

OLED における電子注入・輸送メカニズムの解明と材料革新

Elucidation of the electron injection/transport mechanism and material innovation in organic light-emitting diodes

NHK 技研¹, 日本触媒², 東理大院理³, 大阪大学日本触媒協働研究所⁴

○佐々木 翼¹, 長谷川 宗弘², 稲牆 魁斗³, 大野 拓¹, 森井 克行^{2,4}, 清水 貴央¹, 深川 弘彦¹

NHK Sci. & Tech. Res. Labs.¹, Nippon Shokubai Co.², Tokyo Univ. of Science³, Osaka Univ. NSRAL⁴

✉Tsubasa Sasaki¹, Munehiro Hasegawa², Kaito Inagaki³, Taku Oono¹, Katsuyuki Morii^{2,4}, Takahisa Shimizu¹
and Hirohiko Fukagawa¹

E-mail: sasaki.t-he@nhk.or.jp

【序論】有機EL素子(organic light-emitting diode: OLED)は研究開発が進み、高効率化に向けた発光材料の開発は、メカニズムの解明とともに目覚ましい進歩を遂げている[1]。しかしながら、OLEDに用いられる電子注入・輸送材料は約20年間大きくは変化していない。電子注入材料には低い仕事関数を有するリチウムなどのアルカリ金属を、電子輸送材料にはピリジン等の含窒素複素環を有する化合物を用いることが「常識」となっていた。明らかになっていない電子注入・輸送の詳細なメカニズムを明らかにできれば、今後、更なる低電圧化/長寿命化などが期待できる。本研究では、新奇電子注入材料を開発するとともに、陰極周辺のエネルギーレベルとOLED特性との相関を調べることで、OLEDにおける電子注入・輸送メカニズムを明らかにした。これにより、ピリジン等を含む従来の電子輸送材料は、主に陰極との配位によって電子注入障壁(EIB)を下げる役割を担っていたことが分かった。また、開発した新奇電子注入材料は、水素結合[2]と配位結合[3]を利用することで陰極近傍の仕事関数(WF)を2.0 eVまで下げることができ、従来の電子輸送材料を必要とせず低電圧なOLEDを実現した[4]。

【実験】Fig. 1には作製したOLEDの構成と電子輸送層(ETL)と電子注入層(EIL)に使用した材料の構造式を示す。EILには、一般的な材料であるLiqと、新規材料であるPy-hpp₂を使用した。ETLには、ほぼ同等の電子親和力(EA)を持つF-PyとF-Phを使用し、ETL/EILの組み合わせが異なる5種のOLEDを作製した。また、EAとWFは、低エネルギー逆光電子分光(LEIPS)と紫外光電子分光(UPS)を用いて測定した。

【結果】Fig. 2には作製したOLEDの1 cd m⁻²時の電圧と陰極近傍のエネルギーダイアグラムを示す。OLED-1ではEIBが非常に大きいのに対し、OLED-2ではF-Py中のピリジン基と陰極のアルミ(Al)が配位結合することで、WFが変化するとともに、F-PyのEAが2.16から2.80 eVに変化することが観測された。

これらにより、EIBが0.22 eVと小さくなり、OLED-1に比べ低電圧であることが分かった。OLED-3ではLiq挿入によりWFが小さくなるものの、EIBが大きいため駆動電圧が高い。これに対し、Py-hpp₂を用いたOLED-5では、水素結合と配位結合の効果でWFが2.05 eVまで小さくなっており、F-Phとの間のEIBをゼロにすることができ、F-Py/Liqを用いたOLED-4と同等の低電圧駆動を実現できている。講演では、分子構造やEAの異なるETL材料を用いた結果とともに、新奇電子注入材料を用いた今後の展望について紹介したい。

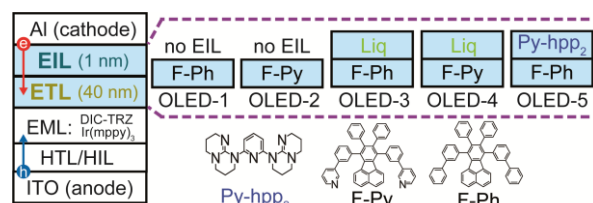


Fig. 1 Device and molecular structures

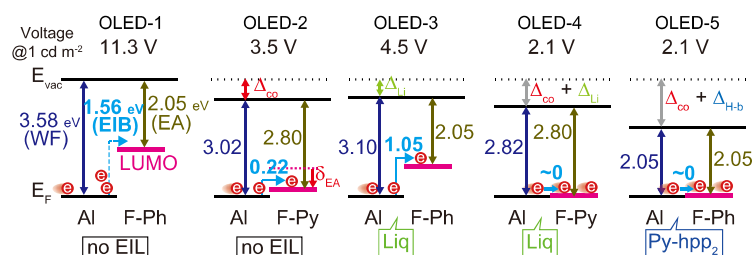


Fig. 2 OLED characteristics and energy diagram

[1] G. Hong *et al.*, *Adv. Mater.* **33**, 2005630 (2021). [2] H. Fukagawa *et al.*, *Adv. Mater.* **31**, 1904201 (2019).

[3] H. Fukagawa *et al.*, *Nat. Commun.* **11**, 3700 (2020). [4] T. Sasaki *et al.*, *Nat. Commun.* **12**, 2706 (2021).