実験概要

eaSI EDS + EELS

タイトル

EDSとEELSの同時取得による複数元素の完全な組成分析

Gatan社使用装置

eaSI™ は高度なSTEM測定のための最も効率的で効果的なワークフローを提供するGatan独自のテクノロジーです。eaSIは、EDAX EDS Powered by Gatan (検出効率を最大化しDigitalMicrograph® ソフトウェアとの完全な統合によって軽元素の分析能力を最適化するEDAXのElite T Super検出器)とGIF Continuum® システム (高いクオリティのEELSデータのための卓越した感度と検出効率を実現)を活用しています。

研究の背景

3D NANDメモリのような複雑なアーキテクチャには、その構造を確認し故障原因を特定するために詳細な解析が求められます。元素マッピング、定量分析、化学状態の決定、それら全てが完全な分析を行うために必要です。eaSIテクノロジーによって、エネルギー分散型X線分析法(EDS)とエネルギー損失分光法(EELS)のスペクトラムをSTEM観察時に組み合わせ、そして同期することが可能となり、相互に補い合う情報を得ることが出来ます。高エネルギー分解能のEELSデータはその微細構造の解析を通じて化学状態を決定することが可能です。しかしながら、要求されるエネルギー分解能が取得可能なエネルギー範囲と検出可能な元素のエッジを制限する場合もあります。この場合、EDSと同時取得を行うことによってEELSのエネルギー範囲外の元素から得られるスペクトラムをカバーし完全な解析が実現されます。

材料と測定手法

3D NANDメモリの薄膜試料はFIBを用いて作製し、日本電子株式会社製JEM-F200を使用し加速電圧200 kVで分析を行いました。EDSデータは、70 mm^2 のSSDセンサーを備えウインドウレス構造のEDAX社製Elite T Super検出器を使用し取得しています。またEELSデータは、GIF Continuum K3+Stelaシステムを使用し同時取得しました。微細構造の解析に十分なエネルギー分解能が得られるようEELSの分散値は0.6 eV/chを使用しました。DualEELS™ を使用し、スペクトラムのエネルギー範囲を拡張してSi L (99 eV)をN K (402 eV)、Ti $L_{3,2}$ (456、462 eV)、O K (532 eV)の各エッジと同時に検出出来るようにしました。しかしながら、この分散値ではAl K (1560 eV)とW $M_{5,4}$ (1809と1872 eV)のエッジを検出することは出来ません。そこでEDSと組み合わせることで、Al Kα (1.48 keV)と W Lα (8.39 keV)のピークを収集しEELSデータでは欠けていた情報を補うことが可能となりました。元素の分布はEDSとEELSを組み合わせた情報を用いて、DigitalMicrographソフトウェアでマッピングすることが出来ます。

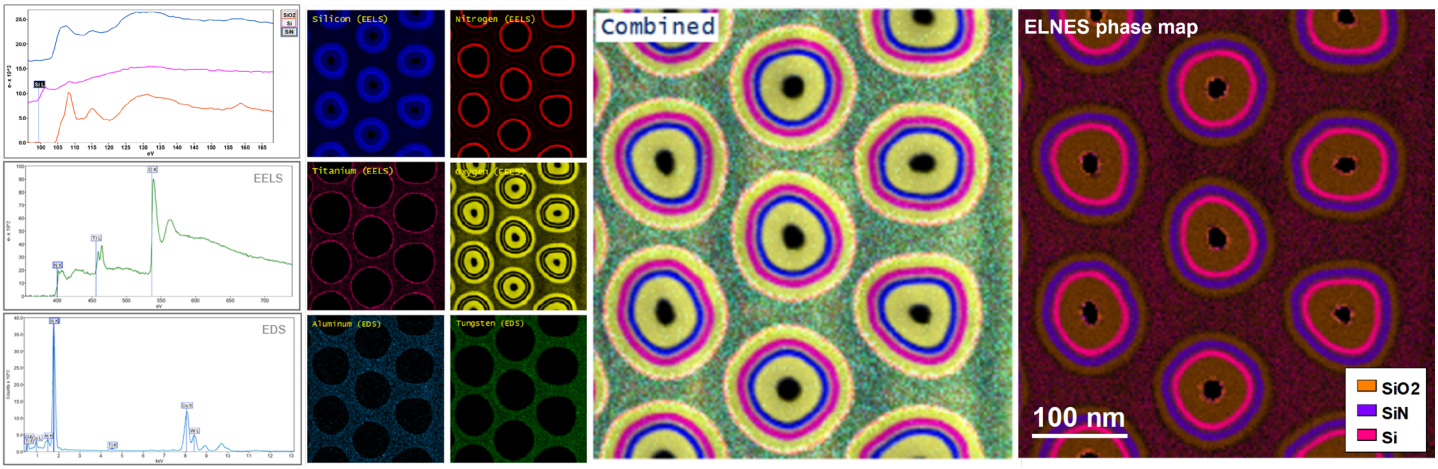

図1. 左図)3D NAND構造から得られた主元素のEDSおよびEELSスペクトラム。中央左)複雑な元素分布を示すEDSとEELS元素マップ。完全な分析を行うためAlとWはEDSを用いて収集。中央右)EDSとEELSのデータを組み合わせた元素マップ。右図) 左図中のSi $L_{2,3}$ のELNESを用いて生成したSiの相マップ。

まとめ

eaSIテクノロジーを用いて3D NAND試料のEDSとEELSデータを組み合わせることにより、元素マッピングと微細構造解析の双方が実現しました。EELSの分散値に起因するエネルギー範囲の制限のため、AlとWの情報はEDSを使用し取得しています。EDSとEELSのデータは、DigitalMicrographソフトウェアを使用して同時に分析およびマッピングされました。EDSとEELSを用いて個別に試料の分析を行うことも可能ですが、これらの手法を組み合わせることで完全な化学分析のための強力で使い易いワークフローが実現します。.

© 2023, by Gatan, Inc. All rights reserved. Gatan, Gatan logo, and all other trademarks are property of Gatan, Inc. unless otherwise specified.

EB-EDS-3DNAND-FL2-CA-NOV23-JP