

Graphene/h-BN 構造を用いた転写フリー平面型電子源の開発

Development of transfer-free planner-type electron sources

based on graphene/h-BN heterostructure

静大電研¹, 産総研², [○]山本 将也^{1,2}, 村田 博雅², 長尾 昌善², 三村 秀典¹, 根尾 陽一郎¹, 村上 勝久²

Shizuoka Univ. ¹, AIST. ², [○]Masaya Yamamoto^{1,2}, Hiromasa Murata², Masayoshi Nagao²,

Hidenori Mimura¹, Yoichiro Neo¹ and Katsuhisa Murakami²

E-mail: yamamoto.masaya.17a@shizuoka.ac.jp

【研究背景】

本研究グループが開発した graphene/h-BN/n-Si 積層型平面電子源(Fig. 1)は, エネルギー半値幅 0.18 eV の高単色性電子ビームを放出可能な電子源である^{[1][2]}. さらに低真空(~10 Pa)・低電圧(10 V~)で動作することから, 高分解能電子顕微鏡や電子ビームリソグラフィのみならず, 幅広い分野への応用が期待できる. しかし, 本デバイスの高単色性電子ビームの実現において重要な役割を担う h-BN 絶縁層の形成プロセスに転写法を利用していたため, 量産化が難しく, また, しわ・クラックの発生も課題であった. そこで本研究では, 誘導結合型プラズマ CVD 法(ICP-CVD)により Si 基板上への h-BN の直接成膜技術の開発と graphene/h-BN/n-Si 積層平面型電子源の電子放出特性の評価を行った.

【実験方法】

h-BN の前駆体には液相ボラジン(B₃H₆N₃)を使用し, N₂ バブリングによりキャリアガス(H₂・N₂)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. 成膜した h-BN は, ラマン分光法・光透過スペクトルにより評価した. 更に Si 基板上に直接成膜した h-BN を用いた Graphene/h-BN/Si 積層平面型電子源を試作し電子放出特性を評価した.

【実験結果】

Fig. 2 に直接成膜した h-BN 薄膜のラマン分光スペクトルを示す. リファレンスとして触媒 Cu 箔上 h-BN を SiO₂ 基板上に転写したものも示した. 半値幅は, 直接成膜 h-BN と転写 h-BN 共に 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 h-BN と転写 h-BN それぞれ, 5.82 eV, 5.79 eV(理論値: 5.92 eV) であり, 直接成膜 h-BN は転写 h-BN と同等レベルの光学特性を示した. 作製した Graphene/h-BN/n-Si 平面型電子源の電子放出特性を Fig. 3 に示す. 10 μm² の電子放出エリアから, 15 V の電圧印加で 3 nA の放出電流が得られ, 電子流密度に換算すると 3 mA/cm² の大電流密度の電子放出を達成した.

【参考文献】

[1] K. Murakami et al., ACS Appl. Mater. Interfaces **12**, 4061 (2019). [2] T. Igari et al., Phys. Rev. Applied **15**, 014044 (2021).

【謝辞】

本研究の一部は JSPS 科研費 JP18H01505, JP18K18910, JP19K04516, JP21H01401, JP22K18800 の助成を受けたものである.

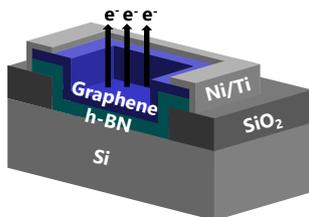


Fig. 1. Schematic illustration of the graphene/h-BN/n-Si device.

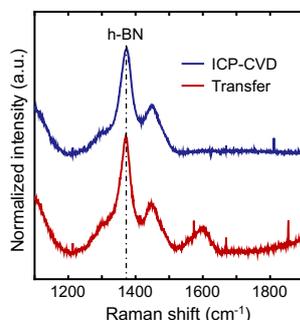


Fig. 2. Raman spectra of the h-BN on SiO₂.

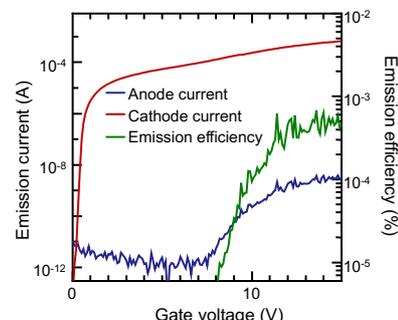


Fig. 3. Electron emission characteristics of the graphene/h-BN/n-Si device.