

ヘリウムイオン照射グラフェンの負の磁気抵抗

Negative Magnetoresistance of Helium-ion-irradiated Graphene

物材機構¹, 北陸先端大², 群馬大³, 産総研⁴, 日立ケンブリッジ研⁵,
 ○岩崎 拓哉^{1,2}, Gabriel Agbonlahor², Manoharan Muruganathan², 赤堀 誠志²,
 守田 佳史³, 森山 悟士¹, 小川 真一⁴, 若山 裕¹, 水田 博^{2,5}, 中弘 周¹
 NIMS¹, JAIST², Gunma Univ.³, AIST⁴, Hitachi Camb. Lab⁵, ○Takuya Iwasaki^{1,2},
 Gabriel Agbonlahor², Manoharan Muruganathan², Masashi Akabori², Yoshifumi Morita³,
 Satoshi Moriyama¹, Shinichi Ogawa⁴, Yutaka Wakayama¹, Hiroshi Mizuta^{2,5}, Shu Nakaharai¹
 E-mail: IWASAKI.Takuya@nims.go.jp

欠陥を有するグラフェンを用いた素子は、ゲート変調特性における on/off 比が向上する等といった性質を持つ[1]。一方、電流制御を可能としている詳細な機構は未だに解明されておらず、欠陥を制御された素子の解析が必要となる。欠陥を制御して導入することが出来れば、物性解析および応用展開が可能であり、そのために様々なアプローチが行われている[2]。その中でもヘリウムイオン顕微鏡(HIM)は、欠陥密度の制御および欠陥導入領域を精細な空間分解能で制御が可能であり、この目的に対し非常に有効な手法である。そこで本研究では、欠陥を有するグラフェンの電流制御の起源の解明を目指し、HIMを用いてグラフェンに密度・導入領域を制御して欠陥を導入し、電気伝導特性を低温・磁場環境下で測定し、そのキャリア輸送機構を調べた。

素子作製では、まずグラフェンを高配向熱分解グラファイトから機械的剥離法により SiO₂(90 nm)/高ドーパ Si 基板に転写した。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。素子の概略図を Fig.1(挿入図)に示す。HIMによりグラフェンチャンネル領域(緑色、20×500 nm²)にドーズ量 1×10¹⁵ ions/cm² でイオン照射した。また、高ドーズ(3×10¹⁶ ions/cm²)で照射した領域(青色)はソース-ドレイン間の伝導には寄与しない。測定では2端子 DC 測定で電流値を測定し、ゲート変調にはバックゲートを用いた。測定環境には超伝導マグネットおよび温度可変インサート付⁴He クライオスタットを用いた。

温度 1.7 K におけるイオン照射チャンネルのドレイン電流-バックゲート電圧特性を Fig.1 に示す。磁場を変調させたところ、磁場の上昇に伴う電流の上昇を観測した。温度 1.7 K における磁場に対する抵抗変化率を Fig.2 に示す。ゲート電圧に依らず負の磁気抵抗を観測し、その変化率はディラック点付近(~20 V)で大きくなっている。これは、通常のグラフェンにおいて観測される正の磁気抵抗とは大きく異なる[3]。これらの結果より、イオン照射により低密度の欠陥を有するグラフェンにおいて、量子干渉効果によるキャリア局在が発生していることが示唆され、この性質が電流抑制・制御に関係していることが推察される。

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。

[1] S. Nakaharai *et al.*, *ACS Nano* **7**, 5694 (2013). [2] J. Moser *et al.*, *Phys. Rev. B* **81**, 205445 (2010).

[3] Y.B. Zhou *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **98**, 222502 (2011).

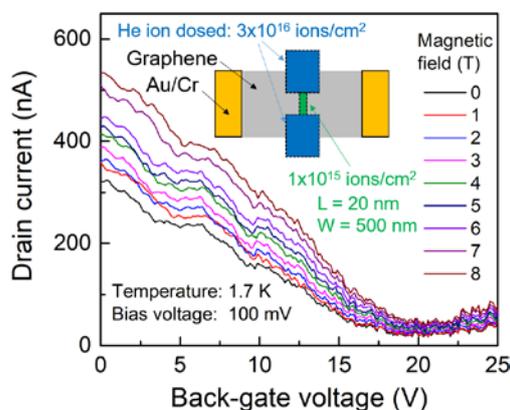


Fig.1 Drain current vs. back-gate voltage of the device at 1.7 K for various magnetic field. Inset shows the schematic illustration of the device.

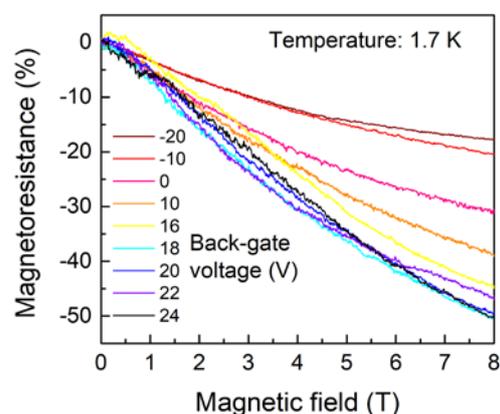


Fig.2 Magnetoresistance vs. magnetic field of the device at 1.7 K for various back-gate voltage.