

低加速電子線偏向を用いた局在電界の可視化

Localized electric field visualization using low energy electron beam deflection

筑波大数理¹ ○(M1)鄭 サムエル¹, 菊池 優¹, 伊藤 良一¹, 藤田 淳一¹

Univ. Tsukuba¹, °Samuel Jeong¹, Yu Kikuchi¹, Yoshikazu Ito¹, Jun-ichi Fujita¹

E-mail: s1720367@s.tsukuba.ac.jp

[序]当研究室では、SEM(Scanning Electron Microscopy)を用いた低加速電子線偏向による局在電界可視化を行ってきた。本技術の発展により触媒活性において重要な役割を果たすと考えられている局在電荷移動や分布を直接可視化することで、より詳細な触媒反応機構の理解が得られることが期待されている。本研究では従来よりも低い加速電圧を用いることで微弱な電界強度の検出を可能にし、対物レンズを励磁した高分解能な局在電界可視化を実証した。

[実験] Fig.1 に実験系の模式図を示す。SEMの電子銃から放出された一次電子線が試料中(図中ではタングステンプローブ)の先端に誘起された強い局在電界領域を通過する際にラザフォード散乱を受け、偏向角 θ を持つ双曲線軌道となる。偏向された電子線は試料下部に設置されたSTEM(Scanning Transmission Electron Microscopy)検出器に到達し、画像中で明領域を形成する。このとき、偏向角は電子線の加速電圧の逆数に比例して大きくなる。今回1 keV電子線を検出可能な半導体STEM検出器を導入することによって従来よりもさらに低加速な電子線を用いることが可能となった。また、画像積算によるノイズ低減処理を併用し、1 keV電子線による高分解能像を取得することが可能となった。

[結果]本研究では前回報告した事例よりも10倍ほど高感度な電界検出を実現し、100倍以上の高い空間分解能での局在電界可視化に成功した。タングステンプローブに-40 Vの電圧印加を施した際に実験から得た電界強度分布と有限要素法(FEM)シミュレーションによる電界強度分布を比較した。電界強度分布は実験で得た分布とシミュレーションによる分布とがよく一致した。本手法を用いて Fig. 2 に示すように電圧印加したCNT(カーボンナノチューブ)フォレストの各CNT先端部での電界集中の様子を空間分解能20 nmで観測した。電子に換算して100個ほどとなる微小な局在電荷集中を可視化することができた。本発表では詳細な原理とその応用例について検討する予定である。

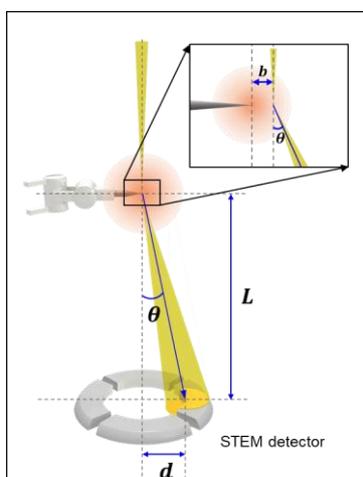


Fig. 1: Experimental System

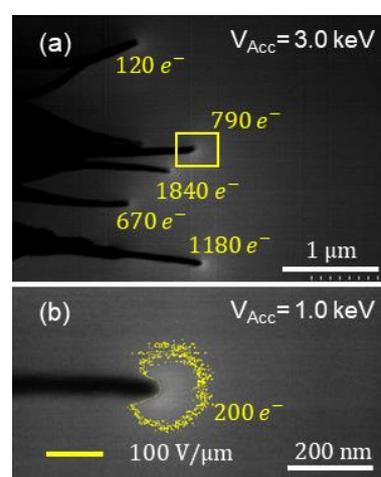


Fig. 2: STEM image of CNT forest