

Título em Português:	Fabricação de guias de onda curvos em vidros ópticos com pulsos de femtossegundos
Título em Inglês:	Curved waveguides in optical glass writtten by a femtosecond laser
Autor:	Pedro Takeshi Matsumoto Viana
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

Fabricação de guias de onda curvos em vidros ópticos com pulsos de femtossegundos

Pedro Takeshi Matsumoto Viana

Prof. Dr. Cleber Renato Mendonça

Instituto de Física de São Carlos - USP

pedrotmviana@usp.br

Objetivos

Este projeto busca explorar as condições experimentais para viabilizar a microfabricação de guias de onda curvos em vidros ópticos, onde será empregado um laser de femtossegundos.

Métodos e Procedimentos

A fabricação dos guias de onda será realizada utilizando pulsos laser de 216 fs centrados em 1030 nm (YKGW laser). O laser é focalizado na amostra utilizando uma objetiva com abertura numérica de 0.4. A amostra é posicionada num estágio de translação 3D controlado por computador. Numa primeira etapa, ocorrerá a otimização dos parâmetros experimentais para a fabricação de guias em vidro óptico BK7, assim como o desenvolvimento de um programa em LabVIEW, software de linguagem de programação gráfica, para produzir guias de onda curvos com diferentes energias de pulso. Em seguida, será feita uma comparação entre os aspectos morfológicos dos guias retos e curvos fabricados com as mesmas energias, utilizando técnicas de microscopia. Por fim, após a produção dos guias, estes serão levados à um sistema de acoplamento para caracterização de seus modos de guiamento e perdas.

Resultados

Foram fabricados 3 guias retos e 3 guias curvos com energias crescentes, 264 nJ, 360

nJ e por fim com 480 nJ. Verificamos o guiamento da luz para guias retos em todas as energias e para guias curvos apenas no caso c), de maior energia. Como pode-se notar na Fig.1, o padrão de entrada em a) e b) é bem diferente em relação aos demais casos. A perda do guiamento para estas duas situações está provavelmente relacionada ou ao raio de curvatura dos guias ou à velocidade de varredura do feixe, que é alterada em caso de movimento em mais de um eixo.

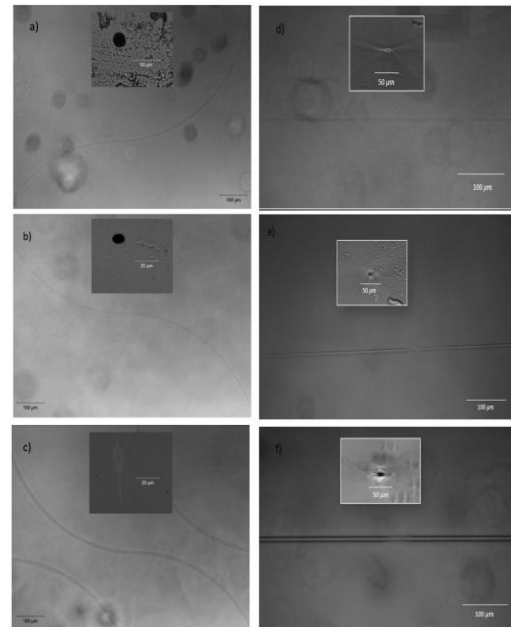


Figura 1: Vista superior e da entrada dos guias de onda produzidos.

No sistema de acoplamento, foi verificado também que ao aumentar a energia de pulso,

melhor é a qualidade do guiamento, com um sinal de saída com maior intensidade.

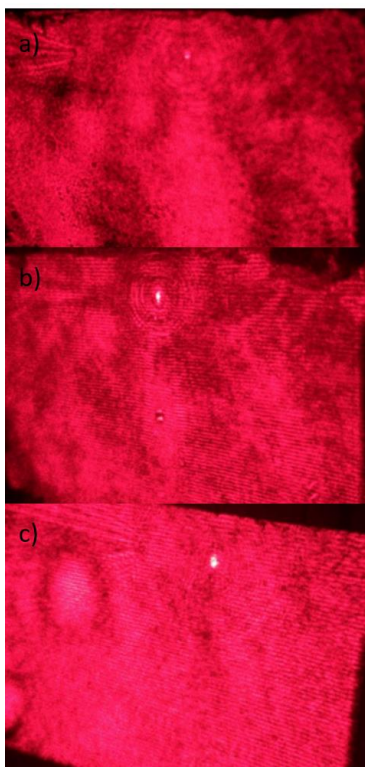


Figura 2: Perfil de saída dos guias de onda

Enquanto no guia curvo de maior energia (480 nJ) em a), o *spot* do laser é difícil de ser observado, para os guias retos de energias 246 nJ e 480 nJ em b) e c) é facilmente perceptível.

Conclusões

Ao analisar tanto os padrões de entrada quanto o perfil do sinal de saída dos guias, foi possível determinar as condições ótimas para a fabricação. Ao utilizar energias maiores (480 nJ) obtivemos os melhores resultados, ilustrados nas Figuras 1 e 2. Ainda é necessário investigar os casos de menores energias dos guias de onda curvos para descobrir como evitar a perda de sinal.

Referências

- [1] DAVIS, K. M. et al. Writing waveguides in glass with a femtosecond laser. *Optics Letters*, v. 21, n. 21, p. 1729-1731, 1996.
- [2] Cerami, L.R., Mazur, E., Nolte, S., & Schaffer, C.B. (2013). *Femtosecond Laser Micromachining*.
- [3] NOLASCO, Lucas Konaka. Investigation of the fs-micromachining process in GaN and diamond. 2021. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021. doi:10.11606/D.18.2021.tde-22042021-165900.
- [4] ALMEIDA, Gustavo Foresto Brito de. Femtosecond laser writing of nonlinear waveguides in Gorilla® Glass and L-threonine organic crystals. 2018. Tese (Doutorado em Física Básica) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. doi:10.11606/T.76.2018.tde-04062018-152453.

Curved waveguides in optical glass written by a femtosecond laser

Pedro Takeshi Matsumoto Viana

Prof. Dr. Cleber Renato Mendonça

São Carlos Institute of Physics

pedrotmviana@usp.br

Objectives

This project explores the experimental conditions to enable the microfabrication of curved waveguides in optical glass with a femtosecond laser.

Materials and Methods

Waveguide fabrication was carried out with 216-fs pulses centered at 1030nm (YKGW laser system). The laser beam is focused on the sample using a 0.4 numerical aperture objective. The sample is positioned in a 3D translation stage computer-controlled. Firstly, we'll seek to optimize experimental parameters for the fabrication of waveguides in BK7 optical glass, as well as the development of a LabVIEW software, a visual programming language, to produce curved waveguides with different pulse energies. As follows, using microscopy techniques, a comparison will be made between the morphological aspects of the curved and non-curved waveguides fabricated with the same energy. Lastly, after the fabrication of the waveguide, they will be coupled to characterize losses and modal structure.

Results

Three curved and three linear waveguides were fabricated with energies of 246 nJ, 360 nJ, and finally 480 nJ. We verified light guiding for all

the linear ones and only in c) for curved guides. As shown in Fig. 1, the entrance patterns in a) and b) are very different from all other scenarios. This is probably due to the curvature radius of the waveguides or the scanning speed, which is modified when the multi-axis movement starts.

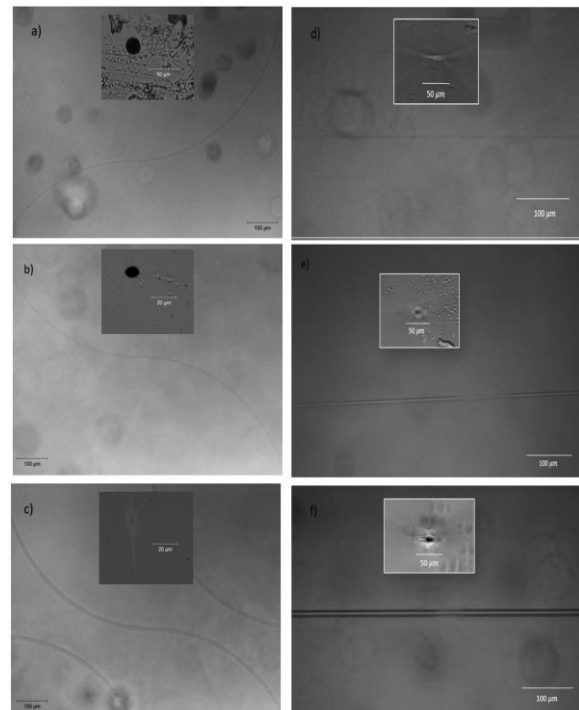


Figure 1: Waveguides top and side views.

In the coupling system, it was verified that when the pulse energy grows, so does the guiding quality, amplifying the exit signal intensity.

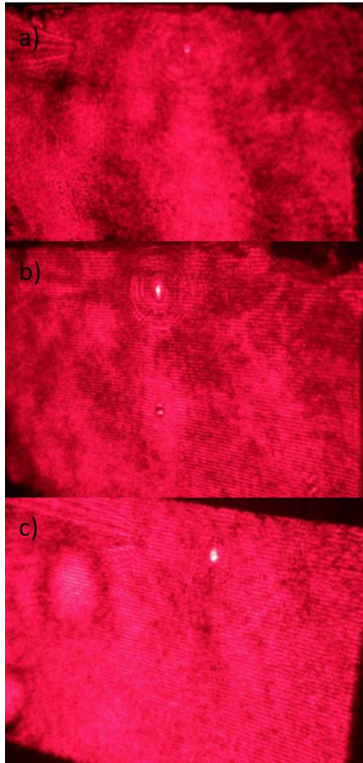


Figure 2: Waveguides exit profiles.

While in the curved waveguide of highest energy (480 nJ) in a), the laser spot is harder to be observed, for the non-curved guides with 246 nJ and 480 nJ energy pulses in b) and c), the spot is bright.

Conclusions

After analyzing the entrance patterns and exit profiles, it was possible to set the optimal conditions for fabrication. Utilizing higher energies (480 nJ) we acquired the best results shown in Figures 1 and 2. We still need to investigate the lower energy scenarios to minimize signal loss.

References

- [1] DAVIS, K. M. et al. Writing waveguides in glass with a femtosecond laser. *Optics Letters*, v. 21, n. 21, p. 1729-1731, 1996.
- [2] Cerami, L.R., Mazur, E., Nolte, S., & Schaffer, C.B. (2013). *Femtosecond Laser Micromachining*.

[3] NOLASCO, Lucas Konaka. Investigation of the fs-micromachining process in GaN and diamond. 2021. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021. doi:10.11606/D.18.2021.tde-22042021-165900.

[4] ALMEIDA, Gustavo Foresto Brito de. Femtosecond laser writing of nonlinear waveguides in Gorilla® Glass and L-threonine organic crystals. 2018. Tese (Doutorado em Física Básica) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. doi:10.11606/T.76.2018.tde-04062018-152453.