

LASER DE N₂ TE COM PREIONIZAÇÃO POR RADIAÇÃO γ *

I. B. Couceiro, R. A. D. Zanon e C. A. Massone

Laboratório de Espectroscopia e Laser, Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Caixa Postal 100296, Niterói, CEP 24020 RJ.

* Trabalho apresentado na "International Conference on Lasers'90", San Diego, Cal., USA (1990) (P-32).

Resumo

Neste trabalho é apresentado o efeito de preionização gerado por radiação γ em um laser gasoso pulsado (N₂, $\lambda=337,1$ nm). Se apresentam os efeitos causados sobre a largura temporal do pulso de radiação e sobre o pulso de voltagem de excitação pela aplicação da radiação γ .

Introdução

Todo processo de preionização envolve o consumo de uma certa quantidade de energia que, por sua vez, tem que ser levado em conta nos cálculos de eficiência de funcionamento do laser. Por este motivo, seria interessante dispor de um dispositivo de preionização que não envolvese consumo de energia.

Mecanismos geralmente utilizados para gerar preionização em lasers gasosos pulsados são fios (1-2), perfil de electrodos (3-4), e outros, porém todos eles implicam no consumo de energia. Recentemente foram mostrados resultados de preionização por

radiações nucleares em CO₂ pulsado (5) e contínuo (6). Ambos comprovaram o potencial envolvido neste tipo de método.

Neste trabalho apresentamos as condições de funcionamento para máxima potência (laser) de emissão de um laser de N₂ TE ($\lambda = 337,1$ nm) preionizado pela combinação de fios de preionização e radiação γ .

Equipamento Experimental

O sistema experimental utilizado é semelhante ao já mostrado em (2). O tubo de descarga tem um diâmetro de 4 cm e 15 cm de comprimento. Os eletrodos são de cobre, cilíndricos, com 3 mm de diâmetro e 3 mm de separação intereletródica. Dois cabos de aço com 0,3 mm de diâmetro estão localizados em um plano perpendicular ao determinado pelos eletrodos e eqüidistantes de ambos, a uma distância de 10 mm do centro do canal de descarga. O circuito correspondente é mostrado na Figura 1. Os valores de C variam entre 1,5 e 10,0 nF, utilizando-se uma fonte DC de 0-50 kV (50 mA) para alimentar

o circuito. A linha de transmissão (C') tem 1,4 nF. O capacitor de preionização (C'') tomou os valores 0,1 e 1,0 nF, enquanto que a indutância de acoplamento (L) tem 0,9 μ H.

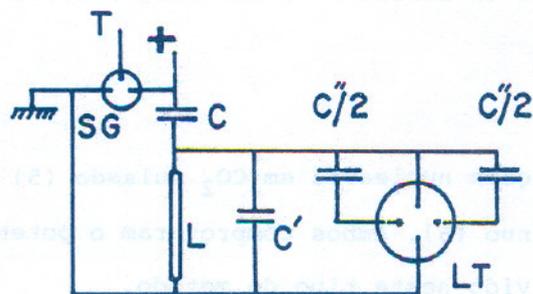
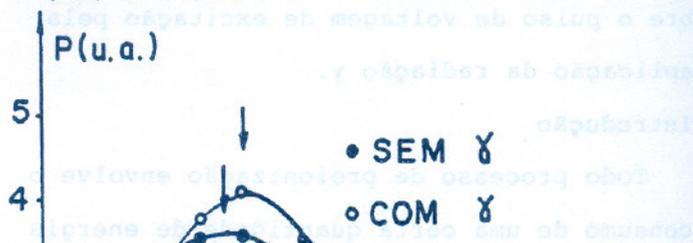


Figura 1: Circuito de excitação. SG=spark gap; T=trigger; C(capacitor de carga)=1,5 nF a 10,0 nF; L(indutância)=0,9 μ H; C' (linha de transmissão)=1,4 nF; C'' (capacitor de preionização)=0,1 nF ou 1,0 nF; LT

uma pastilha de Cs¹³⁷ de 10 μ Ci de atividade. A fonte radioativa foi colocada externamente a 1 mm da parede do tubo de descarga na metade do seu comprimento ou em um dos extremos, apoiada em uma das janelas de quartzo pelas quais a radiação se extrai do tubo. Neste último caso, o objetivo era de anular o efeito de atenuação provocado pela parede de cobre do tubo de descarga sobre a radiação γ gerada.

Resultados e Discussão

Primeiramente foram analisadas as condições de operação do laser com e sem a aplicação de radiação γ . Na Figura 2-a é mostrada a potência de emissão do laser em função das variações na pressão de nitrogênio, para valores fixos de V(kV), L(μ H), C(nF), C'(nF) e C''(nF).



dos obtidos com a fonte de Cs¹³⁷ colocada a 1 mm de distância da parede do tubo de descarga, externamente e na metade do comprimento do canal de descarga.

Na Figura 2-b é apresentada a variação dos valores p(mbar) crítica em função da energia entregue ao sistema, com os valores de L, C, C' e C'' constantes.

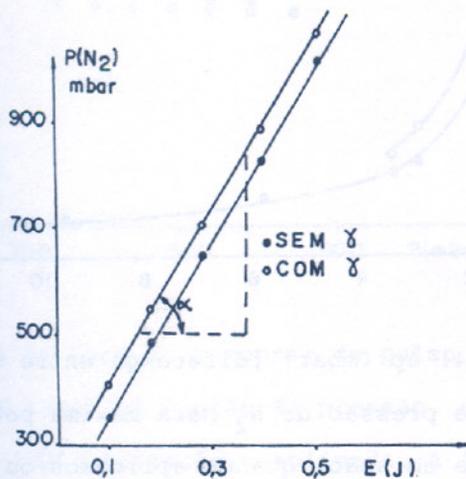


Figura 2-b: Variações nos valores de pressão de N₂ que caracterizam máxima potência laser de emissão possível, em função da energia aplicada (com C=3 nF, C'=1,4 nF, C''=1,0 nF e L=0,9 μH). O deslocamento constante detectado ao aplicar radiação γ mostra que o mesmo é independente da energia armazenada em C.

O conjunto de valores obtidos para p (mbar) crítica em função da energia, para todos os valores de C testados, é apresentado na Figura 2-c. O caso mostrado corresponde a não aplicação da radiação γ.

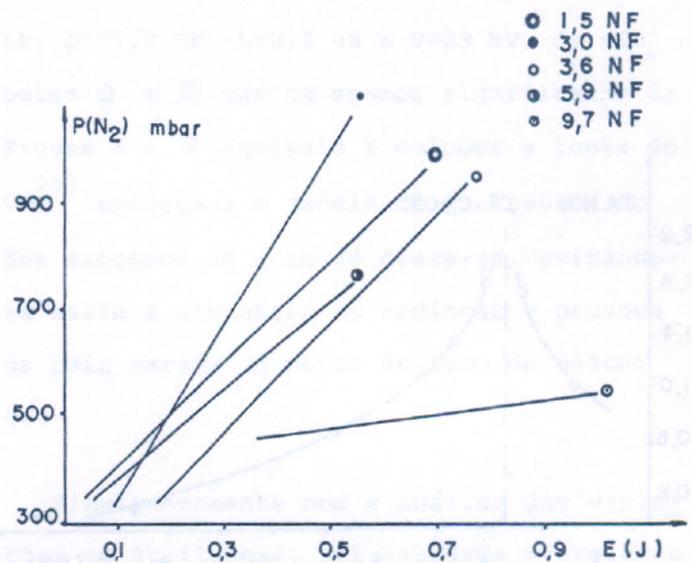


Figura 2-c: Modificações nos valores de pressão ótima de N₂ para máxima potência laser de emissão, em função da energia aplicada e com diferentes valores de C como parâmetro (O gráfico apresenta os resultados obtidos sem a aplicação de radiação γ. Com ela o comportamento funcional é idêntico). As diferenças nas inclinações das retas só podem ser atribuídas aos valores de C.

Assim, foi observada uma dependência de p(mbar) crítico com a energia aplicada, de maneira que as inclinações das retas determinadas nas Figuras 2-b e 2-c (tan α) estão relacionadas com os valores de eficiência do laser (7). A Figura 3 apresenta os valores de tan α (indiretamente, da eficiência de funcionamento do sistema) em função de C, observando-se claramente um pico em C=C'+C''.

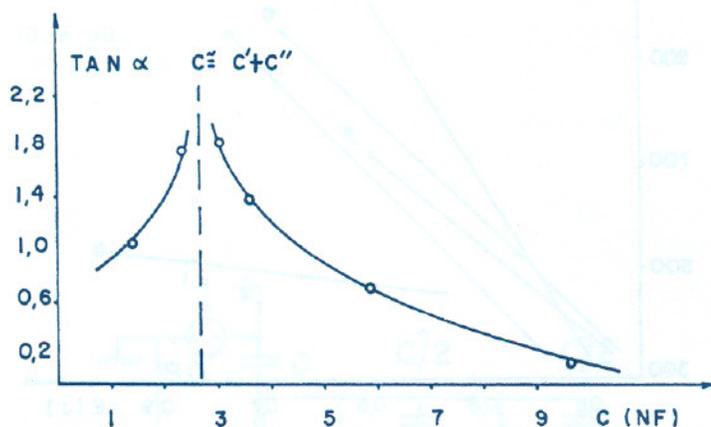


Figura 3: $\tan \alpha$ em função dos valores de C . Observa-se que a eficiência atinge o máximo quando $C = C' + C''$, ou seja quando temos o máximo de transferência de energia entre o circuito de carga ($SG + C + L$) e o de excitação ($L + C' + C'' + LT$).

Alguns pontos que devem ser destacados são:

a) Os valores de p (mbar) crítico são sempre maiores quando o laser é irradiado pela fonte de Cs^{137} , prova experimental concreta do efeito de preionização gerado pela radiação γ .

b) A diferença entre valores de p (mbar) crítico com e sem radiação γ aplicada mantém-se constante quando a energia de excitação muda por variações em V (kV) - Figura 2-b - como um suporte adicional ao expressado em a).

c) A magnitude desta diferença de pressão Δp , varia em função de C'' como é mostrado

na Figura 4. Isto pode ser entendido sobre a base que os valores de C'' utilizados foram 0,1 nF e 1,0 nF. Assim, à medida que $C'' \rightarrow 0$ diminui o efeito ionizante pelo fíó, e aumenta proporcionalmente o efeito ionizante por radiação γ .

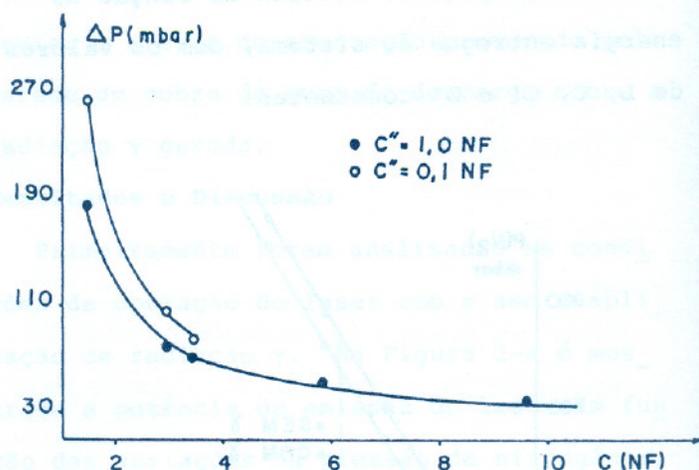


Figura 4: Δp (mbar) [diferença entre os valores de pressão de N_2 para máxima potência laser de emissão, quando aplicamos ou não radiação γ] em função de C (nF). ● : $C'' = 1,0$ nF; ○ : $C'' = 0,1$ nF.

Por outro lado, a análise dos valores de largura temporal do pulso laser mostra que a aplicação de radiação γ dá como resultado valores menores de Δt (laser). Isto é mostrado nas Figuras 5 e 6. Na primeira $C = 3$ nF e na segunda, $C = 1,5$ nF. Em ambos os casos $C'' = 1,0$ nF (não foi utilizado o valor de $C'' = 0,1$ nF porque com ele o laser apresenta valores maiores de instabilidade, pulso a pulso).

A partir dessas duas Figuras, pode-se concluir que o efeito da aplicação de radiação γ diminui com o aumento da pressão do

gás. Como forma de ponderar os efeitos atenuantes da parede do tubo (cobre, 1 mm de espessura) sobre a radiação γ , a Figura 6 mostra também os resultados obtidos ao colocar a fonte de Cs^{137} encostada sobre uma das janelas de quartzo, em um dos extremos do tubo de descarga (●).

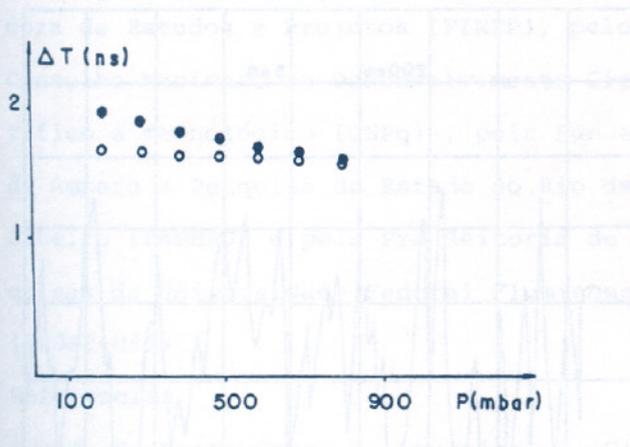


Figura 5: Largura temporal do pulso laser ($\lambda=337,1$ nm) em função da pressão, sem (●) e com (○) radiação γ aplicada. A fonte de Cs^{137} foi colocada da forma explicitada na Figura 2-a. Outros parâmetros foram : $C=3,0$ nF, $C'=1,4$ nF, $C''=1,0$ nF, $L=0,9$ μ H e $V=23$ kV

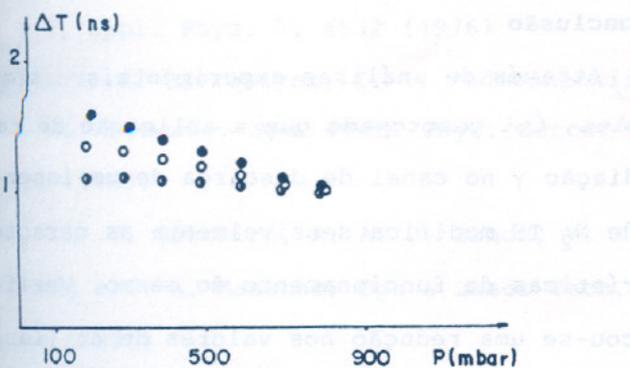


Figura 6: Resultados similares aqueles mos

trados na Figura 5, com $C=1,5$ nF, $C'=1,4$ nF, $C''=1,0$ nF, $L=0,9$ μ H e $V=23$ kV. Os símbolos ● e ○ tem os mesmos significados da Figura 5 e ● equivale a colocar a fonte de Cs^{137} encostada à janela de quartzo de um dos extremos do tubo de descarga, evitando-se assim a atenuação da radiação γ provocada pela parede de cobre do tubo de descarga.

Simultaneamente com a análise das variações em Δt (laser), foi estudada a evolução temporal do pulso de voltagem aplicado sobre o gás. O motivo deste estudo é a íntima conexão entre Δt (laser) e o período do pulso da descarga (por exemplo, ver 8). A Figura 7 é um resumo dos resultados obtidos. Na parte superior se apresenta o resultado típico correspondente a ausência de radiação γ aplicada, sendo o processo de preionização produzido só pelos fíós. A parte inferior corresponde à mesma situação experimental anterior, onde a fonte de Cs^{137} foi colocada perto do tubo de descarga na metade de sua extensão. Neste caso, a estrutura do pulso torna-se extremamente complexa, com um significativo aumento das componentes de alta frequência. Este resultado, para a constância das outras condições experimentais, só pode se justificar pela redução nos valores de impedância da massa de gás, gerado pelos efeitos ionizantes da radiação γ . Assim, o pulso de excitação propaga-se na massa de gás com valores mínimos de de

formação e/ou atenuação.

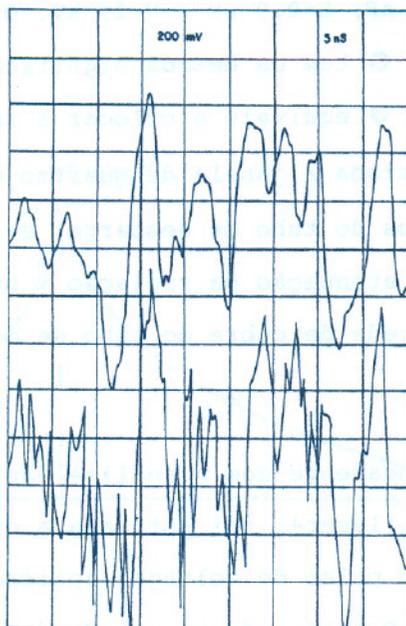


figura 7

Figura 7: Evolução temporal do pulso de voltagem nas condições $C=1,5 \text{ nF}$, $C'=1,4 \text{ nF}$, $C''=1,0 \text{ nF}$, $L=0,9 \text{ } \mu\text{H}$, $p_{N_2}=200 \text{ mbar}$ e $V=23 \text{ kV}$. A parte superior corresponde a ausência de radiação γ e a inferior a aplicação da fonte de Cs^{137} na forma explicitada na Figura 2-a. Em ambos os casos, a distância dos fios de preionização ao centro do tubo de descarga foi de 10 mm.

Com o objetivo de confirmar o exposto no parágrafo anterior, o efeito de preionização foi incrementado sem a utilização da radiação γ , esperando um resultado semelhante ao da parte inferior da Figura 7. Assim, a distância de cada fio de preionização ao centro do canal de descarga foi reduzida de 10 mm para 6 mm. Como isto incrementa o efeito ionizante, a impedância do gás cai. O resultado correspondente é mostrado na

Figura 8. O resultado desta Figura é o esperado e apóia a hipótese de que a aplicação de radiação γ equivale a diminuir a distância entre fios de preionização e o centro do canal de descarga. Em ambos os casos, o resultado final é a redução nos valores de impedância da massa de gás.

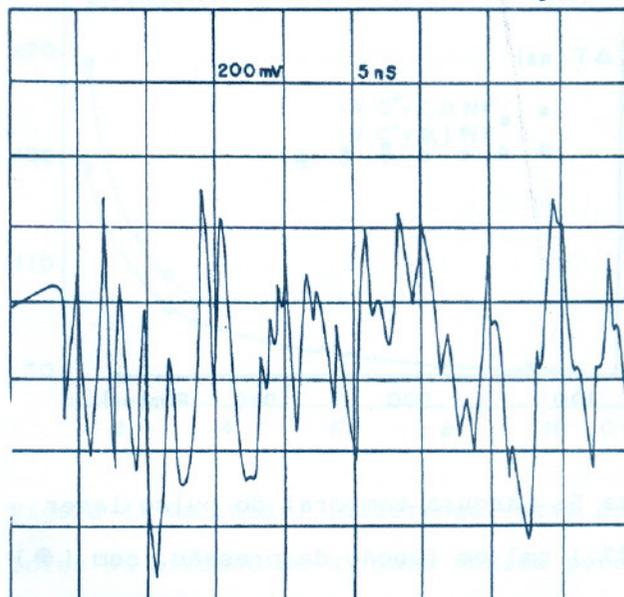


Figura 8: Idem Figura 7, com as mesmas condições experimentais e sem a aplicação de radiação γ . A distância entre os fios de preionização e o centro do canal de descarga passou de 10 mm para 6 mm.

Conclusão

Através de análises experimentais simples, foi comprovado que a aplicação de radiação γ no canal de descarga de um laser de N_2 TE modifica sensivelmente as características de funcionamento do mesmo. Verificou-se uma redução nos valores de Δt (laser) e um aumento no número de componentes de alta frequência do pulso excitador de voltagem, sendo que ambos os fatores estão ligados a uma diminuição na impedância do gás.

Estes resultados mostram a viabilidade do uso de radiação γ como elemento ionizante em lasers gasosos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Instrumentos LINCE LTDA pelo empréstimo da fonte de Cs¹³⁷. Este trabalho foi financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e pela Pro Reitoria de Pesquisas da Universidade Federal Fluminense (PROPP-UFF).

Referencias

- 1.- C. H. Brito Cruz, V. Loureiro, A. Dias Tavares Jr e A. Scalabrin; Appl. Phys. B 35, 131 (1984)
- 2.- A. Dias Tavares Jr, M. Muller, J. L. Fabris e C. A. Massone; Opt. Comm. 66, 40 (1988)
- 3.- V. Hasson e H. M. von Bergmann; J. Phys. E 13, 632 (1980)
- 4.- H. M. von Bergmann, V. Hasson e J. Brink; J. Appl. Phys. 7, 4532 (1976)
- 5.- V. E. Lavrentynk, I. V. Podmoshenkii e P. N. Rogotsev; Sov. Tech. Phys. Letts. 9, 123 (1983)
- 6.- I. B. Couceiro, R. A. D. Zanon, Y. K. Huang e C. A. Massone; Opt & Laser Tech. 22 348 (1990)
- 7.- C. E. Fellows, A. Dias Tavares Jr., Z. Moreira Gomes e C. A. Massone; Revista Mexicana de Física 35, 42 (1989)
- 8.- C. S. Willett; "Introduction to gas lasers: Population Inversion Mechanisms" Pergamon Press, pp. 342-357 (1974).

Abstract

The preionization effects generated by α radiation on the characteristics of a pulsed gas laser is reported. Changes in temporal pulse width and excitation pulse voltage period are analyzed in order to understand α radiation effects.



... de pulso de largura variável e duração ...
... de 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...
... de 1,5 ns a 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...
... de 1,5 ns a 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...
... de 1,5 ns a 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...
... de 1,5 ns a 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...

... a variação da duração do pulso ...
... a duração do pulso ...

... efeitos gerados pela radiação α ...
... características de um laser a gás ...
... período de excitação e largura de pulso ...
... para compreender os efeitos da radiação α .



... de pulso de largura variável e duração ...
... de 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...
... de 1,5 ns a 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...
... de 1,5 ns a 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...
... de 1,5 ns a 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...
... de 1,5 ns a 1,5 ns, de 1,5 ns a 1,5 ns ...

... a variação da duração do pulso ...
... a duração do pulso ...