应用指南

GIF Continuum 实现纳米电子材料的高速组分和化学分析

GIF Continuum 简介

GIF Continuum® 系列是 Gatan 推出的全新一代电子能量损失谱（EELS）以及能量过滤透射电子显微学（EFTEM）系统。通过集成 Gatan 专有的探测器技术、先进的控制软件以及电子光学设计，GIF Continuum 系列能够以接近 100% 的采集效率实现电子能量损失谱的高速采集，速率最高可达 9,000 谱每秒；同时在低噪音水平下达到单谱能量范围 3,000 eV 的采集。这些性能特点为纳米电子材料和器件的化学分布分析应用带来了显著优势。如图1所示，得益于优异的探测灵敏度和采集效率，GIF Continuum 能够在全能量损失范围内，带来高质量、高信噪比的面分布。

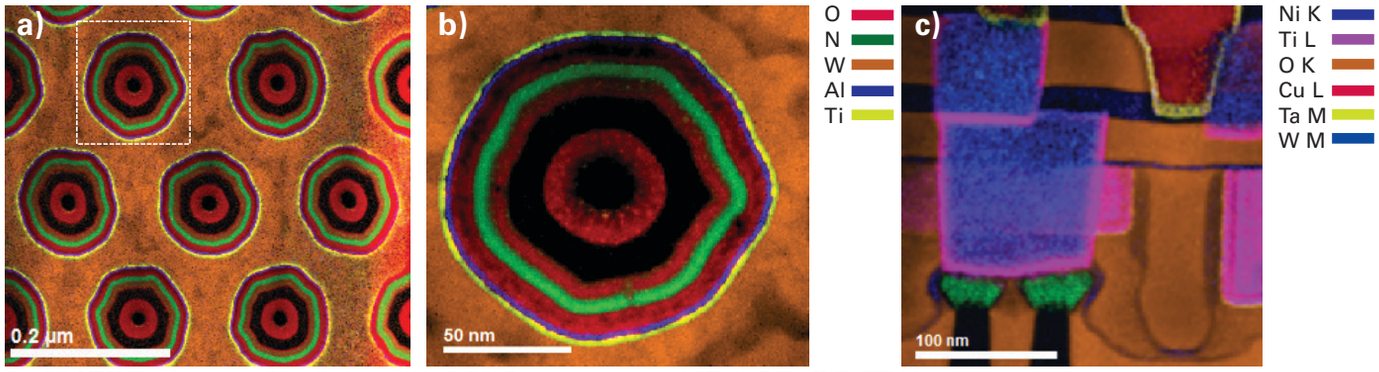

图1. EELS元素分布叠加图。a) 3D NAND器件，b) 图a 中矩形标注区域内的单个存储单元, c) 场效应管 (FinFET) 器件。

利用 GIF Continuum 对压电陶瓷材料进行芯能量损失 (core-loss) EELS 分析

纳米电子材料的尺寸通常很小，因而具有很高的表面体积比，这就使得它们的功能特性会显著受到界面处化学状态变化的影响，比如元素化学价或者原子配位情况的变化。在电子能量损失谱中，芯能量损失电离边的近边精细结构 (ELNES) 可以用来解析上述信息。为了进行可靠的 ELNES 分析，需要记录完整的能量损失边整体形状，这就要求所采集的 EELS 数据相比简单的元素面分布分析具有更高的质量。

图2 给出的是一个压电多层材料 ($Si/SrTiO_3/PbZr_xTi_{1-x}O_3$ (PZT)) 的 EELS 谱和元素面分布图。由于同时包含高低原子序数的不同元素，对 PZT 材料系统的 EELS 分析向来存在挑战。比如，Ti 的 L 边和 O 的 K 边分别在 456 eV 和 532 eV，而 Zr 的 L 边和 Pb 的 M 边分别在 2,222 eV 和 2,484 eV，它们之间相隔了接近 2,000 eV。GIF Continuum 的大能量视野能够在单条 EELS 谱中同时采集到上述4个电离边的信号；同时由于探测器优异的灵敏度，在短的像素驻留时间 (5 ms) 下就能够得到高信噪比的谱数据，从而得以进行高质量的 ELNES 分析。图2b 给出的分别从 Si 衬底和 $SrTiO_3/Si$ 界面处提取的 Si K 边信息。可以明显看到，两个谱中 Si K 边 ELNES 的形状发生了明显改变，同时还伴随着化学位移，说明 Si 元素在 $SrTiO_3$ 界面处发生了氧化。

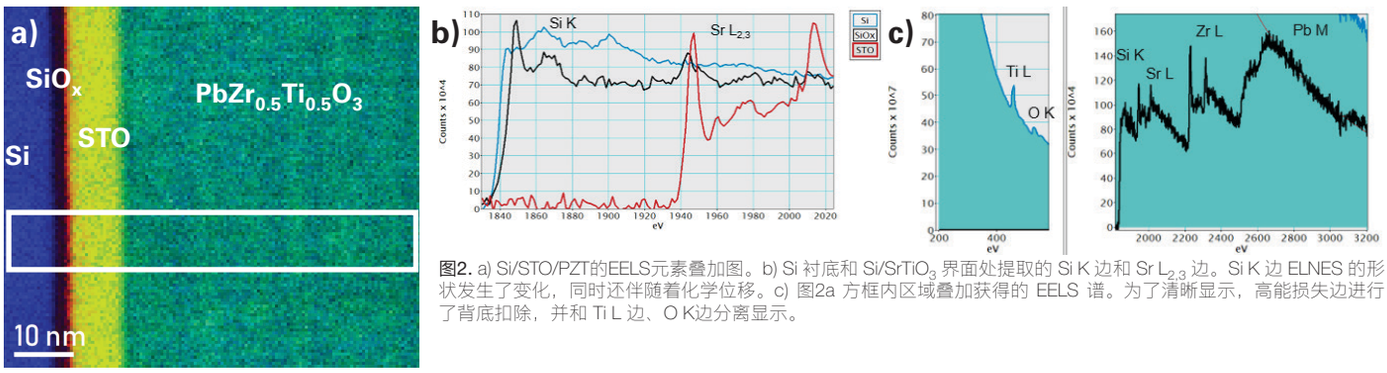

图2. a) Si/STO/PZT的EELS元素叠加图。b) Si 衬底和 $Si/SrTiO_3$ 界面处提取的 Si K 边和 Sr $L_{2,3}$ 边。Si K 边 ELNES 的形状发生了变化，同时还伴随着化学位移。c) 图2a 方框内区域叠加获得的 EELS 谱。为了清晰显示，高能损失边进行了背底扣除，并和 Ti L 边、O K边分离显示。

小结

GIF Continuum 为 EELS 分析提供了更大的可能，正如本文档中对 3D NAND 和 FinFET 器件，以及诸如 Si/STO/PZT 的多层复合结构的谱成像分析所示。GIF Continuum 带来的性能优势不仅提高了传统样品 EELS 表征分析的质量，更让之前无法实现 EELS 表征的样品成为可能。

www.gatan.com

© 2022, by Gatan, Inc. All rights reserved. Gatan, Gatan logo, and all other trademarks are property of Gatan, Inc.unless otherwise specified.

AN-SEMICONDUCTORS-FL1-NJ-MAR22-CN