

DEPOSIÇÃO DE CAMADAS DE I.T.O. POR
EVAPORAÇÃO TÉRMICA REATIVA À VÁCUO*

Gouvêa, R., Pereyra, I. e Andrade, A.M.
Laboratório de Microeletrônica
Escola Politécnica da U.S.P.
C.P. 8174 - 05508 São Paulo - Brasil

Martins, R.F.P.
Centro de Física Molecular - U.N.L.
1000 Lisboa - Portugal

O objetivo deste trabalho é o desenvolver técnicas de deposição de camadas de óxido de índio e estanho para fins fotovoltaicos. As películas são depositadas sobre substratos de vidro óptico em evaporador convencional. As fontes de evaporação utilizadas foram índio e estanho metálicos numa primeira fase e óxido de índio e estanho numa segunda fase. Os parâmetros de deposição estudados são: pressão parcial de oxigênio, temperatura do substrato e a taxa de deposição.

As películas depositadas são caracterizadas das em termos de sua espessura, uniformidade, resistência de folha e transmitância óptica. I. T. O., Evaporação Reativa.

INTRODUÇÃO

A aplicação de camadas de óxidos transparentes condutores (OTC) em células solares de silício amorfo se faz necessária pela impossibilidade de se obter camadas de silício amorfo tipo-p ou tipo-n de condutividade elétrica adequada para o bom funcionamento da célula solar. Desta forma, as camadas OTC devem apresentar alta transmitância à luz na faixa de comprimentos de onda de interesse e baixa resistência pelicular.

As películas são depositadas sobre substratos de vidro óptico em evaporador convencional. As fontes de evaporação utilizadas foram Índio e estanho metálicos numa primeira fase. Os parâmetros de deposição estudados são: pressão parcial de oxigênio, temperatura do substrato e a taxa de deposição.

* Trabalho realizado com o apoio financeiro do FINEP - Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnica-Científica - Processo n^o 1135.

As películas depositadas são caracterizadas em termos de sua espessura, uniformidade, resistência de folha e transmitância óptica.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

As camadas de óxido de índio e estanho (ITO) foram depositadas em evaporador convencional com sistema de bombeamento constituído de bomba mecânica, bomba difusora e armadilha de nitrogênio líquido. Foi utilizado o sistema de evaporação térmica resistiva.

Três tipos de fontes de evaporação foram utilizadas; Índio e estanho metálicos, uma composição de SnO_2 e In_2O_3 sinterizados (alvo de "sputtering", Materials Research Corp.) e misturas de SnO_2 e In_2O_3 na forma de pós de alta pureza (Alfa Metals Corp.).

Os parâmetros estudados foram a temperatura de substrato a pressão parcial de oxigênio, em se tratando de evaporação reativa e a taxa de deposição.

Com o uso das fontes metálicas de Índio e Estanho foram obtidas camadas de resistência pelicular de até 10 Ohms por quadrado (espessuras de 75 a 210 nm) com transmitância, entretanto, inadequada, inferior a 60%. A influência da pressão parcial de oxigênio foi estudada na faixa de 5×10^{-5} Torr a 8×10^{-4} Torr. A temperatura dos substratos de vidro foi variada entre a ambiente e 200°C. Tendo em conta a possibilidade da presença nos filmes de estanho e índio na forma elementar, as películas sofreram tratamentos de pós-oxidação em atmosfera de oxigênio, à temperaturas de 300 ou 400°C por tempos entre 10 a 30 minutos, que aumentaram a transmitância a níveis de 80 a 90%. Essa melhora na transmitância ocorre com a perda, em cerca de duas ordens de grandeza, na resistência pelicular, que assumiu valores próximos a 1 kOhm por quadrado.

O segundo tipo de fonte utilizado para a deposição das películas de ITO foi uma composição de SnO_2 (9 mol%) e In_2O_3 (91 mol%) na forma sinterizada (alvo de "sputtering", Materials Research Corporation). Nesse caso a pressão parcial de oxigênio foi variada entre 3×10^{-4} Torr e 8×10^{-4} Torr e a tempe

ratura do substrato foi mantida a 200°C. Os parâmetros medidos das películas depositadas são mostrados na tabela 1. Para caracterizar as películas definiu-se, adicionalmente, uma figura de mérito, Q_{RT} , como a razão entre a resistência pelicular e a transmitância da camada de ITO.

TABELA 1 - Parâmetros das películas de ITO depositadas a partir de fonte sinterizada de SnO_2 e In_2O_3 .

AMOSTRA Nº	TEMPO DE DEPOSIÇÃO (min)	ESPESSURA (nm)	ρ ($10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$)	RESISTÊNCIA PELICULAR (Ω/\square)	TRANSMITÂNCIA (%)	Q_{RT} (Ω/\square)
21.5	40	210	27	13	85	15,3
19.6	40	75	26	34	93	36,5
16.5	40	210	25	12	85	14,1
22.1	45	75	26	35	92	38,0
ITO.1	6	75	75	100	88	114,0

Ainda dentro deste trabalho foram depositadas películas de ITO com o uso de fontes de SnO_2 e In_2O_3 na forma de misturas de pós de alta pureza (Alfa Metals Corp.). Nesse caso, a proporção de SnO_2 foi variada tendo sido observada que com o uso de SnO_2 em concentração superior a 10 mol% as películas resultam amarelo-esfumaçadas, com conseqüente redução na transmitância. A concentração de SnO_2 foi fixada em 9 mol % e a mistura foi submetida a tratamento térmico em atmosfera de oxigênio a 900°C por duas horas. Os resultados obtidos das películas depositadas são mostrados na tabela 2.

TABELA 2 - Parâmetros das películas de ITO depositadas a partir de misturas de SnO_2 e In_2O_3 (pós de alta pureza).

AMOSTRA Nº	TEMPO DE DEPOSIÇÃO (min)	ESPESSURA (nm)	ρ ($10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$)	RESISTÊNCIA PELICULAR (Ω/\square)	TRANSMITÂNCIA (%)	Q_{RT} (Ω/\square)
R.11	45	110	67	61	90	68,0
R.12	60	110	55	50	80	62,0
R.13	15	210	82	39	83	47,0
R.14	40	210	29	14	92	15,2

COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

A obtenção de películas de ITO a partir de fontes metálicas não se revelou adequada. O controle da cinética da oxidação dos metais é muito crítico tornando difícil a obtenção de boa transmitância e baixa resistência pelicular ao mesmo tempo. Melhor controle poderia ser, eventualmente, obtido por co-evaporação reativa do Índio e do estanho.

Como se pode observar através dos baixos valores para Q_{RT} , as melhores camadas de ITO e os resultados mais repetitivos são obtidos a partir de fonte sinterizada de SnO_2 e In_2O_3 .

Com a utilização das misturas de óxidos (pó) também são obtidas películas de boa qualidade e baixos Q_{RT} , a reprodutibilidade, entretanto não é tão boa como no caso da fonte de óxidos sinterizados. Estão sendo estudados diferentes tratamentos térmicos das composições com o objetivo de melhorar a reprodutibilidade.

Um dos problemas do método atualmente utilizado é a dificuldade de obtenção de boa uniformidade em grandes áreas. Esse problema pode ser resolvido com a utilização de um sistema planetário de porta-amostras.