



九州大学

九州大学広報室

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1

TEL:092-642-2106 FAX:092-642-2113

MAIL:koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

URL:http://www.kyushu-u.ac.jp

PRESS RELEASE (2013/10/10)

第3世代有機EL発光材料を利用した高効率・高耐久性有機ELデバイスの実証

概要

有機EL（有機発光ダイオード：OLED）は、次世代ディスプレイや照明用途として魅力的な発光デバイスとして期待されています。九州大学最先端有機光エレクトロニクス研究センター（OPERA）は、熱活性化遅延蛍光（TADF）材料による第三世代の有機発光材料（Hyperfluorescence）の実用化上の技術課題である耐久性について、本材料を用いた OLED の耐久性に関する検証を世界に先駆けて実施し、そして、同 OLED の発光層中のキャリア再結合位置を制御することによって、従来のリン光材料を使った OLED に匹敵する耐久性が TADF 材料においても得られることを実証しました。この結果は、TADF 材料が電気励起下において本質的に安定であり、TADF 材料が実用化にも耐えうることを示しています。今後さらに、デバイス構造を最適化していくことによって、デバイスの耐久性は向上していくものと期待されます。本研究成果は、Nature 姉妹誌のオンラインジャーナルである『Scientific Reports』に掲載され、注目の論文に選ばれました。

■背景

昨年12月に Nature 誌にて、九州大学最先端有機光エレクトロニクス研究センター（OPERA）で開発した熱活性化遅延蛍光（TADF）材料による第三世代の有機発光材料（Hyperfluorescence）を使った高効率 OLED についての成果報告を行いました。この発表後、世界中で追試が始まるとともに、TADF 材料を利用した OLED の耐久性に関する検証について期待が集まっていました。今回、この新しい第三世代の有機発光材料を用いた OLED の耐久性について、第二世代の有機発光材料であるリン光材料の代表的な材料と比較した実験を九州大学にて行い、実証実験について発表しました。

■内容・効果

これまで、2009年度にポルフィリン誘導体(SnF₂OEP)を用いて、電流励起下での遅延蛍光現象を確認しましたが、その外部 EL 量子効率 (η_{ext}) は~0.1%程度の極めて低い効率に留まっていました¹。その後、内閣府最先端研究開発支援プロジェクト（FIRST）において、TADF の原理を量子化学的な視点から考察し、新規に分子設計・合成を行い、トリアジン-カルバゾール誘導体を中心とした材料設計を進め、2011年度には $\eta_{\text{ext}} \sim 5.3\%$ ²、2012年夏には、 $\eta_{\text{ext}} \sim 11\%$ ³を、2012年冬には、内部 EL 量子効率 (η_{int}) がほぼ 100%の発光効率を示す新しい発光分子（カルバゾリルジシアノベンゼン誘導体：

CDCB) の創出に成功し、Nature 誌において報告を行いました⁴。このように、TADF 機構を利用した OLED に関する着実な研究展開を進めてきましたが、実用化を目指す上で重要な技術課題である OLED 駆動耐久性に関する実証研究は実施されておらず、その検証結果に期待が集まっていました。

本研究では、CDCB を OLED の発光ドーパント※1として用い、発光層および電荷輸送層に用いる有機半導体材料との組み合わせでのデバイス構造の最適化を進めるとともに、OLED の発光層中で生じるキャリア再結合位置※2を制御することにより、理論的に予測される外部 EL 量子効率を維持しつつ、輝度半減時間 2,800 時間を示す高効率・高耐久性 OLED の創出に成功しました。この輝度半減時間は、代表的なリン光発光材料である、トリス(2-フェニルピリジナト)イリジウム(III)を用いたリン光 OLED での輝度半減時間 (4,000 時間) に匹敵する性能であり、このことは、TADF 材料が電気励起下においても電気化学的に安定であることを示しており、実用化において十分に耐えられる可能性を示しました。本研究成果は、レアメタルを含有する有機金属発光材料を使わなくとも、高効率 EL 発光と高耐久性の両立が可能であることを確実なものとししました。今後、OLED の発光材料は、蛍光、リン光に次ぎ、第三世代の TADF 材料へ大きくシフトしていくことを示しました。

※1 発光ドーパント：通常、有機 EL の発光層はホストとドーパントから形成され、本 PJ で開発された有機発光材料 (Hyperfluorescence) はドーパントとして用いることにより、高効率な熱活性化遅延蛍光(TADF)を発現することができる。

※2 キャリア再結合位置：有機 EL は陽極から注入される正孔と陰極から注入される電子が発光層にて再結合することにより発光する。この再結合が発光層の表面もしくは中央など、どの部分でおこなわれるかによって、発光効率や耐久性が変化するため、再結合位置を制御することが重要となる。

■今後の展開

OLED に代表される有機発光デバイスの実用化を実現するためには、そのデバイス耐久性を向上させることが非常に重要な技術課題です。今後、アカデミックな視点から、より詳細な物性解析を進め、有機発光デバイスの学理の確立と創出に挑戦していきます。また、TADF を発光中心に用いた OLED の迅速な実用化を目指して、材料開発・デバイス開発・プロセス開発を統合し、光の三原色を示す高効率な RGB 発光材料のラインナップ、白色 OLED、実用レベルの耐久性の実現へと研究開発を進めていきます。

論文名 : **Promising operational stability of high-efficiency organic light-emitting diodes based on thermally activated delayed fluorescence**

雑誌名 : Scientific Reports, 3, 2127 (2013)

著者 : Hajime Nakanotani, Kensuke Masui, Junichi Nishide, Takumi Shibata, Chihaya Adachi

【関連参考文献】

- 1) A. Endo, et al., Adv. Mater., **21**, 4802 (2009).
- 2) T. Nakagawa, et al., Chem. Comm., **48**, 9580 (2012).
- 2) S. Y. Lee, et al., Appl. Phys. Lett., **101**, 093306 (2012).
- 4) H. Uoyama, et al., Nature **492**, 234 (2012).

【参考図面】

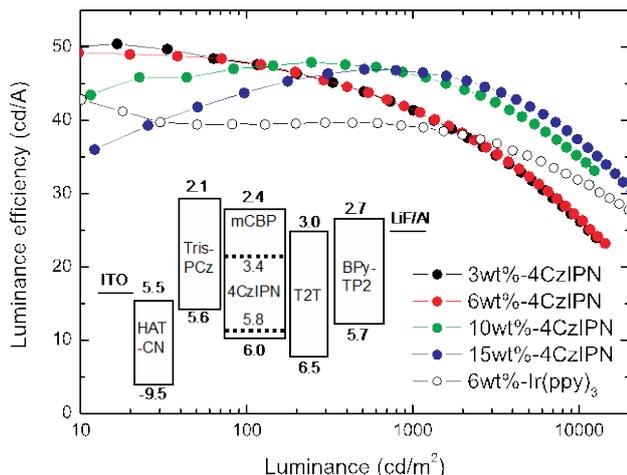


Figure 1: TADF-OLEDの発光特性

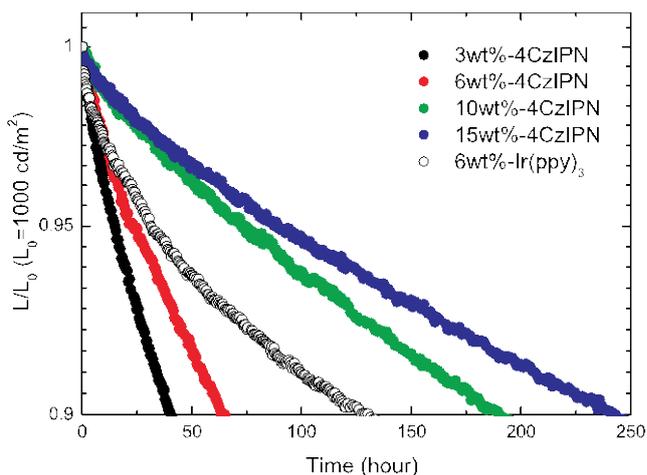


Figure 2: TADF-OLEDの輝度減衰特性

【用語解説】

九州大学 最先端有機光エレクトロニクス研究センター (OPERA)：内閣府最先端研究開発支援プログラム(FIRST)における研究開発推進拠点として2010年度に九州大学によって設置され、産学官による有機光エレクトロニクスに関する包括的な研究推進とその産業化の進展・知的財産権の確保に貢献することをセンターの目的としています。

TADF (Thermally Activated Delayed Fluorescence)：励起三重項状態から励起一重項状態への逆エネルギー移動を熱活性化によって生じさせ、蛍光発光に至る現象を示します。三重項経路で発光が生じるために一般に寿命の長い発光が生じることから遅延蛍光と呼ばれます。今回、電子を供与しやすい性質（ドナー）と電子を受け取りやすい性質（アクセプター）を有する分子構造を組み合わせることで、高効率なTADF材料を創出しました。

η_{int} (内部 EL 量子効率) および η_{ext} 外部 EL 量子効率：素子に注入された電子と正孔の再結合によってデバイス内部で生じる光子（フォトン）の割合を内部 EL 量子効率といい、薄膜デバイス内部で発生した光をデバイスの外部に取り出す効率を外部 EL 量子効率といいます。光取り出し効率 (η_p) と η_{int} (内部 EL 効率) の積からなり、以下の関係式で表されます。

<内部 EL 効率と外部 EL 効率の関係式>

$$\text{内部 EL 量子効率 } (\eta_{int}) = \text{電荷注入輸送効率 } (\gamma) \times \text{励起子生成効率 } (\eta_r) \times \text{EL 量子収率 } (\eta_{PL})$$

$$\text{外部 EL 量子効率 } (\eta_{ext}) = \text{内部 EL 量子効率 } (\eta_{int}) \times \text{光取り出し効率 } (\eta_p)$$

【お問い合わせ】
 最先端有機光エレクトロニクス研究センター
 センター長 安達 千波矢
 (公財)九州先端科学技術研究所
 有機光デバイス研究室 研究員 中野谷 一
 (最先端有機光エレクトロニクス研究センター客員助教)
 電話：092-802-6920
 FAX：092-802-6921