

(19) 国家知识产权局



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115101404 B

(45) 授权公告日 2024.08.20

(21) 申请号 202210654988.8

(56) 对比文件

(22) 申请日 2022.06.10

CN 113200524 A, 2021.08.03

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 113401880 A, 2021.09.17

申请公布号 CN 115101404 A

审查员 牛蕾

(43) 申请公布日 2022.09.23

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街道高新技术产业园南区粤兴一道18号香港理工大学产学研大楼205室

(72) 发明人 柴扬 林梓愿

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事务所(普通合伙) 44268

专利代理人 刘芙蓉

(51) Int.Cl.

H01L 21/06 (2006.01)

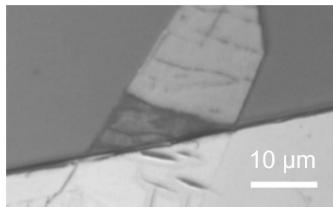
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种二维碲烯的局部减薄方法

(57) 摘要

本发明公开一种二维碲烯的局部减薄方法。该二维碲烯的局部减薄方法，包括步骤：提供待减薄的二维碲烯；在所述二维碲烯的一端制备铂层；将制备有铂层的二维碲烯浸泡在水中，并采用光照射；在光照射条件下浸泡预定时间后，取出并干燥，得到局部减薄的二维碲烯。本发明利用二维碲烯在金属铂的催化下发生的光氧化反应，实现了二维碲烯的局部减薄。本发明该减薄方法，其对剩余的二维碲烯的损伤小。另外，该减薄方法控制容易，通过控制浸泡时间即可控制减薄的厚度。此外，本发明利用金属铂的催化作用，使得二维碲烯的减薄能够局限在金属电极附近，通过选择金属电极位置能够实现二维碲烯选择性的减薄。



1.一种二维碲烯的局部减薄方法,其特征在于,包括步骤:

提供待减薄的二维碲烯;

在所述二维碲烯的一端制备铂层;

将制备有铂层的二维碲烯浸泡在水中,并采用光照射;

在光照射条件下浸泡预定时间后,取出并干燥,得到局部减薄的二维碲烯;

减薄速度为0.3-0.4nm/min;

所述光为自然光。

2.根据权利要求1所述的二维碲烯的局部减薄方法,其特征在于,所述铂层的厚度为10-15nm。

3.根据权利要求1所述的二维碲烯的局部减薄方法,其特征在于,采用光刻技术确定所述铂层位置范围,采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围制备所述铂层。

4.根据权利要求3所述的二维碲烯的局部减薄方法,其特征在于,铂的蒸镀速率为0.1-0.5nm/s。

5.一种二维碲烯的局部减薄方法,其特征在于,包括步骤:

提供待减薄的二维碲烯,所述待减薄的二维碲烯位于介电层上;

在所述二维碲烯的两端制备铂层,在两端铂层上制备金层;

将制备有铂层和金层的二维碲烯浸泡在水中,并采用光照射;

在光照射条件下浸泡预定时间后,取出并干燥,得到局部减薄的二维碲烯;

减薄速度为0.3-0.4nm/min;

所述光为自然光。

6.根据权利要求5所述的二维碲烯的局部减薄方法,其特征在于,所述介电层为氧化硅片或氧化铝层。

7.根据权利要求5所述的二维碲烯的局部减薄方法,其特征在于,所述铂层的厚度为10-15nm,所述金层的厚度为30-50nm。

8.根据权利要求5所述的二维碲烯的局部减薄方法,其特征在于,采用光刻技术确定所述铂层的位置范围,采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围制备所述铂层;

采用光刻技术确定所述金层的位置范围,采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围制备所述金层。

## 一种二维碲烯的局部减薄方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体材料领域,尤其涉及一种二维碲烯的局部减薄方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,二维原子晶体因为其在电学、光学、力学等方面优异的性能,在纳米器件、光电器件等领域展现了它们优秀的潜力,成为了半导体材料领域的研究热点。在众多二维原子晶体中,第六主族的二维碲烯由于其独特的结构和性能成为了石墨烯之后又一新兴的单元素二维材料。二维碲烯是一种P型的窄带隙半导体,其带隙随着碲烯的厚度减小而增加:晶体碲的带隙大小为0.31eV左右,双层碲烯的带隙理论上能达到1.17eV。基于二维碲烯的场效应晶体管有着高达 $10^3\text{-}10^6$ 的开关比和 $700\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 的空穴迁移率,并且在空气中保持了良好的稳定性。这些性能展现了二维碲烯在半导体材料领域的应用前景。

[0003] 二维碲烯有着由螺旋链状和六角框架构成的结构。碲原子通过共价键作用组成螺旋链,这些螺旋链进一步通过范德华力堆积以六角框架形成二维碲烯。正是由于这种链状的结构,碲纳米材料在合成过程中会出现生长的各向异性,使得最终产物得到碲的纳米带、纳米线等一维结构。目前,液相法和气相沉积法通过优化生长参数可以制备二维碲烯,但是得到的二维碲烯产物在厚度、尺寸和结晶性等方面有一定的限制。可控的二维碲烯生长依旧具有巨大的挑战。

[0004] 为了得到具有合适厚度的二维碲烯,对二维材料进行减薄是一种常用的制备方法。二维材料的减薄大致可以分为两种:其中一种是使用激光,等离子体等高能量刻蚀二维材料表面的干法减薄;另外一种是利用了二维材料与有机分子等刻蚀剂之间的化学反应的湿法减薄。干法减薄虽然能够实现有选择性的逐层减薄,但其使用的高能量会对保留的二维材料造成损伤。湿法减薄采用的是常温下的化学反应,损伤较小,但无法实现局部减薄。作为新型的二维原子晶体,二维碲烯的减薄方法还有待进一步的研究。

### 发明内容

[0005] 鉴于上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种二维碲烯的局部减薄方法,旨在解决现有减薄方法无法实现局部减薄的问题。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 本发明的第一方面,提供一种二维碲烯的局部减薄方法,其中,包括步骤:

[0008] 提供待减薄的二维碲烯;

[0009] 在所述二维碲烯的一端制备铂层;

[0010] 将制备有铂层的二维碲烯浸泡在水中,并采用光照射;

[0011] 在光照射条件下浸泡预定时间后,取出并干燥,得到局部减薄的二维碲烯。

[0012] 可选地,所述铂层的厚度为10-15nm。

[0013] 可选地,采用光刻技术确定所述铂层位置范围,采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围制备所述铂层。

- [0014] 可选地，铂的蒸镀速率为0.1-0.5nm/s。
- [0015] 可选地，减薄速度为0.3-0.4nm/min。
- [0016] 可选地，所述光为自然光。
- [0017] 本发明的第二方面，提供一种二维碲烯的局部减薄方法，其中，包括步骤：
- [0018] 提供待减薄的二维碲烯，所述待减薄的二维碲烯位于介电层上；
- [0019] 在所述二维碲烯的两端制备铂层，在两端铂层上制备金层；
- [0020] 将制备有铂层和金层的二维碲烯浸泡在水中，并采用光照射；
- [0021] 在光照射条件下浸泡预定时间后，取出并干燥，得到局部减薄的二维碲烯。
- [0022] 可选地，所述介电层为氧化硅片或氧化铝层等。
- [0023] 可选地，所述铂层的厚度为10-15nm，所述金层的厚度为30-50nm。
- [0024] 可选地，采用光刻技术确定所述铂层的位置范围，采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围制备所述铂层。
- [0025] 可选地，采用光刻技术确定所述金层的位置范围，采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围制备所述金层。
- [0026] 有益效果：本发明利用二维碲烯在金属铂的催化下发生的光氧化反应，实现了二维碲烯的局部减薄。与其他二维材料减薄技术相比，本发明具有以下特点：
- [0027] (1) 本发明所采用的方法对操作设备要求较低，操作流程简单，实施的可行性和泛用性高。
- [0028] (2) 本发明采用了化学方法进行减薄，其对剩余的二维碲烯的损伤小。
- [0029] (3) 本发明所采用的方法控制容易，通过控制浸泡时间即可控制减薄的厚度。
- [0030] (4) 本发明利用了金属铂的催化作用，使得二维碲烯的减薄能够局限在金属电极附近。通过选择金属电极位置能够实现二维碲烯选择性的减薄。
- [0031] (5) 本发明所采用的减薄流程与传统器件制备流程兼容，可以实现器件制备后再进行局部减薄，从而优化器件性能。

## 附图说明

- [0032] 图1为实施例1用于减薄的二维碲烯的结构示意图。
- [0033] 图2为图1对应的平面光学照片。
- [0034] 图3为图2中的二维碲烯在自然光照下水中浸泡10分钟后的光学照片。
- [0035] 图4为图3中二维碲烯已减薄区域与未减薄区域的二维碲烯的拉曼光谱对比。
- [0036] 图5为图3中二维碲烯已减薄区域与未减薄区域边界的原子力显微镜照片。
- [0037] 图6为实施例1中二维碲烯减薄的原理图。
- [0038] 图7为实施例2中基于二维碲烯的场效应晶体管的结构示意图。
- [0039] 图8为图7中基于二维碲烯的场效应晶体管的平面光学照片。
- [0040] 图9为图8中基于二维碲烯的场效应晶体管浸泡30分钟后的平面光学照片。
- [0041] 图10为实施例2中在不同浸泡时间下得到的基于不同厚度二维碲烯的场效应晶体管的转移曲线。

## 具体实施方式

[0042] 本发明提供一种二维碲烯的局部减薄方法,为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0043] 本发明实施例提供了一种二维碲烯的局部减薄方法,其中,包括步骤:

[0044] 提供待减薄的二维碲烯;

[0045] 在所述二维碲烯的一端制备铂层;

[0046] 将制备有铂层的二维碲烯浸泡在水中,并采用光照射;

[0047] 在光照射条件下浸泡预定时间后,取出并干燥,得到局部减薄的二维碲烯。

[0048] 本实施例在二维碲烯的一端制备金属铂(即铂层)作为金属电极,然后将制备有金属电极的二维碲烯浸泡在水中,并给予自然光照射,即可得到局部减薄的二维碲烯。二维碲烯的减薄会局限在金属电极附近。其中,浸泡时间视需要减薄的厚度而定。

[0049] 本实施例通过将带有铂金属电极的二维碲烯浸泡在水中,并给予自然光照条件,该二维碲烯在铂的催化下发生光氧化反应,从而实现二维碲烯的局部减薄。结合图6所示,二维碲烯窄带隙的特性使其在自然光照条件下能够产生光生电子空穴对。产生的光生电子空穴对会因为铂金属电极与二维碲烯之间功函数的不同发生分离。光生电子转移至铂金属电极并在铂的催化下与水发生产氢反应,在水中留下氢氧根离子。光生空穴则留在二维碲烯中与碲烯以及水中的氢氧根离子反应得到溶于水的碲酸产物,从而实现二维碲烯的刻蚀。本实施例采用该局部减薄方法,可以制备具有合适厚度的二维碲烯用于后续的表征或器件应用。

[0050] 本实施例利用二维碲烯在金属铂的催化下发生的光氧化反应,实现了二维碲烯的局部减薄。与其他二维材料减薄技术相比,本实施例具有以下特点:

[0051] (1) 本实施例所采用的方法对操作设备要求较低,操作流程简单,实施的可行性和泛用性高。

[0052] (2) 本实施例采用了化学方法进行减薄,其对剩余的二维碲烯的损伤小。

[0053] (3) 本实施例所采用的方法控制容易,通过控制浸泡时间即可控制减薄的厚度。

[0054] (4) 本实施例利用了金属铂的催化作用,使得二维碲烯的减薄能够局限在金属电极附近。通过选择金属电极位置能够实现二维碲烯选择性的减薄。

[0055] (5) 本实施例所采用的减薄流程与传统器件制备流程兼容,可以实现器件制备后再进行局部减薄,从而优化器件性能。

[0056] 在一种实施方式中,所述铂层的厚度为10-15nm。

[0057] 在一种实施方式中,采用光刻技术确定所述铂层位置范围,采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围制备所述铂层。进一步地,铂的蒸镀速率为0.1-0.5nm/s。

[0058] 在一种实施方式中,减薄速度为0.3-0.4nm/min。

[0059] 本发明实施例还提供一种二维碲烯的局部减薄方法,其中,包括步骤:

[0060] 提供待减薄的二维碲烯,所述待减薄的二维碲烯位于介电层上;

[0061] 在所述二维碲烯的两端制备铂层,在两端铂层上制备金层;

[0062] 将制备有铂层和金层的二维碲烯浸泡在水中,并采用光照射;

[0063] 在光照射条件下浸泡预定时间后,取出并干燥,得到局部减薄的二维碲烯。

[0064] 本实施例中,针对位于介电层上的二维碲烯,在所述二维碲烯的两端制备铂层和金层,从而得到以铂金为源漏电极,以二维碲烯为沟道,以如氧化硅片为介电层的背栅场效应晶体管。将该背栅场效应晶体管浸泡在水中,并给予自然光照条件,该二维碲烯在铂的催化下发生光氧化反应,从而实现沟道二维碲烯的减薄。

[0065] 其中,金的化学反应活性低,适合做金属电极,而其他活泼金属不适合做电极的最顶层。并且,金也不会影响二维碲烯的减薄。

[0066] 本实施例中,所述待减薄的二维碲烯位于介电层上。具体可以先采用水热反应制备得到二维碲烯,然后将所述二维碲烯转移至介电层上。进一步地,所述介电层的厚度为100-300nm。进一步地,所述介电层可以为氧化硅片或氧化铝层等常用介电层。

[0067] 在一种实施方式中,所述铂层的厚度为10-15nm,所述金层的厚度为30-50nm。该范围内能与传统器件制备流程兼容。

[0068] 在一种实施方式中,采用光刻技术确定所述铂层位置范围,采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围制备所述铂层。进一步地,金属的蒸镀速率为0.1-0.5nm/s。

[0069] 在一种实施方式中,采用光刻技术确定所述金层位置范围,采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围制备所述金层。进一步地,金属的蒸镀速率为0.1-0.5nm/s。

[0070] 在一种实施方式中,减薄速度为0.3-0.4nm/min。

[0071] 在一种实施方式中,采用自然光照射所述制备有铂层和金层的二维碲烯。

[0072] 下面通过具体的实施例对本发明作进一步地说明。

### [0073] 实施例1

[0074] 结合图1所示,以在介电层上的二维碲烯作为减薄对象。采用传统的光刻技术确定铂层和金层位置范围,采用电子束热蒸发技术在二维碲烯的一端依次制备15nm厚的铂层和40nm厚的金层作为金属电极,其中铂和金的蒸镀速率为0.1nm/s。将所得样品浸泡在纯净水中,以自然光的条件照射。浸泡时间为10分钟,之后将样品干燥,即可得到在金属电极附近减薄3.5nm的二维碲烯。

[0075] 图2为图1对应的平面光学照片。

[0076] 图3为图2中的二维碲烯在自然光照下水中浸泡10分钟后的光学照片。二维碲烯的颜色对比变化表示二维碲烯的厚度发生了变化,从图3可知在金属电极附近发生了二维碲烯的减薄。

[0077] 图4为图3中二维碲烯已减薄区域与未减薄区域的二维碲烯的拉曼光谱对比,拉曼峰的迁移表明了二维碲烯的减薄。

[0078] 图5为图3中二维碲烯已减薄区域与未减薄区域边界的原子力显微镜照片。已减薄区域厚度为7.7nm,未减薄区域厚度为11.2nm。

[0079] 图6为二维碲烯减薄的原理图。

### [0080] 实施例2

[0081] 以二维碲烯为沟道材料,300nm厚的氧化硅片为介电层,采用传统的光刻技术确定铂层和金层位置范围,采用电子束热蒸发技术在确定的位置范围依次制备15nm厚的金属铂和40nm厚的金属金为源漏电极的背栅场效应晶体管。将所得背栅场效应晶体管浸泡在纯净水中,以自然光的条件照射。浸泡时间为30分钟,即可得到经过沟道减薄的二维碲烯场效应晶体管。在不同浸泡时间下得到基于不同厚度的二维碲烯场效应晶体管。

- [0082] 图7为实施例2中基于二维碲烯的场效应晶体管的结构示意图。
- [0083] 图8为图7中基于二维碲烯的场效应晶体管的平面光学照片。
- [0084] 图9为图8中基于二维碲烯的场效应晶体管浸泡30分钟后的平面光学照片。
- [0085] 图10为实施例2中在不同浸泡时间下得到的基于不同厚度二维碲烯的场效应晶体管的转移曲线。
- [0086] 综上所述,本发明提供的一种二维碲烯的局部减薄方法,通过在二维碲烯的一端制备金属铂(即铂层)作为金属电极,然后将制备有金属电极的二维碲烯浸泡在水中,并给予自然光照射,即可得到局部减薄的二维碲烯。二维碲烯的减薄会局限在金属电极附近。其中,浸泡时间视需要减薄的厚度而定。与其他二维材料减薄技术相比,本发明具有以下特点:(1)本发明所采用的方法对操作设备要求较低,操作流程简单,实施的可行性和泛用性高。(2)本发明采用了化学方法进行减薄,其对剩余的二维碲烯的损伤小。(3)本发明所采用的方法控制容易,通过控制浸泡时间即可控制减薄的厚度。(4)本发明利用了金属铂的催化作用,使得二维碲烯的减薄能够局限在金属电极附近。通过选择金属电极位置能够实现二维碲烯选择性的减薄。(5)本发明所采用的减薄流程与传统器件制备流程兼容,可以实现器件制备后再进行局部减薄,从而优化器件性能。
- [0087] 应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

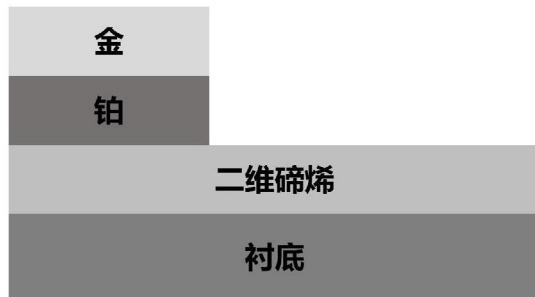


图1



图2

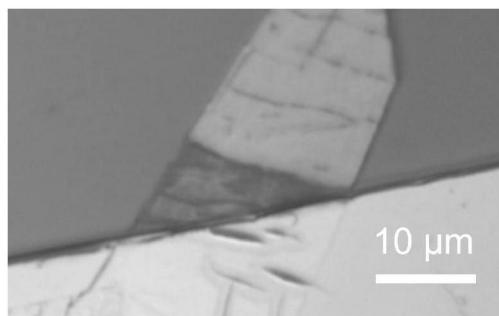


图3

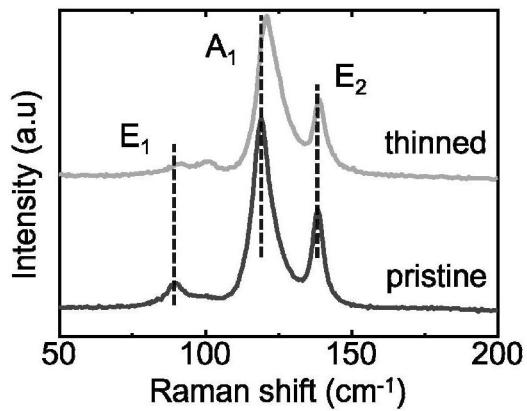


图4

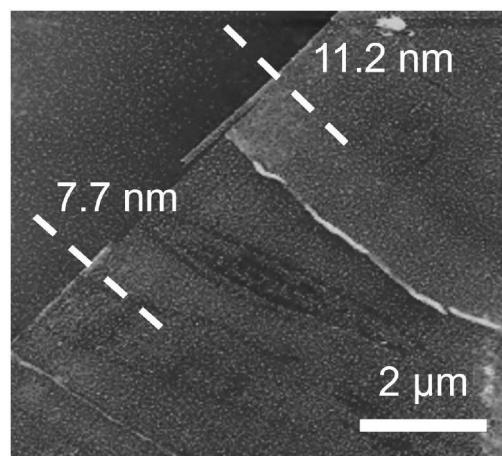


图5

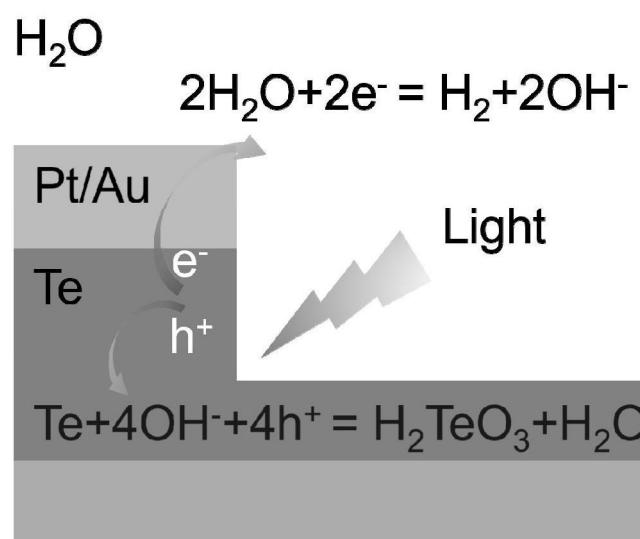


图6

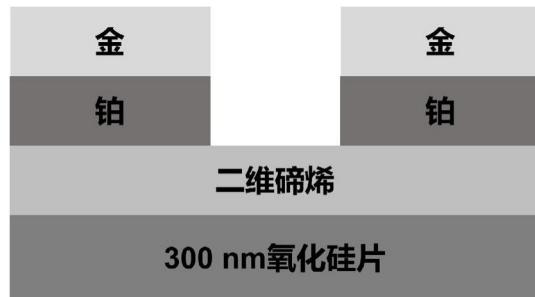


图7

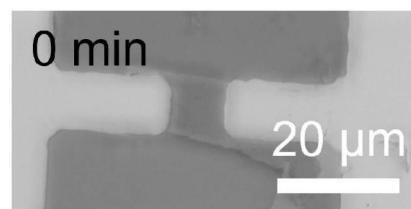


图8

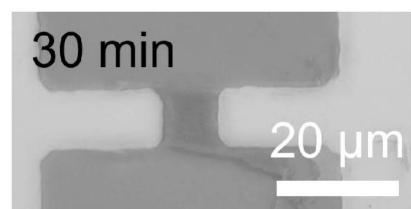


图9

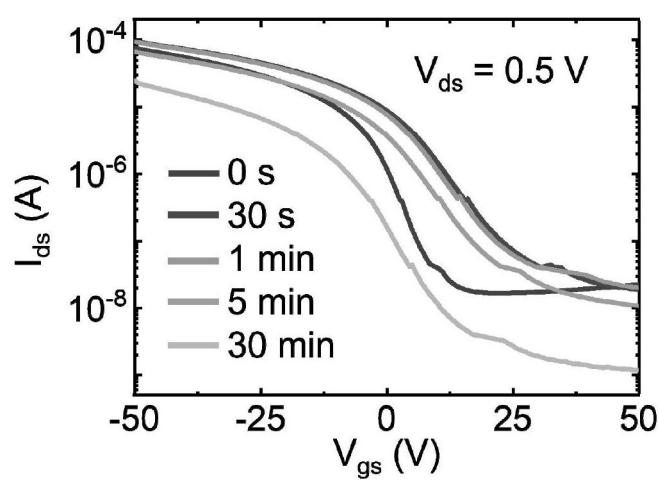


图10