

圧力印加による高 Q 値結晶 WGM 共振器の周波数制御及び 2 次高調波発生

Pressure tuning of ultra-high Q crystalline WGM resonator and second harmonic generation



○(DC) 吉岐 航^{1,2}, C. Werner², I. Breunig², K. Buse² (1. 慶大理工、2. Univ. of Freiburg)

○(DC) Wataru Yoshiki^{1,2}, C. Werner², I. Breunig², K. Buse² (1. Keio Univ., 2. Univ. of Freiburg)

E-mail: w_yoshiki@phot.elec.keio.ac.jp

光パラメトリック発振(Optical parametric oscillation: OPO)光源は分光用の光源として有用である。従来までの OPO 光源には高パワーなポンプ光源、多数のミラー、そしてそれに伴う大きなセットアップが必要であったが、結晶 WGM(Whispering gallery mode)共振器を用いることにより、低ポンプパワー、1つのプリズム、そして非常に小さなセットアップで OPO を実現できる [1]。過去の結晶 WGM 共振器 OPO では温度を変えることによってシグナル光及びアイドラー光の周波数を掃引していたが、これには周波数掃引が非連続的になってしまうという問題点があった [2]。そこで本研究では、圧力印加により結晶 WGM 共振器の共振周波数を連続的に制御することに成功したので報告する。また、開発した手法の原理実証実験として行った、2次高調波(Second harmonic generation: SHG)の周波数制御についても報告する。

作製した共振器の画像を Fig. 1(a)に示す。共振器は、レーザ加工によって膜厚 0.5 mm の z-cut Mg:LiNbO₃ 薄膜から切り出した後、側面をダイヤモンド微粒子で研磨することによって作製した。共振器内部には小型のピエゾアクチュエータが埋め込まれており、電圧を印加すると側面方向に圧力が生じる。圧力を印加することにより、(1)構造の変形に伴う共振器長の変化及び(2)ひずみ発生に伴う屈折率の変化によって共振周波数が変化する。また、埋め込みを行うことにより、従来までの結晶共振器をアクチュエータで挟み込む構造[3, 4]よりも小さなセットアップかつ効率的に圧力を印加できるようになった。作製した結晶共振器の直径は 3.2 mm、典型的な Q 値は 10^7 程度である。まず、1040 nm 帯における周波数の制御性を評価したところ、-140 MHz/V であった。小さなセットアップを用いているにも関わらず、これは先行研究[4]よりも約 1.5 倍大きい値である。次に、開発した手法が非線形光学にも利用可能なことを示すため、原理実証として SHG 実験を行った。実験セットアップを Fig. 1(b)に示す。ポンプ光には TM 偏光した 1040 nm の光を用いた。ポンプ光はプリズムを介して WGM 共振器に結合させた。共振器から出力されたポンプ光及び SHG 光(520 nm, TE 偏光)はプリズムの複屈折性及び分散により空間的に分離できるので、それぞれフォトディテクタで検出した。共振器の共振周波数は共振器内部のピエゾアクチュエータに電圧を印加することによって制御した。次に、SHG 光周波数を制御したところ、60 V を印加した際に SHG 帯において約 20 GHz (1040 nm 帯では約 10 GHz)の制御性を得た(Fig. 1(c))。本共振器における FSR は約 14 GHz であるので、この結果は温度による OPO 周波数掃引の間隔を圧力印加によって埋められるということを意味する。本手法と温度制御を組み合わせることにより、広帯域かつ連続的な OPO 周波数掃引が実現できると期待される。

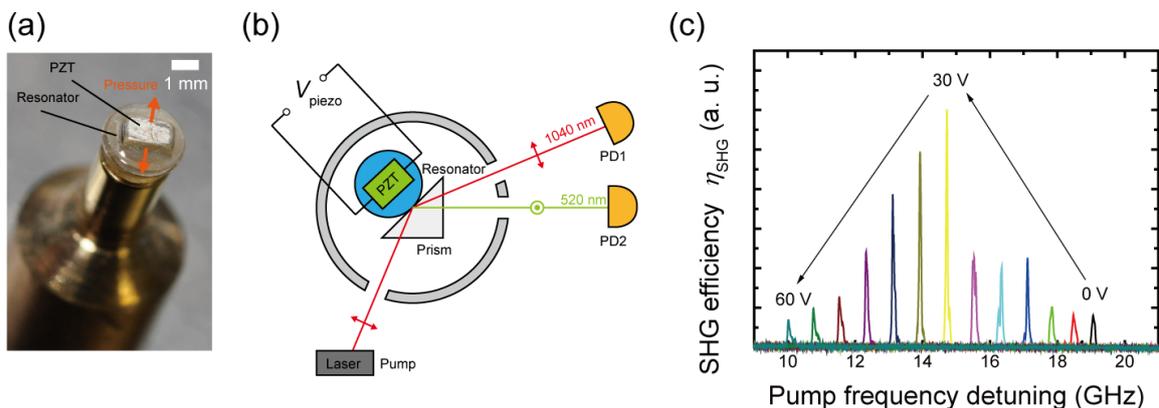


Fig. 1(a) Picture of the fabricated resonator. (b) Experimental setup for characterization of the resonator and SHG. (c) SHG efficiencies for different voltages that are applied to piezo actuator.

- [1] I. Breunig & K. Buse, Proc. SPIE **8993**, 89930B (2013).
- [2] S. K. Meisenheimer et al., Opt. Express **23**, 24042-24047 (2015).
- [3] V. S. Ilchenko et al., Opt. Commun. **145**, 86-90 (1998).
- [4] G. Lin & N. Yu, Opt. Express **22**, 557-562 (2014).