



GEMaC

Groupe d'Étude de la Matière Condensée

HOMOÉPITAXIE ET DOPAGE DE TYPE N DU DIAMANT

Présentée par Monsieur Thierry KOCINIEWSKI

Spécialité : Physique

Laboratoire : GEMaC

Ce travail a pour objectif d'étudier différentes voies susceptibles de conduire à un dopage reproductible de type n du diamant avec de bonnes propriétés électriques et cristallines. La première fut l'étude de couches homoépitaxiées de diamant dopé phosphore avec la mise en oeuvre d'une ligne de dopage issue de la technologie MOCVD sur notre bâti de croissance MPCVD. Cette ligne utilise un précurseur liquide stocké dans un bulleur. Le précurseur choisi a été la tertiarybutylphosphine, composé organique du phosphore. Une étude concernant l'influence de la température sur la croissance de films homoépitaxiés sur substrats orientés (111) a permis de montrer que, pour notre bâti, il existe un maximum d'incorporation en phosphore à 890°C et que, dans la gamme de températures [850-930°C], nos couches dopées au phosphore possèdent des propriétés électroniques

à l'état de l'art sur le plan international : mobilités électroniques de $350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ pour $[P]=6 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Nous avons établi pour la première fois la relation permettant de quantifier la concentration de phosphore à partir de l'intensité des excitons détectés par cathodoluminescence.

Nous avons montré qu'un recuit sous vide à des températures autour de $900\text{-}1000^\circ\text{C}$ de couches dopées phosphore fortement compensées entraîne une augmentation de la concentration d'électrons libres. Notre modèle propose la migration de défauts compensateurs X- suivie de la création de complexes inactifs (P,X). En supposant que la cinétique de formation des complexes (P,X) suit une loi du 1er ordre, nous avons conclu que l'énergie de migration de cette espèce compensatrice est de 3.1 eV . Nous avons émis l'hypothèse que ce défaut est l'hydrogène incorporé pendant la croissance. Enfin, nous avons prolongé notre étude sur la conversion en type n de couches dopées bore suite à une deutération. Ce procédé permet d'obtenir des couches de conductivité électrique largement supérieure (facteur 103 à 105) à celle des meilleures couches de diamant de type n dopées au phosphore. Nous avons montré que l'effet de conversion est très probablement un effet de volume et que le mécanisme d'apparition de la conversion se fait en deux étapes : passivation des bore sur toute l'épaisseur de la couche puis création d'un excès de deutérium qui déclenche la conductivité de type n. La conversion n'est pas réalisée de façon homogène. Il sera donc nécessaire dans le futur d'établir quelles sont les caractéristiques des zones qui sont converties.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Etienne BUSTARRET, Directeur de Recherche CNRS du LEPES à Grenoble
Rapporteur

Bernard CLERJAUD, Professeur de l'Université Pierre et Marie Curie Paris VI
Rapporteur

Jacques CHEVALLIER, Directeur de recherche CNRS
Directeur de thèse

Cécile SAGUY, Ingénieur de Recherche du Solid State Institute –Technion, Israël
Examineur

Jean-Pierre HERMIER, Professeur de l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
Examineur

Milos NESLADEK, Professeur de l'Université Hasselt Institute for Materials Research
Examineur