

Graphene/SiO₂/Si 積層構造型電子源を用いた イオンエンジン中和器の開発

SATテクノロジー・ショーケース2020

■ はじめに

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となっている。主に地球観測等の宇宙ミッション用に開発され、近年では電気推進機である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。イオンエンジンは希ガスを推進剤として生成したプラズマに電位を与えることで正イオンのみを放出し、その反力で推進する。そのため燃費が非常に高く、化学推進に比べ積載燃料を大幅に削減できる。一方で、イオン源から放出した正イオンを電氣的に中和するため、イオン源外部に設けた電子源(中和器)からイオンビームに向けて電子を放出する必要がある。従来はプラズマ中和器が併用されてきたが、推進剤を消費しない電界放出型電子源を適用すれば、超小型宇宙機のペイロード増加が期待される。そこで我々は、電界放出型電子源であるGraphene/SiO₂/Si積層構造型電子源(GOS型電子源)を応用し、イオンエンジン用小型中和器の開発を行っている。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SiO₂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。GOS型電子源は約10 Vの低電圧で駆動し、10-100 mA/cm²の高い電子電流密度で電子を放出できるため、非常に小型で低電力な中和器の実現が期待できる。

■ 活動内容

これまでのGOS型電子源で放出可能な電子の量は、電流値換算で約10 μ Aにとどまっており、中和器に必要とされる数 mAの放出電子電流を達成することが課題である。本研究では、GOS型電子源の放出面積を拡大することで、放出電子電流増大に取り組んだ。

1. 電子源の作製

以下の工程によりGOS型電子源を製作した。

- (1) ドライ熱酸化により、シリコン基板上に厚さ10 nmのSiO₂を成膜する。
- (2) 化学気相成長により、グラフェンをSiO₂層上に直接合成する。
- (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。

上記の高電流密度は数十～数百 μ m角の放出面積において達成される。そこで、数百 μ m角の小面積素子を数 mm²内に多数配置することで、高電流密度という特性を生かした電流量増大を目指した。

2. 電子放出性能の評価

真真空度10⁻⁶ Paのチャンバー内において、電子源に電圧を印加した際に放出される電子をコレクタ(SUSプレート)で捕集した。コレクタに流れた電流値を測定計にて読み取った。

図2に100 μ m角を3 mm角ウェハ内に380個配置した電子源の放出電子電流の結果を示す。0 Vから0.1 Vずつ印加電圧を上昇させ、13.4 Vにおいて最大放出電子電流として2.1 mAを達成した。

■ 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, JP18K18910, および、JAXA研究開発部門の支援によって得られたものである。

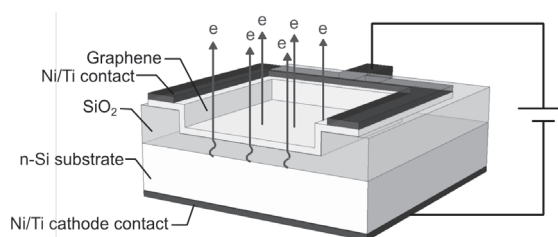


図1 Graphene/SiO₂/Si 積層平面型電子源の概略図。

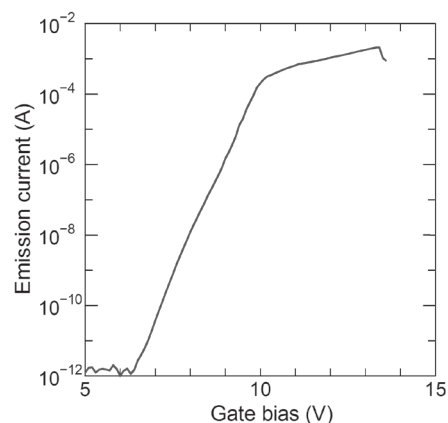


図2 集積化したグラフェン電子源の放出電子電流 I_A 。

代表発表者 古家 遼(ふるや りょう)
所 属 横浜国立大学大学院 理工学府
機械・材料・海洋系工学専攻
産業技術総合研究所
ナノエレクトロニクス研究部門

問合せ先 〒240-8501
神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5
TEL:045-339-3014

■キーワード: (1)イオンエンジン
(2)グラフェン
(3)電子源

■共同研究者: 村上 勝久, 長尾 昌善(産総研)