

変位電流と過渡 EL 測定による光照射成膜した TPBi 層を有する二層素子の電気伝導特性評価

Electrical properties of OLED containing light-irradiated TPBi layer evaluated by displacement current and transient EL measurements

千葉大院融合¹, 千葉大先進², JST さきがけ³, 千葉大 MCRC⁴

○(M2)田雑 友貴¹, (M1)篠原 真¹, 石井 久夫^{1,2,4}, 田中 有弥^{1,2,3}

GSSE Chiba Univ.¹, CFS Chiba Univ.², JST PRESTO³, MCRC Chiba Univ.⁴

°Yuki Tazo¹, Shin Shinohara¹, Yuya Tanaka^{1,2,3}, Hisao Ishii^{1,2,4}

E-mail: afaa7110@chiba-u.jp

有機発光ダイオード(OLED)の電子輸送層に用いられる 1,3,5-tris(1-phenyl-1H-benzimidazol-2-yl) benzene (TPBi)を暗条件下で真空蒸着すると、永久双極子が自発的に配向し、膜の表面と裏面にそれぞれ正負の分極電荷が形成される。その密度 (σ_{pol}) は OLED 内の蓄積電荷量やカソードからの電子注入特性を決定するだけでなく、TPBiをエレクトレットとして使用した場合の振動発電素子 (VEG) の出力を決定する極めて重要な要素である[1]。昨年度の応用物理学会では、光照射しながらTPBiを成膜すると配向度が向上し、 σ_{pol} が 1.5 倍になることを報告した[2,3]。これによって OLED や VEG の性能向上が期待できるが、後者の場合は光照射によって発生した電荷による σ_{pol} の補償、つまり表面電位の消失が課題となる。これは σ_{pol} に到達する電荷を抑制することで解決できるため、電気伝導特性は VEG の安定性と密接に関わっているが、現在までに光照射成膜が TPBi の伝導特性に与える影響については調べられていない。そこで本研究では、TPBi成膜中に光照射を行った二層素子を作製し、電流-電圧 (I-V) 測定と過渡 EL 測定を用いて伝導特性を詳細に調べた。

Figure 1 に作製した二層素子の構造を示す。本研究では、暗条件下でTPBiを成膜した素子 (Device A) と、TPBi成膜中に光照射 (波長 300 nm、強度 1.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) を行った素子 (Device B) の二種類を作製した。

Figure 2(a)は device A と B の I-V 測定結果であり、このグラフの片対数プロットを Figure 2(b)に示している。device B では電流密度の低下や電流が流れ始める閾値電圧の高電圧側へのシフトが起きていることがわかる。この結果は光照射によって伝導特性が低下したことを示唆している。

低下の原因をより詳細に調べるために、過渡 EL 測定を行った。その結果を Figure 3 に示す。緑線は印加電圧を、青線と赤線はそれぞれ暗条件下と光照射下で作製した素子の発光強度を示している。それぞれの素子では、発光が始まる時間(t_{on})は印加電圧の開始よりも遅れている。 α -NPD の正孔移動度はTPBiの電子移動度より 3 桁程度速い[4]ことから、この電荷の遅れは電子が電極からTPBi層に注入し、 α -NPD/TPBi界面に到達するまでの注入・輸送時間であると考えられる。Device A の t_{on} は 3.3 μs であったのに対し、device B では $t_{on} = 5.2 \mu\text{s}$ となった。素子全体の膜厚($d_{total} = 90 \text{ nm}$)とTPBiの膜厚($d_{TPBi} = 40 \text{ nm}$)、印加電圧 V 、内蔵電位 V_{bi} から移動度 ($\mu = d_{total}d_{TPBi}/t_{on}(V - V_{bi})$) を求めると、device A, B ではそれぞれ $\mu = 1.4 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $8.6 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ となり、成膜中の光照射によって移動度が 40%程度減少していることがわかった。講演では移動度の低下要因についても議論を行う。

本研究は JST さきがけ (JPMJPR17R6) の支援を受けたものである。

[1] Tanaka, Y. et al, *Scientific Reports*. **10**, 6648 (2020). [2] 田雑友貴 et al, 第 81 回 応用物理学会秋季学術講演会, 8a-Z11-5 (2020) [3] Tanaka, Y. et al, *IEICE Transactions on Electronics*. **E104.C**, 6, 176-179 (2021) [4] S. Barth et al, *J. Appl. Phys.* **89**, 3711 (2001)

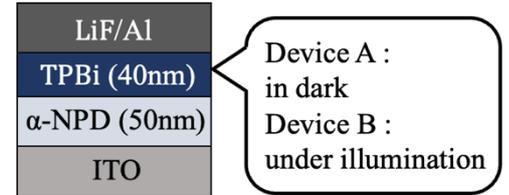


Fig. 1 Device structure and TPBi film formation conditions

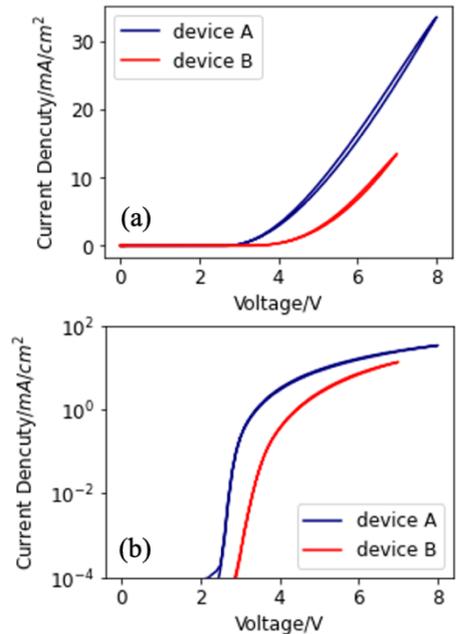


Fig. 2 (a) Linear and (b) semi-log plots of JV curves

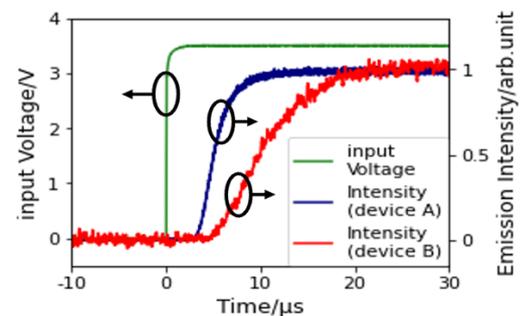


Fig. 3 Comparison of transient EL curves