GEMaC
Groupe d'Étude
de la Matière Condensée

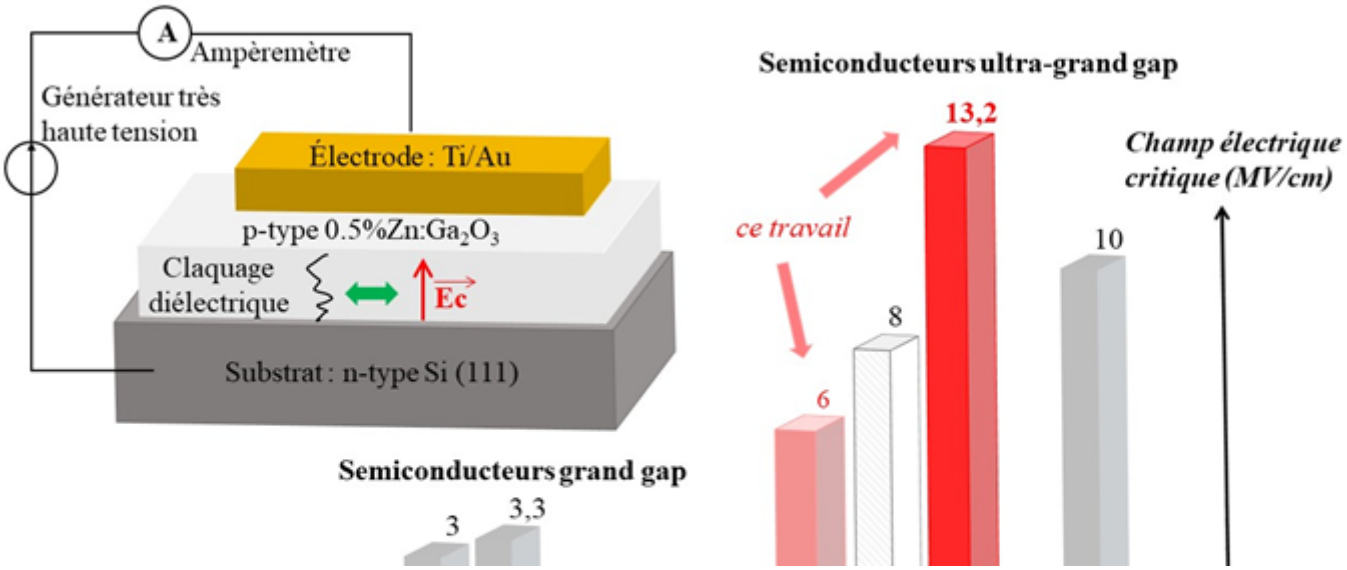
RECORD DE CHAMP ÉLECTRIQUE CRITIQUE POUR L'OXYDE DE GALLIUM

Augmenter la tension et éviter le claquage des matériaux utilisés dans l'électronique de puissance restent un défi. Les chercheurs ont battu un record pour le champ électrique critique avec une valeur de 13,2 MV/cm. Cette publication a fait l'actualité de l'INP CNRS.

Les composants électroniques qui opèrent à très haute puissance nécessitent l' intégration de matériaux semiconducteurs supportant de très forts champs électriques. La limite d'utilisation d'un matériau dans ces composants au-dessus de laquelle il y a claquage électrique est déterminée par le champ électrique critique. Les matériaux les plus aptes à résister aux hautes tensions sont les matériaux semiconducteurs dits à grand gap (supérieur à 3 eV), comme SiC et GaN. En perspective, les semiconducteurs à « ultra-grand gap » permettront d'aller plus loin : c'est le cas du diamant qui présente un champ électrique critique de 10 MV/cm, et de l'oxyde de gallium -Ga2O3, particulièrement prometteur avec un champ critique estimé à 8 MV/cm et qui, contrairement au diamant, est déjà fabriqué en grandes surfaces adaptées aux critères

industriels (jusqu'à 6 pouces). Au-delà du gap intrinsèque au matériau, d'autres facteurs externes tels que des impuretés ou défauts résiduels et un dopage contrôlé sont déterminants pour la valeur du champ électrique critique. Le dopage contrôlé comme ingénierie des matériaux a été exploité par les chercheurs du Groupe d'Etude de la Matière Condensée (GEMaC, CNRS/Univ. Versailles St-Quentin, Univ. Paris Saclay) et de l'Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN, CNRS /Univ. Lille/Univ. Polytechnique Hauts-de-France/Centrale Lille) au sein d'une collaboration internationale avec la Tbilisi State University (TSU) et le Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology (ICN2).

Les chercheurs ont tout d'abord synthétisé le matériau sous forme d'un film mince de -Ga2O3 sur du silicium par la technique de dépôt chimique en phase vapeur de composés organométalliques (MOCVD) et ont réalisé un dispositif élémentaire permettant la mesure de la tension de claquage (figure). Une valeur du champ critique de 6 MV/cm a été mesurée, conforme aux études précédentes. Guidés par une analyse théorique thermodynamique des défauts ponctuels démontrant le caractère amphotère du dopant zinc dans -Ga2O3 (c'est-à-dire ses propriétés à la fois de donneur ou d'accepteur d'électrons), les chercheurs ont très légèrement dopé (0,5%) en zinc les films de Ga2O3. Sur le même dispositif, un champ électrique critique record de 13,2 MV/cm est alors mesuré, au-delà de l'interpolation directe de 8 MV/cm prédite sur la seule base de la valeur du gap électronique (4,8 eV). L'interprétation est développée ici par une théorie microscopique, la théorie cinétique d'ionisation par impact, qui, appliquée au caractère amphotère de Zn, démontre la réduction du libre parcours moyen des porteurs de charge libres, en même temps que la diminution de leur concentration. Ces deux facteurs contribuent conjointement à l'augmentation du champ électrique critique. Cette étude confirme clairement les atouts que peut avoir l'oxyde de gallium pour l'électronique de puissance à très haute tension et est publiée dans la revue *Materials Today Physics*.



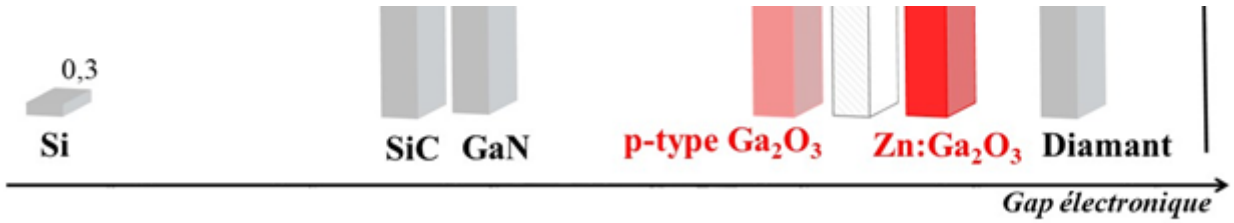


Figure. (en haut à gauche) Dispositif permettant la mesure du champ électrique supporté par le film de Ga2O3 dopé au zinc.
(en bas) Exemples de matériaux semiconducteurs à grand et ultra-grand gaps, avec leurs valeurs de champ électrique critique (en MW/cm). Les barres rouges représentent les valeurs mesurées dans ce travail pour Ga2O3, avec la valeur record de 13,2 MW/cm dans le cas du dopage au zinc, la barre blanche illustrant la valeur qui était attendue.

En savoir plus:

Ultra-High Critical Electric Field of 13.2 MV/cm for Zn-doped p-type -Ga2O3.
E. Chikoidze, T. Tchelidze, C. Sartel, Z. Chi, R. Kabouche, I. Madaci, C. Rubio, H. Mohamed, V. Sallet, F. Medjdoub, A. Perez-Tomas et Y. Dumont,
Materials Today Physics **15**, 100263 (2020).
Lien HAL : hal-02984814v1

Actualité de l'INP

Contact:

Ekaterine Chikoidze, ingénieure de recherche au CNRS ; ekaterine.chikoidze@uvsq.fr
Yves Dumont, professeur à l'Université Versailles Saint Quentin ; yves.dumont@uvsq.fr