多波長 InAs 量子ドットを用いた OCT 光源用 SLD の作製

SLD based on multiple InAs quantum dots for OCT light source

和歌山大シスエ¹, NEC², 物材機構³, シェフィールド大⁴ ^o保田拓磨¹, 柴田弘¹, 尾崎信彦¹, 大河内俊介², 池田直樹³, 大里啓孝³, 渡辺英一郎³, 杉本喜正³, R.A. Hogg⁴ Wakayama Univ.¹, NEC Corp.², NIMS³, Univ. Sheffield⁴ ^oT. Yasuda¹, H. Shibata¹, N. Ozaki¹, S. Ohkouchi², N. Ikeda³, H. Ohsato³, E. Watanabe³, Y. Sugimoto³, R. A. Hogg⁴ E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】我々は光コヒーレンストモグラフィー(OCT)への応用を目指し、InAs 量子ドット(QD)を用いた近赤外広帯域光源開発を行っている。前回、多波長 QD を積層した QD-SLD(Superluminescent diode)を作製し、1.3µm 帯の広帯域 SLD 発光が得られたことを報告した[1]。今回は、実際に OCT システムに導入する光源としての有効性を評価すべく、スペクトル形状がガウシアンに近い QD-SLD を作製し、単一モード光ファイバーと結合した QD-SLD モジュールを作製した。

【実験】厚さ240nmの活性層に InAs-QD を 4 層含むサンプルを分子線エピタキシー(MBE)法によ り成長した。各層の QD は異なる厚み(0~4nm)の歪緩和層により発光中心波長を制御し、基底準位 (GS)間発光波長が約 1220nm~1300nm、第一励起準位(ES)間発光波長が約 1150~1200nm となるよう 調整した。活性層は厚さ 1.5µm の p-/n-Al_{0.35}Ga_{0.65}As クラッド層で挟み、サンプル成長後にフォト リソグラフィーとドライエッチングによりリッジ型導波路(高さ 1.4µm、幅 25µm)を形成した。作 製したサンプルを劈開により長さ 3mm の SLD チップとし、室温でのエレクトロルミネッセンス(EL) にて評価した。

【結果】Fig.1に SLD チップから得られた EL スペクトルを示す。電流密度 J の増加に伴い、発光 ピークが短波長へシフトしながらスペクトルが徐々にガウシアン形状に推移した。これは、強励 起下で QD の ES 発光が寄与することにより短波長側の発光が増大したためと考えられる。最大帯 域は 85nm で、スペクトルのコヒーレンス関数(Fig.1 挿入図)から求められる OCT 分解能は 6.5µm であった。また、コヒーレンス関数にはサイドローブが殆どなく、スペクトル形状がガウシアン に近いことを反映している。次に、波長ごとの EL 強度変化を調べた例を Fig.2 に示す。GS 発光 が支配的な長波長(λ_{GS} :1275nm)と、ES 発光が支配的な短波長(λ_{ES} :1150nm)での EL 強度は J に対し 異なる変化を示し、 λ_{GS} では J の増加とともに強度が飽和するのに対し、 λ_{ES} では数十 A/cm²以上 から発光ゲインが増大する傾向が見られた。これは、弱励起下で GS での誘導放出による発光増 大が起きた後、GS を占有するキャリア数が飽和することで発光強度が飽和し、その余剰注入キャ リアが ES 発光に寄与し始め、その結果 ES からの誘導放出によるゲイン増加が現れ始めるという 2 段階の発光増加を示す QD-SLD の特性を表した結果と考えられる。



【謝辞】本研究は、科研費(25286052)およびキャノン財団の助成を受けた。また、微細加工はNIMS 微細加工プラットフォームの支援を受けて実施された。[1]保田拓磨他、第74回応用物理学秋季学術講演会 19a-P8-4

Fig. 1 EL spectra with different *J* obtained from QD-SLD including 4 chirped InAs-QD layers and coherence function of EL spectrum at J=400 A/cm² (inset).



Fig. 2 EL intensity as a function of J at each wavelength λ (red:1275 nm,black:1150 nm)