



エキサイプレックス発光による有機EL素子の世界トップレベルの高効率化に成功

概要

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)の安達千波矢主幹教授と合志憲一助教らは、エキサイプレックスと呼ばれる種類の異なる2つの分子の会合体を有機エレクトロルミネッセンス素子(有機EL素子)の発光材料に適応し、電流励起によるエキサイプレックス発光の中では最も高い外部量子効率(5%)を超える世界トップレベルの高効率化の実現に成功しました。本成果は、低消費電力で環境負荷が少ない有機ELテレビや有機EL照明などの次世代エレクトロニクス分野において、新たな発光分子の設計指針やデバイスの構築に大きな貢献を果たすことが期待されます。

なお、本研究は、内閣府・総合科学技術会議により制度設計された(独)日本学術振興会(JSPS)の最先端研究開発支援プログラム(FIRST)、文部科学省グローバルCOEプログラム(未来分子システム科学拠点)、及び公益財団法人コニカミノルタ科学技術振興財団からの助成による研究の一環として行われました。

本研究成果は2012年3月11日(英国時間)に英国科学雑誌である「Nature Photonics」オンライン版で公開されます。

背景

有機EL素子の評価指標の一つに内部量子効率(注釈1)があります。この内部量子効率はリン光材料と呼ばれる発光材料を用いることで~100%を実現できます。しかしながら、リン光材料はイリジウム等のレアメタルを含むために材料価格は通常の発光材料に比べると高価となります。従って、コスト競争力のある有機EL素子のためには、高い内部量子効率を備えながら、かつ高価なレアメタルを含まない発光材料の出現が望まれていました。

それを実現するための一つの方法として、安達千波矢主幹教授と合志憲一助教らは、これまでに電流励起において75%の確率で形成される非発光性の励起三重項状態(T_1)を発光性の励起一重項状態(S_1)へ変換させる発光機構を提案・実証してきました(図-1)。この発光機構を用いる場合、 T_1 から S_1 への変換効率の向上、とりわけ両エネルギー差に相当するエネルギーギャップ(ΔE_{ST})を精密に制御することが重要でした。

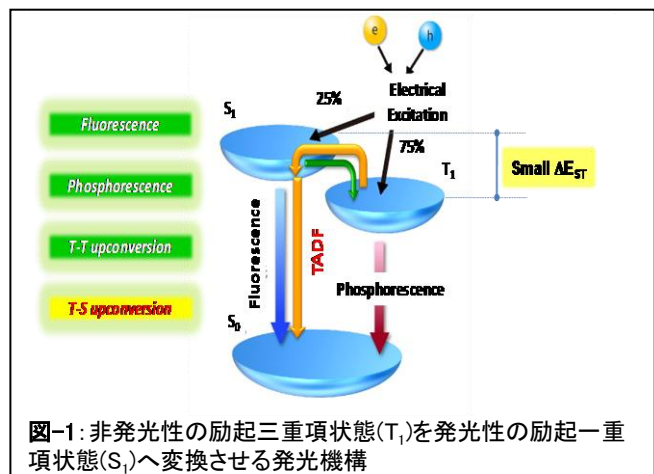


図-1: 非発光性の励起三重項状態(T_1)を発光性の励起一重項状態(S_1)へ変換させる発光機構

内容

今回、そのエネルギーギャップ(ΔE_{ST})の制御において、電子供与性分子と電子受容性分子との間で形成されるエキサイプレックスを用いる新たな方法を見出し、励起三重項状態(T_1)から励起一重項状態(S_1)への高い変換効率を実現しました。

通常、有機化合物の発光は一分子内の電子遷移です。それに対して、エキサイプレックスの発光は異なる二つの分子間で起こる電子遷移です(図-2)。これまで有機EL素子においてこの様なエキサイプレックスを形成する状態は発光効率を低下させることで知られていました。しかしながら、適切な電子構造を有する電子供与性分子と電子受容性分子を選択することによって、 T_1 から S_1 へ変換する際に存在す

るエネルギーギャップ(ΔE_{ST})を、50meV程度と極めて小さくすることが可能であることを明らかにしました。従来の有機発光材料の中で最も小さい ΔE_{ST} でも約100meVであるのに対して、本研究による値はそれよりも50%も低減させた値です。その結果、 T_1 から S_1 へのアップコンバージョンの変換効率が86.5%と非常に高い値が実現されました。さらに、この高い変換効率を利用できるエキサイプレックスを有機EL素子の発光材料に用いることで、外部量子効率(注釈2)として5%を超える高効率化の実現に成功しました。

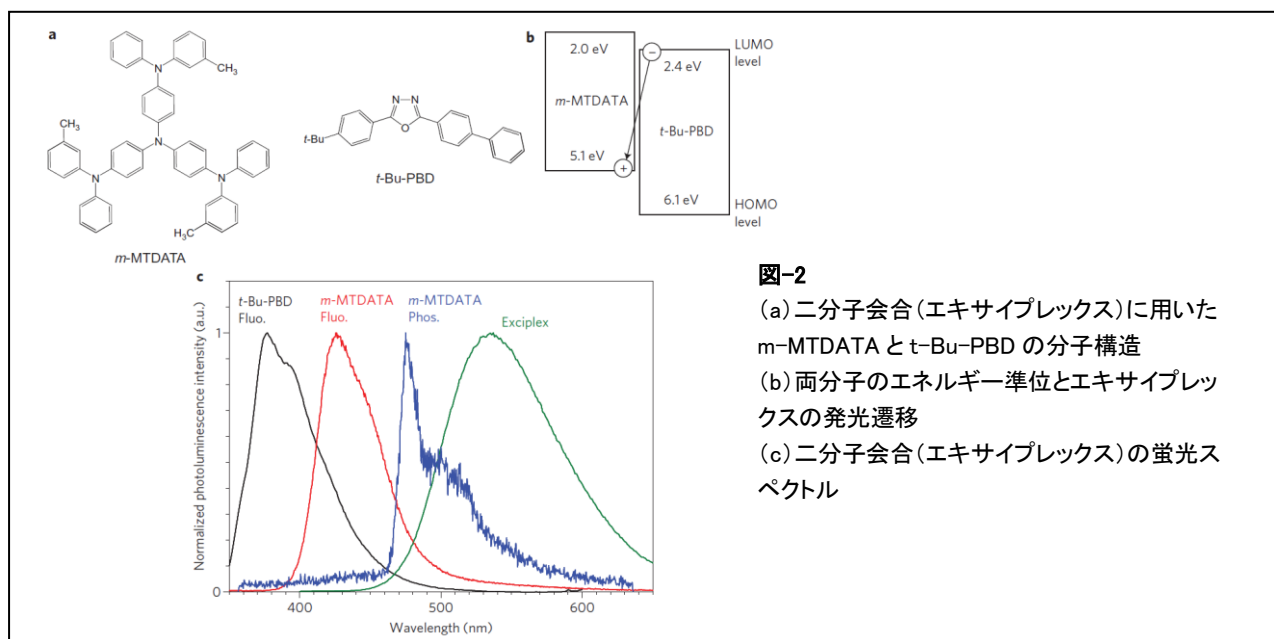


図-2
 (a) 二分子会合(エキサイプレックス)に用いた m-MTDATA と t-Bu-PBD の分子構造
 (b) 両分子のエネルギー準位とエキサイプレックスの発光遷移
 (c) 二分子会合(エキサイプレックス)の蛍光スペクトル

■効果と今後の展開

レアメタルを使用せずに高効率な有機 EL 素子を構成できる技術の開発は、低消費電力で環境負荷が少ない有機 EL テレビや有機 EL 照明の分野において、大きな貢献を果たすことが期待されます。

加えて、高効率なエキサイプレックス発光に適した電子供与性分子及び電子受容性分子の材料開発が新しい材料科学の学問分野を形成する事も期待できます。

今後、更なる材料開発によって、様々な発光色のエキサイプレックスの創出が進み、発光素子として必要な RGB の有機 EL 素子の実現できることも期待されます。

[注釈・用語解説]

■注釈1：内部量子効率

注入されたキャリア数に対して、素子から EL 発光として取り出せる光子数の割合で定義される。

■注釈2：外部量子効率

注入されたキャリア数に対して、素子の面方向に EL 発光として取り出せる光子数の割合で定義される。

■有機 EL：有機エレクトロルミネッセンス(Organic Electro Luminescence)

EL(Electro Luminescence)は電気による発光を意味します。有機 EL とは、電気エネルギーにより有機化合物が発光する現象を示す言葉です。有機 EL は、自発光、抜群の視認性、高画質、低消費電力、フレキシブル性などの特長があり、既に携帯電話やスマートフォンなどへの利用が始まっております。次世代の高精細ディスプレイ、照明、デジタルサイネージなどの分野で、世界中で研究開発が展開され、21 世紀の環境適応型技術として大きく期待されています。

【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(OPERA)

教授(センター長) 安達 千波矢

助教 合志(ごうし) 憲一

電話:092-802-6920/FAX:092-602-6921

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

Mail : goushi@opera.kyushu-u.ac.jp