

Etude de la croissance de nanofils de semiconducteurs III-V

G. Patriarche, J.-C. Harmand, M. Tchernycheva, C. Sartel, I. Sagnes, L. Travers et F. Glas

Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
CNRS
Route de Nozay
91460 Marcoussis

La croissance de nanofils de semiconducteurs III-V catalysée par des billes d'or est mis en oeuvre au laboratoire dans un bâti d'Epitaxie par Jet Moléculaire. Cette méthode de croissance est appelée « VLS » (Vapour-Liquid-Solid). Les billes métalliques, liquides à la température de croissance, incorporent les espèces adsorbées en surface. La zone de croissance est l'interface métal « liquide » / cristal « solide ». En début de croissance, la surface solide est le substrat. Afin que tous les nanofils poussent orientés perpendiculairement à la surface du substrat, on utilise des substrats orientés {111}. Les nanobilles d'or utilisées comme catalyseur sont formées par démouillage, obtenu par recuit, d'une fine couche d'or (d'épaisseur nominale 3 nm environ) déposée sur le substrat. L'étude structurale des nanofils de GaAs (comme d'ailleurs d'InAs) a montré que leur croissance se faisait dans le système hexagonal « Wurzite » (empilement des plans denses de type « ABAB » dans l'axe de croissance qui est la direction [0001]) avec cependant l'insertion de quelques séquences cubiques, en densité et largeur variable, au cours de la croissance du fil. Les séquences cubiques sont souvent associées à de légers changements du diamètre des tiges.

Par ailleurs, nous avons montré que la composition des billes métalliques au sommet des nanotiges peut être très riche en gallium. Si l'on arrête simultanément le chauffage du substrat ainsi que les flux de gallium et de d'arsenic (afin de bloquer la croissance), l'analyse chimique ex-situ des billes (par EDX dans le TEM) montre qu'elles sont constituées par un monocristal d'alliage stoechiométrique AuGa de structure quadratique. Pour retrouver une bille d'or pur il faut couper le flux de gallium en maintenant la température et le flux d'arsenic. En fonction des conditions dans lesquels on réalise l'arrêt de croissance, mais aussi en fonction de la longueur des nanotiges, on a aussi observé d'autres alliages comme Au₇Ga₂ (composé de structure hexagonale). Il faut souligner que tous ces alliages sont fusibles à la température d'épitaxie (590°C). Cela ne serait pas le cas pour l'or pur, même en prenant en compte les effets de taille des nanobilles. A noter qu'on ne trouve jamais présence d'arsenic dans les billes métalliques. On peut penser que sa limite de solubilité, très faible dans le liquide Au/Ga, pilote la croissance des nanotiges de GaAs.

References:

- [1] Analysis of vapor-liquid-solid mechanism in Au-assisted GaAs nanowires growth, J.-C. Harmand, G. Patriarche, N. Péré-Laperne, M.-N. Mérat-Combes, L. Travers and F. Glas *Applied Physics Letters* **87** (2005) 203101
- [2] Temperature conditions for GaAs nanowire formation by Au-assisted molecular beam epitaxy, M. Tchernycheva, J.-C. Harmand, G. Patriarche, L. Travers and G. E. Cirlin *Nanotechnology* **17** (2006) 4025-4030
- [3] Vapor-liquid-solid mechanisms: Challenges for nanosized quantum cluster/dot/wire materials, P. Cheyssac, M. Sacilotti and G. Patriarche *J. Appl. Phys.* **100** (2006) 044315