

1-10 ppm 極微量ドーピングの有機太陽電池特性に与える影響

Effects of photovoltaic properties for organic solar cells by infinitesimal doping with 1-10 ppm

分子研¹, CREST/JST² °久保 雅之^{1,2}, 嘉治 寿彦^{1,2}, 平本 昌宏^{1,2}Institute for Molecular Science¹, CREST/JST²°Masayuki Kubo^{1,2}, Toshihiko Kaji^{1,2}, Masahiro Hiramoto^{1,2}

E-mail: kubo@ims.ac.jp

序 最近、我々は、これまでに $\text{H}_2\text{Pc}:\text{C}_{60}(1:1)$ 相分離共蒸着膜中に pn ホモ接合を持つ厚膜セルを報告した¹⁾。このセルは少数キャリアと多数キャリアを区別して無機太陽電池と同じ原理で動作する。すなわち、少数キャリア(電子)の高い移動度による長い拡散距離を利用し、同時に、多数キャリア(ホール)の高キャリア濃度による輸送を利用する(図 1)。本研究では、わずか 1-10 ppm の極微量ドーピングで、セル特性を世界で初めてコントロール出来たので報告する。

実験 $\text{H}_2\text{Pc}:\text{C}_{60}(1:1)$ の相分離共蒸着膜²⁾に対し、アクセプタードーパントとして $\text{F}_4\text{-TCNQ}$ 、ドナードーパントとして Cs_2CO_3 を用いて、それぞれ p 型、 n 型層を作製した。ドーピング濃度は、膜厚振動子と連結させた PC モニタリングにより ppm レベルで制御した。

結果と考察 図 2 に、 $\text{H}_2\text{Pc}:\text{C}_{60}(1:1)$ 相分離共蒸着 pn セルにおいて、 p 型層(膜厚 250 nm)である $\text{F}_4\text{-TCNQ}$ のドーピング濃度を变化させた電流 - 電圧特性を示す。ドーピング濃度を大きくするにつれて、3 つの領域で特徴的な J-V 特性が現れた。(1) 0-1 ppm 領域: J_{SC} が増大する。わずか 1 ppm という非常に極微量のドーピングにおいても、ホール濃度の増大が光電流の増大に寄与することを明瞭に示している。(2) 1-10 ppm 領域: FF が大きく改善する。ドーピングによって、あらかじめホールが十分に多く存在しており、光によってホールが生成しても、押し出されるかたちで、すぐに電極へ取り出されるため、再結合の影響が小さくなった可能性を考えている。(3) 10-1000 ppm 領域: J_{SC} が低下する。これは、アクセプタードーパントの散乱により、少数キャリアである電子の拡散距離が低下したためである。

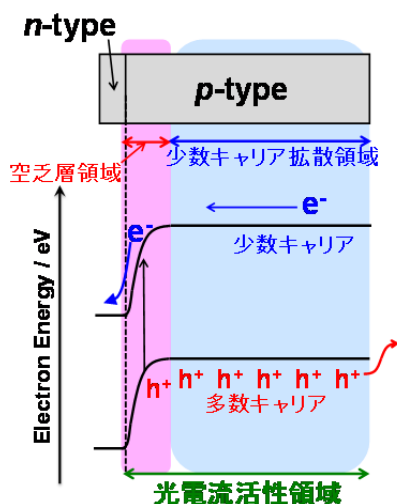
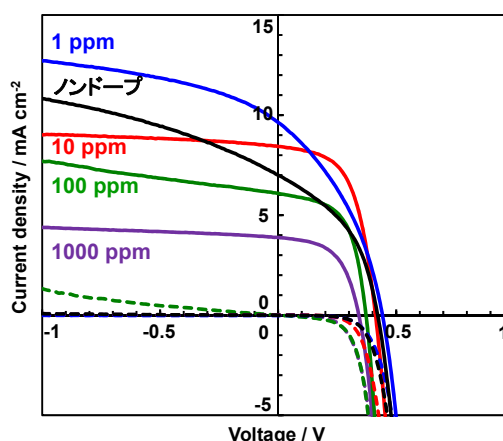
1) M. Kubo, T. Kaji, and M. Hiramoto, *Appl. Phys. Lett.*, **103**, 263303 (2013).2) T. Kaji, C. W. Tang, and M. Hiramoto et al., *Adv. Mater.*, **23**, 3320 (2011).図 1 pn ホモ接合セルの動作原理。

図 2 相分離共蒸着 pn セル(図 1)の p 型層の $\text{F}_4\text{-TCNQ}$ ドーピング濃度と J-V 特性。
 p 型層のドーピング濃度を図中に示している。