(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 104835794 A
(43)申请公布日 2015.08.12

(21)申请号 201510129237.4

(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 23/367(2006.01)
H01L 23/373(2006.01)
H01L 21/48(2006.01)
H01L 21/50(2006.01)

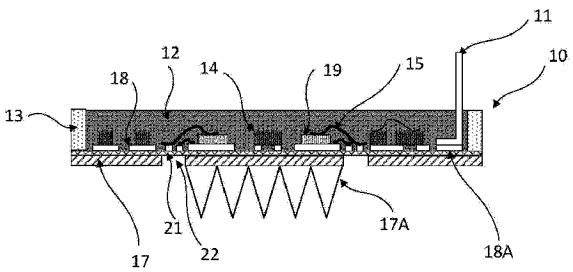
权利要求书2页 说明书12页 附图10页

(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，该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所述散热器的一面；所述散热器的另一面作为背面，在对应所述功率元件的位置设置有用于散热的皱褶，所述散热器的背面设置有隔断部。本发明提高了智能功率模块的散热效果、电性能和热稳定性，降低了成本。



CN 104835794 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，在对应所述功率元件的位置设置有用于散热的皱褶，所述散热器的背面设置有隔断部。

2. 根据权利要求 1 所述的智能功率模块，其特征在于，所述功率元件与所述非功率元件之间具有设定间隔区，所述隔断部设置在散热器的背面上对应所述间隔区的位置，所述隔断部的宽度为 1mm ～ 5mm。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的智能功率模块，其特征在于，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，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与所述皱褶相反的方向延伸作为输入输出的引脚。

5. 根据权利要求 4 所述的智能功率模块，其特征在于，沿所述绝缘层边缘设有热硬性树脂框，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热塑性树脂封装，所述热塑性树脂填充所述热硬性树脂框。

6. 根据权利要求 5 所述的智能功率模块，其特征在于，所述热硬性树脂框上设置有用于安装所述智能功率模块的通孔，所述通孔贯穿所述热硬性树脂框、所述绝缘层和所述纸质散热器。

7. 根据权利要求 5 所述的智能功率模块，其特征在于，所述电路布线在所述绝缘层的至少一边缘形成一个或多个焊垫；所述多个焊垫沿所述绝缘层的边缘对准排列；所述引脚通过所述焊垫固定，并与所述电路布线连接。

8. 根据权利要求 1 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；所述散热器与所述皱褶粘接或者一体制成；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。

9. 根据权利要求 3 所述的智能功率模块，其特征在于，所述功率元件、所述非功率元件、所述电路布线、所述金属线组成的电路，具有桥堆、压缩机逆变以及功率因素校正功能，或者具有桥堆、压缩机逆变、功率因素校正以及风机逆变功能。

10. 一种智能功率模块制造方法，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和焊垫；

在所述电路布线的表面装配功率元件、非功率元件，以及在所述焊垫的表面装配预先制成的引脚；

通过金属线将所述功率元件、非功率元件以及所述电路布线间连接形成相应的电路；

在所述绝缘层上装配预先制成的热硬性树脂框并灌封热塑性树脂；

在所述散热器的背面形成隔断部，将预先制成的散热皱褶固定在所述散热器的背面对应于所述功率元件的位置。

11. 根据权利要求 10 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，所述通过金属线将所述功率元件、非功率元件以及所述电路布线间连接形成相应的电路的步骤之前还包括：

将装配有各元素的散热器置于清洗机中进行清洗。

12. 根据权利要求 10 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，所述在电路布线的表面装配功率元件、非功率元件，以及在所述焊垫的表面装配预先制成的引脚的步骤之前还包括：

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，制成独立的引脚；

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。

13. 根据权利要求 12 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，所述制成独立的带镀层的引脚的步骤之后还包括：

制成独立的热硬性树脂框；

具体为：通过传递模的方式模制独立的热硬性树脂框。

14. 根据权利要求 13 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，所述在所述绝缘层上装配预先制成的热硬性树脂框并灌封热塑性树脂的步骤包括：

在热硬性树脂框上形成用于安装所智能功率模块的通孔；

将所述带有通孔的热硬性树脂框装配在所述绝缘层上；

在所述热硬性树脂的通孔处将所述绝缘层和所述纸质散热器打穿，使所述通孔贯穿所述绝缘层和所述纸质散热器。

15. 根据权利要求 14 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，所述在所述散热器的背面形成隔断部，将预先制成的散热皱褶固定在所述散热器的背面对应于所述功率元件的位置的步骤之后还包括：

进行模块功能测试。

16. 根据权利要求 10-15 中任一项所述的智能功率模块的制造方法，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和焊垫的步骤包括：

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及焊垫；

所述在所述散热器的背面形成隔断部，将预先制成的散热皱褶固定在所述散热器的背面对应于所述功率元件的位置的步骤包括：

通过切割、撕裂、腐蚀等方式，将所述纸质散热器的背面的特定位置的材料去除，形成隔断部。

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对应于功率元件的位置。

17. 根据权利要求 16 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，所述在电路布线的表面装配功率元件、非功率元件，以及在所述焊垫的表面装配预先制成的引脚的步骤中包括：

通过锡膏或银胶将所述功率元件、非功率元件及引脚固定。

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，尤其涉及一种变频空调等特定的应用场合，通过传递模形式进行封装的智能功率模块及其制造方法。

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] 现有的智能功率模块的结构如图 1(A)、图 1(B) 和图 1(C) 所示。图 1(A) 是现有的智能功率模块 100 的俯视图，图 1(B) 是图 1(A) 的 X-X’线剖面图，图 1(C) 是图 1(A) 去除树脂后的示意图。

[0004] 如图 1(A)、图 1(B) 和图 1(C) 所示，现有的智能功率模块 100 具有如下结构，其包括：电路基板 106；设于电路基板 106 表面上的绝缘层 107；绝缘层 107 上形成的电路布线 108；覆盖于绝缘层 107 和电路布线 108 特定位置的阻焊层 110；通过锡膏 112 固定在电路布线 108 上的功率元件 109 和非功率元件 104；连接非功率元件 104、功率元件 109 和电路布线 108 的金属线 105；与电路布线 108 连接的引脚 101；电路基板 106 的至少一面被密封树脂 102 密封，为了提高密封性，会将电路基板 106 的整个面全部密封。

[0005] 由于智能功率模块 100 一般工作在高温环境中，并且功率元件 109 在工作时会发出大量的热，导致功率元件 109 的结温很高，虽然电路基板 106 具有散热作用，但是因为绝缘层 107 的存在，导致智能功率模块 100 的整体热阻较高。并且，由于电路基板 106 的导热，使功率元件 109 的热量传递到其他器件中，使其他器件的电参数发生不可忽略的温飘。

[0006] 因此，现有的智能功率模块长期工作在高温下，会严重降低其使用寿命，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。

发明内容

[0007] 本发明的主要目的在于提供一种结构简单、利于散热、可靠性高的智能功率模块及其制造方法。

[0008] 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所述散热器的一面；所述散热器的另一面作为背面，在对应所述功率元件的位置设置有用于散热的皱褶，所述散热器的背面设置有隔断部。

[0009] 优选地，所述功率元件与所述非功率元件之间具有设定间隔区，所述隔断部设置在散热器的背面上对应所述间隔区的位置，所述隔断部的宽度为 1mm ～ 5mm。

[0010] 优选地，该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电路的金属线。

[0011] 优选地，该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与所述皱褶相反方向延伸的作为输入输出的引脚。

[0012] 优选地，该智能功率模块还包括沿所述绝缘层边缘设有热硬性树脂框，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热塑性树脂封装，所述热塑性树脂填充所述热硬性树脂框。

[0013] 优选地，所述热硬性树脂框上设置有用于安装所述智能功率模块的通孔，所述通孔贯穿所述热硬性树脂框、所述绝缘层和所述纸质散热器。

[0014] 优选地，所述电路布线在所述绝缘层的至少一边缘形成一个或多个焊垫；所述多个焊垫沿所述绝缘层的边缘对准排列；所述引脚通过所述焊垫固定，并与所述电路布线连接。

[0015] 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；所述散热器与所述皱褶粘接或者一体制成；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。

[0016] 优选地，所述功率元件、所述非功率元件、所述电路布线、所述金属线组成的电路，具有桥堆、压缩机逆变以及功率因素校正功能，或者具有桥堆、压缩机逆变、功率因素校正以及风机逆变功能。

[0017] 本发明实施例还提出一种智能功率模块制造方法，包括以下步骤：

[0018] 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和焊垫；

[0019] 在所述电路布线的表面装配功率元件、非功率元件，以及在所述焊垫的表面装配预先制成的引脚；

[0020] 通过金属线将所述功率元件、非功率元件以及所述电路布线间连接形成相应的电路；

[0021] 在所述绝缘层上装配预先制成的热硬性树脂框并灌封热塑性树脂；

[0022] 在所述散热器的背面形成隔断部，将预先制成的散热皱褶固定在所述散热器的背面对应于所述功率元件的位置。

[0023] 优选地，所述通过金属线将所述功率元件、非功率元件以及所述电路布线间连接形成相应的电路的步骤之前还包括：

[0024] 将装配有各元素的散热器置于清洗机中进行清洗。

[0025] 优选地，所述在电路布线的表面装配功率元件、非功率元件，以及在所述焊垫的表面装配预先制成的引脚的步骤之前还包括：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，制成独立的引脚；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。

[0026] 优选地，所述制成独立的带镀层的引脚的步骤之后还包括：制成独立的热硬性树脂框；具体为：通过传递模的方式模制独立的热硬性树脂框。

[0027] 优选地，所述在所述绝缘层上装配预先制成的热硬性树脂框并灌封热塑性树脂的步骤包括：

[0028] 在热硬性树脂框上形成用于安装所智能功率模块的通孔；

[0029] 将所述带有通孔的热硬性树脂框装配在所述绝缘层上；

[0030] 在所述热硬性树脂的通孔处将所述绝缘层和所述纸质散热器打穿，使所述通孔贯穿所述绝缘层和所述纸质散热器。

[0031] 优选地，所述在所述散热器的背面形成隔断部，将预先制成的散热皱褶固定在所述散热器的背面对应于所述功率元件的位置的步骤之后还包括：

[0032] 进行模块功能测试。

[0033] 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和焊垫的步骤包括：

[0034] 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；

[0035] 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；

[0036] 将所述铜箔层的特定位置腐蚀掉，剩余部分形成电路布线及焊垫；

[0037] 所述在所述散热器的背面形成隔断部，将预先制成的散热皱褶固定在所述散热器的背面对应于所述功率元件的位置的步骤包括：

[0038] 通过切割、撕裂、腐蚀等方式，将所述纸质散热器的背面的特定位置的材料去除，形成隔断部。

[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对应于功率元件的位置。

[0040] 优选地，所述在电路布线的表面装配功率元件、非功率元件，以及在所述焊垫的表面装配预先制成的引脚的步骤中包括：

[0041] 通过锡膏或银胶将所述功率元件、非功率元件及引脚固定。

[0042] 本发明提出的一种智能功率模块及其制造方法，在智能功率模块中引入作为载体的纸质散热器，并在纸质散热器的背面设置隔断部，散热器背面对应于功率元件的位置设置散热皱褶，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；而且功率元件的大部分热量被迅速散出而不传导到非功率元件，使非功率元件始终工作在低温环境中，非功率元件的温飘极大减小，并且不同功能的所述功率元件群因隔断部的存在极大减小了热串扰，各发热部分的发热虽互不相同但极少相互间传导而通过所述皱褶散失，提高了智能功率模块的电性能和热稳定性；本发明采用重量更轻的纸质散热器，降低了智能功率模块总体重量，并且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。

附图说明

[0043] 图 1(A) 是现有的智能功率模块的俯视图；

[0044] 图 1(B) 是图 1(A) 的 X-X’ 线剖面图；

[0045] 图 1(C) 是图 1(A) 去除树脂后的示意图；

[0046] 图 2(A) 是本发明智能功率模块较佳实施例的背面视图；

[0047] 图 2(B) 是本发明智能功率模块较佳实施例的正面视图；

[0048] 图 2(C) 是图 2(A) 或者图 2(B)X-X’线的截面图；

[0049] 图 2(D) 是本发明实施例智能功率模块去掉密封树脂后的俯视图；

[0050] 图 3(A) 是本发明实施例第一工序中纸质散热器的主视图；

[0051] 图 3(B) 是图 3(A) 的 X-X’线的截面图；

[0052] 图 3(C) 是在纸质散热器的正面形成绝缘层和铜箔层的示意图；

[0053] 图 3(D) 是在图 3(C) 所示的铜箔层上形成电路布线的示意图；

[0054] 图 3(E) 是图 3(D) 的 X-X’线的截面图；

[0055] 图 3(F) 是形成散热皱褶的示意图；

[0056] 图 3(G) 是为单个引脚的示意图；

[0057] 图 3(H) 是带有弧度的单个引脚的示意图；

[0058] 图 4(A) 是本发明实施例第二工序中，装配功率元件、非功率元件及引脚的智能功率模块的侧视图；

[0059] 图 4(B) 是图 4(A) 的俯视图；

[0060] 图 5(A) 是本发明实施例第四工序中，通过金属线使功率元件、非功率元件、散热器和电路布线间形成连接的侧视图；

[0061] 图 5(B) 是图 5(A) 的俯视图；

[0062] 图 6(A) 是本发明实施例第五工序中，在绝缘层上装配预先制成的热硬性树脂框的侧视图；

[0063] 图 6(B) 是图 6(A) 的俯视图；

[0064] 图 6(C) 是本发明实施例第五工序中，在热硬性树脂框中灌封热塑性树脂的侧视图；

[0065] 图 7(A) 是本发明实施例第六工序中，在热硬性树脂框上形成用于安装智能功率模块的通孔的俯视图；

[0066] 图 7(B) 是本发明实施例第六工序中，在散热器的背面形成隔断部并在功率元件对应位置粘贴散热皱褶的仰视图；

[0067] 图 7(C) 是图 7(B) 的 X-X’线的截面图；

[0068] 图 8 是本发明实施例的智能功率模块的制造方法流程图。

[0069] 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

[0070] 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。

[0071] 如前所述，现有的智能功率模块由于散热效果不佳，长期工作在高温下，会严重降低其使用寿命，并且会影响智能模块性能的稳定性。

[0072] 本发明考虑到，在变频空调等特定的应用场合，高导热绝缘层和增加散热器虽然可以解决智能功率模块的散热问题，但是，选用高导热绝缘层散热，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智能功率模块硬度很大，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增加散热器，将功率元件贴装在散热器上，一方面会增加原材料成本，另一方面也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的背面，由于与智能功率模块配合的应用电路上还有其他发热元件，如果为所有发热元件安装同一个散热器，会增加散热器面积，从而提高应用成本，如果为所有发热元件分别安装散热器，则会增加装配难度。因此选用高导热绝缘层和增加散热器均对智能功率模块的应用推广产生了困难，不利于智能功率模块在变频空调等民用场合的普及。

[0073] 基于上述考虑，本发明实施例通过引入纸质散热器，在纸质散热器的背面形成隔断部并在对应于功率元件的位置设置散热皱褶，在纸质散热器的正面形成绝缘层、电路布线、功率元件、非功率元件等元素，并完成有序加工，由于纸质散热器重量更轻，对加工时所用载具要求低，定位容易，从而可以降低制造成本，提高过程合格率；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；此外，由于在纸质散热器的背面设置散热皱褶，散热面积极大增加，并且不同功能的所述功率元件群因隔断部的存在极大减小了热串扰，各发热部分的发热虽互不相同但极少相互间传导而通过所述皱褶散失，在使用普通绝缘层的前提下，使智能功率模块及其应用平台的发热部件获得良好的散热效果，并且各发热源间热干扰很少，使得智能功率模块性能稳定，进而提高了智能功率模块的可靠性；除此之外，纸质散热器还便于运输。

[0074] 具体地，参照图 2(A)、图 2(B)、图 2(C) 及图 2(D) 所示，本发明实施例提出的一种智能功率模块 10，本实施例以具有桥堆、压缩机逆变、功率因素校正、风机逆变功能的智能功率模块 10 为例进行说明，对于不需要风机逆变功能的应用场合，将风机逆变部分去除即可，其他部分完全相同。

[0075] 本实施例智能功率模块 10 包括作为载体的纸质散热器 17、电路布线 18、设置在所述电路布线 18 预定位置的功率元件 19 和非功率元件 14；其中：

[0076] 所述散热器 17 的一面作为正面，另一面作为背面。

[0077] 在散热器 17 的正面覆盖有绝缘层 21，所述电路布线 18 设置在所述绝缘层 21 上远离散热器 17 的一面。

[0078] 在所述散热器 17 的背面，在对应所述功率元件 19 的位置设置有用于散热的皱褶 17A。

[0079] 其中，所述散热器 17 和皱褶 17A 均可以采用湿式碳素复合材料功能纸。

[0080] 在散热器 17 的背面设置有隔断部 22，隔断部 22 是将散热器背面特定位置的散热材料去除形成，可以部分去除也可以全部去除露出绝缘层 21，本实施例为了取得更好的散热效果，采用全部去除的方式。

[0081] 在此，功率元件 19 的下方必须具有皱褶 17A，具有所述隔断部 22 的上方不具有功率元件 19。

[0082] 所述散热器 17 与所述皱褶 17A 可以通过高温胶水粘接，或者也可以两者一体制成。

[0083] （后续详述）。

[0084] 此外，所述智能功率模块 10 还包括：用于连接所述电路布线 18、所述功率元件 19 和所述非功率元件 14 以构成相应电路的金属线 15。

[0085] 在此，所述功率元件 19、所述非功率元件 14、所述电路布线 18、所述金属线 15 组成的电路，具有桥堆、压缩机逆变和功率因素校正功能，或者具有桥堆、压缩机逆变、功率因

素校正和风机逆变功能，使变频空调等应用领域的所有发热电路集中在一起同时散热；本实施例以具有桥堆、压缩机逆变、功率因素校正、风机逆变功能的智能功率模块 10 为例进行说明，对于不需要风机逆变功能的应用场合，将风机逆变部分去除即可，其他部分完全相同。

[0086] 如图 2(A) 和图 2(B) 所示，电路单元 1001 实现桥堆功能、电路单元 1002 实现压缩机逆变功能、电路单元 1003 实现功率因素校正、电路单元 1004 实现风机逆变功能。

[0087] 在此，所述桥堆、所述压缩机逆变的驱动部分、所述功率因素校正的驱动部分、所述风机逆变的驱动部分与其他控制部分间被所述隔断部 22 隔离。

[0088] 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 18 连接并向与所述散热皱褶相反方向延伸的作为输入输出的引脚。

[0089] 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 11 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。

[0090] 此外，所述智能功率模块 10 还包括：配置在所述绝缘层上的热硬性树脂框 13，。

[0091] 在此，热硬性树脂框的高度必须高于所述金属线 15 的高度。

[0092] 在本实施例中，所述电路布线 18、所述功率元件 19 和非功率元件 14、金属线 15，以及所述引脚 11 与电路布线 18 的连接部分由热塑性密封树脂 12 封装，热塑性密封树脂 12 填充所述热硬性树脂框 13 将所有元素密封，只有引脚 11 部分露出。

[0093] 此外，所述智能功率模块 10 还包括：用于安装所述智能功率模块 10 的通孔 16。

[0094] 在此，通孔 16 贯穿热硬性树脂框 13、绝缘层 21 和纸质散热器 17。所述散热皱褶 17A 位于所述功率元件 19 的背面被所述隔断部 22 包围，并在所述纸质散热器 17 的背面的短边边缘的距离至少 2mm，确保不对所述通孔 16 形成遮挡。

[0095] 另外，所述电路布线 18 可以在绝缘层 21 的至少一边缘形成一个或多个焊垫 18A；若为多个焊垫 18A，则所述多个焊垫 18A 沿所述绝缘层 21 的边缘对准排列；所述引脚 11 通过所述焊垫 18A 固定，并与所述电路布线 18 连接。

[0096] 以下详细阐述本发明实施例智能功率模块 10 各构成要素：

[0097] 其中，纸质散热器 17 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，该湿式碳素复合材料可耐受 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 17A。为了提高抗腐蚀性和防水，表面可进行防水处理。

[0098] 所述纸质散热器 17 可以与所述散热皱褶 17A 一体制成，也可以与所述散热皱褶 17A 通过高温胶水粘接。

[0099] 其中，纸质散热器 17 的两面平整，而散热皱褶 17A 的形状不规则；所述纸质散热器 17 与散热皱褶 17A 也可以为采用不同厚度的湿式碳素复合材料，其中，为了增加机械强度，纸质散热器 17 采用较厚的湿式碳素复合材料，其厚度优选为 1.5mm ～ 2.5mm，实际设计中，薄处厚度可设计为 1.5mm，厚处厚度可以为 2.5mm，为了降低成本和增加皱褶 17A 的密度，散热皱褶 17A 采用了较薄的湿式碳素复合材料，作为一种优选方案，厚度可设计为 0.5mm。

[0100] 所述绝缘层 21 可以采用常用的绝缘材料，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，压合在纸质散热器 17 的表面，即正面。

[0101] 所述电路布线 18 由铜等金属构成，形成于绝缘层 21 上的特定位置，根据功率需

要，电路布线 18 的厚度可设计成 0.035mm 或 0.07mm 等，对于一般的智能功率模块 10，优先考虑设计成 0.07mm，本实施例中采用 0.07mm 的厚度。另外，在所述绝缘层 21 的边缘，形成有由所述电路布线 18 构成的焊垫 18A。在此，在所述绝缘层 21 的一边附近设置多个对准排列的焊垫 18A，根据功能需要，也可在所述绝缘层 21 的多个边缘附近设置多个对准排列的焊垫 18A。

[0102] 所述隔断部 22 为所述纸质散热器 17 挖空形成的镂空，所述隔断部位于各功能电路的发热功率元件群之间，使热量不可能通过高导热的所述纸质散热器 17 进行传导，所述隔断部 22 的宽度根据所述发热功率元件群之间的距离而定，一般来说，为了达到热隔断部效果，所述隔断部 22 的宽度不应小于 1mm，为了增加强度所述纸质散热器 17 的机械强度，所述隔断部 22 的宽度不应大于 5mm。此外所述隔断部 22 可以完全将所述纸质散热器 17 去除，使所述绝缘层 21 露出，也可以仅去除所述纸质散热器 17 的绝大部分而保留与所述绝缘层 21 结合的极薄的一层，本实施例中，采用完全去除的方法。

[0103] 所述功率元件 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，所述功率元件 19 可以采用 IGBT 管、高压 MOSFET 管、高压 FRD 管、高压二极管等元件，所述功率元件 19 通过金属线 15 与电路布线 18 等连接；所述非功率元件 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。在此，所述电路单元 1001、所述电路单元 1002、所述电路单元 1003、所述电路单元 1004 的各自所属的所述功率元件 19 之间，至少具有 2mm 的距离。

[0104] 所述金属线 15 可以是铝线、金线或铜线，通过绑定使各功率元件 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；此外，金属线 15 还可以用于使引脚 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。对于功率元件 19 的连接，可采用 300μm～400μm 的铝线，对于非功率元件 14 的电连接，可采用 38μm～125μm 的铝线，如果存在跨通孔 22 的连接，优选采用 250μm 以上的铝线。在此，所述隔断部 22 的上方最好不设计有所述金属线 15 的邦定点。

[0105] 所述引脚 11 被固定在设于电路布线 18 一个边缘的焊垫 18A 上，其具有与外部进行输入、输出的作用。

[0106] 作为一种实施方式，可以设计成智能功率模块 10 的一边设置多条引脚 11，引脚 11 和焊垫 18A 通过焊锡等导电的电性粘结剂焊接。引脚 11 可以采用铜等金属制成，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。

[0107] 所述热硬性树脂框 13 通过传递模方式模制形成，所述热硬性树脂框 13 外边缘大小与所述纸质散热器 17 一致或比所述纸质散热器 17 略小，所述热硬性树脂框 13 内边缘与外边缘的距离不小于 1.5mm，并且在所述热硬性树脂框 13 矩形短边处，有直径与所述纸质散热器 17 的通孔位置、直径一致的通孔。

[0108] 所述热塑性树脂 12 通过注入模方式模制。在此，所述热塑性树脂 12 完全位于所述热硬性树脂框 13 内并密封所述纸质散热器 17 上表面上的所有元素。

[0109] 所述通孔 16 由所述热硬性树脂框 13 的通孔、所述绝缘层 21 的通孔、所述纸质散热器 17 的通孔合并组成，贯穿所述热硬性树脂框 13、所述绝缘层 21、所述纸质散热器 17。

[0110] 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：

[0111] 1、由于本发明智能功率模块 10 的背面具有散热皱褶 17A，散热面积极大增加，绝缘层 21 无需使用高导热材料即可满足功率元件 19 的散热要求。

[0112] 2、智能功率模块 10 具有了桥堆、压缩机逆变功能，或者具有桥堆、压缩机逆变、风机逆变功能，使变频空调等应用领域的所有发热电路集中在一起同时散热。

[0113] 3、散热皱褶 17A 位于功率元件 19 下方，使发热元件的大部分热量被迅速散出而不传导到非功率元件 14，使非功率元件 14 始终工作在低温环境中，非功率元件 14 的温飘极大减小，提高了智能功率模块 10 的电性能和热稳定性。

[0114] 4、桥堆、压缩机逆变的驱动部分、功率因素校正的驱动部分、风机逆变的驱动部分与其他控制部分（包括非功率元件 14 等）间被隔断部 22 隔离，不但使各发热部分的热干扰很低，绝大部分热量通过皱褶 17A 散失，并且使控制部分的温度保持在一个低的状态，避免了因为控制部分温飘引起的智能功率模块 10 性能下降。

[0115] 5、散热结构为纸质材料，重量轻，使得智能功率模块 10 总体重量降低，便于长途运输和工人装配；由于本发明智能功率模块 10 本身具备散热器 17，因此在应用过程，外部无需再接散热器 17，降低应用难度和应用成本，提高装配品质。

[0116] 由上述可知，本发明的智能功率模块 10 在降低成本同时，提高了可靠性和性能，并且可设计成与现行智能功率模块 10 功能及引脚 11 定义兼容，便于智能功率模块 10 的推广应用。

[0117] 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：

[0118] 步骤 S1，形成纸质散热器 17，在所述散热器 17 的正面覆盖绝缘层 21，在绝缘层 21 表面形成电路布线 18 和焊垫 18A。

[0119] 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 17。

[0120] 在散热器 17 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 17 的表面并作为所述绝缘层 21，使铜材形成于所述绝缘层 21 的表面作为铜箔层。

[0121] 之后，将铜箔层的特定位置腐蚀掉，剩余部分形成电路布线 18 及焊垫 18A。

[0122] 步骤 S2，在所述电路布线 18 的表面装配功率元件 19、非功率元件 14，以及在所述焊垫 18A 的表面装配预先制成的引脚 11。

[0123] 步骤 S3，通过金属线 15 将所述功率元件 19、非功率元件 14 以及所述电路布线 18 间连接形成相应的电路。

[0124] 步骤 S4，在绝缘层 21 上装配预先制成的热硬性树脂框 13 并灌封热塑性密封树脂 12。

[0125] 步骤 S5，在散热器 17 的背面形成隔断部 22，将预先制成的散热皱褶 17A 固定在散热器 17 的背面对应于所述功率元件 19 的位置。

[0126] 具体地，通过切割、撕裂、腐蚀等方式，将所述纸质散热器 17 的背面的特定位置的材料去除，形成隔断部。

[0127] 使用湿式碳素复合材料形成皱褶 17A，通过耐高温胶水粘接于所述散热器 17 的背面。

[0128] 进一步地，在步骤 S3 之前还可以包括：

[0129] 步骤 S6，将装配有各元素的散热器 17 置于清洗机中进行清洗。

[0130] 进一步地，在步骤 S2 之前还可以包括：制成独立的带镀层的引脚 11。

[0131] 具体地，首先，选取铜基材，对铜基材通过冲压或蚀刻的方式，制成单独的引脚 11。

[0132] 然后，在所述引脚 11 表面依次形成镍层和镍锡合金层，得到带镀层的引脚 11。

[0133] 进一步地，在上述步骤 S5 之后还包括：进行模块功能测试。

[0134] 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。

[0135] 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：形成纸质散热器 17 及散热皱褶 17A 的工序，压合绝缘层 21 上形成电路布线 18、焊垫 18A 的工序；在电路布线 18 上配置功率元件 19、非功率元件 14 和引脚 11 的工序；清洗的工序；用金属线 15 连接所述非功率元件 14、功率元件 19 和所述电路布线 16 的工序；在纸质散热器 17 表面配置热硬性树脂框 13 的工序；使用热塑性树脂 12 注入模模制方式将上述要素密封的工序；在纸质散热器 17 背面形成隔断部 22 并配置散热皱褶 17A 的工序；进行功能测试的工序。具体工序图如图 8 所示。

[0136] 以下说明的各工序的详细情况。

[0137] 第一工序：参照图 3(A)、图 3(B)、图 3(C)、图 3(D)、图 39(E)、图 3(F)、图 3(G) 及图 3(H)。

[0138] 图 3(A) 是本发明实施例第一工序中纸质散热器的主视图；

[0139] 图 3(B) 是图 3(A) 的 X-X’线的截面图；

[0140] 图 3(C) 是在纸质散热器的正面形成绝缘层和铜箔层的示意图；

[0141] 图 3(D) 是在图 3(C) 所示的铜箔层上形成电路布线的示意图；

[0142] 图 3(E) 是图 3(D) 的 X-X’线的截面图；

[0143] 图 3(F) 是形成散热皱褶的示意图；

[0144] 图 3(G) 是为单个引脚的示意图；

[0145] 图 3(H) 是带有弧度的单个引脚示意图。

[0146] 本发明实施例的第一工序是形成大小合适的湿式碳素复合材料形成纸质散热器 17 和散热皱褶 17A 的工序，制成独立的带镀层的引脚 11 的工序。

[0147] 首先，参照图 3(A) 和延图 3(A) 的 X-X’线的截面图 3(B)，根据需要的电路布局设计大小合适的纸质散热器 17，对于一般的智能功率模块，一枚的大小可选取 64mm×30mm，厚度为 1.5mm，对两面进行如涂敷防水胶的防蚀、防水处理。

[0148] 参考图 3(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，使绝缘材料形成于所述纸质散热器 17 的表面并作为所述绝缘层 21、铜材形成于所述绝缘层 21 表面作为铜箔层 18B。在此，为了提高耐压特性，所述绝缘层 21 的厚度可以设计为 110μm，为了提高散热特性，所述绝缘层 21 的厚度可以设计为 70μm。在此，为了提高通流能力，所述铜箔层 18B 的厚度可以设计成 0.07mm，为了降低成本，所述铜箔层 18B 的厚度可以设计成 0.035mm 或 0.0175mm。

[0149] 参考图 3(D) 和延图 3(D) 的 X-X’线的截面图 3(E)，将铜箔层 18B 的特定位置腐蚀掉，剩余部分为电路布线 18 及焊垫 18A。

[0150] 参考图 3(F)，使用厚度为 0.5mm 的湿式碳素复合材料形成不规则形状，作为所述散热皱褶 17A。对两面进行如涂敷防水胶的防蚀、防水处理。

[0151] 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 3(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 3(H) 所示；

[0152] 然后通过化学镀的方法形成镍层，具体包括：

[0153] 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。

[0154] 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。

[0155] 第二工序：参照图 4(A) 和图 4(B)。

[0156] 图 4(A) 是本发明实施例第二工序中，装配功率元件、非功率元件及引脚的智能功率模块的侧视图，图 4(B) 是图 4(A) 的俯视图。

[0157] 本发明实施例的第二工序是在所述电路布线 18 表面装配功率元件 19、非功率元件 14 和在所述焊垫 18A 表面装配引脚 11 的工序。

[0158] 首先，通过锡膏印刷机，使用钢网，对所述绝缘层 21 上的所述电路布线 18 的特定位置和所述焊垫 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，为比较轻的元器件，所以钢网厚度可以选择 0.12mm 厚度的钢网，在其他实施例中还可以采用其他合适尺寸，在此不作限定。

[0159] 然后，参照侧视图图 4(A) 和俯视图图 4(B)，将所述纸质散热器 17 放置在载具 20 上，进行所述功率元件 19、非功率元件 14 和引脚 11 的安装，所述功率元件 19 和所述非功率元件 14 可直接放置在所述电路布线 18 的特定位置，而引脚 11 则一端要安放在所述焊盘 18A 上，另一端需要所述载具 20 上的固定装置 20A 进行固定，所述载具 20 和所述固定装置 20A 通过合成石等材料制成。在此，所述载具 20 需要进行底部镂空处理，使所述散热皱褶 17A 露出，所述纸质散热器 17 背面边缘至少 1mm 的未被所述散热皱褶 17A 覆盖的位置与所述载具 20 接触起支撑作用。

[0160] 然后，放于所述载具 20 上的所述纸质散热器 17 通过回流焊，锡膏固化，所述功率元件 19、非功率元件 14 和所述引脚 11 被固定。

[0161] 上述过程中，作为一种优选方式，可选用溶解温度为 280℃的锡膏。

[0162] 需要说明的是，在其他实施方式中，还可以选择银胶或银浆代替上述锡膏。

[0163] 第三工序：

[0164] 本发明实施例的第三工序是清洗纸质散热器 17 的工序。

[0165] 首先将所述纸质散热器 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，根据所述非功率元件 14 在所述电路布线 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。

[0166] 清洗时，通过机械臂夹持所述引脚 11，将所述纸质散热器 17 置于清洗槽中，并要注意不要让机械臂触碰所述纸质散热器 17，因为所述纸质散热器 17 具有脆性并容易形变，如果机械臂夹持所述纸质散热器 17，在清洗时产生的震动，容易造成所述纸质散热器 17 发

生崩裂。

[0167] 第四工序：参照图 5(A) 和图 5(B)，图 5(A) 是本发明实施例第五工序中，通过金属线使功率元件、非功率元件、散热器和电路布线间形成连接的侧视图，图 5(B) 是图 5(A) 的俯视图。

[0168] 本发明实施例的第四工序是通过金属线（也可以称为绑定线），使所述功率元件 19、非功率元件 14、散热器 17 和所述电路布线 18 间形成连接的工序。

[0169] 根据通流能力需要，选择适当直径的铝线作为金属线，对于用于信号控制的集成电路，也可考虑使用金线作为金属线。在本实施例中，全部选择铝线，一般来说，对所述功率元件 19 的邦定使用 350μm～400μm 的铝线，对所述非功率元件 14 的邦定使用 38μm～200μm 的铝线，对所述散热器 17 的邦定使用 350μm～400μm 的铝线。

[0170] 此工序完成后的制品可以参照侧视图图 5(A) 和俯视图图 5(B)。

[0171] 其中通过金属线使功率元件 19、非功率元件 14、散热器 13 和电路布线 18 间连接，形成相应的电路。

[0172] 如图 5(B) 所示，所述电路单元 1001 实现所述桥堆功能、所述电路单元 1002 实现所述压缩机逆变功能、所述电路单元 1003 实现所述功率因素校正功能、所述电路单元 1004 实现所述风机逆变功能。

[0173] 第五工序：参照图 6(A)、图 6(B) 和图 6(C)。

[0174] 图 6(A) 是本发明实施例第五工序中，绝缘层上装配预先制成的热硬性树脂框的侧视图，图 6(B) 是图 6(A) 的俯视图，图 6(C) 是本发明实施例第五工序中，在热硬性树脂框中灌封热塑性树脂的侧视图。

[0175] 本发明实施例的第五工序是在所述绝缘层 21 上装配热硬性树脂框 13 并灌封热塑性树脂 12 的工序。

[0176] 首先，通过绝缘红胶等非导电性热固性胶水在所述绝缘层 21 上贴附矩形短边上带有通孔的所述热硬性树脂框 13，并在无氧环境中对贴附所述热硬性树脂框 13 的所述纸质散热器 17 进行烘烤，烘烤时间不应小于 2 小时，烘烤温度和选择 175℃，使所述热硬性树脂框 13 被固定在所述绝缘层 21 上，参见侧视图图 6(A) 和俯视图图 6(B)。在此，所述热硬性树脂框 13 的高度必须高于所述金属线 15 的高度。

[0177] 然后，向所述热硬性树脂框 13 内注入热塑性树脂 12，直到所述热硬性数值框 13 被填满。所述热塑性树脂 12 的注入温度为 150℃，冷却后，所述热塑性树脂 12 将所述纸质散热器 17 上的所有元素密封，只有所述引脚 11 部分露出。

[0178] 第六工序：参照图 7(A)、图 7(B) 和图 7(C)。

[0179] 图 7(A) 是本发明实施例第六工序中，在热硬性树脂框上形成用于安装智能功率模块的通孔的俯视图，图 7(B) 是本发明实施例第六工序中，在散热器的背面形成隔断部并在功率元件对应位置粘贴散热皱褶的仰视图，图 7(C) 是图 7(B) 的 X-X’线的截面图。

[0180] 本发明实施例的第六工序是形成通孔 16、隔断部 22，并固定所述散热皱褶 17A 的工序。智能功率模块经由此工序作为制品完成。

[0181] 参考图 7(A)，通过打孔器等方式，在所述热硬性树脂 13 的通孔处将所述绝缘层 21 和所述纸质散热器 17 打穿，形成通孔 16。所述通孔 16 用于所述智能功率模块 10 的装配。

[0182] 参考图 7(B)，通过切割、撕裂、腐蚀等方式，在所述纸质散热器 17 背面的特定位置

进行处理，使特定位置的纸质散热材料被去除，形成所述隔断部 22，所述隔断部 22 两侧为不同功能电路的发热功率元件群。纸质散热材料可以部分去除，也可以全部去除露出所述绝缘层 21，本实施例为了取得更好的热隔离效果，采用全部去除方式，采用纸质散热材料全部在所述隔断部 22 中去除的方式时，注意不要在所述绝缘层 21 上形成划伤。

[0183] 参考图 7(C)，使用耐受温度在 150℃以上的耐高温胶水，将所述散热皱褶 17A 粘附在所述纸质散热器 17 的背面，在此，所述散热皱褶 17A 位于所述功率元件 19 的背面被所述隔断部 22 包围，并在所述纸质散热器 17 的背面的短边边缘的距离至少 2mm，确保不对所述通孔 16 形成遮挡。

[0184] 然后将智能功率模块 10 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。

[0185] 利用上述工序，即完成图 2(A)、图 2(B)、图 2(C) 及图 2(D) 所示的智能功率模块 10。

[0186] 本发明提出的一种智能功率模块及其制造方法，在智能功率模块中引入作为载体的纸质散热器，并在纸质散热器的背面设置隔断部，散热器背面对应于功率元件的位置设置散热皱褶，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；而且功率元件的大部分热量被迅速散出而不传导到非功率元件，使非功率元件始终工作在低温环境中，非功率元件的温飘极大减小，并且不同功能的所述功率元件群因隔断部的存在极大地减小了热串扰，各发热部分的发热虽互不相同但极少相互间传导而通过所述皱褶散失，提高了智能功率模块的电性能和热稳定性；本发明采用重量更轻的纸质散热器，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。

[0187] 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。

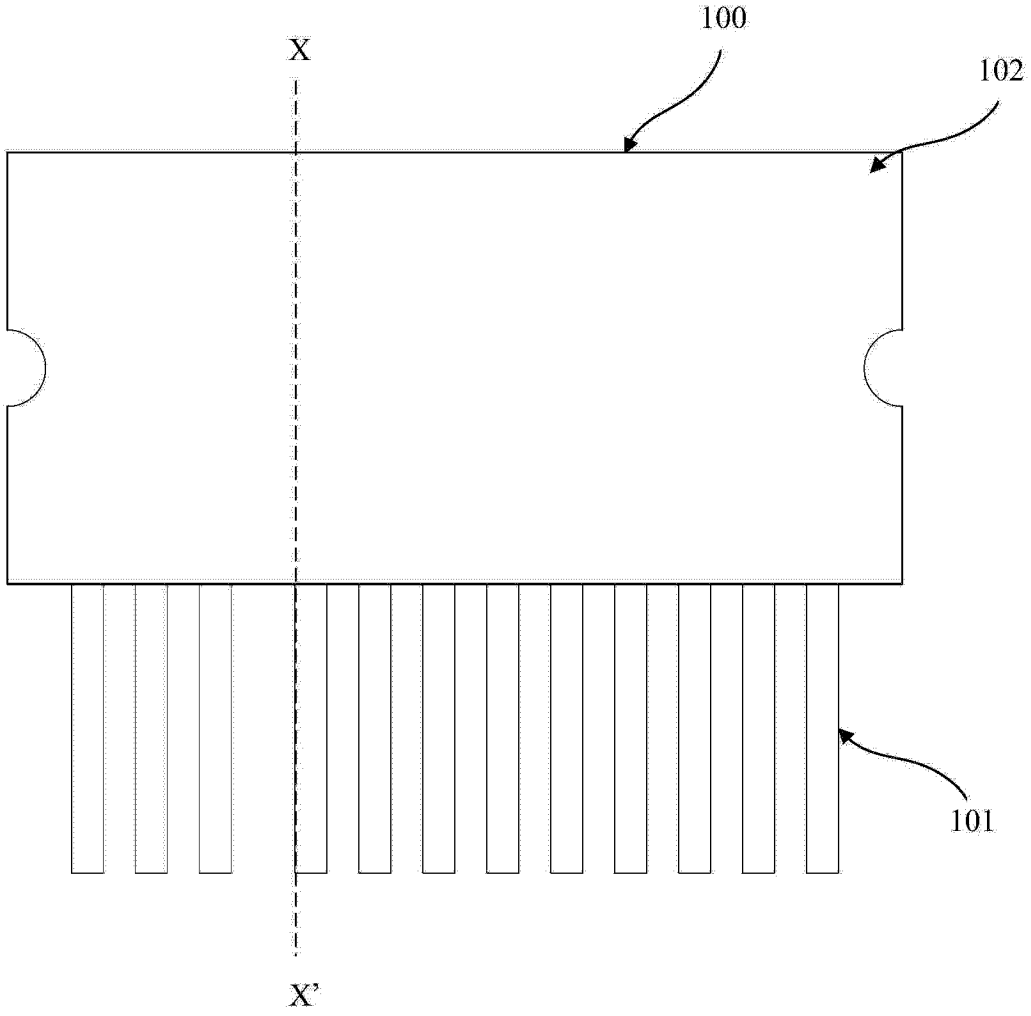


图 1(A)

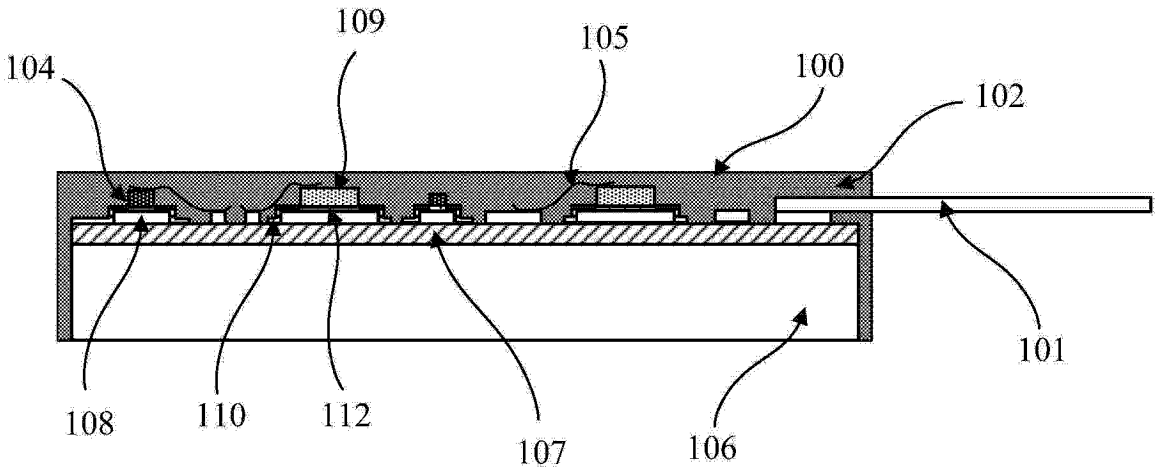


图 1(B)

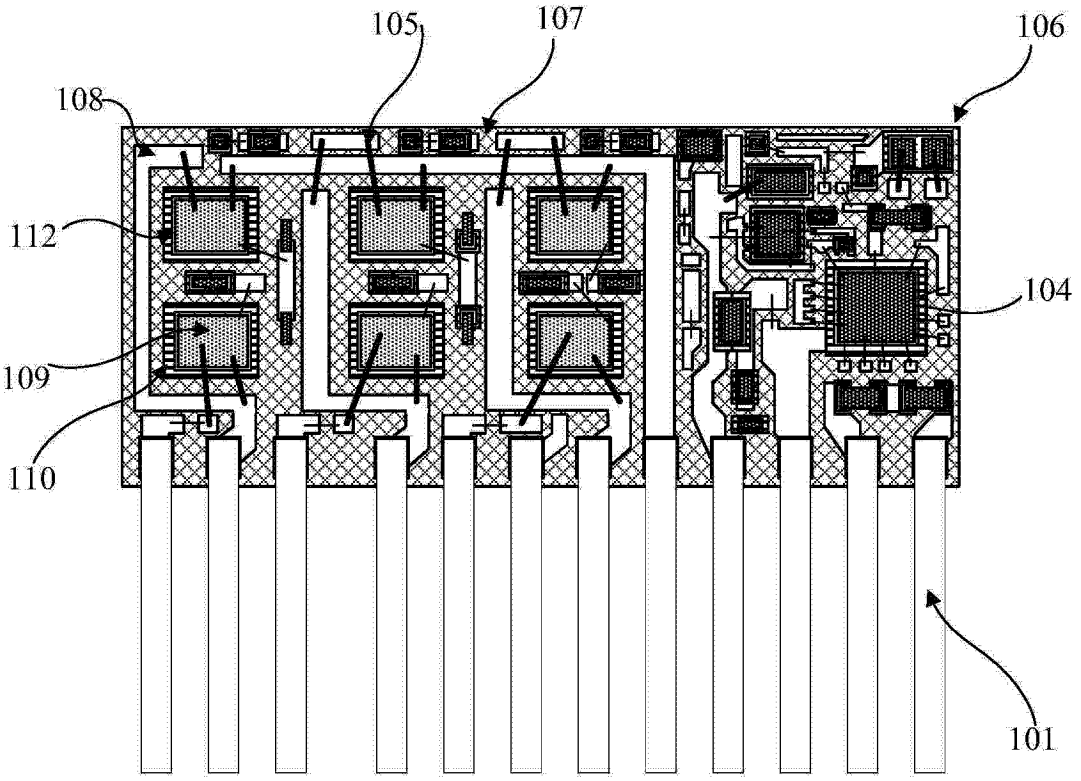

105
107
106
108
112
104
109
110
101

图 1(C)

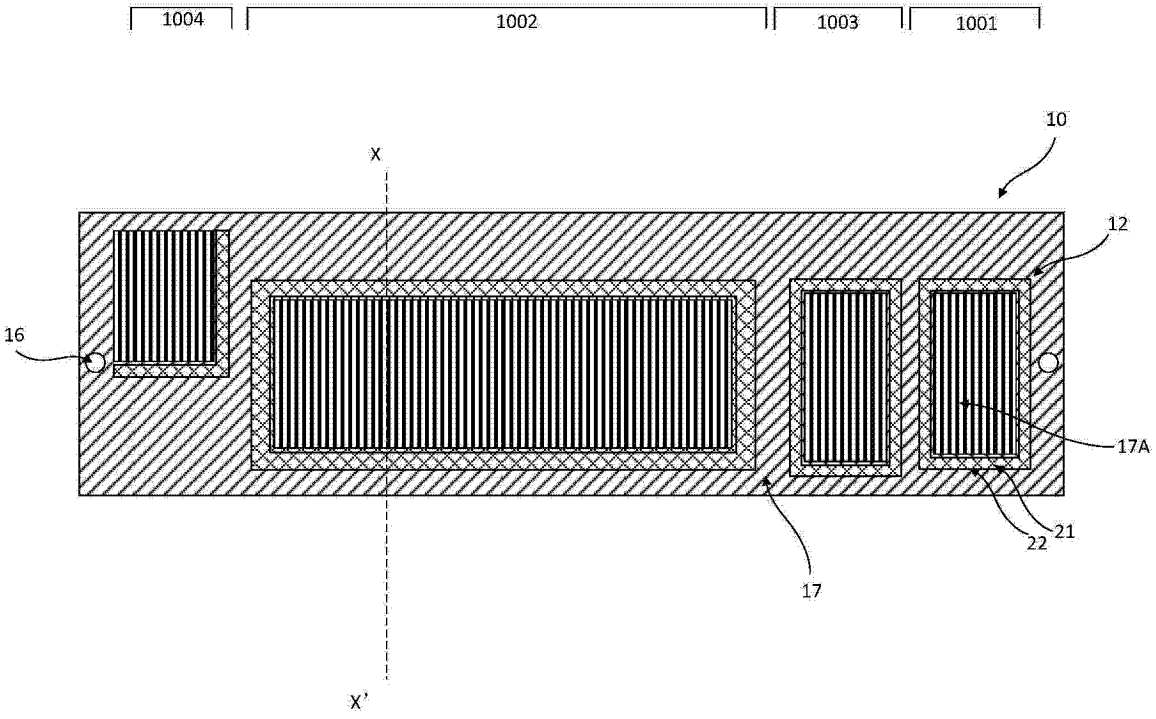

1004
1002
1003
1001
10
X
12
16
17A
22
21
17
X'

图 2(A)

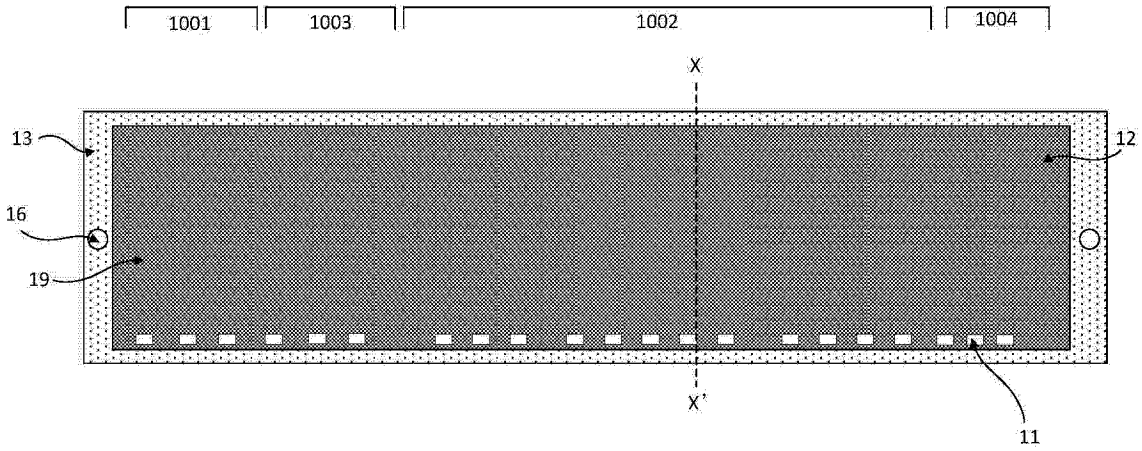

1001
1003
1002
1004
X
X'
13
12
16
19
11

图 2(B)

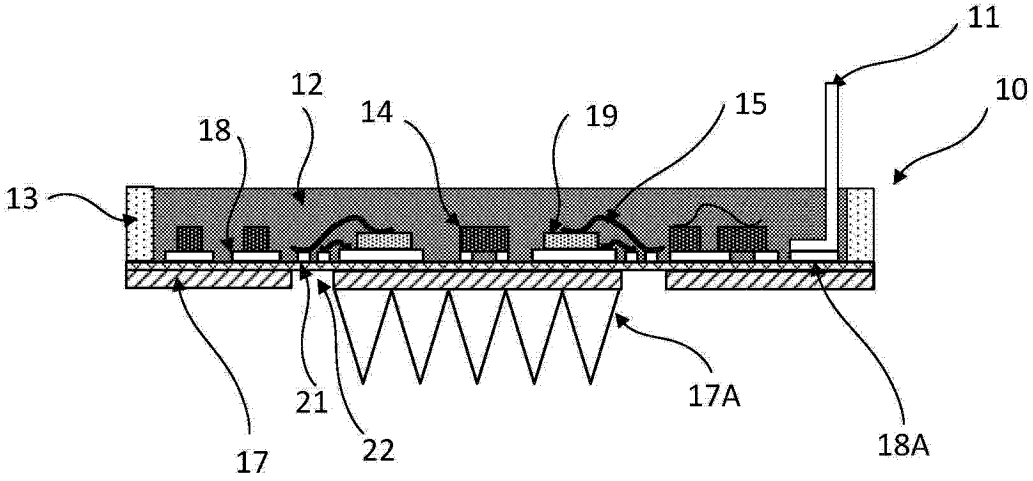

11
12
14
19
15
10
18
13
21
22
17A
17
18A

图 2(C)

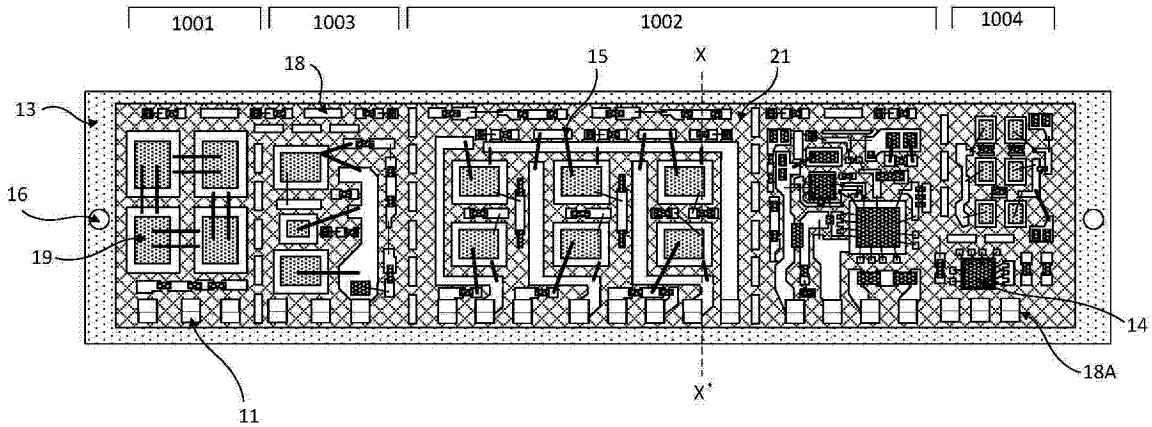

1001
1003
1002
1004
18
15
X
21
13
16
19
14
18A
11
X'

图 2(D)

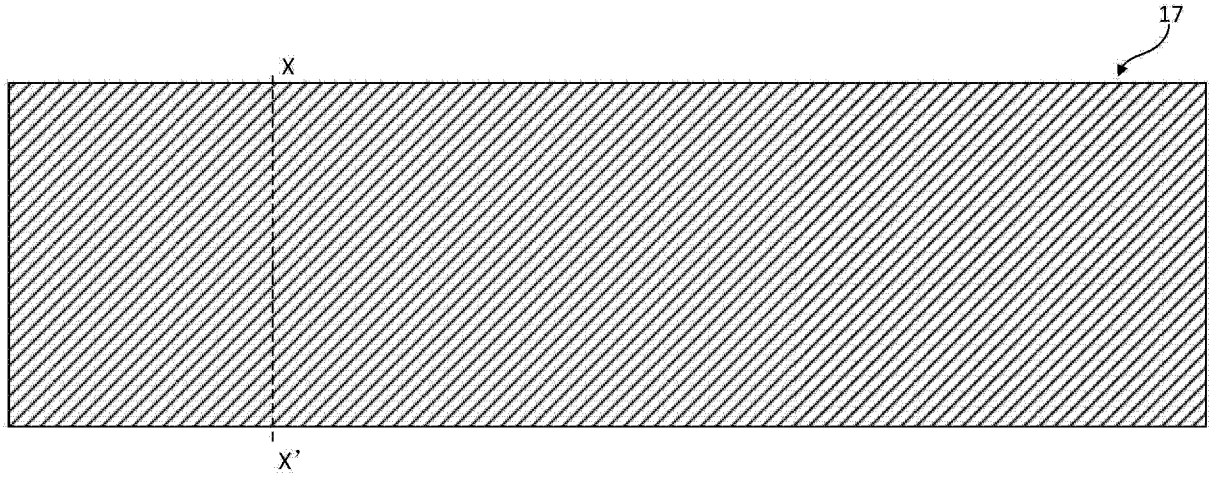


图 3(A)

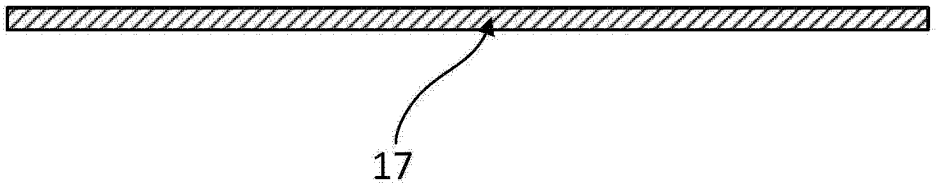


图 3(B)

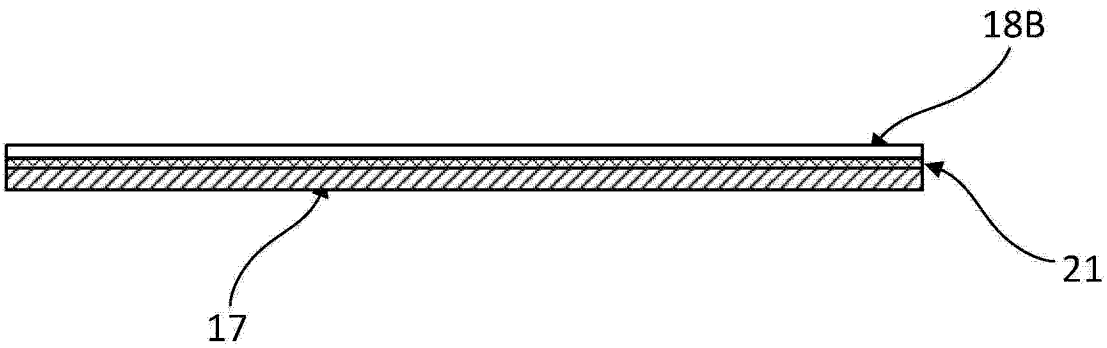


图 3(C)

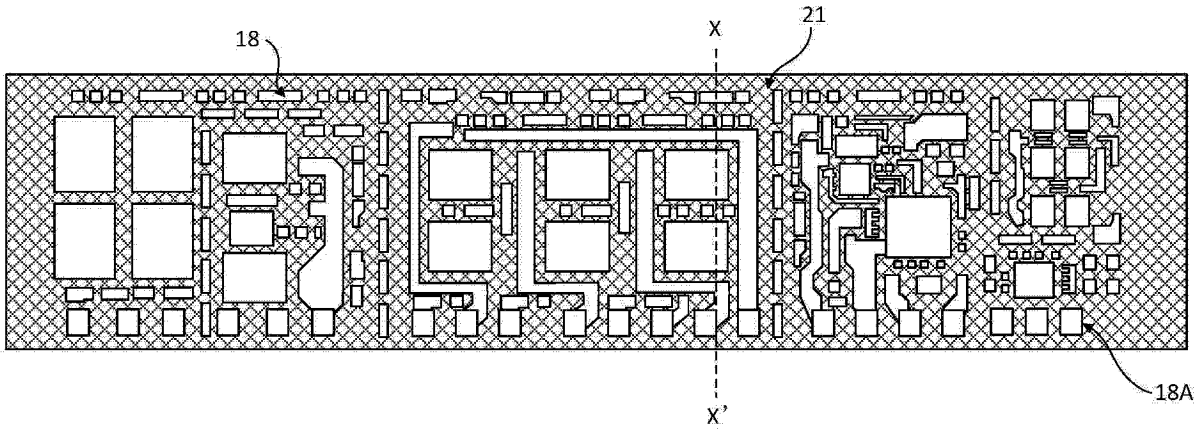


图 3(D)

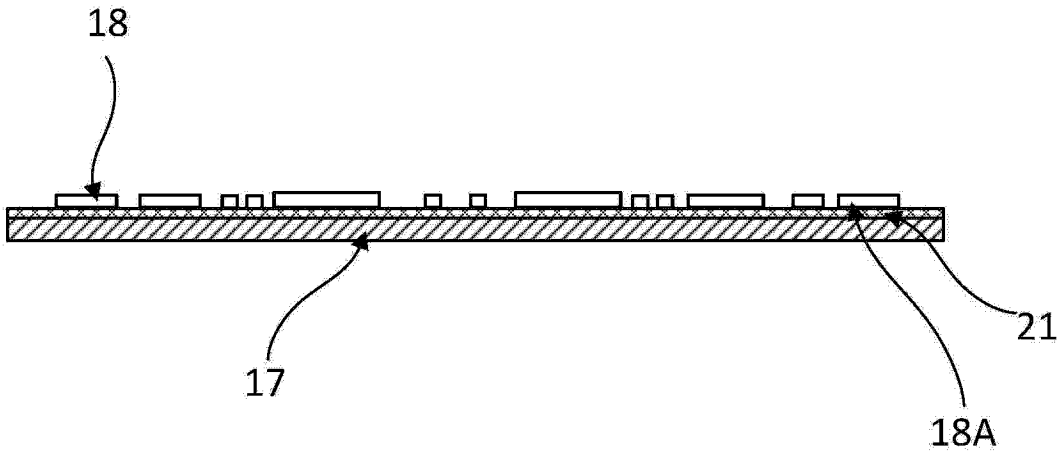


图 3(E)

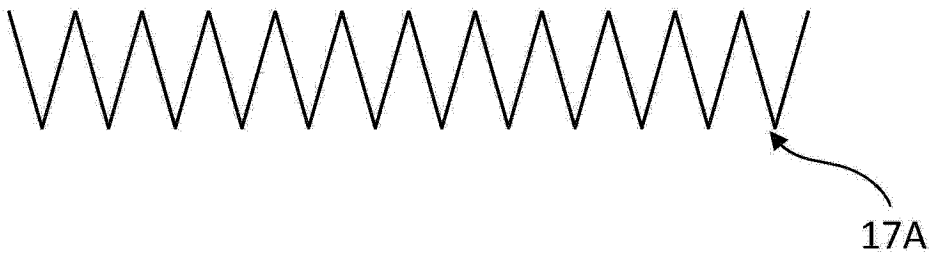


图 3(F)

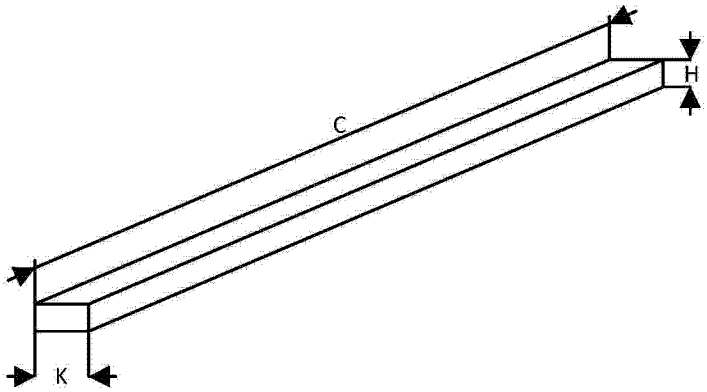


图 3(G)

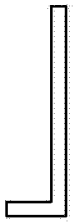


图 3(H)

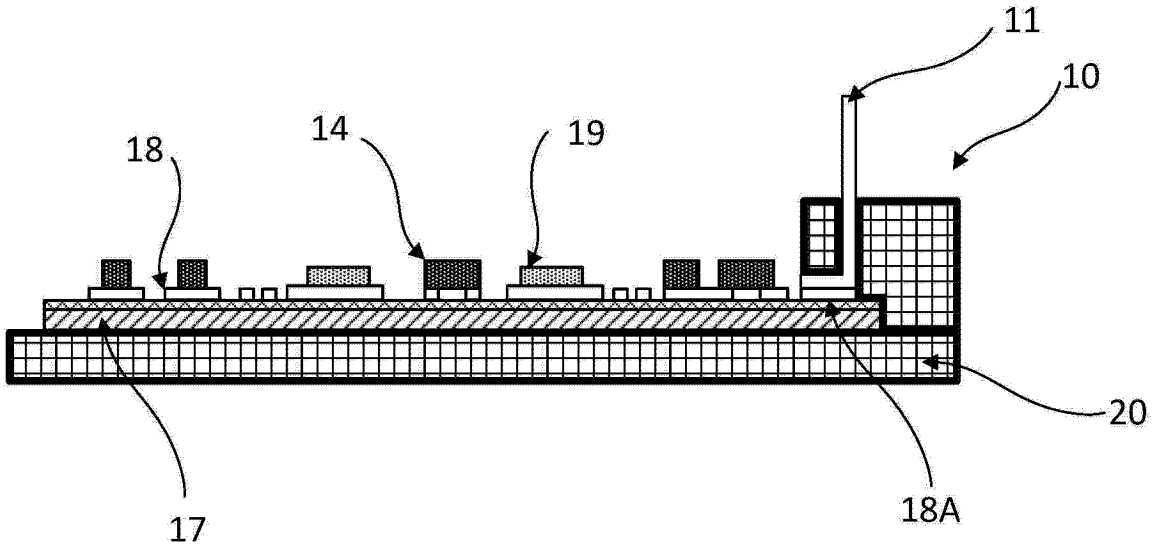


图 4(A)

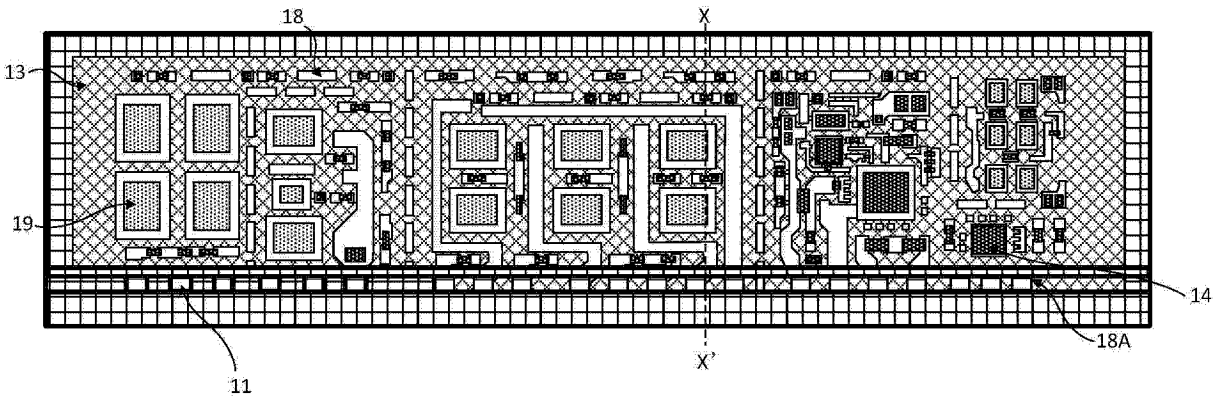


图 4(B)

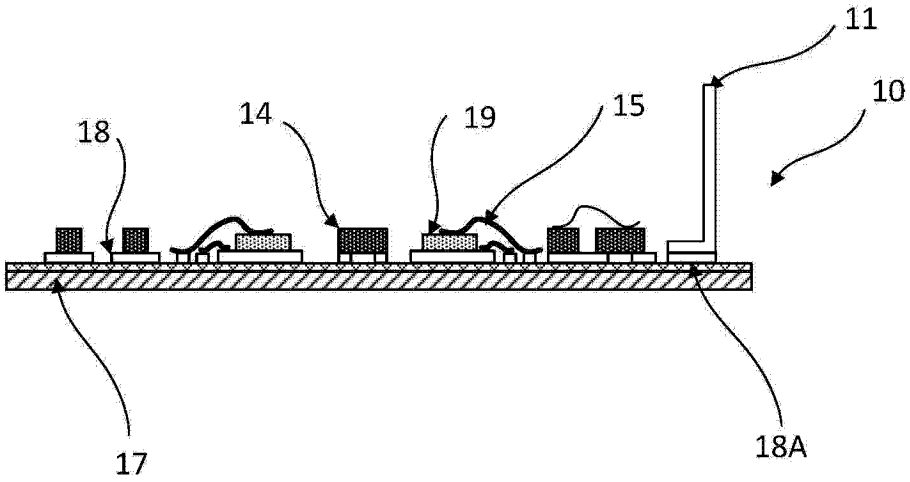

11
10
18
14
19
15
17
18A

图 5(A)

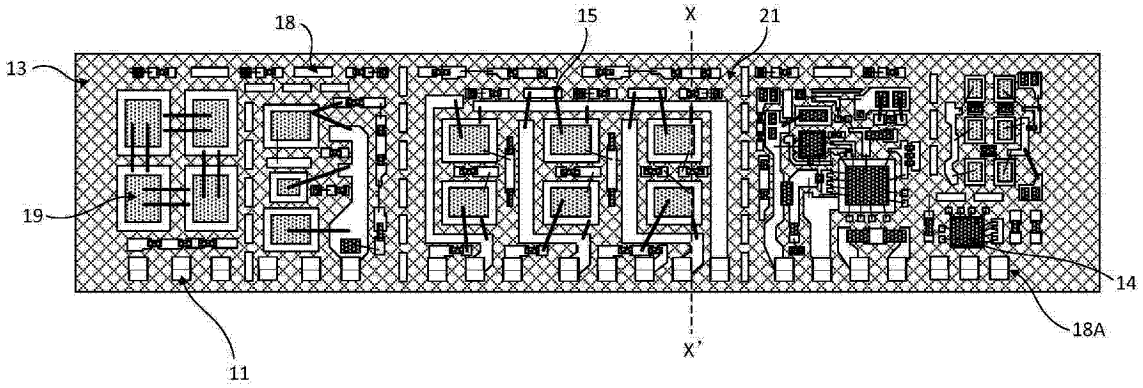

18
15
X
21
13
19
14
18A
11
X'

图 5(B)

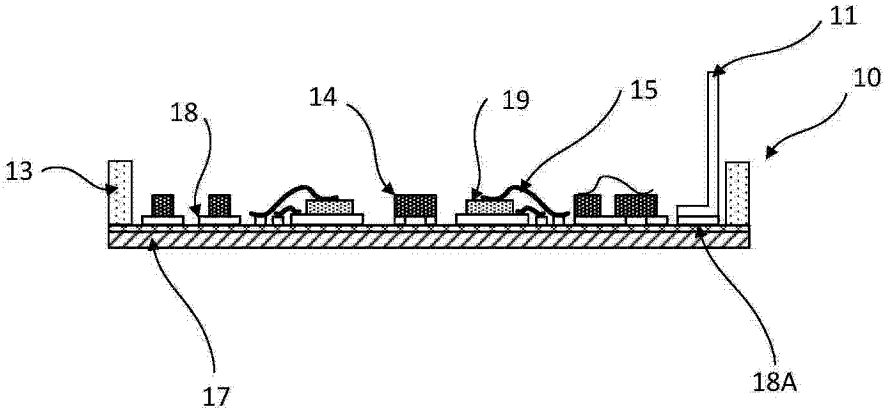

11
10
18
14
19
15
13
17
18A

图 6(A)

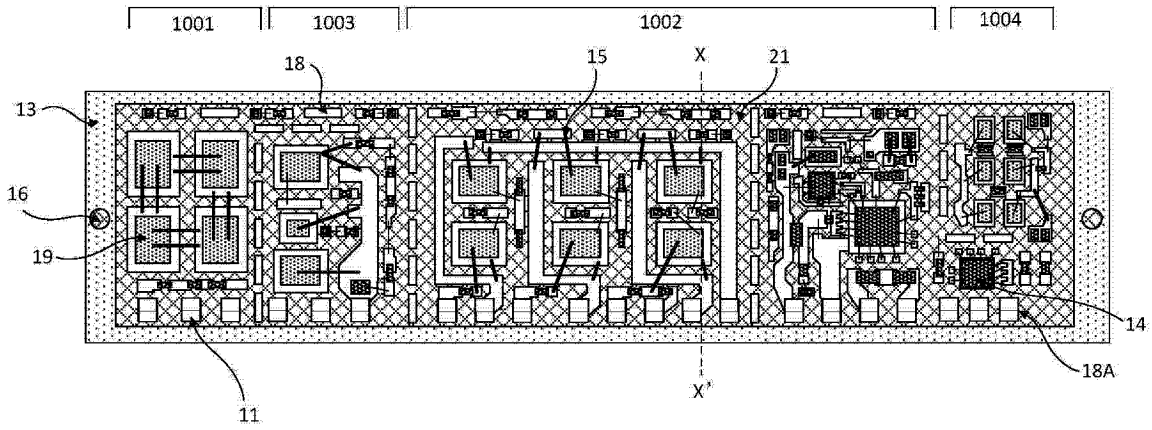

1001
1003
1002
1004
18
15
X
21
13
16
19
14
18A
11
X'

图 6(B)

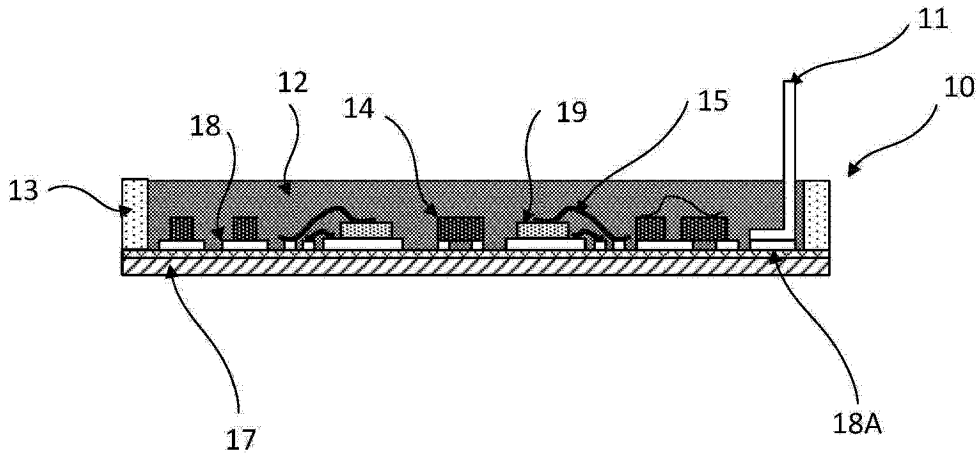

11
12
14
19
15
10
18
13
17
18A

图 6(C)

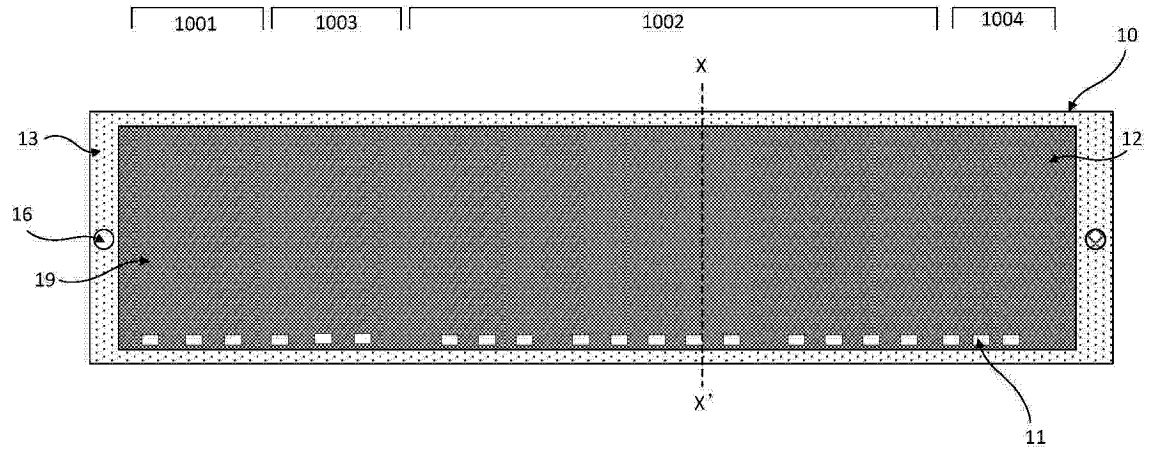

1001
1003
1002
1004
10
X
13
12
16
19
X'
11

图 7(A)

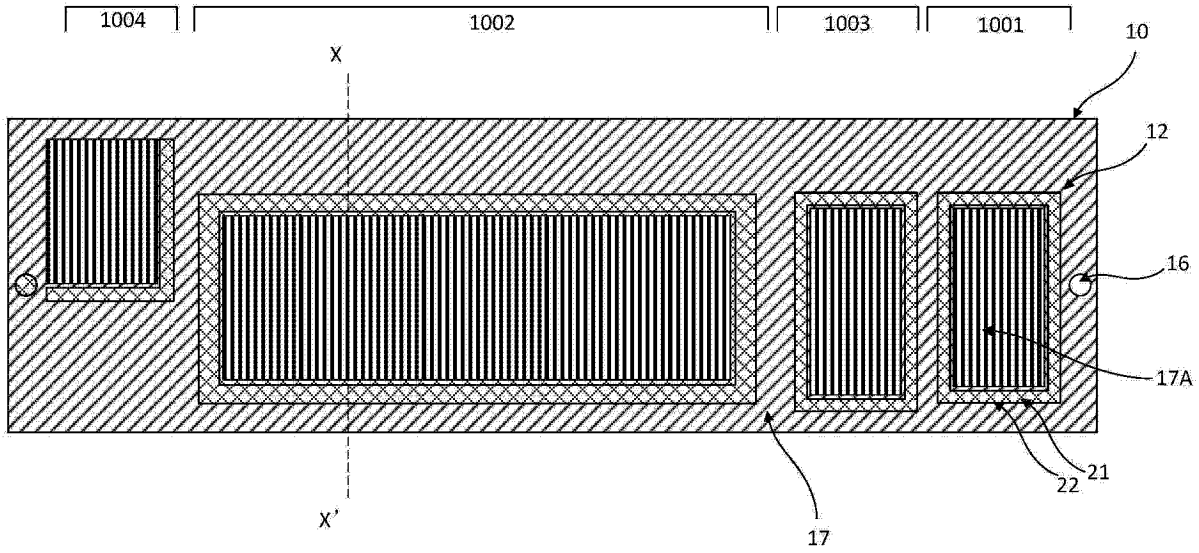

1004
1002
1003
1001
X
X'
10
12
16
17A
22
21
17

图 7(B)

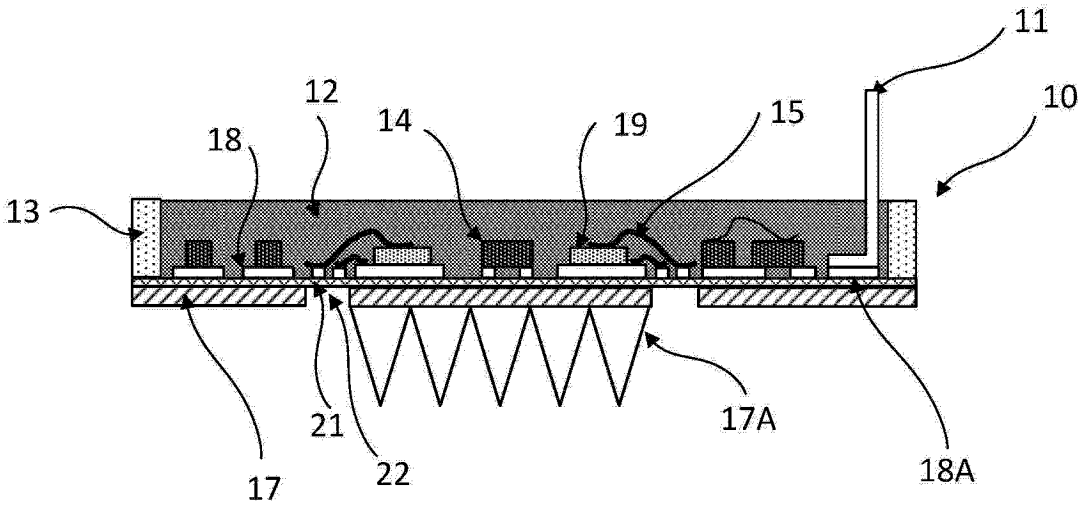

11
10
12
14
19
15
18
13
21
22
17A
17
18A

图 7(C)

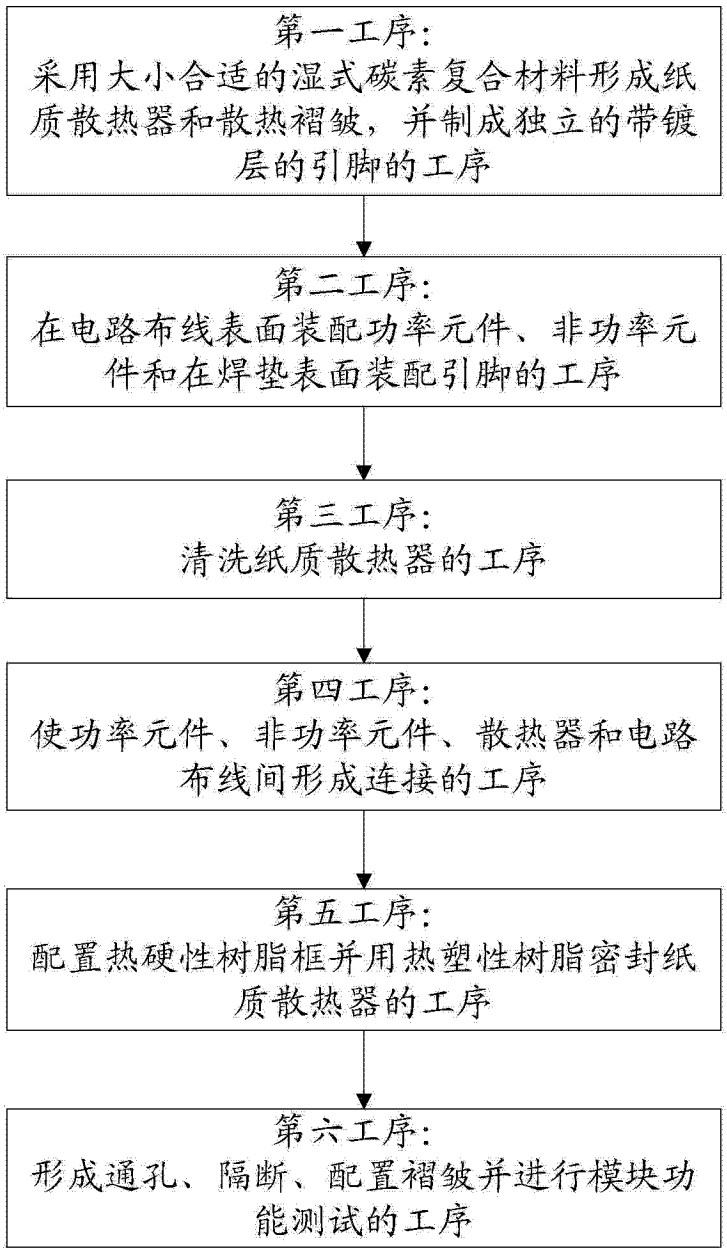

第一工序：
采用大小合适的湿式碳素复合材料形成纸质散热器和散热褶皱，并制成独立的带镀层的引脚的工序
第二工序：
在电路布线表面装配功率元件、非功率元件和在焊垫表面装配引脚的工序
第三工序：
清洗纸质散热器的工序
第四工序：
使功率元件、非功率元件、散热器和电路布线间形成连接的工序
第五工序：
配置热硬性树脂框并用热塑性树脂密封纸质散热器的工序
第六工序：
形成通孔、隔断、配置褶皱并进行模块功能测试的工序

图 8