

連結ボトル光機械共振器における結合振動モードの観測

Observing coupled mechanical modes in chained microbottle optomechanical resonators

NTT 物性基礎研 浅野 元紀[○], 山口 浩司、岡本 創

NTT Basic Research Labs., [○]Motoki Asano, Hiroshi Yamaguchi and Hajime Okamoto

E-mail: motoki.asano.gm@hco.ntt.co.jp

光と機械振動との強い結合によって、光による機械振動の量子極限操作や機械振動を介した光の波長変換など実現可能となる。近年、光共振器と機械振動子との結合系を 1 つのノードとし、これらを複数結合させる多体オプトメカニカル系が注目を集めている。このような多体オプトメカニカル系は、光を介したフォノンダイオードの実現[1]や、トポロジカル状態の生成[2]など基礎物理・工学応用の両面に重要な可能性を秘めており、主にフォトニック結晶デバイスにおいて実現されてきた[3]。一方、強い光機械結合を示すもう一つの有力候補としてウィスパーリングギャラリーモード (WGM) 光機械共振器系が挙げられる。これらは、超高光学 Q 値や力学自由度による多様な制御性といったフォトニック結晶系とは異なる特性を備える一方で、共振器間で結合した機械振動を生み出すことが難しく、多体オプトメカニカル系を構築することは困難であった。

我々は、光ファイバ上にくびれを作ることで作製可能なボトル型 WGM 光機械共振器に着目し、2 つのボトル構造を連結した新たな結合振動子を実現した。作製した素子の概略図を図 a に示す。ボトル部分の最大径 125 μm に対してくびれ径を 115 μm と浅く設計することで、それぞれのボトル構造の振動モードの空間的なオーバーラップが生じ、これが結合モードを生み出す要因となる。我々は、 10^7 程度の高 Q 値ウィスパーリングギャラリー光モードを用いて、ボトル部分の機械振動の機械振動の熱揺らぎを観測することに成功した。30 MHz 付近に現れる共鳴はボトル構造の動径方向の振動 (Radial breathing mode) であり[4]、線幅程度離れた位置にある 2 つの振動モードが観測された (図 b)。ボトル構造 I 及び II のそれぞれの光モードを用いて振動を計測するとほぼ同じ位置に 2 つのスペクトルが現れることから、これらが結合振動モードであることがわかる。尚、この周波数のわずかな変化は、光を共振器に入射する際に用いたテーパファイバの接触による機械振動子の有効質量変化によるものと推察できる。我々の提案する連結ボトル構造によって、引張やせん断といった力学自由度による複数の光・機械モード制御や、液中環境での動作などフォトニック結晶系とは一線を画した新たな多体オプトメカニカル系を実現することが期待できる。本研究は JSPS 科研費 (JP21H01023) の助成を受けた。

[1] A. Seif et al., Nat. Commun. 9, 1207 (2018).

[2] H. Ren et al., arXiv:2009.06174 (2020).

[3] M. Eichenfield et al., Nature 462, 78 (2009).

[4] M. Asano et al., Laser & Photon. Rev. 10, 603 (2016).

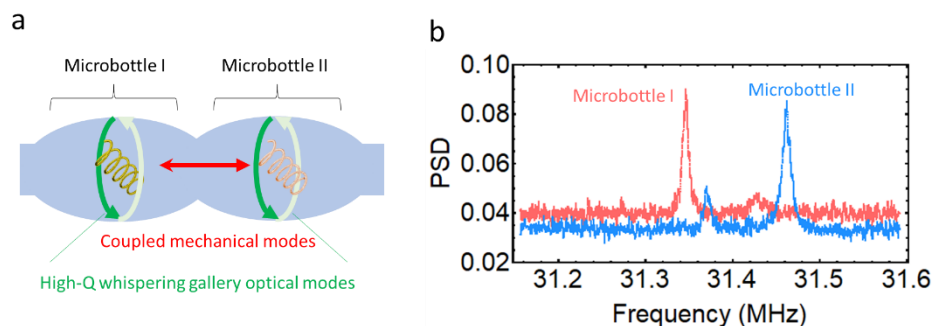


Fig. a: Conceptual illustration of a chained microbottle optomechanical resonators. Fig. b: Power spectral density (PSD) of thermal fluctuation in a coupled mechanical mode.