

六方晶窒化ホウ素による 平面型グラフェン電子源の酸素耐性向上

SATテクノロジー・ショーケース2021

■ はじめに

低価格・短期間の開発が可能な超小型衛星は、近年打ち上げ数が増加している。さらに、地球低軌道における高度維持や軌道遷移などを目的として、イオンスラスタを搭載した超小型衛星も登場し始めている。イオンスラスタは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る。従来は、駆動に推進剤を必要とするホローカソード等の中和器が用いられてきた。現在研究が進められている平面型グラフェン電子源は、駆動に推進剤を必要とせず、10-20 Vの低印加電圧で1-100 mA/cm²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、超小型衛星の推進系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/SiO₂/Siの積層構造から成る。グラフェン層とSi基板間に電圧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ている地球低軌道は、紫外線による酸素の解離で生じた原子状酸素が多く存在する。原子状酸素は化学的反応性が高い。そのため、平面型グラフェン電子源のグラフェン層が、原子状酸素により酸化・消失し、デバイスの電子源としての機能が失われることが懸念されている。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。

■ 活動内容

1. h-BN保護膜付きの平面型グラフェン電子源作製

以下の手順で単層のh-BN保護膜付きの平面型グラフェン電子源を作製した。また、h-BNの有無による影響を比較するため、保護膜がない素子も同時に作製した。

- (1) Si基板上に約10 nmの熱酸化膜を成膜する。
- (2) CVD法により約1 nmのグラフェン層を成膜する。
- (3) グラフェン層に電気的導通を取るための電極を、電子ビーム蒸着法とリフトオフプロセスにより形成する。
- (4) 転写法により単層h-BN保護膜をグラフェン層上に成膜する。

2. 作製した電子源の酸素耐性評価

作製した2種類の素子に対し、最初に放出電子電流密度を測定し、結果を2種類の素子間で比較した。その結果、単層h-BNそのものによる素子の電子放出性能劣化は確認されなかった。次に、酸素プラズマアッシャーによる原子状酸素照射を4分行った (アッシング)。アッシング後に放出電子電流密度を測定し、結果を2種類の素子間で比較することで、h-BNの有無が酸素耐性へ与える影響を評価した。測定した放出電子電流密度 J_A -電圧特性を図2に示す。アッシング後において、h-BNなしの素子は電子放出をしていないのに対し、単層h-BNにより保護された素子は電子放出が可能であった。以上より、単層h-BN保護膜により、電子放出性能を損なうことなく平面型グラフェン電子源の酸素耐性を向上させることに成功した。

■ 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。特願2020-051288。

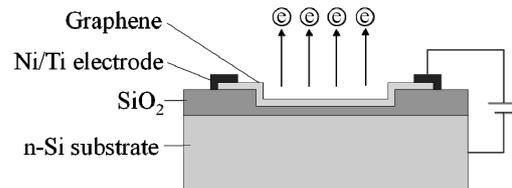


図1 平面型グラフェン電子源の概略図

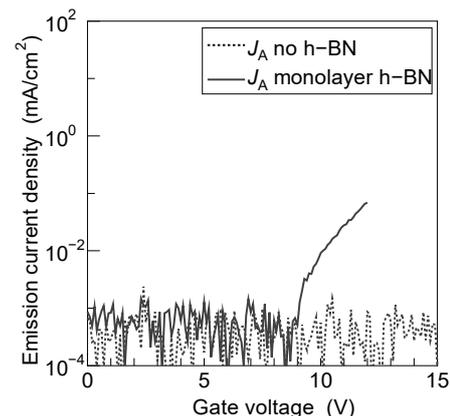


図2 アッシング4分後における2種類の素子の放出電子電流密度 J_A -電圧特性

代表発表者
所属

松本 直之(まつもと なおゆき)
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
デバイス技術研究部門

問合せ先

〒240-8501
神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5
TEL: 045-339-3889

■キーワード: (1) イオンスラスタ
(2) 平面型グラフェン電子源
(3) 六方晶窒化ホウ素 (h-BN)

■共同研究者: 村上 勝久, 長尾 昌善 (産総研),
鷹尾 祥典 (横国大)