

ppm 極微量ドーピングによる光電流増大効果

Effects of increase in photocurrent by infinitesimal doping with ppm-level

分子研¹, CREST/JST² ○久保 雅之^{1,2}, 菊地 満^{1,2}, 平本 昌宏^{1,2}Institute for Molecular Science¹, CREST/JST²○Masayuki Kubo^{1,2}, Mitsuru Kikuchi^{1,2}, Masahiro Hiramoto^{1,2}

E-mail: kubo@ims.ac.jp

序 最近、我々は、これまでに H₂Pc:C₆₀(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)の高いキャリア濃度による輸送を利用する。前回、我々は、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ことを報告した³⁾。本研究では、ppm 極微量ドーピングによる光電流増大の原理を、実測したセルのエネルギー構造を含めて、ほぼ解明出来たので報告する。

実験 H₂Pc:C₆₀(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 F₄-TCNQ、ドナードーパントとして Cs₂CO₃ 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/シャッターシステムにより ppm レベルで制御した。

結果と考察 図 1 に、H₂Pc:C₆₀(1:1)相分離共蒸着 pn セルにおいて、p 型層(膜厚 500 nm)である F₄-TCNQ のドーピング濃度を变化させた電流-電圧特性を示す。ドーピング効果は 3つの領域から成る。①ノンドープ(図 1, 黒線)から 1 ppm ドープ(図 1, 青線)間で、FF が大きく改善した。これは、多数キャリア(ホール)が増大したことによる、セル抵抗の減少と再結合抑止効果のためである。②1 ppm から 10 ppm ドープ(図 1, 赤線)間で、光電流は増大した(図 2 右, 赤)。これは、ドーピング濃度を大きくするにつれて pn 接合の内蔵電位(V_{bi})が増大し(図 2 右, 青)、空乏層が形成していく過程を直接観測している。③100 ppm ドープ(図 1, 緑線)の時、光電流は減少した。これは、空乏層幅の減少と共に(図 2 右, 緑)、多数存在するドーパントによる不純物散乱による移動度低下で、少数キャリア(電子)の拡散距離が減少し、光電流生成領域が減少したためである。以上の様に 10 ppm 以下の低濃度ドーピングでセルを設計するのが適切である。

- 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).
- 3) 久保, 嘉治, 平本, 第 75 回応用物理学会学術講演会、17a-PA2-20 (2014)。

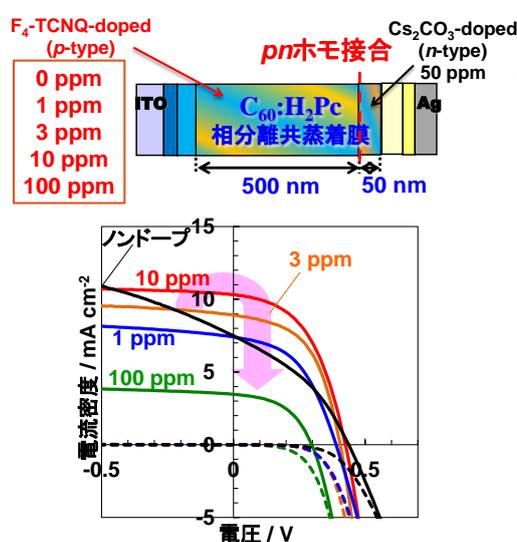


図 1 相分離共蒸着 pn セル(上図)と、p 型層の F₄-TCNQ ドーピング濃度と J-V 特性(下図)。p 型層のドーピング濃度を図中に示している。

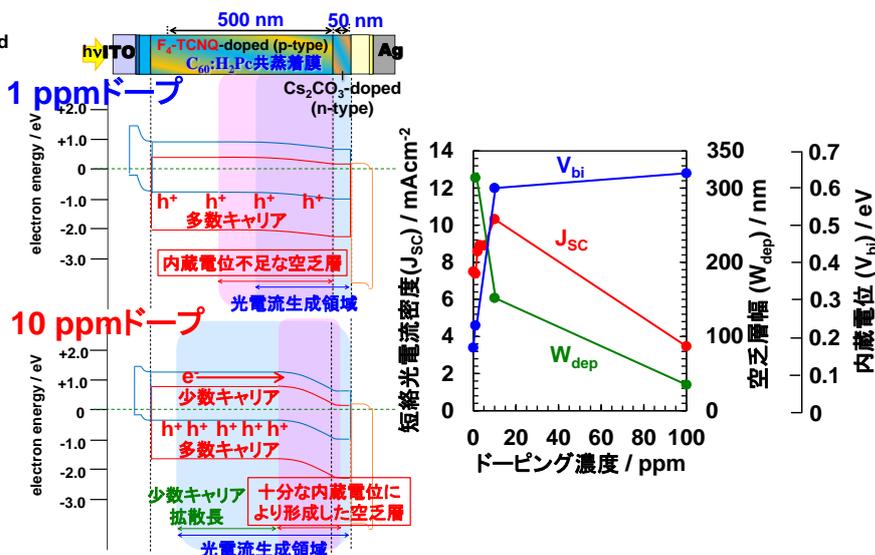


図 2 1 ppm(左上図)と 10 ppm ドープ(左下図)のセルのエネルギー図。内蔵電位(V_{bi})が大きくなるにつれて空乏層が形成していく過程を直接観測している(右図)。