

Q 値の増大によるナノ共振器シリコンラマンレーザの低閾値化

Decrease of the Threshold for Raman Silicon Nanocavity Laser by Increasing Q factors

大阪府大院工¹, 京大院工² (M1)川勝 太郎¹, 浅野 卓², 野田 進², 高橋 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】 シリコン光回路などへの応用に向けてシリコンベースの小型レーザ開発が世界中で進められている。これまで、我々は高 Q 値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、2つの高 Q 値ナノ共振モードを、励起光とストークスラマン散乱光を閉じ込めるために利用して、1 μ W 以下の低閾値を達成している。この閾値をさらに低くすることは、さまざまな応用に向けて重要と考えられる。これまで明らかにされている発振メカニズムによれば、本レーザの閾値は、2つの共振モードの Q 値(パンプモードの Q_p 値とストークスモードの Q_s 値)の積に反比例する[3]。本研究では $Q_p \times Q_s$ 値を数倍程度高めたナノ共振器ラマンレーザにおける発振閾値の低減について調べた。

【実験結果】 Fig.1 に、従来のサンプル構造と共振器のバンド図を示す。空気孔半径が約 130 nm, 格子定数が 410-415-420 nm のマルチヘテロ構造ナノ共振器であり[4], パンプモードとストークスモードの2つが存在する。従来は、2つのモードを励起するために、共振器と平行に2本の導波路を形成していたが、ストークス用導波路はレーザ発振には本質的には不要である。ストークス用導波路を除去することで、共振モードからの光漏れが抑制されるので、FDTD 計算による理論 Q_s 値は 2.2 倍に増加する(Q_p 値はほとんど変化しない)。同一チップ上に2つのサンプル(従来構造とストークス用導波路を除去した新構造)を作製して閾値の比較を行った。

Table 1 は、発振が観察されたサンプルの中で特に閾値が低かった3つのサンプルの Q_p 値と閾値 I_{th} を、従来構造と新構造についてまとめている。閾値は、パンプモードの放出強度から見積もった。両構造の閾値を Q_p 値に近いサンプル同士で比較すると、ばらつきが大きいが、新構造では閾値が減少する傾向が得られている。新構造は2つのモードの周波数差 Δf を測定できないためさらなる調査が必要であるが、閾値の減少は、 $Q_p \times Q_s$ の増加により得られた可能性が高い。Q 値の増大は低閾値化に有効と思われる。今後、機械学習により1桁程度 $Q_p \times Q_s$ 値を高めたサンプルを作製して、さらなる低閾値化を目指す[5]。

【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] 高野仁路, 他, **29a-ZB-8** 応物2007春. [4] B.-S. Song, *et. al.*, Nature Materials **4**, 207 (2005). [5] 浅野卓, 他, **10a-D321-4**, 応物2019春.

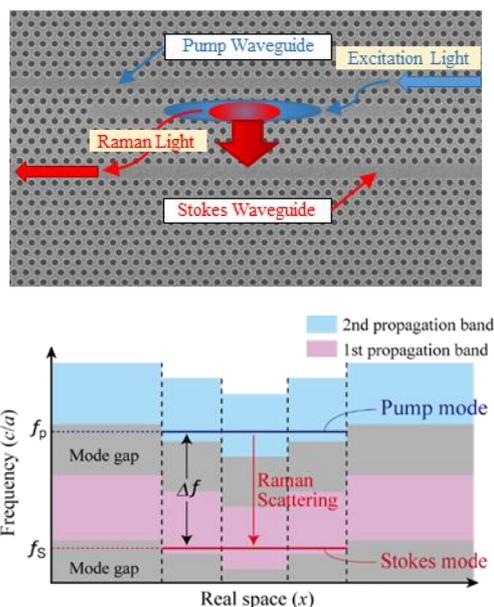


Fig.1. SEM Image for conventional Raman laser structure (upper) and band diagram of cavity (lower).

Table 1. Pump mode Q value and threshold power.

	Conventional		New	
	Q_p	I_{th} [nW]	Q_p	I_{th} [nW]
1	184,000	325	285,000	129
2	75,000	2,949	119,000	294
3	46,000	553	43,000	702