



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112086415 A

(43) 申请公布日 2020.12.15

(21) 申请号 202010801282.0

H01L 23/40 (2006.01)

(22) 申请日 2020.08.11

H01L 23/473 (2006.01)

(71) 申请人 中国电子科技集团公司第二十九研究所

地址 610036 四川省成都市金牛区营康西路496号

(72) 发明人 向伟玮 张剑 卢茜 陈春梅
庞婷 刘江洪 彭文超 郝继山
李阳阳 董乐 陈显才 林佳
蒋苗苗 何琼兰

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214

代理人 贾年龙

(51) Int. Cl.

H01L 23/367 (2006.01)

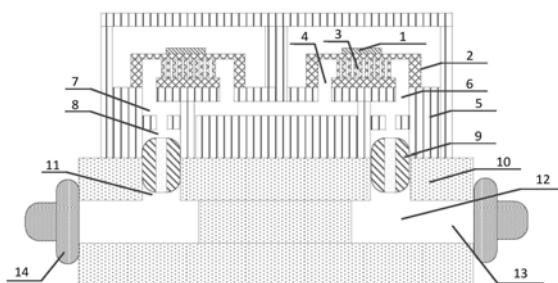
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种新型多尺度热管理结构及微组装方法

(57) 摘要

本发明提供了一种新型多尺度热管理结构,包括:大功率芯片、芯片级微米尺度散热微流道、封装级毫米尺度微流道、系统级厘米尺度宏观供液网络,所述大功率芯片通过低空洞焊接与芯片级微米尺度散热微流道低热阻集成,芯片级微米尺度散热微流道与封装级毫米尺度微流道通过气密焊接实现液体网络的互联;封装级毫米尺度微流道与系统级厘米尺度宏观供液网络采用双通水密连接头实现互联;系统级厘米尺度宏观供液网络通过液冷连接器与外部供液系统互联。采用本发明的方案解决了微观尺度的微流道与复杂宏观系统装备有机结合的技术难题;通过流道尺度的逐级递增,解决了阵列化微流道均匀散热难题。



CN 112086415 A

1. 一种新型多尺度热管理结构,其特征在于,包括:大功率芯片、芯片级微米尺度散热微流道、封装级毫米尺度微流道、系统级厘米尺度宏观供液网络,所述大功率芯片通过低空洞焊接与芯片级微米尺度散热微流道低热阻集成,芯片级微米尺度散热微流道与封装级毫米尺度微流道通过气密焊接实现液体网络的互联;封装级毫米尺度微流道与系统级厘米尺度宏观供液网络采用双通水密连接头实现互联;系统级厘米尺度宏观供液网络通过液冷连接器与外部供液系统互联。

2. 根据权利要求1所述的新型多尺度热管理结构,其特征在于,所述芯片级微米尺度散热微流道为硅基微流道,其顶部金属化层满足低空洞焊接的要求,其底部金属化层满足气密焊接的要求;芯片级微米尺度散热微流道中,流道尺度在 $10\sim 100\mu\text{m}$ 之间;对外流体接口位于微流道底部,用于与封装级毫米尺度微流道连接。

3. 根据权利要求2所述的新型多尺度热管理结构,其特征在于,所述封装级毫米尺度微流道为集成微流道的金属箱体,其金属化层满足芯片级微米尺度散热微流道与封装级毫米尺度微流道的气密焊接要求;封装级毫米尺度微流道中,流道尺度在 $100\mu\text{m}\sim 5\text{mm}$ 之间;封装级毫米尺度微流道顶部与底部均开设有对外接口,顶部对外接口用于与芯片级微米尺度散热微流道互联,底部对外接口用于与系统级厘米尺度宏观供液网络互联。

4. 根据权利要求3所述的新型多尺度热管理结构,其特征在于,所述系统级厘米尺度宏观供液网络为集成分流网络的大尺寸金属箱体,流道尺度在 $1\text{mm}\sim 1\text{cm}$ 之间;系统级厘米尺度宏观供液网络顶部与底部均开设有对外接口,顶部对外接口用于与封装级毫米尺度微流道互联,底部对外接口用于与外部供液系统互联。

5. 根据权利要求4所述的新型多尺度热管理结构,其特征在于,芯片级微米尺度散热微流道对外流体接口与封装级毫米尺度微流道顶部对外接口尺寸均在 $500\mu\text{m}\sim 3\text{mm}$ 之间;封装级毫米尺度微流道底部对外接口与系统级厘米尺度宏观供液网络顶部对外接口尺寸均在 $1\text{mm}\sim 3\text{cm}$ 之间;系统级厘米尺度宏观供液网络的对外接口尺寸均在 $1\text{cm}\sim 10\text{cm}$ 之间。

6. 根据权利要求2-5任一所述的新型多尺度热管理结构,其特征在于,所述芯片级微米尺度散热微流道、封装级毫米尺度微流道、系统级厘米尺度宏观供液网络对外接口形状为圆形、椭圆形或方形其中一种;互联处接口形状相同。

7. 根据权利要求1所述的新型多尺度热管理结构,其特征在于,所述低热阻集成为金锗共晶或纳米银浆烧结焊接工艺。

8. 根据权利要求1所述的新型多尺度热管理结构,其特征在于,所述气密焊接为金锡共晶工艺或其他耐流体腐蚀的焊接工艺。

9. 根据权利要求6所述的新型多尺度热管理结构,其特征在于,所述封装级毫米尺度微流道具有多个顶部接口,可对应互联多个芯片级微米尺度散热微流道。

10. 一种新型多尺度热管理结构微组装方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、采用低热阻集成工艺,将大功率芯片低空洞焊接在微米尺度硅基微流道表面;

步骤2、采用气密焊接工艺,将微米尺度硅基微流道焊接在集成微流道的金属封装箱体上;

步骤3、采用双通水密连接头插接工艺,将金属封装箱体互联到集成分流网络的大尺寸金属箱体上;

步骤4、将集成分流网络的大尺寸金属箱体通过液冷连接器与外部供液系统互联。

一种新型多尺度热管理结构及微组装方法

技术领域

[0001] 本发明涉及微电子散热技术领域,尤其涉及一种新型多尺度热管理结构及微组装方法。

背景技术

[0002] 在下一代信息系统中,射频阵列孔径将朝着作用距离更远,体积更小的方向发展,广泛采用GaN芯片和阵列化体制。然而,在微波频段,GaN器件具有很高的功率密度,自热效应相当严重。比如,GaN HEMT器件可以获得比传统的Si和GaAs器件高出10多倍的功率密度;其热流密度大幅提高,甚至高达600W/cm²以上。

[0003] 传统的被动散热技术已经不能满足大功率GaN芯片的散热需求。这是因为:传统被动散热采用金属热沉,通过金属热传导和热辐射散热,不适合大热流密度传热,且体积大、重量大;传统主动散热技术有强制风冷或者强制液体循环制冷,通过空气、液体快速循环散热,或者液体相变散热,缺点是散热系统功耗高、体积大和效率低,不适合小空间高效散热。

[0004] 利用微米尺度流体实现增强散热的热管理技术成为重要的解决途径。与被动散热和传统的主动散热相比,微流道散热技术具有独特的优势。一方面,以液体为冷却介质的微流道散热技术,可以实现大热流密度传热;另一方面,微流道内液体流动换热的对流换热系数与通道的当量尺寸成反比,在减小通道当量尺寸的同时,既可以显著提高换热效果,又可以大幅度减小体积,使得整个散热系统的结构尺寸及重量得到很大程度的简化和降低。因此,微流道散热技术在微系统集成和大功率电子器件等领域有广泛的应用前景。

[0005] 在基于GaN芯片的阵列系统和功放组件中,热源分布将呈现垂直方向多层堆叠、水平方向阵列排布的特征;除了提高末端热沉散热能力外,还必须在系统层面综合考虑,构建新型多尺度热管理结构,实现芯片级微米尺度流道、封装级毫米尺度微流道和系统级厘米尺度供液网络的多尺度热管理结构一体化组装集成。

[0006] 目前,关于微流道散热的专利很多,如CN201710377322.1和CN201810412925.5。但是,如何将微米尺度微流道集成在系统中,将微观尺度的微流道与复杂的宏观系统装备有机结合在一起,从而构建新型多尺度热管理结构的方法还鲜有报道。

发明内容

[0007] 针对现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种新型多尺度热管理结构微组装方法,在实现局部区域高热流密度散热的同时,形成阵列化、系统级热管理结构,满足下一代大功率信息系统的应用需求。其特征在于,新型多尺度热管理结构包括芯片级微米尺度散热微流道、封装级毫米尺度微流道和系统级厘米尺度宏观供液网络。

[0008] 本发明采用的技术方案如下:一种新型多尺度热管理结构,包括:大功率芯片、芯片级微米尺度散热微流道、封装级毫米尺度微流道、系统级厘米尺度宏观供液网络,所述大功率芯片通过低空洞焊接与芯片级微米尺度散热微流道低热阻集成,芯片级微米尺度散热微流道与封装级毫米尺度微流道通过气密焊接实现液体网络的互联;封装级毫米尺度微流

道与系统级厘米尺度宏观供液网络采用双通水密接头实现互联;系统级厘米尺度宏观供液网络通过液冷连接器与外部供液系统互联。

[0009] 进一步的,所述芯片级微米尺度散热微流道为硅基微流道,其顶部金属化层满足低空洞焊接的要求,其底部金属化层满足气密焊接的要求;芯片级微米尺度散热微流道中,流道尺度在 $10\sim 100\mu\text{m}$ 之间;对外流体接口位于微流道底部,用于与封装级毫米尺度微流道连接。

[0010] 进一步的,所述封装级毫米尺度微流道为集成微流道的金属箱体,其金属化层满足芯片级微米尺度散热微流道与封装级毫米尺度微流道的气密焊接要求;封装级毫米尺度微流道中,流道尺度在 $100\mu\text{m}\sim 5\text{mm}$ 之间;封装级毫米尺度微流道顶部与底部均开设有对外接口,顶部对外接口用于与芯片级微米尺度散热微流道互联,底部对外接口用于与系统级厘米尺度宏观供液网络互联。

[0011] 进一步的,所述系统级厘米尺度宏观供液网络为集成分流网络的大尺寸金属箱体,流道尺度在 $1\text{mm}\sim 1\text{cm}$ 之间;系统级厘米尺度宏观供液网络顶部与底部均开设有对外接口,顶部对外接口用于与封装级毫米尺度微流道互联,底部对外接口用于与外部供液系统互联。

[0012] 进一步的,芯片级微米尺度散热微流道对外流体接口与封装级毫米尺度微流道顶部对外接口尺寸均在 $500\mu\text{m}\sim 3\text{mm}$ 之间;封装级毫米尺度微流道底部对外接口与系统级厘米尺度宏观供液网络顶部对外接口尺寸均在 $1\text{mm}\sim 3\text{cm}$ 之间;系统级厘米尺度宏观供液网络的对外接口尺寸均在 $1\text{cm}\sim 10\text{cm}$ 之间。

[0013] 进一步的,所述芯片级微米尺度散热微流道、封装级毫米尺度微流道、系统级厘米尺度宏观供液网络对外接口形状为圆形、椭圆形或方形其中一种;互联处接口形状相同。

[0014] 进一步的,所述低热阻集成为金锆共晶或纳米银浆烧结焊接工艺。

[0015] 进一步的,所述气密焊接为金锡共晶工艺或其他耐流体腐蚀的焊接工艺。

[0016] 进一步的,所述封装级毫米尺度微流道具有多个顶部接口,可对应互联多个芯片级微米尺度散热微流道。

[0017] 本发明还提供了一种新型多尺度热管理结构微组装方法,包括以下步骤:

[0018] 步骤1、采用低热阻集成工艺,将大功率芯片低空洞焊接在微米尺度硅基微流道表面;

[0019] 步骤2、采用气密焊接工艺,将微米尺度硅基微流道焊接在集成微流道的金属封装箱体上;

[0020] 步骤3、采用双通水密接头插接工艺,将金属封装箱体互联到集成分流网络的大尺寸金属箱体上;

[0021] 步骤4、将集成分流网络的大尺寸金属箱体通过液冷连接器与外部供液系统互联。

[0022] 与现有技术相比,采用上述技术方案的有益效果为:

[0023] (1) 针对基于GaN芯片的阵列系统和功放组件,通过芯片级微米尺度散热微流道的增强散热效应,显著提高了末端热沉的散热效率,实现了 $600\text{W}/\text{cm}^2$ 以上的局部高散热能力;并在系统层面综合考虑,构建了跨越芯片级微米尺度微流道、封装级毫米尺度微流道和系统级厘米尺度供液网络的多尺度热管理结构,解决了微观尺度的微流道与复杂宏观系统装备有机结合的技术难题;通过流道尺度的逐级递增,解决了阵列化微流道均匀散热难题。

[0024] (2)通过使用多温度梯度焊接技术,在封装级实现了芯片级微米尺度流道与封装级毫米尺度微流道的气密焊接,在系统级实现了封装级毫米尺度微流道和系统级厘米尺度供液网络的水密连接,可满足阵列化系统的散热需求。

附图说明

[0025] 图1是本发明的多尺度热管理结构剖面示意图。

[0026] 图2是本发明的芯片级微米尺度散热微流道切面示意图。

[0027] 图3是本发明的封装级毫米尺度微流道正面示意图。

[0028] 图4是本发明的封装级毫米尺度微流道切面示意图。

[0029] 图5是本发明的系统级厘米尺度宏观供液网络切面示意图。

[0030] 附图标记:1.大功率芯片;2.芯片级微米尺度散热微流道;3.微米尺度典型流道;4.芯片级微米尺度散热微流道对外流体接口;5.封装级毫米尺度微流道;6.封装级毫米尺度微流道顶部对外接口;7.毫米尺度典型流道;8.封装级毫米尺度微流道底部对外接口;9.双通水密连接头;10.系统级厘米尺度宏观供液网络;11.系统级厘米尺度宏观供液网络顶部对外接口;12.厘米尺度典型流道;13.系统级厘米尺度宏观供液网络底部对外接口;14.液冷连接器。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本发明做进一步描述。

[0032] 如图1所示,本发明提供了一种新型多尺度热管理结构,包括:大功率芯片、芯片级微米尺度散热微流道、封装级毫米尺度微流道、系统级厘米尺度宏观供液网络,所述大功率芯片通过低空洞焊接与芯片级微米尺度散热微流道低热阻集成,芯片级微米尺度散热微流道与封装级毫米尺度微流道通过气密焊接实现液体网络的互联;封装级毫米尺度微流道与系统级厘米尺度宏观供液网络采用双通水密连接头实现互联;系统级厘米尺度宏观供液网络通过液冷连接器与外部供液系统互联。

[0033] 在一个优选实施例中,所述大功率芯片采用大功率GaN芯片,其底部金属化层满足低空洞焊接要求。

[0034] 如图2所示,芯片级微米尺度散热微流道为硅基微流道,其顶部金属化层满足低空洞焊接的要求,其底部金属化层满足气密焊接的要求;采用硅基MEMS工艺制备。

[0035] 芯片级微米尺度散热微流道中,尺度流道尺度在 $10\sim 100\mu\text{m}$ 之间;对外流体接口位于微流道底部,用于与封装级毫米尺度微流道连接。

[0036] 如图3、4所示,封装级毫米尺度微流道为集成微流道的金属箱体,其金属化层满足芯片级微米尺度散热微流道与封装级毫米尺度微流道的气密焊接要求,采用精密金属机械加工技术结合真空扩散焊接技术制备而成;

[0037] 封装级毫米尺度微流道中,流道尺度在 $100\mu\text{m}\sim 5\text{mm}$ 之间;封装级毫米尺度微流道顶部与底部均开设有对外接口,顶部对外接口用于与芯片级微米尺度散热微流道互联,底部对外接口用于与系统级厘米尺度宏观供液网络互联。

[0038] 如图5所示,系统级厘米尺度宏观供液网络为集成分流网络的大尺寸金属箱体,采用金属3D打印技术制备,流道尺度在 $1\text{mm}\sim 1\text{cm}$ 之间;系统级厘米尺度宏观供液网络顶部与

底部均开设有对外接口,顶部对外接口用于与封装级毫米尺度微流道互联,底部对外接口用于与外部供液系统互联。

[0039] 在一个优选实施例中,芯片级微米尺度散热微流道对外流体接口与封装级毫米尺度微流道顶部对外接口尺寸均在 $500\mu\text{m}\sim 3\text{mm}$ 之间;封装级毫米尺度微流道底部对外接口与系统级厘米尺度宏观供液网络顶部对外接口尺寸均在 $1\text{mm}\sim 3\text{cm}$ 之间;系统级厘米尺度宏观供液网络的对外接口尺寸均在 $1\text{cm}\sim 10\text{cm}$ 之间。

[0040] 在一个优选实施例中,所述芯片级微米尺度散热微流道、封装级毫米尺度微流道、系统级厘米尺度宏观供液网络对外接口形状为圆形、椭圆形或方形其中一种;互联处接口形状相同。

[0041] 在本实施例中,芯片级微米尺度散热微流道的流道尺度为50微米;对外流体接口为圆形,典型接口尺寸为 1mm 。

[0042] 封装级毫米尺度微流道的流道尺度为 1mm ;封装级毫米尺度微流道顶部对外接口为圆形,接口尺寸为 1mm ;封装级毫米尺度微流道底部对外流体接口为圆形,接口尺寸为 3mm 。

[0043] 系统级厘米尺度宏观供液网络中流道尺度为 1cm ;系统级厘米尺度宏观供液网络顶部对外接口为圆形,接口尺寸为 3mm ;系统级厘米尺度宏观供液网络底部对外接口为圆形,接口尺寸为 1cm 。

[0044] 在一个优选实施例中,所述低热阻集成为纳米银浆烧结焊接工艺。

[0045] 在一个优选实施例中,所述气密焊接为金锡共晶工艺。

[0046] 在一个优选实施例中,所述封装级毫米尺度微流道具有多个顶部接口,可对应互联多个芯片级微米尺度散热微流道。

[0047] 本发明还提供了一种新型多尺度热管理结构微组装方法,包括以下步骤:

[0048] 步骤1、采用纳米银浆烧结工艺,将大功率芯片低空洞焊接在微米尺度硅基微流道表面;

[0049] 步骤2、采用金锡共晶工艺,将微米尺度硅基微流道焊接在集成微流道的金属封装盒体上;

[0050] 步骤3、采用双通水密接头插接工艺,将金属封装盒体互联到集成分流网络的大尺寸金属盒体上;

[0051] 步骤4、将集成分流网络的大尺寸金属盒体通过液冷连接器与外部供液系统互联。

[0052] 通过微组装方法将大功率芯片与三种结构集成在一起。其中,微组装方法的集成温度梯度应 ≥ 3 个。

[0053] 采用本发明的新型多尺度热管理结构微组装方法,构建了跨越芯片级微米尺度微流道、封装级毫米尺度微流道和系统级厘米尺度供液网络的多尺度热管理结构,解决了微观尺度的微流道与复杂宏观系统装备有机结合的技术难题;通过流道尺度的逐级递增,解决了阵列化微流道均匀散热难题。在封装级实现了芯片级微米尺度流道与封装级毫米尺度微流道的气密焊接,在系统级实现了封装级毫米尺度微流道和系统级厘米尺度供液网络的水密连接,可满足阵列化系统的散热需求。局部散热能力可达到 $600\text{W}/\text{cm}^2$ 以上。而普通的单一尺度微流道散热器或散热网络,无法同时实现阵列化、局部高散热能力。

[0054] 本发明并不局限于前述的具体实施方式。本发明扩展到任何在本说明书中披露的

新特征或任何新的组合,以及披露的任一新的方法或过程的步骤或任何新的组合。如果本领域技术人员,在不脱离本发明的精神所做的非实质性改变或改进,都应该属于本发明权利要求保护的范围。

[0055] 本说明书中公开的所有特征,或公开的所有方法或过程中的步骤,除了互相排斥的特征和/或步骤以外,均可以以任何方式组合。

[0056] 本说明书中公开的任一特征,除非特别叙述,均可被其他等效或具有类似目的的替代特征加以替换。即,除非特别叙述,每个特征只是一系列等效或类似特征中的一个例子而已。

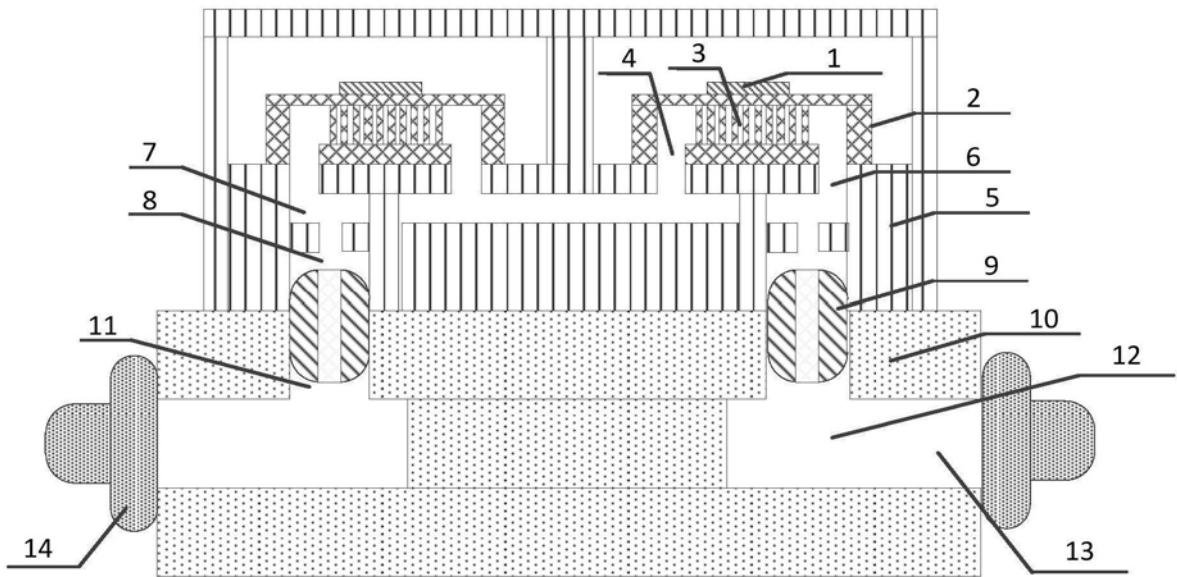


图1

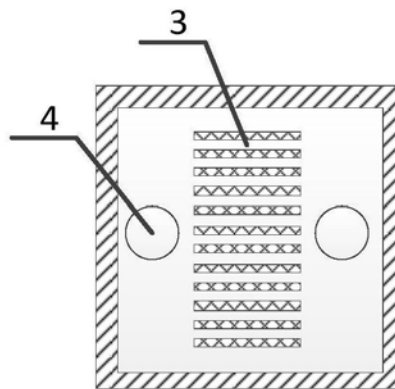


图2

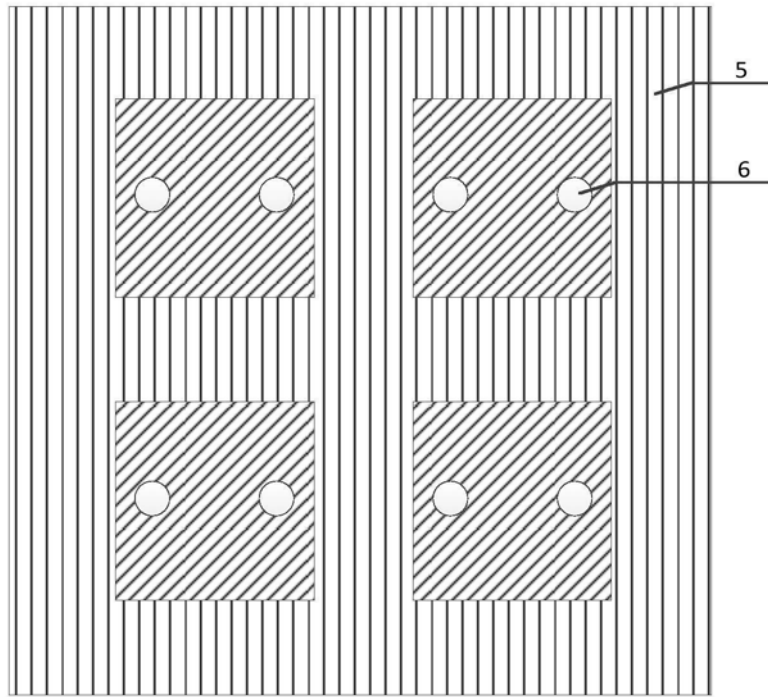


图3

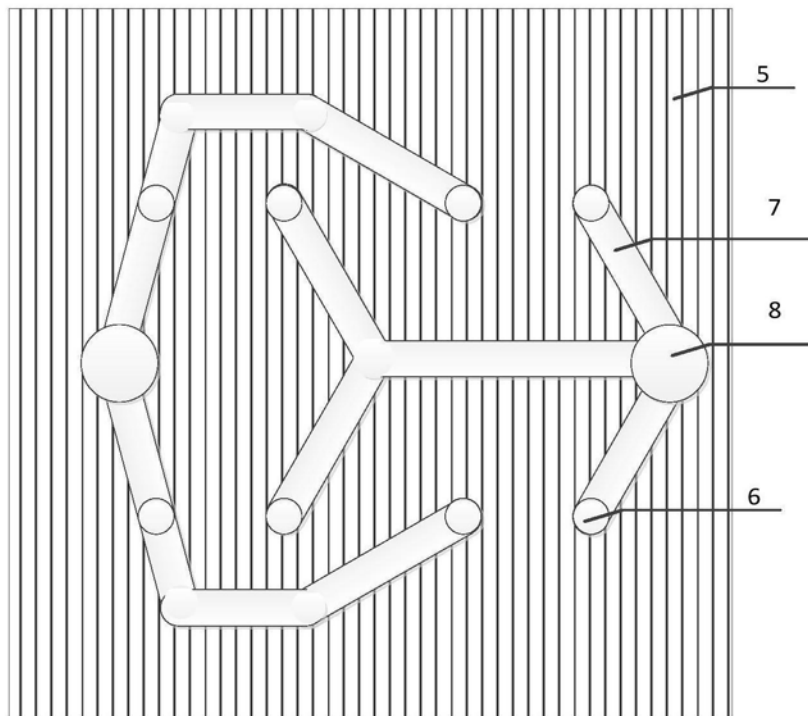


图4

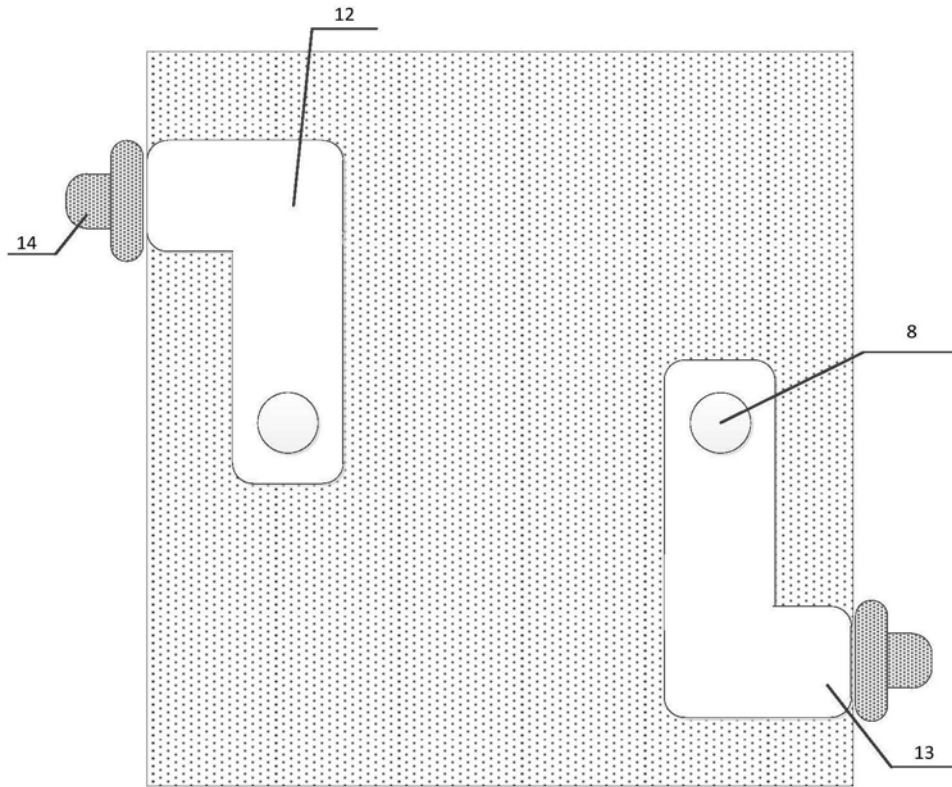


图5