

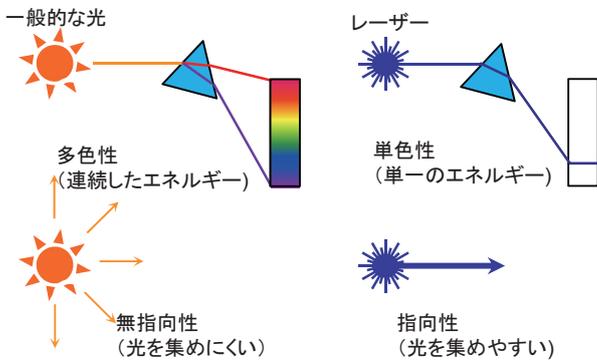
共鳴イオン化のための チタンサファイアレーザーの開発

量子工学専攻 量子ビーム計測工学研究グループ
井口哲夫、富田英生、河原林順

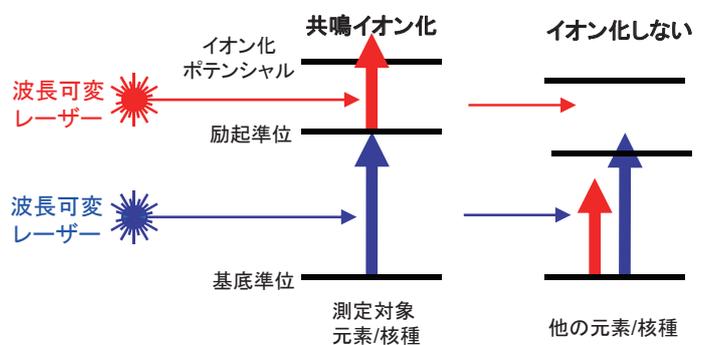
研究開発の概要

レーザー共鳴イオン化は、元素固有の(原子の)エネルギー準位間に相当する波長を持つレーザー光を測定対象元素の原子に照射することにより、共鳴励起・イオン化を行うものである。特に、エネルギー準位における同位体シフトおよび超微細分裂を区別できるほどレーザーの発振線幅が十分に狭い(狭帯域である)場合には、特定の核種(同位体)を選択的にイオン化することも可能である。多元素/核種が含まれる試料中から特定の元素/核種の原子を選択的にイオン化できるため、試料の前処理プロセスを低減でき、微量元素/核種の分光・分析への応用が期待されている。

レーザーの特徴



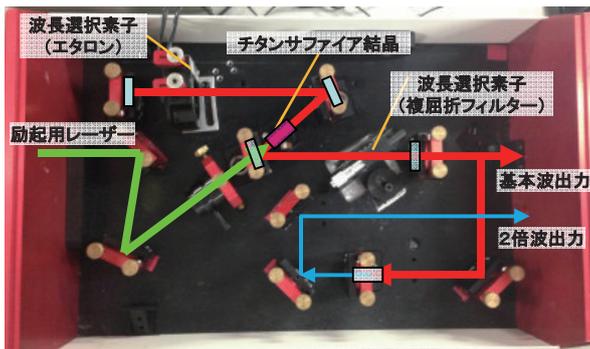
レーザー共鳴イオン化の原理



新規性・独創性

- ・共鳴イオン化に最適な**波長可変全固体パルスレーザー光源(高繰り返し率nsチタンサファイアレーザー)**を開発 ※
- ・同位体選択的共鳴イオン化のための狭帯域**注入同期チタンサファイアレーザー**を開発 ※

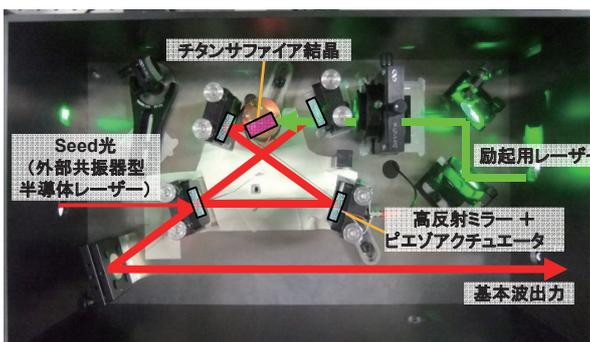
(広帯域)nsチタンサファイアレーザー



- ・高繰り返し率: 最大10 kHz
- ・発振波長:
670~950 nm (基本波)
335~475 nm (2倍波)
223~317 nm (3倍波)
- ・発振線幅:
数GHz (広帯域)
約20 MHz (注入同期)

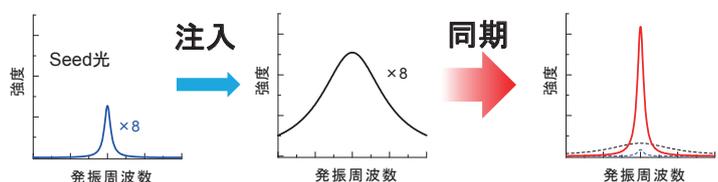
※Mainz大(ドイツ)
K. Wendt教授グループ
との共同研究の成果

注入同期チタンサファイアレーザー



注入同期による狭帯域化の原理

- | 外部共振器型半導体レーザー | nsチタンサファイアレーザー | 注入同期チタンサファイアレーザー |
|---------------|----------------|------------------|
| ・狭帯域 | ・広帯域 | ・狭帯域 |
| ・低出力 | ・高出力 | ・高出力 |



元素 / 同位体選択的共鳴イオン化とその応用

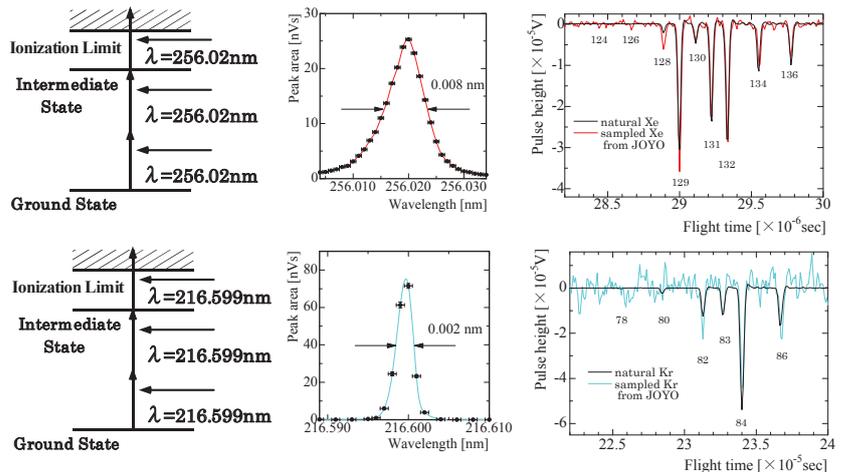
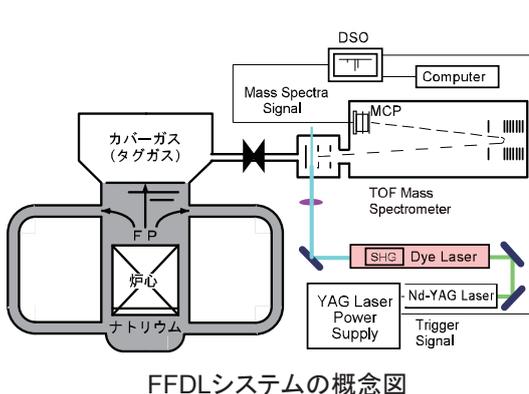
量子工学専攻 量子ビーム計測工学研究グループ

井口哲夫、富田英生、河原林順

応用例とその効果

同位体分析への応用

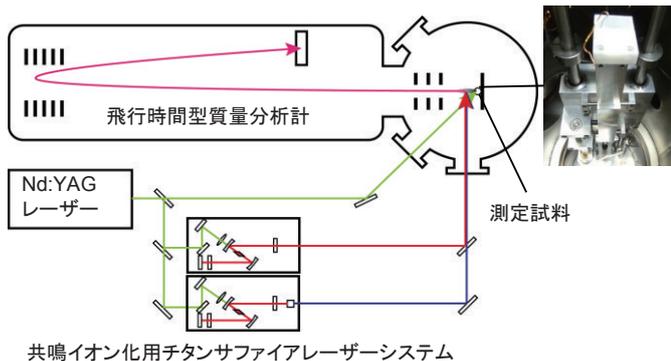
一例として、共鳴イオン化質量分析法 (Resonance Ionization Mass Spectrometry : RIMS) を用いた高速炉の破損燃料検出・位置決めシステム (Failed Fuel Detection and Location : FFDL) を示す。高速実験炉「常陽」から採取されたカバーガス試料中に人工的に放出されたXeおよびKrの検出及び同位体比分析実験を通じて、実機への適用可能性を実証した。



環境試料中核物質分析

原子力の平和利用を保つため、環境中に漏洩した微粒子 (粒径1μm未満) に含まれる核物質 (ウラン、プルトニウム) の分析にRIMSを適用する手法を提案している。試料の原子化にレーザーアブレーションを使用することで、試料選択を容易にし、測定迅速化・効率化を目指している。

高真空中試料XYステージ



色素レーザー
(繰り返し率 10 Hz)

飛行時間型質量分析計

2倍波・3倍波
発生ユニット

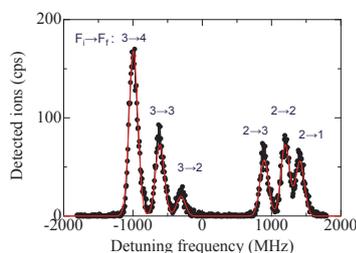
注入同期
チタンサファイア
レーザー
+ 外部共振器型
半導体レーザー

nsチタンサファイア
レーザー

短半減期放射性核種の分光分析

狭帯域注入同期チタンサファイアレーザーを用いて短半減期放射性核種を共鳴イオン化することで、その分光スペクトルより核種の荷電半径の測定や、微量分析が可能となる。これまでに、安定同位体 (^{26}Al) と放射性同位体 (^{226}Ac) の高分解能共鳴イオン化分光を実証しており、ガスセルと共鳴イオン化によるパラサイト低速RIB生成機構とレーザー分光法の開発や、 $^{93\text{m}}\text{Nb}$ 微量分析などへの応用展開を進めている (理化学研究所との共同研究)。

^{26}Al stable



^{226}Ac ^{89}Ac
3/2- 21.773 y
 β^- 98.620%
 α 1.380%

