

SISTEMA PARA PROCESSOS FOTO-FÍSICO-QUÍMICOS
DE SUPERFÍCIE INDUZIDOS POR LASER

V. Baranauskas

Centro de Componentes Semicondutores

CCS/LED*/FEC/UNICAMP

P.J.Tatsch, M.F.de Souza**

LED*/FEC/UNICAMP

Caixa Postal 6061

13100 - Campinas - SP

RESUMO: Descrevem-se os detalhes construtivos de uma câmara experimental para reações físico-químicas induzidas por LASER de CO₂, com gerador de varredura de feixe formado por dois espelhos controlados por motores de passo.

Foto-físico-química, LASER, Instrumentação

1. INTRODUÇÃO

Para o estudo de processos físico-químicos de superfície ativados por LASER, como por exemplo: deposição de filmes a partir da fase vapor (1), recozimento de defeitos cristalinos em camadas implantadas (2), etc., tem-se necessidade de um sistema de varredura do feixe para atingir toda a área do substrato, ou para selecionar pontos a serem radiados. Basicamente existem duas técnicas para a varredura: movimentar a amostra ou movimentar o feixe. A primeira pode ser realizada simplesmente com o alvo montado sobre uma mesa X-Y deslocando-se nas direções \hat{x} e \hat{y} perpendiculares ao feixe de LASER. Entretanto, quando se utilizam reagentes corrosivos

* Laboratório Associado ao CNPq.

** Atualmente na PROLOGO S/A - Brasília - DF

dentro do reator ou quando se requer alta velocidade de varredura, esta solução pode ser impraticável. A segunda técnica, descrita no presente trabalho, consiste em manter o alvo estacionário e utilizar dois espelhos para refletir o feixe nas direções \vec{x} e \vec{y} .

2. CÂMARA DE REAÇÕES

A figura 1 apresenta os detalhes de um reator empregado para deposição de Silício induzido por LASER. Toda câmara (9,11,12,13) é construída em aço inox 316L, com solda de Argônio. A lâmina alvo é suportada horizontalmente (18) e pode ter altura ajustada por rosca através do suporte (20). Existem dois visores laterais para observação, iluminação e possível entrada de instrumentos. No topo da câmara, existe uma janela (10) para transmissão do LASER. A entrada e saída de gases também é feita pela flange superior, por meio de tubos de inox \varnothing 6,25 mm. Para introdução das amostras a câmara é aberta automaticamente pela flange inferior através de um pequeno motor D.C. acoplado axialmente por um fuso na flange e em uma estrutura de suporte de todo conjunto.

3. GERADOR DE VARREDURA

A figura 2 mostra o sistema utilizado para varredura no plano \vec{x} , \vec{y} . O feixe do LASER (1) após reflexão em um espelho fixo a 45° (2) atravessa uma lente de Germânio (3) e incide sobre um par de espelhos (4) e (5), que podem girar em eixos ortogonais e, deste modo o feixe pode atingir qualquer ponto no plano do substrato (7). O controle de rotação dos espelhos foi implementado através de motores de passo. Utilizamos motores bipolares de 8-fases, que possuem um ângulo de rotação de $3^\circ 45' \pm 20'$ por passo. Como este ângulo é muito grande para nossa aplicação, construímos motorreduzidores (vide fig. 3) com redução de 140:1. Assim, cada passo do motor corresponde a uma rotação de $1,6' \pm 0,14'$ no eixo dos espelhos. Pequenos deslocamentos no plano do substrato podem ser calculados por:

$$\Delta x \approx d_1 \operatorname{tg} \alpha_x \text{ e } \Delta y \approx d_2 \operatorname{tg} \alpha_y$$

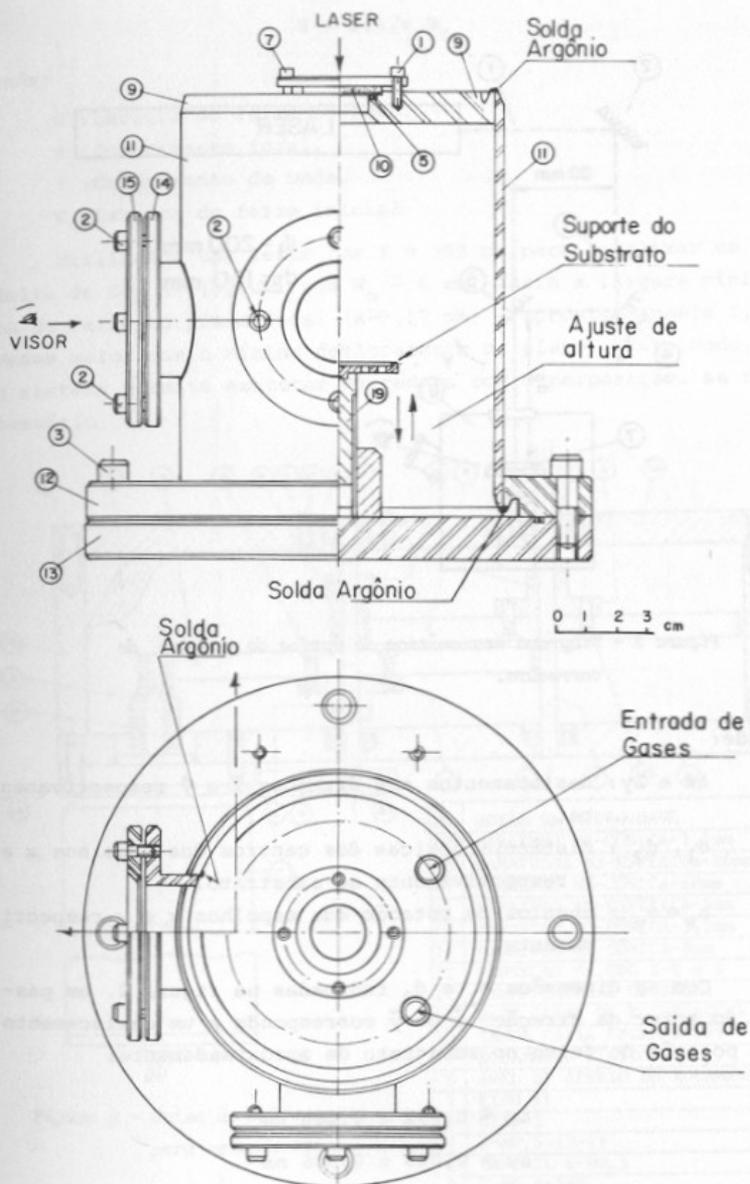


Figura 1 - Câmara experimental para laser CVD e recozimento de camadas implantadas.

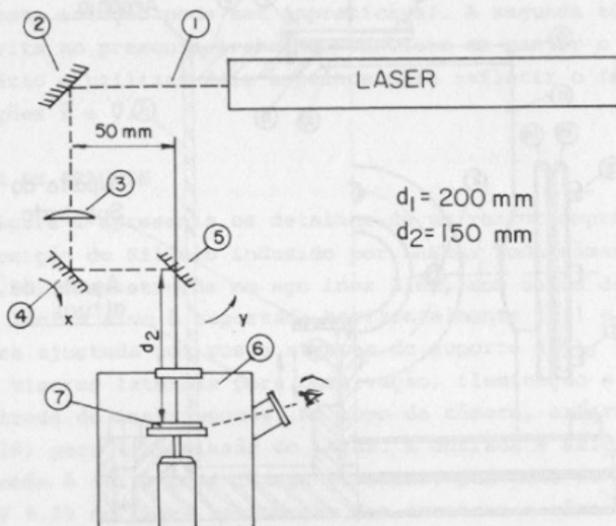


Figura 2 - Diagrama esquemático da óptica do gerador de varredura.

onde:

Δx e Δy : deslocamentos nas direções \vec{x} e \vec{y} respectivamente.

d_1 , d_2 : distâncias ópticas dos centros dos espelhos x e y respectivamente ao substrato.

α_x e α_y : ângulos de rotação dos espelhos x e y respectivamente.

Com as dimensões d_1 e d_2 indicadas na figura 2, um passo do motor da direção \vec{x} ou \vec{y} corresponde a um deslocamento da posição do feixe no substrato de aproximadamente:

$$\Delta x \approx 0,092 \pm 0,006 \text{ mm}$$

$$\Delta y \approx 0,069 \pm 0,006 \text{ mm}$$

A dimensão do feixe no plano focal, para o modo TEM pode ser calculada por (3):

$$W = f \cdot \lambda / \pi \cdot W_0$$

onde:

W :Largura do feixe no foco.

f :Comprimento focal.

λ :Comprimento de onda.

W_0 :Largura do feixe inicial

Utilizamos uma lente com $f = 300$ mm para focalizar um feixe de CO_2 ($\lambda=10,6\mu\text{m}$) com $W_0 = 6$ mm. Assim a largura mínima do feixe no plano focal ($W=0,17$ mm) é aproximadamente 1,8 vezes maior que o mínimo deslocamento no plano. Deste modo, o sistema permite executar varredura com superposição, se necessário

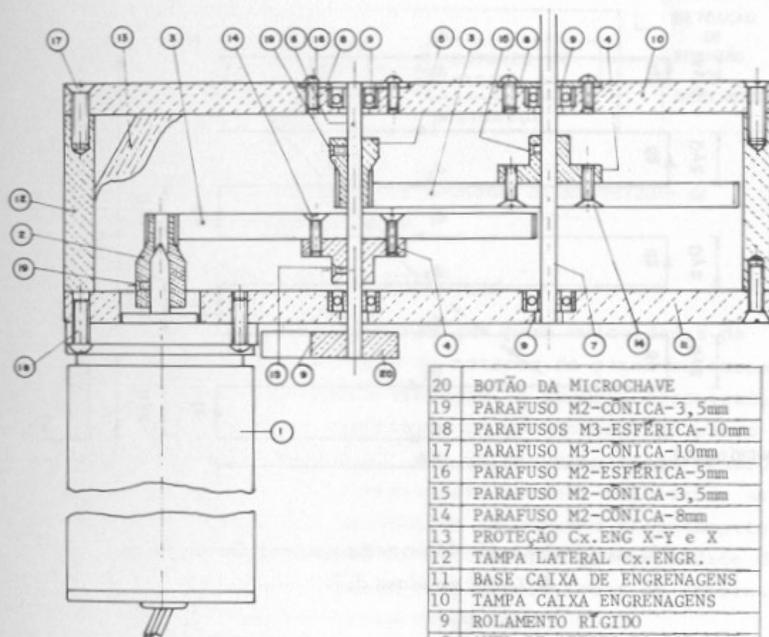


Figura 3 - Caixa de engrenagens
para redução 140:1.

20	BOTÃO DA MICROCHAVE
19	PARAFUSO M2-CÔNICA-3,5mm
18	PARAFUSOS M3-ESFÉRICA-10mm
17	PARAFUSO M3-CÔNICA-10mm
16	PARAFUSO M2-ESFÉRICA-5mm
15	PARAFUSO M2-CÔNICA-3,5mm
14	PARAFUSO M2-CÔNICA-8mm
13	PROTEÇÃO Cx.ENG X-Y e X
12	TAMPA LATERAL Cx. ENGR.
11	BASE CAIXA DE ENGRENAGENS
10	TAMPA CAIXA ENGRENAGENS
9	ROLAMENTO RÍGIDO
8	ANEL DE APERTO DO ROLAMENTO
7	EIXO II
6	EIXO I
5	E-MO, 5-12-11
4	MANDRIL E-MO, 5
3	E-MO, 5-140
2	E-MO, 5-12-1
1	MOTOR DE PASSOS
Nº	NOME

4. CONTROLE DIGITAL

A figura 4 ilustra o tipo de operação desejada para varredura de toda superfície da lâmina, ou de pequenos retângulos, a partir de um ponto inicial (x_0, y_0) com controle de largura (D_{y1}), comprimento (DX) e passo (D_{y2}). O controle dos motores foi implementado com circuitos integrados da linha 74LS. Para simplificação do projeto, a dimensão D_{y1} do deslocamento na direção \vec{y} é igual a DX. A largura de passo (D_{y2}) é processada de forma que:

$$n \cdot D_{y2} + \text{RESTO} = DX = D_{y1}, \text{ com } n \text{ inteiro}$$

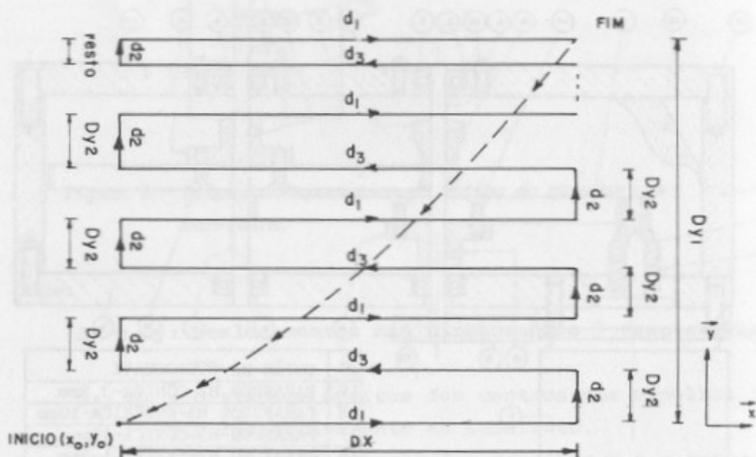


Figura 4 - Operação de varredura automática do feixe de LASER no plano \vec{x}, \vec{y} .

Assim o operador pode fixar a varredura (DX), a resolução (D_{y2}) e a velocidade do motor. O diagrama de blocos do circuito está esquematizado na figura 5.

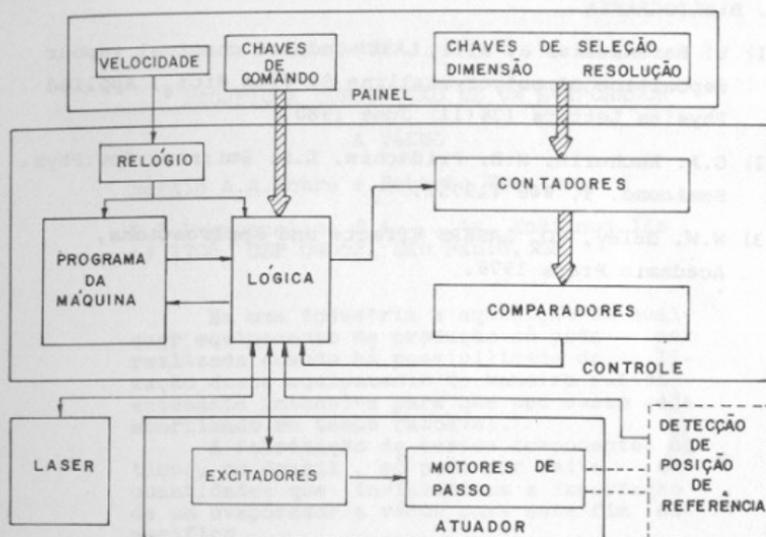


Figura 5 - Diagrama de blocos funcional do controlador de varredura do LASER.

5. LIMITAÇÕES E DESENVOLVIMENTO FUTURO

Observamos experimentalmente que para velocidades de varredura maiores que 10^{-2} m/s os motores de passo se tornam inadequados devido a intensa vibração. A solução encontrada para este caso foi a de substituir um dos motores de passo (o que executa a varredura DX) por um servomecanismo síncrono (E-550M-Motocraft Co.). Atualmente estamos realizando as interfaces para controle através de um pequeno microcomputador, o que permitirá através do Software, a possibilidade de varreduras com geometrias mais complicadas, como as utilizadas na tecnologia de circuitos integrados.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado através dos convênios: UNICAMP/TELEBRAS/FTPT-143/76 e 058/81-JDPqD e FINEP/FUNCAMP B 72/81/409/00/00.

7. BIBLIOGRAFIA

- (1) V. Baranauskas et alii, LASER-induced chemical vapour deposition of polycrystalline Si from SiCl_4 , Applied Physics Letters (36(11) June 1980.
- (2) G.A. Kachurin, N.B. Pridachin, L.S. Smirnov, Sov.Phys. Semicond. 9, 946 (1975).
- (3) W.W. Duley, CO_2 LASERS Effects and Applications, Academic Press 1976.

