

ショットキーSEMにおける大電流時のビーム径増大を防ぐ 電子光学系とその検証

岡野康之, 柴田昌照
日本電子株式会社 SM 事業ユニット

Introduction

ショットキー電子銃を搭載した SEM は、安定度の高い大きな照射電流が得られることから、コールド FEG を搭載した SEM に比べ大照射電流を生かした様々なアプリケーションに使用されている。最近では電子光学系の工夫により数 100 nA 以上の照射電流が得られる装置もあり、EDS のみならず EBSD、WDS においても有益なデータが得られている。しかしながら、一般的には、集束レンズを弱励磁にして照射電流を増やすと電子ビーム径の増大による元素分析時の分解能低下が起こる。

我々は、大電流時での電子ビーム径の増大を回避するために、対物レンズに対して開き角を自動的に最適化するための開き角最適化レンズ(以下 ACL)を採用している。本発表では、ACL の有効性を示すとともに、大電流時の分析分解能を検証したので報告する。

使用装置

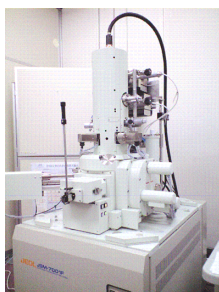


Fig.1: 外観写真

SEM: JSM-7001F/TTLsystem

EDS: JED-2300F

主な特徴

- 200nA 以上の照射電流。
- 磁性材料の観察も可能なアウトレンズ型対物レンズ。
- 100 V からの観察が可能。
- 焦点深度が深く、歪みの無い低倍率観察が可能な観察モードを搭載。

開き角最適化レンズ(ACL)について

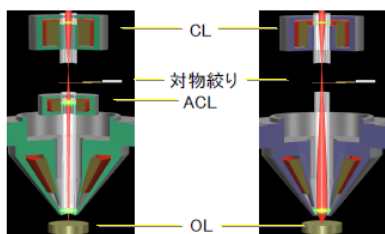


Fig.2: JSM-7001Fの光学系 Fig.3: 従来形の光学系

試料表面上での一次電子ビームのプロブ径は、主に磁界レンズの球面収差、色収差および光源の大きさ、回折収差と対物レンズの開き角により決まる。日本電子(株)製電界放出走査電子顕微鏡に構成される開き角最適化レンズ[1], [2]は、電子光学系において最終段レンズである対物レンズに対する開き角を自動的に最適化することができる。この機能により、EDS 分析などに必要な大照射電流においても小さなプロブ径を実現することが可能となる。

* ACL はすべての観察条件において最適化されています。

[1] 特許番号第 3351647

[2] 特許番号第 4146103

ACLの有無による分析分解能

試料はシリコン基板上的のアルミニウム蒸着膜を使用した。断面試料作製はクロスセクションポリッシャ(CP)を使用した。



Fig.4: 分析位置

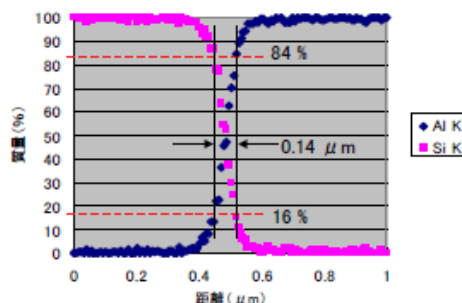


Fig.5: 照射電流2nAでの線分析結果(ACL on)

分析分解能の測定は、Si、Alの界面において定量線分析を実施した。16%および84%の位置を分解能とした。以下に、加速電圧5kVでのACLの有無による分析分解能を示す。

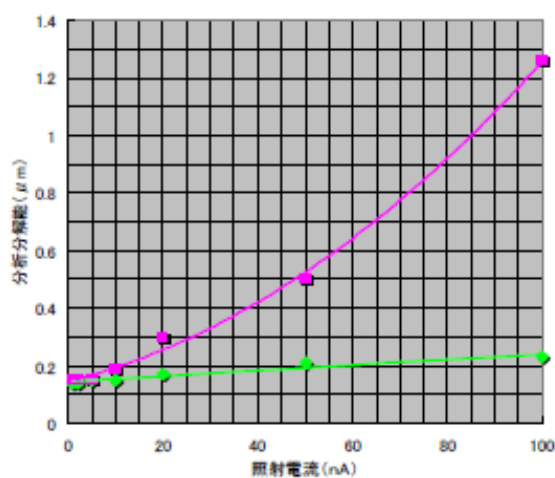


Fig.6: 照射電流と分析分解能

条件

加速電圧 : 5 kV

照射電流 : 1,2,5,10,20,50,100 nA

作動距離 : 10 mm

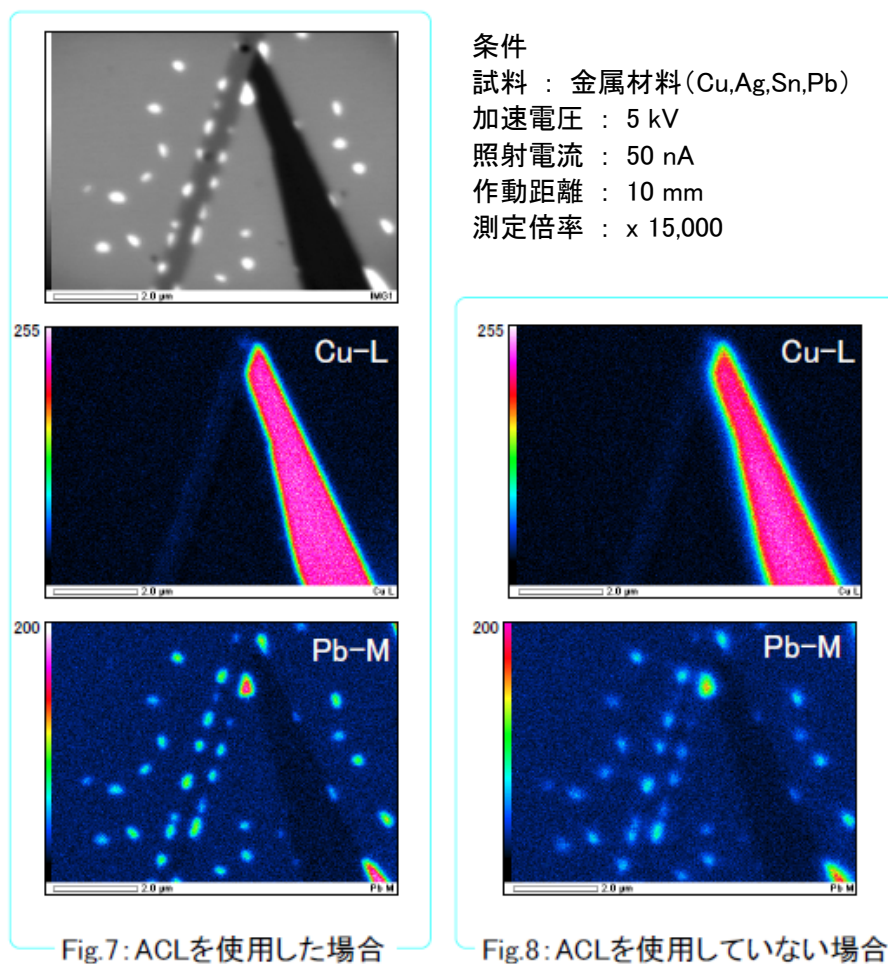
■ ACL off

◆ ACL on

ACLを使用しない場合では照射電流10 nA程度から分析分解能が低下する。ACLを使用した場合は50 nA、100 nAといった大照射電流であっても分析分解能の低下が少ない。

照射電流 50 nA での EDS マッピング

加速電圧 5kV、照射電流 50nA での ACL の有無による EDS マッピング結果を示す。



ACL を使用していない時は元素マッピング像の境界が不鮮明であるが、ACL 使用時は電子ビーム径の増大が抑えられ鮮明な境界が得られている。

Conclusion

最適化された ACL を使用することにより、大照射電流時での電子ビーム径の増大を回避することが出来た。EDS などの分析では低加速電圧を使用することにより、分析時の分解能を向上させることができるが、加速電圧の低下に伴い、X 線の発生量が減少することから長時間の測定が必要になる。本装置では、X 線の発生量を増やすために、より大きな照射電流を使用しても細かい電子ビームが得られることから、分析時の分解能劣化が少ないまま、短時間での測定が可能になる。