

Título em Português:	Estudo da refração não linear de líquidos por rotação não linear da polarização elíptica: efeito da mudança da temperatura e da duração do pulso laser
Título em Inglês:	Liquids nonlinear refraction study by nonlinear ellipse rotation: effect of the temperature and pulse width change
Autor:	Leonardo Santos de Castro
Instituição:	Universidade de São Paulo
Unidade:	Instituto de Física de São Carlos
Orientador:	Lino Misoguti
Área de Pesquisa / SubÁrea:	Física da Matéria Condensada
Agência Financiadora:	USP - Programa Unificado de Bolsas

ESTUDO DA REFRAÇÃO NÃO LINEAR DE LÍQUIDOS POR ROTAÇÃO NÃO LINEAR DA POLARIZAÇÃO ELÍPTICA: EFEITO DA MUDANÇA DE TEMPERATURA E DA DURAÇÃO DO PULSO LASER

Leonardo Santos de Castro

Lino Misoguti

Universidade de São Paulo

Leonardo_castro@usp.br

Objetivos

Determinar, a partir da medida da rotação não linear da polarização elíptica (RNLPE), a magnitude dos coeficientes A e B de quatro solventes (Etanol, Metanol, Isopropanol e Acetona). Na primeira fase do projeto, já se observou, por exemplo, que a refração não linear de diferente líquidos decresce com a temperatura. A partir desses coeficientes, observar a dinâmica da mudança do índice de refração não linear dos solventes com respeito a mudança de temperatura e mudança da duração do pulso laser simultaneamente.

Métodos e Procedimentos

A RNLPE é um efeito não linear particular que aparece quando um feixe de polarização elíptica se propaga ao longo de um meio que apresenta característica não linear. No nosso caso, como os meios que estudaremos são isotrópicos, a rotação da polarização é proporcional ao coeficiente B [1]. Um

amplificador sensível a fase (*Lock-in*) de fase dupla consegue detectar a rotação que a polarização sofre se determinarmos a rotação como uma mudança de fase de um sinal modulado [2]. O *lock-in* gera então dois sinais, o em fase X , e o sinal em quadratura Y , que permitem determinar fases (ângulos) com $\alpha = \text{atan}(Y/X)$. Nas nossas condições (amostra grossa, feixe gaussiano), então, o ângulo medido será [2], [3]:

$$\langle \alpha(z) \rangle_{\text{Lock-in}} = \frac{\omega \sin 2\phi B z_0 I}{8c^2 \epsilon_0 n_0 \sqrt{2}} \left[\tan^{-1}\left(\frac{z_b}{z_0}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{z_a}{z_0}\right) \right]$$

em que, $z_b = z + L/(2n_0)$ e $z_a = z - L/(2n_0)$, L é o comprimento da amostra, I é a irradiância do laser, ϕ é o ângulo da lâmina de quarto-de-onda usado para produzir a polarização elíptica, B é o coeficiente não linear relacionado a n_2 . Para efeitos puramente eletrônicos, podemos ter o valor de n_2 , bem como para efeitos puramente orientacionais. Porém, nosso experimento mescla os dois, produzindo assim um B_{eff} . Posteriormente, iremos discriminar as componentes orientacionais e elétricas de B para que possamos observar por completo a dinâmica

das origens físicas do processo não linear, bem como valores de índices de refração não linear dos solventes. Por enquanto, observamos apenas os coeficientes B dos solventes estudados. Para tal utilizaremos um sistema laser amplificado comercial de Ti: safira (laser Dragon KM Labs, 1kHz)

O primeiro ponto a se discutir é, sem dúvida, o aumento do índice de refração conforme o aumento da duração do pulso. Podemos, também, observar que aproximadamente os pontos seguiram uma mesma tendência independente da temperatura.

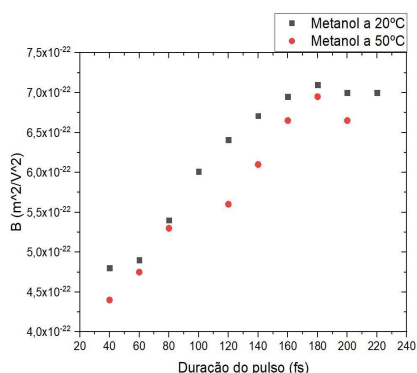
Conclusões

Nesta parte do projeto, foi possível fazer medidas do coeficiente B de quatro amostras, em função da duração do pulso, sendo duas delas ilustradas aqui. Foi empregada, em ambas, a técnica de medida da RNLPE que permite observarmos, com alta resolução, efeitos não lineares.

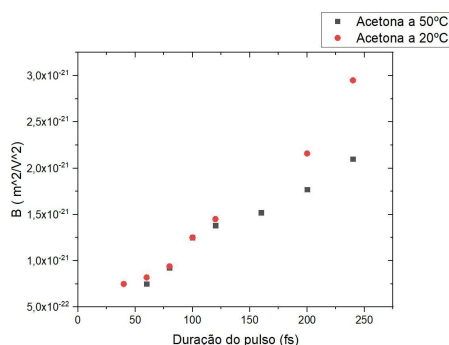
Referências

- [1] R. W. Boyd, Nonlinear Optics, Academic Press, 1992.
- [2] M. L. Miguez, E. C. Barbano, J. A. Coura, S. C. Zílio, and L. Misoguti, "Nonlinear ellipse rotation measurements in optical thick samples," Appl. Phys. B: Laser and Optics 120, 653-658 (2015). DOI: 10.1007/s00340-015-6178-x.
- [3] M. L. Miguez, T. G. B. de Souza, E. C. Barbano, S. C. Zílio, L. Misoguti, "Measurement of thirdorder nonlinearities in selected solvents as a function of the pulsewidth." Optics Express 25, 3553-3565 (2017). DOI: 10.1364/OE.25.003553.

Resultados



Metanol



Acetona

Figura 1: Alguns gráficos de mudança do coeficiente B função da duração do pulso para duas temperaturas

STUDY OF NONLINEAR REFRACTION OF LIQUIDS BY NONLINEAR ROTATION OF ELLIPTICAL POLARIZATION: EFFECT OF TEMPERATURE CHANGE AND LASER PULSE DURATION

Leonardo Santos de Castro

Lino Misoguti

University of São Paulo

Leonardo_castro@usp.br

Objectives

To determine, from the measurement of the nonlinear rotation of elliptical polarization (NLRPE), the magnitude of the A and B coefficients of four solvents (Ethanol, Methanol, Isopropanol, and Acetone). In the first phase of the project, it was observed, for example, that the nonlinear refraction of different liquids decreases with temperature. Based on these coefficients, the dynamics of the change in the nonlinear refractive index of the solvents concerning temperature changes and the laser pulse duration will be observed simultaneously.

Materials and Methods

NLRPE is a particular nonlinear effect that appears when a beam of elliptically polarized light propagates through a medium that exhibits nonlinear characteristics. In our case, since the media we will study are isotropic, the polarization rotation is proportional to the B coefficient [1]. A dual-phase sensitive amplifier

(Lock-in) can detect the polarization rotation by determining the phase shift of a modulated signal [2]. The lock-in generates two signals: the in-phase X , and the quadrature signal Y , que permitem determinar fases (ângulos) com $\alpha = \text{atan}(Y/X)$. which allow phase determination (angles) with $\alpha = \text{atan}(Y/X)$. Under our conditions (thick sample, Gaussian beam), the measured angle will be [2] [3]:

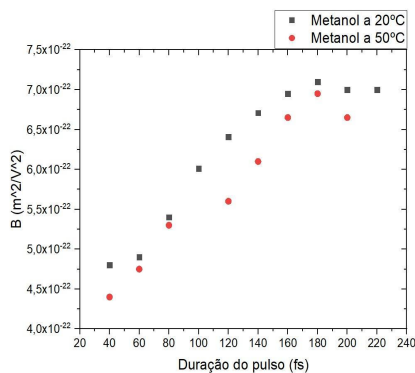
$$\langle \alpha(z) \rangle_{\text{Lock-in}} = \frac{\omega \sin 2\phi B z_0 I}{8c^2 \epsilon_0 n_0 \sqrt{2}} \left[\tan^{-1} \left(\frac{z_b}{z_0} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{z_a}{z_0} \right) \right]$$

where $z_b = z + L/(2n_0)$ and $z_a = z - L/(2n_0)$, L is the sample length, I is the laser irradiance, ϕ is the angle of the quarter-wave plate used to produce the elliptical polarization, B is the nonlinear coefficient related to n^2 . For purely electronic effects, we can have the value of n^2 , as well as for purely orientational effects. However, our experiment mixes both, producing an effective B_{eff} . Later, we will separate the orientational and electronic components of B to fully observe the dynamics of the physical origins of the nonlinear process, as well as the nonlinear refractive index values of the solvents. For now, we are observing only the B coefficients of the solvents studied. For this, we

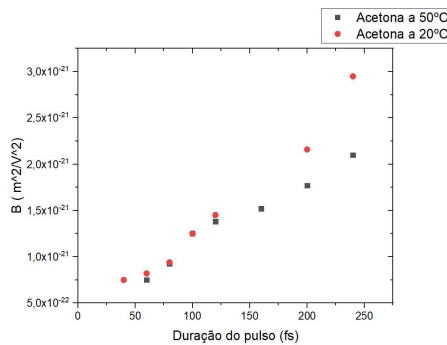
will use a commercial amplified laser system of Ti: sapphire (Dragon KM Labs 1kHz laser).

approximately the points followed the same trend regardless of temperature.

Results



Methanol



Acetone

Figure 1: Some graphs showing the change in the B coefficient as a function of pulse duration at two temperatures.

The first point to discuss is undoubtedly the increase in the refractive index with increasing pulse duration. We can also observe that

Conclusions

At this stage of the project, it was possible to measure the B coefficient of four samples as a function of pulse duration, with two of them illustrated here. The NLRPE measurement technique was employed in both, allowing high-resolution observation of nonlinear effects.

References

- [1] R. W. Boyd, Nonlinear Optics, Academic Press, 1992.
- [2] M. L. Miguez, E. C. Barbano, J. A. Coura, S. C. Zilio, and L. Misoguti, "Nonlinear ellipse rotation measurements in optical thick samples," Appl. Phys. B: Laser and Optics 120, 653-658 (2015). DOI: 10.1007/s00340-015-6178-x.
- [3] M. L. Miguez, T. G. B. de Souza, E. C. Barbano, S. C. Zilio, L. Misoguti, "Measurement of thirdorder nonlinearities in selected solvents as a function of the pulsewidth." Optics Express 25, 3553-3565 (2017). DOI: 10.1364/OE.25.003553.