



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02815411.8

[43] 公开日 2004 年 10 月 20 日

[11] 公开号 CN 1539035A

[22] 申请日 2002.7.23 [21] 申请号 02815411.8

[30] 优先权

[32] 2001. 8. 6 [33] US [31] 09/923,139

[86] 国际申请 PCT/US2002/023305 2002.7.23

[87] 国际公布 WO2003/013729 英 2003.2.20

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.6

[71] 申请人 麻省理工学院

地址 美国麻省

[72] 发明人 莉奥奈尔·R·阿莱那

亚历山大·J·弗兰兹

弗莱弗兹·F·詹森

萨姆尔·B·沙维兹

马丁·A·施密特

[74] 专利代理机构 北京金信联合知识产权代理有限公司

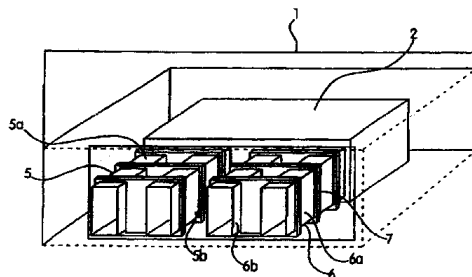
代理人 张金海

权利要求书 10 页 说明书 30 页 附图 27 页

[54] 发明名称 热效微量操作装置

[57] 摘要

一种用以热处理至少一个流体流的微量操作装置(1)，上述微量操作装置包括至少一个流体导管(5)，上述流体导管的至少一区域具有小于 50 μm 的壁厚。上述装置可以包括一个或多个热导结构，该结构同上述流体导管(5)的第一热绝缘部分和第二热绝缘部分相热连通。上述装置还可以包括一热导区域，至少一部分流体导管(5)设置在热导区域内。多个结构可以从流体导管的壁突出到导管(5)内空间中。上述结构提高了导管内流体和导管(5)壁之间的热传导。一种从基板(3)制造用以处理流体流的微量操作装置的方法，使得基板(3)的部分可选择性的去除，从而提供所需的结构整合到上述装置中。例如上述微量操作装置可以高效地反应流体试剂，生成用于燃料电池的燃料，从而获得将化学能转换为电能的系统。



1、一种用以热处理至少一个流体流的微量操作装置，上述微量操作装置包括至少一个流体导管，其特征在于上述流体导管的至少一区域具有小于  $50\mu\text{m}$  的壁厚。

2、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管具有入口，出口和在上述入口和出口之间的中间部分。

3、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管由硅氮化物构成。

4、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管的至少一个区域的壁厚小于  $5\mu\text{m}$ 。

5、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管的至少一个区域的壁厚为  $0.1 - 3\mu\text{m}$ 。

6、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于上述微量操作装置包括至少一个入口，用以将流体引入上述流体导管中。

7、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于上述微量操作装置包括至少一个出口，用以将流体从上述流体导管中排出。

8、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管具有减轻应力的形状。

9、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管通常为 U 型。

10、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于至少一个柱设置在流体导管内。

11、如权利要求 10 所述的微量操作装置，其特征在于柱由催化剂构成。

12、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于至少一个静态流体混合结构设置在流体导管内。

13、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于至少一个被动流体截止阀设置在流体导管内。

14、如权利要求 2 所述的微量操作装置，进一步包括一基板，其中流体导管包括一个或多个设置在上述基板上的入口和出口部分的区域。

15、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于催化剂设置在流体导管内。

16、如权利要求 2 所述的微量操作装置，其特征在于催化剂设置在流体导管的中间部分内。

17、如权利要求 1 所述的微量操作装置，进一步包括一传感器。

18、如权利要求 1 所述的微量操作装置，进一步包括一驱动器。

19、如权利要求 1 所述的微量操作装置，进一步包括一形成有一密封腔的基板，其中流体导管的主要部分位于上述密封腔内。

20、如权利要求 1 所述的微量操作装置，进一步包括一热电装置。

21、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于上述微量操作装置是热光伏器件的一组件。

22、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于上述微量操作装置是便携式发电机的一组件。

23、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于上述微量操作装置是制冷装置。

24、一种用以热处理至少一个流体流的微量操作装置，上述微量操作装置包括：

至少一个流体导管，和

至少一个热导结构，上述热导结构同上述流体导管的第一热绝缘部分和第二热绝缘部分相热连通。

25、如权利要求 24 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管的第一热绝缘部分是一入口部分，流体导管的第二热绝缘部分是一出口部分。

26、如权利要求 24 所述的微量操作装置，其特征在于热导结构包含硅。

27、如权利要求 24 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管的至少一个区域的壁厚小于  $50\mu\text{m}$ 。

28、如权利要求 24 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管的至少一个区域的壁厚小于  $5\mu\text{m}$ 。

29、如权利要求 24 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管的至少一个区域的壁厚为  $0.1 - 3\mu\text{m}$ 。

30、如权利要求 24 所述的微量操作装置，其特征在于至少一个柱设置在流体导管内。

31、如权利要求 24 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管具有减轻应力的形状。

32、如权利要求 24 所述的微量操作装置，其特征在于催化剂设置在流体导管内。

33、如权利要求 25 所述的微量操作装置，进一步包括一形成有一密封腔的基板，至少一个入口部分和至少一个出口部分设置在上述基板上，其中流体导管的主要部分位于上述密封腔内。

34、一种用以热处理至少两个流体流的微量操作装置，上述微量操作装置包括：

第一流体导管，

第二流体导管；和

至少一个热导结构，上述热导结构同上述第一流体导管的热绝缘部分和第二流体导管的热绝缘部分相热连通。

35、如权利要求 34 所述的微量操作装置，其特征在于第一流体导管和第二流体导管中至少一个流体导管的至少一个区域的壁厚小于  $50\mu\text{m}$ 。

36、如权利要求 34 所述的微量操作装置，其特征在于第一流体导管和第二流体导管中至少一个流体导管的至少一个区域的壁厚小于  $5\mu\text{m}$ 。

37、如权利要求 34 所述的微量操作装置，其特征在于第一流体导管和第二流体导管中至少一个流体导管的至少一个区域的壁厚为 0.1 - 3 $\mu\text{m}$ 。

38、一种用以热处理至少一个流体流的微量操作装置，上述微量操作装置包括：

热导区域；

和至少一个具有至少一热绝缘部分的流体导管，上述流体导管的至少一热绝缘部分设置在热导区域之内。

39、如权利要求 38 所述的微量操作装置，其特征在于至少一个柱设置在热导区域内的流体导管部分内。

40、如权利要求 39 所述的微量操作装置，其特征在于柱具有热导性能。

41、如权利要求 38 所述的微量操作装置，其特征在于热导区域在上述微量操作装置操作的过程中基本等温。

42、如权利要求 38 所述的微量操作装置，其特征在于热导区域包含硅。

43、如权利要求 38 所述的微量操作装置，其特征在于设置在热导区域内的流体导管部分被包在热导区域内。

44、如权利要求 38 所述的微量操作装置，其特征在于第一流体导管和第二流体导管中的至少一个流体导管的至少一个区域的壁厚小于 50 $\mu\text{m}$ 。

45、如权利要求 38 所述的微量操作装置，其特征在于第一流体导管和第二流体导管中的至少一个流体导管的至少一个区域的壁厚小于  $5\mu\text{m}$ 。

46、如权利要求 38 所述的微量操作装置，其特征在于第一流体导管和第二流体导管的至少一个流体导管的至少一个区域的壁厚为  $0.1 - 3\mu\text{m}$ 。

47、如权利要求 38 所述的微量操作装置，其特征在于至少一个柱设置在至少一个流体导管内。

48、一种处理至少一个流体流的方法，该方法包括：

提供一微量操作装置，包括至少一流体导管，上述流体导管具有热绝缘入口部分和热绝缘出口部分；以及至少一个和上述出口部分和入口部分相热连通的热导结构；

引入至少一个流体的流进入流体导管的入口部分；

在流体导管内处理流体流；及

通过上述热导结构，在上述管的出口部分和入口部分之间传导热能。

49、如权利要求 48 所述的方法，其特征在于微量操作装置进一步包括热导区域，至少流体导管的一部分设置在上述热导区域内。

50、如权利要求 48 所述的方法，其特征在于流体导管内的至少一种流体发生反应，产生至少两个流体反应生成物，上述流体包括氨水，上述流体反应生成物包括氢和氮。

51、如权利要求 48 所述的方法，其特征在于流体导管内的至少两种流体发生反应，产生至少两个流体反应生成物，上述流体包括甲醇和水，上述流体反应生成物包括氢和二氧化碳。

52、如权利要求 48 所述的方法，其特征在于流体导管内的至少两种流体发生反应，产生至少两个流体反应生成物，上述流体包括空气和丁烷，上述流体反应生成物包括水和二氧化碳。

53、如权利要求 48 所述的方法，其特征在于流体导管内的至少两种流体发生反应，产生至少两个流体反应生成物，上述流体包括空气和丁烷，上述流体反应生成物包括氢和一氧化碳。

54、如权利要求 49 所述的方法，进一步包括：

提供具有入口部分和出口部分的第二流体导管，上述流体导管的至少一部分设置在热导区域内；

将上述流体反应生成物的至少一部分从上述流体导管的出口部分引入燃料电池；

将存在于上述燃料电池的至少一部分流体引入到第二流体导管的入口部分；

在上述第二流体导管内，将上述燃料电池存有的流体部分发生反应，生成热能，并加热上述热导区域。

55、如权利要求 48 所述的方法，进一步包括在至少流体导管的一区域内提供催化剂。

56、一种便携式发电机包括：



一微量操作装置，上述微量操作装置包括

至少一个流体导管，和

至少一个热导结构，上述热导结构同上述流体导管的第一热绝缘部分和第二热绝缘部分相热连通；及

一燃料电池和上述流体导管相流体连通。

57、一种发电方法包括：

提供一微量操作装置，上述微量操作装置包括

至少一个流体导管，和

至少一个热导结构，上述热导结构同上述流体导管的第一热绝缘部分和第二热绝缘部分相热连通；

提供燃料电池和流体导管相流体连通；

在上述流体导管内生成燃料；及

将上述燃料输送到上述燃料电池。

58、如权利要求 57 所述的方法，其特征在于燃料包括氢。

59、如权利要求 57 所述的方法，其特征在于燃料的生成包括在流体导管内将至少一种流体流发生反应，从而生成至少两种流体反应生成物，上述流体包括氨水，上述流体反应生成物包括氢和氮。

60、如权利要求 57 所述的方法，其特征在于燃料的生成包括在流体导管内将至少两种流体流发生反应，从而生成至少两种流体反应生

成物，上述流体包括甲醇和水，上述流体反应生成物包括氢和二氧化碳。

61、如权利要求 57 所述的方法，其特征在于燃料的生成包括在流体导管内将至少两种流体流发生反应，从而生成至少两种流体反应生成物，上述流体包括空气和丁烷，上述流体反应生成物包括氢和一氧化碳。

62、一种制造用以处理至少一个流体流的装置的方法，上述方法包括：

将基板设置花纹，从而形成至少一个具有接近外界的壁的管模，以及形成至少一个与外界不接近的释放凹部；

沉淀一薄膜，用以覆盖上述管模的壁；及

利用化学蚀刻剂去除基板的选定区域，从而形成至少一个流体导管。

63、如权利要求 62 所述的方法，进一步包括通过控制沉淀在上述管模壁上的薄膜厚度，来限定至少流体导管的一个区域的壁厚。

64、如权利要求 62 所述的方法，进一步包括提供具有至少一个设置在基板上的开口端的流体导管。

65、如权利要求 62 所述的方法，其特征在于上述刻蚀使得保留的上述基板的不连续部分和上述流体导管热连通。

66、如权利要求 62 所述的方法，其特征在于去除基板的选择区域提供了至少一个基板的热导结构，上述热导结构同流体导管的热绝缘的第一部分和流体导管的热绝缘的第二部分相热连通。

67、如权利要求 62 所述的方法，其特征在于去除基板的选择区域提供了至少一个基板的热导结构，其中上述热导结构同第一流体导管的热绝缘部分和第二流体导管的热绝缘部分相热连通。

68、如权利要求 62 所述的方法，其特征在于流体导管的部分保持在基板的一非刻蚀热导部分上。

69、如权利要求 62 所述的方法，其特征在于上述装置包括流体导管内的柱。

70、如权利要求 62 所述的方法，其特征在于支柱包括基板材料。

71、如权利要求 62 所述的方法，其特征在于基板的花纹设置提供了在上述管模内的结构，该结构为流体导管内的静态流体混合结构。

72、如权利要求 62 所述的方法，其特征在于基板的花纹设置提供了在上述管模内的结构，该结构为流体导管内的被动流体截止阀。

73、如权利要求 1 所述的微量操作装置，其特征在于流体导管包括至少一个结合处，在此处一个导管和至少两个导管相连。

74、如权利要求 30 所述的微量操作装置，其特征在于柱具有热传导性能。

75、如权利要求 57 所述的方法，其特征在于燃料包括氢和一氧化碳。

## 热效微量操作装置

和本申请相关的参考

相关本发明的工作部分由 DARPA 合同 No.F30602 - 99 - 2 - 0544 所支持。政府对于本发明也可具有一定的权力。

### 技术领域

本发明通常涉及一种流体的高效热处理的微量操作装置。尤其是，本发明涉及一种具有改进热效率的进行流体处理的微量操作装置。这里所使用的流体处理包括将流体流进行化学反应，加热，冷却，过滤，吸附，解吸附，和 / 或相变（例如蒸发和凝结）。本发明可以用于，例如，发电的化学物质的处理。

### 背景技术

微量操作流体装置包含所有处理成分（例如气体，液体，固体颗粒（例如小珠），复杂分子（DNA），及其混合物）和具有微小特性（最小特征尺寸小于  $500\mu\text{m}$ ）的系统。这样的微量操作装置已经应用于众多领域，包括生化分析（例如毛细血管电泳分离），小规模化学合成，以及反应动态测量。微量操作装置的固有小尺寸使得流体流率明显变小，减小系统尺寸，在很多情况下提高了性能。

现有技术公开了不同的流体处理微量操作装置。例如美国专利 No.6192596 提供了一种活性微通道流体处理单元以及制造这种单元的方法。平行的微通道阵列由热导翅片所分隔，从而提供了与通过上述微通道的流体进行热传递的机构。

5 美国专利 No.6193501 公开了一种亚毫米级的微燃烧室。优选的实施例包括至少三个晶片的晶片堆栈，中央的晶片容纳有一燃烧腔。还至少包括一个出口和一个入口，用以放入试剂，和排出火焰。

美国专利 No.4516632 公开了一种微通道层间交渗流体热交换器以及这种交换器的制造方法。上述热交换器是由薄金属板粘在一起的堆  
10 栈而形成。

流体处理微量操作装置的一个可行应用就是便携式发电机。该应用前景广阔，是因为化学燃料的能量密度超过现有可用电池的两倍。但是要利用高能量密度的化学燃料和完成用以便携式电源的电池，就必须有合适的高效设计用以将化学能转换成电能的微小尺寸的燃料处  
15 理器/发生器。燃料处理器/发生器通常需要高温区以保持所需的反应。上述为维持温度而消耗的能量减小了整个系统的效率。当装置的尺寸变小，就越来越难以保持高效燃料处理所需的热梯度和热绝缘。现有的微量操作燃料处理装置中，需要用以维持高温区域温度的能量比燃料中所含有的能量还要多，这就排除了上述装置用以便携式发电  
20 的可能性。

热管理 (thermal management) 对于生产在不同温度下具有单独特性的高效装置是至关重要的。尤其是微量操作发电系统反应带的热隔

5 绝是最重要的。对于微量操作非流体装置，热管理是通过利用长、薄和 / 或非导支撑物并通常由真空包装协助下来得以完成。举例来说，提供有热管理的非流体微量操作装置包括由美国专利 No.5021663 和 5789753 公开的测辐射热仪。但本发明人认为微量操作流体装置增加了三个独特的难题：需要闭合连接热区域的流体结构；通过热对流增加热流的趋势；经常需要具有所在的区域等温的流体导管侧壁。这样除了用于非流体热装置中的已知发明和技术以外，一个成功的微量操作流体装置的热管理技术方案必须包括一个同高温区域流体连通的装置，而并不会引起过多的热量流经静态结构或运动流体。这就需要在这技术方案中，可以保证上述装置的特定区域的热均匀性。

10 所以，有利的是提供一种微量操作装置能够高效的至少进行一种流体的化学处理，其中高温反应带和周围环境相隔开。同样有利的是提供一种微量操作装置用以进行流体试剂的化学反应，其中装置的操作消耗的能量小于流体试剂所产生的能量。这样的装置可以作为便携式发电机的一部分。

### 发明内容

本发明满足上述的需要，提供一种微量操作装置用以热处理至少一种流体流。上述微量操作装置包括至少一个流体导管，至少一个流体导管的区域具有小于 50 $\mu\text{m}$  的壁厚。

20 本发明进一步满足上述的需要，提供一种微量操作装置用以处理至少一种流体流，其中该装置结合有至少一个流体导管和至少一个热

导结构。上述热导结构同上述流体导管的第一热绝缘部分和第二热绝缘部分相热连通。

5 本发明进一步满足上述的需要，提供一种微量操作装置用以处理至少两种流体流，其中包括第一流体导管，第二流体导管和至少一个热导结构。热导结构同上述第一流体导管的热绝缘部分和第二流体导管的热绝缘部分相热连通。

10 本发明额外提供一种解决方案，提供一种微量操作装置用以处理至少一种流体流，其中上述装置包括热导区域和至少一具有至少一热绝缘部分的流体导管。上述流体导管的至少一热绝缘部分设置在热导区域之内。

15 本发明进一步涉及一种方法，用以处理流体流。该方法包括提供一具有至少一流体导管的微量操作装置，上述流体导管具有热绝缘入口部分和热绝缘出口部分，以及至少一个和上述出入口相连通的热导结构。至少一个流体的流被引入流体导管的入口，流体流在流体导管内被处理。上述热导结构在上述管的出入口之间传导热能。

20 本发明还提供一种包括按照本发明构造的微量操作装置的发电机。上述微量操作装置包括至少一个流体导管和至少一个热导结构。热导结构同上述流体导管的第一热绝缘部分和第二热绝缘部分相热连通。燃料电池和流体导管相流体连通，燃料在流体导管中产生并被输送到燃料电池用以发电。

本发明还公开了一种方法，用以制造处理至少一个流体流的装置。上述方法包括将基板设置花纹，从而形成至少一个具有接近外界的壁的管模，以及形成至少一个与外界不接近的释放凹部，沉淀一薄膜，用以覆盖上述管模的壁，而不是释放凹部，利用化学蚀刻剂去除基板的选择区域，从而形成至少一个流体导管。

本发明的微量操作装置实施例克服了上述将该装置用于便携式发电所遇到的困难。利用流体试剂，本发明的微量操作装置可以用于化学反应，而上述装置消耗的能量完全小于反应生成物产生的能量。本发明的这些和其他优点将通过本发明的下列说明变得更加显而易见。读者也可以在制造和/或使用本发明中的微量操作装置时，理解本发明那些额外的细节和优点。说明书正文。

### 附图说明

图 1 (a) 是根据本发明构造的、用以处理流体的微量操作装置的实施例的简图。图 1 (b) 是图 1 (a) 的实施例的侧视图。图 1 (c) 是图 1 (a) 的顶视图。

图 2 是根据本发明构造的、用以处理流体的微量操作装置实施例放大约 20 倍的扫描电子显微图。

图 3 是根据本发明构造的、用以处理流体的微量操作装置实施例放大约 100 倍的扫描电子显微图，其中特别示出了根据本发明的柱。

图 4 (a) 是结合有柱的本发明实施例的简图。图 4 (b) 是图 4 (a) 的实施例的顶视图，其中包括有被动流体截止阀。



图 5 (a) 到 5 (k) 说明了形成根据本发明构造的微量操作装置的制造过程。

图 6 (a) 为利用真空包装, 反射涂层和低放射涂层的本发明实施例顶视图。图 6 (b) 是图 13 (a) 的实施例的侧视图, 并进一步示出了包装层。

图 7 描述了本发明的通常 U 型薄壁管的实施例。

图 8 (a) 和图 8 (b) 说明了在一个根据本发明构造的、用以处理流体的微量操作装置实施例中, 在流体导管出口和入口部分, 流体和热流的有限元模拟结果。

图 9 是显示根据本发明构造的微量操作装置的作为系统功率函数的模拟氨水裂解器和系统效率的图表, 并且加入了传统的质子交换膜 (PEM) 燃料电池系统。

图 10 (a) 描述了根据本发明构造的微量操作装置进行氨水裂解的过程。图 10 (b) 描述了根据本发明构造的微量操作装置进行甲醇重组的过程。图 10 (c) 描述了根据本发明构造的微量操作装置进行的丁烷部分氧化。图 10 (d) 描述了根据本发明构造的微量操作装置产生热电的过程。

图 11 是微量操作装置电阻加热器的电阻在三种不同的电压下作为大气压力的函数的坐标图。

图 12 (a) 是在根据本发明构造的微量操作装置实施例中, 流体导管中的铱催化剂放大约 20 倍的反射光学显微图。图 12 (b) 是在根据

本发明构造的微量操作装置实施例中，流体导管中的铌催化剂放大约50倍的透射光学显微图。图12(c)是在氨水每分钟4标准立方厘米的流率(SCCM)的情况下，在根据本发明构造的微量操作装置的热导区域内，四极质谱仪(QMS)信号强度对于铌催化剂之上的氨水裂解的时间的坐标图。

图13(a)是根据本发明构造的、用以处理流体的微量操作装置的照片。图13(b)为图13(a)实施例的图像，其中热导区域被加热到1832°F(1000°C)。

### 具体实施方式

本发明提供有用以解决微量操作装置高效流体处理所需的保持热渐变和热绝缘的解决方案。可以相信，本发明的发明人对于微量操作流体系统热管理的解决方案足以完成便携式燃料处理和发电装置。本发明用以燃料处理和发电领域的应用使得微量操作便携式电源得以发展，其能量强度至少大于现有电池一倍。

可以相信，本发明可以为便携式发电机带来极大的好处。便携式发电机的能量强度的巨大改进极大冲击了具有数百亿美元计的电池工业，并为整个目前低能量强度电池现有的市场，通过技术开辟了新的市场和应用。除了发电领域，本发明还可以用于其他更广泛的领域，包括小规模化学合成，化学感应与分析，微制冷(例如电子或超导)，微热量计，热光电发电，斯特林循环，催化剂测试以及大范围的生化试验，这包括生物测定，化学和生物传感和高通量扫描。

这里所使用的词“流体”是指一个或多个气体，液体，固定颗粒（例如小珠），复杂分子（DNA）及其组合物。

这里所使用的词“微量操作装置”具有本领域通常的含义，是指包括具有小于 500 $\mu\text{m}$  的最小尺寸结构的装置。

5           这里所使用的词“柱”意味着一具有任何几何截面的中空或实心细长结构。举例来说，但并不限制本发明，柱的截面可以具有任何闭合形状的周界，例如圆形，椭圆，方形或矩形。

这里所使用的词“基本等温”意味着基本等温区域上的温度变化小于整个装置温度变化的五分之一。装置的温度变化可以由本领域技  
10           术人员以不同方式来测量。一种方式可以为装置的热红外成像。另一种方法可以为将温度传感器放置于装置的各个位置上。

这里所使用的词“基本绝缘”和“基本传导”在本发明给定的实施例中限定了热导系数的一相对区别。尤其是如需要维持所需结构温差的能量所确定的，热绝缘结构的热导系数至少小于热导结构两倍，  
15           优选为 10 倍。例如可以通过直接测量，在合适的时候，模拟来确定热导系数。例如“热绝缘”管可以具有薄壁，优选厚度小于 50 $\mu\text{m}$ ，但本发明并不限于此。

这里所使用的词“管”意味着具有内、外周界的中空结构，截面可为任意几何形状并允许流体通过。例如管的截面可以具有任何闭合  
20           形状的周长，例如圆形，椭圆，方形或矩形，但本发明并不限于此。

本发明的一个实施例提供了一种单独薄壁管，其可以利用于高温流体处理。本发明人发现具有薄壁的管，优选厚度小于  $50\mu\text{m}$ ，尤其是优选为厚度小于  $5\mu\text{m}$ ，对于本发明尤其有用，这是因为薄壁可以减少沿着管纵向轴线的热传导，即使管跨越不同温度的区域。为了进一步减小热传导，上述管还可以优选为由热绝缘材料制造。

具有薄壁的管可以由现有多种技术制造。一种详述的优选技术涉及用包管（encased tubes）制造一相对的实体模，随后于管材料的薄膜沉淀，通过侵蚀环绕模将上述管释放。该技术提供了具有由沉淀厚度确定的壁厚的独立管。

在本发明微量操作装置的一个实施例中，至少一个热导结构同上述流体导管的第一热绝缘部分和第二热绝缘部分热连通。和上述热导结构相热连通的两个部分温度不同，热能从高温部传递到低温部。

当从一个区域流到另一区域时，质量守恒需要固态操作的装置具有精确的质量。结果，由于气体离开区域的热量损失就可以在转换为流体时减少为最小。本发明的另一实施例，通过将上述热导结构放在流体导管的热绝缘出口和入口之间而进行热交换。优选的是上述管平行于上述出入口的纵向轴线，可以布置为 U 型。热量从上述管流出，由于对流因热量从出口的传导而得以改善，高温反应产生热流动，经过上述流体导管入口所在的区域。理想的是，热导结构在装置操作过程中基本等温。并具有最小尺寸，通常大于管壁的尺寸，并由相对高热导系数的材料制成，从而产生热流。优选的是，热导结构由硅制成。

本发明的另一实施例提供了一种具有至少一个热导结构的流体导管，上述热导结构和流体导管的热绝缘入口和热绝缘出口向热连通。这些热导结构进一步减小了对流损失，从而使得流体处理可以在高温和/或低流率条件下进行。例如，热导结构可以基本和流体导管相正交，以使得当在出入口之间进行热传动时，沿着上述管的长度不会增加热传导。可以理解，流体的方向平行于流体导管特定区域的纵向轴线。多重热导结构沿着上述流体导管的出入口相间隔开，用以提高上述管任何所需长度的热交换。

在本发明的一个实施例中，流体导管可以包括柱。下面将详细说明包括柱的好处。

本发明的另一实施例提供有一种基本绝缘的热导区域，至少设置有一流体导管的部分。至少流体导管的一区域是热绝缘的。例如，但本发明并不限于此，流体导管部分可以为整体或部分嵌入或包住热导区域。上述热导区域的热均匀性有助于薄壁管的嵌入或包住部分上发生的反应均匀，这样就可以提高反应生成物的可选择性和/或改善对流。上述热均匀区域也可以通过消除局部过热来最小化材料限制，最大化热光电（TPV）应用的放射，和/或最大化产生热电（TE）的区域。热均匀性还可以有助于分析应用，其中至关重要的就是在一已知的温度测量某一物理性能。可以理解，当热导区域内的流体导管的壁在流体处理过程中基本等温时，上述管内的流体并不需要等温。

本发明还认识到流体导管内的流体可以为较差的热导体，在上述管的中央，引起上述管壁到流体区域的热渐变。这种非均匀性可以由

流体导管内的结构所减小，上述结构设计用以降低必须通过流体到达上述管壁的平均距离。例如，但本发明并不限于此，柱阵列可以位于上述管内，突出于管的内壁并伸进管内空间中。上述柱优选为热导材料，尤其是直径大于流体导管壁厚，并相对于管壁材料，选用热导系数较高的材料。上述柱也可以用以上述位于上述出入口之间的热导结构，出口包含高温流体，管的入口包含温度较低的流体。上述柱也可以用以等温结构，以提高等温结构内的流体的热均匀性。

在本发明微量操作装置的另一实施例中，至少一个热导结构同上述流体导管的第一热绝缘部分和第二热绝缘部分热连通。和上述热导结构相热连通的两个部分温度不同，热能从高温部传递到低温部。

在不限制本发明的范围内，一个实施例中结合有具有基本等温热导区域和/或热导结构的多重管。该结合提供了一种额外的改进，使反应产生的热量用以其他的吸热反应。例如氢气可以在存在空气的条件下燃烧产生水。该反应产生热能，用于氨水分解为氢和氮。

在本发明的实施例中，上述管的开口端被包在一普通基板上，以便于和外界相连通。

在本发明微量操作装置的实施例中，上述管端部的外壳延伸，从而产生一密封腔环绕上述微量操作装置部分。密封腔用以控制上述结构周围的压力。例如密封腔可以被抽真空以减少从上述微量加工装置外表面的传导和对流损失。而且密封腔可以充满气溶胶，用以减少传导和对流和/或放射损失。另外，将上述腔的内表面涂覆反射膜和/或在上述微量操作装置外表面涂覆非放射材料都可以减少放射损失。

本发明的微量操作装置的实施例中，可以构造为上述装置的高温部分用以直接电能转换。这可以通过利用热电（TE）或热光电（TPV）方法来得以实现。

5 可以考虑，本发明的某些实施例中，流体导管可以具有不仅一个出口和入口部分。这样的导管可以根据这里的描述进行制造，并进行合适的修改，成型为多重入口和/或出口。

在本发明的某些实施例中，流体导管可以分为多个导管。另外，一个导管可以由至少两个导管的结合处形成。

例如，但本发明并不限于此，可以考虑两个或更多下列的结合：  
10 薄壁管，热绝缘管，柱，热导结构，等温区域，热导柱，多重管，多重出入口，一个管分为多个管，多重管结合为一个管，管端部包管，具有不同特性的密封腔的包装，和/或包括直接能量转换装置。本发明人还考虑到这些元件可以和已知流体装置的其他元件、装置、特性相结合。这些包括热电堆，例如发电机，冷却，或温度感应。一可选  
15 或黑体发射器用以发光，可以结合到本发明的装置中，用于热光电发电机。微量操作装置也可以结合不同的传感器，包括阻抗温度传感器，图像声音光谱机构，IR 光谱机构，电容传感器，热导传感器，流量传感器，化学传感器，以及其他不同的传感器。上述微量操作装置还可以结合有驱动器，例如电阻加热器，用以电泳或电渗流体的电极，用  
20 以电化学的电极，阀，泵以及其他驱动器。

根据本发明构造的微量操作装置的一个实施例中包括至少一个具有热绝缘入口部分的流体导管。该入口将流体引入到导管位于热导区

域的中部。流体导管还具有将流体引出导管中部的出口部分。热导结构和出入口都接触。这样流体流的方向和传导热流的方向就可以分开控制。也就是说，流体流的方向就是导管的方向，传导热流至少部分经过上述热导结构。流体流和传导热流就可以由热绝缘管部分和热导结构相差巨大的热导系数而隔开。这种热导系数的差别是利用导管非常薄的壁尺寸结构（50 $\mu\text{m}$ 以下）和热导结构的大尺寸结构而获得的。优选的是，额外的热导系数差别是通过热绝缘管部分和热导结构的不同材料来加以获得的。热导结构的材料热导系数高于热绝缘管的材料。上述装置可以被包装，利用本领域普通技术人员所熟知的微制造技术，使得上述出入口和中间部分处于真空环境中。上述装置也可以利用 IR 反射器衬里在真空中和在装置上涂覆低发射率涂层进行包装，以使得辐射热量损失最小。例如，但本发明并不限于此，可以利用 IR 反射材料例如铝来涂覆硅板。

在用以流体处理的微量操作装置的一个实施例中，冷流体制剂在室温情况下经过一基板，被引入到流体导管的热绝缘入口。上述流体进入流体导管的中间部分，该流体导管被一热导区域包住。反应发生在流体导管的中间部分。但流体也可以在总监或其他部分发生反应。由于反应，上述流体被引到流体导管的绝缘出口部分。出入口之间设置有一个或多个热导结构并与之接触，热量从流体导管出口部分的流体转移到入口部分的流体试剂中。由于热量从流体导管到上述基板的对流过程中，仅仅有少量的热损失。



一种和周围良好绝缘的结构是一种由薄膜陶瓷绝缘器（硅氮化合物）制成的悬置流体导管。上述流体导管结合有硅板，目的是进行热管理。上述硅板为热导和/或基本等温结构，以维持局部的热均匀区域和不同处理流体之间的热交换，使得流体导管的出入口部分之间的热量得以回收。流体导管可以进一步利用气溶胶或真空包装进行隔离。上述流体导管通常在基板的密封腔内包装，从而最小化发射损失，或其可以抽空以减小对流/传导损失。IR 反射器和/或前述的低放射率涂层可以单独利用或结合利用真空和/或气溶胶。

在本发明的一个实施例中，两个 U 型硅氮化物管可以彼此邻近放在一起，从而形成四个通道。U 型导管起着重要的作用，其可以减小导管间导致热膨胀的应力。通过减小应力，当管弯曲的时候，就可以避免上述麻烦的结果。所以，当这里只探讨了 U 型实施例，当然也可以考虑其他任何可以减小应力的形状。每一导管的 U 型端部（中间部分）完全被包在一单一相对较厚的硅层（至少 30 $\mu\text{m}$ ）上。该硅层可以保证两个导管的中间部分之间的热交换。这样的热交换正是利用一个放热反应的化学热源进行吸热反应所需要的。一个实例中，在一个导管的中间部分进行氢气燃烧，从而提供维持反应带温度所需的热量，以及在另一导管的中间部分进行吸热氢气生成反应所需的热量。上述硅层结构的热导性能为整个硅层提供了基本的通用温度。这样，上述硅层区域和其他处于被包著的中间部分之内的热导材料可以作为一“基本等温热导区域”。在意义上说没有任何区别，上述区域在这里通常作为“热导区域”。例如但本发明并不限于上述“其他热导材料”

可以包括任何金属，例如铜。本发明人相信，提供这样的区域可以在微量操作装置的多重处理流体流的热整合中提供更有利的特点。

在上述热导区域和基板之间，在流体导管上可以跨越一个或多个热导硅结构。上述热导结构为通过硅氮化物导管的出口离开上述热导区域的热流体和通过硅氮化物导管的入口进入上述热导区域的冷流体之间的热量回收（heat recuperation）提供一热链路。一具有四个悬置在5 上述导管之上的引出端的铂加热器/温度感应电阻器（TSR）蜿蜒在上述热导区域上。本领域的技术人员可以理解，上述加热器/TSR 是一电阻加热器。通过测量电阻器的电压降和电流，以及在一参考温度的已知电阻，就可以确定上述加热器的温度。所以上述加热器和传感器可以为10 一具有多功能的单一装置，或为分开的装置。多重加热器和温度传感器也可以设置在上述装置的不同位置。构造上述加热器/TSR 的材料为本领域技术人员所熟知。而且可以利用放射或热电来加热。在热导区域和上述环绕的硅片（基板）之间没有直接的硅材料路径。

15 本发明还提供有包括用以处理流体流的微量操作装置的便携式发电机。该发电机可以包括一例如下面的实例3-5所述的微量操作装置，其中上述装置和一燃料电池相连接。利用上述微量操作装置生产的优选产物就是氢气，其可以用作众多燃料电池中的燃料。而且利用上述微量操作装置可以生产氢气和一氧化碳，并用于某些燃料电池。

20 本发明的另一实施例就是制冷装置，使得上述热绝缘结构处于低于周围环境温度的温度中。例如，Peltier 冷却装置将上述热绝缘管区域连接到上述基板。在上述 Peltier 装置上施加电压，使得热量从热绝缘

管区域流到上述基板，相对基板和周围环境，就有效地减低了上述热绝缘管区域的温度。在一个实施例中，热导结构和上述流体导管的热绝缘出入口相连。上述热导结构用以冷却进入的流体，并加热现有的流体，从而改善了热效率。上述热绝缘管和出入口之间的热交换用以最小化应用上述 Peltier 装置所需的能量，以及维持上述的低温。这样这里所有相关高温的探讨也可以构造在低于环境温度的温度下进行操作。

根据本发明构造的微量操作装置的一个实施例可以包括具有至少一个静态流体混合结构的流体导管，该混合结构向内突出于导管侧壁，并突出到导管内部。这些混合结构可以由本领域的技术人员设计以提高流体内的混合性能，而且对于反应以及热传递也很重要。这些混合结构可以以不规则模式定位，以增加管内流体的混合程度。上述混合提高了管内流体的热均匀性，并降低流体成分向上述侧壁扩散的距离。上述静态混合结构也可以用以混合至少两种不同的流体。

本发明还包括将上述微量操作装置的不同部分进行多相催化。流体导管的中间部分的内容积，即被包在热导区域内的容积经常必须进行催化。上述柱或等效结构如上所述可以用于催化支持，以增加催化面积，并减小流体成分扩散接触催化剂的距离。本发明的微量操作装置还可以包括其他已知的结构用以流体系统中的催化。这样的结构可以是多孔催化支持剂，用以粉末催化剂的间隔柱，或集中溶液沉淀的固定流体截止阀。一组“间隔柱”之间的间隔要小于催化剂颗粒的尺寸。

5 本发明人利用湿浸渍技术将贵金属催化剂引入到流体导管中。在这一过程，贵金属的成分（铂的  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$ ）在水中溶解，并被移液到上述流体导管。下面将进一步描述的被动截止阀可以用于确定具有催化剂溶液的管区域，从而控制催化剂沉淀的区域。在上述水蒸发的过程中，金属成分沉淀在至少一流体导管区域的侧壁上。如本领域技术人员所熟知，在某一升高温度，这些固体由于和氢气反应，从而就会减少金属纯度。

10 本发明人还利用了多种包装技术，并开发了玻璃密封技术。玻璃移动带用于上述基板和包装层之间作为优选粘接剂获得良好的效果。上述玻璃带好处很多，因为其在高温下的热稳定性，有助于灵活地制造。

本发明一个有代表性的玻璃应用就是作为气相化学反应器，用以在窄小系统中的有效传导高温反应。这种类型气相反应器的一个特定应用就是用于便携式发电机的燃料处理。

15 本发明的一个实施例，如图 1(a) - (c) 所示，设计用以便携式燃料处理和发电的应用就是指定为 1 的上述气相化学反应器。这个特定实施例包括发生化学反应的热导区域 2。构造上述区域 2 材料的热导性，其结构的几何形状使得发生反应时上述区域 2 可以基本等温。区域 2 通过两个流体导管 5、6 和一基板 3 相连，以便于两个单独的流体流通过区域 2。流体基本沿着每一流体导管 5、6 的纵向轴线流动。为了方便起见，讨论主要集中在流体导管 5。但下列讨论也可以应用在导管 20 管 6 上。导管 5 通常为 U 型，并包括热绝缘入口部分 5b，热绝缘出口

5a, 以及中间部分 5c。如图 1 (a) 所示, 导管 5 具有矩形周长。可以理解, 导管 5 截面还可以为圆形或其它合适的闭合形状。上述流体导管 5 的出入口 5a, 5b 通过多个热导结构 7 相互导热连接, 用以热吸收。流体导管 5 的入口 5b 通过热导结构 7 和出口 5a 相连。流体导管 5 的出入口 5a, 5b 和上述基板 3 相热连通, 并通过基板 3 上的支柱 4。流体进入上述入口 5b, 从而出口 5a 流出。

上述流体导管 5 由化学气相沉积 (CVD) 硅氮化物制成, 优选利用下面描述的模制和释放技术, 壁厚为  $0.1 - 3\mu\text{m}$ 。上述的小壁厚就防止了热能沿着导管 5 传导。上述热导结构 7 和热导区域 2 由具有高热导性能的硅构成。上述热导结构 7 和热导区域 2 的最小尺寸厚度在  $20 - 200\mu\text{m}$  内变化。上述流体导管 5 的出入口 5a, 5b 区域, 即从基板 3 延伸到热导区域 2 的区域每一个都大约为 3mm 长, 上述流体导管 5 的出入口跨越 3 - 14 个热导结构。可以理解, 当额外的结构提高热吸收时, 每一额外结构都可以减少边缘利用。上述热导结构 7 为  $50 - 500\mu\text{m}$  宽 (平行于上述流体导管 5 的纵向轴线测量), 并完全环绕上述流体导管 5 的出入口 5a, 5b 区域。热导区域 2 为 2mm 长, 1.6mm 宽。在区域 2 内, 上述流体导管 5 的出入口 5a, 5b 通过上述流体导管 5 的中间部分 5c 相连, 从而构成包在区域 2 内的简单 U 型, 以便于上述中间部分 5c 内产生的热量传导到整个区域 2 上。上述流体导管 5, 6, 热导结构和热导区域 2 最好是真空包装, 以便与最小化传导和对流引起的热量损失。区域 2 也可以在导管 5、6 之间的中间部分导热。热导结构 7 被用于上述流体导管 5 的出入口 5a, 5b 之间的热回收。

图 2 是图 1 (a) - (c) 所示的实施例放大 20 倍的扫描电子显微图。所以图 1 (a) - (c) 中使用的零件标号在图 2 中也同样适用。也可作为温度传感器的电阻加热器 9 可以整合到上述结构中用以电加热 (在起始阶段), 以及操作阶段的温度测量。上述电阻加热器 9 设置在热导区域 2 的外表面并将区域 2 加热到所需的操作温度。上述电阻加热器 9 具有多个电接头端 10。上述流体导管 5、6 的出入口 5a, 5b 以及 6a, 6b 设置在上述接头端 10 以下。上述流体导管 5 的中间部分 (没有示出) 被包在热导区域 2 内。热导结构 7 跨越上述流体导管 5 的出入口 5a, 5b 之间的间隙和上述流体导管 6 的出入口 6a, 6b 之间的间隙。

图 3 是流体导管 5 的电子扫描显微图, 其中示出了柱 15 从管壁突出并位于上述流体导管 5 的内空间内。上述支柱 15 设置在流体导管的底壁 5f 和顶壁 (没有示出) 之间。同样还示出了流体导管的侧壁 5e, 由间隙从上述柱 15 上隔开。这些柱 15 可以设置在一个或多个上述流体导管的出入口以及中间部分上。图 3 中柱 15 的布置仅仅是一种实例, 而并不是由本发明对柱配置的一种限制。

另外, 图 4 (a), (b) 示出了柱 15 的非限制性实例。图 4 (a) 是本发明实施例的简图, 示出了柱 15 沿着上述流体导管 5 入口 5b 上热导结构 7 的可能位置。柱 15 将提高邻近热导结构 7 的流体到导管 5 侧壁的热能传导性能, 热量通过上述结构 7 传递到低温区域。这样柱 15 和结构 7 的结合将进一步有助于防止热量从管 5 的中间部分 5c 上损耗。上述中间部分 5c 被包在热导带 2 内。

图 4 (b) 是图 4 (b) 的顶视图。图 4 (b) 示出了两个流体导管 5、6。图 4 (b) 示出的实施例也包括固定流体阀 11 用于管内的催化剂沉淀。上述截止阀 11 用于控制流体在流体导管 5 内的流动，以使得当催化剂中的液体蒸发时，催化剂就沉淀在流体导管 5 的壁上。

5 本发明的装置可以根据图 5 (a) - 5 (k) 所述的方法制造。该方法的前几步骤的目的是提供一种结构，该结构用作为上述管所用材料沉积位置上的模子。上述模子不仅包括限定有管的结构，而且还包括不会由上述管沉淀处理的材料涂覆的内置释放凹部 (release pit)，并用以限定热导结构和热导区域。对于制造过程，释放凹部是很重要的。

10 释放凹部是上述模内在上述管材料沉淀的过程中不可进入的小洞。但其在利用化学侵蚀去掉部分模的过程中却可以进入。它们限定上述管模制侧壁的厚度，如下所述，使得模制侧壁可以在离开另一区域的模制侧壁材料时完全去除。

本发明的讨论将集中在利用至少两个基板的过程上。但可以利用

15 多种方法来提供上述仅仅包括一个基板的模结构。多于两个、具有不同厚度的有图案或没有图案的基板层层叠在一起以获得这种结构。这里描述的是一种具有不同变形的双基板加工。本发明人利用上述双基板加工，形成上述管模结构，用于生产本发明微量操作装置的流体导管。

20 上述双基板加工开始于薄基板。用于基板的材料可以包括 SOI(绝缘硅)晶片和普通硅晶片。SOI 晶片使管形状在后续的加工步骤中更加均匀，普通硅晶片也同样很好。如图 5 (a) - (c) 所示，基板 103 在

一侧面设置有较窄的孔作为花纹，干或湿的蚀刻剂用于上述基板 103 的花纹设置。在这个实例中，使用深度活性离子蚀刻（DRIE）来为硅设置花纹。

上述基板 103 在另一侧设置花纹，使得整个基板 103 均由上述初始窄花纹所修饰。在该实例中，上述花纹也可以利用合适的蚀刻剂和再次利用上述 DRIE 处理来完成，这个花纹步骤对于装置最终几何形状是很重要的。如图 5（d）和 5（e）所示，在该步骤中，管模 135a 和 135b 和第二管模 140a 和 140b 的形状得以确定。图 5（e）是图 5（d）中装置在位置 I-I，II-II，III-III 和 IV-IV 的截面图。为了便于探讨，仅仅描述了上述管模 135a 和 135b。但上述描述管模 140a 和 140b 也同样适用。上述释放凹部 120 的形状也同样在该步骤中得以确定。改变该厚度，结合后续的蚀刻，从而去掉部分模壁 122，得以确定最终装置的形状。例如如图 5（e）所示，上述壁位于上述管模的位置 II-II，比位置 III-III 的管模壁薄得多。所以如果上述两个区域都暴露在相同蚀刻剂中相同的时间，在位置 III-III 就会保持有壁碎片，而位置 II-II 处没有。

在这个第二设置花纹步骤中，可以提供从管壁延伸导管的特性。图 5（d）示出了被动流体截止阀 111，用以在加工中催化剂沉淀。利用 DRIE 工艺形成上述流体截止阀。类似的，通过 DRIE 工艺，基板材料制造的支柱可以在整个管模空间设置花纹。上述柱增加了催化剂的表面区域，并有助于获得管中心内流体的热均匀分布。由基板材料制成的流体混合材料也可以通过 DRIE 工艺，在整个管模空间设置花纹。



这些混合结构可以提高流体的混合性能，并对于反应和热传递也很重要。这种可以利用任意复杂装置几何结构而并不影响整个加工过程的能力对于设计优化非常关键。

随着管模和释放凹部的花纹设置，如图 5 (f) - (i) 所示，上述管模和释放凹部被一基板材料盖 125 即第四壁封口。当图 5 (i) 是图 5 (h) 中所示的装置在位置 I-I, II-II, III-III 和 IV-IV 的截面图时，图 5 (g) 是图 5 (f) 中装置在位置 I-I, III-III 和 IV-IV 的截面图。而且上述壁位于上述管模的位置 II-II，比位置 III-III 的管模壁薄得多。所以如果上述两个区域都暴露在相同蚀刻剂中相同的时间，在位置 III-III 就会保持有壁碎片，而位置 II-II 处没有。一些策略可以用于封口层。厚基板材料盖 125 可以粘接到上述原始基板 103，然后通过化学或机械加工打薄到所需厚度。而且 SOI 晶片可以被粘接到上述薄硅层侧面下方。这样隐埋氧化物就为上述基板材料盖 125 的薄背部(thin back) 提供一刻蚀阻挡层，产生一由原始 SOI 层的厚度所限定的薄盖层。在另一实例中，所需厚度的基板可以直接粘接到上述花纹设置的基板 103 上。

制造过程中的硅封口基板以及 SOI 晶片仅有 20 $\mu$ m 厚。而且如图 5 (i) 所示，上述封口基板厚度确定上述结构 107 和 102 顶壁的厚度。图 5 (f) 和 5 (g) 示出了在薄背部之前，利用用为上述基板材料盖 125 的 SOI 晶片的过程，而图 5 (h) 和 5 (i) 在薄背部之后，示出利用 SOI 盖 125 晶片的过程。

上述封口步骤利用内置释放凹部完成管模基板的制造。如上所述，这种制造也可以通过多种方式获得。例如多个两个基板层可以层叠在一起，生成上述释放凹部和管模结构。上述结构也可以利用牺牲层电镀或其他快速成型方式生成。

5           如图 5 (f) 和 5 (g) 所示，随着上述封口步骤，上述管材料 130 沉淀在上述模的所有暴露表面上。本发明人利用低压 CVD 技术来沉淀 2 $\mu$ m 高硅氮化物薄膜。也可以通过溶胶，利用电镀或无电涂覆，利用溶胶凝胶的陶瓷湿沉积以及其他本领域技术人员熟知的方式获得其他管材料的沉淀。这个步骤的关键特征就是上述释放凹部 120 在封口步  
10           骤过程中要密封，在沉淀步骤中不能暴露在外。所以上述管材料就不会沉淀在上述释放凹部 120 内。一旦上述释放凹部 120 暴露在后续的步骤中，当上述管在管模 135a 和 136b 完整成型时，上述环绕这些凹部的基板 103 就可以有选择的去除。这种去除可以利用液体或气体刻蚀剂有选择地去掉上述基板，而不是管材料来完成，

15           如图 5 (h) 和 5 (i) 所示的下一步骤为直接在基板 103 的至少一个顶部和底部区域上的屏蔽层设置花纹。如果上述封口层为超薄基板，基板模的两侧将由管材料涂覆，这样可以利用光刻法和刻蚀法设置花纹。如果利用 SOI 封口层，上述硅层将打薄为隐埋氧化物层，隐埋氧化物被设置花纹。如果使用厚平基板，上述基板将打薄，并沉淀为一  
20           合适的屏蔽层，以在该屏蔽层上设置花纹。这些屏蔽层在装置释放刻蚀的过程中保护战略区域 (strategic area) 内的上述基板。

在该步骤，也可以在上述基板模的表面上沉淀其他材料并设置花纹。例如发明人利用薄钛粘结剂层沉淀铂薄膜，通过本领域技术人员所熟知的方法用作为加热器和电阻式温度传感器。尤其是，可以利用电子束蒸发进行物理气相沉积。

5           如果上述基板 103 暴露在策略区域，上述基板可以暴露于基板刻蚀剂，用以同步刻蚀。图 5 (j) 和 5 (k) 示出了最终的释放管结构。图 5 (k) 是图 5 (j) 中装置在位置 I-I, II-II, III-III 和 IV-IV 的截面图。上述刻蚀可以通过例如定时来进行控制，使得当基板位于具有厚或屏蔽基板的区域内，基板壁可以完全去掉。对于硅板，多种硅  
10           刻蚀剂效果良好，包括氢氧化钾溶液，二氟化氙，氟，硝酸/氢氟酸混合物等。示出了两个流体导管 105 和 106。为了便于讨论，都将集中讨论流体导管 105。但这种讨论同样也适用于管 106。上述导管具有热  
15           绝缘入口部分 105b，热绝缘出口 105a，以及中间部分 105c。中间部分 105c 的至少一部分包含至少一固定流体截止阀 111，并被包在一热导区域 102 内。上述热绝缘入口部分 105b，热绝缘出口 105a 都和热导结构 107 相接触。流体导管 105 被包在基板 103 内，而且热绝缘入口部分 105b 和热绝缘出口 105a 通过接口 104 可以相互接近。

可以利用多种方法在管内沉淀催化剂，包括湿整合技术，CVD 或电镀。

20           重要的是，通过前述的 DRIE 刻蚀工艺，基板模的任一部分都可以和管材料相整合。通过这种工艺，热导结构就和热绝缘管结合到一起。

而且上述基板材料可以选择保持在上述管材料的一个，两个或所有四个面上。

和管结合的基板材料厚度可以通过控制顶 / 底封口层的厚度和图 5 (d) 和 5 (e) 中的花纹的厚度、形状来得以控制。管的深度也可以通过控制图 5 (d) 和 5 (e) 中基板的厚度和 / 或调节刻蚀深度来得以控制。

通过控制的方式，基板模和上述管相结合的能力改善了现有技术。通过去除原始基板内的释放凹部并利用上述模区域内的所需花纹屏蔽保持在最终微量操作装置内的基板表面来得以实现。可以理解，当图 5 (a) - (k) 示出了如何完成一微量操作装置，利用结构性模形成整合结构，即在材料去除步骤之后保持在一起的结构，也可以用于其他非微量操作的应用。

图 6 (a) 描述了本发明一个实施例的顶视图，示出了真空包装 12，反射涂层 31 和低发射涂层 32。图 6 (b) 是图 6 (a) 中实施例的侧视图，进一步示出了装置层 1a 之上或之下的包装层 33。

图 7 描述了本发明的一个薄壁管的实施例。在该实施例中，流体导管 5 为 U 型，并具有热绝缘入口部分 5b，热绝缘出口 5a，以及中间部分 5c。

#### 实例 1

图 8 (a) 和图 8 (b) 示出了本发明的微量操作装置中流体导管 205 内流体和热流的有限元模拟结果。该特定模拟是以装置在 1652° F (900

℃), 基板保持在 86° F (30℃) 条件下, 燃烧 1 瓦化学计量的丁烷混合气体产生的热交换为模型, 并忽略管外表面和热导结构的损失。但注意, 也可以利用任何可燃材料。冷流体流从基板 203 进入到流体导管 205 的入口 205b, 并被热导区域 202 内的流体预热, 并在上述流体导管 205 的出口 205a 返回上述基板 203。这些模拟表示热导区域内的热流体流中 50 - 70% 的热量可以利用这个设计进行回收, 回收的热量可以用以预热进入流体导管 205 的 3mm 长的热回收段的流体流。计算结果也显示在热导区域操作温度为 1652° F (900℃) 时, 通过管的传导损失为大约 0.1W。

### 实例 2

进行作为氨水裂解装置的热导区域的理论分析。该分析结果如图 9 所示。可以假定上述系统利用燃料电池阳极的氢气提供能量以获得热导区域的温度升高, 从而用以吸热氨水裂解反应。可以认为在 1652° F (900℃) 下, 足够的催化剂将有助于裂解 30sccm 的氨水。热导区域的温度反映出在氨水高流率的情况下, 高裂解温度的需求。上述装置的一个优化工作点基于在高性能级情况下低能操作和排热回收性差的导热损失以及氨水流率为所期望值的重要性逐渐增加。

### 实例 3

如图 10 (a) 所述, 在便携式发电应用中利用上述本发明的气态反应器是一种流体试剂到流体生成物的热量分解。在该实例中, 上述流体试剂为氨气, 流体生成物为用于燃料电池的氢气和氮气。氢气是多

种燃料电池系统的优选燃料。但存储和运输氢气是非常困难和危险的。这种方式使得氨水可以运输，从而增加了能量存储密度。

氨水分解方法就是利用流体导管 5 的热绝缘入口 5b 将氨气引入到流体导管 5 的中间部分 5c。上述中间部分 5c 被包在热导区域 2 内，包括硅或其他高热导性能的材料。热导区域 2 保持在一升高温度，使得氨气分解（在上述中间部分内的催化剂作用下）。组成上述热导区域 2 的材料可以选择，以使得区域 2 在图 10 (a) 的装置操作过程中为基本等温。流体导管 5 的热绝缘出口 5a 将上述氨水分解的氮气和氢气返回到基板 3，在那里将直接用于燃料电池（没有示出）。燃料电池并不消耗的氢气和空气结合，并通过第二流体导管 6 的热绝缘入口 6b 进入第二流体导管 6 的中间部分 6c 中。如图 10 (a) 所示，第二流体导管被包在热导区域 2 中，从而上述中间部分 5c, 6c 相邻近。进入第一导管 6 的氢气在中间部分 6c 和空气反应（可能在催化剂的作用下），从而生成水和热。氢气燃烧产生的热量用于维持热导区域 2 的升高温度，从而提供能量用以氨水分解，氨水分解产生额外的氢气用于燃料电池。

#### 实例 4

图 10 (b) 描述了本发明的一个如图 10 (a) 构造的实施例，用于便携式发电机，但却利用了甲醇。上面实例 3 中氨水裂解中，所需的为氢气。该系统设计非常类似于氨水分解，但 1: 1 甲醇 - 水混合物为流体反应试剂，氢气和二氧化碳为反应生成物。一部分燃料电池不消耗的氢气和空气结合，用于维持热导区域 2 的升高温度，并向反应供能。

### 实例 5

图 10(c) 描述了本发明一实施例利用一流体导管进行丁烷氧化的过程。丁烷部分氧化，产生氢气和一氧化碳。然后上述生成物可以移动，用于燃料电池。

### 5 实例 6

如图 10(d) 所示，利用便携式发电机构中上述装置产生电能的另一方法就是在在装置中将丁烷和空气进行放热燃烧。需要注意的是图 10(d) 所述的实施例利用了热电元件 28。丁烷和空气的混合物经过燃烧，形成水和二氧化碳。

### 10 实例 7

本发明的微量操作装置的一个关键特性就是将高温反应和周围环境热绝缘的性能。本发明的反应器/热交换器如图 10(a) - (d) 的热导区域和热连通管所述，在真空中包装时，仅仅向周围环境扩散一小部分热量。为了测试真空包装的重要性，以及真空需求等级，进行了一系列的试验，包括在不同的大气压力下，将已知电压施加在电阻加热器上以加热热导区域。上述装置如图 13(a) 所示。由于可以计算上述加热器的电流和加热器电阻，而且当上述电阻是上述反应器温度的函数时，就可以推导出上述温度。如图 10(a) - (d) 所述，这些测试提供了上述反应器/热交换器的热传递函数。

20 图 11 综述了上述测试结果。在大约 40mTorr 以下，大气压力增加对上述反应器的温度几乎没有影响，系统的热量损失状态稳定。但在

大约 40mTorr 以上，大气压力增加使得空气中的热量损失增加。图 11 这样就验证了本发明中真空包装所起的重要作用。

#### 实例 8

图 12 (a) 和图 12 (b) 示出了具有沉淀在内壁 305g 和 306 上的  
5 镍催化剂的流体导管 305 和 306。催化剂沉积技术在上面已经利用过。  
热导结构 307 如上述图所示。这些附图证明沉淀在上述管内的催化剂  
效能很高。

图 12 (c) 描述了氨水流率为 4sccm 的测试结果。在框图中，四极  
质谱仪 (QMS) 信号绘出了氢气、氮气、和氨水对时间的图。整合加  
10 热器上的电压周期性地增加，从而增加反应温度。上述框图示出了当  
加热器上的电压增加 (对应于温度的增加) 时，氨 (由  $\text{NH}_3$  曲线表示)  
转换为氢气和氮气 (分别由  $\text{H}_2$  和  $\text{N}_2$  曲线表示) 逐渐增加。在最高电  
压设置，氨的转化率为 35%。从而有大约 2sccm 氢气生成。上述在最  
高电压的温度大约为  $1832^\circ \text{F}$  ( $1000^\circ \text{C}$ )。

#### 实例 9

图 13 (a) 和 3 (b) 提供了微量操作装置 1 的图像。图 13 (a) 提  
供了在室温下装置 1 的图像。上述悬置的热导区域 2 为自由设置，导  
管 5、6 为 U 型，从而最小化热膨胀产生的应力。图 13 (b) 示出了具  
有热导区域 2 的装置。上述区域利用也可作为区域 2 的温度传感器的  
20 电阻式加热器 9 加热到  $1832^\circ \text{F}$  ( $1000^\circ \text{C}$ )。在大气中将热导区域 2 加热  
到  $1832^\circ \text{F}$  ( $1000^\circ \text{C}$ ) 所需的能量为 1.4W。该测试用以确定上述装置在



热渐变的过程中的状态。而且重要的是，只有热导区域 2 是灼热的，相邻流体导管 5 和 6 基本很凉。如基板 3 上参考温度传感器 26 测量结果所验证的那样，上述环绕基板 3 保持室温。这些结果都证明上述热导区域 2 达到了燃料处理所需的高热绝缘，以及在单一微量操作装置内感应、计算、执行和发电所需的上述基板热渐变。

可以理解，为了便于理解本发明，现有的说明揭示了本发明的某些方面。本发明的某些方面，对于本领域的普通技术人员显而易见，所以没有更详细的描述是为了简化现有的说明。

尽管本发明通过实施例已经描述过，本领域的普通技术人员可以理解本发明的多种修改和变化也是可以的。本发明所有这样的变化和修改都由前述的说明书和随后的权利要求书所覆盖。

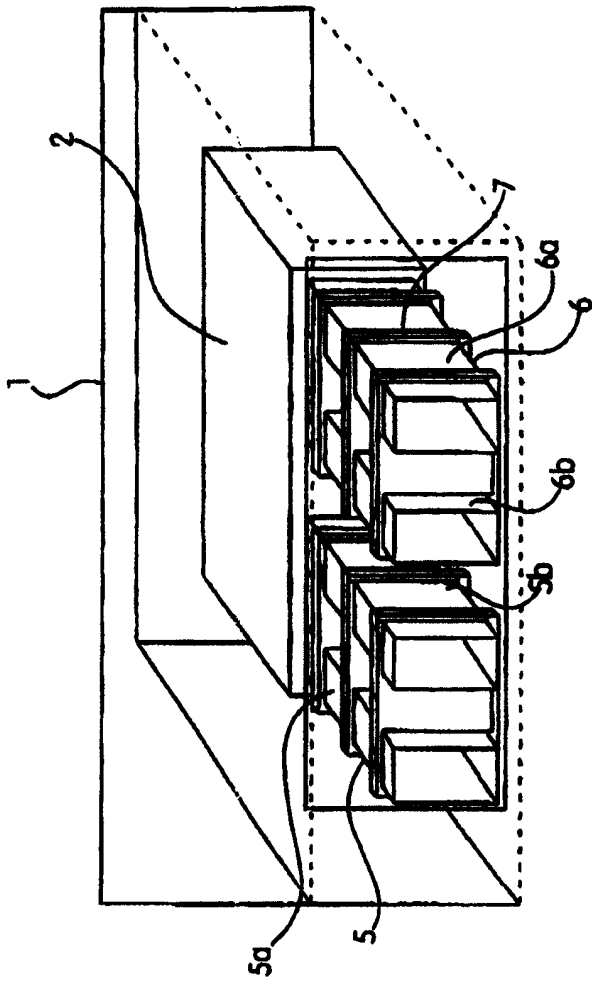


图 1 (a)

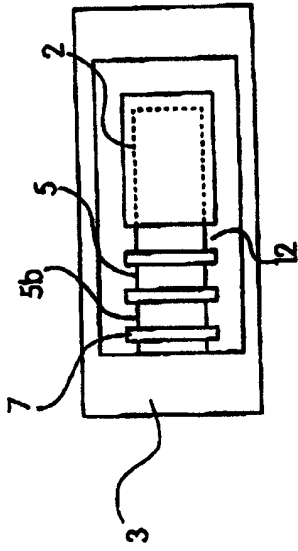


图 1 (b)

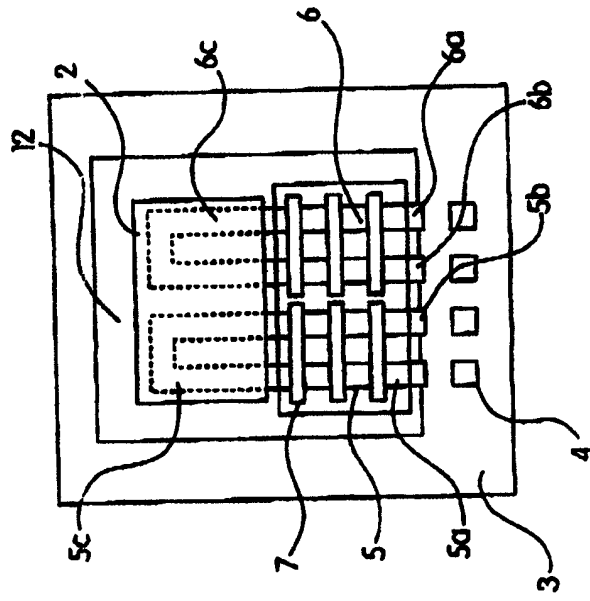


图 1 (c)

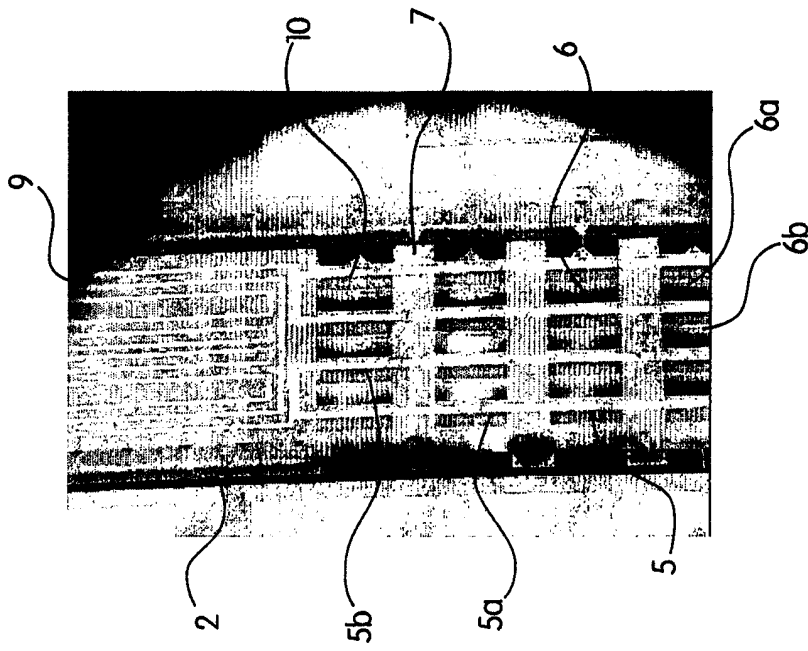


图 2

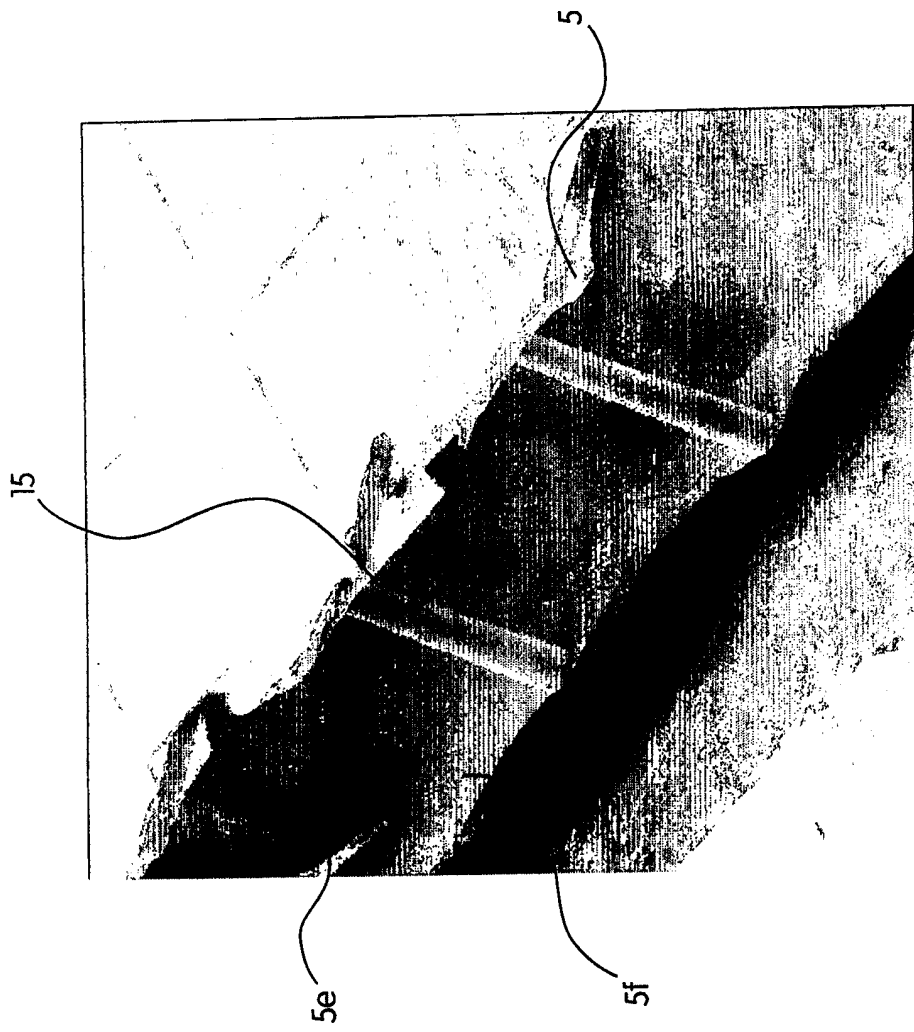


图 3

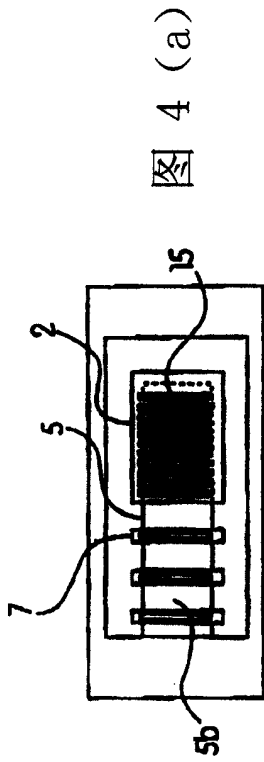


图 4 (a)

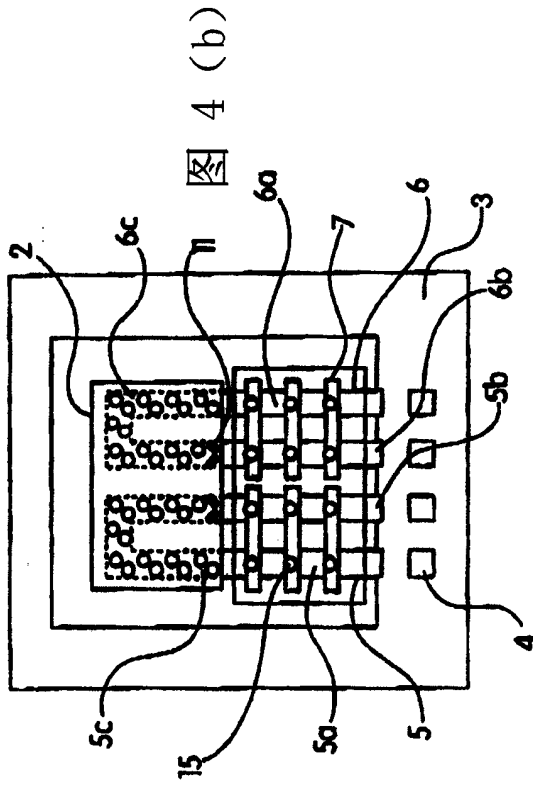


图 4 (b)

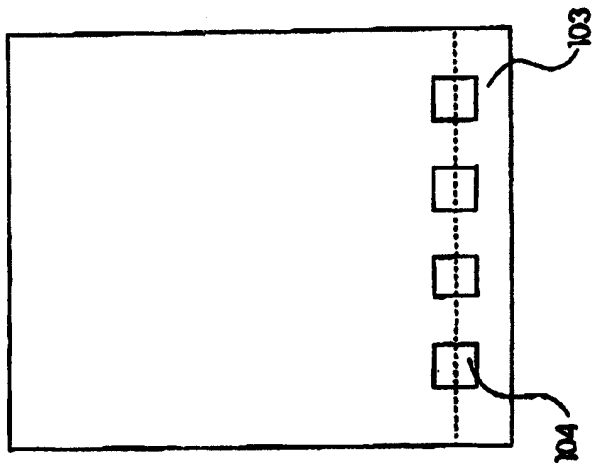
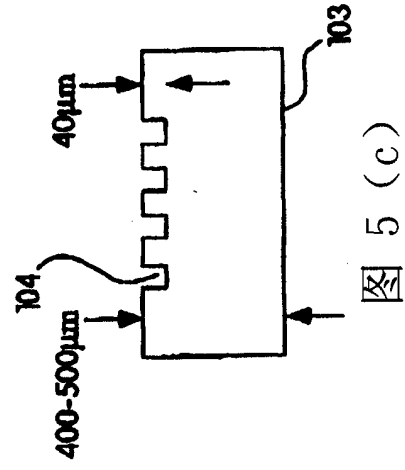
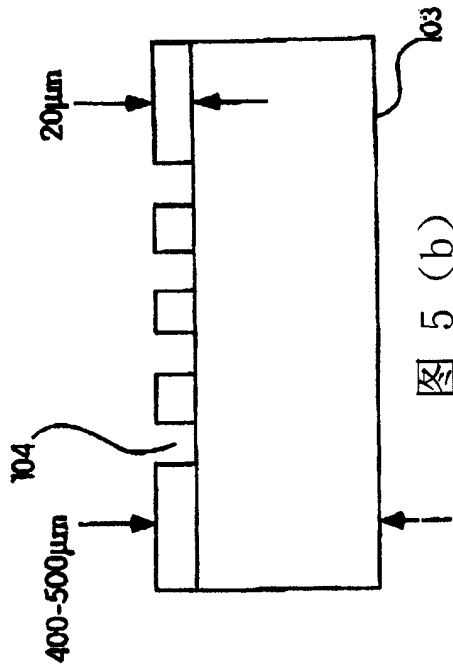


图 5 (a)





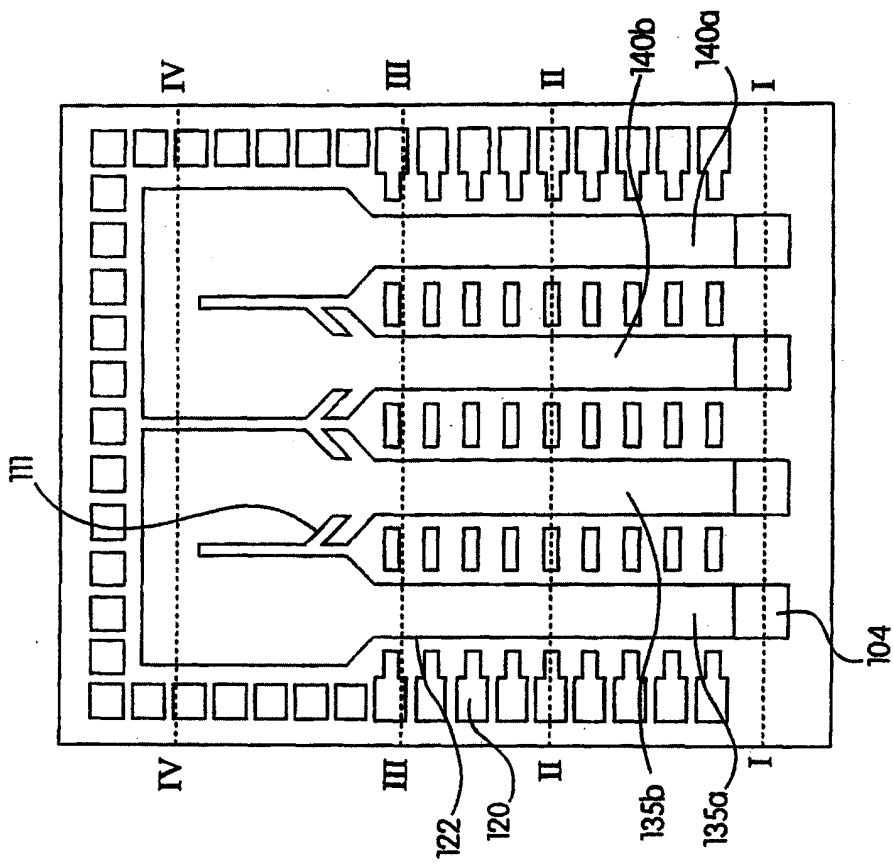


图 5 (d)

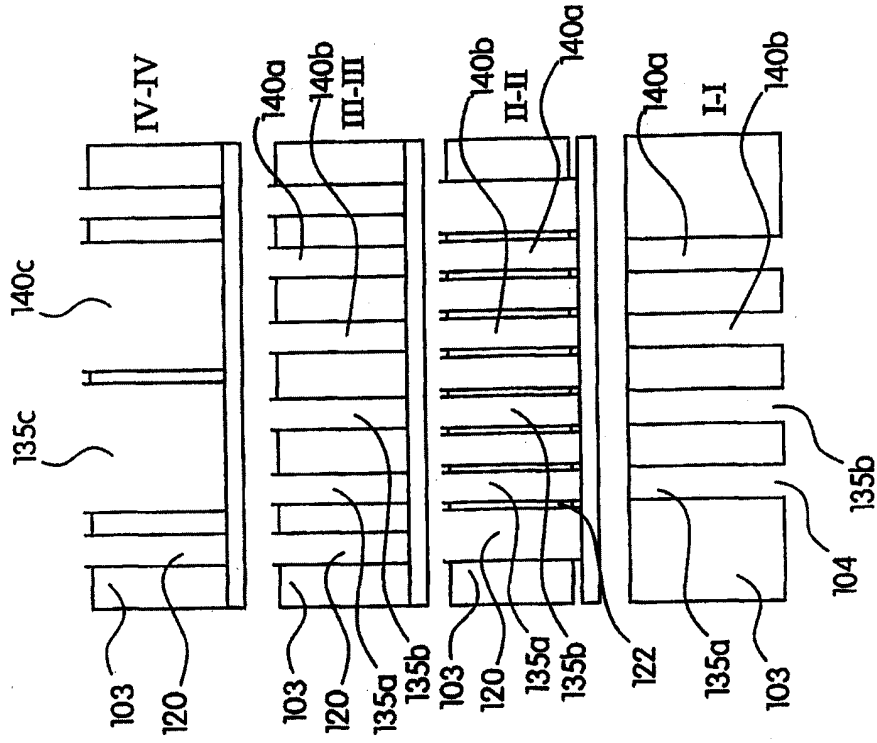


图 5 (e)

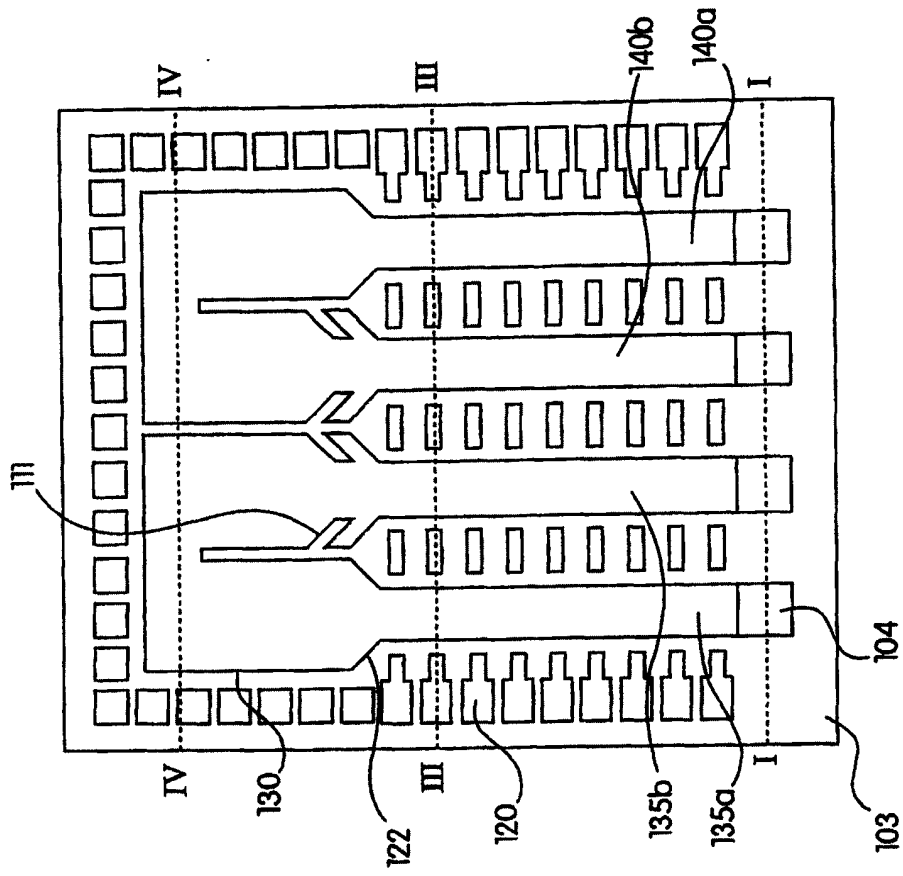


图 5 (f)

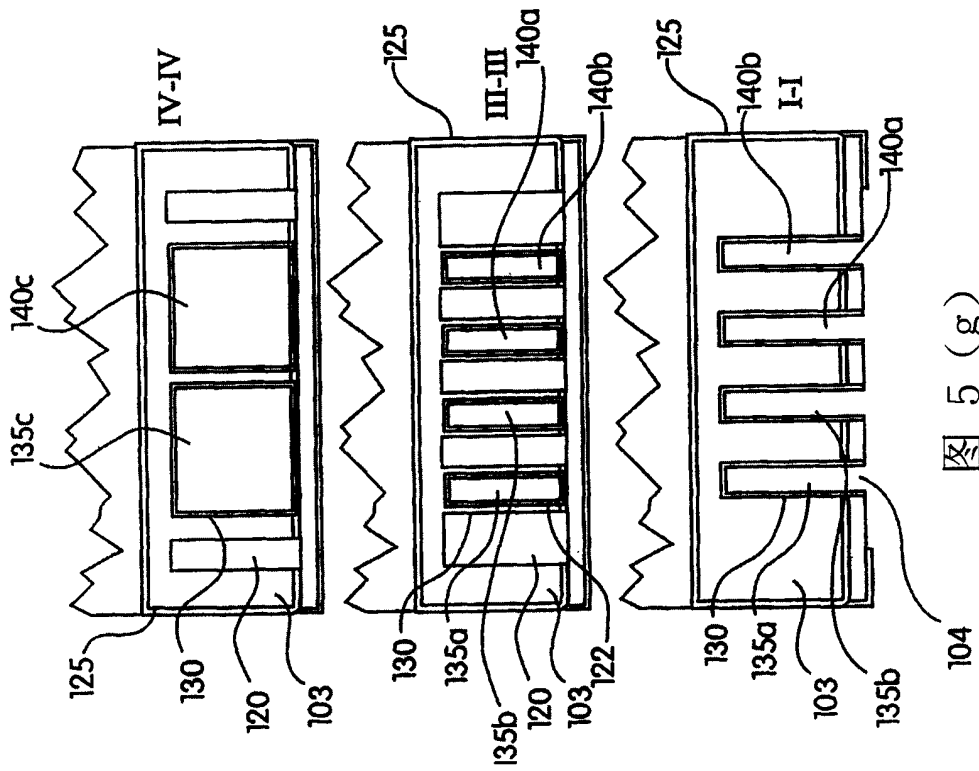


图 5 (g)

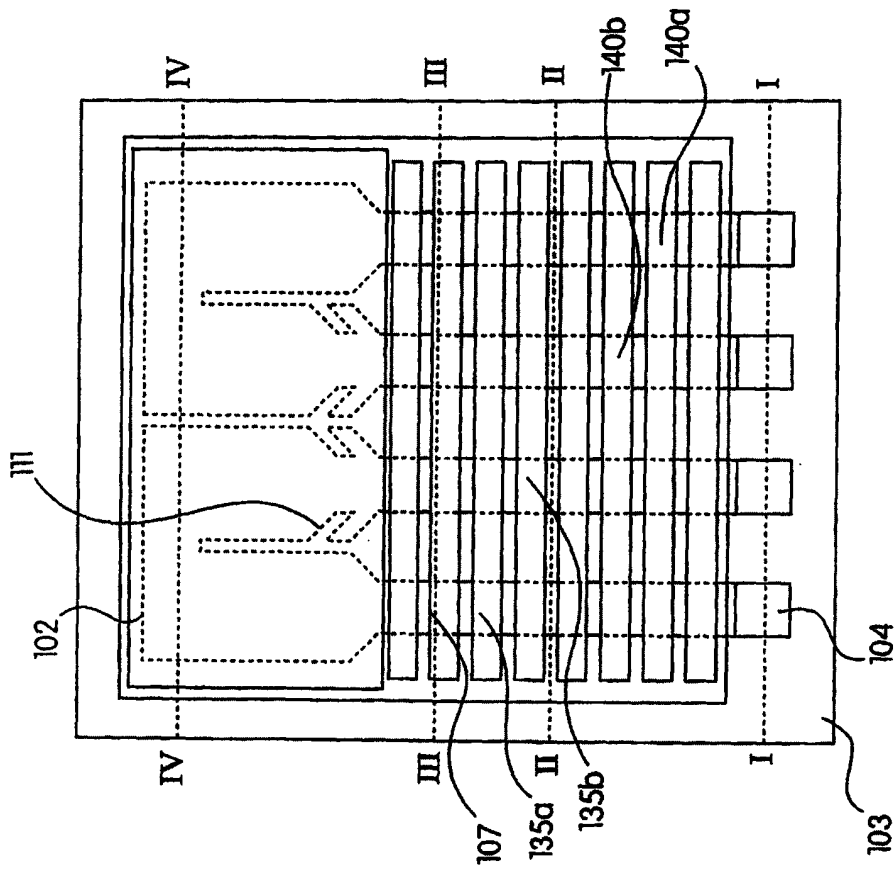


图 5 (h)

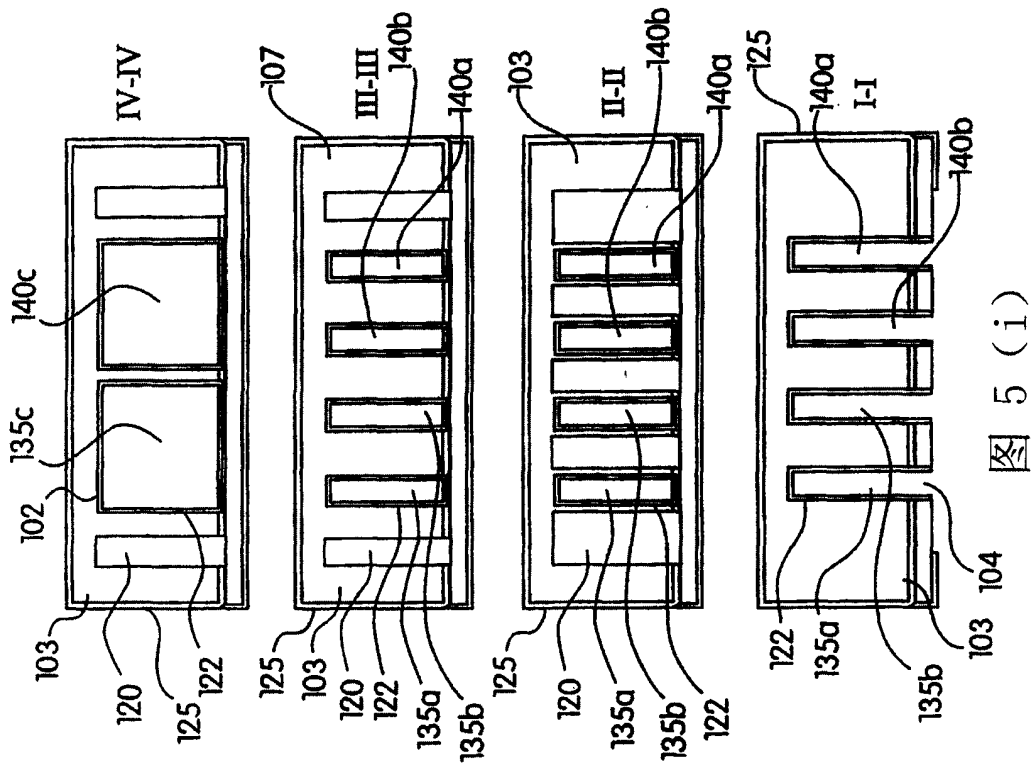


图 5 (i)

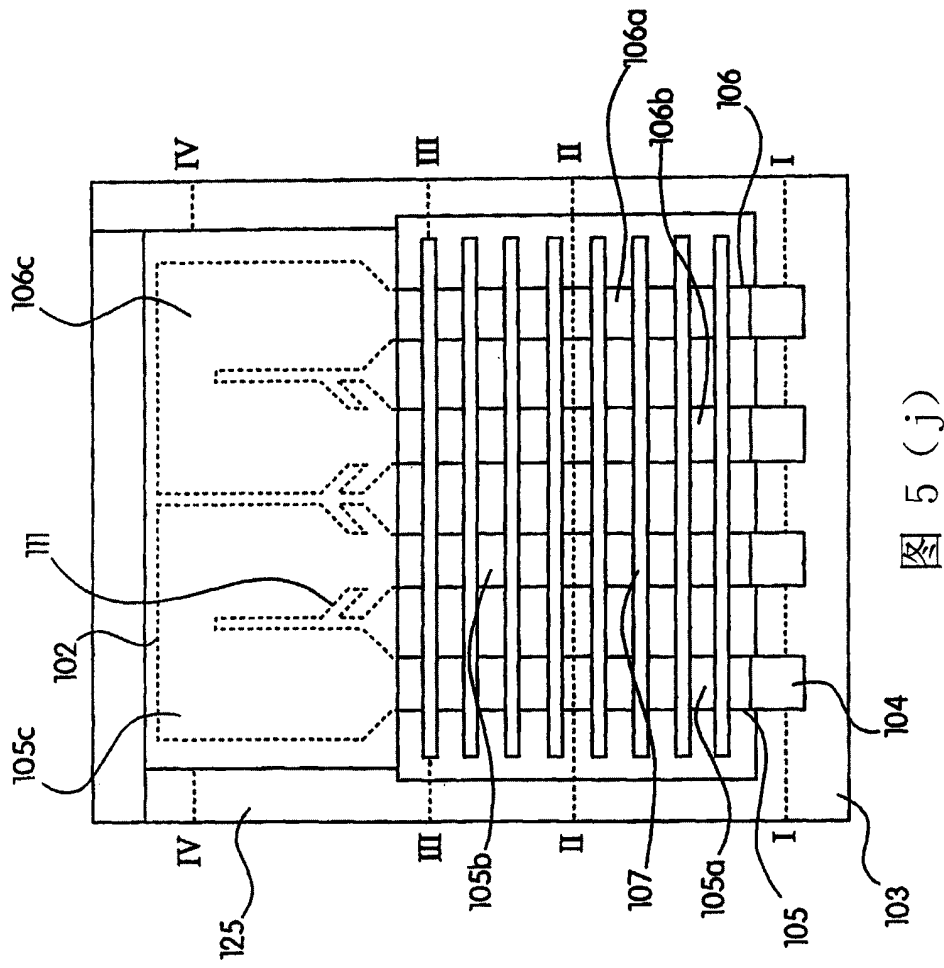


图 5 (j)

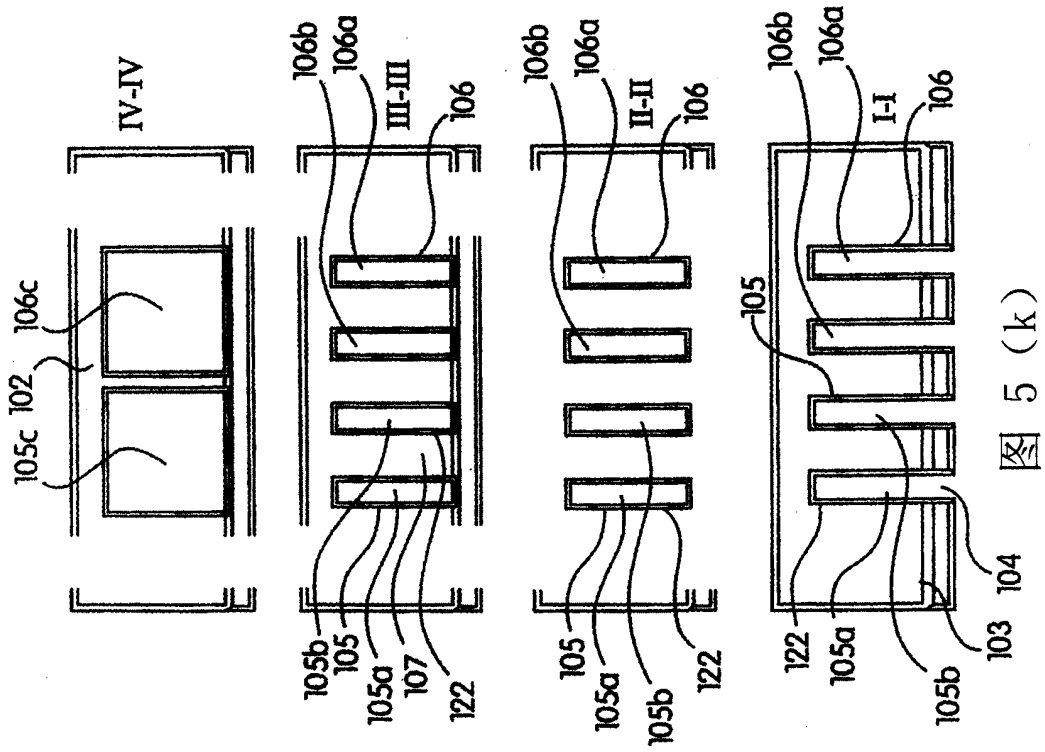


图 5 (k)



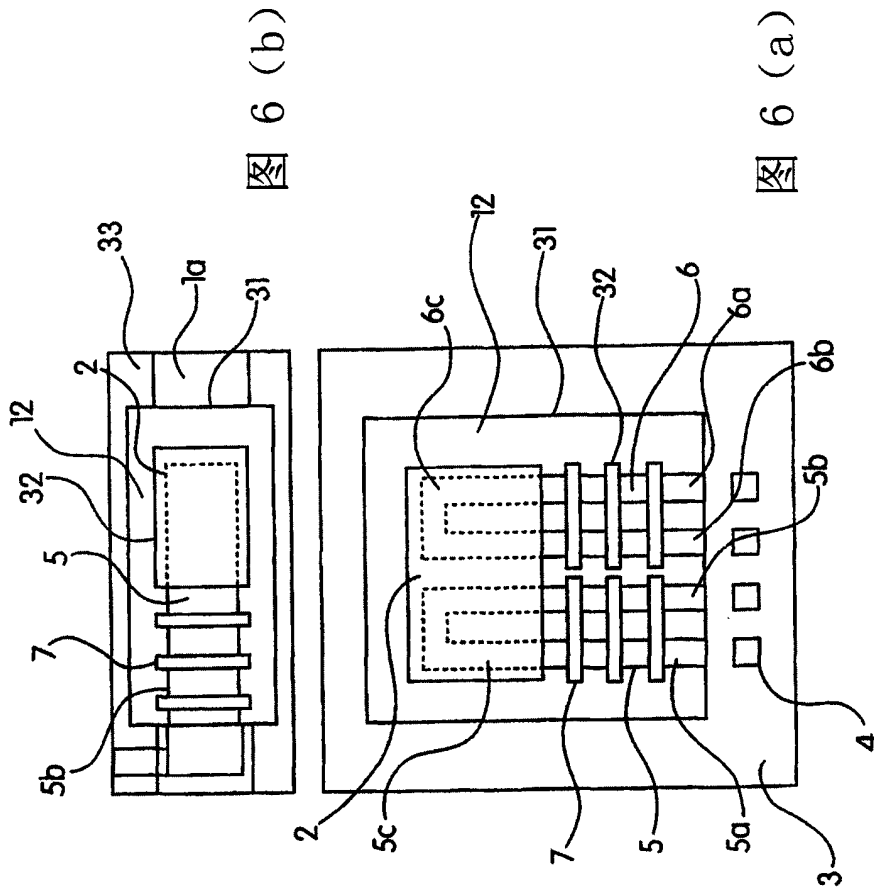


图 6 (b)

图 6 (a)

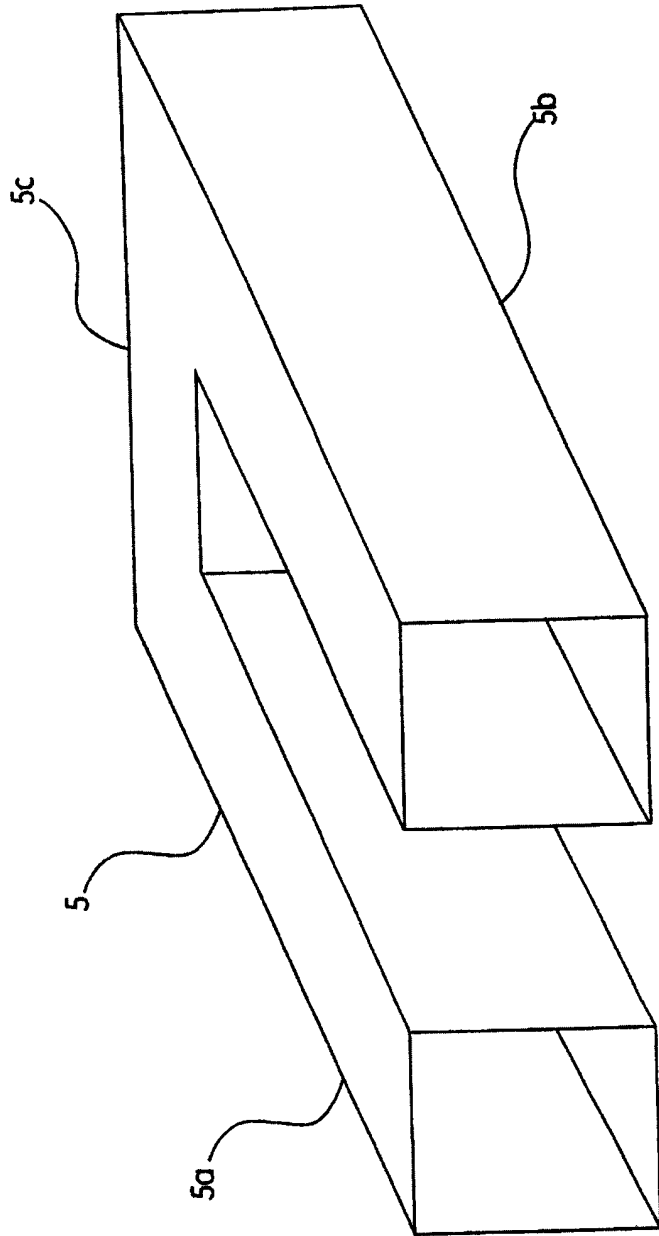
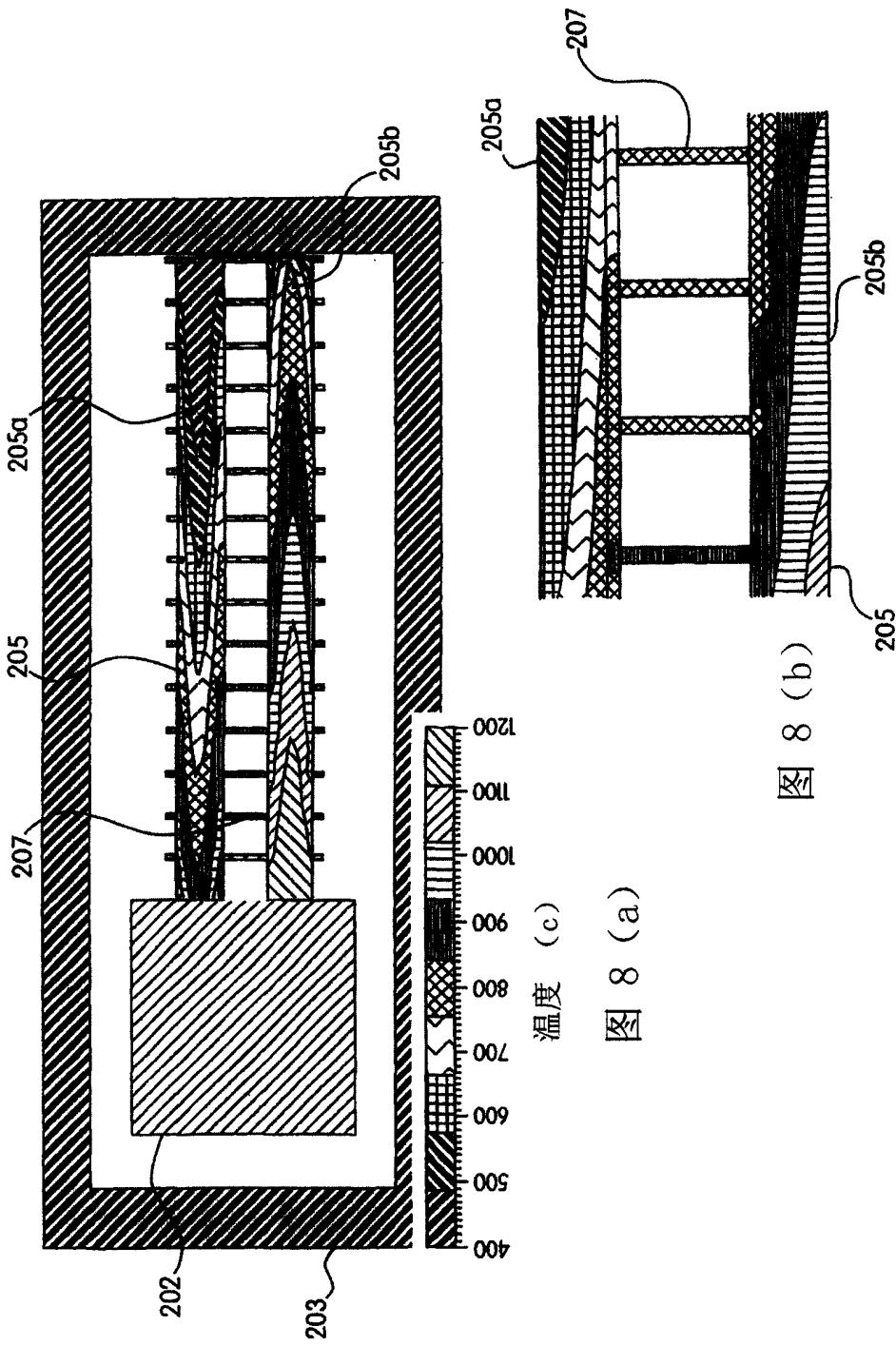


图 7



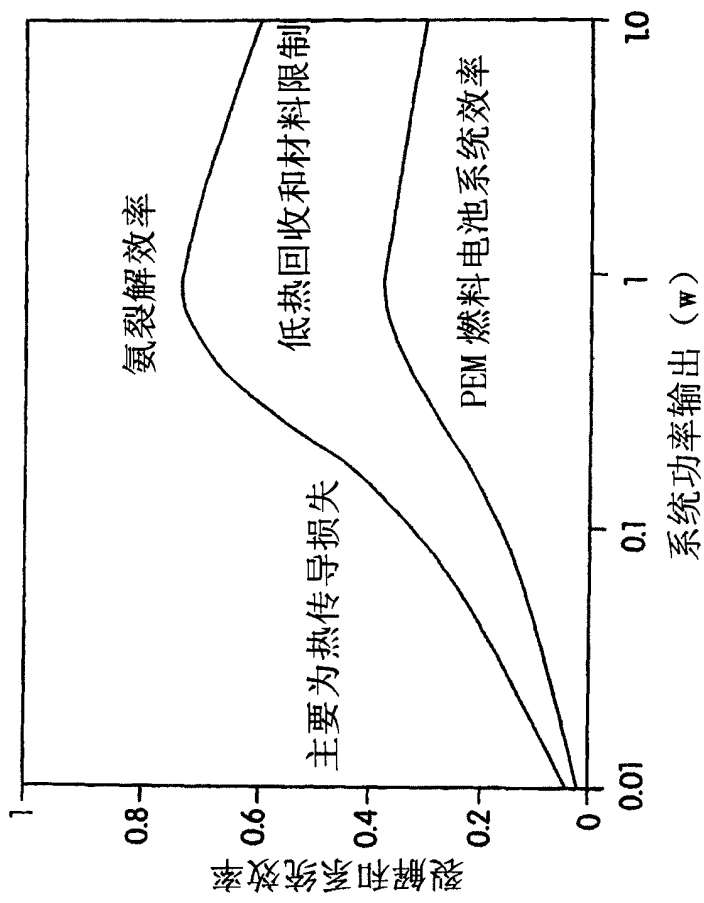


图 9

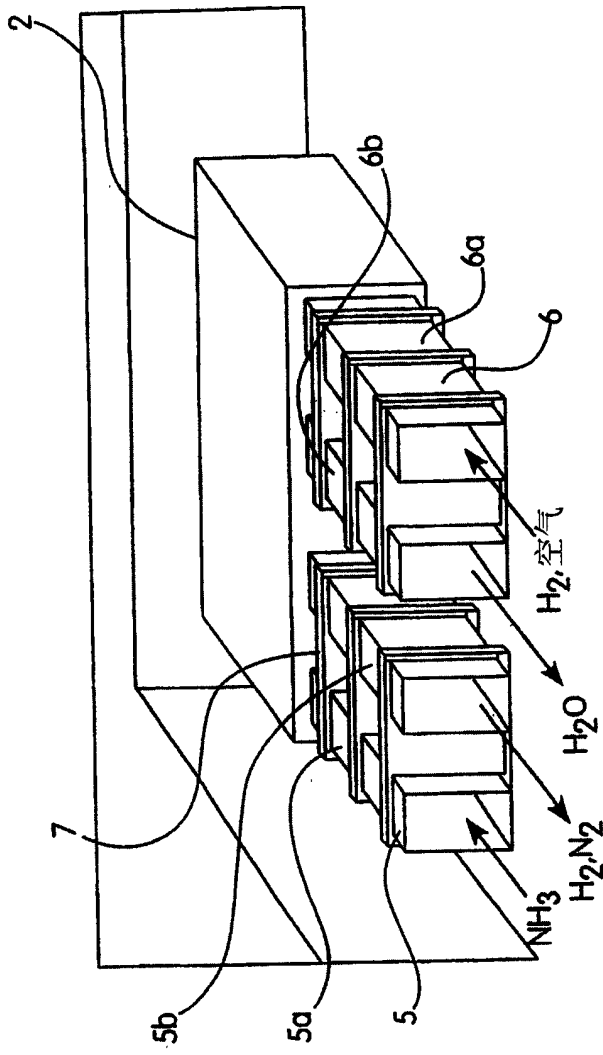


图 10 (a)

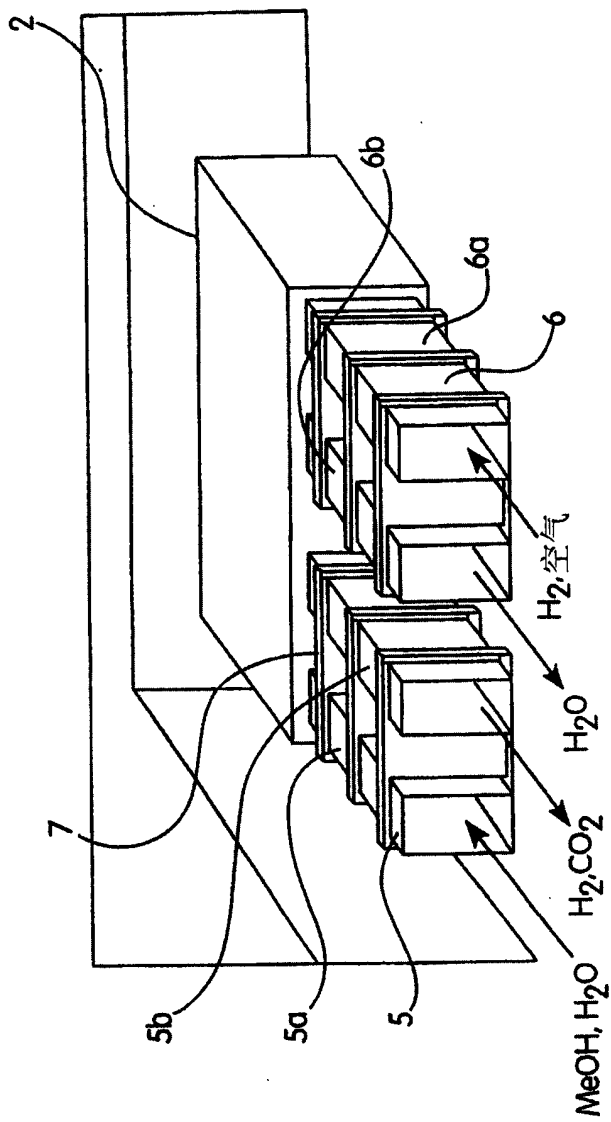


图 10 (b)

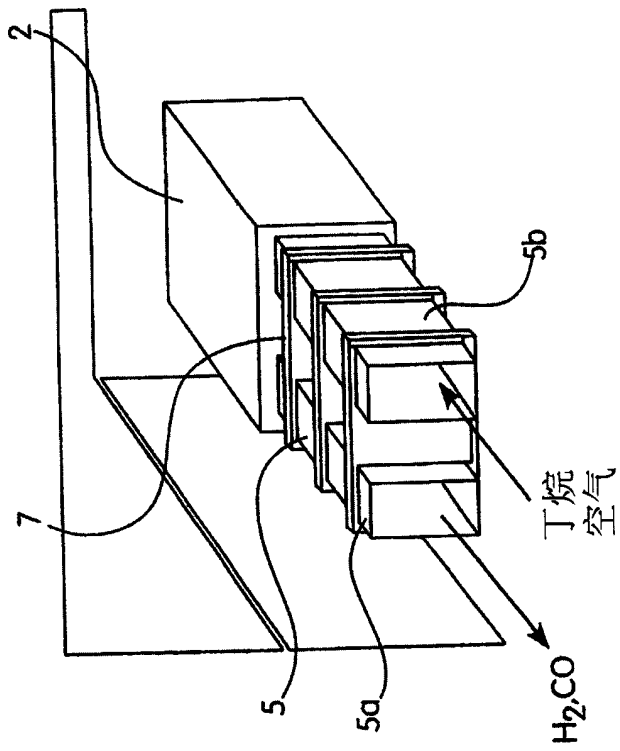


图 10 (c)

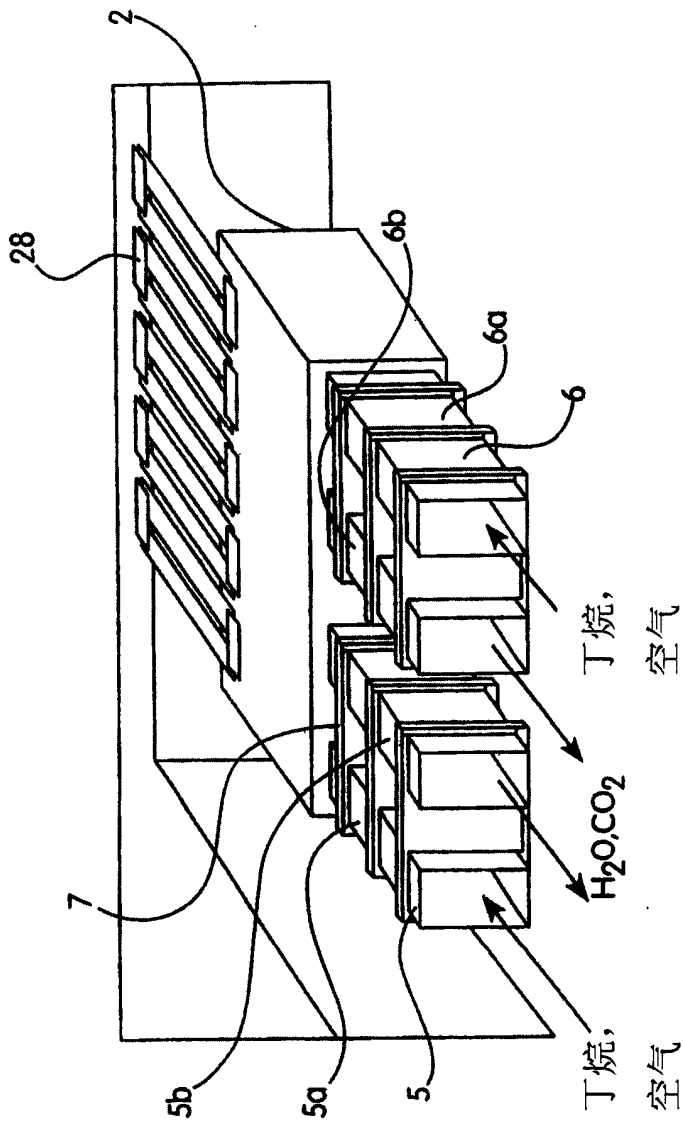


图 10 (d)



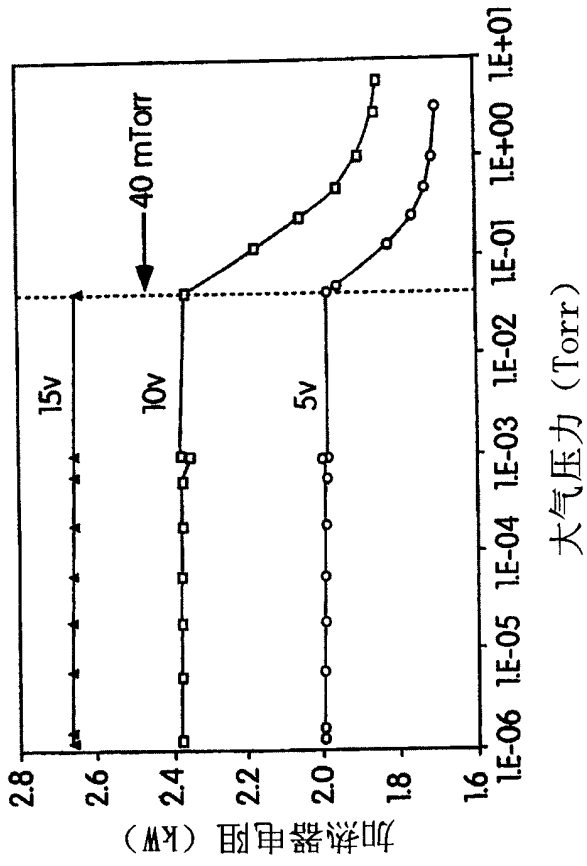


图 11

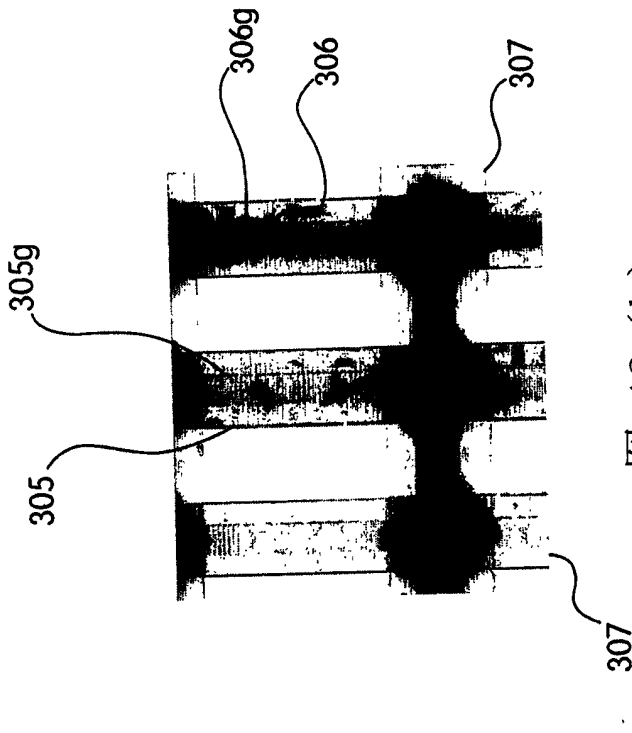


图 12 (b)

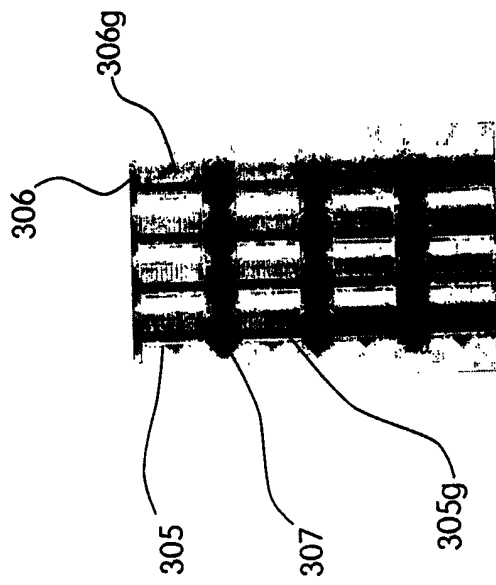


图 12 (a)

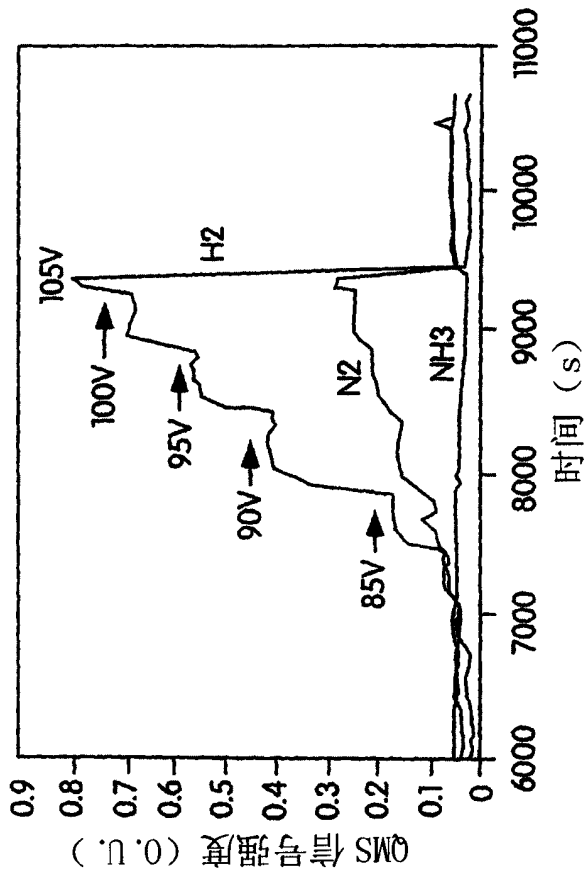


图 12 (c)

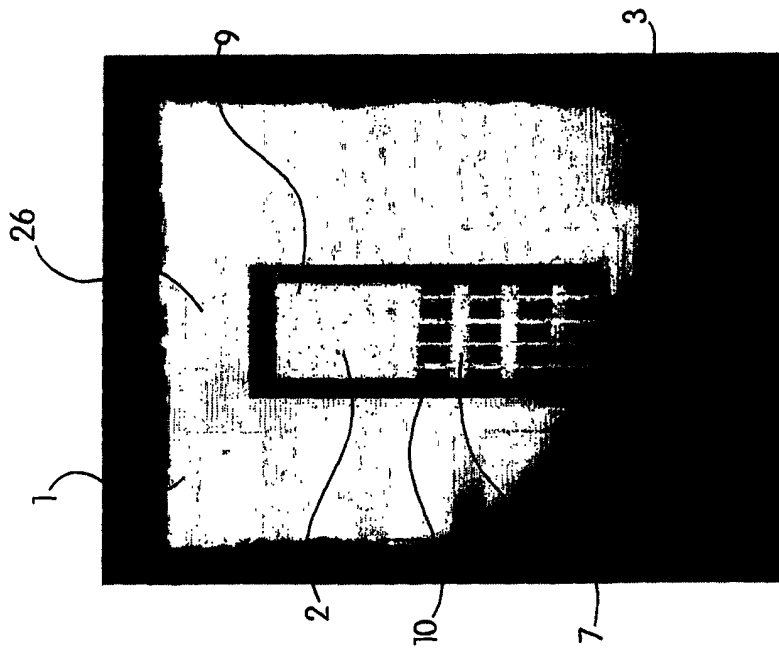


图 13 (a)

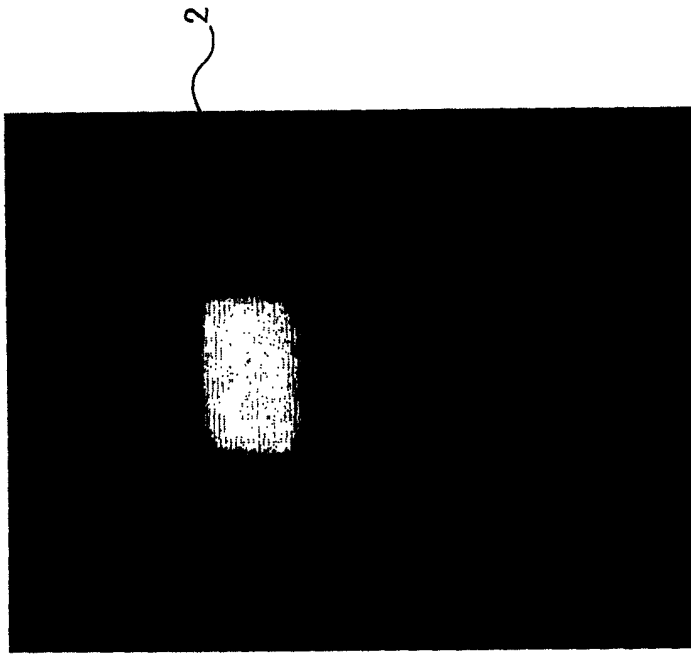


图 13 (b)