



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107852840 B

(45)授权公告日 2019.07.26

(21)申请号 201680040361.6

(22)申请日 2016.06.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107852840 A

(43)申请公布日 2018.03.27

(30)优先权数据
15176078.2 2015.07.09 EP
15195518.4 2015.11.20 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.01.08

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2016/064615 2016.06.23

(87)PCT国际申请的公布数据
W02017/005505 EN 2017.01.12

(73)专利权人 西伊加梯电源卢森堡公司
地址 卢森堡特鲁瓦维耶日

(72)发明人 保罗·布勒斯 蒂埃里·琼内斯

弗兰乔斯·米尔斯坦
皮埃尔·施塔桑
法布里斯·弗雷贝尔

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240

代理人 陈鹏 李静

(51)Int.Cl.
H05K 7/20(2006.01)
H02M 1/14(2006.01)

(56)对比文件
CN 102332831 A,2012.01.25,
CN 203562963 U,2014.04.23,
CN 1815864 A,2006.08.09,
CN 101022250 A,2007.08.22,
CN 101669262 A,2010.03.10,
EP 2879475 A1,2015.06.03,

审查员 芦婧

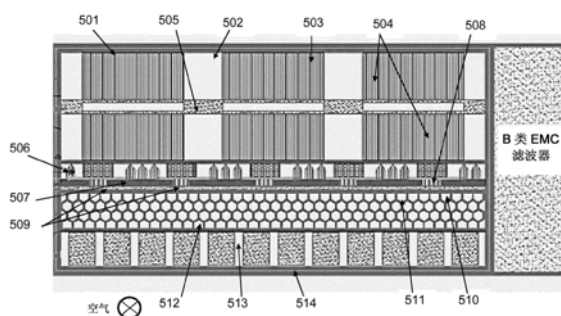
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

DC/AC电力逆变器

(57)摘要

本发明涉及一种小型单相非绝缘的DC/AC电力逆变器,具有高于3000W/dm³的输出电力密度,其中,所述电力逆变器装入由导电外部围封件构成的壳体中,所述导电外部围封件容纳:在轴向方向上将风吹至壳体的侧面的风扇和在成堆叠高度的布置中从底侧到顶侧依次排列的有源滤波电容的层、散热器、与具有过热孔的PCB连接的宽带半导体开关的层和有源滤波电感器的层,风扇和呈堆叠布置的这些构件设计成以便在操作时在最大负载2kVA的情形下,对于最高为30℃的环境温度,在任何地点中壳体的外部温度都不会超过60℃。



1. 一种小型单相非绝缘的DC/AC电力逆变器(1),具有高于 $3000\text{W}/\text{dm}^3$ 的输出电力密度,所述DC/AC电力逆变器包括:

-DC输入部;

-AC输出部;

-至少一个H全桥拓扑结构开关电路(201、202),具有与所述DC输入部连接的输入部和与所述AC输出部连接的输出部,所述H全桥拓扑结构开关电路包括开关,所述开关由宽带半导体构成;

-至少一个共模噪声EMI滤波器(100),分别连接在所述DC输入部与所述H全桥拓扑结构开关电路的输入部之间以及连接在所述H全桥拓扑结构开关电路的输出部与所述AC输出部之间,所述共模噪声EMI滤波器(100)以接地屏蔽件作为参考或直接接地(204),所述共模噪声EMI滤波器(100)包括滤波电感器和Y电容;

-至少一个差模噪声EMI滤波器(101),与对应的所述共模噪声EMI滤波器(100)串联、分别连接在所述DC输入部与所述H全桥拓扑结构开关电路的输入部之间以及连接在所述H全桥拓扑结构开关电路的输出部与所述AC输出部之间,所述差模噪声EMI滤波器(101)包括X滤波电容并且包括电感器;

-纹波补偿有源滤波器,包括开关半桥拓扑结构(203),所述开关半桥拓扑结构与所述H全桥拓扑结构开关电路并联设置并连接至LC滤波器,所述开关半桥拓扑结构由至少一电感器(L6)和多个存储电容(C5)构成;

其中,所述电力逆变器(1)封装入由导电外部围封件(501)构成的壳体中,所述导电外部围封件容纳:在轴向方向上将风吹至所述壳体的侧面的风扇;以及在呈堆叠高度的布置中从底侧到顶侧依次排列的有源滤波电容(514)的层、散热器(512)、与具有过热孔的PCB(510)连接的宽带半导体开关(509)的层、有源滤波电感器(504)的层,所述风扇和呈堆叠布置的这些构件设计成以便在操作时在最大负载 2kVA 的情形下,对于最高为 30°C 的环境温度,在任何地点中所述壳体的外部温度都不会超过 60°C 。

2. 根据权利要求1所述的DC/AC电力逆变器,其中,所述有源滤波电容(514)的层包括多排规则地间隔开的安装有PCB的多层陶瓷电容器,所述电容器由一间隙隔开。

3. 根据权利要求1所述的DC/AC电力逆变器,其中,所述散热器(512)为机械加工的单件式金属散热器,从由多叶片散热器、蜂巢散热器、交错翅片散热器和金属泡沫散热器构成的组中选择所述机械加工的单件式金属散热器,所述散热器(512)与所述有源滤波电容(514)的层相邻。

4. 根据权利要求1所述的DC/AC电力逆变器,其中,所述导电外部围封件(501)包围导电屏蔽件(503),由间隙垫(502)构成的导热接合部将所述导电屏蔽件间隔开。

5. 根据权利要求1所述的DC/AC电力逆变器,其中,所述有源滤波电感器(504)包括铁氧体芯,李兹线不使用线圈架而直接缠绕在所述铁氧体芯上,每一所述有源滤波电感器(504)由被陶瓷箔(505)分开的两个线圈构成,所述陶瓷箔位于所述铁氧体芯之间,以便产生气隙和排热道。

6. 根据权利要求1所述的DC/AC电力逆变器,其中,由于陶瓷绝缘体(511)和微弹簧触点(507)的缘故,连接到具有过热孔的PCB(510)的所述宽带半导体开关(509)的层与所述散热器相邻,硅酮泡沫(508)设置在间隙中以便在所述散热器(512)上均匀分布开关触点压力。

7. 根据权利要求4所述的DC/AC电力逆变器,其中,所述导电外部围封件(501)、所述导电屏蔽件(503)和所述散热器(512)均由铜制成。

8. 根据权利要求1所述的DC/AC电力逆变器,其中,无源滤波器与所述壳体内的其他部分分开,所述无源滤波器即为所述共模噪声EMI滤波器和所述差模噪声EMI滤波器。

9. 根据权利要求4所述的DC/AC电力逆变器,其中,所述有源滤波电感器(504)的一部分热紧固到所述导电屏蔽件(503)。

10. 根据权利要求1所述的DC/AC电力逆变器,其中,所述开关由氮化镓半导体构成。

11. 根据权利要求2所述的DC/AC电力逆变器,其中,所述间隙大致为1mm且在所述风扇的吹风方向上定向。

DC/AC电力逆变器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种小型单相非绝缘DC/AC电力逆变器,具有非常高的(优选地,极高的)输出电力密度。

背景技术

[0002] 电力逆变器(或简称逆变器)是将直流电(DC)转换为交流电(AC)的电子设备。尤其在如今,在将太阳能电池板,电池或其它类似能源产生的直流电转换为家用、工业用以及电动汽车用的交流电中,逆变器在经济环保方面起着越来越重要的作用。

[0003] 本申请人为工业和商业企业制造的逆变器通过使用保存在电池中的能量允许在配电网发生故障的期间挽救它们的关键应用装置。本申请人制造的逆变器Media™已经在二千伏安的情形下达到了680W/liter(瓦/升)的电力密度。

[0004] 用于比如通过太阳能发电的电力生产设施的逆变器仍然具有较大的尺寸(通常具有50升的尺寸或者具有可携式冷却器的尺寸)。将逆变器的体积尺寸减少10倍以上,比如通常将逆变器缩小到比小型笔记本更小,则可为更多家庭提供太阳能,还可以提高配电效率及提升与输电网达成的距离范围。因此,未来将致力于更稳健,更可靠及更智能的电源逆变器。

[0005] 为了达到很高的电力密度并由此实现更小的转换系统,逆变器拓扑结构的设计者必须首先将提高效率及共模(CM)减噪作为目标。由于半导体材料和磁性材料及其工艺上的改进,已实现了更高的效率。宽带隙半导体(碳化硅-SiC或氮化镓-GaN)的使用能够提高高频电力转换器的效率,而高频电力转换器允许提高开关频率并由此减小了无源元件的尺寸。

[0006] 众所周知,电磁干扰(EMI)噪声既处于传导EMI的形式,比如通过电子元件沿着电线或者传导路径传播的噪声,又处于辐射EMI(RFI)的形式,比如在空中以电磁场或无限波形式传播的噪声。在高速开关转换器中(通常频率为50kHz到1kHz),大部分的传导EMI来自于开关晶体管和整流器。为了预防这些EMI噪声,通常使用由无源元件(比如电容和电感器形成的LC电路)构成的EMI滤波器。传导EMI分为共模噪声(CMN)和差模噪声(DMN)。CMN在线路和中性交流电导体中同向流动,与线路和中性交流电导体对地同相,并返回到地面。适配的CMN滤波器包括与每条电源线串联的传感器L100和L200及将每个电导体接地的单独的Y电容C100和C200(在DC/AC转换器的情形下,比如参看图1中的CMN滤波器100)。DMN存在于AC线和中性导体之间并与其具有180°的相位差。适配的DMN滤波器包括桥接电源线的C340X电容,还可能辅以差分抑制电感器L300和L400(在DC/AC转换器的情形下,比如参看图1中的DMN滤波器101)。

发明内容

[0007] 本发明旨在提供一种具有极高的输出电力密度的电力逆变器。

[0008] 具体地,本发明目的在于实现一种在最大负载2kVA的情况下具有高于50W/in³(或

3051W/dm³或3051W/升)的输出电力密度的逆变器。

[0009] 本发明的另一目标在于在允许使用宽带隙半导体开关的同时,确保其软切换操作以减少开关损耗,并同时保持用于由于这些元件的高速开关而产生的EMI噪声的内部可接受极限和在开关的控制下对高电压变化率(dV/dt)进行适当的管理。

[0010] 本发明涉及一种具有高于3000W/dm³的输出电力密度的小型单相非绝缘的DC/AC电力逆变器,所述逆变器包括:

[0011] -DC输入部;

[0012] -AC输出部;

[0013] -至少一个H全桥拓扑结构开关电路,具有与所述DC输入部连接的输入部和与所述AC输出部连接的输出部,所述H全桥拓扑结构开关电路包括开关,所述开关由宽带半导体构成,并且优选地由氮化镓或GaN半导体构成。

[0014] -至少一个共模噪声EMI滤波器,分别连接在所述DC输入部与所述H全桥拓扑结构开关电路的输入部之间以及连接所述H全桥拓扑结构开关电路的输出部与所述AC输出部之间,所述共模噪声滤波器以接地屏蔽件作为参考或直接接地,所述共模噪声滤波器包括滤波电感器和所谓的Y电容;

[0015] -至少一个差模噪声EMI滤波器,与对应的共模噪声滤波器串联,所述差模噪声EMI滤波器分别连接在所述DC输入部与所述H全桥拓扑结构开关电路的输入部之间以及所述H全桥拓扑结构开关电路的输出部与所述AC输出部之间,所述差模噪声滤波器包括所谓的X滤波电容并可选地包括电感器;和

[0016] -纹波补偿有源滤波器,包括开关半桥拓扑结构,开关半桥拓扑结构与所述H全桥拓扑结构开关电路并联设置并连接至LC滤波器,开关半桥拓扑结构与由至少一电感器及多个存储电容构成;

[0017] 其中,所述电力逆变器封装入由导电外部围封件构成的壳体中,导电外部围封件容纳:在轴向方向上将风吹至壳体的侧面的风扇;以及在呈堆叠高度的布置中从底侧到顶侧依次排列的有源滤波电容的层、散热器、与具有过热孔的PCB连接的宽带半导体开关的层和有源滤波电感器的层,风扇和呈堆叠布置的这些构件以便在操作时在最大负载2kVA的情形下,对于最高为30°C的环境温度,在任何地点中壳体的外部温度都不会超过60°C。

[0018] 根据优选实施例,本发明的DC/AC电源逆变器包括至少以下特征之一或它们的合理组合:

[0019] -所述有源滤波电容的层包括多排规则地间隔开的由PCB安装的多层陶瓷电容器(MLCC),所述电容器由间隙隔开,优选地,所述间隙大致为1mm且在所述风扇的吹风方向上定向;

[0020] -所述散热器为机械加工的单件式金属散热器,从由多叶片散热器、蜂巢散热器、交错翅片散热器和金属泡沫散热器构成的组中选择所述散热器,所述散热器与所述有源滤波电容的层相邻;

[0021] -所述壳体导电外部围封件包围导电屏蔽件,由间隙垫构成的导热接合部将所述导电屏蔽件间隔开;

[0022] -所述有源滤波电感器由铁氧体芯构成,李兹线(Litz wire)不使用线圈架而直接缠绕在所述铁氧体芯上,每一电感器由被陶瓷箔分开的两个线圈构成,陶瓷箔位于铁氧体

之间以便产生气隙和排热道；

[0023] -由于陶瓷绝缘体和微弹簧触点,连接到具有过热孔的PCB的所述宽带半导体开关的层与所述散热器相邻,在所述间隙中设置硅酮泡沫以在所述散热器上均匀分布开关触点压力；

[0024] -所述壳体围封件,所述导电屏蔽件和所述散热器由铜制作而成；

[0025] -将所述无源滤波器(比如所述共模EMI滤波器和所述差模EMI滤波器)与壳体内的其他部分分开；

[0026] -将所述有源滤波电感器的一部分热紧固到所述导电屏蔽件上。

附图说明

[0027] 图1(已在上文提过)示出对用于在DC/AC电力逆变器中进行EMI过滤(共模和差模过滤)的基本方案进行设计的实例。

[0028] 图2示意性地示出用于根据本发明的逆变器的实施例的实例,所述逆变器具有五脚(或半桥)拓扑结构。

[0029] 图3示意性地示出根据本发明的用于保护GaN驱动器免受共模EMI高dV/dt的优选实施例。

[0030] 图4示出根据在本发明中实施的逆变器元件实例的平面图的用于所述实例的热映射,其中,最热的部分位于空气直流中。

[0031] 图5在高度截面视图中示出位于根据本发明的实施例的逆变器中的热接合部的详细结构。

[0032] 图6示出适用于本发明的模拟散热器的一些实例。

具体实施方式

[0033] 根据一个实施例,设计出的根据本发明的逆变器必须满足表1中的要求。

[0034] 对应地,在所谓的软开关模式或ZVS(零电压开关)模式中操作的GaN晶体管以及特定的并联有源滤波拓扑结构和作为存储元件使用的多层陶瓷电容(MLCC)是实现如此高的电力密度的关键因素。所述散热器的形状,所述陶瓷电容的几何排列及热接合部的优化也有助于所述设备在全负荷运行时保持较低的温度。在与专用逻辑电路(用于复杂可编程逻辑设备的CPLD)相关联的快速微控制器上运行的优化软件在整个工作范围内保证了ZVS的行为,并降低了电磁噪声。双屏蔽及一组优化的滤波器使得所述逆变器满足电磁兼容要求。

[0035] 应用的设计方法学包括:通过解析计算和有限元建模进行精确的尺寸标注、对功率和控制进行SPICE模拟、3D机械建模和热模拟的使用。这使得人们可以创建在单个计算运行中满足表1中的所有要求的逆变器设备。

[0036] 根据本发明的优选实施例,GaN技术的使用使在本课题中设计的2kVA逆变器具有大约为143W/in.³的电力密度。这些逆变器的尺寸大约为2.5 x 1.6 x 3.5(英寸),对应为大约14立方英寸(或0.2升)的体积。

[0037] GaN晶体管具有许多有用的电性特征(低R_{ds_on}、低Q_{gate}和C_{ds}、超低Q_{rr})。这明显造就了优于当前普遍使用的MOSFET和IGBT设备(两者都尺寸较小且生产成本较低)的技术优势。可惜的是,由于GaN晶体管开关太快的特性(比如,超高的“dV/dt”),它们也有严重的缺陷:

驱动GaN晶体管是一项极大的挑战,此外,GaN晶体管还要求灵敏的电磁噪声管理。另一缺陷在于当GaN关闭时反向电流造成的高电压落差。根据本发明选择的用于克服这些缺陷的解决方案为:在整个工作范围使用软开关(或ZVS开关)控制每个GaN晶体管。

[0038] 为了将在450V输入级的连续电流与240V的交流输出电压进行结合,选择至少具有一3脚拓扑结构(全桥或具有附加有源滤波器的2脚拓扑结构)的逆变器1。优选地,根据图2所示的优选实施例选择5脚拓扑结构,这是因为5脚拓扑结构将所述逆变器中的能量传递最小化。对应地,优选通过在第一半桥和第二半桥上与其平行地安装的附加半桥将每个第一半桥和第二半桥断开。这样,实现了大电流的容纳及微小的开关时间差。两个半桥201(HB)产生线电压,而另外两个半桥202产生中性电压和最后一个半桥203用作上述有源滤波器。

[0039] 根据此优选实施例(进一步参看图2),将电感器L1-L6标定(rate,额定)在10 μ H到50 μ H之间。由于有源滤波器203(具有C5/L6),输入电容C1降至小于15 μ F,并且电容C5标定为小于150 μ F。共模电感器(L7至L16,参看向反的“C”标志)额定在200 μ H和1mH之间。由于输出的正弦波在L+和L- (比如 $(V_L+V_N)/2 \sim (V_{L+}+V_{L-})/2 \sim V_{Earth}$) 之间与分相接地配置对称并消除了漏电流,另外,由于一些Y电容(C7、C8)回到所述屏蔽,所以在将漏电流保持在允许值(初始为5mA)以下的同时,对应的Y电容(C7、C8、C10-C17、C21、C22)的总额定容量大于500nF。将EMC差分电感器(L17至L22,参看“Z”标志)标定在10 μ H和20 μ H之间,X电容(C2、C6、C9、C18至C20)的容量位于1 μ F到5 μ F之间。

[0040] 此逆变器的高密度和高效率都来源于利用开关对5个脚进行的优化控制。对于任何种类的负载,此控制都将在死区时间内将反向电流最小化的同时实现所有GaN设备的软开关操作。控制算法保证了模块自然受到过电流保护。在调试期间,由于控制算法要求的高处理负载,发明人遇到了一些问题。最终,通过使用速度提高了40%的管脚兼容模块对处理器进行了升级。

[0041] 通过应用以下原理实现所述控制的目标:

[0042] -基于与专用逻辑电路(CPLD)结合的快速微控制器的数字控制;

[0043] -输入/输出电流和电压的快速测量;

[0044] -对HBs的开关事件的高效反馈;

[0045] -用于驱动所述有源滤波器的学习算法;

[0046] -根据所述输出电流对处于35kHz到240kHz之间的开关频率进行优化;HBs间的可变相移(0°或90°)和所述五个HBs的死区时间调制(50ns到3 μ s)。因此,开关损耗几乎被消除,且频率的增加有助于优化(减小)无源元件的大小。

[0047] 因为DMN滤波电感器是在无相移(phase shift)时优化的,所以有必要在中性HBs和线HBs(分别为2线半桥或4线半桥)之间进行相移练习。因此,软开关操作不再出现在任何GaN开关中。并且,因为在速度极高时开关操作受到影响,而且在DMN滤波电感器中流动的电流可能造成的不确定性,可能在电流值还未归零时便出现下一电流开关,因此导致不存在零电压开关。为使电流趋近于0的已有解决方案为:增加所述开关(未示出)的死区时间。

[0048] 由于本发明的转换器中的高速开关操作,根据一实施例,不直接测量电流,而采用电容式分压器301(C33、C34)检测电流为0的时刻(参看图3)。通过选择合适的电容,电容式分压器允许所述处理器进行可接受电压(通常为5V,而不是最大峰值电压450V)测量。

[0049] 本发明中,GaN控制的稳定性至关重要。的确,因为GaNs开关极快,所以它们产生穿

过所述控制绝缘体的高 dV/dt ,此高 dV/dt 远超当前市面上大多数驱动器的允许值。进一步地,门限电压阈值(gate voltage threshold)很小。仍根据本发明,设计了一种非常紧凑的,极其稳定的,成本很低的驱动器电路系统,所述电路系统可在GaN晶体管规范内(参看图3)很好地驱动GaN晶体管。根据图3所示的实施例,利用附加源和门电感(L31、L32)阻止GaN内传播的CMN的直接接地,这对GaN驱动器303不造成影响。为(L31、C31、L32、C32)提供CMN滤波器302。

[0050] 选择正确的GaN包装也是很重要的。根据实施例,具有2源接入的表面贴装(SMD)模块是本设计最好的选择,2源接入中的其中一个接入用于电源,另一个接入用于命令。这实现了所述晶体管的安全控制。另外,小包装减少了寄生电感并由此降低了功能过电压。PCB的布局和解耦电容的位置对正确操作GaN来说也是至关重要的。

[0051] 对120Hz的输入电流/电压的纹波要求

[0052] 为了满足直流电压/电流输入的纹波要求,设计并联的有源滤波器,与在输入侧使用大电容进行纹波补偿相比,所述并联的有源滤波器能更高效的进行纹波补偿。与采用基于升压的拓扑结构相比,这里采用的解决方案更稳定,可为所述基于升压的拓扑结构将工作电压提高至GaN晶体的最大极限电压 V_{max} 。

[0053] 所述有源滤波器对更大的电压变化(约 $200V_{pk-pk}$)有效并将对应的能量存储在陶瓷电容内,所述陶瓷电容的电容量随着电压的降低而增加,由此带来三个好处:

[0054] -输入槽路电容C1的尺寸减小(小于 $15\mu F$);

[0055] -滤波电容C5的尺寸减小至小于 $150\mu F$;

[0056] -由于小于 $450V_{dc}$ 的GaNs的使用,逆变器稳定。

[0057] 所述软件也另有贡献,所述算法在允许更大的纹波穿过所述有源滤波器的同时使 V_{in} 保持恒定。另外,通过纠正由死区时间的存在造成的建模误差,学习算法还减少了输入纹波(减少三倍)。

[0058] 用于DC-AC转换的元件的小型化

[0059] 根据实施例,使用MLCC电容(比如陶瓷电容)存储能量使得模块更紧凑和更高效。

[0060] 此外,磁性元件主要由铁素体(ferrite)构成,众所周知,铁素体的高频磁损耗很低。由于集肤效应和邻近效应,Litz线(李兹线、绞线)的使用将所述损耗降到了最低。为了进一步小型化的目的,不使用线圈架,直接在所述铁素体缠绕电线。通过所述风扇的气流和使用氧化铝箔对电线进行冷却,所述氧化铝箔放置于所述铁素体的中部以此产生所要求的气隙和排热道。通过增加允许的纹波电流对所述滤波电容和电感器的尺寸进行优化。

[0061] 至于所述输出电流,与电磁屏蔽件结合的开环霍尔传感器造就非常紧凑的测量设备,由此提供电流解耦并降低共模噪声和寄生电感噪声敏感性。所述开环霍尔传感器的响应时间较短,这有助于对所述逆变器进行短路保护或高负载冲击保护。

[0062] 应注意到其它所有的电流估计($I_{电感器}$ 等)是由不带电流传感器的状态观测器完成的(无传感器测量,比如电压),由此缩小整个逆变器的尺寸。

[0063] 由于特定的GaN控制调制减小了滤波电感器L7和L8(参看图2)内的电流,在未达饱和度的条件下降低了滤波电感器L7和L8的芯体尺寸。

[0064] 为所有的PCB板和所述散热器实现夹层结构是一项真正的挑战。如图5所示,通过使用微弹簧触点507、由EDM(电火花机)制成的定制散热器512、超薄PCB板510、513等(厚度

为0.012英寸)和硅酮泡沫508,以在散热器512上散布GaN触点压力。所有这些技术特征都极大地促进了逆变器的尺寸缩减。

[0065] 根据实施例,所述逆变器模块主要包括两个部分。第一部分包括设备控制、辅助电源、5个脚(或半桥)及它们对应的驱动器和散热器。第二部分包括无源滤波器。

[0066] 优选地,软开关LLC谐振拓扑结构用于绝缘辅助电源12V/5V/3.3V(约10W)。这使得其体积减少到小于 0.128in.^3 ($0.8 \times 0.8 \times 0.2$ 英寸),这可实现在特定的PCB上的控制部内进行适当集成。

[0067] 热管理

[0068] 基于估计及模拟到的损耗,强制空气冷却(forced-air cooling)是可将热阻充分降至环境空气的唯一可行方案。根据实施例,在前板的中部设置高效轴向风扇(大约为 $1.57 \times 1.57 \times 0.6$ 英寸)。

[0069] 图4所示的热模拟映射示出当所有元件都处于所述风扇周围的最佳位置时的得出的结果,即:

[0070] -温度最高的元件位于空气直流中;

[0071] -交换接合部区域最大化;

[0072] -压力损失最小化;

[0073] -接合部附近空气速度得到优化;以及

[0074] -所述GaN散热器附近的新鲜空气入口将热阻最小化,因此,逆变器的效率达到最高。

[0075] 因此,在减少逆变器外表面上的热点这一方面,选择合适的热接合部至关重要。图5示出了根据实施例(高度截面视图)的热层积(thermal stack)或热夹层。在负载为2kW和环境温度为 30°C 的情形下,GaN接点温度不超过 60°C 。

[0076] 图5示出了根据实施例的热接合部的详细结构。对于GaN晶体管509(损耗约为2W)来说,热阻抗如下:

[0077] -GaN接点-热垫: 0.5°C/W ;

[0078] -使从GaN晶体管509到散热器512的热传递最大化的PCB设计510: 1.1°C/W ;

[0079] -具有氧化铝粉尘的热化合物: 0.3°C/W ;

[0080] -含有氮化铝511的陶瓷绝缘箔: 0.02°C/W ;

[0081] -含有银粉的导热胶: 0.15°C/W ;及

[0082] -具有加压气流(参见下文)的蜂巢式蜂热器512: 13°C/W (相对于单个GaN)。

[0083] 外部屏蔽件501、503和散热器512均由铜制成,而存储电容514是陶瓷的MLCC。选择两种材质的目的是为了加强热流和交换表面区域。构成所述有源滤波器的电容组件为一能量存储设备,但也是散热器512的延伸。由于电容侧起到了散热翅片的作用,每排MLCC(优选地,在电容间具有 ± 0.04 英寸或1mm的间隙)间的气流强化了冷却效果。由于组件几何结构及电容种类(好的热导体)的原因,所述能量存储单元占有的体积作为第二散热器。

[0084] 已对图6所示的几种散热器进行了热模拟,并将图6所示的多种散热器与上述3D模型(多叶片散热器601、蜂巢散热器602、交错或未交错的翅片散热器603、铜泡沫散热器604等)进行了比较。

[0085] 由于蜂巢散热器602将GaN温度降到最低并具有足够大的孔可避免灰尘造成的任

何堵塞,优选选择蜂巢散热器602 (R_{th_total} (全部热阻) = $1.3^{\circ}\text{C}/\text{W}$ (10GaN); $L2.79 \times W0.83 \times H0.26$ 英寸)。此二维结构在表面上进行了温度分配并进一步降低了热点的数量。

[0086] 优选地,多个(而非全部)电感器504热固定到铜屏蔽件上503。为了满足外部围封件的温度极限为 60°C 这要求,间隙垫502在屏蔽件503和外部铜围封件501之间提供不导电但导热的接合部。由此,接合部的热阻有助于从温度最高的内部元件中提取热量并防止通过外部围封件在本地散热。

[0087] 电磁兼容 (EMC)

[0088] 为了能与B类FCC部15 (用于家用装置,比用于工业或商业用装置的A类FCC更严格)兼容,基于噪声源模型设计拓扑结构设计和选择调制类型。用已建立的噪声模型模拟每个滤波器从而优化电感器设计和PCB路由。根据本发明,为了B类而汇在一起的关键因素总结如下:

[0089] -主开关的软开关操作和与负载无关的辅助电源;

[0090] -变频和特定的扩展频谱调制;

[0091] -与 ($L=0$ V DC) 电性连接的第一内部屏蔽件;

[0092] -第二屏蔽件 (外部围封件) 和最后的滤波器级屏蔽件;

[0093] -以 ($L-$) 作为参考的 AC_{out} 滤波器;

[0094] -使用多个小滤波器而不使用一个大滤波器;

[0095] -频率高于 50kHz 时对所有的谐振极进行抑制;

[0096] -使用陶瓷电容将寄生电感及最小化其尺寸;

[0097] -对滤波器之间的耦合最小化;

[0098] -在电感器设计时,最小化电容耦合。

[0099] 参考符号列表

[0100] 100 共模噪声滤波器

[0101] 101 差模噪声滤波器

[0102] 201 线路开关半桥

[0103] 202 中性开关半桥

[0104] 203 有源滤波器半桥

[0105] 204 接地屏蔽件或接地线

[0106] 301 用于电流过零检测的电容分压器

[0107] 302 用于GaN开关门的CMN滤波器

[0108] 303 GaN驱动器

[0109] 501 铜围封件

[0110] 502 绝缘体 (热接合部)

[0111] 503 铜屏蔽件

[0112] 504 电感器 (多个电感器)

[0113] 505 陶瓷电感器间隙

[0114] 506 PCB互连

[0115] 507 微弹簧触点

[0116] 508 硅酮泡沫

- [0117] 509 GaN开关
- [0118] 510 具有过热孔的PCB
- [0119] 511 陶瓷绝缘体
- [0120] 512 蜂窝散热器
- [0121] 513 用于安装存储电容的PCB
- [0122] 514 有源滤波器陶瓷电容
- [0123] 601 多叶片散热器
- [0124] 602 蜂窝散热器
- [0125] 603 交错翅片散热器
- [0126] 604 铜泡沫散热器

[0127]

参数	要求	注释
最大负载	2 kVA	240 V 时 RMS 60 Hz 时 AC
电力密度	>50W/in ³	
体积	< 40 in ³ (0.66 l)	矩形外围: 最大尺寸: 20 英寸, 最小尺寸: 0.5 英寸
电压输入	450 V 直流, R=10 Ω	
电压输出	240+/-12V 交流	单相
频率输出	60+/-0.3 Hz	单相
负载的电力因子	0.7-1	超前或滞后
THD+N of Vout	< 5%	总谐波畸变+噪声
THD+N of Iout	<5%	总谐波畸变+噪声
效率	>95%	在不同负载下用加权平均测量 (CEC 方法的变化 (var.))
输入纹波电流 (120Hz)	<20%	从与 10Ω 的电阻串联的 450V 电源中测量出为 V_{pp}/I_{av}
输入纹波电压 (120Hz)	<3%	从与 10Ω 的电阻串联的 450V 电源中测量处为 V_{pp}/V_{av}
最高外部温度	<60°C	在 15-30°C 的环境温度下 (任何将要接触的外部点<60°C) 中进行的测试
电磁兼容性	FCC 部 15B	
底架 GND 连通 上的最大电流	<5mA	

[0128] 表1

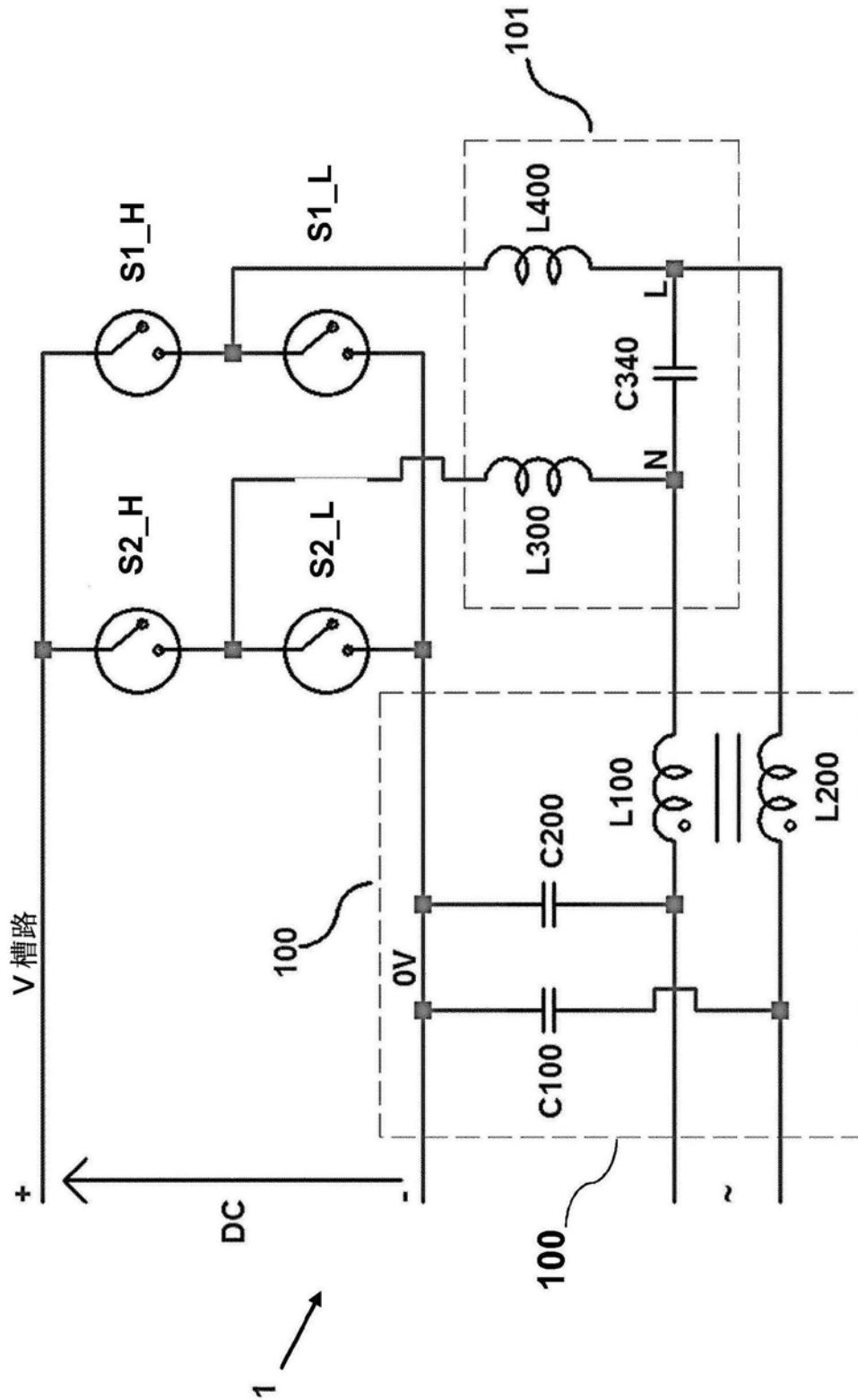


图1

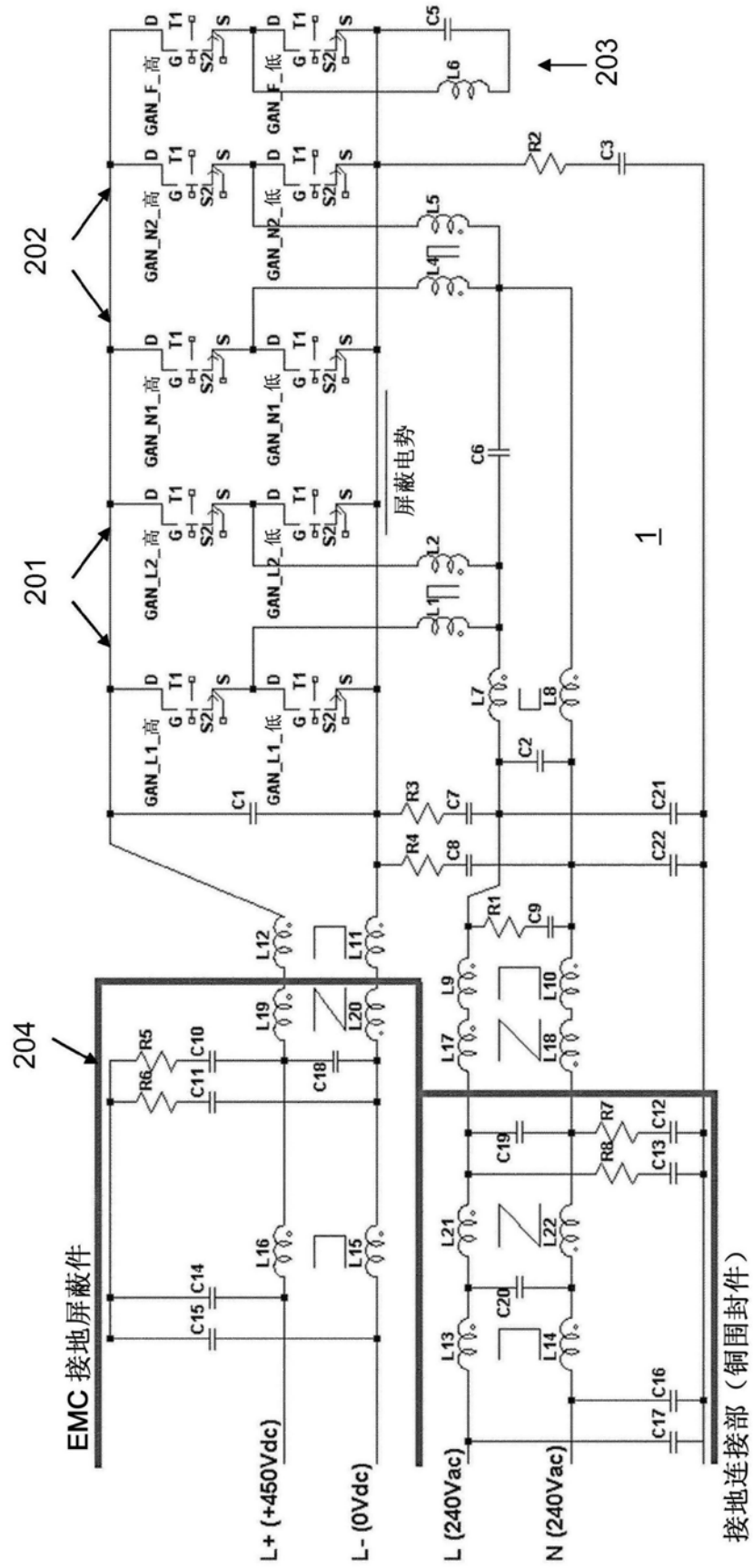


图2

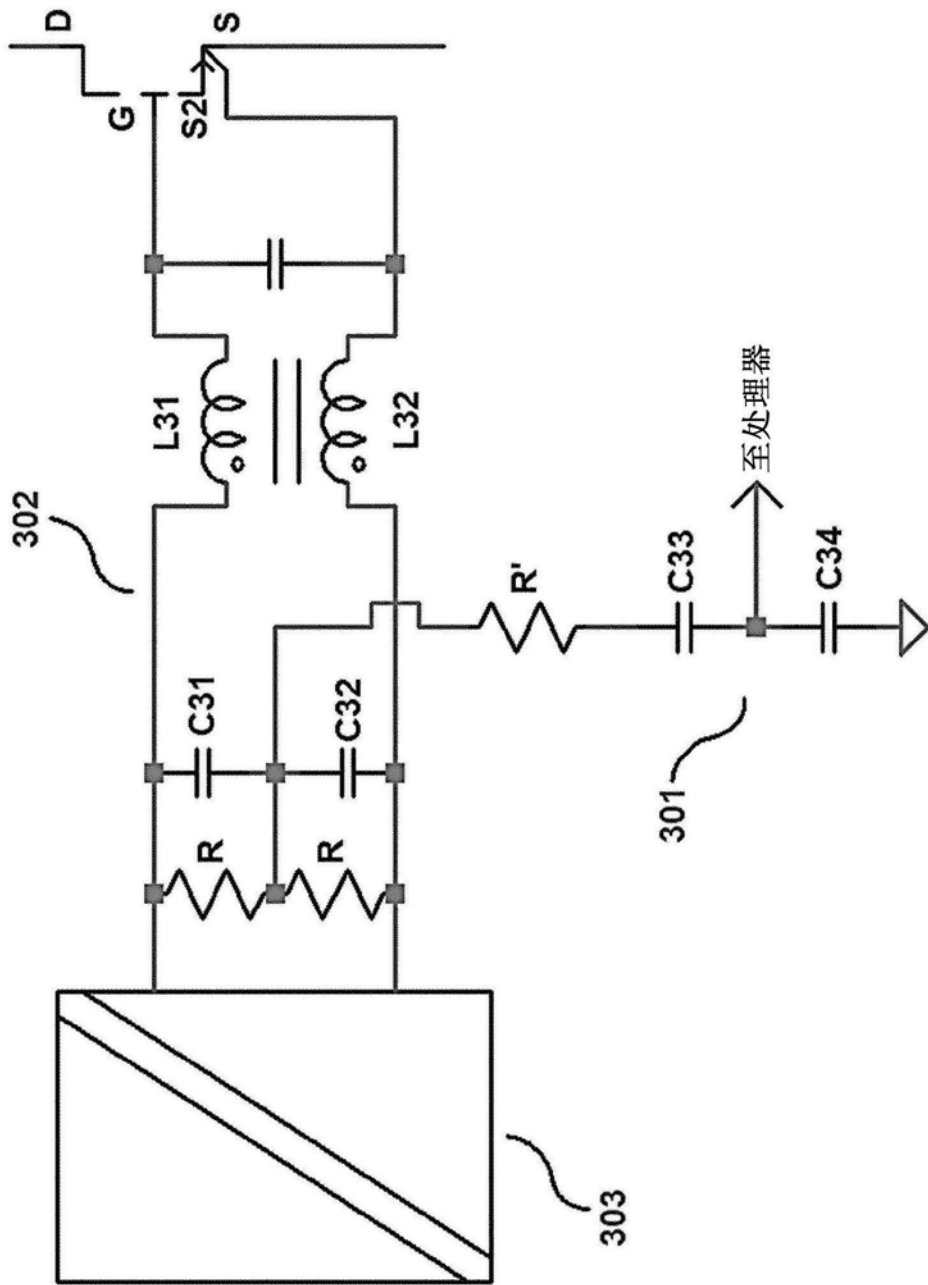


图3

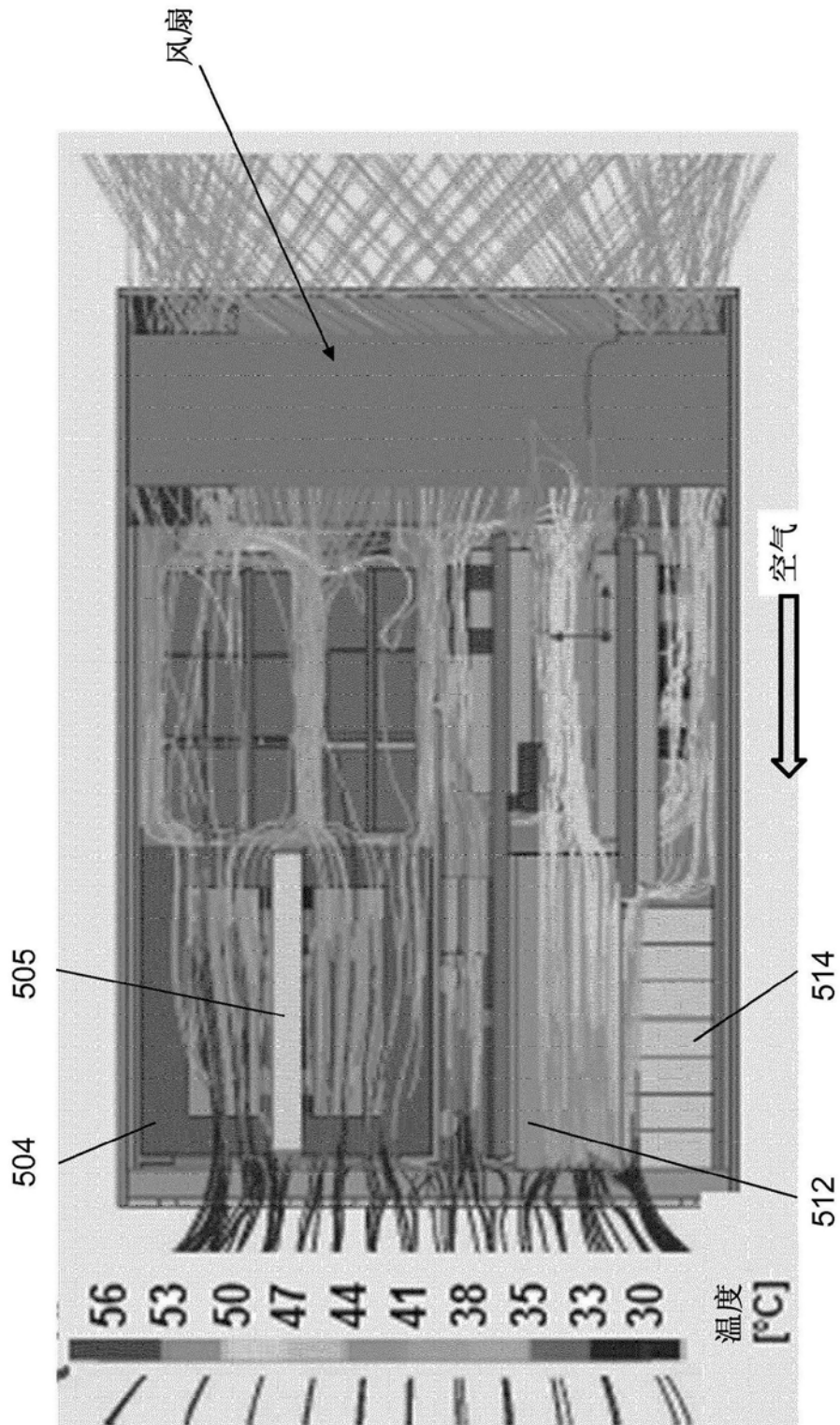


图4

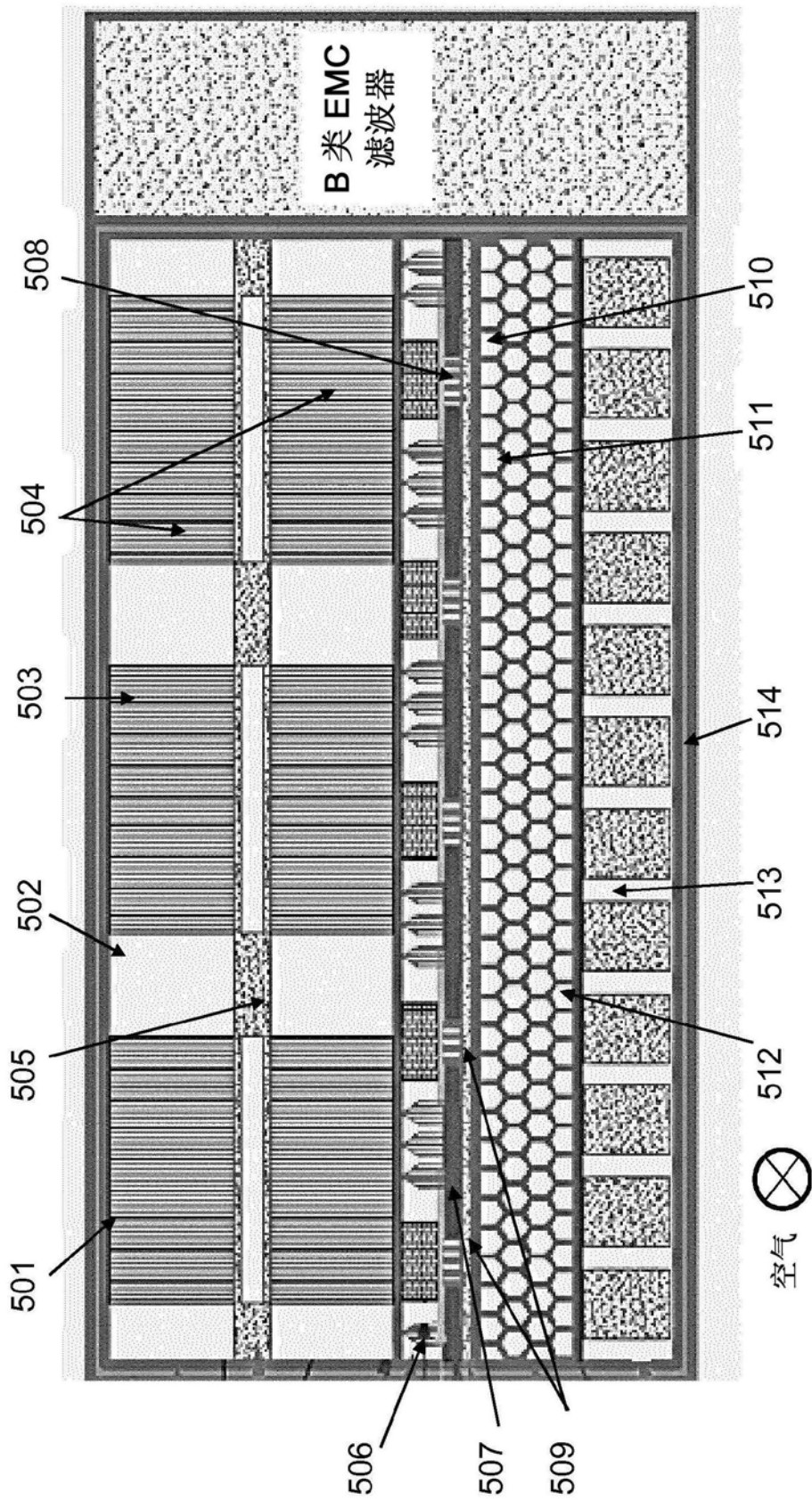


图5

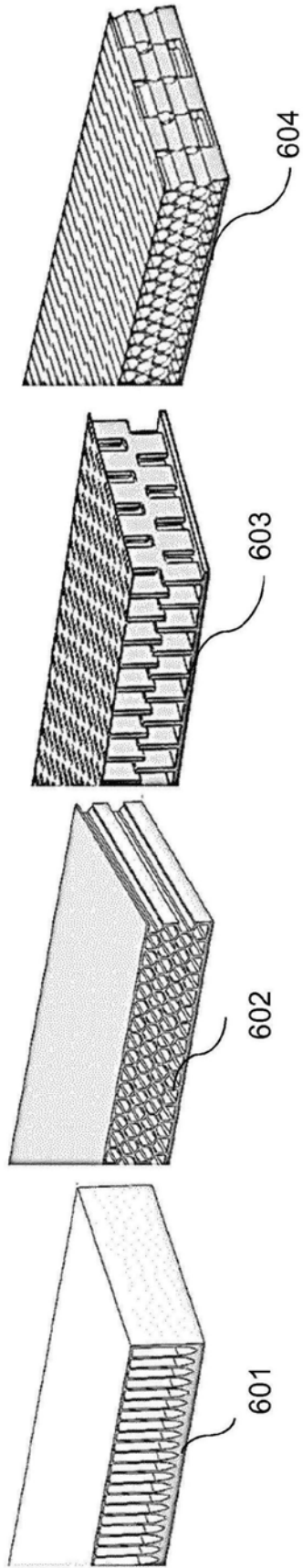


图6