



ワイドギャップ半導体を用いた深紫外半導体レーザー

電気電子工学およびその関連分野

研究者所属・職名：工学研究科・講師

ふりがな くしもと まき

氏名：久志本 真希

主な採択課題：

- [基盤研究\(A\)「極微小深紫外半導体レーザーダイオードの高出力化と新世代製造システム」\(2021-2025\)](#)
- [若手研究\(B\)「半極性面InGaNを用いた長波長発光素子の作製」\(2017-2019\)](#)

分野：窒化物半導体、発光デバイス

キーワード：深紫外、ワイドギャップ半導体、レーザー、ダイオード、応力制御

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

深紫外レーザー光源は、デバイスサイズとランニングコストが課題である。本研究では、我々が世界で初めて実証したAlGaN系深紫外LDの低閾値化および高出力化を検討し、従来の深紫外レーザー光源を代替する小型で低コストの光源の実現に挑戦する。さらにウエハ形状のまま深紫外LDを作製可能な従来に無いプロセスによって、さらなる低コスト化、加工用レーザー光源として必要不可欠なビーム制御や、高出力実現のための光源並列化・集積化を目指す。

●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

当初の深紫外LDは閾値電流密度や駆動電圧が高く、室温連続波発振ができなかった。主な要因は、デバイス作製プロセス中に形成される結晶欠陥であった。そこで、この結晶欠陥形成要因の解明と、結晶欠陥形成の抑制手法を検討した。また従来手法ではレーザーのミラー部を劈開により作製するため集積化が困難であった。そこで、新たな端面形成ならびに反射膜形成手法を検討し、ウエハ形状のままLDを作製する技術の構築を目指した。



図1 深紫外LD。室温連続波発振を蛍光体励起により可視化

ワイドギャップ半導体を用いた深紫外半導体レーザー

電気電子工学およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

デバイス作製プロセス中の欠陥形成抑制：

結晶構造解析により結晶欠陥(転位)はLDメサストライプ構造の端近傍に、ストライプと並行に多数形成すると判明した。この転位はストライプと垂直な力により形成し、熱処理温度の上昇に応じて転位形成領域が拡大することが明らかとなった。これより、LD結晶に存在する残留歪みがメサストライプ構造作製により剪断応力を発生、熱処理によって応力が増加することで転位が形成、基底面すべりによる転位増殖等が発生したと考えた。そこで、メサストライプの断面形状を垂直構造から傾斜構造にする剪断応力分布制御を提案し、FEM法により本手法の有効性を示した。実際にLDのメサストライプを傾斜構造にした結果、転位形成を抑制することができた。これによりLDへの投入電力を大幅に低減することに成功した。

オンウエハLD作製技術：

ミラー端面形成手法として、ドライエッチングとウェットエッチングによる2段階手法を確立した。本LDのミラー端面はAlGaN結晶のm面である。ドライエッチングのみではミラー面の角度制御が難しいが、異方性ウェットエッチングによりミラー角度の制御が可能であると考へた。さらにウエハと垂直に形成されたミラー端面に反射膜をALDを用いることで形成する手法を実証した。本手法を用いることで、ミラー端面に高反射率のミラー形成に成功し、ウエハ上深紫外LDのパルス発振に成功した。

【プレスリリース】深紫外半導体レーザーの室温連続発振に世界で初めて成功 ～2025年の実用化に向けて飛躍的に前進～

<https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2022/11/-2025.html>

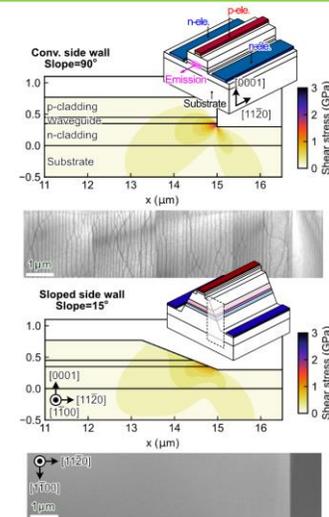


図2 従来構造と新構造の模式図、応力分布図、結晶欠陥分布図

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

本研究は、残留歪みに起因したデバイスプロセス中の欠陥形成の抑制手法の確立を中心に室温連続波発振する深紫外LDを実証し、低コストで小型な深紫外レーザー光源の実現に一步近づいた。本手法は深紫外LDに限らず本材料系デバイスの構造作製の重要な指針ともなった。また劈開手法を使わない新たな作製手法によるウエハ形状を維持したLD作製技術を確立したことで、LD集積による高出力化や、深紫外レーザー光を用いた光集積回路の実現の可能性が見出された。

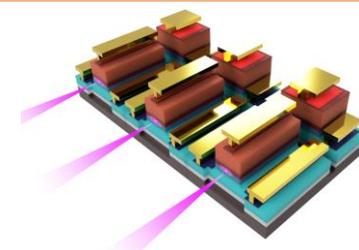


図3 ウエハ面内にPDと集積した深紫外LDのイメージ