

- Axe de GANEX :
- Titre du sujet : Analyse quantitative dans les hétérostructures de Nitrure d'éléments III par Microscopie électronique en Transmission à l'échelle subangström (QUAHNIMET)
- Nom et e-mail du porteur de projet : Pierre Ruterana, [pierre.ruterana@ensicaen.fr](mailto:pierre.ruterana@ensicaen.fr), tel : 0231452653
- Nature de la thèse
  - Partagée Institutionnelle : (financement 50% GANEX / 50% DGA)
 Laboratoire bénéficiaire et Institution: CIMAP/DGA
- Date souhaitée de démarrage : Dès que possible
- Lien avec industriels : UMS (fiabilité transistors AlGaN/GaN, III-VLab : structures et transistors InAlGaN/GaN)
- Sujet développé :

Aujourd'hui, les recherches en microscopie électronique très haute résolution portent sur la mesure simultanée de la nature chimique et des propriétés, en conjuguant (i) l'imagerie avec résolution atomique et sensibilité chimique, (ii) l'analyse (EDS, EELS) avec résolution de colonne atomique, (iii) détermination des propriétés électroniques et électriques locales en faisant intervenir l'holographie électronique. Le projet QUAHNIMET s'inscrit dans cette optique et vise à mettre au point des outils pour permettre l'analyse quantitative des mécanismes mis en jeu dans l'optimisation des propriétés des matériaux « massif » et de leurs interfaces tels que mis en situation dans les dispositifs semi-conducteurs III-V. De ces microscopes, les nombreuses données brutes que l'on peut acquérir demandent à être traitées de façon robuste et fine pour être exploitables de façon quantitative. Dans cette perspective, le projet de thèse de doctorat QUAHNIMET va avoir deux objectifs: 1. Mise au point des outils d'analyse des données de microscopie qui seront conjugués à une modélisation des propriétés structurales et électroniques des matériaux semi-conducteurs étudiés dans l'équipe PM2E. 2. Caractérisation des matériaux et dispositifs pour connaître en détail les distributions de phases dans les alliages semi-conducteur et des interfaces de type métal semi-conducteur ou passivation semi-conducteur en fonction des conditions de croissance, dépôt et de traitement de surface, passivation et dépôts métalliques. Cette caractérisation sera menée soit sur des échantillons spécifiques soit sur des transistors fini ou vieillis. Dans le cas des transistors, les échantillons MET seront obtenus par FIB avec finition par amincissement ionique à basse tension (100-200V) et température (LN2) sur des zones d'intérêt déterminées durant les essais de fiabilité (EMMI, EBIC, OBIRCH.....)

Trois outils originaux seront développés pour notre microscope JEOL ARM200F avec les deux correcteurs d'aberration (sonde et lentille objectif): a) Les outils d'analyse quantitatives de la distribution des phases dans des alliages ternaires à base d'(Al, Ga, In) pour déterminer la nature et la disposition des atomes dans chaque colonne atomique; b) L'extraction de la contrainte locale dans les hétérostructures AlGaN/GaN, InAlN/GaN et InGaIn/GaN pour amplification/détection; c) les mesures du champ électrique local dans ces mêmes hétérostructures par holographie électronique. Ces outils seront à intégrer dans la plateforme Digital Micrograph qui pilote déjà une partie de l'utilisation du microscope. Ils seront donc à la disposition de tous les microscopistes du site de Caen, puis, dans la mesure du possible, à la disposition de la communauté scientifique domaine.

Pour atteindre ses objectifs, le projet QUAHNIMET sera organisé en cinq tâches : 1. Le pilotage (P. Ruterana), 2. Développement des outils d'analyse (P. Ruterana/Doctorant/équipe PM2E); 3. Les matériaux et dispositifs semiconducteurs III-V (III-VLab, UMS, CIMAP); 5. Dissémination (P. Ruterana/Doctorant). Au CIMAP, les membres qui développent le thème des matériaux semiconducteurs vont participer très activement dans le développement des outils grâce à la modélisation (Doctorant, Prof. Jun Chen, Dr. Pierre Ruterana), aux expérimentations au microscope (Doctorant, Marie Pierre Chauvat, Pierre Ruterana) et aux possibles analyses complémentaires par diffraction de rayons X (Doctorant, Dr. Magali Morales). Pour l'équipe PM2E, le projet QUAHNIMET s'inscrit en continuité avec d'autres efforts en cours : le projet ANR LHOM qui vise à mettre au point des transistors de puissance à base d'InGaIn/GaN de très haute fréquence ; coordonné par notre équipe, il associe les laboratoires III-VLab, IEMN et GREYC et le projet européen OSIRIS coordonné par III-VLab qui réalise la mise au point des substrats SiC de forte conductivité pour des transistors AlInGaIn/GaN/SiC à plus grande performance.