

LASER SINTONIZÁVEL DE LiF:F_2^-

Wagner de Rossi; Fábio Eduardo da Costa*; Izilda Márcia Ranieri; Nilson Dias Vieira Jr.; e Spero Penha Morato.
IPEN-CNEN/SP; * COPESE

Centros de cor F_2^- em cristais de LiF são obtidos por irradiação em um reator nuclear de pesquisa. Estes centros apresentam características de um meio laser ativo, e num arranjo preliminar estes cristais propiciaram ação laser eficiente quando bombeados por laser pulsado de neodímio num esquema colinear.

I- INTRODUÇÃO

Os centros de cor F_2^- em cristais de LiF são bem conhecidos, e apresentam uma grande gama de aplicações práticas, como chaveadores Q passivos e Mode-Lockers para lasers de Nd, ou elemento laser ativo que podem operar de maneira sintonizável em vários regimes: subpicosegundo, picosegundo, nanosegundo, microsegundo (bombeado por lâmpada flash) ou, milissegundo (quase c.w.). Para qualquer aplicação, contudo, o principal problema encontrado é a criação de um alto nível de concentração destes centros simultaneamente com um baixo índice de perdas inativas.

Neste trabalho apresentamos os resultados preliminares obtidos com a ação laser de um cristal de LiF:F_2^- quando bombeado por um laser chaveado de Nd:YLF. O sistema apresentou eficiência máxima de 10%, com sintonia de 1113nm a 1243nm, energia de 15mJ no pico e largura temporal de 10ns à temperatura ambiente.

II- CENTROS F_2^-

Sob a ação de radiação ionizante (gama, elétrons, neutrons, raios-x), certos cristais apresentam defeitos pontuais e confinam elétrons e buracos em sítios da rede. Estes elétrons estão situados em um poço de potencial tridimensional que tem, no estado fundamental, a largura ditada pela distância entre os ânions vizinhos mais próximos e é um pouco mais larga para o primeiro estado excitado. A diferença de energia ΔE entre estes estados dá origem às bandas de absorção deste defeito e conseqüentemente às cores características destes cristais.

Em cristais de LiF e haletos alcalinos, o defeito com estrutura mais simples é o centro F, o qual consiste de uma vacância aniônica com um elétron capturado. A mobilidade destes centros dá origem à formação de outros defeitos, que derivam estruturalmente de dois ou mais centros F. O F_2^- é um destes centros e consiste de um par de centros F com um elétron em excesso [1,2]. O diagrama de Frank Condon que descreve os níveis de energia eletrônicos do F_2^- é mostrado na figura 1.

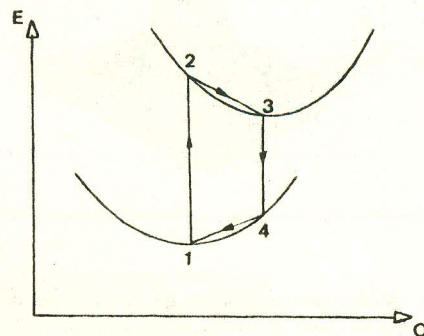


Fig.1- Diagrama de Frank Condon dos níveis de energia eletrônicos e as suas transições para o centro de cor F_2^- .

O "ciclo óptico" do F_2^- é formado por quatro transições:

A primeira (1 2), que é uma transição eletrônica-vibracional de dipolo elétrico, representa uma absorção do estado fundamental para o primeiro estado eletrônico excitado. Ela corresponde a uma banda com largura $\Delta\nu \approx 1500$ a 1700cm^{-1} centrada em $\lambda = 960\text{nm}$ na temperatura ambiente [1,3] e seção de choque de absorção $\sigma_a(1.06\mu\text{m}) = 1.6 \cdot 10^{-17} \text{cm}^2$ [4].

A terceira (3 4) representa uma transição elétron-vibracional radiativa, com tempo de vida $\tau \approx 60$ -100ns, com uma banda de emissão de $1,08$ a $1,25 \mu\text{m}$ [1,3], e seção de choque de emissão $\sigma_e(1.12\mu\text{m}) = 1.7 \cdot 10^{-17} \text{cm}^2$.

A segunda e a quarta (2 3 e 4 1) representam duas relaxações vibracionais não radiativas para o mínimo da curva de energia potencial. Elas correspondem a transições entre subníveis vibracionais e têm tempos de vida característicos de 10^{-12} a 10^{-13} s. São acompanhadas por um rearranjo mútuo dos íons vizinhos ou por uma emissão de fonon [1,3].

Os centros F_2^- possuem um pequeno deslocamento de Stokes quando comparados com a sua energia de luminescência; isto leva a uma eficiência quântica bastante alta e pouco dependente da temperatura, mesmo para temperaturas acima do ambiente. Por outro lado, o deslocamento de Stokes é suficientemente grande para permitir uma operação laser de quatro níveis do F_2^- [3].

As reações entre os centros F, as vacâncias aniônicas e os elétrons livres, que levam à formação do centro F_2^- , são obviamente muito influenciadas pela presença de impurezas na rede cristalina, dentre estas, as mais importantes são as impurezas cationicas e as impurezas de oxigênio, as quais podem existir na forma de O^{2-} ou como componentes do grupo OH^- [5,6]. Estas impurezas, podem favorecer a formação dos constituintes básicos do centro F_2^- , ou ao contrário podem consumi-los, e desta maneira, um controle do tipo e quantidade destas impurezas pode levar a uma formação mais eficiente destes centros.

Em todo o processo de formação destes centros, o papel da radiação ionizante pode ser resumido da seguinte maneira: Em um primeiro estágio, a radiação induz um processo de fotoionização cujo resultado é a criação de elétrons livres e íons com estados de ionização diferentes daqueles de antes da irradiação; estes íons podem favorecer a formação das vacâncias aniônicas com as quais são formados os centros F e os centros F_2^- . A radiação também pode agir como criadora ou aniquiladora de elétrons e vacâncias pela decomposição das impurezas e seus agregados.

Durante o processo de criação dos centros F_2^- por irradiação com partículas ionizantes, surgem também perdas residuais indesejáveis, que são atribuídas principalmente a colóides metálicos e a agregados muito grandes de defeitos pontuais. O controle das impurezas, da taxa de irradiação, e a da temperatura, são portanto, parâmetros muito importantes na formação dos centros F_2^- e das perdas residuais, devendo assim ser bem conhecidos.

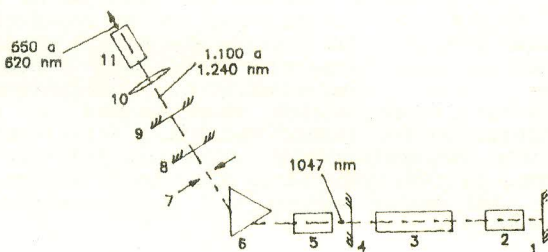
Neste trabalho, utilizamos cristais de LiF crescidos pelo método de Czochralski, nos quais os grupos OH^- estavam todos ligados a íons metálicos, principalmente Mg^{++} . Este tipo de cristal foi escolhido depois que um estudo sistemático, mostrou que entre vários tipos de cristais de LiF, com várias impurezas diferentes [7], este é o que o apresentava maior eficiência na formação dos centros F_2^- . A irradiação foi feita no reator nuclear de pesquisas IEA-R1 do IPEN, onde a taxa de dose, a dose máxima e a temperatura foram experimentalmente estabelecidas para fornecer o máximo de concentração de centros F_2^- com o máximo de eficiência de ação laser [8].

III- OPERAÇÃO LASER

A ação laser dos centros F_2^- foi obtida através do bombeamento com laser de neodímio, num esquema representado na figura 2. Neste arranjo foi utilizado um cristal de LiF de $1 \times 1 \times 5$ cm, plano-paralelo, sem coating antirefletor, com coeficiente de absorção de $0,23 \text{ cm}^{-1}$ para $\lambda = 1,047 \text{ nm}$, e eficiência quântica de luminescência (razão entre o número de fótons absorvidos e o número de fótons emitidos) medida de $0,5 \pm 0,1$ [9].

No sistema esquematizado na figura 2, vemos que foi utilizado um prisma para a sintonia da emissão do laser de centro de cor, o que acarretou em grandes perdas para o ressonador do LiF:F_2^- (visto que não foi utilizada emissão polarizada do laser bombeador e nem coating antirefletor no prisma). Para o bombeio foi utilizado um laser pulsado de Nd:YLF, chaveado passivamente por outro cristal de LiF:F_2^- , com energia de pulso de 150 mJ e largura temporal de 20 ns [10]. Nestas condições foi obtida a curva de sintonia mostrada na figura 3, com

uma energia de 15 mJ no pico da emissão, largura de linha de 10 nm , e largura temporal da ordem de 10 ns .



- | | |
|--|---------------------------|
| 1- Espelho R=100%(1.047nm) | 6- Prisma SF3 |
| 2- LiF:F ₂ ⁻ (Chaveador passivo) | 7- Íris |
| 3- Bastão Nd:YLF | 8- Espelho R=84%(1.150nm) |
| 4- Espelho dicrótico R=95%(1.150nm) R=27%(1.047nm) | 9- Filtro dicrótico |
| 5- LiF:F ₂ ⁻ (melo laser ativo) | 10- Lente |
| | 11- KDP |

fig.2- Representação esquemática do sistema utilizado no laser de LiF:F_2^- .

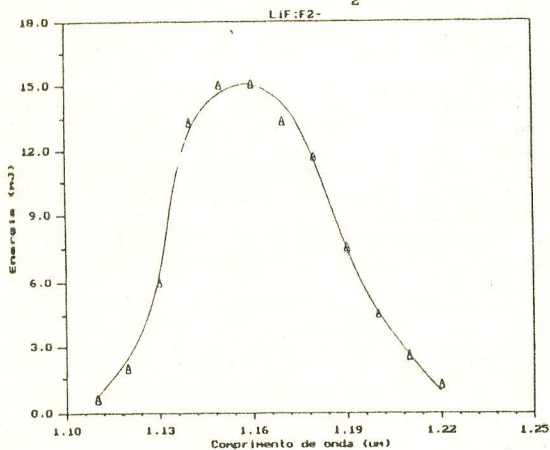


fig.3- Curva de sintonia em função da energia de saída para o laser de LiF:F_2^- bombeado por um laser de Nd:YLF.

Um laser pulsado de Nd:vidro também foi usado como bombeador num esquema semelhante ao da figura 2. Neste caso, a eficiência tornou-se bastante baixa, porque a largura temporal dos pulsos do bombeador de $500 \mu\text{s}$ é muito maior que o tempo de decaimento espontâneo do nível laser superior dos centros F_2^- ; porém a energia utilizada de $8,4 \text{ J}$ do laser de vidro possibilitou a obtenção de 250 mJ de energia no pico da emissão.

Em ambos os arranjos, a potência pico dos pulsos foi suficientemente alta para a geração eficiente de segundo harmônico com cristal de KDP, sintonizada de forma contínua e intensa desde o verde até o vermelho.

IV- CONCLUSÃO

Foi demonstrado com este trabalho que os centros de cor F_2^- , produzidos em cristais de LiF através de métodos desenvolvidos no IPEN, podem gerar ação laser sintonizável à temperatura ambiente de maneira eficiente quando bombeados por laser de neodímio. Os resultados apresentados foram obtidos sem a necessária otimização, e portanto demonstram que este sistema pode fornecer uma fonte laser sintonizável de maneira ainda mais eficiente.

ABSTRACT

TUNABLE LiF:F_2^- LASER

F_2^- color centers are created in a LiF crystal by irradiation in a research nuclear reactor. The centers are highly photo stable at room temperature and have a four level laser characteristic, presenting efficient laser action when pumped by a neodimium pulsed laser. The total efficiency at room temperature and, in a non optimized system, is 10%, tuned from 1113 nm to 1243nm, with 15mJ output energy and 10 nanoseconds pulse width.

REFERÊNCIAS

1. J. Nahum; Phys. Rev. vol.158, pg.817, 1967.
2. W. Gellermann, A. Müller, D. Wandt, S. Wilk, F. Luty; J. Appl. Phys. vol.61, n.4, pg.1297, 1987.
3. T. T. Basiev, S. B. Mirov, V. V. Osiko; IEEE J. Quantum Electr., vol. 24, pg. 1052, June 1988.
4. A. Lupei, V. Florea, T. Dascalu e V. Lupei; Optics Comm., vol. 79, n.5, pg. 309 1 nov. 1990.
5. Akhvelekiani B. G., Berg K. J., Berg G.; Crystal Latt. Defects, vol. 8, n.4, pg. 167, 1980.
6. I. Lancranjan, A. Niculescu, R. Moraru, P. Sandru; Revue Romaine de Physique, cs-14, pg.1-46, Oct.1989.
7. A. P. Shkadarevich, N. D. Vieira Jr., W. de Rossi, F. E. Costa; trabalho em andamento.
8. W. de Rossi, F. E. Costa, I. M. Ranieiri, trabalho em andamento.
9. M. Duarte, M. M. F. Vieira, I. M. Ranieri, a ser publicado.
10. W. de Rossi, N. D. Vieira Jr., F. E. Costa, S. L. Baldochi, S. P. Morato; Adv. Solid-State Lasers, vol.6, pg. 222, Mar.1990.