

基于长工作距便携式智能手机显微镜的金属网栅缺陷检测技术

陆振刚^{1,2}, 秦鸿圣^{1,2}, 李晶^{1,2,3}, 孙铭⁴, 谭久彬^{1,2}

¹哈尔滨工业大学超精密光电仪器工程研究所, 中国哈尔滨市, 150080

²哈尔滨工业大学超精密仪器技术及智能化工信部重点实验室, 中国哈尔滨市, 150080

³中国工程物理研究院材料研究所, 中国江油市, 621907

⁴阿卜杜拉国王科技大学视觉计算中心, 沙特阿拉伯图瓦尔, 23955

摘要: 金属网栅是一种具有精细金属线结构的透明电磁屏蔽膜。然而, 在加工生产或实际使用阶段会出现影响其光电性能的缺陷。金属网栅原位无损检测需要满足长工作距离、反射光路设计和小型化的要求。为解决现有智能手机显微镜在金属网栅缺陷检测领域中工作距离短和反射式成像效果不足的问题, 本文提出一种长工作距反射式智能手机显微镜(LD-RSM)。LD-RSM结合外部光学组件和智能机构成 $4f$ 光学成像系统, 其使用分束器实现反射式成像, 即照明系统和成像系统位于样品同侧。系统实现了 $4.92\ \mu\text{m}$ 的光学分辨率和高达 $22.23\ \text{mm}$ 的工作距离。此外, 设计了双先验融合的加权鲁棒主成分分析方法(DW-RPCA)用于缺陷检测。DW-RPCA利用频谱滤波融合和霍夫变换对不同类型缺陷建模, 进而提高了缺陷识别的准确性。结合双阈值分割方法, DW-RPCA在方形和圆形金属网栅数据集上分别实现了 0.856 和 0.848 的像素级缺陷检测精度(f 数)。该项工作在工业产品原位在线检测领域显示出较大应用潜力。

关键词: 智能手机显微镜; 缺陷检测; 便携反射式成像; 金属网栅; 低秩分解
<https://doi.org/10.1631/FITEE.2401002>