

MEDIDA DO TEMPO DE VIDA DO NÍVEL 7M_7 DO URÂNIO VIA ESPECTROSCOPIA OPTOGALVÂNICA DE DOIS FÓTONS

José W. Neri, Marcelo G. Destro, Nicolau A. S. Rodrigues,
Carlos Schwab, Armando Mirage[†] e Lin Fucheng[‡]

Instituto de Estudos Avançados - CTA, São José dos Campos, SP

[†]Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - CNEN, São Paulo, SP

[‡]Shanghai Institute of Optics & Fine Mechanics - Academia Sinica - China

RESUMO

A espectroscopia optogalvânica pode ser usada para fornecer informações diretas muito úteis na identificação de níveis de altas energias, medidas de deslocamento isotópico, estruturas finas e hiperfinas, etc., porém devem-se tomar cuidados especiais na utilização de seus resultados para se determinar a forma e a largura de linha das transições envolvidas. Neste trabalho utilizamos e descrevemos a técnica de espectroscopia optogalvânica de dois fótons para medir o tempo de vida do primeiro nível excitado do urânio. Para tal, são realizadas medidas do atraso entre os pulsos dos lasers utilizados em função da corrente de operação da lâmpada de cátodo oco de urânio. Além disso, apresentamos e discutimos os resultados preliminares obtidos para o nível excitado 7M_7 do urânio, usando esta técnica

TEORIA

Neste trabalho mede-se o sinal optogalvânico em função do atraso entre os pulsos dos lasers, usados para produzir uma excitação seqüencial de dois fótons, como mostrado na Figura 1, para obter o tempo de vida espontâneo do primeiro estado excitado [1-3].

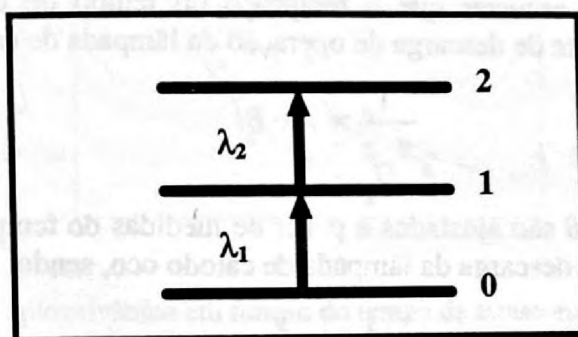


Figura 1: Diagrama de níveis excitados seqüencialmente.

Considerou-se apenas os pontos relevantes que influenciam o tempo de vida efetivo, τ_{esp} , do primeiro nível excitado. Assim, a equação de taxa pode ser expressa por [4-5]:

$$\frac{dn_1}{dt} = -W\Delta N - \frac{n_1}{\tau_{esp}} - \langle\sigma v\rangle_{Ar} n_{Ar} n_1 - \langle\sigma v\rangle_e n_e n_1 \quad (1)$$

onde, $\Delta N = n_0 - n_1$.

- Primeiro termo: Excitação Estimulada.
- Segundo termo: Decaimento Espontâneo.
- Terceiro termo: Decaimento Colisional devido a Urânio e Argônio.
- Quarto termo: Decaimento colisional devido a eletrons da descarga.

assim, o tempo efetivo, τ_{ef} , pode ser expresso por:

$$\frac{1}{\tau_{ef}} = \frac{1}{\tau_{esp}} + \langle \sigma v \rangle_{Ar} n_{Ar} + \langle \sigma v \rangle_e n_e \quad (2)$$

A taxa de decaimento colisional devido a pressão do gás tampão é dada por [5]:

$$\frac{1}{\tau_{cAr}} = \langle \sigma v \rangle_{Ar} n_{Ar} = \frac{16\pi^{1/2} a^2}{(MkT)^{1/2}} P \quad (3)$$

Como o efeito optogalvânico ocorre na região de descarga "glow", e, supondo a densidade de elétrons [5], dada por:

$$n_e = \frac{J}{ev_{deriva}} \quad (4)$$

e $\langle \sigma v \rangle_e = cte$ temos que o campo elétrico e a velocidade de deriva (v_{deriva}) são praticamente independentes da corrente. Resulta, assim, que a densidade de elétrons, n_e , é proporcional a densidade de corrente da descarga. Portanto, pode-se escrever o terceiro termo da Eq.(3) como segue:

$$\frac{1}{\tau_{cne}} = \langle \sigma v \rangle_e \frac{J}{ev_{deriva}} = \frac{\langle \sigma v \rangle_e}{Aev_{deriva}} I \quad (5)$$

Desta maneira, pode-se escrever que o recíproco do tempo de decaimento efetivo varia linearmente com a corrente de descarga de operação da lâmpada de catodo oco, isto é:

$$\frac{1}{\tau_{ef}} = A + BI \quad (6)$$

onde os parâmetros A e B são ajustados a partir de medidas do tempo efetivo de decaimento em função da corrente de descarga da lâmpada de catodo oco, sendo:

$$A = \frac{1}{\tau_{esp}} + \frac{1}{\tau_{cAr}} \quad (7)$$

RESULTADOS

O arranjo experimental utilizado está mostrado na Figura 2. Realizaram-se medidas do tempo de decaimento efetivo do primeiro nível excitado (transição M_7 do urânio) para quatro correntes de operação da lâmpada de catodo oco.

As Figuras 3 – 5 resumem os resultados preliminares obtidos. Como supõe-se que a pressão do gás tampão de argônio seja de 2,6 Torr e desde que para medir o tempo de decaimento espontâneo deve-se eliminar os efeitos de colisão com os elétrons da descarga, através da redução da corrente, é razoável supor que neste limite ($I \rightarrow 0$) a temperatura do gás tampão seja a do ambiente (300 K). Desta maneira, usando as Eqs. (3) e (7) obtêm-se os valores de 146,4 ns para o tempo de decaimento colisional e o valor de 35,7 ns para o tempo de vida espontâneo da transição. Este valor de 35,7 ns possui uma discrepância muito grande com o valor encontrado na literatura [6-7] para o nível excitado 7M_7 do urânio ($\tau_{esp} = 205$ ns). Por outro lado, esta discrepância pode ser justificada se observarmos a dependência do

parâmetro A em relação a pressão do gás tampão, ver Figura 5. Nestas medidas preliminares foram medidos poucos pontos e estas ainda apresentaram um erro experimental da ordem de 15%. A lâmpada utilizada foi construída em 1992 e o seu padrão de descarga indica que a mesma está no final de sua vida útil de operação. Assim é de se esperar que a pressão não seja mais 2,6 Torr e o valor indicado na Figura 5 de 9,2 Torr não nos parece muito fora da realidade.

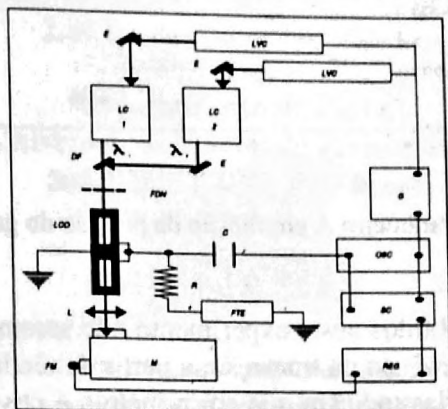


Figura 2: Arranjo experimental utilizado.

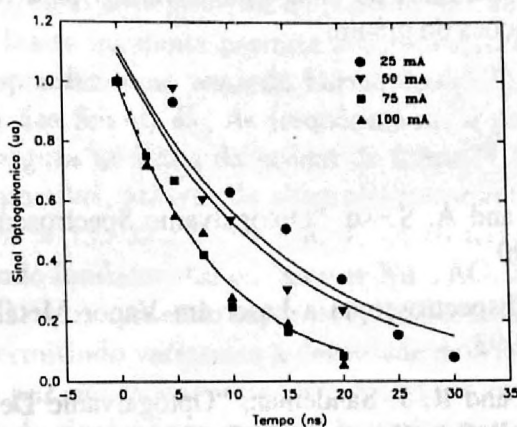


Figura 3: Sinal optogalvânico em função do tempo de atraso entre os pulsos dos lasers.

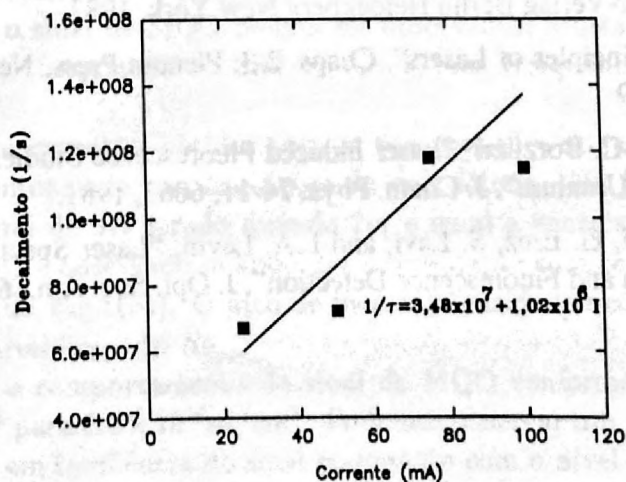


Figura 4: Tempo de decaimento efetivo em função da corrente da lâmpada de catodo oco.

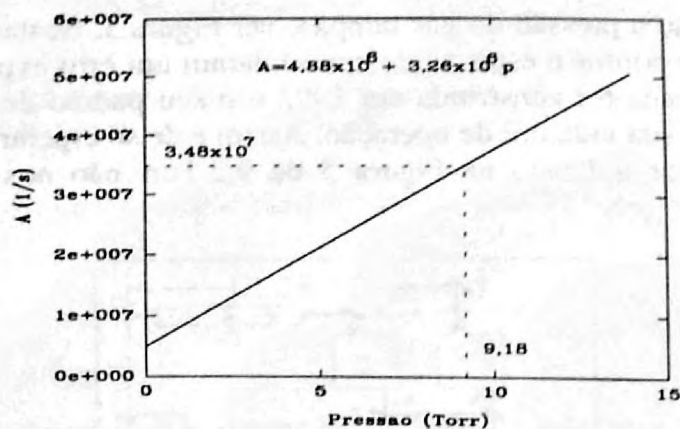


Figura 5: Parâmetro A em função da pressão do gás tampão.

CONCLUSÃO

Apesar dos resultados obtidos neste experimento não serem conclusivos, para a medida do tempo de decaimento espontâneo da transição, a partir da medida do atraso entre os pulsos de excitação de dois fótons, elas indicam que em princípio é possível utilizar esta técnica de medida. A próxima etapa deste trabalho é a construção de novas lâmpadas de cátodo oco, para as quais se possa controlar a pressão do gás tampão, e repetir as medidas realizadas neste trabalho, além de realizar medidas do sinal optogalvânico para diferentes pressões do gás tampão e para outras transições do urânio.

REFERÊNCIAS

- [1] Barbieri, N. Beverini, and A. Sasso, "Optogalvanic Spectroscopy", *Reviews of Modern Physics*, **12-3**, 603, 1990
- [2] Marcelo G. Destro, "Espectroscopia a Laser em Vapor Metálico de Urânio", Tese de Doutorado, ITA - 1993.
- [3] Bachor, P. J. Manson, and R. J. Sandeman, "Optogalvanic Detection as a Quantitative Method in Spectroscopy", *Opt. Commun.* **43-5**, 337, 1982
- [4] Wolfgang Demtröder, "Laser Spectroscopy - Basic Concepts and Instrumentation", Chap.2, 6, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1982.
- [5] Orazio Svelto, "Principles of Lasers", Chaps. 2-3, Plenum Press, New York and London, Third Edition, 1989
- [6] Hao-Lin Chen and C. Borzileri, "Laser Induced Fluorescence Studies of U_{II} Produced by Photoionization of Uranium", *J. Chem. Phys.* **74-11**, 6063, 1981.
- [7] E. Miron, R. David, G. Erez, S. Lavi, and L.A. Levin, "Laser Spectroscopy of U_{I} Using Stepwise Excitation and Fluorescence Detection", *J. Opt. Soc. Am.*, **69-2**, 256, 1979.