

文章编号:1007-2780(2009)03-0393-03

ZnO 薄膜及 ZnO-TFT 的性能研究

马仙梅^{1,2,3}, 荆 海^{1,3}, 马 凯¹, 王龙彦^{1,2,3}, 王中健^{1,2,3}

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林, 长春 130033, E-mail: maxianmei509@126.com;
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 北方液晶工程研究开发中心, 吉林 长春 130033)

摘 要: 采用 MOCVD 法在 SiN_x 绝缘薄膜上生长了 ZnO 薄膜, 通过 X 射线衍射与光致发光光谱表征了 ZnO 薄膜的质量。其结果是: XRD 特征峰半高全宽 0.176°, 光致发光仅有 381.1 nm 的发光峰, 展现了 ZnO 薄膜光电特性的优势。制备了底栅型 ZnO 薄膜晶体管, 测试表明器件具有明显的场效应特性及饱和特性。

关 键 词: 氧化锌薄膜晶体管; 氧化锌薄膜; X 射线衍射; 光致发光
中图分类号: TN304.2⁺1; TN321⁺.5 **文献标识码:** B

1 引 言

微电子技术是在电子电路和系统的超小型化和微型化过程中逐渐形成和发展起来的一门新的技术。薄膜晶体管(Thin Film Transistor, TFT)在有源矩阵驱动显示器件中发挥着重要作用, 而 TFT 中半导体沟道层的性质对器件的性能、制作工艺有重要的影响。目前, 较为成熟的无机 TFT 的沟道层多采用非晶硅(a-Si)和多晶硅(p-Si)。与这两种材料相比, ZnO 薄膜材料^[1]具有禁带宽度大、载流子迁移率高等优异的半导体特性, ZnO 基 TFT^[2-6]既可以解决 a-Si 材料的迁移率较低, 漏极电流小的问题, 又可以避免 p-Si 所需要的激光晶化处理等复杂工艺。ZnO-TFT 的高迁移率可以满足 OLED 等电流驱动器件所需的大电流^[7], 利用其对可见光透明的特性又可以制作成全透明器件^[8], 提高显示器件的开口率。

本文采用 MOCVD 法在 SiN_x 绝缘薄膜上生长了 ZnO 薄膜, 制备了底栅型 ZnO 薄膜晶体管, 测试结果表明器件具有良好的场效应特性及饱和特性。

2 实 验

2.1 ZnO 薄膜材料的生长

使用 MOCVD 方法, 在 SiN_x/glass 衬底上沉积 ZnO 薄膜。原材料采用二乙基锌(DEZ)和

O₂, 载气用 Ar。先用机械泵抽真空后再用分子泵将反应室的真空度抽至 1.33×10⁻⁴ Pa, 待反应室升温至 590 °C 后, 通入辅气, 各种气体的流量为 Ar: 20 mL/min; O₂: 200 mL/min; N₂: 630 mL/min。最后打开源瓶, 通入 DEZ, 流量为 2 mL/min。生长 15 min 后, 关闭 Zn 源结束生长。用 XRD 分析 ZnO 微粒和薄膜的晶体结构, 用 325 nm 光致荧光光谱分析 ZnO 光学特性。

2.2 ZnO-TFT 器件制备

ZnO 薄膜晶体管(ZnO-TFT)的结构和传统 TFT 相似, 主要由衬底、栅绝缘层、半导体有源层、栅极、源极和漏极构成, 其中以 ZnO 为半导体有源层, 绝缘层采用 SiO₂ 与 SiN_x 复合层。图 1 为底栅型 ZnO-TFT 的截面示意图。选用 Corning 玻璃作为衬底, 溅射金属 Cr 薄膜并光刻制

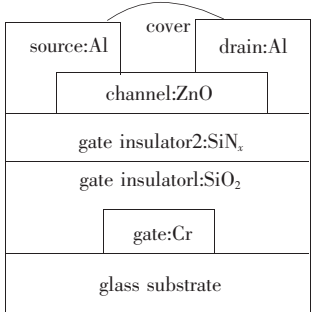


图 1 ZnO-TFT 截面示意图

Fig. 1 Cross-sectional view of ZnO-TFT

收稿日期: 2009-02-06; 修订日期: 2009-02-19

基金项目: 国家自然科学基金(No. 60576054, No. 60576043, No. 60576056, No. 60786013); 教育部新世纪优秀人才支持计划(No. 05-0326); 长春市科技局产业化项目(No. 2006303)

成栅电极,用 PECVD 法连续生长 SiO_2 与 SiN_x 绝缘膜,采用 MOCVD 法在绝缘层上沉积 ZnO 薄膜作为有源层,光刻形成 ZnO 岛,在有源层上用溅射法生长源漏电极金属薄膜,采用套刻法对金属薄膜进行刻蚀,做出 TFT 的沟道。然后再使用 PECVD 法制作 SiO_2 层对沟道形成保护。

3 结果与分析

3.1 ZnO 薄膜特性

图 2 为在 SiN_x 薄膜表面生长 ZnO 的 XRD 图谱。分析 XRD 图谱,位于 2θ 值为 34.486° 的 (002) 峰占据了主要优势,显示该条件下 ZnO 薄膜为 c 轴择优取向生长。通过高斯拟合,得出 (002) 谱峰半高全宽为 0.176° ,表现出薄膜良好的结晶性能。虽然 SiN_x 为无定型薄膜,但以其为衬底而生长的 ZnO 薄膜具有与蓝宝石、 Si 片为衬底生长的 ZnO 薄膜相近甚至更好的结晶特性。应用到 TFT, ZnO 薄膜结晶特性越好,晶粒越大,晶界越小,则有源层的场效应迁移率就越大。

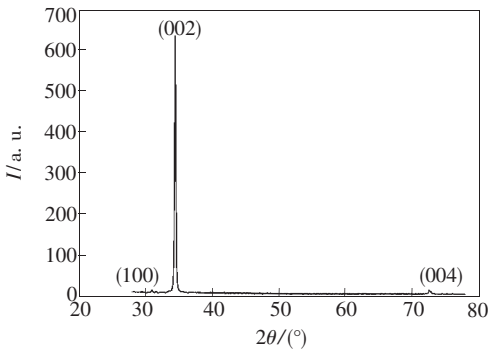


图 2 ZnO 薄膜的 XRD 图谱
Fig. 2 XRD spectra of ZnO thin film

作为宽禁带半导体材料,光致荧光图谱是 ZnO 特性的重要表征。图 3 是样品使用 325 nm He-Cd 激光器激发的光致发光谱图,图中只有 381.1 nm 的紫外发光峰,是 ZnO 的特征峰。样品并没有因为 $\text{SiN}_x/\text{glass}$ 衬底而出现可见光区的发光峰,表明该样品具有良好的光学特性。因此, ZnO 有源层的器件即使暴露在可见光中,也不会出现光致漏电流,这也是运用 ZnO 到薄膜晶体管中的一个重要原因。

图 4 为所制备 ZnO 基薄膜晶体管单管的显微照片,该器件的沟道宽长比为 $360\ \mu\text{m}:90\ \mu\text{m}$, ZnO 有源层通过 MOCVD 方法制备,通过测量器

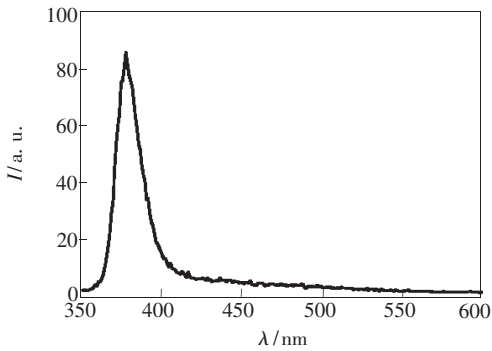


图 3 ZnO 薄膜的光致发光谱图
Fig. 3 PL spectrum of ZnO thin film

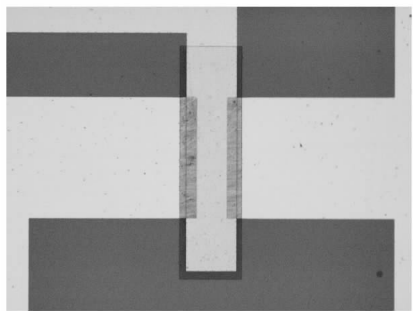


图 4 ZnO-TFT 单管器件显微照片
Fig. 4 Micro picture of single ZnO-TFT

件的输出特性来表征 TFT 的电学性质。焊接引线到栅、源、漏电极,测量数据如图 5 所示,显示出器件具有明显的场效应,并且有很好的饱和特性。

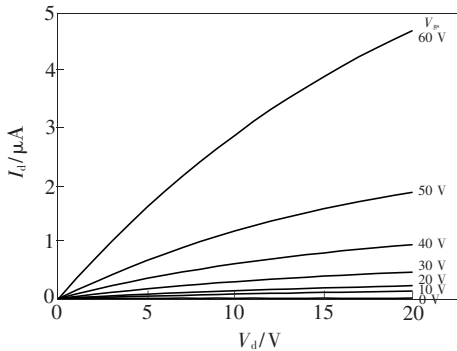


图 5 ZnO-TFT 输出特性曲线
Fig. 5 Output characteristics of ZnO-TFT

4 结 论

应用 MOCVD 方法在绝缘薄膜 SiN_x 薄膜表面生长 ZnO 薄膜,尽管 SiN_x 为非外延衬底,结果表明, ZnO 薄膜的 XRD 特征峰半高宽仅为 0.176° ,薄膜具有 c 轴择优取向特性及优良的结晶特性;

ZnO 薄膜的光致发光谱图只有 381.1 nm 的紫外发光峰,显示了 ZnO 薄膜在作为薄膜晶体管有源层的优势,即对可见光不敏感。另外,实验制备了 ZnO 基薄膜晶体管,*I-V* 测试展现了器件具有场效应及很好的饱和特性。

参 考 文 献:

[1] Du Guotong, Chang Yuchun, Zhang Yuantao, *et al.* ZnO thin films growth, characteristics and applications [C]// ICSICT 04 *Technical Proceeding*, Beijing, China: IEEE: 2004, 2361-2365.

[2] Bae H S, Seongil Im. Ultraviolet detecting properties of ZnO-based thin film transistors [J]. *Thin Solid Films*, 2004, 469-470: 75-79.

[3] Cheng Hua-Chi, Chen Chia-Fu, Lee Cheng-Chung. Thin-film transistors with active layers of zinc oxide (ZnO) fabricated by low-temperature chemical bath method [J]. *Thin Solid Films*, 2006, 498: 142-145 .

[4] Yao Q J, Li D J. Fabrication and property study of thin film transistor using rf sputtered ZnO as channel layer [J]. *J. Non-Crystalline Solids*, 2005, 351: 3191-3194.

[5] Hoffman R L, Norris B J, Wager J F. ZnO-based transparent thin -film transistors [J]. *Appl. Phys. Lett.* , 2003, 82: 733-735.

[6] 张新安, 张景文, 杨晓东, 等. L-MBE 法制备以 ZnO 为沟道层的薄膜晶体管 [J]. *半导体学报*, 2006, 27 (6): 1501-1504.

[7] Park Sang-Hee Ko, Hwang Chi-Sun, Lee Jeong-IK, *et al.* Transparent ZnO thin film transistor array for the application of transparent AM-OLED display [C]// *SID 06 Digest*, San Francisco, USA: SID, 2006: 25-28.

[8] Chiang H Q, Wager J F, Hoffman R L, *et al.* High mobility transparent thin-film transistors with amorphous zinc tin oxide channel layer [J]. *Appl. Phys. Lett.* , 2005, 86: 013503(1-3).

ZnO Films and Properties of ZnO-TFT

MA Xian-mei^{1,2,3}, JING Hai^{1,3}, MA Kai¹,
WANG Long-yan^{1,2,3}, WANG Zhong-jian^{1,2,3}

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Changchun 130033, China, E-mail: maxianmei509@126.com;
2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3. North Liquid Crystal Engineering Research and Development Center, Changchun 130033, China)

Abstract

ZnO films were grown on SiN_x/glass substrate by the method of MOCVD. The qualities of the ZnO films were characterized by XRD and photo luminescence spectra. The results indicated that the full width at half height of XRD intrinsic peak is 0.176°, and there is only a peak at 381.1 nm in the PL spectra. Both results exhibit the preponderance of our ZnO films in their photoelectricity characteristics. A bottom-gate-type ZnO-TFT was constructed successfully, and the measurements show that the device has an obvious field effect performance and a favorable saturation characteristic.

Key words: ZnO-TFT; ZnO thin film; XRD; PL

作者简介: 马仙梅(1982—), 女, 内蒙古鄂尔多斯人, 博士研究生, 主要从事 ZnO 薄膜材料的生长及 ZnO 基薄膜晶体管的研制工作。