# 高Q値単結晶微小光共振器を用いた広帯域光パラメトリック発振の観測

## Broadband optical parametric oscillation in an ultrahigh-Q crystalline

#### optical microresonator

## 慶大理工 <sup>O</sup>藤井 瞬、田中 脩矢、葉山 優花、柿沼 康弘、田邉 孝純

## Keio Univ., °Shun Fujii, Shuya Tanaka, Yuka Hayama, Yasuhiro Kakinuma, and Takasumi Tanabe

### E-mail: takasumi@elec.keio.ac.jp, s.fujii@phot.elec.keio.ac.jp

高Q値微小光共振器に連続光レーザを入射し光と物質の相互作用を極限まで高めることで,数多くの非線形光学効果を誘起,観測することが可能となる.特に三次の非線形光学効果である四光波混合 過程を介した光周波数コム発生(マイクロコム)は高繰り返し周波数,低パワー動作,チップ集積可 能といった特徴から特に注目を集めるようになった[1].その中でも高次分散を含めた共振器分散の制 御は周波数帯域の拡大やより安定なモード同期動作に欠かすことのできない技術であり,世界中で盛 んに研究が行われている[2].

本研究では超精密機械加工で作製した高 Q 値単結晶微小光共振器を用いて、1 オクターブを超える 広帯域光パラメトリック発振の観測に成功したので報告する[3].通常、マイクロコムは異常分散に起 因した変調不安定利得を受け、励起光周辺(~数 FSR)で発生する.しかし、ゼロ分散付近で励起す る場合、高次分散の影響を受けることで励起光から遠い位置(~数+ FSR)で四光波混合の位相整合 条件を満たす場合がある.この場合の位相整合条件は、群速度分散(二次分散)と四次分散によって 決定されるため、適切な共振器分散設計を行なうことにより発振波長を制御できる.

Fig. 1(a)および 1(b)に観測された光スペクトルとその拡大図, Fig.1(c)に共振器の分散(赤線)と位相整 合条件(緑線)の理論値を示す.実験的に観測された光パラメトリック発振の周波数は理論値とよく一 致していることが分かる. Fig. 1(d)に共振器構造によって変化する共振器分散を示した.当日は微小 光共振器の分散制御に関する基本的な指針についても紹介する.



Fig. 1. (a) Experimentally observed spectrum of octave-spanning optical parametric oscillation. Inset shows the experimental setup. (b) Detailed spectra of interest in (a). (c) Calculated integrated dispersion and frequency difference value. (d) Calculated dispersion of different microresonator cross-section structures in 100 GHz FSR MgF<sub>2</sub> resonator. **References** 

- T. J. Kippenberg, A. L. Gaeta, M. Lipson, and M. L. Gorodetsky, "Dissipative Kerr solitons in optical microresonators," Science, 361, eaan8083 (2018).
- 2. S. Fujii and T. Tanabe, "Dispersion engineering and measurement of whispering gallery mode microresonator for Kerr frequency comb generation," Nanophotonics 9, 1087-1104 (2020).
- 3. S. Fujii, S. Tanaka, M. Fuchida, H. Amano, Y. Hayama, R. Suzuki, Y. Kakinuma, and T. Tanabe, "Octave-wide phasematched four-wave mixing in dispersion-engineered crystalline microresonators," Opt. Lett. 44, 3146-3149 (2019).