

複数イオンによるイオン光時計の高安定化

Stability Enhancement of Ion-Based Optical Clocks by Multiple Ions

NICT, 阪大基礎工 早坂 和弘

NICT, Graduate School of Eng. Sci., Osaka Univ., Kazuhiro Hayasaka

E-mail: hayasaka@nict.go.jp

単一イオン光時計と光格子時計を主な方式とする光時計では 10^{-18} 台の不確かさが実現され、時空標準の高度化や物理定数恒常性検証等の基礎物理学での応用が期待される。多数個原子を用いる高安定度の光格子時計に比べて、単一イオン光時計(図(a))では安定度が制限される。そのため、インジウムイオン(In^+)等の周波数シフトが小さなイオンを複数個用いて不確かさを保持したまま安定度を増強する複数個イオン光時計が提案されている[1,2]。周波数シフトが小さくないイオン種でも安定度増強は期待され、基準共振器を要しない小型光時計等への応用が考えられる(図(b))。

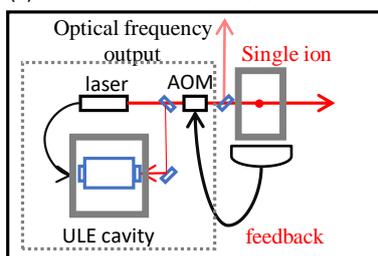
単一イオン動作では 10^{-17} 台の不確かさが報告されているカルシウムイオン(Ca^+)は、複数個動作ではイオン毎に異なる電気四重極シフトを持つため高精度光時計には適さない。しかしながら、光源系の構成が比較的単純であることから、 10^{-14} 台の周波数安定度を光通信波長帯に提供する小型光時計等の用途に適している。予備実験として4個の Ca^+ を用いて基準共振器を用いないレーザーを時計遷移に周波数ロックしたところ、1時間以上のロック動作が確認できた。この予備実験でのパラメーターを元に20から40個程度の Ca^+ を用いて得られる周波数安定度を試算したところ、図(c)の様に1秒で 10^{-14} 台の安定度が得られる可能性があることが分かった。

本研究はJSPS 科研費15H03705, 15K05239, 16H02214の助成およびJST CREST JPMJCR1776, 大阪大学国際共同研究推進プログラムの支援を受けたものです。

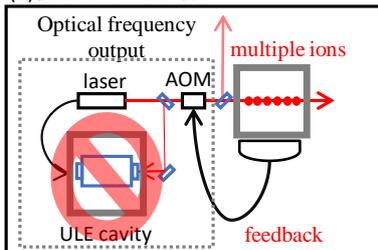
1) K. Pyka, N. Herschbach, J. Keller, and T. E. Mehlstäubler, Appl. Phys. B, **114**, 231 (2014).

2) N. Ohtsubo, Y. Li, K. Matsubara, T. Ido, K. Hayasaka, Opt. Express, **25**, 11725(2017)

(a)従来型単一イオン光時計



(b)複数イオン光時計



(c)複数 Ca^+ イオン光時計で得られる安定度の試算

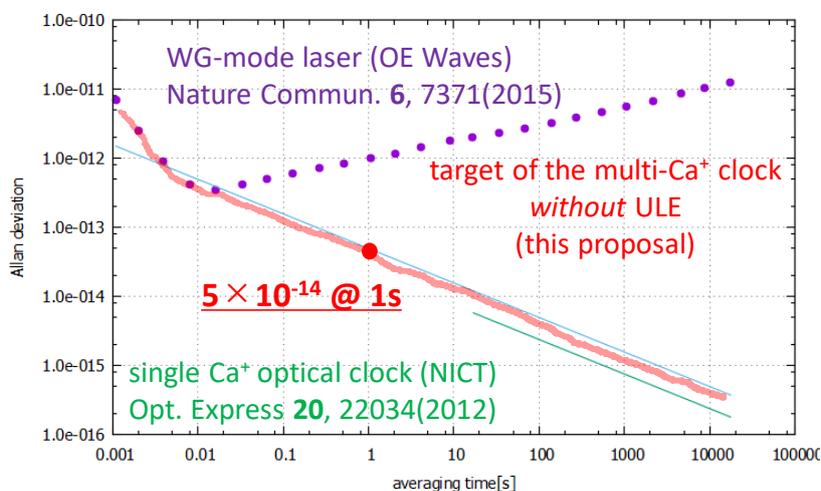


図 (a)単一イオン時計と(b)複数イオン光時計の構成。(c)複数 Ca^+ 光時計で試算される安定度