光周波数コムを用いた高分解能レーザー共鳴イオン化分光法の開発

Development of high resolution laser resonance ionization spectroscopy based on optical frequency comb

名古屋大学[1]，理研・仁科加速器研究センター[2]，ユバスキュラ大学[3]
○大橋 雅也[1]，松井 大樹[1]，齊藤 洸介[1]，加藤弘太郎[1]，Volker Sonnenschein[1,2]，
富田 英生[1,2]，新家俊輝[1]，西澤 典彦[1]，寺林 稜平[1]，加藤 修介[1]，鈴木颯[1]，井口 哲夫[1]，
Mikael Reponen[3]，園田哲[2]，和田道治[2]
Nagoya Univ.[1], Riken Nishina Center[2], Univ. of Jyvaskyla[3], ○Masaya Oohashi[1], Daiki Matsui[1], Kosuke Saito[1], Kotaro Kato[1], Volker Sonnenschein[1,2], Hideki Tomita[1,2], Toshiki Niinomi[1], Norihiko Nishizawa[1], Ryohei Terabayashi[1], Shusuke Kato[1], Sou Suzuki[1], Tetsuo Iguchi[1], Mikael Reponen[3], Tetsu Sonoda[2], Michiharu Wada[2]
E-mail: oohashi.masaya@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに　レーザー共鳴イオン化とは、元素ごとに異なる固有のエネルギー準位に相当する波長のレーザーを照射することにより対象元素を選択的に共鳴励起・イオン化する手法であり、微量な放射性核種の分光・分析に応用されている。特に、波長可変で狭帯域である注入同期型チタンサファイアレーザーを用いることで、同位体シフトや超微細構造が区別可能な高分解能レーザー共鳴イオン化分光が実現[1]できるが、そのためには発振周波数を数 MHz 以下の不確かさで測定することが求められる。そこで、高い周波数安定性を有する光周波数コムを用いて注入同期型チタンサファイアレーザーの発振周波数を測定する体系を構築し、従来のファブリペロー干渉計（FPI）を用いた周波数測定法との比較を行った。

2. 安定 Zr 同位体の高分解能レーザー共鳴イオン化分光実験　実験体系を Fig.1 に示す。Zr には５つの安定同位体（$^{90, 91, 92, 94, 96}$Zr）があり、^{91}Zr（核スピン 5/2+）は、そのエネルギー準位が超微細分裂している。Zr フィラメントを抵抗加熱して Zr を原子化し、Zr 励起用レーザーである注入同期型チタンサファイアレーザー（1 段目 389.14 nm）とイオン化用レーザーであるグレーティング型チタンサファイアレーザー（2 段目 362.20 nm）を空間的・時間的に同期させて照射した。レーザー（励起用 Nd:YAG レーザー）の繰り返し率は 3 kHz とした。生成された Zr イオンをイオン光学系にて加速し、飛行時間測定により質量分離を行った。注入同期型チタンサファイアレーザーのマスターレーザーである外部共振器型半導体レーザー（ECDL）の出力を分岐させ、FPI にて周波数安定化 He-Ne レーザーと同時に測定することで周波数較正を行った。Fig.2 に測定された ^{91}Zr の高分解能レーザー共鳴イオン化分光スペクトルを示す。超微細構造の分裂ピークを約 200 MHz の分解能で測定できた。また、光通信用ファイバーにて伝送された fs ファイバーベース光周波数コムの出力を Er ドープ光ファイバー増幅器（EDFA）にて増幅し、非線形光学結晶を用いて第二高調波（SHG）を生成して ECDL とのビート信号を測定する体系を構築した。Zr 共鳴イオン化分光における光周波数コムを用いた周波数較正について、実験データの解析を進めており、FPI による較正との比較について発表する予定である。

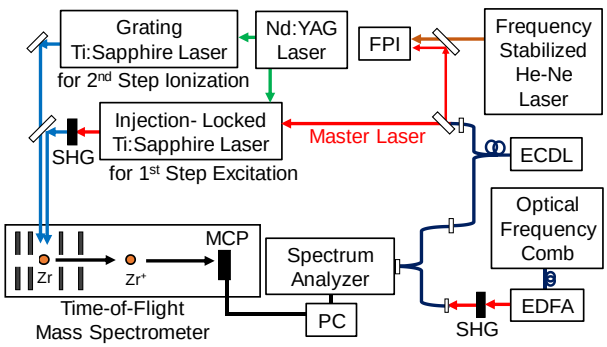


Fig.1 Experimental setup

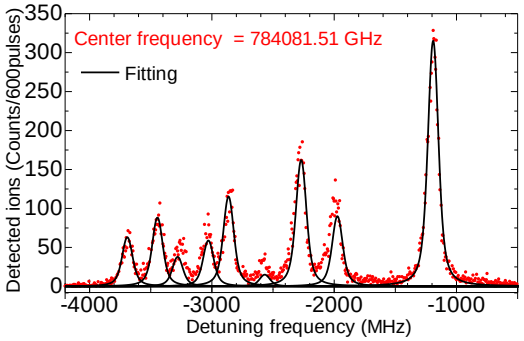


Fig.2 High resolution resonance ionization spectrum of ^{91}Zr

参考文献[1] V. Sonnenschein *et al.*, Laser Physics, (*accepted*).

謝辞　本研究の一部は、JSPS 科研費 基盤(C)26420868 の助成を受けて実施されました

© 2017年 応用物理学会