

*課題番号 : F-12-IT-0036
 *支援課題名 (日本語) : グラフェンの電子輸送特性に対する吸着酸素の磁気効果
 *Program Title (in English) : Magnetic Effect of Adsorption of O₂ Molecules on the electronic properties of graphene
 *利用者名 (日本語) : 高井 和之
 *Username (in English) : Kazuyuki Takai
 *所属名 (日本語) : 東京工業大学 大学院理工学研究科化学専攻
 *Affiliation (in English) : Department of Chemistry, Tokyo Institute of Technology

※概要 (Summary) :

本研究では、磁性($S = 1$)を持つ酸素分子 O₂ を極低温下で吸着させて得た酸素超薄膜/グラフェン界面系について強磁場中電子輸送測定を行い、吸着酸素・グラフェン π 伝導電子間の磁氣的相互作用について調べた。ゲート電圧印加によるフェルミ面制御を行い、電子のサイクロトロン運動に由来する磁気抵抗の振動 (Shubnikov-de Haas 振動、SdHO) を観測したところ、酸素・グラフェン間に電荷移動はなかったが、酸素超薄膜の反強磁性スタaggerド場に由来するものと思われる SdHO の変調が見られた。

※実験 (Experimental) :

電子線露光装置・電子銃蒸着器を利用して、マーカーを作成した SiO₂/Si 基板上にグラフェンをへき開した後、電極(Cr/Au[3 nm/30 nm])をつけバックゲート型 FET 構造を作製した。100 K 以上の高温では、吸着酸素・グラフェン間での電荷移動が容易に起こるため、 $S = 1$ の分子磁性が消失してしまうと期待される。そこで、50 K 以下の低温での酸素ガス導入が可能な高磁場・超高真空電子輸送測定システムを特別に構築し、高密度の固体酸素吸着を実現した (Fig.1 a,b)。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

Fig.1c は抵抗の磁場依存性を示したものである。グラフェン π 電子のサイクロトロン運動に由来する抵抗の磁気振動が観測されている。O₂ 分子を低温で吸着させただけではグラフェンの量子振動に変化が見られなかった一方、これを一度融点(52 K)付近まで加熱し、再び 4 K まで徐冷することで、SdHO の主要振動数不変のまま (電荷移動を起こすことなく)、振動波

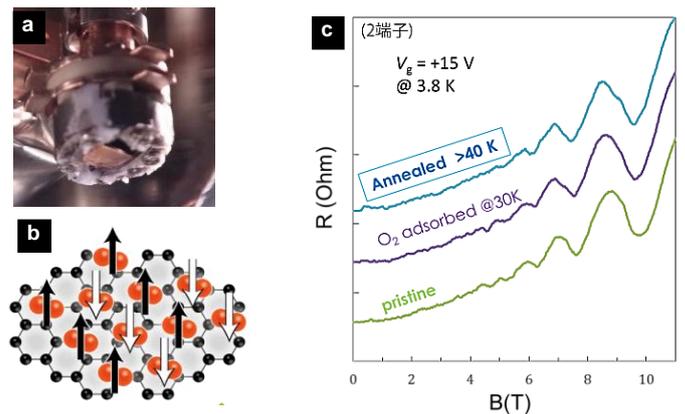


Fig. 1 (a) Solid oxygen adsorbed on graphene FET at low temperature. (b) Schematic of staggered magnetic field by spins of the O₂ molecules adsorbed on graphene. (c) SdH oscillation of electrically doped graphene under high magnetic field at 3.8 K. From bottom to top: pristine graphene, O₂-adsorbed graphene (as adsorbed), and O₂-adsorbed graphene (annealed around melting temperature of solid oxygen).

形の変化が見られるようになった。これは、加熱・徐冷の操作により、ランダムに物理吸着していた O₂ 分子が 2 次元的な結晶を形成し、酸素層の磁氣的な構造が変化することに起因するものと考えられる。実際、グラファイト表面上に成長させた酸素固体は極低温で反強磁性的なスピン配列を示すことが知られており [*J. Phys. Chem. Solidi* 59, 467 (1998)]、観測された SdH 振動の変化は、反強磁性秩序を示す酸素固体のスタaggerド磁場(空間的に周期変動する分子磁場)がサイクロトロン運動へ影響すること示唆するものである。今後、吸着分子のスピン構造と振動構造の相関について詳細を調べる予定である。

※その他・特記事項 (Others) :

なし