



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102582262 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201110436821. 6

(22) 申请日 2005. 08. 04

(30) 优先权数据

10/913, 571 2004. 08. 05 US

(62) 分案原申请数据

200580033765. 4 2005. 08. 04

(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 陈振方 安德烈亚斯·拜布尔
保罗·A·霍伊辛顿

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 曲莹

(51) Int. Cl.

B41J 2/16(2006. 01)

审查员 杨秋娟

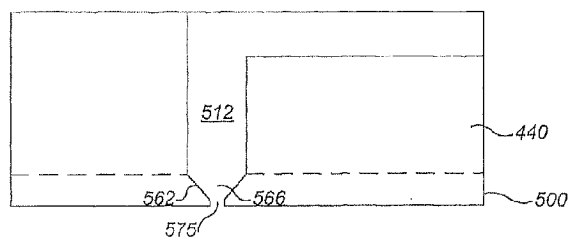
权利要求书4页 说明书6页 附图13页

(54) 发明名称

打印头喷嘴形成

(57) 摘要

本发明公开了打印头喷嘴形成。一种在微机电器件中形成喷嘴的技术,在层(500)键合到装置的另一部分(440)之前,在层(500)中形成喷嘴(460、566)。所述的键合前在层(500)中形成喷嘴(460、566)的方式使得可形成具有预定深度和预定几何形状的喷嘴(460、566)。为喷嘴(460、566)选择特定的几何形状可减小墨流阻抗并提高喷嘴(460、566)在整个微机电器件上的均匀性。



1. 一种形成液体喷射器件的方法,包括:

将凹部蚀刻到多层基板的喷嘴层的第一表面内,其中所述多层基板具有处理层,多层基板在喷嘴层和处理层之间具有绝缘层;

将喷嘴层的第一表面固定到具有腔室的基板上,使得凹部与腔室流体连通;和

在固定后,移除多层基板的处理层和绝缘层,使得腔室通过凹部与大气流体连通。

2. 权利要求 1 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括将凹部蚀刻到厚度小于 100 微米的喷嘴层内。

3. 权利要求 1 中的方法,其中,

喷嘴层的第一表面和具有腔室的基板各包括硅;

将凹部蚀刻到喷嘴层的第一表面内的步骤包括蚀刻到硅内;并且

将喷嘴层的第一表面固定到具有腔室的基板的步骤包括将喷嘴层的第一表面固定到硅。

4. 权利要求 3 中的方法,其中,将喷嘴层的第一表面固定到具有腔室的基板的步骤包括将具有腔室的基板直接硅键合到喷嘴层的第一表面上。

5. 权利要求 1 中的方法,其中,

喷嘴层的第一表面包括硅层和氧化物层,将凹部蚀刻到喷嘴层的第一表面内的步骤包括蚀刻到硅层和氧化物层内;并且

具有腔室的基板包括硅表面,将喷嘴层的第一表面固定到具有腔室的基板的步骤包括将喷嘴层的氧化物层固定到具有腔室的基板的硅表面上。

6. 权利要求 1 中的方法,其中,还包括在蚀刻之前减小喷嘴层的厚度。

7. 权利要求 6 中的方法,其中,减小喷嘴层的厚度的步骤包括研磨。

8. 权利要求 6 中的方法,其中,减小喷嘴层的厚度的步骤包括抛光。

9. 权利要求 1 中的方法,其中,多层基板是绝缘体上硅基板,喷嘴层是硅层。

10. 权利要求 6 中的方法,其中,减小喷嘴层的厚度的步骤包括研磨喷嘴层使其厚度为 5 到 200 微米。

11. 权利要求 10 中的方法,其中,减小喷嘴层的厚度的步骤包括研磨喷嘴层使其厚度为 40 到 60 微米。

12. 权利要求 1 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括各向异性蚀刻工序。

13. 权利要求 1 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括深反应离子蚀刻过程。

14. 权利要求 1 中的方法,其中,移除多层基板的一部分的步骤包括研磨。

15. 权利要求 1 中的方法,其中,移除多层基板的一部分的步骤包括蚀刻。

16. 权利要求 1 中的方法,其中,绝缘层是氧化物层。

17. 权利要求 16 中的方法,其中,移除绝缘层的步骤包括蚀刻。

18. 权利要求 1 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括形成大致直的平行壁。

19. 权利要求 18 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括形成大体柱形的凹部。

20. 权利要求 18 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括形成大体矩形的凹部。

21. 权利要求 1 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括形成锥形壁。

22. 权利要求 1 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括蚀刻凹部使凹部延伸通过喷嘴层。

23. 权利要求 1 中的方法, 其中,
蚀刻凹部的步骤包括蚀刻凹部使凹部不形成在绝缘层内。
24. 权利要求 23 中的方法, 其中, 蚀刻凹部的步骤包括蚀刻凹部至少直到露出绝缘层。
25. 权利要求 1 中的方法, 其中,
蚀刻凹部的步骤包括在凹部延伸通过整个喷嘴层之前停止蚀刻; 并且
该方法还包括: 在移除处理层和绝缘层之后, 从喷嘴层的第二表面移除喷嘴层的一部分以露出凹部, 该第二表面与第一表面相反。
26. 权利要求 1 中的方法, 其中, 移除处理层和绝缘层包括露出喷嘴层的第二表面。
27. 一种形成液体喷射器件的方法, 包括:
执行如权利要求 1 所述的方法, 其中多层基板为绝缘体上硅基板, 喷嘴层是绝缘体上硅基板的硅层, 并且绝缘层是绝缘体上硅基板的氧化物层, 其中将第一表面固定到具有腔室的基板的步骤包括将硅层的第一表面直接硅键合到具有腔室的基板上;
在蚀刻之前, 将绝缘体上硅基板的硅层抛光到预定厚度; 和
在固定之前, 将绝缘体上硅基板与具有腔室的基板对齐, 使得至少凹部与腔室流动连通。
28. 一种形成液体喷射器件的方法, 包括:
将凹部蚀刻到多层基板的喷嘴层的第一表面内, 其中所述多层基板具有处理层, 多层基板在喷嘴层和处理层之间具有绝缘层;
将喷嘴层的第一表面固定到具有腔室的基板上, 使得凹部与腔室流体连通; 以及
在固定后, 移除处理层并蚀刻透过绝缘层的一部分, 使得腔室通过凹部与大气流体连通。
29. 权利要求 28 的方法, 其中,
喷嘴层等于或小于一百微米厚。
30. 权利要求 28 的方法, 其中,
喷嘴层和具有腔室的基板各由硅制成。
31. 权利要求 30 的方法, 其中,
将喷嘴层的第一表面固定到具有腔室的基板上的步骤包括将具有腔室的基板直接硅键合到硅层上。
32. 权利要求 28 的方法, 其中,
喷嘴层由覆盖了一层氧化物材料的硅制成; 和
具有腔室的基板由硅制成。
33. 权利要求 28 中的方法, 还包括在蚀刻之前减小喷嘴层的厚度。
34. 权利要求 33 中的方法, 其中, 减小喷嘴层的厚度的步骤包括研磨。
35. 权利要求 33 中的方法, 其中, 减小喷嘴层的厚度的步骤包括抛光。
36. 权利要求 28 中的方法, 其中, 多层基板是绝缘体上硅基板, 喷嘴层是绝缘体上硅基板的硅层。
37. 权利要求 33 中的方法, 其中, 减小喷嘴层的厚度的步骤包括研磨喷嘴层使其厚度为 5 到 200 微米。
38. 权利要求 37 中的方法, 其中, 减小喷嘴层的厚度的步骤包括研磨喷嘴层使其厚度

为 40 到 60 微米。

39. 权利要求 28 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括各向异性蚀刻工序。

40. 权利要求 28 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括深反应离子蚀刻过程。

41. 权利要求 28 中的方法,其中,移除处理层的步骤包括研磨。

42. 权利要求 28 中的方法,其中,移除处理层的步骤包括蚀刻。

43. 权利要求 28 中的方法,其中,绝缘层是氧化物层。

44. 权利要求 28 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括形成大致直的平行壁。

45. 权利要求 44 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括形成大体柱形的凹部。

46. 权利要求 44 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括形成大体矩形的凹部。

47. 权利要求 28 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括形成锥形壁。

48. 权利要求 28 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括蚀刻凹部使凹部延伸通过喷嘴层。

49. 权利要求 28 中的方法,其中,

蚀刻凹部的步骤包括蚀刻凹部使凹部不形成在绝缘层内。

50. 权利要求 49 中的方法,其中,蚀刻凹部的步骤包括蚀刻凹部至少直到露出绝缘层。

51. 权利要求 28 中的方法,其中,

蚀刻凹部的步骤包括在凹部延伸通过整个喷嘴层之前停止蚀刻;以及

移除处理层包括从喷嘴层的第二表面移除喷嘴层的一部分以露出凹部,该第二表面与第一表面相反。

52. 权利要求 28 中的方法,其中,移除处理层包括露出喷嘴层的第二表面。

53. 一种形成液体喷射器件的方法,包括:

执行如权利要求 28 所述的方法,其中多层基板为绝缘体上硅基板,喷嘴层是绝缘体上硅基板的硅层,并且绝缘层是绝缘体上硅基板的氧化物层,其中将第一表面固定到具有腔室的基板的步骤包括将硅层的第一表面直接硅键合到具有腔室的基板上;

在蚀刻之前,将绝缘体上硅基板的硅层抛光到预定厚度;和

在固定之前,将绝缘体上硅基板与具有腔室的基板对齐,使得至少凹部与腔室流动连通。

54. 一种形成液体喷射器件的方法,包括:

将凹部蚀刻到多层硅基板的喷嘴层的第一表面内,

其中所述多层硅基板具有处理层以及在喷嘴层和处理层之间的氧化硅层,其中凹部包括锥形侧壁和具有沿平行于第一表面的方向上测量的第一宽度的底部表面;

将喷嘴层的第一表面固定到具有腔室的基板上,使得凹部与腔室流体连通;

在固定后,从多层硅基板的露出侧移除多层硅基板的一部分,至少包括多层硅基板的处理层;和

使用氧化硅层作为掩膜,从喷嘴层的露出侧蚀刻喷嘴层的一部分,所述蚀刻包括在具有沿平行于第一表面的方向上测量的第二宽度的露出侧上的区域的各向异性蚀刻,第二宽度大于第一宽度,使得凹部的锥形侧壁的部分被移除并且腔室通过凹部与大气流体连通。

55. 一种形成液体喷射器件的方法,包括:

抛光绝缘体上硅基板的硅喷嘴层,该绝缘体上硅基板具有硅处理层和邻近该硅喷嘴层

的氧化物层；

蚀刻硅喷嘴层的第一表面以形成具有锥形侧壁和底部表面的凹部，该底部表面具有沿平行于第一表面的方向上测量的第一宽度；

将蚀刻的绝缘体上硅基板与流动路径基板对准，使得凹部流体连通到流动路径基板中的蚀刻特征结构上并且流动路径基板包括硅；

引导硅将绝缘体上硅基板的硅喷嘴层的第一表面粘接到流动路径基板上；

引导硅粘接之后，从多层硅基板的露出侧移除硅处理层；和

使用掩膜从绝缘体上硅基板的处理层侧蚀刻至少一部分绝缘层和一部分喷嘴层，蚀刻包括各向异性蚀刻处理层侧上的具有沿平行于第一表面的方向上测量的第二宽度的区域，第二宽度大于第一宽度，使得凹部的锥形侧壁的部分使用掩膜进行移除；和

在各向异性蚀刻处理层侧上的区域之后，移除掩膜。

打印头喷嘴形成

[0001] 本申请是申请人为：富士胶卷马蒂克斯股份有限公司，申请日为：2005 年 8 月 4 日，申请号为：200580033765.4，名称为：打印头喷嘴形成的发明的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种微机电器件（例如喷墨打印头）中的喷嘴形成。

背景技术

[0003] 利用喷墨打印机打印高质量高分辨率的图像通常需要一种准确地将所需量的墨喷射到特定位置处的打印机。一般地，在打印头结构 100 中形成各自包括喷嘴 130 和相应的墨流动路径 108 的多个紧密排列的喷墨器件，如图 1A 所示。墨流动路径 108 将例如墨容器或墨盒等墨存储单元连接到喷嘴 130 上。

[0004] 如图 1B 所示，基板 120 的侧视横截面图示出了单个墨流动路径 108。墨入口 118 连接到墨供应器。墨从墨存储单元（未示出）通过墨入口 118 流到泵室 110。在泵室中，墨可被加压以流向下陷区 112。下陷区 112 在包括供墨喷出的喷嘴开口 144 的喷嘴处中止。

[0005] 各种加工技术用于形成打印头结构中的喷墨器。这些加工技术可包括例如淀积和键合等层形成技术，以及例如激光磨削、冲孔和切割等层改型技术。基于所需的喷嘴、流动路径几何形状以及喷墨打印机的制造材料选择使用的技术。

发明内容

[0006] 通常，一个方面，本发明包括用于形成器件的方法和装置。一开口被蚀刻到多层基板的喷嘴层的第一表面内，其中所述多层基板还具有处理层。将喷嘴层的第一表面固定到具有腔室的半导体基板上，使得开口与腔室流体连通。移除至少包括多层基板的处理层的多层基板的一部分，使得腔室通过开口与大气流体连通。

[0007] 喷嘴层可为大约 5-200 微米，或小于 100 微米厚。喷嘴层的厚度可在蚀刻前减小，例如通过研磨喷嘴层。喷嘴层可包括硅。多层基板可包括绝缘体上硅基板（silicon-on-insulator substrate）。可通过各向异性蚀刻或通过深离子反应蚀刻（deep reactive ion etch）工序蚀刻开口。开口可具有锥形或直的平行壁。开口可具有矩形或圆形截面。

[0008] 本发明的另一方面为形成具有包括泵室的主要部分和联接到主要部分的喷嘴部分的打印头。喷嘴部分具有喷嘴入口和喷嘴出口。喷嘴入口具有中心围绕中心轴的锥形壁。锥形壁引向喷嘴出口并且喷嘴出口具有大致直的壁，所述壁大致不具有与中心轴正交的表面。

[0009] 在另一方面，本发明提供一种流体喷嘴层，包括：包括具有锥形壁的凹部的主体和出口。该凹部具有第一厚度。该出口具有第二厚度。第一和第二厚度合起来大致小于一百微米。

[0010] 在另一方面，本发明提供一种流体喷射器件，包括：半导体基板，所述半导体基板

具有固定到具有开口的半导体喷嘴层的第一表面的腔室。所述半导体基板具有通过开口与大气流体连通的腔室。半导体喷嘴层大约等于或小于 100 微米厚。

[0011] 特定的实施方式可包括下述的一个或多个优点或不包括。喷嘴可形成具有大致任何需要的深度,例如大约 10-100 微米,例如 40-60 微米。可以高蚀刻速率以及高精度形成流动路径特征结构。如果喷嘴层和流动路径模块由硅形成,所述层与模块可通过直接硅键合或阳极键合键合到一起,从而不再需要单独的粘接层。在与流动路径特征结构不同的层中形成喷嘴允许对层的背侧(即形成喷嘴的一侧)进行额外的加工,例如研磨、淀积或蚀刻。喷嘴可形成具有减小墨流阻抗的几何形状。可减小或消除夹杂空气。喷嘴层的厚度均匀性可独立于形成有流动路径特征结构的基板的厚度均匀性来控制。如果喷嘴层在连接到流动路径基板后被减薄,可能会难以独立控制喷嘴层的厚度。

[0012] 本发明的一个或多个实施例的详情将通过下面的附图和说明得以阐明。本发明的其它优点、特征和目的将从说明和附图以及权利要求中显见。

附图说明

[0013] 图 1A 显示基板中的流动路径的透视图。

[0014] 图 1B 显示打印头流动路径的截面图。

[0015] 图 2A 是具有彼此平行的壁的喷嘴所处的打印头流动路径的截面图。

[0016] 图 2B 是具有锥形壁的喷嘴所处的打印头流动路径的截面图。

[0017] 图 3-8 显示在喷嘴层中形成喷嘴的一个实施例。

[0018] 图 9-13 显示将流动路径模块接合到喷嘴层并且完成喷嘴的步骤。

[0019] 图 14-23 显示在喷嘴层中形成喷嘴的第二实施例。

[0020] 图 24 显示了打印头流动路径的截面图。

[0021] 在各个附图中相同的参考标记代表相同的元件。

具体实施方式

[0022] 提供各种通过形成所需几何形状的喷嘴来控制墨从流体喷出器或喷墨打印头喷出的技术。通过在单个半导体材料层中形成特征结构并将这些层联接到一起以形成本体来制造打印头本体。使用常规半导体加工技术,可将例如泵室和墨入口等引向喷嘴的流动路径特征结构蚀刻到基板中,例如 2002 年 7 月 3 日申请的 US 专利申请 No. 10/189,947。喷嘴层和流动路径模块一起形成打印头本体,通过该打印头本体流出并喷出墨。墨流动通过的喷嘴形状可影响墨流阻抗。通过将喷嘴蚀刻到喷嘴层的背侧,即接合流动路径模块的一侧,在将喷嘴层固定到流动路径模块之前,喷嘴可形成为具有所需的均匀的几何形状。可形成具有在从喷嘴层的一侧蚀刻喷嘴特征结构时无法获得的喷嘴的几何形状。另外,当蚀刻喷嘴层的背侧时,可精确地选定喷嘴特征结构的深度。

[0023] 在一个实施例中,通过在厚度等于最终喷嘴深度的材料层中形成喷嘴特征结构来选择喷嘴深度,并且喷嘴 224 形成为具有大致一致的几何形状的截面,例如垂直壁 230,如图 2A 所示。在另一实施例中,多种蚀刻技术被用于形成包括各自具有不同的几何形状的多个部分的喷嘴。喷嘴 224 被形成为包括具有锥形或金字塔截面 262 的上部、以及具有引向喷嘴出口 275 的大致垂直壁 236 的下部,如图 2B 所示。下面将顺序说明各个实施例。

[0024] 下面进一步说明形成具有大致一致的几何形状如具有垂直壁或金字塔形几何形状的喷嘴的过程。如图 3 所示,可形成或提供例如绝缘体上硅 (SOI) 基板 400 等多层基板。SOI 基板 400 包括硅处理层 (handle layer) 416、绝缘层 410 和硅喷嘴层 420。形成 SOI 基板的一种方法是在双面抛光 (DSP) 硅基板上生长一氧化物层,从而形成绝缘层 410。氧化物层可形成成为 0.1–100 μm 厚,例如 5 μm 。第二双面抛光硅基板可随后被键合到氧化物层的露出面上以完成 SOI 基板 400。当在 DSP 基板上形成氧化物层,氧化物可在基板的所有露出面上生长。在键合步骤之后,不需要的露出的氧化物可通过例如干法蚀刻被蚀刻掉。

[0025] 也可使用不同类型的 SOI 基板。例如,SOI 基板 400 可包括氮化硅绝缘层 410,而不是氧化物绝缘层。作为将两个基板键合起来以形成 SOI 基板 400 的一种方法,可通过例如淀积工序在绝缘层 410 上形成硅层。

[0026] 如图 4 所示,SOI 基板 400 的喷嘴层 420 被打薄成所需厚度 402。一个或多个研磨和/或蚀刻步骤,例如基体研磨 (bulk grinding) 步骤,可用于获得所需的喷嘴层厚度 402。喷嘴层 420 可被尽可能地研磨以获得所需的厚度,这是因为研磨可精确地控制厚度。喷嘴厚度 402 可为 10–100 μm ,例如在大约 40–60 μm 之间。可选地,喷嘴层 420 的背侧 426 的最终抛光可减小表面粗糙度。表面粗糙度是实现硅与硅键合时的一个因素,如下所述。抛光步骤可引入厚度的不确定性并且不用于获得所需的厚度。

[0027] 参考图 5,一旦获得喷嘴层 420 所需的厚度,准备对喷嘴层 420 的背侧 426 进行加工。加工可包括蚀刻。这里说明了一个蚀刻的工序的实例,然而,可采用其他方法蚀刻喷嘴层 420。如果喷嘴层 420 不具有外氧化物层,SOI 基板 400 可被氧化以形成背侧氧化物层 432 和前侧氧化物层 438。抗蚀剂层 436 随后被涂布在背侧氧化物层 432 上。

[0028] 抗蚀剂 436 被构图以限定出喷嘴位置 441。对抗蚀剂 436 构图可包括采用常规的光刻技术,然后显影并冲洗抗蚀剂 436。喷嘴可具有大致无棱角的截面,例如圆形、椭圆形或环形。随后蚀刻背侧氧化剂层 432,如图 6 所示。或者,抗蚀剂层 436 可在氧化蚀刻后被移去。

[0029] 硅喷嘴层 420 随后被蚀刻以形成喷嘴 460,如图 7A 所示。在蚀刻工序中,绝缘层 410 用作蚀刻停止层。硅喷嘴层 410 可通过例如深离子反应蚀刻 (DRIE) 工序被蚀刻。DRIE 使用离子选择性地蚀刻硅以形成具有大致垂直侧壁的特征结构。DRIE 基本上对硅几何形状不敏感,并蚀刻直壁孔到 ± 1 度范围内。所知的 Bosch 工序这样的反应离子蚀刻技术在 Laermor 等人的 US 专利 5,501,893 得以公开,其全文在此引作参考。Bosch 技术组合蚀刻步骤以及聚合物淀积以蚀刻出深的结构特征。由于交替地蚀刻和淀积,壁可具有微扇形的轮廓,这样可保持壁不会非常平。其他适合的 DRIE 蚀刻技术也可用于蚀刻喷嘴层 420。深硅离子反应蚀刻设备可从位于 CA 的 Redwood 城的 Surface Technology Systems 有限公司、位于 Texas 的 Plano 的 Alcatel、或位于瑞士的 Unaxis 获得,而反应离子蚀刻可通过包括位于 CA 的 Santa Barbara 的 Innovative Micro Technology 等蚀刻售主进行。DRIE 由于可切出大致恒定直径的深结构特征而被使用。蚀刻在充有等离子和例如 SF₆ 和 C₄F₈ 等气体的真空室中进行。

[0030] 在一个实施例中,除了用 DRIE 蚀刻硅喷嘴层 420,可进行蚀刻以形成锥形壁,如图 7B 所示。锥形壁可通过各向异性蚀刻硅基板来形成。例如湿法蚀刻技术等各向异性蚀刻可包括(但不限于)使用 KOH 或乙(撑)二胺 (ethylenediamene) 作为蚀刻剂的技术。各向

异性蚀刻从面 100 比从面 111 更快地移去分子,由此形成锥形壁。与具有位于露出面处的面 100 的基板相比,在具有位于露出面处的面 111 的基板上进行各向异性蚀刻会具有不同的蚀刻几何形状。

[0031] 当完成喷嘴时,背侧氧化物层 432 通过例如蚀刻被从基板脱去,如图 8 所示。

[0032] 随后将蚀刻得到的硅喷嘴层 420 对齐到具有下降部 512 以及其他流动路径结构特征的流动路径模块 440,以备键合,如图 9 所示。流动路径模块 440 的表面和喷嘴层 420 的表面首先通过例如反 RCA 清洗被清洁,即执行由 DI 水、盐酸和过氧化氢的混合物构成的 RCA2 清洁以及随后的在 DI 水、氢氧化铵和过氧化氢的浴液 (bath) 中的 RCA1 清洁。清洁步骤制备出用于直接硅键合的两个部件,或者在两个硅表面之间形成范德华键合。两个平的经高度抛光的清洁的硅表面在无中间层夹入的情况下相接时,可发生直接硅键合。流动路径模块 440 和喷嘴层 420 定位成下降部 512 与喷嘴 460 对齐。流动路径模块 440 和喷嘴层 420 随后被相接。在两个层的中心部分施加压力并被允许向边缘扩散。这种方法减小在两层的相接面形成空穴的可能性。在例如 1050℃ -1100℃ 左右的退火温度下对这些层进行退火。直接硅键合的优点在于流动路径模块 440 和喷嘴层 420 之间没有其他层形成。在直接硅键合后,两个硅层成为一层,从而在完成键合时,两个层之间没有或者实际上不存在边界,如图 10 所示 (虚线表示流动路径模块 440 和喷嘴层 420 先前的表面)。

[0033] 另外一种直接键合两个硅基板的方法是:可将硅层和氧化物层阳极键合到一起。阳极键合包括将硅层和氧化物层放在一起并在基板两端施加电压以引起化学键合。

[0034] 一旦流动路径模块 440 和喷嘴层 420 被键合到一起,处理层 416 被移除。特别地,处理层 416 可经过基体抛光 (bulk polishing) 工序 (以及可选的精细研磨或蚀刻工序),以移去一部分厚度,如图 11 所示。

[0035] 如图 12 所示,氧化物层可完全被蚀刻移去,由此露出喷嘴开口。虽然该实施方案具有平行侧壁,但若使用图 7B 所示的蚀刻工序,则喷嘴可具有锥形壁。

[0036] 或者,如图 13 所示,绝缘层 410 可保留在喷嘴层 420 上并从外表面蚀刻穿透以形成一部分的喷嘴开口。

[0037] 在一个实施方案中,执行背侧蚀刻工序以形成具有尺寸不同的多个部分的喷嘴。

[0038] 该喷嘴可形成在 100 面 DSP 晶片或者具有为 100 面硅的喷嘴层 500 的 SOI 基板上,如图 14 所示。喷嘴层 500 可被减薄到所需的厚度,如上所述。该厚度可为大约 1-100 微米,例如在大约 20-80 微米,例如大约 30-70 微米。

[0039] 参考图 15,氧化物层在硅喷嘴层 500 上生长以形成背侧氧化物 526。绝缘层 538 和处理层 540 位于喷嘴层 500 的与背侧氧化物 526 相反的一侧上。抗蚀剂可形成在背侧氧化物 526 上,例如通过旋涂方式涂在抗蚀剂上。抗蚀剂可被构图以限定喷嘴的位置。喷嘴的位置是通过在背侧氧化物 526 上形成开口 565 而确定的。

[0040] 参见图 16A、16B 和 16C,通过各向异性蚀刻工序 (例如湿法蚀刻) 蚀刻喷嘴层 500。在硅喷嘴层 500 中蚀刻而限定出具有底部、平行于底部的凹入面 557 以及倾斜壁 562 的倒金字塔形或截头金字塔形的凹部 566。锥形壁 562 在具有长度 560 的边缘处与凹入面 557 相会。凹部 566 可被蚀刻穿透到绝缘层 538 中,如图 16A 所示。或者,凹部 566 可仅部分延伸通过喷嘴层 500,如图 16B 所示。如果凹部 566 不蚀刻穿透到绝缘层 538,就通过控制蚀刻时间和速率来实现大致恒定的凹部深度。使用 KOH 的湿法蚀刻的蚀刻速率取决于温度。

凹部 566 可为大约 1-100 微米深,例如大约 3-50 微米。

[0041] 如图 17 所示,蚀刻喷嘴层 500 与流动路径模块 440 相接。喷嘴层 500 与流动路径模块 440 相接,使得下降部 512 与凹部 566 对齐。喷嘴层 500 和流动路径模块 440 可通过黏合剂、阳极键合或直接硅键合(熔融键合)这些方式键合起来。如果选择直接硅键合,在键合前先移去背侧氧化物 526。

[0042] 如图 18 所示,处理层 540 被移去。处理层 540 可通过例如研磨、蚀刻或研磨和蚀刻两者被移去。

[0043] 为了获得所需的喷嘴几何形状,喷嘴层 500 的前侧面也被蚀刻。如图 19 所示,通过在绝缘层 538 上涂布抗蚀剂 546 并对抗蚀剂 546 构图来制备蚀刻用的前侧面。抗蚀剂被构图,使得下绝缘层 538 在对应于喷嘴层 500 背侧的凹部 566 的区域处被露出。

[0044] 如图 20A 和 20B 分别示出,喷嘴层 500 前侧面的视图显示抗蚀剂 546 被构图而具有圆形开口 571 或者矩形开口 572。其他开口几何形状也可用,例如五边或更多边的多边形。被露出的氧化物在对应于凹部 566 的位置处被蚀刻除去以露出下面的喷嘴层 500,如图 21 所示。

[0045] 参考图 22,喷嘴层 500 被蚀刻而形成喷嘴出口 575。所使用的蚀刻工序可为 DRIE,从而喷嘴出口 575 具有大致直的壁,如上所述。这可形成在喷嘴出口 575 外部以外的点处会聚的喷嘴出口 575。喷嘴出口可具有 5-40 微米的直径,例如大约 25 微米的直径。喷嘴出口 575 的直径 577 足以与凹部 566 的锥形壁 562 相交。喷嘴凹部 566 形成喷嘴入口。

[0046] 参考图 23A 和 23B,喷嘴层的侧截面图显示出锥形壁 562 与喷嘴出口 575 相交。喷嘴出口 575 的直径足够大,从而即使在形成凹部时凹部 566 不延伸到绝缘层中,凹部 566 与喷嘴出口 575 之间的相交也可移去任意部分凹入面 557。因此,喷嘴出口 575 形成为具有等于或大于在壁 562 与凹入面 557 相会的位置处壁 562 的长度 560 的尺寸 577。在一种实施方案中,喷嘴出口 575 的直径小于截头金字塔形的凹入面,并且在形成出口 575 之后保留了一部分凹入面。

[0047] 如图 24 所示,喷嘴层的处理工序完成。氧化层 526 的背侧被移去。金字塔形的喷嘴入口可具有大约 10-100 微米之间的深度,例如大约 30 微米。喷嘴出口 575 可具有在大约 2-20 微米之间的深度,例如大约 5 微米。

[0048] 可对上述工序进行变化以获得所需喷嘴几何形状。在一个实施方案,所有的蚀刻都是从喷嘴层 500 的背侧进行。在另一种实施方案中,绝缘层 538 没有从喷嘴被移去。为了完成喷嘴,绝缘层 538 可被蚀刻使得开口的壁大致与喷嘴出口 575 的壁相同,如图 22 所示。或者,在绝缘层 538 中的开口的壁可不同于喷嘴出口 575 的壁。例如,喷嘴开口 575 可具有伸向绝缘层 538 中形成的直壁部分的锥形壁。在绝缘层 538 中形成开口可在将喷嘴层 500 与流动路径模块 440 联接之前或之后进行。

[0049] 在单独的基板中形成喷嘴的一个可能的缺点在于:喷嘴的深度可被限制到一个特定的厚度范围,例如不超过大约 200 微米。对薄于大约 200 微米的基板进行加工可导致产量下降,因为有可能会损坏或破坏基板。基板通常应足够厚以便于在加工中处理基板。如果在 SOI 基板的层中形成喷嘴,可在形成之前先将该层研磨到所需厚度并且仍保持便于处理的不同厚度。处理层也可提供便于加工中抓握且不妨碍加工喷嘴层的部分。

[0050] 在所需厚度的层中形成喷嘴可避免在喷嘴层与流动路径模块接合后减小喷嘴层

的步骤。在喷嘴层与流动路径模块接合之后研磨掉处理层的步骤不会造成流动路径特征部分对研磨溶液或研磨废料开放。当在喷嘴层与流动路径模块接合后除去绝缘层时,绝缘层可被选择性地移去,从而不蚀刻下面的硅层。

[0051] 使用两种类型的处理工序的喷嘴形成工序可形成具有复杂几何形状的喷嘴。各向异性背侧蚀刻可形成截头金字塔形的凹部,其具有基板表面上的底部、基板中的倾斜或锥形壁以及凹入面。构成为直径大于截头金字塔形的凹入面的直径的前侧蚀刻从凹部和喷嘴移去截头金字塔形的凹入面。该技术将任何与墨流动方向正交的大致平面从喷嘴中移去。这可减少在喷嘴中留存空气的问题。即,通过各向异性蚀刻形成的锥形壁可使墨流动阻抗小,并且在填充中提供大量的弯液面后移 (pull-back) 而不引入空气。喷嘴的锥形壁平滑过渡到喷嘴开口的平行直壁,减小了流动与壁分离的趋向。喷嘴开口的平行直壁可将墨流或墨滴引导离开喷嘴。

[0052] 各向异性蚀刻的深度直接影响喷嘴入口和喷嘴出口的长度,如果喷嘴开口的直径没有形成大于截头金字塔形凹入面的直径。各向异性蚀刻的深度由蚀刻持续时间以及蚀刻所处温度决定,并且可能难以控制。DRIE 的几何形状比各向异性蚀刻的深度更容易控制。通过使喷嘴出口的壁与喷嘴入口的锥形壁相交,各向异性蚀刻的深度变化不会影响最后喷嘴的几何形状。因此,喷嘴出口的壁与喷嘴入口的锥形壁的相交可保持单个打印头内以及多个打印头之间的均匀性。

[0053] 已经对本发明的多个实施方式进行了说明。然而,应理解,在不背离本发明的精神和范围的情况下,可进行各种变形。已经对形成前述结构的方法进行了说明。然后,也可采用可实现相同或类似效果的其他处理方式。例如,可通过电铸、激光打孔或电火花加工等形成锥形壁。上述装置也可用于喷出除了墨以外的其他流体。因而,其他实施方式也在所附权利要求的范围内。

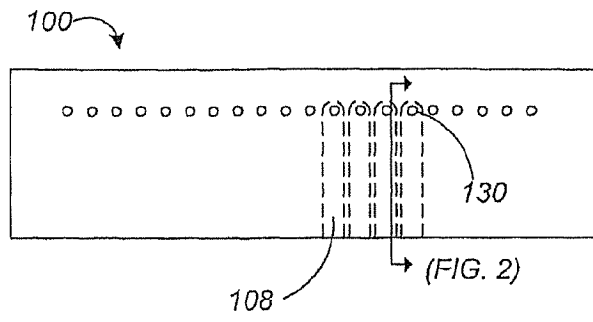


图 1A

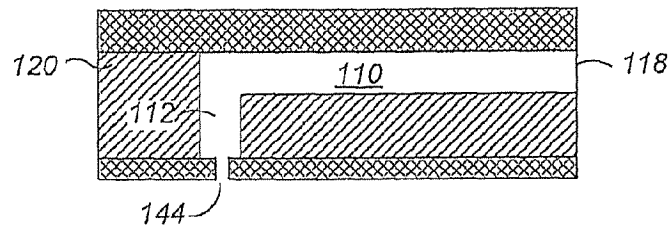


图 1B

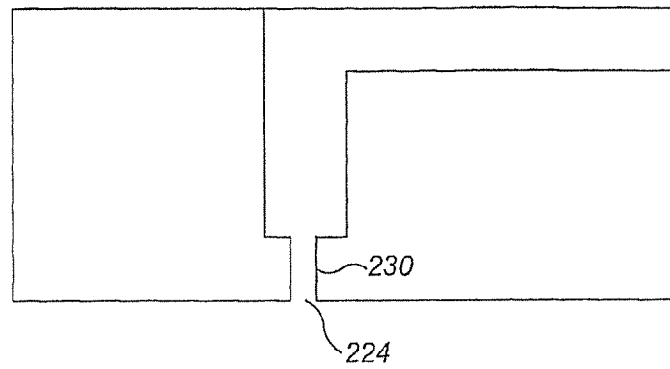


图 2A

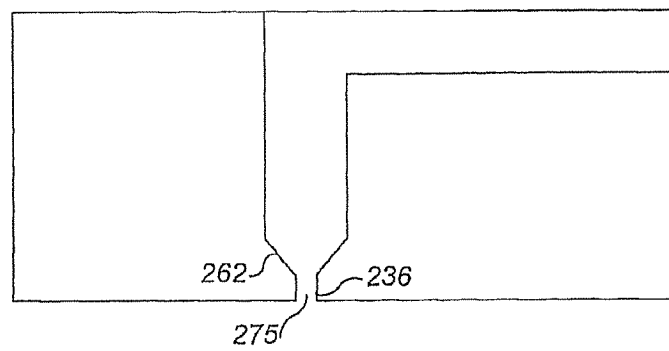


图 2B

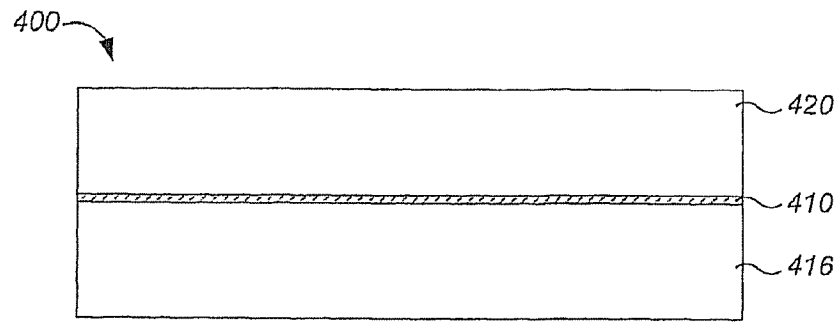


图 3

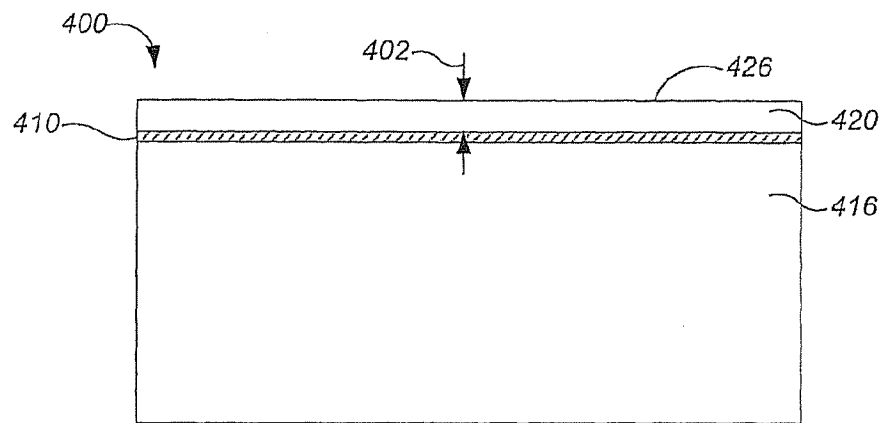


图 4

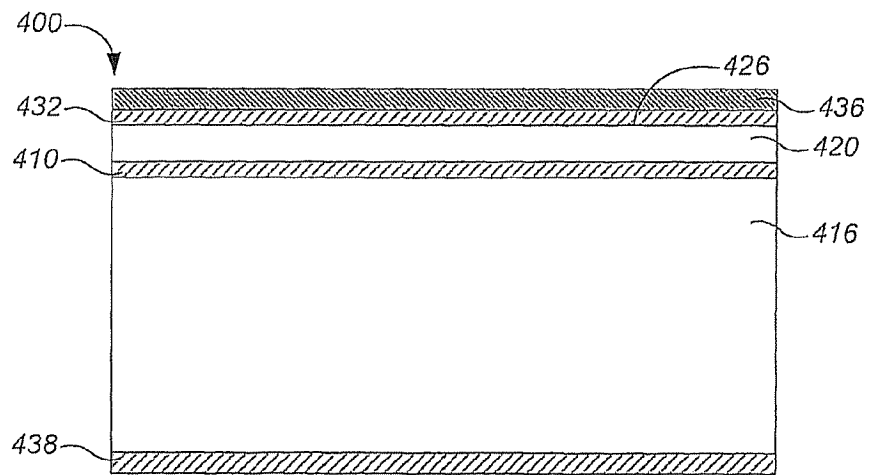


图 5

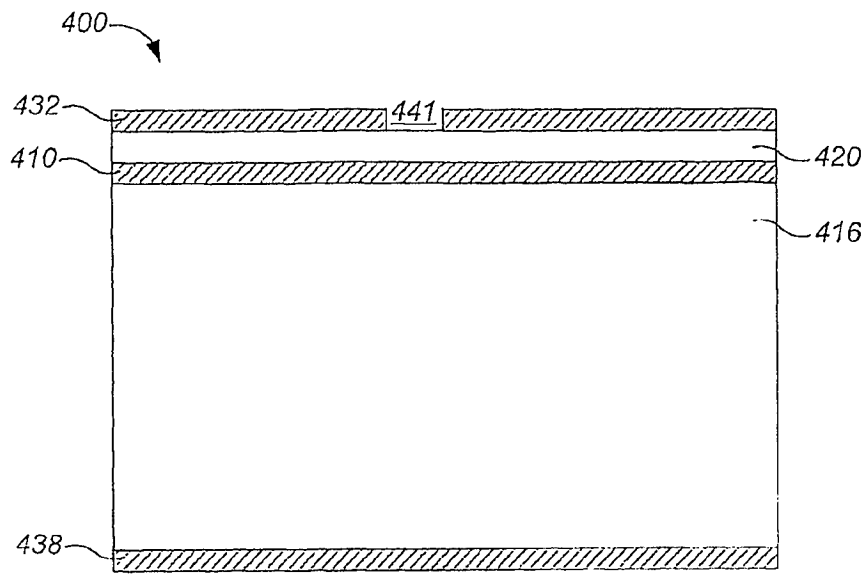


图 6

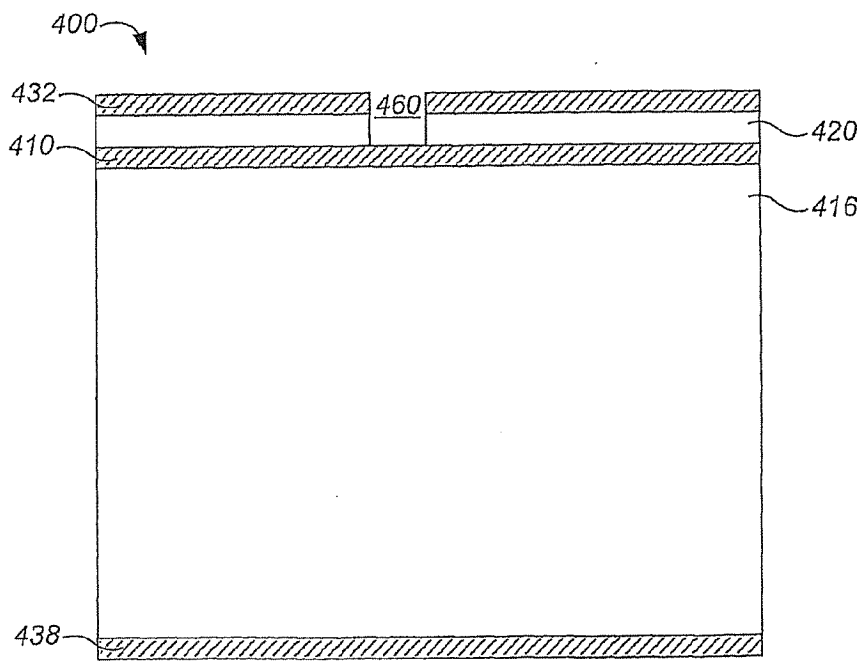


图 7A

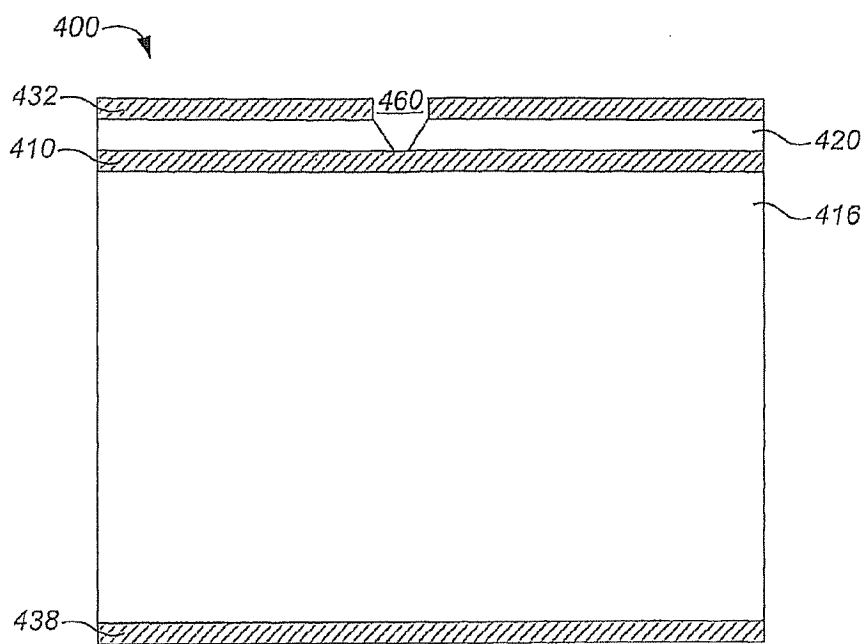


图 7B

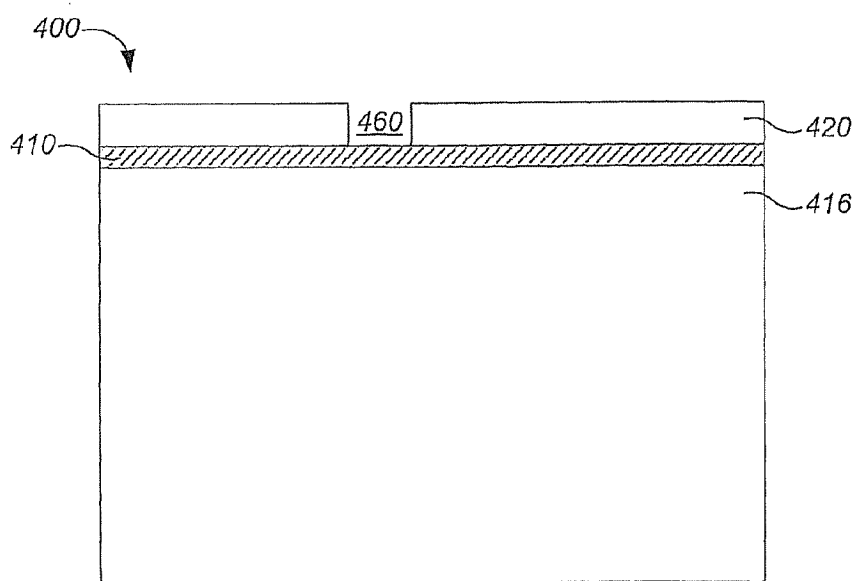


图 8

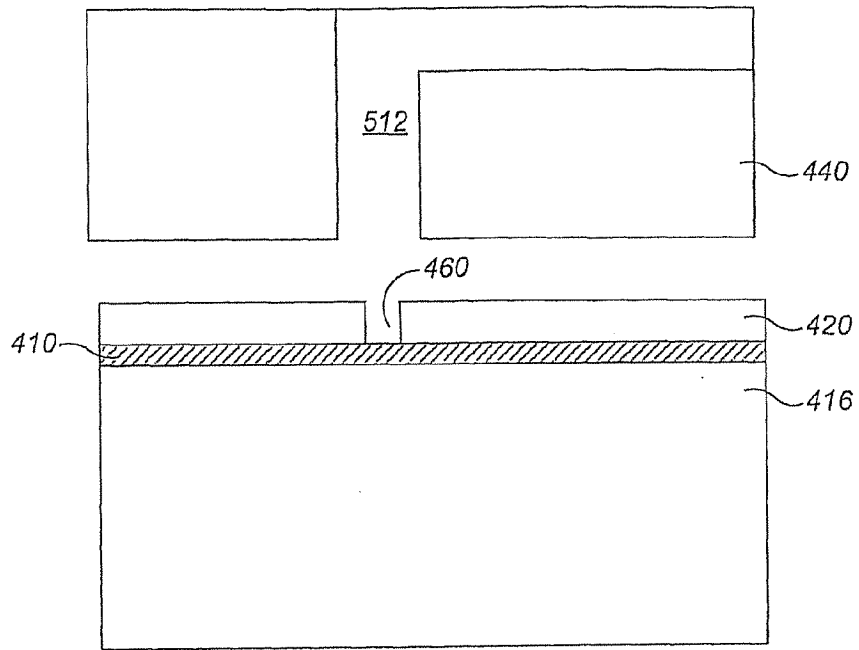


图 9

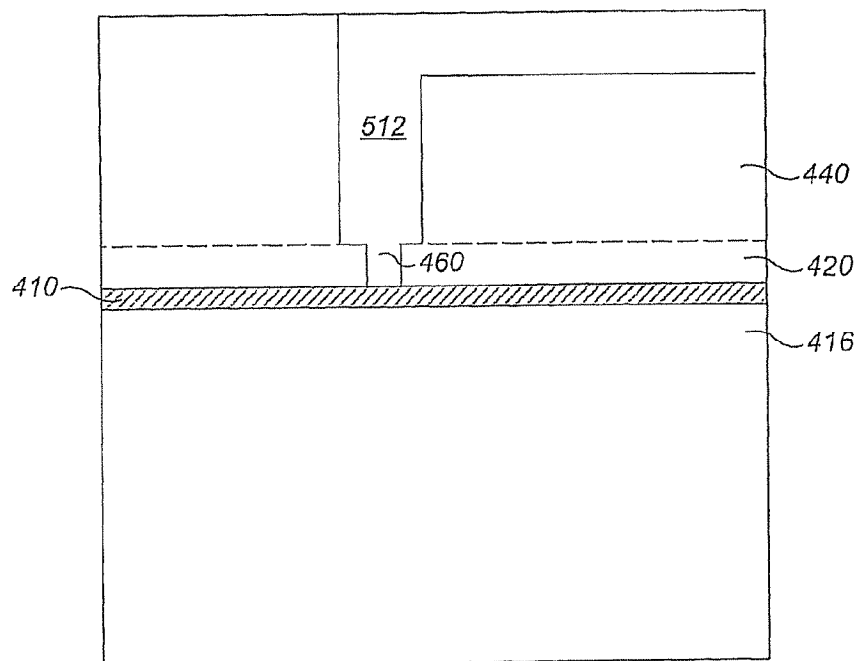


图 10

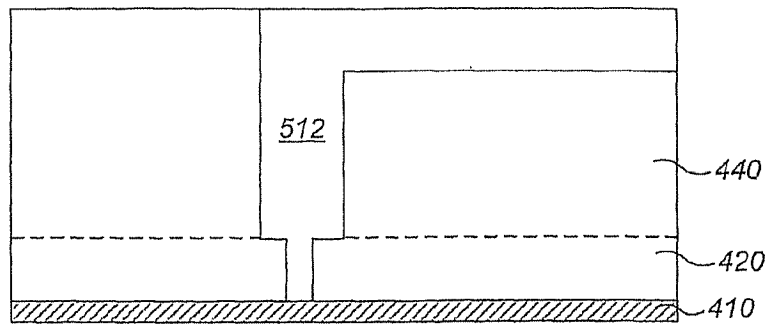


图 11

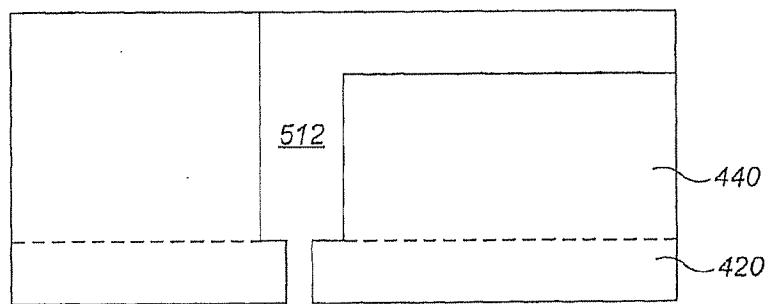


图 12

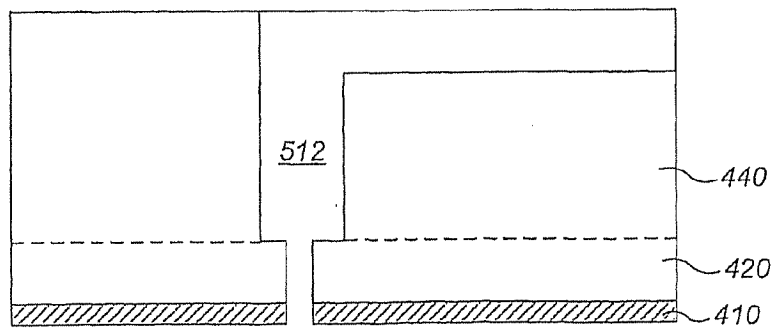


图 13

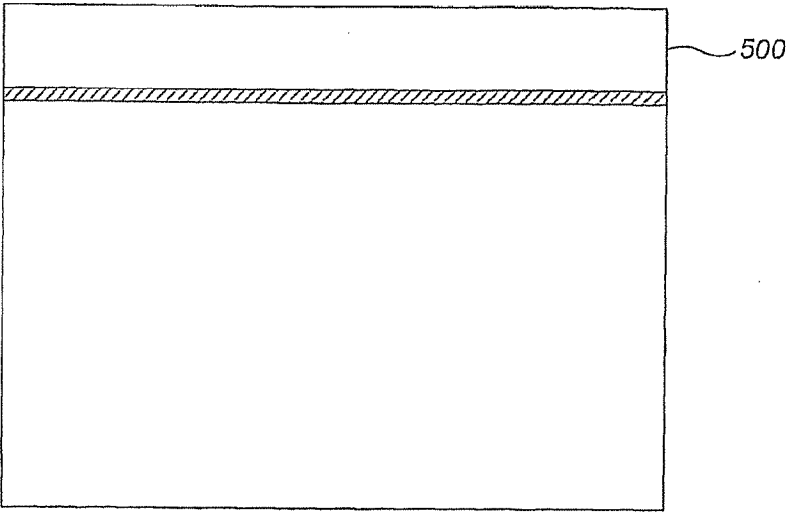


图 14

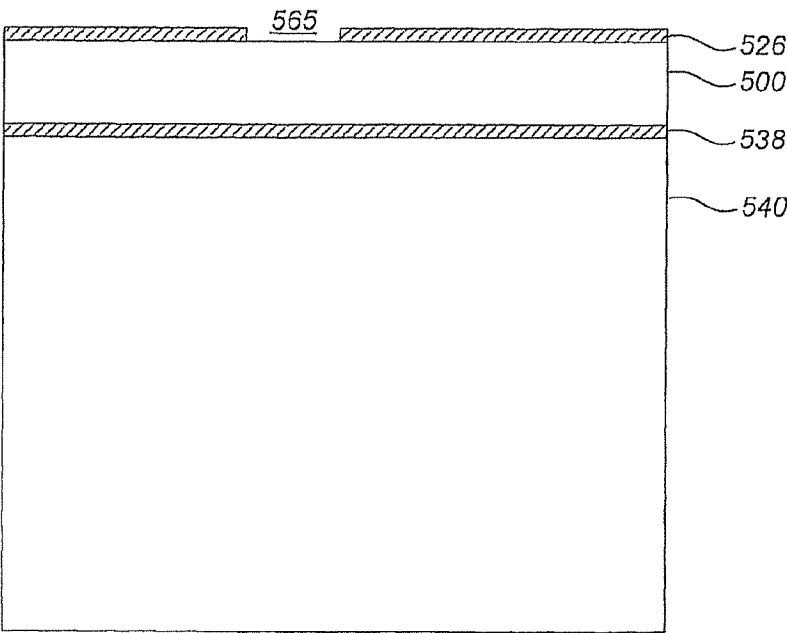


图 15

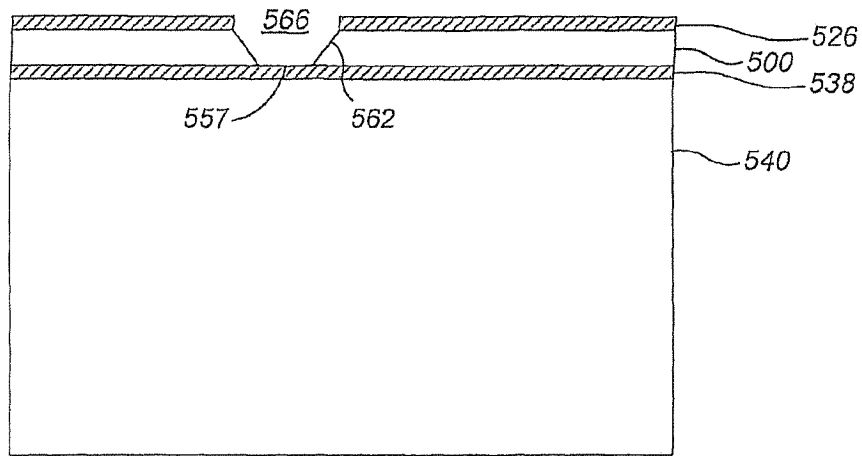


图 16A

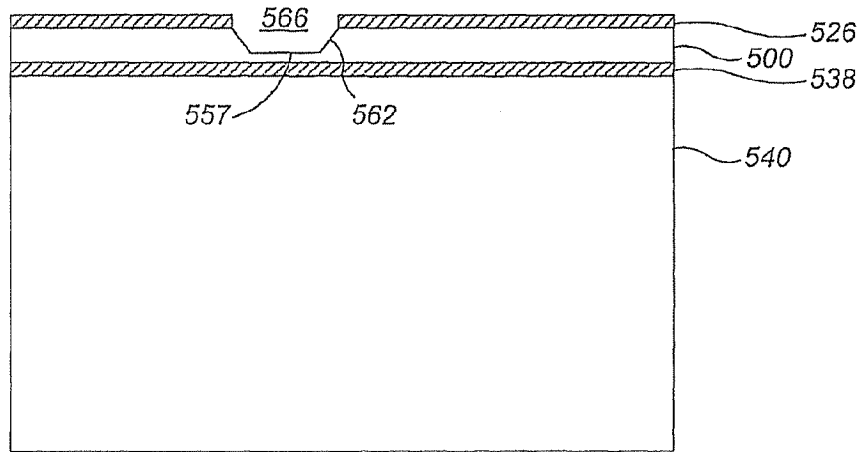


图 16B

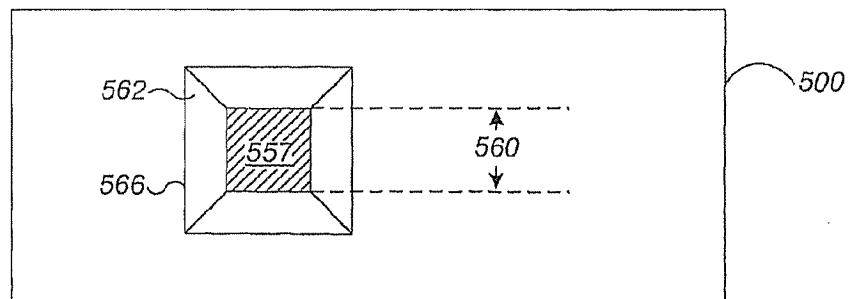


图 16C

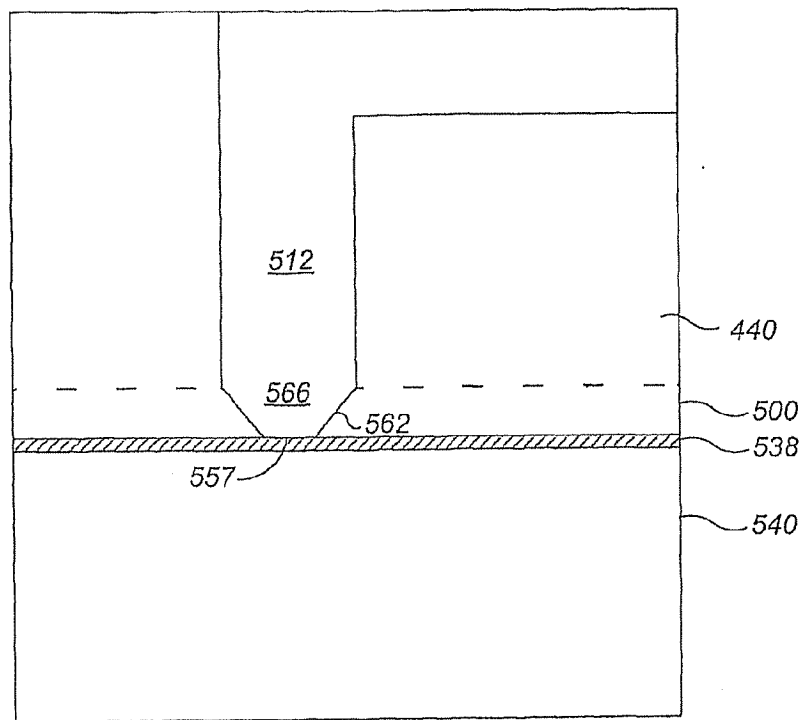


图 17

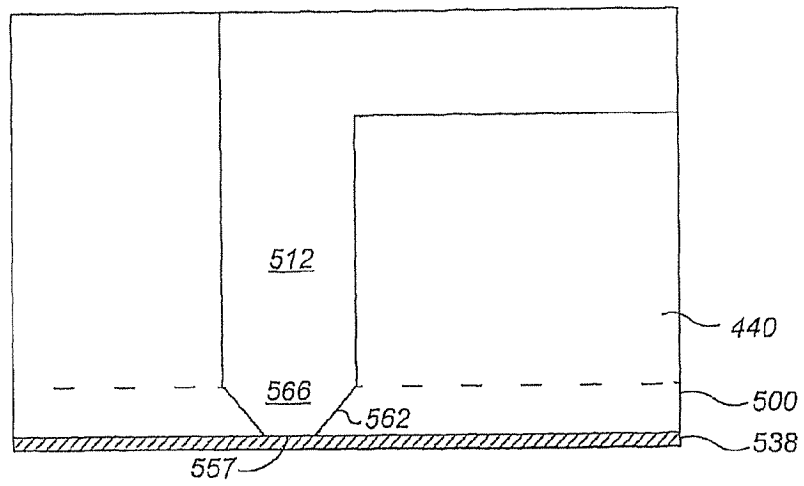


图 18

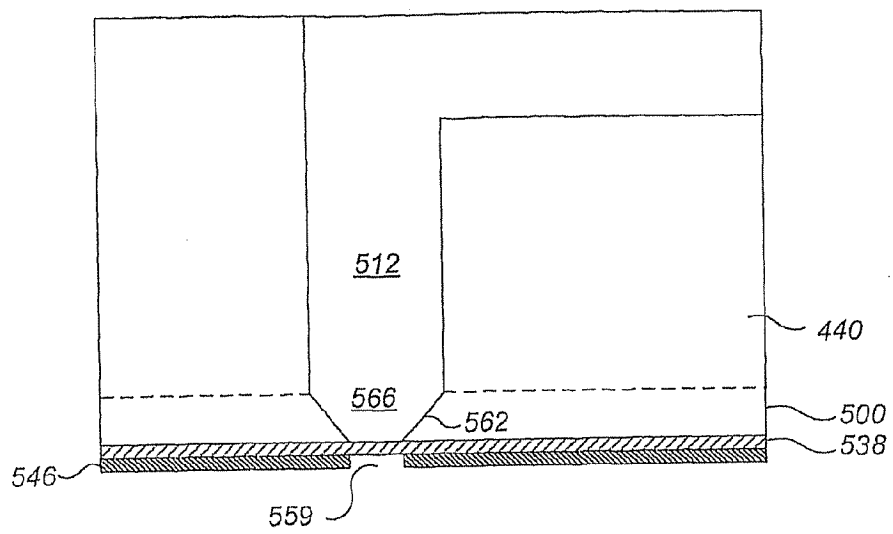


图 19

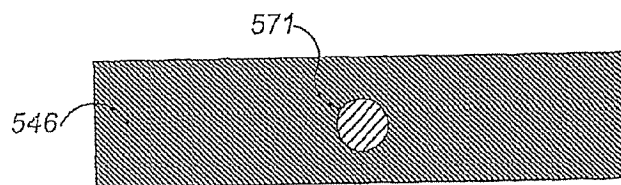


图 20A

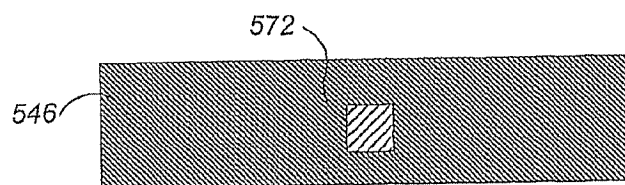


图 20B

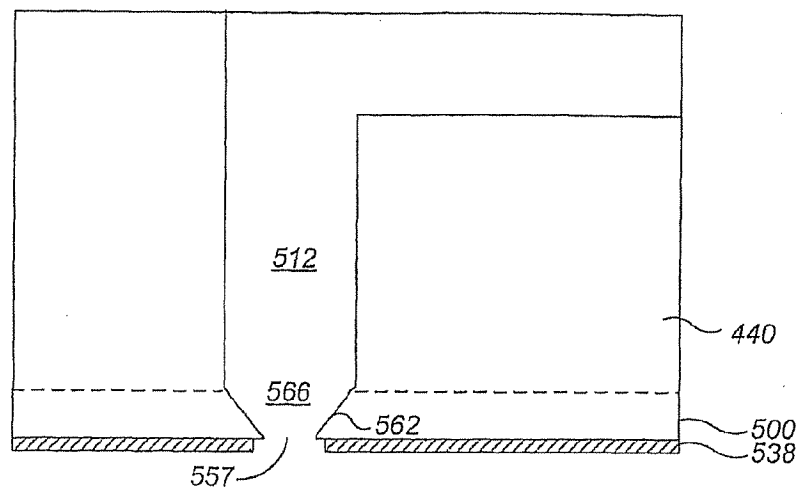


图 21

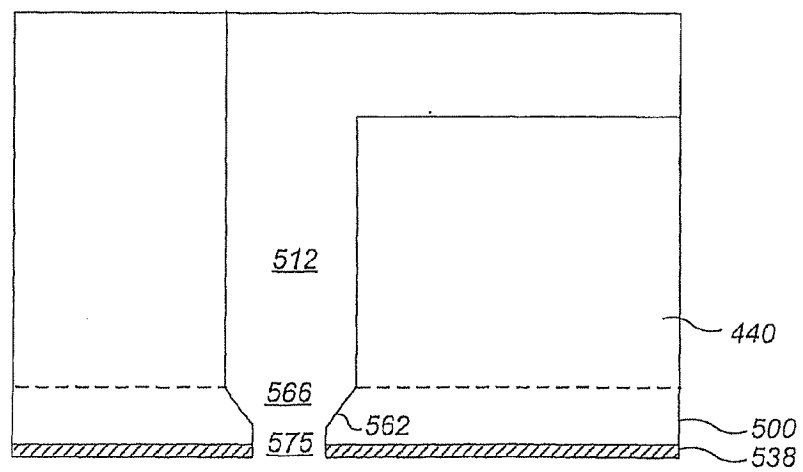


图 22

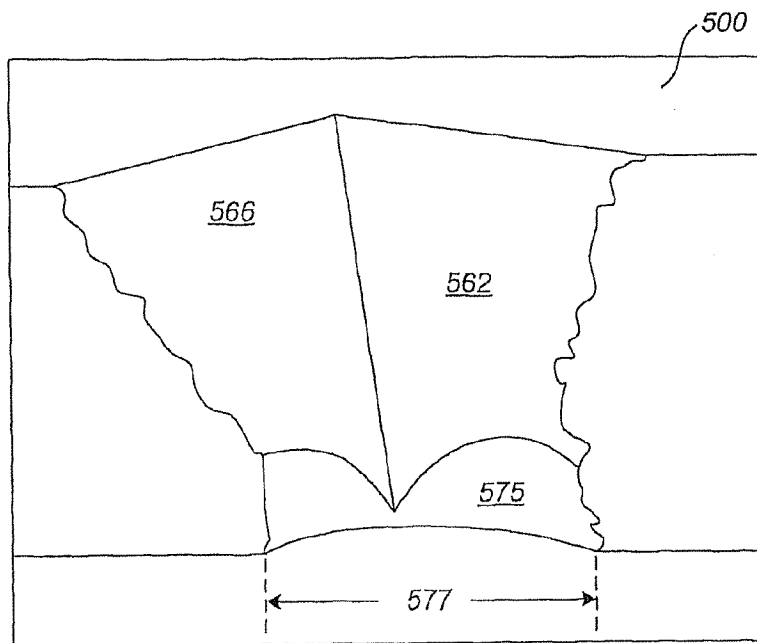


图 23A

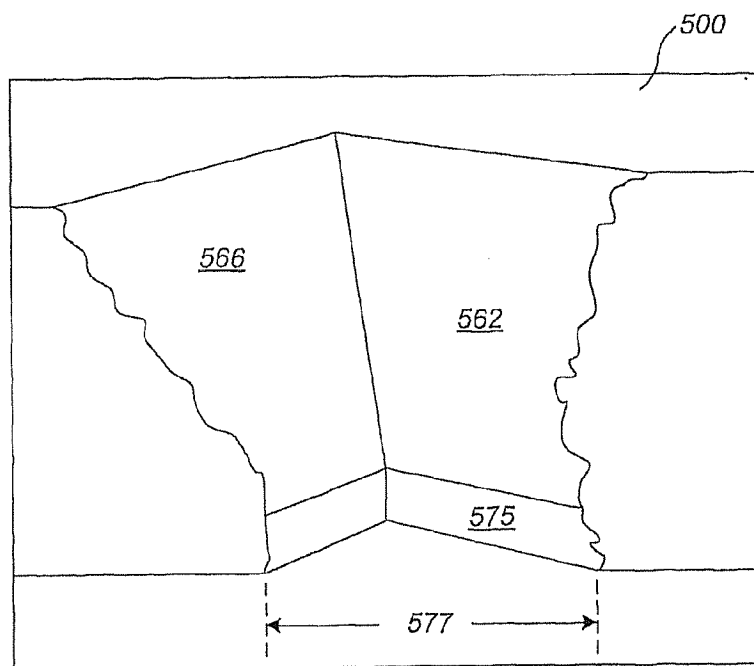


图 23B

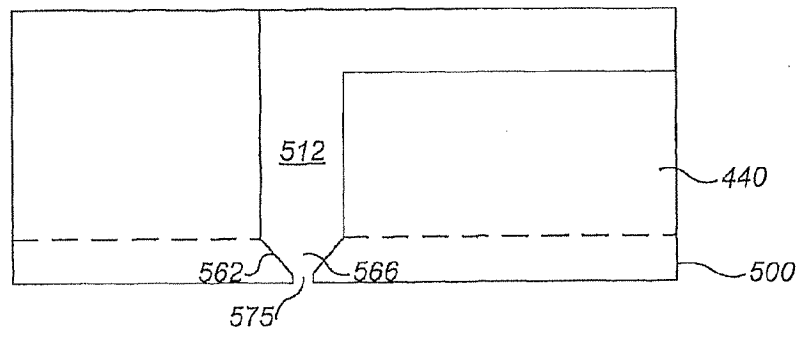


图 24