



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107146830 B

(45)授权公告日 2019.04.02

(21)申请号 201710423821.X

H01L 31/108(2006.01)

(22)申请日 2017.06.07

审查员 郭学军

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107146830 A

(43)申请公布日 2017.09.08

(73)专利权人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 徐杨 马玲玲 阿亚兹 李炜
刘威 吕建杭

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公
司 33200

代理人 刘静 邱启旺

(51)Int.Cl.

H01L 31/18(2006.01)

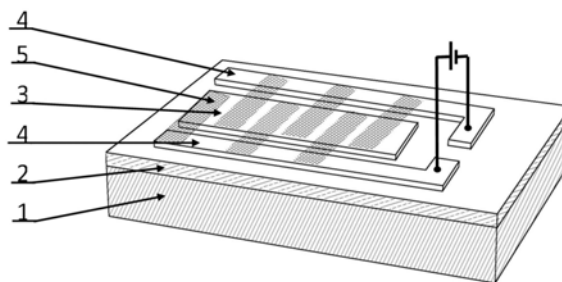
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种制备柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的方法

(57)摘要

本发明公开了一种制备柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的方法,包括:将SOI硅衬底的硅薄膜刻蚀成硅条;在SOI硅衬底的二氧化硅隔离层上表面光刻出金电极图形,镀金电极;制备单晶石墨烯薄膜;在二氧化硅隔离层、硅条和金电极上表面覆盖单晶石墨烯薄膜;将单晶石墨烯薄膜图形化成叉指型;在图形化的器件上表面覆盖PC薄膜,刮去边缘PC膜,放进BOE刻蚀液中刻蚀掉硅衬底;本发明光电探测器可以进行宽光谱探测,解决了传统硅基PIN结对紫外光探测响应低的问题,光生载流子与硅晶格产生碰撞离子化,获得很高的增益;本发明制备工艺简单,成本低廉,具有响应度高,响应速度快,内部增益大,开关比小,易于集成的特点。



1. 一种制备柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 将SOI硅衬底(1)的硅薄膜采用深能级反应刻蚀机ICP刻蚀成矩形的硅条(3),所述SOI硅衬底(1)从上至下包括硅薄膜、二氧化硅隔离层(2)和硅衬底(1);

所述硅薄膜厚度为200 nm,硅条(3)厚度为200 nm,二氧化硅隔离层(2)厚度为100 nm;

(2) 在二氧化硅隔离层(2)上表面光刻出位于硅条(3)两侧、且平行于硅条(3)的金电极图形,然后采用电子束蒸发技术镀金电极(4);

(3) 采用化学气相沉积方法在铜箔基底上制备单晶石墨烯薄膜(5);

(4) 在二氧化硅隔离层(2)、硅条(3)和金电极(4)上表面覆盖单晶石墨烯薄膜(5);

(5) 将单晶石墨烯薄膜(5)采用光刻技术图形化成叉指型,随后利用等离子体刻蚀去除多余的石墨烯,图形化后的单晶石墨烯薄膜(5)的覆盖范围在金电极(4)包围的范围内;

(6) 在步骤(5)得到的图形化的器件上表面覆盖PC薄膜,刮去边缘PC膜,并放进BOE刻蚀液中刻蚀掉硅衬底(1),制备出柔性透明超薄的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器。

2. 根据权利要求1所述的一种制备柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的方法,其特征在于,所述步骤(2)中,首先在二氧化硅隔离层(2)上生长厚度为5 nm的铬黏附层,然后生长60 nm的金电极(4)。

3. 根据权利要求1所述的一种制备柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的方法,其特征在于,所述步骤(4)中,石墨烯的转移方法为:将单晶石墨烯薄膜(5)表面均匀涂覆一层聚甲基丙烯酸甲酯薄膜,然后放入刻蚀溶液中4h腐蚀去除铜箔,留下由聚甲基丙烯酸甲酯支撑的单晶石墨烯薄膜(5);将聚甲基丙烯酸甲酯支撑的单晶石墨烯薄膜(5)用去离子水清洗后转移到二氧化硅隔离层(2)、硅条(3)和金电极(4)的上表面;最后用二氯甲烷和异丙醇去除聚甲基丙烯酸甲酯;其中,所述刻蚀溶液由CuSO₄、HCl和水组成,CuSO₄:HCl:H₂O=10g: 50ml: 50ml。

一种制备柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的方法

技术领域

[0001] 本发明属于光电探测技术领域,涉及光电探测器件结构,尤其涉及一种制备柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的方法

背景技术

[0002] 良好的导电性,较高的光学透明度和良好的机械灵活性使得石墨烯成为下一代柔性电子器件的有比较好的应用前景。其中石墨烯与半导体结合形成肖特基结,可应用于电子和光电子领域。虽然有机半导体本质上是灵活的,但石墨烯-半导体肖特基结是柔性电子器件的理想选择。然而,诸如稳定性差,不可重复响应和器件性能差等主要问题,特别是与硅基器件相比,限制了其更广泛的应用。此外,与单晶硅相比,有机半导体具有较低的迁移率。

[0003] 硅作为二十世纪最重要的半导体材料之一,一直推动着电子,光电子和太阳能电池行业的巨大成功,其中多以单晶、多晶硅晶片和无定形以及纳米晶体薄膜的形式使用。由于硅适宜的带隙结构,成熟的CMOS制造技术,高可靠性,良好控制的表面状态和低成本的可扩展生产以及高速光电检测,使硅成为用于光电探测器的理想半导体材料。然而体硅晶体的刚度限制了其在柔性光电探测器领域的应用,特别是柔性检测电子器件方面。但是,当Si薄膜减薄到小于50微米时,应用柔韧性较好,容易弯曲,并且可以用普通剪刀剪切,使其在柔性电子应用中有一定的应用价值。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对现有技术的不足,提供一种制备柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属(MSM)光电探测器的方法。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:一种制备柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的方法,包括以下步骤:

[0006] (1)将SOI硅衬底的硅薄膜采用深能级反应刻蚀机ICP刻蚀成矩形的硅条,所述SOI硅衬底从上至下包括硅薄膜、二氧化硅隔离层和硅衬底;

[0007] (2)在二氧化硅隔离层上表面光刻出位于硅条两侧、且平行于硅条的金电极图形,然后采用电子束蒸发技术镀金电极;

[0008] (3)采用化学气相沉积方法在铜箔基底上制备单晶石墨烯薄膜;

[0009] (4)在二氧化硅隔离层、硅条和金电极上表面覆盖单晶石墨烯薄膜;

[0010] (5)将单晶石墨烯薄膜采用光刻技术图形化成叉指型,随后利用等离子体刻蚀去除多余的石墨烯,图形化后的单晶石墨烯薄膜的覆盖范围在金电极包围的范围内;

[0011] (6)在步骤得到的图形化的器件上表面覆盖PC薄膜,刮去边缘PC膜,并放进BOE刻蚀液中刻蚀掉硅衬底,制备出柔性透明超薄的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器。

[0012] 进一步地,所述步骤中,所述硅薄膜厚度为200nm,硅条厚度为200nm,二氧化硅隔

离层厚度为100nm。

[0013] 进一步地,所述步骤中,首先在二氧化硅隔离层上生长厚度为5nm的铬黏附层,然后生长60nm的金电极。

[0014] 进一步地,所述步骤中,石墨烯的转移方法为:将单晶石墨烯薄膜表面均匀涂覆一层聚甲基丙烯酸甲酯薄膜,然后放入刻蚀溶液中4h腐蚀去除铜箔,留下由聚甲基丙烯酸甲酯支撑的单晶石墨烯薄膜;将聚甲基丙烯酸甲酯支撑的单晶石墨烯薄膜用去离子水清洗后转移到二氧化硅隔离层、硅条和金电极的上表面;最后用二氯甲烷和异丙醇去除聚甲基丙烯酸甲酯;其中,所述刻蚀溶液由CuSO₄、HCl和水组成,CuSO₄:HCl:H₂O=10g:50ml:50ml。

[0015] 本发明具有以下有益效果:该探测器以石墨烯作为有源层和透明电极,消除死层,增强入射光的吸收;二氧化硅隔离层减少了硅表面态的影响,同时抑制了反向饱和电流;在较小偏压即可正常工作,本发明中使用的图形化的硅条厚度约为200nm,远小于体硅的扩散长度(μm),有利于光生载流子的分离,可以有效的区分光暗电流,提高光电探测器的性能;制备出的超薄石墨烯MSM光电探测器柔韧性好且透明,理论上可以转移至任意载体上,并具有良好的性能。同时可对其阵列进行紫外成像。入射光照射到本发明光电探测器表面,被石墨烯和硅衬底吸收。产生的光生载流子(空穴电子对)在内建电场作用下被分离,电场方向由硅指向石墨烯。反向偏压下电场更强,光生空穴向石墨烯移动,光生电子则流向硅衬底,形成光生电流。本发明中MSM光电探测器为叉指结构,可对其阵列进行紫外成像。本发明光电探测器所用材料以硅为基本材料,制备过程简单,成本低,易与现有半导体标准工艺兼容。

附图说明

[0016] 图1为本发明柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的结构示意图;

[0017] 图2为本发明中实施例所制备的光电探测器工作在-2-2V下、不同入射光功率下在光开与光关下器件的光学响应曲线图;

[0018] 图3中(a)为本发明中紫外成像所用的设备;(b)标记为ZJU的原图;(c)为紫外光照射下呈现ZJU的图;(d)标记为ISEE的原图;(e)为紫外光照射下呈现ISEE的图。

具体实施方式

[0019] 本发明提供一种柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的工作原理如下:

[0020] 入射光照射到本发明光电探测器表面,被石墨烯和硅衬底吸收。产生的光生载流子(空穴电子对)在内建电场作用下被分离,电场方向由硅指向石墨烯。反向偏压下电场更强,光生空穴向石墨烯移动,光生电子则流向硅衬底,形成光生电流。图形化的硅条厚度约为200nm,远小于体硅的扩散长度(μm)有利于光生载流子的分离,可以有效的区分光暗电流,提高光电探测器的性能。本发明的石墨烯MSM探测器可以转移至PC薄膜上。

[0021] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

[0022] 本发明提供一种制备上述柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器的方法,包括以下步骤:

[0023] (1)将SOI硅衬底(1)的硅薄膜采用深能级反应刻蚀机ICP刻蚀成矩形的硅条(3),

所述SOI硅衬底(1)从上至下包括硅薄膜、二氧化硅隔离层(2)和硅衬底(1)；

[0024] (2)在二氧化硅隔离层(2)上表面光刻出位于硅条(3)两侧、且平行于硅条(3)的金电极图形,然后采用电子束蒸发技术镀金电极(4)；

[0025] (3)采用化学气相沉积方法在铜箔基底上制备单晶石墨烯薄膜(5)；

[0026] (4)在二氧化硅隔离层(2)、硅条(3)和金电极(4)上表面覆盖单晶石墨烯薄膜(5)；

[0027] (5)将单晶石墨烯薄膜(5)采用光刻技术图形化成叉指型,随后利用等离子体刻蚀去除多余的石墨烯,图形化后的单晶石墨烯薄膜(5)的覆盖范围在金电极(4)包围的范围内；

[0028] (6)在步骤(5)得到的图形化的器件上表面覆盖PC薄膜,刮去边缘PC膜,并放进BOE刻蚀液中刻蚀掉硅衬底(1),制备出柔性透明超薄的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器。

[0029] 对上述柔性透明超薄的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器加小偏压,使其正常工作,加不同入射光功率实现增益,如图2所示。

[0030] 本实施例所制备的柔性透明的石墨烯/硅金属-半导体-金属光电探测器工作在-2-2V下,在405nm的不同入射光功率的光照射下的光暗电流曲线变化如图2所示。其中在器件的金电极4上加小偏压。从图2可以看出,所制备的器件在无光条件下,暗电流很小;而当入射波长405nm、入射光功率从0.2光功逐渐增大到0.4mW时产生明显的光电流。由图2可知在器件工作在-2-2V时,曲线呈平滑的S型曲线,即背对背肖特基结特性曲线。同时实验发现器件在紫外到近红外均具有非常优越的光电探测特性。

[0031] 图3为阵列型器件在紫外成像图,可看出图形很清晰,性能优异。

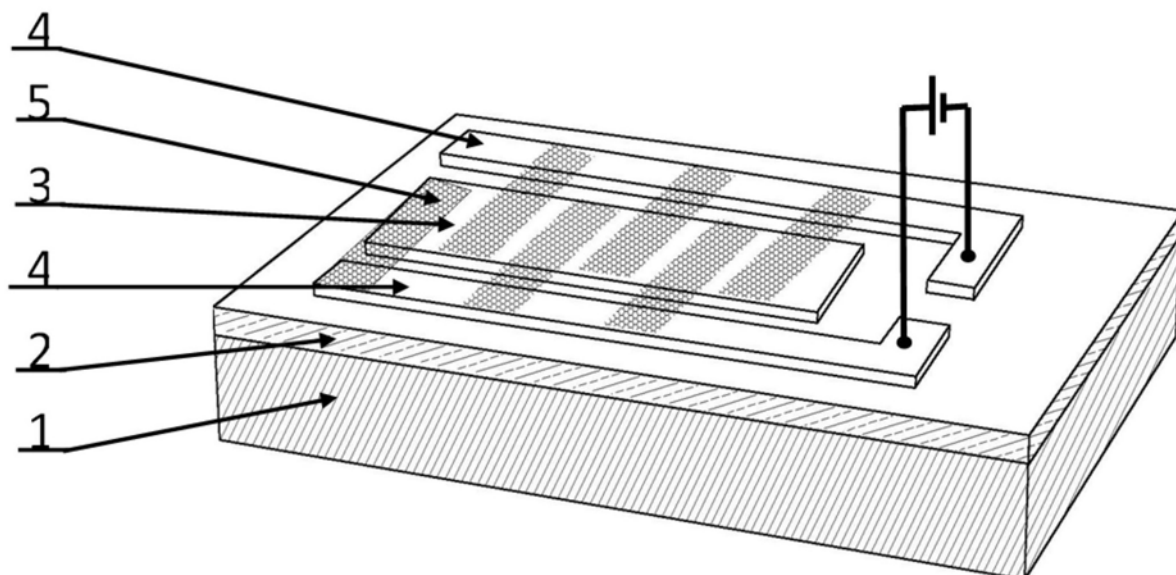


图1

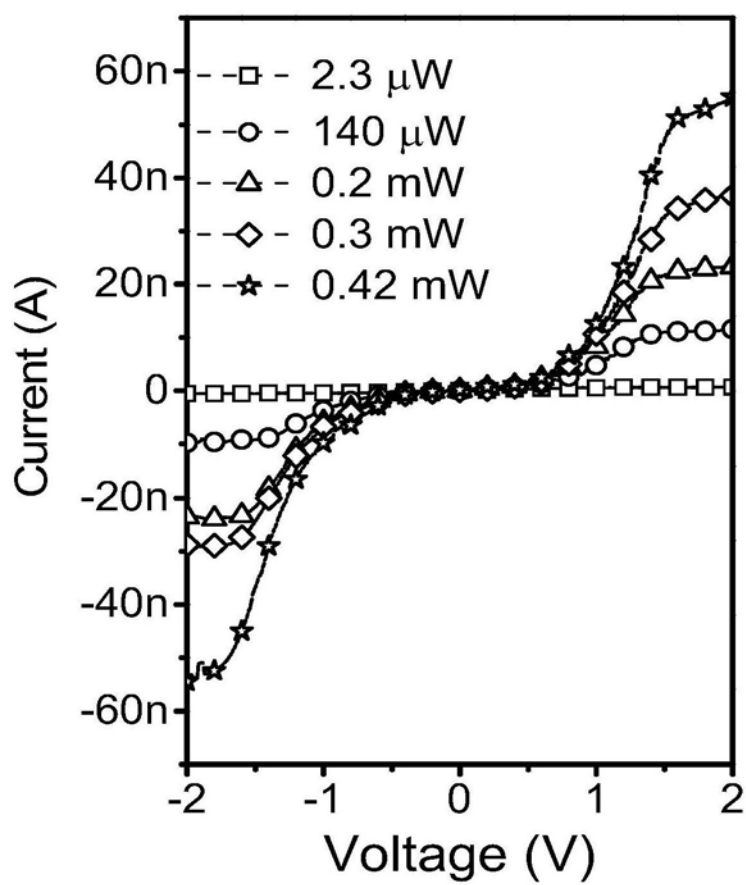


图2

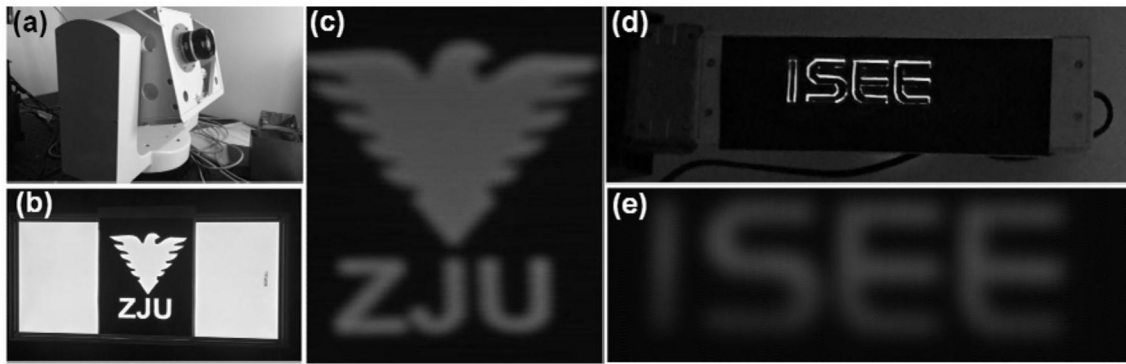


图3