

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F25B 35/04 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780033073.9

[43] 公开日 2009 年 8 月 19 日

[11] 公开号 CN 101512251A

[22] 申请日 2007.9.7

[21] 申请号 200780033073.9

[30] 优先权

[32] 2006.9.8 [33] GB [31] 0617721.6

[86] 国际申请 PCT/GB2007/050528 2007.9.7

[87] 国际公布 WO2008/029185 英 2008.3.13

[85] 进入国家阶段日期 2009.3.6

[71] 申请人 华威大学

地址 英国考文垂市

[72] 发明人 R·克罗托夫

[74] 专利代理机构 北京申翔知识产权代理有限公司

代理人 周春发

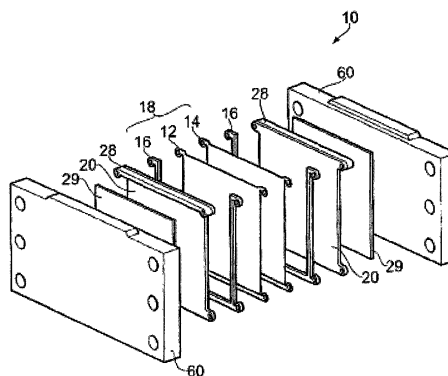
权利要求书 5 页 说明书 17 页 附图 23 页

[54] 发明名称

热交换器

[57] 摘要

本发明涉及热驱动冷却装置、热泵或热变压器的领域，特别涉及那些被称为吸附装置的装置，所述装置采用吸附剂或吸收剂材料作为化学压缩机以提升制冷气体的压力。本发明特别涉及一种适合作为吸附装置中的发生器的热交换器。本发明的实施例提供一种热交换器，该热交换器包括：多个堆叠的板构件，每个板构件中设有至少一个流体通道，每个板构件具有与该板构件的每个通道相关联的通道入口和通道出口；多个腔，所述腔设置在各自相邻板构件的相对主面之间，所述腔容纳吸附剂材料；与多个通道入口连通的热流体入口和与多个通道出口连通的热流体出口；以及与所述腔的每一个连通的吸着物入口和吸着物出口，流体通道与所述腔处于流体隔离地设置。



1. 一种热交换器，包括：

多个堆叠的板构件，每个板构件中设有至少一个流体通道，每个板构件具有与所述板构件的每个通道相关联的通道入口和通道出口；

多个腔，所述腔设置在各自相邻板构件的相对主面之间，所述腔容纳吸附剂材料；

与多个所述通道入口连通的热流体入口和与多个所述通道出口连通的热流体出口；以及

与所述腔的每一个连通的吸着物入口和吸着物出口，所述流体通道与所述腔处于流体隔离地设置。

2. 如权利要求 1 中所述的热交换器，其中每个板构件包括处于相互邻接的第一板元件和第二板元件，从而限定所述至少一个通道。

3. 如权利要求 2 中所述的热交换器，其中所述第一板元件和所述第二板元件中的一个或两个上设有一系列开口通道。

4. 如权利要求 3 中所述的热交换器，其中板构件的厚度是相邻板构件的相对面之间的距离的 $\leq 20\%$ 。

5. 如权利要求 3 中所述的热交换器，其中板构件的厚度是相邻板构件的相对面之间的距离的 $\leq 10\%$ 。

6. 如前述任一权利要求中所述的热交换器，其中垫片设置在各自的相对板构件之间，从而限定每个腔的壁的一部分。

7. 如前述任一权利要求中所述的热交换器，其中腔的壁的至少一部分是弯曲的。

8. 如前述任一权利要求中所述的热交换器，其中腔的所述壁包括末端构造。

9. 如前述任一权利要求中所述的热交换器，其中所述末端构造包括至少一个大致平坦的面。

10. 如权利要求 9 中所述的热交换器,其中所述末端构造包括至少一个曲面。

11. 如权利要求 8 到 10 中的任一项所述的热交换器,其中所述末端构造包括所述相对板构件中的至少一个的一部分。

12. 如取决于权利要求 2 的权利要求 11 中所述的热交换器,其中所述末端构造包括一个板构件的第一板元件的端部以及相邻板构件的相对第二板元件的端部。

13. 如权利要求 12 中所述的热交换器,其中所述末端构造包括一部分,其中不同的各自板构件的相邻的、相对板元件的部分连接在一起。

14. 如权利要求 8 到 13 中的任一项所述的热交换器,其中所述末端构造包括端盖,所述端盖构造为限定所述腔的所述壁的至少一部分,所述部分布置在相邻的板构件之间。

15. 如前述任一权利要求中所述的热交换器,其中所述板构件是大致方形或矩形的。

16. 如权利要求 1 到 14 中的任一项所述的热交换器,其中所述板构件是大致圆形的。

17. 如前述任一权利要求中所述的热交换器,其中至少一对相邻腔经由通过所述板构件形成的孔彼此处于流体连通,所述板构件布置在所述相邻腔之间。

18. 如权利要求 17 中所述的热交换器,其中所述孔设置通过所述板构件的中心部。

19. 如前述任一权利要求中所述的热交换器,其中所述吸着物出口通过所述吸着物入口提供。

20. 如前述任一权利要求中所述的热交换器,其中所述腔经由歧管彼此处于流体连通。

21. 如前述任一权利要求中所述的热交换器,进一步包括位于所述热交换器的两个相对端的每一个处的端板,所述端板构造为当所述热交换器经受内部压力时具有结构刚度。

22. 如权利要求 21 中所述的热交换器，其中各自的端板通过连接装置连接在一起。

23. 如权利要求 22 中所述的热交换器，其中所述连接装置包括至少一个螺栓或栓状构件。

24. 如权利要求 21 到 23 中的任一项所述的热交换器，其中各自的端板是弯曲的，从而限定每个端板的内部容积，所述内部容积与所述腔处于流体连通。

25. 如权利要求 24 中所述的热交换器，其中各自的端板是圆顶形或类似圆顶形的。

26. 如前述任一权利要求中所述的热交换器，其中所述吸附剂材料包括固体吸附剂材料。

27. 如权利要求 26 中所述的热交换器，其中所述吸附剂材料包括多微孔材料。

28. 如前述任一权利要求中所述的热交换器，其中所述吸附剂材料包括从活性炭材料、沸石材料、硅胶和金属盐中选择的至少一种。

29. 如前述任一权利要求中所述的热交换器，其中所述吸附剂材料设置在热传导基体中。

30. 如权利要求 29 中所述的热交换器，其中所述热传导基体包括石墨。

31. 如权利要求 29 中所述的热交换器，其中所述热传导基体包括膨胀的天然石墨。

32. 如权利要求 29 到 31 中的任一项所述的热交换器，其中所述热传导基体包括金属泡沫材料。

33. 如前述任一权利要求中所述的热交换器，其中热传导构件设置在至少一个腔中，所述热传导构件布置为使得它能够在限定所述腔的壁的板构件与设置在所述腔内的吸附剂材料之间传导热能。

34. 如权利要求 33 中所述的热交换器，其中所述热传导构件包括波纹片材，所述热传导构件的面的至少一部分与板构件的主面相互邻接地设置。

35. 如权利要求 33 或权利要求 34 中所述的热交换器, 其中所述热传导构件的各自不同的相对面的部分与不同的相邻板构件的各自部分接触, 从而在穿过所述腔的内部的相邻板构件之间提供至少一个热通路。

36. 如权利要求 33 中所述的热交换器, 其中所述热传导构件包括至少一个从所述腔的壁伸入所述至少一个腔中的翼片。

37. 如权利要求 33 到 36 中的任一项所述的热交换器, 其中所述热传导构件包括铝。

38. 如权利要求 33 到 37 中的任一项所述的热交换器, 其中多个热传导构件设置在所述至少一个腔中。

39. 如前述任一权利要求中所述的热交换器, 进一步包括位于每个腔中的吸着物材料。

40. 如权利要求 39 中所述的热交换器, 其中所述吸着物材料包括氨。

41. 一种冷却连接到热交换器的贮液器的方法, 所述方法包括如下步骤:

提供根据权利要求 1 到 40 中的任一项的热交换器;

在所述热交换器的至少一个腔中提供吸着物材料;

通过使第一温度的热流体经过所述热交换器的通道来冷却所述吸附剂材料, 从而降低所述至少一个腔中的吸着物的压力并促使所述贮液器中的吸着物的蒸发; 随后

通过使高于所述第一温度的第二温度的热流体经过所述热交换器的所述通道来加热所述吸附剂材料, 从而促使所述吸着物从所述吸附剂材料中的汽化。

42. 一种冷却吸附装置中的贮液器的方法, 所述方法包括如下步骤:

(a) 提供多个板构件, 每个板构件中设置有至少一个流体通道, 所述至少一个通道具有通道入口和通道出口;

(b) 提供与所述至少一个通道入口处于连通的热流体入口以及与所述至少一个通道出口处于连通的流体出口;

(c) 在所述板构件之间提供多个腔, 所述腔与所述至少一个通道处于流体隔

离地设置;

(d) 在所述腔的每一个中提供吸附剂材料;

(e) 提供与所述腔处于流体连通的吸着物入口和吸着物出口;

(f) 将所述吸着物入口和所述吸着物出口连接到至少一个贮液器, 从而形成封闭的系统;

(g) 将所述流体入口和所述流体出口连接到流体源;

(h) 在每个腔中提供一些吸着物;

(i) 使处于第一温度的热流体经过所述通道, 从而促使所述吸着物在所述吸附剂材料上的吸附;

(j) 使处于第二温度的热流体经过所述通道, 从而促使所述吸着物从所述吸附剂材料的解吸附。

43. 如权利要求 42 中所述的冷却贮液器的方法, 进一步包括重复步骤(i)和(j)的步骤, 从而促使所述贮液器的反复冷却和加热。

44. 一种基本如上文中参照附图所述的热交换器。

45. 一种基本如上文中参照附图所述的冷却吸附装置中的贮液器的方法。

热交换器

技术领域

本发明涉及热驱动冷却装置、热泵或热变压器的领域，特别涉及那些被称为吸附装置的装置，所述装置采用吸附剂或吸收剂材料作为化学压缩机以提升制冷气体的压力。本发明特别涉及一种适合用作下文将被称为吸附装置的固体-气体反应器的热交换器。

背景技术

热泵、热变压器和冷却系统通常基于制冷气体的凝结和蒸发的热力学。在气体向液体凝结时，阻止热量到达环境，而在液体的蒸发时，吸收热量。蒸发/凝结循环通过压缩驱动。如果所选环境例如仅在蒸发阶段与气体/液体形成热接触，那么此环境经历总体冷却作用。

在传统的空气调节单元中，必须的压缩通过通常由电机提供的机械功来驱动。作为对比，固体吸附装置（无论是作为热泵还是作为冷却系统运行）由诸如氨的制冷气体（或吸着物）通过固体或液体吸附剂的吸附或吸收来驱动。吸附剂因此充当化学压缩机。

与传统的空气调节器相比，基于吸附循环的空气调节器具有如下益处：所需驱动系统的能量能是热的形式。吸附热泵或冷却系统可以是气体或油燃烧驱动或者甚至是太阳能驱动的。与诸如电的二次源相反，初级热能作为驱动器的使用意味着吸附装置在能量方面能固有地更加有效。

在输入能量方面，车辆中使用的空气调节系统是特别浪费的。传统地，这些空气调节系统是通过车辆发动机直接驱动的以燃料为动力的机械装置。已估计大约8%的汽车燃料损耗归因于空气调节系统。随着燃料价格的提高以及道路交通的环境后果的意识的增加，对更有效和环境友好型的移动式空气调节系统存在日益增加的需求。

基于吸附作用的空气调节系统理论上非常适于满足此需求。这些系统可通过来自发动机冷却水套和/或发动机废气的废热提供动力，因此减少了多达10%的燃料消耗。通过使用这种动力源可降低车辆的运行成本和不合需要的气体排放（诸如CO、CO₂、NO_x、SO_x等）。

在其最简单的形式中，吸附装置由相连的发生器和封装吸着物气体的接收器组成。在不同的时期，该接收器或充当蒸发器或充当冷凝器。诸如活性炭、沸石或硅胶的吸附剂材料存在于该发生器中。

装置的运行通过使通过发生器泵送的热流体的温度循环来执行。该热流体可使用上述热源中的一个或多个加热，并冷却至环境温度。

当发生器基本处于环境温度时，相对大量的吸着物材料被吸附在吸附剂材料中。在加热发生器时，吸着物从吸附剂中解吸附，提升发生器的内部压力，该发生器形成具有接收器的封闭系统。在压力下，吸着物在接收器中凝结并阻止热量到达环境。

然后将发生器冷却回至环境温度，引起吸着物的再吸附，降低系统压力。接收器中的降低的压力导致其中的液体沸腾。因此，在此循环阶段中，将热量从环境提取到接收器，产生外部冷却/制冷效果。

如果期望进行冷却，则明显的是上述循环是不连续的，因为有用的冷却仅出现半个循环。然而，两个这种异相运行的系统理论上能提供连续的冷却。

通过准备热的再生能进一步提高效率。也就是说，使用在一个系统的发生器冷却时阻止的热量来对另一系统的发生器进行预加热。

存在许多在现有技术中描述的吸附装置。参见，例如 WO 2004/011859，其公开了一种能量有效的再生热压缩装置。该装置包括一组沿两个堤岸布置到加热区的任一侧的发生器模块。热流体（热承载流体）被驱动沿可逆方向经过模块。在一个阶段期间，第一堤岸中的发生器被冷却并因此处于吸着物再吸附的各个阶段中。相关蒸发器区域中的吸着物因此沸腾，实现周围流体的冷却。另一堤岸中的发生器将处在解吸附的各个阶段中。相关冷凝器区域中的吸着物凝结，实现环境的加热。

在循环的后续阶段期间，发生器切换功能。

实际上，WO 2004/011859 中描述的装置和其它吸附装置可基于许多吸着物/吸附剂对中的任一对。吸附剂材料可例如是活性炭、沸石、硅胶、金属卤化物、金属合金、水或其组合。吸着物材料的示例包括氨、水、酒精、氢、碳氢化合物、氢氟碳化合物和二氧化碳。

然而吸附装置遭受低冷却或加热功率密度和高投资成本的缺点。吸附装置的冷却或加热功率密度是每单位容量的吸附剂能实现的冷却或加热程度的指示器。因此，要产生指定的冷却或加热功率，可能需要增加吸附发生器（其容纳吸附剂）的尺寸并因此增加吸附发生器的成本。到目前为止，这些因素阻碍了

商业可行的基于吸附作用的移动式空气调节单元的发展。

为了提供舒适的冷却程度，以任何当前可利用的设计为基础的基于吸附作用的冷却单元将是大的惊人的。作为对比，目前基于机械的车辆空调冷却系统仅占用发动机机舱的一小部分。例如，现有技术的商业可利用的吸附冷却系统提供每升容积达 10 W 的冷却，而车辆中的传统的蒸汽压缩循环提供每升的压缩机大于 1 kW 的冷却。

为了将吸附技术置于与传统的移动式空气调节系统不相上下的级别上，需要提供一种具有改进的冷却功率密度，并因此具有减小的尺寸和成本的吸附发生器的可替代设计。

由一堆结合在一起的板形成的热交换器在现有技术中也是公知的。WO 00/34728 公开了一种热交换器，该热交换器用作具有用于第一和第二流体的进口和出口的填充床催化反应器。该堆内的每个板贯穿有一系列交替的狭槽，从而所述狭槽列限定两个通过该堆的独立通道。第一流体因此经过该第一通道，在这里它可接触催化剂。经过第二通道的第二流体与第一流体交换热量并根据需要充当冷却剂或热源。堆板式反应器的优点在于它是比可替代的壳管式设计更有效的液体-液体热交换器。它因此允许更紧凑的反应器设计。

发明内容

本发明实施例的目的是提供一种热交换器的可替代设计，该热交换器用作吸附剂-吸着物热压缩装置中的具有改进冷却功率密度的发生器。此发生器将适合于并入移动式或其它空气调节单元、热泵、热变压器或电冰箱中。特别地，本发明实施例的目的是提供一种适于与车辆空气调节系统一起使用的可替代设计。生产成本的降低和性能的改进还使本发明在诸如气体燃烧热泵、热变压器和包括太阳热驱动的空气调节器的空气调节器的应用中是有益的。

低成本设计和紧凑的构造是发生器的期望特征，特别对于汽车应用。

在本发明的第一方面中，提供一种热交换器，该热交换器包括：
多个堆叠的板构件，每个板构件中设有至少一个流体通道，每个板构件具有与该板构件的每个通道相关联的通道入口和通道出口；

多个腔，所述腔设置在各自相邻板构件的相对主面之间，所述腔容纳吸附剂材料；

与多个通道入口连通的热流体入口和与多个通道出口连通的热流体出口；
以及与所述腔的每一个连通的吸着物入口和吸着物出口，流体通道与所述腔处

于流体隔离。

本发明的实施例的优点在于：它们可用于热流体/固体吸附剂热交换器系统中。此外，本发明的实施例提供一种具有低热质量的热交换器，该热交换器能够实现固体与液体之间的有效热交换。因此能作出更紧凑和有效的热交换器设计。根据本发明一些实施例的热交换器可制成足够紧凑的尺寸和足够低的重量的，它们适合用于移动式空气调节系统中。

优选地，每个板构件包括处于相互邻接的第一板元件和第二板元件，从而限定至少一个通道。

优选地，选自第一和第二板元件中的至少一个上设有一系列开口通道。

在本发明的一些实施例中，第一和第二板元件中的仅一个上设有一系列开口通道。在一些实施例中，所述开口通道基本是直的并且彼此平行。在一些实施例中，所述开口通道与板元件的一对相对边缘基本垂直。

在一些实施例中，开口通道设置在第一和第二板元件上。开口通道可与板元件的一对相对边缘成一定角度形成。

形成在板构件的各自第一和第二板元件上的通道可相对于彼此成一定角度，该配置使得流过板构件的流体被迫通过形成在第一和第二板元件的每一个中的通道的部分。

此特征具有提高流过通道的流体与限定所述通道的壁之间的热传递速度的优点。

各自第一和第二板元件的一个或两个中的通道可以是人字形或任意其它合适的图案的形式，以促进热传递。各自第一和第二板元件中的人字形图案可相对于彼此旋转大致 180° 的角度。

在一些实施例中，一个或多个通道相对于板元件的相对边缘成大致 45° 的角度布置，从而相对板中的通道相对于彼此基本垂直。

在一些实施例中，通道包括弯曲形状的部分。

优选地，每个板构件的厚度是相邻板构件的相对面之间的距离的 $\leq 20\%$ 。

此特征具有如下优点：该热交换器相对于具有较厚壁的热交换器是减小的热质量的。

更优选地，每个板构件的厚度是相邻板构件的相对面之间的距离的 $\leq 10\%$ 。

优选垫片设置在各自的相对板构件之间，从而限定每个腔的壁的一部分。

优选腔的壁的至少一部分是弯曲的。

这种弯曲壁的特征具有如下优点：可使用比在不具有弯曲部的壁的板构件

的情形中所需的更低厚度的板构件来提供保持密封的气密压力。

腔的壁可包括末端构造。

该末端构造可包括至少一个大致平坦的面。

可替代地或此外，该末端构造包括至少一个曲面。

与平面相比，曲面的存在具有如下优点：腔更能够承受高压，而不变形或破裂。

该末端构造可包括相对板构件中的至少一个的一部分。

该末端构造可包括一个板构件的第一板元件的端部以及相邻板构件的相对第二板元件的端部。

此特征具有如下优点：末端构造可通过简单地朝着彼此弯曲各自相邻板构件的并置板元件的末端并沿边缘连接而形成。

末端构造可包括一部分，其中相邻的、相对板元件的部分连接在一起。

末端构造可包括端盖，该端盖构造为在相对的板构件之间限定腔的壁的至少一部分。

板构件可以是大致方形或矩形的。

可替代地，板构件可以是大致圆形的。

相邻狭槽可经由通过板构件形成的孔处于流体连通。

该孔可设置通过板构件的中心部。

优选吸着物出口通过吸着物入口提供。

此特征具有如下优点：仅需要提供一个流体连接，该流体连接既充当吸着物出口又充当吸着物入口。

狭槽可经由歧管彼此处于流体连通。

优选端板构件设置在热交换器的两个相对端的每一个处，该端板构件构造为当热交换器经受内部压力时具有结构刚度。

各自的端板构件可通过连接装置连接在一起。

连接装置可包括至少一个螺栓或栓状构件。

各自的端板构件可以是弯曲的，从而限定每个端板构件的内部容积，该内部容积与腔处于流体连通。

各自的端板构件可以是圆顶形或类似圆顶形的。

优选吸附剂材料包括固体吸附剂材料。

优选吸附剂材料包括多微孔的材料。

此特征具有如下优点：该吸附剂材料每单位容积将吸收相对大质量的吸着物。

吸附剂材料可包括从活性炭材料、沸石材料、硅胶和金属盐中选择的至少

一种。

优选吸附剂材料设置在热传导基体中。

此特征具有提高吸附剂材料与腔的壁之间的热交换速度的优点。

优选热传导基体包括石墨。

这具有如下优点：热传导基体对于吸附剂材料是惰性的。它还具有如下优点：热传导基体对于吸着物材料是惰性的。

优选热传导基体包括膨胀的天然石墨。

优选热传导基体包括金属泡沫材料。

优选热传导构件设置在至少一个腔中，该热传导构件布置为使得它能够在限定腔的壁的板构件与设置在腔内的吸附剂材料之间传导热能。

该热传导构件可包括波纹片材，该热传导构件的面的至少一部分与板构件的主面相互邻接地设置。

此特征具有如下优点：在热交换器的组装期间，热传导构件能方便地插入限定腔的板构件之间。

优选热传导构件的相对面与限定单一腔的相对壁的各自相邻板构件的相对主面相互邻接地设置。

这具有提高吸附剂材料与板构件之间的热传递速度的优点。

可替代地或此外，热传导构件可包括至少一个从腔的壁伸入该至少一个腔中的翼片。优选热传导构件包括多个伸入该至少一个腔中的翼片。

优选热传导构件包括铝。

优选吸着物材料设置在每个腔中。

优选该吸着物材料包括氨。

在本发明的第二方面中，提供一种冷却连接到热交换器的贮液器的方法，该方法包括如下步骤：提供根据本发明的第一方面的热交换器；在该热交换器的至少一个腔中提供吸着物材料；通过使处于第一温度的热流体经过该热交换器的通道来冷却吸附剂材料，从而降低该至少一个腔中的吸着物的压力并促使该贮液器中的吸着物的蒸发；随后通过使处于第二温度的热流体经过热交换器的通道来加热该吸附剂材料，从而促使该吸着物从吸附剂材料中的汽化。

在本发明的第三方面中，提供一种冷却吸附装置中的贮液器的方法，该方法包括如下步骤：

(a) 提供多个板构件，每个板构件中设置有至少一个流体通道，该至少一个通道具有通道入口和通道出口；

- (b) 提供与该至少一个通道入口处于连通的热流体入口以及与该至少一个通道出口处于连通的流体出口；
- (c) 在板构件之间提供多个腔，所述腔与该至少一个通道处于流体隔离地设置；
- (d) 在所述腔的每一个中提供吸附剂材料；
- (e) 提供与所述腔处于流体连通的吸着物入口和吸着物出口；
- (f) 将该吸着物入口和吸着物出口连接到贮液器，从而形成封闭的系统；
- (g) 将该流体入口和流体出口连接到流体源；
- (h) 在每个腔中提供一些吸着物；
- (i) 使处于第一温度的热流体经过所述通道，从而促使吸着物在吸附剂材料上的吸附；
- (j) 使处于第二温度的热流体经过所述通道，从而促使吸着物从吸附剂材料的解吸附。

优选该方法还包括重复步骤(i)和(j)的步骤，从而促使贮液器的反复冷却和加热。

附图说明

现在将仅通过示例并参照附图来描述本发明的实施例。

图 1 是显示板构件层的典型实例的展开视图，所述板构件层可重复以形成根据本发明第一实施例的热交换器；

图 2 是图 1 中所示的典型实例的侧视图；

图 3 显示在图 1 到图 2 的热交换器中使用蚀刻板构件；

图 4 是图 3 的蚀刻板构件的横剖视图；

图 5 是根据本发明第一实施例构造的热交换器的示意图；

图 6 是根据本发明第一实施例的热交换器的分解视图；

图 7 是根据本发明第一实施例的热交换器的一部分的装配视图；

图 8 是根据本发明第一实施例的热交换器的侧视图；

图 9 是根据本发明第一实施例的热交换器的透视图；

图 10 显示用于将吸附剂材料填塞到根据本发明第一实施例的热交换器中的设备；

图 11 显示根据本发明第一实施例的安装有歧管的热交换器；

图 12 显示根据本发明第一实施例的水歧管被取下的热交换器的透视图；

图 13 显示根据本发明第一实施例的存在水歧管的热交换器的透视图；

图 14 显示根据本发明第二实施例的热交换器的横剖视图；

图 15 显示根据本发明第三实施例的热交换器, 其中(a)是沿(b)所示的线 YY 的横剖面; 而(b)是当沿(a)的 X 方向观察时的根据第三实施例的热交换器的侧视图;

图 16 是图 15 的热交换器的单一模块单元的透视图;

图 17 是根据本发明第四实施例的热交换器的分解视图, 显示了图 18 的一堆模块单元;

图 18 是图 17 的模块单元中的一个的横剖视图;

图 19 是包括根据本发明一些实施例的一对热交换器的空气调节单元的原理图;

图 20 是根据本发明一实施例的其中设置有波纹状热传导构件的热交换器的通道区域的横剖视图;

图 21 是根据本发明一实施例的其中设置有一对波纹状热传导构件的热交换器的通道区域的横剖视图;

图 22 是根据本发明一实施例的热交换器的通道区域的横剖视图, 该热交换器具有多个从热交换器的板构件突出的翼片;

图 23 是本发明又一实施例的分解视图。

具体实施方式

根据本发明的第一实施例, 平板式热交换器 10 如图 1 (透视图) 和图 2 (侧视图) 中所示设置。

热交换器 10 包括 0.7 mm 厚的不锈钢蚀刻板元件 12, 该板元件 12 夹在 0.1 mm 厚的不锈钢平板 14 与 4 mm 厚的“U”形垫片 16 之间。

垫片 16 由不锈钢板激光切割而成。蚀刻的板元件 12、平板元件 14 和垫片 16 形成基本的板构件单元 18, 该板构件单元 18 沿着热交换器 10 的长度重复多次。为清晰起见, 在图 1 和图 2 中仅显示单一的单元 18。

当将热交换器用作吸附发生器时, 垫片 16 填塞活性炭吸附剂 (未示出)。许多这些重复的单元 18 镍铜焊接在一起形成完整的交换器 10。当对足够的单元 18 (对于包括移动式空气调节装置的大多数应用在 20 与 25 之间) 进行组装时, 将附加的垫片 16 紧接终端平板元件 14 放置, 以确保热交换器的两端端接在 U 形垫片 16 中。

然后, 将每个 3 mm 厚的端板 20 铜焊到 U 形垫片 16。再将端板 20 铜焊到 10 mm 厚的端台 28。端板 20 容纳单元内的制冷剂, 而端台 28 为 O 型环提供面, 该 O 型环在热交换器 10 的上面与图 11 中所示的凸缘 68 之间提供密封, 从而防止吸着物泄漏到环境。

热绝缘片 29 与端板 20 并置地放置并限制热量向大热容量压力凸缘 60 的传递, 所述压力凸缘 60 附接在合成结构的每端处。当交换器 10 在使用中被加压时, 压力凸缘 60 用于防止交换器 10 扭曲或破裂。在本发明的一些实施例中, 除了交换器 10 的部件彼此铜焊之外, 压力凸缘 60 通过螺栓连接在一起以提供进一步的结构完整性。

图 3 显示了安装在热交换器中之前的蚀刻板元件 12。蚀刻板元件 12 由不锈钢板形成并具有延展蚀刻板元件 12 的长度的平行蚀刻通道 13。通道 13 在板的顶端和底端处打开, 以便允许热传递流体的流入和流出。蚀刻通道 13 为 0.5 mm 宽和 0.5 mm 深, 沿板 12 以 1 mm 的间距隔开。当平板 14 放在通道 13 上时, 通道 13 关闭。

将理解地是尽管根据本实施例的通道通过蚀刻工艺形成, 但是可使用多种技术来形成通道。例如, 通道可通过铸造、轧制、压制、机械加工, 通过将元件添加到平板元件以在板元件之间限定通道的壁或任意其它合适的技术来形成。

具有通过其的孔的突出部 12A 设置在板元件 12 的角处。通过使杆穿过孔并用夹具彼此相对地固定杆的位置, 所述孔使板能与相邻的板对齐。一旦已将板铜焊到一起, 就能将杆和突出部 12A 移除。

图 4 示出了显示 0.5 mm 宽通道的蚀刻板元件 12 的横剖视图。所述通道具有 1 mm 的间距, 即通道以 0.5 mm 的距离间隔设置。

热交换器 10 的可选视图在图 5 中示出。如前所述, 交换器 10 包括许多铜焊到平板元件 14 和垫片 16 的薄的不锈钢蚀刻板元件 12。垫片 16 限定 4 mm 的狭槽 30, 以当将热交换器用作吸附发生器时填充吸附剂, 优选活性炭。

当将本发明的热交换器用作吸附装置中的发生器时, 热传递流体交替用于加热和冷却吸附剂材料。考虑最初阶段, 其中热传递流体加热吸附剂并驱动吸着物脱离其吸附相。吸着物流向接收器, 在该接收器处, 吸着物凝结并阻止热量到其环境。然后热传递流体用于将发生器冷却回至环境温度, 而吸着物被再吸附, 这又降低了系统压力。由此, 接收器中的液体沸腾, 并且从环境中吸取热量以产生外部冷却/制冷效果。

根据上文所述明显的是因为发生器系统被交替地加热和冷却, 所以它必须经历热循环。这引发了对于其构造的许多工程需求, 而根据本发明实施例设计的板式热交换器能满足许多所述的工程需求。如前所述, 基于热交换器的板设计的化学反应器在现有技术中是公知的, 在所述化学反应器中, 热流体用于移除或输入反应热。此现有技术的构造集中在液体-液体、液体-气体或气体-气体

热交换上,这对工程设计提出的挑战远小于如本发明所提出的固体-液体热交换。

对于加热和冷却固体吸附剂材料的需求明显不同,导致与现有技术中所公知的明显不同的热交换器设计。例如,此现有技术的热交换器不经历热循环应力,这又放松了对现有技术加热器的很多设计约束。

热交换器的基本需求是热量在热传递流体与吸附剂材料之间的有效传递。在现有技术中,合适的通道设计确保在热交换过程期间,流动液体能在大的表面区域上处于热接触,确保有效的热传递。如果一种材料是固体,则此简单的设计特征是不可用的。固体吸附剂的使用还引出了与多微孔固体吸附剂的通常低的热导率相关的问题。

在本发明的一些实施例中,作出努力以降低金属的热质量。这是要降低在热循环期间所使用的能量的量,以便提高系统的效率。

明显地,通过增加通道 13 在板元件 12 的平面中的宽度,和/或增加通道 13 的数量,可增加热交换面积。然而,将理解的是必须达到蚀刻板元件的结构稳定性与热交换器的热传递能力之间的平衡。此外,必须考虑沿着通道的压降,例如由于摩擦的压降。压降的量随通道的横剖面面积降低而增加。

此外,随着通道横剖面面积的降低,液压直径减小,而热传递系数增加。单元内的热传递流体的热质量也降低。然而,这些因素必须与如下事实保持平衡:通道在使用中被堵塞的风险随着通道的横剖面面积的降低而增加。

由于通道具有相同的尺寸,所以每个通道具有相同的压降。这有助于确保通过发生器的流体的均匀流动。

理想地,热交换器,诸如关于本发明所述的热交换器应具有零热质量和无限的热交换面积。固体吸附剂往往具有低热导率,而所采取的用以改进它们的传导率的措施是有限的。例如,活性炭具有多微孔结构,这允许吸着物的更多进入。另一方面,微孔往往导致低传导率。

可选方法是以这样的方式填塞吸附剂材料,即通过该材料的最大传导路径相对短。

因而,在本发明的一些实施例中,多个翼片设置在限定腔的侧壁的相邻板构件的至少一个相对壁上。翼片伸入板构件之间的容积中,从而提高板构件的通道中的流体与狭槽 30 中的吸附剂材料之间的热能传递速度。

在本发明的一些实施例中,通道 13 是在板构件 12 的相对端之间延伸的基本平行的、直通道的形式。在一些实施例中,通道设置在仅一个板的面上。

在一些实施例中,通道设置在一对板构件 12 的相对面的每一个上。

从许多可利用的吸着物-吸附剂系统中,用于移动应用的优选吸着物材料是氨。水是用再生吸附循环的通常优选的吸着物,并且它具有很多优点。它具有最高的吸着物潜热,是无毒的并无需高压安全壳。另一方面,空气向密闭的循环吸附系统中的泄漏对性能具有有害影响,但又难以避免,特别是在负压系统中。

此外,由于水蒸气的低密度,用水作为吸着物运行的系统需要仔细的部件设计以避免明显的压降。水蒸气的低扩散还能导致非常大并因此昂贵的设备(每个冷却的单元)。因此对于很多应用,氨可能是更好的材料。尽管它是有毒的,但是氨具有高蒸汽压力并且在很多方面比负压制冷剂更容易起作用。高压氨基系统具有实现 $0.001 \text{ m}^3/\text{kW}$ 的尺寸的能力,提供比基于水的系统更紧凑至少一个数量级的设备的潜能。因此此设备具有较低的成本并且还更坚固。对于商业可行的移动式空气调节系统而言,这些是首要的考虑。因此,本发明的一个优选实施例利用氨作为吸着物来运行。

在很多方面,氨对于空气调节、制冷、热泵或热变压器系统是优选的或许是令人惊奇的。由于其与水相比更低的潜热,所以氨基吸附系统可能没有使用水作为吸着物的系统更有效,因此,在把焦点集中在效率上的情况下,以氨为基础建立实用的热交换系统在现有技术中是很少的。

然而,氨是高压制冷剂,很少经受质量传递限制,所述质量传递限制将增加用以输送给定冷却或发热功率的系统的循环时间并从而增加系统的尺寸。

热交换系统包括在空气调节器、热变压器、电冰箱或热泵中。

应注意地是酒精是可选的吸着物材料。与氨和水相似,酒精具有高潜热,是可通常得到的并且是环境友好的。然而酒精仍处于负压并因此较小程度地共有水的一些缺点。简言之,对于在移动系统中的使用它们也不是优选的。

吸附剂应是固体材料,从而它保持它在发生器的板构件内的位置。固体吸附剂能更容易进行设计以比液体吸附剂提供所需的吸附属性。尽管活性炭由于可以合理的成本实现良好的性能而是优选的,但是可使用硅胶、沸石和诸如 BaCl_2 的金属盐。此外硅胶与氨不稳定,因此比活性炭更少优选。

为了实现高冷却功率密度,吸附剂必须是非常多微孔的,以便允许吸附剂被吸着物的高渗透性。吸附剂还应具有高容积密度以便提高每单位容积的冷却和发热功率。然而,这些是固有的矛盾需求。当前可利用的活性炭形式提供了最佳的折衷,以相对低的成本提供良好的性能。此外通过将活性炭与石墨混合并采用混合物作为吸附剂材料能提高活性炭的热导率。预期地是主基体中的沸石化合物和/或金属卤盐以及其它具有不断增加地期望属性并适于此应用的固体

吸附剂类型将继续得以开发。

不锈钢板元件与单片碳的厚度比理论上大约为 10 %。因此，对于快速的循环约束（高热传递），在单片碳层通常等于或小于 4 mm 的情况下，对于每对板元件，板元件应具有总共 0.4 mm 的最大厚度。

板元件的厚度在较厚的板元件与较薄的板元件之间平衡，所述较厚的板元件能更好地承受氨基系统的高压，而所述较薄的板元件具有较低的热质量并因此当每个循环加热和冷却板时伴随降低的能量损耗。

在本发明的一些实施例中，板元件比以其它方式所允许的板元件更薄，因为那些实施例中的发生器设计能使热传递流体与吸着物之间的压力均衡，从而降低压力不平衡并随之减小板构件由于弯曲而导致的变形。

对于空气调节系统、制冷系统、热变压器系统和热泵系统而言，热交换部件的热质量的影响的考虑是新的设计参数，该设计参数有助于本发明的新颖设计的一个方面。在传统现有技术的空气调节系统的设计中，低热质量已不是一个考虑因素，因为这些系统运行在连续的循环上。因此，无需考虑使热交换器本身热循环的影响。

热传递流体可以是许多材料中的任意一种。水或水和乙二醇的混合物是强烈优选的，主要由于它们相对低的粘度、高热导率和高比热容。这些流体中的至少一种通常容易作为来自车辆的发动机冷却水套的加热废产品而得到。其它应用可使用油或其它合适的热传递流体，例如其中驱动温度高于正常的水的沸点的应用。

当与氨吸附系统一起使用时，假定发生器利用在 65 摄氏度下凝结的氨运行，那么发生器必须能够承受高达 35 bar (3.5 MPa) 的安全工作压力。在这方面，板构件设计对于作为发生器的应用是更有利的。

图 6 显示了许多安装在支撑杆 11 上准备铜焊到一起形成热交换器的部件。这些部件包括板元件 12、14、垫片 16、端板构件 20 和端台 28。

图 7 和图 8 显示了在铜焊操作以形成热交换器之后的图 6 的部件 12、14、16、20、28。板元件 12、14 充当加强连结板并因此在板构件的平面中采用非常坚硬的结构。也就是说，限制了板构件沿远离热交换器的主体的方向以及沿构件的平面中的任何方向的弯曲或凸起。热交换器的这种设计允许在相对小的进一步加强和相对低的热质量的情况下在诸如氨吸附系统所需的高内部压力下的操作。此进一步加强仅需要抵制在板构件的平面外的力，如通过图 11 中压力凸缘 60 的使用示出的。这些是本发明的一些实施例的重要特征。

图 9 显示了处于竖直定向准备利用吸附剂材料填充狭槽 30 的图 5 的热交换器 10。

图 10 示出了利用吸附剂材料填充狭槽 30 的过程。柱塞 100 设有多个从柱塞顶板 120 突出的板 110。板 110 的尺寸和位置对应于热交换器 10 的狭槽 30。将吸附剂材料注入狭槽 30 中，继之以通过将柱塞 100 的板 110 插入狭槽 30 中来压缩吸附剂材料的过程。

图 11 示出了适于与氨系统一起使用的热交换器的第一实施例的热交换器系统。压力凸缘 60 设置在系统的相对端处，基本平行于板构件单元 18 定向，以便当承受高内部压力时保持热交换器 10 的结构完整性，压力凸缘 60 通过外螺栓（未示出）连接在一起。

水歧管 62 连接在两个保持侧面处。入口管 64 设置到一侧的底角，而相应的出口 66 位于相对侧的上对角处。交换器的顶面利用氨凸缘 68 加强。该氨凸缘包括与接收器容器（未示出）的连接 70，在该接收器容器中，当吸附装置热循环时，氨将蒸发并凝结。

图 12 是图 11 的热交换器的又一透视图。在此图中，能看到一组水管 72。水管 72 的每一个与不同的各自板构件相连并布置为将水供给到其各自板构件的通道。水管设置在板构件的相对侧的每一个上。一侧的水管设置在板构件的一端处，而另一侧的水管设置在板构件的相对端处。因此，在图 12 的定向中，所示侧的水管设置在板构件的上端处。相对侧的水管设置在板构件的下端处。

图 13 显示了图 12 的具有的水歧管 73 的热交换器，该水歧管 73 连接到该结构。

图 14 显示根据本发明第二实施例的板式热交换器 200。在该第二实施例中，设置多个板构件单元 218。板构件单元 218 具有蚀刻的板元件 212 和平板元件 214，所述蚀刻板元件 212 和平板元件 214 一起限定容纳吸附剂材料 217 的腔 217A。将理解的是当板构件单元 218 连接在一起形成一堆板构件单元时，在板构件单元 218 之间形成封闭的通道。设置在一个板构件单元 218 的蚀刻板元件 212 上的开口通道 213 通过与相邻板构件单元 218 的平板元件 214 邻接来封闭。

每个板构件单元 218 在其顶部和底部通过蚀刻板元件 212 和平板元件 214 朝着彼此的弯曲并使板元件 212、214 的自由端彼此接合而封闭。气密腔 217A 可通过板元件的侧面之间的另外密封间隙环绕吸附剂材料 217 设置。如此形成的气密腔 217A 与吸着物入口/出口处于流体连通，从而允许吸着物流入和流出腔 217A。

与相似厚度的‘平坦’末端构造相比，弯曲末端构造的存在使热交换器能

够更好地承受系统的高压。由此，此设计更适合于并入高压氨基吸附发生器中。

将理解地是在本发明第二实施例的变形中，代替折叠和连接板元件 212、214，可设置弯曲的端盖并将其连接到蚀刻和平板元件 212、214 的各自末端，以便环绕吸附剂材料 217 形成气密腔。

压力凸缘 260 设置在系统的相对端处，基本平行于板构件单元 218 定向，以便当它承受高内部压力时保持热交换器 200 的结构完整性。压力凸缘可通过在凸缘 260 之间穿过的螺栓彼此固定。

图 15 显示了根据本发明第三实施例的板式热交换器 300。第三实施例与第二实施例相似，除了腔 317A 通过流体密封连接部 380 处于流体连通，所述连接部 380 穿过板元件 312、314 形成（所述板元件 312、314 分别对应于第二实施例的蚀刻板元件 212 和平板元件 214）。

图 16 显示了图 15 的热交换器的单一模块单元 310 的透视图。板元件 312、314 通过铜焊或任意其它合适的技术沿边缘 315 接合；将理解的是在本发明的一些实施例中，可能需要板元件 312、314 的少许重叠，以便在板元件 312、314 之间形成接缝。

单元 310 的侧面 313 可由独立的片材形成，或者通过朝着彼此折叠板元件 312、314 的边缘部以形成各自的侧部 312A、314A 并通过铜焊或任意其它合适的连接技术连接所述侧部形成。

在本发明的一些实施例中，单元 310 成形为使得单元的边缘是弯曲的。例如，在一些实施例中，板元件 314 的侧部 314A 与侧部 314B 之间的边缘 316 是弯曲的。在一些实施例中，板元件 314 的侧部 314A 与主面 314' 之间的边缘 320 是弯曲的。此外，在一些实施例中，板元件 314 的主面 314' 与板元件 314 的边缘部 314B 之间的边缘 317 是弯曲的。

与陡峭的边缘相反，弯曲边缘的使用降低了如下的风险：陡峭边缘处的应力集中效果将导致单元 30 的故障，例如板构件的一部分或者元件之间或板构件的部分之间的接缝的破裂。

因此，在本发明的一些实施例中，单元 310 的基本所有边缘都是弯曲形式的，而不连续边缘被简单或空间曲率的表面代替。

为了在单元 310 之间形成热流体通道，将单元连接在一起，使得一个单元 310 的蚀刻板元件 312 邻接相邻单元的平板元件，从而在相邻单元 310 之间限定热流体通道。

模块单元 310 容纳吸附剂材料。吸附剂材料可通过连接部 380 引入单元 310 中。

图 17 和图 18 显示了本发明的第四实施例，其中板式热交换器 400 包括多个薄平板构件 411，所述薄平板构件 411 具有通过其形成的流体通道。根据第四实施例，板构件 411 通过将蚀刻板元件和平板元件连接在一起形成，所述蚀刻和平板元件基本如参照根据第一实施例的蚀刻和平板元件 12、14 所述。

正如在第一、第二和第三实施例的情形中，压力凸缘附接在合成结构的每端处，并通过螺栓彼此连接。当交换器在使用者被加压时，压力凸缘用于防止结构扭曲或破裂。

端盖 490（图 18）设置在各自相邻的板构件 411 之间，以便在各自的板构件之间限定可填充吸着物材料的腔 430。根据第四实施例，端盖 490 具有基本半圆形的横剖面并且通过铜焊附接到板构件 411。在可替代实施例中，板构件可基本是平的、具有直角剖面、弓形或任意其它合适的形状。

将理解的是在本发明的不同实施例中，流体通道可以各种不同的方式限定。例如，通道可通过例如金属波纹板在板构件之间的插入来限定在板构件之间。该波纹板可以焊接、铜焊或以其它方式附接到板构件。可替代地，波纹板可不附接到板构件，而是与相邻板构件中的一个或两个处于邻接。

在本发明的一些实施例中，板构件由单一板元件形成，即板构件不包括两个或多个板元件，热流体流过所述板构件。在一些实施例中，板构件通过诸如铝的材料的挤压形成，作为该挤压工艺的结果，板构件具有多个通过其形成的通道。

图 19 是采用根据本发明实施例的两个热交换器（或‘发生器’）600 的车辆移动式空气调节系统的示意性视图，所述热交换器 600 通过发动机的废热驱动。热交换器 600 以基本异相的方式运行，以便提供贮液器（蒸发器）650 的基本连续冷却。

这是比获得不连续冷却的单一发生器配置基本更加实用的配置。

在图 19 中所示的配置中，系统构造为使得单向阀 V6、V7、V8、V9 被驱动，因此来自正被加热热交换器 600（即 G1 或 G2）中的任何一个的解附气体被输送到冷凝器 640。

在被冷却的热交换器 600 的情形中，当压力降到蒸发器 650 中的压力之下时，相应的阀门 V7 或 V8 打开以使气体能从蒸发器 650 中进入。

气体在经由膨胀装置 645 传送到蒸发器之前，在冷凝器 640 中被冷却至液态。将理解地是在连续运行期间，在蒸发器 650 中存在基本连续的沸腾液体的供给。

将理解地是需要驱动热源 610，诸如来自发动机的废热，和/或辅助燃烧器。

蒸发器 650 可连接到机动车辆的舱冷却器阵 655。

将理解地是在可替代系统中，可采用另外的热交换器 600，所述系统构造为以互补的方式运行各自的热交换器以实现贮液器的冷却。

本发明的实施例适合在热泵、热变压器和冷却系统中使用。

在本发明的一些实施例中，热传导构件设置在狭槽 30 中。在本发明的一些实施例中，热传导构件是由铝制成的波纹板的形式。

图 20 显示了热交换器的一部分，其中热传导构件 700 是与狭槽 30 的相对壁处于邻接的波纹铝板的形式。板的存在有助于在板元件 12、14 与设置在狭槽 30 内的吸着物材料之间传递热能。

图 21 显示了可替代实施例，在该实施例中，在每个狭槽 700 中设置两个热传导构件 700。在图 21 的实施例中，热传导构件 700 各与单一板元件 12、14 处于邻接。在图 21 的实施例中，单独的热传导构件 700 设置在每个狭槽 30 的相对面中的每一个上；而且，每个热传导构件 700 与每个狭槽的相对面中的仅一个处于接触。

图 22 显示本发明的又一实施例的一部分，其中多个翼片 800 伸入狭槽 30 中。所述翼片有助于在设置在狭槽 30 中的吸附剂材料与设置在由板元件 12、14 限定的通道中的热传递流体之间传导热能。在本发明的一些实施例中，翼片是曲形轮廓的，如图 22 中所示。在本发明的其它实施例中，翼片是直线轮廓或任意其它合适的轮廓的。

本发明的又一实施例在图 23 中示意性显示。根据所示的实施例，设置多个板元件包 700。每个包 700 具有大体管状部 710，该管状部 710 具有通过大致平板元件部 710C 连接的大致半圆形端部 710D。一对大致平板 719B 设置在管状部 710 的相对端处。

每个包 700 的管状部 710 由单一片材形成，所述单一片材被弯曲以形成所需形状。在一些实施例中，可使用两片或多片。

根据所示的实施例，片的相对端被铜焊、焊接或以另外的方式接合在一起。然后将吸附剂材料块插入管状部 710 和焊接到管状部 710 的末端的面板 710B 中以形成气密包。

根据本发明的一些实施例，管状部 710 在添加吸附剂材料之后以及在压缩管状部之前被压缩。执行此操作以便确保吸附剂材料与板元件包 700 的壁之间的良好热接触。

将包 700 以堆叠的构造焊接、铜焊或以另外的方式接合在一起，其中相邻

包 700 的相对面 712、714 的外面处于相互邻接。在图 23 的实施例中，包 700 沿边缘 701 接合，以便限制沿箭头 F 的方向（或相反的方向）的热传递流体流动。换言之，流体被迫在设有箭尾形通道的包 700 的区域中流动。因而，防止流体避免在箭尾形通道的区域中流动。

根据图 23 中所示的实施例，通道 713 以平行人字形（或‘箭尾形’）的构造蚀刻在管状部 710 的相对面 712、714 中。相对面上的通道布置为使得一个面 712 的人字形与相对面 714 的人字形形成 180° 定向。这种配置允许沿箭头 F 的方向（或相反的方向）的流体流动，同时还促进流体与包 700 的壁之间的热传递。

在一些实施例中，管状部 710 由单一片材形成，该单一片材被弯曲成所示的形状。通常，通道 713 的形成在弯曲该片之前执行。

在一些实施例中，管状部 710 由独立部件形成，所述独立部件包括两个独立的大体半圆形端部 710D 和两个大致平板元件部 710C。

如上文关于本发明的其它实施例所讨论的，代替蚀刻或除了蚀刻之外，通道可通过机械加工、冲压或任意其它合适的方法形成。

气体入口/出口设置在每个包 700 的面板 710B 中，以使吸着物（处于气态形式）能够容易地流入和流出包。

根据本实施例的面板 710B 从大约 10 到大约 15 mm 宽。换言之，单一包 700 的面 712、714 之间的距离从大约 10 到大约 15 mm 宽。在本发明的一些实施例中，面板 710B 的厚度可以为大约 2-3 mm 或更小。

在此说明书的所有描述和权利要求中，词语“包括”和“包含”以及这些词语的变形，例如“包括”和“包含”意指“包括但不限于”，而不意欲（且不）排除其它半族、添加剂、部件、整数或步骤。

在此说明书的所有描述和权利要求中，除非上下文另有需求，否则单数形式包括复数形式。特别是，在使用不定冠词的情况下，说明书应理解为预期的复数以及单数，除非上下文另有需求。

与本发明的特定方面、实施例或示例一起描述的特征、整数、特性、化合物、化学成分或族应理解为可应用于此处所述的任意其它方面、实施例或示例，除非与其不相容。

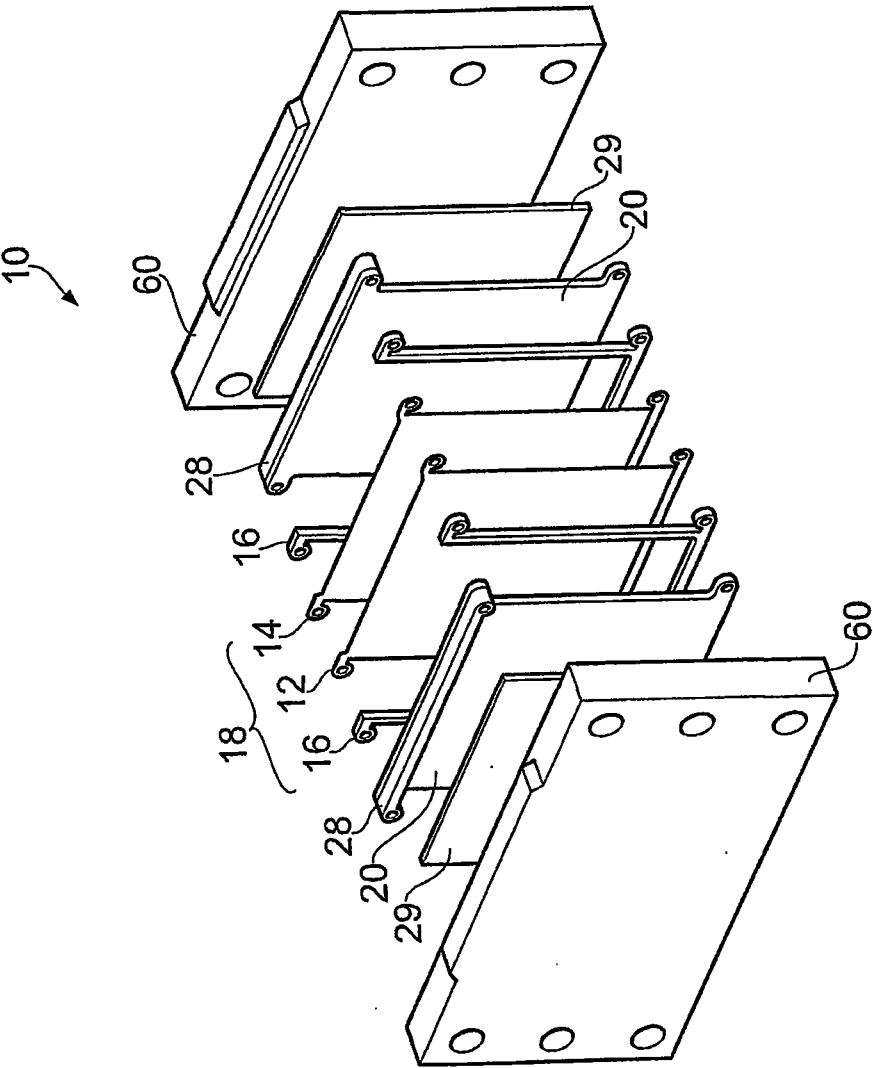


图1

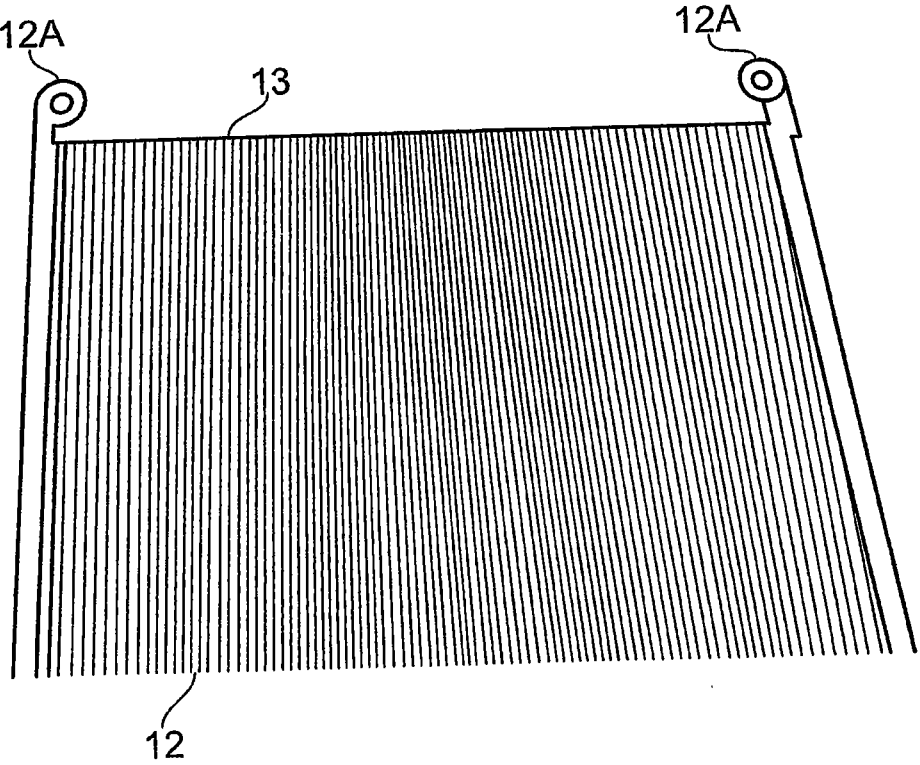


图3

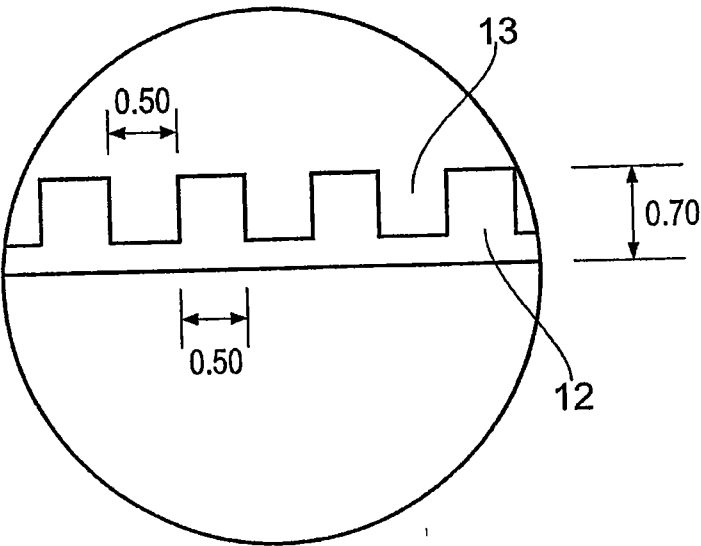


图4

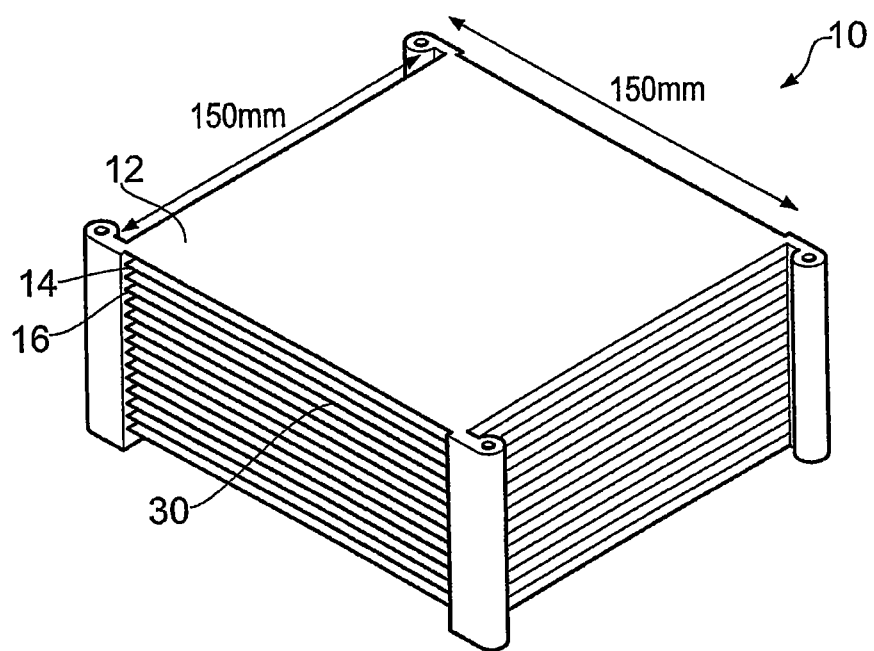


图5

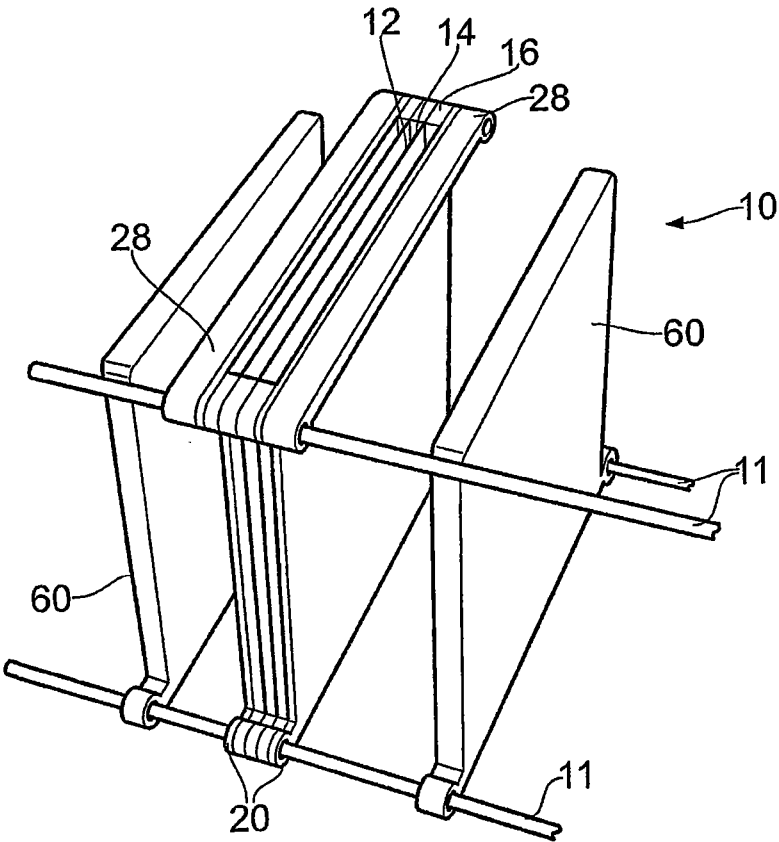


图6

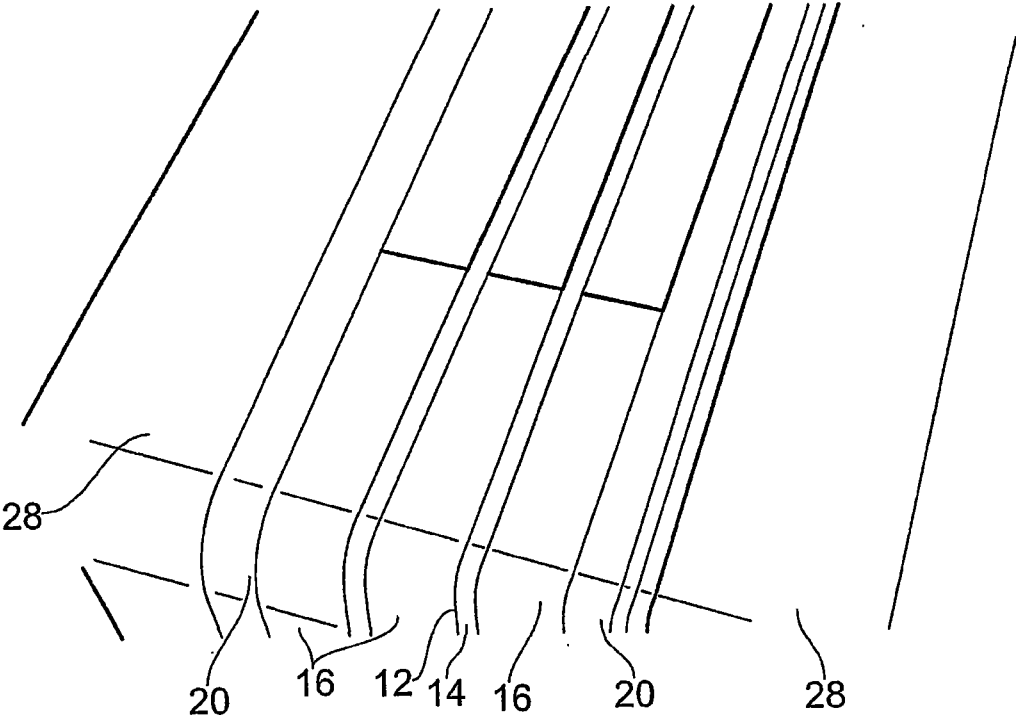


图7

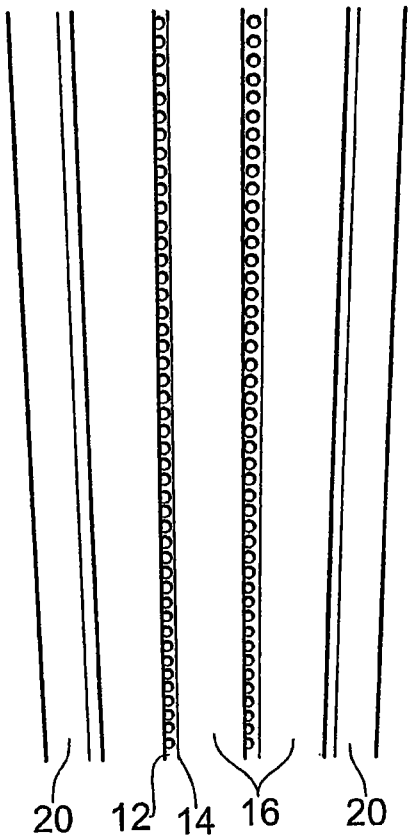


图8

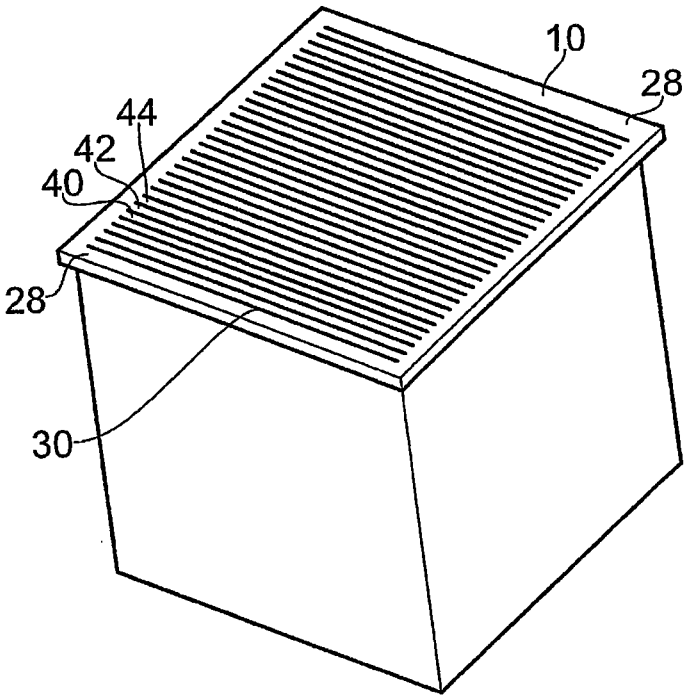


图9

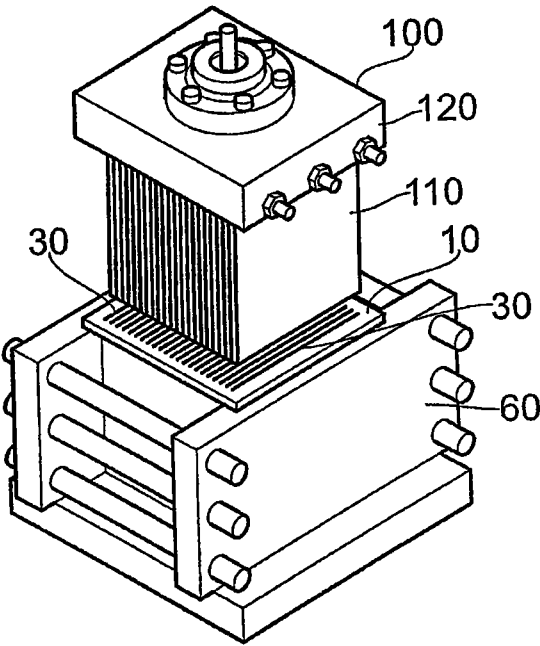


图10

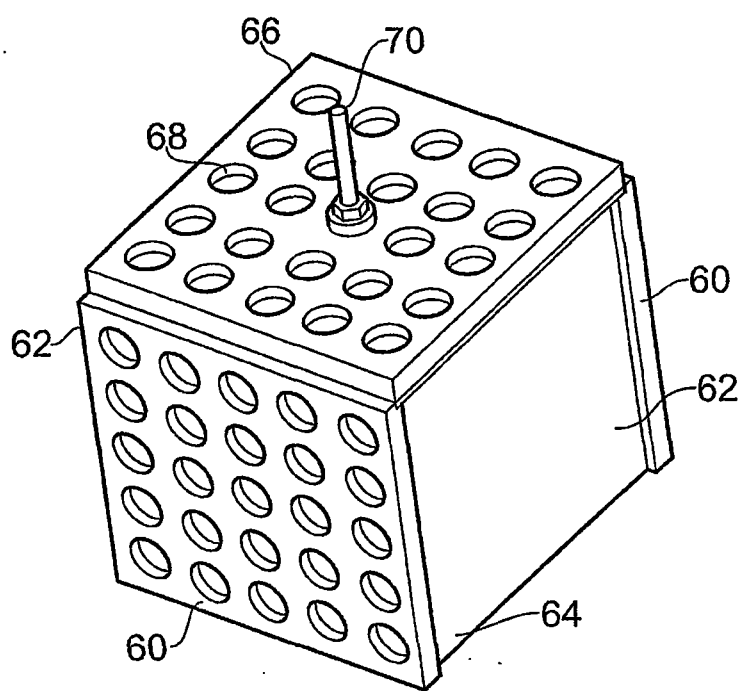


图11

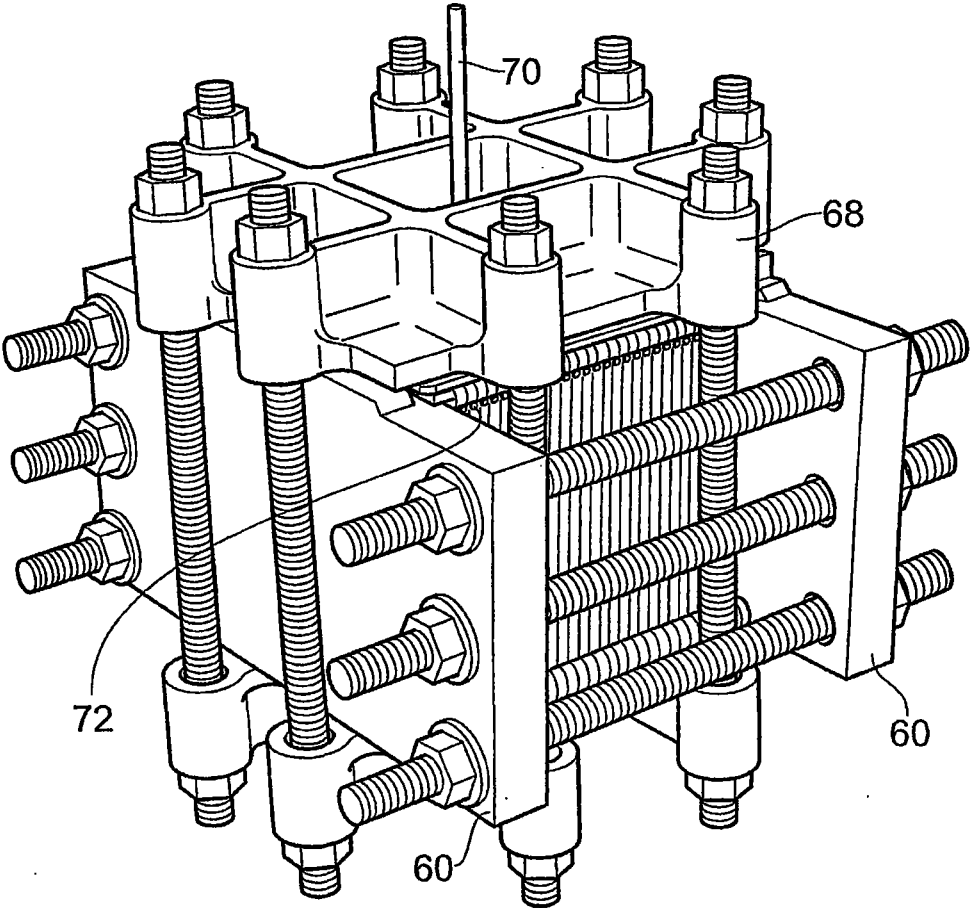


图12

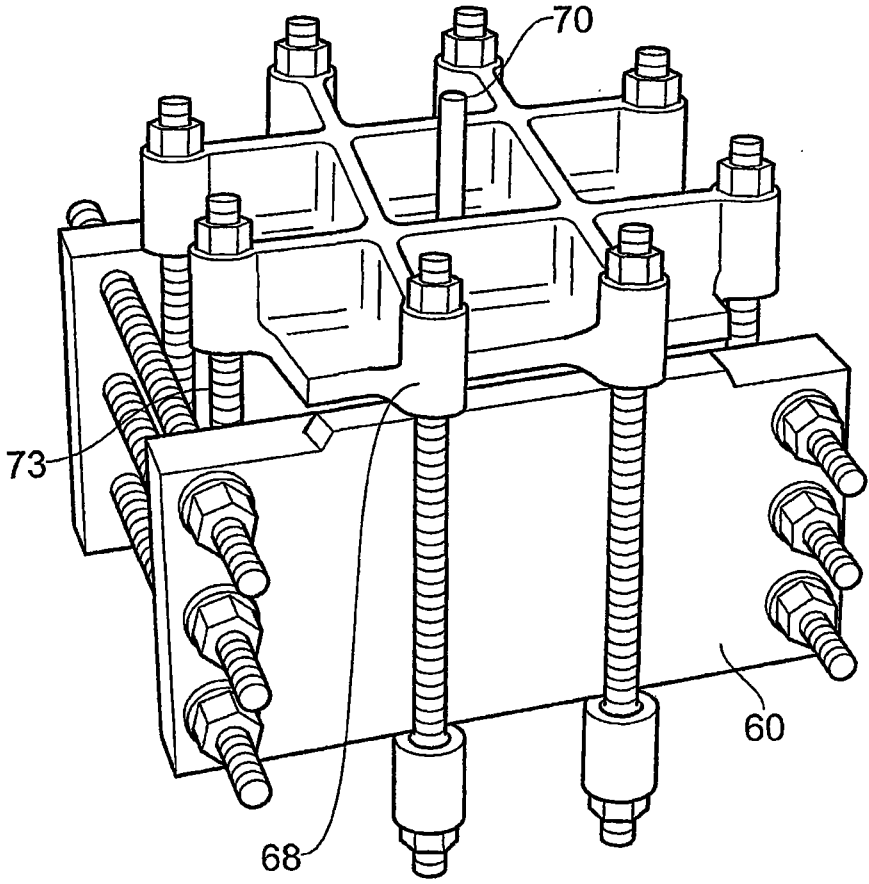


图13

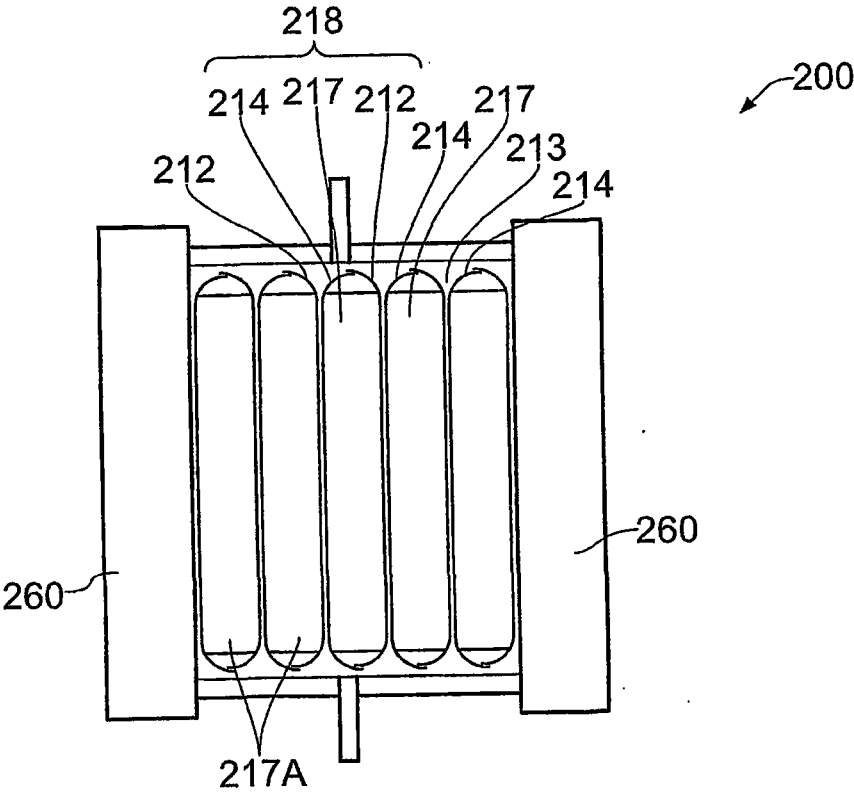


图14

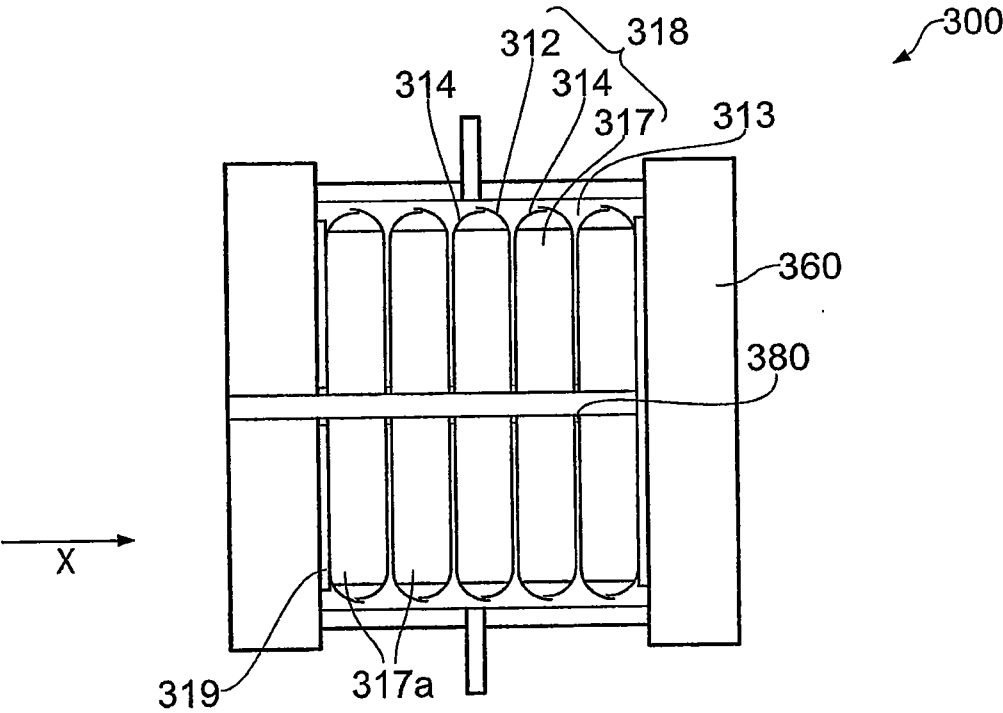


图15(a)

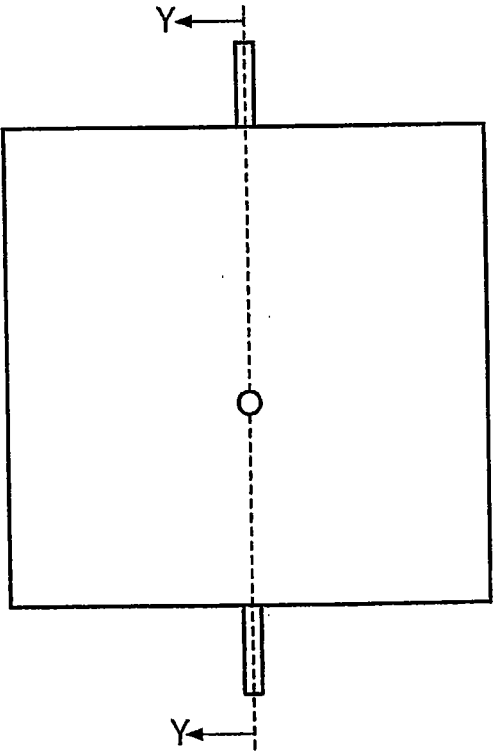


图15(b)

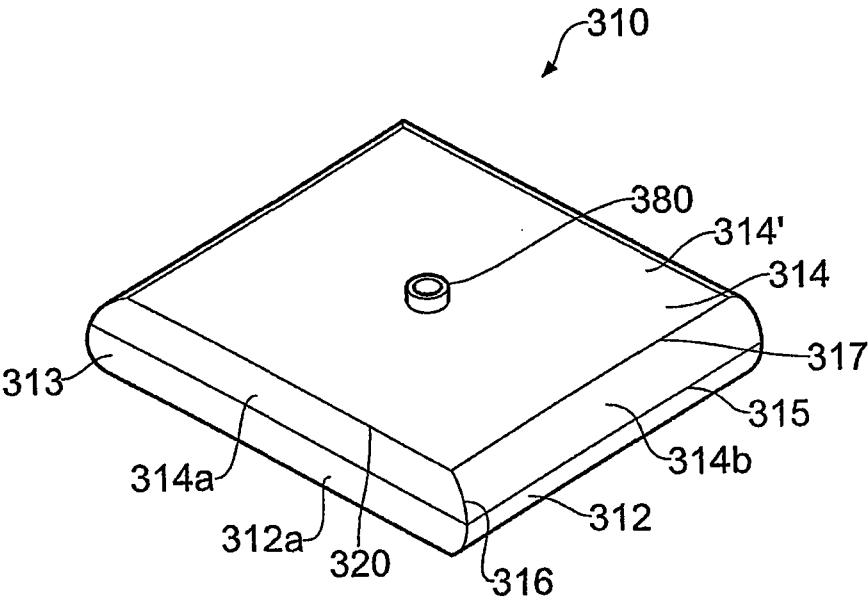


图16

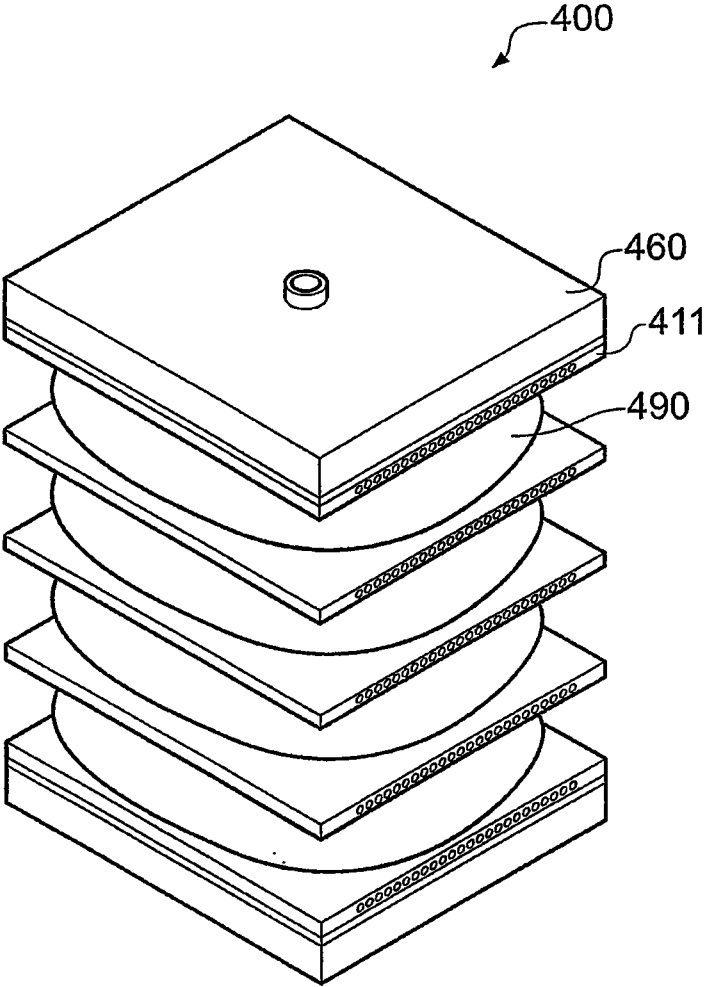


图17

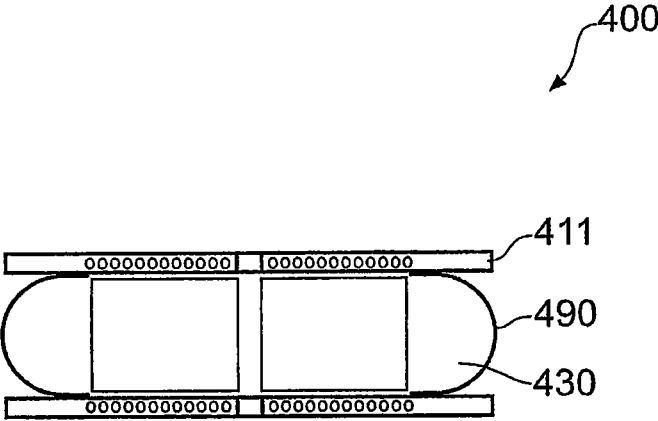


图18

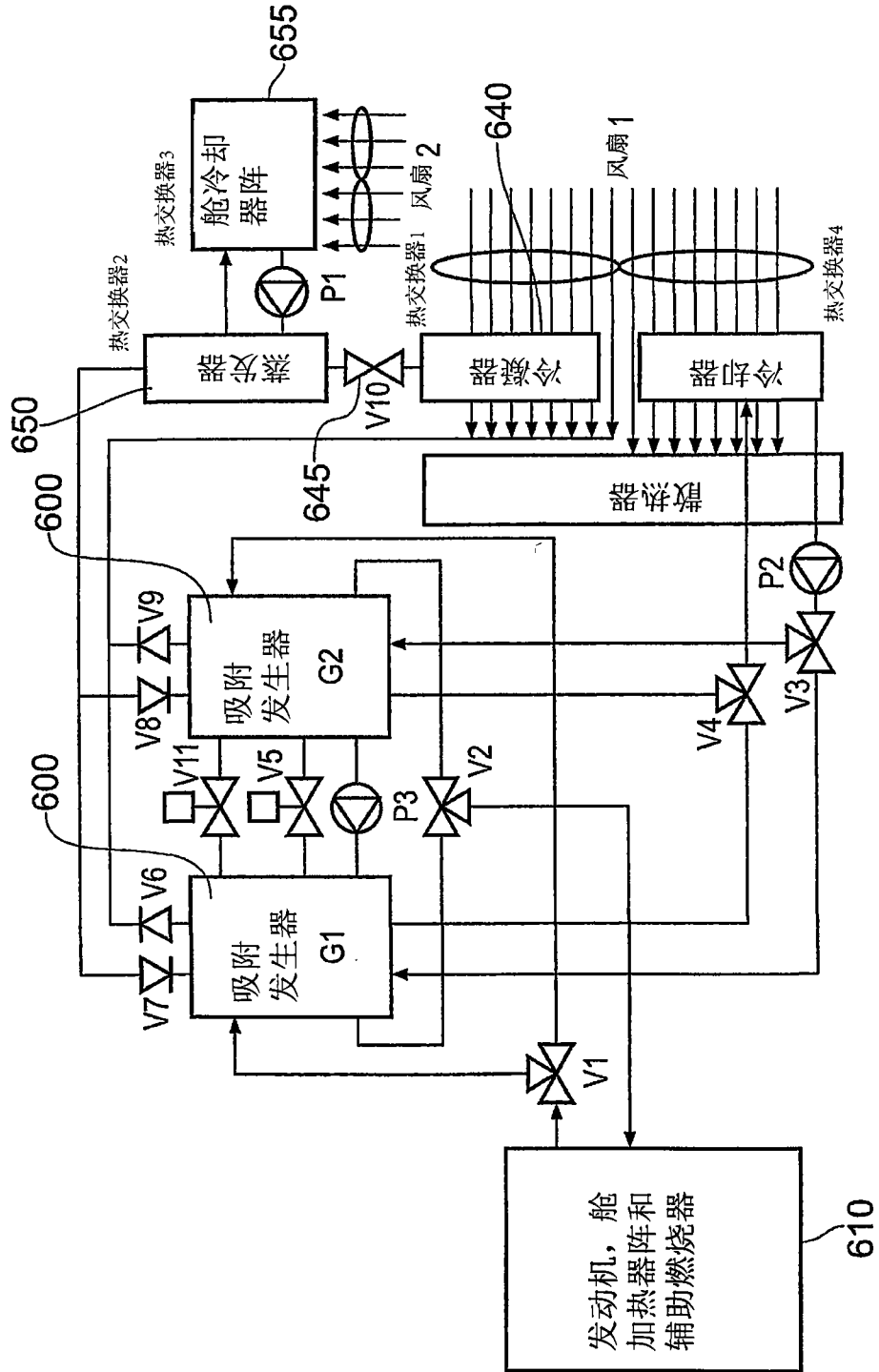


图19

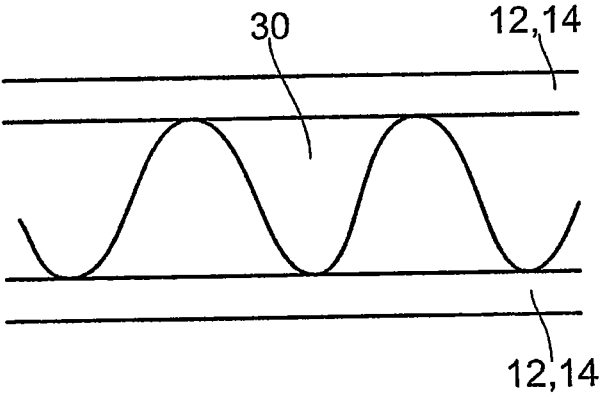


图20

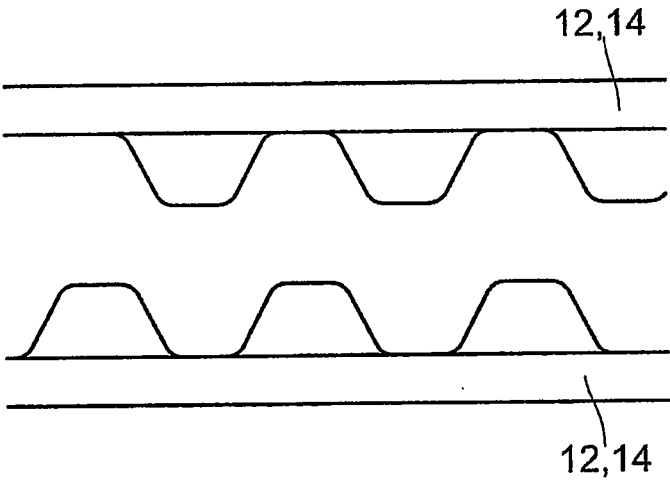


图21

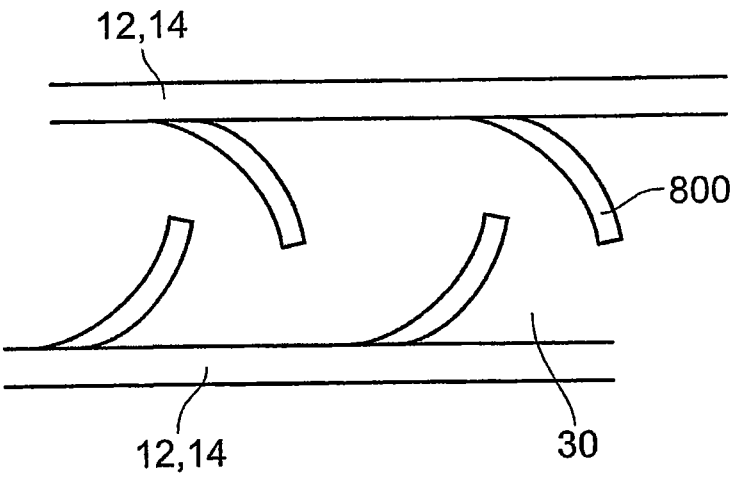


图22

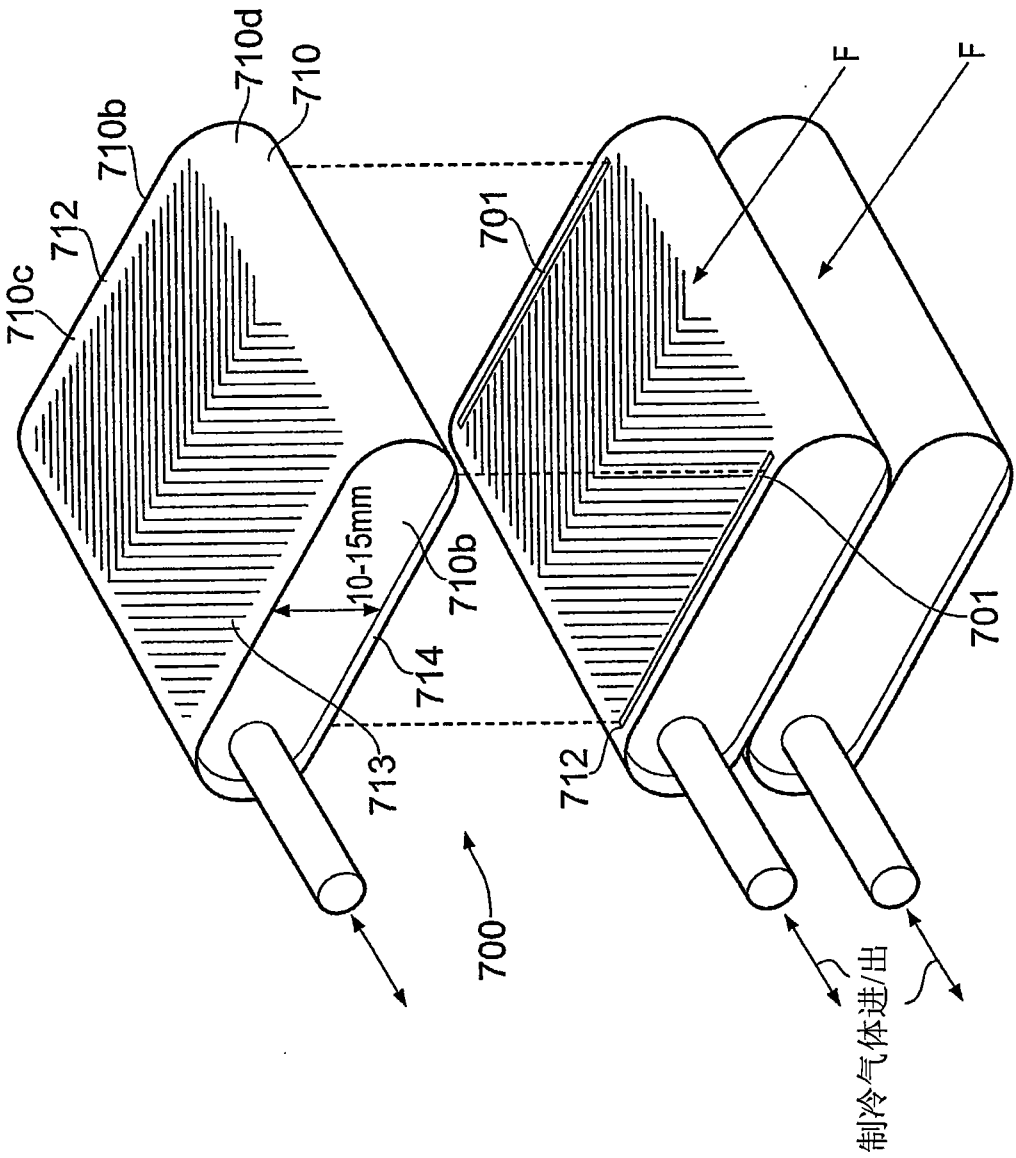


图23