

XJTUMicro 显微数字图形相关法全场应变测量分析系统

微米和纳米级显微三维测量技术

近年来三维数字图像相关法 DIC (digital image correlation) 以其高精度、鲁棒性、方便性, 广泛应用到众多学科的材料力学性能测试分析。西安交通大学在“XJTUDIC 三维数字散斑动态应变测量分析系统”基础上, 发展出四种显微数字图形相关法全场应变测量分析系统

1. 基于单光路光学显微镜的二维全场应变测量
2. 基于体式显微镜的三维全场应变测量
3. 基于电子显微镜的二维全场应变测量
4. 基于电子显微镜的三维全场应变测量

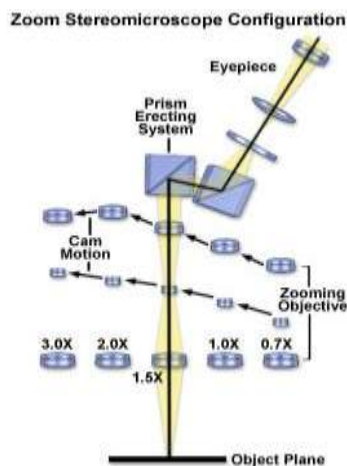
一、基于单光路光学显微镜的二维全场应变测量

普通光学显微镜多为单个光路, 特点是价格便宜、放大倍数大, 使用简单方便, 是目前用量最大的显微镜。普通光学显微镜应用在全场应变, 只能用于二维应变测量 (也称为片内测量), 较难用于三维全场应变测量。

各种光学显微镜与“XJTUDIC 三维数字散斑动态应变测量分析系统”配合使用, 可以快速方便地实现二维全场应变测量分析

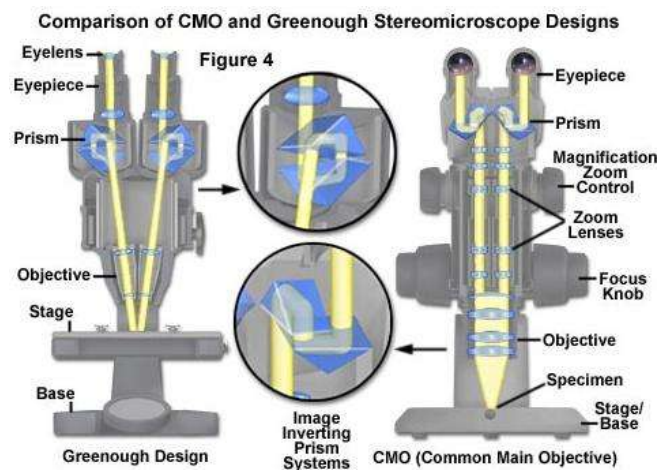
二、基于体式显微镜的三维全场应变测量

基于体式显微镜的三维全场应变测量采用 CMO 型体式显微镜 (Common Main Objective, CMO), 配合“XJTUDIC 三维数字散斑动态应变测量分析系统”进行三维全场应变测量分析。



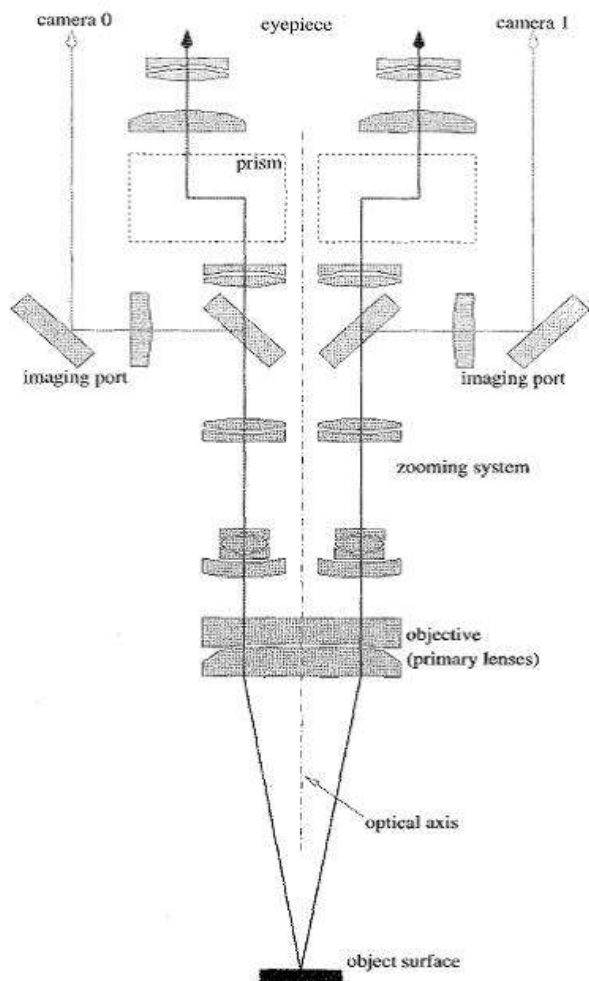
CMO 型体视显微镜光路

体式显微镜 (Stereo Light Microscope, SLM) 具有两个光路, 分为两种类型: Greenough 型体视显微镜 (G-SLM) 和 CMO 型体视显微镜 (CMO-SLM)。G-SLM 结构简单, 加工相对容易, 价格也便宜, 可批量生产, 适用于工业流水线, 但是 G-SLM 的像面与聚焦面不平行, 容易产生径向的图像失真, 用于高精度的精密测量略显不足。CMO-SLM 的像面和聚焦面平行, 适于实验室等高精密环境中, 但 CMO-SLM 价格偏高, 加工过程复杂。



非接触式光学测量

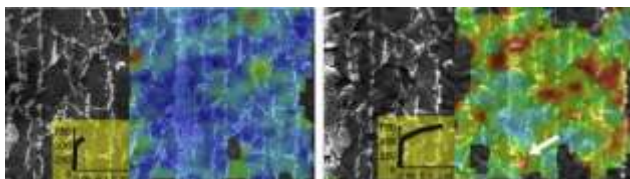
Greenough 型和 CMO 型体式光学显微镜的结构对比图



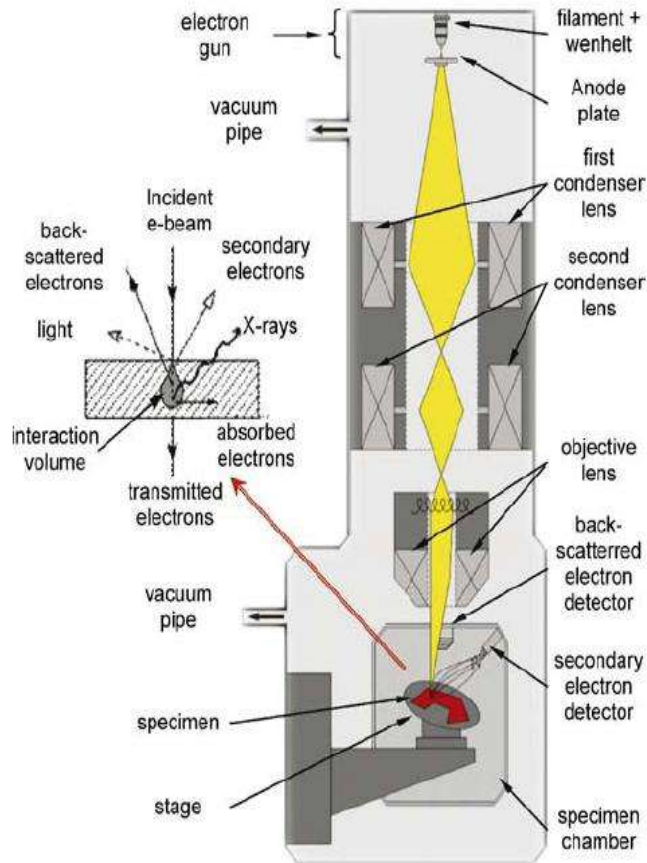
CMO 型体式光学显微镜的光路结构图

三、基于电子显微镜的二维全场应变测量

“XJTUDIC 三维数字散斑动态应变测量分析系统”配合各种扫描电子显微镜（Scanning Electron Microscope, SEM）和原子力电子显微镜（atomic force microscopy, AFM），可以快速方便实现二维全场应变测量。



电子显微镜二维全场应变



扫描电子显微镜结构

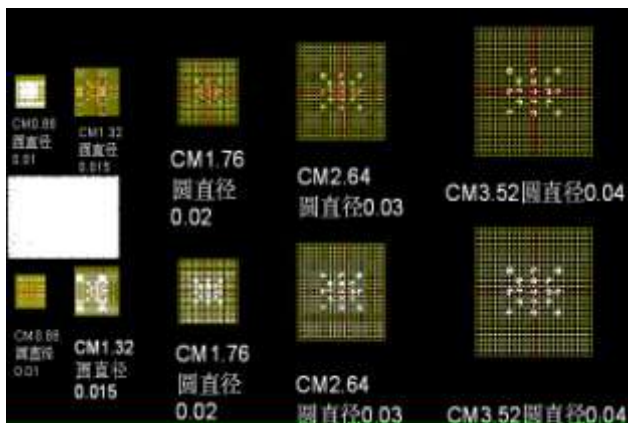
四、基于电子显微镜的三维全场应变测量

与各种扫描电子显微镜（Scanning Electron Microscope, SEM）和原子力电子显微镜（atomic force microscopy, AFM）配合，也可实现三维全场应变测量，需要进行多角度测量，利用工业摄影测量三维重建的原理，配合“XJTUDIC 三维数字散斑动态应变测量分析系统”实现三维全场应变测量。

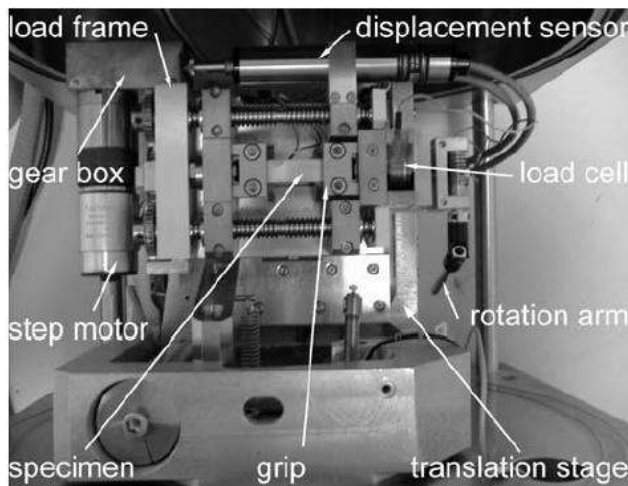
五、显微镜的三维标定技术

要实现显微三维测量，首先要解决显微镜的三维标定技术。在“XJTUDIC 三维数字散斑动态应变测量分析系统”的基础上，研制了各种显微镜的微小视场三维标定方法

非接触式光学测量



各种显微三维标定



显微应变测量使用的微小拉力试验机

随着科学技术的不断发展，微纳技术已经成为当今科技发展的前沿科学之一。显微镜是显微视觉系统的标志性设备，显微镜技术的发展推动和加快了显微视觉系统的发展及应用，尤其是现代显微镜具有高倍率、高分辨率和高清晰度等卓越性能，可以提供高质量的图像，极大地提高了显微视觉系统的分辨能力。显微视觉的发展带动了相关理论与技术的进步，为了适应和进一步促进显微视觉的发展，图像分析、图像处理与测量技术等均在不断地发展并涌现了大量新方法。

显微视觉中的显微立体视觉能够实现立体成像功能，近年来越来越受到重视，在微操作、微装配、微注射、微测量等领域得到了广泛的应用。显微立体视觉系统不同于宏观立体视觉系统的显著特点就是在成像过程中加入了放大环节，因此，显微镜是实现显微立体视觉系统不可或缺的组成部分。扫

描电子显微镜（Scanning Electron Microscope, SEM）具有放大倍率高、焦深大、分辨率高等特点，是这一领域应用较多的一种显微镜，但其不足之处是操作复杂且设备昂贵。相对于扫描电子显微镜，体视显微镜（Stereo Light Microscope, SLM）在这方面的应用相对少些。SLM 具有工作空间大、工作距离大、便于微观对象的操作、非接触式观测、对微观对象无损伤和实时性好等优点，它的应用日益广泛。

显微镜知识

显微镜泛指将微小不可见或难见物品之影像放大，而能被肉眼或其他成像仪器观察之工具。日常用语中之显微镜多指光学显微镜。放大倍率和清晰度（聚焦）为显微镜重要因素。

光学显微镜：

利用透镜放大物像送到眼睛或成像仪器，分辨率大约为一微米，可以看到细胞大小的物品。一般来说显微镜大都是指光学显微镜，光学显微镜依设计的不同，又可分为正立显微镜、倒立显微镜（又称倒置显微镜）和解剖显微镜（又称实体显微镜或立体显微镜）；又有偏光显微镜：又称为岩石显微镜、矿物显微镜或金属显微镜，用以观察岩石、矿物及金属表面，是利用光的不同性质（偏光）而做成的；相位差显微镜：观察变形虫、草履虫等透明生物时，所使用的显微镜。它的特殊装置可以将光透过生物体所产生的偏差，改变为明暗不同；又结合光学显微镜并利用雷射光作为光源，以达到特殊观察需求的有共聚焦显微镜（又译作共轭焦显微镜）。

电子显微镜：

不使用光线而利用电子流来照射标本来观察的显微镜。由于电子用肉眼看不出，因此就使电子透过观察材料，而映在涂有荧光剂的板上，这种方法称为穿透式电子显微镜。另一种方法是以电流在观察材料的表面移动，然后使观察材料所放出的二次电子流映在真空管上，以这种方式观察的称为扫描式电子显微镜。穿透式电子显微镜可放大 80 万倍，可以看出分子的形象；扫描式电子显微镜可用以观察立体的表面，放大倍率约 20 万倍。电子显微镜分为透射电子显微镜、能量过滤透过式电子显微镜、扫描电子显微镜、场发射扫描电子显微镜、扫描透射电子显微镜等类型。某些电子显微镜甚至能

非接触式光学测量

看到单一原子。原理：物质波理论告诉我们，电子也具有波动性质，所以可以用类似光学显微镜的原理，做成显微镜。不一样的是，这里将凸透镜改成磁铁，由于电子的波长比可见光短，所以他可以比光学显微镜“看”到更小的东西，如：病毒。

扫描电子显微镜 (scanning electron microscope) 扫描电子显微镜，简称扫描电镜 (SEM)。是一种利用电子束扫描样品表面从而获得样品信息的电子显微镜。它能产生样品表面的高分辨率图像，且图像呈三维，扫描电子显微镜能被用来鉴定样品的表面结构。



XJTUDIC 硬件和控制系统

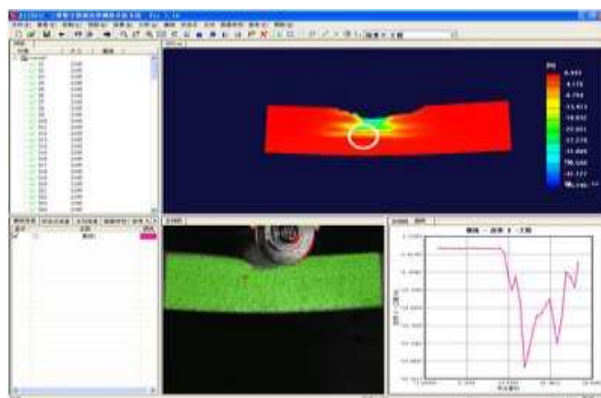
原子力显微镜 (atomic force microscope, 简称 AFM)

AFM 用来探测样本表面与探针交互作用力，推出探针到样本表面的距离，因此可“看”到非金属或金属表面。

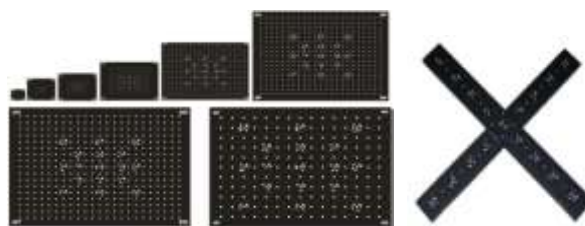
利用微悬臂感受和放大悬臂上尖细探针与受测样品原子之间的作用力，从而达到检测的目的，具有原子级的分辨率。由于原子力显微镜既可以观察导体，也可以观察非导体，从而弥补了扫描隧道显微镜的不足。原子力显微镜是由 IBM 公司苏黎世研究中心的格尔德·宾宁与斯坦福大学的 Calvin Quate 于一九八五年所发明的，其目的是为了使非导体也可以采用类似扫描探针显微镜 (SPM) 的观测方法。原子力显微镜 (AFM) 与扫描隧道显微镜 (STM) 最大的差别在于并非利用电子隧穿效应，而是检测原子之间的接触，原子键合，范德瓦耳斯力或卡西米尔效应等来呈现样品的表面特性。

相对于扫描电子显微镜，原子力显微镜具有许多优点。不同于电子显微镜只能提供二维图像，AFM 提供真正的三维表面图。同时，AFM 不需要对样品的任何特殊处理，如镀铜或碳，这种处理对样品会造成不可逆转的伤害。第三，电子显微镜需要运行在高真空条件下，原子力显微镜在常压下甚至在液体环境下都可以良好工作。这样可以用来研究生物宏观分子，甚至活的生物组织。

和扫描电子显微镜 (SEM) 相比，AFM 的缺点在于成像范围太小，速度慢，受探头的影响太大。



XJTUDIC 软件系统界面



系列标定板