

# パリレンで被覆した イオン液体ゲートグラフェン電界効果トランジスタを用いた 硝酸態窒素ガスセンシング

## Nitrate-Nitrogen Gas Sensing Using Ionic Liquid-Gated Graphene Field-Effect Transistors Coated with Parylene.

信大繊維<sup>1</sup>, 農研機構<sup>2</sup>, 産総研<sup>3</sup>, (M2) 今泉陵<sup>1</sup>, 白石直規<sup>2</sup>, 魯健<sup>3</sup>, 木村睦<sup>1</sup>

Faculty of Textile Science and Technology Shinshu Univ<sup>1</sup>, National Agriculture and Food Research Organization (NARO)<sup>2</sup>, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)<sup>3</sup>,  
E-mail: 23fs403f@shinshu-u.ac.jp

### 1. 序論

グラフェンは、シリコンに比べて高いキャリア移動度を有し、その表面に生じる変化に対して敏感に抵抗の変化を示す。グラフェン電界効果トランジスタ (GFET) は、印可された電界に対し両極性の伝導特性を示し<sup>1</sup>、ゲート電圧 ( $V_G$ ) の変化に伴い、ピーク電圧を中心として正負方向に対称的に電流が増大する。この特性を利用することで、グラフェン表面への分子吸着をピーク電圧のシフトを通じて高感度に追跡することが可能だ。さらにイオン液体を組み合わせたイオン液体ゲート GFET (ILGFET) では、イオン液体が電気二重層を形成して絶縁層として機能し、低電圧での駆動が可能であると報告されている<sup>2</sup>。

また Poly-(chloro-p-xylylene) (以後パリレン C) はフェニル環に結合した Cl 原子の極性により高極性なガス分子への分子間力バリア性を持つと分かっていることから防湿性があると予想された<sup>3</sup>。かつ化学気相成長法 (CVD 法) を用いることで液体表面に成膜できることが知られている。

我々の研究では ILGFET を用いて土壌水中に含まれる硝酸態窒素濃度をセンシングすることを目的として、異種ガスへの ILGFET の応答に対して有機高分子を複合した際の影響を報告する。

### 2. 実験内容

Fig. 1 に実験に用いた GFET チップの構造を我々の既報論文<sup>4</sup> から示す。イオン液体は [PMIM][BF<sub>4</sub>] を用いた。ILGFET を 30 × 30 × 20 cm のチャンバー内に設置し、水もしくは硝酸態窒素標準液を蒸発させた。計測は市販されているソースメータにより  $V_G$  を -1V ~ 1V で掃引し、ソースドレイン間電流 ( $I_{ds}$ ) 値の変化を計測した。有機高分子膜は CVD 法により、0.5 g のパリレン C を蒸着した。

### 3. 結果

ILGFET チップの鳥観図を Fig. 2 に示した。IL 成膜は金属チップ面積の半分になるようにした。IL だけでは 4 時間後には滲んだ (a) のに対して膜厚 320 nm のパリレン C を成膜した (b) は 24 時間後でも全てのチャンネルで形状を保っている様子が観察できた。

純粋な水蒸気や硝酸を混ぜた水蒸気への曝露によるトランスファーカーブのピーク変化を Fig. 3 に示した。IL のみのものではトランスファーカーブに変化がみられたが、パリレン C で被覆したものでは変化がほとんど見られなかった。硝酸を混ぜた水蒸気に対しても曝露させたが、同じく IL のみで見られていたピーク変化がほとん

ど見られなかった。

### 4. 結論

ILGFET へのパリレン C 成膜はガス透過量を減少させ応答がみられなくなることが分かった。発表ではパリレン C に他の高分子を混ぜることで、ガスセンシングの選択性向上について議論したい。

### 5. 参考文献

- (1) Novoselov, K. S. et al., *Science* **2004**, 306 (5696), 666-669.
- (2) Inaba, A.; Yoo, K.; Takei, Y.; Matsumoto, K.; Shimoyama, I., *Sensors and Actuators B-Chemical* **2014**, 195, 15-21.
- (3) Yeh, Y.; James, W.; Yasuda, H., *JOURNAL OF POLYMER SCIENCE PART B-POLYMER PHYSICS* **1990**, 28 (4), 545-568,
- (4) Lu, J.; Shiraishi, N.; Imaizumi, R.; Zhang, L.; Kimura, M., *Sensors* **2024**, 24 (19), 6376.

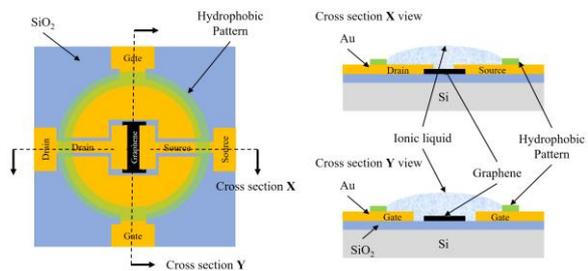


Fig. 1 Top view (a) and cross-sectional view (b) of the ILGFET. The channel size is  $W: 50 \mu\text{m} \times L: 10 \mu\text{m}$ . In this study, a chip without a hydrophobic pattern was used.

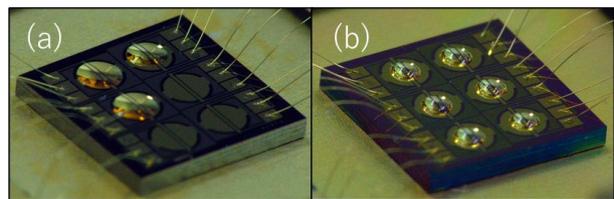


Fig. 2 (a) IL-FET image 4 hours after IL deposition only, and (b) IL-FET image 24 hours after IL + Parylene C deposition

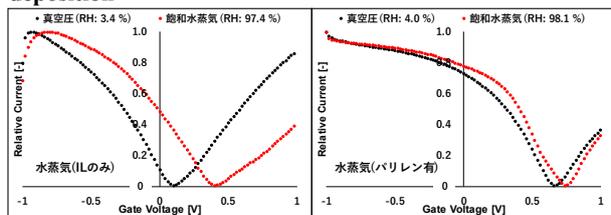


Fig. 3 Transfer curves before (black) and after (red) exposure to pure water vapor.