

纳米薄膜的研究型教学实验设计探索

李志杰, 付浩, 王治国, 霍中生, 姚列明, 祖小涛
(电子科技大学 物理电子学院, 四川 成都 610054)

摘要: 基于基础实验课程, 开设研究型实验教学, 是实验课教学改革的一项内容。对于纳米薄膜的研究性实验, 学生在完成的过程中, 尝试独立进行实验准备和设计, 实践多项实验技术, 引发学生的科学研究兴趣, 对培养学生的创新意识和实践能力具有重大意义。

关键词: 纳米材料; 薄膜; 研究型实验; 教学改革

中图分类号: G 642.423 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7167(2009)08-0118-03

Exploration of Research-oriented Experimental Teaching on Nano-Film

LI Zhi-jie, FU Hao, WANG Zhi-guo, HUO Zhong-sheng, YAO Lie-ming, ZU Xiao-tao

(School of Physical Electronics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: The research-oriented experimental teaching is an important part of teaching reformation and the nano-film experiment is a research hot point. Through the experiment, students can practice multiple techniques, and complete experimental preparation and procedure designing independently. The researchful study item would foster students' research interest and improve their innovatory ability.

Key words: nano-film; research-type experiment; teaching reform

1 引言

近年来, 教育部提出高校要积极地推动研究型教学, 提高大学生的创新能力; 要进一步加强科学研究和教学实验的结合, 推动实验教学内容、方法、手段及人才培养模式的改革和创新。传统的实验教学侧重于验证书本知识, 是以验证、基础性实验为主, 对学生创新和综合能力的培养欠缺。通过研究型实验使学生了解实验设计思路, 分析实验结果, 联系实际问题认识到实验的重要性, 增强独立解决问题的能力, 可以充分发挥实验教学的作用。使学生在实验教学过程中, 养成良好的创新思维习惯, 从而提高分析问题和解决问题的能力, 可以为以后从事独立的科研工作和实际工作打下一个坚实的基础^[1-7]。

纳米薄膜材料是材料科学发展的一个重要方向, 而作为特殊形态的电子薄膜已成为微电子学、光电子

学、磁电子学、传感器、太阳能利用等新兴学科的材料基础, 是高新技术的重要组成部分。ZnO 纳米薄膜是一种光电学透明薄膜, 纯 ZnO 及其掺杂薄膜具有优异光电性能, 用途广阔, 而且原料易得、价廉、毒性小, 成为最有开发潜力的纳米薄膜材料之一。目前, 研究 ZnO 纳米薄膜的性质涉及许多研究领域, 其中包括: 透明导电膜 (TCO)、表面声学波 (SAW) 器件、光激励激光器、气敏传感器、紫外光探测器、显示以及与 GaN 互作缓冲层等方面。

为了让学生对纳米薄膜材料的制备和性质有更清楚的认识, 掌握测量纳米薄膜材料的基本表征手段, 我们在大量的教学和研究的基础上, 设计一个涉及纳米薄膜的制备、原子力显微镜观测形貌、紫外-可见光吸收测量带隙和荧光光谱测量发光性质的研究型教学实验。该实验可以应用于光电类、应用物理、固体电子、材料类和化学化工等专业的学生, 具有广泛性。

2 主要实验仪器

磁力搅拌器 (用于制备 ZnO 溶胶); 均胶镀膜机 (用于镀膜); 电热恒温鼓风干燥箱 (干燥薄膜); 马弗炉 (用于薄膜的退火); 原子力显微镜 (测量薄膜的形

收稿日期: 2008-07-21

作者简介: 李志杰 (1974-), 男, 山东济南人, 博士, 讲师, 主要研究方向为半导体光电纳米材料和近代物理实验教学。

Tel: 028-83202130; E-mail: zhijielj2002@yahoo.com.cn

貌和颗粒大小);紫外可见分光光度计(测量薄膜的光吸收和光透过性质);荧光仪(测量薄膜的光致发光性质)。这些仪器国内都有生产,价格相对于国外进口仪器比较低,已经成为材料、物理、化学等实验室中常见的设备。电子科技大学近代物理实验中心近年来对这些仪器进行了配置,在教学实验中取得了良好的应用效果。

3 综合性实验内容的实施

研究型实验要求学生独立进行实验准备和实验设计。本纳米薄膜的研究型实验准备工作由老师提供相关试剂,开放仪器室,由学生根据实验安排,自行配置试剂,调试设备,提交实验进度的时间表和流程表,审查合格后,开始进入正式实验。这样学生在实验开始前就要结合理论课知识和基本实验技能对整个实验进行思考和安排,培养独立进行科学研究的习惯和能力。

3.1 制备 ZnO 溶胶

ZnO 纳米薄膜的制备方法很多,大致分为物理沉积和化学沉积两大类。物理沉积包括激光辅助沉积和各种溅射沉积等,化学沉积包括化学气相沉积、喷雾热解以及溶胶凝胶法等。相对于其他方法,溶胶凝胶法制备 ZnO 纳米薄膜,制备方法简单,镀膜效果好,可在较低温度和常压下制备,不需要大型昂贵的设备,适于本科生实验教学。

实验过程:选择二水合乙酸锌($(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)作为前驱体,乙二醇甲醚($\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)作为溶剂,乙醇胺($\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}$)作为稳定剂。将一定质量的二水合乙酸锌溶解于乙二醇甲醚中,再加入与二水合乙酸锌等摩尔的乙醇胺,在 60 经 1 h 的充分搅拌后,形成锌离子浓度为 0.75 mol/L 的 30 mL 透明均质溶液。老化一定时间后使用。

3.2 制备 ZnO 纳米薄膜

本实验用载玻片作为纳米薄膜载体。首先,将载玻片置于盛有丙酮清洗液的烧杯中超声波清洗 15 min,然后将载玻片置于盐酸清洗液中超声波清洗 15 min 左右,取出蒸馏水冲洗后烘干,最后将所有载玻片置于无水乙醇中浸泡,待镀膜时,取出烘干即可使用。

将清洗过的基片通过真空吸附在均胶镀膜机基片台上,采用旋转涂覆技术进行涂膜,先在较低转速下向衬底滴加溶液,然后在 4 000 r/min 的转速下旋转 30 s,形成的湿膜在 100 下预处理 15 min,然后进行第 2 次涂膜:最后在 400 下进行退火处理。

3.3 测量 ZnO 纳米薄膜的形貌

采用 CSPM5000 扫描探针显微镜 (AFM) 测量 ZnO 纳米薄膜的形貌。由 AFM 测得 ZnO 单层纳米薄膜表面形貌的平面及三维图像分别如图 1 和图 2 所示。可以看出,ZnO 薄膜表面晶粒细小,晶粒平均直径为

28.2 nm。伴有少量粒径约 100~200 nm 的大晶粒,但是总体上看晶粒尺寸均匀,比较致密。ZnO 纳米薄膜表面平均粗糙度为 34.60 nm,通过 ZnO 纳米薄膜的形貌观测,特别是三维图像,可以看出薄膜表面的起伏不平,这类无机化合物电子薄膜其实是由 ZnO 纳米颗粒组成的。要求学生对纳米薄膜的形貌做出清晰的认识和描述,对自己做的薄膜质量有具体的评价。

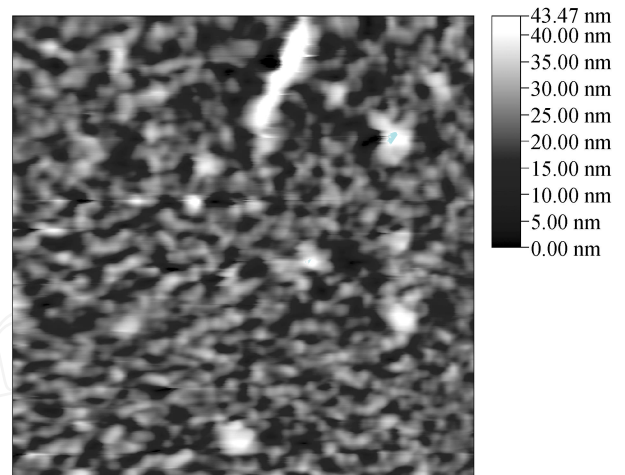


图 1 ZnO 纳米薄膜的 AFM 平面图

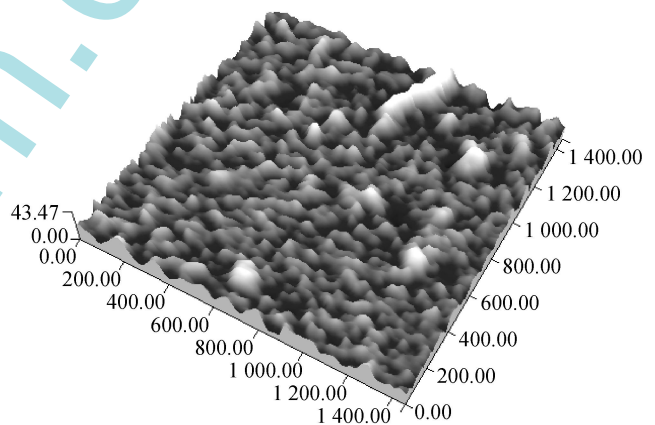


图 2 ZnO 纳米薄膜的 AFM 三维立体图 (nm)

3.4 ZnO 纳米薄膜的光吸收和光透过性质

ZnO 纳米薄膜的光吸收和透过光谱如图 3 和图 4 所示。通过这 2 个图分析光透过的情况,还可以分析 ZnO 纳米颗粒的带隙 E_g ,同时和 ZnO 的体相大颗粒相比,其 E_g 增大。要求学生查阅资料联系量子尺寸效应进行解释,从而对紫外可见分光光度计仪器有具体的认识,对半导体颗粒的带隙 E_g 的测量和量子尺寸效应理论有充分的认识。

3.5 ZnO 纳米薄膜的光致发光性质

ZnO 纳米薄膜的室温光致发光光谱如图 5 所示,激发波长为 275 nm,要求学生查阅文献,对光致发光谱进行具体的解释,解释出现各个发光峰的原因,提出可能的发光机理,从而对半导体材料的发光有具体的认识,对荧光分光光度计有具体的认识,提高学生自学和查阅参考文献的能力。同时,让学生认识到纳米薄

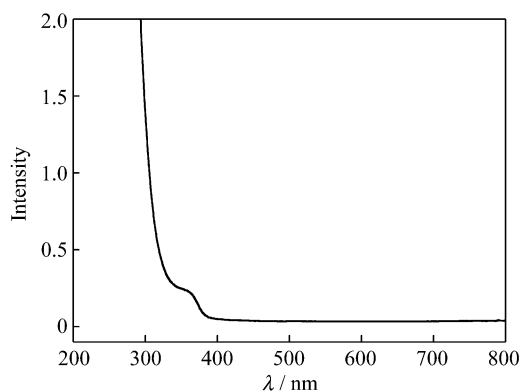


图 3 ZnO 纳米薄膜的紫外 - 可见吸收光谱

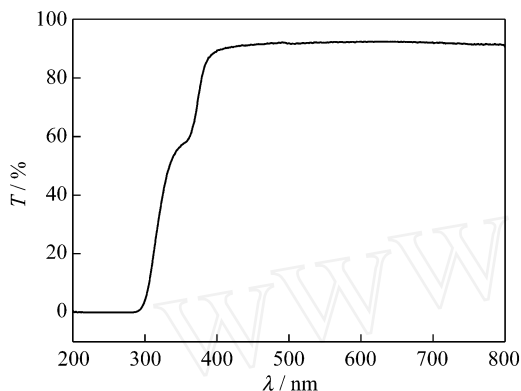


图 4 ZnO 纳米薄膜的紫外 - 可见光透过光谱

膜材料问题的解决需要多学科、多领域知识和实验技术的支持,应该开阔思路,多学科结合完成研究课题。这样不仅锻炼了学生自主、创新的能力,也能增加学生进行科学研究的兴趣。

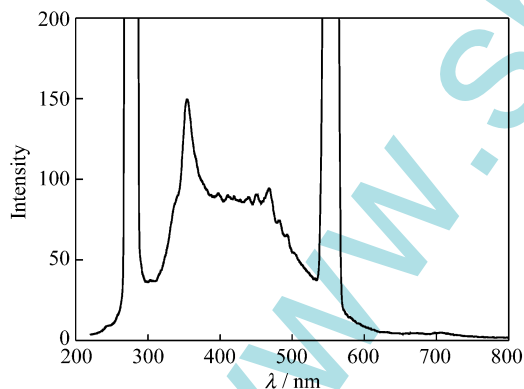


图 5 ZnO 纳米薄膜的室温光致发光光谱

4 实验报告

实验报告作为评价实验课成绩的一个重要部分,

要求格式和内容并重。研究性教学实验是培养学生创新和整体思路的一种方式,也是撰写科学论文的一个锻炼机会,因此,研究性教学实验报告要求写成科研论文的形式。通过撰写科研论文的形式整理实验思路、汇总实验结果和讨论分析,对自己的实验结果进行分析总结。

5 结语

通过对本校应用物理系和固体电子系的教学实践表明,纳米薄膜的研究型教学试验形成了具有时代气息的新型教学平台,学生在实验中表现出浓厚的学习兴趣,对薄膜的形成和性质原理有更深刻的认识。研究型实验是一个较完整的研究课题,实验过程中涉及薄膜的制备和多种仪器表征技术。这既是对学生的综合操作技术的锻炼,也是对学生前期基础理论和实验的考核;既锻炼了学生独立进行实验的能力,又可以通过一个整体的实验来学习到多个重要的现代仪器和多学科知识的应用,锻炼和提升学生的综合实验技能和创新能力。

研究性实验教学的方法可以设计更多的课题,拓展到多个学科的实验教学。研究型教学实验作为实验教学改革中的一种新的实验方式,其实施需要实验老师的精心组织和学生的积极配合,经过不断地改进,才能得到充实、完善和发展。对教师和学生都提出了更高的要求,是值得我们不断探索的教学改革方法之一。

参考文献 (References):

- [1] 赫春香. 优化实验内容与科研训练相结合 [J]. 实验室研究与探索, 2008, 27 (1): 116-118.
- [2] 段晓英, 姚天明, 杨勇, 等. 巧设综合实验, 提升综合能力 [J]. 实验室研究与探索, 2008, 27 (4): 97-99.
- [3] 刘继华, 周细应, 林文松. 纳米材料科学实验教学研究及构建 [J]. 实验室研究与探索, 2007, 26 (3): 96-98.
- [4] 柳松, 廖世军. 纳米二氧化钛光催化剂的综合性实验设计 [J]. 实验室研究与探索, 2007, 26 (6): 15-17.
- [5] 向东, 王青玲, 柳金凤, 等. 在扫描隧道显微镜实验中开展研究性学习 [J]. 实验室研究与探索, 2007, 26 (3): 89-92.
- [6] 张婕, 牛骁, 张钟彦, 等. 综合型实验教学改革与实践与探讨 [J]. 实验室研究与探索, 2008, 27 (1): 116-118.
- [7] 王伟祖, 郑旭明. 构建实验教学新体系, 培养学生创新能力 [J]. 实验室研究与探索, 2007, 26 (2): 70-72.

欢迎订阅 2010年《实验室研究与探索》