

# 基于并行差动共聚焦的微观形貌检测仪

吴栋梁, 袁涛, 叶一青, 林泽金, 刘奕乐, 谢佳豪, 陈懿铃, 梁珈, 易定容

(华侨大学, 福建 泉州 362021)

**摘要:** 本作品以解决工业样本的微纳尺度快速测量为目的。在共聚焦成像原理基础上, 采用结构光调制实现了横向超分辨, 比同条件明场照明下的横向分辨率提高了 58%; 将物方差动与并行共聚焦显微技术相结合, 实现了被测表面的轴向精度的三维形貌还原。本作品是一套具有快速高效、高精度及易操作的微观形貌检测仪。

**关键词:** 共聚焦成像; 微观形貌检测仪

## 1 传感器系统应用效果

现有的共聚焦测量方法三维测量速度慢, 因此, 提高测量速度是共聚焦三维表面形貌测量的核心问题。本产品提出的差动并行共聚焦高精度快速三维表面形貌测量, 可应用于工业界, 提高工业样品测量的精度和效率, 如在检测工业上 2000 多个微纳尺度贯穿孔的直径测量, 只需 10s。本产品的应用效果可以达到实验室的精度, 工业界的速度。

## 2 创新点与优势

相对于传统的激光共聚焦显微镜价格昂贵, 结构复杂的情况, 本作品结构简单、成本廉价、易于批量制造, 易于作为模块直接移植于普通光学显微镜实现高精度轴向测量。本产品在保证轴向层析能力的前提下, 实现了超衍射极限的横向分辨率, 纵向测量精度达到了光学表面轮廓仪的测量精度, 横向分辨率超过光学表面轮廓仪, 同时测量速度提高了 2 个量级(本系统采用面阵扫描, 测量效率远高于商用激光共聚焦显微镜的线扫描成像系统), 针对商用的激光共聚焦显微镜操作界面复杂, 要求具有一定的技术要求。本产品开发了一款适用于本测量系统的可视化控制界面, 降低了对测量人员的技术要求, 实现了便捷的测量方案。

## 3 作品实现方案简介

本系统测量具体实施方法为: 首先根据被测样本的实际测量需求选择合适的放大倍镜。随后, 通过自动对焦算法控制高精度载物台实现对被测表面的自动聚焦。其次, 若需对样品表面表面三维形貌进行还原, 则进一步判断视场范围内的重建高度是否在差动量程范围内, 若在则控制 PI 电机实现形貌重建, 否则驱动层扫差动控制程序实现重建; 若需对样品二维

特征进行提取，则驱动形状检测模块，提取并掩膜被测样品表面划痕、孔洞、颗粒等形状特征。

针对测量过程中的控制调制，可通过所开发的控制平台实现相机的曝光参考，避免照片过曝影响实际测量结果。对于需要大面积测量的样品，本系统设计了子孔径扫描控制，可人工选定测量区域，系统会自动计算并转换视场数量，完成扫描路径规划，最终可通过匹配算法实现视场拼接，完成大区域快速测量。

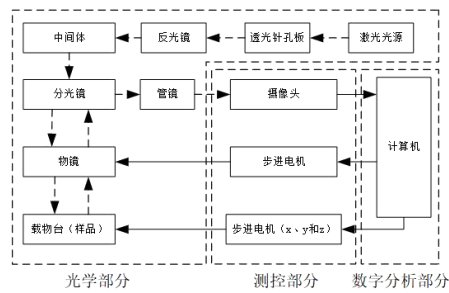


图1 整体系统

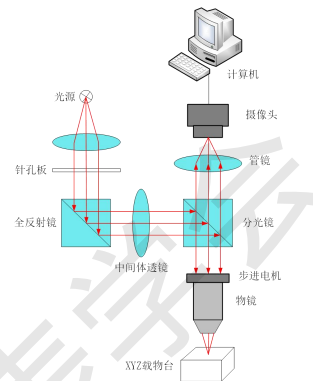


图2 系统结构

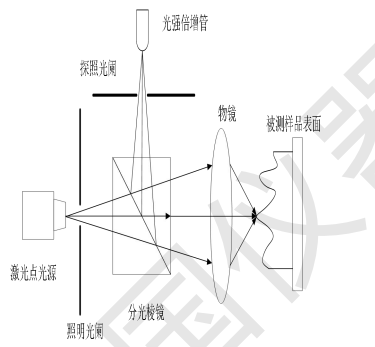


图3 软件流程

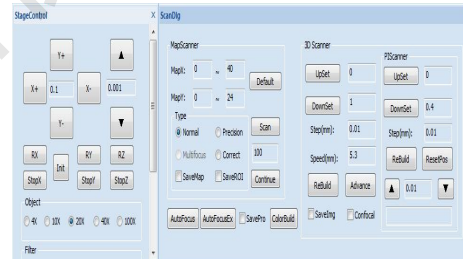


图4 载物台控制界面

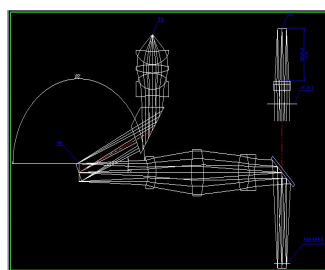


图5 设计光路图

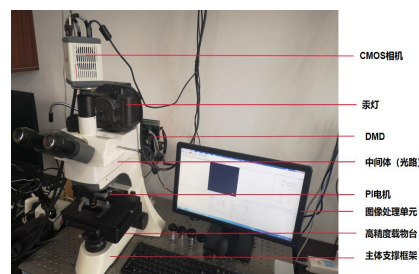


图6 系统实物图