

ペンタセン有機薄膜太陽電池の厚膜化

Thick pentacene photovoltaic cells

東京農工大¹, °(M2)島崎 七海¹, 嘉治 寿彦¹

Tokyo Univ. of Agri. & Tech.¹, °Nanami Shimazaki¹, Toshihiko Kaji¹

E-mail: s179952t@st.go.tuat.ac.jp

1.目的:有機太陽電池の発電効率の向上のためには、吸収した光子に対して外部回路を流れる電子の収率を表す外部量子収率(EQE)を向上させる必要がある。一つの光子を吸収してできた一重項励起子が二つの三重項励起子に分裂する過程を一重項励起子分裂と呼び、これを用いることで量子収率が 100%を超える有機薄膜太陽電池が可能である。この現象は反射鏡を用いた特殊な系で実証されているが、通常の測定での量子収率は最高で 80%程度であると報告されている[1]。通常の測定で 100%以上の EQE を達成するためには厚膜化し吸収を増大させる必要がある。そこで本研究では、一重項励起子分裂特性を持つペンタセンをドナー材料に用いた太陽電池を作製し、通常の測定で量子収率が 100%を超える太陽電池の実現を目指し、厚膜化と下地層の検討を行った。

2.方法: 通常の蒸着法では短絡電流密度(J_{sc})が低下する膜厚 100 nm を超える素子を作製した。この際、真空蒸着時に基板分子に残存しない液体分子 PDMS を活性層の材料に衝突させることで混合膜の結晶性の制御を行う蒸発分子誘起結晶化法[2]を用いた。下地層は、ペンタセン分子の三重項準位である 4.1 eV を基準に励起子の逆流を阻止する lumo を持つ材料を選定し(Fig.1)、ITO 電極と活性層の間に MeO-TPD、 α -6T、キナクリドン、キナクリドンキノン、ZnPc のいずれか一つを蒸着し、下地層の無い素子と比較した。[MoO₃/下地層/Pc/C₆₀/Pc:C₆₀(25 nm)/C₆₀/Alq3:C₆₀/LiF/Ag]の構造を持つ太陽電池を真空蒸着で作製した。

3.結果と考察: 共蒸発分子誘起結晶化法を用いた結果、活性層を 25~300 nm で厚くするほど短絡電流密度が向上することが確認できた(Fig.2)。しかし、下地層無しでは、膜厚 25 nm の素子の Pc の吸収ピークである $\lambda=650$ nm における EQE は 0 V 下では 4%程度、-2 V 印加下で 30%程度であった(Fig3 青線)。0 V 下での低い EQE は電子が陽極へ逆流し再結合することに起因し、電圧印加によって増加する EQE は電荷分離した電子とホールが再結合せずに電極に到達するためとも考えられるが、先行研究[1]では励起子の逆流を阻止する高分子下地層について指摘されている。そこで、本研究においても下地層の導入を検討した。下地層有りの素子では 0 V 下での EQE はいずれの材料においても 1~3%程度向上し (Fig.3 赤線)、2 V 下での EQE は 5~10%程度向上したため、選定した材料はわずかに励起子ないしは電子のブロッキング層として機能したと考えられる。

4.結論:蒸発分子誘起結晶化法によって活性層を 300 nm まで厚化しても短絡電流密度は増加し、素子構造の最適化後に膜厚を増加させることで吸収量の増幅が期待できることがわかった。下地材料については本研究で検討した低分子ブロッキング層は EQE を最大 3%向上させるに留まった。高分子材料である P3HT を下地に用いることでペンタセンの吸収ピークにおける EQE が 20%から 80%まで向上した報告[1]に則って現在高分子材料を用いたブロッキング層を導入した素子を製作中であり、詳細は当日述べる。

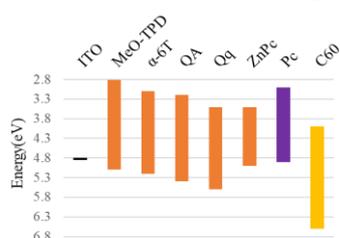


Fig.1 Energy levels

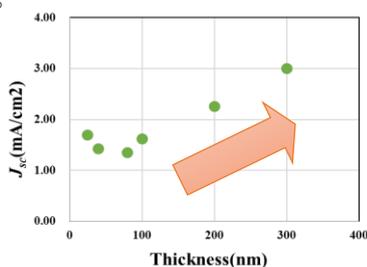


Fig.2 Relation between film thickness and

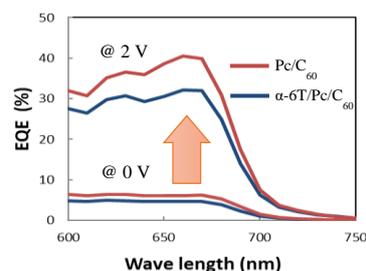


Fig.3 EQE

- [1] Daniel N. Congreve, Jiye Lee, Nicholas J. Thompson, Eric Hontz, Shane R. Yost, Philip D. Reusswig, Matthias E. Bahlke, Sebastian Reineke, Troy Van Voorhis, Marc A. Baldo, *Science* **340**,334(2013)
 [2] Toshihiko Kaji, Minlu Zhang, Satoru Nakao, Kai Iketaki, Kazuya Yokoyama, Ching W. Tang, and Masahiro Hiramoto, *Adv. Mater.* 2011, 23, 3320–3325