

Nom du candidat : Ludovic DESPLANQUE

JURY

Président de Jury

Garant de l'habilitation

X. WALLART Directeur de Recherche CNRS à l'Université de Lille1, IEMN

Rapporteurs

T. BARON Directeur de Recherche CNRS au LTM
J.-C. HARMAND Directeur de Recherche CNRS au C2N Marcoussis
E. TOURNIE Professeur à l'Université de Montpellier, IES

Membres

J. FOMPEYRINE Directeur de Recherche à IBM Zurich
P. RUTERANA Directeur de Recherche CNRS au CIMAP
G. DAMBRINE Professeur à l'Université de Lille1, IEMN

TITRE DE LA THESE

**Contribution à la croissance par épitaxie par jets moléculaires
d'hétérostructures antimoniées pour des applications électroniques
haute fréquence et faible consommation**



**Molecular beam epitaxy of antimony based heterostructures for high
frequency and low power consumption electronic applications**

RESUME

Après plus de dix années de recherche à l'Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologies (IEMN) en tant que Maître de Conférences de l'Université de Lille 1, ce mémoire retrace les travaux que j'ai pu mener sur l'épitaxie par jets moléculaires d'hétérostructures à base d'antimoine pour des applications électroniques destinées soit à la montée en fréquence des composants soit à la réduction de leur consommation énergétique. Les matériaux antimoniés étant fortement désadaptés en maille par rapport aux substrats standards de l'électronique que sont GaAs ou Silicium, une grande partie de mon travail a consisté à étudier les mécanismes de relaxation de contrainte aux hétéro-interfaces fortement désadaptées en maille comme par exemple les systèmes GaSb/GaAs ou GaSb/GaP. J'ai notamment étudié comment les conditions de croissance permettaient d'influencer la formation de dislocations d'interfaces auto-organisées et capables d'accommoder le désaccord de maille en limitant la densité de défauts émergents dans la structure active. Ces travaux ont permis d'améliorer significativement les performances des hétérostructures à haute mobilité électronique à base d'InAs que ce soit sur substrat de GaAs, de GaP ou même de silicium grâce à différentes collaborations nationales ou internationales. L'autre volet de ces travaux concerne l'optimisation des structures actives dans les filières AlGaSb/InAs ou AlIn(As)Sb/GaInSb destinées à la réalisation de composants hyperfréquences tels que des transistors à haute mobilité électronique (HEMT), de diodes de détection haute fréquence de type SSD (« self-switching diodes ») ou de transistors bipolaires à hétérojonctions grâce à des collaborations interne à l'IEMN ou internationale avec l'Université de Chalmers en Suède. Depuis quelques années, l'intérêt des matériaux III-V pour l'électronique s'est élargi aux applications numériques faible consommation. Dans ce cadre, les matériaux à faible masse effective tels qu'InAs pour les électrons ou Ga(In)Sb pour les trous sont des matériaux de choix pour l'élaboration de MOSFET à grille ultra-courte fonctionnant sous faible tension de polarisation. La variété des alignements de bandes des hétérostructures antimoniées offre également des perspectives intéressantes pour la réalisation de transistors à effet tunnel présentant un courant important dans l'état ON. Dans ce contexte, mon travail et mes projets de recherche actuels sont orientés vers le développement de la croissance sélective de ces matériaux par épitaxie par jets moléculaires de manière à répondre à un certain

After more than ten years of research at the Institute of Electronics Microelectronics and Nanotechnology (IEMN) as an associate Professor at the University of Lille, this manuscript presents the developments that I have performed in the field of molecular beam epitaxy of antimony-based heterostructures for high frequency and low power consumption electronic devices.

The large lattice mismatch between antimonides and standard substrates for microelectronics (GaAs, Si) has brought me to study the strain relaxation mechanisms at largely mismatched hetero-interfaces such as GaSb/GaAs or GaSb/GaP. For instance, I have investigated the impact of growth conditions on the formation of the auto-organized regular arrays of misfit dislocations at the different hetero-interfaces in order to optimize the lattice mismatch accommodation and limit the threading defect density in the active layer. This work has resulted in a significant improvement in the performances of InAs-based high electron mobility heterostructures on GaAs, GaP or Si substrate in the frame of national or international collaborations. Another part of my work has concerned the optimization of the active layers in the AlGaSb/InAs or AlIn(As)Sb/GaInSb systems for the fabrication of high frequency High Electron Mobility Transistors (HEMT), self-switching diodes (SSD) for high frequency detection or heterojunction bipolar transistors. For these different devices, state of the art performances have been achieved thanks to collaborations at IEMN or with the Chalmers University in Sweden. For a few years, a new interest in III-V materials for low power consumption digital electronic applications has appeared. Low effective mass materials such as InAs for electrons or Ga(In)Sb for holes may indeed be some materials of choice for the fabrication of ultimate MOSFET working at very low supply voltage. The properties of antimony based heterostructures which exhibit a large variety of band lines-up are also very promising to achieve large ON-current with tunnel field effect transistors. In this context, my current research activities are oriented towards the development of the selective area growth of these materials to address the technological issues related to the fabrication of these nano-devices and to their integration on Silicon substrate.

Soutenance le 19 janvier 2017 à 10h30
Amphi du LCI