

層数制御した超極薄単結晶有機薄膜トランジスタの環境応答特性

Environmental Response Performance of Ultrathin-Film Transistors Based on Layer-Number-Controlled Organic Single-Crystal Films

東大院工¹, 産総研 FLEC², 日本化薬³ ○(M1)山田詩乃^{1,2}, 荒井 俊人¹, 井上 悟^{2,3},
長谷川 達生^{1,2}

Univ. of Tokyo¹, AIST², Nippon Kayaku³, S. Yamada^{1,2}, S. Arai¹, S. Inoue^{2,3}, T. Hasegawa^{2,3}

E-mail: yamada@hsgw.t.u-tokyo.ac.jp

最近、高い層状結晶性を示す分子材料を用いて、超極薄かつ高性能な有機半導体単結晶薄膜の構築が可能になったことが明らかになってきた。特に、Ph-BTBT-C_n等のパイ電子骨格の片側をアルキル鎖で置換した非対称な分子では、パイ骨格の先端どうしを向かい合わせた特徴的な2分子膜構造の構築とこれにもとづく非常に高い層状結晶性[1]を示すため、積層数を制御した単結晶薄膜の構築[2]や、ウェハースケールの大面積単層2分子膜の構築[3]が報告されている。これら極薄チャンネル層を有する電界効果型トランジスタ (FET) は、チャンネル層表面に吸着した極性分子等の影響によりデバイス特性が大きく変化するから、逆に周囲環境のセンシングに適していると期待される。今回、2分子膜の積層数の異なる Ph-BTBT-C₆ 極薄単結晶 FET を作製し、設置した環境の制御下でのデバイス特性を測定したところ、雰囲気への応答が積層数によって大きく異なることを見出したので報告する。

Ph-BTBT-C₆ 単結晶薄膜は溶液ブレードコート法により作製した。AFM による高さプロファイルの測定から、2分子膜の積層数を確認した。積層数一定の単一ドメイン上に蒸着法により電極を形成し、トップコンタクト型 FET を作製した。窒素・水蒸気下での伝達特性を測定した結果を Fig.1 に示す。水蒸気(8×10⁻⁴ mol/L)に曝した時の特性変化は、2分子膜5層の場合と比べて、1層の場合に明らかに大きいことが分かった。閾値電圧の差(ΔV_{th})によりヒステリシスの大きさを見積もったところ、水蒸気下で大きく増加したヒステリシスは、雰囲気を窒素に戻すことで元の大きさに戻ることが確かめられた(Fig2)。これらの結果は、キャリア輸送が生じるチャンネル-ゲート絶縁層界面と、チャンネル層表面の距離に応じて特性が大きく変わることを意味している。講演では、様々な雰囲気制御下での単層2分子膜のセンシング機能を示すとともに、これら超極薄 FET の環境応答性の機構について議論する。

[1] H. Minemawari et al., *Chem. Mater.*, **29**, 1245 (2017). [2] T. Hamai et al., *Phys. Rev. Applied*, **8**, 054011 (2017).

[3] S. Arai et al., *Adv. Mater.*, **30**, 1707256 (2018).

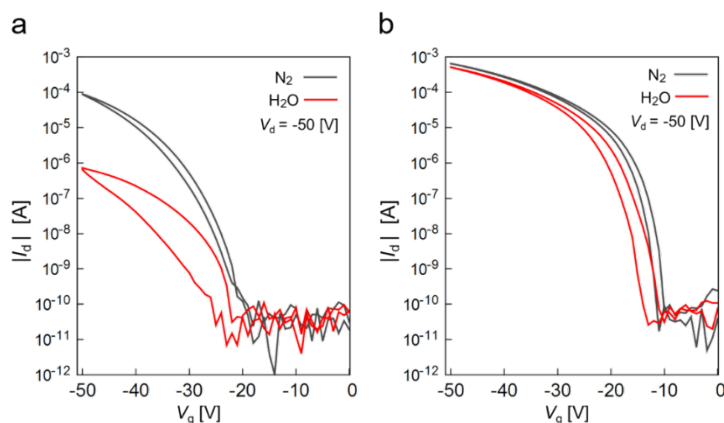


Fig. 1 Transfer characteristics of a Ph-BTBT-C₆ OFET in nitrogen and water vapor. Active layers are composed of semiconductor films with (a) a single layer and (b) 5 layers, respectively.

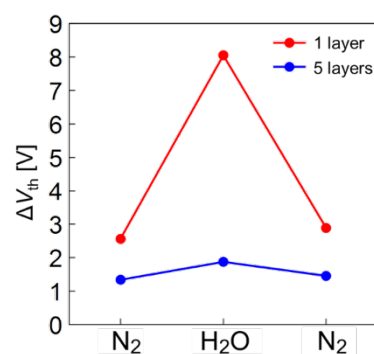


Fig.2 Hysteresis response of single layer and 5 layers transistors in modulated gas environment.