

走査電子顕微鏡 (SEM) のリアルタイム 3D 観察を可能に

チームリーダー 伊東祐博 (株)日立ハイテクノロジーズ 先端解析システム第一設計部・部長)

サブリーダー 牛木辰男 (新潟大学医歯学総合研究科・教授)

Keyword

3D、SEM、リアルタイム、裸眼

タイプ 実証・実用化タイプ

開発課題名 リアルタイムステレオSEMの開発

■ 参画機関: 新潟大学、静岡大学、EIZO (株)

■ 開発期間: 平成21~23年度

課題概要

走査電子顕微鏡 (SEM) でステレオ (3D) 観察を行うためには、右目で見たとときと左目で見たとときに相当する静止画像 (視差画像) を、試料台を傾けて異なる角度からそれぞれ取得してから合成し、赤青メガネなどをかけて観察する必要があった。しかし、視差画像の調整や取得に時間がかかるため、リアルタイムの3D観察が出来ないという課題があった。本開発では、リアルタイムの3D観察のため、これらの技術 (①電子線傾斜制御技術、②3D表示技術、③収差低減技術) についての開発を行う。

得られた開発成果の概要

■ 開発の背景 / 経緯

走査電子顕微鏡 (SEM) は、試料の表面形状を立体的に観察できるという魅力的な特徴をもつが、一般のSEM像は1方向から見た単眼視の情報であり、立体情報が十分に生かされていない。また、SEM像を3D画像として観察する場合、試料を物理的に傾斜させ、角度の異なる2枚の傾斜画像を取得する必要があるが、そのままではリアルタイム (実時間) での観察ができないという課題があった。そこで我々は、リアルタイムで3D観察が可能なリアルタイムステレオSEMの開発を行ってきた。

■ 開発の概要

① 電子線傾斜制御技術

リアルタイムの3D観察を可能とするため、電子線を傾斜させて2枚の傾斜画像を取得する電子線傾斜制御技術を開発した。電子線の傾斜方向は、専用の電磁コイルを用いて1ライン単位、または1フレーム単位で左右の切替えが可能である。電子線傾斜制御の概念図を図1に示す。

② 3D表示技術

取得した左右の視差画像は、開発したデータ変換ソフトにより処理することで、一般的な3Dモニターに対応した出力が可能となった。一方、リアルタイムの3D観察には、一般的に偏光方式やアナグリフ方式などメガネを用いることが一般的であるが、輝度低下などにより長時間の観察には適していなかった。また、メガ

ネを用いないものに視差/バリア方式やレンチキュラ方式の3Dモニターがあるが、解像度の低下やモアレ、逆視などの問題があった。そこで、裸眼に対応した高解像度の立体表示装置 (裸眼3Dモニター) の開発を行った。裸眼3Dモニターは、楕円ミラーを用いたDirectional Backlight (指向性光源) を採用し、上記の問題を解決した。最終的に外観奥行き262mmを達成、FDF2301-3Dとして2011年度から量産・販売を開始した。

③ 収差低減技術

リアルタイムステレオSEMは、電子線傾斜により左右の視差画像を取得するが、対物レンズの軸外を電子線が通過するため、電子線傾斜に伴う収差が発生し、分解能が低下する。そこで、対物レンズから見て電子源側に電子線傾斜に伴う収差を低減するためのレンズ (収差低減レンズ) を追加し、対物レンズで発生する収差を収差低減レンズで発生する収差を用いて低減し、高倍率の3D観察を可能とする。電子線傾斜角と分解能の関係を図2に示す。実線は収差低減後を、点線は収差低減前の収差量と分解能である。図2に示すコマ収差および軸外色収差は、電子線傾斜時に分解能を低下させる原因である。設計した収差低減光学系は、傾斜角3(°)で分解能15(nm)、観察倍率にして20,000倍が可能である。収差低減光学系で取得した傾斜角約3.0(°)、20,000倍の傾斜画像を図4に示す。図3に示すように収差低減の効果を確認できた。

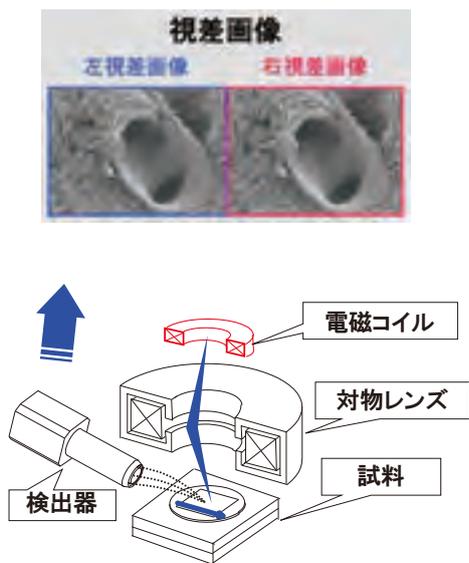


図1 電子線傾の概念図

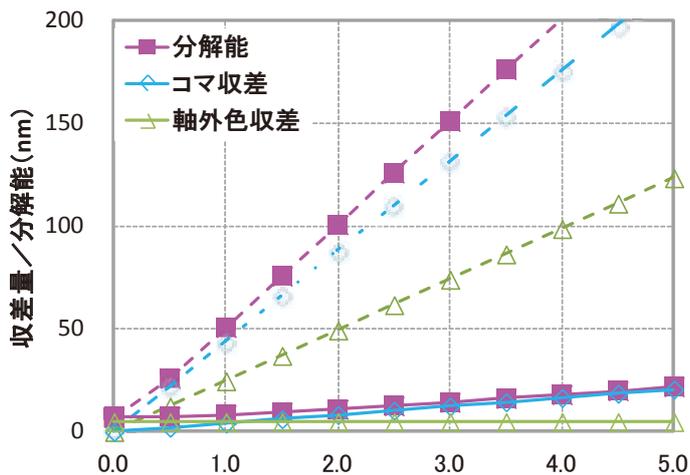


図2 電子線傾斜角と分解能

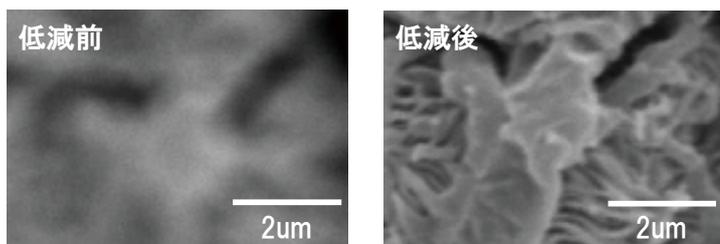


図3 収差低減の効果



図4 SU3500形走査電子顕微鏡とFDF2301-3Dの組合せ外観

ナノオーダー構造を実時間で立体視することにより、半導体など材料分野への応用が可能に

本開発における傾斜走査技術の一部を用いて、株式会社日立ハイテクノロジーズ社製SU3500形走査電子顕微鏡のオプション機能として、リアルタイムステレオ観察機能を

実用化し、2012年に量産・販売を開始した。

SU3500形走査電子顕微鏡とFDF2301-3Dの組合せ外観を図4に示す。

上記成果の科学技術的根拠

【出願特許】

1. 特許5183318、「荷電粒子線装置」出願人：(株)日立ハイテクノロジーズ
2. 特許4519201、「画像表示装置」出願人：(株)ナナオ

【発表論文等】

1. Akinori Hayashi, Akira Sakai, Tomohiro Kometani, Hiroshi Ito : Cross-talk Caused by Light Reflected on a Back-face of a LCD glass in Auto-stereoscopic Display with Field-sequential Method and Directional Backlight System: SID Display Week 2011/5/15-20 Digest P-2, pp.1098-1011
2. F. Iwata, Y. Mizuguchi, H. Ko, T. Ushiki : Nanomanipulation of biological samples using a compact atomic force microscope under scanning electron microscope observation: Journal of Electron Microscopy, 60(6) (2011) 359-36