



# GEMaC

Groupe d'Étude  
de la Matière Condensée

## CROISSANCE ET PROPRIÉTÉS DE NANOSTRUCTURES À BASE DE ZNO

**Présentée par Farid Falyouni**

**Discipline : physique : milieux denses et matériaux**

**Laboratoire : GEMaC**

### **Résumé :**

Ce travail a pour objectif d'étudier la croissance et les propriétés des nanostructures unidimensionnelles (nanofils) à base de ZnO. Ces nanostructures ont été réalisées par approche bottom-up selon deux mécanismes de croissance : Vapeur-Solide (VS, non catalysé) et Vapeur-Liquide-Solide (VLS, catalysé via une gouttelette d'or). Les matériaux étudiés sont élaborés par MOCVD. Les nanofils ont été caractérisés par différentes techniques, notamment en microscopie électronique à balayage (MEB), microscopie électronique en transmission TEM, spectroscopie Raman, spectroscopie de Photoluminescence (PL) et spectroscopie de Cathodoluminescence (CL).

Dans un premier temps, nous portons notre attention à la croissance des nanostructures

de ZnO selon le mécanisme VS. D'abord, une étude expérimentale nous a permis de déterminer une condition nécessaire à la croissance spontanée de nanofils et de nanoaiguilles. Ensuite, nous présentons une étude comparative entre TEM et CL sur ces aiguilles de ZnO.

Dans un second temps, nous étudions la croissance des nanostructures de ZnO selon le mécanisme catalysé VLS, pour lequel les fils de ZnO poussent sous une bille d'or. Nous nous intéressons plus particulièrement à l'impact des paramètres de croissance (température, rapport VI/II, pression et substrat) sur la morphologie des nanostructures et la cinétique de croissance. L'analyse structurale de nanostructures variées, nano-fils, -aiguilles, -rubans de ZnO, est réalisée par MEB et TEM.

Enfin, un dernier volet concerne la possibilité de dopage des nanofils ZnO.

L'incorporation d'impuretés d'azote, dopant potentiel en vue du type p, a été étudiée. Les analyses Raman et PL sur des nanofils dopés à l'azote montrent que l'azote est bien incorporé dans les fils mais que cette incorporation n'est pas homogène le long des fils.

### **Abstract :**

The objective of this work is to study the growth and properties of ZnO nanostructures. These nanostructures were made by bottom-up approach using two mechanisms : vapor-solid (VS) and Vapor-Liquid-Solid (VLS). The materials were prepared by MOCVD. The samples were characterized by different techniques such as scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), Raman spectroscopy, photoluminescence spectroscopy (PL) and cathodoluminescence spectroscopy (CL). First of all, we focused on the growth of ZnO nanostructures according to the VS mechanism. An experimental study has enabled us to determine the necessary conditions to the spontaneous growth of nanowires and needles. Then we have presented a comparative study with TEM and CL of ZnO needles.

Subsequently, we investigated the growth of ZnO nanostructures according to the VLS mechanism which refers to "catalysed" growth. We were particularly interested in the impact of the growth parameters (temperature, rapport VI/II, pressure and substrate) on the nanostructures morphologies and their growth kinetics. The structural properties of ZnO nanostructures has been studied by SEM and TEM; this study showed the different morphologies of nanowires, needles and rubans.

Finally, in this work we investigated the possibility of incorporating dopant impurities in ZnO nanowires. The case of nitrogen for a potential p-type conduction was studied. Raman and PL analysis on the nanowires doped with nitrogen shows that nitrogen is incorporated into the nanowires and that incorporation is not homogeneous along the nanowires.

## **Jury :**

**Jean-Luc DESCHANVRES**, chargé de recherche, Institut national polytechnique de Grenoble/Laboratoire des matériaux et du génie physique - UMR 5628 - Grenoble - rapporteur

**Hervé DUMONT**, maître de conférences, Institut des nanotechnologies de Lyon - Ecully - rapporteur

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

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

**Gilles LERONDEL**, professeur des universités, Université technologique de Troyes - Troyes - examinateur

**Vincent SALLET**, chargé de recherche, université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/CNRS/laboratoire Groupe d'étude de la matière condensée (GEMaC) - Meudon - examinateur