

Detecção Simultânea dos Sinais Optogalvânico e de Fotoionização a Múltiplos Passos para o Urânio

Marcelo G. Destro, José W. Neri, Carlos A. B. da Silveira
Carlos Schwab, Nicolau A. S. Rodrigues
Instituto de Estudos Avançados/CTA - S.J. dos Campos - SP

Armando Mirage
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/CNEN - São Paulo - SP

Desde que seja possível descrever o sinal optogalvânico em função do fluxo de fótons incidentes, é possível, em princípio, determinar a intensidade de saturação da transição envolvida a partir de medidas experimentais do sinal optogalvânico em função do fluxo de fótons incidentes. Contudo, devido a altas densidades de níveis de energia que ocorrem em átomos pesados, tais como o urânio, transições multifotônicas podem facilmente ocorrer e complicar a interpretação dos efeitos de saturação bem como a compreensão dos espectros obtidos. A partir de medidas simultâneas dos sinais optogalvânico e de fotoionização a múltiplos passos mostra-se que ocorre uma transição multifotônica para a transição 5915,39 Å do urânio.

1 Introdução

O método de separação por lasers, dos isótopos de urânio, baseia-se nas diferenças entre as frequências de absorção de radiações eletromagnéticas entre os diferentes isótopos. Estas diferenças são devidas aos deslocamentos dos níveis eletrônicos, causados pelas diferenças nos efeitos de volume e de spin nuclear dos isótopos. Assim, o método de separação a laser exige que se conheça o espectro de absorção do átomo do urânio. Além disso, a concepção deste processo de separação depende muito de dados espectroscópicos e da física de fotonionização do urânio [1].

Desde que seja possível descrever o sinal optogalvânico em função do fluxo de fótons incidentes, é possível, em princípio, determinar a intensidade de saturação da transição envolvida a partir de medidas experimentais do sinal optogalvânico em função do fluxo de fótons incidentes [1, 2]. Para investigar a possibilidade da aplicação da detecção optogalvânica, utilizando-se lâmpadas de cátodo oco de urânio, na determinação da intensidade de saturação de transições é necessário examinar a dependência do sinal optogalvânico em relação ao fluxo de fótons incidentes para várias transições do urânio. Contudo, devido a altas densidades de níveis de energia que ocorrem em átomos pesados, transições multifotônicas podem facilmente ocorrer e complicar a interpretação dos efeitos de saturação bem como a compreensão dos espectros obtidos [3].

A partir de medidas simultâneas dos sinais optogalvânico e de fotoionização a múltiplos passos mostra-se, neste trabalho, que ocorre uma transição multifotônica para a transição 5915,39 Å do urânio.

2 Arranjo Experimental

O arranjo experimental utilizado encontra-se mostrado na Figura 1.

3 Resultados e Discussões

Usando a espectroscopia optogalvânica convencional, primeiro, sintonizaram-se os lasers de corante nas transições ${}^5L_6^o - {}^7M_7$ ($0-16900,39 \text{ cm}^{-1}$) e ${}^7M_7 - {}^7L_6^o$ ($16900,39-33421,07 \text{ cm}^{-1}$), para o isótopo ${}^{238}\text{U}$ [1]. A seguir, sintonizou-se a leitura do espectrômetro de massa sobre a massa 238 u.m.a. e efetuou-se o alinhamento das posições dos feixes de lasers em relação ao eixo da lente eletrostática com o filtro de massa do espectrômetro. A otimização do alinhamento das posições dos feixes foi obtida a partir da maximização do sinal de íons fornecido pela unidade de detecção do espectrômetro.

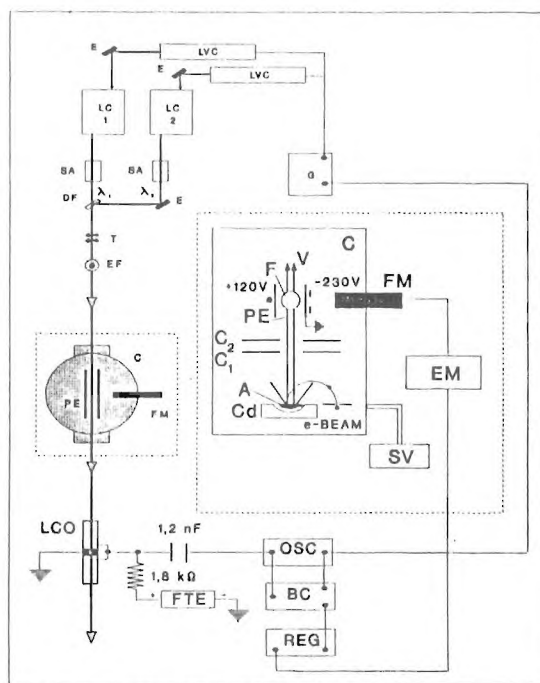


Figura 1: Arranjo experimental utilizado. A = Amostra de urânio metálico; BC = Boxcar; C = Câmara de Vácuo; C₁ e C₂ = Placas colimadoras; Cd = Cadinho; DF = Divisor de Feixes; E = Espelhos; EF = Elevador de Feixe; EM = Espectrometro de Massa; F = Feixes dos Lasers de Corante; FM = Filtro de Massa; FTE = Fonte de Tensão Estabilizada; G = Gerador de Sincronismo e Atraso; LC = Lasers de Corante; LCO = Lâmpada de Cátodo Oco; LVC = Laser de Vapor de Cobre; OSC = Osciloscópio; PE = Placa Extratora; Reg = Registrador; SA = Sistema de Amplificação; SV = Sistema de Vácuo; T = Telescópio; V = Vapor Atômico.

Após otimizar o alinhamento das posições dos feixes em relação ao eixo de detecção do espectrômetro de massa, variou-se [4] o comprimento de onda, λ_1 , do primeiro laser de corante (LC1), mantendo-se o comprimento de onda, λ_2 , do segundo laser fixo (LC2 fixo). Procedendo assim, registraram-se os espectros simultâneos do sinal optogalvânico (SOG) e do sinal de íons de ${}^{238}\text{U}$ indicados pelo espectrômetro de massa. Os espectros obtidos estão mostrados na Figura 2. Como pode ser observado a partir desta figura, a posição de máximo do SOG está deslocada da posição de máximo do sinal de íons produzido no processo de fotoionização. Observou-se, também, que nesta situação o sinal de íons, gerados pelo processo de fotoionização a múltiplos passos, é cerca de 16 vezes maior que o valor anterior, i.e., quando o LC1 está sintonizado resso-

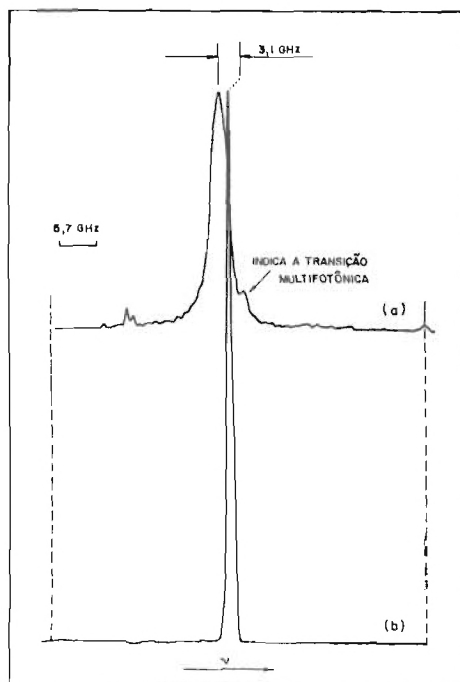


Figura 2: Espectro optogalvânico e de fotoionização do ^{238}U . (a) Sinal optogalvânico; (b) sinal de íons obtidos a partir do espectrômetro de massa.

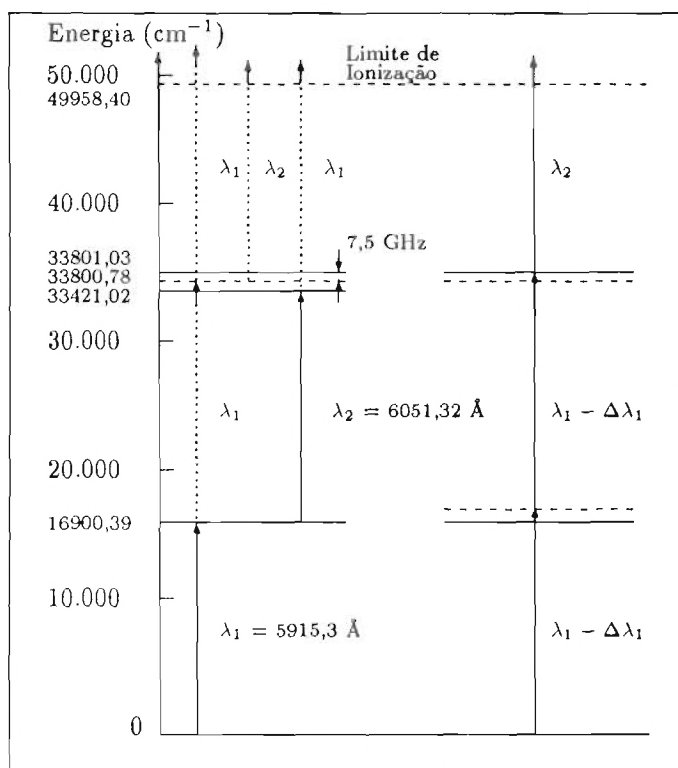


Figura 3: Resumo das seqüências de absorções múltiplas observadas.

nantemente com a transição $0-16900,39 \text{ cm}^{-1}$. Para a situação em que o LC1 está sintonizado ressonantemente com a transição $0-16900,39 \text{ cm}^{-1}$ obteve-se um sinal de íons, a partir do espectrômetro de massa, da ordem de 2,5 mV, enquanto que, para a outra situação obteve-se um sinal da ordem de 40 mV. A partir da Figura 2 obtém-se que a separação entre as posições de máximos do SOG e do sinal de íons é de $3,1 \pm 0,6 \text{ GHz}$ ($0,10 \pm 0,02 \text{ cm}^{-1}$). Observe que o dobro da energia da transição $0-16900,39 \text{ cm}^{-1}$ corresponde a um estado situado em $33800,78 \text{ cm}^{-1}$, o qual está muito próximo do nível $33801,03 \text{ cm}^{-1}$ ($0,25 \text{ cm}^{-1} \sim 7,5 \text{ GHz}$). Assim, quando se efetua a varredura do comprimento de onda do LC1 obtém-se um aumento da eficiência do processo de fotoionização a múltiplos passos, devido a otimização da frequência de ressonância de uma transição de dois fótons [1]. A regra de seleção de uma transição de dois fótons ($\Delta L = 0, \pm 2$) é observada nesta transição, pois tanto o estado fundamental do urânio quanto o estado $33801,03 \text{ cm}^{-1}$ possuem paridades ímpares e, além disso, o momento angular total destes estados é $J = 6$ e $J = 6$ ou 8 , respectivamente [5, 6]¹. As seqüências de absorções múltiplas observadas encontram-se resumidas na Figura 3. Estas observações indicam, por si só, uma grande evidência de que uma transição de dois fótons ocorre quando se usa o comprimento de onda do LC1 sintonizado próximo de 5915 \AA . Pode-se observar, ainda, a partir da Figura 2 (a), que no espectro do SOG aparece, também, uma estrutura que indica este processo multifotônico. Considerando o deslocamento dos espectros devido ao seu registro simultâneo (deslocamento das penas do registrador de múltiplos canais), a estrutura do SOG coincide com a do sinal de íons do processo de fotoionização.

4 Conclusão

Os resultados obtidos comprovam a existência de uma transição de dois fótons para a transição $^5L_6^o - ^7M_7$ ($5915,39 \text{ \AA}$) do urânio. Este resultado explica o fato de que, dependendo da potência utilizada, pode-se não observar o efeito de saturação para esta transição.

Referências

- [1] M.G. Destro, Tese de Doutorado - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 1993.
- [2] A. Mirage, D. Pereira, F.C. Cruz and A. Scalabrin, *Il Nuovo Cimento* **14D-6**, 8, 1992.
- [3] M. Broglia, F. Catoni and P. Zampetti, *J. Opt. Soc. Am. B* **2-4**, 570, 1985.
- [4] M.G. Destro e C.C. Ghizoni, Nota Técnica IEAv - 028/86, Nov. 1986.
- [5] H.L. Chen and C. Borzileri, *J. Chem. Phys.* **74**, 6063, 1981.
- [6] E. Miron, R. David, G. Erez, S. Lavi, and L.A. Levin, *J. Opt. Soc. Am.* **69 - 2**, 256, 1979.

¹O momento angular total do estado situado em $33801,03 \text{ cm}^{-1}$ é obtido a partir da referência [6] que indica os números 6,7 e 8 como possíveis valores de J . Contudo, a partir da regra de seleção de uma transição de dois fótons vê-se que o número 7 não representa um valor para J .