



研究課題名 発光シンセサイザー：究極の発光デバイス創成を目指して

京都大学・工学研究科・教授  
かわかみ よういち  
川上 養一

研究課題番号： 20H05622 研究者番号：30214604

キーワード： 発光シンセサイザー，半導体3次元構造，次世代フォトニクス

【研究の背景・目的】

近年の窒化物半導体の研究進展はめざましく、InGaN 量子井戸を活性層とする極めて高い効率の青色発光ダイオード (LED) が実用化されている。しかしながら、高電流注入で発光効率の低下する「Droop」現象、活性層の In 組成を増加させた緑色 LED の効率低下といった「Green-gap」問題、活性層の Al 組成を増加させた深紫外 AlGaIn 系 LED の効率低下といった「UV-threshold」問題は未解決であり、高効率・多波長発光制御は次世代の照明応用のために克服すべき重要な課題と位置づけられている。

本研究は、半導体 3 次元構造による発光波長の合成、分極制御・プラズモニクス効果などによる高効率発光に着目し、任意の波長の光を高い輻射再結合確率で発光させる新機能素子 (発光シンセサイザー) の開発を目指す。このことにより、任意の演色性を可能とする究極のテーラーメイド照明光源や高度な加工・環境センシングに求められる深紫外多波長光源を実現する。さらに、光源の多波長・高速スイッチングによる光空間無線通信 (Li-Fi; Light Fidelity) を実証し、次世代通信システムへの基盤を確立する。

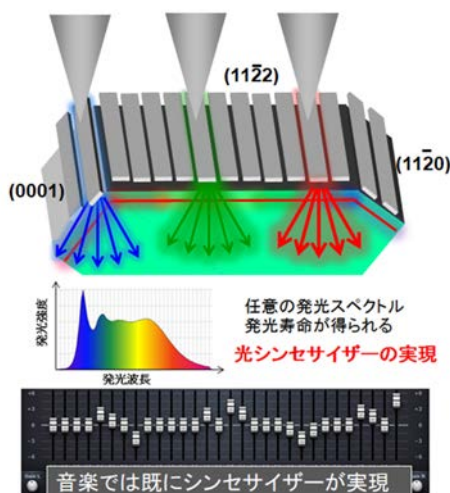


図1 目的とする発光シンセサイザーの概念図

【研究の方法】

3次元 InGaIn (AlGaIn) 構造の多波長制御と高効率発光にむけて、マイクロスケールのポテンシャル揺らぎとナノスケールのポテンシャル揺らぎのそれぞれに分けて取り組んで行くことが有効である。すなわち、前者は 3 次元構造における混晶組成や分極効果の違いによる多波長化に、後者はナノスケールで

の小さな空間階層でのポテンシャル揺らぎによる励起子の局在化を誘起しうるため、高効率化に寄与する。さらに、励起子の分極・局在制御のみならず、励起子からプラズモンへの素励起移動を活用し、発光遷移確率の増強を目指す。このことにより、発光波長の制御、発光効率の増大、発光スイッチ速度の高速化を実現する。

【期待される成果と意義】

発光シンセサイザーによるスペクトル合成が進化すると、図2に示すようにサーカディアンリズムや色温度・演色性の嗜好などに応じて多色発光 LED の発光スペクトルをチューニングするテーラーメイド照明という応用分野が創成される。さらに、深紫外フォトニクス、光高速通信への波及効果も大きい。

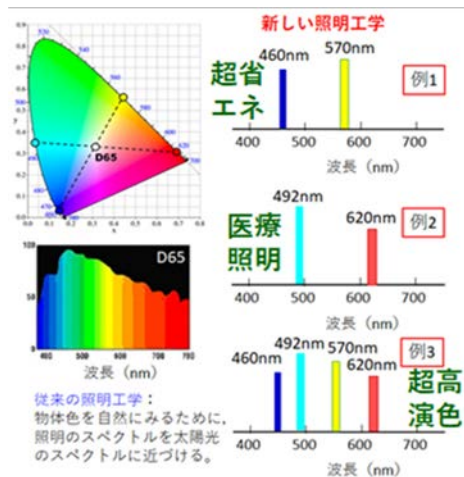


図2 テーラーメイド照明のスペクトル合成例

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・ Y. Matsuda, M. Funato, and Y. Kawakami, “Polychromatic emission from polar-plane-free faceted InGaIn quantum wells with high radiative recombination probabilities”, *Appl. Phys. Exp.* **10**, 071003/1-4 (2017).

【研究期間と研究経費】

令和2年度～6年度 431,500千円

【ホームページ等】

<http://www.optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp/>  
kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp