

従来よりも 10 倍厚い有機 EL の開発に成功 -ディスプレイや照明への実用化が加速-

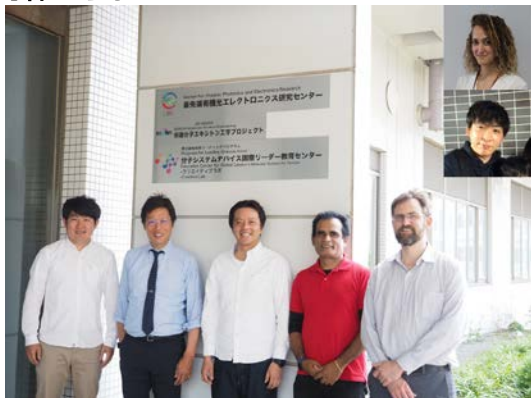
電気エネルギーを光に効率良く変換する有機 EL に大きな注目が集まっており、ディスプレイや照明などとして既に実用化が進んでいます。有機分子は高い発光量子収率を示す優れた発光体ですが、電気を流しにくいという性質を持ちます。このため、有機 EL には 100nm 程度（髪の毛の太さの約 1/800）の薄い有機膜を用いて、電気を強制的に流す必要がありました。このような極めて薄い有機膜は大面積で均一に形成させることが難しいという問題がありました。

九州大学の松島敏則准教授と安達千波矢教授らの研究グループは、有機発光層を金属ハライドペロブスカイト※¹層で挟んだ有機 EL を開発しました。ペロブスカイトの電気を流しやすい性質と簡単に薄膜化できるという性質を利用して、有機 EL 中のペロブスカイトの総膜厚を 2,000nm に増加させました。従来の有機 EL よりも 10 倍以上厚いにもかかわらず、優れた発光効率、駆動電圧、耐久性が得られることを見いだしました。

本研究成果を活用すれば有機 EL 製品を安価に再現性良く作製できるようになるため、産業分野に大きなインパクトがあります。レーザー、メモリー、センサーなどの他の有機デバイスに応用することも可能です。

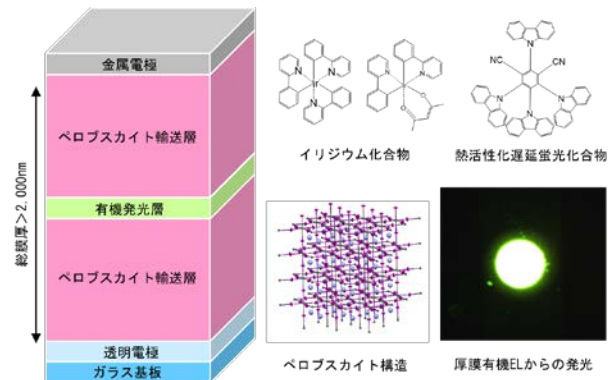
本研究成果は科学技術振興機構（JST）ERATO「安達分子エキシトン工学プロジェクト」（JPMJER1305）の一環で得られ、また、九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所、日本学術振興会科学研究費（15K14149、16H04192）、キヤノン財団の支援を受けました。本研究成果は、令和元年 7 月 30 日（火）午前 0 時（日本時間）に『Nature』誌でオンライン公開されました。（タイトル：High performance from extraordinarily thick organic light-emitting diodes、DOI：10.1038/s41586-019-1435-5）。

研究者からひとこと：



現在の有機 EL の基本構造が見いだされてから約 30 年間、「有機 EL には薄い有機膜を用いなければならない」と考えられてきました。発光の機能を有機分子に、電気を流す機能をペロブスカイトに分担させることによって、この既成概念を覆すことに成功しました。様々な新規材料群を開拓・融合させることによって、既存の産業構造を転換させるようなニューコンセプトを提案します。

（中央：松島准教授、左から 2 番目：安達教授）



（参考図）有機発光層として高い発光効率を示すイリジウム化合物や熱活性化遅延蛍光化合物※²を用いました。その両端に、電気を流しやすく透明な金属ハライドペロブスカイト層を設置しました。従来の有機 EL よりも 10 倍以上厚いにもかかわらず、最大で 40%の極めて高い外部量子効率※³が得られました。また、ペロブスカイト層の膜厚を調整することにより、発光スペクトルの角度依存性を完全に消失させることに成功しました。斜めから見ても色味が変化しない高性能ディスプレイを作製するために必要不可欠な技術です。

【用語説明】

※1 金属ハライドペロブスカイト

金属ハライドペロブスカイトは ABX_3 型のペロブスカイト構造を示します。A サイトとしてメチルアミン、ホルムアミジニウムアミン、セシウムなど、B サイトとしては Pb^{2+} や Sn^{2+} などの金属カチオン、X サイトとしては I^- 、 Br^- 、 Cl^- といったハロゲンアニオンが用いられます。 BX_6 八面体が頂点共有により連結されることにより 3 次元構造が形成されます。 BX_6 骨格の持つ負の電荷と電気的バランスを保つために A サイトにカチオンが配置されます。金属ハライドペロブスカイトは太陽電池の光吸収層、LED の発光層、電界効果トランジスタの半導体層、レーザーデバイスの活性層などとして用いられます。

※2 熱活性化遅延蛍光化合物

有機 EL 中でキャリアが再結合すると一重項励起状態と三重項励起状態が 1:3 の割合で生成されます。蛍光材料を用いた有機 EL では、25%の割合で生成される一重項励起状態しか発光しませんでした。その後開発されたイリジウム化合物を用いると、強力な重原子効果により、全ての励起状態を発光として利用できます。熱活性化遅延蛍光化合物は、一重項励起状態と三重項励起状態のエネルギーギャップが小さくなるように設計されています。そのため、通常は発光しない三重項励起状態が一重項励起状態に変換され、遅延蛍光として観測することができます。熱活性化遅延蛍光化合物にはイリジウムなどのレアメタルは全く含まれていませんが、電気エネルギーの全てを発光に変換することができます。

※3 外部量子効率

有機 EL 中で生じた発光の大部分は、有機層や基板などを導波するために、ガラス基板表面から素子の外に取り出されません。一般的な有機 EL 構造では素子外に取り出される発光の割合は 20-30%程度です。基板からの光取り出しを考慮した効率は外部量子効率と呼ばれ、(基板から取り出された光子数)/(素子に注入された電子数)の比で表現されます。

【お問い合わせ先】

<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

<JST の事業に関すること>

科学技術振興機構 研究プロジェクト推進部 古川雅士
電話: 03-3512-3528 FAX: 03-3222-2068
Mail: eratowww@jst.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@jimu.kyushu-u.ac.jp

科学技術振興機構 広報課
電話: 03-5214-8404 FAX: 03-5214-8432
Mail: jstkoh@jst.go.jp

一般財団法人キヤノン財団 総務部
電話: 03-3757-6465
Mail: morioka.hiromi@mail.canon