

マイクロ波伝導度とインピーダンスの同時計測による
有機半導体への注入障壁解析

Investigation of Injection Barrier into Organic Semiconductor Based on In-situ Analysis
of Microwave Conductivity and Impedance Spectroscopy

京大院工¹ °崔 旭鎮¹, 筒井 祐介¹, 櫻井 庸明¹, 関 修平¹

Kyoto Univ.¹, °Wookjin Choi¹, Yusuke Tsutsui¹, Tsuneaki Sakurai¹, Shu Seki¹

E-mail: seki@moleng.kyoto-u.ac.jp

OFET や OLED などの有機素子において重要となるプロセスの一つは電極から有機半導体への電荷注入過程である。ここでは電界印可により半導体に注入された電荷の非接触計測法である Field-Induced Time-Resolved Microwave Conductivity (FI-TRMC) 測定^[1-5]において、電流解析とマイクロ波伝導度解析を協奏させ、有機半導体への注入障壁の定量評価を可能とした。ゲート電極として薄層 Au、絶縁層として SiO₂ に PMMA の高分子を加えた複合膜を用い、上層に有機半導体層として 30 nm の C8-BTBT を蒸着した。さらに対向電極（キャリア注入電極）として Au を蒸着し、MIS (Metal-Insulator-Semiconductor) 素子を作製した (Figure 1)。FI-TRMC 測定では、これを X バンドマイクロ波空洞共振器内に挿入し、ゲート電圧 V_g 印加に伴って半導体層に蓄積されるキャリアによる誘電損失を、共振器からのマイクロ波反射電力の変化量 ΔP_r と素子に流れる電流 I の独立・同時測定により見積もる。インピーダンス分光との協奏のため、ゲート電圧として、30 V の直流電圧に対し振幅 3 V の交流電圧を重ねし、マイクロ波電力の変化と電流の振幅及び位相の周波数依存性を調べた。MIS 素子の等価回路は Figure 1 に示した通りとし、実験結果を最もよく再現する回路定数を決定した。更に、共振器に液体窒素で熱交換した窒素ガスを流すことで、サンプルを冷却し、温度変化による等価回路の変化を解析した。その結果、C8-BTBT の抵抗である R_2 が温度低下と共に急激に増加することが観測された (Table 1)。C8-BTBT の厚みは 30 nm であり、バルク抵抗に対して注入抵抗の寄与が大きいことが予想される。Richardson-Schottky model より注入抵抗の温度依存性を解析すると、 R_2T の対数は温度の逆数に比例し (Figure 2)、その傾きより注入障壁が 0.7 eV、金極薄膜中のキャリア有効質量が $0.9 m_e$ と見積もられ、薄膜金属から有機半導体への注入障壁が極めて大きいことが示された。

【参考文献】 [1] Y. Honsho, S. Seki *et al. Sci. Rep.* **2013**, *3*, 3182. [2] W. Choi, S. Seki *et al. Appl. Phys. Lett.* **2014**, *105*, 033302. [3] J. Inoue, T. Sakurai, S. Seki *et al. ACS Omega* **2017**, *2*, 164. [4] W. Choi, S. Seki *et al. Appl. Phys. Lett.* **2017**, *110*, 153303. [5] W. Choi, S. Seki *et al. J. Phys. Conf. Ser.* **2017**, *in press*.

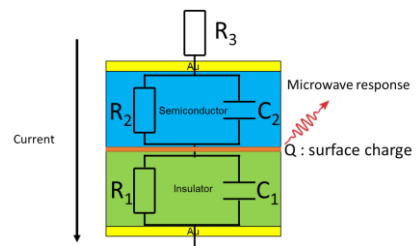


Figure 1. Conceptual illustration of Metal-Insulator-Semiconductor (MIS) and equivalent circuit of MIS device.

Table 1. The temperature dependence of the resistance of C8-BTBT

T / K	$R_2 / \text{k}\Omega$
295.0	25
280.0	180
264.5	400
250.5	2000

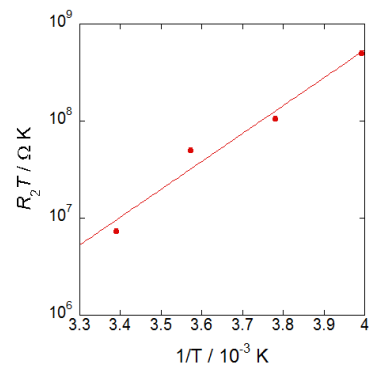


Figure 2. Temperature dependence of R_2T where R_2 and T denote the resistance of C8-BTBT and the temperature, respectively.