

Sujet stage M2R :

Modélisation du comportement électrothermique d'un composant HEMT-GaN et simulation du phénomène de dérive de la tension seuil

Contacts :

- Bilal BEYDOUN, e-mail : bbeydoun@cesi.fr
- Zoubir KHATIR, e-mail : zoubir.khatir@univ-eiffel.fr

Lieu : CESI Ecole d'Ingénieur, Campus CESI Nanterre, 93 boulevard de la Seine, CS 40177 – 92023 Nanterre Cedex

Résumé :

Les composants semiconducteurs à base de GaN sont appelés à jouer un rôle majeur en électronique de puissance étant donné son potentiel. Son utilisation dans les convertisseurs de puissance permettrait de diminuer le volume et la masse des composants passifs du fait de l'augmentation de la fréquence de découpage, et de réduire la taille du système de refroidissement car les composants GaN peuvent travailler à haute température. Ce matériau peut être déposé par hétéro-épitaxie sur des substrats en Silicium, permettant ainsi une production sur des plaquettes de surface plus importante (150 à 200 mm de diamètre) moyennant la mise en œuvre de solutions innovantes. Le transistor HEMT (High Electron Mobility Transistors) à base d'hétéro-structure AlGa_N/Ga_N fait l'objet de ce stage [1-4]. De part ses mobilités électroniques élevées et un fonctionnement aux hautes températures exigé pour certains dispositifs, les transistors HEMTs laissent espérer des applications aussi diverses tels que les émetteurs récepteurs radar HF, télécommunications terrestres, chargeurs de véhicules électriques. Les performances de ce composant dépendent entre autre de la bonne qualité de sa couche active permettant un gaz bidimensionnel (2DEG), constituant le canal, induit par les effets de polarisation nécessaire au fonctionnement du composant. Le contrôle par la grille se fait par des tensions, négatives permettant la déplétion (cas du HEMT normally-on) ou positives pour l'enrichissement (cas du HEMT Normally-off) [5], de la zone du canal bidimensionnel entre la grille et le drain. Cependant, l'un des problèmes récurrents est dû à l'instabilité des caractéristiques électriques lié à une dérive de la tension seuil. Cette dérive est provoquée par des mécanismes de piégeages de charges dans la structure suite à des stress électriques, induits par les polarisations sur les électrodes de grille et/ou de drain. L'un des phénomènes observables lié à ces mécanismes est par exemple celui du R_{ds(on)} dynamique [6] qui pénalise les performances à l'état statique passant.

L'objectif de ce stage est de proposer une méthodologie d'évaluation des effets de ces mécanismes de piégeages à l'aide de la simulation numérique de type PSPICE (MicroSim) ou Sentaurus (Synopsys) [7-8]. Cet objectif passe par deux grandes étapes : i) la modélisation à l'aide du logiciel du comportement électrothermique statique passant d'un composant MOS-HEMT et ii) la modélisation des mécanismes de piégeage et l'étude du rôle et de l'impact des facteurs les plus influents.

Pour cela, le candidat doit dans un premier temps se familiariser avec le logiciel de simulation et simuler le transistor HEMT. Cette simulation doit permettre, à partir des paramètres technologique et géométrique du transistor, le calcul des caractéristiques électriques. L'effet de la température sur les paramètres physique et électrique doit être pris en compte dans la modélisation des caractéristiques

électriques. Dans un second temps, une modélisation des mécanismes de piégeage sera effectuée afin de simuler de manière représentative les effets sur la tension seuil et les phénomènes caractéristiques liés à ces défauts, notamment celui de la résistance dynamique à l'état passant.

Informations supplémentaires :

- Le stage est rémunéré
- Le stage se déroulera au CESI, sur son site de Nanterre, dans le cadre d'une collaboration avec le laboratoire SATIE.
- Possibilité de prolongation en thèse.

Modalité de candidature :

- Merci d'envoyer un CV, une lettre de motivation et les relevés de notes des 2 dernières années.

Références:

[1]U. K. Mishra, P. Parikh, and Yi-Feng Wu, "AlGaIn/GaN HEMTs-an overview of device operation and applications," *Proc. IEEE*, vol. 90, no. 6, pp. 1022–1031, Jun. 2002, doi: 10.1109/JPROC.2002.1021567.

[2]Y. Zhong *et al.*, "A review on the GaN-on-Si power electronic devices," *Fundam. Res.*, vol. 2, no. 3, pp. 462–475, May 2022, doi: 10.1016/j.fmre.2021.11.028.

[3]S. Luan, Z. Wu, Z. Wang, X. Liu, C. Chen, and Y. Kang, "A High Power Density Two-Stage GaN-Based Isolated Bi-Directional DC-DC Converter," in *2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Sep. 2019, pp. 3240–3244. doi: 10.1109/ECCE.2019.8912169.

[4]H. Kambayashi, Y. Satoh, T. Kokawa, N. Ikeda, T. Nomura, and S. Kato, "High field-effect mobility normally-off AlGaIn/GaN hybrid MOS-HFET on Si substrate by selective area growth technique," *Solid-State Electron.*, vol. 56, no. 1, pp. 163–167, Feb. 2011, doi: 10.1016/j.sse.2010.10.001

[5] C. Sun *et al.*, "Normally-off p-GaN/AlGaIn/GaN high-electron-mobility transistors using oxygen plasma treatment," *Appl. Phys. Express*, vol. 12, no. 5, p. 051001, Apr. 2019, doi: 10.7567/1882-0786/ab0b78.

[6] H. Huang *et al.*, "Modelling and Simulations on Current Collapse in AlGaIn/GaN Power HEMTs", SISPAD 2012, September 5-7, 2012, Denver, CO, USA

[7] <https://microsim-8-pspice.software.informer.com/9.1/>

[8] <https://www.synopsys.com/silicon/tcad.html>