

レーザー

機能物性研究グループ 秋山研究室 助教 小林 真隆

この度、2025年3月10日に日本大学理工学部駿河台キャンパスで開催された「第24回(2024年度)レーザー学会東京支部研究会」にて講演を行い、優秀発表賞を受賞しました。受賞対象となった講演は「電流注入駆動型半導体レーザーの利得スイッチ駆動による ps/sub-ps パルス発生」です。本賞は、同研究会にて講演を行った若手研究者の中から、優秀な発表を行なった者に対して授与されます。このような栄誉ある賞をいただくことができ、大変光栄に存じます。以下、本講演の内容についてご紹介いたします。

利得スイッチ半導体レーザー (Gain-switched laser diode, GSLD) は、小型で安定、堅牢、高効率、低価格、環境耐性、長寿命といった応用上の優れた特性を備えたレーザー光源の一つです。加えて、パルス波形や繰り返し速度に柔軟な選択性を有するため、光加工や生物医学などの新しい用途でのパルス光源として期待されています。私は電流注入駆動法を用いた GSLD において、どこまで短いパルス光を直接発生できるかに強い関心を持って研究に取り組んできました。本講演では、これまで得られた研究成果の中から、以下の 3 つの内容についてお話しました。

1 つ目の研究成果は、市販品で最速の変調帯域 30 GHz を有する波長 1270 nm の分布帰還型(Distributed feedback, DFB)半導体レーザーに対して、帯域 18 GHz の電流アンプを介した大電流孤立パルス进行を印可し利得スイッチ駆動させ、出力されたパルス光をチャープ補正することで、最短でパルス幅 5.3 ps のフーリエ限界に近い短パルス光が発生できることを発見したことです[1]。この研究結果は、DFB 半導体レーザーの変調帯域 30 GHz や電流アンプの帯域 18 GHz とフーリエ限界パルスから見積もられるパルス幅である 10 ps や 17 ps よりも短いものであり、利得スイッチ駆動により半導体レーザー内部で発生した強い非線形性を積極的に活用することに成功したことを示しています。

2 つ目の研究成果は、秋山研究室で作成した InGaAs ベース GSLD のポータブルモジュール化に取り組み、中心波長 1030 nm で 10 ps 以下のパルス発生が可能なモジュールの実証に成功した内容です [2]。この研究では、GSLD と回路基板の冷却機構を省くことで、USB 5V 給電で 0.5 W 動作という低消費電力を実現しました。また室温



Fig.1 表彰状とともに

動作下においてパルス間の強度変動と平均出力の安定性を評価し、どちらも 1%以内のゆらぎに収まるという高い安定性も示しました。小型かつ低消費電力の GSLD 光源を実現した本成果は、バイオイメージングなどの屋内用途だけでなく、LiDAR や 3 次元スキャナ技術など屋外での用途にも応用利用できることが期待されます。

3 つ目の研究成果として、横浜国立大学の片山郁文教授研究室との共同研究として、分散補償チャープパルス周波分光法を用いたシングルショット測定法による GSLD パルスの測定・評価に取り組んだ内容です[3]。シングルショット分光法とは、時間遅延を掃引することなく、単一パルスで超高速応答を観測する時間分解分光法です。そのシングルショット測定法を用いて、我々が開発した GSLD 光源のパルス波形を計測した結果、パルス幅 ~ 0.8 ps の複数パルスが、約 5 ps の時間間隔で現れていることが観測できました。これは GSLD 光源のピコ秒パルスが、時間方向に等間隔に並んだサブピコ秒パルス列から成ることを示しており、高い時間分解能を持つ本測定法を用いたことで初めて観測できたものであります。またこの結果は、電流注入駆動型 GSLD においてピコ秒以下の超短光パルスの直接発生の可能性を強く示唆するものです。今後は、素子構造の異なる GSLD を作成し、更に短い光パルスの生成に至る最適な素子設計や駆動条件の探究に取り組みたいと考えています。

これらの研究成果は、秋山英文教授を始めとした秋山研究室のメンバーの方々、小林洋平教授(東大物性研)、陳少強教授(華東師範大)、片山郁文教授(横浜国大)、玉置亮研究員(KISTEC、横浜国大)、伊藤隆氏(株LDseed)を含む全ての共同研究者のご協力があったからこそ、取り組むことができたものです。この場を借りて深く御礼申し上げます。この受賞を励みに、今後もより一層研究に邁進していく所存です。

【参考文献】

- [1] M. Kobayashi *et. al.*, “Gain-switched pulse generation of 5.3 ps from 30 GHz-modulation-bandwidth 1270 nm DFB laser diode,” *Opt. Lett.* **48**, 6344-6347 (2023).
- [2] M. Kobayashi *et. al.*, “Portable laser diode module of sub-10-ps gain-switched pulse source at 1030 nm wavelength,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **64**, 038004 (2025).
- [3] 玉置 亮、小林 真隆、中前 秀一、金 昌秀、伊藤 隆、秋山 英文、片山 郁文「分散補償チャープパルスと周波分光法による利得スイッチレーザーのシングルショットパルス波形計測」、第 85 回応用物理学会秋季学術講演会、20p-C301-1、北大、2024 年 9 月 20 日

