

Título em Português: Medida do índice de refração não-linear em vidros ópticos

Título em Inglês: Measuring the nonlinear refractive index in optical glasses

Autor: Anna Cristina Cavallari Inacio

Instituição: Universidade de São Paulo

Unidade: Instituto de Física de São Carlos

Orientador: Cleber Renato Mendonça

Área de Pesquisa / SubÁrea: Física da Matéria Condensada

Agência Financiadora: CNPq - PIBIC

Medida do índice de refração não-linear em vidros ópticos

Anna Cristina Cavallari Inacio

Cleber Renato Mendonça

Universidade de São Paulo

anna.inacio@usp.br

Objetivos

O projeto tem como objetivo estudar o índice de refração não linear de vidros ópticos, especificamente vidros óxidos do sistema $50\text{B}_2\text{O}_3\text{-}15\text{PbO}\text{-(}35\text{-x)}\text{LiF-xNaF}$, utilizando a técnica de varredura-Z com pulsos ultracurtos para determinar e identificar como a diferença na composição das amostras influencia suas propriedades não-lineares.

Métodos e Procedimentos

Primeiramente foi medido o espectro de absorção linear das amostras vítreas, utilizando um espectrômetro UV-Vis, com o objetivo de determinar a faixa de comprimento de onda em que seriam feitas as medidas do índice de refração não-linear.

Em seguida, foi iniciado o estudo de não-linearidade óptica através da técnica de varredura-Z (Z-scan) [1,2], usando um laser amplificado de Ti:Safira operando na faixa de femtossegundos (150 fs, 775 nm e 1 kHz). Nesta técnica, mede-se a potência transmitida através de uma abertura quando um feixe Gaussiano focalizado atravessa uma amostra que se move ao longo do eixo z. Para eliminar os efeitos lineares, define-se uma quantidade chamada transmitância normalizada, dada pela divisão da potência transmitida para amostra em numa dada posição z pela potência transmitida quando a amostra está distante do foco, onde os efeitos não-lineares não estão presentes. Temos como resultado uma curva de transmitância normalizada em função da posição z da amostra, como exemplificado na Fig. 1, que deve ser ajustada para análise dos dados e obtenção de n_2 em determinado

comprimento de onda [1]. A varredura inicia com a amostra longe do foco (-z), onde a refração não-linear é negligenciável e $T(z) = 1$. Conforme a amostra se move em direção ao foco, há uma tendência que o feixe divirja, gerando uma redução da transmitância. Após o foco (+z), o efeito de lente induzida colima o feixe, aumentando o valor da transmitância.

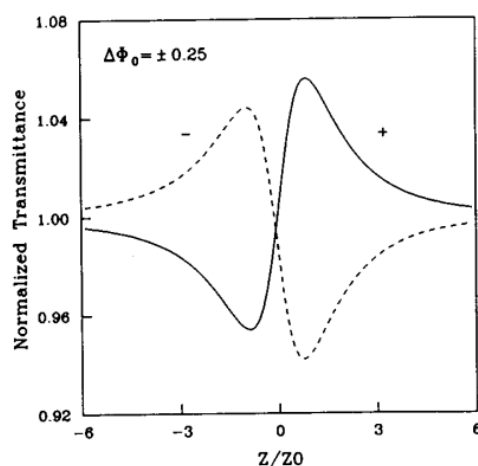


Figura 1: Exemplo de sinal típico obtido na técnica de varredura-Z. Fonte: Sheik-Bahae et.al (1990)

Para analisar os dados, são fixados os parâmetros de potência, comprimento de onda, comprimento da amostra e duração do pulso. Como parâmetros de ajuste, temos o índice de refração não-linear n_2 e o raio do feixe no foco w_0 . Dessa forma, pode-se determinar o valor do índice de refração não-linear para cada comprimento de onda e obter o espectro de não-linearidade óptica de cada amostra.

Resultados

As amostras estudadas nesse trabalho são:

Amostra BPLNF00: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{--}15\text{PbO--}35\text{LiF}$

Amostra BPLNF10: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{--}15\text{PbO--}25\text{LiF--}10\text{NaF}$

Amostra BPLNF20: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{--}15\text{PbO--}15\text{LiF--}20\text{NaF}$

Amostra BPLNF30: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{--}15\text{PbO--}5\text{LiF--}30\text{NaF}$

Amostra BPLNF35: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{--}15\text{PbO--LiF--}35\text{NaF}$

As amostras estudadas apresentaram não homogeneidade volumétrica (denominadas cordas), resultantes do processo de fabricação por fusão de moldagem [3]. Essas cordas são regiões que apresentam densidades diferentes do restante do vidro e, portanto, diferentes índices de refração, causando espalhamento da luz e, como consequência, o aumento dos efeitos lineares das amostras, dificultando a obtenção do sinal da varredura-Z necessário para se determinar o valor de n_2 . Como veremos a seguir, o índice de refração não-linear da amostra é consideravelmente baixo, o que dificulta ainda mais a captação de sinal. Com isso, foi possível obter apenas um valor de índice de refração não-linear da amostra BPLNF20, no comprimento de onda de 500 nm, chegando no resultado $1,4 \times 10^{-20} \text{ m}^2/\text{W}$, correspondente a curva de transmitância apresentada na Fig. 2.

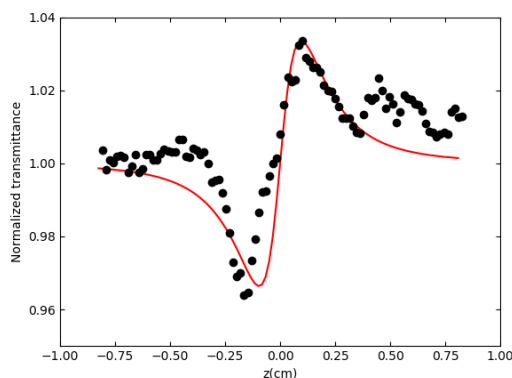


Figura 2: Transmitância normalizada da varredura-Z da amostra BPLNF20 em $\lambda = 500\text{nm}$.

Conclusões

Através da técnica de varredura-z foi determinado que a amostra BPLNF20 apresenta baixo índice de refração não linear, da ordem de $10^{-20} \text{ cm}^2/\text{W}$. Devido aos

problemas encontrados com a qualidade óptica das amostras, não foi possível alcançar o objetivo inicial do projeto, já que não foi possível obter medidas para determinar o espectro do índice de refração não-linear e avaliar a influência da composição nos processos ópticos não-lineares.

Referências Bibliográficas

- [1] M. Sheik-Bahae, A. A. Said, T. Wei, D. Hagan and E. W. Van Stryland, IEEE J. Quantum Electronics. **QE-26**, 760 (1990)
- [2] Mendonça, C. R., Misoguti, L., Dall'Agnol, F. F., & Zilio, S. C. (1999). Demonstração de um Efeito Optico Não-Linear Utilizando a Técnica de Varredura-Z em uma Amostra de Chá Chinês. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 21(2), 272-279.
- [3] PFAENDER, Heinz G. (Ed.). **Schott guide to glass**. Springer Science & Business Media, 2012.

Measuring the nonlinear refractive index of optical glasses

Anna Cristina Cavallari Inacio

Cleber Renato Mendonça

University of São Paulo

anna.inacio@usp.br

Objectives

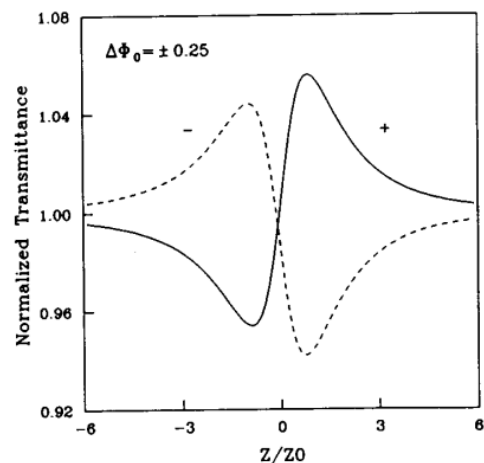
This project aims to study the nonlinear refractive index of optical glasses, specifically oxide glasses from system $50\text{B}_2\text{O}_3\text{-}15\text{PbO}\text{-(}35\text{-}x\text{)LiF-xNaF}$, using the Z-scan technique with ultrashort pulses to determine and identify how the difference in chemical composition of the samples influences their nonlinear properties.

Materials and Methods

Firstly, the linear absorption spectrum of the glass samples was measured, using a UV-Vis spectrometer, in order to determine the wavelength range in which the non-linear refractive index measurements would be done. Then, the study of optical nonlinearity was started using the Z-scan technique [1,2], using an amplified Ti:Sapphire laser operating in the femtosecond range (150fs, 775 nm and 1kHz). In this technique, the power transmitted through an aperture is measured when a focused Gaussian beam passes through a sample moving along the z axis. To eliminate linear effects, a quantity called normalized transmittance is defined, given by dividing the power transmitted to the sample at a given position z by the power transmitted when the sample is far from the focus, where non-linear effects are not present. We have as a result a normalized transmittance curve as a function of the z position of the sample, as exemplified in Pic. 1, which must be fitted for data analysis and obtaining n_2 at a certain wavelength [1].

The scan starts with the sample away from the focus (-z), where non-linear refraction is negligible and $T(z) = 1$. As the sample moves towards the focus, there is a tendency for the beam to diverge, generating a reduction of transmittance. After the focus (+z), the induced

lens effect collimates the beam, increasing the transmittance value.



Picture 1: Example of typical signal obtained in the Z-scan technique. Source: Sheik-Bahae et.al (1990)

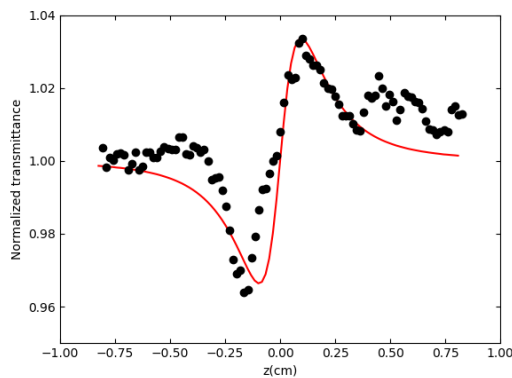
To analyze the data, parameters of power, wavelength, sample length and pulse duration are fixed. As adjustment parameters, we have the nonlinear refractive index n_2 and the beam width at focus w_0 . Hence, is possible to determine the value of the refractive index for each wavelength and obtain the optical nonlinearity spectrum of each sample.

Results

The samples studied in this work are:

Sample BPLNF00: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{-}15\text{PbO}\text{-}35\text{LiF}$
 Sample BPLNF10: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{-}15\text{PbO}\text{-}25\text{LiF}\text{-}10\text{NaF}$
 Sample BPLNF20: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{-}15\text{PbO}\text{-}15\text{LiF}\text{-}20\text{NaF}$
 Sample BPLNF30: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{-}15\text{PbO}\text{-}5\text{LiF}\text{-}30\text{NaF}$
 Sample BPLNF35: $50\text{B}_2\text{O}_3\text{-}15\text{PbO}\text{-LiF}\text{-}35\text{NaF}$

The studied samples presented volumetric inhomogeneities (called striae) resulting from the manufacturing process by melting [3]. These striae are regions of the glass that have different densities than the rest of the glass and, therefore, different refraction index, causing light scattering and, as consequence, increasing the linear effects of the samples, making it difficult to obtain the Z-scan signal necessary to determine the value of n_2 . As we will see below, the nonlinear refractive index of the sample is considerably low, which makes it even more difficult to capture a signal. With this, it was possible to obtain only a single value of the nonlinear refractive index of the BPLNF20 sample at a wavelength of 500nm, reaching the result $1,4 \times 10^{-20} \text{ m}^2/\text{W}$, corresponding to the transmittance curve shown in Pic. 2.



Picture 2: Normalized transmittance of Z-scan of sample BPLNF20 in $\lambda = 500\text{nm}$.

Conclusions

Using the Z-scan technique, it was determined that the BPLNF20 sample has low nonlinear refraction index, in the order of $10^{-20} \text{ cm}^2/\text{W}$. Due to the problems encountered with the optical quality of the samples, it was not possible to reach the initial objective of the project, since it was not possible to obtain measurements to determine the spectrum of the nonlinear refractive index and evaluate the influence of composition on nonlinear optical processes.

References

- [1] M. Sheik-Bahae, A. A. Said, T. Wei, D. Hagan and E. W. Van Stryland, IEEE J. Quantum Electronics. **QE-26**, 760 (1990)
- [2] Mendonça, C. R., Misoguti, L., Dall'Agnol, F. F., & Zilio, S. C. (1999). Demonstração de um Efeito Optico Não-Linear Utilizando a Técnica de Varredura-Z em uma Amostra de Chá Chinês. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 21(2), 272-279.
- [3] PFAENDER, Heinz G. (Ed.). **Schott guide to glass**. Springer Science & Business Media, 2012.