(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119452474 A
(43)申请公布日 2025.02.14

(21)申请号 202280097525.4
(22)申请日 2022.07.07
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.12.26
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/026975 2022.07.07
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/009458 JA 2024.01.11
(71)申请人 三菱电机株式会社
地址 日本
(72)发明人 增田羽香奈 六分一穗隆
(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
专利代理师 肖靖
(51)Int.Cl.
H01L 23/48(2006.01)

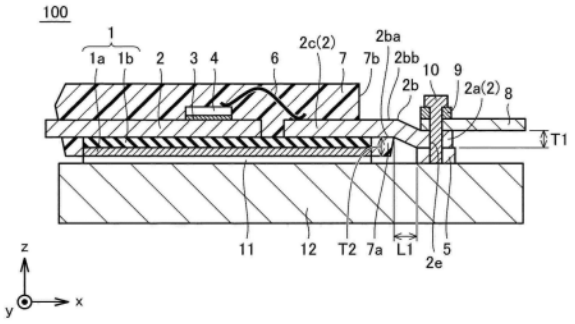
权利要求书2页 说明书13页 附图7页

(54)发明名称

半导体装置以及电力变换装置

(57)摘要

获得具有高可靠性的半导体装置以及电力变换装置。半导体装置(100)具备半导体元件(4)、引线框(2)以及密封树脂(7)。半导体元件(4)搭载于引线框(2)。密封树脂(7)密封半导体元件(4)和引线框(2)的一部分。引线框(2)包括内侧部(2c)和外部连接端子部(2a)。内侧部(2c)与密封树脂(7)接触。外部连接端子部(2a)从密封树脂(7)的表面向外侧突出。引线框(2)包括变形部(2b)。变形部(2b)位于内侧部(2c)与外部连接端子部(2a)的边界部。变形部(2b)构成为为了使引线框(2)弯曲而使应力集中。变形部(2b)与密封树脂(7)的表面交叉。



CN 119452474 A

1.一种半导体装置,具备:

半导体元件;

引线框,搭载有所述半导体元件;以及

密封树脂,密封所述半导体元件和所述引线框的一部分,

所述引线框包括与所述密封树脂接触的内侧部和从所述密封树脂的表面向外侧突出的外部连接端子部,

所述引线框在所述内侧部与所述外部连接端子部的边界部包括变形部,该变形部构成为为了使所述引线框弯曲而使应力集中,

所述变形部与所述密封树脂的所述表面交叉。

2.根据权利要求1所述的半导体装置,其中,

所述变形部包括第1面和位于与所述第1面相反的一侧的第2面,

在所述变形部处所述密封树脂与所述第1面接触而不与所述第2面接触。

3.根据权利要求2所述的半导体装置,其中,

在从所述第1面朝向所述第2面的方向即厚度方向上,所述密封树脂的与所述第1面接触的部分的厚度是所述外部连接端子部的厚度的2.5倍以上。

4.根据权利要求1所述的半导体装置,其中,

在所述变形部处,以与所述外部连接端子部的延伸方向垂直的截面中的截面积局部变小的方式形成凹部,

所述凹部与所述密封树脂的所述表面交叉。

5.根据权利要求1至权利要求4中的任一项所述的半导体装置,其中,

所述外部连接端子部在相比于所述变形部距离所述密封树脂更远的位置包括追加变形部,该追加变形部构成为为了使所述外部连接端子部弯曲而使应力集中。

6.根据权利要求5所述的半导体装置,其中,

在所述外部连接端子部,在相比于所述追加变形部距离所述密封树脂更远的位置,形成用于使固定部件穿插的贯通孔,

所述固定部件包括:螺栓,穿插所述贯通孔;以及垫片,配置为与所述贯通孔重叠,并且供所述螺栓穿插,

在所述螺栓穿插所述贯通孔的状态下,所述追加变形部配置于与所述垫片的外周重叠的位置。

7.根据权利要求1至权利要求6中的任一项所述的半导体装置,其中,

在所述外部连接端子部固定于位于所述密封树脂的外侧的固定部的情况下,所述固定部与所述密封树脂的所述表面之间的距离为所述外部连接端子部的厚度的7倍以下。

8.根据权利要求1至权利要求7中的任一项所述的半导体装置,其中,

所述外部连接端子部的厚度为0.5㎜以上。

9.根据权利要求1至权利要求8中的任一项所述的半导体装置,具备:

热传导部件,与所述引线框连接;以及

冷却器,与所述热传导部件连接,

通过所述密封树脂密封所述热传导部件和所述冷却器的一部分。

10.一种电力变换装置,具备:

主变换电路,具有权利要求1所述的半导体装置,该主变换电路变换输入的电力并输出;以及

控制电路,向所述主变换电路输出控制所述主变换电路的控制信号。

半导体装置以及电力变换装置

技术领域

[0001] 本公开涉及半导体装置以及电力变换装置。

背景技术

[0002] 以往,已知通过密封树脂密封半导体元件和引线框的一部分的半导体装置。例如,在日本特开2003-31765号公报中,公开了如下半导体装置:在作为延伸到密封树脂的外部的引线框的一部分的外部连接端子部形成固定用的孔。日本特开2003-31765号公报中公开的半导体装置通过插入外部连接端子部的孔的螺栓来固定外部连接端子部和外部的端子台以及汇流条等导电体。这样的半导体装置例如被应用于电力变换装置。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2003-31765号公报

发明内容

[0006] 在上述以往的半导体装置中,当以外部连接端子部的孔与端子台重叠的方式配置了半导体装置时,有时外部连接端子部与端子台之间存在间隙。在该情况下,当由螺栓固定外部连接端子部和端子台时,外部连接端子部弹性变形,其结果,应力被施加于与外部连接端子部邻接的密封树脂。这样的应力成为密封树脂的开裂、密封树脂与引线框的剥离这样的故障的原因,降低半导体装置的可靠性。

[0007] 本公开是为了解决上述那样的课题而完成的,提供具有高可靠性的半导体装置以及电力变换装置。

[0008] 按照本公开的半导体装置具备半导体元件、引线框以及密封树脂。半导体元件搭载于引线框。密封树脂密封半导体元件和引线框的一部分。引线框包括内侧部和外部连接端子部。内侧部与密封树脂接触。外部连接端子部从密封树脂的表面向外侧突出。引线框包括变形部。变形部位于内侧部与外部连接端子部的边界部。变形部构成为为了使引线框弯曲而使应力集中。变形部与密封树脂的表面交叉。

[0009] 按照本公开的电力变换装置具备主变换电路和控制电路。主变换电路具有上述半导体装置,该主变换电路变换输入的电力并输出。控制电路向主变换电路输出控制主变换电路的控制信号。

[0010] 根据上述内容,获得具有高可靠性的半导体装置以及电力变换装置。

附图说明

[0011] 图1是用于说明实施方式1的半导体装置的结构的平面示意图。

[0012] 图2是图1的线段II-II处的截面示意图。

[0013] 图3是用于说明图1所示的半导体装置的结构的截面示意图。

[0014] 图4是用于说明图1所示的半导体装置的变形例的结构的截面示意图。

[0015] 图5是用于说明实施方式2的半导体装置的结构的截面示意图。

[0016] 图6是图5的区域VI的部分截面示意图。

[0017] 图7是用于说明图5所示的半导体装置的结构的部分截面示意图。

[0018] 图8是用于说明图5所示的半导体装置的变形例1的结构的部分截面示意图。

[0019] 图9是用于说明图5所示的半导体装置的变形例2的结构的部分截面示意图。

[0020] 图10是用于说明图5所示的半导体装置的变形例3的结构的部分平面示意图。

[0021] 图11是用于说明图5所示的半导体装置的变形例4的结构的部分平面示意图。

[0022] 图12是用于说明实施方式3的半导体装置的结构的截面示意图。

[0023] 图13是用于说明图12所示的半导体装置的结构的部分截面示意图。

[0024] 图14是用于说明图12所示的半导体装置的变形例的结构的截面示意图。

[0025] 图15是用于说明图14所示的半导体装置的结构的部分截面示意图。

[0026] 图16是用于说明实施方式4的半导体装置的结构的截面示意图。

[0027] 图17是示出应用了实施方式5的电力变换装置的电力变换系统的结构的框图。

[0028] (符号说明)

[0029] 1:热传导部件;1a:金属箔;1b:绝缘片;2:引线框;2a:外部连接端子部;2b:变形部;2ba:第1面;2bb:第2面;2c:内侧部;2d:追加变形部;2e:贯通孔;3:焊料;4:半导体元件;5:固定部;6:导线;7:密封树脂;7a:支承部;7b:切口部;8:汇流条;9:垫片;10:螺栓;11:油脂;12:冷却器;21,21a,21b,21c,21d,21e,21f:凹部;100,200,300,400,1202:半导体装置;1100:电源;1200:电力变换装置;1201:主变换电路;1203:控制电路;1300:负载。

具体实施方式

[0030] 以下,对本公开的实施方式进行说明。另外,只要未特别提及,在以下的附图中对相同或对应的部分赋予相同的附图标记,不重复其说明。

[0031] 实施方式1.

[0032] ＜半导体装置的结构＞

[0033] 如图1至图3所示,实施方式1的半导体装置100主要具备半导体元件4、引线框2、热传导部件1、导线6、冷却器12、固定部5、密封树脂7。

[0034] 半导体元件4搭载于引线框2。半导体元件4搭载于在引线框2中位于z方向的上侧的表面(上表面)。作为连接部件的导电性的导线6配置成连接半导体元件4的电极(未图示)和引线框2。导线6配置为在图2的x方向上延伸。在引线框2中与搭载了半导体元件4的上表面相反的一侧的背面连接有热传导部件1。通过密封树脂7密封热传导部件1、引线框2的一部分、半导体元件4以及导线6。

[0035] 热传导部件1的表面从密封树脂7露出。冷却器12经由油脂11与热传导部件1的表面连接。在从与引线框2中搭载了半导体元件4的表面垂直的方向观察的俯视图中,冷却器12的尺寸比密封树脂7的尺寸大。在冷却器12中,在与密封树脂7不重叠的位置形成有固定部5。如后所述,该固定部5是固定引线框2的外部连接端子部2a的部分。

[0036] 引线框2包括内侧部2c和外部连接端子部2a。内侧部2c是埋设于密封树脂7的内部、与密封树脂7接触的部分。外部连接端子部2a是与内侧部2c相连、从密封树脂7的表面向外侧突出的部分。在外部连接端子部2a的前端侧形成有贯通孔2e。贯通孔2e是用于使作为

固定部件的螺栓10穿插的孔。以使贯通孔2e与固定部5重叠的方式配置外部连接端子部2a。在固定部5形成有用于插入螺栓10的螺栓孔。以与外部连接端子部2a的贯通孔2e重叠的方式配置汇流条8以及垫片9。在汇流条8形成有用于使螺栓10穿插的贯通孔。以使汇流条8的贯通孔与外部连接端子部2a的贯通孔2e重叠的方式,对汇流条8进行定位。垫片9也以与该贯通孔2e重叠的方式配置。螺栓10插入到垫片9的孔、汇流条8的贯通孔、外部连接端子部2a的贯通孔2e而固定于固定部5的螺栓孔。这样,外部连接端子部2a固定于固定部5,并且与汇流条8连接。

[0037] 如图2所示,引线框2包括变形部2b。变形部2b位于内侧部2c与外部连接端子部2a的边界部。变形部2b构成为为了使引线框2弯曲而使应力集中。因此,如图2所示,由于将外部连接端子部2a固定于固定部5时的应力,在变形部2b处引线框2弯曲。

[0038] 密封树脂7中的支承部7a的表面与该变形部2b交叉地相接。具体地,变形部2b包括第1面2ba和第2面2bb。第2面2bb位于与第1面2ba相反的一侧。第1面2ba是在变形部2b中与热传导部件1连接的引线框2的背面的一部分。第2面2bb是在引线框2中连接了半导体元件4的表面上表面的一部分。在变形部2b中,密封树脂7与第1面2ba接触,但不与第2面2bb接触。也就是说,由于在密封树脂7的面向变形部2b的第2面2bb的部分形成有切口部7b,因此,成为在变形部2b中第2面2bb从密封树脂7露出的状态。另一方面,变形部2b的第1面2ba与密封树脂7的支承部7a接触。在变形部2b的第1面2ba处,支承部7a的表面与弯曲点相接或与距弯曲点1mm以内的附近区域相接。

[0039] 以下,对构成半导体装置100的各部件进行说明。

[0040] 热传导部件1包括金属箔1a和绝缘片1b。绝缘片1b形成于金属箔1a的上表面。也就是说,热传导部件1是包括金属箔1a和绝缘片1b的层叠体。热传导部件1作为散热性高的绝缘层发挥功能。绝缘片1b使金属箔1a和引线框2绝缘。另外,在半导体元件4中产生的热经由绝缘片1b向金属箔1a散热。也就是说,绝缘片1b具有作为传热部件的功能。

[0041] 作为金属箔1a,例如使用铜板、铝板、铜箔、铝箔等高热传导部件。构成绝缘片1b的材料没有特别限定,可以是无机陶瓷材料单体,也可以是分散有微粒以及填料中的至少任意一种的树脂材料。构成微粒以及填料的材料例如可以是氧化铝(Al_2O_3)、氮化铝(AlN)、氮化硅(Si_3N_4)、二氧化硅(SiO_2)、氮化硼(BN)、金刚石(C)、碳化硅(SiC)或氧化硼(B_2O_3)那样的无机陶瓷材料。构成微粒以及填料的材料也可以是硅树脂或丙烯酸树脂那样的树脂材料。分散有微粒以及填料中的至少任意一种的树脂具有电绝缘性。分散有微粒以及填料中的至少任意一种的树脂没有特别限定,可以以环氧树脂、聚酰亚胺树脂、硅树脂或丙烯酸树脂为主要成分。

[0042] 如图2所示,在热传导部件1上设置有形成了任意的布线结构(布线电路)的引线框2。引线框2具备表面和背面。包括变形部2b的第1面2ba的引线框2的背面与热传导部件1的绝缘片1b连接。在包括变形部2b的第2面2bb的引线框2的表面,半导体元件4的背面电极(未图示)经由作为接合材料的焊料3与布线电路接合。

[0043] 从密封树脂7突出的引线框2的部分作为外部连接端子部2a与汇流条8以及作为端子台的固定部5螺栓紧固。如图3所示,在外部连接端子部2a被固定于固定部5之前的阶段,外部连接端子部2a以从密封树脂7的表面直线状地延伸的方式形成。并且,如图2所示,在固定部5与冷却器12一体化时,由于部件的尺寸公差,外部连接端子部2a的下表面与固定部5

的上表面的高度可能产生偏差。例如,考虑外部连接端子部2a的下表面隔开间隔地位于固定部5的上表面的上方的情况。在该状态下,当通过螺栓10将外部连接端子部2a螺栓紧固于固定部5时,外部连接端子部2a以向固定部5的上表面方向弯曲的方式变形。其结果,如图2所示,成为外部连接端子部2a的下表面与固定部5的上表面接触的状态。此时,由于具有螺栓紧固外部连接端子部2a时应力集中的变形部2b,因此,能够抑制密封树脂7中的树脂开裂以及密封树脂7与外部连接端子部2a的界面剥离。

[0044] 作为半导体元件4,能够应用各种半导体元件。例如,作为半导体元件4,能够使用在将输入交流电力变换为直流电力的变换器部中使用的二极管、在将直流电力变换为交流电力的逆变器部中使用的双极晶体管、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor,绝缘栅双极晶体管)、MOSFET(Metal Oxide SemIConductor Field Effect Transistor,金属氧化物半导体场效应晶体管)、GTO(Gate Turn-Off Thyristor,栅极可关断晶闸管)等。

[0045] 密封树脂7确保密封的半导体元件4以及引线框2等的部件之间的绝缘性,并且作为半导体装置100的壳体发挥功能。密封树脂7一体地密封引线框2和半导体元件4。作为密封树脂7的成型方法,例如能够使用传递模塑、注塑成型、压缩成型等。另外,作为密封树脂7的材料,例如能够使用含有填充材料的环氧树脂、酚醛树脂等。

[0046] 接下来,对如上述那样构成的本实施方式的半导体装置100的制造方法进行说明。

[0047] 首先,实施准备引线框2、半导体元件4等构成半导体装置100的部件的工序。此外,准备的引线框2具有通过位于外周部的模框部相互连接的多个部分。接着,实施连接各部件的工序。具体地,经由焊料3将半导体元件4接合到引线框2的表面。接着,形成通过导线键合连接形成于引线框2的布线电路和半导体元件4的导线6。

[0048] 接着,实施通过密封树脂7密封实施了上述工序的引线框2的工序(树脂密封工序)。在树脂密封工序中,将热传导部件1和通过上述工序完成至导线键合为止的引线框2配置于模具内。之后,向模具内部注入成为密封树脂7的树脂。在该工序中,能够应用传递模塑、压缩成型、注塑成型等成型方法。成型后,切断引线框2的一部分。具体地,例如,从引线框2的外周部切断模框部并移除。这样,获得图3所示的半导体装置100。

[0049] 接着,经由油脂11将成形后的半导体装置100组装至冷却器12。之后,将半导体装置100搭载在例如电力变换装置的内部。如图2所示,外部连接端子部2a与电力变换装置内的汇流条8电连接(紧固)。如图1以及图2所示,外部连接端子部2a与汇流条8的连接部结构为使用垫片9和螺栓10的螺栓紧固结构,但不限于此,也可以采用其它结构。例如,也可以通过超声波接合等连接外部连接端子部2a和汇流条8。

[0050] 例如,考虑当外部连接端子部2a的厚度T1为0.5mm时,密封树脂7与汇流条8之间的距离为3.5mm以下的情况。在该情况下,密封树脂7与固定部5之间的距离L1实质上也为3.5mm以下。也就是说,考虑在外部连接端子部2a固定于固定部5的情况下,固定部5与密封树脂7的表面之间的距离L1为外部连接端子部2a的厚度T1的7倍以下的情况。

[0051] 在该状态下,在固定部5的上表面位于比外部连接端子部2a的下表面更靠下侧的位置的情况下,在树脂密封的半导体装置100中的外部连接端子部2a上表面(与变形部2b的第2面2bb相连的表面),形成有不存在密封树脂7的部分,即切口部7b。在该切口部7b,外部连接端子部2a的上表面的至少一部分未被密封树脂7覆盖。在外部连接端子部2a的上表面不与密封树脂7接触的部分可以延伸至比与外部连接端子部2a的下表面接触的密封树脂7

的支承部7a的表面(边缘部)更靠内侧例如3.5mm左右的位置。此外,没有密封树脂7的部分即切口部7b优选仅形成于位于外部连接端子部2a上的区域,但该切口部7b也可以在与外部连接端子部2a的延伸方向交叉的方向(例如与图2的纸面垂直的方向)上扩展。在该情况下,切口部7b的底面可以与外部连接端子部2a的上表面构成同一平面。例如,图2所示的切口部7b的侧壁可以遍及与图2的纸面垂直的方向上的密封树脂7的整个宽度而形成。另外,当外部连接端子部2a的厚度T1为0.5mm时,以与外部连接端子部2a的下表面相接的方式配置的密封树脂7的支承部7a的厚度T2优选为1.25mm以上。也就是说,在从第1面2ba朝向第2面2bb的方向即厚度方向上,密封树脂7的与第1面2ba接触的部分即支承部7a的厚度T2为外部连接端子部2a的厚度T1的2.5倍以上。此外,外部连接端子部2a的厚度T1也可以为0.5mm以上。

[0052] 当将外部连接端子部2a与固定部5以及汇流条8连接(紧固)时,如图2所示,成为外部连接端子部2a在变形部2b处向紧固方向(朝向固定部5的方向:-z方向)弯曲的结构。此时,支承部7a的端部(密封树脂7的表面与支承部7a的上表面交叉的角部)从下表面侧与变形部2b接触,因此,应力集中于变形部2b。也就是说,变形部2b成为变形起点。因此,该变形部2b优先变形(弯曲),因此,能够抑制对变形部2b以外的引线框2与密封树脂7的界面施加过剩的应力。因此,能够抑制密封树脂7中的开裂、以及密封树脂7与外部连接端子部2a的连接界面处的剥离的产生。

[0053] 在如上那样构成的半导体装置100中,成为在外部连接端子部2a的单面存在密封树脂7的支承部7a的形状,密封树脂7的支承部7a的端部与外部连接端子部2a的接点成为变形起点(变形部2b)。因此,通过使应力集中于变形部2b,该变形部2b优先变形,能够抑制在其它部分的密封树脂7的树脂开裂以及密封树脂7与外部连接端子部2a的界面剥离。因此,无需延长外部连接端子部2a的长度,能够抑制水分从上述树脂开裂或界面剥离的部分进入半导体装置100内部。另外,还能够抑制上述树脂开裂以及界面剥离发展所引起的绝缘故障。其结果,能够提高半导体装置100的可靠性,并且抑制大型化。

[0054] <变形例>

[0055] 图4所示的半导体装置100具备与图1以及图2所示的半导体装置100基本上相同的结构,但固定部5的上表面与外部连接端子部2a的下表面的相对位置关系以及密封树脂7的形状与图1以及图2所示的半导体装置100不同。即,在图4所示的半导体装置100中,固定部5的上表面距冷却器12的表面的高度比外部连接端子部2a的下表面距冷却器12的表面的高度高。因此,在图4中,通过将外部连接端子部2a固定于固定部5,外部连接端子部2a向远离冷却器12的一侧(搭载了半导体元件4的引线框2的上表面侧)弯曲。

[0056] 在图4中,变形部2b的第1面2ba包含于引线框2的上表面,第2面2bb包含于引线框2的下表面。另外,密封树脂7中的切口部7b形成于引线框2的下表面侧。密封树脂7的支承部7a与引线框2的上表面(搭载了半导体元件4的面)接触。这样,在图4所示的半导体装置100中,变形部2b附近的结构与图2所示的半导体装置100在上下方向上相反。在该情况下,由于在与变形部2b弯曲的方向相反的一侧形成有密封树脂7的切口部7b,因此,也能够抑制密封树脂7在位于与变形部2b的变形方向相反的一侧的区域(在引线框2的下表面中引线框2从切口部7b露出的区域)破损这一问题的产生。

[0057] <作用>

[0058] 按照本公开的半导体装置100具备半导体元件4、引线框2以及密封树脂7。半导体

元件4搭载于引线框2。密封树脂7密封半导体元件4和引线框2的一部分。引线框2包括内侧部2c和外部连接端子部2a。内侧部2c与密封树脂7接触。外部连接端子部2a从密封树脂7的表面向外侧突出。引线框2包括变形部2b。变形部2b位于内侧部2c与外部连接端子部2a的边界部。变形部2b构成为为了使引线框2弯曲而使应力集中。变形部2b与密封树脂7的表面交叉。

[0059] 这样,在外力施加到外部连接端子部2a的情况下,由于该外力,变形部2b优先变形。因此,能够抑制该外力作用于引线框2的内侧部2c与密封树脂7的接触部而该接触部处的密封树脂7剥离或破损这一问题的产生。因此,能够提高半导体装置100的可靠性。另外,由于配置为变形部2b与密封树脂7的表面交叉,也就是说,变形部2b与密封树脂7的表面部分地重叠,因此,与在外部连接端子部2a中远离密封树脂7的位置形成变形部2b的情况相比,能够减小外部连接端子部2a的尺寸。因此,也能够应用于小型的半导体装置。

[0060] 在上述半导体装置100中,变形部2b包括第1面2ba和第2面2bb。第2面2bb位于与第1面2ba相反的一侧。在变形部2b中,密封树脂7与第1面2ba接触,不与第2面2bb接触。

[0061] 在该情况下,密封树脂7与变形部2b的第1面2ba接触,因此,成为仅在变形部2b的单面(第1面2ba)配置密封树脂7的支承部7a的状态。因此,当以外部连接端子部2a弯曲的方式对该第1面2ba侧施加外力时,密封树脂7的支承部7a从第1面2ba侧支承(按压)变形部2b。其结果,能够使引线框2易于在变形部2b处弯曲。另外,由于密封树脂7不与变形部2b的第2面2bb接触,因此,变形部2b弯曲时,不会产生变形部2b的第2面2bb对密封树脂7施加应力而密封树脂7破损这一问题。

[0062] 在上述半导体装置100中,在从第1面2ba朝向第2面2bb的方向即厚度方向上,密封树脂7的与第1面2ba接触的部分即支承部7a的厚度T2为外部连接端子部2a的厚度T1的2.5倍以上。

[0063] 在该情况下,由于密封树脂7的支承部7a具有充分的厚度T2,因此,该支承部7a按压引线框2的变形部2b,能够促进对该变形部2b的应力的集中以及变形。

[0064] 在上述半导体装置100中,在外部连接端子部2a固定于位于密封树脂7的外侧的固定部5的情况下,固定部5与密封树脂7的表面之间的距离L1为外部连接端子部2a的厚度T1的7倍以下。

[0065] 这样,通过将按照本公开的上述结构应用于固定部5与密封树脂7的表面之间的距离L1较小的半导体装置100,即使在外部连接端子部2a与固定部5的位置存在偏差的情况下,也能够有效地抑制引线框2与密封树脂7的剥离、密封树脂7的破损。

[0066] 在上述半导体装置100中,外部连接端子部2a的厚度T1为0.5㎜以上。在该情况下,由于外部连接端子部2a具有某种程度的刚性,因此,当应力施加到该外部连接端子部2a时,该应力容易传递到与引线框2接触的密封树脂7。但是,通过采用按照本公开的结构,能够有效地抑制该应力导致的密封树脂7的破损等。

[0067] 实施方式2.

[0068] <半导体装置的结构>

[0069] 图5至图7所示的半导体装置200具备与图1以及图2所示的半导体装置100基本上相同的结构,但变形部2b以及密封树脂7的形状与图1以及图2所示的半导体装置100不同。即,在图5至图7所示的半导体装置200中,在变形部2b处以使与外部连接端子部2a的延伸方

向垂直的截面中的截面积局部变小的方式,在引线框2的上表面(搭载了半导体元件4的一侧的面)形成有凹部21。作为变形部2b的凹部21以使凹部21与密封树脂7的表面交叉的方式在与密封树脂7的表面重叠的位置形成。也就是说,在图5至图7所示的半导体装置200中,不形成图1以及图2所示的密封树脂7的切口部7b。凹部21形成于引线框2的位于与引线框2弯曲的方向(图5中热传导部件1所在的下侧)相反的一侧的表面(上表面)。

[0070] 凹部21是例如引线框2被部分地削除后的切口部。例如可以通过滚花加工形成凹部21。如图7所示,在引线框2弯曲之前的半导体装置200中预先形成这样的凹部21。并且,当将该半导体装置200中的外部连接端子部2a如图5所示与固定部5以及汇流条8连接(紧固)时,成为如下结构:在形成了作为变形部2b的凹部21的部分,外部连接端子部2a向紧固方向(朝向固定部5的方向)弯曲。此时,由于形成有凹部21,因此,引线框2易于在引线框2的截面积局部变小的部分(形成了凹部21的部分)弯曲。进而,由于密封树脂7与凹部21的一部分接触,因此,成为凹部21的一部分被密封树脂7固定的状态。因此,引线框2更易于在形成了凹部21的部分弯曲。凹部21的截面形状可以是任意的形状,可以是图6所示的V字状,也可以是U字状。凹部21的内周面可以由曲面构成。凹部21可以形成于与引线框2的延伸方向正交的整个宽度方向,也可以形成于该宽度方向的一部分。

[0071] 如图5所示,外部连接端子部2a的厚度T1例如为1mm。密封树脂7与固定部5之间的距离L1或密封树脂7与汇流条8之间的距离例如为7mm以下。

[0072] 能够通过与实施方式1的半导体装置100的制造方法基本上相同的制造方法制造上述半导体装置200。具体地,实施准备构成半导体装置200的部件的工序、连接各部件的工序、通过密封树脂7密封的工序,获得具有图7所示的结构的半导体装置200。将该半导体装置200组装至冷却器12。之后,将半导体装置200搭载于例如电力变换装置等电气设备的内部。

[0073] 如图5所示,外部连接端子部2a与电力变换装置内的汇流条8电连接(紧固)。与实施方式1的半导体装置100同样地,外部连接端子部2a与汇流条8的连接部结构是使用垫片9和螺栓10的螺栓紧固结构。

[0074] 在此,在固定部5的上表面位于比外部连接端子部2a的下表面更靠下侧的位置的情况下,当将外部连接端子部2a与固定部5以及汇流条8连接(紧固)时,如图5所示,成为外部连接端子部2a在变形部2b处向紧固方向(朝向固定部5的方向)弯曲的结构。此时,通过在变形部2b处形成凹部21,截面积局部变小,该变形部2b的强度局部变小。另外,变形部2b的凹部21部分地与密封树脂7接触。也就是说,凹部21部分地(例如一半)内置于密封树脂7。因此,变形部2b能够易于变形。因此,可产生树脂开裂以及密封树脂7与引线框2的界面剥离的应力不会作用到密封树脂7,能够将外部连接端子部2a紧固于汇流条8。

[0075] <变形例>

[0076] 如图8至图11所示,在引线框2中作为变形部2b形成的凹部21也可以形成于引线框2的上表面以外的表面。图8以及图9是示出图5至图7所示的半导体装置200的变形例1以及变形例2的部分截面示意图。图8至图11与图7对应。图10以及图11是示出图5至图7所示的半导体装置200的变形例3以及变形例4的部分平面示意图。

[0077] 图10以及图11示出从与引线框2的上表面垂直的方向观察的俯视图中的变形部2b的结构。

[0078] 图8所示的半导体装置200的变形例1具备与图5至图7所示的半导体装置200基本上相同的结构,但引线框2中的凹部21的配置与图5至图7所示的半导体装置200不同。在图8所示的半导体装置200中,作为变形部2b的凹部21形成于引线框2的下表面。并且,在引线框2的上表面未形成凹部。在图8中,凹部21也配置于与密封树脂7的表面部分地重叠的位置。

[0079] 图9所示的半导体装置200的变形例2具备与图5至图7所示的半导体装置200基本上相同的结构,但引线框2中的凹部21的结构与图5至图7所示的半导体装置200不同。在图9所示的半导体装置200中,作为变形部2b,凹部21a以及凹部21b形成于引线框2。凹部21a形成于引线框2的上表面。凹部21b形成于引线框2的下表面。在图9中,凹部21a以及凹部21b也分别配置于与密封树脂7的表面部分地重叠的位置。在图9中,凹部21a与凹部21b形成于在引线框2的厚度方向上相互对置的位置。但是,在从与引线框2的上表面垂直的方向观察的俯视图中,凹部21a与凹部21b以仅一部分重叠的方式错开配置。

[0080] 图10所示的半导体装置200的变形例3具备与图5至图7所示的半导体装置200基本上相同的结构,但引线框2中的变形部2b的配置与图5至图7所示的半导体装置200不同。在图10所示的半导体装置200中,作为变形部2b,凹部21c以及凹部21d形成于引线框2。凹部21c形成于连接引线框2的上表面和下表面的2个侧面中的一方。凹部21d形成于引线框2的2个侧面中的另一方。在图10中,凹部21c以及凹部21d也分别配置于与密封树脂7的表面部分地重叠的位置。在图10中,凹部21c与凹部21d形成于在与引线框2的厚度方向垂直且与外部连接端子部2a延伸的方向垂直的方向即宽度方向上相互对置的位置。

[0081] 图11所示的半导体装置200的变形例4具备与图10所示的半导体装置200基本上相同的结构,但引线框2中的变形部2b的结构与图10所示的半导体装置200不同。在图11所示的半导体装置200中,作为变形部2b,1个凹部21c形成于引线框2。凹部21c形成于连接引线框2的上表面和下表面的2个侧面中的一方。在引线框2的2个侧面中的另一方未形成凹部。在图11中,凹部21c也配置于与密封树脂7的表面部分地重叠的位置。

[0082] 如上所述,可以在引线框2形成1个或2个作为变形部2b的凹部,但凹部的数量也可以为3个以上。例如,也可以在引线框2的上表面、下表面、一个侧面、另一个侧面中的3个或4个面形成凹部。凹部21a-凹部21d优选形成于在引线框2中相互对置的表面的组。

[0083] <作用>

[0084] 在上述半导体装置200中,在变形部2b以与外部连接端子部2a的延伸方向垂直的截面中的截面积局部变小的方式形成有凹部21。凹部21与密封树脂7的表面交叉。

[0085] 在该情况下,当对外部连接端子部2a施加了外力时,在作为变形部2b的凹部21处,引线框2能够易于变形。另外,由于凹部21与密封树脂7的表面交叉,因此,凹部21被密封树脂7部分地固定。因此,由于能够易于在凹部21的内部形成应力集中的区域,因此,能够可靠地在凹部21处使引线框2弯曲。

[0086] 在上述半导体装置200中,在外部连接端子部2a固定于位于密封树脂7的外侧的固定部5的情况下,固定部5与密封树脂7的表面之间的距离L1为外部连接端子部2a的厚度T1的7倍以下。

[0087] 这样,通过将实施方式2的半导体装置的结构应用于固定部5与密封树脂7的表面之间的距离L1较小的半导体装置200,即使在外部连接端子部2a与固定部5的位置存在偏差的情况下,引线框2也易于在凹部21处弯曲,从而能够有效地抑制密封树脂7的破损等。

[0088] 在上述半导体装置200中,外部连接端子部2a的厚度T1为0.5mm以上。在该情况下,由于外部连接端子部2a具有某种程度的刚性,因此,当应力施加到该外部连接端子部2a时,该应力容易传递到与引线框2接触的密封树脂7。但是,通过采用按照本公开的结构,引线框2易于在凹部21处弯曲,因此,能够有效地抑制该应力导致的密封树脂7的破损等。

[0089] 实施方式3.

[0090] <半导体装置的结构>

[0091] 图12以及图13所示的半导体装置300具备与图5至图7所示的半导体装置200基本上相同的结构,但在引线框2中的外部连接端子部2a形成有追加变形部2d这一点与图5至图7所示的半导体装置200不同。在图12以及图13所示的半导体装置300中,追加变形部2d形成于在外部连接端子部2a中相比于变形部2b距离密封树脂7更远的位置。追加变形部2d是形成于外部连接端子部2a的下表面的凹部21e。追加变形部2d构成为通过使外部连接端子部2a的截面积局部变小从而为了使外部连接端子部2a弯曲而使应力集中。

[0092] 如图12所示,在外部连接端子部2a形成有用于使作为固定部件的螺栓10穿插的贯通孔2e。贯通孔2e形成于相比于追加变形部2d距离密封树脂7更远的位置。与如图5所示的半导体装置200同样地,作为固定部件的螺栓10插入垫片9的孔、汇流条8的贯通孔、外部连接端子部2a的贯通孔2e而被固定于固定部5的螺栓孔。在螺栓10穿插在贯通孔2e的状态下,作为追加变形部2d的凹部21e配置于与垫片9的外周重叠的位置。外部连接端子部2a在变形部2b处朝下(朝向固定部5的方向)弯曲。另外,外部连接端子部2a在追加变形部2d处向与变形部2b的变形方向相反的方向(远离固定部5的方向)弯曲。在外部连接端子部2a处位于追加变形部2d的前端侧的部分(形成了贯通孔2e的部分)配置为在沿着固定部5的上表面的方向上延伸。

[0093] 能够通过与实施方式2的半导体装置200的制造方法基本上相同的制造方法制造上述半导体装置300。具体地,实施准备构成半导体装置300的部件的工序、连接各部件的工序、通过密封树脂7密封的工序,获得具有图13所示的结构的半导体装置300。将该半导体装置300组装至冷却器12。之后,将半导体装置300搭载于例如电力变换装置等电气设备的内部。

[0094] 如图12所示,外部连接端子部2a与电力变换装置内的汇流条8电连接(紧固)。与实施方式2的半导体装置100同样地,外部连接端子部2a与汇流条8的连接部结构是使用垫片9和螺栓10的螺栓紧固结构。

[0095] 此处,在固定部5的上表面位于比外部连接端子部2a的下表面更靠下侧的位置的情况下,当将外部连接端子部2a与固定部5以及汇流条8连接(紧固)时,如图12所示,外部连接端子部2a在变形部2b处向紧固方向(朝向固定部5的方向)上弯曲。进而,外部连接端子部2a在追加变形部2d处在与变形部2b的弯曲方向相反的方向上弯曲。此时,通过在追加变形部2d处形成凹部21e而截面积局部变小,该追加变形部2d的强度局部变小。因此,追加变形部2d能够易于变形。因此,通过螺栓10连接外部连接端子部2a和汇流条8时产生的应力不会过剩地作用到密封树脂7,能够将外部连接端子部2a紧固于汇流条8。

[0096] 构成追加变形部2d的凹部21e的截面形状可以是任意的形状,可以是图12所示的V字状,也可以是U字状。凹部21e的内周面可以由曲面构成。凹部21e可以形成于与外部连接端子部2a的延伸方向正交的整个宽度方向,也可以形成于该宽度方向的一部分。也可以在

外部连接端子部2a的下表面形成多个凹部21e。可以在外部连接端子部2a形成1个或2个作为追加变形部2d的凹部,但凹部的数量也可以为3个以上。例如,也可以在外部连接端子部2a的上表面、下表面、一个侧面、另一个侧面中的3个或4个面形成凹部21e。凹部21e优选形成于在外部连接端子部2a处相互对置的表面的组。凹部21e例如是外部连接端子部2a被部分地削除的切口部。例如可以通过滚花加工形成凹部21e。凹部21b和凹部21e形成于引线框2的上表面和下表面中相互不同的面,但凹部21b和凹部21e也可以形成于相同的面。

[0097] ＜变形例＞

[0098] 图14以及图15所示的半导体装置300具备与图12以及图13所示的半导体装置300基本上相同的结构,但固定部5的上表面与外部连接端子部2a的下表面的相对位置关系以及变形部2b和追加变形部2d的配置与图12以及图13所示的半导体装置300不同。此外,图14与图12对应,图15与图13对应。

[0099] 在图14以及图15所示的半导体装置300中,作为变形部2b,在引线框2的下表面(面对热传导部件1的面)形成有凹部21b。另外,作为追加变形部2d,在外部连接端子部2a的上表面(半导体元件4所在的一侧的面)形成有凹部21f。也就是说,在图14以及图15所示的半导体装置300中,变形部2b以及追加变形部2d的配置与图12以及图13所示的半导体装置300相反。

[0100] 在图14以及图15所示的半导体装置300中,固定部5的上表面距冷却器12的表面的高度比外部连接端子部2a的下表面距冷却器12的表面的高度高。因此,在图14中,通过将外部连接端子部2a固定于固定部5,外部连接端子部2a在变形部2b处向远离冷却器12的一侧(搭载了半导体元件4的引线框2的上表面侧:+z方向)弯曲。另外,外部连接端子部2a在追加变形部2d处在朝向冷却器12的方向(-z方向)上弯曲。

[0101] 这样,在图14以及图15所示的半导体装置300中,变形部2b以及追加变形部2d的结构与图12以及图13所示的半导体装置300在上下方向上相反。在该情况下,也能够获得与图12以及图13所示的半导体装置300相同的效果。

[0102] ＜作用＞

[0103] 在上述半导体装置300中,外部连接端子部2a包括追加变形部2d。追加变形部2d在外部连接端子部2a形成于相比于变形部2b距离密封树脂7更远的位置。追加变形部2d构成为为了使外部连接端子部2a弯曲而使应力集中。

[0104] 在该情况下,在外部连接端子部2a中的至少两处形成有能够弯曲的部分(变形部2b以及追加变形部2d)以吸收施加到外部连接端子部2a的应力。因此,该应力由于该部分的弯曲而易于被吸收,因此,能够抑制该应力引起的密封树脂7的破损等。

[0105] 在上述半导体装置300中,在外部连接端子部2a形成有贯通孔2e。贯通孔2e形成于相比于追加变形部2d距离密封树脂7更远的位置。贯通孔2e是用于使固定部件穿插的孔。固定部件包括螺栓10和垫片9。螺栓10穿插贯通孔2e。垫片9配置为与贯通孔2e重叠。螺栓10穿插垫片9。在螺栓10穿插贯通孔2e的状态下,追加变形部2d配置于与垫片9的外周重叠的位置。

[0106] 在该情况下,当通过固定部件将外部连接端子部2a固定于固定部5时,在通过该固定部件的垫片9按压的部分附近配置有追加变形部2d。因此,由于该固定部件引起的应力,能够使外部连接端子部2a易于在追加变形部2d处弯曲。因此,能够抑制该应力引起的密封

树脂7的破损等。

[0107] 在上述半导体装置300中,在外部连接端子部2a固定于位于密封树脂7的外侧的固定部5的情况下,固定部5与密封树脂7的表面之间的距离L1为外部连接端子部2a的厚度T1的7倍以下。

[0108] 这样,通过将实施方式3的半导体装置的结构应用于固定部5与密封树脂7的表面之间的距离L1较小的半导体装置300,即使在外部连接端子部2a与固定部5的位置存在偏差的情况下,也能够使外部连接端子部2a易于在追加变形部2d以及变形部2b处弯曲。因此,能够有效地抑制密封树脂7的破损等。

[0109] 在上述半导体装置300中,外部连接端子部2a的厚度T1为0.5mm以上。在该情况下,由于外部连接端子部2a具有某种程度的刚性,因此,当应力施加到该外部连接端子部2a时,该应力容易传递到与引线框2接触的密封树脂7。但是,通过采用按照本公开的结构,外部连接端子部2a易于在追加变形部2d以及变形部2b处弯曲,因此,能够有效地抑制该应力导致的密封树脂7的破损等。

[0110] 实施方式4.

[0111] <半导体装置的结构>

[0112] 图16所示的半导体装置400具备与图1以及图2所示的半导体装置100基本上相同的结构,但热传导部件1、冷却器12以及密封树脂7的结构与图1以及图2所示的半导体装置100不同。即,在图16所示的半导体装置400中,热传导部件1由绝缘片1b构成。另外,通过密封树脂7密封热传导部件1和冷却器12的一部分。

[0113] 构成热传导部件1的绝缘片1b是散热性高的绝缘层。绝缘片1b使冷却器12与引线框2之间电绝缘。另外,作为热传导部件1的绝缘片1b具有经由绝缘片1b将在半导体元件4中产生的热向冷却器12散热的作用。作为构成绝缘片1b的材料,能够应用与构成图1以及图2所示的半导体装置100中的绝缘片1b的材料相同的材料。

[0114] 密封树脂7覆盖引线框2与热传导部件1的连接部,并且经由热传导部件1与冷却器12的连接部而延伸至冷却器12的侧面上。也就是说,通过密封树脂7密封热传导部件1和冷却器12的一部分。因此,与图2所示的半导体装置100不同,无需使用热传导部件1的金属箔1a以及油脂11,通过密封树脂7直接连接/固定热传导部件1和冷却器12。

[0115] <作用>

[0116] 上述半导体装置400具备热传导部件1和冷却器12。热传导部件1与引线框2连接。冷却器12与热传导部件1连接。通过密封树脂7密封热传导部件1和冷却器12的一部分。

[0117] 在该情况下,通过密封树脂7密封经由热传导部件1与引线框2连接的冷却器12的一部分,因此,不需要用于连接热传导部件1和冷却器12的油脂11(参照图2)等,能够削减半导体装置400的零件个数。另外,通过利用密封树脂7的密封工序,也实施热传导部件1与冷却器12的连接,因此,与将利用密封树脂7的密封工序、和将冷却器12与热传导部件1连接的工序作为不同的工序来实施的情况相比,能够简化半导体装置的制造工序。

[0118] 此外,在具有上述结构的半导体装置400中,与实施方式1的半导体装置100同样地在引线框2形成变形部2d,从而也能够抑制密封树脂7的破损等。其结果,能够实现提高可靠性的半导体装置400。

[0119] 在上述半导体装置400中,在外部连接端子部2a固定于位于密封树脂7的外侧的固

定部5的情况下,固定部5与密封树脂7的表面之间的距离L1为外部连接端子部2a的厚度T1的7倍以下。

[0120] 这样,通过将实施方式4的半导体装置的结构应用于固定部5与密封树脂7的表面之间的距离L1较小的半导体装置400,即使在外部连接端子部2a与固定部5的位置存在偏差的情况下,也能够使引线框2易于在变形部2b处弯曲。因此,能够有效地抑制密封树脂7的破损等。

[0121] 在上述半导体装置400中,外部连接端子部2a的厚度T1为0.5mm以上。在该情况下,由于外部连接端子部2a具有某种程度的刚性,因此,当应力施加到该外部连接端子部2a时,该应力容易传递到与引线框2接触的密封树脂7。但是,通过采用按照本公开的结构,引线框2易于在变形部2b处弯曲,因此,能够有效地抑制该应力导致的密封树脂7的破损等。

[0122] 实施方式5.

[0123] 本实施方式是将上述实施方式1至实施方式4中的任一实施方式的半导体装置应用于电力变换装置的实施方式。本公开不限于特定的电力变换装置,以下,作为实施方式5,对将本公开应用于三相的逆变器的情况进行说明。

[0124] 图17是示出应用本实施方式的电力变换装置的电力变换系统的结构的框图。

[0125] 图17所示的电力变换系统包括电源1100、电力变换装置1200、负载1300。电源1100是直流电源,对电力变换装置1200供给直流电力。电源1100能够包括各种电源,例如,既能够包括直流系统、太阳能电池、蓄电池,也可以包括与交流系统连接的整流电路、AC/DC转换器。另外,电源1100也可以包括将从直流系统输出的直流电力变换为规定的电力的DC/DC转换器。

[0126] 电力变换装置1200是连接于电源1100与负载1300之间的三相的逆变器,将从电源1100供给的直流电力变换为交流电力,对负载1300供给交流电力。如图17所示,电力变换装置1200具备:主变换电路1201,将直流电力变换为交流电力而输出;以及控制电路1203,将控制主变换电路1201的控制信号输出给主变换电路1201。

[0127] 负载1300是通过从电力变换装置1200供给的交流电力驱动的三相的电动机。此外,负载1300不限于特定的用途,是搭载于各种电气设备的电动机,例如被用作面向混合动力汽车、电动汽车、铁路车辆、电梯或空调设备的电动机。

[0128] 以下,说明电力变换装置1200的详情。主变换电路1201具备开关元件和续流二极管(未图示),通过开关元件开闭,将从电源1100供给的直流电力变换为交流电力,供给到负载1300。主变换电路1201的具体的电路结构有多种,但本实施方式的主变换电路1201是2电平的三相全桥电路,能够包括6个开关元件和与各开关元件反并联的6个续流二极管。主变换电路1201的各开关元件以及各续流二极管中的至少任一个是与上述实施方式1至实施方式4中的任一半导体装置相当的半导体装置1202所具有的开关元件或续流二极管。6个开关元件针对每2个开关元件串联连接而构成上下支路,各上下支路构成全桥电路的各相(U相、V相、W相)。而且,各上下支路的输出端子、即主变换电路1201的3个输出端子与负载1300连接。

[0129] 另外,主变换电路1201具备驱动各开关元件的驱动电路(未图示),但驱动电路可以内置于半导体装置1202,也可以是与半导体装置1202分开地具备驱动电路的结构。驱动电路生成驱动主变换电路1201的开关元件的驱动信号,供给到主变换电路1201的开关元件

的控制电极。具体地,依照来自后述控制电路1203的控制信号,将使开关元件成为导通状态的驱动信号和使开关元件成为断开状态的驱动信号输出到各开关元件的控制电极。在将开关元件维持为导通状态的情况下,驱动信号是开关元件的阈值电压以上的电压信号(导通信号),在将开关元件维持为断开状态的情况下,驱动信号成为开关元件的阈值电压以下的电压信号(断开信号)。

[0130] 控制电路1203控制主变换电路1201的开关元件,以向负载1300供给期望的电力。具体地,基于应供给到负载1300的电力,计算主变换电路1201的各开关元件应成为导通状态的时间(导通时间)。例如,能够通过PWM控制来控制主变换电路1201,该PWM控制是根据应输出的电压来调制开关元件的导通时间的控制。而且,以在各时间点向应成为导通状态的开关元件输出导通信号、向应成为断开状态的开关元件输出断开信号的方式向主变换电路1201所具备的驱动电路输出控制指令(控制信号)。驱动电路依照该控制信号,向各开关元件的控制电极输出导通信号或断开信号作为驱动信号。

[0131] 在本实施方式的电力变换装置中,作为构成主变换电路1201的半导体装置1202,应用实施方式1至实施方式4中的任一实施方式的半导体装置,因此能够得到高的可靠性。

[0132] 在本实施方式中,说明了将本公开应用于2电平的三相逆变器的例子,但本公开不限于此,能够应用于各种电力变换装置。在本实施方式中,设为2电平的电力变换装置,但也可以是3电平或多电平的电力变换装置,在对单相负载供给电力的情况下,也可以将本公开应用于单相的逆变器。另外,在对直流负载等供给电力的情况下,还能够将本公开应用于DC/DC转换器、AC/DC转换器。

[0133] 另外,应用本公开的电力变换装置不限于上述负载为电动机的情况,例如,还能够用作放电加工机、激光加工机、或感应加热烹调器、非接触供电系统的电源装置,还能够用作太阳能发电系统、蓄电系统等的功率调节器。

[0134] 应认为,本次公开的实施方式在所有方面都是例示,而不是限制性的。只要不矛盾,也可以组合至少2个本次公开的实施方式。本公开的基本范围由权利要求书而非上述说明来表示,意在包括与权利要求书均等的含意及范围内的所有变更。

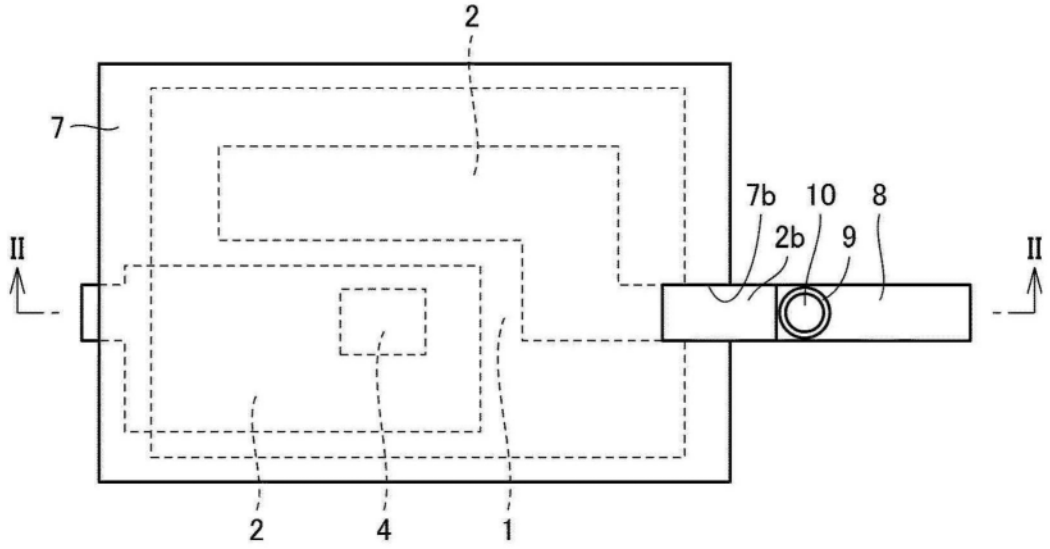

2
7
7b
10
8
2b
9
II
II
2
4
1

图1

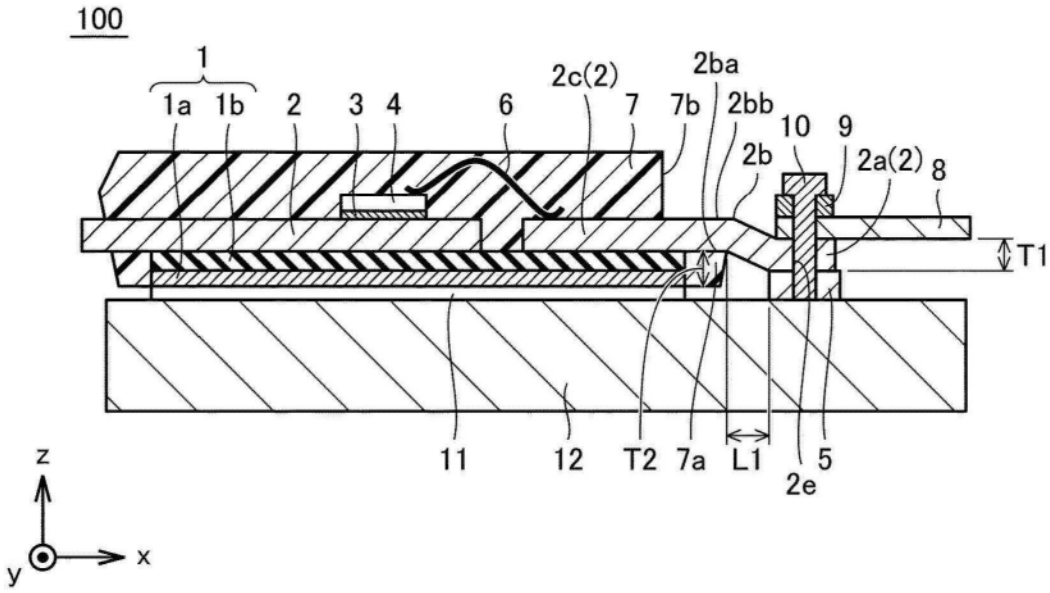

100
1
1a
1b
2
3
4
6
2c(2)
7
7b
2ba
2bb
10
9
2b
2a(2)
8
T1
11
12
T2
7a
L1
5
2e
z
x
y

图2

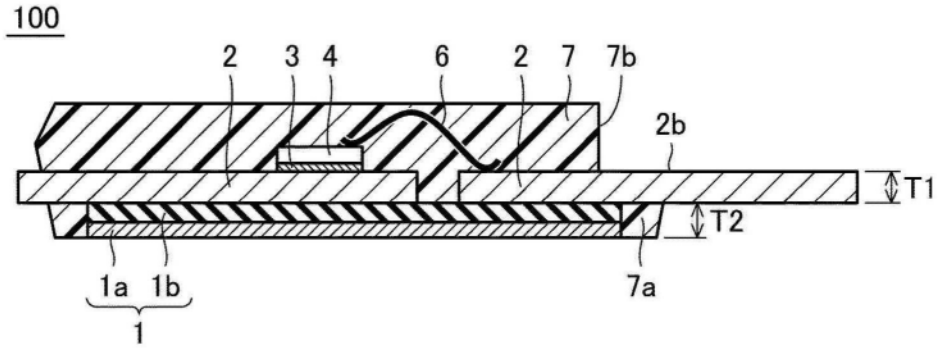

100
2
3
4
6
2
7
7b
2b
T1
T2
1a
1b
1
7a

图3

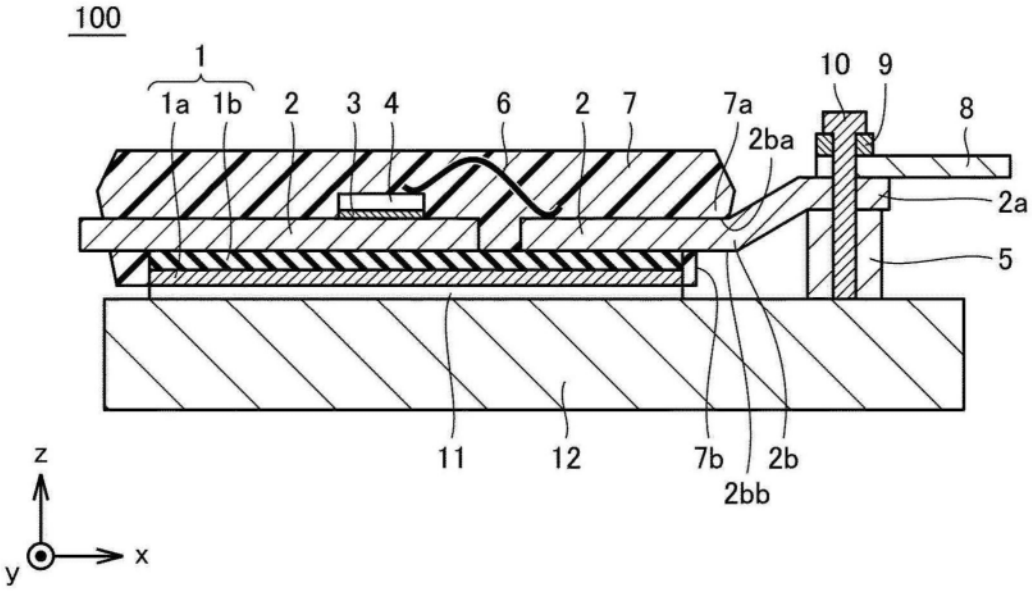

100
1
1a
1b
2
3
4
6
2
7
7a
10
9
8
2ba
2a
5
11
12
7b
2b
2bb
z
x
y

图4

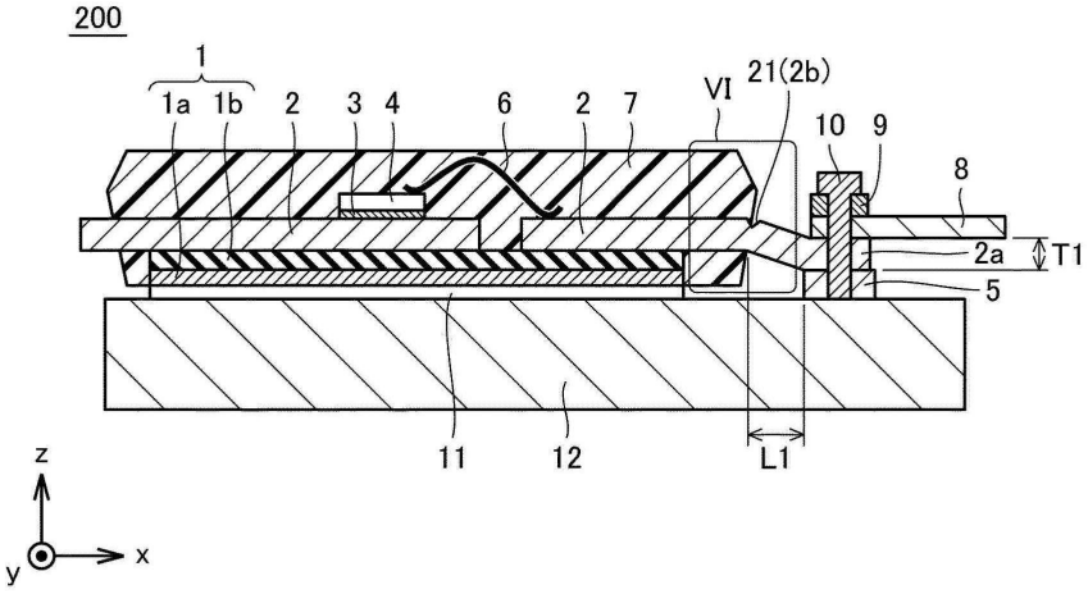

200
1
1a
1b
2
3
4
6
2
7
VI
21(2b)
10
9
8
2a
T1
5
11
12
L1
z
y
x

图5

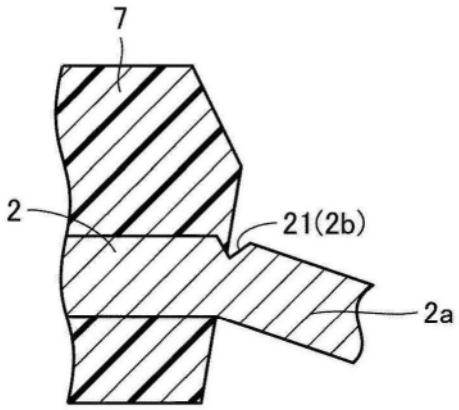

7
2
21(2b)
2a

图6

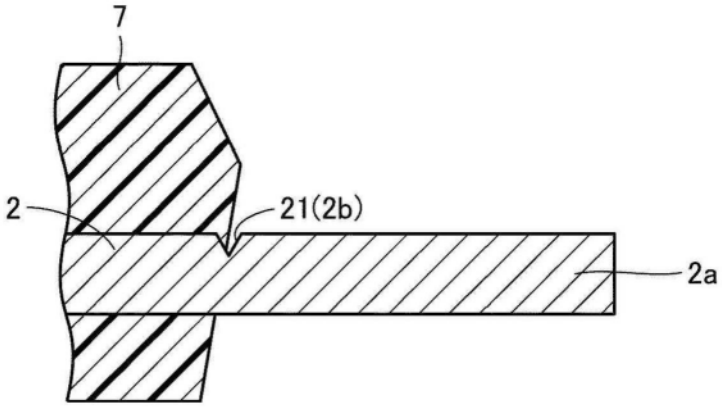

7
2
21(2b)
2a

图7

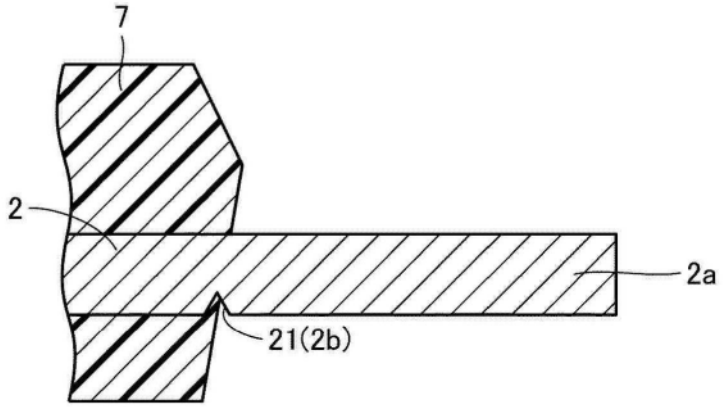


图8

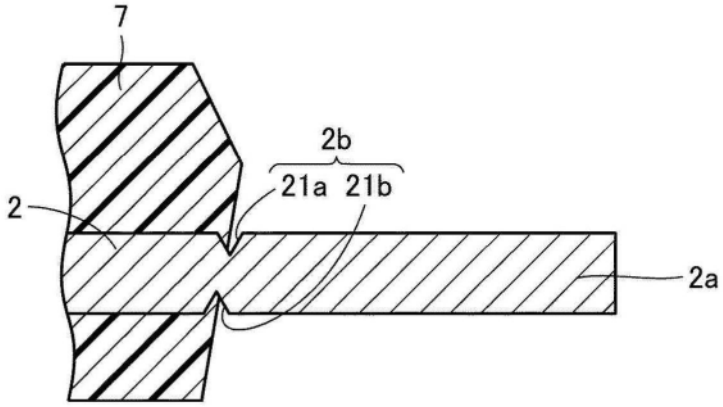


图9

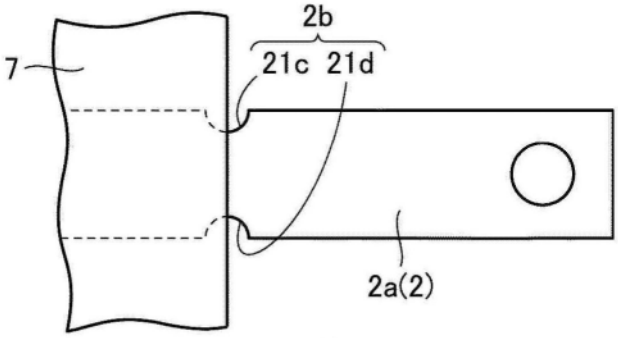


图10

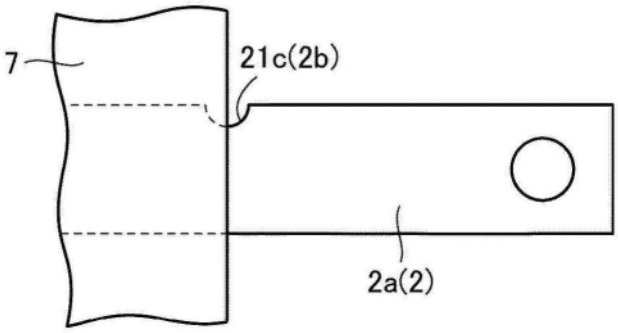

7
21c(2b)
2a(2)

图11

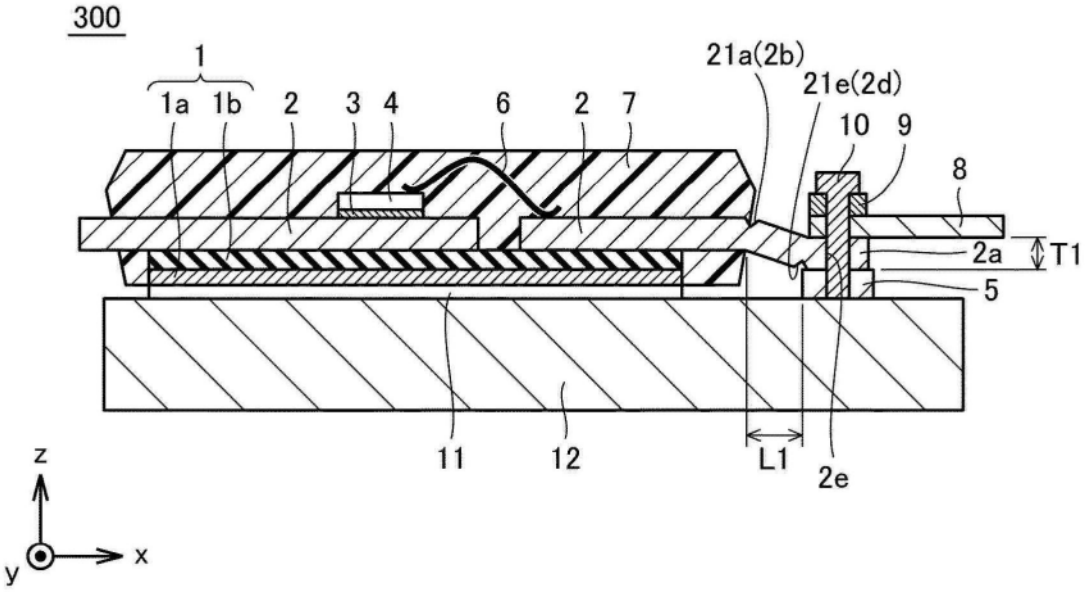

300
1
1a
1b
2
3
4
6
2
7
21a(2b)
21e(2d)
10
9
8
2a
T1
5
11
12
L1
2e
z
x
y

图12

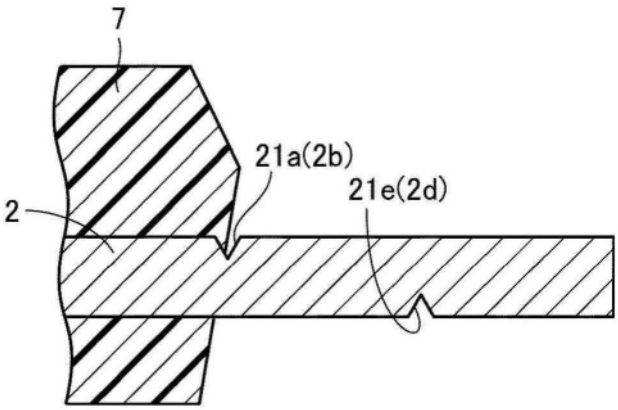

7
21a(2b)
21e(2d)
2

图13

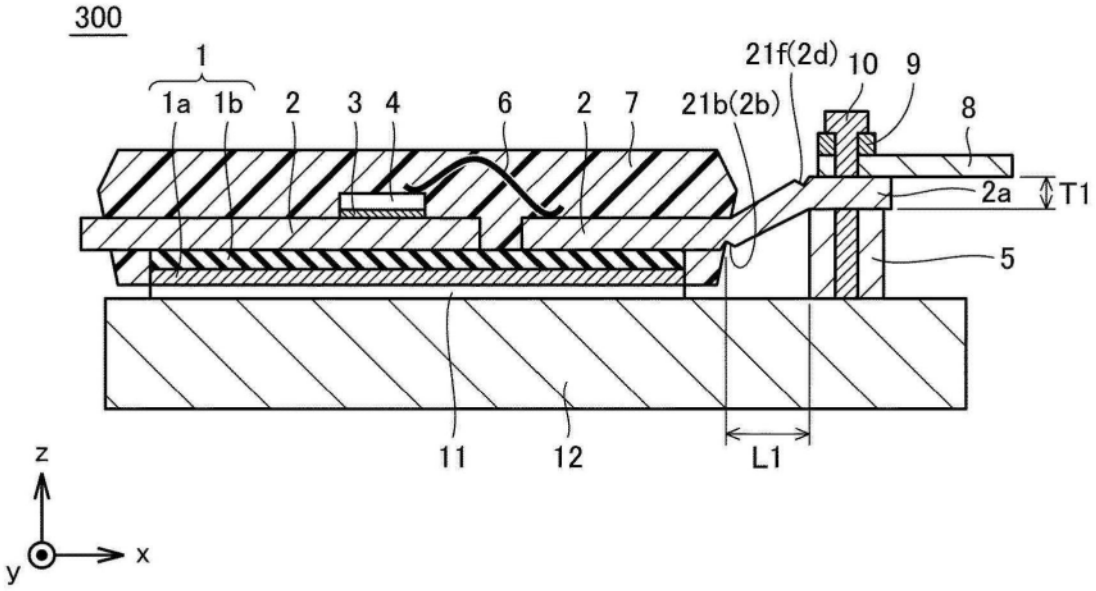

300
1
1a
1b
2
3
4
6
2
7
21b(2b)
21f(2d)
10
9
8
2a
T1
5
11
12
L1
z
x
y

图14

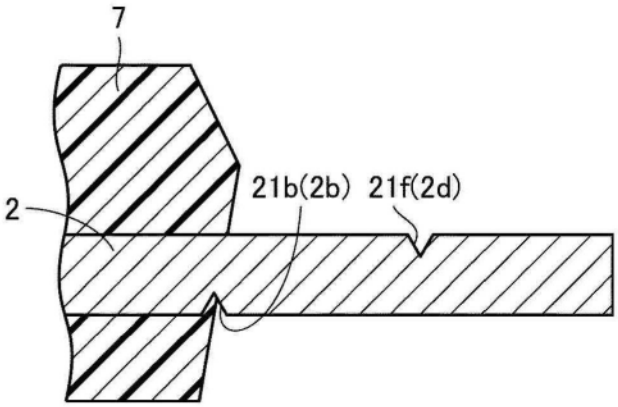

7
2
21b(2b)
21f(2d)

图15

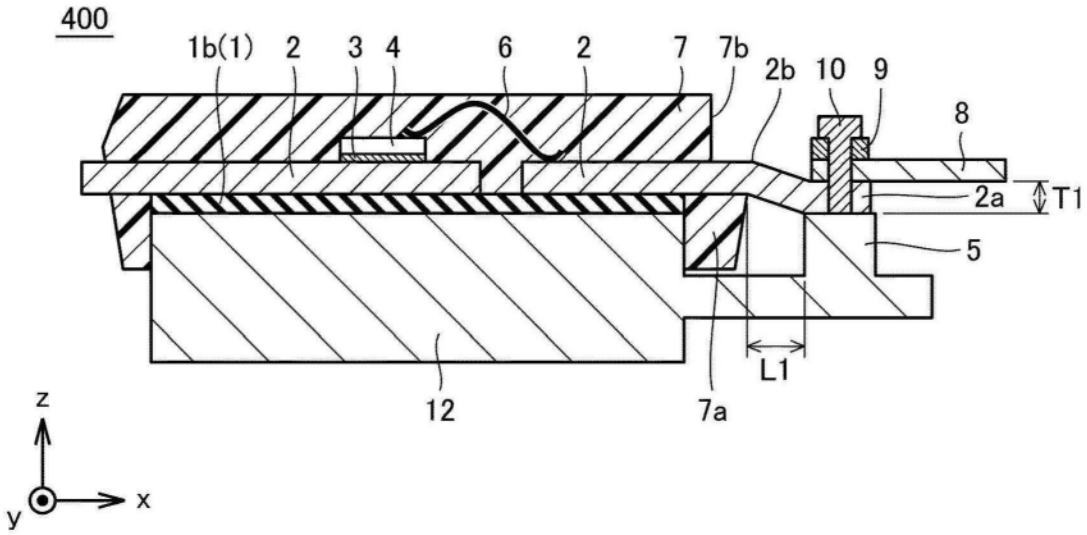

400
1b(1)
2
3
4
6
2
7
7b
2b
10
9
8
2a
T1
5
L1
12
7a
z
x
y

图16

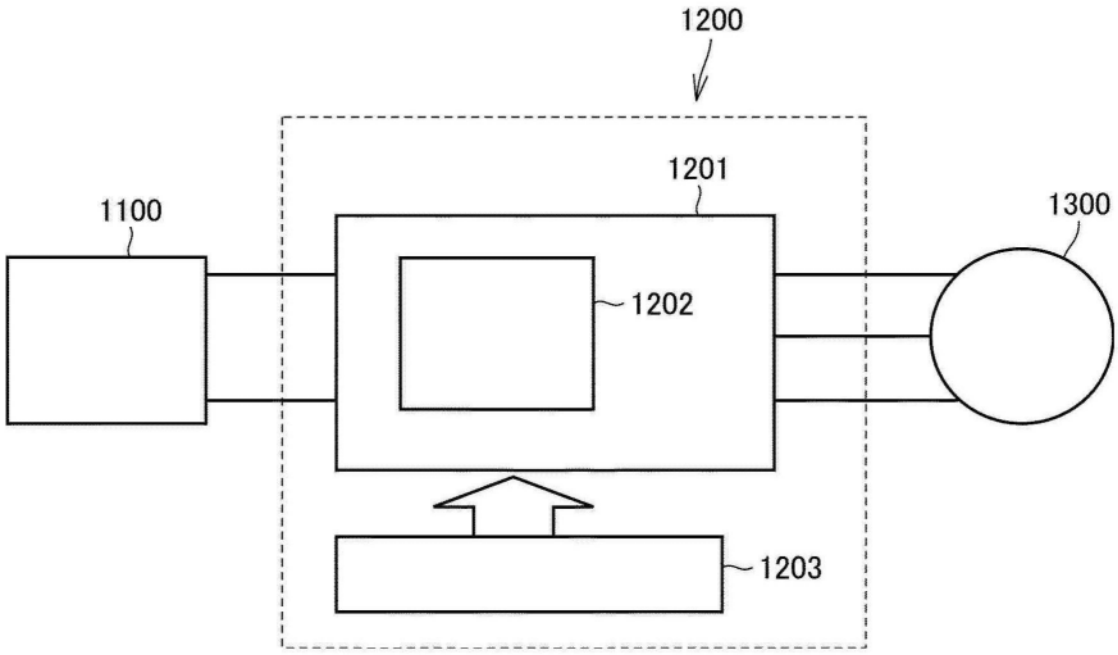

1200
1201
1100
1300
1202
1203

图17