二次イオン質量分析法を用いた屋内用有機光電変換素子の開放端電圧制限要因の解明

Investigation of the Degradation Factor of Open-Circuit Voltage in Bright-Color Organic Photovoltaics Using Secondary Ion Mass Spectrometry

○松村 和泉，ラチャイワラクル チャー，柴 瀛，小島 広孝，中村 雅一（奈良先端大物質）

°Izumi Matsumura, Cher Lertchaiwarakul, Ying Chai, Hirotaka Kojima, Masakazu Nakamura (NAIST)

E-mail: matsumura.izumi.md2@ms.naist.jp

我々はエナジーハーベスティングのための室内光で発電する光電変換素子（OPV）を指向して、青色光を選択的に吸収する材料を組み合わせ、人間の視感性を妨げずに光エネルギーを回収し発電する素子の研究を行ってきた。これまでに、HOMO-LUMO ギャップが大きく可視光を吸収しない p 型材料ジビフェニルベンゾチエノベンゾチオフェン（BPh-BTBT）と、青色領域に強い吸収を持つ n 型材料 C_{60} を用い、Ag / BCP / C_{60} / BPh-BTBT / BPh-BTBT: F_4TCNQ / ITO 構造の OPV を作製し評価してきた。作製した OPV の外部量子効率（EQE）を測定したところ、青色光領域に 80%以上の吸収を有するにもかかわらず、エネルギー変換効率（PCE）が低いという課題が見つかった。この理由として、DFT 計算を基に経験則[1]から算出した理論値（V_{OC}^{cal}）に比べて、実際に得られる開放電圧値（V_{OC}）が大幅に低いことが挙げられる。この V_{OC} 低下の原因を探るためにインピーダンス分光法（IS）を用いて解析した結果、暗状態で 1×10^{17} cm^{-3} 以上の空間電荷が p 層内に存在することが分かった[2]。この空間電荷により p 層から発生した電場によりカソード側のポテンシャル降下が生じた結果、V_{OC} が低下すると推測される。p 層に空間電荷が蓄積する原因の一つとして、F_4TCNQ の p-dope 層からの外方拡散が考えられる。そこで本研究では、OPV に対して二次イオン質量分析法（SIMS）を行い、$^{19}F^-$イオンの観測を通して F_4TCNQ の外方拡散の可能性について検証した。

p 層と p-dope 層を観察するため、Ag / BPh-BTBT (120) / BPh-BTBT: F_4TCNQ (10 mol%) (7.5) / ITO 構造（括弧内は各層の膜厚(nm)）の p オンリー素子を作製し、SIMS 測定を行った。F_4TCNQ 分布の経時変化を見るために素子作製 1 日後と 7 日後でそれぞれ測定を行ったところ、7 日後の p 層における $^{19}F^-$濃度が増加していることが確認された（図 1）。この結果から、p-dope 層から p 層への F_4TCNQ の拡散が示唆された。また、BCP (10) / C_{60} (40) / BPh-BTBT (40) / BPh-BTBT: F_4TCNQ (10 mol%) (7.5) / ITO 構造（括弧内は各層の膜厚(nm)）の平面接合型 OPV を作製し、同様に SIMS 測定を行った（図 2）。IS の結果から見積もられた p 層および p-dope 層中の空間電荷密度 n (cm^{-3})（図中に棒グラフで示した）と比較すると、p 層および p-dope 層に存在する F_4TCNQ のイオン化率はほぼ等しく、いずれも約 2%と見積もられた。

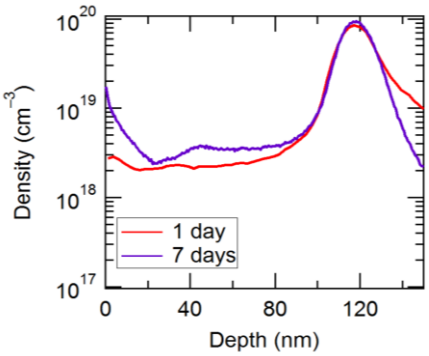

図 1. p オンリー素子の 1 日後と 7 日後の $^{19}F^-$濃度

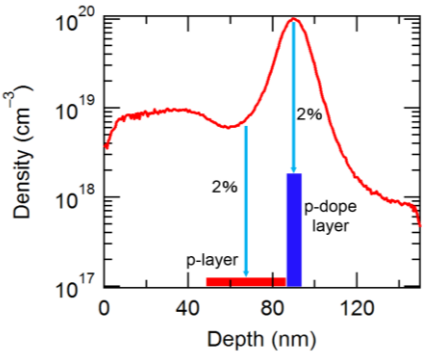

図 2. 平面接合型 OPV の $^{19}F^-$濃度と IS の結果より算出された F_4TCNQ イオン

[1] M.C. Scharber *et al.*, Adv. Mater. **18**, 789 (2006).
[2] 柴瀛 他，第 61 回応用物理学会春季学術講演会 18a-PA6-20 (2014).
謝辞：BPh-BTBT をご提供頂いた日本化薬(株)に感謝いたします。

© 2015年 応用物理学会