

1. Classificação <i>INPE COM.4 (RPE)</i> <i>C.D.U.: 539.2</i>		2 Período	4. Critério de Distribuição:	
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>ESPECTROSCOPIA FOTOACÚSTICA</i> <i>SEMICONDUCTORES</i> <i>Cds</i>		interna <input type="checkbox"/>		externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº <i>INPE-2130-RPE/354</i>	6. Data <i>Junho, 1981</i>	7. Revisado por <i>A. Ferreira da Silva</i>		
8. Título e Sub-Título <i>EFETOS DA DIFUSÃO DE PORTADORES EXCEDENTES</i> <i>E DE UM CAMPO ELÉTRICO EXTERNO NO ESPECTRO</i> <i>FOTOACÚSTICO DO Cds.</i>		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>		
10. Setor <i>DTE</i>	Código	11. Nº de cópias <i>10</i>		
12. Autoria <i>H. Closs</i> <i>C.C. Ghizoni</i> <i>I.N. Bandeira</i>		14. Nº de páginas <i>07</i>		
13. Assinatura Responsável <i>Amilton</i>		15 Preço		
16. Sumário/Notas <i>Um modelo levando em conta efeitos da difusão de portadores excedentes é formulado para o espectro fotoacústico de semicondutores, e comparado aos resultados experimentais obtidos quando um campo elétrico externo é aplicado ao Cds.</i>				
17. Observações <i>Trabalho a ser apresentado na 33a. Reunião da SBPC e submetido para publicação na Revista Brasileira de Física.</i>				

Efeitos da Difusão de Portadores Excedentes e de um Campo Elétrico Externo no Espectro Fotoacústico do CdS.

H. CLOSS, C.C. GHIZONI*, I.N. BANDEIRA

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, 12200 S.J. dos Campos, SP

A model for the photoacoustic spectra of semiconductors is presented, including the effect of excess carriers diffusion. Theoretical predictions are compared to the experimental results when an external electric field is applied to CdS.

Um modelo levando em conta efeitos da difusão de portadores excedentes é formulado para o espectro fotoacústico de semicondutores, e comparado aos resultados experimentais obtidos quando um campo elétrico externo é aplicado ao CdS.

Em semicondutores, o sinal fotoacústico origina-se da desexcitação não radiativa de portadores excedentes gerados por absorção da luz pulsada.

Para calcular o espectro fotoacústico desses materiais, a equação de difusão térmica¹

$$\frac{\partial^2 \phi(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{\alpha_s} \frac{\partial \phi(x,t)}{\partial t} = -\frac{p(x,t)}{K_s} \quad (-l_s \leq x \leq 0), \quad (1)$$

precisa ser resolvida para uma taxa de geração de calor $p(x,t)$ que leve em conta os diferentes processos de desexcitação não radiativa.

Para $\lambda < hc/E_g$, uma parcela $h\nu - E_g$ é rapidamente convertida em calor por transições intra-banda ($\tau_{IB} \sim 10^{-12}$ s), e sua contribuição a $p(x,t)$ pode ser aproximada por

$$p_1(x,t) = (h\nu - E_g) g(x,t), \quad (2)$$

onde

$$g(x,t) = \frac{\eta\lambda\beta}{2hc} I_0 e^{\beta x} (1 + e^{i\omega t}). \quad (3)$$

A baixas frequências ($\omega\tau_{BB} \ll 1$, onde τ_{BB} é a meia vida dos portadores excedentes e ω é a frequência de pulsação da luz), efeitos de difusão precisam ser considerados ao calcular a contribuição dos processos de recombinação não radiativa no volume e na superfície. A população estacionária de portadores excedentes é solução da equação²

$$D \frac{\partial^2 n(x,t)}{\partial x^2} - \frac{n(x,t)}{\tau_{BB}} - \frac{\partial n(x,t)}{\partial t} = -g(x,t), \quad (4)$$

com condições de contorno

$$D\nabla n(x,t) = \vec{u}n(x,t), \quad x = 0, -l_s. \quad (5)$$

Ao recombinarem-se, esses portadores contribuem com uma parcela

$$p_2(x,t) = \left\{ \eta_B/\tau_{BB} + \eta_S \left[u_1 \delta(x) + u_2 \delta(x + l_s) \right] \right\} E_g n(x,t) \quad (6)$$

à taxa de geração de calor, sendo η_B e η_S as frações da energia E_g convertidas não-radiativamente no volume e nas superfícies, quando $h\nu \leq E_g$.

A altos coeficientes de absorção óptica ($\beta^{-1} \ll L = (D\tau)^{1/2}$, onde L é o comprimento de difusão), os portadores excedentes são gerados muito próximos à superfície iluminada do semiconductor; logo, efeitos de

difusão são irrelevantes. Comprimentos ópticos (β^{-1}) próximos ou maiores do que o comprimento de difusão correspondem a baixa absorção da luz, o que impede a observação daqueles efeitos. Para realizá-los, um campo elétrico DC pode ser aplicado transversalmente à direção de incidência da luz; a aceleração dos elétrons excedentes pelo campo (lacunas contribuem pouco, em razão de sua baixa mobilidade) acrescenta a $p(x,t)$ um termo de aquecimento Joule

$$p_3(x,t) = e\mu_n E^2 n(x,t), \quad (7)$$

cujas intensidade pode, portanto, ser controlada variando o campo aplicado.

O presente modelo foi testado para o espectro fotoacústico do CdS. Na Figura 1 são apresentados os espectros obtidos para $f = 20$ kHz, empregando para $\beta(\lambda \leq 520 \text{ nm})$ os valores publicados por Dutton³, e ajustando $\beta(\lambda > 520 \text{ nm})$ para obter uma concordância aproximada com o resultado experimental (Figura 2).

O máximo do sinal fotoacústico previsto teoricamente, resolvendo-se as Equações (1) e (4), ocorre para um comprimento de onda tal que o coeficiente de absorção correspondente vale aproximadamente

$$\beta = L^{-1} (1 + \omega^2 \tau_{BB}^2)^{1/4} \quad (8)$$

o que permite determinar L, variando-se a frequência da pulsação da luz, desde que se conheça a curva de absorção óptica e que $\beta^{-1}(\lambda = hc/E_g)$ não seja muito maior do que L.

*Endereço atual; EAV-IAE, Centro Técnico Aeroespacial
12200 S.J. dos Campos, SP, Brasil

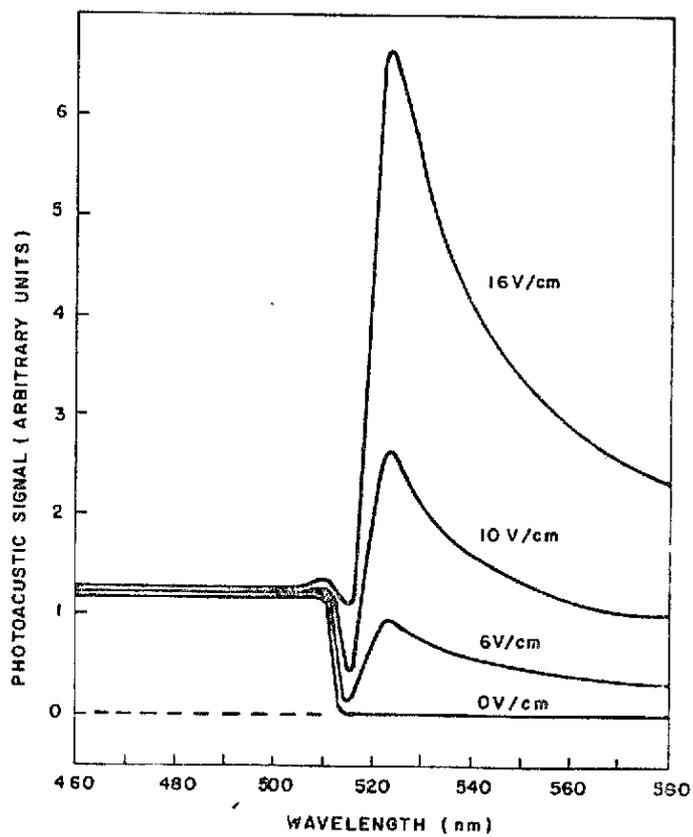


Fig. 1 - Curvas teóricas para o espectro fotoacústico do CdS.

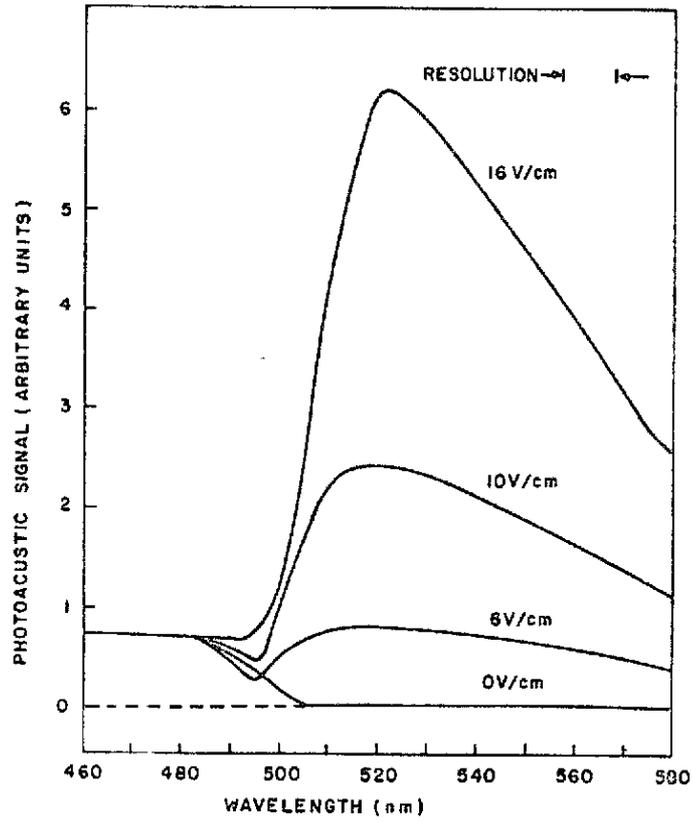


Fig. 2 - Curvas experimentais para o espectro fotoacústico do CdS.

BIBLIOGRAFIA

1. A. Rosencwaig and A. Gersho, J.Appl. Phys. 47, 64 (1976).
2. J.P. McKelvey, Solid State and Semiconductor Physics (Harper & Row, N.Y., 1966), Cap. 10.
3. D.Dutton, Phys. Rev. 112, 785 (1958)