

面向光电专业学生的材料类课程教学探讨

武红磊, 孙振华*, 李百奎, 刘瑞友, 王世兴

深圳大学物理与光电工程学院, 广东 深圳

Email: hlwu@szu.edu.cn, *szh@szu.edu.cn

收稿日期: 2020年7月7日; 录用日期: 2020年8月24日; 发布日期: 2020年8月31日

摘要

光电材料已经成为光电行业发展的重要推动力量, 其相关知识的学习对于光电专业的本科生来说十分重要。论文以深圳大学为例, 通过对半导体薄膜材料技术与物理和半导体材料表征技术这两门课的教学研究, 探索光电专业学生材料类课程的优化教学方法。首先, 结合现有教材进行调整糅合, 增加两门课的衔接, 构建从半导体光电材料的制备到对其性能表征再到对器件制作的完整知识链, 同时补充这些材料在现有科研和生产的应用的事例; 其次, 课堂上引入大量的多媒体资料(包括动画和视频资料), 让学生对仪器有清楚、直观的了解; 再次, 设置大型综合实验, 一方面明显增强学生动手能力, 另一方面锻炼学生的设计能力, 实现光电材料选择 - 制备方法优化 - 测试方案设计的闭环学习; 最后, 依靠学院对外开放的大型测试仪器设备, 让学生参与对企业的测试服务中, 既提高对所学知识的领会与掌握, 又有助于了解行业发展动态。

关键词

光电, 高等教育, 改革, 材料

Research on the Teaching of Materials Courses for Optoelectronic Students

Honglei Wu, Zhenhua Sun*, Baikui Li, Ruiyou Liu, Shixing Wang

College of Physics and Optoelectronic Engineering, Shenzhen University, Shenzhen Guangdong

Email: hlwu@szu.edu.cn, *szh@szu.edu.cn

Received: Jun. 7th, 2020; accepted: Aug. 24th, 2020; published: Aug. 31st, 2020

Abstract

Optoelectronic materials have become an important driving force for the development of the op-

*通讯作者。

文章引用: 武红磊, 孙振华, 李百奎, 刘瑞友, 王世兴. 面向光电专业学生的材料类课程教学探讨[J]. 教育进展, 2020, 10(5): 648-653. DOI: 10.12677/ae.2020.105109

toelectronic industry. So, it is very important for undergraduates majoring in optoelectronics to learn the knowledge. The paper discusses the teaching research of the two material courses of semiconductor thin film material technology and physics and semiconductor material characterization technology in Shenzhen University. First, we adjust and blend the existing textbooks, increase the link between the two courses, and build a complete knowledge chain from the preparation of semiconductor optoelectronic materials to the characterization of their performance to the production of devices. At the same time, it will supplement the application examples of these materials in existing scientific research and production. Secondly, a large amount of multimedia materials (including animation and video) are introduced in the classroom, so that students have a clear and intuitive understanding of the instrument. Third, large-scale comprehensive experiments are setting up. On the one hand, it significantly enhances students' hands-on ability, and on the other hand exercises students' design ability, so as to realize the closed-loop learning of photoelectric material selection-preparation method optimization-test plan design. Finally, students participate in the testing services for companies by the college's large-scale testing equipment. It not only improves the understanding and mastery of the knowledge learned, but also helps to understand the development trends of the industry.

Keywords

Optoelectron, Higher Education, Reform, Material

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

光电信息科学与工程专业(以下简称“光电专业”)是电子信息类的核心专业之一,涵盖了光电信号获取、光通信、光电信息处理、光存储、光显示及光电信息应用等光电子工程领域,广泛应用于工农业生产、国防军工、生物医药、环境监测、文化娱乐、科学研究等领域相关的行业[1] [2] [3] [4]。学生通过这些基础知识、基础理论、基本技能,能从事光电技术与系统相关产品的设计、制造、开发、应用、研究、教学、管理、营销等方面工作。而半导体材料是支撑现代信息社会的基石,特别是近三十年来,半导体材料得到了迅猛的发展。随着半导体材料和光电子高科技的迅速发展,半导体光电材料(主要是指用于制造各种光电设备(包括各种主、被动光电传感器光信息处理和存储装置及光通信等)的半导体材料)已经成为光电行业发展的重要推动力量。因此,关于光电材料相关知识的学习对于光电专业的本科生来说十分重要。

深圳大学关于光电材料方面所开设的课程主要包括半导体薄膜技术与物理和半导体材料表征技术。先进的薄膜生长制备技术是实现优质半导体光电材料与器件的基础和保证。半导体薄膜技术与物理已成为一门内容丰富的专业课程,使学生掌握有关半导体薄膜生长原理、薄膜性质特征、薄膜制备方法与技术、薄膜在光电子技术领域中的应用等基本知识和技能,为后续的专业方向课程学习和从事相关领域的工作打下一定的基础。半导体材料表征技术这门课,包括对半导体光电材料性能的常见分析测试技术的基本概念、基本技术及应用,详细介绍了现代半导体工业中半导体材料的表征技术,基本上覆盖了所有的光学测试方法,以及与半导体材料相关的物理和化学测试方法。这两门课程对于光电专业的学生尤为重要。

传统上,这两门课程的讲授较为偏重于物理专业或材料专业方向,而与光电专业的契合度上还有很

大的发展空间, 缺乏面向光电专业学生的针对性的授课, 且教学的内容相对也较繁杂一些[3] [4] [5]。因此, 本文以深圳大学为例为更适宜与光电专业学生对这些课程知识的掌握, 进行课程教学的改革探讨。

2. 存在问题的具体解析

一方面, 现代科技技术迅猛发展, 尤其是在光电领域, 传统教学模式及方法已无法满足现代教学工作的需求; 另一方面, 受教育的对象, 其成长环境和思维方式也发生较大的变化[5] [6] [7]。故, 现有教学存在一些不足, 可以归纳以下几点:

1) 授课重点略显不突出, 不能将材料类课程的开设和所学专业紧密联系。

以光电子和微电子为代表的高科技产业正成为当今信息社会发展的核心产业。作为时代进步的重要标志——材料, 特别是半导体材料更是支撑现代信息社会的基石。半导体二维材料(薄膜)的制备及表征技术是光电专业本科生应该掌握的基础知识。而现有的授课上, 还是过多了强调了已经发展成熟的微电子领域的内容, 例如, 过多的关注微电子材料——硅的制备和表征以及在微电子器件方面的应用, 而缺少了国家目前重点发展的光电子领域的相关内容。

2) 课本知识滞后与现有的科技发展, 知识衔接不够。

教材上关于半导体薄膜材料及表征仪器的知识和相应的测试样例(尤其是现有表征设备的技术进展等方面的知识)更新较慢, 滞后于现有的科技发展, 一些甚至已经淘汰了的表征技术在课本上对仍有大量的篇幅来进行描述。如果教师照本宣科地讲述本课程, 会导致学生掌握的信息滞后于现有的科学技术的发展, 使其缺乏对现在表征技术市场及发展趋势的正确判断。同时, 也缺少对相关技术的最新进展, 例如, 在显微测试方面, 分辨率已经在纳米甚至是更小尺寸内的进步和突破。

3) 学生对课堂上学习的理论知识没有较为深刻、形象的理解, 动手能力也较弱。

在学习过程中, 学生通常会对课本上提到的材料制备与表征知识有了记忆性的掌握, 但是仍旧缺乏对其深刻、形象的理解性掌握, 特别是缺乏对生长和测试设备操作方面的了解; 课程的实践性很强, 需要学生在掌握理论知识的同时, 有较强的实践操作能力, 而现有教学手段过于注重理论教学, 忽视并弱化了实验教学, 导致学生动手能力较差; 通过传统的教学工作, 学生可能对单个或几个的测试仪器能够较好的掌握, 但缺乏将样品测试分析方面的整体设计, 测试顺序或测试手段可能选择不合理, 往往造成需要多个样品才能得到完整数据信息的现象。

3. 对策及建议

根据光电专业的特点, 将半导体薄膜材料技术与物理和半导体材料表征技术两门课的内容结合现有教材进行调整糅合, 突出重点, 调整讲课比重, 对于非光电类的部分, 以知识拓展作为主要教学目标, 对于光电类的部分, 重点讲述, 同时补充这些材料在现有科研和生产的应用的事例。增加两门课的衔接, 一方面是在理论教学的衔接上, 另一方面是在实验教学的衔接上。设置大型综合实验, 通过学院设备探索相关薄膜材料的制备工艺并与购置的同一材料作对比测试分析(例如 X 射线衍射仪、扫描电子显微镜、原子力显微镜等测试分析), 一方面加强学生对材料制备设备及原理的认知, 另一方面锻炼学生对测试设备认知, 并把两者有机结合在一起。结合大量的图片资料(包括动画和视频资料), 以热门半导体薄膜材料和已经发展成熟的薄膜材料为实例, 介绍它们的制备技术工艺, 并通过解读相关表征参数, 延伸至光电器件制作方面, 实现完整衔接。

3.1. 联系本领域的科研动态

调研世界上的先进光电材料的制备和测试表征方法, 以及热点材料的常见制备和表征方式, 并将这

些知识传教于课堂。让学生既学到了技术，又了解到相关领域的研究动态。尤其重点重要的是建立起学生浓厚的兴趣。例如，在授课内容上，以 2014 年诺贝尔物理学奖获得者中村修二的主要工作——蓝色发光二极管的研制为例，结合教材剖析在半导体薄膜制备领域中 MOCVD(金属有机物化学气相沉积)的原理及使用情况，并引入 XRD(X 射线衍射仪)和 PL(光致发光)等测量技术对材料测试分析。由此，将课本与实践、课堂与实践、学校与企业、学习与就业，这四个方面有有机联系起来。学生也建立浓厚的学习兴趣，并乐在其中，真正让学生享受学习、实验的乐趣(图 1)。

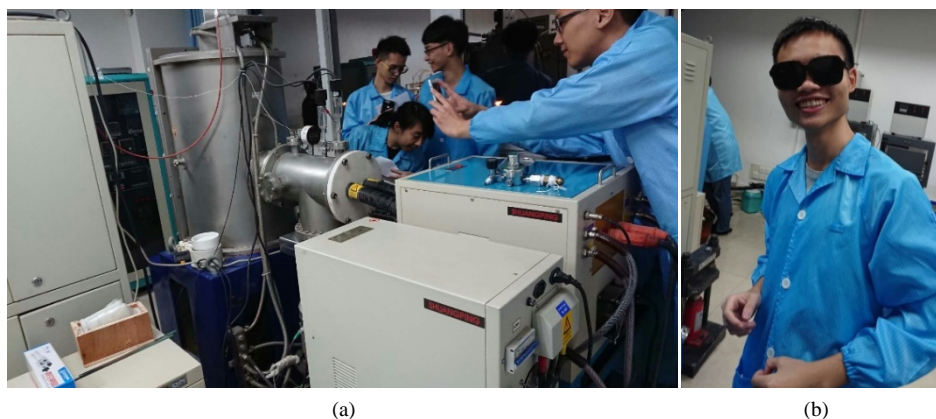


Figure 1. Students enjoy the experiment process: (a) Understand the equipment structure; (b) Use experimental equipment

图 1. 学生享受实验过程：(a) 熟悉设备结构；(b) 学生使用实验器材

在介绍相关仪器设备的同时，引入设计思想，让学生能够放眼于样品整个系统的测试分析设计，并以高质量的科技论文中测试事例为样本，来对比分析测试分析设计方案的优劣，并将一些成果推广的一些较为简单的应用中去。例如，以表面平整度分别是纳米级、微米级、毫米级的材料为例，让学生自己选择合适的表征设备分别对三种材料进行表征分析，要求既要有一定的精确度，同时保证仪器的测量范围合适。待学生熟悉相关原理和实验过程后，让他们自己当老师来指导他人工作。例如，光源专业的学生通过所学的光学显微的相关知识，协助指导深圳市梅林实验小学学生参加 2017 年度“环球自然日”青少年自然科学知识挑战科普项目竞赛活动。所指导参赛项目还获得深圳赛区第一名。

3.2. 加强实践和引入设计理念

增加两门课的衔接，一方面是在理论教学的衔接上，另一方面是在实验教学的衔接上。构建从半导体光电材料的制备到对其性能表征再到对器件制作的完整知识链，并重点加强实践和引入设计的理念。首先，学生对仪器有清楚、深刻的认识，了解其工作原理，动手能力明显增强，可以较为熟练地操作生长设备和测试仪器设备。然后，加大教学中实验环节特别是设计实验(图 2)的工作比例，探索研究不同的生长和测试方法。最后，让学生通过自己得到的数据来分析各种设备和测试分析手段的优缺点。结合光电专业新的发展状况，适当补充逐渐成熟起来的技术及设备的相关知识，如 MBE(分子束外延)。

在课堂教学上，同时结合大量的图片资料(包括动画和视频资料)介绍相关仪器(尤其是世界上半导体光电材料领域的前沿测试设备)的构造及工作原理，特别是由相关任课老师制作了一些大型设备的操作与使用视频，增加学生的兴趣，方便学生对仪器设备的了解。例如，我们制作了 XRD 操作视频、SEM 操作视频(如图 3 所示)等。让学生首先通过这些感性的认识，了解相关知识；然后，再深入进行相关知识的衔接和联系，提升学生的认知水平。

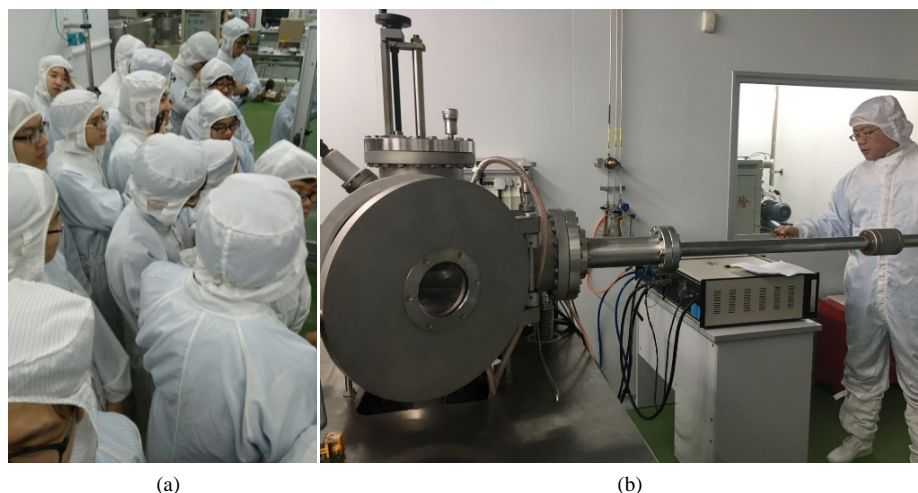


Figure 2. Comprehensive design experiment: (a) Scheme site design; (b) Experimental operation
图 2. 综合设计实验：(a)方案现场设计；(b)实验操作



Figure 3. Large-scale equipment operation video: (a) XRD; (b) SEM
图 3. 大型仪器设备操作视频：(a) XRD；(b) SEM

3.3. 加强课题教学与企业需求的联系

对于一些学院对外开放的大型测试仪器设备，让学生参与进来，与教师一起完成对企业的测试服务中，进而提高对所学知识的领会与掌握，并由此也可以了解光电行业在企业的发展动态。深圳市在光电领域(尤其是在激光、LED 等应用方面)有强的行业优势，拥有众多的光电类知名高科技企业，例如大族激光科技产业集团股份有限公司、华星光电技术有限公司等。这些企业在产品生产、工艺开发等方面，具有强的研发实力。高校在软件上，具有高的科学研究水平和强的基础应用开发能力；在硬件上，具有测试分析设备的优势。例如在 LED 测试分析方面，深圳大学拥有近场光强分布测试仪和 LED 光电分析测试系统(图 4 所示)等高端测试装置。通过和企业的相关联系和合作，让学生更清楚地知道所学的理论知识的实际应用情况，并了解和把握光电行业和领域的相关发展方向和趋势。

4. 结语

经过本次教学改革工作，光电专业学生通过材料类课程的学习将获取如下技能：熟悉常见的半导体光电材料镀膜设备(包括新兴发展的镀膜设备)并解释其工作原理，了解其操作技术；对薄膜生长理论有系统完整的认识；熟悉常见的半导体光电材料表征设备并解释其工作原理，了解其操作技术；能够根据测

试结果分析对器件制作的影响，并反馈到材料制备技术上。希望给光电专业的同行们提供一些有用的建议或参考，促进大学本科教学工作的进步，更好的为培养本科生服务。

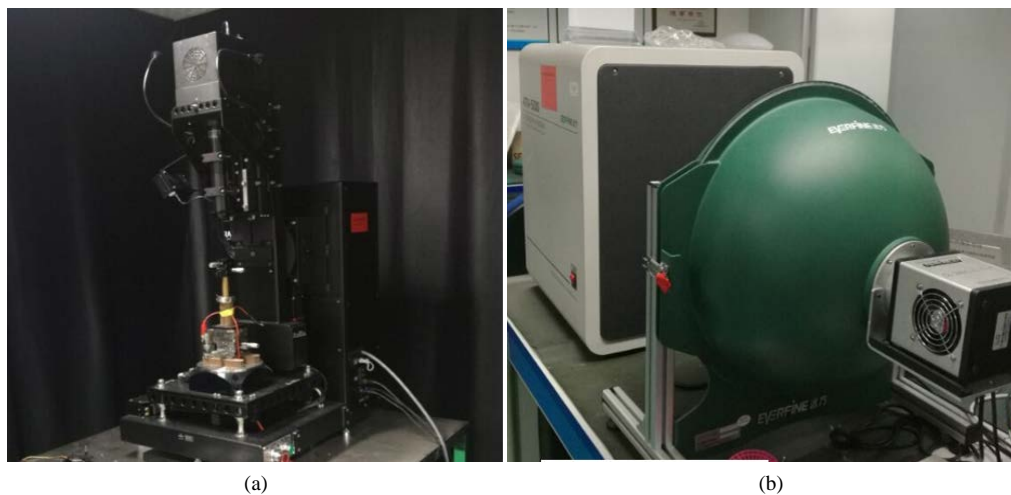


Figure 4. Test devices for enterprises: (a) Near-field light intensity distribution; (b) LED photoelectric analysis

图 4. 面向企业开发的测试装置：(a) 近场光强分布测试仪；(b) LED 光电分析测试系统

基金项目

教育部光电教指委 2019 年教研项目和 2019 年广东省高等教育教改项目支持。

参考文献

- [1] 秦石乔. “1+X+1/X”的光电专业人才培养知识体系初探[J]. 高等教育研究学报, 2017, 40(1): 86-89.
- [2] 徐送宁, 岱钦, 黄月, 全薇, 宫华. 基于光电产业需求的光电信息科学与工程专业的改革与实践[J]. 高教学刊, 2016(3): 232-233.
- [3] 张红霞, 蔡怀宇, 郁道银. 光电信息工程专业课程体系调整的探索[C]//中国光学学会. 中国光学学会 2010 年光学大会论文集. 中国光学学会, 2010: 4037-4039.
- [4] 沈涛, 黄金哲, 熊燕玲, 于雪莲. 多元化人才培养的光电专业实践教学体系改革[J]. 实验室科学, 2016, 19(4): 156-158.
- [5] 刘志敏, 于运飞, 徐雪萌, 王桐, 王澜澜, 陈爱喜. “大交通”背景下光电信息科学与工程专业建设改革探索[J]. 教育教学论坛, 2016(22): 108-109.
- [6] 朱进容, 黄楚云, 姚育成, 成纯富. 光电信息专业人才培养模式的研究与实践[J]. 教育教学论坛, 2013(52): 202-203.
- [7] 耿滔, 贾宏志. 浅谈如何在光电信息工程专业的理论课程教学中联系实际[J]. 教育教学论坛, 2017(1): 92-93.