

高 Q 値ナノ共振器を用いた超低閾値シリコンラマンレーザ発振 Ultralow-threshold Continuous-wave Raman Silicon Laser using a Photonic Crystal High- Q Nanocavity

阪府大ナノ科学・材料セ¹, 科学技術振興機構 さきがけ², 京大院工³

○高橋 和^{1,2}, 乾善貴³, 浅野 卓³, 野田 進³

Osaka Pref. Univ.¹, JST PRESTO², Kyoto Univ.³

○Y. Takahashi^{1,2}, Y. Inui³, T. Asano³, and S. Noda³

E-mail: y-takahashi@21c.osakafu-u.ac.jp

2005 年, インテルにより報告されたリブ型シリコン (Si) 細線導波路におけるラマンレーザ発振は, 唯一の全 Si レーザとして大きな注目を集めた¹⁾. しかし, これまでに報告されている素子サイズは数 μm , 連続発振のための閾値は数十 mW といずれも大きい²⁾. そこで我々は, 2 次元フォトリソニック結晶高 Q 値ナノ共振器を用いて, 低閾値発振を目指してきた^{3,4)}. 前回の発表において, 図 1(a), (b) に示すヘテロ構造ナノ共振器を, $\langle 100 \rangle$ SOI 基板の $[100]$ 方向に作製することにより, ラマン散乱が増強されることを報告した^{5,6)}. 今回, 精緻な試料作製と顕微分光測定により, インテルの $1/10,000$ の超低閾値での連続発振が実現できたので報告する.

レーザ発振に用いた共振器構造は前回までの報告と同様で, $410\text{--}415\text{--}420\text{ nm}$ の 2 ステップヘテロ構造ナノ共振器である. 外部から第一励起導波モード由来の odd-ナノ共振モード (Q 値 10 万以上) を励起して, 発生したラマン散乱光を基底導波モード由来の even-ナノ共振モード (Q 値 100 万以上) に閉じ込める. 両者の周波数差が Si のラマンシフトである 15.6 THz に良く一致し, かつ, 共振器の x 方向が Si 結晶の $[100]$ 方向を向いているとき, Si のラマン選択則により両者の結合は強まり, ナノ共振器の特長である高 Q 値と微小体積による光-物質相互作用の増強が最大限に活かされる. 周波数差は, 空気孔のサイズを変えることで微調整可能であり, 図 2 が 15.6 THz 差を持つナノ共振器におけるレーザ発振動作を示している (Q_{odd} : 14 万, Q_{even} : 150 万). 入力強度 $1\text{ }\mu\text{W}$ を境に, 3 桁近い出力増強と 10% 弱の微分効率を得られた. 詳細は当日報告する.

【参考文献】 1) H. Rong, *et. al.*, *Nature* **433**, 725 (2005). 2) H. Rong, *et. al.*, *Nature Photon.* **1**, 232 (2007). 3) 高野仁路, 他, **29a-ZB-8**, 春季応物 (2007). 4) 千原賢大, 他, **16p-J-2**, 秋季応物 (2010). 5) 乾善貴, 他, **14p-B1-6**, 秋季応物 (2012). 6) 高橋和, 他, **14p-B1-8**, 秋季応物 (2012).

【謝辞】本研究は, 科学技術システム改革事業, 科学技術振興機構さきがけ, 科研費および光拠点, FIRST 等の支援を受けた.

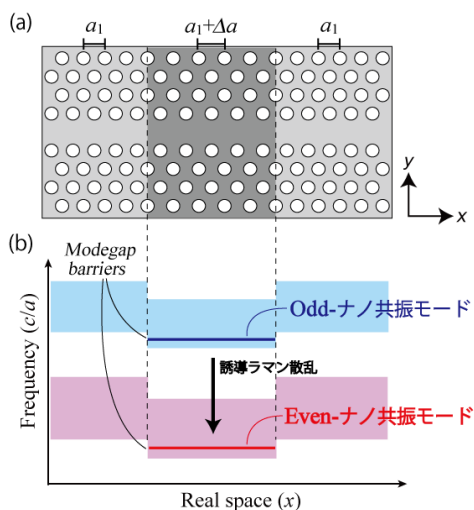


Fig. 1. ラマンレーザに用いたナノ共振器構造(a)とそのバンド構造(b). 2つの高 Q ナノ共振モードをレーザ発振に用いている.

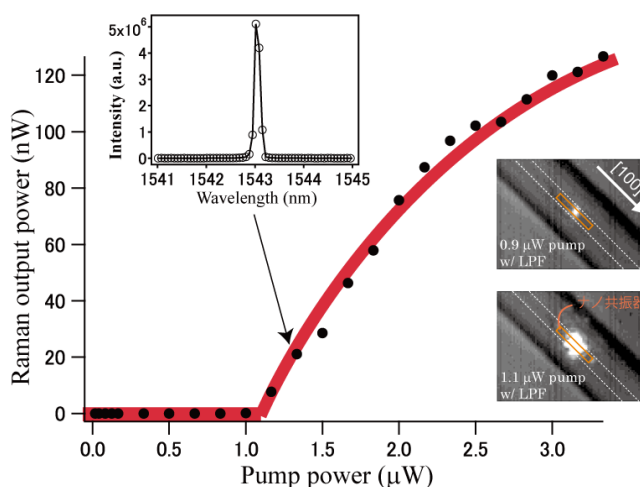


Fig. 2. ラマンレーザの入力-出力特性. 挿入図は発振スペクトルと発振前後における長波長透過フィルターを通したナノ共振器の赤外カメラ像である.