

材料学科《电子显微技术》硕士研究生课程改革初探

李思维 肖泓芮 厦门大学材料学院

摘要:《电子显微技术》是厦门大学材料学科硕士专业必修课。该课程主要介绍电子显微镜及其相关附件的工作原理及应用,旨在使同学能够根据科研需求筛选电子显微镜的类别及操作条件,提高课题研究的效率和质量。针对近年来《电子显微技术》课程发展过程中产生的遇到的问题,进行了课程改革实践。本文从授课内容、授课形式两方面讨论了改革的具体措施和效果。

关键词:材料科学;电子显微技术;课程改革

一、前言

在电子显微镜出现以前,光学显微镜已经把人眼的分辨能力从 $\sim 0.2\text{mm}$ 提升到了 $\sim 200\text{nm}$ 。而先进电子显微镜已将解析微观世界的的能力进一步提升到了亚埃级别($< 0.08\text{nm}$),从而为人类直接观测物质中原子尺度的信息带来极大便利^[1]。近年来,原位电镜、冷冻电镜、超高时间分辨率电镜(4D电镜)等技术的发展更是将材料学、生命科学、化学等学科领域的研究提升到了前所未有的高度。比如,由冷冻电镜完成的蛋白质结构解析工作获得了2017年的诺贝尔化学奖。

电子显微镜主要指扫描电子显微镜(SEM)和透射电子显微镜(TEM)。由于能直接观察材料显微形貌或晶体结构,并对特定微观区域进行成分分析及晶体取向分析,成为新材料研究中最常用的分析检测手段。近年来,电子显微镜已成为各大高等院校材料学科以及从事材料学研究的专业机构必备的“利器”,相关的原理和应用也列入高校材料学科本科或硕士课程体系^[2, 3]。

《电子显微技术》是厦门大学材料学

院的硕士研究生必修课程,主要介绍电子显微镜及其相关附件的工作原理;结合不同的科研实例,重点讲授电子显微技术中的仪器方法在不同条件下的适用性,旨在使同学面对具体科研问题时能够根据实际情况筛选电子显微镜的类别及操作条件,提高课题研究的效率和质量。

在2010年以前,扫描电镜仍是所在学科材料结构观察最主要的技术手段。因此,我校《电子显微技术》课程主要针对扫描电子显微镜及其附属功能开展授课。与扫描电镜相比,透射电镜的突出优势是放大倍数高、分辨率高,能够研究尺寸更小(纳米级)的材料结构特征。随着近年来材料科学的发展,诸多纳米新材料课题出现,使得透射电子显微镜在硕士课题研究中的比重逐渐上升,并慢慢占据了不可替代的作用。针对这一趋势,我校《电子显微技术》硕士课程也在不断进行内容及授课模式的调整。文本针对《电子显微技术》的课程改革,提出如下讨论:

二、课程改革探讨

(一)关于课程内容

本校《电子显微技术》是一门48学时(授课16周,每周3学时)、3学分的硕士课程。选课同学应在本科期间系统学习过《材料科学基础》及《晶体学基础》等专业课程。在2010年以前,《电子显微技术》主要授课内容是围绕扫描电镜及其附属功能开展的,包括电子显微技术导论、电子光学基础、二次电子(SE)成像、背散射电子(BSE)成像、背散射电子衍射(EBSD)、X射线能谱(EDS)、X射线波谱(WDS)、阴极荧光(CL)等8部分内容,每部分内容占用2周6课时。其中,“电子显微技术导论”主要介绍电子光学和电子显微镜的发展历史,并概述本课程

中所涉及到各种技术的特点和应用;“电子光学基础”主要介绍电子在电磁场中的运动轨迹和聚焦规则,电磁透镜的构造及成像原理等;“二次电子成像”主要介绍二次电子探测器的仪器构造、二次电子成像原理、热发射和场发射扫描电镜的结构特点及应用;背散射电子成像主要介绍背散射电子探测器的仪器构造、背散射电子成像原理、成分衬度的适用性及应用实例;背散射电子衍射主要介绍背散射电子衍射仪的仪器构造、工作原理及其在晶体取向分析中的应用规则;X射线能谱主要介绍能谱仪的仪器构造和工作原理、特征X射线的形成原理、X射线能谱仪的应用实例;X射线波谱主要介绍波谱仪的仪器构造及工作原理、波谱仪与能谱仪的使用范围差异;阴极荧光主要介绍阴极荧光仪的仪器构造和工作原理、阴极荧光在发光材料及矿物材料研究中的应用。

不难发现,该理论课的授课内容广、信息量大,且涉及大量跨专业概念。比如:第二讲“电子光学”涉及诸多物理学的理论和概念;而其它各讲中不同信号探测器的仪器构造又涉及机械制造和物理学交叉的概念,这使得同学难以在短时间内消化授课内容。而在实际的硕士研究生课题中,又很少涉及对具体设备及内部探测器构造进行调控。硕士课程的基本思路应当是体现学科发展特色,并解决学生课题的实际问题,更好地服务于课题研究。此外,随着材料科学的发展和纳米新材料的出现,透射电镜在近年的科研课题中获得了越来越多的应用。针对学科发展的需求,《电子显微技术》作也应当与时俱进,进一步优化课程结构。

针对上述问题,我们对《电子显微技术》课程进行了改革。首先,将扫描电镜

作者简介:李思维(1981-),男,辽宁人,博士,副教授。主要研究方向:高性能特种陶瓷。主讲厦门大学本科生课程《材料分析测试方法实验》及硕士课程《电子显微技术》。

的课程内容进行了优化。主要体现在两方面: 1. 弱化仪器构造, 重点讲解成像和分析原理, 强调不同分析技术间适用性的差异。2. 通过跟进材料学科的最新科技文献, 重点讲解扫描电镜的各种附属技术在新材料研究体系中的实际应用及发展。改革后, 扫描电镜的总课时缩减为9周27课时。其中除导论部分维持2周6课时外, 其它部分(包括电子光学基础、二次电子成像、背散射电子成像、背散射电子衍射、X射线能谱仪、X射线波谱仪、阴极荧光)各为1周3课时。虽然课时量减少, 但由于授课重点更突出、更加“有的放矢”, 显著提升了授课质量和学生上课积极性。同时, 也为透射电镜的课程内容提供了课时条件。

目前,《电子显微技术》中透射电镜的内容占用4周12课时。在有限的课时条件下, 主要针对硕士研究生在学习使用透射电镜时遇到的基础问题进行讲解。包括透射电镜基本构造和工作原理(1周3课时)、透射电镜的成像衬度及应用(1周3课时)、电子衍射的原理及标定(1周3课时)、透射电镜试样制备方法及进展(1周3课时)。在讲授分析技术的应用时, 也要结合科技文献, 介绍透射电镜在材料学以及相关学科中应用的最新进展^[4, 5]。比如: 基于透射电镜而研发的冷冻电镜(Cryo-TEM)在分子生物学研究中的进展; 超高时间分辨率(ns~fs)透射电镜(4D-TEM)在研究原子分裂及溶液中纳米颗粒布朗运动等^[6]。实践表明, 透射电镜内容的引入有效提升了硕士研究生基本素质, 学生能够在更短的时间之内掌握电镜操作要领, 并完成数据解析, 显著提高了课题研究的效率和质量。

(二)关于授课形式

1. 交流与互动

虽然授课内容课针对学科发展的需求进行了优化和改革, 但传统的理论授课模式仍无法充分调动学生的上课积极性。特别是对于每次3节连上的课程, 对同学的听课状态提出了考验。在此情况之下, 充分的交流与互动显得尤为重要。课程讲授

过程中, 教师除了反复提问, 更应该由浅入深的激发学生的想象力, 从而诱发学生主动回答问题的兴趣。比如, 在讲授电子光学的理论内容时, 可以将电子光学的重要发展事件以“故事”的形式传递给同学; 同时, 也可将重要的历史事件与这些科学事件有机结合在一起。比如, 电子显微镜诞生和发展的时期跨越了第二次世界大战, 战争对科技发展如何产生了重要的影响。

2. 课堂练习

课堂练习也是改善授课质量的有效途径。随机开展课堂练习可显著提高同学的听课注意力, 一方面促进了学生的主动思考, 另一方面也增加了师生的交流互动。在《电子显微技术》中, 可供课堂练习的内容包括利用经典理论公式计算典型参数、提出典型材料分析方案等。比如: 可计算给定加速电压的电子束波长及对应的理论分辨率; 可计算不同晶系的电子衍射结构因子, 进而判定衍射消光规律; 可标定电子衍射图(典型非晶、多晶环及单晶衍射斑点); 可针对所在学科的特色, 提出典型金属、陶瓷、高分子材料不同分析目标对应的分析方案等。在教师的引导下当堂进行练习, 随时提出问题、解决问题, 下课提交练习结果。评分结果可按一定权重记录为平时成绩, 最后汇总到课程总成绩中。

3. 学生课题汇报

《电子显微技术》在开课初期是教师授课的单一模式。近年来引入了同学课题汇报的形式。同学课题汇报是指在课程中期(一般为扫描电镜课程内容结束后), 所有选课同学以个人或分组的形式进行课题汇报。每人(每组)围绕自己的硕士课题汇报课题进展, 或汇报所在研究方向的最新科技论文研究内容(一篇或两篇)。其中, 着重讲授电子显微技术在该工作中发挥的作用。课题汇报主要考察学生文献理解能力、逻辑表达能力及对电子显微技术的掌握深度。通常以PPT形式汇报, 汇报时间为10分钟。汇报结束后, 教师和其它同学进行提问, 时间为5分钟。教

师根据学生课题汇报及回答问题的表现进行评分, 计入课程期中成绩。实践表明, 这一改革极大调动了同学的上课积极性, 并加深了硕士课题研究与电子显微技术的联系, 起到了良好的授课效果。

三、结语

通过多年教学实践表明,《电子显微技术》课程具有科学原理和技术应用并重的特点, 授课内容要与学科特色及其发展需求相结合, 同时要体现电子显微学技术的最新进展。目前我校《电子显微技术》课程目前开展顺利。通过该课程的实施, 增进了硕士研究生对于电子显微镜及其相关技术的认识水平, 提高了电子显微镜在硕士科研课题中的利用质量和效率, 为硕士课题的完成提供了有力保障。

参考文献:

- [1] 王慧. 关于《电子显微学》课程改革的探讨[J]. 教育教学论坛, 2016, 41: 77-78.
- [2] 张鹏.《电子显微新技术》教学总结及体会[J]. 教育教学论坛, 2017, 13: 157-158.
- [3] 巫瑞智, 李茹民, 胡宝瑞, 谭晓京, 谭淑媛, 张景怀. 在材料测试分析方法课程中实施研究型教学模式的探索与实践[J]. 高等教育研究, 2011, 28(4): 49-51.
- [4] 孙景怀, 巫瑞智, 孙杨, 李茹民, 王彦博, 谭淑媛, 胡宝瑞. 电子显微学研究生课程的教学改革探讨与实践[J]. 教育教学论坛, 2014(3): 31-32.
- [5] 傅志强, 孟凯. 材料电子显微分析技术现状与发展[J]. 检验检疫学刊, 2009, 19(3): 72-74.
- [6] Fu Xuewen, Chen Bin, Tang Jau, Hassan Mohammed Th., Zewail Ahmed H., Imaging rotational dynamics of nanoparticles in liquid by 4D electron microscopy. Science, 2017, 355, 494.