

扫描探针显微镜同步表征生物分子与高分子材料

SPM-006

摘要：多组分材料可实现不同功能的集成，但如何有效地表征其内部组分的分布及相互作用，对进一步提升其性能并解析内在机制具有重要意义。本文以生物双螺旋分子和高分子构成的多组分样品为例，采用扫描探针显微镜（SPM）的相位模式，对二者的形貌和组分分布同时进行观测，为后续的研究提供数据支持。

关键词：扫描探针显微镜 多组分材料 生物分子 高分子材料 同步表征

随着科技进步与社会发展，单一组分材料的性能已不能满足特定的使用要求，因此，开发和研究多组分材料已成为目前的研究趋势。解析多组分材料的形貌、组分比例、分布及相互作用，对优化材料的性能及解析内在机制具有重要意义。例如，目前生物医药领域常采用生物分子与高分子来共同构建生物支架及医药用品，为确保最终产品的安全性及功效，必须对生物分子和高分子的相互作用机制进行准确、可靠的解析。

为实现上述研究，通常需采用X射线光电子能谱、红外光谱、拉曼光谱等系列光谱

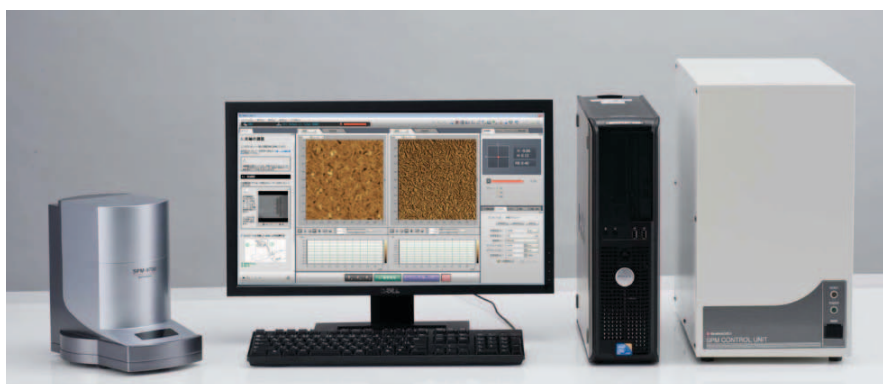
进行分析；但上述技术仅能从组分、分子结构层面进行分析，无法对组分、形貌进行同时观测。

扫描探针显微镜可在常温常压、液态环境、加热环境等多种不同条件下运行；同时具有动态模式、相位模式、磁力模式、电学模式等多种测试模式，通过多种模式的配合使用可同时实现形貌、组分区分及性能表征。本文将生物双螺旋分子与高分子构成的多组分材料为例，采用相位模式，观测其形貌及组分分布。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津扫描探针显微镜 SPM-9700HT



扫描探针显微镜 SPM-9700HT

1.2 分析条件

功能模式：相位模式
探针：弹性系数 9 N/m
像素：512 x 512

扫描环境：大气环境
扫描范围：5 μm x 5 μm
6.67 μm x 6.67 μm

1.3 样品及处理

将生物双螺旋分子与高分子材料混合液滴加到硅片基底上，待样品干燥后，用双面胶将样品固定在样品托上进行测试。

■ 结果与讨论

随机选取样品的某一区域进行扫描测试，可同时获得 5 μm x 5 μm 范围内的形貌图像（图 1 (a)）和相位图像（图 1 (c)）。由图 1 (a) 可以看到图中有较亮的大颗粒物、双螺旋链状物以及片状物。通过剖面线分析（图 1 (b)），可以获得较亮颗粒物的粒径（1.52 μm）及高度（248.53 nm），较薄的片状物厚度（4.94 nm），以及较细的链状物高度（28.52 nm）。但从形貌图中，我们很难根据样品的形状判定其是否是生物分子或高分子，因此需要借助相位图。图 1 (c) 为图 1 (a) 所示区域的相图，图中颜色的不同代表了样品对探针不同的作用力，由此我们可以得知，形貌图中的大颗粒物同样是由链状物构成的，且构成的链状物与基底上的链状物颜色（黄色）一致；而形貌图中片状物则具有明显的颜色差异（橙色），可与链状物进行区分。结合样品的形貌图和相位图，可以判断出大颗粒物和双螺旋链状物均为生物双螺旋分子，而片状物则为高分子材料。

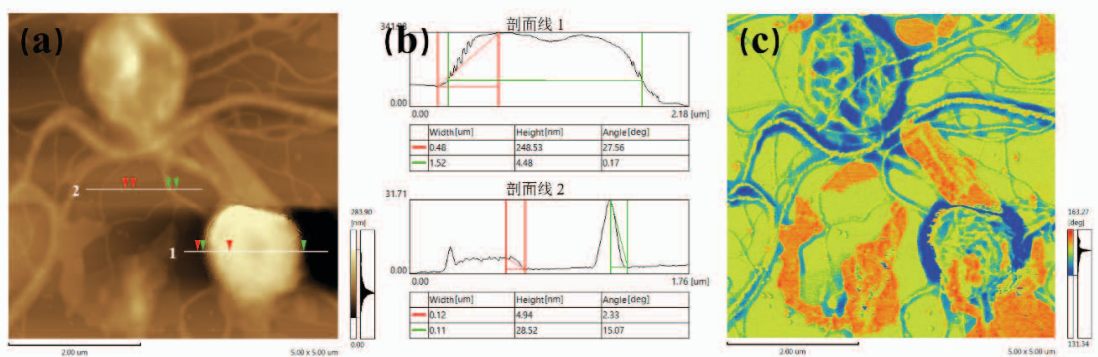


图 1 多组分样品的形貌图 (a)、剖面线数据 (b) 及相位图 (c)

另外，通过仪器自带软件的简单处理，可将表面形貌图与相图进行重合（图 2），不仅可以清晰的展示样品表面的 3D 图，而且能够直观地观察到不同组分在样品表面的分布信息。

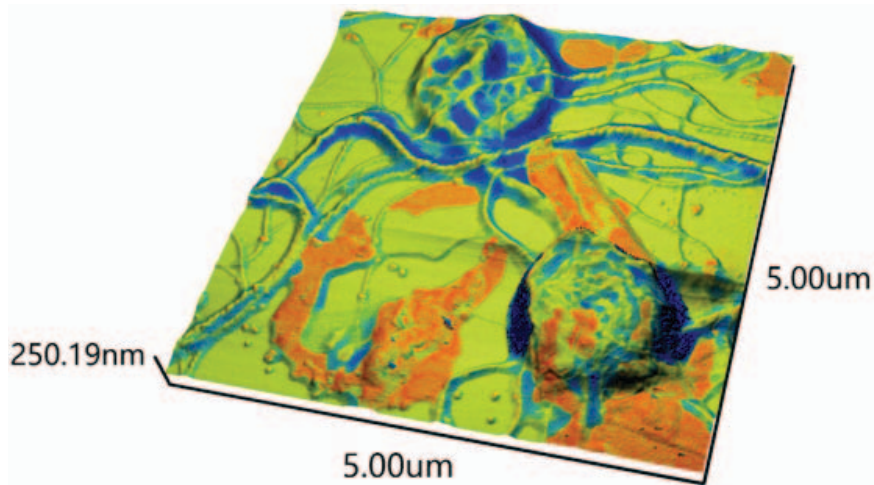


图 2 形貌图与相图重合的 3D 图

更换扫描区域进行测试，获得了 6.67 μm x 6.67 μm 范围内的形貌图像和相位图像（图 3）。由图 3 (a) 所示的表面形貌图可以很容易看到两个较大颗粒物以及大量的双螺旋链状物，而片状物需要仔细观察才能分辨出。通过剖面线分析（图 3 (b)），可以获得较亮颗粒物的高度为 200.65 nm，较薄的片状物厚度为 6.45 nm，以及较粗的链状物高度为 74.58 nm。由于区域内两个颗粒物的高度较大，从形貌图中无法获得更多的信息，根据分析图 1 的经验看，这两个颗粒物可能属于同一组分。但通过观察上述同一区域的相图（图 3 (c)）后，发现两个颗粒物的颜色差异很大，而且可以很清楚的观察到上部的颗粒是由链状物构成的，而下部的颗粒物的颜色与片状物颜色一致，均为橙色（也可能是片状高分子材料覆盖在由链状分子组成的球体上）。同时，我们可以清楚地观察到大量橙色片状物的分布。因而，结合样品的形貌图和相图，可以准确的判断出大颗粒物和双螺旋链状物均为生物双螺旋分子，而片状物则为高分子材料。

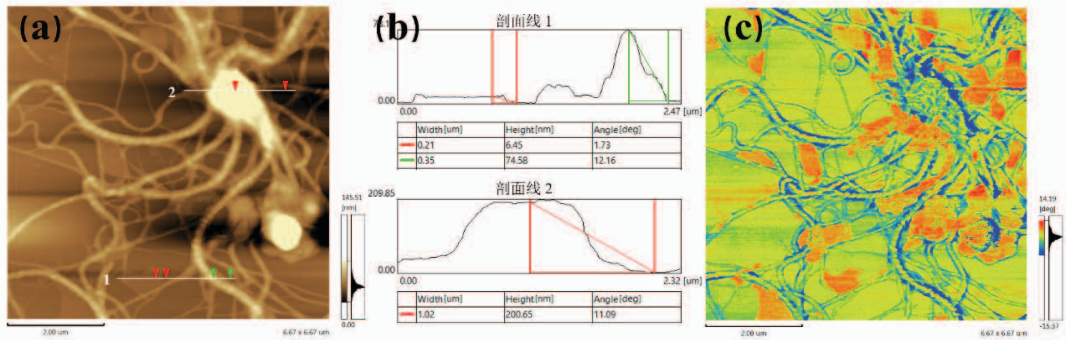


图 3 多组分样品的形貌图 (a)、剖面线数据 (b) 及相位图 (c)

同样，通过仪器自带的软件的简单处理，将表面形貌图与相位图重合（图 4），进而清晰而直观地观察到不同组分在样品表面的形貌及分布信息。

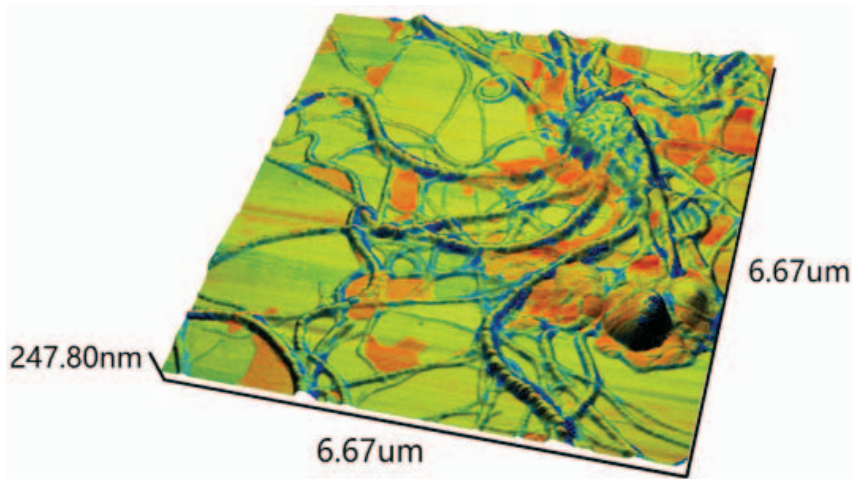


图 4 形貌图与相位图重合的 3D 图

结论

本文以生物双螺旋分子和高分子构成的多组分材料为样本，采用扫描探针显微镜的相位模式对其进行表征。结果表明：相位模式在清晰地表征多组分材料的形貌结构的同时，可以获得不同组分的区域分布；而将二者结合可以直观而明了的鉴别具体的组分的区域分布，为后续进一步研究提供了实验依据。

岛津应用云

