

光格子時計の同期周波数比較

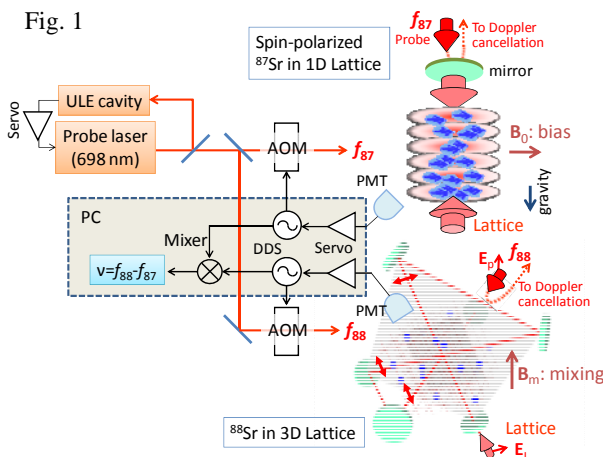
Synchronous frequency comparison of two optical lattice clocks

Objective

現在の光格子時計の周波数比較安定度は、時計遷移励起用レーザーの周波数雑音で制限されている。そこで我々は、同一のレーザー光で2台の光格子時計の原子を同時励起するという試みを行った。この手法では、2台の光格子時計が同一の周波数雑音を受けるため、周波数差を評価する際には、レーザーの雑音を同相雑音として相殺することができる。この場合、周波数比較を妨げるのは、原子の量子射影雑音のみとなり、多数個の原子を用いて量子射影雑音を低減するという光格子時計の優位性を確認することができる。

Actual stability of frequency comparison of two optical lattice clocks is essentially limited by the frequency noise of the probe lasers which excite the clock transitions. Then we demonstrate a frequency comparison of two lattice clocks that are simultaneously probed by a single laser (Fig. 1). By this method, two lattice clocks undergo the same frequency noise and it should be rejected as a common mode noise in evaluating the frequency difference. In this situation, remaining limitation of the frequency comparison would be the quantum projection noise and it would be possible to manifest the advantage of optical lattice clock, which interrogates an atomic ensemble to suppress the quantum projection noise.

Fig. 1



Achievement

- ^{87}Sr 原子と ^{88}Sr 原子を用いた 2 台の光格子時計の同期周波数比較を行った。図 2 に示すように、通常の非同期比較のアラン分散 $6 \times 10^{-15} \tau^{-1/2}$ に対し、同期比較のアラン分散は $4 \times 10^{-16} \tau^{-1/2}$ まで向上した。
- この手法は、遠隔地、異原子種間の周波数比較においても有効であり、ジオイド差測定、基礎物理定数の恒常性の検証への応用も期待される。
- We demonstrate a synchronous frequency comparison of two optical lattice clocks using ^{87}Sr and ^{88}Sr atoms. As shown in Fig. 2, the Allan standard deviation for synchronous interrogations decrease with $\sigma_y(\tau) = 4 \times 10^{-16} \tau^{-1/2}$, while that for asynchronous interrogation decreases with $\sigma_y(\tau) = 6 \times 10^{-15} \tau^{-1/2}$.
- This scheme can also be applied to the lattice clocks at remote site or using different species. It paves the way to investigate the relativistic geodesy and the constancy of fundamental constants.

Fig. 2

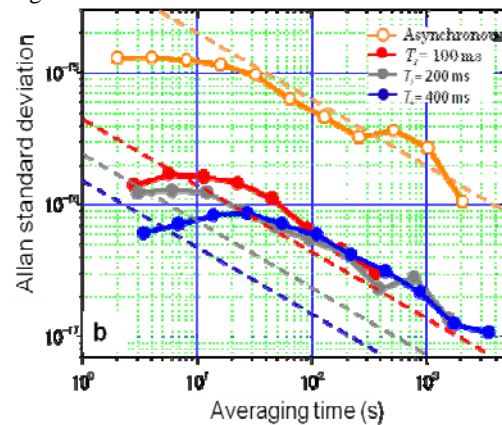


Fig. 1: Experimental setup for synchronous frequency comparison of two optical lattice clocks.

Fig. 2: The Allan standard deviation for asynchronous and synchronous frequency comparison.

References

- 1) Tomoya Akatsuka, Masao Takamoto, and Hidetoshi Katori, "Optical lattice clocks with non-interacting bosons and fermions", Nature Phys. **4**, 954 (2008).
- 2) Masao Takamoto, Tetsushi Takano, and Hidetoshi Katori, "Frequency comparison of optical lattice clocks beyond the Dick limit", Nature Photon. **5**, 288 (2011).
- 3) Hidetoshi Katori, "Optical lattice clocks and quantum metrology", Nature Photon. **5**, 203 (2011).