

蒸着型有機薄膜太陽電池における電極界面層と基板の機能

Interfacial layers and substrates for vacuum-deposited organic photovoltaic cells

東京農工大¹ ○片山 美樹雅¹, 嘉治 寿彦¹

Tokyo Univ. of Agri. & Tech.¹, ○Mikimasa Katayama¹, Toshihiko Kaji¹

E-mail: m-ktym@cc.tuat.ac.jp

低分子有機半導体を材料とした蒸着型有機薄膜太陽電池において、タンデムセルで 10%以上の高効率で報告される一方、シングルセルでの効率向上は高分子を用いた有機薄膜太陽電池に比べて遅れている。これは、100 nm を超える膜厚になると、通常、短絡電流密度や曲線因子が低下するためである。我々はこれまでこのシングルセルでの短絡電流を最大化する方法として、有機半導体分子の真空蒸着時に素子基板に残存しない液体分子を衝突させ、分子結晶膜の従来の限界を大幅に超えた結晶化と成長制御を可能にする「共蒸発分子誘起結晶化法」を考案している[1, 2]。この方法で 100 nm 以上の厚い蒸着型においても短絡電流の向上が可能となったが、上下電極界面層が最適化されていなかったため、電流値や変換効率が制限されていた[2]。本研究では、この最適化を追求し、蒸着型で標準的な組み合わせの一つである亜鉛フタロシアニン (ZnPc) とフラーレン (C₆₀) において、これまでにない、短絡電流密度が 20 mA/cm² 以上を示す素子を繰り返し作製できたので、この系における電極界面層と基板の機能を評価した。

過去のような研究を参考にして、混合膜の上下電極界面層を順次追加・最適化した。下部 ITO 界面では F₄TCNQ や CuI の採用によりホール収集能の改善や、鋳型層による励起子分離の改善を確認した。また、上部電極界面では、LiF により Ag 電極の侵入を防ぎ、アモルファス性の Alq₃ と C₆₀ との混合バッファの採用により、凹凸の激しい結晶性混合膜でも問題なく電子収集できるようになった。そして、Rubrene と C₆₀ との混合膜を挟むことにより上部電極付近でのキャリアの再結合を抑制し、結果として短絡電流密度が 20 mA/cm² 以上を示した (Fig. 1)。

また、基板の機能を評価したところ、テクスチャ構造を持つ FTO 基板では活性層が厚くなるに従って飽和電流密度が増加する一方、平滑な ITO 基板では、定在波の影響による飽和電流密度の上下が観察され (Fig. 2)、その結果、最適な膜厚が異なることがわかった。

以上のように、蒸着型有機薄膜太陽電池における電極界面層と基板の機能を、活性層の厚さに制限されることなく、実際の太陽電池特性で評価できた。

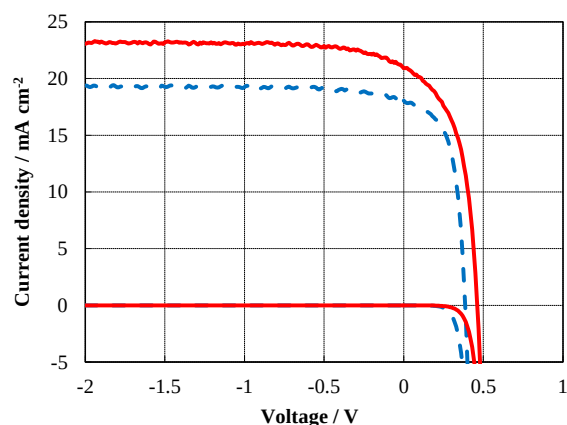


Fig. 1 Current-voltage (J-V) curves of OPV cells which optimized interfacial layers: with rubrene:C₆₀ (red solid line), and without rubrene:C₆₀ (blue dash line).

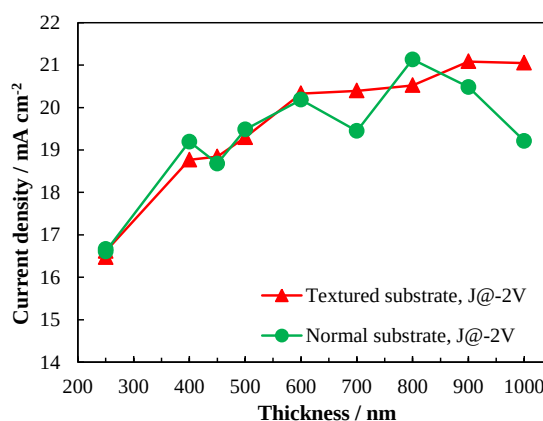


Fig. 2 Plot of current density vs. active layer thickness. J@-2V is saturation current density.

[1] T. Kaji, S. Nakao, and M. Hiramoto, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **578**, (2013) 63

[2] T. Kaji, M. Zhang, S. Nakao, K. Iketaki, K. Yokoyama, C. W. Tang and M. Hiramoto, *Adv. Mater.* **23**, (2011) 3320.