

岛津扫描探针显微镜观测磁性材料的磁畴结构

SPM-005

摘要：磁性材料广泛应用于人们的日常生活，对其内部的磁畴结构进行表征，对解析材料的磁性能及开发新型磁性材料均具有重要意义。本文采用扫描探针显微镜（SPM）对磁性材料的磁畴结构进行高分辨率成像，解析其基本特征，为后续研究提供实验支持。

关键词：扫描探针显微镜 磁性材料 磁畴结构

磁性材料在人们的日常生活中具有重要作用，其重要的结构因素之一为磁畴结构。磁畴是磁性材料在自发磁化的过程中为降低静磁能而产生的方向各异的小型磁化区域。磁畴的结构包含磁畴边界、内部结构及磁畴壁等多种结构因素，且易受到材料晶体结构和外部磁场的影响。同时，磁性材料的磁畴结构会影响材料的磁化和退磁化过程，进而影响材料的磁性能。因此对磁性材料的磁畴结构进行表征具有重要意义。

传统观测磁畴结构的技术有粉纹法、磁光效应法等，但测试过程较为复杂且所得图像的分辨率较低。目前新发展的测试技术包括磁力显微镜技术、透射电

子显微镜技术等。其中，用于透射电子显微镜观测的磁性样品的尺寸通常为毫米级、厚度为微米甚至纳米级，因此，必须经特殊的制样过程才可满足测试要求，限制了其对某些特殊样品的观测。而磁力显微镜技术，对样品的尺寸和厚度无严格要求，直接贴附于样品台即可观测，大大提高了观测的效率及应用场景。

目前研究人员已将磁力显微镜以模块化的形式集成到扫描探针显微镜（SPM）中，实现对磁性材料多种性能的同时表征。本文将采用岛津 SPM-9700HT，对磁性材料的磁畴结构进行表征。

■ 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：磁力模式

探针：弹性系数 9 N/m

像素：256 x 256

扫描环境：室温

扫描范围：1 μm x 1 μm 、5 μm x 5 μm

8 μm x 8 μm 、15 μm x 15 μm

1.3 样品及处理

直接将负载有样品的硅片（图 1）用双面胶固定在不锈钢样品台上。

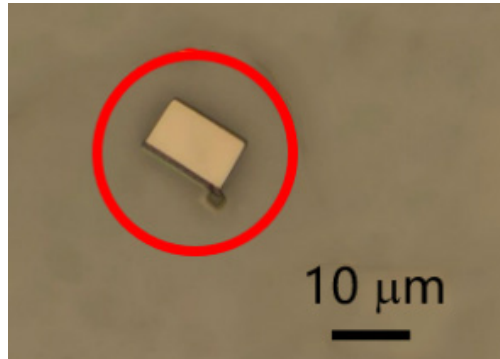


图 1 测试样品（图中红色圆圈内）的光学显微镜图

■ 结果与讨论

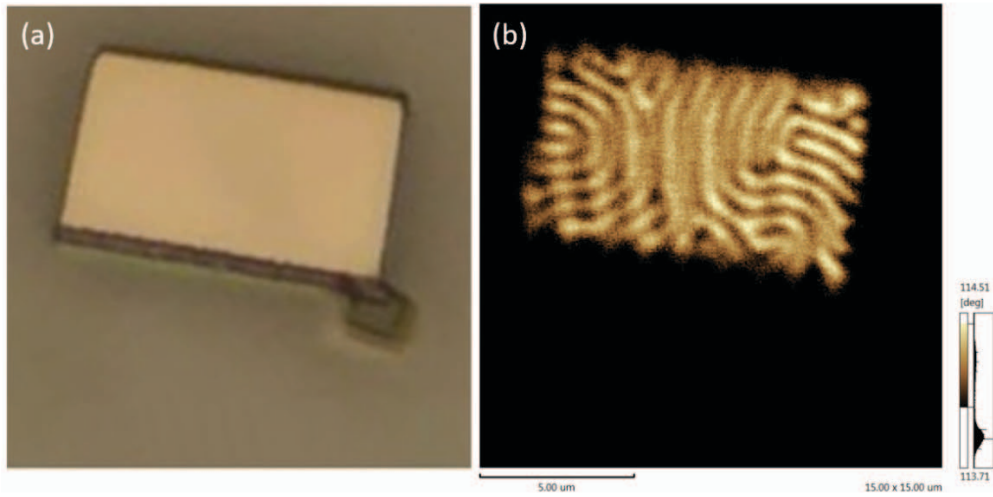


图 2 磁性样品的光学照片 (a) 及 SPM 磁畴分布图 (b)

图 2(a) 为磁性样品的光学照片，图 2(b) 为采用 SPM 磁力模式测试所得的该样品在 $15\ \mu\text{m} \times 15\ \mu\text{m}$ 范围内的磁畴分布图。通过两图的对比可很好的看出样品中的磁畴分布情况。但因扫描范围较大，该图像无法观测到磁畴的形貌及结构细节。

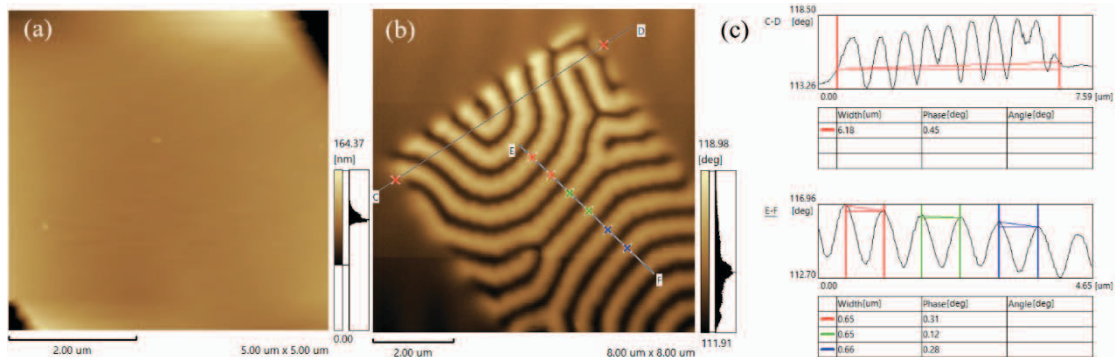


图 3 磁性样品的 SPM 表面形貌图 (a)、磁畴分布图 (b) 及剖面线数据 (c)

为获得高质量的 SPM 图像，在磁力模式下使用标准扫描器对样品中间部分进行了形貌测试，获得了 $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ 范围的表面形貌图（图 3（a））。由图中可知，该样品具有平整的表面。随后，将探针抬高一定的距离以进行磁畴分布测试，获得了 $8\ \mu\text{m} \times 8\ \mu\text{m}$ 范围内清晰的磁畴分布图像（图 3（b））。对其进行数据分析可知，磁畴的整体宽度与样品的几何宽度相一致，为 $6.18\ \mu\text{m}$ （图 c，C-D 线）；而且条状磁畴间的间距几乎一致，约为 $0.65\ \mu\text{m}$ （图 c，E-F 线）。

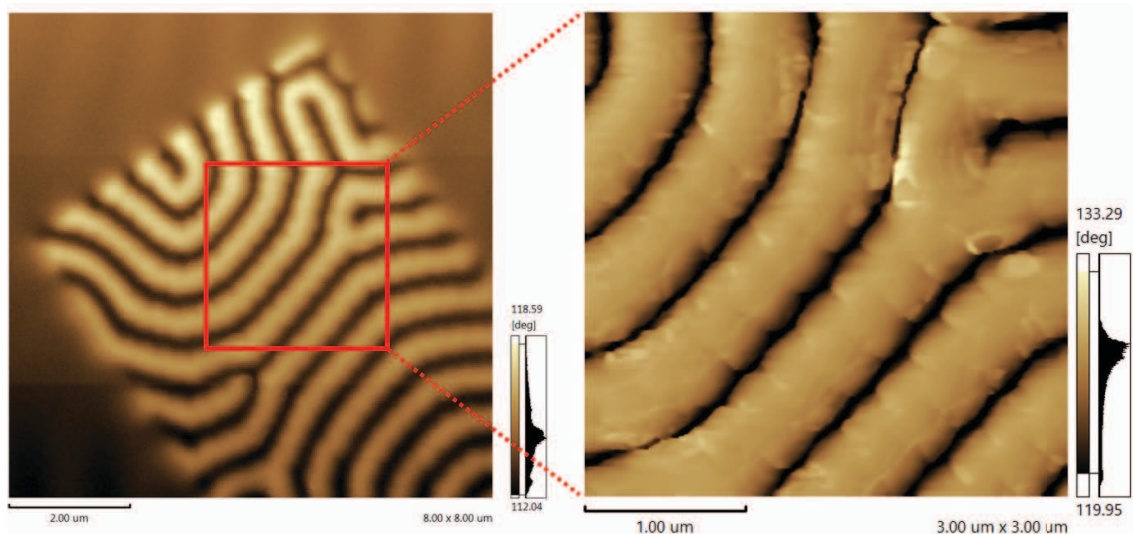


图 4 磁性样品的高分辨率磁畴分布图

更为重要的是，通过改变扫描范围及探针与样品间的距离，可获得高分辨率的磁畴分布图（图 4）。从图中可进一步观察到类似关节状的结构细节，为进一步研究磁畴奠定了基础。

■ 结论

本文以磁性样品为样本，采用扫描探针显微镜磁力模式对其内部的磁畴分布进行了表征。结果表明：该磁性样品具有平整的表面形貌，其内部磁畴的整体宽度与样品的几何宽度一致；且条状磁畴间的间距基本一致。同时，通过高分辨图像可知，该样品的磁畴具有类似关节的结构细节。以上数据表明，岛津 SPM 可有效对磁性样品进行表征，为进一步研究提供实验依据。

岛津应用云

