



Soutenance de thèse

Mercredi 05 décembre

14h 00

Nano Innov, Amphithéâtre
Batiment 820

Guillaume MARCAUD

“Integration d'oxydes fonctionnels pour applications en photonique ”

Jury members :

Laurent VIVIEN	DR2	Université Paris-Sud, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N)	Directeur de thèse
Agnès BARTHÉLÉMY	Professeur	University Paris-Saclay, Unité mixte de Physique CNRS/Thales	Examineur
Benoît CLUZEL	Maître de Conférences	Université de Bourgogne-Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB)	Rapporteur
Nathalie VIART	Professeur	Université de Strasbourg, Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg (IPCMS)	Rapporteur
Jean FOMPEYRINE	Ingénieur de Recherche	IBM Research - Zurich	Examineur
Guillaume SAINT-GIRONS	Directeur de Recherche	Ecole Centrale de Lyon, Institut des Nanotechnologies de Lyon (INL)	Examineur
Sylvia MATZEN	Maître de Conférences	Université Paris-Sud, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N)	CoDirecteur de thèse
Thomas MAROUTIAN	Chargé de Recherche	Université Paris-Sud, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N)	Invité
Ludovic LARGEAU	Ingénieur de Recherche	Université Paris-Sud, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N)	Invité

Abstract :

Le 21ème siècle est marqué par une nouvelle ère du numérique, notamment due au développement d'objets connectés toujours plus nombreux et variés. L'incroyable croissance, du flux de données produites, échangées et stockées au niveau mondial, a permis l'émergence de nouvelles technologies comme la photonique silicium. Cette dernière est cependant limitée par les propriétés intrinsèques du silicium, comme son gap indirect et sa structure cristalline centro-symétrique.

En parallèle, la famille des oxydes fonctionnels présente une incroyable diversité de propriétés, comme la ferroélectricité ou la piézoélectricité. Leur intégration en photonique est principalement limitée par l'épitaxie sur silicium. En effet, la différence de paramètre de maille entre la plupart des oxydes et le silicium engendre une grande quantité de défauts et donc une forte dégradation de leurs propriétés. L'oxyde de zirconium stabilisé à l'yttrium (YSZ), qui présente un paramètre de maille intermédiaire, assure la transition entre les réseaux cristallins. Ce travail de thèse s'articule ainsi autour de la croissance d'YSZ et la caractérisation de ses propriétés en optique intégrée.

Dans un premier temps, nous avons étudié la croissance d'YSZ par ablation laser pulsé (PLD), ainsi que la fabrication et caractérisation de structures photoniques sur substrat de saphir. Nous avons mis en évidence le rôle du recuit du substrat avant dépôt, sur l'orientation et la qualité du film. L'optimisation du dépôt et le développement d'un procédé de fabrication, a permis la démonstration de guides d'onde à faibles pertes, d'environ 2 dB/cm, et de composants passifs plus complexes comme des structures résonantes en anneau, micro-disques et filtres de Bragg. Nous avons également caractérisé les propriétés optiques non-linéaires du troisième ordre de l'YSZ dont les résultats expérimentaux ont été confirmés par des calculs théoriques. La valeur de

l'indice de réfraction non-linéaire n_2 , de l'YSZ, est comparable à celle du nitrure de silicium (SiN), déjà utilisé comme matériau non-linéaire.

En raison de la différence de paramètre de maille et du coefficient d'expansion thermique, l'intégration d'YSZ est susceptible d'induire de larges contraintes dans le silicium, et de briser sa centro-symétrie. De récentes études, expérimentales et théoriques, ont démontré que les contraintes permettent d'exploiter des propriétés optiques non-linéaires d'ordre deux dans le silicium, normalement inexistantes dans ce matériau. Pour caractériser la distribution des contraintes, vues par un mode optique se propageant dans un guide d'onde silicium, nous avons mis en place une nouvelle technique expérimentale basée sur l'effet Raman en optique intégrée. Des signatures d'évolutions de phonons très intéressantes ont été mesurées. Cependant, les modèles théoriques n'ont pas permis de calculer des valeurs de contraintes comparables à celles prévues par les simulations et des études complémentaires sont nécessaires.

Finalement l'intégration d'YSZ en photonique silicium a été étudiée selon trois approches. La première et la deuxième consistent au dépôt d'YSZ sur des guides d'onde silicium, encapsulés ou non par une couche de silice. La troisième comprend la fabrication de guides d'onde dans une couche d'YSZ, déposée sur un substrat de silicium non structuré. Nous avons mis en évidence l'absence de contrainte dans chacune des configurations, justifiée par la présence de silice à l'interface entre l'YSZ et le silicium. Les pertes de propagation dans de tels guides hybrides YSZ/Si, initialement supérieures à 250 dB/cm ont été réduites à 7,5 dB/cm par l'optimisation de la croissance et de la géométrie des guides.



UMR9001 CNRS-UPSUD
Avenue de la Vauve
91120 Palaiseau