17p-F7-12

シリカトロイド共振器を用いたパラメトリック発振の RF ノイズ評価

RF noise measurement of a parametric oscillation in a silica toroid microcavity

慶應義塾大学理工学部　○鈴木良，小畠知也，加藤拓巳，田邊孝純
Keio Univ.,　°Ryo Suzuki, Tomoya Kobatake, Takumi Kato, Takasumi Tanabe
E-mail: takasumi@elec.keio.ac.jp

近年，高 Q 値微小光共振器を用いた光カーコム(Kerr comb)発生の研究が盛んになっている [1]．その応用の 1 つに高繰り返しパルス光源としての利用が挙げられるが，四光波混合により Kerr comb が形成される過程において生ずる RF ノイズが問題となっている．本研究ではシリカトロイド微小光共振器 [2] を用いて Kerr comb を発生させ，種々の条件において RF ノイズの評価を行った．

本研究のセットアップを Fig. 1 に示す．EDFA で増幅したレーザ光をトロイド共振器に入力することで共振器内部において連続的に四光波混合を発生させ，その出力光を光スペクトラムアナライザ(OSA)と RF スペクトラムアナライザ(ESA)により観測した．主な結果をそれぞれ Fig. 2 (a)と(b)(c)に示す．このときトロイド共振器は直径 80 μm (FSR ~ 850 GHz)，$Q = 5\times10^6$ のものを用いた．(a)のスペクトルは Kerr comb を示し，共振波長に合わせた 200 mW のポンプ光を中心に共振器の FSR 間隔で広がっている．この四光波混合による Kerr comb の形成過程は[3]で詳細に検討されている．(b)(c)は発生した Kerr comb の RF ノイズを示しており，条件によって 2 種類の異なる状態が観測された．(b)は 1-FSR 間隔で Kerr comb が発生しているときであり，(c)は 2-FSR 間隔で Kerr comb が発生している(高調波モード同期的)ときの RF スペクトルである．(c)は入力に用いているテーパ光ファイバと共振器の間隔を(b)よりも遠ざけて，結合を弱くすることで得られる．出力光パルス(b)は非常にノイズの大きい状態である一方，(c)はノイズが小さい．(b)に見られるノイズの原因は短波長側と長波長側で生じる四光波混合の周波数間隔が異なることで，1 つの共振モード内に複数のスペクトル線が存在するためである [3]．つまり，OSA のスペクトルを一見すると(b)では 1-FSR 間隔で Kerr comb が発生しているように思われるが，実は 2-FSR 間隔(あるいはより高次)で発生した光が，さらにそれぞれ四光波過程で広がり，結果的に 1-FSR 間隔のモードが立つことがわかる．この結果はスプリットステップフーリエ法を用いた理論解析結果で得られた知見とも良く一致する．理論計算との検討は当日報告する．

その一方で，両者に共通して観測されている 50 MHz 付近のピークは，解析により光の輻射圧による機械的振動(Opto-mechanics)に起因するものであると考えられる．この他に 1 波長ポンプと 2 波長ポンプのそれぞれの条件において評価を行った．

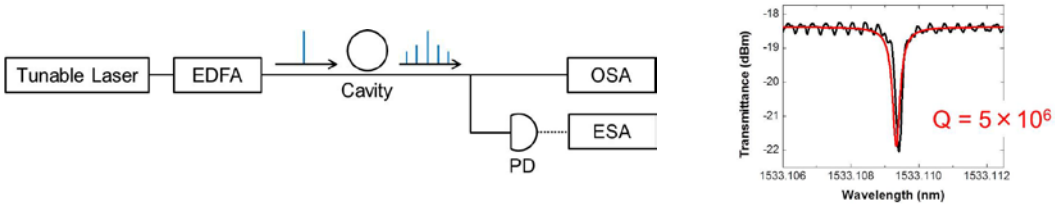

Fig. 1: Experimental setup (toroid microcavity has a Q of 5×10^6).

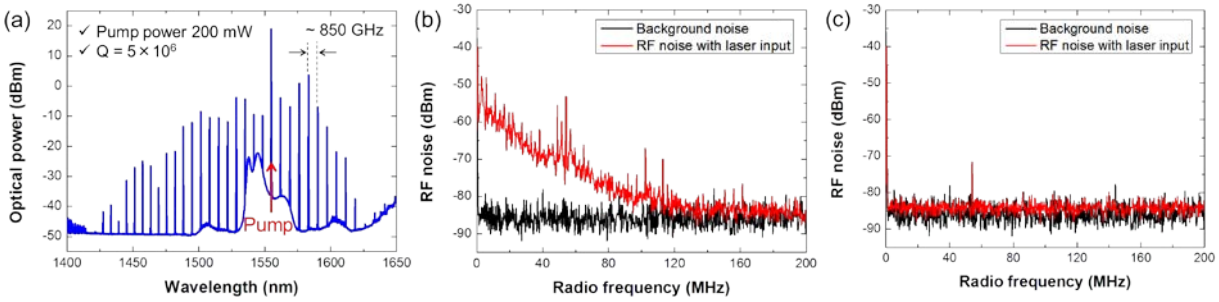

Fig. 2: (a) Optical parametric oscillation spectrum of a toroid microcavity pumped at 200 mW. (b) (c) RF noise in case of one pump input (red).　The black line is the reference (background).

1) T. J. Kippenberg, R. Holzwarth and S. A. Diddams, Science **332**, 555-559 (2011).
2) D. K. Armani, T. J. Kippenberg, S. M. Spillane and K. J. Vahala, Nature **421**, 925-928 (2003).
3) T. Herr *et al.*, Nature Photonics **6**, 480-487 (2012).

© 2014 年　応用物理学会