

有機エネルギー変換デバイスの開発

森 竜雄 (愛知工業大学工学部電気学科)

目的 C. C. グリッドにおける省エネルギーと創エネルギーを実現するために、平成 28 年度は有機 EL におけるデバイス中のキャリア挙動、有機薄膜太陽電池の活性層の構造制御、有機ペロブスカイト太陽電池の高再現性作製技術の開発を行った。ここではエネルギーハーベスト電源として期待できるフレキシブル有機薄膜太陽電池のための基礎研究を紹介する。有機薄膜太陽電池はドナーポリマー材料とアクセプタ材料を組み合わせる塗布法によって作製される。ドナー材料としては、狭バンドギャップ材料と呼ばれるポリマーが精力的に開発されているが、アクセプタ材料としてはフラーレン材料が一般的であり、これを可溶化部位を修飾して利用されている。

結果 エネルギーハーベストを狙った有機薄膜太陽電池の実現にはフィルム基材での作製条件の最適化以外に製品とし低コストデバイスであることが重要である。現在実用化されている有機薄膜太陽電池のアクセプタ材料として利用されている可溶化フラーレンは未修飾材料に比べ約 10 倍程度高価である。そのため、もし未修飾フラーレン材料を直接利用することができれば低価格化が実現できる。そこでここでは C60 をアクセプタ材料として利用した。しかしながら、C60 だけでは溶解性が低いためにドナーポリマーとの相溶性も良くない。通常は 1,8-ジヨードオクタン (DIO) のような添加剤を利用して相溶性を高めるが、DIO の添加は素子性能の向上と引き替えに素子寿命の低下を招く。そのため、我々は同じフラーレンである可溶性フラーレンを添加し相溶性を高めることを考えて、その特性を評価した。

ドナーポリマーとして、ポリ 3-ヘキシルチオフェン (P3HT) を用いた。P3HT は初期の標準的な材料であるが、変換効率が数%と低いのが難点である。しかしながら、他の高変換効率材料に比べれば低価格である。フラーレン材料としては C60 とその可溶性置換体フェニル C61 酢酸メチルエステル PCBM を用いた。

試料は 1. PCBM 0wt% : P3HT(10mg)と C₆₀(7mg)を 1ml のトリメチルベンゼン(TMB)に溶かしたもの 2. PCBM 10wt% : P3HT(10mg) と C₆₀(6.3mg)と PCBM(0.7mg)を 1ml の TMB に溶かしたもの 3. PCBM 20wt% : P3HT(10mg) と C₆₀(5.6mg)と PCBM(1.4mg)を 1ml の TMB に溶かしたもの 4. PCBM 30wt% : P3HT(10mg) と C₆₀(4.9mg)と PCBM(2.1mg)を 1ml の TMB に溶かしたものをを用いた。

図 1 は作製したセルの光電流特性である。実線の C60 のみの試料と比較して、PCBM を添加した試料の電流や電圧は上昇している。表 1 に太陽電池特性のまとめを示す。現状では PCBM を 20 wt% 添加した試料がもっとも良好であった。活性層 (P3HT:C60:PCBM) の光学吸収はほぼ同じであった。そのことは同じだけの光吸収が生じるが、その後のキャリア乖離過程とキャリア輸送過程が大きく異なることを示唆する。

これらの試料の IPCE 特性を測定したところ、P3HT や C60 の吸収領域でのキャリア生成効率が倍以上に大きく向上した。これは膜中における C60 や P3HT の凝集状態の違いを反映している。C60 が PCBM の添加により、PCBM 凝集にエンハンスされてバルクヘテロ状態になるように凝集化が進んだことを示唆する。また C60 の凝集化に伴い、P3HT の凝集化もより進展に明確な層分離が実現されていることを示唆する。活性層の光学顕微鏡観察より、C60 のみの試料では凝集体である黒点が大きく、かつ数多く認められるが、PCBM の添加によりその黒点は小さく、かつ数が減少する。また、活性層の表面状態を AFM で観察より、C60 のみの試料は明らかに

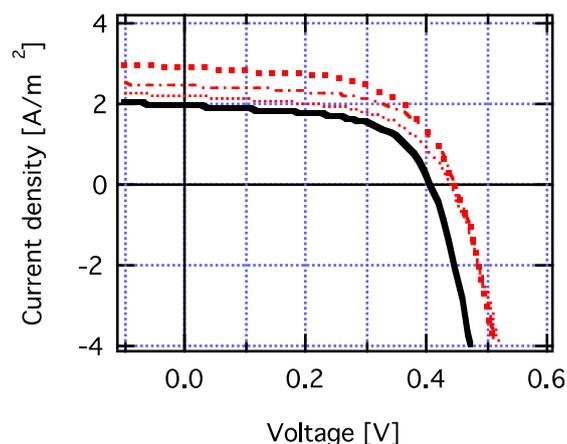


図 1 光電流特性(実線は C60 のみ)

表 1 太陽電池特性のまとめ

PCBM wt%	J_{sc} [mA/cm ²]	V_{oc} [V]	FF	PCE [%]
0	1.92	0.408	0.583	0.462
10	2.21	0.443	0.552	0.544
20	3.04	0.447	0.573	0.791
30	2.62	0.463	0.590	0.723

他と異なる形状を示しており、PCBM 添加がフラーレンの凝集状態の改善に有効であることを示唆している。今後、変換効率の高いドナーポリマー材料を利用して、検討を進めている予定である。

また有機ペロブスカイト太陽電池においても、15%を超える変換効率を実現できており、より簡便で低コストな作製方法の開発を無進めていく。