

CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DE NANOFILMES DE SnTe PARA SENSORES DE LUZ EM AMPLA FAIXA DE FREQUÊNCIAS

(1) L. T. T. Garófalo, (IC) P. Rappl, (PQ) E. Abramof, (PQ) S. de Castro, (PQ) M. L. Peres

(1) Instituto de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá MG, CEP 37500-903, Brasil

(2) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP. CEP 12227-010, Brasil

Palavras-chave: Semicondutores, Isolantes Topológicos, Fotocondução, Localização Fraca.**Introdução**

¹A pesquisa por novos materiais semicondutores para sensores de luz tem crescido devido à demanda por dispositivos mais rápidos e eficientes que operem em uma ampla faixa de frequências. Entre esses materiais, o telureto de estanho (SnTe) surge como uma alternativa promissora para a construção de nanofilmes optoeletrônicos. O SnTe possui uma estrutura cristalina semelhante ao telureto de chumbo (PbTe), que é popular por suas propriedades termoelétricas, porém tem um potencial maior para aplicações em sensores.

²Sensores de luz baseados em nanofilmes semicondutores, como o SnTe, têm vantagens em termos de tamanho, tendo a capacidade de detectar luz em faixas que permeiam do ultravioleta ao infravermelho, assim torna o material atrativo. A caracterização elétrica dos nanofilmes de SnTe é essencial para entender o transporte de carga e a resposta do material em diversas frequências, impactando diretamente sua eficiência em sensores.

Metodologia

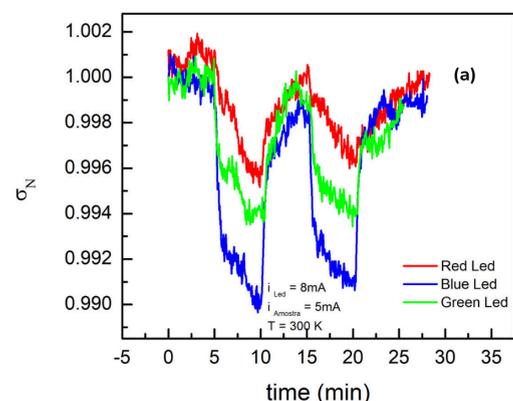
As amostras utilizadas neste estudo (23009, 23005 e 23007) foram fabricadas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e consistem em SnTe depositado sobre um substrato de BaF₂. As amostras identificadas como 23005 e 23009 possuem uma espessura de 500 nm, enquanto a amostra 23007 apresenta 2000 nm. Além disso, as amostras 23005 e 23007 contam com uma camada adicional de BaF₂. A primeira etapa consistiu em entender a estrutura dessas amostras, como elas foram preparadas e como são montadas nos dispositivos de medição, garantindo que estivessem configuradas adequadamente para as medições elétricas subsequentes. A caracterização elétrica foi então realizada para correlacionar as propriedades dessas amostras, como espessura e dopagem, com o desempenho dos sensores de luz. A análise incluiu medições de resistência, condutividade,

magneto resistência e a variação dessas propriedades em função da frequência da luz incidente.

Além disso, foi realizada uma revisão da literatura científica disponível sobre o SnTe e suas aplicações em sensores optoeletrônicos. Isso permitiu justificar os resultados obtidos, comparando-os com estudos anteriores e reforçando a importância das propriedades elétricas dos nanofilmes de SnTe.

Resultados e discussão

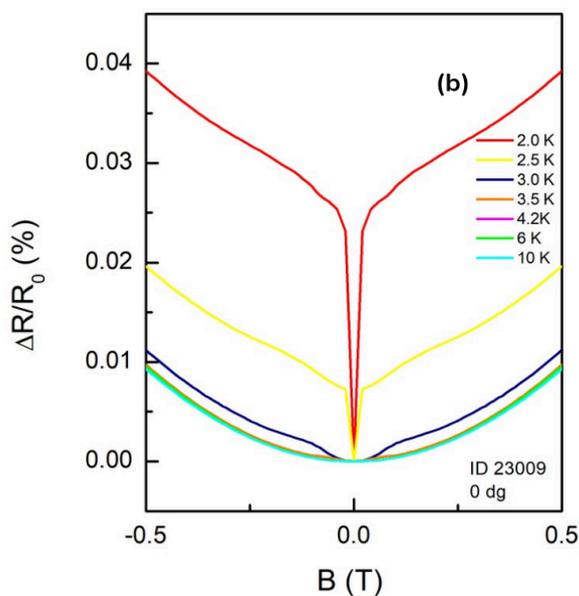
Os resultados de fotocondução para diferentes LEDs mostraram que o material apresenta variações na condutividade dependendo da luz aplicada na amostra, sendo que a fotocondutividade aumenta conforme a intensidade da luz incidente sobre o material. Na Figura (a), são apresentadas as curvas de fotocondutividade para a amostra de SnTe revestida com BaF₂, utilizando LEDs com diferentes comprimentos de onda. Observa-se que a amostra demonstra maior amplitude de fotocondutividade para o LED azul (menor comprimento de onda) e menor amplitude para o LED vermelho (maior comprimento de onda). Isso sugere que o LED de maior energia (azul) exerce um impacto mais significativo na condutividade do material. No entanto, de maneira inesperada, todas as curvas apresentaram um efeito de fotocondutividade negativa, onde a condução elétrica diminui com a incidência de luz.



(a) Condutividade normalizada para a amostra de SnTe

com capa de BaF₂ para leds com diferentes comprimentos de onda.

Já os resultados para magneto resistência foram encontrados evidências da localização de Anderson, podendo observar o efeito de interferência quântica resulta em localização fraca e anti-localização. Na figura (b), observa-se a resistência elétrica em função de um campo magnético para a amostra de SnTe, aplicando uma corrente elétrica de 5mA com campo de 0 deg variando a temperatura. À medida que a temperatura varia, a resistência diminui, esse efeito é observado como um "pico" na resistência perto de campo magnético zero e depois uma queda conforme o campo aumenta.



(b)variação normalizada da magnetorresistência da amostra de SnTe variando a temperatura aplicada em 0 deg.

Conclusões

O estudo da caracterização elétrica dos nanofilmes de SnTe demonstrou o potencial do material para aplicação em sensores de luz, principalmente em faixas de comprimentos de onda que variam do ultravioleta ao infravermelho. Os resultados de fotocondução indicaram que o SnTe, revestido com BaF₂, responde de maneira significativa à luz azul, devido à maior energia desse comprimento de onda, embora o efeito de fotocondutividade negativa tenha sido observado em todas as amostras. Além disso, os resultados de magnetorresistência revelaram efeitos quânticos de

localização fraca e anti-localização, reforçando a sensibilidade do SnTe a campos magnéticos. Esses achados sugerem que, com ajustes apropriados na dopagem e espessura, o SnTe pode ser otimizado para melhorar a eficiência de dispositivos optoeletrônicos, como sensores de luz, ampliando suas aplicações tecnológicas.

Agradecimentos

Minha profunda gratidão a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho. Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Marcelos L. Peres, por sua orientação e paciência. Agradeço também à professora Suelen de Castro e a todo grupo de pesquisa, que me proporcionaram um ambiente de trabalho colaborativo. Meu reconhecimento vai ainda ao PIBIC, pelo apoio financeiro fornecido por meio da bolsa de pesquisa, sem o qual a realização deste estudo não teria sido possível e gostaria de expressar minha profunda gratidão à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) por proporcionar um ambiente acadêmico estimulante e enriquecedor, que tem sido fundamental para o desenvolvimento deste estudo.

Referências

BAO, Y.; LI, H.; XU, Z. Surface-to-volume ratio effects on electronic properties of nanomaterials. *Nano Research*, v. 13, n. 4, p. 543-557, 2020.

¹MARTINS, Carla de Sousa. Avanços Recentes em Optoeletrônica Aplicada a Radares e Guerra Eletrônica. São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2023.

LU, Hai-Zhou; SHEN, Shun-Qing. Weak localization and weak anti-localization in topological insulators. In: *Proc. SPIE*, v. 9167, p. 91672E, 28 ago. 2014. doi: 10.1117/12.2063426.

PERES, Marcelos Lima. *Localização de Anderson e Transição Metal-Isolante em Filmes de Pb_{1-x}EuxTe do tipo p*. Orientador: Prof. Dr. Valmir Antônio Chitta. 2021. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

MORAIS, E.A.; COSTA, I.F.; ABRAMOF, E.; SOARES, D.A.W.; RAPPL, P.H.O.; PERES, M.L. *Shubnikov-de Haas oscillations in p-type PbTe quantum well under dark and illuminated conditions*. Institute of Physics and Chemistry, Federal University of Itajubá, Itajubá, MG, 37500-903, Brasil; Laboratório Associado de Sensores e Materiais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 12201-970, Brasil, 2021.

²CASTRO, S. de; KAWATA, B.; LOPES, G. R. F.; RAPPL, P. H. de O.; ABRAMOF, E.; PERES, M. L. Weak antilocalization effect and multi-channel transport in SnTe quantum well. *Applied Physics Letters*, v. 120, p. 203102, 2022. DOI: 10.1063/5.0088499. Submetido em: 17 fev. 2022. Aceito em: 4 maio 2022. Publicado online em: 17 maio 2022.