

## (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2016 年 9 月 29 日 (29.09.2016)



(10) 国际公布号  
**WO 2016/150391 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
H01L 23/36 (2006.01) H02M 7/5387 (2007.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/077143
- (22) 国际申请日: 2016 年 3 月 23 日 (23.03.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201510128550.6 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201520166443.8 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201520167653.9 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201510128312.5 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201520166339.9 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201510130308.2 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201510129209.2 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201510130426.3 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201510130307.8 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201510129237.4 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201510129283.4 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN  
201510130088.3 2015 年 3 月 23 日 (23.03.2015) CN
- (71) 申请人: 广东美的制冷设备有限公司 (GD MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD.)  
[CN/CN]; 中国广东省佛山市顺德区北滘镇美的工

业城东区制冷综合楼, Guangdong 528311 (CN)。美的集团股份有限公司 (MIDEA GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国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, Guangdong 528311 (CN)。

(72) 发明人: 冯宇翔 (FENG, Yuxiang); 中国广东省佛山市顺德区北滘镇美的工业城东区制冷综合楼, Guangdong 528311 (CN)。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区清华园清华大学照澜院商业楼 301 室, Beijing 100084 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) Title: SMART POWER MODULE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 智能功率模块及其制造方法

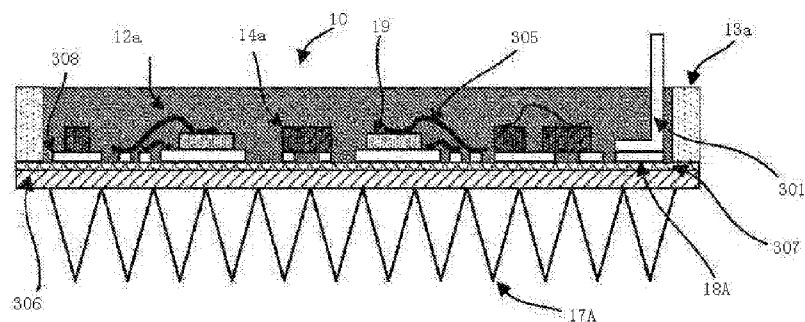


图 2

(57) Abstract: A smart power module and a manufacturing method therefor. The smart power module comprises: a heat sink, an insulation layer, circuit wiring, circuit elements and metal wires. A lower surface of at least a portion of the heat sink is a heat dissipation area, heat dissipation folds are arranged on the heat dissipation area, the insulation layer is arranged on an upper surface of the heat sink, the circuit wiring is arranged on the insulation layer, and the circuit elements are arranged on the circuit wiring and connected to the circuit wiring via the metal wires.

(57) 摘要: 一种智能功率模块及其制造方法。其中, 智能功率模块包括: 散热器、绝缘层、电路布线、电路元件和金属线。散热器的至少部分下表面为散热区域, 散热区域上设有散热褶皱, 绝缘层设在散热器的上表面上, 电路布线设在绝缘层上, 电路元件设在电路布线上并通过金属线与电路布线连接。



WO 2016/150391 A1



(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

## 智能功率模块及其制造方法

### 技术领域

本发明属于电子器件制造工艺领域，尤其涉及一种智能功率模块及其制造方法。

5

### 背景技术

智能功率模块，即 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。与传统分立方案相比，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，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。

由于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。长期高温环境会严重降低智能功率模块的使用寿命，并且会影响智能功率模块性能的稳定性。尤其在极端情况下，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。

智能功率模块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，但是因为绝缘层的存在，导致智能功率模块的整体热阻较高。并且，由于电路基板的导热，使功率器件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。

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导致硬度很大，从而增加了智能功率模块的制造难度。如果采用在智能功率模块的内部增加散热器，然后将功率元件贴装在散热器上的方法，一方面会增加原材料成本，另一方面会增加智能功率模块的工艺难度。如果在智能功率模块的外部增加散热器，需要将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。

30

### 发明内容

本发明旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。为此，本发明提出了一种智能功率模块，所述智能功率模块的散热性好且制造难度低。

本发明还提出了多种智能功率模块的制造方法。

根据本发明实施例的智能功率模块，包括：散热器，所述散热器的至少部分下表面为散热区域，所述散热区域上设有散热褶皱；绝缘层，所述绝缘层设在所述散热器的上表面

35

上；电路布线，所述电路布线设在所述绝缘层上；电路元件，所述电路元件设在所述电路布线上并通过金属线与所述电路布线连接。

根据本发明实施例的智能功率模块，通过在散热器下表面上设置散热褶皱，使电路元件的大部分热量被迅速散出，使智能功率模块始终工作在低温环境中，从而提高了智能功率模块的电性能和热稳定性。

在一些实施例中，所述散热器为具有湿式碳素复合材料功能纸质散热器或所述散热器为由可耐受 350℃ 以上温度的绝缘材料制作而成的纸质散热器。

在一些实施例中，所述散热褶皱为多个，多个所述散热褶皱间隔设置或多个所述散热褶皱连续设置。

10 在一些实施例中，所述散热褶皱的外周缘与所述散热器的下表面的外周缘之间间隔的距离大于 1mm。

在一些实施例中，所述散热区域向下凸出形成凸台，所述散热褶皱设在所述凸台上。

15 在一些实施例中，所述智能功率模块还包括嵌套在所述智能功率模块外围的框架结构，所述框架结构包括环绕在所述智能功率模块侧面的环形框和由所述环形框底部垂直向内侧延伸形成的与所述散热器底部接触的延伸部，所述延伸部的厚度为 1mm~1.5mm。

在一些实施例中，所述电路布线为间隔开的多个，所述智能功率模块还包括多个引脚，多个所述引脚的一端分别与多个所述电路布线相连，另一端与外部相连。

在一些实施例中，所述绝缘层的至少一侧的边缘设有多个焊垫，多个所述引脚的另一端分别与多个所述焊垫连接。

20 在一些实施例中，所述散热器在上下方向上的厚度为 1.2mm-2.5mm，所述散热褶皱沿上下方向延伸的尺寸为 0.3mm-0.7mm。

在一些实施例中，所述智能功率模块还包括密封树脂，所述密封树脂完全密封所述电路布线和所述电路元件，所述密封树脂覆盖所述散热器的上表面和所述散热区域之外的区域。

25 在一些实施例中，所述电路元件包括功率元件和非功率元件，所述功率元件和非功率元件均设在所述电路布线上，所述功率元件和非功率元件分别通过所述金属线与所述电路布线电连接，所述功率元件与所述散热区域相对，所述功率元件与所述非功率元件之间具有隔断部，所述隔断部设置在散热器的下表面上对应的位置处，所述隔断部的宽度为 1mm~5mm。

30 在一些实施例中，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。

在一些实施例中，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。

35 在一些实施例中，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；

所述智能功率模块还包括功率因数校正电路，所述功率因数校正电路具有桥堆、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，所述功率因数校正电路分别与所述 U、V、W 相高压驱动集成管和所述 U、V、W 三相低压驱动集成管相连。

在一些实施例中，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。

在一些实施例中，所述功率因数校正电路包括一高速 IGBT 管、一高功率 FRD 管、一小功率 FRD 管和第一低压驱动集成管；

10 所述第一低压驱动集成管包括输入端、输出端、电源端和接地端；

所述第一低压驱动集成管的输入端作为所述功率因数校正电路的输入端；所述第一低压驱动集成管的电源端作为所述功率因数校正电路的电源端，所述第一低压驱动集成管的接地端作为所述功率因数校正电路的接地端；

15 所述第一低压驱动集成管的输入端与所述高速 IGBT 管的栅极相连，所述高速 IGBT 管的射极与所述小功率 FRD 管的阳极相连，所述高速 IGBT 管的集电极与所述小功率 FRD 管的阴极、所述高功率 FRD 管的阳极相连。

根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法，所述智能功率模块为如上所述的智能功率模块，所述制造方法包括以下步骤：

20 S10：制作散热器，并在所述散热器的下表面形成散热皱褶，在所述散热器的上表面上覆盖绝缘层；

S20：在所述绝缘层表面布设电路布线；

S30：在所述电路布线相应位置配设电路元件以及引脚；

S40：利用所述金属线连接所述电路布线和电路元件；

S50：在所述绝缘层的表面包覆密封层，将所述电路布线、电路元件以及金属线覆盖；

25 S60：在所述散热器的下表面上设置防水处理层；

S70：对所述智能功率模块进行模块功能测试，所述模块功能测试包括绝缘耐压、静态功耗和延迟时间测试。

在一些实施例中，在步骤 S10 中，还包括以下子步骤：

S11：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；

30 S12：在所述电路布线之间的指定位置形成贯通孔，所述贯通孔贯穿所述绝缘层及所述散热器；

S13：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；

S14：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；

35 S15：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。

在一些实施例中，在步骤 S50 中，还包括以下子步骤：

S51: 在所述绝缘层的表面周围设置热硬性树脂框;

S52: 在所述热硬性树脂框的范围内以及所述贯通孔内注入热塑性树脂以密封所述电路布线、电路元件以及金属线;

5 S53: 进行所述引脚的切筋成型和通过密封树脂将所述散热器的背面未覆盖皱褶的位置密封。

在一些实施例中, 在步骤 S30 中, 在所述电路布线相应位置配设电路元件前预先制成引脚且包括如下子步骤:

S31: 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;

10 S32: 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;

在步骤 S40 中, 还包括以下子步骤:

S41: 通过回流焊焊接所述电路元件于所述电路布线上;

S42: 清除残留在所述绝缘层的助焊剂;

S43: 利用所述金属线连接所述电路布线和电路元件。

15 在一些实施例中, 所述散热器为纸质散热器, 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:

S'10: 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;

S'20: 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;

20 S'30: 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;

S'40: 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 S'41: 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。

25 S'50: 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。

根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法, 所述智能功率模块为如上所述的智能功率模块, 所述制造方法包括以下步骤:

T10: 制造所述散热器和引脚, 散热器的上表面形成为平面;

T20: 在散热器的上表面上设置绝缘层, 并在绝缘层的上表面上形成有电路布线;

30 T30: 在电路布线上分别设置电路元件和与外部相连的引脚, 在散热器的下表面上设置散热区域, 在散热区域上设置散热褶皱;

T40: 用金属线连接电路元件和电路布线;

T50: 烘烤所述散热器并模制密封树脂, 并对引脚进行成型, 得到智能功率模块。

35 根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法, 所述智能功率模块为如上所述的智能功率模块, 所述制造方法包括以下步骤:

P10: 制造散热器和引脚, 所述散热器的上表面形成为平面, 在所述散热器的下表面上

设置散热褶皱;

P20: 在所述散热器的上表面上设置绝缘层,并在所述绝缘层的上表面上设置电路布线;

P30: 在所述电路布线上分别设置电路元件和与外部相连的所述引脚;

P40: 用金属线连接所述电路元件和所述电路布线;

5 P50: 烘烤所述散热器并模制密封树脂,对所述引脚进行成型,得到智能功率模块。

在一些实施例中,在所述步骤 P30 中,还包括对所述散热器进行清洗的步骤;

在所述步骤 P50 中,在无氧环境中烘烤所述散热器,烘烤时间大于 2h,烘烤温度为 110℃-140℃。

根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法,包括:

10 Q10: 形成散热器;

Q20: 以所述散热器作为功率模块基材,在所述功率模块基材的一侧形成绝缘层;

Q30: 在所述绝缘层上不与所述散热器接触的一侧形成焊接区和引脚;

Q40: 在所述焊接区的功率焊接区装配至少一个功率器件;

Q50: 形成密封层以完成所述智能功率模块的制作。

15 在一些实施例中,所述焊接区还包括非功率焊接区,在所述非功率焊接区装配至少一个非功率器件,

步骤 Q10 包括步骤 Q11: 利用湿式碳素复合层形成散热器;

步骤 Q30 包括步骤 Q31: 在所述散热器上不与所述绝缘层接触的一侧形成散热褶皱,所述散热褶皱对应于所述至少一个功率器件所在的区域;

20 步骤 Q40 包括:

Q41: 在所述功率焊接区涂布第一锡膏层;

Q42: 在所述功率焊接区装配所述至少一个功率器件后,对所述第一锡膏层进行回流焊处理以固化所述第一锡膏层;

Q43: 在所述非功率焊接区涂布第二锡膏层;

25 Q44: 在所述非功率焊接区装配所述至少一个非功率器件后,对所述锡膏层进行回流焊处理以固化所述第二锡膏层;

Q45: 对所述散热器进行清洗处理,其中清洗处理包括喷淋处理和/或超声清洗处理。

在一些实施例中,步骤 Q30 包括:

30 Q'31: 在所述绝缘层上不与所述散热层接触的一侧形成金属种子层,其中,所述金属种子层的厚度为 0.01 至 0.1 微米;

Q'32: 对所述种子层进行电镀处理以形成电路布线,其中,所述电路布线的厚度为 1 至 5 微米;

Q'33: 刻蚀处理所述电路布线以形成所述焊接区、所述引脚和焊垫;

Q'34: 在所述焊接区、所述引脚和所述焊垫之间连接有金属线。

35 附图说明

图 1 为根据本发明实施例提供的智能功率模块的俯视图;

图 1 (a) 根据本发明实施例提供的智能功率模块的仰视图;

图 2 是图 1 中沿 X-X' 线的剖面图;

图 2 (a) 根据本发明实施例提供的智能功率模块的结构示意图;

图 2 (b) 根据本发明实施例提供的智能功率模块的结构示意图;

5 图 3 是根据发明实施例的智能功率模块的制造方法中散热器的侧视工序示意图;

图 4 是根据本发明实施例智能功率模块的制造方法中散热器的俯视工序示意图;

图 5 为在散热器上形成绝缘层 307、铜箔层 18B 的工序示意图;

图 6 为制作电路布线的工序示意图;

10 图 6 (a) 是在散热器的正面形成绝缘层和铜箔层后、在铜箔层上形成电路布线的示意图;

图 6 (b) 是根据本发明实施例智能功率模块的电路布线上形成贯通孔的示意图;

图 6 (c) 是根据本发明实施例智能功率模块的去掉密封树脂后的示意图;

图 7 是图 3 中沿 X-X' 线的剖面图;

图 8 为制作散热褶皱的工序示意图;

15 图 9 为引脚的尺寸标示图;

图 10 为制作引脚的工序示意图;

图 11 为在电路布线上装配电路元件、引脚的侧视工序示意图;

图 12 为在电路布线上装配电路元件、引脚的俯视工序示意图;

图 12 (a) 为在电路布线上装配电路元件、引脚的俯视工序示意图;

20 图 13 为装配金属线的侧视工序示意图;

图 13 (a) 根据本发明实施例提供的智能功率模块的结构示意图;

图 14 为装配金属线的俯视工序示意图;

图 15 为智能功率模块的密封工序示意图;

图 15 (a) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

25 图 15 (aa) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

图 15 (b) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

图 15 (bb) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

图 15 (c) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

图 15 (cc) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

30 图 15 (d) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

图 16 是根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法流程图;

图 17 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

图 17 (a) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

图 17 (b) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

35 图 18 是图 17 中沿线 X-X' 的截面图;

图 18 (a) 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图;

图 19 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图；

图 20 是图 19 中沿线 X-X' 的截面图；

图 21 是根据本发明实施例的智能功率模块的俯视图，其中去掉了密封树脂；

图 21 (a) 根据本发明实施例的智能功率模块的俯视图，其中去掉了密封树脂；

5 图 22 是根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法的流程图；

图 23 是图 4 中的散热器增加散热区域的结构示意图；

图 24 是根据本发明实施例的智能功率模块的散热器上设置绝缘层和铜箔层的结构示意图；

图 25 是根据本发明实施例的智能功率模块的散热褶皱的结构示意图；

10 图 26 是根据本发明实施例的智能功率模块的装配散热褶皱后的结构示意图；

图 27 是根据本发明实施例的智能功率模块的多个引脚的结构示意图；

图 28 是根据本发明实施例的智能功率模块的引脚的结构示意图；

图 28 (a) 是根据本发明实施例的智能功率模块的引脚的结构示意图，该引脚带有弧度；

图 29 是根据本发明实施例的智能功率模块的电路布线在装配完成后的结构示意图；

15 图 30 是图 29 中所示结构的俯视图；

图 31 是图 29 中所示结构进行连接工序后的结构示意图；

图 32 是图 31 中所示结构的俯视图；

图 32 (a) 根据本发明实施例提供的智能功率模块的结构示意图；

图 32 (b) 根据本发明实施例提供的智能功率模块的结构示意图；

20 图 33 是图 31 中所示结构添加密封树脂后的结构示意图；

图 34 是图 33 中所示结构进行引脚切断的结构示意图。

图 35 是根据本发明实施例的智能功率模块的结构示意图；

图 36 是图 35 中沿线 X-X' 的截面图；

图 37 是根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法的流程图；

25 图 38 是根据本发明实施例的智能功率模块的装配散热褶皱后的结构示意图；

图 39 是根据本发明实施例的智能功率模块的电路布线在装配完成后的结构示意图；

图 40 是图 39 中所示结构进行连接工序后的结构示意图；

图 41 是图 40 中所示结构添加密封树脂后的结构示意图；

图 42 是图 41 中所示结构进行引脚切断的结构示意图；

30 图 43 是独立的框架结构的示意图；

图 44 是图 43 的 X-X' 线的截面图。

图 45 (A) 是现有的智能功率模块的电路图；

图 45 (B) 是现有的智能功率模块的俯视图；

图 45 (C) 是图 45 (B) 去除树脂后的示意图；

35 图 45 (D) 是图 45 (B) 的 X-X' 线的截面图；

图 45 (E) 是现有的智能功率模块安装在铝散热器上的示意图；

图 45 (BB) 是现有的智能功率模块的俯视图;

图 45 (CC) 是图 45 (BB) 去除树脂后的示意图;

图 45 (DD) 是图 45 (BB) 的 X-X' 线的截面图;

图 45 (EE) 是现有的智能功率模块安装在铝散热器上的示意图;

5 图 46 (A) 是本发明实施例的智能功能模块的电路图;

图 46 (B) 是本发明实施例的智能功能模块的俯视图;

图 46 (C) 是图 46 (B) 的 X-X' 线的截面图;

图 46 (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;

图 46 (AA) 是本发明智能功能模块较佳实施例的电路图;

10 图 46 (BB) 是本发明智能功能模块较佳实施例的俯视图;

图 46 (CC) 是图 46 (BB) 的 X-X' 线的截面图;

图 46 (DD) 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;

图 47 (A) 是本发明实施例第一工序在纸质散热器正面形成绝缘层和铜箔层的俯视图;

图 47 (B) 是图 47 (A) 的侧视图;

15 图 48 (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;

图 48 (B) 是图 48 (A) 的侧视图;

图 48 (AA) 是本发明实施例第二工序中在电路布线上安装 IGBT 管、FRD 管和引脚的俯视图;

20 图 48 (BB) 是图 48 (AA) 的侧视图;

图 48 (C) 是本发明实施例第二工序中的承托盘的仰视图;

图 48 (D) 是本发明实施例第二工序中的承托盘的正视图;

图 49 (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 49 (B) 是图 49 (A) 的侧视图;

25 图 49 (AA) 是本发明实施例第三工序中在 IGBT 管的射极安装高压驱动集成管和低压驱动集成管的俯视图;

图 49 (BB) 是图 49 (AA) 的侧视图;

图 50 (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;

30 图 50 (B) 是图 50 (A) 的侧视图;

图 50 (AA) 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俯视图;

图 50 (BB) 是图 50 (AA) 的侧视图;

图 51 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;

35 图 51 (A) 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;

图 52 (A) 是本发明实施例第六工序中, 引脚切筋成型的示意图;

图 52 (B) 是本发明实施例第六工序中, 安装散热褶皱的示意图;

图 53 是本发明实施例智能功率模块制造方法的流程图。

图 53 (A) 是本发明实施例智能功率模块制造方法的流程图。

图 54 是本发明实施例智能功率模块制造方法的流程图。

5

## 具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例, 所述实施例的示例在附图中示出, 其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的, 旨在用于解释本发明, 而不能理解为对本发明的限制。

10 下面结合附图 1-图 54 详细描述根据本发明实施例的智能功率模块 10。

如图 1-图 42 所示, 根据本发明实施例的智能功率模块 10, 包括: 散热器 306、绝缘层 307、电路布线 308、电路元件以及金属线 305。

具体而言, 散热器 306 的至少部分下表面上形成散热区域 17B, 散热区域 17B 上设有散热褶皱 17A, 绝缘层 307 设在散热器 306 的上表面上。电路布线 308 设在绝缘层 307 上, 15 电路元件设在电路布线 308 上, 电路元件通过金属线 305 与电路布线 308 连接。

根据本发明实施例的智能功率模块 10, 通过在散热器 306 下表面上设置散热褶皱 17A, 使电路元件的大部分热量被迅速散出, 使智能功率模块 10 始终工作在低温环境中, 从而提高了智能功率模块 10 的电性能和热稳定性。

结合图 1 和图 2, 根据本发明实施例的智能功率模块 10 具有引脚 301、密封层 12a、金属线 305、散热器 306、电路布线 308、绝缘层 307 和电路元件, 该电路元件包括功率元件 19 和非功率元件 14a。散热器 306 为纸质散热器, 散热器 306 的下表面形成大量散热褶皱 17A, 散热器 306 的上表面覆盖有绝缘层 307。电路布线 308 配设在所述绝缘胶 21 的表面上, 电路布线 308 包括设置在靠近所述散热器 306 的表面边缘的焊垫 18A。金属线 305 用于根据电路原理图, 在电路布线 308 之间、电路元件之间以及电路布线 308 和电路元件之间形成电路连接。密封层 12a 包括热硬性树脂框 13a 以及注入在热硬性树脂框 13a 的范围 25 内的热塑性树脂形成。密封该电路且完全覆盖所述散热器 306 的上表面上的所有元素。

本实施例中, 散热器 306 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, 得到散热褶皱 17A。为了提高抗腐蚀性和防水, 表面可进行防水处理, 即于散热器 30 306 的下表面覆盖防水层(图未示)。本实施例中, 散热器 306 和散热褶皱 17A 一体制成, 其中散热器 306 形状平整、所述散热褶皱 17A 形状不规则; 散热器 306 和散热褶皱 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, 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褶皱的密度, 散热褶皱 17A 采用了较薄的湿式碳素复合材料, 厚度可设计为 35 0.5mm。在此, 散热器 306 具有散热褶皱 17A 的一面可以称为散热器 306 的背面(即下表面), 相对面可以称为散热器 306 的表面(上表面)。

实际应用中, 散热皱褶 17A 不能完全覆盖散热器 306 的背面, 在散热器 306 的背面的边缘需要流出至少 2mm 的平整位置, 并且在散热器 306 的矩形短边有直径至少 1mm 的安装孔 16a。

5 绝缘层 307 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, 压合在散热器 306 的表面, 并且使在散热器 306 的安装孔 16a 位置露出。

电路布线 308 由铜等金属构成, 形成于绝缘层 307 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, 可以考虑设计成 0.07mm, 本实施例中采用 0.07mm 的厚度。另外, 在绝缘层 307 的边缘, 形成有由电路布线 308 构成的焊垫 18A。在此, 在绝缘层 307 的一边附近设置多个对准排列的焊垫 18A, 根据功能需要, 也可在绝缘层 307 的多个边附近设置多个对准排列的焊垫 18A。

功率元件 19 和非功率元件 14a 被固定在电路布线 308 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 305 与电路布线 308 等连接; 非功率元件 14a 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 305 与电路布线 308 连接。

金属线 305 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 14a 之间、各电路布线 308 之间建立电连接关系, 有时还用于使引脚 301 和电路布线 308 或功率元件 19、非功率元件 14a 之间建立电连接关系。

引脚 301 被固定在设于电路散热器 306 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 301, 引脚 301 和焊垫 18A 通过焊锡等导电性粘结剂焊接, 使得引脚 301 与所述焊垫 18A 连接并自散热器 306 向外延伸。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 5 $\mu$ m, 镀层可保护铜不被腐蚀氧化, 并可提高可焊接性。

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。

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，散热面积大大增加，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。

在散热器 306 的背面设置有隔断部 202a，隔断部 202a 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 307，本实施例为了取得更好的散热效果，采用全部去除的方式。

在此，功率元件 19 的下方具有皱褶 17A，具有所述隔断部 202a 的上方不具有功率元件 19。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 202a 包围，并在所述纸质散热器 306 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。

所述隔断部 202a 为所述纸质散热器 306 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 306 进行传导，所述隔断部 202a 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 202a 的宽度不应小于 1mm，为了增加强度所述纸质散热器 306 的机械强度，所述隔断部 202a 的宽度不应大于 5mm。此外所述隔断部 202a 可以完全将所述纸质散热器 306 去除，使所述绝缘层 307 露出，也可以仅去除所述纸质散热器 306 的绝大部分而保留与所述绝缘层 307 结合的极薄的一层。在一些实施例中，采用完全去除的方法。

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 14a 等）间被隔断部 202a 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。另外，所述隔断部 202a 的上方最好不设计有所述金属线 305 的邦定点。

如图 43-图 44 所示，智能功率模块 10 还包括嵌套在所述智能功率模块 10 外围的框架结构 13，所述框架结构 13 可以为热硬性树脂框且包括环绕在所述智能功率模块侧面的环形框和由所述环形框底部垂直向内侧延伸形成的与所述散热器底部接触的延伸部，所述延伸部的厚度为 1mm~1.5mm。

热硬性树脂框 13a 通过传递模方式模制形成，热硬性树脂框 13a 外边缘大小与散热器 306 一致或比散热器 306 略小。应用中，热硬性树脂框 13a 内边缘与外边缘的距离不小于 1.5mm，并且在热硬性树脂框 13a 矩形短边处，有直径与散热器 306 的通孔位置、直径一致的安裝孔 16a，以安裝智能功率模块 10。

密封层 12a 通过热塑性树脂注入模方式模制。在此，密封层 12a 完全位于热硬性树脂

框 13a 内并密封散热器 306 上表面上的所有元素。包覆于绝缘层 307 的表面，将电路布线 308、电路元件以及金属线 305 覆盖。

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 307 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，本发明的智能功率模块 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。

在该实施例中，为了便于散热，如图 32(b)所示，在散热器 306 上还设有贯通孔 22a，所述贯通孔 22a 贯穿所述散热器 306 和绝缘层 307。

该贯通孔 22a 设置在散热器 306 的特定位置，具体地，使贯通孔 22a 位于构成发热源的器件和电路与不构成发热源的器件和电路之间，使得功率元件 19 各发热源间热干扰很少，而且功率元件 19 的大部分热量被迅速散出而不传导到非功率元件 14a，使得智能功率模块 10 性能稳定，提高智能功率模块 10 的可靠性。

为了防止贯通孔 22a 加工误差，使电路布线 308 的边缘与所述贯通孔 22a 的边缘之间，以及，所述绝缘层 307 的边缘与所述贯通孔 22a 的边缘之间具有设定距离（后续详述）。

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贯通孔 22a 隔离。

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。

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。

在本实施例中，所述电路布线 308、所述功率元件 19 和非功率元件 14a、金属线 305，以及所述引脚 301 与电路布线 308 的连接部分由密封树脂 12 封装；所述树脂 12 将所述贯通孔 22a 填充。

如图 17(a) 和图 21(a) 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。

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贯通孔 22a 隔离。

所述贯通孔 22a 位于所述电路布线 308 之间，并且与所述绝缘层 307 和电路布线 308 有 1mm 以上的距离，所述贯通孔 22a 贯穿所述绝缘层 307 和所述纸质散热器 306，在所述智能功率模块 10 被密封树脂 12 封装后，所述贯通孔 22a 被密封树脂 12 完全填充；所述贯通孔 22a 位于构成发热源的器件和电路，与不构成发热源的器件和电路之间，因为密封树脂 12 的导热性远低于纸质散热器 306 的导热性，因此可形成对各发热源间的热隔离、发热源与非发热源间的横向热隔离，并且，发热源的底部因具有皱褶 17A，由此极大地增加了各发热源的纵向热传导效率，贯通孔 22a 使得智能功率模块 10 达到热隔离。

此外，为了增加热隔离效果，作为第一种设计方式，每个贯通孔 22a 的长度，可以设计为尽量长；作为第二种设计方式，为了提高纸质散热器 306 的硬度，贯通孔 22a 的长度可以设计为 5mm~6mm，对于第二种设计方式，每个贯通孔 22a 间的距离可设计为 0.5~1mm，为了提高热隔离效果，每个贯通孔 22a 的横向宽度，可设计为 3mm~3.5mm，为了减小智能功率模块 10 的体积，每个贯通孔 22a 的横向宽度可设计为 1mm~2.5mm。

金属线 305 还可以用于使引脚 301 和电路布线 308 或功率元件 19、非功率元件 14a 之间建立电连接关系。对于功率元件 19 的连接，可采用 300 $\mu$ m~400 $\mu$ m 的铝线，对于非功率元件 14a 的电连接，可采用 38 $\mu$ m~125 $\mu$ m 的铝线，如果存在跨贯通孔 22a 的连接，优选采用 250 $\mu$ m 以上的铝线。

所述密封树脂 12 可通过传递模方式使用热硬性树脂 12 模制，也可使用注入模方式使用热塑性树脂 12 模制。在此，所述树脂 12 完全密封纸质散热器 306 表面上的所有元素，即只密封具有元素的一面，另一面完全露出。纸质散热器 306 上的贯通孔 22a 则被树脂 12 完全填充。

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：

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 307 无需使用高导热材料即可满足功率元件 19 的散热要求。

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。

3、如果散热皱褶 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 14a，使非功率元件 14a 始终工作在低温环境中，非功率元件 14a 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，由于所述纸质散热器 306 的背面除了配置皱褶 17A 的部分也被密封，本发明的智能功率模块 10 的水密性和气密性得到提高，提高复杂应用环境中的长期可靠性。

4、如果散热皱褶 17A 一体覆盖整个智能功率模块 10 背面，安装简便、结构简单，并可大量增加散热面积，使发热元件的热量可被快速散失，并且由于智能功率模块 10 的背面完全露出，提高了智能功率模块 10 的散热性。

5、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 14a 等）间被贯通孔 22a 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。

6、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 306，因此在应用过程，外部无需再接散热器 306，降低应用难度和应用成本，提高装配品质。

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 301 定义兼容，便于智能功率模块 10 的推广应用。

如图 16 所示, 本发明智能功率模块的制造方法包括以下步骤:

S10: 制作作为散热器的纸质散热器, 并在所述散热器的下表面形成散热皱褶, 在所述散热器的上表面覆盖绝缘层;

S20: 在所述绝缘层表面布设电路布线;

5 S30: 在所述电路布线相应位置配设电路元件以及引脚;

S40: 利用金属线连接所述电路布线和电路元件;

S50: 在所述绝缘层的表面包覆密封层, 将所述电路布线、电路元件以及金属线覆盖。

S60: 在所述散热器的下表面上设置防水处理层;

10 S70: 对所述智能功率模块进行模块功能测试, 所述模块功能测试包括绝缘耐压、静态功耗和延迟时间测试。

在本发明的一些实施例中, 在步骤 S10 中, 还包括以下子步骤:

S11: 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;

S12: 在所述电路布线之间的指定位置形成贯通孔, 所述贯通孔贯穿所述绝缘层及所述散热器;

15 S13: 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;

S14: 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;

S15: 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。

20 在本发明的一些实施例中, 在步骤 S50 中(即在所述绝缘层的表面包覆密封层的步骤), 还包括以下子步骤:

S51: 在所述绝缘层的表面周围设置热硬性树脂框;

S52: 在所述热硬性树脂框的范围内以及所述贯通孔内注入热塑性树脂以密封所述电路布线、电路元件以及金属线;

25 S53: 进行所述引脚的切筋成型和通过密封树脂将所述散热器的背面未覆盖皱褶的位置密封。

在本发明的一些实施例中, 智能功率模块的制造方法还包括步骤 S60: 在所述散热器的下表面上设置防水层。

在本发明的一些实施例中, 在步骤 S30 中, 在所述电路布线相应位置配设电路元件前预先制成引脚且包括如下子步骤:

30 S31: 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;

S32: 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。

在步骤 S40 中, 还包括以下子步骤:

S41: 通过回流焊焊接所述电路元件于所述电路布线成上;

35 S42: 清除残留在所述绝缘层的助焊剂。

S43: 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。

在本发明的一些实施例中，所述散热器为纸质散热器，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：

5 S'10：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；

S'20：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；

S'30：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；

10 S'40：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 S'41：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。

S'50：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。

以下说明的各工序的详细情况。

15 第一工序：参考图 3-图 10 以及图 43-图 44，其中，图 3 为散热器的俯视图，图 4 是图 3 中沿 X-X'线的剖面图。

根据需要的电路布局设计大小合适的散热器 306，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。

20 参考图 5，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，使绝缘材料形成于散热器 306 的表面并作为绝缘层 307、铜材形成于绝缘层 307 表面作为铜箔层 18B。在此，为了提高耐压特性，绝缘层 307 的厚度可以设计为 110μm，为了提高散热特性，绝缘层 307 的厚度可以设计为 70μm。在此，为了提高通流能力，铜箔层 18B 的厚度可以设计成 0.07mm，为了降低成本，铜箔层 18B 的厚度可以设计成 0.035mm 或 0.0175mm。

参考图 6 和 7，将铜箔层 18B 的特定位置腐蚀掉，剩余部分为电路布线 308 及焊垫 18A。

25 参考图 8，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。

每个引脚 301 都是用铜基材，通过冲压或者蚀刻的方式，制成如图 9 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 10 所示。

30 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 0.1μm；

35 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 5μm，合金层的形成极大提高了保护性和可焊性。

第二工序：在电路布线 308 表面装配功率元件 19、非功率元件 14a 和在焊垫 18A 表面装配引脚 301 的工序。

首先，通过锡膏印刷机，使用钢网，对绝缘层 307 上的电路布线 308 的特定位置和焊垫 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 14a 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。

然后，参照侧视图图 11 和俯视图图 12，将散热器 306 放置在载具 20 上，进行功率元件 19、非功率元件 14a 和引脚 301 的安装，功率元件 19 和非功率元件 14a 可直接放置在电路布线 308 的特定位置，而引脚 301 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，使散热褶皱 17A 露出，散热器 306 背面边缘至少 1mm 的未被散热褶皱 17A 覆盖的位置与载具 20 接触起支撑作用。

然后，放于载具 20 上的散热器 306 通过回流焊，锡膏固化，功率元件 19、非功率元件 14a 和引脚 301 被固定。

第三工序：首先将散热器 306 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 14a 在电路布线 308 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。

清洗时，通过机械臂夹持引脚 301，将散热器 306 置于清洗槽中，并要注意不要让机械臂触碰散热器 306，因为散热器 306 具有脆性并容易形变，如果机械臂夹持散热器 306，在清洗时产生的震动，容易造成散热器 306 发生崩裂。

第四工序：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 305)，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 $\mu$ m~400 $\mu$ m 的铝线，对非功率元件 14a 的邦定使用 38 $\mu$ m~200 $\mu$ m 的铝线，对散热器 306 的邦定使用 350 $\mu$ m~400 $\mu$ m 的铝线。

此工序完成后的制品参看侧视图图 13 和俯视图图 14。

第五工序：在绝缘层 307 上装配热硬性树脂框 13a 并灌封热塑性树脂的工序。

首先，通过绝缘红胶等非导电性热固性胶水在绝缘层 307 上贴附矩形短边上带有通孔的热硬性树脂框 13a，并在无氧环境中对贴附热硬性树脂框 13a 的散热器 306 进行烘烤，烘烤时间不应小于 2 小时，烘烤温度和选择 175 $^{\circ}$ C，使热硬性树脂框 13a 被固定在绝缘层 307 上，参见图 16，在此，热硬性树脂框 13a 的高度必须高于金属线 305 的高度。

然后，向热硬性树脂框 13a 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 $^{\circ}$ C，冷却后，密封层 12a 将散热器 306 上的所有元素密封，只有引脚 301 部分露出。

第六工序：如图 1、图 2、以及图 15 (d) 所示，形成安装孔 16a、隔断部 202a，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。

参考图 1，通过打孔器等方式，在热硬性树脂 13 的通孔处将绝缘层 307 和散热器 306 打穿，形成安装孔 16a。安装孔 16a 用于智能功率模块 10 的装配。

通过切割、撕裂、腐蚀等方式，在所述纸质散热器 306 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 202a，所述隔断部 202a 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 307，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 202a 中去除的方式时，注意不要在所述绝缘层 307 上形成划伤。

参考图 2，使用耐受温度在 150℃ 以上的耐高温胶水，将散热褶皱 17A 粘附在散热器 306 的背面，在此，散热褶皱 17A 不能完全覆盖散热器 306 的背面，例如，所述散热褶皱 17A 位于所述功率元件 19 的背面被所述隔断部 202a 包围，在散热器 306 的背面的短边边缘的距离至少 2mm，确保不对安装孔 16a 形成遮挡。

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。

利用上述工序，完成智能功率模块 10 的制作。

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褶皱，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褶皱散失，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。

下面结合附图 1-图 34 详细描述根据本发明实施例的智能功率模块 10。

参照图 17、图 18 和图 19 所示，根据本发明实施例的智能功率模块 10 包括散热器 306、绝缘层 307，多个电路布线 308、功率元件 19、非功率元件 14a、多个引脚 301 和密封树脂 12。

具体而言，散热器 306 的上表面形成为平面，绝缘层 307 设在散热器 306 的上表面上。多个电路布线 308 间隔开设在绝缘层 307 上。功率元件 19 和非功率元件 14a 分别设在多个电路布线 308 上，功率元件 19 通过金属线 305 与电路布线 308 电连接，非功率元件 14a 通过金属线 305 与电路布线 308 电连接。

散热器 306 的下表面形成有与功率元件 19 位置对应的散热区域 17B，散热区域 17B 设有散热褶皱 17A。多个引脚 301 的一端与多个电路布线 308 相连，多个引脚 301 的另一端伸出智能功率模块 10 与外部其他部件相连。密封树脂 12 完全密封多个电路布线 308，密封树脂 12 覆盖散热器 306 的上表面和散热区域 17B 之外的区域。

根据本发明实施例的智能功率模块 10，通过在散热器 306 下表面的与功率元件 19 对应

的位置上设置散热褶皱 17A, 使功率元件 19 的大部分热量被迅速散出而不传导到非功率元件 14a, 使非功率元件 14a 始终工作在低温环境中, 非功率元件 14a 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, 由于散热器 306 的背面除了设置散热褶皱 17A 的部分也被密封树脂 12 密封, 大大提高了水密性和气密性, 从而提高智能功率模块 10 在复杂应用环境中的长期可靠性。

另外, 根据本发明实施例的智能功率模块 10, 通过在绝缘层 307 的下方设置散热器 306 并在散热器 306 的下表面的散热区域 17B 设置散热褶皱 17A, 极大地增加了智能散热模块 10 的散热面积, 使绝缘层 307 无需使用高导热材料即可满足功率元件的散热要求; 同时, 智能功率模块 10 在应用过程中, 外部无需再接散热器, 降低了应用难度和应用成本, 提高了装配品质。该种结构在降低成本的同时提高了可靠性, 并且可设计成与现行智能功率模块的功能及引脚兼容, 便于智能功率模块 10 的推广应用。

散热器 306 的种类可形成多种, 例如, 根据本发明的一些实施例, 散热器 306 可由湿式碳素复合材料功能纸构成。实际制备时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, 从而得到散热褶皱 17A。由该种纸质材料构成的纸质散热器重量轻, 智能功率模块 10 总体重量降低, 便于长途运输和工人装配, 降低了成本。

为了提高散热器 306 的抗腐蚀性和防水性能, 散热器 306 的外表面可进行防水处理, 使散热器 306 的表面可形成防水处理层。例如, 散热器 306 的上表面和下表面上均可以设置防水处理层。

散热器 306 与散热褶皱 17A 可一体形成。其中, 散热器 306 的形状平整、散热褶皱 17A 的形状不规则, 以提高散热面积。散热褶皱的结构可形成多种, 例如, 如图 18 所示, 散热褶皱可以形成多个纵截面为空心倒三角的结构。

可以理解的是, 散热器 306 和与散热褶皱 17A 也可以采用其它材料制造形成, 例如, 散热器 306 和与散热褶皱 17A 可以采用湿式碳素复合材料制造, 其中, 散热器 306 和与散热褶皱 17A 的厚度 (沿上下方向延伸的尺寸) 不同。为了增加机械强度, 散热器 306 采用了较厚的湿式碳素复合材料, 厚度可在 1.2mm-2.5mm 之间变化, 例如, 厚度可设计为 1.5-1.8mm; 再如, 厚度可设计为 0.5mm。为了降低成本和增加褶皱的密度, 散热褶皱 17A 采用了较薄的湿式碳素复合材料, 厚度可在 0.3mm-0.7mm 之间变化, 例如, 厚度可设计为 0.5mm。

为方便描述, 在此, 散热器 306 的具有散热褶皱 17A 的一面可称为散热器 306 的背面, 相对面可称为散热器 306 的表面。散热褶皱 17A 在散热器 306 上的布置结构可以有多种, 根据本发明的一些实施例, 散热褶皱 17A 包括多个, 多个散热褶皱 17A 之间间隔开设置。

具体地, 如图 17 和图 18 所示, 功率元件 19 为多个且间隔开设在散热器 17 的上表面上, 则散热器 306 下表面上的散热区域 17B 也为多个, 多个散热区域 17B 间隔开设置且每个散热区域 17B 上分别设有散热褶皱 17A。由此, 多个散热区域 17B 之间间隔开设置, 可以在一定程度上减少材料用量, 降低成本。

在本发明的另一些具体实施方式中，散热褶皱 17A 包括多个，多个散热褶皱 17A 之间连续设置且任意一个散热褶皱 17A 的外周缘与散热器的下表面的外周缘之间间隔的距离大于 1mm。

如图 19 和图 20 所示，也就是说，功率元件 19 为多个且间隔开设在散热器 17 的上表面上，散热器 306 下表面上的散热区域 17B 则为一个，一个散热区域 17B 完全覆盖了多个功率元件 19 所处的位置，并且散热褶皱 17A 在散热器 306 下表面上的正投影面积小于散热器 306A 下表面的面积。

散热褶皱 17A 的外周缘与散热器 306 的下表面的外周缘之间所间隔的距离大于 1mm，即散热褶皱 17A 并不能完全覆盖散热器 306 的背面，而是在散热器 306 的背面的边缘流出至少 1mm 的平整位置。由此，该结构可以有效提高智能功率模块 10 的水密性和气密性。

根据本发明的一个实施例，散热区域 17B 形成为突出于散热器 306 的下表面向下延伸的凸台，散热褶皱 17A 设在散热区域 17B 的下表面上。也就是说，散热器 306 的上表面为平面，散热器 306 在安装散热褶皱 17A 的部位的厚度略高于不安装散热褶皱 17A 的部位的厚度。由此，通过设置散热区域 17B，将该区域与不安装散热褶皱 17A 的区域区别开来，可以更好地在散热器 306 的下表面上设置密封树脂 12。

如图 18 或 20 所示，密封树脂 12 的下表面可与散热器 306 的背面平齐设置。由此，散热褶皱 17A 不会被密封树脂 12 密封，从而不会影响到散热褶皱 17A 的散热性能。密封树脂 12 可通过传递模方式使用热硬性树脂模制成，也可通过注入模方式使用热塑性树脂模制成。在此，密封树脂 12 完全密封纸质散热器 306 上表面上的所有元素。例如如图 18 所示，密封树脂 12 的下表面与散热区域 17B 的凸台的下端面平齐。

绝缘层 307 可以采用日东、日化、电化等厂家的绝缘材料。为了提高绝缘层 307 的导热性，绝缘层 307 可以为导热绝缘层，导热绝缘层内设有导热物质，导热物质可以为二氧化硅、氮化硅和碳化硅中的至少一种，二氧化硅、氮化硅和碳化硅可以为球形或角状。具体在制造时，可以在绝缘材料中可以加入二氧化硅、氮化硅、碳化硅等掺杂，并通过热压方式压合在散热器 306 的上表面。

电路布线 308 可以由铜等金属构成，形成于绝缘层 307 上的特定位置。根据功率需要，可设计成 0.035mm 或 0.07mm 等的尺寸的厚度。对于一般的智能功率模块 10 而言，可以考虑设计成 0.07mm。在本发明的一个示例中，电路布线 308 采用了 0.07mm 的厚度。

另外，根据本发明的一些实施例，绝缘层 307 的至少一侧的边缘设有多个焊垫 18A，多个焊垫 18A 分别与多个电路布线 308 一体形成。焊垫 18A 可以由电路布线 308 构成。如图 21 所示，在绝缘层 307 的一侧的边缘设置了多个对准排列的焊垫 18A。根据功能需要，也可在绝缘层 307 的多个边缘处设置多个对准排列的焊垫 18A。

功率元件 19 和非功率元件 14a 被固定在电路布线 308 上构成规定的电路。在本发明的一些实施例中，功率元件 19 可以采用 IGBT 管、高压 MOSFET 管、高压 FRD 管等元件，功率元件 19 通过金属线 305 与电路布线 308 等连接。非功率元件 14a 可以采用集成电路、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 305 与电路布线 308 连接。

金属线 305 可以是铝线、金线或铜线等，通过邦定使各功率元件 19 之间、各非功率元件 14a 之间以及各电路布线 308 之间建立电连接关系，有时还用于使引脚 301 和电路布线 308、引脚 301 和功率元件 19 或者引脚 301 和非功率元件 14a 之间建立电连接关系。

- 5 如图 21 所示，智能功率模块 10 的一侧设有多个引脚 301，多个引脚 301 的一端分别与多个焊垫 18A 相连。也就是说，引脚 301 被固定在设于由绝缘层 307 和电路布线 308 等构成的电路基板的一个边缘的焊垫 18A 上，其具有例如与外部进行输入、输出的作用。其中，引脚 301 和焊垫 18A 可以通过焊锡等导电性粘结剂焊接。引脚 301 可形成金属件，引脚 301 的表面可以设有镍锡合金层。例如，引脚 301 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  $5\mu\text{m}$ ，镀层可保护铜不被腐蚀氧化，并可提高可焊接性。

下面结合附图 22 详细描述根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法。

如图 22 所示，智能功率模块可以为如上所述智能功率模块，根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法可以包括以下步骤：

- 15 T10：制造散热器和引脚，散热器的上表面形成平面。  
T20：在散热器的上表面上设置绝缘层，并在绝缘层的上表面上形成有电路布线。  
T30：在电路布线上分别设置电路元件和与外部相连的引脚，在散热器的下表面上与功率元件对应的位置设置散热区域，在散热区域上设置散热褶皱。  
T40：用金属线连接功率元件、非功率元件和电路布线。  
20 T50：烘烤所述散热器并模制密封树脂，并对引脚进行成型，得到智能功率模块。

本发明实施例的智能功率模块的制造方法的有益效果是：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，省去了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。

- 25 采用以上方法制造的智能功率模块可为根据本发明上述实施例的智能功率模块 10。其中，散热器可以为湿式碳素复合材料功能纸质散热器。

在步骤 T20 中，设置所述绝缘层的步骤为在绝缘材料中掺杂球形或角状的二氧化硅、氮化硅和碳化硅中的至少一种，然后热压在散热器的上表面上。在绝缘层的上表面上设置多个电路布线的同时，也可以设置多个焊垫。

- 30 另外，在步骤 T20 中，可以在绝缘层的上表面上形成多个电路布线，在步骤 T30 中，在多个电路布线上分别设置电路元件，每个电路元件包括功率元件和非功率元件，散热区域与功率元件相对，在每个电路布线上设置与外部相连的引脚。

在所述步骤 T30 中，在电路布线上设置好引脚后还可进一步对所述散热器进行清洗。

- 35 在步骤 T50 中，散热器进行烘烤的条件为：在无氧环境中，烘烤时间大于 2h，烘烤温度为  $110\text{--}140^{\circ}\text{C}$ 。

根据本发明的一些实施例，智能功率模块制造方法还可以包括步骤 T60：对智能功率

模块进行模块功能测试。其中，模块功能测试包括绝缘耐压、静态功耗和延迟时间测试。

以下结合附图进一步对采用上述制造方法制造根据本发明实施例的智能功率模块 10 的几个工序进行详细描述。

#### 一、制造散热器和散热褶皱

5 具体而言，该工序为形成大小合适的湿式碳素复合材料形成纸质散热器 306 和散热褶皱 17A 的工序。

首先，参照图 2 (a)、3 和图 4、图 32 (a)，根据需要的电路布局设计大小合适的纸质散热器 306。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  $1.5\text{mm}$ 。

10 然后通过耐受温度在  $300^\circ\text{C}$  以上的耐高温胶水，在上述  $64\text{mm} \times 30\text{mm}$  矩形纸质散热体的一面装配厚度为  $0.5\text{mm}$  的同材料矩形。在本实施例中，该矩形可设计成  $40\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，作为散热区域 17B，如图 23 所示。接着对两面进行如涂敷防水胶的防蚀、防水处理。

参考图 24，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，使绝缘材料形成于纸质散热器 306 的表面并作为绝缘层 307、铜材形成于绝缘层 307 表面作为铜箔层 18B。在此，为了提高耐压特性，绝缘层 307 的厚度可以设计为  $110\mu\text{m}$ 。为了提高  
15 散热特性，绝缘层 307 的厚度可以设计为  $70\mu\text{m}$ 。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  $0.0175\text{mm}$ 。

参考图 6 和沿图 6 的 X-X' 线的截面图 7，将铜箔层 18B 的特定位置腐蚀掉，剩余部分为电路布线 308 及焊垫 18A。

20 参考图 25，使用厚度为  $0.5\text{mm}$  的湿式碳素复合材料形成不规则形状，作为散热褶皱 17A。对两面进行如涂敷防水胶的防蚀、防水处理。

参考图 26，使用耐受温度在  $300^\circ\text{C}$  以上的耐高温胶水，将散热褶皱 17A 粘附在纸质散热器 306 的背面的散热区域 17B，在此，散热褶皱 17A 不能完全覆盖纸质散热器 306 的背面，在纸质散热器 306 的背面的边缘需要流出至少  $1\text{mm}$  的平整位置。

#### 二、制造引脚

25 该工序为制成独立的带镀层的引脚 301 的工序。

每个引脚 301 都是用铜基材，通过冲压或者蚀刻的方式，制成如图 27 所示的一排引脚 301。在本实施例中，引脚 301 由 12 个单独的引脚单元通过加强筋 11A 连接。如图 9 所示，单独的引脚单元为长度 C 为  $25\text{mm}$ ，宽度 K 为  $1.5\text{mm}$ ，厚度 H 为  $1\text{mm}$  的长条状。为便于  
30 装配，也可以在引脚单元的一端压制出一定的弧度，如图 28、图 28 (a) 所示。

然后通过化学镀的方法形成镍层。具体为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。由于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  $0.1\mu\text{m}$ 。

35 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。

### 三、在电路布线上装配元器件

具体而言，该工序为在电路布线 308 表面装配功率元件 19、非功率元件 14a 和在焊垫 18A 表面装配引脚 301 的工序。

首先，通过锡膏印刷机，使用钢网，对绝缘层 307 上的电路布线 308 的特定位置和焊垫 18A 进行锡膏涂装。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  
5 件 19 和非功率元件 14a 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。

然后，参照侧视图图 29 和俯视图图 30，进行功率元件 19、非功率元件 14a 和引脚 301 的安装。功率元件 19 和非功率元件 14a 可直接放置在电路布线 308 的特定位置，而引脚 301  
10 则一端要安放在焊盘 18A 上，另一端需要载具 20 进行固定，载具 20 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，纸质散热器 306 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。

然后，放于载具 20 上的绝缘层 307 通过回流焊，以及锡膏固化，非功率元件 14a 和引脚 301 被固定。在此，可选用溶解温度为 280℃ 的锡膏。

### 15 四、清洗散热器

本工序是清洗纸质散热器 306 的工序。

首先将纸质散热器 306 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 14a 在电路布线 308 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。

清洗时，通过机械臂夹持引脚 301，将纸质散热器 306 置于清洗槽中，并要注意不要让机械臂触碰纸质散热器 306，因为纸质散热器 306 具有脆性并容易形变，如果机械臂夹持纸质散热器 306，在清洗时产生的震动，容易造成纸质散热器 306 发生崩裂。  
20

### 五、连接工序

参考图 2 (b) 和图 32 (b)，本工序为使功率元件 19、非功率元件 14a、散热器 13 和  
25 电路布线 308 间形成连接的工序。

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  $\mu$ m-400  $\mu$ m 的铝线，对非功率元件 14a 的邦定使用 38  $\mu$ m-200  $\mu$ m 的铝线，对散热器 13 的邦定使用 350  $\mu$ m-400  $\mu$ m 的铝线。

30 此工序完成后的制品参看侧视图图 31 和俯视图图 32。

### 六、密封散热器

本工序是由密封树脂 12 密封纸质散热器 306 的工序。图 33 表示使用模具 50 由密封树脂 12 密封纸质散热器 306 的工序的剖面图。

首先，在无氧环境中对纸质散热器 306 进行烘烤，烘烤时间不应小于 2 小时，烘烤温  
35 度可选择 125℃。

将配置好引脚 301 的纸质散热器 306 搬运到模型 44 及 45。通过使引脚 301 的特定部分

与固定装置 46 接触,进行纸质散热器 306 的定位。使散热区域 17B 与膜腔底部相平,也可在模腔底部安装高度为 1mm 的顶针,来确保高度不被设置得过低。

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 12。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 12 模腔内部的气体通过排气口 54 排放到外部。

在此,纸质散热器 306 的背面紧贴在下模 45 上。为了加强贴合,也可在上模增加顶针,但仍会有少量密封树脂 12 进入到纸质散热器 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,将残留在纸质散热器 306 背面的少量密封树脂 12 去除,使纸质散热器 306 的背面从密封树脂 12 露出,而纸质散热器 306 的背面以上的部分被密封树脂 12 密封。

#### 七、引脚成型、模块功能测试

参照图 34 所示,本工序是进行引脚 301 切筋成型并进行模块功能测试的工序,智能功率模块 10 经由此工序作为制品完成。

在前工序即传递模模装工序使除引脚 301 以外的其他部分都被树脂 12 密封。本工序根据使用的长度和形状需要,例如,在虚线 51 的位置将外部引脚 301 切断,有时还会折弯成一定形状,便于后续装配。

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。利用上述工序,完成图 17 至图 19 所示的智能功率模块 10。

由于根据本发明实施例的智能功率模块 10 的其他构成以及制造方法的其他操作步骤等对于本领域的普通技术人员来说是可知的,在此不再详细描述。

下面结合附图详细描述根据本发明实施例的智能功率模块 10。

参照图 35、图 36 和图 21 所示,根据本发明实施例的智能功率模块 10 包括散热器 306、绝缘层 307,多个电路布线 308、功率元件 19、非功率元件 14a、多个引脚 301 和密封树脂 12。

具体而言,散热器 306 的上表面形成为平面,散热器 306 的下表面设有散热褶皱 17A。绝缘层 307 设在散热器 306 的上表面上。多个电路布线 308 间隔开设在绝缘层 307 上。功率元件 19 和非功率元件 14a 分别设在多个电路布线 308 上。功率元件 19 通过金属线 305 与电路布线 308 电连接,非功率元件 14a 通过金属线 305 与电路布线 308 电连接。多个引脚 301 的一端与多个电路布线 308 相连,多个引脚 301 的另一端伸出智能功率模块 10 与外部其他部件相连。密封树脂 12 完全密封多个电路布线 308 并覆盖散热器 306 的上表面。

根据本发明实施例的智能功率模块 10,通过在绝缘层 307 的下方设置散热器 306 并在散热器 306 的下表面设置散热褶皱 17A,极大地增加了智能散热模块 10 的散热面积,使绝缘层 307 无需使用高导热材料即可满足功率元件的散热要求;同时,智能功率模块 10 在应用过程中,外部无需再接散热器,降低了应用难度和应用成本,提高了装配品质。该种结构在降低成本的同时提高了可靠性,并且可设计成与现行智能功率模块的功能及引脚兼容,

便于智能功率模块 10 的推广应用。

散热器 306 的种类可形成多种，例如，根据本发明的一些实施例，散热器 306 可由湿式碳素复合材料功能纸构成。实际制备时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，从而得到散热褶皱 17A。由该种纸质材料构成的纸质散热器重量轻，智能功率模块 10 总体重量降低，便于长途运输和工人装配，降低了成本。

为方便描述，散热器 306 的具有散热褶皱 17A 的一面可称为散热器 306 的背面，相对面可称为散热器 306 的表面。根据本发明的一些实施例，散热褶皱 17A 在散热器 306 下表面上的正投影面积小于散热器 306A 下表面的面积。散热褶皱 17A 的外周缘与散热器 306 的下表面的外周缘之间所间隔的距离大于 1mm。也就是说，散热褶皱 17A 并不能完全覆盖散热器 306 的背面，而是在散热器 306 的背面的边缘流出至少 1mm 的平整位置。

如图 36 所示，密封树脂 12 的下表面可与散热器 306 的背面平齐设置。由此，散热褶皱 17A 不会被密封树脂 12 密封，从而不会影响到散热褶皱 17A 的散热性能。密封树脂 12 可通过传递模方式使用热硬性树脂模制成，也可通过注入模方式使用热塑性树脂模制成。在此，树脂 12 完全密封纸质散热器 306 上表面上的所有元素。

下面结合附图详细描述根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法。

如图 37 所示，根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法可以包括以下步骤：

P10：制造散热器和引脚，散热器的上表面形成为平面，在散热器的下表面上设有散热褶皱。

P20：在散热器的上表面上设置绝缘层，并在绝缘层的上表面上设置电路布线。

P30：在电路布线上设置电路元件和与外部相连的引脚。

P40：用金属线连接电路元件和电路布线。

P50：烘烤所述散热器并模制密封树脂，并对引脚进行成型，得到智能功率模块。

本发明实施例的智能功率模块的制造方法的有益效果是：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，省去了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。

采用以上方法制造的智能功率模块可为根据本发明上述实施例的智能功率模块 10。其中，散热器可以为湿式碳素复合材料功能纸质散热器。

在步骤 P20 中，设置所述绝缘层的步骤为在绝缘材料中掺杂球形或角状的二氧化硅、氮化硅和碳化硅中的至少一种，然后热压在散热器的上表面上。在绝缘层的上表面上设置多个电路布线的同时，也可以设置多个焊垫。另外，在步骤 P20 中，可以在绝缘层的上表面上设置多个电路布线，每个电路布线上均设置有电路元件，每个电路元件包括功率元件和非功率元件，散热区域与功率元件相对，在每个电路布线上设置与外部相连的引脚。

在所述步骤 P30 中，在电路布线上设置好引脚后还可进一步对所述散热器进行清洗。

在步骤 P50 中，散热器进行烘烤的条件为：在在无氧环境中，烘烤时间大于 2h，烘烤

温度为 110-140℃。

根据本发明的一些实施例，智能功率模块制造方法还可以包括步骤 P60：对智能功率模块进行模块功能测试。其中，模块功能测试包括绝缘耐压、静态功耗和延迟时间测试。

由于该实施例中的智能功率模块 10 的制造工序可以与上述实施例中的智能功率模块 10 的制造工序相同，在此不再详细描述。

下面结合附图详细描述根据本发明实施例的智能功率模块的制造方法。

根据本发明的一个实施例的功率模块的制作方法，包括：

Q10：形成散热器；

Q20：以所述散热器作为功率模块基材，在所述功率模块基材的一侧形成绝缘层；

10 Q30：在所述绝缘层上不与所述散热器接触的一侧形成焊接区和引脚；

Q40：在所述焊接区的功率焊接区装配至少一个功率器件；

Q50：形成密封层以完成所述智能功率模块的制作。

根据本发明的实施例的功率模块的制作方法，通过形成散热器，有效增大了功率模块的导热面积和导热效率，降低了功率器件因散热不佳导致的烧损或失效等问题，进而提高了功率模块的可靠性，降低了功率模块的故障率，另外，通过将多个功率模块集中设置于同一区域，对上述同一区域进行散热器的集中制备，不会增加制作复杂度，同时，避免了多个功率模块将工况热量传递于非功率模块。

另外，根据本发明的上述实施例的功率模块的制作方法，还可以具有如下附加的技术特征：

20 所述焊接区还包括非功率焊接区，在所述非功率焊接区装配至少一个非功率器件。

步骤 Q10 包括步骤 Q11：利用湿式碳素复合层形成散热器。

步骤 Q30 包括步骤 Q31：在所述散热器上不与所述绝缘层接触的一侧形成散热褶皱，所述散热褶皱对应于所述至少一个功率器件所在的区域。

根据本发明的实施例的功率模块的制作方法，通过湿式碳素复合层形成散热器以及形成散热褶皱，有效增大了功率模块的散热面积和散热效率，同时，由于湿式碳素复合层具备极高机械强度，可以有效减小散热器的厚度，进而减小了功率模块的体积。

根据本发明的一个实施例，步骤 Q40 包括：

Q41：在所述功率焊接区涂布第一锡膏层；

30 Q42：在所述功率焊接区装配所述至少一个功率器件后，对所述第一锡膏层进行回流焊处理以固化所述第一锡膏层；

Q43：在所述非功率焊接区涂布第二锡膏层；

Q44：在所述非功率焊接区装配所述至少一个非功率器件后，对所述锡膏层进行回流焊处理以固化所述第二锡膏层；

Q45：对所述散热器进行清洗处理，其中清洗处理包括喷淋处理和/或超声清洗处理。

35 根据本发明的实施例的功率模块的制作方法，通过第一锡膏层将功率模块准确地焊接于功率焊接区，以及在拆卸误安装或者损坏的功率模块时，可以通过快速加热第一锡膏层

实现功率模块的拆卸。

根据本发明的实施例的功率模块的制作方法，通过第二锡膏层将非功率模块准确地焊接于非功率焊接区，以及在拆卸误安装或者损坏的非功率模块时，同样地，可以通过快速加热第二锡膏层实现功率模块的拆卸，另外，通过增加清洗处理步骤，有效清除了组焊剂等表面杂质，增强了后续材料的粘附性以及降低了因表面杂质导致的应力问题。

根据本发明的一个实施例，在所述功率模块基材的一侧形成绝缘层，包括以下具体步骤：在所述功率模块基材的一侧形成导热绝缘层，所述导热绝缘层包括二氧化硅层、氮化硅层以及碳化硅层中的一种或多种导热绝缘基层；对所述导热绝缘层进行热压处理以形成所述绝缘层。

根据本发明的实施例的功率模块的制作方法，通过增加导热绝缘基层构成的绝缘层，有效避免了功率模块之间的短路现象，另外，导热绝缘基层中包括大量无机成分，进一步地提高了功率模块的导热效率。

根据本发明的一个实施例，步骤 Q30 包括：

Q'31：在所述绝缘层上不与所述散热层接触的一侧形成金属种子层，其中，所述金属种子层的厚度为 0.01 至 0.1 微米；

Q'32：对所述种子层进行电镀处理以形成电路布线，其中，所述电路布线的厚度为 1 至 5 微米；

Q'33：刻蚀处理所述电路布线以形成所述焊接区、所述引脚和焊垫；

Q'34：在所述焊接区、所述引脚和所述焊垫之间连接有金属线。

根据本发明的一个实施例，在所述绝缘层上不与所述散热器接触的一侧形成焊接区和引脚，包括以下具体步骤：在所述绝缘层上不与所述散热器接触的一侧形成电路布线；刻蚀处理所述电路布线以形成所述焊接区、所述引脚和焊垫；在所述焊接区、所述引脚和所述焊垫之间形成金属线。

根据本发明的一个实施例，在所述绝缘层上不与所述散热器接触的一侧形成电路布线，包括以下具体步骤：在所述绝缘层上不与所述散热器接触的一侧形成金属种子层，其中，所述金属种子层的厚度为 0.01 至 0.1 微米；对所述种子层进行电镀处理以形成所述电路布线，其中，所述电路布线的厚度为 1 至 5 微米。

根据本发明的一个实施例，形成密封层以完成所述功率模块的制作，包括以下具体步骤：将热塑性树脂进行注入模模制处理形成密封层以完成所述功率模块的制作，其中，所述注入模模制处理的区域为所述功率模块上除皱褶区以外的区域。

根据本发明的一个实施例，形成密封层以完成所述功率模块的制作，包括以下具体步骤：将热硬性树脂进行传递模模制处理形成密封层以完成所述功率模块的制作，其中，所述传递模模制处理的区域为所述功率模块上除皱褶区以外的区域。

根据本发明的实施例的功率模块的制作过程包括：

(1) 形成散热器 306 和散热褶皱 17A 的步骤，包括：

根据需要的电路布局设计大小合适的散热器 306，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，然后通过耐受温度在 300℃以上的耐高温胶水，在上述 64mm×30mm 矩形纸质散热体的一面装配厚度为 0.5mm 的同材料矩形；

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散热器 306 的表面并作为所述绝缘层 307、铜材形成于所述绝缘层 307 表面作为电路布线 308。在此，为了提高耐压特性，所述绝缘层 307 的厚度可以设计为 110μm，为了提高散热特性，所述绝缘层 307 的厚度可以设计为 70μm。在此，为了提高通流能力，所述电路布线 308 的厚度可以设计 0.07mm，为了降低成本，所述电路布线 308 的厚度可以设计成 0.035mm 或 0.0175mm；

将电路布线 308 的特定位置腐蚀掉，剩余部分为金属线 305 及焊垫 18A，使用厚度为 0.5mm 的湿式碳素复合材料形成不规则形状，作为散热褶皱 17A。对两面进行如涂敷防水胶的防蚀、防水处理；使用耐受温度在 300℃以上的耐高温胶水，将所述散热褶皱 17A 粘附在所述散热器 306 的背面。

(2) 形成引脚 301 的步骤，包括：

每个引脚 301 都是用铜基材，通过冲压或者蚀刻的方式，引脚 301 由 12 个单独的引脚单元通过加强筋连接；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；有时，为便于装配，也在引脚单元其中一端压制出一定的弧度；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 0.1μm；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保护性和可焊性。

(3) 形成功率元件 19、非功率元件 14a、电路布线 308 和焊垫 18A 的步骤，包括：

首先，通过锡膏印刷机，使用钢网，对所述绝缘层 307 上的所述金属线 305 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，为了降低功率元件 19 和非功率元件 14a 移位的风险，可使用 0.12mm 厚度的钢网。本实施例中，使用的所述功率元件 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。

进行所述功率元件 19、非功率元件 14a 和引脚 301 的安装，所述功率元件 19 和所述非功率元件 14a 可直接放置在所述金属线 305 的特定位置，而引脚 301 则一端要安放在所述焊垫 18A 上，另一端需要载具进行固定，所述载具通过合成石等材料制成。在此，所述载具需要进行底部镂空处理，使所述散热褶皱 17A 露出，所述散热器 306 背面边缘至少 1mm 的未被所述散热褶皱 17A 覆盖的位置与所述载具接触起支撑作用。

然后，放于所述载具上的所述绝缘层 307 通过回流焊，锡膏固化，所述非功率元件 14a 和所述引脚 301 被固定。

在此，可选用溶解温度为 280℃的锡膏。

(4) 形成金属线 305 的步骤, 包括:

首先将所述散热器 306 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 14a 在所述金属线 305 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。

- 5       清洗时, 通过机械臂夹持所述引脚 301, 将所述散热器 306 置于清洗槽中, 并要注意不要让机械臂触碰所述散热器 306, 因为所述散热器 306 具有脆性并容易形变, 如果机械臂夹持所述散热器 306, 在清洗时产生的震动, 容易造成所述散热器 306 发生崩裂。

(5) 形成邦定线的步骤, 包括:

- 10       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, 对所述功率元件 19 的邦定使用  $350\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$  的铝线, 对所述非功率元件 14a 的邦定使用  $38\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$  的铝线, 对所述散热器 13 的邦定使用  $350\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$  的铝线。

所述功率模块包括: 桥堆功能模块 1001、压缩机逆变功能模块 1002、功率因素校正模块 1003 以及风机逆变功能模块 1004。

- 15       形成树脂密封层 12a 的步骤, 包括:

首先, 在无氧环境中对所述散热器 306 进行烘烤, 烘烤时间不应小于 2 小时, 烘烤温度和选择  $125^{\circ}\text{C}$ 。

- 20       将配置好引脚 301 的所述散热器 306 搬运到模型。通过使引脚 301 的特定部分与固定装置接触, 进行所述散热器 306 的定位, 使所述突台与膜腔底部相平, 也可在膜腔底部安装高度为 1mm 的顶针, 来确保高度不被设置得过低。

合模时, 在形成于模具内部的模腔中放置所述散热器 306, 然后由浇口注入密封树脂。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, 对应自浇口注入的密封树脂模腔内部的气体通过排气口排放到外部。

- 25       在此, 所述散热器 306 的背面紧贴在下模上, 为了加强贴合, 也可在上模增加顶针, 但仍会有少量所述密封树进入到所述散热器 306 的背面和下模之间, 因此, 在脱模后, 需要进行激光蚀刻或者研磨, 将残留在所述散热器 306 背面的少量密封树脂去除, 使所述散热器 306 的背面从所述密封树脂露出, 而所述散热器 306 的背面以上部分被密封树脂密封层 12a。

(7) 对引脚 301 进行后续处理的步骤, 包括:

- 30       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密封层 12a。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, 有时还会折弯成一定形状, 便于后续装配。

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。

- 35       利用上述工序, 完成功率模块的制作。

以上结合附图详细说明了本发明的技术方案, 本发明提出了一种功率模块的制作方法,

通过形成散热器，有效增大了功率模块的导热面积和导热效率，降低了功率器件因散热不佳导致的烧损或失效等问题，进而提高了功率模块的可靠性，降低了功率模块的故障率，另外，通过将多个功率模块集中设置于同一区域，对上述同一区域进行散热器的集中制备，不会增加制作复杂度，同时，避免了多个功率模块将工况热量传递于非功率模块。

5 参照图 46 (A)、图 46 (AA) 所示，为本发明实施例的智能功能模块实施例的电路图。

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，他们的结构完全相同，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  
10 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。

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，  
15 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。

本发明提出的智能功能模块中的第一低压驱动集成管 47 是驱动功率因数校正电路部分  
20 的高速 IGBT 管 27 的单臂 LVIC，为了节省成本，使用 20V 的 Bipolar 工艺进行流片，出于降低功耗考虑，也可以采用 20V 的 BCD 工艺。

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 46 (AA) 中的 IGBT 管 21、IGBT 管 22、IGBT  
25 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。

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  
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 44、所述 PFC 驱动集成管 47 的 VCC 相连，并作为所  
30 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。

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；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；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  
35 10 的 W 相上桥臂输入端 WHIN；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；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; 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; 所述第一低压驱动集成管 47 的 PIN 端作为所述智能功率模块 10 的功率因数校正电路 (PFC 电路) 的输入端 PFCIN。

所述智能功率模块 10 的 U、V、W 三相及 PFC 共七路输入接收 0~5V 的输入信号。

5 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、所述第一低压驱动集成管 47 的 GND 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。

10 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; 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; 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; 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  
15 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。

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。

20 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。

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、高功率 FRD 管 18  
25 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。

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。

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  
30 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。

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。

所述第一低压驱动集成管 47 的 POUT 端与高速 IGBT 管 27 的栅极相连, 所述高速 IGBT 管 27 的射极与小功率 FRD 管 17 的阳极相连, 所述高速 IGBT 管 27 的集电极与所述小功率 FRD 管 17 的阴极、所述高功率 FRD 管 18 的阳极相连。此处的小功率 FRD 管 17 并不是必需的, 在其他的实施例中可以不接入此部件。

参照图 46(B)、图 46 (C)、图 46 (D)，图 46 (B) 是本发明智能功能模块较佳实施例的俯视图，图 46 (C) 是图 46 (B) 的 X-X' 线的截面图，图 46 (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。

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、所述高速 IGBT 管 27，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、所述小功率 FRD 管 17、所述高功率 FRD 管，配置在所述电路布线 18 的边缘部分的引脚 301，其中：

所述散热器 306 的一面作为正面，另一面作为背面。

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。

在所述散热器 306 的背面，设置有助于散热的皱褶 320。

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。

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。

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。

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、所述 FRD 管 17 以构成相应电路的金属线 305。

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。

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。

以下详细阐述本发明实施例智能功率模块 10 各构成要素：

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器 306 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。

- 5       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。

- 10       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，形成有助于配置所述引脚 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  
15       布线 308。

所述 IGBT 管 21~27 和 FRD 管 11~18 被固定在所述电路布线 308 上构成规定的电路。在此，所述 7 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。

- 20       所述 HVIC 管 41 被固定所述 IGBT 管 21 上，所述 HVIC 管 42 被固定所述 IGBT 管 22 上，所述 HVIC 管 43 被固定所述 IGBT 管 23 上，所述 LVIC 管 44 被固定所述 IGBT 管 24 上，所述 LVIC 管 45 被固定所述 IGBT 管 25 上，所述 LVIC 管 46 被固定所述 IGBT 管 26 上。在此，所述 HVIC 管和 LVIC 管在 IGBT 管上被固定的位置为 IGBT 管的射极，对于一般的 30A 的 IGBT 管，射极的面积不会小于  $6\text{mm}^2$ ，对于一般的单臂 HVIC 管和单臂 LVIC 管，面积不会大于  $2\text{mm}^2$ 。

- 25       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 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 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  $\pm 1\mu\text{m}$ ，为了提高通流能力，所述突起部  
30       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。

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；

- 35       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。

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。

5 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。

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通过焊锡等导电性粘结剂焊接。所述引脚301一般采用铜等金属制成，  
10 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 $5\mu\text{m}$ ，镀层可保护铜不被腐蚀氧化，并可提高可焊接性。

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。

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：

15 1、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。

2、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，  
20 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，一枚用于功率因素校正的IGBT的上升沿和下降沿可以做到非常陡，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。

3、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  
25 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。

4、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。

30 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。

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：

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；

35 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。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。

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。

步骤 S2，在所述电路布线 308 的表面装配 IGBT 管 21~27、FRD 管 11~18、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；

步骤 S3，分别在所述 IGBT 管 21~26 的射极位置安装 HVIC 管 41~43、LVIC 管 44~47 管、FRD 管 11~16；

步骤 S4，通过金属线 305 将 IGBT 管 21~27、FRD 管 11~18、HVIC 管 41~43、LVIC 管 44~47 以及所述电路布线 308 连接形成相应的电路；

步骤 S5，通过密封树脂 302 将所述散热器 306 的正面密封；

步骤 S6，在所述散热器 306 的背面覆盖皱褶 320；

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。

进一步地，在步骤 S2 之前还可以包括：

步骤 S7，制成独立的带镀层的引脚 301。

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。

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。

进一步地，在上述步骤 S6 之后还包括：

步骤 S8，进行所述引脚 301 的切筋成型，并进行模块功能测试。

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：

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 21~27 和 FRD 管 11~18 的工序；在 IGBT 管上配置 HVIC 管 41~43、LVIC 管 44~46 和 PFC 驱动集成管 47 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 53 和图 53 (A) 所示。

以下说明上述各工序的详细情况。

第一工序：参照图 47 (A) 和图 47 (B)。

图 47 (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 47 (B) 是图 47 (A) 的侧视图。

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。

首先，参照俯视图 47(A)和侧视图 47(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。

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

第二工序：在一些实施例中，参照图 48 (AA) 和图 48 (BB)。图 48 (AA) 是本发明  
5 实施例第二工序中在电路布线上安装 IGBT 管、FRD 管和引脚的俯视图，图 48 (BB) 是图 48 (AA) 的侧视图。

本发明的第二工序是在电路布线 308 上安装 IGBT 管 21~27、FRD 管 11~18 和引脚 301 的工序。

参照图 48(AA)和图 48(BB)，通过锡膏等焊料将 IGBT 管 21~27、FRD 管 11~18 和引脚  
10 301 安装在电路布线 308 的规定位置。

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  $280^{\circ}\text{C}$  左右。

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  
15 学镀的方法在引脚表面形成镍层，具体包括：

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  $0.1\mu\text{m}$ 。

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  
20 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  $5\mu\text{m}$ ，合金层的形成极大提高了引脚的保护性和可焊性。

在另一些实施例中，参照图 48 (A) 和图 48 (B)。图 48 (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 48 (B) 是图 48 (A) 的侧视图，图 48 (C) 是本发明实施  
25 例第二工序中的承托盘的仰视图，图 48 (D) 是本发明实施例第二工序中的承托盘的正视图。

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。

参照图 48(A)和图 48(B)，通过锡膏等焊料将 IGBT 管 21~26、HVIC 管 41~43、LVIC  
30 管 44~46 和引脚 301 安装在电路布线 308 的规定位置。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，所以为了降低空洞率降低热积聚，使用共晶焊的方式进行焊接。

第三工序：在一些实施例中，参考图 49 (AA) 和图 49 (BB)，图 49 (AA) 是本发明  
35 实施例第三工序中在 IGBT 管的射极安装 HVIC 管和 LVIC 管的俯视图，图 49 (BB) 是图 49 (AA) 的侧视图。

本发明的第三工序是在 IGBT 管 21~27 的射极位置安装 HVIC 管 41~43 和 LVIC 管 44~46

和 PFC 驱动集成管 47 的工序。

首先，参照图 49(AA)和图 49(BB)，在 IGBT 管 21 上安装 HVIC 管 41，在 IGBT 管 22 上安装 HVIC 管 42，在 IGBT 管 23 上安装 HVIC 管 43，在 IGBT 管 24 上安装 HVIC 管 44，在 IGBT 管 25 上安装 HVIC 管 45，在 IGBT 管 26 上安装 HVIC 管 46，在高速 IGBT 管 27 上安装 PFC 驱动集成管 47。

在此，如果 HVIC 管和 LVIC 管的背面并非 GND 等电极，可以使用具有导电性的银胶等作为固定材料，如果 HVIC 管和 LVIC 管的背面为 GND 等电极，可以使用非导电性的红胶等作为固定材料。

其次，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、FRD 管和引脚的焊接效果。

在另一些实施例中，参考图 49 (A) 和图 49 (B)，图 49 (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 49 (B) 是图 49 (A) 的侧视图。

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。

首先，参照图 49(A)和图 49(B)，在 IGBT 管 11 上安装 FRD 管 11，在 IGBT 管 22 上安装 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。

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。

第四工序：在一些实施例中，参照图 50 (AA) 和图 50 (BB)，图 50 (AA) 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俯视图，图 50 (BB) 是图 50 (AA) 的侧视图。

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。

参照图 50(AA)和图 50(BB)，进行 IGBT 管 21~27、FRD 管 11~18、HVIC 管 41~43、LVIC 管 44~46、PFC 驱动集成管 47 和电路布线 308 的邦线连接。

在另一些实施例中，参照图 50 (A) 和图 50 (B)，图 50 (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 50 (B) 是图 50 (A) 的侧视图。

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。

参照图 50(A)和图 50(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。

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 15  $\mu$  m 的金线或 38  $\mu$  m 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  $200\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$  的铝线。

考虑到邦线机台震动对邦定线的影响，可选先邦粗线再邦细线的方式；出于防静电考虑，可选先邦细线再邦粗线的方式。具体根据机台震动幅度和机台邦头防静电效果而定。

第五工序：参照图 51 和图 51 (A)，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。

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。

将配置好引脚 301 的所述纸质散热器 306 搬运到模型 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。

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 50(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 50(A)的下边。

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。

第六工序：参照图 52 (A) 和图 52 (B)，图 52 (A) 是本发明实施例第六工序中，引脚切筋成型的示意图，图 52 (B) 是本发明实施例第六工序中，安装散热皱褶的示意图。

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。

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 52 (A) 所示，有时还会折弯成一定形状，便于后续装配。

使用耐受温度在  $150^{\circ}\text{C}$  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 13a 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。

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。

利用上述工序，完成图 46 所示的智能功率模块 10。

本发明提出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。

本发明还提出一种智能功率模块的控制电路、智能功率模块及其制造方法，智能功率

模块的低压区驱动电路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。

5 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，并且一枚用于功率因素校正的 IGBT 的上升沿和下降沿可以做到非常陡，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。

10 另外，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，而且由于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。

15 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

20 在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

25 在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

30 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本发明的限制，本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

## 权利要求书

1、一种智能功率模块，其特征在于，包括：

散热器，所述散热器的至少部分下表面为散热区域，所述散热区域上设有散热褶皱；  
绝缘层，所述绝缘层设在所述散热器的上表面上；

5 电路布线，所述电路布线设在所述绝缘层上；

电路元件，所述电路元件设在所述电路布线上并通过金属线与所述电路布线连接。

2、根据权利要求1所述的智能功率模块，其特征在于，所述散热器为具有湿式碳素复合材料功能纸质散热器或所述散热器为由可耐受 350℃ 以上温度的绝缘材料制作而成的纸质散热器。

10 3、根据权利要求1或2所述的智能功率模块，其特征在于，所述散热褶皱为多个，多个所述散热褶皱间隔设置或多个所述散热褶皱连续设置。

4、根据权利要求1-3中任一项所述的智能功率模块，其特征在于，所述散热褶皱的外周缘与所述散热器的下表面的外周缘之间间隔的距离大于 1mm。

15 5、根据权利要求1-4中任一项所述的智能功率模块，其特征在于，所述散热区域向下凸出形成凸台，所述散热褶皱设在所述凸台上。

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，所述智能功率模块还包括嵌套在所述智能功率模块外围的框架结构，所述框架结构包括环绕在所述智能功率模块侧面的环形框和由所述环形框底部垂直向内侧延伸形成的与所述散热器底部接触的延伸部，所述延伸部的厚度为 1mm~1.5mm。

20 7、根据权利要求1-6中任一项所述的智能功率模块，其特征在于，所述电路布线为间隔开的多个，

所述智能功率模块还包括多个引脚，多个所述引脚的一端分别与多个所述电路布线相连，另一端与外部相连。

25 8、根据权利要求7所述的智能功率模块，其特征在于，所述绝缘层的至少一侧的边缘设有多个焊垫，多个所述引脚的另一端分别与多个所述焊垫连接。

9、根据权利要求1-8中任一项所述的智能功率模块，其特征在于，所述散热器在上下方向上的厚度为 1.2mm-2.5mm，所述散热褶皱沿上下方向延伸的尺寸为 0.3mm-0.7mm。

30 10、根据权利要求1-9中任一项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密封树脂，所述密封树脂完全密封所述电路布线和所述电路元件，所述密封树脂覆盖所述散热器的上表面和所述散热区域之外的区域。

11、根据权利要求1-10中任一项所述的智能功率模块，其特征在于，所述电路元件包括功率元件和非功率元件，所述功率元件和非功率元件均设在所述电路布线上，所述功率元件和非功率元件分别通过所述金属线与所述电路布线电连接，所述功率元件与所述散热区域相对，所述功率元件与所述非功率元件之间具有隔断部，所述隔断部设置在散热器的  
35 下表面上对应的位置处，所述隔断部的宽度为 1mm~5mm。

12、根据权利要求11所述的智能功率模块，其特征在于，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。

13、根据权利要求 12 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。

14、根据权利要求 12 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;

所述智能功率模块还包括功率因数校正电路, 所述功率因数校正电路具有桥堆、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, 所述功率因数校正电路分别与所述 U、V、W 相高压驱动集成管和所述 U、V、W 三相低压驱动集成管相连。

15、根据权利要求 14 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。

16、根据权利要求 15 所述的智能功率模块，其特征在于，所述功率因数校正电路包括一高速 IGBT 管、一高功率 FRD 管、一小功率 FRD 管和第一低压驱动集成管；

所述第一低压驱动集成管包括输入端、输出端、电源端和接地端；

所述第一低压驱动集成管的输入端作为所述功率因数校正电路的输入端；所述第一低压驱动集成管的电源端作为所述功率因数校正电路的电源端，所述第一低压驱动集成管的接地端作为所述功率因数校正电路的接地端；

所述第一低压驱动集成管的输入端与所述高速 IGBT 管的栅极相连，所述高速 IGBT 管的射极与所述小功率 FRD 管的阳极相连，所述高速 IGBT 管的集电极与所述小功率 FRD 管的阴极、所述高功率 FRD 管的阳极相连。

17、一种智能功率模块的制造方法，其特征在于，所述智能功率模块为根据权利要求 1-16 中任一项所述的智能功率模块，所述制造方法包括以下步骤：

S10：制作散热器，并在所述散热器的下表面形成散热皱褶，在所述散热器的上表面上覆盖绝缘层；

S20：在所述绝缘层表面布设电路布线；

S30：在所述电路布线相应位置配设电路元件以及引脚；

S40：利用所述金属线连接所述电路布线和电路元件；

S50：在所述绝缘层的表面包覆密封层，将所述电路布线、电路元件以及金属线覆盖；

S60：在所述散热器的下表面上设置防水处理层；

S70：对所述智能功率模块进行模块功能测试，所述模块功能测试包括绝缘耐压、静态功耗和延迟时间测试。

18、根据权利要求 17 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，在步骤 S10 中，还包括以下子步骤：

S11：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；

5 S12：在所述电路布线之间的指定位置形成贯通孔，所述贯通孔贯穿所述绝缘层及所述散热器；

S13：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；

S14：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；

S15：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。

10 19、根据权利要求 18 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，在步骤 S50 中，还包括以下子步骤：

S51：在所述绝缘层的表面周围设置热硬性树脂框；

S52：在所述热硬性树脂框的范围内以及所述贯通孔内注入热塑性树脂以密封所述电路布线、电路元件以及金属线；

15 S53：进行所述引脚的切筋成型和通过密封树脂将所述散热器的背面未覆盖皱褶的位置密封。

20、根据权利要求 17 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，

在步骤 S30 中，在所述电路布线相应位置配设电路元件前预先制成引脚且包括如下子步骤：

20 S31：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；

S32：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；

在步骤 S40 中，还包括以下子步骤：

S41：通过回流焊焊接所述电路元件于所述电路布线上；

25 S42：清除残留在所述绝缘层的助焊剂；

S43：利用所述金属线连接所述电路布线和电路元件。

21、根据权利要求 17 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，所述散热器为纸质散热器，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中具体包括：

30 S'10：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；

S'20：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；

S'30：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；

35 S'40：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 S'41：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。

S'50: 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。

22、一种智能功率模块的制造方法, 其特征在于, 所述智能功率模块为根据权利要求 1-16 中任一项所述的智能功率模块, 所述制造方法包括以下步骤:

- 5       T10: 制造所述散热器和引脚, 散热器的上表面形成为平面;  
      T20: 在散热器的上表面上设置绝缘层, 并在绝缘层的上表面上形成有电路布线;  
      T30: 在电路布线上分别设置电路元件和与外部相连的引脚, 在散热器的下表面上设置散热区域, 在散热区域上设置散热褶皱;  
      T40: 用金属线连接电路元件和电路布线;  
10       T50: 烘烤所述散热器并模制密封树脂, 并对引脚进行成型, 得到智能功率模块。

23、一种智能功率模块的制造方法, 其特征在于, 所述智能功率模块为根据权利要求 1-16 中任一项所述的智能功率模块, 所述制造方法包括以下步骤:

- P10: 制造散热器和引脚, 所述散热器的上表面形成为平面, 在所述散热器的下表面上设置散热褶皱;  
15       P20: 在所述散热器的上表面上设置绝缘层, 并在所述绝缘层的上表面上设置电路布线;  
      P30: 在所述电路布线上分别设置电路元件和与外部相连的所述引脚;  
      P40: 用金属线连接所述电路元件和所述电路布线;  
      P50: 烘烤所述散热器并模制密封树脂, 对所述引脚进行成型, 得到智能功率模块。

24、根据权利要求 23 所述的智能功率模块的制造方法, 其特征在于, 在所述步骤 P30  
20    中, 还包括对所述散热器进行清洗的步骤;

在所述步骤 P50 中, 在无氧环境中烘烤所述散热器, 烘烤时间大于 2h, 烘烤温度为 110℃-140℃。

25、一种智能功率模块的制造方法, 其特征在于, 包括:

- Q10: 形成散热器;  
25       Q20: 以所述散热器作为功率模块基材, 在所述功率模块基材的一侧形成绝缘层;  
      Q30: 在所述绝缘层上不与所述散热器接触的一侧形成焊接区和引脚;  
      Q40: 在所述焊接区的功率焊接区装配至少一个功率器件;  
      Q50: 形成密封层以完成所述智能功率模块的制作。

26、根据权利要求 25 所述的智能功率模块的制造方法, 其特征在于, 所述焊接区还包括非功率焊接区, 在所述非功率焊接区装配至少一个非功率器件,

步骤 Q10 包括步骤 Q11: 利用湿式碳素复合层形成散热器;

步骤 Q30 包括步骤 Q31: 在所述散热器上不与所述绝缘层接触的一侧形成散热褶皱, 所述散热褶皱对应于所述至少一个功率器件所在的区域;

步骤 Q40 包括:

- 35       Q41: 在所述功率焊接区涂布第一锡膏层;  
      Q42: 在所述功率焊接区装配所述至少一个功率器件后, 对所述第一锡膏层进行回流焊

处理以固化所述第一锡膏层；

Q43：在所述非功率焊接区涂布第二锡膏层；

Q44：在所述非功率焊接区装配所述至少一个非功率器件后，对所述锡膏层进行回流焊处理以固化所述第二锡膏层；

5 Q45：对所述散热器进行清洗处理，其中清洗处理包括喷淋处理和/或超声清洗处理。

27、根据权利要求 25 所述的智能功率模块的制造方法，其特征在于，步骤 Q30 包括：

Q'31：在所述绝缘层上不与所述散热层接触的一侧形成金属种子层，其中，所述金属种子层的厚度为 0.01 至 0.1 微米；

10 Q'32：对所述种子层进行电镀处理以形成电路布线，其中，所述电路布线的厚度为 1 至 5 微米；

Q'33：刻蚀处理所述电路布线以形成所述焊接区、所述引脚和焊垫；

Q'34：在所述焊接区、所述引脚和所述焊垫之间连接有金属线。

15

20

25

30

35

附图

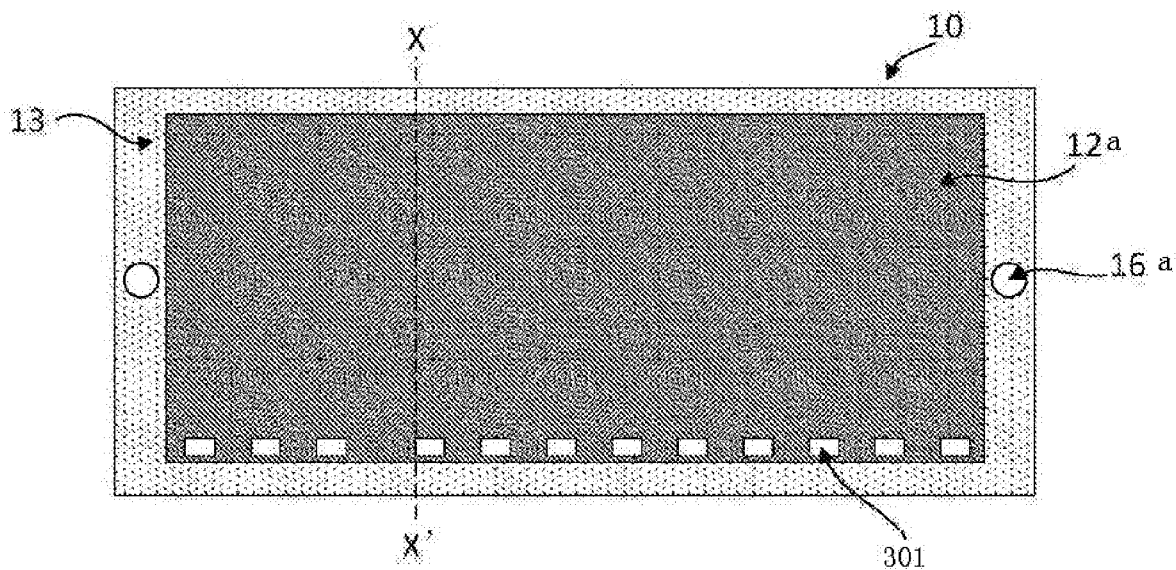


图 1

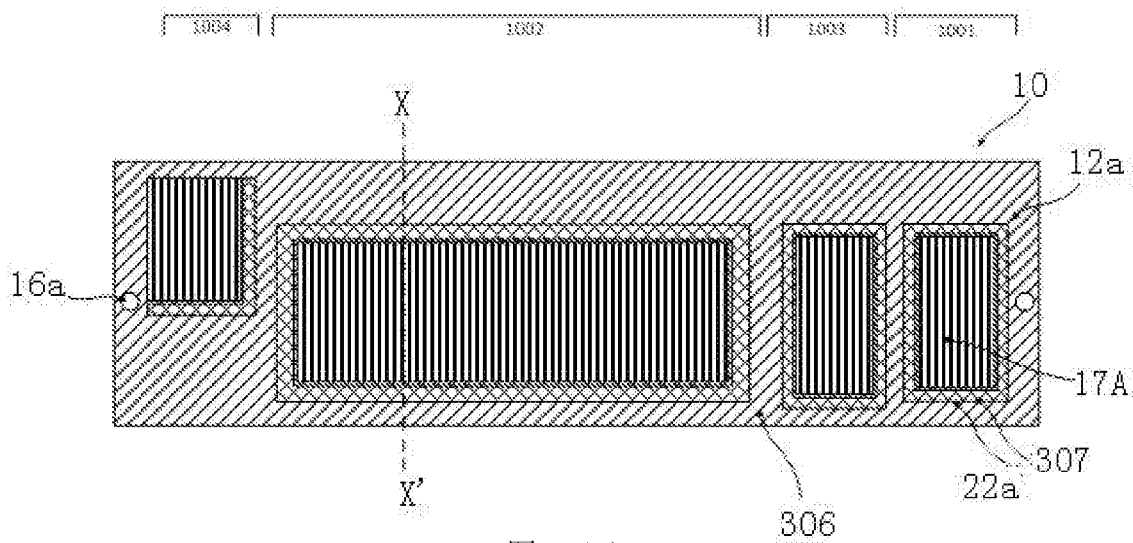


图 1 (a)

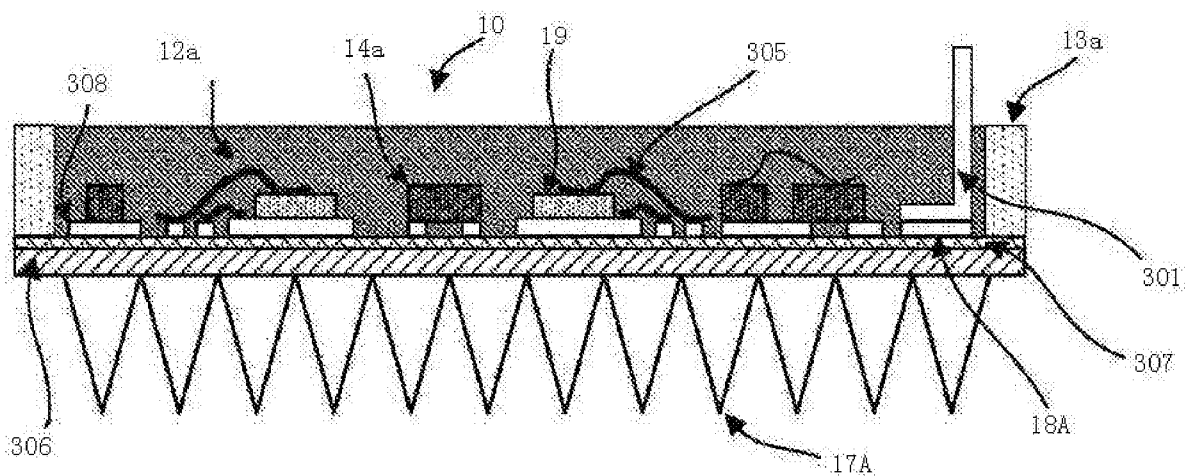


图 2

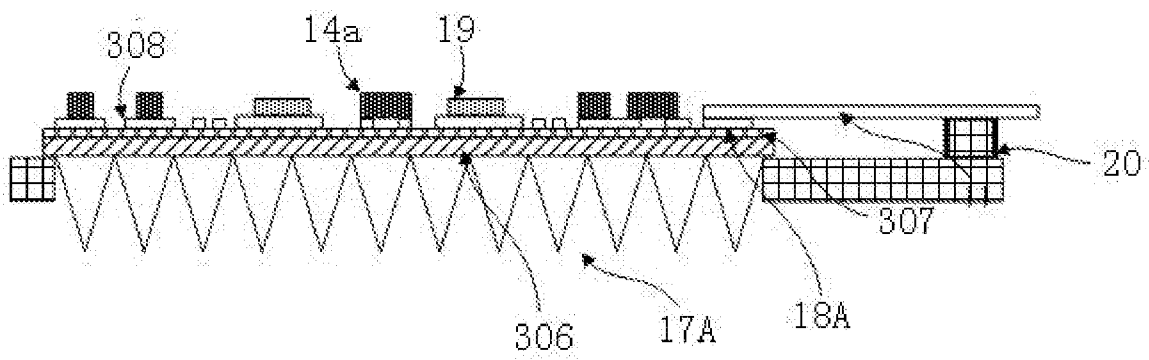


图 2 (a)

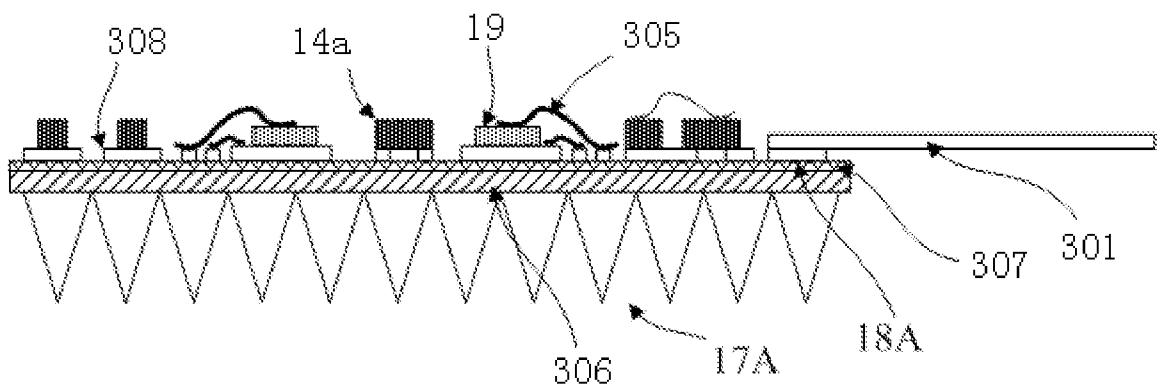


图 2 (b)

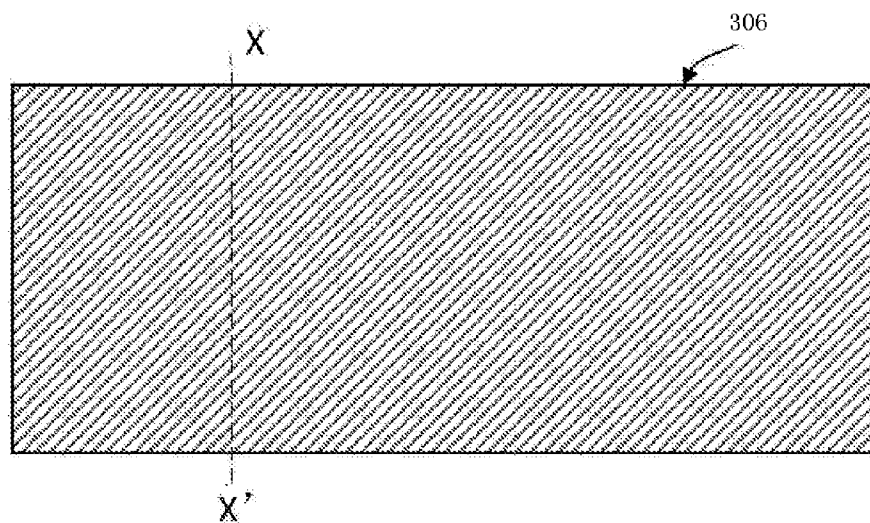


图 3



图 4

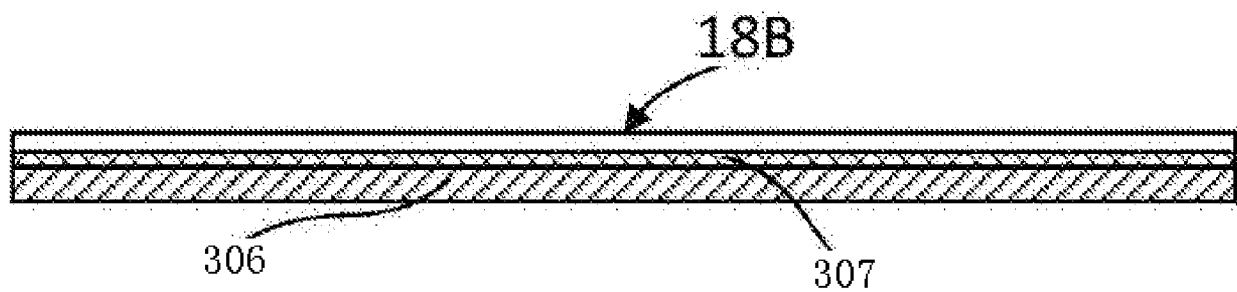


图 5

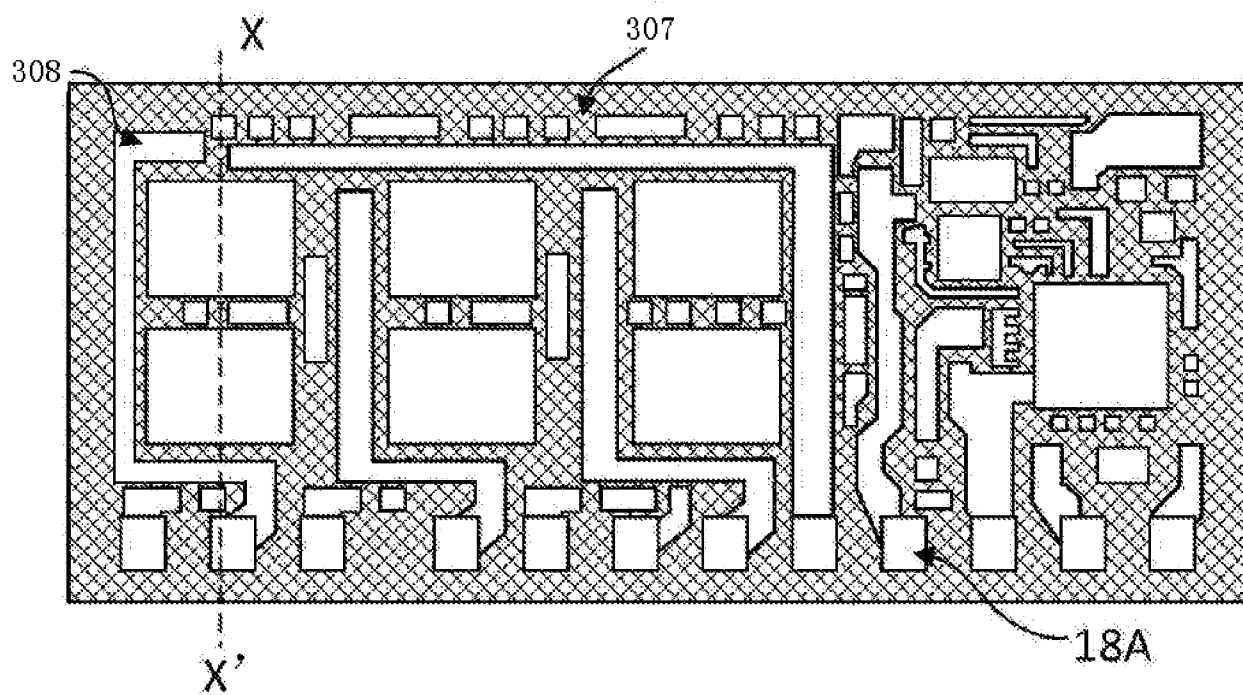


图 6

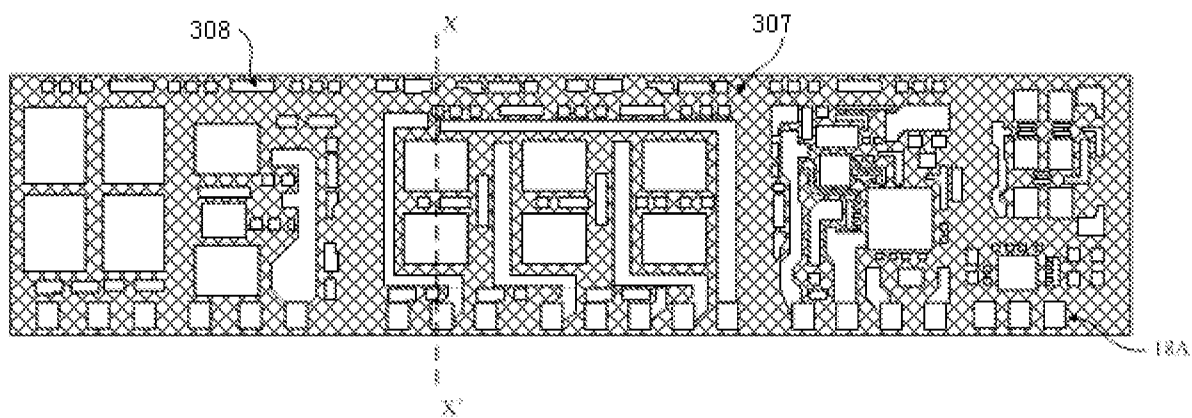


图 6 (a)

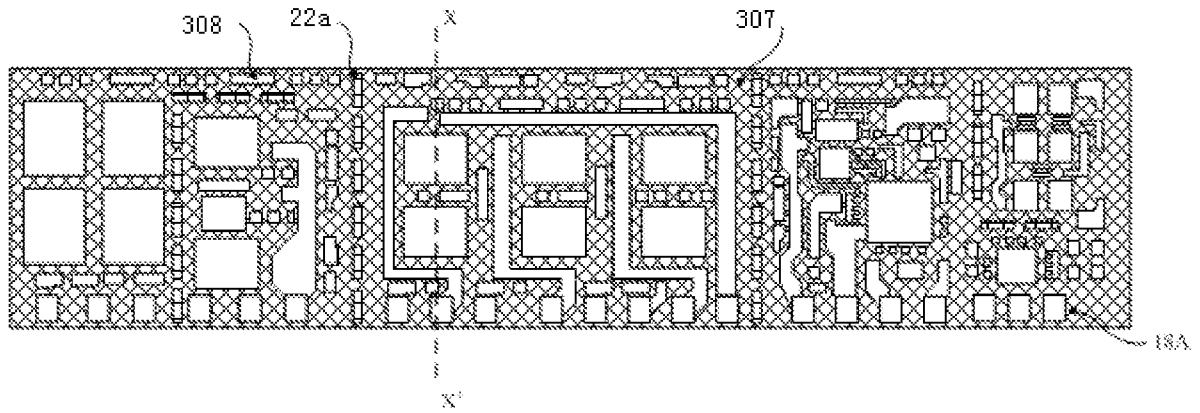


图 6 (b)

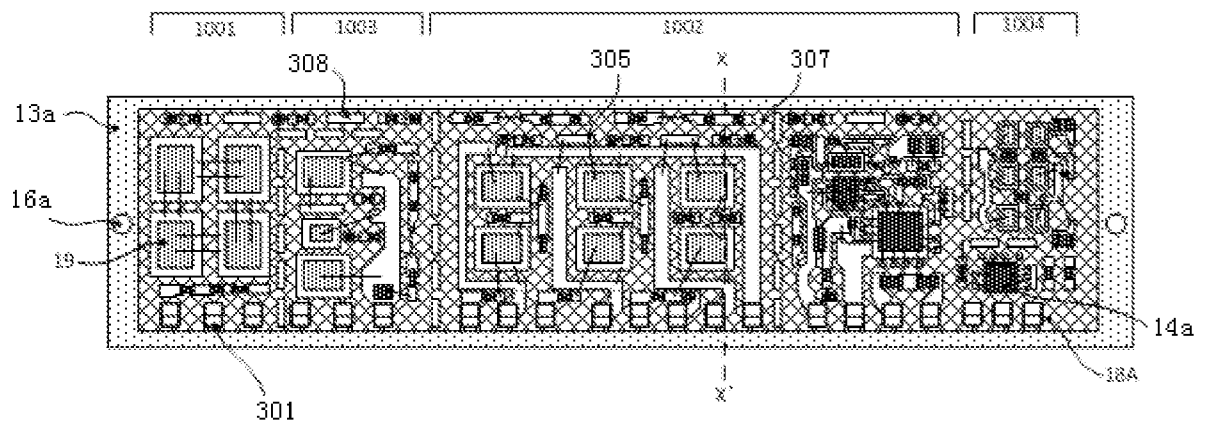


图 6 (c)

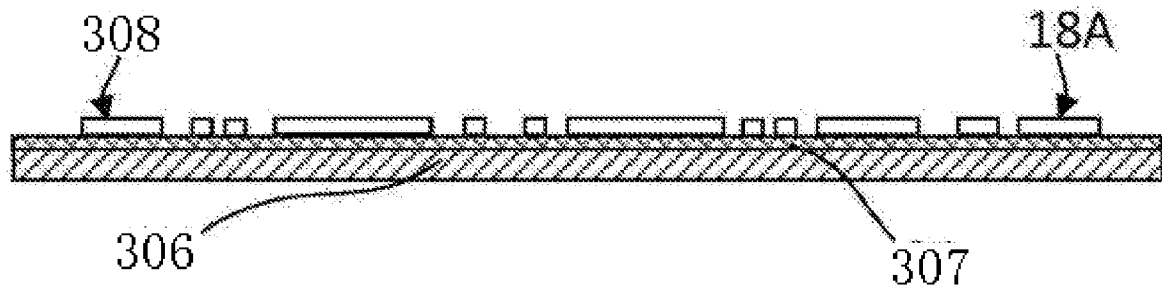


图 7

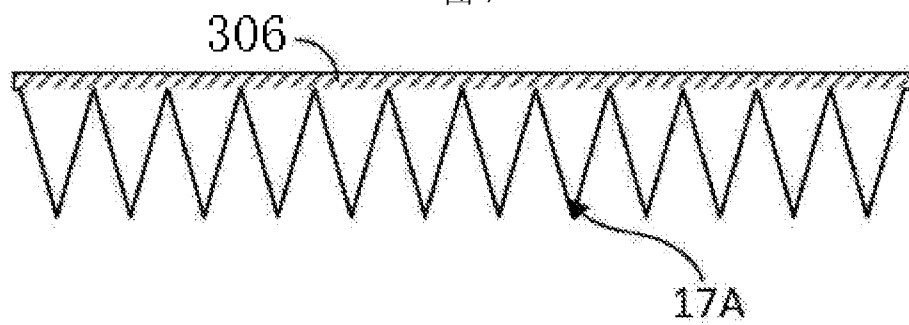


图 8

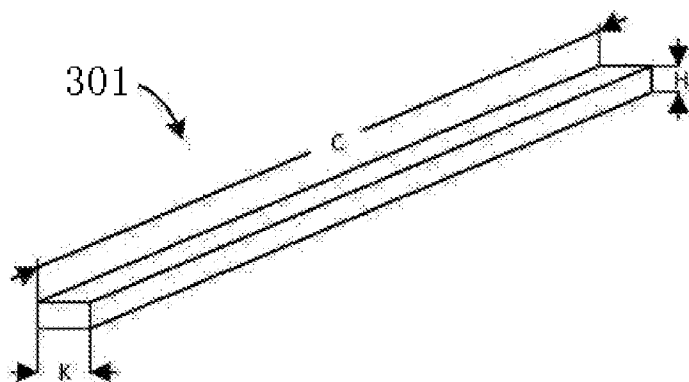


图 9

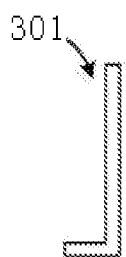


图 10

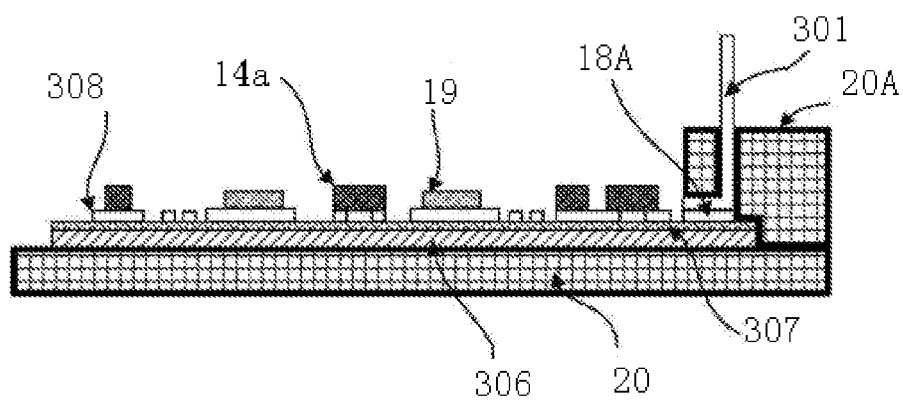


图 11

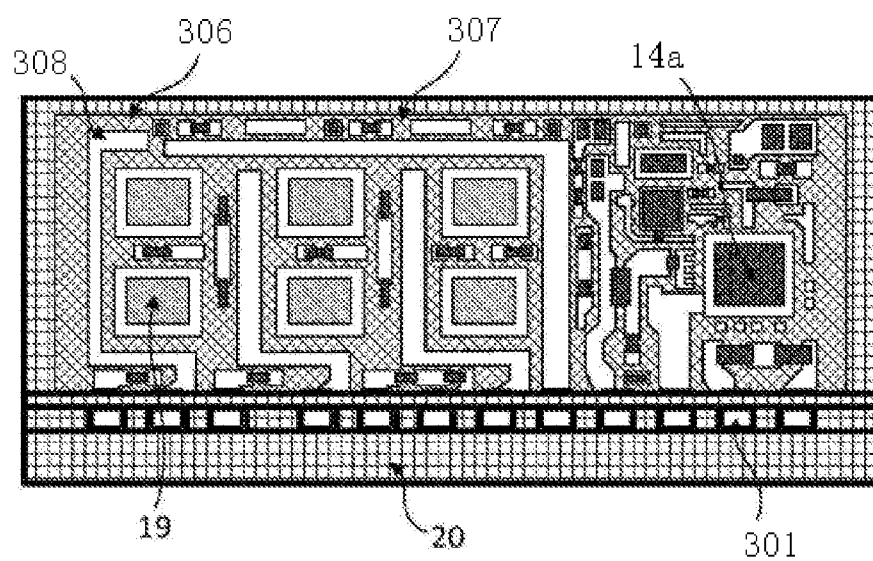


图 12

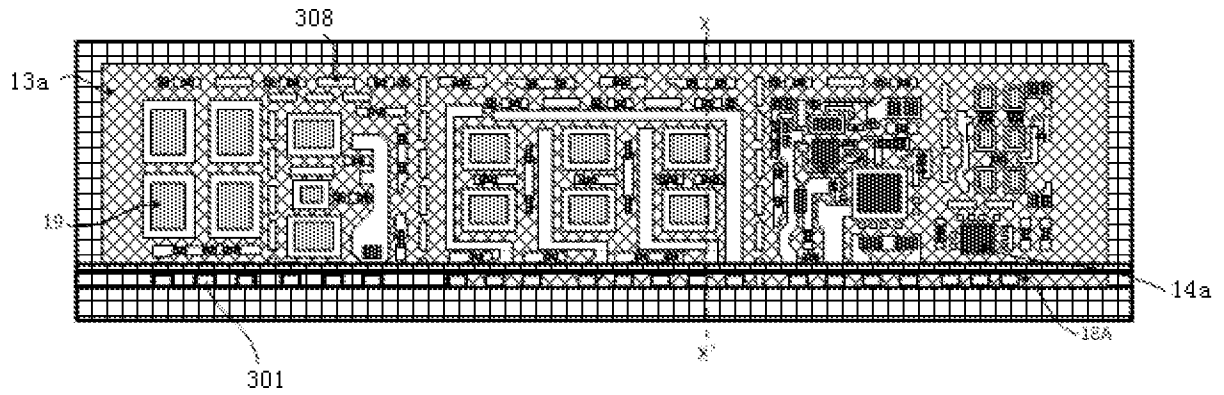


图 12 (a)

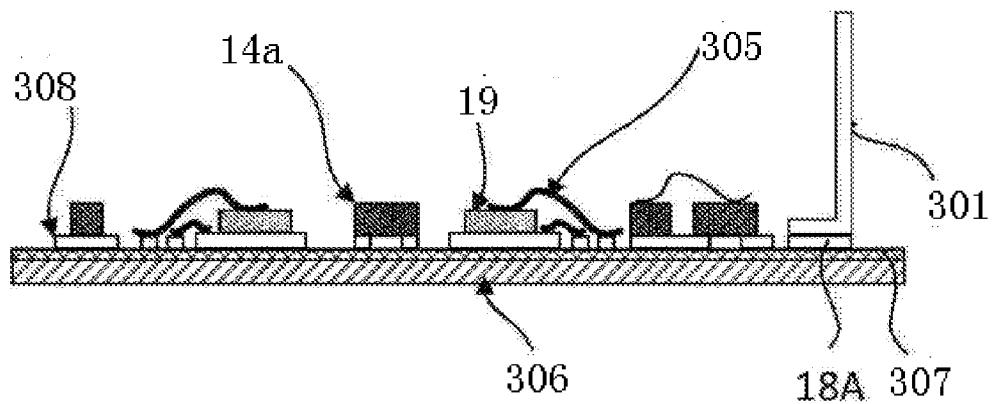


图 13

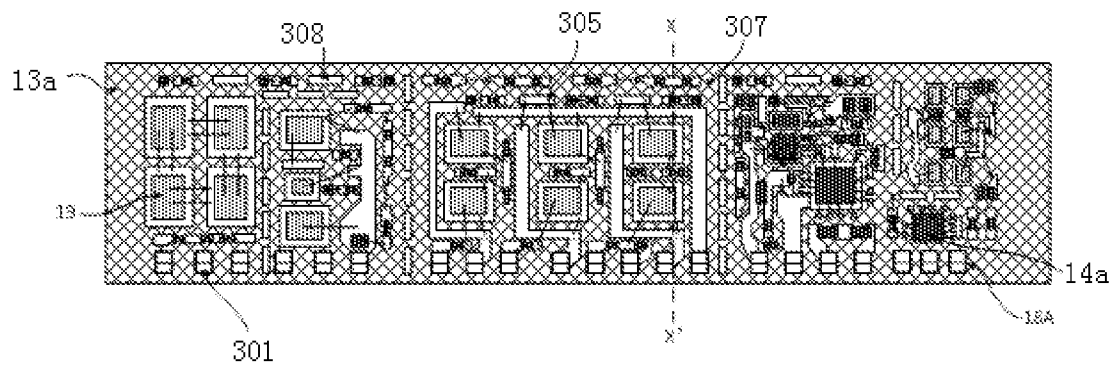


图 13 (a)

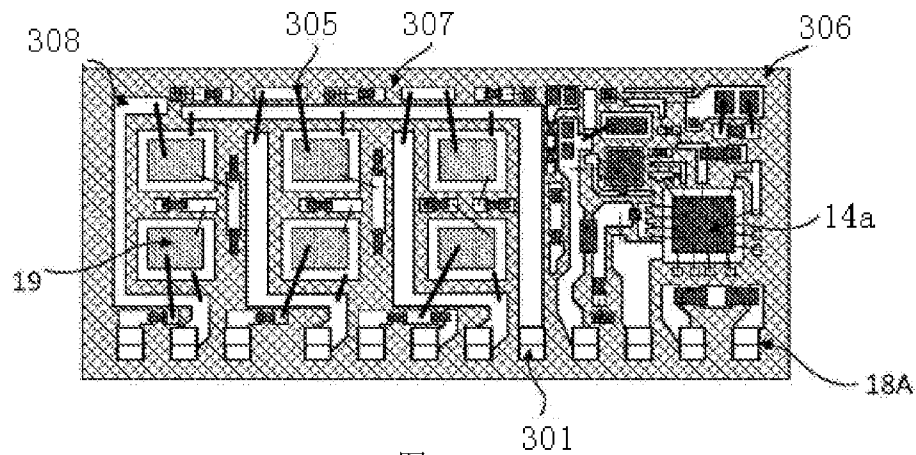


图 14

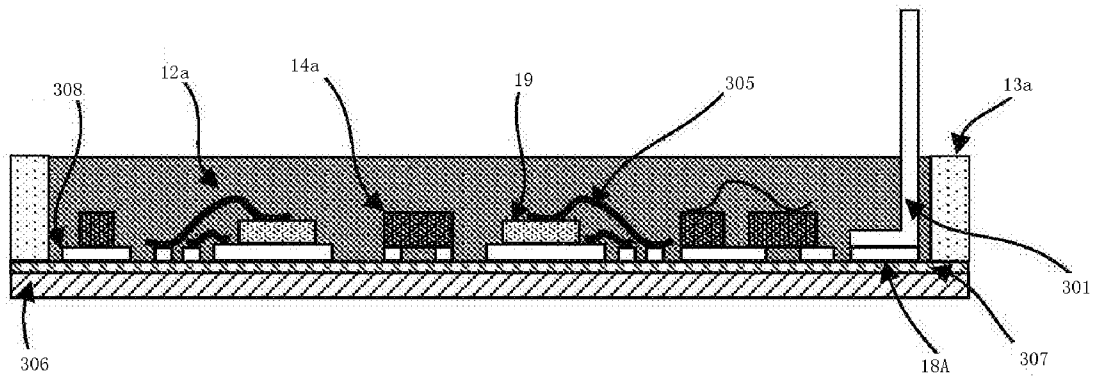


图 15

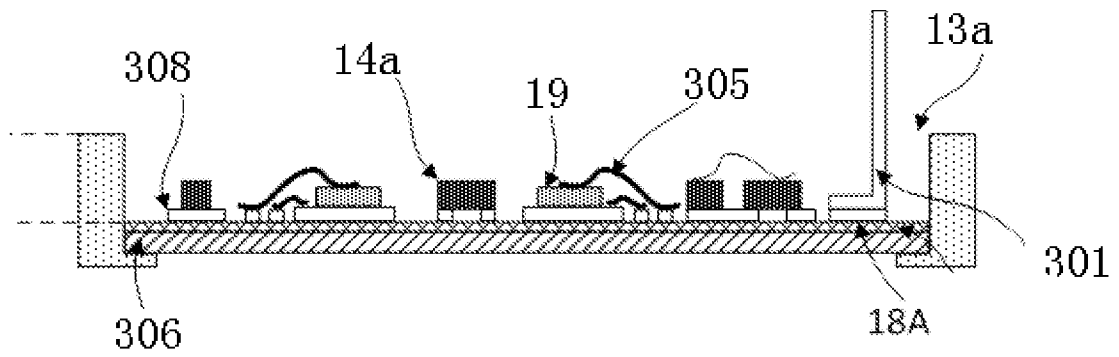


图 15 (a)

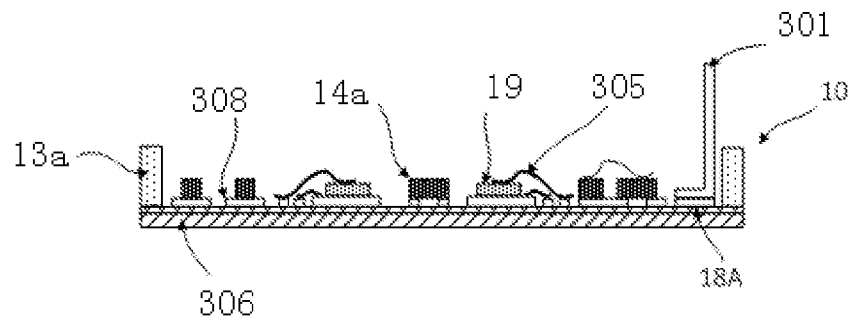


图 15 (aa)

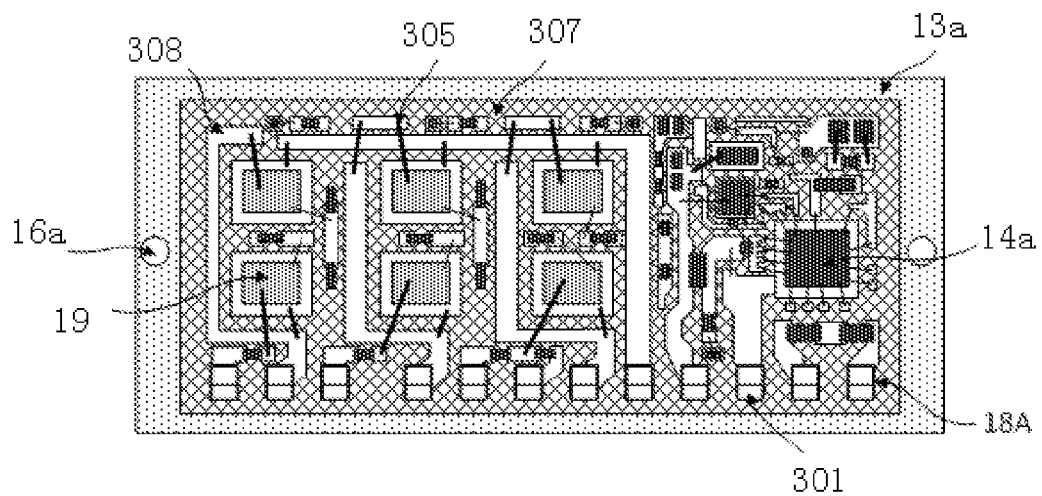


图 15 (b)

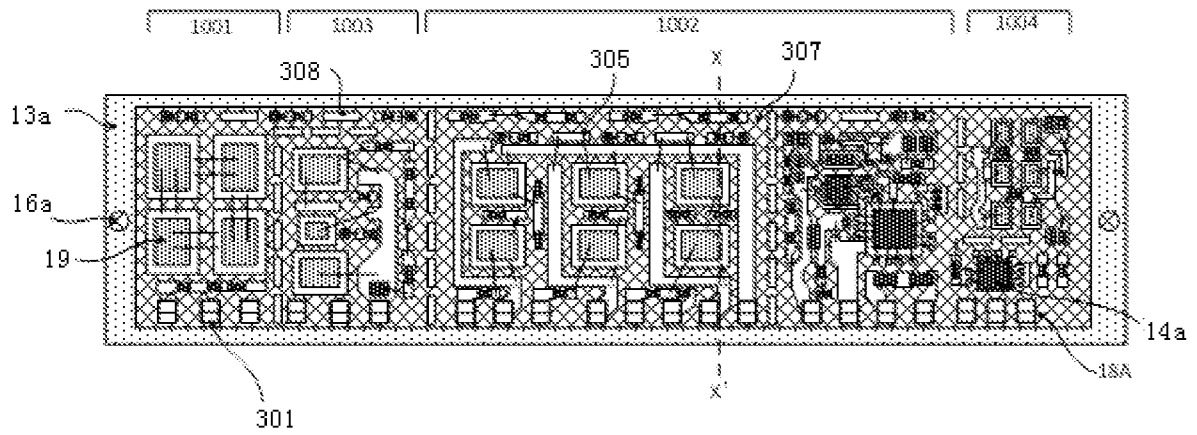


图 15 (bb)

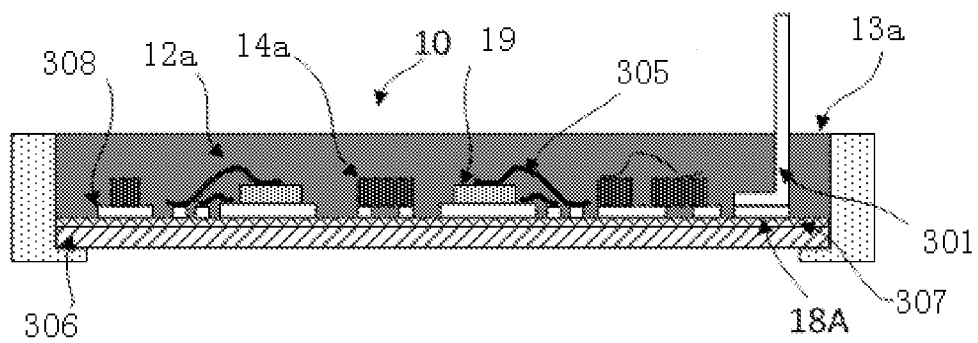


图 15 (c)

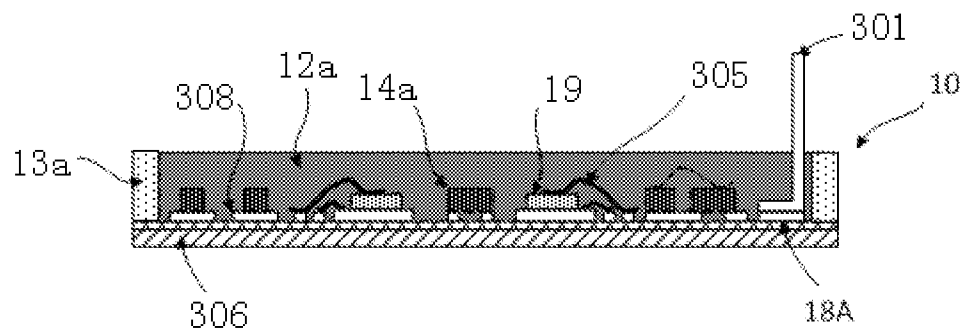


图 15 (cc)

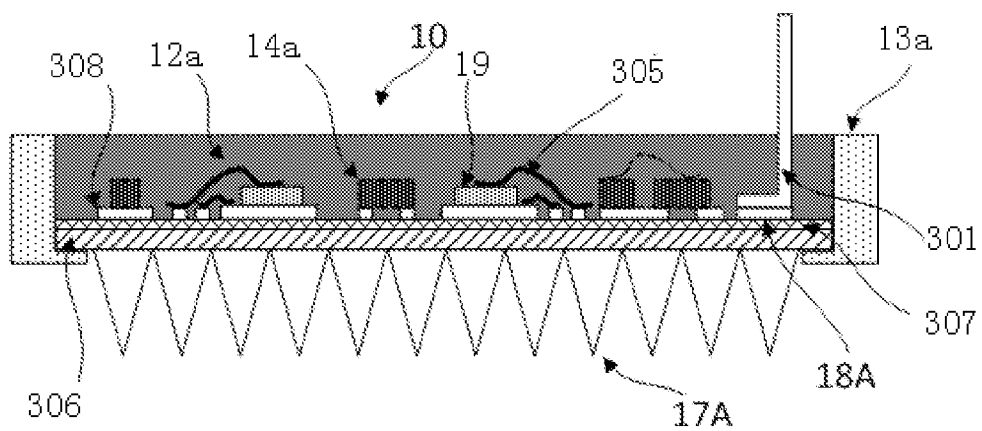


图 15 (d)

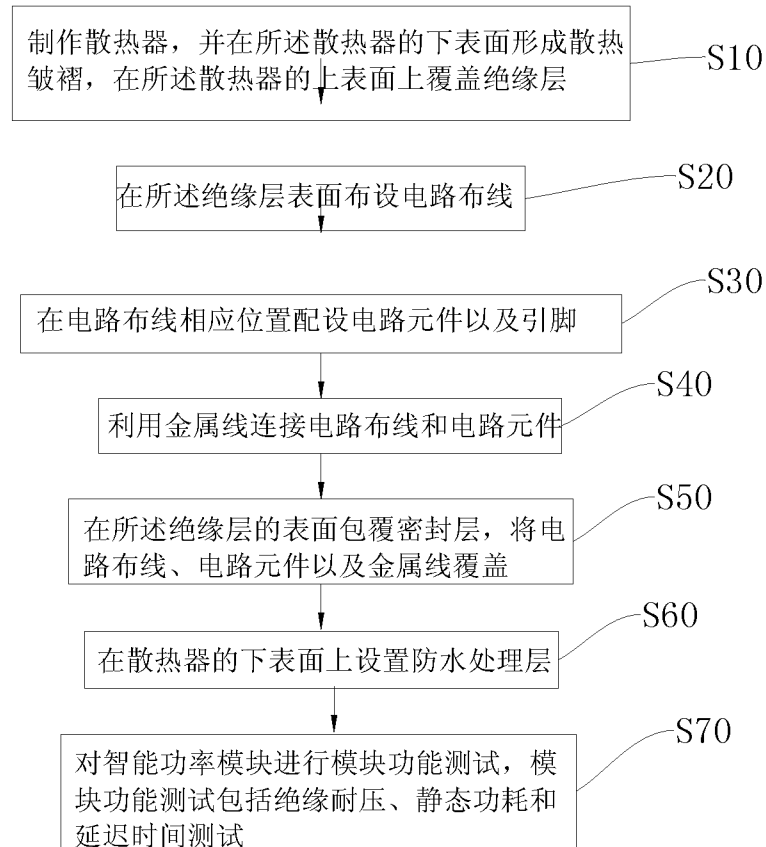


图 16

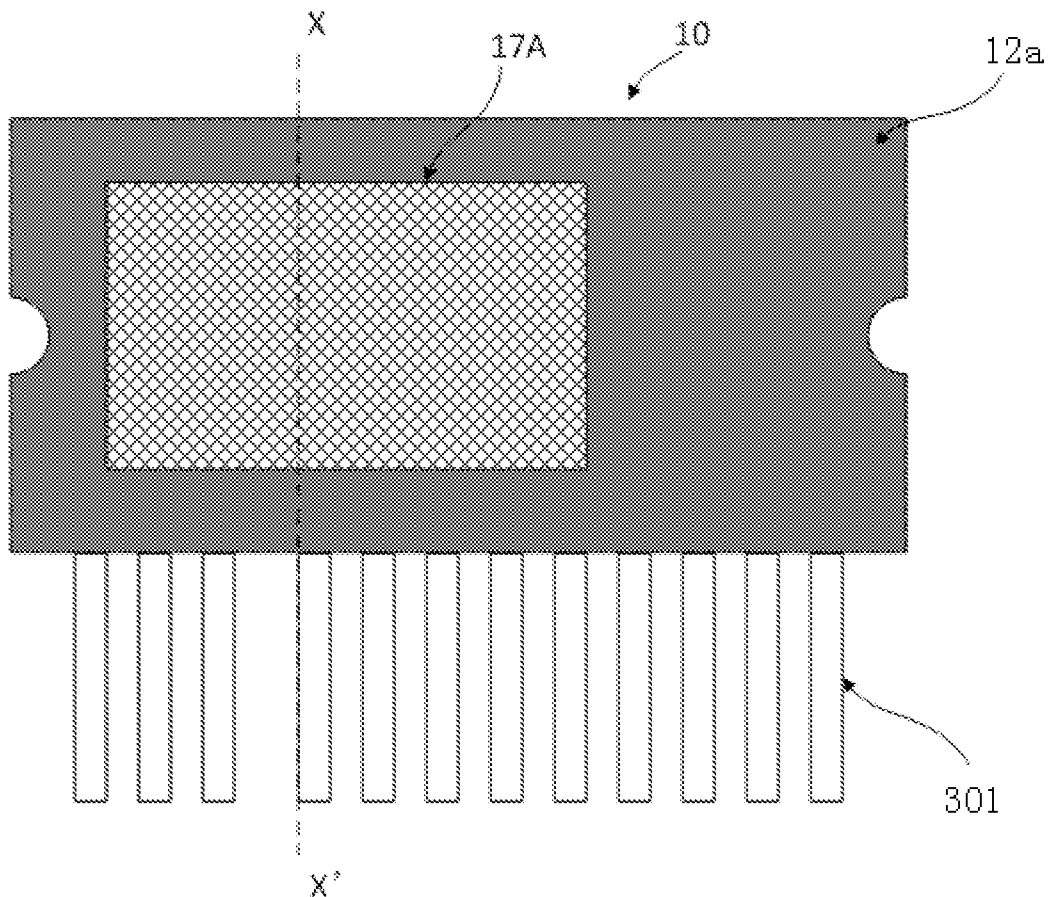


图 17

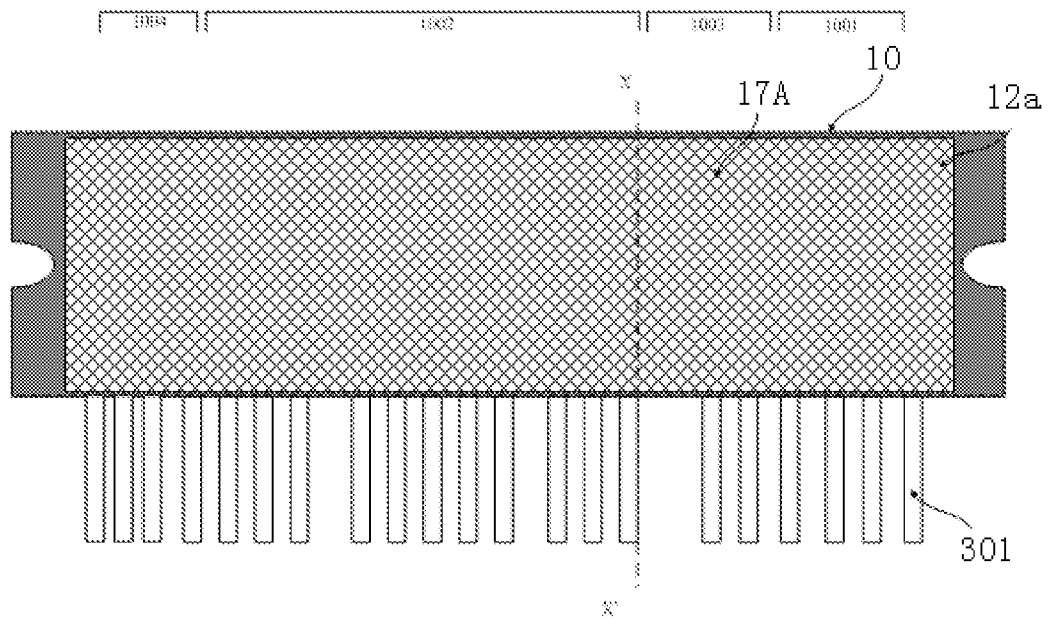


图 17 (a)

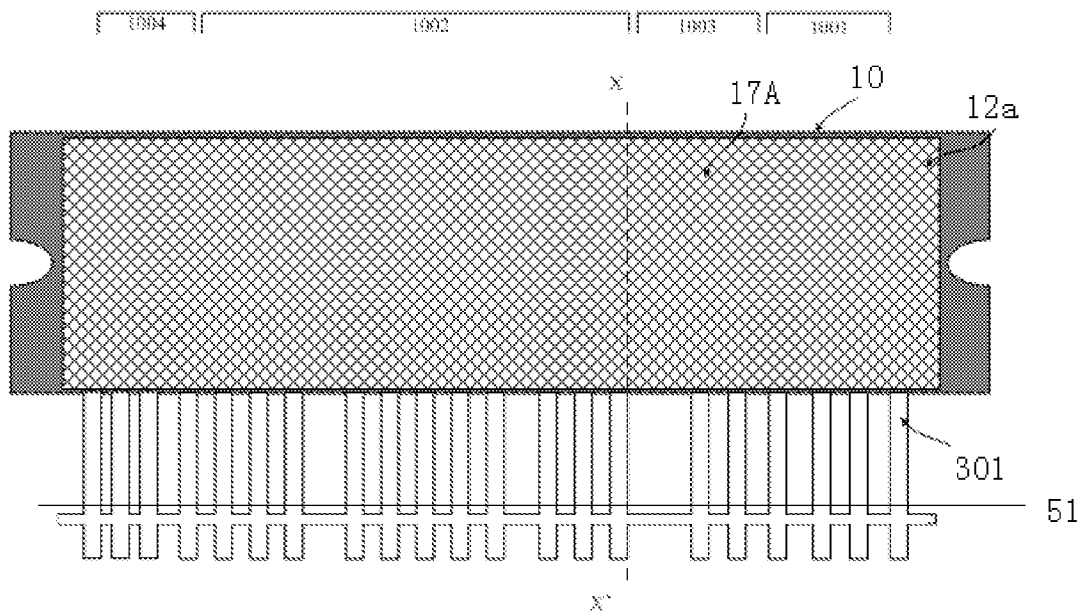


图 17 (b)

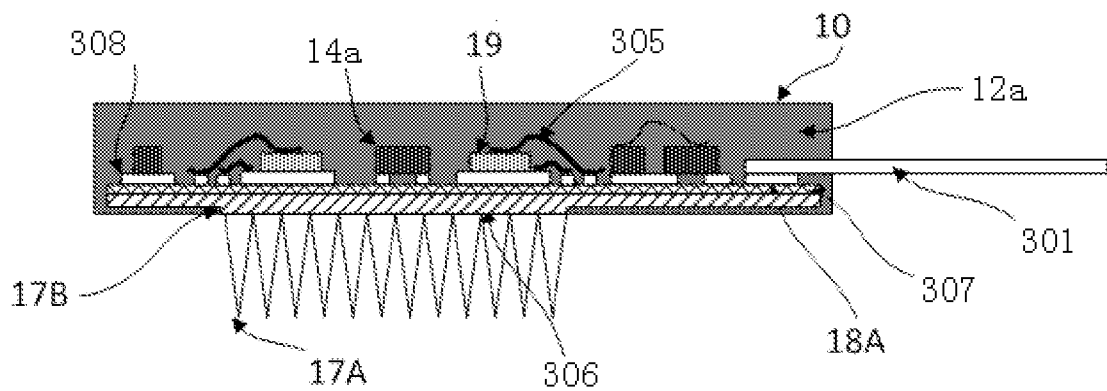


图 18

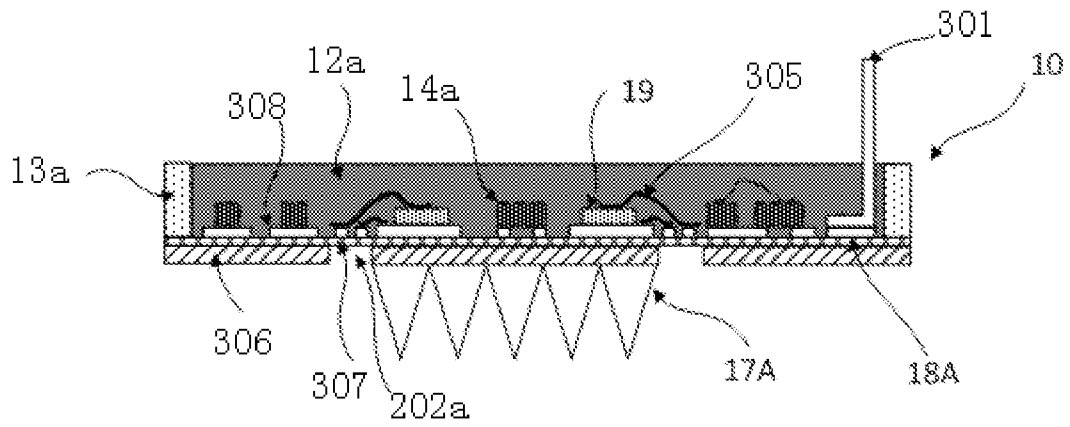


图 18 (a)

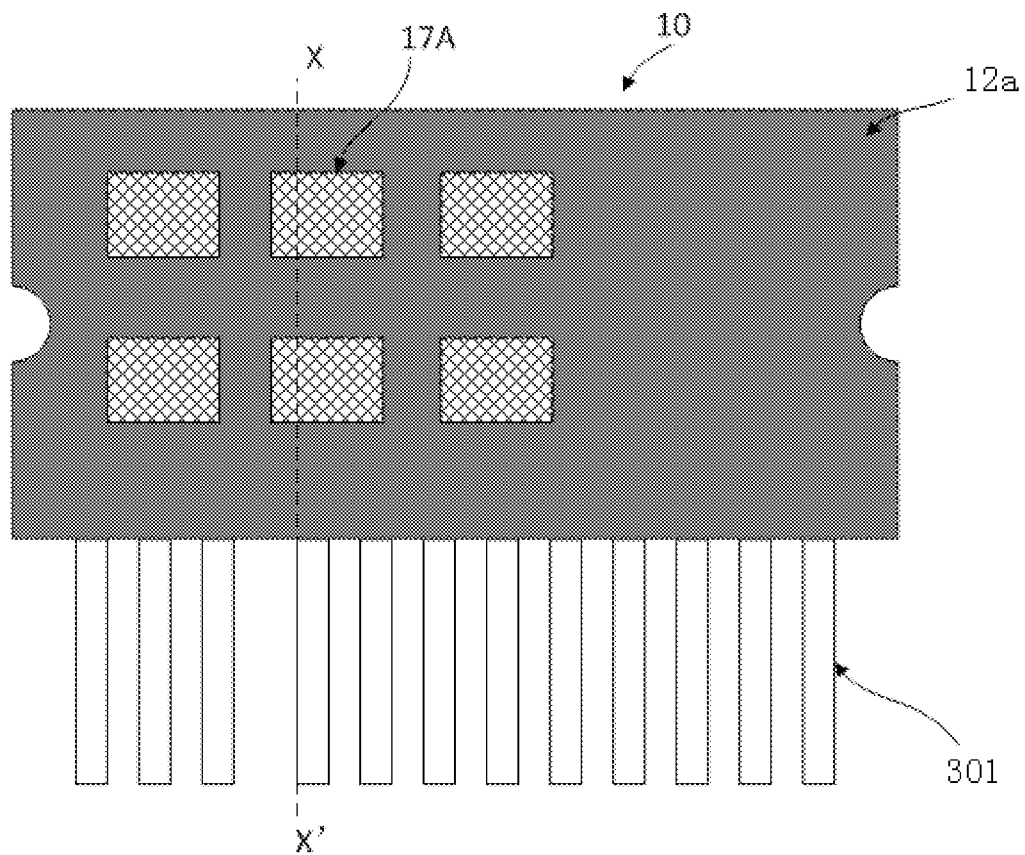


图 19

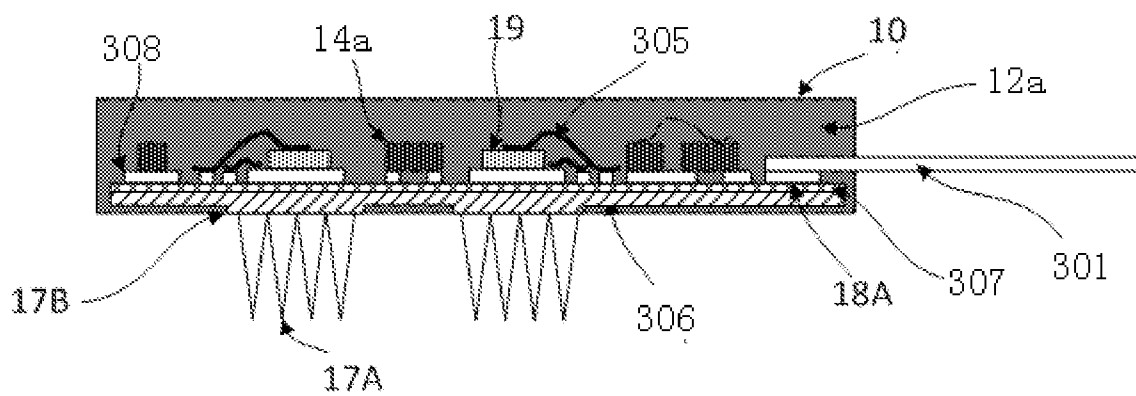


图 20

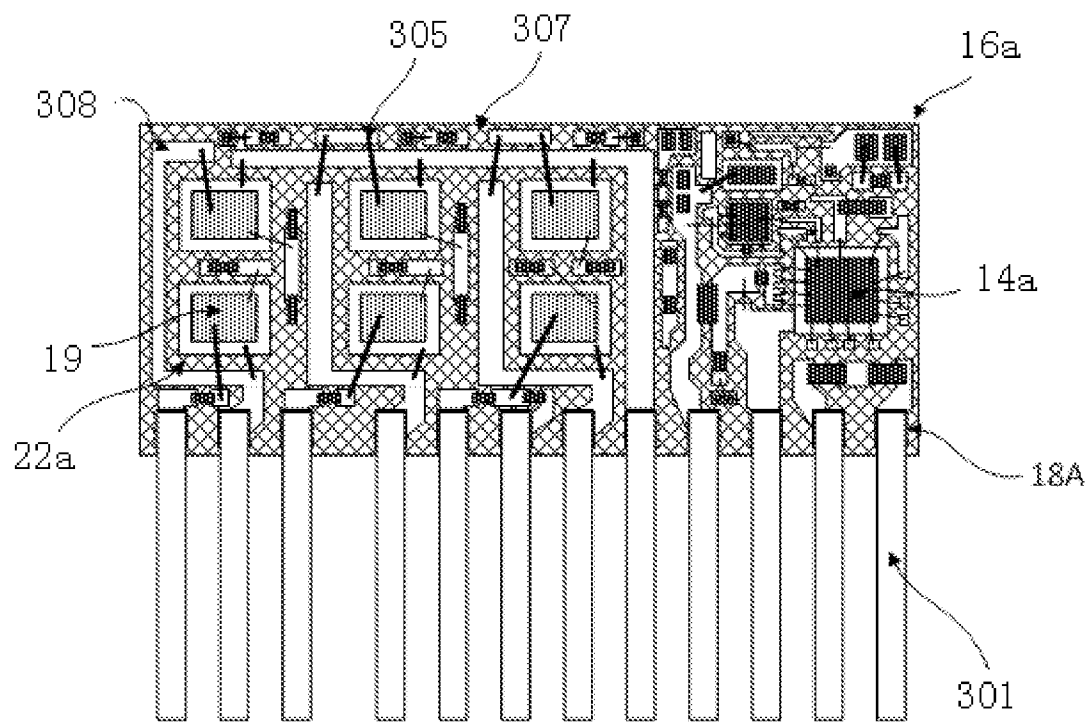


图 21

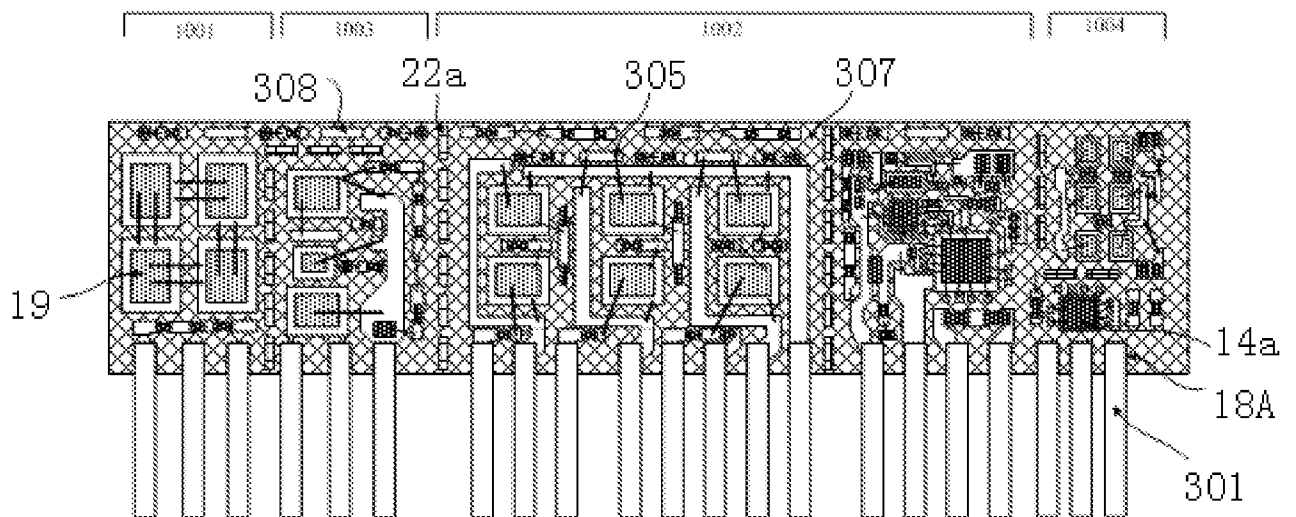


图 21 (a)

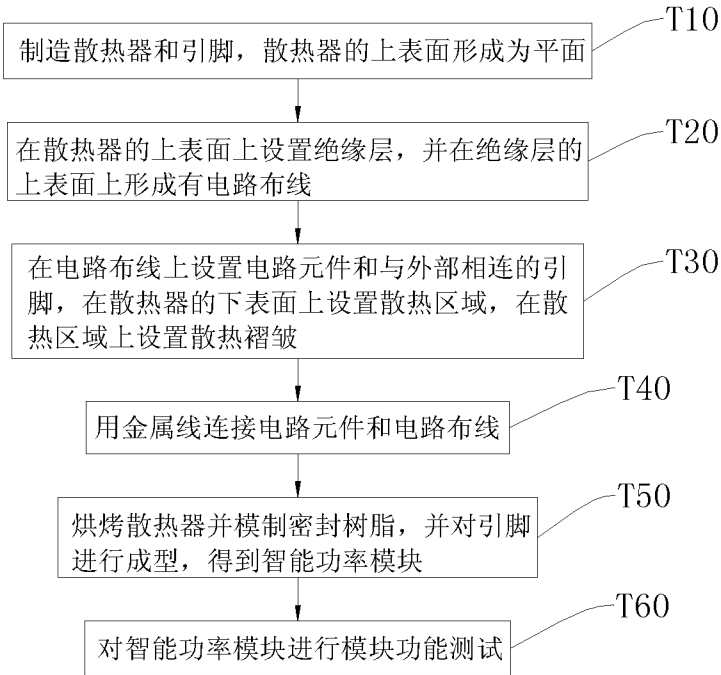


图 22

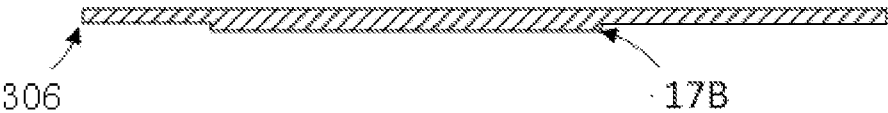


图 23

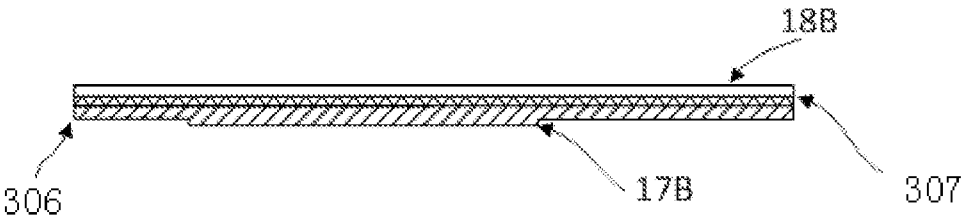


图 24



图 25

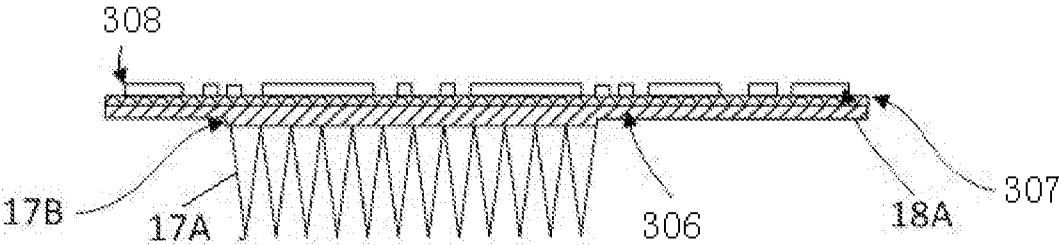


图 26

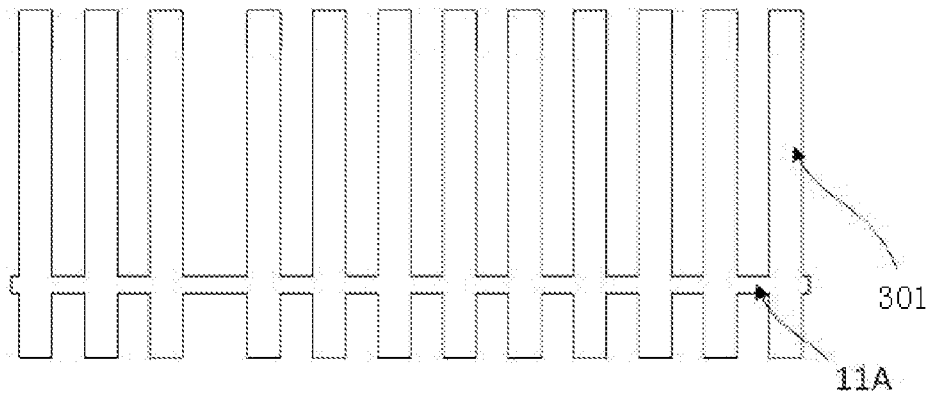


图 27

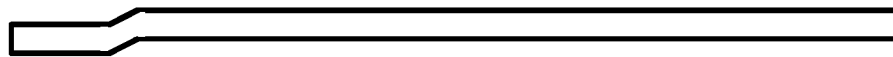


图 28

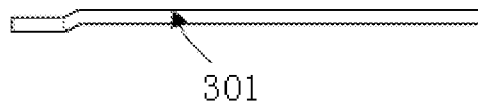


图 28 (a)

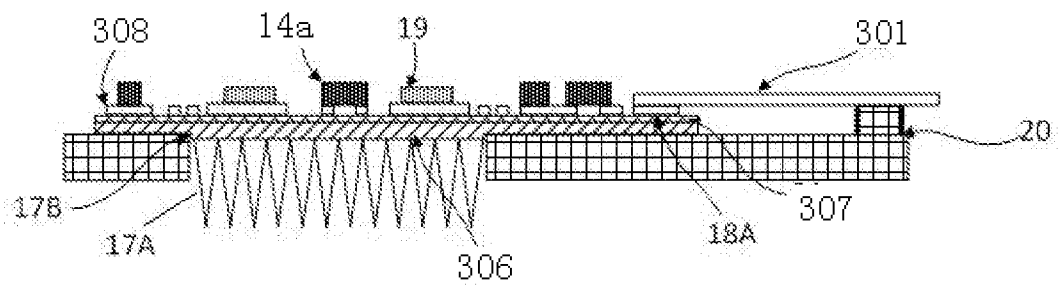


图 29

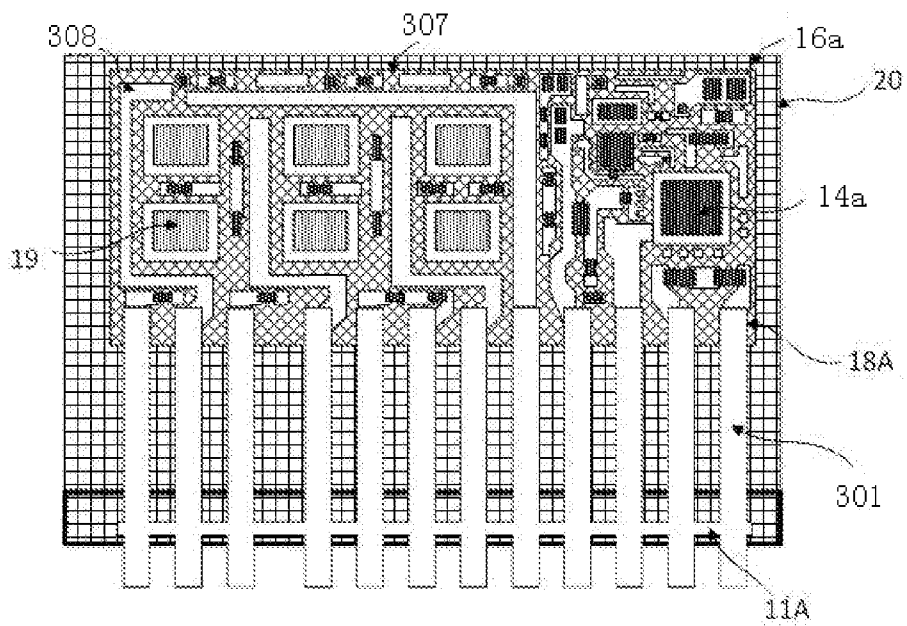


图 30

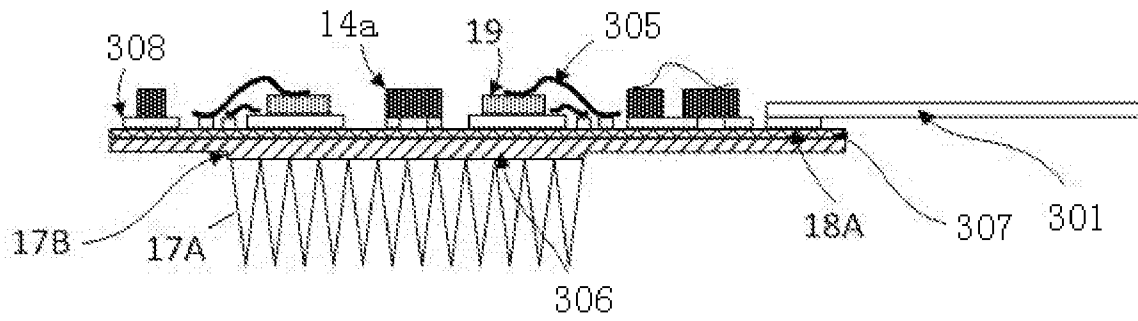


图 31

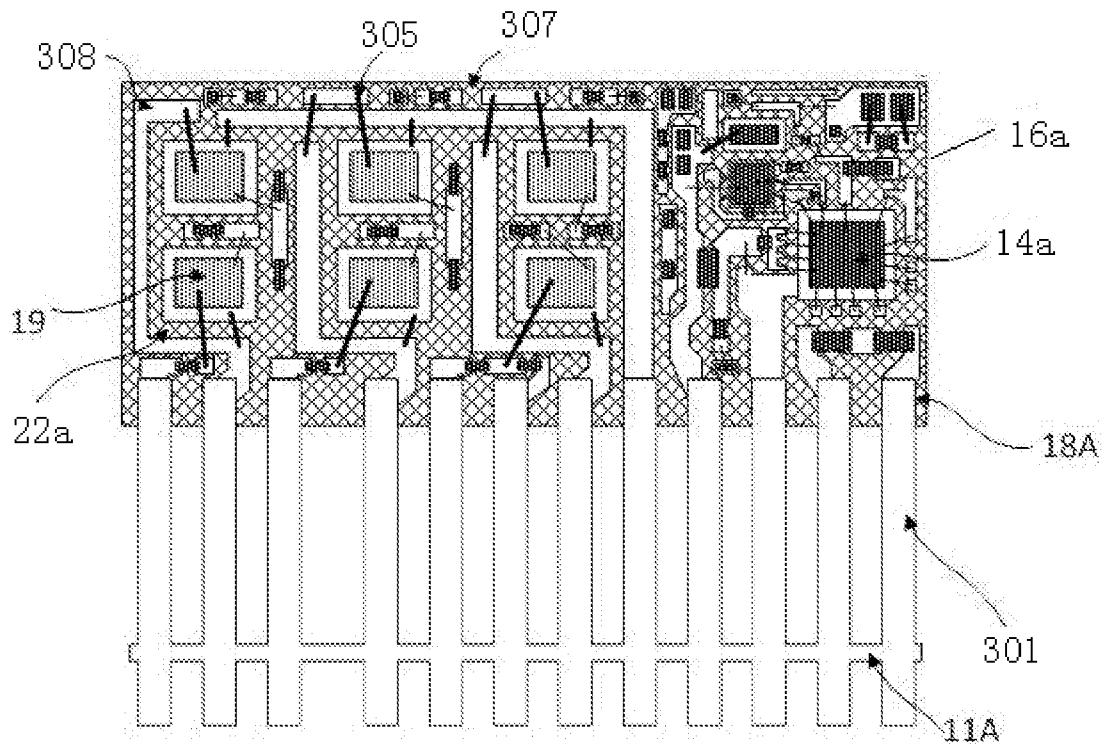


图 32

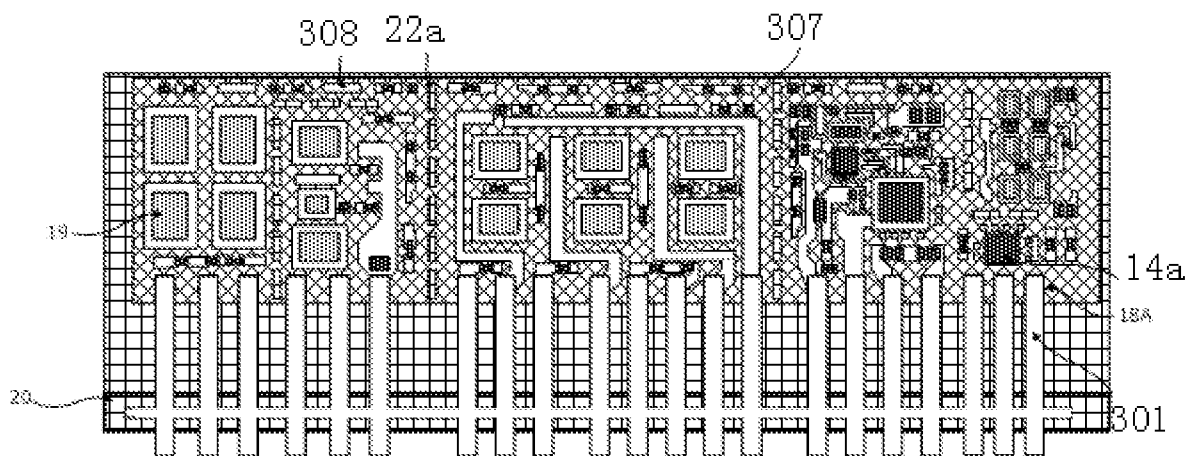


图 32 (a)

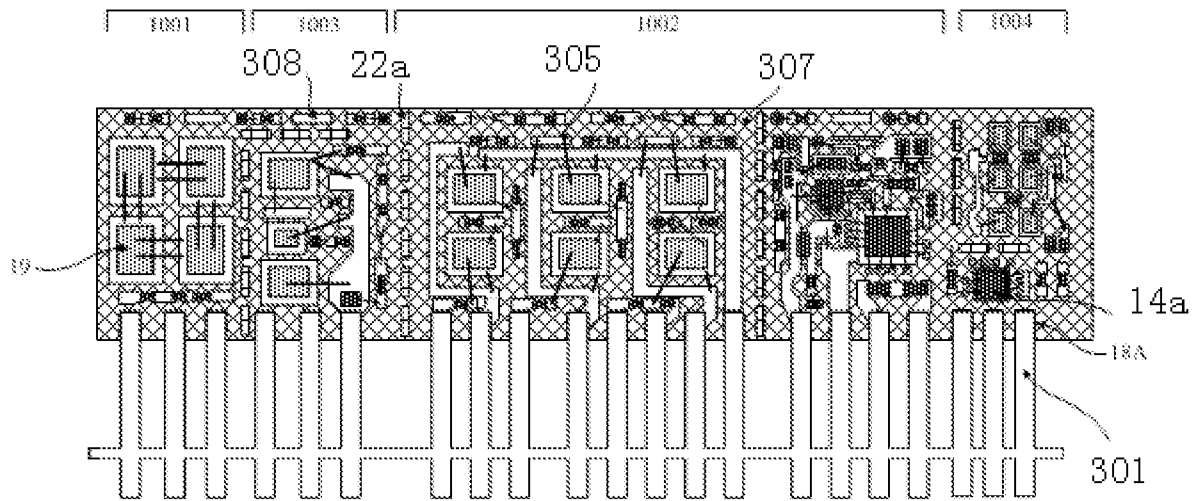


图 32 (b)

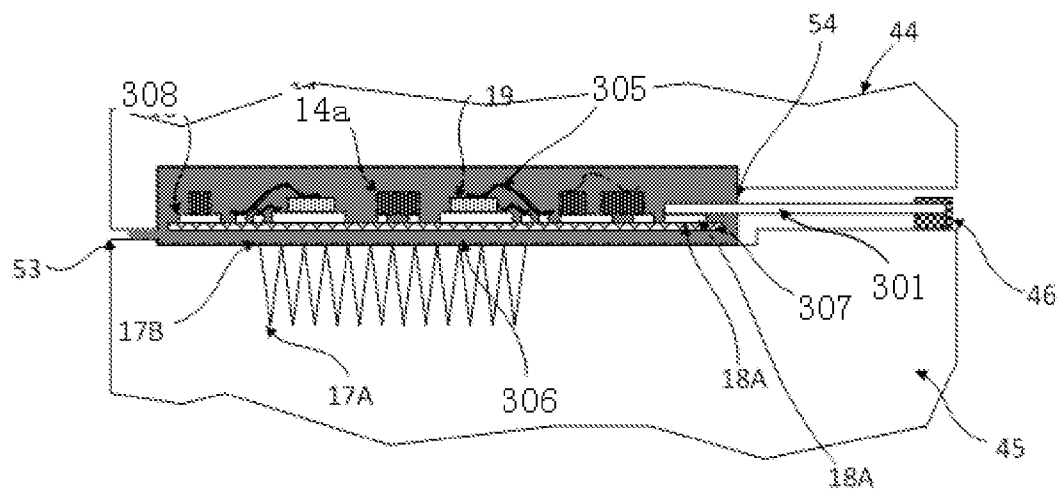


图 33

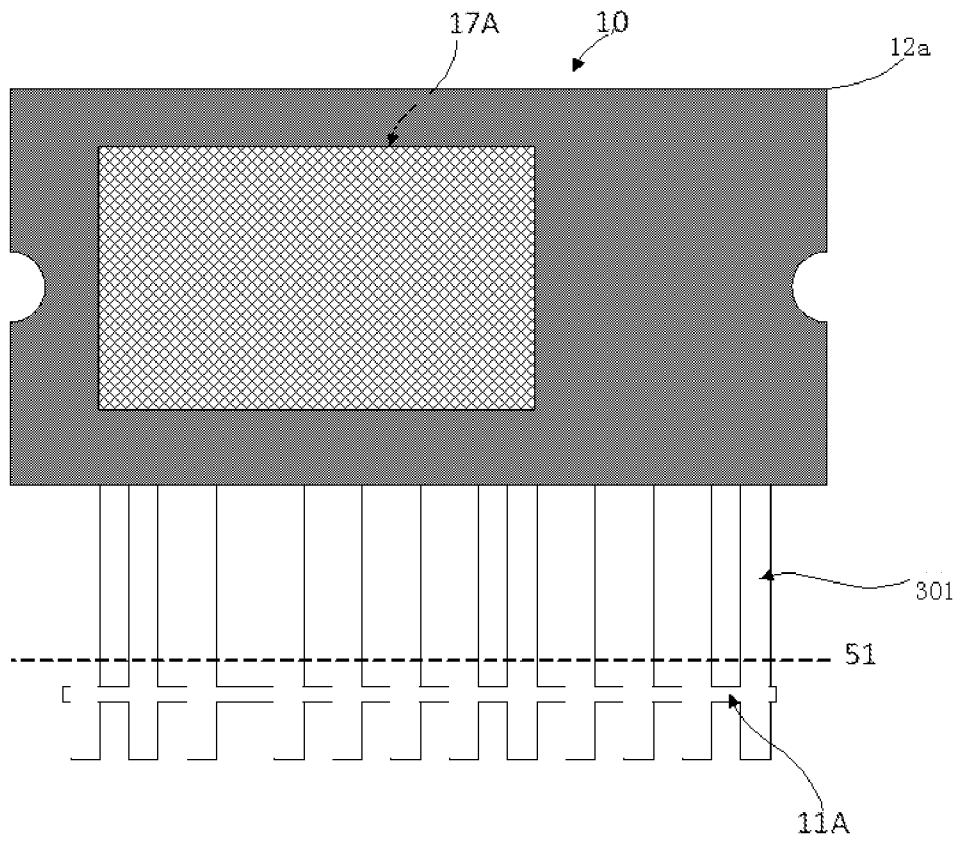


图 34

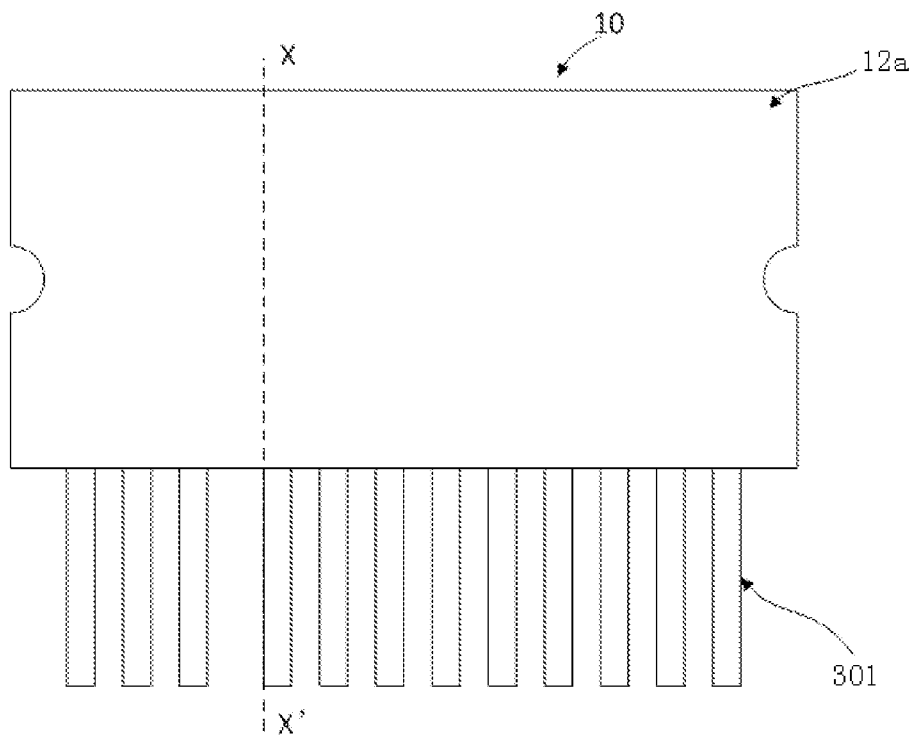


图 35

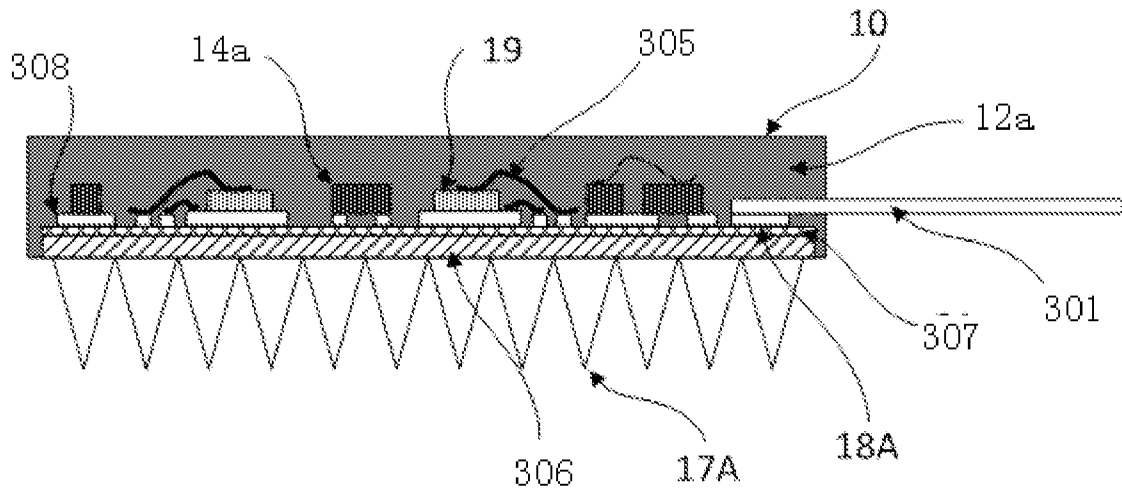


图 36

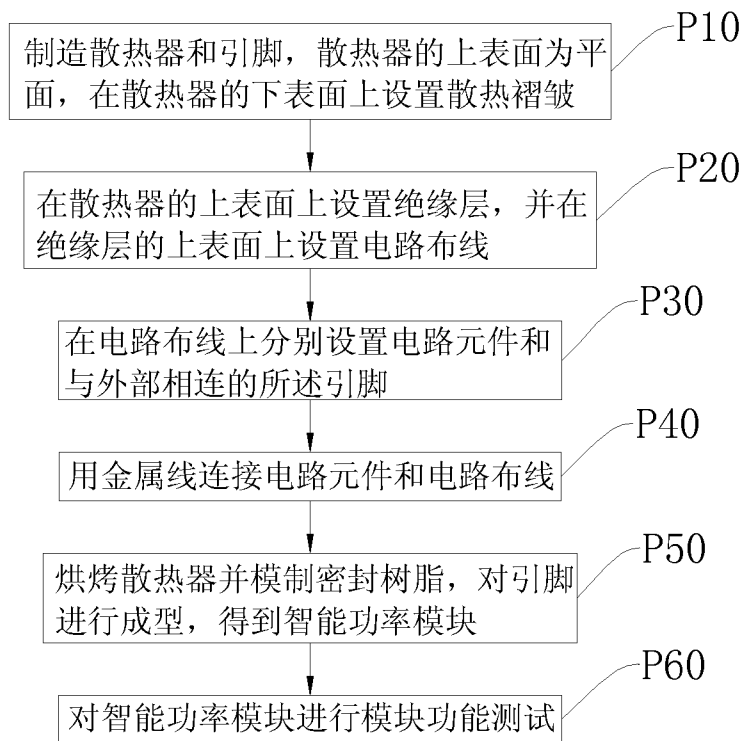


图 37

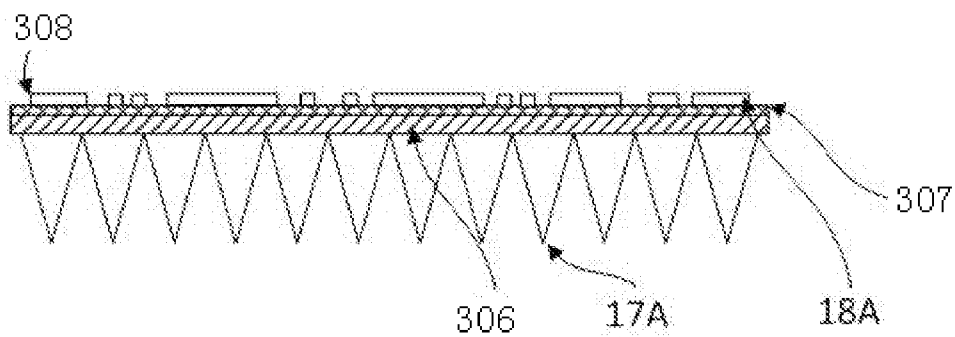


图 38

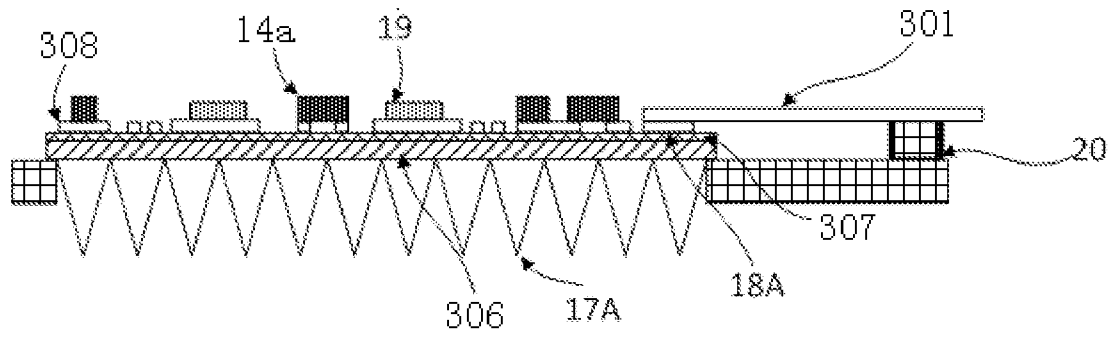


图 39

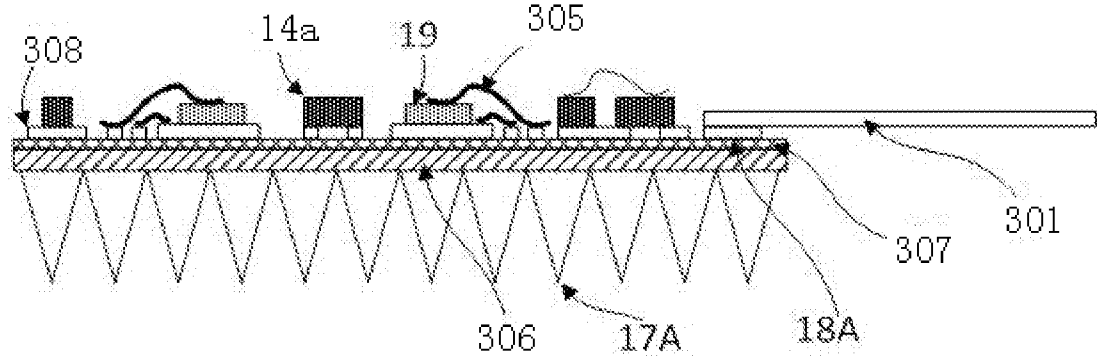


图 40

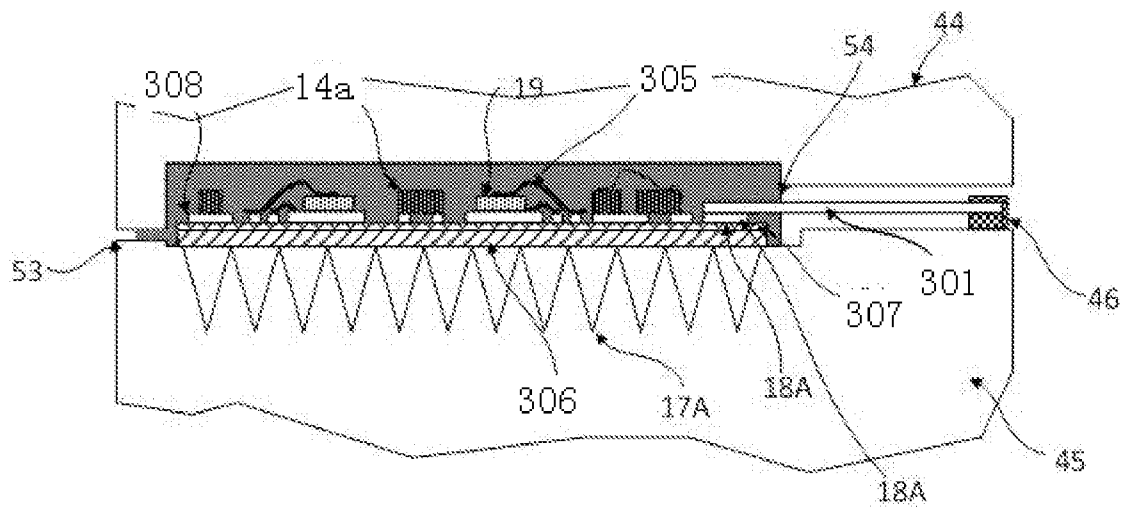


图 41

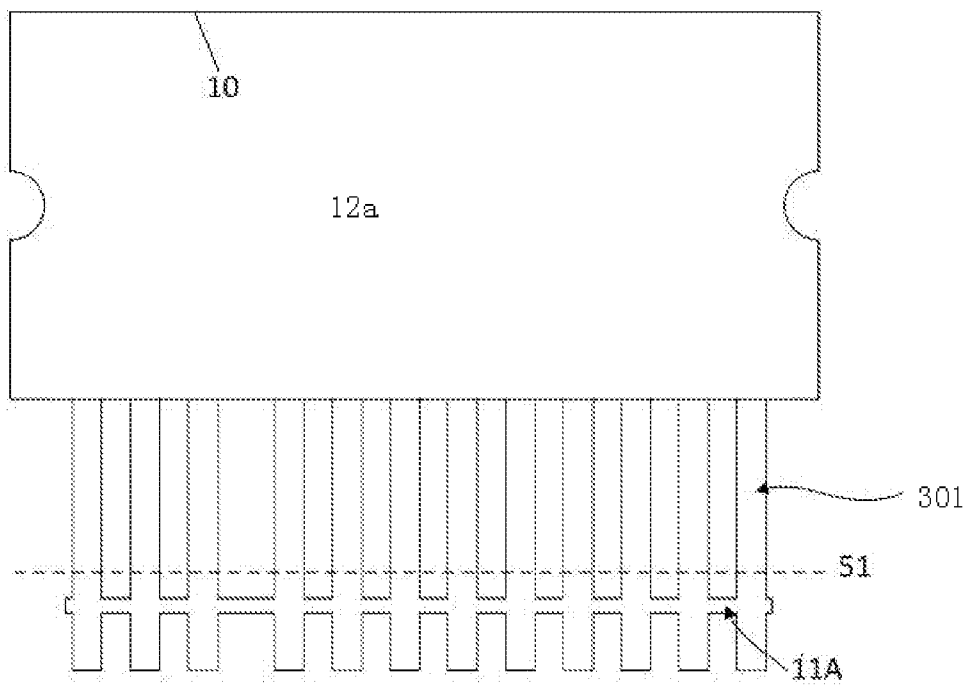


图 42

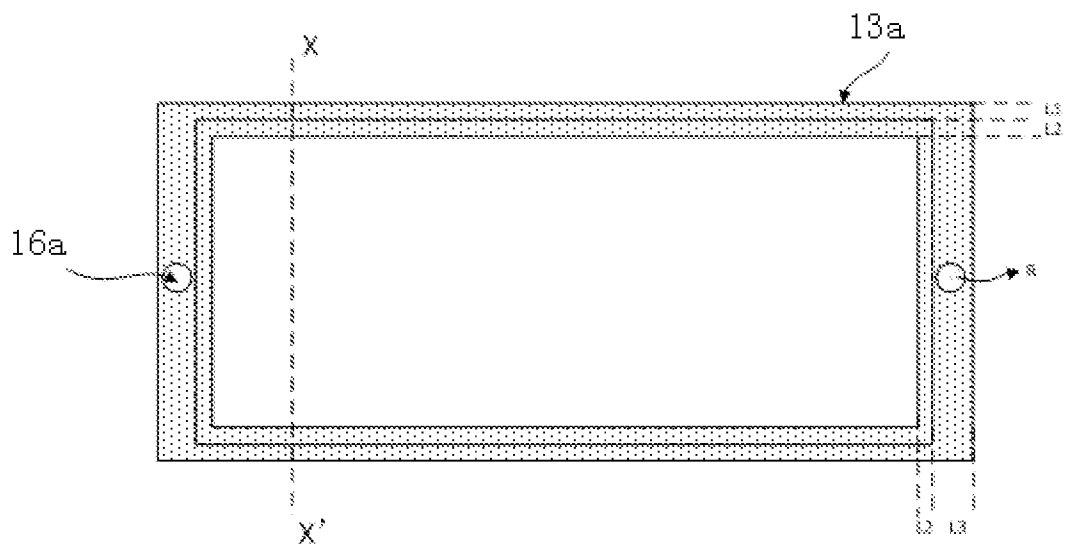


图 43



图 44

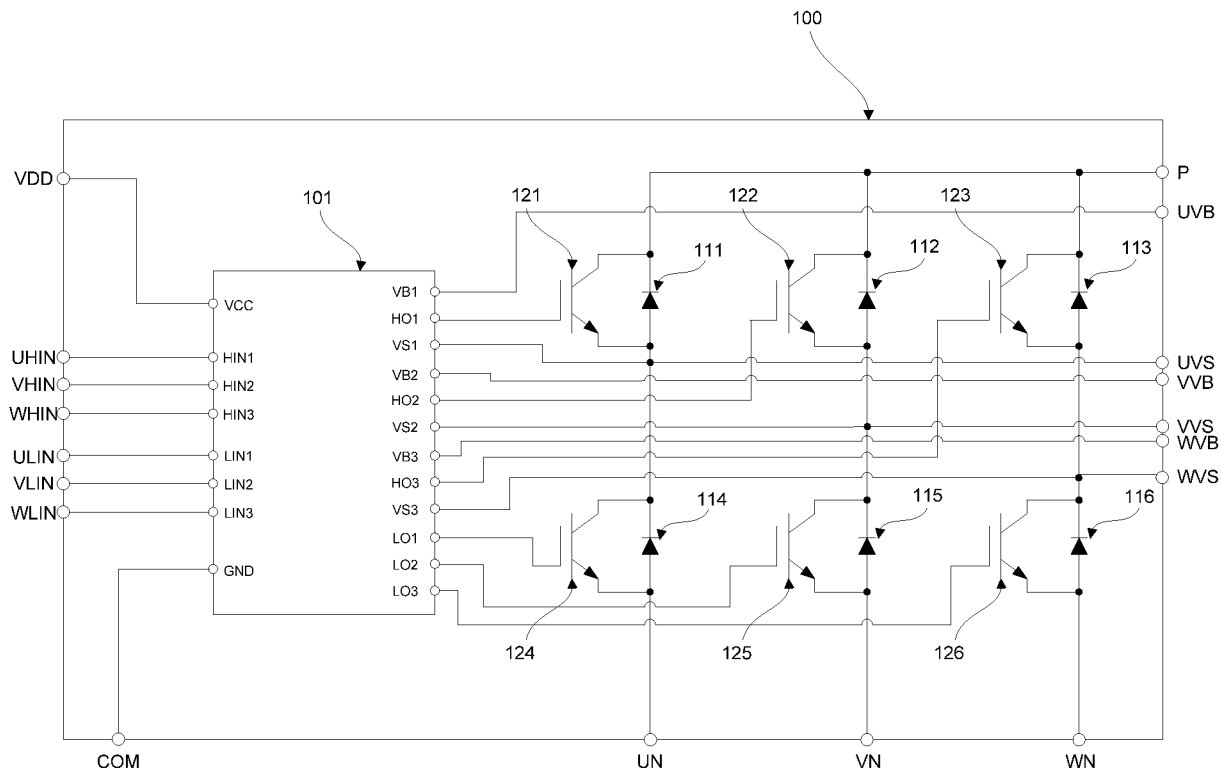


图 45 (A)

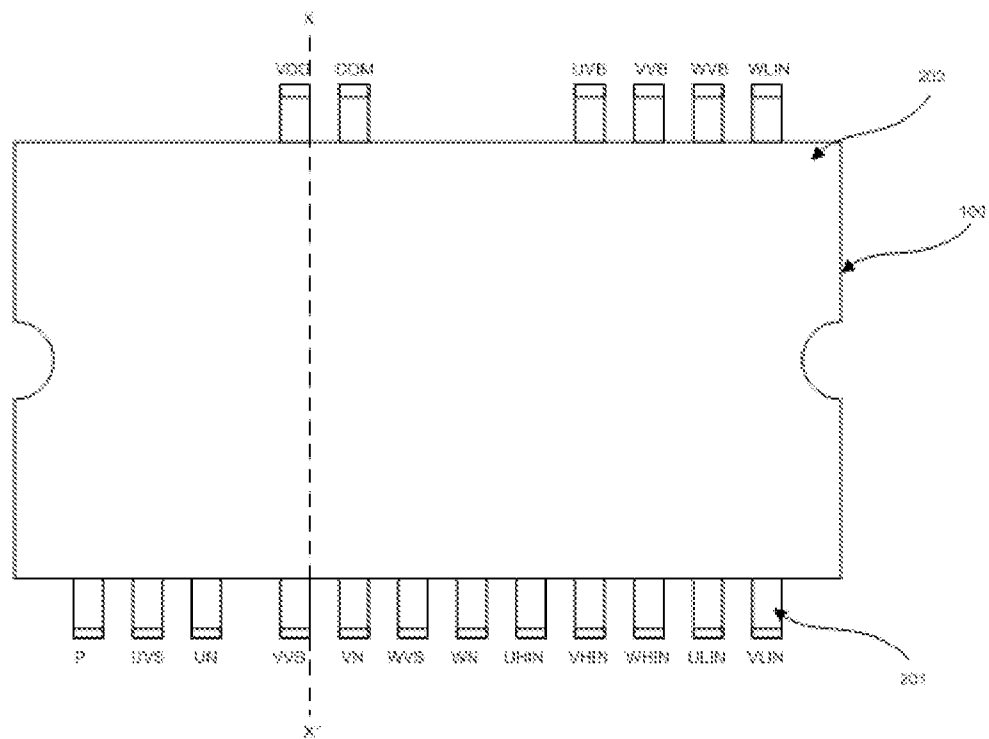


图 45 (B)

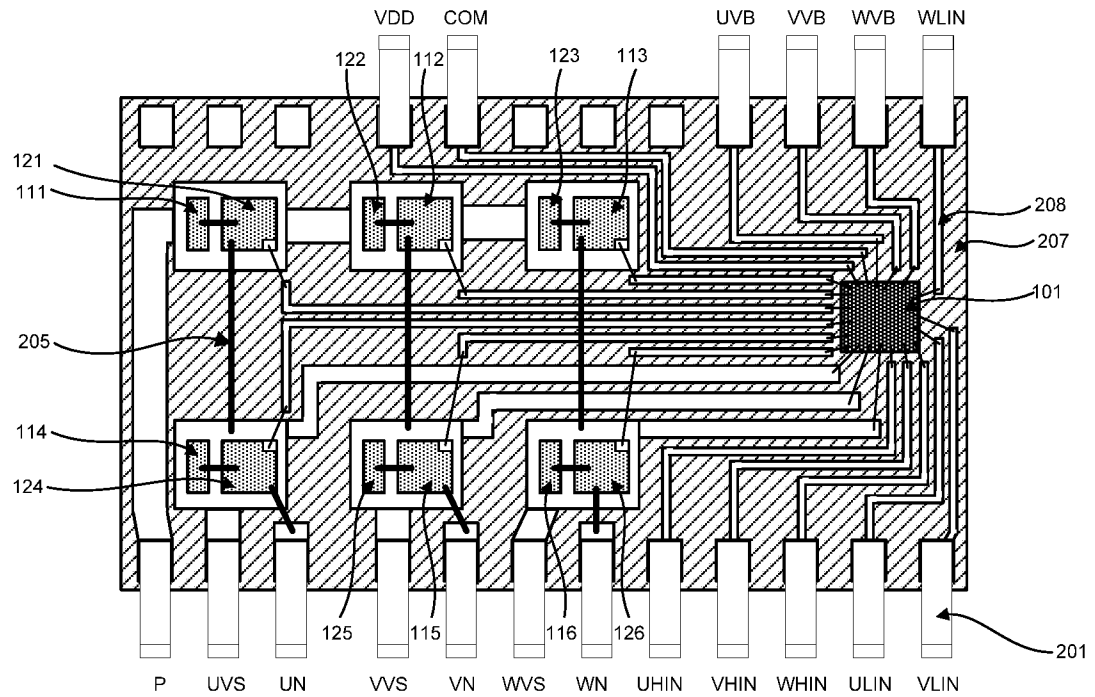


图 45 (C)

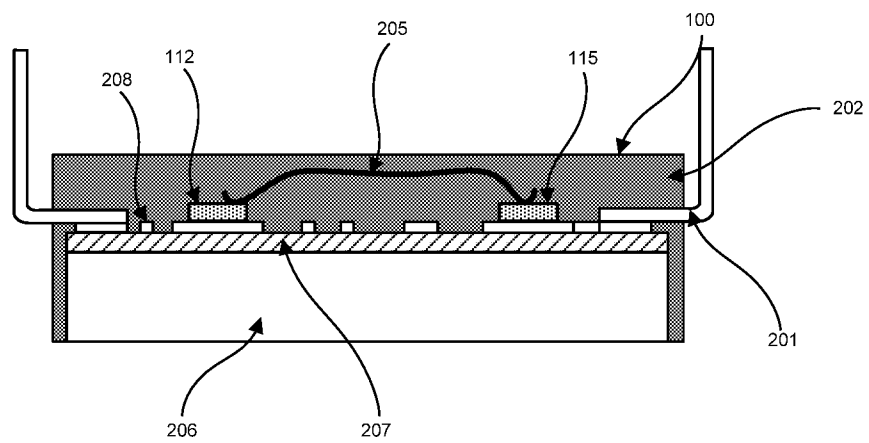


图 45 (D)

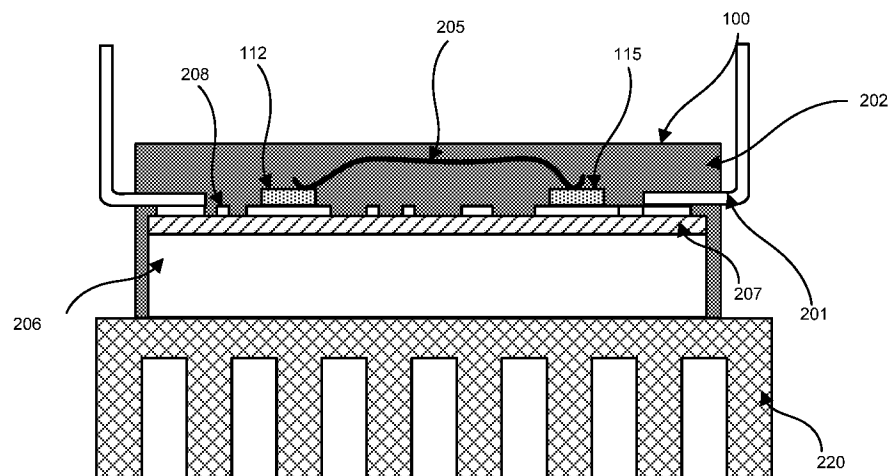


图 45 (E)

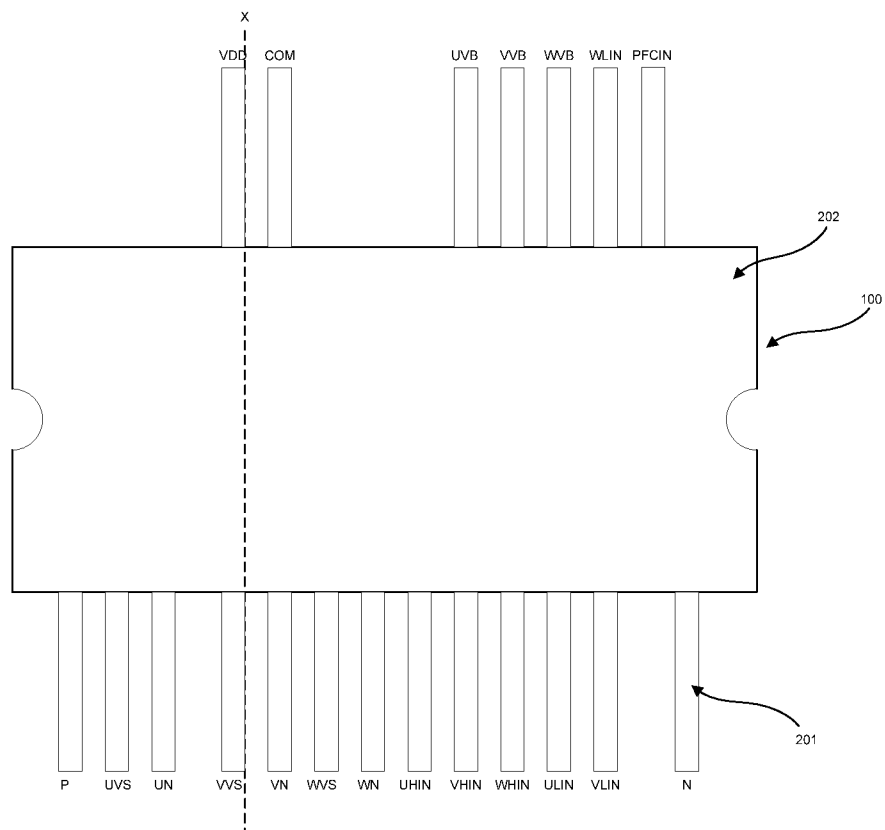


图 45 (BB)

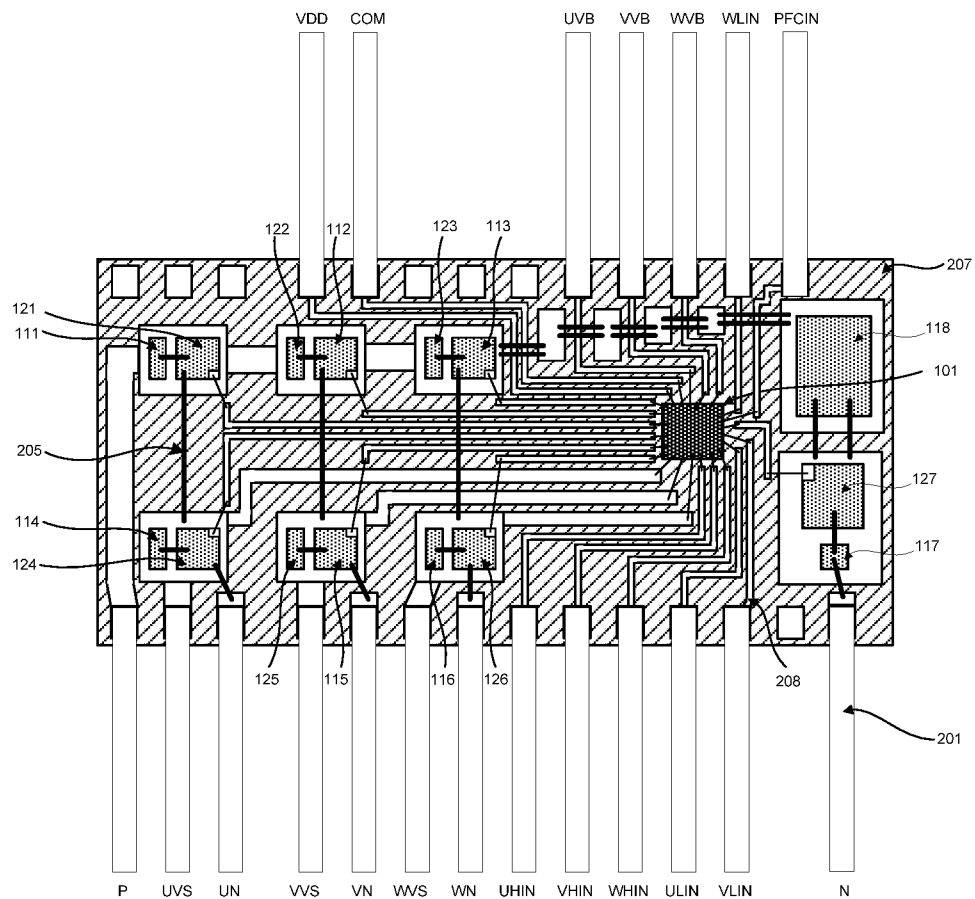


图 45 (CC)

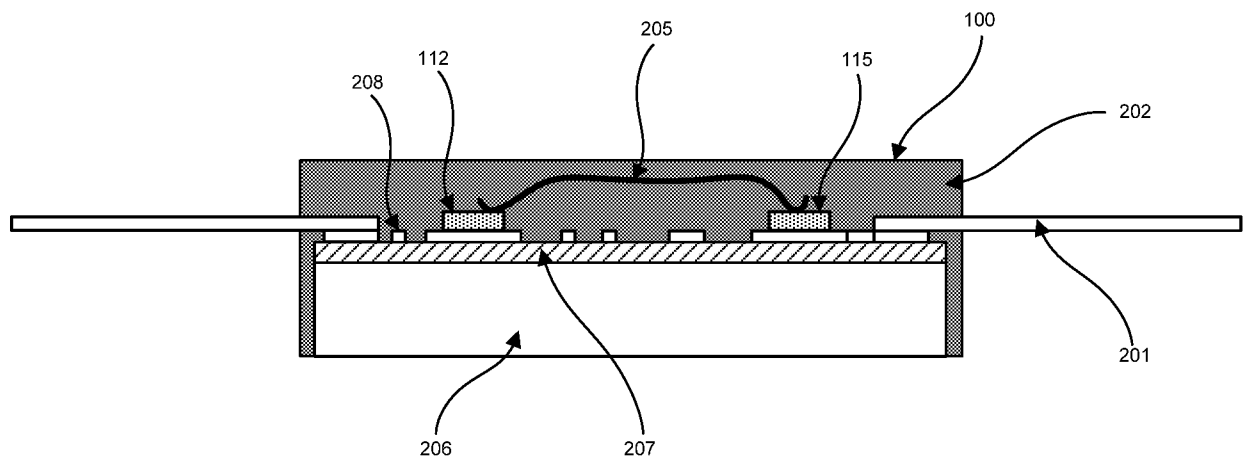


图 45 (DD)

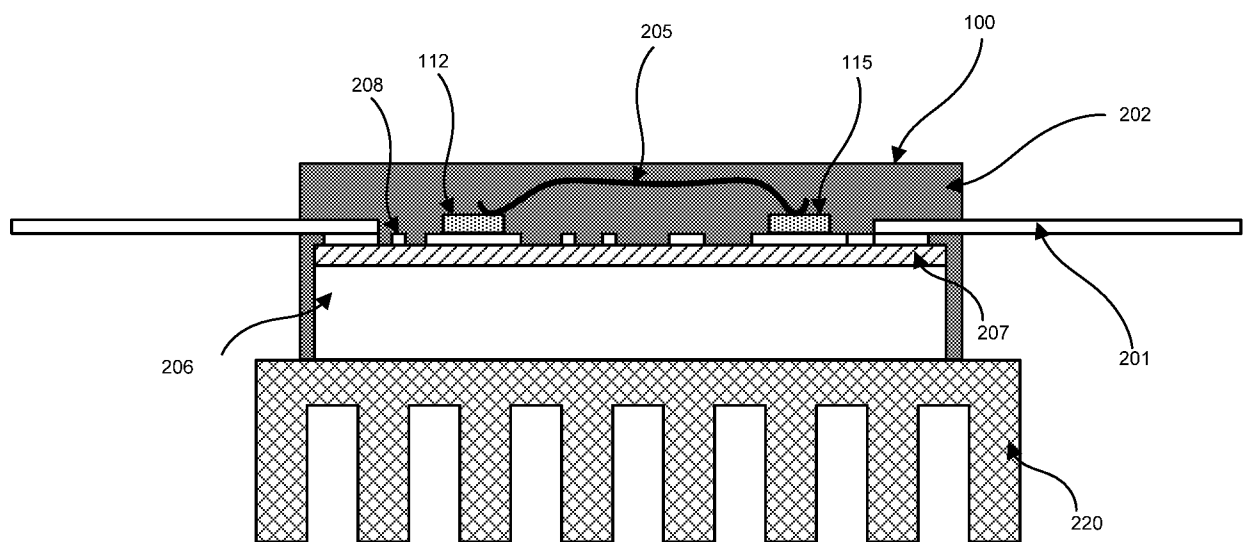


图 45 (EE)

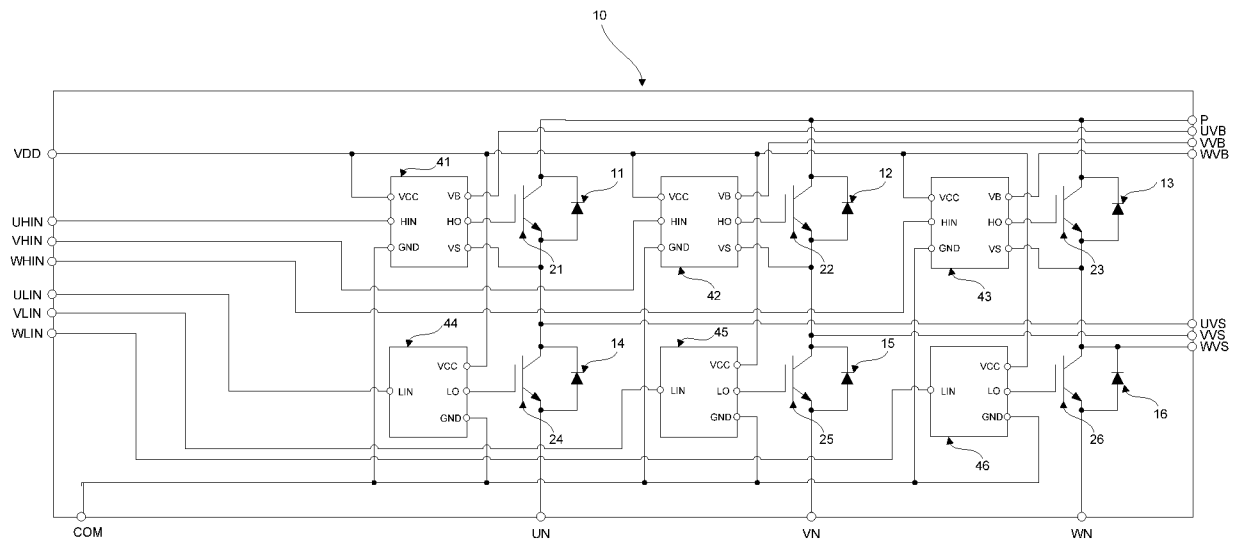


图 46 (A)

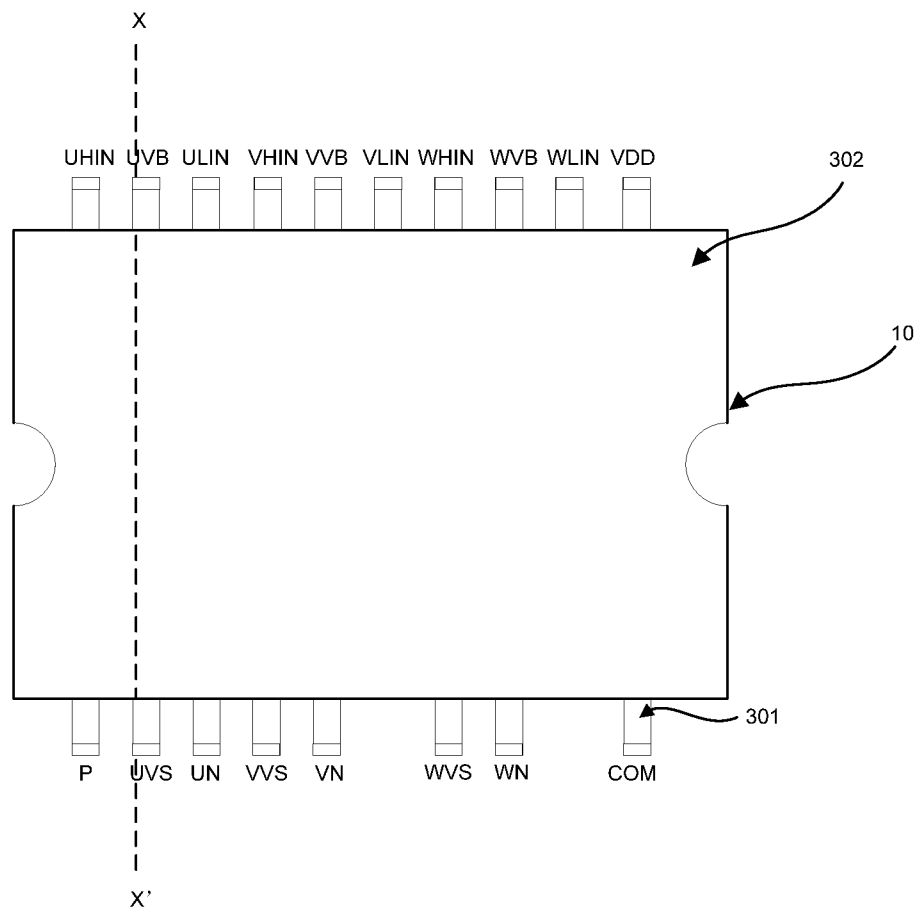


图 46 (B)

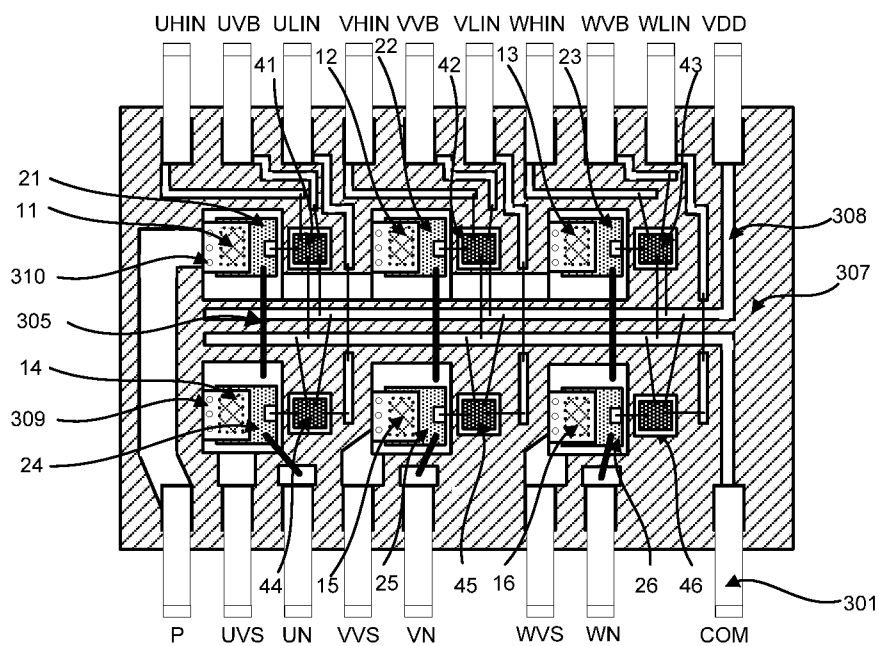


图 46 (C)

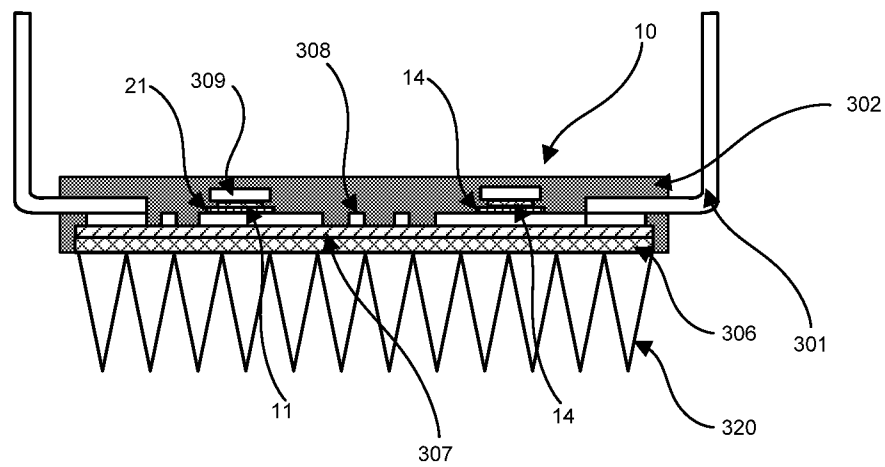


图 46 (D)

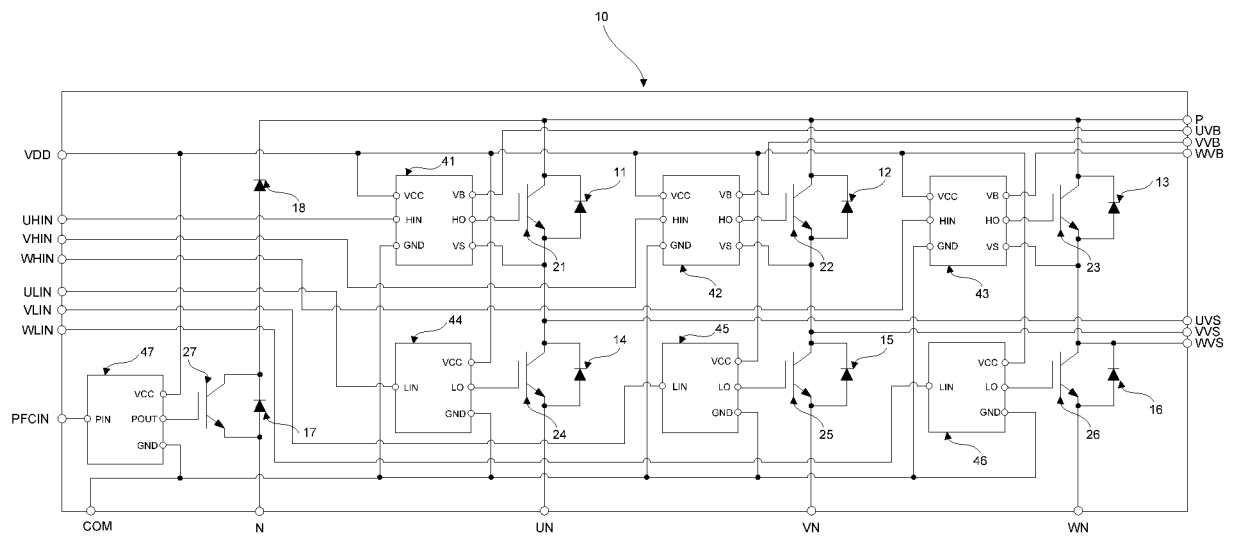


图 46 (AA)

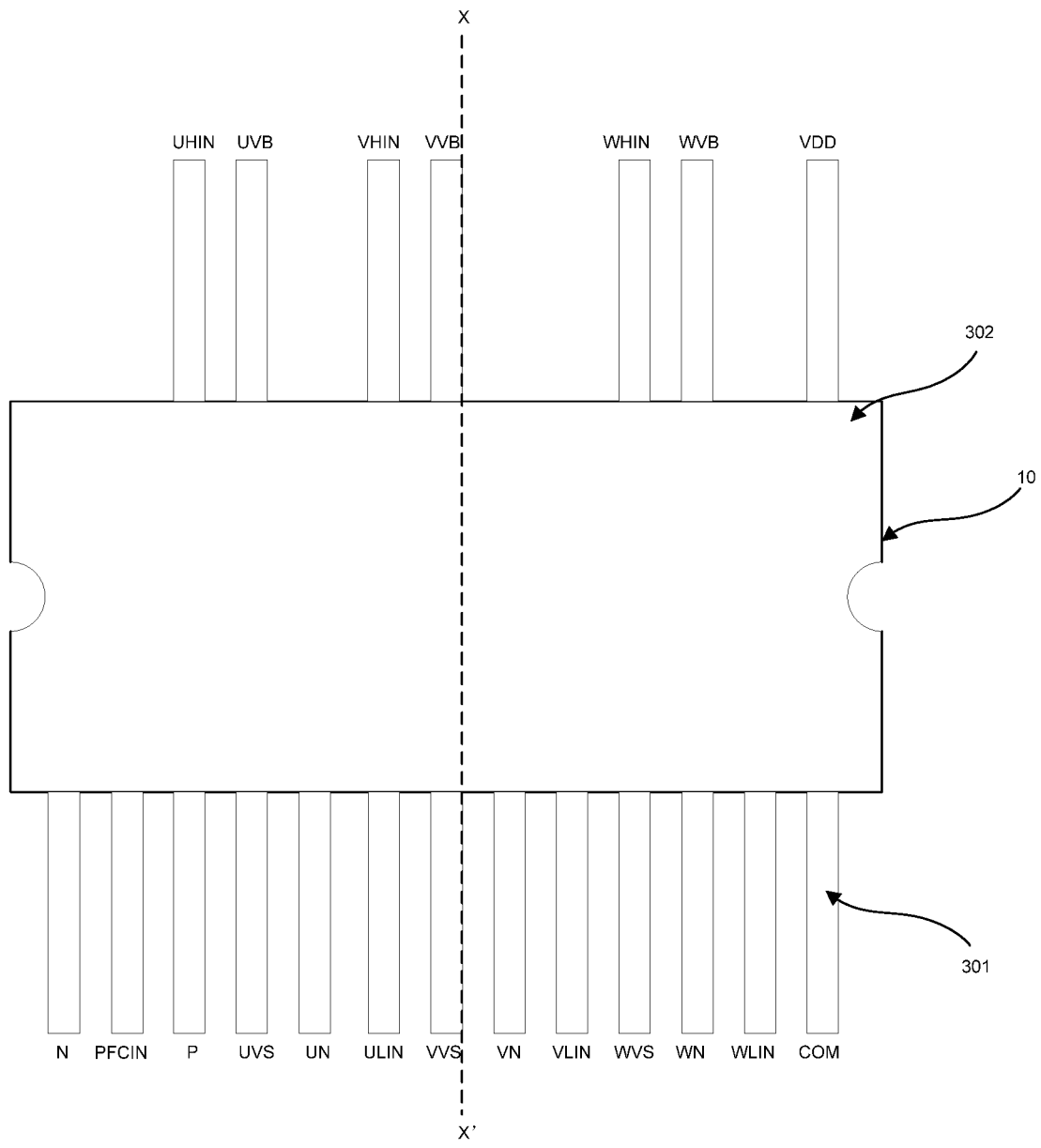


图 46 (BB)

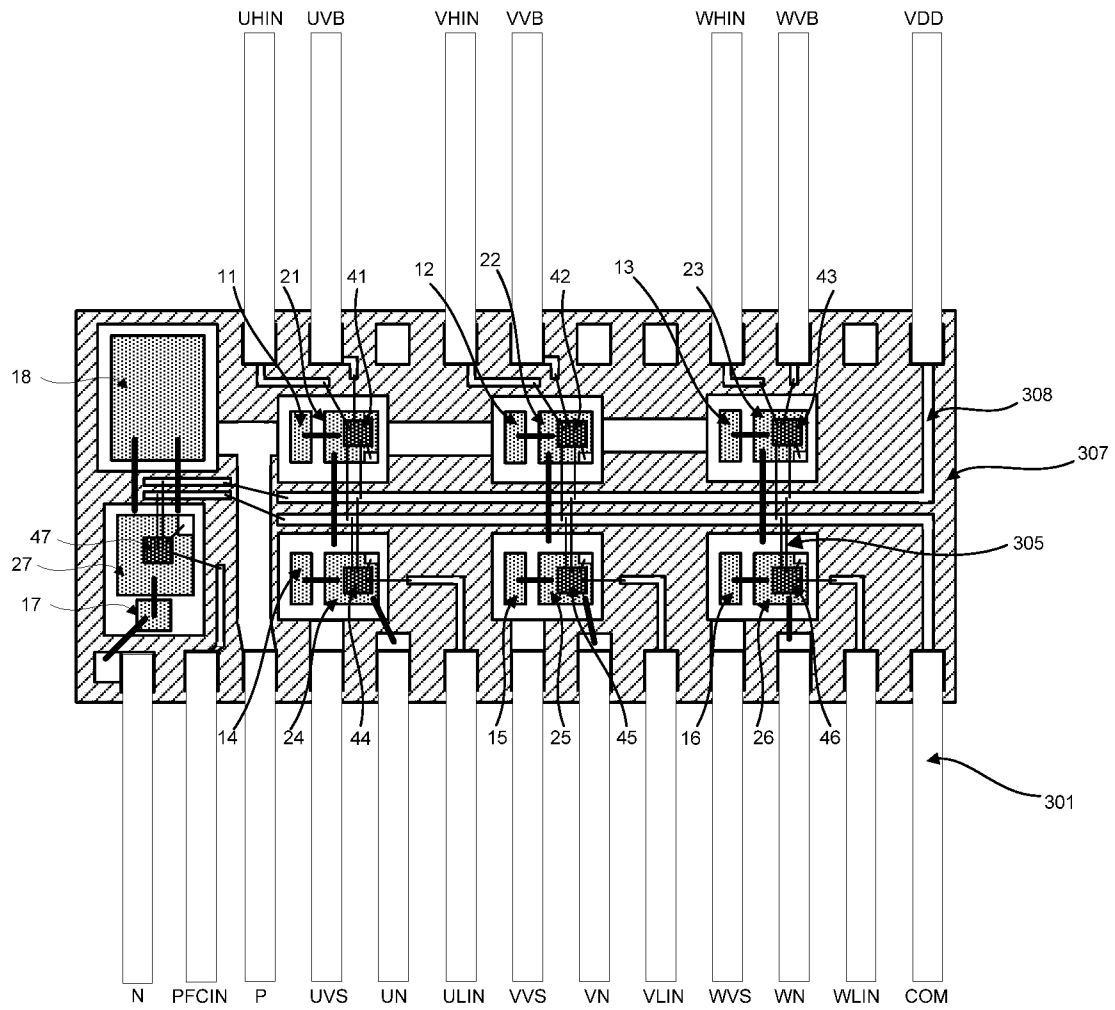


图 46 (CC)

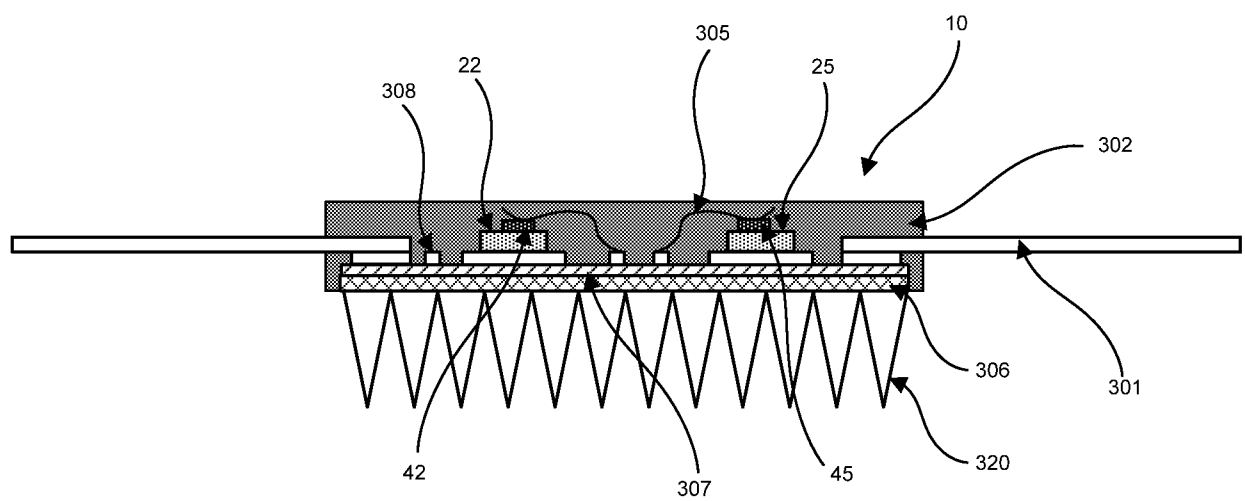


图 46 (DD)

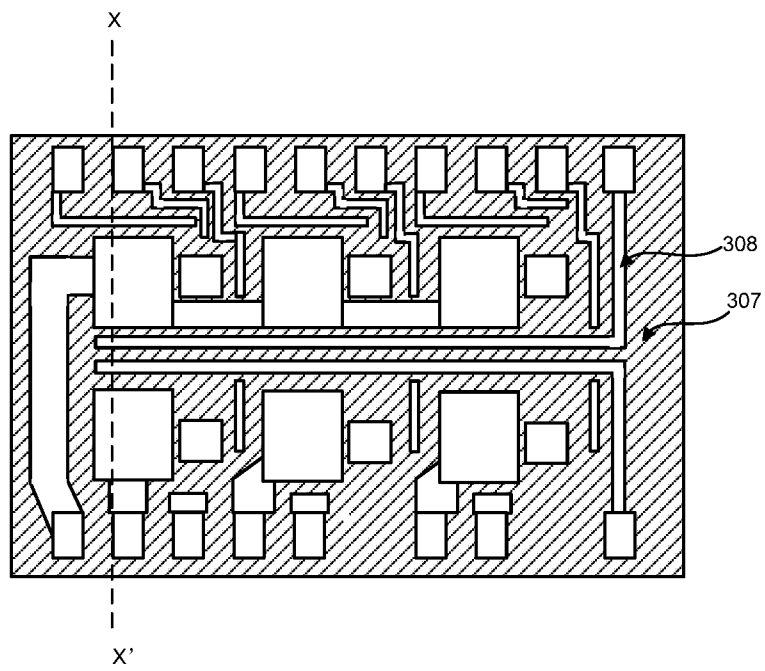


图 47 (A)

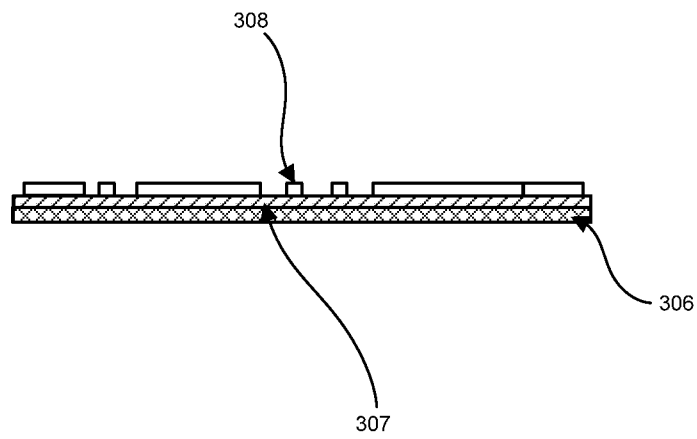


图 47 (B)

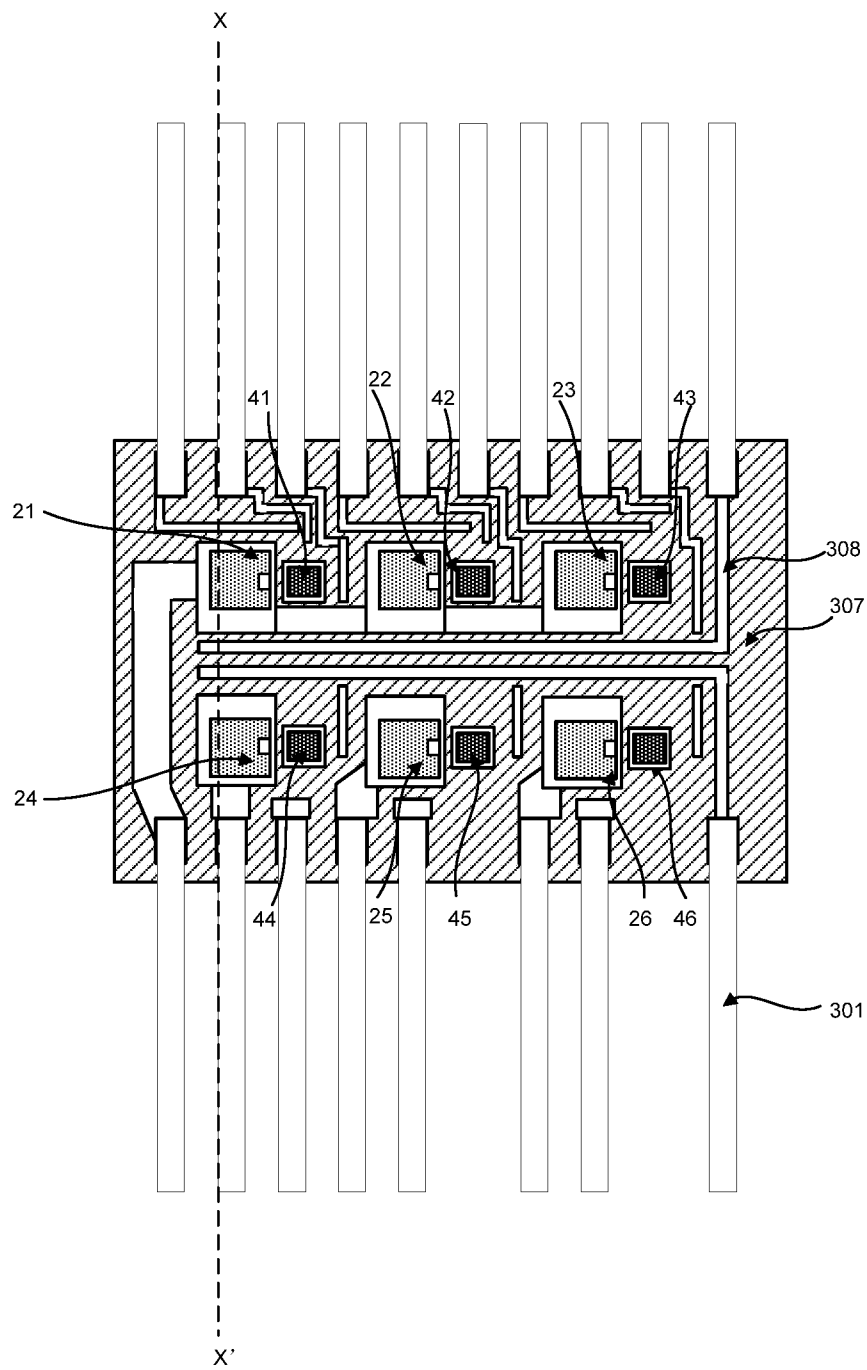


图 48 (A)

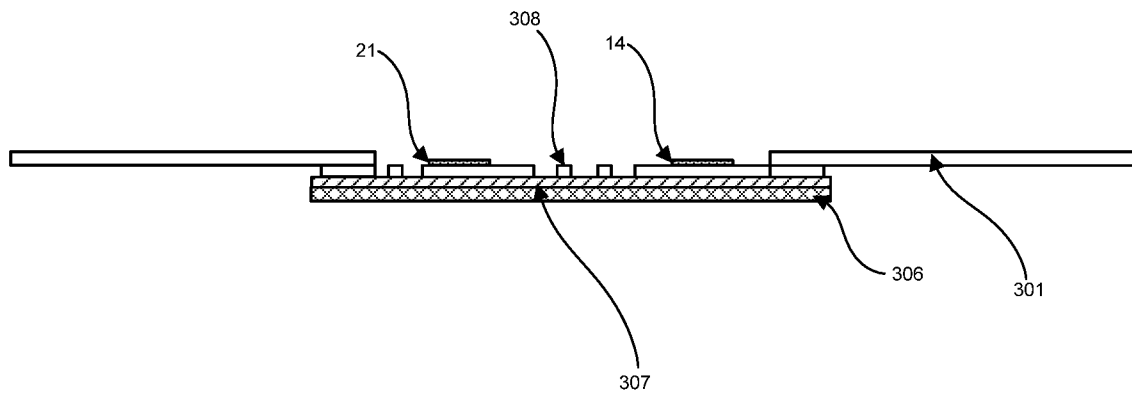


图 48 (B)

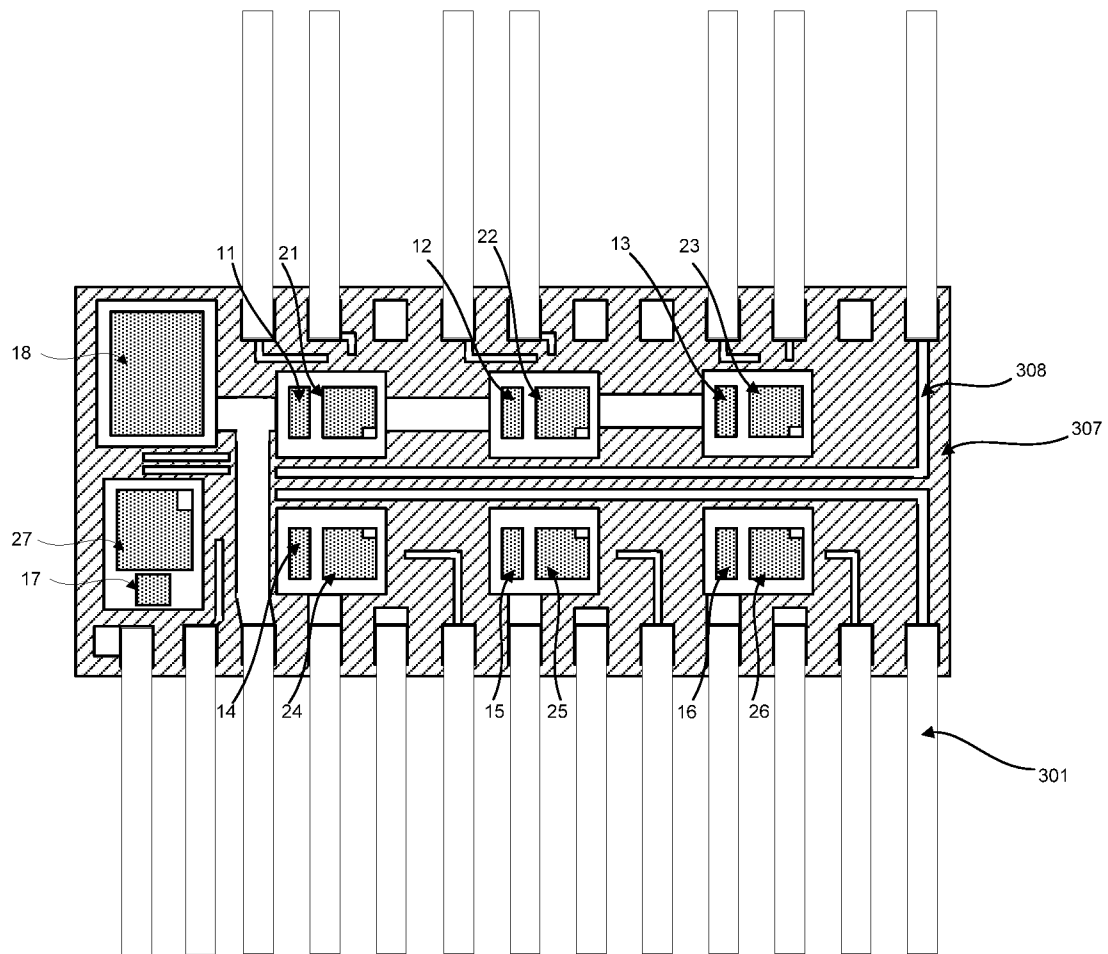


图 48 (AA)

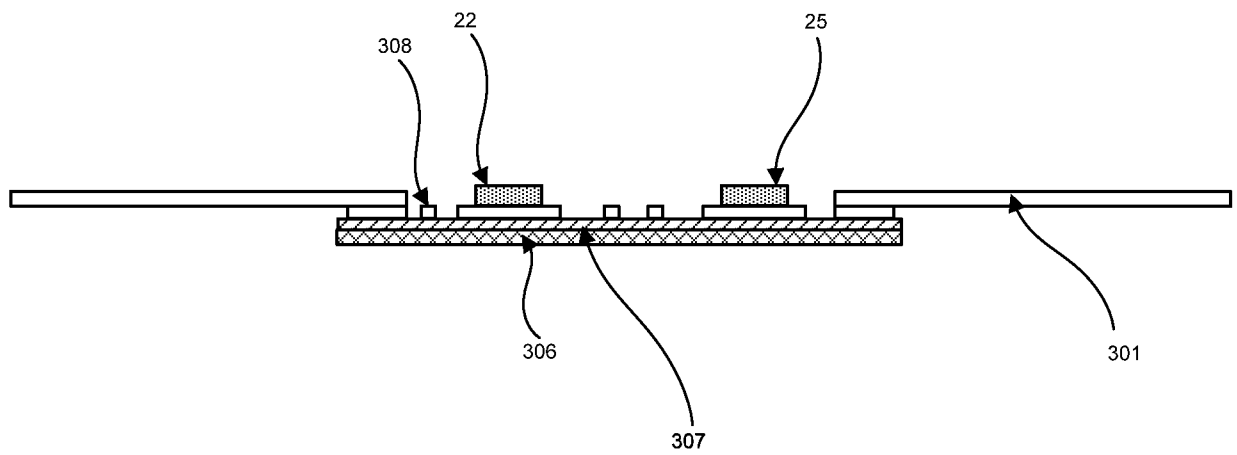


图 48 (BB)

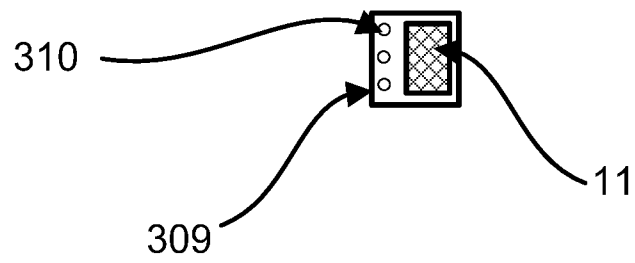


图 48 (C)

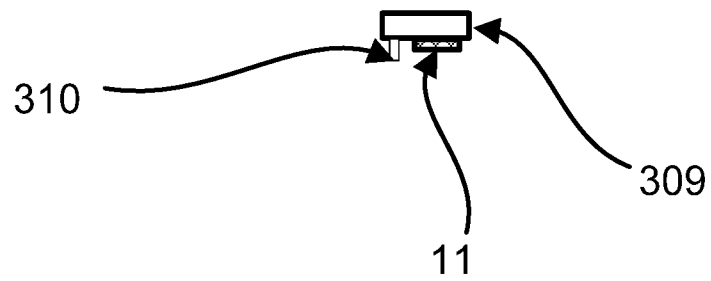


图 48 (D)

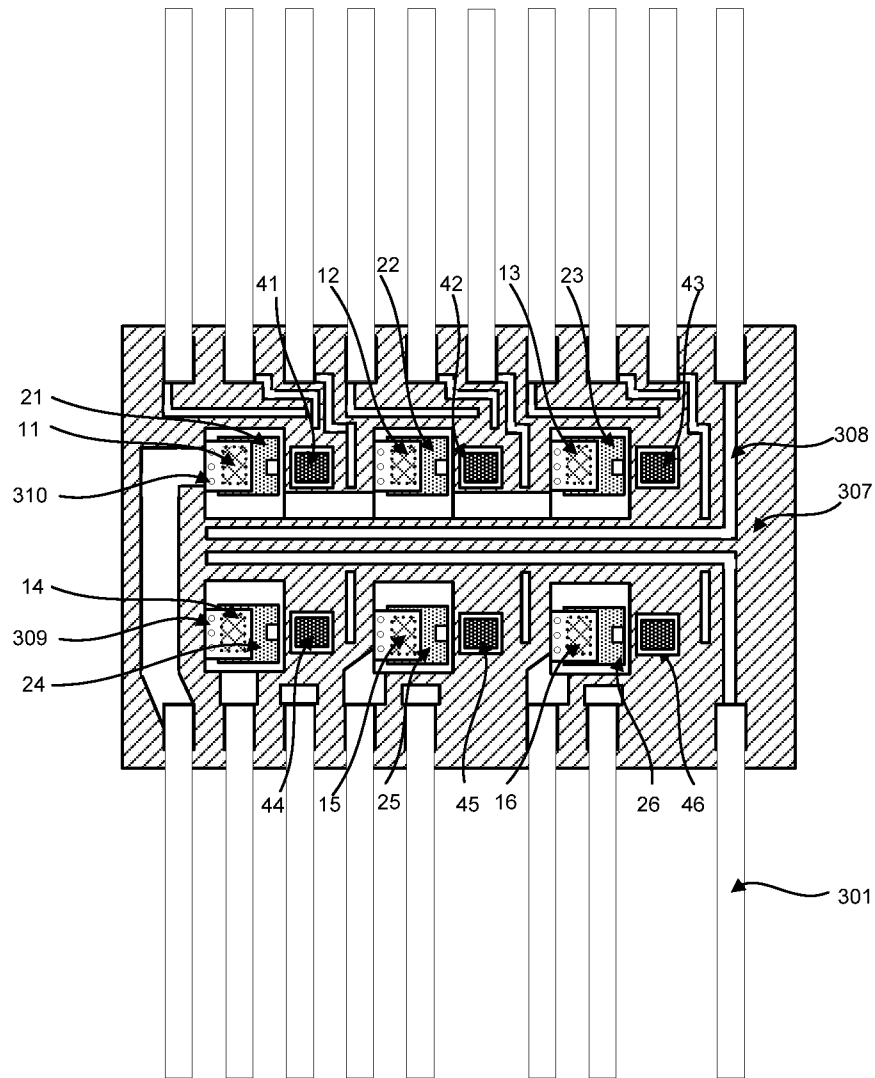


图 49 (A)

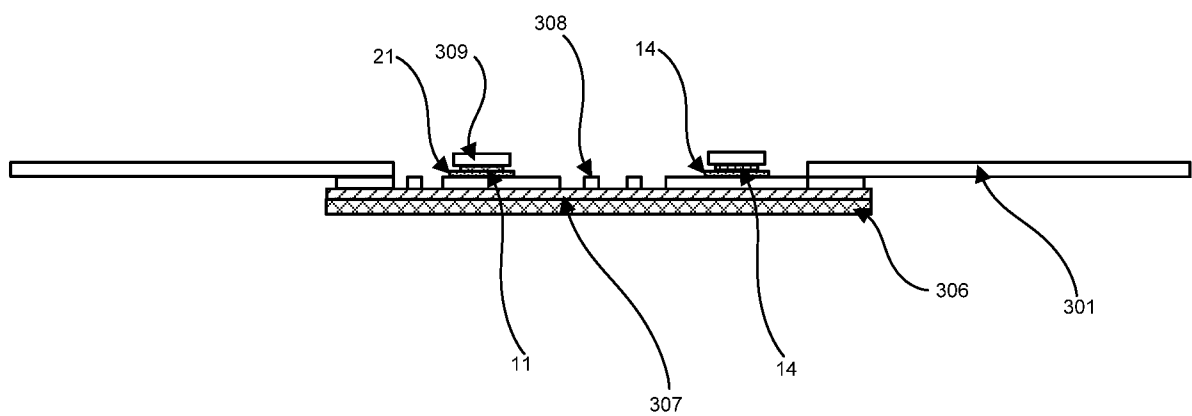


图 49 (B)

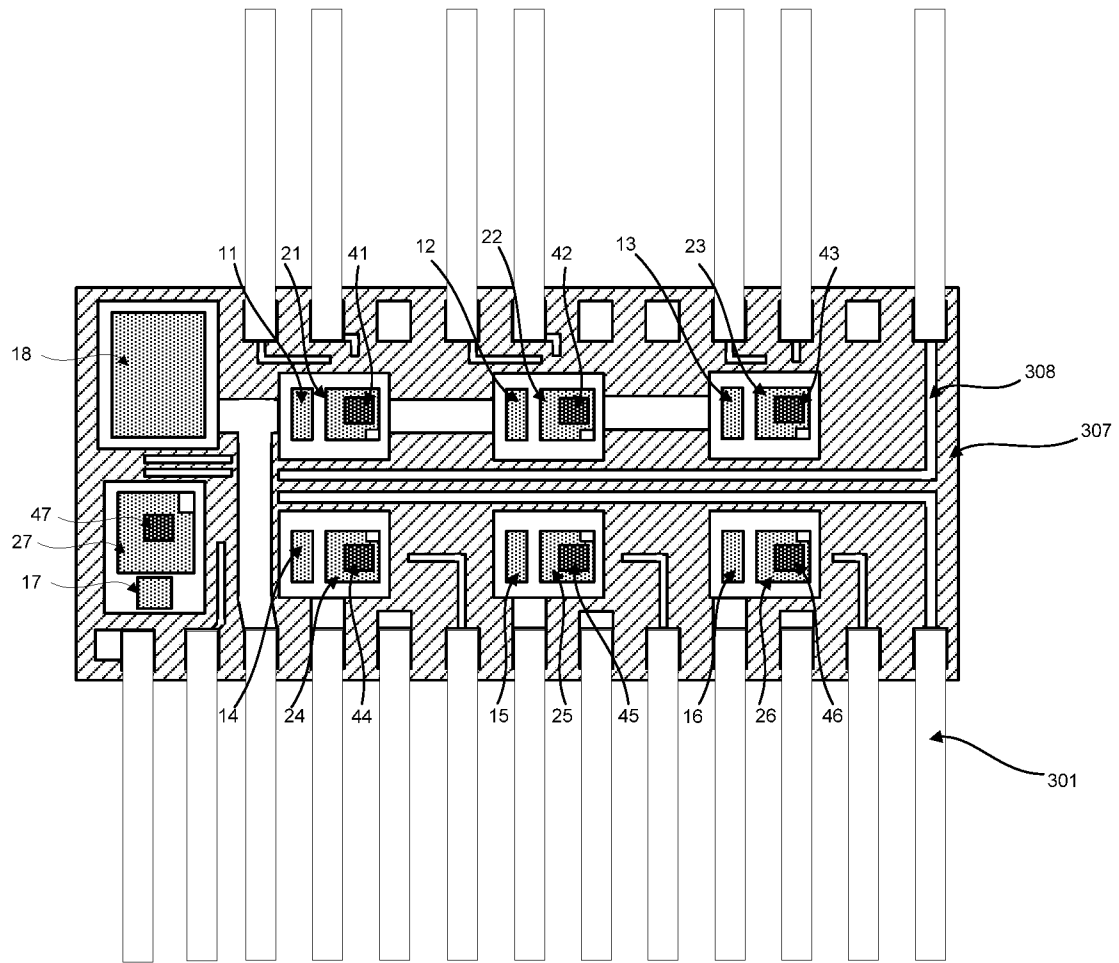


图 49 (AA)

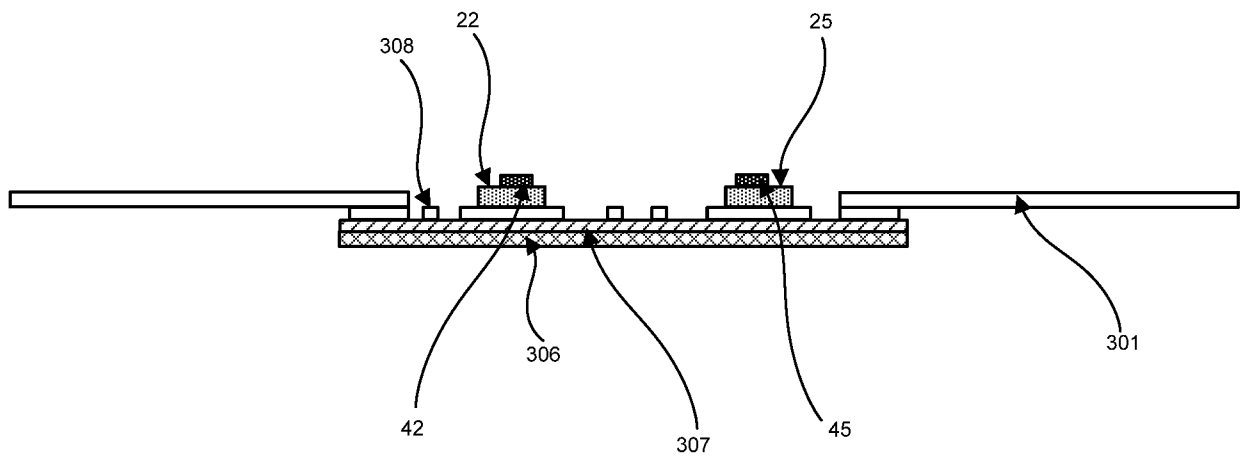


图 49 (BB)

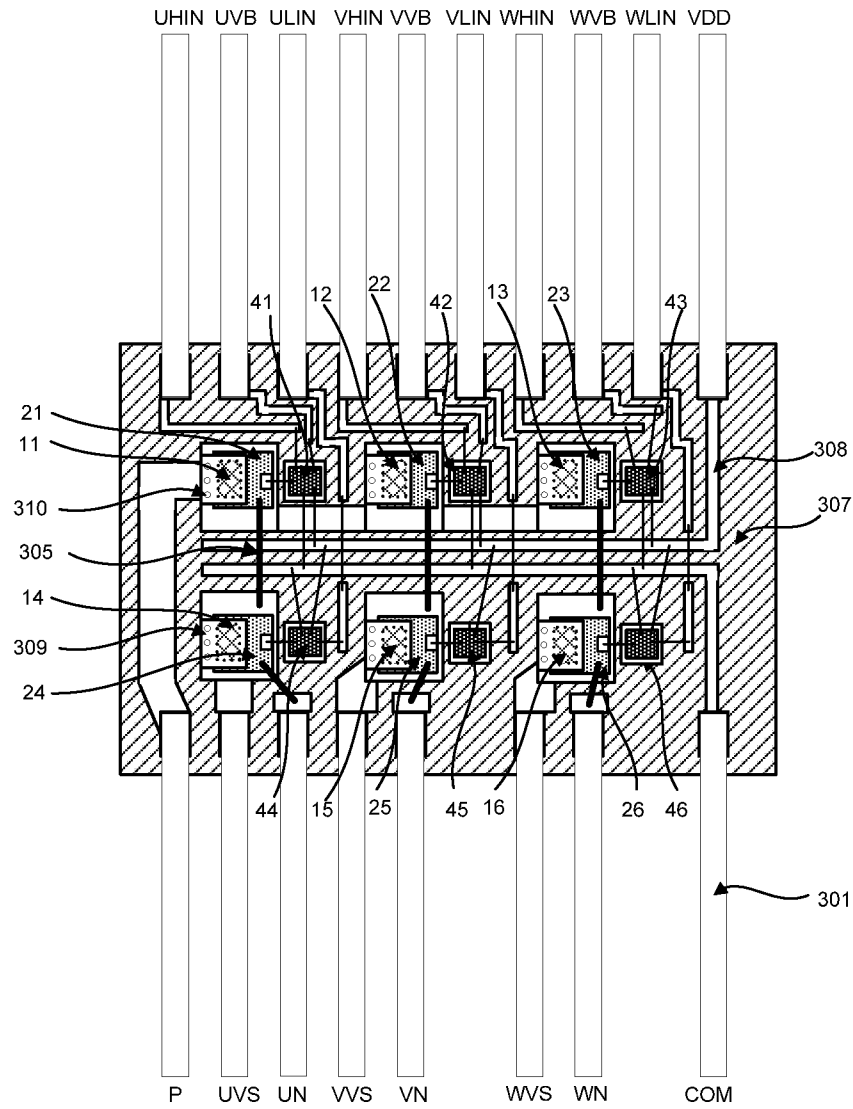


图 50 (A)

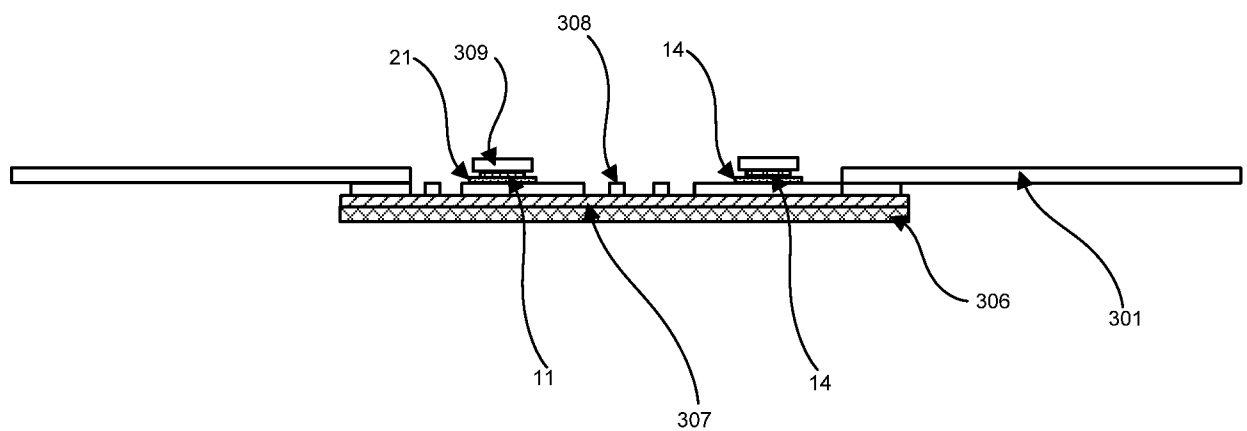


图 50 (B)

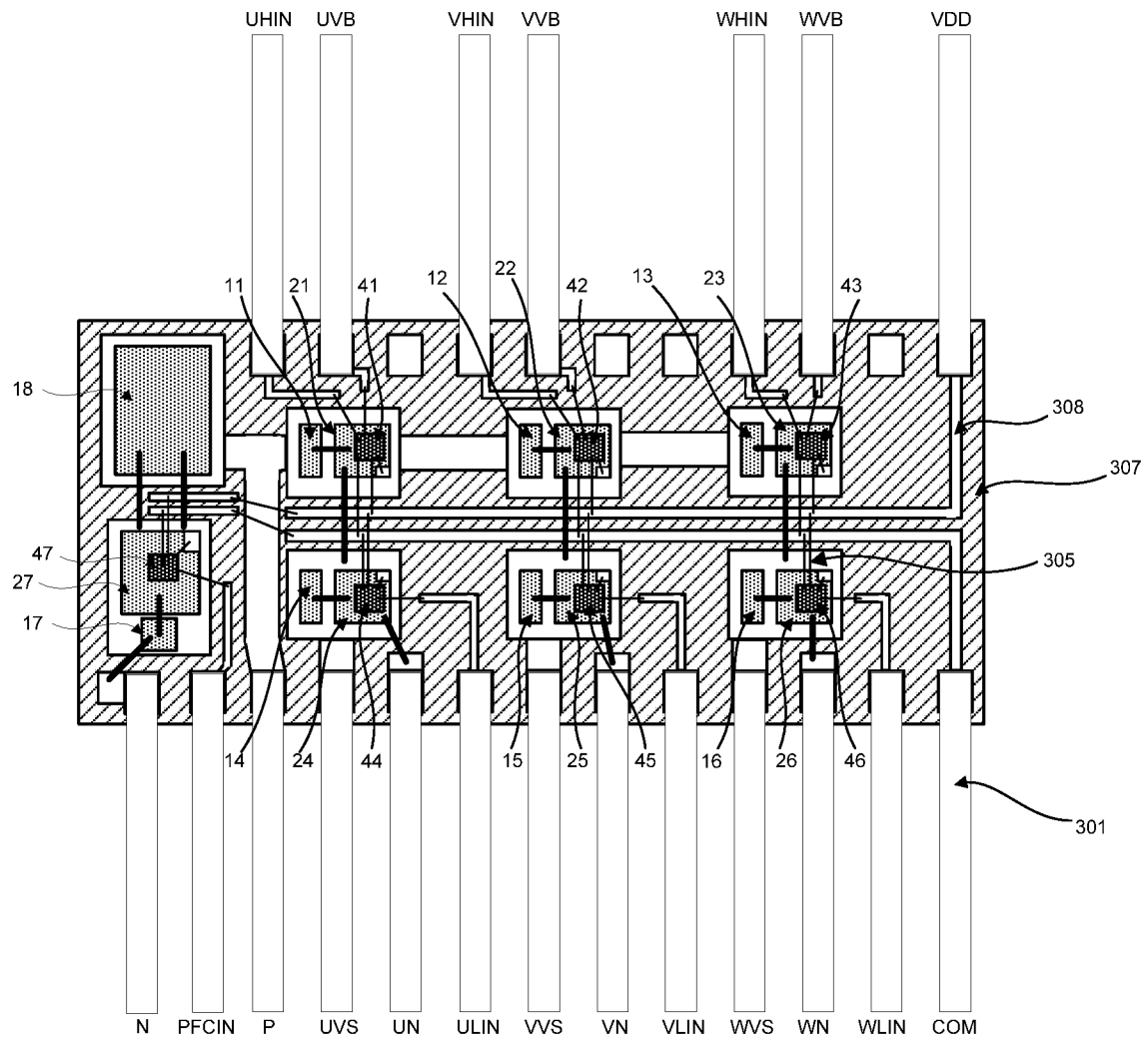


图 50 (AA)

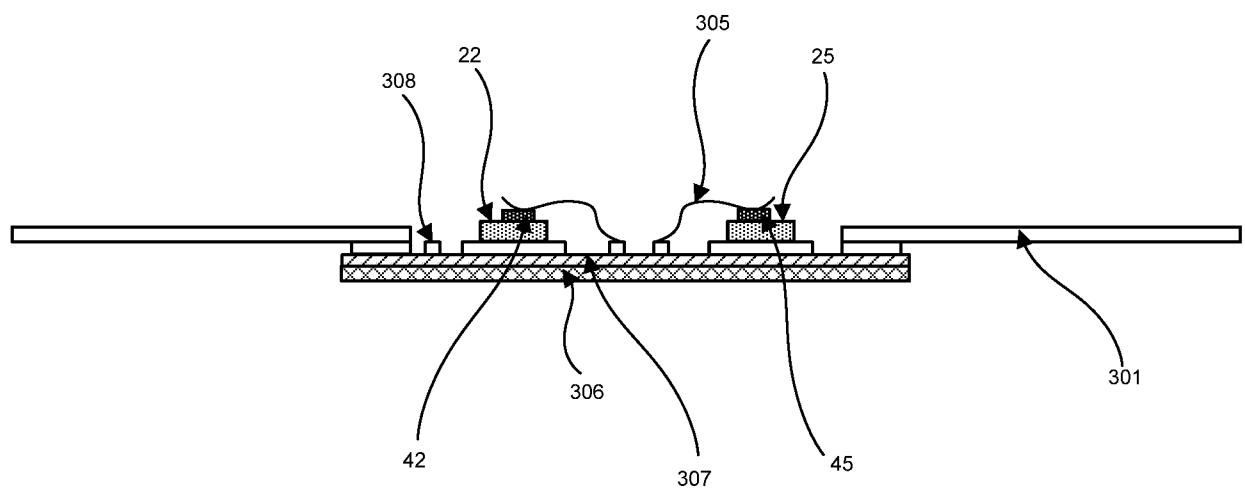


图 50 (BB)

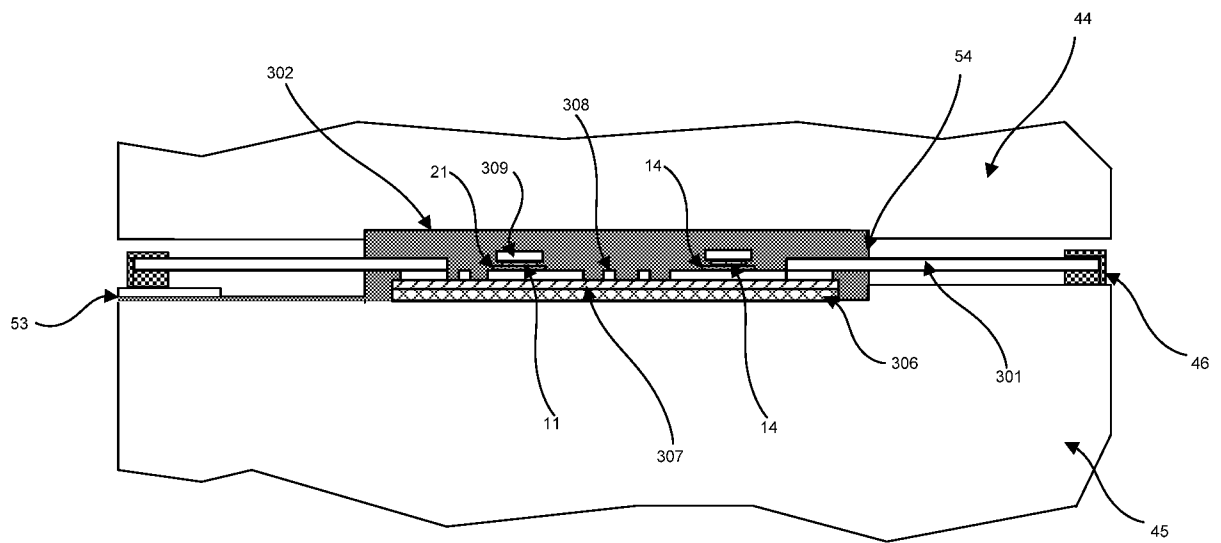


图 51

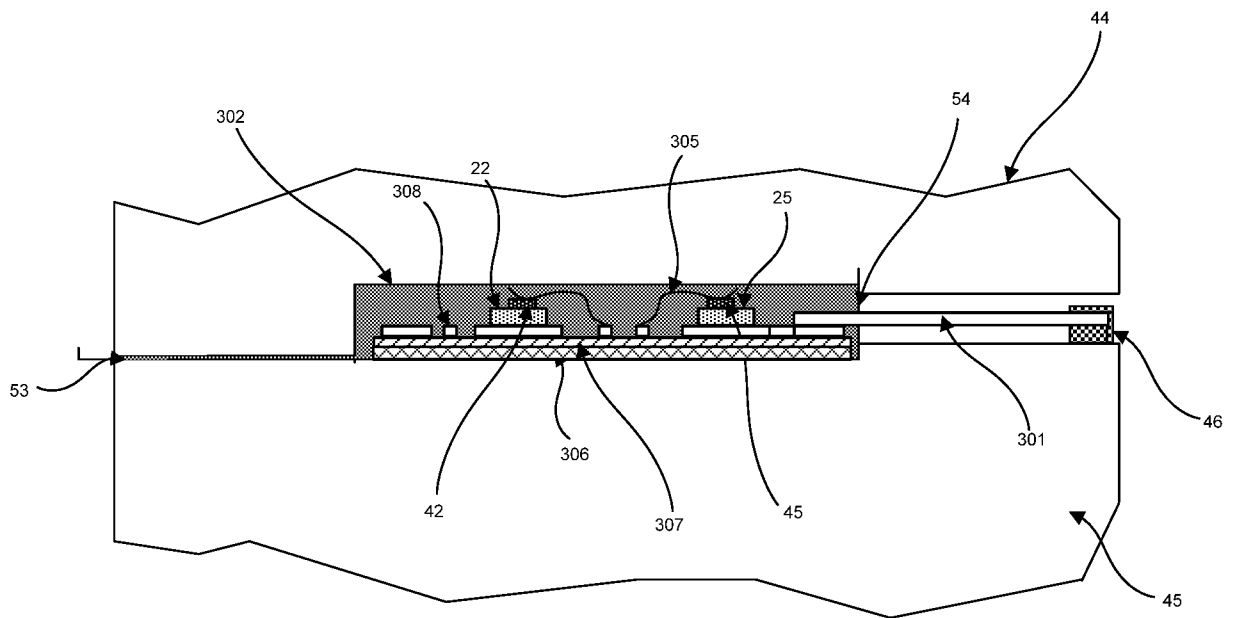


图 51 (A)

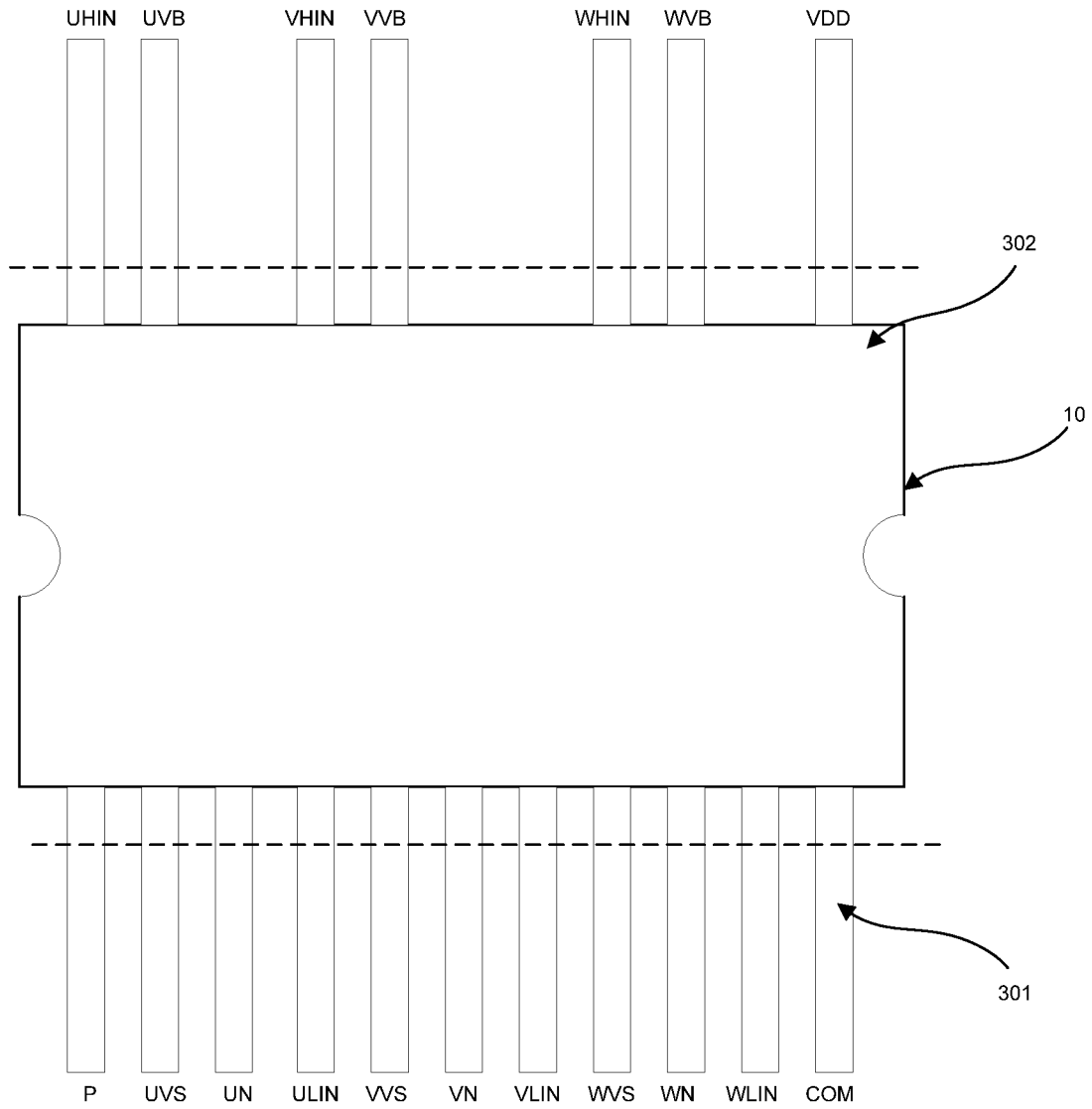


图 52 (A)

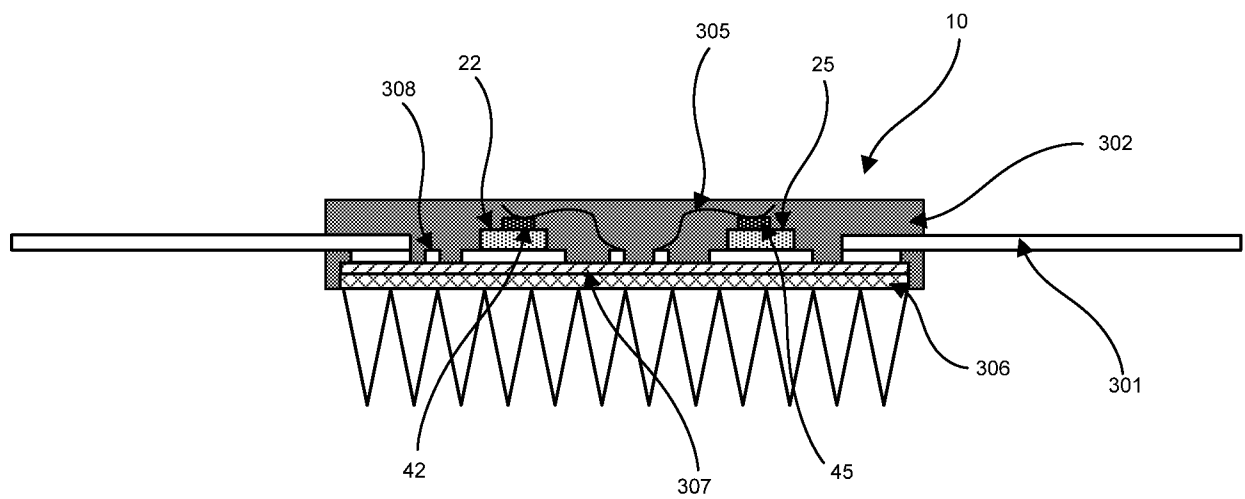


图 52 (B)

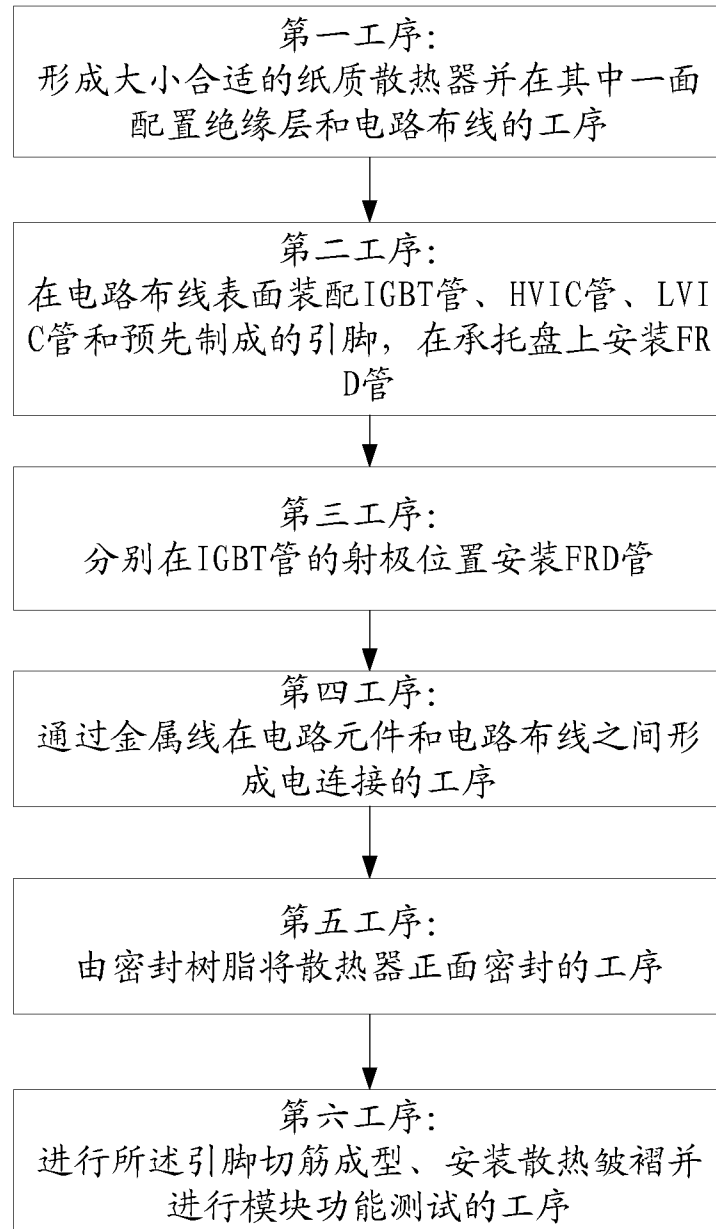


图 53

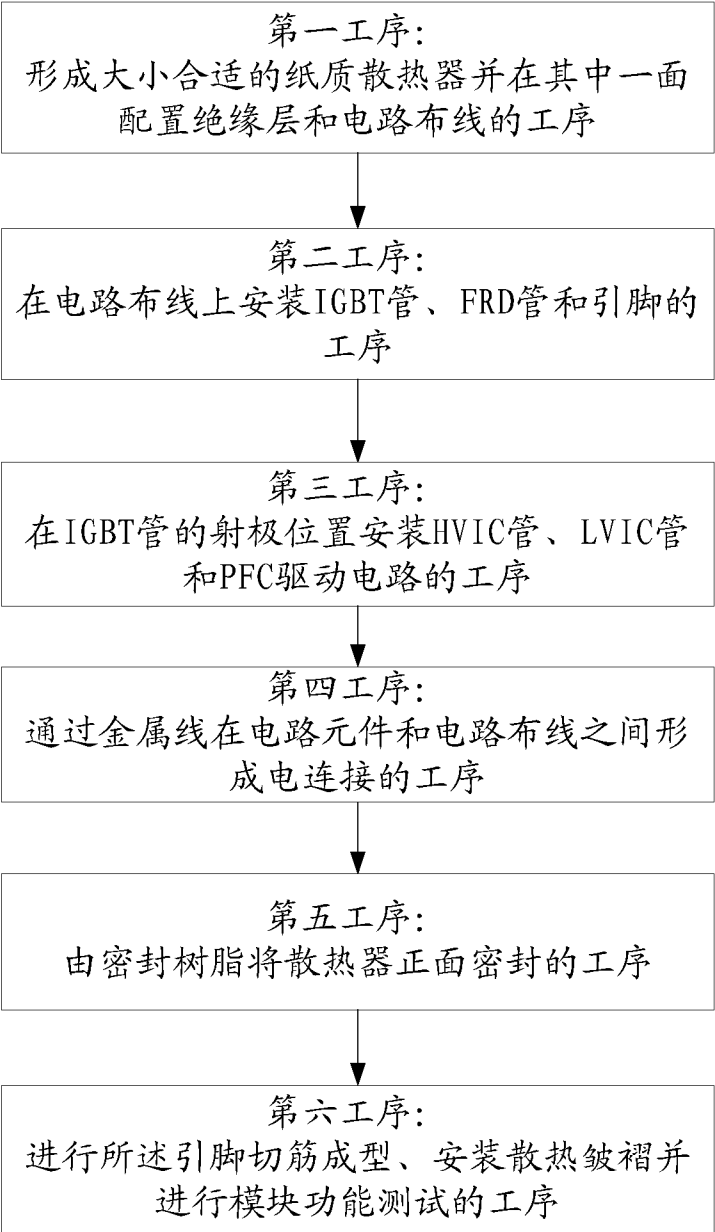


图 53 (A)

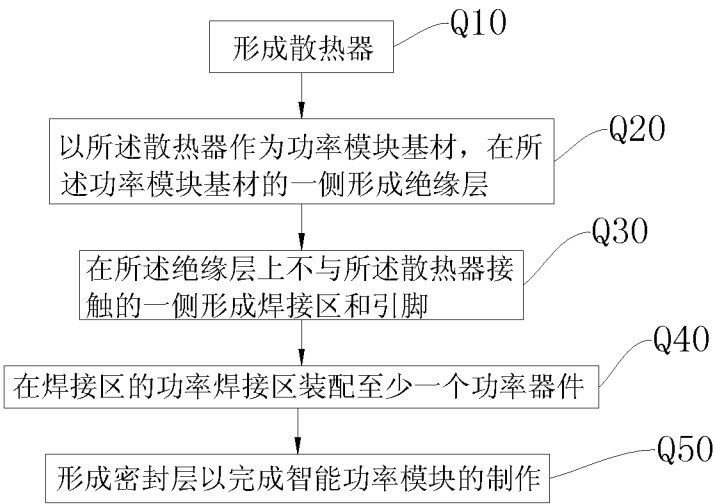


图 54

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2016/077143**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 23/36 (2006.01) i; H02M 7/5387 (2007.01) n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNXTX; CNABS; DWPI; SIPOABS: insulation, carbon, MIDEA, pin, bridge arm, power module, sink+, cool+, radiat+, fin, wrinkle, paper, seal+, lead, IPM, FRD

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | CN 104112740 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD.), 22 October 2014 (22.10.2014), description, paragraphs [0052]-[0107], and figures 3A-9  | 25, 27                |
| Y         | CN 104112740 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD.), 22 October 2014 (22.10.2014), description, paragraphs [0052]-[0107], and figures 3A-9  | 1-24, 26              |
| Y         | US 2012001349 A1 (HARADA et al.), 05 January 2012 (05.01.2012), description, paragraphs [0019]-[0049], and figure 4                                           | 1-24                  |
| Y         | CN 102484103 A (AWA PAPER MFG CO., LTD.), 30 May 2012 (30.05.2012), description, paragraphs [0110]-[0133], and figure 3                                       | 2-24, 26              |
| Y         | CN 104112719 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD.), 22 October 2014 (22.10.2014), description, paragraphs [0049]-[0062], and figures 2A-2C | 11-24                 |
| A         | CN 102047414 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION), 04 May 2011 (04.05.2011), the whole document                                                                | 1-27                  |
| A         | JP 11126870 A (NIPPONDENSO CO., LTD. et al.), 11 May 1999 (11.05.1999), the whole document                                                                    | 1-27                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                                              |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                                                                     |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search<br>20 June 2016 (20.06.2016)                                                                                                                             | Date of mailing of the international search report<br><b>29 June 2016 (29.06.2016)</b> |
| Name and mailing address of the ISA/CN:<br>State Intellectual Property Office of the P. R. China<br>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao<br>Haidian District, Beijing 100088, China<br>Facsimile No.: (86-10) 62019451 | Authorized officer<br><b>CHE, Xiaolu</b><br>Telephone No.: (86-10) <b>62089965</b>     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/077143

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                              | Relevant to claim No.        |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| A         | JP 2012169529 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.), 06 September 2012 (06.09.2012), the whole document                                | 1-27                         |
| PX        | CN 204559407 U (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 12 August 2015 (12.08.2015), the whole document   | 1-4, 7-9, 17, 18, 20, 22-26  |
| PX        | CN 104767396 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 08 July 2015 (08.07.2015), the whole document     | 1-4, 7-9, 17, 18, 20, 22-26  |
| PX        | CN 204558448 U (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 12 August 2015 (12.08.2015), the whole document   | 1-5, 7-10, 17, 18, 20, 22-26 |
| PX        | CN 104795388 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 22 July 2015 (22.07.2015), the whole document     | 1-3, 7-9, 17, 18, 20, 22-26  |
| PX        | CN 105047623 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 11 November 2015 (11.11.2015), the whole document | 1-4, 6-9, 17-20, 22-26       |
| PX        | CN 204596778 U (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 26 August 2015 (26.08.2015), the whole document   | 1-4, 6-9, 17-20, 22-26       |
| PX        | CN 104795974 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 22 July 2015 (22.07.2015), the whole document     | 1-3, 7-9, 17, 18, 20, 22-26  |
| PX        | CN 104779174 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 15 July 2015 (15.07.2015), the whole document     | 1-5, 7-10, 17, 18, 20, 22-27 |
| PX        | CN 104767417 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 08 July 2015 (08.07.2015), the whole document     | 1-4' 7-9' 18-20, 22-26       |
| PX        | CN 104835794 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 12 August 2015 (12.08.2015), the whole document   | 1-4, 6-9, 11, 17-26          |
| PX        | CN 104766842 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 08 July 2015 (08.07.2015), the whole document     | 1-4, 6-9, 17, 20, 22-26      |
| PX        | CN 104752373 A (GUANGDONG MIDEA AIR-CONDITIONING EQUIPMENT CO., LTD. et al.), 01 July 2015 (01.07.2015), the whole document     | 1-4, 7-9, 17, 18, 20, 22-26  |
| PX        |                                                                                                                                 |                              |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
**PCT/CN2016/077143**

| Patent Documents referred<br>in the Report | Publication Date  | Patent Family    | Publication Date  |
|--------------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| CN 104112740 A                             | 22 October 2014   | None             |                   |
| US 2012001349 A1                           | 05 January 2012   | JP 2012015287 A  | 19 January 2012   |
|                                            |                   | US 8629004 B2    | 14 January 2014   |
|                                            |                   | JP 5565147 B2    | 06 August 2014    |
| CN 102484103 A                             | 30 May 2012       | KR 20120055718 A | 31 May 2012       |
|                                            |                   | TW I523167 B     | 21 February 2016  |
|                                            |                   | KR 101437242 B1  | 03 September 2014 |
|                                            |                   | CN 102484103 B   | 18 March 2015     |
|                                            |                   | WO 2011025020 A1 | 03 March 2011     |
|                                            |                   | TW 201128743 A   | 16 August 2011    |
| CN 104112719 A                             | 22 October 2014   | None             |                   |
| CN 102047414 A                             | 04 May 2011       | WO 2009150995 A1 | 17 December 2009  |
|                                            |                   | KR 20100134766 A | 23 December 2010  |
|                                            |                   | US 2011031612 A1 | 10 February 2011  |
|                                            |                   | EP 2293328 A4    | 11 June 2014      |
|                                            |                   | TW I404177 B     | 01 August 2013    |
|                                            |                   | TW 201003862 A   | 16 January 2010   |
|                                            |                   | EP 2293328 A1    | 09 March 2011     |
|                                            |                   | JP 5566289 B2    | 06 August 2014    |
|                                            |                   | CN 102047414 B   | 29 May 2013       |
|                                            |                   | US 8659147 B2    | 25 February 2014  |
|                                            |                   | KR 101186781 B1  | 27 September 2012 |
| JP 11126870 A                              | 11 May 1999       | JP H11126870 A   | 11 May 1999       |
| JP 2012169529 A                            | 06 September 2012 | None             |                   |
| CN 204559407 U                             | 12 August 2015    | None             |                   |
| CN 104767396 A                             | 08 July 2015      | None             |                   |
| CN 204558448 U                             | 12 August 2015    | None             |                   |
| CN 104795388 A                             | 22 July 2015      | None             |                   |
| CN 105047623 A                             | 11 November 2015  | None             |                   |
| CN 204596778 U                             | 26 August 2015    | None             |                   |
| CN 104795974 A                             | 22 July 2015      | None             |                   |
| CN 104779174 A                             | 15 July 2015      | None             |                   |
| CN 104767417 A                             | 08 July 2015      | None             |                   |
| CN 104835794 A                             | 12 August 2015    | None             |                   |
| CN 104766842 A                             | 08 July 2015      | None             |                   |
| CN 104752373 A                             | 01 July 2015      | None             |                   |

| <b>A. 主题的分类</b><br>H01L 23/36(2006.01)i; H02M 7/5387(2007.01)n<br><br>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                             |                                             |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|-------------------|---------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|-------------------------------------------------------------------------------------|------|---|------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|--------------------------------------------------------------|------|---|-------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>B. 检索领域</b><br>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)<br>H01L<br><br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br><br>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))<br>CNTXT;CNABS;DWPI;SIPOABS:功率模块, 散热器, 绝缘, 纸, 碳素, 褶皱, 美的, 密封, 引脚, 桥臂, power module, sink+, cool+, radiat+, fin, wrinkle, paper, seal+, lead, IPM, FRD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                             |                                             |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| <b>C. 相关文件</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 104112740 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22)<br/>说明书第[0052]-[0107]段, 附图3A-9</td> <td>25, 27</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104112740 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22)<br/>说明书第[0052]-[0107]段, 附图3A-9</td> <td>1-24, 26</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2012001349 A1 (HARADA 等) 2012年 1月 5日 (2012 - 01 - 05)<br/>说明书第[0019]-[0049]段, 附图4</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102484103 A (阿波制纸株式会社) 2012年 5月 30日 (2012 - 05 - 30)<br/>说明书第[0110]-[0133]段, 附图3</td> <td>2-24, 26</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104112719 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22)<br/>说明书第[0049]-[0062]段, 附图2A-2C</td> <td>11-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102047414 A (三菱电机株式会社) 2011年 5月 4日 (2011 - 05 - 04)<br/>全文</td> <td>1-27</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 11126870 A (NIPPONDENSO CO LTD等) 1999年 5月 11日 (1999 - 05 - 11)<br/>全文</td> <td>1-27</td> </tr> </tbody> </table> |                                                                                             |                                             | 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落 | 相关的权利要求 | X | CN 104112740 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22)<br>说明书第[0052]-[0107]段, 附图3A-9 | 25, 27 | Y | CN 104112740 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22)<br>说明书第[0052]-[0107]段, 附图3A-9 | 1-24, 26 | Y | US 2012001349 A1 (HARADA 等) 2012年 1月 5日 (2012 - 01 - 05)<br>说明书第[0019]-[0049]段, 附图4 | 1-24 | Y | CN 102484103 A (阿波制纸株式会社) 2012年 5月 30日 (2012 - 05 - 30)<br>说明书第[0110]-[0133]段, 附图3 | 2-24, 26 | Y | CN 104112719 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22)<br>说明书第[0049]-[0062]段, 附图2A-2C | 11-24 | A | CN 102047414 A (三菱电机株式会社) 2011年 5月 4日 (2011 - 05 - 04)<br>全文 | 1-27 | A | JP 11126870 A (NIPPONDENSO CO LTD等) 1999年 5月 11日 (1999 - 05 - 11)<br>全文 | 1-27 |
| 类 型*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                           | 相关的权利要求                                     |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CN 104112740 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22)<br>说明书第[0052]-[0107]段, 附图3A-9  | 25, 27                                      |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CN 104112740 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22)<br>说明书第[0052]-[0107]段, 附图3A-9  | 1-24, 26                                    |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | US 2012001349 A1 (HARADA 等) 2012年 1月 5日 (2012 - 01 - 05)<br>说明书第[0019]-[0049]段, 附图4         | 1-24                                        |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CN 102484103 A (阿波制纸株式会社) 2012年 5月 30日 (2012 - 05 - 30)<br>说明书第[0110]-[0133]段, 附图3          | 2-24, 26                                    |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CN 104112719 A (广东美的制冷设备有限公司) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22)<br>说明书第[0049]-[0062]段, 附图2A-2C | 11-24                                       |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CN 102047414 A (三菱电机株式会社) 2011年 5月 4日 (2011 - 05 - 04)<br>全文                                | 1-27                                        |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | JP 11126870 A (NIPPONDENSO CO LTD等) 1999年 5月 11日 (1999 - 05 - 11)<br>全文                     | 1-27                                        |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                             |                                             |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| * 引用文件的具体类型:<br>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)<br>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件<br>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件<br>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性<br>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性<br>“&” 同族专利的文件                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                             |                                             |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| 国际检索实际完成的日期<br><br>2016年 6月 20日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                             | 国际检索报告邮寄日期<br><br>2016年 6月 29日              |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br><br>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088<br>传真号 (86-10)62019451                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                             | 授权官员<br><br>车晓璐<br><br>电话号码 (86-10)62089965 |      |                   |         |   |                                                                                            |        |   |                                                                                            |          |   |                                                                                     |      |   |                                                                                    |          |   |                                                                                             |       |   |                                                              |      |   |                                                                         |      |

| C. 相关文件 |                                                                              |                                 |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 类 型*    | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                            | 相关的权利要求                         |
| A       | JP 2012169529 A (STANLEY ELECTRIC CO LTD) 2012年 9月 6日 (2012 - 09 - 06)<br>全文 | 1-27                            |
| PX      | CN 204559407 U (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 8月 12日 (2015 - 08 - 12)<br>全文          | 1-4, 7-9, 17,<br>18, 20, 22-26  |
| PX      | CN 104767396 A (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 7月 8日 (2015 - 07 - 08)<br>全文           | 1-4, 7-9, 17,<br>18, 20, 22-26  |
| PX      | CN 204558448 U (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 8月 12日 (2015 - 08 - 12)<br>全文          | 1-5, 7-10, 17,<br>18, 20, 22-26 |
| PX      | CN 104795388 A (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 7月 22日 (2015 - 07 - 22)<br>全文          | 1-3, 7-9, 17,<br>18, 20, 22-26  |
| PX      | CN 105047623 A (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 11月 11日 (2015 - 11 - 11)<br>全文         | 1-4, 6-9,<br>17-20, 22-26       |
| PX      | CN 204596778 U (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 8月 26日 (2015 - 08 - 26)<br>全文          | 1-4, 6-9,<br>17-20, 22-26       |
| PX      | CN 104795974 A (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 7月 22日 (2015 - 07 - 22)<br>全文          | 1-3, 7-9, 17,<br>18, 20, 22-26  |
| PX      | CN 104779174 A (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 7月 15日 (2015 - 07 - 15)<br>全文          | 1-5, 7-10, 17,<br>18, 20, 22-27 |
| PX      | CN 104767417 A (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 7月 8日 (2015 - 07 - 08)<br>全文           | 1-4, 7-9,<br>18-20, 22-26       |
| PX      | CN 104835794 A (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 8月 12日 (2015 - 08 - 12)<br>全文          | 1-4, 6-9, 11, 17-26             |
| PX      | CN 104766842 A (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 7月 8日 (2015 - 07 - 08)<br>全文           | 1-4, 6-9,<br>17, 20, 22-26      |
| PX      | CN 104752373 A (广东美的制冷设备有限公司 等) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01)<br>全文           | 1-4, 7-9, 17,<br>18, 20, 22-26  |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/077143

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |             |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|-------------|----|----------------|
| CN          | 104112740  | A  | 2014年 10月 22日  | 无    |             |    |                |
| US          | 2012001349 | A1 | 2012年 1月 5日    | JP   | 2012015287  | A  | 2012年 1月 19日   |
|             |            |    |                | US   | 8629004     | B2 | 2014年 1月 14日   |
|             |            |    |                | JP   | 5565147     | B2 | 2014年 8月 6日    |
| CN          | 102484103  | A  | 2012年 5月 30日   | KR   | 20120055718 | A  | 2012年 5月 31日   |
|             |            |    |                | TW   | 1523167     | B  | 2016年 2月 21日   |
|             |            |    |                | KR   | 101437242   | B1 | 2014年 9月 3日    |
|             |            |    |                | CN   | 102484103   | B  | 2015年 3月 18日   |
|             |            |    |                | WO   | 2011025020  | A1 | 2011年 3月 3日    |
|             |            |    |                | TW   | 201128743   | A  | 2011年 8月 16日   |
| CN          | 104112719  | A  | 2014年 10月 22日  | 无    |             |    |                |
| CN          | 102047414  | A  | 2011年 5月 4日    | WO   | 2009150995  | A1 | 2009年 12月 17日  |
|             |            |    |                | KR   | 20100134766 | A  | 2010年 12月 23日  |
|             |            |    |                | US   | 2011031612  | A1 | 2011年 2月 10日   |
|             |            |    |                | EP   | 2293328     | A4 | 2014年 6月 11日   |
|             |            |    |                | TW   | 1404177     | B  | 2013年 8月 1日    |
|             |            |    |                | TW   | 201003862   | A  | 2010年 1月 16日   |
|             |            |    |                | EP   | 2293328     | A1 | 2011年 3月 9日    |
|             |            |    |                | JP   | 5566289     | B2 | 2014年 8月 6日    |
|             |            |    |                | CN   | 102047414   | B  | 2013年 5月 29日   |
|             |            |    |                | US   | 8659147     | B2 | 2014年 2月 25日   |
|             |            |    |                | KR   | 101186781   | B1 | 2012年 9月 27日   |
| JP          | 11126870   | A  | 1999年 5月 11日   | JP   | H11126870   | A  | 1999年 5月 11日   |
| JP          | 2012169529 | A  | 2012年 9月 6日    | 无    |             |    |                |
| CN          | 204559407  | U  | 2015年 8月 12日   | 无    |             |    |                |
| CN          | 104767396  | A  | 2015年 7月 8日    | 无    |             |    |                |
| CN          | 204558448  | U  | 2015年 8月 12日   | 无    |             |    |                |
| CN          | 104795388  | A  | 2015年 7月 22日   | 无    |             |    |                |
| CN          | 105047623  | A  | 2015年 11月 11日  | 无    |             |    |                |
| CN          | 204596778  | U  | 2015年 8月 26日   | 无    |             |    |                |
| CN          | 104795974  | A  | 2015年 7月 22日   | 无    |             |    |                |
| CN          | 104779174  | A  | 2015年 7月 15日   | 无    |             |    |                |
| CN          | 104767417  | A  | 2015年 7月 8日    | 无    |             |    |                |
| CN          | 104835794  | A  | 2015年 8月 12日   | 无    |             |    |                |
| CN          | 104766842  | A  | 2015年 7月 8日    | 无    |             |    |                |
| CN          | 104752373  | A  | 2015年 7月 1日    | 无    |             |    |                |

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)