

# マイクロ周波数コム応用へ向けた超精密機械加工技術の展開

## Development of precision machining technique towards microcomb application

(理研<sup>1</sup>、慶大理工<sup>2</sup>)<sup>○</sup>藤井 瞬<sup>1,2</sup>、葉山 優花<sup>2</sup>、熊崎 基<sup>2</sup>、和田 幸四郎<sup>2</sup>、  
柿沼 康弘<sup>2</sup>、田邊 孝純<sup>2</sup>

RIKEN<sup>1</sup>, Keio Univ.<sup>2</sup>, <sup>○</sup>Shun Fujii<sup>1,2</sup>, Yuka Hayama<sup>2</sup>, Hajime Kumazaki<sup>2</sup>, Koshiro Wada<sup>2</sup>,  
Yasuhiro Kakinuma<sup>2</sup>, and Takasumi Tanabe<sup>2</sup>

E-mail: shun.fujii@riken.jp; takasumi@elec.keio.ac.jp

高  $Q$  値微小光共振器を用いて発生する光周波数コムはマイクロコムとよばれ、2011 年に初めて報告されて以来、急速に研究が進展してきた。特にモード同期したソリトンマイクロコムの達成は大きな転機をもたらし、高繰り返しかつ省エネ、コンパクトな光コム光源として様々な応用が期待されている[1]。マイクロコムは三次非線形光学効果である四光波混合を介して発生するため、高  $Q$  値かつ微小モード体積をもつ微小光共振器を用いて共振器内部の光電場強度を増大させる必要がある。現在ではシリカガラスやシリコンナイトライド、フッ化物をはじめとする様々な材料が使用されており、光結合方法や繰り返し周波数、分散制御性などにそれぞれ特徴をもつ。

本発表ではマイクロ周波数コム応用へ向けたフッ化物共振器の超精密機械加工技術について報告する。MgF<sub>2</sub>をはじめとするフッ化物材料は低損失かつ可視から中赤外帯までの広い透過帯域をもつことから、マイクロコム発生に広く利用されてきた[Fig. 1(a) and 1(b)]。作製には切削、研磨加工が用いられるが、高  $Q$  値と構造制御性の両立が大きな課題とされてきた。そこで結晶材料の加工条件を解析し、最適な切削条件を見出すことで、研磨を行わない“全切削機械加工”により、従来の研磨加工に匹敵する高  $Q$  値共振器の作製に成功した[2]。また、事前の設計どおりに共振器構造が作製できることから、分散制御性においても大きな利点があることが確かめられた[Fig. 1(c)-1(e)]。

今後、機械加工技術を応用することで、通信波長帯に限らないソリトンマイクロコムの発生や繰り返し周波数を精密に制御したデュアルコム分光など様々な応用が期待される。

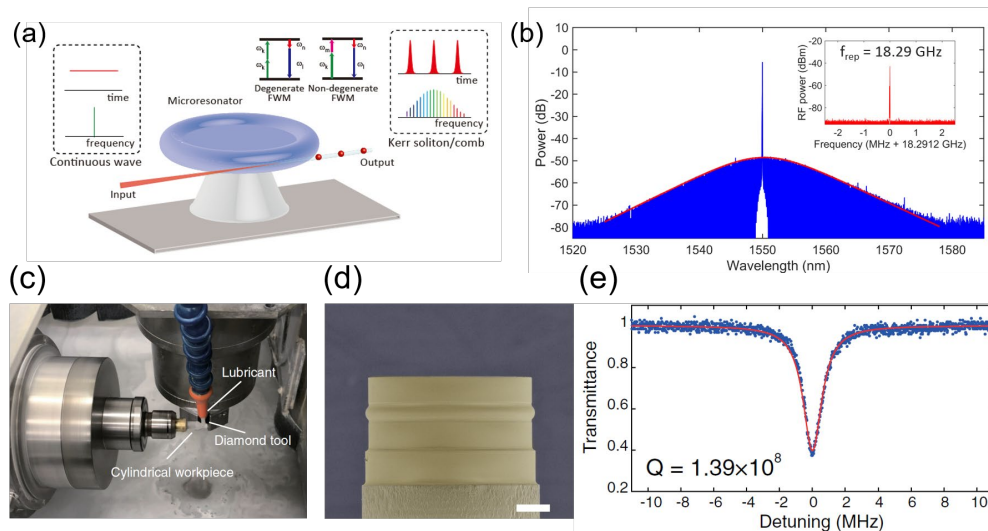


Fig. 1. (a) Schematic illustration of microresonator frequency comb generation. (b) An optical spectrum of soliton microcomb. (c) Experimental setup of an ultraprecision machining. (d) Scanning electron microscope image of a fabricated MgF<sub>2</sub> microresonator. The scalebar is 100  $\mu$ m. (e) Normalized transmission spectrum, yielding a loaded  $Q$  of 139 million.

### References

1. T. J. Kippenberg, A. L. Gaeta, M. Lipson, and M. L. Gorodetsky. "Dissipative Kerr solitons in optical microresonators." *Science* **361**, 6402 (2018).
2. S. Fujii, Y. Hayama, K. Imamura, H. Kumazaki, Y. Kakinuma, and T. Tanabe, "All-precision-machining fabrication of ultrahigh- $Q$  crystalline optical microresonators", *Optica* **7**, 694-701 (2020).