

Sujet de Thèse

NB : Ce sujet de thèse est publié sous réserve d'obtention d'un financement.

Titre de la thèse : Caractérisation Thermique de composants à base de GaN par des micro-thermomètres Raman

Acronyme de la thèse : CATAGaN

Laboratoire de recherche : GREYC UMR CNRS 6072 : Groupe de Recherche en Informatique, Image et Instrumentation de Caen

Contexte :

Le GREYC est une structure de recherche à forte valeur ajoutée de l'Université de Caen Normandie, créée en 1995, autour du regroupement d'enseignants-chercheurs d'informatique et d'électronique du site de Caen. Le GREYC, Groupe de Recherche en Informatique, Image et Instrumentation de Caen, est, depuis 2000, une unité de recherche mixte associée au CNRS, à l'Université de Caen Normandie (UNICAEN) et à l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen (ENSICAEN).

Le laboratoire GREYC regroupe 180 membres et est présent sur six sites : Caen, Cherbourg-en-Cotentin, Saint-Lô, Vire, Alençon et Lisieux.

Les activités de recherche de l'antenne de Cherbourg sont relatives à des études de matériaux et de composants électroniques. L'une des thématiques de recherche développée par le GREYC à Cherbourg a permis l'émergence d'une expertise reconnue concernant la caractérisation thermique des composants GaN polarisés en mode opérationnel. En effet, un banc de caractérisation thermique utilisant un spectromètre Raman a été conçu et financé par différents projets régional (RIN ETHNOTEVE : 2021-2022) et national (ANR ASGEIR : 2022-2026) afin d'évaluer les températures volumiques et surfaciques des composants GaN polarisés en régimes continu et impulsif.

Sujet :

L'objectif du projet CATAGaN est de mesurer la température d'auto-échauffement (ΔT) de composants à base de nitrure de gallium (GaN) en mode opérationnel en utilisant des micro-thermomètres Raman réalisés à partir de nanoparticules d'oxyde de cérium (CeO_2).

La caractérisation thermique de ces composants est d'autant plus importante qu'ils sont prometteurs pour bon nombre d'applications novatrices, tant dans le domaine aérospatial, les télécommunications ou les applications de puissance. L'optimisation des procédés technologiques de fabrication couplée à la diminution des dimensions des transistors conduit à une augmentation de la densité de puissance dissipée (P_D) et par conséquent à une augmentation de ΔT .

Ainsi, l'évolution des technologies menant à la réalisation de systèmes de télécommunication impose l'utilisation de transistors de puissance hyperfréquences GaN de petites dimensions délivrant des densités de puissance élevées dans les modules d'émission/réception.

De même, les transistors de puissance GaN, nécessaires à la réalisation de l'onduleur de traction, du convertisseur DC/DC pour le réseau de bord ainsi que du chargeur de batterie utilisés dans les véhicules électriques et hybrides, délivrent également des P_D de plus en plus importantes assurant ainsi la compacité des systèmes embarqués. Ces composants permettant également la montée en fréquence de commutation des convertisseurs sont soumis à des impulsions de courant entraînant de brusques montées et descentes en température.

Cette augmentation de ΔT et ces changements brutaux de température induisent des phénomènes physiques menant à une dégradation des performances électriques et de la durée de vie des composants et donc des systèmes dans lesquels ils sont utilisés.

Afin de comprendre et maîtriser ces phénomènes, CATAGaN propose de mesurer ΔT en de nombreux points du composant en utilisant la spectroscopie Raman (**SR**) et des micro-thermomètres Raman (**MTR**) lorsqu'ils sont polarisés dans des conditions proches de celles imposées en mode opérationnel.

La **SR**, quant à elle, est basée sur la caractérisation des modes de vibration d'un matériau en utilisant la diffusion inélastique de la lumière. Une variation de température induit une variation de la position et de la largeur à mi-hauteur des modes de vibration caractéristiques des matériaux. Cependant, il est impossible de caractériser la température des électrodes métalliques des composants en utilisant la **SR** conventionnelle. Cela a motivé les chercheurs du GREYC à développer une méthode de caractérisation thermique couplant la **SR** à l'utilisation de

micro-thermomètres Raman à base de nanoparticules de CeO₂. Cela permet d'estimer le ΔT à la surface du semiconducteur, donc au plus près possible du canal d'électrons, et des contacts métalliques.

Le premier objectif de cette thèse est d'améliorer la répartition des micro-thermomètres Raman à base de particules de CeO₂ sur la surface des composants étudiés via un concept novateur.

Le deuxième objectif est le développement d'un système innovant permettant le dépôt des micro-thermomètres sur les composants connectés sur les « boards » de mesures utilisés par les industriels car aucun système n'est commercialisé actuellement.

Le troisième objectif est le transfert du mode opératoire permettant la caractérisation thermique des transistors de puissance hyperfréquences utilisés dans les radars et les satellites à celle des composants destinés à l'électronique de puissance pour les véhicules électriques. Cela se révèle être un véritable challenge car les températures et le design des composants sont très différents.

Le quatrième objectif consiste à élaborer des modèles thermiques afin de comprendre et prédire le comportement thermique des composants.

Compétences attendues :

Le candidat ou la candidate doit avoir une formation BAC + 5 dans le domaine de l'électronique avec si possible des connaissances dans le domaine des hyperfréquences et dans le domaine des matériaux. Un candidat ayant démontré des qualités d'expérimentateur est souhaitable. Une expérience dans le domaine de la technologie des composants hyperfréquences (AsGa, GaN) serait un plus pour mener à bien les travaux de thèse. Il ou elle devra être capable également d'approfondir les aspects de la simulation des composants.

Contact :

Yannick Guhel, Professeur des Universités

E-mail : yannick.guhel@unicaen.fr