

Etude de la dépendance en température de la cristallisation 2D de couches ultra-minces d'oligomères conjugués pour des applications du type Field Emission Transistor.

Sven Renkert^{1,2}, Jean-Luc Bubendorff², Laurent Simon², Günter Reiter¹

¹Physikalisches Institut, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., Hermann-Herderstraße 3, D-79104 Freiburg, Germany

²Université de Haute Alsace, Institut de Science des Matériaux de Mulhouse (IS2M), 3b rue Alfred Werner, 68093 Mulhouse Cedex, France

E-mail: jean-luc.bubendorff@uha.fr

L'électronique moléculaire constitue un domaine de recherche de plus en plus important. Utiliser des molécules en microélectronique pour réaliser un dispositif, permet de gagner en flexibilité et en coût par rapport à une structure épitaxiée obtenue sous UHV, mais nécessite de mieux contrôler l'assemblage des molécules pour garantir la fiabilité et la reproductibilité des caractéristiques physiques du dispositif. Pour réaliser une structure de type transistor à effet de champ, une approche presque « tout organique » où seule la prise de contact au niveau du canal reste métallique peut être envisagée. Dans ce cas-là, le canal serait constitué d'un assemblage de molécules conjuguées. Il est maintenant établi que la conduction des porteurs de charge (électron ou trou) se fait à l'interface entre le canal et le diélectrique de grille ce qui la rend extrêmement dépendante de la conformation des molécules à cette interface. Afin d'accroître la mobilité des charge dans le canal, il devient nécessaire de réaliser une couche aussi parfaitement ordonnée (cristallisée) que les couches épitaxiales obtenues avec des matériaux inorganiques. Ceci est loin d'être le cas actuellement et constitue un véritable défi pour la communauté.

Nous avons étudié différentes méthodes de cristallisation de couches supramoléculaires de molécules conjuguées (2,5-dialkoxy-phenylene-thienylene based oligomer (5TBT), figure 1).

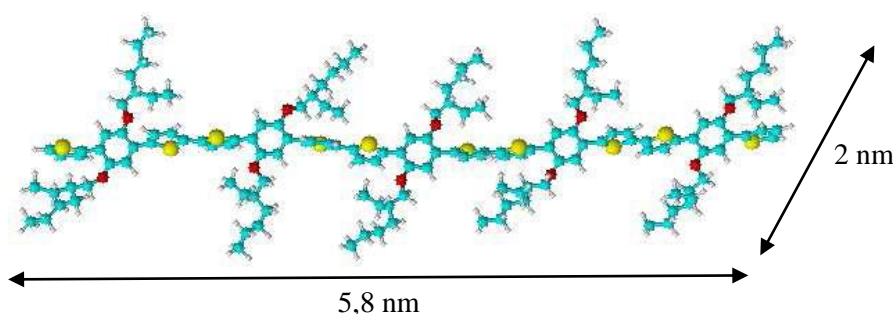


Figure 1 : Molécule de 5TBT.

La colonne vertébrale de cette molécule est constituée d'un enchaînement de noyaux benzéniques et de thiophènes en relation de conjugaison. En fonction de l'organisation de l'assemblage supramoléculaire obtenue à partir de cette brique moléculaire 'élémentaire', nous pouvons donc obtenir une conductivité importante le long de la chaîne conjuguée [1] mais aussi suivant la direction perpendiculaire à l'axe de la molécule par un phénomène d'empilement du type π - π stacking [2], ce qui rend l'étude de cette molécule en couches minces particulièrement intéressante.

Nous avons réalisé des structures cristallines 2D de molécules de 5TBT par une technique dite de ‘spin coating’ suivi d’un traitement thermique. Nos premiers résultats d’imagerie par microscopie à force atomique (AFM) montrent que les molécules s’organisent en couches d’épaisseur fixe (~2nm) avec un nombre de couches et une morphologie contrôlés par la température de cristallisation. Un exemple de morphologie obtenue est donné sur la figure 2. Dans ce cas-là, comme l’épaisseur de la couche moléculaire est comparable à la largeur de la chaîne moléculaire (voir figure 1), il est plus que probable que la molécule soit en position ‘debout’ avec une direction d’empilement π - π parallèle à la surface du substrat. Ce type d’orientation favorise le transport de charge latéral ce qui devrait nous permettre de réaliser dans un futur proche des transistors FET à base de ces couches organiques 2D. Nous montrons également que cette structuration peut être modifiée par un recuit en présence de vapeur de solvant (solvent vapor annealing) ce qui nous permettra d’optimiser ces couches 2D pour des applications du type détecteur de molécules en phase gazeuse.

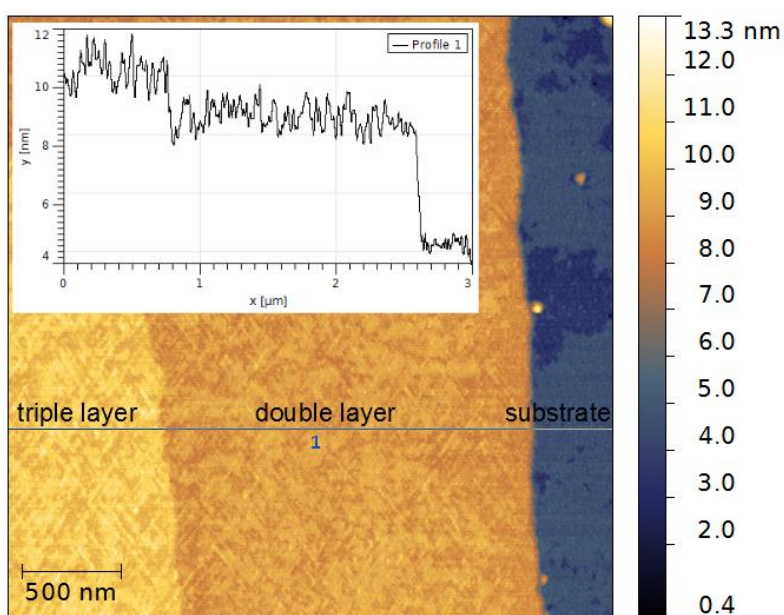


Figure 2: Image topographique (AFM) d’une double et triple couches de molécules de 5TBT auto-assemblées sur la couche d’oxyde native d’un substrat de silicium orienté (111) et profil des hauteurs suivant la ligne 1 (voir insert).

Des études en cours par microscopie à effet tunnel (STM) en environnement UHV vont nous permettre de déterminer l’organisation des couches moléculaires et les interconnexions entre molécules ceci afin d’interpréter les propriétés de transports de charges déjà obtenues par conductive AFM (C-AFM).

- [1] R Shokri, M Lacour, T Jarrosson, J Lère-porte, F Serein-spirau, K Miqueu, J Sotiropoulos, F Vonau, D Aubel, M Cranney, G Reiter, L Simon, *Generating long supramolecular pathways with a continuous density of states by physically linking conjugated molecules via their end groups*, J. Am. Chem. Soc. **135** (15) ,5693-5698 (2013)
- [2] W Hourani, K Rahimi, I Botiz, F Koch, G Reiter, P Lienert, T Heiser, J Bubendorff, L Simon, *Anisotropic charge transport in large single crystals of pi-conjugated organic molecules*, Nanoscale **6** (9) ,4774-4780 (2014)