

# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95196124.1

[45]授权公告日 2002年7月24日

[11]授权公告号 CN 1087960C

[22]申请日 1995.10.20

[21]申请号 95196124.1

[30]优先权

[32]1994.10.22 [33]GB [31]9421313.9

[32]1995.6.10 [33]GB [31]9511813.9

[32]1995.6.12 [33]GB [31]9511904.6

[86]国际申请 PCT/GB95/02489 1995.10.20

[87]国际公布 WO96/12541 英 1996.5.2

[85]进入国家阶段日期 1997.5.9

[73]专利权人 研究中心实验室(有限)

地址 英国米德尔塞克斯

[72]发明人 罗伯特·乔治·戈弗雷·霍尔姆斯

阿德里安·詹姆斯·布尔

阿德里安·马克·辛佩尔

约翰·爱德华·安德鲁·肖

戴维·爱德华·布伦南

罗伯特·爱德华·特纳

里查德·伊恩·辛普森

林·韦斯特伍德

[56]参考文献

EP0514201A 1992.11.19 A24D3/12

FR2196831A 1974.4.26 B01D13/00

US4208284A 1980.6.17 B01D15/08

US4789468A 1988.12.6 B01D13/00

US4997569A 1991.3.5 B01D61/32

审查员 李广峰

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

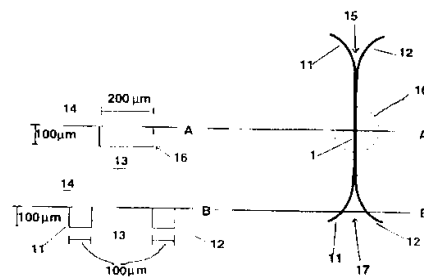
代理人 刘志平

权利要求书7页 说明书22页 附图页数13页

[54]发明名称 用于在不混溶流体之间进行扩散传递的方法与设备

[57]摘要

为了便于在不混溶流体之间扩散传递诸如溶质之类的物质然后在不混合的情况下分离所述流体,公开了这样的方法和设备,该设备包括传送第一和第二不混溶流体的第一和第二流体流路(11,12),这些流路在流体彼此相接触的界面区(16)内彼此相通连,并且,形成有一稳定的开放界面。扩散传递出现在上述界面两端,然后,流体会在不混合的情况下流离所述界面。所述流路在界面区沿垂直于该界面测得的宽度在10至500微米之间。



## 权 利 要 求 书

1. 用于在第一与第二不混溶流体间进行扩散传递处理的设备，其特征在于，该设备包括第一和第二流路（11，12），它们用于使相应的第一和第二不混溶流体以层流的方式流过其中，所述流路部分设置在彼此相邻的位置，并在能使流体形成稳定开放界面（40，57）的区域（16）内彼此相通连，其中，所述界面区内的至少第一流路具有垂直于前述界面的宽度，此宽度在 10 至 500 微米的范围内，并且，所述第一和第二流路在前述界面区外侧的区域（15，17）是分开的，以便使相应的第一和第二流体在不混合的情况下流进和流出前述界面区。

2. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述第二流体流路具有垂直于前述界面的宽度，此宽度在 10 至 500 微米的范围内。

3. 用于进行将物质从第一流体扩散传递至与该第一流体不混溶的第二流体的处理的设备，其特征在于该设备包括第一和第二流路（11，12），它们用于使相应的第一和第二不混溶流体以分层流体的方式流过其中，通道部分设置在彼此相邻的位置处并在能使流体形成稳定开放界面的区域 16 内彼此相通连，其中，与上述界面区相邻并与该界面相垂直的至少第一流路的宽度(l)取决于下述不等式：

$$l^2 < D \cdot t \cdot x^{-1}$$

其中，D 是第一流体中传递物质的扩散系数，t 是 0.1 至 100 秒的时间，它是流体部分在所述界面区占据一定位置的时间，x 是值为 0.005 或更大的数值常数。

并且，所述第一和第二流路在前述界面区外侧的区域（15，17）是分开的，以便使相应的第一和第二流体在不混合的情况下流进和流出前述界面区。

4. 如权利要求 3 所述的设备，其特征在于，与上述界面区相邻并与该界面相垂直的第二流路的宽度(l)取决于下述不等式：

$$l^2 < D \cdot t \cdot x^{-1}$$

其中，D 是第二流体中传递物质的扩散系数，t 是 0.1 至 100 秒之间的时

间，它是流体部分在所述界面区内占据一定位置的时间， $x$  是值为 0.005 或更大的数值常数。

5. 如权利要求 3 所述的设备，其特征在于， $x$  具有 0.01 或更大的值。

6. 如权利要求 3 所述的设备，其特征在于， $x$  具有 0.1 或更大的值。

7. 如权利要求 3 所述的设备，其特征在于，扩散系数  $D$  具有  $10^{-13}$  至  $10^{-9} \text{m}^2 \text{S}^{-1}$  之间的值。

8. 如权利要求 7 所述的设备，其特征在于，扩散系数  $D$  具有  $10^{-11}$  至  $10^{-10} \text{m}^2 \text{S}^{-1}$  之间的值。

9. 如权利要求 1 或 3 所述的设备，其特征在于，所述界面区沿垂直于流体流动方向的高度在 5 至 200 微米之间。

10. 如权利要求 9 所述的设备，其特征在于，所述界面区的高度在 5 至 30 微米之间。

11. 如权利要求 1 或 3 所述的设备，其特征在于，所述界面具有沿垂直于流体流动方向的宽度，此宽度等于或不小于相邻流路宽度尺寸的二十分之一。

12. 如权利要求 1 或 3 所述的设备，其特征在于，所述第一和第二流路的表面由不同的材料 (31, 32, 33) 构成，这些材料具有不同的湿润性质，以便在跨越界面的第一与第二流体间的压力差的范围内稳定住所述界面。

13. 如权利要求 1 或 3 所述的设备，其特征在于，所述界面区附近的流路表面外形与前述界面的所需位置相邻，以便在跨越两流体间的界面的压力差的范围内稳定住所述界面。

14. 如权利要求 1 或 3 所述的设备，其特征在于，所述第一和第二流路蚀刻成或以其它方式形成为凹槽，它们位于一共用基层 (13) 的表面上，一平板部件 (14) 与上述基层的表面相连以便与前述凹槽一道限定第一和第二流路。

15. 如权利要求 1 或 3 所述的设备，其特征在于，该设备包括第一和第二基层部件 (13, 34)，它们带有其中形成有第一和第二流路的相反表面。

16. 如权利要求 15 所述的设备, 其特征在于, 所述第一流路形成为凹槽或凹沟, 它位于第一基层部件的表面上, 所述第二流路形成为凹槽或凹沟, 它位于第二基层部件的表面上, 所述表面彼此相对, 而所述流路则至少部分地叠置以限定所说的界面区 (16, 120, 121)。

17. 如权利要求 16 所述的设备, 其特征在于, 所述构成第一和第二流路的凹槽或凹沟彼此部分地偏置以限定一界面区 (120, 121), 此界面区具有小于上述凹槽或凹沟的尺寸。

18. 如权利要求 15 所述的设备, 其特征在于, 所述第一和第二基层部件彼此平行地设置并间隔预定的距离 (160, 162) 且包括相应的第一组和第二组开孔 (164, 166), 每组中的开孔均与另一组中的开孔相对齐以限定在对齐的开孔之间延伸的第一流体流路 (178) 和在基层部件之间延伸并平行于这些基层部件的第二流体流路 (176)。

19. 如权利要求 1 或 3 所述的设备, 其特征在于, 按下列方式形成所述的第二流体流路, 即在界面区内存在有一个以上的位于第一与第二流体之间的界面间区域 (142、180), 并且, 所述界面区内第一流体流路的宽度是这样的即第一流体流路不会位于超过下列距离的位置处: (i) 在垂直方向距最近的界面间区域 10 至 500 微米; 或者(ii)在垂直方向距最近的界面间区域取决于不等式  $l^2 < D \cdot t \cdot x^{-1}$  的距离 (l), 其中, 符号具有如前所述的含义。

20. 如权利要求 1 或 3 所述的设备, 其特征在于, 提供有一第三流路 (140) 以传送第三流体, 提供一个或多个另外的界面区 (142) 以提供位于第一和/或第二和/或第三流体之间的选定界面。

21. 如权利要求 20 所述的设备, 其特征在于, 所述第三流体流路受与第一和/或第二流体流路一样的尺寸限制。

22. 如权利要求 1 或 3 所述的设备, 其特征在于, 该设备包括电极装置 (a、b、c), 它安装在所述流路内或附近以便检测、监控和/或将电场、磁场或电磁场施加给一种或多种流体。

23. 一种用于处理大量第一和第二不混溶流体的系统, 它包括多个处理单元 (194n、210、236), 每个处理单元均包括如前述任何权利要

求所述的设备。

24. 如权利要求 23 所述的系统,其特征在于,它包括总管装置(240)以传递到达和来自各处理单元的入口和出口的流体。

25. 如权利要求 24 所述的系统,其特征在于,所述处理单元形成在一系列叠置的基层(222)上,各处理单元的第一和第二流路(224、226)与穿过上述叠置基层的流体端口(240)相通连。

26. 如权利要求 23 所述的系统,其特征在于,它包括第一组第一流体流路(202)以及第二组第二流体流路(204),其中,所述成组流路相互通连,因此,对第一流体流路来说,沿其长度设置有一系列相间隔的与第二流体流路的界面区(210),反之亦然。

27. 如权利要求 26 所述的系统,其特征在于,它包括第一和第二叠置基层(206, 208),第一组第一流体流路形成在一个基层的表面上,第二组流体流路设置在第二基层的接触面上。

28. 如权利要求 28 所述的系统,其特征在于,第二流体流路具有之字形的波纹状或盘旋状结构以便与第一流体流路(190)一道沿该第一流体流路的长度限定一系列界面区(194n)。

29. 一种在第一与第二不混溶流体之间进行扩散传递的方法,该方法包括:

1) 提供第一和第二流路(11, 12),它们具有彼此相邻设置且在流体可彼此相接触的区域(16)内彼此通连的部分,其中,所述界面区内的至少第一流路具有垂直于所述界面的宽度,此宽度在 10 至 500 微米的范围内。

2) 使第一和第二不混溶流体流过相应的第一和第二流路,因此,两种流体的流动至少在所说的区域内基本上是层流,并且,在流体之间形成有稳定的开放界面;

3) 在所述两种流体间的界面处显著地传递至少一种预定的物质; 以及

4) 在不使流体混合的情况下使流体在各自的流路内流进和流出(15、17)前述界面区。

30. 一种将至少一种扩散性物质从第一流体传递至与该第一流体不混溶的第二流体的处理的方法，该方法包括：

1) 提供第一和第二流路（11，12），它们在流体可彼此接触的区域（16）内彼此相通连；

2) 使第一和第二流体流过相应的第一和第二流路，因此，这两种流体的流动至少在所说的区域内基本上是层流，并且，在流体之间形成有稳定的开放界面；

3) 其中，可从第一流体中穿过前述界面区传递的所述扩散性物质总量的至少 1% 被传递，有下列不等式：

$$l^2 < D \cdot t \cdot x^{-1}$$

其中，D 是第一流体中扩散性物质的扩散系数，t 是 0.1 至 100 秒的时间，在此时间内，所述第一流体的一部分在前述界面区内占据一定的位置，l 是与所述界面区相邻并垂直于该界面的第一流路的宽度，x 是一数值常数，其值为 0.005 或更大；以及

4) 在不使流体混合的情况下使流体在各自的流路内流进和流出（15、17）前述界面区。

31. 如权利要求 30 所述的方法，其特征在于，对第二流体和第二流体流路来说，有下列不等式：

$$l^2 < D \cdot t \cdot x^{-1}$$

其中，D 是第二流体中扩散性物质的扩散系数，l 是与所述界面区相邻并垂直于该界面的第二流路的宽度。

32. 如权利要求 30 或 31 所述的方法，其特征在于，x 的值为 0.01 或更大。

33. 如权利要求 30 或 31 所述的方法，其特征在于，x 的值为 0.1 或更大。

34. 如权利要求 30 或 31 所述的方法，其特征在于，扩散系数 D 具有  $10^{-13}$  至  $10^{-9} \text{m}^2 \text{S}^{-1}$  之间的值。

35. 如权利要求 34 所述的方法，其特征在于，扩散系数 D 具有  $10^{11}$  至  $10^{-10} \text{m}^2 \text{S}^{-1}$  之间的值。

36. 如权利要求 29 所述的方法, 其特征在于, 在所述界面区域并垂直于该界面的第二流路的宽度在 10 至 500 微米之间。

37. 如权利要求 30 所述的方法, 其特征在于, 按下列方式形成所述的第二流路即在界面区内同第一流体流路一道形成有一个以上的界面间区域 (142, 180), 并且, 所述界面区内第一流体流路的宽度是这样的, 即第一流体流路距界面间区域不超过: (i) 10 至 500 微米之间的距离, 或(ii)取决于上述不等式的距离(I)。

38. 如权利要求 29 或 30 所述的方法, 其特征在于, 它包括第三流体流路 (140) 并在第一、第二和/或第三流体流路之间提供选定的界面区 (142) 且使第三流体流过前述第三流体流路, 以便在第一、第二和第三流体之间形成选定的界面, 这些界面能使至少一种选定的物质扩散过该界面。

39. 如权利要求 29 或 30 任何一个所述的方法, 其特征在于, 所述流体是从气体、超临界流体和液体中选出的, 所选出的流体相互不混溶。

40. 如权利要求 39 所述的方法, 其特征在于, 所述第一、第二和第三流体均为液体。

41. 如权利要求 29 或 30 所述的方法, 其特征在于, 所述第一流体是含水液体溶液, 所述第二流体是有机液, 反之亦然。

42. 如权利要求 41 所述的方法, 其特征在于, 所述处理是至少一种溶质从含水溶液到有机液中或者相反的溶剂萃取。

43. 如权利要求 29 或 30 所述的方法, 其特征在于, 用所述流路内或与所述流路相邻的电极装置检测或监控一种或多种流体。

44. 如权利要求 30 所述的方法, 其特征在于, 它包括将电场、磁场或电磁场施加给一种或多种流体。

45. 如权利要求 29 或 30 所述的方法, 其特征在于, 所述界面区沿垂直于流体流动方向的高度在 5 至 200 微米之间。

46. 如权利要求 45 所述的方法, 其特征在于, 所述界面区的高度在 5 至 30 微米之间。

47. 如权利要求 29 或 30 所述的方法，其特征在于，所述界面具有沿垂直于流体流动方向的宽度，此宽度等于或不小于相邻流路宽度尺寸的二十分之一。

48. 如权利要求 29 或 30 所述的方法，其特征在于，所述第一和第二流路的表面由不同的材料（31、32、33）构成，这些材料具有不同的湿润性质，以便在穿过界面的第一与第二流体间的压力差的范围内稳定住所述界面。

49. 如权利要求 29 或 30 所述的方法，其特征在于，所述界面区内的流路表面外形与前述界面的所需位置相邻，以便在跨越两流体间的界面的压力差的范围内稳定住所述界面。

50. 如权利要求 29 或 30 所述的方法，其特征在于，所述区域构成了一单个的处理单元，并且，提供多个这种处理单元（194n、210、236），这些处理单元允许同时处理各处理单元内的流体。

51. 如权利要求 50 所述的方法，其特征在于，它包括第一组第一流体流路（202）以及第二组第二流体流路（204），其中，所述成组流路相互通连（210），因此，对第一流体流路来说，沿其长度设置有一系列相间隔的与第二流体流路的界面区，反之亦然。

52. 如权利要求 50 所述的方法，其特征在于，第二流体流路具有之字形的波纹状或盘旋状结构以便与第一流体流路（190）一道沿该第一流体流路的长度限定一系列界面区（194）。

# 说明书

---

## 用于在不混溶流体之间进行 扩散传递的方法与设备

### 发明领域

本发明涉及到用于在第一与第二不混溶流体之间进行如从一种流体到另一种流体的溶剂萃取之类处理的方法与设备

### 背景技术

在化学工业中，用于提纯或分析化学成分的通用技术是交换法。溶剂萃取取决于将一种或多种成分从该成分（溶质）溶解于其中的一种物相（流体）优先传递给第二种不混溶的物相中。这通常是通过下述方式实现的，即：在物理上混合两种物相，然后靠重力将两者分开。业已发现，两种物相混合的越彻底，传递过程就会因较小液滴的较大表面积以及所述物相中减少了的扩散距离而进行的越快。但是，用于分离所述物相的时间会随更彻底的混合而增加，所以，就预定的溶质传递效率而言，分离时间会变得无法令人接受的那么长，这是所述方法的主要缺点。

US - A - 3758404 公开了通过使一种液体作为薄膜沿纤维的表面流动同时使另一种液体流动成与该薄膜接触从而将一种液体的成分传递进另一种液体。尽管这种方法在某种程度上减少了使上述两种液体分离开的问题，但是，上述液体应喷射在一起并且还必须要进行后续的重力分离。就萃取过程和后续分离过程的速度与效率而言，应进行进一步的改进。

FR - A - 2196831 公开了使用分离用疏水多孔薄膜以便分离出由有机和液状溶液构成的乳状液的有机部分。施加压力，因此，上述乳状液的有机部分会流过所述薄膜的孔隙，而薄膜则构成了液状溶液的阻碍。但是，将乳状液分离成两种纯成分在本质上是困难的，因而，所公开的方法只能提供大致的分离。

可在例如血液透析、混合器-滤清器，离心萃取器中的液体/液体萃取之类的多种情况中使用多孔薄膜，参见例如 DE-A-3239290、DE-A-2039051 和 EP-A-0246061。这类系统的问题通常是：液体在界面处基本是静态的，薄膜的孔隙会形成滞流区并且在溶剂萃取过程中是无效率的。具体地说，US-A-5114579 说明了上述缺陷，US-A-5114579 公开了位于两个通路之间的薄膜，上述两通路中的一个承载着液状溶液，另一个承载着可透过所述薄膜的碳氢化合物。

## 本发明概要

本发明的目的是提供使第一和第二不混溶流体彼此相接触以便进行反应同时能防止所述流体在物理上混合以便在反应之后很容易地将流体分离开的方法和装置。

在一个方面中，本发明提供了用于在第一与第二不混溶流体之间进行处理的设备，该设备包括第一和第二流路，它们用于使相应的第一和第二不混溶流体以流体的方式流过其中，所述流路部分设置在彼此靠近或相邻的位置并在能使流体形成稳定的开放界面区内彼此相通连，其中，所述界面区域内的至少第一流路具有垂直于前述界面的宽度，此宽度在 10 至 500 微米的范围内。

就所述界面区内的流体流路而言，存在有具体相关的三个尺寸，即：沿流体流动方向的长度尺寸、在前述界面的平面内且垂直于上述长度尺寸的高度尺寸以及垂直于所述界面的宽度尺寸。“垂直”是指成直角或正交。

在另一个方面中，本发明提供了在第一与第二不混溶流体之间进行处理的方法，该方法包括：

1)提供第一和第二流路，它们具有彼此相邻或靠近设置且在流体可彼此相接触的区域彼此通连的部分；

2)使第一和第二不混溶流体流过相应的第一和第二流路，因此，两种流体的流动至少在所说的区域内基本上是层流，并且，在流体之间形成有稳定的开放界面；

3)通过流体内的扩散迁移在流体之间的界面处显著地传递预定的物质；以及

4)在不使流体混合的情况下使流体在各自的流路内流离前述界面区。

因此，依照本发明，提供了快速及高效的方法与装置以进行预定的处理，因为，第一和第二不混溶流体会彼此相接触以便在严密受控的状态下进行所说的处理，同时防止所述两种流体形成以后需要分离的混合物。

在所述界面区内，所说的流路彼此相靠近或相邻，因此，经由流路的流体流会不断地对界面处的流体加以补充。由于通常薄膜孔隙内的不流动流体延续传递着的物质的扩散距离，所以，例如通常薄膜的孔隙内阻止或限制界面处平行于该界面的流动的结构可为相间迁移提供较少的有利条件。此外，所述滞流区会积累可能影响相间迁移的残渣和不希望有的生成物。就最佳的流体动力学而言，所说的流体应沿平行或不相交的流动方向接触到一起，只要在前述界面处存在有流体流的显著成分，所说的流路就可以是分开的。

只要流路能留住流体流的流体，就可以使用任何类型的流路或通道，例如使用导管、管状物、筒管、凹沟、凹槽、狭槽、开孔或任何其它类型的通路或通道。

所述两种不混溶流体通常是液体，例如是液状溶液和有机溶液。但是，只要这两种流体是彼此不相混溶的，流体中的一种就可以是气体或超临界流体。

可以想象出两种流体之间的任何类型的反应，并且，尽管业已提及了溶剂提取，但也可以发生其它反应，例如发生热传递、少量的能量传递包括滴定、多种测定技术所需的预浓缩或采样在内的任何实际的化学反应。这包括诸如电离子透入和色谱分析之类的过程，这些过程可在微控或其它结构内实现，而所说的结构则通常与所说的设备相联系而且可用同样的基层由相类的装置形成。所说的设备还可用于生物学、生物医学和生物技术应用，例如在这些应用中，将遗传或其它生物材料流送进

流体，并在流体之间进行预定的交换、增加或联结处理。这些处理的共同特点是界面间的传递速率基本上受控于每种物相中物质扩散传递至和扩散传递自所述界面的速率。

因此，本发明基于这样的思想即提供一种方法和装置，通过该方法和装置：（1）在不形成物理混合物的情况下将不混溶流体汇集到一起并将它们迅速地分开；（2）溶解或以其它方式包含在一种或两种物相内的一种或多种成分（实体）的浓度会因包括相间传递和一相或多相中的扩散迁移在内的处理而基本上发生变化。

“物质（实体 entity）”是指溶于一种流体内的物质并且还包括热、电荷以及能通过两种流体内的扩散迁移机制而在这两种流体间传递的任何其它成分或参量。

利用本发明，可限定一界面，在此界面处，流体会在受限的状态下彼此相接触，因此，尽管存在流体的运动，但所说的界面也会保持稳定，因此，在该界面处不会存在数量上足以使所述界面破裂的紊流。

为了能用表面张力进行控制，正如以下将会明确的那样，必须要考虑界面的尺寸以及该界面与周围结构相接触的特性。

就操作的效率而言，流体部分应在界面区内保持彼此接触很短时间，因此，可以使流体的通过量最大。流体在界面处的连续更新具有其它优点即：可以减少流体与其溶解成分间诸如萃取化合物的水解之类的分解副反应，这种水解会在界面处积累不希望有的生成物。依照本发明，流体部分最好彼此保持接触约 1 至 100 秒，更具体地说保持接触 0.1 至 100 秒。

就包括在界面两端进行扩散传递的过程而言，流体间成分浓度的显著变化需要流体部分在界面区内足够长时间地占据一定的位置以便在界面的两端传递所需的成分。由于要形成稳定界面的限制需要在与界面相邻的位置处形成分层的流动区，所以，垂直于流动方向的迁移通常是通过分子迁移具体地说是扩散而进行的。对出现在短接触时间（约 1-100 秒）内的显著扩散迁移来说，用于和有迁移穿过其中的界面相垂直的第一流体的尺寸范围限于被传递的物质在前述接触时间内的扩散所

经过的大致距离。也可以出现其它的迁移形式，例如，充有电荷的物质种类沿电场的梯度移过所说的界面。

因此，决定流路截面尺寸的主要因素是第一和第二流体内传递着的物质的扩散系数。一般地说，将物质传递过所述界面的速率取决于两种流体中传递着的物质的扩散系数。这种情况与经过两个串联电阻的电流略有类似，其中，在确定最终电流时必须要考虑总电阻。

在第二流体的扩散系数非常高的情况例如是气体的极端情况下，第二流体中的扩散速度将不是显著因素，从而基本上只需考虑第一流体的扩散系数，所以，只需考虑第一流体流路的宽度。在另一种极端情况即第二流体的扩散系数很低因此该流体会有效地对跨越界面的扩散形成障碍的情况下，在这种情况下，对显著扩散来说需要长时间的间隔，第二流体的流路的宽度不是一个显著的因素。

业已认识到，依照本发明，可用通常术语中周知的数学变量来更精确地说明本发明。就通过扩散来达到材料平衡分布的系统来说，进度是扩散系数  $D$ 、时间  $t$  和所述系统形状及尺寸的函数，所述系统的形状及尺寸可用沿扩散迁移方向的特征长度来表示。可以看出，可用一元量纲变量  $D \cdot t / l^2$  来描述扩散过程的进展（见《扩散数学》，J. Crank 著，1975 年第二版，牛津大学出版社）。

就按着本发明所进行的显著扩散而言，应传递可传递物质的至少 1% 最好是 50% 或更多，所说的可传递物质在没有分解副反应的情况下可通过流体的接触来传递很长一段时间。

依照本发明，如果  $Dt/l^2 > 0.01$ ，则平衡时传递量为最大量的 1% 至 10%，而如果  $Dt/l^2 > 0.1$ ，则传递量约为 50% 或更多。

因此，可根据传递成分的扩散系数和预定传递时间来确定适当的系统尺寸。所说的扩散系数取决于物质种类、介质和温度，但是，对液体介质中的小型至中等分子来说， $D$  的值约为  $10^{-9}$  至  $10^{-11} \text{m}^2 \text{S}^{-1}$ 。对诸如某些聚合物之类高分子量的物质种类来说，液体介质中的扩散系数基本上是比较低的，例如为  $10^{-13} \text{m}^2 \text{S}^{-1}$ ，而气体中的系数则通常高  $n$  个数量级。作为一个实例，就快速 ( $\sim 1 \text{S}$ ) 实质传递 ( $\sim 50\%$ ) 具有扩散系数  $\sim 10^{-10} \text{m}^2 \text{S}^{-1}$

的物质种类来说,应通过用相关值代替  $Dt/l^2$  中的  $D$  和  $t$  并使该表达式等于 0.1 而近似地给出垂直于流体间界面的尺寸的适当长度。尽管在实践中 10 至  $100\mu\text{m}$  范围内的尺寸是适当的。但本例给出了  $l=32\mu\text{m}$ 。可以看出,对用于进行不混溶流体间传递的结构中的宽度尺寸而言,如就快速和实质扩散传递所述那样用表达式  $Dt/l^2$  计算出的用于适当尺寸的值通常会产生在 10 至  $500\mu\text{m}$  范围内的均值。

上述表达式可重写为:

$l^2 < D \cdot t \cdot x^{-1}$ , 其中,  $x$  是一数值常数,其值如前所述那样为 0.1, 0.01 或 0.005 或更大;

因此,依照本发明的又一个方面,本发明提供了用于进行将物质从第一流体传递至与该第一流体不混溶的第二流体这样一种处理的设备,该设备包括第一和第二流路,它们用于使相应的第一和第二不混溶流体以流体的方式流过其中,所述流路部分设置在彼此靠近或相邻的位置处并在能使流体形成稳定开放界面的区域内彼此相通连,其中,与上述界面区相邻并与该界面相垂直的第一流路的宽度 ( $l$ ) 由下述不等式给出:

$$l^2 < D \cdot t \cdot x^{-1}$$

其中,  $D$  是第一流体中传递着的物质的扩散系数,  $t$  是 0.1 至 100 秒的时间,它用于在所述界面区内占据一定位置的流体部分,  $x$  是等于 0.005 或更大的数值常数。

在又一个方面中,本发明提供了将扩散性物质从第一流体传递至与该第一流体不混溶的第二流体这样一种处理的方法,该方法包括:

1) 提供第一和第二流路,它们在可形成流体界面的区域内彼此相通连;

2) 使第一和第二流体流过相应的第一和第二流路,因此,这两种流体的流动至少在所说的界面区内基本上是层流,并且,在流体之间形成有稳定的开放界面;

3) 其中,传递所述扩散性物质可在前述界面区内加以传递的总量的至少 1%, 有下列不等式:

$$l^2 < D \cdot t \cdot x^{-1}$$

其中，D是第一流体中扩散性物质的扩散系数，t是0.1至100秒的时间，在此时间内，所述第一流体的一部分在前述界面区内占据一定的位置，x是等于0.005或更大的数值常数，l是与所述界面区相邻并垂直于前述界面的第一通路的宽度；以及

4)在不使流体混合的情况下使流体在各自的流路内流离前述界面区域。

应该认识到，就本发明的目的而言，可完全任意地将一种流体选定为第一流体并将另一种流体选定为第二流体，而且，前述说明同样地适用于第二流体。通常的情况是，两种流体中的扩散迁移都重要。在这种情况下，对用于第一和第二流体的宽度尺寸的选择要有同样的差别。

以下内容属于本发明的范围即：一个流路或通路具有这样的尺寸，该流路能有效地构成流体积蓄器以便与在另一个通路中流动的流体进行反应。但是，在一个通路或两个通路中需要有流动的情况下，载流的通路的尺寸应足够地小以限制在与所述界面相邻的区域内产生基本上为分层的流动。以下内容属于本发明的范围，即：如果液体间的界面不是非正常的破裂，那么，就将受控的紊流引入一种或两种流体。因此，可避免流体间的界面因紊流而破裂。在两种流体中的一种是气体的情况下，靠近所述界面的流体内存在有某种中等程度的紊流是可以接受的。

所说的界面区在不导致两种流体之间混合的情况下会允许物质种类进行传递。在大多数情况下，可以想象出，两种物相均能连续地流动。但是，还存在某些这样的情况，其中，已证实会优选所述物相中的一种或两种发生脉动。

在由两种流体相构成的系统中，两种物相间的压力差会限制界面的稳定性。这种压力差源于沿流动方向由通路尺寸和流体粘度的差异所导致的不精确匹配的压力梯度。所述界面能在其范围内保持非零压力差的尺寸受限于两种物相间的界面张力以及通路壁面材料可被两种物相湿润的受湿性。可以通过控制所说的工作尺寸和固体表面来稳定上述界面。

为了稳定住流体间的开放界面，所述两个通路可由具有不同湿润性质的不同物质（如玻璃、硅、钢、聚丙烯、尼龙），或者在界面附近形成所说的表面，具体地说，使所述界面变狭窄以限制流体间接触的侧面尺寸，或者通过利用所述因素的结合来达到上述目的。通过改变通路间开孔处或开孔内的表面类型或形状，可以止住或限制住流体间界面与固体表面相接触的运动，因此，对界面两端可限定的压力差的差异来说，不存在或存在非常小的接触运动。以下将详细说明在实践中如何做到这一点。

所述界面的尺寸可远小于通路的尺寸，而所述通路则例如是狭缝或穿过两并列延伸的通路间壁面的开孔组。但是，依照本发明，最佳的情况是，界面宽度等于或不少于通路的相应尺寸的二十分之一，以确保能获得相对所出现的流体量尽可能大的界面，从而确保该界面处的快速反应。

最好界面区在垂直于流体流动方向的高度在 5 至 200 微米之间，更好是在 5 至 30 微米之间。

可以想象出界面区的多种结构。例如，在一个最佳实施例中，所述通路或流路在一显著的长度范围内并列延伸，而界面则在该整个长度的或该长度的主要部分上延伸。在另一个最佳实施例中，所述两个通路可设置在平行的平面内，每个通路均具有之字形或回旋状结构。在所述两通路彼此重叠的位置处，形成有一界面，因此，在多个开孔内会出现两种液体间的预定反应。

如果可能，例如可形成一系统，使第一和第二基层部件有相对的表面，所述第一和第二基层部件彼此平行地设置并间隔预定的距离且包括相应的第一组和第二组开孔，每组中的开孔均与另一组中的开孔相对齐以限定在对齐的开孔之间延伸的第一流体流路和在基层部件之间延伸并平行于这些基层部件的第二流体流路。

只要有一个界面区形成在两通路之间，这两个通路就可在三维空间内彼此相对沿任何方向延伸。因此，在一多通路系统中，可以想象出一个三维的网格状结构，它具有多个将一个通路与不同平面中的通路连接

起来的连接点。

所述第一和第二流体流路可通过装配或叠置基层来加以形成，其中，蚀刻、压出或切割出限定流体通道的装置，或者以其它方式将所述装置形成成为凹槽或诸如基层表面上的凸脊、侧开口的通路或导管或管道、延伸的缺口、沟槽、槽孔或刻痕之类的其它结构，或者将所述装置形成成为通过基层层叠体的狭槽或通路或由其它基层所包封的垫片。所说的基层呈平面分层的形式或者是更复杂的三维结构，包括杆状物或其它三棱结构，它们插进或填加进基层块内且可穿过该基层块的开孔或形成在基层块的表面上，并且，包括螺纹杆，它们嵌在所述开孔内，其中，所说的开孔在需要的情况下可带有相应的螺纹。上述杆状物、开孔或螺纹结构支承着所需的凹槽，凸脊或其它结构以便组装成带有流体间接触区的通路的子单元。

所述流路的尺寸与微控方法相适应，适当的方法包括化学蚀刻、电镀、激光切削以及使用可光学处理的玻璃，以下说明具体的方法。

在希望处理两种以上的不混溶流体的情况下，可以想象出多种将各流路连到一起的结构。在一种结构中，两个流路可形成一界面区，它用于第一与第二流体间的第一反应，在上述区域的下游处，用第三流路形成另一界面以使第三流体与第一或第二流体进行反应。在另一种结构中，三个流路可在一共同的区域内彼此形成界面，因此，预定的成分可经由第二流体从第一流体连续地迁移至第三流体。从理论上说，依照本发明，可以处理任何数量的流体。

在传送第二流体的第二流体流路的相反侧具有与第一流体流路一道构成独立界面的流体流路的结构中，第一流体流路的宽度可比前述极限宽，事实上是宽两倍，同时仍能保持有适当的扩散，因为，在第一流体内，会出现沿两个相反方向朝两个相反界面的扩散。因此，一般地说，在以下列方式形成第二流体流路即在界面区内存在有一个以上的位于第一与第二流体之间的界面间区域时，第一流体流路是这样的即在所述界面区内第一流体流路不会位于超过下列距离的位置处：(i)距最近的界面间区域 10 至 500 微米；(ii)由不等式  $l^2 < D \cdot t \cdot x^{-1}$  确定的距离(l)，其中，

符号具有如前所述的含义。

在需要处理相对较大量的液体时或在如以下详细说明的复杂处理的其它情况中，可以使用较大数量的流体流通路以形成较大数量的界面区，每个界面区在本文中均称为一个处理单元，因此，可以同时处理多种微量流体。可非常廉价地生产多个本发明的设备，所以，对处理大量流体来说是一个实用方案。

因此，在本发明的又一个方面中，提供了一种用于处理大量第一和第二不混溶流体的系统，它包括多个处理单元，每个处理单元均包括这样的设备，该设备包括第一和第二流路，它们用于使相应的第一和第二不混溶流体以流体的方式流过其中，所述流路部分设置在彼此靠近或相邻的位置并在能使流体形成稳定的开放界面的区域内彼此相通连，其中，所述界面区内的至少一流路具有垂直于前述界面的宽度，此宽度或者(i)在 10 至 500 微米的范围内；或者(ii)是由不等式  $l^2 < D.t.x^{-1}$  所确定的距离，其中，符号具有如前所述的含义。

本发明的再一个方面中，提供了在第一与第二不混溶流体之间进行处理的方法，该方法包括：

1)提供第一和第二流路，它们具有彼此相邻或靠近设置且在流体可彼此相接触的区域彼此通连的部分；

2)使第一和第二不混溶流体流过相应的第一和第二流路，因此，两种流体的流动至少在所说的区域内基本上是层流，并且，在流体之间形成有稳定的开放界面；

3)在所述两种流体间的界面处显著地传递预定的物质；

4)在不使流体混合的情况下使流体在各自的流路内流离前述界面区域；以及

5)其中，所述界面区构成了单个的处理单元，并且，提供多个这种处理单元，它们允许在各处理单元内同时处理所说的流体。

## 对附图的简要说明

以下参照附图说明本发明的最佳实施例，在附图中：

图 1a 和图 1b 是第一实施例的概略平面图，图 1b 示出了图 1a 的 A-A 线和 B-B 线处的通路的剖面图；

图 2a 和图 2b 是本发明第二实施例的概略平面图，图 2b 示出了图 2a 的 A-A 线和 B-B 线处的通路的剖面图；

图 3a 和图 3b 是本发明第三实施例的概略平面图，图 3b 示出了图 3a 的 A-A 线和 B-B 线处的通路的剖面图；

图 4 至图 6 是用于将液体界面的位置固定到通路之间预定位置处的结构的概略图；

图 7 是说明用于形成上述实施例的方法的图；

图 8a 和图 8b 是本发明第四实施例的概略透视图和剖面图；

图 9a 和图 9b 是本发明第五实施例的概略平面图，图 9b 示出了图 9a 的 A-A 线和 B-B 线处的通路的剖面图；

图 10 是本发明第六实施例的概略图，它包括电极结构；

图 11a 至 11f 是包括有多个通路和界面区的实施例的概略图；

图 12 示出了本发明的另一实施例，它包括两个带有多界面区的通路；

图 13 是本发明又一实施例的概略图，所述实施例使用了串行/并行结构内的多个处理单元，图 13a 示出了独立基层内的流体流路，图 13b 示出了叠置以形成处理单元的基层和流路；以及

图 14 是本发明最后一个实施例的分解透视图的概略图，所述实施例使用了并行流动结构内的多个处理单元。

### 对最佳实施例的说明

参照图 1 所示的本发明的第一最佳实施例，示出了第一通路 11 和第二通路 12，它们形成在硅基层 13 内。粘合于硅基层 13 的玻璃板 14 盖住了上述通路的上表面。如图所示，所述通路具有弯曲收敛的流入区 15，在约 500 微米长的接触区 16 内平行延伸并彼此相邻、而且具有弯曲发散的流出区 17。在接触区 16 内，可除去前述通路的分隔壁面，因此，其截面如图 16 所示是一简单的矩形，矩形宽度为 200 微米、高度

为 100 微米，而所述通路在收敛和发散区内的截面则为方形，其宽度为 100 微米、高度为 100 微米。

在使用中，以层流状态流经第一通路 11 的第一液体会与第二通路 12 内以层流状态流动的不混溶流体相接触。在接触区 16 内形成于两液体间的稳定开放界面会提供这样一种装置，通过该装置可以进行扩散处理，例如将溶质从一种液体物质传递（溶剂萃取）至另一种液体。所述状态是这样的：一种液体内的至少 1% 的溶质跨越界面扩散至第一种液体。随后，液体在不混合的情况下在流出区 17 内流离界面区。

参照图 2，第二实施例与图 1 相似，并且，用相似的标号表示相似的部件。但是，所述通路被修改成了近似为半圆形的凹槽，其宽度为 100 微米，深度为 50 微米。接触区 16 被修改成具有图 2b 所示带有中心凸脊 18 的截面，此截面是弯曲的，在所述基层表面下方 50 微米的深度处以及距接触区的壁面 50 微米处有两个最低点 19，并且在凸脊 18 处有一个最高点，它位于最低点上方 25 微米处。利用截面上的这种变化，如以下将详细说明的那样，可在接触区内提高界面的稳定性以便确保在不使第一和第二流体作物理混合的情况下形成用于两流体间稳定接触的条件。

在图 1 和图 2 的实施例中，将界面长度显示为 500 微米。但是，为了能形成两液体间的适当接触时间，所述界面长度可大于上述值，可长达 1mm 或甚至达 2cm。

在使不混溶流体相接触然后加以分离的情况下，必需限制流体的形状和所说的界面。通常可以说，在薄层厚度足够大即为厘米数量级的情况下，流体相的形状和界面的位置通常取决于引力，小密度的流体位于大密度流体的上面，界面的平面基本上与引力场的方向成直角。就通常用于不混溶流体包括液体/气体系统的密度差和界面张力的范围而言，表面张力效应对若干毫米以下的尺寸来说是主要的并且基本上对 10 至 500 微米范围内的薄层厚度进行控制以便于本发明的应用。因此，就适用于快速扩散迁移的薄层尺寸来说，流体间界面的位置在很大程度上受控于诸如界面间张力和接触角之类的表面张力效应。用这些效应获得预定界

面位置需要使用选定的结构和尺寸以及具有选定接触角范围的材料。通过提供收缩部并通过改变接触角以及通过这些因素的组合，可以固定住界面位置。

为了能使流体流动，必需提供贯穿流路的压力梯度，从而，不可避免地在界面两端导致某些压力差，最好使界面曲率增加，以便于使用中如将会出现的那样在一种流体不会连续堵塞住另一流体的通路的情况下并且在不予另一种流体形成一种流体滴或泡的情况下经受所说的压力差。这一点可通过收缩部和/或材料表面如下所述的变化来取得。

在所使用的溶剂通常是水和碳氢溶剂时，可以通过用带有疏水表面的材料来构成一个通路，用带有亲水表面的材料来构成另一个通路或者在一个通路上涂上疏水层在另一个通路上涂上亲水层，从而稳定住界面区。水流会自然地限制在接触区的亲水侧，碳氢溶剂流则限制在疏水侧。

参照图 3，第三实施例在许多方面类似于第一和第二实施例，并且，用相似的标号表示相似的部件。主要的差异是：第一通路 31 形成在下部硅基层 13 内，并且，该通路的内表面上涂有由疏水材料构成的涂层 32。第二通路 33 形成在上部玻璃基层 34 内，其表面在本质上是亲水的。如从图 36 中所看到的那样，在接触区 16 内，第一和第二通路以一个在另一个之上的方式叠置，因此，所述界面区会在这两通路之间水平地延伸。每个通路均被显示为一简单的矩形即 50 微米的方形，但在另一个实例中可以是半圆形的。

图 4 更详细地示出了图 3 的界面区处的状态，图 4 表示经由两流体 42、44 的界面 40 并由平行壁面 46、48 所限定的截面，所述流体的 42、44 垂直于图纸平面流动，而平行壁面 46、48 则分开距离  $d$ ，此距离足够的短从而可如上所述那样忽略重力的影响，其中，壁面材料或表面 47、49 在预定界面位置的两侧是不同的。在图 4 中，所述两种液体分别具有压力  $P_1$  和  $P_2$ ，界面 40 具有曲率半径  $r$ 。压力差  $\Delta P = (P_1 - P_2)$  与所述曲率半径成反比，对两种液体间沿流动方向延长的界面来说，上述压力差可表示为：

$\Delta P=r/r$ , 其中  $r$  为两种流体的界面张力。

此外, 可以看出(如前所述可忽略重力的影响), 按间隔  $d$  限定在壁面间的两种流体之间的静态界面的状态在流体界面与界面材料之间的平衡接触角为  $\theta$  的情况下可表示成如下:

$$\Delta P=rd/(2\cos\theta)$$

因此, 存在着仅为单个值的压力差  $\Delta P$ , 就该压力差而言, 如果壁面间隔  $d$  和接触角  $\theta$  固定为单个值, 那么, 所说的界面就会是静止的。在这种情况下, 很难将界面的位置固定到任何所希望的地方。在实践中, 尽管在最需要的情况下通常不是这样, 但实际系统的接触角的值的滞后现象会使所述界面固定在适当位置处。

在图 4 中,  $\theta_A$  和  $\theta_B$  表示具有表面 47 和 49 的两种流体的平衡接触角。在材料 46 的表面之间(图 4 所示界面位置的左侧), 界面会移动, 除非压力差是  $\Delta P_A=rd/(2\cos\theta_A)$ 。与此相似, 对除  $\Delta P_B=rd/(2\cos\theta_B)$  以外的所有压力差来说, 在材料 49 的表面之间, 界面会移动。但是, 在材料 47 与 49 之间的接合处存在着接触角的变化, 因此, 存在着接触角与压力差的差异, 就这种差异而言, 与固体表面接触位置的界面不会改变。当不同类型表面接合处的接触角  $\theta_J$  位于  $\theta_A$  与  $\theta_B$  之间并对应于有限压力差时, 就可以满足上述止动条件。因此, 当界面两端的压力差  $P_1 - P_2$  满足表达式  $\Delta P_A < (P_1 - P_2) < \Delta P_B$  时, 就会存在有被止动了的界面。

与此相似, 参照图 5, 该图示出了经由不同宽度  $d_A$ 、 $d_B$  的两个通路 50、52 之间接合处的截面, 其中, 将所有的壁面均看作是同样的材料, 并且, 平衡接触角  $\theta$  不变, 相应通路 52、50 内流体 54、56 的压力差  $\Delta P_A$  和  $\Delta P_B$  是指宽阔和狭窄部分内不流动性的单个值。在狭窄部分的入口处, 用于止动的压力差由下式给出:

$$\Delta P_A=rd_A/(2\cos\theta) < (P_1 - P_2) < \Delta P_B=rd_B/(2\cos\theta)$$

对如图 2 所示那样形成的并如图 6 放大显示的结构来说, 可通过如所述那样但不象图 5 那样界面突然变窄的方式使界面变窄, 从而达到稳定。

参照图 7, 它示出了形成图 2 和图 6 所示的通路结构的方法。在开

始的阶段 A 中，提供 1mm 厚的硅板 70。在步骤 B 中，于所述基层的两侧生成氮氧化硅膜 72。在步骤 C 中，通过旋转处理使光阻材料层 74 沉积到基层的上表面上。在步骤 D 中，用正抗蚀剂通过光刻工艺在光阻材料层 74 上形成预定的图案以便提供由凹口 76 所示的基本通路结构，凹口 76 宽 10 微米，间隔 50 微米。

在步骤 E 中，通过等离子体蚀刻如在标号 77 处那样蚀刻氮氧化硅薄膜 72，以限定通路的位置，在步骤 F 中，除去光阻材料层 74，将 10 微米宽、间隔 50 微米的蚀刻凹槽留在氮氧化硅薄膜上，如图 7a 所示，图 7a 是 F 的结构平面图。

如在步骤 G 中所示，用无向蚀刻工艺蚀刻掉凹口 76 内的硅，以便在硅基层上形成永久加宽的凹槽（如虚线所示），这些凹槽最终汇合于中点 78。所述蚀刻工艺继续进行直至如在步骤 H 中所示那样中间汇合点 78 到达了基层上表面下方的预定距离处。这种结构如图 2 和图 6 所示。

在步骤 I 中，通过包括加热，加压和高电压的周知工艺以阳极的方式将玻璃盖板 80 粘合于基层的表面。

参照图 8，它示出了本发明的另一个实施例。此实施例包括一金属块 100，该金属块上有一管状开孔 101，一啮合的管状玻璃杆 102 插在所述开孔内。开孔 101 的边缘上带有一轴向延伸的凹槽 103，它构成了第一流体流路。杆 102 边缘上带有类似形状的凹槽 104，它构成了第二流体流路。如图 8b 所示，当把所说的杆插进开孔时，前述两个流体流路限定了一共用的界面区 105。如图所示，所述两个流路彼此偏置，因此，界面区仅会在前述流体流路宽度的一半上延伸。这种形成窄于各通路的界面区 105 的方法是一种形成界面区的简单方法，因为，这种方法仅取决于流体流路的形状位移，而不是在界面区处形成一收缩部。

对图 8 所示的实施例来说，可以有多种改进形式。例如，凹槽 103、104 可形成为螺纹，它们在所述杆及开孔的表面周围延伸。另外，也可以在所说的杆及开孔内形成多个轴向延伸的凹槽，并且，所说的杆及开孔可具有除图 8 所示圆形形状以外的截面。

参照图 9a 和图 9b 所示的实施例，第一流体流路 111 形成在硅基层 112 内，并且，该流路的内表面上带有由疏水物质构成的涂层 113。上部玻璃基层 114 内具有按半圆形凹槽形成的第二和第三流体流路。如图 9a 所示，流路 111 是直线的，而第二和第三流路 115、116 则具有收敛的流入区 117 和发散的流出区 118。在中心接触区 119 内，所有三个流路均彼此平行，并且，如图 9b 所示，第二和第三流路 115、116 部分地叠置在第一流路 113 上并限定了第一和第二界面区 120 和 121。接合区 122 将第二和第三流路 115、116 分开，接合区 122 的表面上带有疏水层 123。

因此，应该注意，上述实施例提供了使不混溶流体彼此相接触以便在两界面区 120、121 内的三种流体之间进行扩散迁移的方法。流路 115、116 在中心接触区内相对流路 111 的偏置结构提供了以几何学方式确定界面区 120、121 宽度的简单方法。

以下给出本发明方法和设备的具体实施：

#### 实例

设备的形状：玻璃层粘合在硅板的表面上。蚀刻在相对向表面上的流体流路部分地重叠以给出界面区。所述玻璃是蚀刻的并且  $88\mu\text{m} \times 37\mu\text{m}$  深。硅通路为  $60\mu\text{m}$  宽、 $53\mu\text{m}$  深。设置玻璃和硅，从而在流路之间有  $28\mu\text{m}$  的重叠区，界面的总长度为 1cm（事实上它分 4 段）。

化学成分：接触区的一个通路内流有有机相，它包含混合比为 5%（按重量计）的 Fe(III)、95% 的磷酸三丁酯和二甲苯，第二通路内则流有 3M 盐酸。用入口处的静压控制流速。有机相的流速约为每天 1cc，液相的流速约为该值的一半。已观察到这两种物相不混合。对流出玻璃通路的液相的分析得出 Fe(III) 的浓度为 0.035M。就比较而言，按 2:1 的比例把 TBP（磷酸三丁酸）/二甲苯/Fe(III) 相与 3M 的 HCL 摇混。在分离了最终的乳状液之后对液相的分析得出 Fe(III) 的浓度为 0.16M。所以，上述过程在接触区内的效率约为 22%。

参照图 10，它示出了本发明的又一个实施例，其中，相同的标号表

示与图 1 中相类似的部件。通路 11、12 分别具有输入端口 130、131 和输出端口 132、133。在每个端口附近均设置有三个电极 a、b、c，它们用导线 134 与接头触点 136 相连。通过将金属膜沉积到基层 13 的表面上从而形成电极、导线和接头触点，通过沉积铂而形成电极 a、b，通过沉积铱而形成电极 c。在这种结构中，溶液的导电性取决于成对的铂电极 a、b，而铱电极 c 则用于通过测定相对参考电极（未示出）的电势来确定局部的 pH。铂电极 a、b 可用于测定溶液相对接触区的另一个支臂内电势或相对于参考电极（未示出）的电势。上述电极可用于进行电流测量，其中，可确定氧化或减少特定物质种类所需的电荷。

本发明的结构可包括导电、半导体或以离子方式导电的电极结构或连接件，它们与流体流相接触。上述结构或连接件可用于检测或监控目的，或者用于影响或调整参数，这些参数控制着接触区的功能例如控制影响分配系数的氧化还原状态。以下说明包括电极和/或导电连接件的多种工艺。

电极或导电连接件可形成和限定为非导电材料上或贯穿该非导电材料的导线，薄膜或通路，而所说的非导电材料则构成了其中形成有流路的通路壁面或基层，或者，电极或导电连接件可以是其中形成有流路的基层材料的一部分或者是位于该基层材料上的基本为连续的涂层。电极或导电连接件按远离其中形成流体间接触的开孔的方式形成并与流路相接触，并且包括通过用于引入或除去来自接触区的流体的入口端口与流体相连的连接件且位于所述端口与界面区之间的通路内。与此相似，电极或导电连接件还可形成或定位在流路与流体间界面相邻或相接触的区域。

与流路相连的电极或成组的电极或导电连接件可用于通过多种途径检测流体流的存在以及流速，所说的途径包括电极间溶液的导电率、流动电势以及监控和/或形成流体流内诸如氧化或还原离子、气泡或包括生物细胞的颗粒之类的物质种类的脉动。

与流路相连的电极或成组的电极或导电连接件可用于通过测定溶液的导电率、氧化还原电势、pH 值以及其它与浓度有关的电势或者通

过在有或没有电势差或阶梯的情况下进行电流测量来检测和监控流体流内各种物质种类的存在。可根据电极间导电率随时间变化的测量结果来获得流体流中包括颗粒在内的不同物质种类的数量和尺寸。

与流路相连的电极或成组电极或导电连接件可用于通过电渗和相关动电效应来影响沿微小流路的流速。到达或来自界面区的离子的流量或冲量可用使用上述电极或连接件的电离子透入法来形成和修改。

与流路内流体相接触的电极可用于通过使物质种类作电还原或电氧化例如在  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  之间转换而改变流体流内的氧化还原状态，从而改变流体中物质种类的浓度以及在不混溶流体间的分配。电极和导电连接件可用于使电场作用于界面上或界面的两端，以便有助于或阻止朝向或来自界面的迁移以及跨越选定的物质特别是离子物质的界面的迁移。

可以通过所施加的电场或通过氧化还原状态来修改流体与固体的界面间性质包括对某些物质种类的吸收、界面间张力以及与固体表面的接触角。因此，电极或导电连接件可用于改变界面间张力以及接触角参数，从而，改变界面的止动状态和位置，因而改变流型。在极端的情况下，这种效果可用于使一种流体进入通常由另一种流体所占据的通路并且提供用于流体转换和形成分段流动的装置。

与导电流体相连的另一些电连接件会使电流通过以便进行局部加热，从而改变溶液的依赖于温度的参数以及该溶液所接触的表面。另外，位于流路结构内或与该结构相接触但不与流体作电接触的电抗性电连接件可用于对所述设备的若干部分加热。与此相似，与所述设备主体内的或接触该主体的适当半导体连接区相连的连接件的内含物可用于加热或冷却所述设备的若干部分。

可在设备中施加磁场，包含在所述设备内的场导向件会改变磁性物质或物质种类包括与磁性微粒相联的物质种类的迁移。通过使用磁流体动力现象可导致或改变流动。

通过导向件或光纤使光连接件与流体流相交，而所说的流体流则与界面区相邻或位于其它位置。这些连接件可用于物质种类的识别、检测

和监控并用于通过光致激励和光化反应来形成物质种类。通过靠近界面区的光化和/或电化装置产生的短寿命物质种类会快速地传递给第二流体以便在以后致稳或进行反应。

参照图 11a 和图 11b，示出了本发明的一个实施例，其中，两个外部通路 138 传送第一流体，第三中间通路 140 传送不混溶的流体。在中央界面区 142（图 11a 以剖面的方式所示）内，第三中间通路 140 位于两界面间区域 144 内的相反两侧的每一侧均与第一和第三通路 138 相通连。第三中间通路 140 在界面区内的宽度为 1000 微米，而通路 138 的宽度则为 500 微米。通路 140 距界面间区域 144 的距离不超过 500 微米。

图 11c 和图 11d 是一实施例的俯视图和侧剖图，该实施例包括一个三维网格结构，此结构由矩形块 150 构成，而矩形块 150 则包括多个基层 152。第一流路 154 垂直向下延伸，每个通路均具有沿其长度的多个界面区 156。第二流路 158 水平地延伸，每个第二流路均具有沿其长度的多个界面区 156。结果是一个用于处理相对大量流体的非常紧凑的系统。

图 11e 和图 11f 示出了另一个三维网格状结构。图 11e 是两个相间隔的平行平板 160、162 的概略透视图，每个平板上均形成有一组开孔 164、166，相反平板上的开孔彼此相对齐。图 11f 是经过上述平板的局部剖面图，它示出了具有异形表面的平板。在使用中，第一不混溶液体在位于平板 160、162 上方和下方的薄层 172、174 内流动，第二不混溶液体在平板 160、162 之间的薄层 176 内流动。由于存在着定位孔 164、166，适当状态下的第一液体会经由该定位孔从第一薄层 172 连续地流至薄层 174，从而形成了稳定的泡状结构。泡 178 的外表面与第二液体一道构成了管状界面 180，以便在两液体之间进行扩散传递。就尺寸而言，开孔 164、166 的直径为 1000 微米或更小，平板 160、162 间的间距是取决于液体性质的尺寸，其主要目的是保持泡 178 的稳定性，同时允许有跨越界面 180 的显著数量的扩散传递。管状界面 180 可认为是由大量的单元界面间区域以有效的方式构成的。界面区内的第一流体流路距界面间区域的距离不超过 500 微米。

尽管图 11 公开了这样的结构，该结构用于提供一种小型系统，此系统带有很多界面区以便处理大量的液体，但是，最好采用如图 1 所述的实施例，因此，可在一阵列中使用上述结构，在所述的阵列中，每个界面区均可形成位于该阵列中的单个处理单元。对一个阵列来说，有两种基本的结构：

1. 并行系统。这种形状的主要应用是这样的情形，其中，需要有显著的物质输出。由于单个处理单元的产量可能仅为每小时毫克或微克这样的数量级，所以，几乎在除分析应用以外的所有情况中都需要并行的多个设备。除能提高系统的化合物产量以外，平行系统具有产生冗余的可能性，这种可能性在多种环境中是希望这样的。

2. 串行系统。有两种主要的应用

i) 作为使所述系统稳定的方法。一个处理单元内两种流体间的接触长度取决于流体的流动性质、各种物质种类的迁移性质以及物质传递反应的动能。在某些情况中，不可能获得单个处理单元内的所需长度，因此，必需将界面分成若干部分。在某些情况中，通过使多个接触区串联可以很好地做到这一点。此外，在某些应用中，可传递显著数量的化学物质种类，这就会极大地改变不混溶物相的密度和粘性，这又会改变液体的流动特征。所以，可将所述处理过程分解成多个阶段，在每个阶段中，流体的性质仅做适当的改变。所以，对流体性质的有限范围来说，可使用于每个阶段的微接触区最佳化。

ii) 顺序处理。在某些情况中，需要多个顺序处理。例如，在进行了从液相到有机相的第一次萃取之后，可能希望萃取某些传回第二液相的物质种类。这可以用一系列接触区来加以实现。又例如，在进行了可能是未完成的从液相到有机相的第一次萃取之后，可能希望用新的有机相再次从液相中进行萃取，并且，可能重复这一过程若干次以完成从液相中的萃取。这可以用一系列接触区来加以实现。另一些情况包括配制多种药剂，这些药剂来自不混溶流体界面的多种溶液，以便例如改变酸性和将指示剂加入到化学滴定法中。

图 12 示出了涉及以上 2(i) 中的串行系统的一个实例，其中，第一通

路 190 具有波形结构并且在多个交叉点 1941、1942…194n 处与一平直的第二通路 192 相交叉。通过使第一通路 30 位于一个基层的上表面内，使第二通路 192 位于一个基层的下表面内并将上述两个基层叠置起来，可以形成上述结构。因此，所述两通路间的界面可形成一系列小的界面区，每个界面区均具有等于通路宽度即 50 微米的矩形截面。每个界面区都可看作是一个处理单元。这种结构在粘性小的流体与粘性大的流体相接触的情况下是有用的。粘性大的流体流经第二通路 192，而在波形通路内流动的粘性小的流体则在各界面区处保持适当的压力差。因此，沿各通路的长度存在有压降，对给定长度的通路来说，这种压降在粘性大的流体中是较大的。所以，通过在用于粘性小的流体的各界面区之间设置较大的通路长度，可以使所说的压力差相匹配以维持整个设备的稳定性。

参照图 13 所示的实施例，该实施例是上述 2(ii)中所述的顺序处理的一个实例，其中，一个液体相与第二相的若干流体流相接触。流路 202、204 形成为凹槽，它们位于由两个硅基层 206、208 构成的相应表面上，如图 13a 所示。如图 13b 所示，所述基层一层压一层，因此，流路 202、204 是叠置的以便在标号 210 处形成界面区，每个界面区均构成了一个处理单元。所以，可以看出，每个流路 202、204 均包含一排串行的相连处理单元，其中可进行预定的扩散传递处理，并且，在流路 204 或 202 内有独立的液流。

上述形状的主要好处是能确保两物相之间的较大接触面积。在这种情况下，可假设两种物相的每种物相的成分在包含该物相的所有通路中都是相同的。但是，在某些情况下，改变一种物相的性质以例如进行反向萃取是有优点的。例如，在将三价铁离子与亚铁离子分开时，可使三价铁离子从液相中传递至有机相中，从而将亚铁离子留在液状溶液中，然后，利用酸度或氧化状态的变化通过反向萃取将三价铁离子回收进酸度或氧化状态有所变化的第二液相。通过适当地选择独立通路内的流体可以做到这一点。

参照图 14 所示的实施例，该实施例是上述 1 中所述并行系统的一个

实例并提供了一种将多个接触区或处理单元 220 并联在一起的有效装置。最好按下述方式将处理单元连在一起即：这些处理单元均经受了同样的压降，从而有相同的流动状态。此外，在使用包含有颗粒物质的流体时，存在有阻塞狭窄通路的危险，因此，重要的是设计出这样的系统，在这种系统中，任何阻塞都只影响最少数量的处理单元。处理单元 220 形成在多个平板 222 上，平板 222 由金属、玻璃、陶瓷、聚合物或某种与所发生的化学过程相匹配的其它材料构成。每个处理单元 220 均包括第一和第二流体流路 224、226，它们具有入口 228、230 和出口 232、234。在中央界面区 236 内，流路 224、226 在一界面区内彼此相接触，而在所说的界面区内则有一稳定的开放界面形成在两液体之间。所述结构与图 1 所示结构相似。接触区的入口 228、230 和出口 232、234 均形成为开孔，这些开孔成直角地穿过所说的平板。在使用中，所述平板叠置在一起（为清楚起见，将它们显示为彼此分开），而开孔则是对齐的，因此，这些平板构成了粗导管 240，它们定位成大约与包含接触区的平面相垂直。然后，用夹持、粘合、焊接、熔接或其它能确保流体密封的任何适当方向将平板连到一起。尽管在图中示出了每个平板只有一个处理单元，但是，可以想象：可通过增加平板上开孔的数量或通过将一个以上的处理单元连接于各开孔而在各平板上形成多个所说的处理单元。

说明书附图

图1b

图1a

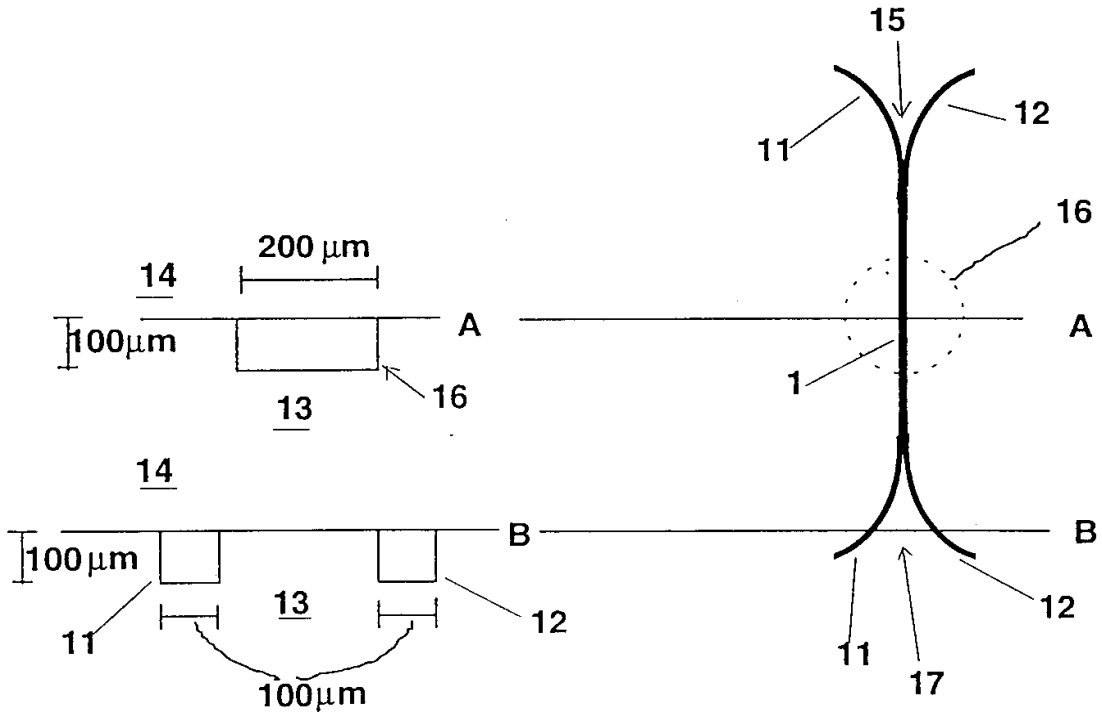


图2b

图2a

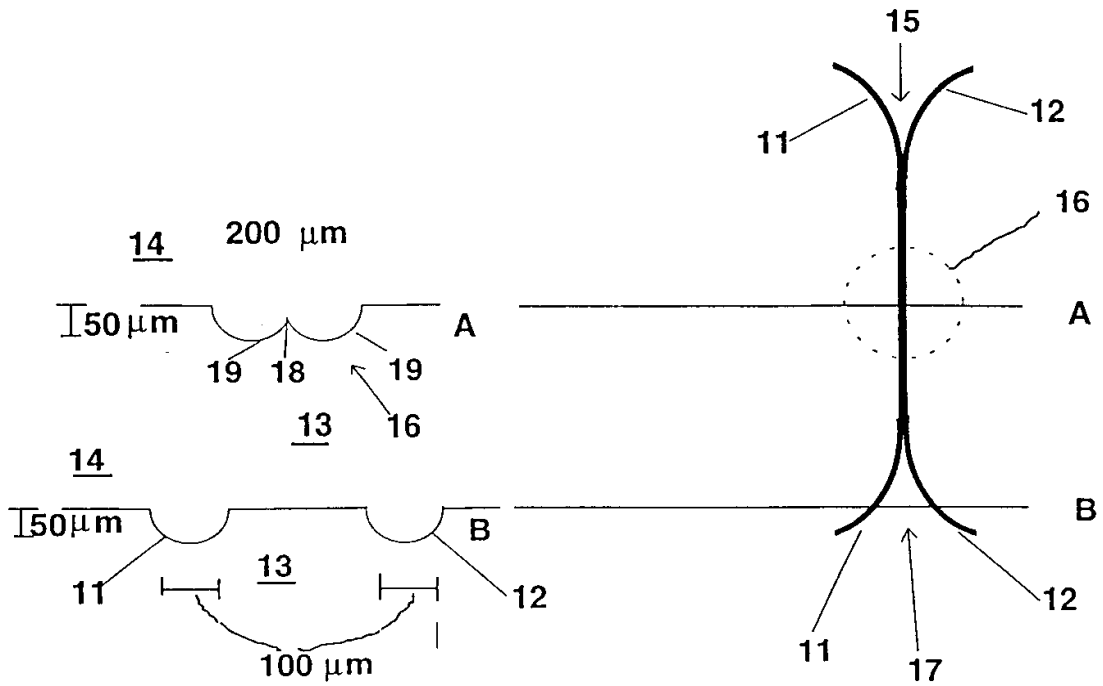


图3b

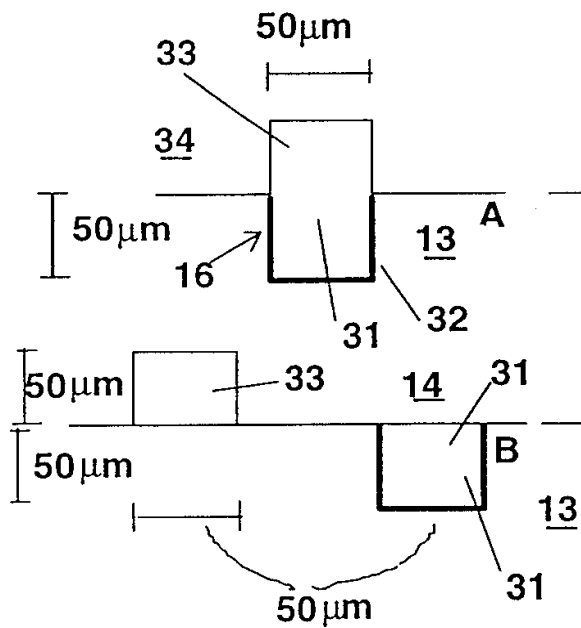


图3a

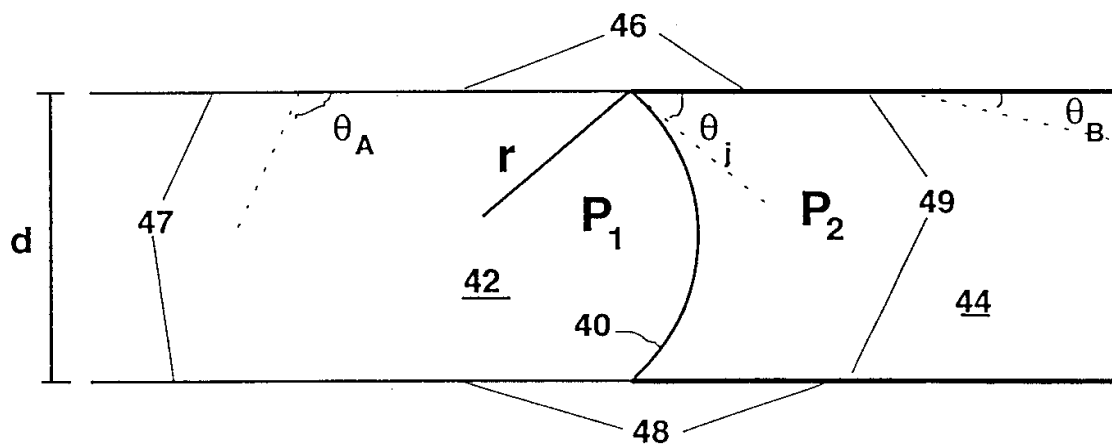
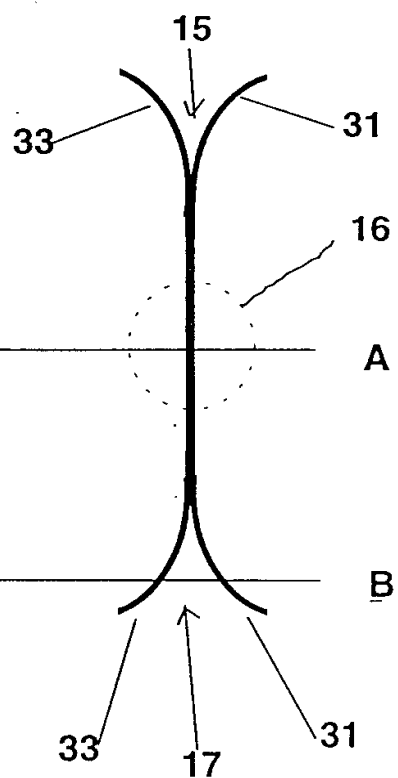


图4

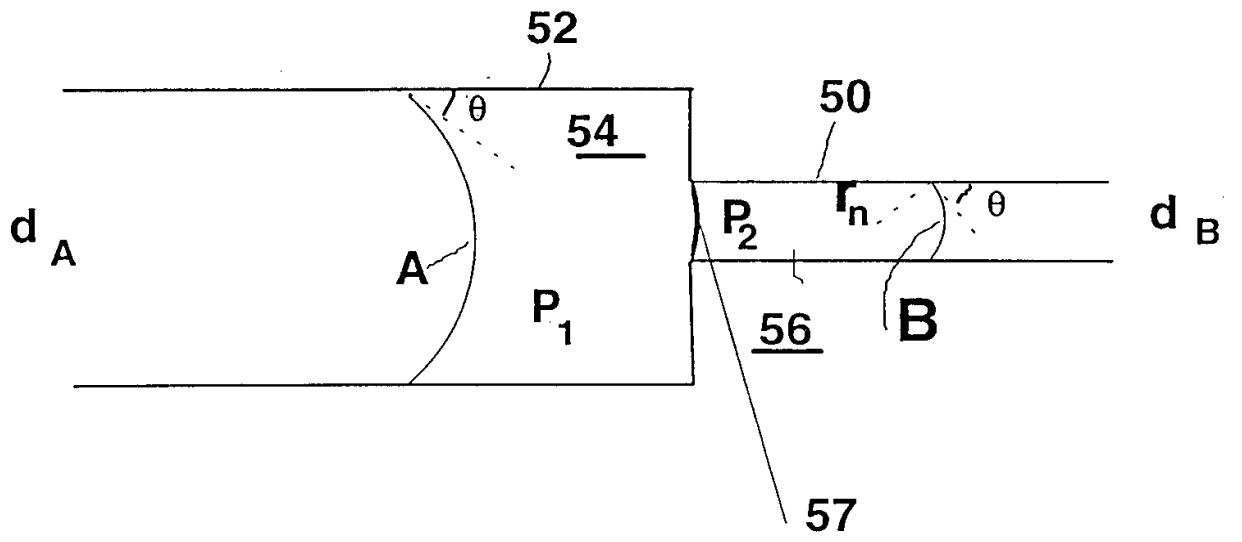


图5

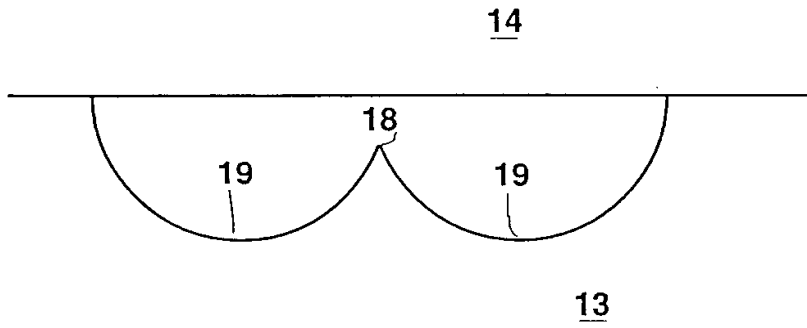


图6

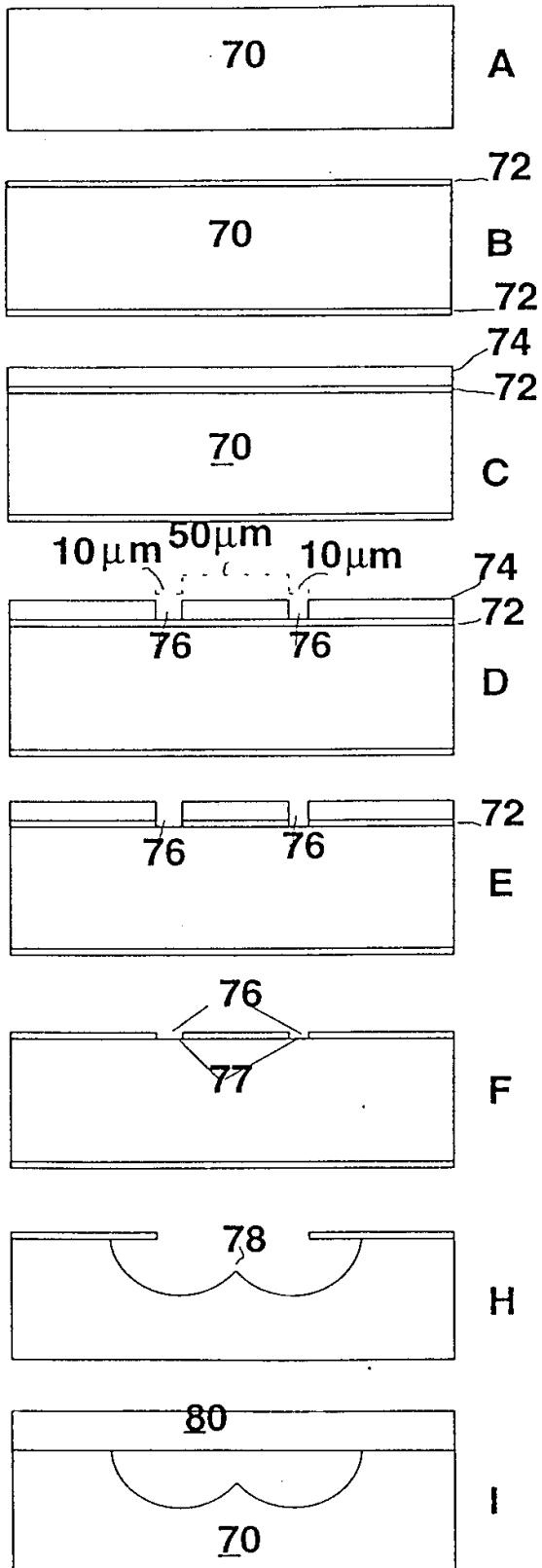


图7

图7a

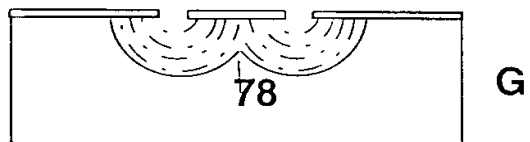
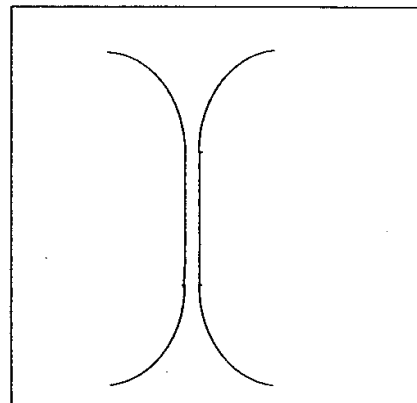
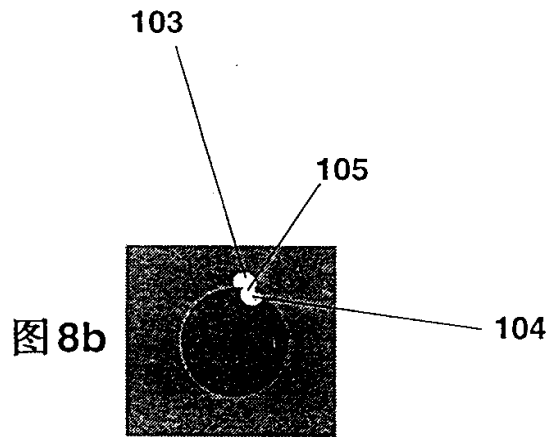
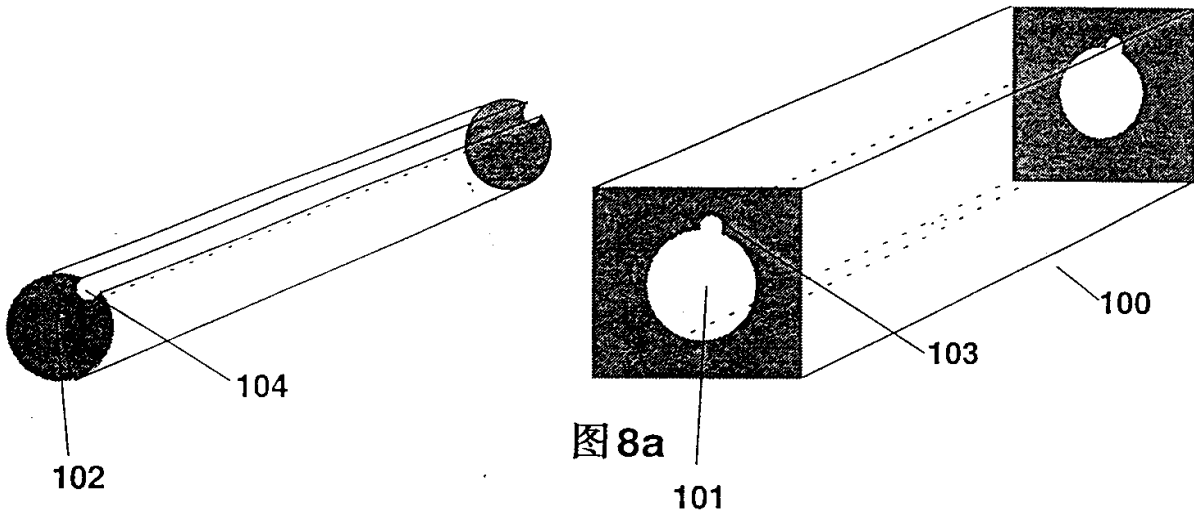


图8





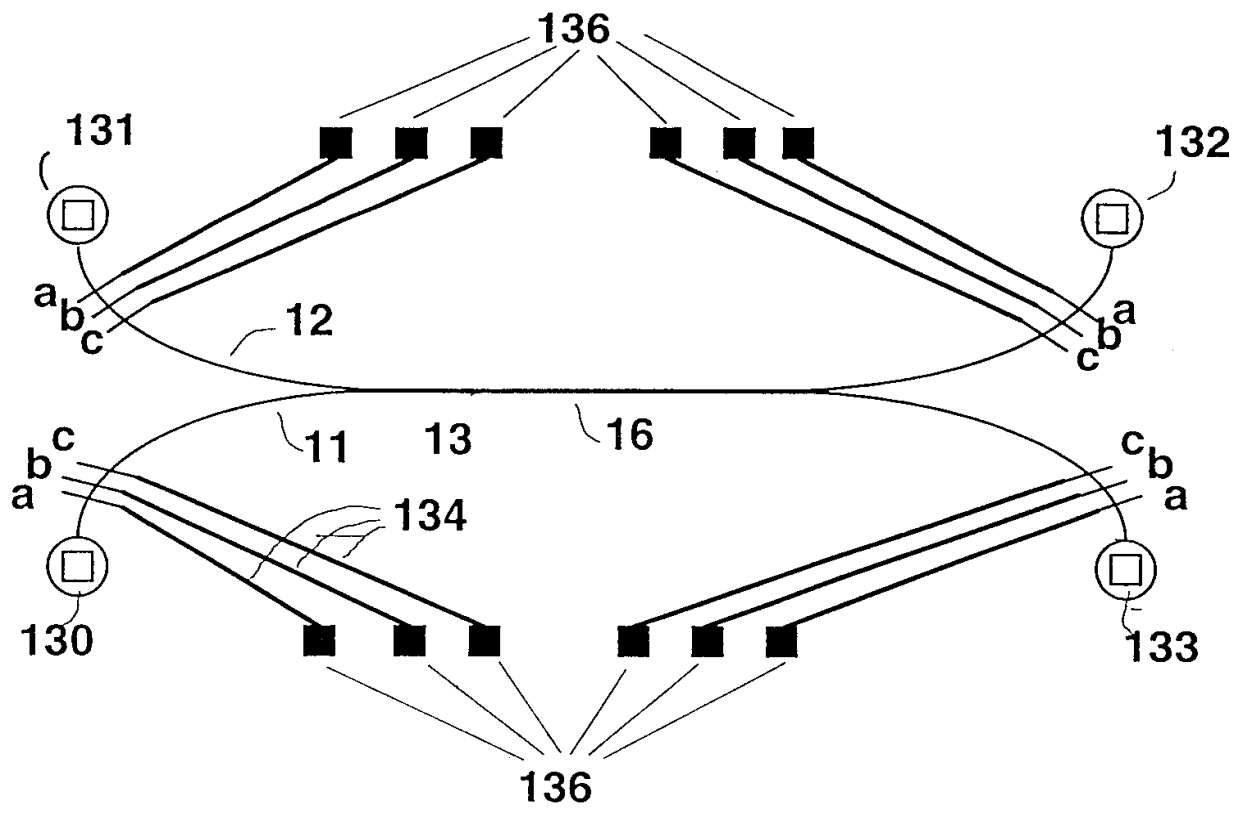


图 10

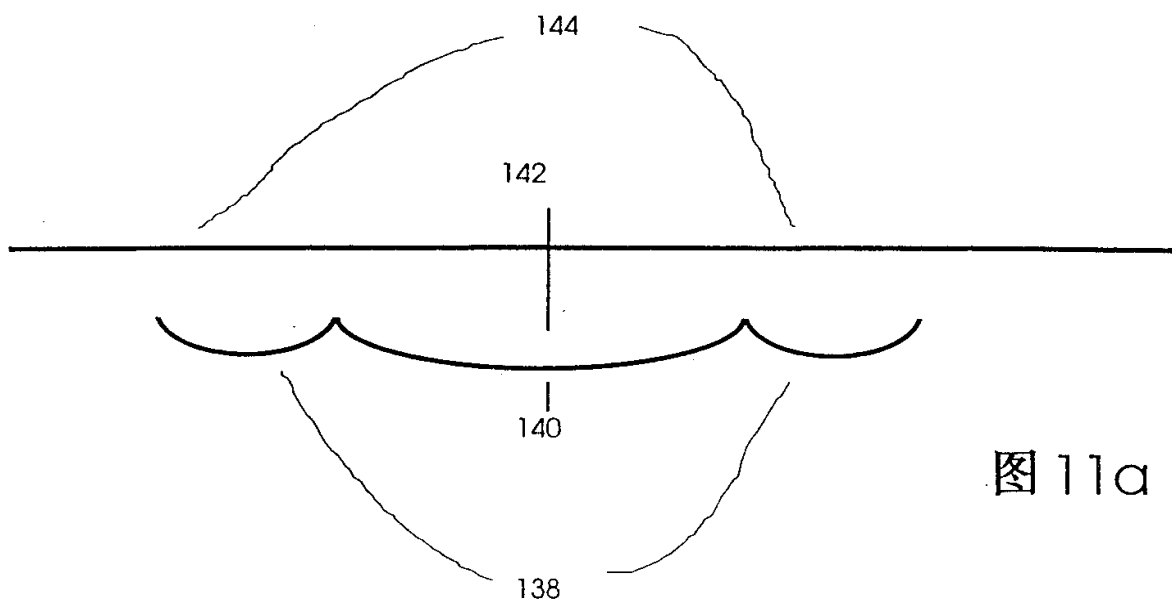


图 11a

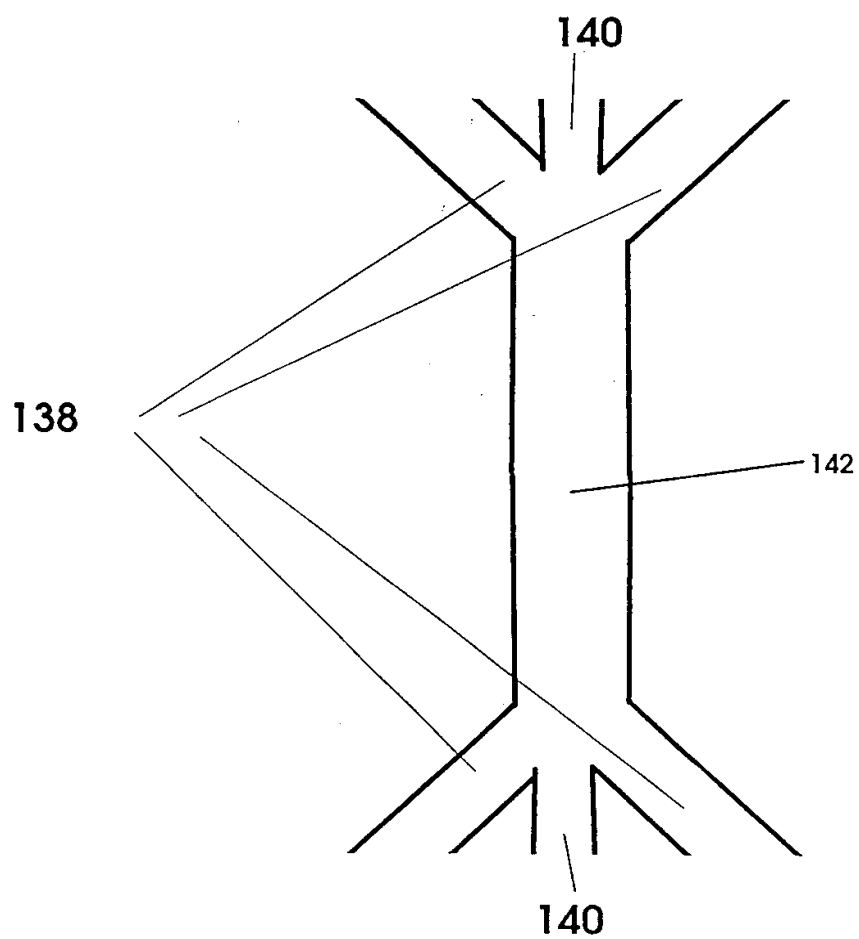


图 11b

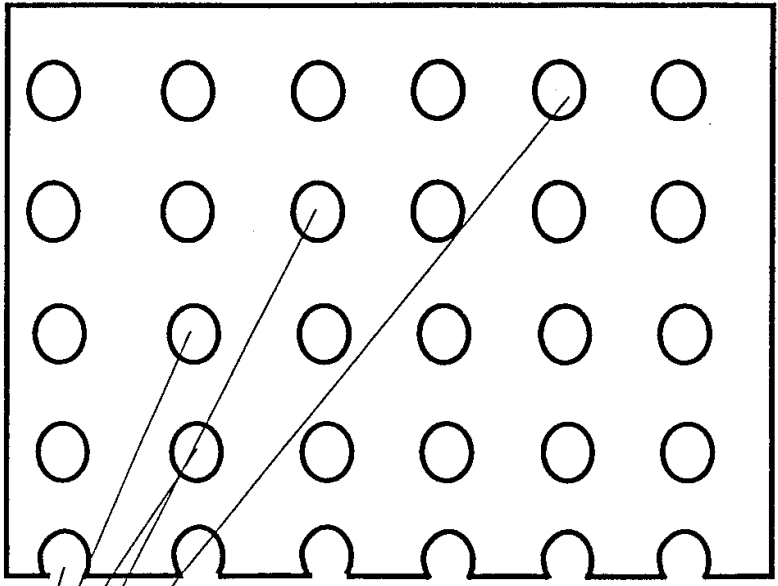


图 11c

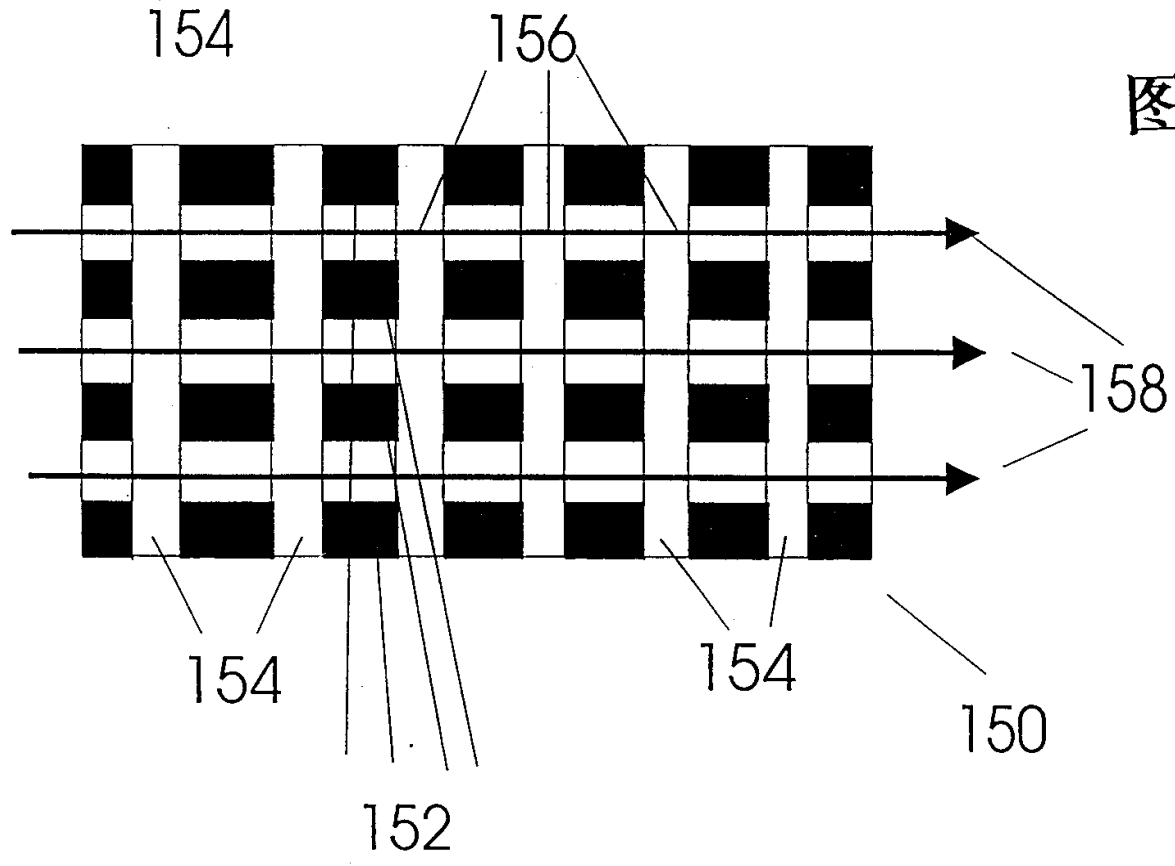


图 11d

图 11

图11e

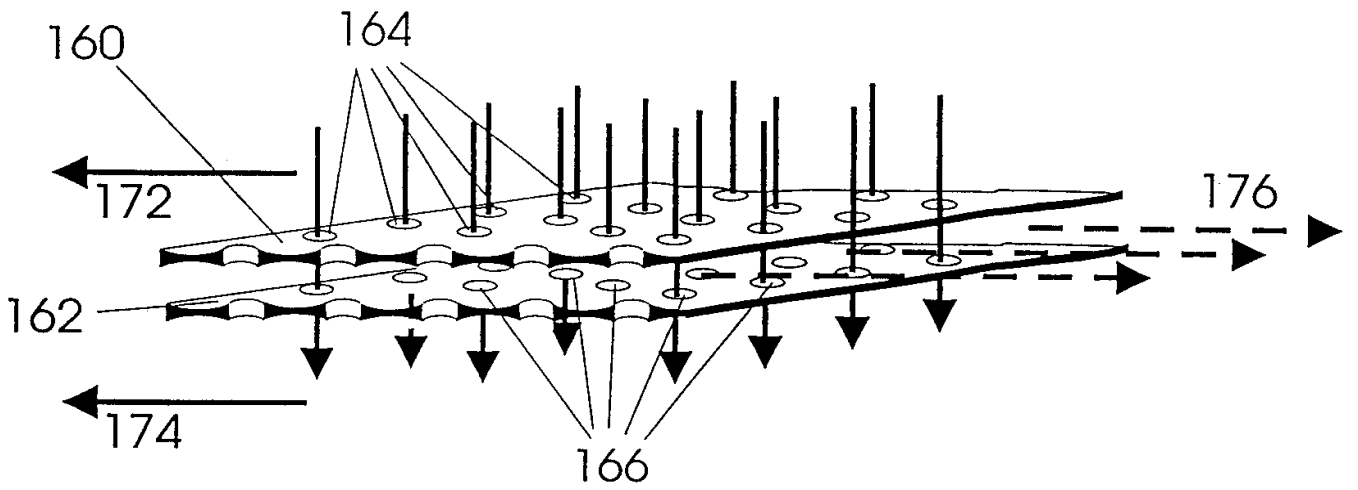


图11f

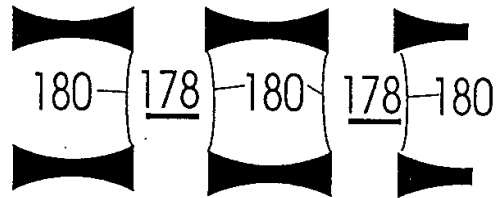
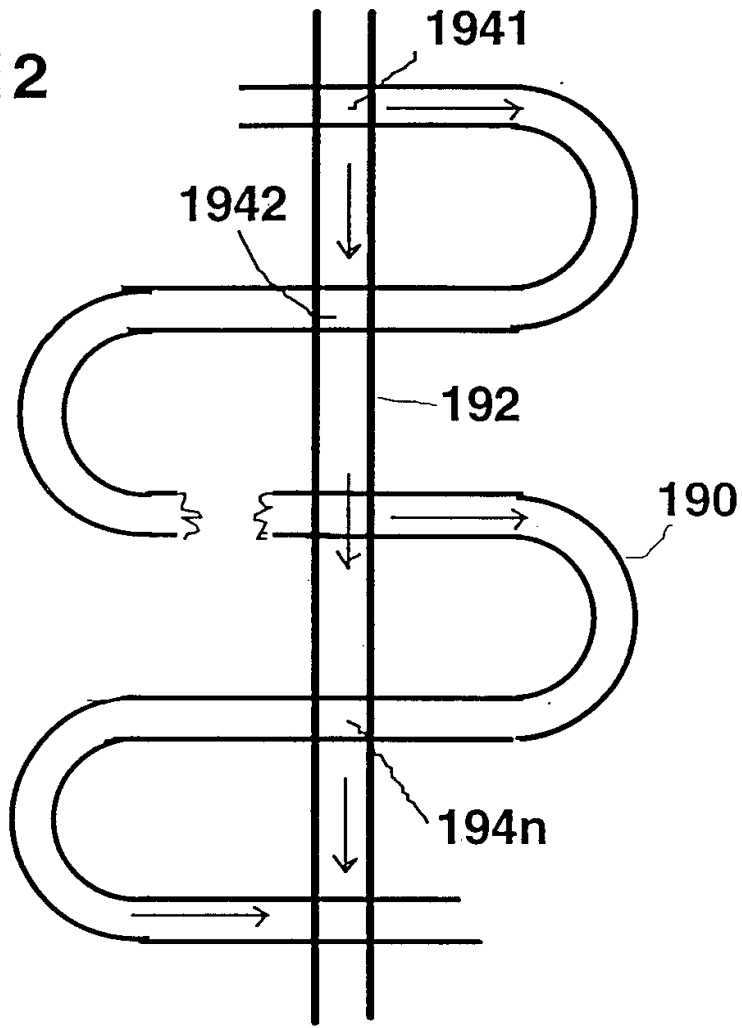


图11

图12



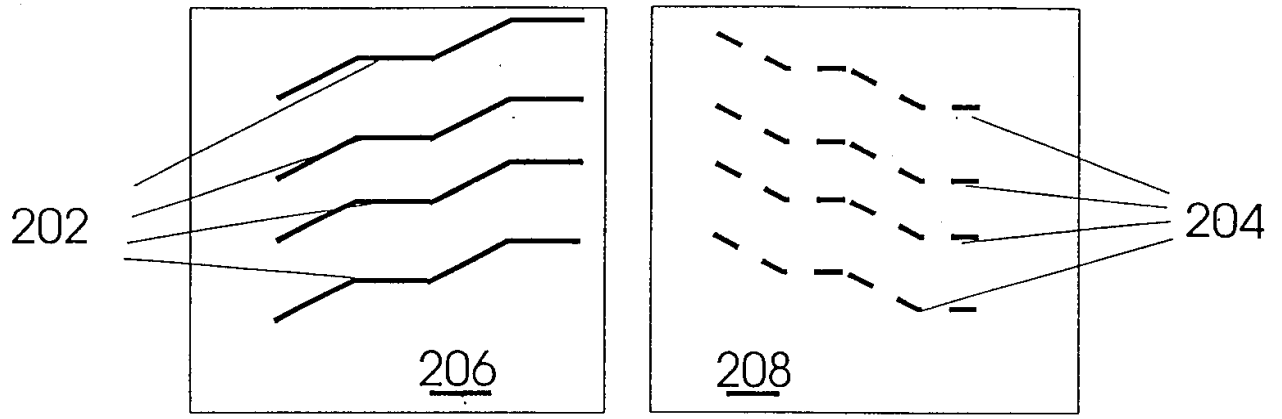


图 13a

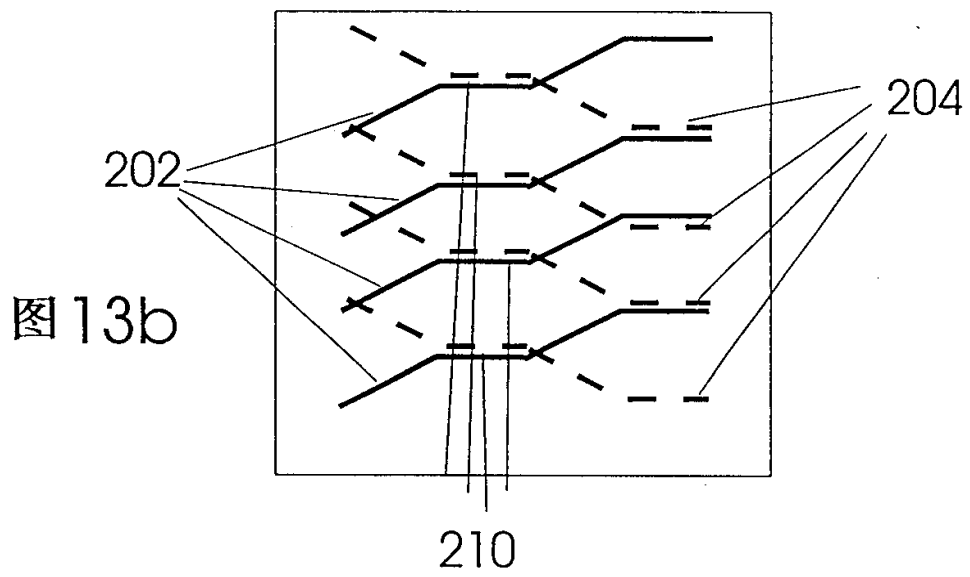


图 13b

图 13

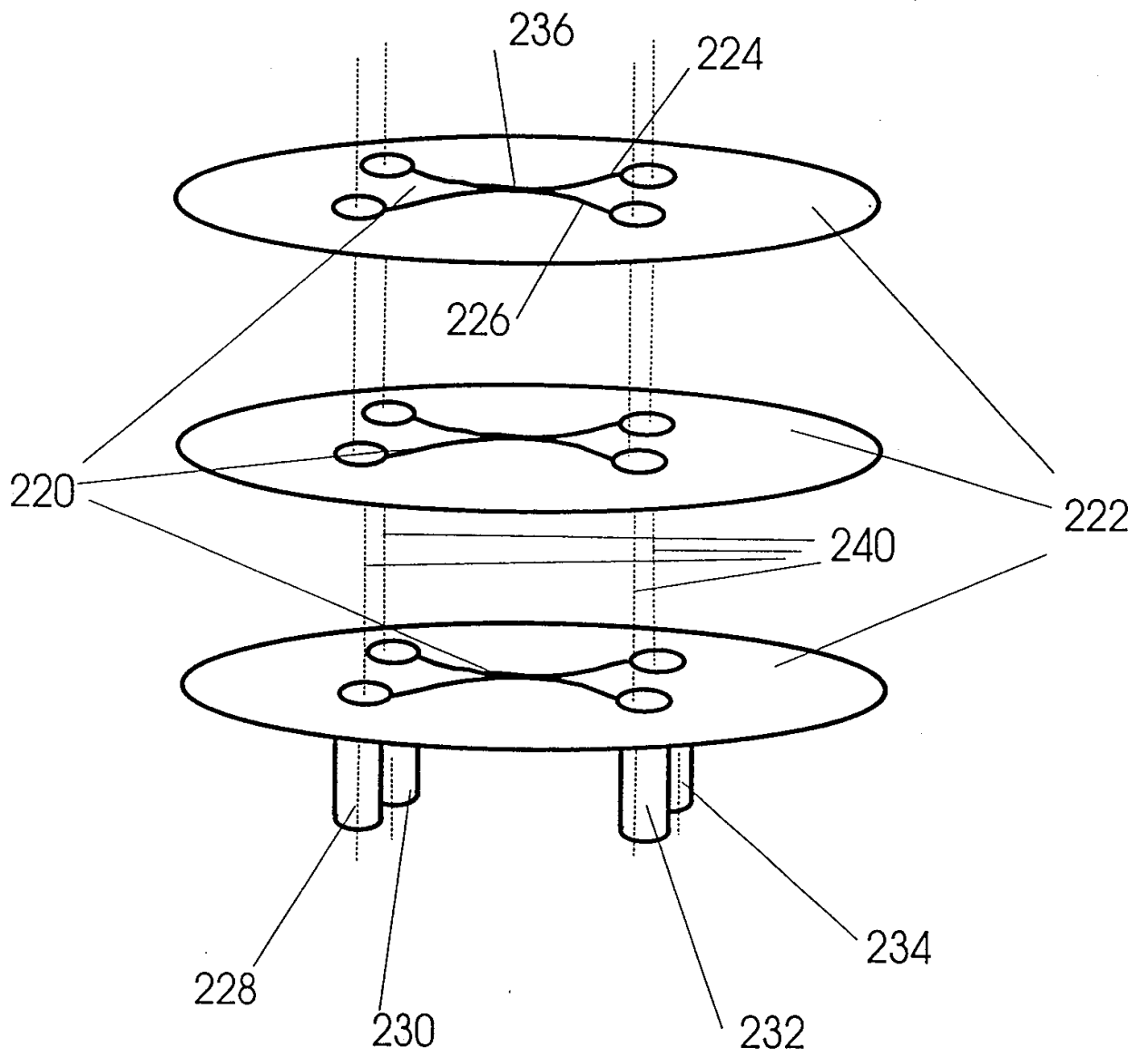


图 14