

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：230-350nm 帯 InAlGa_N 系深紫外高効率発光デバイスの研究

2. 研究代表者：平山 秀樹（独立行政法人理化学研究所 テラヘルツ量子素子研究チーム チームリーダー）

3. 研究概要

波長が230-350nm帯の深紫外高輝度LED・深紫外半導体レーザは、医療、殺菌・浄水、生化学産業、高演色LED照明、高密度光記録、公害物質の高速浄化、各種情報センシング等の幅広い分野への応用が考えられ、その実現が大変期待されている。本研究では深紫外発光素子実現のため、窒化物 InAlGa_N 系半導体の結晶成長技術を開拓し、230-350nm 帯深紫外高効率 LED、半導体レーザを実現する。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

研究チームは、サファイア基板上に、AlN バッファ層を多段成長する手法を開発し、貫通転移 $3 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$ 以下の多段 AlN バッファを実現、この上に AlGa_N 系深紫外 LED を作製、殺菌用波長 (270nm) で 10mW 以上の出力を実現した。この成果は世界トップクラスであり、高く評価できる。さらに、InAlGa_N 系発光層の内部量子効率 80% を実現するなど着実な成果をあげており、他の追随を許さないトップデータを継続的に公表している。

現在、同チームは、ディスロケーションの障害を「アンモニアパルス供給多段成長法」や「横方向埋め込み成長法」などで解決、さらには、高効率深紫外 LED や LD の実現の土台の構築、多層量子障壁による電子注入効率の飛躍的な改善、深紫外 LED の光取り出し効率の改善など、随所で想定されていなかった難問を突破して、望ましい展開を得ている。

とりわけ、波長 230～350 nm 帯の深紫外 LED や深紫外 LD は、医療、殺菌・浄水、生化学産業、高輝度 LED 照明、高密度光記録、公害物質の高速浄化、情報センシングなど、幅広い応用が期待されており、その高効率化に関する本研究の成果の科学的・技術的インパクトは高いものである。

以上の研究成果から、研究代表者のリーダーシップは優れたものと判断されるが、当該分野は競争が激化する状況にあり、これまでのトップランナーとしての地位を維持し続けるには研究体制の強化が望まれる。同チームはまた、MOCVD 装置をはじめ、各種の装置を自分で設計、製作、調整を行っており、少ない予算でたくさんの装置を平行稼働している。人員の少なさを、自己開発の装置の数で補っており、基板製造に関してきわめて妥当な予算運用を行っていると評価できる。

4-2. 今後の研究に向けて

今後の研究において、AlN の貫通転移をあと一桁改善し、50%以上の光の取り出し効率にして、殺菌波長 270nm で出力 50mW を実現するという目標をあげているが、これは妥当な設定であり、実現を期待する。

なお、研究実施体制についていえば、人的資源が脆弱であると考えられる。外部研究機関との連携を追加したことに期待したいが、研究代表者が所属する理研内における人的補充、サポートが必要であろう。

外部量子効率 10%以上の深紫外 LED・LD が実現すれば、医療、殺菌・浄水、生化学産業、高輝度 LED 照明、高密度光記録、公害物質の高速浄化、情報センシングなどへの応用の道が拓け、社会的なインパクトは大きく、戦略目標の一つである「究極的な光の発生技術とその検知技術の創出」に貢献するものと期待できる。

4-3. 総合的評価

波長 230～350 nm 帯の深紫外 LED の外部量子効率、内部量子効率、電子注入効率、光取り出し効率の掛け算で与えられる。本研究では、独自の工夫によって、それぞれの効率を大幅に向上させ、3%程度の外部量子効率と 25 mW 程度の連続動作出力を実現しており、世界最高レベルにある。今年に入って、多くの企業が AlGaIn 系深紫外 LED の開発を手がけ始め、競争が激化しているが、本研究では、外部量子効率を 10%以上に向上させることを目指しており、その成果が大いに期待される。