



**HAL**  
open science

## **Guides polymères pour fonctions optiques non linéaires**

Hind Mahé, Dominique Bosc, Isabelle Hardy, Lénaïck Fontanieu, Etienne Leroy

► **To cite this version:**

Hind Mahé, Dominique Bosc, Isabelle Hardy, Lénaïck Fontanieu, Etienne Leroy. Guides polymères pour fonctions optiques non linéaires. Séminaire Ponant 2010, Jul 2010, Rennes, France. pp.5-7. hal-00502910

**HAL Id: hal-00502910**

**<https://hal.science/hal-00502910v1>**

Submitted on 12 May 2015

**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.

## GUIDES POLYMERES POUR FONCTIONS OPTIQUES NON LINEAIRES

**Hind Mahé<sup>†</sup>, Dominique Bosc<sup>†</sup>, Isabelle Hardy<sup>‡</sup>, Lénaïck Fontanieu<sup>†</sup>, Etienne Leroy<sup>†</sup>**

*Université Européenne de Bretagne, Enssat<sup>†</sup>, Telecom Bretagne<sup>‡</sup>, 35000 Rennes  
CNRS, UMR 6082 Foton, CCLO, BP 80518, 22305 Lannion cedex  
hind.mahe@enssat.fr*

### RESUME

Certaines molécules organiques présentent d'importantes non linéarités optique, avec des temps de réponses compatibles avec le haut débit pour des fonctions de traitement du signal optique. La difficulté réside dans la mise en œuvre technologique de ces matériaux. Nous résumerons les travaux et résultats obtenus au CCLO dans ce domaine.

**MOTS-CLEFS** : *Polymère électro-optique ; Optique Intégrée ; Procédé technologique ; Modulation.*

### 1. INTRODUCTION

L'augmentation des débits d'informations pour les télécommunications, impose de plus en plus des composants à large bande passante. Dans ce contexte, ces besoins ont conduit en outre, au développement de nouvelles synthèses de matériaux organiques qui offrent aujourd'hui des coefficients électro-optiques (EO) Pockels stables pouvant dépasser les 500 pm/V [1-2] sur des bandes passantes de plus de 100 GHz [3]. Ces caractéristiques intrinsèques, sont beaucoup plus élevées que celles des matériaux habituellement utilisés en modulation EO, actuellement limitée à 40 GHz (le LiNbO<sub>3</sub> quasi-exclusivement utilisé, avec un coefficient de 34 pm/V). Ceci ouvre la voie à une génération prometteuse de composants actifs, notamment pour la modulation pour le haut débit ( $\geq 40$  Gbits/s). C'est dans ce contexte là que s'inscrit le projet de recherche (MODPOL) labellisé par l'ANR. Le but du projet, est la réalisation d'un modulateur en polymère dont les performances principales sont : une tension de commutation de l'ordre du Volt, sur une bande passante jusqu'à 75 GHz, avec des pertes optiques d'insertion inférieures à 9 dB à 1550 nm. La répartition des activités, fait que le CCLO a la tâche centrale de mettre au point la réalisation du guide actif du démonstrateur du projet. Nos travaux ont été menés selon deux axes :

- l'optimisation de la structure pour atteindre une tension de commande minimale
- la mise au point des technologies de réalisation, en fonction des propriétés mécaniques et chimiques des matériaux de gaine et de cœur du guide.

### 2. MODELISATION ET OPTIMISATION DE LA STRUCTURE

Une des caractéristiques principales du modulateur est sa fonction demi-onde  $V_{\pi}$  induisant un déphasage de  $\pi$ , celle-ci est directement proportionnelle à la distance entre électrodes notée  $d$ . Les pertes linéiques étant relativement importantes, la réduction du  $V_{\pi}$  se fait par la diminution de  $d$ , si toutefois ceci n'est pas accompagné d'une augmentation des pertes par fuites dans les substrats et les électrodes. C'est la principale problématique de cette étude.

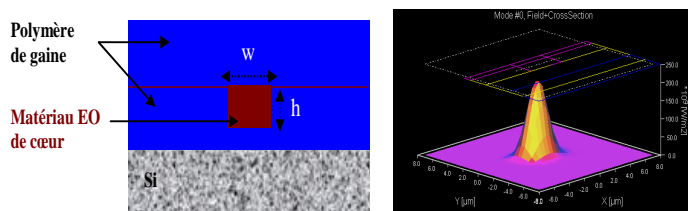


Fig.1 : Structure ruban-inversé et exemple du profil du mode guidé dans le cœur.

Dans un premiers temps, une étude numérique visant à déterminer les dimensions optimales des guides de structure ruban-inversé Fig.1 a été réalisée, pour un contraste d'indice cœur-gaine réaliste variant de 0,07 à

0,21, tout en restant dans une configuration monomode et un confinement satisfaisant. Le contraste d'indice est considéré par rapport aux polymères EO de cœur qui seront décrits dans la section suivante. Un exemple du profil du mode se propageant dans le cœur est représenté sur la Fig.1. A partir de ces résultats, et en nous appuyant sur deux modèles théoriques [4], il nous a été possible de déterminer l'épaisseur minimale des couches de gaine correspondant à des dimensions du guide précédemment définies. Avec cette épaisseur, un guidage de l'onde sur une longueur suffisante devrait être assuré, sans trop subir les pertes occasionnées par la pénétration du champ évanescent, donnant suite à une fuite d'une partie de l'énergie vers le substrat de Si. Ainsi, en fonction des coefficients EO ( $r_{33}$ ) des matériaux polymères dont nous disposons, nous avons pu estimer l'aire effective des guides qui seront réalisés par la suite, ainsi que le  $V_{\pi}$  correspondant (Fig.2).

Il est donc possible au vu de la Figure 2, d'atteindre à terme avec l'APC (ou PMMI)+CPO-1 et la PC 373 en matériaux de cœur et de gaine, respectivement un  $V_{\pi}$  de 1,6Volt (soit 0,8 Volt en configuration push-pull) le meilleur résultat relevé jusque là dans la littérature.

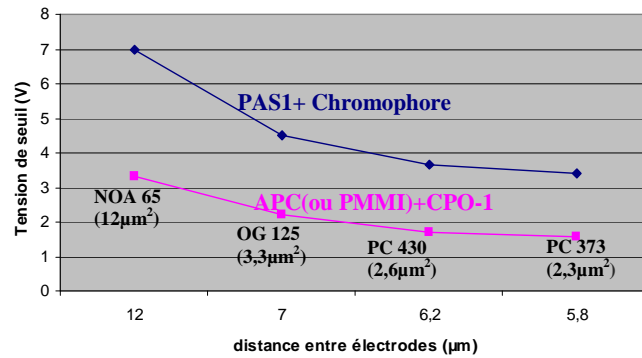


Fig.2 : Evolution du  $V_{\pi}$  en fonction de d. Bleu : PAS1 dopé ( $r_{33} \sim 30\text{pm/V}$ ), rose : APC+CPO1  $r_{33} \sim 50\text{pm/V}$  avec différentes gaines optiques

### 3. REALISATION ET CARACTERISATION DES GUIDES EN POLYMEREO

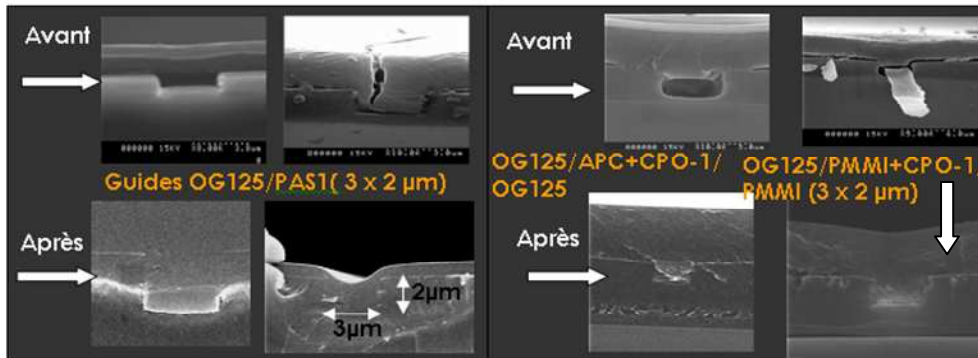


Fig.3 : Photos MEB de différents guides polymères réalisés avant et après optimisation du procédé technologique de réalisation.

Dans le cadre du projet, nous disposons de nouveaux polymères EO. Le PAS1 ( $r_{33} \sim 10 \text{ pm/V}$ ), polymère synthétisé par le laboratoire CEISAM (partenaire projet MODPOL) est utilisé ici comme matériau d'étude. A terme, le démonstrateur utilisera un matériau de synthèse plus performant en terme de coefficient EO, constitué d'un polymère hôte le APC ou le PMMI, et du chromophore CPO-1 ( $r_{33} \sim 50 \text{ pm/V}$ ), issu de l'ENS de Lyon. Ce dernier offre un bm équivalent au CLD-1, meilleur chromophore d'un consortium de laboratoires américains [3]. Les principaux problèmes pour exploiter ces molécules en optique intégrée, sont essentiellement d'ordre technologique. Ils sont inhérents aux propriétés mécaniques et physiques des matériaux, à savoir, des difficultés de

remplissage des structures, des craquelures en surface, des résistances à la gravure ainsi que des arrachements du matériau de cœur lors du clivage. La Fig.3 illustre les qualités des guides canaux avant et après une amélioration conséquente du procédé de réalisation.

L'important travail sur les procédés a permis d'obtenir des guides qui ont pu pour la première fois être caractérisés. Les résultats obtenus sont très encourageants en termes de confinement et de pertes optiques. Une aire effective de 5 à 7  $\mu\text{m}^2$  a été obtenue et des pertes de 4dB/cm à 1550nm (Fig.4).

#### CONCLUSION

L'optimisation de la structure ruban-inversé de guides en polymères EO, montre qu'avec les matériaux choisis il est possible d'atteindre de très faibles valeurs de  $V_p$  de l'ordre du Volt. Ceci permettra d'exploiter ces polymères EO pour faire de la modulation optique à très haut débit (> 40Gbit/s). Des premières réalisations de guides en polymère EO, de faible aire effective, avec un  $r_{33}$  important ont été réalisées. Les pertes linéiques à 1550nm sont de l'ordre de 4dB/cm. Les prochaines étapes consisteront à valider la structure complète intégrant aussi les électrodes de commande. Après cela, nous pourrions entreprendre la réalisation prochaine du premier démonstrateur de modulation électro-optique.

#### RÉFÉRENCES

- [1] L. Dalton, B. Robinson, A. Jen, P. Ried, B. Eichinger, P. Sullivan, and al, "Electro-optic coefficients of 500 pm/V and beyond for organic materials", Proceedings of SPIE vol. 593502, 1-12, (2005).
- [2] D. Bosc, A. Rousseau, F. Foll, B. Boutevin, "Synthesis of novel difunctional azo-dye chromophore and characterizations of a cross-linkable polymer with stable electro-optic properties", Journal of Applied Polymer Science, Vol.74 (4), pp. 974-982, (1999).
- [3] Mark Lee, Howard E. Katz, Christoph Erben, and al., "Broadband Modulation of Light by Using an Electro-Optic Polymer", Science, 298 1401-1403, 2002.
- [4] Hind Mahé, Dominique Bosc, Nicolas Gayet, Fabrice Odobel, Pierre-Antoine Bonnardel, Mathieu Halbwax . « Structure Optimization of Electro-optic Polymer Waveguides For Low Half-wave Voltage Modulators ». En cours de publication, SPIE- Bruxelles, avril (2010).