

有機単結晶トランジスタの絶縁体界面における効率的な 励起子分離による長寿命フォトキャリアの生成

Extraordinary persistent photo-carriers mediated by efficient exciton dissociation at dielectric
interface in organic single-crystal transistors

東大新領域¹, OPERANDO-OIL², JST さきがけ³, 物材機構⁴

○刑部 永祥¹, 牧田 龍幸^{1,2}, 佐々木 真理¹, 岡本 敏宏^{1,2,3}, 渡邊 峻一郎^{1,2,3}, 竹谷 純一^{1,2,4}

Univ. of Tokyo¹, OPERANDO-OIL², JST PRESTO³, NIMS⁴

○Nobutaka Osakabe¹, Tatsuyuki Makita^{1,2}, Mari Sasaki¹,

Toshihiro Okamoto^{1,2,3}, Shun Watanabe^{1,2,3}, Jun Takeya^{1,2,4}

E-mail: 4180292066@edu.k.u-tokyo.ac.jp

有機半導体は、軽量で機械的柔軟性が高く塗布プロセスによって低コストで製膜可能であることから、大量のデータ供給のためのセンサ回路用途など、Internet of Things (IoT) 社会を支える次世代エレクトロニクス材料として期待が寄せられている。有機電界効果トランジスタ (OFET) の電気的特性は絶縁膜に依存し、有機半導体層と絶縁膜の界面の電子状態を制御することによって新たな機能性を付与することが可能となる。本研究では、OFET の有機半導体/絶縁膜界面において、光照射によって生成された高密度のキャリアが極めて長い時間にわたって保持されるという特異的な現象を見出し、その長寿命フォトキャリアの生成メカニズムについて考察を行った。

Si/SiO₂ 基板上にフッ素系高分子材料の CYTOP を 10 nm 以下の薄膜になるようにスピンコート法により製膜した。CYTOP 上に当研究室で開発された転写法[1]を用いて p 型有機半導体材料 C₉-DNBDT-NW (図 1a) [2]の単結晶膜を製膜した後、真空蒸着法によってソース・ドレイン電極を形成することによって OFET を作製した。図 1b のように、OFET 表面に白色光を照射すると同時にゲート電圧 V_G^{irrad} を正に印加し、10 分程度静置した。その結果、消光後も高いドレイン電流が維持されていることがわかった。驚くべきことに、光+ V_G^{irrad} で生成されたフォトキャリアは、100 日以上という長い時間に渡り保持されることがわかった。

様々な参照実験の結果、光励起によって生じた励起子が誘電体界面で生じる強い電界によって超高効率に分離され、CYTOP を介して SiO₂ 表面に捕獲されるため、persistent なフォトキャリアが保持されていることが明らかとなった。本研究により、有機半導体/絶縁体の界面エンジニアリングを用いることで励起子の生成・分離・緩和を制御することが可能となり、今後メモリ素子等への応用が期待される。

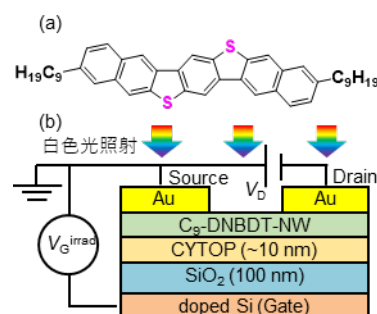


図 1. (a) C₉-DNBDT-NW の分子構造
(b) OFET の構造

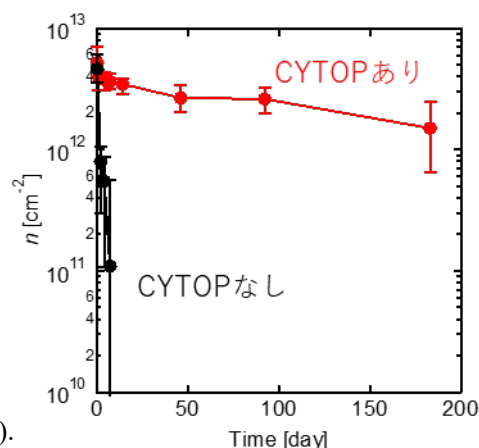


図 2 フォトキャリアの寿命計測の結果

[1] T. Makita, J. Takeya, *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **117**, 80–85 (2020).

[2] S. Kumgai, J. Takeya, *et al.*, *Sci. Rep.* **9**, 15897 (2019).