

UNICAMP  
Jairo Fonseca Junior  
jairofonsecajr@hotmail.com  
Bolsista- PIBIC

# Propriedades Termomecânicas de semicondutores amorfos



Myriano H. de Oliveira Junior Francisco das Chagas Marques  
myriano@ifi.unicamp.br marques@ifi.unicamp.br  
Orientador

Instituto de Física Gleb Wataghin- IFGW - projeto financiado pela CNPq  
Palavras-chave: módulo elástico - coeficiente de dilatação térmica - semicondutores amorfos.

## Introdução

Os filmes finos estão presentes em diversos dispositivos que compõem a tecnologia atual, como células solares, transistores de campo e emissores de luz ou elétrons. Portanto, torna-se de vital importância conhecer e caracterizar as propriedades dos filmes finos, a fim de aumentar a confiabilidade, desempenho e estabilidade desses mesmos dispositivos. Dentre essas propriedades mecânicas, estão o módulo de Young  $E$ , a razão de Poisson  $\nu$  e o coeficiente de dilatação térmica  $\alpha$ .

Nesse projeto realizou-se um estudo das propriedades termomecânicas dos filmes finos, com o foco voltado para o estudo do coeficiente de dilatação térmica  $\alpha$ , na busca de verificar a existência experimental do comportamento anômalo (negativo) do coeficiente de dilatação térmica a baixas temperaturas (de 15K a 450K).

## Teoria

A fórmula de Stoney relaciona o stress do filme com o respectivo raio de curvatura do sistema substrato+filme de acordo com:

$$\sigma = \frac{E_s}{(1-\nu_s)} \frac{t^2}{6dR} \quad [1]$$

Onde  $E_s$ ,  $\nu_s$  e  $t$  são, respectivamente, do substrato, o módulo de Young, a razão de Poisson e a espessura, e  $d$  a espessura do filme depositado (Obs:  $E/(1-\nu)$  é chamado de módulo biaxial).

Sabemos também que a derivada do stress pela temperatura é dada por:

$$\frac{d\sigma}{dT} = [E_f / (1-\nu_f)] (\alpha_s - \alpha_f) \quad [2]$$

## Experimental

O processo de medição do raio de curvatura da amostra se dá basicamente pela detecção da deflexão de um par de feixes de laser refletidos em uma amostra, feixes criados inicialmente por um beam-splitter.

A amostra encontra-se confinada em uma câmara criogênica, submetida a alto vácuo ( $1.10^{-6}$  Torr), tendo a temperatura variada continuamente em função do tempo.

Quanto ao controle de temperatura, tem-se um equipamento LakeShore, que controla o resfriamento da câmara criogênica, trabalhando em conjunto com um Heater, que tem por finalidade contrabalancear o resfriamento da câmara por Hélio.

## Resultados e Discussão

Inicialmente, foram realizados ensaios de medições do raio de curvatura de substratos em função da temperatura, com o objetivo de comparar futuramente a ordem de grandeza da variação do raio de curvatura com as medidas das amostras (substrato+filme). Após feita a referida comparação, verificou-se que a variação do raio de curvatura do substrato sem filme pode ser desprezada.

A partir da equação 1, obtivemos o dependência do stress (filme de Si amorfo) com a temperatura.

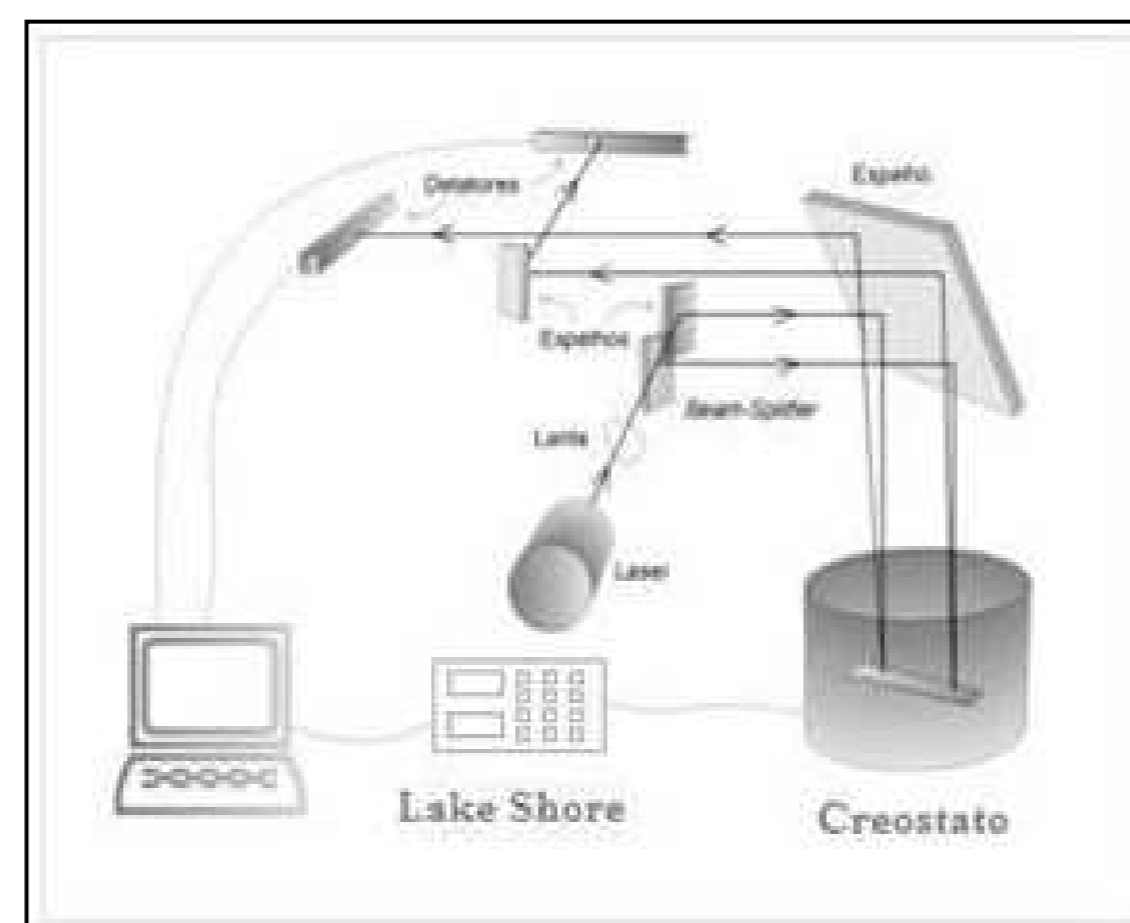


Figura 1 – Diagrama esquemático do sistema de medição de stress



Figura 2 – Câmara Criogênica em funcionamento

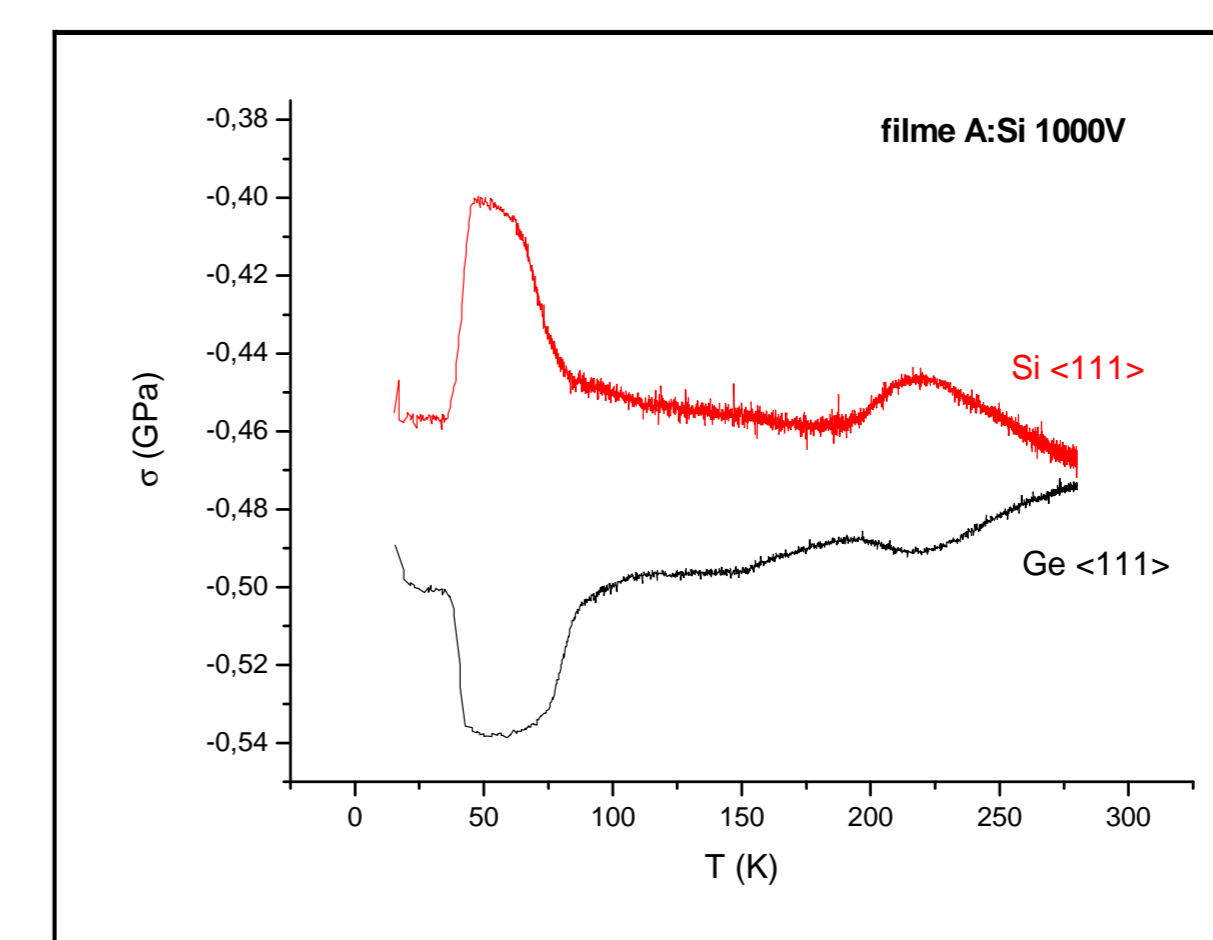


Figura 3: Stress em função da temperatura, filme de Si

A partir da dependência do stress em função da temperatura, e com os valores obtidos de  $\alpha_s$  [3] em função da temperatura, são montados novos gráficos  $d\sigma/dT \times \alpha_s$  para cada temperatura, e a partir da equação 2, pode-se inferir que quando  $d\sigma/dT=0$ , temos em cada gráfico  $\alpha_s=\alpha_f$ . Logo, foi plotado um gráfico do coeficiente  $\alpha_f$  de dilatação térmica do filme em relação a temperatura.

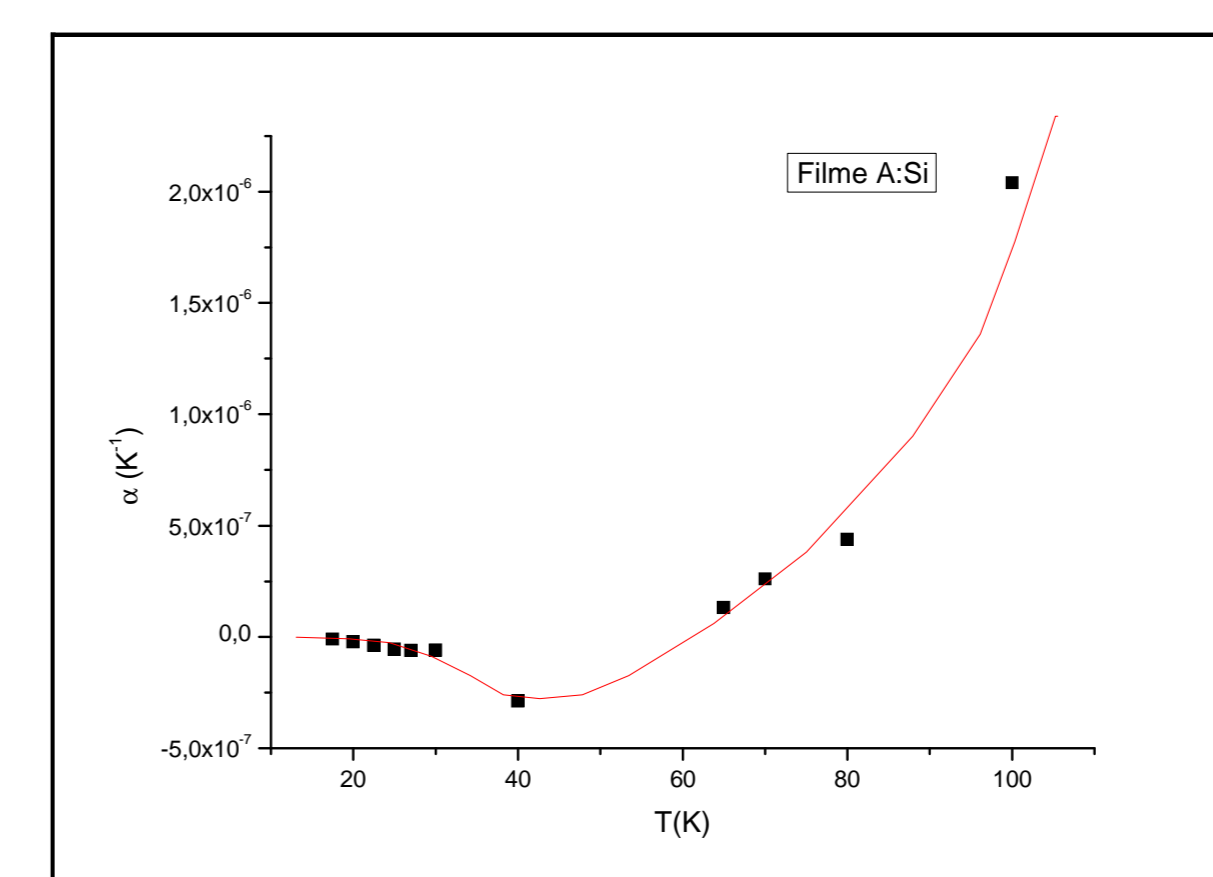


Figura 4: coeficiente de dilatação térmica do filme de Si

Pelo gráfico já se pode identificar qualitativamente a presença do efeito anômalo, na faixa compreendida entre 30-50 K, em que apresenta coeficiente negativo.

## Conclusão

O sistema de medição de stress a baixas temperaturas apresentou um desempenho eficiente na medição do raio de curvatura, revelando no filme de silício amorfo resultados qualitativos da presença do efeito anômalo do coeficiente de dilatação térmica a baixas temperaturas.

## Referências

- [1] Mary F. Doerner, William, e D. Nix, CRC Critical Review in Solid State and Materials Sciences 14, (3), 228 (1988).
- [2] M. M. de Lima Jr., R. G. Lacerda, J. Vilcarromero, e F. C. Marques, J. Appl. Phys. 86, 4936 (1999).
- [3] M. Skimin, HJ. J. Appl. Phys. 24, 988 (1963)