

## 1.1 $\mu\text{m}$ 帯 InAs 量子ドット波長掃引レーザを用いた SS-OCT の構築と評価

### Development and evaluation of swept-source OCT using the tunable laser based on 1.1- $\mu\text{m}$ -waveband InAs quantum dots

和歌山大シスエ<sup>1</sup>, 物材機構<sup>2</sup>, グラスゴー大<sup>3</sup> ○(M2)辻 敏弥<sup>1</sup>, 尾崎 信彦<sup>1,\*</sup>, 渡辺 英一郎<sup>2</sup>, 大里 啓孝<sup>2</sup>, 池田 直樹<sup>2</sup>, 杉本 喜正<sup>2</sup>, David T. D. Childs<sup>3</sup>, Richard A. Hogg<sup>3</sup> Wakayama Univ.<sup>1</sup>, NIMS<sup>2</sup>, Univ. Glasgow<sup>3</sup> ○T. Tsuji<sup>1</sup>, N. Ozaki<sup>1,\*</sup>, E. Watanabe<sup>2</sup>, H. Ohsato<sup>2</sup>, N. Ikeda<sup>2</sup>, Y. Sugimoto<sup>2</sup>, D. T. D. Childs<sup>3</sup>, and R. A. Hogg<sup>3</sup>

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

**【はじめに】**光コヒーレンストモグラフィー(OCT)は、近赤外光を用いて生体内部の断面構造を非侵襲に画像化する技術である[1]。OCT は低コヒーレンス光干渉によって光軸上の反射率分布を計測するため、光軸分解能向上のため広帯域な光源が要求される。また、画像深さを得るために、生体内の血液や水分による光吸収・散乱の影響が少ない波長 1.0–1.1- $\mu\text{m}$  帯が望ましい。光源に波長掃引レーザを用いた波長掃引型 OCT(SS-OCT)[2]は、レーザ光のコヒーレンス性によって画像深さを得やすいが、1.0–1.1- $\mu\text{m}$  帯で広帯域な利得特性を有する発光材料候補が少なく、特に半導体材料での実現が難しい。そこで我々は、広帯域かつ発光中心波長制御が可能な自己組織化 InAs 量子ドット(QD)を用いた SS-OCT の実現を目指している。これまでに、発光波長を 1.1- $\mu\text{m}$  帯に制御した InAs-QD の広帯域利得および F-P レーザ発振を得た[3]が、今回はその QD を利得媒体とした外部共振器型波長掃引レーザ(QD-ECL)による SS-OCT を立ち上げ、動作特性を評価した。

**【実験手法】** Fig. 1 に構築した SS-OCT の模式図を示す。発光中心波長を 1.1- $\mu\text{m}$  帯に制御した QD を 4 層埋め込んだ利得チップに対し、F-P 発振閾値電流以下の CW 電流( $I$ )を注入して得られる EL 発光から、特定波長光を Littrow 配置の回折格子により光帰還させて QD-ECL とした。回折格子を回転させて得られる QD-ECL からの波長掃引レーザ光を干渉系に導入し、参照ミラーおよびサンプルミラー間の光路長差( $d$ )により生じるビート周波数を伴った時間領域干渉強度変調を検出後、逆フーリエ変換により点拡がり関数(PSF)を取得した。

**【結果と考察】** Fig. 2 に  $I = 64 \text{ mA}$ 、 $25^\circ\text{C}$  での QD-ECL からの波長掃引スペクトル(0.5 nm 間隔)を示す。1.1  $\mu\text{m}$  帯でおよそ 15 nm の波長掃引幅が得られた。以前報告した QD の利得幅(約 65 nm)よりも狭くなっており、外部共振器による結合損失の影響と考えられる。この QD-ECL を SS-OCT に導入し、 $d$  を 0.5 mm ずつ変えながら PSF を取得した(Fig. 3)。各 PSF のピーク位置は光路長差とよく一致し、構築した SS-OCT の正常な動作が確認された。光軸分解能を示す PSF の半値幅は約 60  $\mu\text{m}$  であり、波長掃引幅を反映した値となった。今回の利得チップは端面処理を施しておらず、また、内部 F-P 発振以下の電流動作であったため波長掃引幅が QD の持つ利得幅よりも狭くなったが、今後、チップ端面処理による外部共振器結合損失低減、また、内部 F-P 発振抑制による QD の高次準位間発光の寄与により波長掃引幅が拡大され、光軸分解能が向上できると考えられる。

**【謝辞】** 科研費(20H02183, 16H03858, 16KK0130)、高等教育機関コンソーシアム和歌山、文科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)の支援を受けた。

[1] D. Huang et al., *Science* **254**, 1178 (1991). [2] S. H. Yun et al., *Opt. Express* **11**, 2953 (2003). [3] 辻他、第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 19a-PA3-4 (2019).

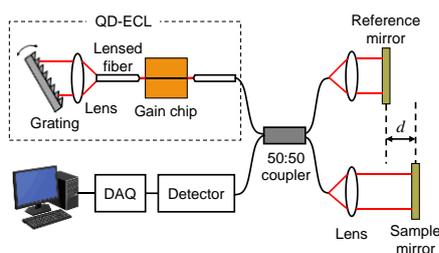


Fig.1 Schematic image of SS-OCT using the grating-coupled EC tunable laser based on InAs-QD gain chip (QD-ECL).

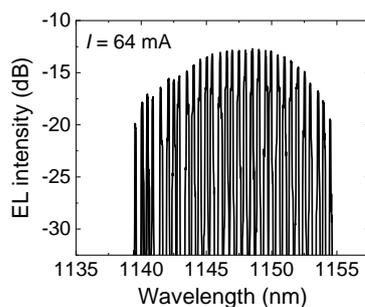


Fig.2 Tuning EL spectra obtained from the QD-ECL ( $I = 64 \text{ mA}$ ).

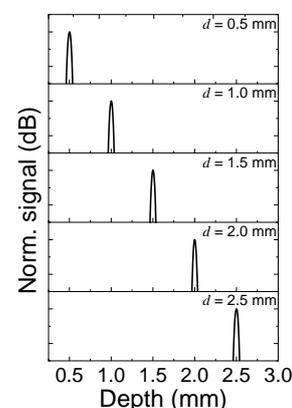


Fig.3 PSF variation with the sample mirror position obtained from SS-OCT with the QD-ECL.