

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 – Fabricio 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.



Emprego de laser na modificação de substratos recobertos com ouro para fabricação de eletrodos interdigitados

Gustavo F. Almeida¹, Marcos R. Cardoso¹, Cleber R. Mendonça¹, Daniel S. Corrêa^{2*}

¹Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP

²Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP

daniel@cnpdia.embrapa.br

Projeto Componente: PC2

Plano de Ação: PA2

Resumo

A avaliação da qualidade de alimentos e líquidos é de grande importância para agregar valor aos produtos agropecuários brasileiros. Neste contexto, a língua eletrônica é de grande potencialidade para esta finalidade, qual é formada por um conjunto de unidades sensitivas, onde cada uma delas é composta por um eletrodo interdigitado de ouro, onde são depositados filmes nanoestruturados poliméricos. Usualmente, os eletrodos interdigitados da língua eletrônica são produzidos por métodos litográficos, mas a busca por métodos de fabricação alternativos são importantes. Neste trabalho propomos a fabricação de eletrodos interdigitados utilizando um feixe laser de femtossegundos para remoção do ouro.

Palavras-chave: eletrodos interdigitado, modificação a laser, sensores

Introdução

O Brasil é conhecido mundialmente pela sua alta produção de alimentos, fibras e energia. Visando agregar valor aos produtos agropecuários, diversas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para melhorar e monitorar a qualidade dos seus produtos. Em relação ao controle da qualidade de produtos, como alimentos e líquidos em geral, a classificação dos mesmos é de suma importância. Uma tecnologia de destaque é a língua eletrônica, a qual é formada por unidades sensitivas, compostas por eletrodos interdigitados de ouro, sob os quais são depositados polímeros condutores nanoestruturados. Através de medidas impedância elétrica numa larga faixa de frequências, pode se realizar, por exemplo, a caracterização e classificação de líquidos de composições similares [1, 2].

Da mesma forma que o sistema gustativo humano, as unidades sensitivas da língua eletrônica não reconhecem uma substância em específico, mas sim

reconhecem o padrão global dos componentes, como uma assinatura digital da amostra. Os dados geralmente são interpretados e avaliados com o auxílio de técnicas estatísticas, como Análise das Componentes Principais (PCA).

Usualmente, nos sensores são empregados eletrodos interdigitados, que possuem este nome devido ao formato das trilhas ou ranhuras presentes no mesmo. O material utilizado nos interdigitados é normalmente ouro, devido sua alta condutividade elétrica e inércia química. Normalmente, o processo de fabricação destes eletrodos é baseado em fotolitografia, os quais usualmente são feitos em escala laboratorial por universidades no Brasil, ou são importados, fator que eleva seu custo de aquisição. Neste trabalho propomos a fabricação de eletrodos interdigitados utilizando um processo de remoção a laser. Este sistema produz pulsos de laser com duração temporal de alguns femtossegundos (10^{-15} s). Ultimamente, lasers tem se mostrado como

uma ferramenta bastante promissora, tanto para a microfabricação como para microestruturação de materiais [3-5].

Materiais e métodos

Para a modificação dos eletrodos de ouro, inicialmente utilizou-se substratos vítreos recobertos com uma camada de cobre, para uma maior fixação do ouro, e por cima desta foi depositada uma camada de ouro pela técnica de *sputtering*. Para a remoção de parte do ouro destes substratos, utilizamos um laser pulsado de Ti:Safira que produz pulsos de 150 fs centrados em 775 nm, com uma taxa de repetição de 1 kHz.

Dois aparatos experimentais foram testados. Um mantém o feixe laser (focalizado por uma objetiva de microscópio) fixo enquanto a amostra era movida no plano x-y por estágios de translação, compostos por motores de passo. No segundo aparato, a amostra era mantida fixa e o feixe laser era movimentado no plano x-y por espelhos galvanométricos, sendo o feixe laser interrompido através de uma *shutter*. Os esquemas das montagens experimentais utilizadas estão mostrados na Fig. 1 (a) e (b), respectivamente.

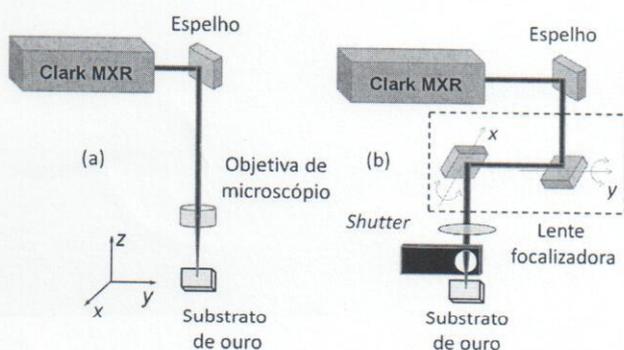


Figura 1: Aparatos experimentais utilizados para modificação dos eletrodos interdigitados: (a) o estágio de translação composto por motores de passo movimenta a amostra no plano x-y, enquanto o feixe laser permanece fixo; (b) espelhos galvanométricos movimentam o feixe no plano x-y, enquanto a amostra permanece fixa.

Resultados e discussão

Na Fig. 2 são mostradas imagens de microscopia óptica de transmissão das linhas produzidas pela remoção de ouro a laser (aparato da Fig. 1 (a)), com diferentes potências (detalhado na figura), e velocidade de varredura de 1 mm/s. A região escura é onde está depositado o ouro, e a região clara mostra onde ocorreu a remoção por ablação da película de ouro.

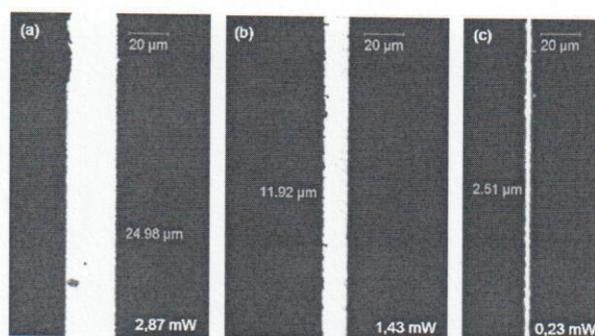


Fig. 2: Imagens de microscopia de transmissão das linhas produzidas nos eletrodos utilizando laser, obtidas com velocidade de varredura de 1 mm/s com potências, de 2,87 mW (a), 1,43 mW (b) e 0,23 mW (c).

Visando a fabricação em menor tempo dos eletrodos interdigitados, utilizou-se a metodologia de fabricação baseado no aparato experimental da Fig. 1 (b). Este aparato movimenta o feixe através da deflexão de espelhos galvanométricos e com isso pode-se chegar a velocidades de varredura da ordem de dezenas de mm/s. Diferentemente dos motores de passo que se movem praticamente de forma contínua os espelhos galvanométricos dão passos mais largos, tornando o movimento seccionado. Isto está ligado com a escala de tensão enviada para os espelhos pelo conversor digital-analógico (CDA). A Fig. 3 mostra as linhas produzidas utilizando passos variados do motor de passo.

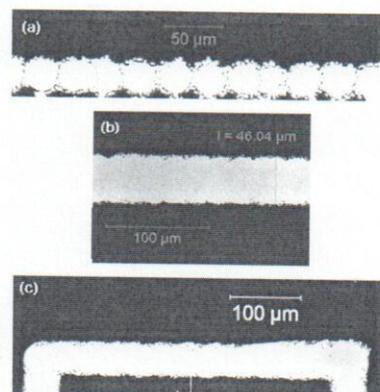


Fig. 3. Imagens de microscopia de transmissão das linhas produzidas nos eletrodos utilizando laser, e espelhos galvanométricos, com passos de 30 μ (a), de 10 μ (b) e de 7,5 μ .

Na Fig. 3 (a) o passo é praticamente do tamanho do *spot* do laser, e há aproximadamente um pulso por área e os pulsos são bem distinguíveis. Com o passo de aproximadamente um quarto do *spot*, mostrado na Fig. 3 (b), ainda é possível ver uma ondulação nas bordas da linha estruturada. Já na Fig. 3(c), com

o menor passo entre os três exemplos, essa ondulação quase não pode ser percebida.

Utilizando esta metodologia de fabricação, foi possível a produção de um eletrodo interdigitado, cuja foto pode ser vista na Fig. 4 (a). A Fig. 4 (b) mostra em detalhes as linhas produzidas nestes eletrodos.

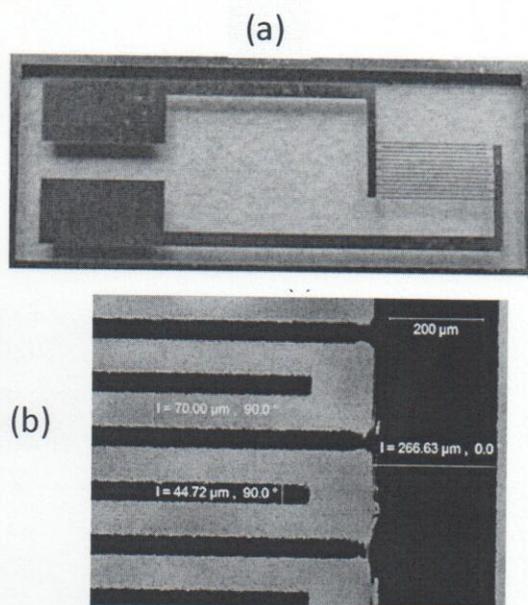


Fig. 4. (a) Imagem de um eletrodo interdigitado produzido a laser. (b) imagens de microscopia de transmissão das linhas do eletrodo.

Conclusões

Dos diferentes aparatos experimentais empregados para modificação dos eletrodos interdigitados, podemos concluir que aquele que utiliza motores de passo para movimentação da amostra é capaz de remover o ouro com ótima resolução, produzindo linhas bastante finas, mas com uma velocidade de varredura baixa. A alta resolução se deve ao uso da objetiva de microscópio (10 \times), mas a fabricação é lenta devido à baixa velocidade de translação dos motores. O segundo aparato possui a vantagem de movimentar o feixe a dezenas de mm/s, devido à utilização de espelhos galvanométricos, porém, por fazer uso de uma lente de distância focal de 12 centímetros, a remoção do ouro é com menor precisão, produzindo linhas mais espessas. O programa produzido para movimentação do feixe laser apresenta grande versatilidade na questão de formato e geometria do desenho a ser microestruturado na superfície do eletrodo. Como trabalho futuro, pretendemos otimizar o sistema de fabricação a laser dos eletrodos, através de modificações na montagem experimental. Os

eletrodos fabricados por este método serão empregados na língua eletrônica e terão suas respostas comparadas com aquelas dos eletrodos fabricados da maneira convencional.

Agradecimentos

CNPQ, FINEP, EMBRAPA, FAPESP e CAPES

Referências

1. A. Riul, R. R. Malmegrim, F. J. Fonseca, and L. H. C. Mattoso, *Biosens. Bioelectron.* 2003, **18**, 1365-1369.
2. A. Riul, C. A. R. Dantas, C. M. Miyazaki, and O. N. Oliveira, *Analyst*, 2011, **135**, 2481-2495
3. C. R. Mendonca, D. S. Correa, F. Marlow, T. Voss, P. Tayalia, and E. Mazur, *Appl. Phys. Lett.*, 2009, **95**, 113309.
4. S. Kawata, H. B. Sun, T. Tanaka, and K. Takada, *Nature*, 2011, **412**, 697-698.
5. C. N. LaFratta, J. T. Fourkas, T. Baldacchini, and R. A. Farrer, *Angewandte Chemie-International Edition* 2007, **46**, 6238-6258.