



**HAL**  
open science

## Nanostructuration de fibres optiques par croissance de particules d'oxyde dopées Er<sup>3+</sup>

Valérie Mauroy, Wilfried Blanc, Michèle Ude, Stanislaw Trzesien, Luan Nguyen, Bernard Dussardier

► **To cite this version:**

Valérie Mauroy, Wilfried Blanc, Michèle Ude, Stanislaw Trzesien, Luan Nguyen, et al.. Nanostructuration de fibres optiques par croissance de particules d'oxyde dopées Er<sup>3+</sup>. Journées Nationales des Cristaux pour l'Optique (JNCO'11), Jul 2011, Marseille, France. (poster 122). hal-00734314

**HAL Id: hal-00734314**

**<https://hal.science/hal-00734314>**

Submitted on 21 Sep 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# NANOSTRUCTURATION DE FIBRES OPTIQUES PAR CROISSANCE DE PARTICULES D'OXYDE DOPÉES $Er^{3+}$

Valérie Mauroy<sup>1</sup>, Wilfried Blanc<sup>1</sup>, Michèle Ude<sup>1</sup>, Stanislaw Trzesien<sup>1</sup>, Luan Nguyen<sup>2</sup>, et Bernard Dussardier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Université de Nice-Sophia Antipolis, CNRS UMR 6622, Parc Valrose, 06108 Nice, Cedex 2, France*

<sup>2</sup> *Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications, CNRS UPR 10, rue Bernard Gregory, Les Lucioles 1, 06560 Valbonne Sophia Antipolis, France*

valerie.mauroy@unice.fr

## RÉSUMÉ

Les fibres optiques céramiques permettent de combiner les propriétés mécaniques d'un matériau amorphe et les propriétés spectroscopiques d'un environnement qui peut être cristallin ou amorphe. Dans cette communication, nous présentons une méthode de nanostructuration de fibres optiques à base de silice où l'introduction de magnésium dans la composition du coeur permet d'obtenir des particules. Leurs caractéristiques ainsi que celles de la spectroscopie des ions  $Er^{3+}$  dépendent de la concentration en ions de terre alcaline.

**MOTS-CLEFS :** *fibres optiques ; erbium ; nanoparticules ; spectroscopie*

## 1. INTRODUCTION

Les propriétés d'amplification des ions de terre rare sont utilisées dans de nombreux dispositifs tels que les lasers. Afin d'assurer un meilleur contrôle thermique et d'obtenir une meilleure qualité de faisceau, les développements s'orientent vers une géométrie fibrée. C'est le cas par exemple des fibres cristallines [1]. Un autre axe intéressant est celui constitué par les fibres céramiques. Le choix de la composition des nanocristaux permet alors d'obtenir des propriétés spectroscopiques inexistantes dans la matrice amorphe environnante. Différents matériaux sont étudiés tels que les verres oxyfluorés [2] ou des silicates [3]. L'étirage de ces matériaux en fibres optiques reste difficile et le processus de dévitrification nécessite un post-traitement thermique qui peut fragiliser la fibre. Afin de s'affranchir de ces difficultés, nous étudions une méthode de nanostructuration in-situ obtenue directement au cours du procédé standard de fabrication de fibres optiques à base de silice (procédé MCVD). La faisabilité de cette voie est démontrée en incorporant du calcium [4][5]. Mais les caractéristiques des particules engendraient une forte diffusion de la lumière. Dans cette communication, nous présentons les résultats plus prometteurs obtenus en ajoutant du magnésium.

## 2. CARACTÉRISATIONS DES NANOPARTICULES

Les fibres ont été fabriquées au LPMC par le procédé MCVD. Le magnésium, ainsi que l'erbium, sont apportés par la méthode classique du trempage en solution. Trois concentrations en  $MgCl_2$  ont été préparées : 0,1, 0,5 et 1 mol/l. Le coeur des fibres contient aussi du phosphore et du germanium. Les caractéristiques des nanoparticules analysées à travers l'acquisition d'images MEB, permettent l'observation de particules dans le coeur de la fibre optique. Comme on peut le voir sur la Figure 1, leurs caractéristiques dépendent très fortement de la concentration en Mg. Ces analyses sont reportées dans le Tableau 1. Le diamètre moyen n'augmente pas linéairement avec la concentration en Mg mais semble présenter un maximum pour la concentration intermédiaire. Il en est de même pour la densité de particules. Les mesures d'atténuation montrent que la fibre contenant 0,1 mol/l de  $MgCl_2$  atteint un niveau de transparence compatible avec des applications en tant que fibre amplificatrice [6]. En revanche, les pertes sont plus importantes pour les concentrations supérieures. Du point de vue spectroscopique, les spectres d'émission de  $Er^{3+}$  présentés sur la Figure 1 montrent clairement un élargissement pour les deux plus

fortes concentrations. Les déclinés de fluorescence à  $1,55 \mu\text{m}$  présentent aussi un changement pour ces deux compositions. Une modification notable de l'environnement des ions erbium a donc opéré.

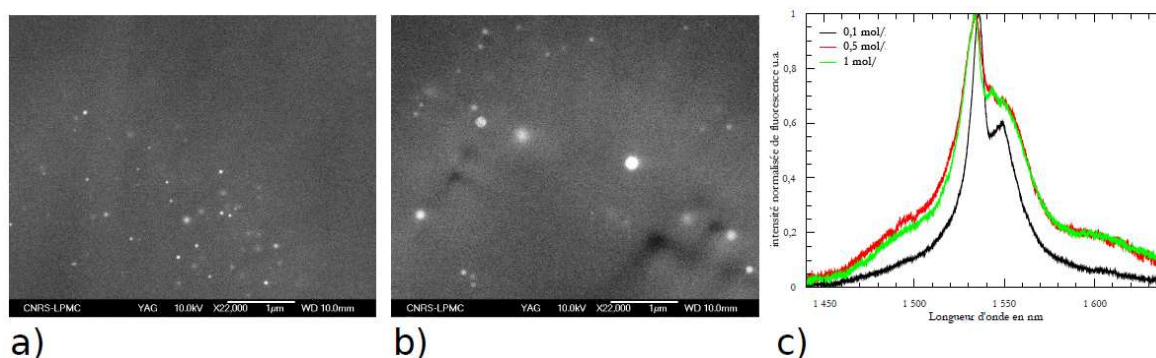


FIGURE 1 : Images MEB du coeur de la fibre optique contenant  $0,1 \text{ mol/l}$  (a) et  $0,5 \text{ mol/l}$  (b). (c) : Spectres d'émission des fibres optiques excités à  $980 \text{ nm}$  à température ambiante.

TABLE 1 : Caractéristiques des nanoparticules obtenues d'après les images MEB des fibres optiques.

Concentration de magnésium	Diamètre moyen	Densité par $m^2$
$0,1 \text{ mol/l}$	42 nm	$1,36 \cdot 10^{-13}$
$0,5 \text{ mol/l}$	168 nm	$1,40 \cdot 10^{-12}$
$1 \text{ mol/l}$	70 nm	$8,43 \cdot 10^{-13}$

## CONCLUSION

L'introduction de magnésium dans le coeur d'une fibre à base de silice permet d'obtenir des nanoparticules de quelques dizaines de nanomètres de diamètre. Pour les nanoparticules les plus petites, les pertes sont tout à fait compatibles avec des applications telles que les fibres amplificatrices. Cependant, on ne constate pas de modification spectroscopique de l'erbium. En ce qui concerne les deux autres échantillons, les particules sont plus importantes mais possèdent un élargissement spectral de fluorescence à  $1,5 \mu\text{m}$  dû à un changement de composition de l'environnement de l'erbium. La composition exacte et la nature cristalline ou amorphe des particules seront discutées au cours de la présentation.

## RÉFÉRENCES

- [1] *Fiber Crystal Growth from the Melt*. Springer, 2004.
- [2] M. Mortier and F. Auzel, "Rare-earth doped transparent glass-ceramics with high cross-sections," *J. Non-Cryst. Solids*, vol. 256 & 257, pp. 361–365, 1999.
- [3] B. Samson, L. Pinckney, J. Wang, G. Beall, and N. Borrelli, "Nickel-doped nanocrystalline glass ceramic fiber," *Opt. Lett.*, vol. 27, pp. 309–311, 2002.
- [4] W. Blanc, B. Dussardier, G. Monnom, R. Peretti, A. Jurdyc, B. Jacquier, M. Foret, and A. Roberts, "Er doped oxide nanoparticles in silica based optical fibres," *Glass technol : Eur. J. Glass Sci. Technol. A*, vol. 50, p. 79, 2009.
- [5] F. d'Acapito, C. Maurizio, M. Paul, T. S. Lee, W. Blanc, and B. Dussardier, "Role of CaO addition in the local order around erbium in  $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$  fiber preforms," *Mater. Sci. Eng. B*, vol. 146, pp. 167–170, 2008.
- [6] W. Blanc, V. Mauroy, L. Nguyen, S. Bhaktha, P. Sebbah, B. Pal, and B. Dussardier, "Rare earth-doped transparent glass ceramic optical fibers prepared by modified chemical vapor deposition," *Accepté après soumission à J. Am. Ceram. Soc.*, 2011.