(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104795388 A
(43)申请公布日 2015.07.22

(21)申请号 201510129209.2

(22)申请日 2015.03.23

(71)申请人 广东美的制冷设备有限公司
地址 528311 广东省佛山市顺德区北滘镇美的大道6号美的总部大楼B区26-28楼
申请人 美的集团股份有限公司

(72)发明人 冯宇翔

(74)专利代理机构 深圳市世纪恒程知识产权代理事务所 44287
代理人 胡海国

(51)Int.Cl.
H01L 25/16(2006.01)
H01L 23/367(2006.01)

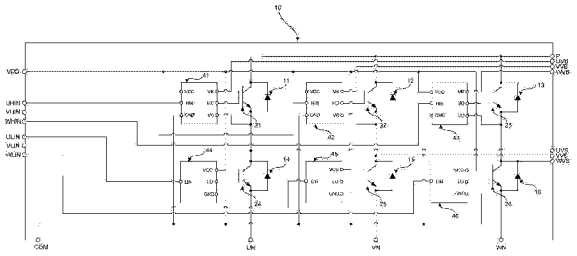
权利要求书3页 说明书12页 附图15页

(54)发明名称

智能功率模块及其制造方法

(57)摘要

本发明公开一种智能功率模块及其制造方法，智能功率模块包括电路布线、设置在电路布线预定位置的功率元件和非功率元件，以及作为载体的纸质散热器，所述散热器的一面作为正面覆盖有绝缘层，所述电路布线设置在所述绝缘层上；所述散热器的另一面作为背面，设置有用于散热的皱褶；所述功率元件包括功率器件，功率器件包括IGBT管和与所述IGBT管连接的FRD管，所述FRD管底部设置有承托盘，所述FRD管倒扣在所述IGBT管的预定位置上且所述FRD管的顶部与所述IGBT管接触，所述承托盘通过电路布线与所述IGBT管相连。本发明减小了智能功率模块的体积和重量，降低了成本，并且具有良好的散热效果。



CN 104795388 A

1. 一种智能功率模块，包括电路布线、设置在所述电路布线预定位置的功率元件和非功率元件，其特征在于，还包括作为载体的纸质散热器，所述散热器的一面作为正面覆盖有绝缘层，所述电路布线设置在所述绝缘层上远离所述散热器的一面；所述散热器的另一面作为背面，设置有用于散热的皱褶；所述功率元件包括功率器件，所述功率器件包括 IGBT 管和与所述 IGBT 管连接的 FRD 管，所述 FRD 管底部设置有承托盘，所述 FRD 管倒扣在所述 IGBT 管的预定位置上且所述 FRD 管的顶部与所述 IGBT 管接触，所述承托盘通过所述电路布线与所述 IGBT 管相连。

2. 根据权利要求 1 所述的智能功率模块，其特征在于，所述承托盘安装所述 FRD 管的一面设有平坦部，且所述承托盘安装所述 FRD 管的一面在远离所述平坦部的边缘设有若干用于连接所述电路布线的突起部。

3. 根据权利要求 2 所述的智能功率模块，其特征在于，所述智能功率模块还包括：用于连接所述电路布线、所述功率元件和所述非功率元件以构成相应控制电路的金属线。

4. 根据权利要求 3 所述的智能功率模块，其特征在于，所述智能功率模块还包括配置在所述功率模块边缘、与所述电路布线连接并向外延伸作为输入输出的引脚，所述电路布线、所述功率元件和非功率元件、金属线，以及所述引脚与所述电路布线的连接部分由树脂封装。

5. 根据权利要求 4 所述的智能功率模块，其特征在于，所述散热器和所述皱褶均为湿式碳素复合材料功能纸，所述散热器的厚度为 1.5mm ～ 2.5mm；所述散热器的厚度大于所述皱褶的厚度；所述皱褶距所述散热器的各边缘的距离至少为 1.5mm。

6. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的智能功率模块，其特征在于，所述功率器件为六个，分别为三个上桥臂功率器件和三个下桥臂功率器件，所述功率元件还包括分别与所述三个上桥臂功率器件对应连接的 U 相高压驱动集成管、V 相高压驱动集成管、W 相高压驱动集成管，和分别与所述三个下桥臂功率器件对应连接的 U 相低压驱动集成管、V 相低压驱动集成管、W 相低压驱动集成管。

7. 根据权利要求 6 所述的智能功率模块，其特征在于，所述三个上桥臂功率器件分别为第一功率器件、第二功率器件、第三功率器件，所述三个下桥臂功率器件分别为第四功率器件、第五功率器件、第六功率器件；

所述第一功率器件包括第一 IGBT 管和第一 FRD 管，所述第二功率器件包括第二 IGBT 管和第二 FRD 管，所述第三功率器件包括第三 IGBT 管和第三 FRD 管，所述第四功率器件包括第四 IGBT 管和与第四 FRD 管，所述第五功率器件包括第五 IGBT 管和第五 FRD 管，所述第六功率器件包括第六 IGBT 管和第六 FRD 管；

所述 U、V、W 三相高压驱动集成管包括电源端、输入端、输出端、高压电源正端、高压电源负端和接地端，所述 U、V、W 三相低压驱动集成管包括电源端、输入端、输出端和接地端，其中：

所述 U、V、W 三相高压驱动管的输入端分别作为所述智能功率模块的 U、V、W 三相上桥臂输入端；所述 U、V、W 三相低压驱动管的输入端分别作为所述智能功率模块的 U、V、W 三相下桥臂输入端；

所述 U、V、W 三相高压驱动管和所述 U、V、W 三相低压驱动集成管的电源端相连并作为所述智能功率模块的低压区供电电源的正端，所述 U、V、W 三相高压驱动管和所述 U、V、W 三

相低压驱动集成管的接地端相连作为所述智能功率模块的低压区供电电源的负端，所述 U、V、W 三相高压驱动管的高压电源正端分别作为所述智能功率模块的 U、V、W 三相高压区供电电源的正端；

所述 U 相高压驱动集成管的输出端与所述第一 IGBT 管的栅极相连，所述 U 相高压驱动集成管的高压电源负端与所述第一 IGBT 管的射极、所述第一 FRD 管的阳极、所述第四 IGBT 管的集电极、所述第四 FRD 管的阴极相连，并作为所述智能功率模块的 U 相高压区供电电源的负端；所述 V 相高压驱动集成管的输出端与所述第二 IGBT 管的栅极相连，所述 V 相高压驱动集成管的高压电源负端与所述第二 IGBT 管的射极、所述第二 FRD 管的阳极、所述第五 IGBT 管的集电极、所述第五 FRD 管的阴极相连，并作为所述智能功率模块的 V 相高压区供电电源的负端；所述 W 相高压驱动集成管的输出端与所述第三 IGBT 管的栅极相连，所述 W 相高压驱动集成管的高压电源负端与所述第三 IGBT 管的射极、所述第三 FRD 管的阳极、所述第六 IGBT 管的集电极、所述第六 FRD 管的阴极相连，并作为所述智能功率模块的 W 相高压区供电电源的负端；

所述第一 IGBT 管的集电极、所述第一 FRD 管的阴极、所述第二 IGBT 管的集电极、所述第二 FRD 管的阴极、所述第三 IGBT 管的集电极、所述第三 FRD 管的阴极相连，并作为所述智能功率模块的高电压输入端；

所述 U 相低压驱动集成管的输出端与第四 IGBT 管的栅极相连，所述第四 IGBT 管的射极与所述第四 FRD 管的阳极相连，并作为所述智能功率模块的 U 相低压参考端，所述 V 相低压驱动集成管的输出端与第五 IGBT 管的栅极相连，所述第五 IGBT 管的射极与所述第五 FRD 管的阳极相连，并作为所述智能功率模块的 V 相低压参考端，所述 W 相低压驱动集成管的输出端与第六 IGBT 管的栅极相连，所述第六 IGBT 管的射极与所述第六 FRD 管的阳极相连，并作为所述智能功率模块的 W 相低压参考端。

8. 一种智能功率模块的制造方法，其特征在于，包括以下步骤：

形成纸质散热器，在所述散热器的正面覆盖绝缘层，在绝缘层表面形成电路布线；

在所述电路布线的表面装配 IGBT 管、高压驱动集成管、低压驱动集成管和预先制成的引脚，在承托盘上安装 FRD 管；

在所述 IGBT 管的射极位置安装所述 FRD 管；

通过金属线将所述 IGBT 管、所述 FRD 管、所述高压驱动集成管、所述低压驱动集成管以及所述电路布线连接形成相应的电路；

通过密封树脂将所述散热器的正面密封；

在所述散热器的背面覆盖预先制成的皱褶。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述在所述电路布线的表面装配 IGBT 管、高压驱动集成管、低压驱动集成管和预先制成的引脚，在承托盘上安装 FRD 管的步骤之前还包括：

制成独立的带镀层的引脚；具体包括：

选取铜基材，对铜基材通过冲压或蚀刻的方式，制成一排引脚，引脚之间通过加强筋连接；

在所述引脚表面依次形成镍层和镍锡合金层，得到带镀层的引脚。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的方法，其特征在于，所述形成纸质散热器，在所述散热器

的正面覆盖绝缘层，在绝缘层表面形成电路布线的步骤包括：

根据设定的电路布局选取预定尺寸的湿式碳素复合材料形成纸质散热器；

在散热器的正面，使用绝缘材料和铜材，通过热压的方式，使绝缘材料形成于所述散热器的表面并作为所述绝缘层，使铜材形成于所述绝缘层的表面作为铜箔层；

将所述铜箔层的特定位置腐蚀掉，剩余部分形成电路布线；

所述在所述散热器的背面覆盖预先制成的皱褶的步骤包括：

使用湿式碳素复合材料形成皱褶，通过耐高温胶水粘接于所述散热器的背面。

智能功率模块及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及智能功率模块技术领域，尤其涉及一种小型化和低成本化的智能功率模块以及其制造方法。

背景技术

[0002] 智能功率模块（IPM，Intelligent Power Module）是一种将电力电子和集成电路技术结合的功率驱动类产品。智能功率模块把功率开关器件和高压驱动电路集成在一起，并内藏有过电压、过电流和过热等故障检测电路。智能功率模块一方面接收 MCU 的控制信号，驱动后续电路工作，另一方面将系统的状态检测信号送回 MCU。智能功率模块以其高集成度、高可靠性等优势赢得越来越大的市场，尤其适合于驱动电机的变频器及各种逆变电源。

[0003] 参照图 1(A)、图 1(B)、图 1(C)、图 1(D) 和图 1(E)，图 1(A) 是现有的智能功率模块的电路图，图 1(B) 是现有的智能功率模块的俯视图，图 1(C) 是图 1(B) 去除树脂后的示意图，图 1(D) 是图 1(B) 的 X-X’线的截面图，图 1(E) 是现有的智能功率模块安装在铝散热器上的示意图。

[0004] 现行智能功率模块 100 包括：电路基板 206；设于所述电路基板 206 表面上的绝缘层 207 上形成的所述电路布线 208；被固定在所述电路布线 208 上的所述 IGBT 管 121 ～ 126、所述 FRD 管 111 ～ 116、所述 HVIC 管 101 等元器件；连接元器件和所述电路布线 208 的金属线 205；与所述电路布线 208 连接的引脚 201；所述电路基板 206 的至少一面被密封树脂 202 密封，为了提高密封性，会将电路基板 206 全部密封，为了提高散热性，会使所述铝基板 206 的背面露出到外部的状态下进行密封。

[0005] 从图 1(C) 可以看出，现行的智能功率模块由 1 枚 HVIC 管控制 6 枚 IGBT 管，导致走线很长，线路间容易造成干扰，并且，由于从 HVIC 管到 6 枚 IGBT 管的距离不一致，导致 6 枚 IGBT 管的信号传输一致性难以控制。

[0006] 此外，因为基板上的电路布线过多势必增加基板的面积，导致现行智能功率模块的面积加大，增加了智能功率模块的制造成本，另外，由于需要留出电路布线面积，导致元器件间距离较大，通过金属线使元器件间产生连接的邦线较长，影响了邦线的可靠性，并且有在模制过程中有引起冲线的风险。

[0007] 并且，由于现行智能功率模块的结构造成的分布电感、电容较大，造成开关损耗很高，而且现行智能功率模块实际工作时发热非常严重，所以需要厚重的电路基板 206 作为散热器帮助所述 IGBT 管及 FRD 管散热，对于功率较大的应用场合，如驱动变频空调压缩机的场合，如图 1(E) 所示，在所述电路基板 106 上还需外接更大的铝散热器 220，增加了智能功率模块的材料成本、运输成本和应用成本，阻碍了智能功率模块的普及。

发明内容

[0008] 本发明的主要目的在于提供一种体积小、成本低且具有良好散热效果的智能功率

模块及其制造方法。

[0009] 为了达到上述目的，本发明提出一种智能功率模块，包括电路布线、设置在所述电路布线预定位置的功率元件和非功率元件，以及作为载体的纸质散热器，所述散热器的一面作为正面覆盖有绝缘层，所述电路布线设置在所述绝缘层上远离散热器的一面；所述散热器的另一面作为背面，设置有用于散热的皱褶；所述功率元件包括功率器件，所述功率器件包括 IGBT 管和与所述 IGBT 管连接的 FRD 管，所述 FRD 管底部设置有承托盘，所述 FRD 管倒扣在所述 IGBT 管的预定位置上且所述 FRD 管的顶部与所述 IGBT 管接触，所述承托盘通过所述电路布线与所述 IGBT 管相连。

[0010] 优选地，所述承托盘安装所述 FRD 管的一面设有平坦部，且所述承托盘安装所述 FRD 管的一面在远离所述平坦部的边缘设有若干用于连接所述电路布线的突起部。

[0011] 优选地，所述智能功率模块还包括：用于连接所述电路布线、所述功率元件和所述非功率元件以构成相应控制电路的金属线。

[0012] 优选地，所述智能功率模块还包括配置在所述功率模块边缘、与所述电路布线连接并向外延伸作为输入输出的引脚，所述电路布线、所述功率元件和非功率元件、金属线，以及所述引脚与电路布线的连接部分由树脂封装。

[0013] 优选地，所述散热器和所述皱褶均为湿式碳素复合材料功能纸，所述散热器的厚度为 1.5mm ～ 2.5mm；所述散热器的厚度大于所述皱褶的厚度；所述皱褶距所述散热器的各边缘的距离至少为 1.5mm。

[0014] 优选地，所述功率器件为六个，分别为三个上桥臂功率器件和三个下桥臂功率器件，所述功率元件还包括分别与所述三个上桥臂功率器件对应连接的 U 相高压驱动集成管、V 相高压驱动集成管、W 相高压驱动集成管，和分别与所述三个下桥臂功率器件对应连接的 U 相低压驱动集成管、V 相低压驱动集成管、W 相低压驱动集成管。

[0015] 优选地，所述三个上桥臂功率器件分别为第一功率器件、第二功率器件、第三功率器件，所述三个下桥臂功率器件为第四功率器件、第五功率器件、第六功率器件；

[0016] 所述第一功率器件包括第一 IGBT 管和第一 FRD 管，所述第二功率器件包括第二 IGBT 管和第二 FRD 管，所述第三功率器件包括第三 IGBT 管和第三 FRD 管，所述第四功率器件包括第四 IGBT 管和第四 FRD 管，所述第五功率器件包括第五 IGBT 管和第五 FRD 管，所述第六功率器件包括第六 IGBT 管和第六 FRD 管；

[0017] 所述 U、V、W 三相高压驱动集成管包括电源端、输入端、输出端、高压电源正端、高压电源负端和接地端，所述 U、V、W 三相低压驱动集成管包括电源端、输入端、输出端和接地端，其中：

[0018] 所述 U、V、W 三相高压驱动管的输入端分别作为所述智能功率模块的 U、V、W 三相上桥臂输入端；所述 U、V、W 三相低压驱动管的输入端分别作为所述智能功率模块的 U、V、W 三相下桥臂输入端；

[0019] 所述 U、V、W 三相高压驱动管和所述 U、V、W 三相低压驱动集成管的电源端相连并作为所述智能功率模块的低压区供电电源的正端，所述 U、V、W 三相高压驱动管和所述 U、V、W 三相低压驱动集成管的接地端相连作为所述智能功率模块的低压区供电电源的负端，所述 U、V、W 三相高压驱动管的高压电源正端分别作为所述智能功率模块的 U、V、W 三相高压区供电电源的正端；

[0020] 所述U相高压驱动集成管的输出端与所述第一IGBT管的栅极相连，所述U相高压驱动集成管的高压电源负端与所述第一IGBT管的射极、所述第一FRD管的阳极、所述第四IGBT管的集电极、所述第四FRD管的阴极相连，并作为所述智能功率模块的U相高压区供电电源的负端；所述V相高压驱动集成管的输出端与所述第二IGBT管的栅极相连，所述V相高压驱动集成管的高压电源负端与所述第二IGBT管的射极、所述第二FRD管的阳极、所述第五IGBT管的集电极、所述第五FRD管的阴极相连，并作为所述智能功率模块的V相高压区供电电源的负端；所述W相高压驱动集成管的输出端与所述第三IGBT管的栅极相连，所述W相高压驱动集成管的高压电源负端与所述第三IGBT管的射极、所述第三FRD管的阳极、所述第六IGBT管的集电极、所述第六FRD管的阴极相连，并作为所述智能功率模块的W相高压区供电电源的负端；

[0021] 所述第一IGBT管的集电极、所述第一FRD管的阴极、所述第二IGBT管的集电极、所述第二FRD管的阴极、所述第三IGBT管的集电极、所述第三FRD管的阴极相连，并作为所述智能功率模块的高电压输入端；

[0022] 所述U相低压驱动集成管的输出端与第四IGBT管的栅极相连，所述第四IGBT管的射极与所述第四FRD管的阳极相连，并作为所述智能功率模块的U相低压参考端，所述V相低压驱动集成管的输出端与第五IGBT管的栅极相连，所述第五IGBT管的射极与所述第五FRD管的阳极相连，并作为所述智能功率模块的V相低压参考端，所述W相低压驱动集成管的输出端与第六IGBT管的栅极相连，所述第六IGBT管的射极与所述第六FRD管的阳极相连，并作为所述智能功率模块的W相低压参考端。

[0023] 本发明还提出一种智能功率模块的制造方法，包括以下步骤：

[0024] 形成纸质散热器，在所述散热器的正面覆盖绝缘层，在绝缘层表面形成电路布线；

[0025] 在所述电路布线的表面装配IGBT管、高压驱动集成管、低压驱动集成管和预先制成的引脚，在承托盘上安装FRD管；

[0026] 在所述IGBT管的射极位置安装所述FRD管；

[0027] 通过金属线将所述IGBT管、所述FRD管、所述高压驱动集成管、所述低压驱动集成管以及所述电路布线连接形成相应的电路；

[0028] 通过密封树脂将所述散热器的正面密封；

[0029] 在所述散热器的背面覆盖预先制成的皱褶。

[0030] 优选地，所述在所述电路布线的表面装配IGBT管、高压驱动集成管、低压驱动集成管和预先制成的引脚，在承托盘上安装FRD管的步骤之前还包括：

[0031] 制成独立的带镀层的引脚；具体包括：

[0032] 选取铜基材，对铜基材通过冲压或蚀刻的方式，制成一排引脚，引脚之间通过加强筋连接；

[0033] 在所述引脚表面依次形成镍层和镍锡合金层，得到带镀层的引脚。

[0034] 优选地，所述形成纸质散热器，在所述散热器的正面覆盖绝缘层，在绝缘层表面形成电路布线的步骤包括：

[0035] 根据设定的电路布局选取预定尺寸的湿式碳素复合材料形成纸质散热器；

[0036] 在散热器的正面，使用绝缘材料和铜材，通过热压的方式，使绝缘材料形成于所述

散热器的表面并作为所述绝缘层，使铜材形成于所述绝缘层的表面作为铜箔层；

[0037] 将所述铜箔层的特定位置腐蚀掉，剩余部分形成电路布线；

[0038] 所述在所述散热器的背面覆盖预先制成的皱褶的步骤包括：

[0039] 使用湿式碳素复合材料形成皱褶，通过耐高温胶水粘接于所述散热器的背面。

[0040] 本发明提出了一种智能功率模块及其制造方法，功率元件中功率器件的FRD管与IGBT管通过承托盘实现立体放置，增加了接触面积，将功率元件间的走线长度降到最低，节省了用于连接的金属线，大幅减小电路布线的面积，使智能功率模块的成本降低。另外，由于本发明的功率模块结构可以采用较小的电感和电容，而分布电感和电容的减小使本发明的智能功率模块的动态功耗大幅降低，而且本发明使用纸质散热器取代电路基板，使用散热皱褶取代铝散热器，使智能功率模块的重量大幅降低，材料成本、运输成本也随之大幅下降。

[0041] 另外，该智能功率模块的低压区驱动电路可以通过低压驱动集成管实现，高压区驱动电路通过高压驱动集成管实现，低压驱动集成管可以通过低成本的BIPOLAR或COMS等低压工艺实现，高压驱动集成管则通过BCD或SOI等高压工艺实现，前者的工艺成本仅为后者的1/3，大幅降低了智能功率模块的制造成本；并且，本发明的智能功率模块由各自独立的高压驱动集成管或低压驱动集成管配置在对应IGBT管上，从高压驱动集成管或低压驱动集成管到IGBT管栅极的走线可以做到一致，从而可有效保证六枚IGBT管动态特性的一致性，而且可大量节省电路布线的面积，从而使智能功率模块的电路基板的面积大幅减小，使智能功率模块的成本进一步降低。

附图说明

[0042] 图1(A)是现有的智能功率模块的电路图；

[0043] 图1(B)是现有的智能功率模块的俯视图；

[0044] 图1(C)是图1(B)去除树脂后的示意图；

[0045] 图1(D)是图1(B)的X-X’线的截面图；

[0046] 图1(E)是现有的智能功率模块安装在铝散热器上的示意图；

[0047] 图2(A)是本发明智能功能模块较佳实施例的电路图；

[0048] 图2(B)是本发明智能功能模块较佳实施例的俯视图；

[0049] 图2(C)是图2(B)的X-X’线的截面图；

[0050] 图2(D)是本发明实施例智能功能模块去掉密封树脂后的正面俯视图；

[0051] 图3(A)是本发明实施例第一工序在纸质散热器的正面形成绝缘层和铜箔层的俯视图；

[0052] 图3(B)是图3(A)的侧视图；

[0053] 图4(A)是本发明实施例第二工序中在所述电路布线的表面装配IGBT管、高压驱动集成管、低压驱动集成管和预先制成的引脚，在承托盘上安装FRD管的俯视图；

[0054] 图4(B)是图4(A)的侧视图；

[0055] 图4(C)是本发明实施例第二工序中的承托盘的仰视图；

[0056] 图4(D)是本发明实施例第二工序中的承托盘的正视图；

[0057] 图5(A)是本发明实施例第三工序中在IGBT管的射极安装FRD管的俯视图；

[0058] 图 5(B) 是图 5(A) 的侧视图；

[0059] 图 6(A) 是本发明实施例第四工序中，通过金属线将 IGBT 管、FRD 管、高压驱动集成管、低压驱动集成管和电路布线连接形成电路的俯视图；

[0060] 图 6(B) 是图 6(A) 的侧视图；

[0061] 图 7 是本发明实施例第五工序中，使用模具由密封树脂密封纸质散热器的剖面图；

[0062] 图 8(A) 是本发明实施例第六工序中，引脚切筋成型的示意图；

[0063] 图 8(B) 是本发明实施例第六工序中，安装散热皱褶的示意图；

[0064] 图 9 是本发明实施例智能功率模块制造方法的流程图。

[0065] 为了使本发明的技术方案更加清楚、明了，下面将结合附图作进一步详述。

具体实施方式

[0066] 应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0067] 参照图 2(A) 所示，为本发明智能功能模块较佳实施例的电路图。

[0068] 本发明提出的智能功能模块中的 U 相高压驱动集成管 41、V 相高压驱动集成管 42、W 相高压驱动集成管 43 是三枚用于驱动上桥臂 IGBT 管的单臂 HVIC 管，他们的构完全相同，作用是将输入端 HIN 的 0 ～ 5V 的逻辑信号传到输出端 HO，其中 HO 是 VS ～ VS+15V 的逻辑信号；由于 VS 的会在 0 ～ 300V 之间变化，所以所述 U 相高压驱动集成管 41、所述 V 相高压驱动集成管 42、所述 W 相高压驱动集成管 43 需要耐高压的流片工艺实现，有时为了降低成本，使用 650V 的 BCD 工艺，有时为了降低耐压结构设计难度，使用 650V 的 SOI 工艺。

[0069] 本发明提出的智能功能模块中的 U 相低压驱动集成管 44、V 相低压驱动集成管 45、W 相低压驱动集成管 46 是三枚驱动下桥臂 IGBT 管的单臂 LVIC 管，他们的结构完全相同，作用是将输入端 LIN 的 0 ～ 5V 的逻辑信号传到输出端 LO，其中 LO 是 0 ～ 15V 的逻辑信号；由于所述 U 相低压驱动集成管 44、所述 V 相低压驱动集成管 45、所述 W 相低压驱动集成管 46 不需要耐高压的流片工艺实现，有时为了降低成本，使用 20V 的 Bipolar 工艺，有时为了提高一致性，使用 20V 的 BCD 工艺。

[0070] 本发明提出的智能功能模块中的第一 IGBT 管、第二 IGBT 管、第三 IGBT 管、第四 IGBT 管、第五 IGBT 管、第六 IGBT 管、第一 FRD 管、第二 FRD 管、第三 FRD 管、第四 FRD 管、第五 FRD 管、第六 FRD 管分别对应图中的 IGBT 管 21、IGBT 管 22、IGBT 管 23、IGBT 管 24、IGBT 管 25、IGBT 管 26、FRD 管 11、、FRD 管 12、FRD 管 13、FRD 管 14、FRD 管 15、FRD 管 16。

[0071] 所述 U 相高压驱动集成管 41、所述 U 相低压驱动集成管 44 的 VCC(即电源端)、所述 V 相高压驱动集成管 42、所述 V 相低压驱动集成管 45 的 VCC、所述 W 相高压驱动集成管 43、所述 W 相低压驱动集成管 46 的 VCC 相连，并作为所述智能功率模块 10 的 VDD 端，VDD 是所述智能功率模块 10 的低压区供电电源，VDD 一般为 15V。

[0072] 所述 U 相高压驱动集成管 41 的 HIN 端（即输入端）作为所述智能功率模块 10 的 U 相上桥臂输入端 UHIN；

[0073] 所述 V 相高压驱动集成管 42 的 HIN 端作为所述智能功率模块 10 的 V 相上桥臂输入端 VHIN；

[0074] 所述 W 相高压驱动集成管 43 的 HIN 端作为所述智能功率模块 10 的 W 相上桥臂输

入端 WHIN；

[0075] 所述 U 相低压驱动集成管 44 的 LIN 端（即输入端）作为所述智能功率模块 10 的 U 相下桥臂输入端 ULIN；

[0076] 所述 V 相低压驱动集成管 45 的 LIN 端作为所述智能功率模块 10 的 V 相下桥臂输入端 VLIN；

[0077] 所述 W 相低压驱动集成管 46 的 LIN 端作为所述智能功率模块 10 的 W 相下桥臂输入端 WLIN；

[0078] 在此，所述智能功率模块 10 的 U、V、W 三相的六路输入接收 0 ～ 5V 的输入信号；

[0079] 所述 U 相高压驱动集成管 41 的 GND 端（即接地端）、V 相高压驱动集成管 42 的 GND 端、W 相高压驱动集成管 43 的 GND 端、所述 U 相低压驱动集成管 44 的 GND 端、所述 V 相低压驱动集成管 45 的 GND 端、所述 W 相低压驱动集成管 46 的 GND 端相连，并作为所述智能功率模块 10 的 COM 端，COM 为 VDD 供电电源的负端；

[0080] 所述 U 相高压驱动集成管 41 的 VB 端（即高压电源正端）作为所述智能功率模块 10 的 U 相高压区供电电源正端 UVB；

[0081] 所述 V 相高压驱动集成管 42 的 VB 端作为所述智能功率模块 10 的 V 相高压区供电电源正端 VVB；

[0082] 所述 W 相高压驱动集成管 43 的 VB 端作为所述智能功率模块 10 的 W 相高压区供电电源正端 WVB；

[0083] 所述 U 相高压驱动集成管 41 的 HO 端（即输入端）与 IGBT 管 21 的栅极相连，所述 U 相高压驱动集成管 41 的 VS 端（即高压电源负端）与所述 IGBT 管 21 的射极、FRD 管 11 的阳极、IGBT 管 24 的集电极、FRD 管 14 的阴极相连，并作为所述智能功率模块 10 的 U 相高压区供电电源负端 UVS；

[0084] 所述 V 相高压驱动集成管 42 的 HO 端与 IGBT 管 22 的栅极相连，所述 V 相高压驱动集成管 42 的 VS 端与所述 IGBT 管 22 的射极、FRD 管 12 的阳极、IGBT 管 25 的集电极、FRD 管 15 的阴极相连，并作为所述智能功率模块 10 的 V 相高压区供电电源负端 VVS；

[0085] 所述 W 相高压驱动集成管 43 的 HO 端与 IGBT 管 23 的栅极相连，所述 W 相高压驱动集成管 43 的 VS 端与所述 IGBT 管 23 的射极、FRD 管 13 的阳极、IGBT 管 26 的集电极、FRD 管 16 的阴极相连，并作为所述智能功率模块 10 的 W 相高压区供电电源负端 WVS；

[0086] 所述 IGBT 管 21 的集电极、所述 FRD 管 11 的阴极、所述 IGBT 管 22 的集电极、所述 FRD 管 12 的阴极、所述 IGBT 管 23 的集电极、所述 FRD 管 13 的阴极相连，并作为所述智能功率模块 10 的高电压输入端 P，P 一般接 300V；

[0087] 所述 U 相低压驱动集成管 44 的 LO 端（即输出端）与 IGBT 管 24 的栅极相连，所述 IGBT 管 24 的射极与 FRD 管 14 的阳极相连，并作为所述智能功率模块 10 的 U 相低电压参考端 UN；

[0088] 所述 V 相低压驱动集成管 45 的 LO 端与 IGBT 管 25 的栅极相连，所述 IGBT 管 25 的射极与 FRD 管 15 的阳极相连，并作为所述智能功率模块 10 的 V 相低电压参考端 VN；

[0089] 所述 W 相低压驱动集成管 46 的 LO 端与 IGBT 管 26 的栅极相连，所述 IGBT 管 26 的射极与 FRD 管 16 的阳极相连，并作为所述智能功率模块 10 的 W 相低电压参考端 WN。

[0090] 参照图 2(B)、图 2(C)、图 2(D)，图 2(B) 是本发明智能功能模块较佳实施例的俯视

图，图 2(C) 是图 2(B) 的 X-X'线的截面图，图 2(D) 是本发明实施例智能功能模块去掉密封树脂后的正面俯视图。

[0091] 本发明的智能功率模块 10 具有在表面上形成有由绝缘层 307 的纸质散热器 306，配置在所述绝缘层 307 上的电路布线 308，配置在所述电路布线 308 上的所述 IGBT 管 21、所述 IGBT 管 22、所述 IGBT 管 23、所述 IGBT 管 24、所述 IGBT 管 25、所述 IGBT 管 26，和所述 HVIC 管 41、所述 HVIC 管 42、所述 HVIC 管 43、所述 LVIC 管 44、所述 LVIC 管 45、所述 LVIC 管 46，配置在承托盘 309 上的所述 FRD 管 11、所述 FRD 管 12、所述 FRD 管 13、所述 FRD 管 14、所述 FRD 管 15、所述 FRD 管 16，其中：

[0092] 所述散热器 306 的一面作为正面，另一面作为背面。

[0093] 在散热器 306 的正面覆盖有绝缘层 307，所述电路布线 308 设置在所述绝缘层 307 上远离散热器 306 的一面。

[0094] 在所述散热器 306 的背面，设置有用于散热的皱褶 320。

[0095] 其中，所述散热器 306 和皱褶 320 均可以采用湿式碳素复合材料功能纸。

[0096] 所述散热器 306 与所述皱褶 320 可以通过高温胶水粘接，或者也可以两者一体制成。

[0097] 此外，所述智能功率模块 10 还包括：配置在所述电路布线 308 的边缘部分的引脚 301，用于连使上述各元素间形成电连接的金属线 305，和密封该电路且至少完全覆盖纸质散热器 306 上表面所述所有元素的密封树脂 302。

[0098] 此外，所述智能功率模块 10 还包括：用于连接所述电路布线 308、所述 IGBT 管 21、所述 IGBT 管 22、所述 IGBT 管 23、所述 IGBT 管 24、所述 IGBT 管 25、所述 IGBT 管 26 和所述 FRD 管 11、所述 FRD 管 12、所述 FRD 管 13、所述 FRD 管 14、所述 FRD 管 15、所述 FRD 管 16 以构成相应电路的金属线 305。

[0099] 此外，所述智能功率模块 10 还包括：配置在所述功率模块边缘、与所述电路布线 308 连接并向外延伸作为输入输出的引脚 301。

[0100] 在此，根据智能功率模块 10 内部电路布局及外围应用需要，所述引脚 301 可以配置于智能功率模块 10 的一个边缘、两个边缘、三个边缘或四个边缘。

[0101] 以下详细阐述本发明实施例智能功率模块 10 各构成要素：

[0102] 纸质散热器 306 为湿式碳素复合材料功能纸，可由粉末和纤维状碳素材料复合加工成石墨质，材料可耐受 350℃以上的高温并可根据需要折叠成任意形状，得到所述散热皱褶 320。为了提高抗腐蚀性和防水，表面可进行防水处理；所述纸质散热器 306 和与所述散热皱褶 320 一体制成，其中所述纸质散热器 306 形状平整、所述散热皱褶 320 形状不规则；所述纸质散热器 306 和与所述散热皱褶 320 也可以为采用不同厚度的湿式碳素复合材料，本实施例使用了不同厚度的方式，其中，为了增加机械强度，所述纸质散热器 306 采用了较厚的湿式碳素复合材料，厚度可设计为 1.5mm，为了降低成本和增加皱褶的密度，所述散热皱褶 320 采用了较薄的湿式碳素复合材料，厚度可设计为 0.5mm。在此，所述纸质散热器 306 的具有所述散热皱褶 320 的一面称为所述纸质散热器 306 的背面，相对面称为所述纸质散热器 306 的表面。在此，所述散热皱褶 320 不能完全覆盖所述纸质散热 17 的背面，在所述纸质散热器 306 的背面的边缘需要留出至少 1.5mm 的平整位置。

[0103] 所述绝缘层 307 覆盖所述纸质散热器 306 一个表面，称为所述纸质散热器 306 的

正面，形成，并在环氧树脂等树脂材料内高浓度填充氧化铝等填料提高热导率，也可以加入二氧化硅、氮化硅、碳化硅等掺杂以达到更高的导热性，在此，掺杂可以是球形或角形，通过热压方式，压合在所述纸质散热器 306 的表面。

[0104] 所述电路布线 308 由铜等金属构成，形成于所述纸质散热器 306 上的特定位置，根据功率需要，可设计成 0.035mm 或 0.07mm 等的厚度，对于一般的智能功率模块，优先考虑设计成 0.07mm，本实施例中采用 0.07mm 的厚度。特别地，在所述纸质散热器 306 的边缘，形成有用于配置所述引脚 301 的所述电路布线 308。在此，在所述纸质散热器 306 的两边附近设置多个用于配置所述引脚 301 的所述电路布线 308，根据功能需要，也可在所述纸质散热器 306 的一边、两边、三边、四边附近设置多个用于配置所述引脚 301 的所述电路布线 308。

[0105] 所述 IGBT 管 21 ～ 26 和 FRD 管 11 ～ 16 被固定在所述电路布线 308 上构成规定的电路。在此，所述 6 枚 IGBT 管的具有射极和栅极的面朝上、具有集电极的面朝下安装，所述 FRD 管的具有阳极的面朝上、具有阴极的面朝下安装。

[0106] 所述承托盘 309 厚度设计为 1mm，为了提高散热性，对于 30A 电流能力以上的智能功率模块，也可以设计为 1.5 ～ 2mm，为了节省成本并进一步缩小体积，对于 15A 电流能力以下的智能功率模块，也可以设计为 0.2 ～ 0.5mm ；承托盘安 309 装 FRD 管的一面设有平坦部，承托盘 309 安装 FRD 管的一面在远离平坦部的边缘设有若干突起部突起部 310，突起部 310 的高度为所述 FRD 管厚度及所述 IGBT 管的厚度的和 ±1μm，为了提高通流能力，所述突起部 310 的数量可以为 5 个，为了简化工艺，所述突起部 310 的数量可以为 2 个，本实施例中设计为 3 个。

[0107] 所述 FRD 管 11 ～ 16 的阴极被固定在所述承托盘 309 的正面的平坦部上，所述 FRD 管 11 ～ 16 具有阳极的面朝上 ；

[0108] 所述 FRD 管 11 ～ 16 的阳极通过导电焊料，如银胶、锡膏等，分别与所述 IGBT 管 21 ～ 26 的射极连接，所述突起部 310 通过导电焊料，如银胶、锡膏等，分别与所述 IGBT 管 21 ～ 26 的集电极相连的电路布线 308 连接 ；在此，FRD 管的电流能力一般设计为对应 IGBT 管的一半以下，因此，FRD 管的面积一般远小于 IGBT 管的面积，因此，FRD 管的阳极完全与 IGBT 管的射极接触后，IGBT 管的部分阳极及栅极会露出。

[0109] 所述 HVIC 管 41 ～ 46 分别被固定在与所述 IGBT 管 21 ～ 26 非常接近的所述电路布线 308 上。

[0110] 所述金属线 305 可以是铝线、金线或铜线，通过邦定使各电路元件和电路布线 308 之间建立电连接关系，有时还用于使所述引脚 301 和所述电路布线 308 建立电连接关系。

[0111] 所述引脚 301 被固定在设于所述纸质散热器 306 边缘的所述电路布线 308 上，其具有例如与外部进行输入、输出的作用。在此，设计成相对两边上设有多条引脚 301，引脚 301 和电路布线 308 通过焊锡等导电电性粘结剂焊接。所述引脚 301 一般采用铜等金属制成，铜表面通过化学镀和电镀形成一层镍锡合金层，合金层的厚度一般为 5μm，镀层可保护铜不被腐蚀氧化，并可提高可焊接性。

[0112] 所述树脂 302 可通过传递模方式使用热硬性树脂模制也可使用注入模方式使用热塑性树脂模制。

[0113] 相比现有技术，本发明实施例的智能功率模块 10 具有如下有益效果 ：

[0114] 1、FRD 管与 IGBT 管立体放置，增加接触面积，将功率元件间的走线长度降到最低，

并节省了用于连接的金属线，还进一步大幅减小面积，再次使智能功率模块的成本降低。

[0115] 2、智能功率模块的低压区驱动电路通过 LVIC 管实现，高压区驱动电路通过 HVIC 管实现，LVIC 管可以通过低成本的 BIPOLAR 或 COMS 等低压工艺实现，HVIC 管则通过 BCD 或 SOI 等高压工艺实现，前者的工艺成本仅为后者的 1/3，降低了智能功率模块的制造成本。

[0116] 3、本发明的智能功率模块由各自独立的 HVIC 管或 LVIC 管配置在对应 IGBT 管上，从 HVIC 管或 LVIC 管到 IGBT 管栅极的走线可以做到一致，从而可有效保证 6 枚 IGBT 管动态特性的一致性，而且大量节省了电路布线的面积，从而减小了智能功率模块的电路基板的面积，使智能功率模块的成本进一步降低。

[0117] 4、由于本发明的功率模块结构可以采用较小的电感和电容，而分布电感和电容的减小使本发明的智能功率模块的动态功耗大幅降低，而且本发明使用纸质散热器取代电路基板，使用散热皱褶取代铝散热器，使智能功率模块的重量降低，材料成本、运输成本也随之下降。

[0118] 由上述可知，本发明的智能功率模块 10 在降低成本的同时，减小了体积和重量，提高了散热效果。

[0119] 此外，本发明一实施例还提出一种智能功率模块 10 制造方法，包括：

[0120] 步骤 S1，形成纸质散热器 306，在所述散热器 306 的正面覆盖绝缘层 307，在绝缘层 307 表面形成电路布线 308；

[0121] 具体地，根据设定的电路布局选取预定尺寸的湿式碳素复合材料形成纸质散热器 306。

[0122] 在散热器 306 的正面，使用绝缘材料和铜材，通过热压的方式，使绝缘材料形成于所述散热器 306 的表面并作为所述绝缘层 307，使铜材形成于所述绝缘层 307 的表面作为铜箔层。

[0123] 之后，将铜箔层的特定位置腐蚀掉，剩余部分形成电路布线 308。

[0124] 步骤 S2，在所述电路布线 308 的表面装配 IGBT 管 21 ～ 26、HVIC 管 41 ～ 43、LVIC 管 44 ～ 46 和预先制成的引脚 301，在承托盘上安装 FRD 管 11 ～ 16；

[0125] 步骤 S3，分别在所述 IGBT 管 21 ～ 26 的射极位置安装 FRD 管 11 ～ 16；

[0126] 步骤 S4，通过金属线 305 将 IGBT 管 21 ～ 26、FRD 管 11 ～ 16、HVIC 管 41 ～ 43、LVIC 管 44 ～ 46 以及所述电路布线 308 连接形成相应的电路；

[0127] 步骤 S5，通过密封树脂 302 将所述散热器 306 的正面密封；

[0128] 步骤 S6，在所述散热器 306 的背面覆盖皱褶 320；

[0129] 具体地，使用湿式碳素复合材料形成皱褶 320，通过耐高温胶水粘接于所述散热器 306 的背面。

[0130] 进一步地，在步骤 S2 之前还可以包括：

[0131] 步骤 S7，制成独立的带镀层的引脚 301。

[0132] 具体地，首先，选取铜基材，对铜基材通过冲压或蚀刻的方式，制成一排引脚 301，引脚 301 之间通过加强筋连接。

[0133] 然后，在所述引脚 301 表面依次形成镍层和镍锡合金层，得到带镀层的引脚 301。

[0134] 进一步地，在上述步骤 S6 之后还包括：

[0135] 步骤 S8，进行所述引脚 301 的切筋成型，并进行模块功能测试。

[0136] 以下参照附图对本实施例智能功率模块 10 的制造工序进行详细阐述 :

[0137] 作为一种较佳实施例,本发明智能功率模块 10 的制造方法可以包括 :在纸质散热器 306 表面上设置绝缘层 307 的工序 ;在绝缘层 307 的表面上形成电路布线 308 工序 ;在电路布线 308 配置 IGBT 管 21 ～ 26 和 FRD 管 11 ～ 16 的工序 ;在 IGBT 管上配置 HVIC 管 41 ～ 43 和 LVIC 管 44 ～ 46 的工序 ;用金属线 305 连接各电路元件和所述电路布线 306 的工序 ;烘烤并模制的工序 ;对引脚 301 进行成型的工序 ;进行功能测试的工序。具体工序图如图 9 所示。

[0138] 以下说明上述各工序的详细情况。

[0139] 第一工序 :参照图 3(A) 和图 3(B)。

[0140] 图 3(A) 是本发明实施例第一工序在纸质散热器的正面形成绝缘层和铜箔层的俯视图,图 3(B) 是图 3(A) 的侧视图。

[0141] 本发明实施例第一工序是在大小合适的纸制散热器上形成绝缘层并在绝缘层表面形成电路布线的工序。

[0142] 首先,参照俯视图 3(A) 和侧视图 3(B),根据需要的电路布局准备大小合适的纸质散热器 306,对于一般的智能功率模块可选取 44mm×20mm 的大小,两面进行防蚀处理。在铝基板的至少一面的表面上设有绝缘层 307。另外,在绝缘层的表面粘贴有作为导电图案的铜箔。然后将该工序制造的铜箔进行蚀刻,局部地除去铜箔,形成电路布线 308。

[0143] 在此,大小合适的纸制散热器的形成可以通过直接对 1m×1m 的型材进行冲切等方式形成,也可通过先 1m×1m 的型材剪切形成。

[0144] 第二工序 :参照图 4(A) 和图 4(B)。图 4(A) 是本发明实施例第二工序中在所述电路布线的表面装配 IGBT 管、HVIC 管、LVIC 管和预先制成的引脚,在承托盘上安装 FRD 管的俯视图,图 4(B) 是图 4(A) 的侧视图,图 4(C) 是本发明实施例第二工序中的承托盘的仰视图,图 4(D) 是本发明实施例第二工序中的承托盘的正视图。

[0145] 本工序的第二工序是在电路布线 308 上安装 IGBT 管 21 ～ 26、HVIC 管 41 ～ 43、LVIC 管 44 ～ 46 和引脚 301,在承托盘上安装 FRD 管 11 ～ 16 的工序。

[0146] 参照图 4(A) 和图 4(B),通过锡膏等焊料将 IGBT 管 21 ～ 26、HVIC 管 41 ～ 43、LVIC 管 44 ～ 46 和引脚 301 安装在电路布线 308 的规定位置。

[0147] 在此,为了减小锡膏焊接后的空洞率,并且进行成本控制,可以考虑使用具有氮气保护的回流炉进行锡膏固定,如果成本允许,也可以考虑使用真空回流的形式。锡膏的融化温度一般为 280℃左右。

[0148] 每个引脚 301 都是用铜基材,通过冲压或者蚀刻的方式,制成引脚 301,然后,通过化学镀的方法在引脚表面形成镍层,具体包括 :

[0149] 通过镍盐和次亚磷酸钠混合溶液,并添加了适当的络合剂,在已形成特定形状的铜材表面形成镍层,金属镍具有很强的钝化能力,能迅速生成一层极薄的钝化膜,能抵抗大气、碱和某些酸的腐蚀。镀镍结晶极细小,镍层厚度一般为 0.1μm。

[0150] 接着通过酸性硫酸盐工艺,在室温下将已形成形状和镍层的铜材浸在带有正锡离子的镀液中通电,在镍层表面形成形成镍锡合金层,合金层一般控制在 5μm,合金层的形成极大提高了引脚的保护性和可焊性。

[0151] 通过锡丝等焊料将 FRD 管 11 ～ 16 安装在所述承托盘 309 的具有所述突起部 310

的一面的特定位置，因为所述 FRD 管 11 ～ 16 不会与散热器直接接触，所以为了降低洞率降低热积聚，使用共晶焊的方式进行焊接。

[0152] 第三工序：参考图 5(A) 和图 5(B)，图 5(A) 是本发明实施例第三工序中在 IGBT 管的射极安装 FRD 管的俯视图，图 5(B) 是图 5(A) 的侧视图。

[0153] 本发明的第三工序是在 IGBT 管 21 ～ 26 的射极位置安装 FRD 管 11 ～ 16 的工序。

[0154] 首先，参照图 5(A) 和图 5(B)，在 IGBT 管 11 上安装 FRD 管 11，在 IGBT 管 22 上安装安装 FRD 管 12，在 IGBT 管 23 上安装 FRD 管 13，在 IGBT 管 24 上安装 FRD 管 14，在 IGBT 管 25 上安装 FRD 管 15，在 IGBT 管 26 上安装 FRD 管 16。

[0155] 在此，为了更好地控制空洞率，可以使用具有导电性的银胶等作为固定材料，在所述 IGBT 管的射极的特定位置和与所述 IGBT 管的集电极相连的电路布线 308 的特定位置，点适当形状及厚度的银胶，再将所述 FRD 管的阳极配置在所述 IGBT 管的射极具有银胶的位置，将所述 FRD 管所在的承托盘 309 的突起部 310 配置在与所述 IGBT 管的集电极相连的电路布线 308 的具有银胶的位置。

[0156] 通过 175℃烘烤的形式，将银胶或红胶固化，在此，银胶或红胶的固化温度为 170℃左右，固化时间约为 2 小时。因为烘烤温度远低于锡膏的融化温度，所以在此加热过程中，不会影响到 IGBT 管、HVIC 管、LVIC 管和引脚的焊接效果。

[0157] 第四工序：参照图 6(A) 和图 6(B)，图 6(A) 是本发明实施例第四工序中，通过金属线将 IGBT 管、FRD 管、HVIC 管、LVIC 管和电路布线连接形成电路的俯视图，图 6(B) 是图 6(A) 的侧视图。

[0158] 本发明的第四工序是通过金属线 305 在电路元件和电路布线 308 间形成电连接的工序。

[0159] 参照图 6(A) 和图 6(B)，进行 IGBT 管 21 ～ 26、FRD 管 11 ～ 16、HVIC 管 41 ～ 43、LVIC 管 44 ～ 46 和电路布线 308 的邦线连接。

[0160] 根据通流能力需要，选择适当直径的铝线作为邦定线，对于用于信号控制的部分，如 HVIC 管和 LVIC 管，也可考虑使用 15μm 的金线或 38μm 的铝线作为邦定线。对所述功率部分，如 IGBT 管和 FRD 管，邦定使用 200μm ～ 400μm 的铝线。

[0161] 考虑到邦线机台震动对邦定线的影响，可使用先邦粗线再邦细线的方式；出于防静电考虑，可使用先邦细线再邦粗线的方式。具体根据机台的震动幅度和机台邦头的防静电效果而定。

[0162] 第五工序：参照图 7，为本发明实施例第五工序中，使用模具由密封树脂密封纸质散热器的剖面图。

[0163] 本发明的第五工序是由密封树脂 302 密封纸质散热器 306 的工序。

[0164] 将配置好引脚 301 的所述纸质散热器 306 搬送到模型 44 及 45。通过使引脚 301 的特定部分与固定装置 46 接触，进行所述纸质散热器 306 的定位。

[0165] 合模时，在形成于模具 50 内部的模腔中放置纸质散热器 306，然后由浇口 53 注入密封树脂 302。进行密封的方法可采用使用热硬性树脂的传递模模制或使用热硬性树脂的注入模模制。而且，对应自浇口 53 注入的密封树脂 302 模腔内部的气体通过排气口 54 排放到外部。对于所述浇口 53 位置的选择，应选择不完全具有引脚 301 的一边，即图 6(A) 的上边，对于排气口 54 的选择，应选择完全具有引脚 301 的一边，即图 6(A) 的下边。

[0166] 在此，所述纸质散热器 306 的背面紧贴在下模 45 上，但仍会有少量所述密封树脂 302 进入到所述纸质散热器 306 的背面和下模 45 之间，因此，在脱模后，需要进行激光蚀刻或者研磨，将残留在所述纸质散热器 306 背面的少量密封树脂 302 去除，使所述纸质散热器 306 的背面从所述密封树脂 302 露出，并且平整，而所述纸质散热器 306 的背面以上部分被密封树脂 302 密封。

[0167] 第六工序：参照图 8(A) 和图 8(B)，图 8(A) 是本发明实施例第六工序中，引脚切筋成型的示意图，图 8(B) 是本发明实施例第六工序中，安装散热皱褶的示意图。

[0168] 本发明的第六工序是进行所述引脚 301 切筋成型，装配散热皱褶并进行模块功能测试的工序，智能功率模块经由此工序作为制品完成。

[0169] 在前工序即传递模模装工序使除所述引脚 301 以外的其他部分都被所述树脂 302 密封。本工序根据使用的长度和形状需要，例如，在虚线的位置将外部引脚 301 切断，如图 8(A) 所示，有时还会折弯成一定形状，便于后续装配。

[0170] 使用耐受温度在 150℃以上的耐高温胶水，将所述散热皱褶 320 粘附在所述纸质散热器 306 的背面，在此，为了提高散热性，所述散热皱褶 320 可以完全覆盖所述纸质散热器 306 的背面从所述热硬性树脂框 13 露出的部分，为了降低成本，所述散热皱褶 320 可以只完全覆盖上部具有所述功率元件 19 的所述纸质散热器 306 的背面。

[0171] 然后将模块放入测试设备中，进行常规的电参数测试，一般包括绝缘耐压、静态功耗、迟延时间等测试项目，测试合格者为成品。

[0172] 利用上述工序，完成图 2 所示的智能功率模块 10。

[0173] 本发明提出的一种智能功率模块及其制造方法，功率元件中功率器件的 FRD 管与 IGBT 管通过承托盘实现立体放置，增加了接触面积，将功率元件间的走线长度降到最低，节省了用于连接的金属线，大幅减小电路布线的面积，使智能功率模块的成本降低。

[0174] 由于本发明的功率模块结构可以采用较小的电感和电容，而分布电感和电容的减小使本发明的智能功率模块的动态功耗大幅降低，而且本发明使用纸质散热器取代电路基板，使用散热皱褶取代铝散热器，使智能功率模块本身就具有良好的散热效果，外部无需再接散热器，并且散热器为纸质，大幅降低了智能功率模块的重量，材料成本、运输成本也随之大幅下降。

[0175] 另外，该智能功率模块的低压区驱动电路可以通过低压驱动集成管实现，高压区驱动电路通过高压驱动集成管实现，低压驱动集成管可以通过低成本的 BIPOLAR 或 COMS 等低压工艺实现，高压驱动集成管则通过 BCD 或 SOI 等高压工艺实现，前者的工艺成本仅为后者的 1/3，大幅降低了智能功率模块的制造成本；并且，本发明的智能功率模块由各自独立的高压驱动集成管或低压驱动集成管配置在对应 IGBT 管上，从高压驱动集成管或低压驱动集成管到 IGBT 管栅极的走线可以做到一致，从而可有效保证六枚 IGBT 管动态特性的一致性，而且可大量节省电路布线的面积，从而使智能功率模块的电路基板的面积大幅减小，使智能功率模块的成本进一步降低。

[0176] 上述仅为本发明的优选实施例，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或流程变换，或直接或间接运用在其它相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

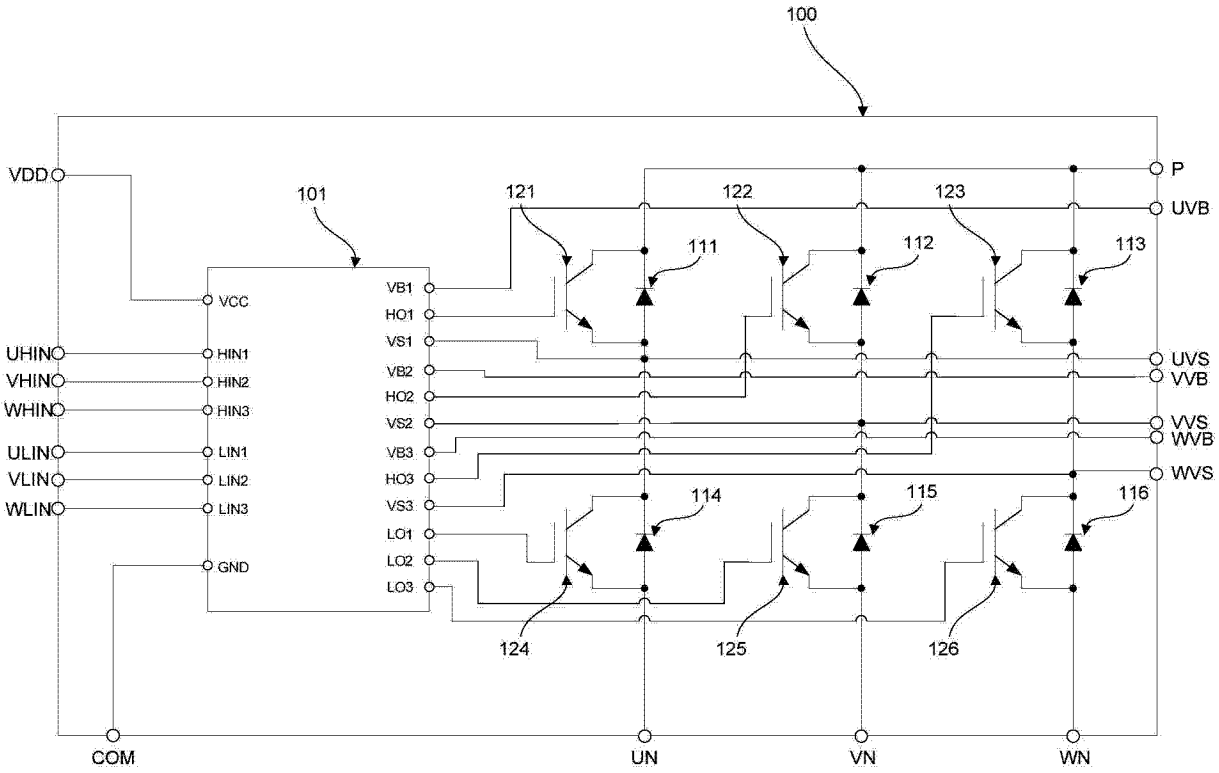

100
VDD
101
121
122
123
P
UVB
111
112
113
VCC
VB1
HO1
VS1
UHIN
HIN1
VHIN
HIN2
WHIN
HIN3
VB2
HO2
VS2
VB3
HO3
VS3
UVS
VVB
VVS
WVB
WVS
ULIN
LIN1
VLIN
LIN2
WLIN
LIN3
LO1
LO2
LO3
GND
114
115
116
124
125
126
COM
UN
VN
WN

图 1(A)

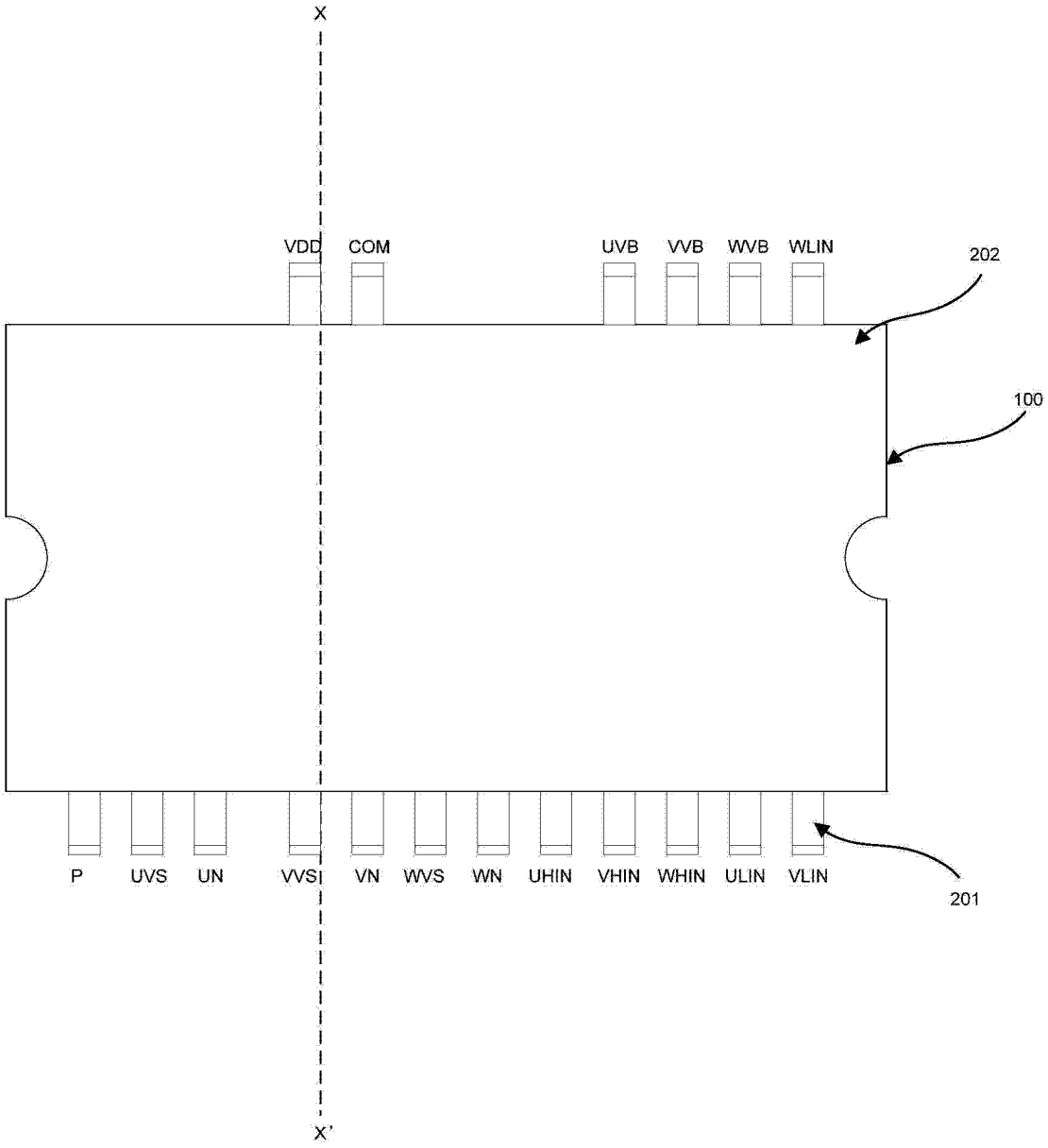

X
VDD
COM
UVB
VVB
WVB
WLIN
202
100
P
UVS
UN
VVS
VN
WVS
WN
UHIN
VHIN
WHIN
ULIN
VLIN
201
X'

图 1(B)

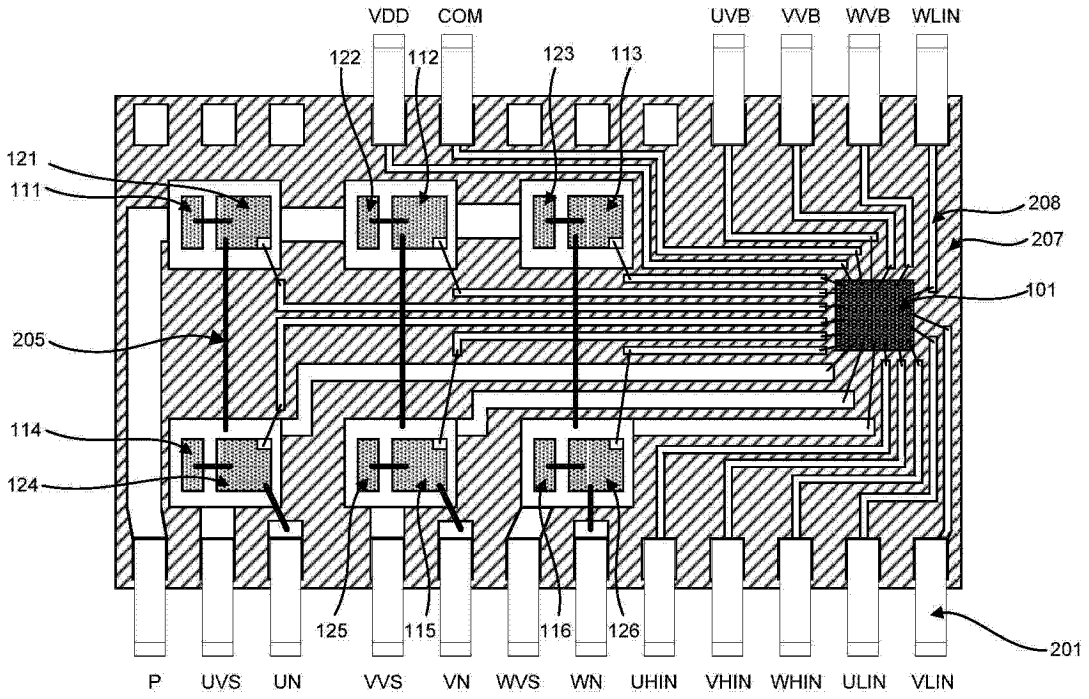

VDD
COM
UVB
VVB
WVB
WLIN
122
112
123
113
121
111
208
207
101
205
114
124
125
115
116
126
201
P
UVS
UN
VVS
VN
WVS
WN
UHIN
VHIN
WHIN
ULIN
VLIN

图 1(C)

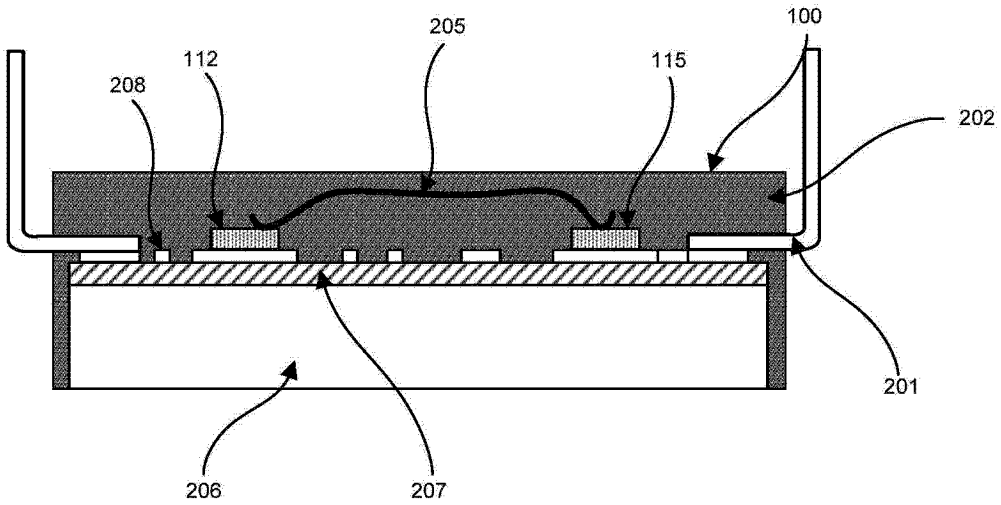

205
100
112
115
208
202
201
206
207

图 1(D)

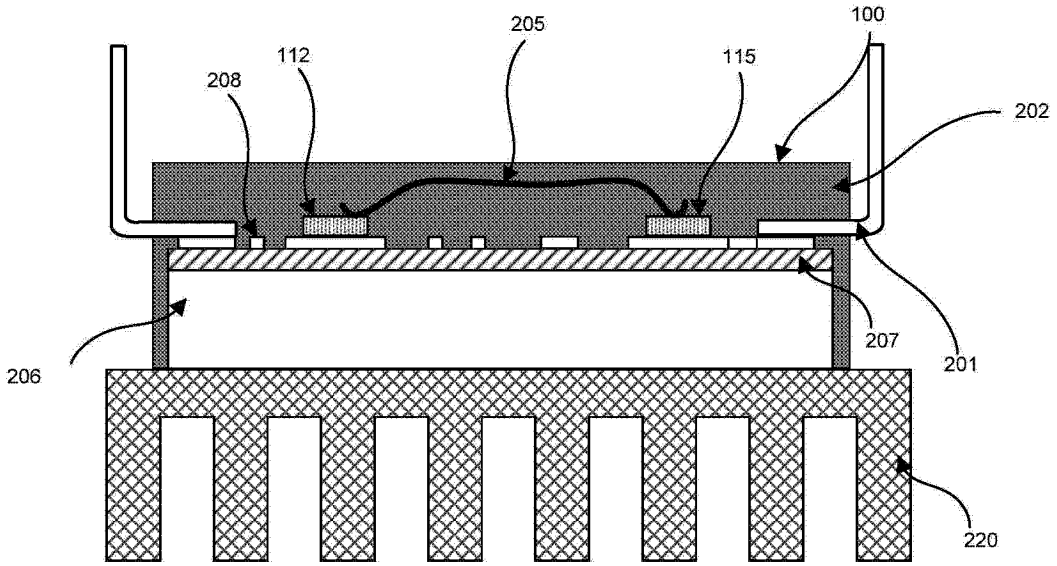

205
100
112
115
208
202
207
201
206
220

图 1(E)

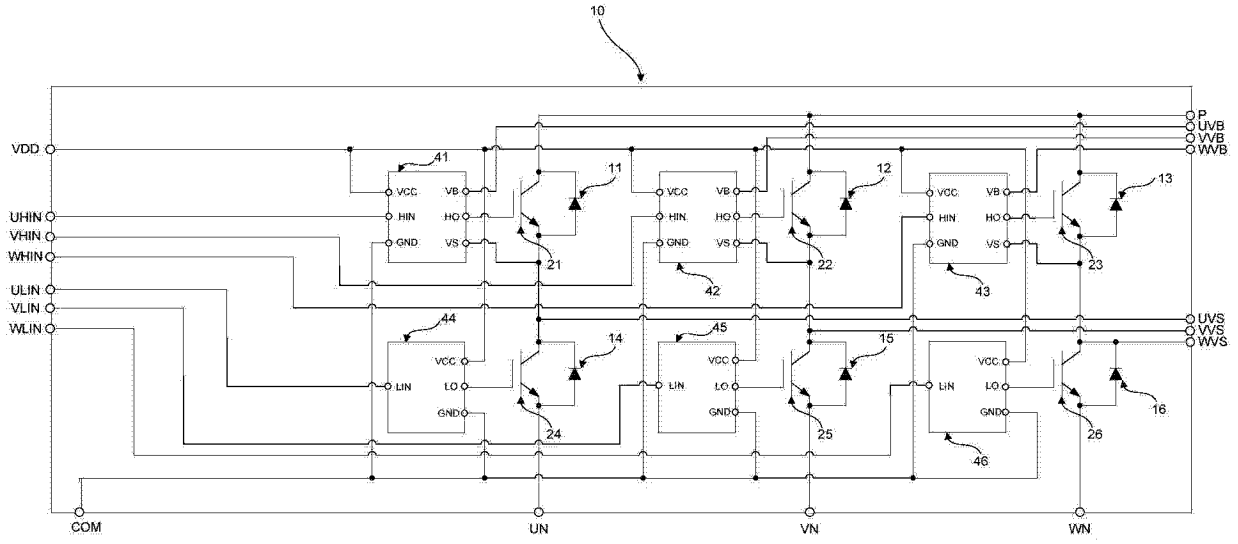

10
VDD
UHIN
VHIN
WHIN
ULIN
VLIN
WLIN
COM
UN
VN
WN
P
UVB
VVB
WVB
UVS
VVS
WVS
VCC
VB
HIN
HO
GND
VS
LIN
LO
41
42
43
44
45
46
11
12
13
14
15
16
21
22
23
24
25
26

图 2(A)

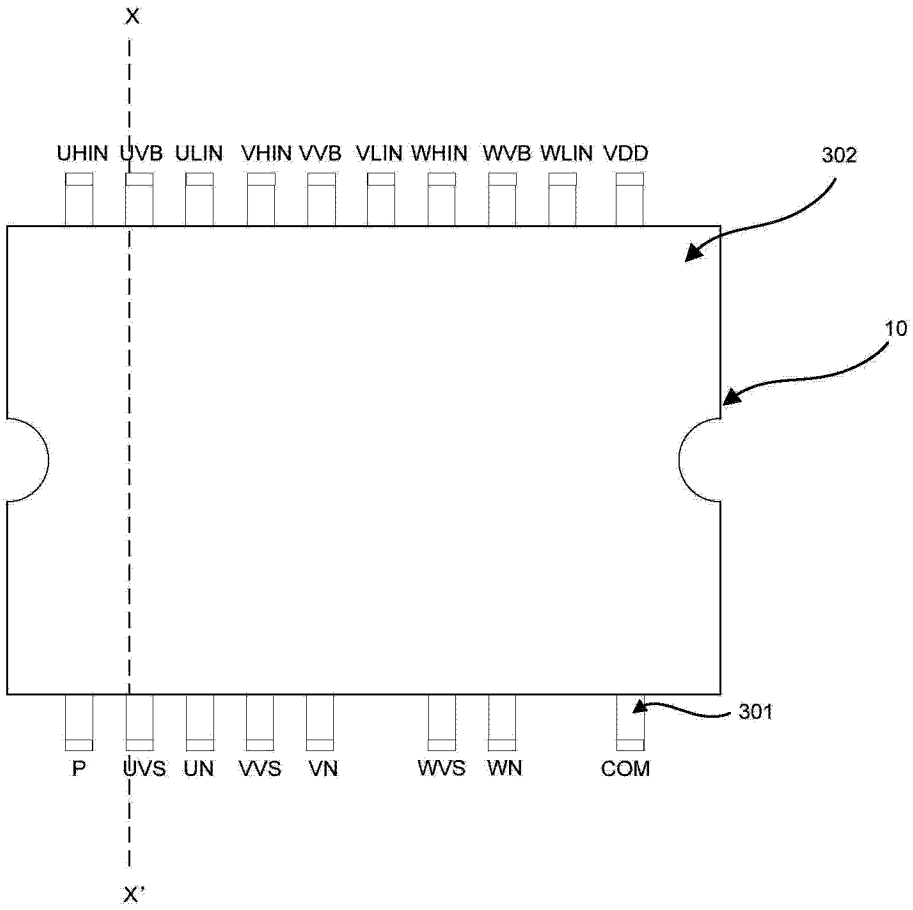

X
UHIN UVB ULIN VHIN VVB VLIN WHIN WVB WLIN VDD
302
10
301
P UVS UN VVS VN WVS WN COM
X'

图 2(B)

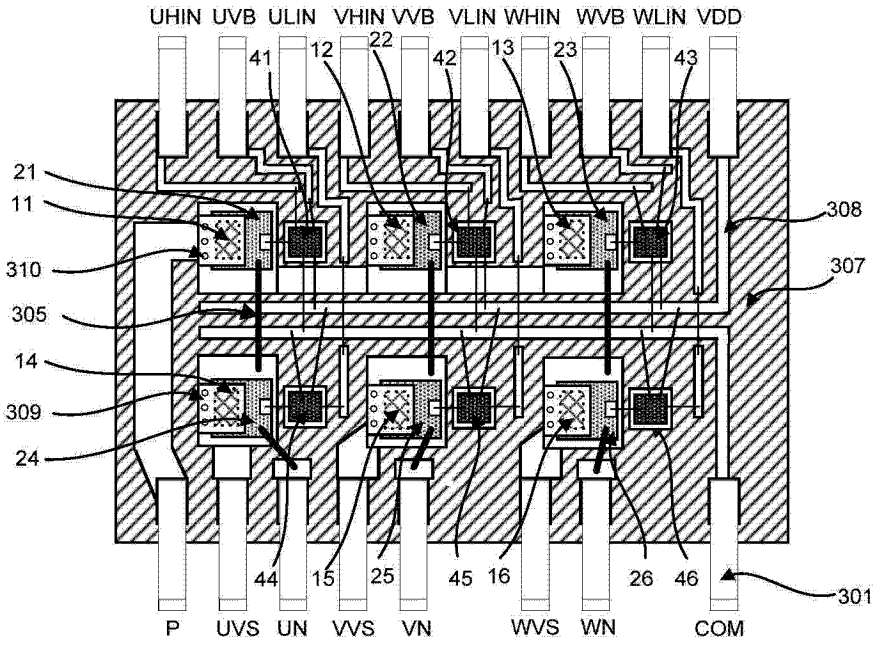

UHIN UVB ULIN VHIN VVB VLIN WHIN WVB WLIN VDD
41 12 22 42 13 23 43
21
11
310
305
14
309
24
308
307
44 15 25 45 16 26 46
301
P UVS UN VVS VN WVS WN COM

图 2(C)

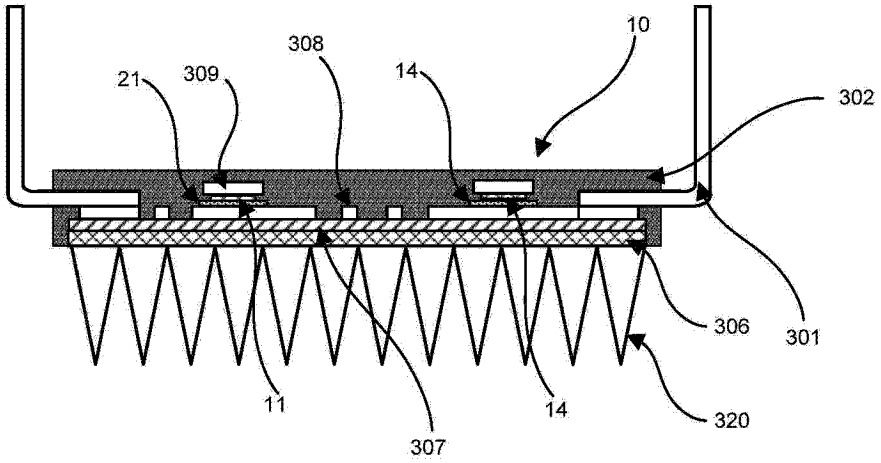


图 2(D)

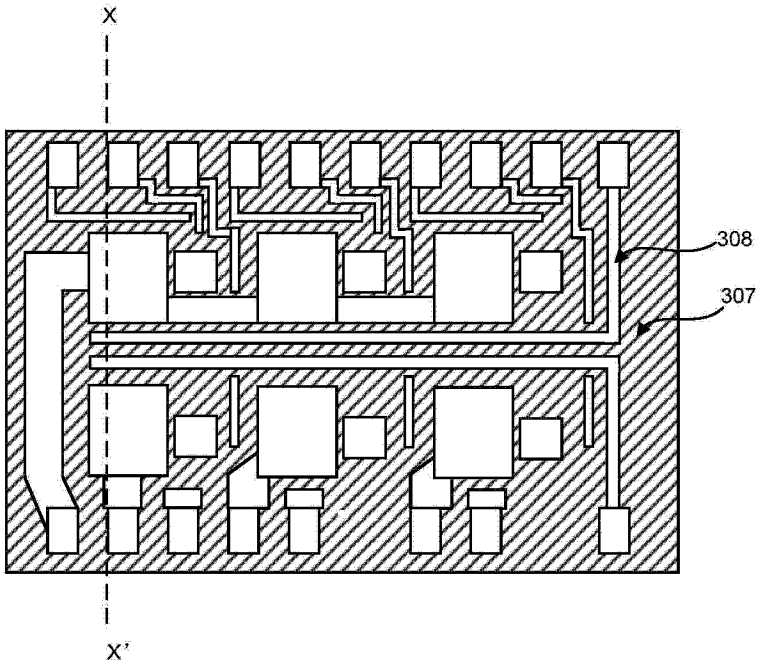


图 3(A)

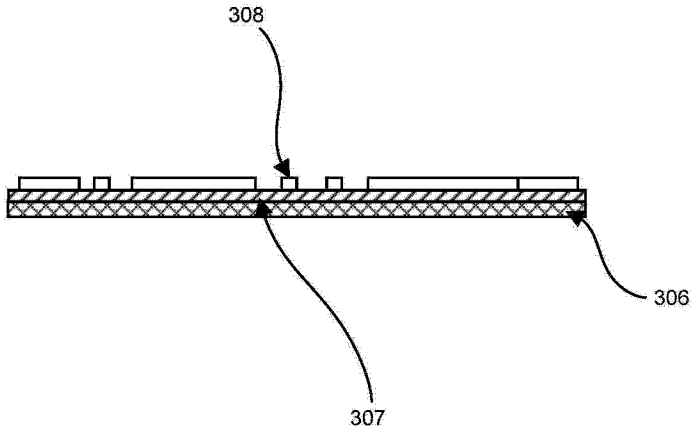


图 3(B)

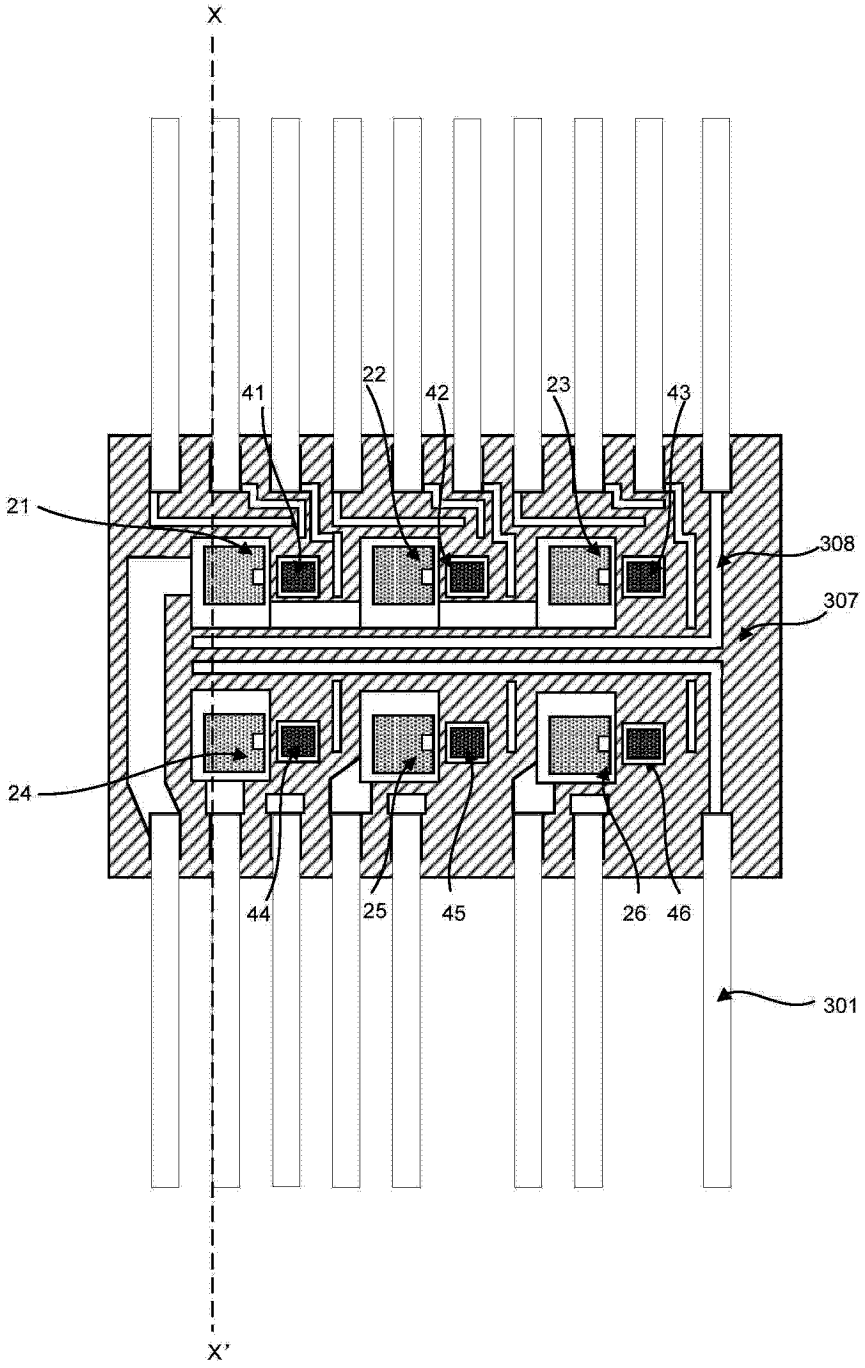


图 4(A)

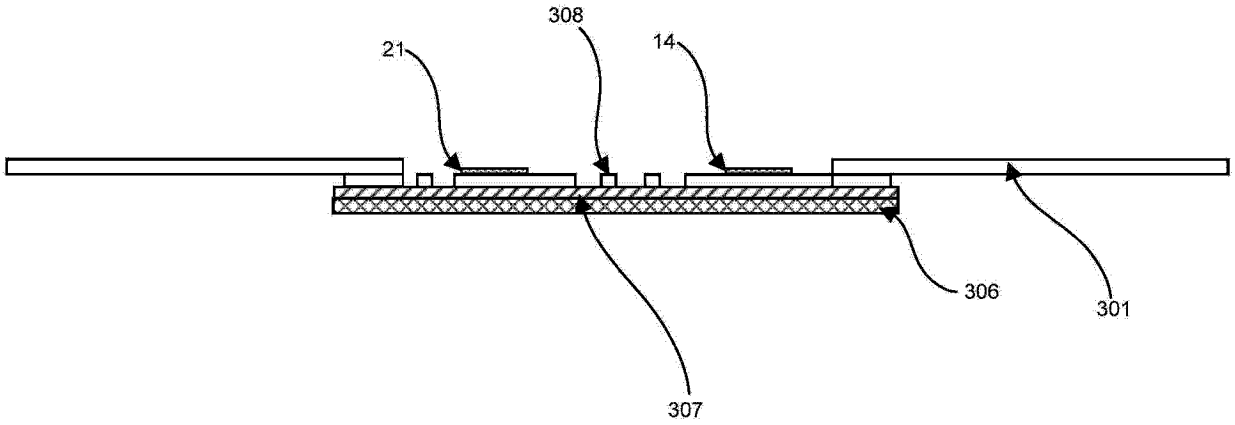


图 4(B)

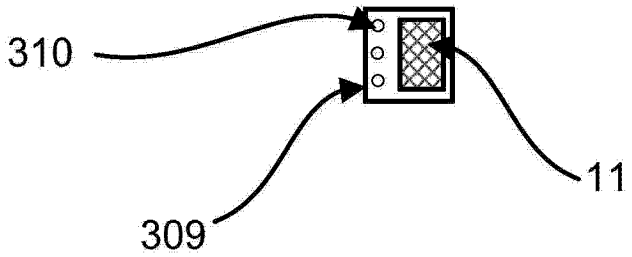


图 4(C)

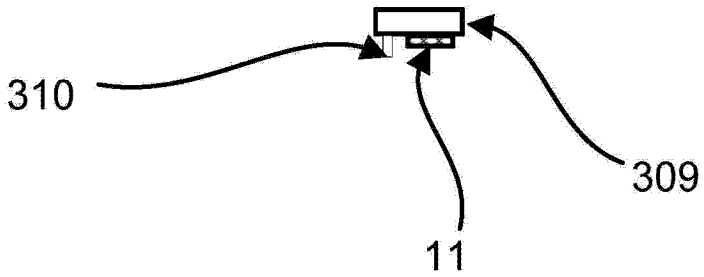


图 4(D)

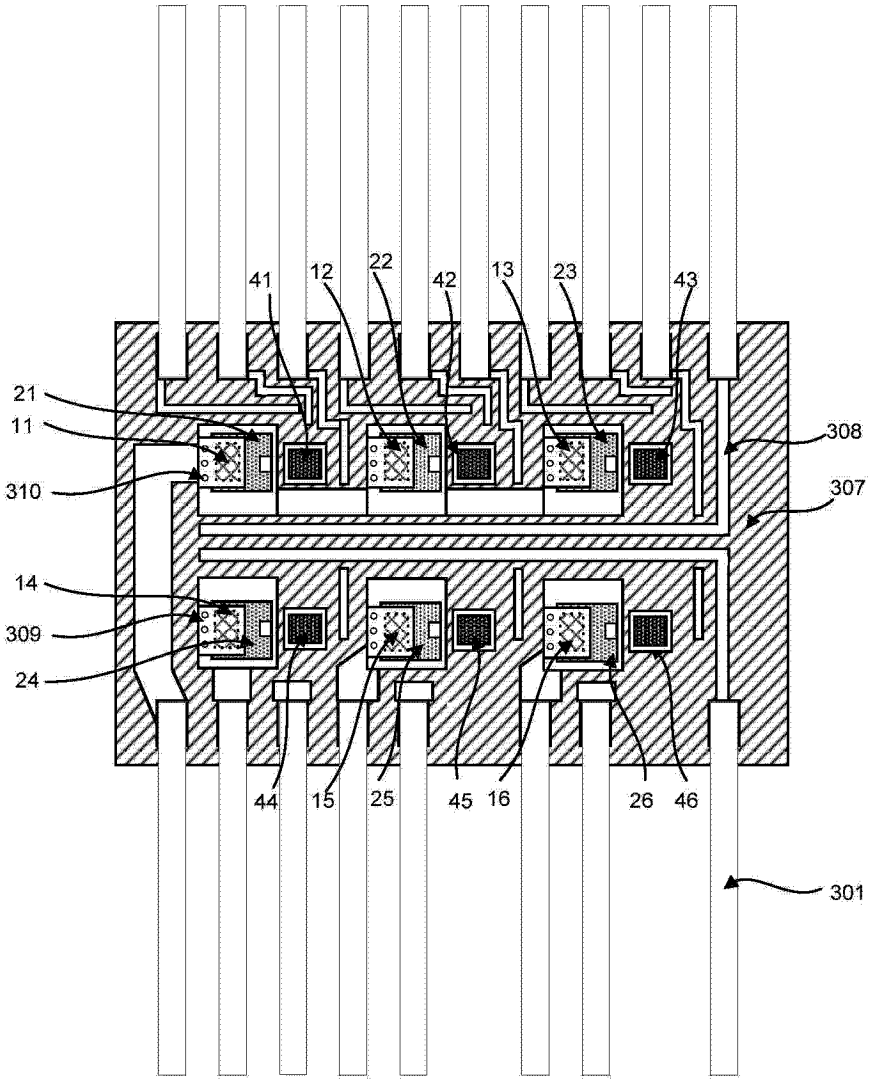

41
12
22
42
13
23
43
21
11
310
308
307
14
309
24
44
15
25
45
16
26
46
301

图 5(A)

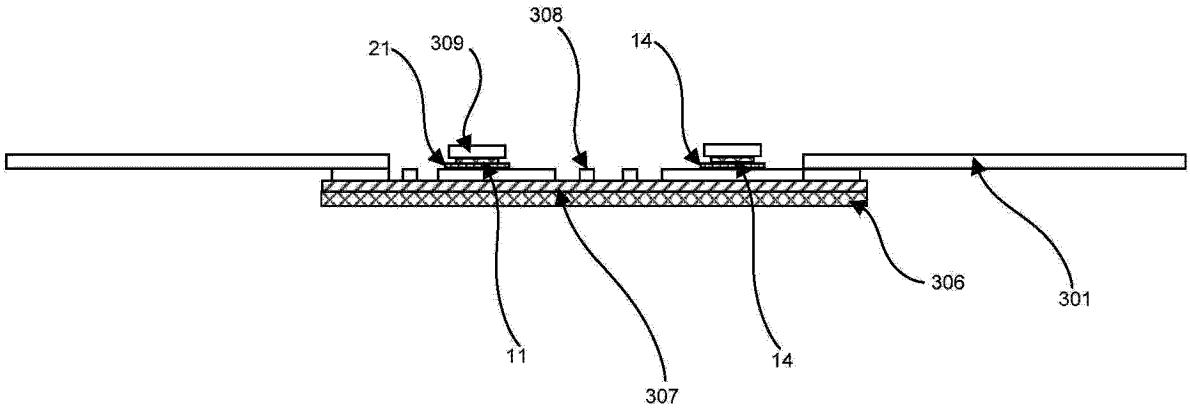

308
21
309
14
306
301
11
307
14

图 5(B)

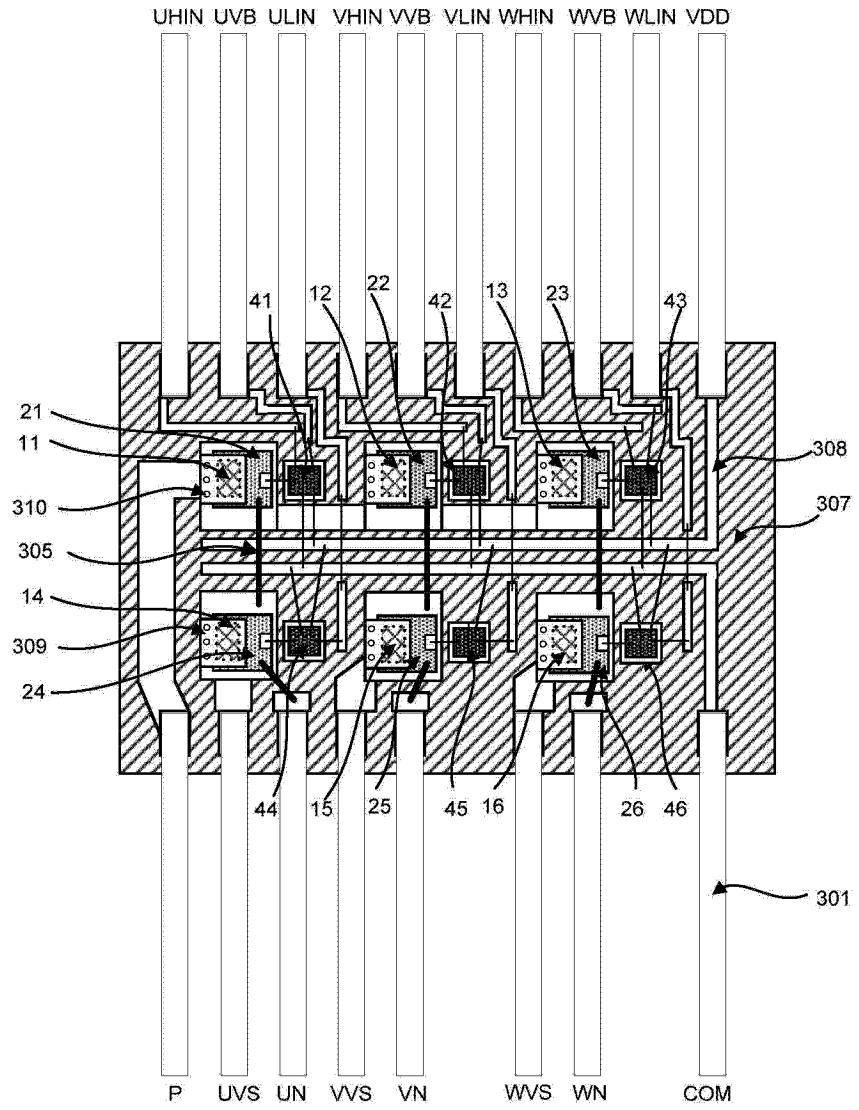

UHIN UVB ULIN VHIN VVB VLIN WHIN WVB WLIN VDD
41 12 22 42 13 23 43
21
11
310
305
14
309
24
308
307
44 15 25 45 16 26 46
301
P UVS UN VVS VN WVS WN COM

图 6(A)

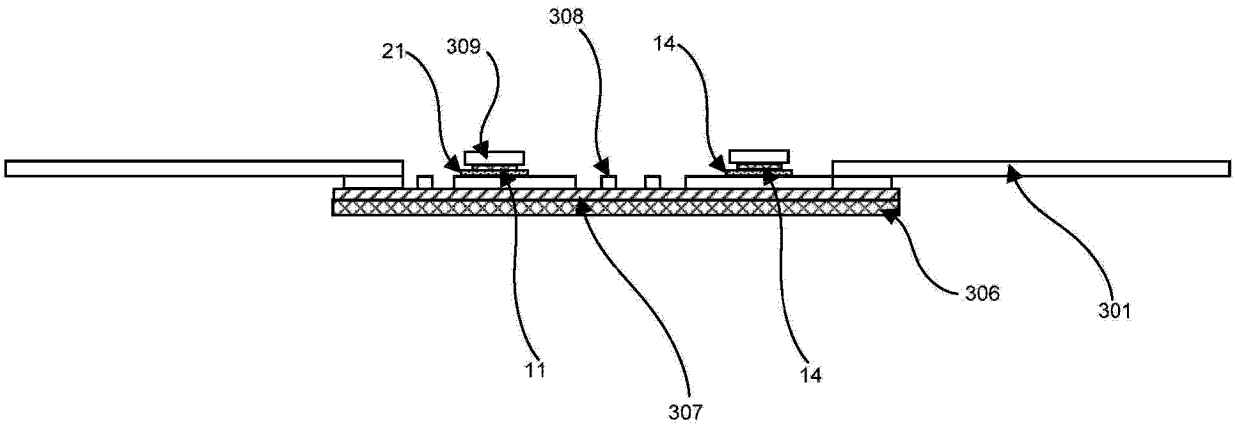

308
21 309 14
306
301
11 307 14

图 6(B)

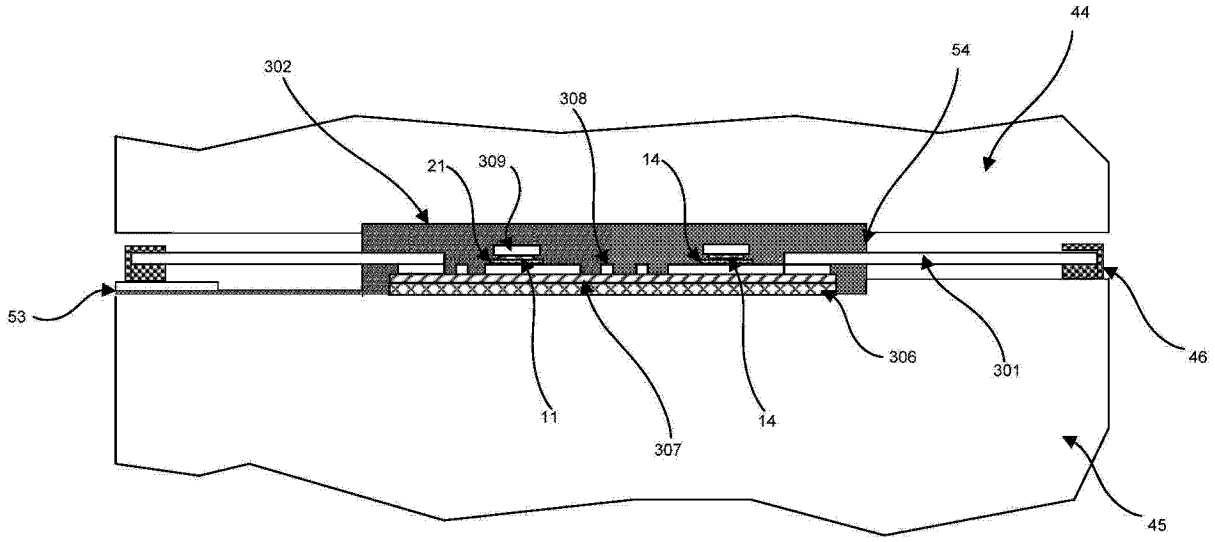


图 7

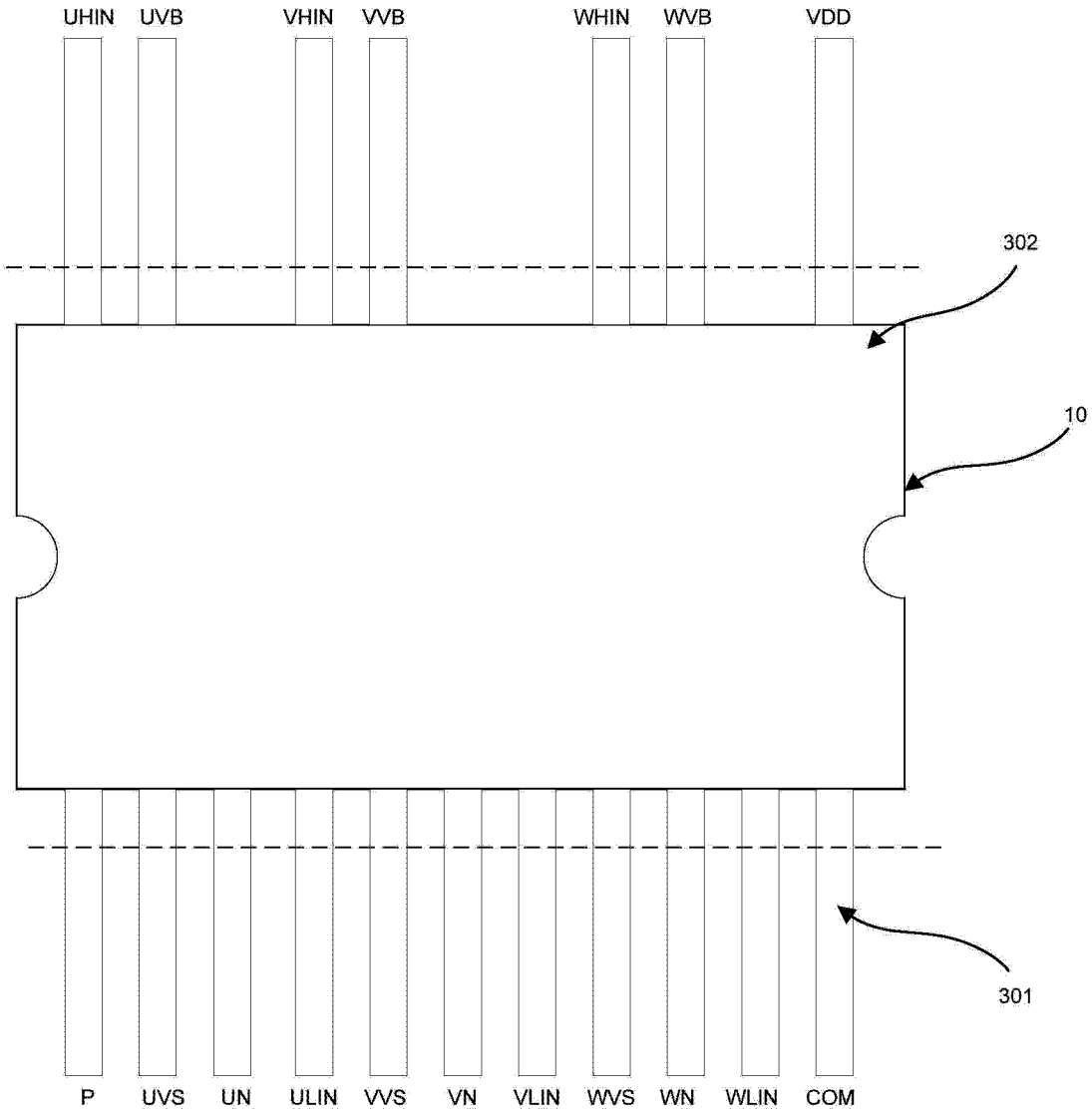

UHIN
UVB
VHIN
VVB
WHIN
WVB
VDD
302
10
301
P
UVS
UN
ULIN
VVS
VN
VLIN
WVS
WN
WLIN
COM

图 8(A)

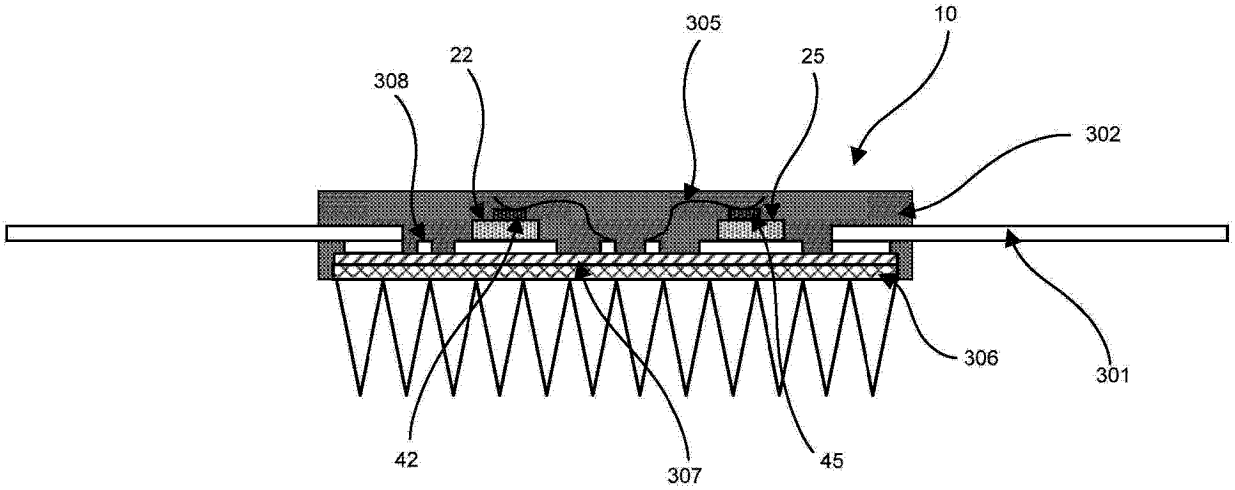


图 8(B)

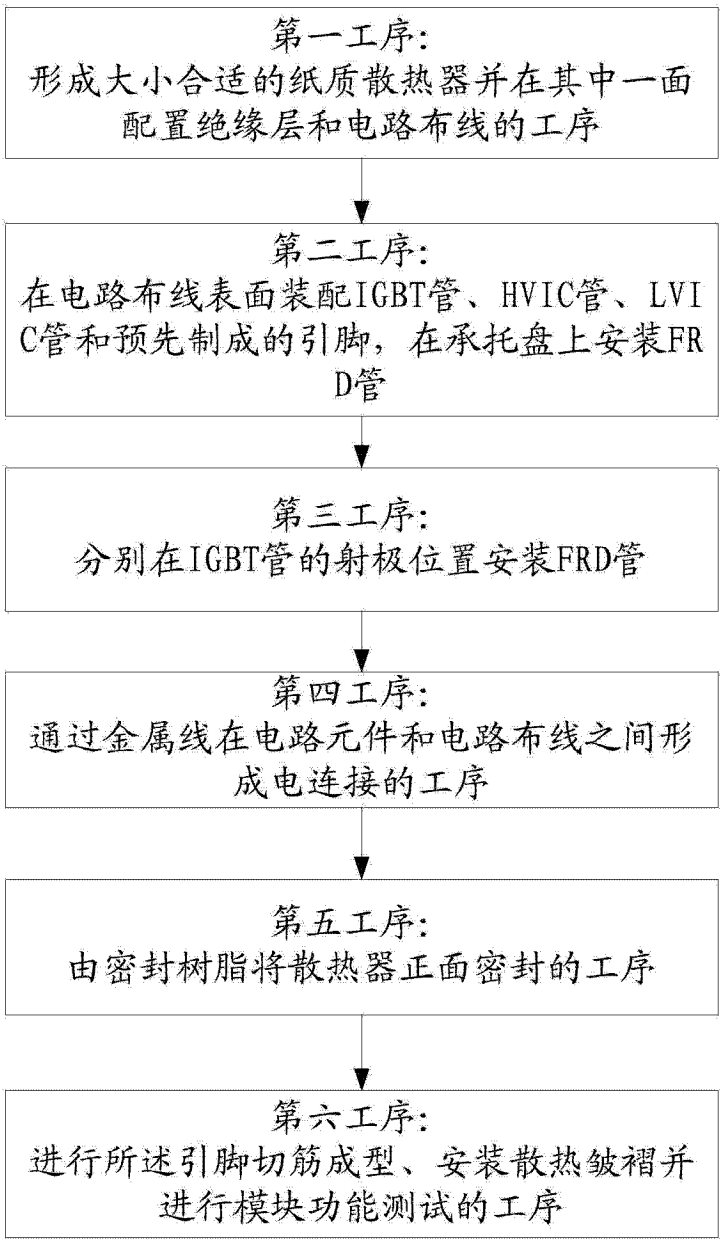

第一工序:
形成大小合适的纸质散热器并在其中一面配置绝缘层和电路布线的工序
第二工序:
在电路布线表面装配IGBT管、HVIC管、LVIC管和预先制成的引脚，在承托盘上安装FRD管
第三工序:
分别在IGBT管的射极位置安装FRD管
第四工序:
通过金属线在电路元件和电路布线之间形成电连接的工序
第五工序:
由密封树脂将散热器正面密封的工序
第六工序:
进行所述引脚切筋成型、安装散热皱褶并进行模块功能测试的工序

图 9