

アニールによるナノ共振器シリコンラマンレーザの内部欠陥変化

Change of Internal Defects in Nanocavity Silicon Raman Laser by Annealing

大阪府大院工¹, 京大院工² ○(M1)生田 俊輔¹, 浅野 卓², 野田 進², 高橋 和¹

Osaka Pref. Univ.¹, Kyoto Univ.² ○S. Ikuta¹, T. Asano², S. Noda², and Y. Takahashi¹

E-mail: s-ikuta-11g@pe.osakafu-u.ac.jp

【序論】我々は、Si フォトニック結晶ナノ共振器の最高 Q 値 1100 万を達成するとともに、Si ラマンレーザを開発してきた[1,2]。ナノ共振器のさらなる高 Q 値化は、低損失光回路、ラマンレーザの低閾値化、高感度センサ開発などに重要であり、 $1.1\ \mu\text{m} \sim 1.6\ \mu\text{m}$ の広い範囲で達成しておくことが望ましい。実験 Q_{exp} 値は、 $Q_{\text{exp}}^{-1} = Q_{\text{design}}^{-1} + Q_{\text{scat}}^{-1} + Q_{\text{abs}}^{-1}$ で表される。近年、機械学習を用いて数億を超える設計 Q_{design} 値が達成された[3]。そのため、 Q_{exp} 値の向上には、散乱 Q_{scat} 値と吸収 Q_{abs} 値を上げることが重要である。 Q_{scat} 値の原因は空気孔の作製精度であるが、 Q_{abs} の原因については不明な点が多い[4]。前回我々は、近赤外低温カソードルミネッセンス (CL) 測定による SOI 基板の内部欠陥評価を報告した[5]。図 1 に示すように、光通信波長帯において、転位欠陥に関する D1 (1530 nm)、D2 (1420 nm) 発光ピークが観測され、アニールを加えることで、欠陥が減少することも分かった。これらの欠陥ピークは Q_{abs} の原因となっている可能性がある。今回、異なるアニール条件で作製したナノ共振器の Q_{exp} 値と CL スペクトルの関係を調べたので報告する。

【サンプル構造・結果】ラマンレーザに用いるヘテロ構造ナノ共振器に形成される 2 つのナノ共振モード (パンプモードとストークスモード：図 2) の Q 値 (Q_p と Q_s) をスペクトル測定により評価した。表 1 にアニールなし、 O_2 アニールを加えた共振器、Ar アニールを加えた共振器の結果を示す。それぞれ 10 個の共振器を測定した。なお、 Q_{p_design} が 5.4×10^6 、 Q_{s_design} が 1.0×10^7 [6]、 Q_{s_scat} と Q_{p_scat} はそれぞれ 1.0×10^7 、 2.0×10^6 と推定される[7]。アニールなしと比べて、 Q_p 値は O_2 アニールで 1.19 倍、Ar アニールで 3.32 倍となった。 Q_s 値は O_2 アニールで 1.28 倍、Ar アニールで 1.08 倍となった。アニールにより Q_{abs} の大きさが変化したため、 Q_{exp} が変化したと考えられる。アニールによって Q_{exp} 値が大きくなった理由を解明するために CL スペクトルを現在取得中である。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。

【文献】 [1] M. Nakadai, *et al.*, Appl. Phys. Express **13**, 012002 (2020). [2] Y. Takahashi, *et al.*, Nature **498**, 470 (2013). [3] T. Asano and S. Noda, Opt. Express **26**, 32704 (2018). [4] H. Sekoguchi, *et al.*, Opt. Express **22**, 916 (2014). [5] 生田俊輔, 他, 応物講演会春 2021, **18p-P03-1**. [6] T. Kawakatsu, *et al.*, Opt. Express **29**, 17053 (2021). [7] J. Kurihara, *et al.*, IEEE Sel. Top. Quant. Electron. **26**, 8300112 (2020).

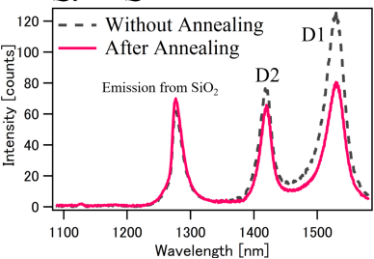


Fig. 1. CL spectra for SOI substrates.

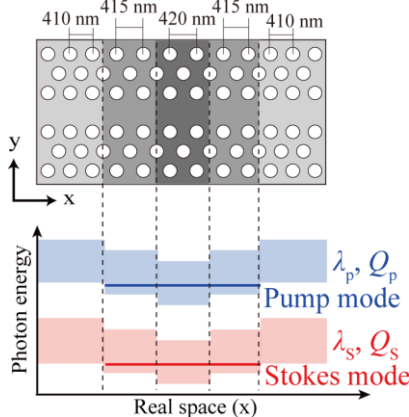


Fig. 2. Heterostructure nanocavity.

Table1. Measurement results for λ and Q.

Anneal	$\bar{\lambda}_p$ [nm]	$\bar{Q}_p$	S.D.(Q_p)	$\bar{\lambda}_s$ [nm]	$\bar{Q}_s$	S.D.(Q_s)
None	1459.83	6.27×10^4	7.88×10^3	1567.57	1.86×10^6	7.60×10^5
O ₂	1453.64	7.46×10^4	13.0×10^3	1561.57	2.39×10^6	5.65×10^5
Ar	1455.41	20.8×10^4	49.0×10^3	1562.90	2.00×10^6	1.95×10^5