



Soutenance de thèse

Lundi 18 février

14h 00

Amphithéâtre de l'IPVF

Arnaud JOLLIVET

“ Dispositifs infrarouges à cascade quantique à base de semiconducteurs GaN/AlGaN et ZnO/ZnMgO ”

Jury members :

François JULIEN	DRCE	Université Paris-Sud	Directeur de thèse
Carlo SIRTORI	Professeur	Ecole normale supérieure	Rapporteur
Yvon CORDIER	Directeur de Recherche	Université Côte d'Azur	Rapporteur
Virginie TRINITÉ	Ingénieur de Recherche	Alcatel-Thales 3-5 Lab	Examineur
Eric TOURNIÉ	Professeur	Université de Montpellier	Examineur
Raffaële COLOMBELLI	Directeur de Recherche	Université Paris-Sud	Examineur

Abstract : Ce mémoire de thèse est consacré à l'étude et au développement des hétérostructures semi-conductrices à base de GaN et ZnO. Ces matériaux sont particulièrement prometteurs pour le développement de composants optoélectroniques inter-sous-bandes infrarouges et notamment pour les dispositifs à cascade quantique. Ces semiconducteurs possèdent en effet plusieurs avantages pour la conception de dispositifs à cascade, tels qu'une grande discontinuité de potentiel en bande de conduction et une énergie du phonon LO très élevée. Ces propriétés se traduisent par la possibilité de développer des dispositifs couvrant une gamme spectrale allant du proche-infrarouge au térahertz et offrent la possibilité de réaliser des lasers à cascade quantique térahertz fonctionnant à température ambiante.

Le mémoire commence par une introduction générale dressant le contexte dans lequel s'inscrit mon travail ainsi que ses objectifs. Je présente une revue des technologies semi-conductrices pour l'optoélectronique infrarouge et plus précisément dans la gamme du moyen-infrarouge et du térahertz. Dans une deuxième partie, je dresse l'état de l'art des dispositifs à cascade quantique et mets en exergue les défis technologiques de cette filière dont certains pourraient être résolus grâce aux matériaux III-nitrides et II-VI.

Je présente ensuite dans le deuxième chapitre, un récapitulatif des propriétés des semiconducteurs massifs III-N et II-VI. Enfin je décris brièvement la théorie des bandes, les modèles ainsi que leurs approximations permettant le calcul de la structure de bande électronique des semiconducteurs.

Le troisième chapitre présente mes travaux de caractérisations optiques relatifs à la maîtrise des transitions inter-sous-bandes dans des hétérostructures de type GaN/AlGaN et ZnO/ZnMgO épitaxiées selon différents axes de croissance et utilisant plusieurs stratégies afin d'atteindre la gamme térahertz.

Après avoir démontré la possibilité d'utiliser des puits quantiques GaN/AlGaN dans la gamme térahertz, le quatrième chapitre présente, dans sa première partie, mon travail théorique relatif à la conception des dispositifs à cascade quantique GaN/AlGaN pour un fonctionnement dans la gamme spectrale du térahertz. Ce chapitre commence par un état de l'art des détecteurs à cascade quantique.

Puis je récapitule brièvement les propriétés de détection et de transport électronique nécessaires pour comprendre la conception des structures de détecteur à cascade quantique puis je propose plusieurs structures de détecteur à cascade quantique GaN/AlGaN utilisant différents axes de croissance mais aussi différentes stratégies.

Puis je propose une structure simplifiée de laser à cascade quantique pour un fonctionnement à 3 térahertz. Ces travaux se concrétiseront dans un futur proche puisque des épitaxies de structures sont déjà en cours de réalisation.

Dans les deux chapitres suivants je détaille mon travail spécifique sur les oxydes d'éléments VI.

Le cinquième chapitre présente mes travaux sur les transitions inter-sous-bandes, dans la gamme du moyen-infrarouge des hétérostructures non et n dopées de type ZnO/ZnMgO épitaxiées sur substrat ZnO orienté selon le plan m non-polaire.

Le sixième chapitre rapporte la réalisation du premier détecteur à cascade quantique ZnO/ZnMgO. Ces travaux sont l'aboutissement de la collaboration de plusieurs équipes scientifiques dans le cadre du projet européen ZOTERAC. Ce dernier chapitre présente aussi les différentes étapes nécessaires à l'obtention de ce dispositif depuis la conception des structures, l'épitaxie, la fabrication de dispositifs en salle blanche jusqu'à la caractérisation électrique, ainsi que les caractérisations électro-optiques des dispositifs.

Le mémoire se conclut par les perspectives que ces travaux laissent entrevoir et par une annexe sur les expériences que j'ai menées sur l'électromodulation inter-sous-bande dans les puits quantiques ZnO/ZnMgO.