**Cours**

**Fondamentaux sur la nanofabrication**

**Intervenant : Bernard BARTENLIAN** (Université Paris Saclay – C2N, Palaiseau)**. 1h30**

**Description du cours**

**Nanofabrication conventionnelle et non conventionnelle, nanostructures par croissances cristallines auto-organisées**

Nous aborderons les différentes méthodes dîtes « top-down » de nanofabrication depuis celles appelées « conventionnelles » (lithographie, gravure, dépôt et lift-off) issues de la microélectronique vers celles dîtes « non conventionnelles » (lithographie souple, nano-impression, etc.) propices aux applications à la biologie.

L'approche « bottom-up » sera également abordée dans le cadre restreint de la croissance de nanostructures par épitaxie par jets moléculaires. Ainsi, nous verrons des concepts spécifiques à la physique des surfaces tels que les surfaces cristallines, leurs reconstructions, les surfaces vicinales, les coefficients et anisotropies de diffusion des adatomes (atomes diffusants sur les plans cristallins) au sein de la couche de transition de surface dans les tous premiers stades de la croissance des matériaux. Ces notions couplées à celles d'énergie de surface, de Gamma-Plot avec construction de Wulf nous permettront de prédire les trois modes de croissances principalement rencontrés en épitaxie : le mode 2D ou couche par couche (Frank van der Merve), le mode 3D ou en îlot (Volmer-Weber), ou un combiné 2D + 3D (Stransky-Krastanov). Les exemples seront pris sur la base des connaissances en hétéroépitaxie de matériaux semi-conducteurs et de la croissance d'or sur silicium.

On verra également comment en couplant ou hybridant les deux approches précitées, on peut contrôler la position et la faible disparité en taille des nanostructures obtenues par auto-organisation sur des surfaces prétexturées.

Certaines techniques d’observation et d’analyse (microscopie électronique à balayage, optiques, mesures optiques pour remonter à des informations sur la structure) seront abordées dans l'Atelier "caractérisation structurale". Le contenu de ce cours sera également enrichi par l'atelier Nanofabrication et salle blanche : jeu de plateau "Mano-Litho".

**Plan prévisionnel**

**I Méthodes d’élaboration conventionnelle (approche « top-down »)**

- Principe de la micro et nanofabrication conventionnelle en salle blanche

- Lithographie optique UV, électronique (les résines positives, négatives, leurs limites de résolutions)

- Les méthodes de transferts : dépôts en couche mince sous vide, par pulvérisation cathodique, assistées par plasma, les dépôts et « lift-off », la gravure sèche ionique réactive

- Méthodes directes d'élaboration à base de gravures ioniques en très haute résolution

**II. Méthodes d’élaboration non conventionnelles**

- Nanoimpression assistée UV, dans cas de la réalisation de grandes surfaces nanostructurées à bas coût pour la biodétection

- Microfluidique pour la biologie

**III Croissance épitaxiale de nanostructures sur des surfaces cristallines (approche « bottom-up »)**

- Energie de surface – anisotropie cristalline

- Surfaces vicinales

- Reconstructions de surface

- Cinétique et processus atomiques de surface - concept de couche de transition de surface

- Interaction adsorbat/surface – physisorption - chimisorption – nucléation à partir d’un germe de taille critique

- Approche thermodynamique – modes de croissance 2D, 3D, 2D/3D

- Croissance auto-organisée sur surfaces préstructurées