

発光波長制御 InAs 量子ドットを用いた 1.1 μ m 帯外部共振器型波長可変レーザー Tunable external cavity laser diode at 1.1- μ m-band based on emission-wavelength-controlled InAs quantum dots

和歌山大シスエ¹, グラスゴー大², 物材機構³ ○尾崎 信彦^{1,2}, David Childs², Aleksandr Boldin²,
生野 大吾¹, 尾上 克也¹, 大里 啓孝³, 渡辺 英一郎³, 池田 直樹³, 杉本 喜正³, Richard Hogg²
Wakayama Univ.¹, Univ. Glasgow², NIMS³ ○N. Ozaki¹, D. Childs², A. Boldin², D. Ikuno¹,
K. Onoue¹, H. Ohsato³, E. Watanabe³, N. Ikeda³, Y. Sugimoto³, and R. Hogg²
E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】光を用いた非侵襲医療用断層イメージング技術である光コヒーレンストモグラフィ(OCT)は、波長掃引レーザー光源(SS)を用いた SS-OCT 方式[1]が主流となってきたが、生体内での深達度と光軸分解能を両立するためには、生体内透過性の高い波長 1~1.1 μ m 付近で広帯域な掃引幅を有する SS が必要となる。我々はこれまで、広帯域な利得幅を持つ GaAs 基板上自己組織化 InAs 量子ドット(QD)の発光波長制御技術の開発と広帯域光源応用を行ってきた[2]。今回、我々が開発してきた QD 発光波長制御技術を活用し、従来の半導体材料では得にくい波長 1.1 μ m 帯における波長可変レーザーを得たので報告する。

【実験手法】分子線エピタキシー法により、p-i-n 接合 AlGaAs/GaAs 内に InAs-QD を 4 層積層成長した基板を作製した。InAs-QD および QD キャッピング層成長時の基板温度を最適化し、発振が得られる高利得波長帯域を 1~1.1 μ m となるよう制御した。成長した基板に対し、半導体微細加工によってリッジ型導波路(RWG)を形成後、劈開により端面出射型の利得チップを作製した。Fig.1 に示すように、RWG 形状は片側端面に対し約 7 度傾斜させた J 字型とした。利得チップを Thermoelectronic Controller(TEC)にて 15°C に制御し、パルス電流を与えた。様々な注入電流値において、傾斜端面から出射した発光を光ファイバーにて回折格子に導き、回折格子角度を変更して様々な波長光を帰還させ、反対側の端面から発振スペクトルを測定した。

【結果と考察】RWG を J 字形状とすることで、利得チップにおける内部発振が抑制され、注入電流値(I)約 650mA 程度まで増幅自然発光が見られた。この広帯域な増幅自然発光の特定波長の光を回折格子により光帰還させることで、レーザー発振が得られた。発振可能帯域は、注入電流値の増加に伴って拡大し、Fig.2 に示すように、 $I = 600$ mA で波長可変帯域約 70 nm が得られた。以上の結果から、InAs-QD の発光波長制御技術により 1.1 μ m 帯波長可変レーザー光源が得られ、高深達度、高分解能 SS-OCT 光源への応用の可能性が示された。

【謝辞】本研究は科研費(16H03858,16KK0130)の支援を受けて実施された。半導体微細加工は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(NIMS 微細加工 PF)の支援を受けて実施された。
[1] A. Y. Alibhai, et al., Curr Ophthalmol Rep. 6, 7 (2018). [2] N. Ozaki et al., J. Appl. Phys. 119, 083107 (2016).

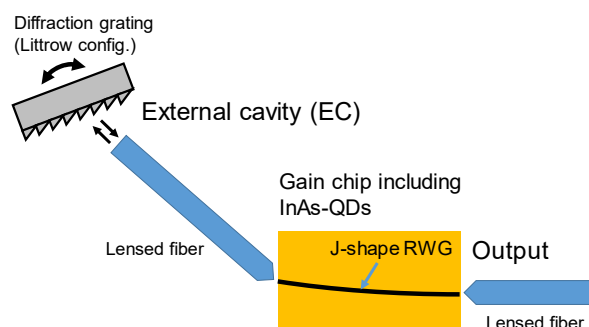


Fig. 1 Schematic illustration of external tunable laser setup with a developed InAs-QD-based optical gain chip.

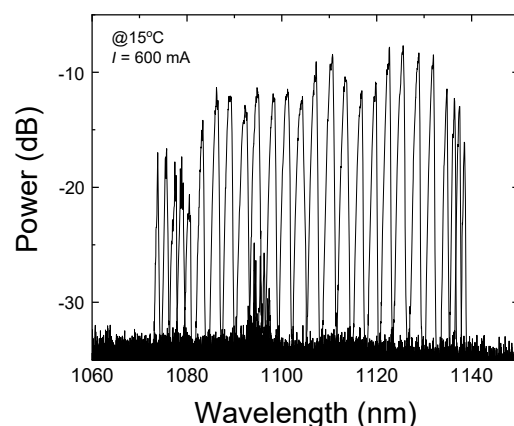


Fig. 2 Tunable laser spectra obtained from the external tunable laser.