



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103561854 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 05

(21) 申请号 201280025278. 3

地址 美国纽约州

(22) 申请日 2012. 05. 30

(72) 发明人 M·S·切弗立钦

(30) 优先权数据

61/491, 506 2011. 05. 31 US

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 11. 25

代理人 李丹丹

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/039916 2012. 05. 30

(51) Int. Cl.

B01F 13/00 (2006. 01)

B01F 5/00 (2006. 01)

B01F 5/02 (2006. 01)

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/166756 EN 2012. 12. 06

(71) 申请人 康宁股份有限公司

权利要求书2页 说明书6页 附图8页

(54) 发明名称

扭旋流微流体混合器及模块

(57) 摘要

一种多层微流模块(10)，其包括微混合器(12)，微混合器(12)以沿着内部流体路径(14)顺次包括：第一流体通道(16)，沿着第一方向(15)位于模块(10)的第一层(51)内，第一层具有下边界(21)；至少一个附加流体通道(17)，沿着附加方向(19)位于模块(10)的第一层(51)内；第一注入通路(20)，从模块(10)的第一层(51)的下边界(21)内的第一注入通路入口(22)延伸、穿过模块(10)的第二层(52)、到达第一注入通路出口(24)，第一注入通路入口(22)通过第一层(51)的下边界(21)分开地液体连接到第一流体通道(16)和附加流体通道(17)或经由第一层(51)内的歧管(25)液体连接到第一流体通道(16)和附加流体通道(17)；以及第二流体通道(26)，位于模块(10)的第三层(53)内，第三层(53)具有上边界(30)，第二流体通道具有宽度 W_{26} ；其中第一方向(15)和附加方向(19)是非共线的，并且其中第一注入通路出口(14)在宽度 W_{26} 的方向上对中在第二流体通道(26)内，并且具有沿着第二流体通道(26)的长度 L_{24} 和在宽度 W_{26} 方向上的宽度 W_{24} ，并且其中宽度 W_{24} 比宽度 W_{26} 窄，并且其中第一注入通路出口(24)长宽比 L_{24}/W_{24} 大于1:1。

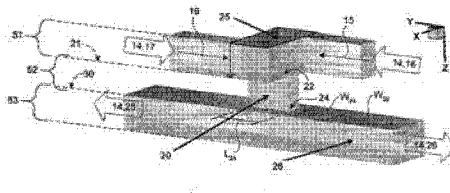


图 4



图 5

1. 一种多层微流体模块(10),所述多层微流体模块(10)包括微混合器(12),所述微混合器(12)沿着内部流体路径(14)顺次包括:

第一流体通道(16),所述第一流体通道(16)沿着第一方向(15)位于所述模块(10)的第一层(51)内,所述第一层具有下边界(21);

至少一个附加流体通道(17),所述至少一个附加流体通道(17)沿着附加方向(19)位于所述模块(10)的所述第一层(51)内;

第一注入通路(20),所述第一注入通路(20)从所述模块(10)的所述第一层(51)的所述下边界(21)中的第一注入路径入口(22)延伸、穿过所述模块(10)的第二层(52)、到达第一注入通路出口(24),所述第一注入通路入口(22)通过所述第一层(51)的下边界(21)分开地流体连接到所述第一流体通道(16)和所述附加流体通道(17)或者经由所述第一层(51)内的歧管(25)流体连接到所述第一流体通道(16)和所述附加流体通道(17);以及

第二流体通道(26),所述第二流体通道(26)位于所述模块(10)的第三层(53)内,所述第三层(53)具有上边界(30),并且所述第二流体通道具有宽度 W_{26} ;

其中相应的第一流体通道(16)和附加流体通道(17)在所述第一层(51)内沿着所述第一方向(15)和所述附加方向(19)彼此靠近,所述第一方向(15)和所述附加方向(19)是非共线的,以及

其中所述第一注入通路出口(24)沿所述宽度 W_{26} 的方向对中在所述第二流体通道(26)内,并且具有沿着所述第二流体通道(26)的长度 L_{24} 和沿宽度 W_{26} 方向的宽度 W_{24} ,其中所述宽度 W_{24} 比所述宽度 W_{26} 窄,并且其中所述第一注入通路出口(24)的长宽比 L_{24}/W_{24} 大于 1:1。

2. 根据权利要求 1 所述的模块,其特征在于,所述第一注入通路出口(24)的长宽比 L_{24}/W_{24} 为至少 2:1。

3. 根据权利要求 1 所述的微流体模块,其特征在于,所述第一注入通路出口(24)的长宽比 L_{24}/W_{24} 为至少 4:1。

4. 根据权利要求 1-3 任何一项所述的微流体模块,其特征在于,所述模块(10)在所述模块(10)的所述第一层(51)内还包括多个第一流体通道(16)和多个附加流体通道(17),并且其中所述第一注入通路(20)通过所述第一层(51)的所述下边界(21)分开地流体连接到所述多个第一流体通道(16)和所述多个附加流体通道(17)或者经由所述第一层(51)内的歧管(25)流体连接到所述多个第一流体通道(16)和所述多个附加流体通道(17)。

5. 根据权利要求 1-3 的任何一项所述的微流体模块,其特征在于,所述模块(10)还包括多个第一注入通路(20),所述多个第一注入通路(20)每个都具有沿所述宽度 W_{26} 方向对中在所述第二流体通道(26)内的出口(24)。

6. 根据权利要求 1-5 中任何一项所述的微流体模块,其特征在于,相应的第二流体通道 26 内的全部所述出口(24)的总的液力直径至少是在所述出口(24)的位置处的所述相应的第二流体通道 26 的液力直径的 1/2。

7. 根据权利要求 1-6 中任何一项所述的微流体模块,其特征在于,所述模块(10)包括在所述模块(10)内平行放置并流体连接的多个第二流体通道(26)。

8. 根据权利要求 1-7 中任何一项所述的微流体模块,其特征在于,还包括:第二注入通路(32),所述第二注入通路(32)从所述第三层(53)的所述下边界(28)中的第二注入通路

入口(34)垂直延伸、穿过所述模块(10)的第四层(54)、到达第二注入通路出口(36)；以及第三流体通道(38)，所述第三流体通道(38)位于所述模块(10)的第五层(55)内，所述第五层(55)具有顶部边界(40)，所述第三流体通道(38)具有宽度 W_{38} ，其中所述第二注入通路出口(36)沿所述宽度 W_{38} 方向对中在所述第三流体通道(38)内，并且具有沿着所述第三流体通道(38)的长度 L_{36} 和沿所述宽度 W_{38} 方向的宽度 W_{36} ，并且其中所述宽度 W_{36} 比所述宽度 W_{38} 窄，并且其中所述第二注入通路出口(36)的长宽比 L_{36}/W_{36} 为至少3:2。

9. 根据权利要求1-7中任何一项所述的微流体模块，其特征在于，还包括被容纳在层(52)内的至少一个热控制流体通路(T1)，所述热控制流体通道(T1)垂直于所述热控制流体通道(T1)的主方向经过一个或多个第一注入通路20。

10. 一种多层微流体模块(10)，所述多层微流体模块(10)包括微混合器(12)，所述微混合器(12)沿着内部流体路径(14)顺次包括：

第一流体通道(16)，所述第一流体通道(16)位于所述模块(10)的第一层(51)内，所述第一层具有下边界(21)；

第一注入通路(20)，所述第一注入通路(20)从在所述第一层(51)的所述下边界(21)处的第一注入通路入口(22)垂直延伸、穿过所述模块(10)的第二层(52)、到达第一注入通路出口(24)；

第二流体通道(26)，所述第二流体通道(26)位于所述模块(10)的第三层(53)内，所述第三层(53)具有下边界(28)和上边界(30)，并且所述第二流体通道具有宽度 W_{26} ；

第二注入通路(32)，所述第二注入通路(32)从在所述第三层(53)的所述下边界(28)处的第二注入通路入口(34)垂直延伸、穿过所述模块(10)的第四层(54)、到达第二注入通路出口(36)；以及

第三流体通道(38)，所述第三流体通道(38)位于所述模块(10)的第五层(55)内，所述第五层(55)具有顶部边界(40)，所述第三流体通道(38)具有宽度 W_{38} ；

其中所述第一注入通路出口(24)沿所述宽度 W_{26} 的方向对中在所述第二流体通道(26)内，并且具有沿着所述第二流体通道(26)的长度 L_{24} 和沿宽度 W_{26} 方向的宽度 W_{24} ，其中所述宽度 W_{24} 比所述宽度 W_{26} 窄，并且其中所述第一注入通路出口(24)的长宽比 L_{24}/W_{24} 为至少3:2，以及

其中所述第二注入通路出口(36)沿所述宽度 W_{38} 方向对中在所述第三流体通道(38)内，并且具有沿着所述第三流体通道(38)的长度 L_{36} 和沿所述宽度 W_{38} 方向的宽度 W_{36} ，并且其中所述宽度 W_{36} 比所述宽度 W_{38} 窄，并且其中所述第二注入通路出口(36)的长宽比 L_{36}/W_{36} 为至少3:2。

11. 根据权利要求10所述的微流体模块，其特征在于，所述模块(10)还包括在所述模块(10)内平行放置并流体连接的多个第二流体通道(26)。

12. 根据权利要求1-7的任何一项所述的微流体模块，其特征在于，还包括每个都被容纳在层(52、54、56)内的多个热控制流体通路(T₁、T₂、T₃)，所述多个热控制流体通路(T₁、T₂、T₃)垂直于所述热控制流体通道(T₁、T₂、T₃)的主方向经过一个或多个第一、第二、或第三注入通路(20、32、40)。

扭旋流微流体混合器及模块

[0001] 背景

[0002] 本申请根据 35USC § 119 要求 2011 年 5 月 31 日提交的美国临时申请序列号 61/491506 的优先权权益，其全部内容以参见的方式纳入本文。

[0003] 领域

[0004] 本公开涉及在连续流反应器中用于混合的混合器和流体模块，其包括具有横截面尺寸在毫米以下到大约 20 毫米范围的流体通道的这些混合器或混合器模块，并且涉及或被设计用于引起贯穿其中流动的流体的轴向捻度流的混合器和流体模块。

[0005] 用于微流体器件的普通形式是基板内或基板之间形成微流体通道的基板的层叠件。图 1-4 中示出了一些所选择类型的层叠件。图 1 是形成流体模块 10 的基板的层叠件的正视图。在图 1 中，该流体模块 10 由五个相对较厚壁的基板或壁结构 92 组成，这些基板或壁结构被层叠在六个相对较薄的板基板或底板结构 94 之间。壁基板 92 定义了微流体模块内的流体通路，而该板基板提供支撑并且也可选地形成由壁基板 92 横向限定的流体通路的底板和顶板。板和壁基板可以分开形成，然后诸如通过压缩或其它手段被永久地层叠和密封或熔接在一起，或暂时封接。诸如以用于制成被受让给本受让人的美国专利号 7007709 中示出并公开的微型反应器和微流体模块的方法和过程，该壁基板或壁结构 92 也可以被直接形成或构造在板基板 94 上。如其中大体上描述的，该壁基板或壁结构 92 可以被形成在板基板 94 的一侧或两侧上。在图 1 的模块 10 的情形中，得到的模块 10 包括五个层 51、52、53、54、55，流体通路可以在其中并且可以按照期望被限定。

[0006] 用于形成壁基板或壁结构 92 和板基板 94 的替换的过程是许多实际上包括适合于可以选择的材料的任何类型的机加工或其它形成方法(塑模、铸型、冲压)。可用于形成壁结构 92 和板基板 94 的材料同样有许多，根据适当考虑化学和过程兼容性的所期望用途，材料范围从诸如玻璃和陶瓷的高化学耐受材料，到诸如金属和一些陶瓷的高导热材料，到诸如塑料材料的低成本材料。如可以适用于预期用途，封接可以通过熔融、用玻璃料的密封或铜焊剂封接、扩散粘结、化学焊等等来形成。

[0007] 也可以用成形或机加工等等制成成形的基板 96，其在一块中包括壁结构 92 和底板结构 94 两者。这样成形的基板 96 可以仅在一侧上包括壁结构 92，并且可以被封接到板基板盖板 98 和 / 或另一个成形的基板 96，如图 3 中所示，或者可以在两侧上包括壁结构 92，诸如在图 4 中中央成形的基板 96 在两面上都被密封到仅在一侧上具有壁结构 92 的成形的基板 96 的情况。

[0008] 这种分层结构和分层制造技术在得到的流体模块 10 内的流体通道的选择和布局上提供良好的灵活性。理想的是，这种模块具有流体通道设置，其在层叠结构内容易形成并且利用高比例的模块的可使用体积，而在使压力降最小化的同时允许非常好的混合。

[0009] 在高导热率材料被用于形成流体模块 10 的情况下，同样理想的是使模块内的流体的有效热阻最小化，从而成功地利用高导热率壁的益处。

[0010] 本申请公开的具有这样的流体路径设计的新的混合器件，其能够提供低的压力降和高的混合质量，在层叠结构流体模块内具容易制造，并且也能够有助于使该模块内流动

的流体的有效热阻最小。

发明内容

[0011] 根据本发明的一方面，一种多层微流体模块包含混合器，混合器沿着内部流体路径顺次包括：第一流体通道，沿着第一方向位于模块的第一层内，第一层具有下边界；至少一个附加流体通道，其沿着附加方向位于模块的第一层内；第一注入通路，从模块的第一层的下边界中的第一注入通路入口延伸穿过该模块的第二层、到达第一注入通路出口，该第一注入通路入口通过第一层的下边界分开地流体连接到第一流体通道和附加流体通道或者经由第一层内的歧管流体连接到第一流体通道和附加流体通道；以及第二流体通道，其位于该模块的第三层内，该第三层具有上边界，该第二流体通道具有宽度 W_{26} ；其中第一方向和附加方向是非共线的，并且其中第一注入通路出口在宽度 W_{26} 的方向上对中在第二流体通道内，并且具有沿着第二流体通道的长度 L_{24} 和在宽度 W_{26} 方向上的宽度 W_{24} ，并且其中宽度 W_{24} 比宽度 W_{26} 窄，并且其中该第一注入通路出口的长宽比 L_{24}/W_{24} 大于 1:1，理想地是 2:1 或更多。根据本公开该方面的结构顺次地沿着不位于相同平面的流体通道的各部分引起轴向循环，以便以彼此间的角度、理想地直角顺次地形成涡流，使得接触流体之间的得到的界面面积进一步增加。同时，在流体通路内轴向产生许多涡流，使得良好混合热交换，而不存在压降高的缺点。

[0012] 将在以下详细描述中阐述附加特征和优点，这些特征和优点在某种程度上对于本领域的技术人员来说根据该描述将是显而易见的，或者通过实施包括以下详细描述、权利要求书以及附图的本文所述的实施例可认识到。应当理解的是，以上一般描述和以下详细描述两者都只是示例性的，并且它们旨在提供用于理解所要求保护主题的本质和特性的概观或框架。包括附图以提供进一步理解，附图包含在该说明书中并构成该说明书的一部分。这些附图示出一个或多个实施例，且与说明书一起来解释各实施例的原理和操作。

附图说明

- [0013] 图 1 是由层叠结构形成的流体模块的正视图；
- [0014] 图 2 是由替代类型的层叠结构形成的流体模块的正视图；
- [0015] 图 3 是由又一种替代类型的层叠结构形成的流体模块的正视图；
- [0016] 图 4 是根据本公开的一方面的流体模块 10 内的流体通道的三维立体图；
- [0017] 图 5 是沿着图 4 的流体通道的 Z 轴观察的图解横截面；
- [0018] 图 6 是沿着图 4 的液体通道的 Y 轴观察的布局剖面示意图；
- [0019] 图 7 是从类似于图 4 的角度的来自图 4 的流体通路的流体模拟的流体线路的计算机生成三维立体图；
- [0020] 图 8 是沿着 Z 轴观察的图 7 的流动线路的计算机生成的三维图的视图；
- [0021] 图 9 是沿着 Y 轴观察的图 7 的流动线路的计算机生成的三维图的视图；
- [0022] 图 10 是类似于图 6 但是是本公开的替换实施例的部分横截面图示；
- [0023] 图 11 是沿着 Z 轴观察的图 4 的流动通路的图示；
- [0024] 图 12 是与图 11 相同但是示出本公开的另一个替换实施例的图示立体图；
- [0025] 图 13 是与图 11 和 12 相同但是示出本公开的另一个替换实施例的图示立体图；

- [0026] 图 14 是与图 11-13 相同但是示出本公开的另一个替换实施例的图示立体图；
[0027] 图 15 是根据本公开的另一个方面的在流体模块 10 内流体通路的三维立体图；
[0028] 图 16 是根据本公开的又一个方面的在流体模块 10 内平行流体通路的三维立体图；以及
[0029] 图 17 是根据本公开的又一个方面的在流体模块 10 内的平行流体通路和热控制流体通路的三维立体图。

具体实施方式

[0030] 将详细参照本发明的各实施例，在附图中示出了这些实施例的示例。只要有可能，在所有附图中都用相同的附图标记来表示相同或类似的部件。

[0031] 图 4 是根据本公开的一个方面的流体模块 10 内部的流体通路的三维立体图。以三维阴影表示附图中的流体通路或流体通路元件 16、17、20、26。该流体通路形成混合器或“微混合器”12，其是流体模块 10 的一部分或被容纳在流体模块 10 内。

[0032] 如图 1 中可以看出，该模块 10 采取具有层 51、52、和 53 的多层微流体模块的形式，层 51、52、和 53 中容纳该微混合器 12。该微混合器沿着内部流体路径(为了参考标记为 14)顺次包括各种元件。按顺序前两个是第一流体通道 16 和附加流体通道 17。该流体通道 16 沿着第一方向 15 位于该模块 10 的第一层 51 内。至少存在一个(并且在这个实施例中只有一个)的附加流体通道 17 也位于模块 10 的第一层 51 内，但沿附加方向 19。

[0033] 第一注入通路 20 从在模块 10 的第一层 51 的下边界 21 处的第一注入通路入口 22 延伸、穿过该模块 10 的第二层 52、到达第一注入通路出口 24。第一注入通路入口 22 经由第一层 51 内的歧管 25 被流体连接到第一流体通道 16 以及附加的流体通道 17。在下文中将参考图 13 和 14 进一步讨论的替换实施例中，第一注入通路入口 22 可以通过第一层 51 的下边界 21 的直接连接分别被流体连接到第一流体通道 16 和附加的流体通道 17。

[0034] 图 4 的模块 10 还具有第二流体通道 26，其位于模块 10 的第三层 53 内，该第二流体通道 26 的宽度由参考符号 W_{26} 标示。

[0035] 第一流体通道 16 和附加流体通道 17 沿着第一方向 15 和附加方向 19 在第一层 51 内接近彼此，第一方向 15 和附加的方向 19 可以是非共线的，并且能够(如本实施例中)首先接入第一层 51 内的歧管 25，然后在经由入口 22 退出层 51。

[0036] 如图 1 中可以看出的，在宽度 W_{26} 的方向上，第一注入通路出口 24 对中在第二流体通道 26 内。 L_{24} 标示在沿着第二流体通道 26 的方向上的出口 24 的长度，而 W_{24} 标示在宽度 W_{26} 的方向上出口 24 的宽度。根据本公开的各实施例，该宽度 W_{24} 比宽度 W_{26} 窄，并且第一注入通路出口 24 的长宽比 L_{24}/W_{24} 大于 1:1。

[0037] 在图 5-9 中说明了由图 4 的结构产生的一些优点。

[0038] 图 5 是沿着 Z 轴观察的图 4 的流体通路示意横截面，其示出全部在第一层 51 内的第一流体通道 16 和替代流体通道 17 偏移地或非共线性地接近和进入歧管 25 在歧管 25 内怎样产生绕 Z 轴的涡流 60。这起到提供与绕第一轴(图中的 Z 轴)涡流 60 预先混合或早期混合效果的作用。从该歧管 25，流体流入入口 22 并通过第一注入通路 20。

[0039] 图 6 是沿着图 4 的流体通路的 Y 轴观察的局部示意横截面，其示出通过出口 24 流出第一注入通路 20 的流体在第二流体通道 26 内怎样形成两个反转涡流 70、72。该涡流 70、

72 的旋转与流体沿着第二流体通道 26 的运动同时发生,导致第二流体通道 26 内的“双扭旋”流动或“双螺旋”流动。如结合图 5 和 6 看出,图 4 的结构提供了流体流动模式,在双流体首先接触时,该模式具有围绕第一轴的涡流,接着是与第一轴方向不同定向的第二轴(在这个情形中垂直于第一轴)的双或多涡流。在沿着流体路径 14 的短距离内从 Z 轴转动涡流到双反转 Y 轴涡流的快速变化导致在进入歧管 25 的原双流体之间的界面的复杂且广泛伸展,保证良好混合。

[0040] 如图 4 和 6 中看出,该宽度 W_{24} 比宽度 W_{26} 窄有助于确保涡流 70、72 的形成。第一注入通路出口 24 长度大于宽度,也促进涡流 70、72 的形成,以及允许注入通路 20 中的压力降比其它情形的低。为了这些目的,理想的是,长宽比 L_{24}/W_{24} 大于 1:1。更加理想的是,长宽比 L_{24}/W_{24} 最小 2:1,甚至更加理想的至少 4:1。

[0041] 图 7-9 是来自图 4 的通路中流体的流动模拟的流动线的计算机生成三维立体图;图 7 是从类似于图 4 的视点,图 8 是沿着 Z 轴看的视图,而图 9 是沿着 Y 轴看的视图。这些图清楚地示出围绕歧管 25 中的 Z 轴的涡流 60、和在模块 10 的第三层 53 中的第二流体通道 26 中的双反转涡流 70 和 72。

[0042] 图 10 中示出了对图 4 的一个替换或附加实施例,其为类似于图 6 的部分图示横截面,但是差别是:附加注入通路 20A 在第一注入通路 20 相对侧上通向第二流体通道 26。两个注入通路 20 和 20A 一起使得在相同通道、第二流体通道 26 内形成并行的四个涡流 70、72、74、76。

[0043] 图 11 是沿着 Z 轴观察的图 4 的流动通路的示意图,而没有使该图复杂的流动线路流动指示,并且具有以虚线示出的第二流体通道 26 的壁。图 12 显示了替代实施例,其中第一流体通道 16 和至少一个附加的流体通道 17 在彼此分开的两个点进入两个歧管 25 中,两个歧管 25 各都具有第一注入通路 20,使得多个第一注入通路(20)(在这个情形中是两个)每个都具有对中在第二流体通道 26 内的出口 24。

[0044] 因为,根据本公开的注入通路计划用于通过引起涡流或扭流动来混合,而不是用于小流到较大流的注入,所以理想的是,进入给定的第二流体通道 26 的出口 24 的液力直径没有比给定的第二流体通道 26 本身的液力直径小太多。换句话说,由于应该使压降最小,将给定的第二流体通道 26 中的一个或多个出口 24 的总长度 L_{24} 做成相对较长,从而减少由第一注入通路 20 引起的压降,并且理想的是使得该总长度足够长(与足够的宽度 W_{24} 一起),以便注入给定第二流体通道 26 的一个或多个注入通路的总的液力直径不小于给定的第二流体通路 26 的最大液力直径的 1/2,理想地不小于 3/4。

[0045] 图 13 示出与图 11 和 12 相同的示意立体图,但是其示出本公开的另一个替代实施例,按照该实施例,第一注入通路 22 流体通过第一层 51 的下边界 21 分别连接到第一流体通道 16 和附加的流体通道 17。在这个实施例中,沿着第一流体通道 16 并且进入附加流体通道 17 的流体首先在第一注入通路 20 内彼此接触,由于在第一层 51 内不存在歧管 25,而是多个(在该情况下是 3 个)第一流体通路 16 与多个(在该情况下是 3 个)附加流体通路 17 交错,从而在第一注入通路 20 内产生多个流体界面。如图 14 中所示,这能够扩展到大于 3 的数字,并且扩展到并联的多个第一注入通路。

[0046] 图 15 是根据本公开的另一方面在流体模块 10 内部的流体通路的三维立体图,其类似于图 4,但具有附加层 54 和 55 并且还具有第二注入通路 32,该第二注入通路 32 从第

三层 53 的下边界 28 中的第二注入通路入口 34 垂直延伸、穿过模块 10 的第四层 54、到达第二注入通路出口 36。

[0047] 与第二注入通路 32 配合的是位于模块 10 的第五层 55 内的第三流体通道 38，其中第五层 55 具有顶部边界 40。类似于如上所述的图 4, W_{38} 标示并代表第三流体通道 38 的宽度，并且第二注入通路出口 36 类似地沿宽度 W_{38} 的方向对中在第二流体通道 38 内。此外， L_{36} 标示并代表沿着第二流体通道 38 的出口 36 的长度。如上，该宽度 W_{36} 比宽度 W_{38} 窄，并且第二注入通路出口 36 的长宽比 L_{36}/W_{36} 大于 1:1，理想地是至少 2:1，甚至至少 4:1。如在图 15 的底部可以看出，混合推动结构可以按照需要在各附加层内向下重复，使第三注入通路 42 经由入口 44 从第二流体通路 26 向下延伸，等等。

[0048] 如用于图 15 中所示的结构的替代实施例和应用，如果所要求的功能不是两个流体的初次接触，而是单个馈送的持续混合或搅拌，那么可以从第一层 51 选择性地省略至少一个附加流体通道 17。在这个情形中，第一流体通道 16 能够选择性地对中在注入通路 20 上方。通常在这种实施例中，层状组织的多层微流体模块 10 包括微混合器 12，其本身包括沿着内部流体路径 14 顺次的各种元件。这些包括：第一流体通道 16，其位于模块 10 的第一层 51 内，第一层 51 具有下边界 21；第一注入通路 20，其从第一层 51 的下边界 21 在第一注入通路入口 22 处垂直延伸、穿过通过模块 10 的第二层 52、到达第一注入通路出口 24；第二流体通道 26，位于该模块 10 的第三层 53 内，第三层 53 具有下边界 28 和上边界 30，并且第二流体通道由 W_{26} 标示的宽度；第二注入通路 32，其从第三层 53 的下边界 28 中的第二注入通路入口 34 延伸、穿过该模块 10 的第四层 54、到达第二注入通路出口 36；以及第三流体通道 38，位于模块 10 的第五层 55 内，该第五层 55 具有顶部边界 40，第三流体通道 38 具有宽度 W_{38} 。

[0049] 在这个实施例中，第一注入通路出口 24 沿宽度 W_{26} 的方向对中在第二流体通道 26 内，并且具有沿着第二流体通道 26 的长度 L_{24} 和沿宽度 W_{26} 的方向的宽度 W_{24} ，并且宽度 W_{24} 比宽度 W_{26} 窄，并且第一注入通路出口 24 的长宽比 L_{24}/W_{24} 至少为 3:2。

[0050] 此外，第二注入通路出口 36 沿宽度 W_{38} 的方向对中在第二流体通道 38 内，并且具有沿着第二流体通道 38 的长度 L_{36} 和沿宽度 W_{38} 方向的宽度 W_{36} 。如上，该宽度 W_{36} 比宽度 W_{38} 窄，并且第二注入通路出口 36 的长宽比 L_{36}/W_{36} 至少 3:2。

[0051] 为了实现模块 10 的内部体积的有效利用，可以并联采用如同图 15 的多个混合器结构 12。图 16 和 17 中示出用于这个类型的模块 10 的流体路径的实例，其为按照本公开的两个或多个方面的流体模块 10 内部的并联流体通路的三维立体图。

[0052] 在图 16 的实施例中，该模块 10 包括在模块 10 内平行定位并用于流体连接的多个第二流体通道 26。只能够直接从侧面看到一个这种通道 26，但是列 C1-C3 相应于该器件内平行放置的三列第二流体通道 26。如从图 16 的视图可以看出，图 16 的实施例也包括图 15 的实施例的两行 R1 和 R2，以便图 16(和 17)的实施例等价于图 15 实施例的 2×3 阵列。通过以这种方式组成模块 10，高百分比地利用层 51、54、和 55 内的体积。看起来会是容纳注入通路的层中的多余空间的实际上并不多余，这是由于如图 17 所示，其为热控制流体通路 T_1 、 T_2 、和 T_3 提供空间。为了最佳热控制，这允许每个“工作流体”层之间有热控制通路。

[0053] 本公开提供了沿给定流体通道内轴向方向上建立多个同步循环。这在混合成分之间形成大界面面积，并且无需显著增加压降而改善了热交换。按照根据本公开的另一方面，

提供这样的结构，其引起顺序沿着不位于相同平面的流体通道的区段的轴向循环，以便彼此成角度地顺序形成涡流，理想的是成直角，在接触流体之间产生得到的界面面积的进一步增加。

[0054] 在此披露的方法和 / 或装置大体用于在微结构内执行如下任何过程，包括混合、分离、萃取、结晶、沉淀或者以其它方式处理流体或流体混合物，而流体混合物包括流体的多相混合物(包括流体或包括包含固体的多相流体混合物的流体混合物)。所述处理可以包括物理处理，化学反应，其中有机物、无机物、或者有机物和无机物发生相互转化，生物化学处理，或者任意其它形式的处理。可利用所披露的方法和 / 或装置来执行以下非限制列出的反应：氧化；还原；置换；消除；加成；配体交换；金属交换；以及离子交换。更确切地说，可利用所披露的方法和 / 或装置来执行任何以下非限制列出的反应：聚合；烷化；脱烷；硝化；磺化氧化；环氧化；氨解氧化；氢化；脱氢；有机金属反应；贵金属化学 / 均相催化剂反应；羰基化；硫羰基化；烷氧基化；卤化；脱氢卤化；脱卤；加氢醛化；羧化；去碳酸基；胺化；芳基化；肽耦合；醇醛缩合；环化缩合；脱氢环化；酯化；酰胺化；杂环合成；脱水；醇解；水解；氨解；醚化；酶催化合成；缩酮；皂化；腈合成；磷酸化；臭氧分解；叠氮化物；复分解；氢化硅烷化；偶联反应；以及酶促反应。

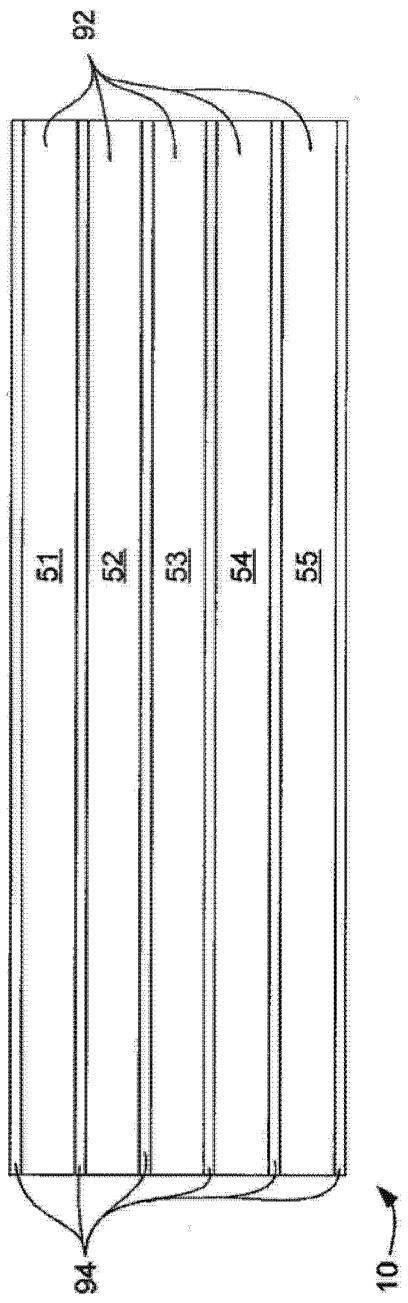


图 1

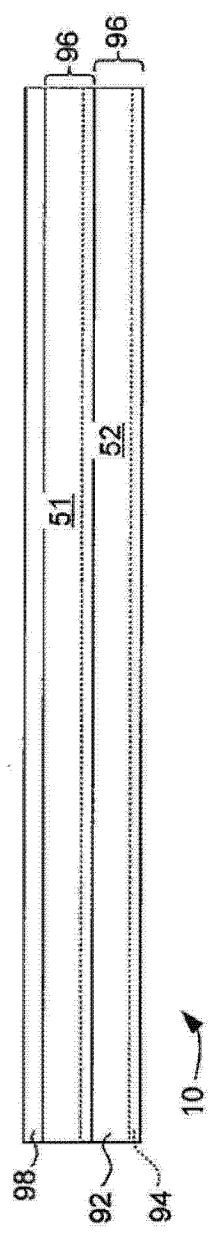


图 2

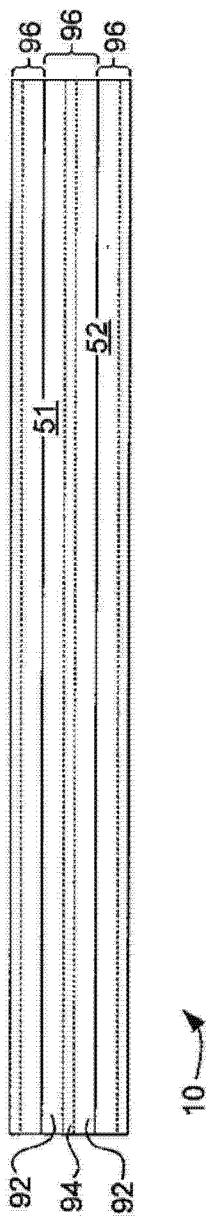


图 3

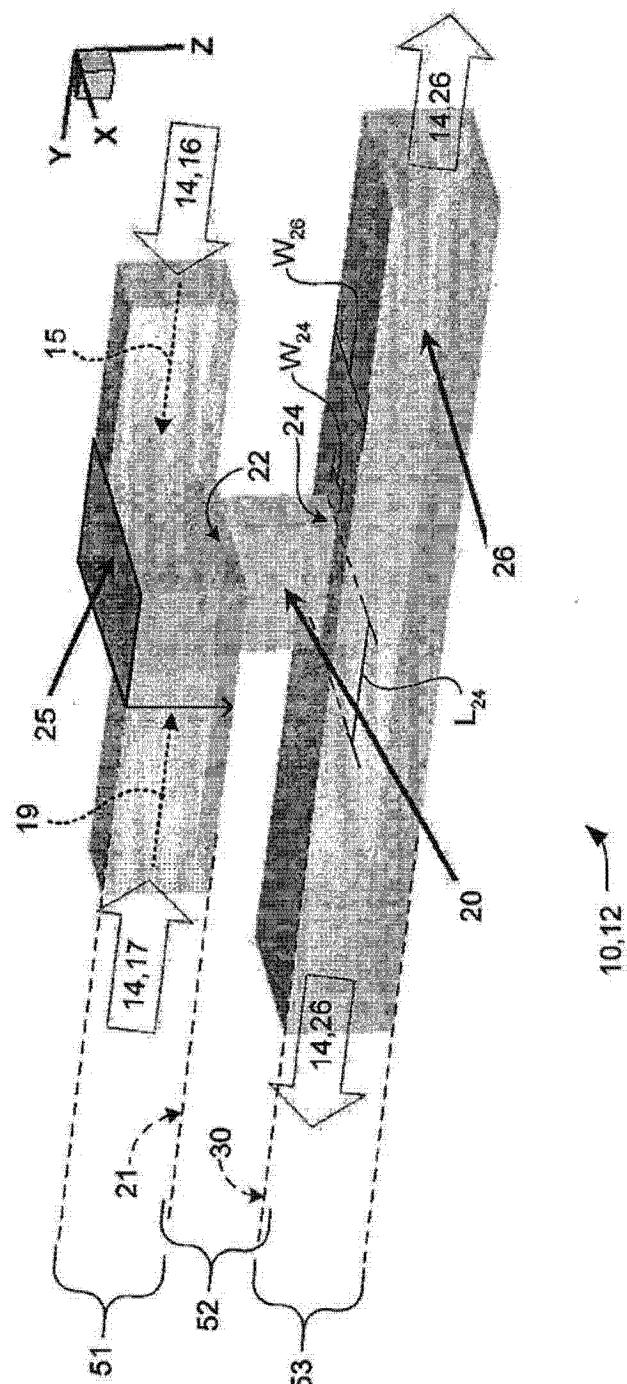


图 4

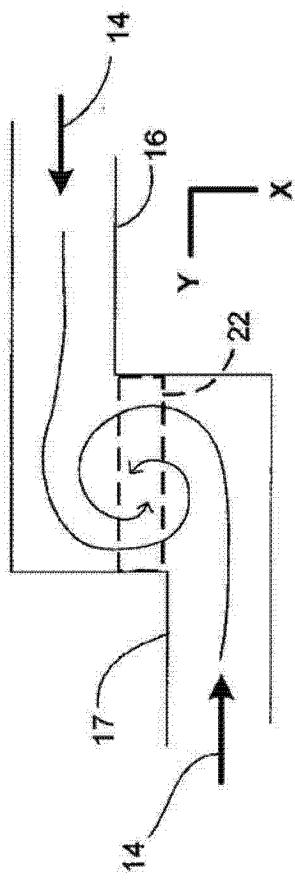


图 5

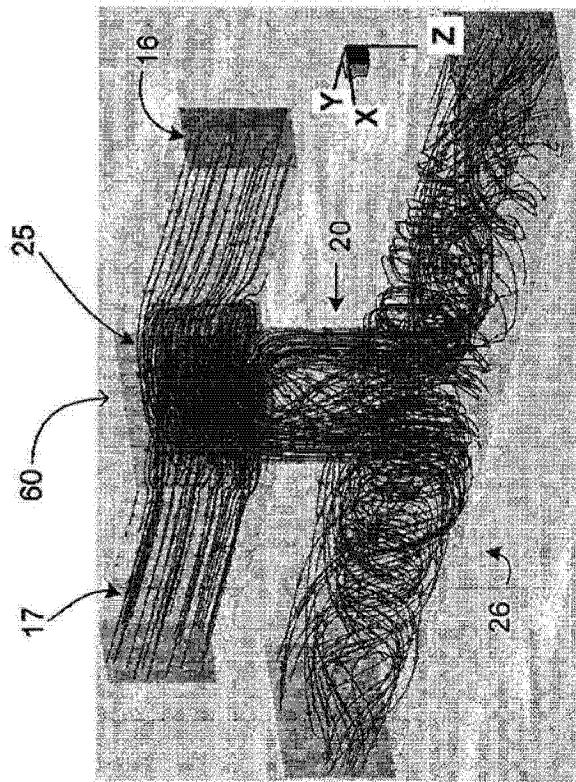


图 7

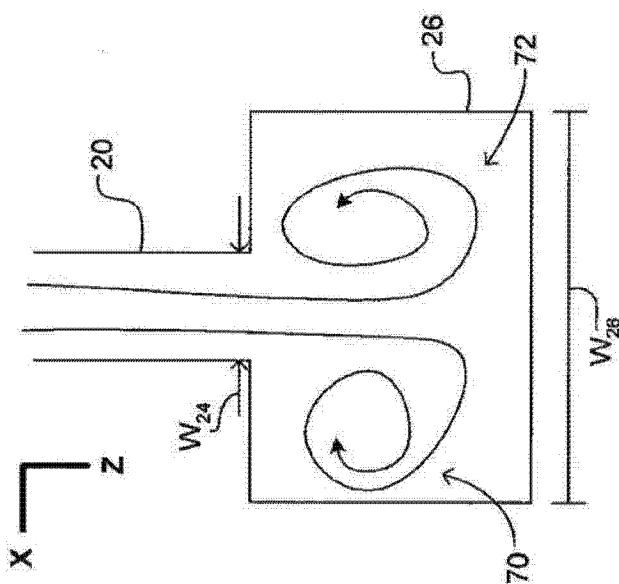


图 6

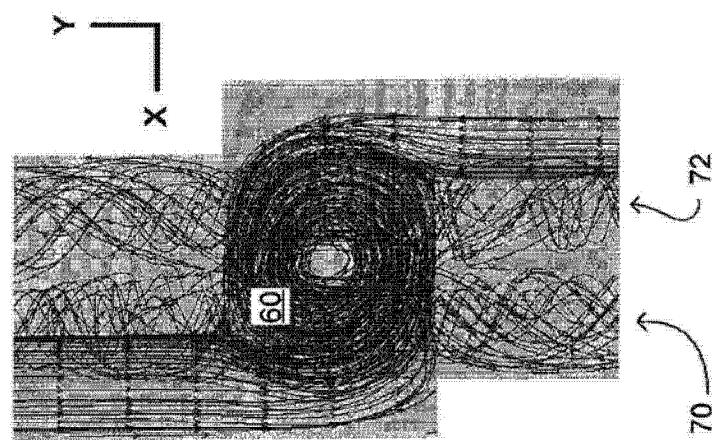


图 8

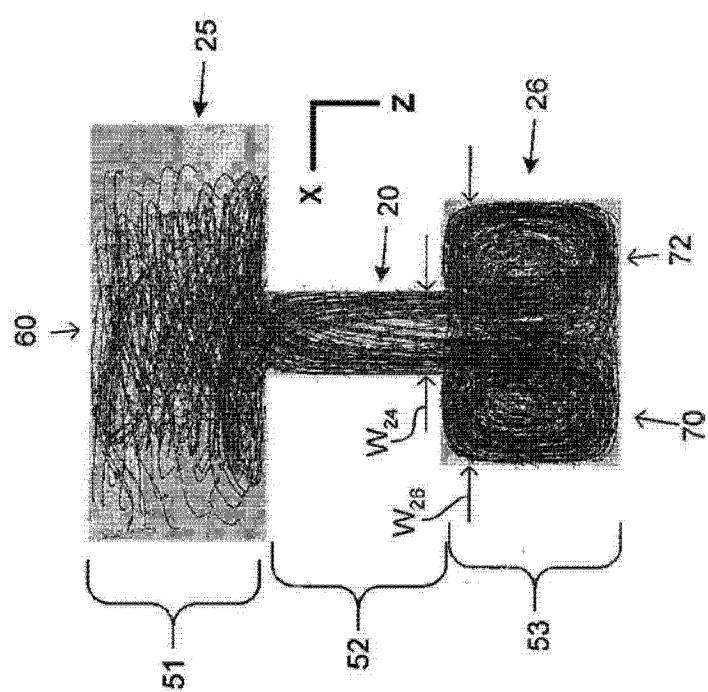


图 9

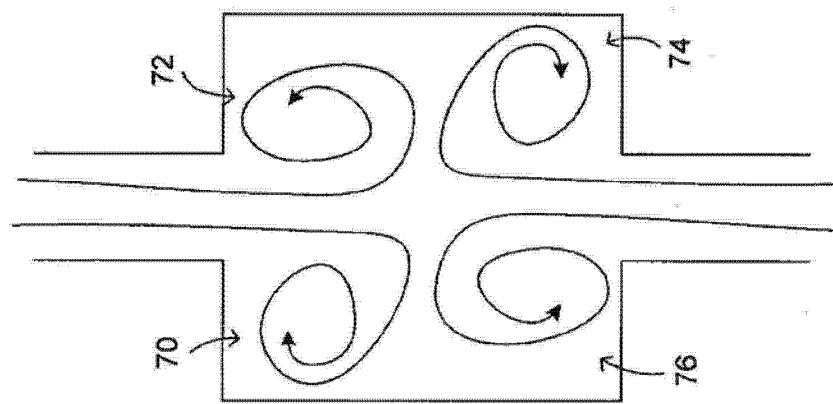


图 10

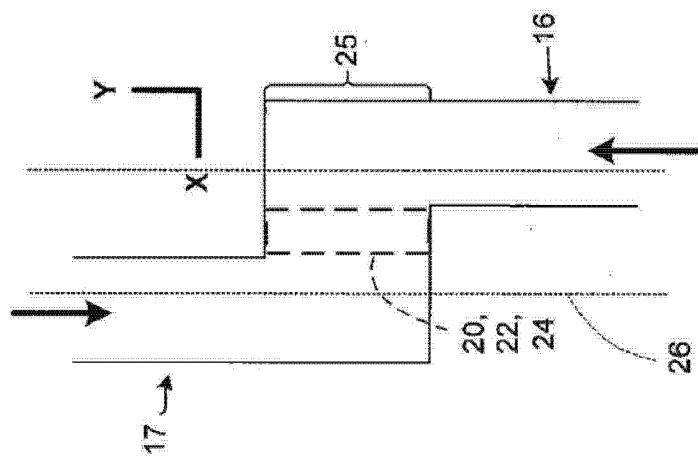


图 11

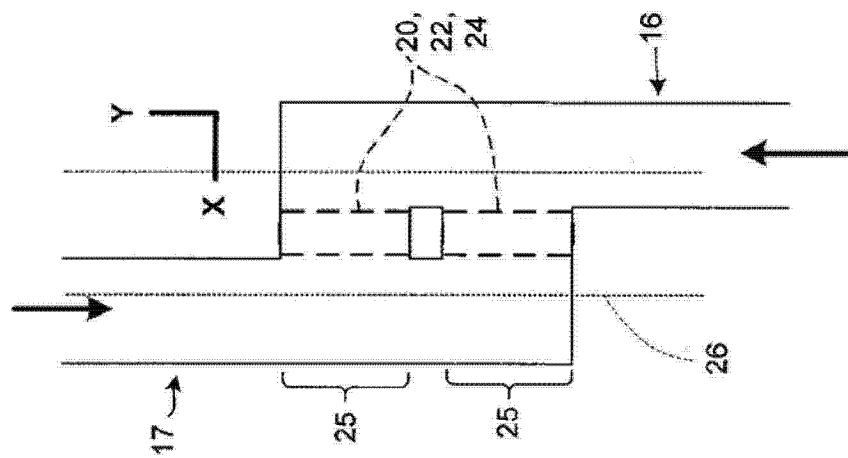


图 12

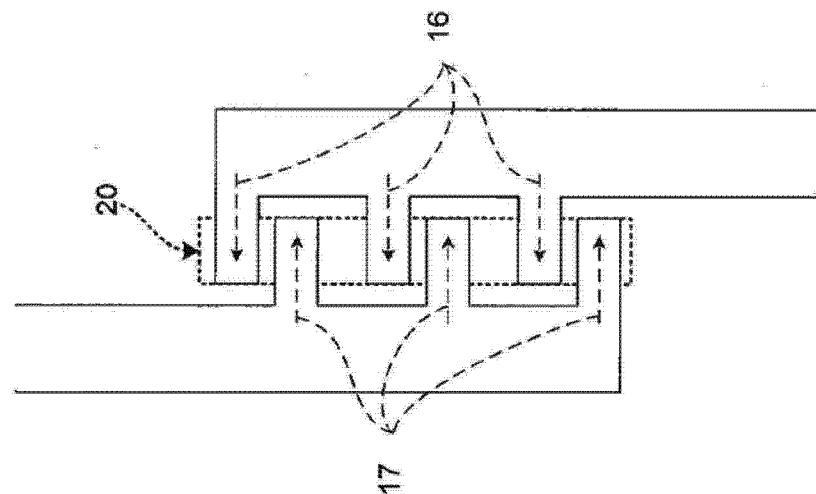


图 13

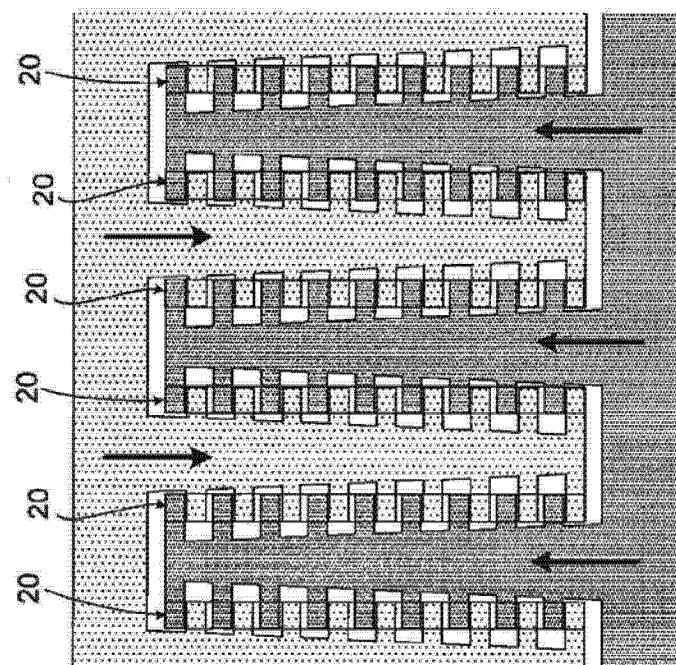


图 14

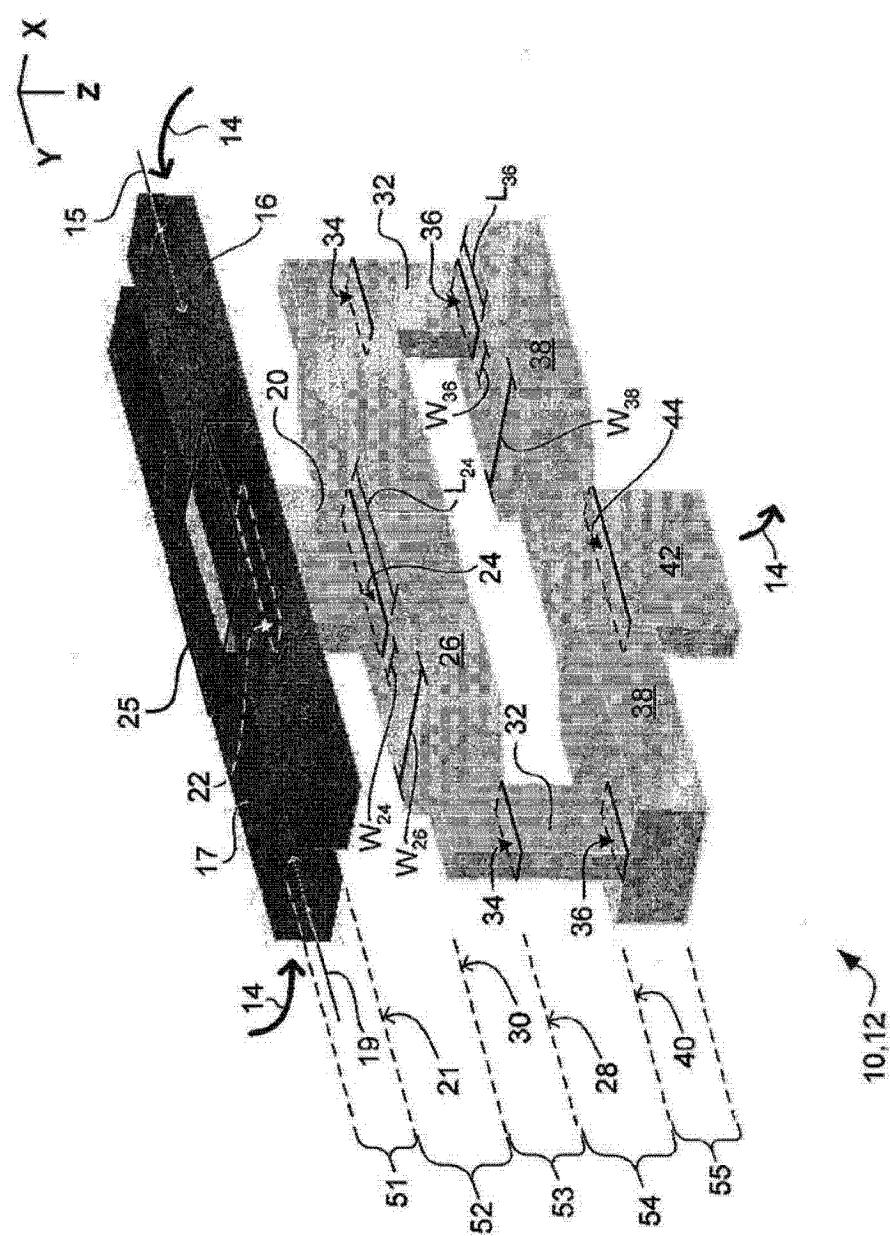


图 15

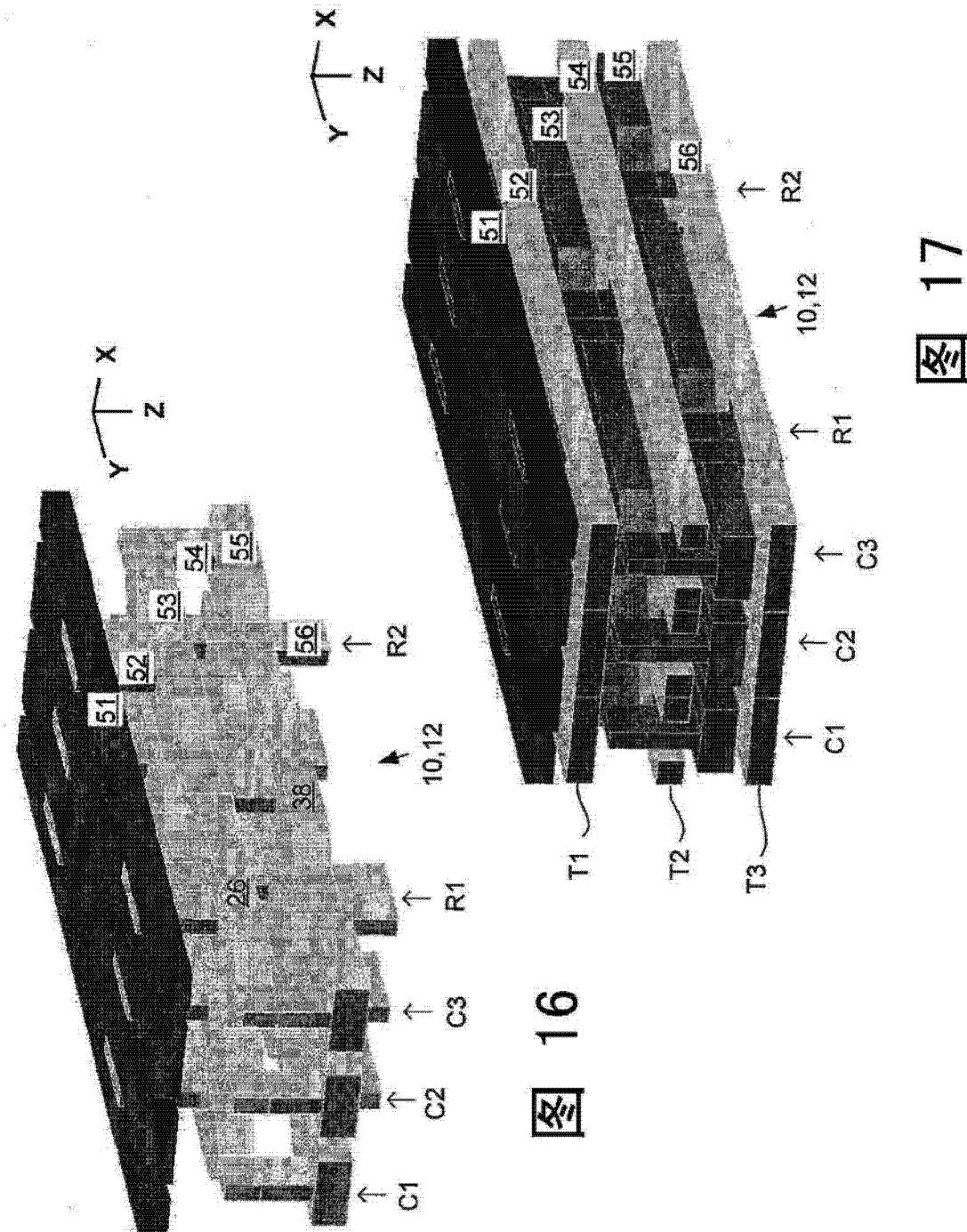


图 16

图 17