ÉTUDE DU DOPAGE DANS LES NANOFILS D'OXYDE DE ZINC

Présentée par monsieur Emir Zehani
Discipline : physique - milieux denses et matériaux
Laboratoire : GEMaC

Résumé :
Le travail présenté dans cette thèse a pour objectif d'étudier le dopage p des nanofils de ZnO par deux procédés différents : in-situ (durant la croissance) et ex-situ par diffusion des impuretés dans les nanofils à partir d'une phase gazeuse. Les nanofils de ZnO étudiés ont été élaborés par MOCVD et caractérisés par différentes techniques : MEB, MET, EDX, XPS, nano-Auger, DRX, SIMS, Sonde atomique tomographique, Raman, PL et I(V). Les tentatives de dopage ex-situ n'ont pas permis aux dopants (arsenic, phosphore et antimoine) de diffuser et de s'incorporer dans la matrice de ZnO. Ces derniers sont restés en surface. Néanmoins, ce procédé a mis en évidence l'importance du traitement de surface des nanofils, avec un recuit sous zinc, afin de réduire d'une part

les défauts associés à la surface très réactive de ZnO, et d'autre part de diminuer la densité d'impuretés résiduelle de type n, condition préliminaire à l'incorporation de dopants de type p électriquement actifs. Concernant le dopage in-situ des nanofils de ZnO, le dopant (azote) s'incorpore plus facilement dans la matrice ZnO atteignant une concentration de l'ordre de 1020 at.cm-3. Les analyses de -Raman et de -PL montrent que l'azote est reparti de façon inhomogène le long des fils. Si les mesures optiques confirment la présence d'accepteurs dans le matériau après dopage, les mesures électriques révèlent toutefois que la conduction des fils dopés azote restent de type n.

Abstract :
The work presented in this thesis aims to study the p-doping of ZnO nanowires by two different methods: in-situ (during growth) and ex-situ by diffusion of impurities in the nanowires from a gas phase. ZnO nanowires were prepared by MOCVD and characterized by different techniques: SEM, TEM, EDX, XPS, nano-Auger, XRD, SIMS, atom probe tomography, Raman, PL and I (V). The ex-situ doping attempts have not allowed the dopants (arsenic, phosphorus and antimony) to be diffused and incorporated into the ZnO matrix. They still remained on the surface. However, this process has highlighted the importance of nanowire surface annealing treatment with zinc, in order to reduce i) the density of surface related defects, and ii) the density of residual impurities n-type. This is a precondition for the incorporation of electrically active p-type dopants. For in-situ doping of ZnO nanowires, the dopant (nitrogen) is incorporated more easily into the ZnO matrix, reaching a concentration of about 1020 at.cm-3. Analyses of -Raman and -PL show that nitrogen atoms are inhomogeneously incorporated along the nanowires. If optical measurements confirm the presence of acceptors in the material after doping, the electrical measurements show, however, that nitrogen doped nanowires remain n-type.

Membres du jury :

Georges BREMOND, professeur des universités, INSA/Institut des nanotechnologies de Lyon (INL) - UMR CNRS 5270 - Villeurbanne - rapporteur
Mehrdad NIKRAVECH, professeur des universités, université Paris 13/Laboratoire des sciences des procédés et des matériaux (LSPM) - CNRS-UPR 3407 - Villetaneuse - rapporteur
Pierre GALTIER, professeur des universités, université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/laboratoire Groupe d'étude de la matière condensée (GEMaC) - Versailles - directeur de thèse
Vincent SALLET, chargé de recherche, université de Versailles Saint-Quentin-en-

Yvelines/laboratoire Groupe d’étude de la matière condensée (GEMaC) - Versailles - coencadrant de thèse

Yves DUMONT, professeur des universités, université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/laboratoire Groupe d’étude de la matière condensée (GEMaC) - Versailles - examinateur

Christian MORHAIN, chargé de recherche, CNRS-Centre de recherche sur l’hétéro-épitaxie et ses applications (CRHEA - UPR 10) - Valbonne - examinateur