

Détermination de la structure d'un PHASAR dans la filère InP

S. ELFILALI*, J-P. VILCOT**, S. MARICOT**, A. ABOUDOU, A***.

HAMDOUN*, A. SABIR***

**Faculté des Sciences Ben M'sik ,
Université Hassan II - Mohammedia
Avenue Cd.Driss El Harti, BP 7955, Sidi Othman – Casablanca*

**Ecole Marocaine des Sciences de l'Ingenieur
217 Bd Biranzarane - Casablanca*

el_filali_s@hotmail.com

alhamdoun@yahoo.fr

***Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
UMR CNRS 8520, Université des Sciences et Technologies de Lille*

Avenue Poincaré, BP 69, F-59652 Villeneuve d'Ascq cedex .

vilcot@iemn.univ-lille1.fr

maricot@iemn.univ-lille1.fr

**** Ecole Supérieure de Technologie de Casablanca
Université Hassan II - Ain Chock
Km 7, Route d'El Jadida, BP 8012, Oasis - Casablanca*

abderraoufaboudou@hotmail.com

Résumé: Le PHASAR ou réseau de phase est un filtre de type WDM (Wavelength Division Multiplexing), multiplexeur démultiplexeur en longueur d'onde qui permet de filtrer plusieurs longueurs d'onde sur des sorties distinctes. L'objectif visé ici est de pouvoir réallouer les canaux de sortie de ce PHASAR, autrement dit le rendre accordable. Nous présentons la possibilité de réaliser un phasar ou AWG (Arrayed Waveguide Grating) classique et électro-optique sur un matériau III-V, en l'occurrence de la filère InP. L'élément de base est le guide d'onde, que nous allons structurer pour obtenir une biréfringence nulle, une propagation monomode et une accordabilité souhaitable.

Mots clés: AWG, WDM, PHASAR, Réseaux de phase, accordabilité, électro-optique, Multiplexeur, Demultiplexeur, .

1. Introduction

Le (dé)multiplexeur de type AWG (Fig.1) est couramment employé en télécommunications optiques numériques utilisant le multiplexage en longueur d'onde (Wavelength Division Multiplexing). Il permet notamment de sélectionner sur chacune des m voies de sortie une longueur d'onde spécifique présente sur la voie d'entrée.

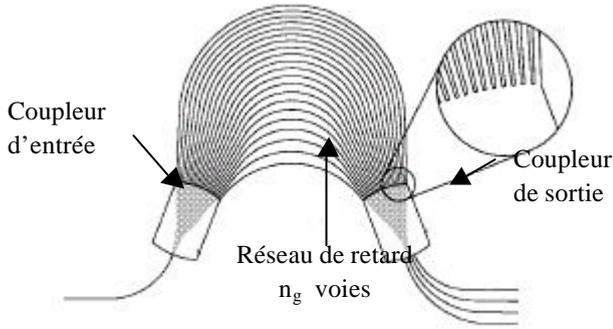


Fig.1 : Topologie d'un (dé)multiplexeur de type Array Waveguide Grating (AWG)

Par le coupleur d'entrée, le signal à demultiplexer est équitablement réparti en phase et amplitude sur les n_g voies du réseau de retard se trouvant entre le coupleur d'entrée et celui de sortie. Ce réseau de retard est constitué de n_g guides optiques de longueur différente. Chaque guide subit un incrément de longueur ΔL vis à vis de son prédécesseur. Cet incrément ΔL va correspondre à un déphasage $\Delta\phi$ de l'onde optique égal à :

$$\Delta\phi = \frac{2\pi \cdot \Delta L \cdot n_{eff}}{\lambda} \quad (1)$$

avec λ : la longueur d'onde optique véhiculée
 n_{eff} : l'indice effectif de propagation du guide optique

Le coupleur de sortie va alors effectuer la sommation algébrique des signaux issus des n_g guides de longueur différente du réseau de retard et diriger sur chacun des m guides de sorties une longueur d'onde particulière.

Différentes publications [1,2 par exemple] reportent la conception des AWG's. Celle-ci est maintenant abordable via des logiciels commerciaux spécialisés. En ce qui nous concerne, nous avons utilisé le logiciel «WDM PHASAR» de chez OPTIWAVE Corp [3].

Lors d'une précédente publication[4], nous avons présenté le principe d'un AWG électro-optique, nous en rappelons ci-après le principe de base. Contrairement à la conception "classique" d'un AWG, nous réalisons ici le déphasage, non pas par une différence de marche physique entre chaque guide du réseau de retard mais par une variation de l'indice effectif de celui-ci. Comme on peut le voir aisément dans l'équation (1), l'effet produit sera le même. Cette variation d'indice effectif sera liée à la variation d'indice optique de chaque matériau constituant le guide; celle-ci étant obtenue par effet électro-optique. En plus, ceci devrait permettre, sous certaines conditions, une allocation dynamique des canaux de sortie.

Il s'agit alors de déterminer quels seraient les paramètres de conception d'une structure équivalente à un AWG classique utilisant le principe de déphasage par voie électro-optique et dont le déphasage est donné par (2).

$$\Delta\phi = \frac{2\pi \cdot L_g \cdot \Delta n_{eff}}{\lambda} \quad (2)$$

avec L_g : longueur de l'électrode de commande (interaction électro-optique)

Δn_{eff} : variation d'indice effectif amenée par effet électro-optique

Pour ce faire, différentes données telles que le coefficient électro-optique nous sont imposées par les matériaux utilisés alors que d'autres, telle la tension maximale utilisable comme tension de commande nous sont dictées par le processus technologique de fabrication.

2. Approche de la conception

La variation d'indice apportée par l'effet électro-optique est :

$$\Delta n = \frac{1}{2} n^3 r E \quad (3)$$

avec n : l'indice de réfraction
 r : le coefficient électro-optique
 E : le champ appliqué

Si nous considérons la tension maximale (donc le champ, E_{max}) pouvant être appliquée à la structure, la variation d'indice maximale entre 2 guides consécutifs sera :

$$\Delta n = \frac{1}{2} \frac{n^3 r E_{max}}{n_g} \quad (4)$$

Il s'agit donc maintenant de déterminer la longueur minimale d'un guide, L_g , du réseau de retard permettant d'obtenir la valeur adéquate du déphasage initial ??.

En combinant (2) et (4), on obtient:

$$L_g \approx \frac{2 \cdot n_g \cdot L}{n^3 \cdot r \cdot E_{\max}} \quad (5)$$

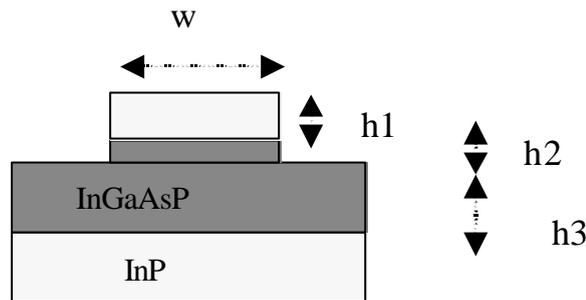


Fig.2 structure typique de guide utilisé

Afin d'obtenir un fonctionnement indépendant de la polarisation optique, il nous faut chercher une structure dont le caractère biréfringent soit le plus faible possible.

A partir de la structure présentée en Fig.2, les différents paramètres permettant d'influencer ce caractère biréfringent sont la largeur (w) de l'arrête du guide, le matériau constituant le cœur du guide ainsi que son épaisseur (h_2+h_3), et la profondeur de

3. Détermination de la structure du guide optique

Comme nous l'avons précisé les performances de l'AWG reposent en partie sur celles du guide d'onde optique utilisé. Il nous faut donc dans un premier temps déterminer la structure de celui ci.

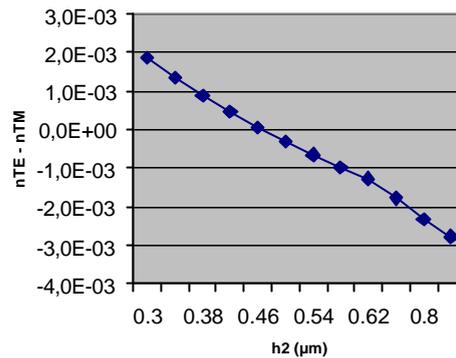


Fig.3 Variation des indices effectifs TE-TM

l'arête (h_1+h_2). A titre d'exemple, nous présentons (Fig.3) la biréfringence via la différence entre les indices effectifs de propagation pour les modes TE et TM d'une structure dont le cœur du guide est un matériau quaternaire ($\lambda_c = 1,15 \mu\text{m}$) de $(0.5+h_2)\mu\text{m}$ de hauteur, $h_1=0.3\mu\text{m}$ et $w = 0.5\mu\text{m}$. Dans ce cas, nous observons que la biréfringence ($n_{TE} - n_{TM}$) est nulle pour $h_2=0.46\mu\text{m}$

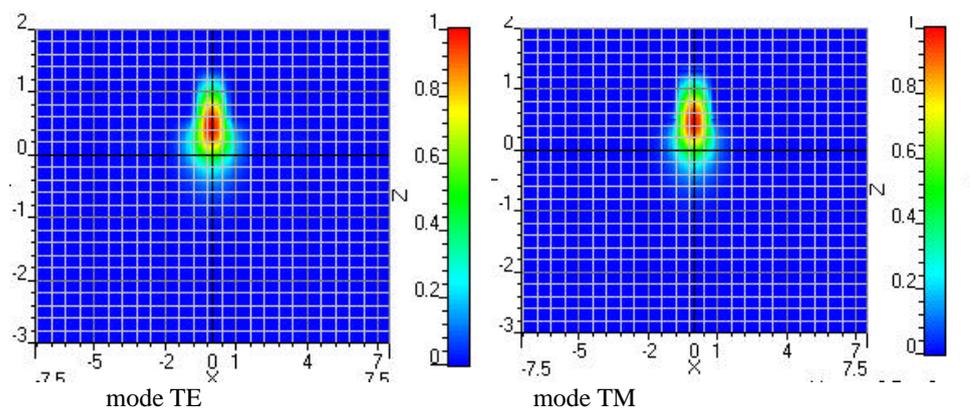


Fig.4 : Profil des modes de propagation TE et TM pour le guide mentionné en Fig.3 avec $h_2=0.46 \mu\text{m}$

Ceci peut alors être vérifié par le calcul des profils de mode de propagation en polarisation TE et TM (Fig.4). Nous voyons que ce profil est identique pour les deux modes de polarisation.

4. Détermination de la structure d'un AWG "classique"

Nous prenons comme exemple, un AWG de fréquence centrale 1.55 μ m et ayant 4 canaux de sortie espacés entre eux de 100GHz. A l'aide du logiciel, nous allons déterminer la structure du réseau de phase ainsi que celles des coupleurs

d'entrée-sortie. Le guide utilisé est celui du paragraphe précédent arborant un caractère biréfringent minimal, à savoir : $w=1.5\mu$ m, $h_1=0.3\mu$ m, $h_2=0.46\mu$ m, $h_3=0.5\mu$ m. La structure calculée comprend alors un réseau de phase de 14 guides et son ordre est de 228. Comme nous pouvons le voir sur la Fig.5, aucune différence sur les maxima de la répartition spectrale ne peut être discernée pour les deux polarisations grâce à l'utilisation d'un guide le moins biréfringent possible.

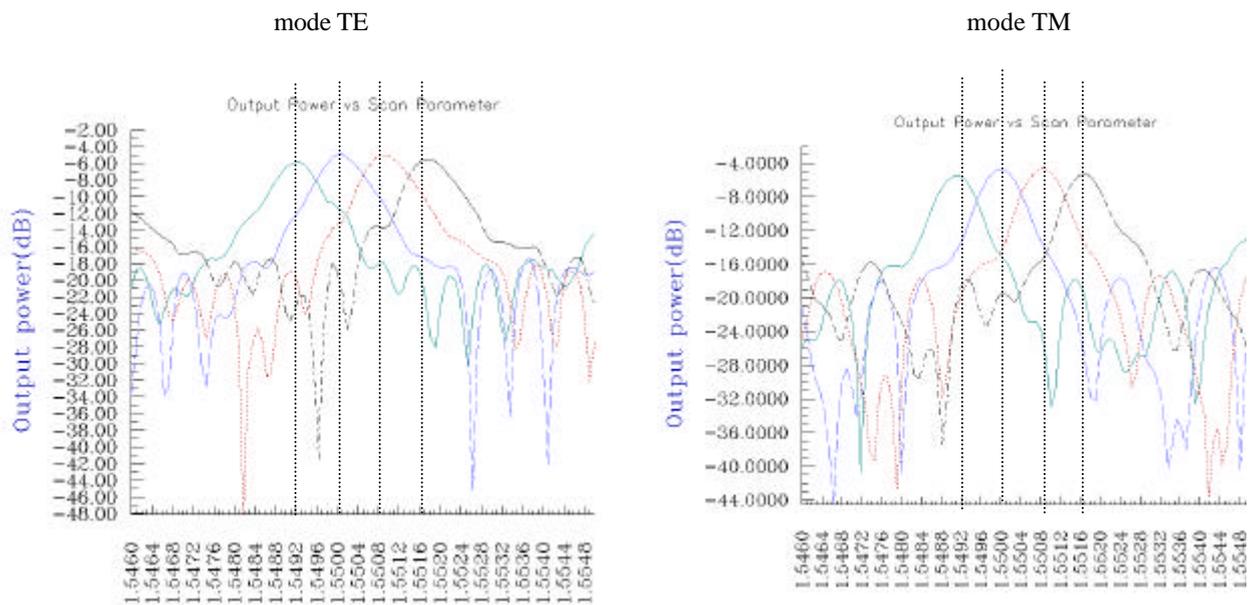


Fig.5 Répartition spectrale sur les 4 canaux de sorties d'un AWG « classique »

5. Application à la réalisation d'un AWG « électro-optique »

De la structure précédente nous pouvons déterminer les paramètres nous permettant de concevoir l'AWG électro-optique(2)[4]

La structure d'AWG électro-optique comprendrait donc 14 guides de longueur identique, sur lesquels une électrode de 7,31 mm de long serait déposée de manière à créer les déphasages nécessaires. Elle utilise par ailleurs les mêmes coupleurs d'entrée-sortie que la structure "classique".

6. Conclusion

Nous avons présenté la conception d'un (dé)multiplexeur de type AWG « classique » en filière InP. A partir de la conception "classique" d'un tel (dé)multiplexeur, les paramètres de la structure électro-optique équivalente sont calculés en prenant en compte les impératifs technologiques.

La simulation est effectuée sur un logiciel « commercial ». Nous avons déterminé la structure d'un guide le moins biréfringent possible afin de conférer au composant un comportement le plus

indépendant possible à la polarisation du faisceau optique.

*des résultats finaux seront donnés lors de la présentation orale.

7. Références

[1] M.K. Smit, C. Van Dam, "PHASAR-based WDM-devices: Principles, design and applications", *IEEE Selected Topics in Quantum Electronics*, Vol. 2(2), pp. 236-250 (1996)

[2] C.G.P. Herben, "Compact integrated cross connects for wavelength-division multiplexing networks," Ph. D. Thesis, ISBN 90-9014303-3, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands (2000)

[3] <http://www.lighttec.fr/pages/pwmdm.htm>

[4] S. ELFILALI, J-P. VILCOT, S. MARICOT, A. ABOUDOU, A. HAMDOUN, A. SABIR, "Utilisation de l'effet électro-optique pour la réalisation d'un (dé)multiplexeur en longueur d'onde" « telecom2003 » Marrakech MAROC