

グラフェンナノリボンを用いた N₂/アセトン混合ガスの検出 (2)

Sensing of N₂/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, 谷内 翔¹, ○(M2)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, Sho Taniuchi¹, ○Kohei Taketomi¹,
Hiraku Sakai², Shuehi Saito², Manoharan Muruganathan¹, Hiroshi Mizuta^{1,3}

E-mail: s1710112@jaist.ac.jp

【背景】 現在、高血圧や糖尿病、がんといった生活習慣病の早期発見に向け、呼気分析が行われている。特に呼気ガス成分の一つであるアセトンは糖尿病や肥満と密接に関連していると考えられていることから、小型・高感度の呼気センサーの開発が急務となっている。このような状況の下、我々はグラフェン NEMS 技術をセンサーへ応用する研究を行っている。これまでにグラフェン NEMS を用いた超高感度気相センサの原理実験を行い、抵抗変化による CO₂ 単分子吸着[1]及び、グラフェン振動子によるzeptogramオーダー質量検出[2]に成功している。また、単純なグラフェンナノリボン素子の電荷中性点シフトによるアセトン/N₂混合ガス検出を報告した[3]。今回は外部電界による電荷移動量の変化と、N₂/アセトン混合ガス濃度依存性の詳細について報告する。

【方法】 測定に用いたナノリボンデバイスと測定方法を Fig.1(a)に示す。前述の先行研究の実験手順[3]を基に行い、アセトンガス濃度 0.74、0.148 % について測定を行った。まず、大気圧の N₂、および N₂/アセトン雰囲気中において、バックゲート電圧 V_g を -40 V ~ +40 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 mV、およびバックゲートにチューニング電圧 V_T (= -40 V ~ +40 V、5 V 刻み) を 120 分間印加した。グラフェンにガス分子を吸着させ、電荷中性点シフト量 ΔV_{CNP} の V_T 依存性を測定した。その後、V_T = 0 V とし 30 分間放置し、0 分、15 分、30 分経過後に I_d-V_g 測定を行った。

【結果】 N₂、および N₂/アセトン雰囲気中における ΔV_{CNP} の V_T 依存性を Fig.1(b)に示す。先行研究で行ったアセトン濃度 1.48 % の結果も示している。まず N₂ の場合について、V_T = -30 V、30 V において V_{CNP} がそれぞれ -2.43 V、7.1 V シフトした。これは吸着した N₂ 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。また、N₂/アセトン (1.48 %、0.74 %、0.148 %) の場合について、V_T = 30 V においてそれぞれ V_{CNP} が 1.97 V、5.01 V、5.87 V シフトした。アセトン濃度が低下するほどアセトンガスがグラフェンに対して弱くドナーとして働くと考えられる。さらに、V_T = -30 V においてそれぞれ V_{CNP} が -6.56 V、-4.29 V、-3.56 V シフトしており、外部電界の向きを変えた場合でもアセトンガスがグラフェンに対してドナーとして働くと考えられる。V_T = 20 V、30 V におけるそれぞれのアセトン濃度に対応した V_{CNP} シフト量 (N₂ 補正) を Fig.1(c)に示す。アセトン濃度の減少に伴い、ΔV_{CNP} も減少するが、V_T を大きくすることによって ΔV_{CNP} の信号レベルは増大する。これは、低濃度のアセトンガス検出において有効に作用する。当日はさらに低濃度のアセトンガスに対する実験結果について報告する。

【謝辞】 本研究は JSPS 科研費 18K04260 および (株) コガネイからの助成を受けて実施しています。

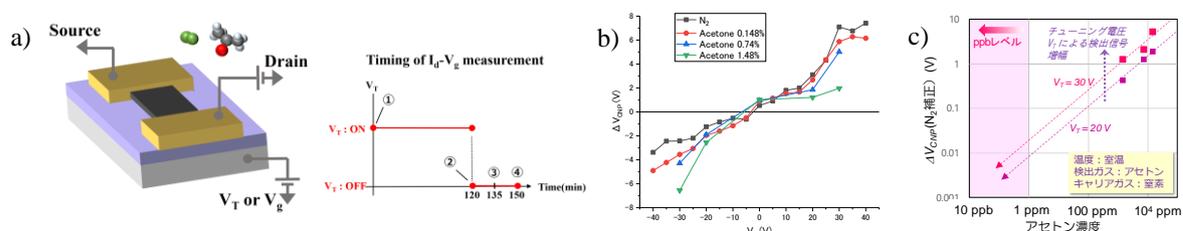


Fig. 1 a) Schematics of the measurement configuration. Right graph shows flow of measurement procedure.

b) Substrate tuning voltage dependence of charge neutral point V_{CNP} shift amount in N₂ and N₂ / acetone gas (Timing of I_d-V_g measurement corresponds ②)

c) V_{CNP} shift amount according to acetone gas concentration (N₂ correction)

【参考文献】 [1] J.Sun, et al., *Science Advances*, vol.2, no.4,e1501518, (2016).[2] M.Muruganathan,et al., *IJAT* vol.12 no.1, pp. 24-28, (2018). [3] S. Taniuchi et al., 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 19a-P6-51, (2018).