

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする
次世代フォトニクスの中盤技術
2016年度採択研究代表者

2019年度 実績報告書

岩谷 素顕

名城大学工学部
准教授

深紫外領域半導体レーザーの実現と超高濃度不純物・分極半導体の研究

§ 1. 研究成果の概要

本研究課題では窒化物半導体材料による AlGa_N 系材料による未踏領域の紫外レーザを実現することを目的として研究を進めている。また、窒化物半導体特有の分極半導体としての物理を徹底的に理解し、その学理の構築をあわせて目指し研究を進めてきた。一般的に、半導体レーザを実現するためには、①低い注入キャリア密度で光学利得が得られること、②光共振器を形成できること、さらに③レーザ発振に必要なキャリアの注入が必要不可欠である。このような課題を解決するために、①高品質 AlN・AlGa_N の実現、②デバイス(光学・キャリア注入)設計をはじめとした理論的な解析③分極ドーピング・超高濃度不純物半導体の適用が必要である。これらの課題に対して、名城大学／三重大学／九州大学の3研究機関でチームを構成し、各研究課題に対して研究に取り組んだ。2019年度の代表的な成果は以下の通りである。

① 世界初の UV-B 領域の半導体レーザの室温発振を実証

半導体レーザを実現するためには上記の3つの課題があるが、その中でも高品質結晶の実現と大電流動作を実現するのが極めて困難であった。UV-B 領域の半導体レーザが実現できない理由はその領域の高品質な結晶が得られないことおよび大電流動作が実現できないことが課題として存在し、そのブレークスルーが囑望されていた。本グループでは、基板にはサファイア基板を用い、三重大学の三宅教授が開発した高品質な窒化アルミニウム (AlN) テンプレート上に、2018 年度に CREST 研究で開発した高品質かつ格子緩和した窒化アルミニウムガリウム (AlGa_N) を用いました。さらに絶縁体に相当するワイドバンドギャップ材料である AlGa_N の大電流密度動作を達成し、未踏領域の半導体レーザを発明した。

② デバイス(光学・キャリア注入)設計をはじめとした理論の確立

上記のレーザを実現した分極ドーピングの物理を Konrad Sakowski 博士 (Institute of High Pressure Physics, Polish Academy of Sciences, Poland) や九大の寒川教授との国際共同研究で明らかにしつつあり、2020 年度にさらに発展させた本格国際共同研究として実施する予定である。

③ 高品質 AlN 結晶、AlGa_N 結晶の実現とそのデバイス物理の開拓

上記高品質 AlN テンプレートの作製プロセスの理解を進め、さらなる高品質な結晶の実現を目指し研究を進め、転位密度が 10^7cm^{-2} 台の世界最高品質のテンプレートを安定的に作製できるようにした。さらに、AlGa_N の高品質化も進めており、レーザ特性の転位の影響などを定量的に評価し報告した。



UV-Bレーザの発振の様子
(目で見えない紫外線を目視するために紙に蛍光体を塗ってレーザ光を照射しています)

【代表的な原著論文】

1. Kosuke Sato, Shinji Yasue, Kazuki Yamada, Shunya Tanaka, Tomoya Omori, Sayaka Ishizuka, Shohei Teramura, Yuya Ogino, Sho Iwayama, Hideto Miyake, Motoaki Iwaya, Tetsuya Takeuchi,

Satoshi Kamiyama, Isamu Akasaki “Room-temperature operation of AlGa_N ultraviolet-B laser diode at 298 nm on lattice-relaxed Al_{0.6}Ga_{0.4}N/AlN/sapphire” Applied Physics Express 13, 031004 (2020).

2. Yuta Kawase, Syunya Ikeda, Yusuke Sakuragi, Shinji Yasue, Sho Iwayama, Motoaki Iwaya, Tetsuya Takeuchi, Satoshi Kamiyama, Isamu Akasaki, Hideto Miyake, “Ultraviolet-B band lasers fabricated on highly relaxed thick Al_{0.55}Ga_{0.45}N films grown on various types of AlN wafers” Japanese Journal of Applied Physics 58, SC1052 (2019).

3. Kosuke Sato, Shinji Yasue, Yuya Ogino, Shunya Tanaka, Motoaki Iwaya, Tetsuya Takeuchi, Satoshi Kamiyama, Isamu Akasaki, “Light confinement and high current density in UVB laser diode structure using Al composition-graded p-AlGa_N cladding layer” Applied Physics Letters 114, 191103 (2019).

§ 2. 研究実施体制

(1)「名城大学」グループ

- ① 研究代表者:岩谷 素顕 (名城大学工学部 准教授)
- ② 研究項目
 - ・紫外レーザの作製および評価
 - ・物性評価・シミュレーション
 - ・分極半導体および超高濃度不純物半導体の物理の解析

(2)「三重大学」グループ

- ① 主たる共同研究者:三宅 秀人 (三重大学大学院地域イノベーション学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・AlGaN系テンプレートの高品質化