

扫描探针显微镜 (SPM) 表征二氧化硅薄膜材料的表面形貌以及粗糙度

SPM-010

摘要：二氧化硅薄膜具有良好的硬度、光学、介电性质及耐磨、抗侵蚀等特性，在光学、微电子等领域有着广泛的应用前景，是目前国际上广泛关注的功能材料。本文采用岛津扫描探针显微镜（SPM）技术对二氧化硅薄膜样品的表面形貌以及粗糙度进行了表征，对二氧化硅薄膜的制备方法和制备工艺优化提供了一定的指导。

关键词：扫描探针显微镜 SPM 二氧化硅薄膜 表面形貌 粗糙度

二氧化硅具有硬度高、耐磨性好、绝热性好、光透过率高、抗侵蚀能力强以及良好的介电性质，在诸多领域得到了很好的应用，如用于电子器件和集成器件、光学薄膜器件、传感器等相关器件中。针对不同的用途和要求，二氧化硅薄膜的制备方法主要有物理气相沉积、化学气相沉积、氧化法、溶胶凝胶法和液相沉积法等。不同方法制备的二氧化硅薄膜，其厚度、粗糙度、致密性、均匀性、等差异较大，性能也随之

受到影响。通过改善二氧化硅薄膜的制备方法和制备工艺，实现批次化生产中既能保证工艺的稳定，又最大化地降低生产成本，一直是人们的热门研究工作之一。

本文采用岛津扫描探针显微镜（SPM）技术，测定了二氧化硅薄膜样品在不同范围内的表面形貌，并通过计算得到了相应的粗糙度值，对二氧化硅薄膜的制备方法和制备工艺优化起到了一定的指导作用。

■ 实验部分

1.1 仪器

岛津扫描探针显微镜 SPM-9700HT



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：弹性系数 2 N/m

像素：512 x 512

扫描环境：大气环境

扫描范围：5 μm x 5 μm , 2 μm x 2 μm

1.3 样品

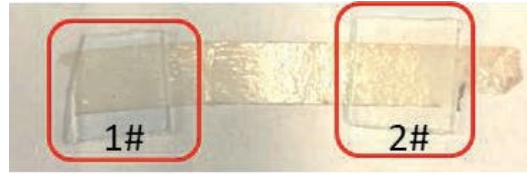


图2 二氧化硅薄膜样品

1.4 测试过程

将2个薄膜样品分别用双面胶固定在不锈钢样品台上，采用扫描探针显微镜 SPM-9700HT 进行测试，测试前用洁净气体轻吹样品表面。

■ 结果与讨论

随机选取薄膜样品的某一区域进行表面形貌扫描测试，获得 $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ 和 $2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ 范围内的形貌图（见图3和图4）。由形貌图可以观察到样品表面的颗粒结构，其中，颜色较暗的区域表示高度较低，颜色较亮的区域表示高度较高。此外，通过软件计算，分别得到了两个样品在 $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ 扫描范围内的表面粗糙度数值，其中1#样品的均方根粗糙度 $R_q=4.992\ \text{nm}$ ，2#样品的均方根粗糙度 $R_q=3.044\ \text{nm}$ 。

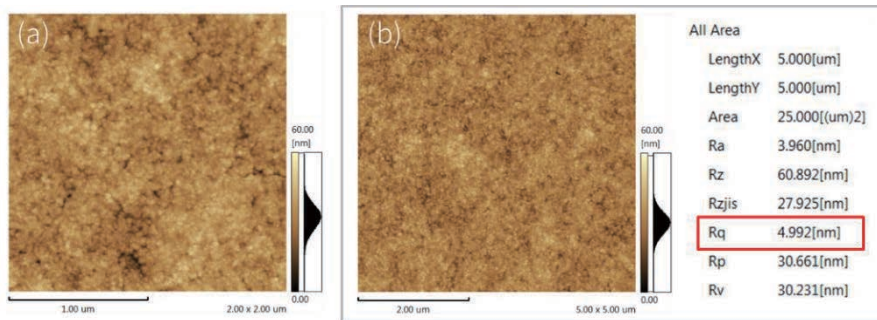


图3 1#样品的形貌图及粗糙度值：(a) 图为 $2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ ；(b) 图为 $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$

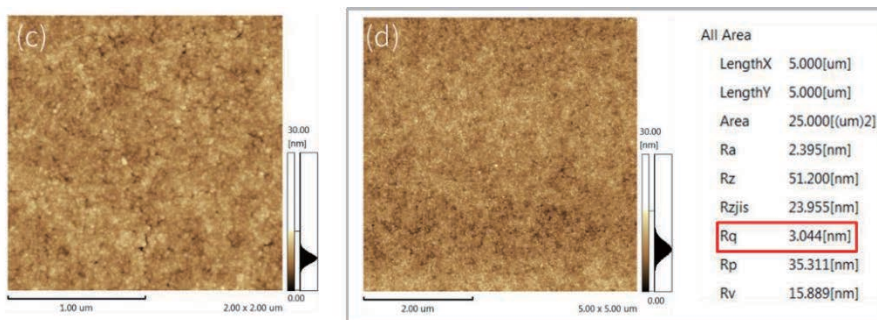


图4 2#样品的形貌图及粗糙度值：(c) 图为 $2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ ；(d) 图为 $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$

为了更加直观、清晰地反映薄膜样品的表面形貌信息，对 $2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ 范围内的二维图像进行了三维转换，得到了薄膜样品的三维高度图（见图5和图6），从三维图中可以直观清晰地观察到样品表面的颗粒结构，其中高度值从低到高依次由蓝色、黄色和红色表示。三维图像中剖面线PQ上的高度信息，也可直观地读取样品表面的粗糙程度。分别从1#样品和2#样品的剖面线PQ上任意选取A、B和C、D四个点，读取A-B和C-D之间的高度差，见表1。

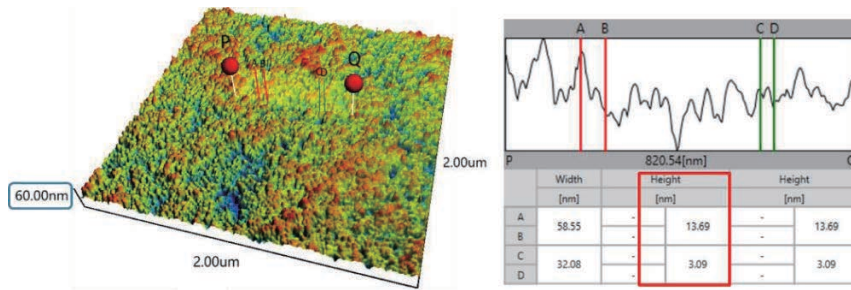


图 5 1# 样品的 3D 形貌以及剖面分析

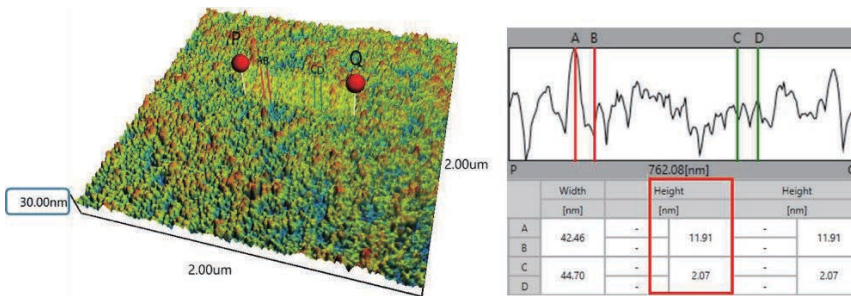


图 6 2# 样品的 3D 形貌以及剖面分析

表 1 二氧化硅薄膜样品的剖面分析

样品编号		1# 薄膜	2# 薄膜
高度差 (nm)	A-B	13.69	11.91
	C-D	3.09	2.07

将二氧化硅薄膜样品 1#、2# 数据进行对比分析，发现无论是从较小面积 (2 μm x2 μm) 内三维形貌的直观观察分析，还是从较大面积 (5 μm x5 μm) 内计算得到的均方根粗糙度 Rq 值的大小，1# 样品的表面粗糙度均大于 2# 样品的表面粗糙度。

■ 结论

使用岛津扫描探针显微镜 (SPM) 技术，测定了二氧化硅薄膜样品在不同范围内的表面形貌，并通过计算得到了相应的均方根粗糙度 Rq 值。测试结果表明形貌图和均方根粗糙度值均可以反映薄膜样品的粗糙度情况，对二氧化硅薄膜的制备方法和制备工艺优化具有一定指导意义。

岛津应用云

