

分子機能研究部門

平本 昌宏 (教授) (2008年4月1日着任)

伊澤 誠一郎 (助教)

谷原 佑輔 (研究員)

宇都 祥子 (研究員)

LEE, Jihyun (大学院生)

PALASSERY ITHIKKAL, Jaseela (大学院生)

中村 由佳 (事務支援員)

A-1) 専門領域：有機半導体，有機太陽電池，有機エレクトロニクスデバイス

A-2) 研究課題：

a) 水平接合有機太陽電池

b) 10 マイクロメートルの光電変換層を持つ有機太陽電池

A-3) 研究活動の概略と主な成果

a) 最近、我々は、電子とホールを基板に対して水平方向に取り出す「水平交互相合」という、有機太陽電池のための新しい接合構造を提案した。今回、高速移動度を示す、C8-BTBT (ホール移動度：43 cm²/Vs) と PTCDI-C8 (電子移動度：1.7 cm²/Vs) を積層した2層セルを作製し、水平接合長さ依存性を評価し、これまでの常識を破る、1.8 cm というマクロな水平接合距離で太陽電池動作させることに成功した。電子とホールの拡散距離は、4.6 と 4.7 mm と決定できた。キャリアトラップが拡散距離を決めており、水平接合セルでは、トラップを介した無輻射再結合によって、約 90% の光電流が失われていることが分かった。これは、トラップとして働く分子欠陥を除去することで、水平接合セルの性能をさらに向上できる可能性を示している。

b) 有機太陽電池においては、ドナー／アクセプターをブレンドした光電変換層の厚さは、電子・ホールのルート形成が難しいために、これまで 100 nm 以下で、太陽光全てを吸収利用できなかった。今回、溶媒分子として働く共蒸発分子を蒸着チャンバーに導入して、ブレンド膜の結晶化相分離を行い、10 マイクロメートルの厚さまで、電子・ホールのルートを形成し、光電変換層としての効率を低下させることなく、太陽光全てを吸収利用することに成功した。有機ブレンド膜が従来考えられていたよりも桁違いに大きい厚さでも光電変換素子に利用できることが実証されたことにより、今後の有機太陽電池や有機発光ダイオードなどの有機光電変換素子の、より自由な設計による発展が期待できる。

B-1) 学術論文

K. FUJIMOTO, S. IZAWA, Y. ARIKAI, S. SUGIMOTO, H. OUE, T. INUZUKA, N. UEMURA, M. SAKAMOTO, M. HIRAMOTO and M. TAKAHASHI, "Regioselective Bay-Functionalization of Perylenes toward Tailor-Made Synthesis of Acceptor Materials for Organic Photovoltaics," *ChemPlusChem* **85, 285–293 (2020). DOI: 10.1002/cplu.201900725**

M. KATAYAMA, T. KAJI, S. NAKAO and M. HIRAMOTO, “Ultra-Thick Organic Pigment Layer up to 10 μm Activated by Crystallization in Organic Photovoltaic Cells,” *Front. Energy Res., Section Solar Energy* **8**, 1–12 (2019). DOI: 10.3389/fenrg.2020.00004

J.-H. LEE, A. PERROT, M. HIRAMOTO and S. IZAWA, “Photoconversion Mechanism at *pn*-Homojunction Interface in Single Organic Semiconductor,” *Materials* **13**, 1727 (8 pages) (2020). DOI: 10.3390/ma13071727

Y. NAKAYAMA, M. IWASHITA, M. KIKUCHI, R. TSURUTA, K. YOSHIDA, Y. GUNJO, Y. YABARA, T. HOSOKAI, T. KOGANEZAWA, S. IZAWA and M. HIRAMOTO, “Electronic and Crystallographic Examinations of the Homoepitaxially-Grown Rubrene Single Crystals,” *Materials* **13**, 1978 (11 pages) (2020). DOI: 10.3390/ma13081978

Y. YABARA, S. IZAWA and M. HIRAMOTO, “Donor/Acceptor Photovoltaic Cells Fabricated on *p*-Doped Organic Single-Crystal Substrates,” *Materials* **13**, 2068 (8 pages) (2020). DOI: 10.3390/ma13092068

K. FUJIMOTO, M. TAKAHASHI, S. IZAWA and M. HIRAMOTO, “Development of Perylene-Based Non-Fullerene Acceptors,” *Materials* **13**, 1978 (11 pages) (2020). DOI: 10.3390/ma13081978

R. TAKEUCHI, S. IZAWA, Y. HASEGAWA, R. TSURUTA, T. YAMAGUCHI, M. MEISSNER, S. IDETA, K. TANAKA, S. KERA, M. HIRAMOTO and Y. NAKAMURA, “Experimental Observation of Anisotropic Valence Band Dispersion in the Dinaphtho[2,3-b:2',3'-f]thieno[3,2-b]thiophene (DNTT) Single Crystal,” *J. Phys. Chem. C* **125**, 2938–2943 (2021). DOI: 10.1021/acs.jpcc.0c09239

K. FUJIMOTO, S. IZAWA, A. TAKAHASHI, T. INUZAKA, K. SANADA, M. SAKAMOTO, Y. NAKAYAMA, M. HIRAMOTO and M. TAKAHASHI, “Curved Perylene Diimides Fused with Seven-Membered Rings,” *Chem. –Asian J.* **16**, 690–695 (2021). DOI: org/10.1002/asia.202100066

B-3) 総説, 著書

S. IZAWA, K. FUJIMOTO, M. TAKAHASHI and M. HIRAMOTO, “Reduction of Voltage Loss in Organic Solar Cells—Toward the Realization of Organic Solar Cells Comparable to the High Efficient Inorganic Solar Cells,” *Clean Energy* **29**, 42–48 (2020). (in Japanese)

M. HIRAMOTO and S. IZAWA, “New Era of Organic Solar Cells—Close Up of Suppression of Non-Radiative Recombination,” *Kagaku* **75**, 68–69 (2020). (in Japanese)

M. HIRAMOTO and S. IZAWA, “Organic Solar Cells Using High-Mobility Organic Semiconductors,” *Fine Chemical* **49**, 39–45 (2020). (in Japanese)

M. HIRAMOTO and S. IZAWA, *Organic Solar Cells—Energetic and Nanostructural Design*, M. Hiramoto and S. Izawa, Eds., Springer Nature Singapore Pte Ltd. (2020). DOI: 10.1007/978-981-15-9113-6

M. Hiramoto, Chap.1. “Basic Principles of Modern Organic Solar Cells,” pp. 1–22.

M. Hiramoto, Chap. 2. “A Path to the Blended Junction,” pp. 23–44.

M. Hiramoto, Chap. 3. “Percolation Toward Lateral Junctions,” pp. 45–74.

M. Hiramoto, Chap. 9. “Parts-per-Million-Level Doping Effects and Organic Solar Cells Having Doping Based Junctions,” pp. 217–254.

M. Hiramoto, Chap. 10. “Proposal for Future Organic Solar Cells,” pp.255–267.

S. Izawa, Chap. 8. “Open-Circuit Voltage in Organic Solar Cells,” pp. 195–216.

B-4) 招待講演

平本昌宏,「高移動度有機半導体を用いた有機太陽電池」,第69回高分子討論会特別発表(招待講演),S12. 2N01IL 有機・ハイブリッドエレクトロニクス材料の研究,オンライン開催,2020年9月.

平本昌宏,伊澤誠一郎,「有機太陽電池における種々の接合」,有機エレクトロニクス(OME)研究会,オンライン開催,2021年3月.

伊澤誠一郎,「有機太陽電池の電圧損失抑制のための界面構造探索と新規分子の開発」,電子情報通信学会総合大会シンポジウム:プリントド・フレキシブルエレクトロニクスの新展開,広島,2020年3月.

伊澤誠一郎,「有機半導体界面で起こる電荷分離と再結合」,応用物理学会北陸・信越支部講演会,オンライン開催,2020年10月.

伊澤誠一郎,「有機半導体界面での新原理フォトンアップコンバージョン」,電子情報通信学会総合大会シンポジウム:フレキシブル有機エレクトロニクスの若手シンポジウム,オンライン開催,2021年3月.

伊澤誠一郎,「有機半導体界面での光電変換機能の開拓」,第68回応用物理学会春季学術講演会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会奨励賞受賞記念講演,オンライン開催,2021年3月.

B-5) 特許出願

特願 2020-104543,「光電変換素子」,伊澤誠一郎,平本昌宏(自然科学研究機構),2020年.

特願 2020-115747,「ペリレン化合物,及びその製造方法」,高橋雅樹,藤本圭佑,平本昌宏,伊澤誠一郎(自然科学研究機構),2020年.

特願 2020-115744,「ペリレン二量体化合物を製造する方法,ペリレン二量体化合物,及び有機薄膜太陽電池」,高橋雅樹,藤本圭佑,平本昌宏,伊澤誠一郎(自然科学研究機構),2020年.

B-6) 受賞,表彰

伊澤誠一郎,応用物理学会有機分子バイオエレクトロニクス分科会奨励賞(2021).

伊澤誠一郎,コニカミノルタ画像科学奨励賞(2021).

伊澤誠一郎,花王科学奨励賞(2020).

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

Korea-Japan Joint Forum (KJF)—Organic Materials for Electronics and Photonics, Organization Committee Member (2003-).

「有機固体における伝導性・光伝導性および関連する現象」に関する日中合同シンポジウム組織委員(2007-).

応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会常任幹事,編集・企画担当(2019-2020). (伊澤誠一郎)

応用物理学会若手チャプター幹事(2018-). (伊澤誠一郎)

文部科学省,学術振興会,大学共同利用機関等の委員等

NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」事後評価分科会分科会長(2020.11-2021.3).

学会誌編集委員

Materials, Special Edition “Organic Solar Cell and Optoelectronic Functional Materials,” Guest Editor, 2019.4–2020.11.

その他

岡崎ものづくり協議会学識委員 (2011–).

B-8) 大学での講義, 客員

東京理科大学理工学研究科先端化学専攻, 特別講義1 (令和2年度) 「有機太陽電池」, 遠隔講義 (3, 4時限), 2020年7月8日.

大阪大学ナノ高度学際教育研究訓練プログラムナノ社会人教育夜間講義 (令和2年度), 大阪大学中之島センター, 「有機太陽電池(I)(II)」, 2020年1月.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B) (一般), 「有機単結晶エレクトロニクス」, 平本昌宏 (2017年–2020年).

科研費挑戦的研究(萌芽), 「超バルクヘテロ接合有機太陽電池の開発」, 平本昌宏 (2017年–2019年).

科研費挑戦的研究(萌芽), 「ドーピング有機単結晶ウェハを用いた新原理太陽電池」, 平本昌宏 (2019年–2021年).

科研費若手研究, 「超高移動度分子を用いた有機太陽電池」, 伊澤誠一郎 (2018年–2021年).

マツダ財団研究助成, 「理論限界に迫る有機太陽電池の実現」, 伊澤誠一郎 (2018年–2020年).

中部科学技術センター学術・みらい助成, 「有機太陽電池の理論限界効率への挑戦」, 伊澤誠一郎 (2018年–2019年).

花王科学奨励賞, 「ドナー/アクセプター界面の精密制御による有機太陽電池の高効率化」, 伊澤誠一郎 (2020年–2021年).

コニカミノルタ画像科学奨励賞, 「低エネルギー光利用のための新原理フォトンアップコンバージョン」, 伊澤誠一郎 (2021年–2022年).

C) 研究活動の課題と展望

平本は, 研究員1名を雇用し, 学生1名 (Jaseela P. I. (M1), 2019.10入学) を指導し, 科研費研究テーマ「有機単結晶エレクトロニクス」及び「ドーピング有機単結晶ウェハを用いた新原理太陽電池」を推進している。伊澤助教は, 有機太陽電池における電荷再結合抑止による電圧ロス低減, 有機薄膜によるフォトンアップコンバージョンに関する研究を強力に推進し, 学生1名 (Ji-Hyun Lee (D2), 2018.10入学) を指導し, 論文量産態勢に入り, 研究室の柱になっている。

共同研究では, 高橋教授 (静岡大学工学部) の研究室において合成した新規ノンフラーレンアクセプターを用いて有機太陽電池を作製評価し, すでに論文を3報発表している。

平本は Springer 発行の英文書籍 “Organic Solar Cells” を執筆し, 2020年12月に出版した。

今年度は, コロナの影響により, フランス ChimieParisTech からの2名, タイ国チュラロンコン大からの1名の国際インターンシップ生の来日が中止となり, 研究推進に大きな影響があった。しかし, 国際インターンシップ学生, 共同研究は, マンパワー強化に有効で, 今後も, これらを利用して研究室のアクティビティを強化する。