

光格子時計比較の安定度向上に向けた全偏波保持・単一ポート エルビウムファイバコムの開発および安定度評価

Single-port, all-polarization-maintaining Er fiber comb for high-stability frequency comparison of optical lattice clocks

東大院工¹, 理研², JST-ERATO³, IMRA BRL⁴, IMRA America⁵

○大前 宣昭^{1,2,3}, 久世 直也⁴, Martin E. Fermann⁵, 香取 秀俊^{1,2,3}

Univ. of Tokyo¹, RIKEN², JST-ERATO³, IMRA BRL⁴, IMRA America⁵,

○Noriaki Ohmae¹, Naoya Kuse⁴, Martin E. Fermann⁵, Hidetoshi Katori^{1,2,3}

E-mail: ohmae@amo.t.u-tokyo.ac.jp

光格子時計は、次世代時間標準の有力候補であるだけでなく、ジオポテンシャル計測や物理定数の恒常性検証など広く応用が期待されている[1]。特に異原子でできた原子時計の周波数比は、現在の SI 秒の 15-16 桁精度に影響されずに高精度に決定できることから秒の再定義の議論に不可欠であり、また周波数比計測の安定度の向上によって、物理定数の短期変動に対する知見を得られることが期待されている。現在、Sr、Yb 原子の光格子時計の周波数比は、不確かさ $\Delta f/f = 5 \times 10^{-17}$ で決定され、またその計測の安定度は $\delta f/f = 4 \times 10^{-16} (\tau/s)^{-1/2}$ (τ : 積算時間) が実現されている[2]。

光格子時計の周波数比計測は光周波数コムを用いて行う。さらに、光周波数コムを用いて波長の異なる時計分光用レーザーの周波数揺らぎに相関を持たせることで、同相雑音除去により計測の安定度を向上させる。しかし、現状の安定度は光周波数コムによる周波数安定度の転送時に混入する雑音によって制限されており、光周波数コムによる周波数計測安定度の向上が必要となっている。

時計の周波数比の極限計測には長時間の積算が必要であり、安定動作を得やすいエルビウム (Er) ファイバコムが広く用いられている。今回、全偏波保持型の Er ファイバコムを採用することで、環境変動に対する堅牢性を向上させるだけでなく、光学系に衝撃を与えない再現性のよいモードロック機構にした[3]。また、Er ファイバコムは測定波長ごとに最適化したマルチポート構成をとることが多いが、ポート間に混入する位相ノイズを最小化し高安定度測定を実現するために、単一ポート構成を採用した。単一ポート出力であっても、時計比較に必要なキャリアエンベロープオフセット周波数と 3 つの時計の周波数信号を 30 dB (100 kHz RBW) 以上の信号対雑音比での同時検出に成功した。2 つの同じ周波数コムを用いて、Sr 光格子時計に対応する波長 1397 nm から Yb 光格子時計に対応する波長 1157 nm への周波数転送安定度を測定した。マルチポート出力の Er ファイバコムで安定度 $2 \times 10^{-16} (\tau = 1 \text{ s})$ であったのに対し、 $5 \times 10^{-17} (\tau = 1 \text{ s})$ まで周波数比計測安定度を向上させた。本発表では、Er ファイバコム、光格子時計とそれらを低雑音でつなぐ構成、および周波数比計測安定度の結果について報告する。

[1] H. Katori, Nat. Photon. **5**, 203 (2011) [2] N. Nemitz *et al.*, Nat. Photon. **10**, 258 (2016)

[3] N. Kuse *et al.*, Opt. Express **24**, 3, 3095 (2016)