

Sujet de Stage de Fin d'Etude – 2024 LAAS-CNRS / Laplace / Thales-CNES**Contribution au développement d'un modèle de Simulation physique 2D
d'un transistor de puissance GaN HEMT dans l'environnement de simulation Sentaurus™****Application à l'étude des propriétés de tenue en tension et de court-circuit.****1) Contexte et Objectifs**

Issue du domaine de la Radio Fréquence, la technologie de transistor de puissance à grand gap au nitrure de gallium de type "high electron mobility transistor" est sur le point de s'imposer comme une voie incontournable pour la conversion de l'énergie en basse et moyenne tension (<1000V), à très haute fréquence de découpage (>500kHz) et à très haut rendement (>0,98). De telles performances sont incomparables et permettent d'atteindre dès aujourd'hui des densités de puissance traitées de 15kW/kg voire bien plus selon la puissance mise en jeu et le mode de refroidissement, et à coût très compétitif. Malgré les avancées tant sur le plan de la recherche fondamentale (physique du dispositif, architecture du composant) que sur le plan technologique (fabrication, fiabilisation et industrialisation), très peu de modèles de simulation physique "génériques et ouverts" sont disponibles à ce jour pour le concepteur comme pour l'intégrateur. La raison principale repose sur la structure latérale particulière du composant (hétéro-épitaxie sur substrat silicium) au sein de laquelle des mécanismes de conduction (état passant) et de déplétion (état bloqué) sont aussi très particuliers mais surtout complexes et "nouveaux" à modéliser (effet d'interface piézoélectrique, gaz d'électrons à haute densité et haute mobilité, effet d'étalement du champ électrique par des plaques d'écrantage, effet de charges piégées ...) et donc sans aucune filiation par rapport aux modèles de simulation des technologies antérieures (VDMOSFET et IGBT silicium et carbure de silicium).

Pour répondre à ce besoins, l'objet du stage vise à contribuer à développer un premier modèle de simulation physique en 2D, générique (structure de type grille p-GaN Schottky, la plus répandue aujourd'hui, Fig.1) et le plus ouvert et "facile d'accès" possible (ex. paramétrage de la géométrie en relation avec les calibres en tension et en courant d'un composant réel "cible") connectable à un circuit électrique de test. Cette recherche s'appuiera au départ sur un ou plusieurs exemples de modèles de base disponibles dans l'environnement de simulation Synopsis TCAD Sentaurus™ qu'il s'agira de pré-évaluer, de paramétrer puis d'adapter pour rendre compte des principaux phénomènes électriques (densité de courant, champ électrique, densité de puissance) d'un composant cible réel (composant GaN Systems 100V/90A/7mΩ). En particulier, ce modèle a vocation à éclairer et à clarifier certains mécanismes de déplétion latérale à l'état bloqué ou en présence du gaz d'électrons tels qu'illustrés en Fig.2. sur un mode particulier dit de "court-circuit", peu ou pas analysé finement aujourd'hui dans l'état de l'art international.

Le stage se positionne en support "modélisation" à la thèse Cifre de Lucien Ghizzo, réunissant à Toulouse, l'industriel Thales (site du CNES) et les laboratoires LAAS-CNRS et LAPLACE, autour de l'évaluation de la fiabilité fonctionnelle du GaN HEMT en régime de stress aggravés. Le stage associe des approches physiques, technologiques et expérimentales très couplées. De très nombreux résultats expérimentaux sont d'ores et déjà disponibles et permettront d'évaluer les domaines de valider "externes" du modèle et aussi de l'adapter ou de l'ajuster afin de rendre compte par simulation des phénomènes internes (diagnostic physique interne) du composant cible utilisé dans la thèse de Lucien Ghizzo.

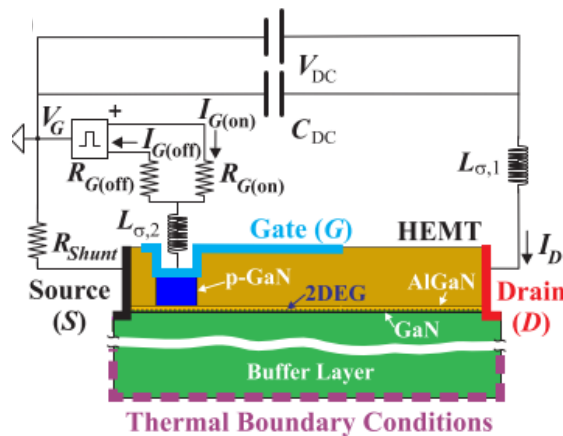


Fig. 1 Structure physique 2D du composant GaN HEMT à modéliser en connexion avec un circuit de puissance et de commande test (ex. du cas particulier court-circuit).

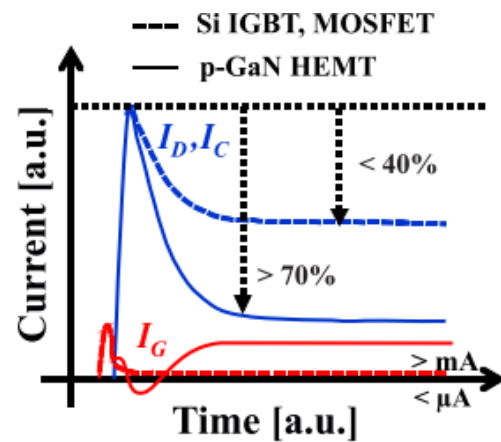


Fig. 2 Exemple de formes d'ondes représentatives d'un court-circuit (présence simultanée d'un courant I_D – gaz d'électrons et d'une tension de déplétion aux bornes $V_{DS} \cong V_{DC}$).

Exemples extraits de l'article : M. Fernández et al., "P-GaN HEMTs Drain and Gate Current Analysis Under Short-Circuit," in IEEE Electron Device Letters, vol. 38, no. 4, pp. 505-508, April 2017, doi: 10.1109/LED.2017.2665163.

2) Profil recherché

Etudiant en Master et/ou Ecole d'Ingénieur dont la formation et les compétences sont en relation (même partiellement) avec les domaines et thèmes suivants : physique électronique, physique du solide appliquée aux dispositifs semi-conducteurs, semi-conducteurs de puissance, simulation par éléments finis de type TCAD, électronique de puissance et technologie des composants semi-conducteurs.

Curiosité, rigueur et forte motivation pour intégrer un projet de recherche à fort impact scientifique et de valorisation (publications et projets futurs).

SUJET DE THESE OUVERT
pour OCTOBRE 2024

3) Lieu de travail et encadrement

Lieu d'affectation : LAAS-CNRS, équipe de recherche ISGE (proche campus des Sciences UT3, Paul Sabatier, Toulouse).

Equipe d'encadrement : encadrant principal, David Trémouilles, LAAS-CNRS, david.tremouilles@laas.fr, 05 61 33 68 87 ; encadrants secondaires, Frédéric Richardeau, Laplace – ENSEEIHT, frederic.richardeau@laplace.univ-tlse.fr, 05 34 32 23 98, Lucien Ghizzo, lucien.ghizzo@laplace.univ-tlse.fr. Rémunération réglementaire.

4) Modalités de recrutement

Etape 1 : envoi d'un CV détaillé et complet en 2 pages max avec les noms des référents pédagogiques et des tuteurs de stages antérieurs (la lettre de motivation n'est pas obligatoire à ce stade).

Etape 2 : Pré-sélection et entretien (avec lettre de motivation).