

# 小型イオンエンジン用平面型グラフェン電子源の電子電流特性評価

## Characterization of Electron Emission Current of Graphene-Oxide-Semiconductor

### Planar-Type Electron Sources for Miniature Ion Engines

横国大<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup> ◯(M1)古家 遼<sup>1,2</sup>, 村上 勝久<sup>2</sup>, 長尾 昌善<sup>2</sup>, 鷹尾 祥典<sup>1</sup>

YNU<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, ◯Ryo Furuya<sup>1,2</sup>, Katsuhisa Murakami<sup>2</sup>, Masayoshi Nagao<sup>2</sup>, Yoshinori Takao<sup>1</sup>

E-mail: furuya-ryo-dg@ynu.jp

**研究背景・目的:** この数年間で大学や民間企業による数 10 kg 級の超小型衛星開発が盛んになっている。主に地球観測等の宇宙ミッション用に開発され、近年ではイオンエンジンを搭載した小型深宇宙探査機が登場している。イオンエンジンは燃費が非常に高い一方で、放出した正イオンの電気的中和を行う中和器が別途必要となる。従来は推進剤を消費するプラズマ中和器が使用されてきたが、電界放出カソードなどの推進剤が不要な電子源の適用により、超小型衛星のペイロード増加が期待される。そこで我々は、電界放出カソードである平面型グラフェン電子源を、小型イオンエンジンの中和器に応用することを提案する。図 1 に平面型グラフェン電子源の構造を示す。Si 基板と Ni/Ti 電極間に電圧を印加すると、トンネル効果により Si 基板から供給される電子が SiO<sub>2</sub> 層を透過する。その後、一部の電子がグラフェン層を透過し外部へ放出される。平面型グラフェン電子源は約 10 V の低電圧で駆動し、1–100 mA/cm<sup>2</sup> の高い電子電流密度を持つ一方、放出電子電流は 0.1–1 μA にとどまっている<sup>1)</sup>。中和器に必要な数 mA の放出電子電流を達成することが課題であり、グラフェン層のシート抵抗低減と放出面積の拡大が必要である。本研究では、グラフェン層の厚膜化によるシート抵抗低減を行い、放出電子電流に与える影響を評価した。

**実験方法:** 以下の工程により平面型グラフェン電子源を製作した。

- (1) ドライ熱酸化により、シリコン基板上に厚さ 10 nm の SiO<sub>2</sub> を成膜する。
  - (2) プラズマ CVD 法により、グラフェン層を SiO<sub>2</sub> 上に直接合成する。
  - (3) グラフェン層へ導通を取るコンタクト電極として Ni と Ti をそれぞれ蒸着する。
- グラフェン層の成膜温度は一定とし、成膜時間を変えることで膜厚制御を行った。成膜したグラフェン層のシート抵抗を計測し、さらに圧力 10<sup>-6</sup> Pa 下における放出電子電流を測定した。

**結果と考察:** 図 2 にグラフェン層のシート抵抗に対する放出電子電流を示す。放出面積の大きさに関わらず、シート抵抗が 49.5 kΩ/sq. で放出電子電流は最大となった。一方、20.5 kΩ/sq. では放出電子電流が 1 桁程度減少した。これらの要因については講演にて議論する。今後は放出面積拡大に向けて、小面積のアレイパターンの製作を行う予定である。

1) Murakami, K., Tanaka, S., Miyashita, A., Nagao, M., Nemoto, Y., Takeguchi, M., and Fujita, J., *Appl. Phys. Lett.*, **108** (2016), pp. 083506-1-4.

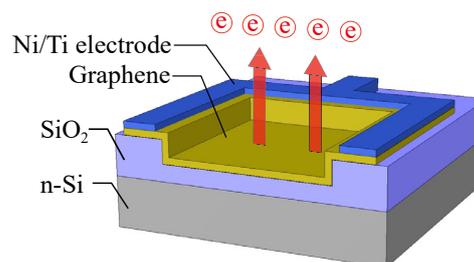


Fig. 1 A schematic of the electron source based on graphene-oxide-semiconductor.

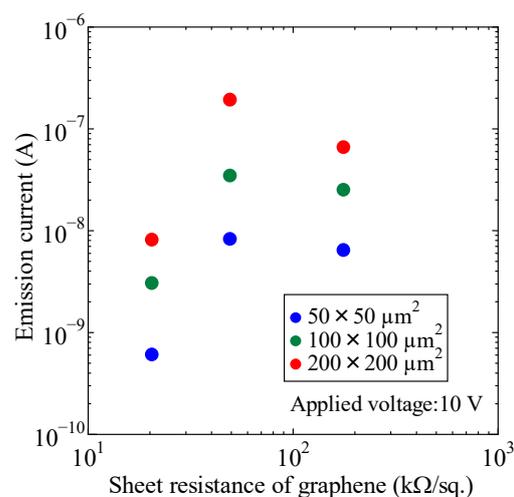


Fig. 2 Emission current of graphene-oxide-semiconductor electron sources as a function of the sheet resistance for different emission areas.