

広帯域波長可変チタンサファイアレーザーを用いた アクチノイド元素の共鳴イオン化スキーム開発

Resonance Ionization Scheme Development for Actinide Elements
using an Automated Wide-Range Tunable Ti:Sapphire Laser System

*富田英生^{1,2}, 齊藤洗介¹, 中村敦¹, 松井大樹¹, Volker Sonnenschein^{1,2}, 加藤弘太郎¹, 鈴木颯¹,
Klaus Wendt³, Ilkka Pohjalainen⁴, Annika Voss⁴, Iain Moore⁴, 森田真人⁵, 坂本哲夫⁵, 井口哲夫¹

¹名古屋大学大学院工学研究科, ²理化学研究所,

³ヨハネスグーテンベルグ大, ⁴ユバスキュラ大, ⁵工学院大

共鳴イオン化に基づく微量放射性核種分光・分析を念頭に、広帯域波長可変チタンサファイアレーザーを開発し、アクチノイド元素に対する2色共鳴イオン化スキームの開発を行った。

キーワード: 共鳴イオン化、放射能分析、アクチノイド、質量分析、マイクロイメージング

1. 緒言 単原子のエネルギー準位において2つの準位間の差に相当する波長（共鳴波長）を持ったレーザーを単原子に照射すると、共鳴的に対象原子のみを励起させ、元素選択的なイオン化を行うことができる。このレーザー共鳴イオン化により、特定の元素のイオンを取り出すことができるため、集束イオンビームと組み合わせた微小領域の放射性核種イメージングや、加速器によって生成される短半減期放射性核種の低速イオンビーム（RI ビーム）源、および、そのレーザー分光などに利用される。アクチノイド元素（Th, U, Pu など）のエネルギー準位は密集しており、真空中で原子化した場合には、3台のチタンサファイアレーザーを用いた最適なイオン化スキーム（3色スキーム）が知られている。一方、放射性核種の分析などの用途では、効率が比較的高いのであれば、より簡便な装置構成となる2色スキームが有用である。また、イオンビームで生成される2次中性原子やRI ビーム源で用いられる低圧ガス内で生成された原子に対する、既存のイオン化スキームの適用性を明らかにする必要がある。そこで、本研究では、回折格子を用いた広帯域な波長可変チタンサファイアレーザーを開発し、アクチノイド元素の2色共鳴イオン化スキームについて検討を行った。

2. アクチノイド元素の2色共鳴イオン化スキームの探索

標準型チタンサファイアレーザーと回折格子型チタンサファイアレーザーの第二高調波を用いた2色共鳴イオン化スキームの探索を行った。Th に対しては、Th 含有の硝酸溶液（ICP 用標準溶液）を滴下したフィラメントや酸化トリウム含有 W ワイヤを用いた抵抗加熱原子源にて真空中で Th 原子を生成し、2色のレーザーを照射することで共鳴イオン化させ、飛行時間型質量分析計により質量毎にイオン計数を行った。基底準位からの共鳴励起用レーザーの波長を 372.05 nm に固定し、回折格子型レーザーを 380-430 nm の範囲でスキャンすることにより、複数の共鳴を確認した（図1 参照）。2段目が 401.03 nm となる2色共鳴イオン化スキームの効率は、3色スキームと比較し、約 1/3 であると見積もられ、放射性核種の分析への適用可能性が示された。また、ユバスキュラ大での実験をもとに、低圧ガス内で生成された Pu 原子に対する2色共鳴イオン化スキームの検討を行った。

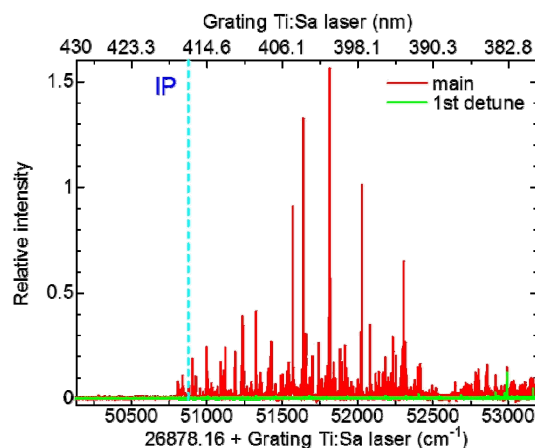


図1 Th イオン化ポテンシャル(IP)近傍の共鳴

謝辞 本研究は JSPS 科研費 基盤(C)26420868、科学技術振興機構 研究成果展開事業（先端計測分析技術・機器開発プログラム）の助成を受けて実施されました。

H. Tomita^{1,2}, K. Saito¹, A. Nakamura¹, D. Matsui¹, V. Sonnenschein^{1,2}, K. Kato¹, S. Suzuki¹, K. Wendt³, I. Pohjalainen⁴, A. Voss⁴, I. Moore⁴, M. Morita⁵, T. Sakamoto⁵, and T. Iguchi¹

(1.Nagoya Univ., 2.RIKEN Nishina Center, 3.Johannes Gutenberg-University Mainz, Germany, 4.University of Jyväskylä, Finland, 5.Kogakuin Univ.)