

文章编号: 1007-2780(2010)05-0706-03

不同氧气分压下的 MOCVD 法氧化锌薄膜生长

赵春雷, 杨小天*, 王 超, 唐 魏, 杨 佳, 高晓红

(吉林建筑工程学院 电气与电子信息工程学院, 吉林 长春 130021)

摘 要: 采用金属有机化学气相沉积方法, 在不同氧气分压下, 对硅衬底氧化锌薄膜材料生长做了研究。X-射线衍射方法对氧化锌薄膜的结晶质量做了比对测试。测试结果表明薄膜是沿着(002)方向生长。利用光荧光光谱测试分析, 对薄膜的发光特性做了研究, 研究发现随着氧气分压增大, 薄膜的紫外发光峰增强。通过原子力显微镜测试, 对薄膜的表面形貌做了观察, 发现结晶颗粒的平均粗糙度、均方根, 以及平均直径随着氧气分压的增大呈现逐渐变小的趋势。

关 键 词: 氧化锌; 薄膜; MOCVD

中图分类号: TN 304.2⁺1

文献标识码: A

Zinc Oxide Films Growth by MOCVD Under Different Oxygen Partial Pressures

ZHAO Cun-lei, YANG Xiao-tian*, WANG Chao, TANG Wei, YANG Jia, GAO Xiao-hong

(School of Electric & Information Engineering,

Jilin Institute of Architecture and Civil Engineering, Changchun 130033, China)

Abstract: ZnO thin films were grown on Si substrates by metal-organic chemical vapor deposition under different oxygen partial pressures, and the properties of the films were studied. It was found sharp diffraction peaks for ZnO (002) by X-ray diffraction, indicating the films were highly *c*-axis-oriented. The photoluminescence spectra of the ZnO films were studied. The surface morphology was studied by the atomic force microscopy. It was found that the ZnO films grew in a column-by-column process. The average grain size and the root-mean-square values for the film-surface morphology were decreasing with the increasing oxygen partial pressure.

Key words: ZnO; thin films; MOCVD

1 引 言

作为一种宽禁带半导体材料, ZnO 在光电领域具有潜在的应用优势, 如用于制备发光二极管^[1]、光探测器^[2]、薄膜晶体管^[3]等。ZnO 薄膜材料可以通过很多方法进行生长, 如磁控溅

射^[4-5]、分子束外延 (Molecular-beam Epitaxy, MBE)^[6]、金属有机化学气相沉积 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)^[7-9] 等。在这些方法当中, MOCVD 方法具有较高的生长速率和生长效率, 可以实现大面积、均匀生长, 可以实现不同组分掺杂生长。Si 片作为衬底材料,

收稿日期: 2010-04-02; 修订日期: 2010-05-13

基金项目: 教育部优秀人才支持计划项目 (No. 05-0326); 国家自然科学基金项目 (No. 60876013); 长春市科学技术局项目 (No. 2006303); 吉林省教育厅“十一五”科学技术研究计划项目 (No. 2009407)

作者简介: 赵春雷 (1980—), 男, 吉林梅河口人, 硕士研究生, 讲师, 主要从事 ZnO 薄膜材料生长方面的研究。

* 通讯联系人, E-mail: jlbfcj@163.com

成本相对较低,且容易与其他光电器件集成,因而被广泛采用于薄膜材料生长的衬底材料。

本文采用 MOCVD 方法在 Si 衬底上制备了 ZnO 薄膜,研究了氧分压在反应过程中对 ZnO 薄膜的影响。

2 实 验

通过 MOCVD 方法,将 ZnO 薄膜沉积在 Si 衬底表面。Si 衬底放置在托盘中,托盘可以以最高 1 000 r/min 的转速旋转。生长室的真空度约为 230 Pa。通过热辐射,一圆盘状电阻加热装置置于托盘底部,生长温度控制在 350 ℃。反应组分气体锌源(二乙基锌)和氧源(氧气)由两个独立气路引入生长室。锌源温度保持在零下 2 ℃,氩气作为载体进入锌源瓶,携带锌源气体进入生长室,其流量为 2 cm³/min。氧气流量分别为 150, 170, 190 cm³/min。利用 SIEMENS D08 Discover X 射线衍射仪对氧化锌薄膜的结晶质量进行检测。利用 325 nm 氮-镉激光器,对 ZnO 薄膜进行激发并测试其光致发光性能。利用原子力显微镜检测 ZnO 薄膜的表面形貌。

3 结果与讨论

图 1 是不同氧气分压下 ZnO 薄膜的荧光光谱图。在 377 nm 附近,可以观察到强的紫外激发,这与 ZnO 材料 60 meV 的激子束缚能吻合。图 1 中可以看到位于 377 nm 附近的紫外峰和位于 493 nm 附近的深能级发光峰。随着氧气分压的增大,紫外峰呈增强趋势,紫外峰与深能级发光峰比值逐渐增大,这与马艳^[10]等人的研究结果相一致。

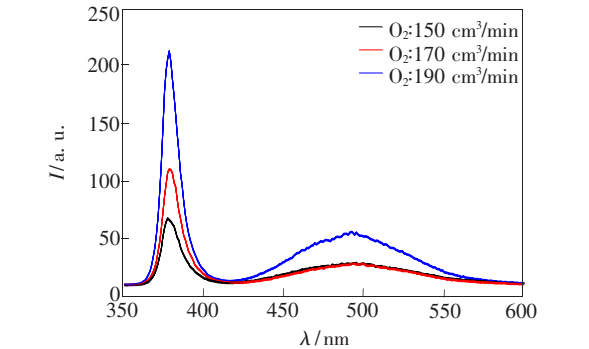


图 1 不同氧气分压下 ZnO 薄膜的 PL 谱
Fig. 1 PL spectra of ZnO film under different oxygen partial pressures

表 1 为通过原子力显微镜观察得到的不同氧气分压下氧化锌薄膜结晶颗粒的平均粗糙度、均方根以及平均直径。从表中数据可以看出,随着氧气分压的增大,各项数据呈现逐渐变小的趋势。

图 2 为氧气流量为 150 cm³/min 条件下的 ZnO 薄膜的 X 射线衍射图谱,可以看到 ZnO 薄膜的(002)衍射峰,表明 ZnO 薄膜为高度的 C 向生长。图 3 为氧气流量为 150 cm³/min 下生长的 ZnO 薄膜的立体图。

表 1 不同氧气分压下 ZnO 薄膜结晶颗粒的平均粗糙度、均方根,以及平均直径

Table 1 Average roughness, RMS, and the average diameter of zinc oxide thin films under different oxygen partial pressures

样品	氧气流量 (cm ³ /min)	平均粗糙度 (nm)	均方根 (nm)	平均直径 (nm)
1	150	3.81	4.95	88.6
2	170	3.67	4.65	86.3
3	190	3.23	4.08	75.9

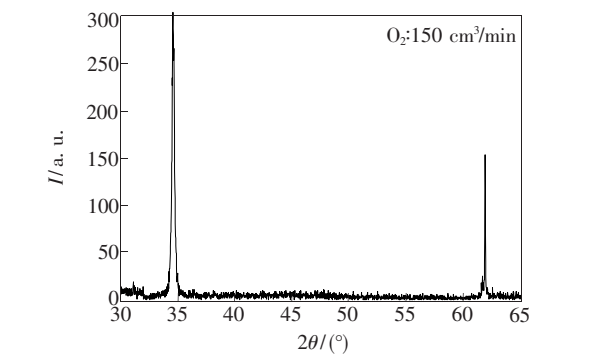


图 2 氧气流量为 150 cm³/min 下 ZnO 薄膜的 XRD 图谱
Fig. 2 XRD patterns of ZnO films at 150 cm³/min partial pressure of oxygen

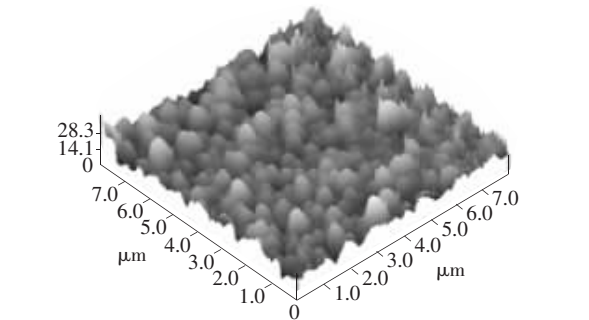


图 3 氧气流量为 150 cm³/min 原子力显微镜下观察的样品立体图
Fig. 3 Stereogram of ZnO films at 150 cm³/min partial pressure of oxygen

4 结 论

利用 MOCVD 方法,对不同氧分压对 ZnO 薄膜生长质量的影响进行了研究。研究结果表明,氧气分压对 ZnO 薄膜的结晶质量有很大影

响。原子力显微镜下观察可以看出,薄膜呈典型的柱状生长,ZnO 薄膜结晶颗粒的平均粗糙度、均方根以及平均直径随着氧气分压的增大呈现逐渐变小的趋势。随着氧气分压的增大,紫外峰呈增强趋势,紫外峰与深能级发光峰比值逐渐变大。

参 考 文 献:

- [1] Aoki T, Hatanaka Y, Look D C. ZnO diode fabricated by excimer-laser doping [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2000, 76 (22):3257(1-2).
- [2] Liu Y, Gorla C R, Liang S, *et al.* Ultraviolet detectors based on epitaxial ZnO films grown by MOCVD [J]. *Electron. Mater.*, 2000, 29(1):69-74.
- [3] Garcia P F, McLean R S, Reilly M H, *et al.* Transparent ZnO thin film transistor fabricated by rf magnetron sputtering [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2003, 82 (7):1117(1-3).
- [4] Chichibu S F, Yoshida T, Onuma T, *et al.* Helicon-wave-excited-plasma sputtering epitaxy of ZnO on sapphire (0001) substrates [J]. *Appl. Phys.*, 2002, 91(2):874-878.
- [5] Zhang Y, Du G, Liu D, *et al.* Crystal growth of undoped ZnO films on Si substrates under different sputtering conditions [J]. *Crystal Growth.*, 2002, 243 (3):439-443.
- [6] Tang Z K, Wong G K L, Yu P, *et al.* Room-temperature ultraviolet laser emission from self-assembled ZnO microcrystallite thin films [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1998, 72 (25):3270(1-3).
- [7] Cao H, Zhao Y G, Ong H C, *et al.* Ultraviolet lasing in resonators formed by scattering in semiconductor polycrystalline films [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1998, 73 (25):3656(1-3).
- [8] Bagnall D M, Chen Y F, Zhu Z, *et al.* Optically pumped lasing of ZnO at room temperature [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1997, 70(17):2230(1-3).
- [9] Ma Y, Du G T, Yang S R, *et al.* Control of conductivity type in undoped ZnO thin films grown by metalorganic vapor phase epitaxy [J]. *Chin. Phys. Lett.*, 2004, 95 (11):6268-6272.