

Stabilisierung eines Diodenlasers zur Resonanzionisations-Massenspektrometrie an Plutonium

C. Becker¹, G. Huber¹, P. Kunz¹, J. Lassen¹, G. Passler¹, N. Trautmann²
¹Institut für Physik, ²Institut für Kernchemie, Universität Mainz

Zur Zeit wird eine kompakte Apparatur zum isotopelektiven Spurennachweis von Plutonium mittels Resonanzionisations-Massenspektrometrie (RIMS) entwickelt [1]. Die Anregungswellenlängen zur mehrstufigen Resonanzionisation sollen mit Dauerstrich-Laserdioden erzeugt werden und müssen mit einer Genauigkeit von wenigen 100 MHz reproduzierbar und stabil eingestellt werden können.

Als absolute Wellenlängenreferenz wird die Absorptionsspektroskopie an einer Iod-Dampfzelle eingesetzt. Molekulares Iod hat zahlreiche Absorptionslinien im Frequenzbereich 11000 bis 20000 cm^{-1} , deren absolute Lagen in [2] tabelliert sind. Die Linien haben eine Breite von ca. 800 MHz und einen mittleren Abstand von 4-8 GHz.

Zusätzlich wird ein Marker-Etalon (mit festem Spiegelabstand) als Referenz für die relative Laserbewegung eingesetzt.

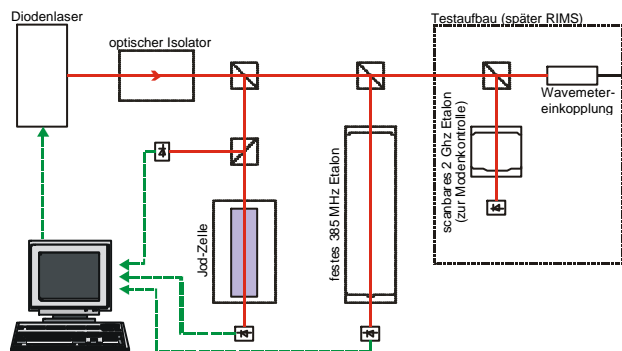


Abb1: Experimenteller Aufbau zur Stabilisierung eines Diodenlasers

Abb. 1 zeigt den Aufbau zur Stabilisierung des Diodenlasers. Das Lasersystem wird über einen Computer angesteuert. Ein optischer Isolator verhindert störende Rückreflexionen des Laserstrahls in die Laserdiode.

Der Strahl wird dann aufgeteilt und durch die Referenzelemente geleitet. Am ersten Teilstrahl wird die Laserleistung direkt aufgenommen. Der zweite Teilstrahl durchläuft eine beheizte Iodzelle (bei $T \sim 50^\circ\text{C}$) und der dritte Strahl wird durch ein Etalon geleitet. Der Rest des Hauptstrahls steht für das spätere RIMS-Experiment zur Verfügung.

Die abgezweigten Teilstrahlen aus Iodzelle, Etalon und Laser werden mit Photodioden aufgenommen und die Signale vom Messrechner überwacht. Da die Laserleistung beim Durchstimmen der Laserfrequenz schwankt, werden die Jod- und Etalontransmissionssignale auf die Laserleistung normiert. Am Rechner wurde ein Steuerungsprogramm entwickelt, über das es möglich ist, die Laserfrequenz auf die

Mitte oder die Flanke von Iodlinien zu stabilisieren. Diese Regelung erreicht eine Genauigkeit von 20 MHz um den Stabilisierungspunkt.

Versucht man, beliebige Frequenzen durch Interpolation in den Bereichen zwischen den Iodlinien anzusteuern, dann sinkt die Genauigkeit mit steigendem Abstand von der Referenzlinie. Im Abstand von 4 GHz neben einer Iodlinie beträgt die Genauigkeit ca. 300 MHz. Als beschränkender Faktor wurden Hysterese-Effekte in der Größe von 10% bei den Piezo-Stellelementen im Lasersystem ermittelt.

Da sich diese Effekte nicht ohne größere Eingriffe in das Lasersystem beheben lassen, wird als Referenz für die relative Laserbewegung die Transmission durch ein Etalon mit festem Spiegelabstand gemessen. Als Etalon dient die TEM_{00} -Mode im Resonator eines HeNe-Lasers. Beim Durchstimmen des Diodenlasers lassen sich scharfe Transmissionsmaxima in festen Frequenzabständen von 385 MHz beobachten, die als Abstandsmarkierungen auf der Frequenzachse dienen (siehe Abb. 2).

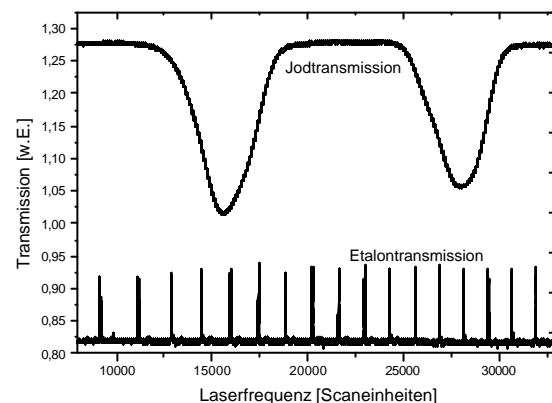


Abb.2: Transmissionssignale von I₂-Zelle und Etalon

Um eine beliebige Frequenz anzusteuern, wird nun zuerst anhand einer Iodlinie die absolute Frequenz bestimmt und dann ein beliebiger Offset mit Hilfe der Etalontransmissionen als Abstandsmarkern eingestellt. Da der Abstand der Etalonlinien mit 385 MHz sehr viel kleiner ist als der Abstand der Iodlinien, ist die Interpolation (zwischen den Etalonlinien) mit einem wesentlich geringeren Fehler behaftet.

Durch eine automatisierte periodische Kontrolle der Position der Etalonlinien und Iodabsorptionen kann die Laserfrequenz überprüft und nachgeregelt werden.

Literatur

- [1] J. Lassen et al., dieser Jahresbericht
- [2] S. Gerstenkorn and P. Luc, Atlas du spectre d'absorption de la molécule d'iode, Editions du CNRS (1978)