

Entwicklung und Aufbau einer Apparatur zum Spurennachweis von Plutonium mittels Resonanzionisations-Massenspektrometrie

J. Lassen¹, P. Kunz¹, Ch. Becker¹, G. Huber¹, G. Passler¹, N. Trautmann²

¹Institut für Physik und ²Institut für Kernchemie, Universität Mainz

Die Entwicklung und der Einsatz optischer Methoden zum Spurennachweis von radio-toxischen Elementen in Umweltproben werden seit längerer Zeit in einer Zusammenarbeit des Institutes für Physik und des Institutes für Kernchemie durchgeführt. In diesem Rahmen soll eine kompakte, benutzerfreundliche Apparatur zur Resonanzionisations-Massenspektrometrie an Plutonium und anderen Transuranen aufgebaut werden, die einen Einsatz auch in nicht laserspektroskopisch spezialisierten Labors erlaubt. Dazu wurde ein hochauflösendes Quadrupolmassenspektrometer (QMS) beschafft, in Betrieb genommen und dessen Eigenschaften untersucht.

Die Ionen für das dynamische Massenspektrometer werden in der Wechselwirkung zwischen einem Atomstrahl und dem Laserlicht erzeugt. Das Quadrupolmassenspektrometer dient zur weiteren Selektion der erzeugten Ionen nach ihrem e/m -Verhältnis und stellt so die Isotopenselektivität der Methode sicher. Abb. 1 zeigt den schematischen Aufbau der Apparatur zur Resonanzionisations-Massenspektrometrie (RIMS). Ähnliche Apparaturen wurden bereits für die Ultra-Spurenanalyse von Sr- und Ca-Isotopen entwickelt und erfolgreich eingesetzt [1, 2].

In einem ersten Schritt wurde zur Erzeugung des Atomstrahles die Filamenttechnik benutzt, die sich in dem bisher verwendeten, gepulst betriebenen Lasersystem mit einem Time-of-Flight-Massenspektrometer (TOF) bewährt hat. Zum Test des Massenspektrometers wurden zunächst die vorhandenen gepulsten Farbstoff- und Ti:Saphir-Lasersysteme eingesetzt. Gepulste Lasersysteme sind für die TOF-Spektrometrie gut geeignet, allerdings stehen – selbst bei hochrepetierenden Lasersystemen (ca. 10 kHz) – der hohen Ionisationsrate im Puls die Verluste durch ein Tastverhältnis von ca. 10^{-5} gegenüber. Daher ist es in Verbindung mit einem QMS durchaus möglich, auch mit leistungsschwächeren Dauerstrichlasern vergleichbare Nachweisempfindlichkeiten zu erzielen.

Die Testmessungen mit den gepulsten Lasersystemen an Uran und Gadolinium zeigten, dass die Effizienz des Nachweises – wegen des großen Abstands zwischen Filament und Ionisationsregion – deutlich hinter der Nachweiseffizienz der vorhandenen, hochempfindlichen TOF-Apparatur [3] zurück bleibt. Im Hinblick auf den geplanten Einsatz von – im Vergleich zu den gepulsten Farbstofflasern – extrem schmalbandigen

Diodenlasern ist es deshalb notwendig, statt der Filamenttechnik eine Atomstrahlquelle mit einer Strahldivergenz von $< 10^\circ$ einzusetzen. Auf diese Weise werden die Verluste durch den Abstand der Quelle zur Wechselwirkungsregion minimiert, und die stark reduzierte Dopplerverbreiterung erlaubt einen wesentlich höheren spektralen Überlapp mit den schmalbandigen Dauerstrich-Lasern. Eine solche kollimierte Atomstrahlquelle befindet sich im Aufbau.

Zur gezielten Anregung des mehrstufigen, resonanten Ionisationsprozesses müssen die Wellenlängen der Dauerstrich-Diodenlaser exakt eingestellt und während der Messung auf ca. 200 MHz genau stabilisiert werden. Die dazu durchgeführten Entwicklungsarbeiten werden in einem weiteren Beitrag beschrieben [4].

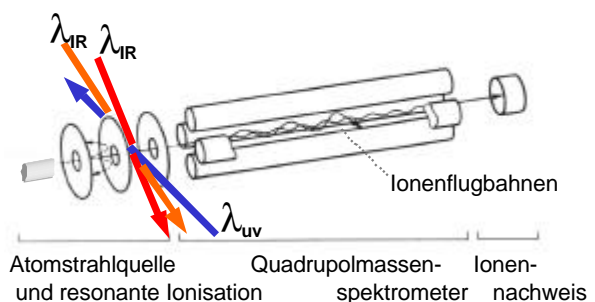


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Resonanzionisations-Massenspektrometers

- [1] B. Bushaw et al., in Proc. of the 9th Int. Symp. on Resonance Ionization Spectroscopy, AIP Conf. Proc. 454 (1998) 171 und 275
- [2] P. Müller et al., in Proc. of the 9th Int. Symp. on Resonance Ionization Spectroscopy, AIP Conf. Proc. 454 (1998) 73
- [3] C. Grüning et. al., dieser Jahresbericht, Beitrag C7
- [4] Ch. Becker et. al., dieser Jahresbericht, Beitrag C4