



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102112837 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 08

(21) 申请号 200980130964. 5

(22) 申请日 2009. 07. 31

(30) 优先权数据

61/085, 192 2008. 07. 31 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 01. 31

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/052362 2009. 07. 31

(87) PCT申请的公布数据

W02010/014878 EN 2010. 02. 04

(73) 专利权人 佐治亚科技研究公司

地址 美国佐治亚州

(72) 发明人 S· 格瑞梅拉 M· D· 德特曼

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 张兰英 丁晓峰

(51) Int. Cl.

F28D 15/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006115413 A1, 2006. 06. 01,

US 2008000624 A1, 2008. 01. 03,

US 6631624 B1, 2003. 10. 14,

WO 9112470 A1, 1991. 08. 22,

US 6490812 B1, 2002. 12. 10,

CN 1062205 A, 1992. 06. 24,

CN 1328632 A, 2001. 12. 26,

CN 1165286 A, 1997. 11. 19,

CN 1128561 A, 1996. 08. 07,

审查员 肖震

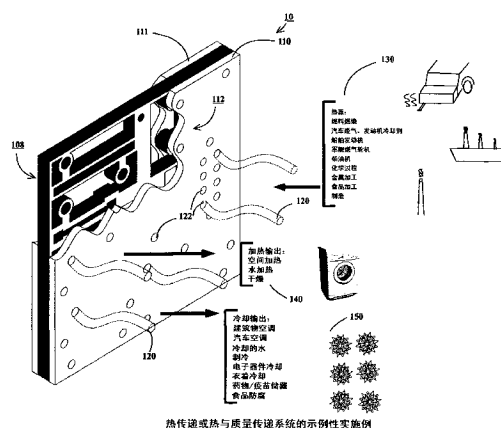
权利要求书4页 说明书29页 附图38页

## (54) 发明名称

微型热传递系统或热与质量传递系统

## (57) 摘要

微型单块的热或热与质量传递系统包括：两个外板 (110、111) 之间组装的多个垫片 (102、104)，在组合时，垫片形成离散的但一体的热与质量传递系统部件，诸部件组成微型的单块吸收型冷却和 / 或加热系统，或其它热或热与质量传递系统。垫片一般地包括多个微型槽 (702)、空间、流体通道，以及在全系统内所形成的部件之间的用于传递流体的其它特征，其根据需要流入和流出系统，流入和流出加热源、冷却源和散热器。一般地，使用两个决然不同的垫片类型并组合在一起成为多个垫片对，以便能够在各垫片对内的微型槽内流动的流体之间实现热接触，各垫片对内的各垫片包括彼此相比稍许不同的微型槽和流体通道结构。



热传递或热与质量传递系统的示例性实施例

1. 一种一体的热与质量传递系统,包括:

热与质量传递系统,所述热与质量传递系统具有至少一个热交换区域,用来实现一个部件的热传递功能;

流体偶联装置,用来偶联通过所述至少一个热交换区域的偶联流体的热修改流,

一对包括多个端口的盖板,所述端口用来将工作流体和偶联流体引入到热与质量传递系统内,并将工作流体和偶联流体运输到所述热与质量传递系统外;

其中,所述至少一个热交换区域由多个垫片的多排微型槽形成,所述垫片是堆叠的、平面的和热传导的垫片,每一垫片包括:

形成多个流体空间的开口,以包含:

工作流体;以及

偶联流体,该偶联流体用来将热能传入或传出所述热与质量传递系统;

所述多排微型槽由在所述多个垫片上微型凹口所形成;

其中,所述多排微型槽包括:

第一排微型槽,用来连通工作流体的第一流,从与所述热与质量传递系统的所述一个部件相关连的入口流体空间连通到与所述热与质量传递系统的所述一个部件相关连的出口流体空间内;以及

第二排微型槽,用来连通偶联流体流,用于所述热交换区域的所述热传递功能;其中,所述第二排微型槽与所述第一排微型槽热接触,以便

在所述第一排微型槽内的所述工作流体的第一流和所述第二排微型槽内的所述偶联流体流之间传导热量,用于所述至少一个热交换区域的所述热传递功能;以及

其中,所述系统通过偶联流体的热修改流提供加热或冷却或质量传递功能。

2. 如权利要求1所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述系统构造成作为热泵运行,其中,所述流体偶联装置包括:

第一流体偶联装置,用来将加热的偶联流体的第一流偶联到所述系统内,所述加热的偶联流体的第一流通过用来接受热能的所述热与质量传递系统的第一级的热交换区域;

第二流体偶联装置,用来偶联偶联流体的热修改第二流,所述偶联流体的热修改第二流通过所述热与质量传递系统的第二级的热交换区域;以及

第三流体偶联装置,用来偶联偶联流体的排热流,所述偶联流体的排热流通过所述热与质量传递系统的第三级的热交换区域。

3. 如权利要求1所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述多个垫片布置成多对第一类型和第二类型的垫片,使得当成对在一起时,形成所述微型槽,用来连通所述热与质量传递系统的所述一个部件的流体空间之间的工作流体和/或偶联流体。

4. 如权利要求3所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,

每对垫片包括垫片阵列的预定单个元件,其具有由所述热与质量传递系统的输入/输出热性质和流体流动特性确定的尺寸。

5. 如权利要求1所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述热与质量传递系统的所述一个部件包括制冷剂吸收器,其中,形成在第一垫片上的一排所述微型槽内的多个蒸气入口孔确保从邻近的第二垫片内的通道内流出的蒸气流入第一垫片的微型槽内,并

与所述第一垫片的微型槽内的吸收剂混合。

6. 如权利要求 1 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述多个流体空间之一包括流体集管,用来引导所述一个部件的工作流体流或偶联流体流流入流体分配通道,所述流体分配通道引导流体流入一排微型槽内。

7. 如权利要求 1 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述微型凹口包括形成在所述多个垫片之一的第一垫片的顶表面内的形状,以将热能和旁边的流体传到所述多个垫片的邻近的第二垫片的对应邻近的底表面内,所述邻近的第二垫片封闭所述凹口以形成所述微型槽。

8. 如权利要求 1 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述微型凹口选自以下:机加工的槽、切割的槽、光蚀刻的槽、化学蚀刻的槽、激光蚀刻的槽、模制的槽、冲压的槽、颗粒冲击的槽。

9. 如权利要求 1 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述多个堆叠垫片和所述对盖板用物理方法粘结而形成单一的结构。

10. 如权利要求 9 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述物理粘结用选自以下的方法完成:扩散粘结、胶合、钎焊、焊接、和压紧。

11. 如权利要求 1 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述热与质量传递系统的一个实施方式包括吸收型热泵,

所述吸收型热泵的工作流体选自以下:氨-水和溴化锂-水混合物。

12. 如权利要求 11 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述热泵构造成是单一效果、双重效果、三重效果、或发生器-吸收器-热交换(GAX)循环。

13. 如权利要求 1 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,还包括一个或多个流体泵,用来移动工作流体或偶联流体。

14. 如权利要求 1 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述第一排微型槽内的工作流体流基本上是相对于所述第二排微型槽内的流体流方向的逆流、平行流或横流。

15. 如权利要求 1 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述热与质量传递系统的一个部件包括吸收型热泵的制冷剂精馏器,所述一体的热与质量传递系统还包括形成在单块支承结构内的多个保持流体的肋,所述肋形成用来含有液体量的托盘并能够使蒸气和液体沿相对方向流动,使流体和蒸气在托盘所含的液体表面上直接质量接触,还与偶联流体或工作流体热接触,使收集在和流出精馏器的回流液体以大致向下方式连接解吸器的溶液流动。

16. 如权利要求 1 所述的一体的热与质量传递系统,其特征在于,所述热与质量传递系统是吸收型热泵或多组分的流体处理系统,其包括系统内某些区域内的流体强制对流以及系统其它区域内的流体重力/浮力驱动流动,以在相变过程中,实现要求的液体或蒸气温度、类属浓度和类属浓度梯度,所述一体的热与质量传递系统还包括形成在单块结构内的通道,结合蒸气在所述通道内的逆流布置的向上流动,所述通道确保液体向下流动,

由此,影响促进蒸气的沸腾,解吸和较高的制冷剂蒸气纯度的一种或多种的状态。

17. 一种构造成用在热与质量传递系统中的热与质量传递设备,所述设备包括:

一对盖板,所述盖板包括多个端口,所述端口用来将工作流体和偶联流体引入到支承结构内的多个功能性部件内,并将工作流体和偶联流体运出所述多个功能性部件中的至

少一个外 ; 以及

多个垫片对, 所述多个垫片对粘结到所述对盖板以形成一体的热与质量传递系统, 所述多个垫片对包括多个形成多个流体空间的开口, 并在所述垫片对的表面内形成微型凹口, 以形成第一排微型槽和第二排微型槽 ; 以及

流体偶联装置, 用来偶联通过所述热与质量传递设备的热交换区域的偶联流体的热修改流, 由此, 所述设备通过偶联流体的热修改流提供加热或冷却功能, 从而适合于所述热与质量传递系统。

18. 如权利要求 17 所述的热与质量传递设备, 其特征在于, 所述多个流体空间含有工作流体和偶联流体, 该偶联流体用于将热能传入和传出所述支承结构, 其中, 所述多个空间形成一个或多个一体形成的热交换区域, 它们形成和包含在支承结构内, 用以实现所述热与质量传递系统的所述多个功能性部件的至少一个的热传递功能。

19. 如权利要求 18 所述的热与质量传递设备, 其特征在于, 所述一个或多个一体形成的热交换区域每个包括 :

所述第一排微型槽, 用来连通工作流体的第一流, 从与所述一个热与质量传递系统的所述多个功能性部件的第一功能性部分相关连的入口流体空间连通到与所述热与质量传递系统的所述多个功能性部件的第二功能性部件相关连的出口流体空间内 ; 以及

所述第二排微型槽, 用来连通偶联流体流, 用于所述热交换区域的所述一个热传递功能。

20. 如权利要求 19 所述的热与质量传递设备, 其特征在于, 所述第一排微型槽和所述第二排微型槽布置成在所述支承结构内彼此热接触, 以便在所述第一排微型槽内的所述工作流体的第一流和所述第二排微型槽内的所述偶联流体流之间传导热量。

21. 如权利要求 17 所述的热与质量传递设备, 其特征在于, 所述第一排微型槽内的工作流体流基本上是相对于所述第二排微型槽内的流体流方向的逆流、平行流或横流。

22. 如权利要求 17 所述的一体的热与质量传递设备, 其特征在于, 所述系统是热泵, 且其中, 所述流体偶联装置包括 :

第一流体偶联装置, 用来将加热的偶联流体的第一流偶联到所述热与质量系统内, 所述加热的偶联流体的第一流通过形成用来接受热能的所述热与质量传递系统的第一级的热交换区域 ;

第二流体偶联装置, 用来偶联偶联流体的热修改第二流, 所述偶联流体的热修改第二流通过形成所述热与质量传递系统的第二级的热交换区域 ; 以及

第三流体偶联装置, 用来偶联偶联流体的排热流, 所述偶联流体的排热流通过形成所述热与质量传递系统的第三级的热交换区域, 由此, 所述系统通过用于所述热与质量传递系统的偶联流体的热修改第二流提供加热或冷却功能, 并且所述系统通过偶联流体的排热流提供排热功能。

23. 如权利要求 17 所述的热与质量传递设备, 其特征在于, 所述多个垫片对各包括垫片阵列的预定单个元件, 所述多元件阵列具有由所述热与质量传递系统的输入 / 输出热性质和流体流动特性确定的尺寸。

24. 如权利要求 17 所述的热与质量传递设备, 其特征在于, 所述流体空间之一包括形成在所述支承结构内的流体集管, 用来引导工作流体流或偶联流体流流入流体分配通道,

所述流体分配通道引导流体流入一排微型槽内。

25. 如权利要求 24 所述的热与质量传递设备,其特征在于,所述流体集管包括所述多个垫片对内的区域,所述区域包括:

用来接纳流体的开口;以及

由流体集管内的所述多个垫片对的每一对形成的流体空间;以及流体分配通道,所述流体分配通道形成在所述每一垫片对中的垫片的一个垫片内。

26. 如权利要求 17 所述的热与质量传递设备,其特征在于,所述微型凹口包括形成在所述多个垫片对的一对的垫片之一的第一垫片顶表面内的形状,以将热能和旁边的流体传到邻近的第二垫片的对应和邻近的底表面内,所述邻近的第二垫片封闭所述凹口以形成所述微型槽。

27. 如权利要求 17 所述的热与质量传递设备,其特征在于,所述微型凹口选自以下:机加工的狭缝、机加工的槽、切割的槽、光蚀刻的槽、化学蚀刻的槽、激光蚀刻的槽、模制的槽、冲压的槽、颗粒冲击的槽。

28. 如权利要求 17 所述的热与质量传递设备,其特征在于,所述工作流体选自如下:氨-水和溴化锂-水混合物。

29. 如权利要求 17 所述的热与质量传递设备,其特征在于,所述系统是热泵,所述热泵构造成其运行选自如下:单一效果、双重效果、三重效果、和发生器-吸收器-热交换(GAX)循环。

30. 如权利要求 17 所述的热与质量传递设备,其特征在于,还包括一个或多个流体泵,用来在部件之间移动工作流体或偶联流体。

## 微型热传递系统或热与质量传递系统

[0001] 相关申请的交互参照

[0002] 本申请根据 35 U. S. C. § 119(e) 要求对 2008 年 7 月 31 日提交的美国临时专利申请 No. 61/085, 192 的优先权益, 该专利申请题为“热力致动的冷却系统”, 本文以参见方式引入其全部内容。

### 技术领域

[0003] 本发明总体涉及微型热传递系统或热与质量传递系统, 具体来说, 涉及单块的或一体的微型热传递系统或装置或热与质量传递系统或装置, 该系统或装置包括多个垫片或垫层, 各个垫片包括多个微型槽, 用来执行热和 / 或质量交换功能。

### 背景技术

[0004] 传统上, 蒸气压缩系统已经用于各种加热和冷却应用中, 诸如住宅和商业用的空调、冷却器和热泵。这些系统一般地包括四个基本部件 - 蒸发器、压缩机、冷凝器和膨胀装置。蒸发器和冷凝器包括多个热交换器, 它们蒸发和冷凝制冷剂, 同时吸收和排出热量。压缩机从蒸发器中接受制冷剂蒸气并充分地提升其压力, 以在冷凝器中冷凝蒸气。从冷凝器中流出之后, 较高压力下的冷凝的制冷剂流受到膨胀装置的控制, 返回到蒸发器内, 重复该循环以产生连续的加热或冷却效果。

[0005] 然而, 传统的蒸气压缩系统具有若干个缺点。例如, 大部分蒸气压缩系统依赖于对环境有不利影响的合成制冷剂。还有, 大部分蒸气压缩系统利用昂贵的高级电能作为动力。此外, 蒸气压缩系统常由于使用了压缩机而噪音大和不可靠, 且往往使用大体积的总体系统设计, 该设计阻碍了小规模或便携式的使用。

[0006] 一种吸收型热泵 (文中也被称之为“吸收型冷却和 / 或加热系统”) 可被看作对传统的蒸气压缩系统的环境友好的替代。原则上, 传统的蒸气压缩系统的压缩机被以下部件的组合所替代: 解吸器、吸收器、液体溶液泵, 以及回热溶液热交换器而形成吸收型热泵。由于没有了主要的运动零件, 即压缩机, 所以吸收型热泵的好处是少关心可靠性的问题。吸收型热泵内没有压缩机还意味着比蒸气 - 压缩系统安静得多的操作。此外, 与使用高级电能作为驱动该系统的输入的蒸气 - 压缩系统不同, 吸收型热泵通常以更加容易得到和低级的热能运行, 热能的获得可取自生物燃料和化石燃料的燃烧, 取自大大未使用的废热源 (例如, 汽车废气、过量的制造热量等), 取自太阳热能以及其它类似能源。在冷却模式的运行中, 该热能输入被用来提供冷却和 / 或去湿, 而在加热模式中, 热输入被用来将环境热量泵到更高的温度。

[0007] 因为在吸收型热泵中蒸气 - 压缩系统的压缩机被以下部件的组合所替代: 解吸器、吸收器、液体溶液泵, 以及回热溶液热交换器, 所以, 吸收型热泵的热与质量交换通常比蒸气 - 压缩系统更加强烈, 由此, 需要添加传热表面面积。由于该相对较大表面面积的要求, 吸收型热泵通常已经被归属到非常大的商业和工业冷却器的应用中, 并达到紧凑的设计, 同时, 提供高的性能系数 (COP) 已经成为主要的挑战。此外, 若干个诸如双重效果、三重

效果和用来改善 COP 而开发的发生器 - 吸收器热交换循环之类的先进的吸收循环,均依赖于附加的内部回热来提高性能,还着重于对高的单位体积的热与质量传递率的需要。事实上,这些循环还未广泛地得到实施,主要因为缺乏实际可行和紧凑的热与质量交换装置。

[0008] 因此,希望能获得紧凑的吸收型冷却和 / 或加热系统,其提供与较大系统的输出相当的输出。然而,在使用两个最普通的工作流体对(即,溴化锂 - 水和氨 - 水)的吸收系统中,诸如吸收和解吸之类的过程自然包括二元流体内的偶联的热与质量传递,导致系统设计中的复杂性和挑战。尤其是,在氨 - 水系统中,由于在全部系统内存在着液态和蒸气态的吸收剂(即,水)和制冷剂(即,氨),所以,如此的二元流体过程发生在系统内的所有部件中(包括冷凝器、蒸发器、精馏器和回热式热交换器)。对于其它不够普通的工作流体(例如,多组分流体),则需要多部件的热与质量传递过程。对于在可利用分散提供的废热、太阳热能或其它容量比工业规模小的能量的紧凑的高通量结构中实施吸收系统,则热与质量交换器的设计应该提供若干个难于同时达到的特征。例如,在其它类似系统特性中,该系统应包括对工作流体为低的热与质量传递阻力,对于工作流体和将这些工作流体偶联到体积紧凑的外部热源和散热器的流体所必须的传递表面面积,以及对于偶联流体为低的阻力。

[0009] 在对达到紧凑的高通量设计为不可缺少的一个或多个这些特征中,尚缺少大部分可供的吸收部件的概念。例如,目前在商业吸收型冷却器中使用的主要结构(即,蒸气吸收到落在承载冷却剂液体的管排上的溶液膜内),遭受到高的冷却剂侧的阻力,以及液体薄膜对传递表面的差的湿润。此外,某些现有设计提高了吸收 / 解吸过程,但不能降低另一侧(即,偶联流体侧)上的单相阻力,由此,需要大的系统部件,并导致高的工作流体和偶联流体的压降,这导致高的寄生功耗,并且还由于系统部件内的压降引起的饱和温度下降,导致驱动温差的损失。

[0010] 除了吸收型的冷却和 / 或加热系统之外,还希望提供用来执行其它功能的各种其它热传递系统或热与质量传递系统,例如,相关的冷却或加热功能、基本的传热、蒸馏以及本技术领域内技术人员将会想到的其它类似功能。

[0011] 因此,对于微型热传递系统或装置或热与质量传递系统或装置,存在着早就感到但一直未得到解决的需要,这样的系统或装置提供紧凑的模块化多用的设计,该设计在个别系统的部件和总体系统组件中可应用于高通量的热与质量传递,同时,克服目前使用结构的弱点。还需要有微型的单块吸收型热泵,其可从便携式集成系统中提供显著的加热和冷却输出。本发明的主要实施例和其变体代表着高度适用于各种设计条件的小型化技术,并且还适用于多种工业中涉及二元、三元和其它多组分流体热与质量传递的若干个系统。

## 发明内容

[0012] 简要地描述并根据一个实施例,本发明的诸方面总的涉及用于吸收型冷却和 / 或加热或执行其它热和 / 或质量传递功能的系统和装置。具体来说,根据一个方面,封闭在盖板之间的带有一体的微型槽和空间、流体入口和出口通道以及必要的蒸气 - 液体空间的阵列的平行、对齐的交替垫片,形成了热致动的吸收型热泵的热与质量传递系统部件。带有微型特征的平行垫片的组件引导流体流过所形成的吸收器、回热溶液热交换器、解吸器、精馏器(使用带有挥发吸收剂的工作流体的应用中)、冷凝器、回热制冷剂热交换器以及蒸发器,它们一起包括单一效果的吸收型热泵的热与质量传递系统部件。如本文中较详细地描

述的,在特殊或具体的实施例中,热与质量传递部件通过成对的交替垫片形成在微型、单块装置或组件内。在需要双重效果、三重效果、发生器-吸收器-热交换(GAX)循环,或其它先进的吸收循环的实施例中,布置到附加的、形成的热与质量传递系统部件内的附加微型特征被纳入到装置内,以实现要求的回热式热与质量传递。

[0013] 根据一个方面,吸收循环的工作流体在纳入到垫片一侧内的微型和其它通道内流动,而高的(热源)、中间的(排热)和低的(冷却流)温度偶联流体,在与初始侧上的相应工作流体流热接触的垫片一侧上流动。因此,多组的两个垫片(“垫片对”)具有稍许区别的微型特征的几何形,这些垫片组包括全部吸收型热泵或其它热传递系统或热与质量传递系统的建造块,它们为实现要求的全部冷却或加热负荷的需要,在数量上复制。纳入到各个垫片内的特征成组地进行布置,使各组代表着热泵中各个热传递系统部件或热与质量传递系统部件(例如,吸收器、解吸器等)的相应通道。相应形成的热与质量传递系统部件之间的流体连接通过以下方法实现:连接系统外部的流体管线;或特殊地设计垫片或盖板的不同零件之间的发送通道;或通过某些其它类似的连接机构。一般地说,工作流体大量地被包含在垫片组件内,因此,较之于提供同样容量的传统热泵,流体总量减小了好几倍。

[0014] 根据另外的方面,不管热传递装置或热与质量传递装置的物理布置如何,冷却的、排热的和热源流体流总能通过合适的入口和出口连接进入和离开热传递装置或热与质量传递装置,能使加热或冷却负载有多样性的配置。在一个方面,工作溶液泵设置在系统组件的外面,以泵送工作流体通过热与质量传递部件和横贯组件内各个垫片的阵列布置的微型槽。在热泵循环过程中,并根据另一方面,制冷剂流和制冷剂-吸收剂溶液从低压侧膨胀到高压侧(以及对于先进的吸收循环为必要的中间压力)通过垫片内一体定制的限制件或通过外部连接的阀门来实现。

[0015] 根据各种方面,垫片内的微型槽和其它微型槽包括方形、矩形、半圆形、半椭圆形、三角形或其它单独地连接的横截面,以按照需要能够让流体在单相或二相状态中流动,根据热与质量传递要求、运行压力、组装后装置的结构强度、尺寸公差及垫片和盖板粘结的制造限制,以及其它因素,来确定微型横截面形状和尺寸。一般地说,根据总的组装尺寸以及微型槽尺寸,通过诸如平版印刷术、蚀刻、加工、冲压之类的过程或其它合适工艺过程,在垫片内形成微型槽。通过诸如用于最普通采用的金属组件的扩散粘结和钎焊,且如果允许的话或为工作流体、运行条件和要求的负载所专用,则通过胶合塑料、陶瓷或其它非金属装置部件,来实现多个垫片对和盖板的连接和组装而形成微型的热传递系统或热与质量传递系统的实施例。通过改变微型槽尺寸、槽的数量、垫片长度和宽度以及垫片对数量,来实现热负荷中的模块化。

[0016] 根据另一方面,对于大规模实施如本文中所述的微型热传递组件或热与质量传递组件,多个组件通过外部管道串联地和/或并联地布置连接,以形成多个连接的热传递组件或热与质量传递组件。根据各个方面,对于较大的容量,将垫片细分为代表热传递系统或热与质量传递系统的各个热与质量传递系统部件的个别的组件,而不是单块的热传递组件或热与质量传递组件,以方便于连接的灵活性,在提供的负载中大大地增大不受约束性。

[0017] 结合以下附图,从下面对优选实施例和诸方面的详细书面描述中,本发明上述的和其它的方面、特征和益处将变得清晰明了,但也可对其实现各种改变和修改,而不脱离本发明新颖概念的精神和范围。

## 附图说明

[0018] 附图示出了本发明的一个或多个实施例和 / 或方面,附图连同书面描述一起用来解释本发明的原理。只要有可能,在全部的附图中相同的附图标记用来表示实施例中相同的或类似的元件,附图中:

[0019] 图 1 示出根据本发明各种方面进行构造和操作的单块的微型热传递装置或热与质量传递装置的实施例。

[0020] 图 2 示出如本文中所描述的热传递装置或热与质量传递装置的实施例,其中切去一部分以示出从装置中移去的盖板的截面,显示出通过垫片形成的热与质量传递系统部件的一部分。

[0021] 图 3 示出如本文中所描述的热传递装置或热与质量传递装置的示范的、完全组装的实施例。

[0022] 图 4A-4D 示出根据本系统实施例的示范微型热传递装置或热与质量传递装置的分解立体图。

[0023] 图 5 示出根据本发明热传递装置或热与质量传递装置实施例的内部热与质量传递系统部件以及部件之间流体流动的功能性示意图。

[0024] 图 6A 和 6B 是根据本系统实施例分别显示垫片 A 和垫片 B 的示范性图示的立体图。

[0025] 图 7A 和 7B 是根据本系统实施例分别显示垫片 A 和垫片 B 的示范性图示的前视图。

[0026] 图 8A 和 8B 是根据本装置实施例的垫片 A 和垫片 B 分别与回热溶液热交换器相连的那些部分的立体图。

[0027] 图 9A 和 9B 是根据本装置实施例的垫片 A 和垫片 B 分别与回热溶液热交换器相连的那些部分的放大立体图(即,该两图是图 8A 和 8B 的放大图)。

[0028] 图 10A 和 10B 示出根据本装置实施例的多个堆叠的垫片 A 和垫片 B 与回热溶液热交换器相连的那些部分的放大立体图。

[0029] 图 11A 和 11B 示出根据本装置实施例的垫片 A 和垫片 B 分别与解吸器和精馏器相连的那些部分的立体图。

[0030] 图 12A 和 12B 示出根据本装置实施例的垫片 A 和垫片 B 分别与冷凝器相连的那些部分的立体图。

[0031] 图 13A 和 13B 示出根据本装置实施例的垫片 A 和垫片 B 分别与回热制冷剂热交换器相连的那些部分的立体图。

[0032] 图 14A 和 14B 示出根据本装置实施例的垫片 A 和垫片 B 分别与蒸发器相连的那些部分的立体图。

[0033] 图 15A 和 15B 示出根据本装置实施例的垫片 A 和垫片 B 分别与吸收器相连的那些部分的立体图。

[0034] 图 16A 和 16B 是根据本装置实施例的垫片 A 和垫片 B 分别与吸收器相连的那些部分的放大立体图,具体显示垫片 A 和 B 内蒸气入口孔和通道的位置。

[0035] 图 17 示出本系统模块化的实施例,其包括与吸收的冷却和 / 或加热系统相连的离散的热与质量传递系统部件。

[0036] 图 18 示出与光化学蚀刻过程的一个实施例相关的诸步骤,用以制造如本文所述

的示范的微型槽。

[0037] 图 19 示出根据本系统一个实施例的热压真空炉的示意图,该真空炉用扩散法将各种垫片、盖板和其它系统的部件粘结在一起。

[0038] 图 20 示出根据本系统一个示范实施例的多个堆叠的垫片 A 和 B 的一部分的剖视图,显示诸垫片内微型槽的布置。

[0039] 图 21 示出根据本系统一个示范实施例的垫片 A 和 B 的放大剖视图,显示具体示范的垫片和微型槽尺寸的特写视图。

[0040] 图 22 示出根据本系统一个示范实施例的用于热与质量传递系统部件内的集管的放大平面图。

[0041] 图 23 示出根据本系统一个示范实施例的交替的垫片 A 和 B 的剖视图,该剖视图是从图 22 中的集管的截面 XX 截取的。

[0042] 图 24 示出用于测试本系统一个实施例的示范的流体连接和外部管道布置的前视图。

### 具体实施方式

[0043] 在详细描述本发明之前,提供如下的定义用以帮助理解主题和本系统和方法诸方面的术语,这些定义是示范的且不一定限制这些在权利要求书中表述的系统和方法的各个方面。术语大写与否都不被认为是限定的或限制该术语的含义。正如文件中所使用的,大写的术语应具有与非大写术语相同的含义,除非使用场景中具体地指出对于该大写术语要有更加限定的含义。然而,本文件其余部分内的术语大写或不大写,并不意图一定加以限制,除非文中清楚地指明要有如此的限制。

#### [0044] 定义 / 词汇表

[0045] 吸收剂:独自地或以多组分形式与氨或其它制冷剂组合的材料或流体,其包括工作流体或一部分工作流体,它们用以执行如本文所述的热传递系统或热与质量传递系统(例如,吸收型热泵)的热与质量的传递功能。实例包括但不限于:水(氨水混合物中)、溴化锂(溴化锂-水混合物中)以及其它类似材料。

[0046] 特性系数(COP):取自系统实施例中的要求输出(即,冷却或加热)对于输入能量之比。

[0047] 偶联流体:用来将加热和/或冷却传递到本系统实施例的流体。通常通过液体循环加热(或冷却)的偶联,将本系统实施例连接到一个或多个热源、散热器、环境空间、调节的空间等。实例包括但不限于:乙烯乙二醇-水溶液、丙烯乙二醇-水溶液、氯化钙-水溶液、高温传热流体(例如,合成油),以及其它类似流体。本文有时称作为冷却剂。

[0048] 盖板:在本系统实施例的外侧上的刚性外层,用来提供结构、支承,并在某些实施例中,提供通向包含在盖板之间诸垫片的流体传送槽。盖板通常包括孔或入口和出口开口,用以传送偶联流体和工作流体流入和流出本系统实施例。

[0049] 流体分配通道:槽或通道,其将流体从堆叠的垫片形成的空间(即,集管)运输到本系统实施例的热与质量传递系统部件或热交换部件内的微型槽。一般地与分配通道、流体通道、通道或通路同义。

[0050] 集管:热与质量传递系统部件内的元件,其提供开口或端口以接纳或排除流体。一

般地,由与个别垫片相连的多个堆叠的空间形成,当垫片组合时,诸垫片形成用于流体流动的通道。该类型通常包括入口集管和出口集管。

[0051] 热传递系统或热与质量传递系统:用于传递热或热与质量的系统,该系统包括如本文中所述的性能、特征、尺寸、部件等。正如将会理解和认识到的,一般地描述了由本文所述的一个或多个热与质量传递系统部件形成的热传递系统或热与质量传递系统。一般地与热传递装置或热与质量传递装置、热传递组件或热与质量传递组件,或热和 / 或质量传递系统同义。

[0052] 热与质量传递系统部件:用于描述能够执行热和 / 或质量传递的任何部件的通用术语,通常地(但不总是)在较大的热传递系统或热与质量传递系统内。实例包括但不限于:吸收器、回热溶液热交换器、解吸器、精馏器、冷凝器、回热制冷剂热交换器、蒸发器,或其它类似部件。通常地(但不总是)包括或含有至少一个热交换部件。一般地与热与质量传递部件同义。有时与热交换器同义。

[0053] 热交换部件:用来描述能够执行传热的任何部件的通用术语。可包括热与质量传递系统部件,或其子部件。一般地与热交换器同义。

[0054] 微型槽:形成在如本文所述的用来传送单相或多相状态流体而完成热和 / 或质量传递功能的垫片内的微型尺寸的槽或通道。一般地其特征在于,圆形(或非圆形)的横截面,其具有小于 1mm 的水力学直径(但是正如将会理解的,大于 1mm 的槽可呈现类似于稍大水力学直径的微型槽的流体流动和热与质量传递的现象,视所给定流体特性和运行条件而定)。一般地与微型槽或微型槽同义。

[0055] 微型:比类似功能和 / 或输出的其它系统或部件小的尺寸。一般地如在本行业内所理解的小型。

[0056] 单块:构成一个无差异的整体或单元。一般地与一体同义。

[0057] 多组分流体:包括一个以上离散物质(即,多于一个种类)的流体。实例包括但不限于:氨-水混合物以及溴化锂-水混合物。一般地与多成分流体、多部分流体、二元流体、三元流体、四元流体、流体对等同义。

[0058] 制冷剂:独自地或以多组分形式与水或其它吸收剂组合的材料或流体,其包括工作流体或一部分工作流体,它们用以执行如本文所述的热传递系统或热与质量传递系统(例如,吸收型热泵)的热与质量的传递功能。实例包括但不限于:氨(氨-水混合物中)、水(溴化锂-水混合物中)以及其它类似材料。一般地与本文中所用氨同义。

[0059] 垫片:刚性薄层,形成与如本文中所述的一个或多个热传递部件或热与质量传递部件相关的特征。一般地包括多个微型槽、流体分配通道,以及用来横贯垫片传递工作流体和 / 或偶联流体的空间。一般地与层或薄片同义。

[0060] 垫片组:多个垫片对的组合,它们粘结或其它方式组合在一起而形成一个或多个热传递系统部件或热与质量传递系统部件。

[0061] 垫片对:两个离散类型垫片的组合(例如,本文中所述的 A 和 B),它们粘结或其它方式组合在一起以便能够在各个垫片内的微型槽、空间和其它通道内流动的流体之间进行热和 / 或质量传递。

[0062] 空间:由多个堆叠的垫片形成的孔或空间,其能够让流体流入或流出热传递系统部件或热与质量传递系统部件。一般地涉及集管内或由集管形成的空间。一般地与堆叠空

间或蒸气 - 液体空间同义。

[0063] 工作流体 : 在本系统实施例内进行传递以实现热和 / 或质量传递功能的流体。在吸收循环过程或其它类似热循环中的各种阶段内, 可以是液态、蒸气态或液体 - 蒸气混合物。实例包括但不限于 : 氨 - 水混合物和溴化锂 - 水混合物。一般地包括多组分的流体, 但根据需要也可包括单组分流体。

#### [0064] 综述

[0065] 为了促进对本发明原理的理解, 现将参照附图中所示的实施例, 并将使用特殊语言来描述它们。然而, 应该理解到, 由此并无意图限制本发明的范围 ; 可以构思出通常为本发明相关技术领域内的技术人员所想到的对所述或所示实施例的任何替代和进一步的修改 ; 以及如本文中说明的本发明原理的任何进一步的应用。所有范围的限制都应根据和按照权利要求书中所表述的加以确定。

[0066] 本发明诸方面总的涉及热传递系统或装置或热与质量传递系统或装置。特别地, 本装置的一个实施例包括多个组装或压紧在两块外板之间的垫片, 当垫片组合时, 它们形成离散但集成的热与质量传递系统部件, 这些部件组成了微型的、单块的吸收型冷却和 / 或加热系统, 或吸收型热泵, 或其它热传递系统或热与质量传递系统。垫片通常包括多个微型槽、空间和其它传热特征, 它们用来在全部的装置内传递所形成的热与质量传递系统部件之间的工作流体和偶联流体, 并按照国家需要流入和流出装置, 流入和流出加热源和冷却源以及散热器。根据一个实施例, 采用两个截然不同类型的垫片 (即, 下文中详细描述垫片 A 和 B), 两种垫片组合起来 (例如, 粘结在一起) 成为多个垫片对, 其中, 各垫片对中的两个截然不同的垫片包括彼此稍许不同的微型槽和流体通道布置, 以便能够进行各个垫片对中微型槽内流动的流体之间的热接触。

[0067] 根据一个方面, 各个垫片包括所有必要的热与质量传递系统部件的几何特性, 这些部件包括吸收型冷却和 / 或加热系统, 即, 吸收器、回热溶液热交换器、解吸器、精馏器、冷凝器、回热制冷剂热交换器以及蒸发器。正如大家将会明白的, 这些热与质量传递系统部件执行其为本技术领域内技术人员所理解的传统功能。因此, 在一个实施例中, 当多个垫片对组合时, 就形成了微型吸收型加热和 / 或冷却系统。此外, 当成对的垫片堆叠和组合在一起时, 各个热与质量传递部件的微型槽数量 (和由此总的热交换表面积) 增加, 由此, 增加了各个部件和总系统的热交换容量。这样, 本装置的实施例包括单块的微型热传递系统或热与质量传递系统, 它们可根据要求按比例缩放以满足个别应用的需要。

[0068] 如本文中详细地描述, 本发明实施例得出了用于吸收型热泵和其它热传递装置或热与质量传递装置的紧凑的总体几何特性, 与传统的同样冷却和 / 或加热负荷的系统相比, 系统体积减小好几倍。如前所述, 较之于蒸气 - 压缩系统, 传统的吸收型热泵需要附加的热与质量传递部件, 由此导致总的系统体积变大。因此, 在小几何形情况下实施热驱动的微型吸收型热泵在过去是不可能的。然而, 本发明实施例开发出流体流动和微型的热与质量传递现象的固有的和新颖的优点, 能够在相对小的系统机组内实现高的冷却和加热容量的系统。因此, 本系统实施例能够取得如下的优点 : a) 在小水力学直径的微型槽内高的热与质量传递系数, b) 在小水力学直径内的大的表面 - 体积比, c) 多个平行垫片组件中多个微型槽内的平行流动的灵活性, 以在低压降情况下达到高的热和 / 或质量传递率, 以及 d) 修改微型槽尺寸、各个热与质量传递部件内使用的微型槽数量、系统内使用的垫片数量以及总

体系统包络宽度和长度的能力,以精确地定制系统尺寸符合于要求的负载。此外,如下文中较详细地描述的,液体循环加热(或冷却)的偶联和不存在热与质量传递系统部件之间长的互连管线(由于系统实施例的相对小的尺寸),这最大程度地减小了工作流体总量、总的系统尺寸和质量、流体压降、寄生功率要求以及对环境不理想的热损失和增益。

[0069] 一般地说,本系统实施例使用热能作为输入的能源,诸如废热、太阳能、主要取自燃料燃烧的能量等。利用宽范围的能源温度来提供冷却和/或加热,以及使用本系统来供应宽范围的加热和冷却负载。因此,本系统实施例固有地允许模块化设计范围从几瓦至兆瓦的加热或冷却容量。一般地说,利用微型流体流和热与质量传递原理,能够实现紧凑的系统组件,其在相当的系统体积下提供比传统的或现有的系统显著高的冷却和加热容量。本系统实施例相对需要使用最少的电能来泵送工作流体。较佳地,多组分流体混合物可用作工作流体,使得系统不需使用合成流体,去除了臭氧和全球警示的可能,因此,该系统对环境具有最小的不利影响。

[0070] 正如大家将会认识到的,本系统实施例可用于各种商业应用中。一般地,在绝大多数应用中,尤其是,需要小规模的应用时,本系统实施例可实施为替代传统的蒸气-压缩系统或吸收型热泵。然而,正如大家将会理解的,本装置的实施例可用于各种应用中,包括但不限于:废热回收和更新应用;热驱动的冷却器及加热和空调系统;利用废能产生热或电的系统;热交换器;集成的冷却、加热和动力系统;车辆、船舶、军舰和不动的空调系统;食品、药物、疫苗和其它容易腐烂物品的加工和冷藏运输;使用热能输入来回收环境潮气用作携带的水;微型反应器和燃烧器;以及本技术领域内技术人员将会想到的各种其它应用。

[0071] 为了举例和解释所揭示系统和装置的基本功能和部件,可参照图1,该图示出了单块微型的热传递装置或热与质量传递装置10的一个实施例,该装置10根据本发明各个方面进行构造和操作。图1所示(以及在全部本发明中提到)的特殊(或具体)实施例包括单块的微型吸收型冷却和/或加热系统(即,吸收型热泵),其包括如本文中所述的各种热与质量传递系统部件。然而,正如大家所理解和认识到的,图1所示的示范的微型热传递系统或热与质量传递系统10,仅代表了本系统的一种方法或实施例,如本文所描述的和在本技术领域内技术人员所理解的,可使用和构思其它的方面。

[0072] 如图所示,热传递系统或热与质量传递装置10包括两个盖板110、111、夹在盖板之间的垫片组108(通常包括多个将在下文中详细描述垫片102、104),以及多个偶联流体管线120,用来将偶联流体传入和传出装置10。如图所示,盖板包括两种盖板类型,即,前盖板110和后盖板111,根据特定的实施例,两种盖板包括各种用来将流体输入和输出装置10的孔122。正如将会理解到的,根据特定系统的实施例,孔122的布置和盖板110、111的总体结构可以或也可不在各个盖板110、111之间改变。

[0073] 如本文中所描述的,垫片组108通常包括多个垫片102、104。简要地参照图10A,该图显示了根据本装置一个实施例的示范的热与质量传递系统部件内与垫片组108相连的多个堆叠的垫片102、104。下面将详细讨论图10A的细节;然而,这里讨论该图是为了说明根据本装置10一个实施例的垫片组108内堆叠起来的布置结构。垫片102、104包括多个微型槽、空间和其它热传递特征(下文中详细描述),以在垫片之间以及在热与质量传递部件之间实现流体的传输(并因此在全组件10内实现热与质量的传输)。

[0074] 根据一个实施例,垫片包括两种垫片类型(即,垫片A 102和垫片B 104,将在下文

中详细描述),这样,垫片可在热传递装置 10 内以交替的方式堆叠和对齐而形成多个垫片对(各对包括各种垫片类型 A 和 B 中的一个)。在图 10A 所示的实施例中,垫片以两种所述垫片类型的交替方式进行布置,即 102a、104a、102b、104b、102c、104c、... 102n、104n,其中“n”代表用于执行要求的热和 / 或质量传递功能的垫片组内的垫片对的总数。如本文中详细地描述的,两种全异的垫片类型包括不同的微型槽布置,以便能实现交替的流体流动和全部装置 10 内的热与质量传递功能。

[0075] 参照图 1,切开区域 112 示出了从装置 10 移去的盖板 110、111 的截面,以显示通过垫片组 108(以及垫片 102、104)形成的热与质量传递系统部件的一部分。如切去区域 112 中所示,全部地示出了示范热泵的热与质量传递系统部件中的一个部件(具体地是冷凝器),其由多个组合垫片所形成。下面将详细地描述各个热与质量传递系统部件的设计和诸方面,以及其对于示范的整体的吸收型冷却和 / 或加热组件的操作。

[0076] 根据各种实施例,垫片 102、104 由钢或其它热传导金属、陶瓷、塑料(低温应用中)以及本技术领域内技术人员将会想到的其它类似材料制成。盖板 110、111 由类似于或相异于垫片材料的那些材料制成,只要生成的盖板具有足够的强度和刚度特性,能在操作过程中将组件 10 固定在一起即可。垫片 102、104 内的微型槽(下文讨论)一般地通过光化学的蚀刻工艺或其它的蚀刻工艺、平版印刷术、垫片制造过程中的冲压或加工,或其它类似微刻技术来形成。一旦制造好,垫片 102、104 和盖板 110、111 通过扩散粘结、钎焊,或胶合(低温应用中)等方法粘结在一起,或通过螺栓或夹紧组件进行组合,或通过类似的粘结或组装技术另行组装起来,以形成单块的微型热与质量传递系统 10。

[0077] 如图 1 所示,热或热与质量传递系统 10(图 1 中显示为吸收型热泵)通过传统的流过偶联流体管线 120 的偶联流体从热源 130 中接受输入热。偶联流体管线通过盖板 110、111 内孔 122 附连到装置 10,以将偶联流体运输到热或热与质量传递装置内或从其中输出。根据各种实施例,孔 122 还可用来通过外部工作流体管线(未示出)将工作流体从一个内部的热与质量传递部件运输到另一个部件。然而,正如将会理解到的,工作流体也可通过纳入到盖板 110、111 内的连接或通过垫片 102、104 本身在组件 10 内的热与质量传递部件之间进行传递。正如将会理解到的,在所有实施例中,外部的加热和冷却不必通过液体循环加热(或冷却)偶联来提供,其可通过热气体流来提供,例如,烟道气体流、冷凝流或其它高温冷凝流体,或外部加热的固体传导的加热器,或根据特殊实施例的某些其它类似技术。此外,尽管图 1 所示装置 10 的实施例从热源 130 接受热量并去除加热输出 140 和 / 或冷却输出 150,本系统的实施例可设计成执行如本技术领域内技术人员将会想到的各种加热和 / 或冷却功能。

[0078] 如图 1 中所列,热源 130 的实例包括燃料燃烧、汽车废气、发动机冷却剂、船舶发动机热、军舰燃气轮机热、柴油机热,或来自化学过程、金属加工、食品加工产生的热,以及各种其它制造过程的热。如上所述,热源从热能中导出。加热输出 140 的实例(即,系统排出热的应用或使用)包括空间加热(例如,屋子或办公室加热)、水加热和干燥。冷却输出 150 的实例(即,系统排出冷气的应用或使用)包括建筑物或汽车空调、去湿、水的冷却、制冷、电子器件冷却、衣着冷却应用(例如,消防员制服内的冷却系统)、药物储藏,以及食品防腐。正如大家所理解和认识的,提出可能的加热源和加热及冷却输出(应用)的列表仅是为了示范的目的,无意限制本发明的范围或所述实施例。

[0079] 图 2 示出如文中所述的热或热与质量传递系统 10 的实施例,其带有切去的区域 202,以显示出从装置 10 移去的盖板 110、111 的截面,从而显示通过垫片组 108 内垫片 102、104 形成的热与质量传递系统部件的一部分。垫片组 108 的部分也显示为被移去,以进一步示出本系统示范实施例的内部工作方式和几何形。如图所示,图 2 中实施例不包括偶联流体管线 120,以便更容易看清所示的系统实施例。

[0080] 如图 2 所示,示范装置 10 通常包括矩形的棱柱形并具有尺寸  $L \times H \times W$  (即,长度  $\times$  高度  $\times$  宽度)。然而,正如将会理解的,根据所需的其它实施例,也可使用其它的系统形状。如前所述,本系统实施例通常包括尺寸远比传统热与质量传递系统 (例如,传统的吸收型热泵和其它相关的系统) 小得多的微型系统。然而,正如将会理解的,本装置 10 的实施例可缩放而实质上可配合任何的应用。例如,一个特殊 (实施例中的特殊也理解为具体,下同) 的示范实施例 (下文中详细描述) 包括分别为  $200 \times 200 \times 34 \text{mm}^3$  的尺寸  $L \times H \times W$ 。然而,根据特殊应用所需的冷却和加热负荷,还可使用甚至更小的实施例 (例如,  $120 \times 120 \times 25 \text{mm}^3$  和更小)。此外,个别的垫片厚度 (即,宽度) 也可变化,但与文中所述示范实施例相关的是示范厚度 0.5mm。

[0081] 或者,在尺寸是相对不很重要因素而却需要更大加热和冷却负载和容量的应用中,本系统实施例可缩放到较大比例的装置,其仅受到可供的储存空间和制造约束的限制。此外,根据各种实施例,个别的热与质量传递系统部件从总的组件 10 中移去 (即,垫片形成单一的热与质量传递部件而不是多个部件),以在总的系统设计中实现模块化 (下面结合图 17 详细描述)。

[0082] 图 3 示出如本文所述的热或热与质量传递系统 10 全部组装好的实施例。图 3 所示装置代表着一种系统,其中,垫片组 108 内所有包含的垫片 102、104 和盖板 110、111 已经粘结在一起 (例如,通过扩散粘结、钎焊等) 或其它方式组合在一起。如图所示,所有用于所示特殊实施例的可供选择的孔 122 已经从盖板 110、111 中移去,这样,只有将热和冷却传递入和传递出装置的偶联流体通过偶联流体管线 120 进入或流出装置。图 3 所示装置 10 代表着本系统的实施例,如前所述,该实施例在内部传递所有的工作流体 (即,通过盖板 110、111 内的连接槽或垫片 102、104 本身)。因此,在所示实施例中,在内部热与质量传递系统部件之间将外部工作流体管线连接到传递工作流体的孔不是必要的。

[0083] 图 3 中的偶联流体管线 120 示出了流入和流出装置 10 的示范的偶联流体流。偶联流体管线 120 将偶联流体传入和传出热源 130 以向装置 10 供应热量,并传入和传出排出 (输出) 的热 140,以将热量排到外部的应用中,并传入和传出冷却的输出 150 内以将冷却传递到空调的空间内。然而,如前面所述,在某些实施例中,热输入不是通过偶联流体管线和偶联流体而是通过热气体流、传导加热器或其它类似技术来提供的。

[0084] 图 4A-4D 示出根据本系统实施例的示范的微型热或热与质量传递系统 10 的分解立体图。图 4A 示出该装置 10 实施例的立体图,其盖板 110 已从装置其余部分 (即,从垫片组 108 内多个垫片 102、104 和装置另一侧上的盖板 111 的组合) 中移走。如图所示,多个垫片对 (各个垫片对包括粘结到垫片 B 的垫片 A,各个垫片细节将在下面详细描述) 组合起来形成一垫片组 108。装置内所包含垫片对数量根据使用该装置的特殊应用而改变 (例如,所需的加热和冷却负载、尺寸和重量限制等)。

[0085] 正如将会理解的,由于多个垫片 (及垫片对) 组合在垫片组 108 内,所以,微型槽

相应数量增加,生成的与装置 10 内各个热与质量传递系统部件中微型槽相关的热接触表面面积也增加(下文中详细描述)。因此,对于需要较大冷却或加热输出的应用,则需要较大数量的(和/或较大)的垫片对。例如,在其最基本的应用中,单一的包括一个垫片 A 102 和一个垫片 B 104 的垫片对就可足够形成执行给定应用中必要的热与质量传递功能的垫片组 108。在其它实施例中,可采用数十个、数百个或更多个垫片对。正如将会理解的,所使用垫片数量和总的垫片和装置尺寸取决于各个特殊系统实施例的特殊使用和应用。

[0086] 仍参照图 4A,示范的垫片组 108 形成了吸收型冷却和/或加热系统的热与质量传递系统部件。如图所示,各个热与质量传递系统部件由多个堆叠的或组合的垫片对形成,它们形成垫片组 108 内各个部件的特征和几何形。这些热与质量传递部件和各个部件内和各个部件之间的流体传递的细节将在下文中详细描述。

[0087] 图 4B 示出该装置 10 实施例的分解立体图,其盖板 110、111 已与垫片组 108 分离。在所示实施例中,对于两个盖板 110、111 中的各个盖板,孔 122 的布置不同。该种孔布置的不同归结于装置 10 各侧上各种偶联流体管线和工作流体管线的连接点的差异。如前所述,本装置的各种实施例包括孔 122 数量和位置的变化,其根据工作流体在内部热与质量传递部件之间传递的方式而变,(例如,通过连接或盖板内槽,或通过外部的工作流体管线等),并还根据如何使用偶联和是否使用偶联来向装置提供加热和冷却和从装置接受加热和冷却等而变。

[0088] 图 4C 示出该装置 10 实施例的分解立体图,其盖板 110、111 已与垫片组 108' 分离,且单一垫片 A102 已与垫片组 108' 分离。垫片组 108' 类似于前面图 4A 和 4B 中所示的垫片组 108,例外之处在于,多个垫片 A' 中的一个已与垫片组分离。图 4D 示出该装置 10 实施例的分解立体图,其盖板 110、111 已与垫片组 108'' 分离,且单一垫片 A102 和单一垫片 B104 已与垫片组 108'' 分离。垫片组 108'' 类似于前面图 4C 中所示的垫片组 108', 例外之处在于,多个垫片 B' 中的一个已与垫片组分离。如前面所述,垫片 A 和 B 一起形成一垫片对。因此,垫片组 108'' 包括多个垫片对,但比垫片组 108 少一个垫片对(示于图 4A 和 4B 中)。还如前面所述,当装置 10 完全组装好时,垫片 102、104 和盖板 110、111 粘结或以其它方法组合在一起而形成吸收型冷却和/或加热系统的必要的热与质量传递部件,或某些其它类似的热和/或质量传递装置。

[0089] 图 5 示出根据本发明热或热与质量传递系统 10 的一个实施例的内部热与质量传递系统部件和部件之间流体流动的功能性示意图 500。示范装置 10 内热与质量传递部件的基本功能和过程显示和描述在图 5 内,而如垫片 102、104 所形成的那些部件的示范结构和几何形则详细地显示和描述在下面其后的附图中。在所示的示范实施例中,系统布置成按冷却模式中的单一效果、氨-水(即,工作流体)吸收型热泵进行操作。然而,正如将会理解的,也可根据各种实施例使用其它的结构布置,诸如双重效果、三重效果和其它多重效果的系统,它们使用各种类型的工作流体和多组分的流体(例如,溴化锂-水),如下文中详细的描述。此外,对图 5 所示系统稍作修改就能进行加热模式的操作(也在下文中详细描述)。

[0090] 参照图 5 中所示的示意图 500,使用流体偶联将热源 130、排热 140 的周围和调节的空间 150 连接到承载工作流体对(例如,氨-水)的装置 10 内的内部热与质量传递部件。如图所示,在系统高压侧流出溶液泵 502 的浓缩氨-水溶液(即,工作流体)被流体管

线 504 输送到回热溶液热交换器 800。一旦在回热溶液热交换器 800 内进行回热式加热,氨-水溶液通过流体管线 506 进一步前进到解吸器部件 1100,那里,氨-水蒸气混合物从氨-水溶液中析出。氨-水溶液(即,稀释溶液)通过流体管线 508 流出解吸器,并流入前述的回热溶液热交换器 800。稀释的溶液在回热溶液热交换器 800 内冷却,其后通过流体管线 510 流出,该管线 510 将流体输送到溶液膨胀阀 512。

[0091] 一旦在膨胀阀 512 内膨胀到系统的低压侧,通过管线 514 流出的稀释溶液进入吸收器部件 1500,那里,溶液吸收从回热制冷剂热交换器 1300 通过管线 516 到达的制冷剂(即,氨)蒸气(下文中详细描述)。如图所示,虚线(例如,线 516)代表工作流体的蒸气态,而实线(例如,线 510)代表液态。如文中所提及的以及为本行业内所理解的,当描述氨-水工作流体时,“氨”一般地与“制冷剂”同义,而“水”一般地与“吸收剂”同义(但正如所理解的,制冷剂可不包括纯氨,因为可存在某些相对最少的或微量的水,反之亦然)。或者,当描述溴化锂-水工作流体时,“溴化锂”一般地与“吸收剂”同义,而“水”一般地与“制冷剂”同义。这些术语在本行业内被理解为适用于任何的制冷剂-吸收剂工作流体对。

[0092] 仍参照图 5,由吸收器 1500 内稀释溶液排出的吸收热,通过中间温度偶联流体管线 518 移走,管线 518 将热量最终排入环境(例如,加热输出 140)。一旦制冷剂蒸气被吸收入吸收器 1500 内的稀释溶液内,则生成的浓缩氨-水溶液通过流体管线 520 离开吸收器流入上述的溶液泵 502,那里,溶液再被泵送到回热溶液热交换器 800(前面已描述过)。

[0093] 回到对解吸器 1100 的讨论,解吸的热量通过高温热传递流体管线 522 被传送到解吸器,管线 522 又连接到驱动该系统的热源 130(即,与热源偶联的流体)。离开解吸器部件 1100 的氨-水的蒸气(前面已描述)进入精馏器部件 1150,其中,使用冷却流体管线 524 将氨-水的蒸气精馏到较高浓度的氨。如图所示,精馏器 1150 和解吸器 1100 组合成单一的部件;然而,正如将会理解的,这些部件可以按照需要根据各种实施例进行分离。根据特殊的实施例,冷却流体管线 524 中使用的冷却流体是中间温度的液体加热或冷却的流体,或是流出溶液泵 502 的浓缩溶液,或是根据特殊系统设计和操作条件的某些其它流体。

[0094] 来自精馏器 1150 的回流氨-水的溶液返回到解吸器 1100,那里,通过流体管线 508 排出溶液(前面已经描述)。流出精馏器 1150 的高浓度氨(即制冷剂)蒸气通过流体管线 526 输送到冷凝器部件 1200。在冷凝器 1200 内,浓缩氨蒸气通过中间温度的液体循环加热或冷却的流体管线 528 被冷凝并过冷却为液体制冷剂(即,氨),流体管线 528 最终将冷凝热排放到环境(例如,热排放 140)。通过流体管线 530 离开冷凝器 1200 的液体制冷剂进入上述回热制冷剂热交换器 1300,那里,液态制冷剂进一步被流出蒸发器部件 1400 的蒸气态制冷剂冷却(下文中描述)。冷却的液态制冷剂通过流体管线 532 流出回热制冷剂热交换器 1300,流体管线 532 将其输送到制冷剂膨胀阀 534。一旦膨胀到系统低压侧,生成的二相制冷剂混合物通过流体管线 536 被输送到蒸发器部件 1400。

[0095] 在蒸发器部件 1400 内,二相制冷剂混合物的蒸发实现了通过管线 538 进入的低温偶联流体的冷却。流体管线 538 最终(通过液体循环加热或冷却的偶联)连接到调节的空间,那里,实现所要求的冷却(例如,空间调节 150)。蒸发的制冷剂通过管线 540 流出蒸发器 1400,并流入前面讨论的回热制冷剂热交换器 1300,那里,蒸发的制冷剂用作为流出冷凝器 1200 并通过管线 530 进入回热制冷剂热交换器 1300 的液态(高压)制冷剂的冷却剂。加热的制冷剂蒸气通过管线 516 流出回热制冷剂热交换器 1300 并流入吸收器部件 1500(前

面已经描述)而完成循环。

[0096] 如前所述,对图 5 所示系统稍作修改就能够进入加热模式的操作(如图所示,与冷却模式相对)。例如,将蒸发器 1400 的低温流体管线 538 连接到与调节的空间相对的室外环境,并将冷凝器 1200 和吸收器 1500 的中间温度流体管线 528、518 连接到与室外环境相对的调节的空间以便排出热量,这样做能够实现加热模式的操作而不改变装置 10 的组件或部件。正如将会理解和认识到的,热与质量传递系统部件和外部加热和冷却源之间的各种连接布置能够实现本系统实施例的各种操作模式。

[0097] 还如前面所述的,图 5 示出了根据本发明一个实施例的单一效果的系统。然而,根据各种其它实施例,可使用其它系统的结构(与单一效果结构相对),诸如双重效果、三重效果和使用氨-水和其它各种类型工作流体及多组分流体(例如,溴化锂-水)的其它多效果的系统。以类似于图 5 所示的方式构造的另外回热部件将会实现多效果和其它先进的热泵热动力学的循环操作。因此,例如,对具有高温热源的应用来说,通过包括有第二效果的解吸器可实现双重效果的操作,通过在流过精馏器 1150 和冷凝器 1200 之前从流出本实施例所示的解吸器 1100 的蒸气中回热地回收热量,所述第二效果的解吸器产生了附加的制冷剂。附加的实例包括溶液冷却和液体循环冷却的吸收器的组合,代替图 5 中单一效果实施例所示的仅有液体循环冷却的吸收器。包括其它类似回热热交换部件的其它的实施例,可得出发生器-吸收器热交换(GAX)型热泵结构。正如将会理解的,在使用相对高热源输入温度的实施例中,通过包括有附加的回热热交换部件或热与质量传递部件可实现更大的加热或冷却效果(与使用同样输入温度的单一效果系统相比)。

[0098] 图 6A 和 6B 是根据本系统一个实施例分别示出垫片 A 102 和垫片 B 104 的示范示例的立体图。垫片 102、104 示出热与质量传递系统部件的布置结构,以为文中所述示范的吸收型热泵实现特殊的热与质量传递功能。如前面所述,根据一个实施例,垫片 A 和 B 组合而形成垫片对,其中,多个垫片对还组合而形成垫片组 108。用来包括垫片组 108 的垫片对的数量通常依赖于各个特殊应用所需的冷却或加热负荷。此外,如下文中详细描述,垫片 A 102 和 B 104 的某些特征(例如,微型槽、微型槽和其它流体连接管线的数量和布置)是类似的或相同的,但其它的则不同。该差异通常对应于以下的想法:一种类型垫片(例如,垫片 A)在装置 10 的全部实施例中传输工作流体,而另一种类型垫片(例如,垫片 B)在全部装置中传输偶联流体(但对本系统的各个实施例或特殊实施例内的各个热与质量传递部件,并不一定是如此的情形)。特殊的流体流过示范垫片 A 和 B 将在下面详细地描述。

[0099] 仍参照图 6A 和 6B,图中示出了前面结合图 5 所示和讨论的示范的热与质量传递系统部件(或具体来说,图中示出了由垫片 A 和 B 形成的热交换部件的个别层),就如它们在示范垫片 102、104 中所布置的那样。如图所示,组成示范吸收型的冷却和/或加热系统的各个离散的热与质量传递系统部件由各个垫片 102、104 形成并成为垫片 102、104 的一部分。具体来说,回热溶液热交换器 800、解吸器 1100、精馏器 1150、冷凝器 1200、回热制冷剂热交换器 1300、蒸发器 1400 以及吸收器 1500 的个别层,它们用来执行前面图 5(和文中任何地方)中所述的个别的功能,在图 6A 和 6B 中,它们分别显示在各个垫片 A 102 和 B 104 中。

[0100] 如前面所述,对于某些热与质量传递部件,垫片 A 102 相对于垫片 B 104 的特征(例如,微型槽结构等)在各个个别的热与质量传递部件内改变。根据一个实施例,这些差

异能够实现要求的流体流动以及工作流体和偶联流体之间的热传递功能以在其中交换热量（例如，一种类型垫片承载工作流体，而另一种类型垫片承载偶联流体）。这些差异详细显示和描述在下文中和其后的附图中。具体来说，包括内部垫片差异来实现必要的热传递功能的热与质量传递部件是：回热溶液热交换器 800a、800b；冷凝器 1200a、1200b；回热制冷剂热交换器 1300a、1300b；蒸发器 1400a、1400b，以及吸收器 1500a、1500b。

[0101] 或者，解吸器 1100 和精馏器 1150 的各个垫片 A 和 B 内的特征彼此相同（例如，微型槽和其它微型槽的布置相类似）。根据这些热交换部件的功能、内部垫片特征的布置以及垫片内流体的流动，则对于这些垫片类型，垫片特征的全异布置不是必要的（在一个实施例中）。因此，对垫片的解吸器 1100a、1100b 和精馏器 1150a、1150b 部分示出的示范实施例，垫片 A 102 和 B 104 是相同的。

[0102] 此外，各个垫片 A 102 和 B 104 内对齐的凹口 602 和 604，提供了垫片内的孔，以便于按照需要将多个垫片对和盖板 110、111 精确地对齐、组装和连接在各个热传递装置内。如图所示，示范的凹口 602 和 604 彼此具有变化的横截面（即，凹口 602 是圆形的，而凹口 604 是方形的），以能容易地在总的组件内连接和对齐各个垫片（例如，在系统组装过程中，使得垫片不会意外地反过来）。正如将会理解的，根据特殊的实施例，凹口 602、604 实际上形成任何横截面的形状，或在某些实施例中，凹口完全是不必要的，因此可不予包括在内。

[0103] 图 7A 和 7B 是根据本系统一个实施例分别示出垫片 A 102 和垫片 B 104 示范图示的前视图。图 7A 和 7B 主要示出前面结合图 6A 和 6B 所示和所述的多个垫片 A 和 B 所形成的热与质量传递系统部件各层的前视图。因此，示出了示范微型的吸收型热泵中各个热与质量传递系统部件；具体地说，即是回热溶液热交换器 800a、800b；解吸器 1100a、1100b；精馏器 1150a、1150b、冷凝器 1200a、1200b；回热制冷剂热交换器 1300a、1300b；蒸发器 1400a、1400b，以及吸收器 1500a、1500b。

[0104] 还在图 7A 和 7B 中示出的是微型槽 702，它们能使流体流动和在系统内的个别热与质量传递部件内形成热传递。正如将会理解和认识的，这些微型槽 702 包括变化的尺寸，并根据本装置的各种实施例这些微型槽包括在变化的数量中。根据文中所述的一个示范实施例，这些微型槽具有如下的尺寸，包括约为垫片厚度一半（例如，0.25mm）的槽蚀刻深度、近似为 0.5mm 的槽宽度，以及近似为  $306\text{ }\mu\text{m}$  的公称槽的液体流动的直径。然而，提供这些微型槽的尺寸还是仅为了说明的目的，并绝无意图限制本发明的范围。下面结合与示范系统实施例相关的图 20 和 21，详细地显示和描述代表性的尺寸和微型槽的横截面。

[0105] 正如词汇表中所指出的，例如，即使示范实施例使用包括  $306\text{ }\mu\text{m}$  的流体流动直径的微型槽，微型槽流体的流动和热与质量传递现象也可在流体直径为  $1\text{ }\mu\text{m}$  至 1mm（和更大）范围内的槽内实现。事实上，微型槽在稍大的流体直径上甚至高达约 3mm，可显示出专用于微型槽的流体流动和热传递现象，根据流体特性和操作状态、相应的蒸气气泡形成现象和临界气泡直径，以及表面张力、重力和不同流体和流体混合物的不同压力和温度下这些槽内惯性力而定。

[0106] 此外，根据一个实施例，微型槽尺寸在系统内的全部各个热与质量传递系统部件内为相同的（例如，流体直径为  $306\text{ }\mu\text{m}$ ）。在其它实施例中，微型槽尺寸依据部件而变（例如，吸收器 1500 内的微型槽可包括不同于冷凝器 1200 内的尺寸）。此外，在还有其它的实施例中，垫片 A 102 可相对于和垫片 B 104 来改变微型槽尺寸，即使在相同的热与质量传递

部件之内。正如将会理解和认识的,按照需要可根据各种系统实施例来使用各种微型槽的尺寸。

[0107] 另外,根据各种实施例,微型槽通过光化学蚀刻、冲压、切割或其它加工技术来形成。此外,垫片内微型槽的横截面形状依照实施例可包括方形、矩形、半圆形、半椭圆形、三角形或其它单独地连接的横截面,以按照需要能够让流体在单相或二相状态中流动,其中,根据热与质量传递要求、运行压力、组装后装置的结构强度、尺寸公差及垫片和盖板粘结的制造限制,以及其它类似的专对应用的因素,来确定微型槽横截面形状和尺寸。

#### [0108] 讨论离散的示范热与质量传递系统部件

[0109] 如上所述,本系统实施例通常包括微型的热或热与质量传递系统或热驱动循环的装置。具体来说,示范实施例包括单块的微型吸收型加热和/或冷却装置,装置包括离散的但又集成在一起的热与质量传递系统部件,例如,回热溶液热交换器、解吸器、精馏器、冷凝器、回热制冷剂热交换器、蒸发器、吸收器和其它类似部件。这些离散部件的特殊结构和功能以及本系统示范实施例(例如,吸收型热泵)所代表的诸部件之间的操作性连接将在下文中详细描述。

#### [0110] 回热溶液热交换器

[0111] 图 8A 和 8B 示出根据本装置 10 的实施例分别与回热溶液热交换器 800 相连的垫片 A 102 和 B 104 的部分的立体图。如图所示,在由组合在一起(结合图 10A 和 10B 更详细地示出和描述)的多个垫片对形成的入口集管贯通空间 802(文中也称之为“堆叠的空间”)处,稀释的氨-水的溶液进入装置(具体地说,回热溶液热交换器 800)。如下文中所述,空间 802(和其它系统空间)能使流体流入或流出系统内个别的热与质量传递部件或微型槽,还允许或限制流入或流出特殊的垫片。

[0112] 稀释的氨-水的溶液通过外部管道(未示出)从溶液泵 502(通常由吸收器 1500 启动)进入回热溶液热交换器 800。在图 8A 所示的示范实施例中,在垫片 A 102 的平面内,空间 802a 包括不允许流体流过垫片的盲孔。然而,在图 8B 所示的垫片 B 104 的平面内,空间 802b 包括通向流体分配通道 804 的入口,其允许稀释的氨-水的溶液被分配到多个微型槽 702 内,微型槽 702 与垫片 A 102 内的类似微型槽热接触(微型槽 702 又承载从解吸器 1100 中接受的浓缩氨-水的溶液,沿与稀释的氨-水的溶液逆向流动的定向)。一旦流过垫片 B 内多个微型槽 702,稀释的溶液流过出口通道 806,结构上类似于入口处的分配通道 804。通道 806 将稀释溶液传送到由堆叠的垫片 A 102 和 B 104 组件形成的空间 808a、808b,其中,该空间用作为稀释溶液的出口集管(其中,稀释溶液其后被传输到溶液膨胀阀 512)。

[0113] 仍参照图 8A 和 8B,浓缩氨-水的溶液通过分别在垫片 A 102 和 B 104 内交替的空间 810a 和 810b 的堆叠组件,进入回热溶液热交换器 800。根据所示实施例,在与接受稀释溶液的空间 802a、802b 互补的结构中,垫片 B 上的空间 810b 包括不允许流体流过垫片的盲孔。然而,垫片 A 上相应的空间 810a 允许分配的浓缩溶液从空间 810a 流入微型槽 702 内。一旦流出微型槽 702 后,浓缩溶液进入空间 812a,并通过由交替堆叠的空间 812a、812b 形成的出口集管流出溶液热交换器,那里,溶液其后被传输到解吸器 1100。

[0114] 图 9A 和 9B 是根据本装置 10 的实施例分别与回热溶液热交换器 800 相连的垫片 A 102 和 B 104 诸部分的放大立体图(即,这些图是图 8A 和 8B 的放大图)。图 9A 和 9B 详

细地示出分别对于稀释溶液的垫片 A 和 B 上入口空间 802a 和 802b 的结构布置,以及将稀释溶液从空间 802b 运输到垫片 B 内的微型槽 702 的流体通道 804。图中显示的还有垫片 A 内对应多个微型槽 702 和出口空间 812a 和 812b,微型槽 702 用于传输浓缩(氨-水)溶液,而出口空间将浓缩溶液传输出回热溶液热交换器 800 之外。

[0115] 如图 9B 所示,分配通道 804 包括矩形均匀的横截面。然而,在其它实施例中,如果必须确保通过垫片 B 104 内的微型槽 702 有均匀的流动分配,则该横截面沿流体流动方向呈锥形,以更好地管理分配通道 804 以及微型槽 702 内的流体压降,这导致改进流动的分配。根据各种实施例,垫片 A 102 和 B 104 内微型槽 702 的横截面分别为方形、矩形、半圆形、半椭圆形、三角形,或包括其它类似单一连接的形状,根据各个特殊应用所要求的流量和传热率而定。此外,垫片 A 和 B 上微型槽 702 的横截面不必是相同的;对于两组通道(分别在垫片 A 和 B 上)可采纳不同的微型槽的几何形,以适应不同的流量和其中流动的稀释和浓缩溶液流的热容,导致更好地匹配热阻。

[0116] 根据本系统的各种实施例,空间 802a、802b、812a、812b 和与回热溶液热交换器 800 相连的其它空间,以及本文所述装置的其它热与质量传递系统部件,包括根据需要或特殊实施例所要求的变化的横截面。例如,对于图 9A 和 9B 所示实施例,空间 812 包括方形横截面,而空间 802 包括圆形横截面。然而,根据其它实施例,可使用其它的形状,诸如矩形形状和其它类似的横截面。在一个实施例中,可使用 D 形的空间,以使该“D”的直线部分沿入口对齐于微型槽,以减小压力阻力(但同时确保微型槽具有相同的流动长度)。

[0117] 如前面简要地讨论的,图 10A 和 10B 示出根据本装置 10 的实施例与回热溶液热交换器 800 相连的多个堆叠的垫片 A 102 和 B 104 的诸部分的放大立体图。如图所示,图 10A 中顶部垫片是代表性垫片 A 102,而图 10B 中顶部垫片是代表性垫片 B 104。图 10A 和 10B 中所示多个堆叠的垫片详细地示出空间 802 和分配通道 804 之间的操作性连接,以及空间 812 和微型槽 702 之间的操作性连接。如上所述,垫片 B 上通道 804 的几何形能使溶液从空间 802 流到垫片 B。此外,垫片 A 上的微型槽 702 能使溶液从微型槽流到空间 812。还如图所示,因为垫片 A 不包括分配通道 804,所以,溶液被限制从空间 802 流入垫片 A 内。此外,因为垫片 B 不包括与空间 812 的微型槽连接,所以,溶液被限制从垫片 B 流入或流出该空间 812。正如将会理解和认识的,在本系统的实施例内的其它热与质量传递部件内,可使用其它类似的通道、空间和微型槽结构,这将在下文中详细描述。

[0118] 解吸器 / 精馏器

[0119] 图 11A 和 11B 示出根据本装置 10 的实施例分别与解吸器 1100 和精馏器 1150 相连的垫片 A 102 和 B 104 的诸部分的立体图。如前所述,垫片 A 相对于垫片 B,解吸器 1100 的特征、通道布置等均相同。同样地,垫片 A 相对于垫片 B,精馏器 1150 的特征、通道布置等均相同。因此,图 11A 和 11B 中所示实施例的图示是相同的。然而,正如将会理解和认识的,本系统替代的实施例利用交替或逆向流动的微型槽(类似于本文所述其它的热与质量传递部件),使得垫片 A 和 B 内的微型特征的布置不需要是相同的。

[0120] 参照图 11A 和 11B 中所示解吸器 1100 的实施例,浓缩氨-水的溶液通过入口集管 1102 从回热溶液热交换器 800 进入解吸器,所述入口集管 1102 由多个垫片对 A 和 B 形成的堆叠空间所形成。浓缩溶液然后进入垫片 A 和 B 上多个通道 1104,且随着溶液流过这些通道,溶液被外部热源(通过空间 1106)加热,因此,产生氨-水制冷剂蒸气和稀释的氨-水

溶液。如图所示,分别通过垫片 A 和 B 上多个空间 1106,对浓缩溶液提供外部热源。根据各种实施例,来自热源的热量由热气体流通过空间 1106 提供,热气体流例如是烟道气体流、冷凝流,或其它高压冷凝流体,或外部加热的固体传导的加热器,或偶联到外部热源的热传递偶联流体,或通过其它类技术。通道 1104 内浓缩氨-水溶液和图 11A 和 11B 中实施例所示的空间 1106 内的外部热源之间的横向流的方向仅是该流动的一种可能的构型。例如,在替代的实施例中,氨-水溶液和外部热源之间的逆向流动的方向,通过平行于对应的溶液通道 1104 来定向垫片 A 和 B 内的空间 1106 而得以提供,如图 11A 和 11B 所示,与对垫片的垂直定向相对。

[0121] 靠近入口集管 1102 的垫片 A 和 B 内狭槽空间 1110 提供了回热溶液热交换器 800 和解吸器热源空间 1106 之间的隔热,使得外部热量最大地供应到浓缩溶液。根据其它实施例和方面,类似空间可用于全部本系统内的各种部位,以实现热交换部件之间的隔离,这些部件应保持热和冷的温度。流出解吸器通道 1104 的稀释的氨-水溶液和氨-水蒸气混合物,收集在解吸器出口集管 1108 内,其后流入精馏器 1150 内,所述解吸器出口集管由多个垫片对 A 和 B 所形成的堆叠的空间形成。

[0122] 一般地,从解吸器出口集管 1108 流出的氨-水蒸气流入由垫片 A 和 B 上精馏器托盘 1112 形成的精馏器蒸气空间 1122 内。当蒸气沿着精馏器 1150 前进时,沿着蒸气空间腔室 1122 侧壁通过通道 1116 与氨-水蒸气反向流动定向流动的偶联流体进行的冷却,实现了蒸气的精馏。根据特殊实施例,该偶联流体包括中间温度的偶联流体或流出溶液泵 502 的浓缩氨-水溶液(前面已经描述)。偶联流体在由垫片 A 和 B 内堆叠的空间 1118 形成的入口集管处进入组件 10,而从由垫片 A 和 B 内堆叠的空间 1120 形成的出口集管流出。在精馏过程中,回流液体(即,稀释的氨-水溶液)收集在托盘 1112 内,并流回到解吸器出口集管 1108 内,那里,回流液体在流出解吸器之前,与其中的稀释氨-水溶液混合。根据一个实施例,稀释氨-水溶液通过盖板内的孔(未示出)流出解吸器出口集管 1108。精馏过的高浓缩氨-水蒸气,通过蒸气出口集管流出精馏器蒸气空间 1122,其后被传送到冷凝器 1200,所述蒸气出口集管由垫片 A 和 B 内的堆叠空间 1114 形成。

[0123] 根据一实施例,通过垫片 A 和 B 内通道 1116 在堆叠空间 1118 和 1120 之间流动的偶联流体是强迫对流的流动。另一方面,当氨-水蒸气通过精馏器 1150 并进行精馏时,回流液体向下回流到精馏器并收集在出口集管 1108 处。蒸气和精馏器 1150 内的回流液体的逆向流动包括重力/浮力驱动的流动(不同于偶联流体侧上的强迫对流的流动),其进一步提高对来自稀释氨-水溶液的蒸气的精馏。由于纳入本系统各种实施例内的垫片、通道和微型槽几何形的可能的可变几何形,在热或热与质量传递系统的实施例中,在诸如精馏器 1150 和解吸器 1100 的各种热与质量传递系统部件中,能够实现共对流和逆向流的强迫对流与对不同流体流的重力/浮力驱动流的组合。正如将会理解和认识的,为使该流动发生,总系统 10 应定向成使精馏器 1150 垂直地对齐在解吸器 1100 上方。因此,例如,在使用时,本文所述系统的实施例应定向成类似于图 1、2 等所示的定向,且不呈相对平的布置(如图 4A-4D 等所示)。

[0124] 冷凝器

[0125] 图 12A 和 12B 示出根据本装置 10 的实施例分别与冷凝器 1200 相连的垫片 A 102 和 B 104 的诸部分的立体图。冷凝器的结构和几何形相当地类似于前面结合图 8A 和 8B 所

讨论的回热溶液热交换器 800 的结构和几何形。在所示实施例中,中间温度的偶联流体通过分别由垫片 A 和 B 内堆叠的空间 1202a、1202b 形成的入口集管进入冷凝器 1200。垫片 B 内空间 1202b 通向通道 1204,其能够使偶联流体的分配流动进入垫片 B 上多个微型槽 702 内。当偶联流体通过这些微型槽 702 时,它被通过垫片 A 内微型槽的工作流体加热。加热的偶联流体然后流动到垫片 B 上的出口通道 1206,垫片 B 上的出口通道 1206 又通向分别由垫片 A 和 B 上堆叠的空间 1208a、1208b 形成的出口集管,并返回到中间温度液体循环的流体管线(例如,偶联到环境)。

[0126] 如图所示,来自精馏器 1150 的氨-水蒸气通过分别由垫片 A102 和 B104 上堆叠的空间 1210a、1210b 形成的集管进入冷凝器部件 1200。垫片 A 内空间 1210a 通向多个微型槽 702,其能够使冷凝的蒸气流动在与流过垫片 B 上类似微型槽 702 的偶联流体逆向流动的方向,并与该偶联流体热接触。冷凝的和过冷却的制冷剂液体流出垫片 A 内的微型槽 702 并流入分别由垫片 A 和 B 上堆叠的空间 1212a、1212b 形成的出口集管内。与微型槽几何形、偶联流体入口和出口通道 1204、1206 以及冷凝器 1200 的空间相关的各种变化、选项和其它的细节,包括形状、横截面和尺寸,同样适用并类似于前面结合回热溶液热交换器 800 所述的那些形状、横截面和尺寸。

#### [0127] 回热制冷剂热交换器

[0128] 图 13A 和 13B 示出根据本装置 10 的实施例分别与回热制冷剂热交换器 1300 相连的垫片 A 102 和 B 104 的诸部分的立体图。回热制冷剂热交换器的结构和几何形相当地类似于前面结合图 8A 和 8B 所讨论的回热溶液热交换器 800 的结构和几何形。在所示实施例中,高压液体制冷剂(即,氨)通过分别由垫片 A 和 B 上堆叠的空间 1302a、1302b 形成的入口集管从冷凝器 1200 进入回热制冷剂热交换器。如图所示,垫片 B 内空间 1302b 通向通道 1304,其能够使液体制冷剂的分配流动进入垫片 B 上多个微型槽 702 内。当液体制冷剂流过垫片 B 上微型槽时,液体制冷剂被同时流过垫片 A 内微型槽 702 的低压制冷剂蒸气冷却。其后,冷却的制冷剂流体流动到垫片 B 上的出口通道 1306,垫片 B 上的出口通道 1306 又通向分别由垫片 A 和 B 上堆叠的空间 1308a、1308b 形成的出口集管。

[0129] 来自蒸发器 1400 的低压蒸气通过分别由垫片 A 和 B 上堆叠的空间 1310a、1310b 形成的入口集管进入回热制冷剂热交换器 1300。垫片 A 内空间 1310a 通向多个微型槽 702,其能够使低压制冷剂蒸气作为冷却剂流动,使制冷剂蒸气流动在与流过垫片 B 上类似微型槽 702 的高压制冷剂液体逆向流动的方向,并与该高压制冷剂液体热接触。制冷剂蒸气流出微型槽 702 并流入分别由垫片 A 和 B 上堆叠的空间 1312a、1312b 形成的出口集管内。与微型槽几何形、高压制冷剂液体入口和出口通道 1304、1306 以及回热制冷剂热交换器 1300 的空间相关的各种变化、选项和其它的细节,包括形状、横截面和尺寸,同样适用并类似于前面结合回热溶液热交换器 800 所述的那些形状、横截面和尺寸。

#### [0130] 蒸发器

[0131] 图 14A 和 14B 示出根据本装置 10 的实施例分别与蒸发器 1400 相连的垫片 A 102 和 B 104 的诸部分的立体图。蒸发器的结构和几何形相当地类似于前面结合图 12A 和 12B 所讨论的冷凝器 1200 的结构和几何形。在所示实施例中,低温偶联流体通过分别由垫片 A 和 B 上空间 1402a、1402b 形成的入口集管进入蒸发器 1400。垫片 B 内空间 1402b 通向通道 1404,其能够使偶联流体的分配流动进入垫片 B 上多个微型槽 702 内。当偶联流体流过

垫片 B 上微型槽时,偶联流体被(从回热制冷剂热交换器 1300 通过膨胀阀 534)流过垫片 A 内微型槽 702 的氨-水二相混合物冷却。然后,冷却的偶联流体流动到垫片 B 上的出口通道 1406,垫片 B 上的出口通道 1406 又通向分别由垫片 A 和 B 上空间 1408a、1408b 形成的出口集管,其后用作冷却调节的空间或其它类似的应用。

[0132] 如图所示,离开膨胀阀 534 的来自流体管线 536 的氨-水二相混合物(见图 5 和相关讨论),通过分别由垫片 A 和 B 上的空间 1410a、1410b 形成的入口集管进入蒸发器部件 1400。垫片 A 内空间 1410a 通向多个微型槽 702,其能够使蒸发的蒸气流动,使蒸发的蒸气流动在与流过垫片 B 上类似微型槽 702 的偶联流体逆向流动的方向,并与该偶联流体热接触。蒸发的制冷剂蒸气流出垫片 A 内的微型槽并流入分别由垫片 A 和 B 上空间 1412a、1412b 形成的出口集管内。与微型槽几何形、偶联流体入口和出口通道 1404、1406 以及蒸发器 1400 的空间相关的各种变化、选项和其它的细节,包括形状、横截面和尺寸,同样适用并类似于前面结合回热溶液热交换器 800 所述的那些形状、横截面和尺寸。

#### [0133] 吸收器

[0134] 图 15A 和 15B 示出根据本装置 10 的实施例分别与吸收器 1500 相连的垫片 A 102 和 B 104 的诸部分的立体图。在所示实施例中,中间温度偶联流体通过分别由垫片 A 和 B 上空间 1502a、1502b 形成的入口集管进入吸收器 1500。如图所示,垫片 B 内空间 1502b 通向通道 1504,其能够使偶联流体的分配流动进入垫片 B 上多个微型槽 702 内。通过与稀释的氨-水溶液和流过垫片 A 上微型槽 702 的制冷剂蒸气热接触,偶联流体被加热。然后,加热的偶联流体流动到垫片 B 上的出口通道 1506,垫片 B 上的出口通道 1506 又通向分别由垫片 A 和 B 上空间 1508a、1508b 形成的出口集管。

[0135] 在所示实施例中,离开溶液膨胀阀 512 的来自流体管线 514 的稀释氨-水溶液(见图 5 和相关讨论),通过分别由垫片 A 和 B 上的空间 1510a、1510b 形成的入口集管进入吸收器部件 1500。垫片 A 内空间 1510a 通向多个微型槽 702,其能够使稀释溶液和制冷剂蒸气(它们的混合物将在下文中描述)流动,使它们流动在与流过垫片 B 上类似微型槽 702 的偶联流体逆向流动的方向,并与该偶联流体热接触。中间温度的偶联流体从稀释溶液和制冷剂蒸气中移走吸收热,由此,在垫片 A 内的微型槽内形成浓缩氨-水溶液。浓缩氨-水溶液流出微型槽 702 并流入分别由垫片 A 和 B 上空间 1512a、1512b 形成的出口集管内。

[0136] 根据一实施例,离开回热制冷剂热交换器 1300 的来自流体管线 516 的氨-水蒸气(见图 5 和相关讨论),通过分别由垫片 A 和 B 上的空间 1514a、1514b 形成的入口集管进入吸收器 1500。垫片 B 内空间 1514b 通向通道 1516,该通道通过垫片 A 内的蒸气入口孔 1518 向垫片 A 内的微型槽 702 提供氨-水蒸气。该入口孔 1518 的位置显示在图 15A 中,并更详细地显示在图 16A 中。

[0137] 根据所示实施例,垫片 A 上微型槽 702 比垫片 B 上微型槽 702 朝向入口集管 1510a 更远地延伸一段长度,目的在于能使流入的氨-水蒸气通过蒸气入口孔 1518 进入垫片 A 上的微型槽内。通过集管 1510a 进入垫片 A 上的微型槽 702 的稀释氨-水溶液和通过入口孔 1518 进入这些相同微型槽的氨-水蒸气的混合的二相流,一旦吸收之后,就作为浓缩溶液流出微型槽而进入分别由垫片 A 和 B 内的空间 1512a、1512b 形成的出口集管内。正如将会理解的,蒸气通过入口孔 1518 根据强迫对流流动进入微型槽 702,这还防止稀释溶液流入入口孔 1518 内。与微型槽几何形、偶联流体入口和出口通道 1504、1506、1516 以及吸收器

1500 的空间相关的各种变化、选项和其它的细节,包括形状、横截面和尺寸,同样适用并类似于前面结合回热溶液热交换器 800 所述的那些形状、横截面和尺寸。

[0138] 图 16A 和 16B 示出根据本装置 10 的实施例分别与吸收器 1500 相连的垫片 A 102 和 B 104 的诸部分的放大立体图。具体来说,图 16A 和 16B 示出垫片 A102 内微型槽 702 内蒸气入口孔 1518 部位的一个实施例。如图所示,垫片 A 内入口孔 1518 匹配于垫片 B 内通道 1516,以使从通道 1516 流出的蒸气能够流入垫片 A 内微型槽 702 内并与微型槽内的稀释氨-水溶液混合。正如将会理解和认识的,根据本系统各种实施例,蒸气入口孔 1518 包括各种横截面形状、面积、布置等。

#### [0139] 包括模块化部件的替代实施例

[0140] 图 17 示出本系统的模块化实施例,其包括与示范的吸收型冷却和 / 或加热系统相关的离散的热与质量传递部件。图 17 中所示离散的热与质量传递部件形成离散部件与部件组件的示范的吸收型热泵,其便于吸收型热泵 ( 和 / 或其它热或热与质量传递系统 ) 与比通常与前述优选的单块装置相连的冷却和 / 或加热容量大的冷却和 / 或加热容量进行模块化和多样性的组合。包括回热溶液热交换器 800、解吸器 1100、精馏器 1150、冷凝器 1200、回热制冷剂热交换器 1300、蒸发器 1400 以及吸收器 1500 的热与质量传递部件,显示为根据对系统组件的一种布局而布置的个别的热和 / 或质量交换器。一般地,这些热与质量传递部件中各个的系统结构、特征和功能类似于前面所述。例如,图 17 中所示各个部件包括多个垫片对;然而,各个垫片仅包括完成其相应部件的个别热与质量传递功能所必须的微型特征。

[0141] 为了避免不必要的混乱,流体管线和与偶联流体的连接等未显示在图 17 中。然而,正如将会理解的,流体连接管线或其它通道应被包括在系统实施例中,以便在部件内和 / 或部件之间合适地传递工作流体和偶联流体。根据一个实施例,图 17 中所示离散的部件被纳入到一体的结构内,诸如大的隔绝的单元内,这样,尽管个别的热与质量传递部件形成离散的部件,但总的吸收型加热和 / 或冷却组件可以包含在在一体的装置包内 ( 如果需要的话 )。

#### [0142] 特殊示范实施例的描述

[0143] 以下讨论涉及文中所述本系统的特殊的示范实施例的细节。具体来说,以下描述的是计算、制造过程、设计细节、尺寸、特征布置、示范的工作流体和偶联流体,以及其它与所述的示范实施例和制造该实施例的方法相关的类似细节。正如将会理解和认识的,下文中描述的特殊实施例和应用仅是本系统的一个实施例,绝无意图限制本发明的范围,或文中所述的发明和系统。

[0144] 具体来说,以下的讨论描述采用微型槽的热与质量传递系统部件的小型 ( 即,微型 ) 单块吸收型热泵的设计和制造。本系统示范实施例根据本说明书、下列参数等进行构造,文中还提供根据具体参数获得的示范实施例的特性结果。

#### [0145] 制造技术

[0146] 用于构造示范装置的制造技术允许在单一单块的结构中同时加工制造多个微型槽热与质量传递部件或热交换部件 ( 即,热交换器 )。对于该示范实施例,微型槽 702 首先通过湿法化学蚀刻工艺形成在不锈钢垫片 102、104 上。然后,将诸垫片扩散粘结在一起而形成总的装置 10。以交替方式放置带有不同微型槽结构的诸垫片,各个热与质量传递部件

的流体流被允许紧密地热接触。下面详细地概述根据微型槽制造工艺的一个实施例的诸步骤。

#### [0147] 光化学蚀刻

[0148] 图 18 示出根据文中所述示范实施例用于制造微型槽 702 的光化学蚀刻过程的一个实施例有关的步骤。正如将会理解和认识的,其它如前所述的工艺和制造技术也可被用来制造微型槽。光化学蚀刻工艺开始于对不锈钢垫片 102、104 的清洗,以除去表面上任何的油、油脂、金属工作流体或其它污染物。然后,用盐酸清洗垫片以除去金属表面上任何的锈垢或氧化物。

[0149] 光敏材料(光致抗蚀剂)然后施加到所给定的垫片 102、104 的两侧面。用于示范装置生产中的光致抗蚀剂材料是干膜、负性抗蚀剂。光致抗蚀剂暴露于 UV 光的部分固化,并在蚀刻过程中保护下面的钢。

[0150] 对各个两个垫片(即,垫片 A102 和 B104)设计的两侧面,形成含有要求的流动槽(即,微型槽)的图形的掩模。掩模是带有不透明部分和透明部分的薄膜,不透明部分代表要被蚀刻掉的区域,而透明部分代表光致抗蚀剂应被保留以保护母材不受蚀刻材料侵蚀的区域。掩模安装在垫片两侧面,并对齐以确保各个特征匹配在钢的两侧面上。

[0151] 钢、光致抗蚀剂和掩模的布置结构然后暴露于紫外线下以使光致抗蚀剂固化。未固化的光致抗蚀剂然后在显影过程中除去。带有固化的光致抗蚀剂的金属然后通过蚀刻过程,其中,氯化铁溶液(即,酸性溶液)用作为蚀刻剂。该酸性溶液除去暴露的金属,并在钢垫片内形成微型槽和孔。

[0152] 一旦从蚀刻过程中取出垫片,则同样地除去残余的光致抗蚀剂材料。在蚀刻过程中,垫片通过若干个短小片保持连接到过程的板片上。保留短小片让垫片附连到板片上,可确保蚀刻的一致性。在移去光致抗蚀剂材料之后,从过程板片上取下个别的垫片。光致抗蚀剂涂敷和蚀刻过程通常在清洁房间内进行,以减小灰尘污染的风险,灰尘会在蚀刻过程中导致制造缺陷。

#### [0153] 扩散粘结

[0154] 在文中所述的示范实施例中,使用扩散粘结工艺使垫片连接起来。正如将会理解的,根据前面所述的各种实施例,垫片也可通过其它粘结或组合工艺进行组合。扩散粘结工艺开始于对垫片 102、104 的清洗和检查,以确保在垫片材料上没有毛刺或异物。垫片在非电镀的镍被覆过程中用镍涂层涂敷。涂敷镍涂层是在扩散粘结工艺过程中帮助形成致密的密封。

[0155] 垫片 102、104 和盖板 110、111 然后以正确的次序布置(例如,交替的垫片 A 和 B),并仔细地监控垫片的合适对齐(例如,通过前面所述的对齐凹口 602、604)。两个销子分别插入前板 110、端板 111 和垫片组 108 内的对齐凹口中。在该特殊实施例中,所有垫片和背端盖板 111 各具有至少一个对齐凹口。该对齐方案能使钢垫片平躺,即使对齐凹口位置中有稍许的不一致,也能做到这一点。在粘结过程中它还允许钢因热膨胀引起的膨胀和收缩,不会造成曲屈或定界,同时达到  $\pm 0.05\text{mm}$  的对齐公差。

[0156] 组装好的系统 10 然后被放置到热压真空炉 1900 内,该炉子显示在图 19 中。热压真空炉 1900 内的排空,可从垫片之间(即,叠片)以及从组装好的垫片内的空间中除去任何空气。然后,在真空条件下将系统提升到升高的温度(例如,大约  $1000^{\circ}\text{C}$ ),将载荷施加

到系统上,以将毗邻部件之间的面间应力提高至要求的值(例如,大约 10Mpa)。系统保持在这些条件下持续足够的时间(例如,大约 5 小时),以使粘结过程发生。

[0157] 在粘结过程中,接触表面上的表面粗糙度开始塑性变形。变形继续直到表面之间的孔消除为止。来自邻近表面的原子然后在交界面上扩散,使得交界面区域内的颗粒边界重新得到组织。该过程形成粘结,其强度接近于块体材料的屈服强度。

[0158] 循环设计计算

[0159] 对于冷却模式中的单一效果吸收型循环的操作,选择代表性的设计条件,形成示范系统的热力学模型。在全部的该章节中,并便于参考起见,采用前面所用的附图标记来表示各种系统部件。特别是,参照图 5,该图示出根据本系统的一个实施例内部热与质量传递部件和流体在部件之间流动的功能性示意图。原则上,要建立起外部的热源输入、要求的冷却和环境条件来进行循环设计。令代表性的散热器(即,排热 140)的温度为 37℃,热功率输入(即,热源 130)为 800W,以及规定理想的冷却 150 为 300W,于是就可开始系统设计计算。如上所述,这些选择的参数仅是为了描述示范系统实施例而选择的,绝无意图限制系统参数、容量等。

[0160] 这些用于热源和散热器的特殊的代表性的外部条件,并结合了外部条件之间的温度允差以及得出合理的部件表面面积的要求的工作流体,这导致分别在高侧和低侧运行压力为 1600 和 400kPa。因此,通过选择冷凝制冷剂(即,氨)和冷凝器 1200 内环境散热器之间的驱动温差,来建立高压侧的压力。类似考虑解吸器部件 1100 处的驱动温差和已经建立起的高压侧的压力,导出了稀释溶液的出口温度和浓度,即,氨-水溶液中的氨分数。使用解吸器 1100 处的相应浓缩溶液入口温度、高压侧的压力、氨-水混合物中的平衡特性,可获得溶液入口的焓。与解吸器部件 1100 处的稀释溶液出口焓相偶联,热输入就因为热源和工作流体而与通过能量平衡的浓缩溶液流量相关。对于代表性的设计点计算,生成的浓缩溶液质量流量和氨质量分数分别为  $2.7 \times 10^{-3} \text{kg/s}$  和 0.37。能量平衡计算和平衡关系式还导出蒸气质量(氨-水的蒸气混合物对总氨-水二相流量之比)和解吸器部件 1100 出口处的浓度。该代表性示范循环的关键运行条件概述在表 1 中。

[0161] 表 1- 示范吸收型热泵循环的状态点

[0162]

| 状态点            | T, °C | P, kPa | x, kg/kg |
|----------------|-------|--------|----------|
| 溶液/制冷剂状态点      |       |        |          |
| 吸收器浓缩溶液出口      | 50.4  | 400    | 0.37     |
| 精馏器浓缩溶液入口      | 50.8  | 1600   | 0.37     |
| 回热溶液热交换器浓缩溶液入口 | 63.7  | 1600   | 0.37     |
| 回热溶液热交换器浓缩溶液出口 | 109   | 1600   | 0.37     |
| 解吸器出口          | 128.2 | 1600   | 0.37     |
| 精馏器蒸气入口        | 128.2 | 1600   | 0.876    |
| 精馏器回流出口        | 128.2 | 1600   | 0.285    |
| 回热溶液热交换器稀释溶液入口 | 128.2 | 1600   | 0.285    |
| 回热溶液热交换器稀释溶液出口 | 75.7  | 1600   | 0.285    |
| 吸收器稀释溶液入口      | 73.2  | 400    | 0.285    |
| 精馏器制冷剂出口       | 85    | 1600   | 0.984    |
| 冷凝器制冷剂出口       | 39.6  | 1600   | 0.984    |
| 回热制冷剂热交换器高出口   | 30.2  | 1600   | 0.984    |
| 蒸发器制冷剂入口       | -1.4  | 400    | 0.984    |
| 蒸发器制冷剂出口       | 8.6   | 400    | 0.984    |
| 回热制冷剂热交换器低出口   | 18    | 400    | 0.984    |
| 冷却剂状态点         |       |        |          |
| 蒸发器冷却剂入口       | 9     | 101.3  | NA       |
| 蒸发器冷却剂出口       | 5.5   | 101.3  | NA       |
| 吸收器冷却剂入口       | 37    | 101.3  | NA       |
| 吸收器冷却剂出口       | 45.6  | 101.3  | NA       |
| 冷凝器冷却剂入口       | 37    | 101.3  | NA       |
| 冷凝器冷却剂出口       | 42.6  | 101.3  | NA       |

[0163] 流出解吸器部件 1100 的低蒸气浓度会造成蒸发器 1400 内严重的温度滑移惩罚，导致不合适地限制冷却的制冷剂温度上升。为了确保充分纯的氨制冷剂流，蒸气流应在精馏器 1150 内被冷却，以剥离掉额外的水蒸汽。因此，设定离开精馏器的饱和蒸气流的设计出口温度，以对该示范实施例提供最小氨浓度 98%。

[0164] 一般地，从精馏器 1150 内制冷剂流中冷凝出的回流液体流回到分离腔室内，那里，在流出解吸器部件 1100 之前它与稀释溶液混合。精馏器蒸气入口和出口上的能量平衡

和液体流导出精馏器的冷却负载。

[0165] 在该实施例中,对于提供要求冷却的设计计算,假定离开溶液泵 502 的浓缩溶液流(见图 5)为对精馏器 1150 的冷却源(即,通过冷却流体管线 524)。上述能量平衡还导出冷却精馏器内蒸气流之后浓缩溶液的出口焓和温度。此外,精馏器上质量和类属的平衡导出制冷剂和回流质量流量。回流与精馏器底部分离腔室内剩余的液体溶液混合,并朝向回热溶液热交换器 800 流出。该混合过程上的质量和类属平衡导出稀释溶液流量和浓度。

[0166] 离开精馏器 1150 的制冷剂蒸气流入冷凝器 1200。假定离冷凝器的过冷却液体制冷剂出口、制冷剂浓度和高压侧压力以及冷凝器制冷剂出口温度均已建立。冷凝器热负荷也使用能量平衡进行计算。此外,该冷凝器热负荷用于与设定冷却剂(即,偶联流体)流量组合,以确定离开冷凝器的冷却剂出口温度(即,通过中间温度流体管线 528)。在离开冷凝器 1200 之后,制冷剂流过回热制冷剂热交换器 1300,那里,它进一步被离开蒸发器的制冷剂冷却。

[0167] 流出回热制冷剂热交换器 1300 的制冷剂通过膨胀阀 534 的膨胀(见图 5)被假定为对于该示范实施例为等焓的,这导出蒸发器 1400 入口温度。有了固定的蒸发器温度滑移要求,就可确定蒸发器出口温度,这也可导出蒸发器内冷却荷载。计算的冷却负载结合设定的冷却水(即,偶联流体)流量和入口温度,可由能量平衡导出冷却水出口温度(即,至要求的冷却 150)。类似的能量平衡可在回热制冷剂热交换器 1300 上进行,以在该热交换器出口处获得低压蒸气状态,这对于该示范实施例也是吸收器制冷剂入口状态。

[0168] 回到溶液回路,根据所述示范实施例,精馏器 1150 的出口确定通向回热溶液热交换器 800 的浓缩溶液入口。回热溶液热交换器上的能量平衡导出离开该热交换器的稀释溶液和浓缩溶液的出口状态以及其热负荷。溶液膨胀阀 534 被假定为等焓的。对于吸收器 1500 来说,令通向吸收器的入口状态固定(如上所述),并在吸收器出口处呈溶液过冷却,则可从能量平衡中计算出吸收器热负荷。

[0169] 一旦对各个示范热与质量传递系统部件使用质量、类属和焓平衡来固定状态点(如上所述),则导出要求冷却负载所需的各个部件的传热率也是固定的。根据这些要求的热负荷和相关的热与质量传递模型和相互关系,就可进行其后的计算来获得要求的热与质量传递部件的表面面积要求。变化的细节程度也可纳入到如此部件设计计算中,但该特殊示范实施例的加工除外,通过将各个部件处理为单一的一体的部件,进行部件的热与质量传递计算,流体特性在部件上进行平均。因此,根据部件热负荷、偶联的热与质量传递阻力以及对数平均的驱动温差,就可获得热与质量传递部件尺寸。对于两个流体流(例如,工作流体和偶联流体)沿着热交换器长度的热容率为恒定的热交换器来说,该技术是有效的。对于氨-水系统,在某些部件中,热容沿着长度变化,但合适地考虑驱动温差,该技术可适于用来获得部件尺寸的合理估计。热与质量传递部件几何形可根据以下来予以确定:为满足要求的热负荷的这些热与质量传递计算,以及依据文中讨论的制造技术的尺寸要求。

[0170] 部件设计计算

[0171] 如上所述,根据所述的示范实施例,各个热传递部件的要求尺寸(总的热传导率,UA)由循环模型确定。各个热与质量传递部件的特殊的流体通道构造(即,微型槽、空间和分配通道)通过估计各个别部件的总的传热阻力来确定。

[0172] 图 20 示出多个堆叠的垫片 A102 和 B104 的一部分的横截面 2000,显示出根据本系

统示范实施例的垫片内的微型槽 702 的代表性布置。横截面 2000 具体地示出给定的文中所述热交换部件的与垫片 A 和 B 组合的微型槽 702 的相对位置、尺寸、热接触等。正如将会理解和认识的,图 20 中所示的横截面布置 2000 仅为示范的目的而显示,本系统其它实施例利用如本技术领域内技术人员将会想到的其它微型槽布置。

[0173] 如图 20 所示,热交换流体(例如,偶联流体和工作流体)流过逆向流布置中的交替垫片 A102 和 B104 上的微型槽(但正如大家所理解的,流动不一定必须是依据特殊实施例的逆向流动)。各个热交换部件的分析开始于对收缩的和放大的横截面 2002 的考虑,这示出了各种微型槽和垫片尺寸(下文中详细地描述)。

[0174] 根据所述实施例和如图 20 所示,形成微型槽的湿法化学蚀刻过程形成了倒圆矩形形状的通道横截面。在蚀刻过程中,蚀刻剂侧向地和垂直地作用,除去固化的光致抗蚀剂边缘下方的材料,形成如图 20 所示的倒圆的特征。

[0175] 根据所述的示范实施例,系统中各个热与质量传递部件通过计算热阻进行模型,除了垫片之间插入的金属壁所代表的传导热阻(如图 20 中所示为  $t_{\text{wall}}$ )之外,所述热阻还由流过垫片 A102 和 B104 内相应微型槽的各流体代表。此外,微型槽总的表面区域处理为与壁另一侧上流体直接和间接热接触的表面的组合。由微型槽侧壁代表的间接热接触,通过基于合适的鳍片效率计算有效的热传递面积来加以考虑。(对于该设计过程中遇到的热传递系数范围  $(380-38,000\text{W}/\text{m}^2\text{-K})$ ,以及所述通道和垫片几何形范围,鳍片效率接近于 1,微型槽壁的全部区域可处理为主要表面。)各个流体流的热传递系数由适用的相互关系来予以确定。

[0176] 根据以上概述的热交换部件的热与质量传递设计方法,可确定各个部件的微型槽宽度、微型槽长度和微型槽数量,以满足根据热力学循环分析计算出的相关运行条件下的设计热负荷。然而,正如将会理解的,上述方法仅是确定合适微型槽尺寸的一种方法,在其它实施例中可以使用本技术领域内技术人员会想到的其它方法。

[0177] 图 21 示出根据系统示范实施例的垫片 A102 和 B104 的放大的横截面 2100,显示出特殊的示范垫片和微型槽尺寸的特写的视图。为了简化该示范实施例的设计程序,对于上述所有热交换部件和/或热与质量传递系统部件,可使用单一的微型槽尺寸,如图 21 所示。如图所示,部分地根据可在垫片上加工微型槽尺寸的范围,可选择 0.5mm 的垫片厚度(即,近似为 0.02 英寸)。采用了微型槽蚀刻深度为垫片厚度的一半以及 0.5mm 的微型槽宽度,该示范实施例的公称槽的水力学直径为  $306\mu\text{m}$ ,槽的水平横向间距为 1mm,垂直间距为 0.5mm。这些尺寸显示在图 21 中。正如将会理解的,提出这些尺寸仅是为了说明的目的,本系统实施例决不局限于所示和所述的注明的尺寸上。

[0178] 在所述示范实施例中,所有偶联流体的流动是单相的液体层流。同样地,回热溶液热交换器 800 和回热制冷剂热交换器 1300 中的工作流体流是单相的层流。根据所述实施例,使用 Kakac 等人“单相对流热传递手册”New York Wiley(1987)中所报告的相互关系,可以估计出示范微型槽形状(如图 21 所示)和其它类似形状(诸如精馏器 1150 内冷却剂的矩形通道)中如此单相流动的热传递系数和摩擦因子。

[0179] 根据一个实施例,对于诸如冷凝的蒸气-液体态改变过程,合适的话可对各个特殊相变过程使用如下文中所述的相互关系:Shah, M. M. “管内膜冷凝过程中热传递的通用相互关系”, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 22(4),

pp. 547-556(1997), 以及 Kandikar, S., Garimella, S., Li, D., Colin, S. 和 King, M. R., “小型槽和微型槽内热传递和流体流动”, Elsevier Science(2005)。其它的用于解决冷凝器、吸收器、蒸发器、解吸器和精馏器中单一部件和多部件相变的热与质量传递的指导性意见可取自以下文中所述的模型、相互关系和技术: Carey, V. P., “液体-蒸气相变现象: 传热设备中蒸发和冷凝过程的热物理入门”, Washington, D. C., Taylor & Francis Series, Hemisphere Pub. Corp. (1992), 以及 Hewitt, G. F., Shires, G. L. 和 Bott, T. R., “热传递过程”, Boca Raton, CRC Press, Begell House(1994)。使用下文中的二相压降乘子方法来估计二相压降: Mishma 等人的“小直径垂直管内空气-水二相流的某些特征”, International Journal of Multiphase Flow, Vol. 22(4), pp. 703-712(1996)。甚至在这些一体分析中, 也通过估计这些沿部件长度的一体平均特性处的相互关系来考虑蒸气质量随热交换器长度的非线性变化。通过根据蒸气质量或部件长度并将它们应用于热与质量传递部件的总长度上来计算热与质量传递部件内最大的压力梯度, 可获得二相压降的保守估计。

[0180] 一般地, 使用以下文中的相互关系来计算蒸发热传递系数: Kandikar 等人的“预示小型槽和微型槽内流动沸腾期间的热传递”, Chicago, IL, Soc. Heating, Ref. Air-Conditioning Eng. Inc., pp. 667-676(2003), 以及 Kandikar 等人的“流动沸腾的相互关系向过渡流、层流和深层流的延伸以及微型槽”, Heat Transfer Engineering, Vol. 25(3), pp. 96-93(2004)。蒸发流的平均传热系数在沿着蒸发器长度的代表性的一体平均蒸气质量上进行计算, 以考虑蒸气质量随蒸发器长度的非线性变化。

[0181] 根据所示示范的实施例, 使用八个 150W 的电加热器盒, 最大热输入为 1200W, 可在解吸器 1100 内获得解吸(从浓缩溶液中产生蒸气)。可以发现由 800W 的设计解吸器的热输入率的加热器提供的热通量远低于使用下文中提出的平行的小型/微型槽的相互关系所估计的临界的热通量限制值: Qu 等人的“二相微型槽散热器内临界热通量的测量和相互关系”(International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 47(10-11), pp. 2045-2059(2004))。

[0182] 对于示范的精馏器 1150 设计, 液体回流和蒸气流假定为处于热平衡中, 以使离开精馏器的回流温度等于进入精馏器的蒸气温度。为了便于接近该平衡, 四个托盘被包括在示范的精馏器内, 以容纳液态回流并与逆流蒸气进行热与质量传递的互相作用。使用以下文中的层叠膜冷凝的相互关系可估计出制冷剂侧上的热传递系数: Sadasivan 等人的“层叠膜沸腾和冷凝中的敏感热纠正”, Journal of Heat Transfer, Transactions ASME, Vol. 109(2), pp. 545-547(1987)。对于本系统的特殊示范实施例, 仅是与浓缩溶液热接触的单一壁的区域才用于精馏器内的热传递估计。与托盘相关的热与质量传递面积不被包括在该计算中, 以便产生更加保守的结果。托盘的附加面积进一步提高该热与质量传递部件的特性。

[0183] 以上参照各种文章提及的相互关系的进一步细节可见所列的文献。由上述计算得出的示范的热与质量传递系统部件的代表性尺寸列于表 2 中。正如将会理解和认识的, 表 2 中所示的尺寸和几何形细节仅是为了说明之目的, 其涉及到单一效果吸收型循环的特殊描述的示范实施例, 决无意图限制或排除各种热交换部件或热与质量传递部件的系统几何形、布置的其它组合, 以及本系统其它实施例中所使用的通道水力学直径、通道的数量、垫片厚度、垫片数量等。

[0184] 表 2- 单一效果吸收型热泵循环的示范实施例的代表性尺寸

[0185]

|                                |                 |             |                 |             |                       |                  |                          |   |                 |             |                 |                  |                 |    |
|--------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------|-------------|-----------------|------------------|-----------------|----|
|                                | 吸 收 器<br>(1500) |             | 冷 凝 器<br>(1200) |             | 回热溶液<br>热交换器<br>(800) |                  | 回热制冷<br>剂热交换<br>器 (1300) |   | 蒸 发 器<br>(1400) |             | 解 吸 器<br>(1100) |                  | 精 馏 器<br>(1150) |    |
|                                | 溶<br>液          | 冷<br>却<br>剂 | 制<br>冷<br>剂     | 冷<br>却<br>剂 | 浓<br>缩<br>溶<br>液      | 稀<br>释<br>溶<br>液 | 高                        | 低 | 制<br>冷<br>剂     | 冷<br>却<br>剂 | 溶液              | 浓<br>缩<br>溶<br>液 | 制<br>冷<br>剂     |    |
| 循环分析                           |                 |             |                 |             |                       |                  |                          |   |                 |             |                 |                  |                 |    |
| Q.W                            | 748             |             | 414             |             | 562                   |                  | 15                       |   | 354             |             | 800             |                  | 152             |    |
| 热交换器几何形                        |                 |             |                 |             |                       |                  |                          |   |                 |             |                 |                  |                 |    |
| 通 道<br>长度,<br>mm               | 50              |             | 60              |             | 40                    |                  | 40                       |   | 80              |             | 55              |                  | 38              | NA |
| 通道/<br>垫片                      | 12              | 12          | 8               | 8           | 10                    | 10               | 5                        | 5 | 15              | 15          | 4               | 1                | NA              |    |
| 通 道<br>D <sub>h</sub> ,<br>μ m | 306             |             |                 |             |                       |                  |                          |   |                 |             |                 |                  | 400             | NA |

[0186] 包装和粘结考虑

[0187] 图 22 示出根据本系统实施例的用于热与质量传递部件内的集管（例如，由回热溶液热交换器 800 内堆叠的空间 808a、808b 形成的集管）的放大平面图。在所示实施例中，颈部区域 2202 内的流体分配通道（例如，回热溶液热交换器 800 内的通道 806）形成一个区域，在该区域内，粘结压力在扩散粘结过程中不直接通过堆叠的垫片进行传递。类似区域在微型槽 702 进入离集管的热交换器内芯时呈现在微型槽 702 下方（例如，从回热溶液热交换器的内的空间 810a 的微型槽入口进入）；然而，流体分配通道（例如，806）通常远比个别微型槽宽，因此，该流体分配通道代表临界的粘结点。

[0188] 图 23 示出根据本系统一实施例的交替垫片 A102 和 B104 的一部分的代表性截面图 2300，其通过图 22 中集管的横截面 XX 截取获得。根据所述示范实施例，粘结压力应该侧向地传递到垫片 B104 上流体分配通道下方，以确保临界粘结点 2302 处的致密密封。2mm 的通道宽度被用于该示范的实施例中，以确保足够的粘结，但根据其它系统实施例，较宽的或较窄的宽度都可被使用。

[0189] 如上所述，本系统的优选实施例包括微型的单块热与质量传递系统。因为根据特定的实施例，常常需要在一体的单块结构内包括一个以上的热与质量传递系统部件，系统

实施例应该考虑到在内部热与质量传递系统部件之间的外部热传递。为了计及该外部热传递,在各种实施例中应考虑某些因素,诸如微型的热或热与质量传递系统的总体尺寸、系统内热与质量传递部件之间的间距、各种系统部件之间流体连接的布置和类型,以及如本技术领域内技术人员将会想到的其它类似因素。

[0190] 正如前面所理解和认识的,提供文中所述的示范实施例,以及其相关的操作参数、温度范围等,均是为了说明之目的,决无意图限制本系统或装置的范围。一般地,根据所考虑的应用,可构思出各种运行温度和压力范围。因此,例如,当应用于从诸如汽车废气的高温燃烧过程的余热回收时,热源温度可以在从 300℃至 900℃的范围内,而对于低温余热回收中,热源温度可以低至 40℃。同样地,对于冷却器应用来说,冷却的流体温度通常约为 5-15℃,而对于制冷应用来说,温度可远低于 0℃。对于空调应用中的排热温度,可考虑环境温度在 20-55℃。然而,正如将会理解的,这些个别的外部温度的特殊值没有热源、散热器和冷却温度之间的关系那么重要。因为热致动的热泵通常公知为是三种温度(即,低温冷却、中间温度排热以及高温输入热源)的系统,所以,可应用的主题的热与质量传递系统的温度应在低温和中间温度之间提供至少最小的提升,即,温差,以实现要求的输出,以及在中间温度和高温之间提供实现要求输出的所需的驱动力。

[0191] 示范实施例的形状因子比较和代表性参数

[0192] 如上所述,本系统一个示范实施例包括微型的单块吸收型冷却和/或加热系统。以下部分提供呈如此吸收型冷却和/或加热系统形式的所述本系统示范实施例对于住宅冷却的传统蒸气-压缩系统的比较。该部分还提供与文中所述示范实施例相关的代表性参数。正如将会理解和认识的,提供以下讨论仅是为了说明的目的,决无意图限制本发明的范围,或文中所述的发明和系统。

[0193] 以上所述本系统的示范实施例(即,微型单块的吸收型热泵)制造,并在电路试验板的试验设备上在实际的环境、冷却流体和热源的条件下进行试验。图 24 示出用来试验本系统实施例的示范流体连接和外部管道连接布置的前视图。该制造的示范系统实施例包括  $200 \times 200 \times 34 \text{ mm}^3$  的总体尺寸,包括 20 对 0.5mm 厚的垫片 A 和 B(即,总数为 40 片垫片),具有水力学直径为  $306 \mu\text{m}$  的前述微型槽。示范的制造的系统包括如上所述的其它尺寸、系统布置等。

[0194] 在示范实施例的试验过程中,对代表性环境和冷却的流体条件为 800W 的热输入来说,提供公称 300W 的冷却。此外,在宽范围的环境温度(即,20-35℃)和不同的热输入率(即,500-800W)上,演示示范系统在冷却模式中进行操作。在代表  $221 \text{ kW/m}^3$  的体积冷却容量的系统体积  $200 \times 200 \times 34 \text{ mm}^3$  内,实现 0.375 的公称特性系数(COP)。对于 7kg 的系统质量,对应的冷却比容为  $0.043 \text{ kW/kg}$ 。示范实施例特意以装置外的(即,外面)所有热与质量传递系统部件的流体入口和出口进行设计,其具有宽的间距以能够在各个部件的入口和/或出口处安装温度和压力仪器。一替代实施例具有内部流动通道并去除了额外用于仪器的空间,该实施例包括计划的尺寸  $120 \times 120 \times 25 \text{ mm}^3$ ,其质量为 3kg。如此实施例对应的体积冷却比容包括  $833 \text{ kW/m}^3$ ,而冷却比容为  $0.10 \text{ kW/kg}$ 。

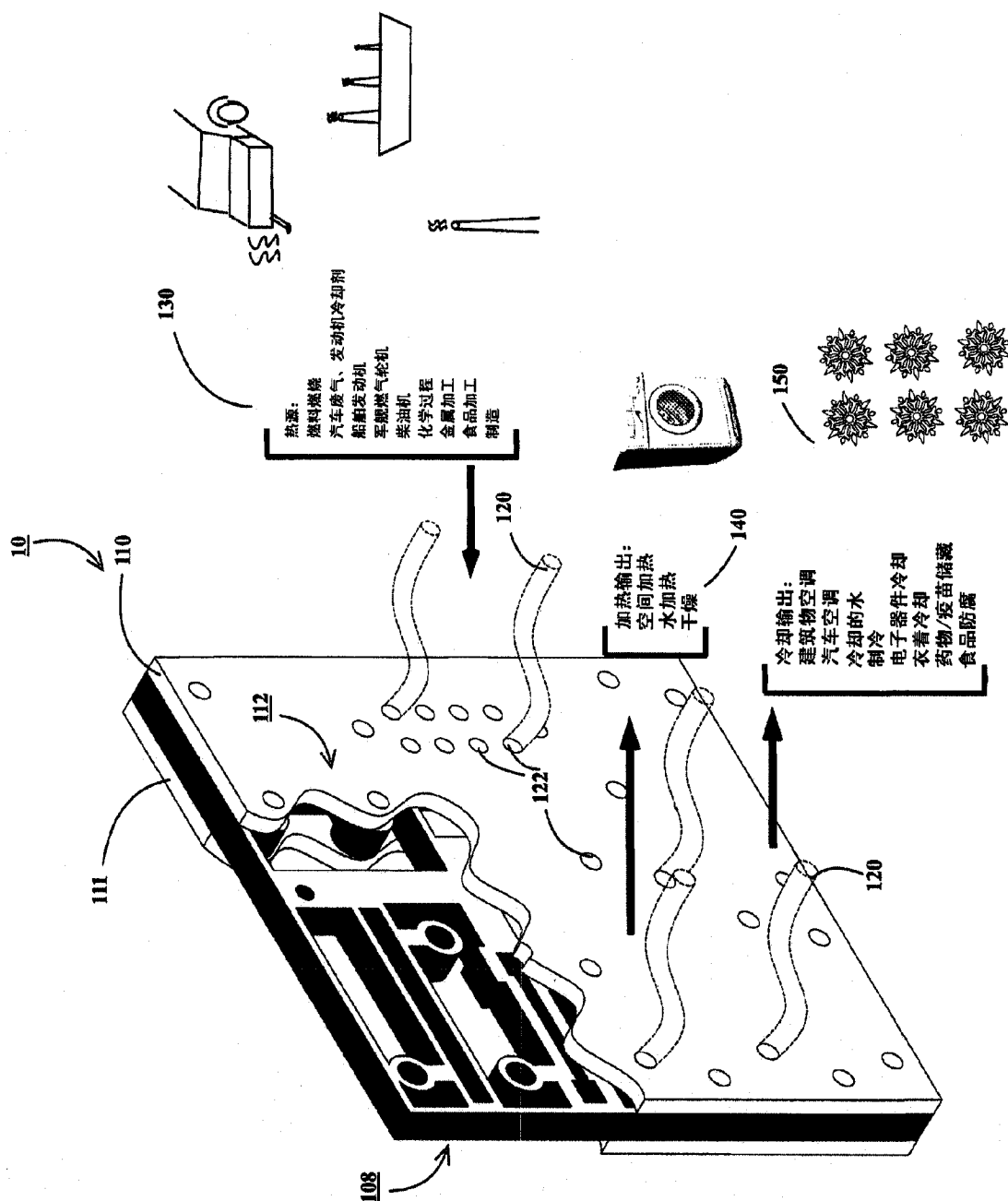
[0195] 比较看来,传统的  $10.55 \text{ kW}$  冷却容量的住宅用的电-蒸气压缩系统在  $0.91 \times 0.91 \times 0.91 \text{ m}^3$  的量级上,重量约为 225kg,代表的体积冷却比容仅在  $13.8 \text{ kW/m}^3$  量级上,而冷却比容为  $0.047 \text{ kW/kg}$ 。因此,在体积和质量基础上,本示范系统实施例显现出冷

却系统体积显著地减小,却同时提供与那些大得多的传统的蒸气-压缩系统同样的冷却容量。

[0196] 如与传统的吸收型冷却系统(相对于蒸气-压缩系统)相比,则以上所述示范系统的实施例的优点变得甚至更加明显。如前所述,由于附加了吸收系统内所需的热与质量传递部件,所以,吸收型冷却系统通常比蒸气-压缩系统大得多。因此,如将会理解的,所述示范实施例与传统的 10.55kW 冷却容量的吸收型冷却系统比较,表现出示范实施例先进的体积或冷却比容(由于与以上讨论的蒸气-压缩系统相比,较大体积和重量的传统吸收型冷却系统显现出不变的冷却容量)。此外,因为热与质量传递系统部件之间的许多流体连接被包括在系统实施例的单块微型结构内,所以,泄漏的降低提高了,且所需流体总量大大地低于传统系统的流体总量。

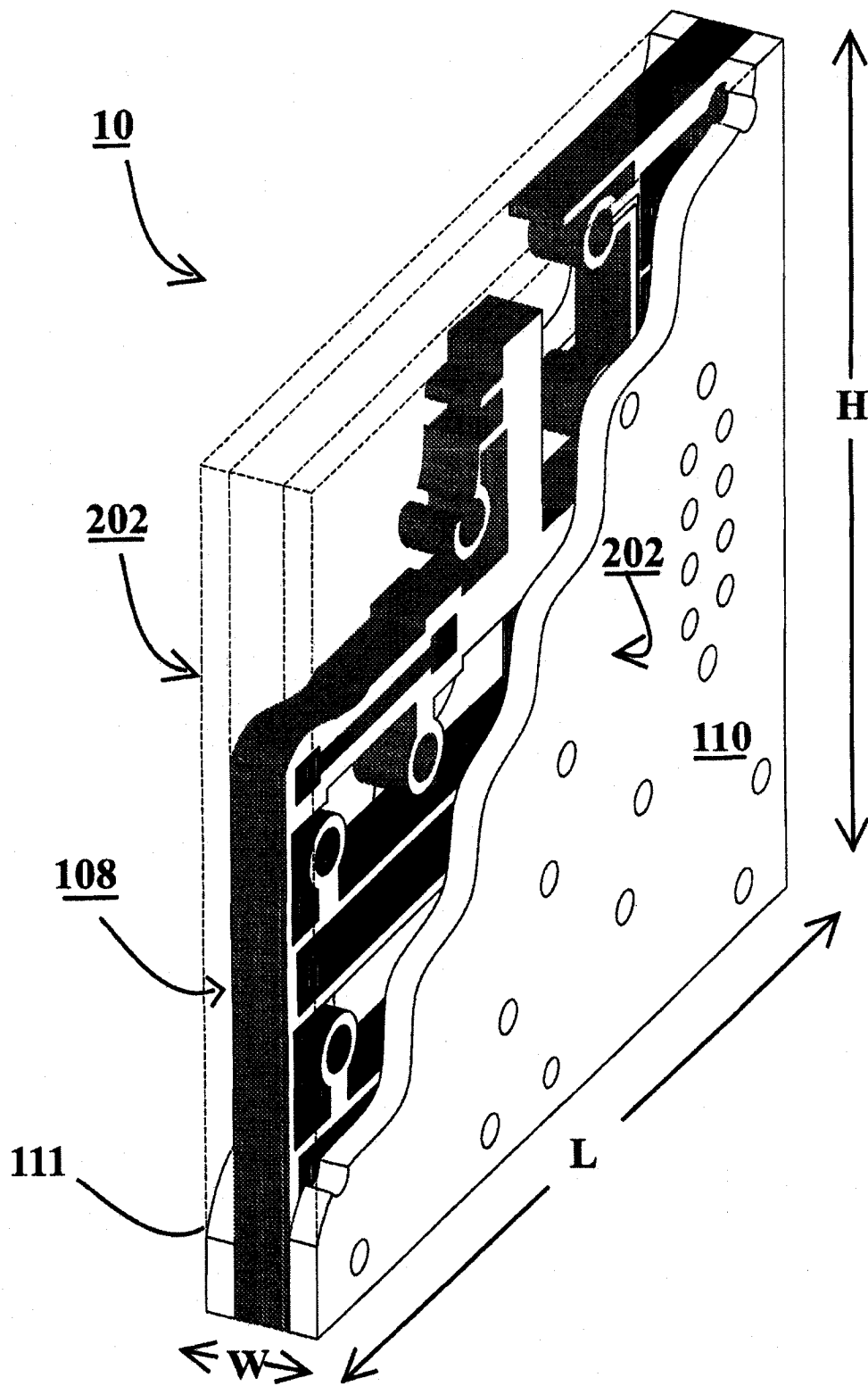
[0197] 以上提供了对示范实施例的描述,仅是为了说明和描述的目的,并不意图排外或将本发明限制到所揭示的精确的形式上。根据以上的介绍,可作出许多修改和变化。

[0198] 选择和描述上述实施例是为了解释本发明的原理及其实际的应用,以便能使本技术领域内技术人员利用本发明和各种实施例,且各种修改可适于所想到的特殊用途。本发明相关的技术领域内技术人员将会明白到其它替代的实施例,而不脱离本发明的精神和范围。因此,本发明的范围由附后权利要求书而不是上述描述和文中所述的示范实施例来定义。



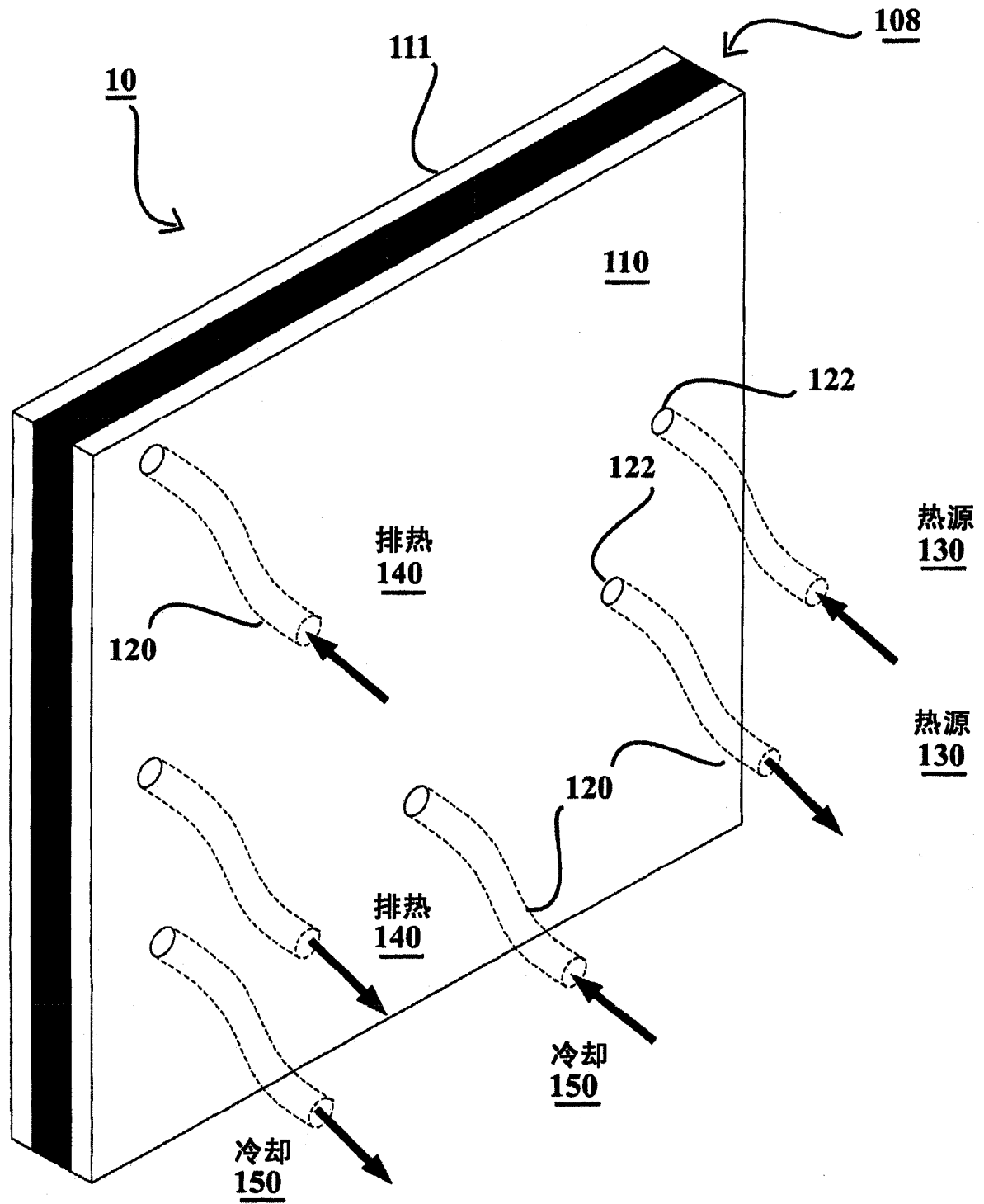
热传递或热与质量传递系统的示例性实施例

图 1



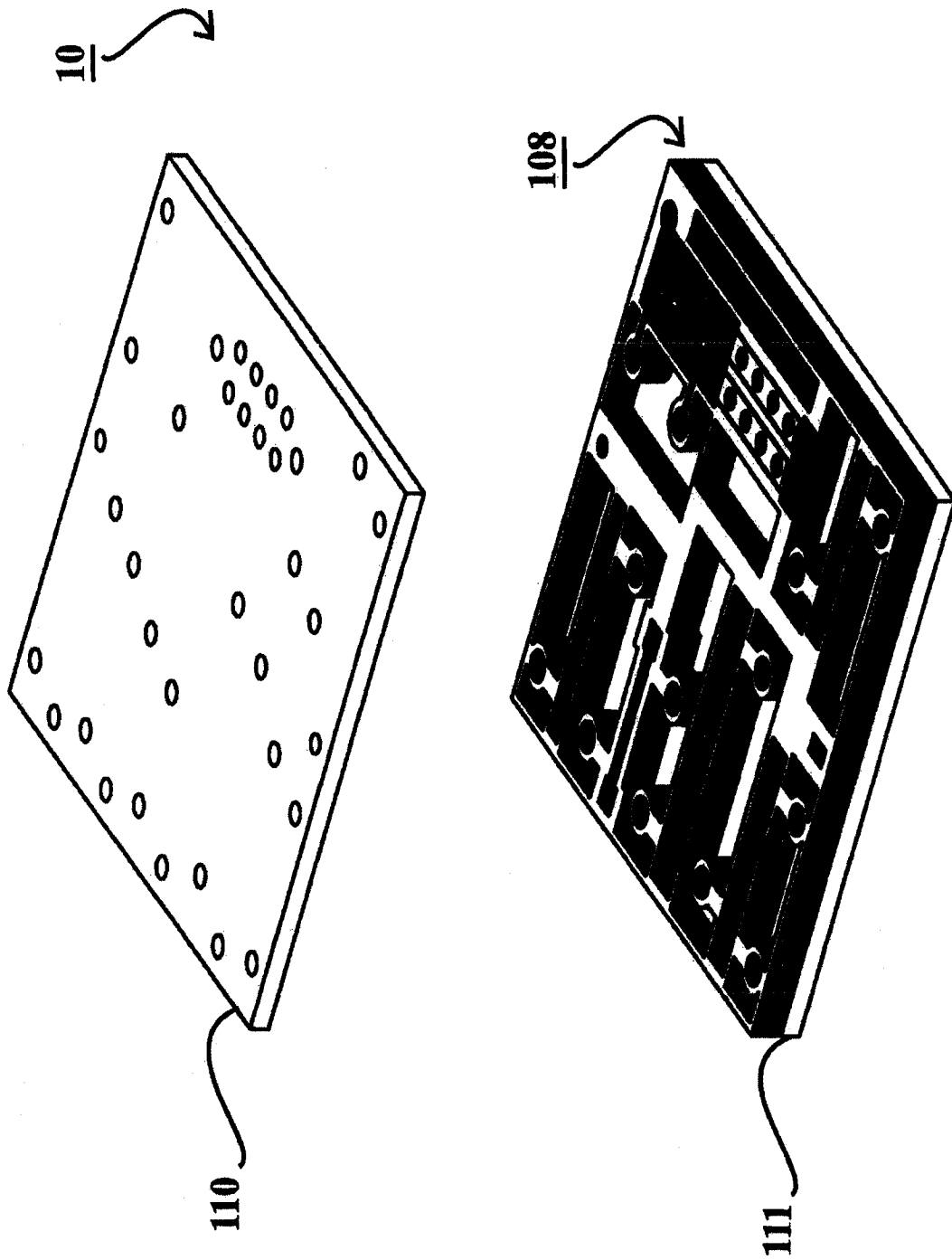
热传递或热与质量传递系统的示例性实施例（部分去除的）

图 2



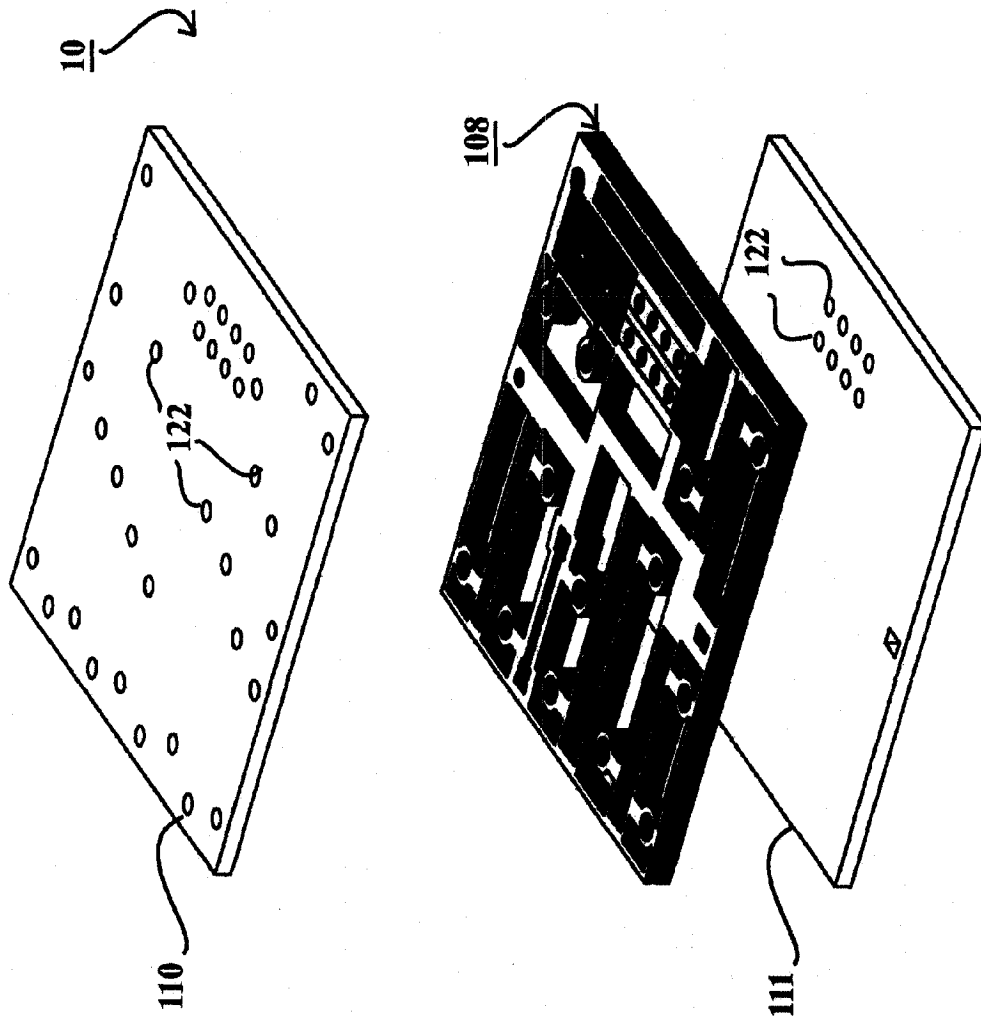
热传递或热与质量传递系统的全组装实施例

图 3



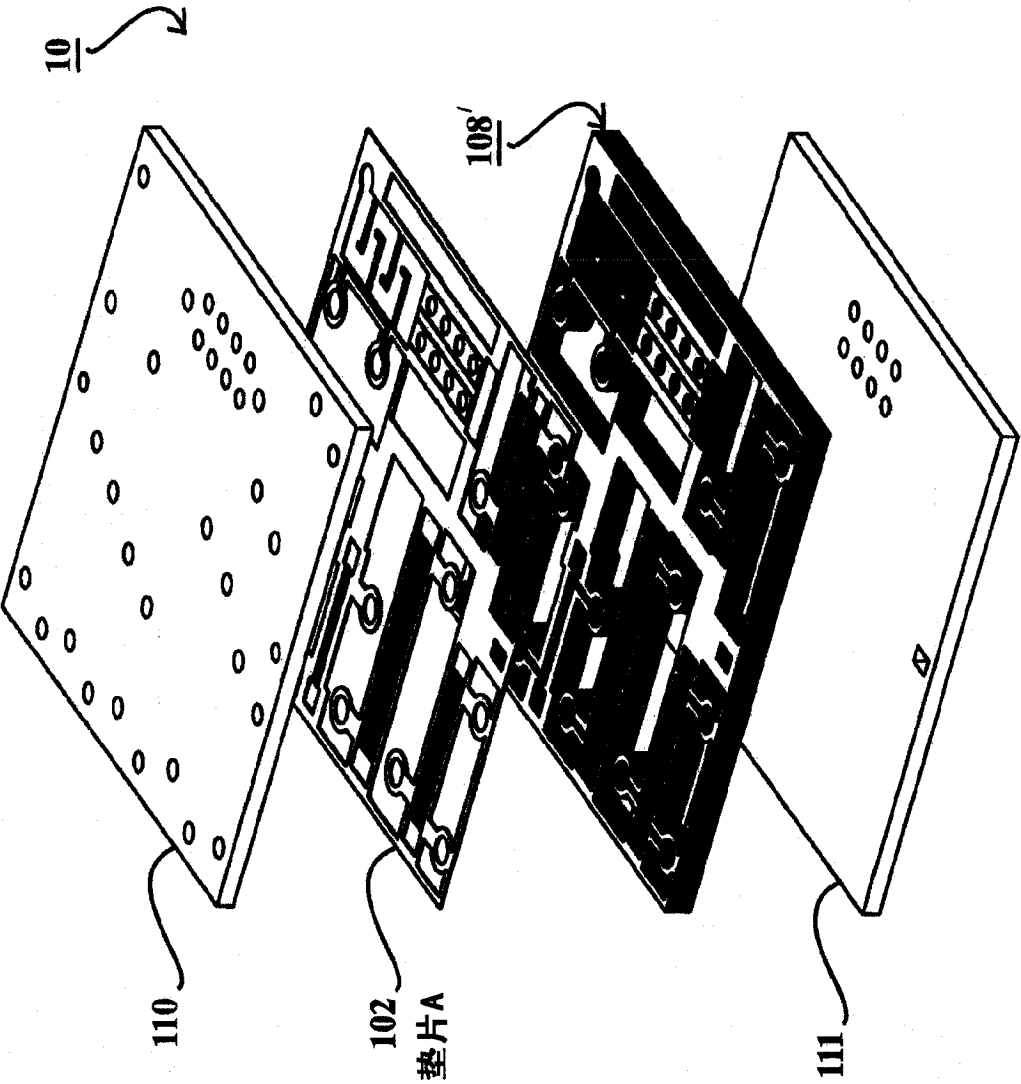
热传递或热与质量传递系统的示例性实施例的分解图

图 4A



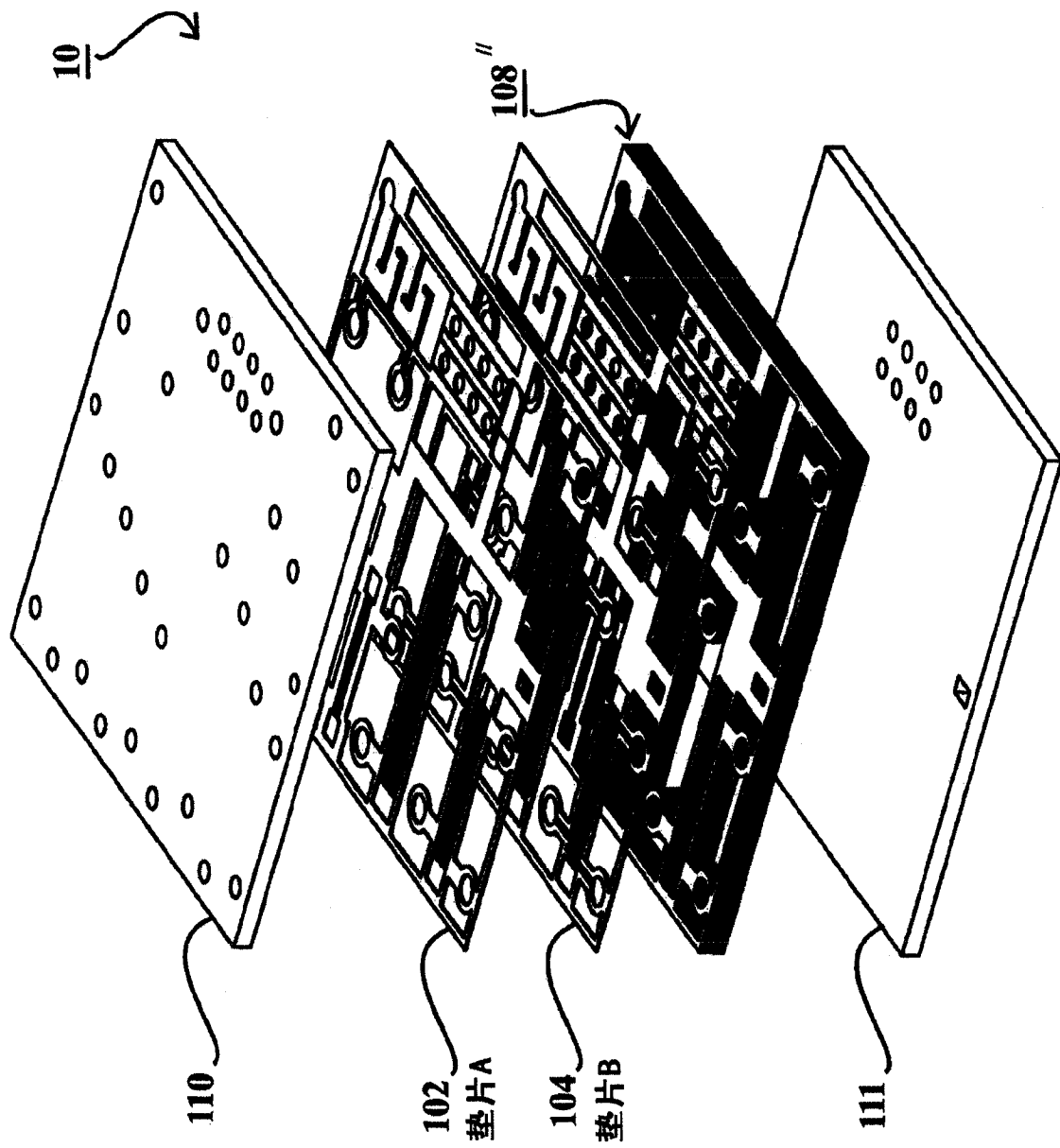
热传递或热与质量传递系统的示例性实施例的分解图

图 4B



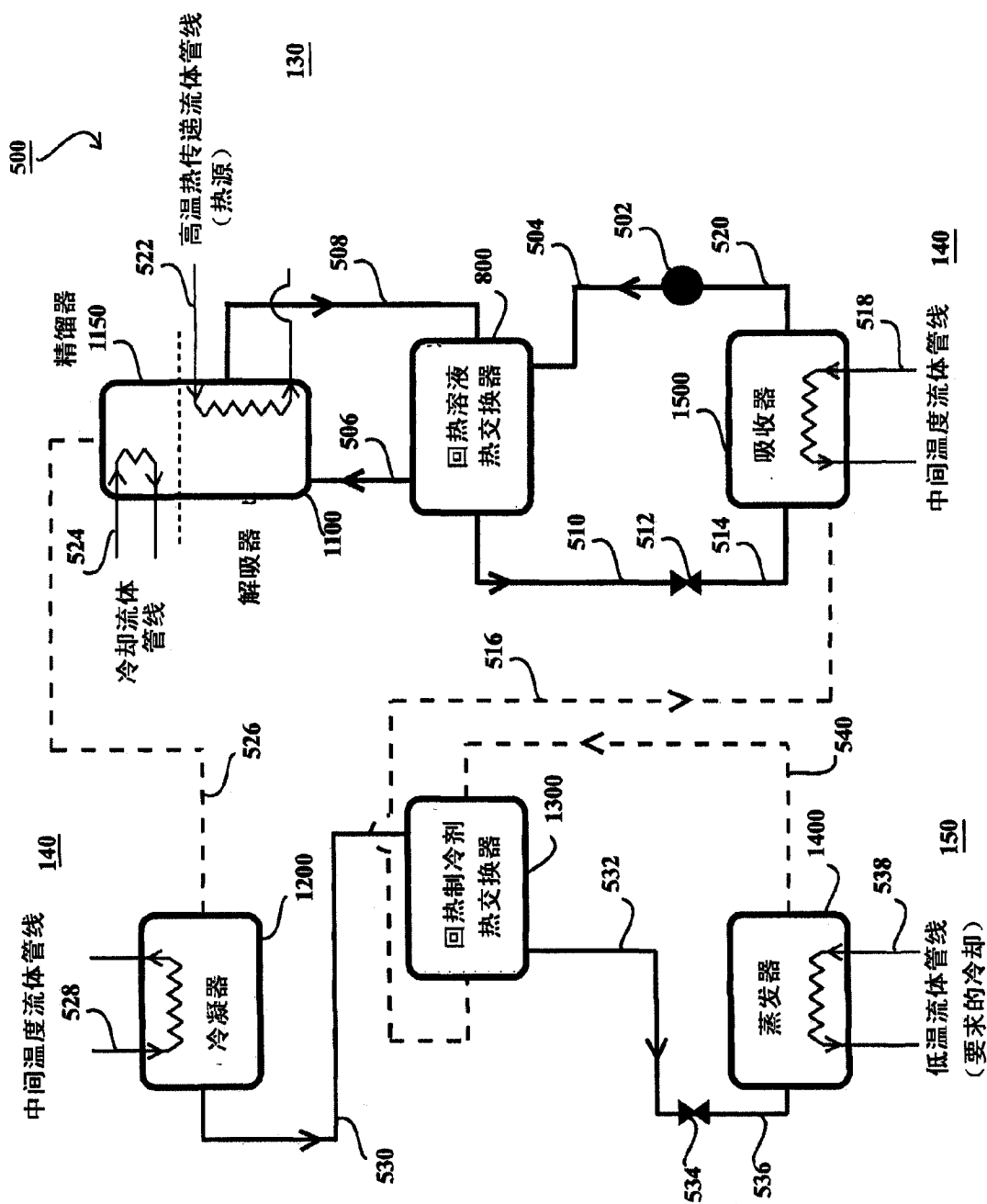
热传递或热与质量传递系统的示例性实施例的分解图

图 4C



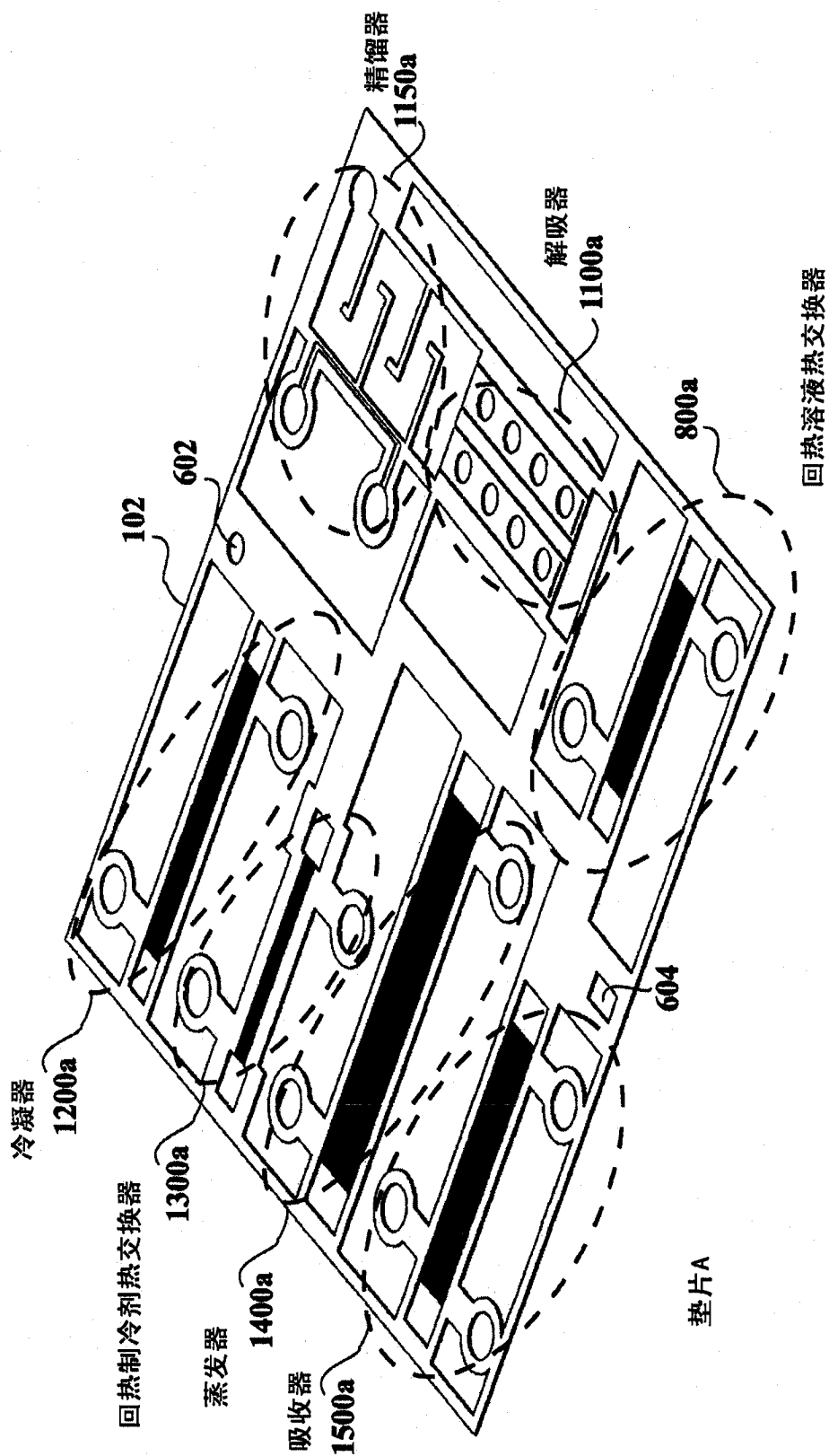
热传递或热与质量传递系统的示例性实施例的分解图

图 4D



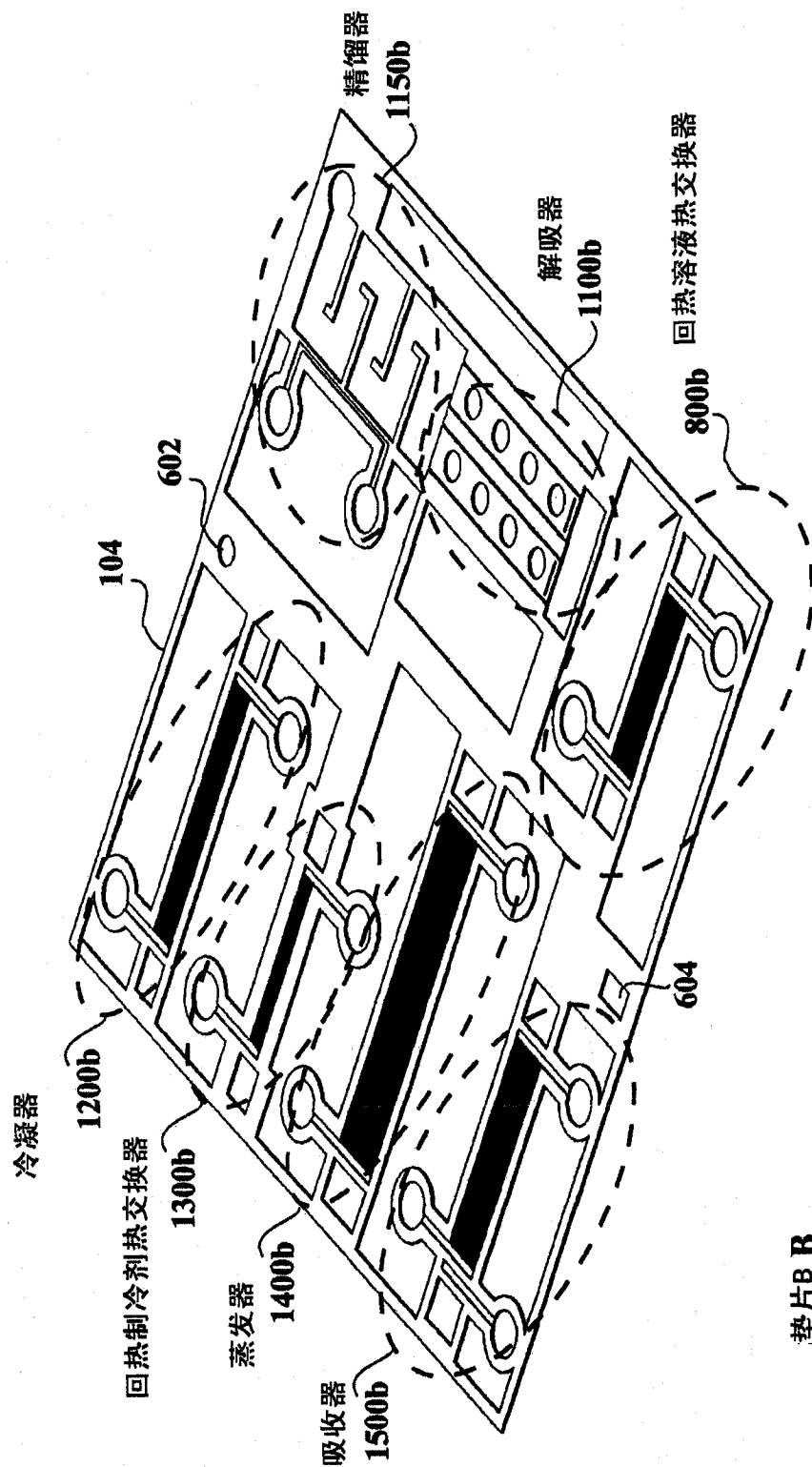
示例性热与质量传递系统部件的示意图

图 5



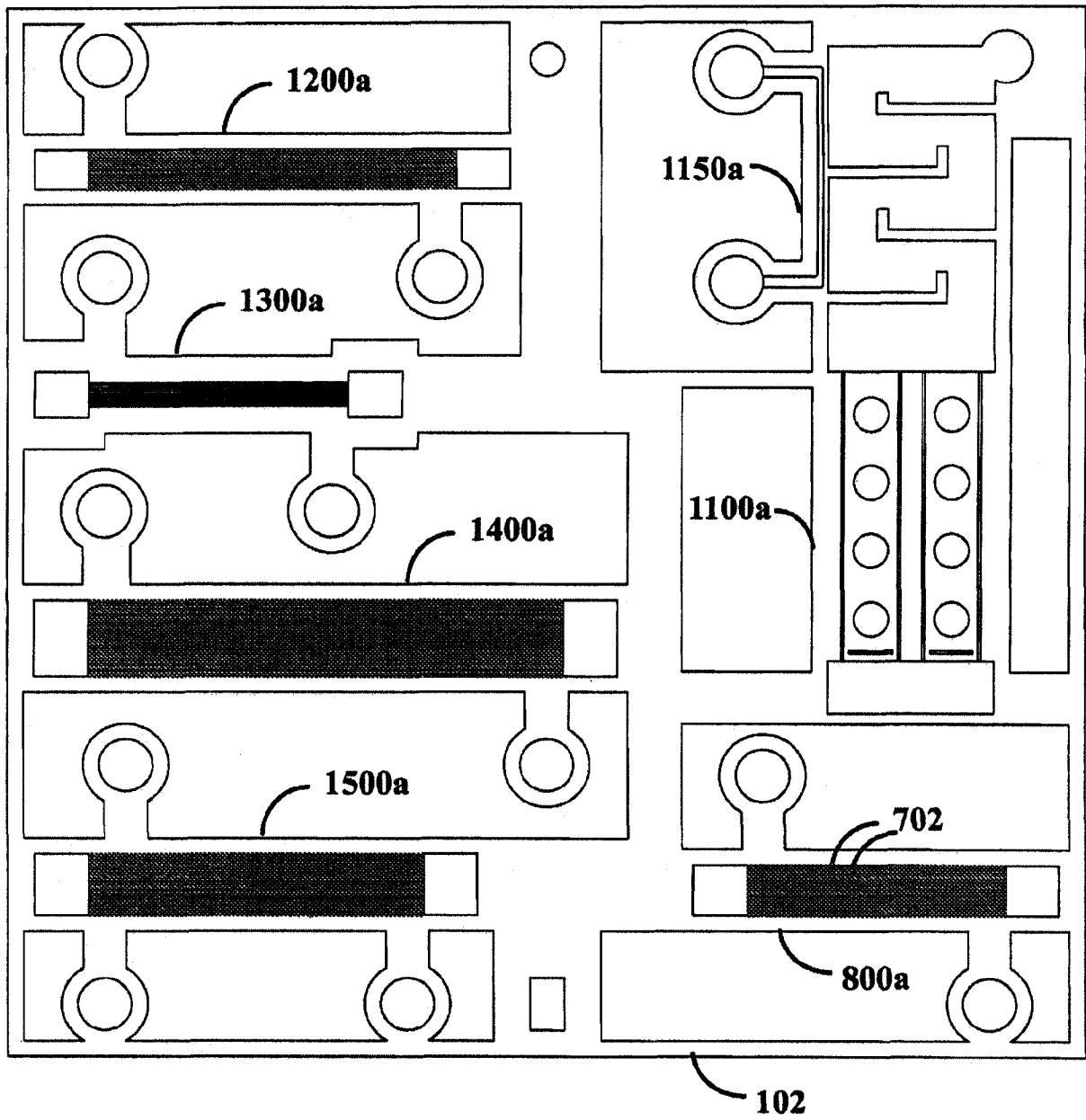
示例性垫片“A”的立体图

图 6A



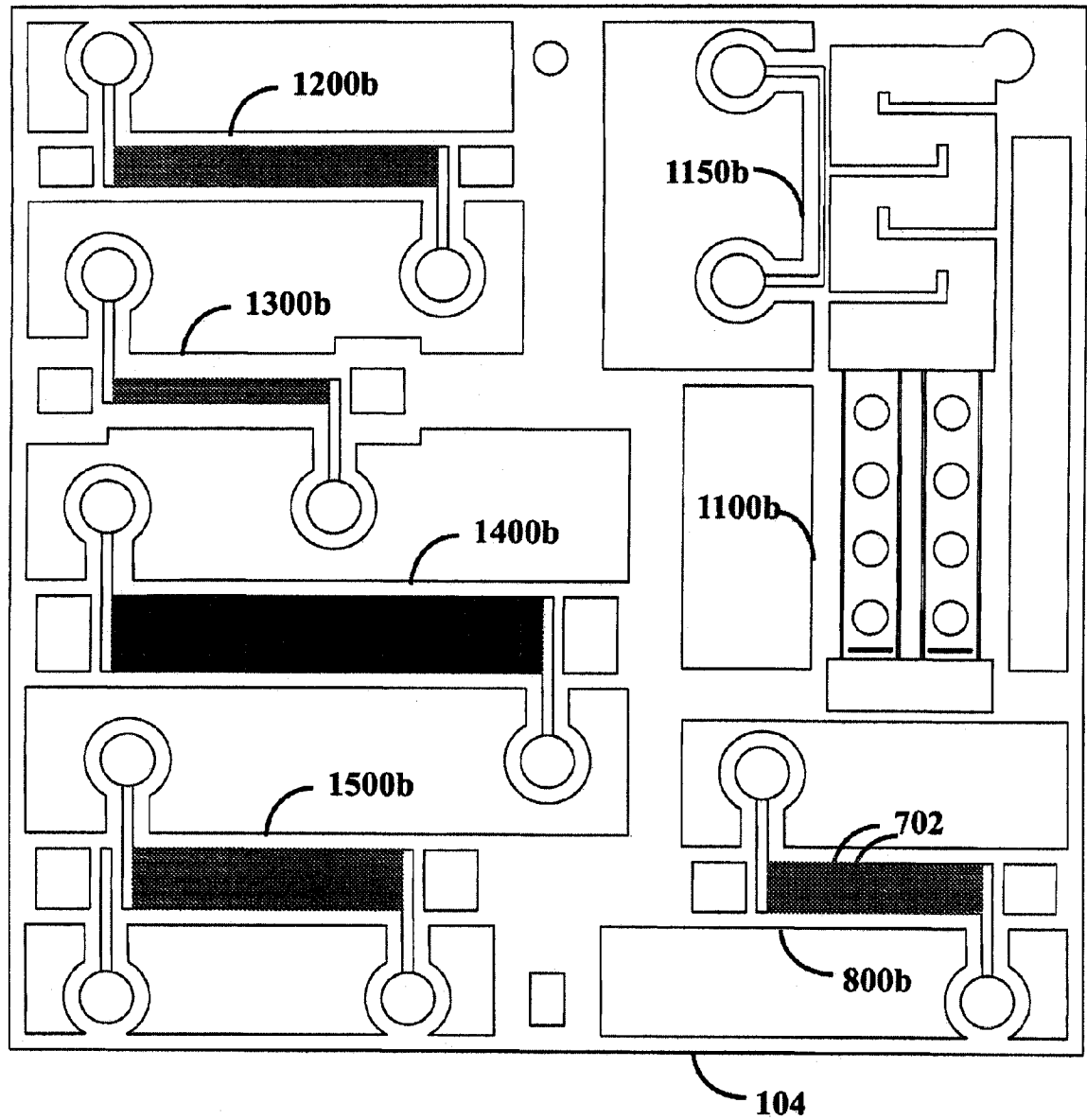
示例性垫片“B”的立体图

图 6B



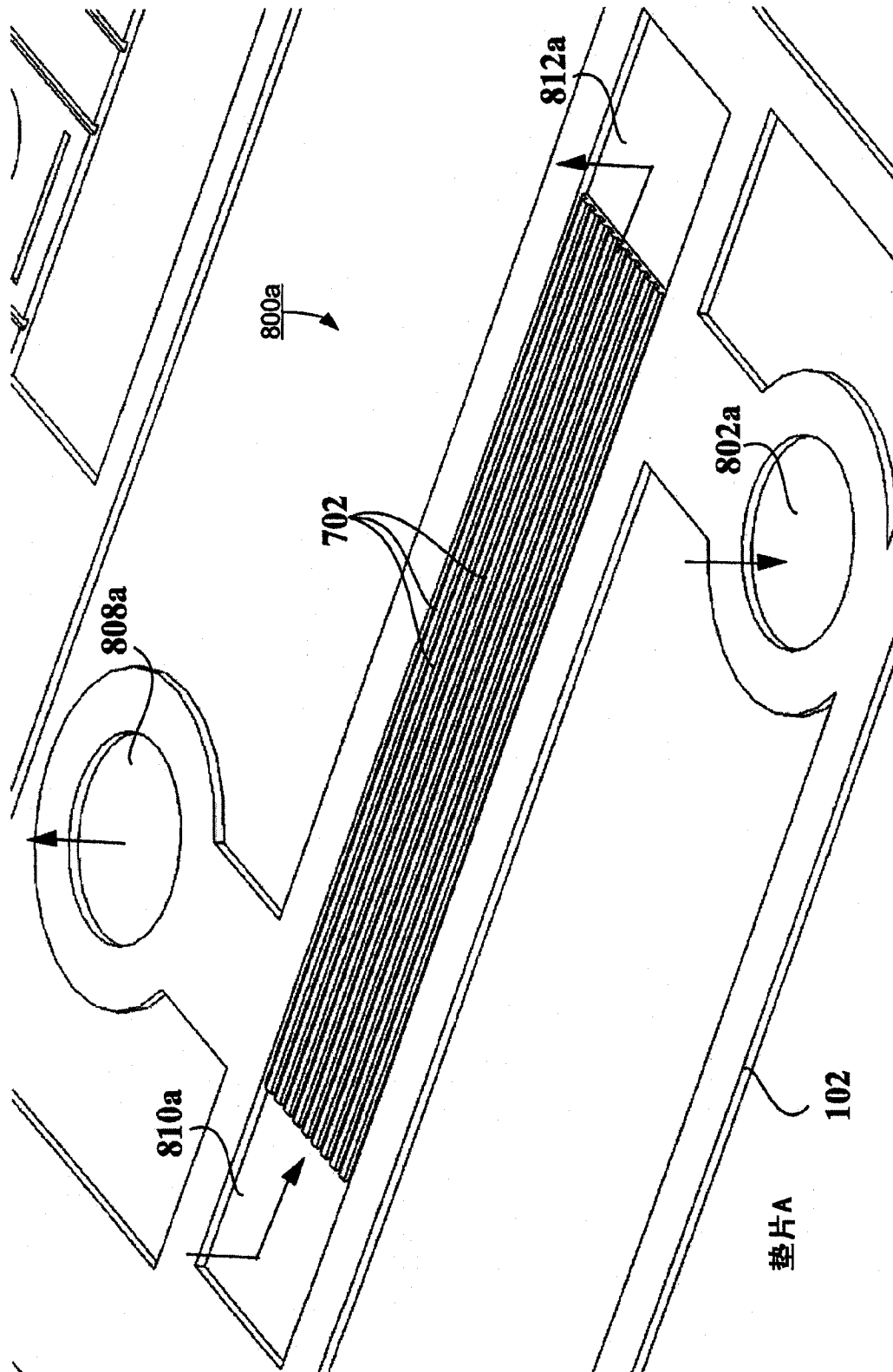
示例性垫片“A”的前视图

图 7A



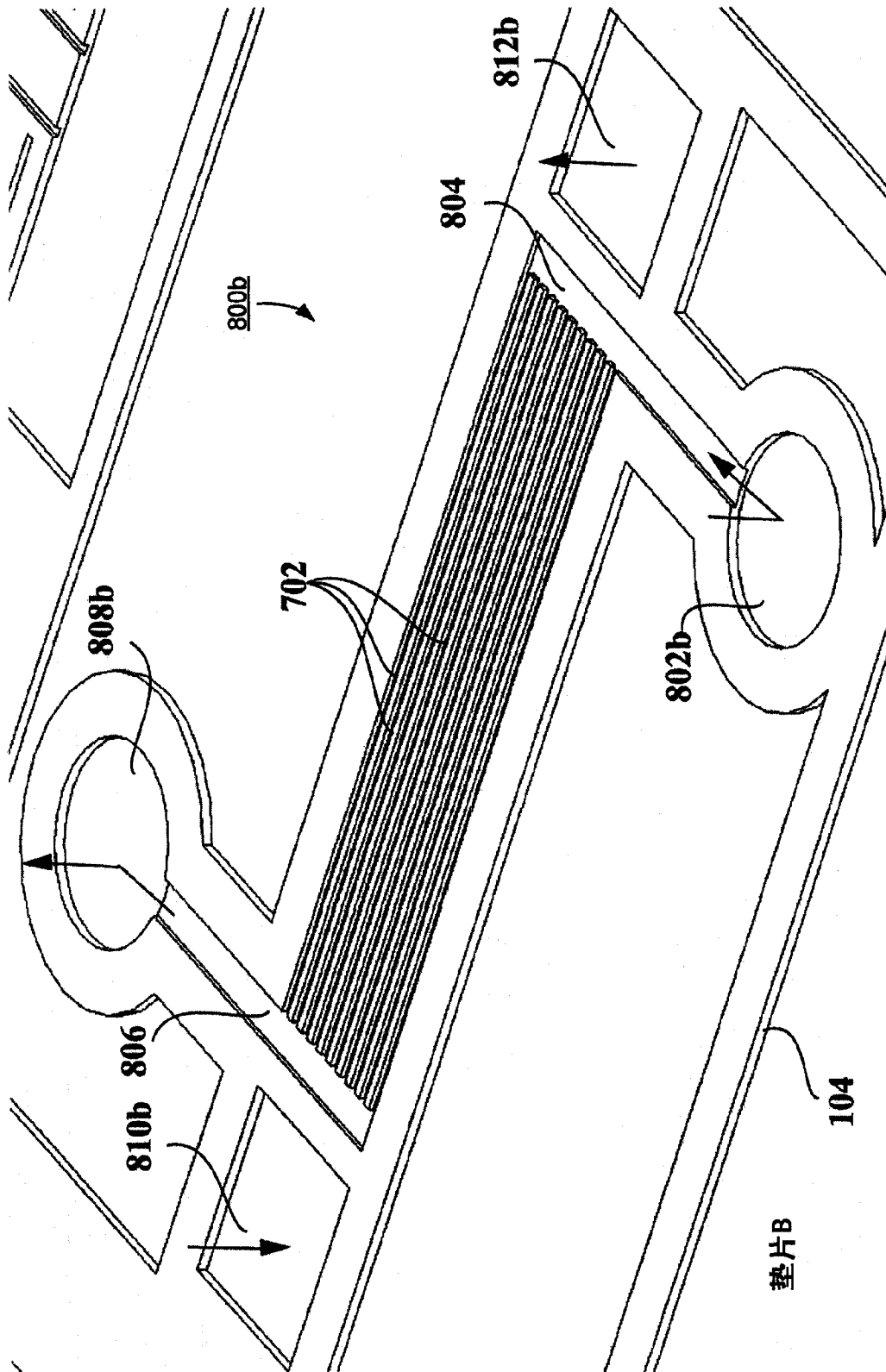
示例性垫片“B”的前视图

图 7B



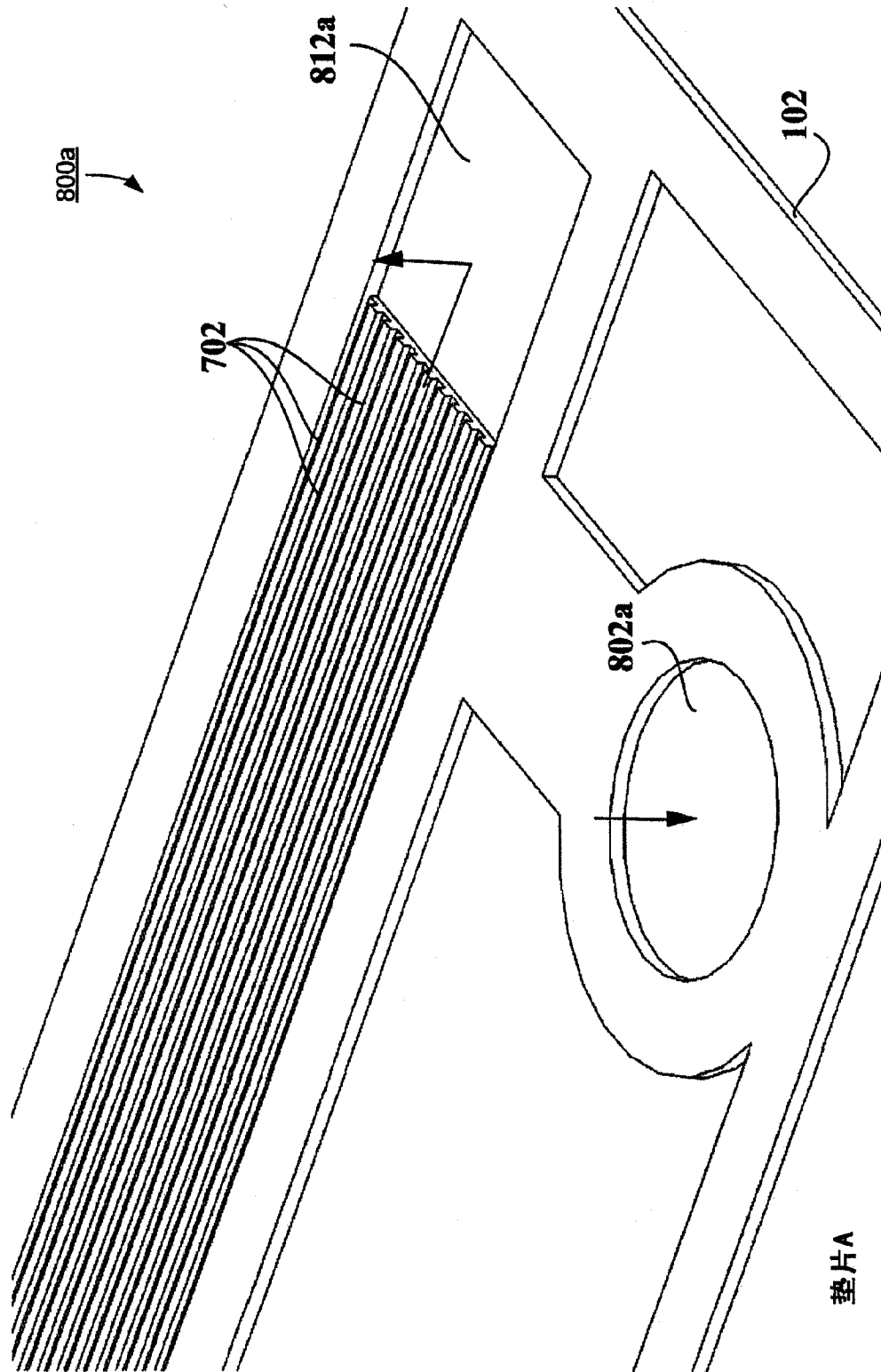
与回热溶液热交换器相关联的垫片“A”的立体图

图 8A



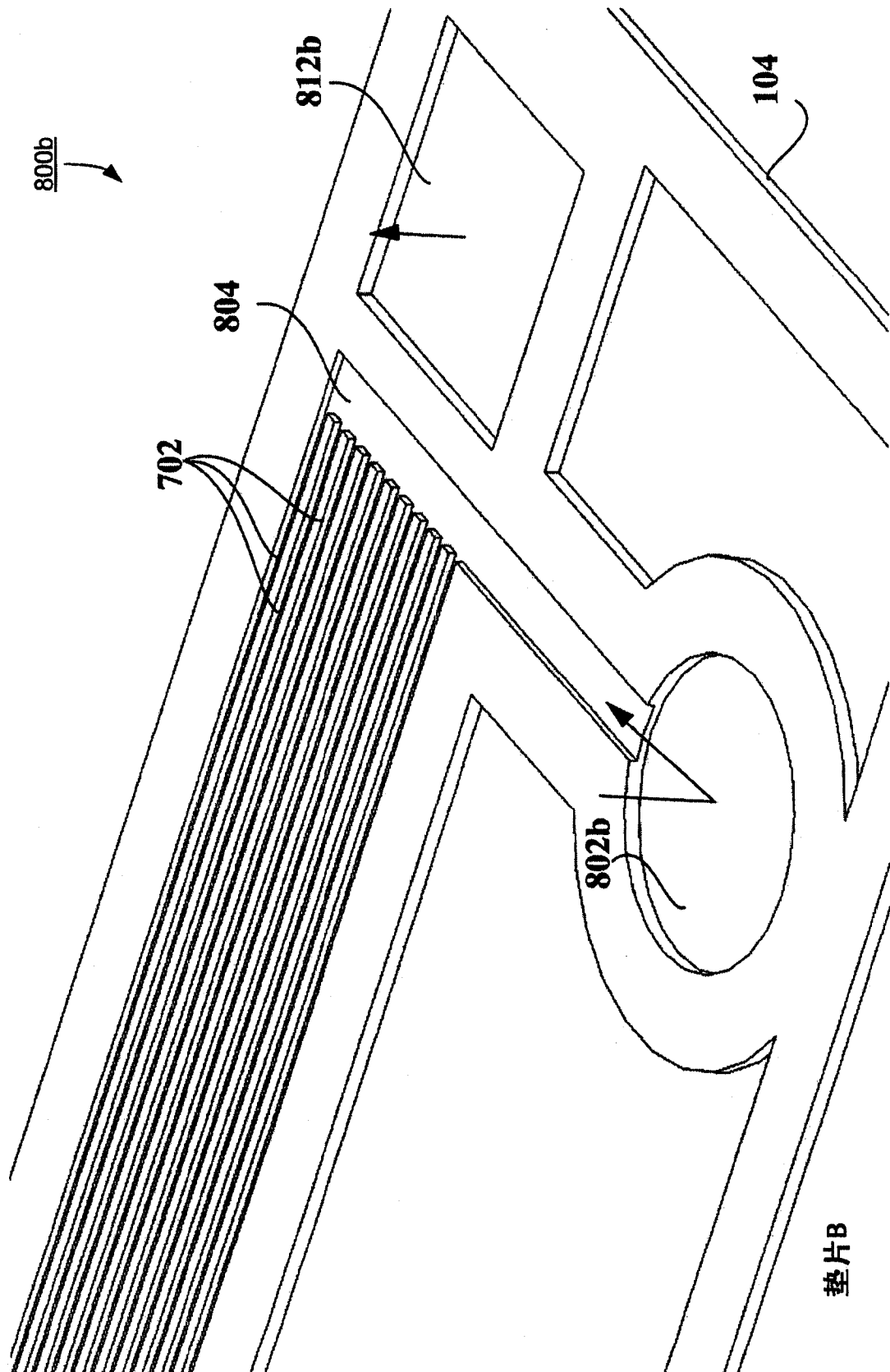
与回热溶液热交换器相关联的垫片“B”的立体图

图 8B



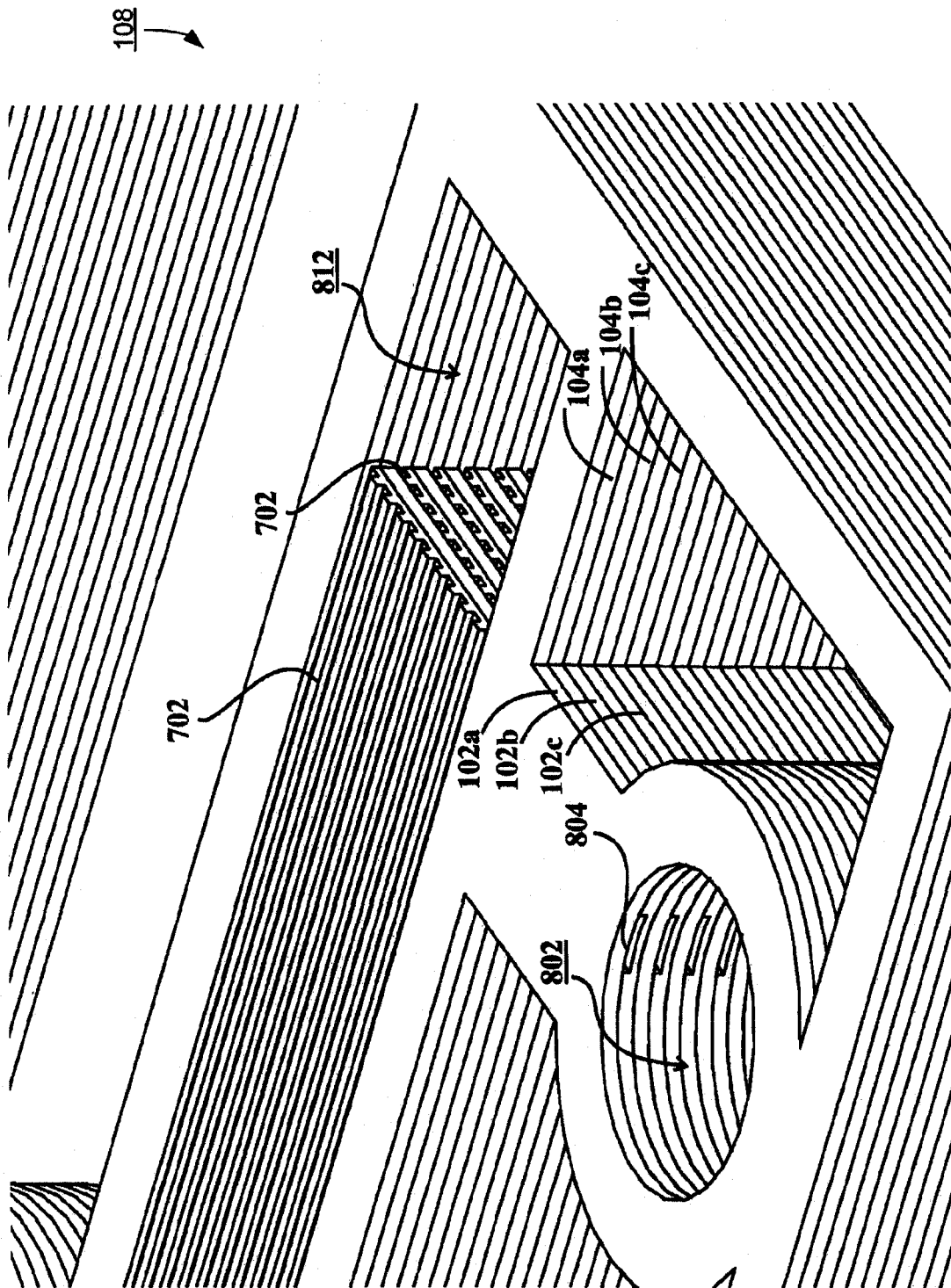
与回热溶液热交换器相关的垫片“A”的放大立体图

图 9A



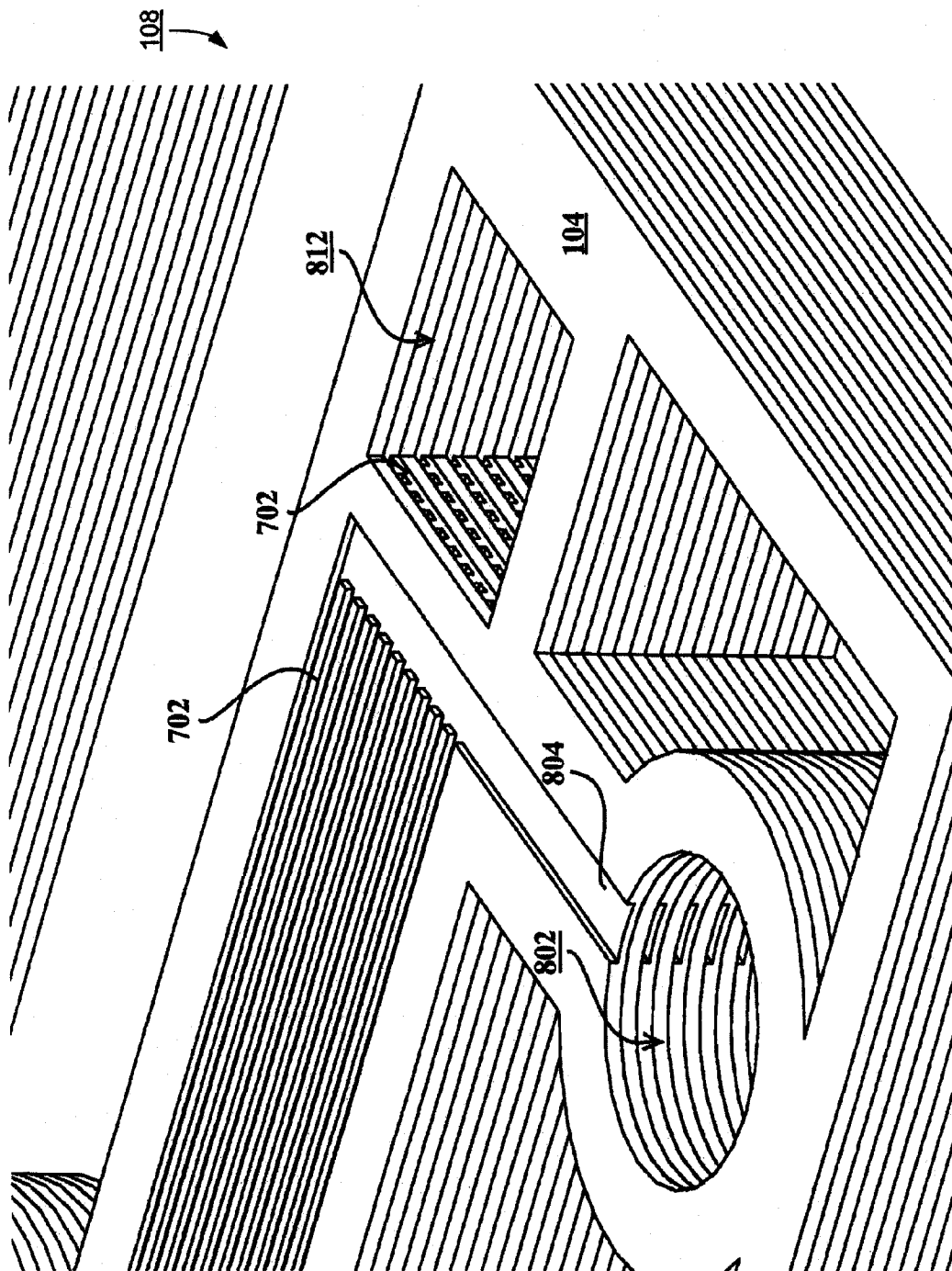
与回热溶液热交换器相关联的垫片“B”的放大立体图

图 9B



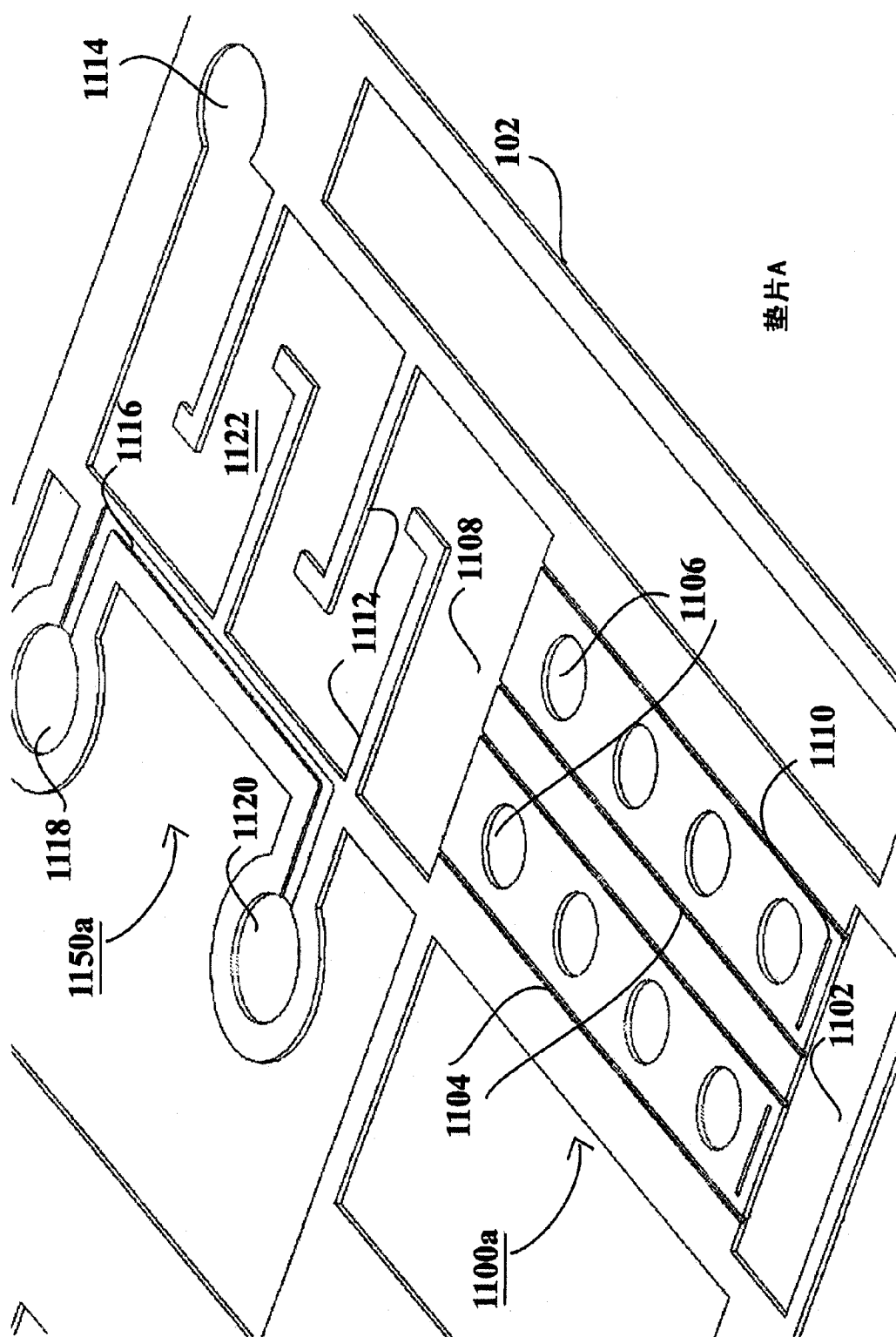
与回热溶液热交换器相关联的多个堆叠垫片的放大立体图

图 10A



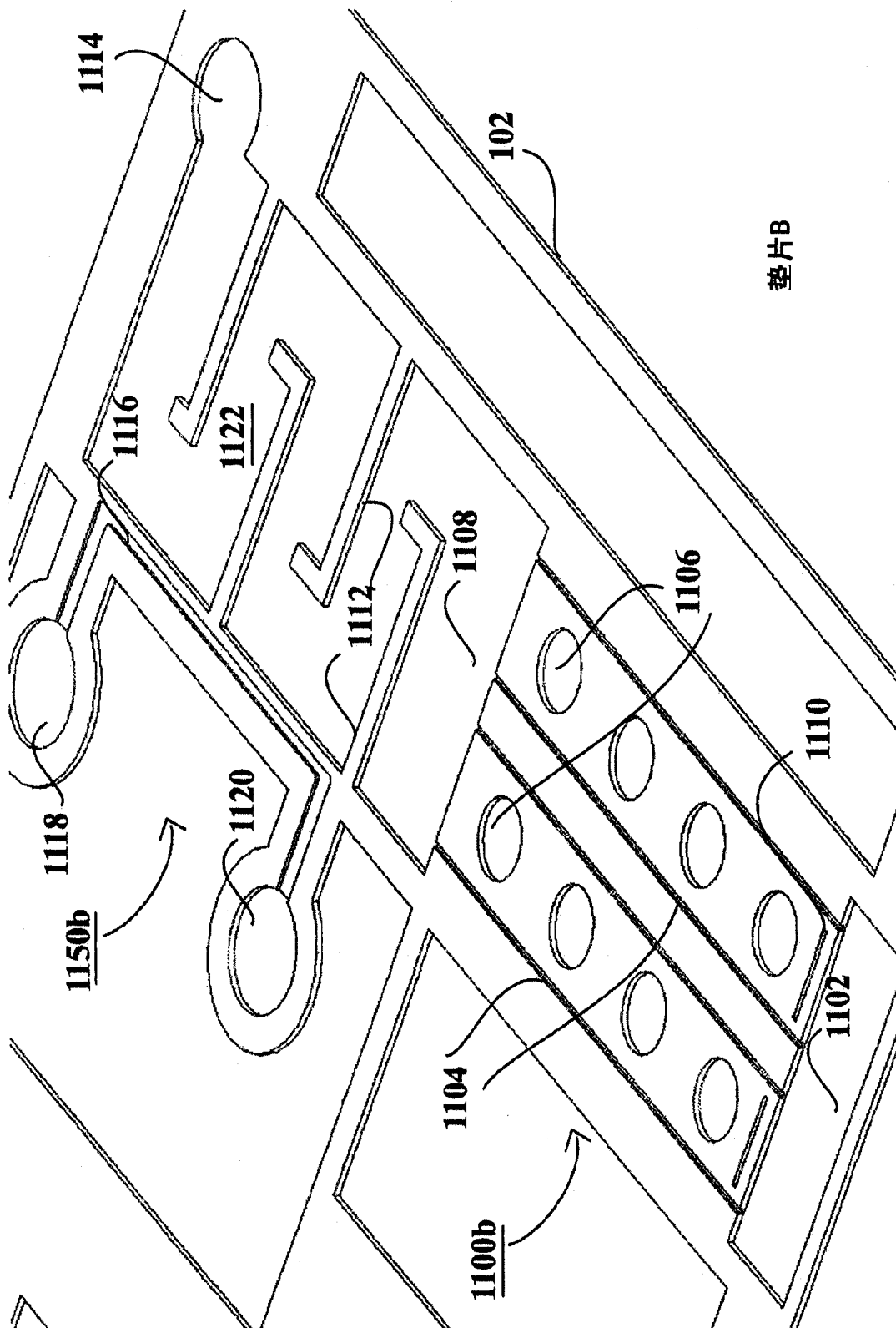
与回热溶液热交换器相关联的多个堆叠垫片的放大立体图

图 10B



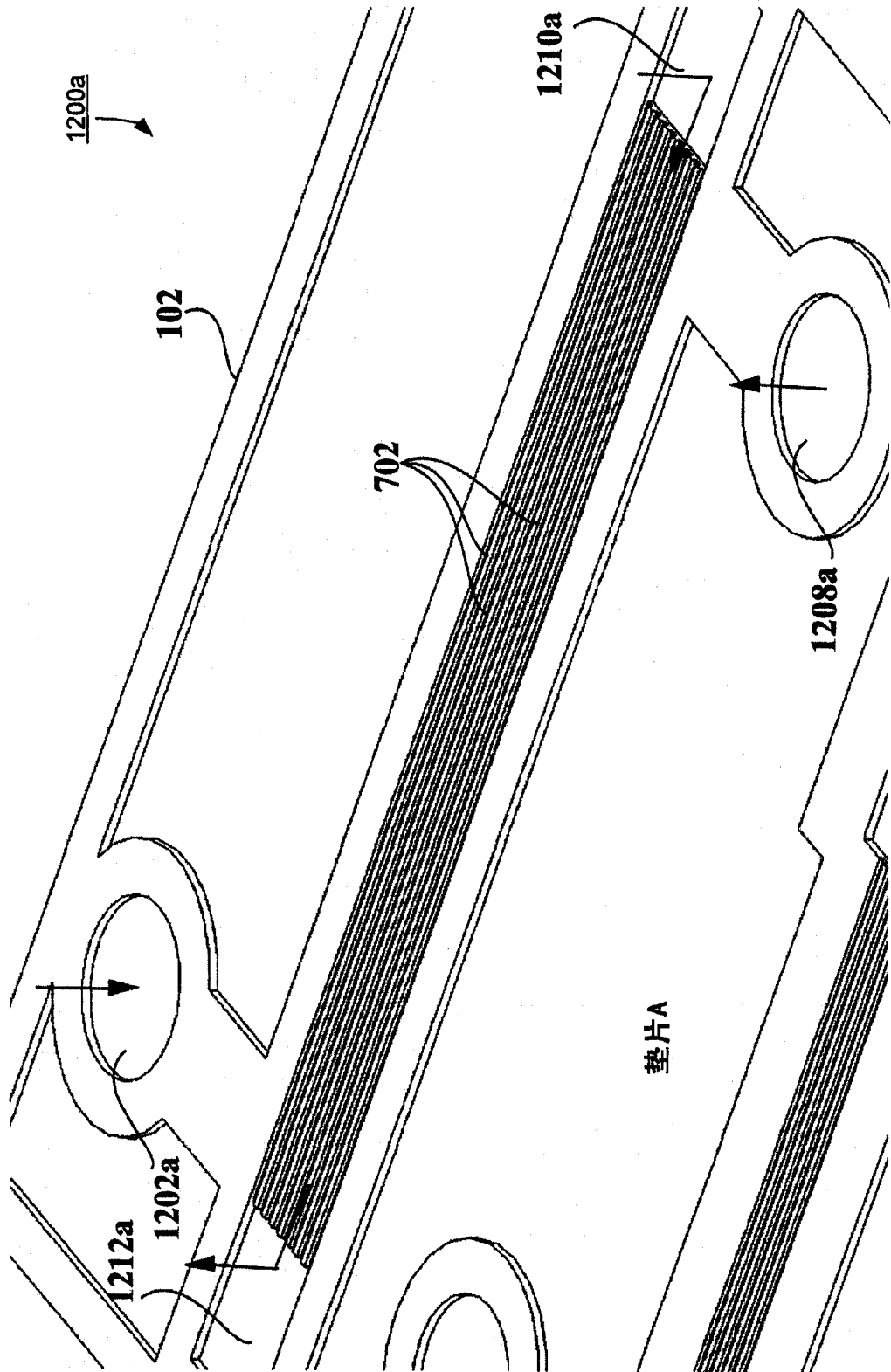
### 与解吸器和精馏器相关联的垫片“A”的立体图

图 11A



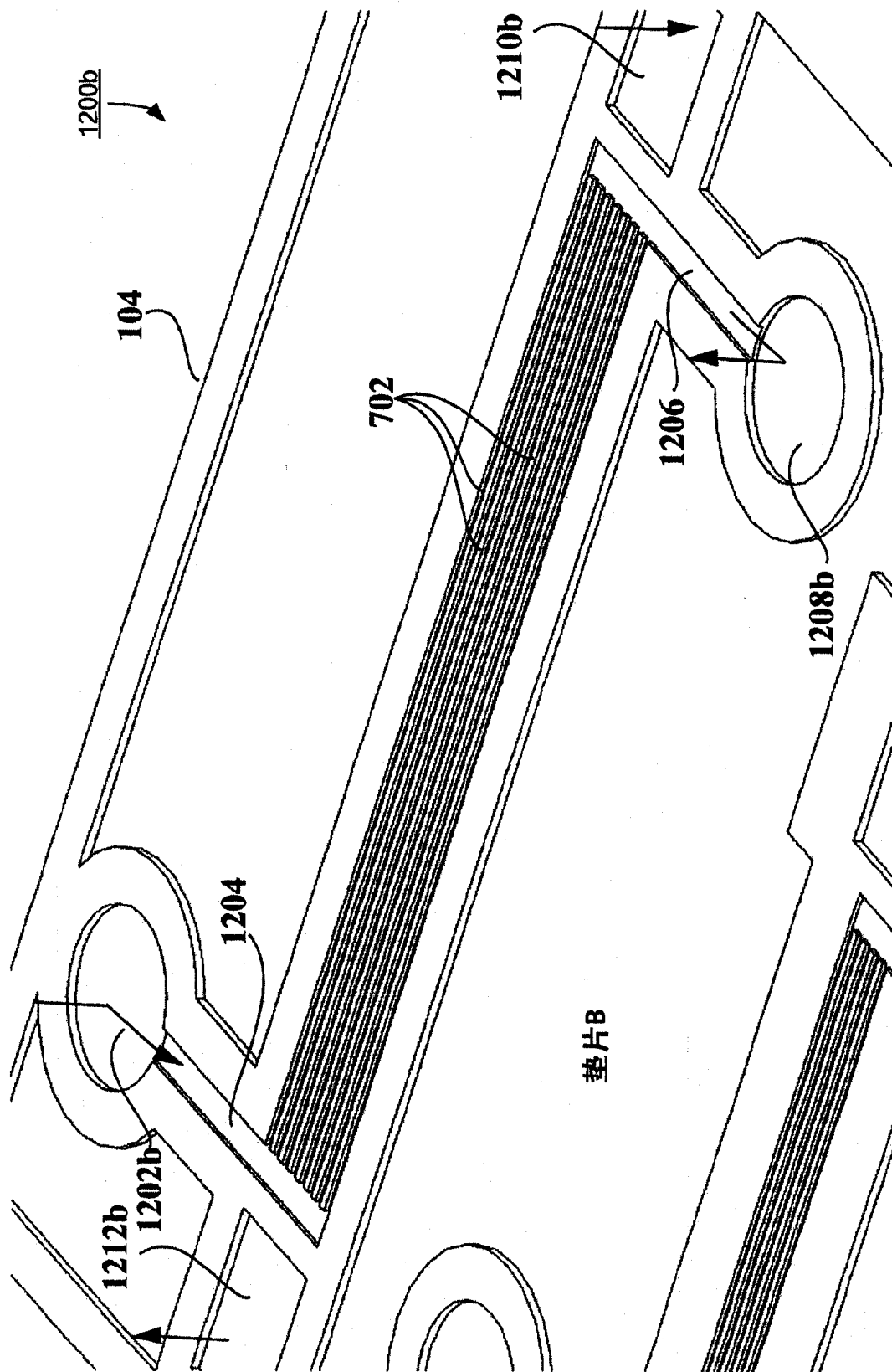
与解吸器和精馏器相关联的垫片“B”的立体图

图 11B



与冷凝器相关联的垫片“A”的立体图

图 12A



与冷凝器相关联的垫片“B”的立体图

图 12B

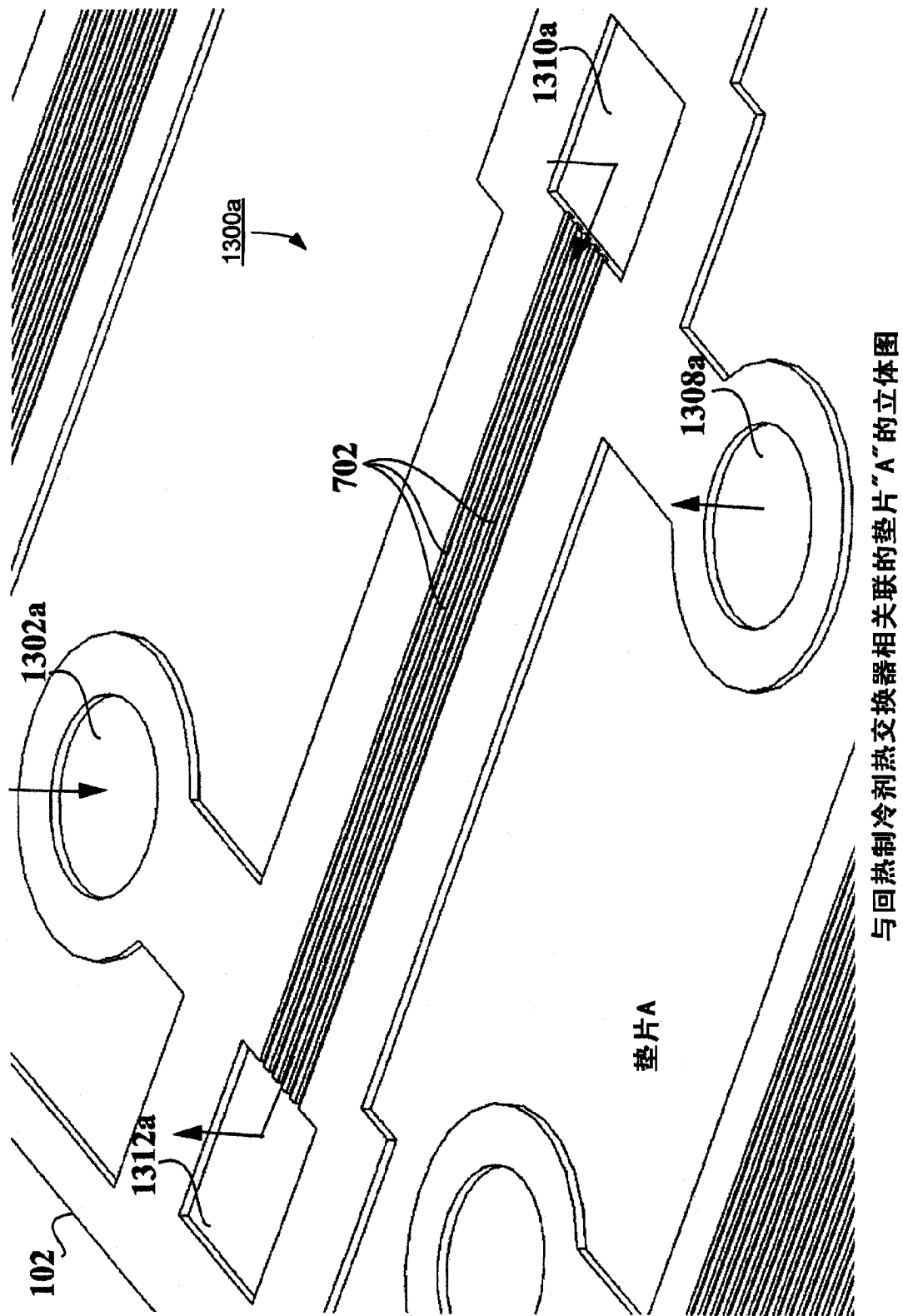
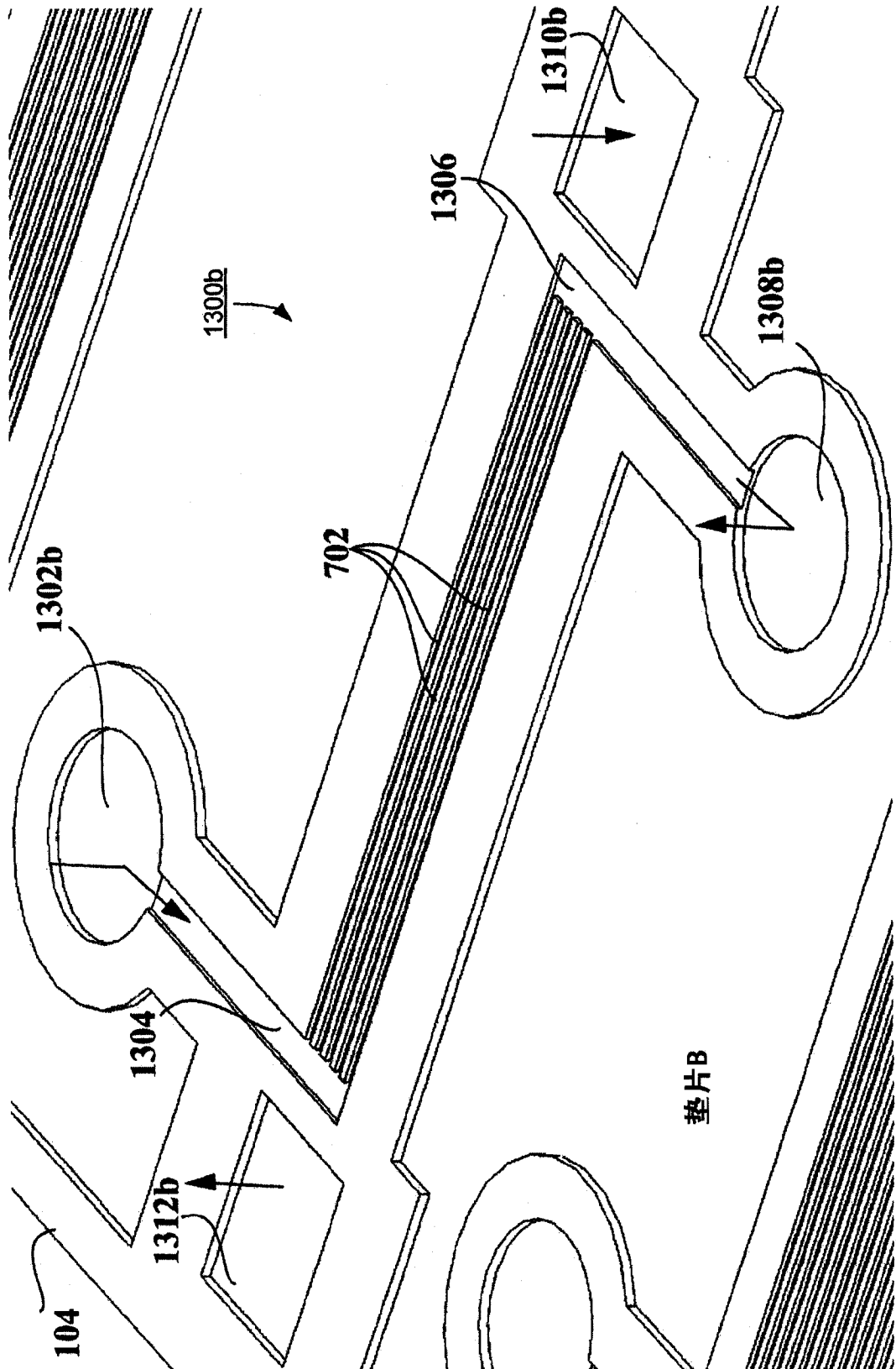
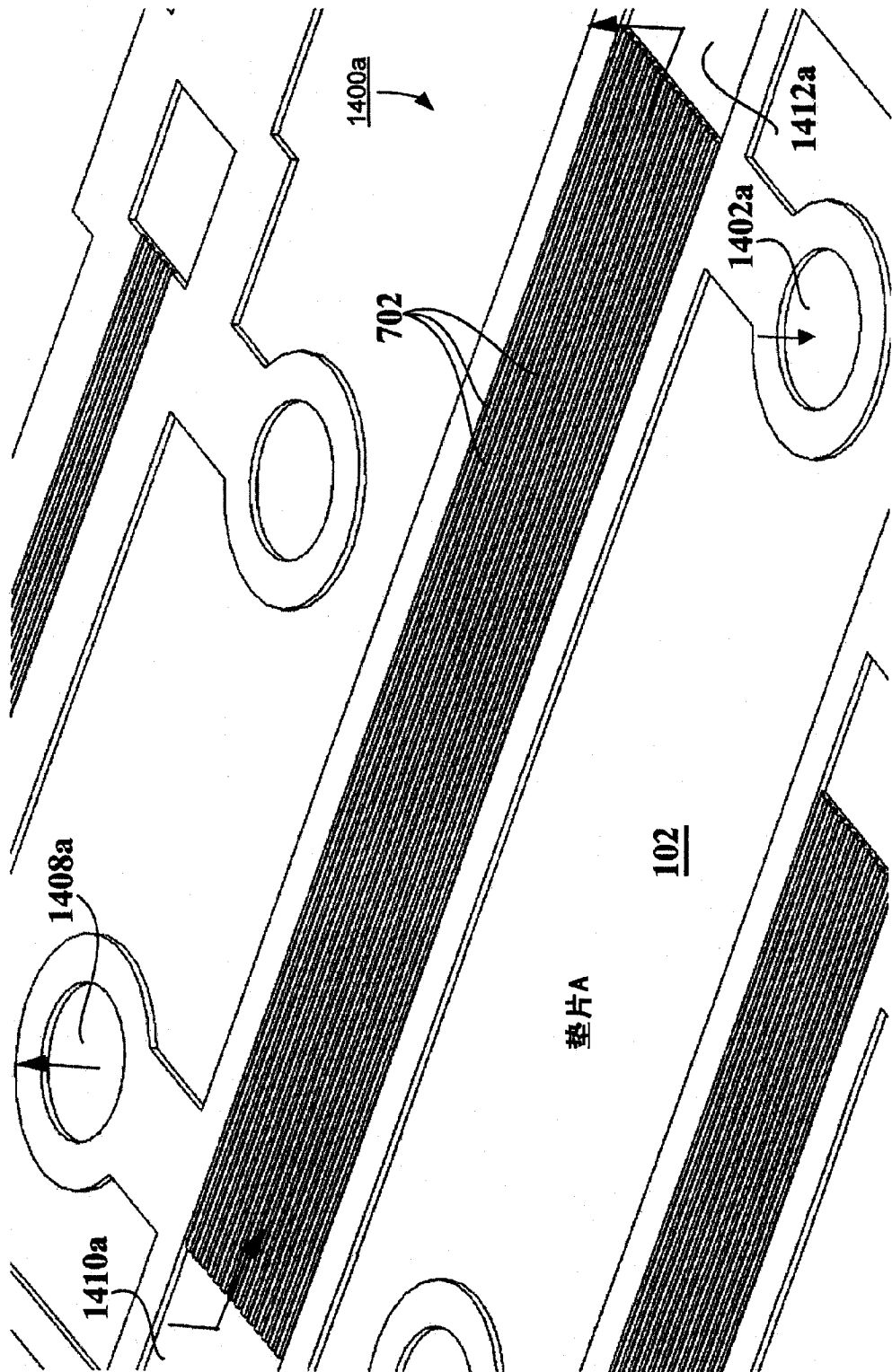


图 13A



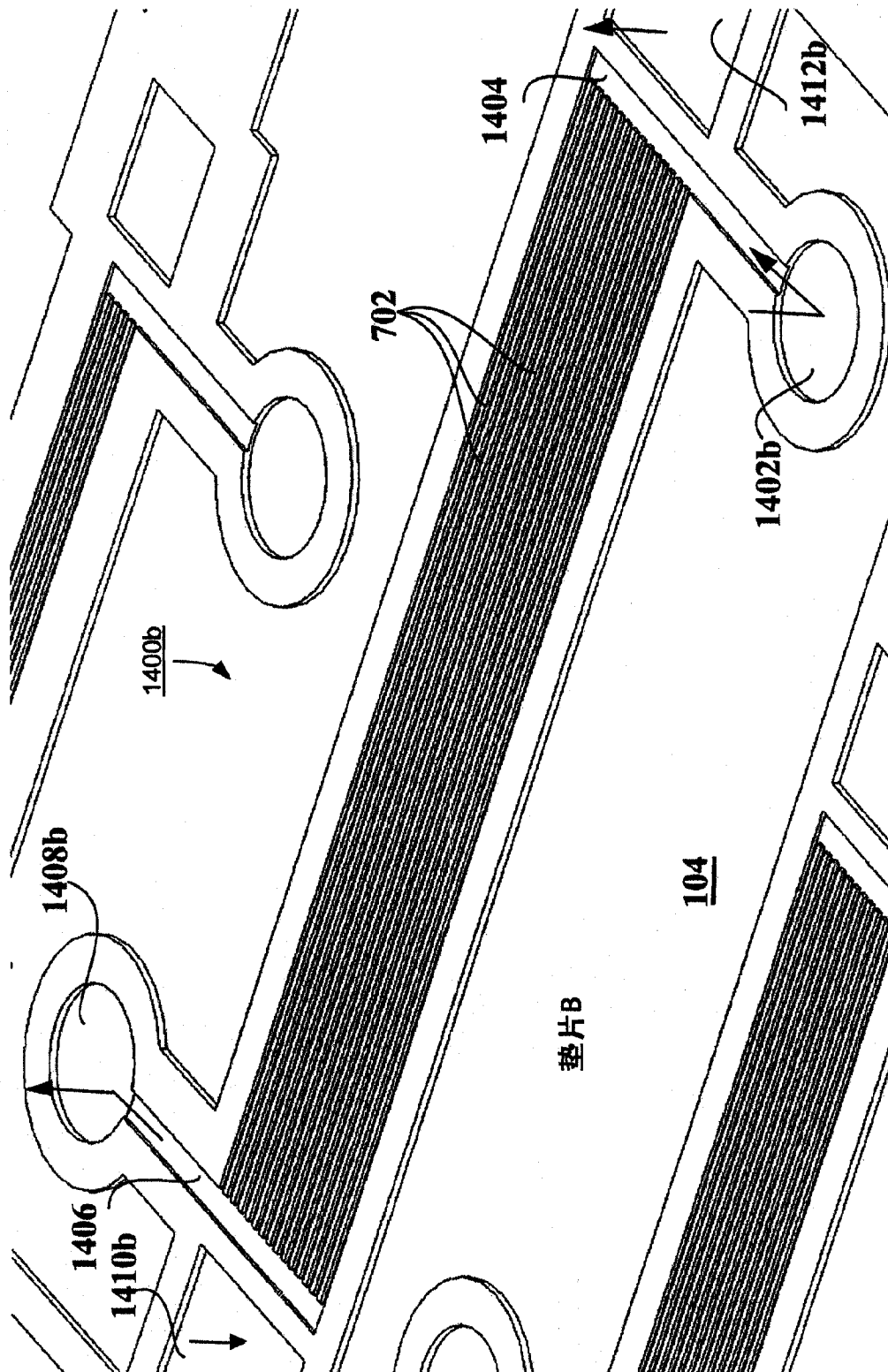
与回热制冷剂换热器相关联的垫片“B”的立体图

图 13B



与蒸发器相关的垫片“A”的立体图

图 14A



与蒸发器相关联的垫片“B”的立体图

图 14B

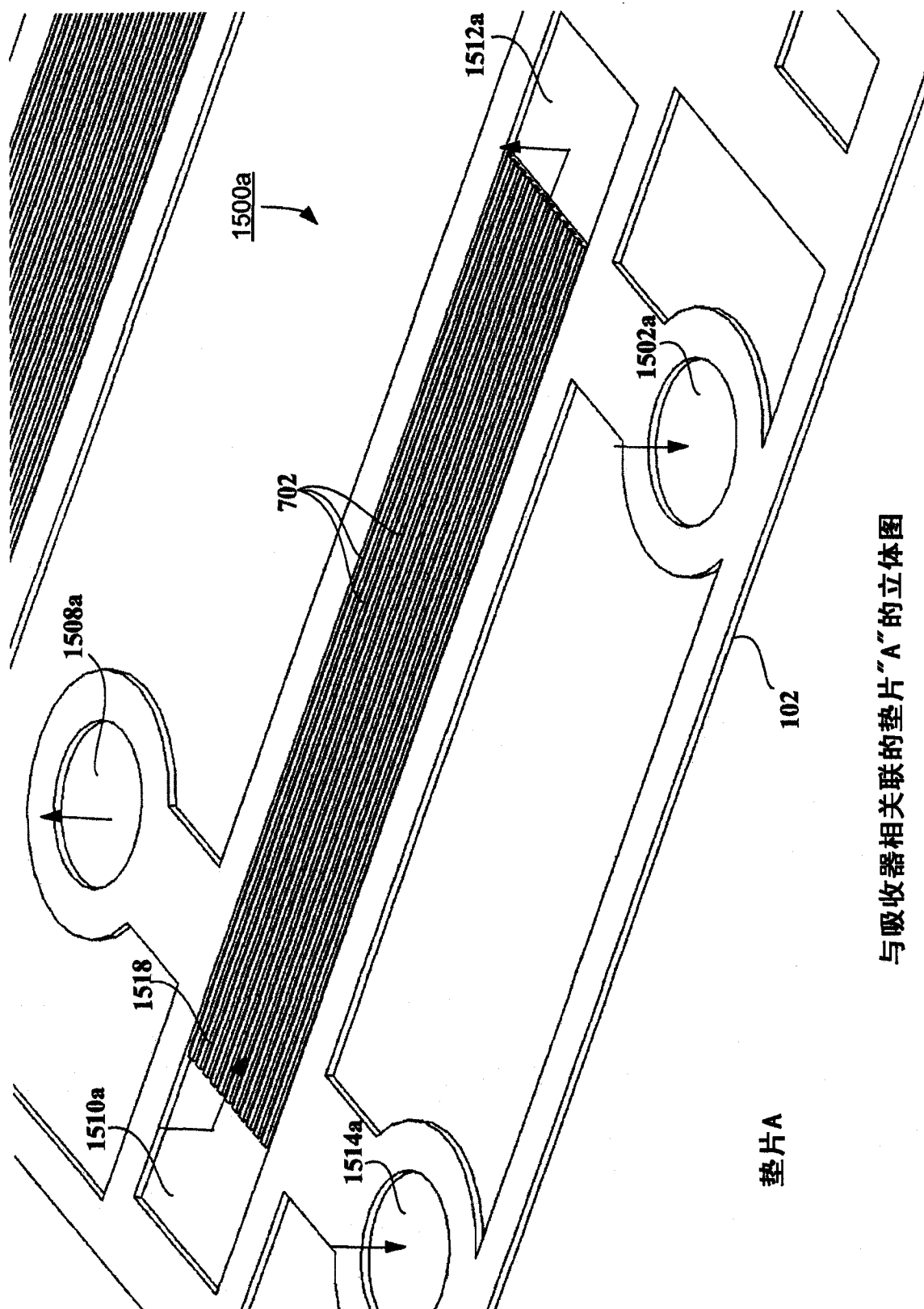


图 15A

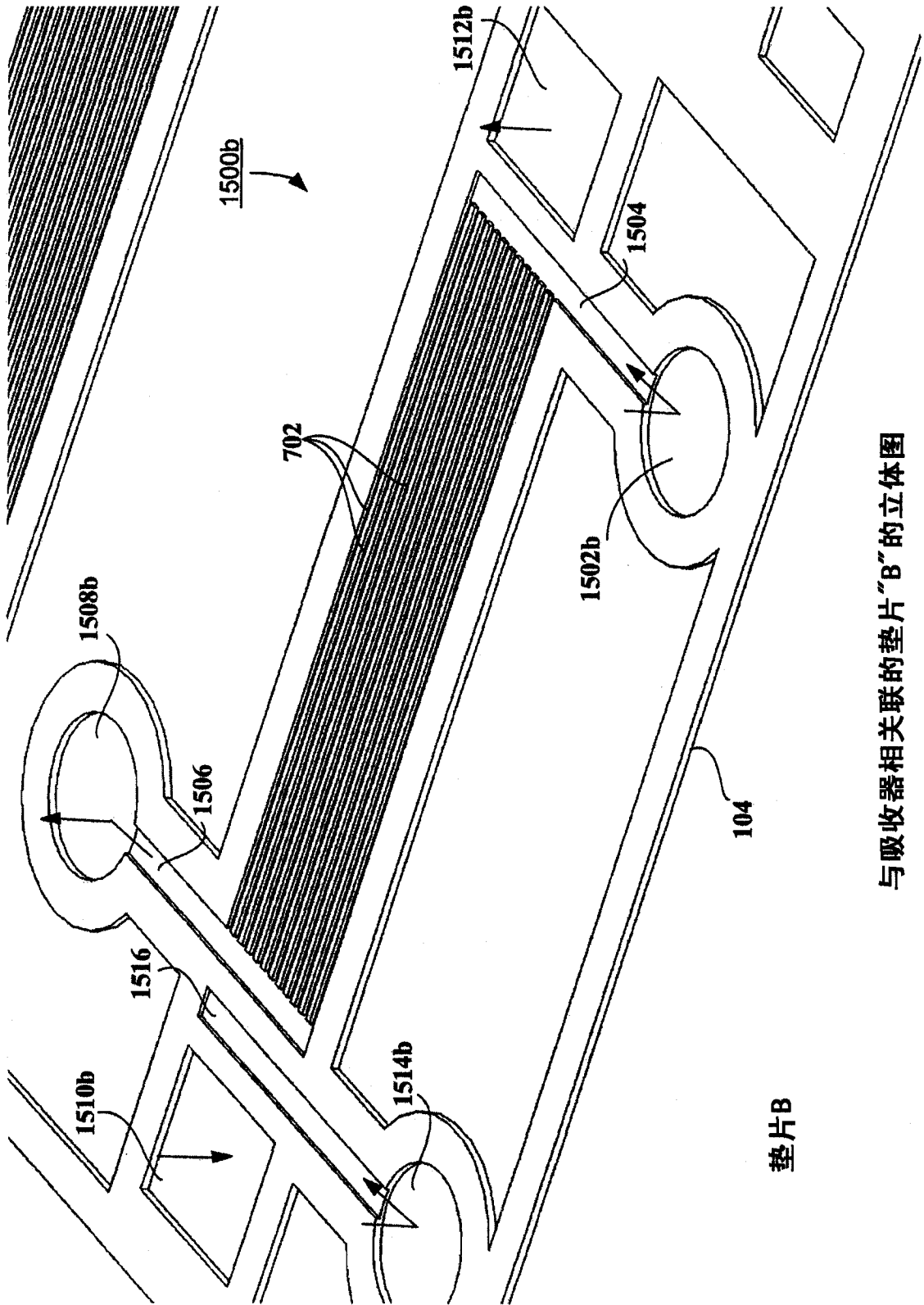
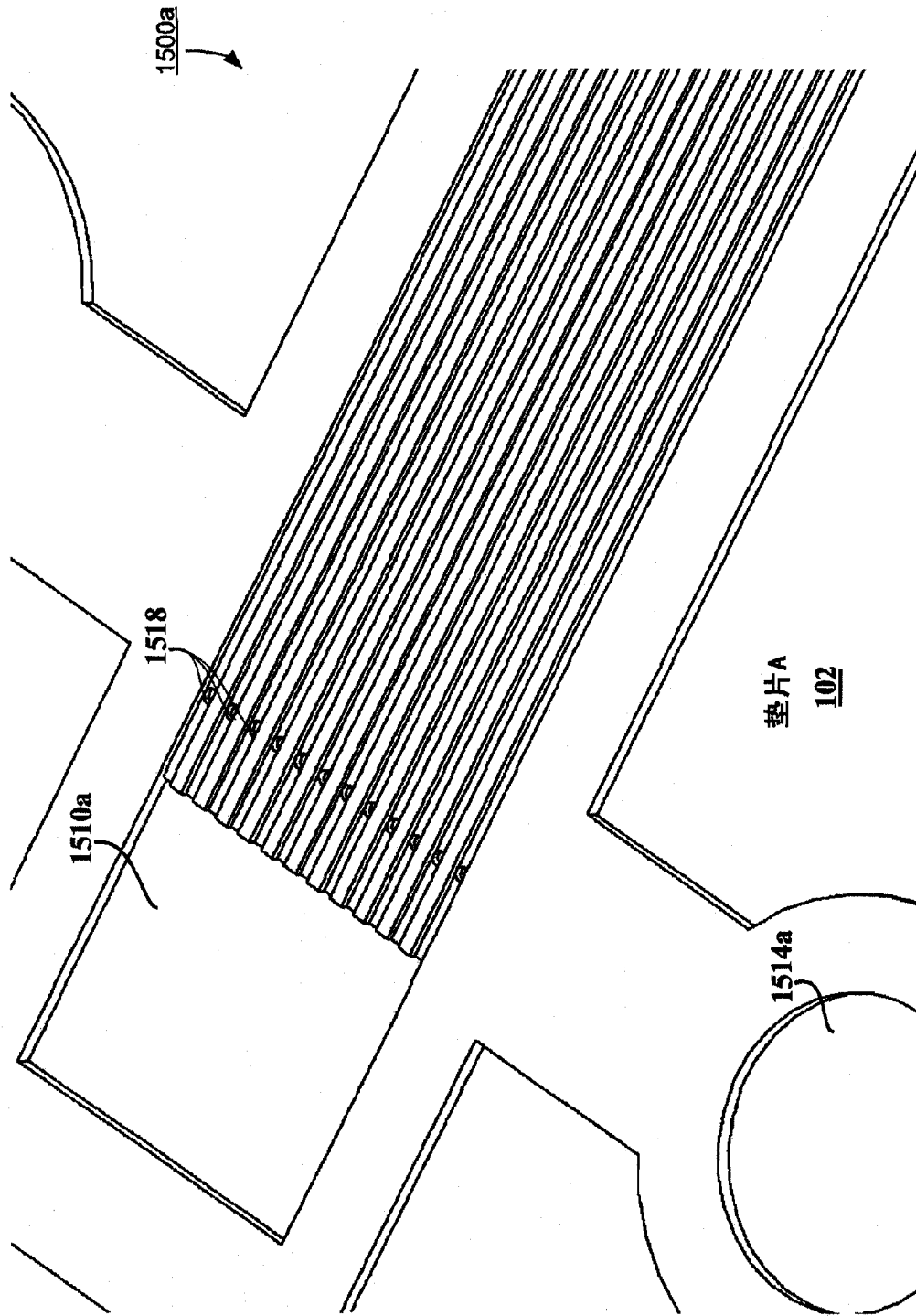


图 15B



与吸收器相关联的垫片“A”的放大立体图

图 16A

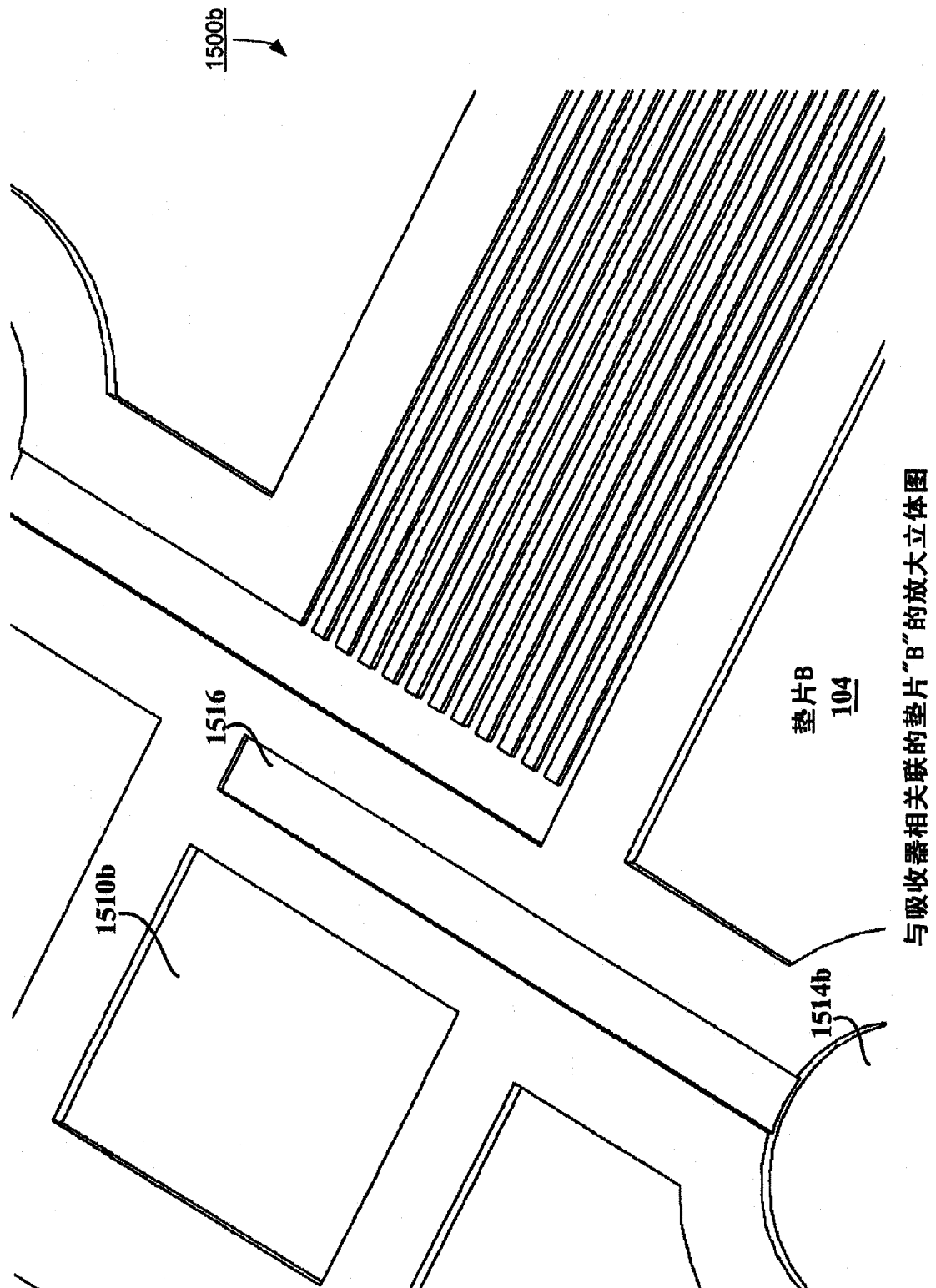
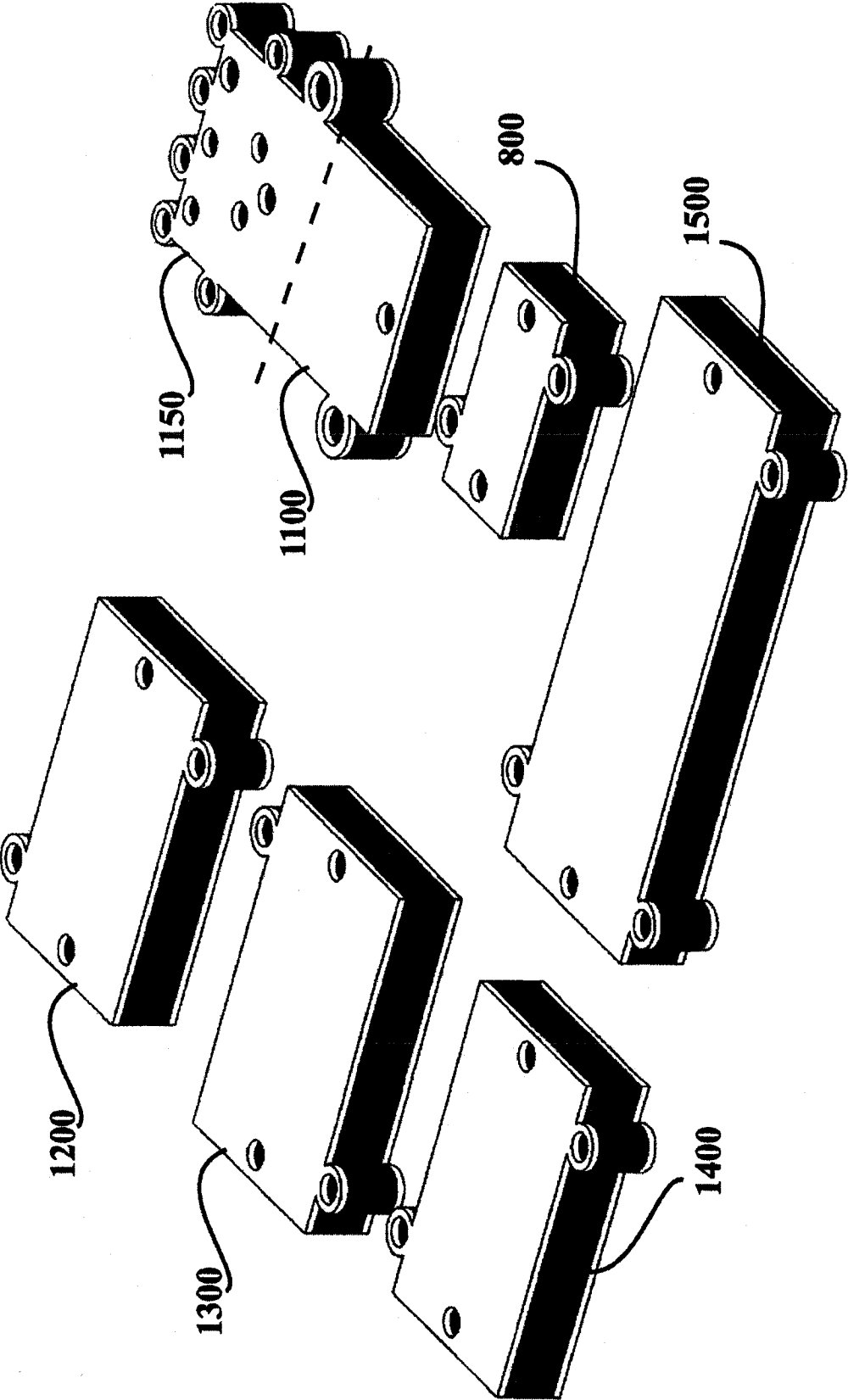
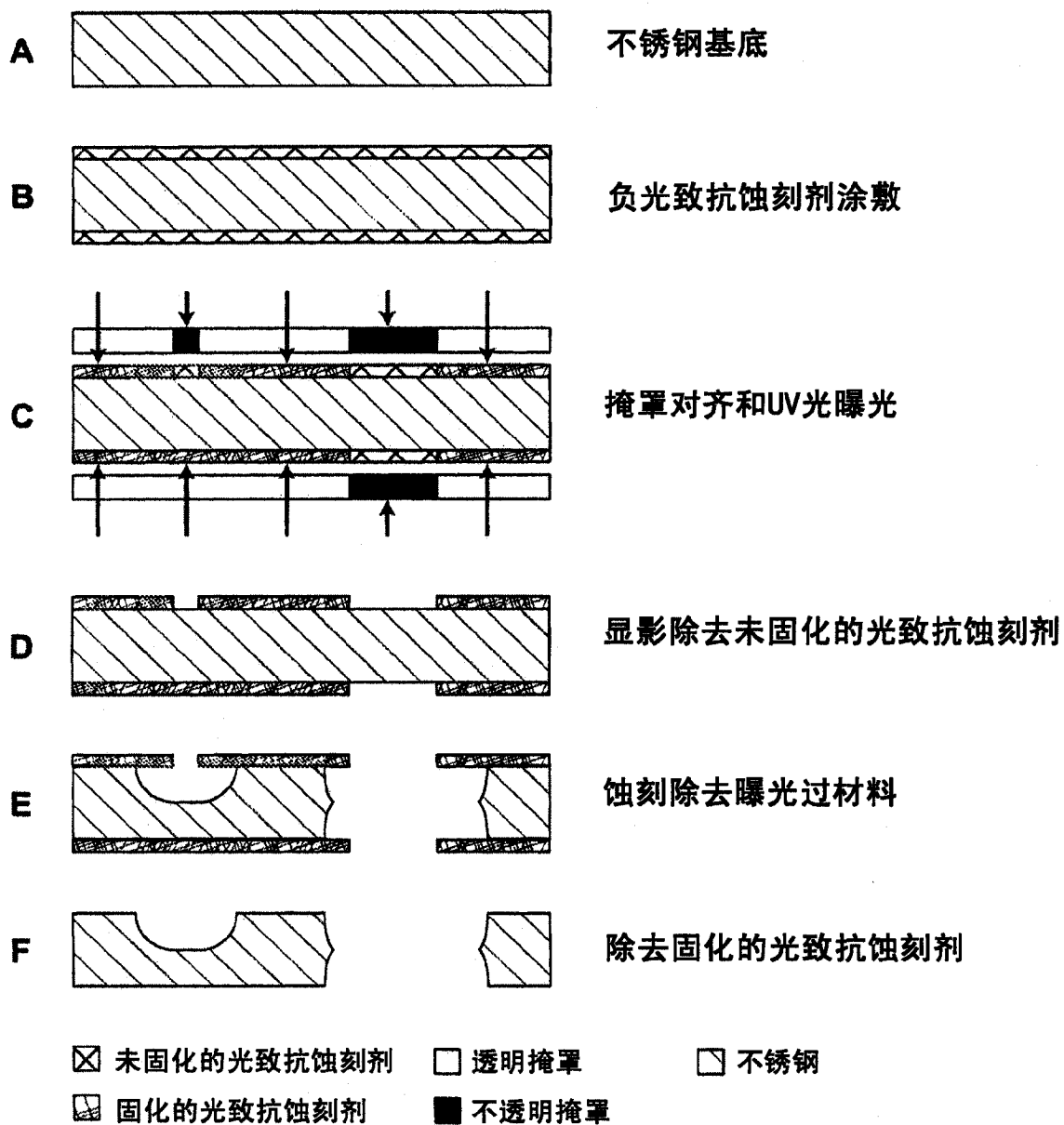


图 16B



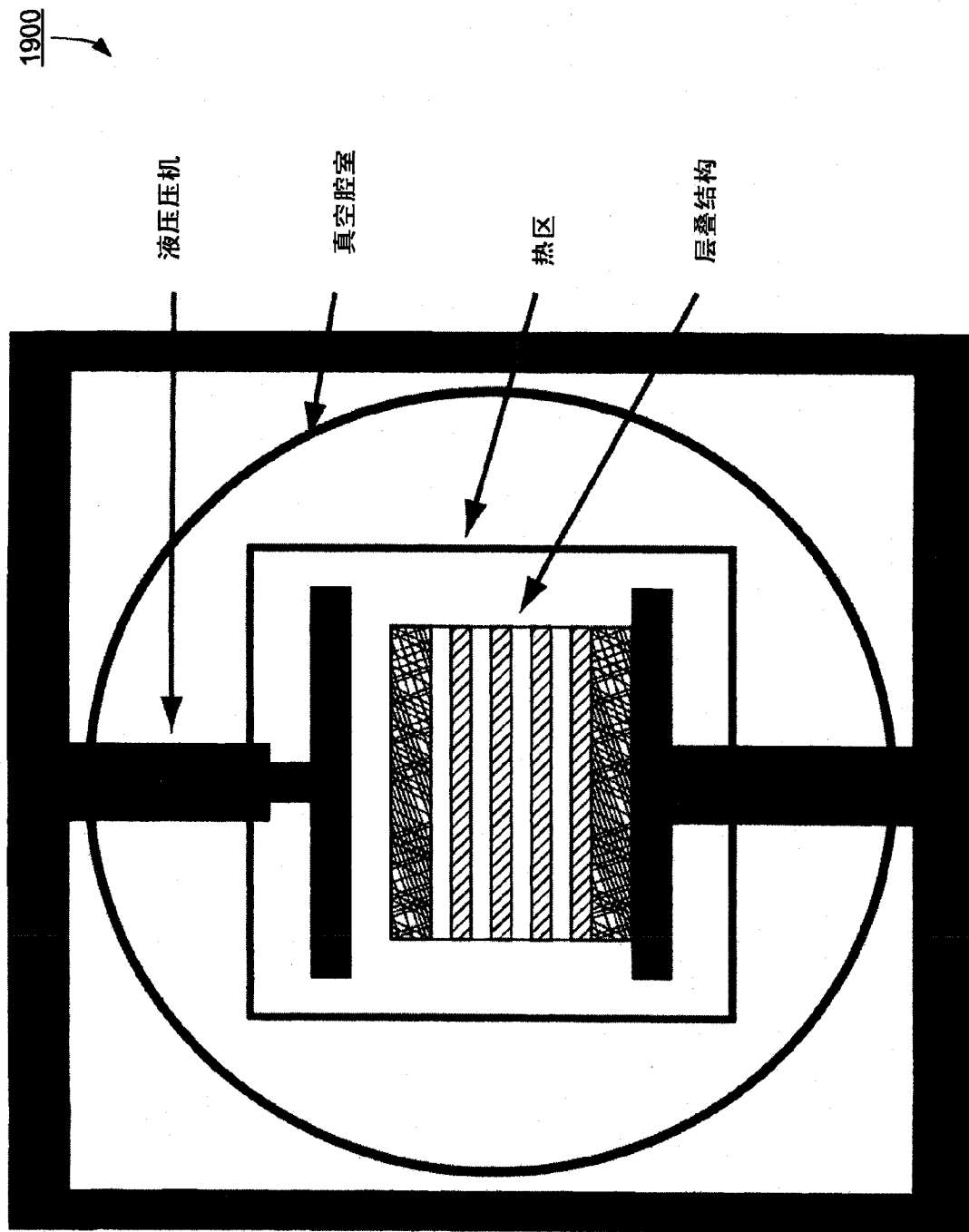
热传递或热与质量传递系统的示例性模块化实施例

图 17



与微型槽光化学蚀刻工艺相关联的步骤

图 18



用于扩散粘结垫片的热压真空的示例性示意图

图 19

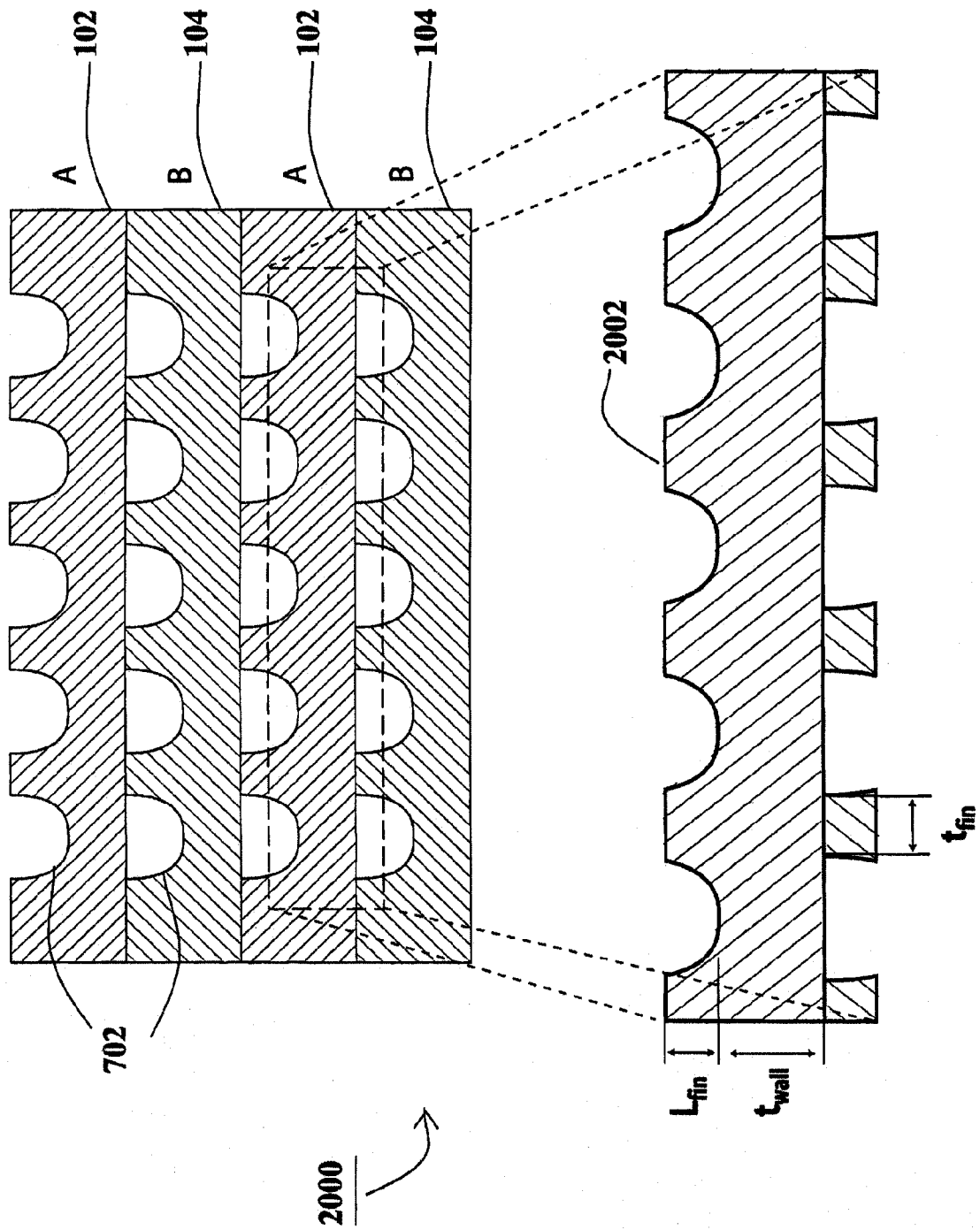
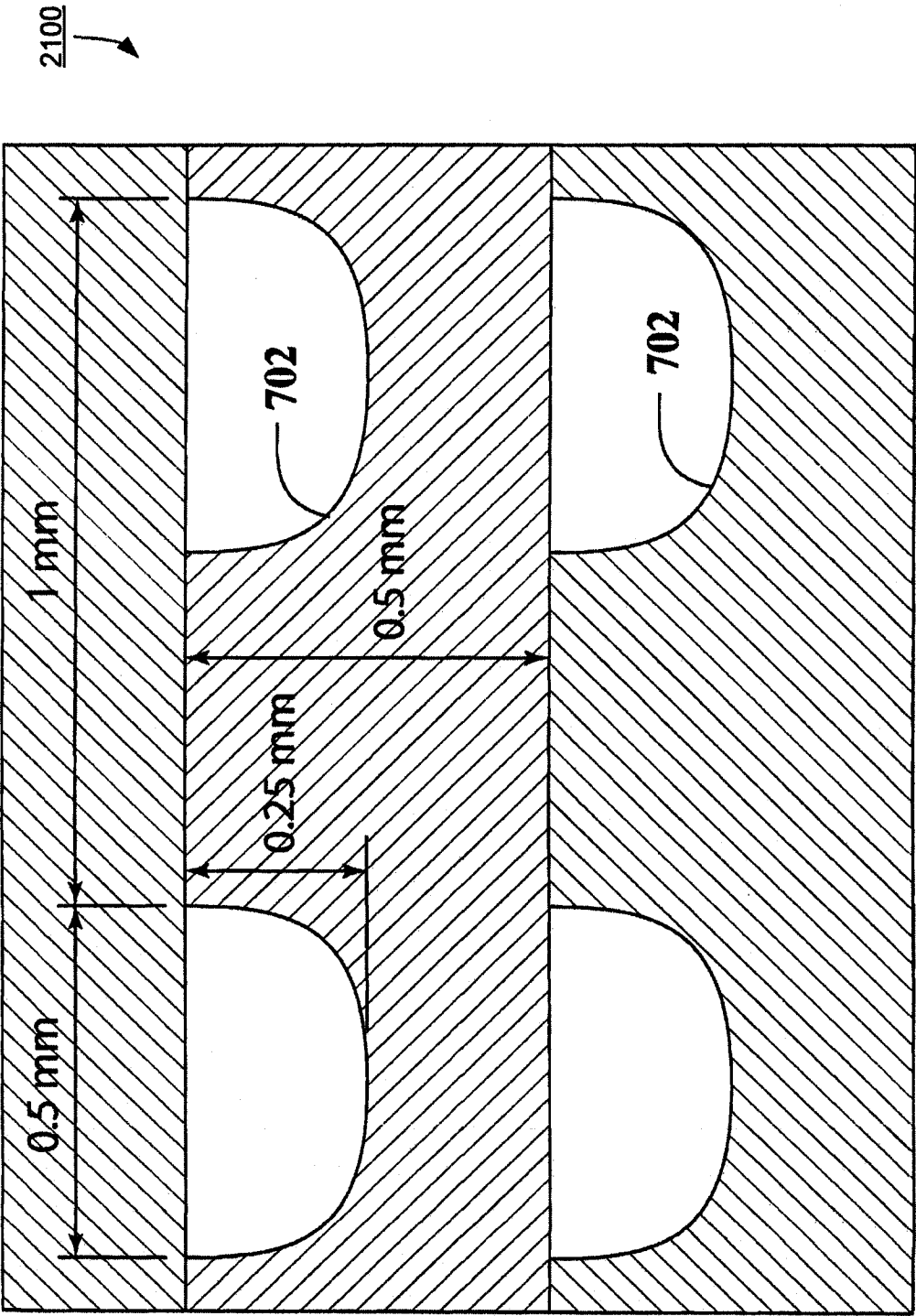
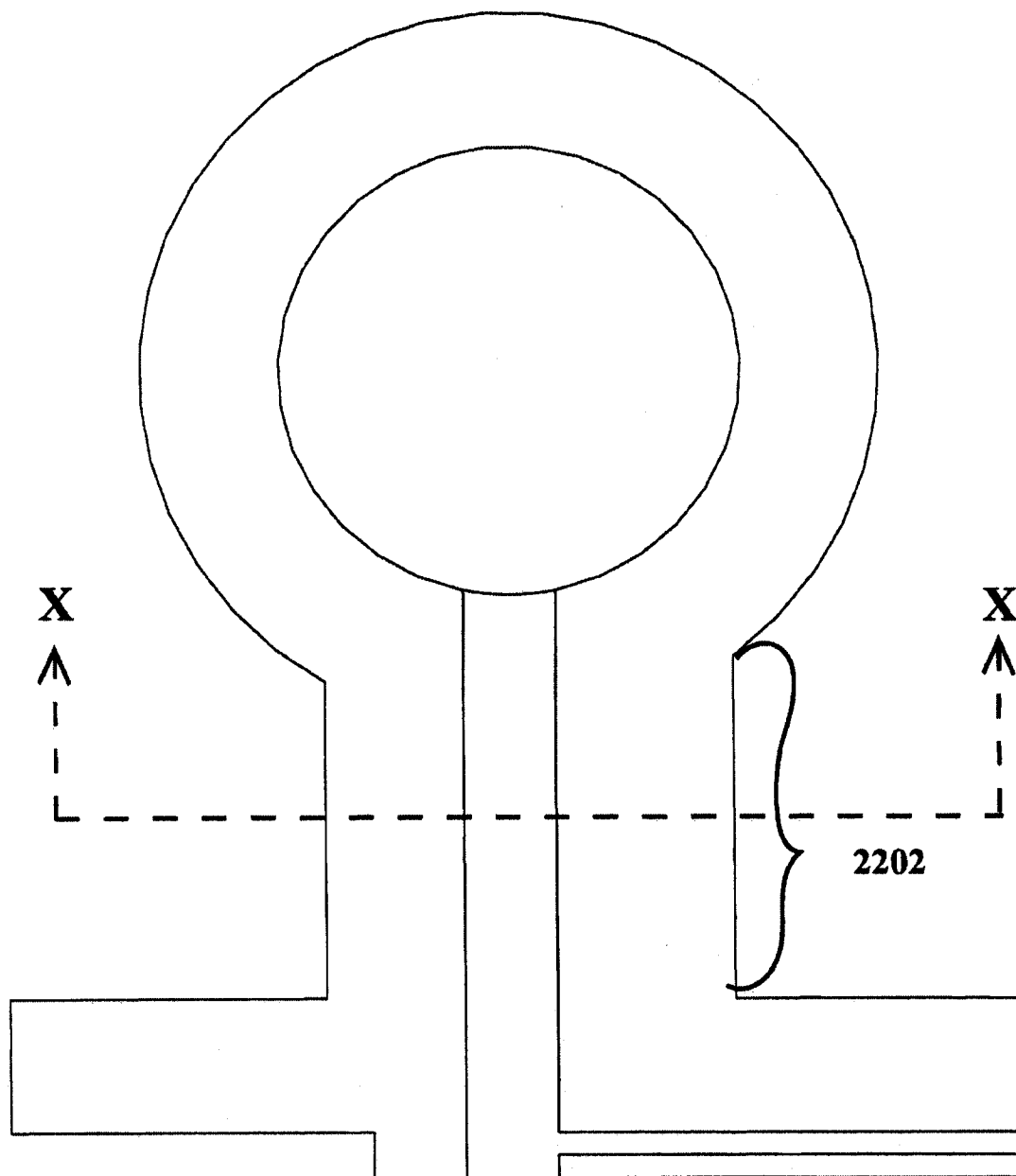


图 20



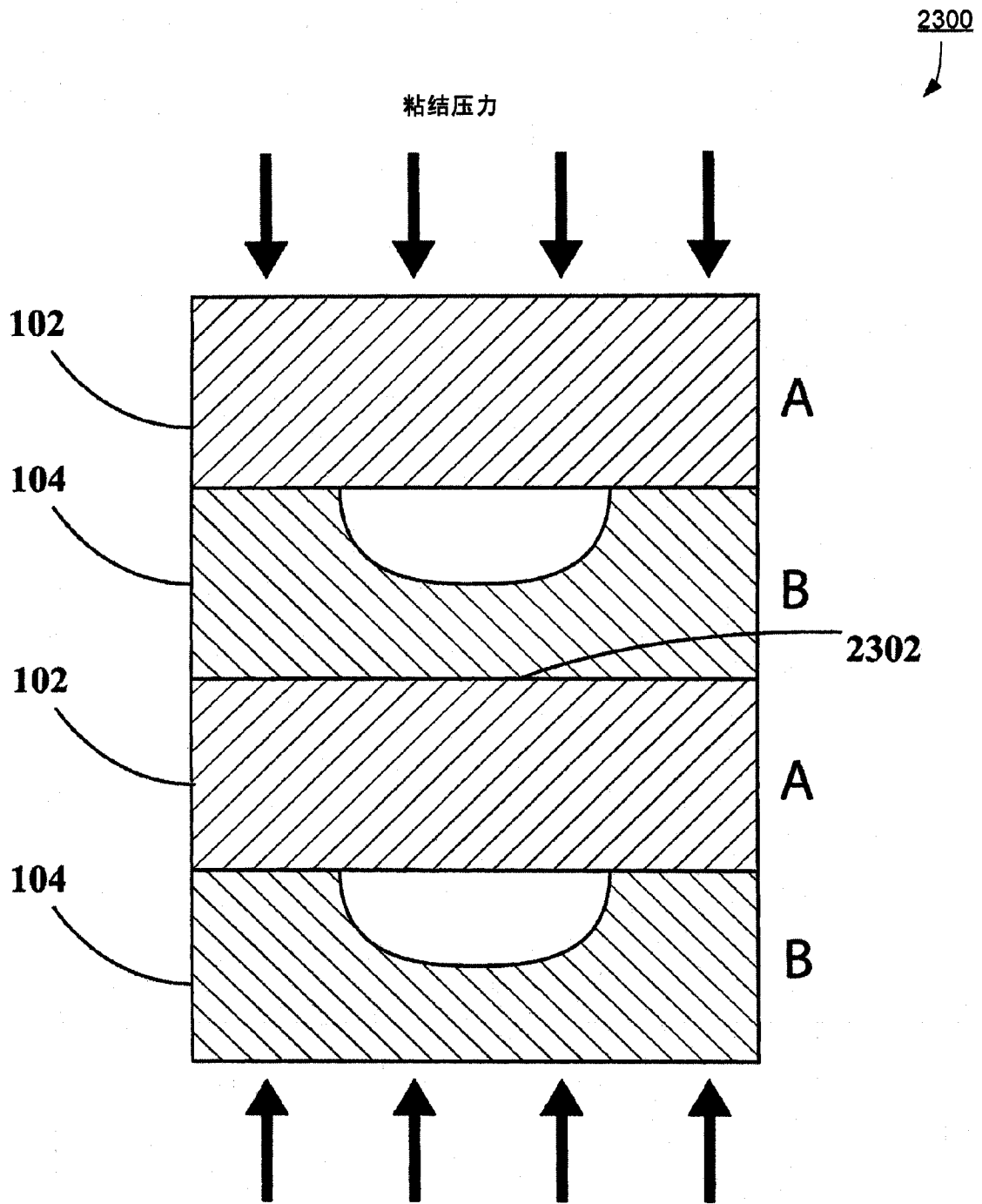
示出示例性微型槽尺寸的堆叠垫片部分的放大剖面

图 21



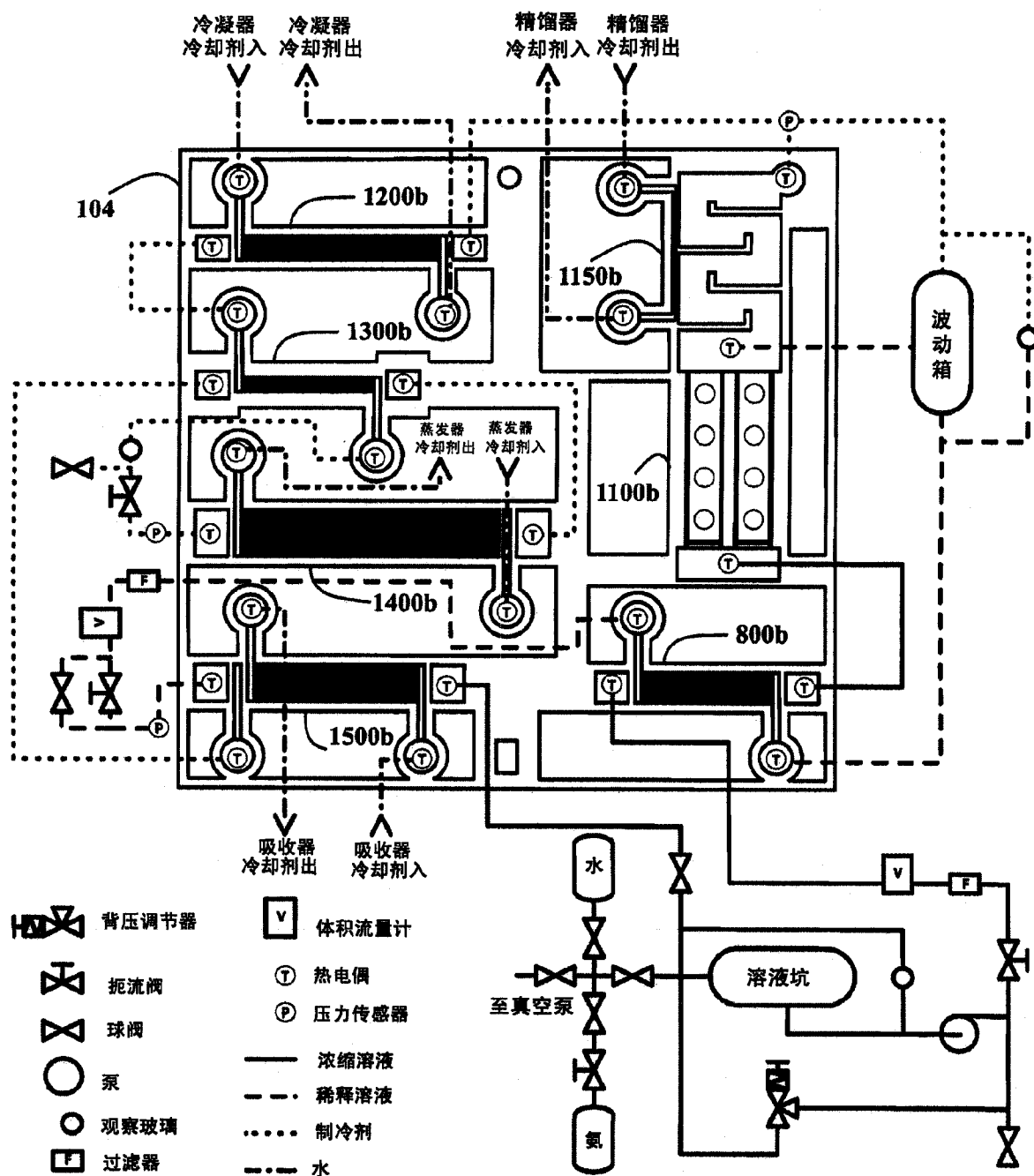
集管的放大平面图

图 22



集管颈部处的交替垫片的典型剖面

图 23



用于测试热传递或热与质量传递系统实施例的示例性流体连接

图 24