

扫描探针显微镜 SPM 用于蝉眼睛的表面形貌表征

SPM-027

摘要：蝉眼睛是一种复眼结构，具有重要的仿生学研究意义。本文使用岛津 SPM-9700HT 表征了蝉眼睛的表面形貌，并进行了剖面分析，有助于推动人们对于蝉等昆虫复眼的光学、信息学、仿生学的研究。

关键词：扫描探针显微镜 蝉 复眼 仿生学

技术特点：

- ❖ 使用 SPM-9700HT 测试蝉眼睛的表面形貌结构，并进行剖面数据分析；
- ❖ 蝉的眼睛是由多个小眼构成的复眼结构，且小眼单元呈现圆润的不规则形状的颗粒结构。

生物界是一个奇妙的世界，许多动物某些器官结构的精妙、功能的完善令人惊叹不已。作为感受外界光信号的视觉器官，人类的单透镜眼和昆虫等的多透镜复眼是大自然在亿万年进化中的杰出创造。人们已经采用光学显微镜以及电子显微镜等对昆虫的复眼结构进行了研究，发现复眼是由许多结构和功能相同的小眼组成，多则上万个小眼，少则几十个小眼。与单眼结构相比，昆虫等的复眼结构具有大视场、高时间分辨率以及高敏感性等优势，是一种重要的仿生学研究对象。仿生学家们模拟昆虫复眼的结构特性，研发了人造同位复眼照相机、相控阵雷达、偏振光导航仪、空对地速度计、寻的末制导装置、

仿复眼视觉导航装置以及昆虫化机器人等。

蝉作为一种夏季常见的昆虫之一，具有典型的复眼结构。已有研究人员采用透射电子显微镜 TEM 对蝉的复眼进行了形貌表征，但无法获取小眼单元上更多细小结构的高度起伏等信息。

扫描探针显微镜 SPM 是一种用来研究包括绝缘体在内的材料表面结构的分析仪器，且能够以纳米级分辨率反映出样品的表面结构信息。本文使用岛津 SPM-9700HT 表征了蝉眼睛的表面形貌，并进行了剖面分析，有助于推动人们对于蝉等昆虫复眼的光学、信息学、仿生学的研究。

■ 实验部分

1.1 仪器



图 1 扫描探针显微镜 SPM-9700HT

1.2 分析条件

功能模式：动态模式
探 针：弹性常数 2 N/m
扫描环境：大气环境

扫描范围：50 μm \times 50 μm 、2 μm \times 2 μm
像 素：512 \times 512

1.3 样品



图 2 蝉实物图

1.4 测试过程

将蝉的眼睛用镊子取下后，用双面胶固定在不锈钢样品台上，使用扫描探针显微镜 SPM-9700HT 进行该区域的表面形貌测试。

■ 结果与讨论

随机选取蝉眼睛的某一位置，使用 SPM-9700HT 的动态模式对蝉的眼睛进行了表面形貌扫描测试，分别获取了 $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ 的表面形貌和剖面分析（见图 3 左）可以看到，蝉的眼睛是由多个小眼单元紧密排列构成的复眼，小眼单元呈六边形结构，且表面光滑而向外均匀凸起，即六角形凸透镜。从剖面线 AB 上可以得到，小眼单元的宽度约 $24\ \mu\text{m}$ 。随机选取一个小眼单元区域进行进一步放大扫描测试，获取了 $2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ 的表面形貌和剖面分析（见图 3 右）。小眼单元进一步放大后呈现圆润的不规则形状的颗粒结构，且颗粒与颗粒之间还均匀分散着较小的颗粒，推测这些较小的颗粒可能是具有连接大颗粒的作用，像传感器一样，有利于光信号的传递。从剖面线 CD 上可以得到，小颗粒的宽度约 $30\sim 50\ \text{nm}$ ，详细数据见红色框标记。

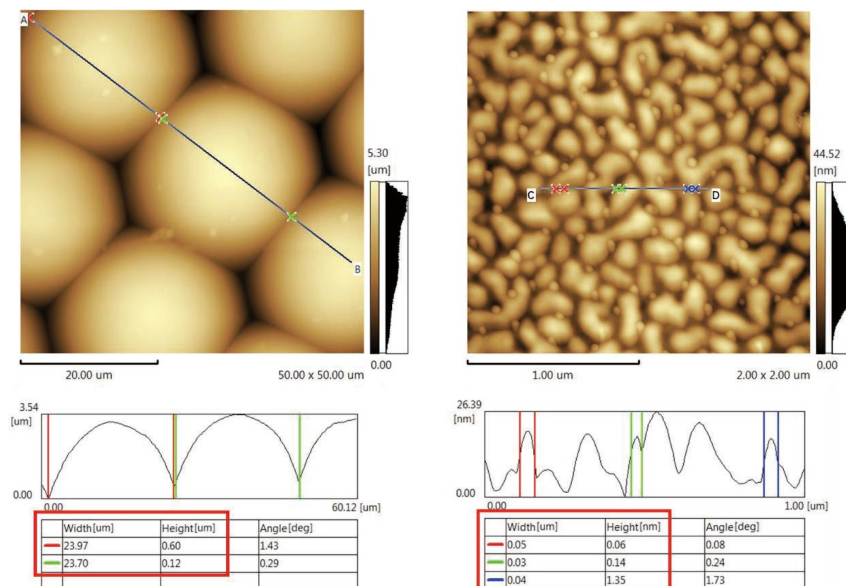


图 3 蝉眼睛的表面形貌和剖面分析（左： $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ ，右： $2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ ）

为了更加直观且美观地观察蝉眼睛的表面结构，将获取的蝉眼睛的二维图像进行了三维转换，得到蝉眼睛的三维形貌图（见图4）。

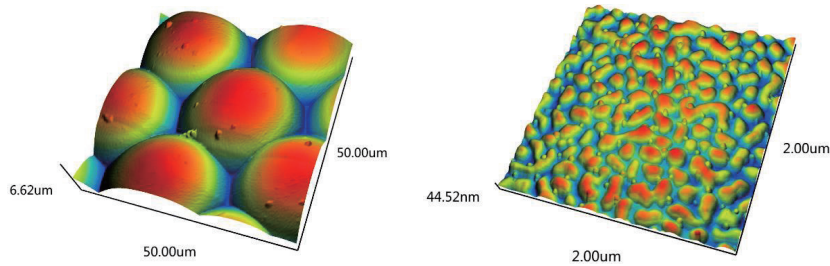


图4 蝉眼睛的三维形貌图（左：50 μm \times 50 μm ，右：2 μm \times 2 μm ）

■ 总结

本文使用岛津 SPM 表征了蝉眼睛的表面形貌，并进行了剖面分析。实验结果表明，蝉的眼睛是由多个小眼单元构成的复眼结构，且小眼单元呈现六角形凸透镜结构。此外，小眼单元进一步放大后呈现圆润的不规则形状的颗粒结构，且颗粒与颗粒之间还均匀分散着较小的小颗粒。该表面形貌的研究结果有助于推动人们对于蝉等昆虫复眼的光学、信息学、仿生学的研究。

岛津应用云

