

## 研究快报

## 用锌金属有机源和二氧化碳等离子体增强化学气相沉积的方法制备高质量氧化锌薄膜

楚振生, 李炳生, 刘益春, 申德振, 范希武, 刘毅南

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130021; 中国科学院激发态物理开放研究实验室, 吉林 长春 130021)

**摘要:** 报道了用金属锌有机源和二氧化碳混合气源等离子体增强化学气相沉积 (PECVD) 的方法成功地制备高质量择优取向 (002) 的 ZnO 薄膜。通过 X-ray 衍射谱进行了结构分析得到六方结构, 择优取向, 晶粒尺寸大约在 220nm。并通过原子力显微镜分析更进一步验证了晶粒的尺寸。通过透射谱分析观察到了典型的激子吸收线。这种方法的特点是在低温条件下在任何衬底上生长大面积均匀性好、结晶度高的 ZnO 薄膜。

**关键词:** 氧化锌; 薄膜; 等离子体增强化学气相沉积

中图分类号: O482.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-7032(2000)04-0383-02

近年来, 随着科学技术的发展, 尤其是信息领域科学技术的飞速发展, 对蓝光, 紫外光波段器件、技术和材料的要求越来越迫切, 目前氧化锌材料是能够实现紫外发射的重要材料, 其主要原因是 ZnO 是一种直接带隙的宽禁带 ( $E_g = 3.37\text{eV}$ ) 材料, 激子束缚能为 60meV, 可以实现室温下的激子发射, 因而也成为国际上半导体材料领域倍受关注的领域和研究热点, 在近期文献中已经有大量的报道<sup>[1~3]</sup>。单从材料制备角度看, 制备 ZnO 的方法有很多种<sup>[2,3]</sup>, 主要的有 MBE、MOCVD、PLD、蒸发、磁控溅射和化学方法等, 而采用锌的金属有机源结合其它气体源直接通过等离子体增强化学反应气相沉积技术制备 ZnO 的方法未见报道。本文报道了采用 RF 等离子体增强化学气相沉积的方法, 用锌的金属有机源和二氧化碳, 成功地制备出高质量的氧化锌薄膜。

实验上, 为了研究材料的不同性质, 我们分别选择了石英和 (100) 硅片作衬底制备 ZnO 薄膜, 并用普通玻璃沉积氧化锌薄膜作条件对比。发现 PECVD 方法在较低温度条件下制备氧化锌非常容易成膜, 并且对衬底要求不高, 一般衬底温度在 200 ~ 300 之间。值得注意的是在材料生长之前, 先用等离子体轰击衬底, 大约 30min, 这样可以处理掉衬底的表面层, 以解决衬

底表面的氧化层问题。图 1 为 X 射线衍射结构分析谱, 图 2 为原子力显微表面形貌, 此外还进行了吸收光谱的分析。

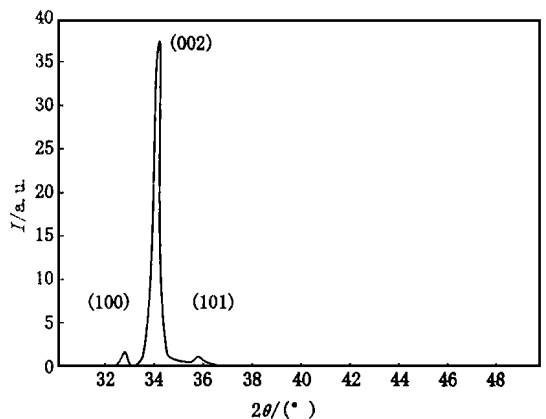


图 1 X 射线衍射谱

Fig. 1 The X-ray diffraction pattern of ZnO film grown on the (001) Si substrates by PECVD.

如图 1 所示, 这是在硅衬底上生长的 ZnO 多晶薄膜 X 射线衍射图。从图上可以看出样品主要是 (002) 择优取向, 半宽度很小, 根据公式  $d = \lambda / 2B \cos \theta$  可以算出结晶尺寸在 221nm。虽然硅和 ZnO 的晶格失配很大, 但是在材料生长过程中, 很容易生长出 (002) 择优取向的薄膜材料。

为了进一步确定成膜质量, 我们使用原子力显微镜研究了在玻璃衬底上的 ZnO 样品的形貌,

如图 2 所示,从结果看,薄膜是多晶的,晶粒很均匀,平整度很高,结晶度很高,晶粒尺寸在 220nm 左右。要加大晶粒尺寸和结晶度,以及表面平整度还有许多研究工作要做。

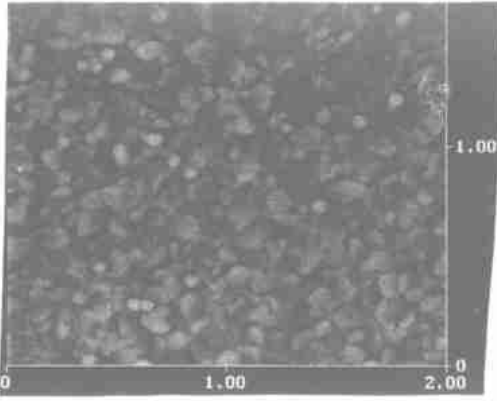


图 2 ZnO 薄膜的原子力显微镜表面形貌

Fig. 2 Atomic force microscope image of ZnO film.

由此可见,引入锌金属有机源和二氧化碳混合气体,用射频等离子体增强化学气相沉积(PECVD)可以得到质量很高的氧化锌薄膜。它的优点很突出,如生长温度低,能在各种衬底上生长,并且都是(002)择优取向的。令人感兴趣的是

为了研究材料的激子特性,测量了在石英衬底上的 ZnO 薄膜的透射谱,发现其激子吸收峰在 360nm 左右,与通过其他方法制备的氧化锌激子吸收峰一致。



#### 参 考 文 献:

- [ 1 ] Hage K, Kamidaira M. ZnO thin film prepared by remote plasma-enhanced CVD method [ J ]. *J. Crystal Growth*, 2000, **77-80**: 214-215.
- [ 2 ] Aoki T, Hatanaka Y, David C Look. ZnO diode fabricated by excimer-laser doping [ J ]. *Appl. Phys. Letter*, 2000, **76** (22): 3257-3258.
- [ 3 ] Chen Y F, Hong S K, Ko H. J. Plasma-assisted molecular-beam epitaxy of ZnO epilayers on atomically flat MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (111) substrates [ J ]. *Appl. Phys. Letter*, 2000, **76** (2): 245-247.

可以解决硅衬底的氧化膜问题,且在硅上非常容易成膜。这为将来器件的集成化打下了基础。

使用这种方法制备 ZnO 薄膜目前未见报道,可供参考的资料很少,所以大量的工作仍需要今后探索和研究。

## High Quality ZnO Thin Films Grown by PECVD from Metal-Organic Zinc and Carbon Dioxide Mixture Gas Sources

CHU Zheng-sheng, LI Bing-sheng, LIU Yi-chun, SHEN De-zhen, FAN X W, LIU Yi-nan  
( Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,  
Laboratory of Excited State Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China)

**Abstract:** High quality ZnO thin films were prepared by plasma enhanced chemical vapor deposition from the metal-organic and carbon dioxide mixture gas sources. The wurtzite structure of ZnO thin films with a strong c-axis orientation was successfully grown on the (001) Si substrate. The structure and composition were characterized by using X-ray diffraction and atomic force microscope (AFM) image. A type excitation absorption line of ZnO was observed from optical transmission spectra. This method has a promise advantage in preparing high quality ZnO thin film.

**Key words:** ZnO; thin film; PECVD