

Efeito de memória foto-assistida em diferentes atmosferas

Bruno Trefilio Magalhães¹

brunotrefilio@estudante.ufscar.br

Ana Luiza Costa Silva¹

analuiza@df.ufscar.br

Adenilson José Chiquito¹

chiquito@df.ufscar.br

Marcio Peron Franco de Godoy¹

mgodoy@ufscar.br

Universidade Federal de São Carlos

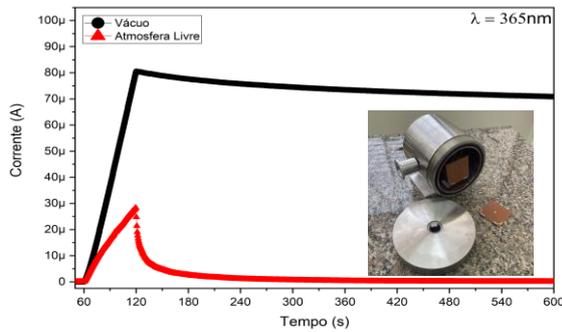
INTRODUÇÃO. Com a apresentação de um memristor funcional em 2008 (STRUKOV et al., 2008), a busca por materiais que apresentam comportamento de memória resistiva se tornou parte das pesquisas em semicondutores. As características elétricas dos óxidos semicondutores são promissoras para o desenvolvimento de novas tecnologias computacionais como neurônios e redes neurais artificiais analógicas, novas formas de memórias não voláteis, dentre outras aplicações. O óxido de zinco (ZnO), material utilizado em fotoemissores e fotorreceptores, pode ser crescido em filmes finos por métodos de fabricação econômicos como a *spray*-pirólise. Além das propriedades úteis à fotônica, o ZnO demonstra potencial para uso em diferentes aplicações como memristores (YANG et al., 2023), computação neuromórfica (SHIRAVASTAVA et al., 2023) e sensor de gases (RAMIREZ, 2021). Neste trabalho analisamos o efeito da atmosfera nas propriedades fotocondutivas e de memória resistiva em filmes de ZnO dopados com sódio (ZnO:Na).

MATERIAIS E MÉTODOS. O filme de ZnO:Na foi crescido por Silva (2023) sobre um substrato de vidro, com 10% de sódio em sua composição, apresentando comportamento elétrico tipo-p. Contatos elétricos da ordem de 100nm foram depositados na superfície do filme a uma distância de 2mm entre si. Foi utilizada uma câmara de vácuo desenvolvida pelo autor para a formação de atmosferas gasosas. Para o estudo de fotocondução é aplicado um potencial de 35V na amostra. Após a formação da corrente de escuro, aplica-se iluminação de 365nm pelo período de 1min. O experimento de efeito memristivo consiste de 30 varreduras I-V cíclicas com período de 1min e amplitude de 35V. O sinal aplicado às amostras é do tipo escada, com altura de passo de 100mV, sendo dividido em 3 intervalos: de 0V até o valor da amplitude; da amplitude até o seu valor oposto; do valor oposto até 0V. A memristância é calculada pela área interna da curva I-V.

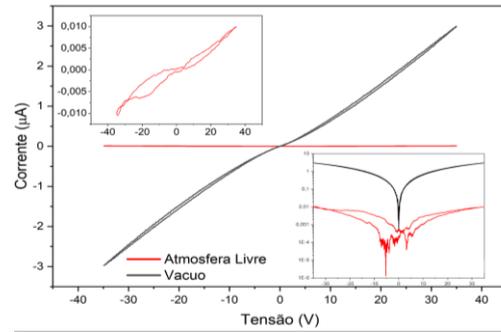
RESULTADOS. Em atmosfera livre o perfil de fotocondutividade (Figura 1A) inicia-se a partir de uma corrente de escuro de 0,11 μ A, atingindo o valor máximo de 80 μ A. Após o fim da iluminação, a fotocorrente atinge o valor de 10% do valor máximo em aproximadamente 50s. Nota-se um perfil exponencial tanto na resposta (crescimento) quanto na recuperação (decaimento) da fotocorrente, evidenciando a atuação de processos rápidos e lentos sobre a condutividade do filme como recombinação banda-a-banda de pares elétron-buraco e via defeitos, respectivamente. Em vácuo o perfil apresenta dinâmica mais rápida, partindo da corrente de escuro de aproximadamente 0,3 μ A e alcançando o valor máximo de 80 μ A. Os maiores valores de corrente de escuro e corrente máxima alcançados em vácuo evidenciam uma influência da atmosfera sobre a resistência do filme. Geralmente, o oxigênio oxida a superfície causando a depleção de portadores com a consequente diminuição da condutividade superficial. A recuperação apresenta persistência de fotocondutividade (PPC), decaindo apenas 10% após 5min. Esse efeito é causado pela ação exclusiva de processos lentos de recombinação,

principalmente os dependentes de energia térmica uma vez que não há átomos a serem desorvidos nesta atmosfera. As curvas I-V apresentadas na Figura 1B são típicas de memristores tipo-II. As áreas internas da curva I-V em atmosfera livre apresentam valor de memristância de $0,09\mu\text{W}$, com variação da corrente máxima e mínima de $0,02\mu\text{A}$. A razão entre as resistências de estado desligado e ligado (RR) é máxima para a tensão de $-6,5\text{V}$ ($RR = 23,6$). Já em vácuo é calculada uma memristância de $3,31\mu\text{W}$ com variação de corrente de aproximadamente $6\mu\text{A}$, não sendo possível definir um potencial com RR máxima.

Figura 1: Perfis de fotocondução e curvas I-V em vácuo e atmosfera livre



(a) Perfis de fotocondução após 1min de iluminação. Em destaque: câmara de vácuo desenvolvida.



(b) Curva do 30º ciclo I-V. Em destaque superior: curva em atmosfera livre; inferior: curvas I-V em escala logarítmica.

Fonte: Próprio Autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS. Conclui-se que a interação de átomos atmosféricos com a superfície do filme de ZnO:Na causa a alteração das propriedades elétricas e de fotocondutividade. Atribui-se à adsorção de átomos atmosféricos a causa do aumento da resistividade na superfície do material. Em vácuo o filme apresenta persistência de fotocondução, maior memristância e maior condutividade do filme, características opostas das observadas em atmosfera livre. O efeito memristivo está associado a redução de condutividade do filme por meio das interações superficiais com a atmosfera. A continuação deste trabalho consiste da investigação em outras atmosferas compostas por gases atmosféricos isolados para identificar os elementos mais reativos com o filme.

PALAVRAS-CHAVE: Memristor. Óxido de zinco dopado com sódio. Caracterização elétrica.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos à CAPES - Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

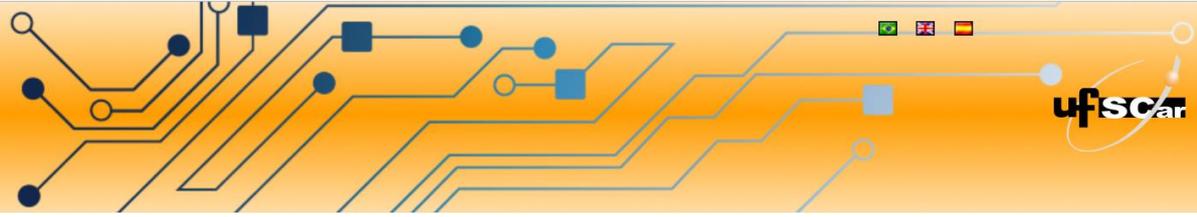
Referências

RAMIREZ, Y. J. O. **Deposição e caracterização de filmes finos do sistema $\text{Zn}(1-x)\text{Co}x\text{O}$ obtidos por spray pirólise para aplicação em sensor de ozônio.** 2021. Tese (Doutorado em Física) – Departamento de Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2023.

SHRIVASTAVA, S. et al. **Fully Photon Controlled Synaptic Memristor for Neuro-Inspired Computing.** *Advanced electronic materials*, v. 9, n. 3, 4 jan. 2023.

SILVA, A. L. C. **Funcionalidades elétricas mediadas por defeitos em óxidos semicondutores do tipo-p.** 2023. Tese (Doutorado em Física) – Departamento de Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2023.

STRUKOV, D. B. et al. **The missing memristor found.** *Nature*, v. 453, n. 7191, p. 80–83, maio 2008.



YANG, J. et al. **Optically driven intelligent computing with ZnO memristor**. Fundamental Research, 1 jul. 2022.