



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110621953 A

(43)申请公布日 2019.12.27

(21)申请号 201880030856.X

(22)申请日 2018.05.08

(30)优先权数据

62/503,080 2017.05.08 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.11.08

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/031632 2018.05.08

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2018/208801 EN 2018.11.15

(71)申请人 开文热工科技公司

地址 美国科罗拉多州

(72)发明人 瑞恩·约翰·路易斯 杨荣贵

李云城

(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 15/04(2006.01)

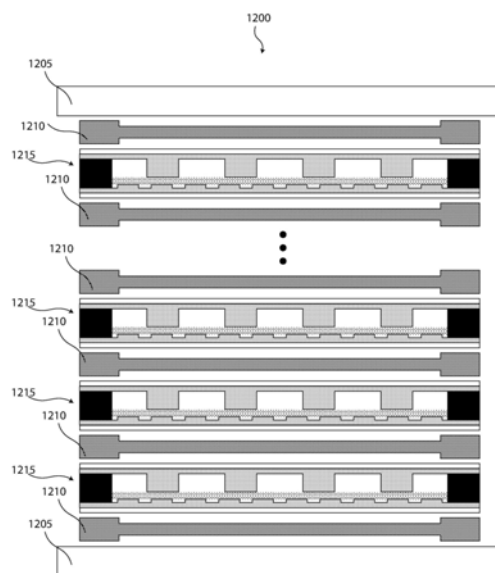
权利要求书4页 说明书16页 附图29页

(54)发明名称

热管理平面

(57)摘要

一些实施例包括热管理平面。所述热管理平面可以包括：顶部壳体，其包括聚合物材料；顶部封装层，布置在顶部壳体上；底部壳体，其包括聚合物材料；底部封装层，布置在底部壳体上；将底部壳体与顶部壳体耦接的气密密封件；布置在底部壳体和顶部壳体之间的芯吸层；多个间隔物，其布置在顶部壳体和底部壳体之间、在真空芯内，其中，多个间隔物中的每个均具有低热导性。在一些实施例中，热管理平面的厚度小于约200微米。



1. 一种热管理平面,包括:
顶部壳体,其被气密密封且能够与铜结合;
底部壳体,其被气密密封且能够与铜结合;以及
位于所述顶部壳体和所述底部壳体之间的铜密封件,所述铜密封件通过在170°C至350°C之间的温度下、使布置在所述顶部壳体和所述底部壳体之间的多个铜纳米颗粒烧结而形成。
2. 根据权利要求1所述的热管理平面,其中,烧结在250°C至300°C之间的温度下发生。
3. 根据权利要求1所述的热管理平面,其中,所述顶部壳体包括以铜层封装的非铜层。
4. 根据权利要求1所述的热管理平面,其中,所述顶部壳体包括以铜层封装的聚合物。
5. 根据权利要求1所述的热管理平面,还包括布置在所述顶部壳体和所述底部壳体之间的芯吸层。
6. 根据权利要求1所述的热管理平面,其中,所述顶部壳体和所述底部壳体其中之一或二者包括多个柱。
7. 根据权利要求1所述的热管理平面,还包括放置在所述顶部壳体和所述底部壳体之间的多个支撑结构。
8. 根据权利要求1所述的热管理平面,其中,所述铜密封件至少围绕所述顶部壳体和所述底部壳体两者的外缘布置。
9. 根据权利要求1所述的热管理平面,还包括布置在所述热管理平面内的隔离的真空腔。
10. 根据权利要求1所述的热管理平面,还包括布置在所述顶部壳体和所述底部壳体之间的工作流体。
11. 根据权利要求1所述的热管理平面,还包括形成在所述顶部壳体和所述底部壳体之间的真空室。
12. 根据权利要求1所述的热管理平面,其中,所述热管理平面具有小于约200微米的厚度。
13. 根据权利要求1所述的热管理平面,还包括布置在所述顶部壳体和所述底部壳体之间的多个间隔物,并且所述多个间隔物包括布置的低热导率材料。
14. 根据权利要求1所述的热管理平面,其中,所述顶层和/或所述底层包括使用原子层沉积或分子层沉积而沉积的涂层。
15. 一种制造多个热管理平面的方法,所述方法包括:
在第一压力构件上在压力内布置第一顶层,所述第一顶层包括壳体和多个柱;
相对于所述第二顶层在所述压力内布置第一底层;
在所述第一顶层和所述第一底层之间布置第一多个纳米颗粒;
在所述第一底层上在所述压力内布置第二压力构件;
在所述第二压力构件上在所述压力内布置第二顶层,所述第二顶层包括壳体和多个柱;
相对于所述第二顶层在所述压力内布置第二底层;
在所述第二顶层和所述第二底层之间布置第二多个纳米颗粒;
在所述第二底层上在所述压力内布置第三压力构件;以及

将至少所述第一多个纳米颗粒和所述第二多个纳米颗粒加热至170℃至350℃之间的温度;以及

在所述第三压力构件和所述第一压力构件之间施加压力。

16. 根据权利要求15所述的方法,

其中,所述第一压力构件被成形和配置为:当在所述第三压力构件和所述第一压力构件之间施加压力时,所述第一压力构件在所述第一顶层的外缘上施加所述压力;

其中,所述第二压力构件被成形和配置为:当在所述第三压力构件和所述第一压力构件之间施加压力时,所述第二压力构件在所述第一底层和所述第二顶层的外缘上施加所述压力;以及

其中,所述第三压力构件被成形和配置为:当在所述第三压力构件和所述第一压力构件之间施加压力时,所述第三压力构件在所述第二底层的外缘上施加所述压力。

17. 根据权利要求15所述的方法,还包括:

在所述第一顶层与所述第一底层之间布置第一芯吸层;以及

在所述第二顶层和所述第二底层之间布置第二芯吸层。

18. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述第一多个纳米颗粒和/或所述第二多个纳米颗粒包括铜。

19. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述第一底层包括壳体和多个柱;以及所述第二底层包括壳体和多个柱。

20. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述第一多个纳米颗粒布置在所述第一顶层和所述第一底层其中之一或两者的外缘上,并且其中,所述第二多个纳米颗粒布置在所述第二顶层和所述第二底层其中之一或两者的外缘上。

21. 一种热管理平面,包括:

顶部壳体,包括聚合物材料;

顶部封装层,布置在所述顶部壳体上;

底部壳体,包括聚合物材料;

底部封装层,布置在所述底部壳体上;

气密密封件,将所述底部壳体与所述顶部壳体耦接;

芯吸层,布置在所述底部壳体和所述顶部壳体之间;以及

多个间隔物,布置在所述顶部壳体和所述底部壳体之间、在真空芯内,

其中所述热管理平面具有小于约200微米的厚度。

22. 根据权利要求21所述的热管理平面,其中,所述顶部封装和/或所述底部封装具有小于约50微米的厚度。

23. 根据权利要求21所述的热管理平面,其中,所述气密密封件在小于约300℃的温度下形成。

24. 根据权利要求21所述的热管理平面,其中,所述气密密封件包括沿所述顶部壳体和所述底部壳体其中之一或两者的外缘的、烧结的纳米颗粒。

25. 根据权利要求24所述的热管理平面,其中,所述纳米颗粒包括铜纳米颗粒或银纳米颗粒。

26. 根据权利要求21所述的热管理平面,其中,所述顶部封装和/或所述底部封装包括

铜。

27. 根据权利要求21所述的热管理平面,其中,所述多个间隔物包括布置在所述顶部壳体和所述底部壳体其中之一或两者上的低热导率材料。

28. 根据权利要求21所述的热管理平面,其中,所述芯吸层包括多个柱,其中,所述柱包括盖。

29. 根据权利要求21所述的热管理平面,其中,所述芯吸层通过穿过模板电镀而形成的,所述模板配置有布置在宏观尺度牺牲层上的微观尺度牺牲间隔物。

30. 根据权利要求21所述的热管理平面,其中,所述芯吸层使用各向同性蚀刻和各向异性蚀刻的两步蚀刻工艺而形成。

31. 根据权利要求21所述的热管理平面,其中,所述芯吸层包括盖的预图案化的阵列和/或柱的预图案化的阵列。

32. 根据权利要求21所述的热管理平面,还包括多个干道。

33. 根据权利要求21所述的热管理平面,还包括用于收集不可冷凝气体的气体贮存器。

34. 根据权利要求21所述的热管理平面,还包括液体缓冲区。

35. 一种热管理平面,包括:

顶部壳体,包括气密密封的聚合物材料;

顶部封装层,布置在所述顶部壳体上;

底部壳体,包括气密密封的聚合物材料;

密封件,其将所述底部壳体与所述顶部壳体耦接;

芯吸层,布置在所述底部壳体和所述顶部壳体之间;以及

多个间隔物,布置在所述顶部壳体和所述底部壳体之间、在所述真空芯内,其中,所述多个间隔物中的每个具有低的热导性,

其中所述热管理平面具有小于约200微米的厚度。

36. 根据权利要求35所述的热管理平面,其中,所述顶部封装层中的缺陷可填充有一个或多个金属纳米颗粒。

37. 根据权利要求36所述的热管理平面,其中,所述多个纳米颗粒中的每一个包括多个疏水尾部。

38. 根据权利要求35所述的热管理平面,其中,所述顶部封装层中的缺陷可填充有电镀金属。

39. 一种热管理平面,包括:

顶部壳体,包括聚合物材料;

顶部封装层,布置在所述顶部壳体上;

底部壳体,包括聚合物材料;

底部封装层,布置在所述底部壳体上;

气密密封件,其将所述底部壳体与所述顶部壳体耦接;

真空芯,形成在所述顶部壳体和所述底部壳体之间;以及

多个间隔物,布置在所述顶部壳体和所述底部壳体之间、在所述真空芯内,其中,所述多个间隔物中的每个具有低热导性,

其中所述热管理平面具有小于约200微米的厚度。

40. 根据权利要求39所述的热管理平面,其中,所述顶部壳体和所述底部壳体其中之一或二者包括金属层和介电层的复合物。

41. 根据权利要求39所述的热管理平面,其中,所述气密密封件包括沿所述顶部壳体和所述底部壳体其中之一或两者的外缘的、烧结的纳米颗粒。

42. 根据权利要求41所述的热管理平面,其中,所述纳米颗粒包括铜纳米颗粒或银纳米颗粒。

43. 根据权利要求39所述的热管理平面,其中,所述顶部封装和/或所述底部封装包括铜。

44. 根据权利要求39所述的热管理平面,其中,所述多个间隔物包括布置在所述顶部壳体和所述底部壳体其中之一或两者上的低热导率材料。

45. 根据权利要求39所述的热管理平面,其中,所述多个间隔物是通过将所述多个间隔物冲压、蚀刻或模制到所述顶部壳体和/或所述底部壳体中而制造的。

46. 根据权利要求39所述的热管理平面,其中,所述多个间隔物包括以封装物封装的聚合物结构。

47. 根据权利要求46所述的热管理平面,其中,所述封装物包括通过沉积工艺形成的无机气密层,所述沉积工艺选自包括以下工艺的群组:原子层沉积、分子层沉积、化学气相沉积、物理气相沉积、溶胶-凝胶、电镀或化学镀或层压。

热管理平面

背景技术

[0001] 热管理可以包括任何数量的处理和/或设备。在电子学中,热管理通常包括将热量从一个区域转移到另一区域。典型的热管理包括风扇和各种其他大型机械设备。诸如手机、手表、平板电脑、可穿戴设备、电力电子设备、功率放大器、电池、电动汽车等设备的小型化需要更加细微的热管理技术。需要薄而有效的热管理装置。

发明内容

[0002] 一些实施例包括一种热管理平面,其包括:顶部壳体,其被气密密封且能够与铜结合;底部壳体,其被气密密封且能够与铜结合;以及顶部壳体和底部壳体之间的铜密封件,铜密封件通过在200°C至300°C之间的温度下烧结布置在顶部壳体和底部壳体之间的多个铜纳米颗粒而形成。

[0003] 在一些实施例中,顶部壳体包括封装有铜层的非铜层。在一些实施例中,顶部壳体包括封装有铜层的聚合物。

[0004] 在一些实施例中,热管理平面可以包括布置在顶部壳体和底部壳体之间的网层。

[0005] 在一些实施例中,顶部壳体和底部壳体其中之一或二者包括多个柱。

[0006] 在一些实施例中,热管理平面可以包括放置在顶部壳体和底部壳体之间的多个支撑结构。

[0007] 在一些实施例中,铜密封件至少绕顶部壳体和底部壳体的外缘布置。

[0008] 在一些实施例中,热管理平面可以包括布置在热管理平面内的隔离的真空腔。

[0009] 在一些实施例中,热管理平面可以包括布置在顶部壳体和底部壳体之间的工作流体。

[0010] 在一些实施例中,热管理平面可以包括形成在顶部壳体和底部壳体之间的真空室。

[0011] 在一些实施例中,热管理平面具有小于约200微米的厚度。

[0012] 在一些实施例中,热管理平面可以包括布置在顶部壳体和底部壳体之间的多个间隔物,并且多个间隔物包括布置的低热导率材料。

[0013] 一些实施例可以包括一种制造多个热管理平面的方法。该方法可以包括:在第一压力构件上在压力内布置第一顶层,第一顶层包括壳体和多个柱;相对于第二顶层在压力内布置第一底层;在第一顶层和第一底层之间布置第一多个纳米颗粒;在第一底层上在压力内布置第二压力构件;在第二压力构件上在压力内布置第二顶层,第二顶层包括壳体和多个柱;相对于第二顶层在压力内布置第二底层;在第二顶层和第二底层之间布置第二多个纳米颗粒;在第二底层上在压力内布置第三压力构件;以及将至少第一多个纳米颗粒和第二多个纳米颗粒加热至200°C至300°C之间的温度;以及在第三压力构件和第一压力构件之间施加压力。

[0014] 在一些实施例中,热管理平面可以包括第一压力构件,第一压力构件被成形和配置为:当在第三压力构件和第一压力构件之间施加压力时,在第一顶层的外缘上施加压力。

在一些实施例中,第二压力构件被成形和配置为:当在第三压力构件和第一压力构件之间施加压力时,在第一底层和第二顶层的外缘上施加压力。在一些实施例中,第三压构件被成形和配置为:当在第三压力构件和第一压力构件之间施加压力时,在第二底层的外缘上施加压力。

[0015] 该方法还可以包括:在第一顶层与第一底层之间布置第一网;以及在第二顶层和第二底层之间布置第二网。

[0016] 在一些实施例中,第一多个纳米颗粒和/或第二多个纳米颗粒包括铜。

[0017] 在一些实施例中,第一底层包括壳体和多个柱;以及第二底层包括壳体和多个柱。

[0018] 在一些实施例中,第一多个纳米颗粒布置在第一顶层和第一底层其中之一或两者的外缘上,并且其中,第二多个纳米颗粒布置在第二顶层和第二底层其中之一或两者的外缘上。

[0019] 一些实施例包括一种热管理平面。该热管理平面可以包括:顶部壳体,包括气密密封的聚合物材料;顶部封装层,布置在顶部壳体上;底部壳体,包括气密密封的聚合物材料;底部封装层,布置在底部壳体上;气密密封件,将底部壳体与顶部壳体耦接;芯吸层,布置在底部壳体和顶部壳体之间;多个间隔物,布置在顶部壳体和底部壳体之间、在真空芯内,其中多个间隔物中的每个具有低热导性。在一些实施例中,热管理平面具有小于约200微米的厚度。

[0020] 在一些实施例中,顶部封装和/或底部封装具有小于约50微米的厚度。

[0021] 在一些实施例中,气密密封件是在小于约300°C的温度下形成的。

[0022] 在一些实施例中,气密密封件包括沿顶部壳体和底部壳体其中之一或两者的外缘的、烧结的纳米颗粒。

[0023] 在一些实施例中,纳米颗粒包括铜纳米颗粒或银纳米颗粒。

[0024] 在一些实施例中,顶部封装和/或底部封装包括铜。

[0025] 在一些实施例中,多个间隔物包括布置在顶部壳体和底部壳体其中之一或两者上的低热导率材料。

[0026] 在一些实施例中,芯吸层包括多个柱,其中,柱包括盖。

[0027] 在一些实施例中,芯吸层是通过穿过模板电镀而形成的,模板配置有布置在宏观尺度牺牲层上的微观尺度牺牲间隔物。

[0028] 在一些实施例中,芯吸层是使用各向同性蚀刻和各向异性蚀刻的两步蚀刻工艺形成的。

[0029] 在一些实施例中,芯吸层包括盖的预图案化的阵列和/或柱的预图案化的阵列。

[0030] 在一些实施例中,热管理平面可以包括多个干道。

[0031] 在一些实施例中,热管理平面可以包括用于收集不可冷凝气体的气体贮存器。

[0032] 一些实施例可以包括一种热管理平面。该热管理平面可以包括:顶部壳体,其包括聚合物材料;顶部封装层,布置在顶部壳体上;底部壳体,其包括聚合物材料;气密密封件,其将底部壳体与顶部壳体耦接;芯吸层,布置在底部壳体和顶部壳体之间;以及多个间隔物,布置在顶部壳体和底部壳体之间、在真空芯内,其中,多个间隔物中的每个具有低的热导性。在一些实施例中,热管理平面具有小于约200微米的厚度。

[0033] 在一些实施例中,顶部封装层中的缺陷可填充有一个或多个金属纳米颗粒。

- [0034] 在一些实施例中,多个纳米颗粒的每一个包括多个疏水尾部。
- [0035] 在一些实施例中,顶部封装层中的缺陷可填充有电镀金属。
- [0036] 一些实施例提供一种热管理平面。该热管理平面可以包括:顶部壳体,包括聚合物材料;顶部封装层,布置在顶部壳体上;底部壳体,其包括聚合物材料;底部封装层,布置在底部壳体上;气密密封件,其将底部壳体与顶部壳体耦接;真空芯,形成在顶部壳体和底部壳体之间;以及多个间隔物,布置在顶部壳体和底部壳体之间、在真空芯内,其中,多个间隔物中的每个具有低热导性。在一些实施例中,热管理平面具有小于约200微米的厚度。
- [0037] 在一些实施例中,顶部壳体和底部壳体其中之一或二者包括金属层和介电层的复合物。
- [0038] 在一些实施例中,气密密封件包括沿顶部壳体和底部壳体其中之一或两者的外缘的、烧结的纳米颗粒。
- [0039] 在一些实施例中,纳米颗粒包括铜纳米颗粒或银纳米颗粒。
- [0040] 在一些实施例中,顶部封装和/或底部封装包括铜。
- [0041] 在一些实施例中,多个间隔物包括布置在顶部壳体和底部壳体其中之一或两者上的低热导率材料。
- [0042] 在一些实施例中,多个间隔物是通过将多个间隔物冲压、蚀刻或模制到顶部壳体和/或底部壳体中而制造的。
- [0043] 在一些实施例中,多个间隔物包括以封装物封装的聚合物结构。
- [0044] 在一些实施例中,封装物包括通过沉积工艺形成的无机气密层,沉积工艺选自包括以下工艺的群组:原子层沉积、分子层沉积、化学气相沉积、物理气相沉积、溶胶-凝胶、电镀或化学镀或层压。

附图说明

- [0045] 当参考附图阅读以下具体实施方式部分时,将更好地理解本公开的这些和其他特征、方面和优点。
- [0046] 图1是根据一些实施例的示例性热接地平面的图。
- [0047] 图2是根据一些实施例的热绝缘平面的示例图示。
- [0048] 图3是根据一些实施例的热绝缘平面的示例图示。
- [0049] 图4是示出蒸汽核心的间隙的有效热导率的图。
- [0050] 图5是示出压力水平对真空间隙的热导率的影响的图。
- [0051] 图6是示出作为真空水平的函数的热绝缘平面的顶壳体层的温度分布的图。
- [0052] 图7示出了具有热接地平面和热绝缘平面的可穿戴设备中的温度梯度,其中热接地平面和热绝缘平面被集成从而控制较热和较冷区域。
- [0053] 图8A和图8B是根据一些实施例的热管理平面壳体的侧视图。
- [0054] 图9A和图9B是根据一些实施例的热管理平面壳体的侧视图。
- [0055] 图10示出了根据一些实施例的具有疏水尾部的金属纳米颗粒。
- [0056] 图11A、11B和11C示出了根据一些实施例的用于密封热管理平面的三个步骤。
- [0057] 图12示出了根据一些实施例的用于密封多个热管理平面的批量组装处理。
- [0058] 图13示出了根据一些实施例的用于密封多个热管理平面的批量组装处理。

- [0059] 图14示出了根据一些实施例的用于密封多个热管理平面的批量组装过程。
- [0060] 图15A示出了根据一些实施例的具有支撑结构的热绝缘平面。
- [0061] 图15B示出了根据一些实施例的具有支撑结构的热绝缘平面。
- [0062] 图15C示出了根据一些实施例的具有支撑结构的热绝缘平面。
- [0063] 图15D示出了根据一些实施例的具有支撑结构的热绝缘平面。
- [0064] 图16A示出了根据一些实施例的具有呈波浪结构的底部壳体和/或顶部壳体的热绝缘平面。
- [0065] 图16B示出了根据一些实施例的具有呈波浪结构的底部壳体和/或顶部壳体的热绝缘平面。
- [0066] 图16C示出了根据一些实施例的具有呈波浪结构的底部壳体和/或顶部壳体的热绝缘平面。
- [0067] 图17A示出了根据一些实施例的在热管理平面的腔的部分内具有吸气材料的热管理平面。
- [0068] 图17B示出了根据一些实施例对于顶部壳体和底部壳体具有中等或低热导率材料的热管理平面。
- [0069] 图18A示出了根据一些实施例的具有真空腔和芯吸的热管理平面的侧视图,其中芯吸具有非芯吸区域。
- [0070] 图18B示出了根据一些实施例的具有芯吸的热管理平面的俯视图,其中芯吸具有非芯吸区域。
- [0071] 图19A示出了根据一些实施例的具有隔离的真空腔的热管理平面的侧视图。
- [0072] 图19B示出了根据一些实施例的具有隔离的真空腔的热管理平面的俯视图。
- [0073] 图20A、20B、20C和20D示出了根据一些实施例的在热管理平面内涂覆或沉积膜的步骤。
- [0074] 图21示出了根据一些实施例的在热管理平面内涂覆或沉积膜。
- [0075] 图22示出了根据一些实施例的在多个热管理平面内涂覆或沉积膜。
- [0076] 图23示出了根据一些实施例的具有微柱和盖的阵列的芯吸。
- [0077] 图24示出了根据一些实施例的用于沉积具有微柱和盖的阵列的芯吸的处理。
- [0078] 图25示出了根据一些实施例的用于沉积具有微柱和盖的阵列的芯吸的处理。
- [0079] 图26示出了根据一些实施例的用于沉积具有微柱和盖的阵列的芯吸的处理。
- [0080] 图27示出了根据一些实施例的用于沉积具有微柱和盖的阵列的芯吸的过程。
- [0081] 图28示出了根据一些实施例的具有微柱和非对准盖的阵列的芯吸。
- [0082] 图30A示出了根据一些实施例的由变形的衬底形成的柱。
- [0083] 图30B示出了根据一些实施例的在一些间隙之间具有多孔材料的柱。
- [0084] 图31A示出了根据一些实施例的具有干道的热管理平面的俯视图。
- [0085] 图31B示出了根据一些实施例的具有干道的热管理平面的俯视图。
- [0086] 图32A示出了根据一些实施例的具有干道的热管理平面的俯视图。
- [0087] 图32B示出了根据一些实施例的具有干道的热管理平面的俯视图。
- [0088] 图33A示出了根据一些实施例的具有干道的热管理平面的俯视图。
- [0089] 图33B示出了根据一些实施例的具有干道的热管理平面的俯视图。

- [0090] 图34A示出了根据一些实施例的具有不可冷凝气体贮存器的热管理平面。
- [0091] 图34B是根据一些实施例的沿着热传递的温度分布与在具有不可冷凝气体区域的热管理平面上的位置的关系的曲线图。
- [0092] 图35A示出了根据一些实施例的具有不可冷凝气体贮存器气体的热管理平面。
- [0093] 图35B示出了根据一些实施例的具有不可冷凝气体贮存器气体的热管理平面。
- [0094] 图35C示出了根据一些实施例的具有不可冷凝气体贮存器气体的热管理平面。
- [0095] 图36A示出了根据一些实施例的具有不可压缩气体的热管理平面。
- [0096] 图36B示出了根据一些实施例的具有不可压缩气体的热管理平面。
- [0097] 图37A示出了根据一些实施例的具有缓冲区而没有蒸汽腔的热管理平面
- [0098] 图37B示出了根据一些实施例的具有缓冲区而没有蒸汽腔的热管理平面。
- [0099] 图38A示出了根据一些实施例的具有缓冲区的热管理平面。
- [0100] 图38B示出了根据一些实施例的具有缓冲区的热管理平面。
- [0101] 图38C示出了根据一些实施例的具有缓冲区的热管理平面。

具体实施方式

[0102] 热管理平面包括设计为具有低有效热导率(例如,热导率小于 0.004W/m-K)和高有效热导率(例如,热导率大于 1600W/m-K)的结构。热管理平面可以是热绝缘平面(thermal insulating plane,TIP)或热接地平面(thermal ground plane,TGP),它们可以共用相同的基本结构层和/或有效操作需求。热绝缘平面例如可以是基于真空的热绝缘体,其在竖直的、平面外方向上具有非常低的有效热导率(例如,热导率小于 0.004W/m-K)。热接地平面例如可以是基于蒸汽的热导体,其在横向的、平面内方向上具有极高的有效热导率(例如,热导率大于 6000W/m-K)。可以先将热接地平面中的蒸汽核心制成真空间隙,然后再用纯水蒸汽填充蒸汽核心。例如,对于许多应用,可以将热绝缘平面和热接地平面集成到单个设备中。

[0103] 图1是根据一些实施例的示例性热接地平面100的图。热接地平面100包括密封在一起以包围蒸汽核心115和/或芯吸结构120的顶部壳体105和底部壳体110。顶部壳体105和底部壳体110还可以将工作流体包围在蒸汽核心和/或芯吸层内。热接地平面100可以设置在热源130和/或散热器140附近。热接地平面100靠近热源130的区域可以是蒸发器区135,和/或,热接地平面100靠近散热器140的区域可以是冷凝器区145。例如,工作流体可以在蒸发器区135处或其附近由于热源130产生的热而蒸发,和/或蒸汽可以在冷凝器区145处或附近由于散热器140缺热而冷凝。蒸汽例如可以经由蒸汽核心115从蒸发器区135流到冷凝器区145。工作流体可以例如通过芯吸结构120从冷凝器区145流到蒸发器区135。

[0104] 在一些实施例中,芯吸结构120可以沉积在顶部壳体105和底部壳体110其中之一或两者上。在一些实施例中,热接地平面(例如,作为芯吸结构120的一部分)可以包括多个微结构。微结构可以包括例如沉积在多个微柱上的多个纳米线、纳米线阵列或具有盖的多个微柱等。

[0105] 在一些实施例中,工作流体可以包括水或任何其他冷却剂,其可以例如通过以下一种或多种机制将热从蒸发器区135传递到冷凝器区145:a)通过吸收从热源130散发的热使工作流体蒸发,从而形成蒸汽;b)将工作流体从蒸发器区135气相传输到冷凝器区145;c)

在由散热器140提供的冷却下从蒸汽冷凝成液体;和/或,d)液体通过芯吸结构120产生的毛细泵送压力而从冷凝器区145返回到蒸发器区135。

[0106] 在一些实施例中,热接地平面的热性能可根据配置而定,然而其可以比铜的热性能高约3-50倍。

[0107] 在一些实施例中,顶部壳体105和/或底部壳体110和/或芯吸结构120可以包括铜、不锈钢、硅、聚合物、包铜聚酰亚胺(copper-clad Kapton)和/或柔性材料等。

[0108] 图2是根据一些实施例的热绝缘平面200的示例说明。热绝缘平面200例如可以封装两个热导体比如底部壳体110(或底部平面衬底构件)和顶部壳体105(或顶部平面衬底构件)之间的真空芯150中的真空空间。底部壳体110和顶部壳体105可在密封件165处气密地密封在一起。在一些实施例中,真空增强的绝缘体200可具有极低的平面间热导率(例如,小于约0.004W/m-K的热导率),中等的平面内热导率(例如,约10-1000W/m-K之间的热导率),这会使沿顶表面的温度分布变得平滑。在一些实施例中,平面内热导率可以沿着顶部壳体105和/或底部壳体110其中之一或两者为中等。

[0109] 如图3所示,存在与热接地平面300相关联的若干热阻。这些可能包括以下一项或多项:

[0110] • $R_{e,casing}$ —在蒸发器区135中穿过热接地平面300的底部壳体110的热阻;

[0111] • $R_{e,mesh}$ —在蒸发器区135中有水的情况下,通过芯吸结构120例如铜网的热阻;

[0112] • $R_{a,vapor}$ —通过蒸汽核心115从蒸发器区135到冷凝器区145的气相传输的热阻;

[0113] • $R_{c,mesh}$ —在冷凝器区145中有水的情况下,通过芯吸结构120的热阻;

[0114] • $R_{c,casing}$ —在冷凝器区145中通过底部壳体110(或顶部壳体105)的热阻;

[0115] • $R_{a,mesh}$ —在含水的情况下沿着芯吸结构120从冷凝器区145到蒸发器区135的热传导的热阻;

[0116] • $R_{a,casing}$ —沿着底部壳体110(或顶部壳体105)从冷凝器区145到蒸发器区135的热传导的热阻。

[0117] 对于厚的热接地平面(例如,厚度大于1毫米),蒸汽核心的厚度(例如,顶部壳体105与底部壳体110之间的距离或顶部壳体105与芯吸结构120之间的距离)大(例如,大于约0.35mm)。结果,蒸汽可以在没有很大的流动阻力的情况下传输通过蒸汽核心,并且气相传输的热阻($R_{a,vapor}$)可以忽略不计。然而,对于薄的热接地平面(例如,厚度小于约0.35mm),蒸汽核心的间隙小,且气相输送的热阻($R_{a,vapor}$)会起作用。在该示例中,薄的热接地平面的总热性能会依赖于气相传输的性能。

[0118] 在一些实施例中,蒸汽输送的热性能也可以由如图4、5和6所示的气相传输的有效热导率来表示。有效热导率会受到蒸汽核心的间隙和蒸汽温度的影响,如图4所示。例如,对于45°C的蒸汽,当间隙从200 μ m减小到100 μ m时,其有效热导率可以从30000W/mK降到7000W/mK。例如,当间隙从约100 μ m减小到50 μ m时,热导率可以从7000W/mK减小到2000W/mK。以50或100 μ m变化的间隙例如会导致气相传输和相应的柔性热接地平面的热性能的显著变化。

[0119] 热绝缘平面(例如,如图2所示)可包括三层:第一壳体110(或底部壳体),真空芯150和顶部壳体105(或顶部壳体)。在真空芯150中,可以有一些支撑结构170以防止壳体层(例如,顶部壳体105和底部壳体110)在真空力的作用下塌陷(在该视图中示出了四个支撑结构170,但是可以使用任意数目的支撑结构)。可以基于例如支撑结构170的几何形状和/

或材料来设计平面间热导率。作为另一示例,可以基于腔体内的真空度来设计平面间热导率。

[0120] 图5示出了压力水平对真空间隙的热导率的影响。图6示出了作为真空水平的函数的、热绝缘平面的顶部壳体层的温度分布。在该示例中,加热器可以放置在底部壳体上。 y 轴表示表面温度,单位为摄氏度, x 轴表示距加热器的水平距离,单位为毫米。

[0121] 热管理平面可以包括在横向的、平面内方向上具有非常高的有效热导率(例如,约 1600W/m-K)的热接地平面;或在竖直的、平面外方向上具有极低的有效热导率(例如约 0.004W/m-K)的热绝缘平面;或两者的组合。若干实施例可以增强这种产品的可制造性和可靠性。热接地平面可以包括以下结构:顶部壳体105、芯吸120(例如,网)、蒸汽核心115和底部壳体110。蒸汽核心150例如可以气密密封在顶部壳体105和底部壳体110之间。在一些实施例中,热绝缘平面可能需要相对于其周围环境进行气密密封。

[0122] 在一些实施例中,当气体被放气或泄漏到真空芯中时,热绝缘平面的真空芯会降低其热阻率。类似地,扩散到热接地平面的蒸汽核心中的不可冷凝气体(non-condensable gas, NCG)(例如氧气,氮气等)可能会被蒸汽推动,直到它积聚在热接地平面的冷凝器中,在此处其将防止蒸汽进一步对流,从而导致不活动和/或死区,这会导致热量通过轴向壳体层传送。为了避免这些问题,热接地平面例如可以包括能帮助提供气密密封的金属壳体层。气密密封例如可以通过用银或铜密封部分顶部壳体和底部壳体的、或者通过诸如缝焊、激光焊接或热压扩散焊接的金属焊接工艺来形成。在一些实施例中,可以使用低温焊料来形成气密密封。

[0123] 在一些实施例中,热管理平面(例如,热接地平面或热绝缘平面)的蒸汽核心150可以是中空腔。在一些实施例中,蒸汽核心150可以包括真空。在一些实施例中,热管理平面的质量可以低于固体金属。在一些实施例中,热管理平面可以包括由聚合物制成的支撑结构、壳体材料或芯吸。在一些实施例中,可以将陶瓷或金属涂层施加到热管理平面内的任何聚合物上,以例如辅助气密密封。

[0124] 对于热接地平面,例如,当芯吸120的厚度减小时,可以实现进一步的重量减轻。芯吸120例如可以用于提供毛细泵送压力的目的,该毛细泵送压力可以将液体拉到蒸发器区135;其还可以在液体流过芯吸120时导致流体阻力。在一些实施例中,芯吸120还可以包括微柱、蚀刻到底部壳体110和/或顶部壳体105中的沟槽、网、多孔蛋白石结构、反蛋白石结构等。在一些实施例中,可以使用具有高渗透性和高毛细压力、具有薄形状因数的芯吸120。

[0125] 热接地平面的性能例如可以依赖于填充它的液体的体积和/或基于芯吸中的空隙空间中被液体填充的比例。热接地平面例如可以在制造过程中填充固定体积的液体。对于厚芯吸(例如,比约0.15毫米厚的芯吸),由于芯吸120容积较大,芯吸空隙空间从一个制造的样本到另一个的百分比变化小(例如,小于体积的约10%)。对于薄芯吸120(例如,比约0.10mm更薄的芯吸),制造差异可能导致在空隙体积方面从一个芯吸120到另一芯吸有较大差异。在一些实施例中,如果使用固定体积的液体填充每个样品,则在被填充的空隙空间的比例方面差异大。

[0126] 集成有热接地平面和热绝缘平面两者的一部分的热管理平面可用于某些应用中,例如智能手机、平板电脑等,从而在横向的、平面内方向上具有非常高的有效热导率(例如,大于约 6000W/m-K),同时实现了在竖直的、平面外方向上极低的有效热导率(例如小于约

0.005W/m-K)。

[0127] 在一些实施例中,在包装会接触人类皮肤的可穿戴设备(例如,虚拟现实头戴式耳机、头戴式听筒、眼镜、手表等)中使用的此类热管理平面,为了人体工程学上的舒适性,温度应当较低,但其他场合温度应较高从而通过对流散热。在一些实施例中,如果高温覆盖了最大面积,则对流是最有效的,这就必然会导致在较暖区域和较冷皮肤接触区域之间温度急剧下降,如图7所示。在此示例中,红色和粉色区域表示较暖的区域,蓝色区域表示与人体皮肤接触的较冷的区域。对于这样的急剧的温度梯度,可以在较冷的区域中使用热绝缘体,因此该区域可以与温暖的区域热隔离。

[0128] 图8A和图8B是根据一些实施例的热管理平面壳体800的侧视图,该热管理平面壳体800包括可以被涂覆在聚合物层上的自修复气密密封。

[0129] 壳体800可以包括热管理平面的顶部壳体或底部壳体。在一些实施例中,壳体800可以包括聚合物材料。壳体800可以涂覆有金属涂层805,例如铜层。介电涂层810例如可以包括0.1 μm 、1.0 μm 、2.5 μm 或5.0 μm 厚的介电层。介电涂层810可以以多种方式沉积,例如原子层沉积、化学气相沉积、物理气相沉积、溶胶凝胶等。介电涂层810例如可以包括电介质封装的铜层。

[0130] 介电涂层810可能具有一些制造缺陷,例如针孔815。这些针孔815会形成在例如整个介电涂层810的多个位置。在一些实施例中,针孔815可能破坏介电涂层810的气密密封。

[0131] 在一些实施例中,电镀金属820可以沉积在金属涂层805上。在一些实施例中,电镀金属820可以包括铜层。在一些实施例中,可以沉积电镀金属820。

[0132] 在一些实施例中,可以通过在针孔815中沉积多个金属纳米颗粒830来密封介电涂层810的针孔815。金属纳米颗粒830例如可以包括芯,该芯包括任何类型的金属,例如铜或银。在一些实施例中,金属纳米颗粒830可包括具有多个疏水尾部1010的金属芯1005,如图10所示。

[0133] 在一些实施例中,金属纳米颗粒830可用于填充针孔815,如图9A所示。在一些实施例中,壳体800的表面可以是疏水的,并且金属805的表面可以是亲水的。在水中,金属纳米颗粒830的疏水尾部1010可仅结合至诸如壳体800这样的疏水表面。结果,如图9A所示,这些金属纳米颗粒830可填充针孔815并与壳体800结合。纳米颗粒830可以在低于块体材料温度的温度下烧结以填充在针孔815中。结果,纳米颗粒可以在低温(例如,小于约250 $^{\circ}\text{C}$ 的温度)下烧结从而形成气密密封。在这些较低的温度下,烧结不会损坏壳体800。

[0134] 在一些实施例中,金属纳米颗粒830可以用作底部壳体110和顶部壳体105之间的密封剂,如图11A所示。金属纳米颗粒830例如可以具有低熔点,例如铜纳米颗粒可以具有约200 $^{\circ}\text{C}$ 的熔点。在一些实施例中,铜纳米颗粒可以具有小于约100nm或10nm的直径。在一些实施例中,铜纳米颗粒830可包括悬浮在基质中的多个铜纳米颗粒。在一些实施例中,基质可具有可调的分配密度和/或可调的流变性。使用铜纳米颗粒的密封剂可用于例如在低温下将各层密封在一起。铜纳米颗粒例如可以具有低的熔点,使得它们将在约170 $^{\circ}\text{C}$ 至约300 $^{\circ}\text{C}$ 之间(例如约200 $^{\circ}\text{C}$)形成烧结结合。在一些实施例中,底部壳体110和/或顶部壳体105可以包括薄的铜钝化层1105和1110(例如0.1、0.5、1.0或5.0 μm 的铜膜)。

[0135] 在一些实施例中,铜纳米颗粒830可以绕顶部壳体105和/或底部壳体110的外缘布置。然后,可以比如使用各种夹具如图11B所示绕顶部壳体105和/或底部壳体110的外缘施

加压力1120。顶部壳体105和/或底部壳体110的外缘也可以被加热。例如,可以将顶部壳体105和/或底部壳体110的外缘加热到约170°C至300°C之间的温度(例如,在250°C和300°C之间或小于约250°C)以形成铜密封。通过使用纳米颗粒830,压力1120和/或热可以在顶部壳体105和底部壳体110之间形成气密密封,从而形成密封1130,如图11C所示。

[0136] 在一些实施例中,可以使用批量工艺同时密封多个热管理平面,如图12、13和14所示,其中可以同时密封数十个或数百个热管理平面。这些批量工艺可用于平面的热接地平面(图12)、非平面的热接地平面(图13)和具有真空间隙的热绝缘平面(图14)。在一些实施例中,这些批量工艺可以依赖于低温烧结,例如如以上结合图11所述。

[0137] 可以在冲压夹具(pressing fixture)1200中使用烧结温度低于300°C的铜纳米颗粒将热管理平面的顶部壳体105和底部壳体110气密地密封在一起(例如,热管理平面的外缘)。在一些实施例中,例如,如图12所示,该热管理平面1215的许多预组装件可以在烤炉中竖直堆叠并且被压在夹持板1205和/或冲压构件1210之间,并例如在真空或受保护环境中被加热到一定温度以烧结铜纳米颗粒从而形成气密密封。图12示出了竖直堆叠的多个热管理平面1215,但是许多该热管理平面1215可以水平地放置在相同冲压夹具1200上。冲压夹具1200例如可以是平坦的石墨板。在一些实施例中,数百个热管理平面1215可以在低于300°C的温度下被气密密封。

[0138] 在一些实施例中,使用诸如铜的金属的热接地平面可能需要金属不含氧化物。例如,氧化铜将与水反应并产生不可冷凝气体,这会改变微结构芯吸的表面特性,腐蚀微结构芯吸和/或阻止有效结合。在氮气环境中,可以在高达200°C的温度下使用甲酸(HCOOH)从壳体和/或结构材料中去除氧化铜。在这些低温下,例如,TGM中的聚合物可能不会受到损坏。

[0139] 热管理平面可以包括用于热接地平面的液体和/或蒸汽的腔或用于热绝缘平面的真空的腔,以及用于支撑这些腔的壳体材料。可使用各种内部支撑结构来创建、支撑、保持和/或限定这些腔。图15A-15D、16A-16C、17A和17B是包括不同类型的内部支撑结构的热管理平面的侧视图示例。这些内部支撑结构可用在热接地平面或热绝缘平面中。

[0140] 图15A示出了具有支撑结构1505的热绝缘平面,该支撑结构1505在底部壳体110和顶部壳体105之间形成真空腔2510。顶部壳体105和/或底部壳体110可以包括内部铜壳体层。支撑结构1505可以包括珠、纤维、在平面外对齐的空心毛细管、在平面内对齐的空心毛细管、网等。支撑结构1505可以包括陶瓷材料,例如玻璃、氧化铝、其他金属氧化物、气凝胶等。底部壳体110和/或顶部壳体105可以是高热导率金属比如铜,中等热导率金属比如钢,低热导率材料比如玻璃等。在一些实施例中,支撑结构1505可以经由焊盘165焊接到底部壳体110和顶部壳体105。在一些实施例中,可以通过纳米铜粉、金或铜焊料-焊盘1510、1515、陶瓷-金属或陶瓷-陶瓷扩散焊接、溶胶-凝胶油墨等来促进该焊接。在一些实施例中,支撑结构1505可以通过作用在壳体材料上的真空力保持在适当位置。支撑结构1505可以包括陶瓷球。

[0141] 图15B示出了具有支撑结构1525的热绝缘平面。在一些实施例中,支撑结构1525可以包括陶瓷材料。顶部壳体105和/或底部壳体110可以包括铜壳体层。形成的支撑结构1525可以通过模板形成,例如在该模板中布置有溶胶-凝胶或溶胶-凝胶用作陶瓷微颗粒的黏合剂。所形成的支撑结构1525例如可以通过丝网印刷技术形成。所形成的支撑结构1525例如可以通过无模板技术比如喷墨印刷、3-D打印、粘贴施加等来形成。所形成的支撑结构1525

例如可以布置在顶部壳体105和底部壳体110之一上或布置在这二者上。在一些实施例中,形成的支撑结构1525可以布置在放置于顶部壳体105和底部壳体110之一或放置于两者上的中间层1520上。在一些实施例中,中间层1520可以通过作用在顶部壳体105和/或底部壳体110上的真空力而相对于壳体层保持就位。支撑结构1525例如可以具有聚合物芯,该聚合物芯由陶瓷封装从而防止聚合物放气。在一些实施例中,封装可以例如使用多种技术发生,包括原子层沉积(ALD)、分子层沉积(MLD)、化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)、溶胶-凝胶等。在一些实施例中,可以使用包括光刻、蚀刻、丝网印刷排布、3D打印等的多种技术来布置支撑结构1525的聚合物芯。

[0142] 图15C示出了具有柔性壳体层1540的热绝缘平面。在一些实施例中,柔性壳体层1540可以是陶瓷。在一些实施例中,柔性壳体层1540可以预形成有限定真空室1540的支撑结构。底部壳体110可以包括铜层。柔性壳体层1540例如可以包括由多个柱1535或其他支撑几何体制成的柔性玻璃层,其他几何体包括不同的横截面和不同的贯穿截面。预形成的支撑结构可以通过任何数目的制造技术来形成,包括蚀刻、模制、3D打印等。柔性壳体层1540可以通过气密密封技术结合到具有诸如铜的高热导率层(比如壳体110),气密密封技术比如是沿着外缘的金属化和焊接、纳米颗粒烧结、阳极结合、焊接、钎焊等。在一些实施例中,柔性壳体层1540例如可以通过任意数量的密封结合方法结合到低热导率底部壳体110。

[0143] 图15D示出了具有气密封装的聚合物壳体层的热绝缘平面,聚合物壳体层预形成有支撑结构1550。在一些实施例中,顶部壳体105和/或底部壳体110可包括与铜层1545(例如,薄的铜层)耦接的聚合物层。可以通过在顶部壳体105和/或底部壳体110之一或二者上通过冲压工艺使聚合物/铜变形来形成支撑结构1550。在一些实施例中,支撑结构可以包括聚合物层,其通过诸如模制、平版印刷、压接、蚀刻等工艺形成有支撑结构比如柱,和/或以通过ALD、MLD、CVD、PVD、溶胶-凝胶、电镀、化学镀、层压等沉积的金属、陶瓷或混合气密封装层来封装。在一些实施例中,顶部壳体105和/或底部壳体110可以包括封装的形成的聚合物,或者一层可以是封装形成的聚合物,其被结合到具有高、中等或低热导率的第二壳体层。顶部壳体105和/或底部壳体110之间的结合例如可以采取低温或中温($<400^{\circ}\text{C}$)结合处理的形式,包括金属化和钎焊、纳米颗粒烧结、气密封装之前的环氧树脂封装等等。

[0144] 图16A示出了具有顶部壳体105和/或底部壳体110的热绝缘平面,顶部壳体105和/或底部壳体110具有波浪结构1655,该波浪结构可以例如增加热管理平面的柔性。在一些实施例中,波浪结构1655可以包括在竖直方向上具有幅度的微纹理的平面外波浪结构,其可以例如减小脆性封装材料的表面应力和/或应变。平面外波浪结构例如可以具有从顶部壳体105和/或底部壳体110的表面的平面(例如,竖直地)延伸出的幅度。在一些实施例中,纹理化可以被限制在一个或两个壳体层的一个或两个表面上。

[0145] 在一些实施例中,波浪结构1655可以包括微型尺度的平面外波浪结构(例如,波长大于壳体材料的厚度的波浪结构),以减小整个封装结构在一个或两个封装层上的应力,如图16B所示。在一些实施例中,波浪结构可包含壳体层(例如,顶部壳体105和/或底部壳体110)的一部分或全部厚度。在一些实施例中,波浪结构1655还可包括使用平面内波浪结构(例如,振幅与表面成平面状的波浪结构,例如其在竖直方向上具有平坦轮廓),如图16C所示。在一些实施例中,波浪结构1655可以包括壳体层和真空层两者的厚度。在一些实施例中,每次出现波浪结构其侧部必须被气密密封。

[0146] 图17A示出了在热管理平面的真空室1540的部分内具有吸气材料1705的热管理平面。吸气材料1705例如可以帮助形成真空。在一些实施例中,吸气材料1705可以包括放置在真空室1540内部的反应性材料,例如,以通过清除不想要的污染物来提高真空效率。吸气剂材料1705例如可以在气体分子进入真空空间的任何情况下保持真空。

[0147] 图17B示出了针对顶部壳体105和底部壳体110采用中等或低热导率材料的热管理平面。在一些实施例中,顶部壳体105可包括玻璃。在一些实施例中,底部壳体可包括玻璃层1720、环氧树脂层1725和铜层1730。

[0148] 在一些实施例中,热管理平面可以在真空层内包括多个真空腔。多个真空腔例如可在局部真空泄漏的情况下防止整个真空层中的真空损失。

[0149] 一些实施例可以包括这样的热管理平面,其包括热接地平面和热绝缘平面两者。在一些应用中(例如,可穿戴电子设备),例如出于人体工程学的目的,热管理平面的区域可以具有较低的温度规格。在一些实施例中,热管理平面可以包括具有热接地平面的热绝缘区域。在一些实施例中,可以去除芯吸在热接地平面的区域中的一部分,并且该区域可比如用真空来隔离。

[0150] 图18A、18B、19A和19B示出了包括具有热接地平面的热绝缘区域的热管理平面的制造。图18A示出了热管理平面1800的侧视图,该热管理平面1800具有真空腔1810以及具有非芯吸区1810的芯吸120。图18B示出了热管理平面1800的俯视图,该热管理平面具有含非芯吸区1810的芯吸120。在该示例中,真空腔1810延伸入非芯吸区1805中。

[0151] 在一些实施例中,非芯吸区1810可以与热管理平面的其他部分隔离和/或在非芯吸区1810中产生真空。图19A示出了具有隔离的真空腔1905的热管理平面1900的侧视图。图19B示出了具有隔离的真空腔1905的热管理平面1900的俯视图。在一些实施例中,隔离的真空腔1905可通过将顶部壳体的部分与底部壳体110的部分相结合1910(例如,扩散焊接)而隔离。在一些实施例中,可以使用任何类型的气密封方法来将顶部壳体105的部分与底部壳体110的部分结合。在一些实施例中,当热管理平面1900填充有液体时,隔离的真空腔1905保持真空状态。在一些实施例中,各种结构可以就位,以支撑壳体使其免于坍塌到隔离的真空腔1905中,如本文件中所述。例如,这样的支撑结构可以类似于在热管理平面中使用的任何支撑几何体,或者可以被优化以用于热管理平面的皮肤接触侧的热隔离。

[0152] 超薄陶瓷膜(例如,小于约100nm)可以提高热接地平面的液体芯吸的可润湿性,提高热接地平面或热绝缘平面壳体的气密性,并防止聚合物通过金属涂层中的裂缝放气到蒸汽核心或真空芯中。

[0153] 在一些实施例中,可以将超薄(例如,小于约100nm)的陶瓷膜涂覆和/或沉积在热管理平面的内部结构上。在一些实施例中,可以使用原子层沉积(ALD)和/或分子层沉积(MLD)来沉积超薄陶瓷膜。ALD例如可以是用于原子层生长的顺序的、自限制性的气相沉积方法。MLD例如可以是用于有机分子生长的类似工艺。

[0154] 在一些实施例中,入口和/或出口可被附接到热管理平面,如图20A所示。反应物化学物质“A”(例如三甲基铝)可以在氮蒸汽流中被携带通过热管理平面的腔,在腔中其与内表面发生反应。未反应的“A”和载体氮可以从出口被抽出。该流动可以持续预定的时间段,或者直到表面被“A”完全覆盖为止。在沉积处理中,加热元件可以与热管理平面耦合。

[0155] 在一些实施例中,纯氮流可以通过输入口进入并且可以从该体积中清除未反应的

A,如图20B所示。

[0156] 在一些实施例中,反应物化学物质“B”(例如水)可以由氮气蒸汽流携带通过热管理平面的腔,如图20C所示。反应物化学物质B可以与表面涂层反应,以在内表面上形成单层所需膜(例如 Al_2O_3)。

[0157] 在一些实施例中,纯氮流可以通过输入端口进入并且可以从该体积中清除未反应的A,如图20D所示。

[0158] 在一些实施例中,该处理可以重复任意次数,直到在热管理平面的内表面上生长期望厚度的膜为止。可以使用其他气体载体代替氮。

[0159] 在一些实施例中,入口2105和/或出口2110可以与热管理平面不在一个平面,如图21所示。

[0160] 在一些实施例中,可以如图22所示使用成批处理将内部陶瓷膜沉积在多个热管理平面内。

[0161] 在一些实施例中,超薄的热管理平面可以包括薄的芯吸(例如,具有小于约0.1mm的厚度),该薄的芯吸例如可以具有高的毛细管压力和/或高的渗透性。在一些实施例中,芯吸可包括带有盖的微柱阵列,如图23所示。柱之间的宽间隙(例如,小于约0.075mm的间隙)例如可以允许高渗透性。盖之间的窄间隙(例如,小于约0.025mm的间隙)例如可以提供小毛细管半径和高毛细管压力。

[0162] 盖可以例如以多种方式形成,例如通过电镀形成。在一些实施例中,微柱和盖的阵列可包括在宏观尺度的牺牲层上的微观尺度的牺牲间隔物。在一些实施例中,微柱和盖的阵列可以通过模板被电镀,其允许“蘑菇帽”生长,如图24所示。

[0163] 在一些实施例中,微柱和盖的阵列可以通过2层模板电镀,从而形成如图25所示的“T形盖”。该2层模板可以以多种方式形成,例如,包括首先显影第一模板层,将柱电镀通过直到模板的顶部,然后沉积并显影第二模板层;或者,可以通过以下操作由负性光刻胶同时形成两个模板层:沉积和曝光第一层,然后沉积和曝光第二层,然后同时显影这两层,随后通过2层模板进行电镀。其他方法包括通过模板或3D打印进行模制以形成2层模板。

[0164] 在一些实施例中,具有盖的柱阵列可以通过沉积和显影2层的聚合物或可显影金属来制成,如图26所示。

[0165] 在一些实施例中,柱和盖的阵列可通过底部切开活动层来形成,如图27所示。在一些实施例中,盖层和柱层可以是相同的材料或不同的材料。

[0166] 在一些实施例中,盖层和柱层可通过分离的蚀刻工艺来形成:首先是高方向性的各向同性蚀刻,然后是各向异性的蚀刻。盖可以对准下面的柱,或者如图28所示不对准。

[0167] 在一些实施例中,盖可以沉积在预先形成的柱上。在一些实施例中,盖可以作为金属阵列形成在聚合物衬底上,该聚合物衬底可以结合到预先形成的柱上,之后可以去除聚合物。柱例如可以通过化学或机械蚀刻形成。作为另一示例,可以通过模板电镀、丝网印刷或3D打印来形成柱。

[0168] 作为另一示例,柱可以通过如图29所示的光图案化和蚀刻工艺来形成。

[0169] 作为另一个示例,柱可以通过弯曲技术使衬底变形来形成,如图30A所示。在一些实施例中,盖可彼此相系,以例如保持小间隙和高毛细管压力。在一些实施例中,盖之间的间隙可填充有多孔材料,例如以增加毛细管压力,如图30B所示。多孔材料可以包括例如烧

结的微/纳米颗粒、反蛋白石结构、多孔阳极氧化铝、沸石等。

[0170] 在一些实施例中,小柱可具有小于约0.1mm的厚度和/或高度。在一些实施例中,盖之间的间隙可以小于约100微米(例如10微米)。在一些实施例中,蒸汽核心可具有厚度和/或高度为1.0mm的柱。在一些实施例中,柱之间的距离可以是大约100微米。在一些实施例中,柱可以是50微米高。在一些实施例中,盖可以是25微米高。在一些实施例中,可以在间隙内设置多孔材料(例如,具有0.1微米的孔径)。在一些实施例中,柱之间的距离可以与尺寸(例如,大约100微米)大致相同。

[0171] 在一些实施例中,芯吸可以包括干道型设计。例如,芯吸内的干道可以被去除以增加蒸汽核心在这些区域中的厚度,如图31A(俯视图)和图31B(侧视图)所示。在一些实施例中,干道3105可包括较厚的蒸汽核心,该蒸汽核心可针对给定的热管理平面厚度增加有效热导率。较厚的蒸汽核心可以例如为大约80-120微米或大约100微米。例如,蒸汽核心的厚度可以从约60 μm 增加到约100 μm 或从约150 μm 增加到约200 μm 。在一些实施例中,干道3105可以包括具有盖3110的多个柱3120。在一些实施例中,芯吸区域的侧部也可以例如用高毛细管压力设计覆盖,以使得弯液面不会沿着柱3120的侧部形成且会在盖3110以下行进。这例如可通过沿着干道3105的侧部用不可渗透的壁3130来替代柱3120来实现,如图32A和32B所示。

[0172] 作为替代或者更进一步,可沿干道的侧部沉积多孔材料,比如烧结的微/纳米颗粒、反蛋白石结构、沸石、多孔阳极氧化铝等,如图33A和图33B所示。在一些实施例中,在蒸汽干道3105下方的区域可以包括多孔材料层3205(例如,烧结的微粒、反蛋白石结构、沸石、多孔的阳极氧化铝、微孔膜材料或纳米孔膜材料等),以例如促进相邻干道之间液体压力的连通。多孔材料层3205可以布置在底部壳体或顶部壳体上。在一些实施例中,沿着干道3105的侧部的多孔材料层3205可以通过将干道通道图案蚀刻成块状(例如,厚度 $>1\text{mm}$)铝,然后沿着通道壁形成薄多孔阳极氧化铝层(例如,厚度 $<0.05\text{mm}$)来形成,其被转移到芯吸。

[0173] 在一些实施例中,不可冷凝气体贮存器3405可以被放置在热管理平面3400的蒸汽核心中,如图34A所示。如果不可冷凝气体贮存器3405例如出现在蒸发器130和冷凝器140之间,则它可能导致热接地平面3400中的蒸汽不循环的区域。蒸汽核心115在不可冷凝气体积蓄的区域中的有效热导率可降低,如图34B所示。热例如可以穿过顶部壳体105和/或底部壳体110而不是通过蒸汽核心115行进。在一些实施例中,使不可冷凝气体3405的量最小化(通过非反应性气密封方法)和/或减少给定量的不可冷凝气体填充的体积是有益的。

[0174] 在一些实施例中,不可冷凝贮存器3405例如可包括被设计为填充有不可压缩气体的体积。在一些实施例中,对于给定的热接地平面体积,通过消除贮存器区域中的芯吸,贮存器体积可以增加,如图35A所示。在一些实施例中,通过扩展支撑结构的尺寸或弯曲贮存器,贮存器体积可以延伸到平面外,如图35B所示。在一些实施例中,可以改变支撑几何体的几何形状,以防止壳体层与活动区域相比坍塌,这样一来它们优化可用的体积而不是流体渗透率,如图35C所示。

[0175] 在一些实施例中,希望控制热接地平面的有效热导率。这可以例如通过主动控制不可冷凝气体贮存器的体积来实现。例如,增加不可冷凝气体贮存器的体积将减少由不可冷凝气体填充的活动区域,增加填充有高效热导率蒸汽的活动区域,从而增加热接地平面的总有效热导率。减小不可冷凝气体贮存器的体积例如相反地降低了热接地平面的有效

热导率。

[0176] 在一些实施例中,对热接地平面3600中的不可冷凝气体贮存器的体积的控制可以通过例如如图36A和36B所示的压电弯曲机或其他致动器来实现。在一些实施例中,可以比如使用具有不同热膨胀系数的两种材料的热双晶膜,通过被动致动来实现体积控制。在一些实施例中,设计可以是使得贮存器体积随着温度上升而扩大,或者使得该体积随着温度上升而减小。双晶片的一个层可以包括相变材料,使得通过越过特定的熔化温度来触发致动。

[0177] 在一些实施例中,热接地平面中液体的量会影响热接地平面的性能。在一些实施例中,较少的液体可能意味着液体层的厚度可以更薄和/或流动面积减小,液体的速度可以增加,并且液体的粘滞压力降会增加。在一些实施例中,太多的液体将过度填充芯吸,并使用蒸汽核心中的区域,从而降低蒸汽输送效率。通常,在高充水量时、在较高的最大功率和较低的有效热导率之间会存在平衡,而在低充水量时、在较低的最大功率和较高的有效热导率之间会存在平衡。在一些实施例中,如果在芯吸的制造中存在工艺变化,则对液体填充比例的控制是有挑战性的。在一些实施例中,可以包括液体缓冲区,使得芯吸毛细管压力可以决定填充芯吸的水的比例,而不必考虑热接地平面中的水量。

[0178] 在一些实施例中,热接地平面3700可以包括缓冲区3710,该缓冲区3710包括芯吸120不含蒸汽腔的区域,如图37A所示。

[0179] 在一些实施例中,热接地平面3750可以包括缓冲区3720,该缓冲区3720包括延伸的芯吸120的区域,如图37B所示。

[0180] 在一些实施例中,热接地平面可以包括缓冲区,该缓冲区可以包括通过可渗透屏障与热接地平面分开的空区域。

[0181] 在一些实施例中,热接地平面3800可以包括缓冲区3805,如图38A所示。多孔分离器3810可用于分离缓冲区3805和蒸汽核心115。

[0182] 在一些实施例中,热接地平面3830可包括如缓冲区3815,如图38B所示。可以使用多孔分离器3810来分离缓冲区3815和蒸汽核心115。

[0183] 在一些实施例中,热接地平面3850可以包括缓冲区3825,其可以由机械致动器(例如,压电弯曲机)主动地控制,如图38C所示。在一些实施例中,可以减小最大功率以增加蒸汽的有效热传送,和/或应以蒸汽的有效热传送为代价来增加最大功率。致动例如可以用热双晶片来被动地控制,热双晶片包括基于相变材料(PCM)的热双晶片。

[0184] 在一些实施例中,可以在热接地平面中使用针对热传送而优化的流体。一种用于优化流体的方法可以包括:1)选择流体候选,2)确定流体的热物理性质,3)针对给定的工作温度以及芯吸和蒸汽几何设计,计算最大功率和有效热导率,4)在受总腔体厚度、芯吸内毛细管半径、制造技术可行的结构最大纵横比等限制的预定参数空间内改变几何设计,从而确定优化设计的最大功率和热导率,5)根据步骤4选择具有最优化性能的候选流体。通过这种方法,例如,几何形状和流体这二者可以同时优化。所讨论的流体可以包括比如水、甲醇、乙醇、异丙醇、正丁醇、异丁醇、丙酮等这样的溶剂;比如氨这样的制冷剂;比如全氟化碳、含氟丙烯酸酯等这样的人造流体;或不同流体的共沸混合物。

[0185] 一些实施例包括热管理平面,该热管理平面包括:第一平面衬底构件(顶部壳体);以及第二平面衬底构件(底部壳体),并通过气密密封被配置成与第一平面衬底相结合地包围真空芯;以及分布的间隔物,用于将真空芯与第一平面衬底构件和第二平面衬底构件分

隔开,其中间隔物被设计成达到极低或极高的热传导。

[0186] 在一些实施例中,热管理平面可以包括金属层和介电层的复合物。在一些实施例中,可以通过电镀穿过金属层来堵塞介电层。在一些实施例中,可通过烧结通过其功能化疏水性尾部而选择性沉积到针孔的纳米颗粒来堵塞介电层。

[0187] 在一些实施例中,可以通过沿着热管理平面的外缘烧结纳米颗粒来形成气密密封。在一些实施例中,可以将烧结纳米颗粒同时施加到多个热管理平面上。在一些实施例中,纳米颗粒可包括烧结温度大大降低的铜纳米颗粒、银纳米颗粒或其他金属纳米颗粒。

[0188] 在一些实施例中,可以对与非平面配置相一致的热管理平面进行气密密封。

[0189] 在一些实施例中,第二平面衬底可以由陶瓷、玻璃或其他气密材料制成。在一些实施例中,第二平面衬底元件可以形成有波浪结构。

[0190] 在一些实施例中,间隔物可以包括布置在衬底上的低热导率的陶瓷、玻璃或其他无机结构。在一些实施例中,可以通过冲压、蚀刻或模制来制造间隔物。在一些实施例中,间隔物可以包括由无机气密层封装的聚合物结构,该无机气密层由原子层沉积、分子层沉积、化学气相沉积、物理气相沉积、溶胶-凝胶、电镀、化学镀或层压形成。

[0191] 在一些实施例中,可以用吸收气体或蒸汽的吸气剂来增强真空芯。在一些实施例中,可以使用芯作为沉积室以原子层沉积和分子层沉积来增强真空芯。在一些实施例中,沉积可以同时应用于多个热管理平面。在一些实施例中,真空芯可以由蒸汽核心和填充有液体的芯吸层代替以形成热接地平面。

[0192] 在一些实施例中,热管理平面可以包括真空热绝缘体和热接地平面。

[0193] 在一些实施例中,热管理平面可以包括带盖的芯吸结构,其具有用于有效液体输送的较低部分和用于有效蒸发的较高部分。在一些实施例中,可以通过穿过模板进行电镀来制造带盖的芯吸结构,该模板配置有布置在宏观尺度的牺牲层上的微观尺度的牺牲间隔物。在一些实施例中,可以通过各向同性和各向异性刻蚀这两步刻蚀工艺来制造加盖的芯吸结构。在一些实施例中,可以通过将用于盖的预图案化阵列与柱的预图案化阵列结合起来制造带盖的芯吸结构。在一些实施例中,带盖的芯吸结构可通过系绳或微/纳米多孔材料而在盖之间制造有机械支撑。在一些实施例中,带盖的芯吸结构可以被设计有用于有效液体和蒸汽传输的干道。在一些实施例中,带盖的芯吸结构可包括气体贮存器以收集不可冷凝的气体。在一些实施例中,可以通过主动方式来控制带盖的芯吸结构。在一些实施例中,带盖的芯吸结构可以包括液体贮存器以将液体存储在芯吸结构中。

[0194] 在一些实施例中,可以用主动方式控制液体贮存器。

[0195] 除非另有说明,术语“基本上”是指在提到的数值的5%或10%之内或在制造公差之内。除非另有说明,术语“约”是指在所提及的值的5%或10%之内或在制造公差之内。

[0196] 在本文件中使用“适应于”或“配置为”是指开放和包容性的语言,不排除适合或配置为执行其他任务或步骤的设备。另外,“基于”的使用是开放和包容性的,因为“基于”一个或多个所述条件或值的过程、步骤、计算或其他动作实际上可以基于所述之外的其他条件或值。在此包含的标题、列表和编号仅是为了便于说明,并不意味着限制。

[0197] 尽管已参考特定实施例详细描述了本主题内容,但是应当理解,本领域技术人员在理解前述内容之后,可以容易地对这些实施例进行更改、变型和等同替换。因此,应当理解,出于示例而非限制的目的呈现本公开,且本公开不排除对本领域技术人员来说明显的、

对本主题内容做出的修改、变化和/或添加。

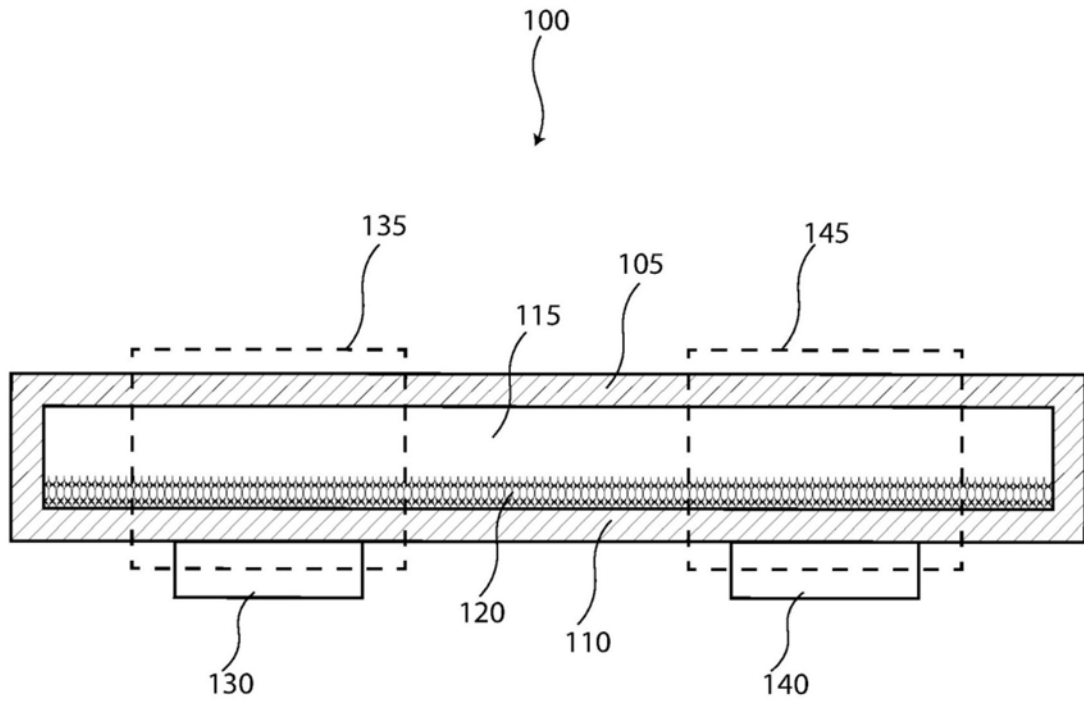


图1

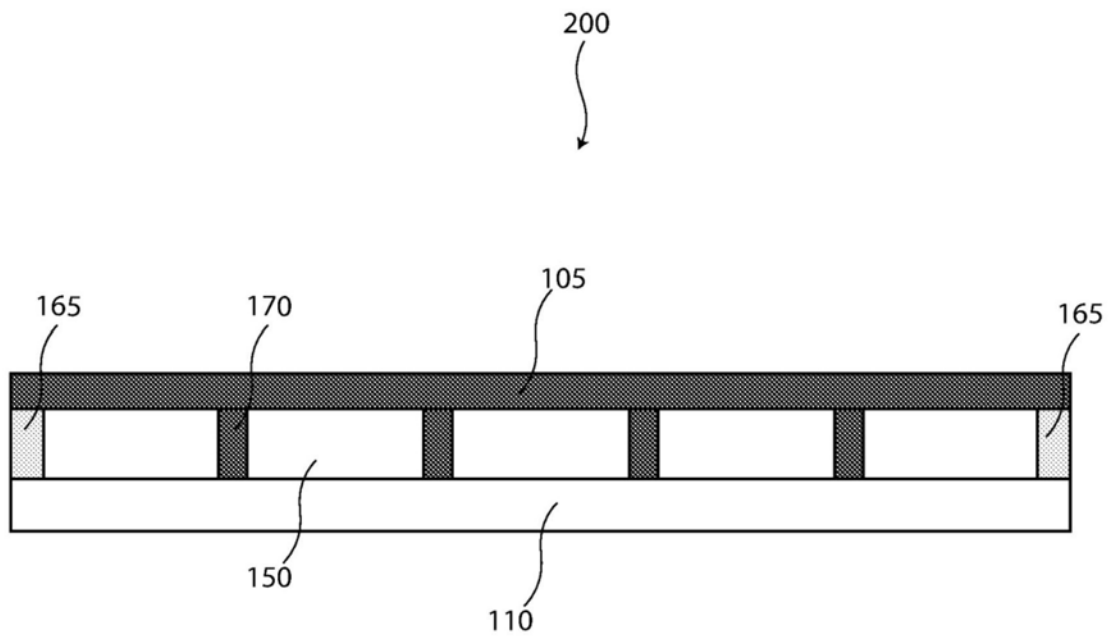


图2

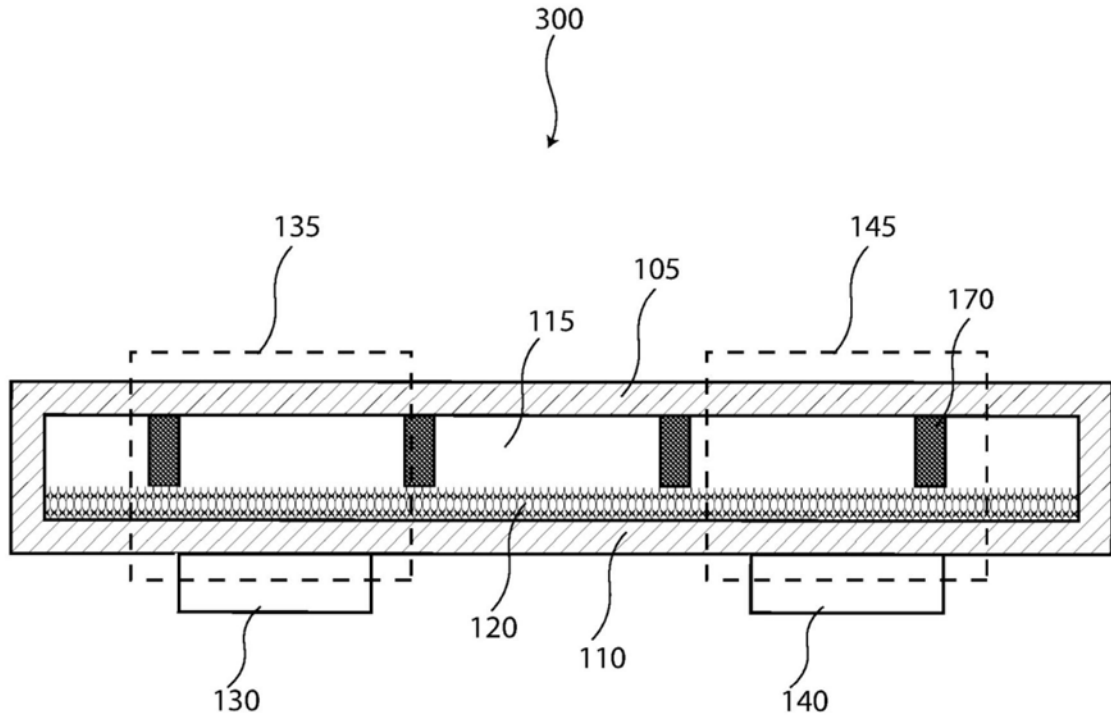


图3

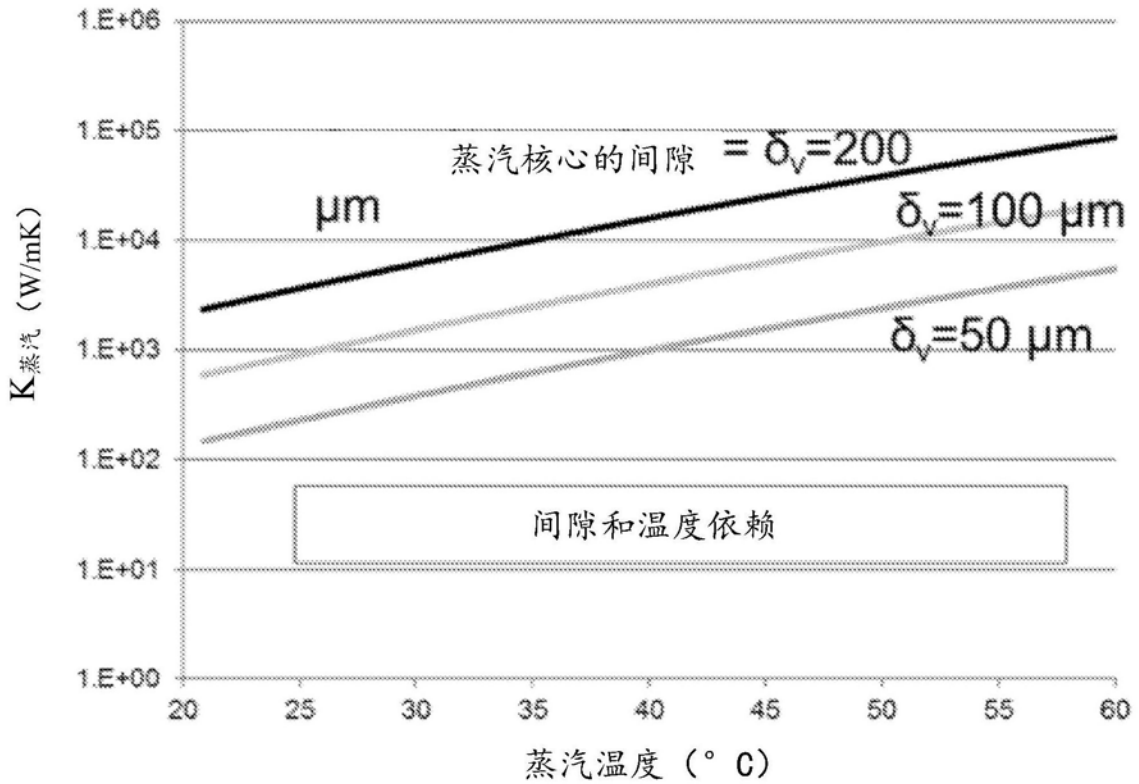


图4

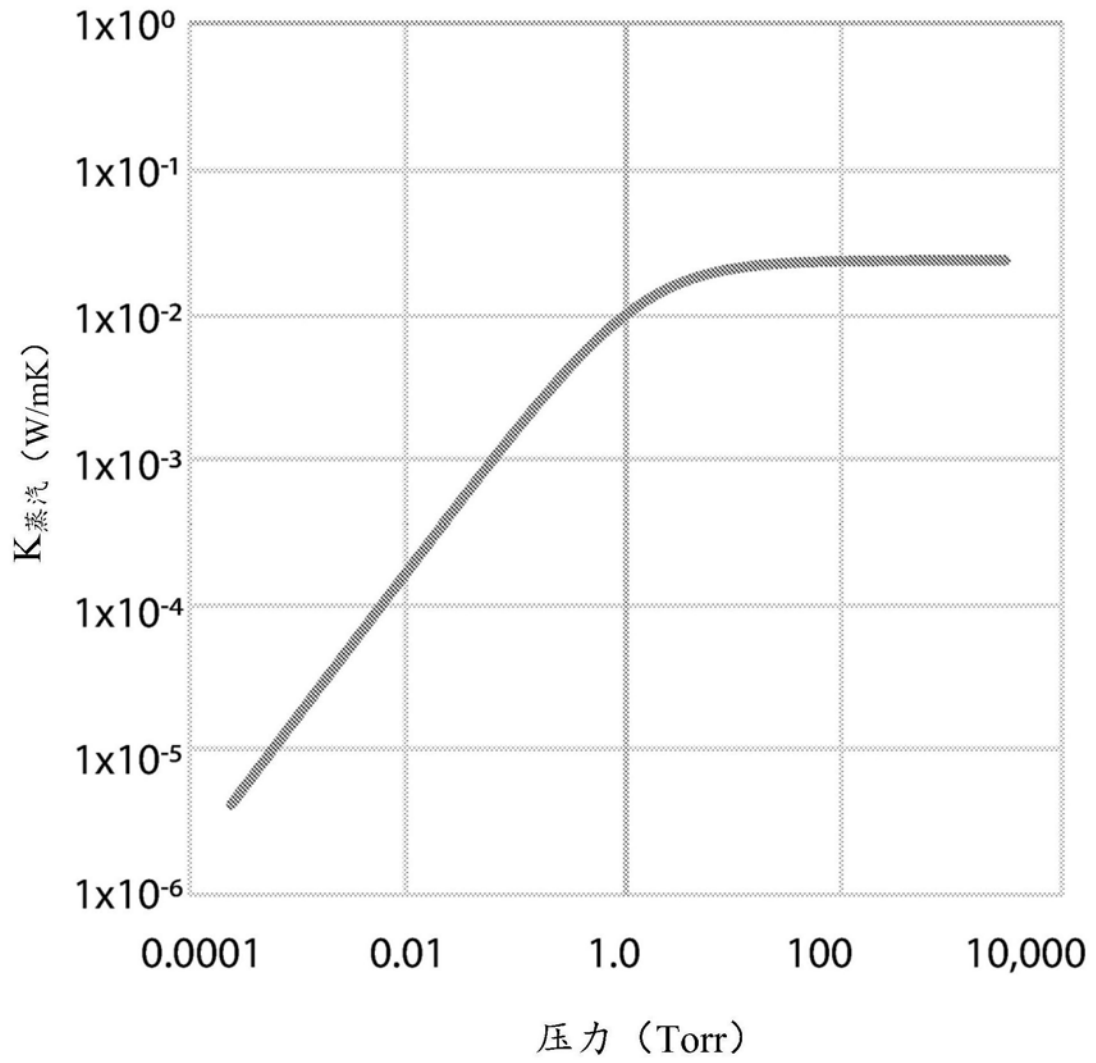


图5

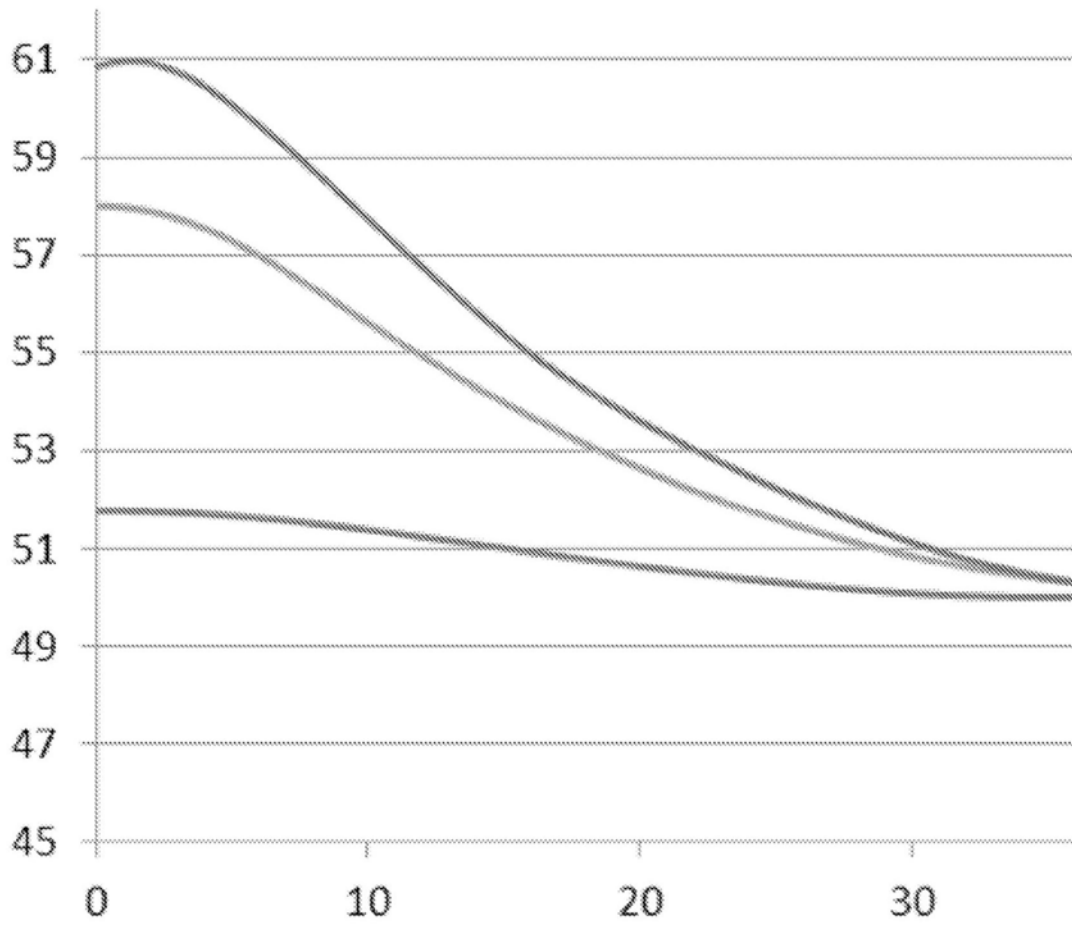


图6

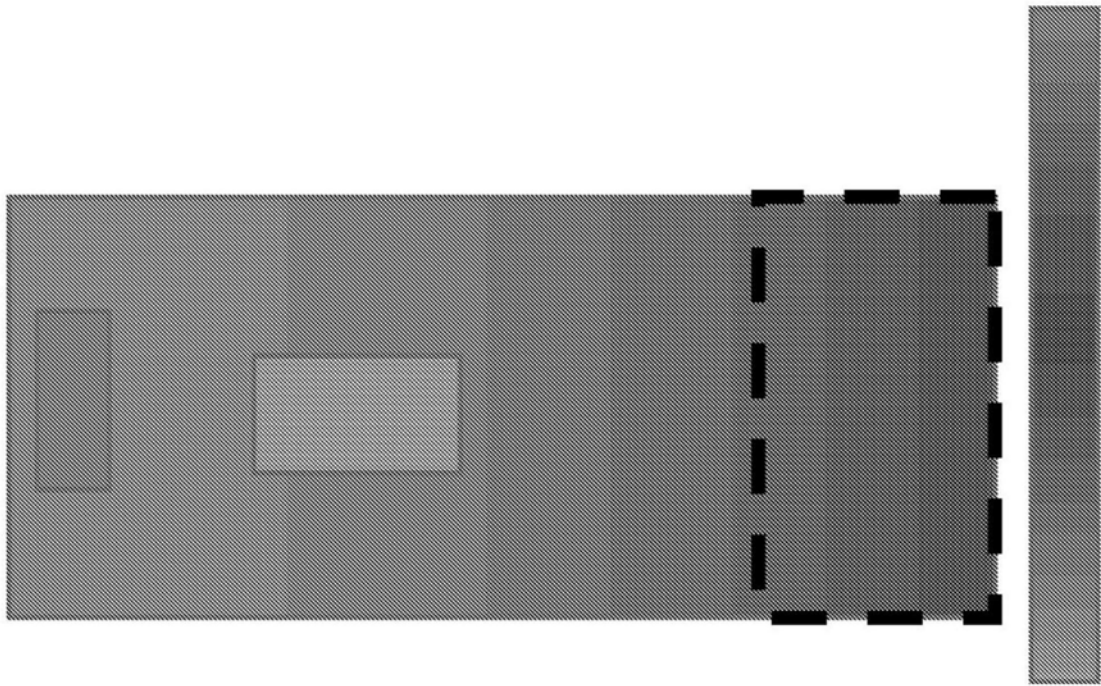


图7

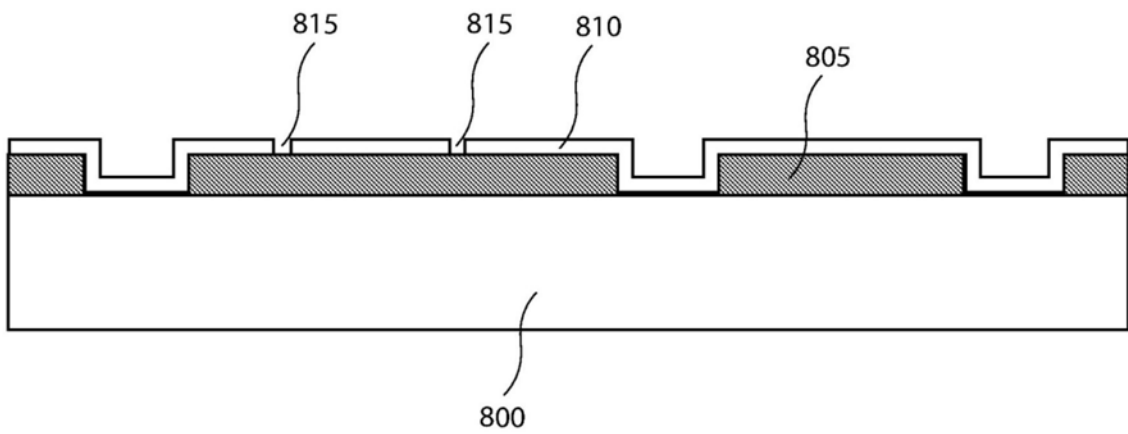


图8A

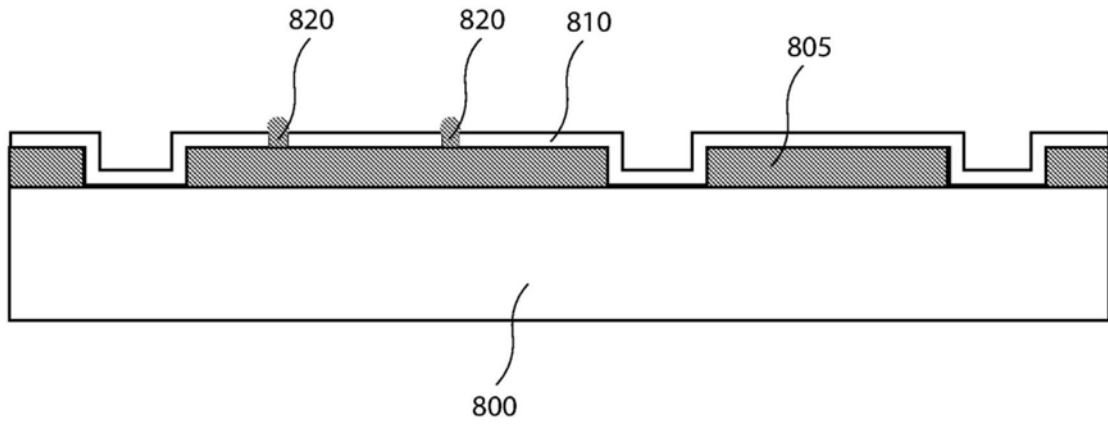


图8B

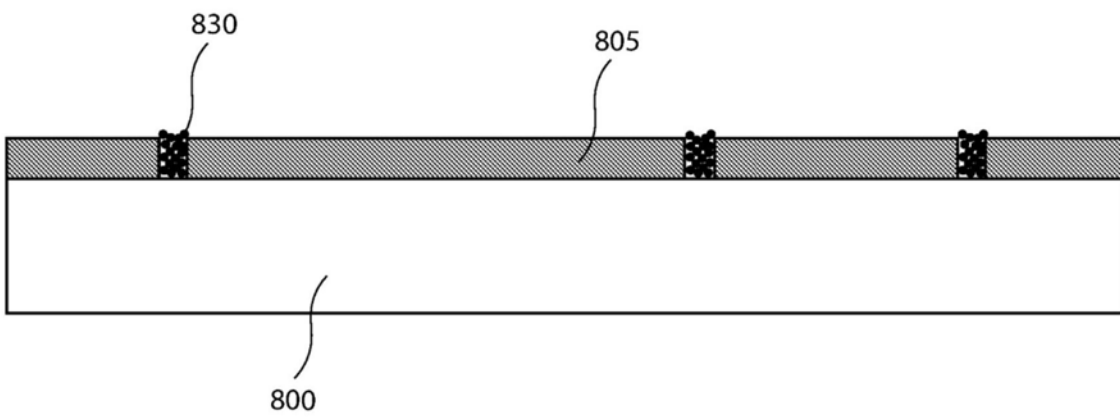


图9A

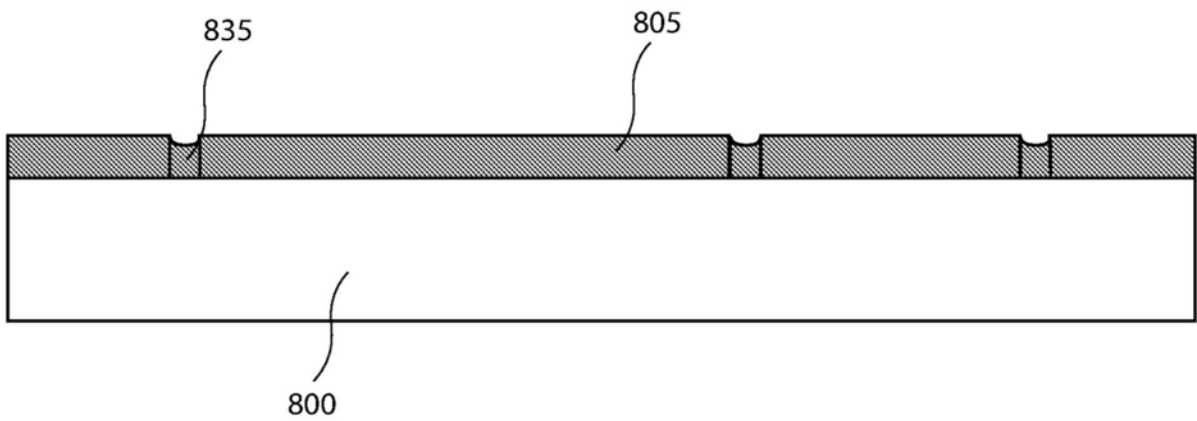


图9B

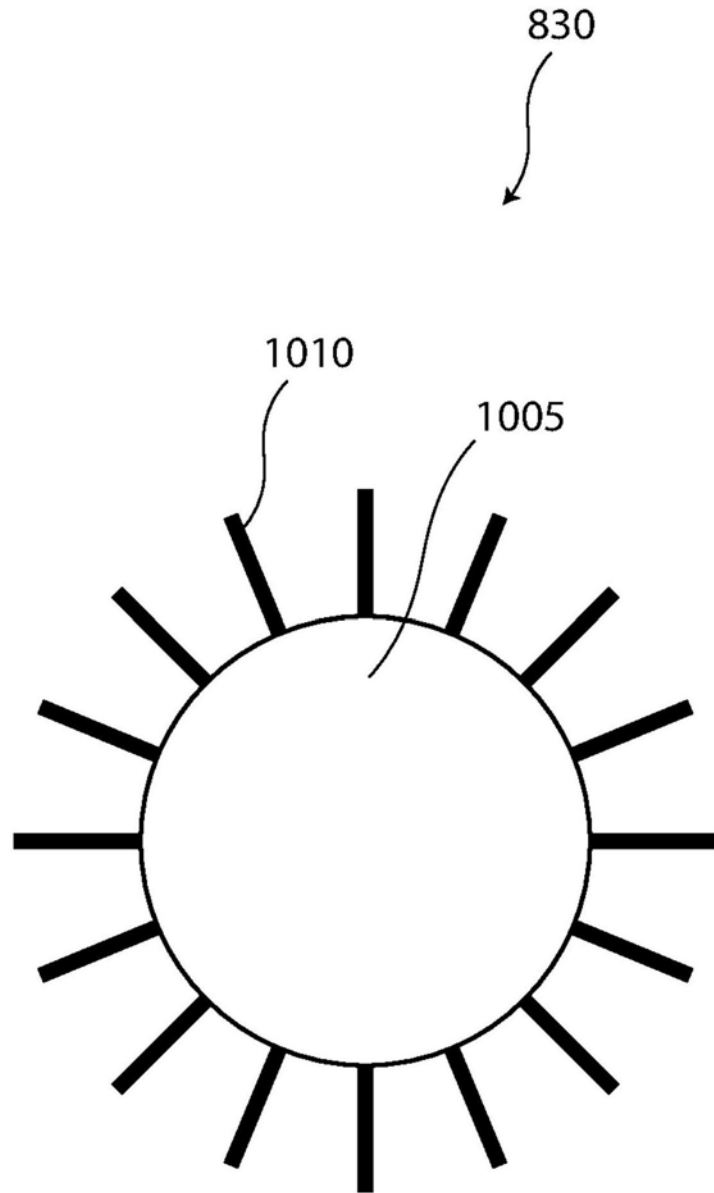


图10

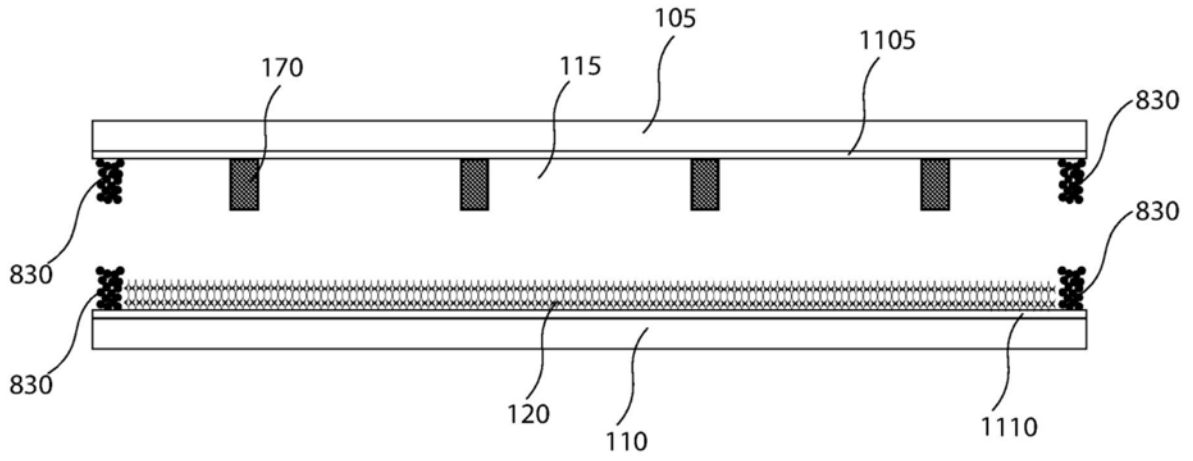


图11A

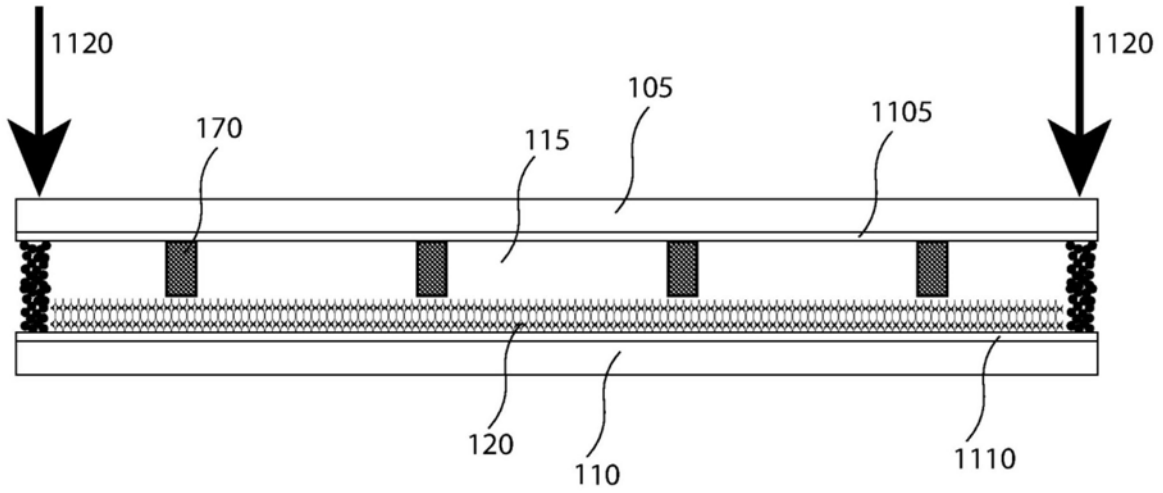


图11B

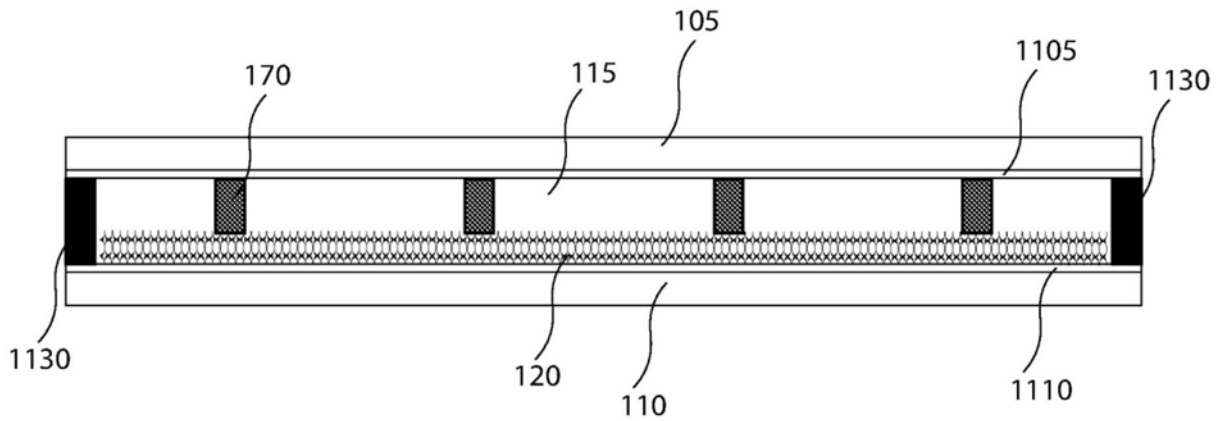


图11C

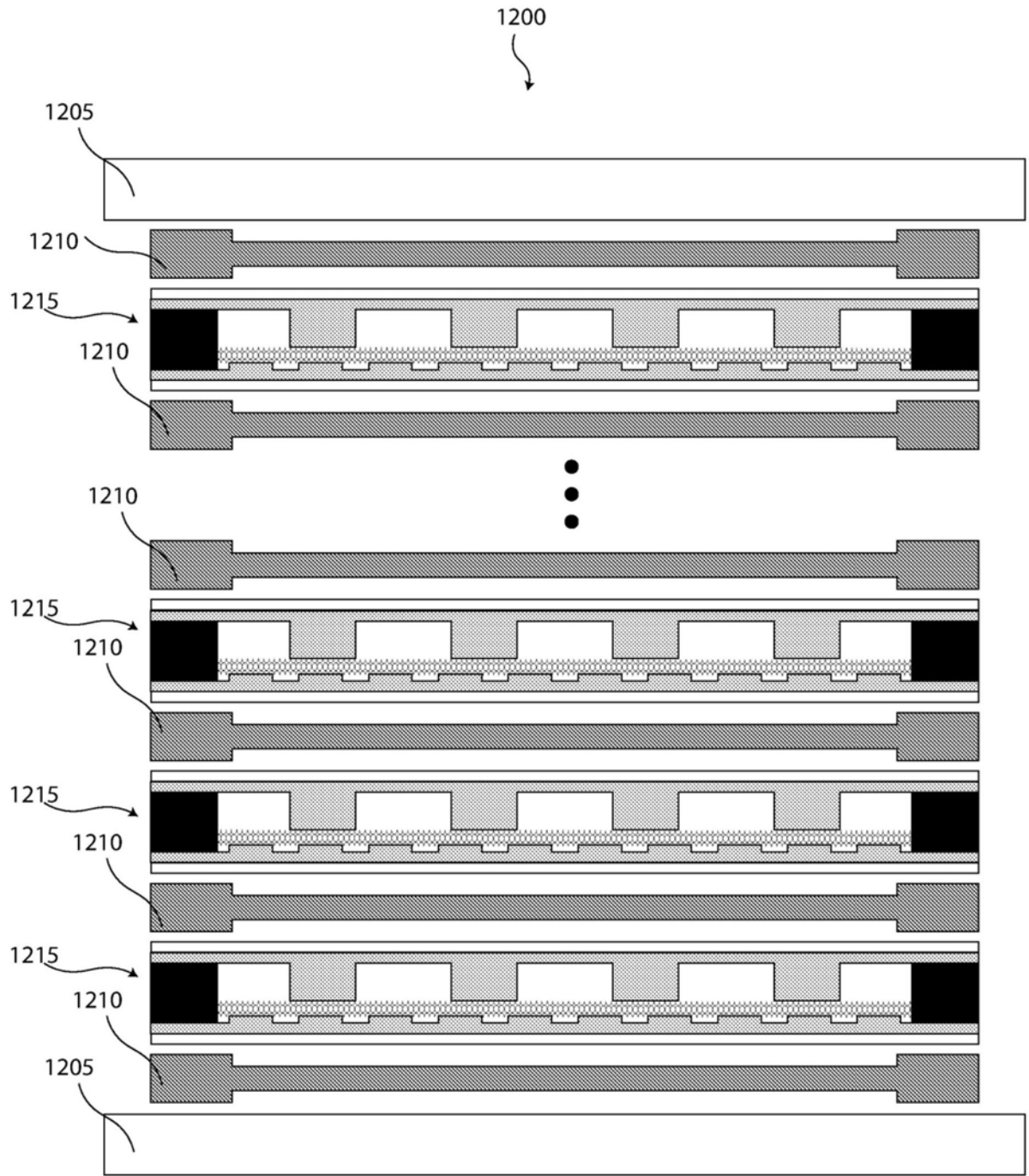


图12

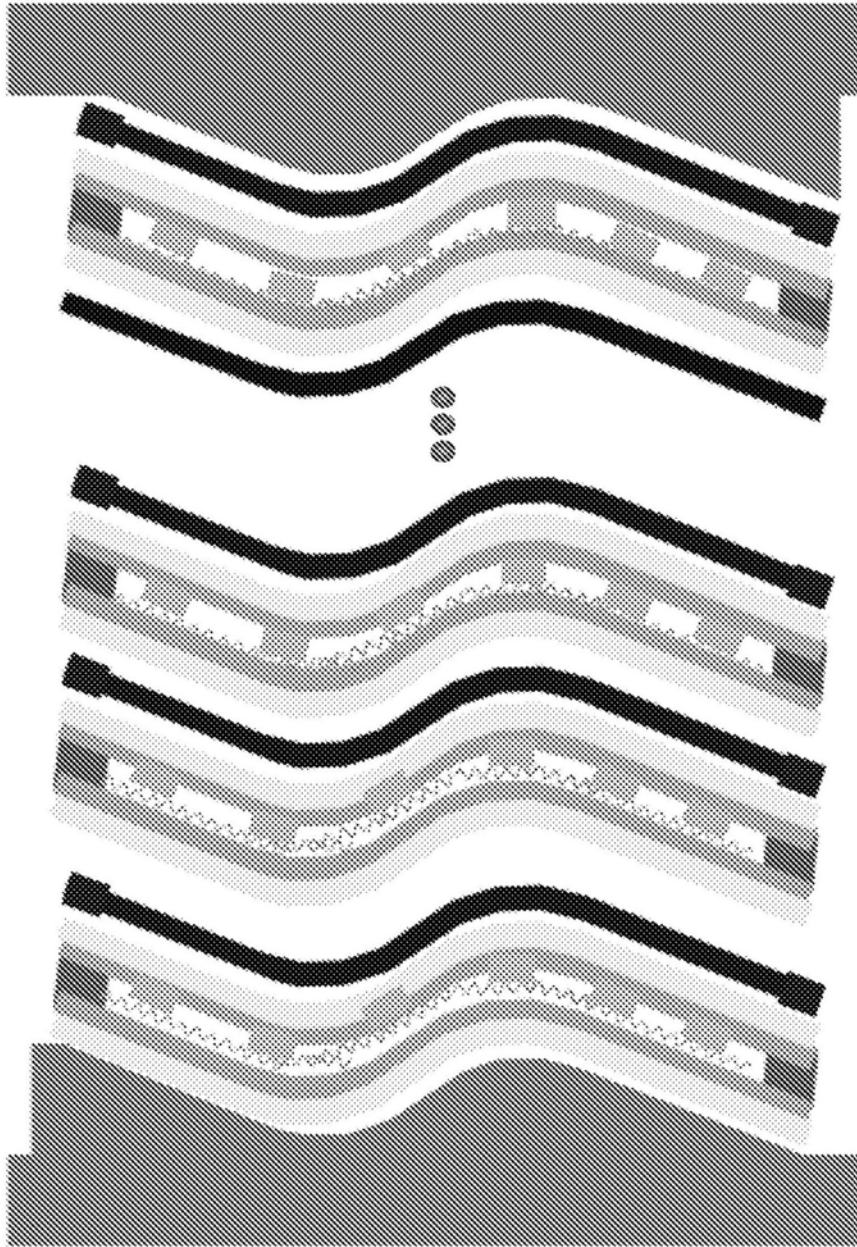


图13

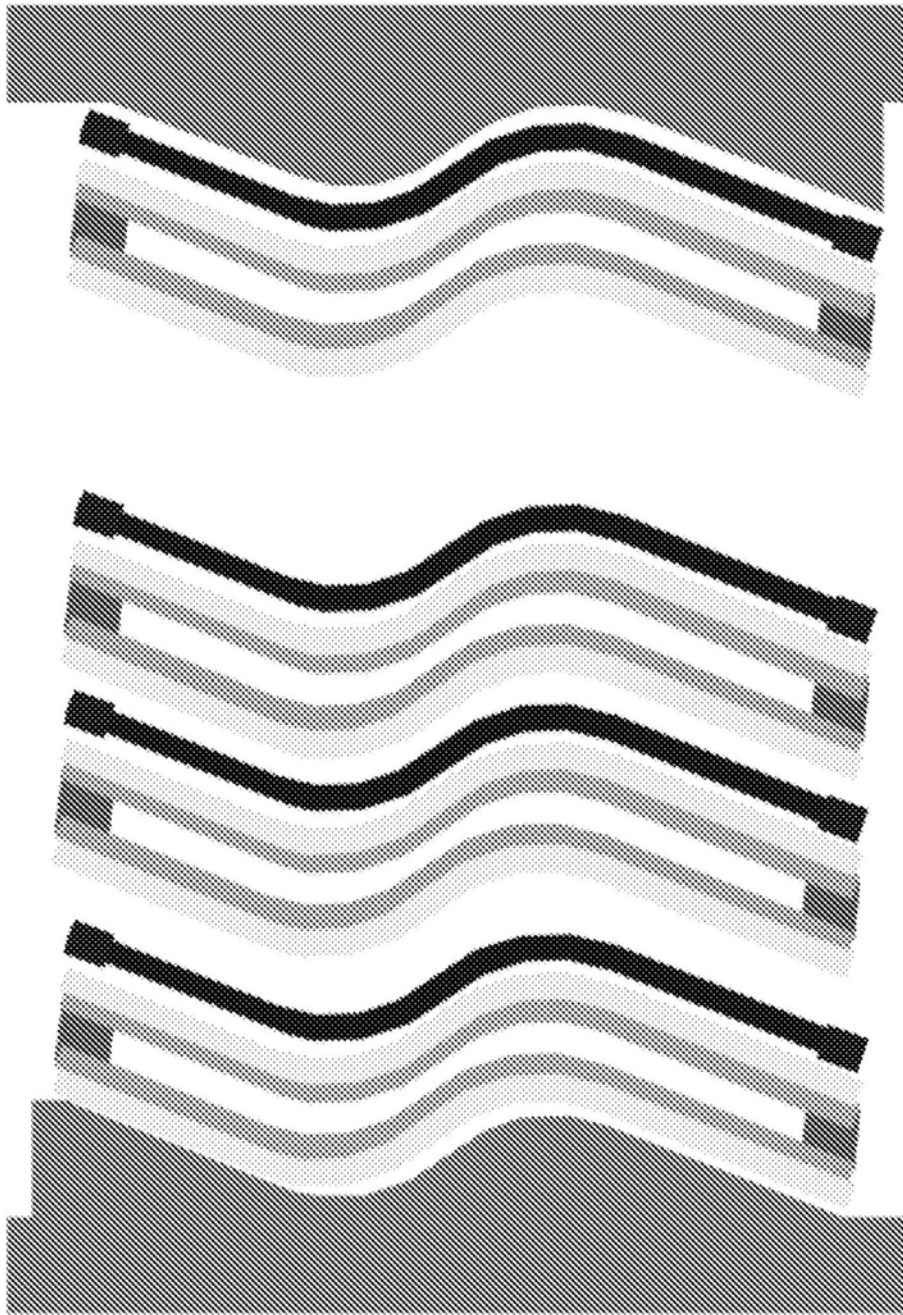


图14

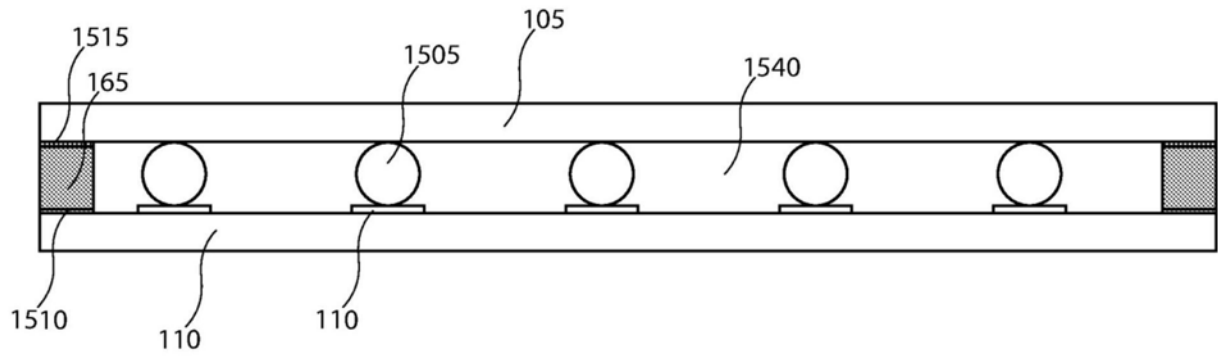


图15A

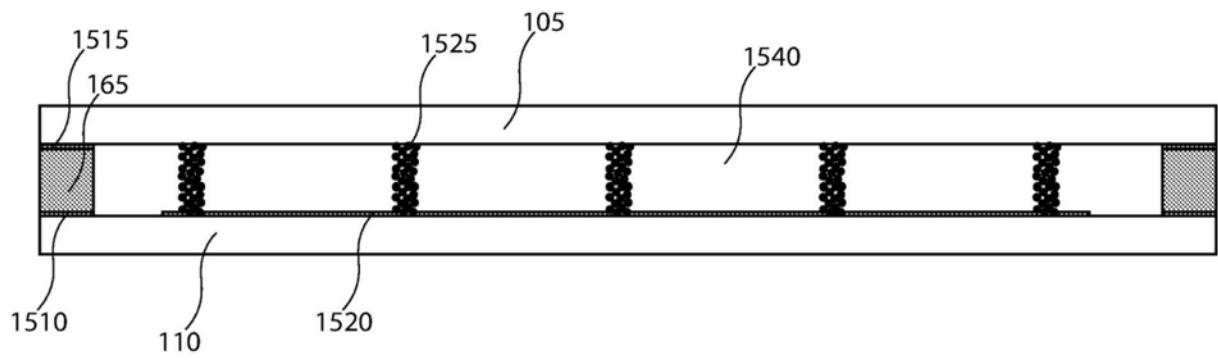


图15B

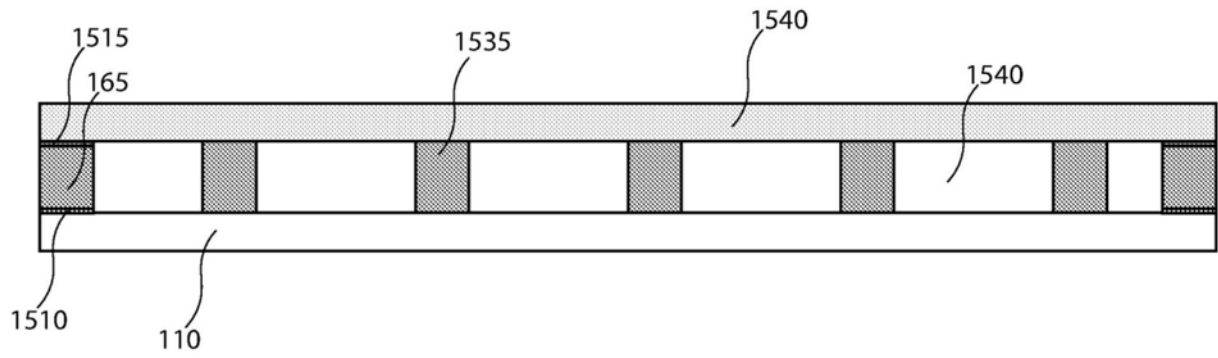


图15C

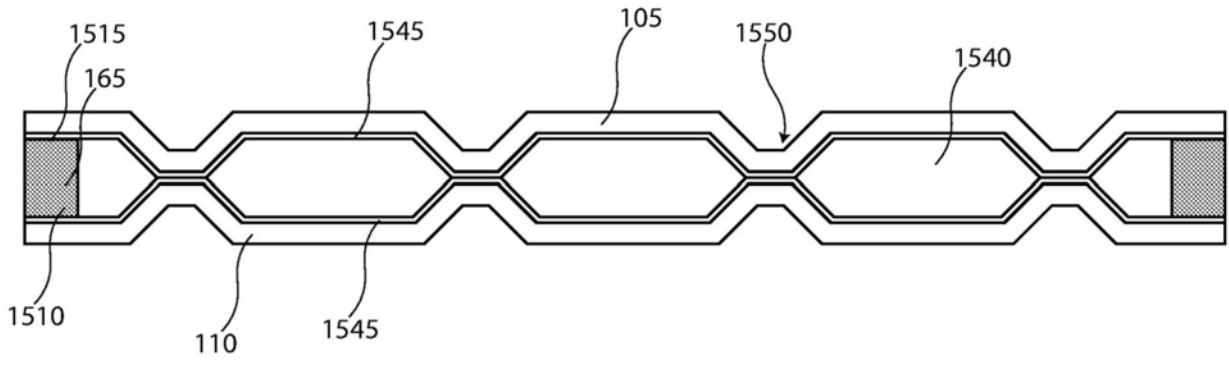


图15D

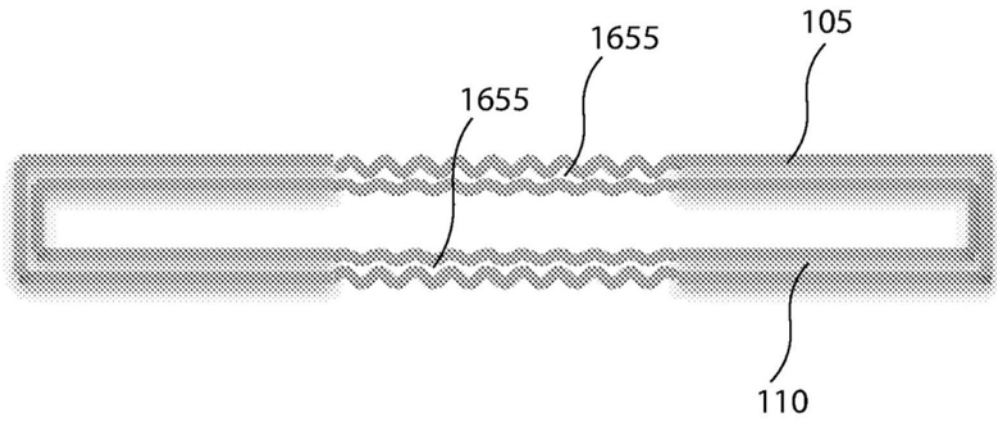


图16A

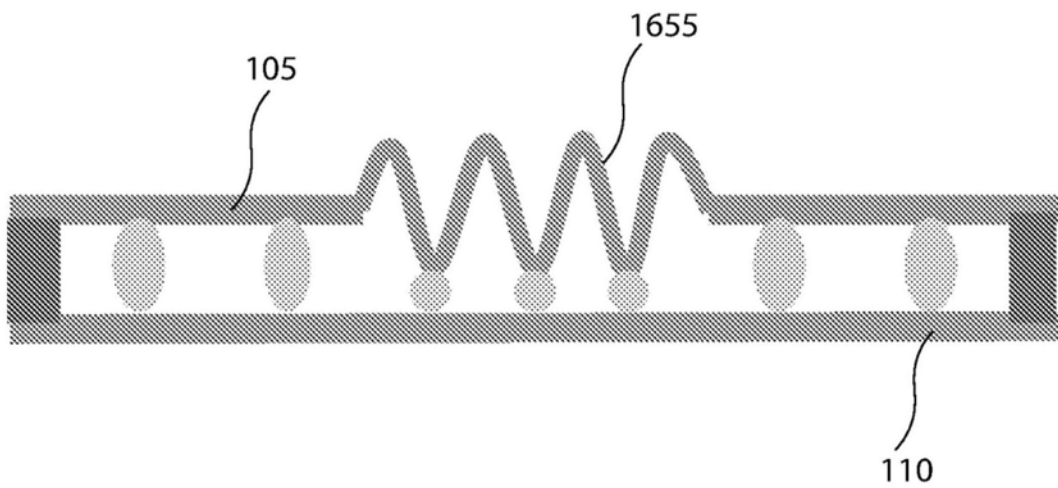


图16B

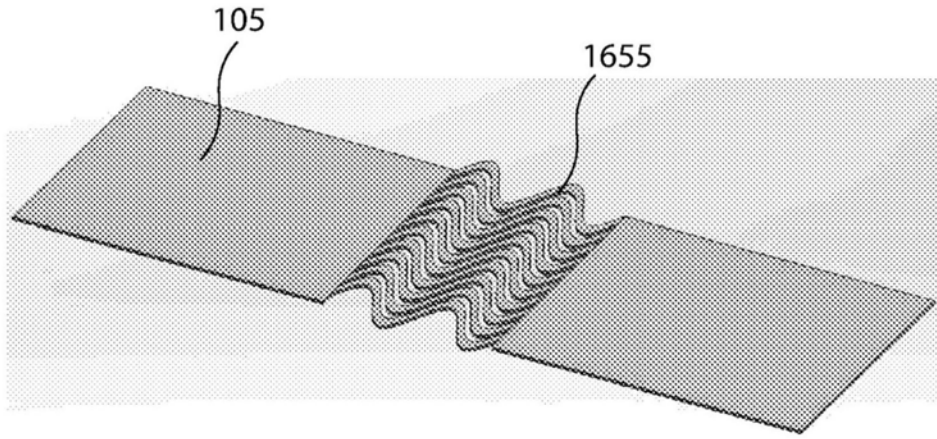


图16C

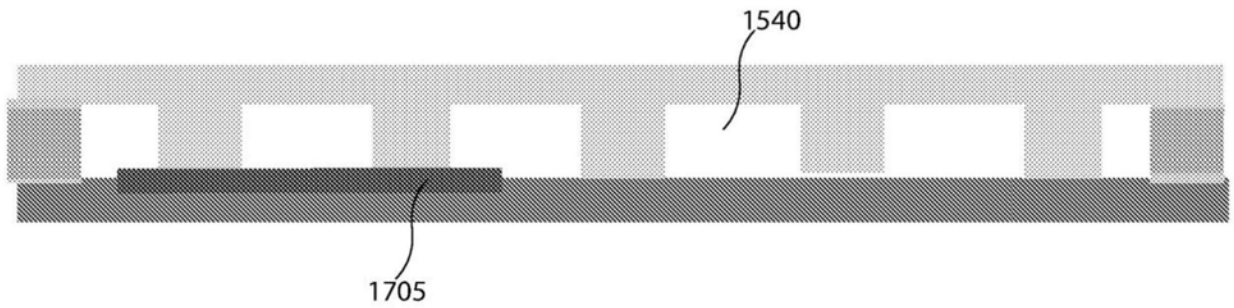


图17A

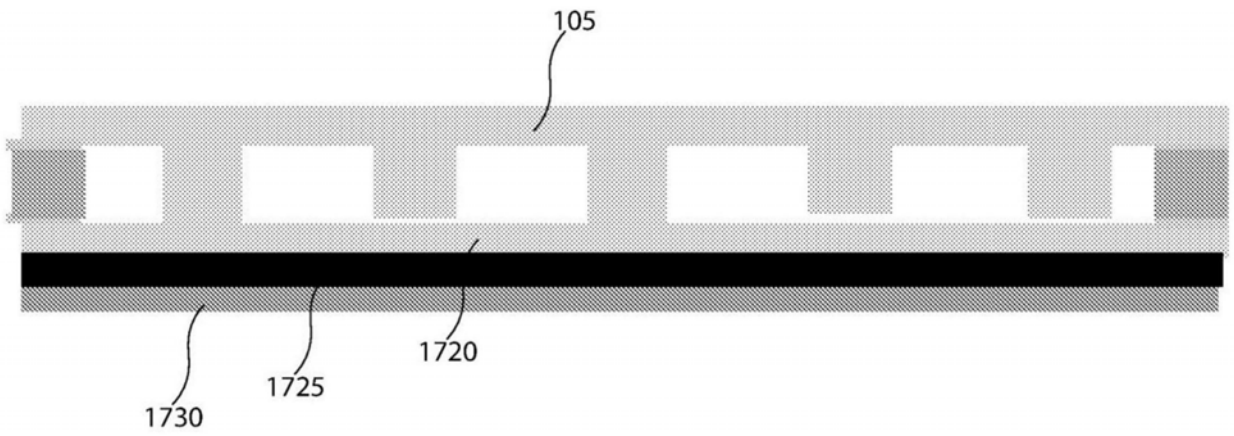


图17B

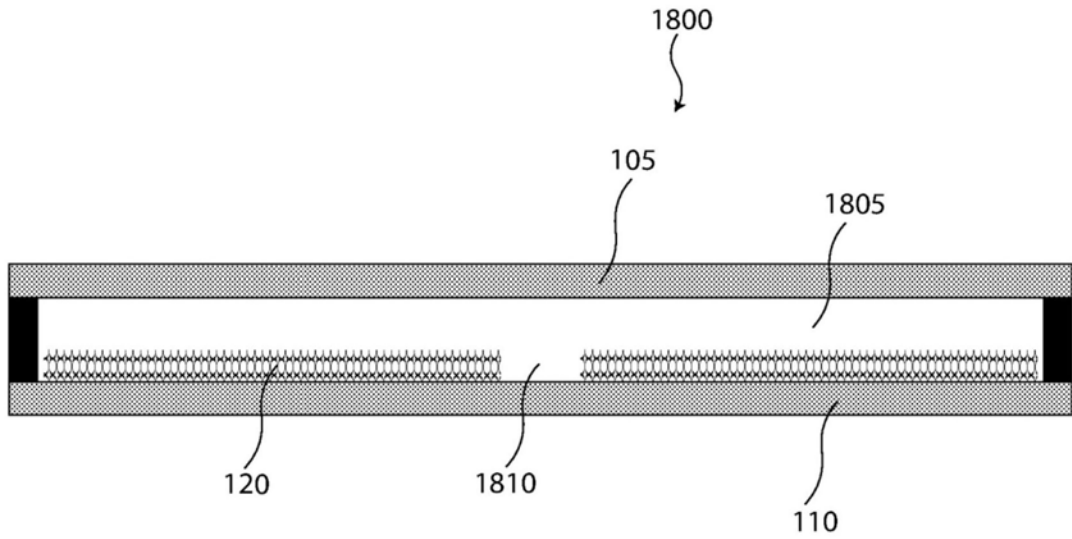


图18A

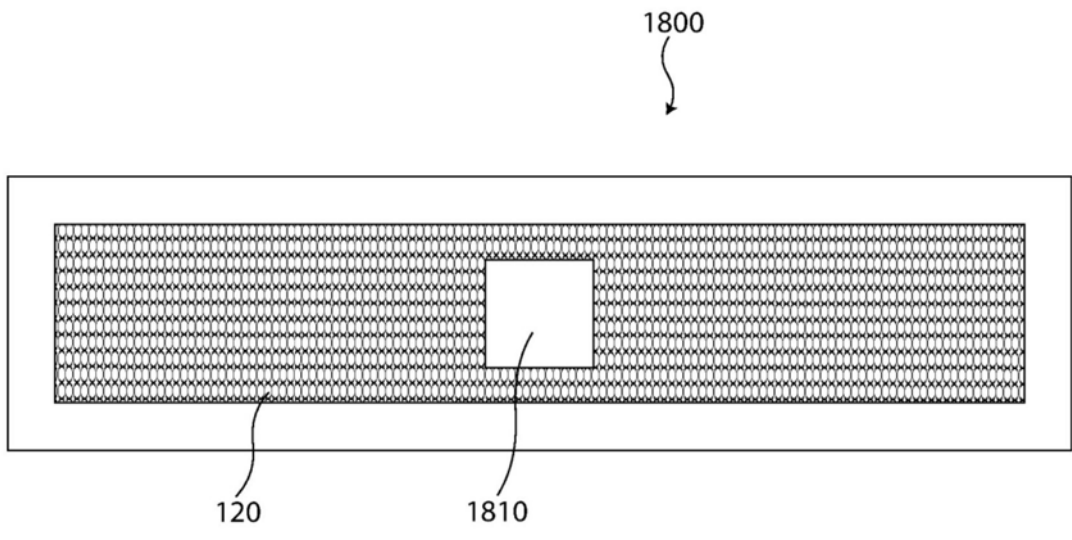


图18B

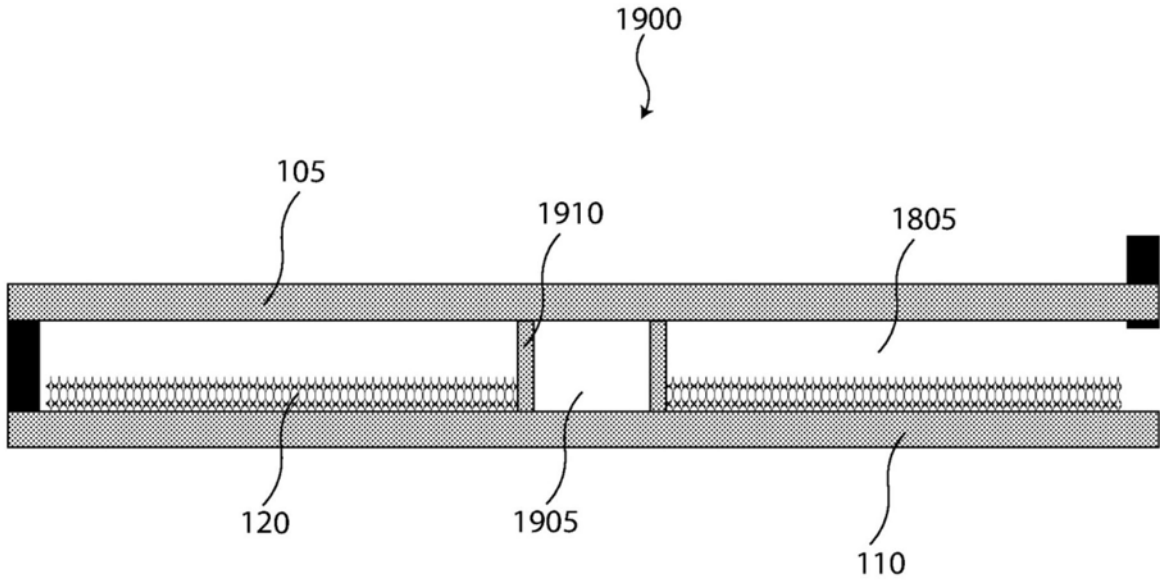


图19A

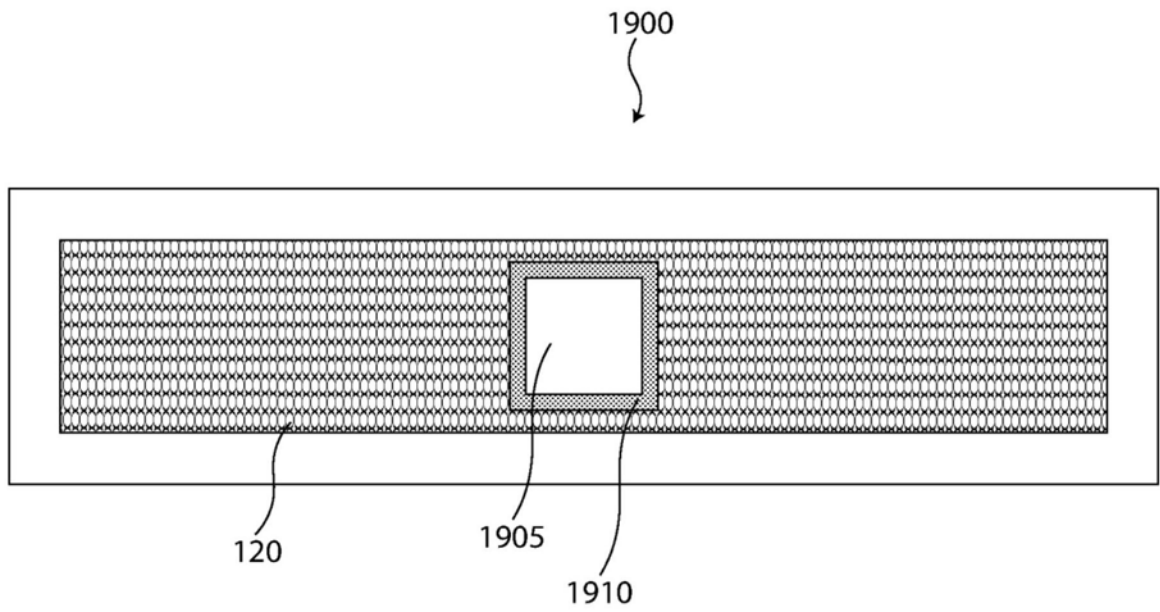


图19B

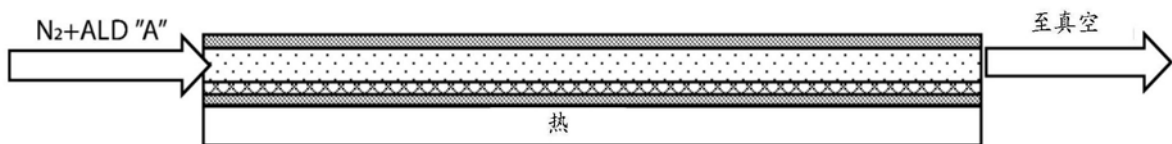


图20A

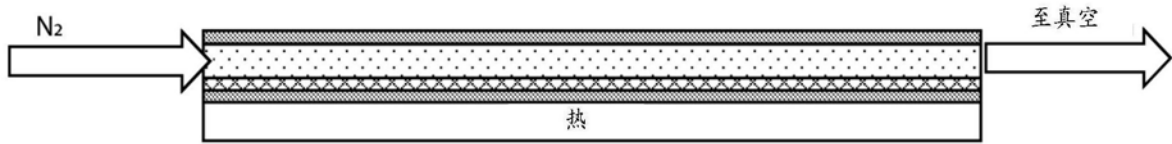


图20B

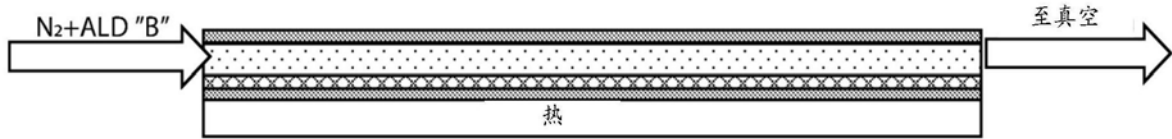


图20C

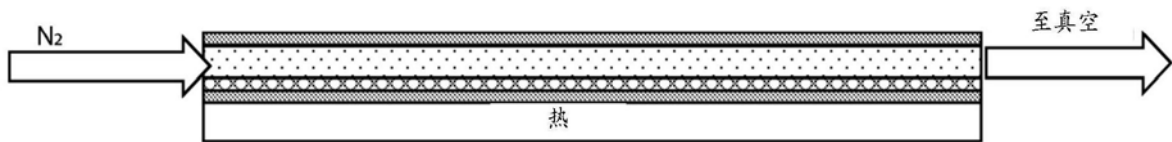


图20D

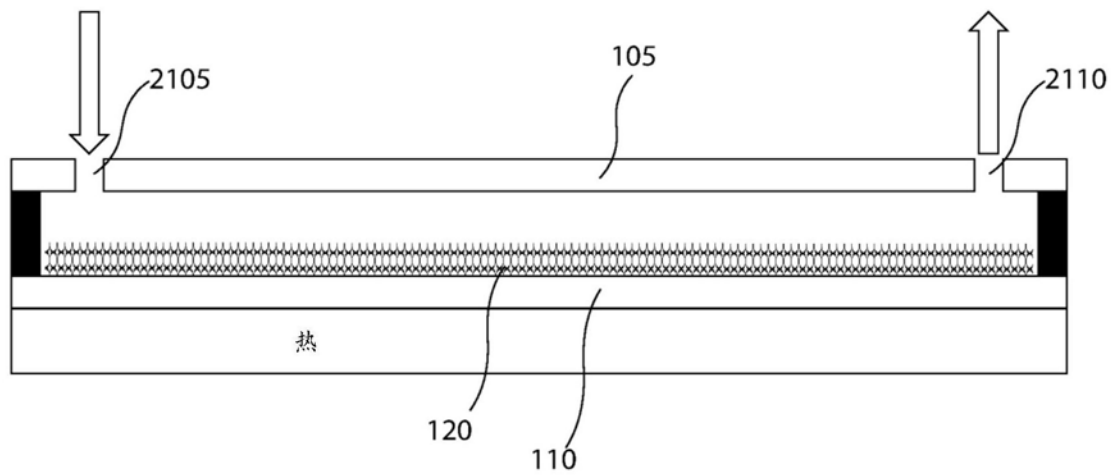


图21

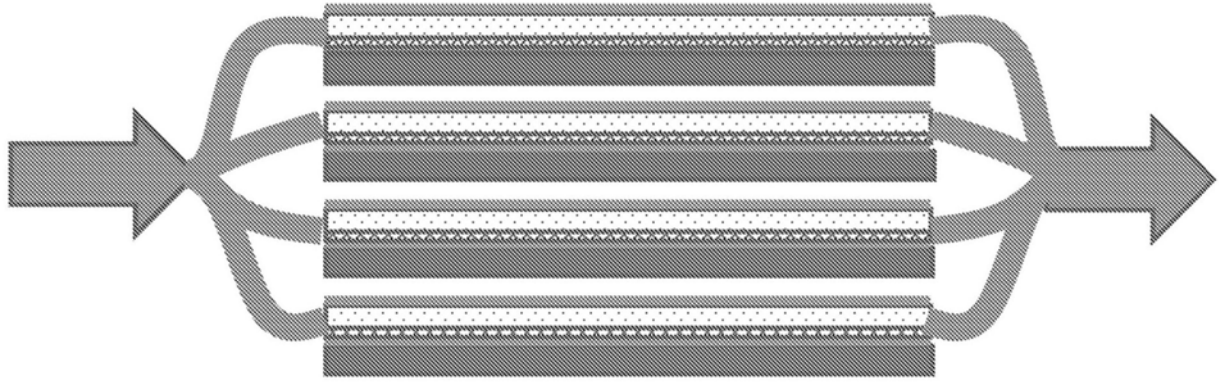


图22

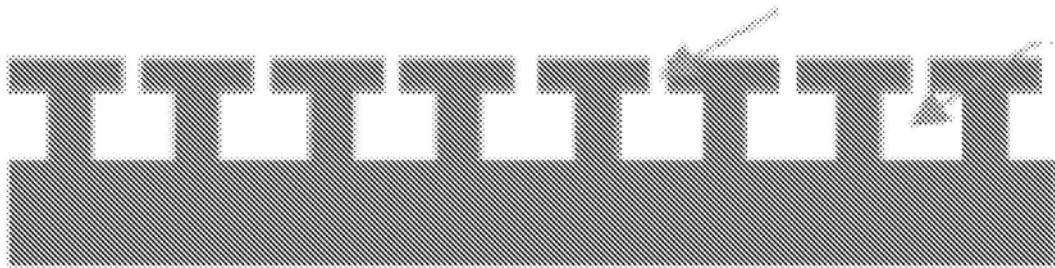


图23

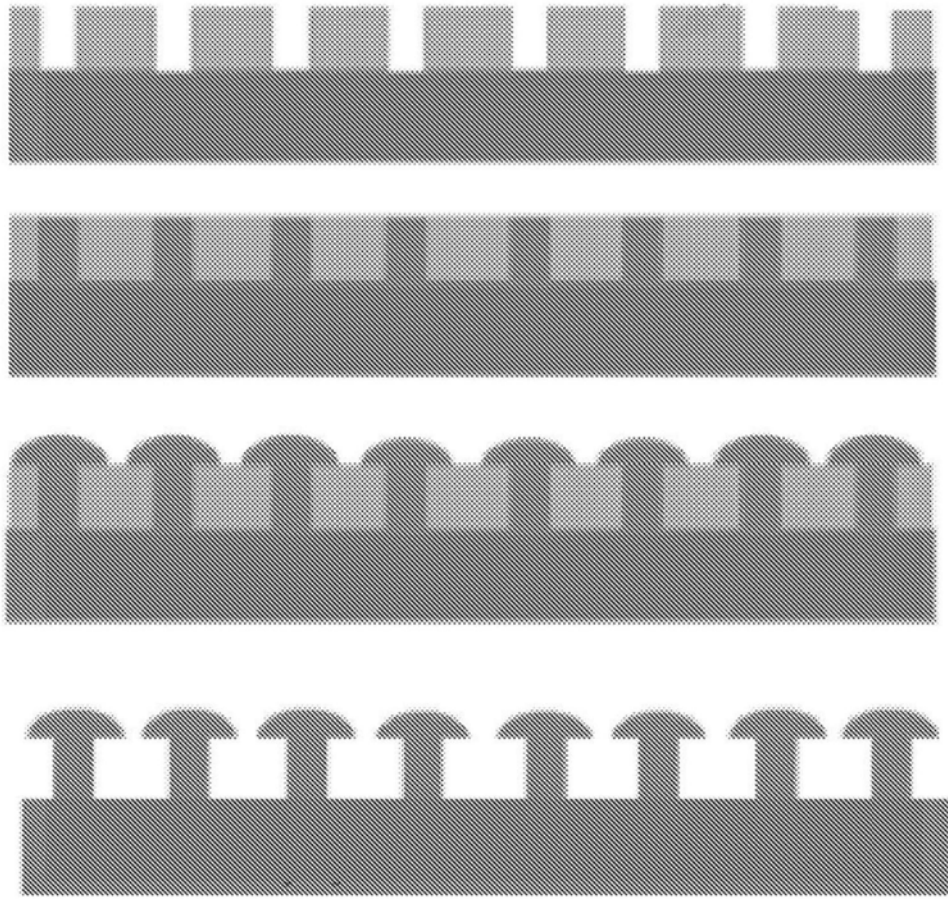


图24

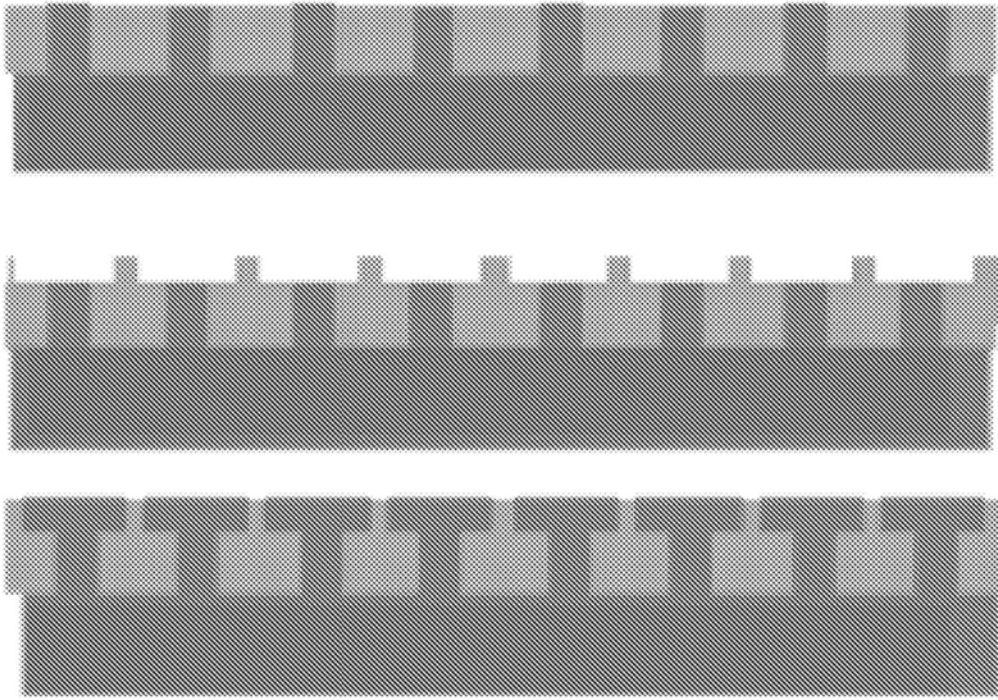


图25

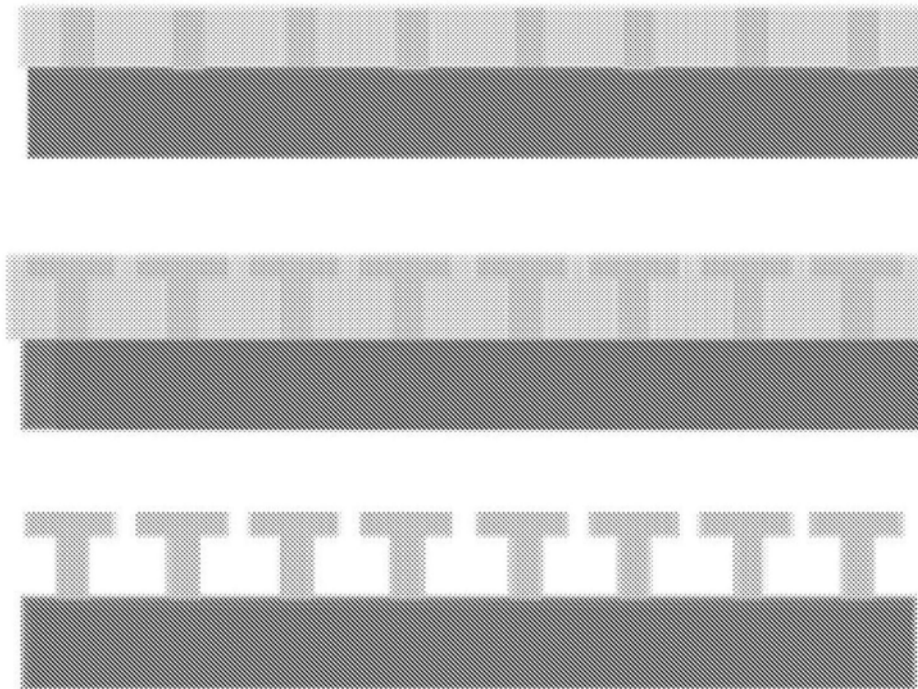


图26

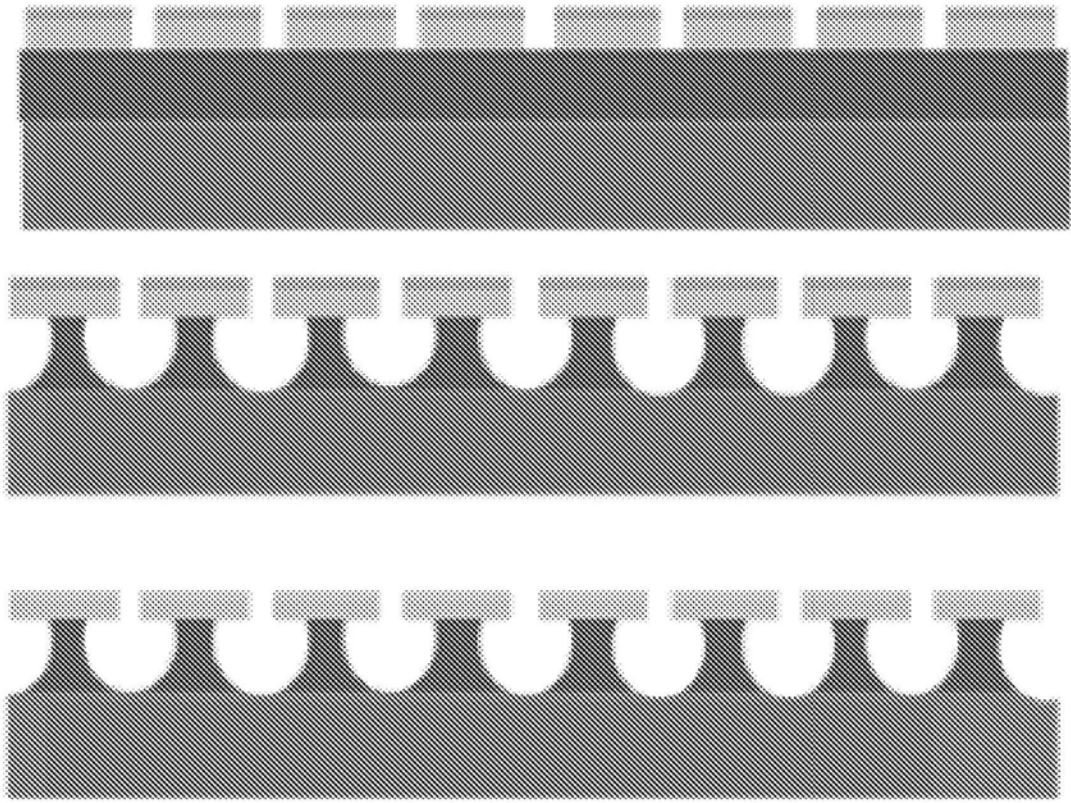


图27

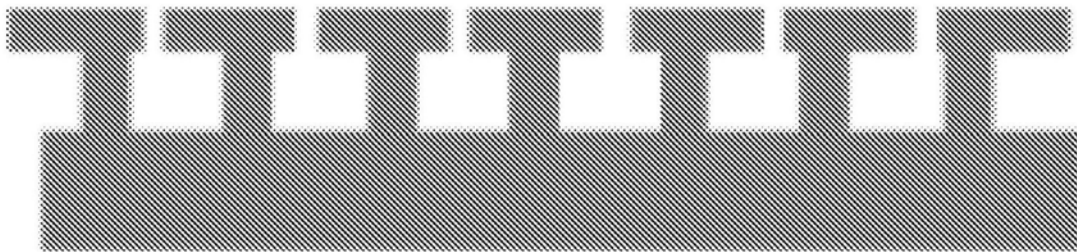


图28

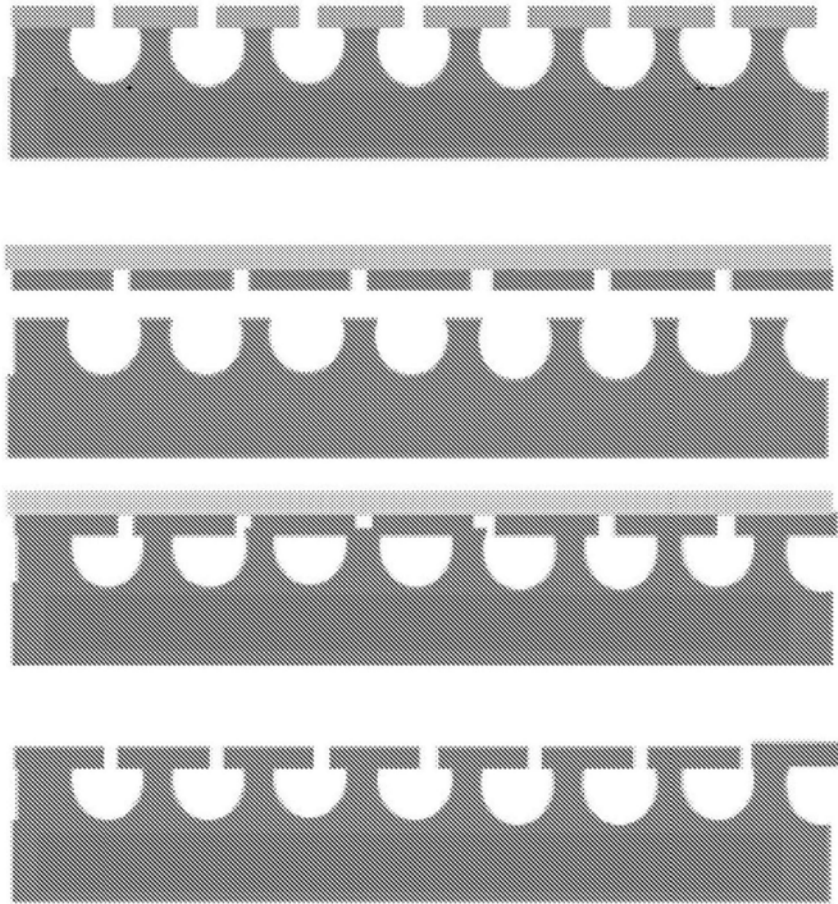


图29

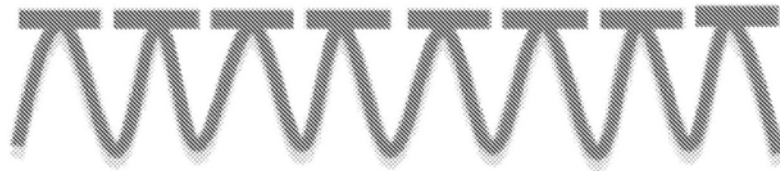


图30A

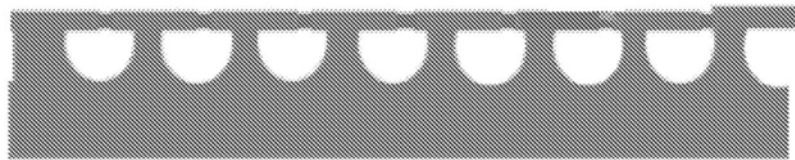


图30B

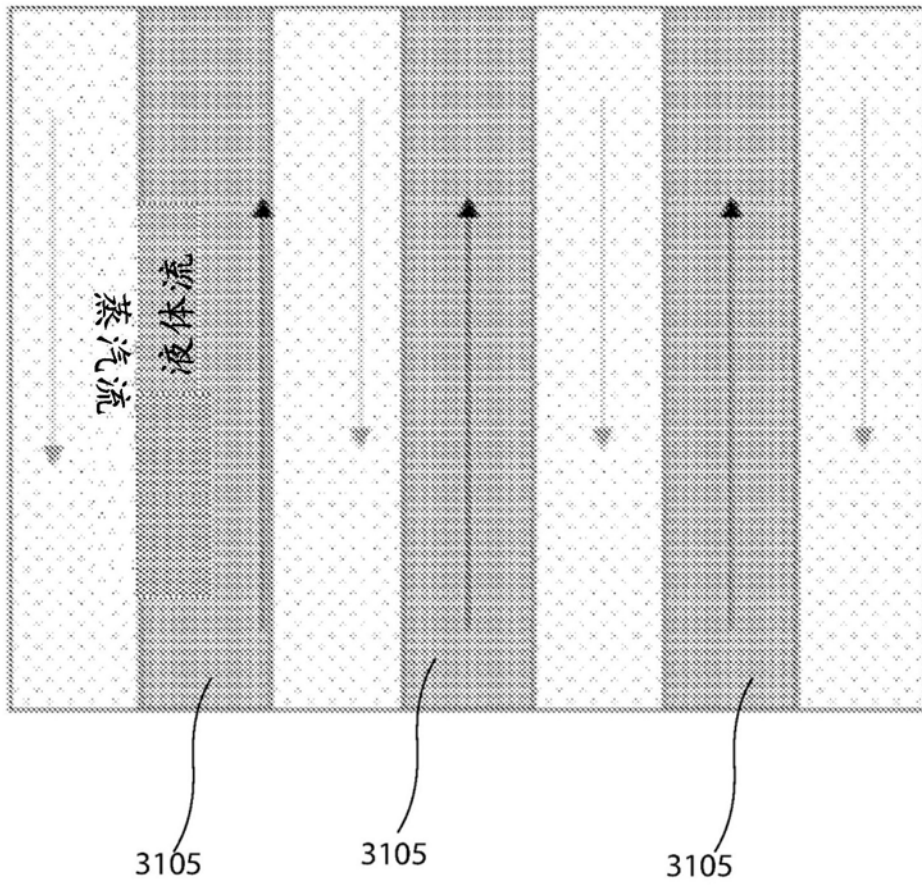


图31A

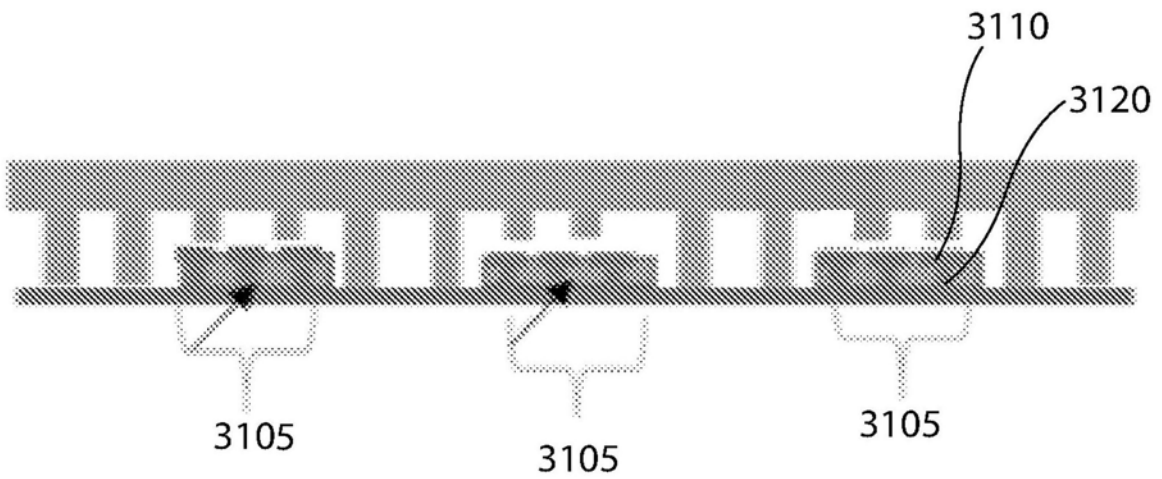


图31B

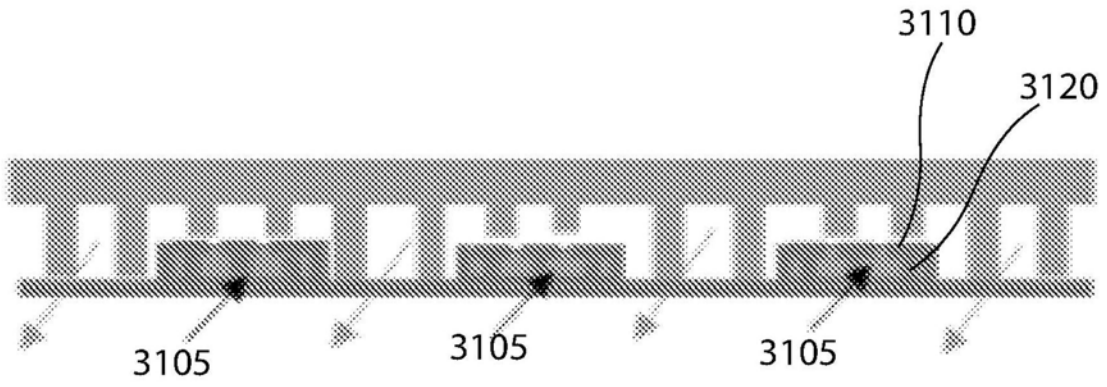


图32A

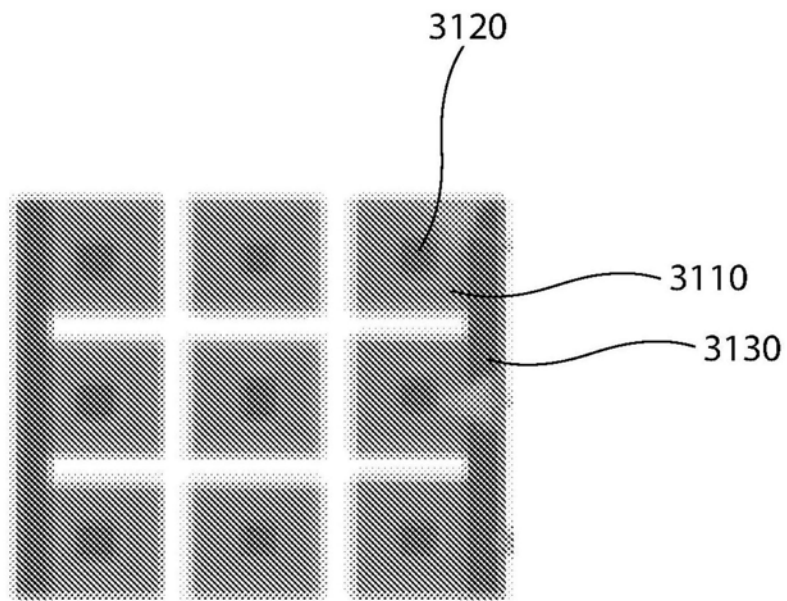


图32B

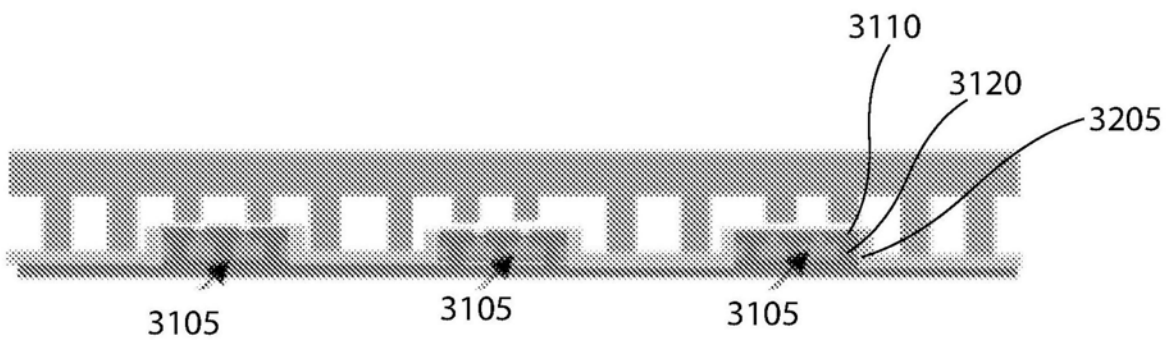


图33A

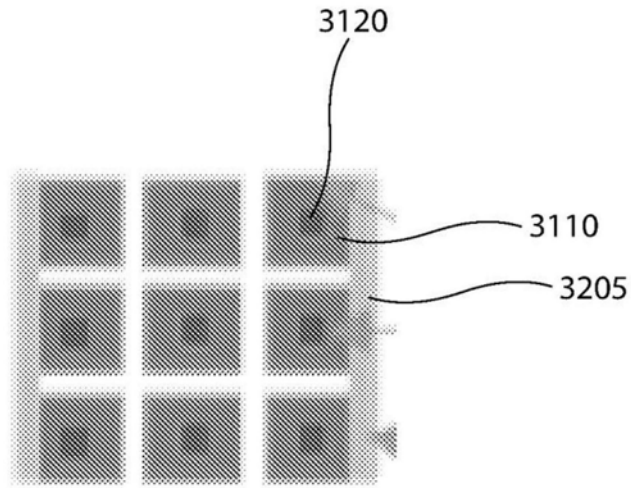


图33B

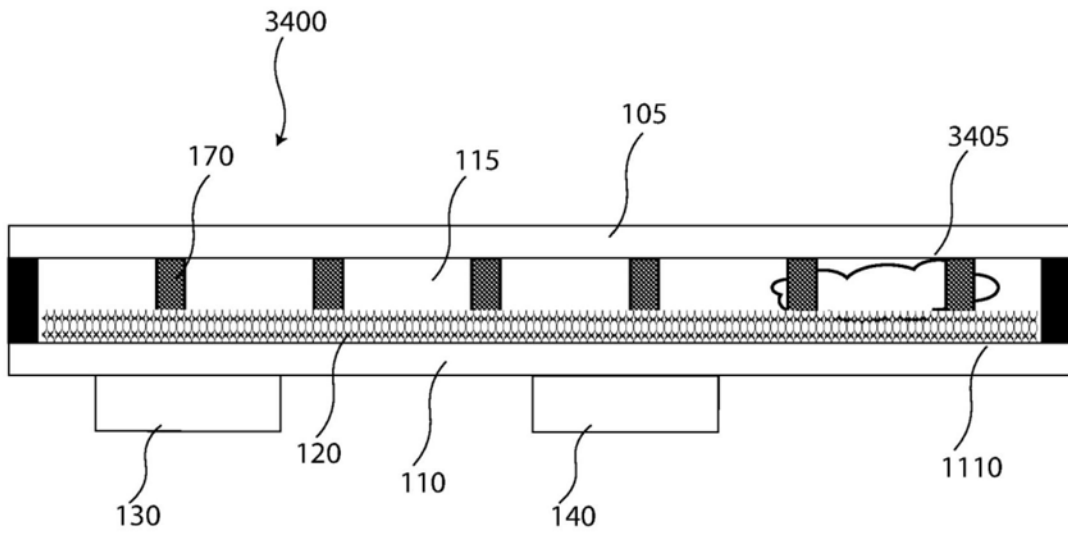


图34A

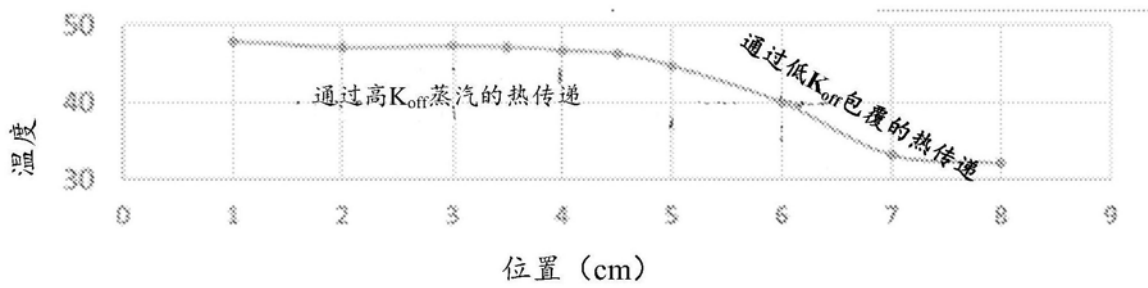


图34B

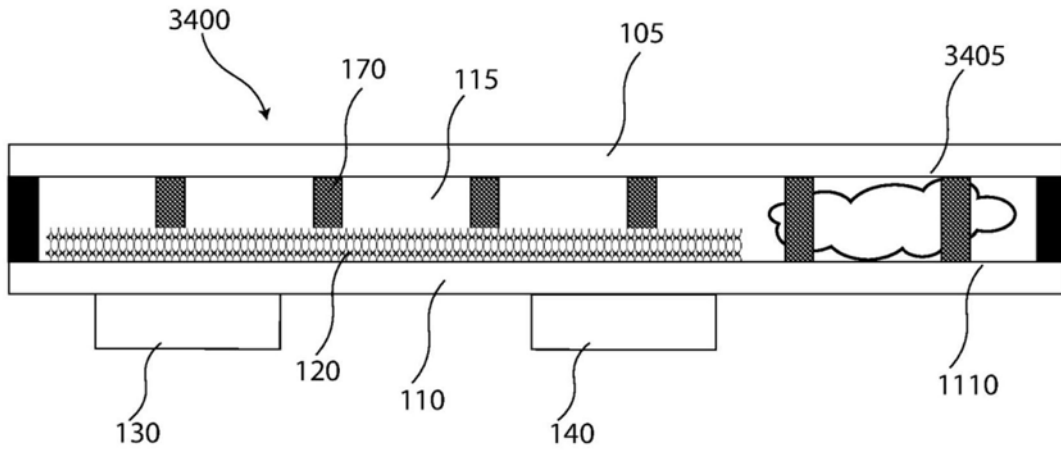


图35A

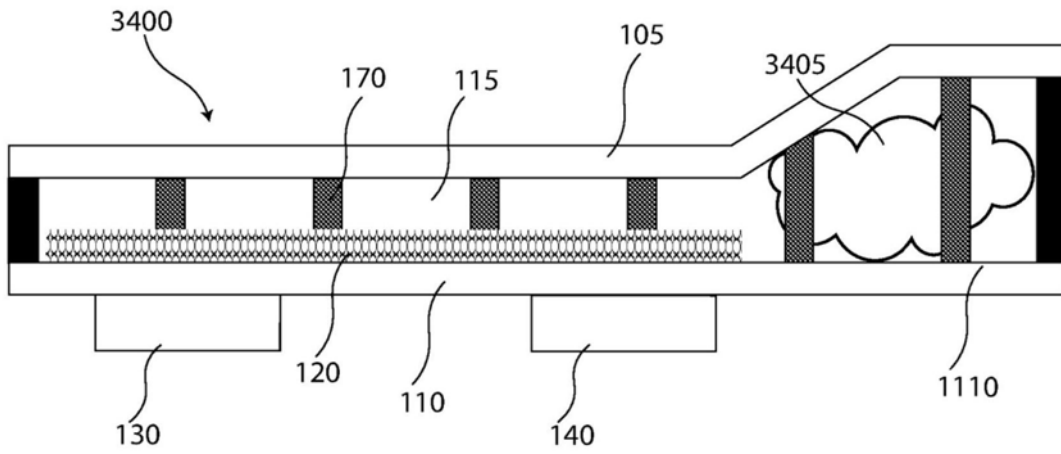


图35B

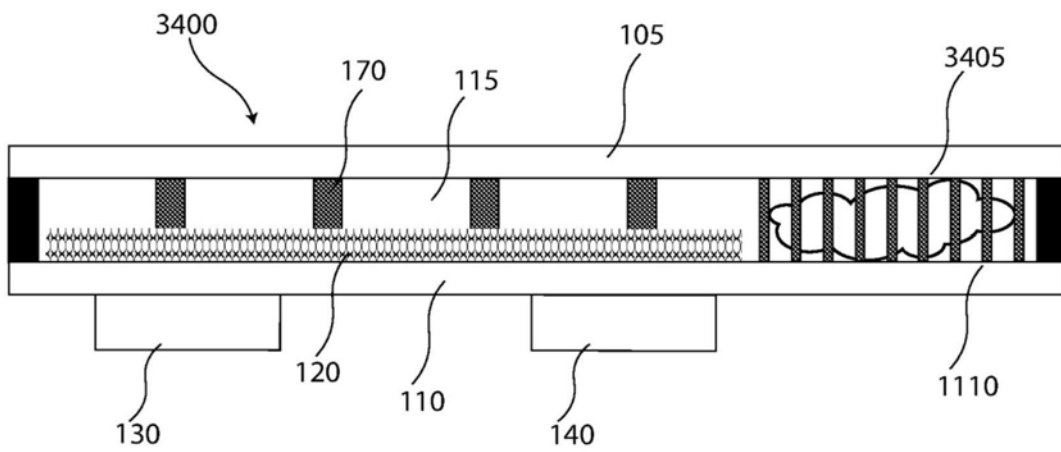


图35C

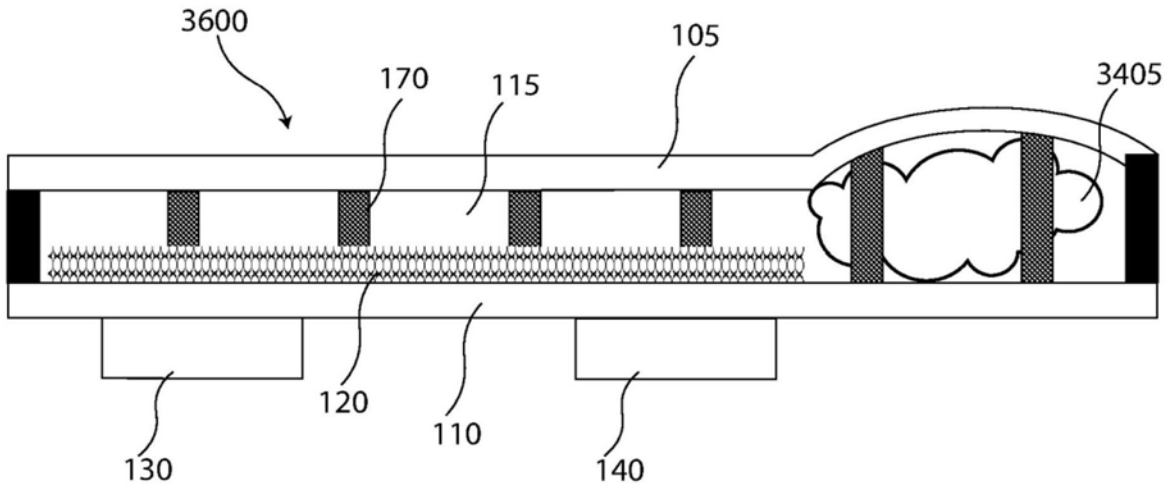


图36A

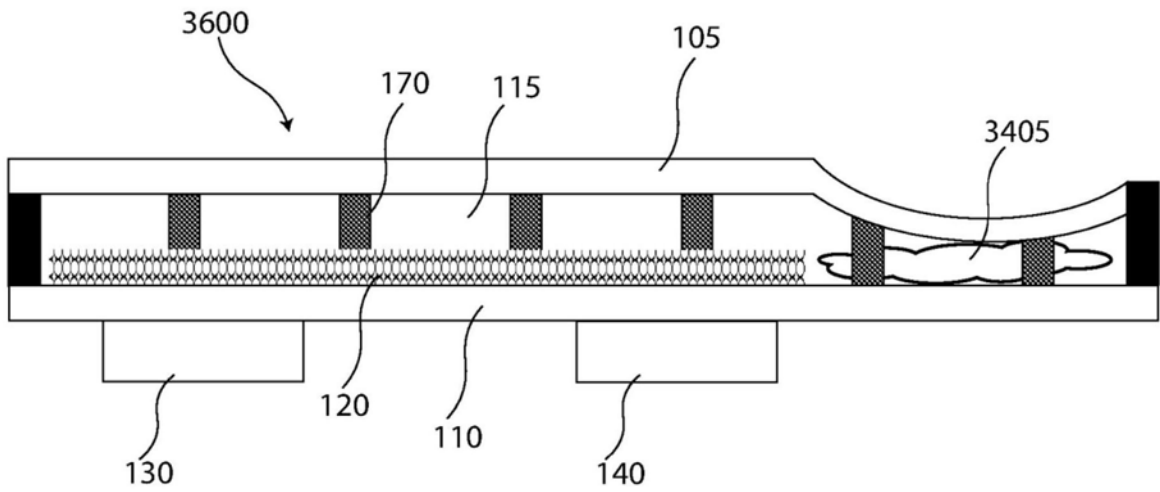


图36B

图36C

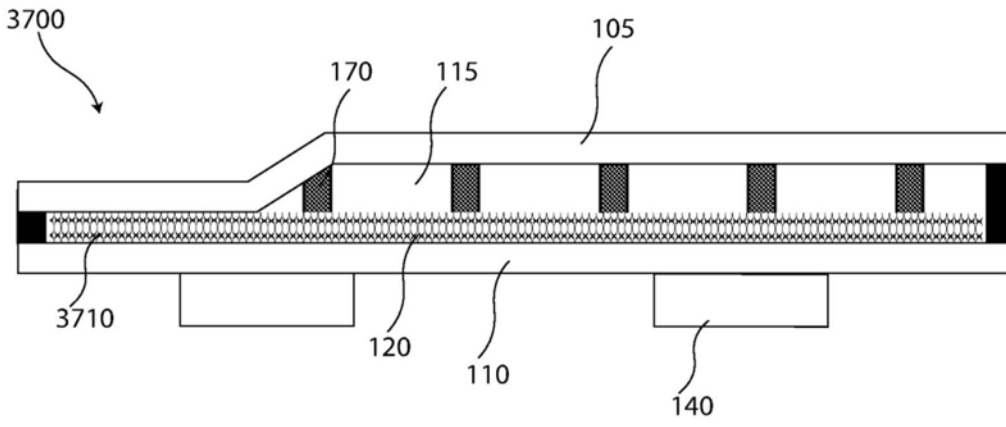


图37A

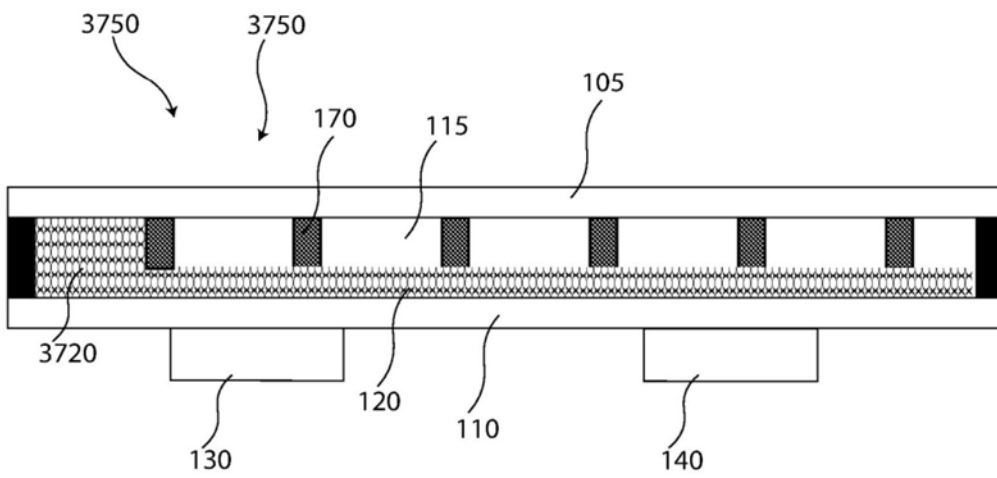


图37B

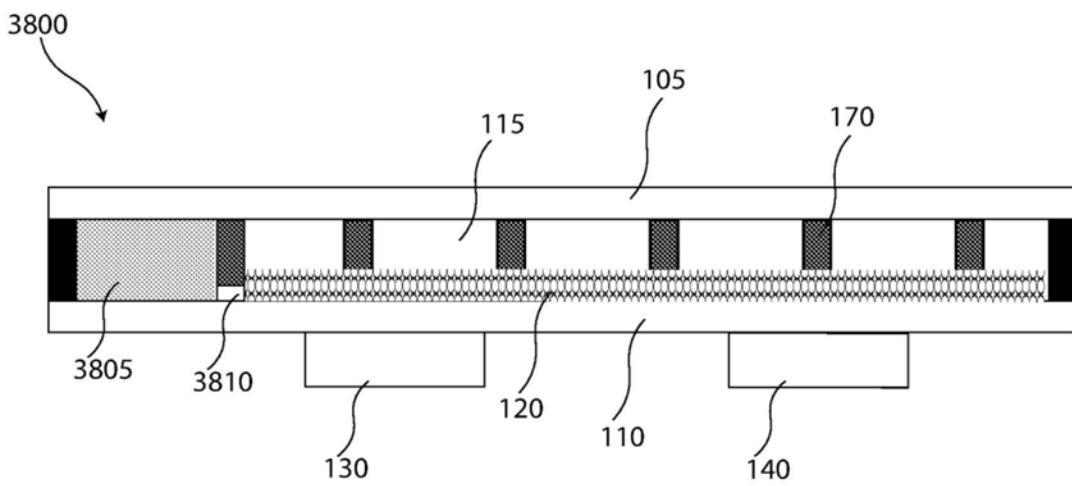


图38A

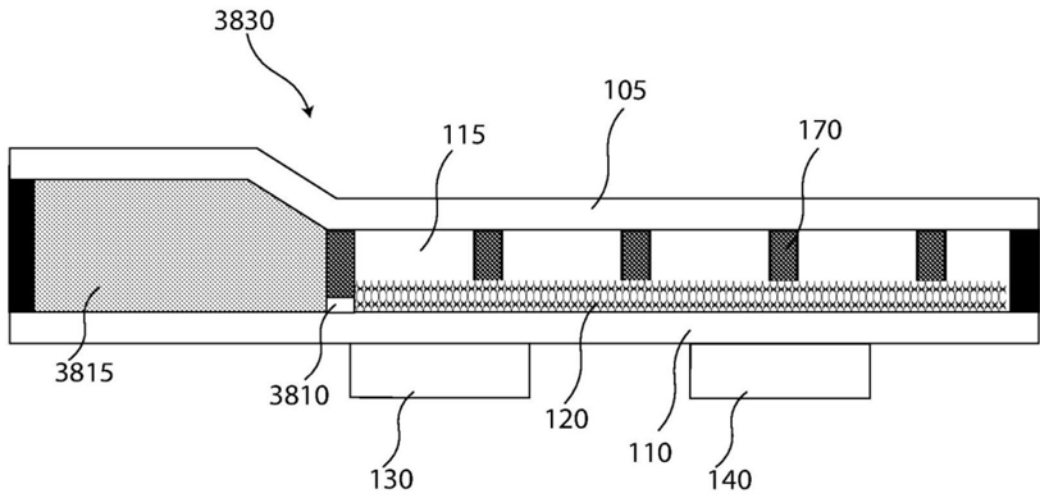


图38B

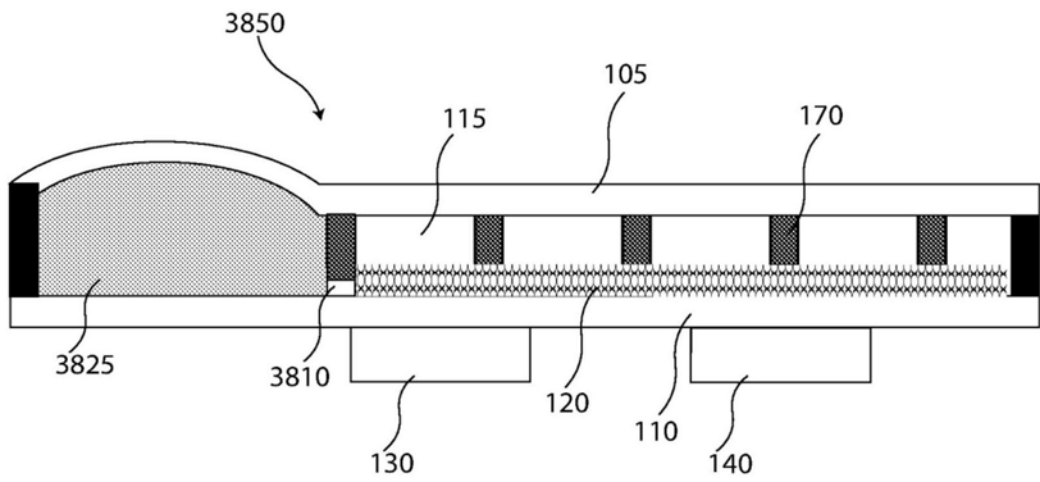


图38C