

使用 EPMA 解析电子元器件的表面异常失效

EPMA-001

摘要：电子元器件的失效及潜在的缺陷直接关系到电子产品的可靠性。本文使用岛津电子探针 EPMA 对电子元器件的铜合金部件不同位置处的肉眼可见变色异常失效进行了解析。结果显示部件表面不同的晶粒度和粗糙度以及腐蚀斑块和刮擦条痕导致局部出现明显的色差。这些局部的变色异常将会导致电子元器件出现导电不良甚至开路的失效问题。相对于常见的扫描电镜 SEM+ 能谱仪 EDS，微区分析仪器 EPMA 对于分析轻元素和微量元素具有更高的灵敏度，对于确认腐蚀介质和污染源能提供更准确的判断依据。

关键词：电子产品 失效分析 腐蚀 EPMA

当电子产品产生出现功能退化或功能丧失，达不到当初设计的目的，称为失效。电子器件的失效可能来自于产品制造、运输、存储和使用等整个过程中的任一环节，与选材、设计、制造及使用均密切相关。常见的失效模式有开路、短路、特性退化、参数漂移和不稳定等。电子器件失效分析的目的就是通过确定失效模式，确定失效的原因或相关关系，从而在具体出现问题的环节采取纠正措施，防止失效再次出现。

针对不同的失效模式，一般采用无损 X 射线检测定位、光学显微及电子显微分析、成分分析等。岛津电子探针 EPMA 具有优异的二次电子分辨率和较大的景深，可在不同的放大倍数下对失效部位进行表面的微观观察，另外岛津 EPMA 独有的 52.5° 高检出角及兼顾高灵敏度和高分辨率的全聚焦晶体，实现了从微米级的微小区域到最大 90×90 mm 的广域范围的成分分析。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津电子探针 EPMA-1720，配备五通道波谱仪 WDS 系统。



1.2 分析条件

测试参数

加速电压 (AccV): 15 kV

束流 (Beam Current): 表面观察 0.1 nA, 定性分析
100 nA

束斑直径 (Beam Size): 定性分析 100 μm , 20 μm

测试时间 (Sampling time): 定性分析 10 min

强度单位 (Unit): Counts

1.3 样品处理

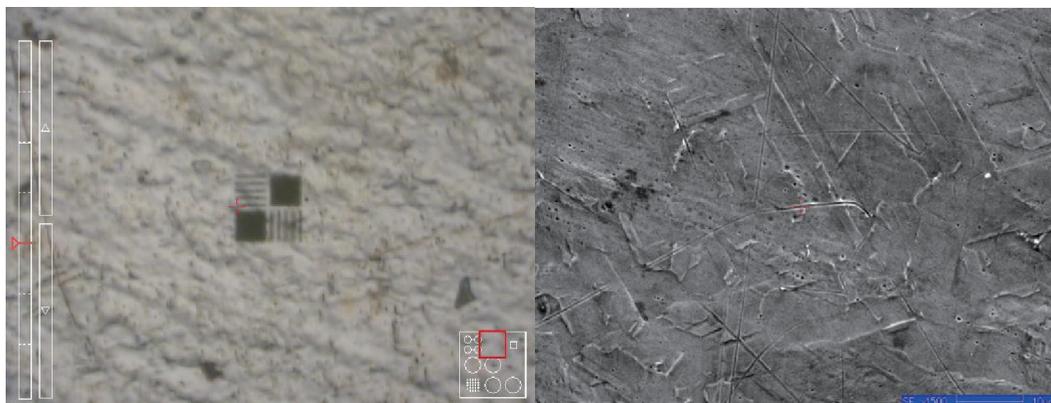
电子元器件上铜合金部件本身具有很好的导电性，由于整个元器件的尺寸较大，剪切成小块尺寸固定后即可直接测试。

■ 结果讨论

2.1 表面的观察

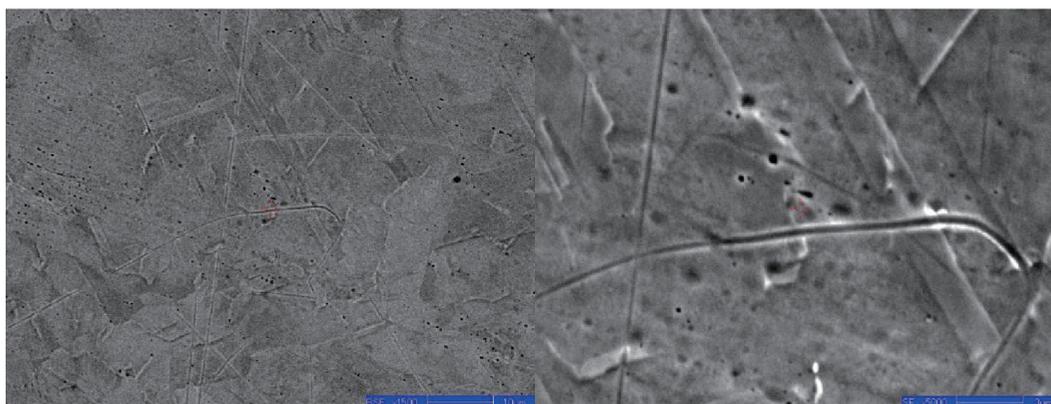
2.1.1 正常部位的微区观察

对正常部位取样，使用 EPMA 进行表面形貌观察，其微区形貌特征如图 1 所示：



a.光学(OM)图像

b.二次电子图像(SEI)



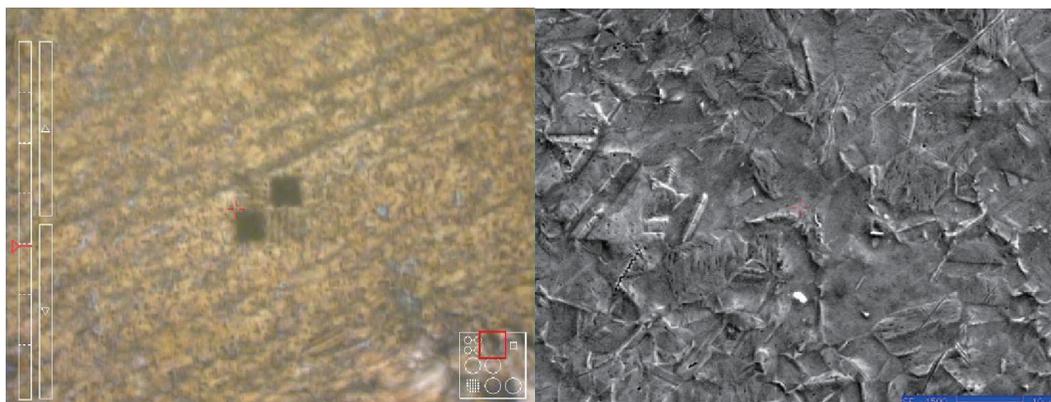
c.背散射电子像(BSE)

d.放大后的SEI

图1 正常部位微区特征

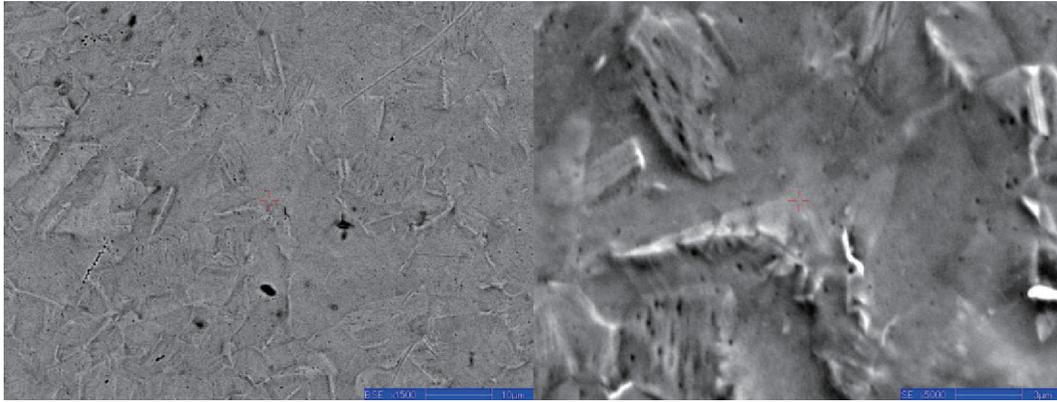
2.1.2 变色部位的三个特征微区观察

同样的方法对表面变色部位进行剪切取样，观察到表面上有三个显著不同的微区特征形貌，分别见图 2~4：



a.光学(OM)图像

b.二次电子图像(SEI)



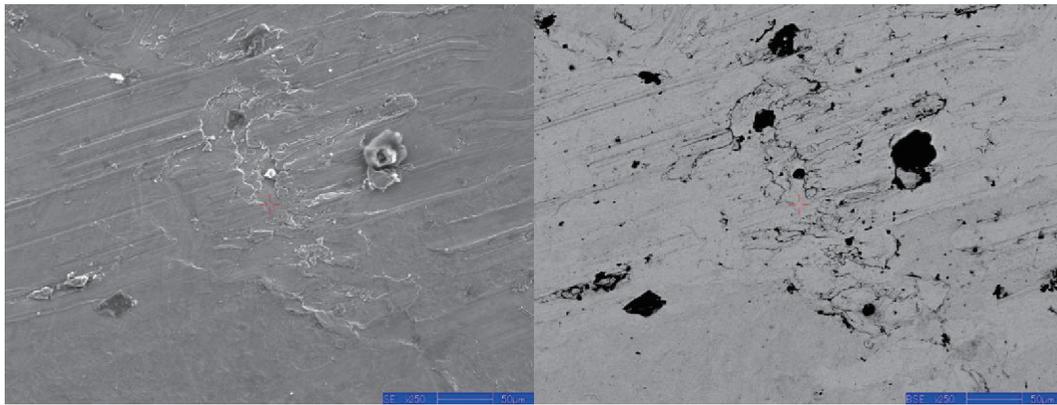
c.背散射电子像(BSE)

d.放大后的SEI

图2 变色位置一般区域微区形貌特征



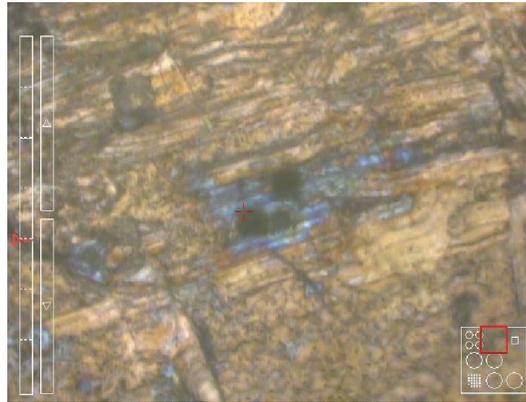
a.OM



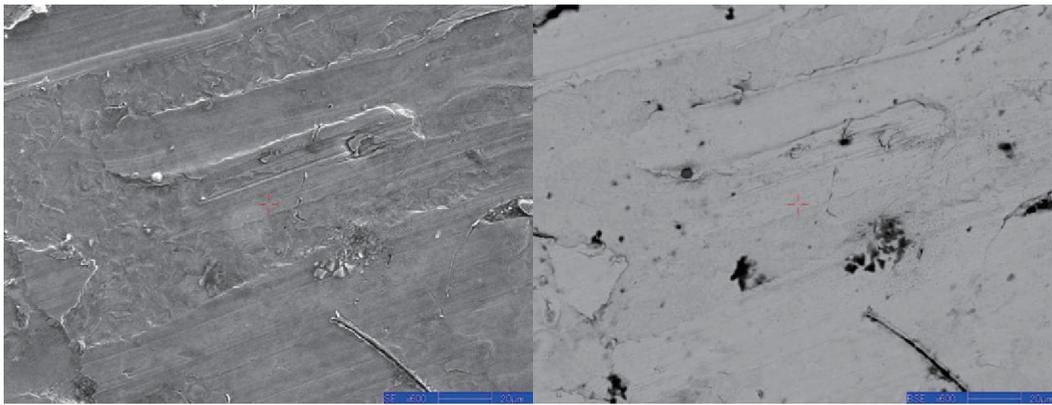
b.SEI

c.BSE

图3 变色位置存在大量刮擦痕迹



a.OM



b.SEI

c.BSE

图4 变色位置存在大量腐蚀斑块

从微观特征形貌上可以看出，相对于铜表面正常光亮位置：变色区域颜色较暗，表面粗糙度更大，晶粒更加细小，存在大量的刮擦痕迹及大量的区域面积不等的腐蚀斑块。

2.2 表面成分的解析

2.2.1 正常部位的表面成分

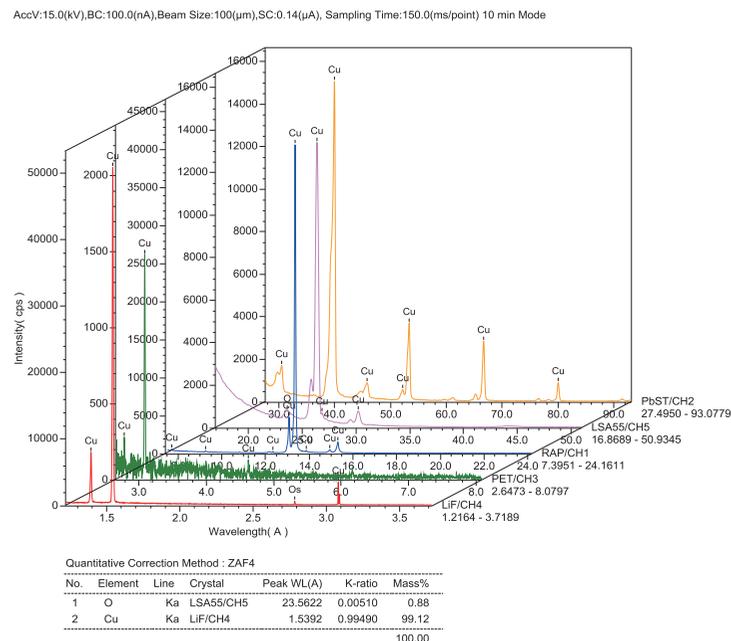


图5 正常位置定性分析谱图及结果

2.2.2 变色部位三个特征表面的成分

借助 EPMA 微区观察能力，对表面不同特征形貌处分别进行成分的解析，结果显示如下：

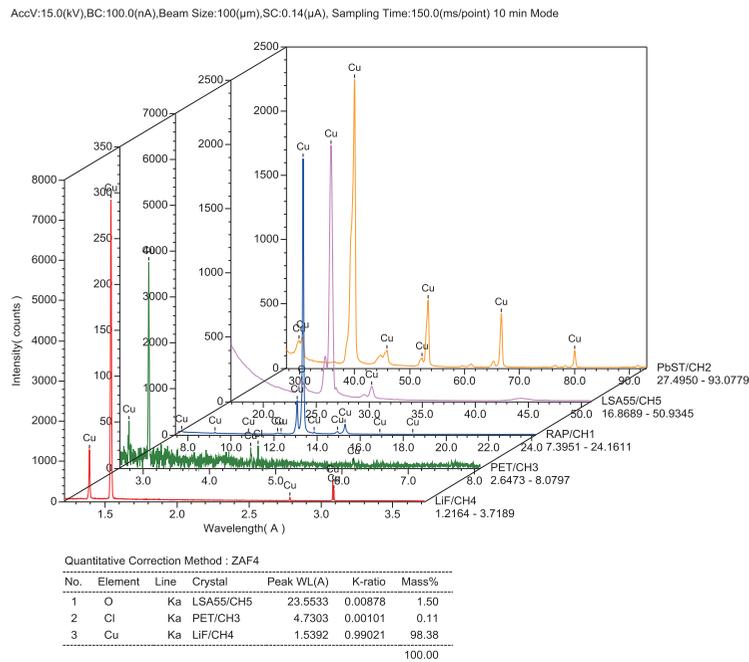


图6 变色位置一般区域定性分析谱图及结果

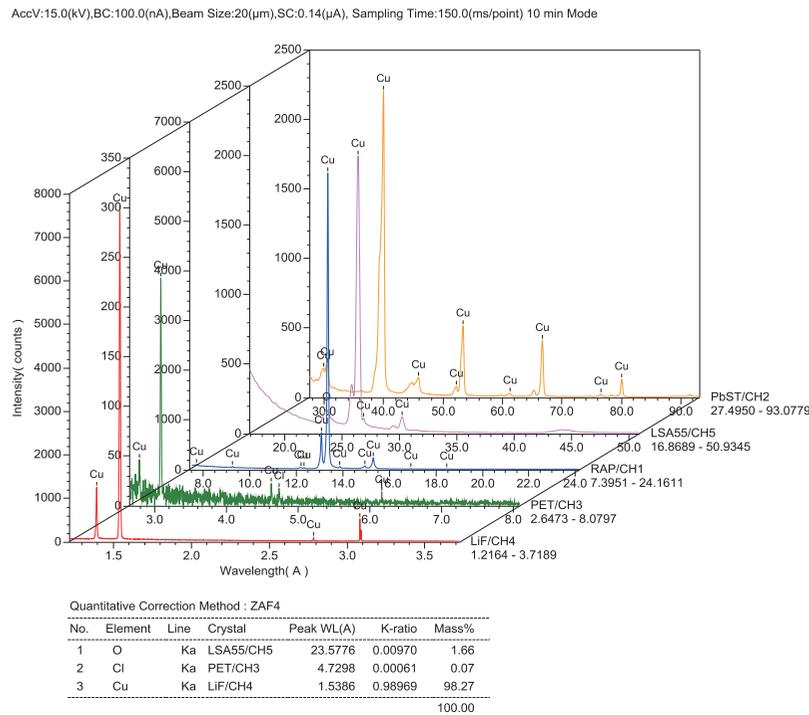


图7 变色位置刮擦区域定性分析谱图及结果

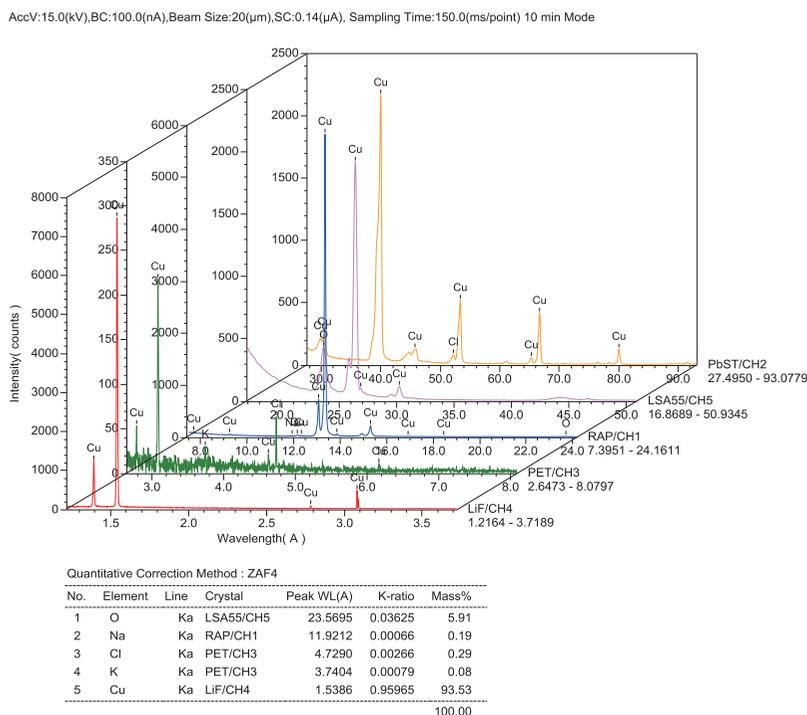


图8 变色位置腐蚀区域定性分析谱图及结果

对不同部位元素分析的结果显示，正常部位为表面略有氧化的纯铜，而变色位置氧含量更高，且有腐蚀性元素 Cl 存在，在明显的腐蚀区域检出 Na,K,Cl 等多种杂质元素。

结论

综上，本文使用 EPMA 测试的电子元器件上铜合金部件出现的不同部位变色异常失效，微观特征形貌显示：相对于正常部位，变色区域晶粒细小，粗糙度大，且存在大量刮擦痕迹及腐蚀区域，这将会导致肉眼可见的颜色较暗。元素分析结果表明：变色区域存在腐蚀性元素 Cl 以及杂质元素 Na,K。

使用岛津电子探针 EPMA 可以快速准确地对试样表面所感兴趣的微区进行观察及元素解析。EPMA 的高灵敏度对于氢元素 (如 O) 和含量较低的杂质 (如 K) 都能很好的检出，对于确认腐蚀介质 / 污染源提供更可靠的帮助。