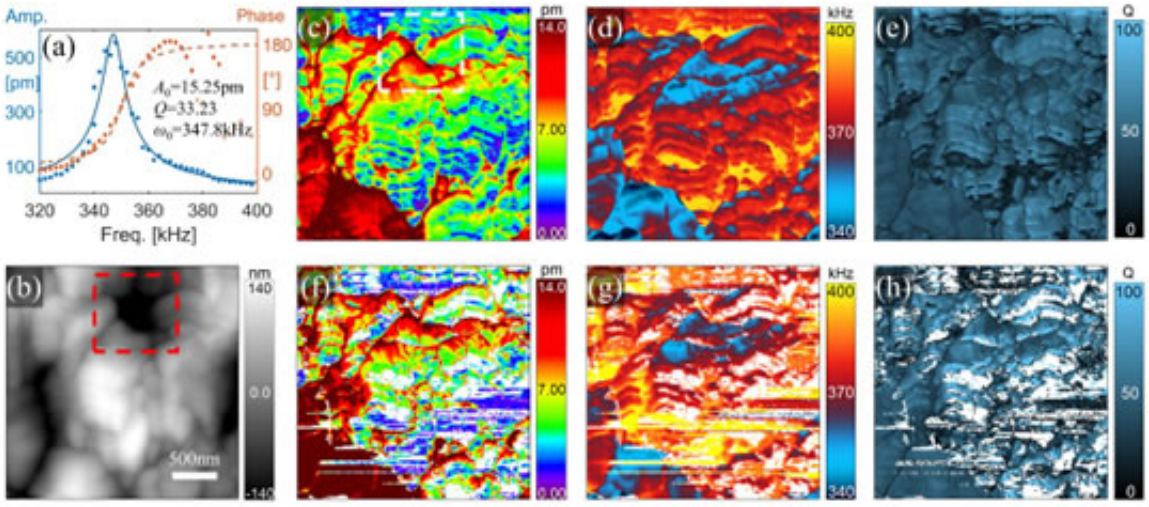
大数据AFM：通过时序激励实现超分辨定量表征

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/2813.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！



SE-PFM（上）与DART-PFM（下）的对比

自1986年问世以来，原子力显微镜(AFM)已成为在纳米尺度表征功能材料最重要的手段之一。传统的AFM通常基于谐波激励和锁相测量，虽然提高了信噪比，但扫描过程中通常需要频率跟踪，形貌干扰严重。而且每个像素点所得到的振幅和位相数据信息量相当有限，难以准确反映多种微观机制共存的复杂介质全貌。近年来，大数据AFM逐渐引起人们重视，旨在通过任意波形激励和全时域数据采集的穷荒之力(brute force), 得到样品更准确更全面的物理信息。但一方面这需要复杂、精密、昂贵的外接数据发生和采集系统，另一方面所采集的数据也缺乏物理针对性。因此，如何简单高效地获取高物理相关度的大数据、如何从采集到的大数据提炼其物理意义、以及如何加速大数据解析过程，仍然是面临AFM领域的重要命题。在更加广义的范畴，如何从寻求关联的大数据(big data)分析发展到寻求因果的深度数据(deep data)分析，是当前的前沿与热点研究。

近日，美国华盛顿大学以及中国科学院深圳先进技术研究院研究团队，受获得2014年诺贝尔化学奖的超分辨光学显微镜启发，发展了时序激励原子力显微方法。其基本思想，是变换不同的(固定)频率对样品进行多次扫描，而每一个激励频率会激发不同像素点的共振。这样得到多幅图像，再基于简单谐振子(SHO)模型对每一个像素的一系列数据进行拟合，可以实现定量的图像重构，达到超分辨。这一工作，近日以Mapping Intrinsic Electromechanical Responses at the Nanoscale via Sequential Excitation Scanning Probe Microscopy Empowered by Deep Data为题，在线发表于National

Science Review。 博士研究生黄博远和Ehsan Nasr Esfahani博士是论文的共同第一作者。特别值得一提的是，团队虽然已经通过复杂的外接数据发生和采集系统，仅需一次扫描就可以实现时序激励，但这一方法的初级版可以在绝大多数的商业AFM上实现，不需要任何外接设备。作者也将其软件开源，可以自由使用。

作者将这一方法用于压电原子力显微法(PFM)，研究表面粗糙的PZT陶瓷样品的力电耦合性能。通过与传统的DART比较，可以看出，SE具有非常好的空间分辨率，即使在表面起伏很大的区域也可以保真。而DART图像则有超过20%的区域因拟合失败而失真，即白色噪点所显示区域。更有意思的是，这一系列不同频率下的数据，特别适合主成分分析法(PCA)。通常，主成分分析虽然高效，但不同成分模式的物理意义并不清晰。作者通过对SHO物理模型分析，发现其泰勒展开级数与PCA不同阶成分有很好的对应关系，因而赋予了PCA成分模式明确的物理意义。针对每一个像素点的SHO拟合费时费力，而物理意义明确的PCA则可以提高数据处理速度四个数量级。因此，通过SE和PCA的结合，在这样一个具体的实例中，作者们简单高效地获取了高物理相关度的大数据，并极大加速数据解析过程、提炼其物理意义。时序激励方法(SE)也可以用于其他AFM模式，如静电力(EFM)和开尔文探针(KPFM)等。(来源：科学网)

相关论文信息：https://doi.org/10.1093/nsr/nwy096

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发