

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610053558.1

[51] Int. Cl.

G01L 7/08 (2006.01)

G01L 11/04 (2006.01)

G01L 1/10 (2006.01)

[43] 公开日 2008年4月2日

[11] 公开号 CN 101153825A

[22] 申请日 2006.9.25

[21] 申请号 200610053558.1

[71] 申请人 中国计量学院

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区中
国计量学院机电分院

[72] 发明人 韩建强

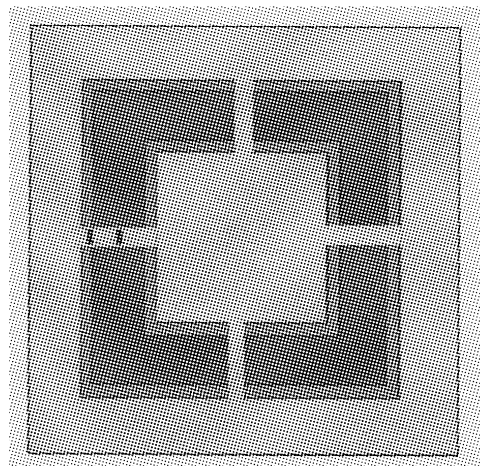
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

[54] 发明名称

硅微机械谐振式微压传感器芯片的结构及制造方法

[57] 摘要

本发明公开了二种谐振式微压传感器芯片的结构及制造方法，它由中心带有单个或两个刚性硬芯的感压膜片、双端固支梁和盖板 3 组成。在流体压力作用下，带有刚性硬芯的感压膜片产生形变，从而使位于膜片上表面的双端固支梁受到轴向应力的作用而改变其谐振频率。通过测量双端固支梁谐振频率的变化即可反映出流体压力的大小。本发明所涉及的硅谐振式微压传感器的优点是具有更较高的信噪比、分辨率、灵敏度和测量精度，且输出量是频率信号。



1、硅微机械谐振式微压传感器芯片，其特征在于：传感器芯片由带有单个或两个刚性硬芯的感压膜片、双端固支梁和盖板组成。

2、根据权利要求1所述的由带有单个刚性硬芯的感压膜片、双端固支梁和盖板组成微压传感器芯片的特征在于：刚性硬芯位于感压膜的中央，硬芯的四个边和感压膜的四个边框之间有四个几何结构相同并且对称分布的双端固支梁。一部分或全部双端固支梁可采用激振器驱动而振动，成为桥谐振器，其谐振频率可由拾振器检测，频率的大小反映了被测压力的大小。盖板和感压膜片之间通过真空键合技术或玻璃密封工艺等真空封装技术形成真空密封腔。

3 根据权利要求1所述的由带有两个刚性硬芯的感压膜片、双端固支梁和盖板组成微压传感器芯片的特征在于：感压膜片的两个刚性硬芯之间以及两个刚性硬芯与感压膜的边框之间有三个几何结构相同双端固支梁。在流体压力的作用下中央的双端固支梁感受拉应力，边缘双端固支梁感受压应力，其谐振频率差值反映了被测压力的大小。盖板和感压膜片之间通过真空键合技术或玻璃密封工艺等真空封装技术形成真空密封腔。

4、根据权利要求1所述的两种硅微机械谐振式微压传感器芯片，其特征在于：谐振式微压传感器芯片的双端固支梁可采用以下激振方式：电磁激励、静电激励、压电激励、电热激励、光热激励。其谐振频率可采用以下方式检测：压电拾振、电容拾振、电磁拾振、光信号拾振以及压敏电阻拾振。

5、根据权利要求1所述的两种硅微机械谐振式微压传感器芯片，其特征在于：谐振式微压传感器芯片的桥谐振器即可采用的双端固支梁，也可采用三梁结构谐振器。三梁结构谐振器的两边梁的宽度是中间梁宽度的二分之一，两边梁与中间梁振动相位相反。

6. 根据权利要求1所述的两种硅微机械谐振式微压传感器芯片，其特征在于：可采用以下工艺制作：

- 1) 原始硅片为SOI硅片。
- 2) 热氧化或淀积氮化硅薄膜作为掩膜。
- 3) 背面光刻背腐蚀窗口。
- 4) 背面腐蚀硅，腐蚀深度由传感器量程决定。
- 5) 正面光刻感压膜片和双端固支梁。
- 6) 各向异性湿法腐蚀或干法刻蚀，直到二氧化硅埋层暴露出来。
- 7) 缓释氢氟酸完全腐蚀桥谐振器下面的二氧化硅，双端固支梁和桥谐振器得到释放。
- 8) 在桥上制作振动激振器和检振器。
- 9) 真空封装。
- 10) 焊接引线，划片。

硅微机械谐振式微压传感器芯片的结构及制造方法

技术领域

本发明涉及谐振式微压传感器芯片的结构及制造方法，特别是由带有刚性硬芯的感压膜片和桥谐振器组成的硅微机械谐振式微压传感器芯片，属于微电子机械系统领域。

背景技术

微量程压力传感器用于测量气体或液体的微小压力，测量范围一般为0~10 KPa，甚至更低。其应用领域主要包括以下三个方面：（1）为工业压力变送器配套。暖通空调，环境污染控制，洁净工程，烘箱增压，炉膛风压控制，天然气、煤气管网监测，井下通风和电厂风压监测等领域对微压力传感器的年需求量约为十几万套。例如，采用微压差法来检测汽车等动力装置中密封件在固定压力下的泄漏量来标识其密封状况。在高速铁路运行系统中，检测列车高速通过时对一定距离外物体的脉动风压。（2）液位测量。石油、化工、国防、轻工等领域的各种液体产品和原料的储存罐和周转罐在生产和存储中需要对其液位高度进行测量和监控。由于被测介质对容器底部的压力与介质的高度成正比，液位信息常采用微压力传感器来测量。（3）医疗、家电等领域。

常用的微压力传感器主要有两种：一是压阻式压力传感器，二是电容式微压传感器。早期的压力传感器一般采用平膜片，在制作低量程传感器芯片时需要厚度很薄的膜片。随着膜片厚度的减小，灵敏度提高，膜片中心的“气球效应”使非线性误差变大。另外，由于原始硅片厚度的不均匀性和背面腐蚀时各点腐蚀速度的差异，很难保证超薄膜片各点厚度的均匀性。因此单纯依赖提升感压膜片的结构不能满足对微压力测量越来越高的要求，必须寻求对应力更为敏感的应变检测方法以实现微量程压力的测量。

发明内容

本发明的目的发明一种对微压力测量具有较高灵敏度的微压传感器芯片。

为实现上述目的，本发明所采用的技术方案之一是：传感器芯片由中心带有单个硬芯的感压膜片1、四个双端固支梁2和盖板3组成。单硬芯感压膜片1的中央硬芯4的四个边和感压膜片1的四个边框之间有四个几何结构相同并且对称分布的双端固支梁2。单硬芯感压膜片1和双端固支梁2由同一硅片制成，单硬芯感压膜片1与双端固支梁2之间是真空密封腔5。一部分或全部双端固支梁2可采用激振器6激励而振动，成为桥谐振器7，其谐振频率可由拾振器8检

测, 频率的大小反映了被测压力的大小。盖板 3 和单硬芯感压膜片 1 之间通过真空键合技术或玻璃密封工艺等真空封装技术形成真空密封腔 5。单硬芯感压膜片 1 的背面也可带有单岛 10 实现过压保护。

技术方案一的工作原理: 在流体压力作用下, 单硬芯感压膜片 1 产生形变, 从而使位于其上表面边缘的桥谐振器 7 受到轴向压应力的作用, 该轴向压应力改变桥谐振器 7 的谐振频率。通过测量桥谐振器 7 的谐振频率的变化即可反映出流体压力的大小。

为实现上述目的, 本发明所采用的技术方案之二是: 传感器芯片由正面带有双硬芯 11 的感压膜片 12、双端固支梁 2 和盖板 3 组成。感压膜片 12 正面的双硬芯 11 之间以及硬芯 11 与感压膜片 12 的边框之间有三个几何结构相同双端固支梁 2。膜片与桥之间是空腔。盖板 3 和感压膜片 12 之间通过真空键合技术或玻璃密封工艺等真空封装技术形成真空密封腔 5。感压膜片 12 的背面亦可带有双岛 15 实现过压保护。

技术方案二的工作原理: 在流体压力作用下, 感压膜片 12 产生形变, 中央的桥谐振器 13 (即两个硬芯 11 间的谐振器) 受到拉应力, 边缘桥谐振器 14 (硬芯 11 与膜片 12 边缘之间的谐振器) 受到压应力, 其谐振频率差值反映了被测压力的大小, 并且可以消除温度的影响。

本发明所涉及的二种谐振式微压传感器芯片可采用以下工艺制作:

- 1) 原始硅片为SOI硅片。
- 2) 热氧化或淀积氮化硅薄膜作为掩膜。
- 3) 背面光刻背腐蚀窗口。
- 4) 背面腐蚀硅, 腐蚀深度由传感器量程决定。
- 5) 正面光刻感压膜片1 (或12) 和双端固支梁2。
- 6) 各向异性湿法腐蚀或干法刻蚀, 直到二氧化硅埋层暴露出来。
- 7) 缓释氢氟酸完全腐蚀桥谐振器下面的二氧化硅, 双端固支梁2得到释放。
- 8) 在桥上制作激振器6和检振器8。
- 9) 真空封装。
- 10) 焊接引线, 划片。

本发明所涉及的二种谐振式微压传感器芯片的桥谐振器7、13、14可采用以下激振方式: 电磁激励、静电激励、压电激励、电热激励、光热激励。其谐振频率可采用以下方式检测: 压电拾振、电容拾振、电磁拾振、光信号拾振以及压敏电阻拾振。

本发明所涉及的二种谐振式微压传感器芯片的桥谐振器7、13、14亦可采用如附图3所示的三梁结构谐振器。其两边梁的宽度是中间梁宽度的二分之一, 两

边梁与中间梁振动相位相反。

本发明中所述的硬芯4、11的厚度一般应大于其周围膜片1（或12）厚度的1.5倍。

本发明所涉及的谐振式微压传感器具有以下优点：本发明所涉及的硅谐振式微压传感器是一种新型的结构型压力传感器，与扩散硅压力传感器和电容式微压传感器相比具有更高的信噪比、分辨率、灵敏度、重复性和测量精度。

本发明所涉及的谐振式微压传感器的另一个优点：硅谐振式压力传感器输出的是频率信号，长期稳定性好，可通过简单的数字电路与计算机接口，从而省去结构复杂、价格昂贵的A/D转换装置引入的转换误差。

附图说明

附图1 为本发明所涉及的硅微机械谐振式微压传感器芯片技术方案一的结构示意图。其中[a]为剖面图，[b]为俯视图，[C]为背面带有用于过压保护功能的岛的传感器芯片剖面图。

附图2为本发明所涉及的硅微机械谐振式微压传感器芯片技术方案二的结构示意图。其中[a]为剖面图，[b]为俯视图，[C]为背面带有过压保护时的传感器芯片的剖面图。

附图3为三梁结构谐振器。

附图4是作为本发明实施例的电热激励/压阻检测的的硅微机械谐振式微压传感器的制作工艺流程图。

附图中：

1—单硬芯感压膜片	2—双端固支梁	3—盖板
4—中央硬芯	5—真空腔	6—激振器
7—桥谐振器	8—拾振器	9—凸缘
10—背面单岛	11—双硬芯	12—双硬芯感压膜片
13—中央的桥谐振器	14—边缘桥谐振器	15—背面双岛

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明做进一步说明，但并不局限于该实施例。

实施例：

利用本发明的技术方案一制作一种量程为10KPa的电热激励/压阻检测的硅微机械谐振式微压传感器芯片（无过压保护）。其制作工艺如下：

1) 原始硅片采用N型、（100）面SOI硅片，顶层硅厚度10 μ m，二氧化硅埋层厚度1.5 μ m，衬底硅片厚度为380微米。热氧化，氧化层厚度1 μ m。（见附图

4[1])

2) 背面光刻背腐蚀窗口。背面腐蚀硅，腐蚀深度 $360\ \mu\text{m}$ 。(见附图4[2])

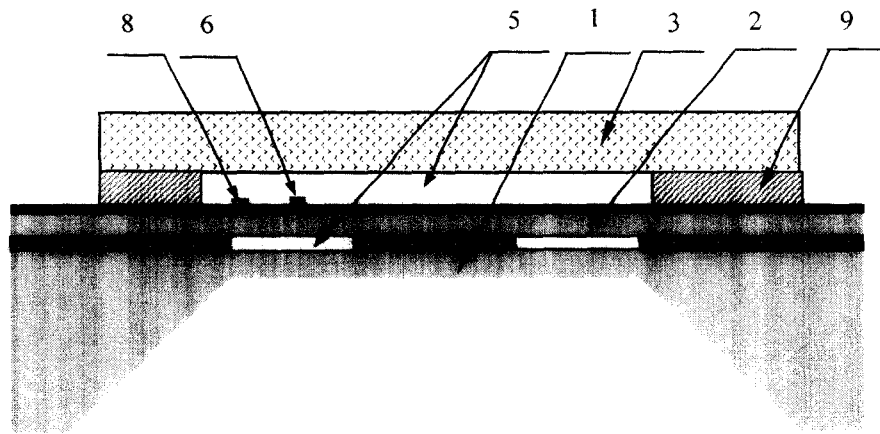
3) 正面光刻感压膜片1和双端固支梁2。膜片1边长为 $2000\ \mu\text{m}$ ，中央的正方形硬芯4边长为 $1000\ \mu\text{m}$ 。双端固支梁2的长度为 $500\ \mu\text{m}$ ，宽度为 $50\ \mu\text{m}$ 。40%KOH各向异性湿法腐蚀硬芯4周围的感压膜片1，直到二氧化硅埋层暴露出来，这时膜片1厚度减小为 $10\ \mu\text{m}$ 。缓释氢氟酸完全腐蚀双端固支梁2下面的二氧化硅。(见附图4[3])

4) 热氧化，氧化层厚度为 $0.2\ \mu\text{m}$ 。正面再次光刻，缓释氢氟酸完全腐蚀桥2下面新生成的二氧化硅，去胶。正面光刻激励电阻6(激振器)和检测电阻8(激振器)图形，激励电阻6位于双端固支梁2的中部，激励电阻6与双端固支梁2的宽度方向平行。检测电阻8位于双端固支梁2的固支端。缓释氢氟酸腐蚀激励电阻6和检测电阻8的扩散窗口，扩硼，方块电阻 $R_s = 100\ \Omega/\square$ ，结深 $X_j = 3.0\ \mu\text{m}$ 。缓释氢氟酸刻接触孔。蒸发(或溅射)铝，光刻铝连线，合金化。(见附图4[4])

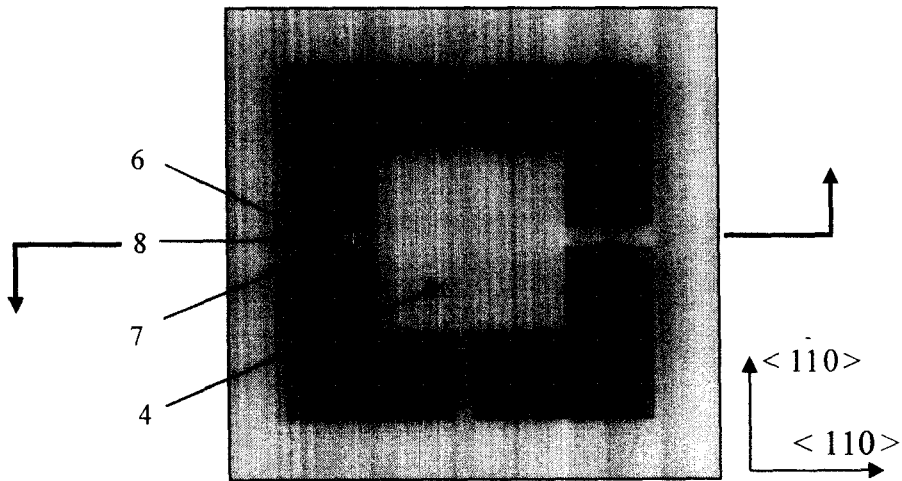
5) 正面淀积多晶硅，厚度 $5\ \mu\text{m}$ 。平坦化。PECVD淀积二氧化硅掩膜，厚度 $0.2\ \mu\text{m}$ 。(见附图4[5])

6) 光刻凸缘9图形。ICP刻蚀多晶硅。(见附图4[6])

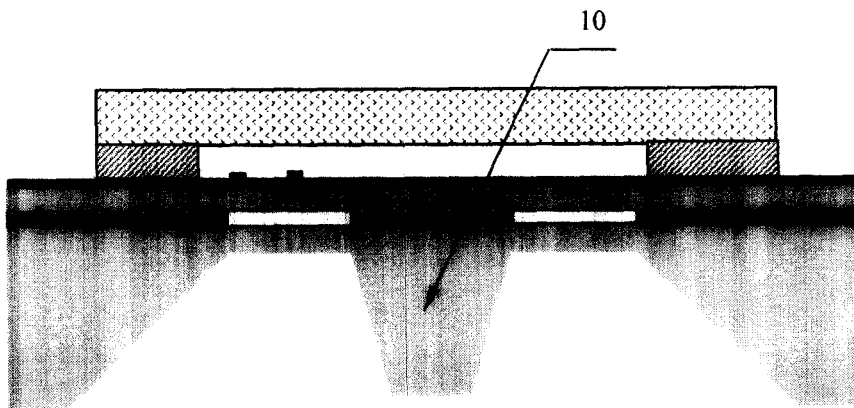
7) 键合感压芯片1和玻璃盖板3。焊接引线。(见附图4[7])



A

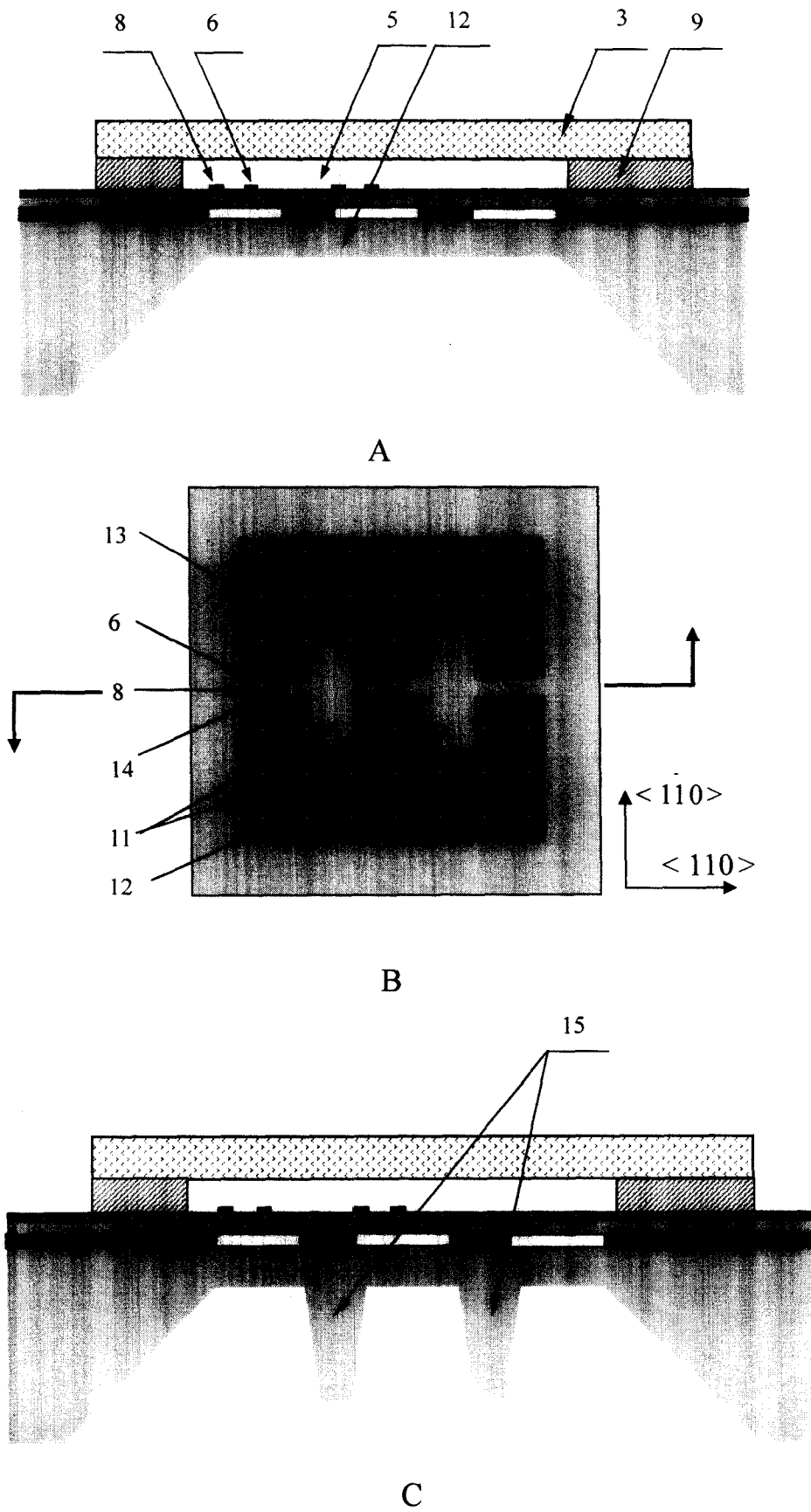


B

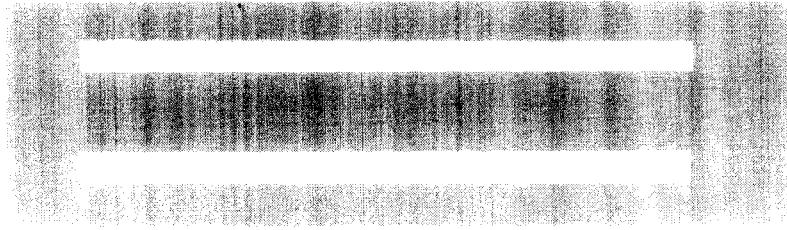


C

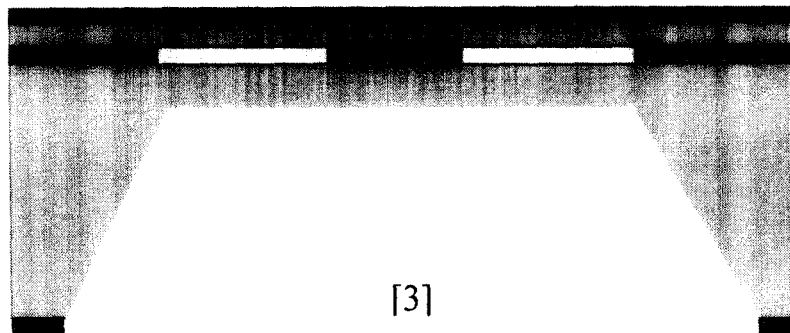
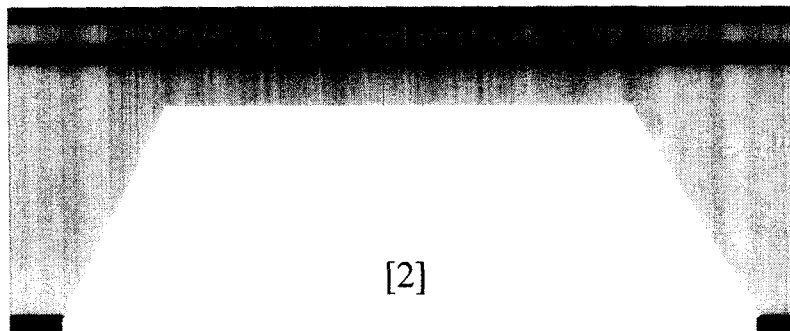
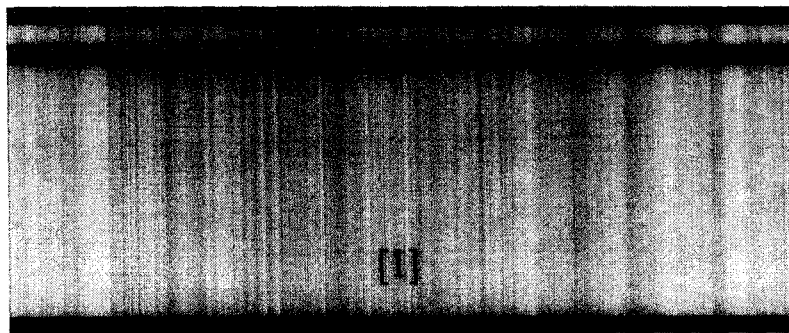
附图 1



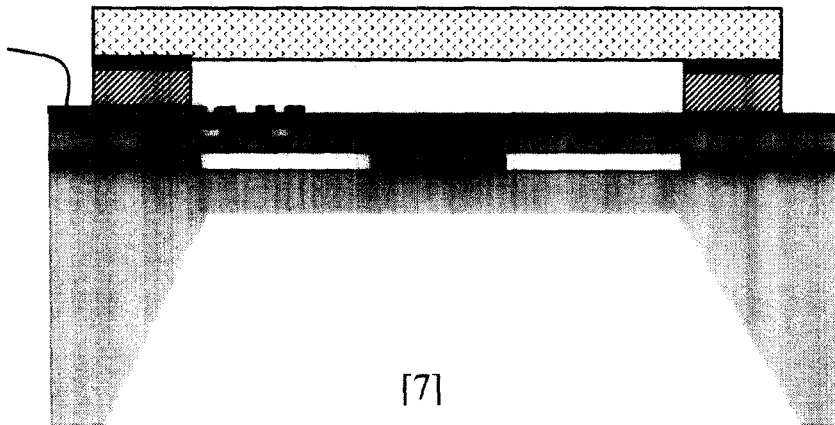
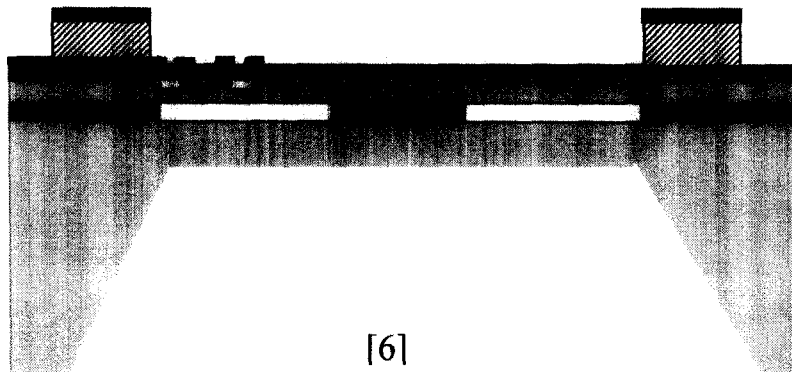
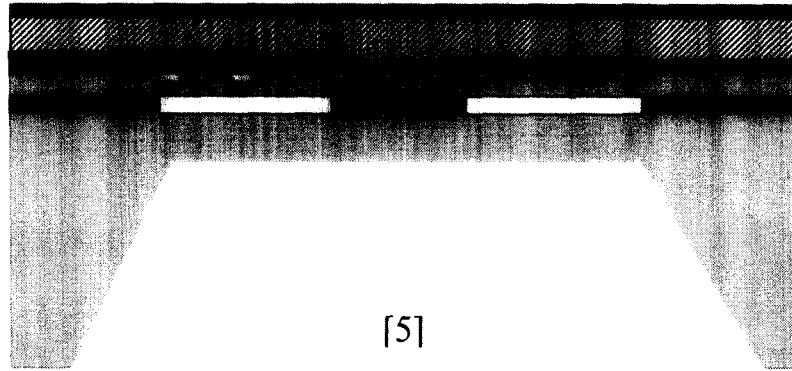
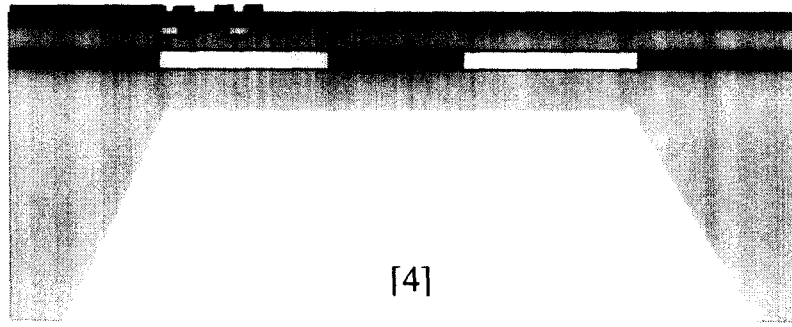
附图 2



附图3



附图4



附图4