

Graphene-Oxide-Semiconductor 型平面電子源を搭載した SEM の開発

○亀田 ゆきの^{1,2*}, 村上 勝久², 長尾 昌善², 三村 秀典¹, 根尾 陽一郎¹

¹ 静岡大学電子工学研究所, ² 産業技術総合研究所

SEM application of the graphene-oxide-semiconductor type planar electron source

○Yukino Kameda^{1,2}, Katsuhisa Murakami², Masayoshi Nagao², Hidenori Mimura¹ and Yoichiro Neo

¹ Research Institute of Electronics Shizuoka University, ² National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

現在電界放出型電子銃が高分解能な走査型電子顕微鏡[SEM]の電子源として広く用いられているが、その特性上、電子ビームを細く絞るための多くの電子光学系や、数キロVの引き出し電圧、 10^{-8} Pa といった超高真空環境を必要とする。一方で Graphene-Oxide-Semiconductor (GOS) 型平面電子源は、10V 程度の低電圧および 10^{-3} Pa から 10^{-5} Pa の低真空環境下で動作し、放出角の小さい電子ビームを形成する。さらに基板からゲート電極に向かう電子のうち 30%以上という非常に高い効率で真空中への電子放出効率を達成している^[1]。SEM の電子源に GOS 平面電子源を採用した場合、電子光学系や真空排気系を大幅に簡略化した低コストで小型、高分解能な SEM の構成が期待できる。本研究では、低コストでシンプルな構成の高分解能 SEM の開発を目的として、GOS 電子源を用いた SEM 像の観察および電子ビームの軌道評価を行った。

2. 方法

タングステンフィラメント電子銃を搭載した従来型の卓上 SEM を改造し、GOS 電子源を搭載し画像計測を行った。使用した SEM はコンデンサーレンズを取り除いた対物レンズのみの 1/3 縮小系であり、アパーチャーの穴径は直径 0.1mm である。観察試料として透過型電顕用の銅製の 400 メッシュを用いた。本デバイスに -1kV を印可し、グラフェン電極とカソード電極の間に約 10V の電位差を与えることで、電子ビームが放射される。デバイスの電圧印加及び電流計測は高電圧ソースメジャーユニット (Keithley-237) を使用し、ゲート電流と基板電流の差から放出電子電流を算出した。また、画像を検出するステージ電流を微小電流計 (Advantest-R8240) により計測した。また、電子軌道シミュレーション SIMION を使用して GOS 電子源から放出される電子軌道のシミュレーションを行った。放

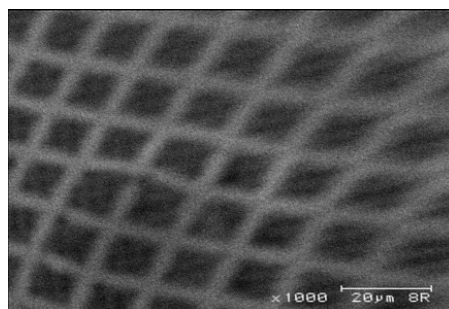


Fig. 1. GOS 電子源で撮影した SEM 像

出電子の広がりをもっと抑え、ビームが細く高電流密度となるような電極構造を検討した。

3. 結果・考察

GOS 電子源を使用して加速電圧 1kV の電子ビームで得られた SEM 画像を図 1 に示す。ステージにて検出されたプローブ電流は 6.5pA であった。またシミュレーションにより、本実験の電子光学系では電子ビームが 7.4° の広がりをもって放出されていることがわかった。更に、GOS 電子源と引き出し電極の間に新たに集束電極を配置することで、電子ビームの広がりを抑制する条件を発見した。電子ビームの広がりを抑制することで、電子電流密度およびプローブ電流が増加し、コントラスト信号の増加が期待できる。

4. まとめ

GOS 型平面電子源を搭載した SEM の性能評価を行い、プローブ電流 6.5pA の安定したノイズのない SEM 像の取得に成功した。GOS 電子源の SEM 応用の可能性が示された。また、GOS 電子源から放出されたビームの広がりを抑制し平行に近い電子軌道を形成する電子光学系を検討した。今後、本条件を模した電子光学系を新たに作製し、SEM 像の性能向上を目指す。

文 献

1) K. Murakami et al., Appl.Phys.Lett. 114, 213501 (2019).

*E-mail: kameda.yukino.16@shizuoka.ac.jp