

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101121319 B

(45) 授权公告日 2011.05.18

(21) 申请号 200710161961.0

(22) 申请日 2003.07.02

(30) 优先权数据

10/189,947 2002.07.03 US

(62) 分案原申请数据

03819950.5 2003.07.02

(73) 专利权人 富士胶卷迪马蒂克斯股份有限公司

地址 美国新罕布什尔州

(72) 发明人 安德烈亚斯·比布尔

约翰·A·希金森

保罗·A·霍伊辛顿

迪恩·A·加德纳

罗伯特·A·哈森贝因

梅尔文·L·比格斯

爱德华·R·莫伊尼汉

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 魏晓刚

(51) Int. Cl.

B41J 2/14 (2006.01)

B41J 2/16 (2006.01)

B41J 2/045 (2006.01)

(56) 对比文件

US 6140746 A, 2000.10.31, 说明书第1栏第15-29行、第6栏第30行-第10栏第41行、图2、4.

US 5710584 A, 1998.01.20, 说明书第5栏第45-57行.

JP 10-264385 A, 1998.10.06, 说明书第3页第3栏第8-13行.

US 6176570 B1, 2001.01.23, 说明书第4页第8栏第44行至第5页第10栏第13行以及附图3.

US 5736993 A, 1998.04.07, 说明书第4栏第21-26行.

US 6378996 B1, 2002.04.30, 说明书第7栏第63至67行以及第8栏第62至65行.

US 6530653 B2, 2003.03.11, 说明书的11栏的40-60行.

审查员 余娟娟

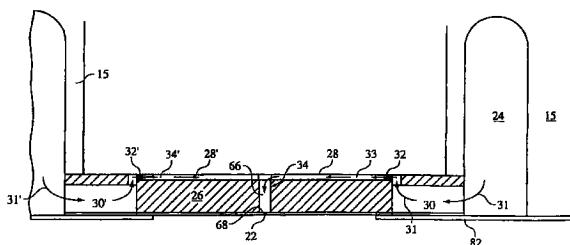
权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图 24 页

(54) 发明名称

打印头

(57) 摘要

一种打印头，具有单片式半导体主体(26)。该主体限定了压力室(33)、喷嘴流动路径(66)和喷嘴开口(22)。压电促动器(28)与压力室(33)相联，包括厚度大约为50微米或更小的压电层(76)。半导体主体还限定了具有多个流动开口的过滤器/阻抗构造。半导体主体优选地是抛光的SOI晶片。在另一方面，本发明所构造的打印头中，压电层表面的Ra值为大约0.05微米或者更小，或者至少一个表面包括填空材料。



1. 一种打印头，包括：

单片半导体主体，具有上表面和下表面，该主体限定出包括泵作用室、喷嘴流动路径和喷嘴开口的流体路径，其中喷嘴开口被限定在主体的下表面，喷嘴流动路径包括加速区，

压电促动器，该压电促动器与泵作用室相联并位于该泵作用室上方，该压电促动器包括接合到所述主体的促动器膜片、下部电极层、上部电极层、位于所述下部电极层和所述上部电极层之间的厚度为 50 微米或更小的压电层以及位于所述下部电极层和所述促动器膜片之间的将所述压电层接合到所述促动器膜片的接合层。

2. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，压电层的厚度为 25 微米或更小。

3. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，压电层的厚度为 5 到 25 微米。

4. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，压电层的密度为 7.5g/cm^3 或更大。

5. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，压电层具有 200 或更大的 d31 系数。

6. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，压电层具有 Ra 为 0.05 微米或更小的表面。

7. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，压电层由预烧结的压电材料构成。

8. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，半导体主体限定了过滤器 / 阻抗构造。

9. 按照权利要求 8 所述的打印头，其中，过滤器 / 阻抗构造限定了多个流体路径中的流动开口。

10. 按照权利要求 9 所述的打印头，其中，过滤器 / 阻抗构造包括流动路径中的多个凸起。

11. 按照权利要求 10 所述的打印头，其中，所述凸起包括柱。

12. 按照权利要求 8 所述的打印头，其中，过滤器 / 阻抗构造包括多个穿过壁件的小孔。

13. 按照权利要求 8 所述的打印头，其中，过滤器 / 阻抗构造位于泵作用室的上游。

14. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，促动器膜片是通过阳极接合安装在半导体主体上的。

15. 按照权利要求 14 所述的打印头，其中，促动器膜片是从玻璃或硅中选取的。

16. 按照权利要求 14 所述的打印头，其中，促动器膜片是从氧化铝、氧化锆或石英中选取的。

17. 按照权利要求 14 所述的打印头，其中，促动器膜片的厚度为 50 微米或更小。

18. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，接合层是有机粘接剂层。

19. 按照权利要求 1 所述的打印头，其中，半导体主体包括至少一个内埋层，喷嘴流动路径包括变化的横截面，内埋层介于横截面不同的区域之间。

20. 按照权利要求 19 所述的打印头，其中，泵作用室限定在所述主体的上表面之内。

21. 按照权利要求 19 所述的打印头，其中，喷嘴流动路径包括下行区和加速区，所述下行区用于从泵作用室朝向下表面引导流体，所述加速区将流体从下行区引导到喷嘴开口。

22. 按照权利要求 21 所述的打印头，其中，内埋层是下行区与加速区的交接处。

23. 按照权利要求 21 所述的打印头，其中，加速区的横截面是恒定的。

24. 按照权利要求 21 所述的打印头，其中，加速区的横截面沿着朝向喷嘴开口的方向缩小。

25. 按照权利要求 21 所述的打印头，其中，加速区长度与喷嘴开口横截面的比为 0.5 或更大。

26. 按照权利要求 25 所述的打印头, 其中, 所述比为 1.0 或更大。
27. 按照权利要求 26 所述的打印头, 其中, 所述比为 5.0 或更小。
28. 按照权利要求 1 所述的打印头, 其中, 加速区的长度为 10 到 75 微米。
29. 按照权利要求 1 所述的打印头, 其中, 喷嘴开口的横截面尺寸为 5 到 50 微米。
30. 一种打印头, 包括 :

单片半导体主体, 包括内埋层并且具有上表面和下表面, 该主体限定出多个流体路径, 每个流体路径都包括泵作用室、喷嘴开口和介于泵作用室与喷嘴开口之间的喷嘴路径, 喷嘴路径包括加速区,

其中, 泵作用室被限定在主体的上表面, 喷嘴开口被限定在主体的下表面, 加速区被限定在喷嘴开口与内埋层之间,

压电促动器, 该压电促动器与泵作用室相联并位于该泵作用室上方, 该压电促动器包括接合到所述主体的促动器膜片、下部电极层、上部电极层、位于所述下部电极层和所述上部电极层之间的厚度为 25 微米或更小的压电材料层以及位于所述下部电极层和所述促动器膜片之间的将所述压电层接合到所述促动器膜片的接合层。

31. 按照权利要求 30 所述的打印头, 其中, 压电层具有 200 或更大的 d₃₁ 系数。
32. 按照权利要求 30 所述的打印头, 其中, 压电层由预烧结的压电材料构成。
33. 按照权利要求 30 所述的打印头, 其中, 半导体主体限定出过滤器 / 阻抗构造, 该构造包括多个流动路径中的凸起。
34. 按照权利要求 30 所述的打印头, 其中, 过滤器 / 阻抗构造位于泵作用室的上游。
35. 一种打印头, 包括 :

单片半导体主体, 限定出包括泵作用室的流动路径和位于所述泵作用室上游的过滤器 / 阻抗构造, 其中该过滤器 / 阻抗构造包括多个平行的柱。

36. 按照权利要求 35 所述的打印头, 其中, 过滤器 / 阻抗构造限定出多个流动开口。
37. 按照权利要求 36 所述的打印头, 其中, 流动开口的横截面尺寸为 25 微米或更小。
38. 按照权利要求 36 所述的打印头, 包括喷嘴开口, 其中, 流动开口的横截面尺寸小于喷嘴开口的横截面尺寸。

39. 按照权利要求 38 所述的打印头, 其中, 半导体主体限定出喷嘴开口。

40. 一种打印头, 包括 :

过滤器 / 阻抗构造, 该构造包括具有多个流动开口的半导体, 其中, 开口的横截面尺寸为 25 微米或更小。

41. 按照权利要求 40 所述的打印头, 其中, 过滤器 / 阻抗构造包括凸起。
42. 按照权利要求 40 所述的打印头, 其中, 过滤器 / 阻抗构造包括间隔壁中的开口。
43. 一种打印头, 包括 :

半导体主体, 该主体限定出流体流动路径、喷嘴开口和具有多个流动开口的过滤器 / 阻抗构造, 其中, 流动开口的横截面小于喷嘴开口的横截面并且流动开口的总面积大于喷嘴开口的面积。

44. 按照权利要求 43 所述的打印头, 其中, 流动开口的横截面为喷嘴开口的横截面的 60% 或更小。

45. 按照权利要求 44 所述的打印头, 其中, 流动开口的总面积为喷嘴开口的横截面的 2

倍或更高。

46. 按照权利要求 45 所述的打印头,其中,流动开口是由流动路径中的凸起限定的。

47. 一种打印头,包括 :

主体,包括具有泵区域的流动路径,

压电促动器,位于该泵区域上方,该压电促动器具有接合到所述主体的促动器膜片、下部电极、上部电极、固定在主体上并且位于所述下部电极和所述上部电极之间的厚度为 50 微米或更小的预烧结压电层以及位于所述下部电极和所述促动器膜片之间的将所述压电层接合到所述促动器膜片的接合层。

48. 按照权利要求 47 所述的打印头,其中,压电层为 25 微米或更薄。

49. 按照权利要求 48 所述的打印头,其中,压电层接合在促动器膜片上。

50. 按照权利要求 49 所述的打印头,其中,促动器膜片的厚度为 25 微米或更小。

51. 按照权利要求 50 所述的打印头,其中,促动器膜片为硅或玻璃。

52. 按照权利要求 47 所述的打印头,其中,压电层具有 Ra 为 0.05 微米或更小的表面。

53. 按照权利要求 47 所述的打印头,其中,压电层是压电材料的平面体。

54. 一种打印头,包括 :

压电促动器,包括压电层,该压电层厚度为 50 微米或更小并且具有至少一个包括填空料材料的表面。

55. 按照权利要求 54 所述的打印头,其中,填空料材料是电介质。

56. 按照权利要求 55 所述的打印头,其中,电介质是从二氧化硅、氮化硅或氧化铝中选取的。

57. 一种打印头,包括 :

单片主体,具有上表面和下表面,该主体限定了包括泵作用室、喷嘴流动路径和喷嘴开口的流体路径,其中,喷嘴限定在主体的下表面内,其中所述主体限定出位于所述泵作用室上游的过滤器 / 阻抗构造,

压电促动器,该压电促动器与泵作用室相联。

58. 按照权利要求 57 所述的打印头,其中,过滤器 / 阻抗构造限定出流体路径中的多个流动开口。

59. 按照权利要求 58 所述的打印头,其中,过滤器 / 阻抗构造包括流动路径中的多个凸起。

60. 按照权利要求 59 所述的打印头,其中,所述凸起包括柱。

61. 按照权利要求 57 所述的打印头,其中,过滤器 / 阻抗构造包括穿过壁件的多个小孔。

62. 按照权利要求 57 所述的打印头,其中,过滤器 / 阻抗构造位于泵作用室的上游。

63. 按照权利要求 57 所述的打印头,其中,主体是可蚀刻材料。

64. 按照权利要求 57 所述的打印头,其中,主体是半导体。

65. 按照权利要求 64 所述的打印头,其中,主体是硅。

66. 一种打印头,包括 :

单片主体,限定出包括泵作用室的流动路径和位于所述泵作用室上游的过滤器 / 阻抗构造,其中该过滤器 / 阻抗构造包括多个平行的柱。

67. 按照权利要求 66 所述的打印头, 其中, 过滤器 / 阻抗构造限定出多个流动开口。
68. 按照权利要求 67 所述的打印头, 其中, 流动开口的横截面尺寸为 25 微米或更小。
69. 按照权利要求 67 所述的打印头, 包括喷嘴开口, 其中, 流动开口的横截面尺寸小于喷嘴开口的横截面尺寸。
70. 按照权利要求 67 所述的打印头, 其中, 流动路径和过滤器 / 阻抗构造限定在可蚀刻材料内。
71. 按照权利要求 70 所述的打印头, 其中, 可蚀刻材料是半导体。
72. 按照权利要求 71 所述的打印头, 其中, 可蚀刻材料是硅。
73. 一种打印头, 包括:
主体, 包括具有泵区域的流动路径,
压电促动器, 该压电促动器与所述流动路径的泵区域相联, 所述促动器具有接合到所述主体的促动器膜片、下部电极、上部电极、位于所述下部电极和所述上部电极之间的厚度小于 50 微米的预烧结压电层以及位于所述下部电极和所述促动器膜片之间的使所述预烧结压电层相对于所述流动路径固定的接合层。

打印头

[0001] 本申请是申请日为 2003 年 7 月 2 日、申请号为 03819950.5 的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及打印头。

背景技术

[0003] 喷墨打印机一般来说包括从供墨到喷嘴路径的墨路。喷嘴路径终止于喷嘴开口，墨滴从这一喷嘴开口喷出。墨滴喷出是由带有促动器的墨路中的加压墨控制的，其中所述促动器可以是，例如，压电偏转器、热力气泡射流发生器或静电偏转元件。典型的打印头具有一个墨路阵列，这些墨路带有相应的喷嘴开口和相关联的促动器，并且墨滴从各个喷嘴开口的喷出是能够独立控制的。在墨滴随选打印头中，在打印头和打印基材彼此相对移动的同时，启动每个促动器，以在图像的指定像素位置上选择性地喷射出墨滴。在高性能打印头中，喷嘴开口一般来说具有 50 微米或更小的直径，例如，25 微米左右，这些喷嘴开口以 100–300 喷嘴 / 英寸的间距分散开，并且具有 100 到 3000dpi 或更高的分辨率，而且给出了大约 1 到 70 皮升 (pl) 或更小的液滴大小。液滴喷射频率一般为 10kHz 或更高。

[0004] Hoisington 等人的 US5265315 (该专利文献的全部内容以引用的方式整体并入本文) 介绍了一种打印头，这种打印头具有半导体打印头主体和压电促动器。打印头主体由硅制成，对该主体进行了蚀刻，以限定出墨腔。喷嘴开口是由分立的喷嘴板限定的，该喷嘴板连接在硅主体上。压电促动器具有压电材料层，该压电材料层响应于所施加的电压改变结合形状或发生弯曲。压电层的弯曲对沿着墨路定位的泵作用室中的墨水进行加压。

[0005] 对于给定电压，压电材料表现出来的弯曲量与该材料的厚度成反比。结果，随着压电层厚度的增加，电压需求量增加。为了限制与给定的液滴尺寸相对应的电压需求量，可以增大压电材料的偏转壁面积。大的压电壁面积可能也会要求相应的大的泵作用室，这样会使设计复杂化，比如为了实现高分辨率打印而维持小的喷射孔间隔这样的方面。

[0006] 打印精度受诸多因素的影响，包括由打印机的头中和多个头中的喷嘴喷射出来的墨滴的尺寸和速度均匀度。墨滴尺寸和墨滴速度均匀度反过来受到诸如墨路尺寸均匀度、声波干扰效应、墨水流动路径中的污物以及促动器的促动均匀度之类的因素的影响。

发明内容

[0007] 按照一个方面，本发明的特征在于，一种具有单片半导体主体的打印头，其中所述主体具有上表面和下表面。该主体限定了包括泵作用室、喷嘴流动路径和喷嘴开口的流体路径。喷嘴开口限定在主体的下表面内而喷嘴流动路径包括加速区。与泵作用室相联的压电促动器。该促动器包括压电层，该压电层的厚度为大约 50 微米或更小。

[0008] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种包括单片半导体主体的打印头，该主体包括内埋层并且具有上表面和下表面。该主体限定了多个流体路径。各个流体路径包括

泵作用室、喷嘴开口和介于泵作用室与喷嘴开口之间的喷嘴路径。喷嘴路径包括加速区。泵作用室限定在主体的上表面内，喷嘴开口限定在主体的下表面内，并且加速区限定在喷嘴开口与内埋层之间。与泵作用室相联的压电促动器。该促动器包括压电材料层，该压电材料层的厚度为大约 25 微米或更小。

[0009] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种包括单片半导体主体的打印头，该主体具有上表面和基本平行的下表面，该主体限定了包括供墨路径、泵作用室和喷嘴开口的流体路径，其中泵作用室是限定在上表面内的而喷嘴开口是限定在下表面内的。

[0010] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种包括半导体主体的打印头，该主体限定了流体流动路径、喷嘴开口和具有多个流动开口的过滤器 / 阻抗构造。流动开口的横截面小于喷嘴开口的横截面并且流动开口的总面积大于喷嘴开口的面积。

[0011] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种包括单片半导体主体的打印头，该主体限定了流动路径和过滤器 / 阻抗构造。按照一些实施方式，限定了喷嘴开口的喷嘴板安装在半导体主体上。按照一些实施方式，半导体主体限定了喷嘴开口。

[0012] 按照另一个方面，本发明的特征在于，过滤器 / 阻抗构造包括具有多个流动开口的半导体。按照一些实施方式，开口的横截面为大约 25 微米或更小。

[0013] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种包括主体和压电促动器的打印头，其中主体包括流动路径，压电促动器具有与流动路径相通并且具有大约 50 微米或更小的厚度的预烧结压电层。

[0014] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种具有压电层的打印头，该压电层具有 Ra 为大约 0.05 微米或更小的表面。

[0015] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种包括压电促动器的打印头，该压电促动器包括压电层，该压电层厚度为大约 50 微米或更小并且具有至少一个包括填空料材料的表面。

[0016] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种打印方法，包括：制备打印头，该打印头包括过滤器 / 阻抗构造，该构造具有多个流动开口；和喷射流体，使得 $t/(t \text{ (流动发生时间)})$ 为大约 0.2 或更大，其中 t 是发射脉冲宽度并且流动发生时间是 $(\text{流体密度})r^2/(\text{流体粘度})$ ，其中 r = 至少一个流动开口的横截面尺寸。

[0017] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种方法，包括制备一个厚度为大约 50 微米或更小的压电层、在该层的至少一个表面上制备一层填充材料、减小填充料层的厚度以露出压电材料，使压电材料的表面中的空隙包括填充材料。

[0018] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种形成打印头的方法，该方法通过下述步骤形成打印头：制备一个主体、在主体上安装一个压电层、将所述固定的压电层的厚度减小到 50 微米并且利用该压电层对打印头中的流体加压。

[0019] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种形成打印头的方法，包括制备压电层、制备膜片、借助阳极接合将压电层固定在膜片上和 / 或借助阳极接合将膜片固定到主体上并且将促动器结合到打印头中。

[0020] 按照另一个方面，本发明的特征在于，一种喷嘴板，包括单片半导体主体，该主体包括内埋层、上表面和下表面。主体限定了多个流体路径，每个流体路径包括喷嘴路径和喷嘴开口。喷嘴路径包括加速区。喷嘴开口限定在主体的下表面内并且加速区限定在下表

面和内埋层之间。

[0021] 按照另一个方面，本发明的特征在于一种喷嘴板，包括单片半导体主体，该主体包括多个流体路径，每个流体路径包括喷嘴路径、喷嘴开口和过滤器 / 阻抗构造。

[0022] 其它的方面或实施方式可以包括上述方面中的特征的组合和 / 或下述的一个或多个。

[0023] 压电层的厚度为大约 25 微米或更小。压电层的厚度为大约 5 到 25 微米。压电层的密度为大约 7.5 g/cm^3 或更大。压电层具有大约 200 或更大的 d_{31} 系数。压电层具有 Ra 为大约 0.05 微米或更小的表面。压电层由预烧结的压电材料构成。压电层基本上是压电材料的平面体。填空料材料是电介质。电介质是从二氧化硅、氮化硅或氧化铝或 paralyne 中选取的。填空料材料是 ITO。

[0024] 半导体主体限定出了过滤器 / 阻抗构造。过滤器 / 阻抗构造限定了流体路径中的多个流动开口。过滤器 / 阻抗构造包括流动路径中的多个凸起。至少一个凸起限定了部分围绕区域，例如，由内凹表面限定的区域。所述凸起是柱。至少一个柱包括面对上游的内凹表面。该构造包括多行柱。第一上游行和最后一个下游行和第一行中的柱具有面对上游的外凸表面，并且在最后一行中的柱具有面对下游的外凸表面。介于第一和第二行之间的柱包括面对上游的内凹表面。这些柱具有与所述具有面对下游的内凹表面的柱相邻的面对上游的外凸表面。该构造包括多个穿过壁件的小孔。开口的横截面尺寸为喷嘴开口的横截面尺寸的大约 50% 到大约 70%。过滤器 / 阻抗构造位于泵作用室的上游。过滤器 / 阻抗构造位于泵作用室的下游。

[0025] 流动开口的横截面尺寸小于喷嘴开口的横截面尺寸。过滤器 / 阻抗构造具有内凹表面区域。流动开口的横截面为喷嘴开口的横截面的 60% 或小于 60%。流动开口的总面积为喷嘴开口的横截面的 2 倍或更高。

[0026] 流动基本上是在与发射脉冲宽度相当的时间内发生的，例如，开口中心处的流动发生达到最大值的大约 65% 或更大。 $t / (\text{流动发生时间})$ 为大约 0.75 或更大。发射脉冲宽度为大约 10 微秒或更小。跨越该构造的压降小于跨越喷嘴流动路径的压降的例如 0.5 到 0.1。

[0027] 促动器包括接合到半导体主体上的促动器衬底。促动器衬底是通过阳极接合安装到半导体主体上的。促动器衬底是从玻璃、硅、氧化铝、氧化锆或石英中选取的。促动器衬底的厚度为大约 50 微米或更小，例如，25 微米或更小，例如 5 到 20 微米。促动器衬底是借助阳极接合安装到压电层上的。

[0028] 促动器衬底是通过非晶硅层接合到压电层上的。压电层是通过有机粘接剂接合到促动器衬底上的。促动器衬底沿着流体路径延伸超过压电层。沿着流体路径延伸超过泵作用室的促动器衬底的部分具有减小的厚度。促动器衬底是透明的。

[0029] 半导体主体包括至少两种可不同蚀刻的材料。半导体主体包括至少一个内埋层，喷嘴流动路径包括变化的横截面并且内埋层介于不同横截面部分的区域之间。泵作用室限定在主体的上表面之内。喷嘴流动路径包括下行区和加速区，所述下行区用于从泵作用室朝向下表面引导流体，所述加速区将流体从下行区引导到喷嘴开口。内埋层是下行区与加速区的交接处。下行区和 / 或加速区和 / 或加速区的横截面基本上是恒定的。加速区的横截面沿着朝向喷嘴开口的方向缩小。横截面具有曲线区域。加速区长度与喷嘴开口横截面

的比为大约 0.5 或更大,例如,大约 1.0 或更大。所述比为大约 5.0 或更小。加速区的长度为大约 10 到 50 微米。喷嘴开口的横截面尺寸为大约 5 到 50 微米。

[0030] 泵作用室限定在基本为直线的腔室侧壁之间而所述喷嘴流动路径是沿着所述侧壁之一的基本共线的延伸方向限定的。所述主体限定了多个流动路径对,其中这些流动路径对具有相邻的喷嘴并且泵作用室侧壁基本上是共线的。所述喷嘴对中的喷嘴流动路径是互成角度配置的。所述多个对中的喷嘴限定了基本上是直的线。喷嘴流动路径具有含有长横截面和短横截面的区域,并且短横截面与喷嘴开口的线基本平行。

[0031] 压电层和 / 或膜片的厚度是通过磨削减小的。压电层在安装到主体上之前进行烧结。压电层安装到促动器衬底上并且促动器衬底安装到主体上。压电层是通过阳极接合安装到促动器衬底上的。压电层是通过有机粘接剂安装到促动衬底上的。促动器衬底是在将压电层安装到促动器衬底上之前安装到主体上的。促动器衬底的厚度是在将促动器衬底安装到主体上之后得以减小的。促动器衬底是通过阳极接合安装到主体上的。主体是半导体,而促动器衬底是玻璃或硅。压电促动器包括压电层和玻璃或硅膜片,并且采用阳极方式将所述膜片接合到主体上。压电层是采用阳极方式接合到膜片上的。压电促动器包括覆盖压电层的金属化层和覆盖所述金属化层的一层二氧化硅或硅。

[0032] 所述方法包括制备限定了流动路径的主体和通过阳极接合将促动器安装到主体上。流动路径构造(比如供墨路径、过滤器 / 阻抗构造、泵作用室、喷嘴流动路径和 / 或喷嘴开口)是通过蚀刻半导体形成的,这将在下面介绍。

[0033] 与压电材料相关的方面和特征可以由包括非单片的和 / 或非半导体主体限定了流动路径的打印头利用。与限定了流动路径的单片主体的应用有关的方面和特征可由非压电型促动器使用,例如,静电或气泡喷射促动器。与过滤器 / 阻抗相关的方面和特征可以由非压电或压电促动器和单片或非单片主体采用。

[0034] 下面还有其它的方面、特征以及优点。

附图说明

[0035] 附图 1 是打印头的立体图,而附图 1A 是附图 1 中的区域 A 的放大图,附图 1B 和 1C 是打印头单元的组装图。

[0036] 附图 2A 和 2B 是打印头模块的立体图。

[0037] 附图 3 是打印头单元的横截面图。

[0038] 附图 4A 是穿过打印头模块中的流动路径的横截面组装图,而附图 4B 是沿着附图 4A 中截取的模块的横截面组装图。

[0039] 附图 5A 是部分打印头模块主体的顶视图,附图 5B 是附图 5A 中的区域 B 的放大图。

[0040] 附图 6A 是穿过流动开口的流动速度的曲线图,而附图 6B 是表示驱动信号的作为时间的函数的电压的曲线图。

[0041] 附图 7A 是压电层的表面轮廓的曲线图,附图 7B 是表面轮廓的斜视图,而附图 7C 表示沿着附图 7A 中的线 CC 的表面轮廓。

[0042] 附图 8A-8N 是表示打印头模块主体的制造加工过程的横截面图。

[0043] 附图 9 是表示压电促动器的制造加工和模块组装的流程图。

[0044] 附图 10 是表示压电层的磨削的横截面侧视图。

- [0045] 附图 11 是打印头模块的横截面图。
- [0046] 附图 12A 是打印头模块的横截面图,而附图 12B 是附图 12A 中的区域 B 中的模块的前表面的一部分的放大图。
- [0047] 附图 13A 是打印头模块的横截面图,而附图 13B 是附图 13A 中的区域 A 的顶视放大图。
- [0048] 附图 14A 是打印头模块的横截面图,而附图 14B 是附图 14A 中的区域 A 的顶视放大图。
- [0049] 附图 15A 是打印头模块的横截面图,而附图 15B 是附图 15A 中的区域 A 的顶视放大图。
- [0050] 附图 16A 是打印头模块的横截面图,而附图 16B 是模块的组成部分的立体图。

具体实施方式

[0051] 结构

[0052] 参照附图 1,喷墨打印头 10 包括打印头单元 80,这些打印头单元 80 以这样一种方式容纳在封套 86 内 :它们跨越了要将图像打印于其上的纸张 14 或纸张 14 的一部分。可以在打印头 10 和纸张 14 彼此相对移动 (箭头) 的同时,通过选择性地从单元 80 中喷射出墨水,来打印图像。在附图 1A 所示的实施方式中,示出了三组打印头单元 80,这三组打印头单元 80 跨越了例如 12 英寸或更大的宽度。每一组沿着打印头与纸张之间相对移动的方向包括多个打印头单元,在如图所示的情况下为三个。可以将这些单元排布成使喷嘴开口错开,以增加分辨率和 / 或打印速度。按照另一种可选方案,或者额外地,可以为每一组中的每个单元供应不同类型或颜色的墨水。这种结构可用于由打印头在纸张的单次通过过程中在纸张的整个宽度上进行彩色打印。

[0053] 再参照附图 1B 和 1C,每个打印头单元 80 包括一个打印头模块 12,该打印头模块 12 定位于一个面板 82 上,并且在该打印头模块 12 上连接有柔性印刷电路板 84,该柔性印刷电路板 84 用于传送控制墨水喷射的驱动信号。具体参照附图 1C,面板 82 安装在歧管组件 88 上,该歧管组件 88 包括用于向模块 12 传送墨水的供墨路径。

[0054] 再参照附图 2A,每个模块 12 具有一个前表面 20,该表面限定出了一排喷嘴开口 22,墨滴从这些喷嘴开口 22 中喷出。参照附图 2B,每个模块 12 在其背部 16 上具有一连串的驱动触点 17,柔性印刷电路板连接在这些驱动触点上。每个驱动触点对应于一个促动器,并且每个促动器与一个墨水流动路径相联,从而墨水从每个喷嘴开口的喷射是可以独立控制的。按照一种具体的实施方式,模块 12 的总宽度为大约 1.0cm 而总长度为大约 5.5cm。在所示的实施方式中,模块具有单行喷嘴开口。不过,也可以为这些模块配备多行喷嘴开口。例如,一行中的开口可以相对于另一行错开,以增加分辨率。

[0055] 按照另一种实施方式或额外地,可以为与不同行中的喷嘴相应的墨水流动路径供应不同颜色或类型的墨水 (例如,热溶性的、UV 可固化的、水基的墨水)。在例如蚀刻出流动路径的半导体晶片中,可以改变模块的尺寸,这将在下面进行讨论。例如,模块的宽度和长度可以是 10cm 或更大。

[0056] 再参照附图 3,模块 12 包括模块衬底 26 和压电促动器 28、28'。模块衬底 26 限定了模块供墨路径 30、30'、过滤器 / 阻抗构造 32、32'、泵作用室 33、33'、喷嘴流动路径 34、

34' 以及喷嘴开口 22。促动器 28、28' 位于泵作用室 33、33' 上方。供应相邻喷嘴的泵作用室 33、33' 位于模块衬底的中心线的间隔侧上。歧管组件上的面板 82 覆盖住了模块供应路径 30、30' 的下部。墨水（箭头 31）从歧管流动路径 24 供给、进入模块供应路径 30 并且被送往过滤器 / 阻抗构造 32。墨水流过过滤器 / 阻抗构造 32 到达泵作用室 33，在这里由促动器对墨水进行加压，从而将其送到喷嘴流动路径 34 并且送出喷嘴开口 22。

[0057] 模块衬底

[0058] 具体参照附图 4A 和 4B，模块衬底 26 是一个单片半导体主体，比如硅绝缘体 (SOI) 衬底，在其中借助蚀刻形成了墨水流动路径构造。SOI 衬底包括单晶硅上层（称为柄）102、单晶硅下层（称为有源层）104 和二氧化硅中间或内埋层（称为 BOX 层）105。泵作用室 33 和喷嘴开口 22 形成在衬底的两相反平行表面上。如图所示，泵作用室 33 形成在背面 103 内而喷嘴开口 22 形成在前表面 106 内。单片主体以及打印头中多个模块的单片主体之间的厚度均匀度是很高的。例如，对于跨越 6 英寸抛光 SOI 晶片形成的单片组件，单片组件的厚度均匀度可以是大约 ±1 微米或更小。结果，蚀刻在晶片中的流动路径构造的尺寸均匀度基本上不会因主体的厚度变化而降低。而且，喷嘴开口是在模块主体中限定的，而没有使用分立的喷嘴板。按照一种具体的实施方式，有源层 104 的厚度为大约 1 到 200 微米，例如，大约 30 到 50 微米，柄 102 的厚度为大约 200 到 800 微米，而 BOX 层 105 的厚度为大约 0.1 到 5 微米，例如，大约 1 到 2 微米。泵作用室的长度为大约 1 到 5mm，例如，大约 1 到 2mm，宽度为大约 0.1 到 1mm，例如，大约 0.1 到 0.5mm，而深度为大约 60 到 100 微米。按照一种具体的实施方式，泵作用室的长度为大约 1.8mm，宽度为大约 0.21mm，而深度为大约 65 微米。按照另一种实施方式，模块衬底可以是不带 BOX 层的可蚀刻材料，比如半导体晶片。

[0059] 再参照附图 5A 和 5B，模块衬底 26 限定出了位于泵作用室 33 上游的过滤器 / 阻抗构造 32。具体参照附图 5B，过滤器 / 阻抗构造 32 是由流动路径中的一连串凸起 40 定义的，在本例中，这些凸起 40 沿着墨水流动的方向排列成三行 41、42、43。这些凸起（在本例中是平行的柱）是与模块衬底为一体的。可以将过滤器 / 阻抗构造构成得用于仅提供过滤、仅用于声阻抗控制或者同时用于过滤和声阻抗控制。选择这些凸起的位置、大小、间隔和形状，以提供过滤和 / 或期望的声阻抗。作为过滤器，该构造收集诸如颗粒或纤维之类的杂物，使得它们不会到达并堵塞喷嘴流动路径。作为声阻抗单元，该构造吸收从泵作用室 33 朝向供墨流动路径 30 传播的压力波，这样就减小了模块中腔室之间的声串扰并且增加了工作频率。

[0060] 具体参照附图 5B，这些柱是沿着墨水流动路径排列的，使得每一行的柱与相邻行的柱错开，以有效地避免有径直的流动路径穿过该构造，这样就提高了过滤能力。此外，这些柱的形状也能够提高过滤能力。在这个例子中，第一行 41 中的柱 46 包括上游表面 48 和下游表面 50，上游表面 48 总体上是外凸的，下游表面 50 总体上是内凹的，它们形成了部分围绕的阱区域 47。行 42 中的柱 52 包括上游 54 和下游 56 内凹表面。最后一行 43 中的柱 60 包括下游外凸表面 62 和下游内凹表面 64。在墨水从模块墨水流动路径 30 流进构造 32 的时候，第一行 41 中的柱 46 的外凸表面 48 为该构造提供了相对较低的诱发紊流流动路径。第一、第二和第三行中的柱上的内凹表面增强了过滤功能，尤其是提高了过滤长且细的污物（比如纤维）的能力。当纤维随着墨流越过第一行 41 时，它趋向于卷入第二或第三行柱的下游内凹表面 54、62 并被这些内凹表面吸引，从而被收集在上游内凹表面 54、62 与下

游内凹表面 50、56 之间。第三行 43 上的下游外凸表面 64 有助于经过滤的墨水的低紊流进入腔室。按照一些实施方式,可以使用限定出例如矩形或三角形阱区域的其它部分围绕的形状来代替内凹表面。

[0061] 这些柱之间的空间定义出了流动开口。流动开口的尺寸和数量能够实现期望的阻抗和过滤性能。流动开口的阻抗取决于通过该开口的流体的流动发生时间。流动发生时间与流体在受压之后从静止到以稳定的速度场流动所花费的时间有关。对于圆形管道而言,流动发生时间与下式成正比:

$$[0062] (\text{流体密度}) \times r^2 / (\text{流体粘度})$$

[0063] 其中 r 是开口的半径。(对于矩形开口,或者其它开口几何形状, r 是最小横截面尺寸的一半。)对于与入射脉冲的持续时间相比相对较长的流动发生时间而言,流动开口起到电感的作用。而对于与入射压力脉冲的持续时间相比相对较短的流动发生时间而言,流动开口起到阻抗器的作用,从而有效地抑制了入射脉冲。

[0064] 最好,流动在与发射脉冲宽度相应的时间内得到充分发生。参照附图 6A,示出了穿过管子的流动发生过程。图中标出了穿过开口的最大速度 U_{max} 之内的速度 U ,其中 $r^* = 0$ 是开口的中心,而 $r^* = 1$ 是开口的边缘。针对多个 t^* 标出了流动发生过程,其中 t^* 是脉冲宽度 t 除以流动发生时间。这个图还在《粘性流体流动 (Viscous Fluid Flow)》(作者: F. M. White, McGraw-Hill, 1974) 中进行了介绍,其全部内容以引用的方式并入本文。在该书的第 141-143 页对附图 6A 中的图形进行了介绍。

[0065] 如附图 6A 所示,在大约 $t^* = 0.2$ 或更大的情况下,开口中心处的流动发生达到了最大值的大约 65%。在大约 $t^* = 0.75$ 的情况下,流动发生达到了最大值的大约 95%。对于给定的 t^* 和脉冲宽度,可以针对给定密度和粘度的流体选择流动开口的尺寸。例如,对 $t^* = 0.75$,墨水的密度为大约 1000 kg/m^3 ,粘度为大约 0.01 帕斯卡 - 秒,如果脉冲宽度为 7.5 微秒,那么 $r = 10e-6 \text{ m}$ 并且开口的直径应当为大约 20 微米或更小。

[0066] 参照附图 6B,脉冲宽度 t 为用于墨滴喷出的电压施加持续时间。图中示出了两个驱动信号序列,各自具有三个液滴喷射波形。一般来说要将促动器上的电压维持在中性状态,直到希望进行液滴喷射,此时应用喷射波形。例如,对于梯形波形,脉冲宽度 t 是梯形的宽度。对于更加复杂的波形,脉冲宽度是液滴喷射周期的时间,例如,从喷射波形开始到返回到起始电压的时间。

[0067] 可以对该构造中的流动开口的数量进行选择,从而可为泵作用室提供充足的墨水流,以实现连续高频操作。例如,足以提供抑制的小尺寸的单一流动开口能够限制墨水供应。为了避免这种墨水不足,可以设置多个开口。可以对开口的数量进行选择,以使该构造的总流阻小于喷嘴的流阻。此外,为了实现过滤,流动开口的直径或最小截面尺寸最好小于相应的喷嘴开口的直径(最小截面),例如为喷嘴开口的 60% 或更小。在优选的阻抗 / 过滤构造中,开口的截面为喷嘴开口截面的大约 60% 或小于 60%,并且该构造中的所有流动开口的横截面积大于喷嘴开口的横截面积,例如为喷嘴横截面积的大约 2 或 3 倍或更大,例如,大约 10 倍或更大。对于流动开口具有变化直径的过滤器 / 阻抗构造而言,在其最小横截面尺寸的位置上对流动开口的横截面积进行测量。在过滤器 / 阻抗构造具有沿着墨水流方向相互连接的流动路径的情况下,横截面尺寸和面积是在最小横截面的区域中测量的。按照某些实施方式,压降可用于确定通过所述构造的流阻。压降能够在喷射流中测量。

喷射流为液滴容积 / 发射脉冲宽度。按照某些实施方式,在喷射流下,跨越阻抗 / 过滤构造的压降小于跨越喷嘴流动路径的压降。例如,跨越所述构造的压降为跨越喷嘴流动路径的压降的 0.5 到 0.1 倍。

[0068] 可以对所述构造的总阻抗能力进行选择,以充分减小进入供墨路径的声反射。例如,所述构造的阻抗能力可以基本上与泵作用室的阻抗能力相匹配。按照另一种可选方案,可能会期望提供比腔室大的阻抗能力,以提高过滤功能,或者提供小于腔室的阻抗能力,以提高墨水流动。在后一种情况下,通过利用柔顺性薄膜或流动路径中别处的额外的阻抗控制构造,可以使得串扰得到降低,这将在下面进行介绍。泵作用室和过滤器 / 阻抗构造的阻抗能力可以使用流体动力学软件来进行模拟,比如 Flow3D(可从位于新墨西哥州圣达菲的 Flow Science Inc. 购得)。

[0069] 按照一种具体的实施方式,这些柱具有大约 15 微米的沿着流动路径的间隔 S1 和垂直流动路径的间隔 S2,并且喷嘴开口为大约 23 微米(附图 5B)。柱的宽度为大约 25 微米。按照附图 5 中的实施方式,过滤器 / 阻抗构造中的三行柱起到了三个串联声学电阻的作用。第一和最后一行提供了六个流动开口,而中间行提供了五个流动开口。每个流动开口具有大约 15 微米的最小横截面,这个最小横截面小于喷嘴开口的横截面(23 微米)。每一行中的开口面积的总和大于喷嘴开口的面积。由用于阻抗控制和 / 或过滤的凸起限定的构造的优点在于,这些凸起在沿着和横穿流动路径两个方向上的间隔、形状安排和大小可以,例如,给出对过滤很有效的曲折的流体路径,同时给出尺寸设计得适于有效缓冲的流动通路。按照其它一些实施方式,这些实施方式将在下面进行讨论,过滤器 / 阻抗构造可以由具有一系列小孔的间隔壁实现。

[0070] 具体参照附图 5A,模块衬底还限定了泵作用室 33、33',它们为各自的喷嘴流动路径 34、34' 馈送。泵作用室 33、33' 横跨喷嘴开口线彼此相对地定位并且具有总体上共线的侧壁 37、37'。为了获得邻近相隔的喷嘴开口的直线,喷嘴流动路径沿着侧壁之一的延伸部分与泵作用室相连接,形成了喷嘴流动路径的相互交叉形式。此外,为了保持泵作用室与喷嘴流动路径之间的过渡区处的相对较低的容积,过渡区中的形状是椭圆形的,其短轴沿着喷嘴开口线。下面将要介绍,这种定位方式实现了小的喷嘴开口间距和相对较大的喷嘴路径容积。此外,加工得到了简化,这是因为可以横跨模块进行直线锯切,以分隔设置相邻的腔室并且形成在喷嘴线两侧的隔离切口。

[0071] 回过头来参照附图 4A 和 4B,模块衬底还限定了喷嘴流动路径 34。在这个例子中,喷嘴流动路径 34 与上和下模块衬底表面相垂直地引导墨流。喷嘴流动路径 34 具有上部下行区 66 和下部加速区 68。下行区 66 具有相对大的容积而加速区 68 具有相对小的容积。下行区 66 将墨水从泵作用室 33 引导到加速区 68,在将墨水从喷嘴开口 22 中喷出之前,在该加速区 68 中对墨水进行加速。加速区 68 穿过模块的均匀度提高了墨滴大小和墨滴速度的均匀度。加速区的长度是限定在模块主体的前表面 106 与 BOX 层 105 之间的。此外,BOX 层 105 处于下行区 66 和加速区 68 的交接处。下面将要讨论,在加工期间,BOX 层 105 起到了蚀刻终止层的作用,以精确地控制蚀刻深度和喷嘴均匀度。

[0072] 附图 4A 中示出的加速区总体上为直径恒定的圆柱形路径,其直径与孔口直径相当。喷嘴开口的这一小的、直径基本恒定的上游区域通过促使液滴轨迹相对于喷嘴开口的轴线正直而提到了打印精度。此外,加速区域通过阻止经喷嘴开口吸入空气而改善了高频

操作下的液滴稳定性。在以发射前充满模式工作的打印头中,这是一个显著的优点,在这种打印头中,在发射之前,促动器产生负压,以将墨水汲取到泵作用室中。所述负压还有可能造成喷嘴中的墨水弯液面从喷嘴开口中被向内吸入。通过设置一个长度大于最大弯液面回退距离的加速区,防止了空气的吸入。加速区还可以包括变化的直径。例如,加速区可以具有从接近下行区的大直径部分延伸到接近喷嘴开口的小直径部分的漏斗或圆锥形形状。其锥角可以是,例如,5 到 30 度。加速区还可以包括从大直径延伸到小直径的二次曲线或喇叭口形状。加速区还可以包括直径朝向喷嘴开口逐步变小的多个圆柱形区域。直径朝向喷嘴开口逐步减小降低了跨越加速区的压降,这样就减小了驱动电压,并且增加了液滴尺寸范围和发射速度可行范围。喷嘴流动路径具有不同直径的各部分的长度可以使用 BOX 层精确地加以限定,该 BOX 层起到了蚀刻终止层的作用,这将在下面进行讨论。

[0073] 按照一些具体的实施方式,加速区的长度与喷嘴开口直径的比例一般来说为大约 0.5 或更大,例如,大约 1 到 4,最好是大约 1 到 2。下行区的最大横截面为大约 50 到 300 微米,并且长度为大约 400-800 微米。喷嘴开口和加速区的直径为大约 5 到 80 微米,例如,大约 10 到 50 微米。加速区的长度为大约 1 到 200 微米,例如,大约 20 到 50 微米。在模块主体的各喷嘴之间,加速区长度的均匀度可以是,例如,大约 $\pm 3\%$ 或更下或者 ± 2 微米或更小。对于设置为用于 10 μl 液滴的流动路径而言,下行区的长度大约为 550 微米。下行区具有椭圆形的跑道形状,其短轴长度为大约 85 微米,长轴长度为大约 160 微米。加速区的长度为大约 30 微米且直径为大约 23 微米。

[0074] 促动器

[0075] 参照附图 4A 和 4B,压电促动器 28 包括促动器膜片 70、接合层 72、接地电极层 74、压电层 76 和驱动电极层 78。压电层 74 是压电材料薄膜,厚 4 度为大约 50 微米或更小,例如大约 25 微米到 1 微米,例如大约 8 微米到大约 18 微米。压电层可以由具有期望属性(比如高密度、低空隙以及高压电常数)的压电材料构成。可以在将压电材料接合到衬底上之前,通过使用包含对该材料进行烧结的技术,在压电材料中建立这些属性。例如,单独模制和烧结的(与在支撑物上的情况相对比)压电材料具有这样的优点:可以使用高压将该材料压到模具中(加热或未加热)。此外,一般来说需要更少量的添加剂,比如流动活性剂和粘合剂。在烧结处理中,可以使用较高的温度,例如 1200-1300°C,能够实现较好的熟化和颗粒生长。可以使用烧结氛围(例如,富铅氛围)来减少陶瓷中 PbO 的损失(由于高温造成)。可以将可能有 PbO 损失或其它缺陷的模制部分的外表面切除并且丢弃掉。也可以通过热等静压加压(HIP)工艺对所述材料进行处理,在该处理期间,对陶瓷施加通常为 1000-2000 大气压的高压。HIP 处理一般在对一块压电材料进行了烧结之后实施,并且用于增加密度、减小空隙和增大压电常数。

[0076] 经预烧结的压电材料薄层可以通过减小相对较厚的晶片的厚度来形成。诸如平磨这样的精磨技术能够产生相当均匀的具有光滑、低空隙表面形态的薄层。在平磨中,将工件安装在旋转夹具上并且使得工件的暴露表面与平磨轮相接触。这一磨削可以在晶片上产生例如 0.25 微米或更小(例如大约 0.1 微米或更小)的平坦度和平行度以及达到 5nm Ra 或更小的表面抛光。该磨削还产生对称的表面抛光和均匀的残余应力。在有需求的情况下,可以形成轻微内凹或外凸的表面。下面将要讨论,可以在磨削之前将压电晶片接合在衬底上,比如模块衬底上,从而薄层可以得到支撑并且减小了断裂和翘曲的可能性。

[0077] 具体参照附图 7A 到 7C, 给出了压电材料的接地表面的干涉测量表面光度仪数据。具体参照附图 7A, 表面抛光在大约 35mm^2 的区域内表现为一系列基本平行的隆起线。平均峰谷变化为大约 2 微米或更小, 均方根值为大约 0.07 微米或更小, 并且 Ra 为大约 0.5 微米或更小。具体参照附图 7B, 以立体的方式示出了表面轮廓。具体参照附图 7C, 给出了附图 7A 中沿直线 CC 截得的表面轮廓。

[0078] 适用的精磨设备是东芝的 Model UHG-130C, 可以通过位于亚利桑那州钱德勒市的 Cieba Technologies 购得。可以使用粗轮随后使用精轮对衬底进行磨削。适用的粗轮和精轮分别具有 1500 粒度和 2000 粒度的人造金刚石树脂状基质。适用的磨削轮可以从日本的 Adoma 或 Ashai Diamond Industrial Corp. 购得。工件心轴以 500rpm 的转速工作, 并且磨削轮心轴以 1500rpm 的转速工作。对于使用粗轮的开始 200-250 微米, x 轴进给速度是 10 微米 / 分钟, 而对于使用精轮的最后 50-100 微米, x 轴进给速度是 1 微米 / 分钟。冷却剂是 $18\text{m}\Omega$ 脱离子水。表面形态可以通过采用 Metroview 软件的 Zygomodel Newview5000 干涉仪进行测量, 可以从位于康奈提格州的 Middlefield 的 Zygotech Corp. 购得。压电材料的密度最好为大约 7.5g/cm^3 或更高, 例如, 大约 8g/cm^3 到 10g/cm^3 。 d_{31} 系数最好为大约 200 或更大。经 HIPS 处理过的压电材料可以从日本的 Sumitomo Piezoelectric Materials 购得, 即 H5C 和 H5D。H5C 材料表现出大约 8.05g/cm^3 的表观密度和大约 210 的 d_{31} 。H5D 材料表现出大约 8.15g/cm^3 的表观密度和大约 300 的 d_{31} 。晶片的厚度一般来说大约是 1cm 并且可以切割成 0.2mm 的小片。切成小片的晶片可以接合到模块衬底上, 并且然后磨削成期望的厚度。压电材料可以通过包括加压、刀刮、印刷电路板基板、溶胶凝胶或沉积技术来形成。压电材料加工在《压电陶瓷 (Piezoelectric Ceramics)》(作者 :B. Jaffe, Academic Press Limited, 1971), 其全部内容以引用的方式整体并入本文。在第 258-259 页介绍了形成方法, 包括热压法。高密度、高压电常数的材料是首选的, 不过可以对低性能的材料使用磨削技术来提供薄层以及光滑、均匀的表面形态。也可以使用单晶压电材料, 比如铅镁铌酸盐 (PMN), 可以从位于宾夕法尼亚州费城的 TRSCeramics 购得。

[0079] 回过来参照附图 4A 和 4B, 促动器还包括下部电极层 74 和上部电极层 78。这些层可以是金属, 比如铜、金、钨、氧化铟锡 (ITO)、钛或铂或者这些金属的组合物。这些金属可以是真空沉积到压电层上的。电极层的厚度可以是, 例如, 大约 2 微米或更小, 例如, 大约 0.5 微米。按照一些具体的实施方式, 可以使用 ITO 来减少短路。ITO 材料可以填充压电材料中的小空隙和通路并且具有足以减少短路的阻抗。这种材料非常适用于以相对较高的电压驱动的薄压电层。此外, 在施加电极层之前, 可以使用电介质对压电材料表面进行处理, 来填充表面空隙。可以采取这样的手段来填充这些空隙: 在压电层表面上沉积电介质层然后再对电介质层进行磨削以暴露出压电材料, 以致表面中的任何空隙都由电介质填充。电介质减小了断裂的可能性并且提高了操作均匀性。所述电介质材料可以是, 例如, 二氧化硅、碳化硅、氧化铝或聚合物。可以通过溅镀或诸如 PEVCD 这样的真空沉积技术来沉积电介质材料。

[0080] 将金属化的压电层固定在促动器膜片 70 上。促动器膜片 70 将腔室 33 中的墨水与下部电极层 74 和压电层 76 隔离开。促动器膜片 70 一般来说是惰性材料并且具有柔顺性, 从而压电层的促动会造成促动器膜片足以对泵作用室中的墨水增压的弯曲。促动器膜片的厚度均匀性实现了穿过模块的精确且均匀的促动。可以将促动器膜片的材料制备成厚

板（例如，大约 1mm 厚或更厚），使用平磨将它们磨削成期望的厚度。例如，可以将促动器膜片磨削成大约 25 微米或更小的厚度，例如，大约 20 微米。按照一些实施方式，促动器膜片 70 具有大约 60 吉帕斯卡或更大的模量。实例材料包括玻璃或硅。具体的例子是硼硅酸盐玻璃，可以从德国的 Schott Glass 公司购得，即 BoroflotEV520。另外，可以通过在金属化的压电层上沉积厚度为例如 2 到 6 微米的氧化铝层制备促动器膜片。按照另外一种可选方案，促动器膜片可以是锆或石英。

[0081] 压电层 76 可以通过接合层 72 连接在促动器膜片 70 上。接合层 72 可以是一层沉积在金属层 74 上的非晶硅，然后将其以阳极方式接合到促动器膜片 70 上。在阳极接合过程中，在硅衬底与玻璃相接触的同时对其进行加热，同时向玻璃施加负电压。离子朝向负电极漂移，在与硅的分界面处的玻璃中形成了耗尽区，这个耗尽区在玻璃和硅之间形成了静电键。接合层还可以是经焊接或形成共晶键的金属。另外，接合层可以是有机粘接剂层。因为压电材料已经预先进行了烧结，在组装期间粘接剂层不会经受高温。也可以使用相对较低熔融温度的有机粘接剂。有机粘接剂的一个例子是 BCB 树脂，可以从位于密歇根州米德兰市的 Dow Chemical 购得这种树脂。可以通过旋涂工艺将粘接剂涂覆到例如大约 0.3 到 3 微米的厚度。可以在将压电层接合到促动器膜片上之前或之后将促动器膜片接合到模块衬底上。

[0082] 可以通过粘接剂或通过阳极接合将促动器膜片 70 接合到模块衬底 26 上。阳极接合是较佳选择，因为没有粘接剂接触与流动路径相邻的模块衬底构造，从而减小了污染的可能性并且可以提高厚度均匀度和对齐程度。促动器衬底在连接到模块衬底上之后可以磨削到期望的厚度。按照另外一些实施方式，促动器不包括介于压电层与泵作用室之间的膜片。压电层可以直接暴露于墨水腔室中。在这种情况下，驱动和接地电极全部都可以放置在压电层不暴露于墨水腔室的相反的背侧上。

[0083] 回过头来参照附图 2B 以及附图 4A 和 4B，在模块的中心线的任一侧上的促动器是由切割线 18、18' 分隔开的，这两根切割线具有延伸到促动器膜片 70 的深度。对于由诸如玻璃之类的透明材料制成的促动器膜片 70 而言，透过这些切割线能够看到喷嘴流动路径，这为墨流分析创造了条件，例如，使用频闪照相进行分析。相邻的促动器是由隔离切口 19 分隔开的。隔离切口 19 可以机械地将相邻的腔室隔离开，以减少串扰。如果希望的话，这些切口可以向硅中延伸得更深，例如，延伸到泵作用室的深度。促动器的背部 16 还包括接地触点 13，这些接地触点 13 由延伸到压电层而保持接地电极层 72 完整的分隔切口 14 与促动器分开（附图 4A）。在对顶表面进行金属化之前形成的边缘切口 27 在模块的边缘处露出接地电极层 72，从而顶表面金属化将接地触点与接地层 72 连接起来。

[0084] 加工制造

[0085] 参照附图 8A 到 8N，示出了模块衬底的加工制造过程。可以同时在一个晶片上形成多个模块衬底。为了简明起见，附图 8A-8N 示出了一个单一的流动路径。模块衬底中的流动路径构造可以借助蚀刻工艺形成。具体的工艺是通过深度还原性离子蚀刻进行的各向同性干法蚀刻，这一工艺利用了等离子体来选择性地蚀刻硅或二氧化硅，以形成具有基本垂直侧壁的构造。称为 Bosch 工艺的一种还原性离子蚀刻技术在 Laermor 等人的 US5501893 中进行了讨论，该专利文献的全部内容以引用的方式整体并入本文。深度硅还原离子蚀刻器

材可以从位于加利福尼亚州雷德伍德城的 STS 公司、位于德克萨斯州普莱诺市的 Alcatel 公司或位于瑞士的 Unaxis 公司购得。具有 <100> 晶体取向的 SOI 晶片可以从蚀刻设备供应商处购得，包括位于加利福尼亚州圣巴巴拉市的 IMT 公司，并且还原性离子蚀刻可以由这样的蚀刻设备供应商来实施。

[0086] 参照附图 8A，SOI 晶片 200 包括硅柄 202、二氧化硅 BOX 层 205 和硅有源层 206。该晶片的后表面上有一个氧化物层 203 并且在前表面上有一个氧化物层 204。氧化物层 203、204 可以通过加热氧化形成或者通过汽相沉积法沉积在晶片上。氧化物层的厚度一般来说为大约 0.1 到 1.0 微米。

[0087] 参照附图 8B，晶片的前侧备有限定出喷嘴开口区 212 和供墨区 211 的光致抗蚀剂图样。

[0088] 参照附图 8C，对晶片的前侧进行蚀刻，以将限定出喷嘴开口区 212 和供墨区 213 的图样转移到氧化物层上。然后将抗蚀剂除掉。

[0089] 参照附图 8D，晶片的后侧备有限定出泵作用室区域 217、过滤区域 219 和供墨路径区域 221 的光致抗蚀剂图样 215。

[0090] 参照附图 8E，然后对后侧进行蚀刻，以将包括泵作用室区 223、过滤区 225 和供墨路径区 227 的图样转移到氧化物层 203 上。

[0091] 参照附图 8F，在晶片的后侧上设置限定出下行区域 231 的抗蚀剂图样 229。

[0092] 参照附图 8G，将下行区 232 蚀刻到柄 202 中。该蚀刻过程可以采用还原性离子蚀刻来进行，以在基本上不蚀刻二氧化硅的同时选择性地蚀刻硅。蚀刻朝向 BOX 层 205 进行。该蚀刻在 BOX 层的稍上方终止，从而后续的蚀刻步骤（附图 8H）除去到 BOX 层的剩余硅。然后从晶片的后侧剥离抗蚀剂。

[0093] 参照附图 8H，将泵作用室区 233、过滤区 235 和供墨区 237 蚀刻到晶片的后侧中。深度硅还原性离子蚀刻选择性地蚀刻掉了硅，而基本上不会蚀刻掉二氧化硅。

[0094] 参照附图 8I，在晶片的前侧上设置限定出供墨区 241 的光致抗蚀剂图样 239。该光致抗蚀剂填充并保护了喷嘴区 213。

[0095] 参照附图 8J，使用还原性离子蚀刻工艺蚀刻出了供墨区 241。该蚀刻进行到 BOX 层 205。

[0096] 参照附图 8K，从供墨区蚀刻内埋层。BOX 层可以使用湿法酸蚀刻进行蚀刻，这种蚀刻工艺选择性地蚀刻掉了 BOX 层中的二氧化硅，而基本上不会蚀刻掉硅或光致抗蚀剂。

[0097] 参照附图 8L，利用还原性离子蚀刻对供墨区进行进一步蚀刻，以产生到达晶片前表面的穿透通路。然后从晶片的前侧上剥离抗蚀剂 239。在附图 8L 所示的蚀刻之前，可以借助 PVD 工艺在晶片的后侧上配备保护性金属层，例如，铬。在供墨区蚀刻完成之后，通过酸蚀刻除去该保护性金属层。

[0098] 参照附图 8M，喷嘴的加速区 242 是通过从晶片的前侧进行还原性离子蚀刻以选择性地蚀刻掉硅而基本不蚀刻二氧化硅而形成的。在限定在氧化物层 204 中喷嘴区 214 中，蚀刻进行到 BOX 层 205 的深度。结果，加速区的长度限定在了晶片的前表面与内埋氧化物层之间。在到达了 BOX 层 205 之后，可以继续进行还原性离子蚀刻处理一个时间段，以形成下行区和加速区之间的过渡部分 240。具体来说就是，在已经蚀刻硅到 BOX 层之后，继续施加离子蚀刻能量有助于增大与 BOX 层 205 相邻的加速区的直径，在加速区中产生了曲线形

状的直径渐变部分 240。一般来说，该成形是通过过蚀刻大约 20% 实现的，即，继续进行相当于到达 BOX 层所花费时间的大约 20% 这么长时间的蚀刻。直径的变化也可以通过改变作为蚀刻深度的函数的蚀刻参数来产生，例如，蚀刻速度。

[0099] 参照附图 8N，使用从晶片后侧施加的湿法蚀刻除掉在下行区与加速区交界处的 BOX 层 205 部分，以产生下行区与加速区之间的通路。此外，施用湿法蚀刻可以除掉晶片后表面上的氧化物层 203。如果期望的话，可以类似地除去晶片前表面上的氧化物层 204，以暴露出单晶硅，单晶硅一般来说比二氧化硅更具可润湿性和耐用性。

[0100] 现在参照附图 9，给出了概括出促动器的加工过程和模块的组装过程的流程图。在步骤 300 中，制备出了包括多个如附图 8N 中所示的带有流动路径的模块的硅晶片。在步骤 302 中，制备出促动器衬底材料原坯，比如硼硅酸盐玻璃原坯。在步骤 304 中，制备出了压电材料原坯。在步骤 306 中，例如，使用带有 1% Micro90 清洁器的超声波清洁器对促动器衬底材料进行清洗。对玻璃原坯进行冲洗、使用氮气进行干燥并且进行等离子体蚀刻。在步骤 308 中，将清洗过的促动器衬底原坯采用阳极方式接合到经过蚀刻的步骤 300 中制备的硅晶片上。在步骤 310 中，使用诸如平磨之类的精磨技术，将促动器衬底原坯的暴露表面磨削成期望的厚度和表面形态。晶片的前表面可以使用 UV 带加以保护。促动器衬底原坯通常要制备成相对较厚的层，例如，厚度为 0.3mm 或更高。衬底原坯可以精确地磨削成例如大约 20 微米的厚度。通过在磨削之前将促动器衬底接合到模块衬底上，对薄的膜片造成的翘曲或其它损坏得到了减少并且尺寸均匀度得到了提高。

[0101] 在步骤 312 中，对促动器衬底进行清洗。促动器衬底可以在超声波洗池中进行清洗并且可以如上所述地对其进行等离子体蚀刻。在步骤 314 中，对压电原坯的两侧进行精细磨削，以制备出光滑的表面形态。在步骤 316 中，对压电原坯的一侧进行金属化。在步骤 318 中，将压电原坯的金属化侧接合到促动器衬底上。可以使用旋涂的粘接剂来接合压电原坯。另外，可以该原坯的金属化表面上沉积一层非晶硅，然后采用阳极方式将该原坯接合到促动器衬底上。

[0102] 在步骤 320 中，使用精磨技术将压电原坯磨削成期望的厚度。再参照附图 10，磨削使用平磨机 350 实现。在这个处理中，将晶片组装到一个具有加工成高平面度公差的基准面的卡盘 352 上。压电原坯的暴露表面与旋转磨削轮 354 相接触，并且以高公差对齐。压电原坯可以具有充足的厚度，例如，大约 0.2mm 或更大，这个厚度对于步骤 314 中的初始表面磨削而言易于处理。不过，在促动器所期望的厚度下，例如，50 微米或更小，压电层很容易遭到损坏。为了避免损坏和便于处理，在将压电原坯结合到促动器衬底上之后再将其磨削成期望的厚度。在磨削期间，可以将喷嘴开口盖住，以密封住墨水流路径，防止其暴露于磨削冷却液。可以使用胶带将喷嘴开口盖住。可以将一个模型衬底安装在卡盘上并且将其磨削成期望的平坦度。然后将晶片安装在该模型衬底上并且将其磨削到模型衬底的平行度。

[0103] 在步骤 322 中，切割出用于接地电极触点的边缘切口，以暴露出接地电极层 74。在步骤 324 中，对晶片进行清洗。在步骤 326 中，将晶片的背侧金属化，这实现了与接地层的金属接触，同时提供了遍及压电层的促动器部分的后表面上的金属层。在步骤 228 中，锯切出分离和隔离切口。在步骤 330 中，再次对晶片进行清洗。

[0104] 在步骤 334 中，通过划片将模块从晶片上分离下来。在步骤 336 中，将模块安装到

岐管框架上。在步骤 338 中, 安装电极。最后, 在步骤 340 中, 将该装置安装到一个外壳中。

[0105] 模块的前表面可以配备保护涂层和 / 或提高或防止墨水浸湿的涂层。该涂层可以是, 例如, 诸如特氟纶之类的聚合物或诸如金或铑之类的金属。可以使用划片机来将模块主体从晶片上分离下来。另外或额外地, 可以通过蚀刻形成切槽并且可以使用划片机在这些切槽中形成分离切口。也可以通过沿着这些切槽掰断手工地分离这些模块。

[0106] 其它实施方式

[0107] 参照附图 11, 在泵作用室的上游设置了柔顺性薄膜 450, 例如, 在过滤器 / 阻抗构造和 / 或供墨流动路径上方。柔顺性薄膜通过吸收声能减少了串扰。该柔顺性薄膜可以由促动器衬底的连续部分给出。可以对这个部分进行磨削、切削或激光加工, 以减小与泵作用室上方的部分相比的厚度 (例如, 到大约 2 微米), 以提高柔顺性。柔顺性薄膜可以包括压电材料层或者可以将压电材料的尺寸制作得不覆盖该薄膜。该薄膜也可以是单独的部件, 比如接合在模块衬底上的聚合物或者二氧化硅或氮化硅膜。可以额外使用沿着与供墨流动路径相邻的模块前表面的柔顺性薄膜, 或者用其代替薄膜 450。在 Hoisington 的 US4891054 中讨论了柔顺性薄膜, 其全部内容以引用的方式整体并入本文。

[0108] 参照附图 12A 和 12B, 将过滤器 / 阻抗控制构造 500 设置为一系列形成在壁件上的小孔, 在这种情况下, 在模块衬底中, 在同一层中限定出了喷嘴 / 加速区。在这个例子中, 墨水是由框架流动路径 512 供应的, 该路径通向模块衬底的底表面 514。底表面 514 具有一系列小孔 516, 这些小孔的尺寸被制作成用于实现过滤功能和吸收声能。

[0109] 参照附图 13A 和 13B, 打印头模块 600 配备有衬底主体 610 和喷嘴板 612 并且具有阻抗 / 过滤构造 614, 该衬底主体 610 由例如碳或金属形成, 喷嘴板 612 由半导体形成。泵作用室 616 和促动器 618 与主体 610 连通。衬底主体 612 限定出了喷嘴流动路径 620, 该路径可以通过磨削、锯削、钻孔或其它非化学加工和 / 或组装多个预先加工好的层来形成。喷嘴板的构造 614 是由通向加速区 616 和喷嘴开口 617 的流动路径中的多行柱 615 形成的。喷嘴板 612 可以通过对包括 BOX 层 619 的 SOI 晶片进行蚀刻以提供流动路径的加速部分中的高均匀度来形成。喷嘴板 612 可以通过例如粘接剂接合到主体 610 上。

[0110] 参照附图 14A 和 14B, 打印头模块 700 配备有衬底主体 710 和喷嘴板 712 并且具有阻抗 / 过滤构造 714, 该衬底主体 710 例如由碳或金属形成, 喷嘴板 712 由硅形成。泵作用室 716 和促动器 718 与主体 710 相连通。碳衬底主体 712 限定出喷嘴流动路径 720。构造 714 形成在喷嘴板的后表面并且包括多个小孔 721。喷嘴板 712 可以通过对包括 BOX 层 719 的 SOI 晶片进行蚀刻以提供流动路径的加速部分中的高均匀度来形成。喷嘴板 712 可以通过例如粘接剂接合到主体 710 上。

[0111] 参照附图 15A 和 15B, 打印头模块 800 配备有衬底主体 810、喷嘴板 812 和限定在由硅形成的层 830 中的阻抗 / 过滤构造 814, 该衬底主体 810 由例如碳或金属形成, 喷嘴板 812 由半导体形成。泵作用室 816 和促动器 818 与主体 810 连通。主体 812 限定出了喷嘴流动路径 820。构造 814 具有多个小孔 821。喷嘴板 812 和层 830 可以通过对包括 BOX 层的 SOI 晶片进行蚀刻来形成。部件 830 位于主体 810 和喷嘴板 812 之间。可以使用例如粘接剂将部件 830 接合在主体 810 上并且将喷嘴板 812 接合到主体 810 上。

[0112] 参照附图 16A 和 16B, 将半导体过滤器 / 阻抗控制部件 900 作为单独的部件设置在模块 910 中。模块主体限定出了一个压力室 912 并且可以由多个组合在一起的层构成, 如

内容已经在前面合并入本文的 Hoisington 的 US4891654 中所讨论的那样。部件 900 位于腔室 912 上游的墨水入口 918 附近。按照这种实施方式,过滤器 / 阻抗控制部件形成一系列薄的矩形凸起 920,这些凸起以一定角度定位,以沿着墨水流动路径给出象迷宫一样的路径。这些凸起可以通过蚀刻半导体衬底来形成。

[0113] 按照其它一些实施方式,上面介绍的经过蚀刻的模块主体或喷嘴板,除了可采用压电促动器外,还可以采用其它的促动器机构。例如,可以使用热气泡喷射或静电促动器。静电促动器的例子可以在 US4386358 中找到,其全部内容以引用的方式整体并入本文。其它的可蚀刻材料可用于模块衬底、喷嘴板和阻抗 / 过滤构造,例如,锗、掺杂硅和其它的半导体。终止层可用于限定各种不同构造的厚度,比如深度、均匀度,并且可用于形成泵作用室。可以配备多个终止层来控制多个构造的深度。

[0114] 上面介绍的压电促动器可以利用其它的模块衬底和衬底系统。可以使用由没有进行预烧结的压电材料形成的压电层。例如,可以通过诸如溶胶凝胶沉积或印刷电路基板技术之类的技术在玻璃或硅衬底上形成薄的压电膜,并且随后进行烧结。可以通过精磨对表面特性和 / 或厚度进行调整。这些促动器衬底材料的抗高温能力能够经受住陶瓷原体的烧结温度。虽然三层的 SOI 衬底是优选的,但是具有两层可不同蚀刻的半导体材料的半导体衬底,比如在硅上有一个二氧化硅,可用来形成模块主体衬底或喷嘴板并且通过不同的蚀刻控制构造的深度。例如,可以使用硅上有二氧化硅的单片主体。加速区可以限定在衬底的硅表面上的喷嘴开口与硅和二氧化硅层间的界面之间。

[0115] 应用

[0116] 打印头可应用于任何打印场合中,尤其是高速、高性能打印。这些模块在利用长模块和 / 或排列成阵列的多个模块打印宽的基材的宽格式打印中尤其有用。

[0117] 回过头来参照附图 1 到 1C,为了保持打印头中的模块之间的定位准确,面板 82 和外壳 86 分别配备有对准构造 85、89。在将模块安装到面板 82 上之后,例如使用 YAG 激光或划片机对对准构造 85 进行修整。对准构造是利用光学定位器进行修整的并且构造 85 与喷嘴开口对齐。再次利用激光修整或划片和光学对准使外壳 86 上的相配对准构造 89 彼此对齐。这些构造的对齐精确到 ±1 微米或更佳。面板可以是由例如液晶聚合物形成的。适用的划片机包括晶片划片机,例如由位于加利福尼亚文图拉市的 ManufacturingTechnology Incorporated 出品的 Model 250 Integrated Dicing Saw and CCD Optical Alignment System。

[0118] 这些模块可以用在打印机中进行胶印替换。这些模块可用于选择性地沉积涂敷于打印材料或打印基材的光滑透明涂层。打印头和模块可用于配制或喷涂各种不同的流体,包括非图像形成流体。例如,可以选择性地喷涂三维模型糊剂来建立模型。可以在分析序列上喷涂生物样本。

[0119] 在权利要求书中还有其它一些实施方式。

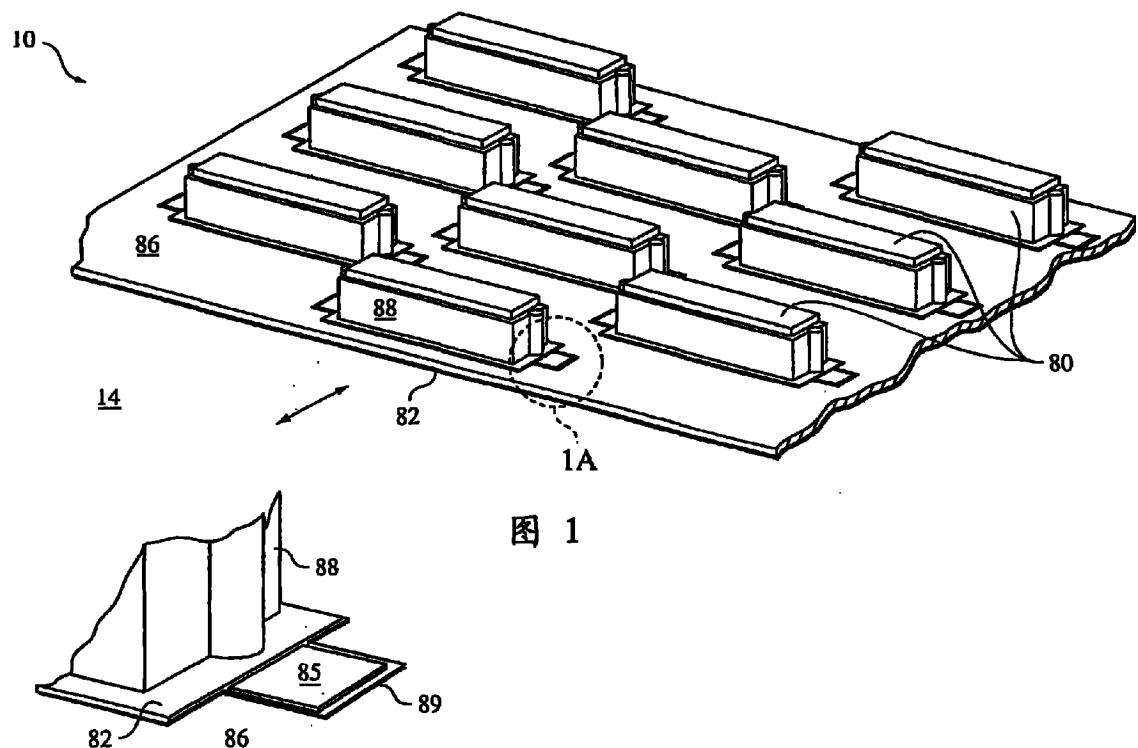


图 1

图 1A

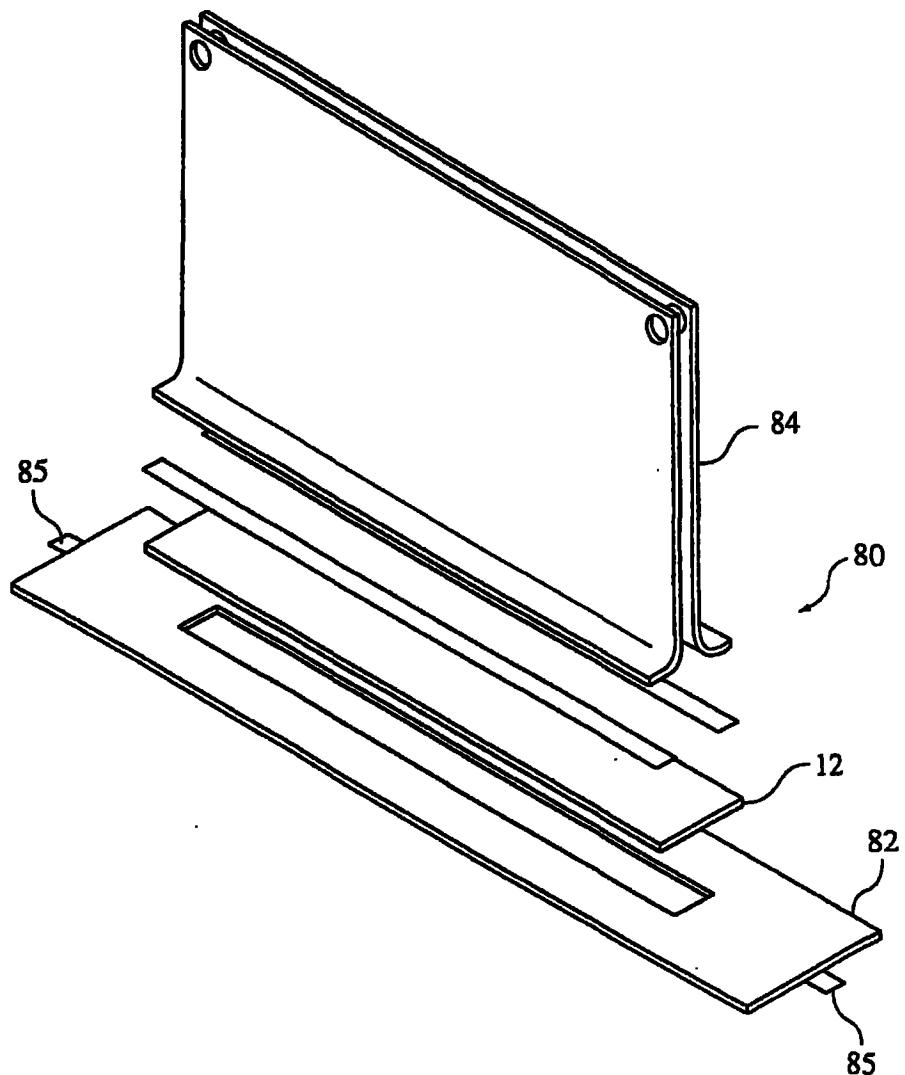


图 1B

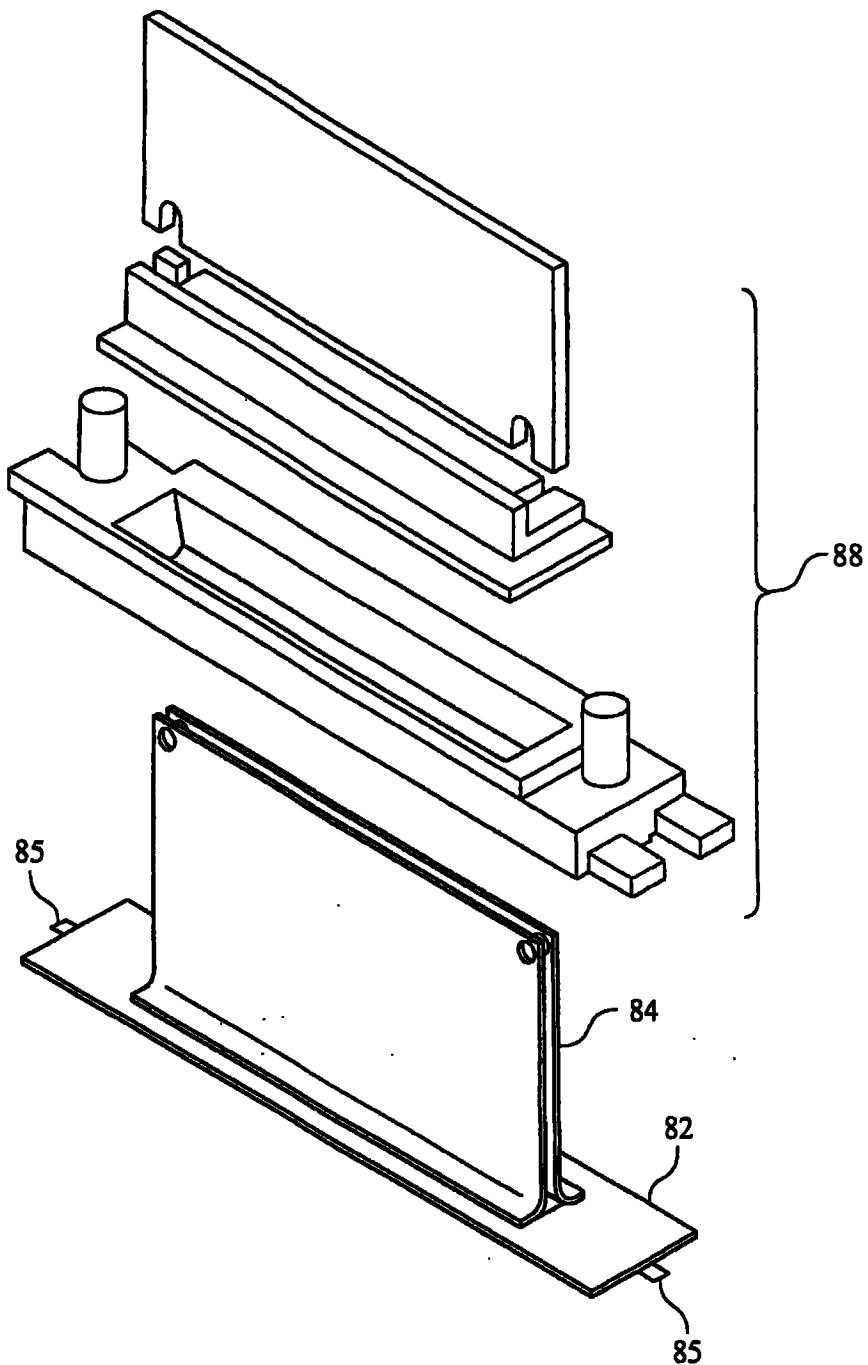


图 1C

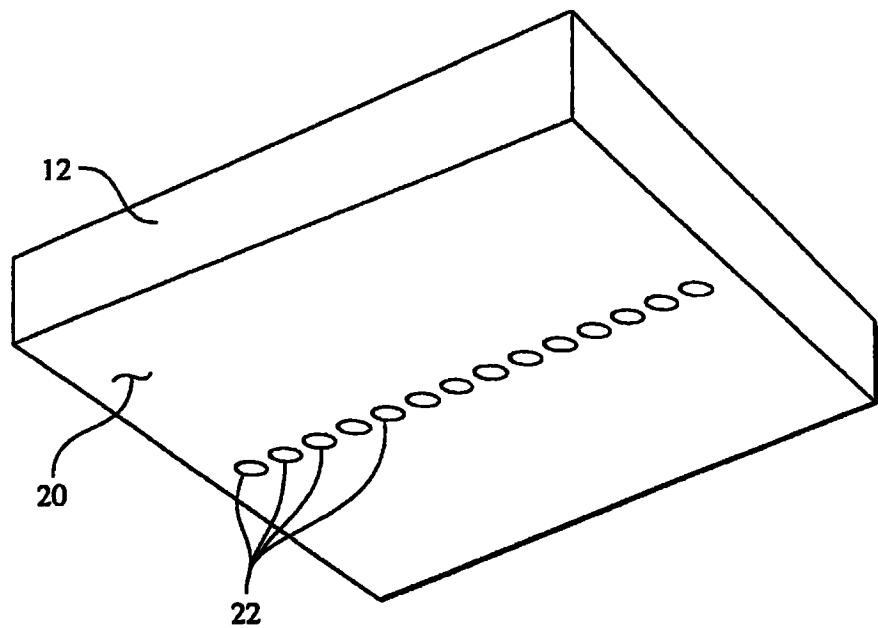


图 2A

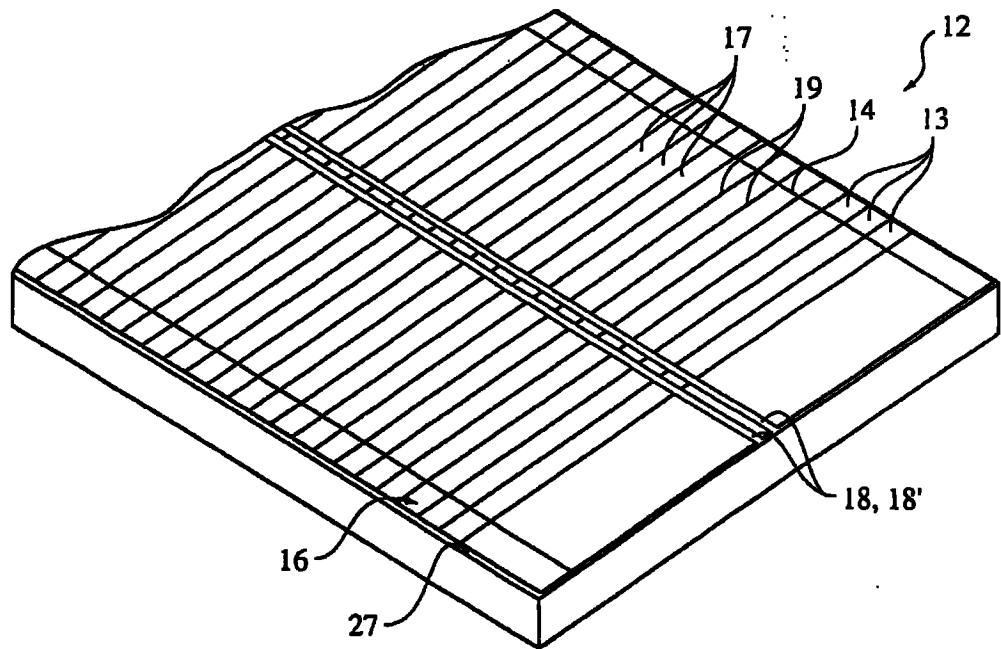


图 2B

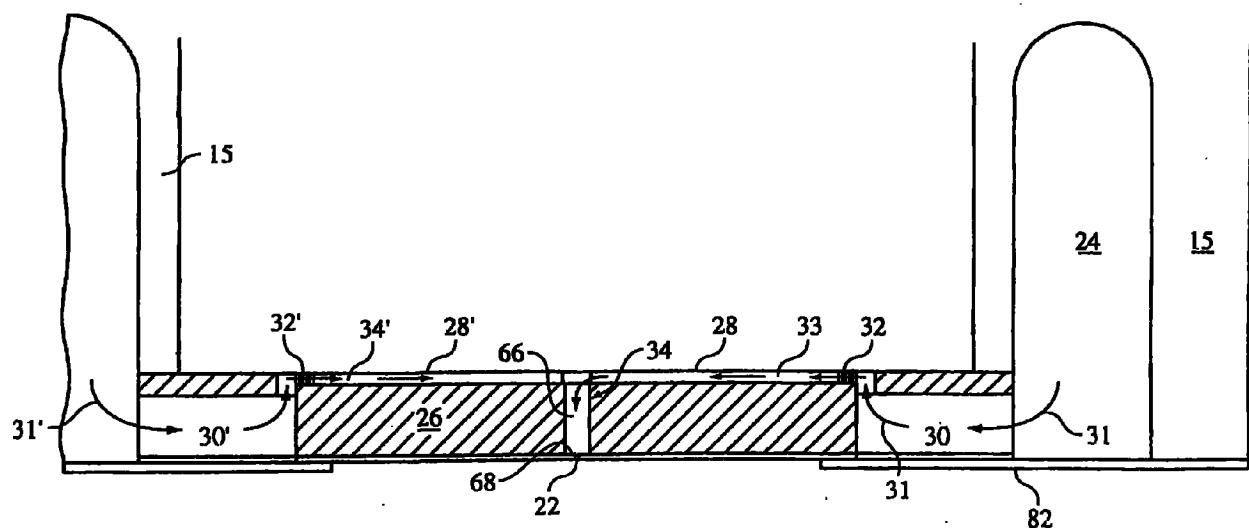


图 3

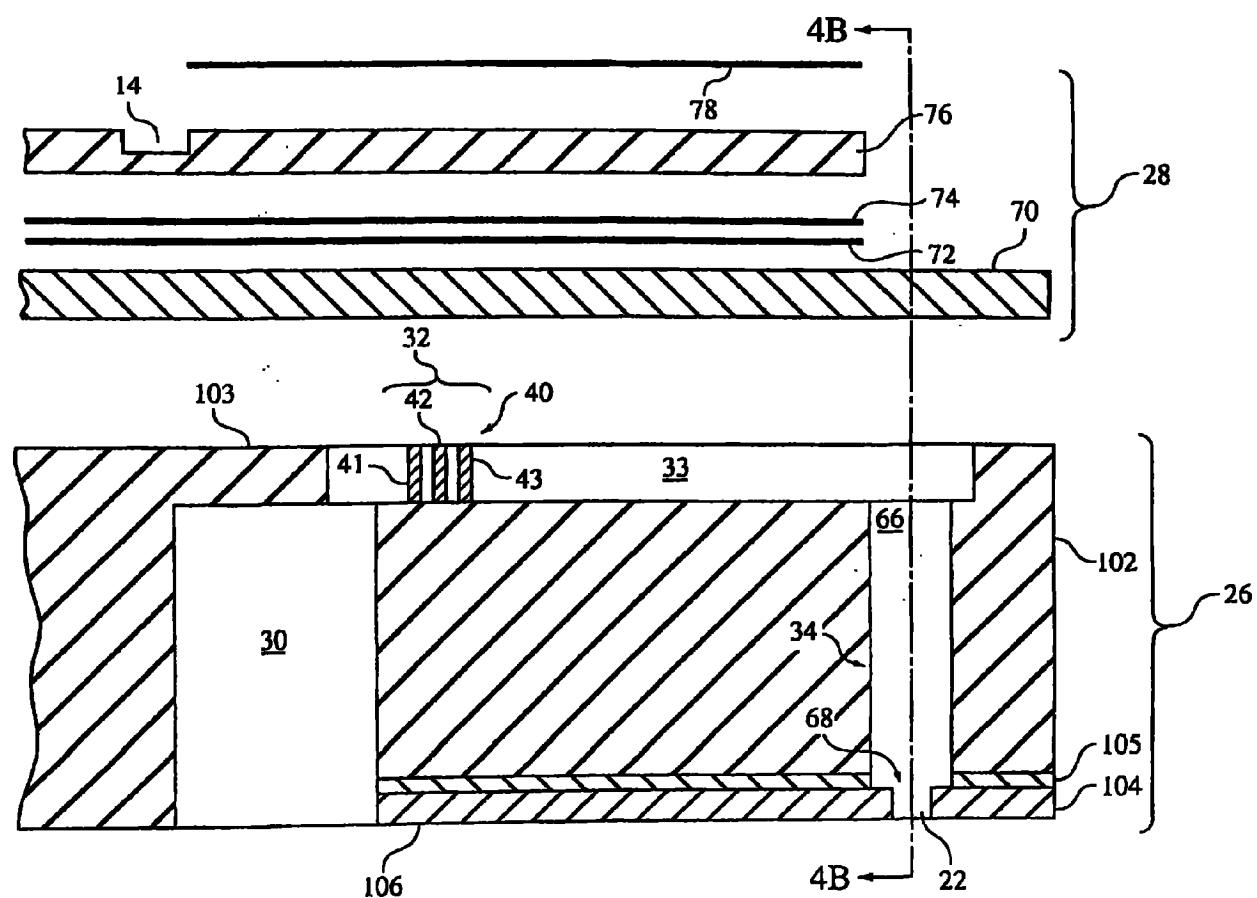


图 4A

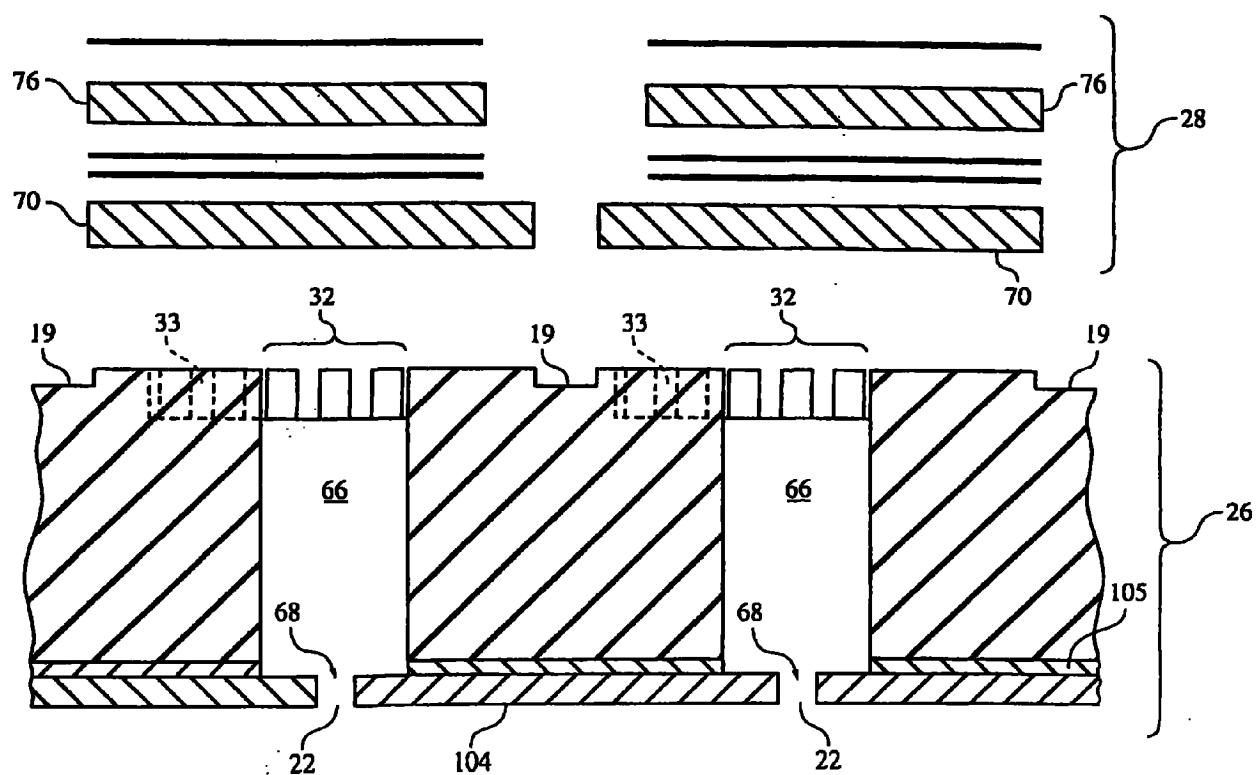


图 4B

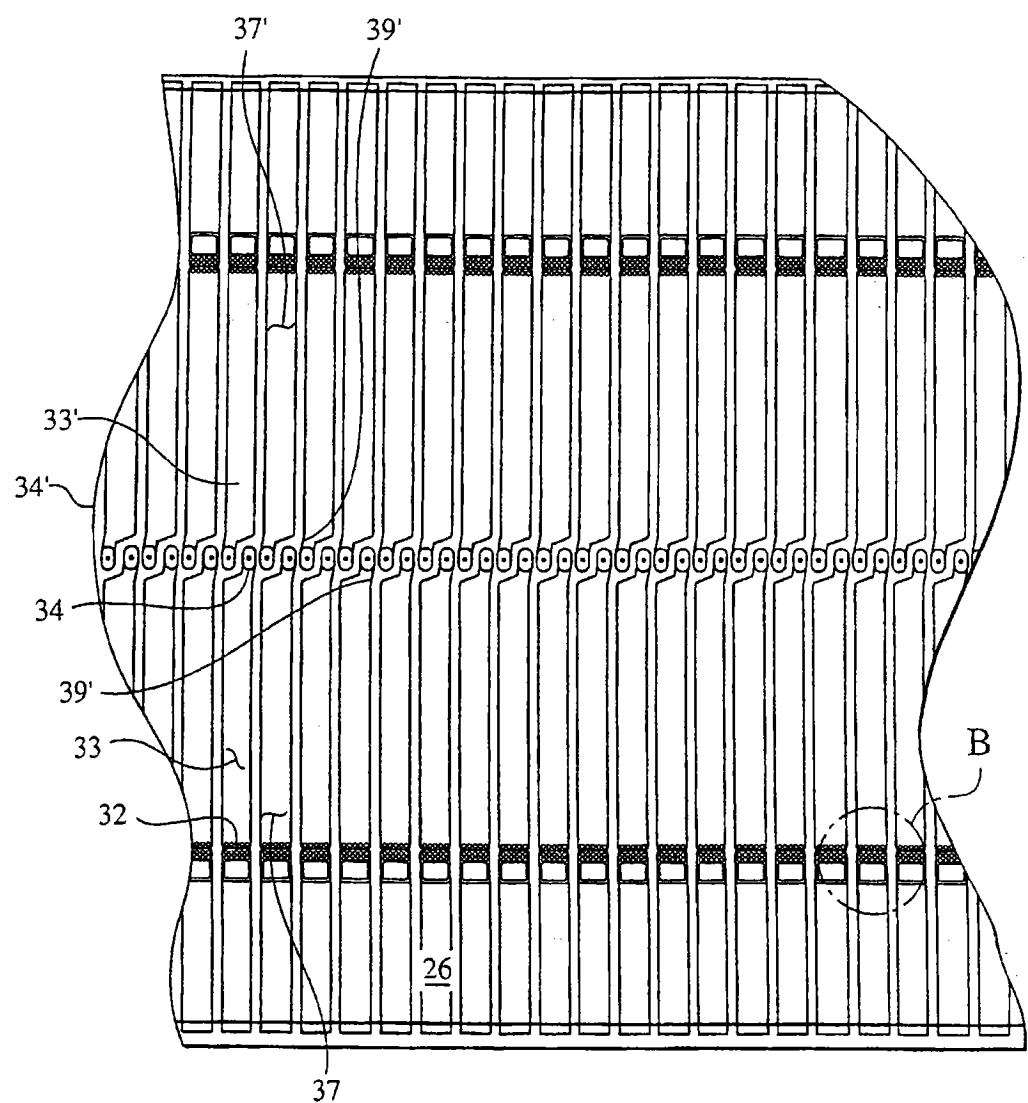


图 5A

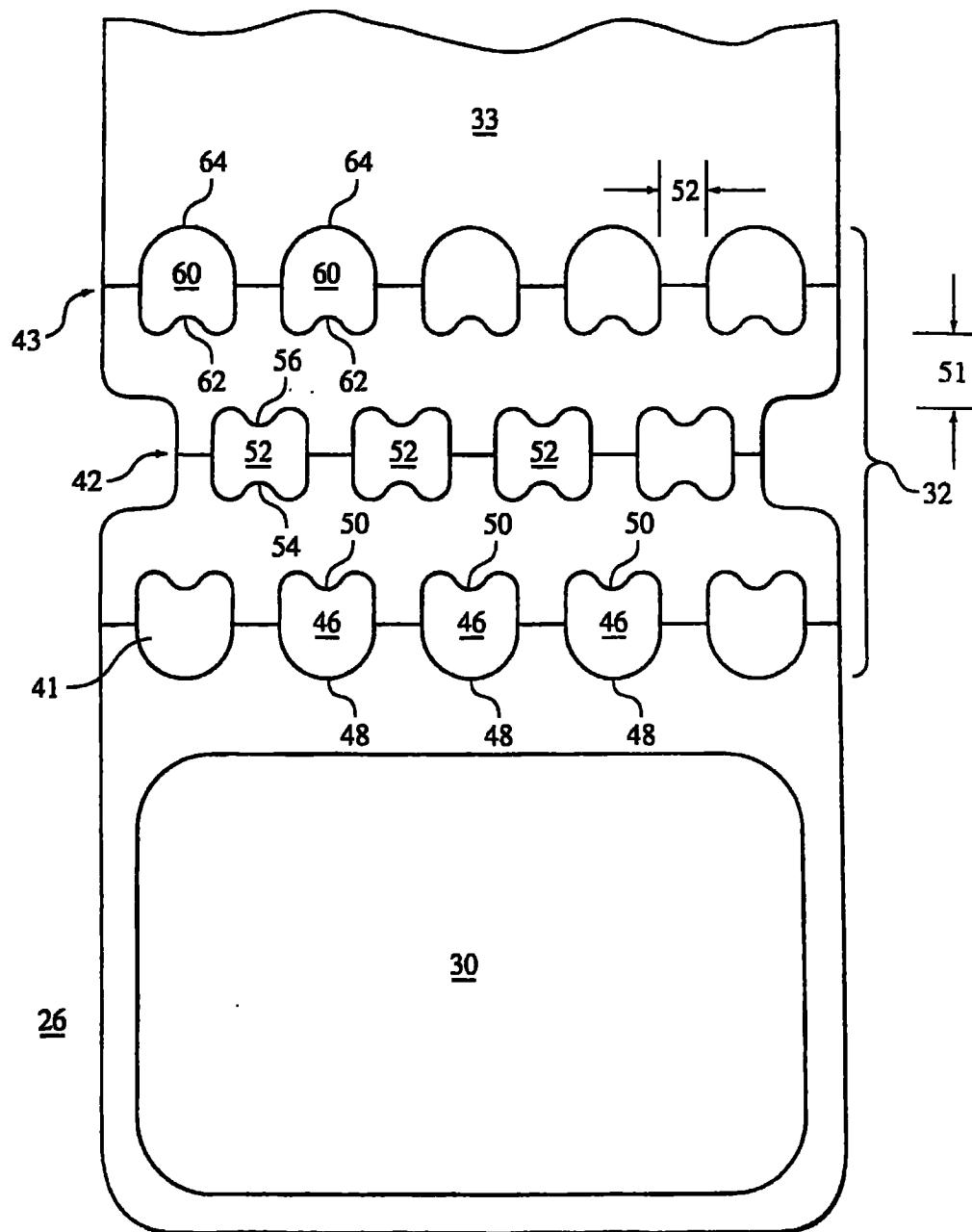


图 5B

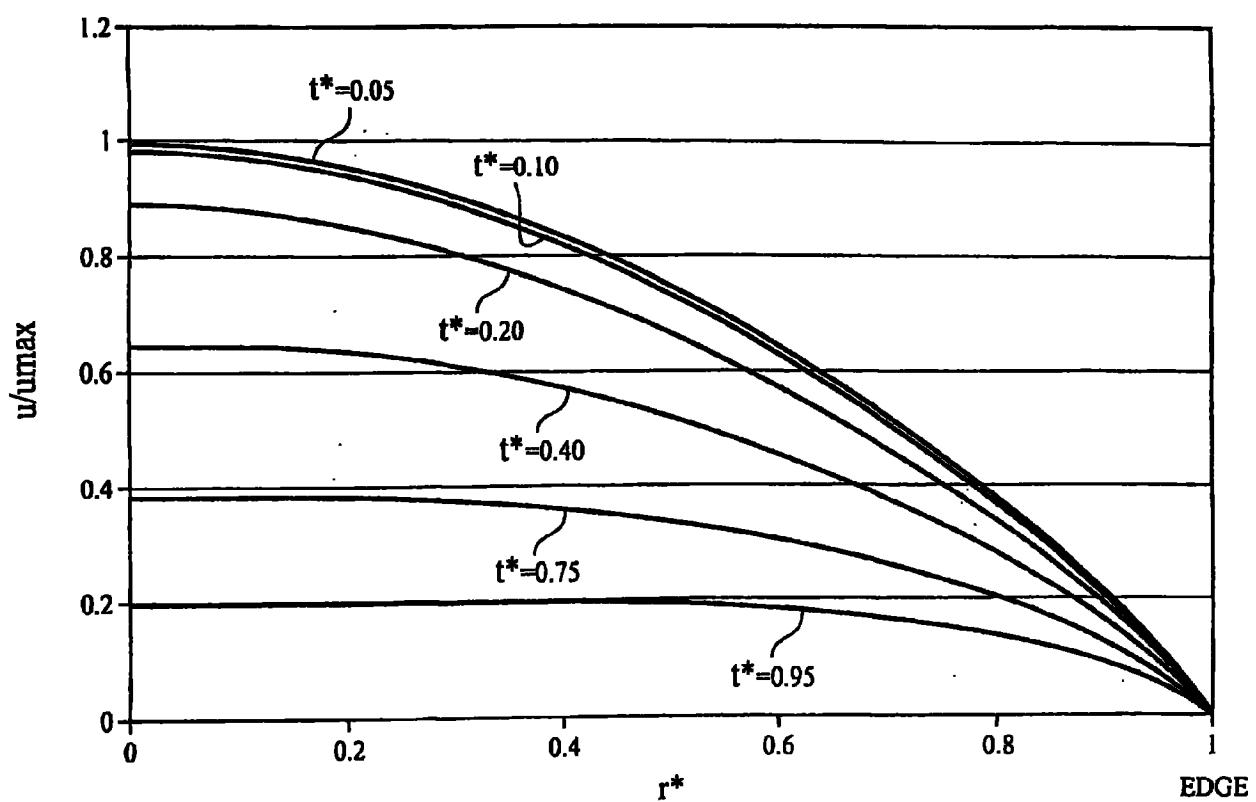


图 6A

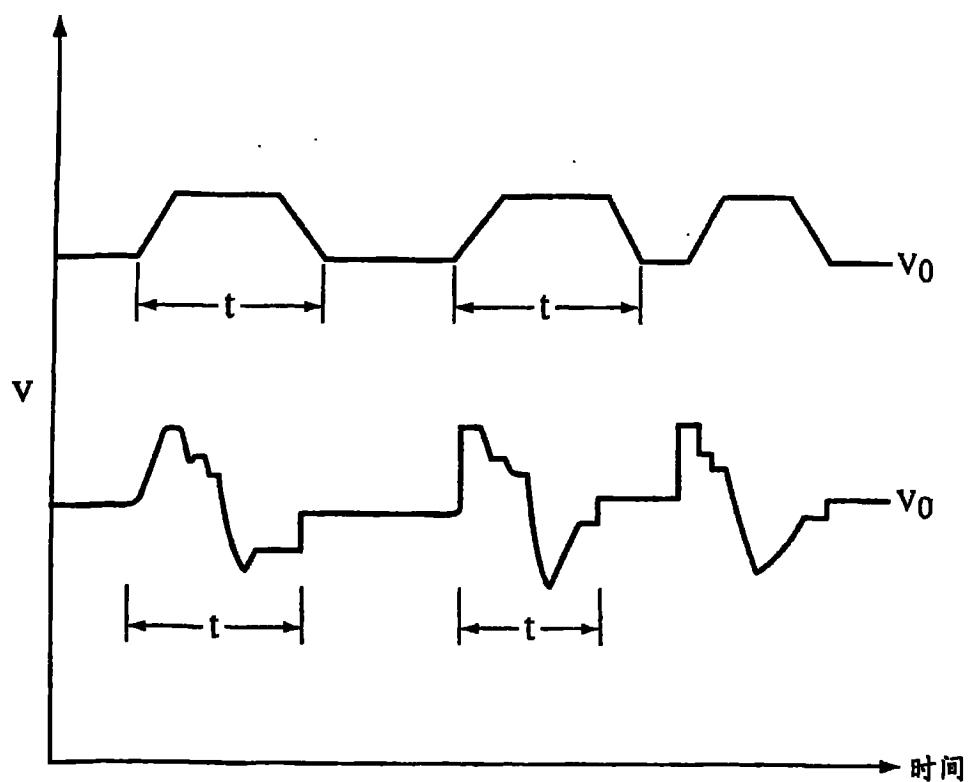


图 6B

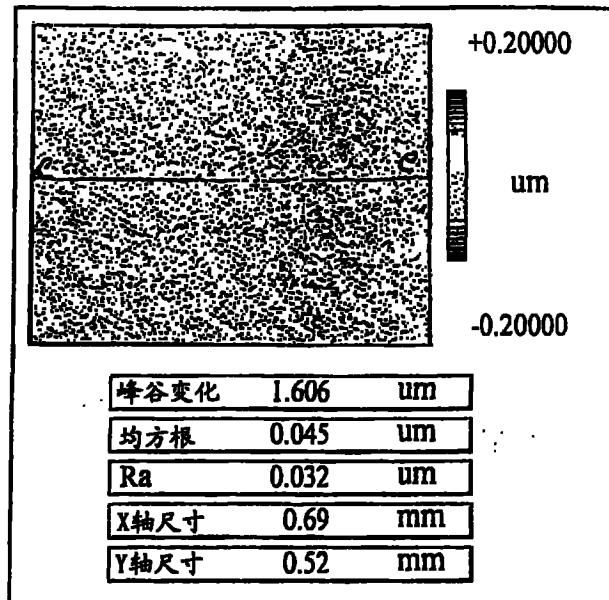


图 7A

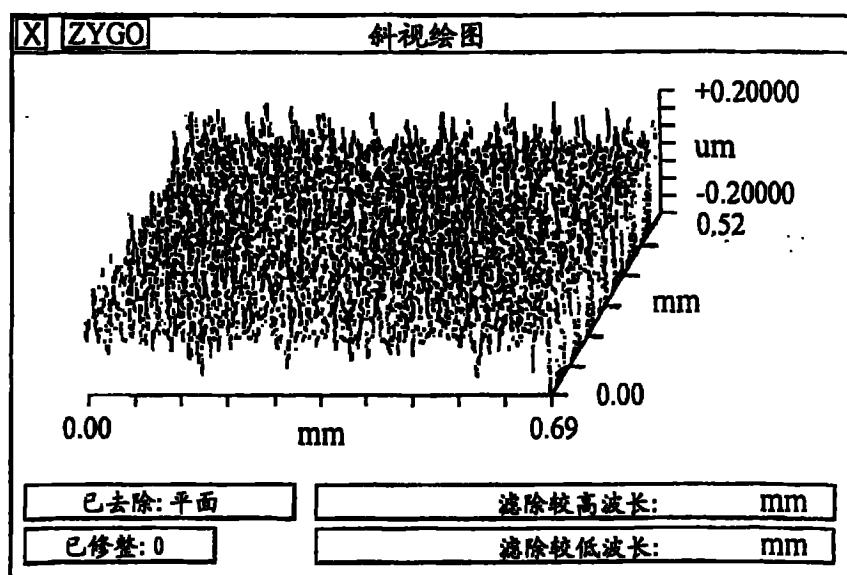


图 7B

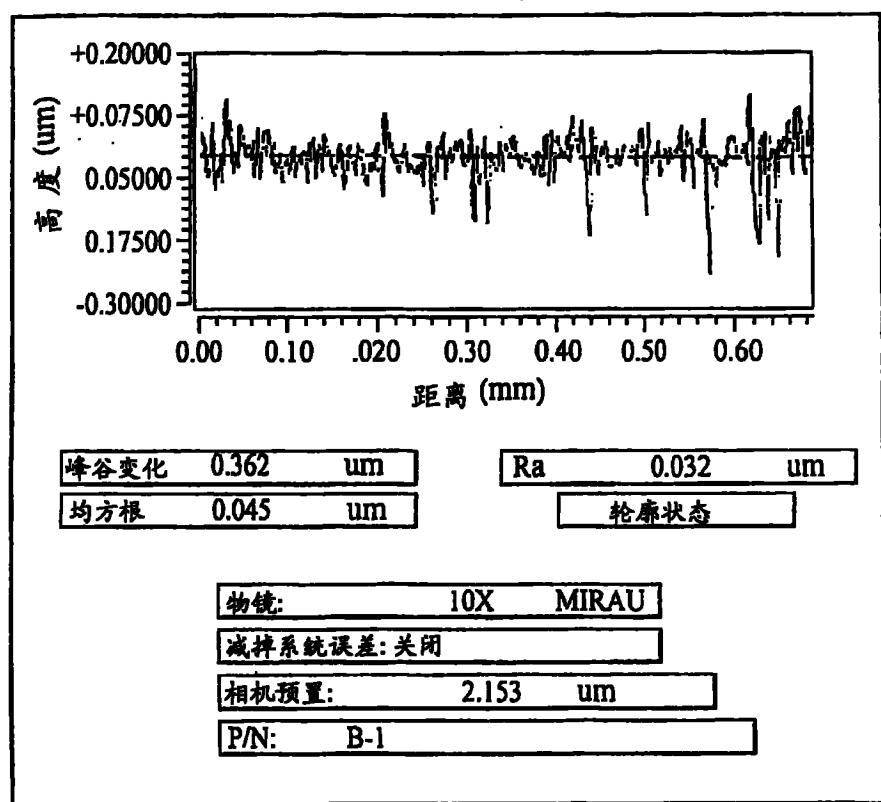


图 7C

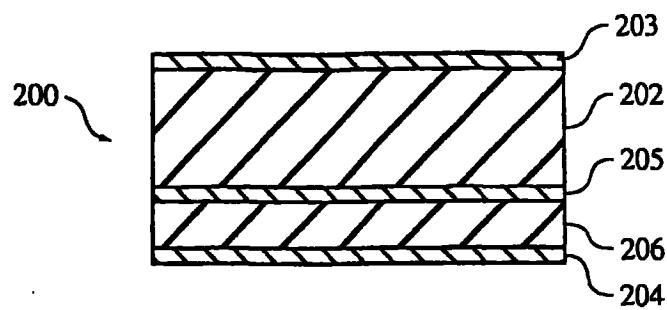


图 8A

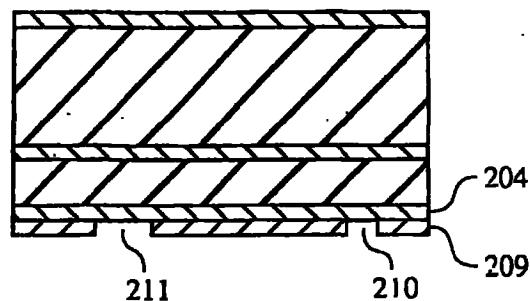


图 8B

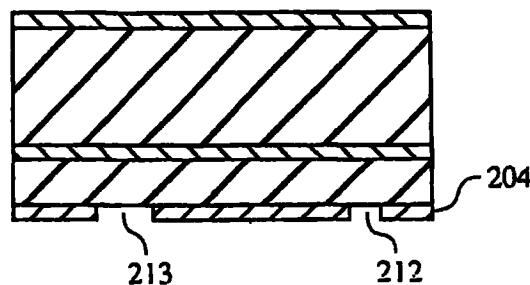


图 8C

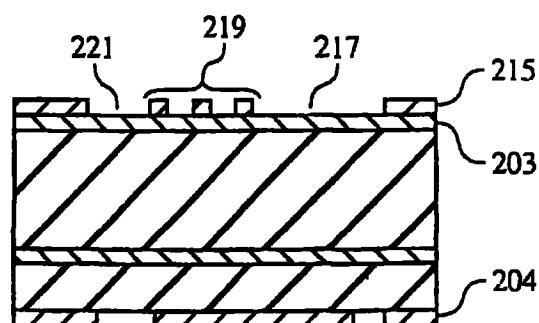


图 8D

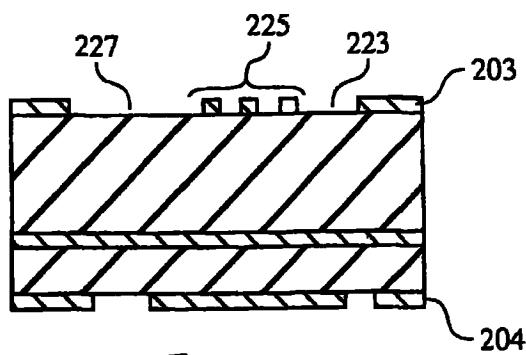


图 8E

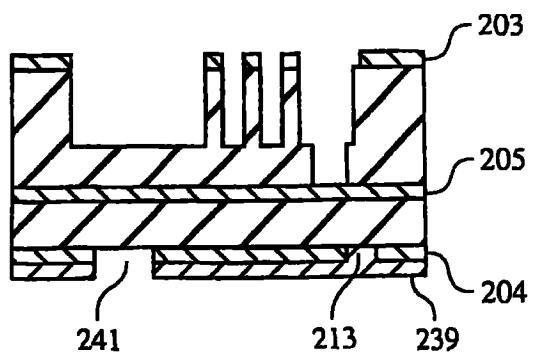


图 8I

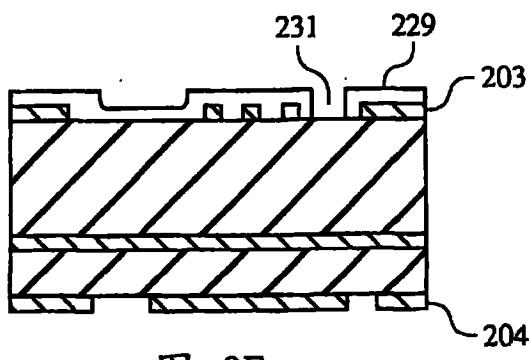


图 8F

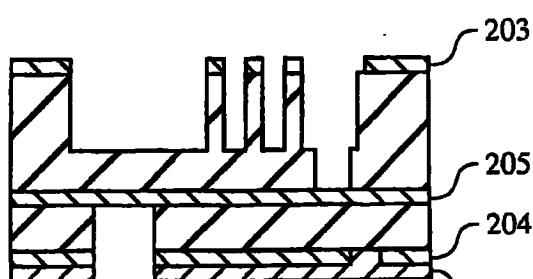


图 8J

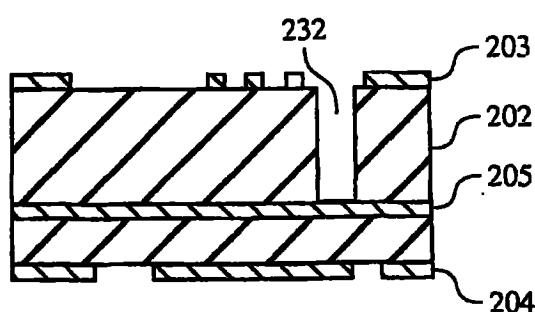


图 8G

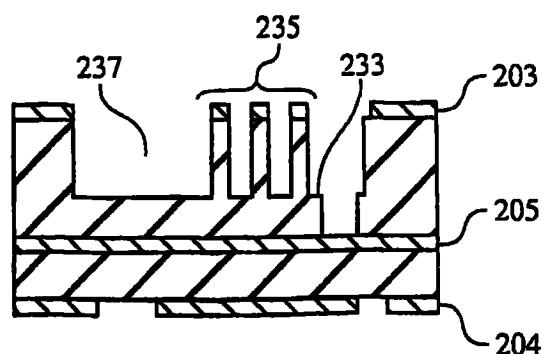


图 8K

图 8H

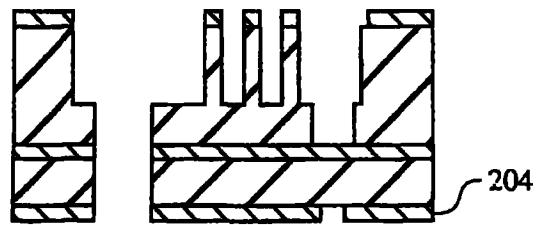


图 8L

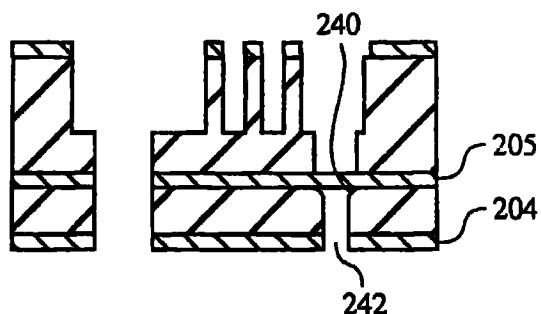


图 8M

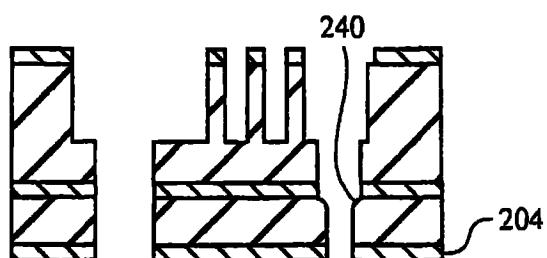


图 8N

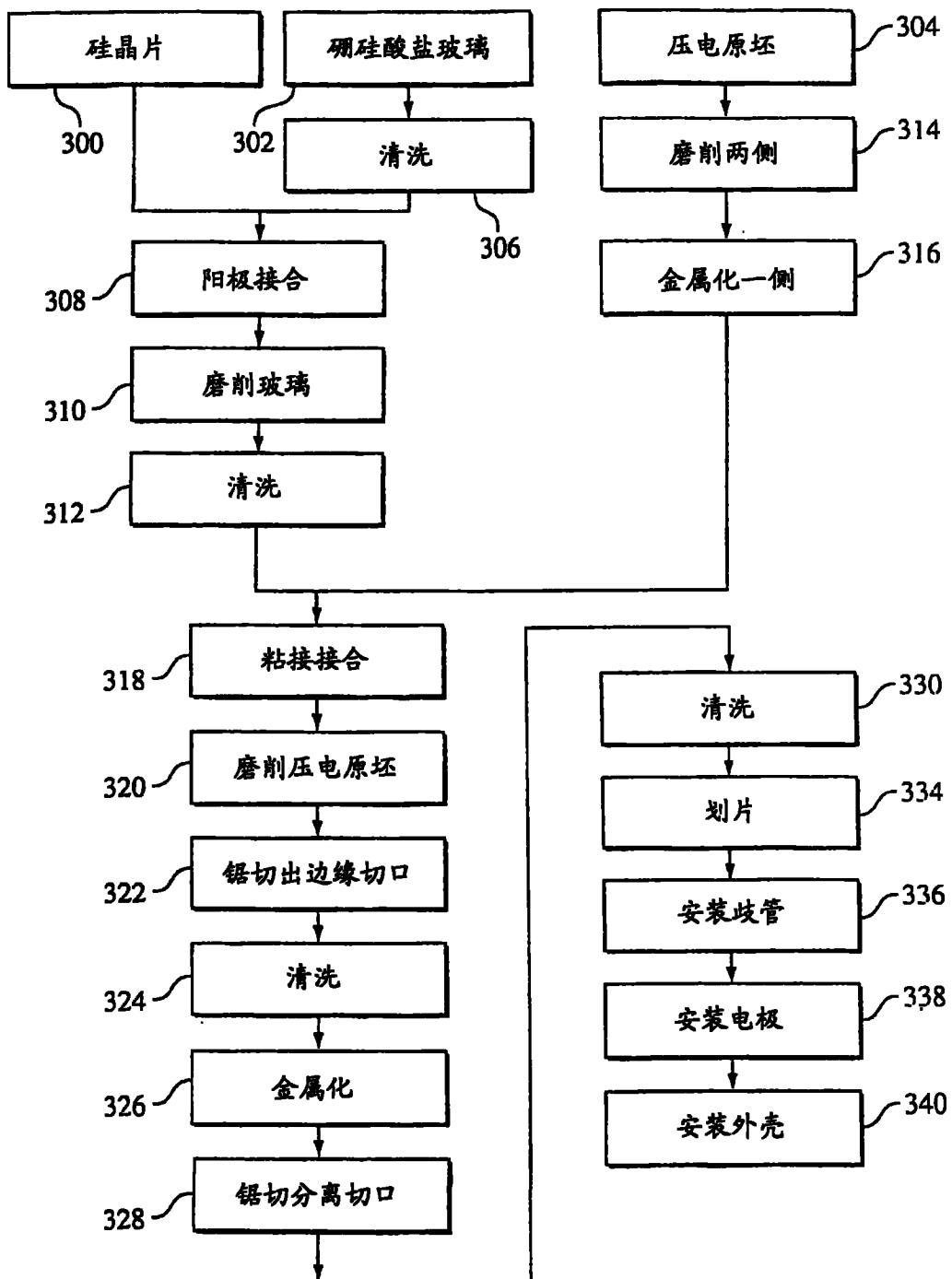


图 9

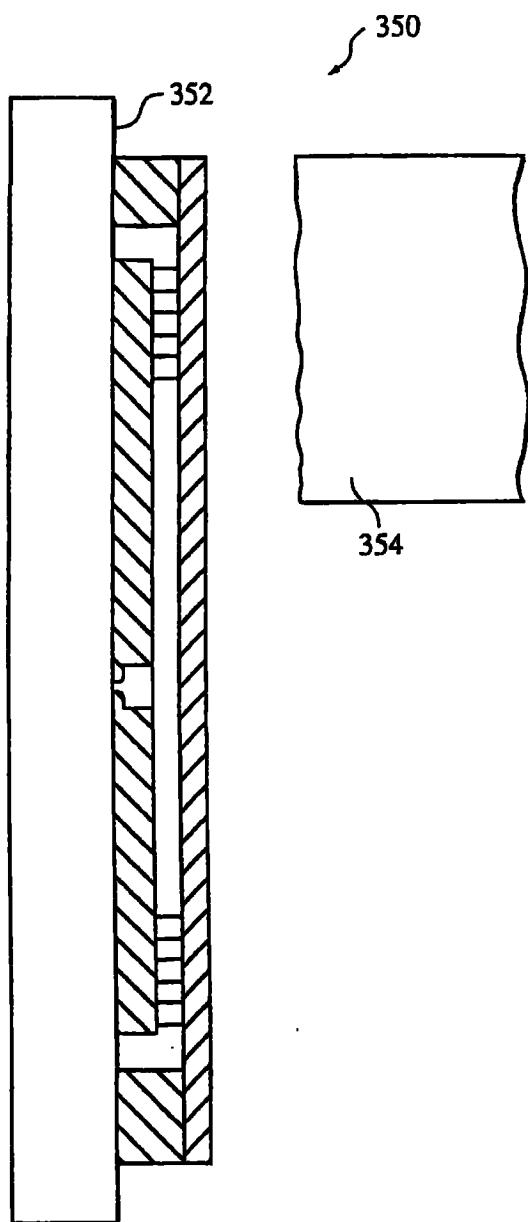


图 10

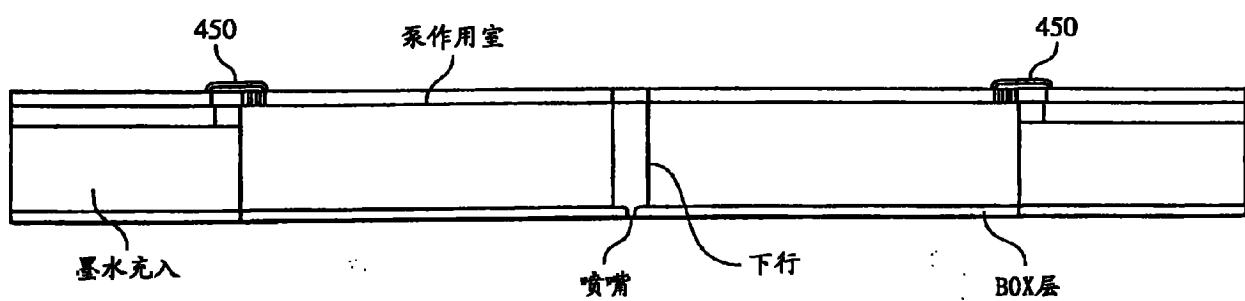


图 11

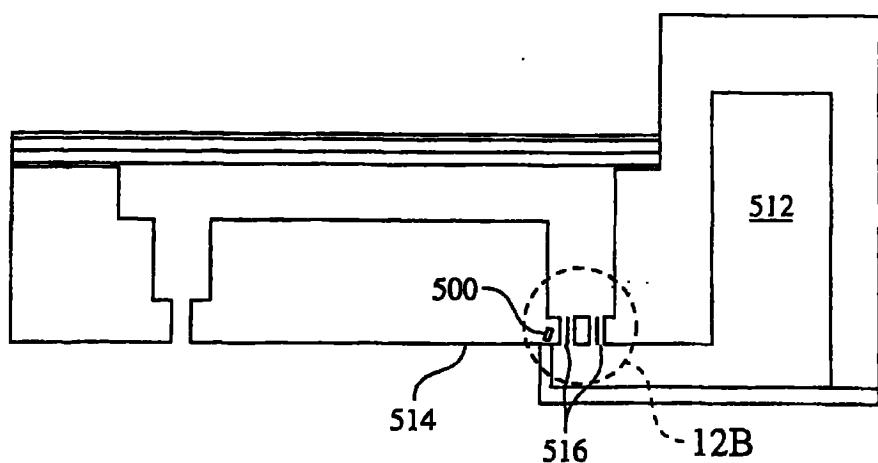


图 12A

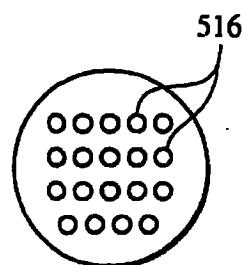


图 12B

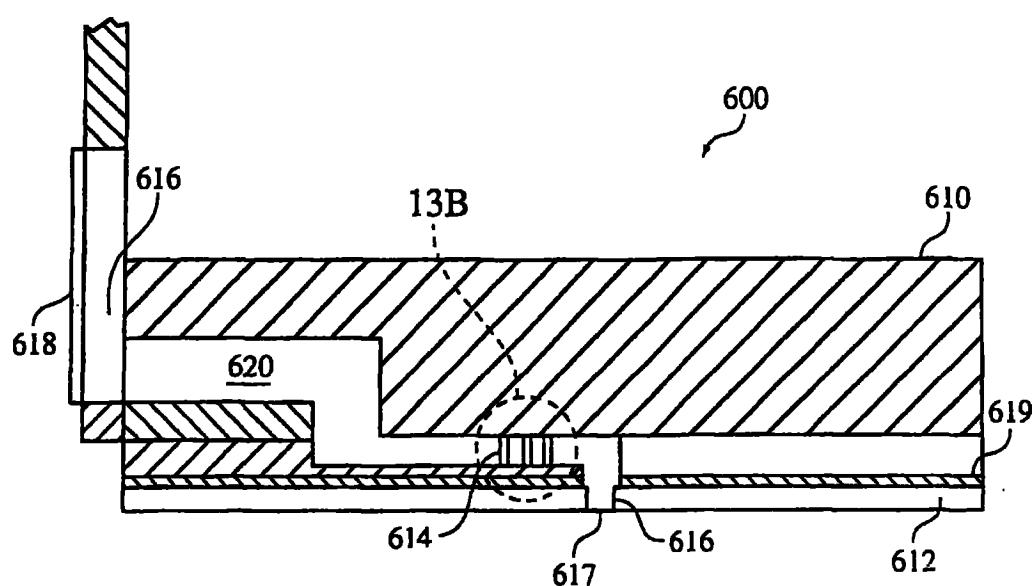


图 13A

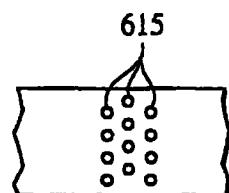


图 13B

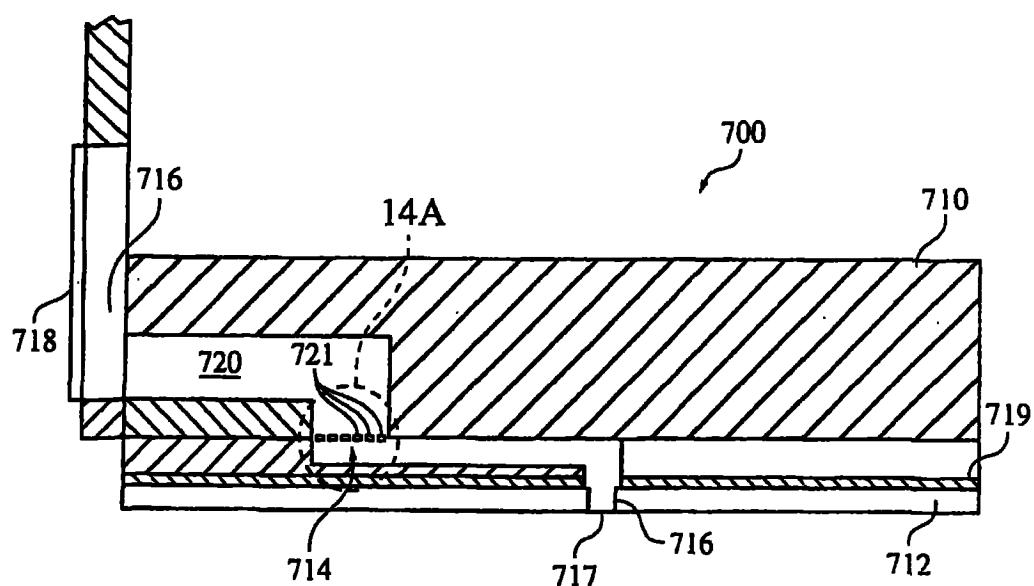


图 14A

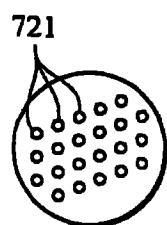


图 14B

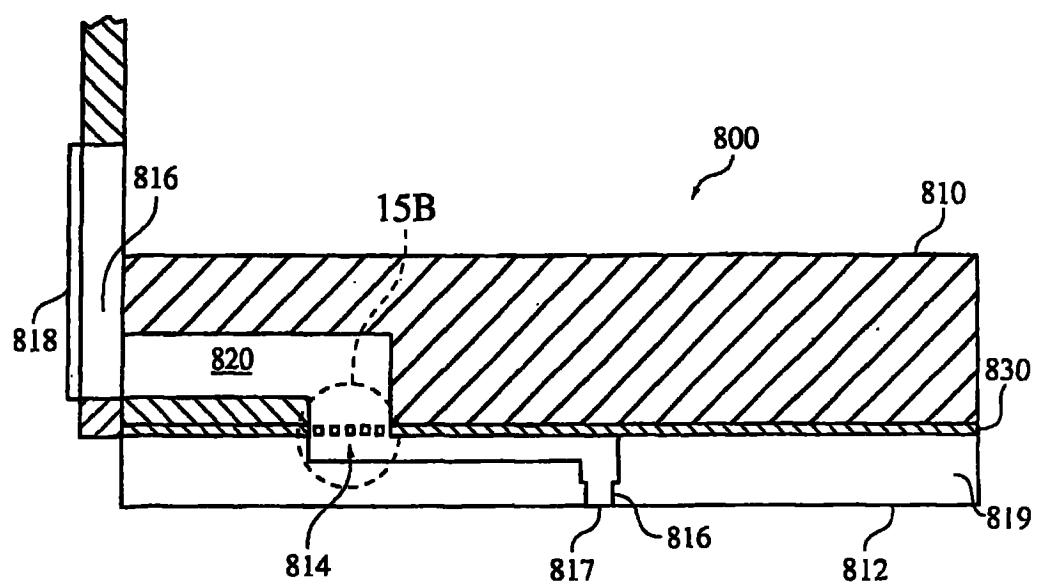


图 15A

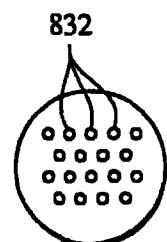


图 15B

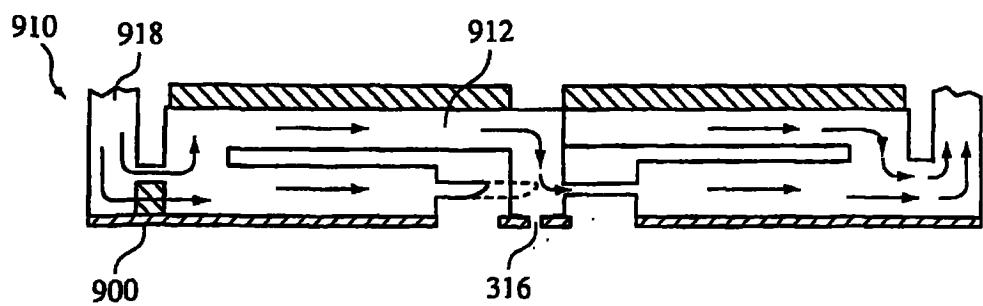


图 16A

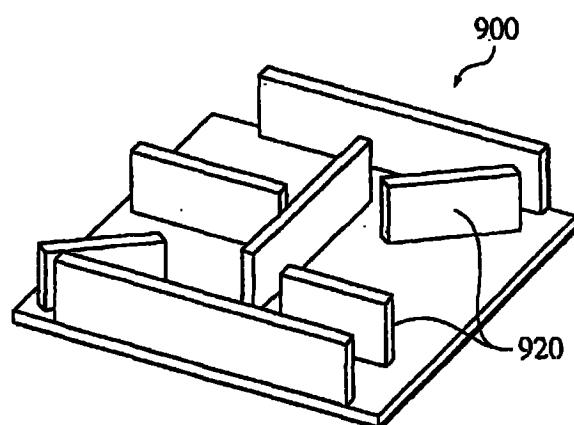


图 16B