

# EFEITOS DA IRRADIAÇÃO COM LASER DE PULSOS ULTRACURTOS E FEIXE DE ELÉTRONS EM CRISTAIS DE YLF DOPADOS COM TÚLIO

Everson B. Santos\*, Lilia C. Courrol\*\*, Izilda M. Ranieri\*\*\*, Sonia L. Baldochi\*\*\*, Laércio Gomes\*\*\*, Ricardo E. Samad\*\*\*, Anderson Z. de Freitas\*\*\*, Nilson D. Vieira Junior\*\*\*.

\* Aluno do curso de MPCE da FATEC-SP; \*\*Professor Pleno da FATEC-SP, PhD em ciências pelo IPEN-USP.  
\*\*\*Pesquisadores da CLA-IPEN, com MSc. em ciências pela USP

E-mail: [lcourrol@gmail.com](mailto:lcourrol@gmail.com)

## Resumo

Este trabalho tem o objetivo de estudar os efeitos da irradiação de amostras de YLF dopadas com íons de terras raras ( $Tm^{3+}$ ) e impurezas de oxigênio ( $O^-$ ) com laser de pulsos ultracurtos e com feixe de elétrons.

## Introdução

O laser de pulsos ultra-curtos e de alta intensidade tem potencial de criar defeitos, chamados de centros de cor em materiais. Esses defeitos dão origem a estados de energia dentro da banda proibida do material, alterando desta maneira suas propriedades ópticas[1]. Defeitos produzidos de forma controlada em materiais sólidos podem ser empregados em aplicações tais como, guias de ondas, grades de difração e litografia[2].

Neste trabalho as alterações nas propriedades ópticas em YLF através da interação com o laser são comparadas às alterações obtidas com interação com feixe de elétrons.

## Materiais e Métodos

As amostras estudadas são YLF puro, YLF:1mol% e YLF dopado com 100 $\mu$ mol% de  $O^-$ . As amostras foram cortadas com espessuras entre 2 e 3mm, e polidas com faces paralelas para minimizar efeitos de refração.

Para a produção de centros de cor nas amostras utilizamos dois métodos, um deles foi a irradiação por feixe de elétrons o outro método foi irradiação com laser de pulso ultracurto.

### *Irradiação com feixe de elétrons*

Na irradiação por feixe de elétrons as amostras foram irradiadas no acelerador de elétrons do IPEN, obedecendo as seguintes condições: energia de 1,5 MeV, corrente de feixe de 0,7mA, taxa de dose de 2,8kGy/s e dose de 50 kGy durante 18 segundos em temperatura ambiente, onde as duas faces das amostras foram irradiadas. Na irradiação por feixe de elétrons apenas a metade de cada amostra foi irradiada. Para que isso fosse possível foi colocada uma barra de chumbo sobre a metade da amostra que não deveria ser irradiada, impedindo que os elétrons chegassem à amostra e mantendo suas propriedades intactas, enquanto que a outra metade foi irradiada e a formação dos centros de cor foi observada. Na



Figura 1: Amostras irradiadas por feixe de elétrons.

### *Irradiação com laser de pulsos ultracurtos*

As amostras foram fortemente bombeadas por um laser pulsos ultra-curtos Mira-900 e Odim, ambos da Coherent, operando com pulsos de 60fs, energia de 640 $\mu$ J, em temperatura ambiente [3]. Foram criados três planos de irradiação em todas as amostras para que fosse possível realizar as medidas. A distância entre um plano e outro é de 0,5mm, e cada um possui 2mm de largura. Como pode ser

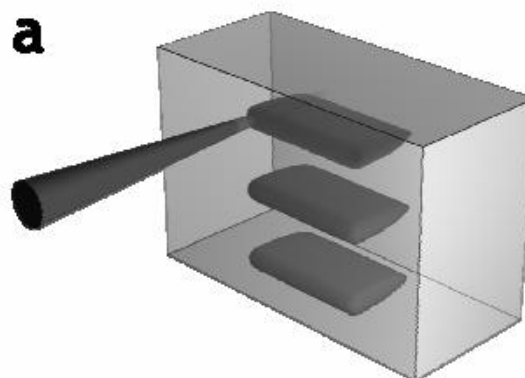


Figura 2: Esquema da irradiação com laser de fs.

## Resultados

A seguir são mostrados os espectros de absorção óptica de algumas amostras, antes e após as irradiações.

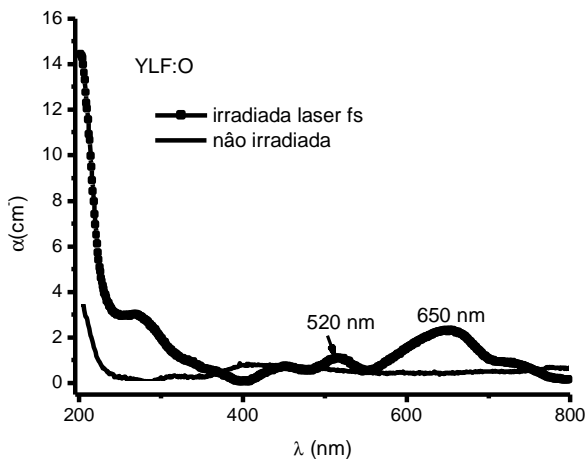


Figura 3: Espectro de absorção do YLF:O antes e após a irradiação com laser fs.

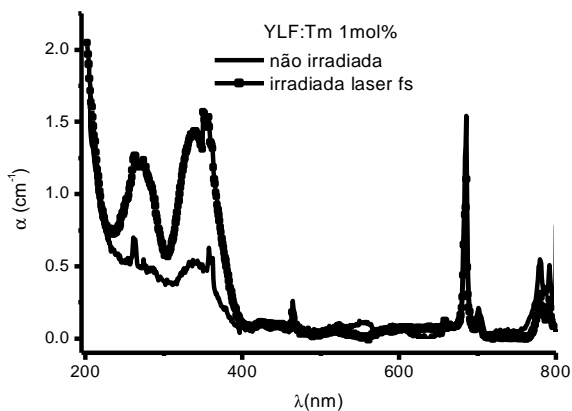


Figura 4: Espectro de absorção do YLF:Tm 1mol% antes e após a irradiação com laser fs.

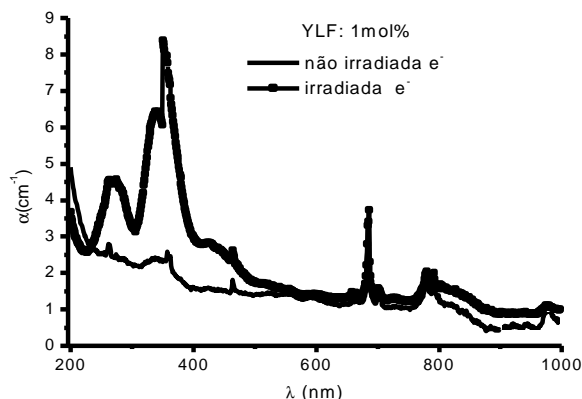


Figura 5: Espectro de absorção do YLF:Tm(1mol%) antes e após a irradiação com elétrons

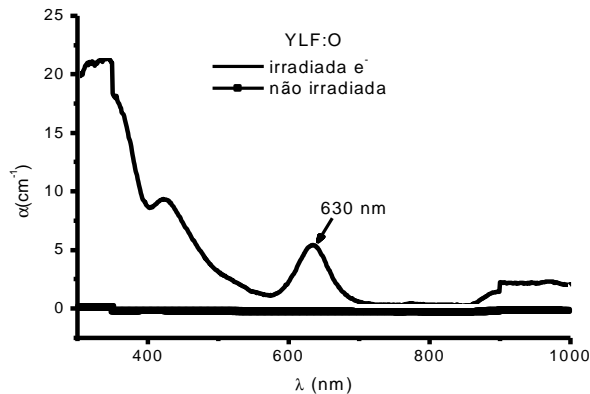


Figura 6: Espectro de absorção do YLF:O antes e após a irradiação com elétrons.

Verifica-se através dos resultados das figuras 3 a 6 que os cristais irradiados com laser de pulsos ultracurtos apresentaram significativa diferença em relação aos resultados obtidos pela irradiação das amostras com elétrons, no que diz respeito à intensidade das bandas dos defeitos. A irradiação com elétrons propicia a formação de centros neutros e a irradiação com laser propicia a formação de defeitos ionizados como  $F_2^+$  e centros fotocromicos (amostras contendo impurezas de  $Tm^{3+}$ ) que são estáveis à temperatura ambiente mesmo na ausência de oxigênio. Este resultado é muito importante, pois por muitos anos se tentou obter centros  $F_2^+$  estáveis, por se tratarem de centros com propriedades importantes para laser.

Acredita-se que a estabilização destes centros está intimamente ligada a filimentação produzida na interação do laser com o cristal e observada nas micrografias da figura 7. Esta filimentação corresponde à região de maior produção de defeitos e possivelmente aglomerados de íons (“clusters”) que de certa forma são responsáveis pela estabilização de centros de cor. Um outro detalhe importante observado é que a filimentação ocorre com um padrão periódico o que pode ser importante em materiais com “bacteria bands” [4].

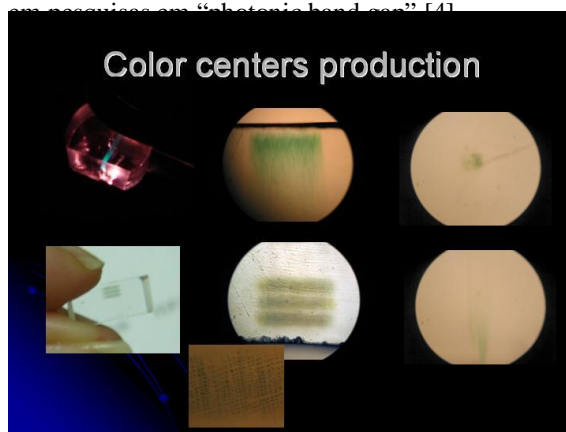


Figura 7: Amostra de YLF:O após irradiação com laser de pulsos ultracurtos vista no microscópio.

## Conclusão

As amostras de YLF dopadas com íons de terras raras ( $Tm^{3+}$ ) e impurezas de oxigênio ( $O^{\cdot-}$ ) submetidas ao forte bombeamento com laser de pulsos ultracurtos produziram centros de cor e centros fotocromicos estáveis a temperatura ambiente. O laser propicia a formação de defeitos ionizados como o centro  $F_2^+$ . Estes resultados sugerem 2 conclusões importantes:

- o forte bombeamento produz defeitos nas amostras. Estes defeitos alteram as propriedades ópticas do material, principalmente na região do ultravioleta e visível. e podem induzir transferências de energia para outras impurezas presentes nas amostras.
- Os defeitos produzidos são estáveis, apresentam estruturas periódicas e desta forma importantes em aplicações tais como, guias de ondas, grades de difração e litografia.

## Bibliografia

- [1] Agullo-lopez F., Catlow C.R.A., Townsend P.D., "POINT DEFECTS IN MATERIALS", Academic Press Inc., San Diego, 1988.
- [2] BENSALAH A., NIKL M., VEDDA A., SHIMAMURA K., SATONAGA T., H. SATO, FUKUDA T. and BOULON G., Radiation Effects & Defects in Solids, Vol. 157, pp. 563–567, 2002.
- [3] Courrol L. C., Samad R. E., Gomes L., Ranieri I. M., Baldochi S. L., Freitas A. Z., Vieira Jr. N. D., Optics Express, v.12, pp. 288 - 293, 2004.
- [4] Richardson M., Zoubir A., Rivero C., lopez C., Petit L., Richardson K., SPIE, 5347-4, 1-10, 2003.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP pela bolsa de iniciação científica. Processo 04/06261-1.