

MoS₂における酸素・水共吸着効果のフェルミエネルギー依存性

吉田巧¹, 高井和之^{1,2}

法政大学大学院理工学研究科¹, 法政大学イオンビーム工学研究所²

E-mail: takumi.yoshida.5r@stu.hosei.ac.jp

2次元材料の一つである MoS₂に高い分圧で酸素分子を吸着させると、ホールドーピングを引き起こし[1], さらに水分子と共吸着させることで緩和時間が短くなることが報告されている[2]. 一方, 低い分圧で酸素分子を吸着させることで, 電子ドーピングを引き起こすことも報告されている[3]. 電荷移動を伴う化学吸着の場合, ホスト物質の電荷状態によって電荷移動の速度は異なる. 先行研究としては酸素分子吸着において, グラフェンのフェルミエネルギー E_F をアップシフトさせると電荷移動の特性速度が増大するという結果がある[4]. これは酸素分子吸着による電荷ドーピングが水分子と共に電気化学的に進行する機構により説明され[5], ドーピング速度は酸素と水の分圧に依存すると考えられる. 本研究ではガス曝露時にゲート電圧 V_G を印加することで, MoS₂ の E_F を変調させた状態での酸素, 水分子の吸着特性を包括的に調べた. SiO₂ (285 nm) / Si 基板上に劈開剥離法によって単層 MoS₂ を得た後, 電子線リソグラフィによって FET 構造を作製した. 超高真空チャンバー内で予め十分加熱, 脱ガスした MoS₂-FET に対して酸素ガスと水蒸気を導入し, 曝露, 排気した後に電気伝導度測定を行った. ガス曝露時には -60, 0, +60 V の V_G を印加した. Fig. 1 に酸素ガス(100 Pa)と水蒸気(100 Pa)の混合ガスを曝露($V_G = -60, 0, +60$ V)した際の, 混合ガス曝露前(0 s)との閾値電圧差 ΔV_{TH} の混合ガス曝露時間依存性を示す. 混合ガスによる電荷ドーピングは, 時間の増加とともに進行するが, 徐々に飽和傾向を示すことがわかる. また+60 V の V_G を印加し, 混合ガス曝露をした際はホールがドーピングされ, 0, -60 V の V_G を印加し, 混合ガス曝露をした際は電子がドーピングされた. このことから V_G を印加することによって, ドーピングを引き起こす電気化学反応の平衡を移動させることができると考えられる. Fig. 2 に曝露($V_G = 0$ V)するガス分圧とドーピングされる電荷の関係を示す. 酸素, 水の分圧の変化によりドーピングされる電荷の符号が系統的に変化することがわかる.

[1] H. Qui et al, Appl. Phys. Lett. (2012), [2] Y. Minakawa et al, CSJ (2019), [3] L. Qi, Y. Wang et al, Appl. Phys. Lett. (2016), [4] Y. Sato, K. Takai et al, Nano Lett., (2011), [5] V. Chakrapani et al, Science (2007)

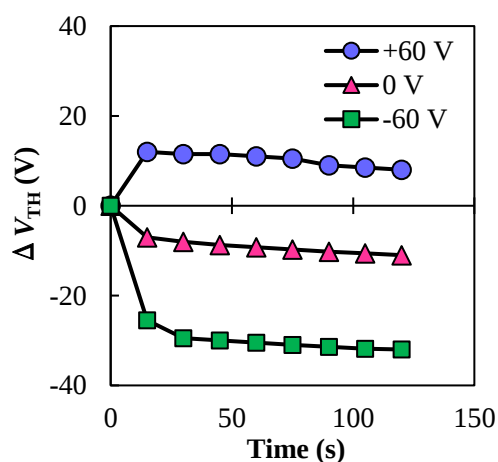


Fig. 1 Mix gas exposure time dependence of ΔV_{TH}

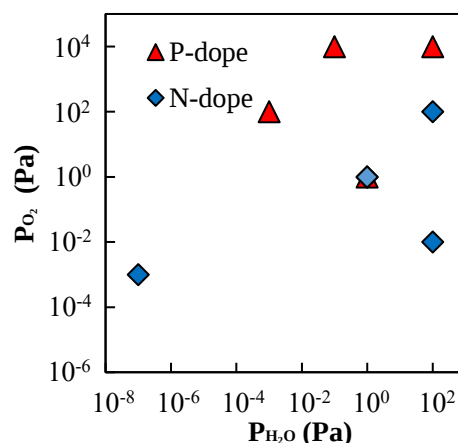


Fig. 2 Relationship between gas partial pressures and sign of doped charges