

フレキシブル基板上ナノワイヤ量子ドットレーザの実現

Nanowire-quantum dot lasers on flexible substrates

○館林 潤¹, 太田 泰友¹, 石田 悟己², 西岡 政雄², 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, Satomi Ishida², Masao Nishioka,

Satoshi Iwamoto^{1,2} and Yasuhiko Arakawa^{1,2}

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

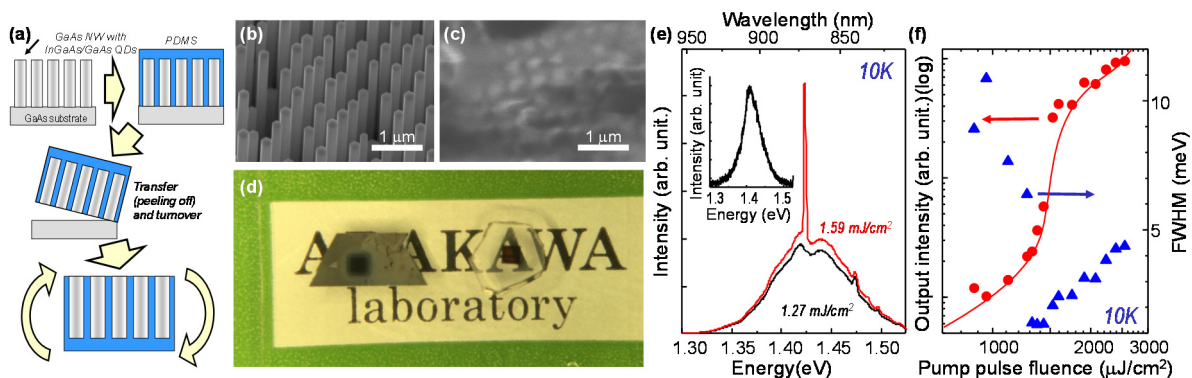
E-mail: tatebaya@iis.u-tokyo.ac.jp

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用途に向けた高性能ナノレーザ光源として近年量子ドット[1]を有するナノワイヤレーザが注目を集めている。我々はこれまで SiO₂/Si 基板上に散布した積層ナノワイヤ量子ドットを有するナノワイヤレーザ[2]及び AlGaAs/GaAs 分布ブラッグ反射膜上に成長した自立型ナノワイヤ量子ドットレーザ[3]の構造提案及び動作実証を行ってきた。今回、特にナノワイヤを用いたフレキシブル・ウェアラブル光電子デバイス[4]実現に向け、ナノワイヤ量子ドットレーザをポリジメチルシロキサン (Polydimethylsiloxane: PDMS) に転写する技術[4,5]を提案・確立するとともに、光励起によりレーザ発振動作の実証を行っ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 30nm・間隔 500nm) を施した半絶縁性 GaAs(111)B 基板上に減圧 MOCVD 法により 75 層 In_{0.22}Ga_{0.78}As/GaAs 量子ドット (基底準位波長 1.41eV・半値幅 52meV) [6,7]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成長する (平均直径 300nm、高さ 4μm)。ナノワイヤ成長後表面に PDMS をスピコートにより塗布し、オープン (温度 120℃) で 1 時間固化処理を行った後、GaAs 基板から PDMS をナノワイヤごと剥離する (図(a))。剥離後のナノワイヤ量子ドット構造はナノワイヤ成長上部 (PDMS-半導体間) 及び剥離端面 (半導体-空気間) の間でファブリ・ペロー共振器が形成されている。成長直後及び転写後のナノワイヤアレイの SEM 像から、転写後ナノワイヤが PDMS に埋め込まれているのが観測される (図(b)及び(c))。また、PDMS 自体は透明かつフレキシブルであり曲げることも可能である (図(d))。図(e,f)に今回作製した PDMS に埋め込まれたナノワイヤ量子ドットレーザ構造の低温 (測定温度 11K) におけるデバイス特性を示す。励起光として Ti:Sapphire レーザ (励起波長 780nm、繰り返し周波数 200kHz、パルス幅数 ps) を用い、顕微分光法によりナノワイヤ量子ドットからの発光を観測した結果、1.425eV 付近での急峻な輝線 (狭線幅化) (図(e)) 及び発光強度の急激な増大 (閾値 876μJ/cm²) (図(f)) が観測されレーザ発振動作を示唆するものである。

<謝辞> 本研究は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。

{参考文献} [1] Y. Arakawa and H. Sakaki, Appl. Phys. Lett. **40**, 939 (1982). [2] J. Tatebayashi *et al.*, Nat. Photon. **9**, 501 (2015). [3] J. Tatebayashi *et al.*, J. Cryst. Growth, *in press*. [4] Z. Fan *et al.*, Nat. Mater. **8**, 648 (2009). [5] J. Tatebayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **96**, 253101 (2010). [6] J. Tatebayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 263101 (2012). [7] J. Tatebayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 103104 (2014).



Figures (a) Schematic illustrations of transfer processes of NW array into polydimethylsiloxane (PDMS) membranes. (b,c) SEM images of as-grown GaAs NW array with InGaAs/GaAs QDs and NW array transferred into PDMS. (d) Microscopic image of both as-grown NW array and NW array transferred into PDMS. (e) μ-PL spectra at 11K of the NWQD lasers embedded in PDMS below/above the threshold. An inset show the PL spectrum at 3.2 μJ/cm². (f) L-L curves of the lasing peak (red solid circles) and corresponding FWHM (blue solid squares) at 11K.