



HAL
open science

Caractérisation interférométrique du coefficient électro-optique de guides polymers intégrés

Hind Mahé, Isabelle Hardy, Vincent Roncin, Dominique Bosc

► **To cite this version:**

Hind Mahé, Isabelle Hardy, Vincent Roncin, Dominique Bosc. Caractérisation interférométrique du coefficient électro-optique de guides polymers intégrés. 27èmes Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2008), Oct 2008, Lannion, France. pp.346-348. hal-00358538

HAL Id: hal-00358538

<https://hal.science/hal-00358538>

Submitted on 3 Feb 2009

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.

CARACTERISATION INTERFEROMETRIQUE DU COEFFICIENT ELECTRO-OPTIQUE DE GUIDES POLYMERES INTEGRES

Hind Mahé¹, Isabelle Hardy³, Vincent Roncin², Dominique Bosc¹

^{1,2,3}Laboratoire Foton UMR CNRS 6082
^{1,3}CCLO (¹ENSSAT et ³TELECOM Bretagne),

ENSSAT, 6 rue de Kerampont, BP 80518, 22305 Lannion cedex

hind.mahe@enssat.fr

RESUME

Nous présentons ici une méthode de caractérisation de modulateurs électro-optiques en polymères par l'intermédiaire d'un Mach-Zehnder fibré. Les résultats obtenus par modulation de phase, dans une fibre optique soumise à des contraintes piézoélectriques, témoignent de la faisabilité de la méthode et montrent qu'une caractérisation avec une résolution satisfaisante est possible au moyen d'un procédé expérimental simple.

MOTS-CLEFS : *Interféromètre de Mach- Zehnder ; modulation de phase ; modulateur électro-optique.*

1. INTRODUCTION

Ces dernières années, de nombreuses études ont été publiées sur les polymères électro-optiques (EO), pour la modulation et la commutation. Ces matériaux possèdent de nombreux avantages : une large bande passante électronique, une faible dispersion et un faible coût potentiel de fabrication [1], d'autant plus qu'ils présentent maintenant des effets électro-optiques stables [2].

L'effet mis en jeu est l'effet Pockels (coefficient électro-optique r_{33}) où l'indice de réfraction est modulé par l'application d'un champ électrique externe. Pour étudier la réalisation de modulateurs polymères, nous présentons ici une méthode de mesure du r_{33} par interférométrie de guides monomodes intégrés où le guide EO fonctionne comme un modulateur de phase. Contrairement aux méthodes de mesures du coefficient EO dans des films exigeant un Mach-Zehnder (MZ) à haute résolution [3], nous montrons ici qu'il est possible d'obtenir des résultats satisfaisants avec un MZ fibré. Afin de simuler expérimentalement le guide EO polymère, une modulation de phase est appliquée à une fibre optique au moyen d'un élément piézoélectrique.

2. DESCRIPTION DE LA METHODE

Dans le cas général où l'interféromètre n'est pas symétrique, l'introduction d'un modulateur de phase soumis à une tension V , sur l'un des bras du MZ, induit un déphasage $\phi = \phi_0 - \Delta\phi$, où ϕ_0 est le déphasage statique de l'interféromètre déséquilibré et $\Delta\phi$ le déphasage introduit par le modulateur. Les deux faisceaux lumineux interfèrent à la sortie du deuxième coupleur et l'intensité résultante est modulée par le déphasage introduit. Pour une tension de commande sinusoïdale $V(t) = V_m \sin \omega t$, on obtient un signal optique dont l'intensité dépend de la fréquence et de l'amplitude du signal électrique. V_π est la tension demi-onde induisant un déphasage de π .

$$I_s = I_i \cos^2 \left(\frac{\phi_0}{2} - \frac{\pi V_m}{2 V_\pi} \sin \omega t \right) \quad (1)$$

Pour tester les performances en phase du MZ, nous avons simulé le modulateur EO polymère en enroulant un tronçon de fibre optique autour d'une céramique cylindrique piézoélectrique de rayon R_0 et d'épaisseur g . Les contraintes ε dans la fibre, dues aux déformations piézoélectriques introduisent à la longueur d'onde λ un déphasage $\Delta\phi$ donné par la relation (2). L étant la longueur de la fibre, n son indice de réfraction, ν son coefficient de Poisson et p_{12} un coefficient lié aux contraintes appliquées dans la fibre ; C est le déplacement radial par unité de tension et d_{ij} , des constantes piézoélectriques de la céramique.

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \left[n - (1 + \nu) p_{12} \frac{n^3}{2} \right] \varepsilon L ; \quad \varepsilon = \frac{\delta R_0}{R_0} = \frac{CV}{R_0} ; \quad C \approx R_0 \left(\frac{d_{31}}{g} + \frac{d_{33} - d_{31}}{2R_0} \right) \quad (2)$$

La variation de phase étant proportionnelle à la tension appliquée, nous pourrions en déduire directement la variation d'intensité du MZ et déterminer ainsi la résolution en phase du dispositif. La variation de phase du modulateur peut s'écrire en fonction de la tension $(V_\pi)_{\text{piézo}}$ selon (1) par :

$$\Delta\phi(V) = \frac{\pi V}{(V_\pi)_{\text{piézo}}} \quad (3)$$

A terme, l'application d'un champ électrique à notre guide EO en polymère de longueur L_p par l'intermédiaire d'électrodes, espacées de d , va aussi introduire un déphasage $\Delta\phi$, avec Γ , l'intégrale de recouvrement des champs optique et électrique :

$$\Delta\phi(V) = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{r_{33} n^3 L_p \Gamma}{2d} V \quad (4)$$

Pour un même déphasage avec le système piézoélectrique, nous pouvons remonter à la valeur du coefficient r_{33} (5) du polymère en égalant (3) et (4) :

$$r_{33} = \frac{2 d \lambda}{n^3 L_p (V_\pi)_{\text{piézo}}} \quad (5)$$

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX PRELIMINAIRES

Le MZ est représenté figure 1. La longueur de la fibre autour de l'élément piézoélectrique est de 150 cm. La détection se fait à la sortie du dispositif par une photodiode de bande passante 150 MHz, reliée à un oscilloscope de bande passante 100 MHz. L'acquisition se fait sur ordinateur.

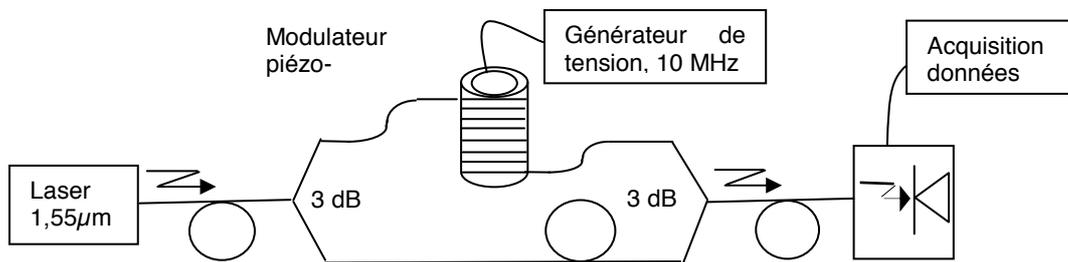


Fig. 1: dispositif expérimental

Le MZ est disposé dans un coffret de façon à limiter les fluctuations thermiques lentes entre les deux bras. Dans un premier temps, nous avons caractérisé grâce à la mesure interférométrique, la réponse en fréquence du modulateur de phase piézoélectrique. Le résultat de la mesure faite entre 100Hz et 100kHz est présenté sur la figure 2. Nous avons ensuite pu évaluer la sensibilité de la mesure de déphasage en faisant varier la tension appliquée au modulateur et comparé ces résultats expérimentaux à ceux prévus par le modèle analytique de l'équation (2). Les deux courbes

présentées sur la figure 3 montrent une bonne correspondance entre l'expérience et le modèle qui devra, dans la suite de l'étude, être adapté à la mesure du déphasage généré par le modulateur EO.

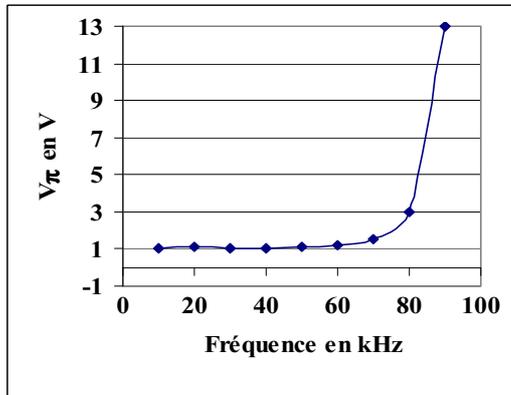


Fig. 3: Tension V_{π} en fonction de la fréquence de modulation.

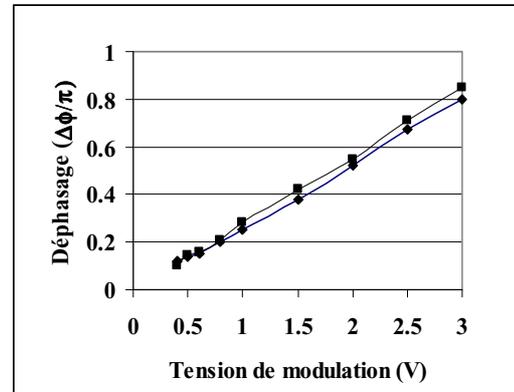


Fig. 2: Déphasage en fonction de la tension de modulation à 80kHz ; résultats analytiques : carrés, expérimentaux : losanges.

Pour vérifier la compatibilité du banc de mesure avec notre modulateur, nous avons comparé les résultats obtenus, à ceux attendus pour un modulateur EO en polymère. Pour un déphasage de π , la variation de l'indice Δn , pour une longueur de fibre L de 150 cm est :

$$\Delta\phi = \frac{2\pi\Delta nL}{\lambda} \Rightarrow \Delta n \approx 5.10^{-7} \quad (6)$$

Par analogie, pour un guide de 1cm de longueur active avec un écart entre les électrodes de 10 μ m et un indice de réfraction de 1,55, le Δn correspondant serait de 7,710⁻⁵. La tension V_{π} mesurée à 100kHz de modulation étant de 13V, la relation (5) donne un coefficient $r_{33} \approx 30\text{pm/V}$, ce qui correspond à l'ordre de grandeur du coefficient EO des matériaux polymères visés.

CONCLUSION

Dans ce travail, une méthode simple, nécessitant un équipement facile à mettre en œuvre, basée sur l'interféromètre de MZ a été proposée pour une mesure directe et précise de la tension de commutation V_{π} . Nous avons montré la compatibilité de la méthode avec notre application grâce à une caractérisation de modulation de phase obtenue à partir d'un dispositif piézoélectrique. Des coefficients EO de l'ordre de la dizaine de pm/V ont pu être extraits des résultats expérimentaux, ce qui permettra de mener à bien l'étude de l'optimisation technologique des guides EO fabriqués au CCLO.

Remerciements : Les auteurs remercient particulièrement Stéphane Blin (Foton Enssat) pour son aide précieuse. Cette étude bénéficie du soutien financier de la région Bretagne, du Conseil Général des Côtes d'Armor, de Lannion-Trégor Agglomération et du FEDER.

RÉFÉRENCES

- [1] M. Lee, H. E. Katz, C. Erben, D. M. Gill, P. Gopalan, J. D. Heber, and D. J. McGee, "Broadband Modulation of Light by Using an Electro-optic Polymer", *Science*, Vol. 298, pp. 1401-1403, (Nov. 2002).
- [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] D. Bosc, D. Moutonnet, Y. Pelous and H. Priaud, "High sensitive experimental setup to measure electro-optic coefficient in nonlinear optical medium", *IEEE Photonics Techn. Lett.*, 5(6), 692, (1993).