

赵家政 徐 洮 编著

分析电子显微实用手册



宁夏人民教育出版社

内 容 提 要

本书从电子显微工作和应用的角度,简述了电子显微的原理、主要功能与技术,介绍了大量涉及到各个学科的应用实例、实验方法改进和仪器日常维修的经验。全书突出了最新的研究成果和实用性。

全书理论联系实际,内容丰富,提供的形貌、组成和结构的分析技术和数据,可供广大电镜工作者和从事材料科学、地质矿物、生物医学、化学化工等方面的科技人员和有关专业的师生参考。

分析电子显微实用手册

赵家政 徐 洮 编著

宁夏人民教育出版社

作者简介

赵家政(Zhao Jiazheng),1938年2月25日生。河南开封人,1961年毕业于西北大学物理系。中国科学院兰州化学物理研究所研究员、中国电子显微镜学会理事、甘肃省电子显微镜学会理事长、《摩擦学学报》杂志编辑。在固体润滑的表面物理和表面化学、电子显微分析与应用等方面有深入的研究。参与的“固体润滑之研究”获1982年国家自然科学三等奖,负责的“齿轮润滑用GM-1成膜膏的研制”获1983年中国科学院科学技术成果二等奖、“齿轮润滑用成膜膏的研制和推广”获1985年国家级科学技术进步三等奖、“固体润滑表面化学和物理的研究”获1989年中国科学院自然科学二等奖。发表论文100余篇。

自1970年以来一直从事电子显微镜的应用和维修工作,以固体润滑表面物理和表面化学为研究对象,分析电子显微为基本手段,并运用了其它现代分析仪器。自80年代以来担任硕士研究生导师,已培养硕士七名。

序

近三十年来，由于电子显微分析仪器、成像和成分分析理论的发展，分析电子显微已成为测定和研究从微米到原子尺度范围内材料组织、结构和组成以及它们运动和变化规律的主要方法，应用日益广泛，成果累累。

《分析电子显微实用手册》一书内容丰富、实用性强，提供的形貌、组成和结构的分析结果和数据，可供有关科技人员和师生借鉴。

中国科学院院士
兰州大学教授



1996. 7. 31

前 言

随着电子显微分析技术在材料科学、生物学、医学等学科研究中的发展应用,不断积累、总结了丰富的理论和实践经验。在电子显微分析技术的发展中,衍衬技术尤其占有突出地位。它所得到的图像,蕴藏了丰富的信息,涉及到材料,特别是晶体材料微观结构的各个方面,但是这些信息常常并非仅靠直观的观察所能提供,必须掌握相应的理论和先进的实验技术才能有效地加以运用。

分析电子显微镜能提供试样形貌、组成和结构的资料,它是研究微观世界的有力工具,其应用日益广泛,充分发挥分析电镜的作用,能缩短有关科研工作 and 产品研制的周期,提高工作效率,从而获得明显的社会和经济效益。

此书分三个部分:分析电子显微的理论基础、应用实例、分析电镜的使用和维修。

为了充分理解和利用分析电子显微镜所提供的各种信息,第一部分简述了分析电镜的原理、结构和主要功能,主要是阐明其物理过程和基本物理概念,避免了冗长的数学推导和描述。同时还给出与分析电子显微镜有关的其它显微镜的新进展和新技术。

第二部分在近千个应用实例中,重点地给出了金属材料、摩擦学研究、膜材料、催化剂、地质矿物、生物学、医学、化工及建筑材料和刑侦案例等方面的形貌、组成、结构信息,有些信息在有关科研和生产中已见成效。

第三部分描述了改进的实验方法和实验设备及电镜的日常维修经验,都是做好分析电子显微工作的先决条件,对电镜工作者和用户皆有启发。

本书原稿曾作为西北电镜培训班和中国科学院兰州化学物理所研究生部的电子显微课的教材供教学使用,经过了八年的使用和不断修改。这次出版前做了全面系统的修改,吸收了最新经验,充实了内容,增加了近年的实例。本书涉及的主要的实验工作是在中国科学院兰州分院测试中心进行的。

中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑开放研究实验室

赵家政 徐 洮

1996. 7. 19

目 录

第一部分 分析电子显微基础理论	1
1. 电子显微镜的性能和作用	1
1.1 电子显微镜的发展	1
1.2 电子显微镜的性能、结构及分类	1
1.2.1 光学显微镜和电子显微镜的比较	2
1.2.2 电子显微镜的结构	3
1.2.3 电子显微镜 (EM) 的分类	3
1.2.4 其它显微镜	5
1.3 电子显微镜的作用	8
参考文献	9
2. 分析电子显微镜的主要功能	10
2.1 形貌观察	11
2.1.1 吸收电子像(AEM)和背散射电子像(BEM)	11
2.1.2 阴极荧光(CL)	12
2.1.3 二次电子像(SEM)	13
2.1.4 透射电子像(TEM)和扫描透射电子像(STEM)	18
2.1.5 图像处理	26
2.2 结构分析	29
2.2.1 电子衍射 (ED)	29
2.2.2 高分辨电子像 (HREM)	32
2.3 组成分析	34
2.3.1 能量色散谱 (EDS或EDX)分析	35
2.3.2 X射线波谱仪 (WDS)、电子探针显微分析(EPMA)	39
2.3.3 能量损失谱 (EELS)	40
2.3.4 一机多用,便于综合分析	41
参考文献	42
第二部分 分析电子显微的应用实例	44
3. 金属材料及摩擦学研究中的应用	44
3.1 金属材料	44
3.1.1 电子金相分析	44
3.1.2 断口分析	45
3.1.3 表面处理	46
3.1.4 生产设备故障分析	50

3.1.5 金属及合金	51
3.2 摩擦学研究中的应用	55
3.2.1 摩擦磨损	56
3.2.2 润滑	63
参考文献	82
4 膜材料	86
4.1 有机膜	86
4.1.1 气体分离膜	86
4.1.2 塑料、橡胶膜	88
4.1.3 中空纤维	90
4.2 无机膜	91
4.2.1 功能膜	91
4.2.2 膜厚测量	100
参考文献	102
5 催化剂	105
5.1 晶粒变化的考察	105
5.1.1 担载型催化剂	105
5.1.2 氧化物催化剂	107
5.2 晶粒结构的观察和测定	108
5.2.1 暗场像	108
5.2.2 电子衍射	109
5.2.3 高分辨像	111
5.3 形貌观察和组成分析	113
5.3.1 形貌观察	113
5.3.2 组成分析	115
参考文献	120
6 地质、矿物	122
6.1 石油地质	122
6.1.1 古生物研究	122
6.1.2 沉积岩石学研究及沉积环境的分析	122
6.1.3 储集层微孔隙研究	132
6.1.4 生油岩的研究	135
6.2 矿石和珠宝的检测	137
6.2.1 矿石	137
6.2.2 宝石	140
6.3 土样	142
6.3.1 工程地质	142
6.3.2 土壤	143

6.3.3 沙石	145
参考文献	145
7 生物学、医学	147
7.1 医学	147
7.1.1 组织和疾病	148
7.1.2 病理的电镜诊断	151
7.2 动物学研究中的应用	155
7.2.1 水生动物、寄生虫等	155
7.2.2 昆虫	158
7.2.3 毛发	161
7.3 植物学研究中的应用	162
7.3.1 花粉	162
7.3.2 大豆、淀粉、叶表皮等	165
参考文献	169
8 化学化工、建筑材料和刑侦案例等	171
8.1 化工原料和产品	171
8.1.1 氧化物	171
8.1.2 其它化工产品	173
8.1.3 纤维和橡胶	179
8.1.4 化工产品的组成分析	180
8.2 建筑材料	181
8.2.1 水泥和混凝土	181
8.2.2 一些建材的元素组成	183
8.3 刑侦案例	184
8.3.1 物证鉴定	184
8.3.2 真假辨认	185
参考文献	186
第三部分 分析电子显微镜的日常维护	187
9 实验方法和实验设备的改进及日常维修	187
9.1 实验方法的改进	187
9.1.1 制样方法	187
9.1.2 提高EDS分析精度的措施	188
9.1.3 膜厚和擦伤深度的测量及元素的深度分布	191
9.2 实验设备的改进	193
9.2.1 两用试样杆	193
9.2.2 JEE-4X型真空镀膜仪功能扩展	194
9.3 日常维修	194
9.3.1 延长钨钨叉式灯丝寿命的几项措施	194

9. 3. 2 及时排除电镜的常见故障	195
9. 3. 3 EDAX9100 故障排除	198
参考文献	199
关键词索引 (Keywords)	201

后 记

本书的编写和出版得到中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑开放研究实验室的大力支持。

书中分析电子显微在金属材料及摩擦学研究 and 无机膜等部分中的应用实例，是固体润滑开放室同事们研究工作成果的一部分，也包括作者在开放室从事课题研究的部分内容。催化和有机膜等部分引用了本所有关学科研究生论文中的部分电子显微资料，在此表示谢意。

本书在编写过程中得到了薛群基研究员、徐康研究员和杨生荣副研究员的大力帮助，他们对书稿进行了认真修改审订。在书稿的编写和出版过程中，中国科学院兰州分院分析测试中心俞惟乐、赵鑫淼主任给予了大力支持，郑国锷院士的关心和鼓励以及西北五省电子显微镜学会同仁们的支持，是本书能顺利出版的重要因素，在此致以衷心地感谢。

赵家政 徐 洮

1996. 7. 19

责任编辑：张钟和

封面设计：张钟和

分析电子显微实用手册

赵家政 徐 洮 编著

*

宁夏人民教育出版社出版发行

(银川市解放西街105号)

新华书店经销 宁夏日报社振新印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13.5 字数 300千 插图 4

1996年10月第1版 1996年10月第1次印刷

印数：1—1400册

ISBN7-80596-236-7/G·227

定价：17.80元

如有印装质量问题，影响阅读，请与印厂联系调换

电话：6091867 邮编：750004