

グラフェンナノリボンを用いた N_2 /アセトン混合ガスの検出

Sensing of N_2 /Acetone mixed gas using graphene nanoribbon

北陸先端大¹, (株)コガネイ², 日立ケンブリッジ研³, [○]M2 谷内 翔¹, M1 武富 康平¹, 酒井 啓²,
齋藤 修平², マノハラン・ムルガナタン¹, 水田 博^{1,3}

JAIST¹, KOGANEI CO.,LTD.², Hitachi Cambridge Lab³, [○]M2 Sho Taniuchi¹, M1 Kohei Taketomi¹,

Hiraku Sakai², Shuhei Saito², Manoharan Muruganathan¹, Hiroshi Mizuta^{1,3}

E-mail: s1610119@jaist.ac.jp

【背景】人の脂質代謝の過程で発生するアセトンは糖尿病や肥満に密接に関係している。そのため、呼気中の ppb レベルの微量なアセトンを検出することで病気の進行や治療の効果を判断できると期待されていることから、高感度な呼気センサーが求められている。我々はこれまでに、サスペンデッドグラフェンナノリボン(GNR)のコンダクタンス変化測定から CO_2 ガスの単一分子吸着・脱離の検出に成功している[1]。また、グラフェンと吸着 CO_2 分子間の電荷移動量が外部電界に依存することを明らかにした[2]。以上の技術をもとに、本研究では N_2 、および N_2 /アセトン混合ガス検出の実験を行った。

【方法】化学気相成長グラフェンを $SiO_2(300\text{ nm})/p\text{-Si}$ 基板に転写し、電子線リソグラフィ、ドライエッチングにより GNR に加工し、電子線蒸着/リフトオフで Cr/Au 電極を作製した。まず、6 mTorr の N_2 雰囲気中において、バックゲート電圧 V_g を $-10\text{ V} \sim +10\text{ V}$ まで掃引したときのドレイン電流 I_d を測定した(I_d - V_g 測定)。ドレイン電圧 $V_d = 5\text{ mV}$ 、およびバックゲートにチューニング電圧 $V_T (= -10\text{ V}, 0\text{ V}, +10\text{ V}$ のいずれか)を 20 分間印加し、グラフェンにガス分子を吸着させた。その後、 $V_T = 0\text{ V}$ として 30 分間放置し、放置開始から 0 分、15 分、30 分経過後に I_d - V_g 測定を行った。同様の実験を大気圧の N_2 /アセトン(1.48 %)の雰囲気中でも行った。デバイスと測定方法を Fig.1(a)に示す。

【結果】 N_2 雰囲気中における I_d - V_g 測定結果を Fig.1(b)に示す。 $V_T = -10\text{ V}, 0\text{ V}, +10\text{ V}$ それぞれの場合について、 V_T 印加停止後に電荷中性点電圧(V_{CNP})がそれぞれ $-2.9\text{ V}, +1.4\text{ V}, +3.1\text{ V}$ シフトしていることが確認できる。これは吸着した N_2 分子-グラフェン間の電荷移動量が外部電界の向きに依存することを示している。さらに $V_T = -10\text{ V}, +10\text{ V}$ の場合において、 V_T 印加停止後 15~30 分経過すると V_{CNP} が V_T 印加前に戻るようにシフトしていることが確認できる。これは V_T 印加によりガス分子の吸着が加速される一方、印加停止により自然に吸着分子が脱離していくことを示しており、ガス分子が物理吸着していることがわかる。また、 N_2 /アセトン雰囲気中、 $V_T = -10\text{ V}$ の場合の結果を Fig.1(c)に示す。 V_T 印加停止後に V_{CNP} が -3.5 V シフトしていることが確認でき、これらの結果から N_2 ガス、および N_2 /アセトンガスは $V_T = -10\text{ V}$ のときにグラフェンに対してドナーとして働くと考えられる。当日は N_2 /アセトン雰囲気中での詳細な実験結果について議論する。

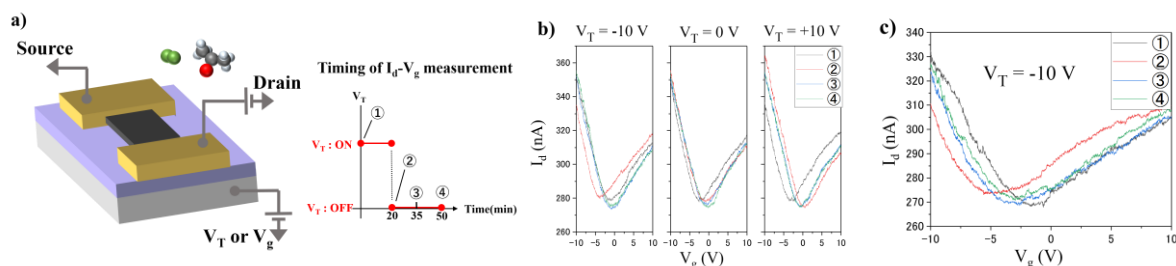


Fig. 1 a) Schematics of the measurement configuration. Right graph shows flow of measurement procedure.

b) I_d - V_g characteristics of the device in N_2 gas. ①~④ correspond to marks in a). c) I_d - V_g characteristics of the device in N_2 /Acetone gas. $V_T = -10\text{ V}$. ①~④ correspond to marks in a).

【参考文献】 [1] J.Sun, et al., *Science Advances*, vol.2, no.4,e1501518, (2016).[2] M.Muruganathan,et al., *Nano Letters*, vol.15, no.12, pp8176-8180, (2015)

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 25220904、16K18090、16K13650 および (株)コガネイからの助成を受けて実施しています。