

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F28D 19/04 (2006.01)

F28D 19/00 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480014658.2

[45] 授权公告日 2009 年 4 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 100473935C

[22] 申请日 2004.4.15

[21] 申请号 200480014658.2

[30] 优先权

[32] 2003.4.24 [33] US [31] 10/421,273

[86] 国际申请 PCT/US2004/011549 2004.4.15

[87] 国际公布 WO2004/097321 英 2004.11.11

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.28

[73] 专利权人 圣波尔股份有限公司

地址 美国俄亥俄州

[72] 发明人 D·M·伯乔维茨 N·莱恩

T·卡勒 J·G·伍德

[56] 参考文献

US6450245B1 2002.9.17

CN1408051A 2003.4.2

US3999596A 1976.12.28

US3308876A 1967.3.14

CN1370266A 2002.9.18

GB2109525A 1983.6.2

WO01/88361A1 2001.11.22

US3875994A 1975.4.8

US4013117A 1977.3.22

CN2275692Y 1998.3.4

审查员 王扬平

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 马 洪

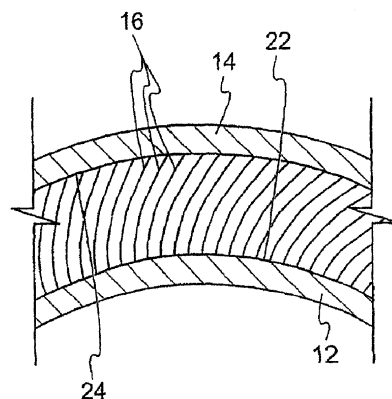
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称

渐开线箔片再生换热器

[57] 摘要

一种再生换热器，具有多个设置在内柱形管子和外柱形管子之间空隙中的渐开线箔片。箔片的渐开线形状在整个再生换热器中提供均匀的间距和实质上的用于流体接触的表面面积。



1. 一种再生换热器，流体可流动通过它以便传递热能进入或输出流体，该再生换热器包括：

内壁，具有径向地面向外部的柱形表面；

外壁，基本上与内壁同轴心并且在内壁的径向外侧与其隔开，形成在内壁和外壁之间的环形空隙，所述外壁具有径向地面向内部的柱形表面；

多个箔片，在环形空隙内基本上沿所述径向地面向外部的柱形表面的渐开线延伸，各箔片在圆周上基本相等间隔距离上具有安装在内壁的径向地面向外部的柱形表面上的内边和与内边隔开的外边，外边在圆周方向上从内边移位并且向外壁的径向地面向内部的柱形表面延伸；

其中多个纵向空隙从内壁延伸到外壁，各纵向空隙形成在箔片之一和与其各自邻接箔片之间，纵向空隙形成基本上不间断地在内壁和外壁之间延伸的渐开线流道，并且各纵向空隙的空隙宽度在从内壁的径向地面向外部的柱形表面的所有径向距离上基本相同。

2. 按照权利要求1所述的再生换热器，其特征在于，还包括多个间隔件，各间隔件安装在所述纵向空隙之一内并且基本上不中断对应的渐开线流道。

3. 按照权利要求2所述的再生换热器，其特征在于，各间隔件为安装在箔片之一的凸片。

4. 按照权利要求3所述的再生换热器，其特征在于，各凸片从各自箔片的一部分向邻接的箔片变形而形成。

5. 按照权利要求4所述的再生换热器，其特征在于，还包括在各箔片中包围各凸片至少一部分的弯曲切口。

6. 按照权利要求5所述的再生换热器，其特征在于，柱形表面为圆柱形表面。

7. 一种再生换热器，流体可流动通过它以便传递热能进入或输出流体，该再生换热器包括：

内壁，具有径向地面向外部的柱形表面；

外壁，基本上与内壁同轴心并且在内壁的径向外侧与其隔开，形成在内壁和外壁之间的环形空隙，所述外壁具有径向地面向内部的柱形表面；

多个箔片，在环形空隙内基本上沿所述径向地面向外部的柱形表面的渐开线

延伸，各箔片在圆周上基本相等间隔距离上具有安装在外壁的径向地面向内部的柱形表面上的外边和与外边隔开的内边，内边在圆周方向上从外边移位并且向内壁的径向地面向外部的柱形表面延伸；

其中，多个纵向空隙从内壁延伸到外壁，各纵向空隙形成在箔片之一和与其各自邻接箔片之间，纵向空隙形成基本上不间断地在内壁和外壁之间延伸的渐开线流道，并且各纵向空隙的宽度在从内壁的径向地面向外部的柱形表面的径向距离上基本相同。

8. 按照权利要求 7 所述的再生换热器，其特征在于，还包括多个间隔件，各间隔件安装在所述纵向空隙之一内并且基本上不中断对应的渐开线流道。

9. 按照权利要求 8 所述的再生换热器，其特征在于，各间隔件为安装在箔片之一上的凸片。

## 渐开线箔片再生换热器

### 技术领域

本发明大体涉及再生换热器，并且更具体地涉及采用具有足够导热性的、细薄平面箔片形成换热器传热表面的再生换热器。

### 背景技术

许多设备，特别是斯特林循环发动机，均包括再生换热器，热能从流动的流体转移到该再生换热器，并且从再生换热器再转移到流体。换热器通常采用大表面面积的结构，诸如用金属（诸如不锈钢）制成的毛状物、箔或小球。

在斯特林循环发动机中，例如，工作气体通过往复移动器驱动往复活塞而在较热和较冷空间之间移动。气体在循环的一部分中被加热，而在另一部分中被冷却。当热气从较热的空间转移时，它流过换热器，并且热能通过对流转移到再生换热器，即加热气体分子撞击在换热器表面上。换热器被加热，而当气体流过换热器到较冷空间使热能被转移到换热器时气体被冷却。

一旦气体在较冷空间中被冷却，它被再一次驱动通过换热器；一般按照气体从较热空间被驱动的相反方向。流过换热器的较冷的气体由同样对流机制所加热，通过该机制气体被换热器所加热：即气体分子撞击在换热器的表面上。换热器因此可改进斯特林循环发动机的效率，因为进入热端的气体经过预热，而进入较冷端的气体被预冷。当然，再生换热器也可改进斯特林循环发动机以外许多机器的效率。

在传统再生换热器中，在流动流体分子和换热器表面之间必须有相当数量的接触以便发生相当的热转移。在斯特林循环发动机中采用的一种再生换热器为长形金属薄带，诸如不锈钢带，绕成卷筒，放置在气体纵向地流过卷筒的小室中。金属的各层具有空间或空隙，在相邻各层之间流体通过。

即使希望再生换热器各层之间具有均匀的间隔，实际上很难获得这样的间隔。在加热端和冷却端之间的温度差可造成随着尺寸而变化的翘曲。此外，通过缠绕的换热器的流体流动不能在径向均匀地分布，这可造成实质上流动较多的区域比较少流动的区域膨胀或收缩更严重。所有这些问题导致在较大空隙中

具有高流体流动率，而在较小空隙中低流动率。不均匀的流动是不利的，因为大的空隙使一些流过再生换热器的流体与进行热转移的表面接触不良。还有，压力降对于所谓自由活塞机器一类的机器是关键性的，在传统再生换热器中一般折衷处理，从而导致运动零件不可预料的动力运动。

因此需要一种再生换热器，可以基本上在再生换热器中流体流动的整个区域中维持均匀的间隔。

### 发明概要

本发明提供一种再生换热器，流体可流动通过它以便传递热能进入或输出流体，该再生换热器包括：内壁，具有径向地面向外部的柱形表面；外壁，基本上与内壁同轴心并且在内壁的径向外侧与其隔开，形成在内壁和外壁之间的环形空隙，所述外壁具有径向地面向内部的柱形表面；多个箔片，在环形空隙内基本上沿所述径向地面向外部的柱形表面的渐开线延伸，各箔片在圆周上基本相等间隔距离上具有安装在内壁的径向地面向外部的柱形表面上的内边和与内边隔开的外边，外边在圆周方向上从内边移位并且向外壁的径向地面向内部的柱形表面延伸；其中多个纵向空隙从内壁延伸到外壁，各纵向空隙形成在箔片之一和与其各自邻接箔片之间，纵向空隙形成基本上不间断地在内壁和外壁之间延伸的渐开线流道，并且各纵向空隙的空隙宽度在从内壁的径向地面向外部的柱形表面的所有径向距离上基本相同。

本发明还提供一种再生换热器，流体可流动通过它以便传递热能进入或输出流体，该再生换热器包括：内壁，具有径向地面向外部的柱形表面；外壁，基本上与内壁同轴心并且在内壁的径向外侧与其隔开，形成在内壁和外壁之间的环形空隙，所述外壁具有径向地面向内部的柱形表面；多个箔片，在环形空隙内基本上沿所述径向地面向外部的柱形表面的渐开线延伸，各箔片在圆周上基本相等间隔距离上具有安装在外壁的径向地面向内部的柱形表面上的外边和与外边隔开的内边，内边在圆周方向上从外边移位并且向内壁的径向地面向外部的柱形表面延伸；其中，多个纵向空隙从内壁延伸到外壁，各纵向空隙形成在箔片之一和与其各自邻接箔片之间，纵向空隙形成基本上不间断地在内壁和外壁之间延伸的渐开线流道，并且各纵向空隙的宽度在从内壁的径向地面向外部的柱形表面的径向距离上基本相同。

在较佳实施例中，各箔片在其各自内边安装在内壁的径向地面向外部的柱

形表面，并且向外壁的径向地面向内部的柱形表面延伸和抵靠。在还有另一较佳实施例中，各箔片具有至少一个设置在其和各邻接箔片之间的间隔件。间隔件可以是凸片或箔片向邻近箔片变形的区域，其形状为杯形或其它形状。

### 附图说明

图 1 为阐明本发明较佳实施例的示意端面图。

图 2 为阐明本发明较佳实施例的端面剖面图。

图 3 为阐明本发明在制造中间状态的立体图，其中箔片基本上为平面方位并且基本上对于其安装的壁成为直角。

图 4 为阐明本发明制造中间状态的端面图。

图 5 为阐明本发明制造中间状态的立体图。

图 6 为阐明本发明一个可替代实施例在制造中间状态下示意端面图。

图 7 为阐明本发明利用延伸通过箔片中小孔的圆环的可替代实施例立体图，其中厚度夸大以便强调显示其相对表面。

图 8 为阐明具有一个间隔件实施例的箔片侧视图。

图 9 为阐明图 8 中箔片的立体图，其间隔件厚度夸大显示。

图 10 为阐明图 8 中箔片相对于其它箔片操作位置的端面图，其中厚度夸大显示。

图 11 为阐明另一种箔片和另一间隔件实施例的立体图，其中厚度夸大显示。

图 12 为阐明图 11 中箔片相对于其它箔片操作位置的端面图，其中厚度夸大显示。

图 13 为阐明再生换热器放置在斯特林循环发动机上的示意侧视图。

在描述本发明在附图中阐明的较佳实施例中，为清晰起见将采取特定的名词。不过，本发明打算将限制特定名词如此选择，使其理解为各特定名词包括所有在相似方式下运行完成相似目标的技术上相当事物。例如，在此经常使用名词连接或相似名词。它们不限于直接连接，在本行业熟练人士认为相当于连接之处，还包括通过其它元件的连接。

### 具体实施方式

再生换热器 10 的较佳实施例显示在图 1 中，具有内部柱形壁 12 和外部柱

形壁 14。在较佳实施例中，在内壁中斯特林循环发动机 15 的移动器 13 往复运动，如图 13 所示。在较佳实施例中，外壁 14 和内壁 12 同轴心，并且内壁和外壁二者均为如图 2 所示柱形。

在内壁 12 径向地面向外部的柱形表面 22 和外壁 14 径向地面向内部的柱形表面 24 之间形成空隙。该空隙较佳地为环形，并且有相当部分，较佳地为在内壁和外壁之间的全部长度上延伸。在所考虑的斯特林循环发动机 15 中，诸如工作气体的流体流过环形空隙 17，其方式对于斯特林循环发动机和传统再生换热器行业中熟练人士是十分明显的。

在内壁 12 和外壁 14 之间环形空间中设置许多箔片 16。箔片 16 用一种材料制成，可以使热能径向地传进和传出，但是并不具有可以造成其迅速地将热能传导到周围环境中的良好导热率。不锈钢为发动机（原动机）对于箔片 16 使用的较佳金属，而聚酯或相似的塑料适合于冷却器（热泵）。该箔片较佳地具有基本上大于其厚度的长度和宽度。例如，考虑中的箔片具有 60 mm 的长度，16.7 mm 的宽度，和 0.0254 mm 的厚度。这些尺寸是示范性的，应该理解这些尺寸可以显著地变化。例如，箔片的宽度应由横跨环形空隙的距离、固定边缘的角度和其它促使箔片形成渐开线的因素决定。

各箔片 16 径向地在其内边按照相等宽度的间隔安装在径向地面向外部的表面 22 上，并且各自沿基本上为表面 22 的渐开线流道延伸，以便接触面向内部的表面 24。箔片的外边可以焊接、粘合或用其它方法设置在表面 24 上，但不是必要的。外边可以自由设置，而使其抵靠在面向内部的表面 24 上并且造成箔片对于再生换热器构造轻微的顶压。在这样构造中，再生换热器适应由于对箔片和壁 12 及 14 采用不同材料（诸如塑料箔片和金属壁）而发生的差动膨胀。

通过沿径向地面向外部表面 22 的渐开线，和按相等间隔在圆柱形表面 22 上的设置，各箔片 16 沿其整个长度和宽度保持对于其最近的箔片不变的间距。如此，各箔片 16 在其所有径向和纵向位置之间具有均匀的间隔，使流过环形空隙的气体均不具有任何可以选择通过的较长路线。这样的均匀流动可防止“热点”，并且同样还有“冷点”，从而减少再生换热器 10 对所安装机器的效率的影响。

再生换热器 10 可以用几种方法之一制造。在较佳方法中，基本上平坦的壁 32 具有多个基本上平行地平坦的箔片 36，各沿其边缘附着在壁 32 的主要表面

42, 当采用金属箔片时与壁较佳地通过焊接、铜焊或锡焊, 当材料为塑料时, 通过热焊、溶剂粘合、超声焊接或其它塑料粘合技术。各箔片边缘的安装基本上垂直于壁 32, 并且对于邻近箔片等距离隔开, 例如, 对于 0.0254 mm 厚度的箔片距离为 0.115 mm。一旦所有箔片均已固定, 从如图 3 所示, 沿箔片 36 和壁 32 观察时, 该结构具有书本的外观。各箔片为“书”中的一“页”, 而其“脊”为壁 32。壁 32 的互相对面的边缘连接在一起, 诸如通过焊接, 以便保持以前平坦的壁 32 弯曲成为柱形。各箔片 36 保持其基本平坦的形状, 并且径向地定位在壁 32 上。

在图 4 所示构造中各箔片 36 之间空间为馅饼形状, 因为它作为从壁 32 径向距离的函数而增加。如果再生换热器按照此构造组装, 不均匀的空隙将在离开壁 32 最大径向距离处, 使多数气体流过箔片 36 中空隙最宽的区域, 因为在此流体流动的阻力最小。

当箔片在图 4 所示构造中, 如果不组装再生换热器, 把整个结构放置在收缩直径的设备中, 例如在人的手中, 漏斗形管子或其它设备, 而在同时使壁 32 按一个方向旋转。在壁 32 旋转时, 箔片 36 的外边抵靠在直径收缩设备的表面, 并由于箔片尖端的摩擦阻力, 所有箔片 36 在诸如顺时针的圆周方向弯曲, 随着在径向最里面的边缘与壁 32 一起旋转, 而径向最外面的边缘保持抵靠在用来减少箔片 36 和壁 32 组合直径的设备上。当所有箔片在同样圆周方向弯曲, 并且直径减少设备的直径较小时, 箔片开始实质上形成壁 32 的渐开线。当这发生时, 箔片 36 外边更接近于壁 32, 这使壁 32 和箔片 36 的组合可插入外部柱形壁, 在该壁上抵靠弯曲的箔片外边。壁 32 和箔片 46 插入的外壁具有面向内部的柱形表面, 该表面比箔片 36 在弯曲以前的外边更接近于径向地面向外部的表面。最终结构在结构上与在图 1 中示意地显示者相同。

也可能按照本发明通过首先以接近于零角度在壁上附着多个平行箔片而形成再生换热器。该壁然后在于图 4 所示的反面方向形成柱形外壁, 使箔片从壁向内延伸。然后当箔片全部在同一圆周方向旋转并且其内边附着在管子上以后, 在外壁中插入管子, 该管子用来作为内壁以便形成再生换热器。在该实施例中, 箔片基本上以直角附着在内壁上, 并且沿渐开线向外壁向外弯曲, 与外壁按照其附着的角度相交。按照本发明制造再生换热器的另一种方法是使多个箔片 46 在“堆”中互相平行。间隔件 48, 较佳地由与箔片相似或相同的材料制成, 但较箔片短许多, 插入在靠近箔片 46 边缘的各对箔片 46 之间。其次,

箔片 46 的堆压紧成为紧密关系，其中间隔件 48 全部对准靠近箔片 46 的内边。然后对于箔片 46 和间隔件 48 的内边加热。间隔件 48 和箔片 46 变得热到足够在内边轻微地融解的程度，并且然后它们被冷却而固化，这样如图 6 所示在内边形成薄壁 42。可以沿垂直于箔片的平行线加热，并且可以伴随一条可熔化的杆棒，以便把箔片和间隔件焊接在一起。一旦形成薄壁 42，它被弯曲成为柱形，箔片 46 然后按同样圆周方向旋转，并且如同在图 3 和 4 中描述的方法，整个设备被放置在柱形外壁中。

按照本发明另一可替代的制造再生换热器的方法是插入一个或多个诸如图 7 中所示的不锈钢圆环 50，通过多个形成在各箔片 56 一边附近的对准小孔。圆环 50 具有重叠的端部以便防止箔片从圆环 50 滑下。也可以在圆环上放置间隔件（诸如较短的间隔件）隔开箔片。一旦所有箔片 56 通过展开圆环的端部而放置在圆环 50 上，圆环 50 弹簧被关闭而柱形管子被插入圆环 50 内，一直到箔片 56 面向内部的边缘抵靠在管子壁径向地面向内部的表面上。然后箔片可附着在管子上，按同样圆周方向弯曲，并然后整个结构被插入第二管子。可替代地，箔片和间隔件可以加热到形成壁，如同在图 6 中描述的实施例。

本发明中再生换热器各箔片可具有机械地维持其与其连接的各邻近箔片间隔的间隔件结构。在图 8 中显示的实施例中，箔片 106 具有作为间隔件的凸片 110。各凸片 110 通过沿 U-形曲线切割箔片 106 而形成，然后把箔片 106 在 U-形曲线内的自由端部分沿横向于包含箔片 106 平面的路线推向一边，如图 9 和 10 所示。在图 10 中，箔片 106 显示为其凸片 110 作为间隔件的功能，通过抵靠在其邻接的箔片 104 上。箔片 108 具有抵靠在箔片 106 上的凸片 118。

在图 11 和 12 显示的可替代实施例中，间隔件为形成在箔片 126 中的凸坑 120。该凸坑 120 由箔片 126 的塑性变形形成，诸如用模制工具强迫箔片进入凹坑，从而局部地使箔片拉伸。各凸坑 120 的尖端抵靠在邻接箔片 128 上，而其它邻近箔片 124 的凸坑 134 抵靠在箔片 126 上。

按照本发明制造的再生换热器可以放置在一种环境中，其中诸如液体或气体的流体在循环的一部分时间中，纵向地按一个方向流动，而然后在循环的另一部分时间中纵向地按另一相反方向流动。在较佳实施例中，再生换热器安装在斯特林循环发动机上，其内、外柱形壁用点焊或刚性地连接在邻近柱形结构上，如图 13 所示。各箔片的纵向端用点焊或者在箔片纵向端和邻近结构之间压入金属毛状物（在发动机的情况）或泡沫塑料（在热泵的情况）而阻止其纵

向或圆周方向的运动。毛状物或泡沫塑料限制箔片运动，从而当流体迅速地先在一个方向，然后在另一方向移动时，阻止再生换热器和其部件的任何运动。毛状物或泡沫塑料可以用来作为某些再生换热的用途，但最重要的是作为机械阻挡物体防止箔片的圆周运动或整个结构或任何部件的纵向运动。

虽然本发明某些较佳实施例已经详细披露，应该理解还可以采用各种变型而并不偏离本发明的精神或下列权利要求的范围。

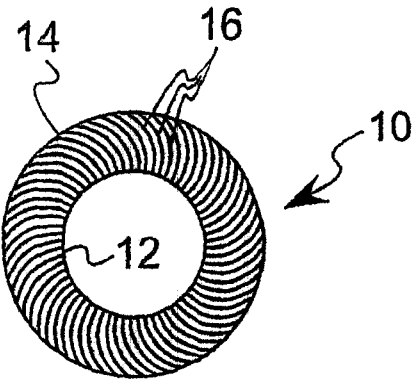


图 1

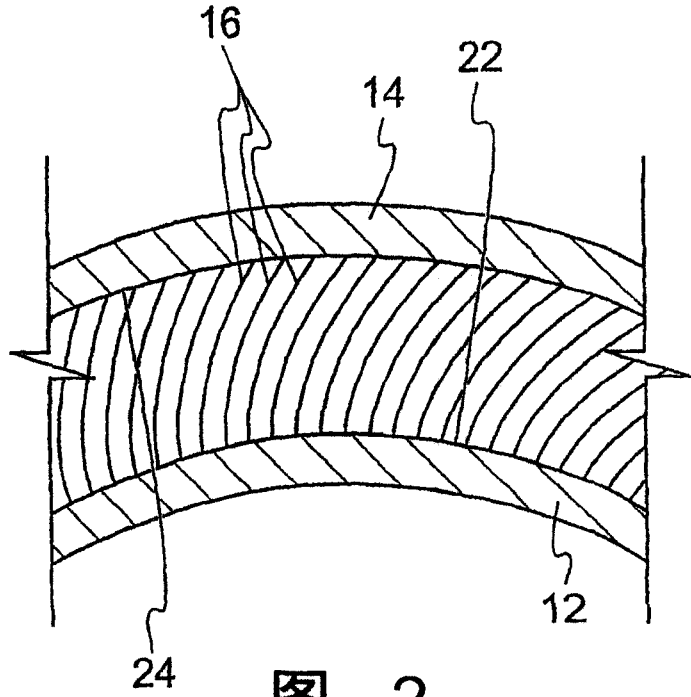


图 2

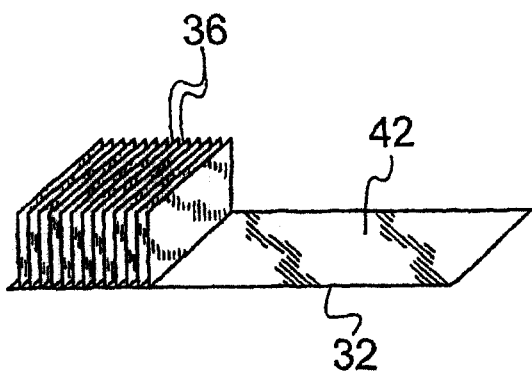


图 3

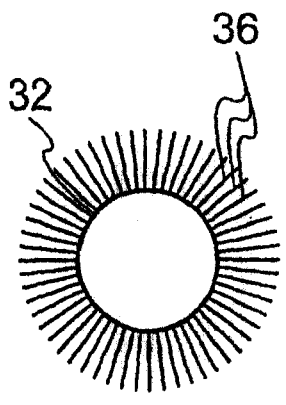


图 4

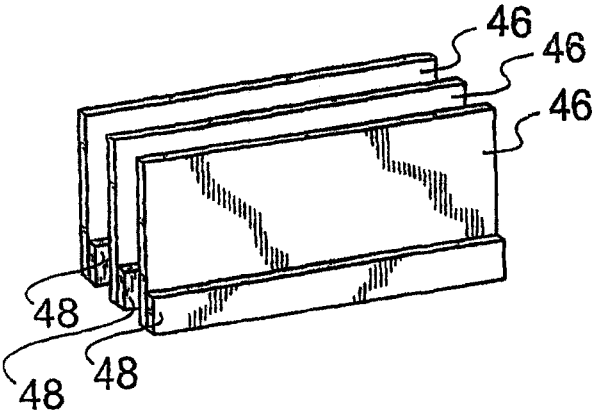


图 5

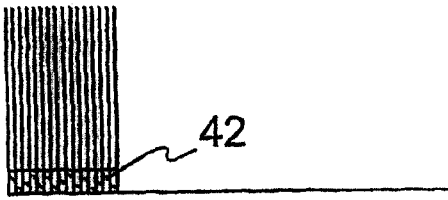


图 6

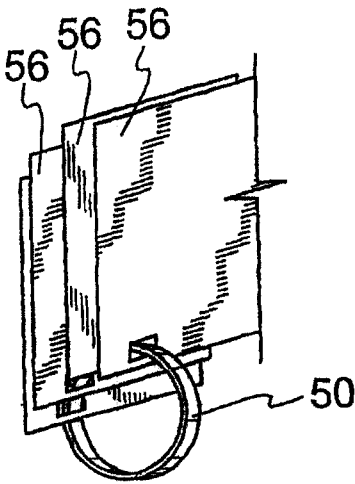


图 7

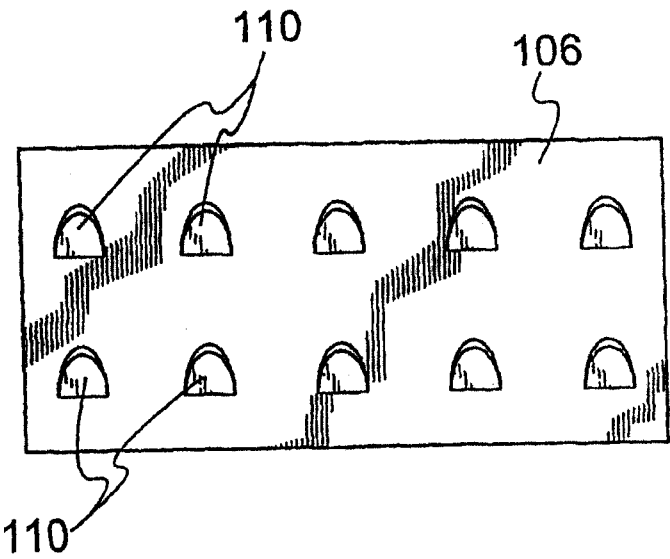


图 8

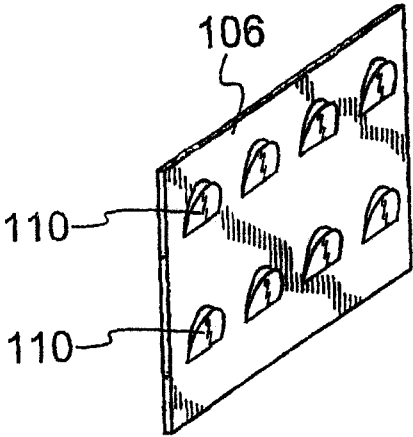


图 9

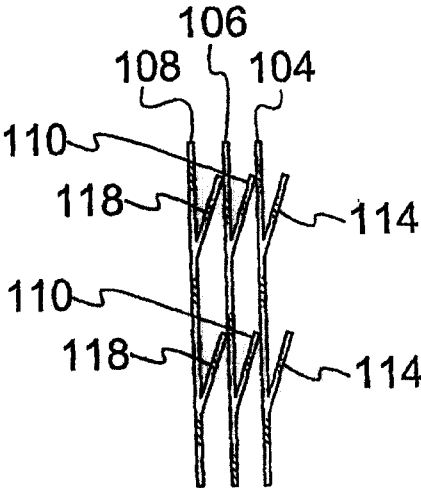


图 10

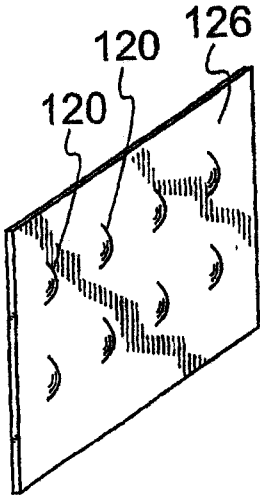


图 11

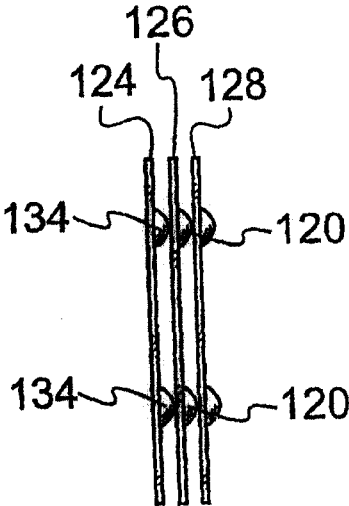


图 12

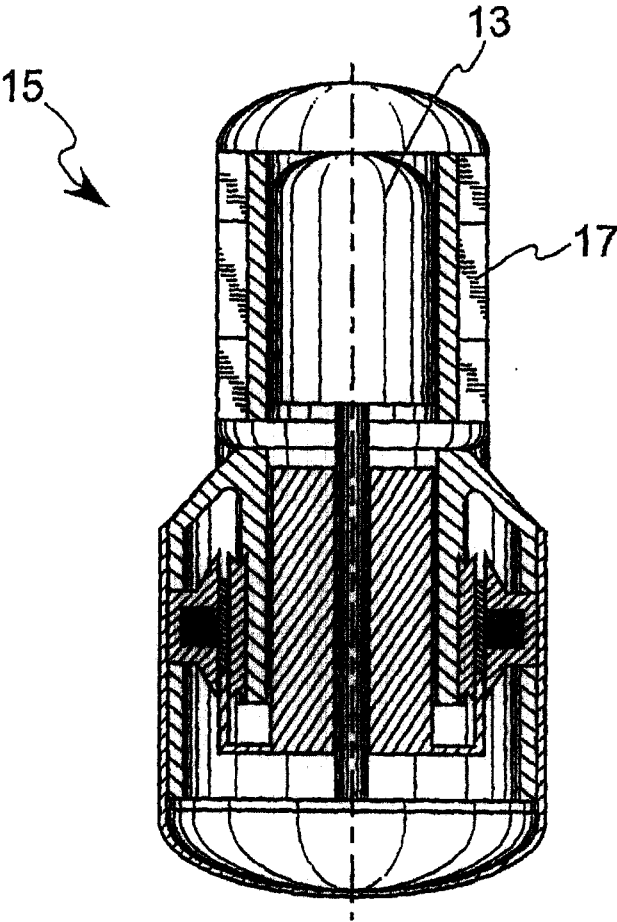


图 13