



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107003076 B

(45)授权公告日 2019.07.26

(21)申请号 201580059333.4

(22)申请日 2015.10.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107003076 A

(43)申请公布日 2017.08.01

(30)优先权数据
62/069,564 2014.10.28 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.04.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/057885 2015.10.28

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/114840 EN 2016.07.21

(73)专利权人 科罗拉多州立大学董事会法人团体
地址 美国科罗拉多州丹弗市格兰特街1800号8楼

(72)发明人 瑞恩·约翰·路易斯 李永正
刘·丽·安妮 王云达

(74)专利代理机构 上海晨皓知识产权代理事务所(普通合伙) 31260
代理人 成丽杰

(51)Int.Cl.
F28D 15/02(2006.01)
H01L 23/427(2006.01)
B81C 1/00(2006.01)
B81B 1/00(2006.01)

(56)对比文件
US 2011017431 A1,2011.01.27,
US 2011017431 A1,2011.01.27,
WO 2010036442 A1,2010.04.01,
US 8579018 B1,2013.11.12,
CN 100508708 C,2009.07.01,
CN 1957221 A,2007.05.02,

审查员 韩冰

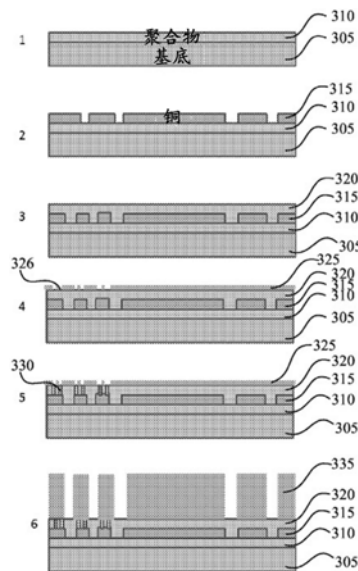
权利要求书2页 说明书13页 附图18页

(54)发明名称

基于聚合物的、微制造的热接地平面

(57)摘要

本文所描述的实施例涉及基于聚合物的热接地平面的概念和设计。依照一个实施例,聚合物被用作为制造热接地平面的材料。其他实施例包括利用两个阵列的微型柱状物的最佳的灯芯状结构设计,使用铜/聚合物处理、利用基于平板印刷术的对TGP进行微制造,微柱,嵌入在微柱中的节流释放孔、原子层沉积(ALD)亲水涂层、节流流体装填结构和密封方法、无缺陷的ALD气密涂层和顺应性结构设计。



1. 一种用于形成热接地平面的方法,包括:
 - 在第一聚合物层上以第一图案沉积第一牺牲层;
 - 在所述第一牺牲层上沉积第二聚合物层;
 - 在所述第二聚合物层上沉积第二牺牲层;
 - 在所述第二聚合物层上沉积第一掩蔽层,所述第一掩蔽层具有使部分所述第二聚合物层暴露的多个暴露区域;
 - 对通过所述第一掩蔽层暴露的部分所述第二聚合物层进行蚀刻;
 - 移除所述第一掩蔽层;
 - 在所述第二牺牲层上的模具中以一图案沉积牺牲气相芯层;
 - 在所述牺牲气相芯层上沉积第三聚合物层;
 - 在所述第三聚合物层上沉积第二掩蔽层,所述第二掩蔽层具有使部分所述第三聚合物层暴露的多个暴露区域;
 - 对通过所述第二掩蔽层暴露的部分所述第三聚合物层进行蚀刻;
 - 移除所述第二掩蔽层;
 - 使用所述第三聚合物层中的孔来移除部分所述牺牲气相芯层;以及
 - 对所述第三聚合物层中的所述孔进行密封。
2. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括,提供基底,并在所述基底上沉积所述第一聚合物层。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,在移除部分所述牺牲气相芯层之后,所述第三聚合物层形成多个柱状物。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一图案包括多个柱状物的底板。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第二聚合物层包括网层。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述掩蔽层包括金属。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述掩蔽层包括多个暴露部分。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述牺牲气相芯层可以被电镀在所述第二聚合物层上。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述气相芯层形成多个柱状物。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中,使用所述第三聚合物层中的孔来移除部分所述牺牲气相芯层还包括将酸引入通过所述第三聚合物层中的所述孔。
11. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述牺牲气相芯层具有小于200微米的厚度。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第二聚合物层具有小于50微米的厚度。
13. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一聚合物层具有小于50微米的厚度。
14. 根据权利要求1所述的方法,其中,使用所述第三聚合物层中的孔来移除部分所述牺牲气相芯层还包括移除部分所述第一牺牲层。
15. 根据权利要求1所述的方法,其中,在所述牺牲气相芯层上沉积第三聚合物层还包括将所述第三聚合物层沉积至所述牺牲气相芯层的腔或通道内。
16. 一种热接地平面,包括
 - 底层;
 - 与所述底层结合的网层;

与所述网层结合的、具有多个柱状物的气芯；和
顶层；

其中，所述顶层和所述底层中的任一个或两者包括波状结构。

17. 根据权利要求16所述的热接地平面，其中，所述波状结构包括平面内波状结构。

18. 根据权利要求16所述的热接地平面，其中，所述波状结构包括平面外波状结构。

19. 根据权利要求16所述的热接地平面，其中，所述顶层和所述底层中的任一个或两者包括聚合物。

20. 根据权利要求16所述的热接地平面，其中，所述多个柱状物包括聚合物。

21. 根据权利要求16所述的热接地平面，其中，所述网层包括聚合物。

22. 根据权利要求16所述的热接地平面，其中，所述网层包括一个或更多个柱状物和/或一个或多个微柱。

23. 根据权利要求16所述的热接地平面，其中，所述一个或更多个柱状物具有星形横截面形状。

基于聚合物的、微制造的热接地平面

[0001] 对在联邦资助研发下所做的发明的权利的声明

[0002] 本发明是在由DOD/DARPA授予的批准号N66001-08-C-2006下通过政府支持而做出的,政府对本发明享有一定的权利。

发明内容

[0003] 本发明一些实施例涉及了基于聚合物的微制造的热接地平面(TGP)及其制造方法。依照一些实施例,聚合物被用作为制造热接地平面的材料。其他实施例包括利用两个阵列的微型柱状物的最佳的芯吸结构设计,使用铜/聚合物处理、利用基于平板印刷术的对TGP进行微制造,微柱、嵌入在微柱中的节流释放孔、原子层沉积(ALD)的亲水和疏水涂敷、节流流体装填结构和密封方法、无缺陷的ALD气密涂敷、和顺应性结构设计。

[0004] 本发明一些实施例包括形成热接地平面的方法。该方法包括以下:在衬底上沉积第一聚合物层;在第一聚合物层上以第一图案沉积第一牺牲层;在所述第一牺牲层上沉积第二聚合物层;在所述第二聚合物层上沉积第二牺牲层;在所述第二聚合物层上沉积第一掩蔽层,所述第一掩蔽层具有使部分所述第二聚合物层暴露的多个暴露区域;对通过所述第一掩蔽层暴露的部分所述第二聚合物层进行蚀刻;移除所述第一掩蔽层;在所述第二牺牲层上以一图案沉积牺牲气相芯层;在所述牺牲气相芯层上沉积第三聚合物层;在所述第三聚合物层上沉积第二掩蔽层,所述第二掩蔽层具有使部分所述第三聚合物层暴露的多个暴露区域;对通过所述第二掩蔽层暴露的部分所述第三聚合物层进行蚀刻;移除所述第二掩蔽层;使用所述第三聚合物层中的孔来移除部分所述牺牲气相芯层;移除衬底;以及对所述第三聚合物层中的所述孔进行密封。

[0005] 在一些实施例中,在移除部分所述牺牲气相芯层之后,所述第三聚合物层形成多个柱状物。

[0006] 在一些实施例中,所述第一图案包括多个柱状物的底板。

[0007] 在一些实施例中,所述第二聚合物层包括网层。

[0008] 在一些实施例中,所述掩蔽层包括金属。在一些实施例中,所述掩蔽层包括多个暴露部分。

[0009] 在一些实施例中,所述牺牲气相芯层可以被电镀在所述第二聚合物层上。在一些实施例中,所述气相芯层可包括多个柱状物。

[0010] 在一些实施例中,使用所述第三聚合物层中的孔来移除部分所述牺牲气相芯层还包括将酸引入通过所述第三聚合物层中的所述孔。

[0011] 在一些实施例中,所述牺牲气相芯层具有小于200微米的厚度。在一些实施例中,所述第二聚合物层具有小于50微米的厚度。在一些实施例中,所述第一聚合物层具有小于50微米的厚度。

[0012] 在一些实施例中,使用所述第三聚合物层中的孔来移除部分所述牺牲气相芯层还包括移除部分所述第一牺牲层。

[0013] 在一些实施例中,在所述牺牲气相芯层上沉积第三聚合物层还包括将所述第三聚

合物层沉积至所述牺牲气相芯层的腔或通道内。

[0014] 一些实施例包括热接地平面。所述热接地平面可包括底层；与所述底层结合的网层；与所述网层结合的、具有多个柱状物的气芯；和顶层。

[0015] 在一些实施例中，所述顶层和所述底层中的任一个或两者包括平面内波状结构。在一些实施例中，所述顶层和所述底层中的任一个或两者包括平面外波状结构。

[0016] 在一些实施例中，所述顶层和所述底层中的任一个或两者包括聚合物。在一些实施例中，所述多个柱状物包括聚合物。在一些实施例中，所述网层包括聚合物。

[0017] 在一些实施例中，所述网层包括一个或多个柱状物和/或一个或多个微柱。在一些实施例中，所述一个或多个柱状物具有星形横截面形状。

[0018] 提及上述实施例并不用于限制或定义本发明，而是为了提供示例来帮助了解本发明。另外的实施例将在具体实施方式中予以讨论，并提供更多的描述。各种实施例中的一个或多个所提供的有益效果可以通过研究本说明书或通过实践一个或多个所呈现的实施例来进一步理解。

附图说明

[0019] 以下具体实施方式结合附图能够更好的理解本公开的特征、方面以及优势。

[0020] 图1A例示了根据一些实施例的TGP的工作原理；

[0021] 图1B例示了根据一些实施例的具有蒸发器、气相芯、冷凝器和液体芯吸结构的TGP。

[0022] 图2A是例示了针对为了防止变干的给定约束的、可能的微柱几何结构的范围相对于根据杨拉普拉斯公式计算出的毛细管压力和根据泊肃叶定律计算出的粘性压降的曲线图。

[0023] 图2B为在两个不同区域具有两个不同阵列几何结构的芯吸结构120的微柱设计的示意图。

[0024] 图3A和图3B例示了根据一些实施例的用于制造TGP的示例处理。

[0025] 图4示出了示例阵列的微型柱状物。

[0026] 图5A例示了在铜释放之后、在释放孔被环氧基树脂填充之前的TGP中的节流释放孔。

[0027] 图5B例示了在释放孔被环氧基树脂填充之后的TGP中的节流释放孔。

[0028] 图6例示了示例结构和/或密封方法。

[0029] 图7A例示了根据一些实施例的平面外结构的示意图。

[0030] 图7B例示了根据一些实施例的平面外顺应性结构(compliant structure)。

[0031] 图7C例示了根据一些实施例的用于制造平面外波状结构的示例处理流程。

[0032] 图8例示了示例性平面内结构。

[0033] 图9例示了使用PDMS模具制造的结构。

[0034] 图10例示了根据一些实施例的具有层压周界的TGP。

[0035] 图11A是例示柱状物间隔问题的示意图。

[0036] 图11B例示了根据一些实施例的用于最优化柱状物间隔的最优曲线。

[0037] 图12A和图12B例示了根据一些实施例的用于制造TGP的示例性处理。

- [0038] 图13例示了示例性热接地平面。
- [0039] 图14为例示了气相芯厚度的最优考虑的曲线图。
- [0040] 图15为例示了气相芯厚度的最优考虑的曲线图。
- [0041] 图16例示了根据一些实施例的集成有印刷电路板的热接地平面。
- [0042] 图17例示了根据一些实施例的与PCB耦接的TGP的剖视图。
- [0043] 图18A和图18B示出了根据一些实施例的用于制造集成有PCB的TGP的示例性流程。
- [0044] 图19A例示了根据一些实施例的被制造为通过TGP中的聚合物层的电通孔。
- [0045] 图19B例示了可与PCB上的电互连、通孔或结合垫连接的电通孔。
- [0046] 图20例示了根据一些实施例的在集成TGP的情况下、层叠为单个PCB的几个预制柔性电路板。
- [0047] 图21例示了根据一些实施例的TGP的俯视图。
- [0048] 图22A示出了沿图21中所示的横截面A切割的TGP的侧视图。
- [0049] 图22B示出了沿图21中所示的横截面B切割的TGP的侧视图。
- [0050] 图22C示出了沿图21中所示的横截面C切割的TGP700的端视图。

具体实施方式

[0051] 热管理可以是微系统中一个重要的元素,以将热量从敏感电子和光子部件去除。在无源热管理技术中,使用相变热传递处理的热管道可以具有量级比任何固体都要高的有效热导率。这里所描述的实施例为可利用聚合物材料来制造整个TGP结构。这可以允许实现超薄和/或柔性设备。聚合物可以允许整体制造工艺来使组件最小化、甚至使得与冷却目标的集成变得容易。

[0052] 一些实施例可以具有许多特征,如:使用两个或更多个阵列的微柱的芯吸结构设计,使用铜/聚合物处理对TGP进行微制造,支撑气相芯以使得高压下的形变最小化的微柱、嵌入在微柱中的节流释放孔、原子层沉积(ALD)的亲水和/或疏水涂敷、节流流体装填结构、无缺陷的ALD气密涂敷、和/或顺应性结构设计等。

[0053] 在一些实施例中,热接地平面可以是使用相变处理来实现低热阻的热传输的无源热管理设备。图1A和图1B示出了根据一些实施例的基于聚合物的超薄TGP100的示例。图1A例示了TGP100的工作原理,其中,以点划线示出了热流,以虚线示出了蒸汽流,以及以实线示出了液体流。

[0054] 图1B所示的TGP100包括蒸发器105、气相芯115、冷凝器110和液体芯吸结构120。在TGP中,例如处于液相和气相两者的导热流体(HTF)(如,水和/或氨)可被置于TGP的内腔内。热量可在一个部分被吸收(蒸发器105),致使在该区域的HTF蒸发。热量可以由蒸发的HTF携带经过气相芯115到冷却部分(冷凝器110),在该冷却部分,HTF冷凝并将的热量从冷凝器110排到外面。此时液相HTF通过毛细作用力被抽回至蒸发器105,该毛细作用力由液体芯吸结构120的几何结构和表面化学性质所致,从而导致了经历包括蒸发和冷凝在内的液相至气相变化的闭合流体循环周期。液体芯吸结构120可以包括柱状物和/或网(例如,金属编织或聚合物网)。

[0055] 在一些实施例中,芯吸结构120可以被制造成微柱的阵列。可以以使得蒸发器105与冷凝器110之间的热阻最小化的方式使这种微柱阵列的设计最优化,同时保持了一定的

几何结构约束(如整个装置的规定高度、宽度和/或长度),和/或操作参数(如平均温度和要传输的热量的瓦数)。最优化处理可以包括两个步骤:首先,可以确定用于防止系统变干的、柱状物阵列几何结构的可接受范围,然后,在该范围内可找到使热阻最小化的几何结构。

[0056] 变干可以发生在液体从冷凝器110经由芯被泵送回蒸发器105不如其在蒸发器105中蒸发一样快的时候。液体芯吸结构120可以提供足够的毛细泵送压力来克服与通过气相芯115的蒸汽流和通过液体芯吸结构120的液体流相关的压力损失。例如,更密集的柱状物阵列不仅可导致更大的毛细管泵送压力,还导致更高的液体压降。在一些实施例中,为了降低与芯吸结构120相关联的压降,可以在蒸发器105和冷凝器110之间制造具有更宽几何结构的第二阵列微柱。

[0057] 图2A是例示了针对防止变干的给定约束的、可能的微柱几何尺寸的范围相对于根据杨拉普拉斯公式计算出的毛细管压力和根据泊肃叶定律计算出的粘性压降的曲线图。在这个例子当中,约束的总高度为0.2mm,操作温度为325K,耗散热量为5W。

[0058] 图2B为用于两个不同阵列几何结构位于两个不同区域的情况下的芯吸结构120的微柱设计的示意图。第一区域可以包括蒸发器区域105和/或冷凝器区域110两者之一或两者。第二区域可以包括轴心区域135。例如,在第一区域中柱状物的横截面面积大于第二区域中柱状物的横截面面积。再如另一例子,在第一区域中相邻柱状物之间的间隔(如,相邻柱状物之间的平均间隔)可以不同于第二区域中相邻柱状物之间的间隔。

[0059] 一旦获得了几何结构的范围,也就获得了所有可接受的几何结构的热阻。关于获得热阻的一些细节可以包括经过固体包装材料的导热率和/或蒸汽传输损失。根据一些实施例,图2b中示出了针对给定约束在可接受状态下的总热阻。

[0060] 一些实施例可以包括TGP的制造。例如,一些实施例可以包括使用铜/聚合物处理对TGP的微制造,其可以允许通过平板印刷术对几何特征进行控制。这可以允许例如对几何尺寸进行控制以实现任何类型的热性能。

[0061] 图3A和图3B例示了根据一些实施例的用于制造TGP的处理300。虽然示出为分离的区块,但是根据期望的实现方式,各个区块可以被划分为额外的区块,被组合成更少的区块,或被去除。

[0062] 在区块1,可以使用现有技术已知的任何聚合物沉积技术(例如,铸造、涂抹、热喷涂、浸渍和/或旋涂)将聚合物310沉积在衬底305上。衬底305可包括玻璃衬底。聚合物可包括任何类型的聚合物材料,例如,聚酰亚胺或任何其他聚合物材料。

[0063] 在区块2,可以将第一牺牲层315沉积在聚合物305上。在一些实施例中,第一牺牲层可以包括多个柱状物。多个柱状物例如可具有任意尺寸和图案。第一牺牲金属层315可包括金属,如铝、铜等。在一些实施例中,可以通过先沉积籽晶层然后将牺牲层315电镀到理想高度来将第一牺牲层315沉积在聚合物层310上。在一些实施例中,可利用光刻技术将第一牺牲层315蚀刻至具有柱状物图案的底板中。在一些实施例中,通过利用聚合物处理技术(包括铸造、涂抹、热喷涂、浸渍和旋涂),金属的被蚀刻掉的区域可以成为聚合物柱状物。

[0064] 在区块3,可以将第二聚合物320沉积在牺牲层315上和/或第一聚合物层310上。第二聚合物320例如可包括柱状物和网层(如,金属编织或聚合物网层)。第二聚合物320例如可填充牺牲层315的被蚀刻的部分和/或牺牲层315的腔中的至少一部分。

[0065] 在区块4,可将例如包括金属(如铜)的掩蔽层325沉积在聚合物320上。掩蔽层325

的形状、设计和/或图案可通过光刻技术来定义或可以被蚀刻。比如,掩蔽层325可以具有暴露区域326。

[0066] 在区块5,可以利用蚀刻(如反应离子蚀刻(RIE)或任何其他蚀刻技术)来移除被掩蔽层325的暴露区域所暴露的部分第二聚合物320。这种蚀刻可以在第二聚合物320层中形成网结构330。蚀刻之后,可以移除掩蔽层325。

[0067] 在区块6,可以将牺牲气相芯层335沉积在第二聚合物层320上。牺牲气相芯层335可包括金属,例如铜。在一些实施例中,牺牲气相芯层335可以被电镀在第二聚合物层320上。可以利用任何类型的光刻技术和/或蚀刻技术将牺牲气相芯层335中的支撑腔和/或反向柱状物和/或侧壁定义在气相芯层中。

[0068] 转到图3B,在区块7,可以将第三聚合物层340沉积在牺牲气相芯层335中的腔上和/或腔内。第三聚合物层340可包括柱状物341、侧壁、和/或顶层343。在一些实施例中,柱状物可为圆形、多边形、正方形、矩形或星形的横截面。

[0069] 在区块8,可利用光刻技术以一图案沉积第二掩蔽层以形成释放孔。可以将第二掩蔽层连同在释放孔之下的部分第三聚合物层340一起蚀刻掉,从而形成通过聚合物层的释放孔345。

[0070] 在区块9,通过经过释放孔345引入的酸移除牺牲气相芯层335,从而形成气相芯层350。通过经由释放孔345引入的酸移除牺牲层315,从而形成液体通道355。

[0071] 在区块10,通过衬底蚀刻剂(例如,用于玻璃衬底的氢氟酸)将装置从衬底305移除。

[0072] 在区块11,释放孔345可由聚合物或环氧树脂来填充以密封顶层。

[0073] 在一些实施例中,聚合物层310的厚度可以小于约50微米,例如,小于25、20、15、10微米等。

[0074] 在一些实施例中,第三聚合物层340的厚度可以小于约50微米,例如,小于25、20、15、10微米等。

[0075] 在一些实施例中,气相芯350的厚度可以小于约500微米,例如,小于250、200、150、100微米等。

[0076] 在一些实施例中,液体通道的厚度可以小于约50微米,例如,小于25、20、15、10微米等。

[0077] 虽然处理300示出为分离的区块,但是根据期望的实现方式,图3的不同的块可以被分成额外的区块,被组合成更少的区块,或被去除。

[0078] 在一些实施例中,除铜以外的其他材料也可以用作牺牲层315的材料。这些材料可以包括金属以及可以在随后被释放的其他聚合物,例如可热分解或光分解的聚合物,如聚碳酸酯或降冰片烯基聚合物。

[0079] 可以使用各种其他的制造技术。例如,可以将用于形成铜底部的轧制铜片用于气相芯。例如,网结构330可以形成在此铜底部上网。例如,可通过光刻技术确定的聚合物电镀掩模来对网结构330进行电镀。在一些实施例中,铜可生长为形成芯吸结构的底板的所期望的形状。一旦芯吸结构被电镀,可以将掩膜移除,并以结构化聚合物代替该掩膜。然后,构成气相芯的铜可以被图案化并且被蚀刻以定义支撑柱状物和侧壁。例如,这种制造方法可以代替区块1至6中的一部分或全部。

[0080] 在一些实施例中,若导热流体(HTF)经历了其标准沸点温度之上的温度,在TGP的气相芯与外界环境之间就会有正压差。在一些实施例中,若导热流体经历标准沸点温度之下的温度,在TGP的气相芯与其周围大气之间就会有负压差。在一些实施例中,柱状物360可以被嵌入在气相芯350中以消除由于压差存在导致的顶层的形变。柱状物360例如可以通过蚀刻用于形成气相芯的牺牲铜来确定。图4中示出了这样的微型柱状物的示例。在一些实施例中,柱状物360可具有圆形、椭圆形、多边形、正方形和星形的横截面形状。

[0081] 在一些实施例中,释放孔345可以由密封材料填充从而将顶部聚合物层密封。在一些实施例中,可以将密封材料作为粘性流体引入悬在气相芯通道之上的释放孔345,气相芯通道可以对流体将要流经的地方提供一些控制。毛细作用力可将流体从释放孔中抽出,防止密封以及在密封流体凝固后在气相芯中产生流动阻力。此外,当TGP弯曲时,聚合物或环氧树脂会爆裂。为了在密封流体凝固前获得对其流动的控制,可以在柱状物内嵌入释放孔以及用于将释放孔与气相芯的牺牲铜连接的节流通道的,如图5A和图5B所示。当聚合物或环氧树脂作为密封流体引入释放孔345中时,节流结构可以防止其散播至气相芯350中。在一些实施例中,当TGP弯曲时,柱状物的固体结构将会降低聚合物或环氧树脂材料周围的压力并且减少裂缝出现的机会。

[0082] 图5A示出了在铜释放之后、在释放孔被环氧树脂填充之前的TGP中的节流释放孔。图5B示出了在释放孔被环氧树脂填充之后的TGP中的节流释放孔。在一些实施例中,通过节流设计阻止环氧树脂进入气相芯。

[0083] 在一些实施例中,网结构330可以具有导致与导热流体之间低或高的接触角的表面化学性质。例如,可以将亲水和/或疏水涂敷应用于网结构330来加强蒸发或冷却。可以使用例如原子层沉积(ALD)来提供用于对网结构330的表面进行亲水或疏水涂敷的保形层。这样的沉积可以发生在释放孔345被填充之前。ADL薄膜的前置物可以从TGP上方的流动区域经过释放孔而扩散,从而其沉积在内表面上。在一些实施例中,三氧化二铝(Al_2O_3)的黏附层之后可以是亲水或疏水层。

[0084] 在一些实施例中,TGP可以被排为真空,由导热流体进行装填,和/或随后可以将该装填区域填充。为了便于此处理,可以制造装填结构。装填结构可以包括“T”接头。这种结构可以被图案化至气相芯层中,并且可以包括微柱以防止当系统被排空时通道的坍塌。“T”的一个臂连接至大型真空清除和流体装填系统,“T”的另一臂连接至环氧树脂注射系统。一旦系统排空了非冷凝气体并装填了导热流体时,可以将导热流体注射进装填结构中。装填结构末端的节流阀可防止环氧树脂进入气相芯。在一些实施例中,一旦环氧树脂被固化,则可以切除装填结构。图6显示了示例结构和/或密封方法。

[0085] 聚合物可以不是气密的,并且其可以允许包括空气分子的小分子扩散通过它们。在一些实施例中,气体分子流入TGP的气相芯引入了非可冷凝气体,HTF流出TGP构成了泄漏——两者都可以通过向外部区域和/或TGP的表面施加ALD无机阻挡涂层来停止。ALD膜进一步通过用于密封流体装填结构和释放孔的环氧树脂来防止泄漏。在一些实施例中,为了提供无缺陷的膜,可以使聚合物薄膜来封装任何微米级尺寸的颗粒或与处理和装填相关的表面粗糙部分。此外,在ALD薄膜沉积之后,聚合物薄膜可用来封装和保护ALD薄膜。

[0086] 虽然聚合物可以为TGP提供天然的顺应性材料,但是ALD无机薄膜可能会在中等应变下爆裂。为了阻止当TGP以小半径弯曲时发生爆裂或类似的损坏,在一些实施例中,实施

顺应性结构。例如,该顺应性结构可以减小与弯曲相关联的应力。在一些实施例中,顺应性结构有两个部件:平面外结构和平面内结构。在不同的实施例中,可以使用两者之一或者两者。

[0087] 图7A示出了平面外结构的示例,其包括在最顶部的聚合物层上的波状结构。波状结构可降低最顶层的刚度,将中性轴移至更靠近底层,从而减轻当TGP弯曲时底部的应力和应变,如图7B所示。这样的结构可以通过形成底部微图案化模具制造(通过气相芯牺牲铜层中的等向性蚀刻或以其他可定义图像的聚合物进行图案化)、涂覆顶部聚合物层、以及当聚合物固化时利用微图案化模具按压顶部聚合物层而制成,如图7C所示。

[0088] 图7A示出了根据一些实施例平面外结构的示意图。

[0089] 图7B例示了平面外顺应性结构,该顺应性结构用于将顶层和底层的应变减少到小于1%。

[0090] 图7C例示了用于制造平面外波状结构的示例处理流程,包括根据该处理制造的平面外波状结构的照片。该处理显示了生产该结构的方法,该结构是使用可定义图像的SU-8接着使用聚二甲基硅氧烷(PDMS)层以对SU-8的角进行圆化并提供阻碍物以阻止PDMS与聚酰亚胺(PI)之间的溶剂不相容来生产的。

[0091] 图8示出了平面内结构的示例。在TGP会发生弯曲的位置制造通过其液体和蒸汽可以流动的多个平行通道。这些通道在聚合物铸造给出的平面中可以给出波形轮廓。在一些实施例中,不需要附加的处理来制造这些结构。平行通道和通道的壁之间的间隙的尺寸可以被最小化,从而使流动区域最大化并降低相关联的压降。当压降增大时,具有大幅值、小斜度和薄通道的状结构可以增加顺应性。在一些实施例中,最优化处理可以用来选择满足顺应性条件和将相关联的压降最小化两者的波状结构的几何尺寸。

[0092] 在一些实施例中,如果层的仅一侧包括正弦波结构,该正弦波结构的幅值明显薄于层的厚度和/或厚于ALD膜的厚度。在一些实施例中,正弦波的波长不大于5倍的幅值。例如,最优化的波状结构的幅值为 $2\mu\text{m}$,波长为 $10\mu\text{m}$ 。

[0093] 在一些实施例中,该结构可以使用当聚酰亚胺凝固时被印入聚酰亚胺的PDMS模具制造,如图9所示。

[0094] 在一些实施例中,可以将TGP制造为没有释放孔。例如,柱状物可以完全是固体和/或可以允许蚀刻剂从周界进入TGP中。这种情况下,可以经过层压处理由柔性热成型聚合物或热固性聚合物(如氟化乙烯丙烯(FEP))对周界进行密封。图10例示了根据一些实施例的具有层压的周界的TGP。

[0095] 在一些实施例中,基于需求,柱状物的尺寸和/或间隔可以不同,例如,宽的间隔可能造成顶层和底层坍塌,水压直径变窄以及内部压降增加。例如,窄的间隔会造成太多的柱状物占用了本该用来作为流动通道的横截面区域,从而导致更高的压降。

[0096] 在一些实施例中,最佳的或接近最佳的柱状物间隔可通过经由作为柱状物间隔的函数的给定横截面几何尺寸来使压降最小化而获得,如图11B所示。在这个示例几何尺寸中,最佳的间隔为 0.4mm 。

[0097] 图11A为柱状物间隔问题的示意性示例,图11B示出了根据一些实施例的用于最优化的柱状物间隔的最优化曲线。

[0098] 一些制造方法可导致通过最终旋涂层而泄露。为了避免这些泄露,在一些实施例

中,可以通过层压连续的热成型聚合物或热固性聚合物的薄片以覆盖表面来促进该结构的密封。

[0099] 在一些实施例中,沿着TGP的顶层将液体冷凝可导致对蒸汽流动的约束,因此降低了性能。液体会沿着顶层通过网结构扩散。例如,这可以在柱状物结构被确定之后,通过蚀刻牺牲铜或将阵列微型柱状物电镀至牺牲铜中而形成。例如,这可以发生在图3的步骤6之后。

[0100] 一些实施例包括图3所示制造方案的替换。例如,制造可以基于作为牺牲层的金属箔,该牺牲层最终确定最大的层,如,气相芯。由箔开始,可以如图12A所示地进行制造。

[0101] 在区块1,可以将微型柱状物支架1210照片图案化在箔1205的底部上。

[0102] 在区块2,可以通过支架1210蚀刻微型柱状物以形成芯吸结构1215的图像。

[0103] 在区块3,可以将聚合物涂层1220沉积在箔12-5上,箔12-5可以形成芯吸结构的至少一部分。

[0104] 在区块4,可以通过箔1205将柱状物1225的图像照片图案化和/或蚀刻以在箔1205中形成柱状物1225。例如,柱状物可以由铜形成。

[0105] 在图12B中的区块5,额外的微型柱状物支架可以被形成为芯吸结构1230。

[0106] 在区块6,可以将聚合物涂层应用于芯吸结构1230的顶部,形成副芯、柱状物,和/或最高结构层。

[0107] 在区块7,可以将柱状物1225蚀刻掉蒸汽室。

[0108] 在区块8,可以施加ADL涂敷和/或可以对周界进行密封。在一些实施例中,还可以增加装填端口1245来装填TGP并且在装填完成时对其进行密封。

[0109] 虽然示出为分离的区块,但是根据期望的实现方式,图12A和图12B中的各个区块也可以被划分成额外的区块,被组合成更少的区块,或被去除。

[0110] 图13例示了TGP1300。例如,可以利用图12中所示的处理来制造TGP1300。例如,TGP1300的厚度可以小于大约0.5mm、0.2mm、0.1mm和0.05mm,等。

[0111] TGP1300包括顶部覆盖涂层1305和/或底部覆盖涂层1306。顶部覆盖涂层1305和/或底部覆盖涂层1306包括氟化乙烯丙烯或其他聚合物材料。

[0112] TGP1300还可以包括顶部聚合物层1310和/或底部聚合物层1311。顶部聚合物层1310和/或底部聚合物层1311可以包括任意类型的聚合物材料,例如,聚酰亚胺。

[0113] 底部网1320可以被置于底部聚合物层1310上或与底部聚合物层1310相联接。底部网1320可以包括聚合物层,该聚合物层可以包括编织的网或多个柱状物。

[0114] 顶部网1325可以被置于顶部聚合物层1311上或与顶部聚合物层1311相联接。顶部网1325可以包括聚合物层,该聚合物层可以包括编织的网或多个柱状物。例如,顶部网1325可以为冷凝物聚集网(condensate collection mesh)。

[0115] 气相芯1330可以形成在顶部网1325和底部网1320之间。气相芯可以包括多个柱状物1315,其以任意类型的柱状物1315之间的间隔和/或配置的形式被布置在整个气相芯芯中。例如,底部网1320可以为冷凝物聚集网。

[0116] 边缘密封件1335可以形成对于蒸汽室1330的密封。边缘密封件1335可以包括氟化乙烯丙烯或其他聚合物材料。

[0117] 在一些实施例中,TGP1300可以被设计为具有气相芯1330和/或通过使得经由TGP

的热阻最小化来设计的液体通道厚度,同时遵循TGP1300总厚度小于0.1mm以及与液体和蒸汽相关联的压降小于毛细泵送压力的物理约束。

[0118] 如图14和/或图15所示,针对设备总厚度为0.1mm的情况,其示出了示例的或最佳的气相芯厚度为0.065。

[0119] 在一些实施例中,如图16所示,热接地平面1600可以集成有印刷电路板(PCB)。TGP1600包括液体通道1610、网芯吸网1615、和/或气芯柱状物1620。虽然示出了两个网芯吸网和液体通道1610,但是在一些实施例中也可以仅使用一个。在一些实施例中,热量可从TGP1600的一侧传送到TGP1600的另一侧。凝结在TGP1600底部上的液体可以被收集和运送回TGP1600的顶部。在一些实施例中,可以使用一组或两组芯吸层1615和/或液体返回通道1610。在一些实施例中,电子通孔1625可以穿过TGP1600。例如,通孔1625可以经由气相芯柱状物1620穿过TGP1600。在一些实施例中,PCB上不同的部件中产生的热量可以经由热通孔1630被传输到TGP1600。

[0120] 图17例示了根据一些实施例的与PCB相联接的TGP的剖视图。图中例示了热通孔和电子通孔以及它们与TGP的连接或它们穿过TGP的连接。还例示了两组芯吸层和液体返回通道。

[0121] 图18A和图18B例示了根据一些实施例的用于制造集成有PCB的TGP的示例流程。在区块(a),提供PCB1800。如区块(b)所示,在PCB1800中可以制造热通孔1805。

[0122] 在区块(c),可以在PCB1800的顶部制造不同的TGP层。这些TGP层可以包括在本申请中描述的任意TGP层或结构。例如,这些层可以包括底部聚合物层1815、底部牺牲层1820、和底部芯吸聚合物层1825。底部牺牲层1820可为铜层。

[0123] 在区块(d),可以以微结构的图案1830来蚀刻芯吸聚合物层1825。

[0124] 在区块(e),可以制造柱状物1835。柱状物1835可以包括聚合物。例如,柱状物1835可以由厚牺牲铜层1840包围。当移除牺牲铜层1840时,所产生的间隔可以形成TGP的气相芯。

[0125] 在区块(f),可以制造顶部聚合物芯吸聚合物层1850和/或液体返回通道1845层。

[0126] 在区块(g),在图18B中,多层结构的制造可以通过带有被蚀刻掉的释放孔1860的顶部包围层1855来完成。这些释放孔1860可能需要引入液体或蒸汽蚀刻剂来移除牺牲铜层1840和/或其他层。

[0127] 在区块(h),通过经由释放孔1860引入的蚀刻剂来移除牺牲铜层1840和/或其他层。气相芯1865可以随着牺牲铜层1840的移除而形成。其他的芯吸层和/或网层也可以随着牺牲铜层1840的移除而形成。

[0128] 在区块(i),可以由原子层沉积层涂敷TGP结构内的不同部分以具有亲水或疏水性质和/或对聚合物进行密封以防止被水装填。一些实施例中对聚合物的气密密封是重要的,因为从聚合物排气会产生非可冷凝气体,其将会降低TGP的性能。而且,释放孔将被另外的聚合物、玻璃或金属材料密封。

[0129] 在区块(j),可以将结构内的空气密封和/或可以将其真空抽除,在此之后可以将水装填至结构中。在一些实施例中,装填口可以是通过额外的原子层沉积来气密密封的铜管或聚合物连接器。

[0130] 在区块(k),可以在装填后将装填口密封。

[0131] 在区块(1),可以施加ALD涂覆以封装TGP的整个外表面来气密密封整个系统。在对TGP的装填之前或之后,可利用各种其他密封技术。应该注意,这里所提到的所有ALD涂覆可被其他涂覆工艺替换,如化学气相沉积或物理金属沉积工艺。

[0132] 在一些实施例中,单组的芯吸层和/或液体返回通道层可以被施加于冷凝器和蒸发器被安置于TGP相同侧的较薄的TGP。

[0133] 图19A例示了根据一些实施例的通过TGP中的聚合物层制造的电子通孔。这种通孔的制造工艺包括钻孔工艺,紧接着利用PCB制造来进行电镀。图19B示出了TGP中可与PCB上的电互连、通孔或结合垫连接的电通孔。

[0134] 在一些实施例中,如图20所示,在集成的TGP的情况下,可以将几个预制的柔性电路板层压成单个PCB。顶部和底部柔性电路板可承载电子元件。柔性电路板可由芯吸、气相芯和液体返回通道的不同结构制造。本发明的一些实施例可利用液体的混合物作为导热流体。例如,一些实施例可以利用水、丙酮、异丙醇、乙醇、甲醇等的一些组合物作为导热流体。一些实施例可以利用其他的自然和人工的流体作为导热流体的成分。一些实施例利用恒沸点的流体混合物,由此蒸汽和液体的成分是相同的。一些实施例利用非恒沸点的混合流体,由此气相的成分与液相的成分不同。

[0135] 本发明的一些实施例可以利用由大表面张力流体(如水、氨等,或其混合物)和大蒸汽压力流体(如,丙酮、异丙酮、乙醇等、或其混合物)组成的流体。

[0136] 图21示出另一TGP 700的俯视图,以及图22A、22B和22C示出根据一些实施例的TGP 700的侧视图。TGP 700包括顶层(图22的805)和底层705。图21示出移除了顶层805的TGP 700。顶层805和/或底层705可包括铜和/或聚酰亚胺材料。在一些实施例中,顶层805和/或底层705可包括铜和聚酰亚胺两者的层。

[0137] TGP 700包括网返回层715,该网返回层包括在该网返回层715内形成或切割的多个返回干道(return artery) 710。在一些实施例中,返回干道710可以不延伸到TGP 700的蒸发器区720中。在一些实施例中,返回干道710的宽度可小于30微米。在一些实施例中,返回干道710的宽度可小于100微米。在一些实施例中,网返回层715可包括芯。在一些实施例中,网返回层715可包括钢网,例如具有小于50微米或25微米厚的网格线的网。在一些实施例中,网返回层715可包括具有200、300、400、500、600、700等网格/英寸的简单织法的网。在一些实施例中,网返回层715可使用铜电镀。网返回层715可包括指定蒸发器区,其可提供用于热源的特定位置。在一些实施例中,网返回层715可具有约40微米的厚度。

[0138] 网返回层715可具有任何数目的形状和/或配置。在一些实施例中,网返回层715可具有多边形或圆形形状。在一些实施例中,网返回层715可具有没有返回干道710的多个区段。在一些实施例中,网返回层715可包括任何数目、形状或配置的返回干道710。在一些实施例中,返回干道710可具有安置在返回干道710内的一个或多个柱或其它机构。

[0139] 在一些实施例中,返回柱835(参看图22)可从底层705延伸穿过网返回层715的返回干道710。在一些实施例中,返回柱835可形成平行于网返回层715的蒸汽区。在一些实施例中,返回柱835可形成TGP 700的隔热区和/或冷凝器区中的干道。

[0140] 返回柱835可具有小于返回干道710的宽度的至少一个尺寸。在一些实施例中,这些柱可以具有小于10微米的至少一个尺寸(例如高度、宽度、长度、直径等)。在一些实施例中,这些柱可具有小于50微米的至少一个尺寸(例如高度、宽度、长度、直径等)。在一些实施

例中,这些柱可具有小于100微米的至少一个尺寸(例如高度、宽度、长度、直径等)。

[0141] 图22A示出通过图21所示截面A而切割的TGP 700的侧视图。在图22A中,通过其中返回干道710沿着网返回层715的一部分延伸的区域切割TGP 700。如图22A所示,网返回层715存在于蒸发器区中。显示返回柱835通过返回干道710延伸。TGP 700还包括设置在顶层805上的多个顶部柱825。顶部柱825可具有大于返回柱835的至少一个尺寸(例如高度、宽度、长度、直径等)。顶部柱825可具有大于0.25mm、0.5mm、0.75mm、1.0mm、1.25mm等的至少一个尺寸(例如高度、宽度、长度、直径等)。

[0142] 在一些实施例中,TGP 700可包括微芯层815。微芯层815例如可包括多个柱(例如电镀柱)。微芯层815可具有小于返回柱835的至少一个尺寸(例如柱高度、宽度、长度、直径、间距等)。微芯层815可具有小于5 μm 、10 μm 、15 μm 、20 μm 、25 μm 等的至少一个尺寸(例如高度、宽度、长度、直径等)。微芯层815可与返回干道710对齐。

[0143] 图22B示出通过图21所示截面B切割的TGP 700的侧视图。在图22B中,通过没有沿网返回层715的一部分延伸的返回干道710的区域来切割TGP。相反,网返回层715沿着TGP 700的此截面、沿TGP 700的长度延伸。

[0144] 图22C示出通过图21所示截面C切割的TGP 700的端视图。在图22C中,通过网返回层715切割TGP,从而示出网返回层715和在网返回层715中形成的返回干道710。在一些实施例中,返回柱835可延伸通过返回干道710。在一些实施例中,返回柱835中的一个或多个可接触顶部柱825中的一个或多个。

[0145] 在一些实施例中,沿着顶层805的至少一个边缘以及沿着底层705的至少一个边缘密封顶层805和底层705。在一些实施例中,沿着顶层805的至少两个边缘以及沿着底层705的至少两个边缘密封顶层805和底层705。

[0146] 在一些实施例中,可通过设计来形成缓冲区,以通过被动式对流来收集和储存任何不可冷凝的气体。举例来说,可在网外部(例如图6示出的网区外部)的区域形成数毫米的空间。可在结合之前添加此空间。此空间可收集由于其不同密度而将要移动到此空间的任何不可冷凝的气体,因此可基本上减小其对蒸发和冷凝的影响。

[0147] 可使用各种其它密封技术,例如热超声或热压结合、超声波焊接、激光焊接、电子束焊接、电镀;使用与水可忽略反应的合金的焊料密封;以及通过防潮涂层(例如基于原子层沉积(ALD)的涂层)包封的聚合物结合。

[0148] 一些实施例可包括启用柱的TGP。在一些实施例中,TGP可包括覆铜Kapton胶片,其包括三个层。这些层可例如包括铜和Kapton层。每个层可以是约12 μm 厚。在一些实施例中,可包括不锈钢编织网并且其可具有小于75 μm 的厚度。在一些实施例中,柱可允许在不同机械负荷下在柱之间的流体和/或蒸汽运输。

[0149] 在一些实施例中,可使用各种光刻图案工艺中的任意工艺在铜层(例如顶层和/或底层)上形成多个柱。

[0150] 在一些实施例中,铜封装的不锈钢网可夹在顶层与底层之间。不锈钢网例如可具有厚度小于75微米的织法。在一些实施例中,所述网可被铜封装。在一些实施例中,所述网可以是亲水的。在一些实施例中,网与水的反应可以忽略。

[0151] 在一些实施例中,TGP可包括网-柱芯吸结构。网-柱芯吸结构可允许TGP在蒸发区中实现低毛细管半径(高泵送压力)和/或在流体通道中实现较高的流动水力半径(低流动

压力降)。

[0152] 在一些实施例中, TGP可包括具有圆头的柱。举例来说, 可使用受控的电镀敷形成柱。在一些实施例中, 所述柱可在柱与所结合的网之间的界面处形成非常尖的角。在一些实施例中, 可以使用这些尖角以例如增强用于拉动从冷凝器返回蒸发器的液体的毛细管泵送力。

[0153] 在一些实施例中, 可在具有星形多边形的各种横截面的顶层和/或底层上构造多个星形柱。

[0154] 在一些实施例中, 可在顶层和/或底层上构造多个亲水柱。

[0155] 在一些实施例中, 通过冷凝的排热可分布在TGP的整个外表面上。

[0156] 在一些实施例中, 柱和/或间隔件可设置在层上, 其密度(柱之间或间隔件之间的间距)在整个层上是变化的, 其直径在整个层上是变化的, 其间距在整个层上是变化的等。

[0157] 各附图均未按比例绘制。

[0158] 术语“基本上”意指在所提及的值的5%或10%内或在制造公差内。

[0159] 本文陈述众多特定细节以提供对所要求保护的主题的透彻理解。然而, 本领域技术人员应理解, 可在没有这些特定细节的情况下实践所要求保护的主体。在其他实例中, 未详细描述本领域技术人员已知的方法、设备或系统, 从而不会使所要求保护的主体模糊不清。

[0160] 一些部分根据对于存储在计算机系统内存(如计算机内存)中的数据位或二进制数字信号的操作的算法或符号表征而呈现。这些算法描述或表征为数据处理领域的普通技术人员使用的技术的示例, 以传达其对于本领域其他技术人员做出的工作的实质。算法是导致预期的效果的自洽的操作或相似处理。在上下文中, 操作或处理包括物理量的物理操纵。通常地(虽然不是必要的), 这种量可以采用能够被可被存储、传输、组合、比较或执行其他操作的电信号或磁信号的形式。已证实了: 有时(主要出于常用的原因)将信号称为比特、数据、值、元素、符号、特征、术语、数字、数量是方便的。但是, 应当理解, 以上所有这些或相似的术语皆与适当的物理量相关, 且仅仅为方便的图标。除非特别的说明, 否则应当理解在整个说明书中, 使用诸如“处理”、“计算”、“运算”、“确定”、“识别”等术语的描述指的是计算设备(如一个或多个计算机或类似的电子计算机设备)的动作或处理, 操作或转换存储器、寄存器、或其他计算平台的其他信息存储设备、传输设备、或显示设备内的, 以物理量、电子量或磁量表示的数据。

[0161] 本文提到的系统不限于任何特定的硬件架构或配置。计算机设备可以包括任何适当的部件排列, 其提供受一个或多个输入约束的结果。合适的计算设备包括基于多功能微处理器的计算机系统, 该计算机系统访问用于将计算系统从通用计算装置编程为或者配置为用于实现本发明主体的一个或多个实施例的专用计算装置的存储程序。任何合适的程序、脚本、或其他类型的语言或语言的结合可以用来实现在用于编程或配置计算设备的软件所包含的教义。

[0162] 本文公开的方法实施例可以在这种计算设备的操作中执行。以上示例中出现的区块的顺序可以是不同的——例如, 区块可以被重新排序、结合、和/或拆成子区块。特定的区块或处理可以被同时执行。

[0163] 本文使用“被调适成”或“被配置成”意指开放性和包括性语言, 其不排除被调适成

或被配置成执行额外任务或步骤的装置。另外,使用“基于”意指开放性和包括性,原因在于“基于”一个或多个所述条件或值的方法、步骤、计算或其它行动实际上可基于除了那些所述条件或值之外的附加条件或值。本文包括的标题、列表和编号仅用于方便阐释,并不意味着限制。

[0164] 虽然已经对本申请所述技术方案的特定实施例进行了详细描述,但应理解,本领域技术人员在理解前述内容之后可容易产生对这些实施例的改变、变化和等同物。因此,应理解,本公开内容呈现实例的目的不是限制,并且不排除包括对本领域技术人员而言显而易见的对本申请的修改、变化和/或添加。

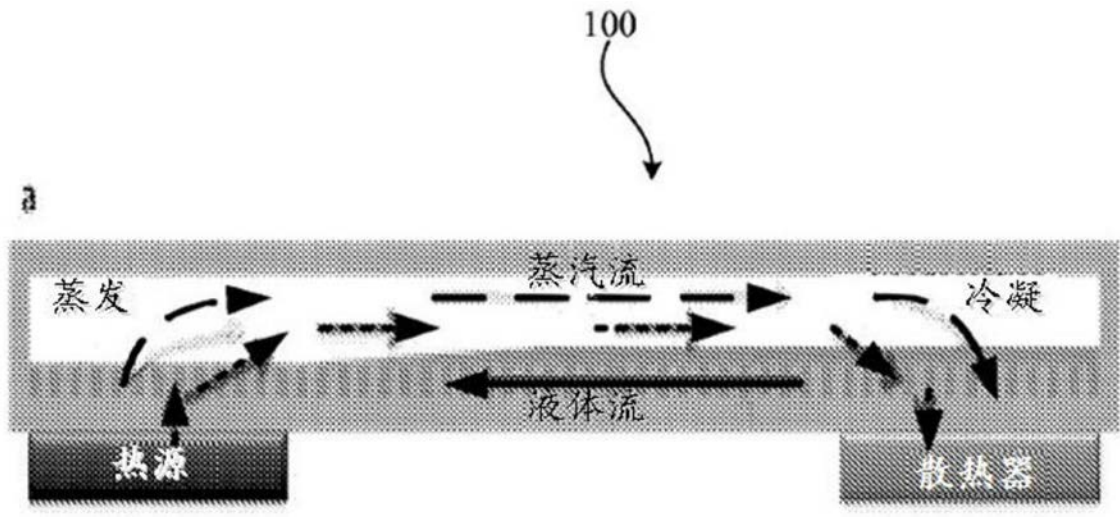


图1A

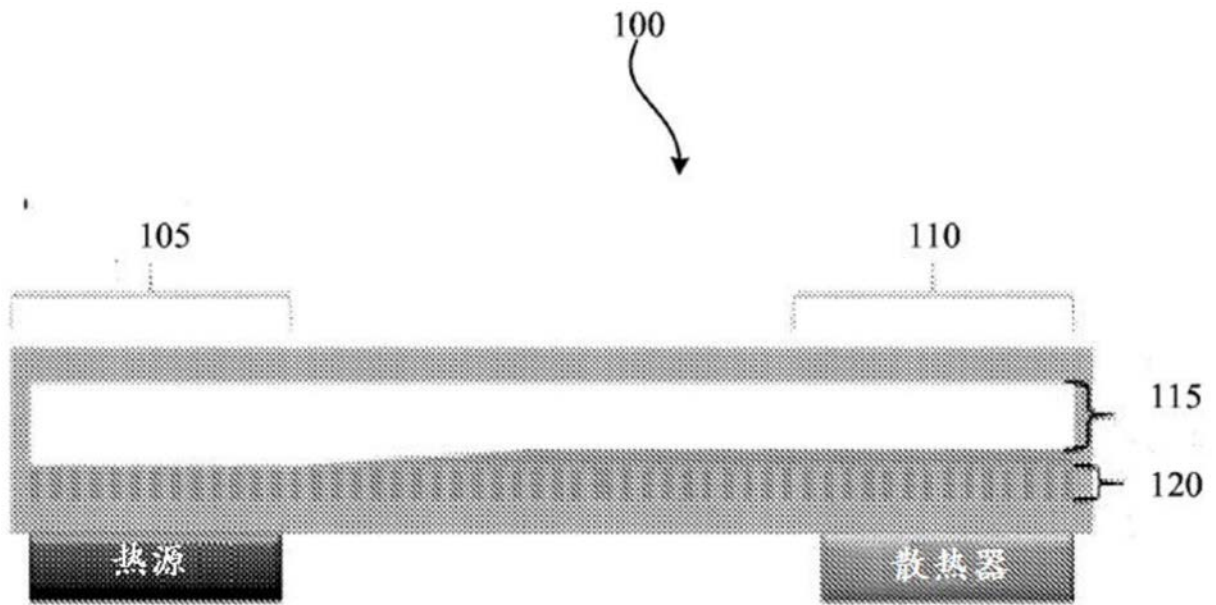


图1B

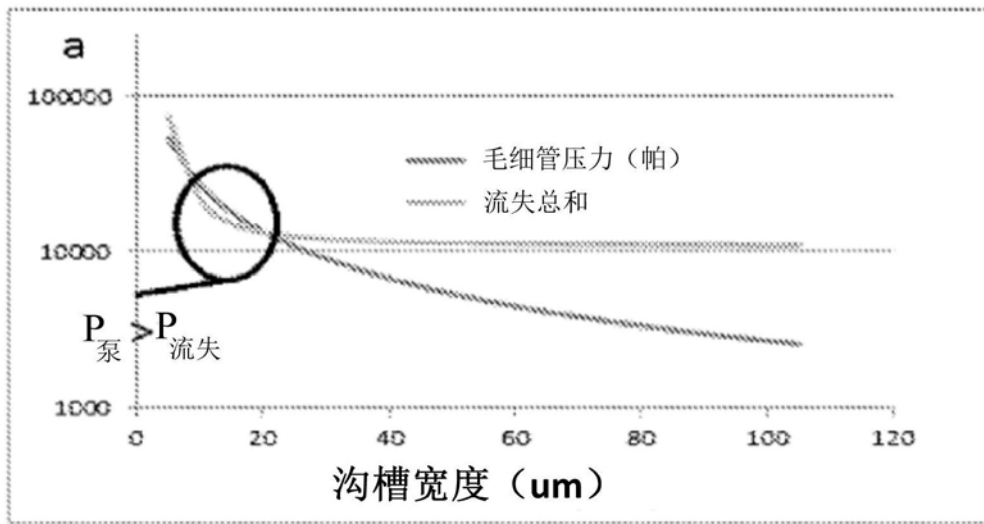


图2A

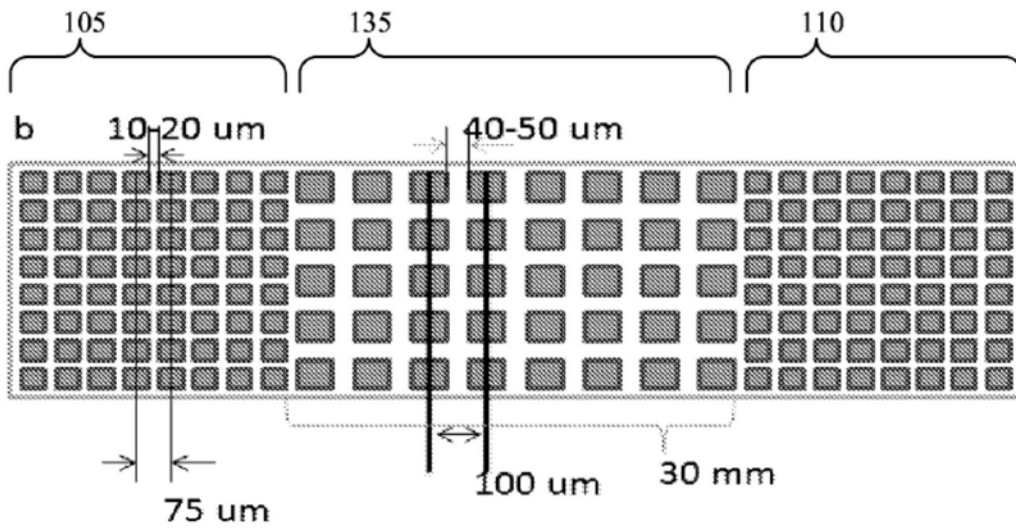


图2B

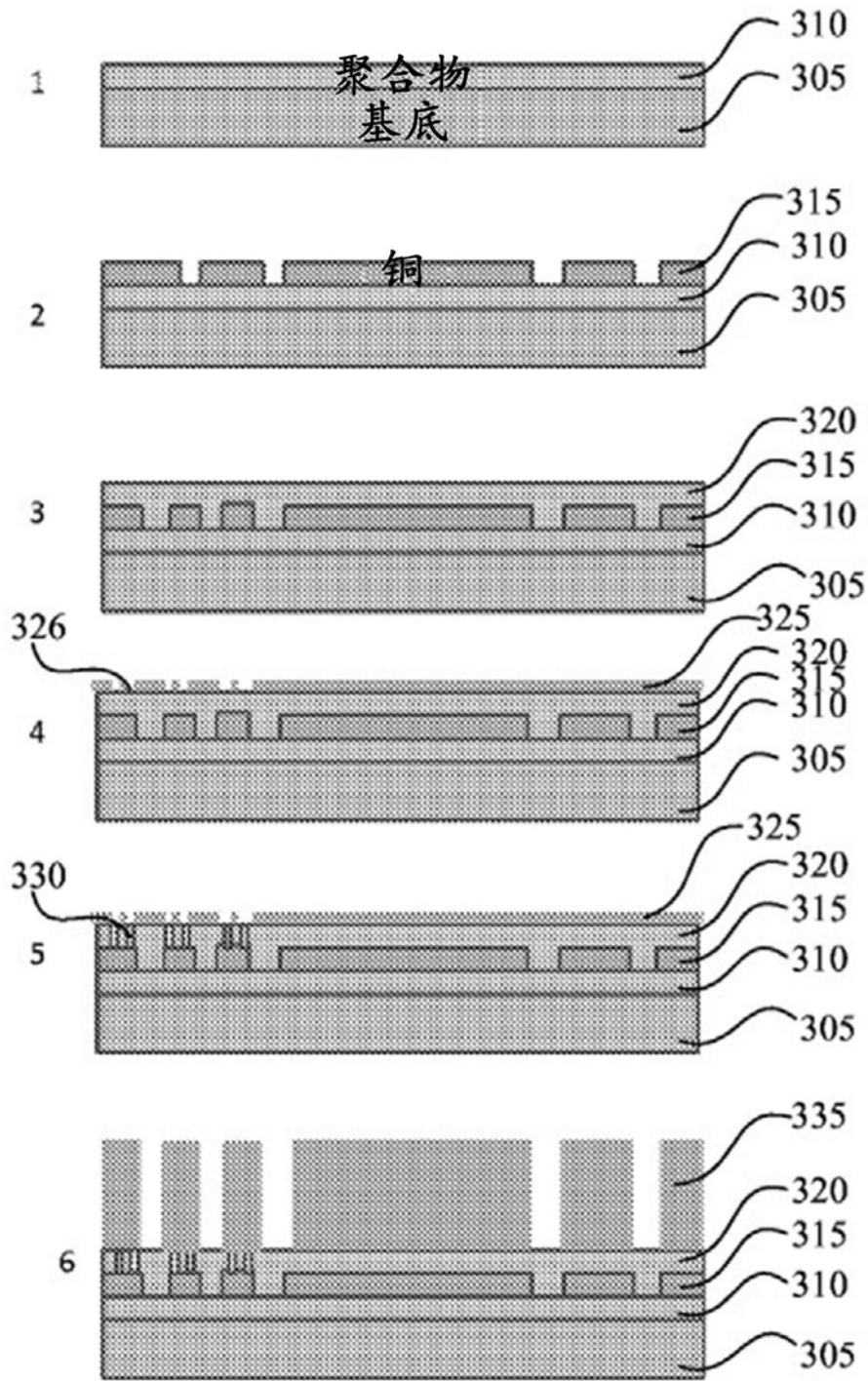


图3A

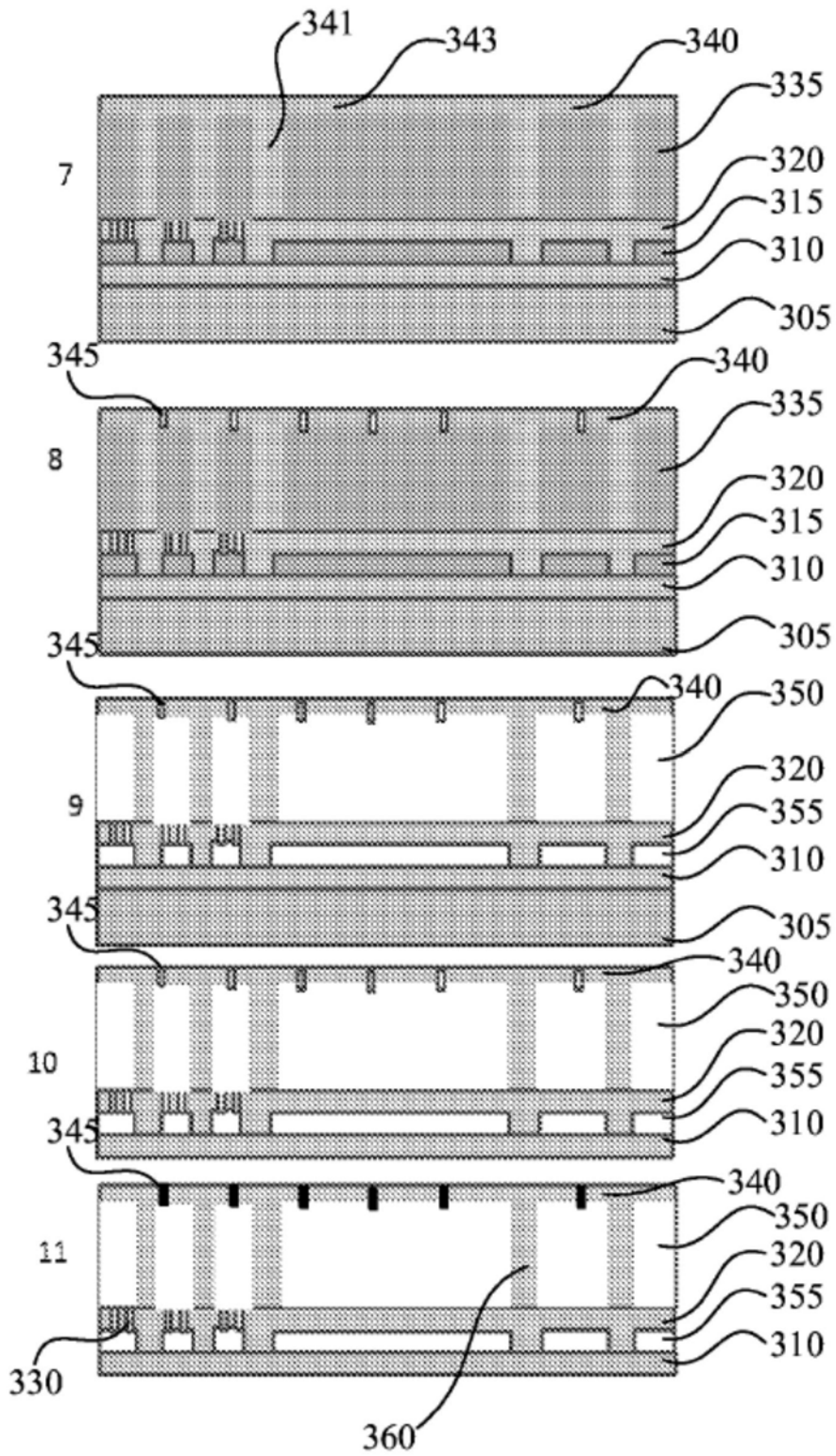
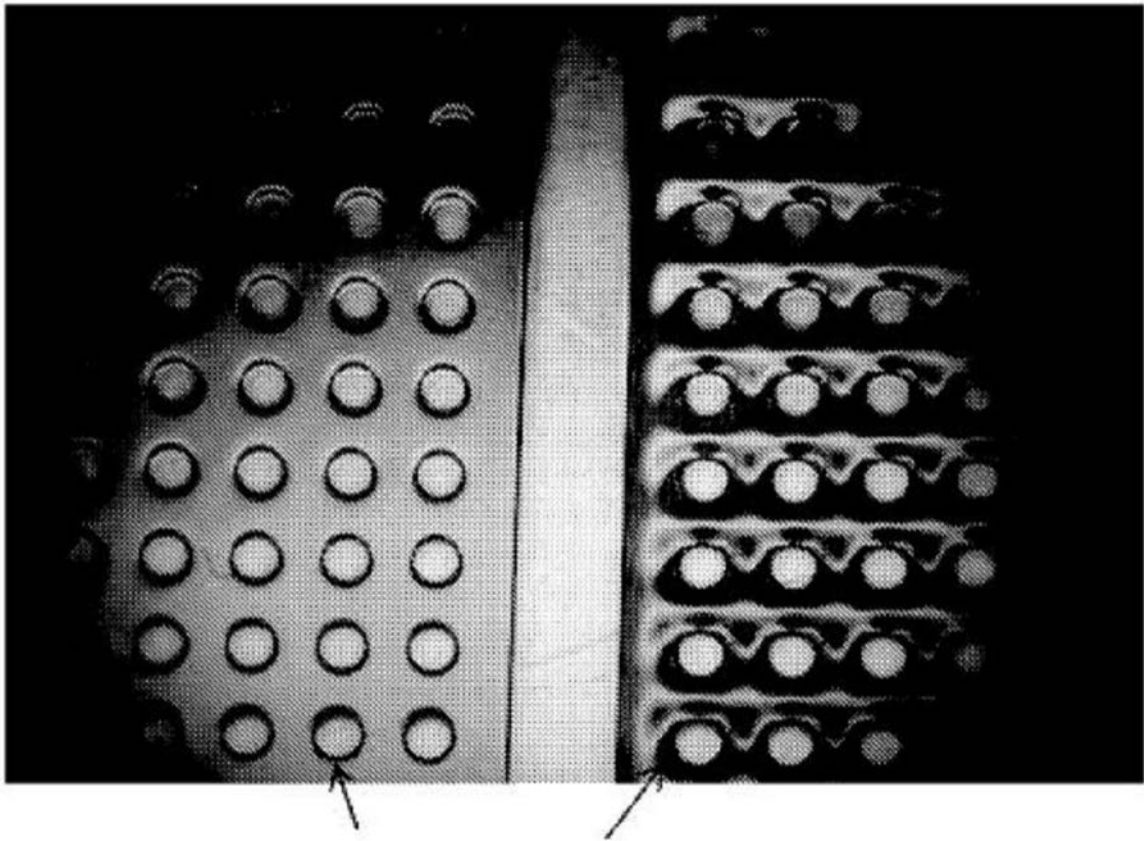


图3B



蚀刻穿过铜、由聚合物结构的材料填充的柱

图4

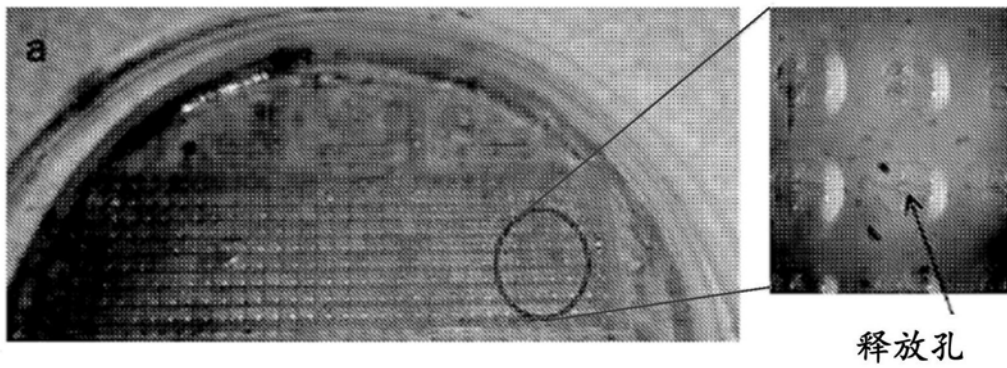


图5A

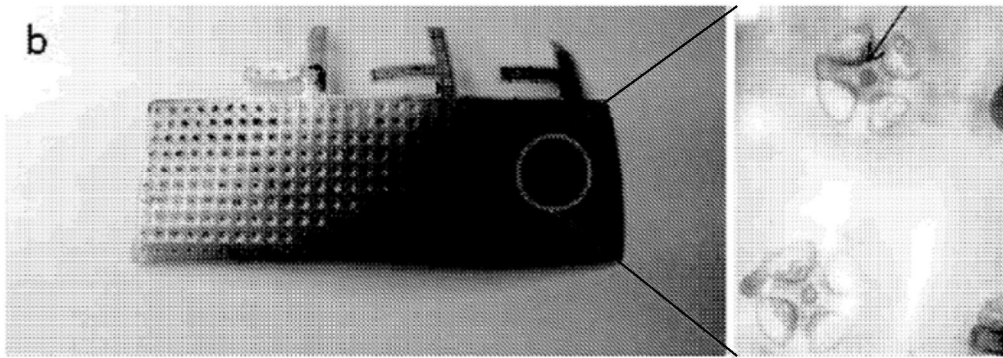


图5B

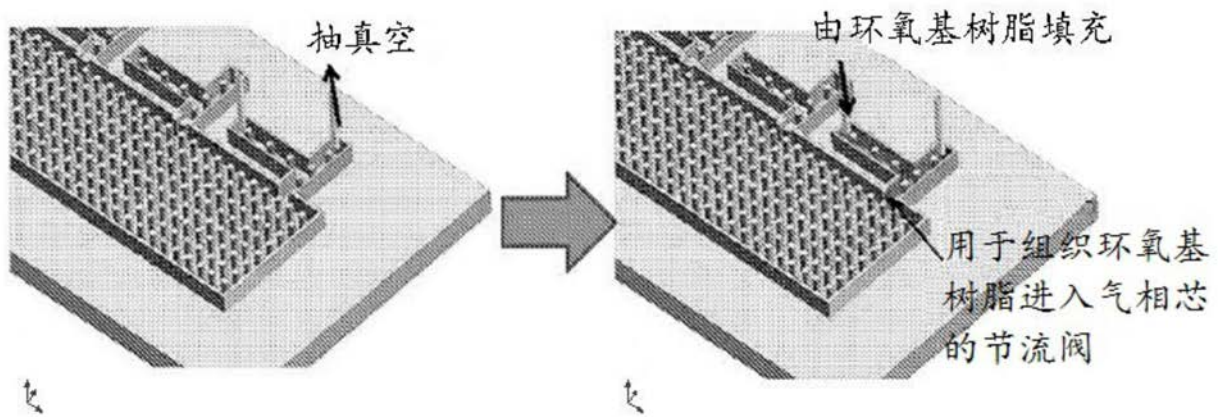


图6

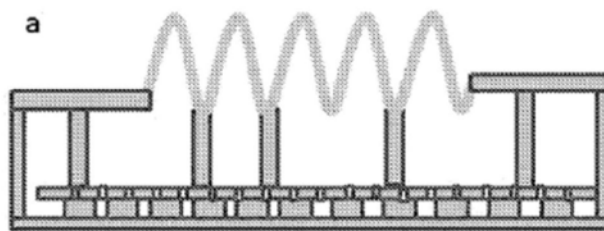


图7A

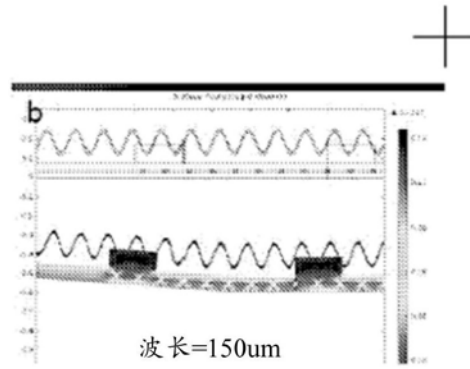


图7B

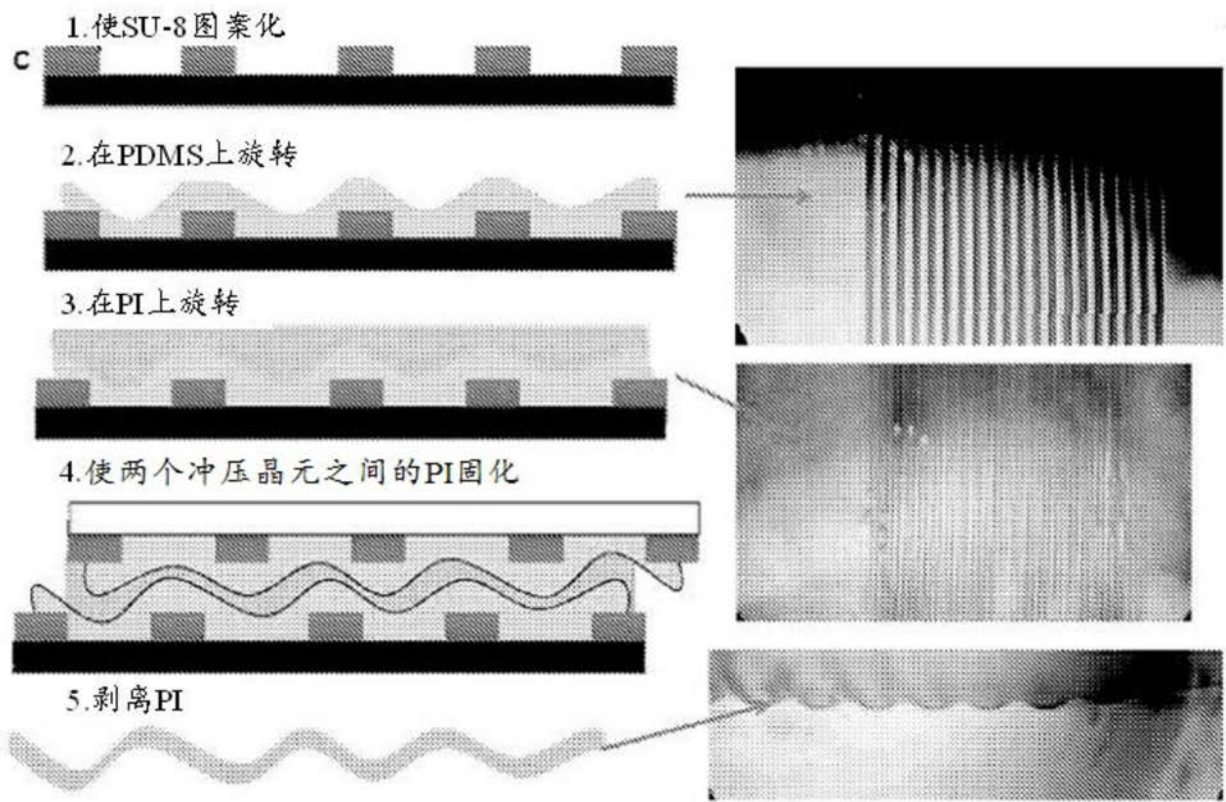


图7C

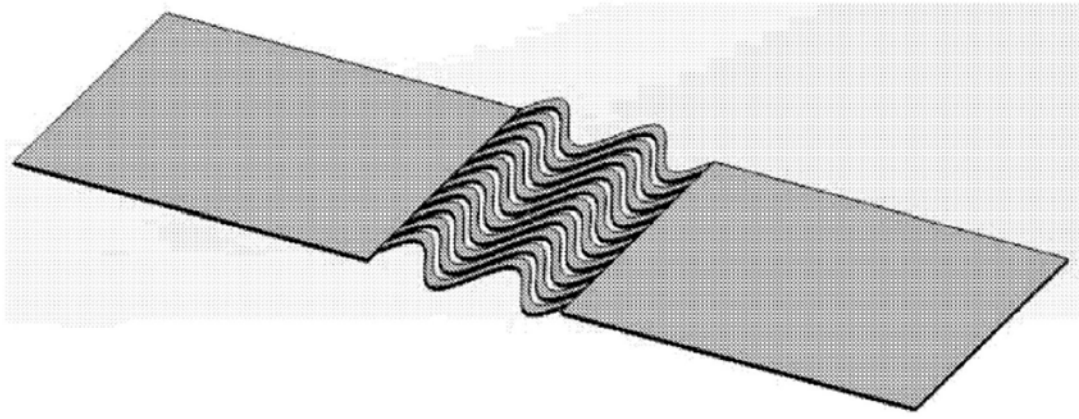


图8

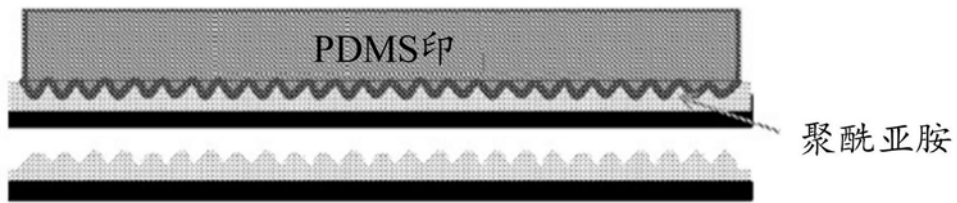


图9

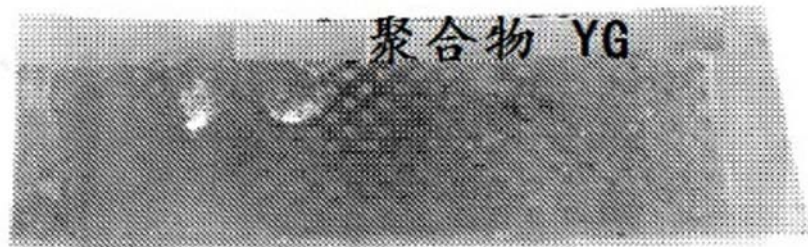


图10



图11A

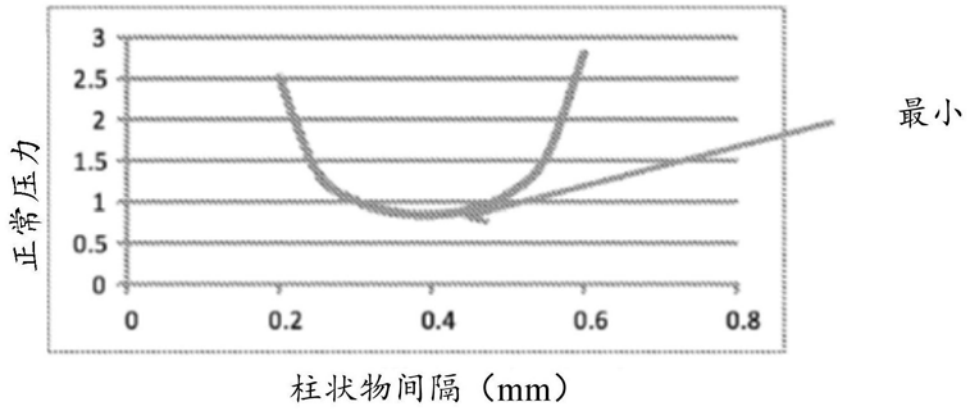


图11B

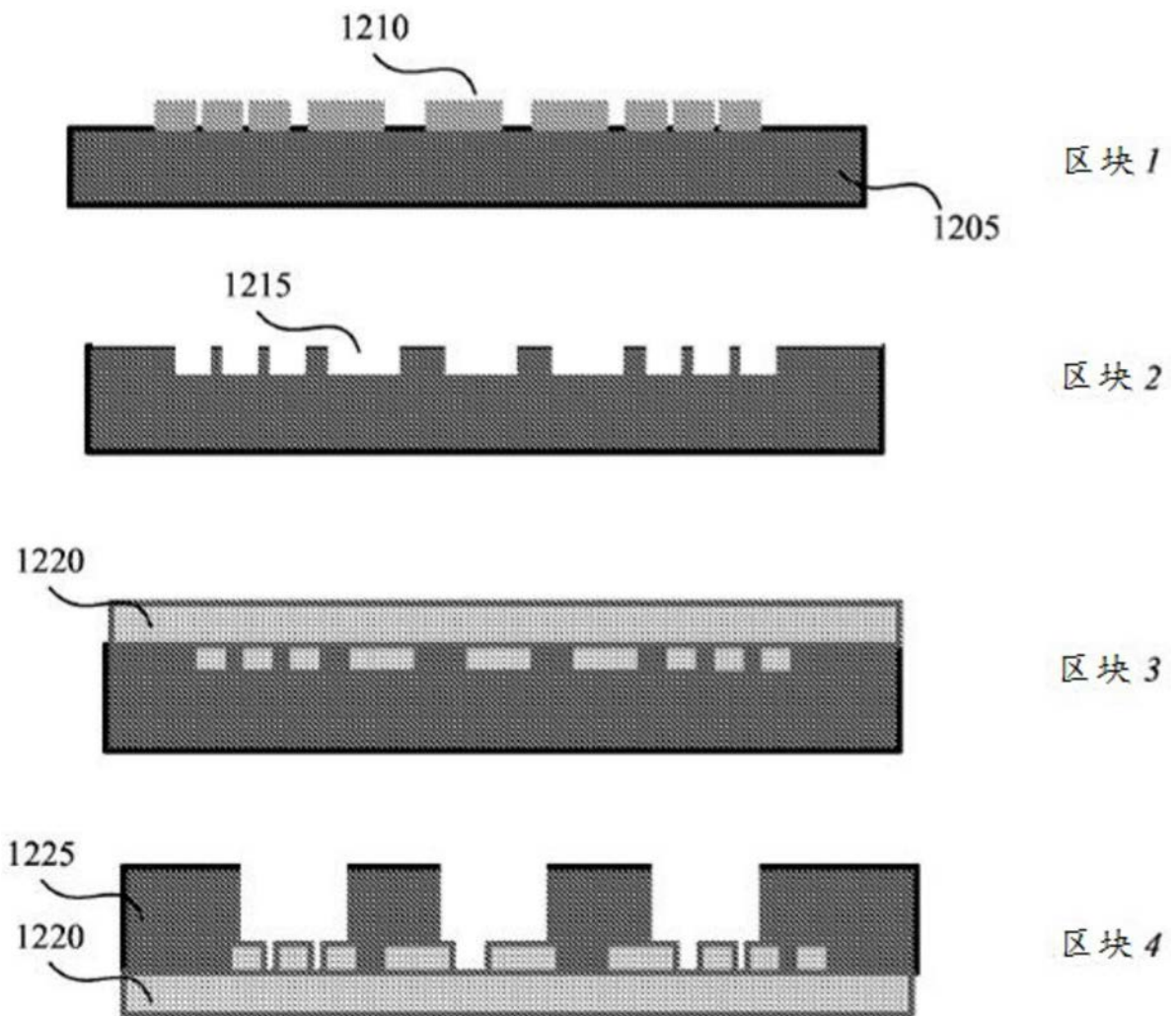


图12A

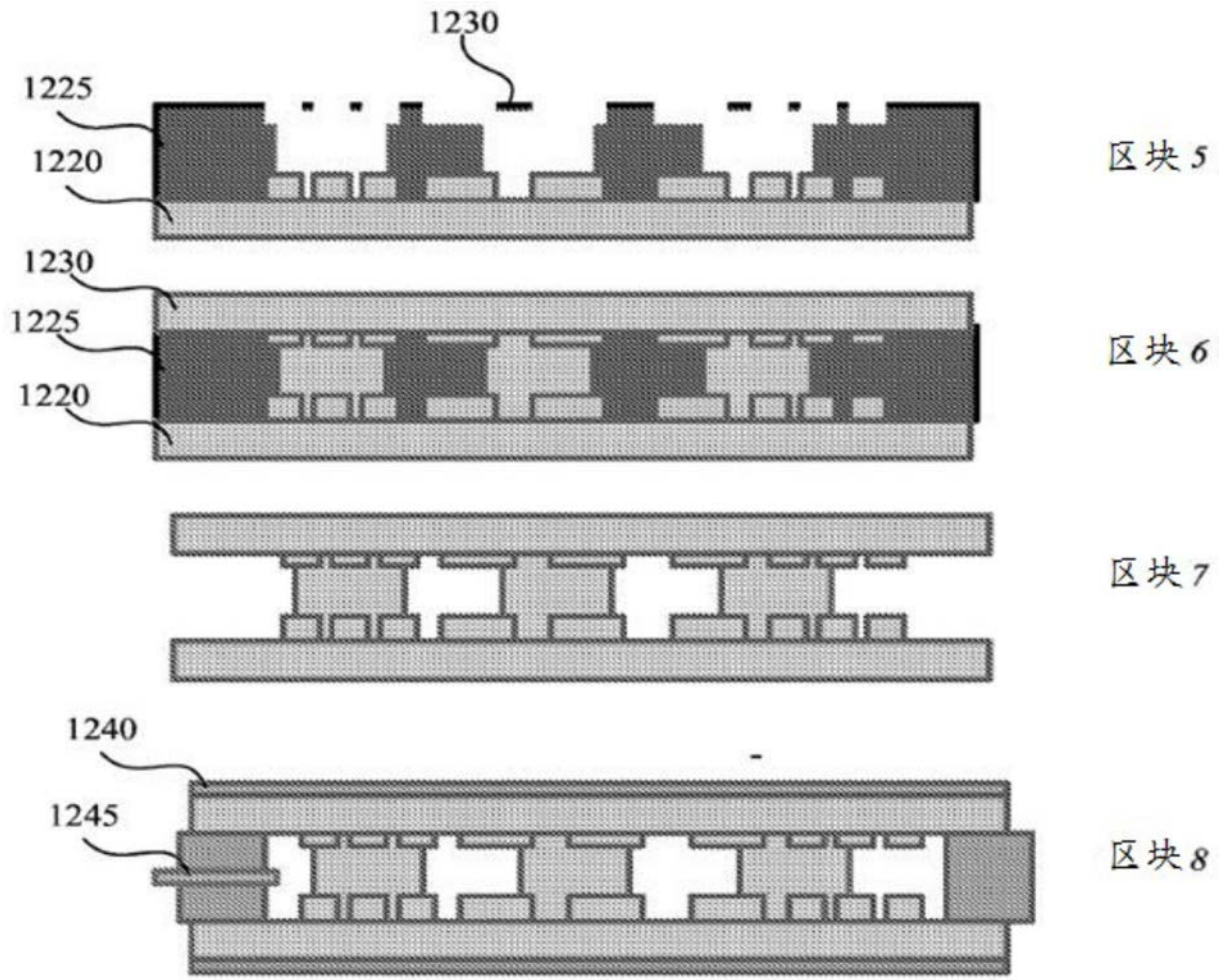


图12B

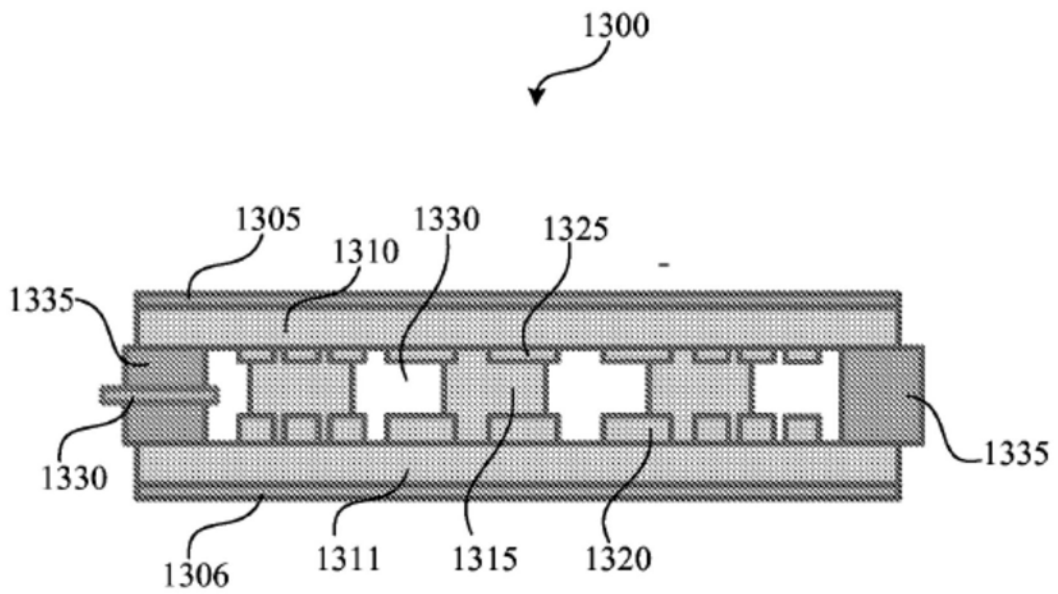


图13

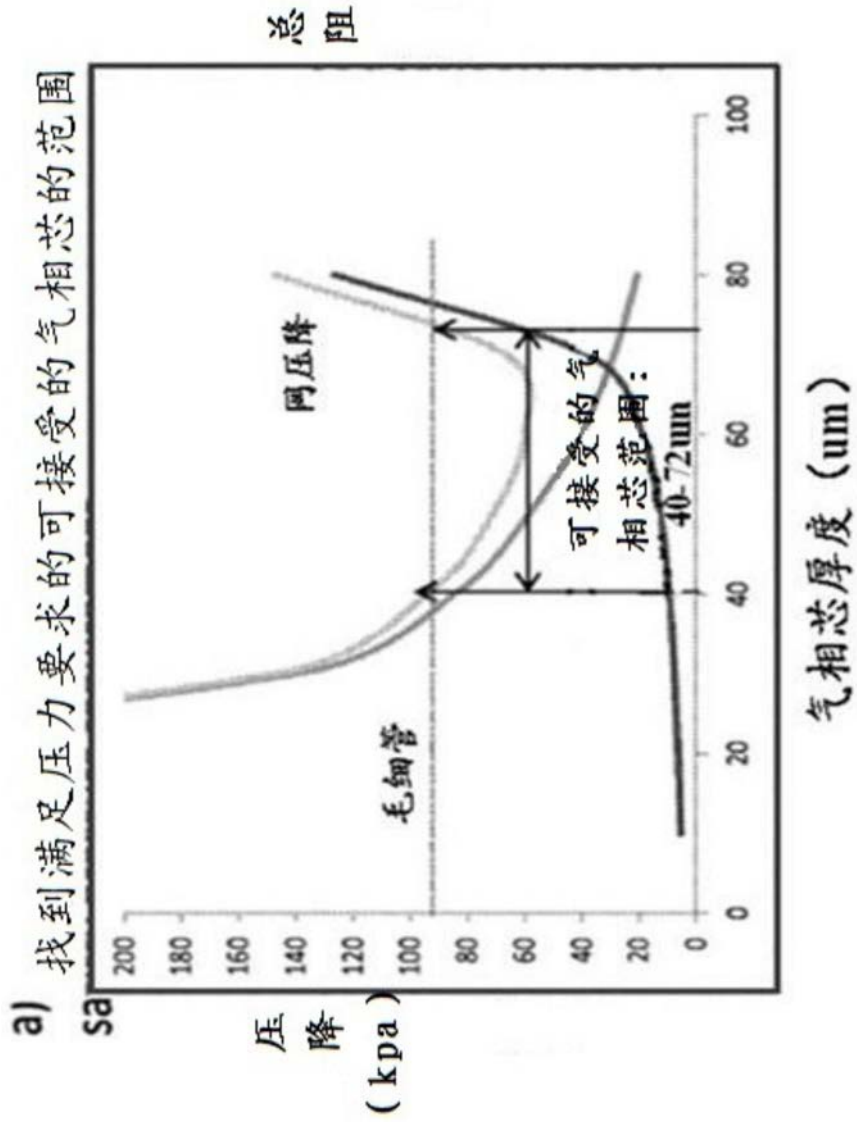


图14

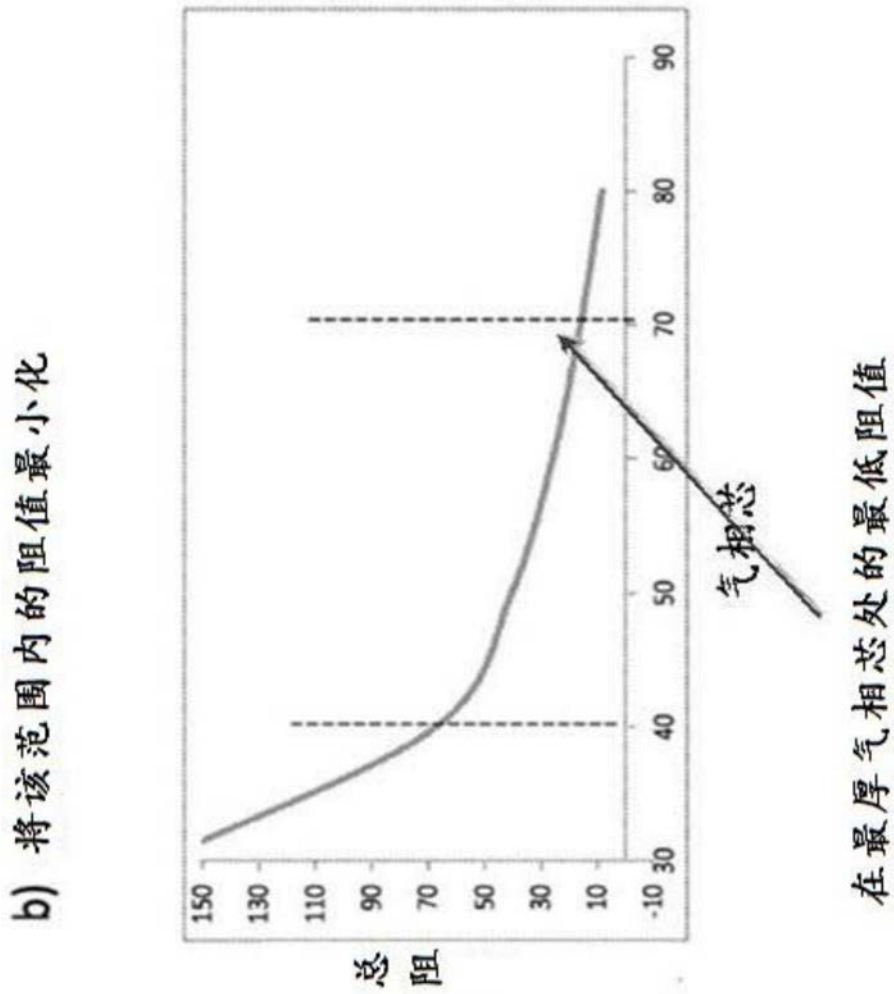


图15

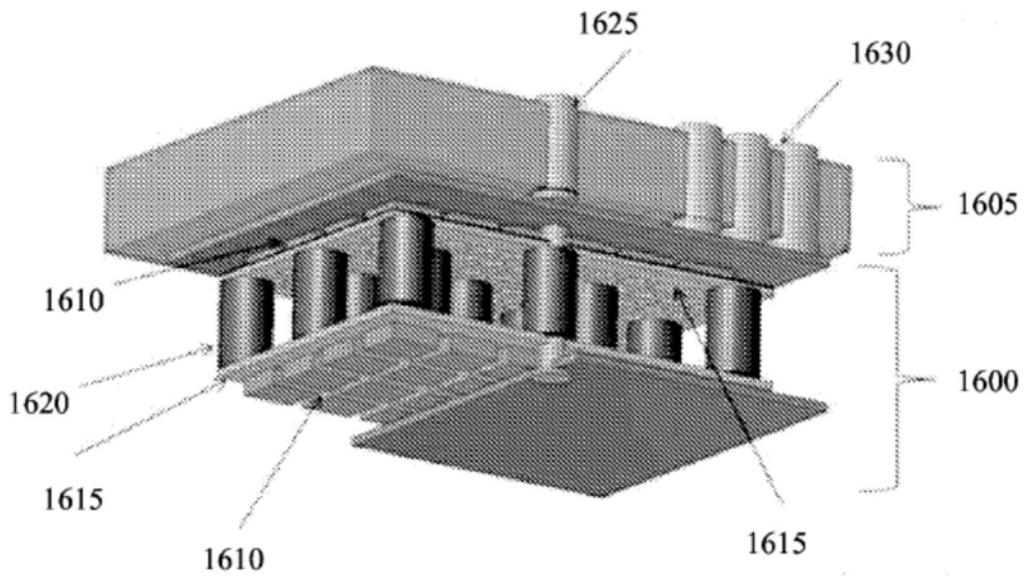


图16

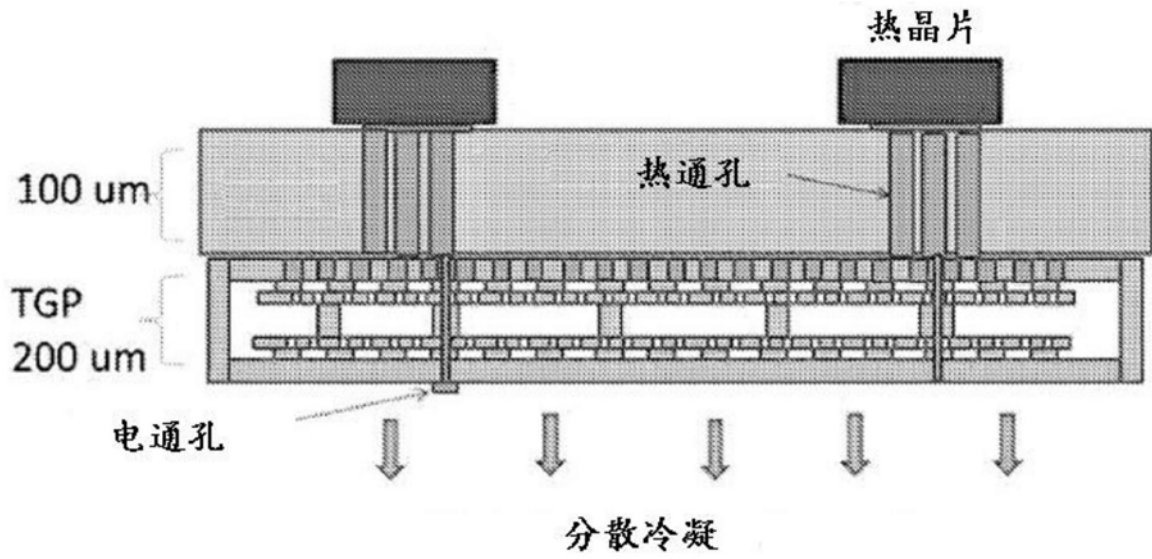


图17

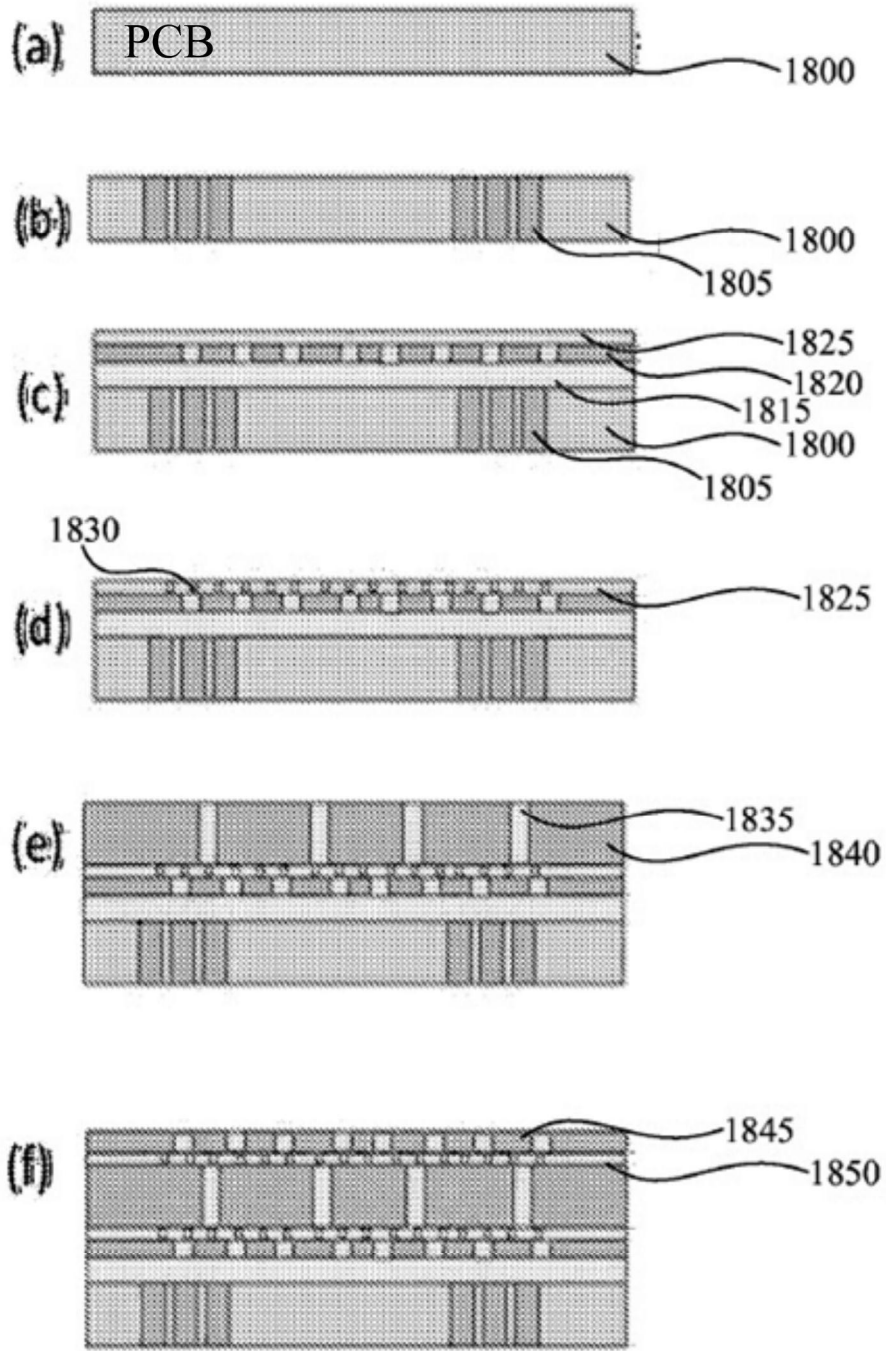
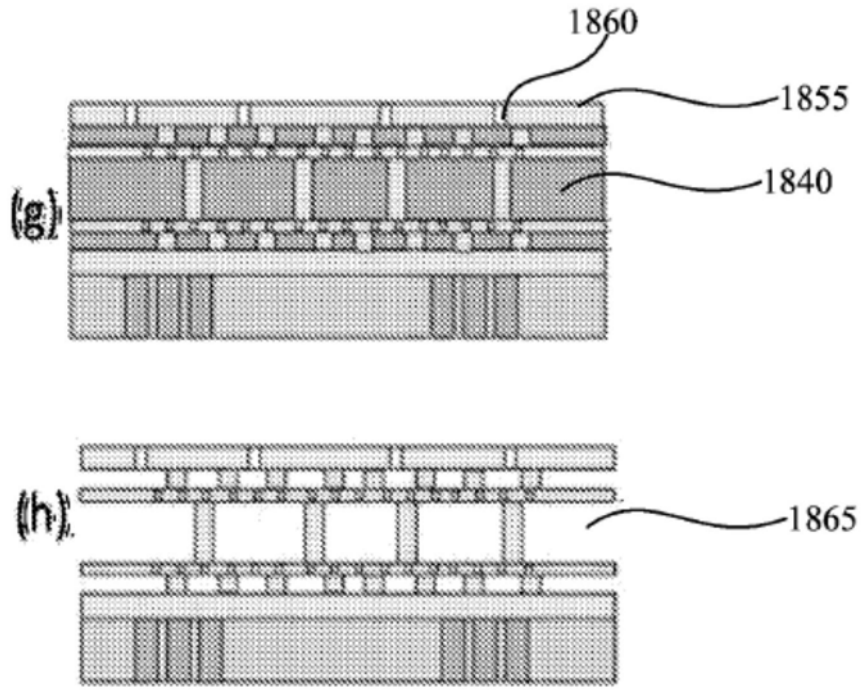


图18A



(i) ADL 亲水涂敷; 海

(j) 排空; 水装填

(k) 密封装填部分

(l) ADL 气密涂敷

图18B

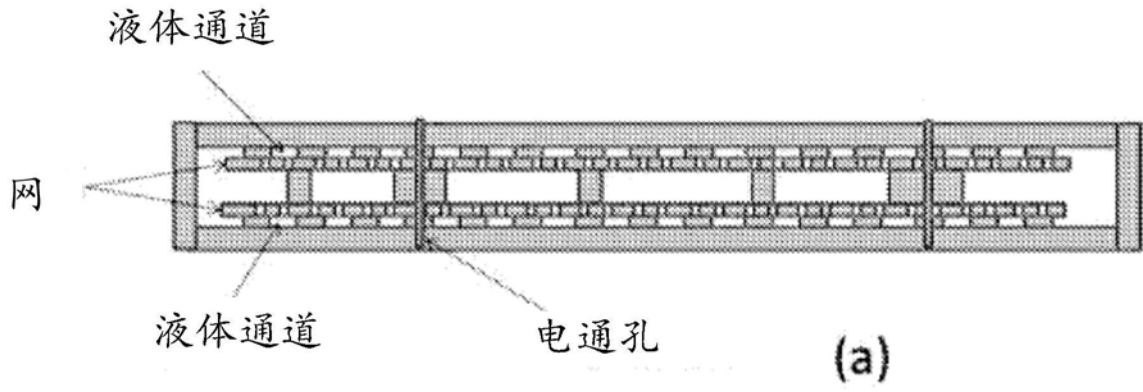


图19A

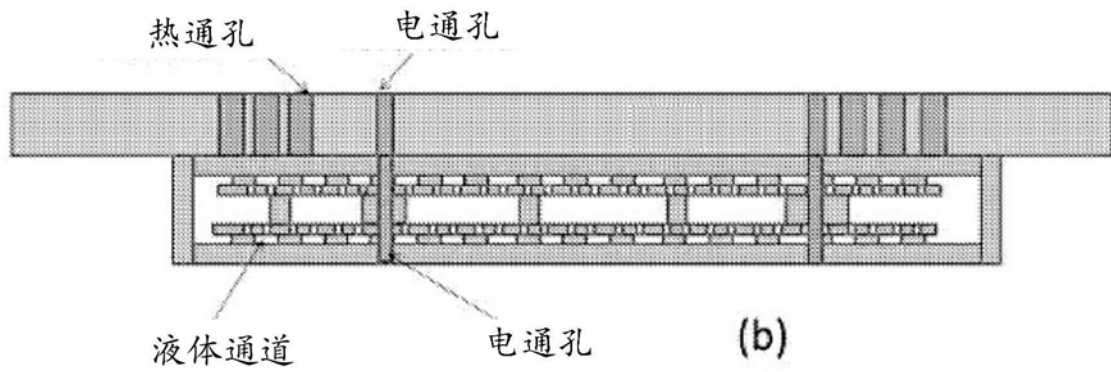


图19B

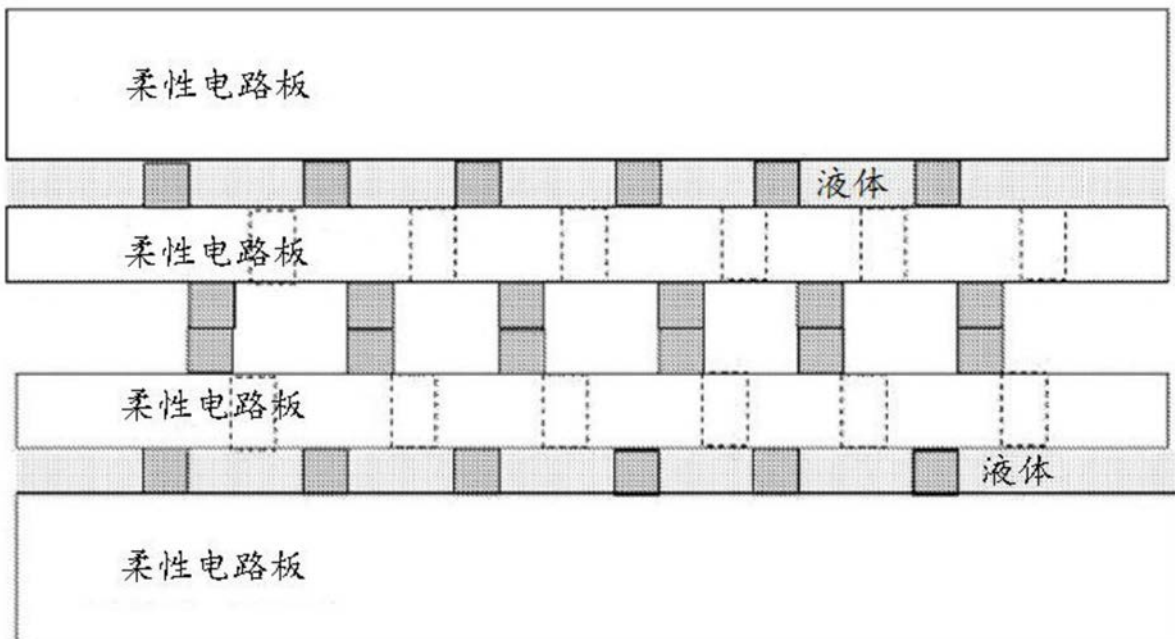


图20

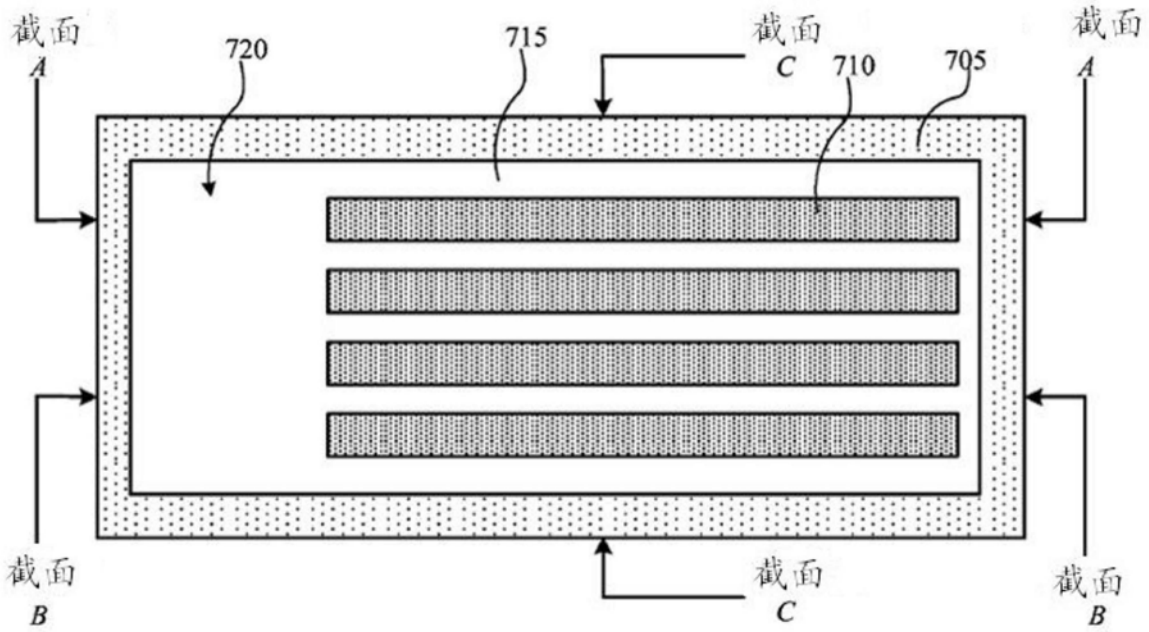
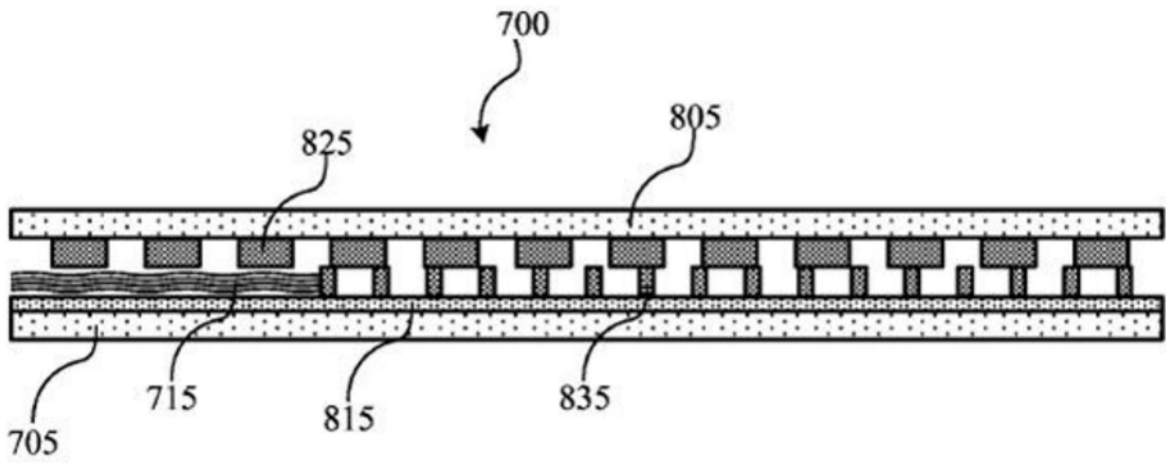


图21



(截面A)

图22A

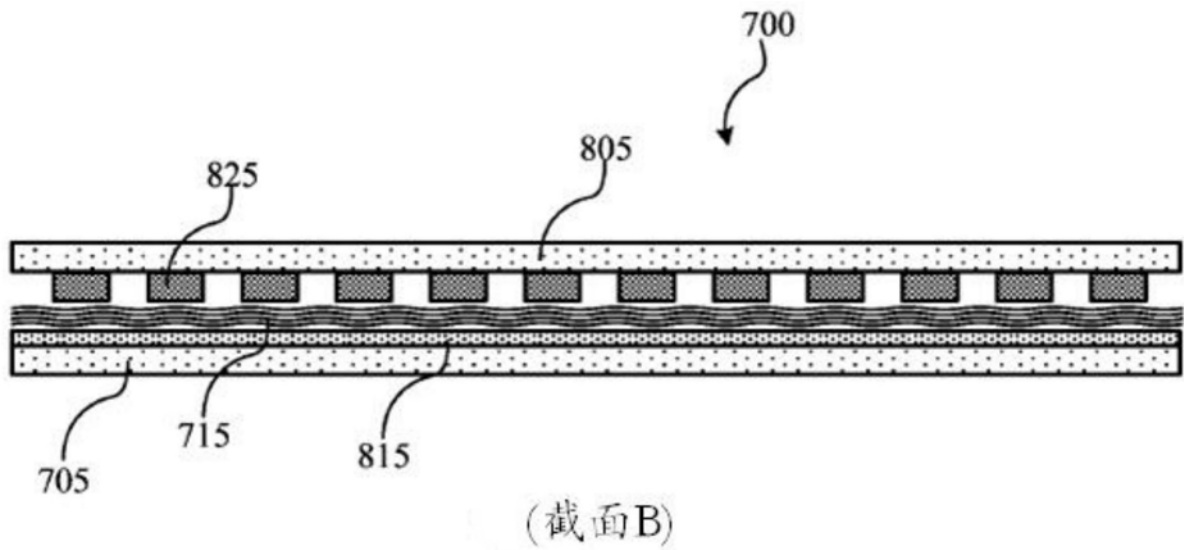


图22B

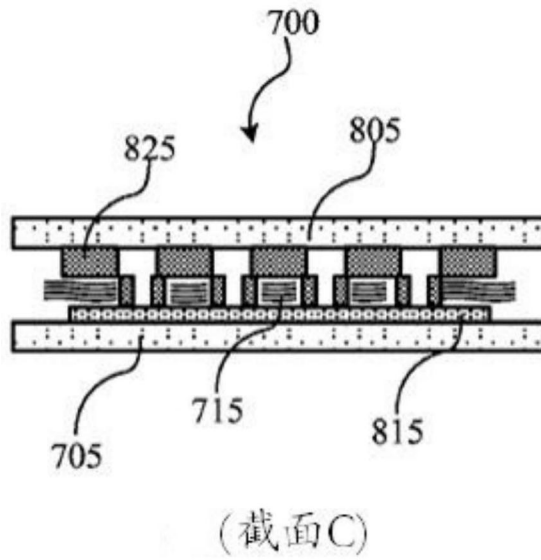


图22C