

フォトニック結晶ナノワイヤーレーザの高速変調動作

Fast directly-modulated photonic crystal nanowire lasers

日本電信電話株式会社 NTT ナノフォトニクスセンタ¹, NTT 物性研²

○滝口雅人^{1,2}, 横尾篤^{1,2}, 野崎謙悟^{1,2}, ダナン ビロウソト^{1,2}, 章国強^{1,2}, 館野功太^{1,2}, 倉持栄一^{1,2},
新家昭彦^{1,2}, 納富雅也^{1,2}

NTT Nanophotonics Center¹, NTT Basic Research Labs.², NTT Corporation

○M. Takiguchi^{1,2}, A. Yokoo^{1,2}, K. Nozaki^{1,2}, D.M. Birowosuto^{1,2}, G. Zhang^{1,2}, K. Tateno^{1,2},
E. Kuramochi^{1,2}, A. Shinya^{1,2}, M. Notomi^{1,2}

E-mail: takiguchi.masato@lab.ntt.co.jp

近年、可視域から近赤外 (800nm) において、半導体ナノワイヤ (NW) をゲイン媒体に用いたレーザ研究が盛んである。特に、NW の構造によるファブリーペロー共振器や [1]、プラズモン共鳴[2,3]を利用したレーザが多数報告がされている。我々はこれまで、通信波長帯で発光する利得の小さい NW を Si フォトニック結晶 (PhC) 中に導入し (図 1) [4]、屈折率差から作られる共振器を利用することで、NW レーザの発振を実証してきた[5]。このような光回路内に集積可能で、高速変調動作が可能ならば、将来のオンチップ光ネットワークの構築に有望な候補になりうる。そこで、本研究では NW レーザの CW 発振の条件下で、直接変調 (大信号応答) を行い、その特性を調べたのでその詳細を報告する。

前回報告では、NW レーザの発振を観測したものの、偏光が共振器モードと異なるために上面への取出し効率が悪く、NW のゲイン体積 (量子井戸) が小さいため発光強度も弱かった。そこで、InAsP/InP の量子井戸を 36 層から 100 層に増やした井戸数の多い NW を用い、さらに NW の偏光が共振器モードと一致するものを用いた。その結果、前回素子と比べて発光強度を 2 桁程度大きくすることに成功した[5]。この時用いた PhC 共振器は波長 1347 nm で閾値近傍での Q 値が 9000 程度となっている。この NW レーザを用い、レーザの直接高速変調の測定を行った。測定は、4 K 下で行い、励起光には 785 nm の半導体レーザを用いた。励起光の変調には、LN 強度変調器を用い、12.5 GHz の PRBS 信号を加えた。この変調した励起光を用いサンプルに照射し、NW レーザからの変調された信号を SSPD (超伝導単一光子受光器) で測定した。SSPD のタイムジッターは 32 ps のため、本測定系での変調信号の測定限界は 10 GHz 程度となっている。図 2 は、CW 光で励起した場合の LL 特性で、閾値は 3 mW 程度にあることが分かる。この NW 素子に、弱励起と強励起の場合の、12.5 GHz で変調した励起光を照射したものを、SSPD で受光したものが図 3 である。この結果からも明らかのように、弱励起の場合は、12.5GHz の信号は観測できない。これは、パーセル効果で高速化された自然放出光寿命が 0.6 ns 程度で、数 GHz までしか応答しないためである。他方で、レーザ発振の条件下で変調した場合は、キャリア寿命が、誘導放出により高速化するために (>32ps)、変調された信号が受光できた。本講演では、SSPD やレーザの周波数応答の詳細や、レーザの熱の影響についても合わせて報告する。

[1] B. Mayer, *et al*, Nature Commun., **4**, 2931 (2013) [2] R. F. Oulton, *et al*, Nature, **461**, 629 (2009) [3] J. Ho, *et al*, Photonics, **2**, 165 (2015) [4] D. M. Birowosuto, *et al*, Nature Mater., **13**, 279 (2014) [5] M. Takiguchi, *et al*, IPC 2015 (submitted)

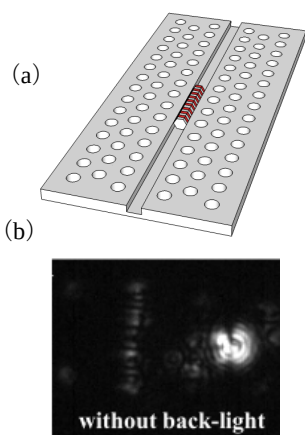


図 1.(a) PhC 中に配置された NW (b) 発振している NW レーザの赤外画像

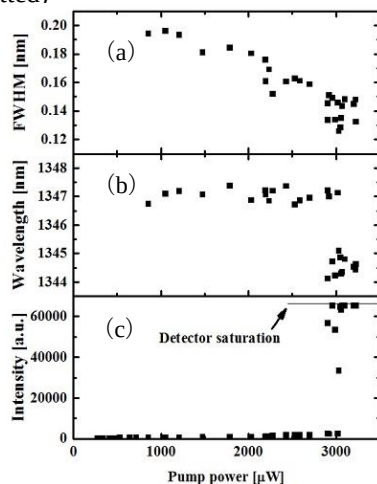


図 2. LL 特性 (a) 線幅 (b) 共振波長 (c) 発光強度

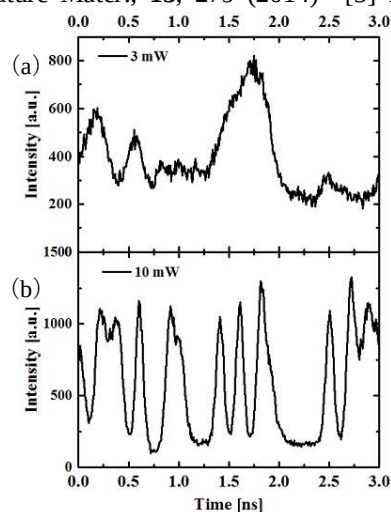


図 3. NW からの PRBS 12.5 GHz 変調信号 (a) 弱励起の場合 (b) 強励起の場合