



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107123701 B

(45)授权公告日 2018.11.30

(21)申请号 201710317590.4

H01L 31/0352(2006.01)

(22)申请日 2017.05.08

H01L 31/09(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

B82Y 30/00(2011.01)

申请公布号 CN 107123701 A

B82Y 40/00(2011.01)

(43)申请公布日 2017.09.01

审查员 刘雪莲

(73)专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72)发明人 高志远 张洁 薛晓玮 赵立欢
邹德恕

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理
有限公司 11203

代理人 张立改

(51)Int.Cl.

H01L 31/18(2006.01)

H01L 31/0296(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图10页

(54)发明名称

一种控制横向ZnO纳米线阵列紫外探测器均匀性的方法

(57)摘要

一种控制横向ZnO纳米线阵列紫外探测器均匀性的方法,涉及纳米技术与紫外探测技术领域。本发明利用水热法技术,基于二氧化硅衬底、种子层、台阶之间的相互作用,通过依次调整二氧化硅衬底种类、台阶处坡度、种子层厚度、溶液生长浓度和生长时间等实验参数得到高均匀性横向ZnO纳米线阵列的紫外探测器。本发明简单有效,提高了探测器均匀性和稳定性。

1. 一种提高横向ZnO纳米线阵列紫外探测器的纳米线阵列均匀性的方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 将以硅衬底为基底,所述基底依次用丙酮和乙醇进行超声清洗,用氮气吹干,备用;

(2) 制备绝缘衬底,采用PECVD方法在上述步骤(1)处理过的硅衬底上生长300nm二氧化硅绝缘层;

(3) 对步骤(2)中所述的绝缘层依次用丙酮和乙醇进行超声清洗,用氮气吹干,备用;

(4) 以叉指电极掩模板为模板,采用光刻工艺在步骤3中的绝缘层表面上使用光刻胶AZ5214进行图案化处理,使得光刻胶AZ5214的图形的截面为梯形结构,且呈倒梯形,即光刻胶AZ5214与二氧化硅绝缘层接触的底面面积小于上部非接触的截面面积,光刻胶AZ5214图形的侧面为具有坡度斜面;

(5) 在步骤(4)中光刻后得到的二氧化硅绝缘层上通过磁控溅射的方法依次生长氧化锌种子层和金属电极;

(6) 剥离步骤(5)的光刻胶,最终形成氧化锌种子层和金属电极侧面有一定坡度的台阶衬底;

(7) 将1:1摩尔比例的六水合硝酸锌($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)和六次甲基四胺(HMTA)溶于去离子水中,搅拌均匀,配制成0.1mmol/L-2.5mmol/L的硝酸锌溶液作为前体溶液;

(8) 步骤(7)所得前体溶液放入水热反应釜中,再将步骤(6)中衬底的电极面朝下浮于前体溶液表面,在80℃下反应生长ZnO纳米线,生长时间随种子层厚度和前体溶液浓度不同,纳米线生长速度不同,根据生长速度调节生长时间;

(9) 将生长有ZnO纳米线的衬底取出,用去离子水反复冲洗,氮气吹干,此时,ZnO纳米线就以均匀桥接的方式连接两个电极条之间,就制备完成了ZnO纳米线阵列紫外探测器件的主要部分;

(10) 通过扫描电子显微镜观察纳米线的形貌和通过电学测试得到I-V特性,若当前纳米线阵列在台阶处未达到均匀排列的形貌,则重新返回步骤(3)并对绝缘衬底进行退火处理;

(11) 退火可使二氧化硅绝缘层的致密性和粗糙度发生改变,并继续步骤(4)-步骤(9),观察步骤(9)得到的经过退火处理后对应的纳米线直径和器件I-V特性,确定二氧化硅绝缘层是否需要退火处理;

(12) 经过步骤(9)或步骤(11)后,若纳米线阵列在台阶处成核点均匀排列,但中间桥接数量较少,说明台阶坡度较缓,则重新返回步骤(4),改变光刻胶侧面图形坡度,使得纳米线生长分散角度发生变化,继续步骤(5)-步骤(9),观察步骤(9),对比不同坡度角度对应的纳米线阵列的均匀性和器件I-V特性,从中选取桥接数量最多的纳米线阵列对应的台阶坡度;

(13) 经过步骤(12)后,纳米线阵列若仍未达到纳米线均匀布满两边电极的形貌,则重新返回步骤(5)调节ZnO种子层厚度,种子层厚度决定纳米线成核点的大小和数量,并继续步骤(6)-步骤(9),观察步骤(9)得到的不同种子层厚度条件下对应的均匀纳米线阵列和I-V特性,从中选取最优种子层厚度。

2. 按照权利要求1所述的一种提高横向ZnO纳米线阵列紫外探测器的纳米线阵列均匀性的方法,其特征在于,步骤(11)对二氧化硅绝缘衬底进行退火处理,改变衬底粗糙度,进而影响纳米线均匀性及器件特性,观察步骤(9)得到的不同退火条件对应的纳米线形貌和

I-V特性,从中选取最均匀纳米线阵列和最优特性对应的最佳衬底退火条件。

3.按照权利要求1或2所述的一种提高横向ZnO纳米线阵列紫外探测器的纳米线阵列均匀性的方法,其特征在于,在得到最优退火条件之后,若纳米线仍未实现均匀桥接,则在步骤(12)改变光刻胶侧面图形坡度,使得纳米线生长分散角度发生变化,观察步骤(9),对比不同坡度角度对应的纳米线阵列的均匀性和器件I-V特性,从中选取桥接数量最多的纳米线阵列对应的台阶坡度。

4.按照权利要求1或2所述的一种提高横向ZnO纳米线阵列紫外探测器的纳米线阵列均匀性的方法,其特征在于,在改变衬底粗糙度和光刻角度之后,若纳米线阵列若仍未达到纳米线均匀布满两边电极的形貌,则返回步骤(5)调节ZnO种子层厚度,种子层厚度决定纳米线成核点的大小和数量,观察步骤(9)得到的不同种子层厚度条件下对应的均匀纳米线阵列和I-V特性,从中选取最优种子层厚度。

5.按照权利要求1所述的一种提高横向ZnO纳米线阵列紫外探测器的纳米线阵列均匀性的方法,其特征在于,均匀桥接指的是桥接每一侧的ZnO纳米线阵列长短、粗细整齐均一,桥接两侧的ZnO纳米线阵列相互间隔交叉桥接。

一种控制横向ZnO纳米线阵列紫外探测器均匀性的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及纳米技术与紫外探测技术领域,具体地说是利用ZnO对紫外响应的优良特性,将传统的微电子工艺技术与纳米线融合起来从而实现对紫外光的探测,利用工艺条件及工艺材料的变化,控制横向结构ZnO纳米线阵列的均匀。满足对紫外光探测稳定性的要求。

背景技术

[0002] 近年来,紫外辐射探测越来越重要。世界卫生组织报道过度的紫外辐射会对人体产生危害。除了健康监测外,紫外传感器在诸如环境监测,净水器,熄火检测,生物医学分析以及光通信等领域具有广泛的应用。早期紫外传感器采用硅衬底制备,然而,硅基器件需要滤光器除去可见光和红外光,并且需要冷却以降低暗电流来满足在高灵敏度应用领域的要求。这些问题促使研究者们采用近紫外谱区域的宽直接带隙材料来制备紫外探测器。这些材料之中,由于ZnO具备良好的生物相容性,低廉的价格,以及通过调节制备方法和制备条件便可简易地实现多样的纳米结构,因此成为研究的热点。得益于一维纳米结构带来的独特特性,如载流子限制以及高面积-体积比,基于ZnO纳米线的紫外探测器比ZnO薄膜的紫外探测器具有更加良好的性能。单晶纳米线为电子提供了直接通道,从而提高了光响应速度。高面积-体积比和高表面态密度提高了光电导增益,从而可以实现高光敏性。

[0003] 至今,许多研究致力于提高灵敏度和响应速度,或开发应用于柔性电子产品和自供电应用的新型器件结构,然而,纳米结构的实用性很少受到关注,如批量制造的可制造性和均匀性。一般地,将传导电流对紫外辐射十分敏感的纳米线与两个电极连接,便能够实现ZnO纳米线紫外传感器。文献中报道的纳米线常用的制备方法可分为三种:

[0004] 第一种方法涉及到将生长好的NW转移到一个新的衬底上,并将纳米线放置在两个导电电极之间,因为垂直纳米线阵列或无序纳米线很好获得。对于单根纳米线器件,通过聚焦离子束或电子束曝光淀积电极后,经过拾取和放置的工艺便可制备,这种方法昂贵而且产量低;对于纳米线阵列,则是一个在通过接触印刷形成的预图形化电极上的再分配工艺。或者通过在电极之间滴含有ZnO纳米线的溶液来制取。这种方法仍然部分依赖于实验者的操作。除此之外,在转移过程中,可能会污染和破坏纳米线的表面,从而影响紫外传感能力。

[0005] 第二种方法将生长的垂直NW阵列直接集成到器件结构中。通常的方法是首先沉积一层ZnO种子层[1],然后通过水热法生长NW。电极可以安置在种子层[1,芯片上]底部,也可以在纳米线阵列上面[462,461,102,105],然而,在这两种放置方式中,器件的导电通道都必须是在NWs下面连接两个电极的种子层,这会降低光敏感性以及响应时间和恢复时间。如果电极一个在上,一个在下[d2-100,d2-1,d2-101],出于稳定性的考虑,实际上需要透明绝缘填充层,这种填充层可能不会影响发光器件(LED)或太阳能电池的性能,但的确不是合适传感应用。因此,已经开发了在金属电极上直接生长NWs的方法[5,on-chip,12-2008,2013,p9-2]。尽管阵列垂直排列,一边电极边缘的一部分纳米线将会横向倾斜与另一个电极上的纳米线接触,并形成NW-NW结,并桥接两个电极。这种器件结构的电导由NW-NW结势垒控制,

此势垒被认为是两个背对背肖特基势垒。因此,穿过结势垒的隧道电流对该势垒的微小变化十分敏感,利用UV照射可以调节结势垒的大小,因此可以降低暗电流,且响应速度提高。该器件结构的缺点是垂直生长的NWs消耗了溶液的大部分溶质,导致只有小部分NW横向生长在电极边缘,不能保证纳米线的均匀性。结果,即使在一个晶片中制造的器件之间也将存在性能变化。

[0006] 第三种方法是直接生长横向NW阵列来连接两个电极。横向生长法是王博士团队在制备纳米发电机时首次提出的。在种子层上面沉积一层金属层来阻止纳米线的垂直生长,且同时被用作电极。纳米线成核只发生在ZnO种子层的暴露区域。然而,这种结构不是很适合UV传感装置。这种器件的光电流响应不如报道的垂直阵列结构可取,部分原因是由于一些纳米线无法达到另一侧形成良好的电接触,即使形成NW-NW桥接结构,但大部分纳米线过于平行而不能相遇形成桥接。

[0007] 本发明中,我们将第二种方法中基于垂直阵列的NW-NW桥接结构和第三种方法中的横向生长方法相结合。通过控制种子层沉积和电极制作过程中的光刻工艺和溅射工艺,暴露种子层的台阶边缘,并且发现纳米线阵列首先在台阶边缘成核,然后以扇形分布生长形成横向桥接结构。这种制作方法同时保证了器件性能和均匀性。

发明内容

[0008] 为了解决上述问题,本发明的目的是提供一种控制ZnO纳米线阵列均匀性的制作工艺,通过改变二氧化硅衬底粗糙度、ZnO种子层厚度和单晶度、台阶处坡度等参数得到高均匀性ZnO纳米线阵列的紫外探测器。

[0009] 本发明是通过以下工艺技术方案实现的:

[0010] 一种控制横向ZnO纳米线阵列紫外探测器的纳米线阵列均匀性的方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0011] (1) 将以硅衬底为基底,所述基底依次用丙酮和乙醇进行超声清洗,用氮气吹干,备用;

[0012] (2) 制备绝缘衬底,采用PECVD方法在上述步骤(1)处理过的硅衬底上生长300nm二氧化硅绝缘层;

[0013] (3) 对步骤(2)中所述的绝缘层依次用丙酮和乙醇进行超声清洗,用氮气吹干,备用;

[0014] (4) 以叉指电极掩模板为模板,采用光刻工艺在步骤3中的绝缘层表面上使用光刻胶AZ5214进行图案化处理,使得光刻胶AZ5214的图形的截面为梯形结构,且呈倒梯形,即光刻胶AZ5214与二氧化硅绝缘层接触的底面面积小于上部非接触的截面面积,光刻胶AZ5214图形的侧面为具有坡度斜面;

[0015] (5) 在步骤(4)中光刻后得到的二氧化硅绝缘层上通过磁控溅射的方法依次生长氧化锌种子层和金属电极;

[0016] (6) 剥离步骤(5)的光刻胶,最终形成氧化锌种子层和金属电极侧面有一定坡度的台阶衬底;

[0017] (7) 将1:1摩尔比例的六水合硝酸锌($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)和六次甲基四胺(HMTA)溶于去离子水中,搅拌均匀,配制成0.1mmol/L-2.5mmol/L的硝酸锌溶液作为前体溶液;

[0018] (8) 步骤(7)所得前体溶液放入水热反应釜中,再将步骤(6)中衬底的电极面朝下浮于前体溶液表面,在80℃下反应生长ZnO纳米线,生长时间随种子层厚度和前体溶液浓度不同,纳米线生长速度不同,根据生长速度调节生长时间;

[0019] (9) 将生长有ZnO纳米线的衬底取出,用去离子水反复冲洗,氮气吹干,此时,ZnO纳米线就以均匀桥接的方式连接两个电极条之间,就制备完成了ZnO纳米线阵列紫外探测器件的主要部分;

[0020] (10) 通过扫描电子显微镜观察纳米线的形貌和通过电学测试得到I-V特性,若当前纳米线阵列在台阶处未达到均匀排列的形貌,则重新返回步骤(3)并对绝缘衬底进行退火处理;

[0021] (11) 退火可使二氧化硅绝缘层的致密性和粗糙度发生改变,并继续步骤(4)-步骤(9),观察步骤(9)得到的经过退火处理后对应的纳米线直径和器件I-V特性,确定二氧化硅绝缘层是否需要退火处理;

[0022] (12) 经过步骤(9)或步骤(11)后,若纳米线阵列在台阶处成核点均匀排列,但中间桥接数量较少,说明台阶坡度较缓,则重新返回步骤(4),改变光刻胶侧面图形坡度,使得纳米线生长分散角度发生变化,继续步骤(5)-步骤(9),观察步骤(9),对比不同坡度角度对应的纳米线阵列的均匀性和器件I-V特性,从中选取桥接数量最多的纳米线阵列对应的台阶坡度;

[0023] (13) 经过步骤(12)后,纳米线阵列若仍未达到纳米线均匀布满两边电极的形貌,则重新返回步骤(5)调节ZnO种子层厚度,种子层厚度决定纳米线成核点的大小和数量,并继续步骤(6)-步骤(9),观察步骤(9)得到的不同种子层厚度条件下对应的均匀纳米线阵列和I-V特性,从中选取最优种子层厚度。

[0024] 步骤(11)对二氧化硅绝缘衬底进行退火处理,改变衬底粗糙度,进而影响纳米线均匀性及器件特性,观察步骤(9)得到的不同退火条件对应的纳米线形貌和I-V特性,从中选取最均匀纳米线阵列和最优特性对应的最佳衬底退火条件。

[0025] 在得到最优退火条件之后,若纳米线仍未实现均匀桥接,则在步骤(12)改变光刻胶侧面图形坡度,使得纳米线生长分散角度发生变化,观察步骤9,对比不同坡度角度对应的纳米线阵列的均匀性和器件I-V特性,从中选取桥接数量最多的纳米线阵列对应的台阶坡度;

[0026] 在改变衬底粗糙度和光刻角度之后,若纳米线阵列若仍未达到纳米线均匀布满两边电极的形貌,则返回步骤5调节ZnO种子层厚度,种子层厚度决定纳米线成核点的大小和数量,观察步骤9得到的不同种子层厚度条件下对应的均匀纳米线阵列和I-V特性,从中选取最优种子层厚度;

[0027] 本发明的均匀桥接指的是桥接每一侧的ZnO纳米线阵列长短、粗细整齐均一,桥接两侧的ZnO纳米线阵列相互间隔交叉桥接,纳米线阵列在台阶处成核点均匀排列。

[0028] 与现有的制备氧化锌纳米线的技术相比,本发明具有如下优点:

[0029] 本发明提供了一种控制ZnO纳米线阵列紫外探测器均匀性和稳定性的工艺方法,满足了稳定高增益器件的制备要求,解决了纳米线阵列生长方向可控性问题,通过依次调控二氧化硅衬底粗糙度、台阶坡度、ZnO种子层厚度这3个因素,结合水热法中纳米线的生长机理,实现均匀纳米线阵列的生长,对于器件稳定性具有重要意义。

附图说明

- [0030] 图1本发明的器件结构平面图；
- [0031] 图2本发明的器件结构剖面图；
- [0032] 图3本发明器件的制备流程；(a) - (e) 为各步图的结构；
- [0033] 图4未退火处理的器件SEM图和特性图，(a) 为SEM图，(b) 为特性图；
- [0034] 图5为300℃退火处理的器件SEM图和特性图；(a) 为SEM图，(b) 为特性图；
- [0035] 图6台阶倾角为30°~40°之间的器件SEM图和特性图；(a) 为SEM图，(b) 为特性图；
- [0036] 图7台阶倾角为70°~80°之间的器件SEM图和特性图；(a) 为SEM图，(b) 为特性图；
- [0037] 图中：1-硅衬底2-SiO₂绝缘层3-ZnO种子层4-电极5-ZnO纳米线。
- [0038] 图8实施例3步骤(5) 器件SEM图和特性图；(a) 为SEM图，(b) 为特性图；
- [0039] 图9实施例3步骤(8) 器件SEM图和特性图；(a) 为SEM图，(b) 为特性图；
- [0040] 图10本发明控制纳米线均匀性的方案流程图。

具体实施方式

[0041] 为使本发明的目的、优点更加清楚明白，下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步的说明，但本发明并不限于以下实施例。

[0042] 实施例1

[0043] 本发明为一种高均匀性横向ZnO纳米线阵列紫外探测器件，具体地说是一种通过控制纳米线阵列均匀性来提高器件稳定性的方法。

[0044] 本发明公开的一种高均匀性横向ZnO纳米线阵列紫外探测器件的具体结构如下：

[0045] SiO₂衬底表面有两部分完全对称的电极，每部分电极由一个200微米*500微米的矩形和12个370微米*5微米矩形条连接组成，各电极条间距5微米，两电极间距为400微米。所有图形的组成部分是：100nmZnO种子层和60nmCr电极。所有图形的组成部分是：100nmZnO种子层和60nmCr电极。

[0046] 所述的紫外探测器件，选择Si衬底作为本发明的衬底，为了保证各器件之间不存在相互影响，选择PECVD生长300nm的SiO₂绝缘层。将台阶的侧面和表面制作电极后，再侧向生长ZnO纳米线。其具体制备方法如下：

[0047] (1) 首先，将上述Si基衬底前烘，旋涂AZ-5214光刻胶，胶厚为1.5微米，经过后烘、曝光、反转烘、泛曝、显影、坚膜后将图形刻在衬表面，呈倒梯形，如附图3(a)所示。

[0048] (2) 在(1)中图案化的衬底上依次溅射100nm厚ZnO种子层、60nm厚Cr，种子层溅射功率为150W，如附图3(b)所示。

[0049] (3) 将(2)中溅射有种子层和电极的Si衬底中的AZ-5214进行剥离，该过程将衬底浸入剥离液或丙酮中，经过超声处理将光刻胶AZ-5214去掉，剥离好的Si衬底经过丙酮、乙醇、去离子水清洗干净，氮气吹干，剥离之后的衬底表面如附图3(c)所示。

[0050] (4) 将等摩尔比例的六水合硝酸锌(Zn(NO₃)₂·6H₂O)和六次甲基四胺(HMTA)溶于去离子水中，搅拌均匀，配制成1mmol/L的硝酸锌溶液作为前体溶液。

[0051] (5) 取30mL前体溶液放入水热反应釜中，再将(3)中图案化Si衬底倒置浮于溶液表面，在80℃下反应生长ZnO纳米线，持续8h。最终实现纳米线桥接连接，器件制备完成，如附

图3(d)所示。器件增益为7275,器件响应时间为18.2s和50s,器件平面SEM图如图4(a)所示,器件特性图如图4(b)所示;

[0052] (6) 观察图4(a)中的纳米线数量很少,且直径较粗,器件增益也未达到理想的 10^6 量级;

[0053] (7) 返回(3)将上述Si基衬底进行300℃退火处理,退火时间为2min,重新开始工艺流程,最终实现纳米线桥接连接,器件制备完成。器件增益为16083,器件响应时间为13.8s和7.6s,器件平面SEM图如图5(a)所示,器件特性图如图5(b)所示;

[0054] (8) 观察图5(a)中纳米线直径变小,且增益提高一个数量级。响应时间变短。

[0055] 实施例2

[0056] 同实施例1相同的电极图案结构,每部分电极由一个200微米*500微米的矩形和12个370微米*5微米矩形条连接组成,各电极条间距5微米,两电极间距为400微米。所有图形的组成部分是:100nmZnO种子层和60nmCr电极。

[0057] 所述的紫外探测器件,选择Si衬底作为本发明的衬底,为了保证各器件之间不存在相互影响,选择PECVD生长300nm的SiO₂绝缘层。将台阶的侧面和表面制作电极后,再侧向生长ZnO纳米线。其具体制备方法如下:

[0058] (1) 首先,将上述Si基衬底进行300℃的退火处理,时间为2min;前烘,旋涂AZ-5214光刻胶,胶厚为1.5微米,经过后烘、曝光、反转烘、泛曝、显影、坚膜后将图形刻在衬表面,呈倒梯形(倒梯形下角范围在30°~40°之间),如附图3(e)所示。

[0059] (2) 在(1)中图案化的衬底上依次溅射100nm厚ZnO种子层、60nm厚Cr,种子层溅射功率为150W,如附图3(b)所示。

[0060] 将(2)中溅射有种子层和电极的Si衬底中的AZ-5214进行剥离,该过程将衬底浸入剥离液或丙酮中,经过超声处理将光刻胶AZ-5214去掉,剥离好的Si衬底经过丙酮、乙醇、去离子水清洗干净,氮气吹干,剥离之后的衬底表面如附图3(c)所示。

[0061] (4) 将等摩尔比例的六水合硝酸锌($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$)和六次甲基四胺(HMTA)溶于去离子水中,搅拌均匀,配制成1mmol/L的硝酸锌溶液作为前体溶液。

[0062] (5) 取30mL前体溶液放入水热反应釜中,再将(3)中图案化Si衬底倒置浮于溶液表面,在80℃下反应生长ZnO纳米线,持续8h。最终实现纳米线桥接连接,器件制备完成,如附图3(d)所示。器件增益为442,器件响应时间为18.54s和6.93s,器件平面SEM图如图6(a)所示,器件特性图如图6(b)所示;

[0063] (6) 观察图6(a)中的纳米线,桥接数量很少,增益只达到 10^2 量级;

[0064] (7) 返回(1)中改变光刻胶倾角,使其呈倒梯形(倒梯形下角范围在70°~80°之间),如附图3(a)所示;

[0065] (8) 依次进行工艺流程,最终实现纳米线桥接连接,器件制备完成。器件增益为136442,器件响应时间为11.39s和15.33s,器件平面SEM图如图7(a)所示,器件特性图如图7(b)所示;

[0066] (9) 观察图7(a),纳米线桥接数量变多,且器件增益增加3个数量级,响应时间接近。

[0067] 实施例3

[0068] 同实施例1相同的电极图案结构,每部分电极由一个200微米*500微米的矩形和12

个370微米*5微米矩形条连接组成,各电极条间距5微米,两电极间距为400微米。所有图形的组成部分是:300nmZnO种子层和60nmCr电极。

[0069] 所述的紫外探测器件,选择Si衬底作为本发明的衬底,为了保证各器件之间不存在相互影响,选择PECVD生长300nm的SiO₂绝缘层。将台阶的侧面和表面制作电极后,再侧向生长ZnO纳米线。其具体制备方法如下:

[0070] (1) 首先,将上述Si基衬底进行300℃的退火处理,时间为2min;前烘,旋涂AZ-5214光刻胶,胶厚为1.5微米,经过后烘、曝光、反转烘、泛曝、显影、坚膜后将图形刻在衬表面,呈倒梯形(倒梯形下角范围在70°~80°之间),如附图3(a)所示;

[0071] (2) (2)在(1)中图案化的衬底上依次溅射100nm厚ZnO种子层、60nm厚Cr,种子层溅射功率为150W,如附图3(b)所示。

[0072] (3) (3)将(2)中溅射有种子层和电极的Si衬底中的AZ-5214进行剥离,该过程将衬底浸入剥离液或丙酮中,经过超声处理将光刻胶AZ-5214去掉,剥离好的Si衬底经过丙酮、乙醇、去离子水清洗干

[0073] 净,氮气吹干,剥离之后的衬底表面如附图3(c)所示。

[0074] (4) (4)将等摩尔比例的六水合硝酸锌($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)和六次甲基四胺(HMTA)溶于去离子水中,搅拌均匀,配制成1mmol/L的硝酸锌溶液作为前体溶液。

[0075] (5) (5)取30mL前体溶液放入水热反应釜中,再将(3)中图案化Si衬底倒置浮于溶液表面,在80℃下反应生长ZnO纳米线,持续8h。最终实现纳米线桥接连接,器件制备完成,如附图3(d)所示。器件增益为37776,器件响应时间为1.93s和1.62s,器件平面SEM图如图8(a)所示,器件特性图如图8(b)所示;

[0076] (6) 观察图8(a)中的电极两侧纳米线数量较少,并未在中间位置形成均匀桥接,且增益为 10^4 量级,同实施例2相比,增益有所下降;

[0077] (7) 返回(2)改变溅射ZnO种子层厚度为300nm;

[0078] (8) 依次进行工艺流程,最终实现纳米线桥接连接,器件制备完成。器件增益为1878183,器件响应时间为12.1s和1s,器件平面SEM图如图9(a)所示,器件特性图如图9(b)所示;

[0079] (9) 器件增益达到 10^6 以上,且纳米均匀排列在电极两侧,中间位置均匀桥接。

[0080] 参见附图10本发明控制纳米线均匀性的方案流程图。

[0081] 本发明控制纳米线均匀性的方案流程如下:

[0082] 设定种子层厚度为100纳米,前体液浓度为1mmol/L,生长时间为8h,按照设定参数制备种子层厚度和水热法生长条件制备器件,得到器件的SEM图、I-V和I-T特性,若器件的纳米线直径较粗,数量较少,器件增益也未达到较大数量级,则对二氧化硅衬底进行300℃退火处理,退火时间为2min,退火处理可改变二氧化硅衬底粗糙度,进而影响纳米线直径;若退火处理后纳米阵列的均匀性得到了优化,但桥接纳米线数量很少,则改变台阶坡度,使纳米线在成核点出分散生长,达到在器件缝隙中间均匀桥接的目的;若纳米线实现桥接均匀,但电极两边纳米线数量较少,则改变种子层厚度,纳米线成核点数量和纳米线直径与种子层厚度有直接关系,最终经过3次工艺调节,实现纳米线均匀桥接的目的,且有 10^6 量级增益,及快速响应时间。

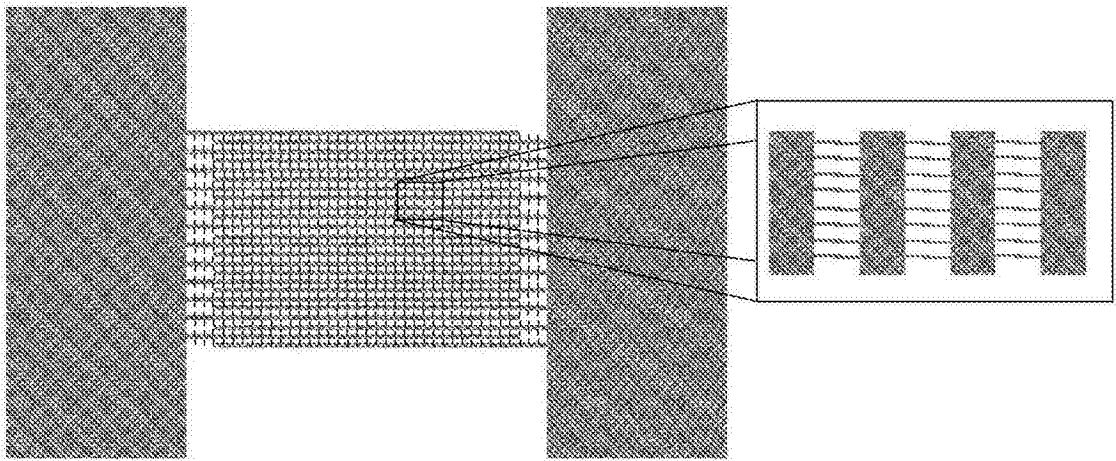


图1

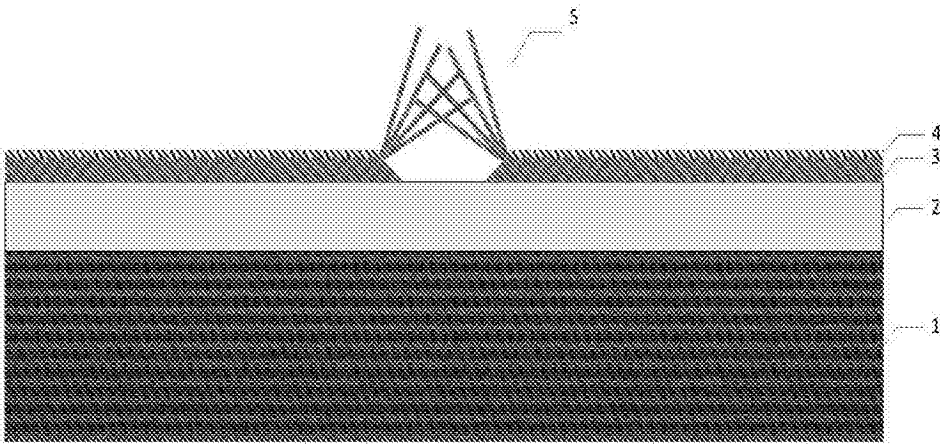
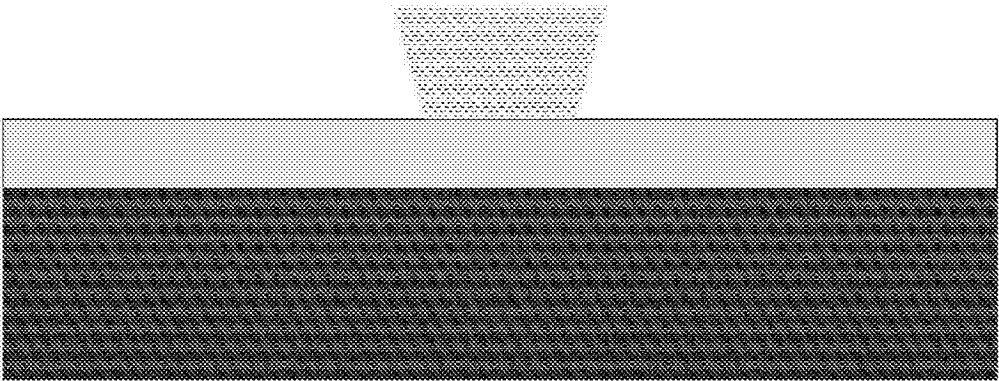
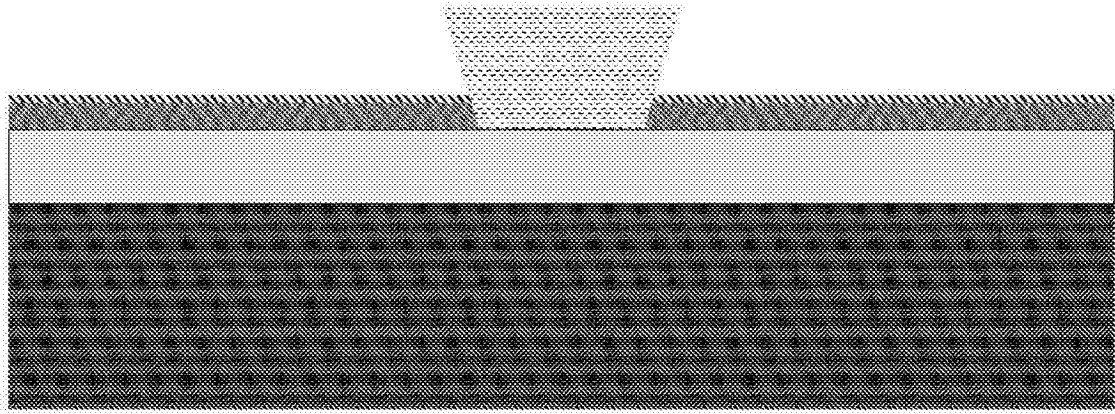


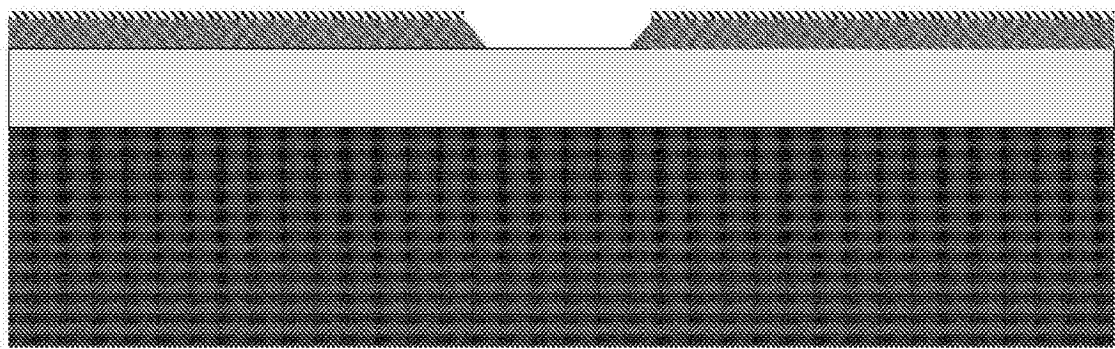
图2



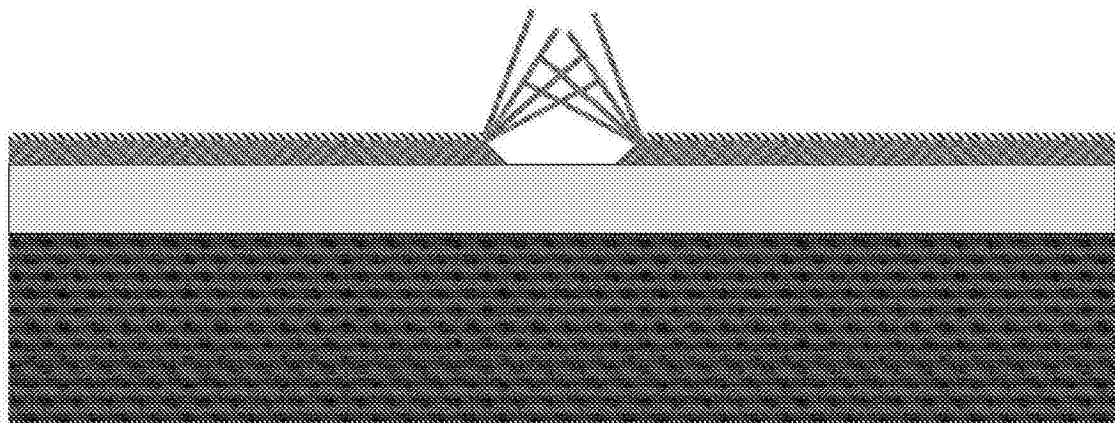
(a)



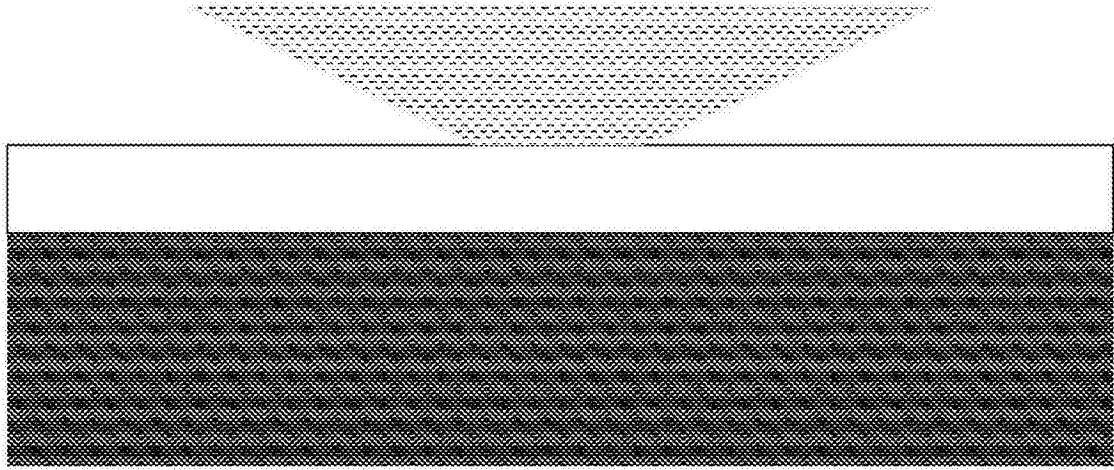
(b)



(c)

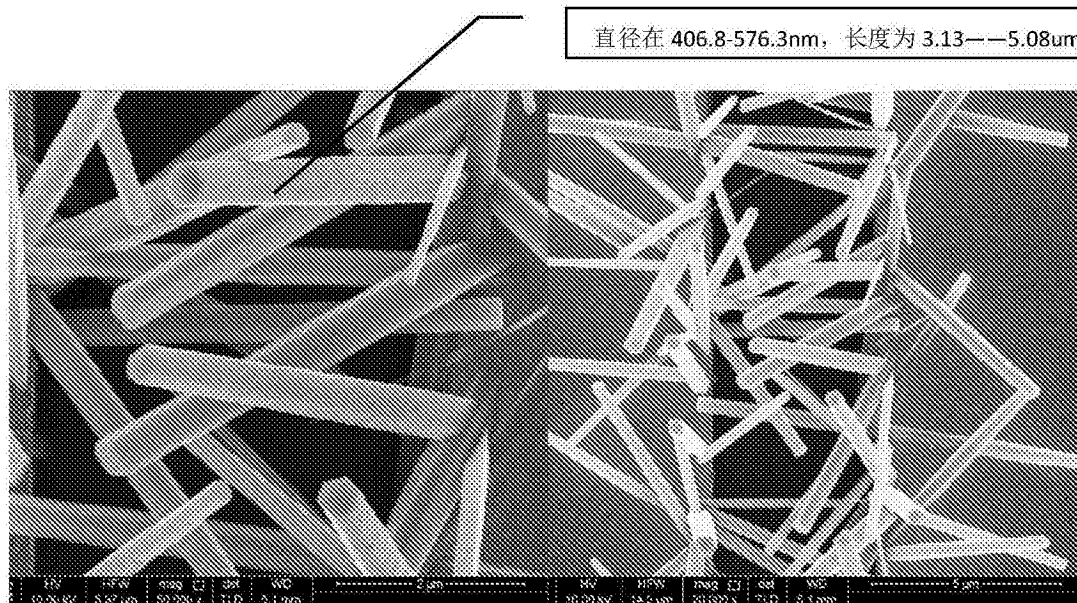


(d)

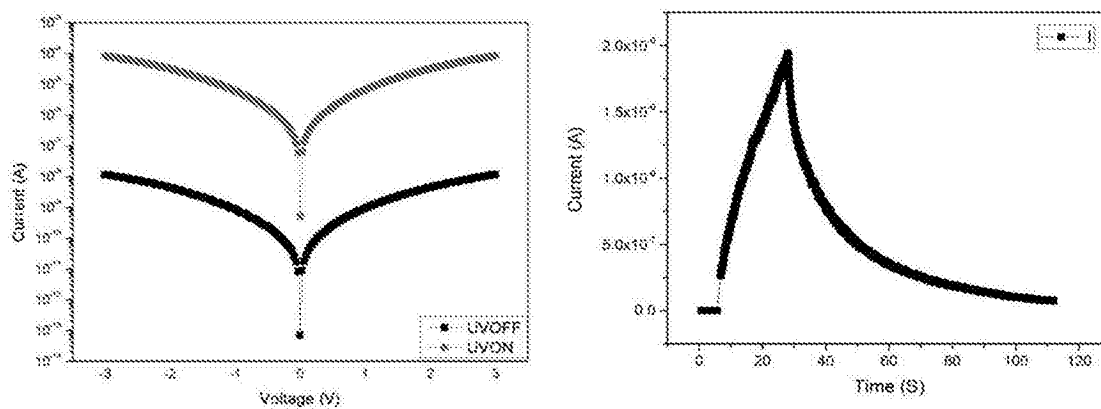


(e)

图3

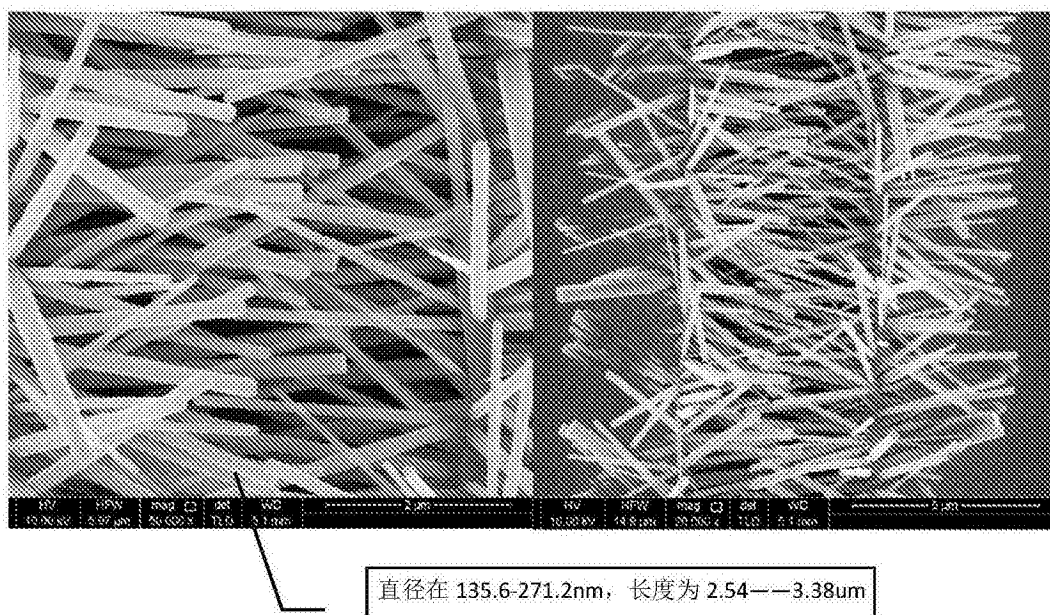


(a)

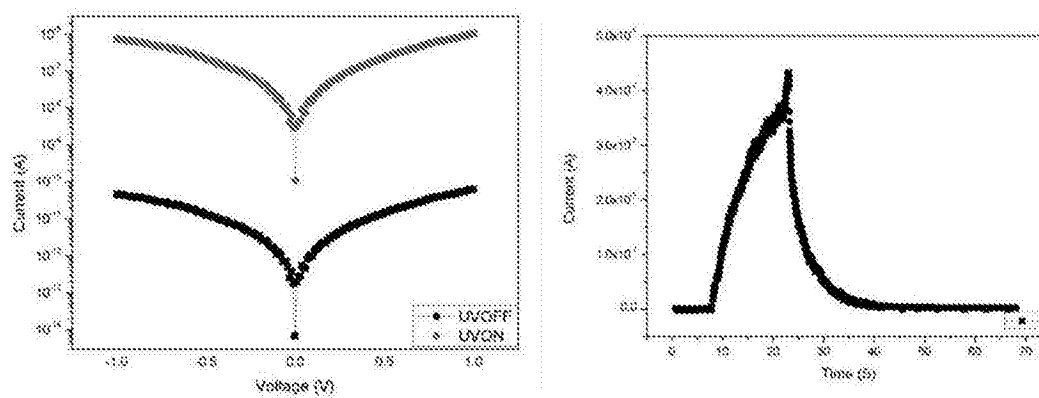


(b)

图4

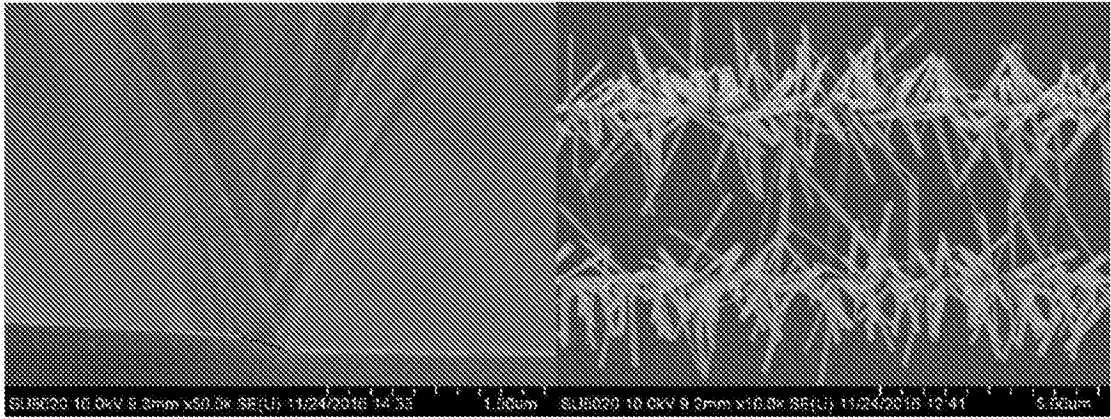


(a)

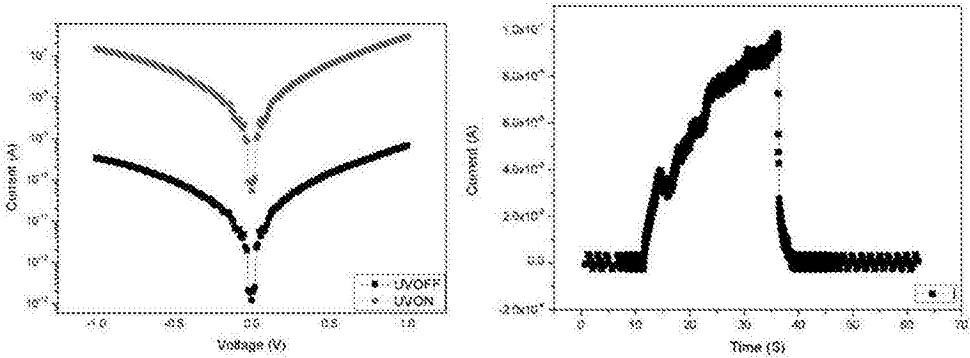


(b)

图5

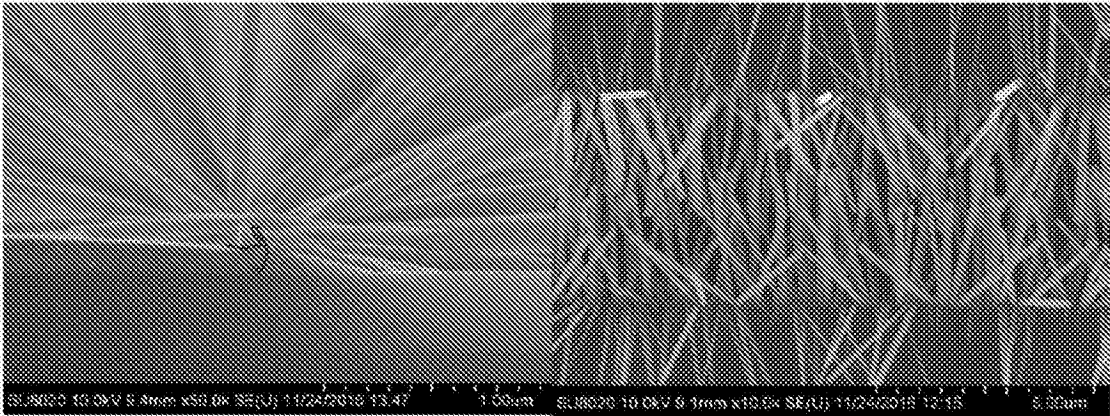


(a)

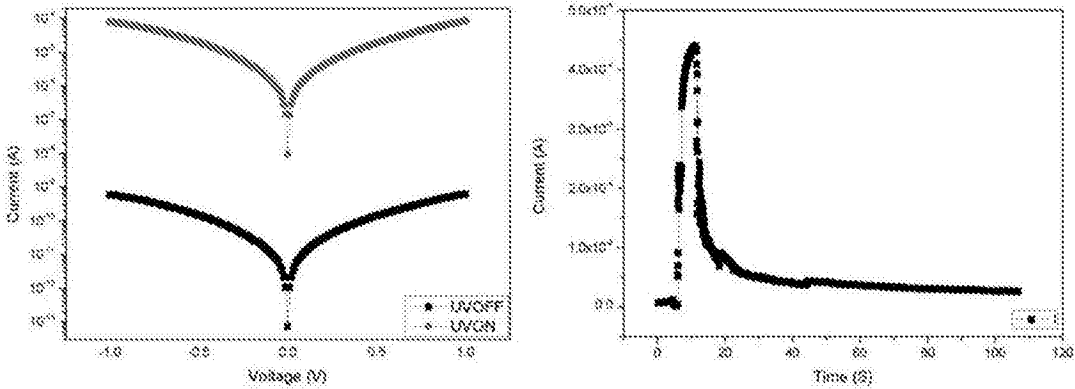


(b)

图6

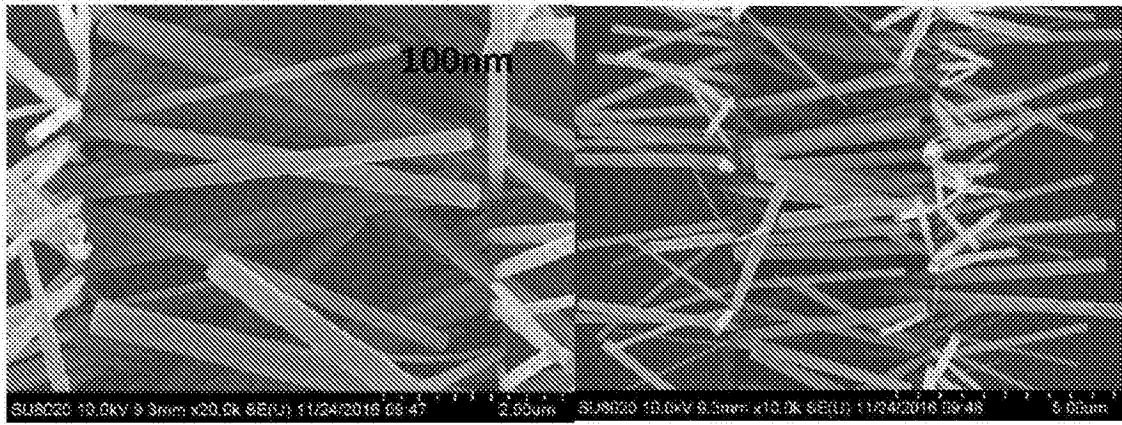


(a)

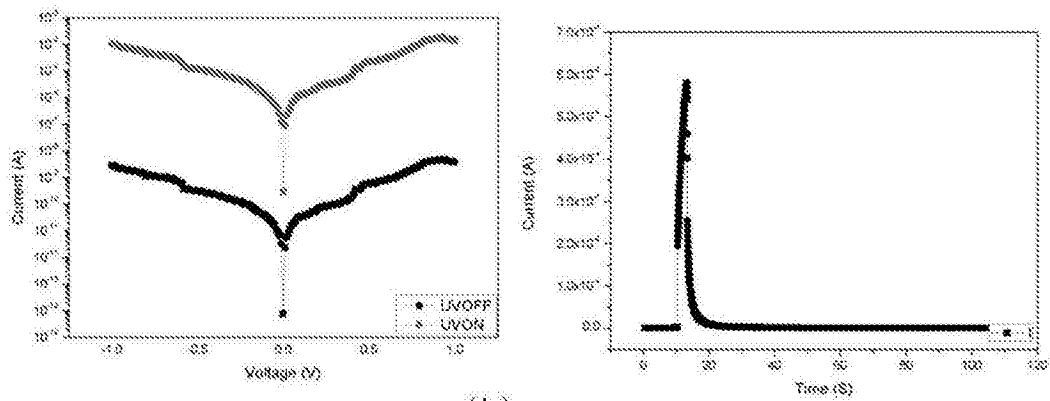


(b)

图7

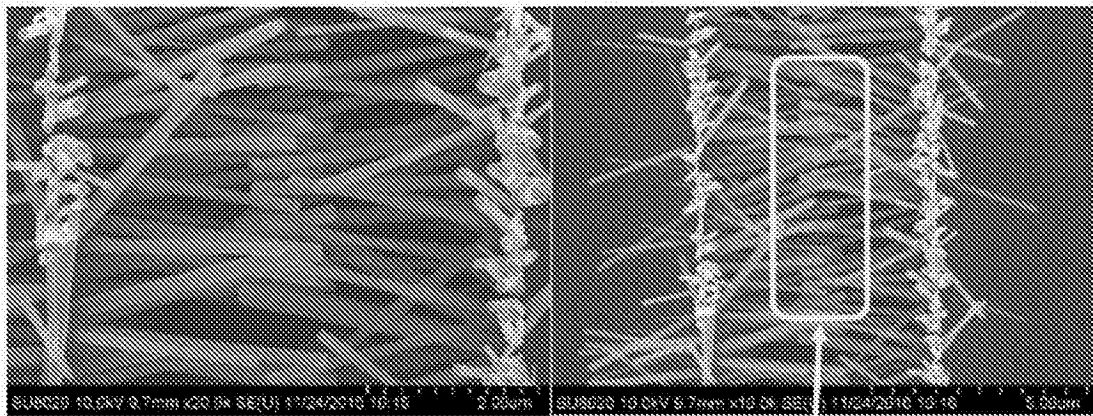


(a)



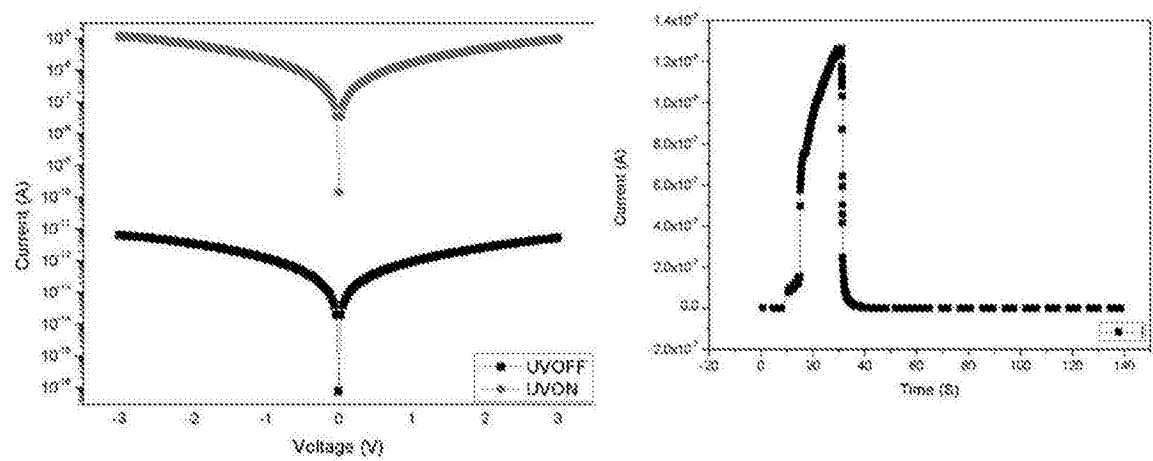
(b)

图8



桥接部分很均匀

(a)



(b)

图9

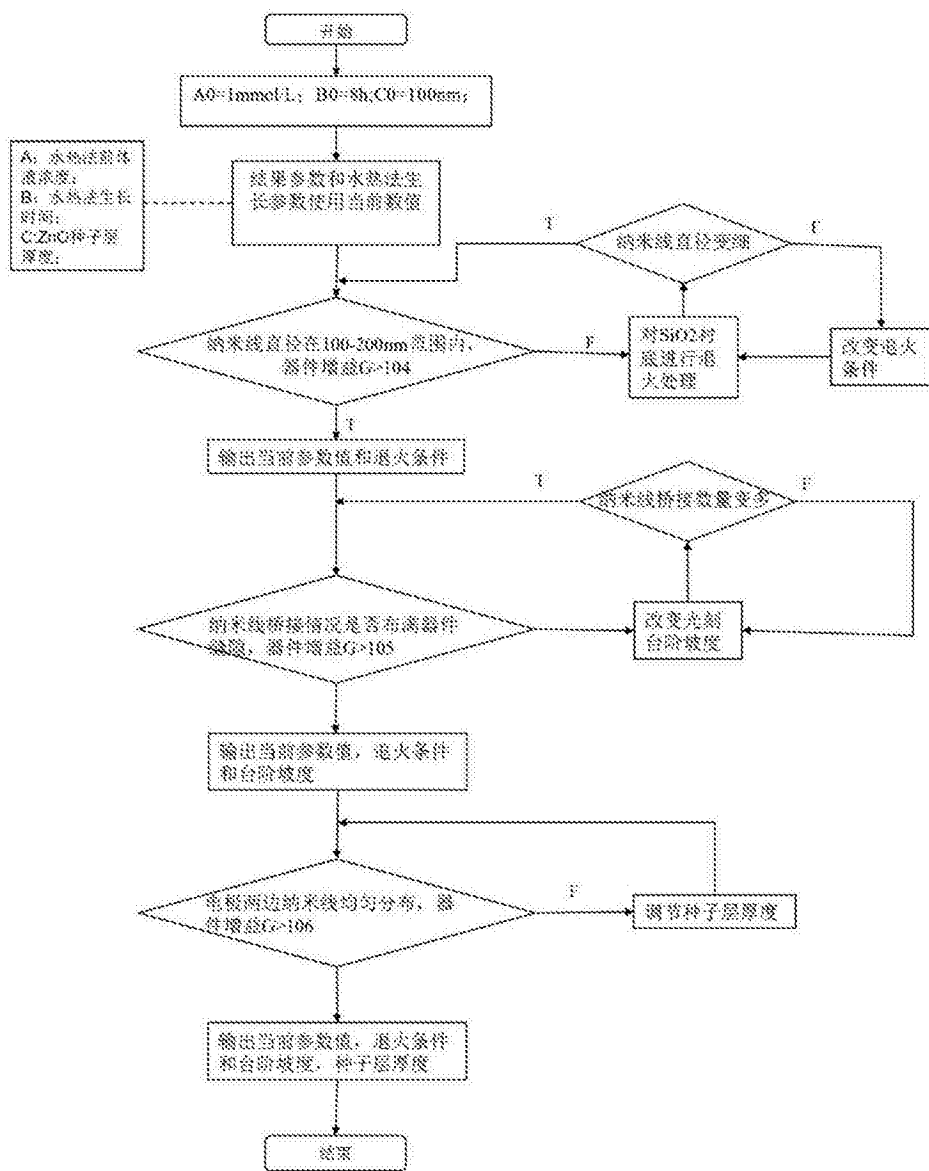


图10