

陽極/ドナー層界面における分子配向が太陽電池特性に及ぼす影響

Effect of Molecular Orientation at Indium-tin-oxide/Donor Interface on Device Performance of Organic Photovoltaic Cells

九大・OPERA、未来化学 °平出雅哉, 安達千波矢

OPERA and CFC, Kyushu Univ. °Masaya Hirade and Chihaya Adachi

E-mail: m_hirade@cstf.kyushu-u.ac.jp

概要: 有機薄膜太陽電池(OPV)は低温・低コストでの作製が可能であり、次世代の太陽電池として期待されている。近年、5.5 eVと深い最高占有軌道(HOMO)を有している tetraphenyldibenzo-periflanthene (DBP)をドナー材料として用いた OPVにおいて、高い開放端電圧(V_{oc} =0.92 V)が報告されている(1)。また、類似の骨格を有している diindenoperylene (DIP, HOMO=5.35 eV)をドナー層に用いた場合においても、同様に高い V_{oc} =0.91 Vが報告されている(2)。しかしながら、室温においてDIPセルを作製した場合、直列抵抗が大きくなり、素子特性は低い値に留まっている。このことはバッファ層である poly-(3,4-ethylenedioxy-thiophene):poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)の仕事関数とDIPのHOMO間に大きな障壁が存在するためであり、PEDOT:PSS層を真空中で加熱し、仕事関数を深くすることで、直列抵抗が低減している。一方で、DBPセルの場合は、ITO-DBP間に障壁が存在するにも関わらず、室温で成膜した場合においても、加熱処理を施したDIPセルと同程度の特性が得られている。本研究ではITO/ドナー層界面における分子配向に注目して、この原因の検討を行った。

実験: まず、蒸着膜中における DBP 分子の配向制御を行うために、室温、および加熱条件下で成膜を行った。これらの膜中における DBP 分子の配向を X 線回折(XRD)、分光エリプソメトリーにより確認を行った。室温蒸着により配向した DBP 膜(o-DBP)、加熱蒸着によりランダムな DBP 膜(r-DBP)を得た。次に、ITO 界面における分子配向の影響を検討するため、以下に示す参照デバイス(Device (a))、および加熱蒸着により ITO 界面の配向の制御を行ったデバイス(Device (b))の作製を行った。

(a) ITO/o-DBP/C₆₀/bathocuproine(BCP)/Al

(b) ITO/r-DBP/o-DBP/C₆₀/BCP/Al

また、比較として PEDOT:PSS 層を Device (a)、Device (b)の陽極/ドナー界面に挿入した Device (c)、Device (d)の作製を行った。陰極は 1 mmφの円盤電極であり、光電流の測定は真空中において、

AM1.5G、100 mW/cm²の疑似太陽光照射下で行った。

結果・考察: XRD の結果より、室温・加熱条件下で成膜した DBP 膜はアモルファス性であることが示された。しかしながら、分光エリプソメトリーの結果より、室温で成膜した DBP 膜は光学異方性を有しており、分子は基板に対して平行配向していることが分かった。また、加熱蒸着の場合、光学定数は等方的で分子はランダムに存在していることが分かった。図 1 に Device (a)~(d)の暗電流、光照射下における電流密度-電圧(J - V)特性、および各特性値を示す。Device (b)においては Device (a)に比べ直列抵抗成分の増加が見られた。このことは、r-DBP 層の存在によって ITO/r-DBP 層間でホール取出しにエネルギー障壁が存在するためと考えられる。一方で Device (d)においては界面近傍に r-DBP 層を有しているにもかかわらず、Device (c)に比べ直列抵抗成分の増加は見られなかった。これは、真空中での加熱により、PEDOT:PSS 層の仕事関数が深くなったためであると考えられる。以上の結果より、陽極/ドナー層界面に障壁が存在する場合でも、分子が基板に平行配向することで、障壁の低減が可能であることが示唆される。

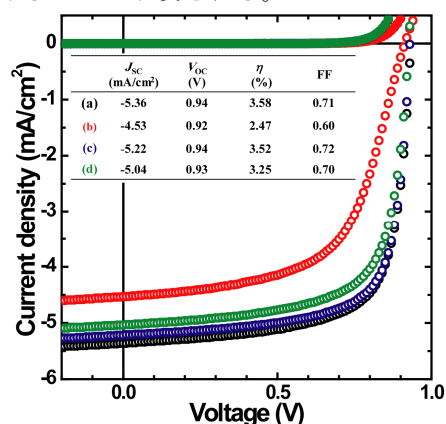


図 1: Device (a)~(d)における J - V 特性、および各特性値

(1) D. Fujishima, et al. *Sol. Energy Mater. Solar Cells* **93**, 1029 (2009)

(2) J. Wagner, et al., *Adv. Funct. Mater.* **20**, 4295 (2010)