

1.2 μm 帯ナノ共振器シリコンラマンレーザ

Nanocavity Raman silicon laser excited in a 1.2 μm wavelength band

大阪府大院工¹, 京大院工² ◦藤本 正直¹, 岡田 博子¹, 浅野 卓², 野田 進², 高橋 和¹,
Osaka Pref. Univ.¹, Kyoto Univ.² ◦M. Fujimoto¹, H. Okada¹, T. Asano², S. Noda², and Y. Takahashi¹
E-mail: m-fujimoto-11G@pe.osakafu-u.ac.jp

【序論】我々は、高 Q 値フォトニック結晶ナノ共振器を用いて、閾値 $1 \mu\text{W}$ 以下で室温連続発振するシリコンラマンレーザを開発してきた [1]. これまで、このデバイス研究は、主要な光通信波長帯である $1.31 \mu\text{m}$ 帯から $1.55 \mu\text{m}$ 帯にかけて行われてきた[2],[3]. より短波長側の $1.2 \mu\text{m}$ 帯でもシリコンは透明である. ラマン散乱確率は $1.55 \mu\text{m}$ 帯と比べて2倍に増加するため、レーザ閾値低下、出力向上などが期待できる (散乱現象は波長の4乗に反比例). シリコン表面に付着する水分子の吸収は $1.55 \mu\text{m}$ 帯より1桁以上小さいためバイオ応用に有利である. 単一光子源として有望な InAs 量子ドットの高効率発光帯と重なることも興味深い[4]. このような利点から、我々は $1.2 \mu\text{m}$ 帯におけるラマンレーザ開発を進めてきた. これまでに、100万の Q 値を有するシリコンナノ共振器の作製を報告している[5]. 今回、初めて $1.2 \mu\text{m}$ 帯でラマンレーザ発振を確認したので報告する.

【実験結果】作製した共振器構造を図1に示す. 今回、構造パラメータが異なる2つのヘテロ構造ナノ共振器を作製した. スラブ厚 185 nm , 空気孔半径 $r \approx 90 \text{ nm}$, 格子定数 $a = 328 \text{ nm}$, $\Delta a = 4 \text{ nm}$, 共振器幅 ($W = \sqrt{3}a$) $1.00W$ の構造 A と、共振器幅を $1.03W$ とわずかに広げた構造 B (スラブ厚 190 nm , $r \approx 100 \text{ nm}$, $a = 330 \text{ nm}$, $\Delta a = 3 \text{ nm}$) である. 図2(a), (b)にレーザ発振を確認した構造 A と構造 B について、励起共振モードとストークス共振モードの共鳴スペクトルを示す. 構造 A の Q 値は $1.55 \mu\text{m}$ 帯ラマンレーザの Q 値 ($Q_p > 10^5$, $Q_s > 10^6$) の半分程度しか得られていないが、発振が確認された. これは短波長化によってラマン散乱確率が向上したためと予想される. 今後、入出力特性を詳細に調べる. 図3にレーザ発振のカメラ像を示す. 作製歩留まりに重要な周波数差 (Δf) ばらつきを評価するために、構造 B の共振器 45 個について共振波長を測定した. 表1に結果を示す. Δf の標準偏差は $1.55 \mu\text{m}$ 帯の共振器の約1.2倍となった. 短波超化によって大きくなったと予想される. 作製精度など、詳細は当日報告する.

【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] M. Kuwabara, *et al.*, *Laser & Photon. Reviews* **13**, 1800258 (2019). [4] R. Katsumi, *et al.*, *APL Photonics* **4**, 036105 (2019). [5] 岡田博子, 他, 応用物理学会 2019 秋.

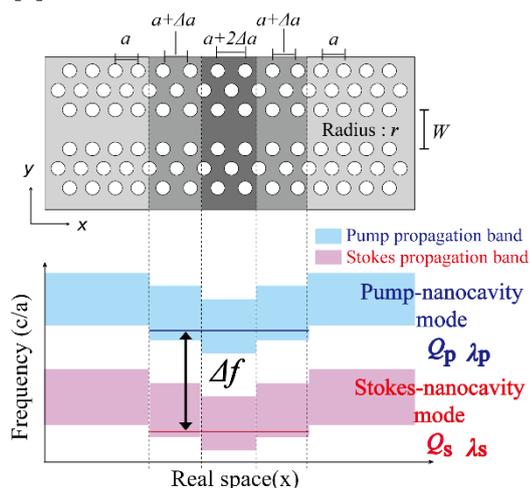


Fig. 1. Schematic of heterostructure nanocavity (upper) and the photonic band diagram (lower).

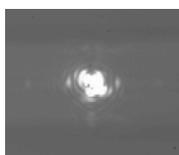


Fig. 3. The camera image of the laser oscillation.

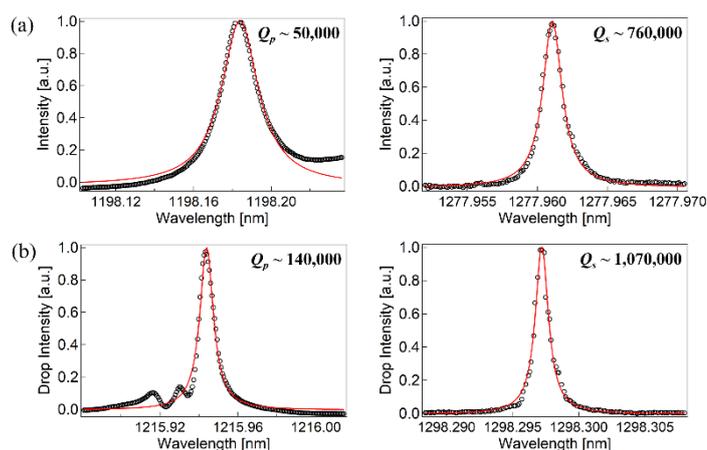


Fig. 2. Resonant emission spectra of the pump and Stokes nanocavity modes. (a) Structure A. (b) Structure B.

Table 1. Summary of the average of λ_p and λ_s and the standard deviation of λ_p , λ_s and Δf of structure B.

Avg. (λ_p)	Avg. (λ_s)	S.D. (λ_p)	S.D. (λ_s)	S.D. (Δf)
1216.535 nm	1298.533 nm	0.418 nm	0.548 nm	0.0337 THz