ESR 分光を用いた有機トランジスタの両極性電荷状態と分子配向の研究

Study on ambipolar charge states and molecular orientation in organic transistors by ESR spectroscopy

筑波大数物 [1]，筑波大エネ物質科学セ [2]

○山添 昌人 [1]，井口 翔平 [1]，常友 菜穂 [1]，丸本 一弘 [1,2]

Univ. Tsukuba[1], TREMS, Univ. Tsukuba[2]

○Masato Yamazoe, Shohei Iguchi[1], Naho Tsunetomo[1], Kazuhiro Marumoto[1,2]

E-mail: s1820413@s.tsukuba.ac.jp, marumoto@ims.tsukuba.ac.jp

【序論】有機薄膜トランジスタ（OTFT）は無機トランジスタに比べ低コスト、大面積化、可印刷性、低環境負荷といった特徴を持っている。その中で、ホールおよび電子の両キャリアが単一素子で蓄積・伝導可能なのが両極性 OTFT である。有機材料中に蓄積した両極性それぞれの電荷状態や、電荷の蓄積する分子の配向を微視的な観点から明らかにすることは有用である。これまで電子とホールで蓄積する分子の配向が異なることが議論されている[1]。本研究では電荷移動度の高い典型高分子材料の一つである RR-P3HT（**Fig. 1**）を用いた非対称電極構造の OTFT を作製し、電子スピン共鳴（ESR）分光を用いて両極性電荷状態と分子配向のミクロ特性評価を行った。

【実験】作製した OTFT は絶縁層にイオンゲルを用いた。イオンゲルはイオン液体（[EMIM][TFSI]）と共重合体高分子（PS-PMMA-PS）で形成され、ドロップキャスト法により製膜した。ゲート電極に Ni/Au (3 nm/47 nm)、ソースとドレイン電極として Au (47 nm)と LiF/Al (0.5 nm/46.5 nm)、半導体層には RR-P3HT を窒素雰囲気下（O_2 < 0.2 ppm, H_2O < 0.5 ppm）でスピンコートにより製膜した。その後配線を行い、窒素雰囲気下で ESR 試料管に封入し、ESR 測定を室温で行った。

【結果と考察】**Fig. 2** に示すように、ドレイン電圧 V_D = 0 V でゲート電圧（V_G）を負に印加することで RR-P3HT 中にホールが蓄積し、ESR 法によりそれらのキャリアを直接的に観測することに成功した。外部磁場方向は基板面に対し垂直である。V_G の絶対値を増加させていくと信号強度は増加し、V_G = −1 V で最大となった。さらに絶対値を大きくしていくと信号強度は減少していき、蓄積したホールの非磁性化を観測し、先行研究を再現した [2]。**Fig. 3** は g 因子の角度依存性である。基板面と外部磁場方向が垂直な角度を θ = 0 º としている。この g 因子の異方性は RR-P3HT 鎖内のπ電子の g 因子の異方性（$g_x > g_z > g_y$）に起因し、本実験で作製した素子中のホールが蓄積している RR-P3HT は、基板に対し edge-on 配向をしていることが分かった。V_G が正のバイアス印加時に得られる電子の蓄積状態や、その時の RR-P3HT の分子配向の結果とも比較しながら議論する。

[1] G. Heimel *et al.*, *Adv. Funct. Mater.* **19** (2009) 3874.
[2] M. Tsuji *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **102** (2013) 133301.

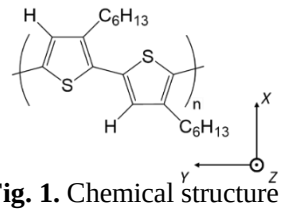

Fig. 1. Chemical structure of RR-P3HT.

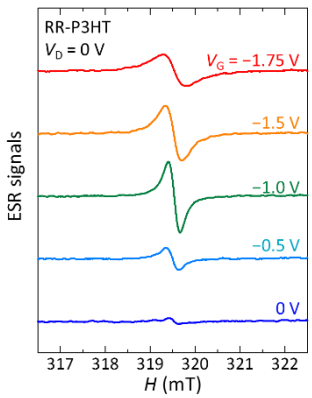

Fig. 2. Dependence of the ESR spectra of the RR-P3HT transistor on the gate voltage.

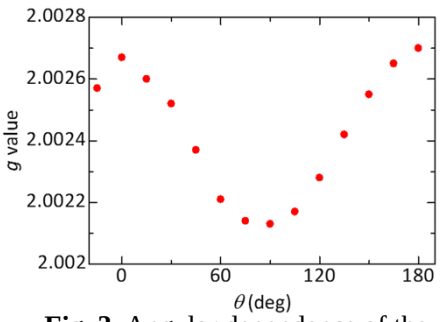

Fig. 3. Angular dependence of the g factor of the RR-P3HT transistor.

© 2019年 応用物理学会