



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105322484 B

(45)授权公告日 2017.04.26

(21)申请号 201510901727.1

审查员 侯波

(22)申请日 2015.12.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105322484 A

(43)申请公布日 2016.02.10

(73)专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72)发明人 张明 王栋煜 戴岳

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 廖盈春

(51)Int.Cl.

H02G 5/00(2006.01)

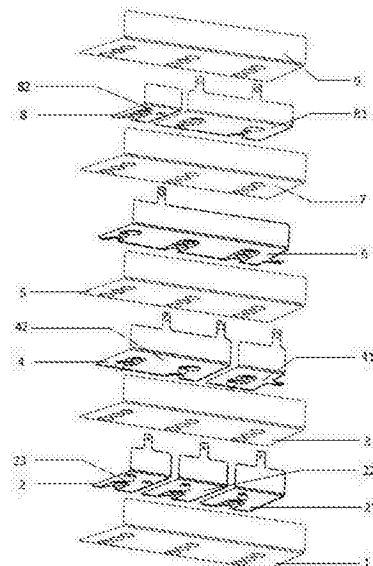
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

## (54)发明名称

一种应用于高压固态电力电子开关的叠层母排

## (57)摘要

本发明公开了一种叠层母排,其由9层子排组成,通过将第一绝缘子排(1)、第二连接子排(2)、第二绝缘子排(3)、正子排(4)、第三绝缘子排(5)、负子排(6)、第四绝缘子排(7)、第一连接子排(8)、第五绝缘子排(9)按从下至上的叠放次序,将各子排中各组绝缘开孔对正,而后经压合固定成一体。本发明实例还提供了相应的高压固态电力电子开关结构。本发明结构紧凑,空间利用率高,采用导体片代替导线并使用相叠连接,极大的减少了线路寄生电感,平行导体片连接半导体开关器件的不同电极,额外形成了极间缓冲电容,可简化缓冲电路,通过添加子排的导体片数目,可提高叠层母排连接半导体器件的数目,扩大应用范围。



1. 一种应用于高压固态电力电子开关的叠层母排,包括第一绝缘子排(1)、第二连接子排(2)、第二绝缘子排(3)、正子排(4)、第三绝缘子排(5)、负子排(6)、第四绝缘子排(7)、第一连接子排(8)、第五绝缘子排(9),其中:

所述第一绝缘子排(1),第二绝缘子排(3),第三绝缘子排(5),第四绝缘子排(7)和第五绝缘子排(9)由绝缘材料制成,均为L型,包括一个水平面和一个垂直面;在各子排水平面上均设有三组绝缘开孔,每组开孔由三个绝缘开孔组成,用于外接半导体开关器件;所述绝缘开孔填充绝缘垫,保证各极之间绝缘性能及方便半导体器件连接,所有子排上的绝缘开孔尺寸相同;

所述第二连接子排(2)包括第一导体片组,其包括三块互不连接的导体片(21、22、23),每块导体片呈L型,包括一个水平面和一个垂直面,三块导体片的水平面和垂直面均共面;垂直面至少包括一个接线端子;所述三块导体片水平面上方均设有1个导电螺柱,用于连接该导体片对应的半导体开关器件的E1/C2极,垂直面接线端子用于连接外接的缓冲电路与均压电路;

所述正子排(4)包括互不相连的第二导体片(41)、第三导体片(42),每块导体片呈L型,包括一个水平面和一个垂直面,第二导体片(41)、第三导体片(42)的水平面和垂直面均共面;垂直面至少包括一个接线端子;所述第二导体片(41)水平面还包括1个接线端子,用于连接电源正极,水平面上方设有1个导电螺柱,用于连接该导体片对应的半导体开关器件的C1极,垂直面接线端子用于连接外接的缓冲电路与均压电路;所述第三导体片(42)水平面上方设有包括2个导电螺柱,右侧螺柱用于连接该第三导体片(42)对应的半导体开关器件的E2极,左侧螺柱用于连接该导体片对应的半导体开关器件的C1极,垂直面接线端子用于连接外接的缓冲电路与均压电路;

所述负子排(6)包括第四导体片,该导体片呈L型,包括一个水平面和一个垂直面,水平面设有三组绝缘开孔,每组开孔由三个绝缘开孔组成,开孔尺寸和布局和第一绝缘子排(1)相同;水平面包括一个导电螺柱和一个接线端子;所述导电螺柱用于连接第四导体片对应的半导体开关器件的E2极,所述接线端子用于连接电源负极;垂直面包括一个接线端子,用于连接外接的缓冲电路与均压电路;

所述第一连接子排(8)包括互不相连的第五导体片(81)、第六导体片(82),每块导体片呈L型,包括一个水平面和一个垂直面,第五导体片(81)、第六导体片(82)的水平面和垂直面均共面;所述第五导体片(81)水平面上方设有2个导电螺柱,右侧螺柱用于连接该第五导体片(81)对应的半导体开关器件的E2极,左侧导电螺柱用于连接该第五导体片(81)对应的半导体开关器件的C1极,垂直面接线端子用于连接外接的缓冲电路与均压电路;所述第六导体片(82)水平面上方设有1个导电螺柱,所述导电螺柱用于连该半导体器件导体片对应的半导体开关器件的E2极;

所述正子排(4),负子排(6),第一连接子排(8),第二连接子排(2)在对应于第一绝缘子排(1)各个绝缘开孔同轴圆心处,除各个导体片所连接半导体开关器件相应位置设有导电螺柱外,均设有绝缘开孔,所述导电螺柱用于固定连接半导体开关器件电极,所有导电螺柱尺寸相同,直径小于所述绝缘开孔,其内径大小能容纳半导体开关器件引脚;

以上各子排按从下至上,以第一绝缘子排(1)、第二连接子排(2)、第二绝缘子排(3)、正子排(4)、第三绝缘子排(5)、负子排(6)、第四绝缘子排(7)、第一连接子排(8)、第五绝缘子

排(9)的顺序叠放,各子排中各组绝缘开孔对正,压合固定成一体,形成叠层母排。

2.根据权利要求1所述的高压固态电力电子开关的叠层母排,其特征在于,第三导体片(42)和第五导体片(81)的尺寸与开孔对应两个半导体开关器件的尺寸与安装管脚;第二导体片(41)、第六导体片(82)和第一导体片组的三个导体片(21、22、23)的尺寸与开孔对应一个半导体器件的尺寸与安装管脚。

3.根据权利要求1或2所述的高压固态电力电子开关的叠层母排,其特征在于,所述的半导体开关器件包括但不限于IGBT。

## 一种应用于高压固态电力电子开关的叠层母排

### 技术领域

[0001] 本发明涉及叠层母排技术领域,更具体的,涉及一种叠层母排及高压固态电力电子开关。

### 背景技术

[0002] 固态电力电子开关是一种全部由半导体器件构成的开关装置,具有开关速度快,可控性强,寿命长的特点,同时为了应用于高电压领域,须将多个半导体器件串联使用以达到较高的电压等级,该方案效果好同时成本低,故得到了广泛的关注与应用。

[0003] 在半导体器件串联使用时,由于各个半导体器件之间的细微差异以及线路的寄生电感等影响,会导致开关过程中各器件承压不均衡,极大的影响了开关的使用寿命和工作效率,甚至会造成器件击穿损坏。保证半导体器件在开关过程中的电压分布均衡是实现高压固态电力电子开关的关键。

[0004] 对此现有技术有多种解决方法:一种是在驱动端采用反馈控制实现器件电压动态调整,另一种是在功率端并联动态缓冲电路、静态均压电路。前者主要采用无源器件构成高速反馈网络在每次开关暂态过程中调整驱动信号的幅值或时序,控制精度高,效果好,但电路结构复杂,随着器件串联数目增多,控制复杂度也大幅提升。后者主要通过缓冲电路来吸收线路中存在的电感能量以避免过电压,通过静态均压电路来减缓半导体器件因漏电流不同而导致的静态电压不均衡问题,结构简单,即使器件串联数目增多,也不会提升控制复杂度。当前高压固态开关领域内均通过两种方案的结合解决串联半导体电压不均衡问题。

[0005] 在对现有技术的研究和实践中,本发明的发明人发现:由于串联半导体数目较多,再加上与其并联的动态缓冲电路及静态均压电路,会导致电路中连接线路过多过长,增加了线路电感,造成开关暂态峰值电压升高;增加了开关组装、测试、维修的难度;增大了装置体积,降低了开关的功率密度。

### 发明内容

[0006] 针对上述技术问题,本发明提供了一种应用于高压固态开关的叠层母排。叠层母排是一种多层复合结构连接排,包括至少两层导体层,所述导体层包括铜条,至少一个输入端和输出端,外部电流经输入端进入,经导体片后连接到半导体器件的不同电极,经半导体器件处理后,再由输出端输出,可应用于大功率电力电子装置中。

[0007] 本发明可通过垂直地面放置叠层母排调节各串联器件的对地分布电容,通过叠层母排降低了开关的配线难度,同时极大的减少了线路电感,有效抑制器件的关断过电压,简化了动态缓冲电路及静态均压电路线路,采用平行导体片连接半导体器件的不同电极,额外形成了极间缓冲电容,降低了缓冲电路中电容的容值要求,在降低成本的同时使开关结构更加紧凑,后期使用、维护更加简单;本发明提供了3个半导体开关器件串联所用的最小叠层母排,通过添加各子排导体片的数目,可应用于串联更多半导体器件,扩大应用范围。

[0008] 本发明提供了一种高压固态电力电子开关叠层母排,包括第一绝缘子排(1)、第二

连接子排(2)、第二绝缘子排(3)、正子排(4)、第三绝缘子排(5)、负子排(6)、第四绝缘子排(7)、第一连接子排(8)、第五绝缘子排(9),其中:

[0009] 所述第一绝缘子排(1),第二绝缘子排(3),第三绝缘子排(5),第四绝缘子排(7)和第五绝缘子排(9)由绝缘材料制成,均为L型,包括一个水平面和一个垂直面;在各子排水平面上均设有三组绝缘开孔,每组开孔由三个绝缘开孔组成,用于外接半导体开关器件;所述绝缘开孔填充绝缘垫,保证各极之间绝缘性能及方便半导体器件连接,所有子排上的绝缘开孔尺寸相同;

[0010] 所述第二连接子排(2)包括第一导体片组,其包括三块互不连接的导体片(21、22、23),每块导体片呈L型,包括一个水平面和一个垂直面,三块导体片的水平面和垂直面均共面;垂直面至少包括一个接线端子;所述三块导体片水平面上方均设有1个导电螺柱,用于连接该导体片对应的半导体开关器件的E1/C2极,垂直面接线端子用于连接外接的缓冲电路与均压电路;

[0011] 所述正子排(4)包括互不相连的第二导体片(41)、第三导体片(42),每块导体片呈L型,包括一个水平面和一个垂直面,两个导体片(41)、(42)的水平面和垂直面均共面;垂直面至少包括一个接线端子;所述导体片(41)水平面还包括1个接线端子,用于连接电源正极,水平面上方设有1个导电螺柱,用于连接该导体片对应的半导体开关器件的C1极,垂直面接线端子用于连接外接的缓冲电路与均压电路;所述导体片(42)水平面上方设有包括2个导电螺柱,右侧螺柱用于连接该导体片对应的半导体开关器件的E2极,左侧螺柱用于连接该导体片对应的半导体开关器件的C1极,垂直面接线端子用于连接外接的缓冲电路与均压电路;

[0012] 所述负子排(6)包括第四导体片,该导体片呈L型,包括一个水平面和一个垂直面,水平面包括一个导电螺柱和一个接线端子;所述导电螺柱用于连接该导体片对应的半导体开关器件的E2极,所述接线端子用于连接电源负极;垂直面包括一个接线端子,用于连接外接的缓冲电路与均压电路;

[0013] 所述第一连接子排(8)包括互不相连的第五导体片(81)、第六导体片(82),每块导体片呈L型,包括一个水平面和一个垂直面,两个导体片(81)、(82)的水平面和垂直面均共面;所述导体片(81)水平面上方设有2个导电螺柱,右侧螺柱用于连接该导体片对应的半导体开关器件的E2极,左侧导电螺柱用于连接该导体片对应的半导体开关器件的C1极,垂直面接线端子用于连接外接的缓冲电路与均压电路;所述导体片(82)水平面上方设有1个导电螺柱,所述导电螺柱用于连该半导体器件导体片对应的半导体开关器件的E2极;

[0014] 所述正子排(4),负子排(6),第一连接子排(8),第二连接子排(2)在对应于第一绝缘子排(1)各个绝缘开孔同轴圆心处,除各个导体片所连接半导体开关器件相应位置设有导电螺柱外,均设有绝缘开孔,所述导电螺柱用于固定连接半导体开关器件电极,所有导电螺柱尺寸相同,直径小于所述绝缘开孔,其内径大小能容纳半导体开关器件引脚;

[0015] 以上各子排按从下至上,以第一绝缘子排(1)、第二连接子排(2)、第二绝缘子排(3)、正子排(4)、第三绝缘子排(5)、负子排(6)、第四绝缘子排(7)、第一连接子排(8)、第五绝缘子排(9)的顺序叠放,各子排中各组绝缘开孔对正,压合固定成一体,形成叠层母排。

[0016] 使用时,在所述叠层母排的导电螺柱部位,装上对应的半导体开关器件,正子排(4)水平面接线端子接电源正极,负子排(6)水平面接线端子接电源负极。根据实际需要,第

二连接子排(2)、第一连接子排(8)、正子排(4)、负子排(6)的垂直面接线端子连接外部的缓冲电路与均压电路,可进一步提升应用该叠层母排的高压固态开关的性能。

[0017] 本发明提出的高压固态电力电子开关的叠层母排,第三导体片(42)和第五导体片(81)的尺寸与开孔对应两个半导体开关器件的尺寸与安装管脚;第二导体片(41)、第六导体片(82)和第一导体片组的三个导体片(21、22、23)的尺寸与开孔对应一个半导体器件的尺寸与安装管脚。

[0018] 本发明提出的高压固态电力电子开关的叠层母排,所用的半导体开关器件包括但不限于IGBT。

[0019] 本发明各导体片尺寸和结构、各开孔及导电螺柱尺寸和位置,与外接的半导体开关器件相对应,实现了导体、绝缘体和半导体开关器件的有机结合。

[0020] 本发明通过合理安排子排数目及其包含的导体片数目与位置,大幅度减少了高压固态电力电子开关所需配线数目与长度,减缓了动态缓冲电路与静态均压电路中线路电感对开关暂态过程的影响。本发明通过合理安排4层导体子排相对位置并采用叠层放置,改善了开关回路的电流复合效果,有效降低了开关回路的杂散电感,大幅度抑制了固态电力电子开关中各串联半导体器件的关断过电压。本发明通过平行导体片连接半导体器件的不同电极,额外形成了极间缓冲电容,可进一步简化动态缓冲电路。本发明同时具备较好的拓展性,通过添加各子排中的导体片数目,可应用于3个、6个、9个及以上串联的半导体开关器件的领域。本发明在降低成本的同时,使结构更加紧凑,有利于高压固态开关的长期安全、稳定工作。

## 附图说明

[0021] 图1是本发明提出的叠层母排的分拆结构图。

[0022] 图2是本实施例提出的叠层母排的组合后示意图。

[0023] 图3是本发明的应用电路原理图。

[0024] 图4是开关导通时第二连接子排的电流流向示意图。

[0025] 图5是开关导通时正子排的电流流向示意图。

[0026] 图6是开关导通时负子排的电流流向示意图。

[0027] 图7是应用该叠层母排的6串联IGBT固态电力电子开关的三视图。

[0028] 图8是应用该叠层母排的6串联IGBT固态电力电子开关的三维图。

[0029] 图9是外接半导体开关器件的叠层母排组装示意图。

[0030] 图10是实施例所用半导体开关器件的示意图。

[0031] 图11本实施例提出的叠层母排的分拆结构图。

[0032] 图1中各标号的标注对象分别为:1-第一绝缘子排、2-第二连接子排、3-第二绝缘子排、4-正子排、5-第三绝缘子排、6-负子排、7-第四绝缘子排、8-第一连接子排、9-第五绝缘子排、41-第二导体片、42-第三导体片、81-第五导体片、82-第六导体片。

## 具体实施方式

[0033] 以下结合附图及实施实例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0034] 图1示出了串联3组半导体开关器件的高压固态电力电子开关叠层母排。进一步的,本发明实例通过添加子排的导体片数目,实现了串联6组半导体开关器件的高压固态电力电子开关叠层母排,如图2、图11所示,体现了本发明具有较好的拓展性和实用性。

[0035] 如图3所示为串联6组半导体开关器件高压固态电力电子开关的电路原理图,包括IGBT模块T1-T6,共6个IGBT模块,如图10所示;动态缓冲电容C1-C6,共6个缓冲电容;静态均压电阻Rs1-Rs12,共12个静态均压电阻。

[0036] 如图9所示为IGBT模块T1与叠层母排连接示意图,主电路电压正极与IGBT模块T1通过铜片(41)连接,主电路电压负极与IGBT模块6通过负子排(6)连接;IGBT模块T1、T2通过铜片(81)连接,IGBT模块T2、T3通过铜片(42)连接,IGBT模块T3、T4通过铜片(82)连接,IGBT模块T4、T5通过铜片(43)连接,IGBT模块T5、T6通过铜片(83)连接;缓冲电容C1通过铜片(41)、(81)的接线端子与IGBT模块T1连接,缓冲电容C2通过铜片(42)、(81)的接线端子与IGBT模块T2连接,缓冲电容C3通过铜片(42)、(82)的接线端子与IGBT模块T3连接,缓冲电容C4通过铜片(43)、(82)的接线端子与IGBT模块T4连接,缓冲电容C5通过铜片(43)、(83)的接线端子与IGBT模块T5连接,缓冲电容C6通过负子排(6)、(83)的接线端子与IGBT模块T6连接;静态均压电阻Rs1通过铜片(41)、(21)的接线端子与IGBT1连接,静态均压电阻Rs2通过铜片(81)、(21)的接线端子与IGBT2连接,静态均压电阻Rs3通过铜片(81)、(22)的接线端子与IGBT3连接,静态均压电阻Rs4通过铜片(42)、(22)的接线端子与IGBT4连接,静态均压电阻Rs5通过铜片(42)、(23)的接线端子与IGBT5连接,静态均压电阻Rs6通过铜片(82)、(23)的接线端子与IGBT6连接,静态均压电阻Rs7通过铜片(82)、(24)的接线端子与IGBT7连接,静态均压电阻Rs8通过铜片(43)、(24)的接线端子与IGBT8连接,静态均压电阻Rs9通过铜片(43)、(25)的接线端子与IGBT9连接,静态均压电阻Rs10通过铜片(83)、(25)的接线端子与IGBT10连接,静态均压电阻Rs11通过铜片(83)、(26)的接线端子与IGBT11连接,静态均压电阻Rs12通过负极(6)、(26)的接线端子与IGBT12连接,如图7、8所示为应用该叠层母排的6串联IGBT固态电力电子开关示意图。

[0037] 高压固态开关关断前,各IGBT均导通,流经电路的电流较大,存储在线路中的电感能量较大,在开关关断时,会造成瞬态电压过高,由于串联IGBT间电压分布的不均衡,更易造成开关关断延迟甚至失败。图4至6为固态开关导通时子排的电流流通路径,正子排(4)电流由正子排接线端子进入,经铜片(41)、(42)、(43)流向IGBT模块T6的C1极,第一连接子排(8)电流由IGBT模块T1的E2极进入,经铜片(81)、(82)、(83)流向IGBT模块T6的C1极,负子排(6)电流从IGBT模块T6的E2极进入,经负子排(6)流向负子排接线端子。正子排(4)、第一连接子排(8)电流流向与负子排(6)相反,变化趋势相同,并且负子排(6)位于正子排(4)、第一连接子排(8)中间,最大程度复合了电流,因此线路杂散电感得到了有效降低,大幅度减少了线路电感所储能量,有效降低了IGBT关断电压峰值。

[0038] 由于各铜片平行放置,且电位各不相同,额外形成了并联在IGBT集电极与发射极之间的缓冲电容,其容值大小为

$$[0039] \quad C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{wl}{d}$$

[0040] 其中 $\varepsilon_0$ 为真空绝对介电常数, $\varepsilon_r$ 为绝缘子排材料介电常数,w为铜片宽度,l为铜片长度,d为绝缘子排厚度。通过合理选择铜片尺寸与绝缘层材料,可进一步降低动态缓冲电

容容值甚至无需动态缓冲电路,使高压固态电力电子开关体积进一步减少,成本进一步降低。

[0041] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



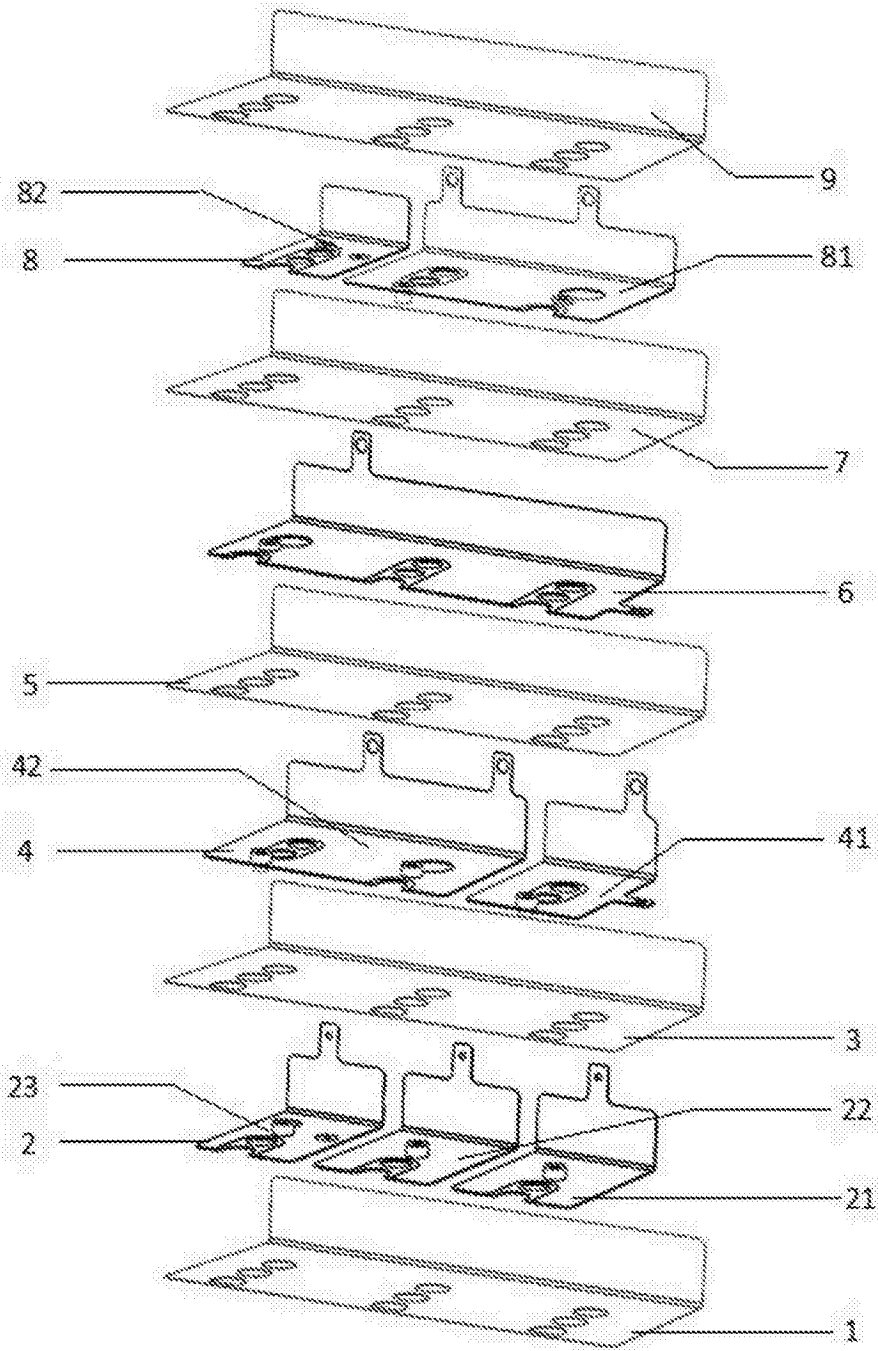


图1

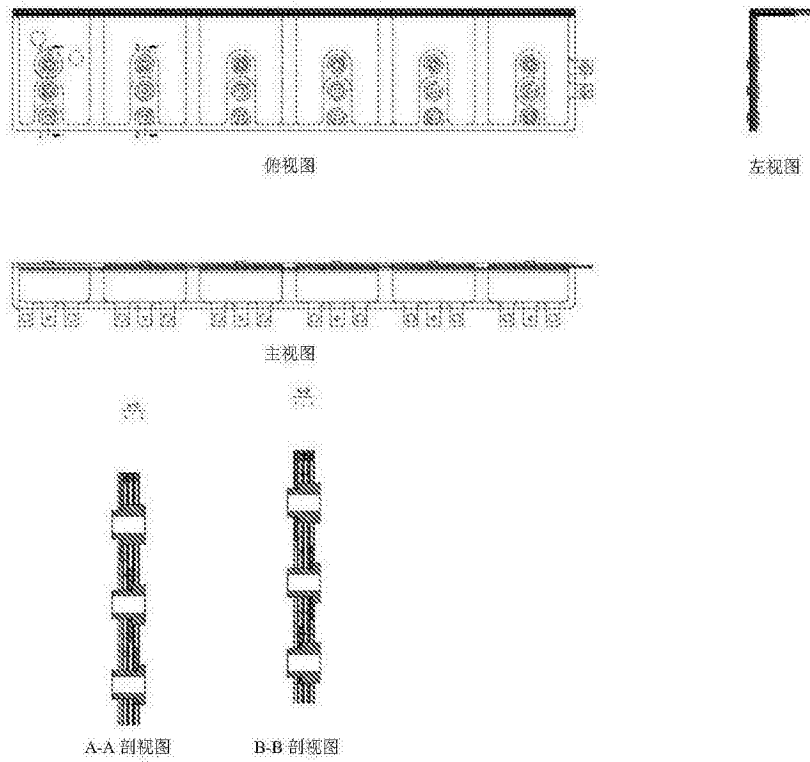


图2

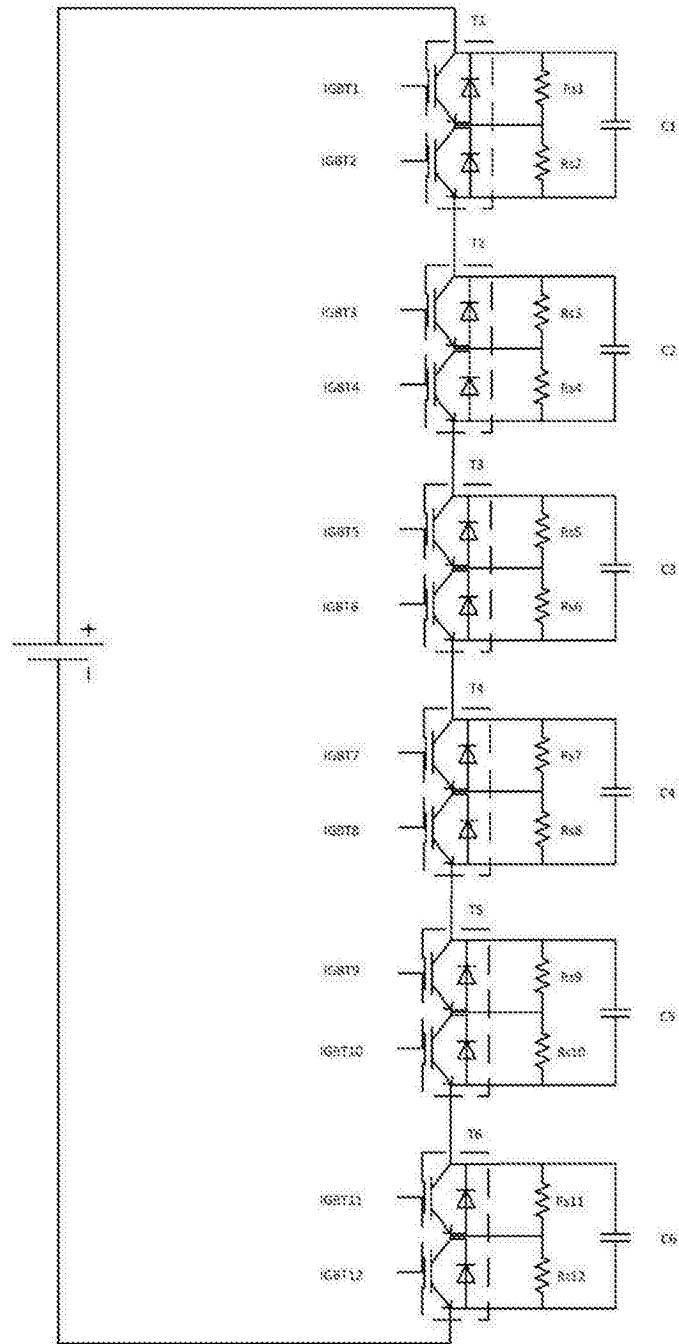


图3

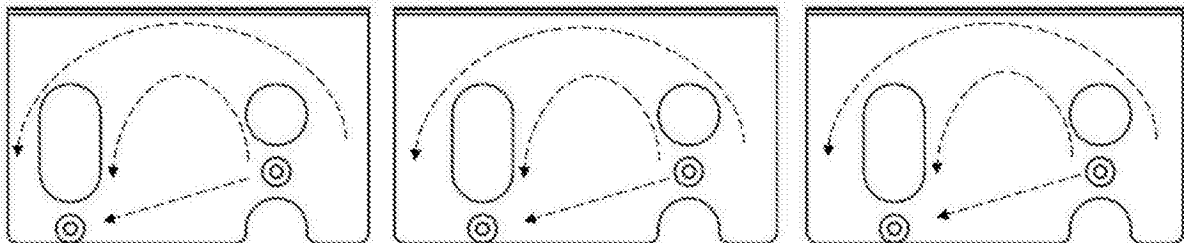


图4

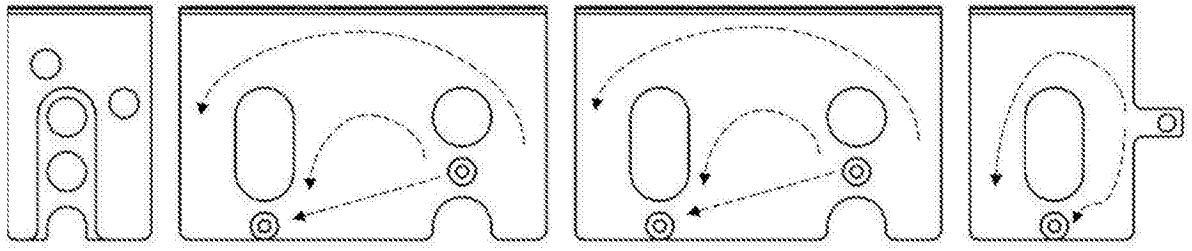


图5

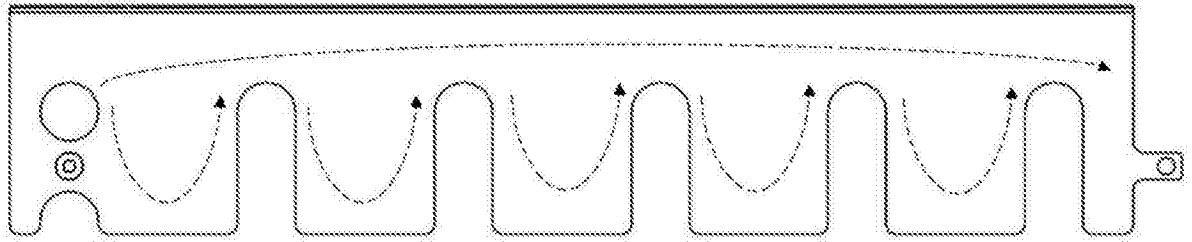


图6

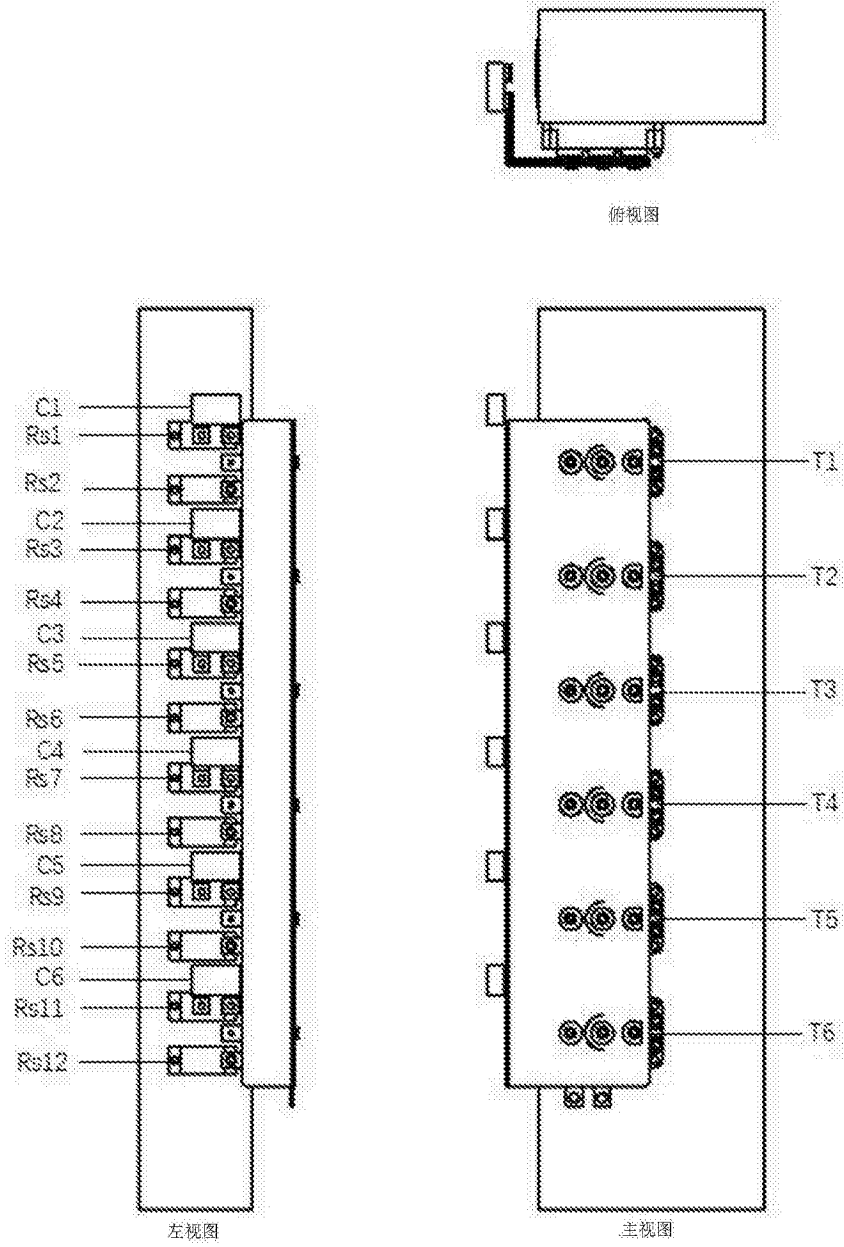


图7

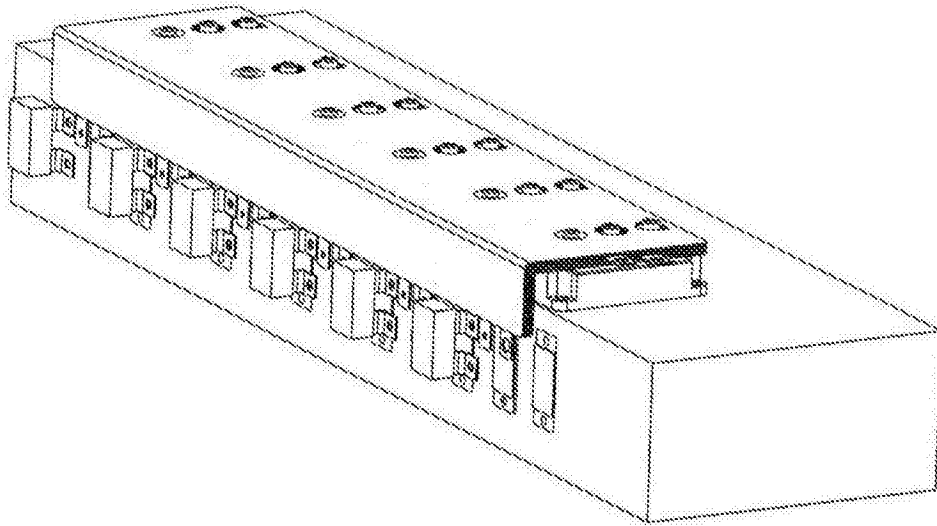


图8

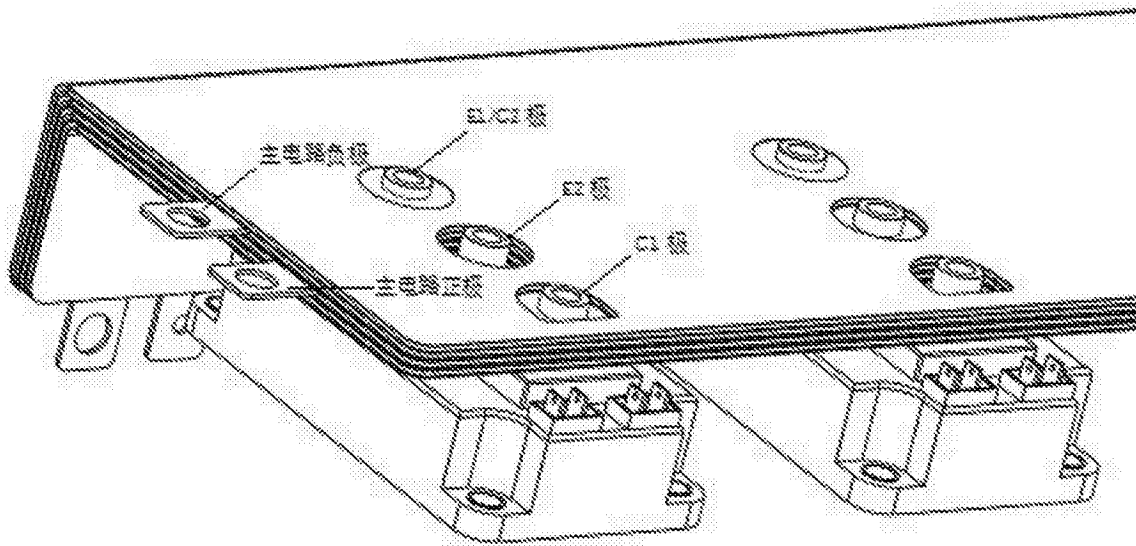


图9

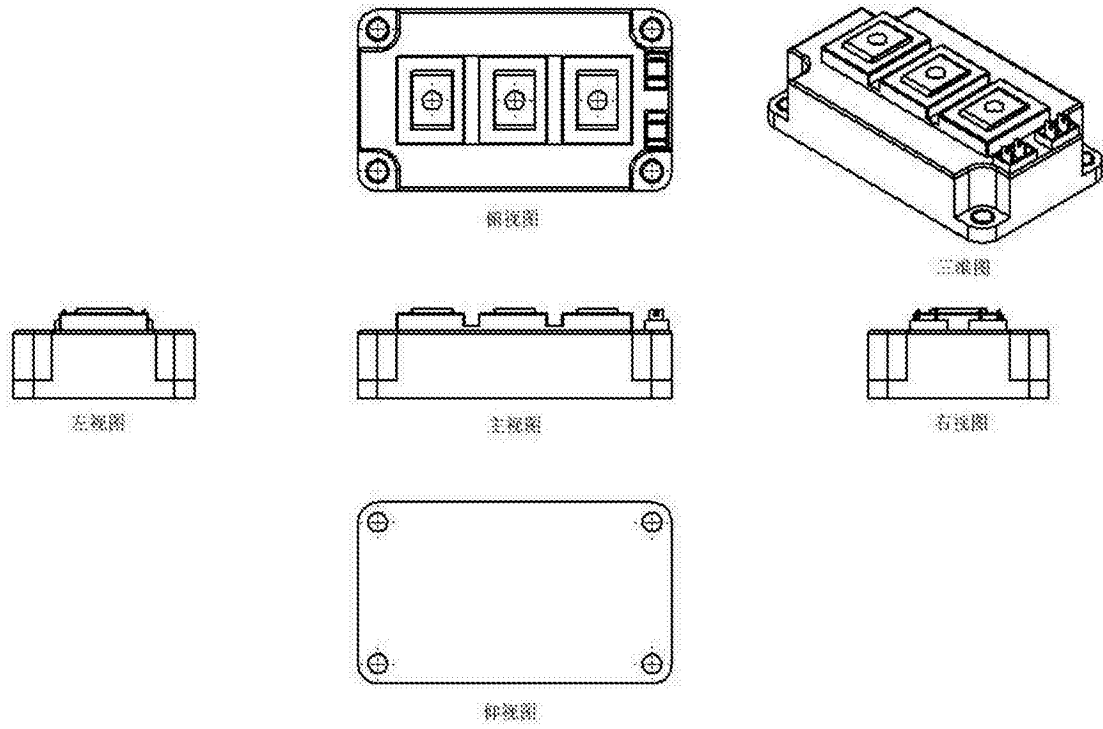


图10

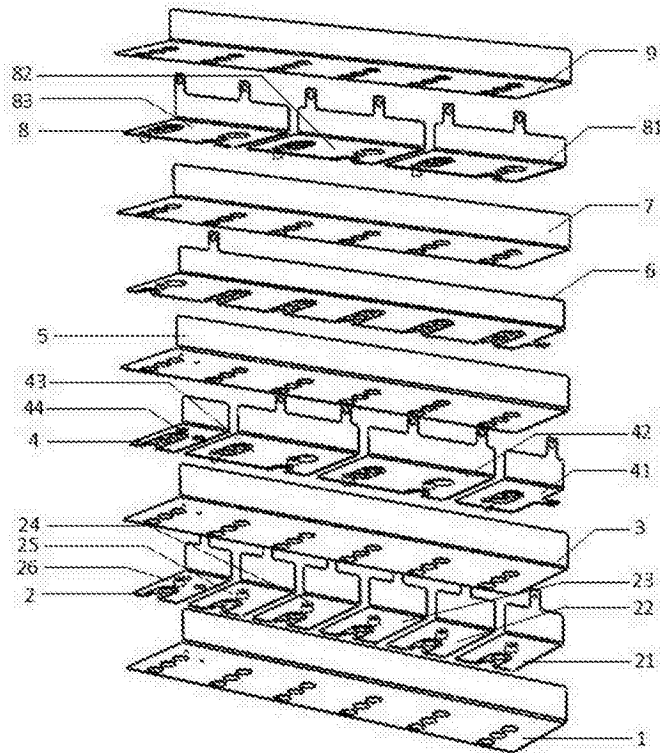


图11