

Recuits de nanofils de silicium *in situ* dans le microscope électronique en transmission

***In situ* annealing of silicon nanowires in the transmission electron microscope**

Jean-Luc Maurice¹, Soumyadeep Misra¹, Wanghua Chen¹, Zheng Fan¹, Jian Tang¹, Alienor Togonal¹, Martin Foldyna¹, Linwei Yu^{1,2}, Erik Johnson¹ and Pere Roca i Cabarrocas¹

¹ LPICM, CNRS, Ecole polytechnique, 91128 Palaiseau, France

² School of Electronics Science and Engineering/National Laboratory of Solid State Microstructures, Nanjing University, 210093, Nanjing, China

L'observation à l'échelle atomique de nano-objets (nanotubes de carbone, nanofils de silicium) soumis à des traitements thermiques *in situ*, dans le microscope électronique en transmission (TEM), apporte des informations essentielles sur les processus de nucléation et de cristallisation à l'échelle atomique. Elle permet de comprendre et piloter le développement d'une forme ou d'une propriété donnée de nano-objet pour des applications spécifiques. Cependant l'irradiation électronique modifie ces processus. L'irradiation comprend un effet purement mécanique de transfert d'impulsion – lequel se divise ensuite en échauffement (où les atomes restent en place) et « knock-on damage » (où les atomes sont éjectés) – et le craquage de liaisons chimiques (radiolyse). Ces inconvénients peuvent cependant se changer en avantages dans certains cas. Par exemple des atomes de carbone éjectés peuvent s'implanter dans une particule de catalyseur et fournir une source de matière pour une croissance catalytique sans gaz. Nous montrons dans ce papier que la combinaison de l'irradiation et du recuit peut avoir des effets surprenants comme le fluage et la nano-soudure de nanofils de silicium à des températures aussi basses que 620°C.

The atomic-scale observation of nano-objects (carbon nanotubes, semiconductor nanowires) submitted to heat treatments *in situ*, in the transmission electron microscope (TEM), brings invaluable information on atomic-scale processes of nucleation and crystallisation. It allows one to understand and monitor the development of given nano-object shape or property for specific applications. However, electron irradiation modifies those processes. Irradiation includes a purely mechanical transfer of momentum to the sample atoms – the final effect of which can be further divided into sample heating (when atoms stay in their place) and “knock-on damage” (where atoms are ejected) – and the breaking of chemical bonds through ionization (radiolysis). These drawbacks can however be turned into assets in certain cases. For instance, knocked-on carbon atoms may move inside a catalyst particle and have the same effect as if they had been introduced by decomposition of a gas at the surface of that catalyst: it allows one to perform catalyst-assisted growth of a carbon nano-object *in situ* with no gas. We show in this paper that the combined effects of irradiation and thermal treatment may bring about surprising effects like creep and nano-welding of silicon nanowires at substrate temperatures as low 620°C.