



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103137576 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201210501968. 3

审查员 周祥

(22) 申请日 2012. 11. 29

(30) 优先权数据

2011-261502 2011. 11. 30 JP

(73) 专利权人 株式会社日立功率半导体

地址 日本茨城县

(72) 发明人 春别府佑 串间宇幸 根本康宏

堀内敬介 谷江尚史

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

公司 11243

代理人 张敬强 严星铁

(51) Int. Cl.

H01L 23/367(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开平 11-214612 A, 1998. 08. 06,

US 2009/0321924 A1, 2009. 12. 31,

US 2008/0230210 A1, 2008. 09. 25,

US 2010/0295172 A1, 2010. 11. 25,

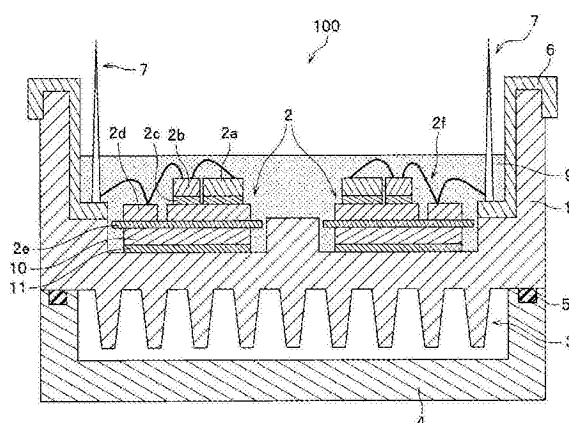
权利要求书1页 说明书9页 附图11页

(54) 发明名称

功率半导体装置

(57) 摘要

本发明提供重量轻、高散热效率、高刚性的功率半导体装置。一种功率半导体装置，其具备基体(1)、配设在基体(1)上的半导体电路(2)、以及冷却半导体电路(2)的冷却翅(3)，通过在基体(1)上形成有一个以上的凸部(1a、1b)，凸部(1a、1b)的与基体(1)表面平行的方向的宽度比基体(1)的厚度长，能够提供重量轻、高散热效率、高刚性的功率半导体装置(100、200、300、400)。



1. 一种功率半导体装置,其具备基体、配设在上述基体上的半导体电路、以及冷却上述半导体电路的冷却翅,该功率半导体装置的特征在于,

在上述基体上形成有一个以上的凸部,

上述凸部的与上述基体表面平行的方向的宽度比上述基体的厚度长,

上述凸部至少形成一个空间而设置,在上述空间中填充有凝胶,

上述凸部的高度比上述凝胶的高度高,

具备通过电信号线与上述半导体电路连接的连接端子,在上述凸部与上述连接端子之间配设有绝缘部件,

上述冷却翅配设在上述基体的与配设有上述半导体电路的面相反侧的面上,

在上述基体的与配设有上述半导体电路的面相反侧的位置形成有用于冷却上述半导体电路的制冷剂流通的制冷剂流道,在上述制冷剂流道流通的制冷剂与上述冷却翅接触。

2. 根据权利要求 1 所述的功率半导体装置,其特征在于,

上述冷却翅由多个针翅构成,

在构成上述冷却翅的多个针翅中,针翅彼此的最短距离比上述凸部的宽度短。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的功率半导体装置,其特征在于,

上述基体的底部的厚度是 2mm 以下。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的功率半导体装置,其特征在于,

上述凸部至少形成两个以上,

上述半导体电路配设在两个上述凸部之间。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的功率半导体装置,其特征在于,

上述绝缘部件是含有树脂的部件。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的功率半导体装置,其特征在于,

上述半导体电路通过焊锡固定在上述基体上。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的功率半导体装置,其特征在于,

上述半导体电路通过在界面上形成合金层而直接固定在上述基体上。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的功率半导体装置,其特征在于,

上述基体是含有铝的部件。

功率半导体装置

技术领域

[0001] 本发明涉及功率半导体装置。

背景技术

[0002] 普遍使用具有半导体电路的半导体装置。其中,具有功率半导体电路的功率半导体装置用于大输出的马达或发电机等电气设备的控制或电力变换的用途。作为这种功率半导体装置,例如可列举 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)。

[0003] 近年来,作为船舶或铁道、或电动车及混合电动车等汽车等所安装的电力控制装置,扩大了功率半导体装置的需要。因此,功率半导体装置不仅要求作为电力设备的高效率化及大容量化,作为车辆用部件,轻量化等要求也高。为了适应这种要求,作为提供重量轻的功率半导体装置的技术,已知有专利文献 1 ~ 4 所记载的技术。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献 1 :日本特开 2009-026957 号公报

[0006] 专利文献 2 :日本特开平 11-214612 号公报

[0007] 专利文献 3 :日本特开 2010-027735 号公报

[0008] 专利文献 4 :日本特开平 09-121018 号公报

[0009] 为了得到重量轻的功率半导体装置,考虑使构成功率半导体装置的基体(基材)的厚度薄。但是,在单纯使基体薄的场合,在基体的强度方面产生问题。

[0010] 另外,由于功率半导体装置在使用中通常为高温,因此散热是重要的。尤其在半导体装置中流过的电流越大,产生的热量也越多。因此,在处理大电流的半导体装置中,有效地将产生的热量向外部释放是重要的。

[0011] 作为基体的材料,通常使用金属材料。因此,由于从半导体装置产生的热,金属有时会膨胀。由此,固定基体与各部件的焊锡等的连接部有时会因为基体的膨胀而疲劳。因此,存在连接部容易破损、难以长期使用的问题。即,功率半导体装置的寿命变短。

发明内容

[0012] 本发明是鉴于上述课题而完成的。本发明的目的在于提供重量轻、高散热效率、高刚性的功率半导体装置。

[0013] 本发明人为了解决上述课题而努力研究的结果,发现通过在基体上形成凸部能够解决上述课题,从而完成了本发明。

[0014] 本发明的效果如下。

[0015] 根据本发明,能够提供重量轻、高散热效率、高刚性的功率半导体装置。

附图说明

[0016] 图 1 是第一实施方式的功率半导体装置 100 的剖视图。

[0017] 图 2 是只表示功率半导体装置 100 的基体 1 的剖视图(a)及立体图(b)。

- [0018] 图 3 是用于评价热阻及寿命的模型部件 150。
- [0019] 图 4 是表示基体的厚度与热阻比的关系的图表。
- [0020] 图 5 是表示加热模型部件 150 时的弯曲的样式的图。
- [0021] 图 6 是表示基体的厚度与寿命比的关系的图表。
- [0022] 图 7 是用于评价基体的弯曲量的模型部件 160。
- [0023] 图 8 是表示基体的厚度与弯曲量比的关系的图表。
- [0024] 图 9 是表示功率半导体装置 100 的制造方法的图。
- [0025] 图 10 是第二实施方式的功率半导体装置 200 的剖视图。
- [0026] 图 11 是第三实施方式的功率半导体装置 300 的剖视图。
- [0027] 图 12 是第四实施方式的功率半导体装置 400 的剖视图。
- [0028] 图中：
- [0029] 1—基体, 1a—缘部(凸部), 1b—凸部, 2—半导体电路, 2a—IGBT 元件, 2b—二极管元件, 2c—元件下焊锡, 2d—基板上表面导体层, 2e—绝缘基板, 2f—配线(电信号线), 3—冷却翅, 3a—针翅, 4—冷却套管, 5—密封部件, 6—预制件(绝缘部件), 7—电极(连接端子), 9—硅凝胶(凝胶), 10—基板下表面导体层, 11—基板下焊锡, 100—功率半导体装置, 200—功率半导体装置, 300—功率半导体装置, 400—功率半导体装置。

具体实施方式

[0030] 下面, 适当参照附图说明用于实施本发明的方式(本实施方式)。

[0031] [1. 第一实施方式]

[0032] (结构)

[0033] 如图 1 所示, 第一实施方式的功率半导体装置 100 具备基体 1、配设在基体 1 上的半导体电路 2、冷却半导体电路 2 的冷却翅 3。并且, 基体 1 具备包围其周边的缘部 1a、在由缘部 1a 包围而形成的空间内部架在上述缘部 1a 上而形成的凸部 1b、形成有凸部 1b 的底部 1c。另外, 缘部 1a 是在保护范围中规定的“凸部”的一个方式。因此, 在本实施方式中, 设有两个以上在保护范围中规定的“凸部”。

[0034] 缘部 1a、凸部 1b 及底部 1c 的详细参照图 2 (a) 后述。

[0035] 另外, 如图 1 所示, 功率半导体装置 100 具备冷却套管 14、密封部件 5、预制件 6、电极 7、以及配线 2f。并且, 基体 1 内由硅凝胶 9 填满, 封闭半导体电路 2。另外, 制冷剂(未图示)在形成在基体 1 与冷却套管 14 之间的空间中流动。

[0036] 基体 1 是由铝构成的部件。另外, 未图示, 但在基体 1 的表面实施了镀镍等。由此, 除了提高了后述的半导体电路 2 的连接性(固定强度), 还能提高抗腐蚀性。

[0037] 如上述图 1 及图 2 所示, 基体 1 具备缘部 1a、凸部 1b 与底部 1c。缘部 1a 及凸部 1b 分别独立地具有规定的高度及宽度。即, 在功率半导体装置 100 中, 为在底部 1c 的上表面 1A 上形成有缘部 1a 及凸部 1b 的方式。另外, 所谓高度, 是与基体 1 的底部 1c 垂直的方向的长度。另外, 所谓“宽度”, 是与基体 1 的底部 1c 平行的方向的长度。

[0038] 在此, 对功率半导体装置 100 的、基体 1、凸部 1b 与构成冷却翅 3 的针翅 3a 的关系进行说明。

[0039] 首先, 对基体 1 与凸部 1b 的关系进行说明。如图 2 (a) 所示, 将凸部 1b 的宽度设

为W。另外,将基体1的底部1c的厚度设为T。另外,将邻接的针翅3a彼此的间隔(以针翅3a与基体1的接合部分为起点)设为L。

[0040] 并且,在这样规定宽度W及厚度T的场合,在功率半导体装置100中,宽度W比厚度T长。这样,功率半导体装置100在基体1(具体地在底部1c)表面具备凸部1b,并且通过满足上述关系,能够使基体1的底部1c薄壁化并提高基体1的刚性。并且,由于使底部1c薄壁化,因此能够使功率半导体装置100轻量化。

[0041] 具备由制冷剂等冷却的机构的现有的功率半导体装置的基体通常由铜构成。其理由在于,当使用例如铝等时,存在热阻增加而难以冷却半导体电路之类的课题。即,由于难以进行从半导体电路向冷却机构(冷却翅等)的传热,散热效率低。

[0042] 另外,当使用例如铝等时,由于铝的热膨胀率大,因此基体自身的热膨胀变大。因此,存在基体热膨胀而变形的情况。因此,存在设在基体上的焊锡的寿命变短之类的课题。

[0043] 但是,在本实施方式的功率半导体装置100中,作为构成基体1的材料使用铝。但是,如果简单地将铝作为基体1的材料而使用,则存在上述课题。因此,在功率半导体装置100中,设置凸部1b。并且,通过使该凸部1b的宽度W与基体1的底部1c的厚度T的关系为上述那样,能够形成使用现有的铜无法得到的厚度的基体1。并且,由此,能够使基体1薄壁化,能够抑制从半导体电路2向冷却翅3的热阻的增加。因此,即使作为基体1的材料使用铝的场合,也能够维持较高的散热效率。

[0044] 并且,即使使基体1薄壁化,也能够维持较高的刚性。另外,由于使基体1薄壁化,因此能够实现功率半导体装置100整体的轻量化。另外,由于使基体1薄壁化,因此能够抑制由热产生的膨胀量,能够抑制基体1的弯曲。其结果,能够防止焊锡的接合部分的劣化,并且能够防止制冷剂的泄露。

[0045] 上述的宽度W与厚度T的具体的数值范围没有特别限制。例如,在基体1的纸面横向的尺寸是150mm、与纸面垂直的方向的尺寸(进深)是60mm的场合,宽度W能够为比2mm大、且10mm以下,厚度T为2mm以下。另外,作为其他的部位的长度,例如,缘部1a的高度(包括底部1c的厚度)能够为15mm。

[0046] 接着,对凸部1b与针翅3a的关系进行说明。在本实施方式的功率半导体装置100中,针翅3a彼此的距离中的最短距离L比凸部1b的宽度W短。说明功率半导体装置100这样构成的理由。

[0047] 在本实施方式的功率半导体装置100中,宽度W与最短距离L满足上述关系。并且,通过满足这种关系,能够使针翅3a的间隔密。其结果,能够使针翅3a与制冷剂的接触面积充分,能够进行利用针翅3a(即冷却翅3)进行的充分的冷却。

[0048] 与冷却翅3相关的具体的数值未特别地限定。例如,在与上述相同,基体1的纸面横向的尺寸是150mm,与纸面垂直的方向的尺寸(进深)是60mm的场合,针翅3a的高度能够为6mm,最短距离L为1mm。但是,在针翅3a的间隔过宽的场合,由于针翅3a的个数过少,因此散热效率下降。另外,在间隔过窄的场合,垃圾等堵住针翅3a之间,散热效率还是下降。因此,上述的最短距离L优选为1mm左右以上。

[0049] 返回图1,说明功率半导体装置100的整体结构。

[0050] 半导体电路2是用于发挥作为功率半导体装置100的功能的电路组。具体地说,半导体电路2具备IGBT元件2a、二极管元件2b、元件下焊锡2c、基板上表面导体层2d、以

及绝缘基板 2e。并且,半导体电路 2 通过配线 2f 与电极 7 电连接。另外,IGBT 元件 2a 与二极管元件 2b 通过配线 2f 电连接。并且,二极管元件 2b 与基板上表面导体层 2d 也由配线 2f 电连接。

[0051] 半导体电路 2 位于缘部 1a 与凸部 1b 之间,固定在基体 1 的底部 1c 的上表面(电路连接面)1A 上。此时,半导体电路 2 通过基板下表面导体层 10 及基板下焊锡 11 固定在底面 1A (即基体 1) 上。

[0052] 为了将 IGBT 元件 2a 产生的热有效地向外部(具体地说是制冷剂)释放,绝缘基板 2e 使用热传导性优异的材料。具体地说,作为构成绝缘基板 2e 的材料,例如使用氮化硅、氮化铝、氧化铝等陶瓷。通过由这种材料构成绝缘基板 2e,能够有效地将来自 IGBT 元件 2a 的热量向外部释放。

[0053] 并且,来自半导体电路 2 的热量在基板下表面导体层 10、基板下焊锡 11、基体 1 及冷却翅 3 中按该顺序传递,并传递到与冷却翅 3 接触的制冷剂。因此,冷却翅 3 为冷却半导体电路 2 的部件。

[0054] 另外,在功率半导体装置 100 中,IGBT 元件 2a 作为开关用途而使用。另外,二极管元件 2b 作为整流用途而使用。

[0055] 功率半导体装置 100 的、构成半导体电路 2 的各部件的大小如下。即,绝缘基板 2e 的纸面横向的尺寸是 50mm,与纸面垂直的方向的尺寸是 30mm,厚度是 0.3mm。另外,基板上表面导体层 2d 及基板下表面导体层 10 的尺寸任一个都相等,纸面横向的尺寸是 48mm,与纸面垂直的方向的尺寸是 28mm,厚度是 0.5mm。另外,基板上表面导体层 2d 在纸面中以不同部件表示,但上述尺寸是看做一体物时的尺寸。即,从基板上表面导体层 2d 的纸面左端部到纸面右端部的长度为 48mm。

[0056] 另外,IGBT 元件 2a 的纸面横向的尺寸是 10mm,二极管元件 2b 的纸面横向的尺寸是 6mm。在这些中,与纸面垂直的方向的尺寸与厚度两者是相同的,与纸面垂直的方向的尺寸是 10mm,厚度是 0.1mm。

[0057] 这样,绝缘基板 2e 的纸面横向的长度比基板上表面导体层 2d 及基板下表面导体层 10 的纸面横向的长度长。因此,即使在半导体电路 2 的侧面与缘部 1a 或凸部 1b 接触の場合,绝缘基板 2e 也与缘部 1a 或凸部 1b 接触。因此,能够在基体 1 与半导体电路 2 之间维持电绝缘。

[0058] 如图 1 所示,冷却翅 3 配设在基体 1 的与配设有半导体电路 2 的面相反侧。另外,在本实施方式中,冷却翅 3 与基体 1 一体成型。这些也可以在成型为不同体后进行接合,关于这一点的详细情况将于后述。

[0059] 如上所述,冷却翅 3 由多个针翅 3a 构成。构成冷却翅 3 的材料使用与基体 1 相同的材料。即,构成本实施方式的冷却翅 3 的材料为铝。并且,如上所述,制冷剂在形成在基体 1 与冷却套管 4 (后述) 之间的空间中流通,该制冷剂与冷却翅 3 接触。由此,热量从冷却翅 3 传递到制冷剂,从而冷却半导体电路 2。

[0060] 如上所述,基体 1 及冷却翅 3 由铝构成。铝与铜相比,成形性或加工性优异。因此,通过由铝构成基体 1 及冷却翅 3,能够如本实施方式那样一体地成型。并且,通过能一体成型,能够实现制造工序的简单化及制造成本的削减。这种一体成型例如能够通过锻造等进行。

[0061] 另外,可以在首先只锻造冷却翅 3 之后,利用机械加工切削出基体 1 的部分。通过采用这种方法,由于在锻造时成型的必要面只为冷却翅 3 侧的面,因此具有锻造变得容易的优点。另外,当然,也可以在作为分体锻造了基体 1 与冷却翅 3 之后,对它们进行钎焊。通过这样,由于在锻造时不需要冷却翅 3 侧的面的成型,因此具有锻造变得容易之类的优点。

[0062] 冷却套管 4 利用未图示的螺栓连结固定在基体 1 上。并且,水等制冷剂在由冷却套管 4 与基体 1 形成的空间中流动。另外,在基体 1 与冷却套管 4 的连接面间设有 O 环等密封部件 5。由此,防止制冷剂漏出。

[0063] 预制件 6 是使基体 1 与后述的电极 7 电绝缘的部件。即,预制件 6 是配设在基体 1 与电极 7 之间的绝缘部件。作为构成这种预制件 6 的材料,在本实施方式中,使用含有树脂的部件。作为树脂的具体例子,列举 PBT (Poly ButyleneTerephthalate)、PPS (Poly Phenylene Sulfide) 等。

[0064] 另外,电极 7 是通过配线(电信号线) 2f 与半导体电路 2 连接的连接端子,与未图示的外部装置连接。

[0065] 硅凝胶 9 填充在由基体 1 的缘部 1a 包围而形成的空间中。如图 1 所示,缘部 1a 的高度比硅凝胶 9 的高度高。因此,防止硅凝胶 9 漏出。另一方面,硅凝胶 9 的高度比半导体电路 2 的高度高。因此,半导体电路 2 为由硅凝胶 9 密封的状态。由此,保护半导体电路 2 免受湿气或尘埃等外部环境的影响。另外,未图示,但以覆盖硅凝胶 9 的上表面整体的方式配设有树脂制的盖部件。利用该盖部件,保护功率半导体装置 100 内部免受外部环境的影响。

[0066] (效果)

[0067] 功率半导体装置 100 进行动作时,IGBT 元件 2a 及二极管元件 2b 尤其产生大量的焦耳热。因此,为了冷却功率半导体装置 100,将由 IGBT 元件 2a 及二极管元件 2b 产生的焦耳热以尽可能小的损失传递到基体 1 的下表面,在制冷剂中散热是重要的。考虑这一点,功率半导体装置 100 的基体 1 的底部 1c 比缘部 1a 的厚度(高度)薄壁化。因此,在功率半导体装置 100 中,热传导的损耗小,散热效率高。

[0068] 另外,与缘部 1a 或凸部 1b 比较使底部 1c 薄壁化有助于抑制固定半导体电路 2 的基板下焊锡 11 的疲劳寿命下降。功率半导体装置 100 如上所述在动作时变得高温。因此,较大的热应力作用在热膨胀系数不同的部件间。例如,绝缘基板 2d 的热膨胀系数在由氮化硅素构成的场合大约为 2.5ppm / K,在由氧化铝构成的场合大约为 7.1ppm / K。另一方面,基体 1 的热膨胀系数在由铝构成的场合大约为 24.0ppm / K。这样,绝缘基板 2d 的热膨胀系数与基体 1 的热膨胀系数相差较大。

[0069] 因此,当由于功率半导体装置 100 的接通 / 断开使温度变化反复时,尤其容易产生连接绝缘基板 2d 与基体 1 的部件的、基板下焊锡 11 的热疲劳。因此,确保基板下焊锡 11 的热疲劳寿命成为较大的课题。鉴于这一点,研究了本发明。即,如上所述,在功率半导体装置 100 中,由于使基体 1 的底部 1c 的厚度薄壁化,因此降低了基体 1 的在固定基板下焊锡 11 的部分的热膨胀。因此,能够抑制基板下焊锡 11 的疲劳寿命下降。

[0070] 另外,制冷剂在基体 1 的下部(固定有冷却套管 4 的一侧)流动。因此,在基体 1 的下部施加有制冷剂的压力。并且,在由于该压力基体 1 的弯曲变形大的场合,流动的制冷剂有可能向外部漏出。因此,薄壁化,并且将基体 1 维持为高刚性也是重要的课题。因此,鉴

于这一点,在基体 1 上形成凸部 1b。由此,能够使基体 1 的底部薄壁化,并且提高作为基体 1 整体的刚性。另外,利用缘部 1a,实现更高的刚性化。

[0071] 另外,在功率半导体装置 100 中,在基体 1 的中央附近形成凸部 1b(参照图 1 及图 2)。因此,形成在与凸部 1b 相对的两个缘部 1a 之间的区域为大致相同的面积。因此,通过使半导体电路 2 为该面积左右的大小,能够分别将半导体电路 2 固定在这两个区域上。

[0072] 即,在制造功率半导体装置 100 时,能够将半导体电路 2 嵌入由缘部 1a 与凸部 1b 形成的区域(凹部)。通过这样,不需要进行半导体电路 2 的复杂的定位。因此,在焊接时不需要准备或安装其他定位夹具等,能够削减制造成本及制造时间。

[0073] 参照图 3 ~ 图 8 更详细地说明以上的效果。

[0074] 为了确认由功率半导体电路 100 产生的效果,制造了图 3 所示的模型部件 150。图 3 (b)表示图 3 (a)的 A-A 线剖视图。模型部件 150 具备元件用基板 20、元件下焊锡 21、基板上表面导体层 22、绝缘基板 23、基板下表面导体层 24、基板下表面焊锡 25、以及基体 26。

[0075] 另外,元件用基板 20 相当于图 1 所示的 IGBT 元件 2a 及二极管 2b,元件下焊锡 21 相当于元件下焊锡 2c,基板上表面导体层 23 相当于基板上表面导体层 2d,绝缘基板 23 相当于绝缘基板 2e,基板下表面导体层 24 相当于基板下表面导体层 10,基板下焊锡 25 相当于基板下焊锡 11,基体 26 相当于基体 1 的底部 1c。

[0076] 并且,使用模型部件 150 评价功率半导体装置 100 的热阻降低效果。图 4 表示其结果。图 4 的横轴是基体 26 的厚度(纸面上下方向的厚度)。另外,纵轴为将使用厚度 3mm 的铜制基体(现有的基体)的场合的热阻作为 1 (标绘点 R0) 而正规化的值(热阻比)。

[0077] 模型部件 150 的热阻的测定通过实施将元件用基板 20 的上表面加热到 150℃,在从基体 26 的下表面散热的条件下的热传导解析来进行。即,测定了元件用基板 20 与基体 26 下表面之间的热阻。另外,铝的热传导率大约是 240W / mK。另外,铜的热传导率是 390W / mK。因此,铜的热传导率与铝的热传导率相比为 1.6 倍的大小。

[0078] 如图 4 所示,当使用与铜制基体相同厚度 3mm 的铝制基体 26 时,热阻增加了 11% (标绘点 R1)。但是,通过使基体 26 的厚度薄壁化,减少了热阻。具体地说,如果将厚度薄壁化到 2mm,则与厚度 3mm 的铜制基体比较,热阻减少了 4% (标绘点 R2)。另外,如果将厚度减小到 1mm,则热阻减少了 21% (标绘点 R3)。同时,与铜制基体相同程度的热阻是厚度为 2.3mm 时。这样,通过与现有的铜制基体比较薄壁化,能为良好的热阻值。由此,与现有的功率半导体装置相比,能够重量轻且为良好的散热效率。

[0079] 接着,评价了将半导体电路 2 固定在基体 1 上的焊锡(相当于基板下焊锡 11、25)的寿命。图 5 是通过利用有限要素法进行的热应力解析计算使模型部件 150 整体的温度从 125℃变化到 -40℃的场合的变形,将在 -40℃下的变形形状、变形量放大 10 倍而表示。

[0080] 图 1 所示的功率半导体装置 100 在动作时为高温。因此,功率半导体装置 100 也与图 5 所示的模型部件 150 同样地变形。因此,如上所述,抑制将半导体电路 2 固定在基体 1 上的焊锡的疲劳寿命下降是重要的。图 6 表示基体 26 的厚度与基板下焊锡 25 的疲劳寿命的关系。

[0081] 图 6 是从图 5 的热应力解析结果获取基板下焊锡 25 的塑性变形并换算成寿命,将基体厚度 3mm 的场合的焊锡寿命作为 1 而正规化(寿命比)的图。另外,该基体是铝制的。

[0082] 如图 6 所示,在基体 26 的厚度是 2mm 时,与 3mm 的场合相比,寿命提高了 18%。另

外,在厚度为 1mm 时,与 3mm 的场合相比,寿命提高了 61%。这样可以看出,越使基体 26 薄壁化,越能提高焊锡寿命。

[0083] 接着,评价在功率半导体装置 100 的基体 1 与冷却套管 4 之间流通的制冷剂的防漏效果。图 7 表示在基体 27 的边缘形成有凸部 28 的、即在矩形板的四边附近设置了凸部 28 的模型部件 160 (图 7 (a))、未形成凸部的模型部件 161 (图 7 (b))。另外,即使在模型部件 160 及模型部件 161 的任一个中,都合并固定冷却翅的螺栓孔 29 而表示。

[0084] 如上所述,通过使基体薄壁化,即使在使用铝制基体的场合,也能够抑制热阻增加,抑制焊锡寿命的下降。但是,当是图 7 (b) 所示的模型部件 161 那样的、没有凸部的只是基体 30 的结构时,当单纯地薄壁化时,基体 30 的刚性下降。尤其如上所述,在功率半导体装置 100 中,由于制冷剂的压力从基体 1 的下表面施加负荷,因此确保充分的基体 1 的刚性是重要的。因此,通过设置图 1 或图 7 (a) 所示的凸部 1b、28,能够抑制基体 1、27 相对于制冷剂压力的弯曲,从而能够防止制冷剂漏出。

[0085] 图 8 是实施从图 7 所示的模型部件 160、161 的基体 27、30 下表面使水压进行负荷的有限要素解析,比较在基体 27 的缘部 28 的最大的弯曲量的图。纵轴表示将在模型部件 161 的厚度 3mm 的铜制基体的弯曲量作为 1,并正规化(弯曲量比)。另外,图 8 使用现有的厚度 3mm 的铜制基体,也一并表示模型部件 161 的结构(曲线 W_0)。

[0086] 另外,就图 7 (a) 所示的结构(铝制的模型部件 160)而言,以单点划线 A 表示基体 27 的厚度为 2mm、凸部 28 的厚度为 4mm 时的弯曲量比(1.1)。同样地,用单点划线 B 表示基体 27 的厚度为 2mm、凸部 28 的厚度为 5mm 时的弯曲量比(0.67)。

[0087] 如图 8 所示,与使用不具备凸部、厚度 3mm 的铝制的基体的场合(铝制的模型部件 161)、使用铜制的基体的场合相比,弯曲量比增加为 1.8 倍(曲线 W_1)。另外,与不具备凸部、使用厚度 2mm 的铝制的基体的场合(铝制的模型部件 161)、使用铜制的基体的场合相比,弯曲量比增加为 4.2 倍(曲线 W_2)。这样,当将现有的铜制基体单纯地变更为铝制基体时,弯曲量极大。

[0088] 另一方面,在使凸部 28 的厚度为 4mm,使基体 27 的厚度为 2mm 时的铝制的模型部件 160 的场合(单点划线 A),将弯曲量的比的增加抑制为 10%。即,即使在现有的铜制基体中为 3mm 的壁厚在铝制基体 2 中为 2mm,弯曲量也不会过度地增加。另外,如果将凸部 28 的厚度设定为 5mm,则弯曲量减少了 33%。即,通过形成凸部 28,与现有的铜制基体相比,能够薄壁化,并且能够将弯曲量维持为与现有相同程度或比现有大幅地下降。

[0089] (制造方法)

[0090] 接着,参照图 9 说明图 1 所示的功率半导体装置 100 的制造方法。

[0091] 首先,如上所述,利用铸造等制造具备冷却翅 3 的基体 1。并且,以与基体 1 内壁密合的方式将树脂制的预制件 6 嵌入制造的基体 1 的缘部 1a (图 9 (a))。预制件 6 向缘部 1a 的固定利用螺栓或粘结剂等进行。另外,电极 7 在预制件 6 成形时被埋入,将电极 7 固定在预制件 6 上。

[0092] 接着,将一体地构成半导体电路 2 与基板下表面导体层 10 的部件通过基板下焊锡 11 固定在基体 1 的底面 1A 上(图 9(b))。固定方法如下那样进行。即,在将基板下焊锡 11 载置在基体 1 的底面 1A 上后,在其上载置一体地构成半导体电路 2 与基板下表面导体层 10 的部件。并且,通过高温炉中加热这些整体,利用基板下焊锡 11 将半导体电路 2 及基板

下表面导体层 10 固定(连接)在基体 1 上。

[0093] 另外,在利用高温炉加热时,基板下焊锡 11 融解。但是,由于在基体 1 上形成有缘部 1a,因此熔解的焊锡不会向外部漏出。另外,如上所述,由于利用缘部 1a 及凸部 1b 预定半导体电路 2 的配设场所,因此在载置时不需要定位。因此,不需要用于定位的其他工具等。

[0094] 在利用基板下焊锡 11 将半导体电路 2 固定在基体 1 上后,利用配线 2f 电连接半导体电路 2 与电极 7 (参照图 9 (c))。

[0095] 接着,将硅凝胶 9 注入由缘部 1a 包围而形成的空间内(图 9(c))。由此,利用硅凝胶 9 密封半导体电路 2。另外,与上述基板下焊锡 11 相同,由于在基体 1 上形成有缘部 1a,因此硅凝胶不会向外部漏出。之后,未图示,但以覆盖硅凝胶 9 的上表面的方式安装树脂制的盖部件。

[0096] 并且,使密封部件 5 介于基体 1 与冷却套管 4 之间,在该状态下,利用螺栓(未图示)将冷却套管 4 固定在基体 1 上(图 9(d))。并且,通过使制冷剂在基体 1 与冷却套管 4 之间的空间流动,制造功率半导体装置 100。

[0097] 另外,功率半导体装置 100 的制造方法未限于上述内容。因此,可以适当改变地制造。

[0098] [2. 第二实施方式]

[0099] 接着,参照图 10 说明第二实施方式的功率半导体装置 200。另外,对与图 1 所示的功率半导体装置 100 相同的部件标注相同的符号,并省略其详细的说明。

[0100] 在功率半导体装置 200 中,功率半导体装置 100 的凸部 1b 的高度与缘部 1a 的高度为相同程度。即,在功率半导体装置 100 中,只由缘部 1a 包围而形成空间。但是,在功率半导体装置 200 中,由凸部 1b 划分由缘部 1a 包围而形成的一个空间,形成有两个空间。

[0101] 通过这样形成凸部 1b,能够使缘部 1a 及凸部 1b 两方的高度比硅凝胶 9 的高度高。并且,即使这样构成功率半导体装置 200,也能够为与上述功率半导体装置 100 相同的功率半导体装置。

[0102] 另外,与凸部 1b 邻接地设置新的预制件 6 及电极 7。因此,与功率半导体装置 100 相比,能够增加电极 7 的个数。

[0103] [3. 第三实施方式]

[0104] 接着,参照图 11 说明第三实施方式的功率半导体装置 300。另外,对与图 1 所示的功率半导体装置 100 相同的部件标注相同的符号并省略其详细的说明。

[0105] 在功率半导体装置 300 中,冷却翅 3 的形状与功率半导体装置 100 的冷却翅 3 的形状不同。即,功率半导体装置 300 的冷却翅 3 由具有间隙 3c 的矩形(板状)翅 3b 构成。通过这样构成冷却翅 3,制冷剂也能在间隙 3c 中流动。因此,制冷剂相对于矩形翅 3b 的接触面积变大,能够进一步提高由冷却翅 3 得到的散热效率。

[0106] [4. 第四实施方式]

[0107] 接着,参照图 12 说明第四实施方式的功率半导体装置 400。另外,对与图 1 所示的功率半导体装置 100 相同的部件标注相同的符号并省略其详细的说明。

[0108] 在功率半导体装置 400 中,去掉在功率半导体装置 100 中设置的基板下表面导体层 10 及基板下焊锡 11。即,绝缘基板 2e 与基体 1 的底面 1A 不通过焊锡而直接固定。

[0109] 绝缘基板 2e 向基体 1 的固定利用金属熔融接合法进行。利用锻造形成基体 1, 通过在锻造后的冷却途中(铝完全固化前)使基体 1 与绝缘基板 2e 接触, 能够固定绝缘基板 2e。此时, 在基体 1 与绝缘基板 2e 的界面形成有合金层, 从而直接固定绝缘基板 2e。

[0110] 通过这样, 可以不设置基板下表面导体层 10 及基板下焊锡 11。因此, 由于热阻比功率半导体装置 100 小, 因此能够更有效地将半导体电路 2 的热传递到冷却翅 3。另外, 由于不设置基板下焊锡 11, 因此还具有上述焊锡的疲劳不会成为问题之类的优点。

[0111] [5. 变形例]

[0112] 除了上述四个实施方式外, 能在不损害本发明的主旨的范围内适当改变上述实施方式并实施。

[0113] 例如, 在上述各实施方式中设置缘部 1a 及凸部 1b, 但也可以不设置缘部 1a 而只设置凸部 1b。另外, 也可以不设置凸部 1b 而只设置缘部 1a。在该场合, 缘部 1a 相当于在保护范围中特定的“凸部”。

[0114] 凸部 1b 的场所未特别地限制, 可以在任何场所。但是, 从最大限度发挥本发明的效果的观点来看, 优选以横跨相对的基体的边缘彼此的方式设置。例如在矩形状的基体的场合, 能够以横跨四角中的相对的角彼此的方式设置。

[0115] 并且, 凸部 1b 的高度可以比缘部 1a 的高度高。并且, 凸部 1b 的个数也未限定于一个, 可以形成多个。即使这样, 也能够起到本发明的效果。

[0116] 另外, 就构成基体 1 的材料而言, 未限定于铝单体, 可以是铝合金、由铝覆盖的绝缘体等包括铝的材料。

[0117] 另外, 冷却翅 3 的结构也未限定于上述实施方式, 只要能有效地散热, 能够为任意的形状。

[0118] 在作为冷却翅 3 使用针翅的场合(第一实施方式等), 针翅 3a 的配置未特别地限制。只要考虑上述优选的最短距离 L 适当设计并配置即可。

[0119] 另外, 半导体电路 2 的结构也未限定于上述实施方式, 能同样地应用任意的半导体电路。另外, 电极 7 的个数也同样地任意设定即可。

[0120] 另外, 密封部件 5 的种类也未限定于 O 环, 能适当变更为填充件等。

[0121] 另外, 封闭半导体电路 2 的凝胶也未限定于硅凝胶, 只要是能绝缘的凝胶, 能够使用任意的凝胶。

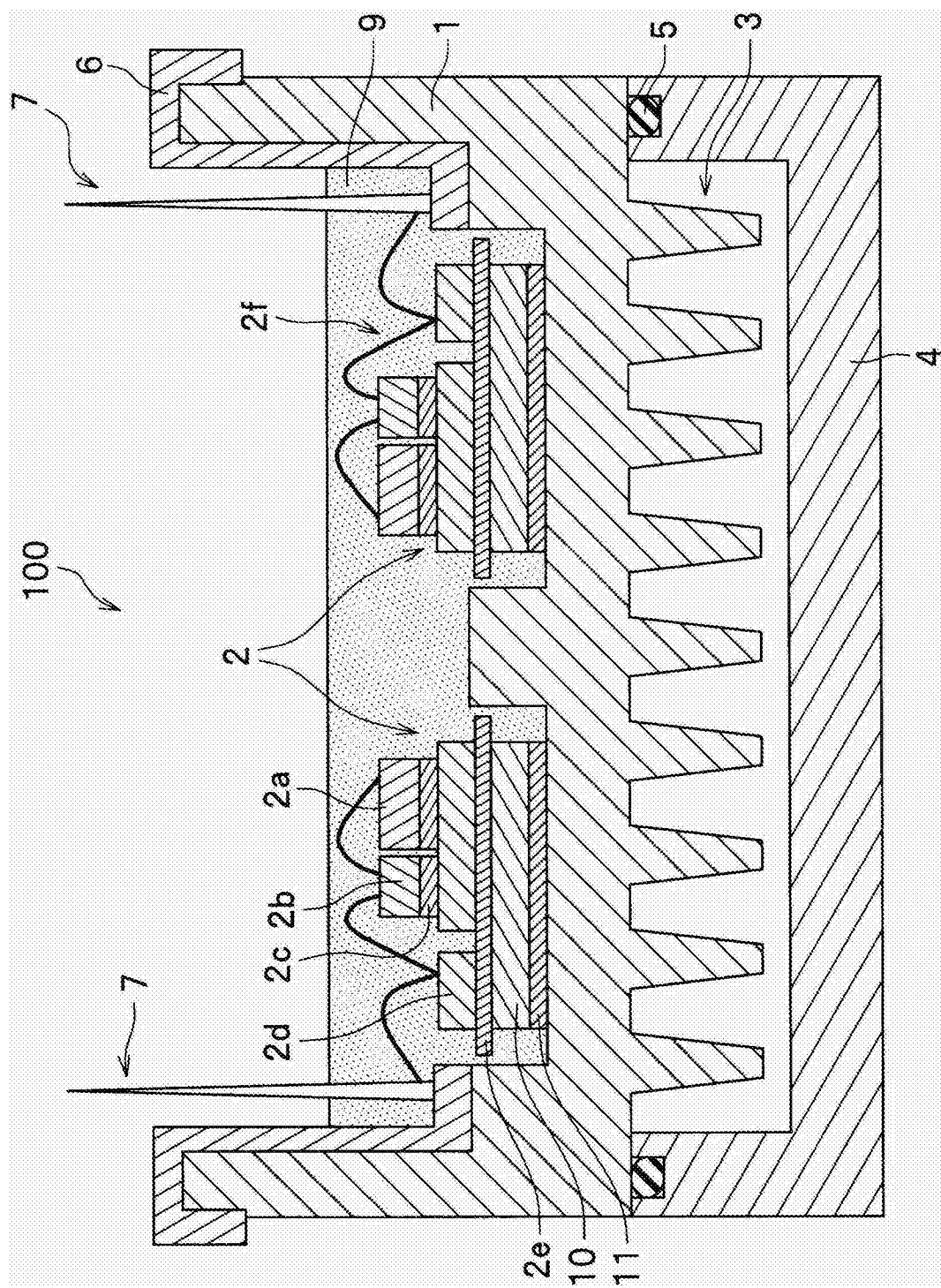
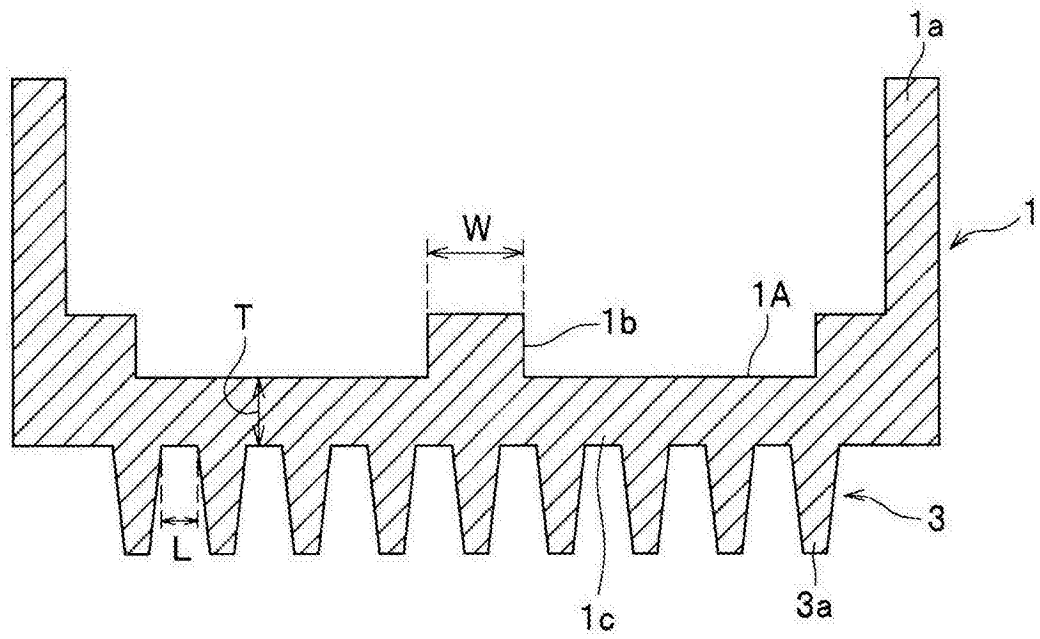


图 1

(a)



(b)

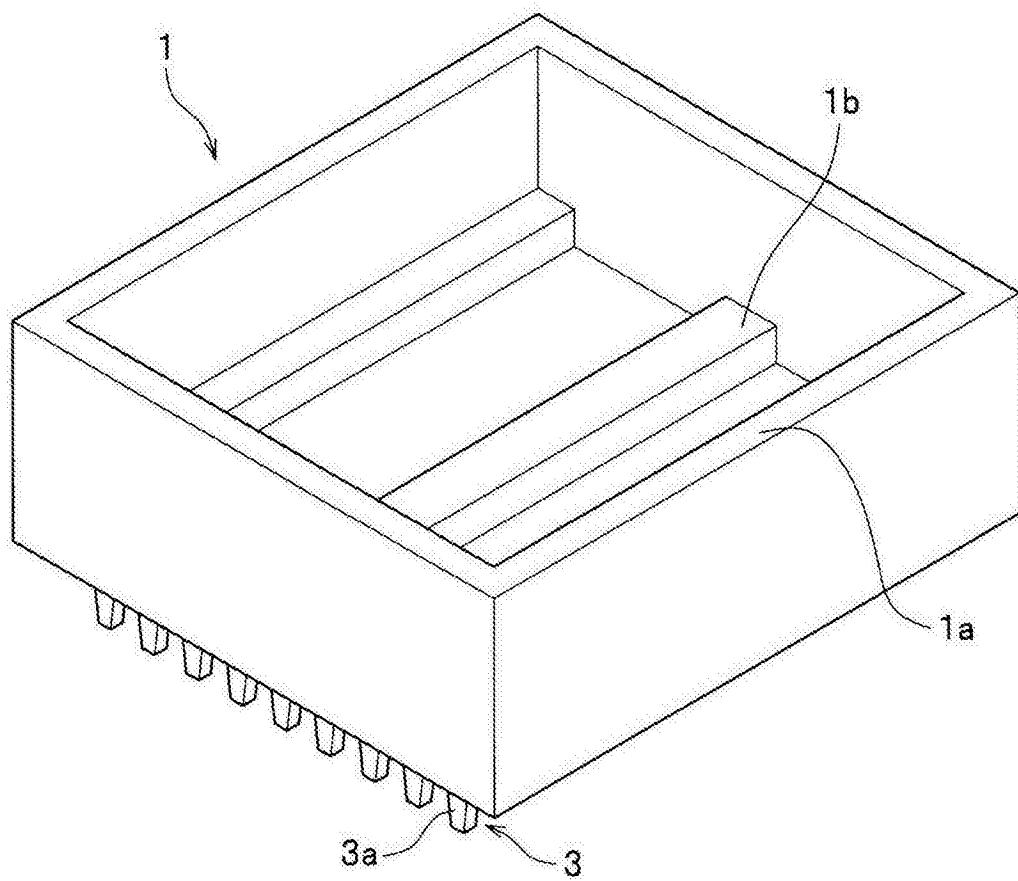
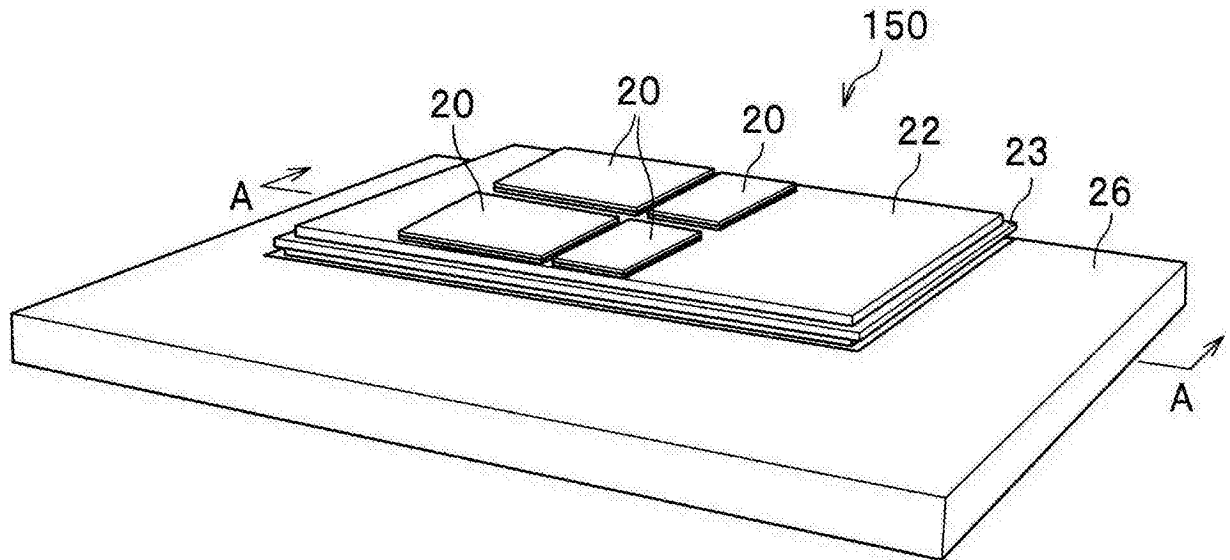


图 2

(a)



(b)

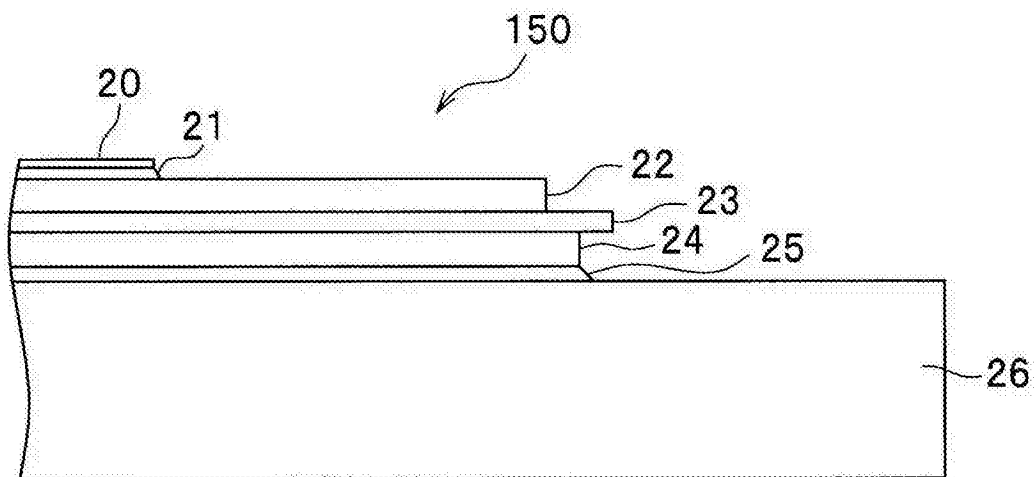


图 3

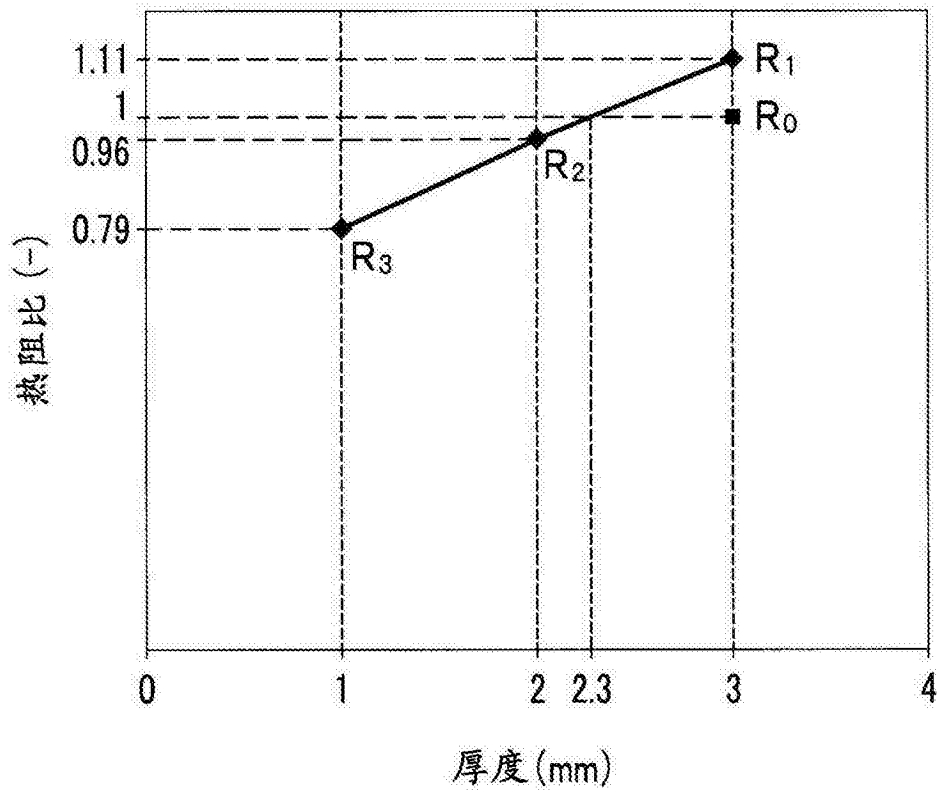


图 4

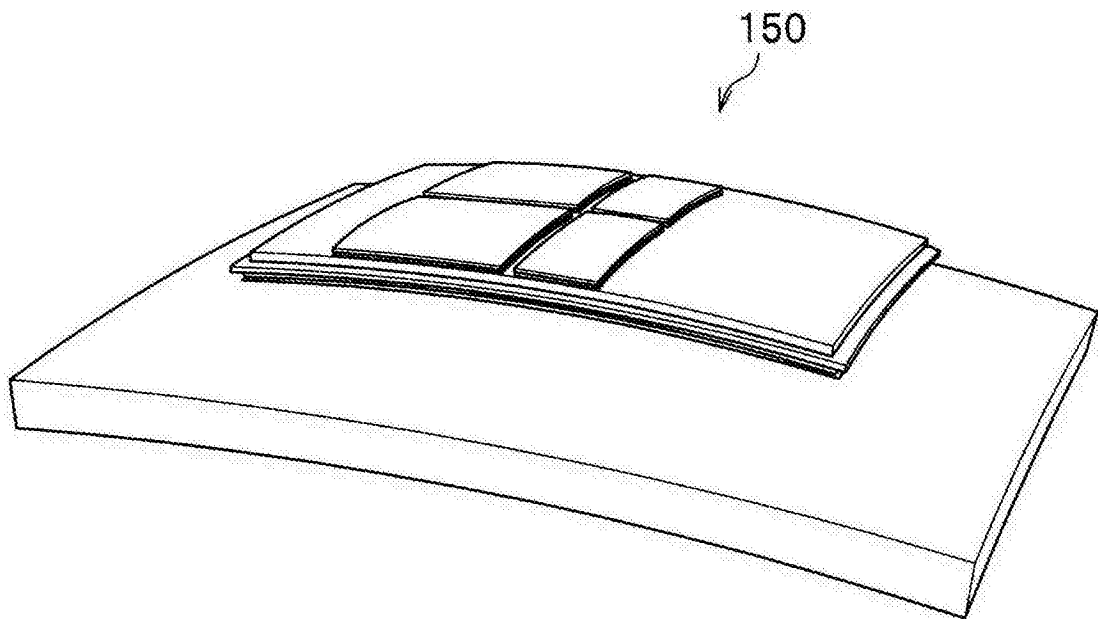


图 5

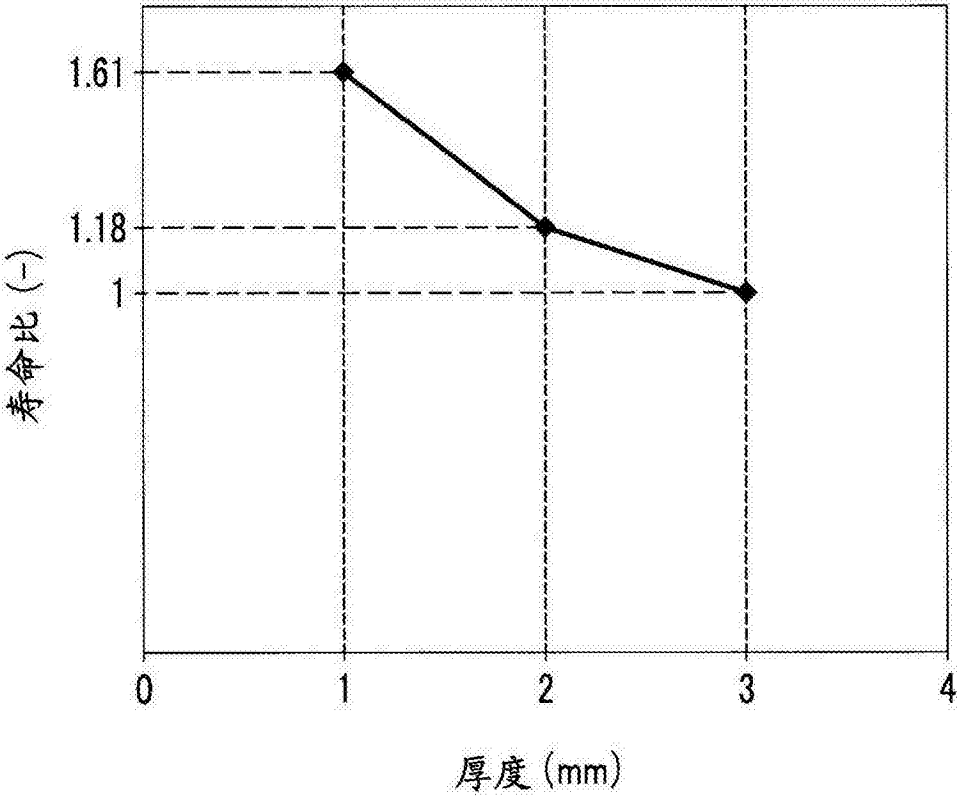
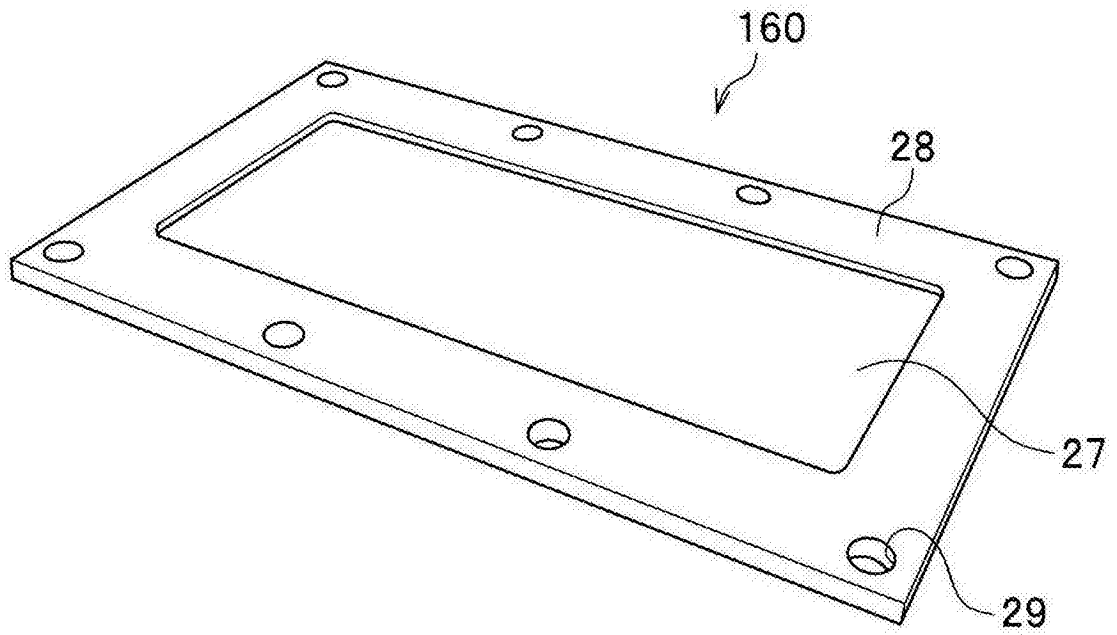


图 6

(a)



(b)

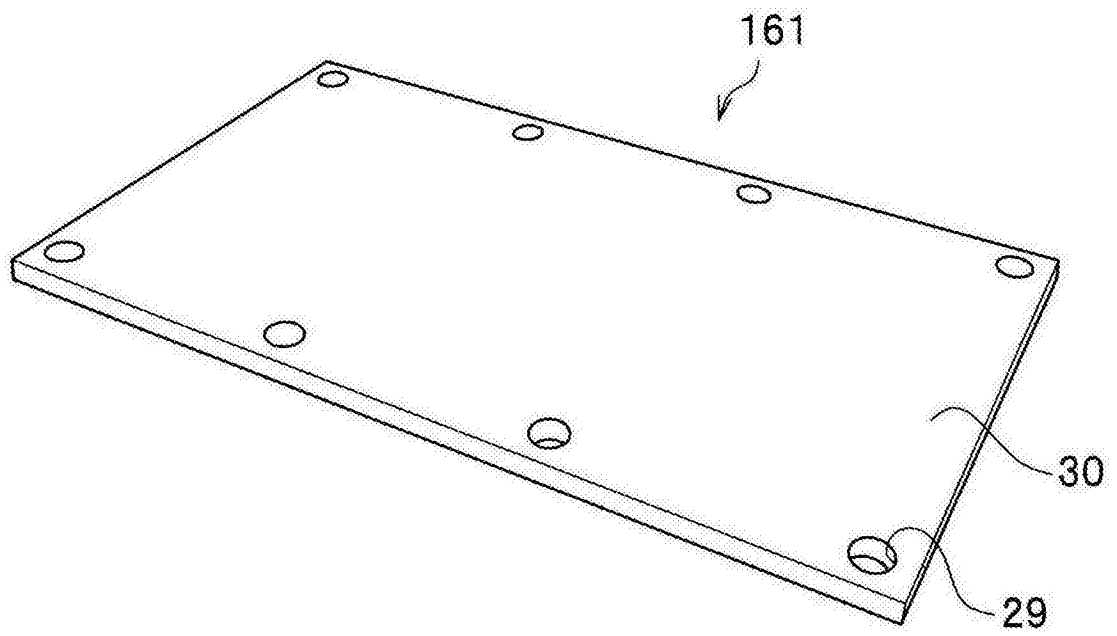


图 7

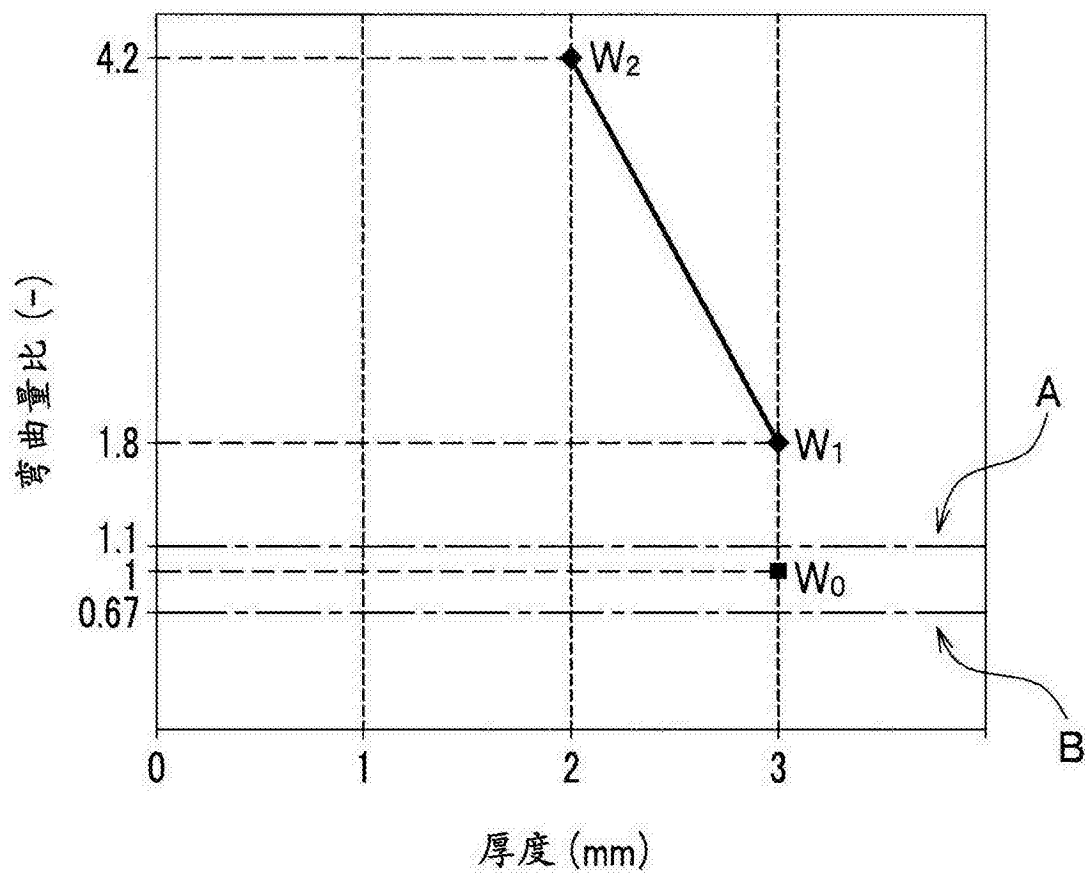


图 8

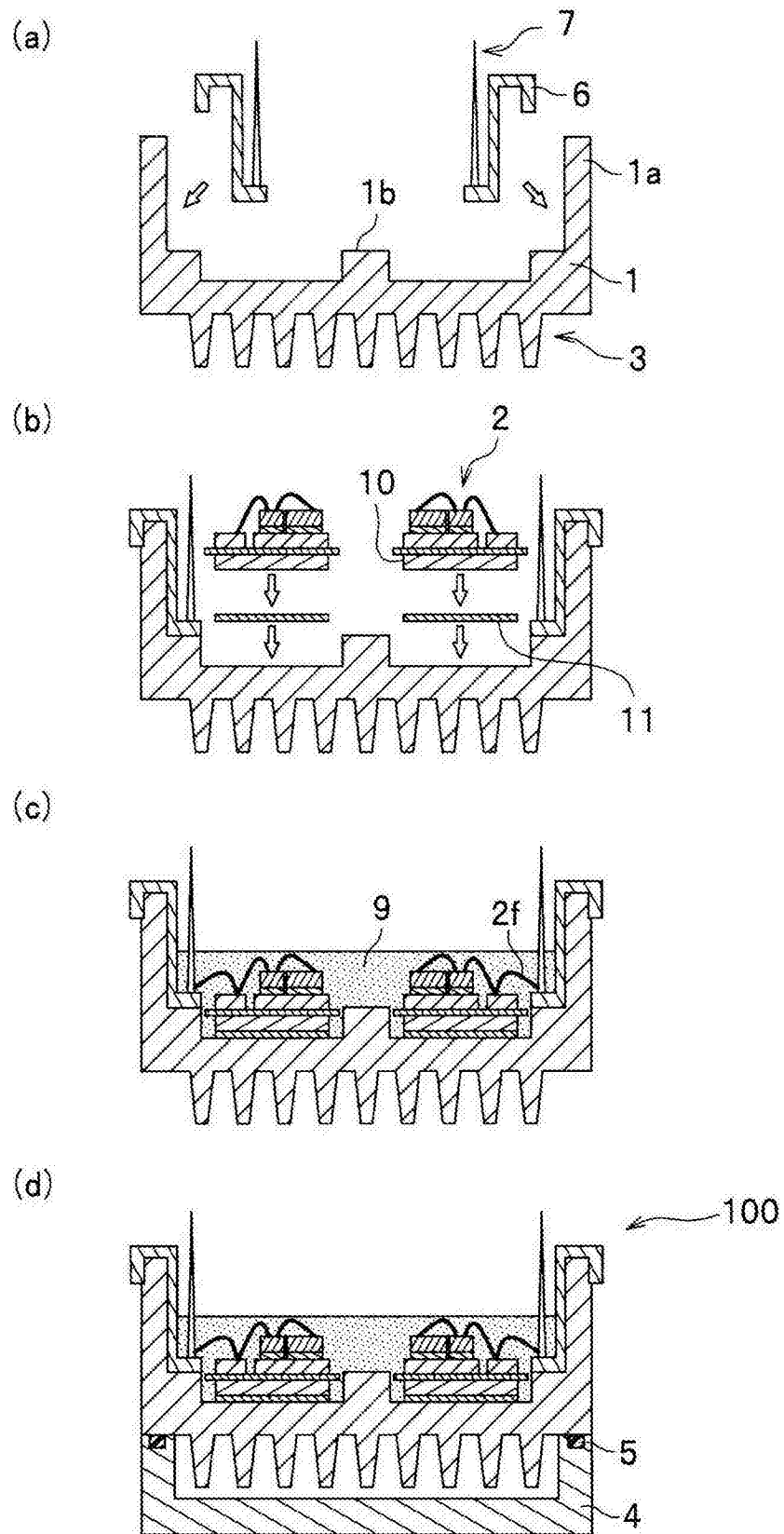


图 9

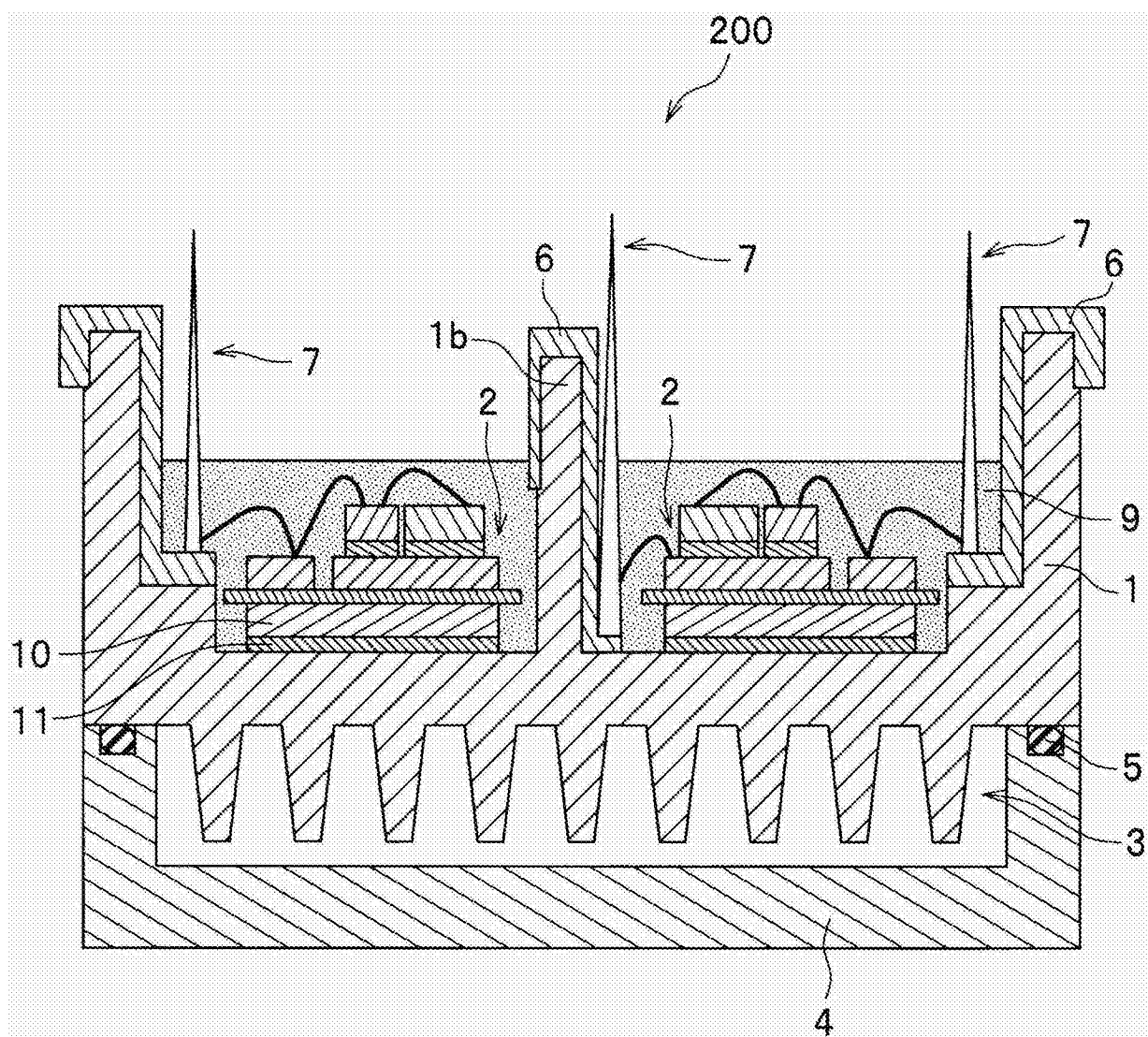


图 10

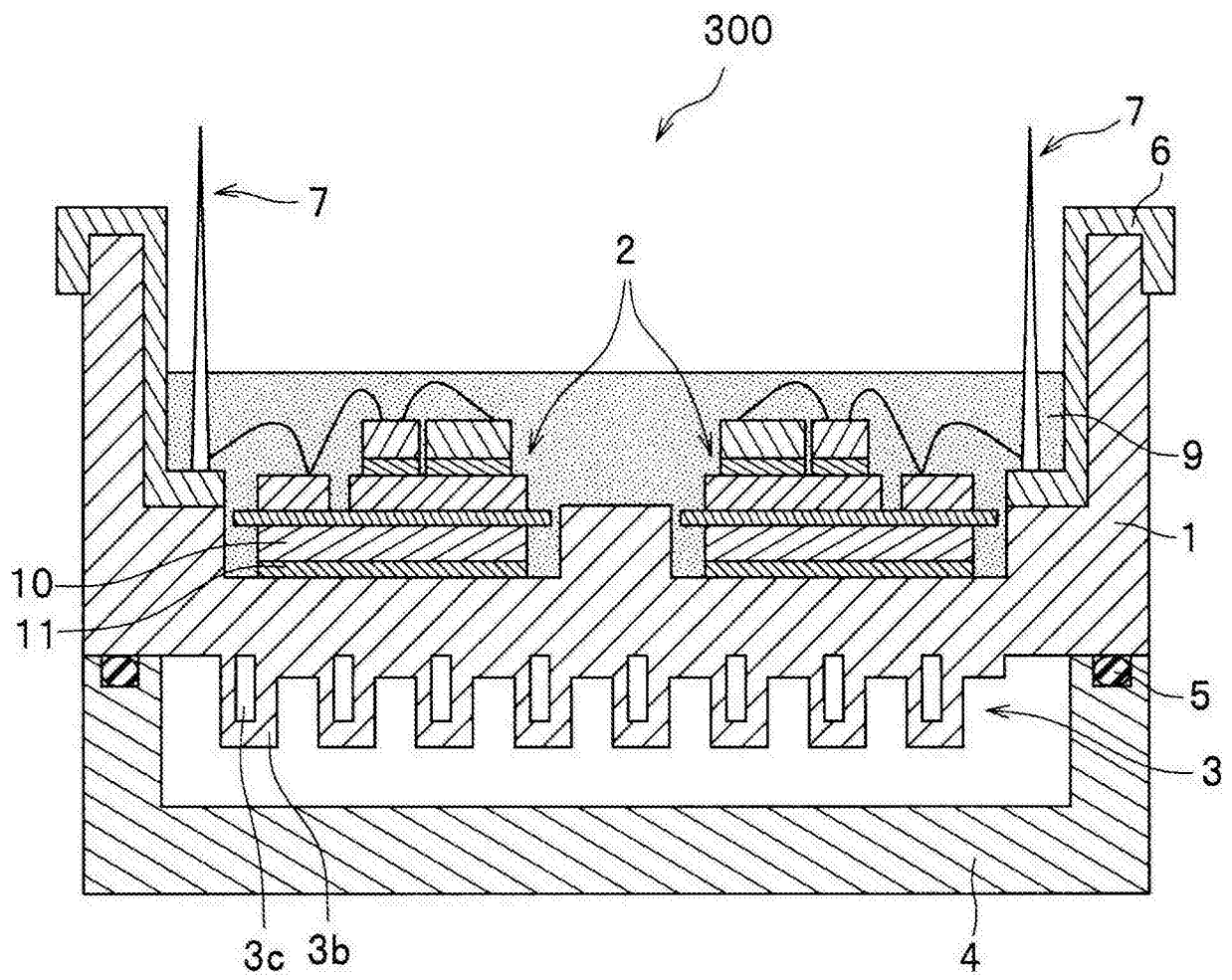


图 11

