

Si 上 h-BN 直接成膜手法の開発と 転写フリーGraphene/h-BN/n-Si 平面型トンネル陰極

SATテクノロジー・ショーケース2023

■ はじめに

近年、本研究グループが開発した graphene/六方晶窒化ホウ素(h-BN)/n-Si 平面型トンネル陰極は、低電圧・低真空下で高単色性電子ビームを大電流密度で放出可能である。その電子ビームのエネルギー半値幅は 0.18 eV である。これは現在最も高性能であるタングステン冷陰極の 0.3 eV を大きく凌ぐ値であり、電子顕微鏡類の高性能化や電子戦リソグラフィへの応用が期待できる。Graphene/h-BN/n-Si 平面型トンネル陰極の高単色性電子ビームは絶縁層に h-BN を用いることで実現している。軽元素で構成される h-BN を利用することで、絶縁層での電子の非弾性散乱を大きく抑制できるためである。

しかし、これまで h-BN 絶縁層は Cu 箔上に成膜した h-BN を Si 基板に転写して形成していたため量産化が困難であった。量産性向上のためには、Si 基板上への直接成膜が重要である。本研究では、誘導結合型プラズマ CVD 法(ICP-CVD)により、Si 基板上への h-BN の直接成膜手法を開発し、転写フリーの Graphene/h-BN/n-Si 平面型トンネル陰極の作製及び電子放出特性の評価を実施した。

■ 活動内容

1. Si基板上h-BN直接成膜

h-BNの前駆体には液相ボラジン($B_3H_6N_3$)を使用し、 N_2 バブリングによりキャリアガス($H_2 \cdot Ar \cdot N_2$)と共に反応炉に供給し、ICP-CVDにより電気炉内でSi基板上にh-BNを成膜した。評価はラマンスペクトルと光透過スペクトルの測定に行った。

成膜したh-BNのラマンスペクトルを図1に示す。比較のために触媒Cu箔上に成膜したh-BNをSiO₂基板上に転写したものも同時に示した。半値幅は、ともに、 33.9 cm^{-1} であった。また、光透過率の測定から算出した光学バンドギャップは、直接成膜したものとCu箔上に成膜されたものそれぞれ、5.82 eV, 5.79 eV (理論値: 5.92 eV) であり、Cu触媒上に成膜したものと同等レベルの光学特性のh-BN薄膜の合成に成功した。

2. Graphene/h-BN/n-Si平面型トンネル陰極

Graphene/h-BN/n-Si平面型トンネル陰極の作製工程を以下に示す。

- (1) SiO₂(300 nm)/n-Si基板に、フォトリソグラフィ及びウェットエッチングにより電子放出パターンを形成
- (2) Graphene/h-BNをICP-CVDにより成膜
- (3) フォトリソグラフィ及びドライエッチングにより Graphene/h-BNをパターンニング

(4) EB蒸着によりNi/Tiコンタクト電極を形成

以上プロセスにより作製したGraphene/h-BN/n-Si平面型冷陰極の電子放出特性を図2に示す。15 Vの電圧印加で、 3 mA/cm^2 の大電流密度の電子放出に成功した。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

電子放出素子及び電子顕微鏡, 特開2020-184453

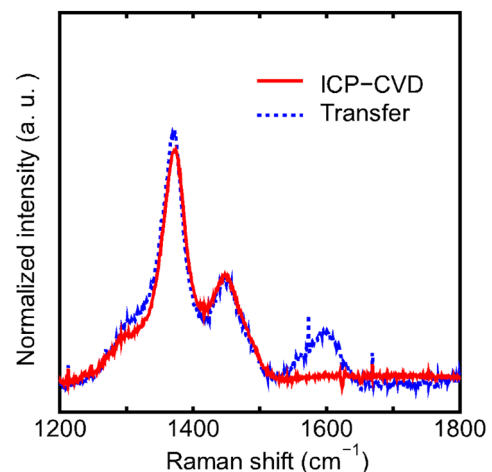


図1 直接成膜 h-BN と Cu 上 h-BN のラマンスペクトルの比較

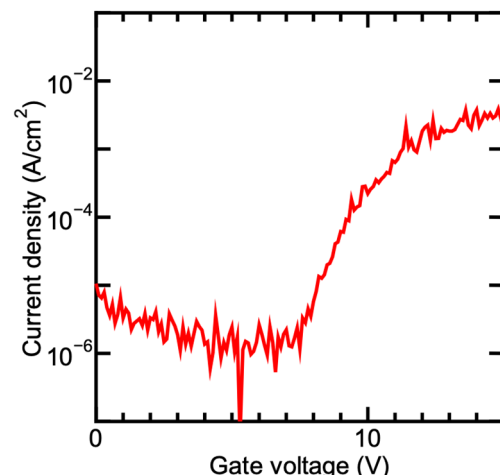


図2 直接成膜 h-BN を利用した Graphene/h-BN/n-Si 平面型トンネル陰極の放出電子電流

代表発表者 山本 将也(やまもと まさや)
所 属 静岡大学 総合科学技術研究科工学専攻
産業技術総合研究所 デバイス技術研究部門
問合せ先 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1
静岡大学電子工学研究所
TEL: 029-861-6202

■キーワード: (1) 六方晶窒化ホウ素(h-BN)
(2) グラフェン
(3) 電子銃

■共同研究者: 村上 勝久, 村田 博雅, 長尾 昌善(産総研)
三村 秀典, 根尾 陽一郎(静岡大)