量子ドット SLD 光源を用いた高分解能 OCT 画像取得

High resolution OCT imaging using a superluminescent diode based on InAs quantum dots

和歌山大システム工 [1], 物材機構 [2], シンクランド㈱[3], グラスゴー大 [4]
○山内翔 [1], 尾崎信彦 [1], 大里啓孝 [2], 渡辺英一郎 [2], 池田直樹 [2], 杉本喜正 [2],
古城健司 [3], 宮地邦男 [3], D. Childs[4], R. Hogg[4]
Wakayama Univ. [1], NIMS[2], Think Lands Co., Ltd.[3], Univ. Glasgow[4]
○S. Yamauchi[1], N. Ozaki[1], H. Ohsato[2], E. Watanabe[2], N. Ikeda[2], Y. Sugimoto[2],
K. Furuki[3], K. Miyaji[3], D. Childs[4], R. Hogg[4]
E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】光コヒーレンストモグラフィー(OCT)は近赤外光をプローブとし、生体内部の断面構造を非侵襲に画像化する技術であり、その性能は使用する光源特性に依存する[1]。特に医療用途 OCT では、高分解能かつ高深達度を得るために、近赤外波長において広帯域な光源が必要となる。我々はこれまでに、そのような要求を満たす光源として自己組織化 InAs 量子ドット(QD)という半導体ナノ材料を用いた広帯域 SLD 光源(QD-SLD)の開発を行っている[2]。InAs-QD の発光波長制御技術に加え、分割型の電極構造を用いて帯域約 160nm の広帯域化に最近成功した[3]。本研究では、この QD-SLD を用いて OCT 画像取得を実際に行い、OCT 光源としての有効性を検証した。

【実験手法】検証用の QD-SLD として 2 種類用意した。一つは、導波路全体に単一の電極構造を持つ単電極型(QD-SLD1)、もう一方は、分割された電極を設けた分割電極型(QD-SLD2)である。分割電極にすることでより高密度な電流注入が可能となり QD 内の高次準位からの発光が誘起され、単電極型よりも広帯域な発光を示す(Fig 1)[3]。QD-SLD1 の中心波長 λ_0 および帯域幅 $\Delta\lambda$ はそれぞれ約 1199 nm, 80 nm であり、QD-SLD2 はそれぞれ約 1100 nm, 144 nm である。各光源を導入した Spectral-domain(SD)-OCT システム[4]を用い、テストサンプルとして厚さ約 10 μm のラップフィルムの OCT 画像を取得した。

【実験結果】Fig 2 に得られた OCT 画像を示す。(a)は比較のために用いた市販 SLD(光軸分解能約 14μm)、(b)は QD-SLD1、(c)は QD-SLD2 により取得された OCT 画像である。縦軸が深さ（厚み）方向で、横軸が面内方向である。図中の白いライン状に見える像は、サンプル表面および裏面からの反射を表している。市販 SLD では二本の線が分離できず、一本の太い帯のように表示されているのに対し、QD-SLD では二本の線が完全に分離して表示されている。このことから、QD-SLD による分解能の向上が示されている。また、二本の各ラインの半値幅より光軸分解能を求めると、QD-SLD1 は約 8μm、QD-SLD2 は約 4μm であった。これらの結果より、分割電極型 QD-SLD による OCT 光軸分解能の向上、および、一般的な SLD 光源の約 2~3 倍の高分解能化が実証された。

【謝辞】本研究は科研費(16H03858, 25286052),テルモ生命科学芸術財団の支援を受けて実施されました。

[1] D. Huang, *et al*., Science **254**, 1178 (1991). [2] T. Yasuda, et al., IEICE Trans. Electron. **E99-C** 381 (2016). [3] N. Ozaki, et al., J. Appl. Phys. **119**, 083107 (2016). [4] H. Shibata, et al., JJAP **54**, 04DG07 (2015).

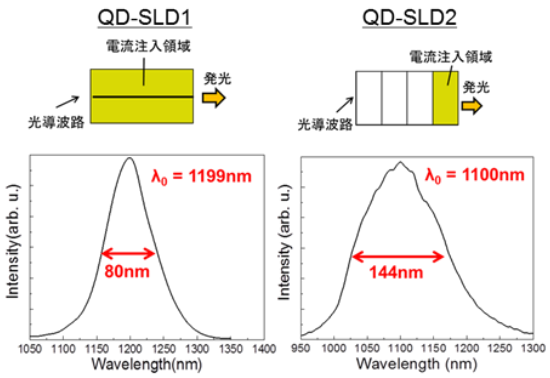

Fig.1 Schematic image of developed QD-SLDs (upper) and their typical EL spectra (lower).

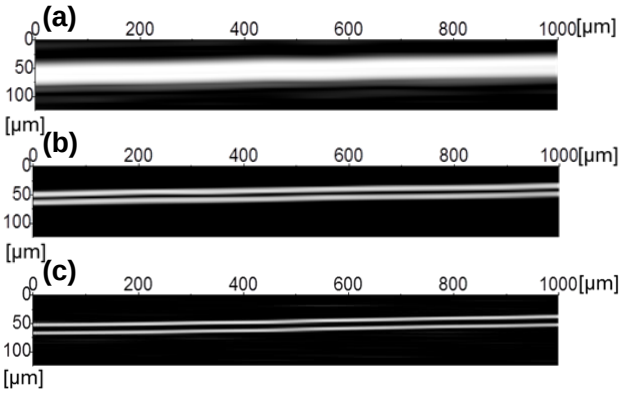

Fig.2 OCT images of a cling film obtained using (a) commercial SLD, (b) QD-SLD1, and (c) QD-SLD2.