

高効率熱活性化遅延蛍光緑色有機ELデバイスの開発

High-performance green OLEDs using thermally activated delayed fluorescence

山形大院理工¹、山形大有機エリ研セ² ○猪股晋¹、笹野久宏^{1,2}、清野雄基¹、夫勇進^{1,2}、城戸淳二^{1,2}○Susumu Inomata¹, Hisahiro Sasabe^{*1,2}, Yuki Seino¹, Yong-Jin Pu^{1,2}, Junji Kido^{*1,2}¹Department of Organic Device Engineering, Yamagata University, ²Research Center for Organic Electronics, Yamagata University, 4-3-16 Jonan, Yonezawa, Yamagata, 992-8510, Japan

Email: h-sasabe@yz.yamagata-u.ac.jp, kid@yz.yamagata-u.ac.jp

【緒言】有機 EL では、電流励起により 25 %の二重項、75 %の三重項励起子が生成する。従って、三重項励起子を有効利用する事が重要である。近年、熱活性化遅延蛍光(TADF)発光材料を用いた有機 EL 素子が注目されている。安達らは TADF を示すカルバゾール含有ジシアノベンゼン誘導体 1,2,3,5-tetrakis(carbazol-9-yl)-4,6-dicyanobenzene (4CzIPN)を用い、外部量子効率 20 %に迫る高効率緑色発光素子を開発した¹⁾。しかし、その電力効率は一般的な緑色リン光素子の電力効率 (80 lm W⁻¹)と比べて半分程度であり、駆動電圧の低減が課題である。本研究では高効率かつ低電圧駆動の TADF 有機 EL 素子の開発を目的に、当研究室で開発したフェニルピリジン誘導体電子輸送材料を中心に周辺材料を詳細に検討することで素子構造の最適化を図り、得られた知見から高効率を達成するためのデバイス設計指針の導出を目指した。

【実験方法】5wt% 4CzIPN:CBP 共蒸着膜の UV-vis、PL スペクトル、発光量子効率の評価を行った。次に基本素子構造を [ITO/HTL(35 nm)/5wt% 4CzIPN:CBP(15 nm)/ETL(65 nm)/LiF(0.8 nm)/Al(100 nm)]とし、三重項励起子の閉じ込めの観点から、ホール輸送層(HTL)、及び電子輸送層(ETL)の検討を行った。ホール輸送材料として NPD($E_T=2.29$ eV)、TPT1、及び TAPC($E_T=2.98$ eV)、電子輸送材料として TPBi($E_T=2.70$ eV)及びフェニルピリジン系電子輸送材料群($E_T=2.72\sim 2.81$ eV)を使用し、素子特性を比較した。

【結果・考察】共蒸着膜の光学特性評価の結果、発光量子効率は 76 %であった。素子特性評価の結果、ホール輸送材料に TAPC、電子輸送材料にフェニルピリジン誘導体 B3PyPB を用いた系で最大外部量子効率 23.3 %を達成し、発光量子効率から算出される理論限界値 22.8 %に近い値を示した。ホール輸送材料として TAPC、電子輸送材料として B4PyMPM を用いた系において、100 cd m⁻²時、駆動電圧 3.21 V、電力効率 69.5 lm W⁻¹、及び外部量子効率 21.5 %の高効率を示した。安達らにより報告された NPD と TPBi を用いた系と比べ、1 V 程度の大幅な低電圧化を示し、結果として 1.5 倍の電力効率の向上に成功した。駆動電圧の低電圧化、及び高効率化の理由として、TAPC と B4PyMPM のもつ高いキャリア移動度とキャリアブロッカ能力によるキャリアの閉じ込め、及び 4CzIPN($E_T=2.31$ eV)よりも高い三重項エネルギー(E_T)による効率的な励起子の閉じ込めが考えられる。

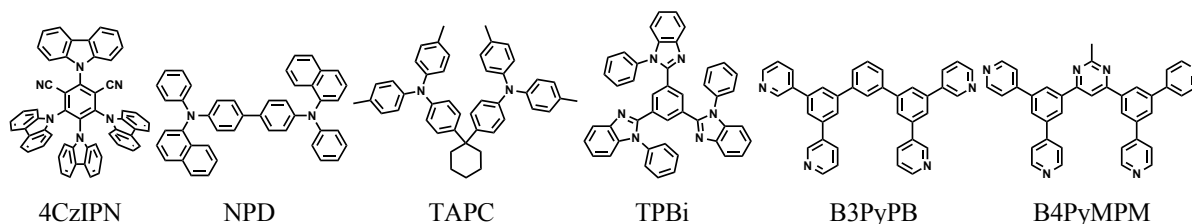


Fig.1 緑色 TADF 材料とホール輸送材料、及び電子輸送材料

Table1 素子特性まとめ

HTL/ETL	V_{on} ^{a)} [V]	$\eta_p,100/\eta_c,100/V_{100}/EQE$ ^{b)} [lm W ⁻¹ /cd A ⁻¹ /V/%]	$\eta_p,1000/\eta_c,1000/V_{1000}/EQE$ ^{c)} [lm W ⁻¹ /cd A ⁻¹ /V/%]
NPD/TPBi	3.29	43.4/57.8/4.18/18.0	33.3/52.8/4.99/16.4
TAPC/TPBi	3.11	51.6/61.7/3.76/18.9	39.1/57.7/4.64/17.6
TAPC/B3PyPB	3.02	60.9/71.2/3.68/21.8	46.9/64.8/4.35/19.9
TAPC/B4PyMPM	2.44	68.0/69.5/3.21/21.5	49.3/63.8/4.07/19.8

a) Turn-on voltage (V) at 1 cd m⁻². b) Power efficiency (η_p), current efficiency (η_c), voltage (V) and external quantum efficiency (EQE) at 100 cd m⁻². c) η_p , η_c , V and EQE at 1000 cd m⁻².

【結論】4CzIPN を用いた緑色 TADF 素子において、フェニルピリジン誘導体電子輸送材料を中心に、周辺材料を詳細に検討した。TAPC と B3PyPB の系では、理論限界値に近い最大外部量子効率 23.3 %を達成した。高いキャリア移動度、キャリアブロッカ能力、及び 4CzIPN よりも高い E_T を有する TAPC と B4PyMPM を周辺材料に用いる事で、大幅な低電圧化と 100 cd m⁻²で 68.0 lm W⁻¹を達成した。

【参考文献】1) C. Adachi *et al*, *Nature* **2012**, 492, 234. 2) H. Sasabe, J. Kido, *Chem. Mater.*, **2011**, 23, 621.