

革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

伊澤 誠一郎

東京工業大学 科学技術創成研究院
准教授

界面アップコンバージョンが可能とする革新的光変換

研究成果の概要

低エネルギー(長波長)から高エネルギー(短波長)への光波長変換技術は、低エネルギー光の有効活用により光触媒や太陽電池の効率を向上させることや、生体透過性の高い近赤外光の特長を生かした生体内イメージングや光遺伝子操作などへの応用が期待されている。本研究課題では、有機半導体界面で起こる光電変換プロセスを利用することで、新たな原理に基づく光波長変換技術:フォトンアップコンバージョン(UC)を確立することを目指す。その新原理 UC の動作原理を解明するとともに、様々な材料系、波長帯での UC を実現する。さらにデバイス界面でも UC を利用し、超低電圧で駆動できる有機 EL デバイスの開発を目指す。

本年度の主な研究成果としては、新たな波長帯として青色の UC 発光を実現する有機 EL デバイスの開発に成功した。有機 EL は既に実用化されているものの、青色の発光に関しては駆動電圧が大きいことや、耐久性が低いなどの問題を未だに抱えている。そこで青色蛍光材料の低エネルギーの三重項励起子を、低電圧で選択的に励起し、三重項—三重項消滅(TTA)による発光を実現するという界面 UC 原理を利用することで、青色有機 EL の駆動電圧を大幅に低減した。青色発光体材料としてはアントラセン誘導体を、電子輸送材料としてナフタレンジイミド誘導体を用い、それらを積層して界面を形成し、デバイスを作製した。この材料の組み合わせでは、界面で中間体として電荷移動状態が形成できたことによって、低電圧で三重項励起子を選択励起でき、界面 UC 発光を実現できた。その結果、462 nm (2.68 eV)にピークを持つ青色発光が 1.26 V という超低電圧から発光が開始し、スマートフォンディスプレイ程度の発光輝度である 100 cd/m²には 1.97 V で到達できることがわかった。つまりこの有機 EL は 1.5 V の乾電池を1本つなぐだけで青が光り、これは有機・無機双方を含めても世界最小電圧で光る青色発光ダイオードの開発に成功した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) ***S. Izawa**, *M. Morimoto, S. Naka, M. Hiramoto, “Spatial distribution of triplet excitons formed from charge transfer states at donor/acceptor interface”, *J. Mater. Chem. A*, 10, 19935-19940 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1039/D2TA02068H>
- 2) Y. Sakamoto, ***S. Izawa**, H. Ohkita, M. Hiramoto, *Y. Tamai, “Triplet sensitization via charge recombination at organic heterojunction for efficient near-infrared to visible solid-state photon upconversion”, *Commun. Mater.*, 3, 76 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1038/s43246-022-00300-z>
- 3) ***S. Izawa**, *M. Morimoto, *K. Fujimoto, K. Banno, Y. Majima, M. Takahashi, S. Naka, M. Hiramoto, “Blue Organic Light-Emitting Diode with a Turn-on Voltage at 1.47 V”, *ChemRxiv*, DOI: <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2023-tnht6>