



Résumé

Au cours des deux dernières décennies, d'énormes progrès ont été réalisés dans la miniaturisation des dispositifs optoélectroniques et des systèmes nanoélectromécaniques à base de capteurs grâce à l'intégration de nanofils quasi unidimensionnels. Pour le développement de la future génération de dispositifs basés sur des nanofils, il est essentiel d'étudier les mécanismes de déformation sous-jacents et leur mécanique.

Le présent travail porte sur l'analyse de la réponse mécanique de nanofils d'arséniure de gallium (GaAs) semi-conducteurs préparés sur un substrat de silicium par épitaxie par jet moléculaire. Le comportement mécanique du nanofil est caractérisé par des essais de flexion in situ dans un microscope électronique à balayage et en combinaison avec la diffraction des rayons X. Avec le développement des optiques de focalisation des rayons X, des faisceaux de taille sub-100 nm sont disponibles dans différents synchrotrons et permettent d'étudier des nanofils uniques.

Le premier objectif de cette thèse est d'étudier l'impact d'un chargement dynamique, c'est-à-dire des vibrations induites électromécaniquement sur des nanofils individuels en utilisant l'imagerie par diffraction des rayons X. L'étude paramétrique est réalisée en faisant varier l'amplitude de la vibration ou le temps de sollicitation. L'expérience ex-situ, prévue pour examiner la structure cristalline de ces NFs sollicités dynamiquement, était prévue pour mars 2020, mais en raison de la pandémie COVID-19, l'expérience a été reportée par l'installation synchrotron.

Le deuxième objectif de ce travail est d'identifier le mécanisme responsable de la relaxation anélastique qui a été observée après des essais de flexion ou flexion ou de flambage effectués sur des nanofils de GaAs dopés avec du Be. La déformation anélastique est quantifiée en utilisant un algorithme de corrélation d'images numériques. Les résultats sont comparés aux simulations FEM de la solution d'un système d'équations différentielles non linéaires fortement couplées (diffusion et élasticité). L'accord entre les simulations FEM et les données mesurées montre que la relaxation anélastique peut être attribuée à l'effet Gorsky dans les nanofils, c'est à dire au couplage entre la diffusion des défauts ponctuels et le gradient de contrainte.

Les nanofils de GaAs dopé avec du Be ont été sollicités in situ en flexion latérale trois points en utilisant un microscope à force atomique in situ (SFINX) et la diffraction des rayons X sur la ligne de lumière 23 à PETRA III. La flexion a été induite dans les nanofils par le mouvement latéral de la pointe du SFINX. Les nanofils présentent une déformation élastique, une déformation plastique et une relaxation anélastique dépendant du temps. La relaxation anélastique donne lieu à un coefficient de diffusion de $2.71 \times 10^{-13} \text{ cm}^2/\text{s}$ et est en accord avec un effet Gorsky.