

# 深入探索先进半导体封装

## 蔡司 Crossbeam Laser 激光聚焦离子束扫描电子显微镜



蔡司 Crossbeam Laser 激光聚焦离子束扫描电子显微镜是一款对指定位置进行截面处理的解决方案，可加快封装失效分析 (FA) 和工艺开发。

蔡司 Crossbeam Laser 将场发射扫描电子显微镜的强大成像和分析性能与飞秒激光和聚焦离子束的高通量及高质量样品制备相结合，实现了快速的失效分析。独立的激光仓室可防止镜筒和探测器受到污染，电镜仓室和激光仓室之间的样品传输完全在真空状态下进行，并可选配自动传输装置。Crossjet 功能通

过吹气保持激光入口窗的清洁，确保能借助长时间可靠的切割连续大批量地去除材料。

### 快速到达深埋结构

与其他需要耗费数天的常规方法相比，飞秒激光可在 30 分钟内去除一立方毫米的硅，同时保持了高光洁度且伪影较少。经过优化的激光加工确保了高效去除集成电路封装中的各种材料，包括金属、硅、热界面材料 (TIM)、模塑料等。激光和聚焦离子束集成到了一个系统中，再结合关联 workflow，可快速获取结果，成功率高，激光切割的精度达到了  $2\ \mu\text{m}$ 。

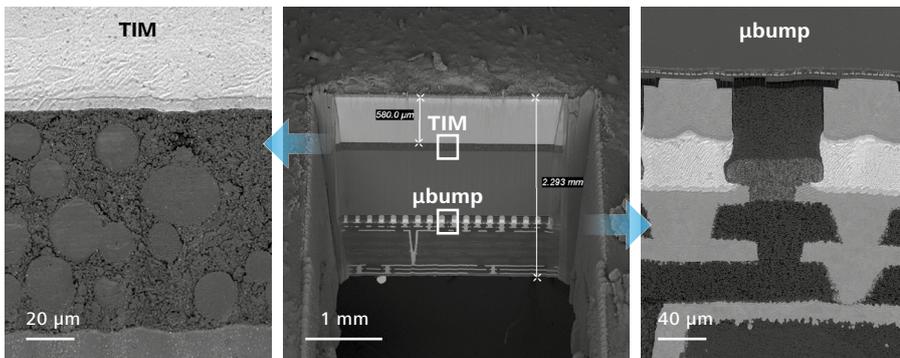
### 样品制备效果出色，伪影少

Crossbeam Laser 工作流程避免了机械抛光造成的伪影，如在脆性和受压材料中产生分层或裂纹，同时提供比机械抛光更高的截面精度。飞秒激光切割通常不会产生热效应，因此激光热影响区 (LAZ) 很小，一般可在激光切割后立即对封装互联进行成像，而无需进一步的聚焦离子束抛光。

### 优异的成像性能，无切割污染物

蔡司 Gemini I 和 II 镜筒内配置了二次电子和能量选择背散射电子 (EsB) 探测器，具有高分辨率和材料成分衬度，可提供出色的图像质量。Crossbeam Laser 系列配备可选的电荷控制解决方案，可对绝缘材料和低衬度材料进行高质量分析。

要充分利用这些功能来实现高成像质量，洁净的仓室必不可少。通过将激光切割隔离在独立的仓室中，能够实现所需的条件。样品可以在真空状态下于电镜仓和激光切割仓之间轻松来回穿梭，确保系统和样品在整个制备和分析过程中保持洁净。



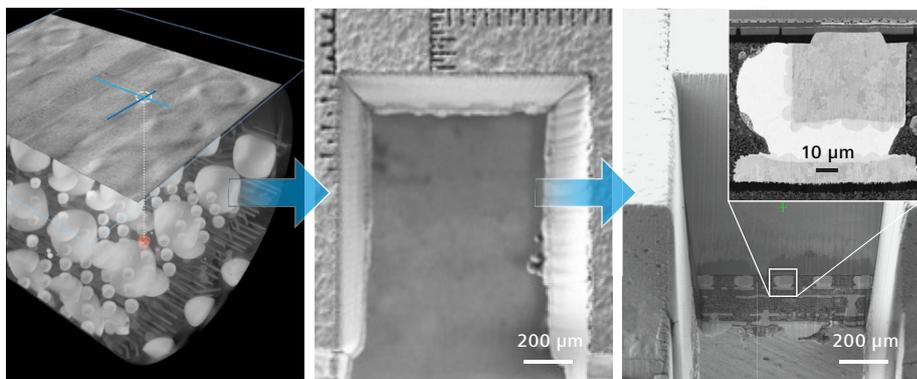
使用飞秒激光，在具有热界面材料 (TIM) 的功率电子封装上快速制备大尺寸截面。在 1.7 小时内去除了超过  $30\ \text{mm}^3$  的材料。使用激光加工后直接对界面和互连成像 (没有进行任何离子抛光)。



Seeing beyond

## 使用 X 射线显微镜 /LaserFIB 关联工作流程进行准确识别、触达和分析

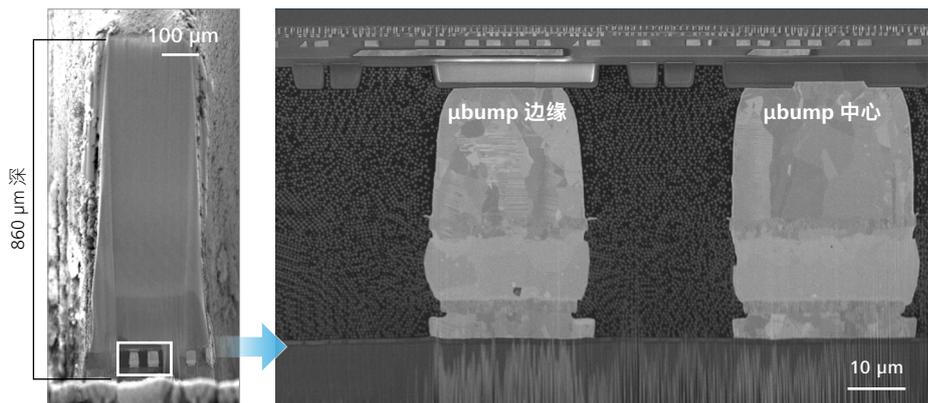
蔡司三维 X 射线显微镜 (XRM) 始终是集成电路封装无损成像的黄金标准。借助三维 X 射线显微镜数据集, 分析人员可以虚拟浏览整个封装, 以识别感兴趣区域和失效。随后进行的激光切割和聚焦离子束抛光可快速到达特定部位, 并制备出高精度截面。真实的样品异常信息将从扫描电子显微镜图像和材料分析数据中进行提取。



X 射线显微镜 /LaserFIB 工作流程, 借助激光基准标记, 对智能手机叠层封装 (POP) 中的微铜柱 (Cu pillar) bump 进行了精确定位、截面处理和成像。

## 更快获得更高质量截面的新方法

- 可在有 / 无三维 X 射线显微镜数据指导的情况下快速制备特定部位的样品
- 大批量去除材料, 制备毫米级截面
- 快速切割封装和堆叠芯片, 以对互连、硅通孔 (TSV)、混合键合及后段工艺结构进行失效分析
- 适用于多种材料, 包括热界面材料、聚合物、碳化硅、陶瓷和玻璃
- 通过高效的大批量加工提高聚焦离子束的效率



对 3D 封装中深埋 860 µm 的 microbump 和后端工艺结构进行高质量成像; 激光 + 聚焦离子束切割总耗时小于 1 小时。

### Crossbeam 飞秒激光系统数据

切割率	1,5000,000 µm <sup>3</sup> /s (对于硅)
扫描速度	0.1–9000 mm/s
扫描区域尺寸	40 × 40 mm
最大样品尺寸	对于 8 mm 高的样品 (直接安装在激光支架上): 30 × 30 mm 正方形 / 75 × 20 mm 长方形 / 直径 32 mm 圆形 对于 4.8 mm 高的样品 (安装在 3.2 mm 高的标配样品盘上): 36 × 36 mm 正方形 / 75 × 26 mm 长方形 / 直径 39 mm 圆形
激光安全等级	1

### 光学元件

焦距	f = 100 mm (远心)
----	-----------------

### 激光

类型	半导体泵浦固体激光器、晶体光纤
平均激光功率	10 W @ 1 MHz
每脉冲峰值功率	>29 MW (标称能量下)
最大脉冲能量	10 µJ @ 1 MHz
脉冲持续时间	<350 fs (标称能量下, sech2-fit)
波长	515 nm (绿色)
脉冲重复率	0.1 kHz–1 MHz
焦点直径	<15 µm
瑞利长度	50 µm
光束质量	M <sup>2</sup> <1.2
最大焦点调整	6 mm (±3 mm)

### 样品上的激光定位

校准过程	专用样品夹带高精度标记, 可在扫描电子显微镜和激光切割系统之间确定共用坐标系。标记位置的半自动对齐过程确保扫描电子显微镜和激光之间的校准。
------	---

精度	< 在 25 × 25 mm 的中心扫描区域内 <15 µm, 在附加偏移校正的局部区域内 <2 µm
----	---

### 标配功能

- Burst 模式可提高切割速度, 改进因材料不同而对加工性能产生的影响
- 激光配方库
- 为 LaserMill 软件编写脚本, 以方便操作
- 利用 cross-jet 对大批量样品进行去除处理, 具有高效的参数优化和清晰的光路

### 可选功能

- 在激光仓室和主仓室之间进行样品自动传输
- 无需高精度或样品尺寸超过推荐值时, 外置导航摄像头可在大型样品上快速定位
- 金相样品夹, 可安装直径达 30 mm、高达 12 mm 的样品



microscopy@zeiss.com  
www.zeiss.com/crossbeam

蔡司显微镜