

CMOS 互換プロセスで作製したナノ共振器シリコンラマンレーザの高温特性評価

Temperature dependence of Raman silicon nanocavity laser fabricated by CMOS-compatible process

大阪府大院工¹, 産総研², ○(B)岡田 康孝¹, 藤本 正直¹, 太田 雄士¹, 岡野 誠², 高橋 和¹

Osaka Pref. Univ.¹, AIST², ○Y. Okada¹, M. Fujimoto¹, Y. Ota¹, M. Okano², and Y. Takahashi¹

E-mail: y-okada-11G@pe.osakafu-u.ac.jp

1.概要 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]. このレーザは、シリコンのみから作製され、 $100\ \mu\text{m}^2$ 程度の超小型サイズを持ち、マイクロワット以下の超低閾値で室温連続発振する. そのため、情報通信、センシング分野での応用が期待されている. 我々は最近、シリコンラマンレーザを CMOS 互換プロセスを用いて、 $300\ \text{mm}$ シリコン基板上に作製することを実証した [2]. 今後、ファイバモジュール化して、異分野研究での利用を促進していく予定である. そのためには、シリコンラマンレーザが室温より高い温度においても動作することが望ましい. しかし、これまで、このデバイスの高温特性は調べられてこなかった. 我々は、今回、CMOS 互換プロセスで作製したシリコンラマンレーザの発振性能を、室温から $60\ ^\circ\text{C}$ の範囲で測定したので報告する.

2.実験結果 実験に用いた共振器構造を図 1 に示す. 空気孔半径 $125\ \text{nm}$, スラブ厚 $225\ \text{nm}$, 格子定数が $410\text{--}415\text{--}420\ \text{nm}$ のマルチステップヘテロ構造ナノ共振器である. ヘテロ構造に形成される 2 つの高 Q 値共振モードに励起光とストークスラマン散乱光を閉じ込める. 測定に用いたサンプルは、室温 20°C において、 Q_p : 18 万, Q_s : 87 万, 2 つの共振モードの周波数差 Δf : $15.608\ \text{THz}$ である. Δf はシリコンのラマンシフト $15.606\ \text{THz}$ とよく一致している [3]. このサンプルを大気中で温度を上げて測定した. 入出力特性を図 2 に示す. 横軸は共振器への入力強度, 縦軸はラマン散乱光強度である. 20°C では $0.8\ \mu\text{W}$ の閾値でレーザ発振した. 温度を $40\ ^\circ\text{C}$ にあげると閾値が 2.4 倍上昇し, 出力強度も数倍小さくなった. $60\ ^\circ\text{C}$ では発振が確認できなかった. 周波数差 Δf とシリコンのラマンシフトの温度変化は良く一致するため, 両者の不一致は発振停止の理由ではないだろう. 温度上昇に伴う Q 値の低下が原因と予想されるが, 現在調査中である [4]. 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] T. Yasuda, *et al.*, *OSA Continuum* **3**, 4 (2020). [3] D. Yamashita, *et al.*, *Opt. Express* **23**, 3951 (2015). [4] 浅野卓, 他, 応用物理学会 2016 春, **22p-S621-5**.

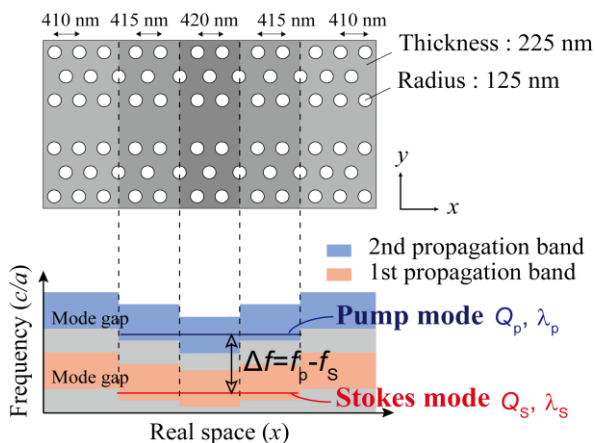


Fig. 1. Nanocavity structure and band diagram.

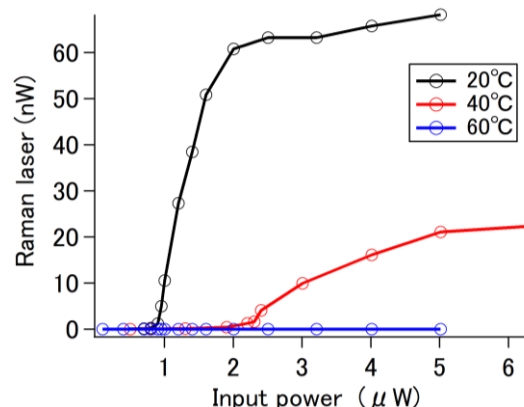


Fig. 2. Input-output characteristics at different temperatures.