

# SMX-6000 观察碳化硅 MOSFET 内部结构

## SMX-025

**摘要：**本文介绍了一个运用 SMX-6000 微焦点 X 射线检查装置的 X 射线透视及 CT 对碳化硅 MOSFET 的实例观察。针对碳化硅 MOSFET 进行透视，观察发现内部碳化硅晶片和铜基体的焊料部分有白色气泡。侧立时发现是使用铝线和碳化硅晶片进行连接。针对透视图中碳化硅晶片焊接部分使用 CT 扫描，能够清晰观察出内部气泡，并进行测量。

**关键词：**微焦点 X 射线检查装置 CT 碳化硅 MOSFET

电力电子器件对提高整个装置的性能指标起着十分重要的作用。随着电动汽车和新能源等电力电子应用领域的蓬勃发展，功率变换器对效率、功率密度和耐高温等方面的要求越来越高。由于硅器件的性能逐渐接近材料理论极限，以碳化硅为代表的新型功率器件应运而生。碳化硅半导体器件具有导通电阻低、击穿电压高、极限工作温度高等优点，随着碳化硅半导体技术的不断发展，碳化硅 MOSFET 正在兴起。

在碳化硅 MOSFET 的开发与应用方面，与相同功率等级的硅 MOSFET 相比，碳化硅 MOSFET 导通电阻、开关损耗大幅降低，适用于更高的工作频率，另由于其高温工作特性，大大提高了高温稳定性。但是在生产制造过程中，如果碳化硅晶片和铜框架焊接部分有气泡会影响导电和散热性能。本文介绍了一个运用 Xslicer SMX-6000 微焦点 X 射线检查装置（带 PCT）的 X 射线透视及 CT 对碳化硅 MOSFET 内部结构的观察。

## ■ 实验部分

### 1.1 仪器

SMX-6000 微焦点 X 射线检查装置（带 PCT）



### 1.2 分析条件

X 射线透视检查分析条件：

测试电压 :140 KV  
测试电流：100  $\mu$ A  
观察角度：0°

X 射线 CT 检查分析条件：

测试电压 :140 KV  
测试电流：100  $\mu$ A  
观察角度：45°  
扫描模式：清晰  
扫描时间：10 min

## ■ 结果与讨论

### 2.1 X 射线透视观察

图 1 是一个外购的碳化硅 MOSFET 外观图。图 2 是整个碳化硅 MOSFET 透视图。针对碳化硅晶片和铜基架焊接部分进行检测。透视图像用黑白的浓淡表示透过内部的 X 射线剂量的差异。X 射线吸收量较多的焊接焊料

部分颜色较深，吸收量少的没有焊料部分颜色较浅。图 3 透视图可以看到内部很多白色部分，这些部分就是没有焊料的部分，也就是气泡。图 4 通过软件染色功能进行处理，可根据灰度用颜色显示气泡缺陷，用于直观观察产品结构。通过软件测量功能测量气泡面积比为 3.4%，如图 5 所示。

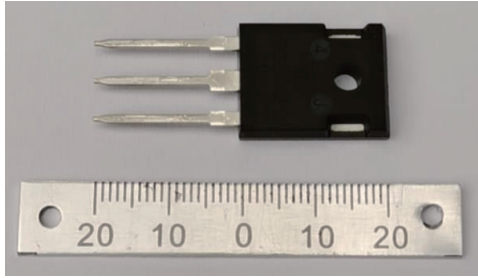


图 1 碳化硅 MOSFET 外观图

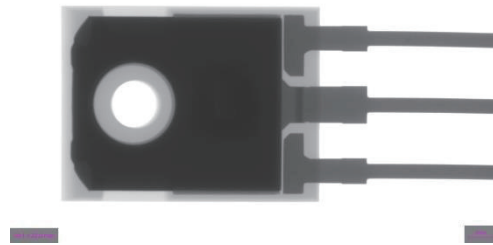


图 2 碳化硅 MOSFET 整体透视图

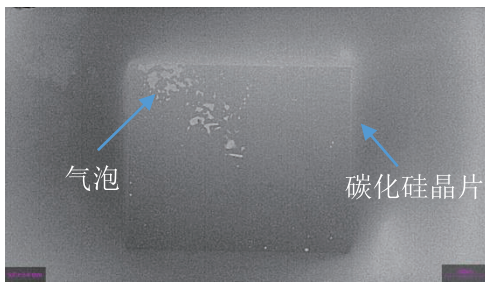


图 3 碳化硅晶片焊接透视图

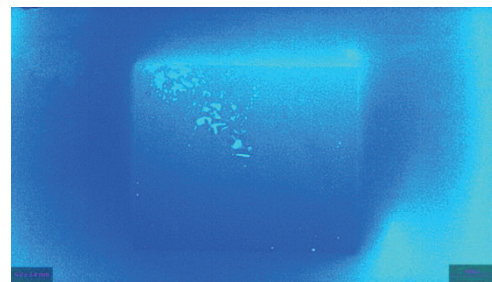


图 4 碳化硅晶片焊接透视渲染图

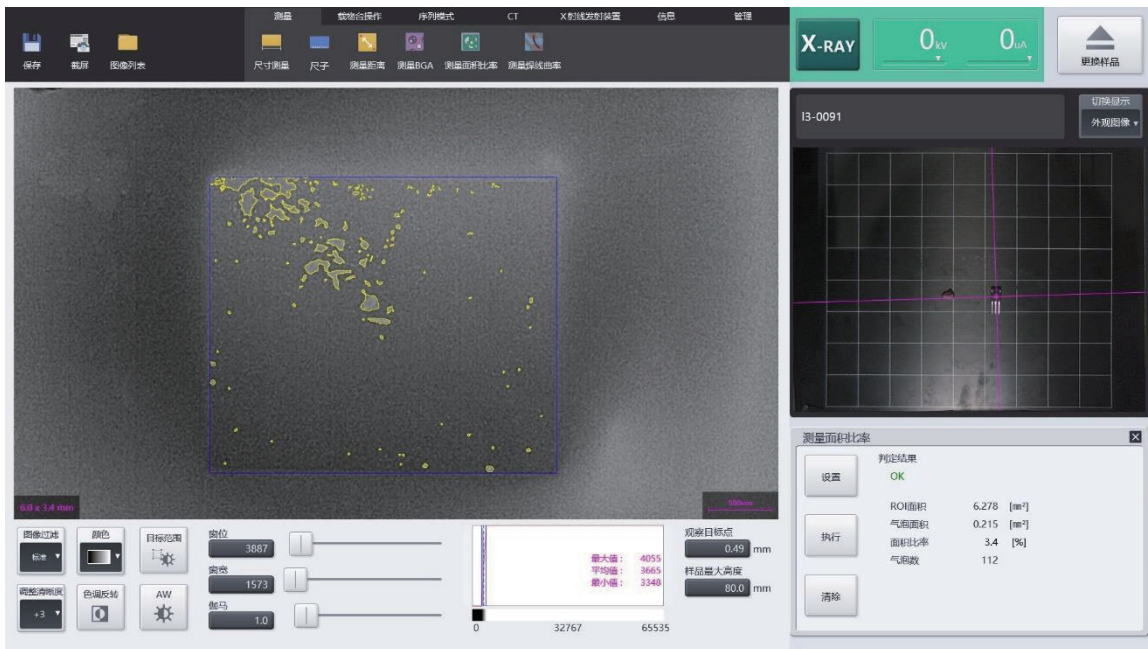


图 5 碳化硅晶片焊接透视气泡测量图

图 6 是把样品侧立观察内部结构的。可以观察铝线分布及和碳化硅接触的焊点状态。图 7 通过颜色渲染可以更直观观察铝线状态。通过尺寸测量功能测量铝线的直径，约 0.300 mm，如图 8 所示。



图 6 碳化硅 MOSFET 侧立透视图

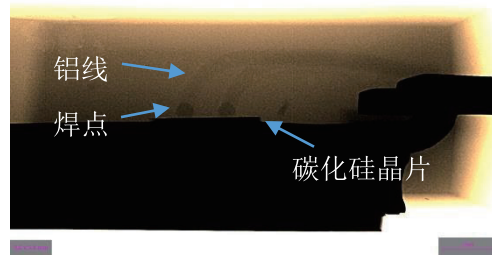


图 7 碳化硅 MOSFET 侧立透视渲染图



图 8 碳化硅 MOSFET 铝线尺寸测量图

## 2.2 X 射线 CT 观察

使用 X 射线透视时只能看到一个平面，对内部的每层细节部分不能观察。在这种情况下，检查分析可以利用 CT 成像获取横断面的数据。针对碳化硅 MOSFET 进行 X 射线 CT 扫描，可以获得 CT 截面图像，如图 9 所示。通过颜色渲染，可以更直观观察气泡缺陷，如图 10 所示。因此，操作人员很容易从一个特定的截面分析和检测出缺陷，并且比透视图象更准确。

通过软件测量功能对气泡进行测量，测的气泡面积比为 3.6%，如图 11 所示。

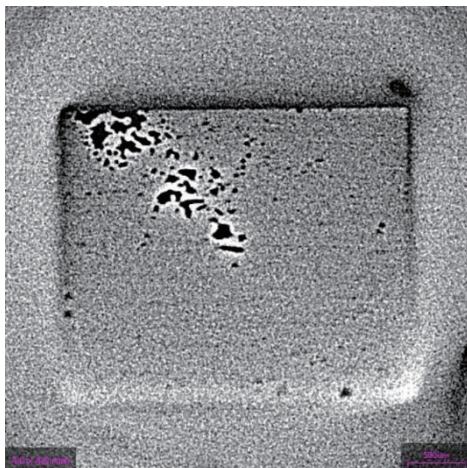


图 9 碳化硅晶片焊接 CT 图

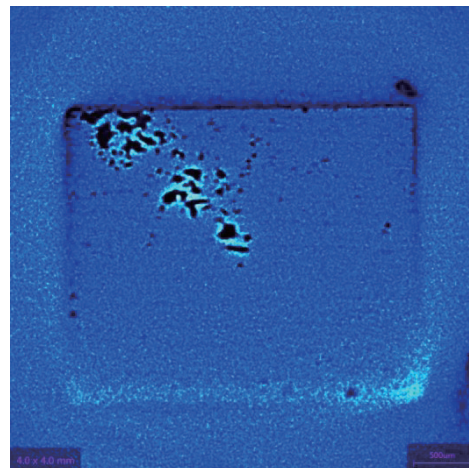


图 10 碳化硅晶片焊接 CT 渲染图

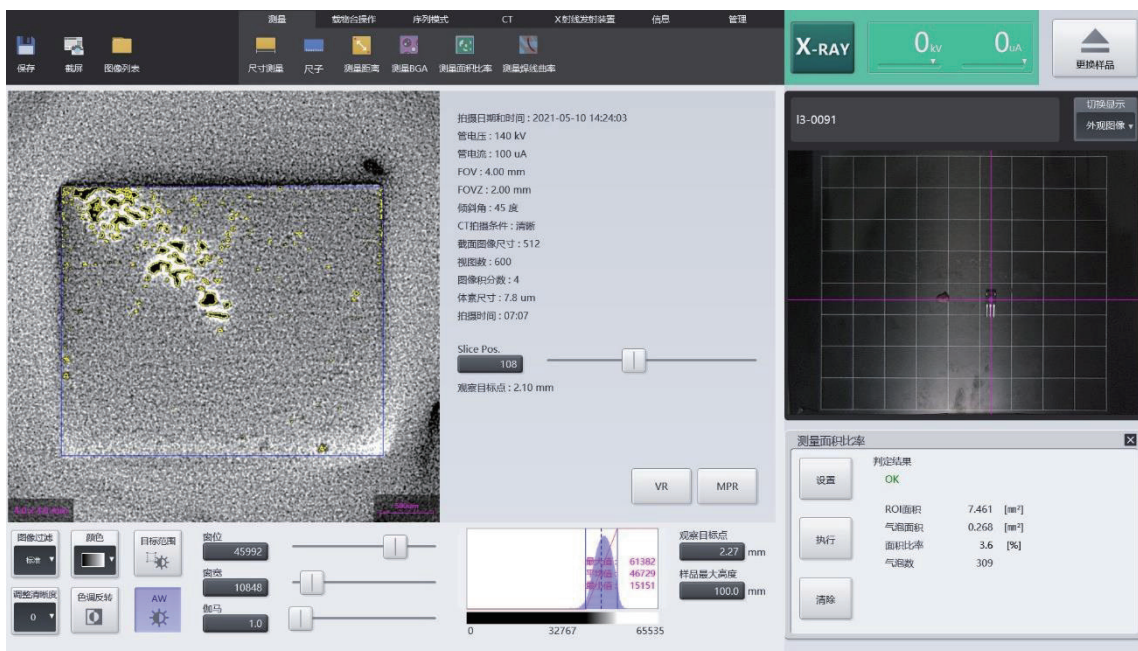


图 11 碳化硅晶片焊接 CT 气泡测量图

## ■ 结论

采用岛津公司的 SMX-6000 设备检查碳化硅 MOSFET 内部结构，可以根据 X 射线透视和 CT 选择合适的观察方法。任何操作人员都可以轻松的在 X 射线透视和 CT 之间任意切换检查样品内部结构，并观察出内部缺陷。对于硅 MOSFET 也适用此方法鉴别。

岛津应用云

