有機半導体材料とエレクトレット材料の混合により作製された 超低屈折率電荷輸送層

Super-low-index charge transport layers

fabricated by mixing organic semiconductor and electret materials

山形大院理工¹,山形大有機エレクトロニクス研究センター² ⁰鈴木泰隆¹,會田航¹,横山大輔^{1,2}

Department of Organic Device Engineering, Yamagata Univ.¹ and Research Center

for Organic Electronics, Yamagata Univ.²

^oYasutaka Suzuki¹, Wataru Aita¹, Daisuke Yokoyama^{1,2} E-mail: d_yokoyama@yz.yamagata-u.ac.jp

【序】有機半導体の屈折率を広範囲に制御することができれば、有機半導体デバイスの光学設計の自 由度が格段に広がり、デバイス特性の飛躍的な向上が期待される。我々は以前よりその可能性を提唱 し、有機半導体材料の屈折率制御の検討を行ってきた[1,2]。これまでの研究において、有機半導体材 料に低屈折率材料を混合することでデバイス内部の有機膜の屈折率制御が可能であることを示してき たが、混合する低屈折率材料が絶縁物であるため、電子デバイスとしての機能は認められたものの十 分な電気特性を保つことが困難であった[2]。通常、低屈折率材料の多くは絶縁物であり、有機半導体 に混合することで電気特性を大きく損なうことが知られている[3]。そのためこれまで、膜の電気特性 を保ったまま屈折率を大きく低減させる具体的手法は見出されていなかった。本研究では、正孔輸送 性有機半導体材料とエレクトレット材料を混合するという新たな手法によって、有機半導体薄膜の正 孔輸送特性を損なうことなく屈折率を1.5以下まで大幅に低減することに成功した。

【実験】有機EL電荷輸送材料(TAPC, α-NPD, Alq₃)とエレクトレット材料であるテフロンAF1600の共 蒸着(蒸着速度2 Å/s)により、各体積比でこれらを混合した膜を作製した。混合膜をSi基板上に厚み 約100 nm成膜し、多入射角分光エリプソメトリーでその屈折率を評価した。また、正孔オンリーデバ イスITO/MoO₃ (5 nm)/ TAPC or α-NPD:AF1600 (*x* vol%, 100 nm)/Al (100 nm)、および電子オンリーデバイ スITO/Cs₂CO₃ (1 nm)/Alq₃:AF1600 (*x* vol%, 100 nm)/LiF (1 nm)/Al (100 nm)を作製して各種混合膜の電流 密度-電圧特性の評価を行った。さらに、混合膜中の電荷の挙動を調べるため、デバイスITO/MoO₃ (5 nm)/TAPC or α-NPD:AF1600 (*x* vol%, 100 nm)/MoO₃ (10 nm)/Al (100 nm)を作製し、インピーダンスアナラ イザを用いてデバイスのインピーダンス測定を行った。

【結果・考察】Fig. 1にTAPC:AF1600混合膜の屈折率を、Fig. 2にその正孔オンリーデバイスの電流密度-電圧特性を示す。AF1600の体積混合比の増加に伴って屈折率が単調に低減する一方で、当初予想され た単純な電気特性の悪化は見られず、混合比を55 vol%まで増加しても電気特性の顕著な悪化は確認さ れなかった。α-NPDについても同様の結果が得られたが、Alq₃の混合膜は電流を流さないことが明らか となった。エレクトレット材料AF1600は強い電子保持特性を有しているため、その負電荷を帯びた膜 が正孔注入を促進し、絶縁物混合による電気特性の悪化を補っていると考えられる。Fig.3にインピー ダンス測定によるCole-Coleプロットの結果を示す。エレクトレット材料は電子を保持するが、強く束 縛された電子は通常のトラップ電荷のように放出されることがなく、単純な抵抗・コンデンサ並列の等 価回路で表される半円を描いた。有機半導体材料とエレクトレット材料を混合することで導電性を低 下させることなくガラスよりも低い屈折率1.48(@555 nm)を有する超低屈折率電荷輸送層を実現した。 【参考文献】[1]横山、応用物理2014年4月号(Vol.83,No.4)279. [2] D. Yokoyama, J. Mater. Chem. 21, 19187 (2011). [3] M. Stolka *et al., J. Phys. Chem.* 88, 4707 (1984).



Fig. 1. Refractive indices of TAPC: AF1600 (x vol%) films with different mixing ratios.



Fig. 2. *J-V* characteristics of ITO/MoO_3 (5 nm)/TAPC:AF1600 (x vol%) (100 nm)/Al (100 nm) devices.



Fig. 3. Cole-Cole plots of ITO/MoO₃ (5 nm)/TAPC:AF1600 (55 vol%) (100 nm)/ MoO₃ (10 nm)/Al (100 nm) devices.