DBR 上ナノワイヤ量子ドットレーザにおける閾値特性の向上

 $Improvement\ of\ lasing\ threshold\ in\ nanowire-quantum\ dot\ lasers\ on\ distributed-Bragg\ reflectors$

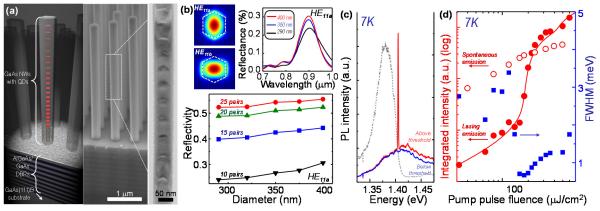
°舘林 潤¹,太田 泰友¹,岩本 敏¹,²,荒川 泰彦¹,²

(1.東大ナノ量子機構、2.東大生研)

°Jun Tatebayashi¹, Yasutomo Ota¹, Satoshi Iwamoto¹,² and Yasuhiko Arakawa¹,² (1. Institute for NanoQUINE, the Univ. of Tokyo, 2. IIS, the Univ. of Tokyo) E-mail: tatebaya@iis.u-tokyo.ac.jp

高速・低消費電力光集積回路や生体・環境センシング及びウェアラブルデバイスに向けた高性能ナノレーザ光源としてナノワイヤ量子ドットレーザが注目を集めている。我々はこれまで積層ナノワイヤ量子ドットを有するナノワイヤレーザの光励起による室温発振を実現する[1]とともに、電流駆動による高効率単一ナノワイヤレーザ構造実現に向け、AlGaAs/GaAs 分布ブラッグ反射膜(Distributed Bragg Reflector: DBR)上に成長したナノワイヤ量子ドット構造(図(a))を提案し光励起による動作実証を行ってきた[3]。今回ナノワイヤーDBR間の反射率向上による発振閾値低減を図るべく反射率のナノワイヤ直径及びDBR周期数依存性を数値解析により調べるとともに、基底モードが寄与し得る範囲で直径を最大化しデバイス特性の向上を図ったのでこれを報告する。

本研究では半絶縁性 GaAs(111)B 基板上に減圧 MOCVD 法により Alo.7Gao.3As/GaAs DBR 構造を 成長し円状パターン (SiO₂ 膜(10 nm)、直径 30nm・間隔 500nm) を施した後選択成長法によって再 成長した 75 層 In_{0.22}Ga_{0.78}As/GaAs 量子ドット(直径 40-50nm、高さ 6nm、発光波長 1.37eV・半値 幅 38meV) [3,4]を有する GaAs/Al_{0.1}Ga_{0.9}As/ GaAs コアシェルナノワイヤ構造を仮定する(図(a)) [2]。ナノワイヤ内の基底導波モード (HE_{11a}及び HE_{11b}、図(b)左上) の DBR 構造 (中心波長 900nm) での反射スペクトルを有限差分時間領域法により導出するとともに (図(b)右上)、ピーク反射率の ナノワイヤ直径及び DBR 周期数依存性をプロットする(図(b)下)。導波モードの反射率は回折損 が大きいため平面波(約90%)と比べて低いが、シェル層厚増大に伴うナノワイヤ直径の増大に より回折損の抑制が可能である(図(b)下)。図(c,d)に今回用いた自立型ナノワイヤ量子ドットレー ザ構造(直径 400nm)のデバイス特性を示す。励起光として Ti:Sapphire レーザ (785nm、80MHz、 パルス幅数百 fs) を用い顕微分光法 (7K) により発光を観測した結果、発光強度の急激な増大 (閾 値 170μJ/cm²)、1.40eV 付近での急峻な輝線(狭線幅化)及び自然放出光の飽和が観測された(図 (d))。これは前回報告した構造(直径 290nm) [2]に比べ低閾値・長波長でのレーザ発振であり、直 径の大きなナノワイヤ構造を用いることにより反射率が向上していることを示唆している。一方 DBR周期数の増大に伴い反射率の更なる向上も可能でありこれらの詳細についても当日報告する。 <謝辞>本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業・科研費特別推進研究(15H05700)及び NEDO プログラムにより 遂行された。研究遂行にあたりご助力・有益なご討論頂いた加古敏博士、Jinfa Ho 博士、石田悟己氏及び西岡政雄氏に感謝する。 {参考文献} [1] J. Tatebayashi et al., Nat. Photon. 9, 501 (2015). [2] 舘林他, 2016 春忘物, 19p-W834-7 (2016). [3] J. Tatebayashi et al., APL 100, 263101 (2012). [4] J. Tatebayashi et al., APL 105, 103104 (2014).



Figures (a) Bird-eye-view SEM, XTEM images and schematic illustration of GaAs NWs with InGaAs/GaAs QDs grown on 10-pairs $Al_{0.65}Ga_{0.35}As/GaAs$ DBRs/GaAs(111)B substrates. (b) (Top left) Simulated profiles of two guided modes (HE_{11a} and HE_{11b}). (Top right) reflectivity spectra for HE_{11a} with different NW diameters. (Bottom) Reflectivity at 900 nm of the DBR for the HE_{11a} mode with different NW diameters and number of DBR pairs. (c) μ -PL spectra at 7K of the NWQD lasers on DBRs below/above the threshold and the PL spectrum at 0.3 μ J/cm². (d) L-L curves of the lasing peak (red solid circles) and corresponding FWHM (blue solid squares) along with the spontaneous emission intensity (red open circles) at 7K.