

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の特性評価Evaluation of ultralow-threshold Raman silicon lasers using high- Q Nanocavities阪府大ナノ科学・材料セ¹, 京大院工² ○山下大喜¹, 高橋 和¹, 乾 善貴², 浅野 卓², 野田 進²Osaka Pref. Univ.¹, Kyoto Univ.² ○D. Yamashita¹, Y. Takahashi¹, Y. Inui², T. Asano², and S. Noda²

E-mail: d-yamashita@pe.osakafu-u.ac.jp

【序論】 間接遷移型半導体であるシリコン (Si) は、レーザや光増幅器の開発が困難であり、誘導ラマン散乱を用いたラマンレーザが現在唯一のバルク Si レーザである。最近我々は、図 1 に示す高 Q 値ヘテロ構造ナノ共振器¹⁾を用いて、1 μW の超低閾値で室温連続発振する Si ラマンレーザを開発した²⁾。このデバイスは、励起光とストークスラマン散乱光を 2 つのナノ共振モードに閉じ込めて発振を実現している。性能向上のためには、その周波数差 (Δf) を Si のラマンシフト (RS) に完全に一致させることが重要となる。前回は、このナノ共振器のラマンシフトを高精度で測定し、通常のエアブリッジ構造で 15.606 THz、歪を緩和させたカンチレバー構造では 15.601 THz であることを報告した³⁾。今回、 Δf が異なる複数のレーザサンプルについて発振特性を測定した結果について報告する。

【実験・結果】 共振器構造は文献[2]と同様で、空気孔半径 130 nm、スラブ厚 220 nm、格子定数が 410-415-420 nm の 2 ステップヘテロ構造ナノ共振器である。図 2 は、 Δf が (a) 15.604 THz, (b) 15.622 THz, (c) 15.580 THz とそれぞれ異なる 3 つのラマンレーザサンプルについて、入力出力特性を測定した結果を示している。励起モードとストークスモードの Q 値 (Q_{pump} , Q_{Stokes}) は図に示すとおりであり、(a) はカンチレバー構造 (RS 推定値 15.601 THz), (b), (c) はエアブリッジ構造 (RS 推定値 15.606 THz) である。すべてのサンプルでレーザ発振が確認され、それぞれの最大エネルギー効率、(a) 19 %, (b) 0.27 %, (c) 0.88 % である。この結果より、 Δf とラマンシフトの差が小さいと思われる試料ほど良好な特性が得られる傾向にあると言える。サンプル(a)で得られた閾値は 0.52 μW 、最大出力は 350 nW である。これは、以前の報告²⁾と比べて半分の閾値、3 倍の出力である。 Q 値の組み合わせ、歪の有無による性能依存性など、詳細は当日報告する。【謝辞】 本研究は、科研費、旭硝子財団の支援を受けた。【文献】 1) B. Song, *et. al.*, *Nature Mater.* **4**, 207 (2005). 2) Y. Takahashi, *et. al.*, *Nature* **498**, 470 (2013). 3) 山下他, 2014 春季応物 **17a-PA1-1**.

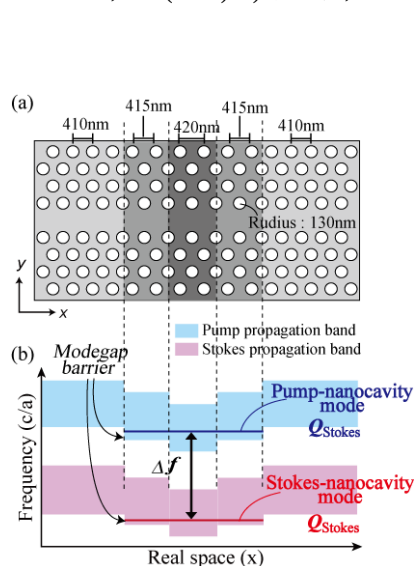


Fig. 1. (a) Schematic picture of a heterostructure nanocavity. (b) Band diagram for the nanocavity where two high- Q nanocavity modes are indicated²⁾.

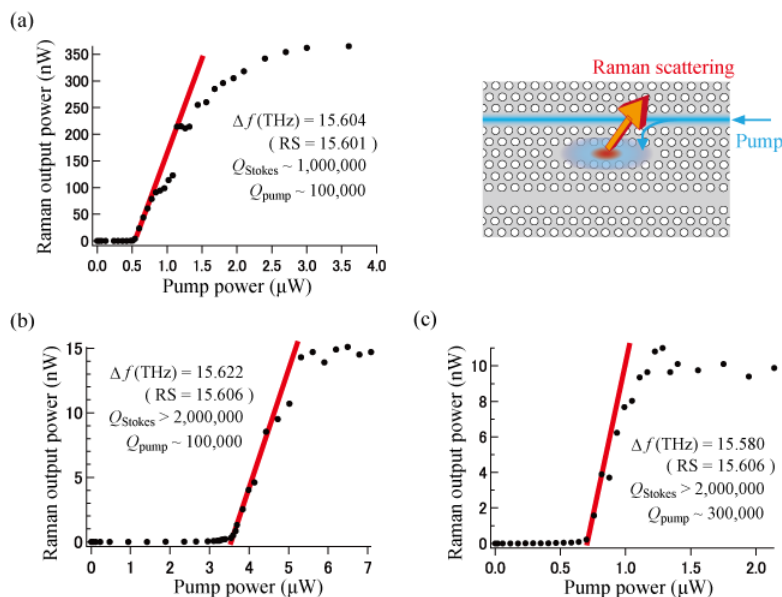


Fig. 2. (a),(b),(c) Laser output power (black point) as a function of pump power coupled into the nanocavity. Inset illustrates how the nanocavity modes were excited.