

雷予知に向けたグラフェン電界センサの高感度化検討

Study of graphene electric field sensor with higher sensitivity for lightning prediction

○上利 龍史¹, カリクンナン・アフサル¹, 工藤 剛史²,
 圓山 武志², 水田 博^{1,3}, マノハラン・ムルガナタン¹
 北陸先端大¹, 音羽電機工業株式会社², 日立ケンブリッジ研³
 ○Tatsufumi Agari¹, Kareekunnnan Afsal¹, Takeshi Kudo²,
 Takeshi Maruyama², Hiroshi Mizuta^{1,3}, Manoharan Muruganathan¹
¹JAIST, ²OTOWA ELECTRIC CO., LTD, ³Hitachi Cambridge Lab
 E-mail: s1910002@jaist.ac.jp

【背景】落雷を事前に予知するためには、落雷発生前の雷雲下における地上での垂直電界変化を検出することが必要となる。実際のフィールド上の電界は快晴時には日によって 80~200 V/m 程度の差がある。このバックグラウンドの差を正しく校正するには±10V/m レベルの電界検出精度が必要である。本報告ではグラフェンの高い電子移動度と電界変化によって SiO₂ 中の電子トラップ[1]がグラフェンのフェルミレベルを変化させることを利用することで、電界変化を検出する。同様な構造のデバイスを用いた先行研究[2]では、-200 V/m の検出限界が報告されており、省スペース、省電力の電界センサとして期待されている。また類似研究において SiO₂ 中にトラップされたキャリアの寿命時間とグラフェン中のキャリアの移動速度がその検出限界に影響することが報告されている[3]。さらに本報告では新構造として六方晶窒化ホウ素(hBN)を用いたデバイスを用いることでグラフェン中のキャリアの移動時間を向上させる[4]ことで検出限界を向上させ雷予知を可能にすることを目指した。

【方法】デバイスを作製のために、電子線リソグラフィおよび電子線蒸着を利用することで SiO₂/Si 基板上に Au/Cr のアドレスパターンを作製した。次に機械的剥離法によりグラフェンを基板上に転写した。その後、65 nm の高さの Au/Cr のソース・ドレイン電極を作製した。その後、グラフェン上に SiO₂ を 50 nm 蒸着し、その上に Au/Cr のトップゲート電極を作製した。また、グラフェンの移動度を向上させるために hBN を用いたデバイスを作製した。手順としてグラフェン上に SiO₂ の代わりとして機械的剥離法により hBN を転写し、その上にトップゲート電極を作製した。デバイス作製後、雷雲下の環境を疑似的に再現したプローバを用いて、電界強度を変化させながら測定を行った。

【結果・考察】ドレイン電圧 0.1 V を印加し、測定中に電界を変化させてそのときの電流値 I_d の変化量を測定した。この測定により正負どちらの電界でもほぼ同じ変化量であり、電界強度の絶対値に対して対称性を持つことが確認できた。また同じデバイスを用いて電界の検出限界を測定した。その結果、-250 V/m の検出限界を達成した。次に I_d - V_g 測定を異なる強度の電界下で行い、電荷中性点のシフトを測定した。その結果、CNP は確認できなかったが I_d がシフトしていることを確認した。このことから I_d のシフトは SiO₂/Si 界面にトラップされたキャリアによるグラフェンのフェルミレベルのシフトに起因することを確認した。トップゲートに hBN を用いたデバイスによる詳細な結果は当日報告する。

【参考文献】[1]Haomin Wang, et al, ACS Nano, 4, 12, 7221-7228, Nov. 2010 [2]Wenhui Wang, et al, IEEE Electron Device Lett, vol. 38, no. 8, Aug. 2017 [3]Gerasimos Konstantatos, Nature Nanotechnology, 7, 363-368, (2012). [4]Han Wang, et al, IEEE Electron Device Lett, vol. 32, No. 9, Sept. 2011

【謝辞】本研究は音羽電機工業株式会社, Center Of Innovation (COI) JPMJCE1309, JPMJTM20DS の助成を受けたものです。

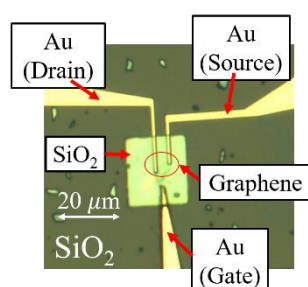


Fig. 1 デバイスの構造

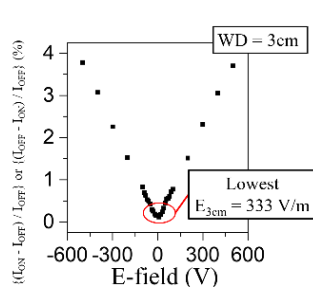


Fig. 2 I_d の変化率

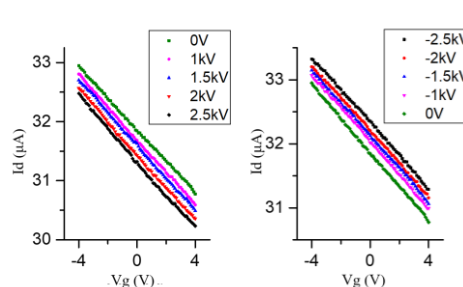


Fig. 3 各電界における I_d - V_g