

Medida do limiar de ablação do GaSb, GaAs, InSb e Si para pulsos ultracurtos

Leandro Matioli Machado e Wagner de Rossi
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

INTRODUÇÃO

Na usinagem a laser com alta precisão, busca-se um corte ou um furo com a menor zona afetada pelo calor possível. Para isso costumam-se usar lasers com comprimento de onda na região do ultravioleta, ou pulsos da ordem de femtossegundos que chegam a intensidades de terawatts por cm^2 no foco. Nesse último caso, mesmo com um comprimento de onda na região do infravermelho, temos, devido à altíssima intensidade na região do foco, um grande aumento da probabilidade de absorção multifotônica pelos átomos, que ioniza o material, criando elétrons livres; esses se agitam no campo elétrico do laser, colidindo com outros átomos e criando mais elétrons livres. Esse é chamado processo de "ionização por avalanche", criando uma ablação explosiva coulombiana. A ionização do material cria um plasma que ejeta o material da amostra sem gerar muito calor devido à rapidez do processo, preservando a região de corte ou furo. Isso implica em maior precisão de usinagem do que no uso de lasers convencionais de pulsos longos.

No caso de um laser com limite de difração da ordem de 1 micrometro teríamos no máximo essa precisão de corte supondo ausência de zona afetada pelo calor.

Contudo, devido à grande sensibilidade do material a altas intensidades, e como o feixe tem normalmente uma distribuição gaussiana, é possível usinar abaixo do limite de difração (Figura 1), sendo inclusive possível criar estruturas submicrométricas.

Para isso precisamos conhecer um dos parâmetros de usinagem mais importantes: o limiar de ablação.

A técnica utilizada aqui foi desenvolvida por Samad [1], na qual é possível determinarmos o limiar de dano do material de forma muito mais rápida do que a utilizada por outros grupos de pesquisa.



Figura 1: Possibilidade de usinagem abaixo do limite de focalização (precisão submicrométrica)

OBJETIVO

Medir o limiar de ablação dos seguintes semicondutores: GaSb, GaAs, InSb e Si para pulsos de ~ 60 fs.

METODOLOGIA

Como descrito em [1], para fazer a medida do limiar de dano precisamos irradiar a amostra perpendicularmente e essa deve ser deslocada em duas direções ao mesmo tempo, z e y, como mostra a Figura 2:

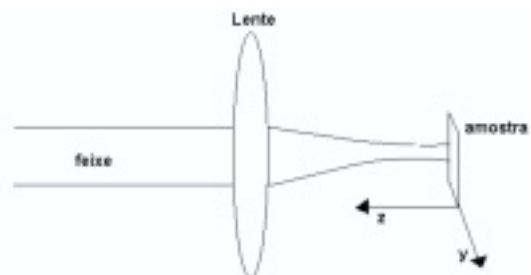


Figura 2 – A amostra é deslocada nas duas componentes ao mesmo tempo, y e z, na região ao redor da cintura do feixe

Com isso devemos obter uma marcação na amostra como exemplificada na Figura 3:

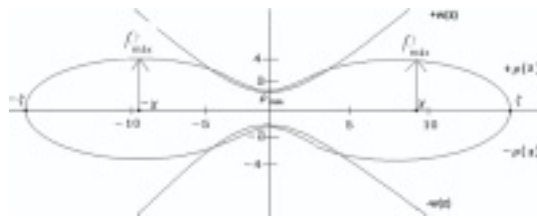


Figura 3: As duas figuras que parecem com hipérbolas são a borda da cintura do feixe. E a figura em forma de "gravata" seria a área afetada pelo laser. A parte central da figura é a região do foco do laser

Em [1] se chega na relação que dá o limiar de dano que é:

$$I_t = \frac{P_0}{e \pi \rho_{\max}^2} \sim 0.117 \frac{P_0}{\rho_{\max}^2} \quad (1)$$

A partir da medida da potência do pulso laser P_0 e de ρ_{\max} da Figura 3 obtemos I_t , que é o limiar de dano.

RESULTADOS



Figura 4: placa de Si, zona afetada pelo laser "gravata"

Tabela 2: Resultados

	I_t (J/cm ²)	erro
GaSb	0,0287	0,0075
GaAs	0,0169	0,0044
InSb	0,0139	0,0036
Si (1)	0,076	0,020
Si (2)	0,088	0,023

Comparamos os resultados encontrados para o Si com outros resultados [2]. Nosso valor foi 1 ordem de grandeza menor. Isso poderia ser explicado pelo fato de que o modelo não levou em conta a sobreposição dos pulsos laser, que altera o limiar de dano do material.

CONCLUSÕES

O método se mostrou muito simples para o cálculo do limiar de dano. Entretanto é claro que o modelo precisa passar por mais experiências para analisarmos como grandezas como sobreposição de pulso e energia de pulso podem interferir no valor real da grandeza a ser medida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R.E. Samad and N.D Vieira, Jr. Geometrical Method for Determining the Surface Damage Threshold for Femtosecond Laser Pulses. *NONLINEAR OPTICS AND SPECTROSCOPY*. ISSN 1054-660X, Laser Physics, 2006, Vol. 16, No.2, pp. 336-339.
- [2] M.B.Agranat S.I Anisimov, S.I. Ashitkov, V.E. Fortov, A.V. Ovchinnikov. Ablation and ultrafast phase transition in Si under excitation by infrared femtosecond laser pulses. *Laser in Manufacturing 2005*

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC e FAPESP