

# 平成 26 年度 学内研究助成金 研究報告書

研究種目	<input checked="" type="checkbox"/> 奨励研究助成金	<input type="checkbox"/> 研究成果刊行助成金
	<input type="checkbox"/> 21 世紀研究開発奨励金 (共同研究助成金)	<input type="checkbox"/> 21 世紀教育開発奨励金 (教育推進研究助成金)
研究課題名	有機分子ドーピング法による高性能有機薄膜太陽電池の作製	
研究者所属・氏名	研究代表者：理工学部 電気電子工学科 田中仙君 共同研究者：	

## 1. 研究目的・内容

本研究では、有機薄膜太陽電池 (OPV) の光電変換層となる有機薄膜層へ還元剤となる有機分子ドーピングを行うことで、太陽電池素子の長寿命化を試みた。還元剤分子の濃度によって劣化速度が抑制される傾向が見られたが、より詳細な検討が必要であることもわかった。

## 2. 研究経過及び成果

有機半導体を光吸収層として用いた有機薄膜太陽電池(OPV)は、資源的制約が少なく、多様性の高い化合物合成が可能、安価なプロセスによって作製できることなどの特徴があり、次世代型太陽電池として期待されている。しかし、OPV は結晶シリコン太陽電池と比べ発電効率が低く、酸素や紫外光による劣化のため長期使用に耐えうる信頼性が得られていないなど問題点も多い。

そこで本研究では、OPV の耐久性向上に着目し、還元剤であるジチオトレイトール (DTT)(図.1(a))を有機層にドーピングすることで有機層の酸化を抑制し、長寿命化を試みることを目的とした。

長寿命化を試みる有機光電変換層としては、広く研究されている Poly(3-hexylthiophene) (P3HT)とフラーレン誘導体である Phenyl C<sub>61</sub> butyric acid methyl ester (PCBM)の混合層を研究対象とした。混合層中へドーピングする DTT の濃度を変化させ、その太陽電池特性の経時変化を測定するとともに、光電子分光法 (XPS) による電子構造測定も実施した。

有機太陽電池の劣化には様々な要因が考えられるが、太陽電池特性の経時変化からは、P3HT:PCBM 太陽電池素子の発電効率の劣化が短絡電流密度 ( $J_{sc}$ ) の低下によって引き起こされていることがわかった。一方で、開放電圧 ( $V_{oc}$ ) や曲線因子 ( $FF$ ) の経時変化はあまり見られず、素子劣化に対する影響は大きくないことがわかった。この傾向は、DTT のドーピングの有無にかかわらず、すべての素子で観測された。

$J_{sc}$  の低下は、P3HT や PCBM の酸化、および有機/電極界面における界面抵抗成分の増加などによって引き起こされる。還元剤である DTT のドーピングによって期待したのは、P3HT や PCBM の酸化の抑制であるため、DTT が効果的に働けば、 $J_{sc}$  の減少割合の抑制が見込まれる。実際に、DTT を P3HT に対して 0.001wt%ドーピングした素子において、若干ではあるが  $J_{sc}$  の減少割合が抑制される傾向が見られた。しかし、現時点においては素子による特性のばらつきが大きく、この  $J_{sc}$  の減少割合の抑制が DTT の効果であるというはっきりとした証拠は得られていない。XPS の観測結果からも、DTT ドーピング素子と基準素子 (DTT をドーピングしていない素子) とで、表面の電子構造の大きな違いは観測されなかった。

一方で、DTT をドーピングした素子において、作製直後の初期特性がドーピングをしていない素子と比較して優れているという傾向が見られた。具体的には、初期  $J_{sc}$  の値において、基準素子の平均が 6.1 mA/cm<sup>2</sup>であったのに対して、DTT を 0.001wt%ドーピングした素子の平均は 7.3 mA/cm<sup>2</sup>であった。 $V_{oc}$  や  $FF$  にはドーピングの有無による大きな違いは見られなかった。DTT

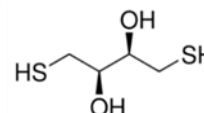


図 1. ジチオトレイトール

自身は絶縁体であり、また可視光領域における光吸収もほとんど持たないため、直接光電流を発生させているわけではないと考えられる。絶縁体のドーピングによって光電流生成効率が向上する例は、これまでもいくつか報告されているが、その主な要因は、有機層の幾何学的構造（モルフォロジー）の変化である。今回の場合、P3HT:PCBM 混合層中に DTT が存在することで、P3HT や PCBM の結晶性やドメインサイズなどが変化し、光電流生成効率の向上につながった可能性がある。現時点では、その詳細について確認できていないが、P3HT:PCBM の膜構造制御に対しても効果があるとするれば、長寿命化と高効率化の両方の効果を一種類の有機分子ドーピングで得られる可能性を示唆しており、興味深い。

### 3. 本研究と関連した今後の研究計画

DTT ドーピングによる太陽電池素子の長寿命化のはっきりとした結果は現時点では得られていないが、DTT のドーピングが短絡電流密度を増加させる可能性があることがわかった。今後、この要因について P3HT:PCBM 膜の構造変化を中心に調べていく予定である。

また、本研究を通じて、有機分子ドーピングによる太陽電池性能の向上という手法は、様々な可能性を持つ手法であることがわかってきた。本研究で得られた知識をもとに、様々な有機分子を用いてドーピングによる効率向上、長寿命化の研究を進めていく予定である。

### 4. 成果の発表等

発表機関名	種類(著書・雑誌・口頭)	発表年月日(予定を含む)
第 294 回 電気材料技術懇談会若手研究発表会	口頭およびポスター発表	2014 年 7 月 23 日
第 75 回応用物理学会秋季学術講演会	ポスター発表	2014 年 9 月 17 日