



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102869236 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201210323662.3

(22)申请日 2012.06.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102869236 A

(43)申请公布日 2013.01.09

(30)优先权数据

13/168030 2011.06.24 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 R·A·博普雷 J·L·斯莫伦斯基

W·D·格斯特勒 申晓春

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51)Int.Cl.

H05K 7/20(2006.01)

H01L 23/473(2006.01)

H01L 23/467(2006.01)

(56)对比文件

CN 101103659 A, 2008.01.09,

US 20100226093 A1, 2010.09.09,

CN 1942088 A, 2007.04.04,

US 20070153474 A1, 2007.07.05,

US 20100302734 A1, 2010.12.02,

CN 101377392 A, 2009.03.04,

审查员 侯仁俊

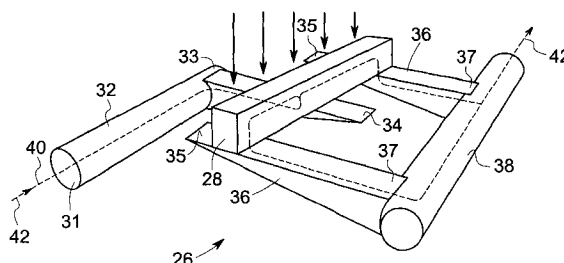
权利要求书3页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

用于功率模块的冷却装置及其相关方法

(57)摘要

公开用于功率模块的冷却装置及其相关方法,该功率模块具有经由基片布置在基板上的电子模块。冷却装置包括具有至少一个冷却区段的散热板。冷却区段包括用于冷却介质的进入的入口室、多个入口歧管通道、多个出口歧管通道和出口室。多个入口歧管通道正交地联接于入口室,用于从入口室接收冷却介质。多个出口歧管通道布置成平行于入口歧管通道。出口室正交地联接于多个出口歧管通道,用于冷却介质的排出。多个毫通道在基板中布置成正交于入口歧管通道和出口歧管通道。多个毫通道将冷却介质从多个入口歧管通道引导到多个出口歧管通道。



1. 一种用于功率模块的冷却装置,所述功率模块包括经由基片布置在基板上的电子模块,所述冷却装置包括:

散热板,其包括至少一个冷却区段,所述至少一个冷却区段包括:

入口室,其用于冷却介质的进入;

多个入口歧管通道,其正交地联接于所述入口室,用于从所述入口室接收所述冷却介质;

多个出口歧管通道,其布置成平行于所述入口歧管通道;

出口室,其正交地联接于所述多个出口歧管通道,用于所述冷却介质的排出;和

密封件,其布置成围绕所述至少一个冷却区段以防止所述至少一个冷却区段中的冷却介质泄漏;和

多个毫通道,其在所述基板中布置成正交于所述入口歧管通道和所述出口歧管通道;其中,所述多个毫通道将所述冷却介质从所述多个入口歧管通道引导到所述多个出口歧管通道;

其中,所述散热板可拆开地联接于所述基板。

2. 根据权利要求1所述的冷却装置,其特征在于,所述散热板包括散热表面,其具有布置在其中的所述至少一个冷却区段。

3. 根据权利要求2所述的冷却装置,其特征在于,所述基板包括板表面,其具有布置在其中的所述多个毫通道。

4. 根据权利要求3所述的冷却装置,其特征在于,所述散热表面布置成面向所述板表面。

5. 根据权利要求1所述的冷却装置,其特征在于,所述入口室布置成平行于所述出口室。

6. 根据权利要求5所述的冷却装置,其特征在于,所述冷却介质进入到所述入口室中和所述冷却介质从所述出口室排出沿着相同方向。

7. 根据权利要求1所述的冷却装置,其特征在于,所述多个入口歧管通道布置成相互平行。

8. 根据权利要求1所述的冷却装置,其特征在于,所述多个出口歧管通道布置成相互平行。

9. 根据权利要求1所述的冷却装置,其特征在于,在所述多个入口歧管通道之中的每个入口歧管通道具有从所述入口室朝向所述出口室逐渐减小的截面。

10. 根据权利要求1所述的冷却装置,其特征在于,在所述多个出口歧管通道之中的每个出口歧管通道具有从所述出口室朝向所述入口室逐渐减小的截面。

11. 根据权利要求1所述的冷却装置,其特征在于,所述冷却介质包括丙二醇和水的混合物。

12. 一种功率模块,其包括:

基板;

电子模块,其经由基片安装在所述基板上;和

用于冷却所述电子模块的冷却装置,所述冷却装置包括:

散热板,其可拆开地联接于所述基板并且包括至少一个冷却区段,所述至少一个冷却

区段包括：

入口室，其用于冷却介质的进入；

多个入口歧管通道，其正交地联接于所述入口室，用于从所述入口室接收所述冷却介质；

多个出口歧管通道，其布置成平行于所述入口歧管通道；

出口室，其正交地联接于所述多个出口歧管通道，用于所述冷却介质的排出；和

密封件，其布置成围绕所述至少一个冷却区段以防止所述至少一个冷却区段中的冷却介质泄漏；和

多个毫通道，其在所述基板中布置成正交于所述入口歧管通道和所述出口歧管通道；其中，所述多个毫通道将所述冷却介质从所述多个入口歧管通道引导到所述多个出口歧管通道。

13. 根据权利要求12所述的功率模块，其特征在于，所述散热板包括散热表面，其具有布置在其中的所述至少一个冷却区段。

14. 根据权利要求13所述的功率模块，其特征在于，所述基板包括板表面，其具有布置在其中的所述多个毫通道。

15. 根据权利要求14所述的功率模块，其特征在于，所述散热表面布置成面向所述板表面。

16. 根据权利要求12所述的功率模块，其特征在于，所述入口室布置成平行于所述出口室。

17. 根据权利要求16所述的功率模块，其特征在于，所述冷却介质进入到所述入口室中和所述冷却介质从所述出口室排出沿着相同方向。

18. 一种用于功率模块的冷却方法，其包括：

经由散热板的至少一个冷却区段的入口室引导冷却介质；

将所述冷却介质从所述入口室引导到多个入口歧管通道，所述多个入口歧管通道正交地联接于所述散热板的至少一个冷却区段中的所述入口室；

将所述冷却介质从所述多个入口歧管通道经由多个毫通道引导到多个出口歧管通道，以便冷却经由基片安装在基板上的电子模块，所述多个出口歧管通道布置成平行于所述散热板的至少一个冷却区段中的所述入口歧管通道，所述多个毫通道在所述基板中布置成正交于所述入口歧管通道和所述出口歧管通道；其中，所述散热板可拆开地联接于所述基板，并且包括密封件，其布置成围绕所述至少一个冷却区段以防止所述至少一个冷却区段中的冷却介质泄漏；

将所述冷却介质从所述多个出口歧管通道经由出口室排出，所述出口室正交地联接于所述多个出口歧管通道。

19. 一种制造用于功率模块的冷却装置的方法，其包括：

将基板从基片移除，所述基片具有布置在其上的电子模块；

使至少一个冷却区段形成在散热板中，其包括：

形成用于冷却介质的进入的入口室；

形成多个入口歧管通道，其正交地联接于所述入口室，用于从所述入口室接收所述冷却介质；

形成多个出口歧管通道,其布置成平行于所述入口歧管通道;和
形成出口室,其正交地联接于所述多个出口歧管通道,用于所述冷却介质的排出;
使多个毫通道在所述基板中形成为正交于所述入口歧管通道和所述出口歧管通道,用于将所述冷却介质从所述多个入口歧管通道引导到所述多个出口歧管通道;和
使所述散热板可拆开地联接于所述基板;
其中,所述散热板包括密封件,其布置成围绕所述至少一个冷却区段以防止所述至少一个冷却区段中的冷却介质泄漏。

用于功率模块的冷却装置及其相关方法

技术领域

[0001] 本发明大体涉及冷却装置,并且更具体地涉及一种用于功率模块的具有集成毫通道(millichannel)的冷却装置。

背景技术

[0002] 功率电子设备指的是与电功率的控制和转换有关的固态电子设备的应用。该转换典型地由封装到功率模块中的硅装置、碳化硅装置和氮化镓装置执行。与功率模块相关的因素中的一个热的产生。虽然由功率模块产生的热是由于许多因素,但是它通常涉及如下事实:功率模块效率总是小于百分之百,并且效率损失典型地产生为热。不幸地,功率模块性能倾向于随着增大的温度而削弱。

[0003] 热管理的附加因素涉及许多装置在小的占地区(footprint)中的封装。装置和因此模块可以以其操作的功率密度因此取决于移除该产生的热的能力。功率电子设备的普通形式的热管理通过散热装置进行。散热装置通过将热传递成远离功率模块的热源而操作,由此使热源保持在相对低的温度处。存在包括空气冷却装置和液体冷却装置的、在热管理领域中已知的多种散热装置。

[0004] 功率模块的热管理的一个实例包括使散热装置附接有嵌入的管以提供功率模块的液体冷却。散热装置典型地是金属结构,诸如铝或铜。诸如水的冷却介质穿过管以冷却功率模块。散热装置典型地联接于功率模块基部,其中,热界面材料(TIM)分散在其间。热界面材料可包括热脂、柔性热垫等。传统冷却装置具有横跨装置的大热梯度和高压降。此外,传统冷却装置具有限制功率模块的操作水平的大热阻。

[0005] 存在对改进的冷却装置的需要。

发明内容

[0006] 根据本发明的一个示范实施例,公开一种用于功率模块的冷却装置,该功率模块具有经由基片布置在基板上的电子模块。冷却装置包括具有至少一个冷却区段的散热板。冷却区段包括用于冷却介质的进入的入口室。多个入口歧管通道正交地联接于入口室,用于从入口室接收冷却介质。多个出口歧管通道布置成平行于入口歧管通道。出口室正交地联接于多个出口歧管通道,用于冷却介质的排出。多个毫通道在基板中布置成正交于入口歧管通道和出口歧管通道。多个毫通道将冷却介质从多个入口歧管通道引导到多个出口歧管通道。

[0007] 根据本发明的另一个示范实施例,公开一种具有示范冷却装置的功率模块。

[0008] 根据本发明的另一个示范实施例,方法包括经由散热板的至少一个冷却区段的入口室引导冷却介质。方法进一步包括将冷却介质从入口室引导到多个入口歧管通道,该多个入口歧管通道正交地联接于散热板的至少一个冷却区段中的入口室。方法还包括将冷却介质从多个入口歧管通道经由多个毫通道引导到多个出口歧管通道,以便冷却经由基片安装在基板上的电子模块,该多个出口歧管通道布置成平行于散热板的至少一个冷却区段中

的入口歧管通道,该多个毫通道在基板中布置成正交于入口歧管通道和出口歧管通道。方法进一步包括将冷却介质从多个出口歧管通道经由出口室排出,该出口室正交地联接于多个出口歧管通道。

[0009] 根据本发明的另一个示范实施例,公开一种用于制造用于功率模块的示范冷却装置的方法。

附图说明

[0010] 当参照附图理解阅读下列详细描述时,本发明的这些和其他的特征、方面和优点将变得更好理解,其中,在所有附图中,同样的标记 表示同样的部件,其中:

[0011] 图1是根据本发明的示范实施例的功率模块的截面图;

[0012] 图2是根据本发明的示范实施例的具有冷却装置的功率模块的分解透视图;

[0013] 图3是根据本发明的示范实施例的功率模块的冷却装置的概略示图;和

[0014] 图4是根据本发明的示范实施例的冷却装置的透视图。

具体实施方式

[0015] 如根据在本文中讨论的实施例所讨论的,公开用于功率模块的冷却装置。在某些实施例中,冷却装置包括具有至少一个冷却区段的散热板。冷却区段包括用于冷却介质的进入的入口室。多个入口歧管通道正交地联接于入口室,用于从入口室接收冷却介质。多个出口歧管通道布置成平行于入口歧管通道。出口室正交地联接于多个出口歧管通道,用于冷却介质的排出。多个毫通道在功率模块的基板中布置成正交于入口歧管通道和出口歧管通道。多个毫通道将冷却介质从多个入口歧管通道引导到多个出口歧管通道。在本文中应当注意,本发明的方面大体涉及散热装置、堆叠件和使用散热装置的设备,并且更具体地涉及毫通道散热装置。在本文中应当注意,“毫通道”在每个尺寸方面具有大约毫米级的宽度和高度。

[0016] 参照图1,功率模块10包括在操作期间产生热的电子模块12、基板14、基片15和散热板16。电子模块12经由基片15布置在基板14上。基板14设置在散热板16上。在一个实施例中,电子模块12被标准化(诸如商用现成品(COTS)部分),使得电子模块12的形状、孔和特征与基板14相配。另外,散热板16也可被标准化,使得散热板16的形状、孔和特征与基板14相配。电子模块12的非限制性实例可包括用于不受限于汽车应用、油气应用等的应用的绝缘栅双极型晶体管(IGBT)、金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、二极管、金属半导体场效应晶体管(MESFET)和高电子迁移率晶体管(HEMT)。根据本发明的实施例,电子装置可由各种半导体制造,该各种半导体的非限制性实例包括硅、碳化硅、氮化镓和砷化镓。

[0017] 基片15设置成避免电短路和执行在基板14和电子模块12之间的热交换。在一个实施例中,基片15是电绝缘且热传导的层,诸如陶瓷层。陶瓷层的非限制性实例可包括氧化铝、氮化铝、氧化铍和氮化硅。在特定实施例中,基片15可经由顶部传导层和底部传导层(例如,铜层)焊接于基板14和电子模块12,即,基片15可具有直接结合铜(DBC)或活性金属硬钎焊(AMB)结构。换言之,顶部传导层可布置在电子模块12和基片15之间,并且底部传导层可布置在基片15和基板之间。在特别实施例中,铝层、金层、银层或合金层可以是优选的,而不是铜层。在另一个实施例中,基板14可直接结合于基片15。基片15可利用许多技术联接于基

板14和电子模块12,该许多技术包括但不限于硬钎焊(braze)、结合、扩散结合、软钎焊(solder)或诸如夹紧的压力接触以提供简单装配过程。在本文中应当注意,图1中的示范配置是说明性的,并且本发明决不被该配置限制。

[0018] 参照图2,示出功率模块10的分解视图。如先前讨论的,基板14设置在散热板16上。散热板16具有布置成面向基板14的板表面20的散热表面18。散热表面18具有多个孔22,并且板表面20具有形成在其中的多个对应孔24。紧固件可联接于孔22、24以使散热表面18可拆开地联接于板表面20。

[0019] 在示出的实施例中,散热板16包括布置在散热表面18中的多个冷却区段26。在一个实施例中,多个冷却区段26凹进在散热板16的散热表面18中。基板14包括布置在板表面20中的成组的毫通道28。每组毫通道28定位成与对应冷却区段26重叠。在本发明的实施例中,毫通道28中的每一个凹进到基板14的板表面20中以形成板表面20中的沟槽。在示出的实施例中,散热板16具有矩形形状。应当注意,图2中的示范散热板16是说明性的,并且散热板16还可具有其他的形状,诸如环形形状、三角形形状或多边形形状。冷却区段26和该组毫通道28一起形成用于功率模块10的冷却装置。在本发明的实施例中,冷却装置构造成冷却电子模块12。在图4中更详细地示出和描述冷却装置。

[0020] 散热板16可包括至少一种热传导材料,该至少一种热传导材料的非限制性实例可包括铜、铝、镍、钼、钛和以上材料的合金。在一些实施例中,散热板16可包括金属基质复合材料,诸如铝硅、碳化铝硅、铝石墨和铜石墨。在其他的实施例中,散热板16可包括陶瓷,诸如氧化铝和氮化硅陶瓷。可选地,散热板16可包括至少一种热塑性材料。

[0021] 对于图2中的示范配置,每个冷却区段26联接于对应组的毫通道28。参照图3和图4更详细地阐明冷却区段26和该组毫通道28之间的联接。每个冷却区段26被密封件31围绕以防止对应冷却区段26中的冷却剂泄漏并且提供不透液体密封。密封件31可包括垫片、O型环或任何其他类型的密封件,诸如具有相似功能的冶金结合。冷却介质通过冷却区段26和该组毫通道28循环以使在基板14和散热板16之间的热交换成为可能。在某些实施例中,与散热板16相似,基板14也可包括至少一种热传导材料,该至少一种热传导材料的非限制性实例可包括热裂解石墨(TPG)、铜、铝、镍、钼、钛和铜、铝、镍、钼、钛的合金。在一些实施例中,基板14也可包含金属基质复合材料,诸如碳化铝硅、铝石墨和铜石墨。在另一个实施例中,基板14可包括陶瓷,诸如氧化铝和氮化硅陶瓷。在特别实施例中,基板14也可包括至少一种热塑性材料。

[0022] 参照图3,示出冷却区段26的部分和毫通道28。在示出的实施例中,冷却区段26的部分包括:入口室32,其具有第一端部31和第二端部33;和入口歧管通道34,其正交地联接于入口室32的第二端部33。虽然仅示出单一入口歧管通道34,但是冷却区段26将典型地具有多个这种入口歧管通道。两个出口歧管通道36布置成平行于入口歧管通道34。在一个实施例中,入口歧管通道34和出口歧管通道36具有相同的尺寸。每个出口歧管通道36包括端部35和另一个端部37。出口室38正交地联接于出口歧管通道36的端部37。出口室38可具有与入口室32的尺寸相同的尺寸。如先前讨论的,基板14包括布置在板表面中的成组的毫通道28。在示出的实施例中,示出一个毫通道28。毫通道28布置成正交于入口歧管通道34和出口歧管通道36。在一些实施例中,毫通道28直接联接于入口歧管通道34和出口歧管通道36。在某些其他的实施例中,毫通道28经由连接路径(未示出)联接于入口歧管通道34和出口歧

管通道36。在特定实施例中,毫通道具有1mm的宽度和3mm的深度。在本文中应当注意,入口歧管通道34具有从入口室32的第二端部33朝向毫通道28逐渐减小的截面。此外,出口歧管通道36具有从端部37朝向毫通道28逐渐减小的截面。

[0023] 在本发明的某些实施例中,毫通道28可具有矩形截面或正方形截面。毫通道28的截面的非限制性实例可进一步包括环形截面、三角形截面、梯形截面和U形截面。毫通道28可浇铸、加工或蚀刻,并且在基板中可以是光滑或粗糙的。粗糙毫通道可具有相对大的表面积以增强冷却介质40的湍流,以便增大其中的热传递。在非限制性实施例中,毫通道28可使用诸如其中的凹陷、凸起等的特征以增加其粗糙度。与毫通道28相似,歧管通道34、36也可具有各种截面形状,其包括但不受限于圆形截面、环形截面、三角形截面、梯形截面和正方形/矩形截面。室32、38,歧管通道34、36和毫通道28的几何形状可基于应用、使用的冷却介质的类型和环境温度而设计。歧管通道34、36和毫通道28的数量可取决于应用而变化。

[0024] 在示范操作中,冷却介质40经由入口室32进入入口歧管通道34。供应源(未示出)用于将冷却介质40泵送到入口室32中。接着,冷却介质40经由基板的毫通道28从入口歧管通道34引导到出口歧管通道36。之后,冷却介质40从出口歧管通道经由出口室38排出。在本文中应当注意,冷却介质40进入到入口室32和冷却介质40从出口室38排出沿着相同方向42。在一个实施例中,冷却介质40包括丙二醇和水的混合物。在特定实施例中,冷却介质40可包括按重量计的60%的丙二醇和按重量计的40%的水。冷却介质40还可包括其他的电传导或非电传导的液体。在另一个实施例中,冷却介质40可包括气态介质。因此,当电子模块12和基板14布置在散热板16上时,流过散热板和基板的毫通道28的冷却介质40使电子模块的冷却成为可能。

[0025] 本文中讨论的冷却区段26的构造(特别是涉及入口歧管通道34和出口歧管通道36的平行配置、通道(34,36)的逐渐减小的截面、室(32,38)的正交配置)和毫通道28提供相对大的流动面积,从而导致横跨区段26的恒定流动速度和低压降。横跨区段26的热梯度最小化。功率模块的热阻和热阻率是最小的,从而使功率模块能够以较高功率水平操作。如在下面注意的:

[0026] 功率的量=温度变化/热阻(损失)

[0027] 因此,模块的功率水平随着较低热阻和较高温度变化而提高。

[0028] 参照图4,根据本发明的示范实施例示出冷却装置30。在示出的实施例中,冷却装置30包括图3的冷却区段26,其具有入口室32和正交地联接于入口室32的多个入口歧管通道34。装置30还包含多个出口歧管通道36,其布置成平行于多个入口歧管通道34。出口室38正交地联接于多个出口歧管通道36。如先前讨论的,基板包含布置在板表面20中的成组的毫通道28。在示出的实施例中,示出一组毫通道28。该组毫通道28布置成正交于多个入口歧管通道34和多个出口歧管通道36。如较早讨论的,多个入口歧管通道34具有从入口室32朝向该组毫通道28逐渐减小的截面。此外,多个出口歧管通道36具有从出口室38朝向该组毫通道28逐渐减小的截面。

[0029] 因此,对于示范配置,当散热板联接于基板并且冷却介质40顺序地引导穿过入口室32、多个入口歧管通道34、该组毫通道28、多个出口歧管通道36和出口室38时,在基板和散热板之间的热交换发生,以便冷却电子模块。密封件提供环绕散热板的冷却区段的不透液体密封。

[0030] 参照图1-4,在一些实施例中,具有成组的毫通道28的基板14和具有多个冷却区段26的散热板16可被预制。在某些其他的实施例中,冷却装置30可浇铸、加工或蚀刻到现有功率模块中。例如,参照图1和图2,基板14可从基片15拆开。接着,现有散热板(未示出)可从基板14拆开。多个毫通道28可形成在基板14的板表面20中。接着,现有散热板可被散热板16替代,散热板16具有形成在散热表面18中的多个冷却区段26。接着,散热板16可联接于基板14,使得板表面20与散热表面18重叠。接着,基板14可联接于基片15。在本文中应当注意,在这种实施例中,制造方面的事件的顺序可取决于要求而变化。具有本文中描述的示范冷却布置的功率模块具有比先前已知的功率模块更低的热阻和热阻率以及更大的热容。

[0031] 虽然仅在本文中示出和描述本发明的某些特征,但是本领域技术人员将想到许多修改和变化。因此,应当理解,所附权利要求意图涵盖落入在本发明的实旨内的所有这种修改和变化。

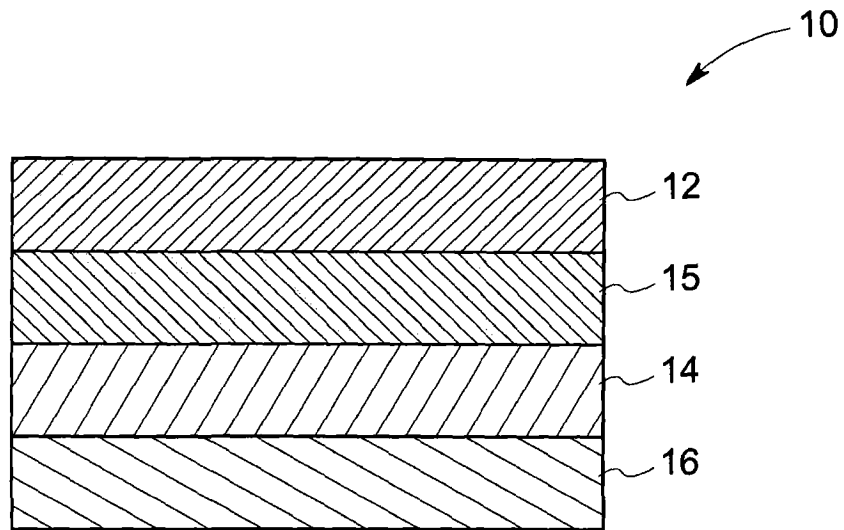


图1

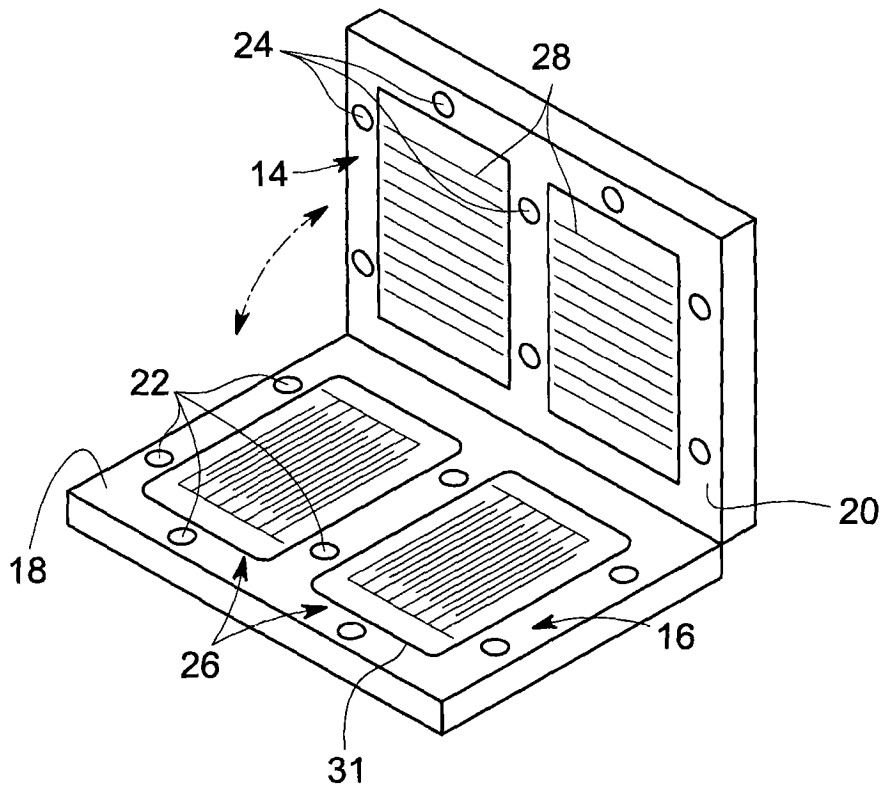


图2

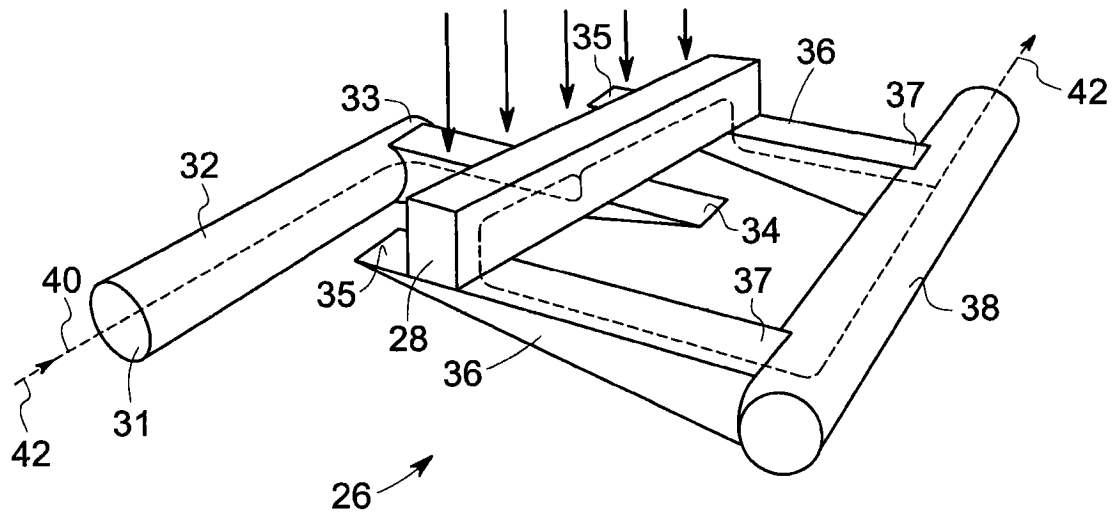


图3

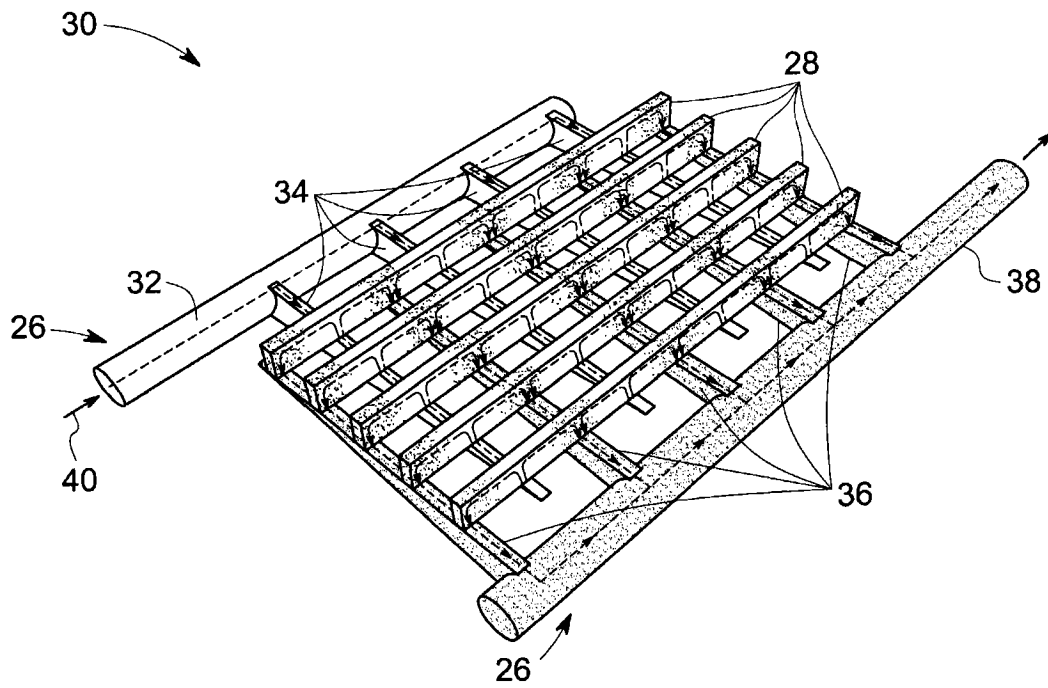


图4