

ISSN 2175-8395

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO

ANAIS DO VI WORKSHOP – 2012

Maria Alice Martins
Morsyleide de Freitas Rosa
Men de Sá Moreira de Souza Filho
Nicodemus Moreira dos Santos Junior
Odílio Benedito Garrido de Assis
Caue Ribeiro
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

Editores

Fortaleza, CE
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação
Rua XV de Novembro, 1452,
CEP 13560-970 – São Carlos, SP
Fone: (16) 2107-2800
Fax: (16) 2107-2902
<http://www.cnpdia.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita, 2270,
CEP 60511-110 – Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
<http://www.cnpat.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpat.embrapa.br

Comitê de Publicações da Embrapa Instrumentação

Presidente: João de Mendonça Naime
Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori, Washington Luiz de Barros Melo, Sandra Protter Gouvêa, Valéria de Fátima Cardoso.
Membro suplente: Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente: Antonio Teixeira Cavalcanti Júnior
Secretário-Executivo: Marcos Antonio Nakayama
Membros: Diva Correia, Marlon Vagner Valentim Martins, Arthur Cláudio Rodrigues de Souza, Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Adriano Lincoln Albuquerque Mattos e Carlos Farley Herbster Moura

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Capa: Mônica Ferreira Laurito, Pedro Hernandes Campaner

Imagens da capa:

- Imagem de MEV-FEG de Titanato de potássio – Henrique Aparecido de Jesus Loures Mourão, Viviane Soares
- Imagem de MEV de Eletrodeposição de cobre – Luiza Maria da Silva Nunes, Viviane Soares
- Imagem de MEV de Colmo do sorgo – Fabrício Heitor Martelli, Bianca Lovezutti Gomes, Viviane Soares
- Imagem de MEV-FEG de HPMC com nanopartícula de quitosana – Marcos Vinicius Lorevice, Márcia Regina de Moura Aouada, Viviane Soares
- Imagem de MEV-FEG de Vanadato de sódio – Waldir Avansi Junior
- Imagem de MEV de Fibra de pupunha – Maria Alice Martins, Viviane Soares

1ª edição

1ª impressão (2012): tiragem 300

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº. 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.

Embrapa Instrumentação

Anais do VI Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio 2012 – São Carlos: Embrapa Instrumentação; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012.

Irregular

ISSN: 2175-8395

1. Nanotecnologia – Evento. I. Martins, Maria Alice. II. Rosa. Morsyleide de Freitas. III. Souza Filho, Men de Sá Moreira de. IV. Santos Junior, Nicodemos Moreira dos. V. Assis, Odílio Benedito Garrido de. VI. Ribeiro, Caue. VII. Mattoso, Luiz Henrique Capparelli. VIII. Embrapa Instrumentação. IX. Embrapa Agroindústria Tropical.



SENSORES DE MICROCANTILEVER REVESTIDOS COM POLÍMEROS CONDUTORES, UTILIZADO NA DETECÇÃO DE UMIDADE RELATIVA

Clarice Steffens^{1,2*}, Rafael D. Sandoval¹, Alexandra Manzoli², Fabio L. Leite¹, Paulo S. P. Herrmann²

1 - Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia - SP

2 - Embrapa Instrumentação - São Carlos - SP

* contato: clarice@cnpdia.embrapa.br

Projeto Componente: PC2

Plano de Ação: PA4

Resumo

O objetivo desse trabalho foi funcionalizar microcantilevers com uma camada sensível de polianilina no estado de oxidação esmeraldina como um dispositivo sensível a umidade. As superfícies funcionalizadas foram caracterizadas pelas técnicas de microscopia de força atômica (AFM) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Por meio das imagens de AFM foi possível observar uma morfologia granular e uniforme, podendo-se avaliar que houve uma boa absorção dos filmes fino de polianilina sobre a superfície do microcantilever. Observou-se também por MEV a deposição de nanofibras sobre a superfície do microcantilever. Os resultados mostraram que o sensor de microcantilever foi sensível e reversível a mudança de umidade relativa.

Palavras-chave: sensor de microcantilever, funcionalização, umidade, polianilina

Publicações relacionadas

Steffens, C. *et al.* Development and characterization of a flexible silicon microcantilever, applied as a nanosensor” ao SBPMat - X Brazil-MRS Meeting, 2011.

Introdução

Nas últimas décadas tem havido um crescente interesse para o controle e o monitoramento de vapores químicos e de umidade com baixos limites de detecção. Neste contexto, os sensores baseados em microcantilevers, usados em microscopia de força atômica (AFM) [1], apresentam-se como dispositivos miniaturizados e extremamente sensíveis [2]. Esses sensores podem ser aplicados em diversas áreas, no controle de processos industriais, controle ambiental [3], na investigação médica e farmacológica, biotecnologia, agricultura, entre outras.

O objetivo desse trabalho foi funcionalizar microcantilevers com uma camada sensível de polímero condutor por meio da técnica de *spin-*

coating e aplicar na detecção de umidade, por intermédio do deslocamento da haste bimaterial (Silício/polianilina). As superfícies funcionalizadas foram caracterizadas pelas técnicas de microscopia de força atômica (AFM) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). A resposta do sensor de microcantilever foi avaliada por intermédio da deflexão da haste, utilizando o sinal do AFM, em diferentes umidades relativas.

Materiais e métodos

A polianilina foi obtida por meio da síntese interfacial, na qual a polimerização ocorre na interface entre duas fases líquidas e imiscíveis, cada uma contendo um reagente, conforme descrito por Medeiros [4]. A solução de polianilina (desdopada)

obtida da síntese interfacial foi depositada sobre a superfície do microcantilever, por meio da técnica de *spin-coating*. Posteriormente, os sensores de microcantilevers foram secos em dessecador a vácuo por 12 horas, em temperatura ambiente e dopados com HCl (1M).

Os microcantilevers de silício utilizados foram adquiridos comercialmente (NT-MDT), apresentando uma frequência de ressonância de 4-17 (± 13) kHz e constante de mola de 0,063-0,13 N/m.

Os filmes de polianilina depositados sobre a superfície de silício foram caracterizados em relação à morfologia e rugosidade por meio da técnica de AFM e MEV.

A deflexão dos sensores foi medida em voltagem no fotodetector do AFM (Dimension V), a qual foi convertida em nanômetros após a obtenção do valor de sensibilidade do sistema.

A umidade relativa foi obtida em uma câmara vedada acoplada ao AFM, onde o gás de nitrogênio seco e gás úmido (nitrogênio borbulhado em água) foram inseridos a uma vazão de 200 mL/min. A temperatura da câmara foi mantida constante a 20°C para obtenção dos valores de deflexão a diferentes umidades. A Figura 1 demonstra uma representação esquemática da deflexão dos sensores de microcantilevers funcionalizados com filme fino de polianilina.

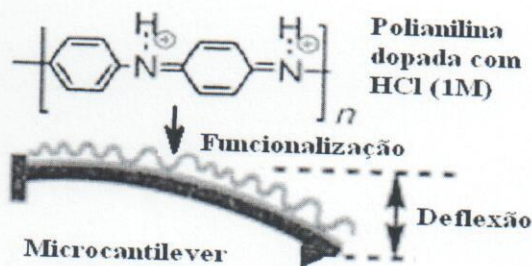


Fig. 1: Representação esquemática do microcantilever funcionalizado com polianilina respondendo a umidade relativa (deflexão).

Resultados e discussão

Foram realizadas imagens topográficas (Fig. 2), da superfície de silício com e sem deposição dos filmes de polianilina. Por meio das imagens topográficas obtidas com a AFM em uma área de 5 μm x 5 μm foi possível observar uma morfologia granular, na qual a polianilina formou uma camada uniforme, sendo que a superfície do microcantilever sem funcionalização apresentou 2,02 ($\pm 0,3$) nm de

rugosidade, enquanto que a superfície funcionalizada foi de 133 ($\pm 1,0$)nm.

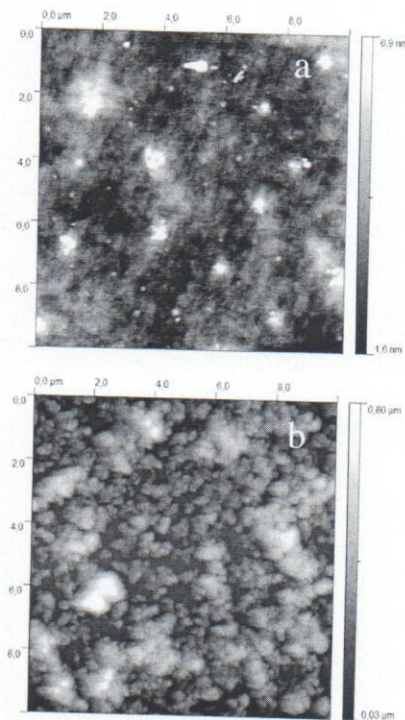


Fig. 2: Imagens topográficas em 2D de 100 μm^2 : a) superfície de silício e b) filme de polianilina depositado sobre o microcantilever.

Através da MEV pode-se avaliar que houve uma boa adsorção do filme de polianilina sobre a superfície (Fig. 3). Observou-se a presença nanofibras sobre a superfície do microcantilever, sendo estas bastante promissoras na fabricação de sensores, pois, uma vez que estas fibras apresentam uma área superficial elevada, pode haver um aumento significativo na área de interação dos sensores de microcantilever funcionalizado com o analito de interesse.

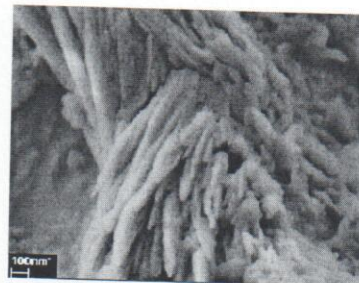


Fig. 3: Imagem da funcionalização da superfície do microcantilever obtida com o MEV (resolução de 100 nm).

A resposta dos sensores foi avaliada na faixa de 20 a 70 % de umidade relativa (UR), durante sucessivas ciclagens entre os gases seco e úmido.

Pode-se observar que os sensores de microcantilevers funcionalizados com polianilina foram sensíveis e reversíveis a mudança de UR nas ciclagens realizadas. A sensibilidade e reversibilidade obtidas foram de 2588 % ($\pm 372,8$) e 98,96 % ($\pm 0,9$), respectivamente.

A sensibilidade obtida pelos sensores em relação a UR em uma faixa linear (~ 50 %) (deflexão/umidade de mudança de umidade) foi 87,42 nm/UR.

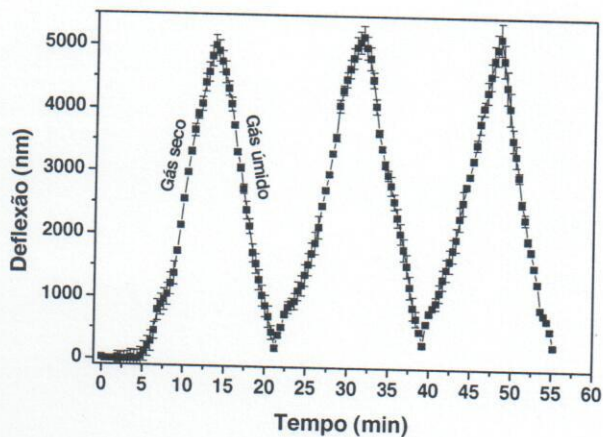


Fig. 4: Deflexão dos sensores de microcantilevers funcionalizados com polianilina a UR.

Conclusões

Foi possível funcionalizar a superfície dos microcantilevers com filme fino de polianilina, obtendo-se uma morfologia granular e uniforme. Estes sensores funcionalizados com uma camada sensível de polianilina proporcionaram uma alta sensibilidade a UR. Deste modo, esses sensores de microcantilever podem ser utilizados em aplicações comerciais, tais como na agricultura, no controle ambiental, entre outros setores.

Agradecimentos

Ao CNPq, FINEP, EMBRAPA, a FAPESP projeto nº 2009/08244-0 pelo apoio financeiro e o MP1 da Embrapa 01.10.01.0.01.03.

Referências

- [1] F.L. Leite; P.S.P.Herrmann J. Adhesion Sci. Technol. VSP 2005, 19, 365-405.
- [2] S. Singamaneni; M.C. Lemieux; H.P. Lang; C. Gerber, Y. Lam; S. Zauscher; P.G. Datskos; N.V. Lavrik; H. Jiang; R.R. Naik; T.J. Bunning; V.V. Tsukruk Advanced Materials, 2008, 20, 653-680.

[3] R.M. Oliveira; M.C.A. Nono; C. Kuranaga; M.Wada Materials Science Fórum, 2006, 530, 414-420.

[4] Medeiros, E.S. Tese de Doutorado Universidade Federal de São Carlos, 2006.