

オペランド電子スピン共鳴を用いた有機無機デバイスの マイクロ解析と動作機構の解明

筑波大学 数理物質系 丸本 一弘

有機材料や有機無機ハイブリットペロブスカイト、原子層物質等の薄膜半導体は、軽量性や柔軟性を持ち、従来の半導体にはない物性、機能性、高性能を示し、盛んに研究されている。溶液法で容易に作製可能な場合もあり、大面積化や低コスト化の応用面でも注目されている。本講演では、我々が世界初開発した薄膜半導体デバイスの素子動作状態（オペランド状態）における電子スピン共鳴（ESR）法とその研究成果について紹介する。ESR法は原子・分子レベルのマイクロな視点から材料やデバイスにおける電子スピン状態を、非破壊、高感度かつ高精度に研究できる特長を持つ。初めに、有機薄膜トランジスタや有機薄膜太陽電池のオペランドESR法の開発経緯や適用例を簡単に説明する^[1-6]。その後、最近報告したペロブスカイト太陽電池や遷移金属カルコゲナイドのオペランドESR研究成果について紹介する^[7-9]。ペロブスカイト太陽電池は低コスト材料を用いて常温常圧で容易に作製でき、柔軟で軽量な特徴を持ち、印刷法も適用可能である。そのエネルギー変換効率は最近著しく向上し、25%以上が達成され、現在、実用化されているシリコン太陽電池と匹敵する性能を示し、次世代太陽電池として注目されている。本講演では、従来の手法では困難であった、ペロブスカイト太陽電池の動作機構や劣化機構を分子レベルで解明することに成功したので紹介する。また、遷移金属カルコゲナイドは原子層構造に由来する高移動度、柔軟性、円偏光発光性等の機能性を示し、典型的な原子層物質グラフェンとは異なりバンドギャップを持つことから、高オンオフ比の薄膜デバイスへの応用が期待され、次世代半導体材料として盛んに研究されている。イオン液体等をトランジスタ絶縁層に用いることで電界誘起超伝導等も報告されている。本講演では、従来の実験手法では困難であった、デバイス構造における遷移金属カルコゲナイドの電子スピン状態を原子レベルで解明することに成功したので紹介する。

参考文献

- [1] K. Marumoto, S. Kuroda, T. Takenobu and Y. Iwasa, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 256603-1-4 (2006). [2] K. Marumoto, T. Fujimori, M. Ito and T. Mori, *Adv. Energy Mater.* **2**, 591-597 (2012). [3] T. Nagamori and K. Marumoto, *Adv. Mater.* **25**, 2362-2367 (2013). [4] T. Kubodera, M. Yabusaki, V. Rachmat, Y. Cho, T. Yamanari, Y. Yoshida, N. Kobayashi and K. Marumoto, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **10**, 26434-26442 (2018). [5] V. A. S. A. Rachmat, T. Kubodera, D. Son, Y. Cho and K. Marumoto, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **11**, 31129-31138 (2019). [6] D. Xue, M. Saito, I. Osaka and K. Marumoto, *npj Flex. Electron.* (2022) in press. [7] M. Namatame, M. Yabusaki, T. Watanabe, Y. Ogomi, S. Hayase and K. Marumoto, *Appl. Phys. Lett.* **110**, 123904-1-5 (2017). [8] T. Watanabe, T. Yamanari and K. Marumoto, *Commun. Mater.* **1**, 96-1-9 (2020). [9] N. Tsunetomo, S. Iguchi, M. Wierzbowska, A. Ueda, Y. Won, S. Heo, Y. Jeong, Y. Wakayama and K. Marumoto, *Commun. Mater.* **2**, 27-1-10 (2021).