



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115101594 B

(45) 授权公告日 2025. 09. 16

(21) 申请号 202210654981.6

H10D 64/64 (2025.01)

(22) 申请日 2022.06.10

H10D 62/84 (2025.01)

H10D 30/01 (2025.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115101594 A

(56) 对比文件

CN 114121620 A, 2022.03.01

CN 108933194 A, 2018.12.04

(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

审查员 梁健

(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

专利代理师 刘芙蓉 王永文

(51) Int. Cl.

H10D 30/47 (2025.01)

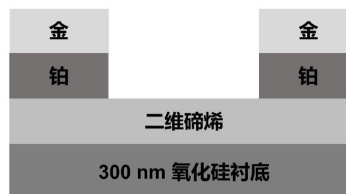
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于二维碲烯的场效应晶体管及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于二维碲烯的场效应晶体管及其制备方法。所述基于二维碲烯的场效应晶体管包括:介电层、位于所述介电层上的二维碲烯层、位于所述二维碲烯层两端的铂层、位于两端铂层上的金层。本发明通过使用高功函的金属铂作为二维碲烯的接触金属,减小场效应晶体管的接触电阻,提高器件的性能。这是因为金属铂有着5.65eV的高功函,远远大于二维碲烯的价带顶(4.35eV左右),能够在两者界面形成较小的肖特基势垒,促进二维碲烯中的空穴输运,从而减小器件的接触电阻,提高器件的P型性能。



1. 一种基于二维碲烯的场效应晶体管,其特征在于,包括:介电层、位于所述介电层上的二维碲烯层、位于所述二维碲烯层两端的铂层、位于两端铂层上的金层;
所述铂层的厚度为10-15nm。
2. 根据权利要求1所述的基于二维碲烯的场效应晶体管,其特征在于,所述二维碲烯层的厚度为10-30nm。
3. 根据权利要求1所述的基于二维碲烯的场效应晶体管,其特征在于,所述金层的厚度为30-50nm。
4. 根据权利要求1所述的基于二维碲烯的场效应晶体管,其特征在于,所述介电层为氧化硅片或氧化铝层。
5. 根据权利要求1所述的基于二维碲烯的场效应晶体管,其特征在于,所述介电层的厚度为100-300nm。
6. 根据权利要求1所述的基于二维碲烯的场效应晶体管,其特征在于,所述场效应晶体管的接触电阻为 $400\ \Omega \cdot \mu\text{m}$ 。
7. 一种权利要求1-6任一项所述的基于二维碲烯的场效应晶体管的制备方法,其特征在于,包括步骤:
提供介电层和二维碲烯层;
将所述二维碲烯层转移至所述介电层上;
在所述二维碲烯层的两端制备铂层,在两端铂层上制备金层,得到所述场效应晶体管。
8. 根据权利要求7所述的基于二维碲烯的场效应晶体管的制备方法,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。
9. 根据权利要求7所述的基于二维碲烯的场效应晶体管的制备方法,其特征在于,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。

一种基于二维碲烯的场效应晶体管及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件领域,尤其涉及一种基于二维碲烯的场效应晶体管及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着摩尔定律的发展,半导体器件的尺寸越来越小,基于传统硅晶材料的半导体器件面临诸如严重的短沟道效应、较大的关态漏电流等巨大的挑战。近年来,二维半导体材料因为其优异的电学性能,原子级别的厚度以及没有悬挂键的表面成为了取代传统硅晶半导体的热门候选材料。二维原子晶体诸如石墨烯和过渡金属硫化物在纳米器件、光电器件等领域展现了它们优秀的潜力,成为了半导体器件领域的研究热点。

[0003] 在众多二维半导体中,第六主族的二维碲烯由于其独特的结构和性能成为了除石墨烯、磷烯和锡烯等单元素材料之外另一新兴的二维半导体材料。二维碲烯有着由螺旋链状和六角框架构成的结构,其中每一个螺旋链都是由碲原子通过共价键链接而成。这些螺旋链又进一步通过范德华力堆积形成二维碲烯。晶体碲是一种P型的窄带隙半导体,其带隙大小在0.31eV左右。随着厚度的减少,二维碲烯的带隙会逐渐增加到1.17eV左右。理论上,二维碲烯的载流子迁移率能达到 $10^4-10^6\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。这些优异的电学性能和良好的化学稳定性使二维碲烯在半导体器件领域的应用有着良好的前景。其中,基于二维碲烯的场效应晶体管展现了优秀的开关比和空穴迁移率,为制备高性能的集成电路提供了基础。

[0004] 为了获得高性能的场效应晶体管,接触金属一直是一个关键因素。合适的接触金属能够减小接触电阻,提高器件性能。对于基于二维碲烯的场效应晶体管的接触电阻方面的研究一直比较缺乏。

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基于二维碲烯的场效应晶体管及其制备方法,旨在解决现有场效应晶体管的接触电阻较大,导致器件性能低的问题。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 本发明的第一方面,提供一种基于二维碲烯的场效应晶体管,其中,包括:介电层、位于所述介电层上的二维碲烯层、位于所述二维碲烯层两端的铂层、位于两端铂层上的金层。

[0008] 可选地,所述二维碲烯层的厚度为10-30nm。

[0009] 可选地,所述铂层的厚度为10-15nm。

[0010] 可选地,所述金层的厚度为30-50nm。

[0011] 可选地,所述介电层为氧化硅片或氧化铝层。

[0012] 可选地,所述介电层的厚度为100-300nm。

[0013] 可选地,所述场效应晶体管的接触电阻为 $400\Omega\cdot\mu\text{m}$ 。

[0014] 本发明的第二方面,提供一种本发明所述的基于二维碲烯的场效应晶体管的制备

方法,其中,包括步骤:

[0015] 提供介电层和二维碲烯层;

[0016] 将所述二维碲烯层转移至所述介电层上;

[0017] 在所述二维碲烯层的两端制备铂层,在两端铂层上制备金层,得到所述场效应晶体管。

[0018] 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。

[0019] 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。

[0020] 有益效果:本发明通过使用高功函的金属铂作为二维碲烯的接触金属,减小场效应晶体管的接触电阻,提高器件的性能。这是因为金属铂有着5.65eV的高功函,远远大于二维碲烯的价带顶(4.35eV左右),能够在两者界面形成较小的肖特基势垒,促进二维碲烯中的空穴输运,从而减小器件的接触电阻,提高器件的P型性能。

附图说明

[0021] 图1为实施例1中基于二维碲烯的场效应晶体管的结构示意图。

[0022] 图2为图1中铂与二维碲烯界面处的能带结构图。

[0023] 图3为实施例1中基于二维碲烯的场效应晶体管的光学照片。

[0024] 图4为实施例1中基于二维碲烯的场效应晶体管的转移曲线。

[0025] 图5为实施例1中基于二维碲烯的场效应晶体管的输出曲线。

[0026] 图6为实施例1中不同沟道长度的场效应晶体管的转移曲线。

[0027] 图7为从图6的转移曲线得到的在不同栅压下总电阻与沟道长度的关系。

[0028] 图8为实施例1不同温度(100-300K)下基于二维碲烯的场效应晶体管的转移曲线。

[0029] 图9为从图8根据热电子发射理论得到的各个栅压下势垒高度。

具体实施方式

[0030] 本发明提供一种基于二维碲烯的场效应晶体管及其制备方法,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。

[0031] 为了获得高性能的场效应晶体管,接触金属一直是一个关键因素。合适的接触金属能够减小接触电阻,提高器件性能。发明人发现,使用高功函的金属铂作为二维碲烯的接触金属,可以减小场效应晶体管的接触电阻,提高器件的性能。

[0032] 基于此,本发明实施例提供了一种基于二维碲烯的场效应晶体管,其中,包括:介电层、位于所述介电层上的二维碲烯层、位于所述二维碲烯层两端的铂层、位于两端铂层上的金层。其中,二维碲烯作为沟道材料,使用铂作为接触金属。

[0033] 本实施例通过使用高功函的金属铂作为二维碲烯的接触金属,减小场效应晶体管的接触电阻,提高器件的性能。结合图2所示,这是因为金属铂有着5.65eV的高功函,远远大于二维碲烯的价带顶(4.35eV左右),能够在两者界面形成较小的肖特基势垒(65meV),促进二维碲烯中的空穴输运,从而减小器件的接触电阻,提高器件的P型性能。本实施例能够使

基于二维碲烯的场效应晶体管的接触电阻减小到 $400\ \Omega \cdot \mu\text{m}$, 远远低于使用其他接触金属的二维碲烯的场效应晶体管。

[0034] 在一种实施方式中, 所述介电层为氧化硅片或氧化铝层。

[0035] 在一种实施方式中, 所述介电层的厚度为100-300nm。

[0036] 在一种实施方式中, 所述二维碲烯层的长度为0.6-5 μm 。该长度范围的二维碲烯制备的器件有着较大的开关比和较高的电流密度。

[0037] 在一种实施方式中, 所述二维碲烯层的厚度为10-30nm。界面散射对该厚度的二维碲烯的影响较小, 器件性能更能反应二维碲烯的优秀电学性质。

[0038] 在一种实施方式中, 所述铂层的厚度为10-15nm。

[0039] 在一种实施方式中, 所述金层的厚度为30-50nm。该厚度范围的金属电极制备简单, 兼容常见的晶体管制备流程。

[0040] 在一种实施方式中, 所述二维碲烯层的厚度为10-30nm, 所述铂层的厚度为10-15nm, 所述金层的厚度为30-50nm, 所述介电层为300nm厚度的氧化硅片。本实施例使用合适厚度的二维碲烯作为沟道材料, 使用合适厚度的铂与金作为接触金属, 使用合适的介电层, 有利于进一步提高背栅场效应晶体管的性能。

[0041] 本发明实施例还提供一种基于二维碲烯的场效应晶体管的制备方法, 其中, 包括步骤:

[0042] 提供介电层和二维碲烯层;

[0043] 将所述二维碲烯层转移至所述介电层上;

[0044] 在所述二维碲烯层的两端制备铂层, 在两端铂层上制备金层, 得到所述场效应晶体管。

[0045] 本实施例中, 将二维碲烯层转移至介电层上, 在二维碲烯层的两端制备铂层, 在两端铂层上制备金层, 从而得到以铂金为源漏电极, 其中铂作为接触金属, 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。需说明的是, 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。

[0046] 本实施例通过使用金属铂作为接触金属, 实现了基于二维碲烯的场效应晶体管低接触电阻的目的。与使用其他接触金属的二维碲烯的场效应晶体管相比, 本实施例具有以下特点:

[0047] (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, 实施的可行性高。

[0048] (2) 本实施例能够使基于二维碲烯的场效应晶体管的接触电阻减小到 $400\ \Omega \cdot \mu\text{m}$, 远远低于使用其他接触金属的二维碲烯的场效应晶体管。

[0049] (3) 本实施例使用的铂接触金属能够与二维碲烯沟道形成较小的65meV的肖特基势垒, 方便二维碲烯中的空穴输运, 提高场效应晶体管的P型性能。

[0050] 本实施例中, 二维碲烯可以采用水热反应制备得到。在一种实施方式中, 所述二维碲烯层的厚度为10-30nm。

[0051] 在一种实施方式中, 所述介电层的厚度为100-300nm。

[0052] 在一种实施方式中, 所述介电层可以为氧化硅片或氧化铝层等常用介电层。

[0053] 在一种实施方式中, 所述铂层的厚度为10-15nm。

[0054] 在一种实施方式中,所述金层的厚度为30-50nm。

[0055] 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。

[0056] 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。

[0057] 下面通过具体的实施例对本发明作进一步地说明。

[0058] 实施例1

[0059] 结合图1所示,以300nm厚度的氧化硅衬底(即氧化硅片)为介电层,将15nm厚的二维碲烯层转移至该介电层上,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层的两端依次制备15nm厚的铂层和40nm厚的金层,得到场效应晶体管,其中铂和金的蒸镀速率均为0.1nm/s。

[0060] 图2为图1中铂与二维碲烯界面处的能带结构图。

[0061] 图3为实施例1中基于二维碲烯的场效应晶体管的光学照片。

[0062] 图4为实施例1中基于二维碲烯的场效应晶体管的转移曲线,其中 V_{gs} 为栅极电压, V_{ds} 为源漏电压, I_{ds} 为源漏电流,二维碲烯厚度 t 为15nm,沟道长度 L 为600nm。由转移曲线可得空穴迁移率为 $420\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。转移曲线由探针台和半导体分析测试仪协同测试得到。

[0063] 图5为实施例1中基于二维碲烯的场效应晶体管的输出曲线,其电流密度达到 $170\mu\text{A}/\mu\text{m}$ 。其中 V_{gs} 为栅极电压, V_{ds} 为源漏电压, I_{ds} 为源漏电流。输出曲线由探针台和半导体分析测试仪协同测试得到。

[0064] 图6为实施例1中不同沟道长度的场效应晶体管的转移曲线,用于传输长度方法计算接触电阻,传输长度及接触电阻率,其中, V_{gs} 为栅极电压, V_{ds} 为源漏电压, I_{ds} 为源漏电流, t 为二维碲烯厚度。不同沟道长度的场效应晶体管指的是,其它相同,仅仅二维碲烯的沟道长度不同。其中,沟道长度分别为 $1.2\mu\text{m}$ 、 $1.9\mu\text{m}$ 、 $2.9\mu\text{m}$ 、 $4.0\mu\text{m}$ 。

[0065] 图7为从图6的转移曲线得到的在不同栅压(栅极电压 V_{gs} 分别为-80V、-40V、0V)下总电阻与沟道长度的关系。由传输长度方法可以计算得到接触电阻为 $400\Omega \cdot \mu\text{m}$;传输长度为80nm;接触电阻率为 $3.2 \times 10^{-7}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 。传输长度方法利用了由晶体管转移曲线计算得到的总电阻与晶体管沟道长度的线性关系。该线性关系与纵坐标(即电阻值)的截距即为接触电阻。

[0066] 图8为实施例1不同温度(100-300K)下基于二维碲烯的场效应晶体管的转移曲线,其中 V_{gs} 为栅极电压, V_{ds} 为源漏电压, I_{ds} 为源漏电流,二维碲烯厚度 t 为20nm,沟道长度 L 为 $2.3\mu\text{m}$ 。随温度变化的转移曲线可以用来计算铂与二维碲烯之间的肖特基势垒。

[0067] 图9为从图8根据热电子发射理论得到的各个栅压下势垒高度,由此可以得到铂与二维碲烯之间的肖特基势垒为65meV。

[0068] 综上所述,本发明提供一种基于二维碲烯的场效应晶体管及其制备方法,本发明通过使用高功函的金属铂作为二维碲烯的接触金属,减小场效应晶体管的接触电阻,提高器件的性能。这是因为金属铂有着5.65eV的高功函,远远大于二维碲烯的价带顶(4.35eV左右),能够在两者界面形成较小的肖特基势垒,促进二维碲烯中的空穴输运,从而减小器件的接触电阻,提高器件的P型性能。

[0069] 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。

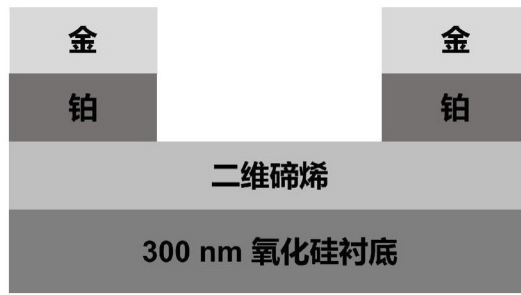


图1

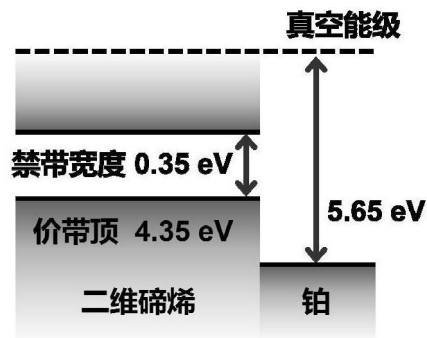


图2

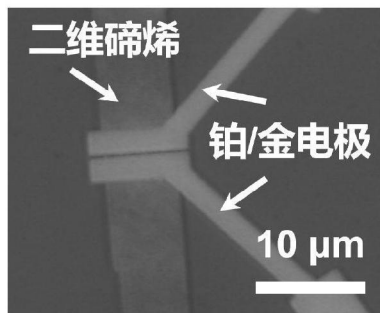


图3

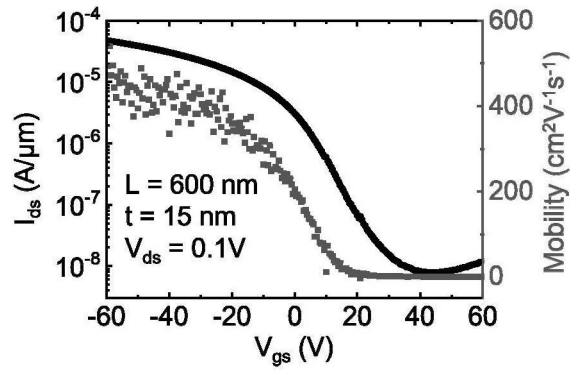


图4

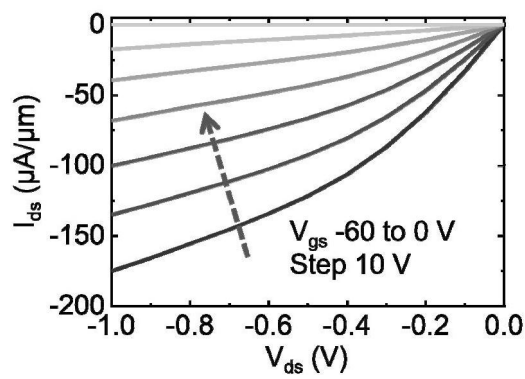


图5

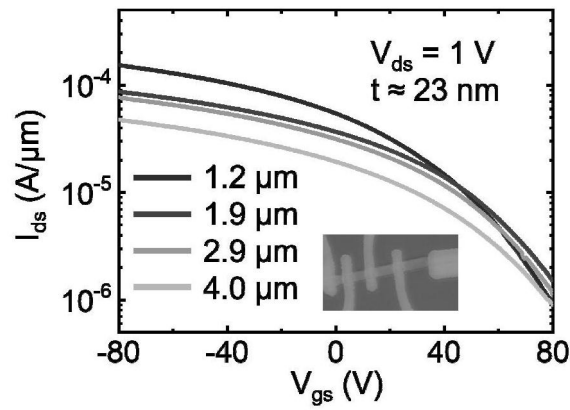


图6

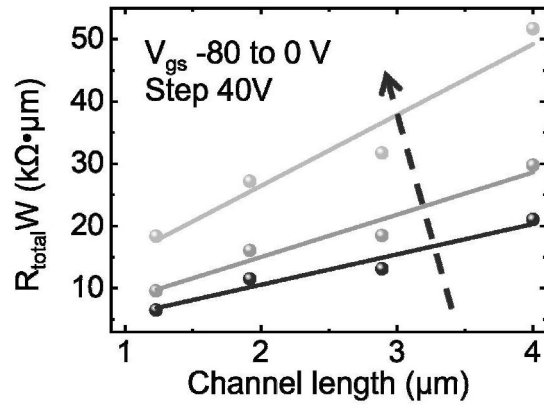


图7

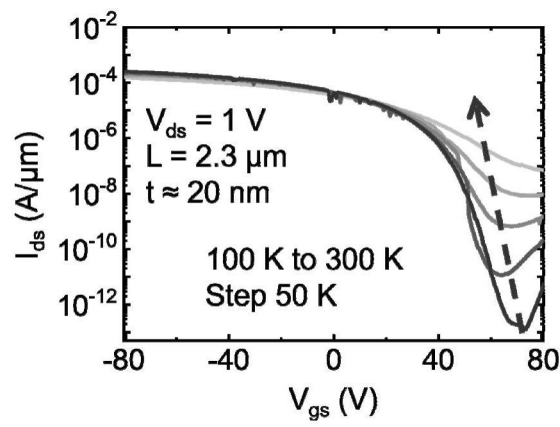


图8

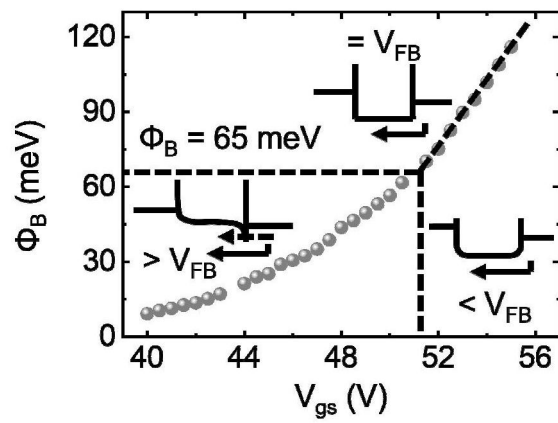


图9