



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110963458 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 15

(21) 申请号 201811160202.7

(22) 申请日 2018.09.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110963458 A

(43) 申请公布日 2020.04.07

(73) 专利权人 上海新微技术研发中心有限公司  
地址 201800 上海市嘉定区城北路235号3  
号楼

(72) 发明人 王诗男

(74) 专利代理机构 北京知元同创知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11535  
专利代理师 刘元霞

(56) 对比文件

- CN 1538934 A, 2004.10.20
- CN 105890827 A, 2016.08.24
- CN 105036059 A, 2015.11.11
- CN 105097677 A, 2015.11.25
- CN 105675921 A, 2016.06.15
- CN 105883713 A, 2016.08.24
- CN 105905866 A, 2016.08.31
- CN 106018879 A, 2016.10.12
- CN 1323056 A, 2001.11.21
- CN 1690017 A, 2005.11.02

审查员 常琳

(51) Int. Cl.

B81C 1/00 (2006.01)

B81B 3/00 (2006.01)

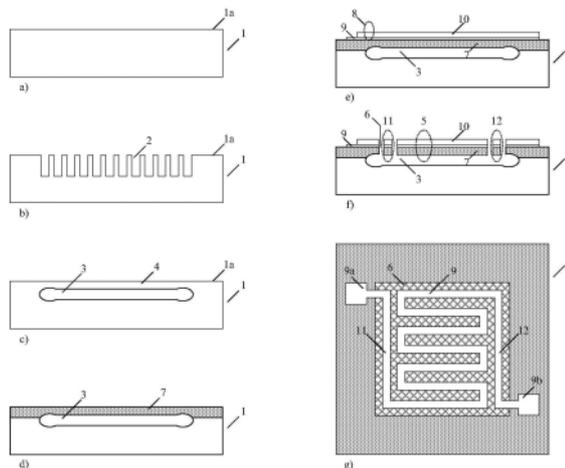
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种在基板中形成微细结构的方法及微细结构

(57) 摘要

本申请提供一种在基板中形成微细结构的方法及微细结构,该方法包括:在基板的表面形成复数个孔洞,所述孔洞的横向尺寸为0.1-5微米;以及将具有所述复数个孔洞的所述基板在氢气气氛中进行加热到预定温度的处理,通过所述处理,所述复数个孔洞在所述基板的内部互相结合形成空腔,并且,在所述基板的表面形成覆盖所述空腔的薄膜。根据本申请,能够使空腔的制造工艺比较简单、空腔形态容易控制,并且,由于空腔的背面有基板的保护,空腔上方的悬空微细结构不易受损伤,对微细结构的制造工艺和使用方式的限制减少。



1. 一种在基板中形成微细结构的方法,包括:  
在基板的表面形成复数个孔洞,所述孔洞的横向尺寸为0.1-5微米;以及  
将具有所述复数个孔洞的所述基板在氢气气氛中进行加热到预定温度的处理,通过所述处理,所述复数个孔洞在所述基板的内部互相连通形成空腔,并且,在所述基板的表面形成覆盖所述空腔的薄膜,  
所述方法还包括:  
对所述薄膜进行处理,形成微细结构,  
其中,对所述薄膜进行处理包括:  
将所述薄膜氧化成氧化薄膜;  
在所述氧化薄膜表面形成由功能性薄膜结构形成的微细图形结构;以及  
在所述氧化薄膜中形成开口,形成由所述微细图形结构及其下方的氧化薄膜构成的所述微细结构,  
其中,所述功能性薄膜结构由第一薄膜结构和第二薄膜结构构成,所述第一薄膜结构形成于所述氧化薄膜表面,所述第二薄膜结构覆盖所述第一薄膜结构,  
所述第一薄膜结构是金属钛(Ti)的单层薄膜,或者由能够产生贝塞克效应的金属与半导体材料构成,  
所述第二薄膜结构是氧化硅材料,或者是非掺杂硅玻璃。
2. 如权利要求1所述的方法,其中,  
所述孔洞的横向尺寸小于所述孔洞的纵向尺寸。
3. 如权利要求1所述的方法,其中,  
相邻的所述孔洞的横向间距为 0.2-10微米。
4. 如权利要求1所述的方法,其中,  
所述预定温度为900°C-1200°C。
5. 一种微细结构,其通过权利要求1-4中任意一项所述的方法制造。
6. 如权利要求5所述的微细结构,其中  
所述微细结构包括压力传感器。

## 一种在基板中形成微细结构的方法及微细结构

### 技术领域

[0001] 本申请涉及半导体技术领域,尤其涉及一种在基板中形成微细结构的方法及微细结构。

### 背景技术

[0002] 在半导体器件,特别是微机电系统(MEMS:Micro Electro Mechanical Systems)器件中,根据器件的功能需求,常常需要在基板上把微细结构制造在中空腔上,或是把微细结构悬空起来。有时,中空腔还需要密封。比如一些压力传感器,超声波传感器,例如,电容式微机械超声传感器(CMUT,Capacitive Micromachined Ultrasonic Transduce)就需要密封的中空腔;再比如,一些具有振动结构的传感器把振动部分悬空起来;再比如,一些温度传感器需要把感温部分构架在绝热功能较好的薄膜上,把薄膜和基板间的热传导降至最小。

[0003] 通常,中空腔需要用牺牲层来形成。即,先用某种材料形成与中空腔同样的结构,在这种材料上面形成覆盖层之后,再把这种材料除去,形成中空腔。这种材料因为不被留下来构成功能结构,所以被称为牺牲层。中空腔形成后,可以进一步形成悬空的微细结构。

[0004] 另外,形成悬空的微细结构的另一个常用的方法是:对需要悬空的微细结构下面的基板进行加工。比如,在需要悬空的微细结构形成后,从微细结构方向用药液或气体去除其下方的基板的一部分,使微细结构悬空;或者从基板的背面向着微细结构方向腐蚀去掉微细结构下方的基板,只留下构成微细结构的薄膜。

[0005] 应该注意,上面对技术背景的介绍只是为了方便对本申请的技术方案进行清楚、完整的说明,并方便本领域技术人员的理解而阐述的。不能仅仅因为这些方案在本申请的背景技术部分进行了阐述而认为上述技术方案为本领域技术人员所公知。

### 发明内容

[0006] 本申请的发明人认为,现有的形成微细结构的方法都有各自的缺陷。

[0007] 用牺牲层方法形成中空腔结构时,制造工艺较多,对工艺条件和牺牲层材料的限制较大,而且,如果中空腔结构较厚、尺寸较大时,牺牲层的形成和去除都有困难。

[0008] 从需要悬空的微细结构方向对下面的基板进行加工形成中空腔时,中空腔形状的设计局限大,加工尺寸的控制精度也不够高。例如,从基板的背面向着微细结构方向去除微细结构下方的基板时,需要刻透较厚的基板(一般在400微米以上),因而加工时间长,加工成本高,构成微细结构的薄膜在加工过程中受到的损伤也较大;另外,由于基板完全刻透,很薄的微细结构薄膜(一般只有几微米厚)失去了保护,很容易破裂,因此在制造和使用上都有限制。

[0009] 本申请提供一种在基板中形成微细结构的方法及微细结构,在该方法中,对具有复数个孔洞的基板在氢气气氛下进行高温处理,能够使这些孔洞彼此连通形成空腔,由此,能够使空腔的制造工艺比较简单、空腔形态容易控制,并且,由于空腔的背面有基板的保

护,空腔上方的悬空微细结构不易受损伤,对微细结构的制造工艺和使用方式的限制减少。

[0010] 根据本申请实施例的一个方面,提供一种在基板中形成微细结构的方法,包括:

[0011] 在基板的表面形成复数个孔洞,所述孔洞的横向尺寸为0.1-5微米;以及

[0012] 将具有所述复数个孔洞的所述基板在氢气气氛中进行加热到预定温度的处理,通过所述处理,所述复数个孔洞在所述基板的内部互相连通形成空腔,并且,在所述基板的表面形成覆盖所述空腔的薄膜。

[0013] 根据本申请实施例的另一个方面,其中,所述孔洞的横向尺寸小于所述孔洞的纵向尺寸。

[0014] 根据本申请实施例的另一个方面,其中,相邻的所述孔洞的横向间距为0.2-10微米。

[0015] 根据本申请实施例的另一个方面,其中,所述预定温度为900°C-1200°C。

[0016] 根据本申请实施例的另一个方面,其中,对所述薄膜进行处理,形成微细结构。

[0017] 根据本申请实施例的另一个方面,其中,对所述薄膜进行处理包括:

[0018] 在所述薄膜中形成开口,所述空腔通过所述开口与外部连通。

[0019] 根据本申请实施例的另一个方面,其中,对所述薄膜进行处理包括:

[0020] 将所述薄膜氧化成氧化薄膜;

[0021] 在所述氧化薄膜表面形成由功能性薄膜结构形成的微细图形结构;

[0022] 在所述氧化薄膜中形成开口,形成由所述微细图形结构及其下方的氧化薄膜构成的所述微细结构。

[0023] 根据本申请实施例的另一个方面,其中,对所述薄膜进行处理包括:

[0024] 在所述薄膜表面形成由功能性薄膜结构形成的微细图形结构,其中,所述微细图形结构及其下方的所述薄膜构成所述微细结构。

[0025] 根据本申请实施例的另一个方面,提供一种微细结构,其通过上述任一方面制造。

[0026] 根据本申请实施例的另一个方面,其中,所述微细结构包括下述结构中的至少一种:压力传感器、超声波传感器、振动传感器、温度传感器和流量传感器。

[0027] 本申请的有益效果在于:能够使空腔的制造工艺比较简单、空腔形态容易控制,并且,由于空腔的背面有基板的保护,空腔上方的悬空微细结构不易受损伤,对微细结构的制造工艺和使用方式的限制减少。

[0028] 参照后文的说明和附图,详细公开了本申请的特定实施方式,指明了本申请的原理可以被采用的方式。应该理解,本申请的实施方式在范围上并不因而受到限制。在所附权利要求的精神和条款的范围内,本申请的实施方式包括许多改变、修改和等同。

[0029] 针对一种实施方式描述和/或示出的特征可以以相同或类似的方式在一个或多个其它实施方式中使用,与其它实施方式中的特征相组合,或替代其它实施方式中的特征。

[0030] 应该强调,术语“包括/包含”在本文使用时指特征、整件、步骤或组件的存在,但并不排除一个或多个其它特征、整件、步骤或组件的存在或附加。

## 附图说明

[0031] 所包括的附图用来提供对本申请实施例的进一步的理解,其构成了说明书的一部分,用于例示本申请的实施方式,并与文字描述一起来阐释本申请的原理。显而易见地,下

面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。在附图中:

- [0032] 图1是本申请实施例1的实例1的示意图;
- [0033] 图2是本申请实施例1的实例2的示意图;
- [0034] 图3是本申请实施例1的实例3的示意图;
- [0035] 图4是传统制造方法的一个示意图。

### 具体实施方式

[0036] 参照附图,通过下面的说明书,本申请的前述以及其它特征将变得明显。在说明书和附图中,具体公开了本申请的特定实施方式,其表明了其中可以采用本申请的原则的部分实施方式,应了解的是,本申请不限于所描述的实施方式,相反,本申请包括落入所附权利要求的范围内的全部修改、变型以及等同物。

[0037] 在本申请下述各实施例的说明中,“横向”表示与基板表面平行的方向,“纵向”表示与基板表面垂直的方向。

#### [0038] 实施例1

[0039] 本申请实施例提供一种在基板中形成微细结构的方法。本实施例的方法可以包括如下步骤:

[0040] 步骤101、在基板的表面形成复数个孔洞,所述孔洞的横向尺寸为0.1-5微米;

[0041] 步骤102、将具有所述复数个孔洞的所述基板在氢气气氛中进行加热到预定温度的处理,通过所述处理,所述复数个孔洞在所述基板的内部互相连通形成空腔,并且,在所述基板的表面形成覆盖所述空腔的薄膜。

[0042] 在步骤102中,在氢气气氛中,当温度升高时,孔洞的侧壁的原子进行表面迁移,原子的这种迁移在结构越是尖锐的地方速度越快,其结果是结构变得平滑,甚至相互连接,最终,这种原子的迁移会导致各孔洞在基板的内部互相连通形成一个中空腔,并且,各孔洞的开口被封住,从而在基板的表面形成覆盖该空腔的连续的薄膜。

[0043] 根据本实施例的步骤101和步骤102,对具有复数个孔洞的基板在氢气气氛下进行高温处理,能够使这些孔洞彼此连通形成空腔,由此,能够使空腔的制造工艺比较简单、空腔形态容易控制。

[0044] 在本实施例中,基板可以是半导体基板,例如,硅基板、锗硅基板或绝缘体上的硅基板等。

[0045] 在本实施例中,孔洞的横向尺寸可以小于孔洞的纵向尺寸。孔洞的横向尺寸可以大致相同,并且孔洞可以是周期性排布。相邻的孔洞的横向间距例如为0.2-10微米。在本实施例中,可以根据最终需要形成的空腔的构造,通过模拟计算得到孔洞的数量、尺寸和分布等参数。

[0046] 在本实施例的步骤102中,该预定温度为900℃-1200℃。在该处理中,保持该预定温度的时间例如是0.5秒至1小时。

[0047] 在本实施例中,该在基板中形成微细结构的方法还可以包括:

[0048] 步骤103、对所述薄膜进行处理,形成微细结构。

[0049] 在步骤103中,由于空腔的背面有基板的保护,空腔上方的悬空微细结构不易受损

伤,对微细结构的制造工艺和使用方式的限制减少。

[0050] 在一个实施方式中,步骤103的对薄膜进行处理包括:在薄膜中形成开口,空腔通过所述开口与外部连通,由此,使薄膜成为悬空的微细结构。

[0051] 在另一个实施方式中,步骤103的对薄膜进行处理包括如下步骤:

[0052] 步骤1031、将所述薄膜氧化成氧化薄膜;

[0053] 步骤1032、在所述氧化薄膜表面形成由功能性薄膜结构形成的微细图形结构;

[0054] 步骤1033、在所述氧化薄膜中形成开口,形成由所述微细图形结构及其下方的氧化薄膜构成的所述微细结构。

[0055] 在该实施方式中,该功能性薄膜的材料与该氧化薄膜的材料不同,该功能性薄膜能够实现特定的功能,例如,功能性薄膜为压电薄膜,或者,该功能性薄膜为由电阻温度系数较高的材料和由热传导系数较低的材料构成的叠层等。

[0056] 在又一个实施方式中,步骤103的对薄膜进行处理包括:在薄膜表面形成由功能性薄膜结构形成的微细图形结构,其中,微细图形结构及其下方的薄膜构成微细结构。

[0057] 在该实施方式中,该功能性薄膜的材料与该薄膜的材料不同,该功能性薄膜能够实现特定的功能,例如,功能性薄膜为压电薄膜,或者,该功能性薄膜为由电阻温度系数较高的材料和由热传导系数较低的材料构成的叠层等。

[0058] 通过步骤103,能够形成位于空腔上的微细结构。该微细结构例如可以包括下述结构中的至少一种:压力传感器、超声波传感器、振动传感器、温度传感器和流量传感器。

[0059] 下面,以实例1、实例2、实例3来说明本实施例的在基板中形成微细结构的方法。在下述的各实例中,基板为半导体基板。

[0060] 实例1

[0061] 本申请的实例1提供一种微细结构的制造方法。图1是本实例的示意图。在本实例中,为了突出本申请的主要思想,图1的示意图只包括了最简单的要素。图1的a)-d)是说明本实例的制造方法的断面示意图。

[0062] 首先,如图1的a)所示,先准备一个半导体基板1,半导体基板1的一个主面是1a。半导体基板1可以是硅的基板,尺寸和厚度根据需要而定。一个特例是,半导体基板1是直径为200mm、厚度为725 $\mu\text{m}$ 、晶向为(100)的硅基板。

[0063] 下一步,如图1的b)所示,在半导体基板1的主面1a表面上形成复数个微细孔洞2。微细孔洞2的数量、尺寸和分布,由如图1的c)所示的空腔4的构造所定,可以由模拟计算得到。比如,微细孔洞2可以是尺寸大致相同、呈周期性排布的孔洞。在一个实施方式中,孔洞2的深度(即,纵向尺寸)可以大于开口宽度(即,横向尺寸)。一个特例是,孔洞2是直径大约1 $\mu\text{m}$ ,深度大约3 $\mu\text{m}$ ,以大约1.5 $\mu\text{m}$ 的间距周期排列的圆筒形孔洞。孔洞2可以用常规的半导体微细加工技术形成。比如,孔洞2可以用硅的反应离子束刻蚀(RIE:Reactive Ion Etching)方法形成。

[0064] 下一步,如图1的c)所示,在半导体基板1的内部形成空腔3。空腔3可以通过对图1的b)所示的孔洞2在氢气气氛中进行高温处理得到。在氢气气氛中,当温度升高时,孔洞2的侧壁的硅原子进行表面迁移。硅原子的这种迁移在结构越是尖锐的地方速度越快,其结果是结构变得平滑,甚至相互连接。图1的b)所示的孔洞2因为间隔较近,深度大于开口宽度,硅原子的迁移会导致各孔洞2在半导体基板1的内部互相连通形成一个空腔,同时各孔洞2

的开口被封住,在半导体基板的表面1a形成连续的空腔薄膜4。在适当的处理条件下,薄膜4会把空腔3完全覆盖,使得空腔3被密封在半导体基板1的内部。薄膜4的厚度可以通过孔洞2的设计以及调节高温处理的温度控制在0.1-5um的范围内。这样形成的空腔,其容积大约等于各孔洞2容积的总和。空腔是中间扁平,周边略厚的形状。在上述高温处理时,氢气的压力可以是一个大气压,也可以低于一个大气压;温度大约在900-1200℃。一个特例是,高温处理时,气氛是纯氢气气氛,氢气的压力是一个大气压,温度大约为1100℃。

[0065] 下一步,如图1的d)所示,在薄膜4之上形成微细结构5。微细结构5可以有单一薄膜构成,也可以由复数层薄膜构成,每个薄膜也可以有各自的结构图形。这样形成的微细结构5通过薄膜4悬浮在半导体基板1的表面。微细结构5可以是MEMS传感器的一部分,上述传感器包括压力传感器、超声波传感器、振动传感器、温度传感器、流量传感器。薄膜4可以为上述传感器提供形变、振动、绝缘、绝热等功能。

[0066] 如上所述,本发明的微细结构制造方法使制造工艺简单、空腔形态容易控制。同时,由于悬浮的微细结构背面有基板的保护,微细结构不易损伤,使制造工艺和使用方式的限制减少。上述效果对比图4所示的传统的微细结构更为明显。如图4所示,传统的具有悬臂梁102的微细结构105的制造方法中,为了实现悬浮的微细结构105,有时需要把微细结构105下面的基板100的部分去掉,以形成空腔103。这种方式加工时工艺费时、成本高;结构本身机械强度低,容易破损,给加工工艺和使用都带来了限制。

[0067] 实例2

[0068] 本申请的实例2提供另一种微细结构的制造方法。图2是本实例的示意图。在本实例中,为简明起见,可以参考图1的实例1的部分不再做详细叙述。图2的a) -d)是说明本实例的制造方法的断面示意图,图2的e)是说明本实例的制造方法的平面示意图。

[0069] 首先,如图2的a)所示,先准备一个半导体基板1。半导体基板1可以与实例1的半导体基板1相同。

[0070] 下一步,如图2的b)所示,在半导体基板1的主面1a表面上形成复数个孔洞2。孔洞2的形状、分布,以及加工方法可以参考实例1。

[0071] 下一步,如图2的c)所示,在半导体基板1的内部形成空腔3。空腔3的形成方法可以参考实例1。

[0072] 下一步,如图2的d)所示,在薄膜4之上形成开口6,使得空腔与外部连通。开口6的形状可以如图2的e)所示。通过开口6的形成,可以得到悬浮的微细结构。微细结构通过悬臂梁5a与半导体基板1相连。此外,可以对微细结构进行进一步加工。比如,根据器件功能需求,在形成开口6的同时,对微细结构进行更为复杂的图形加工。再比如,在形成开口6之前,如图1的d)所示,在薄膜4之上形成其它所需要的微细图形结构,该微细图形结构与微细结构共同构成所需要的微细结构5。这样的微细结构5可以用来作为诸如测量振动(速度、加速度、振动频率等)的传感器的可动部分。

[0073] 本实例可以得到与实例1相同的效果。

[0074] 实例3

[0075] 本申请的实例3提供另一种微细结构的制造方法。图3是本实例的示意图。在本实例中,为简明起见,可以参考图1的实例1的部分不再做详细叙述。图3的a) -f)是说明本实例的制造方法的断面示意图,图3的g)是说明本实例的制造方法的平面示意图。

[0076] 首先,如图3(a)所示,先准备一个半导体基板1。半导体基板1可以与实例1的半导体基板1相同。

[0077] 下一步,如图3(b)所示,在半导体基板1的主面1a表面上形成复数个孔洞2。孔洞2的形状、分布,以及加工方法可以参考实例1。

[0078] 下一步,如图3(c)所示,在半导体基板1的内部形成空腔3。空腔3的形成方法可以参考实例1。

[0079] 下一步,如图3(d)所示,将薄膜4氧化形成悬浮氧化薄膜7。悬浮氧化薄膜7的形成,可以用在含氧气气氛中的高温处理进行。高温处理的温度、以及时间等,可根据薄膜4的厚度决定。

[0080] 下一步,如图3(e)所示,在悬浮氧化薄膜7之上形成其它功能性薄膜结构8。一个特例是,这个功能性薄膜结构8由薄膜结构9和10构成。比如,薄膜结构9由电阻温度系数高的材料构成,也可以由能够产生贝塞克效应(Seebeck effect)的两种材料构成;薄膜结构10由热传导系数低的材料构成。例如,薄膜结构9可以是电阻温度系数较高的金属Ti的单层薄膜,或者,也可以是由能够产生较强的贝塞克效应的金属(比如铝)与半导体材料(比如多晶硅)构成,薄膜结构10的材料可以包括各种绝热性能较好的氧化硅材料、或者是非掺杂硅玻璃(NSG:nondoped silica glass)。其中,如图3(g)所示,薄膜结构9被加工成回曲的连续线条形状。

[0081] 下一步,如图3(f)与g)所示,形成开口6,使得由悬浮氧化薄膜7、功能性薄膜结构9和10构成的微细结构5悬浮起来,并且微细结构5只有通过悬臂梁11与12和半导体基板1相连接。图3(g)是图3(f)的平面图,但是为了显示薄膜结构9的形状,略去了薄膜结构10。

[0082] 图3(f)与g)所示的微细结构5,可以作为压力传感器的感应部分。比如,薄膜结构9可以作为一个对温度变化敏感的电阻。通过电极接触端9a和9b向薄膜结构9提供一定的电流时,如果周围的环境气压发生变化,由气体传导从薄膜结构9散发的热量就会变化,薄膜结构9的温度就会随之变化。因为薄膜结构9的电阻温度系数很高,薄膜结构9的电阻就会随之发生明显的变化。当薄膜结构9的电阻变化时,向薄膜结构9的电阻提供一定电流的电路就会感知到这种变化。结果是,周围气压的变化就会被电路测量到。所以,微细结构5可以作为压力传感器的感应部分。在这里,因为把微细结构5底部悬浮起来,并且只通过细条形的悬臂梁11和12支撑,通过固体传导从薄膜结构9散发掉的热量就大幅度地减小,而通过周围气体传导的热量占总散发热量的比例就增加。所以,整个传感器对气压变化的敏感度就得到了提高。将薄膜4氧化形成悬浮氧化薄膜7,并且利用热传导系数很低的材料构成薄膜结构10,也加强了上述效果。

[0083] 另一方面,因为只是把微细结构5底部悬浮起来,并没有将其底部的半导体基板1全部去掉,加工时间和成本都得到降低。而且,比起将微细结构5底部的半导体基板1全部去掉的结构,本结构显然结构牢固、不易破损。这不仅会提高加工时的良率,也会使器件在使用中更为耐久。

[0084] 以上结合具体的实施方式对本申请进行了描述,但本领域技术人员应该清楚,这些描述都是示例性的,并不是对本申请保护范围的限制。本领域技术人员可以根据本申请的精神和原理对本申请做出各种变型和修改,这些变型和修改也在本申请的范围内。

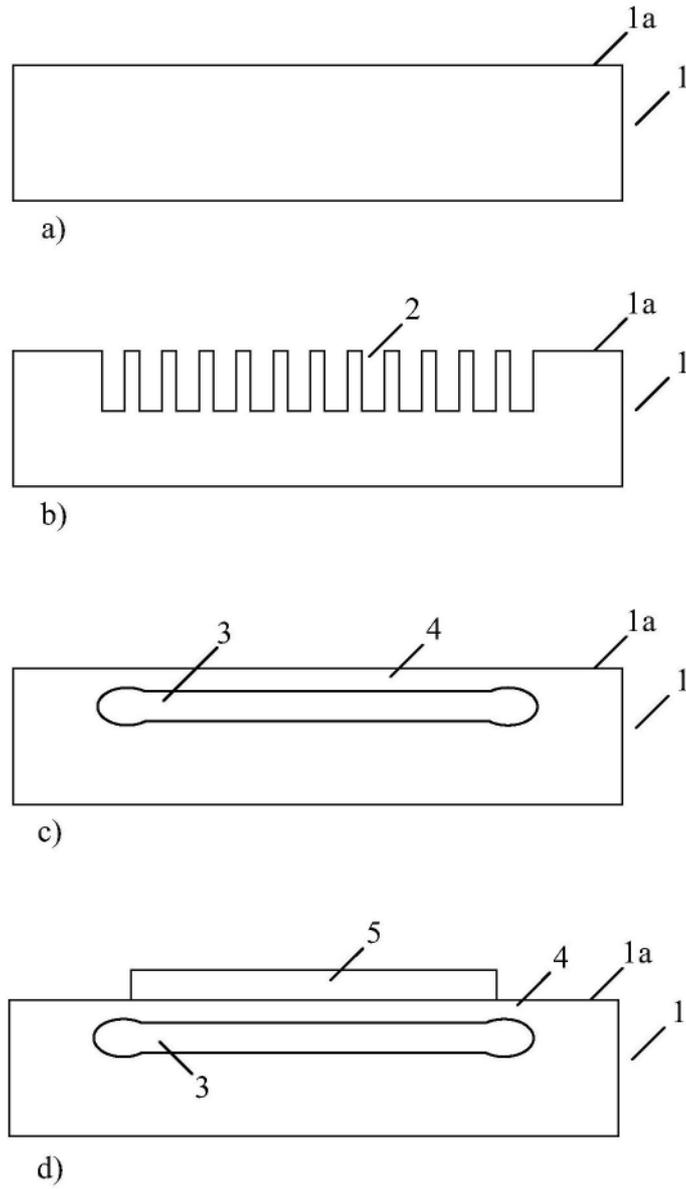


图1

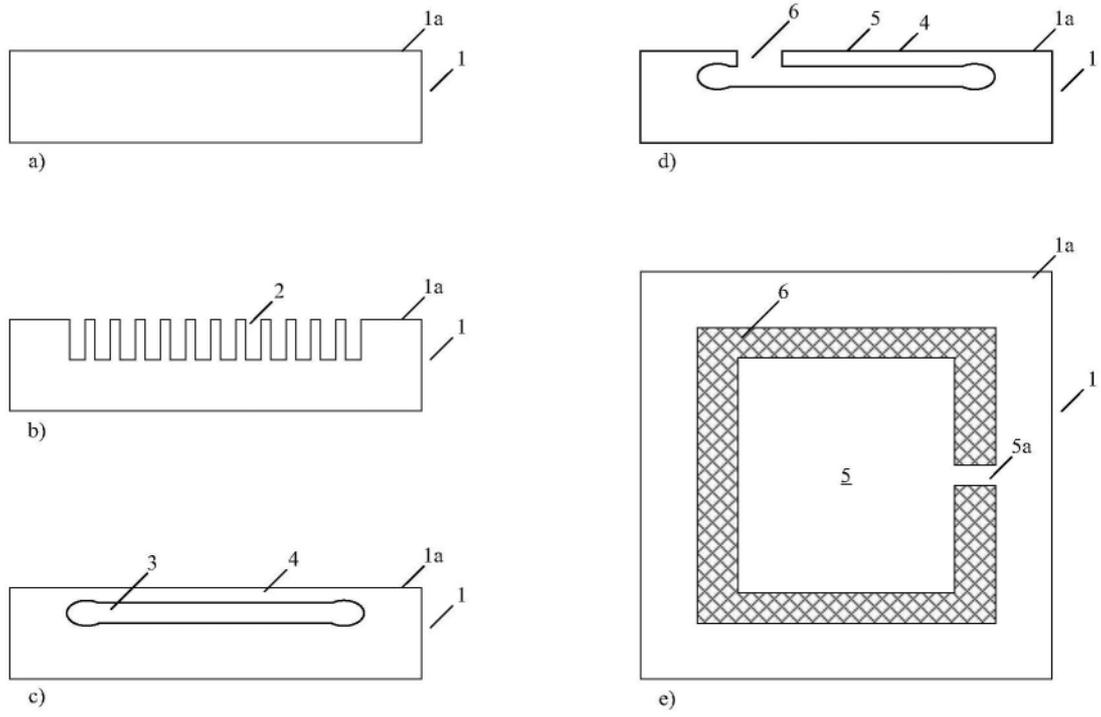


图2

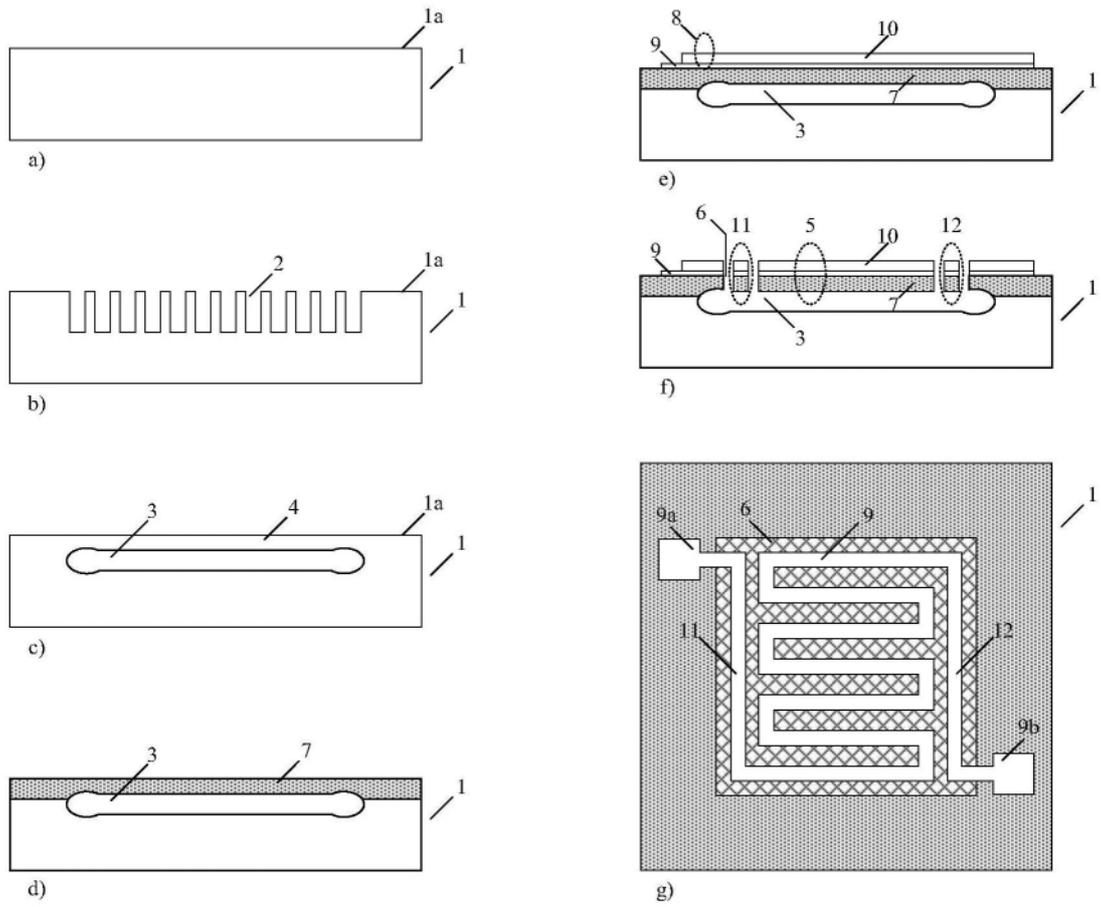


图3

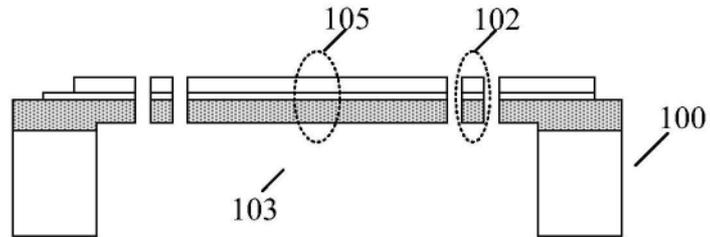


图4