

Sensores elétricos para detecção de álcoois e ácido acético

RESUMO

Thais Saori Yoshidome Vieira
thaisv@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Keli Fabiana Seidel
keliseidel@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

OBJETIVO: O presente trabalho apresenta um estudo preliminar para analisar a viabilidade de utilizar um polímero, a PANI:PSS (polyaniline:polystyrene sulfonate), como camada ativa de um sensor de vapores orgânicos. **MÉTODOS:** O protótipo do sensor é constituído de eletrodos de ITO (*indium tin oxide*) sobre PET com um canal de aproximadamente 15 um de comprimento. Como área ativa foi depositado uma camada de PANI-PSS. O canal foi produzido através da técnica de ablação a laser femtosegundos e o filme de PANI-PSS foi depositado por *casting*. Medidas elétricas aplicando tensão DC foram utilizadas na caracterização elétrica da amostra. **RESULTADOS:** Resultados preliminares mostraram que a resistência elétrica do filme de PANI-PSS aumenta quando exposta ao etanol e isopropanol enquanto este valor diminui ao ser exposto em ácido acético. Para descrever o comportamento do transporte de carga, utilizou-se modelos matemáticos a fim de quantificar esta modulação da corrente elétrica e por fim poder assumir este dispositivo como um sensor calibrado. Este estudo ainda se encontra em andamento. **CONCLUSÕES:** O dispositivo tem se mostrado um bom detector de vapores orgânicos. Os resultados quantitativos mostram boa distinção entre álcoois e ácido acético. Porém, não é possível fazer uma distinção entre qual dos álcoois está sendo medido já que a diferença entre os valores de resistência elétrica do filme de PANI-PSS encontra-se dentro da barra de erro. **PALAVRAS-CHAVE:** Caracterização. Corrente versus tensão. Sensor de Vapor Orgânico. PANI:PSS

INTRODUÇÃO

O campo de estudo em sensores elétricos e/ou ópticos é crescente e tem grande importância quando se trata de monitoramento. A área de atuação desses sensores é muito ampla, abrangendo estudos, por exemplo, acerca do monitoramento e aplicação de insulina automaticamente no corpo humano utilizando sensores com filme de óxido de zinco (RODRIGUES, 2017, p.136), a detecção de voláteis, com enfoque nas toxidades, e detecção de agrotóxicos ou ainda detecção de fungos no controle de qualidade dos alimentos, como feito por Greenshields (2016, p. 27), etc.

Podem ser construídos com eletrodos interdigitados (GREENSHIELDS 2013, p. 378) ou com dois terminais, onde o primeiro tem como base as medidas elétricas AC como capacitância, resistência, etc. Já a segunda estrutura é baseada na caracterização *I versus V* e possui um filme fino com menor região de área ativa quando comparada ao sensor interdigitado.

Como estudo primário, o protótipo do sensor segue o segundo modelo – dois terminais, tendo como principal objetivo poder diferenciar gases de álcool etílico e propílico e também ácido acético a partir das diferentes respostas obtidas através da caracterização elétrica do dispositivo.

METODOLOGIA

A base do sensor caracterizado é constituída de um eletrodo ITO (*indium tin oxide*) sobre PET com canal feito através do processo de ablação a laser femtosegundos com tamanho aproximado de 15 μm . A deposição sobre o canal é composta de polianilina (PANI), sintetizada a partir da polimerização oxidativa da anilina em um ambiente ácido com $\text{NH}_4\text{S}_2\text{O}_8$ como oxidante (KAMIKAWACHI, 2016, p. 73), e poliestireno-sulfato de sódio (PSS). A camada ativa composta pela PANI:PSS foi depositada por *casting*. Após cerca de dez minutos o filme fino está seco e pode ser utilizado para as caracterizações elétricas.

O mesmo dispositivo com PANI-PSS foi utilizado para detectar três diferentes substâncias em tempos diferentes, dentre elas álcool etílico, álcool propílico e ácido acético (vinagre de álcool adquirido comercialmente). A caracterização elétrica *I versus V* foi realizada através do aparelho de caracterização de semicondutores modelo Keithley 4200-SCS – *Semiconductor Characterization System*. As amostras foram colocadas em *beckers* de volume 10mL com 100 μL de cada substância e o protótipo colocado na abertura destes. Durante a medida, o *becker* era coberto com um plástico “parafilme” para que a concentração do vapor de solvente se mantivesse sem muitas variações durante a medida.

O processo para caracterizar foi composto por quatro etapas para uma tentativa de obtenção de resposta padrão para o sistema sem exposição e com exposição em diferentes instantes de tempo para cada uma das substâncias. Inicialmente, em temperatura ambiente de aproximadamente 25 $^{\circ}\text{C}$, fez-se a primeira medida para a coleta da linha de base do dispositivo onde verificou-se o comportamento da corrente com a variação da tensão em uma escala fixa de 0 V até 4 V. Após esse processo, ocorreu a exposição do dispositivo ao contaminante da vez e repetiu-se a medição da corrente versus tensão. Esta medida foi feita e repetida: (i) imediatamente após expor o dispositivo ao contaminante, (ii) aproximadamente 2 minutos após expor o dispositivo ao contaminante, (iii)

imediatamente após remover o dispositivo do contaminante e (iv) aproximadamente 2 minutos após remover o dispositivo do contaminante. Repetiu-se o ciclo para cada um dos contaminantes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os gráficos das medidas *I versus V* utilizados para a caracterização do dispositivo não serão mostrados neste resumo, pois os mesmos deverão ser submetidos para publicação em uma revista científica. Portanto, não será possível publicar estes mesmos dados em duplicidade por questões éticas.

As amostras utilizadas são substâncias que, em temperatura ambiente, apresentam-se tanto na fase líquida como também gasosa. As moléculas gasosas quando em contato com a camada ativa (PANI-PSS) do sensor, alteram as características elétricas deste. As análises foram feitas através de caracterização elétrica de *I versus V*. A seletividade do sensor é analisada através do valor de ΔI enquanto a sensibilidade do sensor é observada através de um gráfico de ΔI versus *t*. O valor de ΔI é determinado através da equação 1

$$\Delta I = \frac{I_{\text{base}} - I_{\text{contaminado}}}{I_{\text{base}}} \quad (1)$$

Onde, I_{base} é a corrente medida antes de expor ao contaminante, $I_{\text{contaminado}}$ é a corrente medida durante a exposição ao contaminante e *t* é o tempo de exposição às medidas.

Os valores de ΔI para o álcool isopropílico e etílico apresentaram valores positivos enquanto para o ácido acético o valor foi negativo. A diferença de valor de ΔI entre os dois álcoois não se mostrou relevante para que se pudesse fazer distinção entre os dois contaminantes, portanto, este seria um bom sensor apenas para distinção entre álcoois e ácido acético. Quanto à sensibilidade, o tempo de resposta para acusar a presença do contaminante é de aproximadamente 10 segundos.

Analisando o tempo de recuperação do sinal de base, é possível identificar valores diferenciados para cada um dos contaminantes estudados. Para o ciclo do etanol o tempo foi de cerca de dois minutos, para o ciclo do isopropanol aproximadamente quatro minutos e para o ácido acético cerca de seis minutos. A diferença de tempo de recuperação se dá devidos as características químicas de cada substância e sua respectiva interação química com o filme de PANI-PSS. Tais interações químicas foram gerando degradação da camada ativa durante suas medidas e, por isso, a linha de base não é a mesma para todas as medidas.

O intuito deste dispositivo é quantificar a variação do valor da resistência elétrica entre a linha de base e o valor durante a exposição, assim, o valor inicial da linha de base não tem se mostrado importante. Esta afirmação é válida dentre um período de aproximadamente 20 exposições a qualquer um destes contaminantes, ou seja, durante este número de exposições o filme de PANI-PSS mostra o mesmo valor de ΔI , característica relacionada à seletividade.

CONCLUSÃO

Este dispositivo possui limitações ainda a serem estudadas para que, assim, possa-se ser classificado como um bom sensor de vapor orgânico. A PANI-PSS mostrou-se um bom material para ser aplicado como camada ativa de um sensor de vapor orgânico, porém, apresentou degradações após alguns ciclos de

exposição. A seletividade do dispositivo ocorre a partir da diferenciação clara do sinal entre álcoois e ácido acético, porém não entre os álcoois etílico e isopropílico.

O tempo de resposta de aproximadamente 10 segundos é bastante longo comparado a sensores apresentados na literatura. Não obstante, a simplicidade e baixo custo de construção desse dispositivo se apresenta como vantagem dependendo da aplicação desejada. Este trabalho encontra-se em andamento.

Electrical Sensors for Sensing Alcohol and Acetic Acid Vapor

ABSTRACT

OBJECTIVE: The following paper presents a primary study to analyze the viability to use a polymer, such as PANI:PSS (polyaniline:polystyrene sulfonate) as an active layer for sensing organic vapors. **METHODS:** The prototype of the sensor is constituted of ITO (indium tin oxide) electrodes over PET with a split of 15 μ m of length. This slit was made through laser ablation technic and the polymer was deposited over it by casting. Electric measurements applying DC voltage were made to determine electrical characterization of the sample. **RESULTS:** The firsts results show that the electrical resistance of the polymer increases when exposed to both alcohols while it decreases when exposed to acetic acid. To describe the behavior of the load transportation, it was used mathematic models to quantify the current modulation so it can be classified as a calibrated sensor. This study is still going. **CONCLUSIONS:** The device has shown to be a good detector of organic vapors. Quantified results have also shown good distinction between alcohol and acetic acid, yet it is not capable of distinguishing which alcohol is being measured since the difference between them is not completely quantified.

KEYWORDS: Current versus Voltage Characterization. Organic Vapor Sensor. PANI:PSS.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Ilda Abe, Diana Jastrombek e Rodrigo Fiorin pela realização do processo de ablação à laser na camada de ITO. Profa. Andreia G. Macedo, por fornecer as amostras de ITO. Profa. Paula C. Rodrigues, por fornecer a PANI-PSS. Prof. Ricardo C. Kamikawachi por contribuir na discussão de caracterização de sensores.

REFERÊNCIAS

GREENSHIELDS, Márcia W. C. C. **Distinguishing between Organic and Pesticide Treated Strawberries Using a Chemical Sensor Array** Int. J. Electroactive Mater. 4 (2016) 27–32.

GREENSHIELDS, Márcia W. C. C. **Tristimulus mathematical treatment application for monitoring fungi infestation evolution in melon using the electrical response of carbon nanostructure-polymer composite based sensors.** Sensors and Actuators B 188 (2013) 378–384

KAMIKAWACHI, R. C.; KUHNE, J. F.; BOTH, K. K. C.; DEUS, J. F. de; MACEDO, A. G.; SANTOS, E. P. M. dos; GRIZOTES, E. S.; SIMOES, L. I.; RODRIGUES, P. C.; SEIDEL, K. F. **Polyaniline transmittance spectrum analysis to detection and selectivity of different alcohols and acetic acid.** P. 73-78. In: Proceedings of 2nd International Seminar on Industrial Innovation in Electrochemistry. São Paulo: Blucher, 2016. ISSN 2318-1043, DOI 10.5151/chempro-s3ie2016-06

RODRIGUES, A., CASTERGNARO, M. V., ARGUELLO, J., ALVES, M. C. M., MORAIS, J. **Development and surface characterization of a glucose biosensor based on a nanocolumnar ZnO film.** Applied Surface Science. Volume 402, 30 April 2017, Pages 136-141.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

VIEIRA, T. S. Y. et al. Sensores Elétricos para Detecção de Álcoois e ácido Acético. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Thais Saori Yoshidome Vieira

Avenida Sete de Setembro, 3165, Rebouças, Curitiba, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.

