

## トロイド共振器において発生した光カーコムの時間波形測定及び雑音評価

## Time-domain measurement and noise analysis of a Kerr comb from a toroid microcavity

慶應義塾大学工学部 ○岡部 悠介, 鈴木 良, 陳 哲倫, 長野 拓真, 小島 知也, 田邊 孝純

Keio Univ., °Yusuke Okabe, Ryo Suzuki, Zhelun Chen, Takuma Nagano, Tomoya Kobatake, and

Takasumi Tanabe

E-mail: takasumi@elec.keio.ac.jp

高 $Q$ 値の微小光共振器を用いると効率的に四光波混合光を発生でき、周波数領域で等間隔・広帯域に広がった櫛状のスペクトルである光カーコムを得ることができる[1]。微小光共振器はモードの周波数間隔が広いので、発生する光カーコムの位相が同期できていれば、それは超高繰り返し光パルス列となり、様々な応用が期待される。我々は、シリカトロイド微小光共振器[2]を用いて広帯域な光カーコムを発生させ、光パルス列を SHG 自己相関計で測定したので報告する。またパルス間隔のタイミングジッタの低減を実現するために、発生した光カーコムの雑音評価を行った。

発生させた光カーコムとその SHG 自己相関波形を Fig. 1 に示す。用いた共振器の  $Q$  値は  $2 \times 10^6$ 、直径は約  $100 \mu\text{m}$  である。Fig. 1(a)と(b), 及び1(c)と(d)はそれぞれ励起波長が異なる。

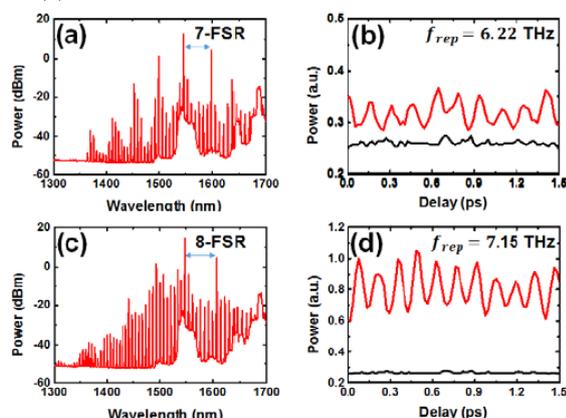


Fig. 1: Kerr comb spectrum and SHG auto correlation. Pump wavelength is at 1546.68 nm [(a) and (b)] and 1547.61 nm [(c) and (d)]. Black line is the background.

発生した光カーコムを詳しく観測すると、7-FSR (free spectral range)や8-FSR 間隔で、強いピークが観測されている。今回の実験では、四光波混合の利得帯域が共振器の7~8 FSR に一致すると考えられる。すなわち、初めに7~8-FSR 間隔でコムが発生し、次に各コム成分から1-FSR 間隔でウィングが生成していると考えられる。実際に

Fig. 1(b)及び(d)の SHG 自己相関波形では、それぞれの光カーコムの支配的なモードの間隔と繰り返し周波数はよく一致していることがわかる。すなわち、我々はトロイド微小光共振器を用いて、6 THz を超える繰り返しを持つ光パルス列の生成に成功したといえる。

次に、より詳細に SHG 自己相関波形を観測すると、Fig.1 (b)に比べ Fig.1 (d)の背景の大きさに気が付く。これは2つの波形間でのタイミングジッタの違いに起因する。そこで、タイミングジッタの原因を調査するために、発生した光カーコムをフォトディテクタで受光し RF スペクトルを測定した。その結果を Fig. 2 に示す。

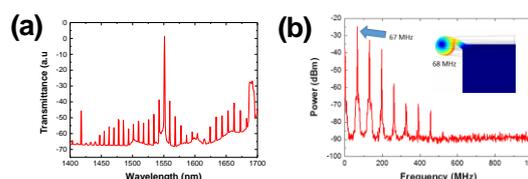


Fig. 2: (a) Kerr comb spectrum (b) RF noise. This noise is multiples of about 67 MHz. Inset: simulation of cavity optomechanics of silica-toroid microcavity

67 MHz 間隔で信号の振動が観測されている。これは共振波長が振動している可能性を示唆しており、その可能性として共振器構造が機械的に振動していると考えられる。実際に、有限要素を用いて振動解析をすると、我々が用いた素子は約 68 MHz の固有振動モードを有することが確認された。すなわち、RF スペクトルで観測されている離散的なピークは、オプトメカニクスによるノイズであり、それが時間波形のタイミングジッタの増大に影響を与えていると強く推測される。

つまり、このオプトメカニクスによる振動を低減し制御することで、より高いコントラストをもつ光パルス列が得られる。その試みに関しては当日報告する。

[1] T. Kippenberg *et al.*, Science **332**, 555 (2011)

[2] T. Kippenberg *et al.*, Appl. Phys. Lett. **85**, 6113 (2004).