

## Thèse de doctorat de Gabriel BOUHALI

préparée à IJCLab, sous la direction de Stéphanie JUBLOT-LECLERC et Aurélie GENTILS

### Soutenance prévue le jeudi 21 décembre 2023, 14h00 IJCLab, Bâtiment 100, salle des conseils

#### Membres du jury avec voix délibérative

**Clara GRYGIEL**, Chercheure au CEA, HDR, Université de Caen Normandie, CIMAP (Rapporteuse)

**Nathalie MONCOFFRE**, Directrice de recherche CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, IP2I (Rapporteuse)

**Jérôme CREUZE**, Professeur des Universités, Université Paris-Saclay, ICMMO

**Frédérico GARRIDO**, Professeur des Universités, Université Paris-Saclay, IJCLab

**Titre :** Effets de l'irradiation ionique et de l'injection de gaz sur l'évolution microstructurale de l'AIN

**Mots clés :** Implantation ionique, Bulles d'hélium, AIN, Défauts, Déformation, Température

**Résumé :** Des matériaux isolants et optiques seront utilisés dans les futurs réacteurs à fusion pour fonctionner dans diverses applications, parmi lesquelles les systèmes de diagnostic. L'AIN, en particulier, a été proposé comme revêtement isolant dans certains concepts de réacteurs à fusion. Les applications dans ces réacteurs nécessitent que le matériau résiste aux effets des neutrons de 14 MeV avec la production d'He et d'H à des taux élevés. Les matériaux faisant face au plasma seront également exposés à des flux intenses d'He et H de faible énergie. Il est donc impératif de clarifier les mécanismes responsables de la dégradation des propriétés microstructurales de l'AIN sous irradiation et injection de gaz. Au cours de cette thèse, des implantations d'ions He, Al ou Au ont été réalisées sur des couches d'AIN monocristallines. L'évolution microstructurale a été caractérisée par une combinaison d'expériences de MET et DRX. Les effets de l'injection d'He ont été étudiés en fonction de la température d'implantation. Un recuit dynamique important, avec une recombinaison efficace des défauts ponctuels, est observé dès la température ambiante. La recombinaison des défauts ponctuels augmente avec la température d'implantation là où la concentration en He est faible, ce qui indique une mobilité accrue des défauts de type interstitiel. Un effet inverse est observé pour une concentration suffisante en He : des mécanismes activés thermiquement liés à la nucléation et à la croissance des complexes He-V prédominent sur la recombinaison des défauts et favorisent la déformation élastique et l'accumulation de dommages. La concentration seuil d'He pour la formation de bulles diminue avec la température d'implantation. Les implantations d'ions Al et Au à température ambiante entraînent des tendances similaires en termes de cinétiques d'endommagement et de déformation.

Jusqu'à environ 1 dpa, les déformations de surface et maximales sont identiques à dpa donné, et elles sont par ailleurs identiques pour les deux types d'implantation. A plus fort dpa, la déformation de surface sature pour les deux types d'implantation à une valeur de déformation d'environ 1.7%. La déformation maximale sature elle aussi à une valeur plus importante, en concomitance avec la saturation de la taille des fautes d'empilement basales, mais il apparaît que cette déformation est plus élevée dans le cas de l'implantation d'Al. Comme le désordre ne semble pas plus important dans le cas de l'implantation d'Au, avec en particulier des tailles de fautes d'empilement similaires à dpa donné dans les deux cas, la différence de déformation élastique dans la région de fort endommagement est attribuée à une recombinaison des défauts plus importante dans les cascades denses induites par l'implantation d'Au. Des implantations et irradiations successives d'He ont également été réalisées pour étudier la stabilité des bulles d'He sous irradiation ainsi que l'effet potentiel de dommages préexistants sur la formation de bulles. Un phénomène inattendu d'amorphisation de surface a été détecté. Enfin, des expériences de recuit thermique ont été réalisées sur des échantillons implantés He ou Al jusqu'à 1100°C pour observer notamment les effets du recuit sur la croissance des cavités, ainsi que pour extraire les énergies d'activation liées à la relaxation de la déformation élastique et les corrélés à des mécanismes basiques de mobilité des défauts ponctuels.