

フォトニック結晶共振器中ナノワイヤからの誘導放出の評価

Estimation of stimulated emission from a nanowire in a photonic crystal cavity

日本電信電話株式会社 NTT ナノフォトンクスセンタ¹, NTT 物性研²○滝口雅人^{1,2}, 横尾篤^{1,2}, ダン ビ ヲ スト^{1,2}, 章国強², 館野功太², 倉持栄一^{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}, D.M. Birowosuto^{1,2}, G. Zhang², K. Tatenō²,E. Kuramochi^{1,2}, M. Notomi^{1,2}E-mail: takiguchi.masato@lab.ntt.co.jp

半導体ナノワイヤ(NW)は、非常に小さなピラー構造をもつことから、ナノデバイスへの応用が期待されている。特に、NW をゲイン媒体にしたレーザの研究は盛んに行われており、NW の構造によるファブリーペロー(FP)共振器や [1]、プラズモン共鳴[2]を利用したレーザ発振の観測が報告がされている。しかしこれまでの NW レーザは、大きな利得を得るためにサイズの大きい NW (太くて長い NW) を用いており、小さいという NW の利点を生かしていなかった。また FP 共振器やプラズモン共鳴を利用する NW レーザの場合、共振器パラメータを自由に制御することが難しく、高性能化に向けた最適化に困難が伴う。本研究では、共振器のパラメータを自由に制御できるフォトニック結晶(PhC)に NW を導入することで[3] (図 1)、高性能な NW レーザの実現を目指す。PhC を用いれば、非常に小さいモード体積が実現でき、共振周波数や Q 値の制御が容易に行えるため、低閾値レーザや高 β 化などが可能となる。また、PhC への光集積化技術の観点からも意義深い。

これまで、我々は、PhC 中の NW のパーセル効果を観測した[3]。そこで今回は、活性層を増やした NW を使い、高い励起強度まで励起強度をあげて発光特性を調べた。使用した NW は 36 層 (12 層 $\times$ 3) の InAsP/InP ヘテロ構造を有し、非発光再結合の抑制のための InP の Cap が施されている (図 1 (a))。実際に用いた NW は、直径が ~ 81 nm、長さが ~ 1.0 μ m であり、発光スペクトルは 1340 nm 付近にピークをもつ (図 2 (a))。NW を導入する側の slot 型の Si PhC は、slot 幅が 150 nm、格子定数が 365 nm、穴径が ~ 100 nm のである。この NW を slot 型 PhC が作られている Si ウェハに転写し、AFM マニピュレーションを用いて Slot 内に導入した[3] (図 1 (b))。作製した NW-PhC 共振器の共振波長は $\lambda = 1328$ nm で $Q \sim 8700$ 程度となっている (図 2 (b))。この試料を用いて、顕微 PL 系にて LL 特性を測定した (4K, 640 nm CW 励起)。図 3 は LL 測定の結果で、励起強度に対する発光強度、共振器線幅をプロットしたものである。励起強度が 20 $\sim$ 30 μ W 近傍の閾値と思われる付近で、LL カーブのキンクが見え、共振器線幅の狭窄化が起きている。このキンクは誘導放出によるものであると考えられレーザ発振の兆候を示唆している。さらに、本講演では、pulse 励起の測定を行い発光寿命の高速化についても報告する。[1] B. Mayer, *et al*, Nature Commun. **4**, 2931 (2013) [2] R. F. Oulton, *et al*, Nature **461**, 629 (2009) [3] D. M. Birowosuto, *et al*, Nature Mater. **13**, 279 (2014)

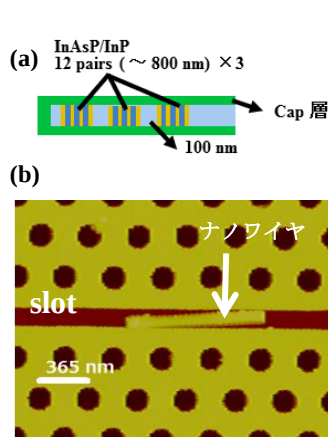


図 1. (a)ナノワイヤの構造(b)本実験で用いた素子の AFM イメージ

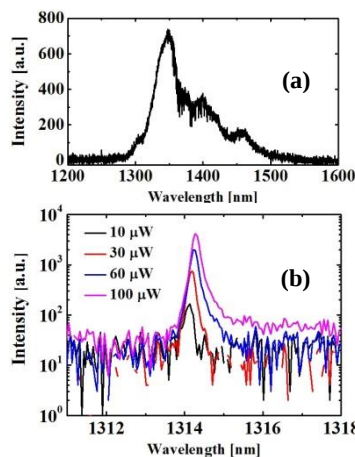


図 2.(a)ナノワイヤの発光スペクトル (b)共振器スペクトル

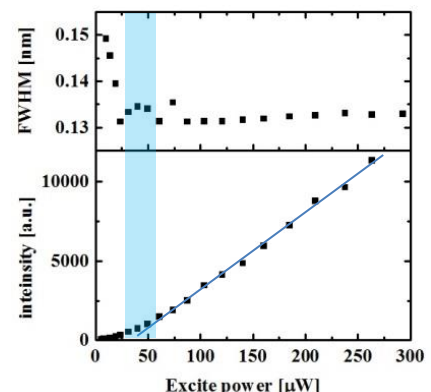


図 3. LL 特性 (発光強度および線幅)