

CARACTERIZAÇÃO DE FILMES FINOS DE NITRETO DE SILÍCIO AMORFO POR FOTOCONDUTIVIDADE

L.R. TESSLER e F. ALVAREZ
Instituto de Física, UNICAMP
Caixa Postal 6165
13.100 Campinas, SP

RESUMO: O nitreto de silício amorfo hidrogenado ($a\text{-SiN}_x\text{:H}$) é potencialmente útil como material de ja nela em células solares de silício amorfo.

Apresentamos medidas de fotocondutividade em função da temperatura para diferentes concentrações de nitrogênio e diferentes dopagens dos tipos n e p. As amostras foram preparadas por descarga luminescente sobre uma mistura de silano e nitrogênio.

Os resultados das medidas nos permitiram obter informações qualitativas sobre a influência do nitrogênio na densidade de estados eletrônicos em algumas regiões do pseudogap, bem como estudar efeitos de do pagem.

Filmes Finos, Silício Amorfo, Fotocondutividade.

1. INTRODUÇÃO: O estudo dos semicondutores amorfos à base de silício tem recebido grandes impulsos nos últimos anos principalmente devido a suas aplicações em dispositivos foto voltáicos. Em 1975, Spear e Le Comber demonstraram que o $a\text{-Si:H}$ produzido por descarga luminescente (glow discharge) em uma atmosfera de silano é um material com boas propriedades semicondutoras e passível de dopagem, tanto do tipo n quanto do tipo p⁽¹⁾. A partir daí, várias estruturas de cêlu las solares foram pesquisadas, sendo as do tipo p-i-n as mais promissoras⁽²⁾. Neste tipo de célula é conveniente o uso de um material com gap óptico maior na camada pela qual a luz incide (ou janela), de modo a permitir que um número maior de fótons atinja a camada ativa. O $a\text{-SiN}_x\text{H}$ apresenta um gap óptico variável com a concentração de nitrogênio até um máximo de 5.5eV no $a\text{-Si}_3\text{N}_4$, possibilidade de dopagem dos tipos n e p e fotocondutividade que o tornam um material jane la em potencial⁽³⁾.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL: As amostras de $a\text{-SiN}_x\text{:H}$

foram preparadas na forma de filmes finos em um reator de descarga luminescente RF de acoplamento capacitivo descrito em outro trabalho ⁽⁴⁾.

A descarga luminescente foi feita sobre uma mistura fixa de silano e nitrogênio $|\text{SiH}_4|/|\text{N}_2| \sim 0.33$. A pressão de deposição variou entre 0.6 e 0.8 torr, com contaminação da atmosfera melhor que 600 ppm de ar. Os filmes foram depositados sobre substratos de vidro Corning 7059 mantidos a 280°C. O gerador de RF de 13,6 MHz teve a potência monitorada por um medidor colocado tão próximo quanto possível do reator. Todas as amostras são anódicas e preparadas a partir de gases de grau eletrônico.

Para efetuarmos as medidas de fotocondutividade contatos coplanares de alumínio com 10mm de comprimento e 5mm de largura foram evaporados sobre as amostras. Um excelente comportamento ôhmico foi notado na faixa de polarização usada.

Algumas características ópticas e elétricas das amostras foram expostas em outro trabalho ⁽³⁾, e estão resumidas na Tabela I.

TABELA I

Amostra	Potência (W/cm ²)	Razão Dopante Silano(%)	Gap Óptico (eV)	Energia de Ativação no Escuro(eV)
39	0.62	-	1.78	0.85
36	1.50	-	2.02	0.90
46	1.50	0.02(B)	2.02 a)	0.91
44	1.50	0.8 (B)	1.90	0.58
54	1.50	0.1 (P)	-	0.86
a) Estimada				

As medidas de fotocondutividade foram feitas em um sistema standard de detecção em fase. Uma densidade uniforme de portadores foi gerada no interior das amostras pela linha de 1.96eV de um laser de He:Ne. Fluxos de fóton de 6×10^{11} a $6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ foram conseguidos com um conjunto de filtros neutros. Durante as medidas as amostras foram mantidas em um criostato com temperatura controlável a 10^{-3} torr.

3.RESULTADOS: As figuras.1,2 e 3 mostram as curvas de

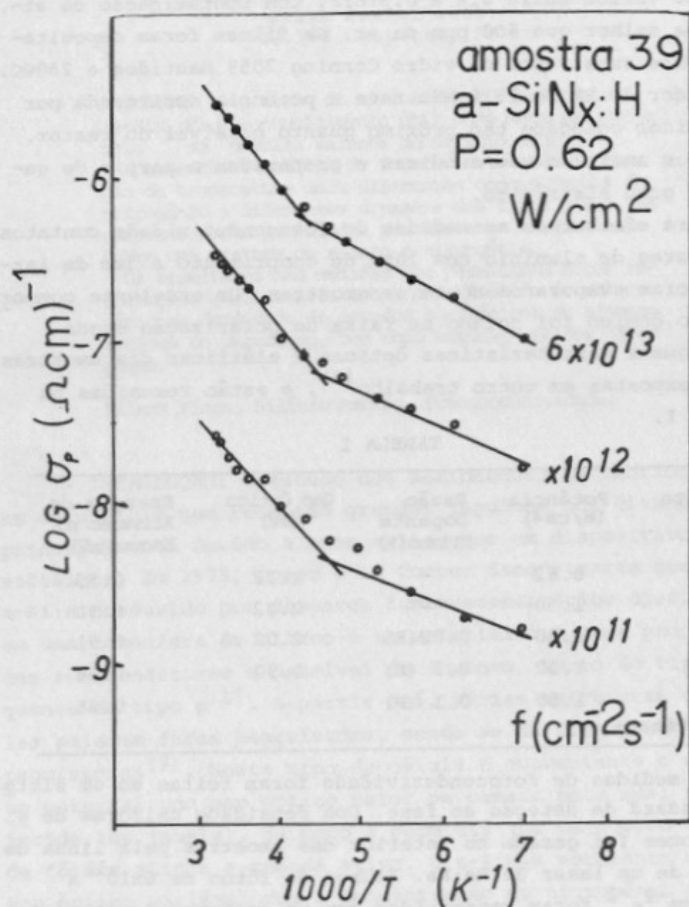


Figura 1: Fotocondutividade contra a temperatura na amostra 39. Os diferentes fluxos de fótons estão indicados.

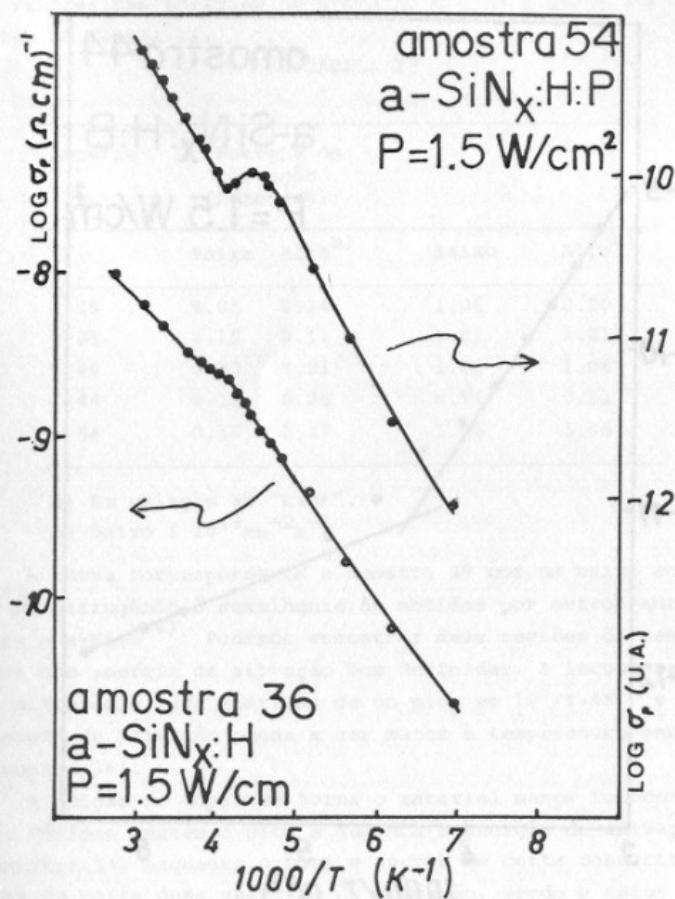


Figura 2: Fotocondutividade contra a temperatura nas amostras 36 e 54. Fluxos de fotons de $6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

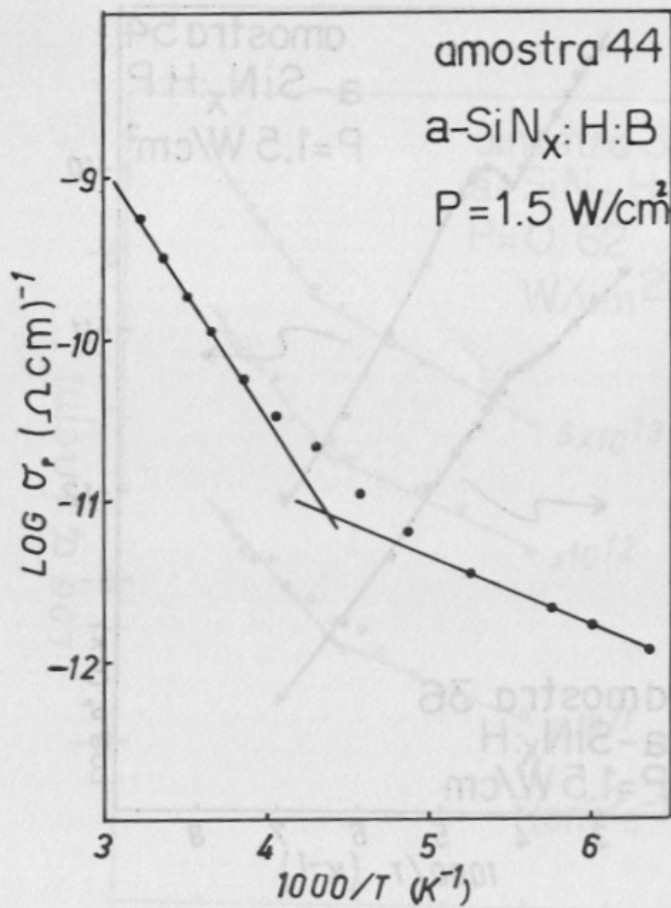


Figura 3: Fotocondutividade contra a temperatura na amostra 44. Fluxos de fotons de $6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

fotocondutividade contra a temperatura para as amostras 39, 36, 44 e 54, que apresentam comportamentos representativos. Os valores das energias de ativação e γ na equação $\sigma = kT^\gamma$ estão na Tabela II.

TABELA II

Amostra	Energia de Ativação (Foto) (eV)		γ	
	Baixa	Alta ^{a)}	Baixo	Alto ^{b)}
39	0.05	0.14	1.06	0.80
36	0.15	0.11	1.01	1.01
46	0.13	0.21	1.06	1.06
44	0.32	0.08	0.91	0.91
54	0.17	0.17	1.08	1.08

a) Em relação ao "kink".

b) Baixo $\leq 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

A curva correspondente a amostra 39 com um baixo conteúdo de nitrogênio é semelhante às obtidas por outros autores para o a-Si:H⁽⁴⁾. Podemos encontrar duas regiões de temperatura com energia de ativação bem definidas. A incorporação de nitrogênio leva aparição de um pico em $10^3/T-4\text{K}^{-1}$ e a energia de ativação passa a ser maior à temperatura menor (amostra 36).

A adição de dopantes torna o material menos fotocondutivo. Fósforo mantém o pico e aumenta a energia de ativação (amostra 54) enquanto o boro a partir de certa concentração traz de volta duas energias de ativação, sendo a maior à baixa temperatura.

4.DISCUSSÃO: Começamos a discussão pela amostra 39. Supomos que diferentes processos de condução estão presentes em todo o intervalo de temperatura. Seguindo Spear et.al.⁽⁵⁾ supomos que a baixas temperaturas a condução se dá principalmente por tunelamento auxiliado por fonons de elétrons

em estados localizados e à temperaturas mais altas o transporte se dá através de estados estendidos.

A adição de nitrogênio ao material de alguma forma torna este último mecanismo dominante em todo o intervalo de temperatura estudado. A dopagem com fósforo reforça pico. Associamos isso a um possível aumento da densidade de estados entre o nível de Fermi e o limiar de mobilidade da banda de condução.

Cálculos preliminares estimam um pico na densidade de estados 0.36eV abaixo de E_c .

Por outro lado, a dopagem com boro baixa o nível de Fermi fazendo o material se comportar com um semiconductor do tipo p a partir de certo nível de dopagem. Então o transporte é dominado por buracos e as energias de ativação estariam ligadas a distribuição de estados abaixo do nível de Fermi.

5. CONCLUSÕES: Estudamos a fotocondutividade contra a temperatura em amostras de $a\text{-SiN}_x\text{:H}$ preparadas por descarga luminescente RF sob diversas condições. Os resultados experimentais foram interpretados em termos de diferentes densidades de estados no pseudogap e diferentes posições do nível de Fermi.

As amostras pesquisadas podem ter contaminação por ar na atmosfera de deposição. Nosso sistema de deposição está sendo modificado e em breve, com sistemas de vácuo independentes para ar e para silano teremos condições de obter amostras com grau de contaminação muito menor nas quais poderemos tirar informações mais precisas.

6. AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a ajuda prestada por Cesar A.C. Mendonça nas medidas. Um dos autores (L.R.T.) é bolsista da FAPESP.

REFERÊNCIAS:

1. W.E. Spear and P.G. LeComber, Solid State Commun, 17 (1975) 1193.
2. O.E. Carlson, IEEE Trans. ED. 24 (1977) 449.
3. F. Alvarez e I.E. Chambouleyron, Solar Energy Materials

10(1984) em impressão.

4. D.A. Anderson and W.E. Spear, *Phil.Mag.* 36 (1977) 695.
5. W.E. Spear and P.G. Le Comber, in Photoconductivity and Related Phenomena, Editors: J. Mort and D.M. Pai, Elsevier, Amsterdam, 1976, P.185.