

Trabalho

Título em Português:	Estudo de propriedades ópticas de vidros com baixas dopagens de Er(3+)
Título em Inglês:	study on optical properties on er(3+) ion-doped glasses
Autor:	Théo Fonseca Guedes
Instituição:	Universidade de São Paulo
Unidade:	Instituto de Física de São Carlos
Orientador:	Cleber Renato Mendonça
Área de Pesquisa / SubÁrea:	Física Geral
Agência Financiadora:	Sem fomento

Estudo de propriedades ópticas de vidros com baixas dopagens de Er (3+)

Théo Fonseca Guedes

Artur Barbedo

Cleber Renato Mendonça

Universidade de São Paulo

theo.fguedes@usp.br

Objetivos

Este trabalho teve como principal objetivo investigar o efeito de baixas concentrações de íons de érbio (Er^{3+}), variando de 0 a 0,1%, nas propriedades ópticas de vidros da família TGZN. A pesquisa buscou caracterizar detalhadamente como essas pequenas alterações na dopagem influenciam parâmetros fundamentais, como a absorção óptica, a transmitância e o band-gap do material.

Além da caracterização linear, o estudo também visou estabelecer as bases para análises futuras mais complexas. Isso inclui a aplicação de modelos teóricos, como as equações de Fresnel e Sellmeier, para entender o comportamento do índice de refração, e a preparação do terreno para a utilização da técnica Z-scan, a fim de avaliar as propriedades ópticas não-lineares desses vidros para potenciais aplicações tecnológicas.

Métodos e Procedimentos

A metodologia central consistiu na utilização da espectroscopia UV-Vis-NIR para obter os espectros de absorção e transmitância das

amostras. O sistema utilizado era de duplo feixe, equipado com fontes de luz de deutério e tungstênio, e detectores que cobriam uma ampla faixa espectral de 200 a 1200 nm. Todas as medidas foram realizadas com a amostra termostatzada para garantir precisão.

Os dados brutos de absorção foram processados por meio do método de Tauc, uma técnica consagrada para a determinação do *band gap* óptico em materiais amorfos. Foram construídos gráficos específicos para considerar ambas transições eletrônicas diretas e indiretas, permitindo uma análise comparativa. A Lei de Beer-Lambert foi fundamental para calcular o coeficiente de absorção linear a partir dos dados de absorbância e da espessura de cada amostra, previamente medida com um micrômetro.

Resultados

Os espectros de absorção revelaram que o aumento da concentração de érbio resultou em uma intensificação clara dos picos característicos associados às transições eletrônicas do íon Er^{3+} . No entanto, a forma geral do espectro e a inclinação das curvas permaneceram praticamente inalteradas,

indicando que a matriz vítrea não sofreu modificações estruturais significativas.

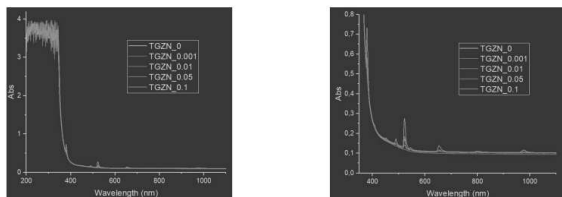


Figura 1: Espectro de absorção dos vidros TGZN.

A aplicação do método de Tauc permitiu a determinação dos valores de *band gap* óptico para todas as amostras. Os gráficos gerados para transições diretas e indiretas mostraram que os valores de energia de band-gap obtidos foram muito próximos entre si, independentemente da concentração de dopante utilizada. A tabela de resultados compilada demonstrou uma variação insignificante nesse parâmetro fundamental.

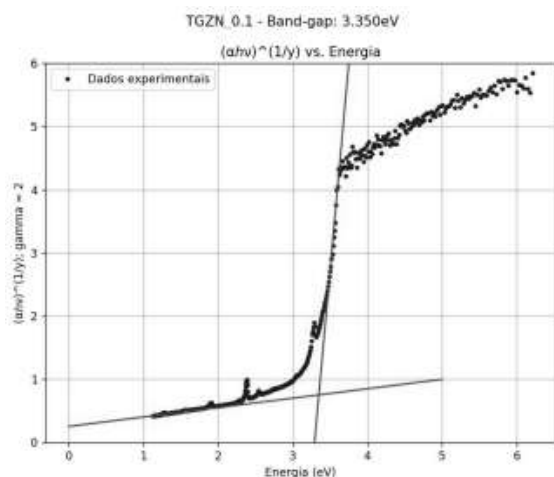


Figura 2: Plot de Tauc medindo *band gap* do vidro.

Conclusões

Conclui-se que a adição de baixíssimas concentrações de érbio (até 0,1%) em vidros

TGZN não altera de forma relevante o valor do band-gap óptico do material, seja para transições diretas ou indiretas. Este é um resultado importante, pois demonstra a estabilidade eletrônica da matriz vítrea frente a leves dopagens, mantendo suas propriedades fundamentais.

Os resultados validam a eficácia das metodologias aplicadas, como a espectroscopia UV-Vis e a análise de Tauc, para a caracterização deste tipo de material. A estabilidade observada é auspiciosa para aplicações onde se deseja incorporar as propriedades emissivas dos íons terra-rara sem comprometer as propriedades ópticas básicas do vidro. O trabalho realizado fornece uma base sólida para as próximas etapas da pesquisa, que incluirão a modelagem da dispersão do índice de refração e a investigação de efeitos ópticos não-lineares.

O autor declara não haver conflito de interesses.

Referências

- SHEIK-BAHAE, Mansoor. Sensitive Measurements of Optical Nonlinearities Using a Single Beam. IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, 1990.
- ANDRADE, Pedro H.M. et al. Band gap analysis in MOF materials: Distinguishing direct and indirect transitions using UV-vis spectroscopy. Applied Materials Today, v. 37, p. 102094, 2024. ISSN 2352-9407. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2024.102094>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352940724000404>.
- PASCHOTTA, R. Sellmeier Formula. [S.l.]: RP Photonics AG, 2005. RP Photonics Encyclopedia. Available online at https://www.rp-photonics.com/sellmeier_formula.html, url = https://www.rp-photonics.com/sellmeier_formula.html, doi = 10.61835/do2"title = "The link will reload the current page.", urldate = 2025 - 04 - 17.

Study of Optical Properties of Glasses with Low Er (3+) Dopings

Théo Fonseca Guedes

Artur Barbedo

Cleber Renato Mendonça

University of São Paulo

theo.fguedes@usp.br

Objectives

This work aimed to investigate the effect of low concentrations of erbium ions (Er^{3+}), ranging from 0 to 0.1%, on the optical properties of TGZN family glasses. The research sought to characterize in detail how these small variations in doping influence fundamental parameters such as optical absorption, transmittance, and the band-gap of the material.

Beyond linear characterization, the study also aimed to establish the foundation for more complex future analyses. This includes the application of theoretical models, such as the Fresnel and Sellmeier equations, to understand the behavior of the refractive index, and to pave the way for the use of the Z-scan technique to evaluate the non-linear optical properties of these glasses for potential technological applications.

Methods and Procedures

The core methodology consisted of using UV-Vis-NIR spectroscopy to obtain the absorption and transmittance spectra of the samples. The system used was a double-beam spectrophotometer, equipped with deuterium and tungsten light sources, and detectors covering a broad spectral range from 200 to

1200 nm. All measurements were performed with the sample thermostated to ensure precision.

The raw absorption data were processed using the Tauc method, a established technique for determining the optical band gap in amorphous materials. Specific plots were constructed to consider both direct and indirect electronic transitions, allowing for a comparative analysis. The Beer-Lambert Law was fundamental for calculating the linear absorption coefficient from the absorbance data and the thickness of each sample, previously measured with a micrometer.

Results

The absorption spectra revealed that the increase in erbium concentration resulted in a clear intensification of the characteristic peaks associated with the electronic transitions of the Er^{3+} ion. However, the overall shape of the spectrum and the slope of the curves remained practically unchanged, indicating that the glassy matrix did not undergo significant structural modifications.

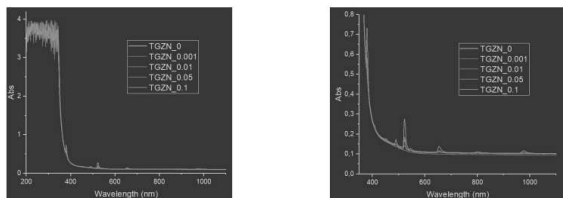


Figure 1: Absorption spectrum of TGZN glasses.

The application of the Tauc method allowed the determination of the optical band gap values for all samples. The plots generated for direct and indirect transitions showed that the obtained band-gap energy values were very close to each other, regardless of the dopant concentration used. The compiled results table demonstrated an insignificant variation in this fundamental parameter.

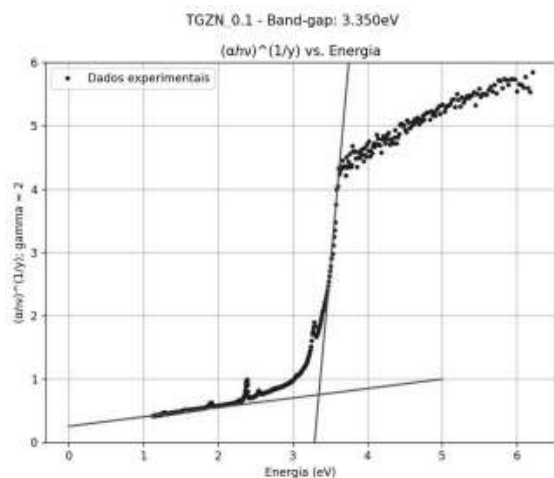


Figure 2: Tauc plot measuring the *band gap* of the glass.

Conclusions

It is concluded that the addition of very low concentrations of erbium (up to 0.1%) in TGZN glasses does not alter in a relevant way the value of the optical band-gap of the material, be it for direct or indirect transitions. This is an important result, because it demonstrates the

electronic stability of the vitreous matrix facing slight dopings, maintaining its fundamental properties.

The results validate the efficacy of the methodologies applied, such as the spectroscopy UV-Vis

and the analysis of Tauc, for the characterization of this type of material. The stability observed is auspicious for applications where it is desired to incorporate the emissive properties of the rare-earth ions without compromising the basic optical properties of the glass. The work performed supplies a solid base for the next steps of the research, that will include the modeling of the dispersion of the refractive index and the investigation of non-linear optical effects.

The author declares not to have conflict of interests.

References

- SHEIK-BAHAE, Mansoor. Sensitive Measurements of Optical Nonlinearities Using a Single Beam. IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, 1990.
- ANDRADE, Pedro H.M. et al. Band gap analysis in MOF materials: Distinguishing direct and indirect transitions using UV-vis spectroscopy. Applied Materials Today, v. 37, p. 102094, 2024. ISSN 2352-9407. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2024.102094>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352940724000404>>.
- PASCHOTTA, R. Sellmeier Formula. [S.l.]: RP Photonics AG, 2005. RP Photonics Encyclopedia. Available online at https://www.rp-photonics.com/sellmeier_formula.html, url = https://www.rp-photonics.com/sellmeier_formula.html, doi = 10.61835/do2"title = "This link will reload the current page.", urldate = 2025 - 04 - 17.