

Couches moléculaires sur silicium : greffage covalent et organisation

François Ozanam

*Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, CNRS-École polytechnique,
91128 Palaiseau*

La fonctionnalisation de la surface des solides à l'aide de couches moléculaires est depuis longtemps un enjeu important pour conférer à une surface des propriétés particulières, qu'elles soient actives ou passives. Beaucoup de stratégies ont été mis en œuvre, mais il y a souvent loin du schéma de principe d'une molécule portant un groupe moléculaire supposé apporter la fonction recherchée, idéalement liée à la surface et au sein d'une couche bien organisée et sans défaut, à la réalité où la molécule est accrochée au sein d'une couche imparfaitement organisée, dans une conformation plus ou moins idéale et conférant plus ou moins efficacement à la surface la propriété recherchée.

Depuis plusieurs années, nous développons au sein de notre équipe des techniques de greffage sur des surfaces de silicium cristallin par des procédés en phase liquide. Nous caractérisons les surfaces obtenues par imagerie microscopique et analyse spectroscopique quantitative. Deux systèmes modèles seront présentés : les couches non fonctionnelles d'alkyles, et les couches portant une terminaison acide (couches carboxy-alkyles). Les greffages covalents sur une surface vierge d'oxyde sont en principe susceptibles de permettre l'obtention de couches compactes et régulières sur des surfaces idéalement préparées. Il est possible par microscopie à force atomique de s'assurer que les couches obtenues sont bien des monocouches moléculaires assurant une couverture régulière de la surface, et de déterminer par spectroscopie infrarouge la concentration superficielle de ces molécules. Toutefois, ces couches ne sont pas exemptes de défauts, comme le montrent leur faculté de protéger plus ou moins efficacement de l'altération des propriétés électroniques de la surface de silicium sous-jacente.

Un autre aspect concerne la façon de disperser plus ou moins homogènement des molécules fonctionnelles au sein d'une couche non fonctionnelle. Cette capacité intéresse de nombreux cas pratiques où l'on souhaite moduler la distance entre des centres fonctionnels au sein d'une couche moléculaire. Cet aspect sera abordé une fois encore au travers du système couche mélangée alkyle/carboxy-alkyle. Dans ce système, les inhomogénéités chimiques à grande échelle peuvent être mises en évidence par le contraste de phase en microscopie atomique en mode oscillant ; la corrélation de ces données avec l'analyse quantitative par spectroscopie infrarouge donne une première image de l'organisation de la couche moléculaire. Une image plus locale peut être obtenue en étudiant les décalages vibrationnels associés aux interactions dipolaires entre vibreurs. Dans ce contexte, il sera montré qu'en fonction du mode de greffage choisi, on peut obtenir des couches mélangées de façon homogène ou d'autres présentant des séparations de phases à différentes échelles.