

溶液ゲートグラフェン FET における電気二重層の役割

Role of an electric-double layer on solution-gated graphene FETs

徳島大 pLED¹, 徳島大院² °大野 恭秀^{1,2}, 川越 悠斗², 谷口 嘉昭^{1,2}, 永瀬 雅夫^{1,2}

pLED, Tokushima Univ.¹, Graduate School of Advanced Technology and Science, Tokushima Univ.²,

°Yasuhide Ohno^{1,2}, Yuto Kawagoshi², Yoshiaki Taniguchi^{1,2}, Masao Nagase^{1,2}

E-mail: ohno@ee.tokushima-u.ac.jp

グラフェンは大きな比表面積によって高感度センサ材料として期待されている。バイオセンサとして利用する場合はグラフェン FET を溶液ゲートで動作させる必要があり、溶液中のイオンが作る電気二重層が FET の絶縁層として働くことでセンサ測定を行う。この絶縁層の厚さは Debye 長と呼ばれ、Debye-Hückel の式により温度と溶液の濃度によって変化する。Debye 長の外側では遮蔽効果によりターゲットの電荷を検出できないため、Debye 長を超えない分子認識材料を探す必要がある。しかしながら、グラフェン FET においては Debye 長とデバイス特性に関して未だ詳細に調べられていない。今回、大面積・単結晶のエピタキシャルグラフェンを用いて溶液ゲートにおける静電容量を測定して Debye 長がグラフェン FET に及ぼす影響を調べた。

4H-SiC 基板を Ar 雰囲気中で 1650 °C に加熱してグラフェン試料を作製し、リソグラフィを用いて Hall バー構造を形成した。中央にある 3 mm 角部分に溶液が触れるようにゴムプールを配置し、Ag/AgCl 参照電極をゲート電極として用いた。FET 特性は Keysight B1500A を、静電容量測定を Keysight B2912A を用いて測定した。

Fig. 1 にリン酸緩衝溶液の濃度を変化させた時の伝達特性を示す。Fig. 1 より、エピタキシャルグラフェン FET は濃度を増加させてもドーピングなどが生じず、伝達特性は殆ど変化を示さないことが分かる。溶液の濃度が増加すると Debye 長は短くなるため、系の静電容量は大きくなることが予想されるがこの結果はそれに反する。静電容量を確認するために低周波数 (10 mHz) での C-V 測定を行った結果を Fig. 2 に示す。Dirac 点を中心に両極性的な C-V カーブが得られ、この系ではほぼ量子容量で支配されていることを示しており[1]、水溶液では電気分解が起きる程度の電圧である -1 V 付近でも濃度によって容量は殆ど変化していないことが分かった。以上の結果より水溶液でのゲート動作において Debye 長はグラフェン FET の特性にはほぼ影響を与えないことが分かった。

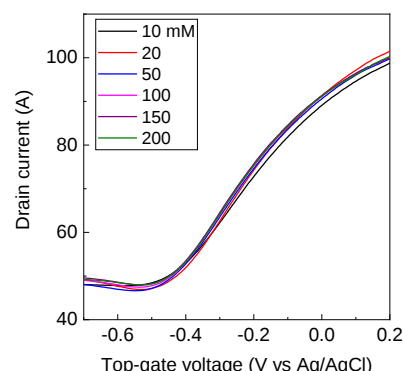


Fig. 1: PBS concentration dependences of I_d - V_g .

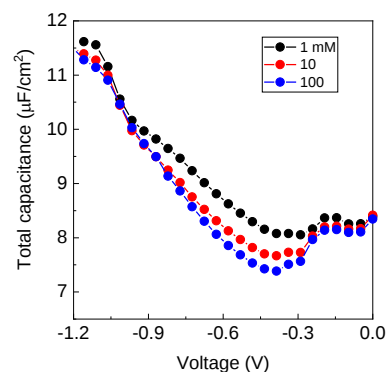


Fig. 2: PBS concentration dependences of C-V.

[1] J. Xia et al., Nat. Nanotechnol. 4, (2009) 505.