

【基盤研究(S)】

理工系(総合理工)



研究課題名 窒化物ナノ局在系の物性制御によるテーラーメイド光源の実現

京都大学・大学院工学研究科・教授 かわかみ よういち
川上 養一

研究課題番号: 15H05732 研究者番号: 30214604

研究分野: 工学

キーワード: 新機能性発光デバイス

【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発光ダイオード(LED)が開発され、極めて高い効率の青色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、さらには、紫外の短波長領域での効率低下といった「UV-threshold」問題は未解決であり、LED固体照明の発展のための重要な課題となっている。

本研究の発想は、これまで精力的に行ってきた発光ナノ中心へのキャリア局在化に関する基礎光物性の研究に端を発している。本研究プロジェクトは、このキャリア局在化の制御によって発光スペクトル合成を実現しようという発想、すなわち理解から制御に向けて、発展的転回を図ろうとするものである。このことにより、(Al,Ga,In)N系半導体におけるナノ・マイクロ構造中から任意の波長の光を高効率で発光させるための技術確立し、テーラーメイド照明光源を実現することを目的としている。

【研究の方法】

本研究の特色は、図1に示すようなInGaNマルチファセットからなる3次元構造に代表される新しい発光素子の設計概念の確立と物性制御を通して、所望の物体色を実現できる次世代照明工学に貢献しようというアプローチにある。具体的には、

- (1) 半極性基板上へのホモエピ成長やマルチファセット3次元構造などの活用などを通じて、有機

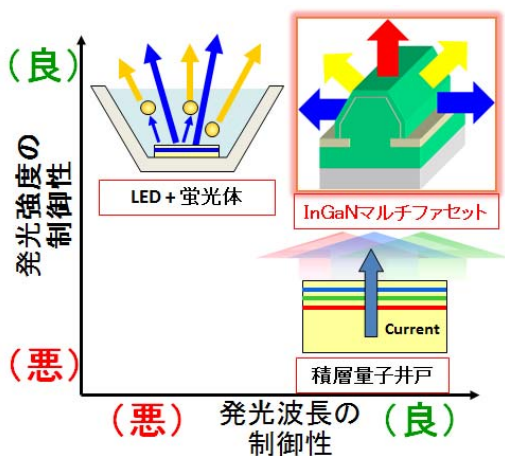


図1 各方式からなる白色LEDの優劣比較

- (2) 近接場光学による分光計測において、高い空間分解能と時間分解能を両立させて、発光スペクトル(輻射再結合過程)と熱スペクトル(非輻射再結合過程)を同時に検出する。このことにより、InGaN(AlGaIn)ナノ構造中の局在発光(非発光)中心を詳細に評価する。
- (3) (2)を(1)に適用することで、最適な成長条件やデバイス構造に関する指針を得て、ポジティブにフィードバックする。とりわけ、混晶組成比制御、内部分極制御、プラズモニクス効果によって、目的とする多波長発光制御と高効率化を目指し、次世代照明光源を実現する。

【期待される成果と意義】

「Droop」現象の解明と制御は、高出力LEDによるパワー照明の高効率化に寄与する。また、Green gapの解決によって超小型ディスプレイや高品位照明が実現し、UV thresholdの解決によって殺菌・加工・光触媒のような新しい応用が開拓される。

テーラーメイド照明が実現すれば、高演色・省エネルギー照明に大きく貢献するとともに、医療・バイオ応用や光情報処理などに革新をもたらすものと期待される。

さらに、新しい発光素子の設計概念や新光評価手法の確立を通して光材料科学の発展にも寄与する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・ M. Funato, T. Kondou, K. Hayashi, S. Nishiura, M. Ueda, Y. Kawakami, Y. Narukawa and T. Mukai, "Monolithic Polychromatic Light-Emitting Diodes Based on InGaN Microfacet Quantum Wells toward Tailor-Made Solid-State Lighting", *Applied Physics Express*, 1, 011106 (2008).

・ T. Oto, R. G. Banal, K. Kataoka, M. Funato and Y. Kawakami, "100 mW deep ultraviolet emission from aluminum nitride based quantum wells pumped by an electron beam", *Nature Photonics*, 4, pp.767-771 (2010).

【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度 146,300千円

【ホームページ等】

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