

低加速電子線偏向法による高空間分解能電界可視化

The high spatial resolution field visualization by low energy electron beam deflection method

○吉田 木の実^{1,2}, 栗飯原 有輝^{1,2}, 村上 勝久^{1,2}, 藤田 淳一^{1,2} (1.筑波大数理, 2.TIMS)

○K. Yoshida^{1,2}, Y. Aihara^{1,2}, K. Murakami^{1,2}, J. Fujita^{1,2}

(1.Institute of applied physics, Univ. Tsukuba ,

2.Tsukuba Research Center for Interdisciplinary Materials Science)

E-mail: bk200911151@s.bk.tsukuba.ac.jp

前回我々は、低加速電子線偏向法を用いることでコバルトドット試料のつくる磁界の可視化技術を報告した[1,2]。その際の空間分解能は高々数 μm 程度であり、我々の目標とするグラフェン欠陥近傍での局在分極のような nm オーダーの局在場の可視化には不十分であった。本研究では、SEM の対物レンズを励磁させることで電子ビームを集束させ、空間分解能の向上を目指した。今回は、先鋭化したタングステンプローブ先端に電圧を印加してできる局在電界分布を調べた。

Fig.1 に実験原理の概略図を示す。電子銃から放出された1次電子線はプローブからの電界により散乱角 θ でラザフォード散乱する。プローブ先端近傍の強い電界の中を通過した電子軌道は大きく湾曲し (図中赤線)、オリフィスに衝突する。一方、プローブ先端から離れた弱い電界の中を通過する電子の散乱は小さく (図中青線)、試料下部に設置されている STEM 検出器に到達する。本研究では、プローブ近傍で散乱される電子の変位量を STEM 検出器に到達する電子数の変化として検出し、グレースケールの像として取得した。Fig.2 上段の像は、オリフィス径を $\phi 1.0 \text{ mm}$ 、プローブ印加電圧を 145 V に固定し、電子線加速電圧を $5.0\sim 5.4 \text{ kV}$ で変化させたときの STEM 画像の変化を重ね合わせたものである。この像は、加速電圧ごとに 50% のグレーレベルを閾値として色分けして得られた。また、下段にはそれぞれの電界強度における FEM シミュレーションの結果を示す。

オリフィスの中心に位置するプローブ先端の脇を通過する電子線が、オリフィスエッジまで散乱される場合の散乱角 θ は 10 mRad である。 5.0 keV の電子線の場合、 10 mRad の散乱を受ける領域は最外周に位置する一番薄いピンク色の領域となり、 5.4 keV の電子線を用いた場合はプローブ近傍の一番濃い領域となる。この一番濃い領域の境界での電界強度は単純なラザフォード散乱モデルから $9.4 \times 10^4 \text{ V/cm}$ と見積もられ、定性的には FEM によるシミュレーションとの一致が見られた。本研究では、空間分解能として 40 nm あたり約 $4.2 \times 10^4 \text{ V/cm}$ 電界強度差が検出できた。

[1] 村上勝久 第37回秋季学術講演会 19a-A14-31

[2] K. Yoshida, K. Murakami, and J. Fujita J. Vac. Sci. Technol. B32,06FC02(2014).

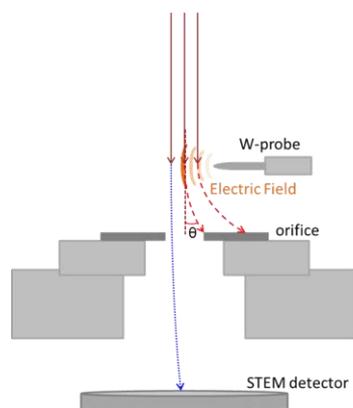


Fig.1 可視化原理の模式図

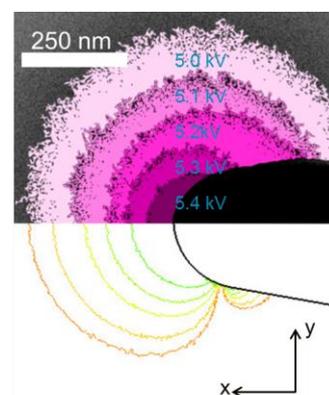


Fig.2 STEM 像(上) シミュレーション像(下)