20a-C2-6

微小光共振器における光カーコムの高調波モード同期制御

Control of harmonic mode locking of optical Kerr comb in an optical microcavity

慶大理工 〇加藤拓巳, 小畠知也, 鈴木 良, 田邉孝純

Keio Univ., ^OTakumi Kato, Tomoya Kobatake, Ryo Suzuki, and Takusumi Tanabe

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

【概要】 超高 Q 値,極小モード体積の共振モードを有する微小光共振器を用いると,わずかな光入力でも高い 光電界を得ることができ,高い効率で非線形光学効果を起こすことがでる.特に微小光共振器を使った光カーコ ムの発生が注目されている.微小光共振器による光カーコムが,ファイバや固体レーザと異なるのは,共振器サ イズが小さいために,モードロックした際の繰り返しパルス列の周波数が高い点にある.光カーコムがモード同 期するかどうかは,縦モード間隔(FSR)や分散などのパラメータに依存していることが明らかにされつつあるが, 本研究では高調波モード同期過程に着目して研究したので,報告する.高調波モード同期を制御することで,>1 THz のパルス列が容易に得られることが期待される.高調波モード同期はファイバレーザでは良く知られている 現象ではあるが,比較的サイズの大きなこれらの共振器とは異なり,微小光共振器における高調波モード同期で は,縦モード間隔と四光波のゲインの周波数幅の関係が逆転しており,特徴的な現象が得られる.

【内容】 光カーコムの解析は, Lugiato-Lefever モデルをスプリットステップフーリエ法で解くことで行った.

$$t_R \frac{\partial^2 E}{\partial r^2} = \left(-\frac{\alpha}{2} - \frac{\kappa}{2} - i\delta_0 + \frac{iL\beta_2}{2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} + iL\gamma |E|^2 \right) E + \sqrt{\kappa}S$$
(1)

ここで、 t_R は光が共振器を 1 周するのにかかる時間,rは周回数, α,κ はそれぞれ共振器損失,結合損失の割合, δ_0 は共振波長からの離調量,Lは共振器長, β_2,γ はそれぞれ 2 次の分散,非線形光学係数,Sはポンプ光を示す. 共振器のパラメータは実験で使用したシリカトロイド共振器の値とし,共振器直径 84µm,マイナー直径 3µm の 場合の分散値と非線形光学係数を用いた.図 1(a)は,共振器内平均パワーの入力光のパワー依存性を示している. 赤プロットは徐々にパワーを上げた場合,青プロットは徐々にパワーを下げた場合であり,双安定現象が観測さ れる.徐々に上げた場合,6mW に達する以前は,共振器内パワーが低く四光波混合が生じていないが,6mW に 達すると,3-FSR での高調波モード同期状態となる[図 1(b)(c)].その際に共振器は同時に光双安定閾値を超える. 入力パワーをさらに上げると,変動の大きいカオス的な状態を取る.一方で,入力パワーを下げていくと,下げ ていく場合にしか得られない2-FSR の高調波モード同期状態をとることが分かる[図 1(d)(e)].このように,双安 定性の結果,特定の高調波モード同期状態にアクセスするためには特定の経路をたどる必要があることが明らか となった.それらの知見をもとに,実験を行った結果が図 1(f)である.



図 1,入力光を変化させた時の,共振器内平均パワーの変化.赤プロットは徐々にパワーを上げた場合の変化. 青プロットは徐々にパワーを下げた場合の変化.(f)200mW→183mW→59mW と入力パワーを変化させた時