

通过 SPM 实现压电材料极化域的微观可视化

01-00010-CN

黑田 古都美、森口 志穗

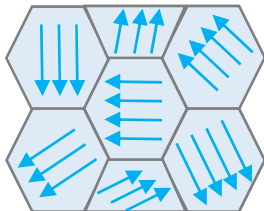
对用户的好处

- ◆ 可以观察决定压电材料特性的重要因素——极化域的微观分布情况。
- ◆ 可以在与实际使用环境相近的气氛（大气、惰性气体、低真空等）下进行评价。
- ◆ 利用与 SPM 一体化的高性能光学显微镜，实现对目标的精确探索。

■ 前言

压电材料具有在外界压力下产生变形，进而产生电压的特性。充分利用该特性，压电材料可作为传感器、蜂鸣器、滤波器，在各种工业产品中发挥着重要作用。近年来，随着电子设备、通信设备的小型化，需加大研究力度，进一步提高压电材料的性能。

如图 1 所示，压电材料由均匀自发极化的区域（极化域）组成，这些域的极化方向不同。极化域是决定压电材料性能的重要因素。但是对极化域进行微观尺度的观察并不容易。本文为您介绍使用具有纳米级分辨率的扫描探针显微镜 [SPM (AFM)] 捕捉压电材料微观区域中极化域的案例。



压电材料由很小的域构成，每个域在不同方向进行极化

图 1 分极化域的示意图

■ 关于 SPM

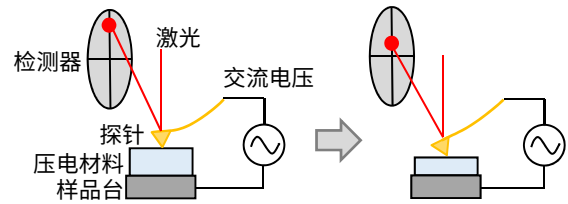
SPM 是一种可对作用在微小探针和样品表面之间的相互作用力进行成像的显微镜。该显微镜具有对极微小区域内的各种物理量及其分布进行评价的能力，例如，通过检测原子与原子之间的作用力观察表面形状，通过检测电力观察表面电势分布、通过检测水平力观察摩擦特性等等。在本次的案例中使用了可以观察压电材料极化域分布情况的压电响应（PFM）模式。



图 2 扫描探针显微镜 SPM-Nanoa™

■ 极化域观察机制

SPM 使用带有微小探针的微悬臂检测压电材料的局部变形，其原理是通过检测入射到检测器上激光的位置来检测微悬臂的弯曲量。当探针接触压电材料时，在探针—样品之间施加交流电压，通过微悬臂弯曲量的变化检测压电材料对施加电压的响应。



压电材料收缩时，激光在检测器的入射位置向下移动

图 3 压电材料的伸缩检测示意图

通过检测压电材料在各个位置的响应，可以获得材料对施加电压的响应方向（伸缩）、大小（振幅）在微观区域中的分布情况。图 4 是探针侧施加负电压、样品台侧施加正电压的瞬间状态的示意图。

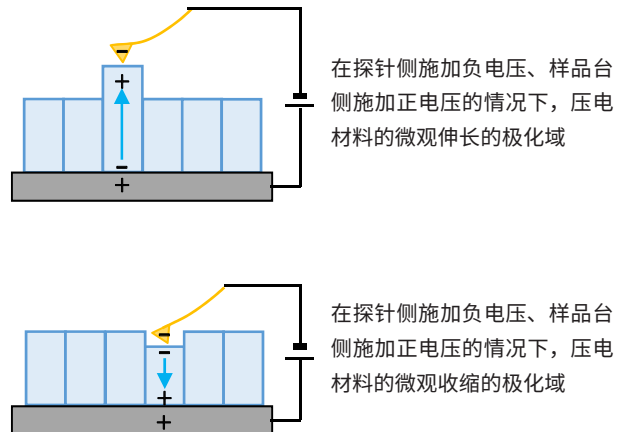


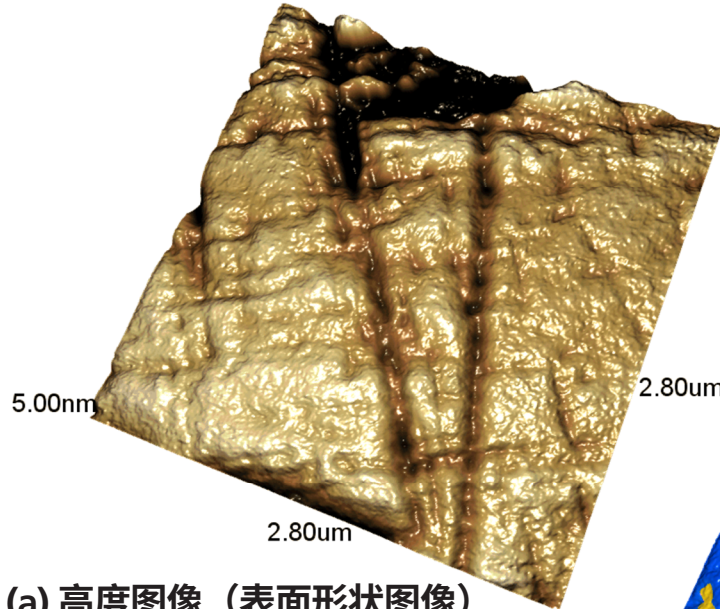
图 4 探针侧施加负电压、样品台侧施加正电压的瞬间状态的示意图

BaTiO₃ 的极化域观察

图 5 所示为 BaTiO₃ 的高度图像、相位图像、振幅图像。观察条件如表 1 所示。

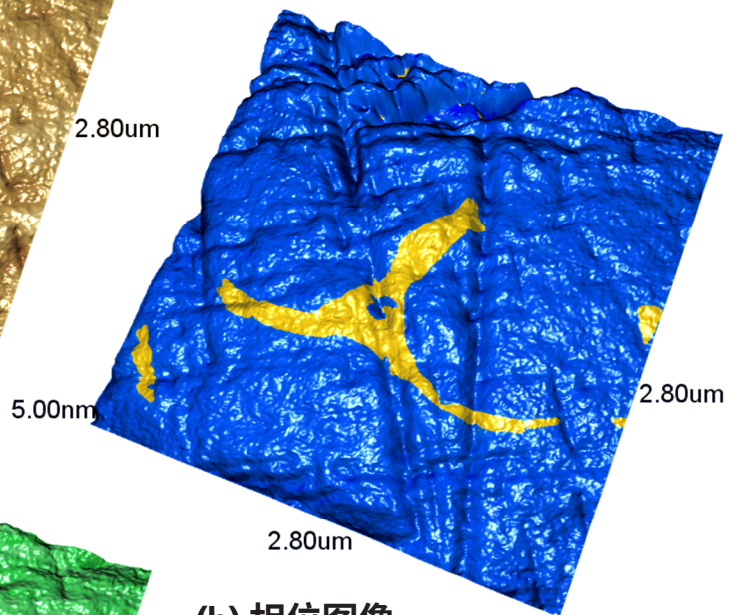
表 1 观察条件

仪器名称	: 扫描探针显微镜 SPM-Nanoa
扫描仪	: 广域扫描仪 (125 μm)
观察模式	: PFM 模式
观察视野	: 2.8 μm × 2.8 μm



(a) 高度图像 (表面形状图像)

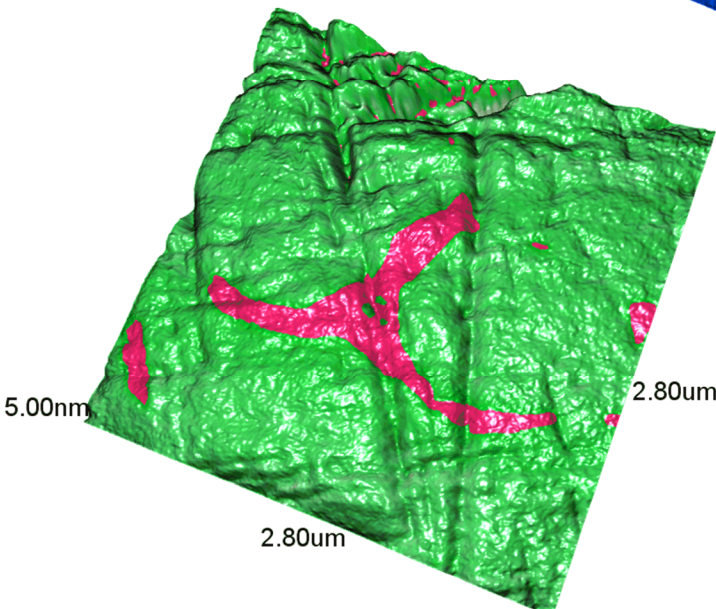
观察 BaTiO₃ 的表面形貌。通过高度图像，无法了解 BaTiO₃ 极化域的分布情况。



(b) 相位图像

(叠加显示在 3D 高度图像上)

观察到 BaTiO₃ 对施加的交流电压的响应。图像中央黄色的类“人”字区域表示，该区域在电压作用下的伸缩方向与周围部分不同。由此，可清晰捕捉到极化域的结构，这在高度图像中无法观察到。



(c) 振幅图像 (叠加显示在 3D 高度图像上)

观察到 BaTiO₃ 相对于施加交流电压的伸缩大小。在视野中央看到的显示为粉色的人型部分表示与伸缩比周围部分小。可以清晰捕捉在高度图像中无法看到的极化域结构。

图 5 BaTiO₃ 的 (a) 高度图像、(b) 相位图像、(c) 振幅图像

SPM-Nanoa 是岛津制作所株式会社在日本和其他国家的商标。

岛津应用云



岛津企业管理(中国)有限公司
岛津(香港)有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话: 800-810-0439
400-650-0439

免责声明:

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售;
* 本资料中的所有信息仅供参考, 不予任何保证。
如有变动, 恕不另行通知。

第一版发行日: 2021 年 2 月