



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104061816 B

(45)授权公告日 2018.05.11

(21)申请号 201410106383.0

(22)申请日 2014.03.21

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104061816 A

(43)申请公布日 2014.09.24

(30)优先权数据  
13/848,827 2013.03.22 US

(73)专利权人 丰田自动车工程及制造北美公司  
地址 美国肯塔基

(72)发明人 E·M·戴德 野村壮史

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专  
利商标事务所 11038  
代理人 钱亚卓

(51)Int.Cl.

F28F 13/18(2006.01)

G09D 7/61(2018.01)

G09D 183/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 101083895 A,2007.12.05,说明书第3页  
第4段-第10页倒数第1段.

CN 101271948 A,2008.09.24,

CN 101713905 A,2010.05.26,全文.

EP 0654819 A2,1995.05.24,全文.

US 2003099836 A1,2003.05.29,全文.

审查员 田璐

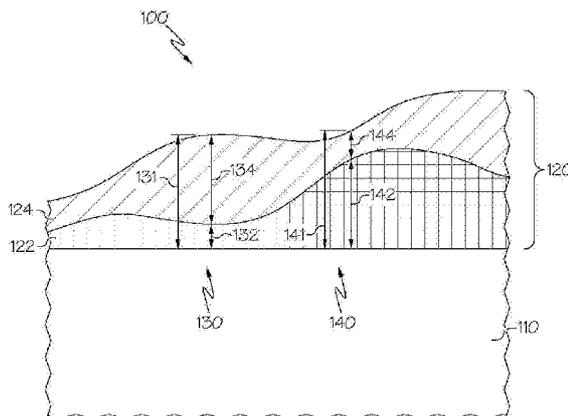
权利要求书2页 说明书10页 附图15页

(54)发明名称

包括各向异性热引导涂层的热能引导系统  
及其制造方法

(57)摘要

本发明提供热能引导系统以及制造热能引  
导系统的方法。热能引导系统包括以及与热能源  
的表面热连通的各向异性热引导涂层。各向异性  
热引导涂层包括多个层,所述多个层包括第一层  
和第二层。第一层具有第一热传导率,第二层具  
有第二热传导率。所述多个层不均匀地布置在热  
能源的表面上,以便根据热能管理目标从热能源  
引导热能。



1. 一种热能引导系统,其包括:

热能源;以及

各向异性热引导涂层,所述各向异性热引导涂层与所述热能源的表面热连通,其中所述各向异性热引导涂层包括多个层,所述多个层包括第一层和第二层,其中所述第一层具有第一热传导率,所述第二层具有第二热传导率,其中所述多个层不均匀地布置在所述热能源的表面上,以便根据热能管理目标从所述热能源引导热能,其中:

所述第一层由包括第一多个热传导颗粒的第一绝缘材料形成,其中所述第一层具有热传导颗粒的第一浓度;并且

所述第二层由包括第二多个热传导颗粒的第二绝缘材料形成,其中所述第二层具有热传导颗粒的第二浓度,其中所述第一浓度超过所述第二浓度。

2. 根据权利要求1所述的热能引导系统,其中所述各向异性热引导涂层是与所述热能源的形状相贴合的保形涂层。

3. 根据权利要求1所述的热能引导系统,其中所述热能源是电子模块或者马达。

4. 根据权利要求1所述的热能引导系统,其还包括与所述各向异性热引导涂层热连通的热能捕集装置,其中所述热能管理目标包括将热从所述热能源引导到所述热能捕集装置。

5. 根据权利要求1所述的热能引导系统,其中所述第一层和所述第二层之间的层交界部与所述热能源的表面大致垂直。

6. 一种制造热能引导系统的方法,其包括:

提供热能源;以及

以不均匀的方式使所述热能源的表面涂覆有各向异性热引导涂层,使得所述各向异性热引导涂层与所述热能源的表面热连通,其中所述各向异性热引导涂层包括多个层,所述多个层包括第一层和第二层,所述第一层和所述第二层相接触,其中所述第一层具有第一热传导率,所述第二层具有第二热传导率,所述第二热传导率不同于所述第一热传导率,其中所述多个层不均匀地布置在所述热能源的表面上,以便根据热能管理目标从所述热能源引导热能。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中用所述各向异性热引导涂层涂覆所述热能源的表面的步骤包括:

提供热收缩管,所述热收缩管包括所述各向异性热引导涂层;

将所述热能源定位在所述热收缩管中;以及

向所述热收缩管施加热,使得所述各向异性热引导涂层与所述热能源的表面热连通。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述热能源是机电装置。

9. 根据权利要求6所述的方法,其中用所述各向异性热引导涂层涂覆所述热能源的表面的步骤包括:

从第一分配喷嘴喷涂所述第一层;以及

从第二分配喷嘴喷涂所述第二层。

10. 根据权利要求6所述的方法,其中所述热能源是电子模块。

11. 根据权利要求6所述的方法,其中用所述各向异性热引导涂层涂覆所述热能源的表面包括将涂层三维打印在所述热能源的表面上。

12. 根据权利要求6所述的方法,其中所述各向异性热引导涂层的在第一位置处的第一厚度包括所述第一层的第一厚度和所述第二层的第一厚度,其中所述各向异性热引导涂层的在第二位置处的第二厚度包括所述第一层的第二厚度和所述第二层的第二厚度,其中所述第一层的第一厚度小于所述第一层的第二厚度。

13. 一种热能引导系统,其包括:

热能源;以及

各向异性热引导涂层,所述各向异性热引导涂层与所述热能源的表面热连通,其中:

所述各向异性热引导涂层是与所述热能源的形状相贴合的保形涂层;

所述各向异性热引导涂层包括第一多个层和第二多个层;

所述第一多个层包括第一层和第二层;

所述第一层和所述第二层均具有第一热传导率;

所述第二多个层包括第三层和第四层;

所述第三层和所述第四层均具有第二热传导率;

所述第二多个层的第三层设置在所述第一多个层的第一层和所述第一多个层的第二层之间,并且与所述第一多个层的第一层和所述第一多个层的第二层接触;

所述第一多个层的第二层设置在所述第二多个层的第三层和所述第二多个层的第四层之间,并且与所述第二多个层的第三层和所述第二多个层的第四层接触;

所述第一层和所述第二层中的至少一者由包括第一多个热传导颗粒的第一绝缘材料形成,其中所述第一层和所述第二层中的至少一者具有热传导颗粒的第一浓度;并且

所述第三层和所述第四层中的至少一者由包括第二多个热传导颗粒的第二绝缘材料形成,其中所述第三层和所述第四层中的至少一者具有热传导颗粒的第二浓度,其中所述第一浓度超过所述第二浓度,或者所述第二浓度超过所述第一浓度。

14. 根据权利要求13所述的热能引导系统,其中所述第一层与所述热能源的表面接触,所述第二层与所述热能源接触,并且所述第一层与所述第二层接触。

15. 根据权利要求13所述的热能引导系统,其中所述第一层设置在所述第三层和所述热能源的表面之间。

16. 根据权利要求13所述的热能引导系统,其中所述第一多个热传导颗粒包括金属颗粒、石墨颗粒、纤维复合材料颗粒、陶瓷颗粒或它们的组合。

17. 根据权利要求13所述的热能引导系统,其中所述第一绝缘材料与所述第二绝缘材料不同。

18. 根据权利要求13所述的热能引导系统,其中所述第一绝缘材料是硅树脂,所述第二绝缘材料是硅树脂。

19. 根据权利要求13所述的热能引导系统,其中所述各向异性热引导涂层的在第一位置处的第一厚度包括所述第一层的第一厚度和所述第三层的第一厚度,其中所述各向异性热引导涂层的在第二位置处的第二厚度包括所述第一层的第二厚度和所述第三层的第二厚度,其中所述第一层的第一厚度小于所述第一层的第二厚度。

## 包括各向异性热引导涂层的热能引导系统及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明整体涉及热能引导系统,更具体地,本发明涉及包括各向异性热引导涂层的热能引导系统以及制造包括各向异性热引导涂层的热能引导系统的方法。

### 背景技术

[0002] 许多装置以各种量和形式散发热能。例如,电子元件、内燃机、马达、机电系统和类似物可能散发热能,该热能耗散到环境中。期望的是管理这样散发的热能,例如通过控制耗散到环境中或/或将散发的热能引导到期望的位置以能够收获热能。

[0003] 因此,需要包括各向异性热引导涂层的热能引导系统以及制造包括各向异性热引导涂层的热能引导系统的方法。

### 发明内容

[0004] 在一个实施例中,热能引导系统包括以及与热能源的表面热连通的各向异性热引导涂层。各向异性热引导涂层包括多个层,所述多个层包括第一层和第二层。第一层具有第一热传导率,第二层具有第二热传导率。所述多个层不均匀地布置在热能源的表面上,以便根据热能管理目标从热能源引导热能。

[0005] 在另一个实施例中,制造热能引导系统的方法包括:提供热能源以及以不均匀的方式使热能源的表面涂覆有各向异性热引导涂层,使得各向异性热引导涂层与热能源的表面热连通。各向异性热引导涂层包括多个层,所述多个层包括第一层和第二层。第一层具有第一热传导率,第二层具有第二热传导率。所述多个层不均匀地布置在热能源的表面上,以便根据热能管理目标从热能源引导热能。

[0006] 在另一个实施例中,热能引导系统包括以及与热能源的表面热连通的各向异性热引导涂层。各向异性热引导涂层是与热能源的形状相贴合的保形涂层。各向异性热引导涂层包括多个层,所述多个层包括第一层和第二层。第一层具有第一热传导率,第二层具有第二热传导率。第一层由包括多个热传导颗粒的硅树脂形成。第二层由硅树脂形成,并且不包括热传导颗粒。

[0007] 参考附图,根据以下的详细说明,将会更加完全地理解本发明的实施例提供的这些和额外的特征。

### 附图说明

[0008] 附图中所示的实施例是图示和示例性的,并不用来限制本发明。在结合附图阅读的情况下可以理解所示实施例的以下详细说明,其中类似的结构用相同的附图标记表示,并且其中:

[0009] 图1示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的热能引导系统,其包括热能源和各向异性热引导涂层;

[0010] 图2A示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的热能引导系统,

其包括电子装置、热能捕集装置和均匀热引导涂层；

[0011] 图2B示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的图2A的热能引导系统的温度轮廓图；

[0012] 图3A示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的热能引导系统，其包括电子装置、热能捕集装置和不均匀各向异性热引导涂层；

[0013] 图3B示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的图3A的热能引导系统的温度轮廓图；

[0014] 图4示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的用于图2A的热能引导系统和用于图3A的热能引导系统的沿着电子装置的温度对距离的曲线图；

[0015] 图5A示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的热能引导系统，其包括涂覆有各向异性热引导涂层的热能源，该各向异性热引导涂层具有沿径向延伸的层；

[0016] 图5B示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的图5A的热能引导系统的温度轮廓图；

[0017] 图6A示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的热能引导系统，其包括涂覆有各向异性热引导涂层的热能源，该各向异性热引导涂层具有沿周向延伸的层；

[0018] 图6B示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的图6A的热能引导系统的温度轮廓图；

[0019] 图7A示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的热能引导系统，其包括涂覆有各向异性热引导涂层的热能源，该各向异性热引导涂层具有沿径向延伸的层和沿周向延伸的层；

[0020] 图7B示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的图7A的热能引导系统的温度轮廓图；

[0021] 图8A示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的制造热引导系统的方法；

[0022] 图8B示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的通过图8A所示的方法制造的热能引导系统；以及

[0023] 图9示意性地示出了根据本文所示和所述的一个或多个实施例的制造热能引导系统的方法。

### 具体实施方式

[0024] 本文所公开的实施例涉及包括各向异性热引导涂层的热能引导系统以及制造包括各向异性热引导涂层的热能引导系统的方法。整体参考附图，如本文所述，热能引导系统可以包括热能源以及与热能源的表面热连通的各向异性热引导涂层。本文所述的各向异性热引导涂层包括具有不同热传导率的多个层，当所述多个层不均匀地布置在热能源的表面上时，所述多个层根据热能管理目标来从热能源引导热能，以最大化从热能源到周围环境的均匀热流、最小化从热能源到周围环境的均匀热流、优化到一个或多个位置的不均匀热流、将热引导到热能捕集装置，等等。这样引导的热能可以被捕集或收获，以用于进一步使

用。本文中参考附图更详细地描述多种包括各向异性热引导涂层的热能引导系统以及制造包括各向异性热引导涂层的热能引导系统。

[0025] 现在参考图1,其示意性地示出了热能引导系统100。热能引导系统100包括热能源110以及与热能源110的表面热连通的各向异性热引导涂层120。热能源110可以是散发热能的任何装置。例如,在一些实施例中,热能源110可以是电子模块或电子元件,例如集成电路。在一些实施例中,热能源110可以是电池,作为将化学能转换为电能的副产品,电池散发热能。在一些实施例中,热能源110可以是散发热能的马达或内燃机。在一些实施例中,热能源110可以是热能散发机电系统。热能源110可以是任何形状的。在一些实施例中,热能源110可以是矩形的或圆形的形状。在一些实施例中,热能源110可以是奇特的形状。此外,在一些实施例中,热能源110可以包括散发热能的一个部件,而在其它实施例中,热能源110可以包括多个散发热能的部件。

[0026] 仍然参考图1,各向异性热引导涂层120与热能源110的表面热连通。在一些实施例中,各向异性热引导涂层120是与热能源110的形状相贴合的保形涂层。在一些实施例中,各向异性热引导涂层120与热能源110的形状不贴合,例如在各向异性热引导涂层120是刚性的且与热能源110的形状不匹配的实施例中。

[0027] 各向异性热引导涂层120包括多个层。多个层包括第一层122和第二层124。虽然图1所示的各向异性热引导涂层120包括两个层,但是应当理解,在一些实施例中,各向异性热引导涂层120包括多于两个的层。在包括多于两个的层的一些实施例中,额外层中的一个或多个可以由与第一层122相同的材料形成。相似地,在包括多于两个的层的一些实施例中,额外层中的一个或多个可以由与第二层124相同的材料形成。例如,在一些实施例中,各向异性热引导涂层120可以包括叠堆在热能源110的表面上的多个层,所述多个层由第一层122的材料和第二层124的材料交替地形成。在一些实施例中,各向异性热引导涂层120可以包括叠堆在热能源110的表面上的多个层,所述多个层由三个或更多个层组成成分交替地形成。在图1所示的实施例中,第一层122设置在第二层124和热能源110之间。然而,在其它实施例中,第二层124设置在第一层122和热能源110之间。

[0028] 仍然参考图1,第一层122具有第一热传导率 $K_1$ ,第二层124具有第二热传导率 $K_2$ 。第一热传导率 $K_1$ 与第二热传导率 $K_2$ 不同。在一些实施例中,第一热传导率 $K_1$ 大于第二热传导率 $K_2$ 。在其它实施例中,第一热传导率 $K_1$ 小于第二热传导率 $K_2$ 。由于第一层122和第二层124的不同的物理组成成分,第一层和第二层的热传导率可以是不同的。例如,在一些实施例中,第一层122可以包括多个热传导颗粒,而第二层124可以不包括热传导颗粒,使得第一层122的第一热传导率 $K_1$ 大于第二层124的第二热传导率 $K_2$ 。热传导颗粒可以包括金属颗粒(例如铜、铝、银、金等)、石墨颗粒、纤维复合材料颗粒、陶瓷颗粒或它们的组合。

[0029] 仍然参考图1,在第一层122和第二层124的组成成分的内容中,在一些实施例中,第一层122由包括多个热传导颗粒的第一绝缘材料形成,第二层由不包括热传导颗粒的第二绝缘材料形成,使得第一层122的第一热传导率 $K_1$ 大于第二层124的第二热传导率 $K_2$ 。在一些这样的实施例中,第一绝缘材料与第二绝缘材料相同,而在其它这样的实施例中,第一绝缘材料与第二绝缘材料不同。第一绝缘材料和/或第二绝缘材料可以包括硅树脂。在一些实施例中,第一绝缘材料和/或第二绝缘材料可以是不同于硅树脂的绝缘材料,例如尼龙或环氧树脂。在一个非限制性例子中,例如当第一层122由包括多个铜颗粒的硅树脂形成而第

二层124由基本上不具有热传导颗粒的硅树脂形成时,第一绝缘材料是包括热传导颗粒的硅树脂,第二绝缘材料是不包括热传导颗粒的硅树脂。

[0030] 仍然参考图1,在第一层122和第二层124的组成成分的内容中,在一些实施例中,第一层122由包括第一多个热传导颗粒的第一绝缘材料形成,第二层由包括第二多个热传导颗粒的第二绝缘材料形成,使得第一层122的第一热传导率 $K_1$ 大于第二层124的第二热传导率 $K_2$ 。第一多个热传导颗粒的热传导颗粒与第二多个热传导颗粒的热传导颗粒不同。在一些实施例中,第一绝缘材料与第二绝缘材料相同,而在其它实施例中,第一绝缘材料与第二绝缘材料不同。

[0031] 仍然参考图1,在第一层122和第二层124的组成成分的内容中,在一些实施例中,第一层122由包括具有第一浓度的第一多个热传导颗粒的第一绝缘材料形成,第二层由包括具有第二浓度的第二多个热传导颗粒的第二绝缘材料形成。第一层122中第一多个热传导颗粒的第一浓度超过第二层124中第二多个热传导颗粒的第二浓度,使得第一层122的第一热传导率 $K_1$ 大于第二层124的第二热传导率 $K_2$ 。在一些这样的实施例中,第一绝缘材料与第二绝缘材料相同,而在其它这样的实施例中,第一绝缘材料与第二绝缘材料不同。如上所述,第一绝缘材料和/或第二绝缘材料可以包括硅树脂。在一些实施例中,第一绝缘材料和/或第二绝缘材料可以是不同于硅树脂的绝缘材料,例如尼龙或环氧树脂。在一些实施例中,第一多个热传导颗粒的热传导颗粒与第二多个热传导颗粒的热传导颗粒相同,而在其它实施例中,第一多个热传导颗粒的热传导颗粒与第二多个热传导颗粒的热传导颗粒不同。

[0032] 仍然参考图1,多个层(其包括第一层122和第二层124)不均匀地布置在热能源110的表面上,以便根据热能管理目标从热能源110引导热能。在一些实施例中,多个层不均匀地布置在热能源110的表面上,使得多个层的厚度沿着热能源110的表面是变化的。例如,如图1所述,在第一位置130处的各向异性热引导涂层120的第一厚度131包括第一层122的第一厚度132和第二层124的第一厚度134。在第二位置140处的各向异性热引导涂层120的第二厚度141包括第一层122的第二厚度142和第二层124的第二厚度144。如图1所示,第一层122的第一厚度132小于第一层122的第二厚度142。虽然图1示出了沿着热能源110的表面具有不均匀厚度的多个层,但是在一些实施例中,多个层可以以不同的或额外的方式不均匀地布置,例如在多个层不均匀地布置在热能源110的表面上,使得各个层的取向和/或方向相对于彼此是不均匀的情况下,如以下将参考图3A-3B进一步详细描述。

[0033] 仍然参考图1,各向异性热引导涂层120的多个层不均匀地布置在热能源110的表面上,以便根据热能管理目标从热能源110引导热能。在一些实施例中,热能管理目标可以是最大化从热能源110到周围环境的均匀热流(例如,如以下将参考图5A-5B进一步详细描述的)。在一些实施例中,热能管理目标可以是最小化从热能源110到周围环境的均匀热流(例如,如以下将参考图6A-6B进一步详细描述的)。在一些实施例中,热能管理目标可以是优化到一个或多个位置的不均匀热流(例如,如以下将参考图7A-7B进一步详细描述的)。在一些实施例中,热能管理目标可以是将热引导到与各向异性热引导涂层120热连通的热能捕集装置,例如散热器。应当理解,各向异性热引导涂层120可以根据除了本文所述的特定热能管理目标之外的许多热能管理目标而从热能源110引导热能。

[0034] 现在参考图2A,其示意性地示出了热能引导系统200。热能引导系统200包括电子装置210a、210b、热能捕集装置220和均匀热引导涂层230。热能捕集装置220与电子装置

210a、210b热连通。均匀热引导涂层230与电子装置210a、210b热连通，并且与热能捕集装置220热连通。

[0035] 仍然参考图2A，电子装置210a、210b可以在操作中产生热能，例如微处理器、集成电路或其它电子元件。在一些实施例中，电子装置210a、210b可以在操作期间产生相同量的热能，而在其它实施例中，电子装置210a、210b可以在操作期间产生不同量的热能。虽然图2A示出了两个电子装置210a、210b，但是某些实施例可以包括仅仅一个电子装置或多于两个的电子装置。

[0036] 仍然参考图2A，热能捕集装置220可以是任何装置，来自电子装置210a、210b的热能可以被引导到该热能捕集装置。在一些实施例中，热能捕集装置220可以是散热器，例如铝散热器。在一些实施例中，热能捕集装置220可以是除了铝散热器之外的散热器。

[0037] 如上所述，均匀热引导涂层230与电子装置210a、210b热连通，并且与热能捕集装置220热连通。均匀热引导涂层230可以用来将电子装置210a、210b散发的热能的至少一部分引导到热能捕集装置220。在一些实施例中，均匀热引导涂层230是硅树脂均匀层，在热能引导系统200的整个宽度上具有相同的厚度。在其它实施例中，均匀热引导涂层230可以由与硅树脂不同的材料形成。

[0038] 现在参考图2B，其示意性地示出了图2A的热能引导系统200的温度轮廓图。热能引导系统200中每个部位处的温度由阴影线区域表示，其中水平阴影线区域是图示的最低温度，竖向阴影线区域是图示的最高温度。在热能引导系统200内的各个位置处，热能引导系统200从水平阴影线区域经由斜向阴影线区域和网格阴影线区域变化到竖向阴影线区域，以便以对于温度轮廓图而言已知的方式表示每个位置处的温度。此外，图2B示出了热能引导系统200内各个位置处的标准化热通量矢量。热通量矢量中的每个都示出了矢量起始的位置处的热能的传递方向。

[0039] 在图2B所示的实施例中，电子装置210a产生第一热量，电子装置210b产生第二热量，第二热量为第一热量的三分之二。电子装置210a的最大温度是425.8K。如图2B中的热通量矢量所示，热能从电子装置210a、210b以方向均匀的方式耗散。

[0040] 现在参考图3A，其示意性地示出了热能引导系统300，该热能引导系统包括电子装置310a、310b、热能捕集装置320以及不均匀各向异性热引导涂层330。热能捕集装置320与电子装置310a、310b热连通。不均匀各向异性热引导涂层330与电子装置310a、310b热连通，并且与热能捕集装置320热连通。

[0041] 仍然参考图3A，电子装置310a、310b可以在操作中产生热能，例如微处理器、集成电路或其它电子元件。在一些实施例中，电子装置310a、310b可以在操作期间产生相同量的热能，而在其它实施例中，电子装置310a、310b可以在操作期间产生不同量的热能。虽然图3A示出了两个电子装置310a、310b，但是某些实施例可以包括仅仅一个电子装置或多于两个的电子装置。为了比较的目的，图3A的电子装置310a、310b与图2A的电子装置210a、210b相同。然而，在其它实施例中，图3A的电子装置310a、310b可以与图2A的电子装置210a、210b不同。

[0042] 仍然参考图3A，热能捕集装置320可以是任何装置，来自电子装置310a、310b的热能可以被引导到该热能捕集装置。在一些实施例中，热能捕集装置320可以是散热器，例如铝散热器。在一些实施例中，热能捕集装置320可以是除了铝散热器之外的散热器。为了比

较的目的,图3A的热能捕集装置320与图2A的热能捕集装置220相同。然而,在其它实施例中,图3A的热能捕集装置320可以与图2A的热能捕集装置220不同。

[0043] 如上所述,不均匀各向异性热引导涂层330与电子装置310a、310b热连通,并且与热能捕集装置320热连通。不均匀各向异性热引导涂层330引导热离开电子装置310a、310b。在一些实施例中,不均匀各向异性热引导涂层330可以搁置在热能捕集装置320的表面上,以实现热管理目标,例如最小化电子装置310a的温度梯度。如在此所用的,装置的“温度梯度”是装置内任何位置处的最小温度和装置内任何位置处的最大温度之间的差。

[0044] 仍然参考图3A,在一些实施例中,不均匀各向异性热引导涂层330可以例如通过图9所示的方法层状喷涂在电子装置310a、310b和热能捕集装置320上,该方法将在以下更详细地描述。在一些实施例中,不均匀各向异性热引导涂层330可以通过三维打印机三维打印在电子装置310a、310b和热能捕集装置320上。在其它实施例中,不均匀各向异性热引导涂层330可以形成单独的部件,并且之后固定和热联接到电子装置310a、310b和热能捕集装置320。

[0045] 不均匀各向异性热引导涂层330包括多个层,所述多个层不均匀地布置在电子装置310a、310b的表面上和热能捕集装置320的表面上,使得多个层的厚度沿着电子装置310a、310b的表面和热能捕集装置320的表面是变化的,如上参考图1的各向异性热引导涂层120的厚度所述。在一些实施例中,不均匀各向异性热引导涂层330的多个层可以是不均匀布置的,使得各个层的取向和/或方向相对于彼此是不均匀的。例如,如图3A所示,不均匀各向异性热引导涂层330的多个层在热能引导系统300的整个宽度上以变化的厚度以及变化的取向和方向布置。在一些实施例中,图3A的不均匀各向异性热引导涂层330可以包括图1的各向异性热引导涂层120或本文所述的任何其它涂层。

[0046] 仍然参考图3A,不均匀各向异性热引导涂层330可以由包括多个热传导颗粒的硅树脂形成。在图3A所示的实施例中,不均匀各向异性热引导涂层330由包括热传导率为 $400\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的热传导颗粒的硅树脂形成。在一些实施例中,不均匀各向异性热引导涂层330可以包括热传导率不同于 $400\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的热传导颗粒。在一些实施例中,不均匀各向异性热引导涂层330可以包括具有不同热传导率的多个层,例如在不均匀各向异性热引导涂层包括纯硅树脂层和具有热传导颗粒的硅树脂层的实施例中。

[0047] 现在参考图3B,其示意性地示出了图3A的热能引导系统300的温度轮廓图。以与图2B类似的方式,热能引导系统300中每个部位处的温度由阴影线区域表示,其中水平阴影线区域是图示的最低温度,竖向阴影线区域是图示的最高温度。在热能引导系统300内的各个位置处,热能引导系统300从水平阴影线区域经由斜向阴影线区域和网格阴影线区域变化到竖向阴影线区域,以便以对于温度轮廓图而言已知的方式表示每个位置处的温度。此外,图3B示出了热能引导系统300内各个位置处的标准化热通量矢量。热通量矢量中的每个都示出了矢量起始的位置处的热能的传递方向。

[0048] 在图所示的实施例中3B,电子装置310a产生第一热量,电子装置310b产生第二热量,第二热量为第一热量的三分之二。图3A-3B的电子装置310a、310b产生的热量与图2A-2B的电子装置210a、210b产生的热量相同。仍然参考图3B,与图2B的电子装置210a的 $425.8\text{K}$ 的最大温度相比,电子装置310a的最大温度是 $420.2\text{K}$ 。如图3B的热通量矢量所示,与图2B所示的热能耗散方式相比,热能从电子装置310a、310b以方向不均匀的方式耗散。具体地,与图

2B相比,电子装置310a产生的热能被引导到图3B的热能捕集装置320中的比例较大。因此,应当理解,图3A-3B的不均匀各向异性热引导涂层330可以从电子装置310a、310b以不均匀方式引导热能,从而与均匀热引导涂层相比,降低了电子装置310a、310b中至少一个的最大温度。

[0049] 现在参考图4,其示意性地示出了用于图2A的热能引导系统200和用于图3A的热能引导系统300的沿着电子装置的温度对距离的曲线图。如图4所示,图3A的电子装置310a的温度梯度是图2A的电子装置210a的温度梯度的大约一半。此外,图3A的电子装置310a的最大、最小和平均温度小于图2A的电子装置210a的对应的最大、最小和平均温度。因此,应当理解,图3A-3B的不均匀各向异性热引导涂层330可以从电子装置310a、310b以不均匀方式引导热能,从而与均匀热引导涂层相比,降低了电子装置310a、310b中至少一个的温度梯度,并且降低了电子装置310a、310b中至少一个的最大、最小和平均温度。

[0050] 现在参考图5A,其示意性地示出了热能引导系统500,该热能引导系统包括涂覆有各向异性热引导涂层520的热能源510,该各向异性热引导涂层具有多个径向延伸的层。在图5A所示的实施例中,热能源510是围绕腔体515的铜环。然而,在其它实施例中,热能源510可以是散发热能的任何装置。例如,在一些实施例中,热能源510可以是电子模块或电子元件,例如集成电路。在一些实施例中,热能源510可以是电池,作为将化学能转换为电能的副产品,电池散发热能。在一些实施例中,热能源510可以是散发热能的马达或内燃机。在一些实施例中,热能源510可以是电子器件或马达外壳。

[0051] 仍然参考图5A,各向异性热引导涂层520与热能源510的表面热连通。如上所述,各向异性热引导涂层520包括多个径向延伸的层。如图5A所示,各向异性热引导涂层520的多个层包括第一层521和第二层522。第一层521与热能源510的表面接触。第二层522与热能源510接触。第一层521还沿着与热能源510的表面接触的层交界部接触第二层522。在层交界部与热能源510的表面接触的位置处,层交界部可以基本上不与热能源510的表面平行。在一些实施例中,例如图5A,在层交界部与热能源510的表面接触的位置处,层交界部可以与热能源510的表面基本上垂直。在一些实施例中,各向异性热引导涂层520是与热能源510的形状相贴合的保形涂层。

[0052] 仍然参考图5A,在一些实施例中,第一层521具有第一热传导率,第二层522具有与第一热传导率不同的第二热传导率。在一些实施例中,第一层521可以是如上参考图1所述的第一层122,第二层522可以是如上参考图1所述的第二层124。在一些实施例中,第一层521由包括多个热传导颗粒的硅树脂形成,第二层522由硅树脂形成且不包括热传导颗粒。

[0053] 各向异性热引导涂层520涂覆在热能源510的表面上,以实现热管理目标。在图5A所示的实施例中,各向异性热引导涂层520的热管理目标是最大化到周围环境的均匀热流。

[0054] 现在参考图5B,其示意性地示出了图5A的热能引导系统的温度轮廓图。热能源510的最大温度是332K,热能源510的最小温度是305K。如图5B所示,热能以均匀的方式从热能源510的内部沿径向向外流动。因此,包括多个径向延伸的层的各向异性热引导涂层520最大化到周围环境的均匀热流。应当理解,热能可以在热能源510内被各向异性热引导涂层520引导。

[0055] 现在参考图6A,其示意性地示出了热能引导系统600,该热能引导系统包括涂覆有各向异性热引导涂层620的热能源510,该各向异性热引导涂层具有多个周向延伸的层。各

向异性热引导涂层620与热能源510的表面热连通。如上所述,各向异性热引导涂层620包括多个周向延伸的层。如图6A所示,各向异性热引导涂层620的多个层包括第一层621和第二层622。第一层621与热能源510的表面接触。第一层621设置在第二层622和热能源510的表面之间。在一些实施例中,各向异性热引导涂层620是与热能源510的形状相贴合的保形涂层。

[0056] 仍然参考图6A,在一些实施例中,第一层621具有第一热传导率,第二层622具有与第一热传导率不同的第二热传导率。在一些实施例中,第一层621可以是如上参考图1所述的第一层122,第二层622可以是如上参考图1所述的第二层124。在一些实施例中,第一层621由包括多个热传导颗粒的硅树脂形成,第二层622由硅树脂形成且不包括热传导颗粒。

[0057] 各向异性热引导涂层620涂覆在热能源510的表面上,以实现热管理目标。在图所示的实施例中6A,各向异性热引导涂层620的热管理目标是最小化到周围环境的均匀热流。

[0058] 现在参考图6B,其示意性地示出了图6A的热能引导系统的温度轮廓图。热能源510的最大温度是415K,热能源510的最小温度是308K。如图6B所示,热能以均匀的方式从热能源510的内部沿径向向外流动。然而,图6B的热能源510的最大温度比图5B的热能源510的最大温度高83K,这表明图6A-6B的包括多个周向延伸的层的各向异性热引导涂层620最小化了到周围环境的均匀热流。应当理解,热能可以在热能源510内被各向异性热引导涂层620引导。

[0059] 现在参考图7A,其示意性地示出了热能引导系统700,该热能引导系统包括涂覆有各向异性热引导涂层720的热能源510,该各向异性热引导涂层具有多个径向延伸的层724和多个周向延伸的层722两者。各向异性热引导涂层720与热能源510的表面热连通。如上所述,各向异性热引导涂层720包括多个径向延伸的层724和多个周向延伸的层722。多个径向延伸的层724可以如上参考图5A-5B的各向异性热引导涂层520的径向延伸的层进行构造。同样,多个周向延伸的层722可以如上参考图6A-6B的各向异性热引导涂层620的周向延伸的层进行构造。

[0060] 各向异性热引导涂层720涂覆在热能源510的表面上,以实现热管理目标。在图7A所示的实施例中,各向异性热引导涂层720的热管理目标是通过适当地布置各向异性热引导涂层720的各层而优化到指定位置的不均匀热流。具体地,各向异性热引导涂层720的热管理目标是利用多个周向延伸的层722最小化从热能源510的顶部半部到周围环境的均匀热流,并且利用多个径向延伸的层724最大化从热能源510的底部半部到周围环境的均匀热流。

[0061] 现在参考图7B,其示意性地示出了图7A的热能引导系统的温度轮廓图。热能源510的最大温度是341K,热能源510的最小温度是297K。图7B的热能源510的最大温度比图5B的热能源510的最大温度高9K。如图7B所示,利用多个周向延伸的层722减少从热能源510的顶部半部到周围环境的均匀热流,并且利用多个径向延伸的层724增加从热能源510的底部半部到周围环境的均匀热流。应当理解,热能可以在热能源510内被各向异性热引导涂层720引导。

[0062] 现在参考图8A-9,其示意性地示出了制造热能引导系统的方法。该方法包括:提供热能源以及以不均匀的方式使热能源的表面涂覆有各向异性热引导涂层,使得各向异性热引导涂层与热能源的表面热连通。各向异性热引导涂层包括多个层,所述多个层包括第

一层和第二层。第一层具有第一热传导率,第二层具有第二热传导率。所述多个层不均匀地布置在热能源的表面上,以便根据热能管理目标从热能源引导热能。现在将描述图8A-9中示出的特定方法中的每个方法。

[0063] 现在具体参考图8A,其示意性地示出了制造热能引导系统的方法。首先,提供热能源810。在一些实施例中,热能源810可以是机电装置、电子模块、电池、马达、内燃机或本文所述的任何热能源。接下来,以不均匀的方式使热能源810的表面涂覆有各向异性热引导涂层,使得各向异性热引导涂层与热能源的表面热连通。在图8A所示的实施例中,热能源810的表面通过以下方式进行涂覆:提供包括各向异性热引导涂层的热收缩管820(例如Mylar管或类似物);将热能源810定位在热收缩管820中;以及向热收缩管820施加热。当向热收缩管820施加热时,热收缩管820贴合热能源810的形状,使得各向异性热引导涂层与热能源810的表面热连通,如图8B中制造的热引导系统所示。热收缩管820的各向异性热引导涂层可以具有本文所述的任何热引导涂层的组成成分。

[0064] 现在具体参考图9,其示意性地示出了制造热能引导系统900的方法。首先,提供热能源910a、910b。在一些实施例中,热能源910a、910b可以是电子模块,例如微处理器、集成电路或其它电子元件。接下来,以不均匀的方式使热能源910a、910b的表面涂覆有各向异性热引导涂层960,使得各向异性热引导涂层960与热能源910a、910b的表面热连通。在图9所示的实施例中,热能捕集装置920(例如散热器、铝散热器或类似物)的表面也涂覆有各向异性热引导涂层960。在图9所示的实施例中,通过从第一分配喷嘴952喷涂第一层962并且从第二分配喷嘴954喷涂第二层964,来涂覆热能源910a、910b的表面和热能捕集装置920的表面。通过第一分配喷嘴952分配的多个材料层和/或通过第二分配喷嘴954分配的多个材料层可以用来涂覆热能源910a、910b和/或热能捕集装置920。在一些实施例中,当从分配喷嘴分配材料时,热能源910a、910b和热能捕集装置920可以来回地移动(例如通过传送带),以便根据需要制造各向异性热引导涂层960。在一些实施例中,当分配材料时,分配喷嘴可以移动,以便根据需要制造各向异性热引导涂层960。虽然图9所示的实施例包括两个分配喷嘴,但是其它实施例可以包括多于两个的分配喷嘴,每个分配喷嘴可以分配与第一分配喷嘴952和第二分配喷嘴954相同的或不同的材料。各向异性热引导涂层960可以具有本文所述的任何热引导涂层的组成成分。

[0065] 虽然已经参考图8A-9提供了制造本文所述的涂层的特定方法,但是应当理解,本文所述的涂层可以用各种其它的方法制造,例如三维打印或类似方法。

[0066] 现在应当理解,本文所述的各向异性热引导涂层可以允许热能源散发的热能根据各种热能管理目标而在热能系统中被引导。此外,应当理解,这样引导的热能可以被捕集或收获,以用于进一步使用。最后,将本文所述的各向异性热引导涂层施加到热能源能够对热能进行引导,同时避免当试图通过由大块复合材料(其在热能源自身的组成成分中包括特别设计的微结构)形成热能源而引导热能源内的热能时可能出现的复杂性。

[0067] 要注意的是,术语“基本上”和“大约”在本文中可以用来表示不确定性的固有程度,这些不确定性可以归因于任何定量比较、数值、测量或其它表示。这些术语在本文中还表示这样的程度,即定量表示可以从所述基准改变,而不会导致讨论的主题的基本功能的改变。

[0068] 虽然在本文中已经图示和描述了具体实施例,但是应当理解,在不脱离要求保护

的主题的精神和范围的情况下,可以做出各种其它的改变和修改。此外,尽管本文中已经描述了要求保护的主题的各方面,但是这些方面不必组合使用。因此,期望的是所附的权利要求覆盖所有的处于要求保护的主题的范围内的这些改变和修改。

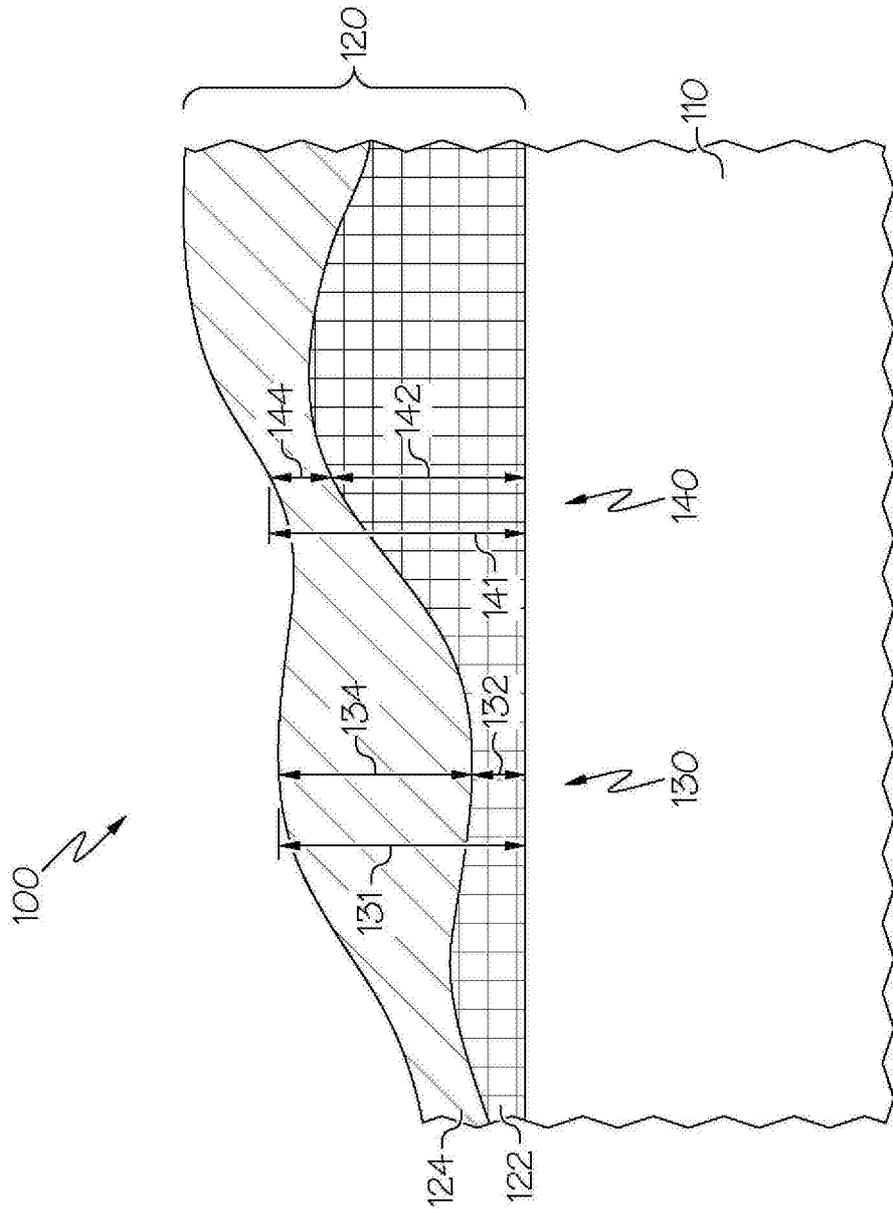


图1

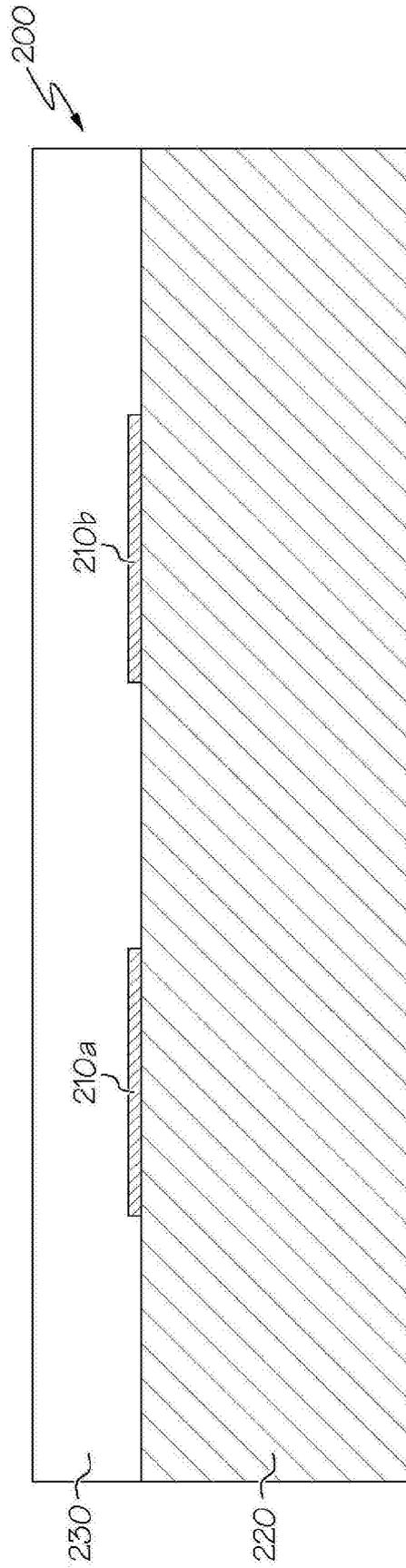


图2A

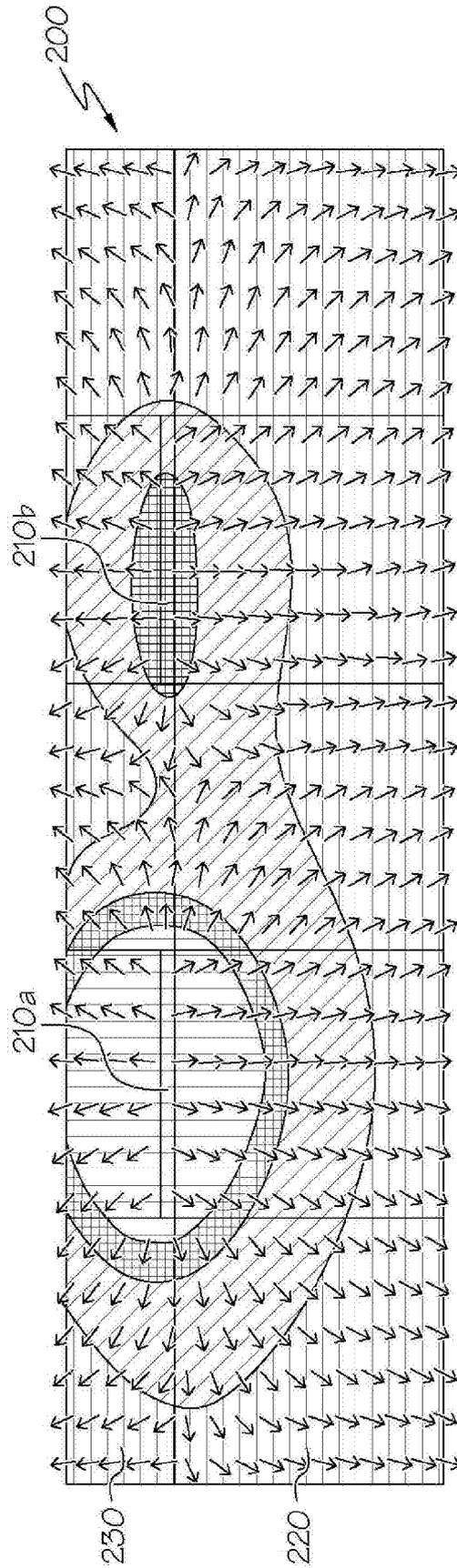


图2B

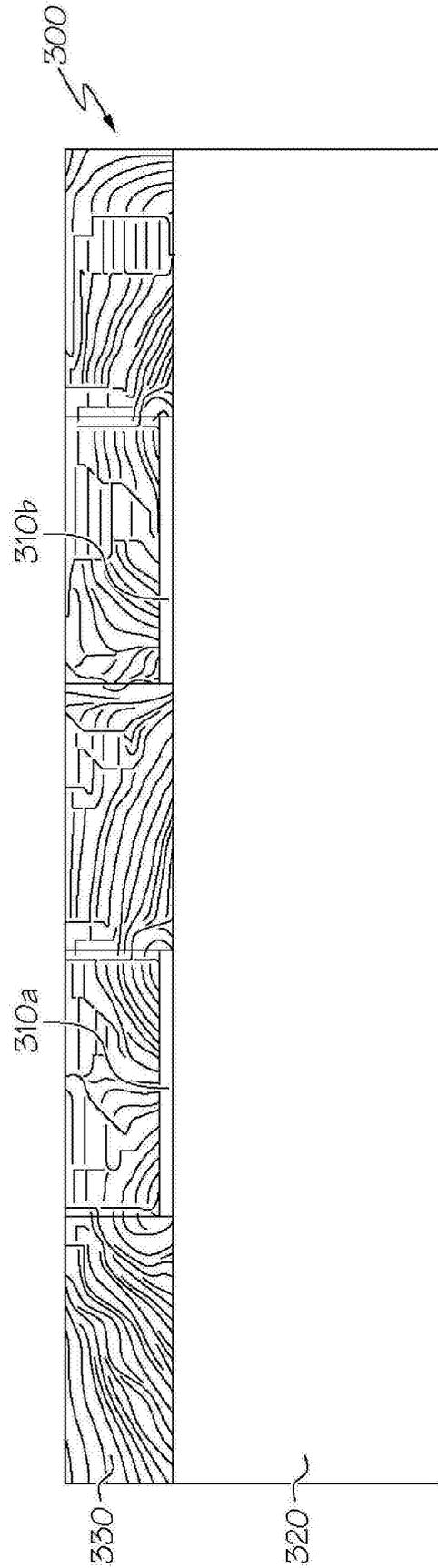


图3A

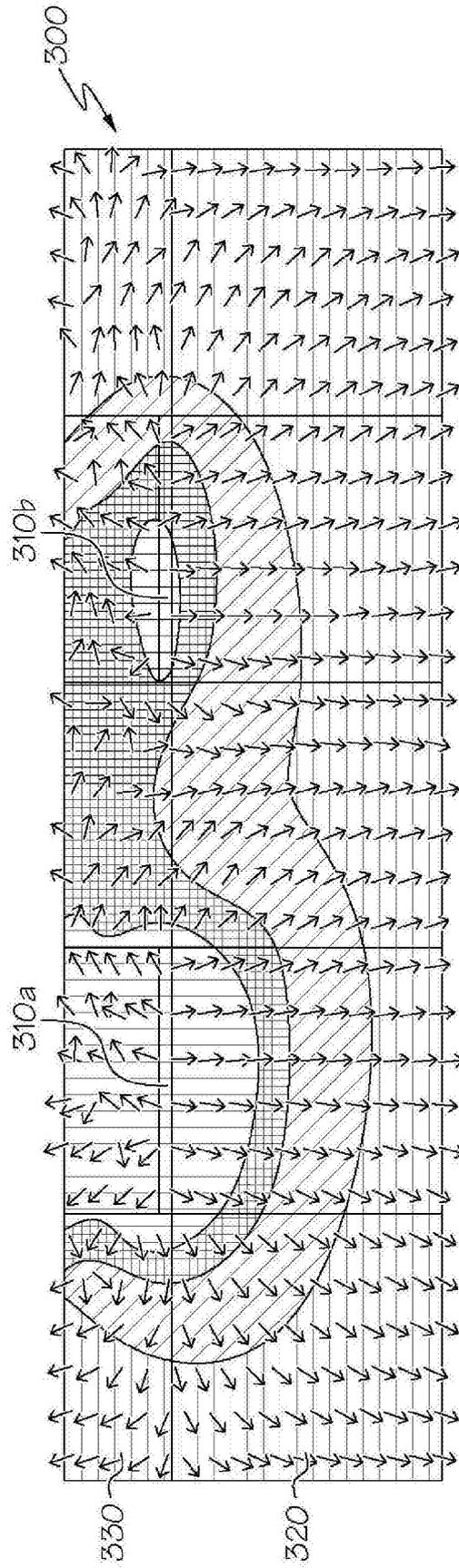


图3B

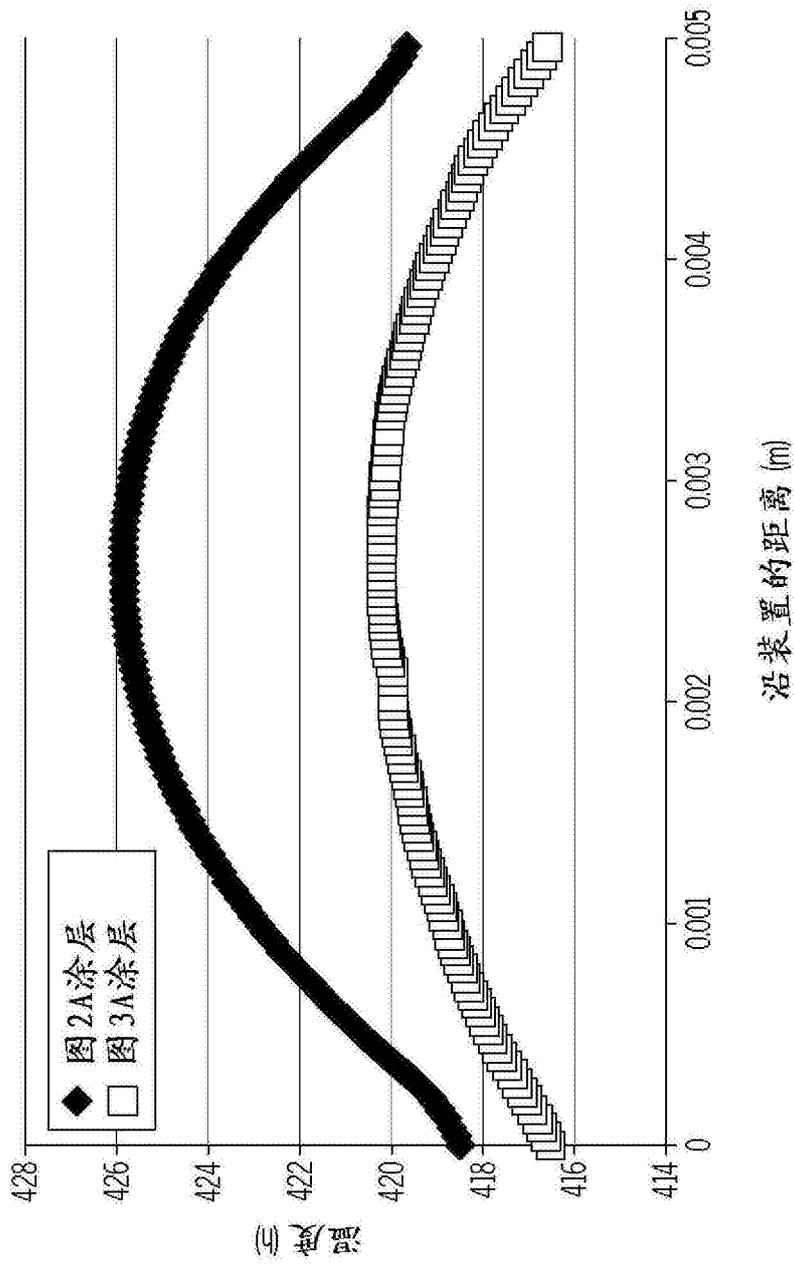


图4

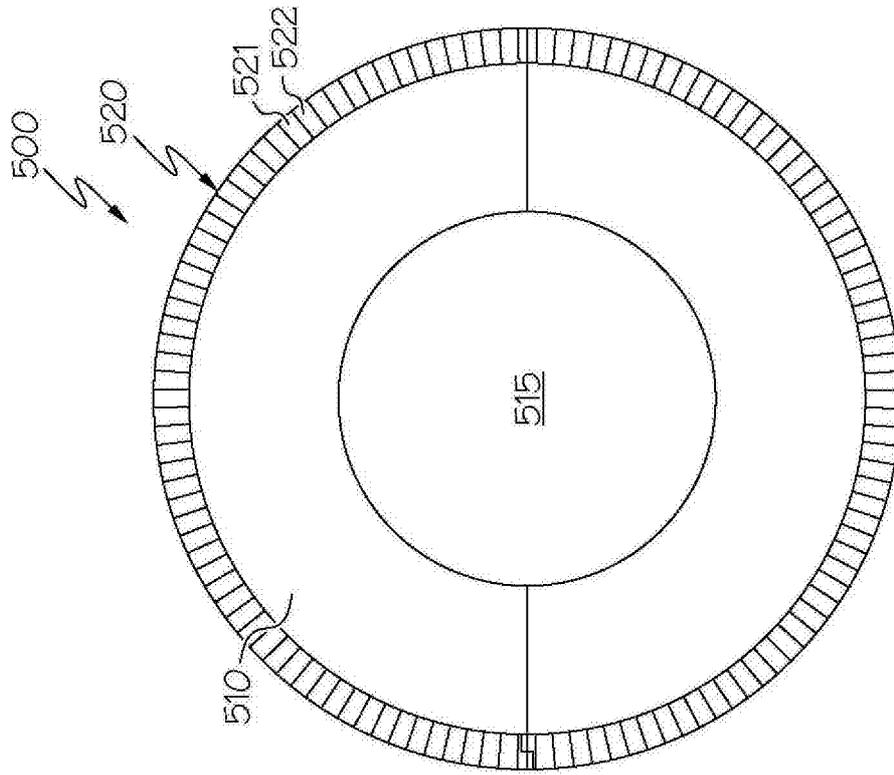


图5A

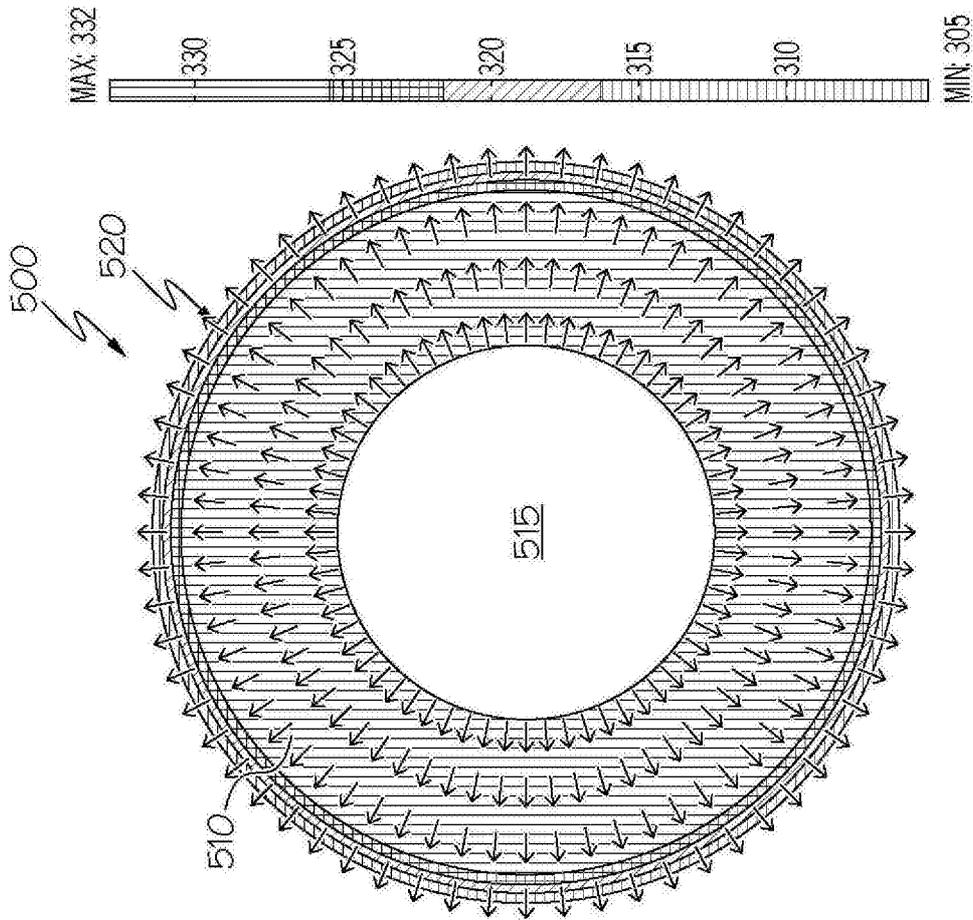


图5B

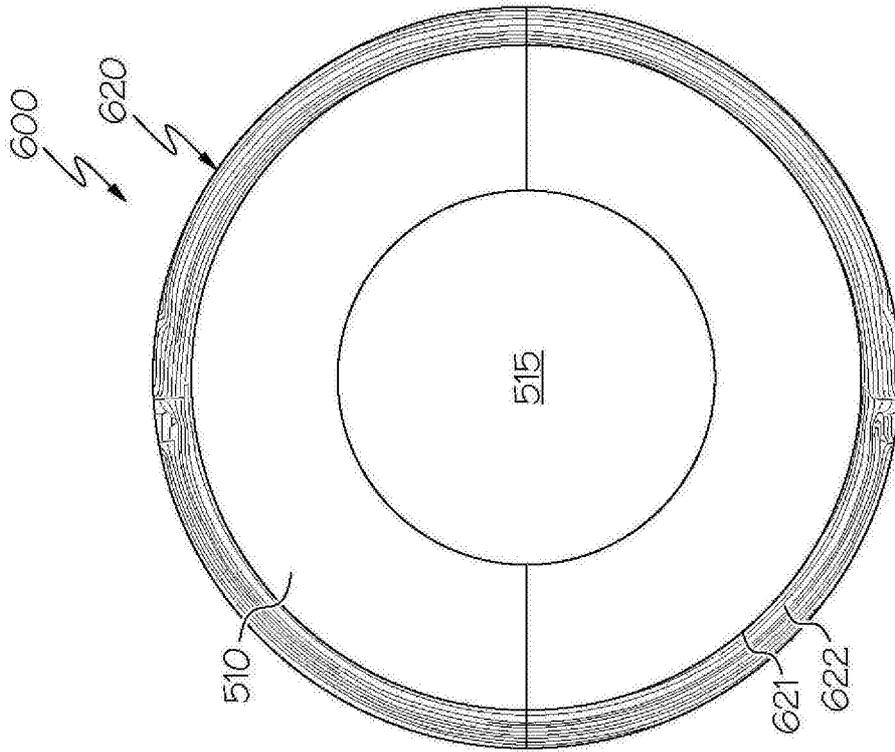


图6A

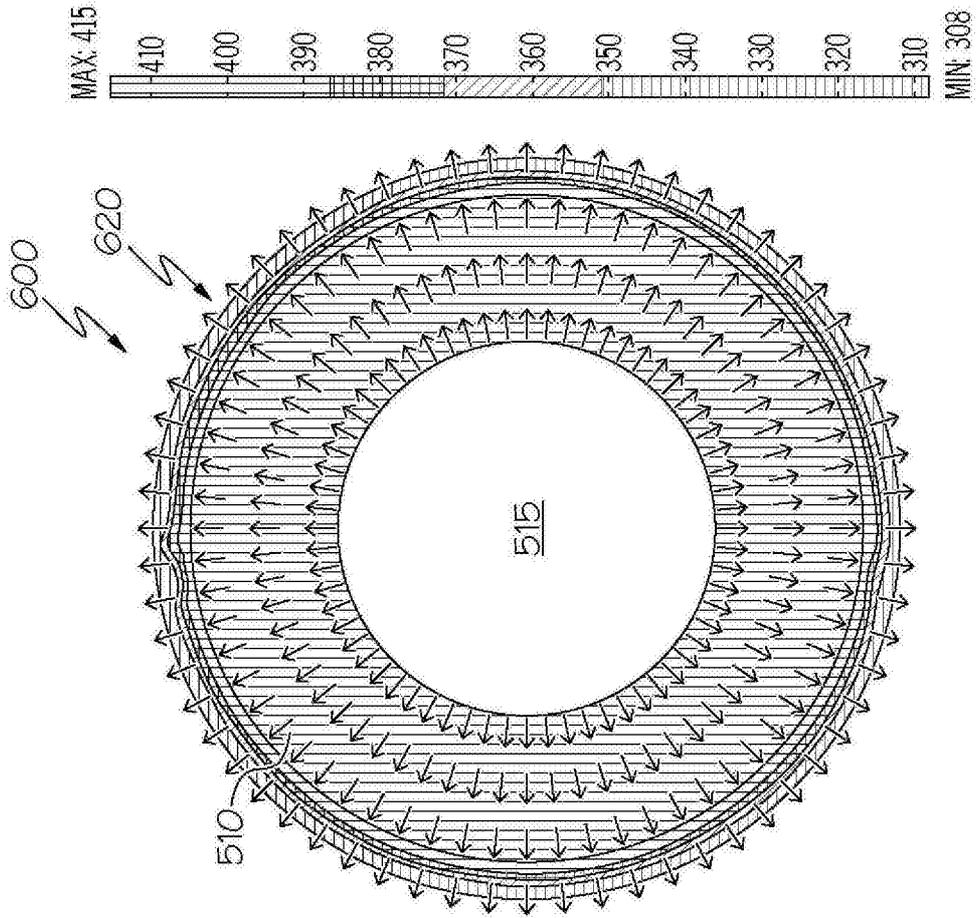


图6B

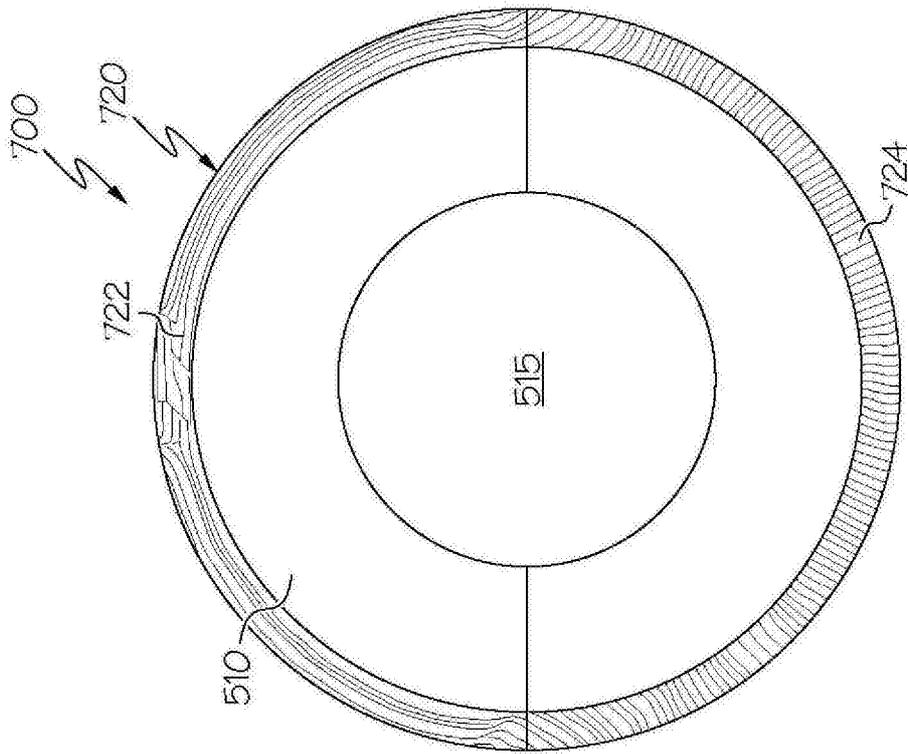


图7A

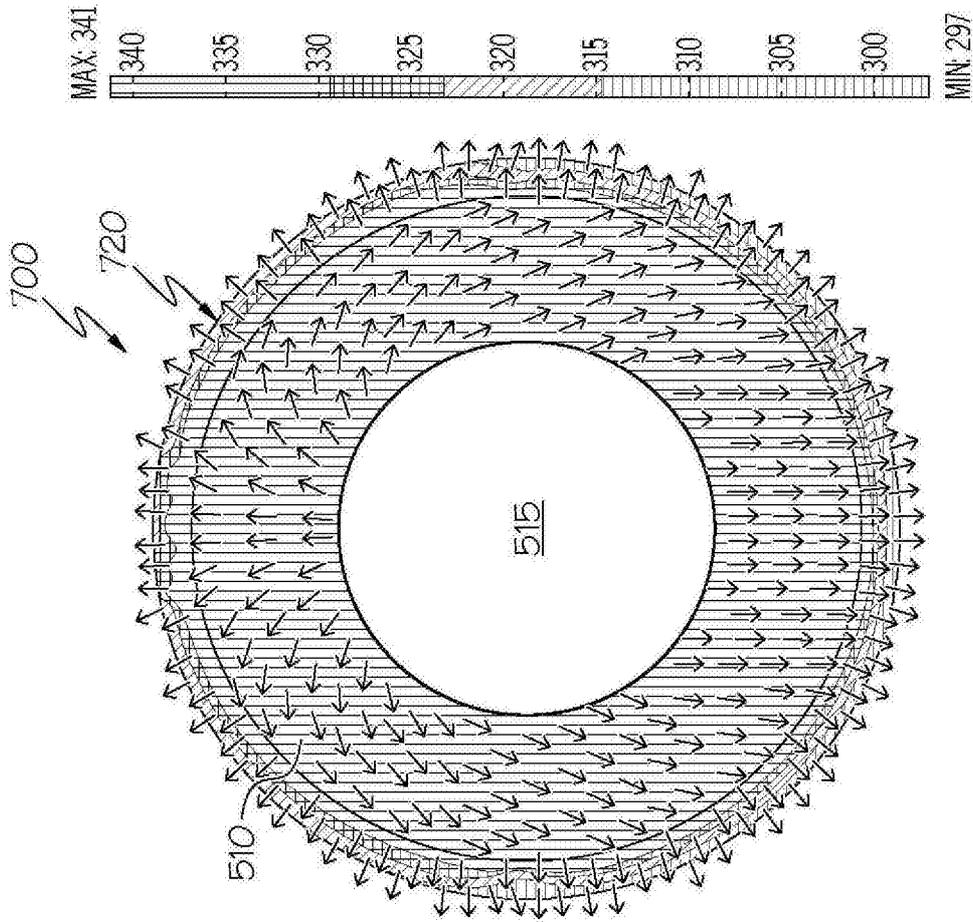


图7B

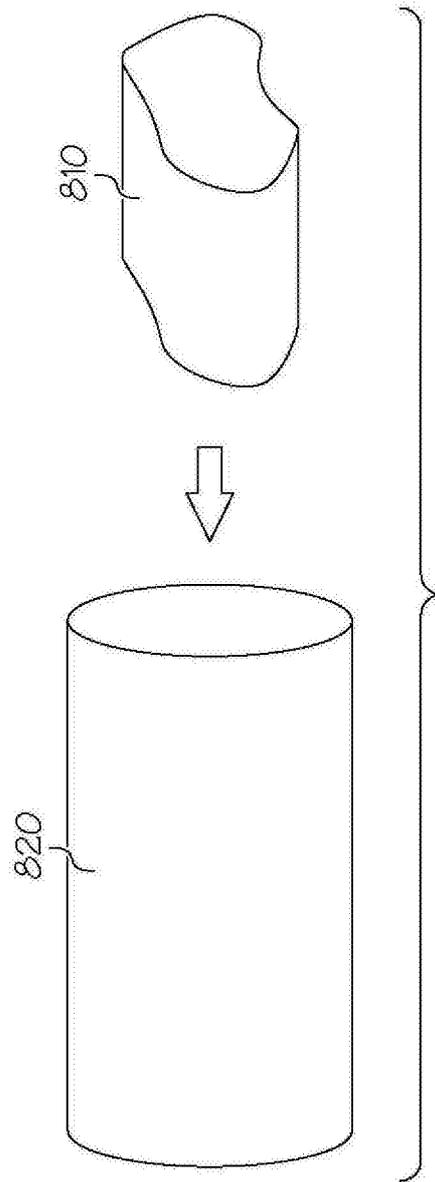


图8A

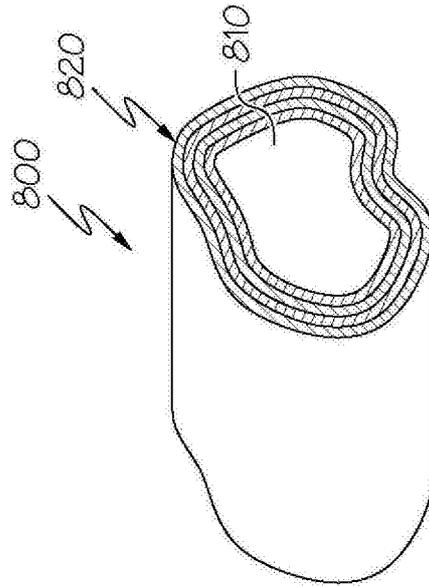


图8B

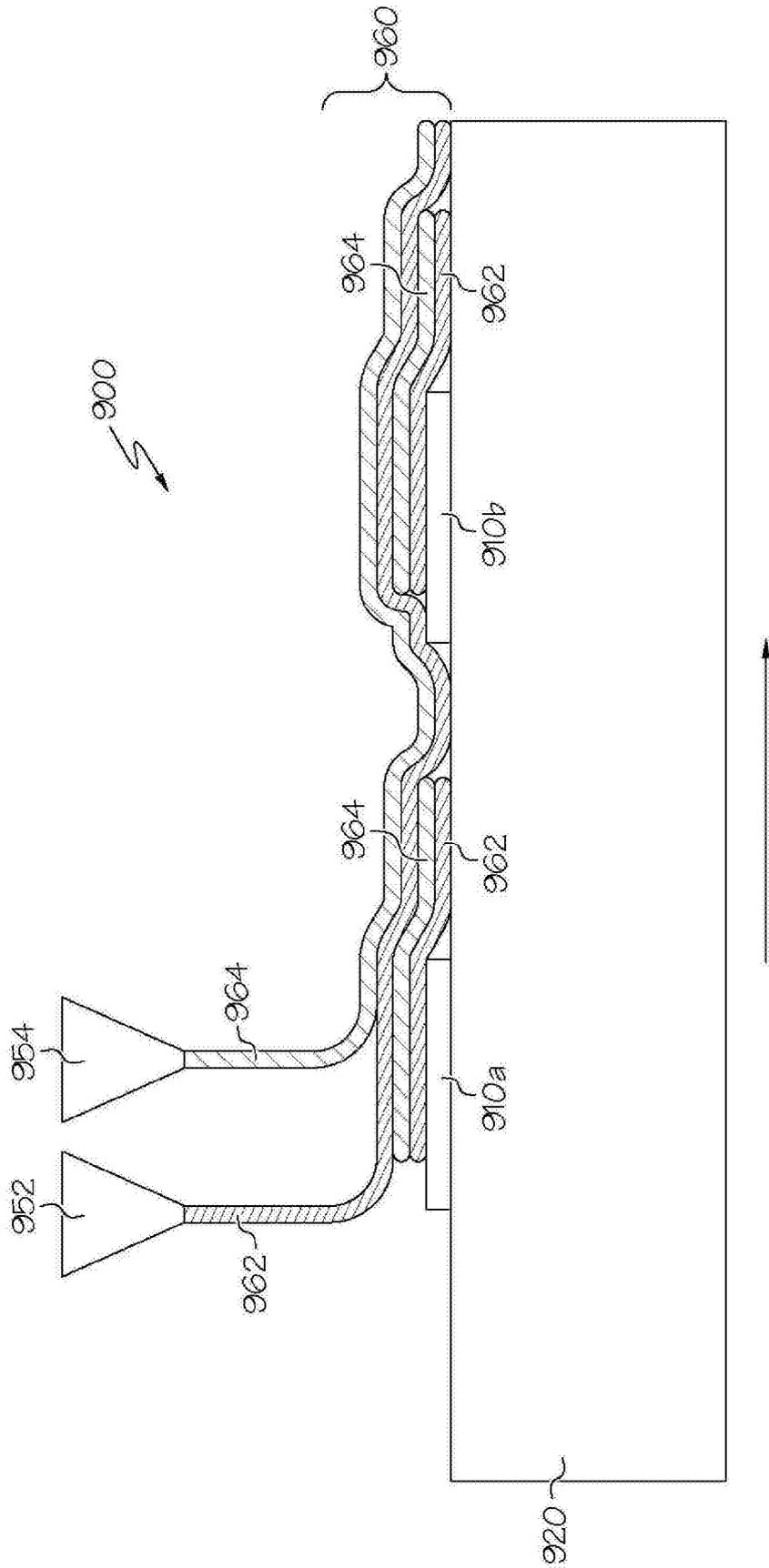


图9