

2026 年7月22日



分野:工学系

キーワード: 窒化アルミニウムガリウム、希土類、テルビウム、発光ダイオード、多色発光、SDGs

単一材料で同一箇所から多色発光！ 電流量で波長が変わらない次世代 LED を実現！ —超高精細フルカラー・マイクロ LED ディスプレイ実現に新たな道—

【研究成果のポイント】

- ◆ 窒化アルミニウムガリウム(AlGa_N)※¹ に希土類元素のテルビウム(Tb)※² を添加した発光ダイオード(LED)を開発し、室温電流駆動条件下で、同一箇所から青・緑・黄・赤の多色発光を得ることに成功し、高い波長安定性も示した。
- ◆ Ga_N 系 LED は、各色をモノリシック※³ に集積することにより次世代のマイクロ LED ディスプレイ※⁴ を実現可能なことから、近年高い注目を集めているが、電流量により発光色が変化してしまう大きな課題があった。
- ◆ Tb 添加 AlGa_N 中のアルミニウム(Al)の割合を増やすことで、Tb イオンへのエネルギー輸送過程が円滑になり、発光効率が飛躍的に向上することを発見し、超高解像度かつ広色域・波長安定のフルカラーマイクロ LED ディスプレイの実現に期待。

❖ 概要

大阪大学大学院工学研究科の市川修平准教授らの研究グループは、立命館大学総合科学技術研究機構の藤原康文教授と協力し、希土類元素のテルビウム(Tb)を添加した窒化アルミニウムガリウム(AlGa_N)を用いて、室温で動作する多色発光 LED(青・緑・黄・赤)の実証に成功しました。

Ga_N 系 LED は、各色を集積することで、次世代のマイクロ LED ディスプレイを実現可能なことから、近年高い注目を集めています。一方で、電流注入量により発光色が変化してしまうことが大きな課題でした。また従来の半導体 LED では、一つの発光層からは一つの色のみしか実現できないことから、フルカラーディスプレイを実現するために、複数の発光層を積層(あるいは横方向に配置)する必要がありました。

本研究で実現した LED は、これら双方の課題を打破できる新たな種類の可視光 LED です。この LED は、電流量を変えても各発光色が全く変化しない極めて高い波長安定性があることを示しました。また、Tb 添加 AlGa_N LED において、アルミニウム(Al)の組成割合を増加させることで Tb イオンへのエネルギー輸送が円滑になり、発光効率が劇的に向上するメカニズムがあることも明らかにしました。

Tb 添加 AlGa_N は、単一材料で安定な可視多色発光を実現できることから、今後 LED 成膜後に光共振器などを利用して各色の発光比率を自在に制御できれば、複数の発光層の集積が必須だった従来手法とは異なる道筋でのフルカラーモノリシック集積が可能になります。

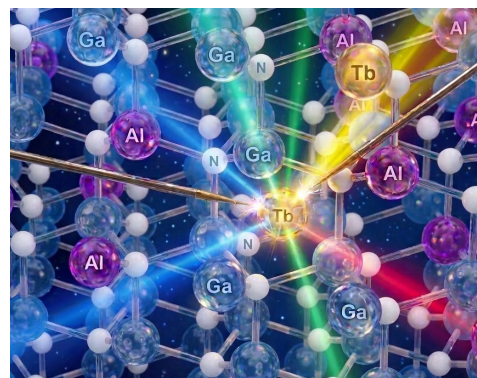


図 1 電流注入時に安定な青・緑・黄・赤色発光を呈す Tb 添加 AlGa_N LED の模擬図。

これらの理由から本成果は、次世代マイクロ LED ディスプレイ実現に向けて重要な技術進展と言えます。

本研究成果は、米国科学誌「Applied Physics Letters」に、2026 年 7 月 1 日(水)に公開され、編集者が選ぶ注目論文「Editor's Pick」にも選出されました。

【市川准教授のコメント】

これまでの通常の半導体 LED では困難であった、同じ発光層から複数の異なる色を実現すること、さらに電流注入量に対して各色が全く変化しないこと、の双方を実現できる新しい可視光 LED を実証することができました。本研究成果は、次世代のマイクロ LED ディスプレイ実現にむけて新たな活路があることを示す画期的なものです。今後、LED のさらなる高効率化と、各色の発光比率の自在制御など、量産化に向けて要素技術の確立を目指したいと思います。

❖ 研究の背景

現在、VR や AR グラスなどに向けた次世代の「マイクロ LED ディスプレイ」が高画質・省エネな技術として注目されています。その実現には、赤・緑・青(RGB)などの微細な LED チップを同一基板上に一括して作り込む「モノリシック集積」が求められています。しかし、現在主流のインジウムガリウム窒化物(InGaN)を用いた緑色や赤色 LED は、電流を増やすと発光する色にずれが生じてしまう(波長シフト)という大きな課題を抱えていました。また、通常の半導体からの発光は、一つの発光層からは一つの色しか実現できないことから、複数の発光層を積層(あるいは横方向に配置)する必要がありました。

❖ 研究の内容

本研究グループは、一つの材料で多色に光り、周辺環境の変化に発光色が影響されない「希土類元素」を添加した半導体に注目しました。なかでも、青・緑・黄・赤色と同時に 4 色で発光する Tb イオンに着目し、結晶成長過程で Tb を添加した AlGaIn 半導体による新たな可視光 LED の実現を目指しました。作製にあたっては、藤原教授の協力のもと、すでに GaN 系半導体の量産に使用されている手法(MOVPE 法)を利用しました。実際に作製した Tb 添加 AlGaIn LED に対して、室温下で電流を流すことで Tb イオン由来の安定した4色の発光が得られることを実証しました。

研究の結果、母体となる AlGaIn 半導体のアルミニウム(Al)の割合を増やす(例:62%や 68%など)ほど、Tb イオンへ効率よくエネルギーが伝達され、発光効率(外部量子効率)が劇的に向上する機構があることを突き止めました。さらに、発光層の下地層に窒化アルミニウム(AlN)を用いると、基板との格子のずれが減少して高い結晶品質が得られることや、Tb 周りの結晶に圧縮歪が内包されることで、Tb がより発光しやすい状態(高い放射遷移速度)へと変化することで、電気的・光学的特性が大幅に向上することを実証しました。また、カラーフィルターを通すことで、同じ発光領域から RGB それぞれの光を選択的に取り出すことにも成功しました。

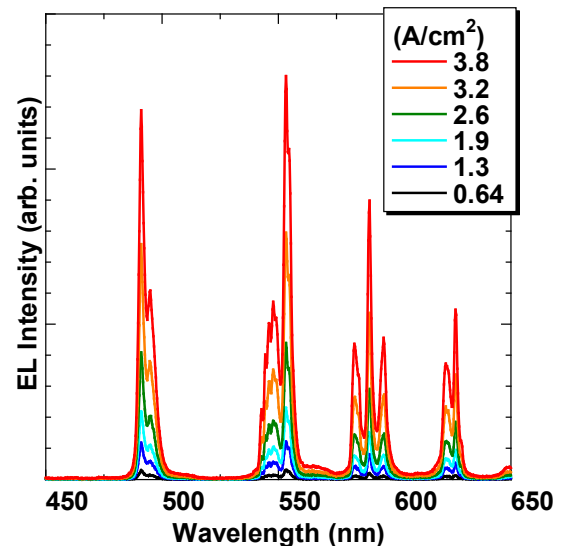


図 2 実作した Tb 添加 AlGaIn LED の多色発光スペクトル。電流注入量に対して波長が極めて安定。

❖ 本研究成果が社会に与える影響(本研究成果の意義)

本研究成果により、単一の半導体材料(Tb 添加 AlGaIn)から、電流変化に影響されない安定した多色発光が得られることが示されました。これにより、RGB 個別のチップを一つずつ並べる複雑な製造工程から脱却し、同一基板上にフルカラーLED を一括で作り込む「モノリシック集積」の実現可能性が高まりました。製造工程の大幅な効率化につながるだけでなく、スマートグラスやウェアラブル端末に不可欠な超小型・高精細フルカラーディスプレイの実用化を加速させる画期的な成果です。

❖ 特記事項

本研究成果は、2026 年7月 1 日(水)に米国科学誌「Applied Physics Letters」(オンライン)に掲載されました。また、編集者が選ぶ注目論文「Editor's Pick」に選出されました。

タイトル: “Ultra-stable multiple emission wavelengths produced by
Tb-doped $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -based light-emitting diodes”

著者名: Shunsuke Yamazaki, Shuhei Ichikawa, Takenori Iwaya, Jun Tatebayashi, and
Yasufumi Fujiwara

DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0331734>

なお、本研究の一部は、JSPS 科研費(No. 23H05449 および No. 25K00063)、JST 創発的研究支援事業 (FOREST)(Grant No. JPMJFR243V)の支援を受けて行われました。

❖ 用語説明

※1 窒化アルミニウムガリウム(AlGaIn)

窒化ガリウム系の LED や半導体レーザーなど、現代の省エネ・高輝度な光デバイスを根幹から支える半導体材料です。とくに窒化アルミニウムガリウムは窒化ガリウム(GaN)と、窒化アルミニウム(AlN)を混ぜ合わせた半導体材料で、組成を変えることで、バンドギャップ等の物性を制御することが可能です。

※2 テルビウム(Tb)

希土類元素の一種であり、3 価の Tb イオンは、4f 内殻遷移に伴う青(約 490 nm)、緑(約 550 nm)、黄(約 580 nm)、赤(約 620 nm)の複数の色を同時に発光する性質を持つことが知られています。GaN 結晶中に添加することで、電流駆動可能な波長安定な多色 LED としての応用が可能となります。

※3 モノリシック

フルカラーLED のモノリシック集積とは、少なくとも赤・緑・青(RGB)の 3 原色の LED を、単一の基板上に一体(モノリシック)として作り込む技術のこと指します。従来は、個別に製造した赤・緑・青のチップを一つずつ基板に並べる「ピック&プレイス」方式が一般的でした。これに対しモノリシック集積では、結晶成長とプロセス技術により、同一基板上にフルカラーLED を一度に集積できるため、製造工程の大幅な効率化、デバイスの小型化・高精細化を可能にする次世代技術として注目されています。

※4 マイクロ LED ディスプレイ

極小の無機 LED を一つ一つの画素として敷き詰めた次世代のディスプレイです。従来の液晶や有機 EL と比べて、高解像度で効率が高く、非常に明るいのが特徴です。

❖ **SDGs目標**❖ **参考 URL**

市川 修平准教授 研究者総覧 URL

<https://rd.iai.osaka-u.ac.jp/ja/32d0649cfea01567.html>

市川 修平准教授 研究ホームページ URL

<https://sites.google.com/view/ichikawa-gr/home>

藤原 康文教授 研究室ホームページ URL

<https://fujiwara-lab.ritsumei.ac.jp/>

「株式会社 IntraPhoton」ホームページ(※藤原教授が CTO を務める立命館大学発スタートアップ企業)

<https://intraphoton.com/>

❖ **本件に関する問い合わせ先**

<研究に関するお問い合わせ>

大阪大学 大学院工学研究科 准教授 市川 修平 (いちかわ しゅうへい)

TEL: 06-6879-7786 FAX: 06-6879-7784

E-mail: ichikawa.shuhei.eei.eng@osaka-u.ac.jp

立命館大学 総合科学技術研究機構 イントラフォトンリサーチセンター

教授 藤原 康文(ふじわら やすふみ)

TEL: 077-561-2887

E-mail: yfujiiwar@fc.ritsumei.ac.jp

<広報に関するお問い合わせ>

大阪大学工学研究科 総務課 評価・広報係

TEL: 06-6879-7231 FAX: 06-6879-7210

取材申込フォーム: <https://forms.office.com/r/7dq9mBvSWb>

E-mail: kou-soumu-hyoutakouhou@office.osaka-u.ac.jp

立命館大学 総合企画部 広報課

TEL: 075-813-8300

E-mail: r-koho@st.ritsumei.ac.jp

❖ **発信先 報道機関**

大阪大学から 大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会
立命館大学から 草津市政記者会、京都大学記者クラブ