

Entwicklung einer kompakten Apparatur zur Ultra-Spurenanalyse von Plutonium mit cw-Diodenlasern und einem Quadrupol-Massenspektrometer

J. Lassen¹, P. Kunz¹, G. Huber¹, J.V. Kratz², G. Passler¹, N. Trautmann², K. Wendt¹
¹Institut für Physik, ²Institut für Kernchemie, Universität Mainz

Im Rahmen eines durch die „Stiftung Innovation des Landes Rheinland Pfalz“ geförderten Projektes wird eine kompakte Apparatur für den isotopenselektiven Ultra-Spurenachweis von Plutonium und anderen Transuranelementen entwickelt. Sie beruht auf dem Prinzip der Resonanzionisations-Massenspektrometrie (RIMS), die als Methode in unserer Arbeitsgruppe seit längerem eingesetzt wird [1]. Um das Verfahren effizienter, kompakter und kostengünstiger zu gestalten, werden anstelle der bisher verwendeten gepulsten Lasersysteme [1,2] cw-Diodenlaser in Kombination mit einem Quadrupol-Massenspektrometer eingesetzt.

Neben einer Optimierung der Vakuumapparatur wurde eine neu aufgebaute Atomstrahlquelle zur Erzeugung eines kollimierten Plutonium-Atomstrahls getestet. Die Plutoniumprobe wird in einen Tantalofen eingebracht, der über ein Wolframfilament elektrisch geheizt wird. Das Plutonium wird dafür auf eine Titanfolie von 2 µm Dicke elektrolytisch abgeschieden und in dieser Form - ohne nachfolgendes Sputtern - in den Atomofen eingebracht.

Für die Resonanzionisation des Plutoniums wurden mit dem vorhandenen Titan-Saphir Lasersystem [2] mehrere Anregungsschemata gefunden, die auch für Diodenlaser geeignet sind.

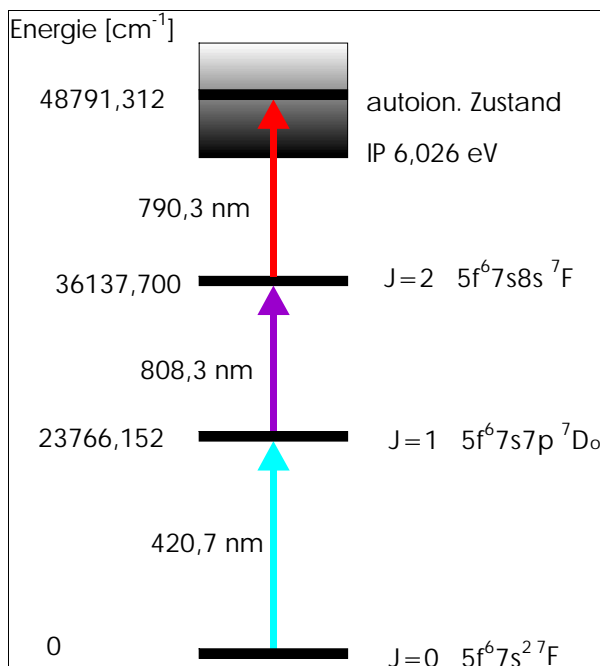


Abb. 1: Optimiertes Anregungsschema zur Resonanzionisation von ^{240}Pu mit Diodenlasern.

Für das in Abbildung 1 gezeigte Anregungsschema sind leistungsstarke Laserdioden verfügbar. Damit wurde die Isotopieverschiebung für die einzelnen

Anregungsschritte (Tab. 1) gemessen. Für den 1. und 2. Schritt konnte gezeigt werden, dass eine Anregung mit cw-Diodenlasern möglich ist. Abb. 2 zeigt die Laserscans über die Resonanzlinie $\lambda_1 = 420,7 \text{ nm}$ von ^{239}Pu mit einem Ti:Sa und einem Diodenlaser. Man erkennt, dass die Linien, die mit dem Diodenlaser gemessen wurden, ca. zwanzigfach schmäler sind als das Signal, das mit dem Ti:Sa-Laser beobachtet wird. Dadurch kann zum einen die Hyperfeinstruktur von ^{239}Pu aufgelöst werden, zum anderen wird optische Isotopenselektivität erreicht.

Tab. 1: Resonanzenergien der verschiedenen Pu-Isotope für das in Abb. 1 gezeigte Anregungsschema

	^{239}Pu	^{240}Pu	^{244}Pu
E_1 [cm ⁻¹]	23766,273(4)	23766,152(4)	23765,770(6)
E_2 [cm ⁻¹]	12371,520(2)	12371,548(3)	12371,670(3)
E_3 [cm ⁻¹]	12653,567(3)	12653,612(4)	12653,739(4)

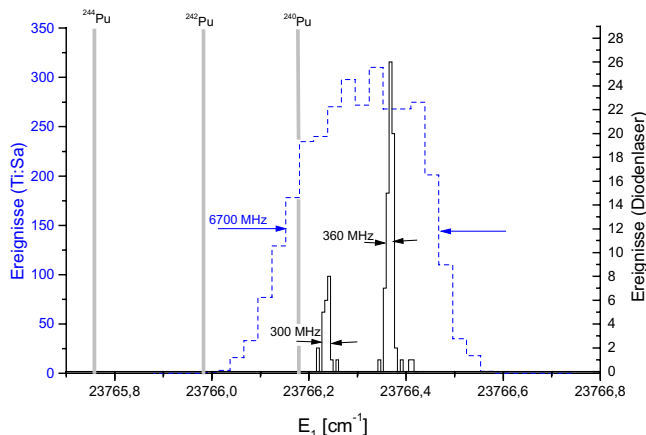


Abb. 2: Resonanzlinie $\lambda_1 = 420,7 \text{ nm}$ von ^{239}Pu . Bei Anregung mit dem Diodenlaser (durchgezogene Linie) kann die Hyperfeinstruktur aufgelöst werden, mit den Ti:Sa-Laser (gestrichelte Linie) nicht. Die Linienlagen der anderen Pu-Isotope sind markiert.

Literatur:

- [1] G. Passler et al., Kerntechnik **62**, 85 (1997)
- [2] C. Grüning et al., Proc. of the 9th Int. Symp. on Resonance Ionization Spectroscopy: New Directions and Applications, AIP Conf. Proc. **454**, 285 (1998)