



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110299415 A

(43)申请公布日 2019.10.01

(21)申请号 201910601922.0

(22)申请日 2019.07.05

(71)申请人 山东大学

地址 250199 山东省济南市历城区山大南路27号

(72)发明人 冯先进 徐伟东

(74)专利代理机构 济南金迪知识产权代理有限公司 37219

代理人 赵龙群

(51) Int. Cl.

H01L 29/786(2006.01)

H01L 21/336(2006.01)

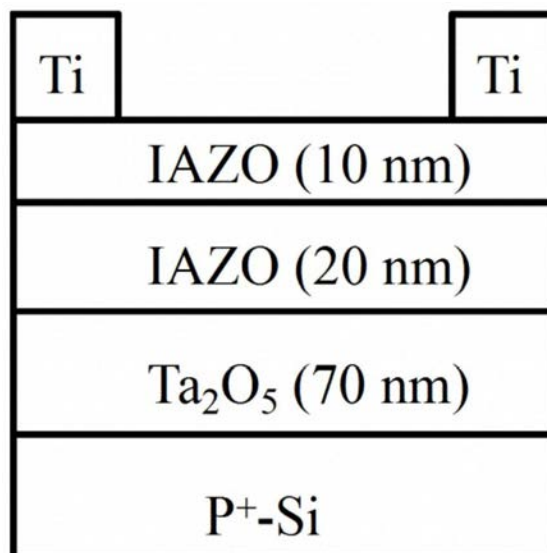
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管及其全室温制备方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管及其全室温制备方法,包括由下到上依次设置的P⁺-Si衬底、Ta₂O₅栅介电层、双有源层、源电极和漏电极;制备方法包括:(1)在P⁺-Si衬底上生长Ta₂O₅栅介电层;(2)在Ta₂O₅栅介电层上生长第一层IAZO薄膜;(3)在第一层IAZO薄膜上生长第二层IAZO薄膜;(4)在第二层IAZO薄膜上生长源电极和漏电极,即得。本发明通过探索和优化Ta₂O₅栅介电层的溅射制备条件,在室温环境中制备出了性能优良的IAZO TFT,制得的IAZO TFT表现出了极高的电学性能,在未来柔性显示和集成电路中具备了广阔的应用前景。



1. 一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管,其特征在于,包括由下到上依次设置的P⁺-Si衬底、Ta₂O₅栅介电层、双有源层、源电极和漏电极,所述双有源层包括由下到上依次设置第一层IAZO薄膜和第二层IAZO薄膜,所述源电极和漏电极均设置在所述第二层IAZO薄膜上。

2. 根据权利要求1所述的一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管,其特征在于,所述Ta₂O₅栅介电层的厚度为50-150nm;

进一步优选的,所述Ta₂O₅栅介电层的厚度为70nm。

3. 根据权利要求1所述的一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管,其特征在于,所述第一层IAZO薄膜的厚度为10-25nm,所述第二层IAZO薄膜的厚度为5-20nm;

进一步优选的,所述第一层IAZO薄膜的厚度为20nm;所述第二层IAZO薄膜的厚度为10nm。

4. 根据权利要求1所述的一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管,其特征在于,所述源电极和漏电极的厚度均为50nm,所述源电极和漏电极的材料均为Ti。

5. 根据权利要求1所述的一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管,其特征在于,所述源电极和漏电极之间的沟道尺寸:宽为1000-2000μm,长为20-100μm;

进一步优选的,所述源电极和漏电极之间的沟道尺寸:宽为2000μm,长为60μm。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管的全室温制备方法,其特征在于,包括:

(1) 在所述P⁺-Si衬底上生长Ta₂O₅栅介电层;

(2) 在所述Ta₂O₅栅介电层上生长第一层IAZO薄膜;

(3) 在所述第一层IAZO薄膜上生长第二层IAZO薄膜;

(4) 在所述第二层IAZO薄膜上生长源电极和漏电极,即得。

7. 根据权利要求6所述的基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管的全室温制备方法,其特征在于,步骤(1)中,使用射频磁控溅射法在所述P⁺-Si衬底上生长Ta₂O₅栅介电层,包括步骤如下:

A、打开射频磁控溅射腔室门,放入所述衬底、Ta₂O₅陶瓷靶,关闭腔室门;

B、抽真空,直到腔室内真空度低于 1×10^{-5} Torr;

C、往腔室内通入氧气浓度为5%的Ar/O₂混合气体,1-2分钟后停止充气,此操作重复2-4次;

D、设置溅射功率为50-200W,通入氧气浓度为5%的Ar/O₂混合气体,调节气体流速至10-25SCCM,保持室内工作气压为3.30-3.70mTorr,衬底温度为20-28℃;

E、溅射20-65分钟;溅射结束后冷却30分钟;

进一步优选的,

所述步骤C中,往腔室内通入氧气浓度为5%的Ar/O₂混合气体,1分钟后停止充气,此操作重复3次;

所述步骤D中,设置溅射功率为90W,通入氧气浓度为5%的Ar/O₂混合气体,调节气体流速至20SCCM,保持室内工作气压为3.58mTorr,衬底温度为23℃;

所述步骤E中,溅射30分钟。

8. 根据权利要求7所述的基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管的全室温制备方法,其特征在于,步骤(2)中,使用射频磁控溅射法在所述Ta₂O₅栅介电层上生长第一层IAZO薄膜,包括步骤如下:

A、往腔室内通入高纯Ar,1-2分钟后停止充气,此操作重复2-4次;

B、设置溅射功率为50-200W,通入高纯Ar,调节气体流速至13-26SCCM,保持室内工作气压为3.40-3.85mTorr,衬底温度为20-28℃;

C、溅射4-14分钟;溅射结束后冷却30分钟;

进一步优选的,

所述步骤A中,往腔室内通入高纯Ar,1分钟后停止充气,此操作重复3次;

所述步骤B中,设置溅射功率为90W,通入高纯Ar,调节气体流速至20SCCM,保持室内工作气压为3.68mTorr,衬底温度为23℃;

所述步骤C中,溅射8分54秒。

9. 根据权利要求8所述的基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管的全室温制备方法,其特征在于,步骤(3)中,使用射频磁控溅射法在所述第一层IAZO薄膜上生长所述第二层IAZO薄膜,包括步骤如下:

A、往腔室内通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,1-2分钟后停止充气,此操作重复2-4次;

B、设置溅射功率为50-200W,通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,调节气体流速至13-26SCCM,保持室内工作气压为3.40-3.85mTorr,衬底温度为20-28℃;

C、溅射2-10分钟,关闭溅射电源;

D、等待20分钟以上,取出样品,关闭仪器,溅射过程结束;

进一步优选的,

所述步骤A中,往腔室内通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,1分钟后停止充气,此操作重复3次;

所述步骤B中,设置溅射功率为90W,通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,调节气体流速至20SCCM,保持室内工作气压为3.65mTorr,衬底温度为23℃;

所述步骤C中,溅射5分钟,关闭溅射电源;

所述步骤D中,等待30分钟后,取出样品,关闭仪器,溅射过程结束。

10. 根据权利要求6所述的基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管的全室温制备方法,其特征在于,步骤(1)中,所述P⁺-Si衬底为抛光的P⁺-Si衬底,所述P⁺-Si衬底使用前,依次使用迪康清洗剂、去离子水、丙酮、乙醇对所述P⁺-Si衬底进行清洗,再使用氮气吹干。

一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管及其全室温制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管及其全室温制备方法,属于半导体材料与器件技术领域。

背景技术

[0002] 随着微电子行业的快速发展,电子芯片的集成化程度越来越高并且相应的尺寸也越来越小。当超大规模集成电路的特征尺寸小于等于65nm以后,传统的二氧化硅(SiO_2)栅介电层的厚度就需要小于1.4nm,而如此薄的 SiO_2 层会大幅度增加晶体管的器件功耗,并且降低其栅压调控沟道的能力。人们研究发现,在等效氧化层厚度保持不变的情况下,使用高介电常数(高k)的材料来替换传统的 SiO_2 栅介电层,可以明显减弱直接隧穿效应,提高器件性能,并且增强器件的稳定性。因此,使用更合适的高k材料来做栅介电层已成为薄膜晶体管(TFT)重要的研究方向。

[0003] 近年来,透明金属氧化物TFT因为具有性能优良、工艺简单、透明、可柔性等优点受到了人们的极大关注。其中,非晶铟镓锌氧化物(IGZO)TFT以其较高的电子迁移率和可见光透过率、良好的均匀性以及可低温制备等优点,成为了国际上研究的热点之一并取得了很大的成功。然而,IGZO TFT在偏压、光照等条件下的稳定性和可靠性仍然有待提高。这极大地制约了其大规模的产业化应用。与IGZO相比,铟铝锌氧化物(IAZO)具有带隙宽且调制范围大($\sim 2.9\text{--}8.7\text{eV}$)、Al-O键结合能高等优点,因而有利于提高金属氧化物TFT的性能稳定性,以及实现对沟道层载流子浓度的有效调控。因此,IAZO是一种非常有应用前景的TFT有源层材料。然而,目前人们对IAZO TFT的研究仍然非常有限,特别是对其栅介电层材料的研究则更为匮乏。迄今为止,仅有少量用 SiO_2 、氮化硅(SiN_x)和氧化铝(Al_2O_3)做IAZO TFT栅介电层的研究报道,并且用这些栅介电材料所制备的器件的性能大多并不理想[Z. Ye, S. Yue, J. Zhang, X. Li, L. Chen and J. Lu, Annealing Treatment on Amorphous InAlZnO Films for Thin-Film Transistors, IEEE Trans. Electron Devices, 63, 3547-3551, 2016. & M. J. Park, J. Y. Bak, J. S. Choi and S. M. Yoon, Impact of aluminum incorporation into In-Zn-O active channel for highly-stable thin-film transistor using solution process, ECS Solid State Lett., 3, Q44-Q46, 2014.]。在众多的高k材料中,五氧化二钽(Ta_2O_5)是一种非常合适的介电层材料,其介电常数约为 SiO_2 的六倍,可以有效地改善TFT的工作电压、场效应迁移率、亚阈值摆幅等特性参数。然而,迄今为止还没有任何关于 Ta_2O_5 栅介电层在IAZO TFT应用的研究报道。更重要的是,如何实现高性能IAZO TFT的全室温制备已成为制约其在柔性电子领域应用的主要因素。据了解,除了PI柔性衬底外,目前所有报道的柔性衬底的工作温度都低于 225°C 。这意味着很难用当前的工艺来制备柔性的IAZO TFT。因此,寻找一种可以在全室温的环境下制备高性能IAZO TFT的方法是十分必要的。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明提供一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管及其全室温制备方法。

[0005] 通过研究和改变Ta₂O₅薄膜的溅射工艺条件,在室温环境中成功制备出质量较好的Ta₂O₅栅介电层并在室温下获得了性能优异的IAZO TFT,为其未来在柔性显示和超大规模集成电路中的应用提供了重要的实验基础。

[0006] 术语解释:

[0007] 1、射频磁控溅射法,是指在磁控溅射的基础上,采用射频电源作电源的溅射方法。

[0008] 本发明的技术方案为:

[0009] 一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管,包括由下到上依次设置的P⁺-Si衬底、Ta₂O₅栅介电层、双有源层、源电极和漏电极,所述双有源层包括由下到上依次设置第一层IAZO薄膜和第二层IAZO薄膜,所述源电极和漏电极均设置在所述第二层IAZO薄膜上。

[0010] Ta₂O₅具有较高的介电常数,Ta₂O₅的介电常数约为SiO₂介电常数的六倍,因此Ta₂O₅的栅压调控载流子的能力更强,所需工作电压较小,可以有效地改善TFT的工作电压、场效应迁移率、亚阈值摆幅等特性参数。

[0011] 根据本发明优选的,所述Ta₂O₅栅介电层的厚度为50-150nm;

[0012] 进一步优选的,所述Ta₂O₅栅介电层的厚度为70nm。不同厚度的Ta₂O₅栅介电层能够提供大小不同的电容,进而对TFT表现出不同的栅压调控能力,合适的Ta₂O₅厚度有利于获得电学性能优良的TFT。同时,合适的Ta₂O₅栅介电层厚度有助于减小TFT的泄漏电流,改善器件性能。

[0013] 根据本发明优选的,所述第一层IAZO薄膜的厚度为10-25nm,所述第二层IAZO薄膜的厚度为5-20nm;

[0014] 进一步优选的,所述第一层IAZO薄膜的厚度为20nm;所述第二层IAZO薄膜的厚度为10nm。

[0015] 第一层IAZO薄膜与绝缘层直接接触,它的生长质量决定着器件中界面缺陷的含量。合适的第一层IAZO薄膜厚度,有利于提高薄膜内载流子浓度,进而获得缺陷较少的、高质量的界面,从而有利于提高器件电学性能。第二层IAZO薄膜的电阻率较高,改变其厚度是有效调控双IAZO有源层中载流子浓度的关键。若第二层IAZO薄膜较厚时,会导致双IAZO有源层整体的载流子浓度偏低,得到的器件性能会不理想;若第二层IAZO薄膜较薄时,又会引起双IAZO有源层整体的载流子浓度过高,电子散射增加,器件性能会再次降低。

[0016] 根据本发明优选的,所述源电极和漏电极的厚度均为50nm,所述源电极和漏电极的材料均为Ti。金属电极Ti的功函数较低,能够与IAZO有源层之间形成良好的欧姆接触,提高电子的漂移运动,进而获得较高的器件性能。合适的电极厚度,有利于获得稳定的器件性能,减少测试探针对器件的损耗。

[0017] 根据本发明优选的,所述源电极和漏电极之间的沟道尺寸:宽为1000-2000μm,长为20-100μm;

[0018] 进一步优选的,所述源电极和漏电极之间的沟道尺寸:宽为2000μm,长为60μm。合适的沟道尺寸,有利于减少沟道内的自热效应,提高电子的漂移运动。

[0019] 上述基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管的全室温制备方法,包括:

[0020] (1) 在所述P⁺-Si衬底上生长Ta₂O₅栅介电层;

[0021] (2) 在所述Ta₂O₅栅介电层上生长第一层IAZO薄膜;

[0022] (3) 在所述第一层IAZO薄膜上生长第二层IAZO薄膜;

[0023] (4) 在所述第二层IAZO薄膜上生长源电极和漏电极,即得。

[0024] 根据本发明优选的,步骤(1)中,使用射频磁控溅射法在所述P⁺-Si衬底上生长Ta₂O₅栅介电层,包括步骤如下:

[0025] A、打开射频磁控溅射腔室门,放入所述衬底、Ta₂O₅陶瓷靶,关闭腔室门;

[0026] B、抽真空,直到腔室内真空度低于 1×10^{-5} Torr;

[0027] C、往腔室内通入氧气浓度为5%的Ar/O₂混合气体,1-2分钟后停止充气,此操作重复2-4次;

[0028] D、设置溅射功率为50-200W,通入氧气浓度为5%的Ar/O₂混合气体,调节气体流速至10-25SCCM,保持室内工作气压为3.30-3.70mTorr,衬底温度为20-28℃;

[0029] E、溅射20-65分钟;溅射结束后冷却30分钟。

[0030] 进一步优选的,

[0031] 所述步骤C中,往腔室内通入氧气浓度为5%的Ar/O₂混合气体,1分钟后停止充气,此操作重复3次;

[0032] 所述步骤D中,设置溅射功率为90W,通入氧气浓度为5%的Ar/O₂混合气体,调节气体流速至20SCCM,保持室内工作气压为3.58mTorr,衬底温度为23℃;

[0033] 所述步骤E中,溅射30分钟。

[0034] 采用射频磁控溅射法的制备工艺,可以制备与靶材组分相近、致密、均一性良好的半导体薄膜材料,与现有的平板显示工艺相兼容,有利于IAZO TFT的室温制备。另外,合适的生长条件有利于在室温下获得质量较好的Ta₂O₅栅介电层。

[0035] 根据本发明优选的,步骤(2)中,使用射频磁控溅射法在所述Ta₂O₅栅介电层上生长第一层IAZO薄膜,包括步骤如下:

[0036] A、往腔室内通入高纯Ar,1-2分钟后停止充气,此操作重复2-4次;

[0037] B、设置溅射功率为50-200W,通入高纯Ar,调节气体流速至13-26SCCM,保持室内工作气压为3.40-3.85mTorr,衬底温度为20-28℃;

[0038] C、溅射4-14分钟;溅射结束后冷却30分钟。

[0039] 进一步优选的,

[0040] 所述步骤A中,往腔室内通入高纯Ar,1分钟后停止充气,此操作重复3次;

[0041] 所述步骤B中,设置溅射功率为90W,通入高纯Ar,调节气体流速至20SCCM,保持室内工作气压为3.68mTorr,衬底温度为23℃;

[0042] 所述步骤C中,溅射8分54秒。

[0043] 根据本发明优选的,步骤(3)中,使用射频磁控溅射法在所述第一层IAZO薄膜上生长所述第二层IAZO薄膜,包括步骤如下:

[0044] A、往腔室内通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,1-2分钟后停止充气,此操作重复2-4次;

[0045] B、设置溅射功率为50-200W,通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,调节气体流速至13-26SCCM,保持室内工作气压为3.40-3.85mTorr,衬底温度为20-28℃;

[0046] C、溅射2-10分钟,关闭溅射电源;

[0047] D、等待20分钟以上,取出样品,关闭仪器,溅射过程结束;

[0048] 进一步优选的,

[0049] 所述步骤A中,往腔室内通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,1分钟后停止充气,此操作重复3次;

[0050] 所述步骤B中,设置溅射功率为90W,通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,调节气体流速至20SCCM,保持室内工作气压为3.65mTorr,衬底温度为23℃;

[0051] 所述步骤C中,溅射5分钟,关闭溅射电源;

[0052] 所述步骤D中,等待30分钟后,取出样品,关闭仪器,溅射过程结束。

[0053] 合适的生长条件有利于在室温下获得性能优良的IAZO有源层。

[0054] 根据本发明优选的,步骤(1)中,所述P⁺-Si衬底为抛光的P⁺-Si衬底,所述P⁺-Si衬底使用前,依次使用迪康(Decon)清洗剂、去离子水、丙酮、乙醇对所述P⁺-Si衬底进行清洗,再使用氮气吹干。

[0055] 衬底表面抛光,有利于生长平整度较高的Ta₂O₅栅介电层,并且P⁺-Si衬底可直接被用作底栅。P⁺-Si衬底抛光后的清洗能有效提高衬底表面的清洁度,以利于生长平整度较高的Ta₂O₅栅介电层,提升IAZO TFT的性能。

[0056] 本发明的有益效果为:

[0057] 1.本发明提供的铟铝锌氧化物薄膜晶体管的制备方法不需要进行热退火等任何调控有源层载流子浓度的处理,数据翔实可靠,实验重复性强。

[0058] 2.通过原子力显微镜(AFM)测试可知,本方法生长的Ta₂O₅栅介电层表面平整,粗糙度低(0.096nm)。

[0059] 3.本发明通过探索和优化Ta₂O₅栅介电层的溅射制备条件,在室温环境中制备出了性能优良的IAZO TFT。

[0060] 4.本发明制得的IAZO TFT表现出了极高的电学性能,同时具有高饱和迁移率(19.56cm²/Vs)、高开关电流比(8.48×10⁷)、低阈值电压(1.24V)和低亚阈值摆幅(81mV/dec)。这些优秀的性能参数使得本方法制备的IAZO TFT在未来柔性显示和集成电路中具备了广阔的应用前景。

附图说明

[0061] 图1为基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT的结构示意图。

[0062] 图2为Ta₂O₅栅介电层的AFM图。

[0063] 图3为基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT的输出曲线示意图。

[0064] 图4为基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT的转移曲线示意图。

具体实施方式

[0065] 下面结合实施例和说明书附图对本发明做进一步说明,但不限于此。

[0066] 实施例1

[0067] 一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管,包括由下到上依次设置的 P^+ -Si衬底、 Ta_2O_5 栅介电层、双有源层、源电极和漏电极,双有源层包括由下到上依次设置第一层IAZO薄膜和第二层IAZO薄膜,源电极和漏电极均生长在第二层IAZO薄膜上。

[0068] Ta_2O_5 具有较高的介电常数, Ta_2O_5 的介电常数约为 SiO_2 介电常数的六倍,因此 Ta_2O_5 的栅压调控载流子的能力更强,所需工作电压较小,可以有效地改善TFT的工作电压、场效应迁移率、亚阈值摆幅等特性参数。

[0069] Ta_2O_5 栅介电层的厚度为50-150nm;

[0070] 不同厚度的 Ta_2O_5 栅介电层能够提供大小不同的电容,进而对TFT表现出不同的栅压调控能力,合适的 Ta_2O_5 厚度有利于获得电学性能优良的TFT。同时,合适的 Ta_2O_5 栅介电层厚度有助于减小TFT的泄漏电流,改善器件性能。

[0071] 第一层IAZO薄膜的厚度为10-25nm,第二层IAZO薄膜的厚度为5-20nm;

[0072] 第一层IAZO薄膜与绝缘层直接接触,它的生长质量决定着器件中界面缺陷的含量。合适的第一层IAZO薄膜厚度,有利于提高薄膜内载流子浓度,进而获得缺陷较少、高质量的界面,从而有利于提高器件电学性能。第二层IAZO薄膜的电阻率较高,改变其厚度是有效调控双IAZO有源层中载流子浓度的关键。若第二层IAZO薄膜较厚时,会导致双IAZO有源层整体的载流子浓度偏低,得到的器件性能会不理想;若第二层IAZO薄膜较薄时,又会引起双IAZO有源层整体的载流子浓度过高,电子散射增加,器件性能会再次降低。

[0073] 源电极和漏电极的厚度均为50nm,源电极和漏电极的材料均为Ti。金属电极Ti的功函数较低,能够与IAZO有源层之间形成良好的欧姆接触,提高电子的漂移运动,进而获得较高的器件性能。合适的电极厚度,有利于获得稳定的器件性能,减少测试探针对器件的损耗。

[0074] 源电极和漏电极之间的沟道尺寸:宽为1000-2000 μm ,长为20-100 μm ;合适的沟道尺寸,有利于减少沟道内的自热效应,提高电子的漂移运动。

[0075] 实施例2

[0076] 根据实施例1所提供的一种基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管,区别之处在于:

[0077] Ta_2O_5 栅介电层的厚度为70nm。

[0078] 第一层IAZO薄膜的厚度为20nm;第二层IAZO薄膜的厚度为10nm。

[0079] 源电极和漏电极之间的沟道尺寸:宽为2000 μm ,长为60 μm 。

[0080] 实施例3

[0081] 实施例2所提供的基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管的全室温制备方法,包括:

[0082] (1) 在 P^+ -Si衬底上生长 Ta_2O_5 栅介电层;

[0083] (2) 在 Ta_2O_5 栅介电层上生长第一层IAZO薄膜;

[0084] (3) 在第一层IAZO薄膜上生长第二层IAZO薄膜;

[0085] (4) 使用电子束蒸发,在第二层IAZO薄膜上生长源电极和漏电极,即得。

[0086] 步骤(1)中, P^+ -Si衬底为已抛光的衬底, P^+ -Si衬底使用前,依次使用迪康(Decon)清洗剂、去离子水、丙酮、乙醇对 P^+ -Si衬底进行清洗,再使用氮气吹干。

[0087] 衬底表面已抛光,有利于生长平整度较高的 Ta_2O_5 栅介电层,并且 P^+ -Si衬底可直接

被用作底栅。 P^+ -Si衬底抛光后的清洗能有效提高衬底表面的清洁度,以利于生长平整度较高的 Ta_2O_5 栅介电层,提升IAZO TFT的性能。

[0088] 步骤(1)中,使用射频磁控溅射法在 P^+ -Si衬底上生长 Ta_2O_5 栅介电层,包括步骤如下:

[0089] A、打开射频磁控溅射腔室门,放入衬底、 Ta_2O_5 陶瓷靶,关闭腔室门;

[0090] B、抽真空,直到腔室内真空度低于 1×10^{-5} Torr;

[0091] C、往腔室内通入氧气浓度为5%的Ar/ O_2 混合气体,1-2分钟后停止充气,此操作重复2-4次;

[0092] D、设置溅射功率为50-200W,通入氧气浓度为5%的Ar/ O_2 混合气体,调节气体流速至10-25SCCM,保持室内工作气压为3.30-3.70mTorr,衬底温度为20-28℃;

[0093] E、溅射20-65分钟;溅射结束后冷却30分钟。

[0094] 采用射频磁控溅射法的制备工艺,可以制备与靶材组分相近、致密、均一性良好的半导体薄膜材料,与现有的平板显示工艺相兼容,有利于IAZO TFT的全室温制备。另外,合适的生长条件有利于在室温下获得质量较好的 Ta_2O_5 栅介电层。

[0095] 步骤(2)中,使用射频磁控溅射法在 Ta_2O_5 栅介电层上生长第一层IAZO薄膜,包括步骤如下:

[0096] A、靶材选择为IAZO陶瓷靶;往腔室内通入高纯Ar,1-2分钟后停止充气,此操作重复2-4次;

[0097] B、设置溅射功率为50-200W,通入高纯Ar,调节气体流速至13-26SCCM,保持室内工作气压为3.40-3.85mTorr,衬底温度为20-28℃;

[0098] C、溅射4-14分钟;溅射结束后冷却30分钟。

[0099] 步骤(3)中,使用射频磁控溅射法在第一层IAZO薄膜上生长第二层IAZO薄膜,包括步骤如下:

[0100] A、往腔室内通入氧气浓度为0.75%的Ar/ O_2 混合气体,1-2分钟后停止充气,此操作重复2-4次;

[0101] B、设置溅射功率为50-200W,通入氧气浓度为0.75%的Ar/ O_2 混合气体,调节气体流速至13-26SCCM,保持室内工作气压为3.40-3.85mTorr,衬底温度为20-28℃;

[0102] C、溅射2-10分钟,关闭溅射电源;

[0103] D、等待20分钟以上,取出样品,关闭仪器,溅射过程结束;

[0104] 合适的生长条件有利于在室温下获得性能优良的IAZO有源层。

[0105] 实施例4

[0106] 根据实施例3所提供的基于高介电常数栅介电层的铟铝锌氧化物薄膜晶体管的全室温制备方法,区别之处在于:

[0107] 步骤(1)中,使用射频磁控溅射法在 P^+ -Si衬底上生长 Ta_2O_5 栅介电层,包括步骤如下:

[0108] 步骤C中,往腔室内通入氧气浓度为5%的Ar/ O_2 混合气体,1分钟后停止充气,此操作重复3次;

[0109] 步骤D中,设置溅射功率为90W,通入氧气浓度为5%的Ar/ O_2 混合气体,调节气体流速至20SCCM,保持室内工作气压为3.58mTorr,衬底温度为23℃;

[0110] 步骤E中,溅射30分钟。

[0111] 步骤(2)中,使用射频磁控溅射法在Ta₂O₅栅介电层上生长第一层IAZO薄膜,包括步骤如下:

[0112] 步骤A中,往腔室内通入高纯Ar,1分钟后停止充气,此操作重复3次;

[0113] 步骤B中,设置溅射功率为90W,通入高纯Ar,调节气体流速至20SCCM,保持室内工作气压为3.68mTorr,衬底温度为23℃;

[0114] 步骤C中,溅射8分54秒。

[0115] 步骤(3)中,使用射频磁控溅射法在第一层IAZO薄膜上生长第二层IAZO薄膜,包括步骤如下:

[0116] 步骤A中,往腔室内通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,1分钟后停止充气,此操作重复3次;

[0117] 步骤B中,设置溅射功率为90W,通入氧气浓度为0.75%的Ar/O₂混合气体,调节气体流速至20SCCM,保持室内工作气压为3.65mTorr,衬底温度为23℃;

[0118] 步骤C中,溅射5分钟,关闭溅射电源;

[0119] 步骤D中,等待30分钟后,取出样品,关闭仪器,溅射过程结束。

[0120] 对该方法制备得到的Ta₂O₅栅介电层的表面形貌以及基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT的电学性能进行检测、分析和表征。

[0121] 制备得到的基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT的结构如图1所示,由以上步骤可知,制备工艺简单,适合产业化应用。

[0122] 使用原子力显微镜(AFM)对Ta₂O₅栅介电层进行表面形貌和粗糙度测试;如图2所示:Ta₂O₅栅介电层具有非常光滑平整的表面,表面粗糙度仅为0.096nm,这有利于减小界面缺陷对器件性能的影响。

[0123] 用Agilent B2900半导体分析仪对基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT进行电学性能测试。如图3所示,其中,纵坐标为漏极电流(I_{DS}),横坐标为漏极电压(V_{DS}),V_{DS}的变化范围是0~5V,栅极电压(V_{GS})的变化范围是-1~5V;曲线a、b、c、d、e、f、g分别表示栅电极电压为-1V、0V、1V、2V、3V、4V、5V时的输出曲线,a、b、c和d四条线基本重合。图3表明:基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT的工作电压比较小,具有明显的饱和特性,并且表现出极好的欧姆接触和输出特性,在5V栅压下的最大输出电流超过0.7mA。

[0124] 基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT的转移曲线是采用Agilent B2900半导体分析仪测得,如图4所示,纵坐标为I_{DS},横坐标为V_{GS},V_{DS}的大小设定为4V,V_{GS}的变化范围是-1~5V。其中实线和虚线分别代表对数坐标和非对数坐标下的转移曲线。基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT在较小的栅压下展现出优异的转移特性及开关性能,尤其是具有较高的开态电流。

[0125] 制备的基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT各项电学特性参数如表1所示:

[0126] 表1

[0127]

Ta ₂ O ₅ 厚度 (nm)	第一层	第二层	饱和迁移率 (cm ² /Vs)	阈值电压 (V)	亚阈值摆幅 (mV/dec)	开关电 流比
	IAZO 厚度 (nm)	IAZO 厚度 (nm)				
70	20	10	19.56	1.24	81	8.48×10 ⁷

[0128] 由表1可知,制备的基于高介电常数栅介电层的IAZO TFT表现出了极高的电学性能,同时具有高饱和迁移率(19.56cm²/Vs)、高开关电流比(8.48×10⁷)、低阈值电压(1.24V)和低亚阈值摆幅(81mV/dec)。这些优秀的性能参数使得本方法制备的IAZO TFT在未来柔性显示和集成电路中具备了广阔的应用前景。

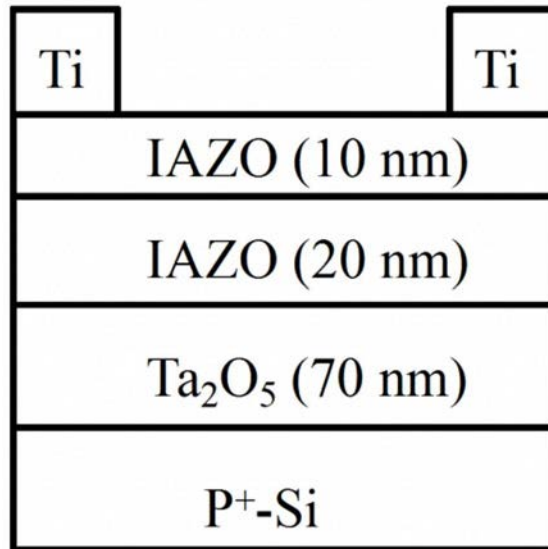


图1

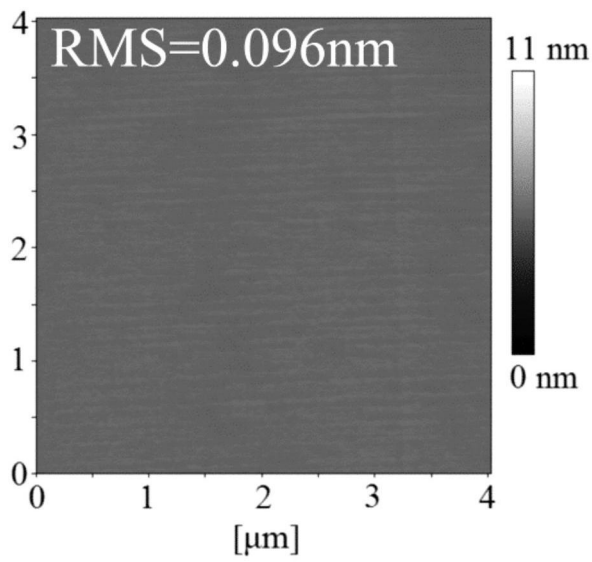


图2

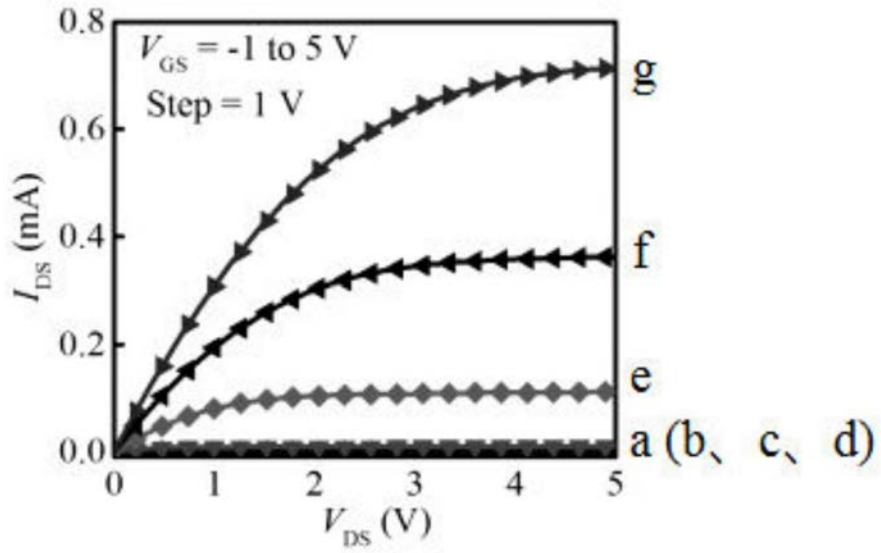


图3

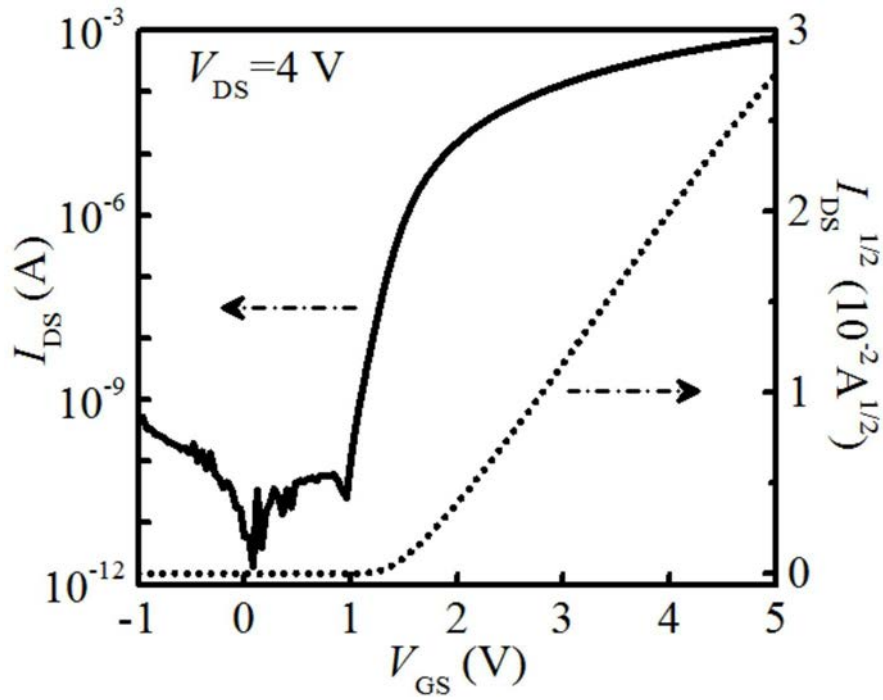


图4