

SWIFTS Multiplex : Une approche pour augmenter la bande spectrale d'un lambdamètre en optique guidée dans le proche IR

Noémie MESTRE¹, Salma BACCAR¹, Myriam BONDUELLE¹, Nadège COURJAL²,
Guillermo MARTIN¹, Alain MORAND³

¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, 38000 Grenoble, France

²FEMTO-ST, Univ. Franche-Comté, 25030 Besançon, France

³Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, CROMA, 38000 Grenoble, France

noemie.mestre@univ-grenoble-alpes.fr

RESUME

L'objectif de cet article est de présenter un lambdamètre en optique intégrée permettant de retrouver une longueur d'onde inconnue à partir d'une base de données de calibration, puis de montrer comment aller vers un fonctionnement en spectromètre grâce au principe d'échantillonnage d'une onde stationnaire. Ces spectromètres, limités en étendue spectrale, peuvent en gagner grâce au multiplexage spatial et temporel. Dans ce travail nous allons présenter un composant basé sur un ensemble de guides d'onde fabriqués en niobate de lithium avec des centres d'échantillonnage décalés spatialement puis, en amont de ces guides, des modulateurs électro-optiques permettant d'introduire un déphasage actif de la phase.

MOTS-CLEFS : *lambdamètre ; spectromètre à onde stationnaire ; modulation active de la phase ; multiplexage spatial et temporel ; niobate de lithium ; guides d'onde IR.*

1. INTRODUCTION

L'un des enjeux majeurs en spectrométrie embarquée est celle de fabriquer des instruments permettant à la fois d'atteindre une très grande résolution spectrale (typ. 10000, 0.1nm dans le proche IR) et couvrant une large gamme spectrale (plusieurs centaines de nanomètres), tout en gardant des dimensions et un poids réduits. On envisage alors de réaliser des spectromètres en optique guidée, avec potentiellement la collection des photons, la dispersion ou génération de franges d'interférence (en vue d'une transformée de Fourier), et la détection, le tout dans la même puce optique. Dans l'approche présentée ici, nous avons choisi de développer des spectromètres basés sur l'obtention d'une onde stationnaire dans une guide d'onde [1], de l'échantillonner périodiquement, puis de faire la transformée de Fourier pour remonter au spectre d'intérêt. Pour cela, une première étape consiste fabriquer un guide d'onde et à réaliser des antennes en surface du composant, à proximité du champ évanescent, pour extraire périodiquement une partie du signal. Dans un premier temps, on peut utiliser la réponse chromatique des antennes pour établir une base de données permettant par comparaison de détecter une longueur d'onde inconnue avec une très grande précision, mais limitée à une fenêtre spectrale réduite. En effet, la période d'échantillonnage Δz étant liée à la taille des pixels (typ. quelques dizaines de microns), l'étendue spectrale est alors réduite et nous avons à faire face à des problèmes de pliage.

On peut alors augmenter l'étendue spectrale en réduisant virtuellement l'espacement entre les antennes : soit par la fabrication de N guides en parallèle, avec un décalage de la position des antennes d'une valeur $\Delta z/N$ entre guides consécutifs. On réalise alors un multiplexage spatial, permettant de remonter à un échantillonnage N fois plus fréquent de

l'onde, et donc augmentant l'étendue spectrale d'un facteur N . Soit on peut appliquer une modulation active de la phase relative entre les ondes injectées dans le guide d'onde, pour permettre le déplacement des franges sous les centres d'échantillonnage. On obtiendra alors un signal temporellement variable pour chaque point d'échantillonnage, permettant de réaliser un multiplexage temporel.

La démonstration du lambdamètre, ainsi que les principes du multiplexage spatial et temporel, grâce à la fabrication de guides d'onde, antennes (centres d'échantillonnage) et modulateurs électro-optiques dans un substrat de niobate de lithium, sera présentée dans ce papier.

2. PRINCIPE DU LAMBDA METRE

Le principe du lambdamètre est présenté ci-dessous. Dans un guide d'onde monomode dans le proche IR, on réalise par Focused Ion Beam un ensemble de sillons en surface. Ces sillons, de dimensions nanométriques (typ. 150nm de largeur, 600nm de profondeur) vont extraire une partie du signal propagé dans le guide.

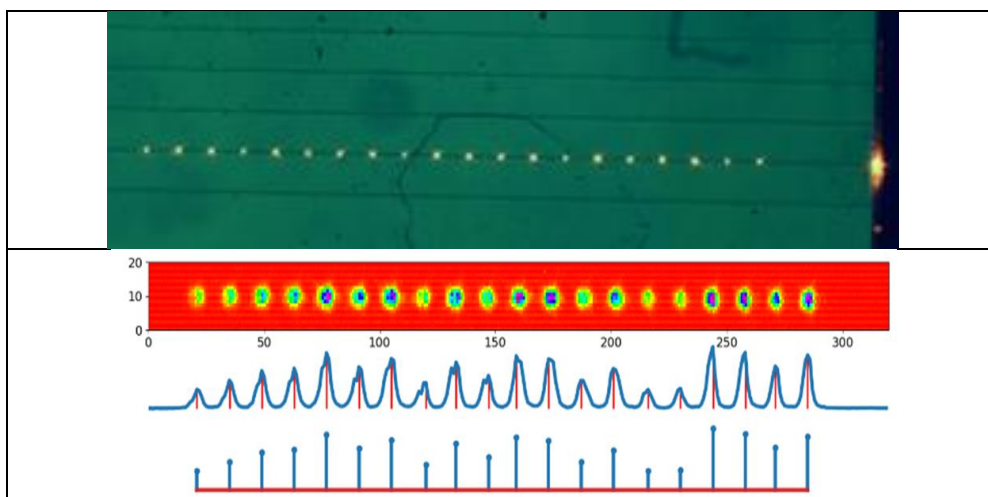


Figure 1 : Principe de l'échantillonnage périodique du signal propagé dans un guide grâce aux sillons (haut) et signal intégré pour chaque sillon, en fonction de la distance au bord, pour une longueur d'onde donnée.

En enregistrant la réponse d'un ensemble de 20 antennes à différentes longueurs d'onde on obtient une table de calibration, qui permet ensuite de détecter une longueur d'onde inconnue. Comme montré dans la figure ci-dessous, on obtient un tapis spatial qui est caractéristique du système, et qui, par transformée de Fourier, permet d'identifier une longueur d'onde donnée à l'intérieur d'une zone de repliement :

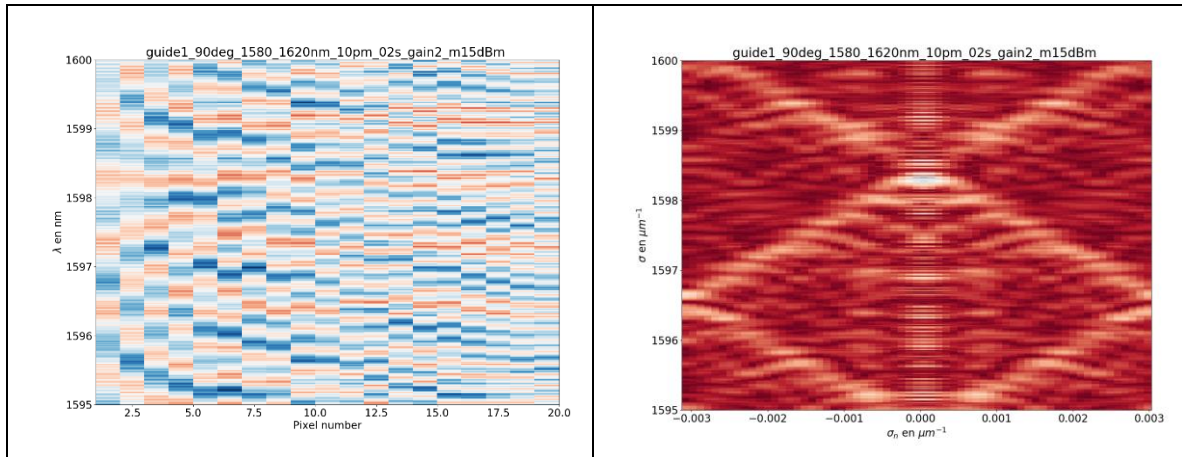
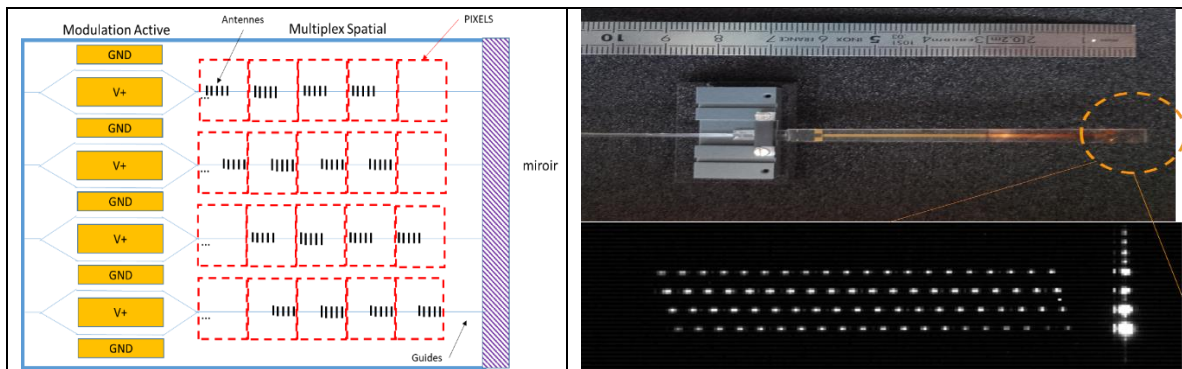


Figure 2 : (gauche) Tapis spatial : intensité intégrée en fonction de la longueur d'onde pour chaque sillon (pixel number) ; (droite) Transformée de Fourier du tapis spatial, montrant les zones de repliement.

3. MULTIPLEXAGE SPATIAL ET TEMPOREL

Afin d'éviter les effets de repliement, nous avons alors fabriqué un composant permettant à la fois de réaliser le multiplexage spatial et temporel :



Les résultats de reconstruction des spectres grâce à l'entrelacement entre le signal extrait par les antennes décalées entre guides annexes, et des résultats de modulation active de la phase grâce à la modulation électro-optique seront présentés.

CONCLUSION

La possibilité de réaliser dans un même composant, le guidage, l'échantillonnage et le multiplexage spatial et temporel, permet d'envisager la validation de spectromètres compacts, pour des applications embarquées. Dans les étapes à venir, nous envisageons d'assembler le détecteur directement sur le composant, pour avoir un ensemble compact.

RÉFÉRENCES

- [1] E. le Coarer, S. Blaize, P. Benech, I. Stefanon, A. Morand, G. Lerondel, G. Leblond, P. Kern, J. M. Fedeli, and P. Royer, "Wavelength-scale stationary-wave integrated Fourier transform spectrometry", *Nature Photonic*. 1, 473 (2007).