



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1942222 B

(45) 授权公告日 2011.08.31

(21) 申请号 200580011090.3

(22) 申请日 2005.02.15

(30) 优先权数据

60/550,653 2004.03.05 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.10.12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/004821 2005.02.15

(87) PCT申请的公布数据

W02005/091820 EN 2005.10.06

(73) 专利权人 麦克罗斯塔克公司

地址 美国得克萨斯

(72) 发明人 B·R·戴维斯

(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 11038

代理人 郭小军

(51) Int. Cl.

H01L 41/22(2006.01)

B81C 5/00(2006.01)

(56) 对比文件

US 6116863 A, 2000.09.12, 说明书第4栏第56~65行、第7栏第41~53行, 附图5A~5D、6.

US 5856705 A, 全文.

US 2003/0173112 A1, 2003.09.18, 全文.

EP 1122722 A1, 2001.08.08, 全文.

US 2002/0171131 A1, 2002.11.21, 全文.

WO 01/71226 A2, 2001.09.27, 全文.

US 6096149 A, 2000.08.01, 全文.

US 6540203 B1, 2003.04.01, 全文.

US 6224445 B1, 2001.05.01, 全文.

审查员 潘宁媛

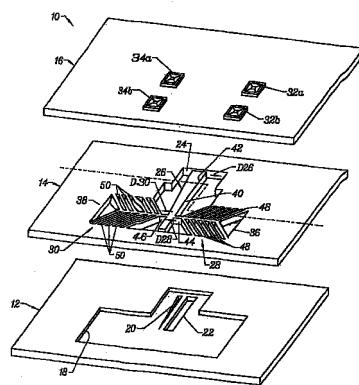
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 12 页

(54) 发明名称

用于形成微阀的选择性接合

(57) 摘要

披露了一种用于形成微机械加工装置的方法, 其包括设置第一硅层和第二硅层。蚀刻一部分第二硅层, 以形成滑动部和层部。滑动部可相对于层部移动。一部分第一硅层涂覆有大小和形状与滑动部的大小和形状相应的覆层材料。第一硅层然后置于第二硅层之上, 以使第一硅层的涂覆部分大致与第二硅层的滑动部对准。执行接合操作以将第一硅层接合到第二硅层上。覆层材料在接合操作过程中将滑动部与第一硅层隔开, 以防止滑动部与第一层接合。也可通过利用只是在与覆层材料相邻的区域增强或导致接合的覆层材料来选择性地涂覆第一硅层的部分来实施该方法覆层。也可采用混和工艺, 即, 一种材料置于第一硅层的部分上以防止接合, 第二种材料置于第一硅层的其他部分上以增强或导致接合。



1. 一种通过将多层材料选择性地接合来制造微机械加工装置的方法,包括:
 - a) 设置第一层材料;
 - b) 设置第二层材料,第一层和第二层中的至少一个中形成有多个机械部件,这些机械部件相对于第一层和第二层中的所述至少一个中的静止部分可移动;
 - c) 在第一层的第一部分上设置覆层,当把第一层相邻第二层设置时,该第一部分与所述机械部件相应;以及
 - d) 将第一层和第二层相互接合,以形成微机械加工装置,该覆层可防止第一层和第二层中的所述至少一个中的机械部件与第一层和第二层中的另一个接合。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,覆层材料选自氮化硅、碳化硅、聚合物薄膜、碳氟化合物薄膜和硅-陶瓷材料。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,覆层材料是氮化硅。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,第二层具有形成在其中的多个机械部件,这些机械部件可相对于第二层的静止部分移动。
5. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,在步骤 c) 中,覆层设在第一层上与形成于第二层中的机械部件位置相应的位置处,以使得在第一层相邻第二层设置时,涂覆部分与机械部件相邻。
6. 如权利要求 5 所述的方法,在步骤 d) 之后还包括步骤:
 - e) 设置第三层材料;
 - f) 在第三层的第一部分上设置覆层;以及
 - g) 将第三层接合到第二层上,其中,第三层上的覆层可防止涂覆部分与第二层接合。
7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,在步骤 f) 中,覆层设在第三层上与形成于第二层上的机械部件位置相应的位置处,以使得在第三层相邻第二层设置时,涂覆部分与机械部件相邻。
8. 如权利要求 1 所述的方法,在步骤 a) 之后还包括步骤:
 - a1) 将第一层的第一部分减薄,以减小其厚度,以使得在覆层材料在步骤 c) 施加于该部分时,覆层的上表面大致与第一层的相邻上表面齐平。
9. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在步骤 d) 中,利用熔化接合工艺将第一层接合到第二层上。
10. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在步骤 d) 中,利用直接接合工艺将第一层接合到第二层上。
11. 如权利要求 1 所述的方法,在步骤 c) 之前还包括步骤:
 - c') 掩蔽第一层的第二部分,其中,第二部分包括第一层上将不被覆层覆盖的区域。
12. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,施加厚度为 10 埃至 100 微米的覆层。
13. 一种形成微阀的方法,包括:
 - a) 设置至少包括第一层和第二层的多层材料,其中,至少第一层包括可动的微阀部分,该可动的微阀部分可相对于第一层的静止部分移动;
 - b) 涂覆第二层的一部分;
 - c) 将第二层的涂覆部分相邻第一层的可动微阀部分设置;以及
 - d) 执行接合操作,以将多层接合到一起,其中,覆层防止第一层的可动微阀部分与第二

层的涂覆部分接合，同时第二层的未涂覆部分接合到第一层的静止部分上。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，覆层材料选自氮化硅、碳化硅、聚合物薄膜、碳氟化合物薄膜和硅 - 陶瓷材料。

15. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述覆层材料是氮化硅。

16. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述多层包括第三层材料，并且在步骤 d) 之后还包括步骤：

e) 在第三层的一部分上设置覆层；以及

f) 将第三层接合到第一层上，其中，第三层上的覆层防止第一层的可动微阀部分与第三层的涂覆部分接合，同时，第三层的未涂覆部分接合到第一层的静止部分上。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其特征在于，在步骤 e) 中，只有一部分第三层被涂覆，以使覆层设在第三层上与第一层的可动微阀部分位置相应的位置处，且一部分第三层保持未被涂覆，并且，还在步骤 e) 之后包括步骤：

e1) 将第三层相邻第一层设置，以使所述第三层的涂覆部分与第一层的可动微阀部分相邻。

18. 如权利要求 13 所述的方法，在步骤 a) 之后还包括步骤：

a1) 将第二层的第一部分减薄，以减小其厚度，以便当覆层材料在步骤 b) 施加于所述部分时，覆层的上表面大致与第二层的相邻表面齐平。

19. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，在步骤 d) 中，利用熔化接合工艺将第一层接合到第二层上。

20. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，在步骤 d) 中，利用直接接合工艺将第一层接合到第二层上。

21. 如权利要求 13 所述的方法，在步骤 b) 之前还包括步骤：

b') 掩蔽第二层的第二部分，其中，当覆层在步骤 b) 中施加于第二层的涂覆部分时，第二部分包括第二层的将不被覆层覆盖的区域。

22. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，施加厚度为 10 埃至 100 微米的覆层。

23. 一种形成微机械加工装置的方法，包括：

a) 设置第一硅层；

b) 设置第二硅层；

c) 蚀刻一部分第二硅层，以形成包括滑动部和层部在内的一部分微机械加工装置，以使该滑动部可相对于层部移动；

d) 用覆层材料涂覆一部分第一硅层，该涂覆部分的大小和形状与滑动部的大小和形状相应；

e) 将第一硅层置于第二硅层之上，以使第一硅层的涂覆部分与第二硅层的滑动部大致对齐；

f) 执行接合操作，以将第一硅层接合到第二硅层上，其中，覆层材料在接合操作过程中将滑动部与第一硅层隔开，以防止滑动部与第一层接合。

24. 一种选择性地接合多层材料以形成微机械加工装置的方法，包括：

a) 设置第一层材料；

b) 设置第二层材料；

- c) 在一部分第一层材料上设置覆层；
 - d) 蚀刻第一层材料，以形成包括滑动部和层部的一部分微机械加工装置，其中，滑动部形成在第一层内，滑动部可相对于层部移动，且滑动部大致与涂覆部分的大小和形状相应；以及
 - e) 将第一层和第二层相互接合，覆层防止所述部分与第二层接合。
25. 如权利要求 24 所述的方法，其特征在于，覆层材料从氮化硅、碳化硅、聚合物薄膜、碳氟化合物薄膜和硅 – 陶瓷材料中选择。
26. 如权利要求 24 所述的方法，其特征在于，施加厚度为 10 埃至 100 微米的覆层。

用于形成微阀的选择性接合

技术领域

[0001] 本发明大体上涉及控制阀以及半导体机电装置,尤其涉及一种用于形成微机械加工控制阀的方法。

背景技术

[0002] MEMS(微机电系统)是体积小的一类系统,其具有微米级尺寸特征。这些系统不仅具有电元件,而且具有机械元件。术语“微机械加工”通常可以理解为是指MEMS装置的三维结构和可动部件的制造。MEMS最初是利用修改集成电路(计算机芯片)构造技术(如化学蚀刻)和材料(如硅半导体材料)来微机械加工这些非常小的机械装置。当今有许多可用的微机械加工技术和材料。本申请所用的术语“微阀”是指具有微米级尺寸特征的阀,且顾名思义,其至少部分地通过微机械加工形成。本申请中所用的术语“微阀装置”是指包括有微阀的装置,并且其可包括其他元件。应该指出,如果该微阀装置包括除了微阀以外的元件,这些其他元件可以是微机械加工的元件或者标准尺寸的(较大的)元件。

[0003] 已经提出过用于控制流路中的流体流动的各种微阀装置。一种典型的微阀装置包括可动的部件或阀,其由本体可移动地支撑并可操作地连接到致动器上,以在闭合位置和完全打开位置之间移动。在阀处于闭合位置时,其阻挡或关闭与第二流体口流体连通的第一流体口,由此防止流体在流体口之间自由地流动。在阀从闭合位置移动到完全打开位置时,逐渐容许流体在流体口之间流动。Maluf等人的美国专利申请US2003/0098612A1(颁发的美国专利US6761420)披露了具有第一、第二和第三层的微阀装置,该专利披露的内容在此全部加入以供参考。第二层接合在第一层和第三层之间,并在层之间形成空腔,可动部件(阀)置于空腔内。发明名称为“先导式微阀装置(PilotOperated Microvalve Device)”的美国专利US6540203描述了由电动先导微阀和由先导式微阀组成的一种微阀装置,其中先导式微阀的位置由所述电动先导微阀控制,该专利披露的内容在此全部加入以供参考。发明名称为“用于电子控制传动的微阀(Microvalve for Electronically Controlled Transmission)”的美国专利US6494804描述了一种用于控制流路中流体流动的微阀装置,并包括使用通过小孔的流体泄放路径来形成分压回路,该专利的全部内容在此加入以供参考。

[0004] 除了要产生足以使可动部件移动的力以外,致动器必须产生能够克服作用于可动部件上的流体流动力的力,该流体流动力反抗可动部件的预期位移。这些流体流动力通常随着流过流体口的流速增加而增加。

[0005] 一种制造微阀的方法涉及熔化接合(如硅熔化接合)和深反应离子蚀刻(DRIE)。晶片接合容许一个硅层接合到另一个硅层上,从而形成一个单独的机械结构。一种晶片接合工艺(熔化接合)已经证实是分子级的,并提供非常高的机械强度。熔化接合技术是众所周知的。例如,参见K.E.Petersen,D.Gee,F.Pourahmadi,J.Brown和L.Christel在1992年6月的换能器91论文集上第397-399页的“利用硅熔化接合制造的表面微机械加工结构”(“Surface Micromachined Structures Fabricated with Silicon Fusion

Bonding," Proceedings, Transducers 91, June 1992, at PP. 397-399), 其披露的内容特意在此全部加入以供参考。包括阳极接合、焊料接合、粘结接合在内的其他典型的晶片接合也可适用于本文件中所述的选择性接合工艺。

[0006] 尽管形成微阀的几种方法已经在过去使用,但是,设计一种改进的方法将是有益的,以减少微阀的制造成本并使微阀更容易制造。

发明内容

[0007] 本发明涉及一种使多层选择性接合的方法。该方法包括设置第一层和第二层。第一层和第二层中的至少一个的一部分涂覆有覆层材料。第一层和第二层然后相互接合。在涂覆部分和未涂覆部分相邻设置时,覆层防止了涂覆部分与未涂覆的另一层的相对部分接合。

[0008] 该方法也包括设置第一硅层和第二硅层。将一部分第二硅层蚀刻,以形成滑动部和层部。滑动部可相对于层部移动。一部分第一硅层涂覆覆层材料。涂覆部分的大小和形状与滑动部的大小和形状相应。第一硅层置于第二硅层之上,以使得第一硅层的涂覆部分与第二硅层的滑动部大致对齐。最后,执行使第一硅层接合到第二硅层的接合操作。在接合操作过程中,第二硅层的层部接合到第一硅层上,而覆层材料将滑动部与第一硅层隔开,以防止滑动部与第一层接合。

[0009] 在本领域技术人员根据附图阅读了下述的详细说明书时,本发明的各种目的和优点将变得更加清楚。

附图说明

[0010] 图 1 是根据本发明制造的微阀组件的第一层、第二层和第三层的分解透视图。

[0011] 图 2A-2F 示出根据本发明形成微阀的制造工艺流程。

[0012] 图 3 是根据本发明的具有涂覆部分和可动部分的微阀的第一层和第二层的分解平面图。

[0013] 图 4A-4D 示出根据本发明形成微阀的制造工艺流程。

[0014] 图 5-10 示出根据本发明形成微阀的制造工艺流程的可替换实施例的流程图。

具体实施方式

[0015] 几种型式的微机械加工装置在本领域中是已知的。这些装置中的许多是被形成为具有接合在一起的多层。现参考附图,在图 1 中示出用附图标记 10 总的来表示的可根据本发明而形成的微阀的分解图。微阀 10 基本上包括三个层或衬底:第一层 12、第二层 14 和第三层 16。第一层 12 限定了入口 20 和出口 22。第二层 14 固定在第一层 12 和第三层 16 之间,并限定了空腔 24,该空腔 24 包括流动区域以容许流体在入口 20 和出口 22 之间流动。第二层 14 还限定了可动部件 26,其可响应于热致动器 28、30 而被移位,以打开和关闭入口 20。在示出的实施例中,可动部件 26 是细长的。分别用于电热加热致动器 28、30 的电触头 32a、32b、34a 和 34b 设在穿过第三层或保护层 16 的通道中。

[0016] 在输入如电流被施加经由电触头 32a-b、34a-b 而通过致动器 28、30 的每一个时,致动器 28、30 的每一个分别沿着箭头 D28 和 D30 所示的方向施加力。箭头 D28 和 D30 所示

方向上的力致使可动部件 26 沿着箭头 D26 所示的方向移动,以便使得可动部件 26 的至少一部分与入口 20 垂直地对齐。因此,电流用作使致动器 28、30 致动的输入刺激。上述可动部件 26 相对于入口 20 至少部分的垂直对齐从而可至少部分地关闭该入口 20。可选择可动部件 26 的位移量或对齐量,从而控制例如从入口 20 通过微阀 10 流到出口 22 的流体的流速。在不再施加输入通过致动器 28、30 时,致动器 28、30 分别沿着与箭头 D28 和 D30 所示方向相反的方向施加力,从而通过使得可动部件 26 沿着与箭头 D26 所示方向相反的方向移动,使可动部件 26 返回到其相对于入口 20 的常开位置。

[0017] 可替换地,微阀 10 可构造成使得可动部件 26 相对于入口 20 处于常闭位置,并可移动以打开该入口 20。在另一个可替换的实施例中,微阀 10 可构造成使得可动部件 26 相对于出口 22 处于常开或常闭位置,并可移动以关闭或打开出口 22。

[0018] 优选地,第一、第二和第三层 12、14、16 的每一个由硅或者其他半导体材料制成。可替换地,第一和 / 或第三层 12、16 可由玻璃 (Pyrex 玻璃)、绝缘陶瓷或者任何其他绝缘材料制成。第二层 14 优选是掺杂的单晶半导体 (SCS),这是由于掺杂的单晶半导体强度高、柔韧性好和更加抗劣化,但是,第二层也可由任何导体材料制成。

[0019] 尽管本文所描述的微阀 10 基本上用于打开和关闭入口 20,但这种叙述只是用于说明性目的,显然,可容易地使微阀 10 适用于打开或关闭出口 22。此外,尽管本文描述的微阀 10 基本上为常开 (N.O.) 阀,但也可容易地使微阀 10 适合作为常闭 (N.C.) 阀。另外,为了本文叙述的清楚和简要起见,基本上将只叙述致动器 28 和相应的电触头 32a-b,尽管该叙述也相应地可适用于致动器 30 和电触头 34a-b。

[0020] 第一和第三层 12、16 限定了浅的凹陷 18,尽管在图 1 中只是示出了第一层 12 中的凹陷 18。凹陷 18 限定在与第二层 14 的可动部件 26 和致动器 28、30 对齐的区域内,从而为可动部件 26 和致动器 28、30 在第一和第三层 12、16 之间的悬置提供间隙,并且为它们在第二层 14 的平面内的空腔 24 中的位移提供间隙。凹陷 18 也可限定在与空腔 24 对齐的区域内,从而进一步便于流体流过空腔 24。可替换地或附加地,第二层 14 的可动部件 26 和致动器 28、30 可相对于第一和第三层 12、16 缩进或变薄,从而提供第一层和第三层之间的间隙。此外,凹陷 18 和缩进可以为可动部件 26 与第一、第三层 12、16 每一个之间在入口 20 附近的区域内提供大约 $0.5 \mu m$ 的间隙,以便当可动部件 26 在入口 20 上方对齐以切断流体流动时,通过减小可动部件 26 和入口 20 之间的距离而使得流体泄漏最小化。此外,凹陷 18 和缩进可以在其他那些例如致动器 28、30 与第一、第三层 12、16 的每一个之间的区域内提供大约 $1 \mu m$ 或更小的间隙,以便使流体或气体压差最小。

[0021] 电触头 32a-b 设在第三层 16 中,并与热致动器 28 垂直地对齐。电触头 32a-b 穿过通道提供电接触,以将电流施加于致动器 28。肋 48 用作触头 32a-b 之间的穿过第二层 14 的导电通路。触头 32a-b 优选与若非由肋 48 形成电流传导通路之外将是隔离的第二层 14 的区域电接触。这种电隔离可通过在第二层 14 中设置沟槽 36 来建立,以防止电触头 32a-b 之间短路。

[0022] 可动部件 26 具有与热致动器 28、30 接触的第一致动器端部 40 和设置并成形为用于打开和关闭入口 20 的第二阻塞器端部 42。可动部件 26 的横截面积从第一致动器端部 40 到阻塞器端部 42 逐渐增加。第二阻塞器端部 42 处的较大横截面积使得可动部件 26 经受流体压差的能力最大。施加电流通过肋 48 使得肋 48 热膨胀,这致使杆 44 沿着箭头 D28

所示的方向施加力于可动部件 26 上。

[0023] 微阀 10 的致动也与 Hunnicutt 的美国专利 6637722 和 PCT 专利公开 WO01/71226 中所述的致动机构大致类似,这两份专利的全部内容在此加入以供参考。微阀 10 的元件和一般操作以上已经作了叙述,以用于该微阀的单个实施例的说明目的。然而,根据微阀 10 的预期应用,微阀可具有任何所需的且适当的结构或者配置。据信可适于在一些应用中取代这儿所述的微阀 10 的微阀的结构和操作的附加细节可在以上引用的参考文献中找到。

[0024] 由多层形成的微阀(如图 1 所示的那一个)的制造可通过熔化接合(如硅熔化接合)和深反应离子蚀刻(DRIE)完成。熔化接合容许将一个硅层接合到另一个上,从而形成一个单独的机械结构。已经证实熔化接合是分子级的,并提供了非常高的机械强度。熔化接合技术是众所周知的。如,参见 K. E. Petersen, D. Gee, F. Pourahmadi, J. Brown 和 L. Christel 在 1992 年 6 月的换能器 91 论文集第 397-399 页上的“利用硅熔化接合制造的表面微机械加工结构”(“Surface Micromachined Structures Fabricated with Silicon Fusion Bonding”Proceedings, Transducers 91, June 1992, at pp. 397-399),其披露的内容特意在此全部加入以供参考。

[0025] 参考图 2A-2F 来叙述用于制造根据本发明优选实施例的微结构的工艺。本实施例采用三个硅层或晶片(例如,12'、14' 和 16')。利用这三个硅层,该工艺使给定的单晶硅结构(SCS)微结构形成为相应于第二层 14' 的第二层的组成部分。第一和第三层 12'、16' 用作第二层 14' 的载体。可替换地,载体例如可由玻璃(Pyrex 玻璃)形成,或者可由包括但不限于任何适当的晶体、金属或陶瓷材料的任何其他适当的材料形成。当然,将可以理解,尽管下述的讨论只涉及三层 12'、14' 和 16',但是,其原理可应用于包括两层或更多层堆叠的微结构的形成。

[0026] 在图 2A 中,第一层 12' 利用光阻材料形成图案,以限定将要在第一层中形成的凹入区域 100,且这些凹入区域 100 利用标准半导体技术形成,如等离子蚀刻、利用 KOH 或其他硅蚀刻剂的湿法蚀刻或者特殊氧化物生长。凹入区域 100 可具有任意几何形状,并可具有任何所需的深度,例如,从小于 0.1 μm 到大于 100 μm。在本实施例中,凹入区域 100 的深度大约为 1 μm。

[0027] 应该理解,这些凹入区域 100 不必具有单一、一致的深度。例如,可采用几个标准硅蚀刻步骤来产生可用于不同机械功能的几个不同的深度。也应该理解,可替换地,或附加地,第二层 14' 可相对于第一层 12' 和第三层 16' 缩进,以在其间提供间隙,如上所述。而且,第一层表面 12' a 和第三层表面 16' a 的每一个可以是裸硅或者可以涂覆有氧化层。而且,凹入区域 100 的基部 102 可以是裸硅、氧化硅或掺杂硅,或者可涂覆有能够经受随后的层接合和处理温度的任何其他薄膜。

[0028] 如图 2B 所示,入口 104 然后被蚀刻穿过第一层 12'。尽管未示出,出口可同时蚀刻穿过第一层 12'。可替换地或附加地,出口可蚀刻穿过第三层 16'。

[0029] 在图 2C 中,第一层 12' 形成图案的表面可通过硅熔化接合(或直接接合)工艺接合到优选是掺杂的第二层 14' 上。熔化接合技术是众所周知的。例如,参见 K. E. Petersen, D. Gee, F. Pourahmadi, J. Brown 和 L. Christel 在 1991 年 6 月的换能器 91 论文集第 397-399 页的“利用硅熔化接合制造的表面微机械加工结构”(“Surface Micromachined Structures Fabricated with Silicon Fusion Bonding,”Proceedings, Transducers 91, June 1991,

at pp. 397-399), 其披露的内容特意在此全部加入以供参考。在优选的熔化接合技术中, 第一层 12' 和第二层 14' 制成是亲水性的。即, 利用制剂如热硝酸、或热硫酸和双氧水溶液、或其他强氧化剂来处理层 12' 、14' , 致使水附着到它们上。在干燥之后, 然后把这两层 12' 、14' 置于温度为 400°C -1200°C 的氧化气氛中大约一个小时。

[0030] 上述的硅熔化接合技术将第一层 12' 和第二层 14' 接合到一起, 而未使用中间胶接材料, 该胶接材料可能会具有不同于单晶硅层的热膨胀系数。此外, 可以进行熔化接合, 其中层 12' 、14' 之一或这二者的接合表面中已经形成氧化层或氮化层。

[0031] 作为熔化接合的替换, 例如, 第一和第二层 12' 、14' 可利用粘结剂如光阻材料而粘结到一起。作为替换, 第一和第二层 12' 、14' 的主表面可涂覆有金属层(如金), 用于将层相互熔合。在利用玻璃载体来替代第一硅层 12' 的情况下, 第二层 14' 可阳极接合到该玻璃载体上。

[0032] 如果必要, 第二层 14' 可减薄并抛光至特定应用所需的厚度。可替换地, 机电蚀刻(ECE) 可用于将层减薄。扩散的加热器可通过扩散而并入第二层 14' 的平面表面中。另外, 任何必要的线路或者其他薄膜沉积和图案可利用标准硅处理技术进行。

[0033] 然后使第二层形成限定了要蚀刻区域的图案, 以用于深反应离子蚀刻(DRIE) 步骤。DRIE 技术日渐为人们所熟知。例如, 参考: 1998 年 6 月于 Hilton Head Island, SC 召开的固态传感器和致动器研讨会的论文集中第 41-44 页的 A. A. Ayon、C. C. Lin、R. A. Braff 和 M. A. Schmidt 的“时分多路 ICP 蚀刻器中的蚀刻特征和轮廓控制”(“Etching Characteristics and Profile Control in a Time-Multiplexed ICPEtcher”, Proceedings of Solid State Sensor and Actuator Workshop, Hilton Head Island, SC, June 1998, pp. 41-44); 1994 年微机械工程第 23 卷第 373-376 页的 V. A. Yunkin、D. Fischer 和 E. Voges 的“硅中深沟槽的高度各向异性的选择性反应离子蚀刻”(“Highly Anisotropic Selective Reactive Ion Etching of Deep Trenches in Silicon,” Micromechanical Engineering, Vol. 23, 1994, at 373-376); 1991 年 6 月的换能器 91 论文集第 524-527 页的 C. Linder、T. Tschan、N. F. de Rooij 的“用作硅微机械加工的新型 IC 兼容工具的干法深蚀刻技术”(“DeepDry Etching Techniques as a New IC Compatible Tool for SiliconMicromachining,” Proceedings, Transducers’ 91, June 1991, at 524-527); 1984 年 11 月 7-8 日的关于换能器的微机械加工和微封装的研讨会论文集第 150-164 页的 C. D. Fung 和 J. R. Linkowski 的“利用等离子对硅进行的深蚀刻”(“Deep Etching of Silicon Using Plasma,” Proceedings of the Workshop on Micromachining and Micropackaging of Transducers, Nov. 7-8, 1984, at 150-164); 以及 1995 年第 27 卷微电子工程第 453-456 页的 J. W. Bartha、J. Greeschner、M. Puech 和 P. Maquin 的“利用 SF₆/O₂ 在高密度等离子中对硅进行的低温蚀刻”(“Low Temperature Etching of Si in High Density PlasmaUsing SF₆/O₂, ” Microelectronic Engineering, Vol. 27, 1995, at 453-456), 所有这些参考文献的全部内容在此加入以供参考。现在的反应离子蚀刻设备容许蚀刻非常深(> 100 微米) 的孔或沟槽, 同时维持高的纵横比(aspect ratio)(蚀刻区域的深度和蚀刻区域的宽度之间的比率)。已经发现, 该设备能够实现至少为 30 : 1 的纵横比, 以用于深达 300 微米的沟槽。

[0034] 实质上, DRIE 涉及化学蚀刻和离子轰击之间的协同作用。冲击赋能的离子与硅表

面发生化学反应。不管是在硅晶面或是晶向上，DRIE 工艺能够有利地沿着竖直方向以比沿着横向更高的速率（即，各向异性地）进行蚀刻。结果，以附图标记 106 总的来表示的相对较深的大致竖直的沟槽或狭槽可形成在单晶硅 (SCS) 的第二层 14' 中。不论第二层 14' 中的晶体学方向如何，这些大致竖直的沟槽或狭槽可形成在第二层 14' 中的任何地方。因而，可形成高纵横比的结构如电容板或静电板，且可形成任意轮廓的结构如圆形、椭圆形和螺旋形。

[0035] 如图 2D 所示，DRIE 工艺用于完全蚀刻穿过第二层，从而形成可动部件 108 和致动器 106。DRIE 蚀刻步骤机械地释放了形成于第二层 14' 中的单晶硅 (SCS) 微结构，单晶硅微结构然后相对于第二层 14' 并且在该第二层 14' 的平面内自由地移动。纵横比（高度 / 宽度）为 20 : 1 或更大的悬置板 / 梁结构已经利用下述的 DRIE 工艺制造。

[0036] 感应耦合的等离子源利用光阻材料或者二氧化硅作为掩模来蚀刻硅。源气体在蚀刻沟槽 106 的侧壁上的聚合减慢横向蚀刻速率，并容许高的各向异性。蚀刻用化学制品是 SF6，例如在 50 毫托 (millitorr)。由表面技术系统公司 (Surface Technology Systems) 可得的加氧气体和氟化气体有助于提供高的硅 / 光阻材料蚀刻速度比。六微米的光阻材料可用作成图掩模。光阻材料比率是大约 50 : 1，这使得能够利用大约 6 μm 的光阻材料来蚀刻 300 μm 的深度。可采用 RIE 系统来执行感应耦合等离子 DRIE，并且 RIE 系统可从在加利福尼亚的 Redwood City 有营业所的表面技术系统公司 (STS) 或从在佛罗里达的 St. Petersburg 的 Unaxis USA, Inc. 得到。

[0037] 晶片接合和 DRIE 的组合容许由层 12'、14' 和 16' 构成三维结构，如本发明的微阀 10'。例如，参见 1995 年在瑞典斯德哥尔摩的换能器 95 论文集第 556-559 页的 E. H. Klaassen、K. Pertersen、J. M. Noworolski、J. Logan、N. I. Maluf、J. Brown、C. Storment、W. McCulley 和 G. T. A. Kovacs 的“硅熔化接合和深反应离子蚀刻；用于微结构的新技术”(“Silicon Fusion Bonding and Deep Reactive Ion Etching ;A New Technology for Microstructures”，Proceedings, Transducers 95, Stockholm, Sweden, 1995, at pp. 556-559)。

[0038] 在图 2E 中，第三层 16' 形成图案的表面 110 通过硅熔化接合（直接接合）工艺接合到第二层 14' 上，如以上参考图 2C 所述的。尽管未示出，也将可以理解，在接合之前，可对第三层 16' 进行与第一层 12' 类似的处理，以形成凹入区域 112、入口 114 和出口 116，以及贯穿层的接触孔或通道。

[0039] 如图 2F 所示，例如通过溅射，将导电材料层 120（如铝）沉积到接触孔或通道的表面 118 上、通过接触孔露出的第二层 14' 的表面和第三层 16' 的至少一部分外平面表面 16' b 上。导电层 120 因此形成焊盘 (bond pad)，以使得能够与致动器 106 电接触。可以使用标准硅处理技术在第三层 16' 上完成任何必要的线路或其他薄膜沉积和图案。

[0040] 可容易地将任何数目的改变加入这个工艺中。例如，第一、第二和 / 或第三层 12'、16' 可由代替硅的其他适当材料制成。微阀 10' 可由多于三层（如 12'、14'、16'）形成，或者任何其他的微机械装置可由两层或更多层形成。此外，浅空腔可形成在第二层 14' 中而不是形成在第一和第三层 12'、16' 中，或者另外还形成在第一和第三层 12'、16' 中。可替换地，各个层 12'、14'、16' 可被分别单独地处理，并然后通过对准的接合步骤装配。可采用其他型式的接合方式将晶片接合到一起。显而易见，本领域技术人员通过

例如只是修改布置就可容易地对制造工艺作出各种改变。

[0041] 如图3所示的是一种大大简化的微阀装置。示出的微阀组件10"包括第一层12"和第二层14"。第三层(未示出)可用于微阀组件10"，并预计大致类似于第一层12"。如上所述，大致为矩形的第一层12"可具有穿过其形成的多个开口。大致为矩形形状且大小与第一层12"和第三层相应的第二层14"也可包括穿过其形成的至少一个开口，以及形成在该第二层14"的前面52和背面上的通道(未示出)。大致为矩形且大小与第一层12"和第二层14"相应的第三层也可包括在与穿过第二层14"形成的至少一些开口的位置相应的位置处穿过第三层形成的至少一个开口。

[0042] 许多微阀装置(如图1所示的那个)利用形成在层12、14、16一个或多个中的多个口20、22，以提供通过阀10从流体源到负载和储存器的流体连通。如上所述，许多阀也包括可滑动的阀部，该阀部由第二层的本体支撑，以用于打开和关闭流体口。第二层也可包括可操作地连接到阀部以用于移动该阀部的致动器。通过由阀部控制的流体来定位微阀部分。微阀可包括可移动地置于形成在第二层中的空腔内的滑阀，该滑阀可在第一位置和第二位置之间移动。根据阀的布置，将滑阀从第一位置移动到第二位置，以部分地阻挡或不阻挡所述口，从而可变地限制主要口之间的流体流动。

[0043] 为了使形成于微阀第二层中的可动元件便于移动，可动部分不被接合到相邻层上。为了实现这一点，已知的是形成具有凹入部分的相邻层，从而使得微阀的可动部分不具有可能会摩擦地抵抗可动部分移动的邻接表面(如参考图1所示的微阀10所述的)。可替换地，可动元件可形成为厚度小于层厚(该可动元件是该层的一部分)，从而提供间隙，以使得可动部分不与微阀装置的相邻层接触。应该理解，凹陷和减厚部件的任何组合可用于完成所需的用来防止相邻元件的接合和摩擦接触的目的。

[0044] PCT专利公开W001/71226教导了在层的区域上可凹入以提供微阀装置的各层部分的选择性接合，该专利全部内容在此加入以供参考。该专利还教导了将覆层施加于微阀的层的凹入区域中。这样做的原因是为了防止该装置的层间泄漏。没有披露可用作覆层的材料的组成，或者该材料应该具有何种特征。相反，如将在下文叙述的，本发明叙述了覆层的使用，以提供多层微阀的相邻层的部分之间的选择性接合。根据本发明，形成凹陷或者减小阀可动部分厚度所需的附加步骤(如可在图2A-2F中所看到的)可以省略，或者降低这些步骤的必要性。可替换地，本发明的工艺可与上述的步骤一起使用。

[0045] 在执行层接合工艺时，利用选择性接合工艺来选择性地产生不接合的区域。在优选实施例中，一般用62表示的覆层材料，如氮化硅，(如碳化硅、硅-陶瓷材料、金刚石、碳氟化合物以及聚合物如Teflon之类的材料是另外一些可能采用的覆层材料)可选择性地置于硅层的接合表面上。在随后的层接合处理过程中，覆盖了氮化硅(SiN)或其他覆层材料62的那些区域在涂覆区域接触相邻层硅的地方将不接合。在硅与硅(或二氧化硅)接触的区域将会发生接合。因此，与在其中一个接合层中蚀刻的要相对于其他接合层平移或旋转的机械部件相对应的覆有覆层材料62的接触区域在层接合处理之后将仍保持未接合。其他区域(例如接合层中的结构区域)优选没有涂覆覆层材料62。因此，这些未涂覆区域将能够充分地接合，从而在那些层之间提供充分的机械强度和密封。

[0046] 也可通过使用涂覆要接合的选定区域并使得不接合区域未涂覆的工艺来完成选择性接合。在这种工艺中，材料(如金)沉积为要接合的区域中的覆层。然后，晶片通过焊

料接合到一起，其中，仅在有金覆层的地方形成接合。可替换地，可施加其他覆层，以便于接合操作。例如，硅、二氧化硅、玻璃、金属（如金、银、焊料）以及陶瓷材料都是可用于促进接合过程的材料。

[0047] 图 3 示出了微机械加工装置 10" 的第一和第二层 12"、14"。尽管示出了大大简化的微机械加工装置 10"，可以理解，本发明的工艺可用于任何复杂等级的微机械加工装置，如基本上参考图 1 和 2 所述的那些装置。在图 3 中，示出微机械加工装置 10" 的第一层 12" 是大致矩形的大致连续体。第二层 14" 示出是类似大小的、中心部分去除了的大致矩形体。如上所述，可利用任何适当的工艺来除去中心部分，如蚀刻，由此产生蚀刻的狭槽 54。在第二层 14" 的本体的蚀刻狭槽 54 内还形成微机械加工装置 10" 的可动部分 56。因此，优选的是，可动部分 56 的边缘没有与第二层 14" 的外部 58 刚性连接。如果需要，可动部分 56 可通过与美国专利 US6540203 中示出的弹簧 172 类似的柔性弹簧部件（未示出）弹性地连接到所述外部。如上所述，也可具有与可动部分 56 连接的致动器部分（未示出）。然而，可以使用任何适当的致动机构。由于可动部分 56 没有与第二层 14" 刚性连接，该可动部分 56 能够相对于第二层且在蚀刻狭槽 54 内移动。可以预想，第三层可以类似于第一层 12" 那样形成，因此，第二层 14" 的可动部分 56 将被限制在第一层 12" 和第三层之间。

[0048] 在优选实施例中，第一层 12" 的下侧上的区域 60 涂覆了覆层材料 62，如上所述的。可以预见，第三层也可进行类似地涂覆。为了将覆层材料 62 只施加于选择的区域 60，可以使用任何适当的掩蔽法。然而，第二层 14" 的可动部分 56 可相对于第三层凹入，以提供用来防止第二层 14" 的可动部分 56 和第三层之间接合的另一种方式。类似地，第三层的一部分可具有凹入部分，以使得第二层 14" 的可动部分 56 在进行接合过程时不与第三层邻接。

[0049] 为了形成微机械加工装置 10"，一旦覆层材料 62 施加于第一层 12" 的区域 60，第一层 12" 和第二层 14" 的相应角部就重叠。如果已经使用掩蔽装置，如上所述，在第一层 12" 和第二层 14" 叠置之前可去除掩模（如果需要这样做）。如图 3 所示，第一层 12" 上的角部 A 和第二层 14" 上的角部 A' 相互重叠。同样地，第一层上的角部 B 和第二层 14" 上的角部 B' 相互重叠。一旦层以这种叠置方式被安置，可应用层接合工艺（如那些上述的其中之一）来将第一层 12" 和第二层 14" 接合到一起。优选的是，接合工艺是硅熔化接合工艺，尽管可以采用任何适当的接合工艺。由于存在覆层材料 62，第二层的可动部分 56 将不与第一层 12" 接合。尽管示出在第一层 12" 的区域 60 上涂覆了覆层材料 62，可以理解，可动部分 56 也可涂覆有覆层材料 62，或者可替换地，只有可动部分 56 被这样涂覆。

[0050] 涂覆了覆层材料 62 的区域 60 优选基本上与第二层 14" 的可动部分 56 的大小和形状一致。与蚀刻狭槽 54 的大小和形状相应的第一层 12" 上的整个区域不是必须涂覆有覆层材料 62。由于第二层 14" 的可动部分 56 优选在接合过程中维持在单一的位置，所以不是必需涂覆整个区域，并因此，可动部分 56 在接合过程中将只维持与第一层 12" 的涂覆区域接触。一旦完成接合过程，可动部分 56 将能够在蚀刻狭槽 54 内移动，而不与其接合，这是由于发生接合所需的一些条件（如，持续一段时间的高温）在阀 10" 的操作过程中将不存在。此外，在完成接合过程之后，覆层材料 62 一般将保持在涂覆区域 60 的表面上。涂覆区域 60 上的余留覆层材料 62 也可有助于防止微阀装置 10" 的层间泄漏。

[0051] 在优选实施例中，所施加的覆层材料 62 的厚度在大约 100 埃到大约 10 微米之间。

优选的厚度将在几百埃至几千埃之间。可以理解,可施加任何适当厚度的覆层。为了与层间覆层的附加厚度相适,第二覆层材料(未示出)可施加于覆层材料62周围的区域上。第二覆层材料可促进接合过程或者对接合过程没有影响。可替换地,或者附加地,施加了覆层材料62的区域可相对于被涂覆的层的厚度变薄,这样,在覆层材料62施加到所需厚度时,覆层材料的表面与被涂覆的层的相邻表面大致齐平。然而,也应该理解,覆层材料62可以具有相对于微机械加工装置的总厚度而言不显著的厚度,这样,在将多层接合到一起之前,不需第二涂覆或减薄步骤。

[0052] 在图4A-D中示出了用于形成微阀的可替换方法。如以上参考图3所述的,微机械加工装置10^{mm}的几个层在图4A-D中示出。尽管示出了大大简化了的微机械加工装置10^{mm},但是可以理解,本发明的工艺可用于任何复杂等级的微机械加工装置,如以上基本上参考图1和2所述的那些装置。在这个实施例中,设置第二层14^{mm}。示出的微机械加工装置10^{mm}的第二层14^{mm}是大致矩形的大致连续体。然而,在蚀刻第二层14^{mm}的一部分之前,第二层14^{mm}的选定区域涂覆了上述的覆层材料62。为了将覆层材料62只施加于选定区域70,可以使用任何适当的掩蔽法。优选的是,覆层62在与第二层14^{mm}的可动部分66或多个部分的所需形状和大小相应的区域70中施加于该第二层14^{mm}的上下表面(如图4A-D所示)。一旦所需区域70被涂覆,第二层14^{mm}的中心部分(狭槽64)可被蚀刻。要蚀刻穿过第二层14^{mm}以形成狭槽64的区域的内部和外部边界在图4A中用虚线示出。不被蚀刻的那些部分可被掩蔽或其他方式保护起来,以便防止那些部分受到蚀刻工艺的影响。

[0053] 如上已述的,在第二层14^{mm}中,中心部分可用任何适当的工艺(如蚀刻)去除,由此产生蚀刻狭槽64。在第二层14^{mm}的本体的蚀刻狭槽64内还形成微机械加工装置10^{mm}的可动部分66。因此,优选的是,可动部分66的边缘没有与第二层14^{mm}的外部68刚性连接。如果需要,可动部分66可通过与美国专利US6540203中所述的弹簧172类似的柔性弹簧部件(未示出)弹性地连接到所述外部。如上所述,也可具有与可动部分66连接的致动器部分(未示出)。然而,可以使用任何适当的致动机构。由于可动部分66没有与第二层14^{mm}刚性连接,可动部分66能够相对于第二层并在该蚀刻狭槽64内移动。

[0054] 可以预见,第二层12^{mm}和第三层16^{mm}可与上述的任一层类似地形成。形成微机械加工装置10^{mm}的方法的下一步骤包括将第二层14^{mm}置于第一层12^{mm}和第三层16^{mm}之间。因此,第二层14^{mm}的可动部分66将被限制在第一层12^{mm}和第三层16^{mm}之间。一旦以这种叠置方式设置层,可采用层接合工艺(如上述的那些工艺中的其中之一)来将层12^{mm}、14^{mm}、16^{mm}接合到一起。优选的是,接合工艺是硅熔化接合工艺,尽管可以使用任何适当的接合工艺。由于存在覆层材料62,第二层14^{mm}的可动部分66将不与第一层12^{mm}或第三层16^{mm}接合。

[0055] 涂覆了覆层材料62的区域70优选基本上与第二层14^{mm}的可动部分66的大小和形状一致。第一层12^{mm}和第三层16^{mm}上与蚀刻狭槽64的大小和形状相应的区域不是必

须涂覆覆层材料 62。由于第二层 14 “的可动部分 66 优选在接合过程中维持在单一的位置，因此不需涂覆整个区域，并且因此，可动部分 66 在接合过程中将只维持与第一层 12 “和第三层 16 “的涂覆部分接触。一旦完成接合过程，可动部分 66 将能够在蚀刻狭槽 64 内移动，而不与其接合，这是因为发生接合所需的一些条件（如，持续一段时间的高温）在阀 10 “的操作过程中将不存在。此外，在接合过程完成之后，覆层材料 62 一般将保持在涂覆区域 70 的表面上。涂覆区域 70 上的余留覆层材料 62 也可有助于防止越过可动部分 66 而在微机械加工装置 10 “层间的泄漏。

[0056] 应该理解，尽管本发明已经大体上叙述为涂覆一层或多层的区域来防止涂覆区域和相邻层之间的接合，但是，本发明也可应用于仅仅是要接合的区域涂覆有覆层材料而不接合的区域不涂覆的实施例。

[0057] 图 5 中示出总的以 100 指示的流程图，该流程图列出在本发明的一个实施例中形成微阀的步骤。如上所述，在第一步骤 101 设置第一层材料。在第二步骤 102 设置第二层材料。在第三步骤 103，覆层设置在第一层和第二层中的至少其中一层的一部分上。覆层有效地防止该部分与第二层和第一层中的另一层接合。在第四步骤 104，第一和第二层相互接合。

[0058] 图 6 示出总的以 200 表示的流程图，该流程图列出在本发明的另一个实施例中形成微阀的步骤。在第一步骤 201，设置第一层材料和第二层材料。在第二步骤 202，对第一层进行微机械加工，从而形成可相对于该第一层的静止部分移动的部分。在第三步骤 203，第二层的一部分涂覆能够有效防止第一层和第二层之间在随后的接合操作中接合的材料。在第四步骤 204，将第二层的涂覆部分与第一层的可动部分相邻设置。在第五步骤 205，执行接合操作，以将多层接合在一起。

[0059] 图 7 中示出总的以 300 表示的流程图，该流程图列出在本发明的另一个实施例中形成微阀的步骤。在第一步骤 301，设置第一和第二层材料。在第二步骤 302，对第一层进行微机械加工，从而形成可相对于该第一层的静止部分移动的部分。在第三步骤 303，第二层的一部分涂覆能够有效促进第一层和第二层在随后的接合操作中接合的材料。在第四步骤 304，第二层的涂覆部分与第一层的静止部分相邻设置。在第五步骤 305，执行接合操作，以将多层接合在一起。

[0060] 图 8 中示出总的以 400 表示的流程图，该流程图列出在本发明的另一个实施例中形成微阀的步骤。在第一步骤 401，设置具有第一部分和第二部分的第一硅层。在第二步骤 402，设置第二硅层。在第三步骤 403，对第二硅层的一部分进行蚀刻，以形成滑动部和层部。在第四步骤 404，以与第二层的滑动部大小和形状相应的大小和形状来对第一硅层的第一部分涂覆覆层材料。覆层材料在随后的接合过程中可有效地将滑动部与第一硅层隔开，从而防止滑动部与对准的第一层的第一部分接合。第一层的第二部分不涂覆。在第五步骤 405，将第一硅层置于第二硅层之上，以使第一层的涂覆部分大致与第二硅层的滑动部对准。在第六步骤 406，执行接合操作，以将第一硅层接合到第二硅层上。

[0061] 图 9 示出总的以 500 表示的流程图，该流程图列出在本发明的另一个实施例中形成微阀的步骤。在第一步骤 501，设置第一硅层。在第二步骤 502，设置第二硅层。在第三步骤 503，对一部分第二硅层进行蚀刻，以形成滑动部和层部。在第四步骤 504，在层之间所

需接合的区域,将第一硅层的一部分涂覆覆层材料。在可选的第五步骤 505,选择性地从滑动部上方的区域去除覆层。在第六步骤 506,将第一硅层置于第二硅层之上,以使第一层的未涂覆部分大致与第二硅层的滑动部对准。在第七步骤 507,执行接合操作,以只在设置了覆层的区域上将第一硅层接合到第二硅层上。

[0062] 图 10 示出总的以 600 表示的流程图,该流程图列出在本发明的另一个实施例中形成微阀的步骤。在第一步骤 601,设置第一层材料。在第二步骤 602,设置第二层材料。在第三步骤 603,在第一层的一部分上设置覆层。覆层有效地防止了第一层的涂覆部分和第二层之间在随后的接合操作过程中接合。在第四步骤 604,蚀刻第一层材料,从而在第一层内形成滑动部,并且形成层部。滑动部可相对于层部移动。滑动部也与涂覆部分的大小和形状相应。在第五步骤 605,将第一层和第二层相互接合。

[0063] 已经在优选实施例中叙述了本发明的操作原理和方式。然而,应该指出,在不偏离其范围的情况下,本发明可以除了这儿详细说明和叙述的其他方式实施。

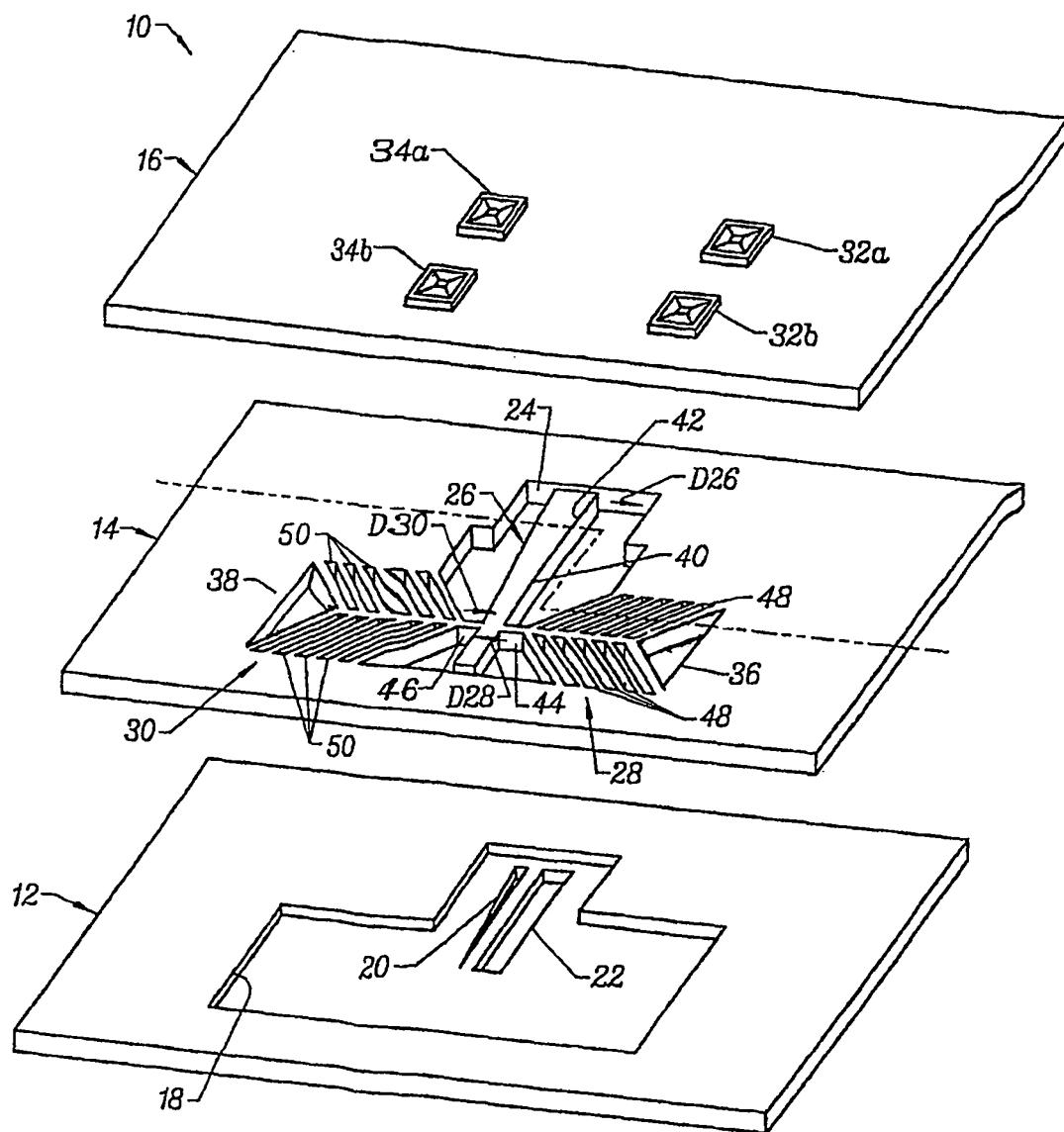


图 2A

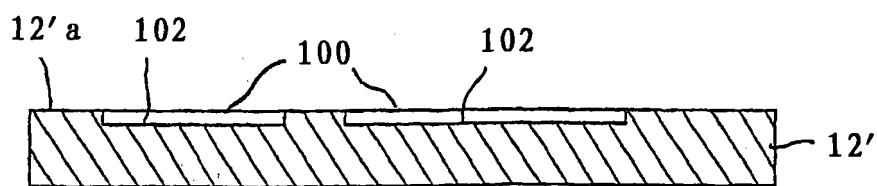


图 2B

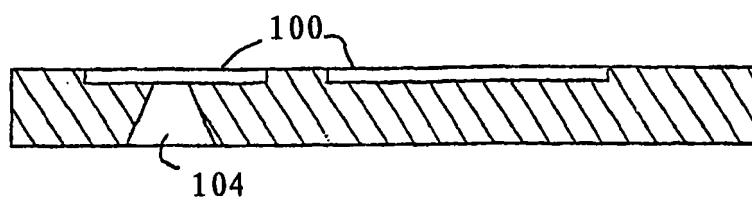


图 2C

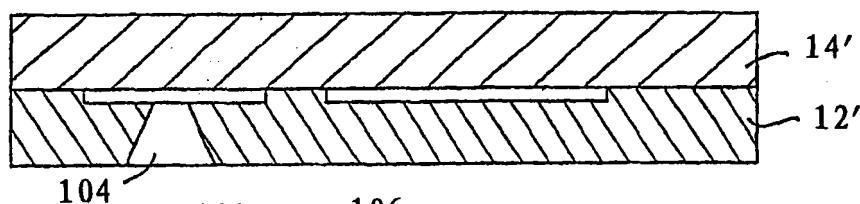


图 2D

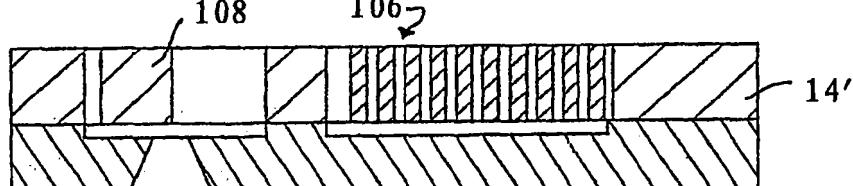


图 2E

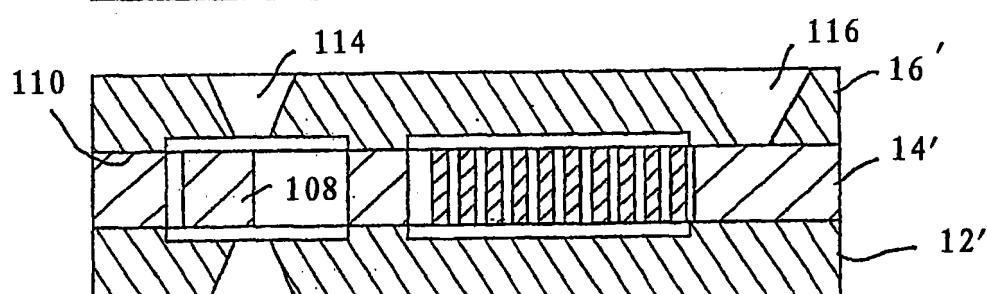
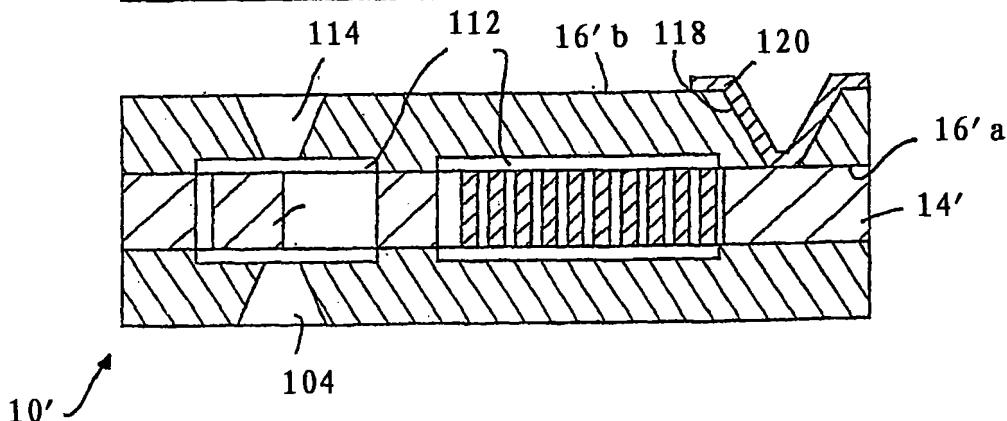


图 2F



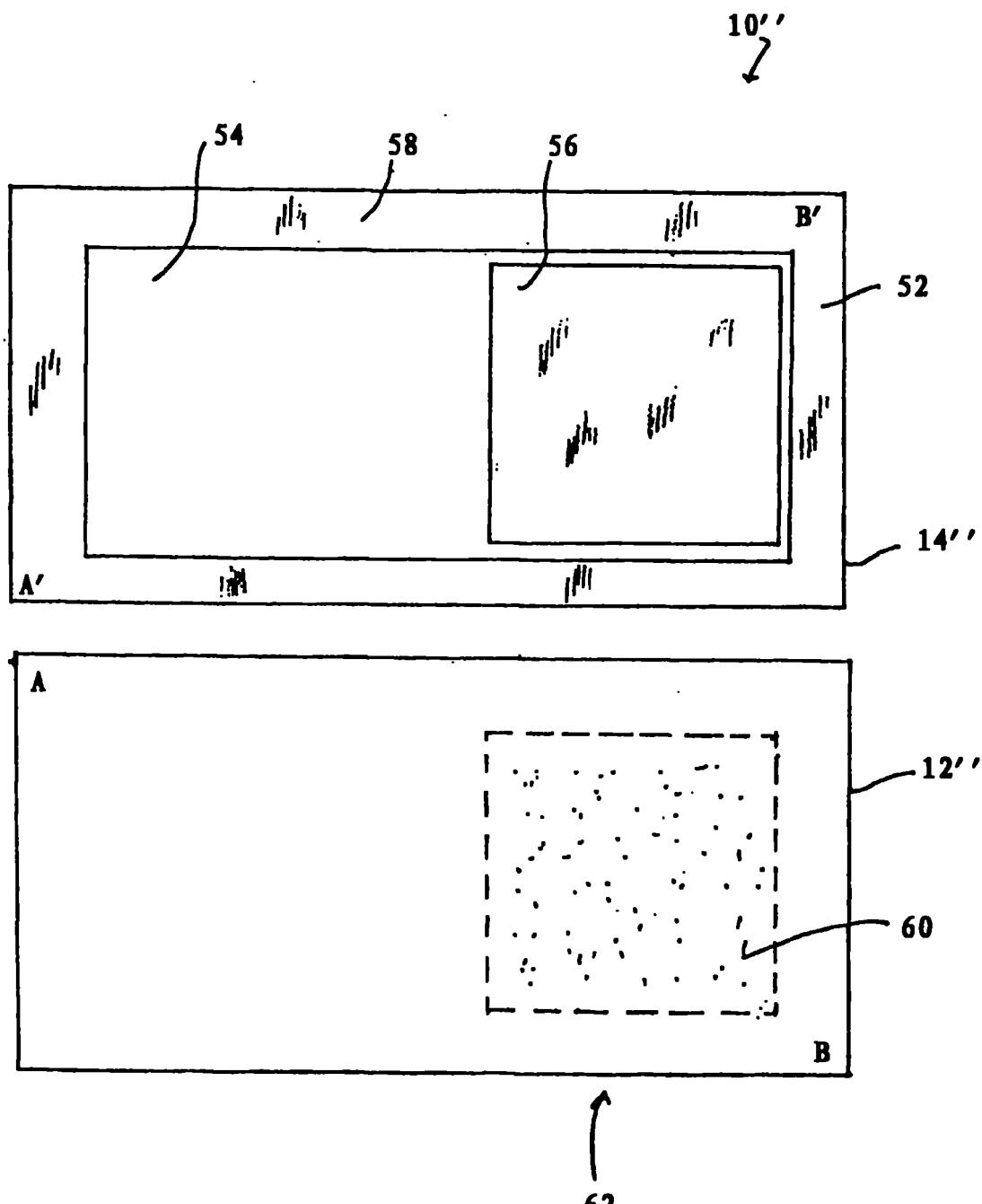


图 3

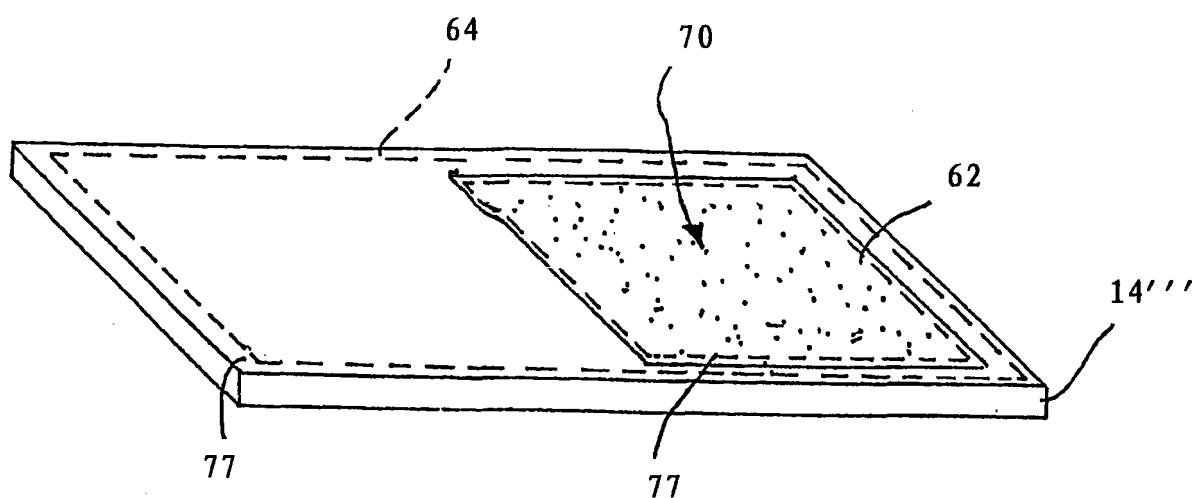


图 4A

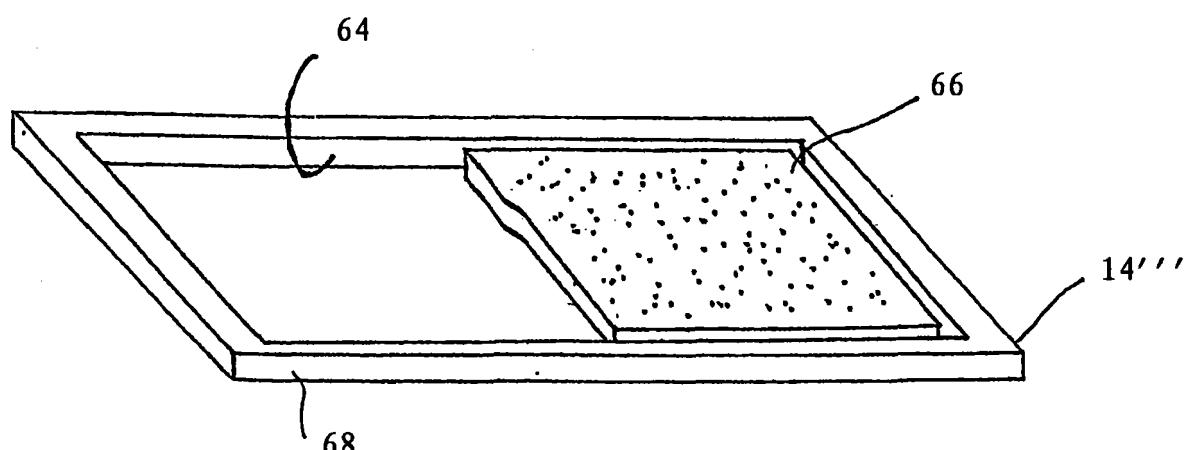


图 4B

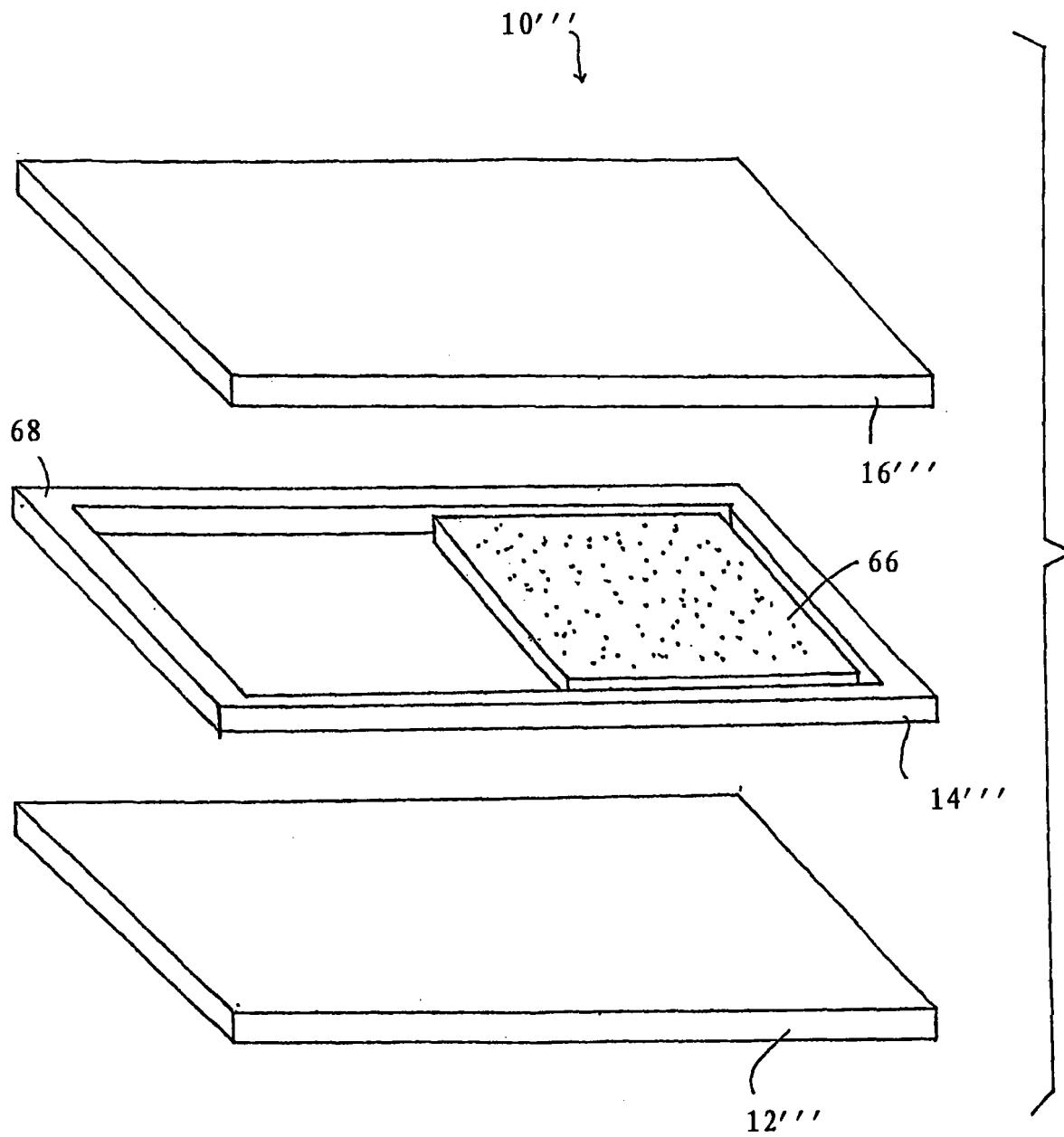


图 4C

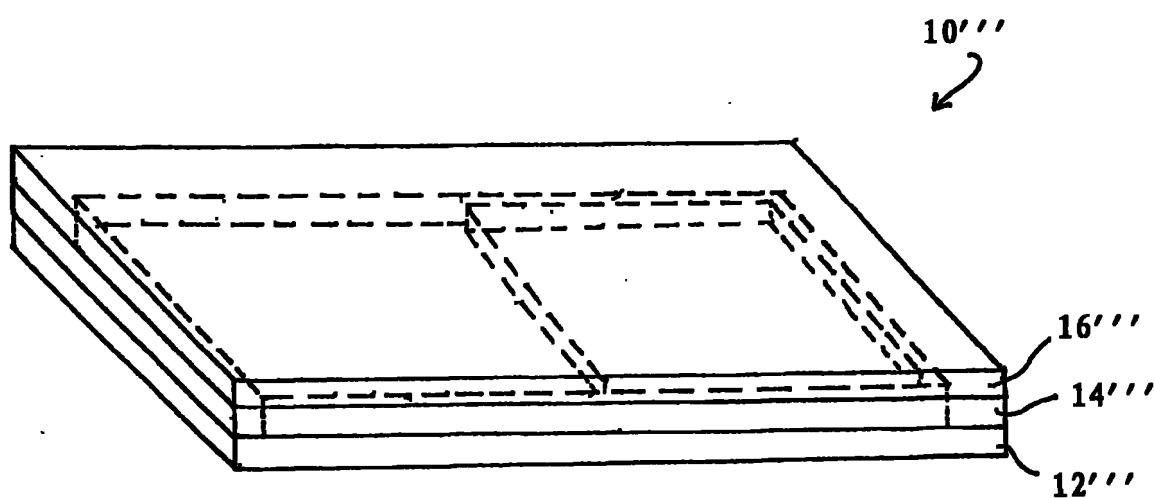


图 4D

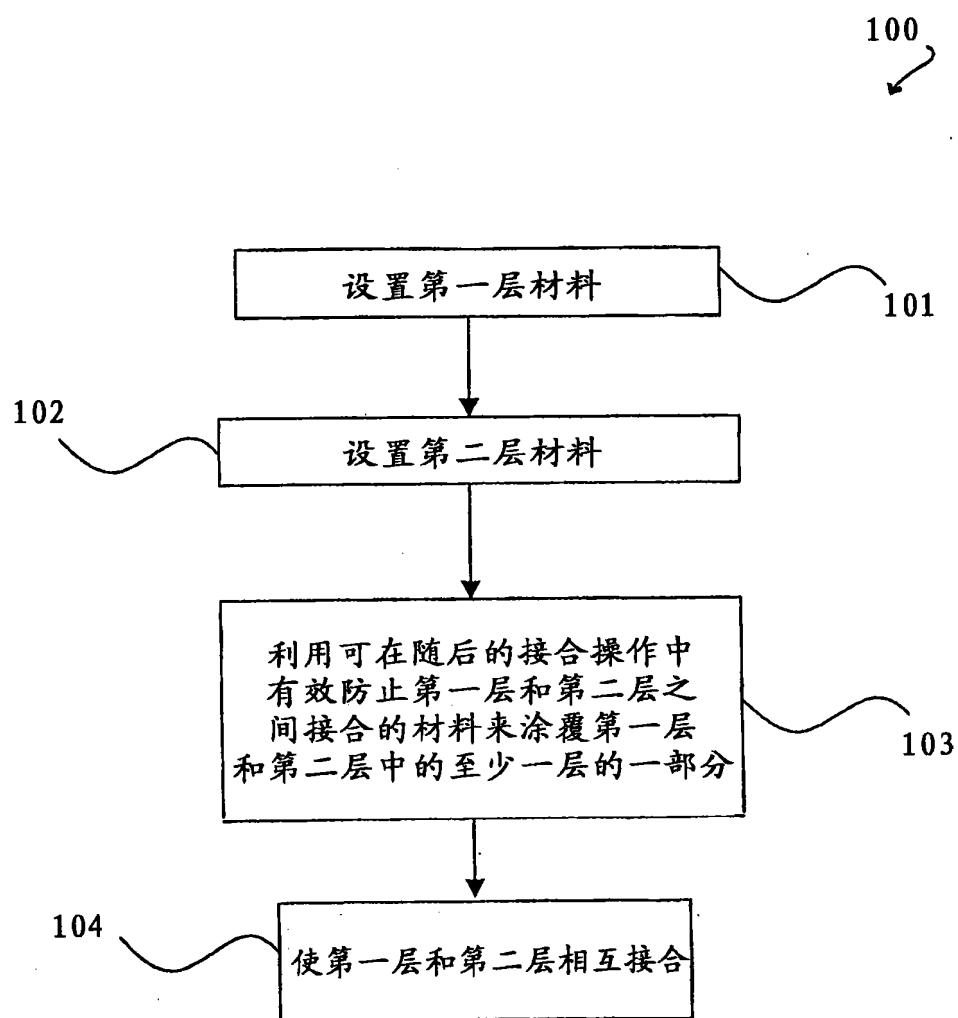


图 5

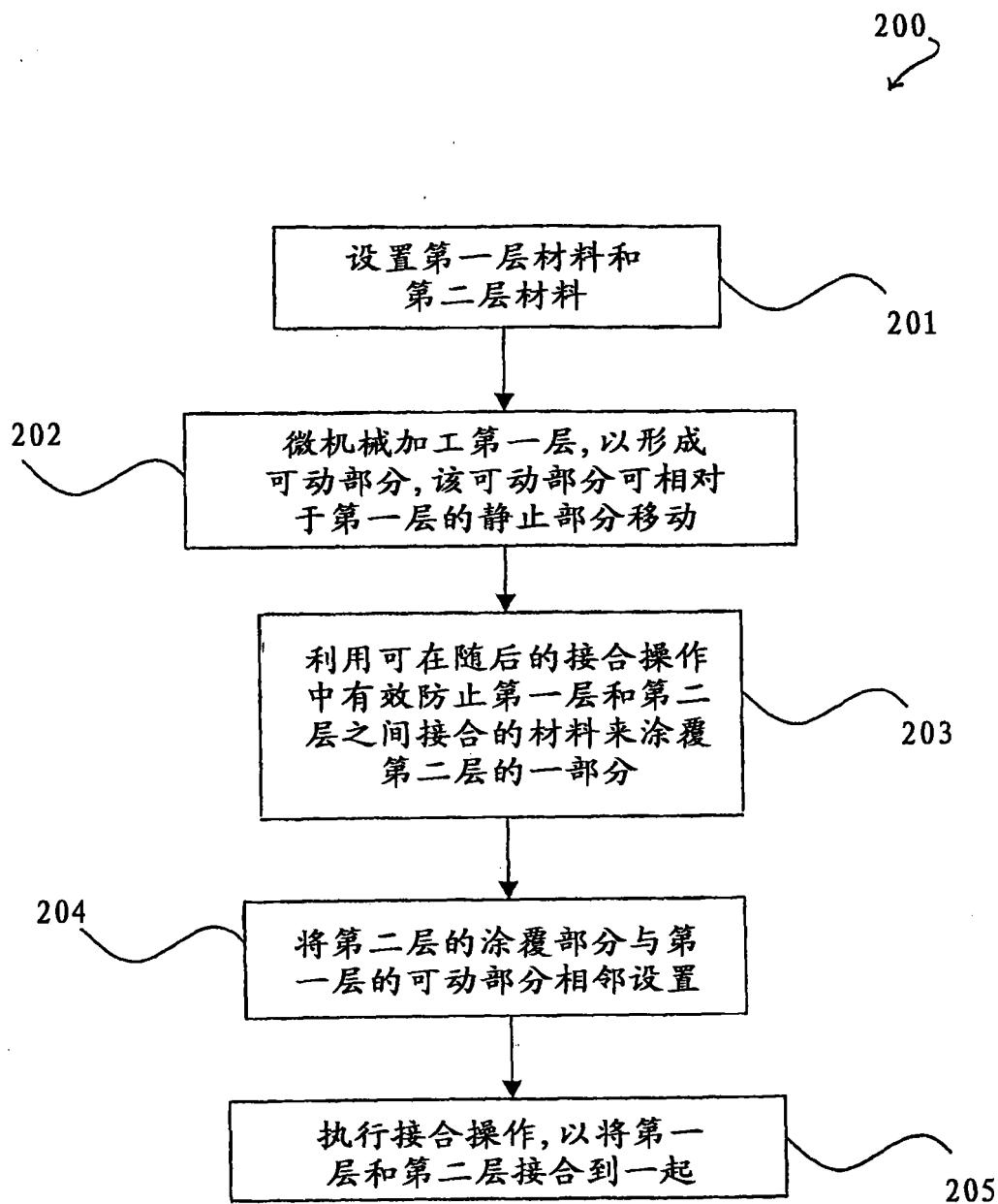


图 6

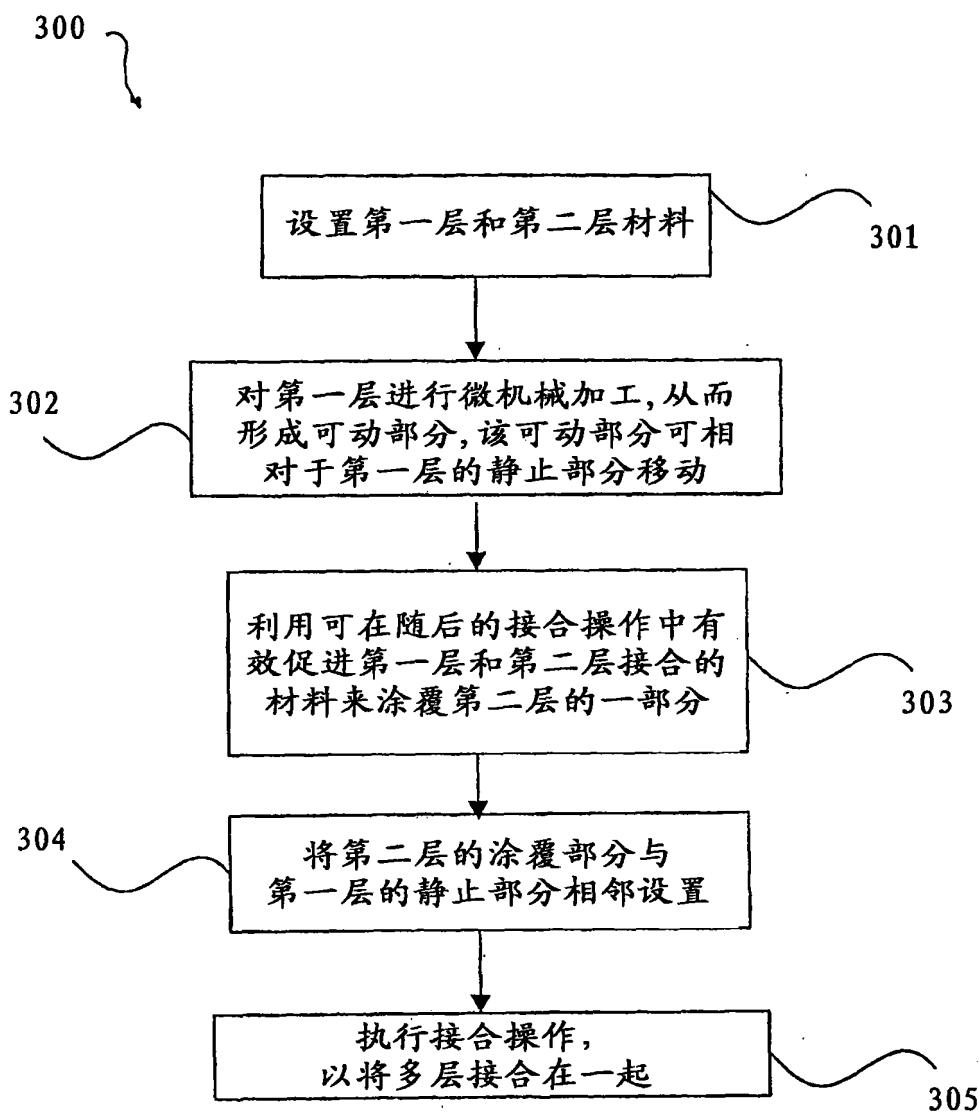


图 7

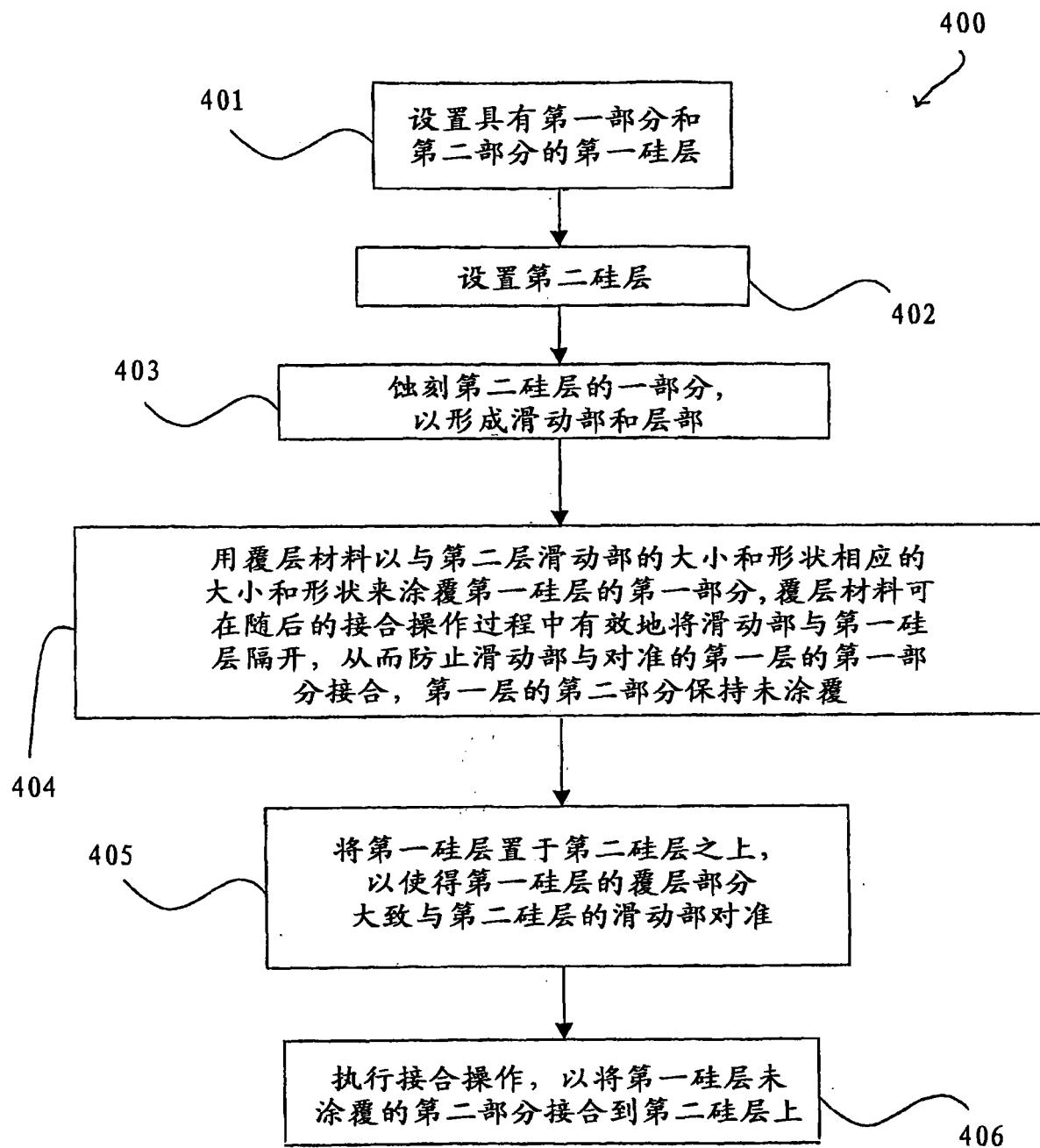


图8

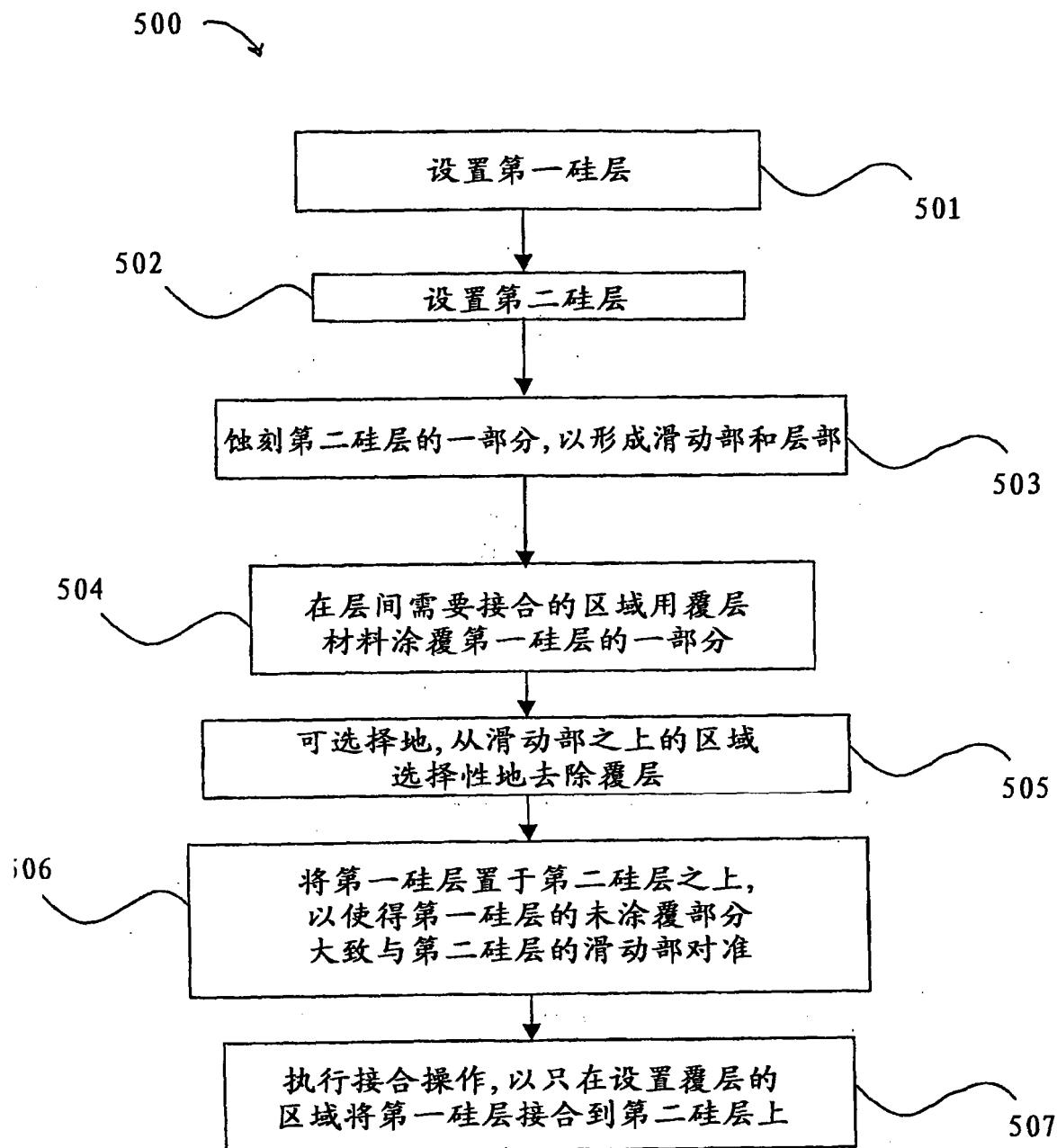


图9

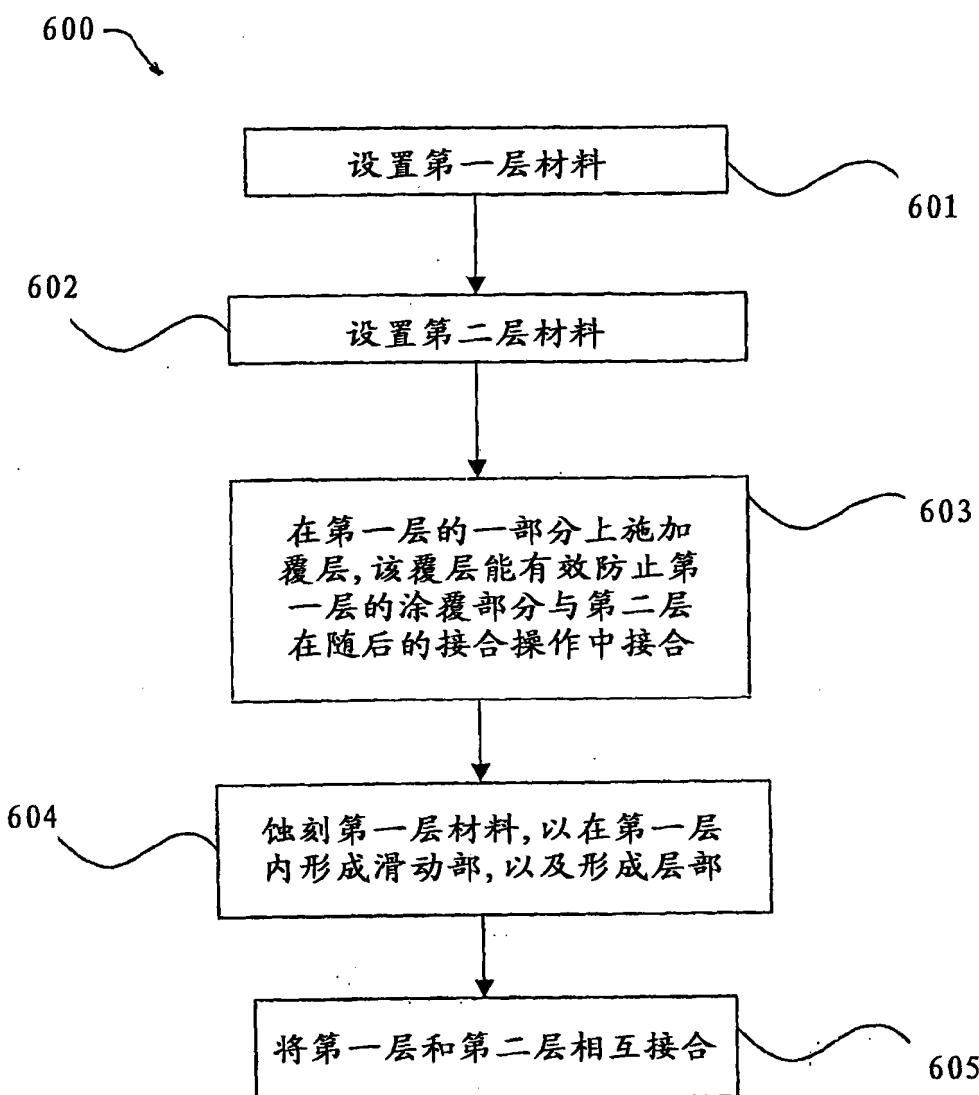


图 10