

分子材料の三重項消滅、一重項分裂を利用した 太陽電池互換 2 波長レーザー対応光電変換素子

Dual-Wavelength Laser Power Converters Compatible with Solar Cells

Using Triplet-Triplet Annihilation and Singlet Fission of Molecular Systems

豊田中研 °竹田 康彦

Toyota Central R&D Labs., Inc. °Yasuhiko Takeda

E-mail: takeda@mosk.tytlabs.co.jp

高効率の太陽電池の実現が難しい理由の 1 つが、幅広い太陽光スペクトルである。これまでに、単一材料を用いながら(即ち、多接合以外の方法で)この問題を克服するための様々なコンセプトが提案、原理実証された。本研究では、これらのコンセプトのうち、分子材料の三重項消滅(TTA)及び一重項分裂(SF)をレーザー用光電変換素子(laser power converter, LPC)に適用した、2波長のレーザーを高効率で光電変換し、かつ太陽電池としても機能する、2波長対応(dual-wavelength, DW)LPCを提案する[1,2]。

単一波長のレーザー光の下で動作するLPCとは異なり、走行中の電気自動車(EV)や飛行中のドローンなどの移動体への光無線エネルギー伝送(optical wireless power transmission, OWPT)に用いられるLPCには、複数波長のレーザー光、例えば閉鎖空間中では低コストかつ大出力の808 nm LD光の、市街地では1470 nm アイセーフ LD光の照射があり得るので、太陽電池と同様の問題が生じる。更に、OWPT 圏外でも移動体に搭載された蓄電池を充電できるよう、太陽電池としての機能も求められる。

TTA-DW-LPC のエネルギー準位と光励起過程を図 1(a)に示す。1470 nm 光照射時には 2 光子が 1 つのキャリアに変換される。エネルギー散逸過程である intersystem crossing ($S_1 \rightarrow T_1$) が、逆過程を防ぐ quantum ratchet (QR) として機能する。一方、SF-DW-LPC の場合は、図 1(b)に示されるように、1 つの 808 nm 光子が 2 つのキャリアを生成する。SF は吸熱反応となり得るので、 S_1 エネルギー(808 nm 相当、1.53 eV) が T_1 エネルギー(1470 nm 相当、0.84 eV) の 2 倍(1.68 eV)に僅かに及ばなくても SF が生じ得る。

TTA-, SF-DW-LPC に波長 808 nm 光(η_{808})、1470 nm 光(η_{1470})、及び AM 1.5 G 太陽光(η_{solar})を照射したときの radiative limit 変換効率を、他の素子の値と図 2 にて比較する。3 種類の照射光の何れの場合も、これら 2 つの LPC の変換効率は Single purpose 素子(従来型単接合 LPC 及び 2 接合太陽電池)の値に匹敵する。TTA-DW-LPC の値は、QR の効果により、同じく 2 つの 1470 nm 光子を 1 つのキャリアに変換する中間バンド(IB)太陽電池を基にした IB-DW-LPC の値を上回る。SF-DW-LPC は吸熱反応であるため、やはり 1 つの 808 nm 光子の吸収により 2 つのキャリアが生成する多重励起子生成(MEG)を利用する MEG-DW-LPC よりも高い変換効率となる。ただしこれらを実現するためには、波長 1470 nm に対応する低エネルギー準位をもつ、新分子材料の開発が必要である。

[1] Y. Takeda, IEEE J. Photovolt. **14**, 442 (2024).

[2] Y. Takeda, submitted.

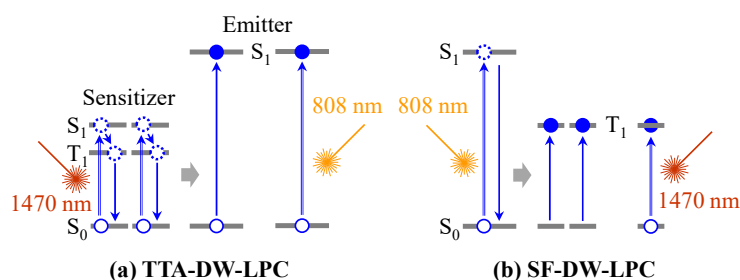


Fig. 1 Energy diagrams and photo-excitation mechanisms of the dual-wavelength laser power converters (DW-LPCs).

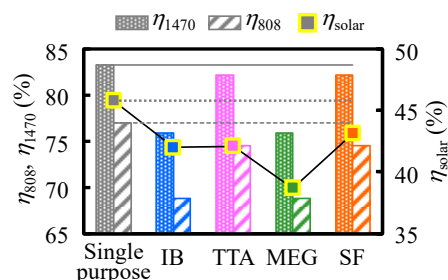


Fig. 2 Comparison of η_{808} , η_{1470} , and η_{solar} among the DW-LPCs of different mechanisms. The laser intensities are 10 W/cm².