



GEMaC

Groupe d'Étude
de la Matière Condensée

EPITAXIE ET DOPAGE DU DIAMANT DE TYPE N

Présentée par Georges FRANGIEH

Discipline : physique

Laboratoire : GEMaC

Ce travail est une étude des différentes voies susceptibles de conduire à un dopage de type n du diamant CVD, qui est un verrou pour le développement d'une électronique bipolaire à base de diamant.

La première étude a consisté à étudier l'influence du précurseur organique du donneur phosphore (tertiaributylphosphine, TBP), sur la morphologie des cristaux de diamant isolés réalisés par CVD assistée par plasma micro-onde sur substrat de silicium. Des couches polycristallines continues et dopées au phosphore ont été aussi réalisées sur silicium avec jusqu'à $1,6 \times 10^{20}$ P/cm³ incorporés.

Puis, la croissance dopée au phosphore sur substrat diamant monocristallin orienté (100) – préféré pour les applications électroniques - a été étudiée en contrôlant précisément l'angle de désorientation à 2,5°. Nous avons montré qu'un taux de carbone [C]/[H₂] supérieur à 1% conduit à une incorporation favorisée sous forme de donneur (jusqu'à 40%).

Enfin, une première tentative de dopage arsenic a été menée en homoépitaxie sur du diamant orienté (111). D'après des calculs théoriques, ce dopant serait moins profond que le phosphore. Nous sommes parvenu à démontrer l'incorporation de l'As dans le diamant, en utilisant comme précurseur organique le triméthylarsenic, TMAs, Le taux de méthane (>0,25%) est un paramètre clef pour son l'incorporation, obtenue jusqu'à 8x10¹⁷ As/cm³. Le caractère donneur de l'arsenic dans le diamant reste encore à démontrer.

Abstract :

The first study is an investigation of the influence of the organic precursor for phosphorus (tertiaributylphosphine, TBP) on the morphology of isolated diamond crystallites. They were grown by CVD assisted by microwave plasma on silicon substrates. Continuous polycrystalline layers are also shown on silicon with up to 1.6 x10²⁰ P/cm³ incorporated.

Then, phosphorus-doped diamond grown on (100)-oriented monocrystalline diamond substrates -preferred for electronic applications - are studied with a precise control of the miscut angle at 2.5 °. We have shown that high [C]/[H₂] ratios (>1%) lead to a high phosphorus incorporation as a donor (up to 40%).

Finally, a first attempt of arsenic doping is presented on (111)-oriented homoepitaxial diamond layers. According to theoretical studies, this dopant should be shallower than phosphorus. As was successfully incorporated in diamond, using as the organic precursor, triméthylarsenic (TMAs) molecule. The methane ratio (> 0.25%) is a key parameter for its incorporation, up to 8x10¹⁷ As/cm³ in this study. The donor character of arsenic in diamond remains to be shown.

This work is a study of n-type CVD diamond doping, which is one of the main problems to solve for the development of diamond-based bipolar electronic devices.

Jury :

Franck OMNES, chercheur, institut Néel - Grenoble - rapporteur

Jean-Charles ARNAULT, chercheur, CEA - Département des technologies des capteurs et du signal (LIST) - Gif sur Yvette - rapporteur

Pierre GALTIER, professeur des universités, université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Groupe d'étude de la matière condensée (GEMAC) - Meudon - directeur de thèse

Arnaud ETCHEBERRY, directeur de recherche, université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/institut Lavoisier de Versailles (ILV) - Versailles - examinateur

Jean-Pierre HERMIER, professeur des universités, université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Groupe d'étude de la matière condensée (GEMaC) - Versailles - examinateur

Philippe LASSERRE, ingénieur de recherche, Alstom Transport - Tarbes - examinateur