

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

F28F 3/04

F28F 21/06

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99807395.4

[43] 公开日 2001 年 7 月 25 日

[11] 公开号 CN 1305580A

[22] 申请日 1999.5.18 [21] 申请号 99807395.4

[30] 优先权

[32] 1998.6.18 [33] US [31] 09/099,632

[86] 国际申请 PCT/US99/11022 1999.5.18

[87] 国际公布 WO99/66282 英 1999.12.23

[85] 进入国家阶段日期 2000.12.15

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 T·I·英斯利 R·P·约翰斯顿

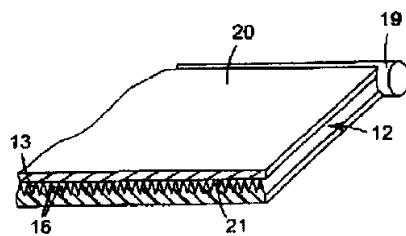
[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所  
代理人 王宏祥

权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图页数 4 页

[54] 发明名称 微槽式热交换器

[57] 摘要

一种采用一传热流体的有源流体传输的热交换器(10)，它具有多条分离的流动通道(16)，这些通道由一个但通用的结构提供。这些微槽道(16)复制于一在流体传输热交换器(10)中使用的薄膜层(12)上。该表面结构(13)限定出基本不中断的和高度有序的流动槽道(16)。这些流动槽道(16)可以是直线、分支或树枝型结构的形式。在带结构化的薄膜表面上提供具有良好导热特性的覆层(20)。这种带结构化的薄膜表面和覆层(20)因而可用于限定微结构流动通道(16)。使用具有一微结构化表面的一薄膜层(12)可提高在通道组件上高度分布势能的能力，从而促进传热流体的有源传输。这样，导热覆层(20)可对热交换器(10)附近的物体、气体或液体进行热传递。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

# 权 利 要 求 书

1. 一种与有源流体传输一起使用的热交换器，包括：

(a) 一第一聚合材料层，它具有第一和第二主表面，第一主表面包括一结构化表面，该表面具有多条沿第一层的表面从一第一位置延伸到一第二位置的流动槽道，这些槽道的最小纵横比约为 10:1，水力半径不大于约 300 微米；

(b) 一第一覆层，它覆盖在结构化聚合表面的至少一部分上面，并包括覆盖多条流动槽道的至少一部分的一封闭表面，从而形成多条基本分离的流动通道；以及

(c) 一与基本分离的流动通道流体相通的集流管，允许来自一势能源的一势能促进流体通过这些通道从一第一势能运动到达一第二势能，这种流体运动对第一覆层材料进行热作用，用于促进运动流体与第一覆层之间的热传递。

2. 如权利要求 1 所述的热交换器，其特征在于，第一覆层包括一第二聚合材料层，该层具有第一和第二主表面，第二层的第一主表面包括一结构化表面，该表面具有多条流动槽道，第二层的第二主表面提供封闭表面而形成第一层的多条基本分离的流动通道。

3. 如权利要求 1—2 所述的热交换器，其特征在于，它还包括至少一个附加的聚合材料层，该层具有第一和第二主表面，每个附加层的第一主表面包括一结构化表面，该表面具有多条流动槽道，第一、第二和附加聚合材料层彼此叠置而形成一叠置阵列，该阵列具有多个有序的基本分离的流动通道的行。

4. 如权利要求 3 所述的热交换器，其特征在于，它还包括一第二材料覆层，第二聚合材料层的第二主表面的至少一部分固定于第一覆层，第二覆层固定于第二聚合材料层的结构化表面的至少一部分，从而形成基本分离的流动通道。

5. 如权利要求 1—4 所述的热交换器，其特征在于，第二聚合材料层的第一主表面的结构化表面的至少一部分固定于第二覆层而覆盖第二聚合材料层的流动槽道，从而形成基本分离的流动通道。

6. 如权利要求 1—5 所述的热交换器，其特征在于，第一聚合材料层的流动槽道和第二聚合材料层的流动槽道基本呈直线状，并彼此设置成一角度关系。

7. 如权利要求 1—6 所述的热交换器，其特征在于，它还包括多个聚合材料层，该多个聚合材料层各有一由形成于层内的一结构化表面限定的第一

主表面，该结构化表面具有多条沿该层的表面从一第一位置延伸到一第二位置的流动槽道，该多条流动槽道的最小纵横比约为 10:1，水力半径不大于约 300 微米，该多个聚合材料层和第一覆层设置成一叠置阵列，第一覆层插设于相邻的一对聚合材料层之间，使第一覆层覆盖相邻的一对聚合材料层中的一个层的结构化表面的至少一部分，从而形成基本分离的流动通道。

8. 如权利要求 7 所述的热交换器，其特征在于，它还包括多个插设于聚合材料层之间并覆盖这些聚合材料层的结构化表面的至少一部分的覆层，从而形成多个有序的基本分离的流动通道的行。

9. 如权利要求 1—8 所述的热交换器，其特征在于，第一覆层的导热性比第一聚合材料层的更强。

10. 如权利要求 1—9 所述的热交换器，其特征在于，第一覆层在其成分中包括金属。

11. 如权利要求 1—10 所述的热交换器，其特征在于，第一覆层包括一金属箔。

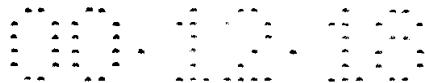
12. 一种在一传热流体与另一位于一热交换器附近的需要受热作用的介质之间传递热量的方法，包括以下步骤：

(a) 提供一热交换器，它包括一聚合材料层，该层具有第一和第二主表面，第一主表面包括一结构化表面，该结构化表面具有多条沿该层的表面从一第一位置延伸到一第二位置的流动槽道；

(b) 将具有一预定初始温度的一热交换流体源连接于这些流动通道；

(c) 将该热交换器设置在一个位置以在另外的介质与热交换器内的流体之间传导热量；以及

(d) 在该热交换器的流动通道上提供一势能源，从而使流体通过流动通道从一第一势能运动到一第二势能，流体的这种运动造成运动流体与该另外的介质之间的热传递，从而对热交换器附近的介质进行热作用。



# 说 明 书

## 微槽式热交换器

本发明涉及具有一微槽结构化表面的热交换器，该表面限定许多小的分离槽道，供用作传热介质的有源流体流动。

热量流动是能量传递的一种形式，它发生在一个系统的处于不同温度的部分之间。热量在一个温度的第一介质与另一个温度的第二介质之间的流动通过这样三种热量流动机理中的一或多种来进行：对流、传导和辐射。通过气体或液体的流动，可发生对流热传递，诸如一个部分通过其周围的冷却剂的循环而冷却。另一方面，传导是系统的不动部分之间的、诸如通过固体、液体和气体的内部的热传递。热量通过传导在固体、液体或气体中的传递速率取决于受热作用的固体、液体或气体的某些特性，包括其热容量、导热性和固体、液体或气体的不同部分之间的温度变化量。通常，金属是热的良导体，而软木、纸、玻璃纤维和石棉是热的不良导体。气体由于它们的稀薄性质，通常也是热的不良导体。

热交换器的普通的例子包括电炉上的燃烧器和浸没式加热器。在这两种场合，通常采用一有电流通过的导电线圈。线圈中的电阻产生热量，然后使一介质靠近于或直接接触该线圈而通过传导或对流来将热量传递至该介质。通过这种方式，可以使液体保持在一较高温度，或使其冷却，可以对食品进行烹饪以便食用。

由于许多类型流体介质的有利的传导和对流特性以及流体的可传输性（即，例如将一流体从一个位置泵送到另一个位置的能力），许多热交换器采用一运动的流体来促进热量传递到或传递离开一物体或其它将受热作用的流体。在这种热交换器的一种普通的类型中，传热流体容纳于一封闭体内，并通过其而流动，诸如一管子。从传热流体到管壁或其它封闭表面，通过对流以及通过封闭表面的传导而实现热传递。然后，当使封闭表面与一运动介质接触时，诸如待受该热交换器热作用的另一液体或一气体，可通过对流向一需要受热作用的介质传递热量，或当使封闭表面与该介质或其它需要受热作用的物体直接接触时，可通过传导来传递热量。为了有效地促进热传递，封闭表面应由具有良好传导特性的材料构成，诸如金属。

有利地采用热交换器的具体场合包括微电子工业和医疗工业。例如，热交换器可与微电子电路一起使用，以使由集成电路芯片、微电子组件和其它

构件或它们的混合物所产生的集中热量被分散。在这种应用场合，可使用冷却的强制空气或冷却的强制液体来降低设置在待冷却电路装置附近的一散热器的温度。用于医疗领域的热交换器的一个例子是用于使病人加热或冷却的热力毯。

通过热交换器中的管道或其它装置的流体传输来进行热传递，其特征可以是引起管道或装置内有流体流动的机理为基础。当流体传输属于非自发流体流动状态时，其中流体流动大部分是因施加于装置的外力而造成，则这种流体传输认为是有源的。在有源传输中，通过一装置的流体流动是利用一强加于流场的势能来维持的。这种势能源于压力差或密度梯度，诸如可以用真空源或泵来产生。不管机理如何，在有源流体传输中，需要有使流体流过一装置的势能。连接于一真空源、用来使液体抽吸通过装置的导管，是有源流体传输装置的一个众所周知的例子。

另一方面，当流体传输属于自发流动状态时，其中流体运动是源于传输装置固有的特性，则该流体传输认为是无源的。自发流体传输的一个例子是吸水海绵。在海绵的情况下，是海绵的毛细管几何结构和表面能量让水得以吸起并通过海绵传输。在无源传输中，不需要外部势能使流体流过一装置。常用于医疗过程中的无源流体传输装置是吸收衬垫。

本发明是针对采用有源流体传输的热交换器。有源流体传输装置的设计通常主要取决于其所使用的具体场合。具体说，流体传输装置是根据具体应用的体积、流率和尺寸而设计的。这对于有源流体传输热交换器来说尤其明显，这种热交换器经常需要用于具有复杂几何结构的特殊环境中。而且，流体导入流体传输装置的方式影响其设计。例如，当流体流动是在第一与第二集流管之间的场合，热交换器常常是这种情况，在集流管之间可限定一或多条分离的路线。

尤其是，在一有源流体传输热交换器中，经常需要控制流体流动路线。从一个意义上说，控制流体流动路线可能是出于使一特定流体在一物体或另一流体附近流动的目的，以在一特定的场合从该物体或其它流体带走热量或将热量传递给它们。从另一个意义上说，对流体流动路线的控制可能是需要流体按特定流动特性流动。也就是说，可以简单地通过多层之间的一单条管道来促进流体流动，也可以通过多条通道。流体传输流动路线可以由多条分离的通道限定，以控制流体流动，例如使分离的流体通道之间的穿流或混合降低到最低限度。采用有源流体传输的热交换器也可根据所需的传热率来设计，该传热率影响通过热交换器的流体流动的体积和速率，也可根据热交换器的尺寸来设计。

在授予 Camarda 等人的美国专利 No. 5, 527, 588、授予 Hoopman 等人的 No. 5, 317, 805 ('805 专利) 以及授予 Tousignant 等人的 No. 5, 249, 358 中均描述了具有分离的微槽的刚性热交换器。在每种情况中，微槽式热交换器均通过在一以后丢弃的芯部周围镀覆材料(诸如电镀)而制成，该芯部在以后被去掉以形成微槽。在 Camarda 的专利中，在镀覆后去除许多长丝以形成管状通道，在这些通道中密封一工作流体。在授予 Hoopman 等人的'805 专利中描述了一种热交换器，它包括由多条分离的微槽连接的连接的第一和第二集流管。同样，授予 Hoopman 等人的美国专利 No. 5, 070, 606 描述了一种具有微槽的刚性装置，它可用作热交换器。该刚性微槽式热交换器通过在一纤维结构周围形成一固体，然后去除这些纤维而在所形成的固体内留下微通道而制成。在授予 Hoopman 等人的美国专利 No. 4, 871, 623 中还描述了一种热交换器。该热交换器提供多条细长的、封闭的电铸通道，它们通过在一具有多条细长突脊的心轴上电镀材料而形成。材料镀覆于突脊边缘上的速度快于镀覆于突脊外表面上的速度，以包封住槽道，从而产生一具有微通道的固体。具有一系列叠置于一起的微图案金属小板的刚性热交换器也是公知的。通过微加工在金属小板的表面中铣出槽道而限定许多矩形槽道(从横截面看)。

本发明通过提供一种热交换器而克服了已知热交换器的弊病和缺点，该热交换器采用通过小分离通道的高度分布系统的有源流体传输。更具体地说，本发明提供一种具有许多槽道、最好是微结构槽道的热交换器，这些槽道形成于一具有一微结构化表面的聚合材料层中。该微结构化表面限定出许多微槽，它们由一相邻的层而完成形成分离的通道。这些通道用来允许流体的有源传输，以将热量从热交换器附近的一物体或流体带走或将热量传递给它们。

根据本发明，产生一种可设计用于许多场合的热交换器。该热交换器可以是柔性的或刚性的，这取决于包括含有微结构槽道的层在内的许多层的构成材料。该微槽道系统可用于有效控制流过装置的流体，同时使槽道之间的混合和穿流降低到最低限度。较佳的是，将微结构复制到便宜而通用的聚合薄膜上而限定流动槽道，最好是一微槽表面。这种微结构可确保有效和高效的有源流体传输，同时适合于制造一种用于热作用附近的一流体或物体的热交换器。而且，流动槽道的较小尺寸以及它们的几何结构，允许在热交换器上作用相对较大的力，而不会使流动槽道塌陷。这允许流体传输热交换器用于槽道本来会塌陷的场合，也就是处于较重的物体下面或在上面走动。另外，这种微结构薄膜层可长时间地保持其结构的完整性。

薄膜层的微结构在热交换器中限定出至少多条单独的流动槽道，它们最好是不中断地和相当整齐的。这些流动槽道可以是直线、分支或枝状型结构

的形式。施加一层导热材料而覆盖该微结构化表面，从而限定出多条基本分离的流动通道。还对该热交换器施加一势能源--这是指可提供使一流体从一个位置运动到另一位置的势能的任何源--以使有源流体传输通过装置。较佳的是，该源设置在微结构化表面的外部，以在流动通道上提供一个势能，促使流体通过流动通道而从一第一势能运动到一第二势能。在热交换器中使用一具有一微结构化表面的薄膜层便于在槽道组件上高度分布势能。

通过使用本发明中的微结构槽道，传热流体可通过在微结构槽道中限定细流体流的多条分离的通道来传输，这使传导流体内的流动停滞降低到最低限度，并有利于实现传热流体沿有源流体传输方向在装置上的均匀的驻留时间。这些因素有利于装置的总效率，允许在传热流体与待热作用的介质之间实现更小的温度差。而且，具有微结构槽道的薄膜表面对每单位体积的传热流体可提供较高的热传递接触表面积，从而提高系统的容积效率。

本发明的上述优点可通过一种有源流体传输热交换器来实现，该热交换器包括一具有第一和第二主表面的聚合材料层，其中第一主表面由形成于该层内的一结构聚合表面限定，该结构聚合表面具有多条流动槽道，它们沿该层的表面从一第一位置延伸到一第二位置。这些流动槽道的最小纵横比最好约为 10:1，纵横比定义为槽道长度除以水力半径，并且水力半径不大于约 300 微米。在结构化聚合表面的该至少多条流动槽道上方设置一具有优良导热特性的覆层材料，以从至少多条流动槽道限定分离的流动通道。在结构化聚合表面外部还提供一个源，以在分离的流动通道上提供一个势能，促使流体通过流动通道从一第一势能运动到一第二势能。通过这种方式，可实现热量在运动流体与导热材料的覆层之间的传递，从而将热量传递到一待受热作用的介质。

较佳的是，还提供至少一根集流管与该多条槽道相结合，用于输送或接纳通过热交换器的结构化表面的槽道的流体流。

图 1 是本发明一有源流体传输热交换器的立体图，它具有一结构层，该结构层与一导热材料的覆层相结合而提供多条分离的流动通道，这些通道连接于一第一集流管与一第二集流管之间，第一集流管连接于一在该多条分离通道上提供一势能的源；

图 2 是图 1 的有源流体传输热交换器沿 2—2 线的放大的局部剖视立体图；

图 3a 到 3c 是结构层的端视图，表示可以用于本发明热交换器中的可能的流动槽道结构；

图 4 是彼此叠置的一叠微结构层的端视图，多层导热覆层分别插于该叠之中，使覆层的底部主表面封闭下层的微结构化表面，从而限定多条分离的

通道；

图 5a 和 5b 是结构层的俯视图，表示可以用于本发明热交换器中的备选的非直线槽道结构；

图 6 是一有源流体传输热交换器的一部分的立体图，它具有彼此叠置的一叠微结构层，多层导热材料的覆层分别设置在叠层的相邻的与相对的结构化表面之间而限定出分离的流动通道，这些层的设置方式允许两种分离的流体有源传输通过流动通道，以促进热量从一种流体传递到另一种流体；

图 7a 和 7b 是一对微结构层的局部端视图，表示可能的槽道结构，一导热材料层设置在层的结构化表面之间，以允许在两种流体之间进行热传递；以及

图 8 表示有源流体传输装置的多种用途，包括在医疗过程中用一柔性有源流体传输热交换器设置在病人身上以对病人进行热作用。

参见附图，在这几个附图中，相同的部分用相同的标号表示。在图 1 和 2 中，示出了一有源流体传输热交换器 10。该有源流体热交换器 10 基本上包括一在其两个主表面上的一个表面上具有一结构化表面 13 的材料层 12、一导热材料的覆层 20 和一对有源流体传输热交换器 10 提供势能的源 14。层 12 的结构化表面 13 在其一表面上可限定出大量的和高密度的流体流动槽道 16。槽道 16(图 2 中表示得最清楚)最好设置成使诸入口与一入口集流管 18 流体相通，同时在装置 10 的另一边，一出口集流管 19 可流体连接于槽道 16 的诸出口。这种有源流体传输装置 10 便于使一特定的流体借助入口集流管 18 和出口集流管 19 循环通过装置 10，因而通过装置 10 的流体可用来促进通过装置 10 的层 12 和覆层 20 中的一个或两个传递热量。

层 12 可包括柔性的、半刚性的、或刚性材料，这可根据有源流体传输热交换器 10 的具体应用场合来选择。较佳的是，层 12 包括一聚合材料，这是因为这种材料通常较为便宜，并且这种聚合材料可以精确地形成一结构化表面 13。结构化表面 13 最好是一微结构化表面。由于适合于制造微结构化表面的聚合材料有许多不同的特性，因而可获得很大的通用性。聚合材料例如可以根据柔性、刚性、渗透性等来选择。与其它的材料相比，聚合材料可提供许多优点，包括热膨胀和收缩特性较小，以及可压缩顺应于一接触面的轮廓、不会腐蚀、热变色性、电气绝缘和有较大范围的导热系数。而且，通过使用例如包括一薄膜层的一聚合层 12，可以提供一结构化表面，它在其一表面上限定出大量的和高密度的流体流动槽道 16。因此，可提供一种高度分布的流体传输系统，它可以以较高程度的精度和经济性来进行制造。

第一和第二集流管 18 和 19 最好分别与每条流体流动槽道 16 通过它们的

入口和出口(未示出)流体相通，并各在其中限定有一内腔(未示出)，该内腔与槽道 16 流体相通。集流管 18 和 19 最好通过任何已知的或开拓的技术流体密封于层 12 和 20，诸如用传统的密封剂。入口和出口集流管 18 和 19 的内腔因此也密封连接于至少多条槽道 16。象层 12 一样，集流管 18 和 19 可以是柔性的、半刚性的或刚性的。

为了封闭至少多条槽道 16 并从而限定分离的流体流动通道，最好提供一覆层 20。至少多条槽道 16 可以由覆层 20 的一封闭表面 21 构成为流动通道。覆层 20 也与集流管 18 和 19 密封连接，使得形成多条分离的流动通道，在槽道 16 上产生有势能差的基础上，它们将有源流体传输通过热交换器 10 从一第一势能到达一第二势能。覆层 20 最好由导热材料形成，以促进流过流动通道的流体与一例如需要受热作用的元件 17 之间的热传递。可以想到，需要受热作用的元件 17 可包括任何数量的物体、流体、气体或它们的组合，这取决于具体的应用场合。

覆层 20 的导热性可大于层 12。导热性是一种具体材料的可以计量的特性，表征其传递热量的能力以及部分确定通过材料的传热率。具体说，传热率与包括材料的横截面形状和厚度在内的物理尺寸以及材料中的温度差成比例。比例常数被定义为材料的导热系数，并以每单位距离乘度数的功率形式表示。也就是说，在用公制单位测量热传递时，导热系数是以每米一摄氏度的瓦特( $W/(m \times ^\circ C)$ )的形式表示。良好导热体的物质具有较大的导热系数，而绝热物质的导热系数较低。

而且，可以想到，封闭表面 21 可以由除覆层 20 以外的部分来提供，诸如需要受热作用的物体的表面。也就是说，封闭表面 21 可以是任何需要受热作用并且层 12 可与其相接触的物体的一部分。这种结构因此可用来促进流动于层 12 与封闭表面 21 之间所限定的通道中流体和需要受热作用的物体之间热传递。与上面的一样，一物体的封闭表面 21 可以仅封闭至少多条槽道 16，以限定多条分离的流体流动通道。物体和具有结构化表面 13 的层 12 可以通过将它们以永久性的方式装配于一起而构成一个单元，或者，层 12 的结构化表面可以临时性地或以其它方式保持抵靠于物体的封闭表面。在前一种情况下，一或多条集流管可以密封地提供成为组件的一部分。对于后一种情况，一或多条集流管可以仅密封地连接于层 12。

按照本发明，势能源可包括任何在多条流动通道上提供从一第一势能到一第二势能的一势能差的装置。该势能差应足以引起或有助于引起流体流过由多条流动槽道 16 和覆层 20 限定的分离通道，这部分是以任何具体应用场合的流体特性为基础的。如图 1 中所示，按通过入口集流管 18、由层 12 和 20

构成的热交换器 10 的本体以及出口集流管 19 限定的流体流动方向，如箭头所示，势能源 14 可包括一真空发生器，该发生器传统上与一收集容器 26 相连。收集容器 26 通过一传统的软管 24 与出口集流管 19 流体连通地连接。这样，通过在势能源 14 处提供一个真空，流体便可从有源流体传输热交换器 10 外部的一流体源 25 通过入口集流管 18 吸入入口(未示出)，并通过流动通道、出口集流管 19、软管 24 而吸入收集容器 26。容器 26 可有利地与流体源 25 相连，以提供一循环系统，在这种情况下，可能需要在再次使用之前重新加热或重新冷却其中的流体。也就是说，容器 26 可以连接于一个系统，因而将热量传递给或传递离开容纳于容器 26 内的流体，以使流体在被吸过热交换器 10 之前恢复其初始的温度。然后，可将该复原的流体输送至流体源 25，供在热交换器 10 中再次使用。

利用用于层 12 和 20 的柔性材料，这种热交换器 10 的机械柔性允许它可有利地用于起伏的结构上。柔性装置可以相对较大，以提供一高度分布的流体流，从而使该装置可作用一较大的面积。柔性流体传输热交换器例如可采用毯子的形式，用于对病人进行冷却或加热。这种柔性装置可以顺应于一物体、包绕一物体，也可以与一物体一起形成顺应状(例如设置在一衬垫上)，以促进通过它的热传递。更具体地说，这种热交换器装置的柔性可增大它与需要受热作用的物体之间的表面接触，进而促进热传递。虽然流体传输装置可以是柔性的，但它也具有抵抗因载荷和扭转造成塌陷的能力。可包括一聚合薄膜的层 12 的微结构所提供的结构足以能用于本发明的有源流体传输热交换器内，具有足够的支承负载的完整性来例如支承站立的人或俯卧的人。

如图 3a 中所示，按照所示的实施例，流动槽道 16 由一系列突峰 28 限定。在某些情况下，需要使突峰 28 从层 12 的一边一直延伸到另一边；但对于其它的应用场合，可能需要使突峰 28 仅沿结构化表面 13 的一部分延伸。也就是说，限定于突峰 28 之间的槽道 16 可以从层 12 的一边一直延伸到另一边，或者这种槽道 16 可以仅限定成延伸于层 12 的一部分上。该槽道部分可以从层 12 的一边开始，也可以整个设置在层 12 的结构化表面 13 的中间。

覆层 20 或需要受热作用的表面的封闭表面 21 可以接合于局部或所有结构化表面 13 的突峰 28，以便于在热交换器 10 内形成分离的流动通道。这可以通过使用与封闭表面 21 和层 12 的材料相配的传统粘结剂来完成，也可以包括其它的热接合、超声波接合或其它机械装置等等。可以沿整个凸峰 28 对封闭表面 21 提供接合，也可以按照规则图案或任意地提供点接合。

在势能源 14 包括一真空发生器的情况下，通过出口集流管 19 提供给槽道 16 的真空能足以将封闭表面 21 充分地密封于突峰 28。也就是说，真空本

身会保持封闭表面 21 抵靠于突峰 28 而形成热交换器 10 的分离的流动通道。较佳的是，由结构化表面 13 限定的每条槽道 16 由封闭表面 21 完全封闭，从而限定出最多数量的基本分离的流动通道。因此，可有效使槽道 16 之间的流体穿流减少到最低限度，并且从一外部源提供的势能可更有效、更高效地分布到层 12 的结构化表面 13 上。然而，可以想到，结构化表面 13 在槽道 16 内可具有在某些位置处允许流体于流动通道之间穿流的结构。这可以通过使中间突峰 28 的部分不连接于封闭表面 21 来实现，或通过在选定位置提供穿过突峰 28 的开口来实现。

按照本发明，可以使用其它的势能源 14 来代替或与真空发生装置相结合。通常，可采用任何方式使流体流过流动通道。也就是说，可采用任何促使或有助于使流体通过通道传输的外部装置或势能源。其它势能源的例子包括真空泵、压力泵和压力系统、磁性系统、磁流体动力装置、音流系统、离心旋转、重力以及其他任何利用产生势能差来使流体至少有一定程度流动的已知或开拓的流体驱动系统，但并不局限于这些。

虽然图 1 的实施例表示为具有一结构化表面，该表面包括多条从一个侧边到另一侧边连续设置的突峰 28(如图 3a 中所示)，但也可采用其它的结构。例如，如图 3b 中所示，槽道 16' 在稍被整平的突峰 28' 之间具有一较宽的平槽谷。象图 3a 实施例一样，导热覆层 20 可沿一或多个突峰 28' 固定而限定分离的槽道 16'。在这种情况下，底部表面 30 延伸于槽道侧壁 31 之间，而在图 3a 实施例中，侧壁 17 沿直线连接于一起。

在图 3c 中还示出了另一种结构。在突峰 28" 之间限定出宽槽道 32，但没有在槽道侧壁之间提供一平表面，而是在突峰 28" 的侧壁之间提供多个较小的突峰 33。这些较小突峰 33 因而在中间限定出副槽道 34。较小突峰 33 可以升到或可以不升到与突峰 28" 相同的高度，并可如图所示形成一第一宽槽道 32，该槽道包括诸分布于其中的较小槽道 34。突峰 28" 和 33 不需要相对于它们本身彼此均匀分布。

虽然图 1、2 和 3a—3c 示出了位于层 12 中的细长的、直线结构的槽道，但也可以提供许多其它结构的槽道。例如，诸槽道沿槽道长度可以有变化的横截面宽度；也就是说，槽道可以沿其长度发散和/或汇聚。槽道侧壁也可有构形成不是沿槽道延伸方向或在槽道高度上呈直线状。通常，可以采用任何能提供至少多条在流体传输装置内从一第一位置延伸到一第二位置的分离槽道部分的槽道结构。

在图 5a 中，以平面图的形式示出了一种槽道结构，它可以应用于层 12 而限定结构化表面 13。如图所示，可以提供多条汇聚槽道 36，它们具有能连

接于一用于接纳传热流体的集流管的入口(未示出)。每条汇聚槽道 36 与一单个的共用槽道 38 流体连通地连接。这使出口(未示出)的数量降低到最低限度即一个。如图 5b 中所示, 一中央槽道 39 可连接于多条槽道分支 37, 为了类似的目的, 这些分支可设计成覆盖一特定的区域。同样, 按照本发明, 基本上可采用任何图案, 只要在结构化表面 13 的一部分上从一第一位置到一第二位置设置多条单独的槽道。与上述实施例一样, 图 5a 和 5b 中所示的成图案的槽道最好由一封闭表面完成为流动通道, 从而限定出分离的流动通道并促使热量传递到一需要受热作用的物体, 该封闭表面诸如由一需要受热作用的物体的表面提供或由一导热材料的覆层提供。

本发明的微结构化表面的各流动槽道可以是基本上分离的。如果这样, 流体将能够独立于相邻槽道中的流体而流过槽道。因此, 槽道可彼此独立地吸收势能, 从而独立于相邻槽道而沿着或通过一具体槽道引导流体。较佳的是, 进入一条流动槽道的流体不会显著地进入一相邻槽道, 但在相邻槽道之间可能有一些扩散。通过保持诸微槽道相分离以有效传输热交换器流体, 可更好地促进热量传递到或传递离开一物体。这些优点在下面详细说明。

这里所使用的纵横比是指槽道的长度与其水力半径之比, 水力半径是槽道的可湿横截面积除以其可湿的槽道周长。结构化表面是一微结构化表面, 它最好限定出最小纵横比(长度/水力半径)为 10:1 的分离流动槽道, 在某些实施例中超过约 100:1, 在其它实施例中至少约为 1,000:1。在顶端, 纵横比可以是无限地高, 但通常小于约 1,000,000:1。槽道的水力半径不大于约 300 米。在许多实施例中, 水力半径可以小于 100 米, 也可以小于 10 米。虽然对于许多应用场合来说水力半径通常越小越好(水力半径的尺寸可以是亚微级的), 但对大多数实施例来说水力半径通常不小于 1 米。如下面更详细描述的, 限定于这些参数范围内的槽道可提供通过有源流体传输装置的高效的大量流体传输。

结构化表面还可具有非常低的外型。因此, 可以采用结构聚合层厚度小于 5,000 微米、甚至可能小于 1,500 微米的有源流体传输装置。为此, 槽道可以由高度约为 5 到 1,200 微米、突峰距离约为 10 到 2,000 微米的突峰限定。

本发明的微结构化表面所提供的流动系统, 其体积是高度分布的。也就是说, 通过这种流动系统的流体体积分布于一较大面积上。约为每直线厘米 10 条(25/英寸)到每直线厘米 1,000 条(2,500/英寸)的微结构槽道的密度(横穿槽道而测量)可提供较高的流体传输率。通常, 当采用一公用集流管时, 每条槽道的纵横比至少比设置在槽道入口和出口处的集流管大 400%、最好是至少大 900%。纵横比的这种显著的增大可分布势能的效果, 从而有助于上面所提

到的本发明的优点。

通过这种热交换器在一较大面积上分布流体体积，对于许多热交换器应用场合来说尤为有利。具体说，由微结构化表面形成的槽道可确保使大量的热量传递给或传递离开通过装置 10 的流体体积。流体的这种体积流动通过由结构化表面的微槽道和覆层限定的分离通道保持于多个薄而均匀的层中，使所进行的流动中的流动停滞减小到最低限度。

在另一个方面中，可以构制出多个层 12 而形成一叠层 40，如图 4 中所示，每个层具有一微结构化表面 13。这种结构无疑可成倍增加结构传输流体的能力。也就是说，每个层可增加一倍量的槽道和流动能力。可以理解，诸层可包括不同的槽道结构和/或不同的槽道数量，这取决于具体的应用场合。而且，可以指出，这种类型的叠置结构尤其适用于宽度受限制、因而需要相对较窄的流体传输热交换器，同时又要求有一定传热速率、因而有一定流体传输能力的场合。因此，可以制成流动能力提高、以便提高热交换能力的窄装置。

在图 4 所示的叠层 40 中，在叠层 40 内分别插设多层覆层 20，以促进相邻结构之间的热交换。覆层 20 最好包括导热性比层 12 更好的材料，以有利于流过一个层 12 与一相邻层 12 的结构化表面的流体之间的热交换。

叠层 40 可包括数量少于层 12 数量的覆层 20，或者没有覆层 20 只有多个层 12。可以利用任何一个或所有的层 12 的一第二主表面（也就是与结构化表面 13 相对的表面）来直接接触一相邻的结构化表面，以至少封闭一相邻层 12 的至少多条槽道 16，从而限定多条分离的流动通道。也就是说，一个层 12 可以构成用于一相邻层 12 的覆层。具体而言，一个层 12 的第二主表面可以起到以与非结构覆层 20 相同的方式封闭一相邻层 12 的多条槽道 16 的作用。在需要促进对一位于叠 40 外部的物体的热传递的情况下，中间的非结构覆层 20 可以不需要，但可以设置一个覆层 20 作为顶表面（如图 4 中所示），用于对位于顶部覆层 20 旁的物体进行热作用。叠层 40 的诸层（具有或不具有非结构覆层 20 的多个层 12）可以通过许多传统方式彼此接合，或者它们可简单地彼此叠置于一起，因而叠层的结构整体性可充分地限定分离的流动通道。如上所述，在使用真空作为势能源的情况下可提高这种能力，真空会使叠层 40 的诸层彼此固定紧靠，或紧靠于插设在各层之间的覆层。任何一个层 12 的槽道 16 可以连接于一不同于其它的流体源，或者所有层的槽道连接于同一个流体源。这样，可以在循环于叠层 40 内的两种或更多种流体之间实现热交换。

有一种层结构可有利地用于制造快速冷却或加热一第二流体源的热交换器 10，诸如在图 6 中所表示的，这种结构包括一叠聚合层，每个层具有一微结构化表面。图 6 的热交换器 10 采用一叠单独聚合层 112，每个层在其一个

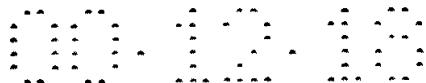
主表面上具有一结构化表面 113，它在层 112 中限定流动槽道 116。每个单独层 112 的流动槽道 116 的方向可以不同于或如图所示基本垂直于相邻层 112 的流动槽道的方向。通过这种方式，热交换器 110 的层 112a 的槽道 116 可以在纵向方向上促进流体流动，同时层 112b 的槽道 116 可在通过热交换器 10 的横向方向上促进流体流动。

与上面一样，层 112 的第二主表面可用作一覆层，封闭由一相邻层 112 的微结构化表面 113 所限定的槽道 116。或者，如图 6 中所示，覆层 120 可以插设于相邻的层 112a 与 112b 的、其中形成有结构化表面 113 的相对的第一主表面之间。也就是说，槽道 116 沿纵向方向排列的层 112a 是与图 4 的叠层 40 的结构相颠倒的，因而这些纵向层 112a 的结构化表面 113 面对直接位于层 112a 下面的横向层 112b 的结构化表面 113。通过这种方式，覆层 120 直接插设于相对的层 112 的流动槽道 116 之间，从而封闭各相邻层 112 的槽道 116，从而限定纵向和横向的分离流动通道。

可以在纵向层 112a 上施加一第一势能，以使流体从一第一流体源流过纵向层 112a 的流动通道。可以在横向层 112b 上施加一第二势能，以促使来自一第二流体源的流体流动。通过这种方式，覆层 120 插设于一对相对的流体流之间。因此，可以横穿覆层 120 进行来自第一流体流的热传递，以快速加热或冷却第二流体源。与上面一样，层 112 的微结构化表面 113 促进多股均匀的细流体流过热交换器 10 的流动通道，从而有助于相对的流动之间的快速热传递。可以使用任何数量的源来在一个层的任何数量的槽道内或在任何层之间选择性地产生流体流动。

图 6 还示出了一覆层 120，它连接热交换器 10 的顶层 112a 的第二主表面。该顶部覆层 120 可从流动槽道 116 中的第一流体通过层 112a 的第二主表面接受热传递而有利地用于对一所需介质或其它流体热作用。根据选择用于层 112a 的材料，顶部覆层 120 所提供的热传递比直接插设在热交换器的相对流体流之间的覆层 120 的小，以有利于对需要受热作用的敏感介质、例如活组织提供较低的传热速率，同时允许热交换器 110 用作快速流体对流体热传递装置。

虽然图 6 的热交换器 110 表示交替设置的层 112 的基本彼此垂直对齐的流动槽道 116，但与分离的流体流相关的交替层的微结构槽道可以按具体应用场合的要求而设置成许多方式。例如，图 7a 示出了一可从一第一源接纳流体的层 212a 和一可从一不同于第一源的第二源接纳流体的第二层 212b。每个层 212a 和 212b 在其第一主表面上形成有槽道 216。在层 212a 与 212b 的槽道 216 之间插设导热材料的覆层 220，从而限定分离的流动通道，并促进穿过层 212a 的第一流体流与穿过层 212b 的第二流体流之间的热传递。层 212a 和 212b 的



槽道 216 基本彼此平行对齐地排列。在图 7a 的实施例中，层 212a 和 212b 的槽道 216 的突峰 228 彼此相对对齐排列。图 7b 表示了层 212a 和 212b，其层 212a 的突峰 228 对准于相对的层 212b 的突峰 228 之间。

也可以想到许多其它结构的具有微结构化表面的层叠。例如，槽道可以彼此平行对齐地排列，如图 7a 和 7b 所示，或彼此垂直，如图 6 所示，或按具体应用场合的要求以其它任何角度的彼此关系设置。具有多个叠置层的热交换器的各个层所含的微结构槽道可多于或少于叠层中的其它层，在一叠置结构的一或多个层中流动槽道可以是直线的或非直线的。

还可想到，按照本文所描述的，一层叠结构可包括多个彼此紧接的叠层。也就是说，可以将诸如图 4 或图 6 所示的叠相邻于一类似或不同的叠层而设置。然后，可以用一适配器将它们连接于一起，也可单独地连接于流体传输管道，等等，从而以所需的方式提供热传递。

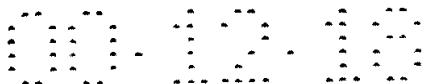
图 8 中示出了本发明的有源流体传输热交换器的一个实例。在医疗应用领域，一病人表示为安置在一有源流体传输热交换器 70(它可以是一柔性毯的形式)上，如上所述用于对病人进行热作用(例如加热或冷却)。

这些结构的传热装置具有某些优点。由于传热流体可保持在很小的槽道内，在各槽道内只有很小的流体停滞。各槽道内的层状流显示了这样一种流动速度分布图，即，在槽道中心的流体的速度最大。在此流动状态下，槽道周边的流体基本上是停滞的。按照一槽道的尺寸、流体的导热系数、以及流体流过槽道所需的时间，这流动分布图在横过槽道的方向产生一个很大的温度梯度。相反，根据本发明的具有最小长宽比和水力半径的槽道将在横过槽道的方向产生一个较小的温度梯度，这是因为较小的传热距离。当流体通过槽道时受到一个均匀的热载荷时，有一个较小的温度梯度是较为有利的。

传热流体在小槽道系统中的驻留时间，从入口集流管至出口集流管基本上是均匀的。由于能使流体受到的热载荷的不均匀性减至最低，所以均匀的驻留时间是比较有利的。

温度梯度的减小以及均匀的驻留时间还有助于提高总的效率，对于一给定的传热速率而言，可以允许在传热流体和被加热或冷却的元件之间有较小的温差。当把热交换器用于诸如皮肤或组织接触的热敏感场合，较小的温差可减少不希望有的局部热或冷的区域的可能性。传热模块中的单位体积的传热流体的大接触表面积会增加系统的容积效率。

该传热装置还特别适用于有限的区域。例如，本发明的热交换器可用来为一数据储存或处理单元的较小空间内的计算机微芯片提供冷却。这种以带有微结构的薄膜为基础的装置在材料方面的节省使得它们非常适合于需要丢



弃的有限或单次使用的场合，如医用装置，以解决污染问题。

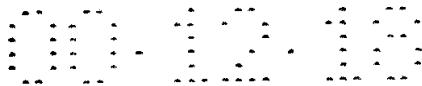
本发明的传热装置的优点在于，它可以是柔性的，使其能用于各种场合。该装置可以围绕张紧的弯曲或曲线来构形。其柔性还使装置可以用于需要和不规则表面紧密接触的场合。本发明的流体传输热交换器可以改造成为柔性的，使该装置可以围绕一个直径约为 1 英寸 (2.54 cm) 或更大的心轴，而不会有对流动槽道或结构化的聚合材料层造成很大的压缩。本发明的装置还可以用这样的聚合材料来改造，这种材料可允许热交换器无损害地围绕一个直径约为 1cm 的心轴。

都是授予 Marentic 等人的美国专利 5,069,403 和 5,133,516 揭示了在一聚合材料层（如一聚合薄膜）上制作结构化表面特别是微结构化表面的方法。结构化表面还可以利用授予小 Benson 等人的美国专利 5,691,846 中所描述的原理和步骤来连续地微观复制。描述微结构化表面的其它专利包括授予 Johnston 等人的美国专利 5,514,120、授予 Noreen 等人的 5,158,557、授予 Lu 等人的 5,175,030 和授予 Barber 的 4,668,558。

按照这些技术制作的结构化聚合材料层可以被微观地复制。设置微观复制的结构层是有利的，这是因为这些表面可以大批量地制作，而不会有从产品一产品的很大变化，也无需用相对较为复杂的加工技术。“微观复制”或“微观复制的”是指通过这样一种工艺来生产微结构化表面，其中结构化表面的特征在制造过程中保持单个特征的保真度，从产品一产品的变化不超过 25 微米。这些微观复制的表面最好是这样制作的，即，在制造过程中，结构化表面的特征可以保持一单个特征的保真度，从产品一产品的变化不超过 25 微米。

用于本发明任何一个实施例的流体传输层可以用各种不同的聚合物或共聚物制成，包括热塑性、热固性和可硬化共聚物。在此，与热固性材料不同，热塑性材料指的是在受热时软化和熔化、在冷却时重新固化、并且可以熔融和固化多次的聚合物。另一方面，热固性共聚物则在受热和冷却之后不可逆地固化。聚合物链互连或交联的硬化聚合物系统可以通过利用化学制剂或离子辐射而在室温下成形。

可用于形成本发明制品中的结构层的聚合物包括但不限于聚烯烃，如聚乙烯和聚乙烯共聚物、聚偏二氟乙烯 (PVDF) 和聚四氟乙烯 (PTFE)。其它的聚合材料包括醋酸盐、纤维素醚、聚乙烯醇、多糖、聚烯烃、聚酯、聚酰胺、聚 (氯乙烯)、聚氨酯、聚脲、聚碳酸酯以及聚苯乙烯。结构层可以用诸如丙烯酸树脂或环氧树脂之类的可硬化树脂材料模制，并且通过游离基方法来硬化，并通过暴露于热、紫外线或电子束辐射而加以化学地促成。



如上所述，有需要采用柔性有源流体传输装置的场合。可以利用授予 Smith 等人的美国专利 5,450,235 和授予小 Benson 等人的 5,691,846 中所描述的聚合物对一结构聚合层赋予柔性。不必将整个聚合层都用柔性聚合材料制作。例如，层的一个主要部分可以由柔性聚合物构成，而结构化部分或其一部分可以由较刚性的聚合物制成。在该段落中所引用的专利描述了以此方式利用共聚物制作具有微结构化表面的柔性的制品。

包括聚合物混合体的聚合材料可以通过热熔混合一些增塑的活性制剂（如表面活性剂或抗菌制剂）来进行改型。可以通过蒸镀或利用离子辐射的功能部分（functional moieties）的共价接枝，实现结构化表面的表面改型。美国专利 4,950,549 和 5,078,925 揭示了，例如借助离子辐射来将单体接枝聚合于聚丙烯的方法和技术。这些共聚物还可以包含添加剂，以对结构化聚合材料层赋予各种性质。例如，可以添加增塑剂来降低弹性模量而提高柔性。

本发明的较佳实施例可以采用薄的聚合物薄膜，它具有作为带微结构部分的平行的直线构形。为实现本发明的目的，可以将“薄膜”看成是一个薄的（厚度小于 5mm）、大致为柔性的聚合材料片。利用这种具有精确限定的微结构化薄膜表面的低成本的薄膜，在经济上有很大好处。柔性的薄膜可以与很广范围的覆层材料结合使用，可以不受支承的或在需要时与一支承体相结合的使用。由这样的微结构化表面和覆层形成的热交换器装置在很多应用场合可以都是柔性的，但也可以在适当的场合与一刚性的结构体相联系。

由于本发明的有源流体传输热交换器最好包括微结构化槽道，每个装置都共同采用多个槽道。如上述的一些实施例所述，本发明的有源流体传输热交换器可以很容易地具有每个装置 10 或 100 个槽道。对某些应用场合，有源流体传输热交换器可以具有每个装置多于 1,000 或 10,000 个槽道。连接于一个势能源的多个槽道可允许势能作用高度地分布。

本发明的有源流体传输热交换器可以具有每平方厘米（横截面）多达 10,000 个槽道入口。本发明的有源流体传输热交换器可以具有每平方厘米至少 50 个槽道入口。典型的装置可以具有每平方厘米大约 1,000 个槽道入口。

如以上在背景部分中所提到的，具有微尺寸流动通道的热交换器的实例在现有技术中是知道的。从一镀覆材料的本体除去将被丢弃的芯部或纤维而形成微尺寸通道。然而，由这些纤维形成的这种装置的应用范围是有限的。纤维的脆弱性以及对小单个元件束的处理的总体难度妨碍了它们的应用。较高的单位成本、污染和缺乏几何（轮廓）柔性进一步限制这些纤维应用于流体传输装置。实际上无法使较长长度和大量的中空纤维进入有用的传输阵列，这使得它们几乎不适合用于有限范围的有源流体传输热交换器场合。

以上参照所示实施例所描述的覆层材料，或者需要受热作用的一物体的表面，可提供封闭至少一个微结构化表面的至少一部分的封闭表面，以形成多条可供流体运动通过的分离流动通道。覆层提供导热材料，用于促进热量传递至所需的物体或介质。覆层材料的内表面限定为面对并至少部分与微结构化聚合表面相接触的封闭表面。覆层材料最好是根据具体的热交换器应用场合来进行选择，并可以具有与带微结构的表面相同或不同的成分。可用作覆层的材料包括铜和铝箔、金属化涂层聚合物、金属涂覆聚合物，或其它任何可促进热传递的材料，也就是该材料是一所需应用场合所要求的良好的导热体，但并不局限于这些。具体说，与含微结构化表面的层的聚合物相比导热特性提高的材料并且能够制于薄膜或箔上的材料是合适的。

为了确定具有多条分离流动通道的有源流体传输热交换器的功效，这些流动通道由在微结构化表面上具有微槽道的一层和一覆层所限定，用由带微结构的薄膜元件形成并覆以一层金属箔层的一毛细管模块构制成一加热和冷却装置。该带微结构的薄膜是通过将熔融聚合物模铸于微结构镍工具上形成在一个表面上有槽道的连续薄膜而形成的。槽道形成于铸造薄膜的连续长度中。镍铸造工具是通过用钻石划线工具使一光滑铜表面成形以产生所需的结构、然后进行无电的镀镍步骤而形成一镍工具来制造的。用于形成薄膜的工具产生一具有毗邻的‘V’槽道的微结构化表面，该槽道的公称深度为 459 微米，开口宽度为 420 微米。当由一覆层封闭时，这就产生一个槽道，其平均水力半径为 62.5 微米。用于形成薄膜的聚合物是由 Eastman 化学制品公司生产的 Tenite<sup>TM</sup> 1550P 低密度聚乙烯。将由 Rohm & Haas 公司生产的 Triton X-102 非离子型表面活化剂熔化混合入基础聚合物中，以提高薄膜的表面能量。

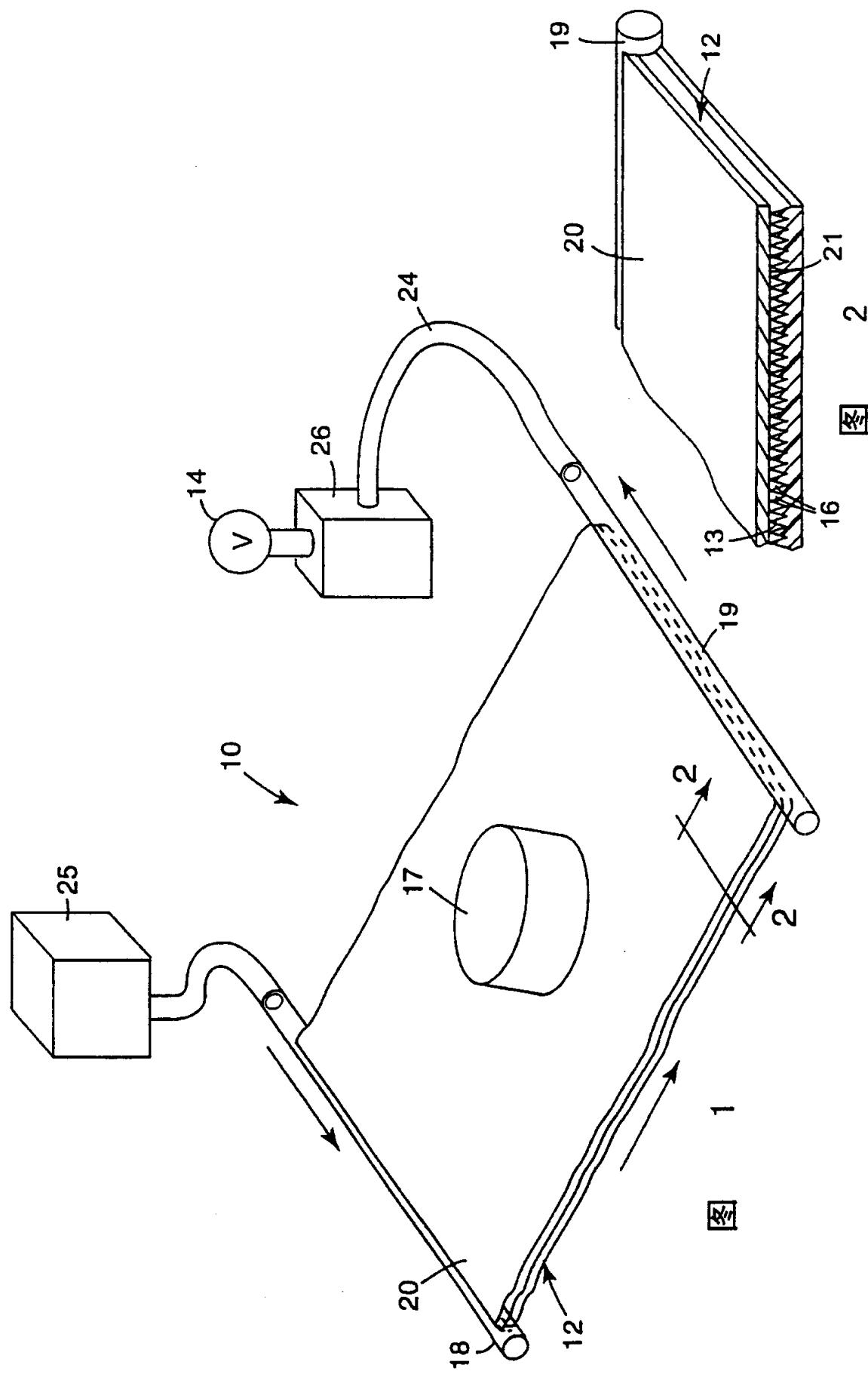
层压物的表面尺寸为 80 毫米×60 毫米。所使用的金属箔是由 Reynold 公司生产的厚度为 0.016 毫米的铝片。金属箔和薄膜沿平行于薄膜的直线微结构的两侧热焊接。通过这种方式，形成基本分离的流动通道。

然后，将一对集流管装配于毛细管模块的端部上。这对集流管是通过在一部分管子的侧壁中形成一个切口而形成，该管子是由纽约州 Rochester 的 Nalge 公司生产的 VI 级 3.18 毫米内径、1.6 毫米壁厚的管子。切口是用一剃刀沿每根管子的轴线在直线上切出。切口的长度约为毛细管模块的宽度。而后，将每根管子装配于毛细管模块的一端上并热熔粘合于适当位置。管子在毛细管模块处的一开口端用热熔粘结剂密封封闭。

为了评价试验模块的传热能力，将水抽吸通过该模块，并由一设置成直接与金属箔表面接触的冰槽冷却。热交换模块的入口水温为 34°C，相应的冰槽温度为 0°C。将水以 150 毫升/分钟的流率吸过该单元，同时保持冰槽有略

微的搅动。吸过试验模块的水的体积为 500 毫升。调节后的水的温度为 20℃。所传输的流体的温度下降表明该试验模块传递和移去热量的有效性。

说 明 书 附 图



000.10.10

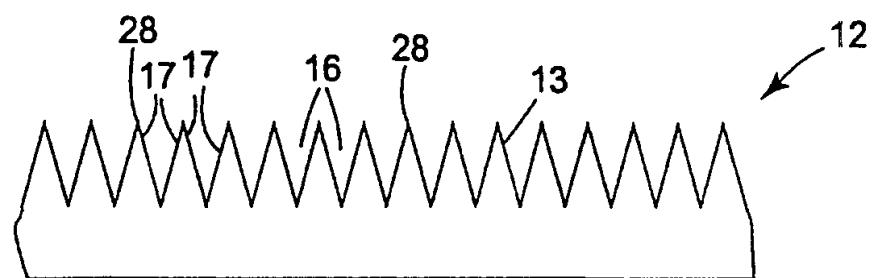


图 3a

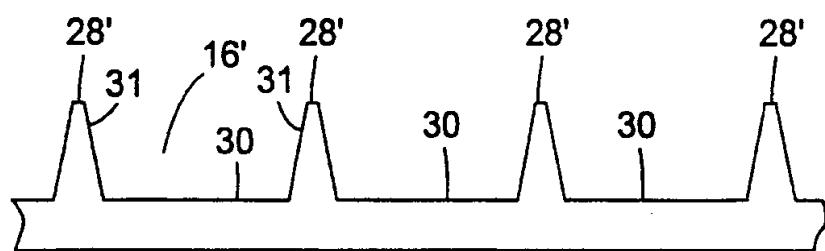


图 3b

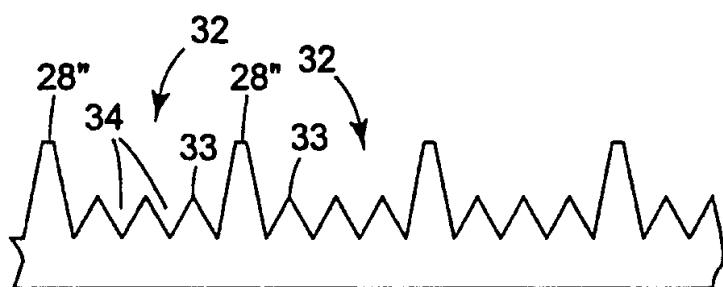


图 3c

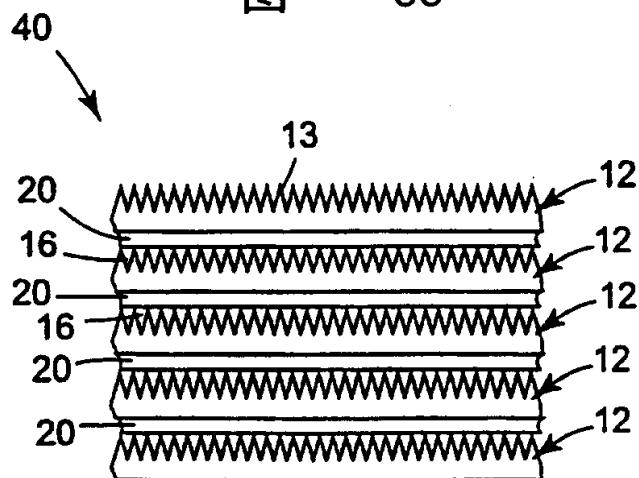


图 4

000·112·118

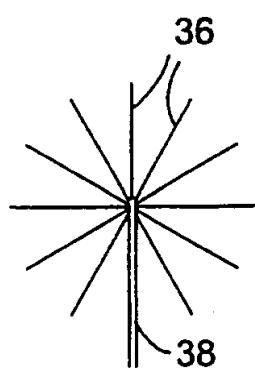


图 5a

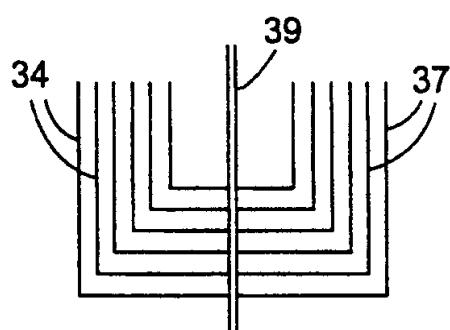


图 5b

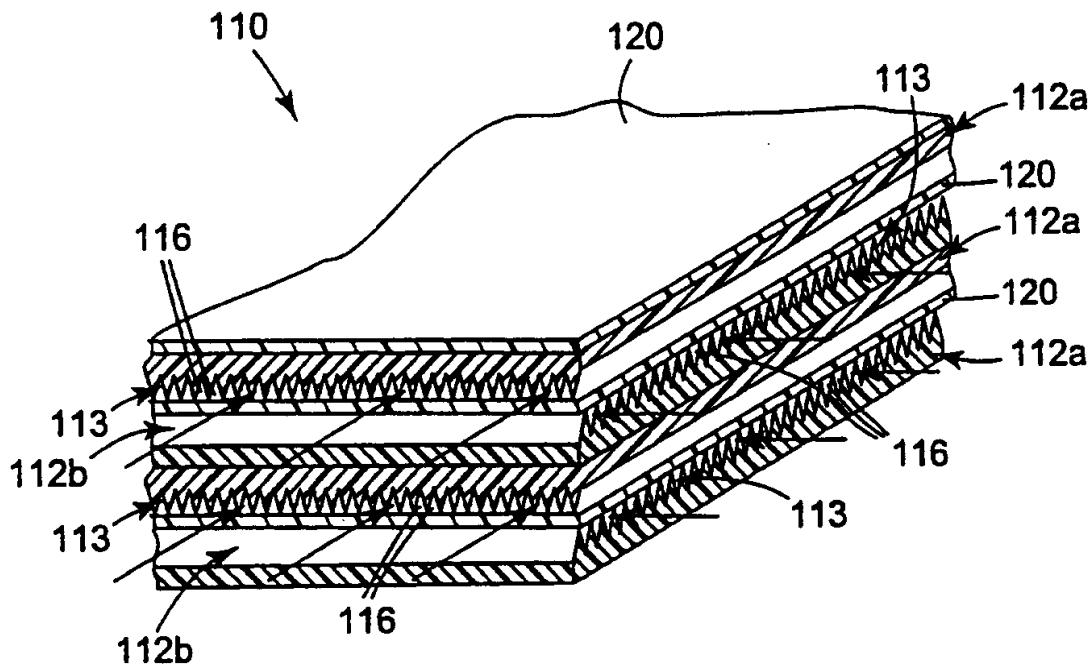


图 6

