

ヘリウムイオン照射グラフェンにおける磁気抵抗のドーズ量依存性

Dose dependence of magnetoresistance in helium-ion-irradiated graphene

北陸先端大¹, 物材機構², 群馬大³, 産総研⁴, 日立ケンブリッジ研⁵,
 ○中村 周^{1*}, 岩崎 拓哉², Manoharan Muruganathan¹, 赤堀 誠志¹,
 守田 佳史³, 森山 悟士², 小川 真一⁴, 若山 裕², 水田 博^{1,5}, 中松 周²

JAIST¹, NIMS², Gunma Univ.³, AIST⁴, Hitachi Camb. Lab⁵, ○Shu Nakamura^{1*},
 Takuya Iwasaki², Manoharan Muruganathan¹, Masashi Akabori¹, Yoshifumi Morita³,
 Satoshi Moriyama², Shinichi Ogawa⁴, Yutaka Wakayama², Hiroshi Mizuta^{1,5}, Shu Nakaharai²
 E-mail*: s1610139@jaist.ac.jp

[背景] 欠陥を有するグラフェン素子は電気伝導度が急激に低下し、ゲート変調特性における on/off 比が向上する[1]。しかし、この詳細な機構は解明されていない。そこで、我々はヘリウムイオン顕微鏡(HIM)を用いたイオン照射により、照射領域とドーズ量を制御してグラフェンに欠陥を導入し、そのキャリア輸送特性を調べている。以前の報告では、ドーズ量 1×10^{15} ions/cm² のイオン照射グラフェン素子において負の磁気抵抗を観測した[2]。今回は、ドーズ量を変化させたチャンネルを同一グラフェンフレーク上に作製し、磁気抵抗のドーズ量依存性を調べた。

[方法] 素子作製では、機械的剥離法によりグラフェンを SiO₂(285 nm)/高ドープ Si 基板に転写し、Cr/Au ソース-ドレイン電極を電子線リソグラフィ、電子線蒸着、リフトオフにより作製した。HIM により、チャンネル長 40 nm、幅 500 nm と寸法を定義した。イオンドーズ量は 0 ions/cm²、 1×10^{14} ions/cm²、 5×10^{14} ions/cm² とした。測定では 2 端子 DC 測定で電流値を測定し、バックゲート変調により電荷密度を制御した。温度範囲は 1.6 ~ 300 K であり、垂直磁場(B)を 0 ~ 6 T で印加した。

[結果] ドーズ量 1×10^{14} ions/cm² のチャンネルの各温度における磁気抵抗変化率を図 1 に示す。ソースドレイン電圧は 30 mV、ゲート電圧は電荷中性点に対応する電圧を印加した。温度の低下と共に磁気抵抗変化率は負になる傾向を観測した。図 2 にドーズ量 5×10^{14} ions/cm² のチャンネルの磁気抵抗変化率を示す。低ドーズ量のチャンネル(図 1)と比較すると、各温度で磁気抵抗変化率はさらに負になる傾向があることが分かる。図 3 に温度 100 K におけるイオンドーズ量 0 ions/cm²、 1×10^{14} ions/cm²、 5×10^{14} ions/cm² の 3 つのチャンネルの磁気抵抗変化率を示す。これらの結果より、温度が低いほど、およびドーズ量が多いほど強く負の磁気抵抗が現れることが分かった。これらの結果は、ドーズ量(欠陥)が増加することにより、グラフェンにおける量子干渉効果によるキャリア局在がより強くなることを示唆している。また、いずれのチャンネルにおいても、高磁場印加時には磁気抵抗変化率が正に向かう傾向を観測した。これは、イオン照射していない領域のグラフェンの影響が大きいことが要因として考えられる。

[謝辞] 本研究は JSPS 科研費 18H03861、18K04260 の助成を受けて行われました。産総研飯島智彦氏、森田行則氏に SCR 共用施設ヘリウムイオン顕微鏡利用で感謝致します。

[参考文献] [1] S. Nakaharai *et al.*, *ACS Nano* **7**, 5694 (2013). [2] 岩崎他, 「ヘリウムイオン照射グラフェンの負の磁気抵抗」, 2018年第79回応用物理学会秋季学術講演会[18p-PB3-48].

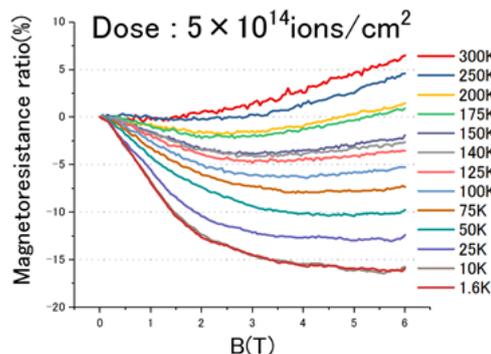


Fig.2: Magnetoresistance ratio of the device with the dose of 5×10^{14} ions/cm² for various temperatures.

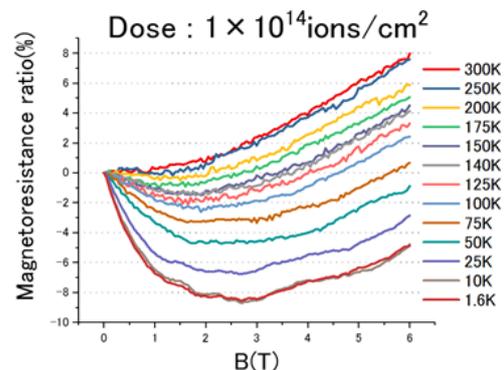


Fig. 1: Magnetoresistance ratio of the device with the dose of 1×10^{14} ions/cm² for various temperatures.

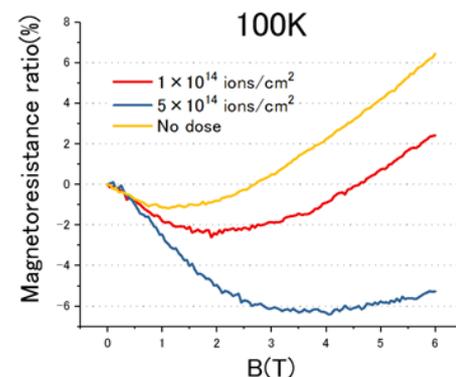


Fig. 3: Magnetoresistance ratio of the device for no dose (yellow), 1×10^{14} ions/cm² (red) and 5×10^{14} ions/cm² (blue) at 100 K.