

ヘリウムイオンビームを用いたサスペンデッドグラフェンの微細加工

The etching of the suspended graphene by using He-ion beam milling

北陸先端大¹, 日立ハイテクサイエンス², サザンプトン大³, °武市 旺大¹, 兼竹 望¹,マノハラン・ムルガナタン¹, 八坂 行人^{1,2}, マレク・シュミット¹, 水田 博^{1,3}JAIST¹, Hitachi High-Tech Science², Univ. of Southampton³, °Ohta Takechi¹, Nozomu Kanetake¹,Manoharan Muruganathan¹, Anto Yasaka^{1,2}, Marek E. Schmidt¹, Hiroshi Mizuta^{1,3}

E-mail: s_ohta.takechi@jaist.ac.jp

[背景] 近年、ヘリウムイオンビームを用いてグラフェンを微細加工する研究が盛んに行われている^{[1],[2]}。一般的な FIB 装置は、ガリウムイオンビームを使用しているが、ヘリウムイオンビームを使用した場合、ガリウムに比べてイオンの侵入距離や二次電子収率が優れ^[3]、またグラフェンに与えるダメージが少ない。本研究では、ヘリウムイオンビームを使用するために、GFIS(電界電離ガスイオン源)搭載微細加工機を用いてサスペンデッド状態の単層グラフェンをイオンミリングした。

[実験] 機械的剥離法を用いて HOPG からグラフェンを剥離し、Si/SiO₂ 基板上に転写した。電子線蒸着・リフトオフ法で Au/Cr のコンタクト電極を作製した。次に HSQ でナノリボンのパターンを作製し、反応性イオンエッチングでグラフェンを加工した。その後 BHF を用いて HSQ/SiO₂ の犠牲層を除去し、超臨界乾燥を用いてサスペンデッドグラフェン構造を作製した。アニール後、GFIF 微細加工装置でヘリウムイオンビームを使用し、ミリングを行った。ヘリウムイオンビームの照射パターンを Fig. 1a に示す。ヘリウムイオンのドーズ量はそれぞれ 2.0×10^{18} , 5.0×10^{18} , 7.5×10^{18} , 1.0×10^{19} ions/cm² を使用した。

[結果] グラフェンのラマンスペクトルとヘリウムイオンミリング後の SEM 画像を Fig. 1b に示す。イオンミリング前のラマンスペクトルの G, 2D ピークより、単層グラフェンであることを確認した。点線で示した領域は、それぞれドーズ量を、(A) 2.0×10^{18} , (B) 5.0×10^{18} , (C) 1.0×10^{19} ions/cm² として照射した。この SEM 画像から、ドーズ量が 5.0×10^{18} ions/cm² では足りず、 1.0×10^{19} ions/cm² では十分である。Fig. 1c はグラフェンのラマンスペクトルとドーズ量を 7.5×10^{18} ions/cm² にして、イオンミリングを行った結果である。イオンミリング前のラマンスペクトルの G, 2D ピークより、単層グラフェンであることを確認した。(D) の領域は Fig. 1a に示す設計通りにイオンミリングされていることが確認できるが、(E) の領域は正しくミリングされていない。発表時にはこの差異とドーズ量について議論する。

[謝辞] 本研究は JSPS 科研費 25220904 の助成を受けたものです。

[1] N. Kalhor *et al.*, Microelectron. Eng. 114, 70-77 (2014). [2] M. C. Lemme *et al.*, ACS Nano, vol. 3, no. 9, 2674-2676 (2009). [3] T. Ishitani *et al.*, Vacuum 84, 1018-1024 (2010).

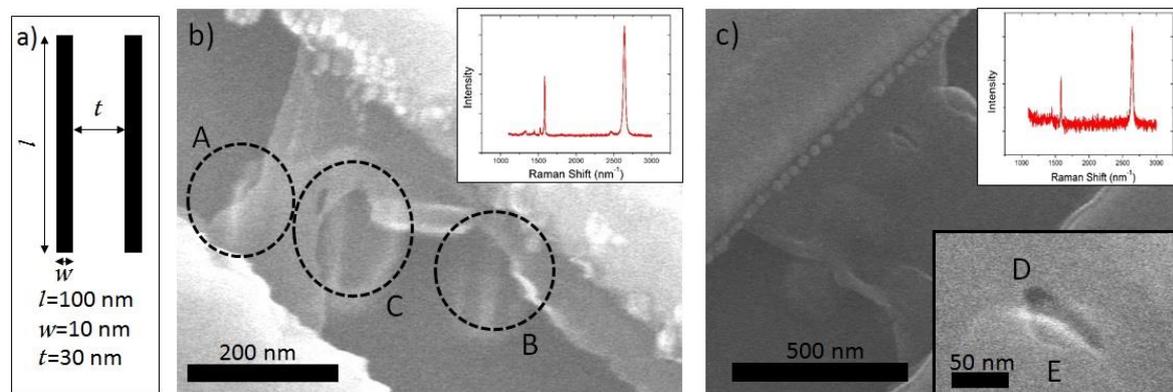


Fig.1 (a) ミリング用パターン。(b) グラフェンのラマンスペクトルとイオンミリング後の SEM 画像。ドーズ量はそれぞれ (A) 2.0×10^{18} ions/cm², (B) 5.0×10^{18} ions/cm², (C) 1.0×10^{19} ions/cm²。サスペンデッド状態の作製時にグラフェンのエッジ部分が 2 重にカーリングしている。(c) グラフェンのラマンスペクトルとイオンミリング後の SEM 画像。ドーズ量は 7.5×10^{18} ions/cm²。