

APLICAÇÃO DE FILME FINO TEXTURIZADO PARA O INCREMENTO DA CONVERSÃO ENERGÉTICA DE PAINEL FOTOVOLTAICO

RAMON DADALTO CARVALHO¹; PEDRO LOVATO GOMES JARDIM²;
CRISTIANE WIENKE RAUBACH RATMANN³; SERGIO DA SILVA CAVA⁴;
MARIO LUCIO MOREIRA⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – ramondadaltocarvalho@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – cricawr@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – pedro.lovato@ufrgs.br

⁴Universidade Federal de Pelotas – sergiocava@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – mlucio3001@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Nas discussões sobre energias renováveis, a solar tem papel central devido ao seu grande potencial, além de estar presente nas políticas energéticas de países desenvolvidos e emergentes. Se faz necessária a busca por redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como a diminuição do uso de combustíveis fósseis. Para tal, é necessário um maior desenvolvimento tecnológico dos dispositivos fotovoltaicos, que implica, portanto, em sustentabilidade ambiental, social e econômica (ESPOSITO, 2013), (JONG, 2015).

Visando a obtenção de uma maior conversão energética, LIAPIS (2017) utilizou uma parte frontal de uma célula fotovoltaica um vidro texturizado, com índice gradual de refração, com transmitância de 99,8%, sendo antirreflexivo. Tendo por objetivo, aumentar a quantidade de luz que chega à célula solar. Fazendo com que a quantidade de fótons incidentes seja maior, obtendo assim um acréscimo na fotocorrente (LIAPIS, 2017).

Nesta pesquisa, foram realizados estudos com o vidro que é utilizado como camada de proteção na parte frontal dos painéis fotovoltaicos. Porém, o vidro utilizado, mesmo tendo transmitância de aproximadamente 94,0%, uma fração da luz é desviada devido por reflectância.

Assim, o objetivo deste trabalho foi utilizar um revestimento de filme fino antirreflexivo depositado por meio de imersão em substrato de vidro para minimizar a reflectância e maximizar a transmitância, tendo como consequência uma maior quantidade de fótons chegando ao painel fotovoltaico, de modo a aumentar a conversão energética do mesmo.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foi utilizado o método sol-gel para sintetizar o composto usado no revestimento do substrato de vidro, entretanto, devido à outros estudos que estamos realizando e para fins de proteção, não será revelado qual o nome do composto.

Após a síntese do composto, foi empregado o método de deposição por imersão, *dip-coating*, sendo que, este permite o controle da espessura dos filmes depositados, por meio do ajuste dos parâmetros de deposição. A utilização deste método de deposição deveu-se à disponibilidade do equipamento, no grupo de pesquisa Crescimento de Cristais Avançados e Fotônica – CCAF.

Os substratos de vidro utilizados foram lâminas de microscópio, com dimensões 26x76mm, após a deposição dos filmes finos, estes foram submetidos ao tratamento térmico no forno Mufla à 400°C por 10 minutos e, por conseguinte,

os filmes finos foram submetidos à modificação de superfície, *etching*, com o tempo de desbaste químico da ordem de 2ⁿ com a finalidade de criar uma região com índice gradual de refração no revestimento.

Após o processo de texturização, os filmes finos passaram por caracterização óptica, por meio da espectroscopia UV-Visível na configuração de transmitância e refletância com o feixe de luz incidente não-colimado. Os equipamentos utilizados foram um espectrofotômetro modelo *Ocean Optics HR2000+*, fonte de luz ultravioleta-infravermelho modelo *Ocean Optics DH-2000*, uma esfera integradora modelo *Thorlabs IS200-4* e duas fibras ópticas uma ultravioleta-visível, conectando à fonte de luz para iluminar a amostra e a outra fibra óptica visível-infravermelho, conectando a esfera integradora ao espectrofotômetro.

Para este trabalho, foi utilizado painel fotovoltaico de silício policristalino, sendo de primeira geração, comercial com dimensões 19mm por 39mm, da marca *Aiyima* com eficiência de 17% e a diferença de potencial pode chegar até 0,5V, informações do fabricante.

Para realizamos as medidas elétricas para o cálculo posterior do fator de preenchimento FF, que representa a conversão energética do painel fotovoltaico, utilizamos como fonte de radiação duas lâmpadas halógenas com potência de 100W e tensão de 220V cada uma e um potenciostato modelo *VersaSTAT 3*, responsável por aplicar uma diferença de potencial no painel e medir a corrente correspondente a esta. Entretanto, as medidas foram realizadas com diferença de potencial máxima nas lâmpadas de 100V.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o processo de texturização dos filmes finos, foi possível perceber visualmente, que tal processo alterava a transmitância dos filmes finos, tendo-se maior percepção para os filmes com os tempos de desbastamento de 512s e 1024s, pode se ter esta percepção pela Figura 1.

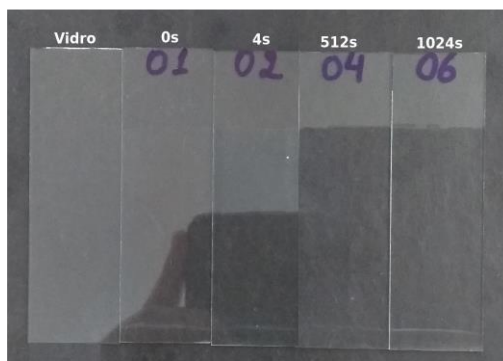


Figura 1: Imagem do substrato de vidro, sem filme fino e com os filmes de: com 0s de desbaste, sem modificação de superfície; com os tempos de desbastamento de 4s, 512s e 1024s.

A Figura 1 mostra que o processo de desbaste químico modificou a superfície dos filmes finos depositados em substratos de vidro, de tal modo a produzir filmes antirreflexivos, maximizando a transmitância. O fenômeno é perceptível com maior intensidade nos filmes finos com os tempos de desbastamento de 512s e 1024s, sendo possível visualizar que nas amostras de substrato de vidro, filmes finos de 0s e 4s, que nestes casos é evidente o reflexo do "smartphone" utilizado na captura da imagem, porém mesmo reflexo não é

visível nos filmes finos 512s e 1024s, porém, devido ao pouco espaço disponível, vamos nos ater apenas ao vidro e ao filme fino de 512s.

De modo a quantificar esse aumento de transmitância, as amostras foram submetidas as medidas do espectro de transmitância UV-Visível, como pode ser visualizado na Figura 2. Para realizar a caracterização, foi utilizado o ar para normalização das medidas, ou seja, o ar como 100% de transmitância.

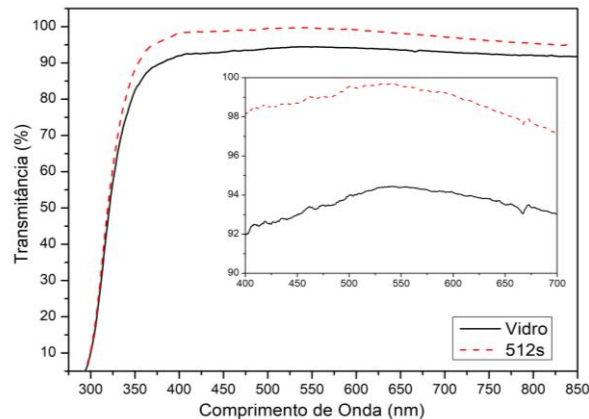


Figura 2: Espectro de transmitância UV-Visível das amostras substrato de vidro e do filme fino 512s.

Na Figura 2, o espectro de transmitância apresentada pelo substrato de vidro foi de 94,45% no comprimento de onda de 541nm, enquanto que o filme fino de 512s apresentou um valor de 99,70% no mesmo comprimento de onda. O que significa um aumento de transmitância de 5,56%, algo que JIA *et al* (2017) também observou em sua pesquisa com filmes finos antirreflexos, quando obteve transmitância máxima de 99,04%.

Este aumento de transmitância é, possivelmente, uma consequência das nanoestruturas formadas na superfície do filme fino devido ao desbaste químico. Assim, essas nanoestruturas geram uma região com índice gradual de refração, que, por sua vez, vai aumentando em direção ao substrato de vidro no qual o filme fino está depositado, fenômeno observado nas pesquisas de DIAO *et al* (2016), JIA *et al* (2017) e LIAPIS (2017).

Vamos apresentar os resultados dos parâmetros fotovoltaicos, obtidos a partir dos painéis sem vidro (descoberto), encapsulado com vidro (somente o substrato de vidro) e encapsulado com o substrato de vidro revestido com o filme fino de 512s de desbaste químico. As curvas de potencial vs. corrente obtidas para os painéis, podem ser visualizadas na Figura 3.

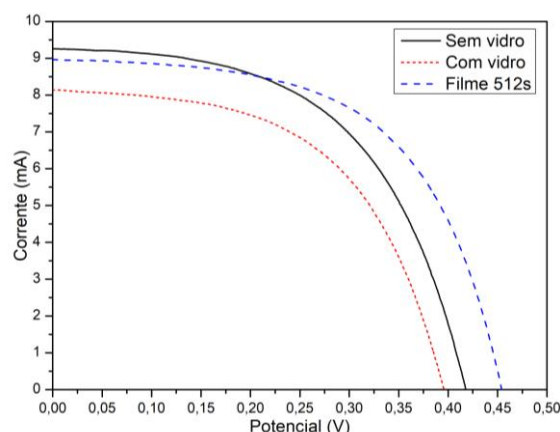


Figura 3: Gráfico de potencial vs. corrente, para os painéis fotovoltaicos: sem vidro; com vidro e; com o Filme 512s.

Nos resultados apresentados na Figura 3, é possível observar que o painel fotovoltaico encapsulado com o filme de 512s, obteve uma diferença de potencial de circuito aberto maior que os outros dois painéis e com corrente de curto-circuito, ligeiramente, menor que o painel sem vidro e bem acima do painel com vidro. Assim, o painel com o filme 512s obteve um fator de preenchimento (FF) de 0,58, o painel com vidro com um FF de 0,55 e o painel sem vidro com um FF de 0,54.

Assim, possivelmente, o resultado obtido pelo painel fotovoltaico com o filme 512s, deveu-se ao filme fino ter um índice gradual de refração que lhe confere alta transmitância e também por este desviar a luz incidente na direção do painel fotovoltaico, fazendo com que mais fótons cheguem até este.

4. CONCLUSÕES

Portanto, neste trabalho podemos concluir que, obtivemos uma superfície de alta transmitância, com 99,7%, utilizando um revestimento com índice gradual de refração, tendo aumentado a transmitância em 5,56%, em relação ao substrato de vidro.

O painel fotovoltaico com o filme 512s obteve uma conversão energética maior que os demais painéis, demonstrando que o filme fino antirreflexivo com 512s de desbastamento químico, aumentou a conversão energética do painel fotovoltaico em 6,82%, em relação ao painel sem vidro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIAO, Z.; KRAUS, M.; BRUNNER, R.; DIRKS, J. H.; SPATZ, J. P. Nanostructured stealth surfaces for visible and near-infrared light. **Nano letters**, Heidelberg, v. 16, n. 10, p. 6610-6616, 2016.

ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G.; Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 40, p. 85-113, 2013.

JIA, G.; JI, Z.; WANG, H.; CHEN, R. Preparation and properties of five-layer graded-refractive-index antireflection coating nanostructured by solid and hollow silica particles. **Thin Solid Films**, Changzhou, v. 642, p. 174-181, 2017.

JONG, P.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Economic and environmental analysis of electricity generation technologies in brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Salvador, v. 52, p. 725-739, 2015.

LIAPIS, A. C.; RAHMAN, A.; BLACK, C. T. Self-assembled nanotextures impart broadband transparency to glass windows and solar cell encapsulants. **Applied Physics Letters**, Brookhaven, v. 111, n. 18, p. 183901, 2017.