

高効率・高耐久性青色 OLED を目指した 材料・デバイス設計

九州大学 最先端有機光エレクトロニクス研究センター
Chin-Yiu Chan, 安達千波矢

1. はじめに

有機発光ダイオード (OLED) は, 高効率・高精細, 低消費電力等の基本性能に加えて, 薄膜フレキシブル化が可能であることから, 次世代の先端ディスプレイとして大きな期待が寄せられている^{1,2)}。これまで過去 30 年間に渡り, 新材料の創製からデバイス構造の最適化, プロセス制御, 駆動回路の高度化まで, 様々な視点から総合的に研究開発が進められてきたが³⁻¹²⁾, 実用化を見据えた十分な発光効率, 色純度, そして, 最大の課題である十分な素子寿命を備えた青色 OLED を実現することは, 依然として大きな課題である。本報告では, 熱活性化遅延蛍光 (Thermally activated delayed fluorescence : TADF) を基礎とした OLED の最近の青色デバイスの進展について紹介する。発光層ホスト中に TADF 分子をアシスタントドーパント (Assistant-dopant : AD) として分散し, AD で生成した励起子を Förster 型エネルギー移動 (FRET) により終端発光体 (Terminal emitter : TE) へ移動させることで, 高効率・高耐久化・スペクトル幅の狭い青色発光への可能性が大きく切り拓かれた。

2. 青色 OLED

2-1 青色 OLED の問題点

高効率, 狭帯域発光, 高安定性を有する青色 OLED の実現は, 30 年以上に亘って研究開発が継続されてきたが, 依然として高効率と耐久性の両立に関しては多くの問題を抱えている。そのため, 実用化されている青色 OLED は, 未だ励起一重項 (S_1) 発光 (蛍光発光) に基づく青色蛍光分子が多用されている。原理的に 100% の内部量子効率を示す三重項励起子 (T_1) を活用した純青色 OLED の動作寿命が短い理由の一つは, 一重項励起子に比べて, “長い励起寿命” を有する三重項励起子の生成に起因する。三重項励起子は, 二つの三重項同士やポーラロン (電荷を帯びた分子) 状態との衝突によって, エネルギーレベルの高いホットエキシトン状態 ($>T_2$) を形成し, これらの高エネルギー状態の励起子が分子の結合エネルギーを十分に上回るために発光分子の分解に至ると考えられている¹³⁻¹⁶⁾。さらに, 青色発光分子の高い三重項エネルギーを有効に発光層内に閉じ込めるためには, より高い三重項エネルギーを有するホスト材料を用いる必要がある。そして, 高い一重項と三重項励起状態の両方のエネルギーを満足するためには, 比較的単純な分子骨格に限定されるため, 多くの場合, 電気化学的な安定性を確保することが困難となる。したがって, 安定した青色 OLED を実現するためには, 高い電気化学的な安定性を維持するために, 三重項寿命が短い発光材料や三重項励起子密度を低減できる OLED デバイス構造を設計しなければならない。本稿では, 理想的な純青色 OLED を実現するために, 終端発光分子 (Terminal emitter : TE) として機能する青色発光分子の設計, 純青色を増感するために TADF 分子をアシストドーパント (AD) として用いたデバイスの発光特性について解説する。