

材料科学基础实验

编者：杨通 赵晞 王淑琴

2003 年 5 月

目 录

第一章 金相分析技术	1
第一节 光学金相显微镜的构造、使用及分析方法.....	1
第二节 金相试样的制备.....	13
第三节 金相显微摄影与暗室技术.....	20
第四节 显微硬度及其应用.....	25
第五节 晶粒尺寸及相的相对量测定.....	30
实验一 金相显微镜的构造与使用.....	35
实验二 金相试样的制备.....	37
实验三 金相显微摄影与暗室技术.....	38
实验四 晶粒尺寸的测定.....	39
附录一 有色合金试样制备.....	40
（一）铝及铝合金试样的制备.....	40
（二）铜及铜合金试样的制备.....	41
（三）铅及铅合金试样的制备.....	41
附录二 焊接金相样品的制备.....	42
附录三 常用浸蚀剂.....	44
第二章 金属的晶体结构	47
第一节 典型金属晶体结构.....	47
第二节 位错蚀坑.....	51
实验五 典型金属晶体结构的刚球堆垛模型分析.....	54
实验六 位错蚀坑的观察	55
第三章 金相显微组织分析	57
第一节 二元合金平衡（非平衡）显微组织分析.....	57
第二节 铁碳合金相图及组织分析.....	64
实验七 二元合金显微组织分析.....	70
实验八 铁碳合金相图及组织分析.....	71

第四章 金属的塑性变形与回复再结晶	72
第一节 金属的塑性变形.....	72
第二节 回复与再结晶.....	75
实验九 金属塑性变形与回复再结晶.....	77
第五章 电子显微技术	79
第一节 扫描电子显微镜（SEM）.....	79
第二节 透射电镜样品的制备.....	87
第三节 透射电镜的应用.....	95
实验十 扫描电镜构造、原理及应用.....	101
实验十一 透射电镜样品的制备.....	103
实验十二 透射电镜样品的典型组织观察.....	104

前 言

随着实践教学改革的不断深入，实验课的重新划分与整合势在必行，《材料科学基础实验》作为材料学科，实验教学的三大体系之一，具有其独特作用。课程设置的目的在于培养学生的基本工程素质，提高分析问题和解决问题的能力以及实际动手操作能力，为进一步学习专业课程打好基础。而本教材为配合上述教学宗旨，在内容上包括：对于实验室常用仪器、设备构造、原理及使用方法的介绍以及一些基本实验技能的指导（如金相试样的制备、显微摄影、暗室技术、晶粒尺寸的测定等）；如何根据相图，对显微组织进行分析及研判；以及晶体结构模型分析等等。在教材结构上，由于其独立设课的特性，所以强调其独立性、系统性、相对全面性。力图达到，它既是一本教材，又是后期各项实验部分的工具书。

本教材由王正品教授审阅，在审稿过程中对本教材提出了不少宝贵的修改意见，谨在此深表感谢，同时对她严谨治学的态度更是深表敬意。

由于作者水平有限，难免内容上有偏颇和错误之处，敬请读者指正。

作者

2003年5月

第一章 金相分析技术

第一节 光学金相显微镜的构造、使用及分析方法

一、金相显微镜的构造

光学金相显微镜的构造一般包括放大系统、光路系统和机械系统三部分，其中放大系统是显微镜的关键部分。

(一) 放大系统

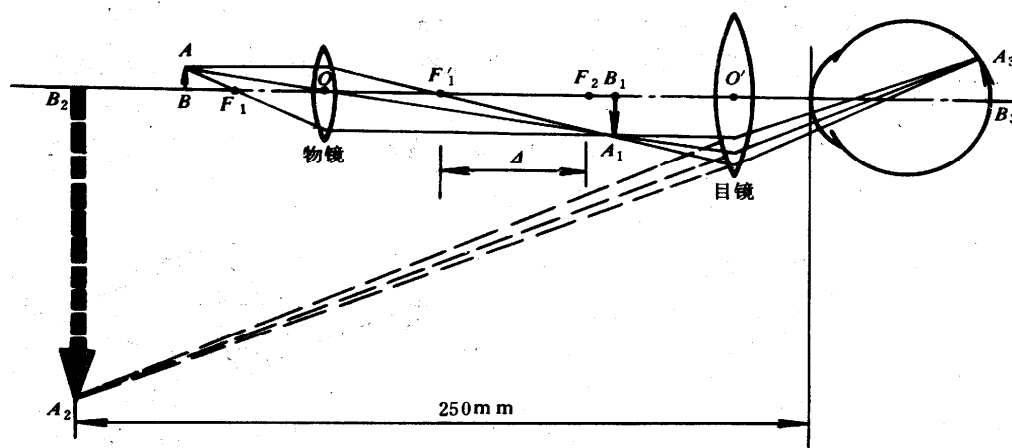


图 1-1 显微镜放大成像原理示意图

1. 显微镜的放大成像原理

显微镜放大基本原理如图 1-1 所示。

由图可见，显微镜的放大作用由物镜和目镜共同完成。物体AB位于物镜的焦点 F_1 以外，经物镜放大而成为倒立的实象 A_1B_1 ，这一实象恰巧落在目镜的焦点 F_2 以内，最后由目镜再次放大为一虚象 A_2B_2 ，人们在观察组织时所见到的象，就是经物镜、目镜两次放大，在距人眼约 250mm 明视距离外形成的虚象。

由图 1-1 可知：

$$\text{物镜的放大倍数 } M_{\text{物}} = \frac{A_1B_1}{AB}$$

$$\text{目镜的放大倍数 } M_{\text{目}} = \frac{A_2B_2}{A_1B_1}$$

$$\text{将两式相乘：} M_{\text{物}} \times M_{\text{目}} = \frac{A_1B_1}{AB} \times \frac{A_2B_2}{A_1B_1} = \frac{A_2B_2}{AB} = M$$

说明显微镜的总放大倍数 M 等于物镜放大倍数和目镜放大倍数的乘积。目前普通光学金相显微镜最高有效放大倍数为 1600~2000 倍。

另外，参照图 1-1，如果忽略AB与 F_1 、 A_1B_1 与 F_2 间距，依相似三角形定理可求出：