

量子ドットナノレーザにおける無閾値レーザ発振の実現

Demonstration of thresholdless lasing in a quantum dot nanolaser

東大ナノ量子機構¹, 東大生研², ○太田泰友¹, 角田雅弘¹, 渡邊克之¹, 岩本敏^{1,2}, 荒川泰彦^{1,2}
 NanoQuine¹, IIS² Univ. of Tokyo, ○Y. Ota¹, M. Kakuda¹, K. Watanabe¹, S. Iwamoto^{1,2}, Y. Arakawa^{1,2}

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

はじめに 無閾値レーザ発振では、励起強度-光出力カーブにおいてキック（閾値動作）を示さずに、自然放出状態からレーザ発振状態に遷移する[1,2]。これは、自然放出結合定数(β)が極めて1に近づいた際に発現することが知られており、それゆえ無閾値レーザは、高 β 化によるレーザ高性能化の一極限と考えることも可能である。一方、その発振の確認を光出力カーブのみで行うことは不適当であり、コヒーレンス特性などについての多角的な実験観測が必要となる。その意味で、特に量子ドット(QD)系において、明確な無閾値レーザ発振を報告した例は知られていない[3]。今回我々は、量子ドット-フォトニック結晶(PhC)ナノ共振器系に対して共振器共鳴励起[4]を用い、直線的な光出力カーブを示す無閾値レーザ発振を実現した。そのレーザ発振状態への遷移は、出力強度、線幅、2次コヒーレンス関数、緩和振動などの多角的な実験観測により確認した。

実験 試料は単層 InAs QD(密度 $5 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$)を含む二次元 GaAs-PhC で、共振器には L3 型を用いている。基底共振器モードからの発光を低温顕微分光法(15K, CW)により調べた。図 1(a)に、第 5 モードへの共振器共鳴励起時(赤)における光入出力特性と、比較としての GaAs バンドギャップ励起時の出力カーブ(青)を示す。共振器共鳴励起時において、直線的な光出力が得られており、フィッティングにより $\beta \sim 0.97$ が見積もられた。また、線幅(図 1(b))、2次コヒーレンス関数 $g^{(2)}(0)$ (図 1(c))についても、自然放出からレーザ発振への遷移を示す結果が得られた。また、 $g^{(2)}(t)$ の測定においては、遷移領域において緩和振動を観測している。以上の結果は、バンドギャップ励起時との比較も含め、無閾値レーザ発振を示していると考えられる。

参考文献 [1]M. Khajavikhan, *et al.*, *Nature* **482**, 204 (2012). [2] M. Takiguchi, *et al.*, *Opt. Express* **24**, 3441 (2016). [3] I. P. Rieto, *et al.*, *Optica* **2**, 66 (2015). [4]高宮,太田他,第 62 回応用物理学学会春季学術講演会,12p-A10-10 (2015). **謝辞** 有益なご議論を頂いた高宮大策氏に感謝する。本研究は科研費特別推進研究(15H05700)および NEDO プログラムにより遂行された。

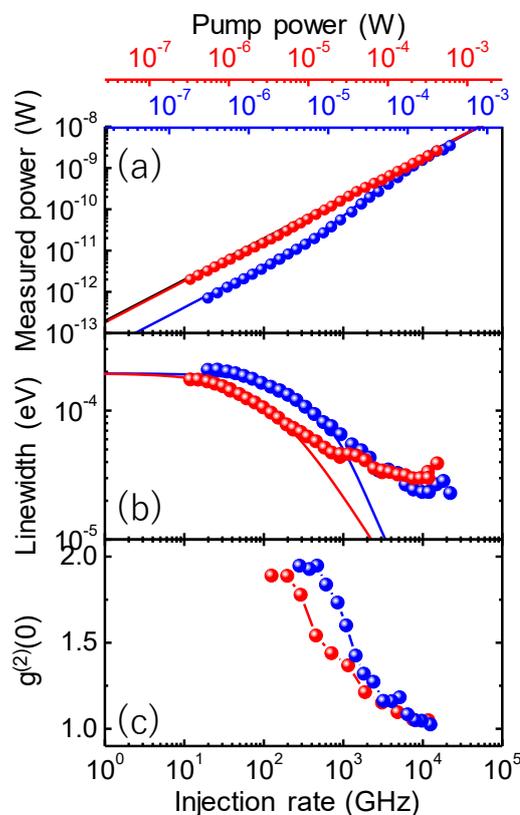


Fig. 1. (a) Measured light-in-light-out plots, (b) linewidths and (c) $g^{(2)}(0)$ curves of the investigated nanolaser under cavity resonant (red dots) and bandgap excitation (blue dots). Solid lines show fitting results.