



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117479415 B

(45) 授权公告日 2025.02.28

(21) 申请号 202310930302.8

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2023.07.27

H05K 1/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H05K 1/18 (2006.01)

申请公布号 CN 117479415 A

H01L 23/14 (2006.01)

(43) 申请公布日 2024.01.30

H01L 23/13 (2006.01)

(30) 优先权数据

H01L 23/367 (2006.01)

17/874,488 2022.07.27 US

H01L 23/46 (2006.01)

H01L 23/473 (2006.01)

(73) 专利权人 丰田自动车工程及制造北美公司

(56) 对比文件

地址 美国得克萨斯

CN 108364921 A, 2018.08.03

(72) 发明人 周锋 请川弘嗣

CN 111683455 A, 2020.09.18

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

审查员 刘永欣

专利代理人 刘玉洁

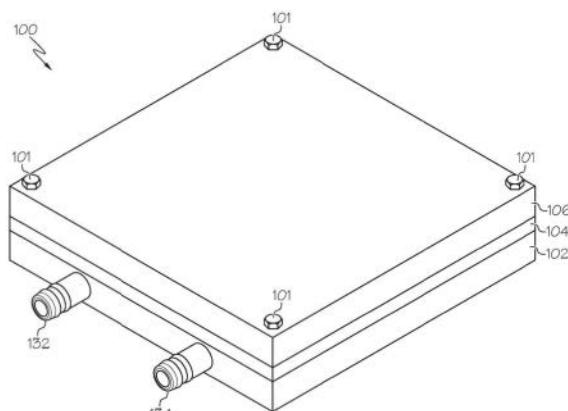
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

具有电绝缘层的电力电子设备组件

(57) 摘要

本申请涉及具有电绝缘层的电力电子设备组件。公开了电力电子设备组件、电路板组件和电力电子组件。在一个实施例中，电力电子设备组件包括S单元，该S单元包括第一金属层、键合到第一金属层的第一石墨层、键合到第一石墨层的电绝缘层、键合到电绝缘层的第二石墨层和键合到第二石墨层的第二金属层，第二金属层包括表面和提供在表面内的凹槽。电力电子设备组件还包括布置在表面的凹槽内的电力电子设备。



1. 一种电力电子设备组件,包括:

S单元,包括:

第一金属层;

键合到第一金属层的第一石墨层;

键合到第一石墨层的电绝缘层;

键合到电绝缘层的第二石墨层;以及

键合到第二石墨层的第二金属层,第二金属层包括表面和设置在所述表面内的凹槽;

以及

电力电子设备,布置在所述表面的所述凹槽内。

2. 如权利要求1所述的电力电子设备组件,其中所述电绝缘层由氮化硅制成。

3. 如权利要求1所述的电力电子设备组件,其中所述S单元具有大于宽度的长度。

4. 如权利要求1所述的电力电子设备组件,还包括:

第一活性金属钎焊层,位于第一金属层和第一石墨层之间;

第二活性钎焊层,位于第二石墨层和所述电绝缘层之间;

第三活性金属钎焊层,位于所述电绝缘层和第二石墨层之间;以及

第四活性金属钎焊层,位于第二石墨层和第二金属层之间。

5. 一种电路板组件,包括:

电绝缘的基板;

完全嵌入所述基板中的电力电子设备组件,所述电力电子设备组件包括:

S单元,包括:

第一金属层;

键合到第一金属层的第一石墨层;

键合到第一石墨层的电绝缘层;

键合到电绝缘层的第二石墨层;以及

键合到第二石墨层的第二金属层,第二金属层包括表面和设置在所述表面内的凹槽;

以及

电力电子设备,布置在所述表面的所述凹槽内。

6. 如权利要求5所述的电路板组件,还包括嵌入在所述基板内的多个导电层。

7. 如权利要求5所述的电路板组件,还包括嵌入在所述基板中并且热耦合到所述电力电子设备的多个热过孔。

8. 如权利要求5所述的电路板组件,其中所述电绝缘层由氮化硅制成。

9. 如权利要求5所述的电路板组件,其中所述S单元具有大于宽度的长度。

10. 如权利要求5所述的电路板组件,其中所述S单元还包括:

第一活性金属钎焊层,位于第一金属层和第一石墨层之间;

第二活性金属钎焊层,位于第二石墨层和所述电绝缘层之间;

第三活性金属钎焊层,位于所述电绝缘层和第二石墨层之间;以及

第四活性金属钎焊层,位于第二石墨层和第二金属层之间。

11. 一种电力电子组件,包括:

冷板;以及

- 固定至所述冷板的第一表面的电路板组件,所述电路板组件包括:
电绝缘的基板;
完全嵌入所述基板中的电力电子设备组件,所述电力电子设备组件包括:
S单元,包括:
第一金属层;
键合到第一金属层的第一石墨层;
键合到第一石墨层的电绝缘层;
键合到电绝缘层的第二石墨层;以及
键合到第二石墨层的第二金属层,第二金属层包括表面和设置在所述表面内的凹槽;
以及
电力电子设备,布置在所述表面的所述凹槽内。
12. 如权利要求11所述的电力电子组件,其中所述电路板组件通过键合层固定至所述冷板的第一表面。
13. 如权利要求11所述的电力电子组件,其中所述电路板组件通过紧固件和导热油脂层固定至所述冷板的第一表面。
14. 如权利要求11所述的电力电子组件,还包括固定至所述冷板的与第一表面相对的第二表面的电容器。
15. 如权利要求11所述的电力电子组件,其中:
所述冷板包括流体腔、流体入口和流体出口;以及
所述流体入口和所述流体出口热耦合至所述流体腔。
16. 如权利要求11所述的电力电子组件,其中所述电路板组件还包括嵌入在所述基板内的多个导电层。
17. 如权利要求11所述的电力电子组件,其中所述电路板组件还包括嵌入在所述基板中并且热耦合到所述电力电子设备的多个热过孔。
18. 如权利要求11所述的电力电子组件,其中所述电绝缘层由氮化硅制成。
19. 如权利要求11所述的电力电子组件,其中所述S单元具有大于宽度的长度。
20. 如权利要求11所述的电力电子组件,其中所述S单元还包括:
第一活性金属钎焊层,位于第一金属层和第一石墨层之间;
第二活性金属钎焊层,位于第二石墨层和所述电绝缘层之间;
第三活性金属钎焊层,位于所述电绝缘层和第二石墨层之间;以及
第四活性金属钎焊层,位于第二石墨层和第二金属层之间。

具有电绝缘层的电力电子设备组件

技术领域

[0001] 本说明书一般地涉及电力电子组件,并且更具体地涉及用于具有低总体热阻同时实现紧凑封装大小的电力电子组件的装置和方法。

背景技术

[0002] 由于车辆中电子器件的增加的使用,需要使电子系统更加紧凑。这些电子系统的一个部件是用作逆变器中的开关的电力电子设备。电力电子设备由于生成的热量而具有很大的冷却要求。

[0003] 此外,已经有传统上由硅组成的电力电子设备现在由碳化硅组成的趋势。碳化硅的使用导致更大的热通量,因为它限定了更小的设备占用空间。由于这些原因以及更多原因,需要改进电力电子设备的冷却同时维持紧凑的封装大小。

发明内容

[0004] 在一个实施例中,电力电子设备组件包括S单元(S-cell),该S单元包括第一金属层、键合到第一金属层的第一石墨层、键合到第一石墨层的电绝缘层、键合到电绝缘层的第二石墨层和键合到第二石墨层的第二金属层,第二金属层包括表面和提供在表面内的凹槽。电力电子设备组件还包括布置在表面的凹槽内的电力电子设备。

[0005] 在另一个实施例中,电路板组件包括电绝缘的基板和完全嵌入在基板中的电力电子设备组件。电力电子设备组件包括S单元,该S单元包括第一金属层、键合到第一金属层的第一石墨层、键合到第一石墨层的电绝缘层、键合到电绝缘层的第二石墨层和键合到第二石墨层的第二金属层,第二金属层包括表面和提供在表面内的凹槽。电力电子设备组件还包括布置在表面的凹槽内的电力电子设备。

[0006] 在又一个实施例中,电力电子组件包括冷板和固定至冷板的第一表面的电路板组件。电路板组件包括电绝缘的基板和完全嵌入在基板中的电力电子设备组件。电力电子组件包括S单元,该S单元包括第一金属层、键合到第一金属层的第一石墨层、键合到第一石墨层的电绝缘层、键合到电绝缘层的第二石墨层和键合到第二石墨层的第二金属层,第二金属层包括表面和提供在表面内的凹槽。电力电子设备组件还包括布置在表面的凹槽内的电力电子设备。

[0007] 结合附图,鉴于以下详细描述,本文描述的实施例提供的这些和附加特征将被更充分地理解。

附图说明

[0008] 附图中阐述的实施例本质上是说明性和示例性的,并且不旨在限制由权利要求限定的主题。当结合以下附图阅读时,示例性实施例的以下详细描述可被理解,其中相似的结构用相似的附图标记指示,并且其中:

[0009] 图1示意性地描绘了根据本文描述和图示的一个或多个实施例的电力电子组件的

透视图；

[0010] 图2示意性地描绘了根据本文描述和图示的一个或多个实施例的由图1图示的示例电力电子组件的分解透视图；

[0011] 图3示意性地描绘了根据本文描述和图示的一个或多个实施例的示例电力电子组件的横截面图；

[0012] 图4示意性地图示了根据本文描述和图示的一个或多个实施例的示例S单元的横截面图；

[0013] 图5示意性地图示了根据本文描述和图示的一个或多个实施例的示例S单元的顶部透视图；

[0014] 图6示意性地图示了根据本文描述和图示的一个或多个实施例的示例电力电子设备组件的分解透视图；以及

[0015] 图7示意性地图示了根据本文描述和图示的一个或多个实施例的由图6图示的示例电力电子设备组件的顶部透视图。

具体实施方式

[0016] 本文描述的实施例一般地涉及具有直接嵌入电路板(诸如印刷电路板)中的一个或多个电力电子设备组件的电力电子组件。通过将一个或多个电力电子设备组件完全嵌入电路板中，电路板与电力电子组件的冷板之间的电绝缘层可被移除，因为电力电子设备通过电路板的基板材料(例如，FR-4)绝缘。电绝缘层的移除降低了电力电子设备与冷板之间的热阻，从而提高了热性能。此外，电绝缘层的移除还减小了电力电子设备组件的总体封装大小。

[0017] 本公开的电力电子设备组件包括固定至安装基板的电力电子设备，在本文中被称为S单元。如下文更详细描述的，S单元包括电绝缘层，其将电力电子设备的底部电极与电力电子设备组件的其他部件电绝缘。例如，S单元的整体电绝缘层实现印刷电路板和冷板之间的电绝缘层的移除，因为电隔离是由S单元本身提供的。

[0018] 如下文更详细描述的，由于促进热通量流向冷板的石墨层，本公开的S单元提供了增强的热属性。本文描述的S单元包括紧凑封装中的堆叠的金属、石墨和一个或多个电绝缘层。

[0019] 本文描述的电力电子设备组件、电路板组件和电力电子组件可用于电气化载具，诸如但不限于电动汽车、混合动力电动汽车、任何电动机、发电机、工业工具、家用电器等。本文描述的电力电子组件可以电耦合到电动机和/或电池并且被配置为可操作以将直流(DC)电功率转换为交流(AC)电功率的逆变器电路。

[0020] 如本文所使用的，“电力电子设备”意为用于将DC电功率转换为AC电功率(反之亦然)的任何电气部件。实施例还可用于AC-AC转换器和DC-DC转换器应用中。电力电子设备的非限制性示例包括功率金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、绝缘栅双极晶体管(IGBT)、晶闸管和功率晶体管。

[0021] 如本文所使用的，短语“完全嵌入”意为部件的每个表面都被基板包围。例如，当电力电子设备组件被电路板基板完全嵌入时，意味着电路板基板的材料覆盖了电路板基板的每个表面。当部件的一个或多个表面被暴露时，部件被“部分嵌入”。

[0022] 如本文所使用的,“S单元”是可操作以固定至电力电子设备的安装基板并且包括金属层、石墨层和电绝缘层中的一个或多个。

[0023] 电力电子设备组件、电路板组件和电力电子组件的各种实施例在下面被详细描述。只要可能,将贯穿附图使用相同的附图标记以指代相同或相似的部分。

[0024] 现在参考图1和图2,示例电力电子组件100分别以组装图和分解图图示。图1和图2所示的电力电子组件100包括冷板102、键合层104(或者在一些实施例中为导热油脂层)和电路板组件106。冷板102可以是能够从嵌入在电路板组件106的基板材料内的电力电子设备140(参见图3)移除热通量的任何设备。冷板的非限制性示例包括散热器、单相液体冷却设备、两相液体冷却设备、均热板。图1和图2图示出了冷板102已被配置为单相液体冷却设备。冷板102包括流体地耦合至冷板102内的流体腔115的流体入口132和流体出口134。简要地参考图3,来自储存器(未示出)的冷却流体135通过流体入口132流入流体腔115并通过流体出口134流出流体腔115,在流体出口134处它返回至储存器,诸如流过热交换器(未示出)以从冷却流体中移除热量之后返回至储存器。尽管未示出,但是翅片阵列可以提供在流体腔115中,以为到冷却流体135的热传递提供附加表面区域。

[0025] 电路板组件106固定至冷板102的第一表面103。图1和图2图示了电路板组件106通过穿过冷板102的通孔105、键合层104的通孔107以及电路板组件106的通孔布置的紧固件101(例如螺栓和螺母)固定至冷板102的第一表面103。当紧固件101被使用时,键合层104可以是导热油脂层,以降低电路板组件106和冷板102之间的热阻。注意,被配置为导热油脂的键合层104将没有专用的通孔;出于说明的目的,通孔107被示出。

[0026] 在其他实施例中,电路板组件106通过被配置为焊料层的键合层104固定到冷板102的第一表面103。例如,电路板组件106的底表面可以包括金属层,该金属层使得电路板组件106能够通过焊料层固定到冷板102的第一表面103。应当理解,其他键合方法可被利用。

[0027] 现在参考图3,示例电力电子组件100的横截面图被图示。在所示实施例中,附加的电气部件130固定至冷板102的第二表面。作为非限制性示例,附加的电气部件130可以是例如逆变器电路的电容器。应当理解,在其他实施例中,附加的电气部件130可以不固定至冷板102。

[0028] 电路板组件106包括由电绝缘材料制成的基板111。电绝缘材料可以是用于印刷电路板的制造的材料,诸如但不限于FR-4。电路板组件106还包括嵌入的导电层110、多个过孔112(导电过孔和导热过孔两者)以及多个电力电子设备组件120。

[0029] 作为非限制性示例,电路板组件106可以包括用于电动车辆的逆变器电路的六个电力电子设备组件120。然而,应当理解,取决于应用,任何数量的电力电子设备组件可被利用。

[0030] 每个电力电子设备组件120包括S单元121和固定至S单元121的电力电子设备140。如上所述,S单元121是电力电子设备140键合到的基板。它提供导电表面区域以建立到电力电子设备140的底表面上的电极的连接。S单元121还提供散热功能以及电隔离。通过在S单元121中提供电隔离,电路板组件106和冷板102之间的单独的电隔离层不被需要。

[0031] 图4和图5分别以横截面图和顶部透视图示出了示例S单元121。S单元121包括多个堆叠的层。特别地,图4和图5图示的S单元121包括第一金属层122、第一石墨层123、电绝缘

层124、第二石墨层125和第二金属层126。第二金属层126包括具有用于接收电力电子设备140的尺寸的凹槽127。如下文更详细描述的,第二金属层126提供导电表面,导电过孔可以接触该导电表面以建立到电力电子设备140的底表面上的电极的电连接。

[0032] 作为非限制性示例,S单元的层可以通过形成键合层129(即,活性金属钎焊层)的高温活性金属钎焊方法键合在一起。然而,应当理解,可以使用其他已知的且有待开发的技术来键合各种层。

[0033] 注意,所示的S单元121包括一对石墨层(即,第一石墨层123和第二石墨层125)和一对金属层(即,第一金属层122和第二金属层126)以提供沿z轴对称的S单元121。S单元121的对称性质平衡了在高温键合过程期间S单元上的力。因为第一和第二金属层122、126以及第一和第二石墨层123、125具有不同的热膨胀系数,所以可能期望具有对称的基板堆叠以平衡键合过程期间热诱导应力。

[0034] 第一和第二金属层122、126可以由任何合适的金属或合金制成。作为非限制性示例,铜和铝可以用作第一和第二金属层122、126。

[0035] 第一和第二石墨层123、125被提供来促进热量跨S单元121以及朝着冷板102扩散。石墨的晶体结构为其提供高导热性,使得其有助于将热通量传导至冷板102。然而,石墨不具有等温分布(isothermal profile)。相反,石墨具有沿两个轴具有高传导性并且在第三轴上具有低导热性的非等温分布。为了考虑到石墨的非等温分布,S单元121被设计为矩形形状,使得其长度尺寸大于其宽度尺寸。参考图5,第一和第二石墨层123、124沿x轴和z轴具有高导热性。因此,S单元121被设计使得其沿x轴的尺寸大于其沿y轴的尺寸。热通量将沿着x轴和z轴传播。如下文更详细描述的,热过孔可以沿x轴被提供在S单元的边缘处以接收热通量并将其朝着冷板102移动。热通量还将沿z轴朝着冷板102传播。

[0036] 电绝缘层124可以由能够在第一金属层122和第二金属层126之间提供电绝缘的任何材料制成。作为非限制性示例,电绝缘层124可以由陶瓷材料制成,诸如氮化硅或氮化铝。为电绝缘层124选择的材料应当具有高导热性,使得热通量可以朝着冷板102流过电绝缘层124。

[0037] 在一些实施例中,电绝缘层124具有比堆叠中的其他层更大的表面区域,使得其向外延伸超过由第一和第二金属层122、126以及第一和第二石墨层123、125形成的S单元121的边缘。将电绝缘层124延伸超过导电层减少了沿着S单元121的边缘的蠕变电压和电流泄漏。然而,因为S单元121嵌入在电路板的电绝缘材料中,所以S单元121可以具有足够的电隔离,而无需电绝缘层124在表面区域方面比其它导电层大。

[0038] 第二金属层126具有形成在其表面128中的凹槽127。凹槽127例如可以通过化学蚀刻来形成。凹槽127具有接纳电力电子设备140的大小和形状。

[0039] 图6图示了包括S单元121和电力电子设备140的电力电子设备组件146的部分分解图。图6描绘了电力电子设备140和关于凹槽127的键合层143。图7图示了组装的电力电子设备组件146。键合层143可以是例如焊料层。作为另一示例,键合层143可以是瞬态液相键合层143。电力电子设备140包括在其顶表面上的多个电极141、142。大电极141可以是功率电极,而较小电极142可以是信号电极。注意,尽管在图6中不可见,但是电力电子设备140还包括在其底表面上的一个或多个电极。通过将电力电子设备140放置到凹槽127中,电力电子设备的底表面上的一个或多个电极电连接到第二金属层126。因此,到电力电子设备140的

底部电极的电连接可以通过第二金属层126建立。

[0040] 再次参考图3,到多个电极141、142和第二金属层126的电连接可以通过多个过孔112建立。这些过孔可以向电力电子设备140提供驱动信号,并且提供用于开关电流的电流路径。注意,在一些实施例中,过孔112中的一些可以被配置为不传导驱动信号或开关电流的热过孔。例如,被示为接触S单元121的第一金属层122的过孔112可以是仅导热的过孔,其被提供以将热通量朝着靠近冷板102的底层传导。附加地,热过孔112可以电耦合到第二金属层126的边缘,以将热通量从第二金属层126向下朝着冷板102移动。以此方式,热通量远离电力电子设备140并且朝着冷板102被最佳地引导。如图3所示,冷的冷却流体135通过流体入口132进入冷板102,流过流体腔115,并且作为升温后的冷却流体从流体出口134排出。

[0041] 现在应当理解,本公开的实施例涉及电路板组件、电力电子设备组件、以及包括完全嵌入电路板基板内的S单元的电力电子组件。本文描述的实施例的S单元包括用于改进热性能的内部的第一和第二石墨层,以及提供电隔离的内部电隔离区域。S单元的电隔离实现电路板和冷板之间的电隔离层的移除。电力电子设备组件到电路板中的直接嵌入,以及电路板和冷板之间的单独电隔离层的移除,显著减小了电力电子组件的整体大小,同时还提供了增强的热性能。

[0042] 注意,术语“基本上”和“大约”在本文中可用于表示可归因于任何定量比较、值、测量或其他表示的固有不确定性程度。这些术语在本文中还用于表示定量表示在不导致所讨论的主题的基本功能的变化的情况下可以与所述的参考不同的程度。

[0043] 虽然本文已经图示和描述了特定实施例,但是应当理解,可以做出各种其他改变和修改而不脱离所要求保护的主题的范围。此外,尽管本文已经描述了所要求保护的主题的各种方面,但是这样的方面不需要组合利用。因此,所附权利要求旨在覆盖所要求保护的主题的范围内的所有这样的改变和修改。

[0044] 对于本领域技术人员将明显的是,在不脱离所要求保护的主题的范围的情况下,可以对本文描述的实施例做出各种修改和变化。因此,本说明书旨在涵盖本文描述的各种实施例的修改和变化,只要这样的修改和变化落入所附权利要求及其等同物的范围内。

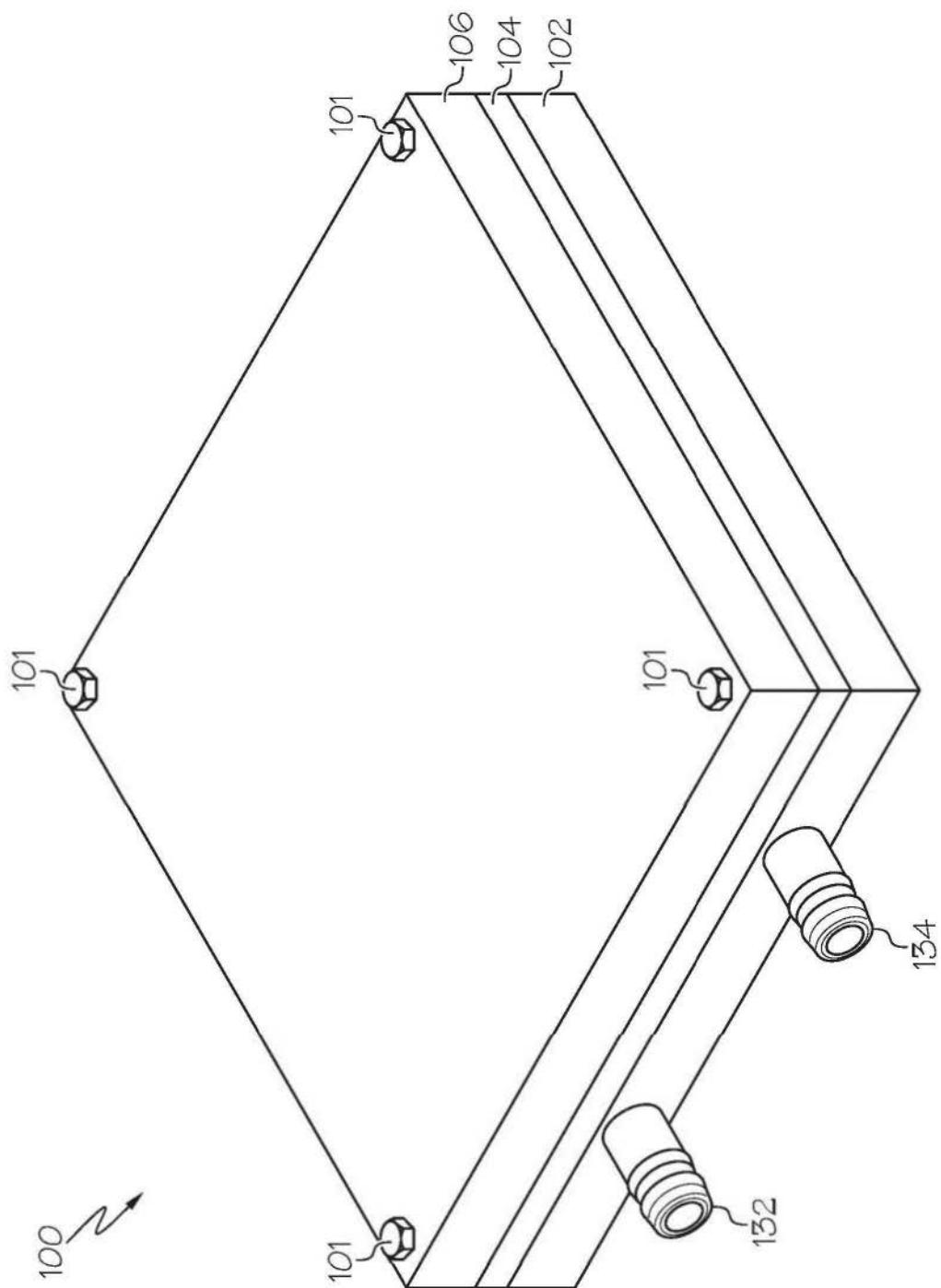


图1

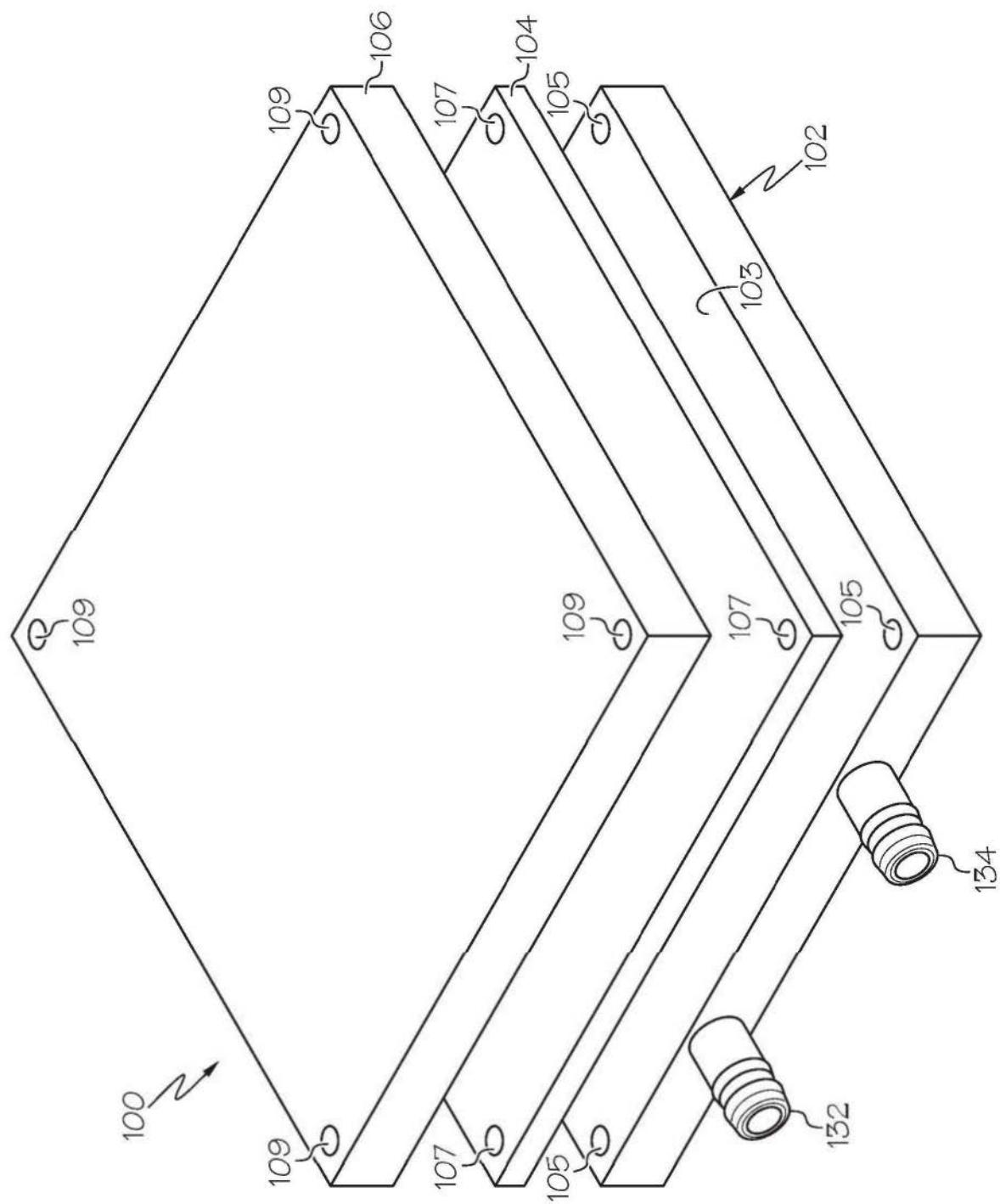


图2

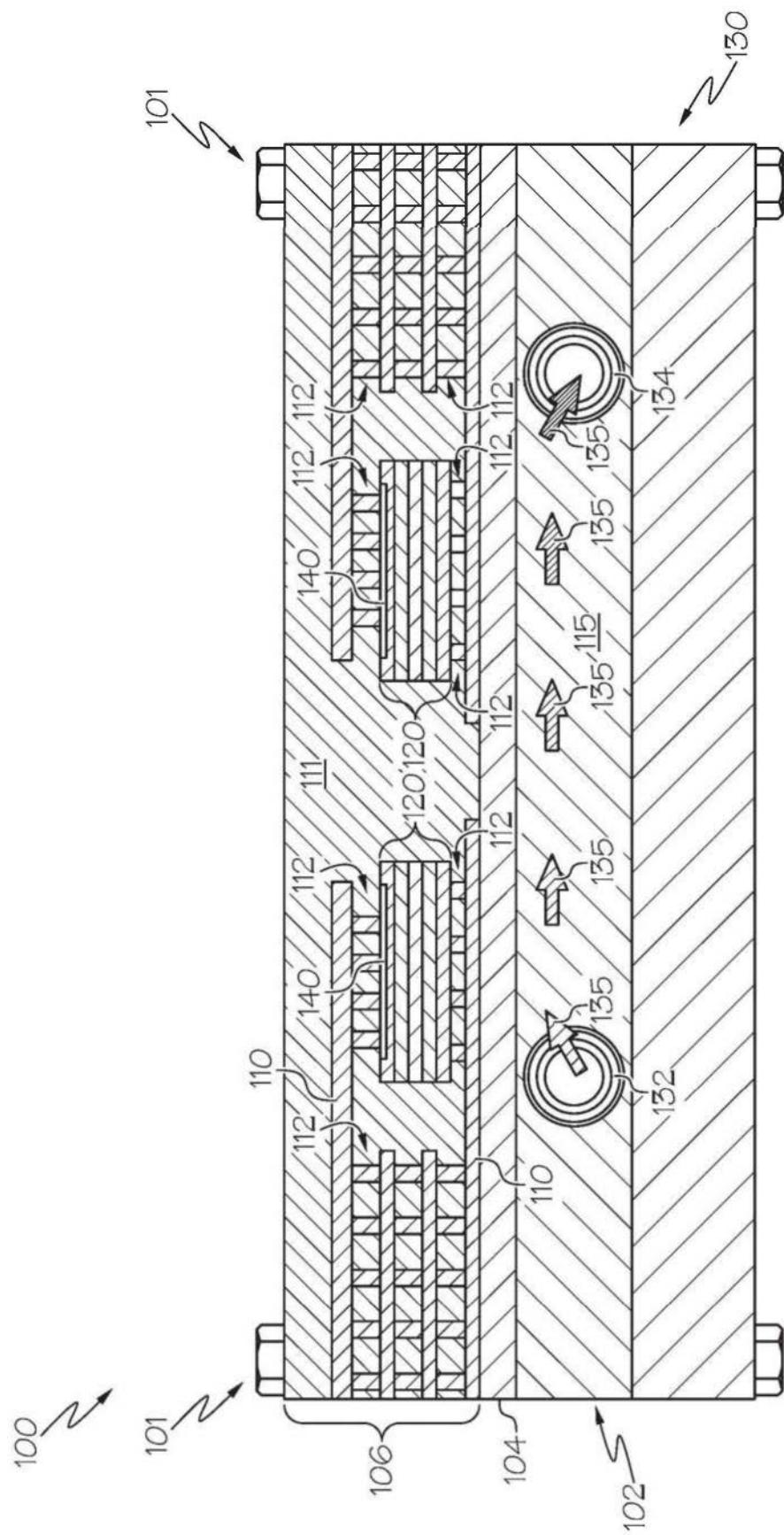
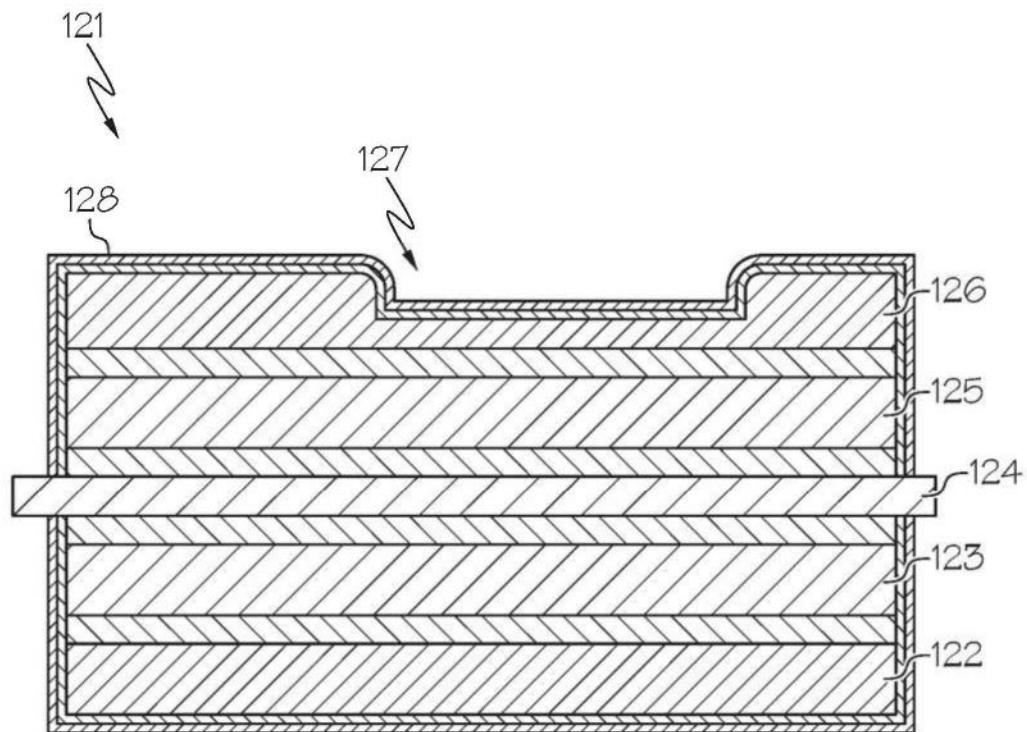


图3



冬4

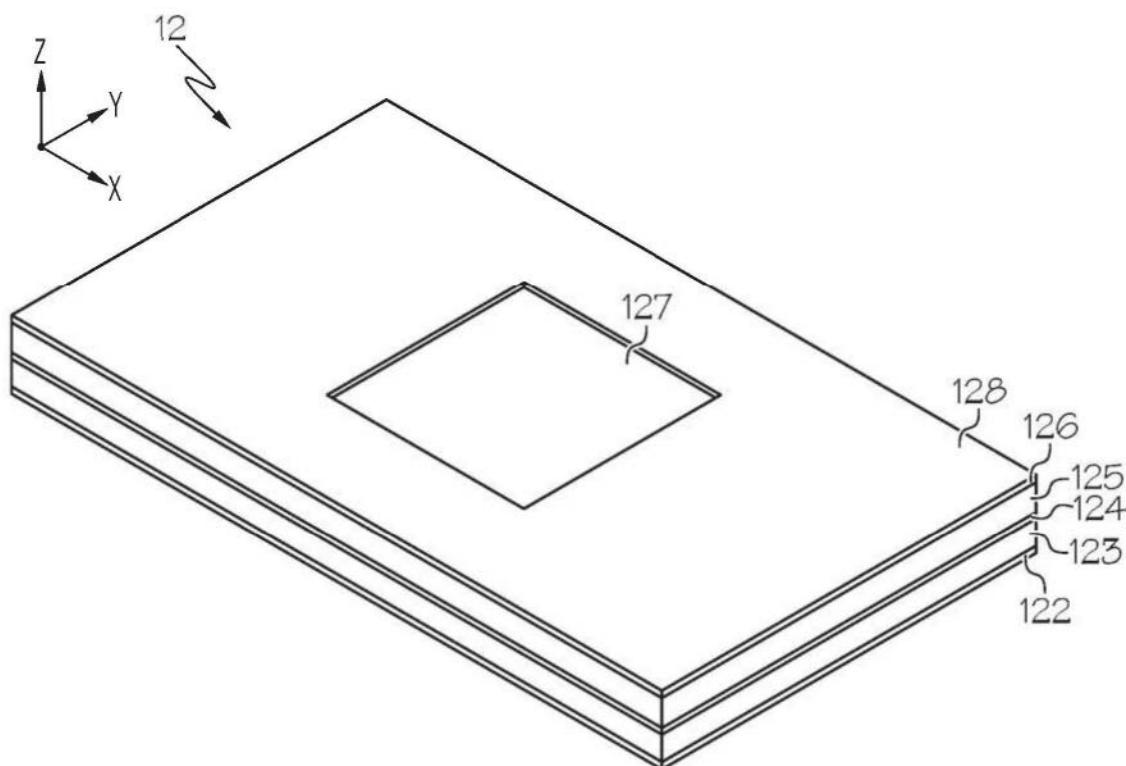


图5

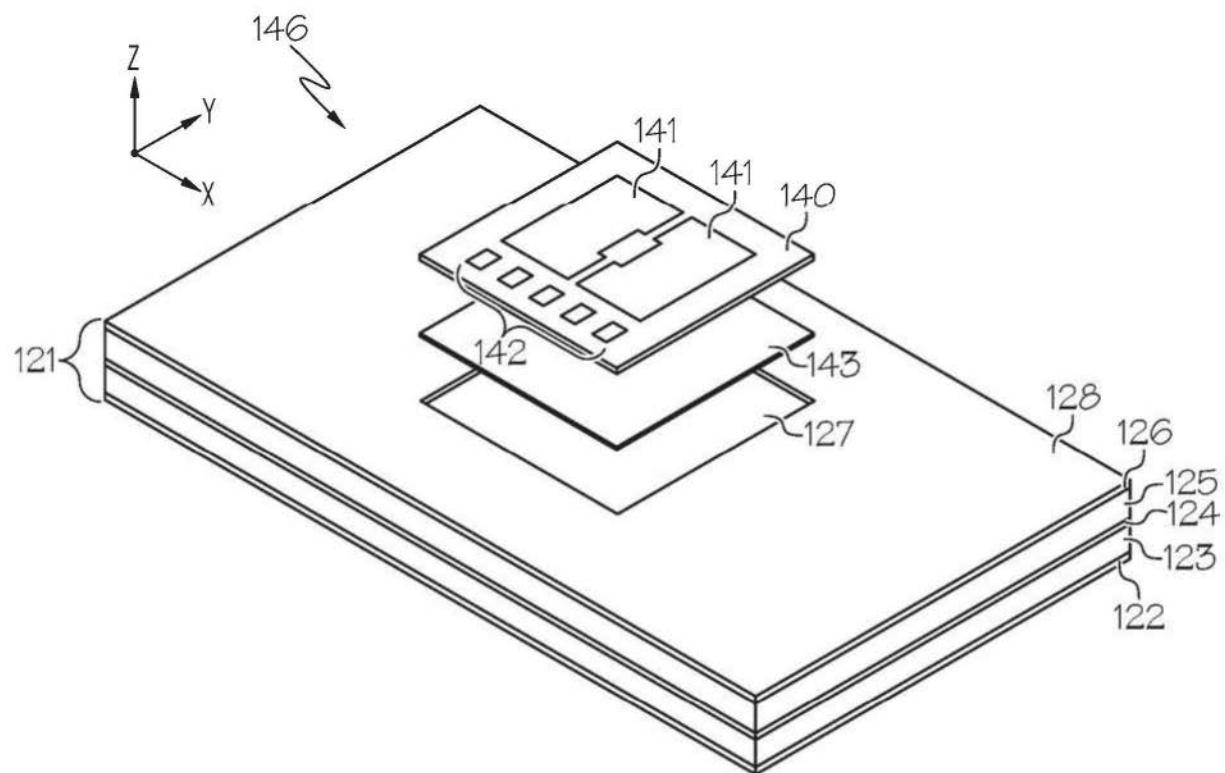


图6

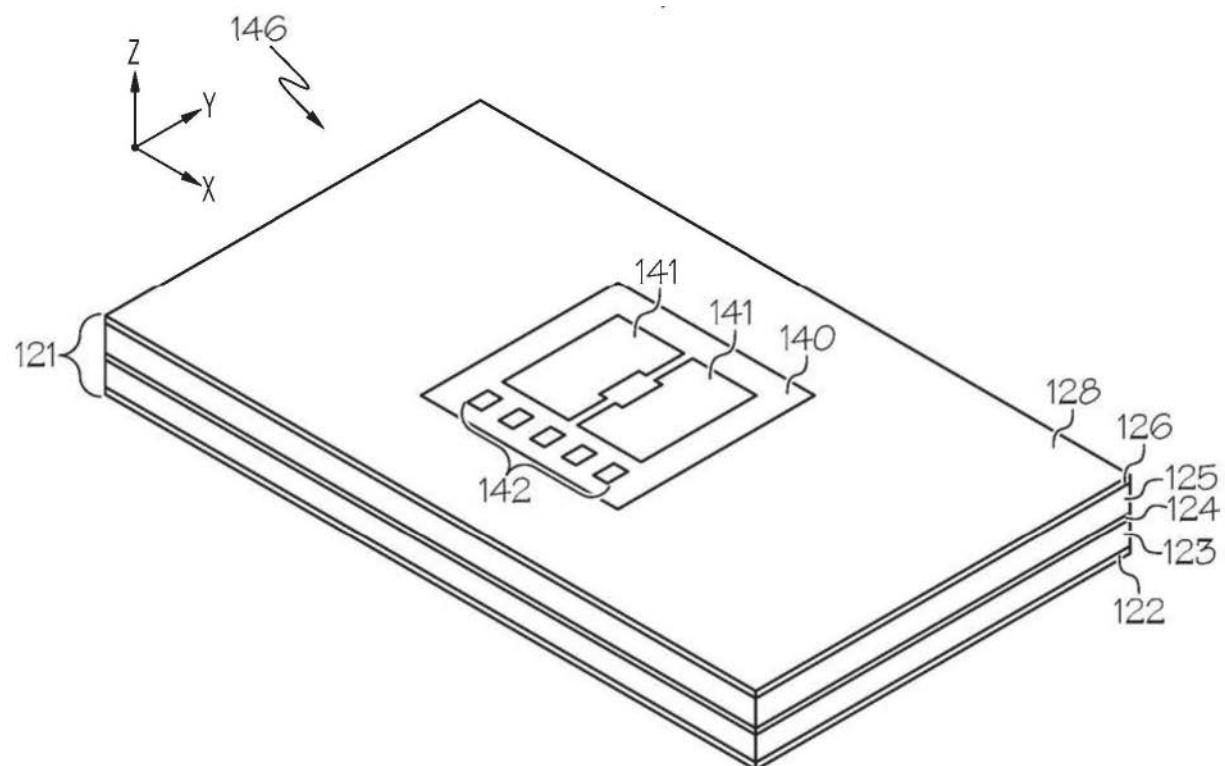


图7