

有機薄膜太陽電池における過渡電気特性評価の妥当性 Validity of transient electric measurements in organic photovoltaics

理研 CEMS¹, °中野 恭兵¹, Chen Yujiao¹, 但馬 敬介¹

RIKEN CEMS¹, °Kyohei Nakano¹, Yujiao Chen¹, Keisuke Tajima¹

E-mail: kyohei.nakano@riken.jp

有機薄膜太陽電池の開回路状態においては、太陽光による定常の電荷生成速度と再結合速度が一致するように電荷密度が定まり、この定常電荷密度と分子の状態密度分布から電子とホールに対する擬フェルミレベルの差、すなわち開放電圧 (V_{oc}) が決まる。 V_{oc} を決めるパラメータである電荷密度と電荷再結合速度は、Transient PhotoVoltage/PhotoCurrent (TPV/TPC)・Impedance Spectroscopy (IS)・Charge Extraction (CEX) で評価される。これらの評価法はバルクヘテロジャンクション型の素子の対しては概ね等しい測定値を与えると報告されている。本研究では (1) これらの測定値の精度、(2) バルクヘテロジャンクション型よりもドナー/アクセプタ界面面積が小さい平面積層型素子も評価できるか、の2点を議論する。具体的には、PCBM と P3HT の混合バルクヘテロジャンクション型素子と PCBM の上に P3HT を転写した平面積層型素子についてこれら3つの過渡測定を行い、電荷密度と再結合速度の測定値を比較・検証した。

バルクヘテロジャンクション素子では TPV/TPC・IS・CEX で求めた電荷密度は誤差 10%以内で一致し、高い精度で評価が可能であった。時間領域での TPV 測定と周波数領域での IS 測定で算出した電荷寿命もほぼ完全に一致し、どちらの測定法を選んでも問題はないと言える。一方で平面積層型では、これらの評価法は異なる電荷密度を与えた。D/A 界面面積が電極面積と等しく、電極に蓄積される電荷が過渡信号に無視できない影響を持つことが原因であると考えられる。D/A 界面容量と素子の電極容量の時定数が近いいため、IS の等価回路解析ではこれらを区別することができなかった。これらの結果は、過渡電気特性は素子の構造に関係なく評価できるが、D/A 界面容量と電極容量の大きさ次第では、得られる電荷密度と再結合速度は真値から大きくはずれる場合があり、結果に対する慎重な判断が必要であることを示している。現状では、平面積層型素子に対しては、電極容量を考慮した TPV/TPC 測定が電荷寿命を評価する上で最も信頼性が高いと結論した。