

有機半導体界面でのフォトンアップコンバージョン Photon Upconversion at Organic Semiconductor Interface

分子研¹, 総研大²○伊澤 誠一郎^{1,2}, 平本 昌宏^{1,2}IMS¹, SOKENDAI²○Seiichiro Izawa^{1,2}, Masahiro Hiramoto^{1,2}

E-mail: izawa@ims.ac.jp

フォトンアップコンバージョン (UC) は長波長の光を短波長に変換する技術である。UC は低エネルギー光の有効利用や近赤外イメージングなどへの応用が期待され注目されている。従来の手法は感光体分子内での項間交差で三重項を生成し、溶液中での分子衝突による感光体から発光体への三重項エネルギー移動、さらに発光体同士の三重項消滅により高エネルギーの励起子を生成する。しかし、溶液中、レーザー光などの強い励起光源が必要などの問題が指摘されている。

今回、有機半導体界面で有機太陽電池の電荷分離・再結合原理を応用した新原理の UC を実現できることを見出した。まず発光体としては三重項消滅材料として知られるルブレン、また感光体としては近年開発された近赤外光を吸収するノンフラーアクセプターである Y6, ITIC-Cl (Fig.1a) などを用い、それらを積層しドナー／アクセプター (D/A) 界面をもつ二層膜を形成した。その動作原理はまず吸収した近赤外光を D/A 界面で HOMO オフセット (Fig.1b) を利用し電荷分離して、スピランがランダムな自由電荷を生成する。それらが再結合する際に界面で電荷移動 (CT) 状態を経て、三重項励起子を生成する (Fig.1c)。その後、三重項消滅を経てルブレンからの S_1 発光が観測される (Fig.1d)。本手法の利点は全固体であり、重原子効果による項間交差が必要ないため希少金属、有害元素を用いない。有機太陽電池の知見から各状態間のエネルギー損失を最小化できる。さらに界面過程のため三重項消滅の効率が上がり、従来法の約 1/10 程度の光強度で高い量子収率を実現できた。その結果、目に見えない近赤外 LED 光 (太陽光強度の 1/10 程度) を黄色の高輝度発光に変換するフレキシブル薄膜を実現することに成功した (Fig.1e) [1]。

[1] S. Izawa, M. Hiramoto, *submitted*. 特願：2020-104543.

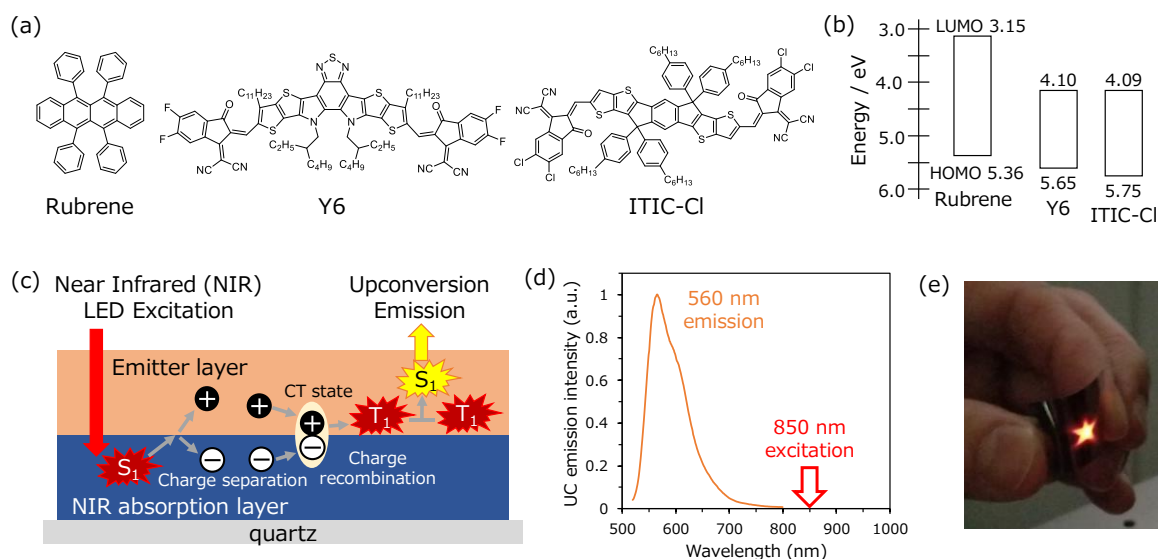


Fig. 1 (a) Chemical structures. (b) Energy levels. (c) Schematic of bilayer films and UC emission. (d) UC emission spectrum. (e) Picture of UC emission on flexible substrate.