



(10) 授权公告号 CN 110366777 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 26

(21) 申请号 201880012550.1

(22) 申请日 2018.02.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110366777 A

(43) 申请公布日 2019.10.22

(30) 优先权数据
2017-064878 2017.03.29 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.08.19

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2018/007605 2018.02.28

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/180159 JA 2018.10.04

(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 汤本辽平 大开智哉 北原文嗣
长友义幸

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018
专利代理师 刁兴利 康泉

(51) Int.Cl.
H01L 23/36 (2006.01)
H01L 23/12 (2006.01)
H01L 23/373 (2006.01)
H05K 1/02 (2006.01)
H05K 7/20 (2006.01)

(56) 对比文件
EP 1055641 A2, 2000.11.29
JP 2003007895 A, 2003.01.10
JP 2005145746 A, 2005.06.09
JP 2016041434 A, 2016.03.31
JP 2016100430 A, 2016.05.30
JP 2016143831 A, 2016.08.08
JP H06108246 A, 1994.04.19
JP H11286704 A, 1999.10.19 (续)
审查员 游宇焜

权利要求书1页 说明书11页 附图6页

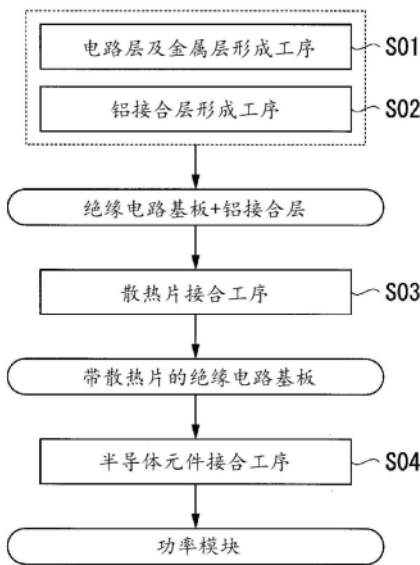
(54) 发明名称

带散热片的绝缘电路基板的制造方法

(57) 摘要

本发明的制造方法制造带散热片的绝缘电路基板(40),该带散热片的绝缘电路基板(40)具备:绝缘电路基板(10),在绝缘层(11)形成有电路层(12)及金属层(13);及散热片(41),接合于所述金属层(13)侧。所述金属层(13)由铝或铝合金构成,且压痕硬度小于 $50\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 。所述散热片(41)的与绝缘电路基板(10)的接合面由铝或铝合金构成。该方法具备:铝接合层形成工序(S02),在所述金属层(13)形成由固相线温度为 650°C 以下的铝或铝合金构成的铝接合层(31);及散热片接合工序(S03),将由铜或铜合金构成的铜接合材料(32)层叠于所述铝接合层(31)与所述散热片(41)之间,并将所述铝接合层(31)、所述铜接合材料(32)及所述散热片(41)进行固

相扩散接合。



CN 110366777 B

[接上页]

(56) 对比文件

US 2012112236 A1, 2012.05.10

US 2015034367 A1, 2015.02.05

US 2015251382 A1, 2015.09.10

WO 2016060079 A1, 2016.04.21

JP 2016042528 A, 2016.03.31

JP 2014060215 A, 2014.04.03

JP H10270596 A, 1998.10.09

JP 2003306730 A, 2003.10.31

JP 2015155108 A, 2015.08.27

US 2006157862 A1, 2006.07.20

JP 2014112732 A, 2014.06.19

JP 2013058535 A, 2013.03.28

1. 一种带散热片的绝缘电路基板的制造方法,该带散热片的绝缘电路板具备:绝缘电路板,在绝缘层的一个面形成有电路层并且在所述绝缘层的另一个面形成有金属层;及散热片,接合于绝缘电路基板的所述金属层侧,该制造方法的特征在于,

所述绝缘层为陶瓷基板,

所述金属层由纯度为99.99质量%以上的铝、即4N铝构成,

所述金属层的压痕硬度小于 $50\text{mgf}/\mu\text{m}^2$,

所述散热片由Al-SiC复合材料构成,所述Al-SiC复合材料由如下成分构成:由SiC构成的多孔体及浸渗于多孔体中的由铝或铝合金构成的铝材料,

在所述散热片的与所述绝缘电路基板的接合面使用由固相线温度为 650°C 以下的所述铝或铝合金构成的铝材料,该制造方法具备:

铝接合层形成工序,在所述金属层的与所述绝缘层相反的一侧的面形成由固相线温度为 650°C 以下的铝或铝合金构成的铝接合层;及

散热片接合工序,通过将由铜或铜合金构成的铜接合材料层叠于所述铝接合层与所述散热片的接合面之间,并将所述铝接合层和所述铜接合材料、所述铜接合材料和所述散热片进行固相扩散接合来将散热片进行接合,

所述固相扩散接合为在所述铜接合材料不产生液相而保持固相状态的情况下,使原子扩散而接合的方法。

2. 根据权利要求1所述的带散热片的绝缘电路基板的制造方法,其特征在于,

将所述铝接合层的厚度 t_a 与所述金属层的厚度 t_b 之比 t_b/t_a 设在0.08以上且40以下的范围内。

3. 根据权利要求1或2所述的带散热片的绝缘电路基板的制造方法,其特征在于,

将所述金属层和所述铝接合层的总厚度设为2.0mm以下。

4. 根据权利要求1或2所述的带散热片的绝缘电路基板的制造方法,其特征在于,

所述绝缘层是由选自氮化铝 AlN 、氮化硅 Si_3N_4 及氧化铝 Al_2O_3 中的一种或两种形成的陶瓷基板,所述绝缘层的厚度为0.2mm以上且1.5mm以下,

所述电路层是由纯度为99质量%以上的铝构成的轧制板、或者是由A3003或A6063中的任一种铝合金构成的轧制板,所述电路层的厚度为0.1mm以上且2.0mm以下,

所述金属层的厚度为0.1mm以上且2.0mm以下,

所述散热片具有:散热片主体,由所述Al-SiC复合材料构成;及表层,在所述散热片主体的表面由浸渗于所述多孔体中的所述铝材料构成,所述散热片主体的厚度为0.5mm以上且5.0mm以下,所述表层的厚度为所述散热片主体的厚度的0.01倍以上且0.1倍以下,

所述铝接合层的固相线温度与构成所述散热片的所述表层的铝材料的固相线温度的温度差为 80°C 以下,

将所述铝接合层的厚度设为0.03mm以上且1.5mm以下。

带散热片的绝缘电路基板的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种带散热片的绝缘电路基板的制造方法,该带散热片的绝缘电路基板具备:绝缘电路基板,在绝缘层的一个面形成有电路层并且在所述绝缘层的另一个面形成有金属层,及散热片,接合于该绝缘电路基板的所述金属层侧。

[0002] 本申请主张基于2017年3月29日于日本申请的专利申请2017-064878号的优先权,并将其内容援用于此。

背景技术

[0003] 在功率模块、LED模块及热电模块中具有如下结构:将功率半导体元件、LED元件及热电元件接合于绝缘电路基板,所述绝缘电路基板在绝缘层的一个面形成有由导电材料构成的电路层。

[0004] 关于用于控制风力发电、电动车、混合动力车等的大功率控制用功率半导体元件,由于工作时的发热量大,因此作为搭载其的基板,例如,一直以来广泛使用具备由氮化铝、氮化硅等构成的陶瓷基板及将导电性优异的金属板接合于该陶瓷基板的一个面而形成的电路层的绝缘电路基板。作为绝缘电路基板,还提供一种将金属板接合于陶瓷基板的另一个面而形成有金属层的绝缘电路基板。

[0005] 例如,在专利文献1中公开了一种在陶瓷基板的一个面及另一个面形成有由铝板或铜板构成的电路层及金属层的绝缘电路基板。将散热片接合于绝缘电路基板的另一面侧,并将从半导体元件传递至绝缘电路基板侧的热量通过散热片而发散到外部。

[0006] 作为散热片材料,广泛利用铝合金、例如如专利文献2所示的以AlSiC为代表的将铝或铝合金填充于碳化硅质部件中而得的铝基复合材料等铝系材料。在由低固相线温度的铝合金构成散热片的情况下,能够设为结构相对复杂的形状,并能够提高散热特性。在由将铝或铝合金填充于碳化硅质部件中而得的铝基复合材料构成散热片的情况下,热膨胀系数与绝缘电路基板近似,能够将冷热循环负载时的加热变形抑制为较低。

[0007] 作为将由铝或铝合金构成的金属层和由铝系材料构成的散热片进行接合的方法,例如在专利文献3中提出了如下的方法:一种在由铝或铝合金构成的金属层及散热片之间配置由铜或铜合金构成的接合材料,并将金属层和接合材料、接合材料和散热片分别进行固相扩散接合。

[0008] 专利文献1:日本专利第3171234号公报

[0009] 专利文献2:日本特开2000-281468号公报

[0010] 专利文献3:日本特开2014-060215号公报

[0011] 最近,随着推进功率模块的小型化・薄壁化,其使用环境也变得严峻,来自半导体元件的发热量增加,冷热循环的条件变得严峻,更加要求接合可靠性优异,且散热特性优异的带散热片的绝缘电路基板。

[0012] 在上述绝缘电路基板中,对于金属层,使用变形阻力相对小的金属、例如纯度为99.99质量%以上的铝(4N铝),由此能够通过金属层的变形而吸收冷热循环负载时的加热

变形,并能够抑制绝缘层的破裂等。

[0013] 由4N铝构成金属层,由例如ADC12等铝合金构成散热片的接合面,通过专利文献3中所记载的方法将它们进行固相扩散接合时,由于金属层与散热片的接合面的固相线温度显著不同,因此需要使固相扩散接合时的温度条件小于铝合金的固相线温度。由于高纯度的4N铝的扩散能较高,难以产生扩散现象,因此有可能由高固相线温度的4N铝构成的金属层的Al与接合材料的Cu的固相扩散变得不充分,导致金属层与散热片的接合可靠性下降。

发明内容

[0014] 本发明的课题在于提供一种带散热片的绝缘电路基板的制造方法,该带散热片的绝缘电路板即使在由变形阻力相对小的铝或铝合金构成金属层,由固相线温度相对低的铝或铝合金构成散热片的接合面的情况下,也能够将金属层和散热片可靠地进行固相扩散接合。

[0015] 本发明的带散热片的绝缘电路基板的制造方法制造带散热片的绝缘电路板,该带散热片的绝缘电路板具备:绝缘电路板,在绝缘层的一个面形成有电路层并且在所述绝缘层的另一个面形成有金属层;及散热片,接合于该绝缘电路板的所述金属层侧。所述金属层由铝或铝合金构成,所述金属层的压痕硬度小于 $50\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 。所述散热片的与所述绝缘电路板的接合面由固相线温度为 650°C 以下的铝或铝合金构成。该制造方法具备:铝接合层形成工序,在所述金属层的与所述绝缘层相反的一侧的面形成由固相线温度为 650°C 以下的铝或铝合金构成的铝接合层;及散热片接合工序,通过将由铜或铜合金构成的铜接合材料层叠于所述铝接合层与所述散热片的接合面之间,并将所述铝接合层和所述铜接合材料、所述铜接合材料和所述散热片进行固相扩散接合来将散热片进行接合。固相扩散接合是指在接合材料不产生液相而保持固相状态的情况下,使原子从接合材料扩散到接合面并进行接合的方法。

[0016] 根据该方法,能够减小构成铝接合层的铝及铝合金与构成散热片的接合面的铝及铝合金的固相线温度之差,即使在相对低温条件下进行固相扩散接合的情况下,也能够使铝接合层的Al和铜接合材料的Cu、铜接合材料的Cu和散热片的接合面的Al充分地扩散,并能够将绝缘电路板和散热片可靠地进行接合。

[0017] 金属层由铝或铝合金构成,且将压痕硬度设为小于 $50\text{mgf}/\mu\text{m}^2$,因此在对带散热片的绝缘电路板负载冷热循环时,能够通过金属层变形来缓和加热变形,并能够抑制绝缘层产生破裂等。而且,由于散热片的接合面由固相线温度为 650°C 以下的铝或铝合金构成,因此能够构成适合于所要求的性能的散热片。关于所述压痕硬度,具体而言,设为通过ISO14577中所规定的方法测定的值。

[0018] 优选将所述铝接合层的厚度 t_a 与所述金属层的厚度 t_b 之比 t_b/t_a 设在0.08以上且40以下的范围内。在该情况下,将所述铝接合层的厚度 t_a 与所述金属层的厚度 t_b 之比 t_b/t_a 设为0.08以上,因此可确保由铝或铝合金构成的金属层的厚度,能够利用金属层吸收冷热循环负载时的加热变形,并能够抑制绝缘层产生破裂等。

[0019] 另一方面,将所述铝接合层的厚度 t_a 与所述金属层的厚度 t_b 之比 t_b/t_a 设为40以下,因此例如在对金属层和铝接合层进行钎焊的情况下,钎料(液相)在铝接合层中侵蚀,晶界熔化,由此在铝接合层的表面(与金属层相反的一侧的面)产生凹凸,在铝接合层与铜接

合材料之间未形成由所产生的凹凸引起的孔隙,因此能够将铝接合层和铜接合材料良好地进行接合。

[0020] 优选将所述金属层和所述铝接合层的总厚度设为2.0mm以下。在该情况下,将所述金属层和所述铝接合层的总厚度设为2.0mm以下,因此介于绝缘层与散热片之间的所述金属层及所述铝接合层的总厚度不会过度增加,而能够抑制层叠方向的热阻,并能够确保散热特性。

[0021] 根据本发明,即使在由变形阻力相对小的铝或铝合金构成金属层,由固相线温度相对低的铝或铝合金构成散热片的接合面的情况下,也能够将金属层和散热片可靠地进行固相扩散接合。

附图说明

[0022] 图1是具备通过本发明的实施方式制造的带散热片的绝缘电路基板的功率模块的剖视图。

[0023] 图2是图1中所示的带散热片的绝缘电路板中的金属层与散热片的接合界面的截面放大图。

[0024] 图3是图1中所示的带散热片的绝缘电路板中所使用的散热片的剖视图。

[0025] 图4是表示本发明的带散热片的绝缘电路基板的制造方法的一实施方式的流程图。

[0026] 图5是表示作为本发明的实施方式的带散热片的绝缘电路基板的制造方法的剖视图。

[0027] 图6是表示作为本发明的实施方式的带散热片的绝缘电路基板的制造方法的剖视图。

[0028] 图7是表示作为本发明的另一实施方式的带散热片的绝缘电路基板的制造方法的流程图。

[0029] 图8是表示作为本发明的又一实施方式的带散热片的绝缘电路基板的制造方法的剖视图。

具体实施方式

[0030] 以下,参照附图,对本发明的实施方式进行说明。

[0031] 图1中示出通过作为本发明的实施方式的带散热片的绝缘电路基板的制造方法制造的带散热片的绝缘电路板40及使用了该带散热片的绝缘电路板40的功率模块1。

[0032] 图1中所示的功率模块1具备:绝缘电路板10;半导体元件3,通过焊锡层2而接合于绝缘电路板10的一个面(图1中为上表面);及散热片41,接合于绝缘电路板10的下侧。将与散热片41接合的绝缘电路板10设为本实施方式中的带散热片的绝缘电路板40。

[0033] 半导体元件3由Si等半导体材料构成。关于将绝缘电路板10和半导体元件3进行接合的焊锡层2,并无限定,但是优选为例如Sn-Ag系、Sn-Cu系、Sn-In系或Sn-Ag-Cu系焊料(所谓的无铅焊料)。

[0034] 如图1所示,绝缘电路板10具备:陶瓷基板11,成为绝缘层;电路层12,配置于陶

瓷基板11的一个面(图1中为上表面);及金属层13,配置于陶瓷基板11的另一个面(图1中为下表面)。电路层12、陶瓷基板11、金属层13的平面形状可以根据需要形成为矩形等任何形状。该实施方式中,为了提高绝缘性,将陶瓷基板11设为大于电路层12及金属层13的尺寸。

[0035] 陶瓷基板11防止电路层12与金属层13之间的电连接,虽然并无限定,但是可以由高绝缘性的氮化铝(AlN)、氮化硅(Si_3N_4)、氧化铝(Al_2O_3)等构成,更优选由氮化铝构成。关于陶瓷基板11的厚度,并无限定,但是优选设定在0.2mm以上且1.5mm以下的范围内,本实施方式中,可以设定为0.635mm。

[0036] 电路层12通过将具有导电性的金属板接合于陶瓷基板11的一个面而形成。在本实施方式中,如图5所示,通过将由铝或铝合金构成的铝板22接合而形成电路层12。具体而言,作为构成电路层12的铝板22,并无限定,但是优选使用纯度为99质量%以上的铝(2N铝)的轧制板、A3003或A6063等铝合金的轧制板。

[0037] 在电路层12形成有电路图案,且将其一个面(图1中为上表面)设为搭载半导体元件3的搭载面。关于电路层12的厚度,并无限定,但是优选设定在0.1mm以上且2.0mm以下的范围内,也可以设定为0.4mm。

[0038] 金属层13通过将由铝或铝合金构成的铝板23接合于陶瓷基板11的另一个面而形成。将金属层13的压痕硬度设为小于 $50\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 。压痕硬度为带散热片的绝缘电路基板40在 25°C 的条件下的值。关于所述压痕硬度,具体而言,设为通过ISO14577中所规定的方法测定的值。

[0039] 作为构成金属层13的铝板23,能够使用纯度为99质量%以上的铝(2N铝)、纯度为99.9质量%以上的铝(3N铝)、纯度为99.99质量%以上的铝(4N铝)等。

[0040] 在本实施方式中,作为构成金属层13的铝板23,优选使用纯度为99.99质量%以上的铝(4N铝)的轧制板。关于金属层13的厚度 t_b ,并无限定,但是优选设定在0.1mm以上且2.0mm以下的范围内,例如也可以设定为0.30mm。

[0041] 散热片41用于冷却前述绝缘电路基板10,如图1所示,设为由传热性良好的材质构成的散热板。

[0042] 关于散热片41,并无限定,但是优选由Al-SiC复合材料(所谓的AlSiC)构成,所述Al-SiC复合材料由如下成分构成:由SiC构成的多孔体及浸渗于多孔体中的由铝或铝合金构成的铝材料。作为浸渗于由SiC构成的多孔体中的铝材料,能够使用ADC12(固相线温度为 570°C)。

[0043] 关于散热片41,如图3所示,在由AlSiC构成的散热片主体42的表面形成由浸渗于多孔体中的铝材料(本实施方式中为ADC12)构成的表层43。

[0044] 关于散热片主体42的厚度,并无限定,但是优选设在0.5mm以上且5.0mm以下的范围内,优选将表层43的厚度 t_s 设为散热片主体42的厚度的0.01倍以上且0.1倍以下。

[0045] 绝缘电路基板10的金属层13和散热片41通过铝接合层31和铜接合层32而接合。

[0046] 铝接合层31由固相线温度为 650°C 以下的铝或铝合金构成,优选由A3003合金(固相线温度为 643°C)构成。

[0047] 优选将铝接合层31的固相线温度与构成散热片41的接合面(本实施方式中为表层43)的铝合金的固相线温度的温度差设在 80°C 以下的范围内。

[0048] 关于铝接合层31的厚度 t_a ,并无限定,但是优选设定在0.03mm以上且1.5mm以下的

范围内,在本实施方式中,也可以设定为0.1mm。

[0049] 关于铝接合层31的厚度 t_a 与金属层13的厚度 t_b 之比 t_b/t_a ,并无限定,但是优选设在0.08以上且40以下的范围内。也可以将金属层13和铝接合层31的总厚度(t_a+t_b)设在2.0mm以下。优选金属层13和铝接合层31通过使用钎料的接合、固相扩散接合等而接合。

[0050] 铜接合层32由铜或铜合金构成,在本实施方式中,如图6所示,通过将由无氧铜的轧制板构成的铜板52进行接合而形成。关于铜接合层32的厚度 t_c ,并无限定,但是优选设在0.05mm以上且5.0mm以下的范围内。铝接合层31和铜接合层32及铜接合层32和散热片41(表层43)分别通过固相扩散接合而接合。

[0051] 接着,关于上述的作为本实施方式的带散热片的绝缘电路基板40的制造方法,参照图4至图6进行说明。

[0052] (电路层及金属层形成工序S01/铝接合层形成工序S02)

[0053] 首先,如图5所示,通过钎料26、27而将铝板22、23层叠于陶瓷基板11的一个面及另一个面。作为钎料26、27,优选使用Al-Si系钎料、Al-Si-Mg系钎料等。

[0054] 将成为铝接合层31的包层材料51层叠于成为金属层13的铝板23的另一面侧(图5中为下侧)。包层材料51具备由A3003合金构成的主体层51a和由A4045合金构成的钎料层51b,主体层51a成为铝接合层31。如图5所示,以钎料层51b朝向成为金属层13的铝板23侧的方式,层叠包层材料51。

[0055] 对于上述铝板22、陶瓷基板11、铝板23、包层材料51,在层叠方向上进行了加压的状态下进行加热,将陶瓷基板11和铝板22、23进行接合而形成电路层12及金属层13,并且将金属层13和包层材料51进行接合而形成铝接合层31。即,在本实施方式中,一起实施电路层及金属层形成工序S01和铝接合层形成工序S02。

[0056] 关于电路层及金属层形成工序S01/铝接合层形成工序S02的接合条件,优选将气氛设为真空,将加压负荷设在0.1MPa以上且3.5MPa以下的范围内,且将加热温度设在560℃以上且630℃以下的范围内。如此,可形成作为本实施方式的绝缘电路基板10及铝接合层31。

[0057] (散热片接合工序S03)

[0058] 接着,如图6所示,通过由作为铜接合材料的无氧铜的轧制板构成的铜板52,将散热片41层叠于铝接合层31的另一面侧(图6中为下侧)。以表层43朝向铜板52侧的方式,层叠散热片41。

[0059] 对于绝缘电路基板10、与铝接合层31接合的绝缘电路基板10、铜板52、散热片41,在层叠方向上进行加压并进行加热,并将铝接合层31和铜板52、铜板52和散热片41(表层43)分别进行固相扩散接合。

[0060] 在本实施方式中,作为固相扩散条件,优选将层叠方向的负荷设在6kgf/cm²以上且35kgf/cm²以下(0.6MPa以上且3.5MPa以下)的范围内。接合温度可以在460℃以上且540℃以下的范围内、优选在480℃以上且520℃以下的范围内。优选将保持时间设在30min以上且240min以下的范围内。

[0061] 通过如上述的工序,制造作为本实施方式的带散热片的绝缘电路基板40。

[0062] (半导体元件接合工序S04)

[0063] 接着,通过焊料而将半导体元件3层叠于带散热片的绝缘电路基板40的电路层12,

并在还原炉内,将带散热片的绝缘电路板40的电路层12和半导体元件3进行接合。

[0064] 如此,可制造图1中所示的功率模块1。

[0065] 根据上述制造方法,由于具备:铝接合层形成工序S02,在金属层13的与陶瓷基板11相反的一侧的面形成由固相线温度为650℃以下的铝或铝合金构成的铝接合层31;及散热片接合工序S03,通过将由铜或铜合金构成的铜板52层叠于铝接合层31与散热片41的接合面之间,并将铝接合层31和铜板52、铜板52和散热片41进行固相扩散接合来将散热片41进行接合,因此构成铝接合层31的铝及铝合金与构成散热片41的接合面(表层43)的铝及铝合金的固相线温度之差减小,即使在相对低温条件下进行固相扩散接合的情况下,也能够使铝接合层31的Al和铜板52的Cu、铜板52的Cu和散热片41的接合面的Al充分地扩散,并能够将绝缘电路板10和散热片41可靠地进行接合。

[0066] 在本实施方式中的带散热片的绝缘电路板40中,金属层13由铝或铝合金(本实施方式中为4N铝)构成,且将金属层13的压痕硬度设为小于 $50\text{mgf}/\mu\text{m}^2$,因此在对带散热片的绝缘电路板40负载冷热循环时,能够通过使金属层13变形来缓和加热变形,并能够抑制陶瓷基板11产生破裂等。

[0067] 并且,散热片41由Al-SiC复合材料(所谓的AlSiC)构成,该Al-SiC复合材料由如下成分构成:由SiC构成的多孔体及浸渗于该多孔体中的由铝或铝合金构成的铝材料,具体而言,作为浸渗于由SiC构成的多孔体中的铝材料,使用ADC12(固相线温度为570℃),因此散热片41的热膨胀系数与绝缘电路板10的热膨胀系数近似,能够抑制冷热循环负载时的加热变形的发生。

[0068] 并且,将铝接合层31的厚度 t_a 与金属层13的厚度 t_b 之比 t_b/t_a 设为0.08以上,因此可确保由铝或铝合金构成的金属层13的厚度,能够利用金属层13吸收冷热循环负载时的加热变形,并能够抑制陶瓷基板11产生破裂等。

[0069] 另一方面,将铝接合层31的厚度 t_a 与金属层13的厚度 t_b 之比 t_b/t_a 设为40以下,因此铝接合层31的厚度不会过度增加,而能够抑制层叠方向的热阻,并能够确保散热特性。

[0070] 而且,将金属层13和铝接合层31的总厚度(t_a+t_b)设为2.0mm以下,因此介于陶瓷基板11与散热片41之间的金属层13及铝接合层31的总厚度(t_a+t_b)不会过度增加,而能够抑制层叠方向的热阻,并能够确保散热特性。

[0071] 由于将铝接合层31的固相线温度与构成散热片41的接合面(本实施方式中为表层43)的铝合金的固相线温度的温度差设在0℃以上且80℃以下的范围内,因此即使在散热片接合工序S03中在相对低温条件下进行固相扩散接合的情况下,也能够使铝接合层31的Al和铜板52的Cu、铜板52的Cu和散热片41的接合面的Al充分地扩散,并能够将绝缘电路板10和散热片41可靠地进行固相扩散接合。

[0072] 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,可以在不脱离该发明的技术思想的范围内进行适当变更。

[0073] 例如,在本实施方式中,作为陶瓷基板11,将氮化铝(AlN)作为例子而举出并进行了说明,但是并不限于此,也可以由氧化铝(Al_2O_3)、氮化硅(Si_3N_4)等其他陶瓷构成。还可以使用绝缘树脂等。

[0074] 作为散热片,将散热板作为例子而举出并进行了说明,但是并不限于此,也可以是具备冷却介质流通的流路的冷却器等。

[0075] 而且,在本实施方式中,将散热片说明为由将由ADC12构成的铝材料浸渗于SiC的多孔体中的Al-SiC复合材料(所谓的AlSiC)构成,但是并不限于此,只要散热片的接合面由固相线温度为650℃以下的铝或铝合金构成,则对其材质、结构并无限定。

[0076] 而且,在本实施方式中,将电路层说明为由铝或铝合金构成,但是并不限于此,也可以由铜或铜合金等其他金属构成电路层,还可以设为层叠了由铝或铝合金构成的铝层和由铜或铜合金构成的铜层而得的结构。

[0077] 在本实施方式中,作为通过将包层材料接合于金属层来形成铝接合层的情况而进行了说明,但是对于铝接合层形成工序的方法并无特别限制。

[0078] 例如,在图5中,可以将成为铝接合层的铝板(例如为A3003)和钎料箔(例如为A4045)层叠并配置来代替包层材料51,从而形成铝接合层。即使在该情况下,也与本实施方式同样地,能够一起实施电路层及金属层形成工序S01和铝接合层形成工序S02。

[0079] 在由固相线温度为565℃以上且小于615℃的铝(例如,A5056合金(固相线温度:582℃)等)构成铝接合层的情况下,可以使用将Mg层叠于Al-Si钎料而得的层叠钎料,在真空度: 10^{-6} Pa以上且 10^{-3} Pa以下、温度:560℃以上且575℃以下(其中,不超过固相线温度)、加压负荷:0.1MPa以上且3.5MPa以下的条件下进行接合。

[0080] 在由固相线温度为510℃以上且小于565℃的铝(例如,ADC12(固相线温度:528℃)等)构成铝接合层的情况下,可以如日本特开2016-189448号公报中所公开那样,通过使ADC12等中所包含的合金元素扩散到金属层侧而在真空度: 10^{-6} Pa以上且 10^{-3} Pa以下、温度:400℃以上且560℃以下、加压负荷:0.6MPa以上且3.5MPa以下的条件下进行固相扩散接合。

[0081] 如上所述,在使用将Mg层叠于Al-Si钎料而得的层叠钎料进行接合的情况或进行固相扩散接合的情况下,如图7及图8所示,实施电路层及金属层形成工序S01而制造绝缘电路基板10之后,实施铝接合层形成工序S02。

[0082] 即,作为电路层及金属层形成工序S01,通过钎料26、27而将铝板22、23层叠于陶瓷基板11的一个面及另一个面。在真空条件下,在层叠方向上进行了加压的状态下进行加热,而将陶瓷基板11和铝板22、23进行接合,从而形成电路层12及金属层13。关于电路层及金属层形成工序S01中的接合条件,优选将真空度设在 10^{-6} Pa以上且 10^{-3} Pa以下的范围内,将加压负荷设在0.1MPa以上且3.5MPa以下的范围内,将加热温度设在560℃以上且655℃以下的范围内。作为钎料26、27,优选使用Al-Si系钎料等。

[0083] 如图8所示,将成为铝接合层31的铝板51层叠于绝缘电路基板10的金属层13的另一面侧(图8中为下侧),并在上述的条件下,将绝缘电路基板10的金属层13和铝板51进行接合,从而形成铝接合层31。然后,如图6所示,通过将散热片41接合,可制造带散热片的绝缘电路基板40。

[0084] 实施例

[0085] 以下,对为了确认本发明的有效性而进行的确认实验进行说明。在由氮化铝(AlN)构成的陶瓷基板(40mm×40mm×厚度0.635mm)的一个面,形成了由纯度为99.99质量%以上的铝(4N铝)构成的电路层(37mm×37mm×厚度0.4mm)。在陶瓷基板的另一个面,形成了表1中所示的材质及厚度的金属层(37mm×37mm)。关于陶瓷基板与成为电路层及金属层的铝板的接合,使用Al-7.5质量%Si钎料箔(厚度为12μm),在真空气氛(3×10^{-3} Pa)、加压负荷为6MPa、加热温度为645℃、保持时间为45min的条件下进行了接合。

[0086] 在该绝缘电路基板上形成了表1中所示的材质及厚度的铝接合层(37mm×37mm)。

[0087] 在铝接合层由A3003合金构成的情况下,使用A3003合金和A4045合金的包层材料,在氮气氛下并在加压负荷为1.2MPa、加热温度为630℃、保持时间为45min的条件下进行了接合。

[0088] 在铝接合层由ADC12构成的情况下,在真空气氛(6×10^{-4} Pa)、加热温度为500℃、加压负荷:20MPa的条件下进行了接合。

[0089] 在铝接合层由4N-A1构成的情况下,在金属层与成为铝接合层的4N-A1板之间配置Al-7.5质量%Si钎料箔(厚度为12 μ m),并在真空气氛(6×10^{-4} Pa)、加热温度645℃、加压负荷:6MPa的条件下进行了接合。

[0090] 经由铜接合材料(无氧铜的轧制:37mm×37mm×厚度1.0mm),将Al-SiC复合材料(所谓的AlSiC)形成的散热片(50mm×60mm×厚度5.0mm/表层厚度0.1mm)层叠于铝接合层,所述Al-SiC复合材料为将具有表2中所记载的固相线温度的铝浸渗于SiC的多孔体中而成。在层叠方向上以21MPa对其进行加压,以490℃保持150min,并将铝接合层和铜接合材料、铜接合材料和散热片进行了固相扩散接合。

[0091] 在表2中散热片的材质由4N-A1构成的情况下,使用了纯度为99.99质量%以上(4N-A1)的铝板(50mm×60mm×厚度5.0mm)。

[0092] 对于所获得的带散热片的绝缘电路基板,以如下步骤对各项目进行了评价。

[0093] (压痕硬度的测定)

[0094] 对于带散热片的绝缘电路基板的金属层,通过纳米压痕法测定了压痕硬度。选择沿着金属层的厚度方向分割为12等分的10个测定点,并在各测定点测定压痕硬度,计算了其平均值。关于压痕硬度,根据ISO14577中所规定的方法进行,使用称为Berkovich压头的棱夹角为114.8°以上且115.1°以下的三角锥金刚石压头,测量将试验负荷设为5000mgf而施加负载时的负荷-位移的关系,并通过压痕硬度= $37.926 \times 10^{-3} \times (\text{负荷(mgf)} \div \text{位移}(\mu\text{m})^2)$ 的式而求出。

[0095] (接合状态)

[0096] 在构成散热片的铝(在AlSiC的情况下浸渗的铝)和构成铝接合层的铝中,对于具有高固相线温度的铝的部件与铜接合材料的界面的超声波探伤像,使用超声波探伤装置(Hitachi Power Solutions Co.,Ltd.制造,商品名称为FineSAT200)进行测定,并根据下式计算了接合率。初始接合面积是指接合前的应接合的面积、即铜接合材料的面积。

[0097] (接合率) = {(初始接合面积) - (剥离面积)} / (初始接合面积)

[0098] 在对超声波探伤像进行二值化处理而得的图像中,剥离由接合层内的白色部分表示,因此将白色部分的面积设为剥离面积。将接合率为90%以上的情况评价为“○”,且将接合率小于90%的情况评价为“×”。

[0099] (陶瓷基板的破裂)

[0100] 对于带散热片的绝缘电路基板,进行3000次-40℃ $\longleftrightarrow$ 150℃的冷热循环,在冷热循环之后通过超声波探伤装置观察陶瓷基板,并将未观察到破裂的情况评价为“○”,且将发生破裂的情况评价为“×”。

[0101] [表1]

[0102]

	金属层			铝接合层			tb/ta	ta + tb
	材质	压痕硬度 (mgf/ μm^2)	厚度 tb (mm)	材质	固相线温度 ($^{\circ}\text{C}$)	厚度 ta (mm)		
实施例 1	4N-Al	40	0.30	A3003	643	0.10	3.00	0.40
实施例 2	4N-Al	42	0.20	A3003	643	0.20	1.00	0.40
实施例 3	4N-Al	43	0.10	A3003	643	0.30	0.33	0.40
实施例 4	4N-Al	40	0.35	A3003	643	0.05	7.00	0.40
实施例 5	4N-Al	44	0.07	A3003	643	0.33	0.21	0.40
实施例 6	4N-Al	44	0.05	A3003	643	0.35	0.14	0.40
实施例 7	4N-Al	45	0.03	A3003	643	0.37	0.08	0.40
实施例 8	4N-Al	39	0.37	A3003	643	0.03	12.33	0.40
实施例 9	4N-Al	35	0.90	A3003	643	0.30	3.00	1.20
实施例 10	4N-Al	35	1.20	A3003	643	0.40	3.00	1.60
实施例 11	4N-Al	34	1.50	A3003	643	0.50	3.00	2.00
实施例 12	4N-Al	34	1.95	A3003	643	0.05	39.00	2.00
实施例 13	4N-Al	38	0.50	A3003	643	1.50	0.33	2.00
实施例 14	4N-Al	39	0.40	A3003	643	1.60	0.25	2.00
实施例 15	4N-Al	40	0.30	ADC12	570	0.10	3.00	0.40
实施例 16	4N-Al	40	0.30	A6063	616	0.10	3.00	0.40
实施例 17	4N-Al	40	0.30	A3003	643	0.10	3.00	0.40
实施例 18	2N-Al	49	0.30	A3003	643	0.10	3.00	0.40
实施例 19	4N-Al	40	0.30	A3003	643	0.10	3.00	0.40
比较例 1	A3003	58	0.30	A3003	643	0.10	3.00	0.40
比较例 2	4N-Al	40	0.30	-	-	-	-	0.30
比较例 3	4N-Al	40	0.30	A3003	643	0.10	3.00	0.40
比较例 4	4N-Al	40	0.30	4N-Al	660	0.10	3.00	0.40

[0103] [表2]

[0104]

	散热片		铝接合层与散热片的固相线温度差 (°C)	评价	
	材质	固相线温度 (°C)		接合状态	陶瓷基板的破裂
实施例 1	AlSiC	570	73	○	○
实施例 2	AlSiC	570	73	○	○
实施例 3	AlSiC	570	73	○	○
实施例 4	AlSiC	570	73	○	○
实施例 5	AlSiC	570	73	○	○
实施例 6	AlSiC	570	73	○	○
实施例 7	AlSiC	570	73	○	○
实施例 8	AlSiC	570	73	○	○
实施例 9	AlSiC	570	73	○	○
实施例 10	AlSiC	570	73	○	○
实施例 11	AlSiC	570	73	○	○
实施例 12	AlSiC	570	73	○	○
实施例 13	AlSiC	570	73	○	○
实施例 14	AlSiC	570	73	○	○
实施例 15	AlSiC	570	0	○	○
实施例 16	AlSiC	570	46	○	○
实施例 17	AlSiC	616	27	○	○
实施例 18	AlSiC	570	73	○	○
实施例 19	AlSiC	650	7	○	○
比较例 1	AlSiC	570	73	○	×
比较例 2	AlSiC	570	-	×	○
比较例 3	4N-Al	660	17	×	○
比较例 4	AlSiC	570	90	×	○

[0105] 在金属层的压痕硬度为 $50\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 以上的比较例1中,在陶瓷基板中发生了破裂。在未设置铝接合层的比较例2中,金属层与铜接合材料的接合性下降。在将固相线温度超过 650°C 的铝用于散热片的比较例3中,散热片与铜接合材料的接合性下降。在将固相线温度超过 650°C 的铝用于铝接合层的比较例4中,铝接合层与铜接合材料的接合性下降。

[0106] 相对于此,实施例1~实施例19中,获得了铝接合层与铜接合材料及散热片与铜接合材料的接合性高,且在陶瓷基板中未发生破裂的带散热片的绝缘电路基板。

[0107] 产业上的可利用性

[0108] 根据本发明,即使在由变形阻力相对小的铝或铝合金构成金属层,且由固相线温度相对低的铝或铝合金构成散热片的接合面的情况下,也能够将金属层和散热片可靠地进行固相扩散接合,因此能够实现产业上的利用。

[0109] 符号说明

[0110] 10-绝缘电路基板,11-陶瓷基板(绝缘层),12-电路层,13-金属层,31-铝接合层,32-铜接合层,40-带散热片的绝缘电路基板,41-散热片,43-表层(接合面),52-铜板(铜接合材料)。

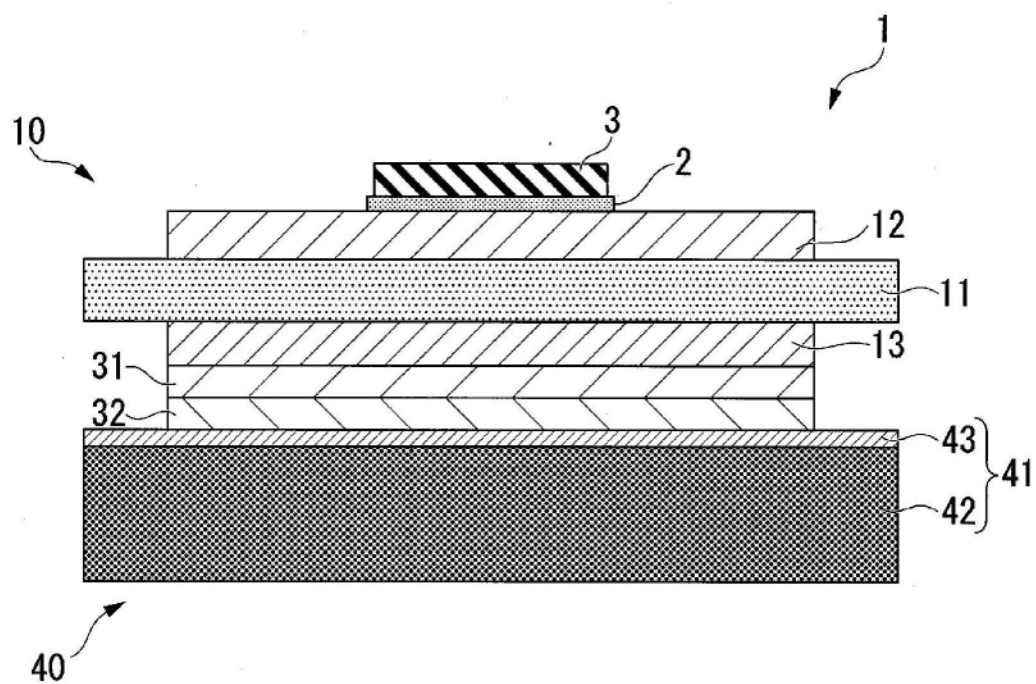


图1

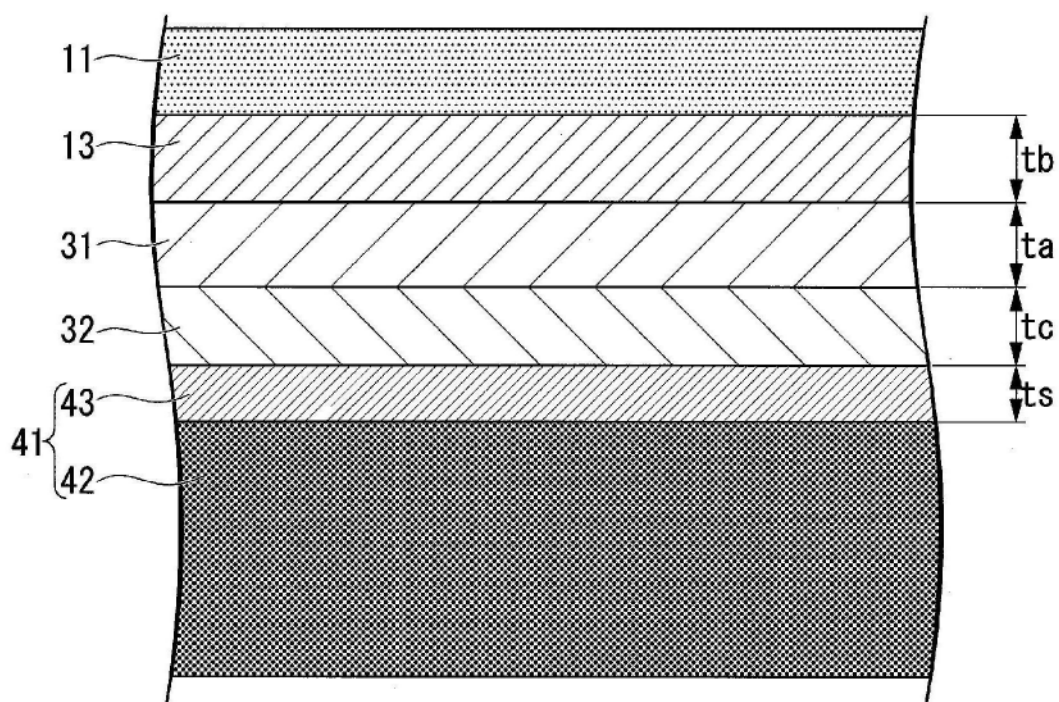


图2

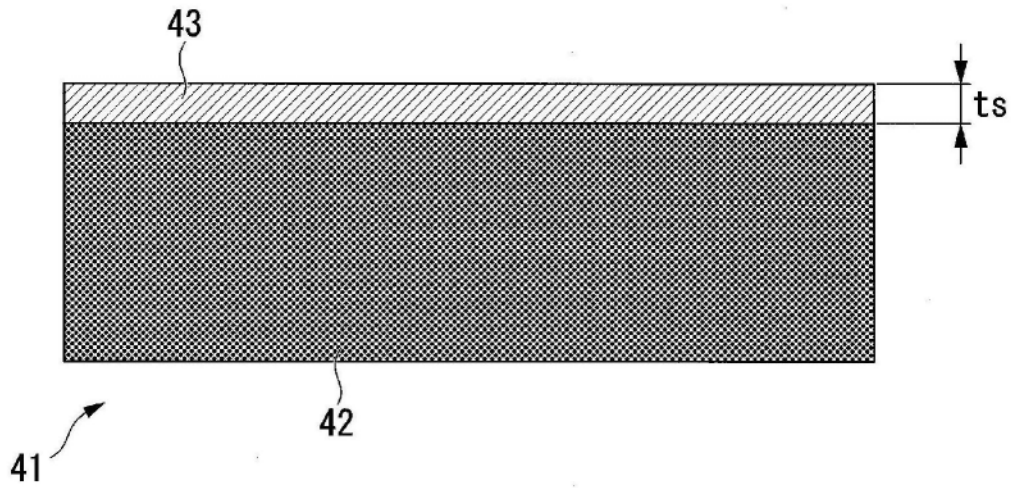


图3

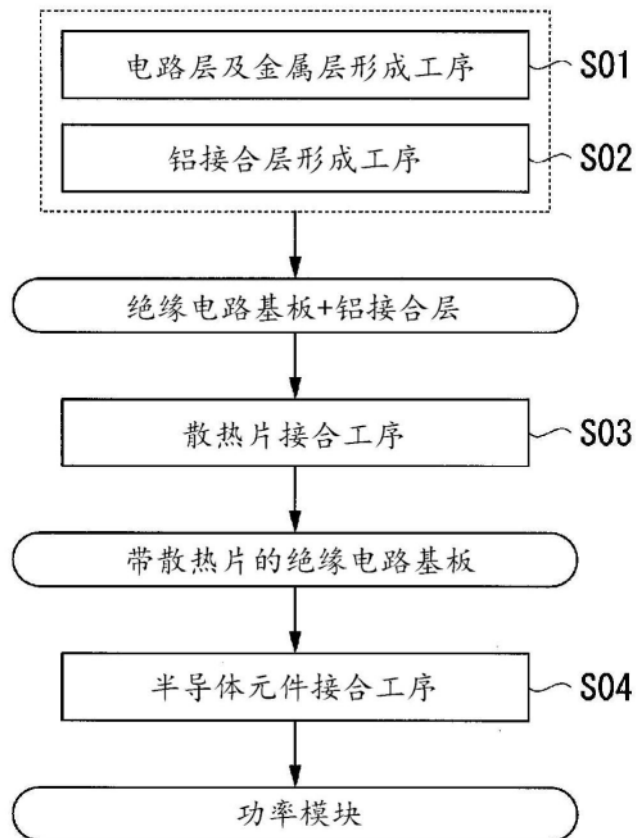


图4

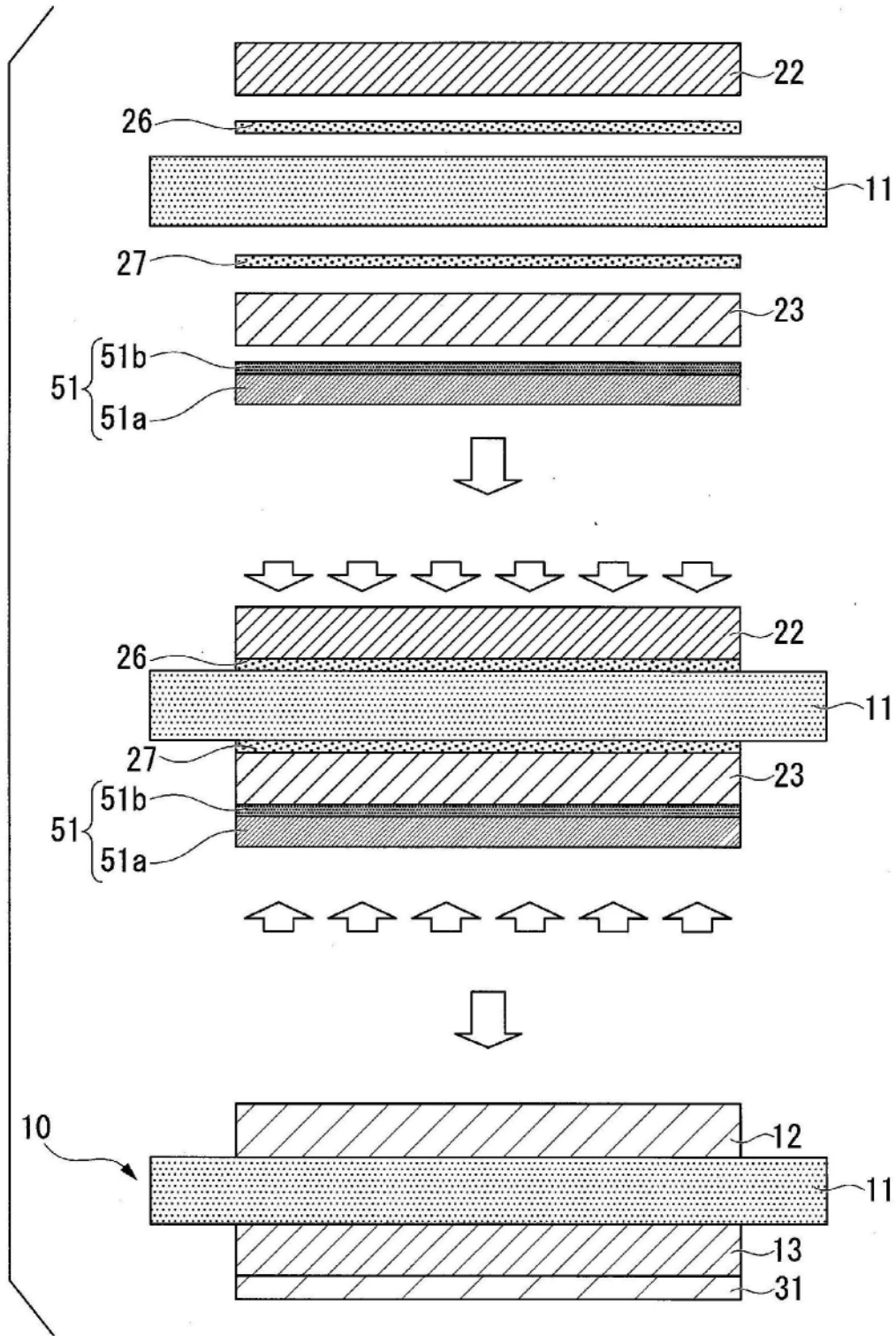


图5

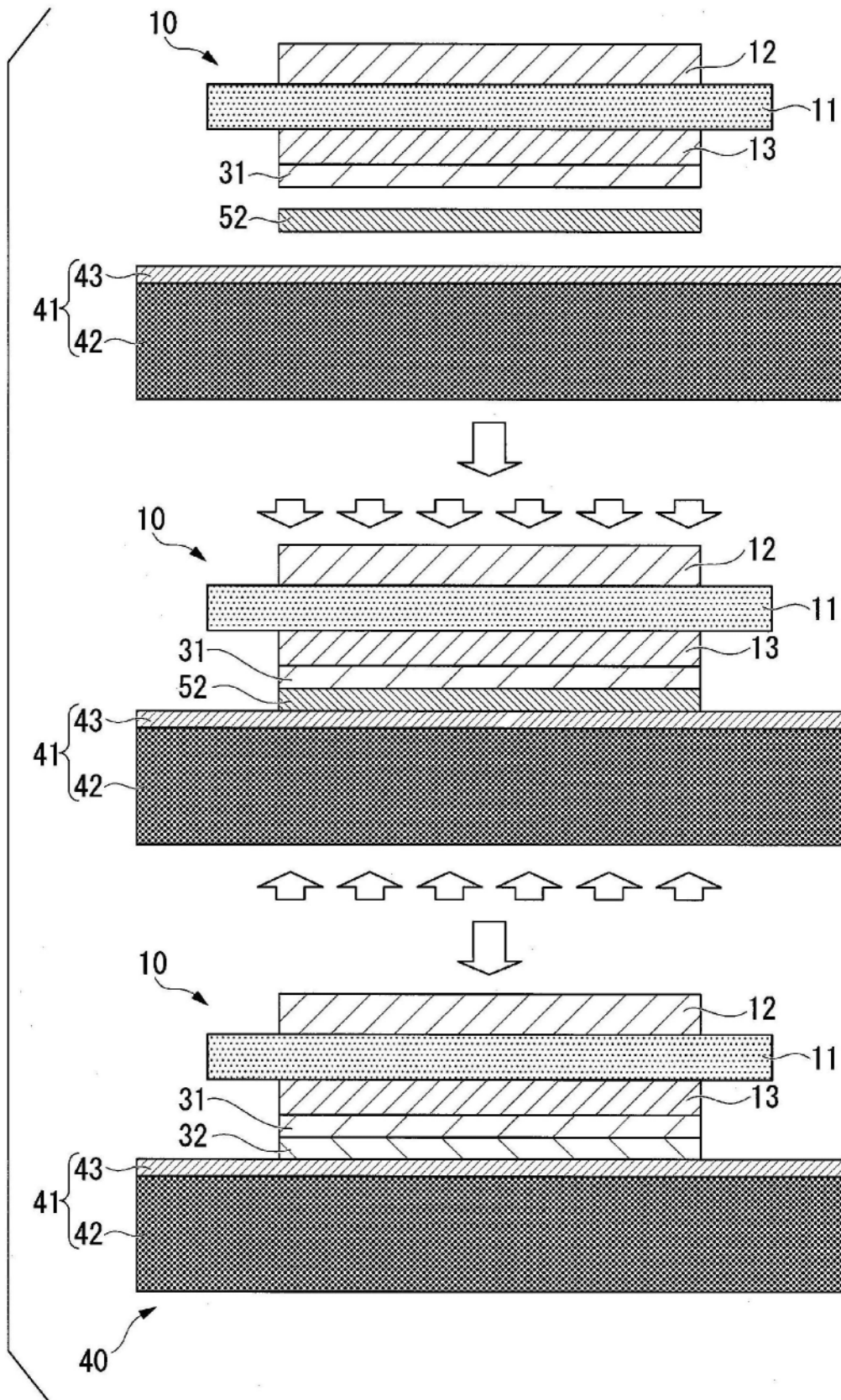


图6

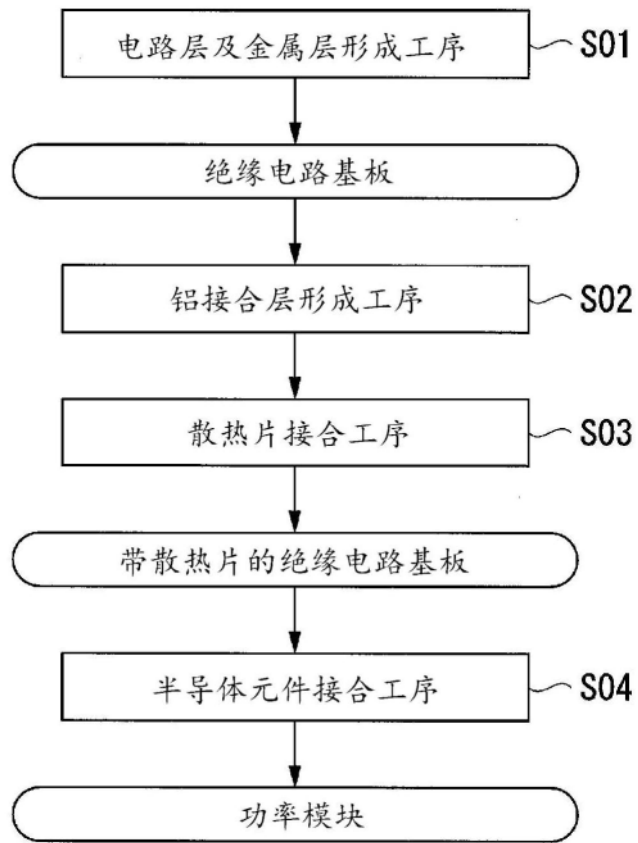


图7

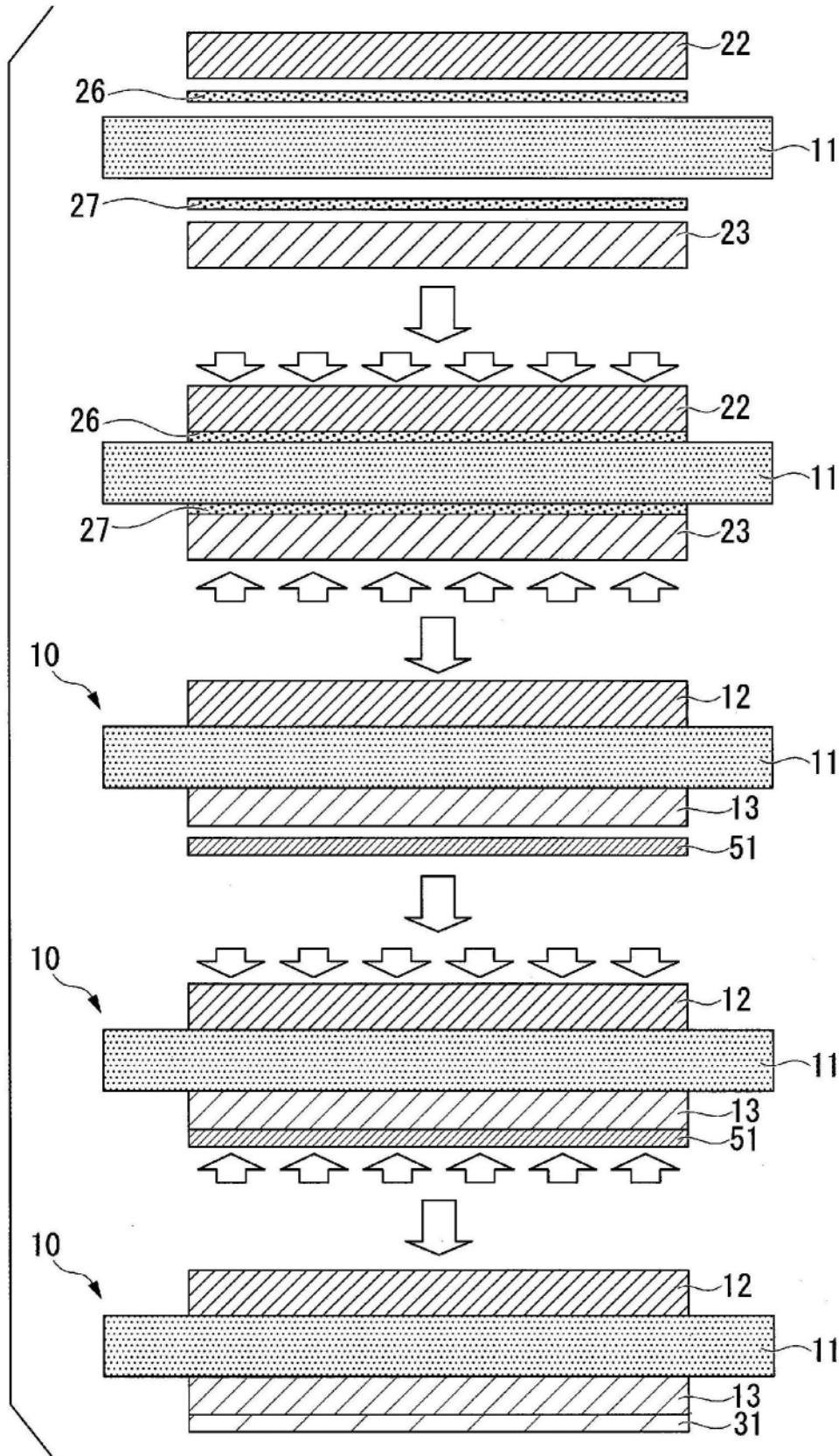


图8