



## (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204596778 U

(45) 授权公告日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201520166339. 9

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2015. 03. 23

(73) 专利权人 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林  
港路

专利权人 美的集团股份有限公司

(72) 发明人 冯宇翔

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所  
44237

代理人 张全文

(51) Int. Cl.

H01L 23/34(2006. 01)

H01L 23/36(2006. 01)

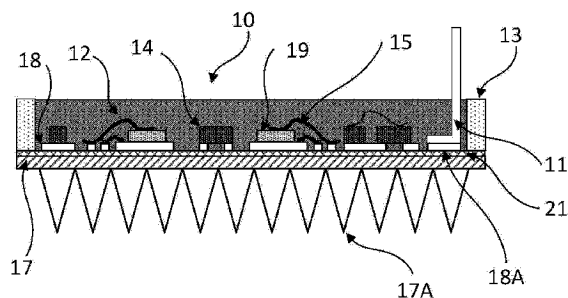
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

### (54) 实用新型名称

智能功率模块

### (57) 摘要

本实用新型适用于电子器件制造技术, 提供了一种智能功率模块, 包括: 基板, 包括第一表面和与该第一表面相对的第二表面, 所述第一表面形成皱褶, 所述第二表面覆盖有绝缘层, 所述基板为纸质散热器; 电路布线层, 形成于所述绝缘层的表面; 电路元件, 配设于所述电路布线层相应位置; 金属线, 连接所述电路布线层和电路元件。由于智能功率模块的背面具有散热皱褶, 散热面积大幅增加, 绝缘层无需使用高导热材料即可满足功率元件散热要求; 散热结构为纸质材料, 重量轻, 智能功率模块总体重量降低, 便于长途运输和工人装配; 因为模块本身具备散热器, 所以在应用过程, 外部无需再接散热器, 降低应用难度和应用成本, 提供装配品质。



1. 一种智能功率模块,其特征在于,包括:

基板,包括第一表面和与该第一表面相对的第二表面,所述第一表面形成皱褶,所述第二表面覆盖有绝缘层,所述基板为纸质散热器;

电路布线层,形成于所述绝缘层的表面;

电路元件,配设于所述电路布线层相应位置;

金属线,连接所述电路布线层和电路元件。

2. 如权利要求 1 所述的智能功率模块,其特征在于,所述纸质散热器为可耐受 350℃ 以上温度的绝缘材料制作而成。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的智能功率模块,其特征在于,所述纸质散热器为湿式碳素复合材料功能纸制作而成。

4. 如权利要求 1 所述的智能功率模块,其特征在于,还包括引脚,所述电路布线层包括靠近所述基板的表面边缘的引脚焊盘,所述引脚与所述引脚焊盘连接并自所述基板向外延伸。

5. 如权利要求 1 所述的智能功率模块,其特征在于,还包括密封层,所述密封层包覆于所述绝缘层的表面,将所述电路布线层、电路元件以及金属线覆盖。

6. 如权利要求 1 或 5 所述的智能功率模块,其特征在于,还包括防水层,所述防水层覆盖于所述基板的第一表面。

## 智能功率模块

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于电子器件制造工艺领域,尤其涉及一种智能功率模块。

### 背景技术

[0002] 智能功率模块(Intelligent Power Module, IPM)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。IPM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。IPM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。与传统分立方案相比,IPM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,是变频调速,冶金机械,电力牵引,伺服驱动,变频家电的一种理想电力电子器件。

[0003] 因为智能功率模块一般工作在高温环境中,并且智能功率模块内的功率器件在工作时会发出大量的热,导致功率器件的结温很高,虽然电路基板具有散热作用,但是因为所述绝缘层的存在,导致所述智能功率模块的整体热阻较高。

[0004] 智能功率模块长期工作在高温下,会严重降低使用寿命,并且会影响性能的稳定性,在极端情况下,会导致智能功率模块在工作过程中因内部器件过热而失控爆炸,造成人员伤亡和财产损失。

[0005] 选用高导热绝缘层和增加散热器是解决现行智能功率模块散热问题的主要方法;但是高导热绝缘层一方面成本非常高,另一方面由于高导热绝缘层使用了大量的参杂而导致硬度很大从而增加了智能功率模块的制造难度;如果在智能功率模块内部散热器,将功率元件贴装在散热器上,一方面会增加原材料成本,另一方面增加了智能功率模块的工艺难度;如果在智能功率模块外部增加散热器,散热器贴装在智能功率模块背面,一方面增加应用成本,另一方面增加了装配难度,都对智能功率模块的应用推广制造了困难,不利于智能功率模块在民用场合的普及。

### 实用新型内容

[0006] 本实用新型旨在解决现有技术的不足,提供一种高可靠性的智能功率模块,可在使用普通绝缘层的前提下,使智能功率模块获得良好的散热效果。

[0007] 本实用新型是这样实现的,一种智能功率模块,包括:

[0008] 基板,包括第一表面和与该第一表面相对的第二表面,所述第一表面形成皱褶,所述第二表面覆盖有绝缘层,所述基板为纸质散热器;

[0009] 电路布线层,形成于所述绝缘层的表面;

[0010] 电路元件,配设于所述电路布线层相应位置;

[0011] 金属线,连接所述电路布线层和电路元件。

[0012] 进一步地,所述纸质散热器为可耐受350℃以上温度的绝缘材料制作而成。

[0013] 进一步地,所述纸质散热器为湿式碳素复合材料功能纸制作而成。

[0014] 进一步地,还包括引脚,所述电路布线层包括靠近所述基板的表面边缘的引脚焊

盘,所述引脚与所述引脚焊盘连接并自所述基板向外延伸。

[0015] 进一步地,还包括密封层,所述密封层包覆于所述绝缘层的表面,将所述电路布线层、电路元件以及金属线覆盖。

[0016] 进一步地,还包括防水层,所述防水层覆盖于所述基板的第一表面。

[0017] 上述智能功率模块的有益效果是:由于智能功率模块的背面具有散热皱褶,散热面积极大增加,绝缘层无需使用高导热材料即可满足功率元件散热要求;散热结构为纸质材料,重量轻,智能功率模块总体重量降低,便于长途运输和工人装配;因为模块本身具备散热器,所以在应用过程,外部无需再接散热器,降低应用难度和应用成本,提供装配品质。因此,本实用新型的智能功率模块在降低成本同时,提高了可靠性,并且可设计成与现行智能功率模块功能及引脚定义兼容,便于智能功率模块的推广应用。

## 附图说明

[0018] 图 1(A) 为本实用新型实施例提供的智能功率模块的俯视图;

[0019] 图 1(B) 是图 1(A) 中沿 X-X' 线的剖面图;

[0020] 图 2(A)、2(B) 分别是本实用新型智能功率模块的制造方法中设置基板的侧视和俯视工序示意图;

[0021] 图 2(C) 为在基板上形成绝缘层 21、铜箔层 18B 的工序示意图;

[0022] 图 2(D) 为制作电路布线的工序示意图;

[0023] 图 2(E) 是图 2(D) 中沿 X-X' 线的剖面图;

[0024] 图 2(F) 为制作散热皱褶的工序示意图;

[0025] 图 2(G) 为引脚的尺寸标示图;

[0026] 图 2(H) 为制作引脚的工序示意图;

[0027] 图 3(A)、3(B) 分别为在电路布线上装配电路元件、引脚的侧视和俯视工序示意图;

[0028] 图 4(A)、4(B) 分别为装配金属线的侧视和俯视工序示意图;

[0029] 图 5 为智能功率模块的密封工序示意图。

## 具体实施方式

[0030] 为了使本实用新型要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本实用新型进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本实用新型,并不用于限定本实用新型。

[0031] 结合图 1(A) 和 1(B),本实用新型的智能功率模块 10 具有引脚 11、密封层 12、金属线 15、基板 17、电路布线(即电路布线层)18、绝缘层 21 和电路元件,该电路元件包括功率元件 19 和非功率元件 14。基板 17 为纸质散热器,基板 17 包括第一表面和与该第一表面相对的第二表面,基板 17 的第一表面形成大量散热皱褶 17A,有绝缘层 21 覆盖在基板 17 的第二表面。电路布线 18 配设在所述绝缘胶 21 的表面上,电路布线 18 包括设置在靠近所述基板 17 的表面边缘的引脚焊盘 18A。金属线 15 用于根据电路原理图,在电路布线层 18 之间、电路元件之间以及电路布线层 18 和电路元件之间形成电路连接。密封层 12 包括热硬性树脂框 13 以及注入在热硬性树脂框 13 的范围内的热塑性树脂形成。密封该电路且完

全覆盖所述基板 17 的第二表面上的所有元素。

[0032] 本实施例中,基板 17 可耐受 350℃ 以上高温的绝缘材料制作而成。如湿式碳素复合材料功能纸,可由粉末状和纤维状碳素材料复合加工成石墨质,并可根据需要折叠成任意形状,得到散热皱褶 17A。为了提高抗腐蚀性和防水,表面可进行防水处理,即于基板 17 的第一表面覆盖防水层(图未示)。本实施例中,基板 17 和散热皱褶 17A 一体制成,其中基板 17 形状平整、所述散热皱褶 17A 形状不规则;基板 17 和散热皱褶 17A 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,基板 17 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,散热皱褶 17A 采用了较薄的湿式碳素复合材料,厚度可设计为 0.5mm。在此,基板 17 具有散热皱褶 17A 的一面称为基板 17 的背面(第一表面),相对面称为基板 17 的表面(第二表面)。

[0033] 实际应用中,散热皱褶 17A 不能完全覆盖基板 17 的背面,在基板 17 的背面的边缘需要流出至少 2mm 的平整位置,并且在基板 17 的矩形短边有直径至少 1mm 的通孔 16。

[0034] 绝缘层 21 采用常规的绝缘材料为基础,可以加入二氧化硅、氮化硅、碳化硅等掺杂以提高导热性,在此,掺杂可以是球形或角形,通过热压方式,压合在基板 17 的表面,并且使在基板 17 的通孔 16 位置露出。

[0035] 电路布线 18 由铜等金属构成,形成于绝缘层 21 上的相应位置(该位置根据电路原理图设计),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。另外,在绝缘层 21 的边缘,形成有由电路布线 18 构成的引脚焊盘 18A。在此,在绝缘层 21 的一边附近设置多个对准排列的引脚焊盘 18A,根据功能需要,也可在绝缘层 21 的多个边附近设置多个对准排列的引脚焊盘 18A。

[0036] 功率元件 19 和非功率元件 14 被固定在电路布线 18 上构成规定的电路。在此,功率元件 19 采用 IGBT 管、高压 MOSFET 管、高压 FRD 管等元件,功率元件 19 通过金属线 15 与电路布线 18 等连接;非功率元件 14 采用集成电路、晶体管或二极管等有源元件、或者电容或电阻等无源元件,面朝上安装的有源元件等通过金属线 15 与电路布线 18 连接。

[0037] 金属线 15 可以是铝线、金线或铜线,通过邦定使各功率元件 19 之间、各非功率元件 14 之间、各电路布线 18 之间建立电连接关系,有时还用于使引脚 11 和电路布线 18 或功率元件 19、非功率元件 14 之间建立电连接关系。

[0038] 引脚 11 被固定在设于电路基板 17 其中一个或多个边缘的焊盘 18A 上,其具有例如与外部进行输入、输出的作用。在此,设计成一边上设有多条引脚 11,引脚 11 和引脚焊盘 18A 通过焊锡等导电性粘结剂焊接,使得引脚 11 与所述引脚焊盘 18A 连接并自基板 17 向外延伸。引脚 11 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 5 μm,镀层可保护铜不被腐蚀氧化,并可提高可焊接性。

[0039] 热硬性树脂框 13 通过传递模方式模制形成,热硬性树脂框 13 外边缘大小与基板 17 一致或比基板 17 略小。应用中,热硬性树脂框 13 内边缘与外边缘的距离不小于 1.5mm,并且在热硬性树脂框 13 矩形短边处,有直径与基板 17 的通孔位置、直径一致的通孔。

[0040] 密封层 12 通过热塑性树脂注入模方式模制。在此,密封层 12 完全位于热硬性树脂框 13 内并密封基板 17 上表面上的所有元素。包覆于绝缘层 21 的表面,将电路布线层 18、

电路元件以及金属线 15 覆盖。

[0041] 由于智能功率模块 10 的背面具有散热皱褶 17A, 散热面积大幅增加, 绝缘层 21 无需使用高导热材料即可满足功率元件散热要求; 散热结构为纸质材料, 重量轻, 智能功率模块 10 总体重量降低, 便于长途运输和工人装配; 因为模块本身具备散热器, 所以在应用过程, 外部无需再接散热器, 降低应用难度和应用成本, 提供装配品质。因此, 本实用新型的智能功率模块 10 在降低成本同时, 提高了可靠性, 并且可设计成与现行智能功率模块功能及引脚定义兼容, 便于智能功率模块的推广应用。

[0042] 本实用新型智能功率模块的制造方法包括以下步骤:

[0043] 制作作为基板的纸质散热器, 并于所述基板的第一表面形成皱褶, 第二表面覆盖绝缘层, 其中, 所述第一表面和所述第二表面相对;

[0044] 于所述绝缘层表面布设电路布线层;

[0045] 于所述电路布线层相应位置配设电路元件以及引脚;

[0046] 利用金属线连接所述电路布线层和电路元件;

[0047] 于所述绝缘层的表面包覆密封层, 将所述电路布线层、电路元件以及金属线覆盖。

[0048] 在一个实施例中, 于所述绝缘层的表面包覆密封层的步骤具体为:

[0049] 在所述绝缘层的表面周围设置热硬性树脂框;

[0050] 在所述热硬性树脂框的范围内注入热塑性树脂以密封所述电路布线层、电路元件以及金属线。

[0051] 优选地, 还包括在所述基板的第一表面上设置防水层的步骤。

[0052] 优选地, 在所述利用金属线连接所述电路布线层和电路元件的步骤之前还包括以下步骤:

[0053] 通过回流焊焊接所述电路元件于所述电路布线层上;

[0054] 清除残留在所述绝缘层的助焊剂。

[0055] 智能功率模块的制造方法在纸质散热器上形成电路布线并完成有序加工, 重量更轻的散热器对加工时所用载具要求低, 定位容易, 降低了制造成本, 提高了过程合格率; 省去将功率元件贴装到内部散热器的工序, 降低了设备投资费用。

[0056] 以下说明的各工序的详细情况。

[0057] 第一工序:

[0058] 参考图 2(A) 和图 2(B), 图 2(A) 为基板的俯视图, 图 2(B) 是图 2(A) 中沿 X-X' 线的剖面图。

[0059] 根据需要的电路布局设计大小合适的基板 17, 对于一般的智能功率模块, 一枚的大小可选取  $64\text{mm} \times 30\text{mm}$ , 厚度为  $1.5\text{mm}$ , 对两面进行如涂敷防水胶的防蚀、防水处理。

[0060] 参考图 2(C), 使用具有角形或球形掺杂的绝缘材料和铜材, 通过同时热压的方式, 使绝缘材料形成于基板 17 的表面并作为绝缘层 21、铜材形成于绝缘层 21 表面作为铜箔层 18B。在此, 为了提高耐压特性, 绝缘层 21 的厚度可以设计为  $110\ \mu\text{m}$ , 为了提高散热特性, 绝缘层 21 的厚度可以设计为  $70\ \mu\text{m}$ 。在此, 为了提高通流能力, 铜箔层 18B 的厚度可以设计成  $0.07\text{mm}$ , 为了降低成本, 铜箔层 18B 的厚度可以设计成  $0.035\text{mm}$  或  $0.0175\text{mm}$ 。

[0061] 参考图 2(D) 和图 2(E), 将铜箔层 18B 的特定位置腐蚀掉, 剩余部分为电路布线 18 及引脚焊盘 18A。

[0062] 参考图 2(F), 使用厚度为 0.5mm 的湿式碳素复合材料形成不规则形状, 作为散热皱褶 17A。对两面进行如涂敷防水胶的防蚀、防水处理。

[0063] 每个引脚 11 都是用铜基材, 通过冲压或者蚀刻的方式, 制成如图 2(G) 所示, 单独的引脚单元为长度 C 为 25mm, 宽度 K 为 1.5mm, 厚度 H 为 1mm 的长条状; 在本实施例中, 为便于装配, 也在引脚单元其中一端压制出 90° 的弧度, 如图 2(H) 所示。

[0064] 然后通过化学镀的方法形成镍层: 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, 在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 0.1  $\mu\text{m}$ ;

[0065] 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, 在镍层表面形成镍锡合金层, 合金层一般控制在 5  $\mu\text{m}$ , 合金层的形成极大提高了保护性和可焊性。

[0066] 第二工序:

[0067] 在电路布线 18 表面装配功率元件 19、非功率元件 14 和在引脚焊盘 18A 表面装配引脚 11 的工序。

[0068] 首先, 通过锡膏印刷机, 使用钢网, 对绝缘层 21 上的电路布线 18 的特定位置和引脚焊盘 18A 进行锡膏涂装; 在此, 为了提高爬锡高度, 可使用 0.15mm 厚度的钢网, 为了降低功率器件 19 和非功率元件 14 移位的风险, 可使用 0.12mm 厚度的钢网。本实施例中, 使用的功率元件 19 的高度为 0.07mm, 为最轻的元器件, 所以钢网厚度选择 0.12mm 厚度的钢网。

[0069] 然后, 参照侧视图图 3(A) 和俯视图图 3(B), 将基板 17 放置在载具 20 上, 进行功率元件 19、非功率元件 14 和引脚 11 的安装, 功率元件 19 和非功率元件 14 可直接放置在电路布线 18 的特定位置, 而引脚 11 则一端要安放在焊盘 18A 上, 另一端需要载具 20 上的固定装置 20A 进行固定, 载具 20 和固定装置 20A 通过合成石等材料制成。在此, 载具 20 需要进行底部镂空处理, 使散热皱褶 17A 露出, 基板 17 背面边缘至少 1mm 的未被散热皱褶 17A 覆盖的位置与载具 20 接触起支撑作用。

[0070] 然后, 放于载具 20 上的基板 17 通过回流焊, 锡膏固化, 功率元件 19、非功率元件 14 和引脚 11 被固定。

[0071] 第三工序:

[0072] 首先将基板 17 放入清洗机中进行清洗, 将回流焊时残留的松香等助焊剂及冲压时残留的铝线等异物洗净, 根据非功率元件 14 在电路布线 18 的排布密度, 清洗可通过喷淋或超声或两者结合的形式进行。

[0073] 清洗时, 通过机械臂夹持引脚 11, 将基板 17 置于清洗槽中, 并要注意不要让机械臂触碰基板 17, 因为基板 17 具有脆性并容易形变, 如果机械臂夹持基板 17, 在清洗时产生的震动, 容易造成基板 17 发生崩裂。

[0074] 第四工序:

[0075] 根据通流能力需要, 选择适当直径的铝线作为邦定线 (金属线 15), 对于用于信号控制的集成电路, 也可考虑使用金线作为邦定线。在本实施例中, 全部选择铝线, 一般来说, 对功率元件 19 的邦定使用 350  $\mu\text{m}$  ~ 400  $\mu\text{m}$  的铝线, 对非功率元件 14 的邦定使用 38  $\mu\text{m}$  ~ 200  $\mu\text{m}$  的铝线, 对散热器 13 的邦定使用 350  $\mu\text{m}$  ~ 400  $\mu\text{m}$  的铝线。

[0076] 此工序完成后的制品参看侧视图图 4(A) 和俯视图图 4(B)。

[0077] 第五工序：

[0078] 在绝缘层 21 上装配热硬性树脂框 13 并灌封热塑性树脂的工序。

[0079] 首先,通过绝缘红胶等非导电性热固性胶水在绝缘层 21 上贴附矩形短边上带有通孔的热硬性树脂框 13,并在无氧环境中对贴附热硬性树脂框 13 的基板 17 进行烘烤,烘烤时间不应小于 2 小时,烘烤温度和选择 175℃,使热硬性树脂框 13 被固定在绝缘层 21 上,参见图 5,在此,热硬性树脂框 13 的高度必须高于金属线 15 的高度。

[0080] 然后,向热硬性树脂框 13 内注入热塑性树脂,直到热硬性树脂框 13 被填满。热塑性树脂的注入温度为 150℃,冷却后,密封层 12 将基板 17 上的所有元素密封,只有引脚 11 部分露出。

[0081] 第六工序：

[0082] 形成通孔 16 并固定散热褶皱 17A 的工序。智能功率模块经由此工序作为制品完成。

[0083] 参考图 1(A),通过打孔器等方式,在热硬性树脂 13 的通孔处将绝缘层 21 和基板 17 打穿,形成通孔 16。通孔 16 用于智能功率模块 10 的装配。

[0084] 参考图 1(B),使用耐受温度在 150℃ 以上的耐高温胶水,将散热褶皱 17A 粘附在基板 17 的背面,在此,散热褶皱 17A 不能完全覆盖基板 17 的背面,在基板 17 的背面的短边边缘的距离至少 2mm,确保不对通孔 16 形成遮挡。

[0085] 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。

[0086] 利用上述工序,完成智能功率模块 10 的制作。

[0087] 以上仅为本实用新型的较佳实施例而已,并不用以限制本实用新型,凡在本实用新型的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

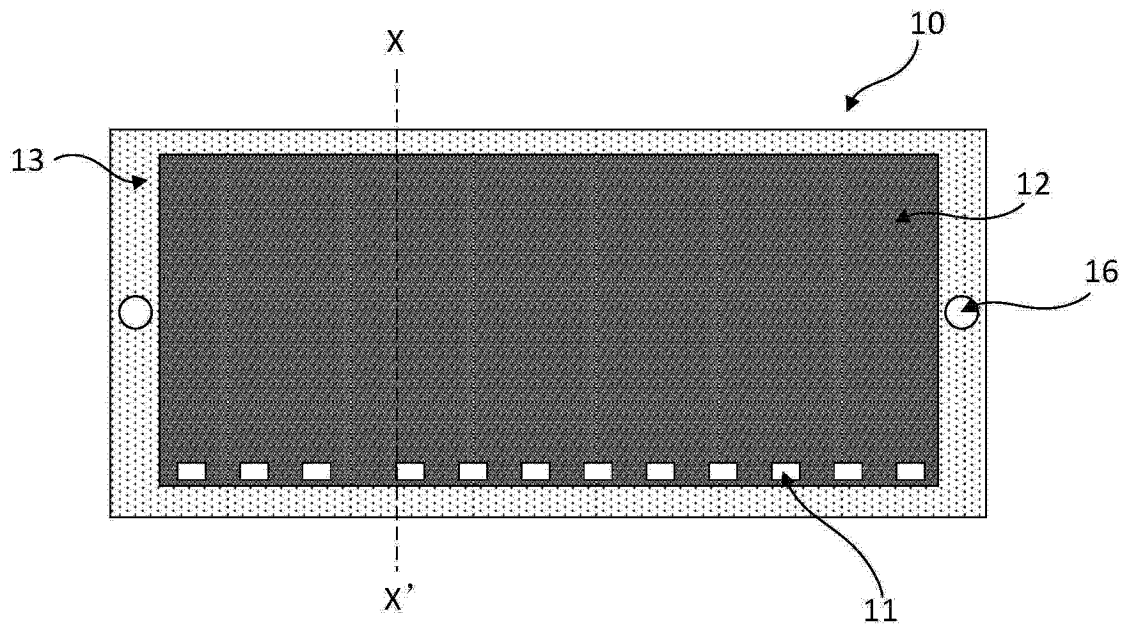


图 1(A)

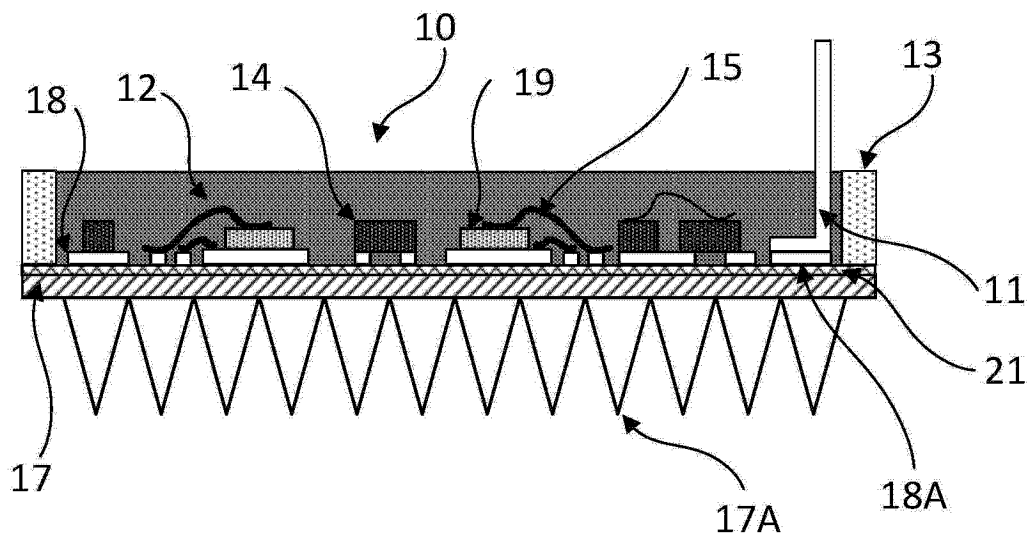


图 1(B)

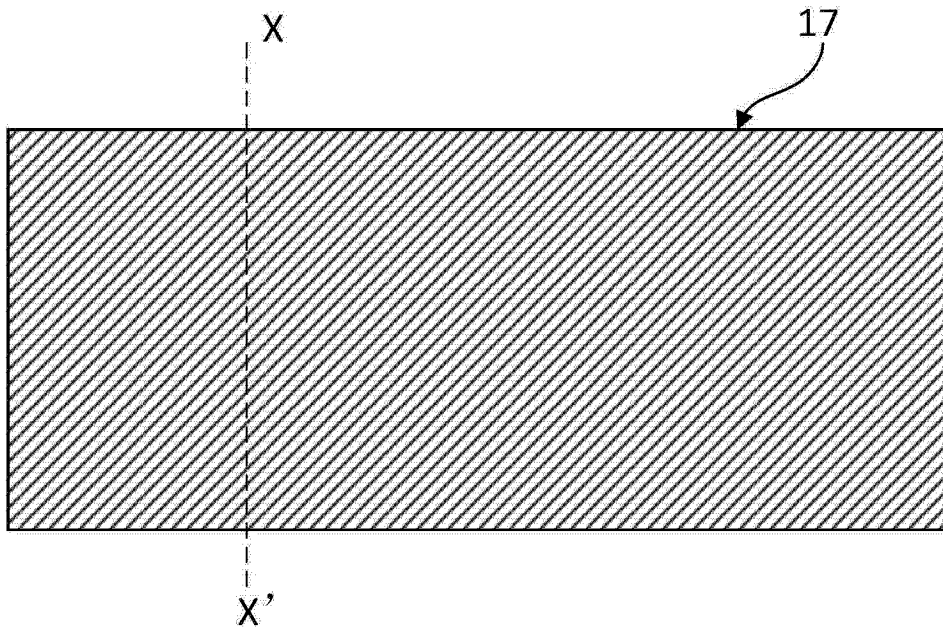


图 2 (A)



图 2 (B)

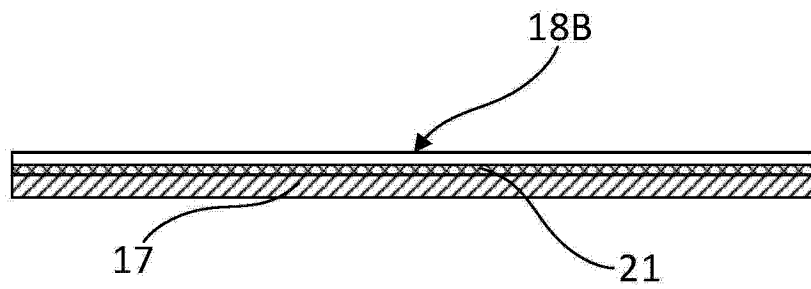


图 2 (C)

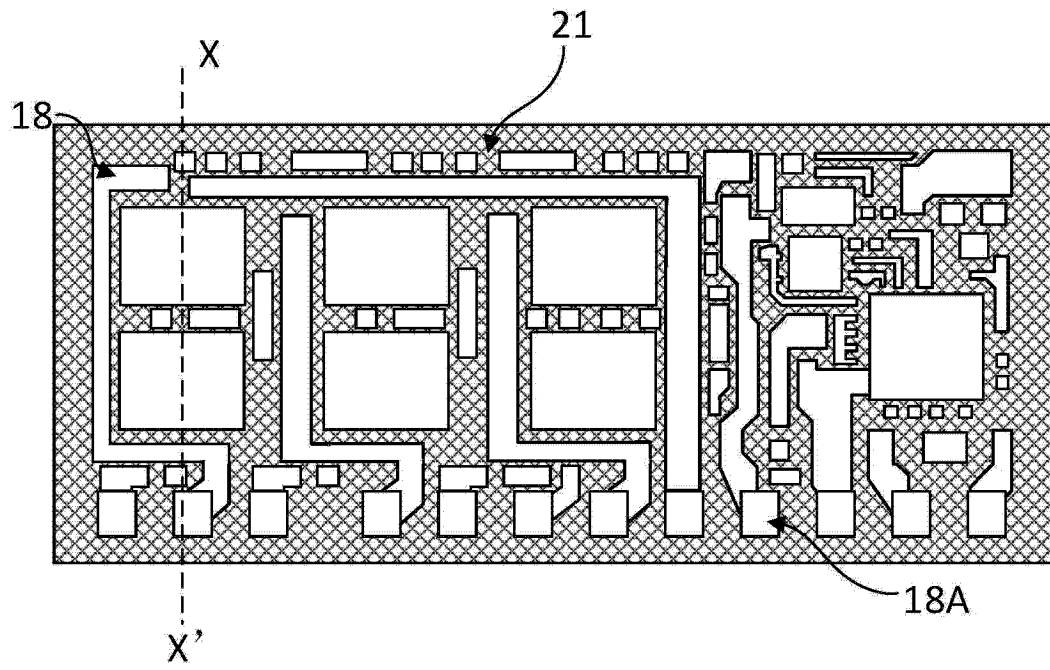


图 2(D)

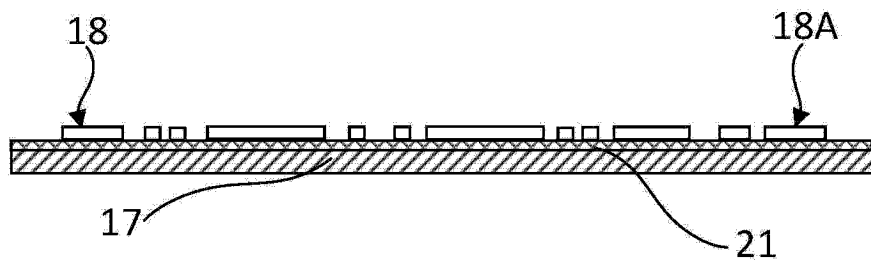


图 2(E)

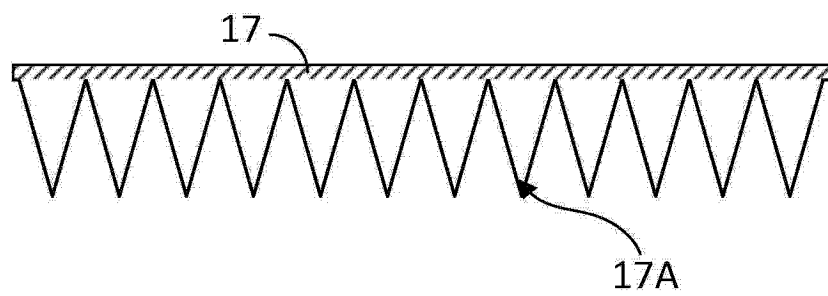


图 2(F)

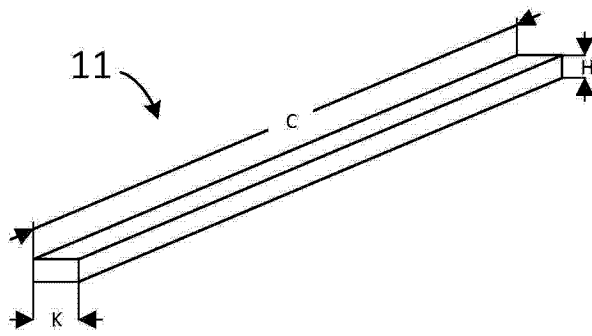


图 2(G)

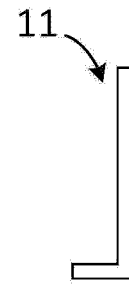


图 2(H)

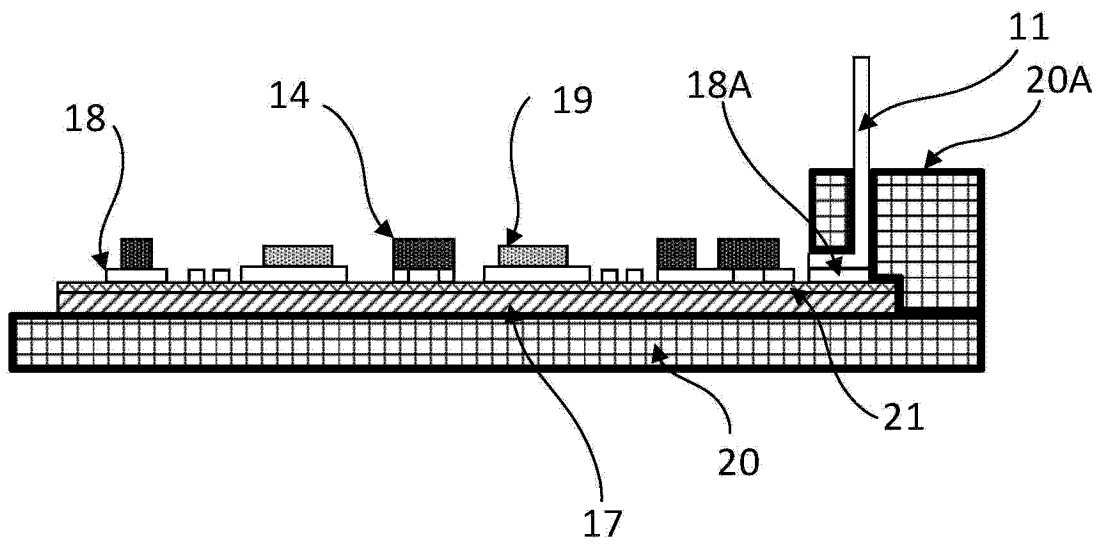


图 3(A)

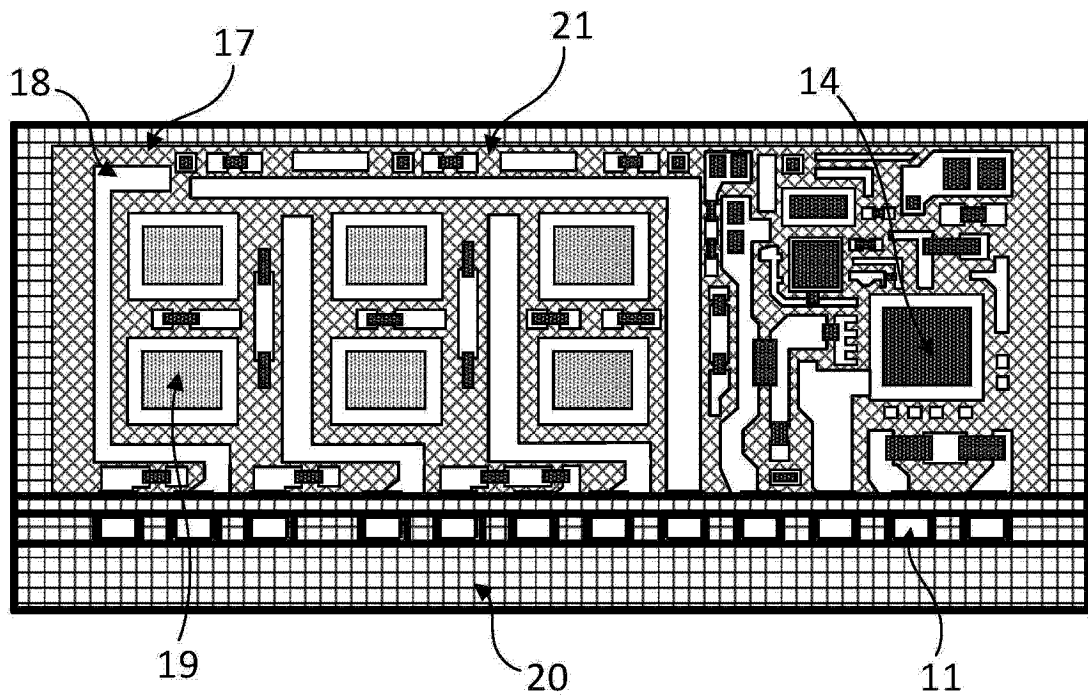


图 3(B)

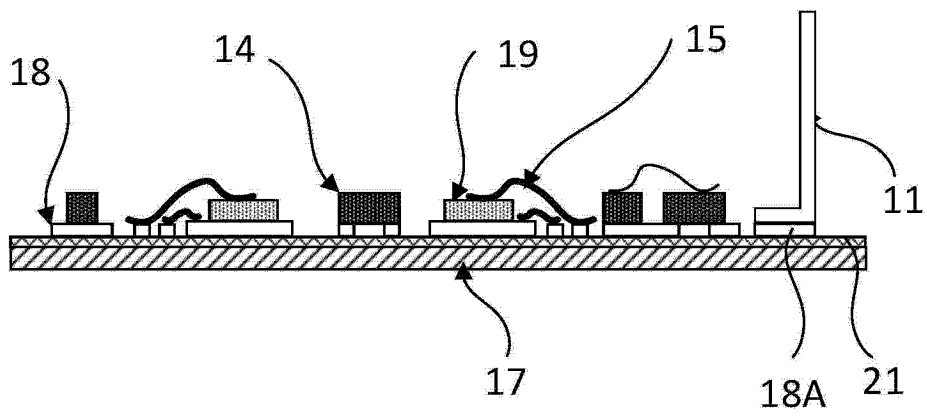


图 4(A)

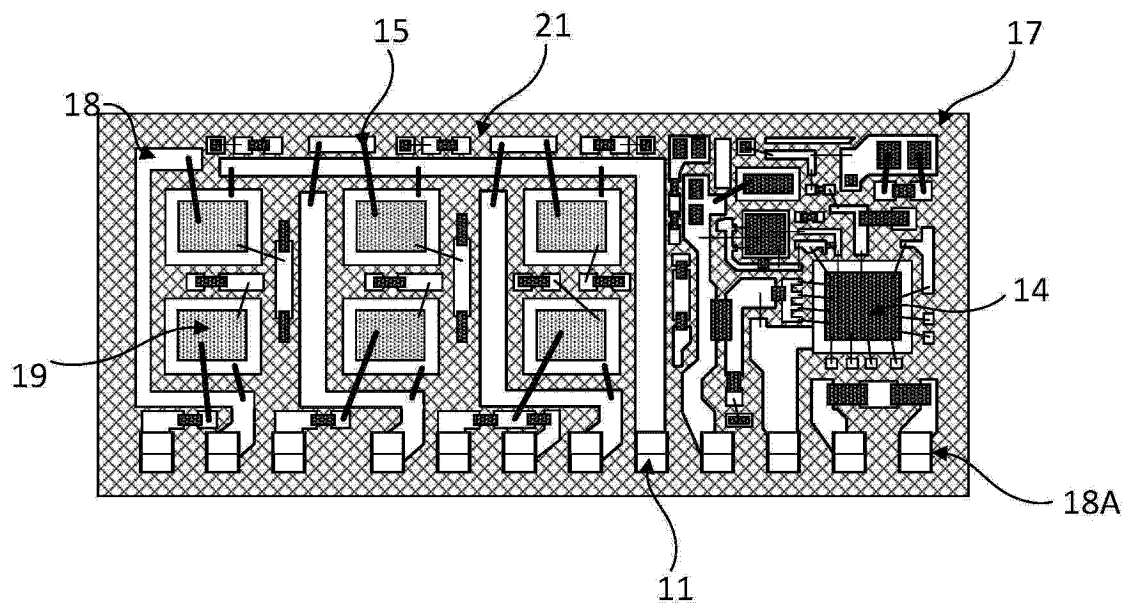


图 4(B)

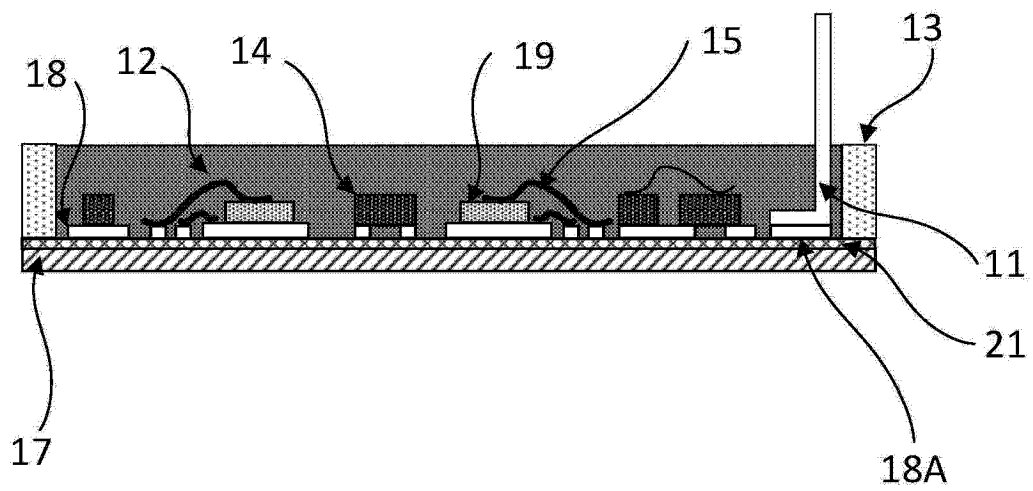


图 5