

ペロブスカイト発光ダイオードの発光効率が4倍に  
～次世代型ディスプレイの開発が加速～

九州大学 最先端有機光エレクトロニクス研究センターの安達 千波矢 教授、九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所の松島 敏則 准教授、長春応用化学研究所の秦川江教授は、京都大学 化学研究所、中国科学院、Sorbonne Université（フランス）、CNRS-Université de Strasbourg（フランス）と共同で、適切な有機材料を選択することによって、擬二次元ペロブスカイト LED の発光効率を約4倍に向上させることに成功しました。

ペロブスカイト薄膜は簡単に作製でき、色純度が高い発光を示します。そのため、ペロブスカイト LED は低コスト・高色純度な次世代型ディスプレイ用途として期待されています。本手法を用いればペロブスカイト LED の発光効率を大幅に向上させることができるために、ディスプレイ産業分野に大きなインパクトがあります。また、本手法を用いればペロブスカイトからのレーザー発振特性の向上も期待でき、医療や通信分野にも貢献できます。

本研究成果は、2019年11月12日に「Nature Photonics」誌でオンライン公開される予定です。

#### <研究概要>

LED の発光材料として用いた擬二次元ペロブスカイトは金属ハロゲンと有機アミンで構成されます。擬二次元ペロブスカイト中で電子とホール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の比で形成されます。擬二次元ペロブスカイトの有機アミンとしてナフチルアミンを用いた場合では、擬二次元ペロブスカイト中で形成された三重項励起状態エネルギーはナフチルアミンへと移動し消滅しました。これは、ナフチルアミンの三重項励起状態エネルギー準位が擬二次元ペロブスカイトの三重項励起状態エネルギー準位よりも低い位置にあるためです。その結果、発光に関与するのは1/4の割合で形成された一重項励起状態のみでした。

ところが、有機アミンとしてフェニルアミンを用いた場合、高い三重項励起状態エネルギー準位を持つフェニルアミンへのエネルギー移動は生じないために、擬二次元ペロブスカイトの三重項励起状態エネルギーを発光に利用できるようになりました。本研究では三重項励起状態の物理を解明し、その重要性を明らかにしました。

擬二次元ペロブスカイトの構造を（a）に示します（図1）。本研究で採用したペロブスカ

イト LED 構造は、透明陽極／有機ホール輸送層／擬二次元ペロブスカイト発光層／有機電子輸送層／金属陰極です (b)。擬二次元ペロブスカイトに紫外線を照射すると一重項励起状態のみが形成され明るく発光します (c)。しかし、LED 構造中では発光機構が異なります。ペロブスカイト LED 中ではキャリアの再結合により一重項励起状態と三重項励起状態が 1:3 の比で形成されます (d)。

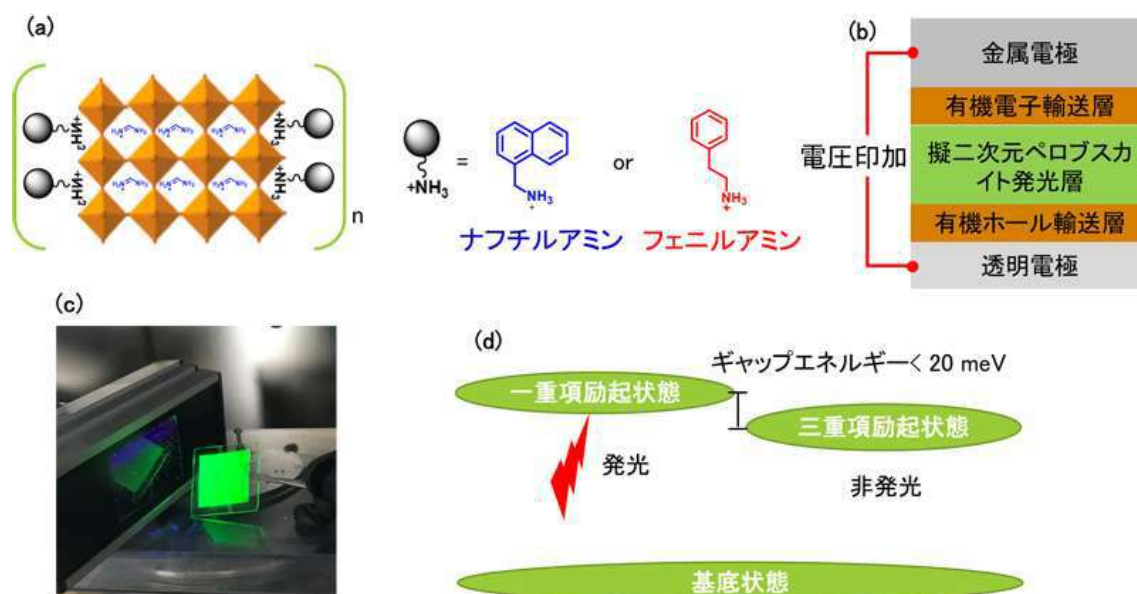


図 1 擬二次元ペロブスカイトの構造

通常は三重項励起状態からの発光は観測されません。ペロブスカイトにおいては一重項励起状態と三重項励起状態のギャップエネルギーが小さいために (<20meV)、これら状態間で移動が生じやすくなります。三重項励起状態が一重項励起状態へと変換されると、効率の良い発光が一重項励起状態から観測されます。ここで、擬二次元ペロブスカイトの有機アミンとしてナフチルアミンを用いると一重項励起状態に変換される前に三重項励起状態が消滅します。本研究では、三重項励起状態を消滅させないフェニルアミンを用いるとペロブスカイト LED の発光効率が約 4 倍に向上することを見いだしました。

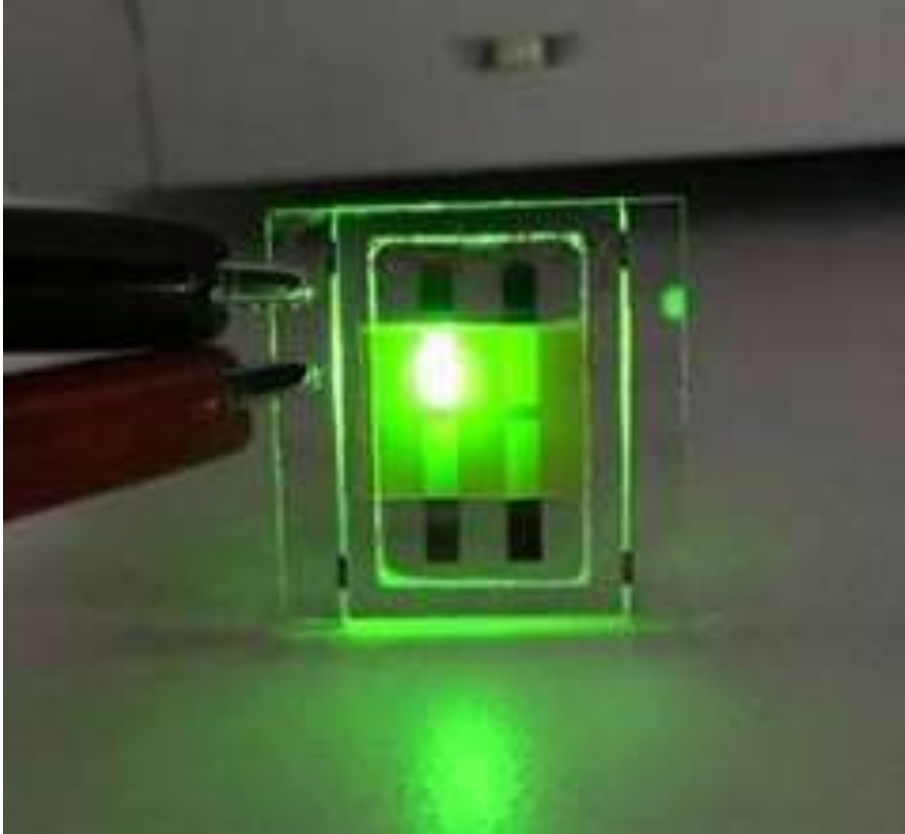


図2 本研究で開発した明るく発光するペロブスカイト LED

タイトル “Triplet management for efficient perovskite light-emitting diodes”

雑誌 Nature Photonics

DOI : 10.1038/s41566-019-0545-9

日文新聞发布全文 <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20191112/index.html>

文：JST 客观日本编辑部翻译整理