

Fabricação e caracterização de células fotovoltaicas de silício

Gabriel de Loyola Bertão*, Hugo da Silva Alvarez e José Alexandre Diniz

Resumo

Este trabalho tem como objetivo a fabricação e caracterização de células solares de heterojunção p-a-Si/n-c-Si de homojunção n-c-Si/p-c-Si/p+-c-S, bem como a execução de processos de otimização de eficiência.

Palavras-chave:

Célula fotovoltaica, silício amorfo, silício cristalino

Introdução

A demanda por energia a partir de matrizes não fósseis gera um cenário favorável para o avanço de tecnologias de menor impacto ambiental. Diante disso, este projeto visa o desenvolvimento e a caracterização de células fotovoltaicas e a otimização de sua eficiência.

Foram fabricadas células, de homojunção de silício cristalino (c-Si) e de heterojunção de um filme silício amorfo (a-Si) depositado sobre uma lâmina de c-Si. A célula de heterojunção foi produzida a partir da deposição por ECR-CVD de silício amorfo hidrogenado (a-Si:H) sobre uma lâmina de silício tipo n de orientação <100>. A face frontal, onde o a-Si:H foi depositado foi submetida ao processo de implantação de íons boro (B⁺) para criação de uma camada dopada tipo p e ao processo de RTP para ativação. Em seguida, litografia para deposição dos contatos de alumínio (Al) por *sputtering*, revelados por *lift-off*, e deposição de uma camada antirrefletora (ARC) de nitreto de silício (SiN_x) (Etapa I). Após a fabricação, a célula foi submetida a corrosão traseira por ICP para diminuição da espessura da camada n por 10 (Etapa II) e 40 minutos (Etapa III). A célula de homojunção foi produzida a partir da difusão de fósforo, para criação da camada tipo n na face frontal de uma lâmina de silício tipo p com orientação <100>, seguida difusão de alumínio depositado por *sputtering* na face traseira para criação de uma camada p+. Após a difusão, a lâmina passou pela gravação de contatos da mesma forma que fora realizado na célula de a-Si (Etapa I). Por fim, a célula passou por recozimento térmico na presença de N₂ e H₂ por 1 e 4 minutos (Etapa II e III).

Após a fabricação das células, foi realizada a caracterização J x V com o simulador solar AM 1.5. Assim foi possível a extração de parâmetros como a eficiência (η), que é um importante fator para determinação da conversão da luz em eletricidade, e o fator de forma (FF), que corresponde a proximidade da conversão com o limite teórico¹. Sendo V_{max} e J_{max} os valores de tensão e densidade de corrente no ponto de máxima potência, V_{oc} de circuito aberto, J_{sc} de curto circuito e P_{in} de potência incidente.

$$\eta = \frac{V_{max} \cdot J_{max}}{P_{in}} \quad FF = \frac{V_{max} \cdot J_{max}}{V_{oc} \cdot J_{sc}}$$

Resultados e Discussão

A queda da eficiência na Etapa III da célula de a-Si pode ser associada à ocorrência de corrosão no filme de silício amorfo frontal devido ao tempo prolongado de

exposição ao plasma. A queda da eficiência na célula de c-Si na Etapa III ocorreu devido ao prolongamento do recozimento térmico, indicando que o ponto ótimo é próximo a 1 minuto.

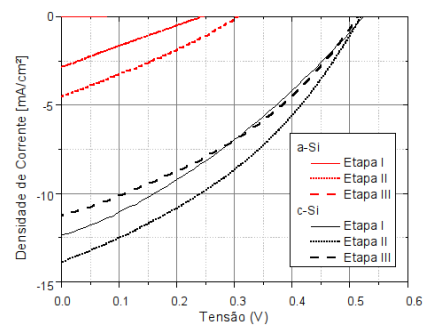


Figura 1. Curva característica das células de a-Si e c-Si.

Tabela 1. Parâmetros extraídos das células fotovoltaicas

	Célula de a-Si			Célula de c-Si		
	I	II	III	I	II	III
V _{max} [mV]	8,76	159	166	300	310	320
J _{max} [mA/cm ²]	0,03	2,5	2,0	7,0	9,1	6,6
V _{oc} [mV]	170	323	328	520	520	510
J _{sc} [mA/cm ²]	0,33	4,6	3,91	12,3	14,97	11,26
η [%]	< 0,001	0,4	0,34	2,1	2,6	2,1
FF [%]	0,04	27,1	26,2	32,6	36,04	36,79

Conclusão

Embora as células não apresentem alta eficiência como as presentes no mercado (na ordem de dezenas¹) é necessário salientar que os processos de corrosão e recozimento ocasionaram um aumento de eficiência de cerca de quatro ordens de grandeza e 23,8%, respectivamente. Um próximo trabalho poderia explorar os canais criados durante a corrosão da célula de a-Si para a circulação de um fluido refrigerante que diminua a perda de eficiência associada ao aumento de temperatura e a deposição de uma camada antirrefletora na face frontal da célula de c-Si.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo financiamento, ao Hugo S. Alvarez pela fabricação das células e ao CCSNano pelo apoio.

¹ SMETS, A et al. Solar energy: The Physics and Engineering of Photovoltaic Conversion, Technologies and Systems. [S.l.]: UIT Cambridge, 2016. ISBN 9781906860325.