

界面現象を利用した有機デバイスの高性能化

High-Performance Organic Devices Utilizing Interface Phenomena

大阪府大工、大阪府立大分子エレクトロニックデバイス研 °内藤 裕義

Osaka Prefecture University, RIMED. °Hiroyoshi Naito

E-mail: naito@pe.osakafu-u.ac.jp

有機デバイスに必然的に存在する界面を積極的に制御することでデバイスの高性能化を図ることができる。ここでは、我々の得た知見を基にいくつかの例を紹介する。

有機デバイスは塗布製膜できる特徴があり、有機トランジスタ(OFET)を塗布製膜した場合、ボトムゲート構造とトップゲート構造では異なったトランジスタ特性が得られる場合がある。ボトムゲートの場合には有機半導体の結晶性向上（高移動度化）のため撥水性処理したゲート絶縁膜上に有機半導体を塗布する必要があり、撥水処理に時間がかかる上、塗布製膜を行う際には工夫が必要である。一方、ボトムゲートでは濡れ性の良い基板上に有機半導体を塗布し、その上にゲート絶縁膜を塗布して OFET を形成できる。従って、チャネルは有機半導体溶液／気体界面において凝集した有機半導体となり、塗布型有機半導体の表面凝集構造は撥水性の高いゲート絶縁膜上に形成した有機半導体と同様な結晶性の良い構造が得られる [1]。このため、トップゲート構造では、製膜は容易で、移動度の高い OFET が作製可能である [1]。2,7-didodecyl[1]benzothieno[3,2-b] [1]benzothiophene (C₁₂-BTBT) toluene:*p*-xylene 混合溶液を塗布することで有機半導体層を製膜し、その上に CYTOP ゲート絶縁膜を塗布した OFET の飽和領域から電界効果移動度を求めると 9.7 cm²/Vs となり、塗布型、多結晶有機半導体でも IGZO と同程度の移動度を示した。

フレキシブル基板上に有機発光ダイオード(OLED)を形成する場合には、フレキシブル基板のガスバリア性がガラス基板より劣るため、陰極に反応性が高い Ca、Ba ではなく金属酸化物を用いる逆構造 OLED (iOLED)が重要となる [2]。ZnO などの金属酸化物上に数 nm の polyethyleneimine (PEI)を塗布し、有機半導体への電子注入障壁を低下させることが可能である[3]。Al-doped ZnO (AZO)/PEI/poly(9,9-dioctylfluorene-alt-benzothiadiazole) (F8BT)/MoO₃/Al 構造で内蔵電位を測定することにより実際に動作している iOLED で電子注入障壁の低下を確認することができた。加えて、PEI には、AZO の表面状態のパッシベーション、正孔のブロック、励起子のブロックなどの機能があることを示しめすことができた。ZnO/F8BT/poly(9,9-dioctylfluorene-co-N-(4-butylphenyl)-diphenylamine) (TFB)/MoO₃/Au 構造の特性[4]と比較すると、PEI により電子注入性が向上することで、AZO/PEI/F8BT/TFB/MoO₃/Al 構造では大幅に特性が向上し、輝度 22,300 cd/m²、電流効率 11.2 cd/A を得ることができた。

PEI を iOPV に用いると上記の PEI の機能から、シャント抵抗、短絡光電流、開放起電力などが増大し、結果として電力変換効率が向上すると期待できる。実際、Ga-doped ZnO (GZO)/ poly-[[4,8-bis[(2-ethylhexyl)oxy]benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-2,6-diyl] [3-fluoro-2-[(2-ethylhexyl) carbonyl]thieno[3]thiophenediyl]] (PTB7): [6,6]-phenyl C₇₁butyric acid methyl ester (PC₇₁BM) /MoO₃/Al 構造有機太陽電池(OPV)の電力変換効率は、PEI を挿入して GZO/PEI/PTB7:PC₇₁BM/MoO₃/Al 構造 OPV とすることで、6.27%から 7.51%に増大することを見出した。

参考文献 [1] T. Endo, *et al.*, *Appl. Phys. Express* **3**, 121601 (2010); T. Kushida, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **98**, 063304 (2011); K. Takagi, *et al.*, *Org. Electron.* **32**, 65 (2016). [2] K. Morii, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **89** 183510 (2006). [3] Y. Zhou, *et al.*, *Science* **336**, 327 (2012). [4] J. C. D. Faria, *et al.*, *J. Mater. Chem. C*, **3**, 4945 (2015).

謝辞 本研究は、科研費 新学術領域研究「元素ブロック高分子材料の創出」(24102011) の助成を受けた。C₁₂-BTBT を提供して頂いた日本化薬株式会社、PEI を提供して頂いた株式会社日本触媒、F8BT、TFB を提供して頂いた住友化学株式会社に深く感謝いたします。