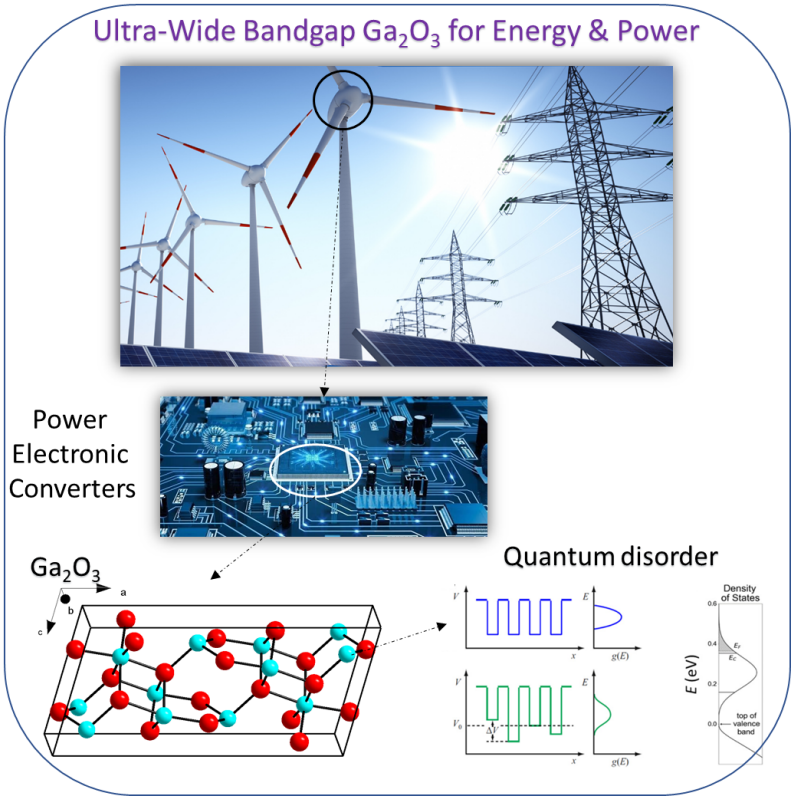
REPOUSSER LA FRONTIÈRE DE LA TECHNOLOGIE GA2O3 POUR L'ÉNERGIE ET L'ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE GRÂCE AU DÉSORDRE QUANTIQUE

Une nouvelle étude montre qu’en dopant le -GaO au phosphore, on obtient une conductivité p remarquable à température ambiante et une transition métal-isolant. Ces résultats ouvrent des pistes pour améliorer l’électronique de puissance, essentielle aux réseaux électriques et au transport, et ainsi favoriser l’intégration des énergies renouvelables.

Une nouvelle étude explore les propriétés électriques et magnéto-transport du -Ga2O3 par implantation de phosphore. Elle révèle une conductivité de type p exceptionnelle à température ambiante, ainsi qu’une transition métal-isolant. Ces résultats éclairent les mécanismes sous-jacents de conduction dans des systèmes à désordre élevé. Ils offrent

également des perspectives pour l'amélioration des modules électroniques de puissance dans des applications critiques. C'est le cas, par exemple des infrastructures électriques et des systèmes de transport, où la fiabilité et l'efficacité énergétique sont essentielles.

À terme, ces avancées pourraient contribuer à une adoption plus large des énergies renouvelables en réduisant les pertes énergétiques dans les dispositifs de conversion et de gestion de l'énergie.



Ce travail de recherche se situe dans le contexte de réduction de l'utilisation des énergies fossiles et de la lutte contre le dérèglement climatique. En effet, depuis plus d' un siècle, la production d'énergie a été principalement basée sur la consommation de ressources fossiles, qui d'une part sont épuisables, et d'autre part produisent une pollution énorme. Pour cela, il est essentiel de se tourner vers une électronique de puissance plus performante, pour contrôler et convertir l'énergie électrique dans le but de réduire la consommation d'énergie.

Dans la chaine génération / transport / stockage / utilisation, environ 30% de l'énergie électrique passe actuellement par des composants électroniques de puissance. Ce chiffre pourrait atteindre 80 % dans la décennie à venir compte tenu de la croissance actuelle et planifiée du marché des modules de puissance, qui devrait augmenter de 9,1 % par an jusqu'à 2025. L'électronique de puissance basée sur le silicium est largement utilisée, elle reste limitée par sa faible température de fonctionnement et sa basse

tension de claquage. C’est dans ce contexte que le développement industriel de modules à base de semi-conducteurs à grand gap (WBG), notamment le GaN et le SiC, prend de l’ ampleur. Au-delà des applications 600 V/1200 V couvertes par les matériaux WBG, d’ autres nœuds technologiques (>3 kV) correspondent à des marchés existants pour la conversion et la protection Haute Tension (HT). Ces marchés couvrent. la distribution de l’ énergie électrique, les réseaux électriques intelligents (SMART grids), l’éolien terrestre (3.3 kV) et offshore (6.5 kV), le transport ferroviaire, la charge des véhicules électriques à partir des lignes HT (22 kV). Pour répondre aux exigences citées précédemment en termes de performance, fiabilité et coûts, de nouvelles filières utilisant des matériaux semi-conducteurs à plus grands gaps (UWBG pour Ultra Wide Band Gap) sont envisagées. Parmi ces semi-conducteurs, le -Ga2O3 monoclinique a récemment attiré beaucoup d’attention pour plusieurs raisons : faisabilité de croissance en cristal massif, très large bande interdite (4.8 eV) et de son champ électrique critique élevé (>10 MV/cm).

Afin de répondre aux exigences au niveau de tension, comme celles des véhicules électriques alimentés par des lignes haute tension (22 kV), il faut que des électroniques de puissance basées sur -Ga2O3 soient bipolaire (type n et p). Cependant, rendre ce matériau conducteur pour les trous (type p) est un défi majeur.

Une nouvelle étude menée par des chercheurs au GEMaC, en partenariat avec les chercheurs internationaux du National Yang Ming Chiao Tung University (Taiwan), de l’ Institute of Microelectronics of Barcelona (Espagne), de l’Institut des Nanotechnologies de Lyon, de l’Institute of Micro and Nanoelectronics (Géorgie), de Ivane Javakhishvili Tbilisi State University (Géorgie), de Kwangwoon University (République de Corée), incluant trois jeunes chercheurs (deux étudiants de master et un post-doctorant), met en évidence expérimentalement une réalisation d’une conductivité de type p efficace réalisée par implantation de phosphore ainsi qu’une transition métal-isolant. Ces observations ont été expliquées grâce à des simulations théoriques basées sur le modèle de désordre d’Anderson.

Les résultats de cette étude ouvrent la voie à la réalisation de conductivité de type p pour -Ga2O3 mais aussi pour d’autres semi-conducteurs à très large bande interdite. Ils offrent également des perspectives pour l’amélioration des modules électroniques de puissance dans des applications critiques, notamment dans les infrastructures électriques et les systèmes de transport, où la fiabilité et l’efficacité énergétique sont essentielles. À terme, ces avancées pourraient contribuer à une adoption plus large des énergies renouvelables en réduisant les pertes énergétiques dans les dispositifs de conversion et de gestion de l’énergie.

Référence :

Z. Chi et al., Anderson disorder related p-type conductivity and metal-insulator transition in -Ga2O3, Materials Today Physics **49**, 101602 (2024)