

グラフェン研究におけるこれまでの取り組みと今後の展望

Graphene research at Fujitsu and its future prospect

富士通研究所, 富士通 佐藤 信太郎

Fujitsu Laboratories Ltd., Fujitsu Limited

E-mail: sato.shintaro@fujitsu.com

富士通研究所では、カーボンナノチューブの研究を 2000 年ごろから開始し、2007 年ごろからは、グラフェンの研究にも取り組んできた。最近では、遷移金属ダイカルコゲナイドなどの二次元材料のほか[1]、グラフェンを細くしたグラフェンナノリボン(GNR)のボトムアップ合成にも取り組んでいる[2,3]。当初は、大規模集積回路 (LSI) の配線応用に主として取り組み[4-6]、その後、放熱[7]、トランジスタ[8-10]、センサ応用など[1,11]、各種応用を検討してきた。ナノカーボン材料の研究を開始して約 20 年、グラフェンに関しては 10 年を超えるが、その間に社会は大きく変貌し、また弊社を取り巻く状況、また弊社自体も大きく変わってきた。

本講演では、これまでの我々のグラフェンを含むノカーボン材料、二次元材料への取り組みを紹介すると共に、今後の展望について概説する。例えば図 1 は、トップダウンで作製した、8nm 幅の多層グラフェン配線の走査電子顕微鏡像である[6]。銅配線を凌駕するような低い抵抗と、高い信頼性を示した。また図 2 に示したのは、最近ボトムアップ合成に成功した、17つのダイマールラインを持つアームチェアエッジ GNR (17-AGNR) の操作トンネル顕微鏡像、非接触原子間力顕微鏡像である[3]。17-AGNR は孤立した状態で約 0.6eV とゲルマニウムに近いバンドギャップを持ち、有効質量も小さいことが確認された。

本研究の一部は JST、CREST (No. JPMJCR15F1) の支援を受けたものである。また一部は、日本学術振興会(JSPS)の最先端研究開発支援プログラム(FIRST)により支援を受けた。

[1] K. Hayashi, et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **12**, 12207 (2020) [2] H. Hayashi, et al., *ACS Nano* **11**, 6204 (2017) [3] J. Yamaguchi, et al., *Commun. Mater.* **1**, 36 (2020) [4] M. Nihei, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **44** 1626 (2005) [5] Y. Awano, et al., *Proc. IEEE* **98**, 2015 (2010) [6] D. Kondo, et al., 2014 IEEE International Interconnect Technology Conference (IITC), p.189 (2014) [7] D. Kondo, et al. 2017 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), p.353 (2017) [8] N. Harada, et al., *Appl. Phys. Lett.* **96**, 012102 (2010) [9] D. Kondo, et al., *Appl. Phys. Express* **3**, 025102 (2010) [10] S. Nakaharai, et al., *ACS Nano* **7**, 5694 (2013) [11] N. Harada, et al., 2016 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), p.476 (2016)

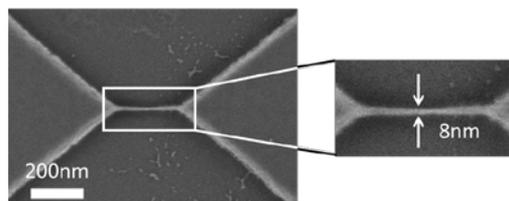


Fig. 1 Scanning electron microscope image of an 8-nm-wide multilayer graphene interconnect

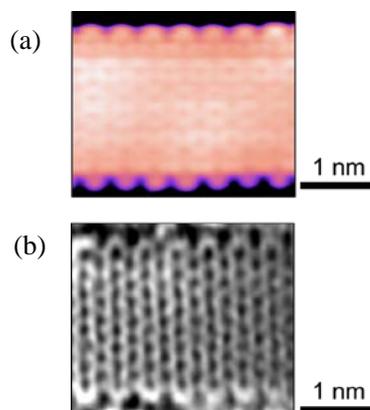


Fig. 2 (a) Scanning tunneling microscope image and (b) non-contact atomic force microscope image of 17-AGNR