\text{mm}$ 的范围内,电路层12的厚度 t_1 与金属层13的厚度 t_2 之间的关系为 $t_1<t_2$,因此通过由变形阻力比较大的铜板22构成的电路层12,绝缘基板11不会受到过度的约束,并且由变形阻力较小的铝板23构成的金属层13足够厚,能够减缓负载于功率模块用基板10的应力,并能够抑制绝缘基板11的破裂。

[0096] 并且,电路层12的厚度 t_1 与金属层13的厚度 t_2 之间的关系为 $t_2/t_1\geq 2.5$,具体而言, $t_2/t_1=6.67$,因此能够抑制功率模块用基板10上产生翘曲。

[0097] 并且,具有搭载半导体元件3的搭载面的电路层12由韧铜构成,因此能够充分地扩散由半导体元件3产生的热量,并且能够促进热量的发散。从而,能够提高负载功率循环时的耐久性。

[0098] 另外,在本实施方式中,在散热器41与绝缘基板11之间夹有金属层13,因此通过形成为足够厚的金属层13变形,能够减缓因绝缘基板11与散热器41之间的热膨胀系数之差而引起热应变,并能够抑制绝缘基板11的破裂。

[0099] 并且,在本实施方式中,在电路层12中与绝缘基板11的接合界面附近的压痕硬度 H_{B1} 在 $60\text{mgf}/\mu\text{m}^2\leq H_{B1}\leq 120\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 的范围内,因此电路层12中与绝缘基板11的接合界面附近的强度得到确保,防止在电路层12本身产生龟裂,并且绝缘基板11不会被强力地约束于电路层12,并能够抑制绝缘基板11的破裂。

[0100] 并且,在本实施方式中,在金属层13中与绝缘基板11的接合界面附近的压痕硬度

H_{B2} 在 $30\text{mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B2} \leq 80\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 的范围内,因此金属层13的接合界面附近的强度得到确保,防止在金属层13本身产生龟裂,并且,由于金属层13比较容易变形,因此能够减缓由金属层13的变形而引起的应力,并能够抑制绝缘基板11的破裂。

[0101] 并且,在本实施方式中,在金属层13与绝缘基板11之间的接合界面附近,固溶有Si、Cu、Ag、Zn、Mg、Ge、Ca、Ga、Li中的任一种或两种以上的添加元素,在本实施方式中,作为添加元素固溶有Cu,因此金属层13的接合界面一侧部分会固溶强化,能够防止在金属层13部分产生破裂。

[0102] 并且,在金属层13与绝缘基板11之间的接合界面,形成有添加元素高浓度部,该添加元素高浓度部中Si、Cu、Ag、Zn、Mg、Ge、Ca、Ga、Li中的任一种或两种以上的添加元素的浓度(本实施方式中为Cu浓度)为金属层13中的所述添加元素浓度的2倍以上,因此通过存在于界面附近的添加元素原子(Cu原子),能够实现金属层13的接合强度的提高。

[0103] 另外,在本实施方式中,在金属层13与散热器41的顶板部42之间的接合界面,也固溶有Si、Cu、Ag、Zn、Mg、Ge、Ca、Ga、Li中的任一种或两种以上的添加元素,在本实施方式中,作为添加元素固溶有Cu,因此金属层13的与顶板部42的接合界面一侧部分会固溶强化,能够防止金属层13部分的破裂。

[0104] 并且,在本实施方式中,由0.2%屈服强度为 $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以上的金属材料构成散热器41的顶板部42,其厚度为2mm以上,在本实施方式中由A6063合金(铝合金)构成,因此刚性高,操作容易。从而,如图1所示,能够用固定螺钉45将该顶板部42固定于冷却部件43,并能够构成冷却能力优异的散热器41。

[0105] 另外,在散热器41的顶板部42与绝缘基板11之间,配设有由0.2%屈服强度为 $30\text{N}/\text{mm}^2$ 以下的铝(在本实施方式中,为纯度99.99%以上的纯铝)构成的金属层13,因此,即使散热器41的顶板部42的刚性高,也能够通过该金属层13充分地减缓因散热器41的顶板部42与绝缘基板11的热膨胀系数之差而引起的热应变,并能够抑制产生绝缘基板11的破裂。

[0106] 并且,在本实施方式中,绝缘基板11由 Al_2O_3 构成,因此如上所述,通过利用氧与铜的共晶反应的DBC法,能够接合由韧铜构成的电路层12与绝缘基板11。从而,能够确保绝缘基板11与电路层12的接合强度,并能够构成接合可靠性优异的功率模块用基板10。

[0107] 接着,参考图4,对本发明的第2实施方式进行说明。

[0108] 图4所示的功率模块101具备自带散热器的功率模块用基板140和半导体元件(电子部件)3,所述半导体元件通过第1焊料层102接合于所述自带散热器的功率模块用基板140的一侧(图4中为上侧)表面。其中,第1焊料层102例如为Sn-Ag系、Sn-In系,或者Sn-Ag-Cu系焊材。

[0109] 自带散热器的功率模块用基板140具备功率模块用基板110、冷却功率模块用基板110的散热器141。

[0110] 功率模块用基板110具备绝缘基板111、配设于该绝缘基板111的一面(图4中为上表面)的电路层112、及配设于绝缘基板111的另一面(图4中为下表面)的金属层113。

[0111] 在本实施方式中,绝缘基板111由AlN(氮化铝)构成。并且,绝缘基板111的厚度设定在0.2mm以上且1.5mm以下的范围内,在本实施方式中被设定为0.635mm。

[0112] 电路层112通过在绝缘基板111的一面接合由铜或铜合金构成的铜板而形成。在本实施方式中,作为构成电路层112的铜板使用无氧铜轧制板。该电路层112上形成有电路图

案,其一面(图4中为上表面)为搭载半导体元件3的搭载面。

[0113] 金属层113通过在绝缘基板111的另一面接合由铝或铝合金构成的铝板而形成。在本实施方式中,作为构成金属层113的铝板,使用纯度为99.0质量%以上且99.85质量%以下的铝(所谓的2N铝)轧制板。

[0114] 并且,在本实施方式的功率模块用基板110中,电路层112的厚度 t_1 设定在 $0.1\text{mm} \leq t_1 \leq 0.6\text{mm}$ 的范围内,金属层113的厚度 t_2 设定在 $0.5\text{mm} \leq t_2 \leq 6\text{mm}$ 的范围内,另外,电路层112的厚度 t_1 与金属层113的厚度 t_2 之间的关系为 $t_1 < t_2$ 。另外,电路层112的厚度 t_1 与金属层113的厚度 t_2 的关系优选为 $t_2/t_1 \geq 2.5$ 。

[0115] 在本实施方式中,电路层112的厚度 t_1 设定为 $t_1 = 0.3\text{mm}$,金属层113的厚度 t_2 设定为 $t_2 = 2.0\text{mm}$, $t_2/t_1 = 6.67$ 。

[0116] 并且,本实施方式中的散热器141为由铜、铜合金、铝或铝合金构成的散热板。

[0117] 该散热器141通过第2焊料层108与功率模块用基板110的金属层113通过接合。另外,在金属层113的表面形成有未图示的镀Ni膜。另外,当散热器141由铝或铝合金构成的情况下,优选在散热器141的表面形成有镀Ni膜。并且,与上述第1焊料层102相同,第2焊料层108能够使用例如Sn-Ag系、Sn-In系,或者Sn-Ag-Cu系等各种焊材。

[0118] 下面,参考图5,对具有所述结构的功率模块用基板110以及自带散热器的功率模块用基板140的制造方法进行说明。

[0119] 首先,接合成为电路层112的铜板和绝缘基板111(铜板接合工序S101)。在本实施方式中,通过所谓的活性金属钎料法,接合由无氧铜轧制板构成的铜板和绝缘基板111。

[0120] 在绝缘基板111的一面,通过活性钎料(Ag-Cu-Ti)层叠成为电路层112的铜板,将绝缘基板111及铜板在层叠方向以 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上且 $35\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下($9.8 \times 10^4\text{Pa}$ 以上且 $343 \times 10^4\text{Pa}$ 以下)的范围进行加压的状态下,放入到加热炉内进行加热,将成为电路层112的铜板和绝缘基板111进行接合。其中,加热温度为 850°C ,加热时间为10分钟。

[0121] 接着,在绝缘基板111的另一面侧接合成为金属层113的铝板(铝板接合工序S102)。

[0122] 通过钎料层叠绝缘基板111与铝板,并通过钎焊而接合绝缘基板111和铝板。此时,作为钎料,能够使用例如厚度为 $20 \sim 110\mu\text{m}$ 的Al-Si系钎料箔,优选钎焊温度为 $600 \sim 620^\circ\text{C}$ 。

[0123] 由此,制造本实施方式的功率模块用基板110。

[0124] 接着,将功率模块用基板110和散热器141进行接合(散热器接合工序S103)。该散热器接合工序S103中,首先,在功率模块用基板110的金属层113中与散热器141的接合面形成镀Ni膜,然后,利用焊材来接合散热器141和金属层113。

[0125] 由此,在金属层113与散热器141之间形成焊料层108,制造出本实施方式的自带散热器的功率模块用基板140。

[0126] 具有如上述结构的本实施方式的自带散热器的功率模块用基板140如同第1实施方式,能够抑制绝缘基板111的破裂或功率模块用基板110的翘曲等。

[0127] 另外,在本实施方式中,电路层112由铜板构成,该电路层112的厚度 t_1 设定在 $0.1\text{mm} \leq t_1 \leq 0.6\text{mm}$ 的范围内,另外,具体而言,所述厚度为 0.3mm ,因此功率模块用基板110整体的刚性得到确保,在热循环负载时,功率模块用基板110不易变形,能够抑制第2焊料层108中产生龟裂。

[0128] 尤其,在本实施方式中,金属层113由铝含量为99.0质量%以上且99.85质量%以下的铝(所谓的2N铝)轧制板构成,因此在热循环负载时,金属层113不容易变形,能够可靠地抑制第2焊料层108中产生龟裂。

[0129] 以上,对本发明的实施方式进行了说明,但本发明并不限于此,在不脱离本发明的技术思想的范围内可适当地变更。

[0130] 例如,说明了将成为金属层的铝板作为纯度为99.99质量%以上的纯铝轧制板,或作为纯度为99.0质量%以上且99.85质量%以下的铝轧制板,但并不限于此,也可以由其他铝或铝合金构成。

[0131] 同样,说明了将成为电路层的铜板作为韧铜轧制板,或者作为无氧铜轧制板,但并不限于此,也可以由铜或铜合金构成。

[0132] 并且,作为散热器,举例为散热板进行了说明,但并不限于此,可以是具备散热片的散热板,也可以是具备内部有冷却介质流通的流路的冷却器。

[0133] 并且,说明了由 Al_2O_3 来构成陶瓷基板,并通过DBC法接合铜板,或者由 AlN 来构成陶瓷基板,并通过活性金属钎焊法来接合铜板,但并不限于此,也可以将 Si_3N_4 作为陶瓷基板。并且,陶瓷基板与铜板的接合方法并没有限制。

[0134] 例如,如图6及图7所示的功率模块201,也可以由 AlN (氮化铝)来构成陶瓷基板211,在该陶瓷基板211的一面形成 Al_2O_3 层225,通过DBC法而接合该 Al_2O_3 层225和铜板,从而形成电路层212。另外, Al_2O_3 层225的厚度优选为 $1\mu m$ 以上。该 Al_2O_3 层225能够通过 $1200^\circ C$ 以上的温度下且在 $Ar-O_2$ 混合气体气氛中进行 AlN 的氧化处理而形成。将氧分压 P_{O_2} 设为 $10kPa$,将水蒸气分压 P_{H_2O} 调节为 $0.05kPa$,并在高氧分压/低水蒸气分压气氛中进行 AlN 的氧化处理,从而形成与 AlN 的粘着性优异的致密的 Al_2O_3 层225。

[0135] 并且,在第1实施方式中,说明了通过瞬间液相扩散连接法而接合陶瓷基板与由铝或铝合金构成的金属层、以及由铝或铝合金构成的金属层与由铝或铝合金构成的散热器,但并不限于此,也可以使用 $Al-Si$ 系合金等钎料。

[0136] 另外,在第1实施方式中,作为散热器,举例为具备顶板部和冷却部件的结构而进行了说明,但并不限于此,可以是具备散热片的散热板,也可以是具备内部有冷却介质流通的流路的冷却器。

[0137] 实施例

[0138] (实施例1)

[0139] 对于为确认本发明的有效性而进行的比较实验进行说明。

[0140] 如表1所示,将绝缘基板、成为电路层的铜板及成为金属层的铝板进行接合,制作出功率模块用基板。

[0141] 电路层的尺寸为 $37mm \times 37mm$,绝缘基板的尺寸为 $40mm \times 40mm$,金属层的尺寸为 $37mm \times 37mm$ 。

[0142] 表2中所示的“活性金属钎焊”使用由 $Ag-27.4\text{质量}\%Cu-2.0\text{质量}\%Ti$ 构成的活性钎料,在 $10^{-3}Pa$ 的真空中,以 $850^\circ C$ 的温度加热10分钟,从而接合铜板与绝缘基板。

[0143] 表2中所示的“DBC”,在氮气气氛中以 $1075^\circ C$ 的温度加热10分钟,从而接合铜板和绝缘基板。

[0144] 表2所示的“TLP”,将 Cu 以成为 $1.0mg/cm^2$ 的方式固着于绝缘基板的表面,并向层叠

方向以 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 进行加压的状态下,在 10^{-3}Pa 的真空中,以 600°C 加热30分钟,由此接合铝板和绝缘基板。

[0145] 表2所示的“A1-Si钎焊”使用由A1-7.5质量%Si构成的钎料箔(厚度 $100\mu\text{m}$),向层叠方向以 $12\text{kgf}/\text{cm}^2$ 进行加压的状态下,在 10^{-3}Pa 的真空中,以 650°C 的温度加热30分钟,由此接合铝板和绝缘基板。

[0146] 并且,在上述功率用基板的金属层的另一面侧接合了散热器。散热器为 $50\text{mm}\times 60\text{mm}\times 5\text{mm}$ 的A3003合金的铝板。接合条件为如下,即使用A1-Si钎焊箔,并以 $3.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 进行加压的状态下,在真空中以 610°C 进行加热,由此进行接合。

[0147] 使用这样获得的自带散热器的功率模块用基板,实施了冷热循环试验。表2中表示评价结果。另外,每隔500次循环实施观察,以确认到绝缘基板破裂的时刻点的循环次数进行了评价。测定条件如下表示。

[0148] 评价装置;ESPEC株式会社制造TSB-51

[0149] 液相:电子氟化液

[0150] 温度条件: $-40^\circ\text{C}\times 5$ 分钟、1次以及 $125^\circ\text{C}\times 5$ 分钟、1次,构成1循环

[0151] 另外,在这些功率模块用基板的电路层的一面侧软焊接合IGBT元件。另外,在进行软焊接合时使用Sn-Ag-Cu系焊料,在氢还原气氛中,以 300°C 进行接合。

[0152] 使用这样获得的功率模块进行了功率循环试验。

[0153] 表2中表示评价结果。另外,评价了负载10万次功率循环后的热阻率的上升率。

[0154] 如下测定热阻。用100W的功率加热加热片,并使用热电偶实测加热片的温度。并且,实测在散热器中流通的冷却介质(乙二醇:水=9:1)的温度。并且,将加热片的温度与冷却介质的温度差除以功率的值,作为热阻。

[0155] 另外,测定条件如下表示。

[0156] 温度差: 80°C

[0157] 温度范围: $55^\circ\text{C}\sim 135^\circ\text{C}$ (利用IGBT元件内的温度检测二极管进行测定)通电时间:6秒钟

[0158] 冷却时间:4秒钟

[0159]

[表 1]

	电路层		金属层		厚度比 t_2/t_1	陶瓷	
	材质	厚度 t_1	材质	厚度 t_2		材质	厚度
本发明例 1	OFC	0.3mm	A1050	1.5mm	5.00	Al ₂ O ₃	0.32mm
本发明例 2	OFC	0.3mm	A1080	2.2mm	7.33	Si ₃ N ₄	0.32mm
本发明例 3	6N-Cu	0.4mm	4N-Al	1.6mm	4.00	AlN	0.635mm
本发明例 4	6N-Cu	0.5mm	A1080	2.5mm	5.00	Si ₃ N ₄	0.32mm
本发明例 5	韧 Cu	0.3mm	4N-Al	1.6mm	5.33	AlN	0.635mm
本发明例 6	韧 Cu	0.5mm	A1080	1.6mm	3.20	Si ₃ N ₄	0.32mm
本发明例 7	OFC	0.4mm	4N-Al	0.8mm	2.00	AlN	0.635mm
本发明例 8	OFC	0.3mm	4N-Al	0.5mm	1.67	AlN	0.635mm
比较例 1	OFC	0.7mm	4N-Al	2.0mm	2.86	AlN	0.635mm
比较例 2	6N-Cu	0.3mm	A1080	0.2mm	0.67	Al ₂ O ₃	0.32mm
比较例 3	韧 Cu	0.4mm	A1050	0.4mm	1.00	Al ₂ O ₃	0.32mm
比较例 4	4N-Al	0.6mm	4N-Al	2.1mm	3.50	AlN	0.635mm
比较例 5	4N-Al	0.4mm	A1050	2.1mm	5.25	Al ₂ O ₃	0.32mm
比较例 6	4N-Al	0.9mm	A1080	1.1mm	1.22	Si ₃ N ₄	0.32mm

[0160]

[表 2]

	电路层/绝缘基板 接合方法	金属层/绝缘基板 接合方法	冷热循环	功率循环
本发明例 1	活性金属钎焊	Al-Si 钎焊	> 4000	0.59%
本发明例 2	活性金属钎焊	TLP	> 4000	2.60%
本发明例 3	活性金属钎焊	TLP	> 4000	1.86%
本发明例 4	活性金属钎焊	TLP	> 4000	1.22%
本发明例 5	DBC	Al-Si 钎焊	> 4000	3.54%
本发明例 6	活性金属钎焊	TLP	> 4000	0.84%
本发明例 7	活性金属钎焊	Al-Si 钎焊	< 3000	1.34%
本发明例 8	活性金属钎焊	Al-Si 钎焊	< 3000	0.53%
比较例 1	活性金属钎焊	Al-Si 钎焊	< 500	0.50%
比较例 2	活性金属钎焊	Al-Si 钎焊	< 1000	3.65%
比较例 3	DBC	Al-Si 钎焊	< 2000	2.21%
比较例 4	Al-Si 钎焊	Al-Si 钎焊	> 4000	18.30%
比较例 5	Al-Si 钎焊	Al-Si 钎焊	> 4000	17.60%
比较例 6	TLP	TLP	> 4000	20.40%

[0161] 成为电路层的铜板的厚度为0.7mm的比较例1中,在冷热循环试验中,在500次循环以下发现绝缘基板破裂。

[0162] 成为电路层的铜板的厚度形成为比成为金属层的铝板的厚度厚的比较例2中,在冷热循环试验中,在1000次循环以下发现绝缘基板破裂。另外,在功率循环试验中也发现热阻上升。

[0163] 成为电路层的铜板的厚度与成为金属层的铝板的厚度相同的比较例3中,在冷热循环试验中,在2000次循环以下发现绝缘基板破裂。另外,在功率循环试验中,也发现数%程度的热阻上升。

[0164] 由铝板构成电路层的比较例4-6中,虽然冷热循环试验的结果良好,但在功率循环试验中发现热阻大幅上升。

[0165] 与此相对,在本发明例1-8中,在冷热循环试验中,即使为2500次循环以上,也未发现绝缘基板破裂。并且,在功率循环试验中,也发现热阻的上升得到抑制。尤其,在电路层的厚度 t_1 与金属层的厚度 t_2 之比 t_2/t_1 为2.5以上的本发明例1~6中,在冷热循环试验中,即使为4000次循环以上,也未发现绝缘基板破裂。

[0166] 由以上结果可知,根据本发明例,可提供一种能够促进散发来自搭载于电路层上的电子部件等发热体的热量,具有优异的功率循环特性,并且在冷热循环负载时能够抑制绝缘基板产生破裂的可靠性高的功率模块用基板、自带散热器的功率模块用基板及功率模块。

[0167] (实施例2)

[0168] 接着,如上述第2实施方式所示,通过第2焊料层而接合功率模块用基板的金属层和散热器,并对该第2焊料层中的接合率进行了评价。

[0169] 如表3所示,将绝缘基板、成为电路层的铜板及成为金属层的铝板进行接合,制作出功率模块用基板。

[0170] 电路层的尺寸为 $37\text{mm} \times 37\text{mm}$,绝缘基板的尺寸为 $40\text{mm} \times 40\text{mm}$,金属层的尺寸为 $37\text{mm} \times 37\text{mm}$ 。

[0171] 另外,表4所示的“活性金属钎焊”、“DBC”、“TLP”及“A1-Si钎焊”为与上述实施例1及表2相同的接合方法。

[0172] 并且,在上述功率模块用基板的金属层的另一面侧接合了散热器。散热器为 $50\text{mm} \times 60\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的A6063合金的铝板。使用Sn-Sb系焊锡,在 H_2 气氛中,在 200°C 温度下保持5分钟之后,以 300°C 保持10分钟,由此进行焊接,然后置换成 N_2 气氛进行冷却,从而接合散热器。

[0173] 使用这样获得的自带散热器的功率模块用基板,实施了冷却循环试验。冷却循环条件如同上述实施例1,负载2000次冷热循环。

[0174] 并且,在接合初期及2000次冷热循环负载之后,测定了第2焊料层上的接合率。表4中示出评价结果。

[0175]

[表 3]

	电路层		厚度比 t_2/t_1	陶瓷			
	材质	厚度 t_1		材质	厚度		
本发明例 11	OFC	0.3mm	A1050	0.9mm	3.00	AlN	0.635mm
本发明例 12	OFC	0.6mm	A1100	1.5mm	2.50	Si ₃ N ₄	0.32mm
本发明例 13	韧 Cu	0.3mm	A1050	1.6mm	5.33	Al ₂ O ₃	0.38mm
本发明例 14	6N-Cu	0.4mm	A1080	2.1mm	5.25	AlN	0.5mm
比较例 11	4N-Al	0.6mm	4N-Al	2.1mm	3.50	AlN	0.635mm

[0176]

[表 4]

	电路层/绝缘基板 接合方法	金属层/绝缘基板 接合方法	第 2 焊料层接合率 (%)	
			接合初期	冷热循环后
本发明例 11	活性金属钎焊	Al-Si 钎焊	99.0	98.5
本发明例 12	活性金属钎焊	TLP	98.5	98.0
本发明例 13	DBC	Al-Si 钎焊	99.5	95.6
本发明例 14	活性金属钎焊	TLP	98.6	97.3
比较例 11	Al-Si 钎焊	Al-Si 钎焊	99.8	77.3

[0177] 由铝板构成电路层及金属层的比较例 11 中,冷热循环后的接合率大幅下降。可推测是因为第 2 焊料层产生了龟裂。

[0178] 与此相对,在本发明例 11~14 中,即使在冷热循环之后,接合率也并没有大幅下降。根据本发明例 11~14,确认到能够抑制在第 2 焊料层产生龟裂。

[0179] 符号说明

[0180] 1、101、201-功率模块,3-半导体元件(电子部件),10、110、210-功率模块用基板,11、111、211-绝缘基板,12、112、212-电路层,13、113、213-金属层,22-铜板,23-铝板,40、140、240-自带散热器的功率模块用基板,41、141、241-散热器,225-Al₂O₃层。

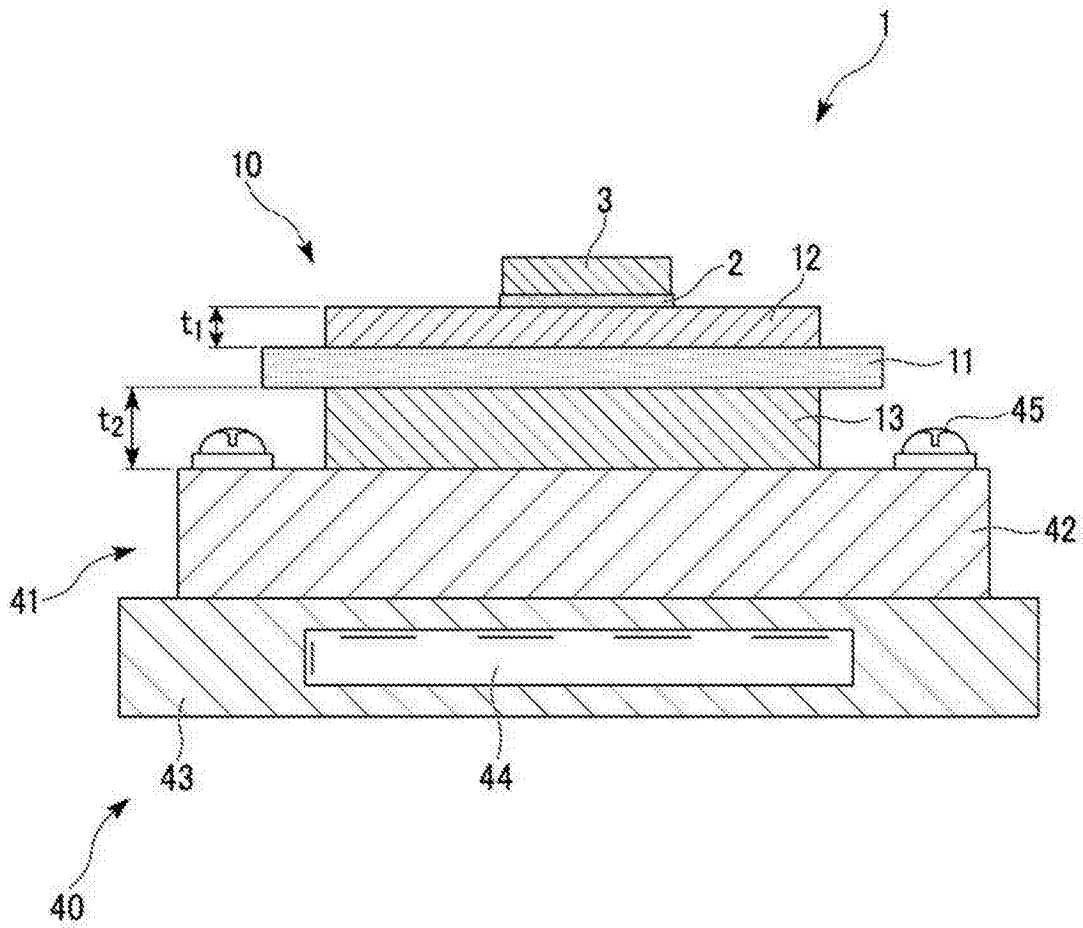


图1

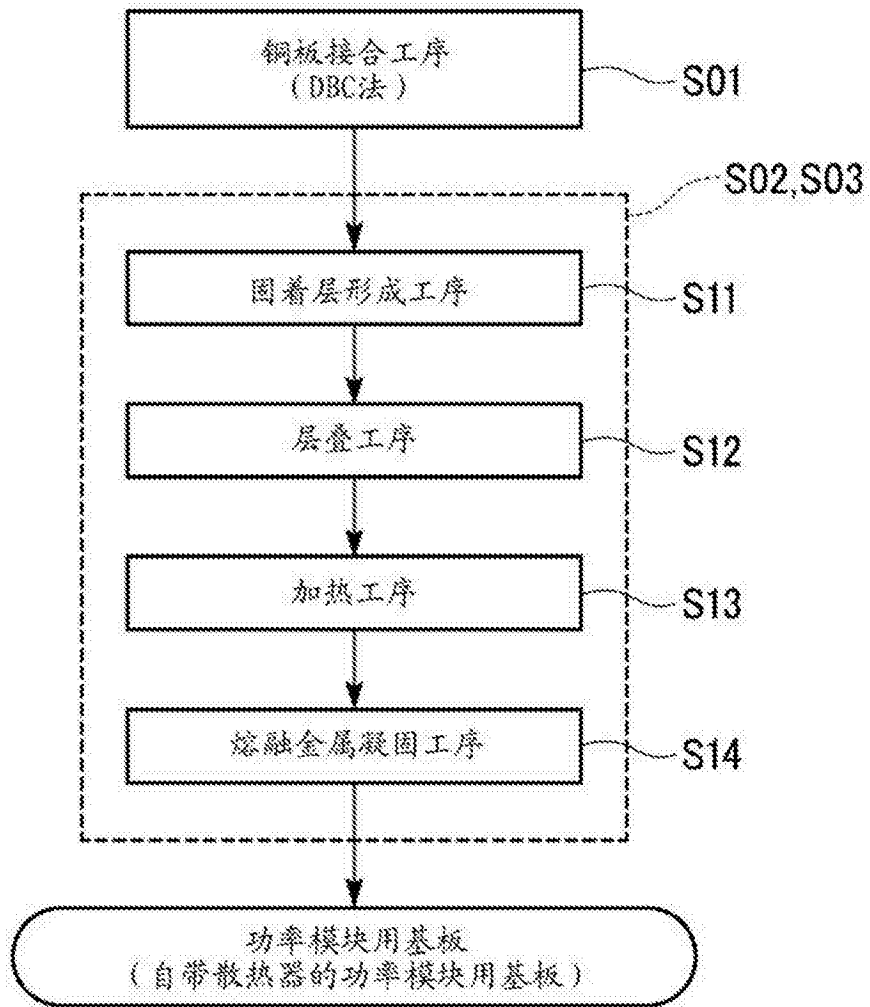


图2

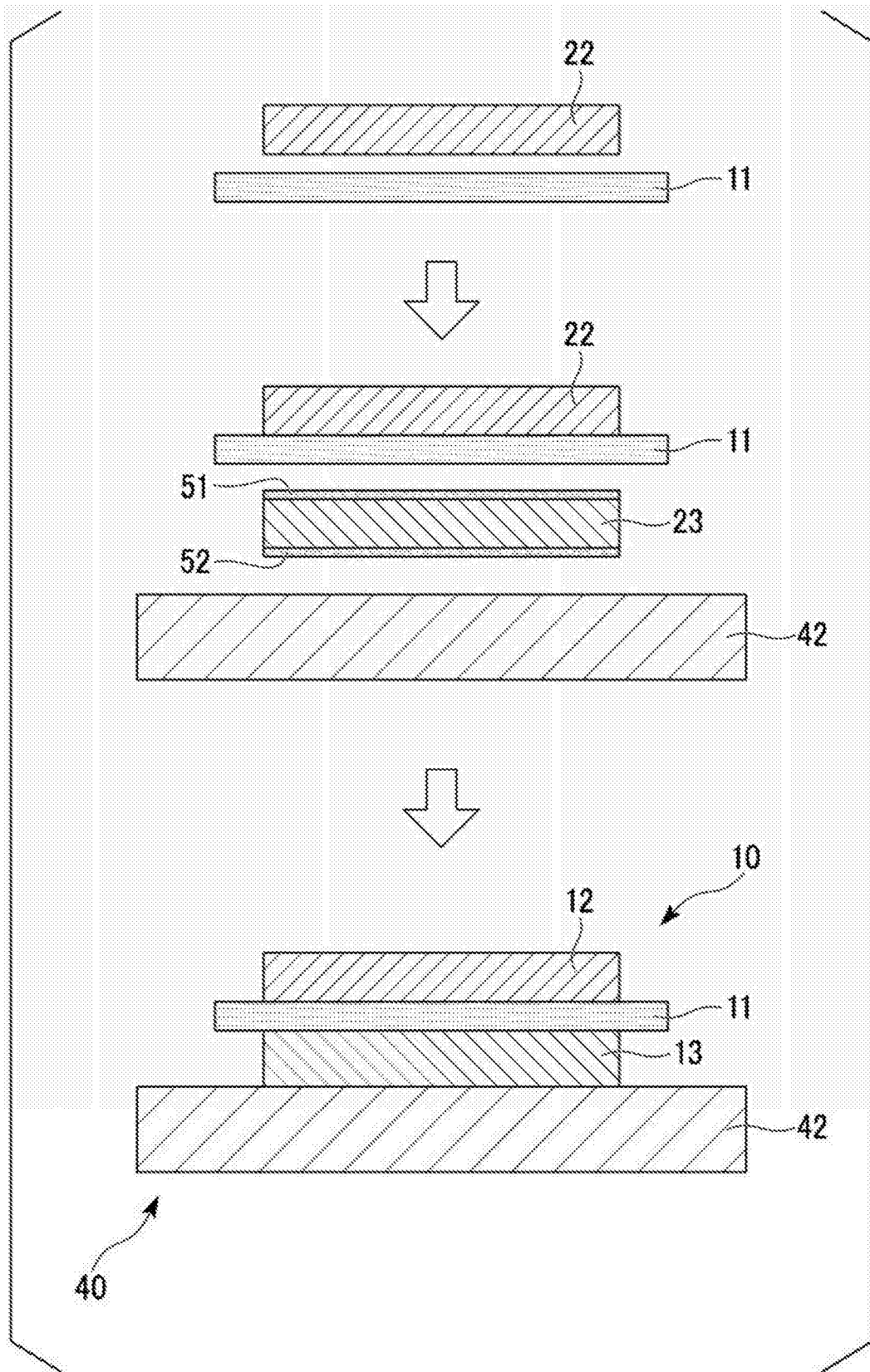


图3

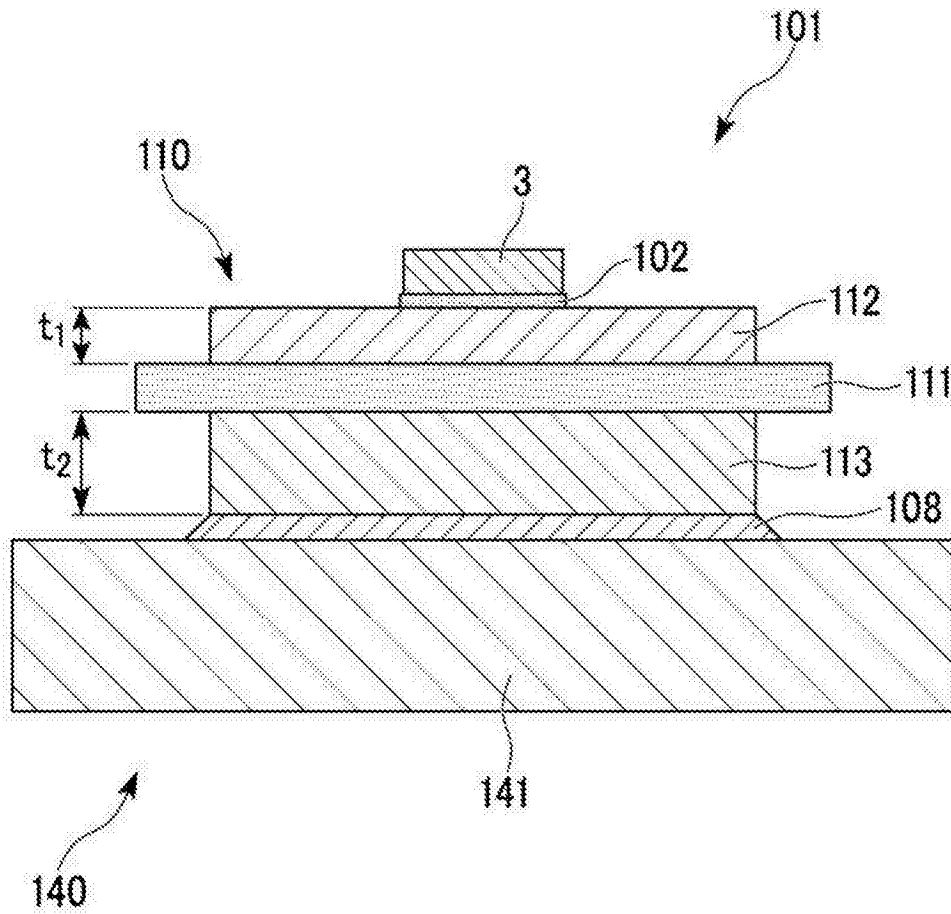


图4

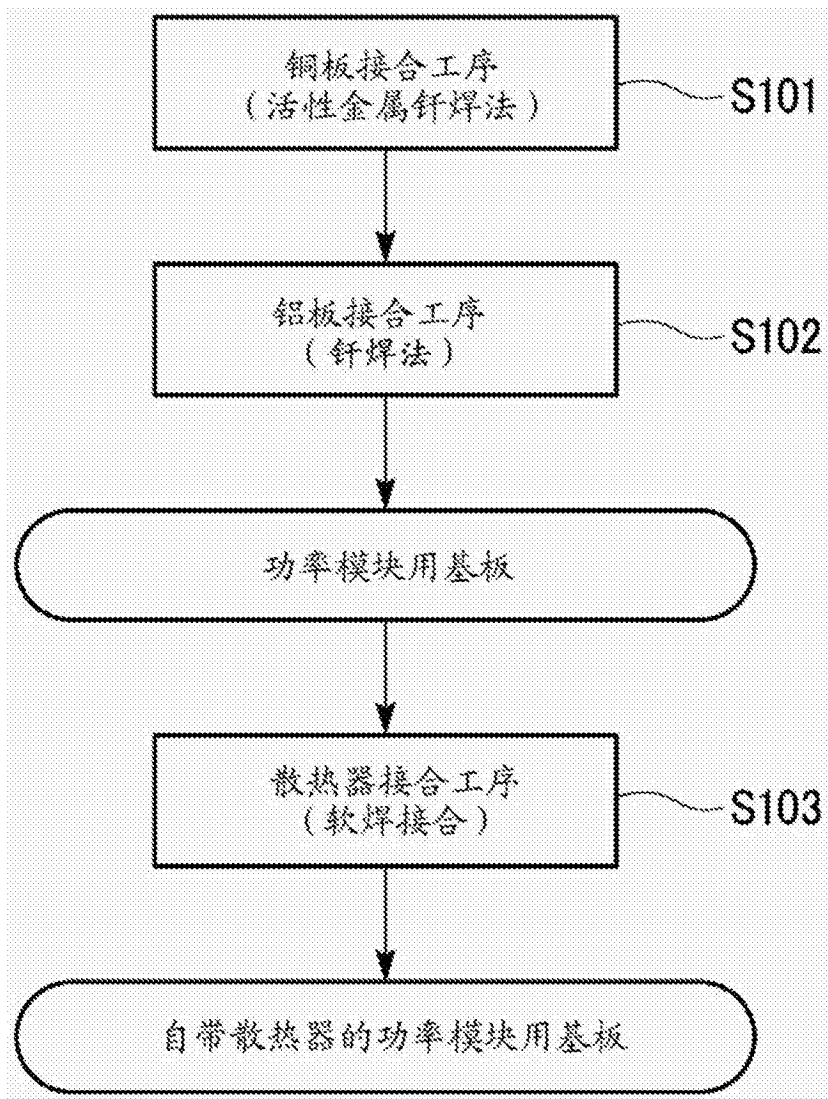


图5

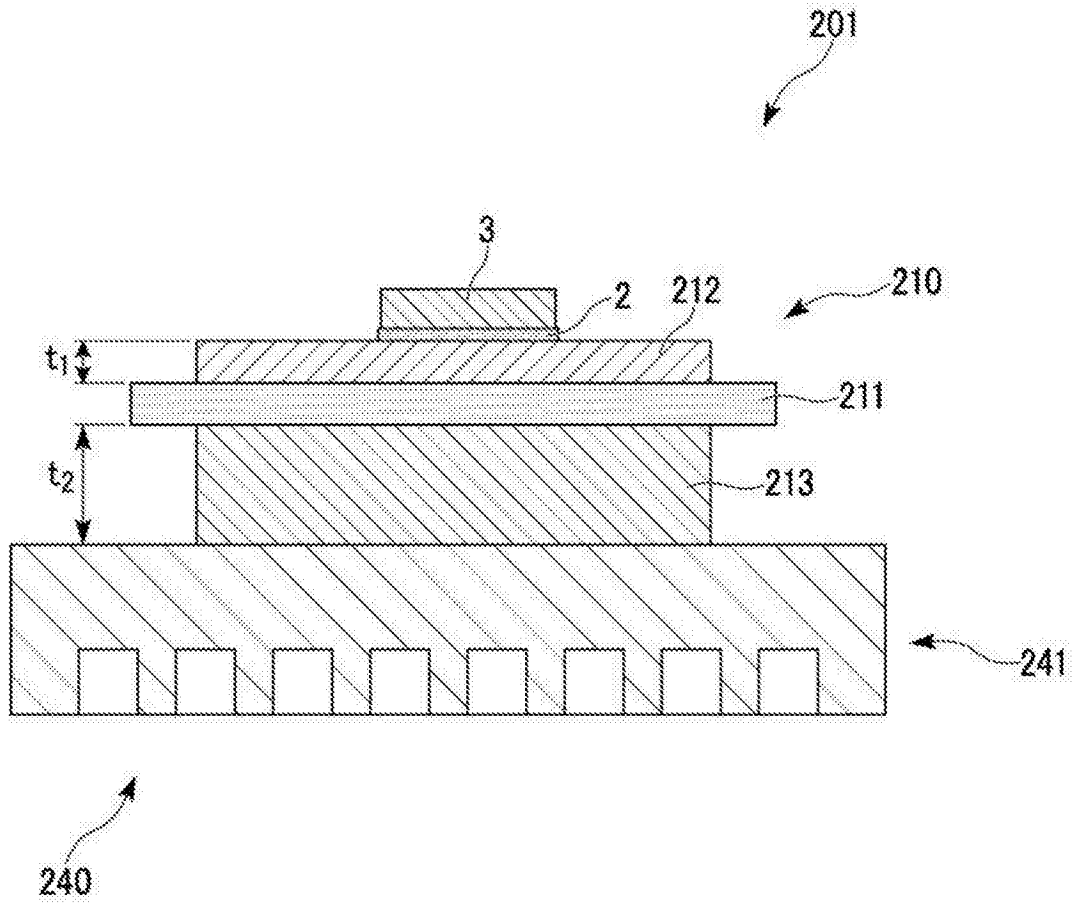


图6

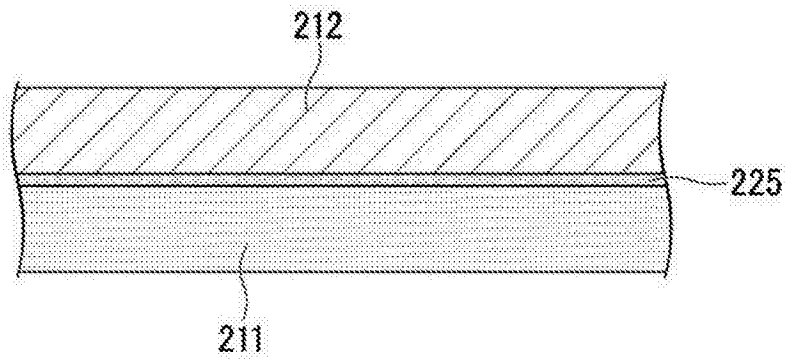


图7