

1P061

接触型ドーピングにより電極を作製した有機電界効果型トランジスタ

(北大院総化¹, 北大院・理², JST-CREST³)

○伊藤 和輝¹, 高橋 幸裕^{1,2}, 原田 潤^{1,2}, 稲辺 保^{1,2,3}

Organic FET with electrodes made by contact carrier doping

(¹Graduate School of Chem. Sci. and Eng., Hokkaido Univ., ²Faculty of Sci., Hokkaido Univ., ³JST-CREST)

○Kazuki Ito¹, Yukihiro Takahashi^{1,2}, Jun Harada^{1,2}, Tamotsu Inabe^{1,2,3}

【緒言】

現在、有機物を用いた電界効果型トランジスタ (OFET) は、従来の無機物を用いた半導体素子に対して有機物特有の低コスト、軽量、フレキシブルといった優位性を持つことから新時代のデバイス開発を担うことが期待され、現在世界中で精力的にその研究が行われている。これまでに有機 FET を高性能化させる戦略としては、高移動度材料の開発が主に行われているが、近年では有機半導体層と電極界面の接触抵抗が FET の性能に大きく関与することを示唆する実験結果が報告されている。[1]

また、TTF 単結晶と TCNQ 単結晶を貼り合わせた接触界面において高電導性と抵抗の金属的な温度依存性が認められるという報告があるが、その高伝導性と金属的挙動を示すメカニズムは詳細には明らかにされていない。そこで本研究では、図 1 に示したようなアクセプター分子とドナー分子を接触させることで界面を高電導化させる接触型ドーピングの手法[2]を利用して図 2 に示した種々の材料を使い電極を作製し、その FET の性能を調べることで、アクセプター分子とドナー分子のバンド構造の相関が及ぼす接触型ドーピングへ

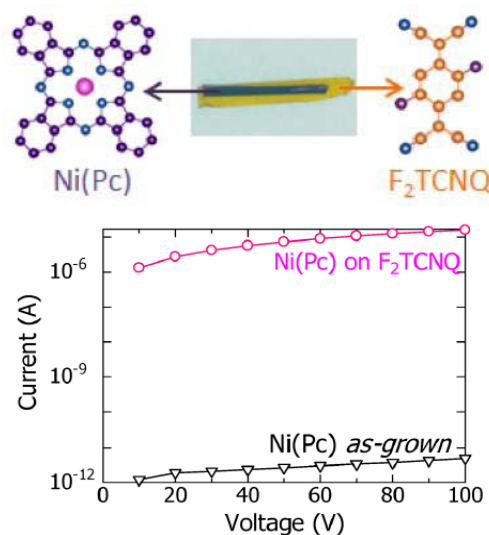


図 1 Ni (PC) と F₂TCNQ による接触型ドーピングの写真 (上) と F₂TCNQ 接触前後の電圧電流特性 (下)

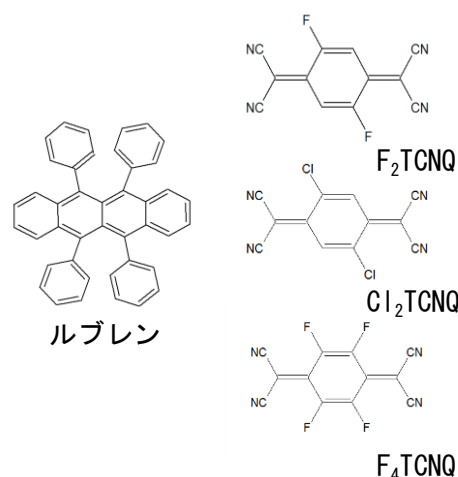


図 2 本研究で用いた分子材料

の影響を検証し、そのメカニズムを明らかにしていく。

【実験】

本研究では図2に示したように有機半導体として高い性能を持つドナー分子であるルブレン単結晶を用いた。また、このルブレン単結晶表面に接触させるアクセプター分子として F_2TCNQ 、 Cl_2TCNQ 、 F_4TCNQ を用いた。図3はルブレン単結晶に F_2TCNQ を蒸着した試料の電流電圧特性を示しており、図から分かるようにルブレンは F_2TCNQ を接触させることによって3桁ほど高電導化した。

FET 素子作製は、この現象を利用して図4のように SiO_2 基板上に、TCNQ 誘導体を電極型に蒸着し、その上にルブレン結晶を張り付けることで行った。これによりルブレンは TCNQ 誘導体と接触している部分は高電導化することで電極となり、接触していない部分はそのまま有機半導体層となることで FET を構成することができる。作製した FET の特性については図5にルブレンと F_2TCNQ から作製した FET の伝達特性、出力特性を示した。伝達特性から、この素子はゲート電圧が負のときに電流値が大きく増加する p 型 FET として機能していることが明らかとなった。また、本素子の移動度は $2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{V s}$ 、閾電圧は -30V と見積もられた。講演では同様に作製した Cl_2TCNQ 、 F_4TCNQ を用いて作製したデバイスの特性とそれらの性能から考察される接触型ドーピングのメカニズムについて報告する。

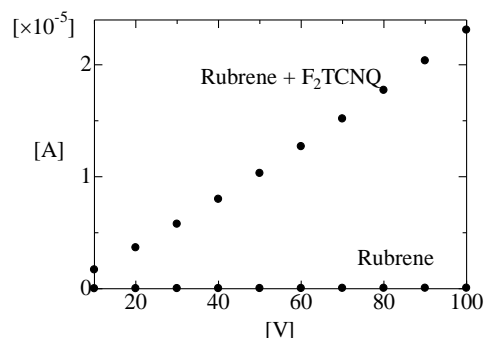


図3 ルブレンの F_2TCNQ との接触型ドーピング前後の電圧電流特性

接触型ドーピングによる高電導化＝電極化

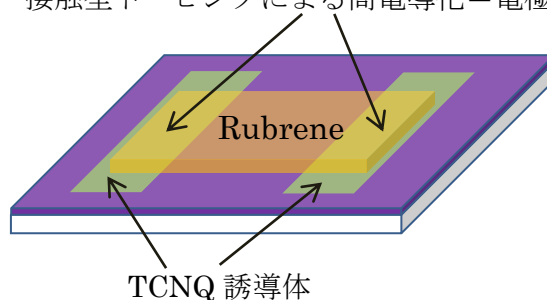


図4 Rubrene/TCNQ 誘導体電極を用いた FET の構成図

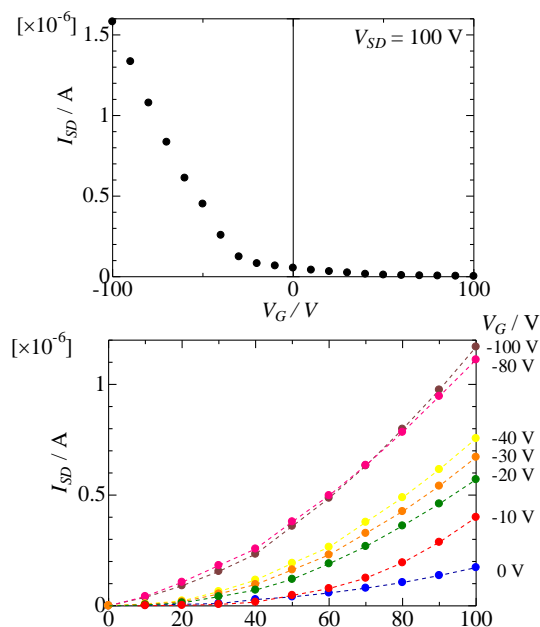


図5 Rubrene と F_2TCNQ による接触型ドーピングを用いて作製した FET の伝達特性 (上) 及び出力特性 (下)

[1] H.Alves, et al., Nature Mater. 7, 574 (2008).

[2] Y.Takahashi, et al., Chem. Mater. 26, 993 (2014).