

InGaAs/GaAs 量子ドットを有するナノワイヤレーザの室温発振

Room-temperature lasing of a single GaAs nanowire embedding InGaAs/GaAs quantum dots

○館林 潤¹, 加古 敏^{1,2}, Jinfa Ho², 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, Satoshi Kako¹, Jinfa Ho², Yasutomo Ota¹, Satoshi Iwamoto^{1,2} and Yasuhiko Arakawa^{1,2}

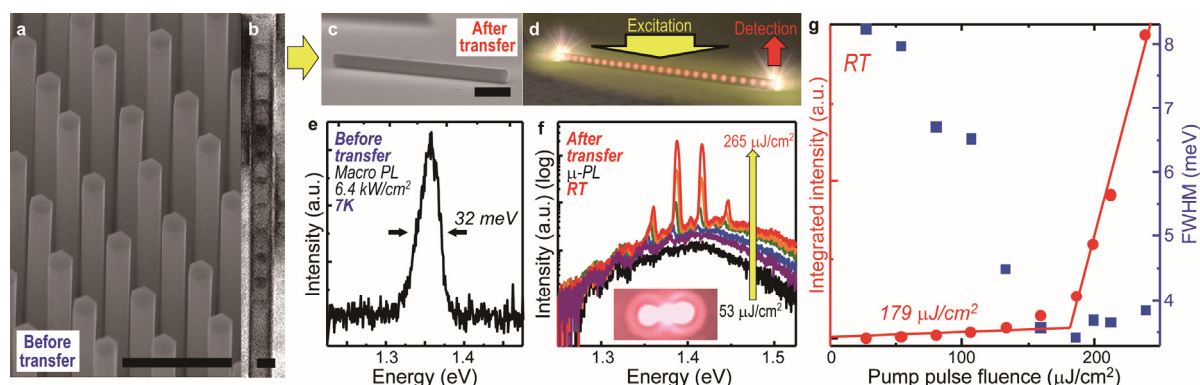
(1. Institute of NanoQUINE, the Univ. of Tokyo, 2. IIS, the Univ. of Tokyo)

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

高速・低消費電力光集積回路や生体・環境センシング用途に向けた微小・高効率レーザ光源として近年ナノワイヤレーザが注目を集めている。既に紫外[1,2]から可視光・近赤外域[3-5]においてバルク材料を用いたナノワイヤレーザのレーザ発振が複数報告されているが、より高性能（低閾値化）・多機能（波長制御性）なナノワイヤレーザ実現には量子構造を有するナノワイヤレーザのレーザ発振は必要不可欠である。我々のグループは既に究極的な量子閉じ込め構造である量子ドット[6]をナノワイヤ中に積層し[7]低温にてレーザ発振を実現している[8]。今回、量子ドットの均一性の改善を行うことによりナノワイヤレーザの低閾値化を図るとともに、量子ドット・ナノワイヤ構造としては世界で初めて室温でのレーザ発振を実現したのでこれを報告する。

本研究では円状パターン(SiO₂膜(10 nm)、直径 45nm・間隔 500nm)を施した半絶縁性 GaAs(111)B 基板上に MOCVD 選択成長法により 50 層 InGaAs/GaAs 量子ドット (In 組成 22%) [8]を有する GaAs/Al_{0.1}Ga_{0.9}As(~5nm)/ GaAs コアシェル構造を作製した (図(a,b))。ナノワイヤの平均直径及び高さはそれぞれ 290nm 及び 4.3μm である。ナノワイヤ成長後 SiO₂を 300nm スパッタした Si 基板上に転写し[8]、ナノワイヤ上部及び剥離界面を両端面に用いたファブリペロー共振器を作製した (図(c))。励起光として Ti:S レーザ (770nm、80MHz) を用い、円柱レンズを用いて楕円スポット (約 2×15μm)にしナノワイヤ全体に一樣励起した後顕微分光法により端面からの発光を検出した (図(d))。低励起光状態では積層量子ドットの基底準位からの発光 (ピークエネルギー1.35eV@7K) が観測された (図(e))。個々の量子ドットの成長時間を調整する等成長条件を更に最適化することにより、均一性の指標である単一ワイヤ内ドットの低温・低励起における半値幅は 32meV と前回の報告 (56meV) [8]より小さくなり均一性の改善を示唆している。室温測定の結果、励起光強度を上げるにつれ発光ピークは高エネルギー側へシフトするとともに 1.39eV 付近で縦モードに起因する急峻な輝線が現れた (図(f))。発光積分強度及び半値幅の励起光強度依存性をプロットした結果 (図(g))、閾値 (179 μJ/cm²) 近傍にて発光強度の急激な増大及び狭線幅化が観測された。これらの結果から観測された輝線は量子ドットの励起準位からのレーザ発振であると推測される。

<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・最先端研究開発支援プログラム及び NEDO により遂行された。
 {参考文献} [1] M. H. Huang *et al.*, Science **292**, 1897 (2001). [2] J. C. Johnson *et al.*, Nat. Mater. **1**, 106 (2002). [3] B. Hua *et al.*, Nano Lett. **9**, 112 (2009). [4] D. Saxena *et al.*, Nat. Photon. **7**, 963 (2013). [5] B. Mayer *et al.*, Nat. Comm. **4**, 2931 (2013). [6] Y. Arakawa and H. Sakaki, APL **82**, 939 (1982). [7] J. Tatebayashi *et al.*, APL **100**, 263101 (2013). [8] 館林他、18a-A6-4、2014 秋応物。



Figures (a) SEM (scale bar, 1 μm) and (b) STEM (scale bar, 50 nm) images of as-grown GaAs NWs with multi-stacked InGaAs/GaAs QDs. (c) SEM (scale bar, 500 nm) and (d) schematic images of the NW transferred onto SiO₂/Si substrates. (e) macro-PL spectrum at 7K of the as-grown NWs with QDs before transfer processes and (f) pump power dependence of the RTPL spectra of the NW after transfer process. Inset shows the optical image of NWQD lasers near threshold. (g) Integrated output-power intensity (red circles) and corresponding FWHM (blue squares) versus pump pulse fluences at RT.