

MBE 再成長により InAs 量子ドットを埋め込んだ

フォトリック結晶ナノ共振器の作製と評価

Fabrication and Characterization of a Photonic Crystal Nanocavity with InAs Quantum Dots Embedded by MBE Regrowth

○ヴォ クオック フィ¹、太田泰友²、渡邊克之¹、影山健生²、岩本敏^{1,2}、荒川泰彦^{1,2}(東大生研¹、東大ナノ量子機構²)O.Q. H. Vo¹, Y. Ota², K. Watanabe², T. Kageyama², S. Iwamoto^{1,2} and Y. Arakawa^{1,2}(IIS, Univ. of Tokyo¹, NanoQuine, Univ. of Tokyo²)

E-mail: quochuy@iis.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】高 Q 値・極小モード体積を有する 2 次元フォトリック結晶 (PhC) ナノ共振器とキャリア閉じ込め・熱散逸効果が得られる埋め込みヘテロ構造を組み合わせたナノレーザは、電子集積回路で求められる小型低消費電力の半導体レーザとして期待されており、量子井戸を埋め込み活性層に用いた低消費電力 PhC レーザが報告されている[1]。一方、量子ドット(QD)を光利得媒質として利用することで、高温動作など、埋め込み活性層を有する PhC レーザの更なる高性能化が期待される [2, 3]。今回我々は、MBE 結晶再成長技術を用いて、InAs/GaAs QD からなる活性層領域を共振器部分制限し埋め込んだ PhC ナノ共振器の作製し、1 万を超える Q 値を有する共振器モードを観測することに成功したので報告する。

【実験】結晶成長は MBE 法を用いて行った。まず、GaAs(001)基板上にバッファ層、AlGaAs 犠牲層を成長した後、QD (密度 $5 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$) 2 層を含んだ GaAs 層(100nm)を成長した。QD 層は表面から ~10nm に位置するよう調整した。これは最終的に PhC スラブのほぼ中央に QD 層を導入するためである。続いて、高さ 60nm のメサ構造(サイズ $0.4 \mu\text{m} \times 1.5 \mu\text{m}$)を作製した後、MBE 法によりメサ構造を GaAs で埋め込んだ。最後に、位置合わせ電子線描画等によりダブルヘテロ (DH)型 PhC ナノ共振器を作製した。Fig. 1(a), (b)は、試料の断面模式図および表面 SEM 写真である。隆起部 (赤点線) は QD を含むメサに起因しており、その中心は共振器を形成する 2 つの PhC DH 界面(黄色点線)の中央付近に位置していることが分かる。隆起の高さは約 40nm、平坦部分の PhC スラブの厚みは~160nm であった。同様の試料について μ -PL 法(15K, CW)により発光スペクトルを測定したところ、 Q 値約 11,000 の共振器モードの発光が確認された(Fig.1(c))。今後、共振器の高 Q 値化および利得増大を図ることで、レーザ発振の実現を目指す。

【謝辞】本研究は科研費特別推進研究(15H05700)および国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構により遂行された。

【参考文献】[1] S. Matsuo et al., Nat. Photonics 4, 648 (2010). [2] Y. Arakawa and H. Sakaki, Appl. Phys. Lett. 40, 939 (1982). [3] T. Kageyama et al., CLEO/Europe, PDA_1 (2011).

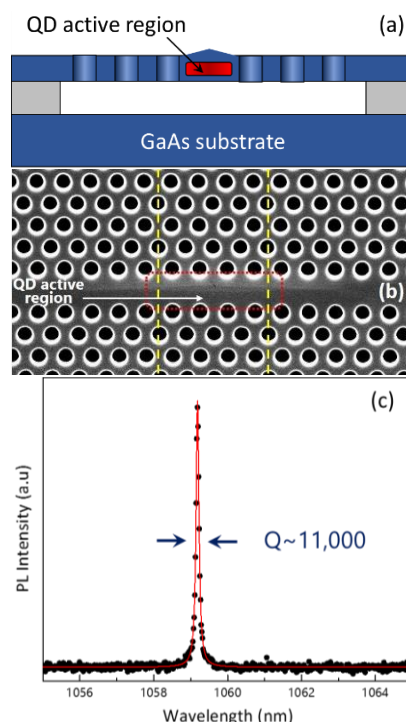


Fig 1: (a) Cross-sectional schematic of a PhC cavity with InAs/GaAs QDs embedded by MBE regrowth, (b) SEM image of the fabricated cavity, (c) Micro-PL spectrum of the cavity mode at 15K.