

改革教学方法,提高扫描电镜实验教学效果

陆筑凤

(嘉兴学院生物与化学工程学院,嘉兴 314001)

摘要:针对目前本科生扫描电镜实验教学中存在以理论讲解和教师操作为主,学生主动参与性差,教学效果不理想等情况,建立以提高实验教学效果为目标的教学改革方法。通过精心设计实验教学内容、改进教学方法,以实例教学法加深学生对二次电子和背散射电子像、分辨率及景深等抽象概念的理解,增加学生自制样品观察,突出能谱测试的应用场合。授课方式既有理论讲解,又有实例图示及相关计算,使实验教学更具趣味性,激发学生的求知欲望,体现学生的主体作用,培养学生分析问题、解决问题的能力,切实提高材料专业扫描电镜实验的教学效果。

关键词:扫描电镜;实验;教学效果;方法改进

引言

《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高[2012]4号)中明确提出:切实加强实验教学管理,努力推进实验教学改革,全面提升实验教学质量,充分发挥实验教学在培养创新型人才中的作用。为提高人才培养质量,各高校近年来在教学仪器设备的投入方面有了显著改善,大量高端贵重仪器被列入了本科生实验教学内容^[1~3]。扫描电镜可以获得材料表面形貌、成分和结构信息,是研究和检测高分子材料的重要手段^[4,5];利用扫描电镜进行样品检测和分析是高分子材料专业学生必须掌握的基本技能^[6]。由于电镜设备价格昂贵,使用成本高,因此,普通存在学生上机时数少,教学效果差的情况^[7]。根据具体情况开展扫描电镜实验教学方面的改革,如改进管理体制、优化实验内容、改进教学方法,提高了学生对教学内容的兴趣,改善了教学效果,提高了教学质量^[8~11]。

本文结合学校管理体制和学生培养目标的实际情况,通过对扫描电镜验证性实验教学内容的精心设计和教学方法的改进,增加电镜教学实验的趣味性,激发学生的学习热情,提升实验教学效果。实践证明,改革实验教学方法、调动学生积极性,能有效提高实验教学效果,使学生在有限的时间内基本掌握扫描电镜微观表征方法。

1 现有实验教学存在的主要问题

嘉兴学院高分子材料与工程和应用化学专业从2010级开始开设了扫描电镜教学实验,具体实验教学安排见表1所示。在前期的教学工程中,由于教学课时少,理论讲解和教师操作演示占去大部分教学课时,缺少学生操作和分析,大大限定了学生运用电镜分析实验结果的能力,学生对扫描电镜的理解停留在感性认识层面,严重阻碍了学生动手能力和创新能力的提高,学生实验热情不高,教学效果较差。

10.14028/j.cnki.1003-3726.2016.03.012

收稿:2015-09-22;修回:2015-11-24;

基金项目:浙江省分析测试科技计划项目(2015C37010);嘉兴学院教学改革实验专项(70115008);

作者简介:陆筑凤(1984—),女,浙江嘉兴人,硕士,实验师,主要从事电镜分析测试技术工作。E-mail: luzhufeng@mail.zjxu.edu.cn.

表 1 扫描电镜实验教学安排表

Table 1 Schedule of scanning electron microscope experiment

实验教学内容	实验目的与要求	每组人数	台套数	课时
扫描电镜的认 识、样品制备及 图像分析	(1)了解电子显微镜的基本组成、工作原理和基本操作步骤;(2)了解电子显微镜 分析样品的常规制备方法;(3)练习对二次电子像(照片)、背散射电子像等电子显 微照片的解释和分析,学会电子显微像的分析方法。	16 人	1 台日立 S-4800 场发射扫描电镜	4 学时

2 内容设计和教学方法改进

针对上述问题,提出了在教学大纲指导下实验教学方法的改革,要求在有限的教学时间内紧凑合理安排实验教学内容,突出重点,精心设计实用型的教学实验内容,兼顾趣味性,达到提高扫描电镜实验教学效果的目的。具体实施方案如下:首先,缩减对扫描电镜原理知识的讲解,以通俗易懂的简易图形式让学生知晓其基本原理(见图 1);利用高电压从发射体中拉出高速电子,使电子轰击所观测样品的表面,产生二次电子、背散射电子、特征 X 射线等信号,再用不同特点的探测器识别上述信号,从而形成不同特点的图像和结果。在此基础上,要求学生自学如何获得这些信号并保证信号的可分辨性,达到掌握扫描电镜基本结构的目的,即由电子光学系统、探测、信号处理、显示系统、图像记录系统、样品室、真空系统、冷却循环水系统、电源供给系统组成。

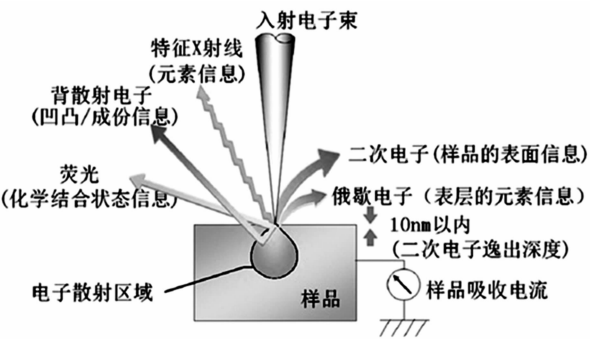


图 1 扫描电镜基本原理简图

Figure 1 Fundamental schematic diagram of scanning electron microscope

其次,针对性选择典型样品,优化操作条件,设计实验内容让学生在实战观察样品中提高分析能力和理解相应课堂教学内容。操作实验内容设计如下:(1)不同金属组成的样品改变接受信号,用实例让学生看到什么是二次电子像和背散射电子像,加深对不同图像特点的理解。(2)改变工作距离和加速电压观察纳米微球介孔材料,加强对分辨率和景深的理解。(3)均匀化样品和表面涂层的样品,通过观察,使学生了解金属化合物,材料涂层以及用实例突出能谱测试的应用场合。(4)观察学生自带样品,如头发的微观形貌,激发学生的兴趣,教授制样方法及注意事项,学习离子溅射,做到趣味性与知识的有机结合。

3 教学过程及结果分析

3.1 接受信号

教学内容获得不同信号电子像,使学生加深对不同图像特点的理解。BSE 信号能更直观的反应样品的凹凸和成份信息,即原子序数较大的元素产生较强的 BSE 信号,显示出较亮的衬度;原子序数较小的元素 BSE 衬度较暗。图 2 是锌和金两种组分在材料表面分布的电镜图,两种金属的原子序数相差较大,当在 SE 中加入一定量(LA50)BSE 信号时见图 2(b),可以直观地观察金组分(较亮)在锌组分表面的分布情况,SE 信号时图片不能达到明显的衬度显示图 2(a)。

表 2 教学内容设计与学时分配

Table 2 Design of teaching contents and time distribution

教学内容和方法	改进前	时间/min	改进后	时间/min
FESEM 工作原理	着重介绍二次电子成像原理,重复课堂教学内容	45	原理通俗化,从感性上认识扫描电镜原理	15
试样制备方法	讲解多种制样方法和制样注意事项	25	常规碳导电胶固定制样法	10
样品制备	样品干燥,将不导电样品进行喷镀(使用离子溅射仪)	20	消除荷电的制样技巧,离子溅射仪操作	20
操作教学过程	介绍仪器结构和组成; 讲解操作经常改变的参数:		1. 不同金属组成的样品改变接受信号,用实例印证二次电子像和背散射电子像;	30
	a. 加速电压;	25	2. 改变工作距离和加速电压观察介孔材料,加强对分辨率和景深的理解;	20
	b. 工作距离;	45	3. 均匀和表面涂层样品对比,能谱分析;	35
	c. 上下探头的选择;		4. 学生自带样品,制样练习并上样观察,激发兴趣	30
	d. SE 信号与 BSE 信号的选择; e. 发射电流 Ie, Probe Current 等			
结果分析	样品实际大小计算和形貌分析	20	总结出扫描电镜观察样品的一般步骤和原则:倍数由小到大、先宏观选区微观观察、高倍聚焦,低倍看像,形貌大小分析和原理解	20

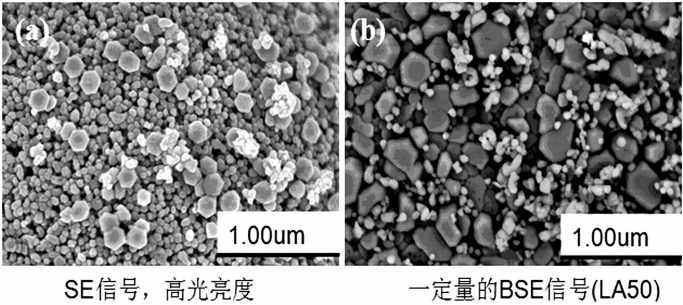


图 2 不同检测信号观察样品成份与凹凸的图像

Figure 2 Images of components and concave convex under different detection signal observed

3.2 分辨率与景深

分辨率是扫描电镜最主要的性能指标,是指能分辨两点之间的最小距离,极限分辨率即是入射电子束束斑直径,一般 FESEM 的最高分辨率约等于 2nm。分辨率取决于入射电子束直径,直径越小,分辨率越高,还受样品和机械震动等影响。概念非常抽象,学生难以理解,在讲授时结合实例,由学生测量特定条件拍摄的图像上两亮区之间的暗间隙宽度值(d_0),除以总放大倍数(M)计算分辨率($\delta=d_0/M$),其最小值即是分辨本领(见图 3a)。常规操作中加速电压和工作距离的选择即是依据分辨率的决定因素和原理所做的优化。加速电压的高低决定了入射电子能量的高低,高加速电压可增加二次电子的强度,进而提高分辨率和图像清晰度(见图 3a,b);工作距离(WD)是指样品表面与物镜之间的距离,是影响扫描图像质量的一个重要因素,减小 WD 能增加入射角,提高分辨率(见图 3c,d);当然,高加速电压对样品的损伤变强,照射电子深入样品内部会遮盖样品表面的微细结构信息(见图 3e,f)。

景深是指一个透镜对高低不平的试样各部位能同时聚焦成像的一个能力范围,这个范围用一段距离表示。电子束孔径角是扫描电镜景深的决定因素,它取决于末级透镜的光栅直径和工作距离。其它因素

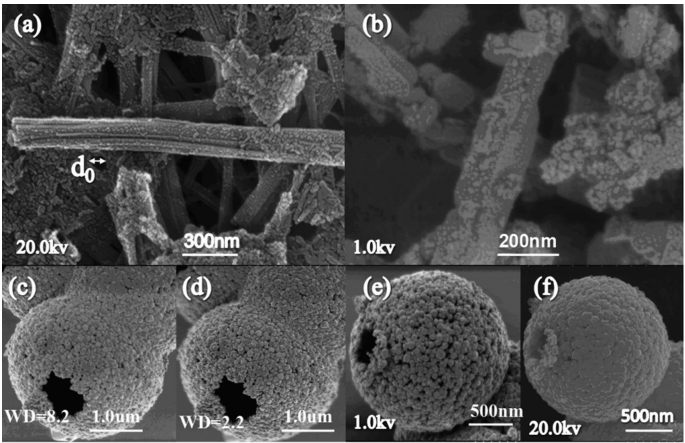


图 3 不同加速电压和 WD 拍摄的图片
Figure 3 Picture under different V_{acc} and WD

确定的条件下,工作距离越小,景深缩小、立体效果变差,对不平整的样品会有中间聚焦点清晰、周围凹凸区域较模糊的现象,如图 4a 在 WD=2.2 时拍摄的图像景深明显小于在 WD=8.6 时(见图 4b)的。通过这种有理论讲解又有图示及相关计算的教学方式,学生容易理解抽象概念。

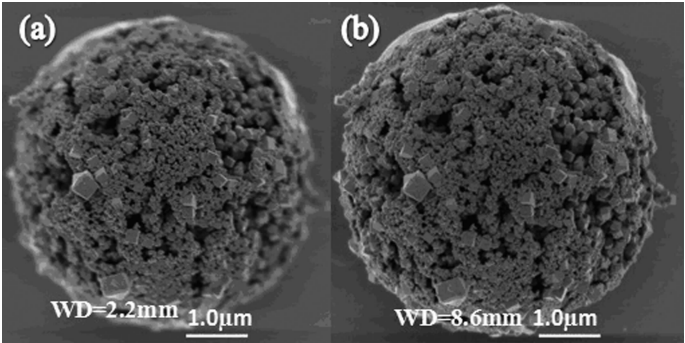


图 4 不同 WD 拍摄的景深效果图
Figure 4 Depth of focus under different WD

3.3 能谱分析

演示操作中增加实验的趣味性,可以提高学生学习的积极性,加强教师对内容的把握与学生之间的互动,可以强化学生的理解和掌握。在成分分析中,试样的成分特点主要通过特征 X 射线谱峰表现出来,对于本科生而言,他们主要感兴趣的是含有哪些成分,而对谱峰产生的原理及过程是被忽视的,通过设计 mapping 分析,将谱峰产生的原理形象的比喻为拍卖会的竞标,谱峰越高则表示含量越高。用实例展现能谱分析,学生感觉余味未尽,有进一步学习原理的欲望,很显然教学效果是有效的。

3.4 学生自制样品观察分析

学生自带样品,比如头发、羊毛的微观形貌观察以此激发学生的兴趣,贯穿的相应教学内容是制样方法、技巧及注意事项,做到趣味性与知识的有机结合,调动学生的积极性。学生轻松掌握样品制备基本方法和技巧,使用离子溅射仪将不导电样品进行喷镀,样品必须牢固粘贴在样品台上,不能超出边缘,潮湿或易挥发样品不能入仓,样品进入样品仓前注意调整高度。对于头发、羊毛、纤维样品采用两端搭建电桥的方式,减轻拍摄过程荷电的影响^[12]。

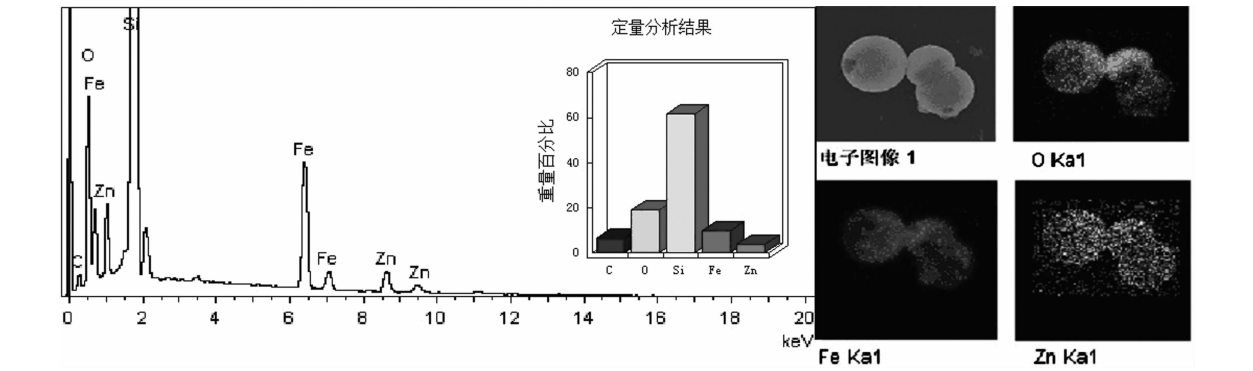


图 5 能谱分析的图片
Figure 5 Picture of EDS

4 实验教学改革实施效果

4.1 增强了学生学习的主动性

由于教学内容中要求学生提供自己的待检样品,学生在上课前必须熟悉样品的特性,制订实验方案。自制样品是学生自己选择的感兴趣材料,所以都很有特色,提升了学生对待实验内容的兴趣,增强了学生对教学内容学习的主动性。通过比较教学改革前后学生的预习报告,可以明显发现学生对自己提供样品实验方案的准备更加充分,更加完善,预习报告内容的重复率在 10% 以下;而改革前学生的预习报告基本雷同,照抄实验指导书的情况非常严重。因此,通过将目标教学内容与样品选择紧密相连,提高了学生对实验内容的兴趣,提高了学习的积极性和主动性。

4.2 提高了实验效果和教学质量

在以往的操作演示实验教学中,每组人数较多,只有部分学生能积极主动参与实验全过程,另一部分学生只是在一旁看实验,思维不在实验。由于实验报告中的实验目的、实验设备、实验原理、实验步骤、实验数据等内容具有可复制性,抄同组同学的实验记录来应付实验报告的比例高达 85%。在对教学内容和方法进行改革后,实验报告重复率明显降低为 10%,基本上主动参与实验的学生,均能认真的撰写实验报告。学生自己准备样品实验,更关注试样的观察,从样品制备到图片分析,学生提问率明显提高。70% 的学生成绩优秀,尤其在报告的结果分析及思考讨论中,对实验中出现的有关问题均能做正确处理,对结果能进行综合分析和探讨,更体现了学生的实践能力的提高。学生反应实验课对自己的学习、实践能力很有帮助,兴趣浓厚,实验课的满意率从原来的 40% 提高到 90%。

表 3 教学效果比较
Table 3 Comparison of teaching effect

教学效果比较	改进前/%	改进后/%
实验主动预习率	10	80
全程主动参与率	30	90
学生交流提问率	5	85
实验报告重复率	85	10
成绩优秀率	30	70
学生满意率	40	90

5 结 束 语

提高教学效果是实现学生综合能力提升的有效途径、是实验教学改革的目标。在扫描电镜的教学实践中,此项教学改革对提高实验教学效果起到了明显的作用,教学过程充分体现了学生的主体意识和主体作用,实验气氛活跃,使每个学生都能参与进来,做到发现问题,分析问题,解决问题,实现学生的个性和全面发展。教学内容丰富、紧凑,通过短短的数小时,学生基本上能够充分认识扫描电镜这种工具,掌握如何利用扫描电镜为自己的科研、生产服务,具备一定分析能力。

参 考 文 献:

[1] 张雪红. 实验科学与技术,2010,8(3):93~95.
[2] 权茂华,孙建林,熊小涛 等. 实验室研究与探索,2014,33(5):171~174.
[3] 陈明霞. 实验技术与管理,2013,30(1):83~84.
[4] 周莹,王虎,吴伟,等. 实验室研究与探索,2012,31(10):227~230.
[5] 曹惠. 中国测试,2014,40:19~21.
[6] 晏井利,梅建平,王仕勤. 实验技术与管理,2011,28(6):250~261.
[7] 李小红,喻佑华. 景德镇高专学报,2013,28(6):16~17.
[8] 李剑平,杨咏东. 实验技术与管理,2013,30(1):88~90.
[9] 王志刚,徐勇,王献忠,等. 高师理科学刊,2014,34(5):105~107.
[10] 黄明初,尹志民,徐国富. 长沙铁道学院学报(社会科学版),2010,11(4):127~128.
[11] 王能为,崔旭梅. 攀枝花学院学报,2009,26(3):1~4.
[12] 肖媛,刘伟,汪艳,等. 实验室研究与探索,2013,32(5):45~53.

Teaching Method Reform to Improving the Teaching Effect of
Scanning Electron Microscope Experiment

LU Zhu-feng

(College of Biological , Chemical Sciences and Engineering , Jiaxing University , Jiaxing 314001 , China)

Abstract: According to the problems existing in the experimental teaching system of scanning electron microscope, such as the implementations of experiments are mainly by theory explaining and operation of the teachers, without students' initiative participate, the teaching effect is very poor. Teaching reform methods of improving experimental teaching effect were established. Experiment teaching contents and improved methods were carefully designed. Case teaching method was used to deepen students' understanding of secondary electrons and backscattered electron images, resolution ratio and depth of field. Observation of self-made samples was added. Energy disperse spectroscopy applications were emphasized. Experiments are more interesting and the students' desire for knowledge is stimulated by the way of theoretical explanation and related graphic calculations. The leading role of students in the experimental process is demonstrated, the students' abilities are raised, and the teaching effects are improved.

Key words: Scanning electron microscope; Experiment; Teaching effect; Reform methods