

# 半导体检测用近红外显微装置的研发

毛鹏程<sup>1</sup>, 李洋<sup>2</sup>, 杨通<sup>2</sup>, 彭绍春<sup>1</sup>

(北京理工大学 1.分析测试中心; 2.光电学院, 北京 100081)

**摘要:** 针对封装于半导体器件内部电子线路检测, 硅晶圆片内部缺陷、裂纹检测等应用场景, 开发了可穿透抛光硅片进行显微成像的近红外显微系统。系统研发过程综合分析了硅基半导体材料的透过率曲线及 CMOS 传感器的光谱响应曲线, 选定了最优的同轴照明波段, 在保证透过率的同时有效抑制了硅片表面强反射光对图像质量的影响。实验结果表明, 应用 CMOS 传感器相机搭配特定波段的照明及带通滤光片可透过抛光硅片实现内部电子线路的显微成像。相比于近红外波段常用的铟镓砷传感器, CMOS 传感器像素尺寸更小、靶面更大, 保证了分辨率和视场范围的同时提升。

**关键词:** 近红外显微镜; 半导体检测; 硅片内部成像; CMOS 相机

## Development of A Near-infrared Microscope for Semiconductor Inspection

Mao Pengcheng<sup>1</sup>, Li Yang<sup>2</sup>, Yang Tong<sup>2</sup>, Peng Shaochun<sup>1</sup>

(1. Analysis & Testing Center, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. School of Optics and Photonics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** A near-infrared microscope system which works at the wavelength silicon wafer is transparent is developed for inspection of defects, cracks and marks inside or on opposite side of wafer. In this home-made system, wavelength of the in-line illumination is optimized based on the transmission curve of silicon wafer and quantum efficiency of CMOS camera. The selected wavelength ensures a sufficient transmittance for imaging and suppresses the reflection from wafer surface effectively. The high-quality microscopy image of electronic circuits on opposite side of silicon chip is obtained by the experiment system with optimized illumination wavelength and well-designed bandpass filter. Compare to common used near-infrared InGaAs camera, CMOS camera has smaller pixel size and bigger detector size. These characters promote higher resolution and bigger inspection area of the near-infrared microscope system.

**Key words:** near-infrared microscope; semiconductor inspection; imaging inside silicon chip;

## 引言

近年来,我国芯片制造、半导体设备生产领域的发展逐步加快,国产半导体设备制造行业快速发展。2020年中国大陆半导体设备的销售额达187亿美元,超过中国台湾地区成为全球最大的半导体设备销售地区。<sup>[1-2]</sup>以氮化镓、碳化硅为代表的宽禁带第三代半导体虽然发展十分迅猛,但在短期内依旧无法撼动硅基材料在半导体工业领域的绝对统治地位。中国工程院院士周济在近期接受采访时认为:半导体近期发展还要最大程度基于硅基材料。<sup>[3-4]</sup>

针对不同的工艺流程及相应的测试精度要求,硅基半导体检测的手段多种多样,超声检测、光学成像、光学显微成像、显微红外热成像、电子显微镜成像等手段都有应用。<sup>[5-10]</sup>各检测手段之中,光学显微成像具有快速、直观、无损伤、成本低等优势,应用最为广泛。单晶硅的带隙大小为1.12 eV,带隙宽度对应波长1100 nm光子所具有的能量,波长小于1100 nm的光子能量高于带隙,几乎无法穿透硅片。故常规的可见光显微镜仅能检测硅片表面的电子线路,无法应用于封装后的半导体器件。将光学显微系统的工作波段扩展至可穿透硅片的近红外区间,实现无损的芯片内部检测,可应用于半导体器件失效分析、半导体器件聚焦离子束(FIB)取样定位、封装后工艺流程检验等领域,有巨大的应用价值。

本文搭建了一套基于CMOS传感器相机的近红外显微成像系统。在相机选型、照明波长选取、成像滤光片选择、显微镜体积控制等方面做了理论分析及实验验证,确定了适用于穿透硅片成像的近红外显微系统的构建方案。搭建的系统实现了已封装芯片内部线路的显微成像,分辨率可达1微米以内。

## 1 近红外显微系统的设计研发

近红外显微系统的整体结构如图1所示,主要包括近红外显微物镜,近红外相机,近红外同轴照明光路,滤光及成像光路四个部分。每一部分的搭建和配置都需要结合待测物的光谱特性及尺寸特征。