



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113436964 B

(45) 授权公告日 2023.04.21

(21) 申请号 202110702158.3

(56) 对比文件

(22) 申请日 2021.06.23

CN 101738541 A, 2010.06.16

US 6287962 B1, 2001.09.11

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113436964 A

审查员 孙健

(43) 申请公布日 2021.09.24

(73) 专利权人 中国科学技术大学

地址 230026 安徽省合肥市包河区金寨路
96号

(72) 发明人 曾长淦 郝立龙 王秀霞 李林

范晓东

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

专利代理师 鄢功军

(51) Int. Cl.

H01L 21/033 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

硬质掩膜的制备方法及硬质掩膜

(57) 摘要

本发明公开了一种硬质掩膜的制备方法及硬质掩膜,其中,硬质掩膜的制备方法包括:提供一硅片;在硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在硅片的下表面生长第二氮化硅层;在第一氮化硅层上生长第一氧化硅层;刻蚀第一氧化硅层和第一氮化硅层形成干刻掩膜面;刻蚀第二氮化硅层形成湿刻掩膜面;在干刻掩膜面生长保护层并在保护层上涂覆密封层;在湿刻掩膜面刻蚀图形并预留支撑层;去除密封层和保护层,在干刻掩膜面按照图形刻穿支撑层,得到硬质掩膜。



1. 一种硬质掩膜的制备方法,包括:
提供一硅片;
在所述硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在所述硅片的下表面生长第二氮化硅层;
在所述第一氮化硅层上生长第一氧化硅层;
采用反应离子刻蚀法刻蚀所述第一氧化硅层和所述第一氮化硅层形成干刻掩膜面;
采用反应离子刻蚀法刻蚀所述第二氮化硅层形成湿刻掩膜面;
在所述干刻掩膜面生长保护层并在所述保护层上涂覆密封层;
在所述湿刻掩膜面刻蚀图形并预留支撑层;
去除所述密封层和所述保护层,在所述干刻掩膜面按照所述图形刻穿所述支撑层,得到所述硬质掩膜。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述在所述硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在所述硅片的下表面生长第二氮化硅层,包括采用低压化学气相沉积法在所述硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在所述硅片的下表面生长第二氮化硅层。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述在所述第一氮化硅层上生长第一氧化硅层,包括采用等离子增强化学气相沉积法在所述第一氮化硅层上生长第一氧化硅层。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述保护层包括二氧化硅层和第三氮化硅层组成的保护层。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述二氧化硅层的厚度、所述第三氮化硅层的厚度均为150~350nm。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述密封层包括黑蜡。
7. 一种采用权利要求1~6任意一项所述方法制备的硬质掩膜,包括:
硅片、第一氮化硅层、第二氮化硅层、第一氧化硅层;
所述硅片上表面设置所述第一氮化硅层;
所述硅片下表面设置所述第二氮化硅层;
所述第一氮化硅层上表面设置所述第一氧化硅层。
8. 根据权利要求7所述的硬质掩膜,其中,
所述硅片的厚度为350~550 μm ;
所述第一氮化硅层的厚度、所述第二氮化硅层的厚度均为200~400nm;
所述第一氧化硅层的厚度为1~2 μm 。

硬质掩膜的制备方法及其硬质掩膜

技术领域

[0001] 本发明属于微纳加工技术领域,具体地,涉及一种硬质掩膜的制备方法及其硬质掩膜。

背景技术

[0002] 现代微纳加工技术领域最常使用的是光刻胶掩膜,虽然光刻胶掩膜比较致密且分辨率较高,但由于其本身属于化学物质,它与相当一部分材料直接接触会使其性能发生退化,因而一种无污染、简便易操作且能重复利用的硬质掩膜技术逐渐发展和成熟起来,氮化硅硬质掩膜就是其中的典型代表。相较于金属掩膜,氮化硅硬质掩膜的分辨率更高且边缘更加平滑;而相较于光刻胶掩膜,氮化硅硬质掩膜不会造成所接触材料的性能退化,并且一次制作可重复多次利用,便捷易操作,因而展现出极大的优势。

[0003] 传统的氮化硅硬质掩膜一方面是尺寸比较小,掩膜图形结构大多都在几十微米以内,这限制了它的使用范围;另一方面是掩膜图形比较单薄,很容易发生断裂甚至破碎从而导致传统的氮化硅硬质掩膜产率比较低。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明实施例提供了一种硬质掩膜的制备方法及其硬质掩膜,以期至少部分地解决上述技术问题。

[0005] 作为本发明的一个方面,本发明实施例提供了一种硬质掩膜的制备方法,包括:提供一硅片;在硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在硅片的下表面生长第二氮化硅层;在第一氮化硅层上生长第一氧化硅层;刻蚀第一氧化硅层和第一氮化硅层形成干刻掩膜面;刻蚀第二氮化硅层形成湿刻掩膜面;在干刻掩膜面生长保护层并在保护层上涂覆密封层;在湿刻掩膜面刻蚀图形并预留支撑层;去除密封层和保护层,在干刻掩膜面按照图形刻穿支撑层,得到硬质掩膜。

[0006] 根据本发明实施例,在硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在硅片的下表面生长第二氮化硅层,包括采用低压化学气相沉积法在硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在硅片的下表面生长第二氮化硅层。

[0007] 根据本发明实施例,在第一氮化硅层上生长第一氧化硅层,包括采用等离子增强化学气相沉积法在第一氮化硅层上生长第一氧化硅层。

[0008] 根据本发明实施例,刻蚀第一氧化硅层和第一氮化硅层形成干刻掩膜面,包括采用反应离子刻蚀法刻蚀第一氧化硅层和第一氮化硅层形成干刻掩膜面。

[0009] 根据本发明实施例,刻蚀第二氮化硅层形成湿刻掩膜面,包括采用反应离子刻蚀法刻蚀第二氮化硅层形成湿刻掩膜面。

[0010] 根据本发明实施例,保护层包括第二氧化硅层和第三氮化硅层组成的保护层。

[0011] 根据本发明实施例,第二氧化硅层的厚度、第三氮化硅层的厚度均包括150~350nm。

[0012] 根据本发明实施例,密封层包括黑蜡。

[0013] 作为本发明的另一个方面,本发明实施例还提供了采用上述方法制备的硬质掩膜,包括:硅片、第一氮化硅层、第二氮化硅层、第一氧化硅层;硅片上表面设置第一氮化硅层;硅片下表面设置第二氮化硅层;第一氮化硅层上表面设置第一氧化硅层。

[0014] 根据本发明实施例,其中,硅片的厚度包括 $350\sim 550\mu\text{m}$;第一氮化硅层的厚度、第二氮化硅层的厚度包括 $200\sim 400\text{nm}$;第一氧化硅层的厚度包括 $1\sim 2\mu\text{m}$ 。

[0015] 本发明实施例提供的硬质掩膜的制备方法,通过增设氧化硅层、在干刻掩膜面设置保护层和密封层,以及预留合适厚度的支撑层,提高了硬质掩膜的稳定性和鲁棒性,可以制备出毫米级的硬质掩膜。

附图说明

[0016] 图1示意性地示出了本发明实施例硬质掩膜制备方法的流程图;

[0017] 图2示意性地示出了本发明实施例的硬质掩膜剖面结构示意图。

[0018] 图3示意性地示出了本发明实施例中刻蚀用硬质掩膜的光镜图;

[0019] 图4示意性地示出了本发明实施例中镀膜用硬质掩膜的光镜图。

具体实施方式

[0020] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明作进一步的详细说明。

[0021] 作为本发明的一个方面,本发明实施例提供了一种硬质掩膜的制备方法,包括:提供一硅片;在硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在硅片的下表面生长第二氮化硅层;在第一氮化硅层上生长第一氧化硅层;刻蚀第一氧化硅层和第一氮化硅层形成干刻掩膜面;刻蚀第二氮化硅层形成湿刻掩膜面;在干刻掩膜面生长保护层并在保护层上涂覆密封层;在湿刻掩膜面刻蚀图形并预留支撑层;去除密封层和保护层,在干刻掩膜面按照图形刻穿支撑层,得到硬质掩膜。

[0022] 图1示意性地示出了本发明实施例提供的硬质掩膜制备方法的流程图。

[0023] 如图1所示,首先提供一硅片,然后在硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在硅片的下表面生长第二氮化硅层。再在第一氮化硅层上生长第一氧化硅层。再然后刻蚀第一氧化硅层和第一氮化硅层形成干刻掩膜面;刻蚀第二氮化硅层形成湿刻掩膜面。刻蚀完成后,在干刻掩膜面生长保护层并在保护层上涂覆密封层。再在湿刻掩膜面刻蚀图形。值得注意的是,在湿刻掩膜面刻蚀图形时,需要预留出一定厚度的硅层做支撑层。最后,去除密封层和保护层,在干刻掩膜面按照图形刻穿支撑层,得到硬质掩膜。

[0024] 根据本发明实施例,支撑层的厚度在 $30\sim 100\mu\text{m}$,预留的支撑层需要保持适当的厚度,太薄的话掩膜图形结构容易不稳定,太厚的话刻蚀时间过长又会造成图形侧面展宽严重。这样既能保证正面刻穿后留有足够强度的支撑层,又能保证在较短时间内刻穿样品,减少侧面展宽效应。

[0025] 根据本发明实施例,去除密封层和保护层的过程如下:先用氯仿去除表面的黑蜡密封层,然后在正面用反应离子刻蚀(RIE)法刻穿氮化硅和氧化硅保护层。

[0026] 通过本发明实施例,增设氧化硅层、在干刻掩膜面设置保护层和密封层,以及预留

支撑层,提高了硬质掩膜的稳定性和鲁棒性,可以制备出毫米级的硬质掩膜。

[0027] 根据本发明实施例,在硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在硅片的下表面生长第二氮化硅层,包括采用低压化学气相沉积法在硅片的上表面生长第一氮化硅层,在硅片的下表面生长第二氮化硅层。

[0028] 通过本发明实施例,采用低压化学气相沉积法在硅片的上表面生长第一氮化硅层,同时,在硅片的下表面生长第二氮化硅层,所得到的结构具有低应力和抗刻蚀性的优点。

[0029] 根据本发明实施例,在第一氮化硅层上生长第一氧化硅层,包括采用等离子增强化学气相沉积法在第一氮化硅层上生长第一氧化硅层。

[0030] 通过本发明实施例,采用等离子增强化学气相沉积法在第一氮化硅层上生长第一氧化硅层,所得到的结构是为后续干法刻穿预留的支撑层做准备。

[0031] 根据本发明实施例,刻蚀第一氧化硅层和第一氮化硅层形成干刻掩膜面,包括采用反应离子刻蚀法刻蚀第一氧化硅层和第一氮化硅层形成干刻掩膜面。

[0032] 根据本发明实施例,刻蚀第二氮化硅层形成湿刻掩膜面,包括采用反应离子刻蚀法刻蚀第二氮化硅层形成湿刻掩膜面。

[0033] 根据本发明实施例,保护层包括第二氧化硅层和第三氮化硅层组成的保护层。

[0034] 根据本发明实施例,第二氧化硅层的厚度、第三氮化硅层的厚度均包括150~350nm,例如:150nm、200nm、250nm、300nm、350nm。

[0035] 根据本发明实施例,密封层包括黑蜡。

[0036] 根据本发明实施例,通过表面旋涂黑蜡做密封层时,黑蜡要尽量涂满和涂厚,否则湿法刻蚀过程黑蜡很容易脱落,导致保护力度不够。

[0037] 根据本发明实施例,密封层也可以采用其他材料替换黑蜡作为密封材料。比如单纯用氧化硅和氮化硅的交替薄膜层作为正面的密封材料,可以交替多生长几层但每层的厚度均不要超过500nm厚,比如用300nm氧化硅/300nm氮化硅/300nm氧化硅/300nm氮化硅。不用黑蜡的话需要交替多生长几层(每层不要太厚,主要是为了尽量减小应力以避免薄膜脱落),最终以氮化硅为最上层截止面即可。

[0038] 以下以一具体实施例验证本发明实施例提供的刻蚀/镀膜用大尺寸硬质掩膜的制备方法及其硬质掩膜。

[0039] 步骤a:先用LPCVD(低压化学气相沉积法)方法在双面抛光的硅片层的正反两面分别生长厚度为250nm的第一氮化硅层、第二氮化硅层,然后用PECVD(等离子增强化学气相沉积法)法在第一氮化硅层的上面生长厚度为1.5um的第一氧化硅层,这样就形成了所需的多层结构;

[0040] 步骤b:在多层结构的正反面分别做光刻和RIE(反应离子刻蚀),正面依次刻穿1.5um厚的第一氧化硅层和250nm厚的第一氮化硅层,反面刻穿250nm厚的第二氮化硅层,这样在正反面分别形成了干刻掩膜面和湿刻掩膜面;

[0041] 步骤c:先对正面的干刻掩膜面分别镀200nm第二氧化硅层和200nm第三氮化硅层做保护层,然后在其表面涂黑蜡做密封层,之后把该基片浸泡在氢氧化钾溶液里从反面的湿刻掩膜面开始腐蚀,直至湿法刻蚀足够的厚度再捞出;

[0042] 步骤d:先将捞出的基片浸泡氯仿去除掉最表层的黑蜡密封层,接着正面用RIE(反

应离子刻蚀)依次刻蚀掉200nm第三氮化硅层和200nm二氧化硅层的保护层,然后在正面用ICP380刻穿图形得到最终的硬质掩膜。

[0043] 本发明实施例还提供了采用上述方法制备的硬质掩膜,包括:硅片、第一氮化硅层、第二氮化硅层、第一氧化硅层;硅片上表面设置第一氮化硅层;硅片下表面设置第二氮化硅层;第一氮化硅层上表面设置第一氧化硅层。

[0044] 通过本发明实施例,本发明实施例提供的硬质掩膜结构简单,掩膜图形结构稳定,具有很好的鲁棒性,并且尺寸可以达到毫米量级,具有非常显著的实用价值和应用前景。

[0045] 图2示意性地示出了本发明实施例中硬质掩膜的剖面结构示意图。

[0046] 如图2所示,硬质掩膜包括硅片1、第一氮化硅层2、第二氮化硅层3、第一氧化硅层4,第一氮化硅层2设置在硅片1的上表面,第二氮化硅层3设置在硅片1的下表面,第一氧化硅层4设置在第一氮化硅层2的上表面。

[0047] 根据本发明实施例,其中,硅片的厚度包括350~550 μm ,例如350 μm 、400 μm 、450 μm 、500 μm 、550 μm ;第一氮化硅层的厚度、第二氮化硅层的厚度包括200~400nm,例如200nm、250nm、300nm、400nm;第一氧化硅层的厚度包括1~2 μm ,例如:1 μm 、1.5 μm 、2 μm 。

[0048] 根据本发明实施例,硅片太薄时(小于300 μm),后续加工过程中容易破碎且刻蚀过程中会出现不均匀;硅片太厚时(大于600 μm),后续湿法腐蚀过程时间会很长也没必要。氮化硅层厚度太薄时(小于150nm),后续湿法腐蚀中可能会因下层氮化硅被消耗掉而无法起到保护衬底硅层的效果;氮化硅也不需要太厚,主要是LPCVD方法生长氮化硅薄膜很缓慢,长厚的话时间长成本高也没有必要。氧化硅太薄(小于300nm)会不够作为正面ICP刻蚀预留硅片层时的掩膜使用,一般不建议小于1 μm 厚度(主要还是看ICP刻蚀机的刻蚀选择比);氧化硅也不需要太厚(大于2 μm),太厚的话后续正面开窗时间久成本高。

[0049] 根据本发明实施例,以霍尔条(Hall bar)为例,图3示意性地示出了刻蚀用硬质掩膜的光镜图,如图3所示,Hall bar结构的主沟道宽度W预设为200 μm (例如图中测量数值显示为197.024 μm);主沟道同侧的相邻霍尔电极之间的距离L1预设为400 μm ,连接至主沟道的霍尔电极的线宽d预设为30 μm (比如图中测量值29.747 μm);该Hallbar结构的主长度L预设值约2000 μm 。整幅光镜图的尺寸约2mm \times 1.6mm。

[0050] 根据本发明实施例,以霍尔条(Hall bar)为例,图4示意性地示出了镀膜用硬质掩膜的光镜图,如图4所示,源漏电极之间的测量距离为1654.678 μm ;主沟道两侧相对应的一对霍尔电极之间的距离约500 μm ;源电极的线宽测量值为265.792 μm ,霍尔电极的线宽测量值为72.531 μm ;整幅光镜图的尺寸约2mm \times 1.6mm。

[0051] 综上所述,本发明实施例提供的硬质掩膜具有大尺寸特性。

[0052] 还需要说明的是,实施例中提到的方向用语,例如“上”、“下”、“左”、“右”“正”、“反”等仅是参考附图的方向,例如“正”、“反”分别是指上表面方向和下表面方向,并非用来限制本发明的保护范围。贯穿附图,相同的元素由相同或相近的附图标记来表示。在可能导致对本发明的理解造成混淆时,将省略常规结构或构造。

[0053] 并且图中各部件的形状和尺寸不反映真实大小和比例,而仅示意本发明实施例的内容。另外,在权利要求中,不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。

[0054] 类似地,应当理解,为了精简本发明并帮助理解各个公开方面中的一个或多个,在

上面对本发明的示例性实施例的描述中,本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而,并不应将该方法解释成反映如下意图:即所要求保护的发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如前面的权利要求书所反映的那样,公开方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

[0055] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

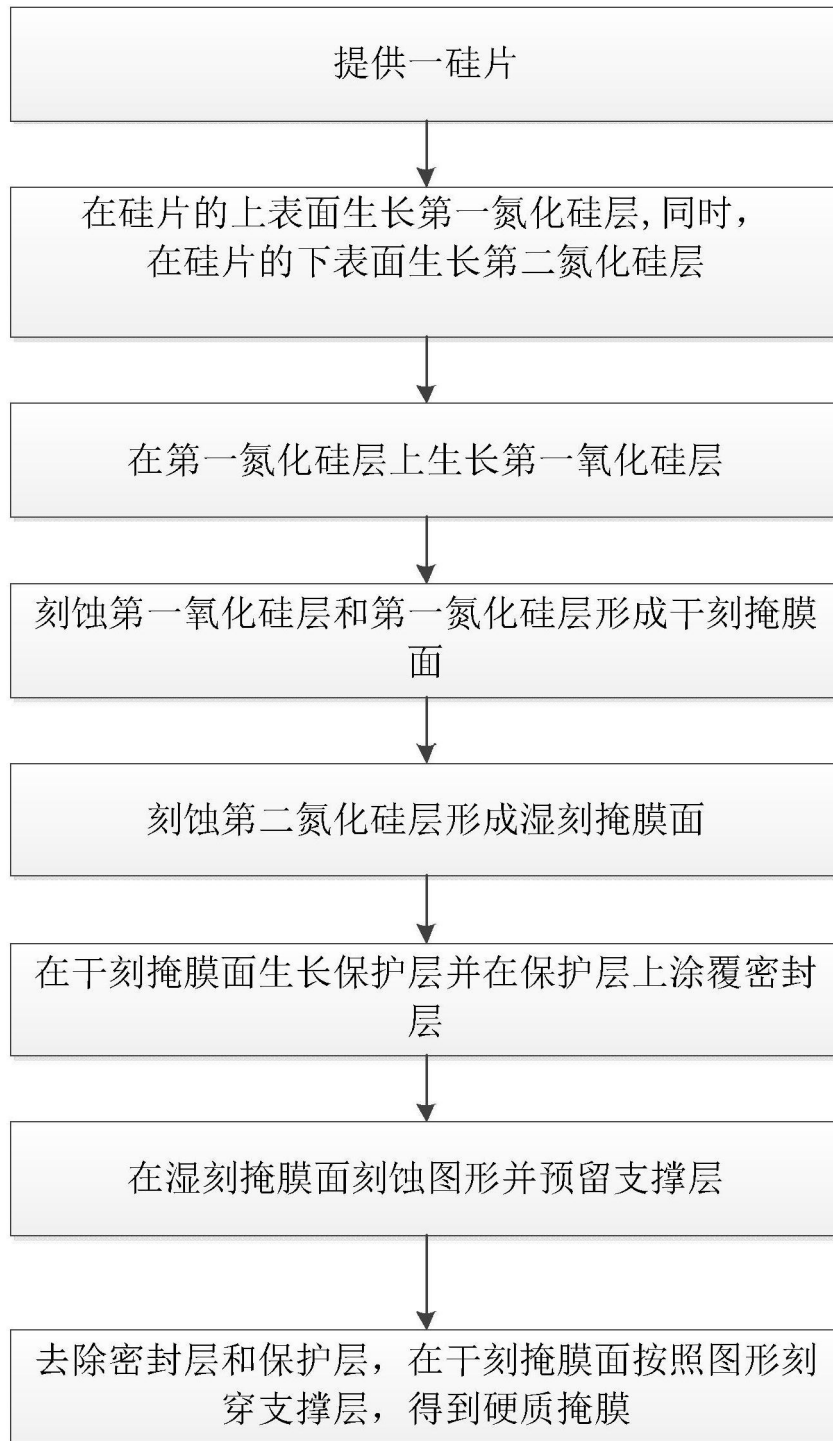


图1

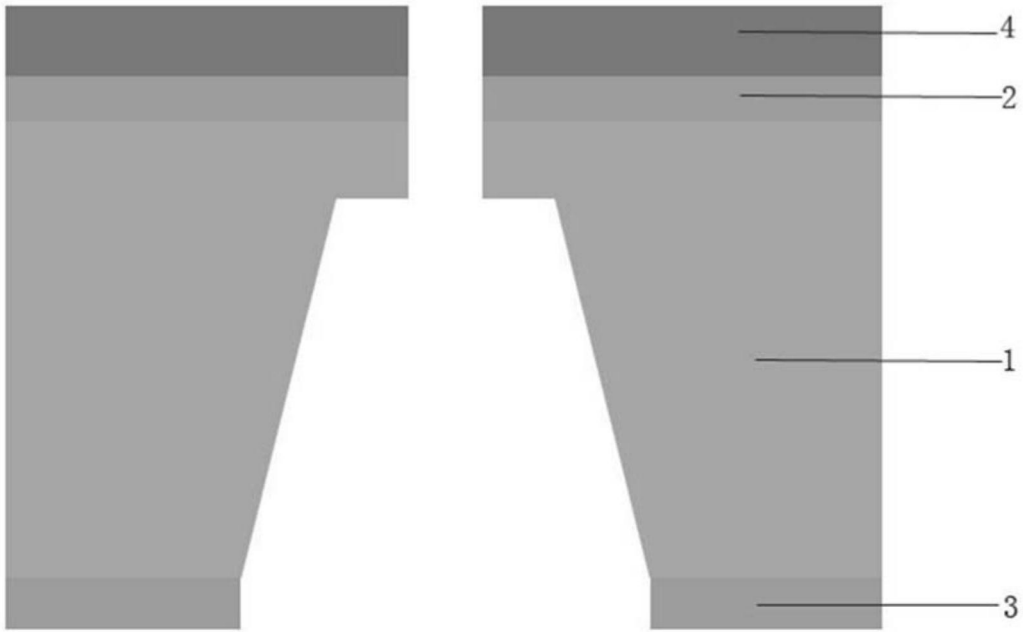


图2

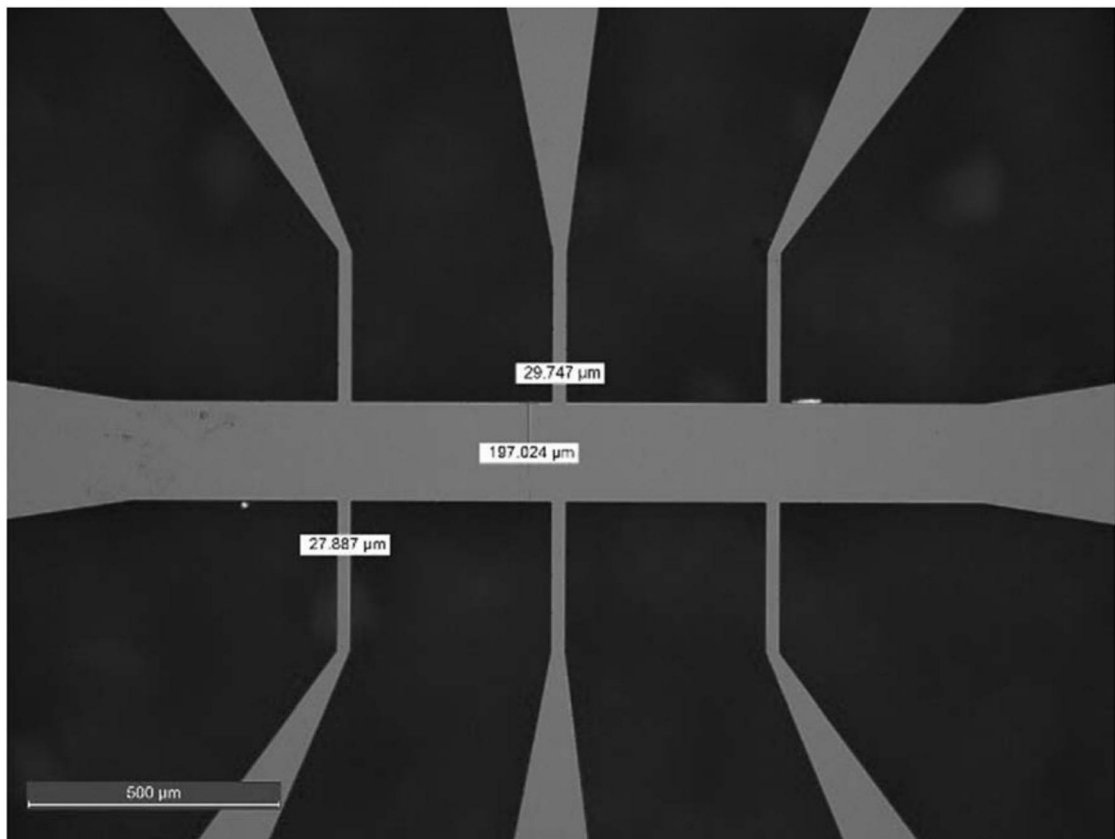


图3

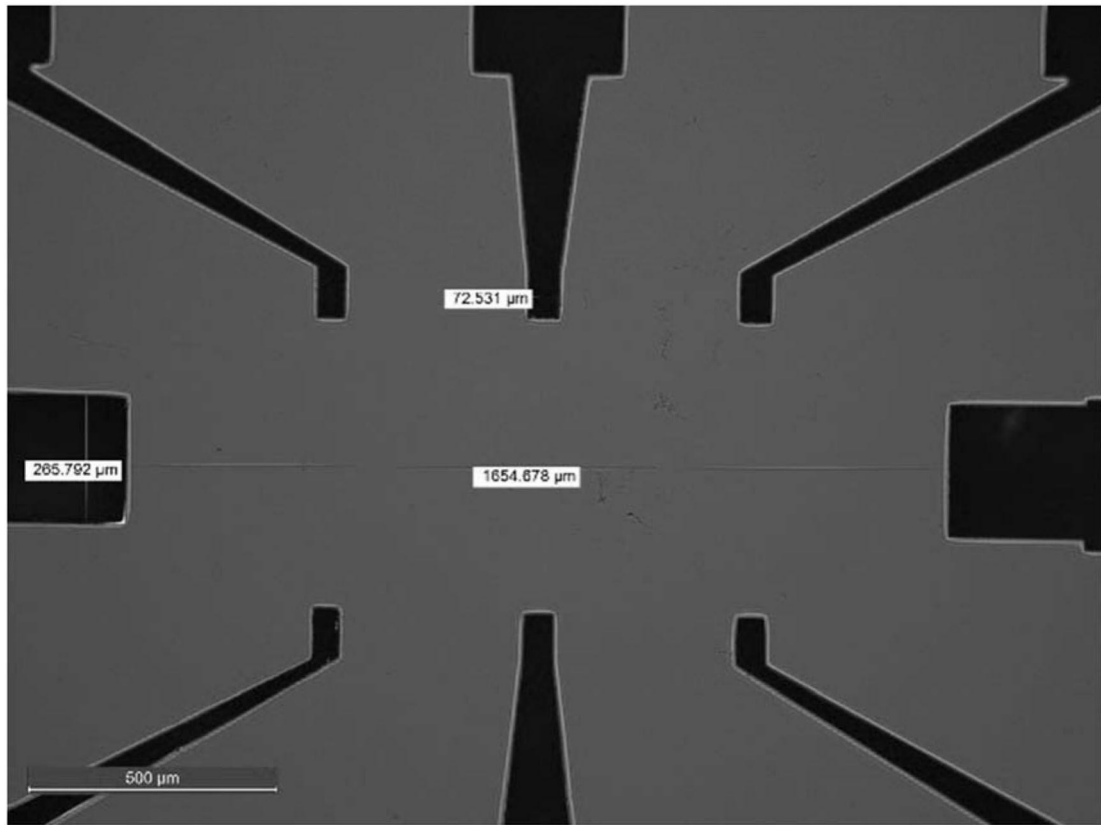


图4