

高精度アライメントを目指した HIM 作製マーカの三次元像電子顕微鏡観察への適用

High-Precision Alignment of Electron Tomography Tilt Series Using Markers Formed by Helium Ion Microscope (HIM)

産総研¹, 〇林田 美咲¹, 飯島 智彦¹, 塚原 雅宏¹, 小川 真一¹

AIST¹, Misa Hayashida¹, Tomohiko Iijima¹, Masahiro Tsukahara¹, Shinichi Ogawa¹

E-mail: misa-hayashida@aist.go.jp

電子線トモグラフィーは、試料を回転させて、様々な方向から電子線を入射させた複数枚の像を撮影し、それらの位置合わせ(アライメント)を行った後、三次元再構成処理を行い三次元像を得る手法である。正確な三次元像を得るためには、アライメントが高精度で行われる必要がある。Fiducial marker 法は古くから用いられているアライメント方法であり、試料上に存在する複数のマーカ(目印)の位置関係から画像の平行移動や回転量を計算する。マーカには金ナノ粒子が一般的に用いられており、その溶液を試料上に滴下して乾燥させることにより試料上にのせる。金ナノ粒子は凝集しやすい性質を持っているため、複数のマーカを理想的に観察視野に存在させることは極めて困難である。

そこで、我々はヘリウムイオン顕微鏡(HIM)に $W(CO)_6$ ガスを導入し、ガス雰囲気中でヘリウムイオンビームを照射することで(Fig. 1)、直径数 nm のタングステンマーカを TEM 試料上に位置制御して作製することに成功した。同時にアライメントの時間短縮のためにマーカ位置の検出を自動で行う手法の開発を行い、より高精度なアライメントを目指したマーカ作製位置の最適化をシミュレーションにより行なった。これらの手法を用いて 65 nm ビア構造部の三次元観察を行った。アライメントの精度を上げるために、各試料回転角度においてマーカのための領域とビアが含まれる領域の 2 枚の像を撮影した(Fig. 2)。以上の手法により、ビア内部 Cu 領域の周囲のバリアメタル層である Ta/TaN 領域部分(厚さ約 5nm)のカバレッジを三次元で評価することができた。他の構造評価への応用例として、基板上に配列させた直径数 nm のナノ粒子の三次元観察の結果についても報告する。

本手法により、狙った領域の特定な位置に微細なマーカを作製できるため、観察対象物が 100nm³ 以下の局所領域に存在しているとしても、正確な三次元再構成像を得ることが可能である。また、観察対象物の構造が既知でない場合でも、マーカが正確に再構成されているかどうかで三次元再構成像が被評価試料の正確な構造を表しているかどうかを判断できるという利点がある。

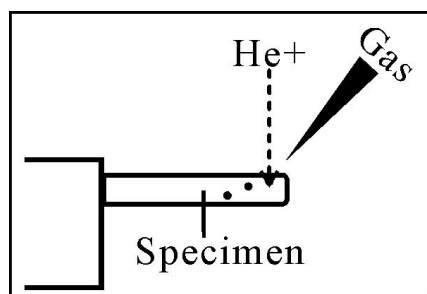


Fig. 1 Formation of W markers in the HIM.

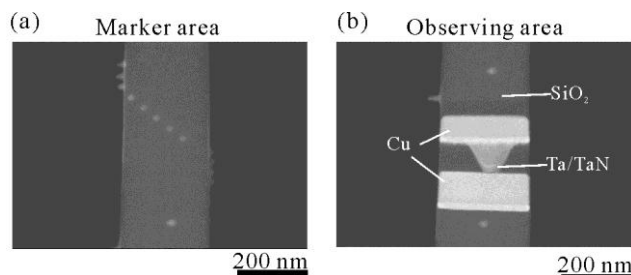


Fig. 2 (a) STEM images of marker area for precise alignment. (b) STEM images of observing area contained a via structure of 65 nm diameter in Cu/Low-k interconnect.