



(21)申请号 201921399635.8

(22)申请日 2019.08.27

(73)专利权人 西交利物浦大学

地址 215000 江苏省苏州市工业园区仁爱路111号

(72)发明人 赵天石 赵春 赵策洲 杨莉  
于水长

(74)专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有  
限公司 32103

代理人 范晴 吴音

(51)Int.Cl.

H01L 29/775(2006.01)

H01L 21/335(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

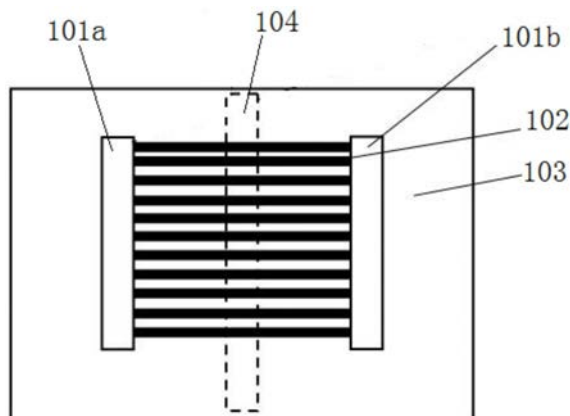
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)实用新型名称

一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管

(57)摘要

本实用新型公开了一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管,包括上至下设置的顶部源电极层、顶部漏电极层,纳米纤维结构的载流子沟道层、介电层、底栅电极层和基底;所述纳米纤维结构的载流子沟道层为直径100~300 nm的氧化锌锡细丝簇。本案采用溶胶法制备纳米纤维(NF)细丝,操作简单方便,易控制分布与方向,成本低,有较高的均一性,可大规模工业应用;具有环保、高迁移率等优点;可应用于柔性可穿戴电路领域;整个器件呈透明色,具有较好的光学领域应用潜力。



1. 一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管,其特征在于:包括上至下设置的顶部源电极层、顶部漏电极层,纳米纤维结构的载流子沟道层、介电层、底栅电极层和基底;所述纳米纤维结构的载流子沟道层为直径100~300 nm的氧化锌锡细丝簇。

2. 根据权利要求1所述的一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管,其特征在于:所述顶部源电极层、顶部漏电极层和底栅电极层为透明氧化铟锡电极,厚度为50~150 nm,沟道宽长比为10~20。

3. 根据权利要求1所述的一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管,其特征在于:所述介电层为透明氧化钪层,厚度为10~30 nm,单位面积电容为120~170 nF·cm<sup>-2</sup>。

4. 根据权利要求1所述的一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管,其特征在于:所述基底为透明柔性材料,厚度为400~600μm。

## 一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种微电子技术领域,具体是一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管。

### 背景技术

[0002] 近些年来,伴随这人们对先进电子器件的需求越来越高,场效应晶体管(FET)器件也逐渐吸引了大量的研究,并被视为在现代电子器件应用中最为基础器件之一。

[0003] 一维纳米结构器件,例如纳米纤维(NF)等等,由于其独特的电学、光学、热学、机械学和磁性特性以及在FET、发光二极管、能源储备、存储器和传感器方面的多元应用潜力,目前已称为研究热点。NF结构FET沟道层为一根或数根纤维状半导体纳米细丝,与传统薄膜结构的FET相比,可有效减少载流子的散射,形成有效的导电沟道。然而,制备NF的传统工艺,如:静电纺丝、蒸发法、磁控法和纳米梳理等等,都具有一定的缺陷,如:难以控制纤维分布、衬底要求高、工艺成本大等等。另一方面,传统的有机物NF半导体材料往往都具有较低的迁移率以及较大的毒性,这也阻碍了NF工艺的发展。

[0004] 与传统工艺相比,本专利所述的溶胶刷涂法在前驱体源以及成丝的制备方面具有工艺简单、退火温度低、成本低以及可控分布的优点,因此可以应用于柔性衬底上制造柔性器件并且大幅降低生产成本。与此同时,利用比较热门的无镉金属氧化物半导体材料氧化锌锡(ZTO),可制备出高迁移率、高稳定性、低工作电压的薄膜晶体管。同时与有机物相比,该材料更加健康、环保。

### 发明内容

[0005] 本实用新型目的是:提供一种本发明针对现有技术纳米纤维(NF)结构场效应晶体管(FET)的不足,提供一种基于氧化锌锡(ZTO)半导体的NFFET。

[0006] 本实用新型的技术方案是:一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管,包括上至下设置的顶部源电极层、顶部漏电极层,纳米纤维结构的载流子沟道层、介电层、底栅电极层和基底;所述纳米纤维结构的载流子沟道层为采用溶胶法制备的直径约100~300 nm的氧化锌锡细丝簇。

[0007] 优选的,所述顶部源电极层、顶部漏电极层和底栅电极层为透明氧化铟锡电极,由水溶液法制作,厚度为50~150 nm,沟道宽长比为10~20。

[0008] 优选的,所述介电层为基于溶液法制备的透明氧化铅层,由水溶液法制作,厚度为10~30 nm,退火温度为200~300 °C,单位面积电容为120~170 nF·cm<sup>-2</sup>。

[0009] 优选的,所述基底为透明柔性材料,厚度为400~600μm。

[0010] 一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管的制备方法,具体制备步骤包括:

[0011] a) 基底清洗

[0012] 将基底进行三次清洗,第三次超声清洗后,用氮气吹干基底;

[0013] b) 制备底栅电极层

- [0014] 基底进行等离子清洗图案化亲水处理,15~30分钟;
- [0015] 底栅电极层的氧化铟锡前驱体溶液利用 $\text{In}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 与 $\text{SnCl}_2$ 溶于去离子水中制成0.05-0.2mol/L的溶液,超声清洗10-25分钟;
- [0016] 成膜工艺为:氧化铟锡前驱体溶液利用旋涂的方法生长于基底之上,并利用深紫外退火方法于200~300℃下退火制成;底栅电极层形状为长条状;
- [0017] c) 制备氧化铪介电层
- [0018] 介电层的前驱体溶液利用 $\text{HfCl}_4$ 溶于去离子水中,溶液的浓度为0.3-0.6mol/L,超声清洗10~15分钟;
- [0019] 成膜工艺为介电层的前驱体溶液利用旋涂的方法生长于衬底与栅电极之上,并利用深紫外退火方法于200~300℃下退火制成;氧化铪介电层为透明状并且厚度为10~30 nm;
- [0020] d) 制备纳米纤维结构的载流子沟道层
- [0021] 载流子沟道层的前驱体源溶胶为将 $\text{SnCl}_2$ 及 $\text{Zn}(\text{AC})_2$ 溶于乙二醇甲醚、二甲基甲酰胺以及聚乙烯吡咯烷酮的混合溶剂中,溶液的浓度为0.1-0.5mol/L,进行搅拌、静置、超声清洗后,利用氮气吹成胶状液体;
- [0022] 成丝方法为使用油画笔刷将所述载流子沟道层的前驱体源溶胶沿垂直于栅电极的方向刷涂于介电层之上;之后在深紫外照射下,以200~300℃温度加热1-2.5个小时形成纳米纤维细丝;
- [0023] e) 制备顶部源电极层、顶部漏电极层
- [0024] 基底进行等离子清洗图案化亲水处理,15~30分钟;
- [0025] 顶部源电极层和顶部漏电极层的氧化铟锡前驱体溶液利用 $\text{In}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 与氯化亚锡 $\text{SnCl}_2$ 溶于去离子水中,溶液的浓度为0.05-0.2mol/L,超声清洗10-25分钟;
- [0026] 成膜工艺为该溶液利用旋涂的方法生长与衬底顶部源电极层、顶部漏电极层之上,并利用深紫外退火方法于200~300℃下退火制成;电极形状为长条状。
- [0027] 优选的,基底完全浸入盛放去离子水的烧杯中,将所述烧杯置于丙酮环境中进行第一次超声清洗,8~15 min;第一次超声清洗后,将基底完全浸入盛放无水乙醇的烧杯中,将所述烧杯置于去离子水环境中进行第二次超声清洗,10~20 min;第二次超声清洗后,将所述烧杯置于去离子水环境中进行第三次超声清洗,5~10 min。
- [0028] 本实用新型的优点是:
- [0029] 1) 采用溶胶法制备纳米纤维(NF)细丝,操作简单方便,并且可以控制分布与方向,实现了低成本的NF器件制备,并具有较高的均一性,实现大规模工业应用;
- [0030] 2) 利用无机金属氧化物氧化锌锡(ZTO)制备的纳米纤维(NF),相比起其它有机纳米纤维(NF)具有环保、高迁移率( $>10 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )等优点;
- [0031] 3) 其余各层基于溶液法制备成本较低,并利用深紫外降低退火温度,使器件可以生长在柔性基底上,可应用于柔性可穿戴电路领域;
- [0032] 4) 整个器件呈透明色,具有较好的光学领域应用潜力。

## 附图说明

- [0033] 下面结合附图及实施例对本实用新型作进一步描述:
- [0034] 图1本案所述的一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管的俯视结构示意图;

[0035] 图2为本案所述的一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管的截面结构示意图;

[0036] 其中:101a、顶部源电极层;101b、顶部漏电极层;102、纳米纤维结构的载流子沟道层;103、介电层;104、底栅电极;105、基底。

### 具体实施方式

[0037] 实施例:

[0038] 如附图1-2所示,一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管,包括上至下设置的顶部源电极层101a、顶部漏电极层101b,纳米纤维结构的载流子沟道层102、介电层103、底栅电极层104和基底105;所述纳米纤维结构的载流子沟道层102为采用溶胶法制备的直径约100~300 nm的氧化锌锡(ZTO)细丝簇,具有数量均匀、方向整齐的优点。所述顶部源电极层101a、顶部漏电极层101b和底栅电极层104为透明氧化铟锡(ITO)电极,由水溶液法制作,厚度为50~150 nm,沟道宽长比为10~20(沟道宽长比是标示一对源漏电极之间的一种尺寸),具体数值由掩模板参数决定。所述介电层103为基于溶液法制备的透明氧化铪(HfO)层,由水溶液法制作,厚度为10~30 nm,退火温度为200~300 °C,单位面积电容为120~170 nF·cm<sup>-2</sup>。所述基底104为透明柔性材料聚酰亚胺(PI),厚度为400~600μm。

[0039] 一种柔性纳米纤维氧化锌锡的场效应晶体管的制备方法,具体制备步骤包括:

[0040] a) 基底清洗;

[0041] 将购买的PI基底完全浸入盛放去离子水的烧杯中,液面高于样片,将所述烧杯置于丙酮环境中进行第一次超声清洗15 min;

[0042] 第一次超声清洗后,将基底完全浸入盛放无水乙醇的烧杯中,将所述烧杯置于去离子水环境中进行第二次超声清洗20 min;

[0043] 第二次超声清洗后,将所述烧杯置于去离子水环境中进行第三次超声清洗10 min;

[0044] 第三次超声清洗后,用氮气吹干基底;

[0045] b) 制备ITO底栅电极层;

[0046] 对PI基底进行等离子清洗图案化亲水处理,30分钟;利用镂空特定图案的掩模板覆盖于使其部分表面亲水,可旋涂上后续薄膜。图案为宽度10~20 μm的长条形状;

[0047] 底栅电极层的氧化铟锡(ITO)前驱体溶液利用0.9 g硝酸铟(In(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O)与1.5 g氯化亚锡(SnCl<sub>2</sub>)溶于20 ml去离子水中,超声清洗15分钟;

[0048] 成膜工艺为:氧化铟锡前驱体溶液利用旋涂的方法生长于基底之上,转速为5000 rpm,时间40s,并利用深紫外(总光强3mW/cm<sup>2</sup>,波长为90 % 254 nm+10 % 183 nm的紫外光)照射,退火方法于300°C下退火1小时制成;底栅电极层形状为长条、透明状;

[0049] c) 制备氧化铪介电层

[0050] 介电层的前驱体溶液用2gHfCl<sub>4</sub>溶于20ml去离子水中,超声清洗15分钟;

[0051] 成膜工艺为介电层的前驱体溶液利用旋涂的方法生长与衬底与栅电极之上,并利用深紫外退火方法于200~300°C下退火制成。薄膜为透明状并且厚度为10~30 nm;

[0052] d) 制备纳米纤维结构的载流子沟道层;

[0053] 载流子沟道层的前驱体源溶胶为将2.0 g氯化亚锡(SnCl<sub>2</sub>)及2.0 g醋酸锌(Zn

(AC)<sub>2</sub>)溶于20 mL乙二醇甲醚(2-Me)、二甲基甲酰胺(DMF)以及聚乙烯吡咯烷酮(PVP)的混合溶剂(混合体积比分别为5:1:2)中,进行搅拌3小时,再静置14 小时、超声清洗30 min后,利用氮气吹至胶状液体;

[0054] 成丝方法为使用油画笔刷将所述载流子沟道层的前驱体源溶胶沿垂直于底栅电极的方向刷涂于介电层之上;之后在总光强 $3\text{mW}/\text{cm}^2$ ,波长90 % 254 nm+10 % 183 nm的紫外光照射下,以 $300^\circ\text{C}$ 温度加热2个小时形成ZTO纳米纤维细丝;

[0055] e) 制备顶部源电极层、顶部漏电极层

[0056] 顶部源电极层和顶部漏电极层的氧化铟锡前驱体溶液利用0.9g的 $\text{In}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 与0.9g氯化亚锡 $\text{SnCl}_2$ 溶于20mL去离子水中,超声清洗15分钟;

[0057] 成膜工艺为该溶液利用旋涂的方法生长与衬底顶部源电极层、顶部漏电极层之上,转速为5000 rpm,时间40s,并利用深紫外(总光强 $3\text{mW}/\text{cm}^2$ ,波长为90 % 254 nm+10 % 183 nm的紫外光)照射,退火方法于 $300^\circ\text{C}$ 下退火1小时制成;长100  $\mu\text{m}$ 、宽5~10  $\mu\text{m}$ 的长方形对阵列。

[0058] 上述实施例仅例示性说明本实用新型的原理及其功效,而非用于限制本实用新型。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本实用新型的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本实用新型的所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本实用新型的权利要求所涵盖。

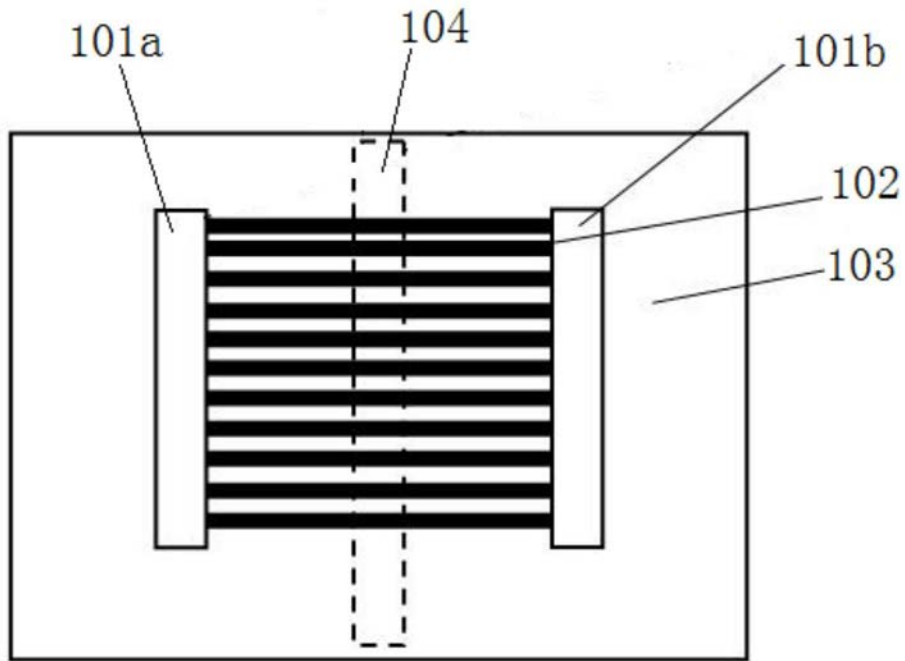


图1

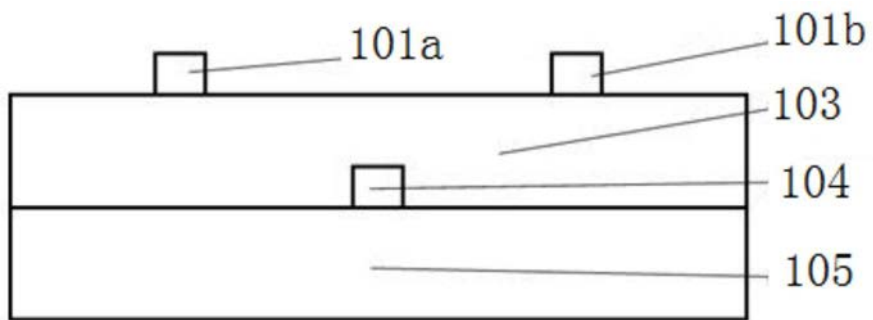


图2