

結晶性導電性高分子 P3HT の電荷・スピン状態

ESR Observation of Charge and Spin States of Carriers in High-Mobility

Semicrystalline Conjugated Polymer P3HT

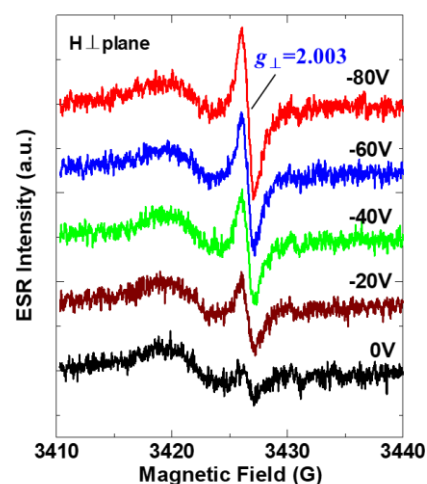
豊田理研¹, 名大院工², 産総研³ ○黒田 新一¹, 田中 久暁², 下位 幸弘³

TPCRI¹, Nagoya Univ², AIST³, °Shin-ichi Kuroda¹, Hisaaki Tanaka², Yukihiro Shimoi³

E-mail: kuroda@toyotariken.jp

P3HT や PBTTT などの結晶性導電性高分子は、電界効果ドーピングや化学ドーピングによる高導電性の発現や金属転移に加え、最近では熱電効果からも注目される。ドーピングにより生成するキャリアの電子状態は物性解明の観点から重要である。我々は PBTTT について高濃度ドーピングが可能なイオン液体トランジスタを用いた電場誘起 ESR (FI-ESR) により、電荷キャリアがスピンと電荷をもつポーラロンから、非磁性のバイポーラロンを経て金属的な伝導電子へと変化してゆく過程を明瞭に観測することに成功した[1]。一方 P3HT では固体絶縁膜を用いた電界効果素子 (MIS) の ESR により、キャリアがドーピング濃度を増すにつれてポーラロンから非磁性のバイポーラロン (またはポーラロン対) へと変化する初期過程が観測され、この現象が絶縁膜の種類にはよらない高分子固有のものであることを示してきた[2]。

ただ、MIS 構造による ESR では、デバイスの伝導特性を同時に測ることはできない。このため、トランジスタ構造によるキャリアのスピン・電荷状態の観測が、マクロな伝導特性とマイクロな ESR 特性の相関を明らかにする手法となるが、まだ観測例は少ない[3,4]。そこで、本研究では、我々が ESR 用に開発した $\text{SiO}_2/\text{n}^+\text{-Si}$ 基板を用いた P3HT の薄膜トランジスタにより、 SiO_2 表面の化学 (SAMs) 処理などによりマクロな伝導特性を制御しつつ、キャリア状態のポーラロンからバイポーラロンへの転換をはじめとするマイクロ物性を調べることを目標とした。図は SAMs 処理をしていない SiO_2 によるデバイスの室温における ESR 信号のゲートバイアス依存性であり、FI-ESR 信号が明瞭に観測される。P3HT は高分子量体 ($M_w \sim 500,000$)、立体規則度 98% 以上のものを使用し、移動度は約 $5 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{Vs}$ であった。信号の g 値や線幅の角度変化はこれまでの報告とほぼ一致し、高分子のデバイス界面における edge-on 配向を示した。また、ゲートバイアス依存性から高電圧でのスピン飽和傾向も確認された。基板表面の SAMs (HMDS) 処理により移動度の向上と ESR 線幅の先鋭化傾向、特に磁場が基板面内の信号から結晶ドメイン間のキャリア移動が P3HT 系としては初めて直接観測された。詳細は講演で示す。



[1] H. Tanaka, S. Kuroda et al, APL 107 (2015) 243302. [2] S. Watanabe et al., JJAP 46 (2007) L792. [3] H. Tanaka et al, APL 94 (2009) 103308. [4] H. Tanaka et al., PRB 87 (2013) 045309.