

- ¹⁵ "...at motus relativus generari et mutari protest absq; viribus impressis in hoc corpus. Sufficit enim ut imprimatur in ali folium corpora ad quae fit relatio, ut ijs cedentibus mutetur relatio illa in qua hujus quies vel motus relativus consistit". I. Newton, *Principia*, Escólio, parte introdutória.
- ¹⁶ I. Newton, "*Principia*", Escólio, parte introdutória.
- ¹⁷ I. Newton, "*Principia*", idem. Os grifos são nossos.
- ¹⁸ Pelas duas primeiras leis do movimento e pelos corolários relativos à regra do paralelogramo para a composição ou decomposição de forças.
- ¹⁹ I. Newton, "*Principia*", 3ª ed. escólio às leis.

NOTA TÉCNICA

CONSTRUÇÃO DE LASER CONTÍNUO DE GÁS CARBÔNICO

Paulo Celso Isolani

Instituto de Química da USP

(Recebido em 23/11/78; 02/03/79)

O laser de gás carbônico, dentre os lasers infravermelhos comuns, é o que apresenta melhor rendimento em termos da energia nele colocada. Facilmente se obtém grandes potências, sendo além disso de fácil construção. É sem dúvida a melhor fonte de radiação coerente na faixa de 9 a 11 μ m e tem tido grande aplicação industrial em micro-usinagens e soldas.

Este trabalho descreve a construção de um laser de CO₂ do tipo contínuo, feito com materiais encontráveis no Brasil em sua quase totalidade e com algumas soluções técnicas apropriadas ao emprego destes mesmos materiais.

No laser de CO₂, o meio ativo é uma mistura gasosa constituída por gás carbônico, nitrogênio e hélio¹. O gás é excitado por uma descarga elétrica; para a obtenção de potências razoáveis, usa-se os gases em fluxo rápido e refrigeração das paredes do tubo de descarga.

Este laser emite comprimentos de onda discretos correspondentes às transições 00⁰1 $\rightarrow$ 02⁰0 e 00⁰1 $\rightarrow$ 10⁰0 da molécula de CO₂. Sendo possíveis, pelas regras de seleção envolvidas nestas transições², uma variação de número quântico rotacional de mais ou menos 2, para cada uma das transições acima mencionadas teremos duas bandas rotacionais-vibracionais, as quais são designadas pelas letras R ($\Delta J = +2$) e P ($\Delta J = -2$) em espectroscopia de absorção.

As linhas de emissão do laser correspondem às bandas de diferença observadas em um espectro normal de absorção no infravermelho do gás carbônico. O número de linhas que um laser pode fornecer será função de sua potência, uma vez que existe um limiar de ganho abaixo do qual o laser não oscila.³

Do acima exposto, concluímos que um laser necessita:

montagem mecânica, fonte de alta tensão para a descarga, tubo de descarga com refrigeração, eletrodos, sistema de mistura de gases, sistema de vácuo e óptica.

1) Montagem mecânica

A montagem mecânica realizada em nosso laboratório constou de um perfil "U" de ferro de 20 cm de largura por 2m de comprimento, que serviu como banco óptico e ao qual foram aparafusados os suportes do tubo de descarga e dos espelhos.

Os suportes do tubo constaram de anéis de bronze de 10 cm de diâmetro e 3 de largura, fixados ao banco óptico e providos de três parafusos radiais com encostos de plástico, os quais permitem posicionar o tubo de descarga independentemente em cada ponta.

Os suportes dos espelhos foram construídos em latão de 10 mm de espessura e têm dois movimentos angulares, horizontal e vertical. Estes movimentos são possíveis graças a parafusos micrométricos e a chapas de bronze fosforoso que se flexionam à guisa de dobradiças para ambos os movimentos.

Todo este conjunto foi apoiado em dois bancos de concreto, para evitar vibrações. Isto, no entanto, pode não ser necessário, pois para muitas finalidades o perfil "U" de 20 cm dá ao conjunto a necessária rigidez.

2) Fonte de alta tensão

Esta fonte constou simplesmente de um transformador variável (0-240V), um transformador de núcleo saturado (do tipo usado em anúncios luminosos) capaz de fornecer 30 kV e 100mA e uma ponte de diodos para retificar a alta tensão em onda completa. Esta tensão retificada foi conectada diretamente aos adaptadores para entrada e saída de gases no tubo de descarga, os quais agem, portanto, também como eletrodos.

A tensão de saída do transformador é de grande importância para a potência do laser: esta aumenta com a pressão dos gases e necessita-se de uma tensão mais elevada para acender o tubo de descarga a pressões maiores. (tipicamente 20 kV para P $\approx$ 25 Torr).

3) Tubo de descarga

É constituído por um tubo de vidro com 120 cm de comprimento e 25 mm de diâmetro interno, provido externamente de camisa de água para refrigeração. Este tubo termina em juntas cônicas 29/42 para adaptação das janelas e, perpendicularmente a estas, em cada extremidade tem tubos munidos de juntas 24/40 para entrada e saída dos gases.

As janelas, de cloreto de sódio, foram coladas a tubos com juntas 29/42, tubos estes serrados transversalmente no ângulo de Brewster apropriado ao material da janela (33° 30').

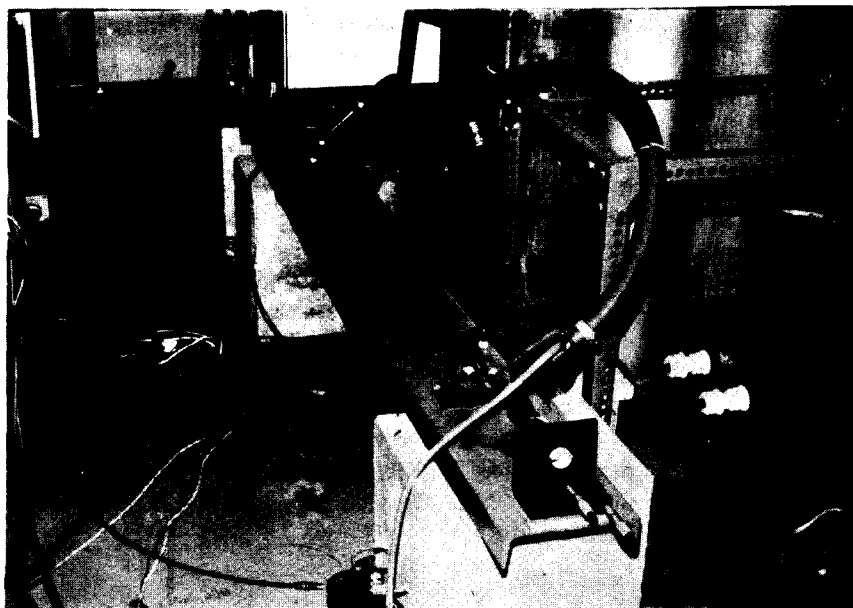


Fig. 1 — Foto do laser, vendo-se o tubo de descarga e em primeiro plano um suporte de espelho.

4) Sistema de fluxo de gases — vácuo

Os adaptadores para a introdução e retirada dos gases no tubo de descarga foram construídos em latão e possuem juntas cônicas para se conectarem ao tubo. Uma vez que eles servem como eletrodos da descarga, necessitam ser refrigerados, o que é conseguido com camisas d'água. Eles terminam em olivas, para adaptação a mangueiras de borracha.

O sistema de mistura de gases constou (Whitey Co., mod. SS22RS4) de uma câmara à qual estão ligadas três válvulas de agulha, uma para cada gás; os gases vêm de torpedos munidos de válvulas reguladoras comuns por meio de tubos de cobre. A câmara de mistura foi provida de manômetro.

É importante a qualidade das válvulas de agulha, uma vez que a potência é muito sensível à composição da mistura de gases. Neste laser foram usadas válvulas Whitey, mas há indústrias nacionais que as fabricam atualmente.

O sistema de vácuo constou de uma bomba rotativa de alta velocidade, para assegurar um fluxo rápido pelo tubo (Welch mod. 1402).

5) Óptica

Conforme já foi mencionado, as janelas usadas são de NaCl. Em uma montagem inicial, os espelhos foram de quartzo, com 3m de raio de curvatura e 35 mm de diâmetro, com camada refletora de alumínio. O espelho de saída possui furo central de 2,5 mm de diâmetro.

Esta montagem foi alterada para permitir a sintonia do laser: o espelho de saída foi substituído por uma rede de difração de 150 linhas/mm com blaze para $10,6\mu\text{m}$. A saída do laser neste caso é a reflexão em ordem zero da rede de difração, isto é, reflexão "especular" da rede.

O espelho 100% refletor foi fixado ao suporte já descrito; a rede, a um suporte com dois movimentos angulares perpendiculares e um mecanismo de rotação horizontal, que permite a sintonia pela variação do ângulo de incidência na mesma. Solidariamente a ela gira um espelho plano que recebe a reflexão de ordem zero e permite que a direção do feixe de saída permaneça inalterada com a rotação do conjunto.

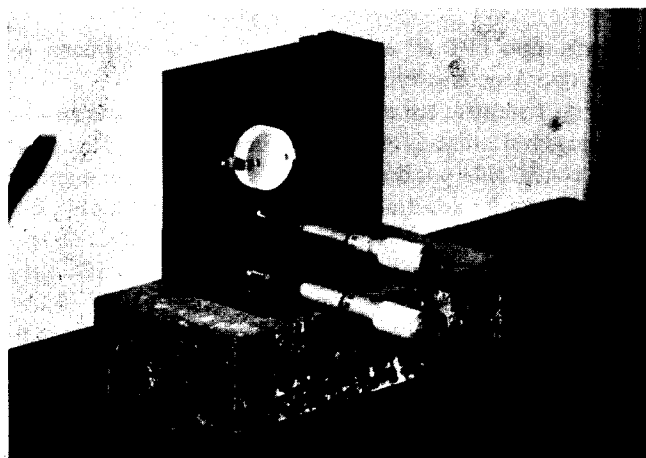


Fig. 2 — Suporte de espelho. Observe-se os parafusos micrométricos para os dois movimentos.

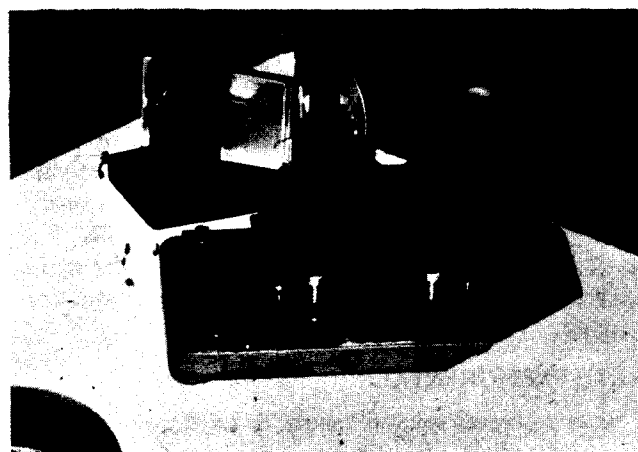


Fig. 3 — Mecanismo de sintonia do laser, vendo-se a rede de difração e o espelho plano de frente para a mesma (ver texto).

6) Alinhamento e desempenho

O sistema óptico e tubo foram alinhados com o auxílio de laser visível de hélio — neônio (Spectra-Physics mod. 155). Após otimização, o laser forneceu 15 W de potência nas linhas de maior ganho (medida com detector pirométrico Coherent Radiation).

Verificou-se que este laser pode ser sintonizado em aproximadamente 50 linhas rotacionais-vibracionais (comprimento de onda medido em analisador de espectro da Optical Engineering). Linhas mais fracas podem ser obtidas por aumento de pressão e corrente (a pressão normal de operação tem sido 25 Torr.).

Verificou-se que com a rede de difração este laser oscila no modo fundamental transversal (TEM_{00}), isto é, a intensidade do feixe é gaussiana em seção transversal.³ O diâmetro do feixe está ao redor de 5 mm.

7) Materiais

Todos os materiais usados podem ser encontrados no Brasil, com exceção das janelas de NaCl (Perkin-Elmer) e rede de difração (PTR Optics). O transformador variável foi construído pela Sociedade Técnica Paulista (entrada 220 V; saída 0-240 V, 25 A); o transformador de alta tensão, pela Fixovolt (entrada, 220 V; saída 30 kV; corrente máx. 100 mA); os diodos de alta tensão são da Semikron (Hske 17000/7600-0,3) — encontrados no mercado.

Os espelhos foram fabricados e aluminizados pela D. F. Vasconcellos S. A. e a parte mecânica e de vidraria feita nas oficinas do Instituto de Química da USP.

É importante destacar dois pontos: em primeiro lugar, pelo fato da saída do laser ser a reflexão em ordem zero da rede, não se pode usar uma rede de alta qualidade; isto tem reflexo favorável no preço; e em segundo lugar, a presente montagem pode ser facilmente modificada para colocar os espelhos diretamente dentro do tubo de descarga, o que permite um considerável aumento de potência.

Os gases não necessitam ser de alta pureza; um exemplo disto está no fato de o laser já haver funcionado em nosso laboratório com ar em vez de nitrogênio, com potência reduzida, é claro.

desejamos agradecer o apoio dado a mim e a este projeto pelo Prof. José M. Riveros; agradecemos ainda o apoio do CNPq e aos Profs. Oswaldo Sala e Avigdor M. Ronn por valiosas sugestões.

¹C. K. N. Patel, Appl. Phys. Lett., 19, 400 (1971); *ibid.*, Phys. Rev. Lett., 28, 649 (1971).

²G. Herzberg, "Infrared and Raman Spectra" 9ª ed., D. Van Nostrand Co. Inc., Princeton (1960).

³A. Yariv, "Quantum Electronics", 2ª ed., J. Wiley & Sons, Inc., New York (1975).

⁴Whitey Research Tool Co., 5679 Landregan Street-Emeryville, California, 94608 U. S. A.

NOTA TÉCNICA

CÉLULA ELETROQUÍMICA DE LÍCIO/THF-OXIDADO

A. A. Inocêncio*

Fundação Universidade de Brasília, Departamento de Química,
Brasília — DF, Brasil.

(Recebido em 19/12/1978; 28/04/79)

INTRODUÇÃO

Ao depositar-se electroliticamente o lítio a partir de uma solução 1 molar de $LiClO_4$ em tetrahidrofurano (THF), dá-se simultaneamente a oxidação anódica do solvente. Após algum tempo de eletrólise a uma densidade de corrente de 10 mA cm^{-2} p. ex., durante a qual se forma no cátodo um depósito de lítio e no ânodo uma substância acastanhada que dele se difunde lentamente, a célula eletrolítica fica transformada numa célula primária. Pretendemos dar aqui a conhecer os resultados preliminares obtidos com este tipo de célula.

PARTE EXPERIMENTAL

Na eletrólise da solução 1 molar de $LiClO_4$ em THF, na descarga das células primárias e no traçado de curvas corrente-potencial, foram utilizados uma fonte de c.c. Rohde & Schwarze, tipo NGU BN 95140, um voltímetro de precisão

Wenking, tipo PPT 67 e um registrador X-t, Hartmann & Braun, tipo Arucomp 4902.

A Fig. 1 mostra, em corte, na escala de 1:1, a carcaça de aço inoxidável utilizada na montagem das células. Esta carcaça é constituída por duas partes A e B, que, quando apertadas uma contra a outra por meio da junção metálica 4, ficam eletricamente isoladas entre si devido aos anéis de teflon 1, 2, 3. A junção metálica 4, quando enrosca em B, fica eletricamente isolada de A por meio do anel de teflon 3. A matriz anódica da célula primária é constituída por uma malha de aço inoxidável 5, sendo o catalisador catódico um disco de níquel sinterizado. A matriz anódica e o catalisador catódico, que estão em contacto elétrico, respectivamente, com as partes A e B da carcaça, situam-se em planos perpendiculares ao eixo da célula. A sua área geométrica é de, aproximadamente, 10 cm^2 .