

C₆₀ 分子間重合反応を利用した C₆₀/ ZnPc ヘテロ接合型 有機太陽電池の性能向上

Improvement of the Performance of C₆₀/ ZnPc Hetero-Junction Solar Cells by Means of Polymerization
between Adjacent C₆₀ Molecules

〇的場 悠希, 加藤 雅洋, 梅田慎太郎, 渡邊 真太, 中谷 真人, 尾上 順

Nagoya Univ.

E-mail: j-onoe@energy.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】 有機太陽電池 (OPV) の性能向上の指針を得るためには, 各光電変換素過程 (光吸収による励起子生成, 励起子の拡散・D/A 界面での電荷分離, キャリア伝導など) の律速因子の解明および制御法の確立が必要不可欠である。本研究では, C₆₀ と亜鉛フタロシアン (ZnPc) をそれぞれ電子受容体 (A) および電子供与体 (D) に用いたヘテロ接合型 OPV の光吸収および外部量子効率 (EQE) の評価を行った結果, C₆₀ 分子間の重合反応が性能向上に有効であることを見出したので報告する。

【実験方法】 真空蒸着法により, 酸化インジウムスズ (ITO) 電極基板上に ZnPc 薄膜, C₆₀ 薄膜およびアルミ (Al) 電極を順次形成し, 1 mm² の受光面積を持つ OPV [ITO/ZnPc/C₆₀/Al] を作製した。波長 400~900 nm の単色光を OPV へ照射し, 入射光強度と出力電流を比較することで, OPV の分光感度スペクトルを得た。

【実験結果】 C₆₀ 薄膜の厚さ ($t = 0, 10, 30, 50$ nm) の異なる各素子 [ITO/ZnPc(40 nm)/C₆₀(t nm)/Al] の分光感度スペクトルを Fig. 1a に示す。C₆₀ 薄膜の厚さを 0 から 10 nm まで増加させると, 波長 450 nm, 625 nm, 710 nm にピークを有して EQE 値が増大した。これは, D/A 界面の形成により光生成した励起子の電荷分離が促進されたことを示す。各ピーク波長は C₆₀ の分子間電子遷移 (450 nm) および ZnPc の分子内電子遷移 (625 nm と 710 nm) を主因とする光吸収波長 (Fig. 1b) と一致することから, 各膜での励起子生成が EQE 値に寄与していると考えられる。実際, C₆₀ 薄膜をさらに 30 nm まで厚くすると, C₆₀ 薄膜内で生成される励起子量の増加により, 波長 450 nm 近傍の EQE 値が著しく増大した。一方, C₆₀ 膜の厚さが 50 nm の素子では, 逆に EQE 値が減少した。これは, D/A 界面から拡散距離以上の遠方で発生した励起子の失活や C₆₀ 膜の内部抵抗増加による正孔電流の減少で説明できる。以上の結果は, 広波長域での吸光度, 励起子拡散長, 電気導電率 (σ) の大きな分子膜で OPV を構築すれば, 性能向上が実現することを示している。

そこで, 3 keV の電子線 (EB) を C₆₀ 薄膜に照射することで形成される重合体薄膜について検討した。この電子線重合では, C₆₀ 薄膜の σ が 5 桁以上向上することが分かっている [1]。C₆₀ 薄膜の可視域の吸光度に与える EB 照射の効果を調べたところ (Fig 1b), EB 照射時間と共に, 波長 450 nm の光吸収が増加した。これは, C₆₀ の重合反応によって分子間距離が 10 % 程度減少し, 分子間励起子の生成確率が増加したことによると考えられる。本講演では, C₆₀ 薄膜への EB 照射が EQE に与える効果も議論する。

[1] S. Ryuzaki and J. Onoe, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 113301 (2014).

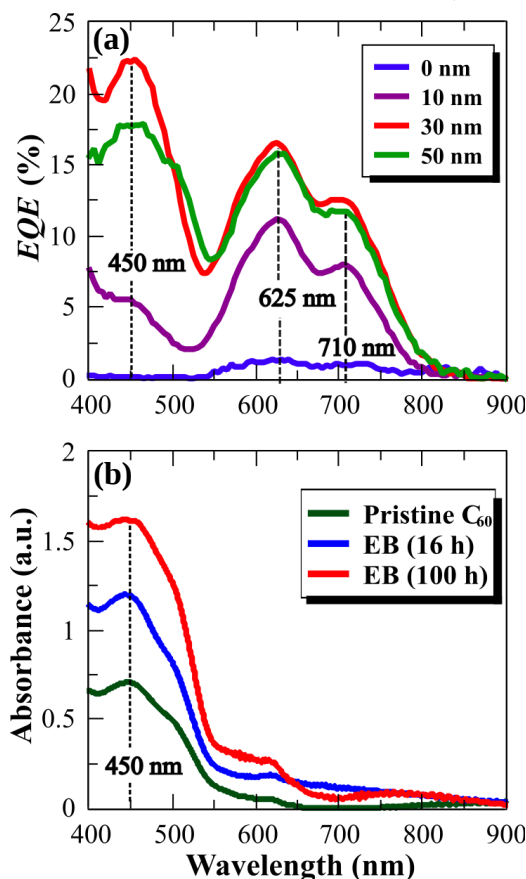


Fig.1 (a) Action spectra of hetero-junction OPV [ITO/ZnPc(40 nm)/C₆₀(t nm)/Al], (b) Photo absorption spectra of C₆₀ film ($t = 200$ nm) measured before and after EB-irradiation.