



## Ampère

Unité Mixte de Recherche du CNRS - UMR 5005

Génie Electrique, Automatique, Bio-ingénierie

Dans le cas d'une thèse partenariale (entre le laboratoire d'accueil associé à l'école doctorale EEA et un ou plusieurs autres partenaires académiques, industriels, etc.) : **nom du (ou des) partenaire(s)**

**Établissement d'inscription : INSA-Lyon**

Thématique de la thèse:

Electronique, Micro et Nanoélectronique, Optique et Laser (priorités E2, voire T2 et projet phare)

### Titre de la thèse

Caractérisation des composants à grands gaps par DLTS

### Domaine et contexte scientifiques

Le carbure de silicium est un semiconducteur à grand gap prometteur pour les applications haute tension, haute température...de façon générale dans des cas où le silicium atteint ses limites de fonctionnement.

D'ailleurs des composants en SiC sont déjà commercialisées (MOSFET de puissance, diodes Schottky 600V...).

Il reste cependant des points technologiques délicats, comme par exemple la « fragilité » des MOSFET par rapport aux court-circuits, la relativement faible mobilité des porteurs dans le canal. La diminution des résistances d'accès pourrait s'avérer intéressante aussi. Elle passe par une augmentation du niveau de dopage des zones de source et drain. Pour cela, l'implantation ionique peut faire l'affaire mais elle entraîne une amorphisation du matériau et des défauts cristallins qui ne sont pas toujours guéris par le recuit post-implantation qui nécessite d'autre part de placer le matériau à plus de 1500°C.

La technique VLS (Vapor Liquid Solid) localisée est une technique permettant de créer des caissons p<sup>+</sup> fortement dopés (de l'ordre de 10<sup>20</sup> cm<sup>-3</sup>). Plusieurs thèses y ont été consacrées. En fonction des nombreux paramètres choisis pendant la croissance (composition des gaz, position du creuset dans le four...) de nombreuses diodes bipolaires ont été réalisées. Certaines avec des courants de fuite faibles, d'autres avec des courants de fuite plus grands.

L'utilisation de la DLTS (Deep Level Transient Spectroscopy) sur ces diodes permettrait de caractériser ces diodes en terme de défauts profonds (i.e ; des défauts présents dans la bande interdite qui sont électriquement actifs, i.e. qui piègent des porteurs). Ces défauts peuvent réduire la durée de vie, jouer le rôle de centre de recombinaison radiatif, émettre de la lumière...Il est important de savoir quels sont les défauts présents et surtout de savoir si pour une configuration donnée du four du bâti de VLS les diodes ont moins de défauts.

Dans un tout autre sujet, les composants HEMT en GaN, très prometteurs pour les applications de puissance hyperfréquence (e.g.. les radars civils ou militaires) ou des applications en télécommunications (e.g. liaisons satellitaires), souffrent d'un sérieux problème connu sous le nom de « current collapse ». Encore méconnu, cet effondrement du courant qui apparaît après quelques commutations du composant, est très certainement lié à la présence de défauts dans le composant.

Enfin, un dernier point pouvant être traité est le suivi par DLTS de composants (notamment des détecteurs UV pour des applications spatiales) ayant subi des irradiations électroniques ou protoniques. Ce point fait actuellement l'objet d'un appel à projet de l'ANR. Si ce projet passe, de nombreux échantillons seront disponibles pour une étude de défauts créés par les irradiations.

### Mots-clefs

Matériaux semi-conducteurs, Électronique de puissance, VLS, DLTS

## Objectifs de la thèse

Cette thèse sera effectuée en continuité des thèses précédentes. Il s'agira pour le candidat retenu d'utiliser le banc expérimental DLTS existant. En DLTS, la zone sondée est la zone la moins dopée, i.e. la couche épitaxiée, et non pas la couche obtenue par VLS. Il s'agira donc dans un premier temps de vérifier si la croissance de la couche VLS crée des défauts dans l'épitaxie proche de la jonction.

Cernant les composants HEMT en GaN, la DLTS sera mise en œuvre sur des diodes bipolaires, mais aussi ensuite directement sur des composants HEMT. La DLTS s'applique en effet également sur des structures de type transistor. L'objectif sera de quantifier la présence de défauts profonds dans les couches GaN, de les localiser, et si possible de les identifier.

Enfin, un troisième objectif pourra être d'étudier les défauts créés par des irradiations dans des couches SiC afin de déterminer par exemple les limites en dose absorbables.

## Verrous scientifiques

Le phénomène d'effondrement du courant dans les HEMT GaN reste un verrou scientifique important pour la réalisation de composants hyperfréquence fiables en GaN.

Un autre verrou est la réalisation par VLS sur SiC, de caissons P<sup>+</sup> moins dopés qu'actuellement pour la réalisation de terminaison de jonctions par exemple.

Pour l'instant il n'existe pas de détecteur UV capables de résister à de fortes doses d'irradiation et de fonctionner sous haute température (>100°C).

## Contributions originales attendues

Identification des défauts à l'origine du « current collapse » dans les structures HEMT en GaN.

Identification de défauts spécifiques à la croissance par VLS dans des composants SiC

Option : identification des défauts générés par irradiation dans des détecteurs UV en SiC.

## Programme de recherche et démarche scientifique proposée

Le candidat aura la charge de caractériser par DLTS, mais aussi par IV et CV de nombreux échantillons réalisés par le laboratoire ou réalisés en collaboration avec des partenaires tels que le LMI, IBS, le réseau GANEX...

- Etude bibliographique de la DLTS, des composants de puissance

- Prise en main du banc expérimental

- Amélioration du banc expérimental en réglant quelques problèmes apparus à haute température (>600 K)

- Mesures expérimentales DLTS en température

- Analyse des mesures : détermination des paramètres des défauts (énergie d'activation, section efficace de capture, concentration, localisation...)

## Prévention et sécurité

1. Indiquer si les moyens expérimentaux auxquels le candidat aura accès (ou mettra en œuvre dans le cadre de sa thèse) est déjà installé ou nouveau (dans quelle ampleur)

Le candidat utilisera principalement un banc existant. Il aura peut-être à charge des modifications mineures de l'ensemble.

2. Moyens expérimentaux mis-à-jour ou nouveau : une analyse préalable des risques a-t-elle été conduite ? Si oui lister les principaux risques, sinon indiquer qui sera responsable de cette analyse.

3. Si l'analyse préalable de risques est faite, indiquer quelle(s) habilitation(s) devra détenir le candidat (électrique, chimique...)

Habilitation électrique

Nota : plan de prévention

Si l'analyse des risques n'est pas vierge, et hors notion d'habilitation, aucun doctorant(e) ne peut participer à une activité expérimentale sans signature du « registre de traçabilité de la prévention des risques ».

Si le financement est externe, le doctorant(e) ne peut participer à une activité expérimentale sans un plan de prévention, à la charge du Directeur de thèse.

## Encadrement scientifique :

*Directeur de thèse 50% : Planson Dominique - Ampère – [dominique.planson@insa-lyon.fr](mailto:dominique.planson@insa-lyon.fr)*

*Domaine de compétence : caractérisations électriques et optiques de composants et simulations*

*Comité d'encadrement 50 % : Raynaud Christophe – Ampère – [christophe.raynaud@insa-lyon.fr](mailto:christophe.raynaud@insa-lyon.fr)*

*Domaine de compétence : caractérisations électriques et optiques et modélisations*

## Financement de la thèse (origine, employeur, montant, durée du financement, etc.)

Contrat doctoral

## Objectifs de valorisation des travaux de recherche :

Sur la VLS : aucune mesure DLTS publiée à ce jour. Donc des perspectives...en terme de publications !

Défauts créés par les irradiations : la DLTS permettra de publier rapidement des résultats

Sur le GaN, des publications également sur l'identification des défauts responsables du « current collapse » sont envisageables.

## Profil du candidat recherché (prérequis)

le candidat aura une formation préalable de niveau master recherche dans le domaine de la physique des semi-conducteurs, des composants et si possible de l'électronique de puissance. Le candidat devra avoir une bonne motivation pour la compréhension fine de la physique du semi-conducteur, notamment de la statistique SRH.

## Compétences qui seront développées au cours du doctorat

Le travail de thèse permettra au candidat une connaissance aigüe des propriétés des semi-conducteurs et des défauts profonds présents dans les composants à grand gap. Il maîtrisera aussi un ensemble d'outils informatiques (bureautique, logiciel de calcul scientifique comme Matlab).

## Perspectives professionnelles après le doctorat

Perspectives professionnelles : R&D en conception/caractérisation de composants.

## Références bibliographiques sur le sujet de thèse

Pour des mesures DLTS :

N. Sghaier et al. Mater. Sci. Eng. C, 21 (2002) 283-286.

G. Zaremba et al. Mater. Sci. Eng. B, 177 (2012) 1323-1326.

L. Gelczuk et al. Solid-State Electronics 99 (2014) pp. 1-6.

Sur la VLS :

S. Sejil, M. Lazar, D. Carole, C. Brylinski, D. Planson, G. Ferro, C. Raynaud. *Further Optimization of VLS Localized Epitaxy For Deeper 4H-SiC PN Junctions*. Présenté à E-MRS 2016, 2-6 Mai 2016, Lille. **Physica Status Solidi A Applications and Materials Science**, vol. 214, n°4, 2017.

Sur les HEMT GaN

MENEGHESSO, Gaudenzio, RAMPAZZO, Fabiana, KORDOS, Peter, *et al.* Current collapse and high-electric-field reliability of unpassivated GaN/AlGaIn/GaN HEMTs. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 2006, vol. 53, no 12, p. 2932-2941.

