



TECHNOLOGIE D'OPTIQUE INTEGREE AU LABORATOIRE FOTON JOURNEES THEMATIQUES GDR 2013

Joël Charrier, Mohamed Guendouz, Nathalie Lorrain, Loïc Bodiou, Luiz Poffo, Jonathan Lemaitre, Isabelle Hardy, Christiane Carré, Michel Gadonna, Annick Chaillou, Lazhar Haji et Dominique Bosc

Université européenne de Bretagne (UeB), Laboratoire Foton CNRS UMR 6082, Equipe Système Photoniques, 6 rue de Kérampont, ENSSAT, CS 80518, 22305 Lannion Cedex, France

joel.charrier@univ-rennes1.fr

Cet article résume le panorama de l'état de l'art des technologies d'optique intégrée maîtrisées au laboratoire Foton (Systèmes Photoniques) axé sur l'optique intégrée polymère active et passive, les guides en silicium et silice poreuse pour la réalisation de capteurs biologiques, ainsi que les applications des guides en verres spéciaux étudiés en collaboration avec d'autres laboratoires.

MOTS-CLEFS : *optique intégrée ; matériaux pour l'optique ; traitement du signal optique ; capteurs.*

1. INTRODUCTION

Le laboratoire Foton au travers du groupe de recherche « Optique Guidée et Capteurs » met au point des technologies d'Optique Intégrée (OI) depuis plus de dix ans grâce à sa plate-forme CCLO. L'objectif est de travailler sur la méthodologie de fabrication et les effets physiques indésirables survenant au cours des procédés de façon à obtenir des fonctions intégrées permettant de démontrer les avantages spécifiques de matériaux autres notamment que le silicium, dans le domaine du traitement du signal optique, principalement pour les télécommunications, et, dans le domaine des capteurs pour la détection et la sélection d'espèces biologiques.

2. TECHNOLOGIE D'OPTIQUE INTEGREE POLYMERE POUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL TOUT OPTIQUE

En guise d'exemple nous illustrerons ici un résultat sur les micro-résonateurs pour lesquels nous avons résolu un certain nombre de problèmes lié aux défauts de surfaces (rides), de non adhérence et d'incompatibilité, qui peuvent apparaître au cours du process. Le but est de maîtriser la fabrication de ces structures en polymère les plus miniaturisées possibles et d'exploiter des applications telles que des filtres accordables (ex. projet ANR Selectaccess) et des effets non linéaires pour le traitement tout optique du signal. La Figure 1 comporte un wafer 3 pouces comprenant des micro-anneaux de 90 à 240 μm de rayon (contraste d'indice de réfraction de 0,08 à 0,15 à 1550 nm) pour lequel nous maîtrisons des gaps de couplage de 0,6 μm en photolithographie UV. Les taux d'extinction atteignent 20 à 30 dB (Fig. 2) pour le port d'extraction (Drop) [1].

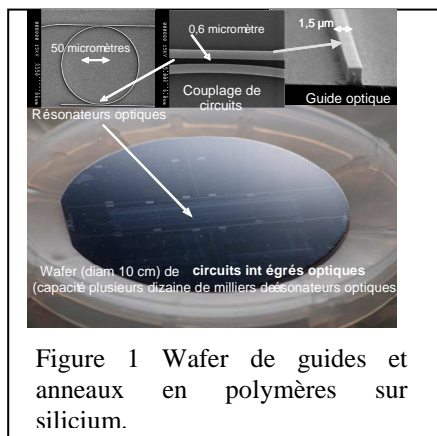


Figure 1 Wafer de guides et anneaux en polymères sur silicium.

3. TECHNOLOGIE D'OPTIQUE INTEGREE POUR LES CAPTEURS ET SOURCES LASER

Dans le domaine des capteurs nous explorons plus particulièrement les possibilités offertes par les technologies de guides « creux », Si ou SiO₂ poreux réalisés directement par anodisation électrochimique ou bien par gravure plasma des zones poreuses. Il est

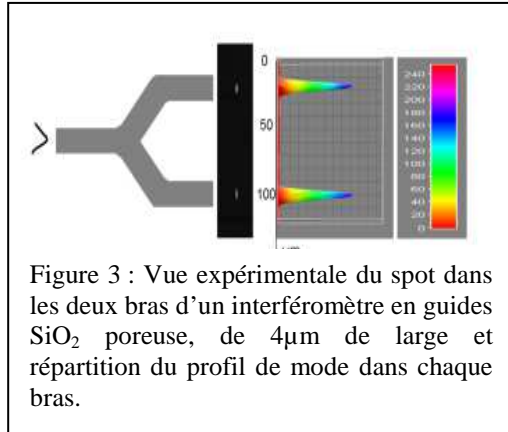


Figure 3 : Vue expérimentale du spot dans les deux bras d'un interféromètre en guides SiO₂ poreuse, de 4µm de large et répartition du profil de mode dans chaque bras.

possible d'atteindre des guides à forts contrastes d'indice et de porosité de plus de 60% permettant ainsi un bon compromis entre des

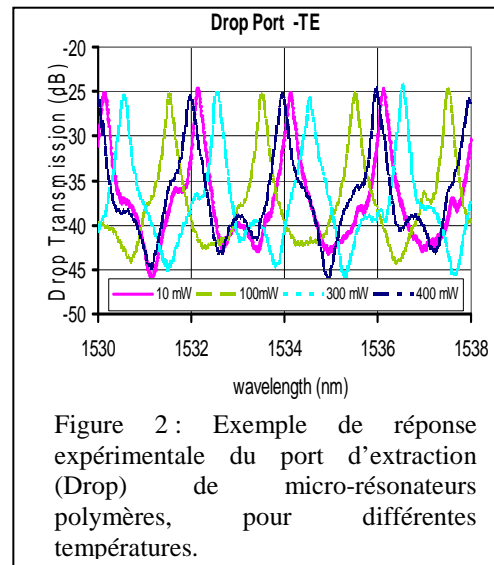


Figure 2 : Exemple de réponse expérimentale du port d'extraction (Drop) de micro-résonateurs polymères, pour différentes températures.

perdes optiques acceptables et une forte concentration de molécules à détecter. Cette technique nous a permis

notamment de réaliser un capteur de gaz ammoniac (résol. < 1ppm). Récemment par exemple, nous venons de réaliser un MZI en silice poreuse en structure de guide ARROW avec des pertes de 2 à 3 dB/cm à 1550 nm. Il vient d'être montré que la fonctionnalisation des pores est effective pour greffer les molécules à capter (BSA et HSA par exemple).

Par ailleurs, dans l'objectif de réaliser, un laser à 1,06 µm, intégré compatible avec la technologie silicium dans la problématique des interconnexions optiques, des couches de silice et de nitrure de silicium enrichies en silicium et dopées par des ions néodyme sont développées en optique intégrée pour fabriquer des guides monomodes actifs de type ruban dans le cadre de l'ANR Daphnés. Des pertes optiques inférieures à 1 dB/cm à 1,06 µm ont été mesurées et la photoluminescence guidée caractéristique des ions Nd³⁺ a été observée par top-pumping et en co-propagation en utilisant une pompe non radiative montrant ainsi le transfert d'énergie entre les nano-clusters ou défauts de Silicium des matrices utilisées et les ions de terre rare [3]. A partir de ces résultats encourageants, des mesures de gain sont actuellement en cours.

CONCLUSION

Le laboratoire Foton avec sa plate-forme pour l'optique travaille à démontrer certaines spécificités intéressantes pour le traitement du signal comme pour les capteurs. En OI nos travaux visent à approfondir des fonctions à base de micro-résonateurs passifs et actifs, des effets non linéaires ultra rapides intégrés et la détection de molécules biologiques avec les technologies particulières que nous maîtrisons. Nous développons aussi toute la chaîne de caractérisation optique de guides dans la gamme de 3 à 5 µm.

RÉFÉRENCES

- [1] A. Maalouf, D. Bosc, M. Gadonna, I. Hardy, «Integrated polymers (PVCi / PMATRIFE) microring resonators for low power tunable filters.» DOI information: 10.1016/j.optcom.2012.05.043, *Optics Communications* 285, pp. 4088–4091, 2012.
- [2] I. M. Hiraoui, M. Guendouz, N. Lorrain, L. Haji and M. Oueslati, "Buried anti resonant reflecting optical waveguide based on porous silicon material for an integrated Mach Zehnder structure", *Appl. Phys. Lett.* 101, 191114, 2012.
- [3] P. Pirasteh; J. Charrier; Y. Dumeige; Y. G. Boucher; O. Debieu; F. Gourbilleau, "Study of optical losses of Nd³⁺ doped silicon rich silicon oxide for laser cavity", *Thin Solid films*, 520, pp 4026-4030, 2012.