## 平面型グラフェン電子源の地球低軌道応用に向けた原子状酸素耐性向上

**Resistance Improvement of Graphene-Oxide-Semiconductor Planar-Type Electron** 

Sources Against Atomic Oxygen for Low Earth Orbit Applications

横国大理工<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup> <sup>O</sup>(M2) 松本 直之<sup>1,2</sup>, 鷹尾 祥典<sup>1</sup>, 長尾 昌善<sup>2</sup>, 村上 勝久<sup>2</sup>

YNU<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, °Naoyuki Matsumoto<sup>1,2</sup>, Yoshinori Takao<sup>1</sup>, Masayoshi Nagao<sup>2</sup>, Katsuhisa Murakami<sup>2</sup>

E-mail: matsumoto-naoyuki-hv@ynu.jp

## ■ 背景および目的

推進機を搭載した超小型衛星の登場により,地 球低軌道上における衛星の軌道遷移や軌道維持 を要する高度なミッションが,低コストで実現可 能となることが期待されている. イオンスラスタ は超小型衛星にも搭載実績がある推進機であり, 生成したプラズマから正イオンを静電的に加速・ 噴出することで推力を発生させる.同時に中和器 から電子を放出し, 正イオンビームを中和する必 要があり,従来は駆動に推進剤を必要とするホロ ーカソード等が用いられてきた.現在研究が進め られている平面型グラフェン電子源 (GOS) は, 駆動に推進剤を必要とせず、10-20Vの低印加電 圧で 1-100 mA/cm<sup>2</sup>の高電子電流密度を提供可能 である. そのため, このデバイスを中和器として 応用することで,推進系の小型化が期待できる. 図1に平面型グラフェン電子源の概略図を示す. 平面型グラフェン電子源は graphene/SiO<sub>2</sub>/n-Si の 積層構造から成る. グラフェン層と Si 基板間に ゲート電圧 VGを印加することで生じるトンネル 効果により、電子を放出する.

超小型衛星を利用したミッションが想定され る地球低軌道では,紫外線による酸素の解離で生 じた原子状酸素 (Atomic Oxygen: AO) が多く存 在し,高度 200-600 km で支配的な大気成分とな っている.平面型グラフェン電子源が化学的反応 性の高い AO に晒されると,グラフェン層が酸 化・消失し,電子源の機能が失われる恐れがある. そのため,地球低軌道上で平面型グラフェン電子 源を中和器として使用するためには,デバイスの グラフェン層を AO から保護する必要がある.本 研究では,平面型グラフェン電子源の地球低軌道 利用に向けて,酸素耐性と電子透過性の両立が望 める六方晶窒化ホウ素 (h-BN) によりデバイス のグラフェン層を保護し,酸素耐性向上を試みた.

## ■ 実験方法

まず,単層 h-BN 付きの平面型グラフェン電子 源を作製した. 銅箔上に CVD 法で成膜された単 層 h-BN を転写することにより,グラフェン電極 上に保護膜を成膜した.単層 h-BN による効果を 評価するため,単層 h-BN の保護膜を施していな いデバイスも同時に作製した. 次に,作製した2種類のデバイスに対して,酸 素プラズマアッシャーを用いて AO 照射を4分 間行い,その前後における放出電子電流密度 $J_{A-}$ 電 $E V_{G}$ 特性を測定した.それらの結果を比較し, 単層 h-BN によるデバイスの電子放出性能や酸素 耐性への影響を評価した.

## ■ 結果・考察

まず,作製した2種類のデバイスについて,ア ッシング前の放出電子電流密度を比較した.その 結果,単層 h-BN 付きデバイスでも保護膜無しの デバイスとほぼ同量の電子が放出可能であるこ とが確認された.次に,アッシング後の放出電子 電流密度の比較を行った.図2にアッシング4分 後におけるデバイスの $J_A-V_G$ 曲線を示す.保護膜 無しのデバイスは,電圧を印加しても電子が放出 されない.一方で,単層 h-BN 付きデバイスは, 電子放出可能であった.これは,単層 h-BN の保 護院により平面型グラフェン電子源の酸素耐性 が向上したことを示す.講演では,デバイスの電 子放出性能や酸素耐性の詳細について議論する.



Fig.1 A schematic of GOS electron sources.



Fig.2 The  $J_{\rm A}$ - $V_{\rm G}$  curves of the GOS electron sources after the ashing for 4 minutes.