

分割電極を用いた広帯域多波長 InAs 量子ドット SLD の光学利得測定
Optical gain measurements by the segmented contact method for a broadband SLD
including multiple InAs quantum dots with controlled emission wavelengths

シェフィールド大¹, 和歌山大シスエ², 物材機構³

○尾崎信彦^{1,2*}, D. Childs¹, 保田拓磨², 大里啓孝³, 渡辺英一郎³, 池田直樹³, 杉本喜正³, R. Hogg¹
Univ. Sheffield¹, Wakayama Univ.², NIMS³

○N. Ozaki^{1,2*}, D. Childs¹, T. Yasuda², H. Ohsato³, E. Watanabe³, N. Ikeda³, Y. Sugimoto³, R. Hogg¹

*E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】我々は、光干渉断層計(OCT)の高性能化に寄与する近赤外広帯域光源として、自己組織化 InAs 量子ドット(QD)を用いた SLD(Superluminescent diode)の開発を行っている[1,2]。SLDは、発振を抑制した光増幅(ASE: Amplified Spontaneous Emission)による高輝度かつ広帯域な発光デバイスであり、光増幅の目安となる光利得(Gain)の測定は重要である。今回、リッジ型導波路(RWG)上に分割電極を設けた QD-SLD チップを作製し、電流注入領域の長さを変化させた際の出力強度変化から Gain スペクトル測定を行った。

【実験】厚さ 240 nm の GaAs 活性層内に InAs-QD を 4 層(48 nm 間隔)含むサンプルを n⁺-GaAs(100)基板上に分子線エピタキシー(MBE)法により成長した。各層の QD に対し、異なる厚み(0~4 nm)の歪緩和層を堆積して連続的に発光中心波長をシフトさせ(基底準位 GS: 1220~1300 nm、第一励起準位 ES1: 1150~1200 nm、第二励起準位 ES2: 1000~1100 nm)、ディプレスの広帯域な発光スペクトルを得た。活性層は厚さ約 1.5 μm の p-/n-Al_{0.35}Ga_{0.65}As クラッド層で挟んだ。成長基板に対し、幅約 5 μm の RWG を形成後、導波路側に Fig.1 挿入図に示すような分割電極を設け(各電極長さ 1mm, 電極間ギャップ約 40 μm)、チップ出射端からの EL を様々な注入電流値 I に対して室温で評価した。また、出射端に最も近い分割電極(Seg.1)のみに電流 I を注入した場合と、隣接する 2 領域(Seg.1 と Seg.2)に同電流 I を注入した場合の EL スペクトルから Net Modal Gain(Fig.2 挿入式)スペクトルを得た[3]。

【結果】Fig.1 に電流 150mA を Seg.1 のみに注入した場合と、Seg.1 および Seg.2 に同電流を注入した場合の EL スペクトルを示す。低電流 (10mA 以下) では GS 間発光が支配的だったのに対し、150mA 程度の高電流では、ES1 および ES2 間発光の寄与が増大し、発光中心波長が 1100nm 付近まで短波長化していることが分かる。これは、QD の離散準位を低エネルギーから順にキャリアが占有していく (state-filling) 効果によるものと考えられる。また、発光強度の変化率は、電流注入領域長さ変化の 2 倍から波長によって増減している。これは、発生した光子が出射端まで導波する間に、誘導放出による増幅と他の QD による吸収との競合によって強度変化率が異なったためである。これを Net Modal Gain スペクトルとして Fig.2 に示す。Gain 値が負の波長領域では光吸収が、正の波長領域では光利得が得られていることを意味する。注入電流値の増加に伴い、利得領域(Gain>0)は短波長領域へ拡大し、最大約 150 nm の利得幅が得られた。State-filling 効果によって離散準位が低エネルギーから順に飽和し、各準位間において誘導放出による ASE が発生していった結果と考えられる。

【謝辞】本研究は、和歌山大学長期海外派遣プログラムによる Sheffield 大学との共同研究の一環として行われた。QD-SLD チップ作製には、科研費(25286052)、NIMS 微細加工プラットフォームの支援を受けた。

[1] N. Ozaki et al., JJAP 53, 04EG10 (2014). [2] N. Ozaki et al., Nanomat. Nanotechnol. 4, 26 (2014). [3] P. Blood, et al., IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 9, 1275 (2003).

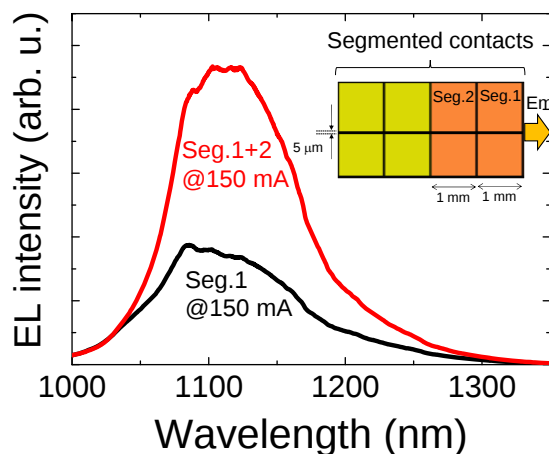


Fig. 1 EL spectra from QD-SLD under current injection of 150 mA for Seg.1 (black), and for Seg. 1 and 2 (red). (Inset: schematic of QD-SLD with segmented contacts)

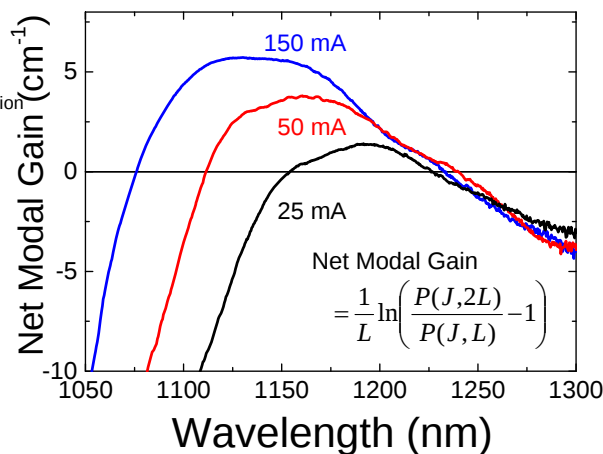


Fig. 2 Net modal gain spectra with different injection current I (25, 50, 150 mA) obtained by segmented contact method. (Inset: Net modal Gain Eq.)