

インピーダンス分光法による逆構造太陽電池の電子物性解析

Analysis of electronic properties of inverted organic bulk heterojunction solar cells by impedance spectroscopy

大面 隆範¹, °村田憲保¹, 杉山拓也¹, 中塚 英美^{1,2}, 小林 隆史^{1,3}, 永瀬 隆^{1,3}, 内藤 裕義^{1,3,4}

(1. 大阪府立大、2. 三菱化学科学技術研究センター、

3. 大阪府立大分子エレクトロニックデバイス研、4. JST-CREST)

T. Otsura¹, °N. Murata¹, T. Sugiyama¹, E. Nakatsuka^{1,2},T. Kobayashi^{1,3}, T. Nagase^{1,3}, and H. Naito^{1,3,4}

(1.Osaka pref. Univ., 2.Mitsubishi Chemical Group Science and Technology Research Center, Inc.

3.RIMED, 4.JST-CREST)

E-mail: otsura@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに：近年、バルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池(OSC)における光電変換効率の向上が著しい。なかでも逆構造太陽電池は高い電力変換効率(PCE)と大気安定性を有すると報告されており、盛んに研究が行われている[1][2]。逆構造太陽電池の電子物性に関する知見は、高 PCE 化、大気安定性の実現のため必要不可欠である。本報告では poly(3-hexylthiophene) (P3HT)と[6,6]-phenyl C₆₀ butyric acid methyl ester (PCBM)を活性層として有する逆構造太陽電池を作製し、インピーダンス分光法(IS 法)による電荷移動度評価を行う。さらにこれらの結果を順構造太陽電池[3]のそれらとの比較の結果を報告する。

実験:ITO/TiO₂/P3HT:PCBM/MoO₃/Au 構造の逆構造、および ITO/PEDOT:PSS/P3HT:PCBM/Al 構造の順構造太陽電池を作製し、低温プローバを用いて真空中にて IS 測定を行った。IS 測定は暗状態下にて Solartron 1260 型インピーダンスアナライザおよび 1296 型誘電率測定インターフェイスを用いて行った。

結果：Fig. 1(a),(b)に PCE 1.5 %の順構造および PCE 3.0 %の逆構造太陽電池の静電容量の周波数依存性をそれぞれ示す。Fig. 1(a)において、低周波域で静電容量が負になることから電子、正孔ともに対向電極に到達しており、(b)では静電容量が低周波域で負にならないため、一方の電荷のみ対向電極に到達したと考えられる。

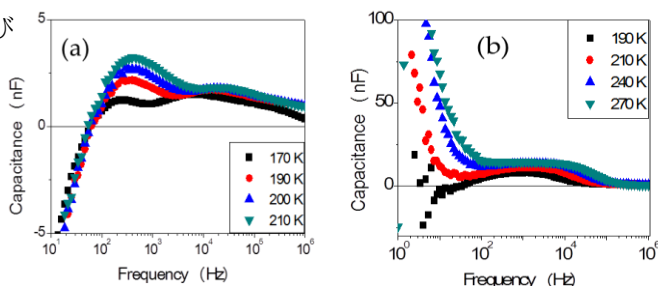


Fig. 1 Frequency dependence of capacitance of P3HT:PCBM (a)conventional and (b) inverted bulk heterojunction solar cells at different temperatures.

Fig. 2 (a),(b)に $-AB$ 法[4]により決定した順構造および逆構造太陽電池の移動度の温度依存性を示す。熱活性型の挙動を示すことがわかり、300 Kにおける移動度の値は順構造太陽電池で電子、正孔移動度はそれぞれ $9 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ と決定出来た[3]。逆構造太陽電池では一方の電荷移動度のみ $3 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ と決定出来、順構造太陽電池との対応から電子移動度のみを決定できたと考えられる。正孔移動度が決定出来なかった理由として、TiO₂の伝導帯端が真空準位から-7.5 eVであり活性層の LUMO -6.1 eV に比べ深いことから TiO₂/活性層界面で正孔輸送がブロックされるためと考えられる。以上から TiO₂が正孔の流出を防ぐことが、逆構造太陽電池特性向上の一因と考えられる。

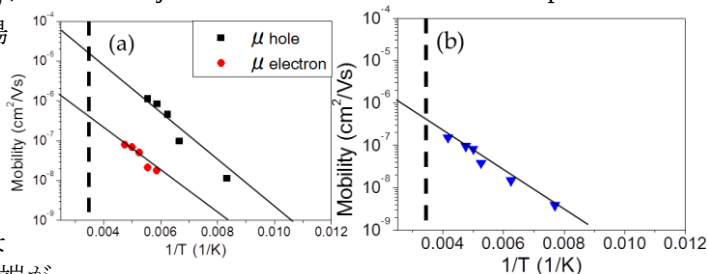


Fig. 2. Temperature dependence of mobilities of P3HT:PCBM (a) conventional and (b) inverted bulk heterojunction solar cells.

参考文献:

- [1] Z. He, *et al.*, Nat. Photonics. **6**, 591 (2012).
- [2] A. K.-Y. Jen, *et al.*, Adv. Funct. Mater. **24**, 1465 (2014).
- [3] 甲田 他, 第 73 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 11p-PB8 (2012).
- [4] T. Okachi, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 8965 (2008).

謝辞：本研究は科学研究費補助金及び新学術領域研究「元素ブロック高分子材料の創出」の助成を受けた。