

SPM与SEM的图像比较

SPM(扫描探针显微镜)与SEM(扫描电子显微镜)相比, SEM历史更长且在各方面的发展已日渐成熟。而SPM正处在方兴未艾的发展之中, 软件/硬件不断开发升级, 应用技术也在不断开拓。更重要的是, SPM并非是在溯寻SEM的发展历史, 而是朝着一个崭新的方向在发展。虽然从名称上看二者类似, 但从本质来讲, 「扫描探针」与「扫描电子」既有类似之处, 又有完全不同之处。

本文通过观察常见的昆虫复眼为例来比较两种仪器, 介绍SEM无法获得而SPM可以获得的高度分析结果。该昆虫复眼观察实例, 也适用于其他各种材料的观察、测定。

1. SPM与SEM的图像比较

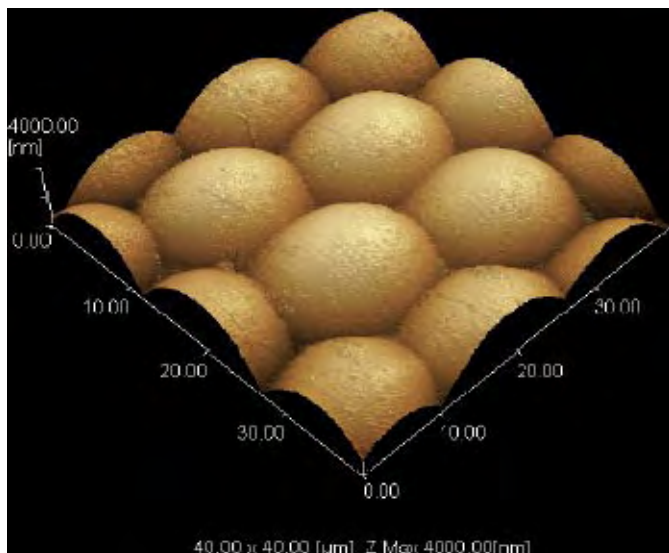


图1蚂蚁复眼的SPM像（合成三维图像）

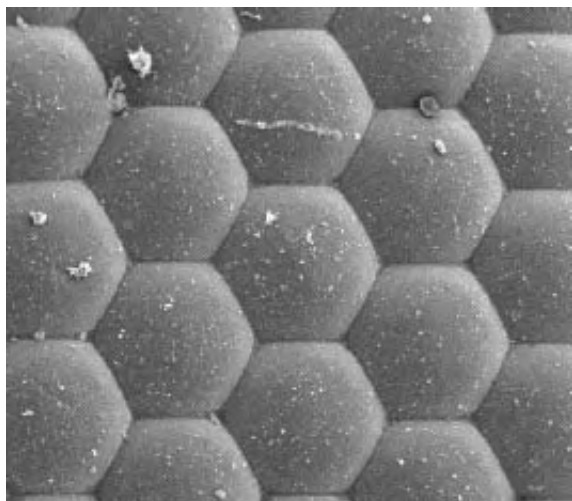


图2 苍蝇复眼的SEM像

•SPM像（图1）

图为蚂蚁复眼的三维图像。在准确测定各点高度基础上形成的三维图像, 能够真实的反映出复眼表面的凹凸。

SPM观察不到样品的颜色, 通过模拟色彩来表示。可根据样品的情况添加颜色并区分使用。

三维图像也可以根据高度处理结果, 添加具有照明效果的阴影进行合成显示。

与SEM图像相比, SPM图像保存后可以自由再处理, 更适用于事后评价。

•SEM像（图2）

SEM像的优势在于图像具有边缘效应。SEM像的对比度, 不是由高度引起的, 而是由二次电子的产生量引起的, 具有二维信息。因此, 虽然不能读取该高度, 但可以很清晰的观察到复眼。

SEM像, 保存后的图像处理受限。例如, 倾斜样品的图像等, 必须保存每个条件下的图像。

与SPM相比, SEM在大视野及凹凸不平的大样品观察上具有一定的优势。

2. 通过SPM进行断面形状观察与高度分析

利用SPM像所具有的三维图像信息分析复眼的形状。图3为凹凸像（*），其图像中的分析线A—B的断面形状如图4所示。断面图的纵向刻度是扩大3倍显示的。由图可知，复眼的高度为2.91μm（红线表示），宽度为16.0μm（绿线表示）。

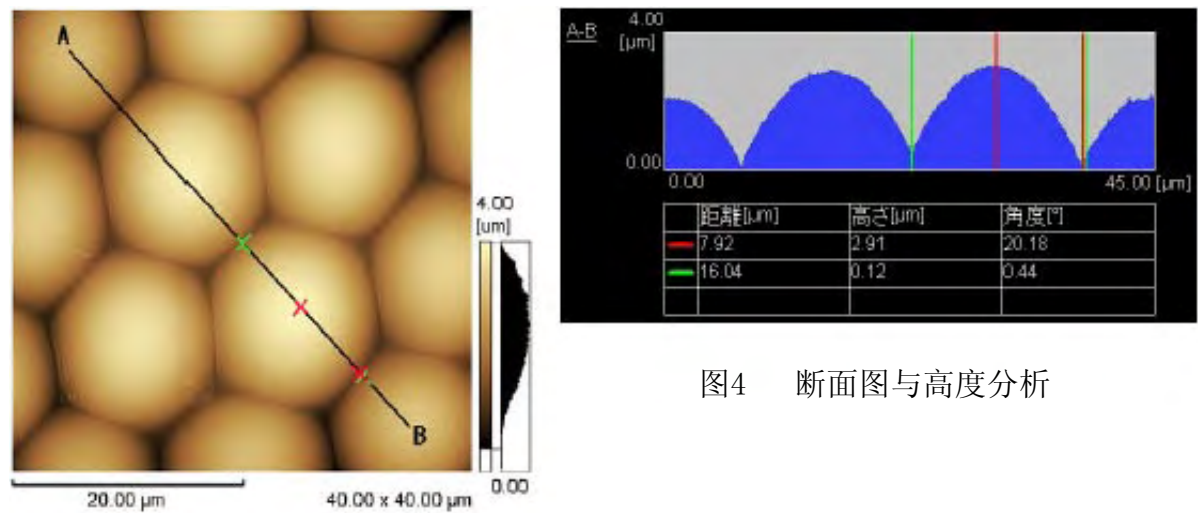


图3 凹凸像与分析线A—B

图4 断面图与高度分析

凹凸像（*）：即Topography，通过图像右侧的色列与直方柱状图分析高度及其分布情况。

3. 复眼的粗糙度解析

SPM通过统计学方法分析复眼的粗糙度。很多人都会为了测定粗糙度而使用SPM，与触针式粗糙度计相比，不仅能测量线、面的微米粗糙度，更突出的优势在于能够准确测量纳米粗糙度。通过对SPM三维信号的自动解析，一般情况下常用「平均粗糙度」与「最大粗糙度」等表示，如图5所示。

长度X•Y：测定范围
Ra：算术平均粗糙度
Rz：最大粗糙度（高度）
Rzjis：JIS十点平均粗糙度
Rq：几何平均值粗糙度
Rp：最大峰高度
Rv：最大谷深度

由此得出 $R_p + R_v = R_z$

长度X	40.000 (μm)
长度Y	40.000 (μm)
面积	1600.000 (μm ²)
Ra	662.704 (nm)
Rz	4.403 (μm)
Rzjis	2.178 (μm)
Rq	795.501 (nm)
Rp	1.708 (μm)
Rv	2.695 (μm)

注：通常不会对蚂蚁复眼进行粗糙度分析。

图5 蚂蚁复眼的粗糙度数据

4. 通过SPM进行粒度分析

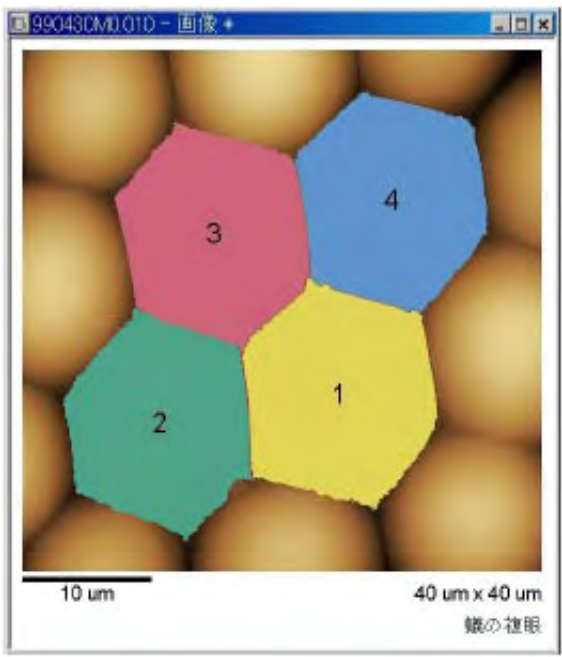


图6 粒度分析软件提取图像

图7为4个特征量的列表，其顺序与图6的1~4相对应。由该结果可知1号粒子的平均半径为7.86 μm ，直径约为15.7 μm ，高度为2.95 μm 。高度约为直径的1/5，因此，算不上眼睛向外突出。

编号	平均半径 (μm)	Z的最大值 (μm)	表面积 (μm^2)	体积 (μm^3)
1	7.856	2.948	262.2	315.8
2	7.456	2.871	256.1	257.2
3	7.656	2.876	242.8	295.0
4	7.578	2.765	235.7	276.3

图7 粒度解析结果一览表

SPM带来的三维世界，不仅可以解决许多二维SEM不能解决的问题，而且所得图像可以自由的处理、活用，给研究者带来更多的希望。