

単層グラフェン電気二重層トランジスタの電子状態の ESR 研究

ESR study on electronic states of single-layer graphene electric double-layer transistors

筑波大院数物¹, 九大先導研², 早大院先進³, 筑波大学学際セ⁴

藤田 直大¹, 松本 大佑¹, 櫻井 勇希¹, 河原 憲治², 吾郷 浩樹², 竹延 大志³, 丸本 一弘^{1,4}

Univ. of Tsukuba¹, Kyushu Univ.², Waseda Univ.³, TIMS, Univ. of Tsukuba⁴

N. Fujita¹, D. Matsumoto¹, Y. Sakurai¹, K. Kawahara², H. Ago², T. Takenobu³, K. Marumoto^{1,4}

E-mail: s-fujita@ims.tsukuba.ac.jp, marumoto@ims.tsukuba.ac.jp

はじめに： グラフェンは極めて高い電子移動度、光学特性、熱特性、力学特性など多くの優れた物性を示す炭素材料であり、次世代エレクトロニクスの材料としても期待されている。一方、その電子状態やスピン状態について微視的な観点からの研究は少ない。そこで本研究では、理想的な 2 次元電子構造を持つ単層グラフェンを用いた電気二重層トランジスタ (EDLT) 構造を作製し、その電子状態とスピン状態に関して、電子スピン共鳴 (ESR) を用いて研究を行ったので報告する。

実験： 石英基板上に CVD 法で成膜された単層グラフェン試料を ESR 試料管にヘリウム雰囲気下で封止し、4.2 K~300 K の温度域で ESR 測定した。単層グラフェンを用いて EDLT を作製した。EDLT の絶縁膜として、イオン液体[EMIM][TFSI]と共重合体高分子[PS-PMMA-PS]から作製したイオンゲルを用いた。ゲート、ソース、ドレイン電極として Au を成膜した。EDLT の伝達特性と電場誘起 ESR 測定を、同一素子を用いて室温で行った。

結果と考察： Figure 1 に単層グラフェン試料の ESR 信号から求めた逆スピン磁化率の温度依存性を示す。高温域ではキュリー則 (点線) から外れ、キュリー則とパウリ常磁性を考慮したフィッティング曲線 (実線) で再現されることが分かった。従って、キュリー則に寄与する孤立したスピンとパウリ常磁性に寄与する縮退電子系のスピンを観測できた。Figure 2 に単層グラフェン EDLT の 2 次元伝導度のゲート電圧依存性を示す。およそ $V_G = 1.0$ V 付近で伝導度は最小を示し、ディラックポイントを確認できた。この結果から、単層グラフェン試料で観測した縮退電子系のスピンの起源は正孔であることが分かる。また、同一素子を用いた電場誘起 ESR 測定も行っており、ゲート電圧によって蓄積された電荷キャリアのスピン検出を進めている。当日、この結果についても合わせて報告する予定である。

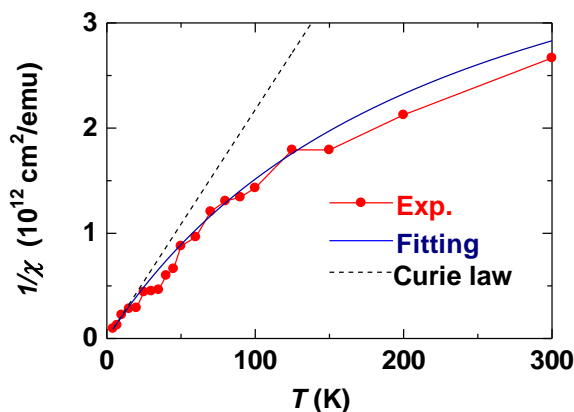


Fig. 1 Temperature dependence of inverse spin susceptibility of a single-layer graphene sample.

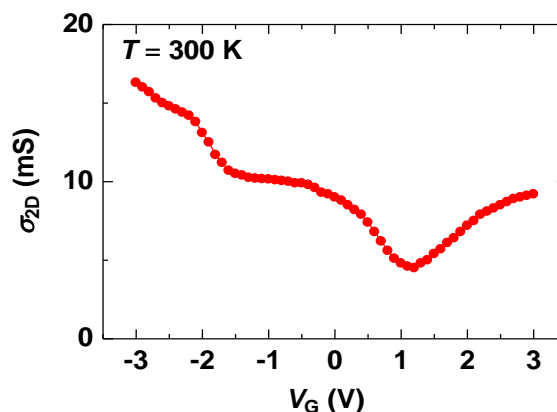


Fig. 2 Transfer characteristic of a single-layer graphene EDLT.