機械学習によって設計したナノ共振器シリコンラマンレーザの実験的評価

Experimental evaluation of Raman silicon nanocavity laser designed by machine learning

大阪府大院工¹, 京大院工²O(M1)川勝 太郎¹, 浅野 卓², 野田 進², 髙橋 和¹

Osaka Pref. Univ. ¹, Kyoto Univ. ² (M1)T. Kawakatsu¹, T. Asano², S. Noda² and Y. Takahashi¹ E-mail: t-kawakatsu-11G@pe.osakafu-u.ac.jp

【背景】 我々は 2 次元フォトニック結晶ナノ共振器を用いたシリコンラマンレーザを開発してきた [1],[2]. 本デバイスは、ヘテロ構造ナノ共振器に形成される 2 つの高 Q 値共振モード(パンプモード とストークスモードと呼ぶ)に励起光とストークスラマン散乱光を閉じ込めることで、1 μ W 以下の低閾値を達成する. これまで報告したレーザ発振閾値の最少は 120 μ Cの大力である。これまで報告したレーザ発振閾値の最少は 120 μ Cの共振モードの実験 μ Cの値は 40 万、ストークスモードの実験 μ Cの値は 235 万であった[3]. 2 つの共振モードの μ C値を上げて、発振閾値をさらに下げることは、本デバイスの基礎・応用研究の可能性を広げるために重要である。近年、機械学習を用いることで、2 つのモードの設計 μ C値を同時に高めることが可能となった[4]. 本研究では、機械学習により設計されたナノ共振器シリコンラマンレーザの μ C値と閾値を実験的に評価した。 【実験結果】図 1 に、作製したナノ共振器の構造を示す。2 つの線欠陥は 2 つの共振モードを励起

【美願結果】図1に,作製したナノ共振器の構造を示す。2つの線欠陥は2つの共振モードを励起するための導波路である。基本構造は,空気孔半径が約124 nm,格子定数(a)が410-415-420 nmのマルチへテロ構造ナノ共振器であり,機械学習に基づく設計手法により,図に示すように,従来構造から共振器付近の62個の空気孔位置を矢印方向にわずかにシフトさせてある[4]。シフト量の最

小は約 $0.5 \times a/1000$, 最大が約 $3.5 \times a/1000$ である. 設計 Q_p 値は99万, Q_S 値が866万であり, それぞれ従来設計の 共振器に比べて約4倍に大きくなっている.

作製したナノ共振器に対して、パンプ/ストークスモードのQ 値およびレーザ発振特性の測定を行った。図 2 に、最も閾値が低かったサンプルの共鳴スペクトルを示す。 Q_p 値は126 万, Q_s 値が270 万となり、従来構造を大幅に上回る実験 Q 値が得られた。パンプモードの放出強度から見積もった閾値は50 nW 以下となり、最小値を更新した。機械学習を用いた設計 Q 値の増加効果を、実際に作製したラマンレーザで観測できたと考えている。詳細は当日報告する。

420 nm

415 nm

415 nm

410 nm

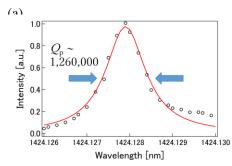
410 nm

410 nm

Fig. 1. Raman nanocavity laser structure designed by machine learning.

【謝辞】本研究は科研費の支援を受けた.

【参考文献】[1] Y. Takahashi, et. al., Nature 498, 470 (2013). [2] D. Yamashita, et. al., Optica 5, 1256 (2018). [3] D. Yamashita, et al., Phys. Rev. Appl. 10, 024039 (2018). [4] 浅野卓, 他, 10a-D321-4, 応物2019春.



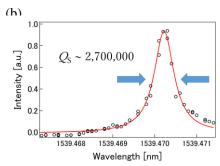


Fig. 2. Resonant spectra for the sample with the lowest threshold. (a) Pump nanocavity mode. (b) Stokes nanocavity mode.