

PRESS RELEASE (2021/01/05)

高性能純青色有機 EL 素子の開発に成功！

有機 EL 素子は薄く軽量の自発光型面発光デバイスであり、各種ディスプレイとして実用化され広く普及しつつあります。しかし、現在までに実用化されている発光分子は、青色有機 EL (OLED) 素子の発光効率が比較的低いことや、高効率青色素子の耐久性が低いこと、イリジウムなどのレアメタルを含むために材料コストが高いことなどの問題があります。これらの問題を解決する発光分子として、熱活性化遅延蛍光 (TADF) 分子が 2012 年に九州大学から世界に先駆けて報告されました。しかし、TADF 発光分子の発光スペクトル幅は比較的に広いことなどディスプレイ用途に適さないことや青色有機 EL 素子の耐久性が未だに低いことなどが課題となっていました。

そこで九州大学最先端有機光エレクトロニクス研究センター（安達センター長、中野谷准教授、Chan 研究員、田中研究員ら）と関西学院大学（畠山琢次教授）の研究グループは、高効率かつ高速な逆項間交差速度を示す新規 TADF 分子と発光線幅の狭い純青色発光分子を組合せ、TADF 分子のエネルギーを純青色発光分子へと移動させることで、高い発光効率・色純度・素子耐久性を併せ持つ高性能な青色有機 EL 素子の開発に成功しました。試作した青色有機 EL 素子は、最大 27% の高い外部 EL 量子効率とともに非常に狭い半値全幅 (19 nm) の EL スペクトルを示します。さらに、この青色有機 EL 素子は、初期輝度 1,000 cd/m²における輝度劣化時間 (5%劣化) が 10 時間以上と、高効率青色有機 EL 素子としては飛躍的に高い駆動安定性を示すことを明らかにしました。今後、素子構造の最適化などによるさらなる素子耐久性の向上が期待でき、ディスプレイの超低消費電力化に寄与する青色有機 EL 素子を実現できると期待されます。

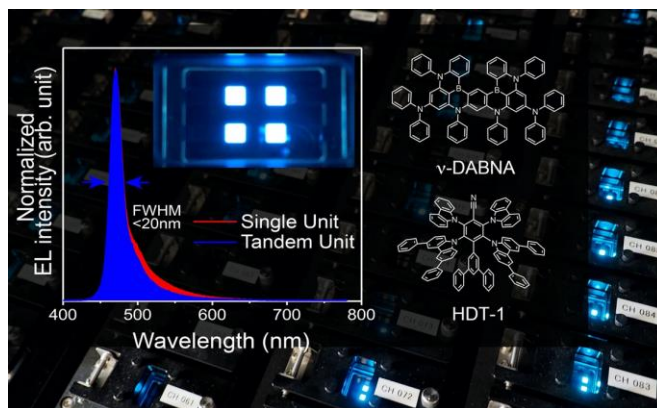
本研究は文部科学省地域イノベーション・エコシステム形成プログラムの支援のもと行われ、本研究成果の内容は、2021 年 1 月 4 日 (英国時間) に英国科学雑誌「*Nature Photonics*」のオンライン版で公開されました。

研究者からひとこと：

This research reports a pure-blue OLED with high efficiency and high stability. Together with the excellent color purity, it is envisaged that blue hyper fluorescence OLEDs can replace current blue OLEDs for UHD 4K/8K displays in future. (Chan 研究員)



(左から) 安達センター長、Chan 研究員、田中研究員、中野谷准教授



本研究で用いた青色発光分子 (v-DABNA) とスカイブルー TADF 分子 (HDT-1) の構造と、青色有機 EL 素子の発光スペクトル。

TADF 分子の精密な分子設計により、蛍光分子への効率的なエネルギー移動と高速な逆系間交差の両立に成功した。

【お問い合わせ】九州大学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
TEL:092-802-6920 FAX:092-802-6921
Mail: adachi@cstf.kyushu-u.ac.jp

■背景

有機 EL 素子は自発光型面発光デバイスであり、有機材料の軽量・フレキシブル性を生かすことで各種ディスプレイとして実用化され、私たちの日常生活において広く普及しつつあります。しかし現在までに実用化されている有機 EL 用発光分子は、1) 青色有機 EL 素子の発光効率が比較的低いこと、2) 高効率青色素子の耐久性が低いこと、3) イリジウムなどのレアメタルを含むため材料コストが高いことなどの問題があります。このような現状において熱活性化遅延蛍光 (TADF)^{*)}を示す有機発光色素は、イリジウムなどのレアメタルを必要とせずともほぼ 100%の効率で電気エネルギーを光エネルギーへ変換できることから、次世代有機 EL 用発光材料として大きな注目を集めており、世界中で熾烈な研究・開発が進められています。しかし、一般的な TADF 分子の発光スペクトル幅はおよそ 50 nm 以上と広く、高い色純度が要求されるディスプレイ用途には発光スペクトルの狭線化が求められています。さらに、実用化に耐えうる素子耐久性の実現も必要不可欠です。

■内容・効果

そこで、高い発光効率・色純度・素子耐久性を併せ持つ高性能な青色有機 EL 素子を実現することを目指し、九州大学最先端有機光エレクトロニクス研究センター（安達センター長、中野谷准教授、Chan 研究員、田中研究員ら）と関西学院大学（畠山琢次教授）の研究グループは共同で研究を進めました。

本研究では、九州大学の研究グループが開発した新規スカイブルー-TADF 分子 (HDT-1) と、関西学院大学の畠山らが開発した DABNA 誘導体(ν -DABNA)を組み合わせ、HDT-1 分子上で生成したエネルギーを ν -DABNA 分子へと移動させる Hyperfluorescence 機構^{*)}を用いることで、スカイブルー発光から純青色発光へと効率的な色変換を実現するとともに、高い発光効率・色純度・素子耐久性を併せ持つ高性能な青色有機 EL 素子の開発に成功しました。試作した青色有機 EL 素子は、シングル素子で最大 27%、タンデム素子で最大 41%の高い外部 EL 量子効率を示す【図 a】と同時に、非常に狭い半値全幅 (< 20 nm) の EL スペクトル (CIE 色度 [0.13, 0.16]) を示しました【図 b】。さらに、本青色有機 EL 素子は、初期輝度 1,000 cd/m²における 5%輝度劣化時の時間が 10 時間以上(実用輝度 100 cd/m²では 300 時間以上)と、高効率青色有機 EL 素子としては飛躍的に高い駆動安定性を示すことを明らかにしました【図 c】。

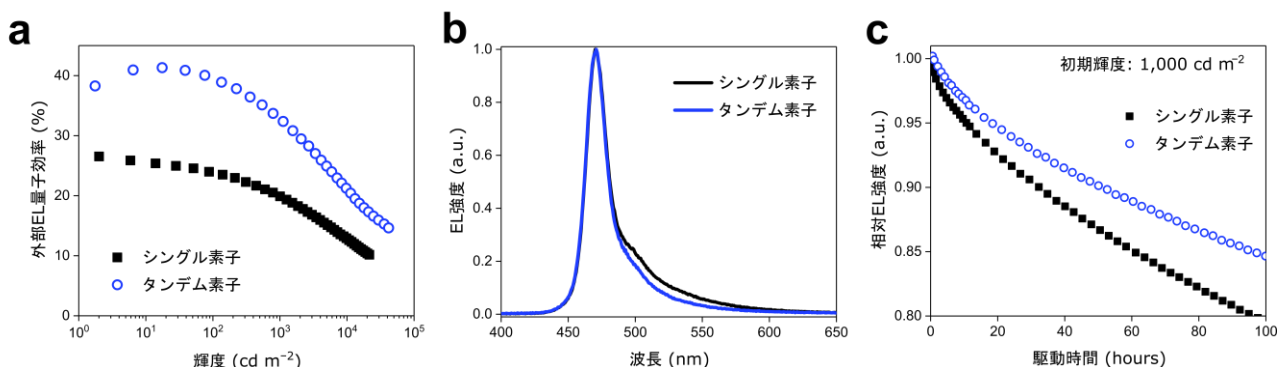


図 a) 外部 EL 量子効率

b) 発光スペクトル

c) 輝度減衰曲線

■今後の展開

今後、TADF 分子・青色蛍光分子・EL 素子構造、それぞれの側面から研究開発を行うことによって、さらなる素子耐久性の向上が期待でき、ディスプレイの超低消費電力化に寄与する次世代青色有機 EL 素子の早期実用化を目指します。

論文情報

タイトル : Stable pure-blue hyperfluorescence organic light-emitting diodes with high-efficiency and narrow emission

雑誌名 : *Nature Photonics*

著者名 : C.-Y. Chan, M. Tanaka, Y.-T. Lee, Y.-W. Wong, H. Nakanotani, T. Hatakeyama, and C. Adachi

DOI : 10.1038/s41566-020-00745-z

■用語解説

* 1) 熱活性化遅延蛍光 (Thermally Activated Delayed Fluorescence : TADF)

有機分子の励起状態には、一重項励起状態 (S_1) と三重項励起状態 (T_1) の2つのスピン多重度の異なる状態が存在しますが、電子とホールとの再結合による励起子生成過程では、スピン統計則に従って、一重項励起子が25%の確率で生成され、三重項励起子が75%の確率で直接生成されます。TADF過程は、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。そのため、通常は発光として利用できない T_1 のエネルギーを遅延蛍光として利用することが可能となります。

* 2) Hyperfluorescence 機構

蛍光分子を発光材料とする有機EL素子中にTADF材料をアシストドーパントとして分散することで、電気励起下でTADF分子上に生成された三重項励起子と一重項励起子を、すべて蛍光分子へエネルギー移動させることが可能になり、ほぼ100%の効率で蛍光分子からの発光を得ることができる。本手法では、最終的に励起子を光にする発光材料として電気化学的に高い安定性を有する蛍光分子を用いることから、素子の駆動耐久性も著しく向上でき、レアメタルを含有する発光材料を使用することなく、合成化学的に自由度の高い分子設計が可能なTADFおよび蛍光分子によって、高効率EL発光と高耐久性を両立させることが可能になる。

■問い合わせ先

<研究に関すること>

九州大学 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

電話 : 092-802-6920 FAX : 092-802-6921

Mail : adachi@cstf.kyushu-u.ac.jp

関西学院大学 理工学部 教授 畠山 琢次

電話 : 0798-54-6017 FAX : 0798-51-0912

<文部科学省地域イノベーション・エコシステム形成プログラムの事業に関すること>

文部科学省 科学技術・学術政策局 産業連携・地域支援課 地域支援室

電話 : 03-6734-4196 FAX : 03-6734-4172

Mail : local-ecosystem@mext.go.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報室

電話 : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139

Mail : koho@jimukyushu-u.ac.jp

関西学院大学 広報室

電話 : 0798-54-6017 FAX : 0798-51-0912