

差周波発生を用いたオフセットフリー光周波数コムの開発

Development of an offset-free comb using DFG

東大物性研¹, JST-ERATO², [○]中村 卓磨¹, 伊藤 功^{1,2}, 小林 洋平^{1,2}

ISSP, Univ. Tokyo¹, JST-ERATO², [○]Takuma Nakamura¹, Isao Ito^{1,2}, Yohei Kobayashi^{1,2}

E-mail: t-nakamura@issp.u-tokyo.ac.jp

【背景】次世代周波数標準として期待される光原子時計において、光周波数コムは、光-マイクロ波変換、または多種光原子時計間の安定度評価に用いられる。この光原子時計の不確かさは長時間測定により 1×10^{-18} に迫る値が報告されている¹。一方、光原子時計の安定度は、CW レーザーを安定化するための光共振器で制限され、1 秒積算で 1×10^{-16} 程度である。そのため、光共振器の改善による CW レーザーのさらなる高安定化の研究がなされている。これらの研究によって近い将来、1 秒積算で 1×10^{-17} を超える安定度が実現されると思われる。それに対し、光周波数コムの安定度は現在、1 秒積算で 1×10^{-16} のオーダーであるため、これも改善が求められている。そのため本研究は、光周波数コムのさらなる高安定化を目指している。

【実験】光周波数コムの安定度は、繰り返し周波数 f_{rep} とオフセット周波数 f_0 の雑音によって制限される。 f_0 安定化には、励起光源の強度変調の他、AOM による周波数シフト²や、共振器内ロスの変調³などの様々な方法が提案されている。これらの方法は、すべて、 $f-2f$ 干渉計による f_0 の測定をベースとした制御手法である。それに対し本研究の手法は、差周波発生により元来の f_0 雑音をすべてキャンセルする。そのため、従来の“制御”による方法とは全く異なるレベルの安定度が期待できる。差周波によるコムは直接発生が難しい中赤外領域のコムとしてよく用いられる。一方、本研究では、光原子時計応用を鑑み、YDFA で増幅可能な 1 μm 帯を発生させる事を目的としている。1 μm 帯は従来の中赤外発生よりもずっと短波長であるため、差周波発生が難しい。今回、我々は Yb ファイバーレーザーの白色光から、1 μm 帯の広帯域な差周波を得る事に成功した。

【今後の展望】この差周波を YDFA で増幅し、安定度評価および、この差周波と同等の安定度をもつ白色光スペクトルを得る事を目指す。

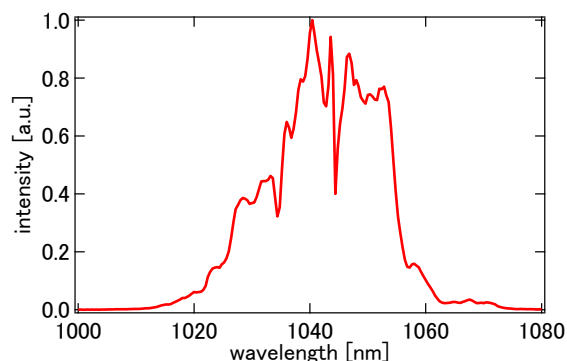


図 1 差周波のスペクトル

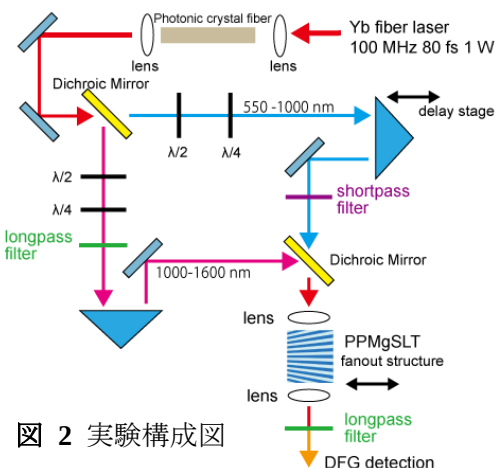


図 2 実験構成図

[1] Bloom, B. J. *et al.* “An optical lattice clock with accuracy and stability at the 10^{-18} level”. *Nature* **506**, 71–5 (2014).

[2] Koke, Sebastian, *et al.* “Direct frequency comb synthesis with arbitrary offset and shot-noise-limited phase noise.” *Nature Photonics* **4**, 462 (2010).

[3] Lee, C.-C. *et al.* Frequency comb stabilization with bandwidth beyond the limit of gain lifetime by an intracavity graphene electro-optic modulator. *Opt. Lett.* **37**, 3084–6 (2012).