

Luminescência de conversão ascendente do material cerâmico MgTiO_3 dopado com íon terra-raras sobre 980 nm

Cláudio Gurgel Pinheiro; João Paulo C do Nascimento; Antônio Jefferson Manguiera Sales; José Wally Mendonça Menezes; Antonio Sérgio Bezerra Sombra

Resumo — Devido ao grande interesse da indústria eletrônica para novas aplicações ópticas, objetivou-se neste trabalho demonstrar o estudo da luminescência de conversão ascendente aplicado na matriz cerâmica MgTiO_3 dopada com óxido de érbio. A amostra foi excitada por uma fonte de diodo laser na região do infravermelho (980 nm). Obteve-se como resultado uma emissão na região do visível nas cores verde (525 a 575 nm) e vermelho (650 a 700 nm).

Palavras-Chave — Luminescência de conversão ascendente, MgTiO_3 , Érbio, Óptica.

Abstract — Due to the increased interest of the electronic industry for new optics applications, the goal of this work is to show the study of upconversion luminescence in ceramic matrix MgTiO_3 doped with erbium oxide. The sample was excited of a laser diode source in the infrared region (980nm). As a result, were obtained emissions in the visible region, in the colors green (525 to 575 nm) and red (650 to 700 nm).

Keywords — *Upconversion Luminescence, MgTiO_3 , Erbium, Optical.*

I. INTRODUÇÃO

Devido ao crescente desenvolvimento das indústrias de telecomunicações, tem-se exigido incessantes estudos e posteriormente a fabricação de dispositivos eletrônicos passivos de miniaturização, com alto desempenho eletromagnético e óptico, sempre procurando buscar confiabilidade e baixo custo. Com isso, os materiais cerâmicos estão sendo cada vez mais estudados, pois os mesmos apresentam as características desejadas [1].

Dentre as características citadas anteriormente, destacam-se os materiais que possuem aplicações em dispositivos ópticos, já que os mesmos podem ser aplicados em lasers no estado sólido, armazenamentos ópticos, fabricação de LEDs (*Light Emitting Diode*), telas de alto brilho e imagens médicas [5,6].

A. Luminescência de conversão ascendente

A luminescência é o fenômeno que ocorre em determinados materiais, no qual ao receber uma radiação eletromagnética em um determinado comprimento de onda resulta na conversão desta energia em emissão de radiação de comprimento de onda diferente [3]. No geral, o fenômeno da luminescência pode ocorrer em qualquer região do espectro eletromagnético desde o ultravioleta até o infravermelho. Para diversas aplicações a

radiação eletromagnética emitida por um material luminescente é desejada na região do espectro do visível, localizada na faixa em torno de 400 a 700 nm.

O processo de conversão ascendente (CA) de energia (*upconversion*, em inglês), consiste na excitação de um material por uma fonte, fazendo com que haja a absorção de fótons em determinada energia e em seguida ocorre a emissão de fótons com energia maior do que os que foram absorvidos pelo material. O fenômeno em questão acontece de forma muito eficiente em materiais dopados com íons terra-raras e consequentemente vem sendo bastante explorado em matrizes cerâmicas para o uso em dispositivos amplificadores ópticos e lasers.

Nesse trabalho foram realizados experimentos para observar o comportamento das propriedades de luminescência de conversão ascendente na matriz cerâmica MgTiO_3 (titanato de magnésio) dopadas com óxido de érbio em diversas concentrações. Este óxido foi utilizado, pois o érbio no estado trivalente (Er^{3+}) possui uma grande eficiência na característica de conversão ascendente.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A fabricação do material cerâmico dopado com íons terra-raras Er^{3+} em diversas porcentagens de moles foi realizada através do método reacional do estado sólido seguindo as proporções estequiométricas dos reagentes em pó. O material foi em seguida calcinado em forno resistivo, e para finalizar, as amostras foram submetidas a um tratamento térmico de sinterização.

Com o material pronto, foram realizadas as medidas para a obtenção da luminescência de conversão ascendente. A luminescência foi obtida com uma fonte diodo laser de estado sólido, (DPSSL), modelo LD-WL206, operando na região do infravermelho em 980 nm e com sua potência variada de 0.650 a 1.022 mW incidindo diretamente na amostra. O sinal de luminescência emitido pelo material foi coletado e encaminhado por uma fibra óptica acoplada a um espectrômetro (Ocean Optics HR4000) que leu a emissão do material estudado no range de comprimento de onda do ultravioleta ao infravermelho.

III. RESULTADOS

O gráfico da figura 1 mostra a intensidade de emissão do material com diferentes dopagens do íon terra-raras Er^{3+} quando excitados por 980 nm. A luminescência apresentada pelas amostras ocorreu no range de comprimentos de onda na

faixa do visível RGB (*Red, Green, Blue*). Podemos ver que houve uma maior intensidade na região do verde (525 a 575 nm) quando comparada com a emissão da cor vermelha (650 a 700 nm). Pelo resultado das amostras analisadas, percebe-se que a maior intensidade da luminescência foi obtida para a amostra de 0,4% que foi a menor concentração de érbio usada. As matrizes luminescentes apresentam um valor de dopagem limite que resultará na maior intensidade da luminescência. De acordo com o material analisado é possível que esse limite seja relativamente baixo (menor ou igual a 1%), sendo que esse mesmo comportamento é observado para diversos sistemas presentes na literatura [8,9].

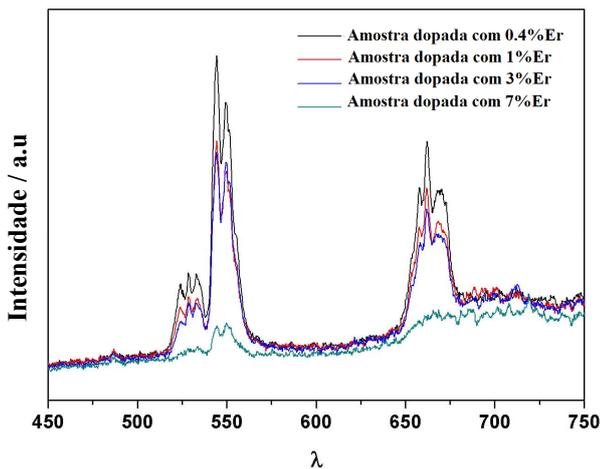


Fig. 1. Emissão do espectro eletromagnético da matriz cerâmica com diferentes concentrações de íons terras-raras.

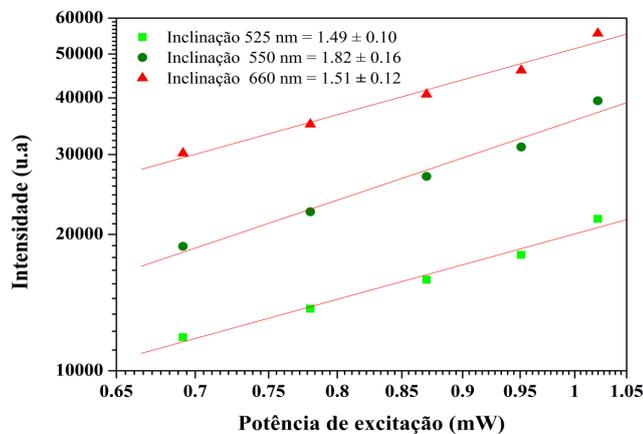


Fig. 2. Fótons envolvidos no processo de luminescência de conversão ascendente.

O número de fótons é outro parâmetro importante para entendermos melhor o mecanismo da luminescência. A figura 2 apresenta o gráfico do número de fótons gerados no processo de luminescência para a amostra $\text{MgTi}_{0,996}\text{O}_3:\text{Er}_{0,004}$. O número de fótons (N) é determinado pela relação da intensidade de emissão (I) versus a potência de excitação (P), dada pela fórmula:

$$N = \frac{\text{Log}(I)}{\text{Log}(P)} \quad (1)$$

Os resultados mostraram que os valores de N da emissão da CA para a cor verde foi de 1.49 (525 nm) e 1.82 (550 nm) e para o vermelho foi de 1.51 (660 nm). Com isso, podemos concluir que o processo de luminescência para ambas as emissões envolvem dois fótons. Esse resultado é coerente com outros sistemas dopados com os íons érbio [7].

IV. CONCLUSÕES

Observou-se que no processo de luminescência de conversão ascendente com o uso do diodo laser na cerâmica MgTiO_3 dopado com íons terra-raras Er^{3+} oferece uma simples mas poderosa alternativa para converter a saída de laser infravermelho (IR) para a emissão na faixa do visível. Oferecendo uma alternativa para a produção de lasers de comprimento de onda no visível acionados por outros lasers infravermelhos comercialmente disponíveis, além de amplificadores ópticos e na fabricação de LEDs (*Light Emitting Diode*) [1,2].

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE e ao Laboratório de Telecomunicações e Ciência e Engenharia de Materiais – LOCEM.

REFERÊNCIAS

- [1] Zhou, Xiaohua, et al. "Synthesis of MgTiO_3 by solid state reaction and characteristics with addition." *Journal of materials science* 42.16, (2007): 6628-6632.
- [2] W. Lozano B. et al., "Upconversion of infrared-to-visible light in Pr^{3+} - Yb^{3+} codoped fluorinate glass", *Optics Communications* v. 153, p. 271-274 (1998).
- [3] Ferri, E. A. V., et al. "Photoluminescence behavior in MgTiO_3 powders with vacancy/distorted clusters and octahedral tilting." *Materials Chemistry and Physics* 117.1 (2009): 192-198.
- [4] Ferri, Elídia Aparecida Vetter, et al. "Very Intense Distinct Blue and Red Photoluminescence Emission in MgTiO_3 Thin Films Prepared by the Polymeric Precursor Method: An Experimental and Theoretical Approach." *The Journal of Physical Chemistry C* 116.29 (2012): 15557-15567.
- [5] BI, Z.; et al. Phase stability and electrical conductivity of Ca-doped $\text{LaNb}_{1-x}\text{Ta}_x\text{O}_{4-\delta}$ high temperature proton conductors. *Journal of Power Sources*, v. 196, p. 7395–7403, 2011.
- [6] CAO, Y.; CHI, B.; PU, J.; JIAN, L. Effect of Ce and Yb co-doping on conductivity of LaNbO_4 . *Journal of the European Ceramic Society*, v. 34, p. 1981–1988, 2014.
- [7] Luitel, Hom Nath, et al. "Bright orange upconversion in a ZnO/TiO_2 composite containing Er^{3+} and Yb^{3+} ." *Optical Materials*, 36.3 (2014): 591-595.
- [8] K. Swapna, Sk. Mahamuda, et al. "Visible, Up-conversion and NIR (~1.5 μm) luminescence studies of Er^{3+} doped Zinc Alumino Bismuth Borate glasse". *Journal of Luminescence* 163 (2015) 55–63.
- [9] Y. Guan, Zhihao Wei, Y. Huang, R. Maalej, Hyo Jin Seo. "1.55 μm emission and upconversion luminescence of Er^{3+} -doped". *Ceramics International* 39 (2013) 7023–7027.