

**Título em Português:** Fabricação de guias de ondas com pulsos de femtossegundos em vidros não lineares

**Título em Inglês:** Waveguide fabrication with femtosecond pulses in nonlinear glasses

**Autor:** Mario Trama Buoizzi

**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

## **Estudo da microfabricação com pulsos de femtossegundos**

**em vidros Teluretos**

**Mario Trama Buoizzi**

**Sabrina Nicoleti Carvalho dos Santos**

**Cleber Renato Mendonça**

Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo

mariobuoizzi2332@usp.br

### **Objetivos**

Pulsos de femtossegundos apresentam características que os tornam interessantes para diversos estudos em óptica não linear; devido a sua curta duração temporal eles apresentam larga banda espectral e altas intensidades de pico, sendo capazes de promover mudanças estruturais localizadas em materiais (1), tornando possível a produção de microestruturas com distintas propriedades ópticas, as quais podem ser usadas em dispositivos ópticos. Neste trabalho, investigamos a estruturação em vidros teluretos com pulsos de femtossegundos, visando determinar a fluência de limiar, energia por unidade de área acima da qual ocorre a estruturação das amostras.

### **Métodos e Procedimentos**

Vidros teluretos são materiais interessantes para aplicações em Fotônica por apresentarem altos índices de refração linear, ampla janela de transmissão e altas não linearidades (2). Foram utilizadas três amostras, a fim de verificar o efeito de modificadores da rede do vidro telureto no processo de microfabricação com pulsos de femtossegundos. A matriz principal é formada por  $75\text{TeO}_2 - 15\text{B}_2\text{O}_3 - 10\text{Nb}_2\text{O}_5$  (%mol), que será chamada de TBN0. Os modificadores são  $1\text{Ta}_2\text{O}_5$  e  $1\text{ZrO}_2$  (%mol), que

substituem  $1\text{Nb}_2\text{O}_5$  cada, dando origem a composição  $75\text{TeO}_2 - 15\text{B}_2\text{O}_3 - 9\text{Nb}_2\text{O}_5 - 1\text{Ta}_2\text{O}_5$  (%mol), denominada TBN1, e também  $75\text{TeO}_2 - 15\text{B}_2\text{O}_3 - 8\text{Nb}_2\text{O}_5 - 1\text{Ta}_2\text{O}_5 - 1\text{ZrO}_2$  (%mol), nomeada TBN2. O processo de fabricação nas amostras foi feito com um laser de Ti:Safira operando em 800 nm, com taxa de repetição de 5 MHz e pulsos de 80 fs. A amostra é posicionada sobre um estágio de translação controlado por motores, de tal forma que experimentamos diferentes velocidades de varredura.

### **Resultados**

Determinamos as fluências de limiar pelo método de dano zero (3) para cada conjunto objetiva-velocidade-amostra, sendo  $0,34 \text{ nJ}/\mu\text{m}^2$  para TBN0,  $0,48 \text{ nJ}/\mu\text{m}^2$  para TBN1 e  $0,57 \text{ nJ}/\mu\text{m}^2$  para TBN2, no caso da objetiva de 20x e velocidade de  $50 \mu\text{m/s}$ . Portanto, observa-se um aumento considerável na fluência limiar com a incorporação de modificadores na amostra. Resultados semelhantes foram obtidos para a objetiva de 40x e velocidades de  $50 \mu\text{m/s}$  e  $100 \mu\text{m/s}$ .

### **Conclusões**

Estes resultados permitem determinar as melhores condições para a confecção de

dispositivos fotônicos como, por exemplo, guia de ondas 3D.

### **Referências Bibliográficas**

[1] GATTASS, R.R.; MAZUR, E.. Femtosecond laser micromachining in transparent materials. *Nature Photonics*, v.2, p.219 - 225, 2008. DOI:<https://doi.org/10.1038/nphoton.2008.47>

[2] JHA, A. et al. Review on structural, thermal, optical and spectroscopic properties of tellurium oxide-based glasses for fibre optic and waveguide applications. *International Materials Reviews*. v.57, p. 357, 2012. DOI 10.1179/1743280412Y.0000000005.

[3] J. M. LIU, "Simple Technique for measurements of pulsed Gaussian-beam spot sizes". *Opt. Lett.*, vol. 7, no.5, pp. 196-198, 1982

## Study of femtosecond laser micromachining in tellurite glasses

Mario Trama Buoizzi

Sabrina Nicoleti Carvalho dos Santos

Cleber Renato Mendonça

Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo

mariobuoizzi2332@usp.br

### Objectives

Femtosecond pulses present features that make them interesting for many studies in nonlinear optics; due to their short temporal duration they have broad spectral band and high peak intensities, being able to promote localized structural changes in materials (1), turning the production of microstructures possible with different optical properties, which can be employed in optical devices. In this work, we investigate the structuring in tellurite glasses with femtosecond pulses, aiming to determine the threshold fluence, energy per unit of area above in which occurs sample structuring.

### Materials and Methods

Tellurite glasses are interesting materials for applications in Photonics for presenting high linear and nonlinear refractive index, broad transmission window and high nonlinearities (2). Three samples were used, in order to verify modifiers effect on tellurite glass lattice on micromachining process with femtosecond pulses. The main matrix is made of  $75\text{TeO}_2 - 15\text{B}_2\text{O}_3 - 10\text{Nb}_2\text{O}_5$  (%mol), called TBN0. The modifiers are  $1\text{Ta}_2\text{O}_5$  and  $1\text{ZrO}_2$  (%mol), that substitute  $1\text{Nb}_2\text{O}_5$  each one, giving rise to composition  $75\text{TeO}_2 - 15\text{B}_2\text{O}_3 - 9\text{Nb}_2\text{O}_5 - 1\text{Ta}_2\text{O}_5$  (%mol) named TBN1, and also  $75\text{TeO}_2 - 15\text{B}_2\text{O}_3 - 8\text{Nb}_2\text{O}_5 - 1\text{Ta}_2\text{O}_5 - 1\text{ZrO}_2$  (%mol), called TBN2. The microfabrication process in the samples was made with a Ti:Sapphire laser

operating in 800 nm, 5MHz repetition rate and 80 fs pulses. The sample is positioned on a translation stage controlled by motors, in such a way that we can try different scan velocities.

### Results

We determined the threshold fluences by the Liu method (3) for each objective-velocity-sample set, resulting in  $0,34 \text{ nJ}/\mu\text{m}^2$  for TBN0,  $0,48 \text{ nJ}/\mu\text{m}^2$  for TBN1 and  $0,57 \text{ nJ}/\mu\text{m}^2$  for TBN2, in the case of 20x objective lens and velocity equal to  $50 \mu\text{m/s}$ . Therefore, one can see a considerable raise in threshold fluence according to the incorporation of modifiers in the sample. Similar results were obtained with 40x objective and the velocities of  $50 \mu\text{m/s}$  and  $100 \mu\text{m/s}$ .

### Conclusions

These results allow us to determine the best conditions to make Photonic devices, such as wave guides.

### References

- [1] GATTASS, R.R.; MAZUR, E.. Femtosecond laser micromachining in transparent materials. *Nature Photonics*, v.2, p.219 - 225, 2008. DOI:<https://doi.org/10.1038/nphoton.2008.47>
- [2] JHA, A. et al. Review on structural, thermal, optical and spectroscopic properties of tellurium oxide-based glasses for fibre optic and waveguide applications. *International Materials*

Reviews. v.57, p. 357, 2012. DOI  
10.1179/1743280412Y.0000000005.

[3] J. M. LIU, "Simple Technique for  
measurements of pulsed Gaussian-beam spot  
sizes". Opt. Lett., vol. 7, no.5, pp. 196-198,  
1982