



Soutenance de thèse

Mercredi 26 juin

14h 00

Bâtiment IMAG

Université Grenoble Alpes 700, Avenue centrale

38401 Saint Martin d'Hères

Salle de séminaire 2

Sylvain GUERBER

« Intégration d'un deuxième niveau de guidage photonique par dépôt de SiN au-dessus du SOI traditionnel. »

Jury members :

Laurent VIVIEN	DR2	Université Paris-Sud	Directeur de thèse
Frederic GARDES	Associate Professor	Université de Southampton	Rapporteur
Nicolas DUBREUIL	Professeur	Institut d'optique graduate school	Rapporteur
Frederic BOEUF	Ingénieur de Recherche	STMicroelectronics	Examineur
Jean-Emmanuel BROQUIN	Professeur des Universités	Grenoble INP - IMEP-LAHC	Examineur
Fowler DAVID	Cadre scientifique des EPIC	CEA LETI	Examineur
Eric CASSAN	Professeur	PARIS SUD	Examineur
Charles BAUDOT	Ingénieur	CIENA	Paris Sud

Abstract :

En s'appuyant sur les procédés de fabrication matures et sur la production à grande échelle de l'industrie CMOS, la technologie photonique silicium est une solution potentielle pour le développement de liens optiques haut débit peu onéreux destinés aux centres de données. Un premier pas a été franchi il y a une dizaine d'années avec la réalisation, à l'échelle industrielle, de transmetteurs/récepteurs avec des débits jusqu'à 100Gb/s. Cependant, tout semble indiquer que des vitesses encore plus élevées, (200 voir 400Gb/s), seront bientôt nécessaires. Malheureusement, les limitations techniques de cette première génération de circuits photoniques suggèrent qu'il sera difficile de réaliser des multiplexeurs (MUX/DEMUX) performants. Ces composants sont à la base des solutions de multiplexage en longueur d'onde (WDM) envisagées pour répondre à cette nouvelle demande de bande passante. Par ailleurs, on assiste depuis quelques années à une diversification des applications de la photonique intégrée qu'il semble également difficile de satisfaire au vu des performances de la technologie actuelle. C'est dans ce contexte que s'inscrit le travail de thèse présenté dans ce manuscrit. La solution étudiée est basée sur l'intégration d'un second circuit optique dont les propriétés sont complémentaires de celles du circuit silicium formant ainsi une plateforme optique performante quelle que soit la fonction à réaliser. Un schéma d'intégration monolithique a été privilégié afin de limiter les coûts de production et d'assemblage. Le matériau choisi pour la réalisation de ce second circuit optique est le nitrure de silicium (SiN). Il possède en effet des propriétés parfaitement complémentaires de celles du circuit silicium : contraste d'indice réduit, coefficient thermo optique faible et grande gamme de transparence. C'est également un matériau utilisé depuis de nombreuses années dans l'industrie CMOS. Le premier objectif de ce travail de thèse a donc consisté à développer le schéma d'intégration de ce second circuit optique au sein de la technologie photonique PIC50G de STMicroelectronics. Une fois les différentes étapes du flot de fabrication validées, le développement de composants a pu débuter. Tout d'abord les guides d'onde, proposant des pertes de propagation inférieures à 0,2dB/cm à 1300nm, mais également divers composants élémentaires : transitions entre les différentes géométries de guides, coupleur fibre/puce, terminaison de guide d'onde, filtre de signaux parasites et coupleurs/séparateurs de puissance. Une caractérisation statistique de la transition optique entre les circuits Si et SiN a révélé des pertes d'insertion inférieures à 0,3dB entre 1270nm et 1330nm, validant la stabilité de ce composant particulièrement critique.

Une attention particulière a été portée à la gestion de la polarisation dans les guides d'onde via le développement de séparateurs et de rotateurs de polarisation dont les performances sont à l'état de l'art des composants silicium.

Une étude complète sur les MUX/DÉMUX en SiN a également été réalisée. Des réseaux de guides d'onde ont notamment montré de bonnes performances : dérive en température $< 12\text{pm}/^\circ\text{C}$, faible sensibilité à la polarisation, pertes d'insertion $< 1\text{dB}$, diaphonie $< -30\text{dB}$, fonctionnement jusqu'à 12 canaux, bande passante à $-1\text{dB} > 1\text{nm}$. Pour terminer, un émetteur/récepteur WDM quatre canaux a été conçu pour démontrer l'intérêt de cette plateforme hybride Si/SiN, il est actuellement en attente de caractérisation.

Enfin, une étude des propriétés optiques non linéaires du SiN a permis de démontrer la génération de troisième harmonique de l'UV jusqu'au visible ainsi que la génération d'un supercontinuum s'étendant de 425nm à 1660nm, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles applications.

Mots clés en français : Photonique, Nitrure de Silicium, Procédés CMOS, Datacom