

SUJET DE THESE 2015

Titre de la thèse	Nano-diélectriques moléculaires auto-assemblés sur Ge et semiconducteurs III-V
Laboratoire	IM2NP - UMR CNRS 7334 (www.im2np.fr) (Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence), ISEN-Toulon Tel : 0 483 361 984
Directeur de thèse	Lionel PATRONE, chercheur CNRS - HDR, lionel.patrone@im2np.fr

Sujet

Le remplacement du silicium (Si) par du germanium (Ge) ou des semiconducteurs III-V, tels que GaAs, est sérieusement envisagé actuellement pour développer des transistors MOS à très haute mobilité et à haute fréquence obéissant au cahier des charges de l'« International Technology Roadmap for Semiconductors » (1). Le principal obstacle au développement de transistors MOS avec canal de conduction en matériau III-V ou en Ge, dont les performances peuvent dépasser celles des CMOS en Si, est que la couche d'isolation de ces matériaux qui sert d'isolant de grille n'est ni de bonne qualité ni thermodynamiquement stable, contrairement aux propriétés exceptionnelles d'isolation et de passivation de la silice (SiO₂) sur Si. Alternativement aux oxydes, la possibilité d'obtenir des isolants à base de couches organiques a été montrée sur Si avec une constante diélectrique pouvant atteindre K=8 (2). Ainsi dans ce sujet de thèse, il s'agit de concevoir, fabriquer et évaluer de nouveaux films minces organiques ultra-isolants compatibles avec les semiconducteurs III-V et le Ge dans le but de permettre leur utilisation dans les prochaines générations de dispositifs. Pour cela, l'auto-assemblage moléculaire (3) permet de préparer des monocouches de molécules organiques à haute permittivité diélectrique en un film uniforme et robuste sur de grandes surfaces, avec une structure contrôlée à l'échelle nanométrique, et constitue ainsi une voie prometteuse à explorer.

Dans ce cadre, le sujet de thèse proposé vise à étudier la réalisation sur Ge et semiconducteurs III-V (GaAs en particulier) de monocouches auto-assemblées (3) de diverses molécules organiques de type « organothiols » qui forment une liaison chimique avec ces matériaux (4; 5). Peu d'études ont été menées sur la préparation de couches organiques denses et ordonnées sur ces surfaces et il conviendra pour cela de déterminer la procédure adéquate. Il s'agira ensuite de passer à la préparation de monocouches de molécules spécifiques polarisables du type de celles utilisées sur Si (2), synthétisées par le CINaM avec qui on collabore sur ce sujet, et d'en évaluer les propriétés diélectriques. La réalisation des monocouches se fera par voie liquide à partir d'une solution. La qualité des couches réalisées sera évaluée par diverses techniques d'analyse de surface disponibles au laboratoire (ellipsométrie, angles de contact, spectroscopies UV-visible, infrarouge, XPS, UPS, IPES...) et en particulier au niveau local par microscopie à force atomique (AFM) et à effet tunnel (STM). Ensuite, les propriétés diélectriques seront étudiées via des analyses capacité-tension (C-V) et courant-tension (I-V) localement par microscopie STM/AFM, et plus globalement à l'aide de contacts électriques métalliques de quelques centaines de microns qui seront déposés sur la monocouche moléculaire soit par évaporation sous vide à travers un masque soit via une goutte InGa à l'eutectique. Ce sujet de thèse bénéficiera d'une étude préliminaire menée à l'IM2NP dans le cadre d'un projet collaboratif.

Bibliographie

1. <http://www.ITRS.org>.
2. A. Facchetti, M.H. Yoon, T.J. Marks, *Adv. Mater.* 17, 1705 (2005).
3. A. Ulman, *An Introduction to Ultrathin Organic Films*, Academic Press (Ed.), Boston (1991).
4. J.N. Hohman, M. Kim, H. R. Bednar, J.A. Lawrence, P.D. McClanahan, P.S. Weiss, *Chem. Sci.* 2, 1334 (2011).
5. C.W. Sheen, J.X. Shi, J. Martensson, A.N. Parikh, D.L. Allara, *J. Am. Chem. Soc.* 114, 1514 (1992).