



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107155372 B

(45)授权公告日 2019.10.01

(21)申请号 201480083659.6

(22)申请日 2014.11.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107155372 A

(43)申请公布日 2017.09.12

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.05.25

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/081609 2014.11.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/084241 JA 2016.06.02

(73)专利权人 日产自动车株式会社

地址 日本神奈川县

(72)发明人 谷本智

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 刘晓迪

(51)Int.Cl.

H01L 25/18(2006.01)

H01L 23/498(2006.01)

H01L 23/49(2006.01)

H01L 25/07(2006.01)

H02M 7/00(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2005-192328 A, 2005.07.14,

CN 102195458 A, 2011.09.21,

审查员 杨燕

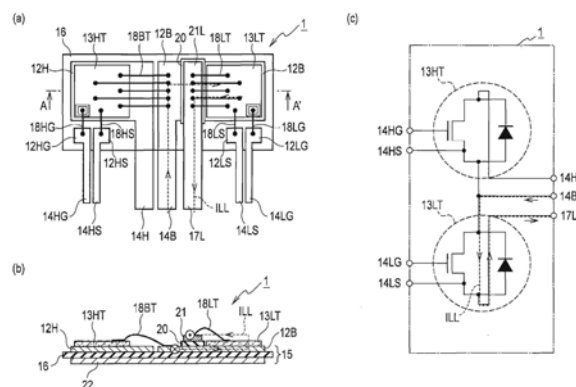
权利要求书4页 说明书20页 附图25页

(54)发明名称

半桥功率半导体模块及其制造方法

(57)摘要

半桥功率半导体模块1具有绝缘配线基板15,绝缘配线基板15包括在一张绝缘板16之上或其上方相互电绝缘地配置的正极配线导体12H、桥接配线导体12B及负极配线导体21L。在正极配线导体12H及桥接配线导体12B之上接合有高侧功率半导体装置13HT及低侧功率半导体装置13LT的背面电极。高侧功率半导体装置13HT及低侧功率半导体装置13LT的表面电极经由多个接合线18BT及多个接合线18LT与桥接配线导体12B及负极配线导体21L连接。



1. 一种半桥功率半导体模块,其特征在于,具备:

绝缘配线基板,其包括一张绝缘板、在所述绝缘板之上相互电绝缘地配置的正极配线导体、桥接配线导体及负极配线导体、在所述绝缘板之上配置的栅极信号配线导体和源极信号配线导体;

一个以上的高侧功率半导体装置,其背面电极接合在所述正极配线导体之上;

一个以上的低侧功率半导体装置,其背面电极接合在所述桥接配线导体之上;

桥接端子,其在所述高侧功率半导体装置与所述低侧功率半导体装置之间与所述桥接配线导体连接;

高侧端子,其在所述高侧功率半导体装置与所述桥接端子之间与所述正极配线导体连接;

低侧端子,其在所述桥接端子与所述低侧功率半导体装置之间与所述负极配线导体连接;

高侧连接机构,其连接所述高侧功率半导体装置的表面电极和所述桥接配线导体;

低侧连接机构,其连接所述低侧功率半导体装置的表面电极和所述负极配线导体;

栅极信号端子,其是与所述栅极信号配线导体连接的平板状的端子;

源极信号端子,其是与所述源极信号配线导体连接的平板状的端子;

栅极信号连接机构,其连接所述高侧功率半导体装置及所述低侧功率半导体装置的至少一方的栅极电极和所述栅极信号配线导体;

源极信号连接机构,其连接所述高侧功率半导体装置及所述低侧功率半导体装置的至少一方的源极电极和所述源极信号配线导体;

从所述绝缘板的主面的法线方向观察,所述负极配线导体隔着空隙被所述桥接配线导体包围,

所述栅极信号连接机构和所述源极信号连接机构相互平行地配置,所述栅极信号端子和所述源极信号端子相互平行地配置,

以所述栅极信号端子的平板部和所述源极信号端子的平板部相互相对且接近的方式,所述栅极信号端子从所述栅极信号配线导体的接近所述源极信号配线导体侧的区域起,沿所述绝缘板的主面的法线方向立起,所述源极信号端子从所述源极信号配线导体的接近所述栅极信号配线导体侧的区域起,沿所述绝缘板的主面的法线方向立起。

2. 如权利要求1所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

在所述正极配线导体及所述高侧连接机构中分别流过的主电流的大小相等,方向相反且平行。

3. 如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

在所述桥接配线导体及所述低侧连接机构中分别流过的主电流的大小相等,方向相反且平行。

4. 如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

所述桥接端子、所述高侧端子及所述低侧端子相互接近而平行地配置。

5. 如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

在所述高侧端子及所述桥接端子中分别流过的主电流的大小相等,方向相反且平行。

6. 如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

在所述低侧端子及所述桥接端子中分别流过的主电流的大小相等,方向相反且平行。

7.如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

在所述正极配线导体中流过的主电流的方向和在所述高侧端子中流过的主电流的方向成直角。

8.如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

在所述桥接配线导体中流过的主电流的方向和在所述低侧端子中流过的主电流的方向大致成直角。

9.如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,还具备:

在所述绝缘板的主面上连接在所述高侧端子与所述桥接端子之间的高侧缓冲电容器、和在所述绝缘板的主面上连接在所述桥接端子与所述低侧端子之间的低侧缓冲电容器的至少一方。

10.如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

所述高侧功率半导体装置及所述低侧功率半导体装置的任一方为功率开关元件,另一方为功率二极管。

11.如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

所述高侧功率半导体装置及所述低侧功率半导体装置的至少一方具备功率开关元件和与所述功率开关元件反向并联连接的功率二极管。

12.如权利要求11所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

在所述正极配线导体及所述桥接配线导体的至少一方形成有将所述功率开关元件与所述功率二极管之间分隔的狭缝。

13.如权利要求11所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

两个以上的所述高侧功率半导体装置以共有在所述正极配线导体及所述高侧连接机构中分别流过的主电流的流路的方式沿一方向排列。

14.如权利要求11所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

两个以上的所述低侧功率半导体装置以共有在所述桥接配线导体及所述低侧连接机构中分别流过的主电流的流路的方式沿一方向排列。

15.如权利要求1或2所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

所述高侧端子、所述桥接端子及所述低侧端子分别为自与所述正极配线导体、所述桥接配线导体及所述负极配线导体的连接部起,沿所述绝缘板的主面的法线方向立起的平板状的端子。

16.如权利要求15所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

所述高侧端子、所述桥接端子及所述低侧端子构成为相互平行。

17.如权利要求15所述的半桥功率半导体模块,其特征在于,

所述高侧端子及所述低侧端子分别由沿所述绝缘板的主面的法线方向立起的平板状的基部、和自基部分支的多个齿部构成,多个齿部的前端与所述正极配线导体及所述负极配线导体连接。

18.一种半桥功率半导体模块的制造方法,其特征在于,该半桥功率半导体模块具备:

绝缘配线基板,其包括一张绝缘板、在所述绝缘板之上相互电绝缘地配置的正极配线导体、桥接配线导体及负极配线导体、在所述绝缘板之上配置的栅极信号配线导体和源极

信号配线导体；

一个以上的高侧功率半导体装置，其背面电极接合在所述正极配线导体之上；

一个以上的低侧功率半导体装置，其背面电极接合在所述桥接配线导体之上；

桥接端子，其在所述高侧功率半导体装置与所述低侧功率半导体装置之间与所述桥接配线导体连接；

高侧端子，其在所述高侧功率半导体装置与所述桥接端子之间与所述正极配线导体连接；

低侧端子，其在所述桥接端子与所述低侧功率半导体装置之间与所述负极配线导体连接；

高侧连接机构，其连接所述高侧功率半导体装置的表面电极和所述桥接配线导体；

低侧连接机构，其连接所述低侧功率半导体装置的表面电极和所述负极配线导体；

栅极信号端子，其是与所述栅极信号配线导体连接的平板状的端子；

源极信号端子，其是与所述源极信号配线导体连接的平板状的端子；

栅极信号连接机构，其连接所述高侧功率半导体装置及所述低侧功率半导体装置的至少一方的栅极电极和所述栅极信号配线导体；

源极信号连接机构，其连接所述高侧功率半导体装置及所述低侧功率半导体装置的至少一方的源极电极和所述源极信号配线导体；

从所述绝缘板的主面的法线方向观察，所述负极配线导体隔着空隙被所述桥接配线导体包围，

所述高侧端子、所述桥接端子及所述低侧端子分别为自与所述正极配线导体的连接部、与所述桥接配线导体的连接部、及与所述负极配线导体的连接部起，沿所述绝缘板的主面的法线方向立起的平板状的端子，

所述半桥功率半导体模块的制造方法的特征在于，

准备：包括所述正极配线导体、所述桥接配线导体、所述负极配线导体、所述栅极信号配线导体及所述源极信号配线导体的所述绝缘配线基板、所述高侧功率半导体装置、所述低侧功率半导体装置；

在所述正极配线导体之上接合所述高侧功率半导体装置的背面电极；

在所述桥接配线导体之上接合所述低侧功率半导体装置的背面电极；

使用所述高侧连接机构将所述高侧功率半导体装置的表面电极和所述桥接配线导体连接；

使用所述低侧连接机构将所述低侧功率半导体装置的表面电极和所述负极配线导体连接；

将所述桥接端子与所述桥接配线导体连接；

将所述高侧端子与所述正极配线导体连接；

将所述低侧端子与所述负极配线导体连接；

使用所述栅极信号连接机构将所述高侧功率半导体装置及所述低侧功率半导体装置的至少一方的栅极电极和所述栅极信号配线导体连接；

使用所述源极信号连接机构，使所述栅极信号连接机构和所述源极信号连接机构相互平行地将所述高侧功率半导体装置及所述低侧功率半导体装置的至少一方的源极电极和

所述源极信号配线导体连接；

以从所述栅极信号配线导体的接近所述源极信号配线导体侧的区域起,沿所述绝缘板的主面的法线方向立起的方式将所述栅极信号端子与所述栅极信号配线导体连接；

以所述栅极信号端子的平板部和所述源极信号端子的平板部相互相对接近且平行的方式,并且以从所述源极信号配线导体的接近所述栅极信号配线导体侧的区域起,沿所述绝缘板的主面的法线方向立起的方式将所述源极信号端子与所述源极信号配线导体连接。

半桥功率半导体模块及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及可不使热阻增大而将在主电路的路径中产生的寄生电感显著降低的半桥功率半导体模块及其制造方法。

背景技术

[0002] 在一个封装内收纳有将两个功率半导体装置芯片串联连接而以其连接中点为输出端子的半桥电路的功率模块被广为人知(参照专利文献1及2)。在专利文献1及2中,将流经绝缘板的表面侧导体的主电流的方向与流经绝缘板的背面侧导体的主电流的方向设为反向。由此,实现了“接近反向平行流通”,使功率模块的寄生电感降低。

[0003] 专利文献1:(日本)特开2002-112559号

[0004] 专利文献2:(日本)特开2002-373971号

[0005] 然而,在专利文献1及2的功率模块中存在如下的问题,即,为了从绝缘板的背面侧放出在模块内部产生的热,在背面侧导体的背面侧还设置其他的绝缘基板,故而导致功率模块的热阻增大。

发明内容

[0006] 本发明是鉴于上述课题而设立的,其目的在于提供可不使热阻增大而将在主电路的路径中产生的寄生电感显著降低的半桥功率半导体模块及其制造方法。

[0007] 本发明一方面的半桥功率半导体模块具有绝缘配线基板,该绝缘配线基板包括在一张绝缘板之上或其上方相互电绝缘地配置的正极配线导体、桥接配线导体及负极配线导体。在正极配线导体及桥接配线导体之上接合有高侧功率半导体装置及低侧功率半导体装置的背面电极。高侧功率半导体装置及低侧功率半导体装置的表面电极经由多个高侧连接机构及多个低侧连接机构与桥接配线导体及负极配线导体连接。

附图说明

[0008] 图1(a)是表示第一实施方式的半桥功率半导体模块1的构造的平面图,图1(b)是沿着图1(a)的A-A'剖切面的剖面图,图1(c)是半桥功率半导体模块1的电路图;

[0009] 图2(a)~图2(d)是表示图1的半桥功率半导体模块1的制造方法的第一工序的平面图,图2(e)是表示图1的半桥功率半导体模块1的制造方法的第二工序的平面图;

[0010] 图3(a)表示在图1的高侧功率半导体装置(开关)13HT接通时流动的主电流 I_{LH} ,图3(b)表示在图1的低侧功率半导体装置(开关)13LT的二极管中流动的主电流(环流电流) I_{LL} ,图3(c)表示在图1的高侧功率半导体装置(开关)13HT的二极管中流动的主电流(环流电流) I_{LH} ;

[0011] 图4(a)是表示在图1的半桥功率半导体模块1追加了缓冲电容器(25HB、25LB)的变形例1的平面图,图4(b)是沿着图4(a)的B-B'剖切面的剖面图;

[0012] 图5(a)是表示第二实施方式的半桥功率半导体模块2的构造的平面图,图5(b)是

沿着图5 (a) 的A—A' 剖切面的剖面图,图5 (c) 是半桥功率半导体模块2的电路图;

[0013] 图6 (a) 是表示第三实施方式的半桥功率半导体模块3的构造的平面图,图6 (b) 是沿着图6 (a) 的B—B' 剖切面的剖面图,图6 (c) 是半桥功率半导体模块3的电路图;

[0014] 图7 (a) 是表示第三实施方式的变形例2的半桥功率半导体模块3—1 的构造的平面图,图7 (b) 是沿着图7 (a) 的B—B' 剖切面的剖面图;

[0015] 图8 (a) 是表示第三实施方式的变形例3的半桥功率半导体模块3—2 的构造的平面图,图8 (b) 是沿着图8 (a) 的A—A' 剖切面的剖面图;

[0016] 图9 (a) 表示在图8的高侧功率半导体装置 (开关) 13HT接通时流过的电流 I_{LH} ,图9 (b) 表示在图8的低侧功率半导体装置 (二极管) 13LD中流过的电流 (环流电流) I_{LL} ,图9 (c) 表示在图8的高侧功率半导体装置 (二极管) 13HD中流过的电流 (环流电流) I_{LH} ;

[0017] 图10 (a) 是表示第三实施方式的变形例4的半桥功率半导体模块3—3 的构造的平面图,图10 (b) 是半桥功率半导体模块3—3的电路图;

[0018] 图11A (a) 表示第四实施方式的半桥功率半导体模块4的构造的平面图,图11A (b) 是沿着图11A (a) 的A—A' 剖切面的剖面图,图11A (c) 是沿着图11A (a) 的B—B' 剖切面的剖面图;

[0019] 图11B (a) 是沿着图11A (a) 的C—C' 剖切面的剖面图,图11B (b) 是半桥功率半导体模块4的电路图;

[0020] 图12 (a) ~图12 (c) 是表示图11的半桥功率半导体模块4的制造方法的平面图;

[0021] 图13 (a) 表示在图11A的高侧功率半导体装置 (开关) 13HT接通时流过的电流 I_{LH} ,图13 (b) 表示在图11A的低侧功率半导体装置 (开关) 13LT的二极管中流过的电流 (环流电流) I_{LL} ,图13 (c) 表示在图11A 的高侧功率半导体装置 (开关) 13HT的二极管中流过的电流 (环流电流) I_{LH} ;

[0022] 图14A (a) 是表示第五实施方式的半桥功率半导体模块5的结构的平面图,图14A (b) 是沿着图14A (a) 的A—A' 剖切面的剖面图,图14A (c) 是沿着图14A (a) 的B—B' 剖切面的剖面图,图14A (d) 是从图14A (a) 删除了立起式端子 (14B'、14H'、14L'、14HG'、14HS'、14LG'、14LS') 的假想平面图;

[0023] 图14B是半桥功率半导体模块5的电路图;

[0024] 图15 (a) ~图15 (c) 是表示图14A及图14B的半桥功率半导体模块5 的制造方法之一例的平面图;

[0025] 图16 (a) ~图16 (c) 是表示图14A及图14B的半桥功率半导体模块5 的制造方法的另一例的平面图;

[0026] 图17A (a) 及 (b) 表示在图14A的高侧功率半导体装置 (开关) 13HT 接通时流过的电流 I_{LH} ,图17A (c) 及 (d) 表示在图14A的低侧功率半导体装置 (开关) 13LT的二极管中流过的电流 (环流电流) I_{LL} ;

[0027] 图17B (e) 及 (f) 表示在图14A的高侧功率半导体装置 (开关) 13HT 的二极管中流过的电流 (环流电流) I_{LH} ;

[0028] 图18 (a) 是表示第六实施方式的半桥功率半导体模块6的构造的平面图,图18 (b) 是沿着图18 (a) 的A—A' 剖切面的剖面图,图18 (c) 是沿着图18 (a) 的B—B' 剖切面的剖面图;

[0029] 图19是表示第七实施方式的半桥功率半导体模块7的构造的平面图;

[0030] 图20A (a) 表示在图19的高侧功率半导体装置(开关) 13HT接通时流过的主电流 ILH,图20A (b) 表示在图19的低侧功率半导体装置(二极管) 13LD中流过的电流(环流电流) ILL;

[0031] 图20B (a) 表示在图19的低侧功率半导体装置(开关) 13LT接通时流过的主电流 ILL,图20B (b) 表示在图19的高侧功率半导体装置(二极管) 13HD中流过的电流(环流电流) ILL;

[0032] 图21是表示比较例的半桥功率模块1000的构造的剖面图。

[0033] 标记说明

[0034] 1~7、1'、3-1、3-2、3-3:半桥功率半导体模块

[0035] 12H、12H(T)、12H(D):正极配线导体

[0036] 12L、12LT、12LD、21L:负极配线导体

[0037] 12B、12B(T)、12B(D):桥接配线导体

[0038] 12HG、12LG:栅极(基极)信号配线导体

[0039] 12HS、12LS:源极(发射极)信号配线导体

[0040] 13HT:高侧功率半导体装置(开关)

[0041] 13HD:高侧功率半导体装置(续流二极管)

[0042] 13LT:低侧功率半导体装置(开关)

[0043] 13LD:低侧功率半导体装置(续流二极管)

[0044] 14H、14H1、14H2、14H':高侧端子

[0045] 14L'、17L、17L1、17L2、17L':低侧端子

[0046] 14B、14B1、14B2、14B':桥接端子

[0047] 14HG、14LG、14HG'、14LG':栅极信号端子

[0048] 14HS、14LS、14HS'、14LS':源极信号端子

[0049] 15、31:绝缘配线基板

[0050] 16:绝缘板

[0051] 18BT、18BD:多个接合线(高侧连接机构)

[0052] 18LT、18LD:多个接合线(低侧连接机构)

[0053] 18HG、18LG:多个接合线(栅极信号连接机构)

[0054] 18HS、18LS:多个接合线(源极信号连接机构)

[0055] 20:绝缘片

[0056] 25HB、25LB:缓冲电容器

[0057] ILH、ILL:主电流

具体实施方式

[0058] 以下,参照多张附图对实施方式及其变形例进行说明。其中,以下对半桥功率半导体模块的结构进行了示意性地说明,但在这些示意图中,为了容易理解,不会对厚度与平面尺寸间的关系或各层的厚度的比例等进行夸张地描绘。对同一部件标注同一标记而省略二次说明。

[0059] (第一实施方式)

[0060] 参照图1(a)~图1(c)对第一实施方式的半桥功率半导体模块1的构造进行说明。图1(a)是平面图,图1(b)是沿着图1(a)的A-A'剖切面的剖面图,图1(c)是半桥功率半导体模块1的电路图。在图1(b)中,用虚线和箭头标记表示在由功率开关元件构成的低侧功率半导体装置13LT 接通时流过的主电流(负荷电流)ILL的流动。

[0061] 半桥功率半导体模块1包括:具有层积构造的绝缘配线基板15、在绝缘配线基板15的表面相互电绝缘地配置的高侧功率半导体装置(开关)13HT 及低侧功率半导体装置(开关)13LT、桥接端子14B、高侧端子14H、低侧端子17L、作为高侧连接机构的一例的多个接合线(bonding wire)18BT、作为低侧连接机构的一例的多个接合线18LT。

[0062] 需要说明的是,作为高侧连接机构及低侧连接机构,除了接合线以外,还可以使用接合带(bonding ribbon)或线夹引线(clip lead)。在此,从最大程度减轻电阻及寄生电感的角度出发,在不破坏加工上的制约、机械强度、长期疲劳耐性的范围内,以尽可能地使根数多、截面面积大且表面面积大、对地高度低的方式,对接合线18BT、18LT进行优化。

[0063] [绝缘配线基板15]

[0064] 绝缘配线基板15包括一张绝缘板16、和在绝缘板16的表面上或其上方相互电绝缘地配置的多个配线导体(12H、12B、21L、12HG、12HS、12LG、12LS)。多个配线导体中包含:正极配线导体12H、桥接配线导体12B、负极配线导体21L、栅极信号配线导体(12HG、12LG)、源极信号配线导体(12HS、12LS)。

[0065] 正极配线导体12H、桥接配线导体12B、栅极信号配线导体(12HG、12LG)、源极信号配线导体(12HS、12LS)在绝缘板16的表面上直接接合。负极配线导体21L经由绝缘片20接合在桥接配线导体12B之上。负极配线导体21L因绝缘片20而与桥接配线导体12B电绝缘。

[0066] 绝缘板16由例如氮化硅(SiN)、氮化铝(AlN)、氧化铝等陶瓷板、或者在基板上粘贴的绝缘耐压性树脂片制成。从最大程度减轻绝缘板16的热阻的角度出发,绝缘板16的厚度优选设定为满足绝缘耐压、机械强度、长期疲劳耐性的最小厚度。例如,在求出1.2kV的瞬时耐压的情况下,绝缘板16的厚度为0.2~1.5mm的范围。具体地,在SiN板的情况下,在考虑了机械强度的同时,可实施0.31mm左右的薄度。对于绝缘片20,也与绝缘板16相同。

[0067] 多个配线导体(12H、12B、21L、12HG、12HS、12LG、12LS)具有平板状的形状,例如由Cu或Al等金属板片制成,优选对表面进行镀Ni以便具有耐氧化性。对于桥接端子14B、高侧端子14H及低侧端子17L,也与多个配线导体(12H、12B、21L、12HG、12HS、12LG、12LS)相同。

[0068] 从防止热应力引起的基板翘曲的角度出发,绝缘配线基板15还可以具有热应变更缓和导体22,该热应变更缓和导体22直接贴在绝缘板16的背面。

[0069] [高侧功率半导体装置(开关)13HT及低侧功率半导体装置(开关)13LT]

[0070] 在第一实施方式中,如图1(c)所示,高侧功率半导体装置13HT及低侧功率半导体装置13LT各自为内置反向导通二极管的单极型功率开关元件,例如为MOSFET或结型FET等。高侧功率半导体装置13HT及低侧功率半导体装置13LT各自具有栅极电极,该栅极电极输入有用于对表面电极及背面电极之间导通的状态(接通状态)和截止的状态(切断状态)进行切换的控制信号(栅极信号)。

[0071] 高侧功率半导体装置13HT的背面电极接合在正极配线导体12H之上。具体地,在高侧功率半导体装置13HT的表面形成有表面电极(源极或发射级电极),在其背面形成有背面电极(漏极或集电极电极)。高侧功率半导体装置13HT的背面电极通过焊料等与正极配线导

体12H欧姆连接(之后单缩写为“连接”)。高侧功率半导体装置13HT的表面电极经由多个接合线18BT与桥接配线导体12B连接。

[0072] 多个接合线18BT与桥接配线导体12B的连接部位于高侧功率半导体装置13HT与低侧功率半导体装置13LT之间。具体地,如图1(b)所示的A—A'剖切面那样,在通过高侧功率半导体装置13HT及低侧功率半导体装置13LT的剖切面,该连接部位于两半导体装置(13HT、13LT)之间。

[0073] 低侧功率半导体装置13LT的背面电极接合在桥接配线导体12B之上。具体地,在低侧功率半导体装置13LT的表面形成有表面电极(源极或发射极电极),在其背面形成有背面电极(漏极或集电极电极)。低侧功率半导体装置13LT的背面电极通过焊料等与桥接配线导体12B的一侧(右侧)连接。“桥接配线导体12B的一方侧”表示离高侧功率半导体装置13HT远的一侧。低侧功率半导体装置13LT的表面电极经由多个接合线18LT与负极配线导体21L连接。

[0074] 多个接合线18LT与负极配线导体21L的连接部位于高侧功率半导体装置13HT与低侧功率半导体装置13LT之间。具体地,如图1(b)所示的A—A'剖切面那样,在通过高侧功率半导体装置13HT及低侧功率半导体装置13LT的剖切面中,该连接部位于两半导体装置(13HT、13LT)之间。

[0075] 半桥功率半导体模块1还包括:作为将各半导体装置(13HT、13LT)的栅极电极和栅极信号配线导体(12HG、12LG)连接的栅极信号连接机构的接合线(18HG、18LG)、和作为将各半导体装置(13HT、13LT)的源极电极和源极信号配线导体(12HS、12LS)连接的源极信号连接机构的接合线(18HS、18LS)。需要说明的是,作为栅极信号连接机构及源极信号连接机构,除接合线以外,还可以使用接合条或线夹引线。

[0076] [桥接端子14B、高侧端子14H、低侧端子17L]

[0077] 桥接端子14B在高侧功率半导体装置13HT与低侧功率半导体装置13LT之间的位置与桥接配线导体12B连接。高侧端子14H在高侧功率半导体装置13HT与低侧功率半导体装置13LT之间的位置与正极配线导体12H连接。低侧端子17L在高侧功率半导体装置13HT与低侧功率半导体装置13LT之间的位置与负极配线导体21L连接。

[0078] 在第一实施方式中,高侧端子14H、桥接端子14B及低侧端子17L分别由正极配线导体12H的一部分、桥接配线导体12B的一部分及负极配线导体21L的一部分沿与绝缘板16的主面平行的方向延伸而形成。即,高侧端子14H和正极配线导体12H、桥接端子14B和桥接配线导体12B、以及低侧端子17L和负极配线导体21L分别形成一体。从绝缘板16的主面的法线方向观察,高侧端子14H、桥接端子14B及低侧端子17L分别延伸到绝缘板16的外侧。

[0079] 半桥功率半导体模块1还包括:与栅极信号配线导体(12HG、12LG)连接的栅极信号端子(14HG、14LG)、和与源极信号配线导体(12HS、12LS)连接的源极信号端子(14HS、14LS)。栅极信号端子(14HG、14LG)及源极信号端子(14HS、14LS)分别由栅极信号配线导体(12HG、12LG)的一部分及源极信号配线导体(12HS、12LS)的一部分沿与绝缘板16的主面平行的方向延伸而形成。从绝缘板16的主面的法线方向观察,栅极信号端子(14HG、14LG)及源极信号端子(14HS、14LS)分别延伸到绝缘板16的外侧。

[0080] 桥接端子14B、高侧端子14H及低侧端子17L相互接近而平行地配置。同样地,栅极信号端子14HG和源极信号端子14HS相互接近而平行地配置,栅极信号端子14LG和源极信号

端子14LS相互接近而平行地配置。各端子 (14B、14H、17L) 的延伸方向相对于多个接合线 (18BT、18LT) 的延伸方向呈直角。

[0081] 高侧端子14H与桥接端子14B间的距离、以及桥接端子14B与低侧端子 17L间的距离可在防止放电或与制造方法相关的设计规则允许的范围内接近地配置。在高侧端子14H与桥接端子14B之间、以及桥接端子14B与低侧端子17L之间,从防止放电和防止接触的角度出发,优选夹持绝缘材料(未显示)。

[0082] 在本实施方式中,假定以排他地接通的方式对高侧功率半导体装置13HT 及低侧功率半导体装置13LT进行控制。但是,可使高侧功率半导体装置13HT 及低侧功率半导体装置13LT同时接通(接地)。

[0083] [半桥功率半导体模块1的制造方法]

[0084] 接着,使用图2(a)~图2(e)对图1的半桥功率半导体模块1的制造方法的一例进行说明。

[0085] 在第一工序中,准备:图2(a)所示的绝缘配线基板、图2(b)所示的高侧功率半导体装置13HT、图2(c)所示的低侧功率半导体装置13LT、图 2(d)所示的接合有负极配线导体21L的绝缘片20。图2(a)所示的绝缘配线基板在绝缘板16的表面接合有正极配线导体12H、桥接配线导体12B、栅极信号配线导体(12HG、12LG)及源极信号配线导体(12HS、12LS)。此外,各配线导体(12H、12B、12HG、12LG、12HS、12LS、21L)的一部分作为端子(14H、14B、14HG、14LG、14HS、14LS、17L)而延伸到绝缘板16 的外部。

[0086] 对于绝缘配线基板,用丙酮、乙醇等有机溶剂至少将其表面充分洗净。对功率半导体装置(13HT、13LT)的背面及绝缘片20的背面实施金属化处理(metalization),以使其可进行焊接。此外,现今这种绝缘配线基板及绝缘片20只要向陶瓷基板厂商发送图纸下单即可得到。功率半导体装置(13HT、13LT)可通过半导体厂商得到。

[0087] 在第二工序中,如图2(e)所示,例如使用减压回流装置,将高侧功率半导体装置13HT的背面电极接合在正极配线导体12H之上,将低侧功率半导体装置13LT的背面电极接合在桥接配线导体12B之上。然后,在桥接配线导体12B之上的高侧功率半导体装置13HT与低侧功率半导体装置13LT之间,经由绝缘片20将负极配线导体21L接合。此时,为了进行各功率半导体装置(13HT、13LT)与绝缘片20的正确的定位,优选使用碳定位夹具。其中,接合的方法不限于焊接。也可以使用如下的接合方法,即,使用了Ag 或Cu等的亚微米导体粒子的接合方法、固相(或液相)扩散接合方法等。

[0088] 最后,在第三工序中,使用引线接合装置,通过接合线(18BT、18HG、18HS、18LT、18LG、18LS)将各功率半导体装置(13HT、13LT)的表面电极(源极电极、栅极电极)和各配线导体(12B、12HG、12HS、21L、12LG、12LS)连接。这样就完成了图1的半桥功率半导体模块1。

[0089] [比较例]

[0090] 接着,参照图21所示的比较例说明由图1的半桥功率半导体模块1得到的作用及效果。

[0091] 由于使用了硅碳化物(SiC)或镓氮化物(GaN)宽带隙半导体(wide-bandgap semiconductor)的功率半导体装置(MOSFET、JFET、SBD等)、超结(super junction)结构的功率Si-MOSFET的出现,近来在600V~1.8kV 的高电压领域中,高速开关地进行驱动的电力转换器(逆变器或换流器)正蓬勃发展。可进行高速开关驱动显然是因为这些功率半导体

装置是高电压下单极动作的设备。高速开关驱动的第一优点在于,降低功率半导体装置的开关损耗,提高转换效率。但是,对应于开关损耗的降低量,不降低转换效率而使开关频率(或载波频率)提升这一第二优点在实用上更为重要。这是因为若开关频率被提升,则耦合电容器或电抗器等大型无源元件的体积变小,这一点与电力转换器的尺寸或价格的缩减紧密相连。

[0092] 于是,作为对电动机或电感器、变压器等大感性负载进行控制的电力转换器的主电路,在一个封装内收纳了一个或多个半桥(功率)电路的功率模块被广泛使用。该半桥(功率)电路是将两个功率半导体装置芯片串联连接,而将其连接中点设为输出端子的电路。

[0093] 但是,当以高速对该半桥(功率)电路进行开关时,有时会产生以下的(1)~(3)的问题。

[0094] (1)在将已接通的功率半导体装置切断的瞬间产生大的浪涌电压(或跳变电压)而使开关损耗增大。

[0095] (2)最坏情况下,由于该浪涌电压而将功率半导体装置破坏。

[0096] (3)若为了避免该风险而采用更高耐压规格的功率半导体装置,则导通损耗增大而且制造成本增大。

[0097] 上述问题的原因在于,在主电流(负荷电流)流过的模块配线路径上产生的寄生电感(自感) L_s 和电流的急速变化(di/dt)引起的反向电压($= -L_s \times di/dt$)。

[0098] 作为减轻配线的寄生电感的方法,具有利用在接近的往复配线中流过反向的电流所产生的互导效果而减小寄生电感的电磁学方法(参照专利文献1及2)。即,在表面形成了电桥电路的绝缘基板的背面设置与高侧电位或低侧电位的任一个同电位的平行配线板。与表面的主电流反向的主电流流过平行配线板,形成“接近反向平行流通”。

[0099] 图21表示在半桥功率模块1000内部的寄生电感降低上适用了该电磁学方法的比较例。在半桥功率模块1000中,绝缘配线基板115具备第一绝缘板116和第二绝缘板121,在第一绝缘板116的表面设置表面配线导体(112H、112B、112L1、112L2),在第一绝缘板116与第二绝缘板121之间设置中间配线导体117L,在第二绝缘板121的背面设置热应力缓和导体122。在将第一绝缘板116贯通的开口埋入有连接导体(120L1、120L2)。连接导体120L1将表面配线导体112L1和中间配线导体117L连接,连接导体120L2将表面配线导体112L2和中间配线导体117L连接。

[0100] 高侧端子114H设于表面配线导体112H,低侧端子114L设于表面配线导体112L1,桥接端子114B设于表面配线导体112B。

[0101] 高侧功率半导体装置(开关元件)113HT的背面电极(漏极电极)与表面配线导体112H接合,低侧功率半导体装置(开关元件)113LT的背面电极(漏极电极)与表面配线导体112B接合。高侧功率半导体装置113HT的表面电极经由接合线118B与表面配线导体112B连接。低侧功率半导体装置113LT的表面电极经由接合线118L与表面配线导体112L2连接。

[0102] 但是,在图21的功率模块1000的构造中,在第一绝缘板116与热应力缓和导体122之间插入有中间配线导体117L和第二绝缘板121。因此,导致了与如今被广泛使用的在绝缘板的两面粘贴了导体板的单纯的绝缘基板相比,绝缘配线基板115的热阻增大。因此,功率半导体装置(113HT、113LT)的放热性变差,即,存在接合温度变高这样的问题。此外,就对热阻的影响度而言,第二绝缘板121大于中间配线导体117L。这是由于第二绝缘板121的热

传导率尤为低。

[0103] [第一实施方式的作用效果]

[0104] 分别流过正极配线导体12H及多个接合线18BT的主电流的大小相等,方向相反且平行。另外,分别流过桥接配线导体12B及多个接合线18LT的主电流的大小相等,方向相反且平行。

[0105] 桥接端子14B、高侧端子14H及低侧端子17L相互接近而平行地配置。分别流过高侧端子14H及桥接端子14B的主电流的大小相等,方向相反且平行。分别流过低侧端子17L及桥接端子14B的主电流的大小相等,方向相反且平行。

[0106] 另外,流过正极配线导体12H的主电流的方向与流过高侧端子14H的主电流的方向呈大致直角。流过负极配线导体21L的主电流的方向与流过低侧端子17L的主电流的方向呈大致直角。

[0107] 通过形成这种主电流的方向,图1的半桥功率半导体模块1可实现与图 21的半桥功率模块1000同等或在其以上的低寄生电感。

[0108] 另外,图1的半桥功率表半导体模块1由于具备单层的绝缘板16,能够在实现与图 21的半桥功率模块1000同等或其以上的低寄生电感的同时,实现与使用了具备单层绝缘板的绝缘配线基板的以往的半桥功率半导体模块同等的热阻(绝缘配线基板的热阻)。

[0109] 首先,说明第一实施方式的半桥功率半导体模块1可实现与以往的半桥功率半导体模块同等的热阻的理由。通常,功率半导体装置中产生的焦耳热向与绝缘配线基板的下部接合的散热器垂直地传播。构成该传播路径的部件的热阻的总和为绝缘配线基板的热阻。

[0110] 参照图1(b)的剖面构造可知,第一实施方式的半桥功率半导体模块1 具有与以往的半桥功率半导体模块相同的垂直构造,即,使用有具备单层的绝缘板16的绝缘配线基板15。因此,可以说第一实施方式的绝缘配线基板 15的热阻与以往的绝缘配线基板的热阻相同。若将配线导体(12H、12B)的热阻设为 R_{th_C1} 、绝缘板16的热阻设为 R_{th_I1} 、热应力缓和导体22的热阻设为 R_{th_C2} ,则如式(1)所示,绝缘配线基板15的热阻 R_{th_sub} 为其串联热阻。

[0111] $R_{th_sub} = R_{th_C1} + R_{th_I1} + R_{th_C2} \cdots \cdots (1)$

[0112] 式(1)中表示的绝缘配线基板的热阻 R_{th_sub} 与使用了具备单层绝缘板的绝缘配线基板的以往的半桥功率半导体模块相同。

[0113] 与此相对,比较例(图21)的热阻 R_{th_sub} 可由式(2)表示。需要说明的是, R_{th_Cm} 、 R_{th_I2} 分别为中间配线导体117L和第二绝缘板121的热阻。

[0114] $R_{th_sub} = R_{th_C1} + R_{th_I1} + (R_{th_Cm} + R_{th_I2}) + R_{th_C2} \cdots \cdots (2)$

[0115] 在此,比较式(1)和式(2)可知,与比较例(图21)相比,第一实施方式的半桥功率半导体模块1的热阻降低了中间配线导体117L和第二绝缘板 121的热阻($R_{th_Cm} + R_{th_I2}$)。因此,从数学式上也可理解具备优良的热性能。

[0116] 接着,说明第一实施方式的半桥功率半导体模块1可实现与比较例(图 21)同等或其在上的低寄生电感的三个理由。

[0117] 首先,第一理由如下。如图1所示,例如,在低侧功率半导体装置13LT 接通时,在半桥功率半导体模块1中流过用箭头及虚线表示的主电流 I_{LL} 。主电流 I_{LL} 从桥接端子14B进入

模块,流过桥接配线导体12B,在低侧功率半导体装置13LT折返,经由多个接合线18LT和负极配线导体21L而从低侧端子17L向模块外流出。这样,在低侧功率半导体装置13LT接通时,在包括端子(14B、17L)在内的几乎全部的点,大小相同且方向相反的主电流(ILL)在接近位置循环。由此,可在主电流的流路的几乎整个区域得到主电流(ILL)的“接近反向平行流通”的结构。由此,能够在电磁学上理想地降低在低侧功率半导体装置13LT接通时流过的主电流的流路中产生的寄生电感 L_s 。

[0118] 图3(a)中表示的主电流ILH表示在图1的高侧功率半导体装置(开关)13HT接通时流过的电流,图3(b)中表示的主电流(循环电流)ILL表示在图1的低侧功率半导体装置(开关)13LT中内置的二极管反向导通时流过的电流(循环电流),图3(c)中表示的主电流(循环电流)ILH表示在图1的高侧功率半导体装置(开关)13HT中内置的二极管反向导通时流过的电流(循环电流)。对于图3(a)~(c)中表示的主电流(ILH、ILL)也同样地,可在主电流的流路的几乎整个区域得到“接近反向平行流通”的结构,能够在电磁学上理想地降低在主电流的流路中产生的寄生电感 L_s 。

[0119] 另外,在图1(b)及图3(a)~(c)中表示的各稳定状态下,以高侧区块及低侧区块为单位实现接近反向平行流通。因此,即使是开关状态变化的过渡状态(接通、切断的瞬间),也能够与负荷种类无关地实现接近反向平行流通。例如,低侧功率半导体装置13LT切断瞬间的过渡状态下,图1(b)及图3(c)中表示的接近反向平行流通同时产生。可知即使是这种过渡状态,向高侧及低侧分支了的主电流在各边也实现了接近反向平行流通。其他的过渡状态、即低侧功率半导体装置13LT接通的情况、高侧功率半导体装置13HT切断或接通的情况也相同。利用该作用,不仅是过渡状态下产生的电压浪涌,还能够极有效地降低电流的阻尼振荡。

[0120] 与此相对,在比较例(图21)的功率模块的构造中,必然产生主电流的“接近反向平行流通”不完全的区间。因此存在如下的问题,即,不能降低寄生电感 L_s ,作为其结果,不能降低电压浪涌。该影响在阻尼成分为主要负荷的情况下尤为严重。

[0121] 若详细说明,图21的虚线ILL及箭头标记表示在低侧功率半导体装置113LT接通时的主电流(负荷电流)的流动。主电流(ILL)从桥接端子114B被输入功率模块,经由表面配线导体112B、低侧功率半导体装置113LT、接合线118L、表面配线导体112L2、连接导体120L2、中间配线导体117L、连接导体120L1及表面配线导体112L1而从低侧端子114L输出。在此,在图21的第一区间G1,在绝缘基板115的表面侧流过的电流(ILL)与在背面侧流过的电流(ILL)为反向。因此,具有主电流的“接近反向平行流通”的效果,故而可实现低的寄生电感 L_s 。但是,在与第一区间G1相邻的第二区间G2,主电流(ILL)仅流过中间配线导体117L。因此,没有主电流的“接近反向平行流通”的效果,故而在第二区间G2产生大的寄生电感 L_s 。

[0122] 图21的虚线ILH及箭头表示高侧功率半导体装置113HT接通时的主电流(负荷电流)的流动。主电流(ILH)从高侧端子114H被输入功率模块,经由表面配线导体112H、高侧功率半导体装置113HT、接合线118B、表面配线导体112B而从桥接端子114B输出。在此应注意如下的点,即,主电流(ILH)完全不流过中间配线导体117L,没有“接近反向平行流通”的效果。即,在高侧功率半导体装置113HT接通时,主电流(ILH)的电流路径(114H、112H、113HT、118B、112B、114B)为寄生电感 L_s 高的状态。

[0123] 同样地,在高侧功率半导体装置113HT或低侧功率半导体装置113LT处于换流模式时,在第二区间G2也为大的寄生电感。

[0124] 如以上说明的那样,在第一实施方式中不存在比较例的“接近反向平行流通”不成立的区间G2。因此,与比较例相比,第一实施方式无论处于何种负荷条件,都可有效地削减寄生电感 L_s 。

[0125] 可实现低寄生电感的第二理由是因为主电流的流路比较例短。在比较例(图21)中,为了在中间配线导体117L流过主电流,需要在第一绝缘板116设置两个连接口(连接导体120L1、120L2)。因此,与不具有连接口的第一实施方式(图1(b))相比,主电流的流路增长。短的电流流路具有缩减寄生电感的效果,故而与比较例相比,第一实施方式可减小寄生电感。另外,通过与比较例相比进一步缩短主电流的流路,也可一并得到能够减小模块尺寸这样的效果。

[0126] 可实现低寄生电感的第三理由是因为反向平行地流动的两个主电流(正向电流和反向电流)的距离短。比较例(图21)的两个主电流隔着绝缘板116。另一方面,第一实施方式(图1(b))的两个主电流不隔着绝缘板16。第一实施方式可使两个主电流(正向电流和反向电流)接近相当于绝缘板116的厚度的距离。第一实施方式可利用该接近效果而与比较例相比进一步减小寄生电感。

[0127] 上述的作用效果在后述的其他实施方式及变形例中也是共通的。

[0128] (变形例1)

[0129] 此外,第一实施方式中也具有特有的效果。将高侧端子14H和低侧端子17L和桥接端子14B聚合在一处而从绝缘配线基板15的侧面取出。由此,能够在高侧端子14H与桥接端子14B之间、以及桥接端子14B与低侧端子17L之间分别容易地设置缓冲电容器(或去耦电容器)。

[0130] 半桥功率半导体模块1还具备在绝缘板16的主面上在高侧端子14H与桥接端子14B之间连接的高侧缓冲电容器25HB、和在绝缘板16的主面上在桥接端子14B与低侧端子17L之间连接的低侧缓冲电容器25LB的至少一方。如图4所示,能够容易地将缓冲电容器设置在模块内且各端子上。通过设置缓冲电容器,能够抑制因高侧端子14H和低侧端子17L附近的寄生电感成分引起的浪涌电压。

[0131] 图4中表示的半桥功率半导体模块1'是在模块内设置有缓冲电容器(25HB、25LB)的变形例。缓冲电容器25HB在正极配线导体12H、桥接配线导体12B的连接点附近,通过焊料等将高侧端子14H和桥接端子14B电容连接。同样地,缓冲电容器25LB在负极配线导体21L、桥接配线导体12B的连接点附近,通过焊料等将低侧端子17L和桥接端子14B电容连接。金属间隔件27将桥接端子14B与低侧端子25LB之间连接。用焊料进行桥接端子14B与金属间隔件27的连接以及金属间隔件27与缓冲电容器25LB的连接。其他结构与图1相同,故而省略说明。

[0132] 在变形例1中,通过将缓冲电容器(25HB、25LB)安装在正极配线导体12H、桥接配线导体12B、负极配线导体21L的连接点附近,能够吸收因在各端子(14H、14B、17L)上寄生的电感引起的浪涌电压。因此,可进一步降低在功率半导体装置(13HT、13LT)上施加的浪涌电压。

[0133] 另一方面,在比较例(图21)中,桥接端子处于离开高侧端子及低侧端子的位置,故

而难以在模块的内部设置缓冲电容器,不得不设置在模块外。但是,若将缓冲电容器设置在模块外,则不能吸收因桥接端子、高侧端子、低侧端子附近的寄生电感产生的电压浪涌。

[0134] (第二实施方式)

[0135] 在第一实施方式及变形例1中,表示了高侧功率半导体装置13HT及低侧功率半导体装置13LT均为开关元件(即,MOSFET或JFET等晶体管)的情况。但是,即使高侧功率半导体装置或低侧功率半导体装置的一方为二极管,另一方为晶体管,也可降低寄生电感 L_s ,作为其结果,可降低因晶体管的接通产生的浪涌电压。

[0136] 在第二实施方式中,对在被称作降压斩波器或升压斩波器的DC-DC转换器中广泛使用的、一方为二极管、另一方为晶体管的半桥功率半导体模块2进行说明。

[0137] 参照图5对第二实施方式的半桥功率半导体模块2的结构进行说明。图5(a)是平面图,图5(b)是沿着图5(a)的A-A'剖切面的剖面图,图5(c)是半桥功率半导体模块2的电路图。

[0138] 高侧功率半导体装置及低侧功率半导体装置的任一方为功率开关元件,另一方为功率二极管。具体地,半桥功率半导体模块2作为低侧功率半导体装置具备在桥接配线导体12B的表面配置的高速回流功率二极管13LD。高速回流功率二极管13LD由例如肖特基二极管或高速pn二极管构成。高速回流功率二极管13LD的背面电极(阴极电极)通过焊料等贴装在桥接配线导体12B的表面。另一方面,高速回流功率二极管13LD的表面电极(阳极电极)通过多个接合线18LD与负极配线导体21L连接。也可以使用接合带或线夹引线来代替多个接合线。高侧功率半导体装置(开关)13HT可设为与第一实施方式相同,单极型开关或双极型开关均可。另外,不一定需要内置反向导通二极管。

[0139] 半桥功率半导体模块2具备绝缘配线基板31。由于高速回流功率二极管13LD不具有栅极电极,故而绝缘配线基板31不具有低侧的栅极信号配线导体(12LG)及源极信号配线导体(12LS)。除这点之外,绝缘配线基板31的结构与图1(a)的绝缘配线基板15相同。另外,也不存在低侧的接合线(18LG、18LS)及信号端子(14LG、14LS)。

[0140] 与其他的标记相对应的结构与图1相同,故而省略说明。此外,在降压斩波器中,通常在高侧端子14H连接有直流电源的正极,在低侧端子17L连接有直流电源的负极,在桥接端子14B与低侧端子14L之间连接有串联连接的储能用线圈和平滑电容器。降压后的直流电压从该平滑电容器的两端被输出。

[0141] 接着,图5的半桥功率半导体模块2可由与参照图2(a)~(e)说明的第一实施方式的制造方法相同的方法制造。其中,将图2(a)~(e)的绝缘配线基板15替换成绝缘配线基板31,将低侧功率半导体装置(开关)13LT替换成高速回流功率二极管13LD,将接合线18LT替换成接合线18LD,然后将配线导体(12LG、12LS)、接合线(18LG、18LS)及信号端子(14LG、14LS)删除。

[0142] 说明第二实施方式的作用效果。在高侧功率半导体装置13HT接通时流过的主电流(负荷电流) I_{LH} 与图3(a)相同,可得到与第一实施方式中说明的效果相同的效果。另外,如图5所示,在高侧功率半导体装置13HT断开后,在高速回流功率二极管(低侧功率半导体装置)13LD流过主电流(负荷电流) I_{LL} 。图5中表示的主电流(负荷电流) I_{LL} 与图1(b)相同,可得到与第一实施方式中说明的效果相同的效果。另外,在高侧功率半导体装置13HT接通或切断的瞬间的过渡状态下,图3(a)及图3(b)中表示的接近反向平行流通同时产生。即使在

该过渡状态下,也可在高侧区域及低侧区域分别实现接近反向平行流通。因此,可实现寄生电感的降低,由此可得到浪涌电压变小的效果。

[0143] (第三实施方式)

[0144] 根据半桥功率半导体模块的属性或用途,存在需要使高速回流功率二极管FWD(肖特基二极管或高速pn二极管)与高侧功率半导体装置(开关)或低侧功率半导体装置(开关)反向并联连接的情况。属于这种情况的例如有:IGBT那样地反向导通在原理上困难的双极功率半导体装置的情况、即使是单极型也未在功率半导体装置(开关)内置有反向导通型二极管的情况、在内置于功率半导体装置(开关)的反向导通型二极管中电流未充分流过流过的情况、或不想使内置二极管反向导通的情况等。如下述地,本发明即使在这种情况下也能适用。

[0145] 在第三实施方式中,高侧功率半导体装置及低侧功率半导体装置均由反向并联连接的一对功率开关元件和高速回流功率二极管构成。

[0146] 图6表示本发明第三实施方式的半桥功率半导体模块3的结构。图6(a)是平面图,图6(b)是沿着图6(a)的B-B'剖切面的剖面图,图6(c)是半桥功率半导体模块3的电路图。沿着图6(a)的A-A'剖切面的剖面图与图5(b)相同,故而省略图示。

[0147] 高侧功率半导体装置及低侧功率半导体装置的至少一方具备功率开关元件(13HT、13LT)及与功率开关元件反向并联连接的功率二极管(13HD、13LD)。

[0148] 具体地,半桥功率半导体模块3具备高侧功率半导体装置(开关)13HT和高侧功率半导体装置(二极管)13HD。高侧功率半导体装置(开关)13HT、及高侧功率半导体装置(二极管)13HD的背面电极与正极配线导体12H接合。在高侧功率半导体装置(开关)13HT与高侧功率半导体装置(二极管)13HD之间形成有将正极配线导体12H分割成开关区域12H(T)和二极管区域12H(D)的狭缝26H。

[0149] 同样地,半桥功率半导体模块3具备低侧功率半导体装置(开关)13LT和低侧功率半导体装置(二极管)13LD。低侧功率半导体装置(开关)13LT、及低侧功率半导体装置(二极管)13LD的背面电极与桥接配线导体12B接合。在低侧功率半导体装置(开关)13LT与低侧功率半导体装置(二极管)13LD之间形成有将桥接配线导体12B分割成开关区域12B(T)和二极管区域12B(D)的狭缝26B。

[0150] 通过设置狭缝(26H、26B),可得到下述的作用效果。即,狭缝26H使流过正极配线导体12H(T)(或12H(D))的负荷电流的重心线与流过多个接合线18HT(或18HD)的反向的负荷电流的重心线接近(或一致),可进一步使寄生电感降低。同样地,狭缝26B使流过桥接配线导体12B(T)(或12B(D))的负荷电流的重心线与流过多个接合线18LT(或18LD)的反向的负荷电流的重心线接近(或一致),可进一步使寄生电感降低。

[0151] 高侧功率半导体装置(开关)13HT及高侧功率半导体装置(二极管)13HD分别用焊料等贴装在开关区域12H(T)及二极管区域12H(D)的规定位置。低侧功率半导体装置(开关)13LT、低侧功率半导体装置(二极管)13LD分别贴装在开关区域12B(T)、二极管区域12B(D)的规定位置。其他的构成部件与图1或图5相同,省略说明。

[0152] 为了方便,将半桥功率半导体模块3分成区域32A及区域32B说明。各区域均与高侧及低侧的一方为开关(功率半导体装置)、另一方为二极管(功率半导体装置)的第二实施方式相同。故而,开关(13HT、13LT)接通或切断时的主电流(负荷电流)的流动、以及二极管

(13HD、13LD) 反向导通 (换流) 时的主电流 (负荷电流) 的流动也包括过渡状态在内而与第二实施方式几乎相同地实现接近反向平行流通。另外, 输入输出端子 (14H、14B、17L) 的结构也与第二实施方式 (图5) 相同。因此, 第三实施方式与第二实施方式相同地、进而与第一实施方式相同地, 可同时降低模块内部的寄生电感和热阻。

[0153] 在此, 说明数个第三实施方式的变形例或可共通适用于第一~第三实施方式的有效的多个变形例。

[0154] (变形例二)

[0155] 图7表示第三实施方式的变形例2的半桥功率半导体模块3-1的结构。图7(a) 是平面图, 图7(b) 是沿着图7(a) 的B-B' 剖切面的剖面图。沿着图7(a) 的A-A' 剖切面的剖面图与图1(b) 相同, 电路图与图6(c) 相同, 故而省略图示。

[0156] 说明半桥功率半导体模块3-1和图6的半桥功率半导体模块3的差异点。第一差异在于改变低侧功率半导体装置 (开关) 13LT和低侧功率半导体装置 (二极管) 13LD的配置。通过该位置的改变, 高侧和低侧的配置以输入输出端子 (14H、14B、17L) 为界大致左右对称地配置。因此, 与图6相比, 可得到高侧和低侧的寄生电感的综合平衡良好的效果。另外通过该变更, 低侧栅极信号端子14LG、源极信号端子14LS向下部移动, 上部的空间变空。由此, 产生能够减小绝缘配线基板 (模块) 31的尺寸的优点。此外, 制造工序与第一实施方式 (图2) 相同, 故而省略说明。

[0157] 另一方面, 半桥功率半导体模块 (3、3-1) 能够用于像进行PWM调制的DC-DC转换器或输出正弦波波形的PWM逆变器那样地连续输出同极性的电力脉冲的用途。该情况下, 重复将一方 (例如高侧) 的开关接通或切断, 并在另一方 (例如低侧) 的二极管换流的动作。在这种动作模式的情况下, 第三实施方式 (图6) 的结构相比于变形例2的优点在于寄生电感不平衡的不良影响变少。由该例可知, 需根据用途的不同选择最优的实施方式或其变形例, 该方针共通地适用于整个实施方式。

[0158] 在正极配线导体12H及桥接配线导体12B的至少一方形成有将功率开关元件 (13HT、13LT) 和功率二极管 (13HD、13LD) 之间分隔的狭缝 (26H、26B)。由此, 能够良好地得到高侧和低侧的寄生电感的综合平衡。

[0159] (变形例3)

[0160] 图8表示第三实施方式的变形例三的半桥功率半导体模块3-2的结构。图8(a) 是平面图, 图8(b) 是沿着图8(a) 的A-A' 剖切面的剖面图。如图8所示, 所有的高侧功率半导体装置 (13HT、13HD) 和所有的低侧功率半导体装置 (13LD、13LT) 在绝缘配线基板15 (或31) 上配置成横向一行。所有的功率半导体装置 (13HT、13HD、13LT、13LD) 配置在与输入输出端子 (14H、14B、17L) 正交的一直线上。变形例3可提供这样地进深短的功率半导体模块。

[0161] 将正极配线导体12H沿着与输入输出端子 (14H、14B、17L) 垂直的方向延长, 在此基础上将高侧功率半导体装置 (开关) 13HT和高侧功率半导体装置 (二极管) 13HD并列地贴装。同样地, 将桥接配线导体12B沿着与输入输出端子 (14H、14B、17L) 垂直的方向延长, 在此基础上将低侧功率半导体装置 (二极管) 13LD和低侧功率半导体装置 (开关) 13LT并列地贴装。多个接合线18H将高侧功率半导体装置 (开关) 13HT的表面电极和高侧功率半导体装置 (二极管) 13HD的表面电极和桥接配线导体12B连接。多个接合线18L将低侧功率半导体装置 (开关) 13LT的表面电极和低侧功率半导体装置 (二极管) 13LD的表面电极和负极配线导体21L

连接。在图8中,多个接合线(18H、18L)描绘为粘附接合线(sticking bonding wire)。由此,可实现功率半导体装置(13HT、13HD、13LT、13LD)的横向一列配置。

[0162] 其他的标记的部件及其作用与标注了相同标记的第一至第三实施方式及其变形例相同,故而省略说明。另外,变形例3的半桥功率半导体模块3-2 可使用与第一实施方式(图2)相同的方法制造,故而省略制造工序的说明。

[0163] 如图8(b)所示,即使在变形例3中,绝缘配线基板15也与第一至第三实施方式及其变形例同样地具备单层的绝缘板16。因而,可实现与第一至第三实施方式及其变形例同等的低热阻。因此,与具备双层绝缘板的比较例(图 21)相比,热阻低且散热性良好。

[0164] 图8及图9(a)~(c)表示变形例3的半桥功率半导体模块3-2的主电流(负荷电流)ILH、ILL。图8表示在低侧功率半导体装置(开关)13LT 接通时流过的电流ILL,图9(a)表示在图8的高侧功率半导体装置(开关)13HT接通时流过的电流ILH,图9(b)表示在图8的低侧功率半导体装置(二极管)13LD中流过的电流(环流电流)ILL,图9(c)表示在图 8的高侧功率半导体装置(二极管)13HD中流过的电流(环流电流)ILH。由图8及图9(a)~(c)可知,在所有的导电模式中,主电流(环流电流) ILH、ILL实现接近反向平行流通。

[0165] 这样,两个以上的高侧功率半导体装置(13HT、13HD)以共有在正极配线导体12H及多个接合线18H中分别流过的电流(ILH)的流路的方式在一方向上排列。由此,主电流(环流电流)ILH可实现接近反向平行流通。

[0166] 这样,两个以上的低侧功率半导体装置(13LT、13LD)以共有在桥接配线导体12B及多个接合线18L中分别流过的电流(ILL)的流路的方式在一方向上排列。由此,主电流(环流电流)ILL可实现接近反向平行流通。

[0167] (变形例4)

[0168] 变形例4是可共通地适用于第一至第三实施方式及其变形例的例子,是对输入输出端子(14H、14B、17L)附近的寄生电感的降低有效的例子。参照图10对适用于第三实施方式(图6)的变形例4进行说明。

[0169] 在图10所示的半桥功率半导体模块3-3中,高侧端子(14H1、14H2) 由正极配线导体12H的一部分沿与绝缘板16的主面平行的相对的两个方向延伸而形成。同样地,桥接端子(14B1、14B2)由桥接配线导体12B的一部分沿与绝缘板16的主面平行的相对的两个方向延伸而形成。低侧端子(17L1、17L2)由负极配线导体21L的一部分沿与绝缘板16的主面平行的相对的两个方向延伸而形成。

[0170] 沿着图10(a)的A-A'剖切面的剖面图与图5(b)相同,沿着图10(a)的B-B'剖切面的剖面图与图6(b)相同。其他的标记与第三实施方式(图6)相同,故而省略说明。

[0171] 图10中表示的半桥功率半导体模块3-3的制造方法与第三实施方式的制造方法相同,故而省略说明。

[0172] 如图10所示,在变形例4中,通过各设置两个高侧端子、桥接端子及低侧端子,能够在各端子附近维持接近反向流通,并且将向功率模块流入或流出的主电流(ILH、ILL)的流动一分为二。主电流被一分为二在电磁学上与各端子附近的寄生电感一分为二等效。即,变形例四除了第三实施方式所具备的寄生电感的降低效果以外,还具有与第三实施方式相比可减少约一半的主电流在输入输出端子附近产生的寄生电感这样良好的效果。

[0173] 此外,变形例4的绝缘配线基板15也具备单层的绝缘板16,故而实现了与之前的功

率半导体模块同等的低热阻。因此,与由双层绝缘板构成的比较例(图21)相比,热阻低且散热性良好。

[0174] (第四实施方式)

[0175] 在第一至第三实施方式及其变形例中,高侧端子14H、桥接端子14B、低侧端子17L分别由正极配线导体12H的一部分、桥接配线导体12B的一部分、负极配线导体21L的一部分与绝缘板16的表面平行地向其外缘延伸而成。但是,这些输入输出端子不限于这种配线延伸式的端子结构(14H、14B、17L)。也可维持输入输出端子的低寄生电感性不变,将输入输出端子沿与绝缘板16的表面垂直的方向取出。在此将沿与绝缘板16的表面垂直的方向取出的端子称作“立起式端子”。在第四实施方式中,表示可实现具备立起式端子的半桥功率半导体模块。

[0176] 作为第四实施方式的典型例,说明将第一实施方式(图1)的配线延伸式的端子结构(14H、14B、17L、14HG、14HS、14LG、14LS)改变成立起式端子的例子。图11A及图11B表示第四实施方式的半桥功率半导体模块4的结构。图11A(a)表示平面图,图11A(b)是沿着图11A(a)的A-A'剖切面的剖面图,图11A(c)是沿着图11A(a)的B-B'剖切面的剖面图,图11B(a)是沿着图11A(a)的C-C'剖切面的剖面图,图11B(b)是电路图。此外,在图11A(b)中,为了参照多个接合线(18HT、18LT)的位置,描绘了A-A'剖切面中没有表现的多个接合线(18HT、18LT)。

[0177] 桥接端子14B'是从绝缘配线基板15表面立起的板状的立起式端子。桥接端子14B'通过焊料等与桥接配线导体12B电接合且物理接合。桥接端子14B'与桥接配线导体12B的连接部位于高侧功率半导体装置13HT与低侧功率半导体装置13LT之间。桥接端子14B'在比高度30靠下的部分分支成多支(例如三支)。桥接端子14B'具有熊掌(或拨叉)结构。桥接端子14B'由沿着绝缘板16的主面的法线方向立起的平板状的基部、和自基部平行地分支的多个齿部构成,多个齿部的前端与桥接配线导体12B连接。

[0178] 高侧端子14H'是从绝缘配线基板15表面立起的板状的立起式端子。高侧端子14H'通过银钎料或焊料等与正极配线导体12H电接合且物理接合。高侧端子14H'与正极配线导体12H的连接部位于高侧功率半导体装置13HT与桥接端子14B'之间。低侧端子17L'是从绝缘配线基板15表面立起的板状的立起式端子。低侧端子17L'通过银钎料或焊料等与负极配线导体21L电及物理接合。低侧端子17L'与负极配线导体21L的连接部位于桥接端子14B'与低侧功率半导体装置13LT之间。高侧端子14H'及低侧端子17L'各自由沿着绝缘板16的主面的法线方向立起的平板状的基部、和自基部平行地分支的多个齿部构成,多个齿部的前端与正极配线导体12H或负极配线导体21L连接。高侧端子14H'、桥接端子14B'及低侧端子17L'构成为相互平行。

[0179] 多个接合线18BT在桥接端子14B'的齿部之间贯通,与桥接端子14B'正交。多个接合线18LT在低侧端子17L'的齿部之间与负极配线导体21L连接。

[0180] 栅极信号端子14HG'和源极信号端子14HS'是从绝缘配线基板15表面沿着绝缘板16的主面的法线方向立起的平板状的立起式端子,与高侧的栅极信号配线导体12HG、源极信号配线导体12HS电接合且物理接合。栅极信号端子14LG'和源极信号端子14LS'是从绝缘配线基板15表面沿着绝缘板16的主面的法线方向立起的平板状的立起式端子,与低侧的栅极信号配线导体12LG、源极信号配线导体12LS电接合且物理接合。栅极信号端子

(14HG'、14LG')和源极信号端子(14LG'、14LS')分别构成相互平行。另外,从降低栅极电感的角度出发,优选使栅极信号端子(14HG'、14LG')和源极信号端子(14LG'、14LS')尽可能地接近。需要说明的是,代替图11B(a)中表示的立起式端子(14HG'、14HS'、14LG'、14LS'),也可以使用图1中表示的延伸式端子(14HG、14HS、14LG、14LS)。其他的结构与图1相同,省略说明。

[0181] 参照图12说明图11中表示的半桥功率半导体模块4的制造方法的一例。

[0182] 在第一工序中,如图12(a)所示,准备包括正极配线导体12H、桥接配线导体12B、栅极信号配线导体(12HG、12LG)及源极信号配线导体(12HS、12LS)的绝缘配线基板。此外,虽省略图示,但准备:接合有负极配线导体21L的绝缘片20、高侧功率半导体装置13HT、低侧功率半导体装置13LT。用丙酮、乙醇等有机溶剂将绝缘配线基板充分洗净。

[0183] 之后,在第二工序中,如图12(b)所示,使用减压回流装置,将各功率半导体装置(13HT、13LT)的背面电极焊接在绝缘配线基板15的配线导体(12H、12B)的规定位置。在桥接配线导体12B之上的、高侧功率半导体装置13HT与低侧功率半导体装置13LT之间的位置,经由绝缘片20将负极配线导体21L接合。此时,为了进行各功率半导体装置(13HT、13LT)与绝缘片20的正确的定位,优选使用碳定位夹具。其中,接合的方法不限于焊接。也可以使用如下的接合方法,即,使用了导电性粘接剂的接合、使用了Ag或Cu等的亚微米导体粒子的接合、固相(或液相)扩散接合等。

[0184] 之后,在第三工序中,如图12(c)所示,使用引线接合装置,通过接合线(18BT、18HG、18HS、18LT、18LG、18LS)将各功率半导体装置(13HT、13LT)的表面电极(源极电极、栅极电极)和各配线导体(12B、12HG、12HS、21L、12LG、12LS)连接。

[0185] 最后,在第四工序中,使用焊膏和减压回流装置,将各立起式端子(14H'、14B'、17L'、14HG'、14HS'、14LG'、14LS')焊接在配线导体(12H、12B、21L、12HG、12HS、12LG、12LS)的规定的表面。为了进行正确的定位,优先适用碳定位夹具。在第四工序中使用的焊料优选为熔点比第二工序中使用的焊料低30℃以上的材料。这样就完成了图11A及图11B中表示的半桥功率半导体模块4。

[0186] 观察图11A(b)及(c)可知,绝缘配线基板15具备单层的绝缘板16,故而热阻比图21的比较例低,实现了与之前的功率半导体装置同等的热阻。

[0187] 图11A(b)及图13(a)~(c)表示在半桥功率半导体模块4中流过的主电流(负荷电流)ILH、ILL的所有的导电模式。可知在所有的导电模式中,主电流(负荷电流)ILH、ILL实现了接近反向平行流通。

[0188] 进而,尝试详细地研究输入输出端子(14H'、14B'、17L')附近的主电流的流动。根据第四实施方式的端子结构,与第一~第三实施方式及其变形例相比,主电流流过的区域扩大,并且主电流接近而反向平行地流动。这在电磁学上与输入输出端子附近的寄生电感减少等效。因此,根据第四实施方式,与第一~第三实施方式及其变形例相比,可降低输入输出端子附近的寄生电感。

[0189] 由图11A(a)及图11B(a)可确认,与第一实施方式(图1)的延伸式栅极信号端子14HG(14LG)和延伸式的源极信号端子14HS(14LS)相比,立起式的栅极信号端子14HG'(14LG')和立起式的源极信号端子14HS'(14LS')为平板进一步接近的构造。即,实施方式的栅极信号端子及源极信号端子可实现比第一~第三实施方式低的栅极寄生电感,具有有

利于相对高速的开关动作这样的优点。

[0190] (第五实施方式)

[0191] 在第一～第四实施方式及其变形例中,将高侧功率半导体装置13HT (13HD)和低侧功率半导体装置13LT (13LD)电桥连接。然后,确立了如下的环境,即,使在作为将负极配线导体21L和功率半导体装置13LT (13LD) 连接的低侧连接机构的一例的多个接合线18LT (18LT) 中流过的低侧主电流 (ILL)、和在桥接配线导体12B中流过的低侧主电流 (ILL) 接近反向流通。因此,附设了负极配线导体21L和低侧端子17L的绝缘片20起到了重要的作用。但是,如第五实施方式中说明的,半桥功率半导体模块也可由没有绝缘片20的构造实现。

[0192] 第五实施方式可适用于其他所有的实施方式及其变形例,但在此为了方便,使用在第四实施方式(图11A及图11B)中适用的例子进行说明。对与图11A及图11B相同的构成要素标注相同的标记而省略说明。

[0193] 参照图14A及图14B对第五实施方式的半桥功率半导体模块5的构成进行说明。图14A (a) 表示半桥功率半导体模块5的平面图,图14A (b) 是沿着图14A (a) 的A—A'剖切面的剖面图,图14A (c) 是沿着图14A (a) 的B—B'剖切面的剖面图。图14A (d) 是从图14A (a) 删除了立起式端子 (14B'、14H'、14L'、14HG'、14HS'、14LG'、14LS') 的假想平面图。图 14B是等效电路图。图14A中表示在低侧半导体装置(开关) 13LT接通时流过的主电流ILL。

[0194] 如图14A (a) 及 (d) 所示,从绝缘板16的主面的法线方向观察,负极配线导体12L隔着空隙被桥接配线导体12B包围。不存在图11中表示的绝缘片20及在绝缘片20之上形成的负极配线导体21L、在负极配线导体21L之上接合的低侧端子17L'。绝缘配线基板15具备:绝缘板16、在绝缘板16的表面配置的配线导体 (12B、12H、12L、12HG、12HS、12LG、12LS)、在绝缘板16的背面配置的热应变缓和导体22。负极配线导体12L隔着空隙设置在桥接配线导体12B的内部区域。如图14A (a) 所示,在负极配线导体12L 连接有立起式的低侧端子14L' 及多个接合线18LT的一端。负极配线导体12L 位于低侧端子14L' 与低侧功率半导体装置13LT之间。立起式的低侧端子 14L' 的构造与图11的低侧端子17L' 相同。

[0195] 正极配线导体12H和桥接配线导体12B具有在各自区域相互突起配合的凸部12HH、12BB。在凸部12BB连接有多个接合线18BT(高侧连接机构) 的一端,在凸部12HH通过焊料等连接有立起式的桥接端子14B'。如图14A (a) 所示,从绝缘板16的主面的法线方向观察,高侧功率半导体装置13HT、高侧端子14H'、桥接端子14B'、低侧端子14L' 及低侧功率半导体装置13LT 的位置关系与第四实施方式(图11A) 相同。

[0196] 接着,参照图15,说明图14A及图14B中表示的半桥功率半导体模块5 的制造方法的一例。在此表示的制造工序与参照图12说明的第四实施方式的制造工序相对应。

[0197] 在第一工序中,如图15 (a) 所示,准备包括正极配线导体12H、桥接配线导体12B、负极配线导体12L、栅极信号配线导体 (12HG、12LG) 及源极信号配线导体 (12HS、12LS) 的绝缘配线基板15。此外,虽省略图示,但准备高侧功率半导体装置13HT、和低侧功率半导体装置13LT。用丙酮、乙醇等有机溶剂将绝缘配线基板15充分洗净。

[0198] 之后,在第二工序中,如图15 (b) 所示,使用减压回流装置将各功率半导体装置 (13HT、13LT) 的背面电极焊接在绝缘配线基板15的配线导体 (12H、12B) 的规定位置。此时,为了进行各功率半导体装置 (13HT、13LT) 的正确的定位,优选使用碳定位夹具。其中,接合的方法不限于焊接。也可以使用如下的接合方法,即,使用了导电性粘接剂的接合、使用了

Ag或Cu等的亚微米导体粒子的接合、固相(或液相)扩散接合等。

[0199] 之后,在第三工序中,如图15(c)所示,使用引线接合装置,通过接合线(18BT、18HG、18HS、18LT、18LG、18LS)将各功率半导体装置(13HT、13LT)的表面电极(源极电极、栅极电极)和各配线导体(12B、12HG、12HS、21L、12LG、12LS)连接。不限于接合线,也可以使用其他的连接装置。

[0200] 最后,在第四工序中,使用焊膏和减压回流装置将各立起式端子(14H'、14B'、17L'、14HG'、14HS'、14LG'、14LS')焊接在配线导体(12H、12B、12L、12HG、12HS、12LG、12LS)的规定的表面。为了进行正确的定位,优先使用碳定位夹具。在第四工序中使用的焊料优选为熔点比第二工序中使用的焊料低30℃以上的材料。这样就完成了图14A及图14B中表示的半桥功率半导体模块5。

[0201] 图14A及图14B中表示的半桥功率半导体模块5也可用图16(a)~(c)中表示的其他的制造方法制作。

[0202] 在第一工序中,如图16(a)所示,准备包括正极配线导体12H、桥接配线导体12B、负极配线导体12L、栅极信号配线导体(12HG、12LG)及源极信号配线导体(12HS、12LS)的绝缘配线基板15。此外,虽省略图示,但准备各立起式端子(14H'、14B'、14L'、14HG'、14HS'、14LG'、14LS')。用丙酮、乙醇等有机溶剂将绝缘配线基板15充分洗净。

[0203] 之后,在第二工序中,如图16(b)所示,使用高温接合装置将各立起式端子(14H'、14B'、14L'、14HG'、14HS'、14LG'、14LS')银焊在绝缘配线基板15的表面配线导体12H、12B、12L、14HG、14HS、14LG、14LS的规定位置。此时,为了进行各立起式端子的正确的定位,优选使用碳定位夹具。其中,接合的方法不限于银焊。也可以使用如下的接合方法,即,使用了焊接或导电性粘接剂的接合、使用了Ag或Cu等的亚微米导体粒子的接合、固相(或液相)扩散接合等。

[0204] 之后,在第三工序中,如图16(c)所示,使用减压回流装置将充分洗净的各功率半导体装置(13HT、13LT)焊接在正极配线导体12H、桥接配线导体12B的规定位置。此时,为了进行各功率半导体装置(13HT、13LT)的正确的定位,优选使用碳定位夹具。接合的方法不限于焊接。也可以使用如下的接合方法,即,使用了导电性粘接剂的接合、使用了Ag或Cu等的亚微米导体粒子的接合、固相(或液相)扩散接合等。优选为接合的工艺温度比上述第二工序中使用的接合材的耐热温度低30℃以上的材料。

[0205] 最后,在第四工序中,使用引线接合装置,通过接合线(18BT、18HG、18HS、18LT、18LG、18LS)将各功率半导体装置(13HT、13LT)的表面电极(源极电极、栅极电极)和各配线导体(12B、12L、12HG、12HS、12LG、12LS)连接。不限于接合线,也可以使用其他的连接机构。这样就完成了图14A及图14B中表示的半桥功率半导体模块5。

[0206] 观察图14A(b)及(c)可知,绝缘配线基板15具备单层的绝缘板16,故而热阻比图21的比较例低,实现了与之前的功率半导体装置同等的热阻。

[0207] 图14A(a)、图14A(c)、17A、及图17B表示在半桥功率半导体模块5中流过的主电流(负荷电流)ILH、ILL的所有的导电模式。可知在所有的导电模式中,主电流(负荷电流)ILH、ILL实现了接近反向平行流通。

[0208] 将平面图(图14A(a)、图17A(c))的左右方向定义为x轴、上下方向定义为y轴、与纸面垂直的方向定义为z轴,精密地对低侧的主电流ILL的流动进行检测。在属于多个接合线

18LT的区间、及属于立起式端子(14B'、14L')的区间,与第四实施方式(图11A)相同地,主电流ILL在xz平面(图14A(c)、图17A(d))实现了接近反向流通。而且与第四实施方式(图11A)不同,在属于负极配线导体12L的区间,主电流ILL在xy平面实现了接近反向流通。

[0209] 另一方面,高侧的主电流ILH的流动与第四实施方式(图11A)相同,以与第四实施方式(图11)相同的方式实现了接近反向流通。

[0210] 另外,输入输出端子(14H'、14B'、17L')附近的主电流(ILL、ILH)的流动与第四实施方式相同。因此,与第四实施方式相同地,第五实施方式与第一~第三实施方式及其变形例相比,可降低输入输出端子附近的寄生电感。

[0211] (第六实施方式)

[0212] 如在第二实施方式中也说明地,可以是高侧功率半导体装置或低侧功率半导体装置的一方为功率开关元件,另一方为功率二极管。在第六实施方式中,说明在第五实施方式的半桥功率半导体模块5,用高速回流功率二极管13LD替换低侧功率半导体装置(开关)13LT的半桥功率半导体模块6。

[0213] 图18(a)是表示第六实施方式的半桥功率半导体模块6的构造的平面图,图18(b)是沿着图18(a)的A-A'剖切面的剖面图;图18(c)是沿着图18(a)的B-B'剖切面的剖面图。半桥功率半导体模块6具备在桥接配线导体12B的表面配置的高速回流功率二极管13LD作为低侧功率半导体装置。高速回流功率二极管13LD的背面电极(阴极电极)通过焊料等贴装在桥接配线导体12B上的规定的位置。高速回流功率二极管13LD的表面电极(阳极电极)经由多个接合线18LD与负极配线导体12L连接。

[0214] 半桥功率半导体模块6具备绝缘配线基板15。由于高速回流功率二极管13LD不具有栅极电极,故而绝缘配线基板15除了不存在低侧的栅极信号配线导体(12LG)及源极信号配线导体(12LS)这一点以外,其结构与图1(a)的绝缘配线基板15相同。另外,也不存在低侧的接合线(18LG、18LS)、及立起式端子(14LG'、14LS')。

[0215] 图18中表示的半桥功率半导体模块6的制造工序与使用图15或图16说明的半桥功率半导体模块5的制造工序相同,故而省略说明。

[0216] 半桥功率半导体模块6的动作模式与图17A及图17B中表示的半桥功率半导体模块5的动作模式相同。其中,图16的低侧功率半导体装置(开关)13LT替换了高速回流功率二极管13LD。

[0217] 各种部件的基本构成和动作模式与第五实施方式(图14A)相同,故而在第六实施方式中也可得到与第五实施方式相同的作用及效果。

[0218] (第七实施方式)

[0219] 如在第三实施方式中也说明地,可以是高侧功率半导体装置及低侧功率半导体装置的至少一方具备功率开关元件和与功率开关元件反向并联连接的功率二极管。在第七实施方式中,说明相对于第五实施方式的半桥功率半导体模块5,使高速回流功率二极管FWD反向并联连接的半桥功率半导体模块7。

[0220] 在第七实施方式中,对于高侧功率半导体装置(开关)13HT及低侧功率半导体装置(开关)13LT分别反向并联连接有高速回流功率二极管FWD(13HD、13LD)。

[0221] 图19是表示第七实施方式的半桥功率半导体模块7的构造的平面图。沿着图19的A-A'剖切面的剖面图、及沿着图19的B-B'剖切面的剖面图与图18(c)及图18(b)相同,其

电路图与图6(c)相同。对与图6、图18 相同的构成要素赋予相同的标记而省略说明。

[0222] 从绝缘板16的主面的法线方向观察,负极配线导体12LT隔着空隙被桥接配线导体12B(T)包围。从绝缘板16的主面的法线方向观察,负极配线导体12LD隔着空隙被桥接配线导体12B(D)包围。在负极配线导体(12LT、12LD)接合有立起式端子即低侧端子14L'。多个接合线18LT将负极配线导体12LT和低侧功率半导体装置(开关)13LT的表面电极(源极电极或栅极电极)连接。多个接合线18LD将负极配线导体12LD和低侧功率半导体装置(二极管)13LD的表面电极(阳极电极)连接。

[0223] 立起式的桥接端子14B'以将桥接配线导体12B(T)、12B(D)横切的方式,与桥接配线导体12B(T)、12B(D)接合。立起式的高侧端子14H'与正极配线导体12H(T)及正极配线导体12H(D)的凸部区域接合。

[0224] 多个接合线18HT将桥接配线导体12B(D)的凸部区域和高侧功率半导体装置(开关)13HT的表面电极(源极电极或发射极电极)连接。多个接合线18HD将桥接配线导体12B(T)的凸部区域和高侧功率半导体装置(二极管)13HD的表面电极(阳极电极)连接。

[0225] 第七实施方式的半桥功率半导体模块7的制造工序与使用图15或图16 说明的制造工序基本相同,故而省略说明。

[0226] 与第六实施方式相同,第七实施方式的半桥功率半导体模块7具备由单侧的绝缘板16构成的绝缘配线基板15(图18)。因此,热阻比绝缘板为双层的图21的比较例低,实现了与之前的功率半导体装置同等的热阻。

[0227] 图20A(a)表示在图19的高侧功率半导体装置(开关)13HT接通时流过的主电流 I_{LH} ,图20A(b)表示在图19的低侧功率半导体装置(二极管)13LD中流过的主电流(环流电流) I_{LL} 。图20B(a)表示在图19的低侧功率半导体装置(开关)13LT接通时流过的主电流 I_{LL} ,图20B(b)表示在图19的高侧功率半导体装置(二极管)13HD中流过的主电流(环流电流) I_{LH} 。如图20A及图20B所示,可知在半桥功率半导体模块7的各动作模式中,主电流 I_{LH} 、 I_{LL} 实现了接近反向平行流通。

[0228] 各种部件的基本构成和动作模式与第三实施方式(图6)及第六实施方式(图18)相同,故而在第七实施方式中也可得到与第三实施方式及第六实施方式相同的作用及效果。

[0229] 以上,依照实施例说明了本发明的内容,但本发明不限于这些记载,显然对本领域技术人员而言,可进行各种变形及改良。

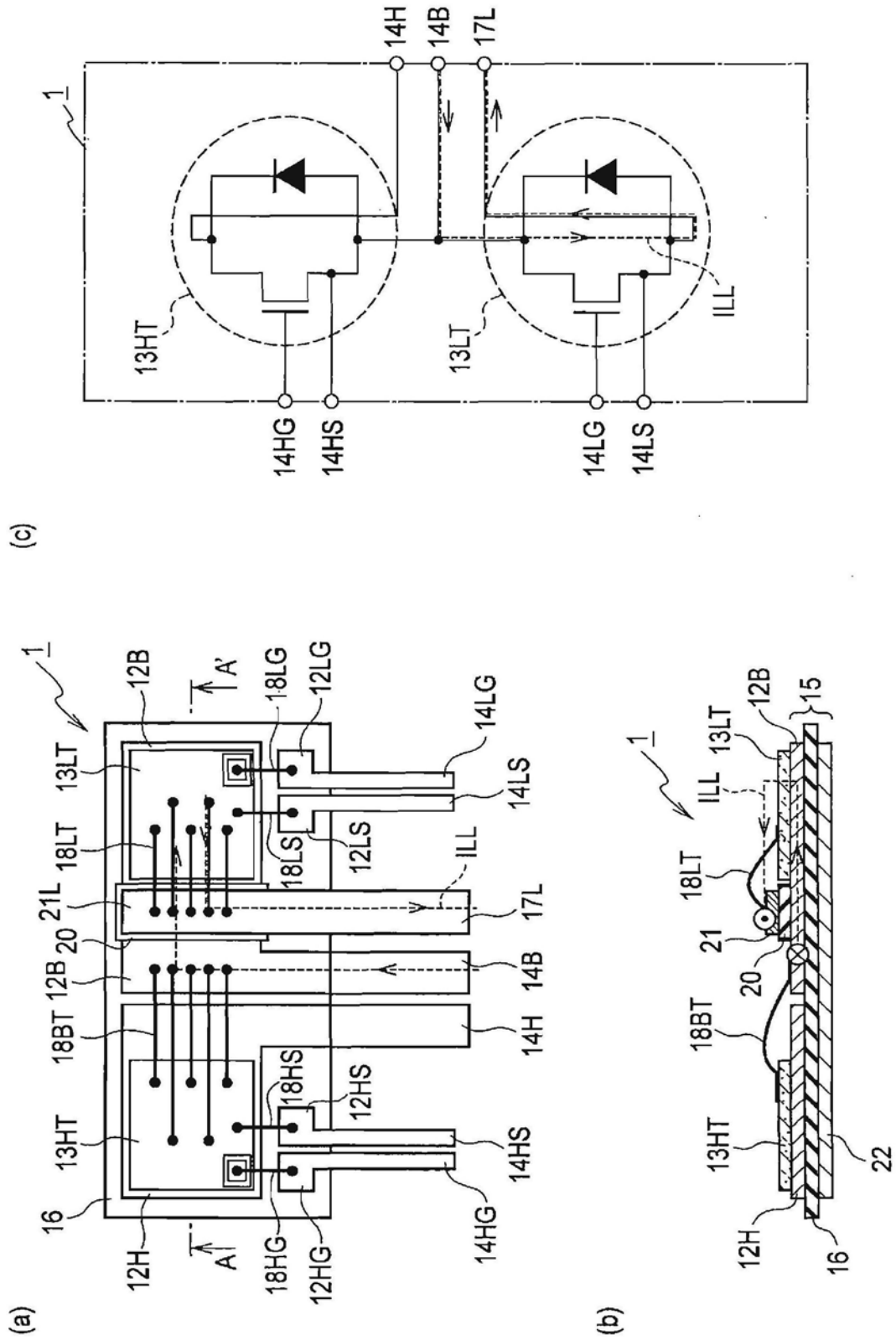


图1

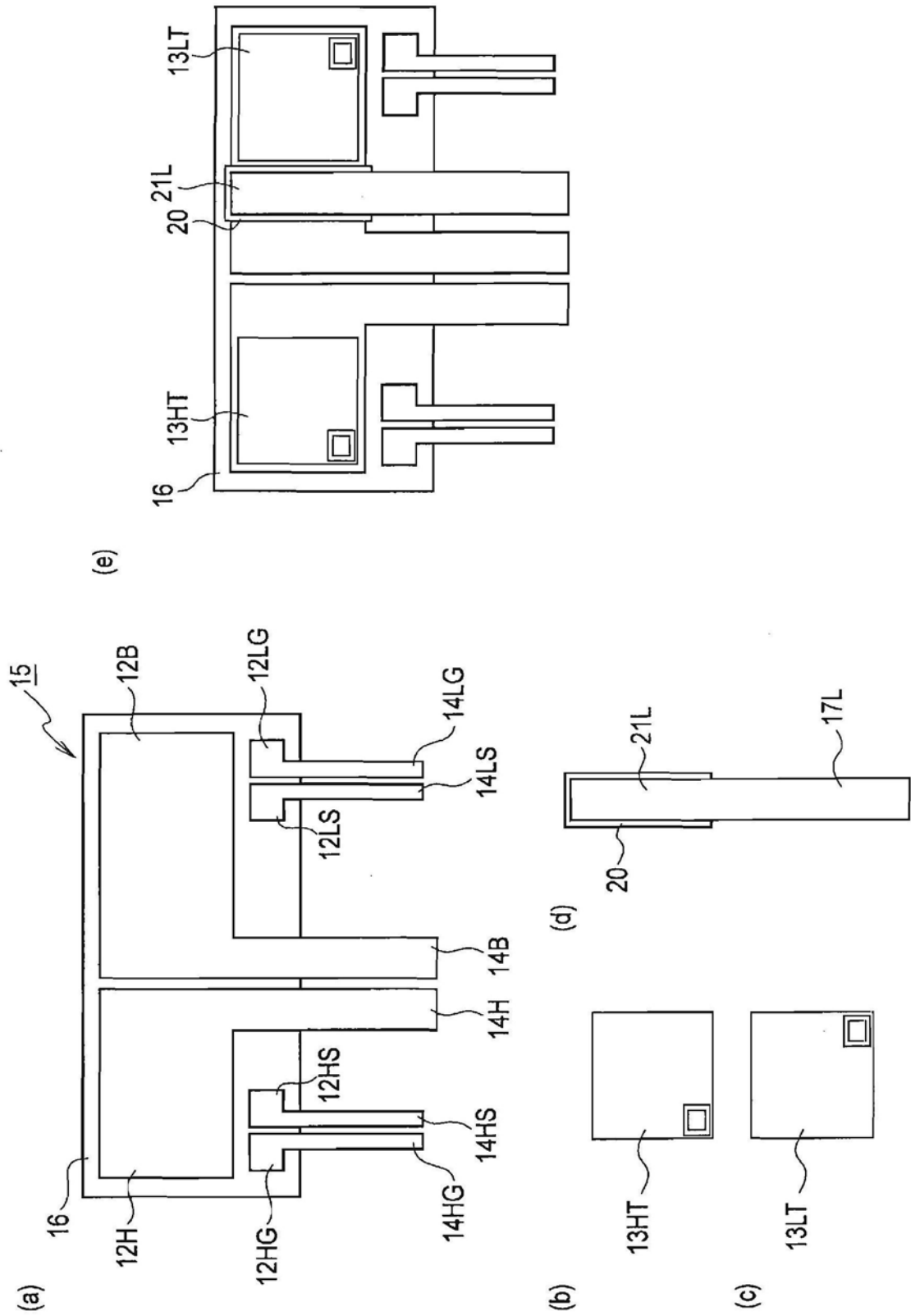
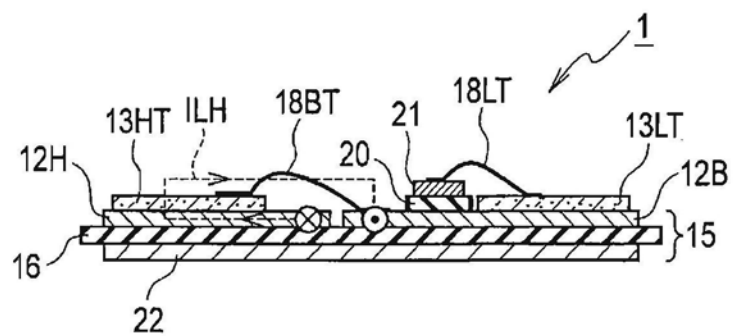
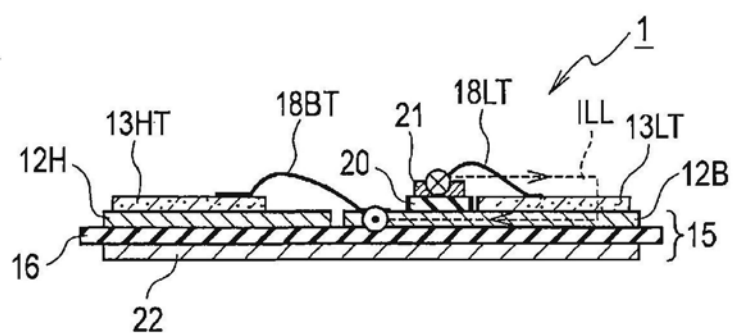


图2

(a)



(b)



(C)

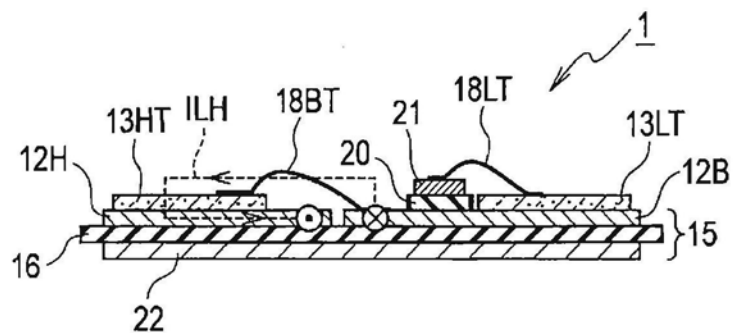


图3

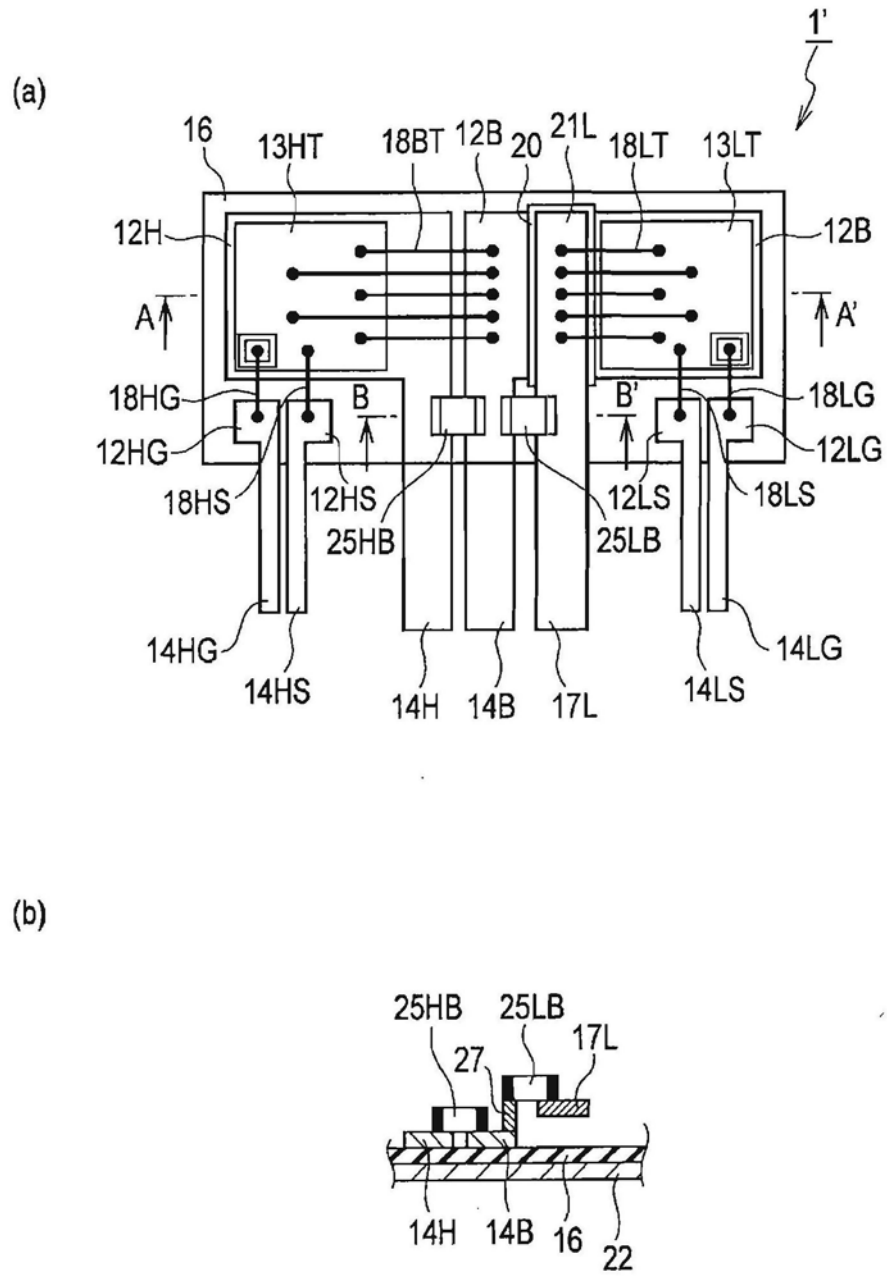


图4

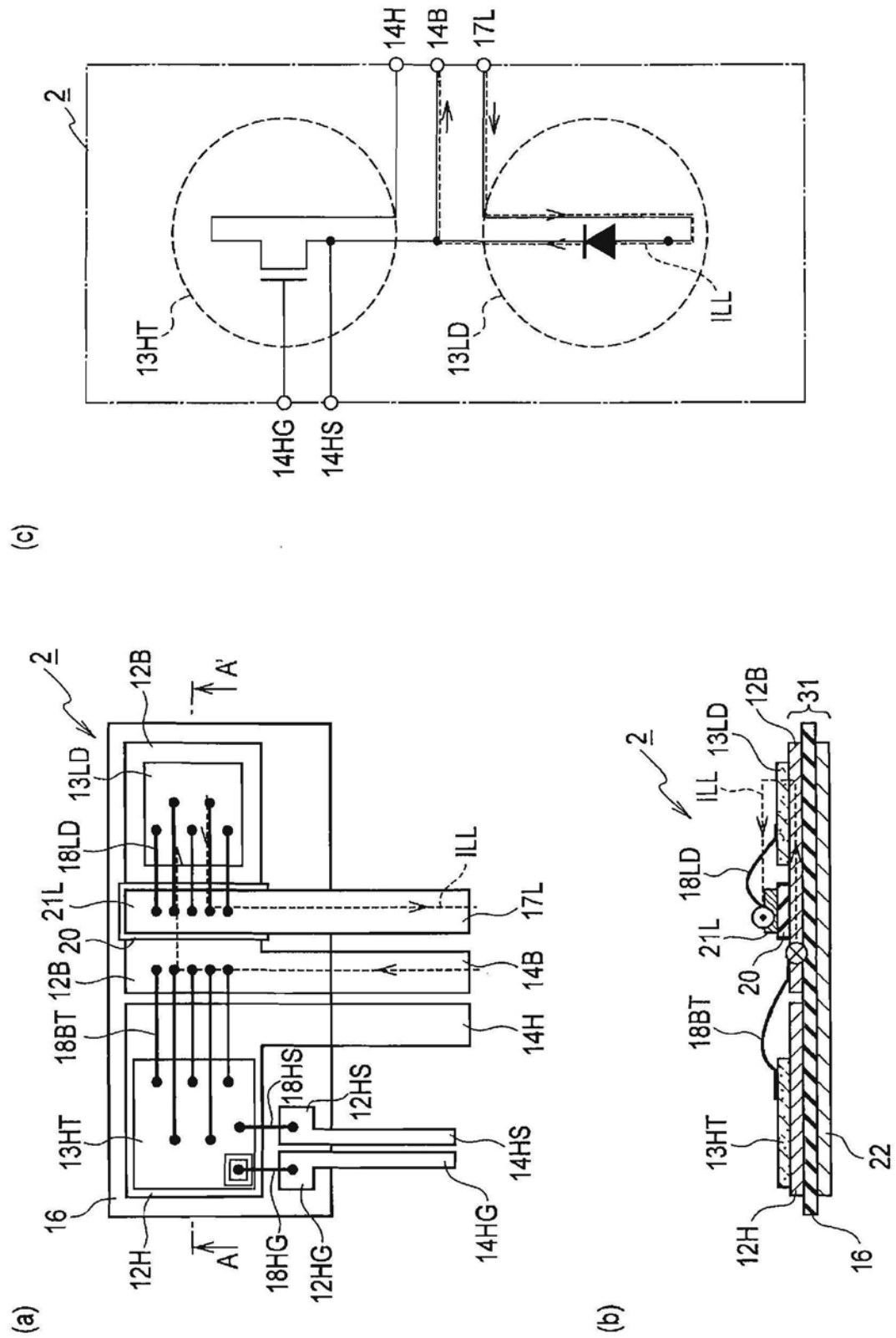


图5

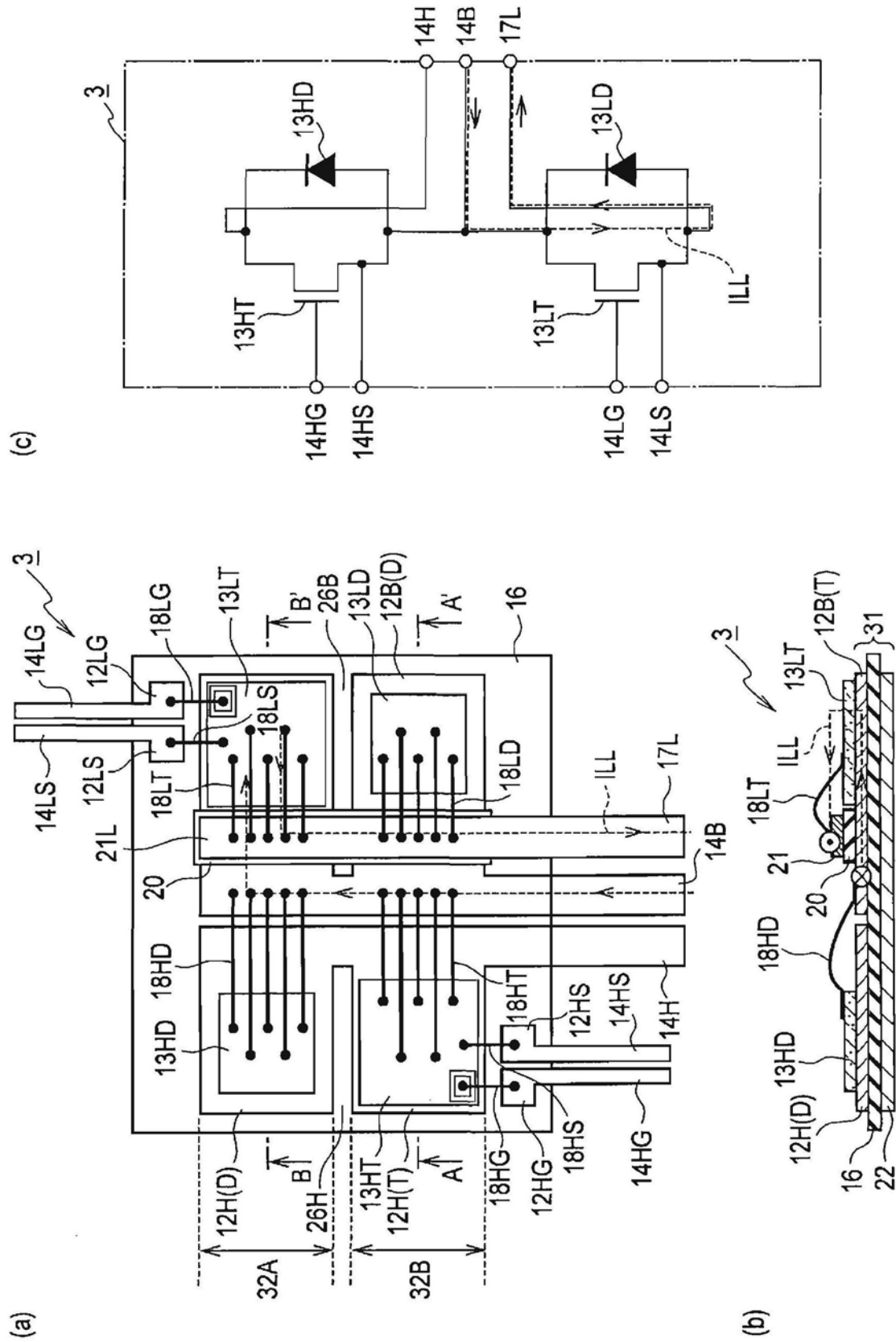
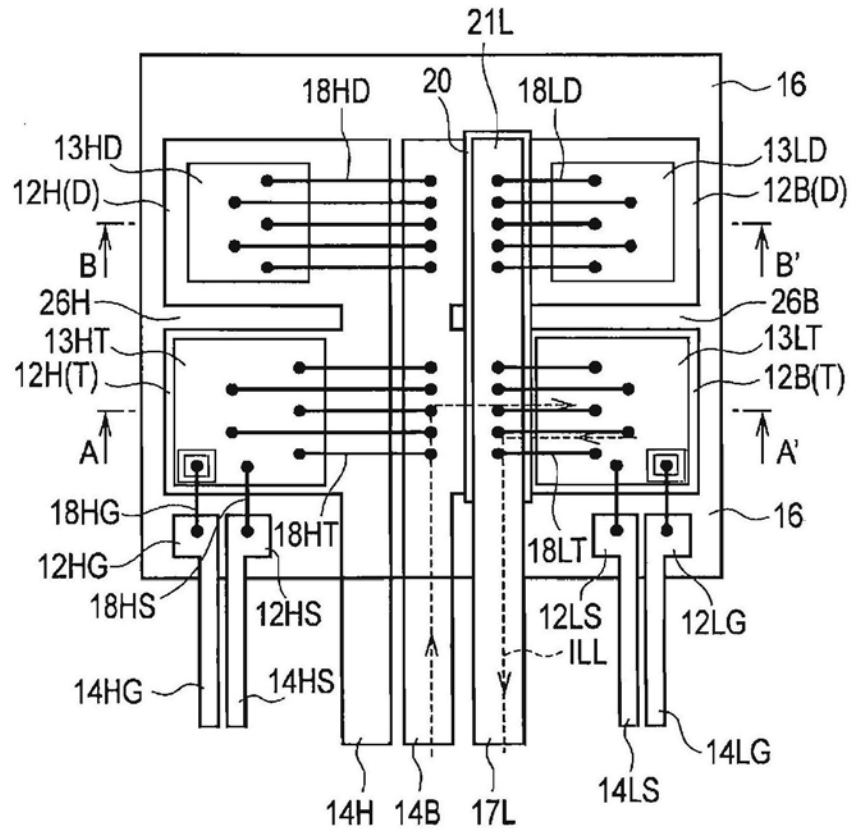


图6

(a)



(b)

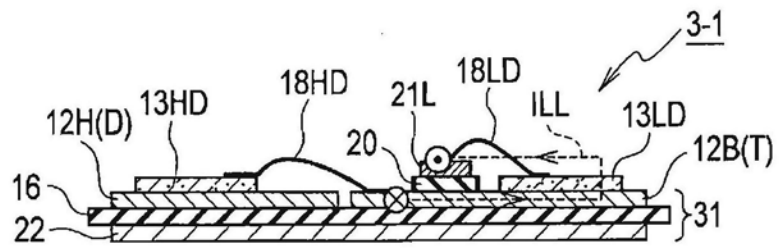
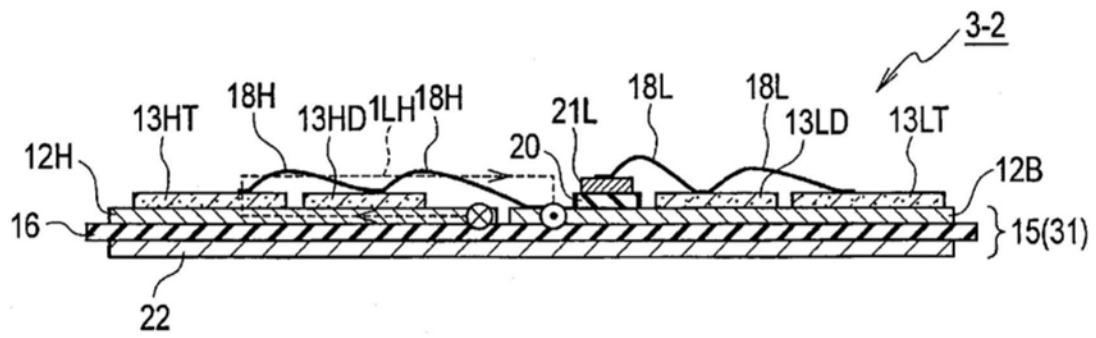
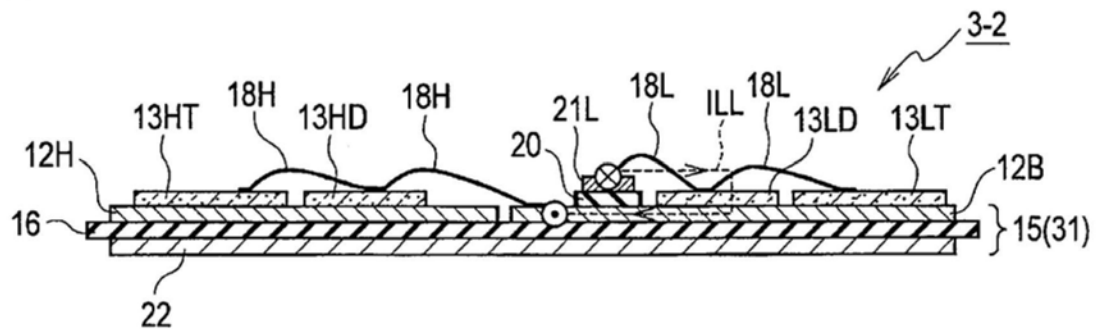


图7

(a)



(b)



(c)

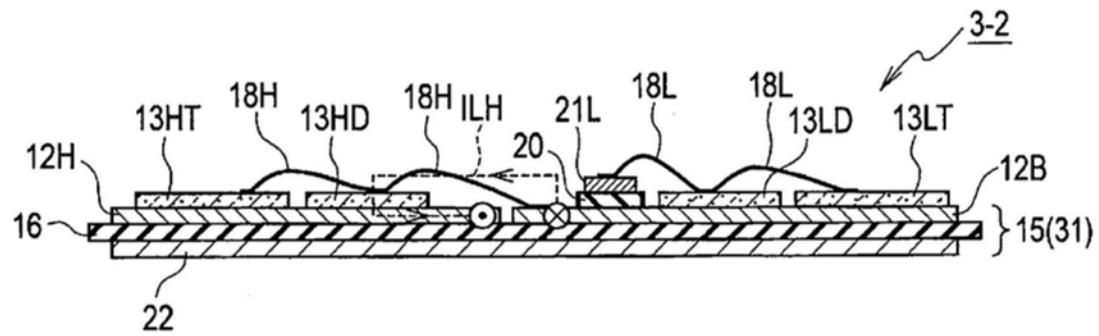


图9

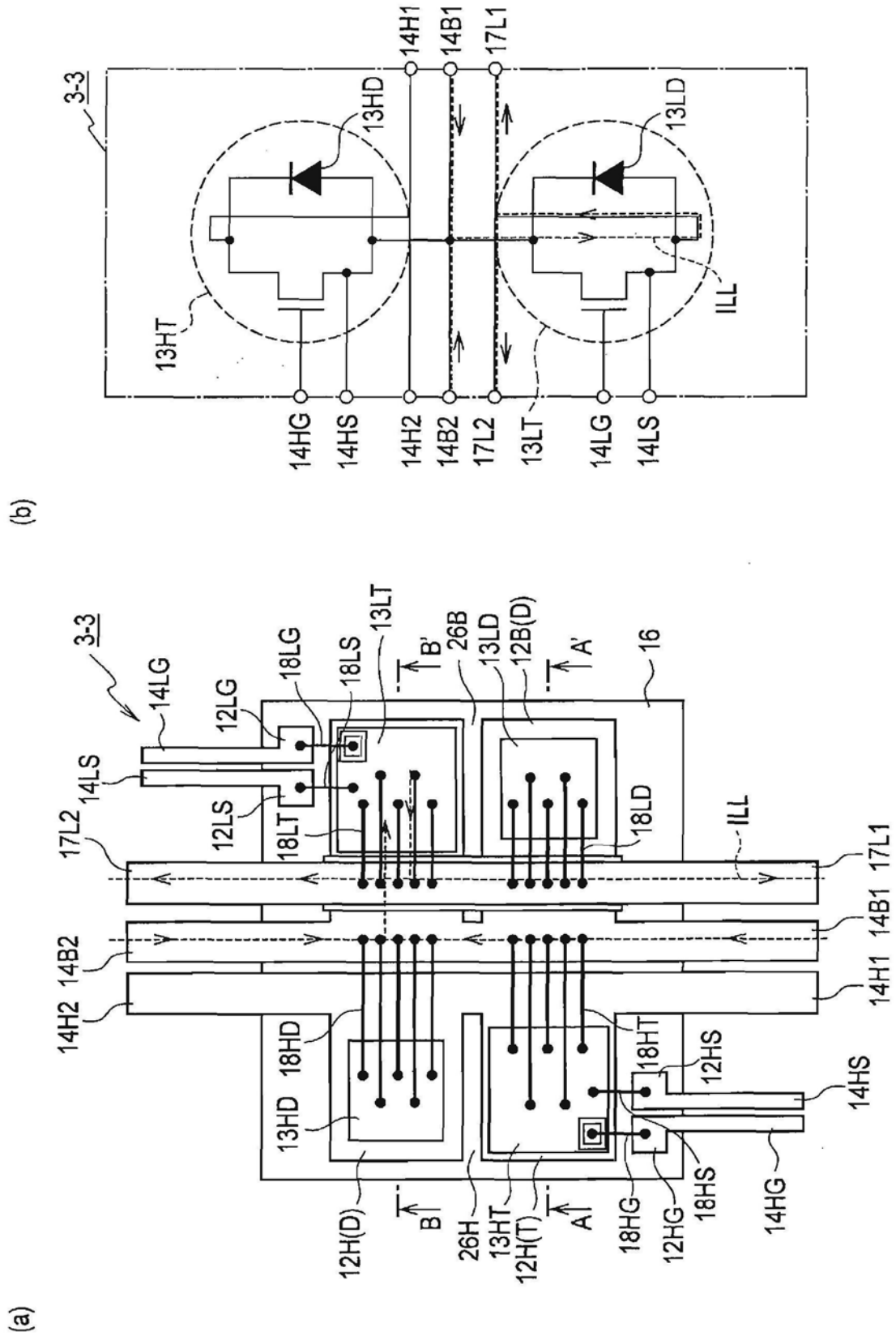


图10

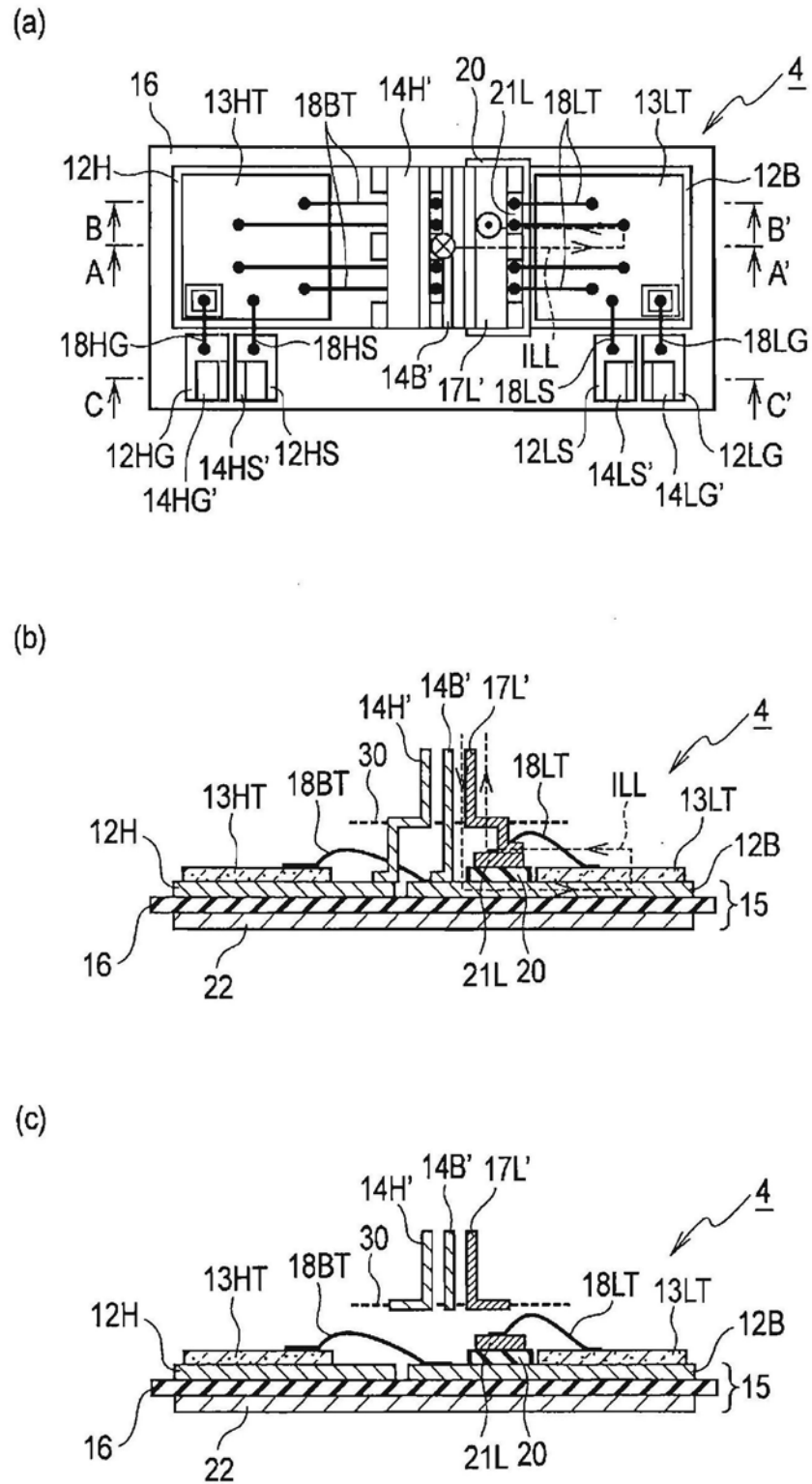
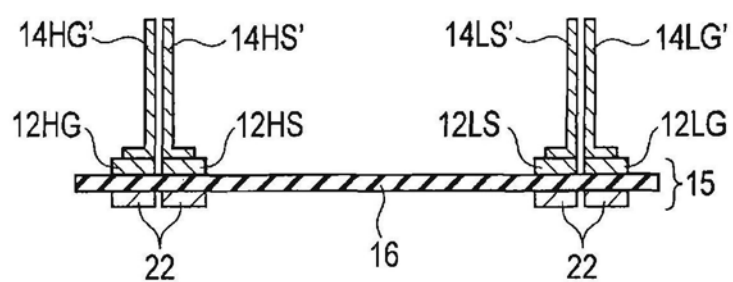


图11A

(a)



(b)

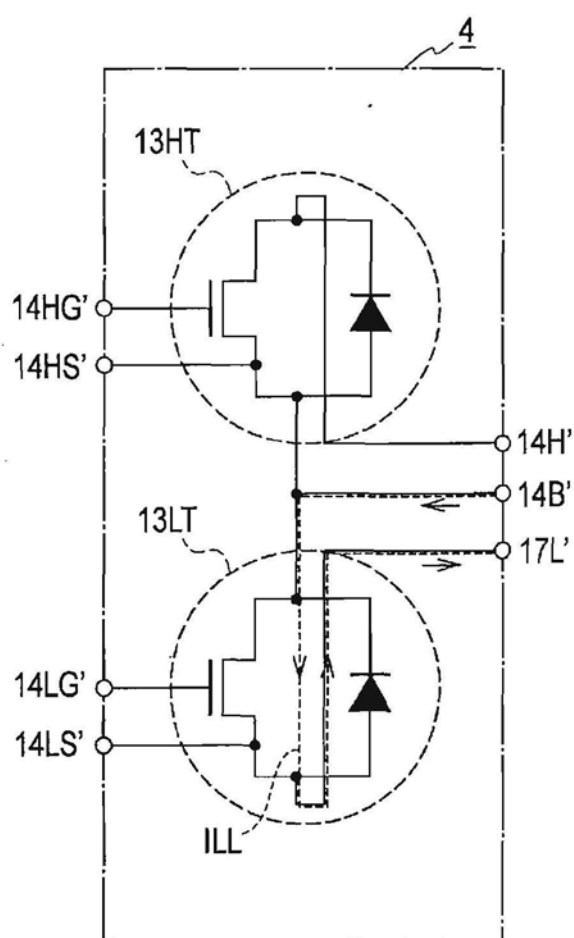
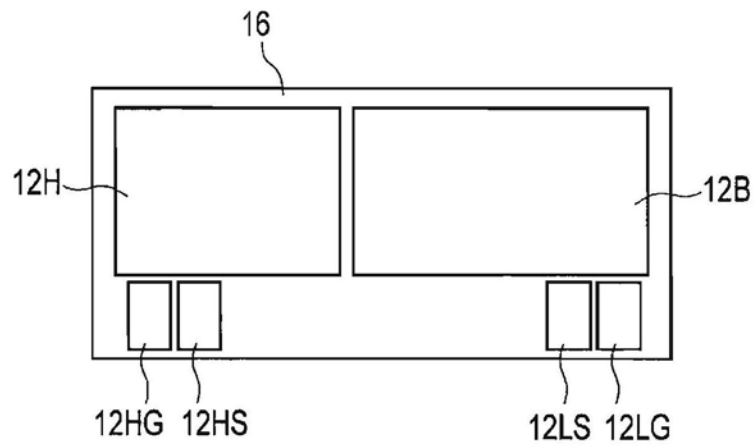
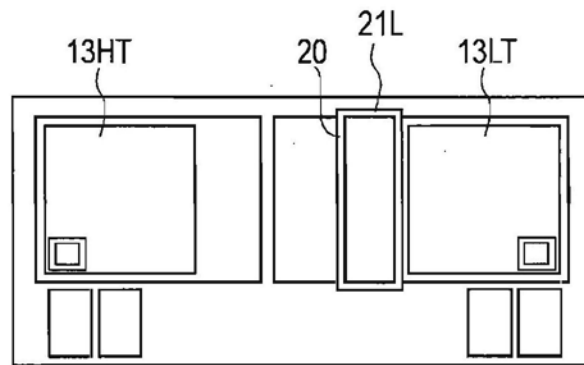


图11B

(a)



(b)



(c)

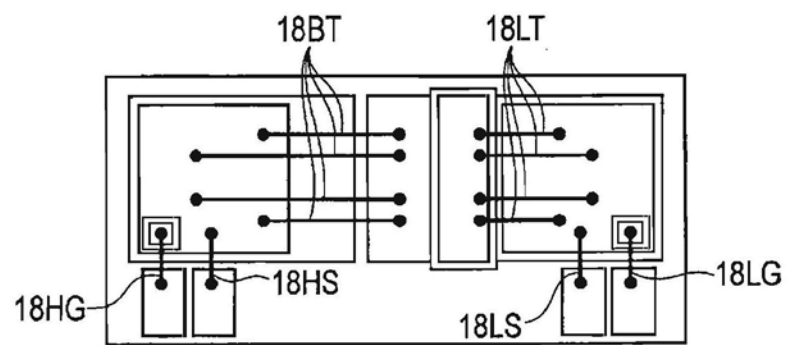
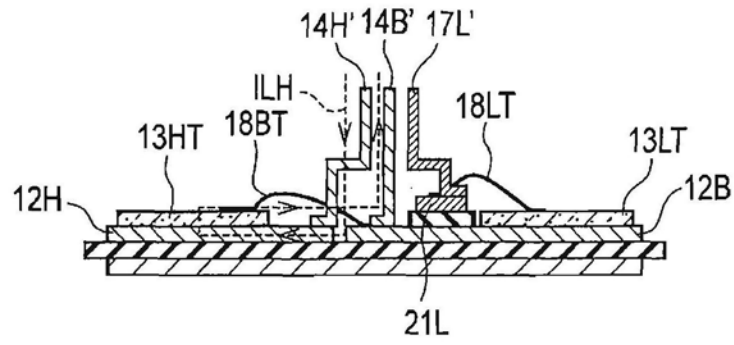
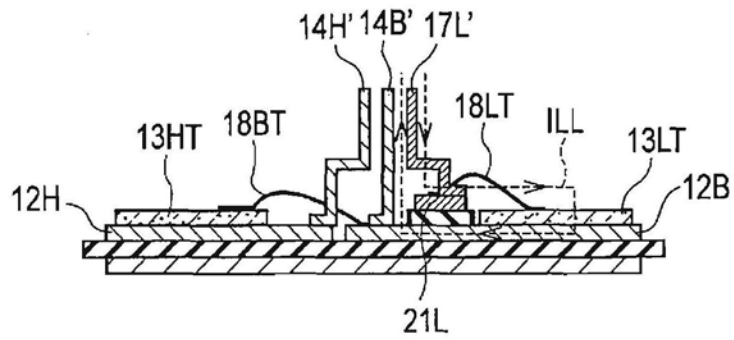


图12

(a)



(b)



(c)

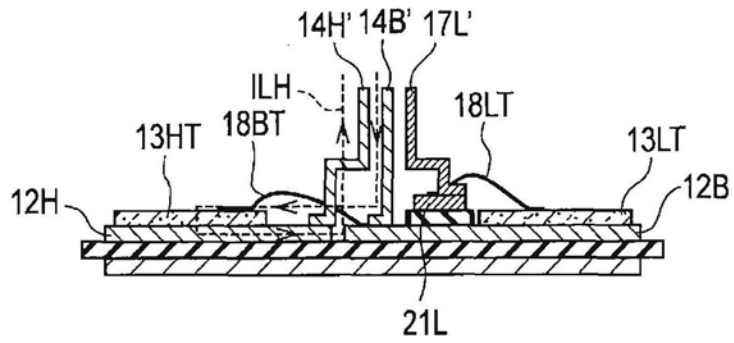


图13

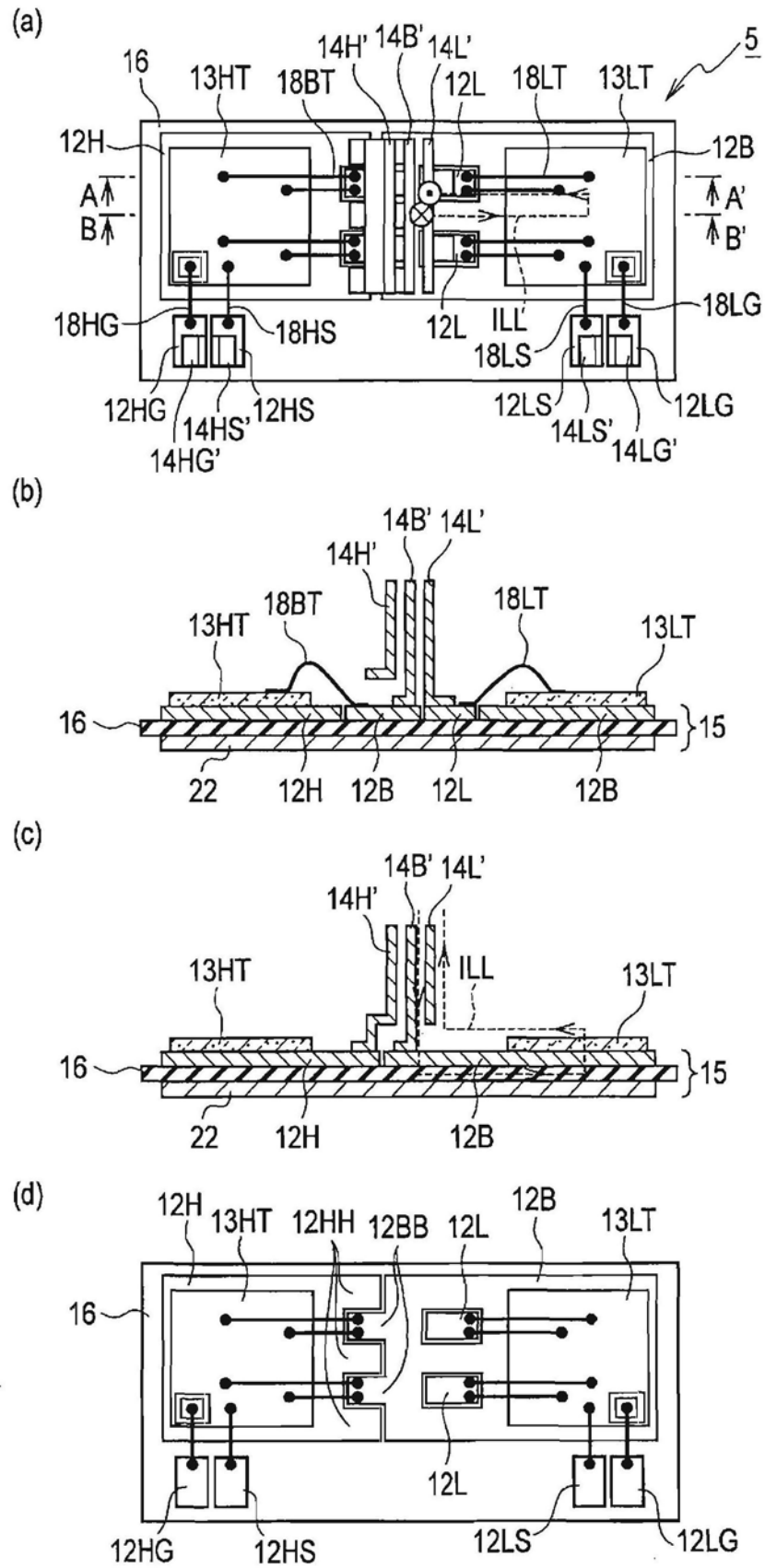


图14A

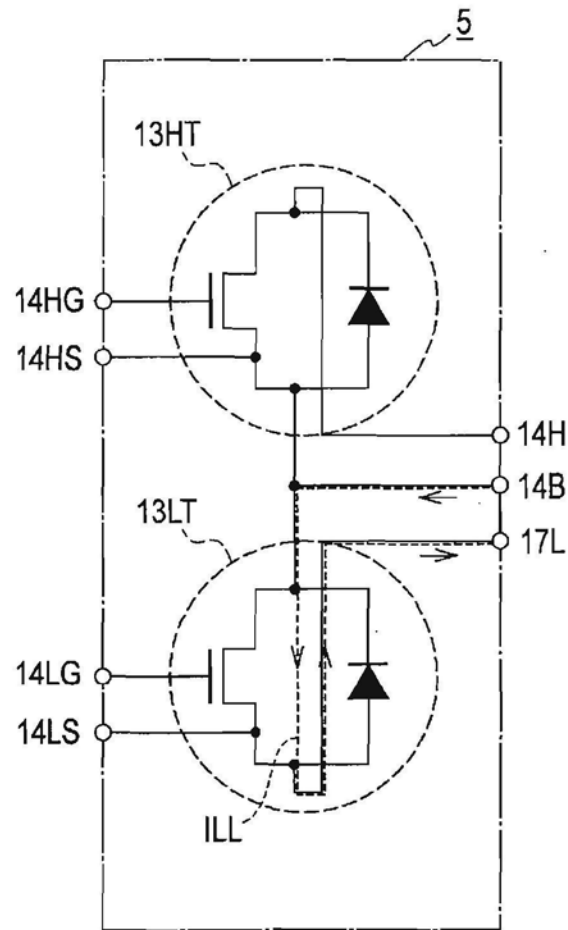
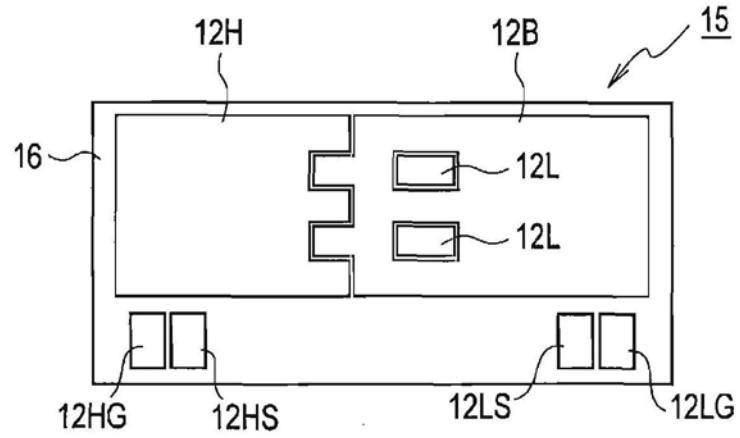
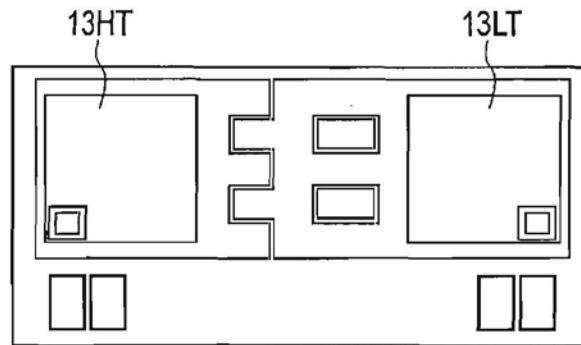


图14B

(a)



(b)



(c)

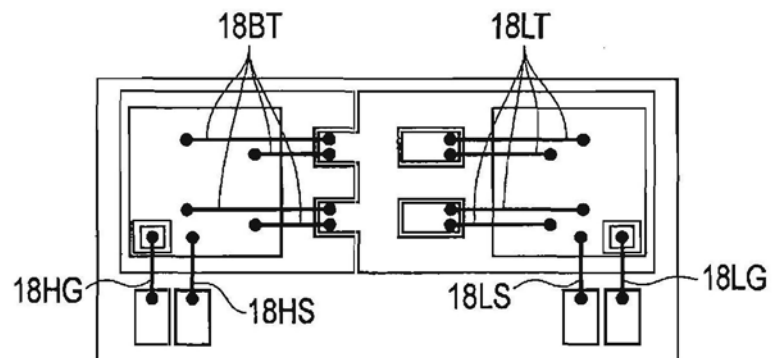
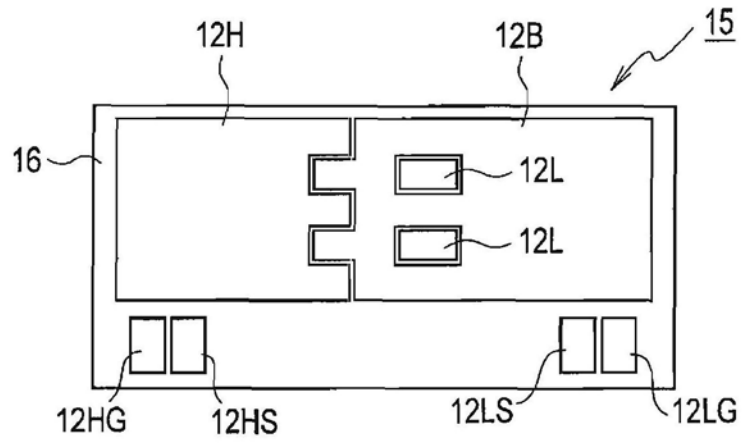
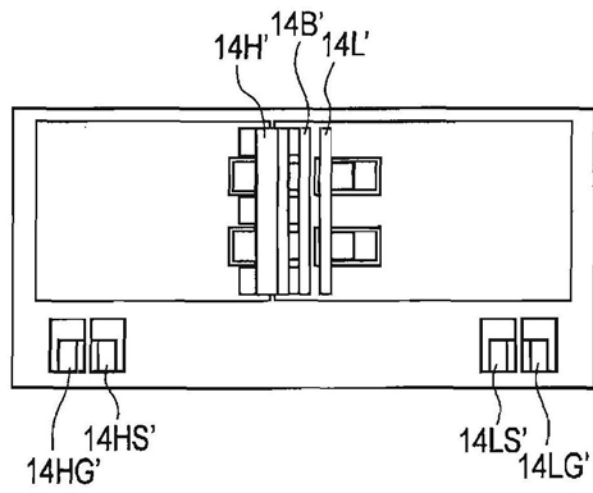


图15

(a)



(b)



(c)

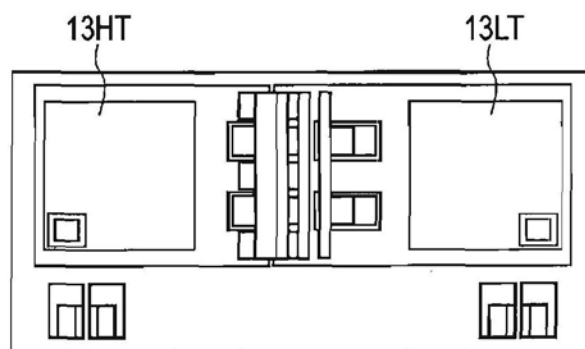


图16

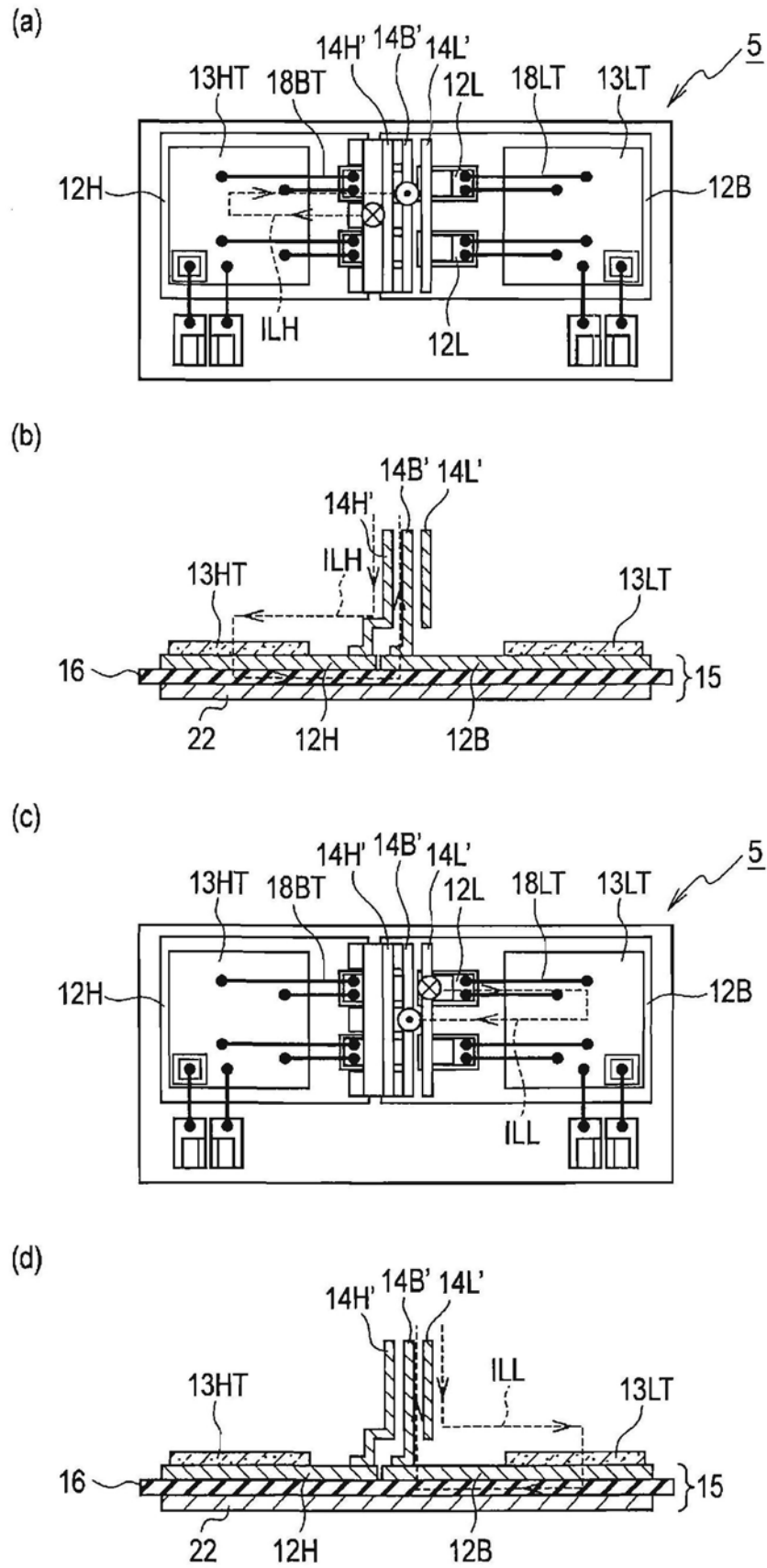
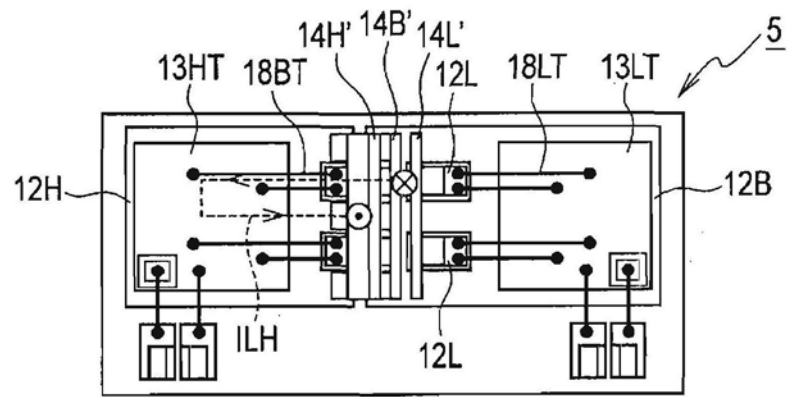


图17A

(e)



(f)

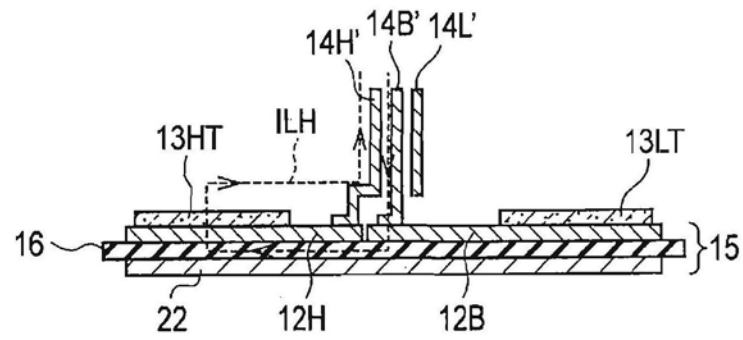
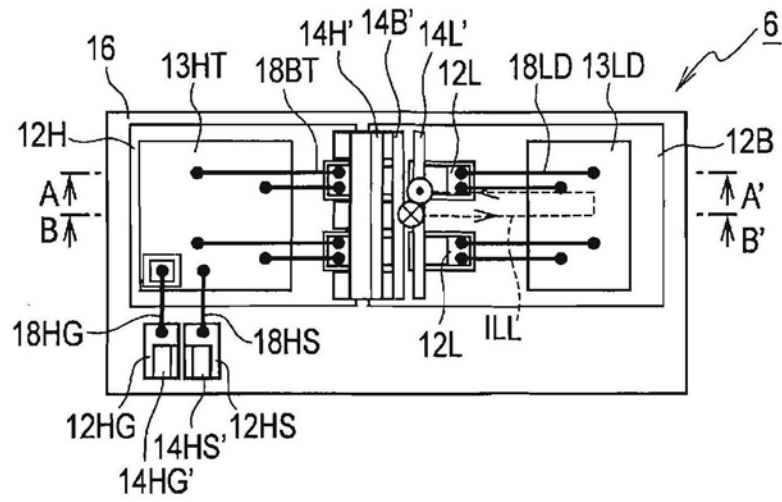
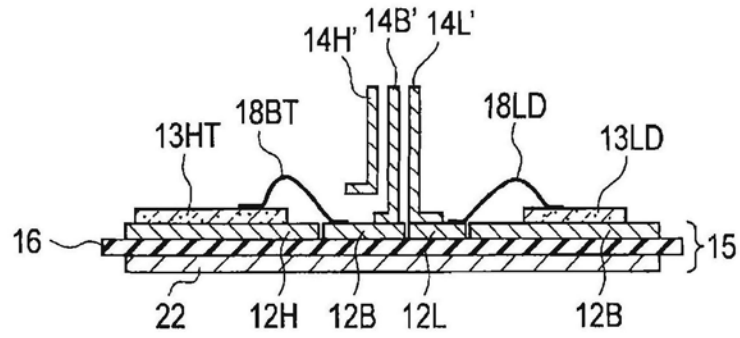


图17B

(a)



(b)



(c)

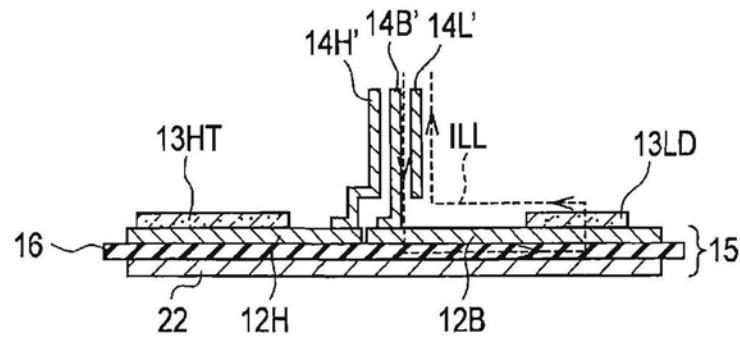


图18

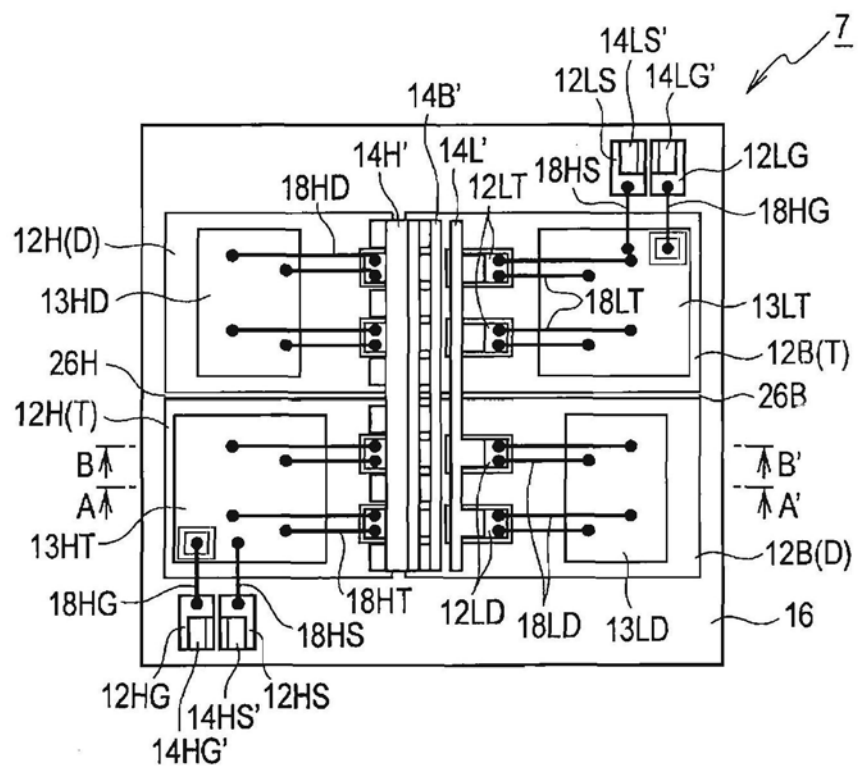
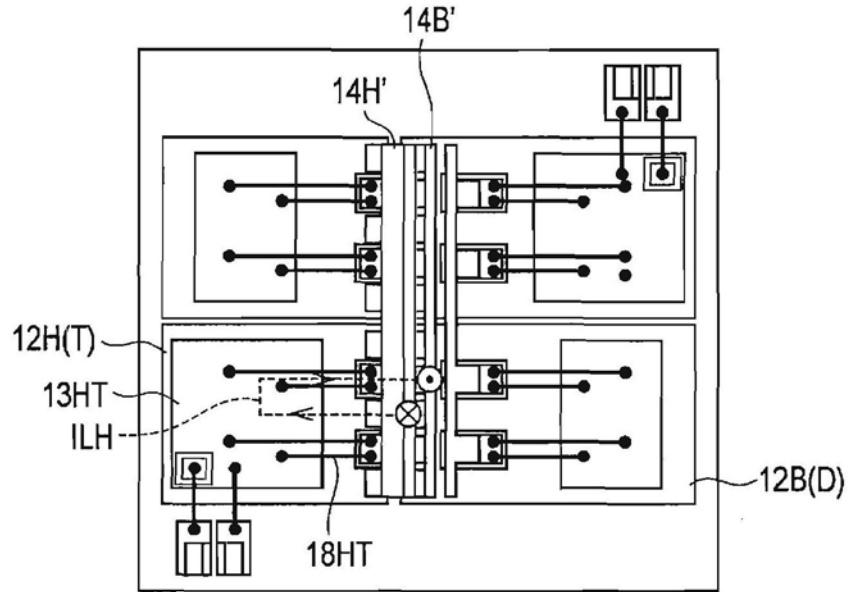


图19

(a)



(b)

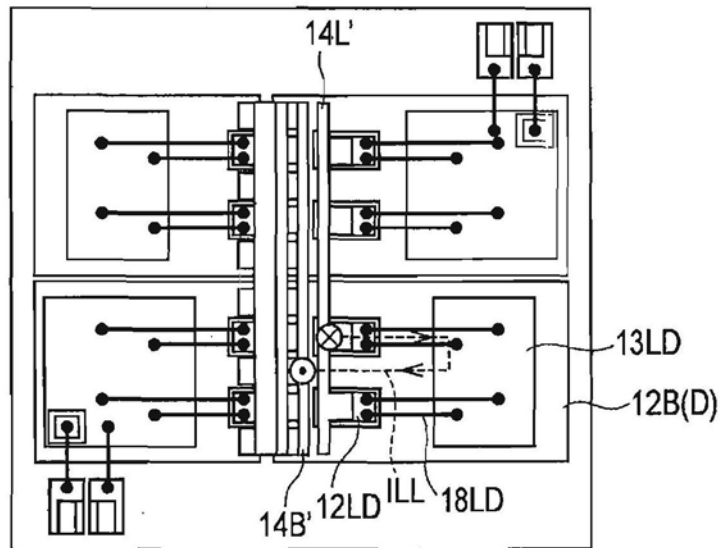
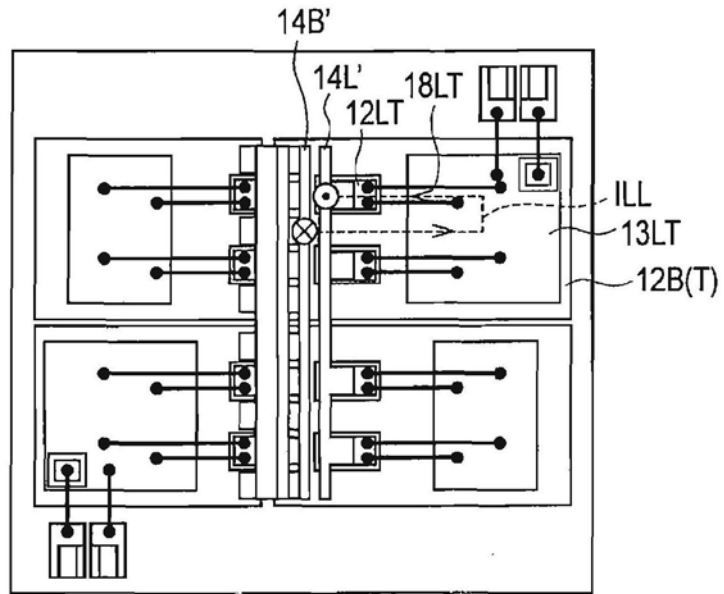


图20A

(a)



(b)

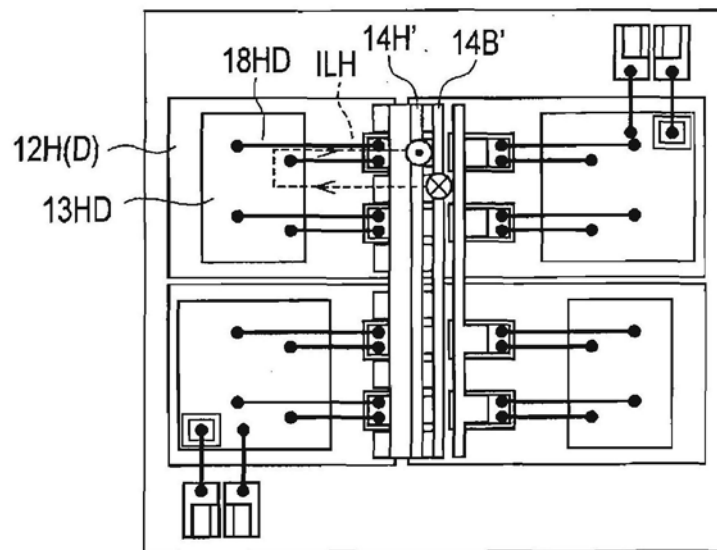


图20B

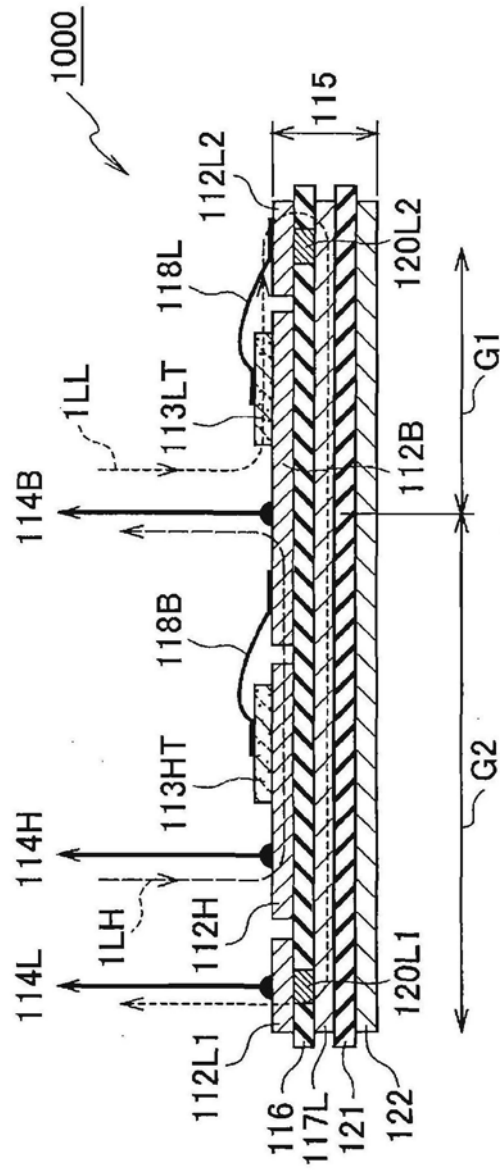


图21