

走査型電子線顕微鏡用 Graphene-Oxide-Semiconductor 型トンネル冷陰極の開発



SATテクノロジー・ショーケース2021

■ はじめに

走査型電子線顕微鏡(SEM)は、集束した電子線を物質表面に照射・走査することで発生した二次電子を検出し形状を観測する。SEMの空間分解能は電子源の性能に大きく作用され、電子源には主に高輝度・低エネルギー分散が要求される。現在W(310)電界放射陰極やZr-O/W(100)ショットキー型陰極が広く用いられているが、 10^{-8} Paの超高真空環境が必要であることや、高価であることが問題とされている。安価に高分解能を実現する為平面から高い直進性をもつ電子ビームを形成可能な平面型トンネル陰極を用いる。これにより小型・縮小化し、かつ高い真空度を必要としない電子顕微鏡を構成できる可能性があると考えた。

本研究では、産業技術総合研究所の村上勝久主任研究員が開発したGraphene-Oxide-Semiconductor型トンネル陰極に着目した。低真空及び低電圧で動作が可能なMetal-Oxide-Semiconductor(MOS)型トンネル陰極のゲート電極に原子一層ほどの厚さであり、良好な導電性を有するグラフェンを用いたGraphene-Oxide-Semiconductor(GOS)型トンネル陰極をSEMへ搭載し、性能を評価することを目的とする。

■ 活動内容

1. Graphene-Oxide-Semiconductor型トンネル陰極

GOS型トンネル陰極はGraphene/SiO₂/n-Siの積層構造であり、次のように作製する。工程の概要をFigure1に示す。

- (1) ドライ熱酸化によりSiO₂成膜
- (2) プラズマCVD法によりSiO₂上にグラフェンを合成
- (3) プラズマアッシングによりグラフェンをエッチング
- (4) EB蒸着によりTi/Niコンタクト電極を形成する

作製したデバイスにおよそ10Vの電圧を印加し、-1000Vで加速することで電子が放出される。現在電子放出効率は20%以上と非常に高い数値を示す。また、GOS型トンネル陰極は10Paで駆動可能である。

MOS型トンネル陰極では動作時に走行電子が酸化膜および電極中で強い散乱を受けるが、グラフェンを用いることで電極での電子の散乱を抑制することができる。また、直進性の高いビームを形成することから、コンデンサレンズやアパーチャーを必要としない安価で簡便な構成のSEMの開発が期待される。

2. SEM への搭載

現在、卓上 SEM への搭載実験を行うために GOS デバイスに最適な SEM の部品設計を検討している。電子軌道シミュレーションを用いて放出電子の広がりを最小限に抑える SEM の構造設計を行う。また、プログラミングツールであるKeysight VEE Pro を用いて GOS デバイスを駆動するための電源制御のプログラムを作成し、SEM への GOS デバイスの搭載準備を進めていく。

ユレーションを用いて放出電子の広がりを最小限に抑える SEM の構造設計を行う。また、プログラミングツールであるKeysight VEE Pro を用いて GOS デバイスを駆動するための電源制御のプログラムを作成し、SEM への GOS デバイスの搭載準備を進めていく。

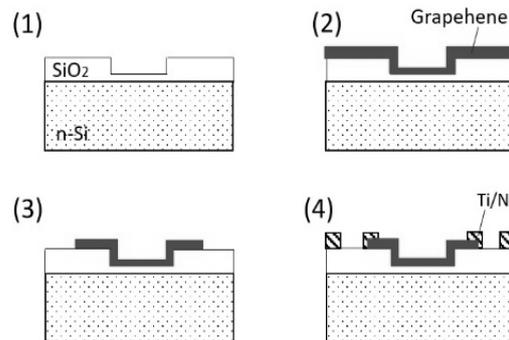


Figure1.GOS 型トンネル陰極の製作工程

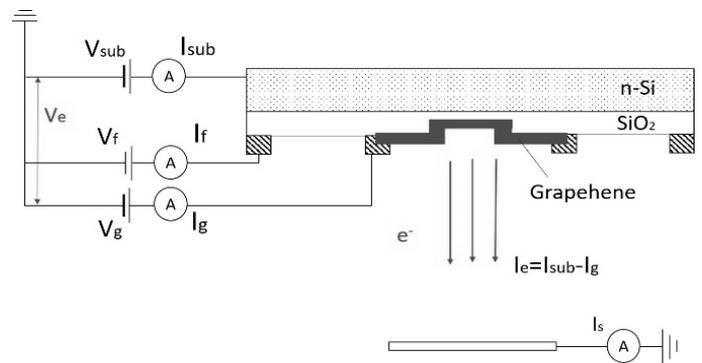


Figure2.SEM 動作制御を行う測定回路

■ 関連情報等(特許関係,施設)

本研究の成果の一部は JSPS 科研費 JP18H01505 の支援によって得られたものである。

本研究の一部は、文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業の支援を受けて、産業技術総合研究所のナノプロセッシング施設において実施された。

- キーワード: (1) グラフェン
(2) 電界電子放出
(3) 電子銃

■共同研究者: 三村秀典教授(静岡大)
根尾陽一郎准教授(静岡大)
村上勝久主任研究員(産総研)
長尾昌善研究グループ長(産総研)

代表発表者 亀田 ゆきの(かめだ ゆきの)
所属 静岡大学大学院 総合科学技術研究科
産業技術総合研究所 デバイス技術研究部門
問合せ先 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1
静岡大学電子工学研究所
TEL: 029-861-6202
MAIL: kameda.yukino@aist.go.jp
MAIL2: kameda.yukino.16@shizuoka.ac.jp