

HABILITATION A DIRIGER

DES RECHERCHES UNIVERSITE DE LILLE1

Discipline : Electronique



Nom du candidat : Stéphane LENFANT

JURY

Président de Jury

Garant de l'habilitation

D. VUILLAUME Directeur de Recherche CNRS HDR à l'Université de Lille1, IEMN

Rapporteurs

P. LAFARGE Professeur HDR à l'Université de Paris Diderot
J.-P. SIMONATO Chargé de Recherche HDR au CEA de Grenoble
J.-P. TRAVERS Directeur de Recherche CNRS, Docteur d'Etat au CEA de Grenoble

Membres

P. BLANCHARD Directeur de Recherche CRNS HDR à MOLTECH-Anjou à Angers
G. DAMBRINE Professeur HDR à l'Université de Lille1, IEMN

TITRE DE LA THESE



Contribution à l'électronique moléculaire : de la jonction au composant

RESUME

La croissance du nombre d'études en électronique moléculaire depuis plusieurs décennies repose sur la perspective fascinante d'utiliser des « briques » moléculaires nanométriques pour la fabrication de composants électroniques. Le travail présenté ici s'inscrit dans cette perspective avec comme particularité d'utiliser les monocouches auto-assemblées (les SAMs) pour former le système moléculaire à étudier. La synthèse de ces travaux de recherche en électronique moléculaire durant ces 10 dernières années à l'IEMN sera présentée en se focalisant plus particulièrement sur quatre aspects de ces activités.

Tout d'abord, nous aborderons la problématique de la formation expérimentale de la jonction moléculaire (métal ou semi-conducteur/molécules/métal). Dans ce cadre, nous décrirons la réalisation expérimentale de nombreux types de jonctions moléculaires par: électrodes coplanaires (espacées de 50 μm à 16 nm), masque mécanique, micro-nanopore, contact avec une électrode liquide (eGaIn et Hg) et *Conducting AFM*.

Dans un second temps, nous discuterons des mécanismes de transport électronique au sein de la jonction. Pour cela nous étudierons une technique très utilisée depuis quelques années appelée *Transition Voltage Spectroscopy* (ou TVS), qui permet théoriquement de remonter au niveau d'énergie de l'orbitale moléculaire impliquée dans le transport électronique au sein de la molécule. Notre approche dans cette partie repose sur l'analyse par TVS d'un grand nombre de jonctions moléculaires formées par différentes techniques, et différentes molécules déposées en SAM (en fait 3 familles de molécules). Les résultats obtenus seront comparés à ceux obtenus par UPS et IPES afin d'estimer la pertinence de la technique TVS. Nous verrons que ce travail met en lumière l'importance de l'interface sur l'interprétation des résultats obtenus par TVS.

Le troisième aspect traitera de la réalisation d'un composant moléculaire : le transistor à effet de champ, dont le canal conducteur est constitué d'une SAM. La fabrication à l'aide d'électrodes coplanaires de ce type de composant, nommé *Self Assembled Monolayer Field Effect Transistor* ou SAMFET, sera décrite. Nous verrons que ce transistor donne des valeurs de mobilités comparables à celles obtenues sur des transistors organiques avec un canal conducteur plus épais. De plus, les tensions nécessaires au fonctionnement de ce SAMFET sont très faibles (inférieures à 2V). C'est la première démonstration de SAMFET avec des tensions de fonctionnement proches du volt.

Le quatrième et dernier volet portera sur la réalisation de jonctions moléculaires stimulables, c'est-à-dire des molécules dont la conductance change sous l'effet d'une excitation extérieure. Trois aspects seront détaillés : tout d'abord, nous comparerons les conditions de greffage sur substrat d'or pour des SAMs constituées de molécules dérivées quaterthiophène avec une ou deux fonctions thiol ; puis nous étudierons une molécule déposée en SAM capable de réagir avec des cations Pb^{2+} et modifier ses propriétés électroniques ; et enfin, nous examinerons des jonctions excitables optiquement nommées commutateurs électro-optiques. Pour ce dernier exemple, la jonction est constituée d'une molécule avec un groupement azobenzène. Ce groupement peut basculer optiquement et réversiblement entre deux isomères. Ces deux isomères ont des conductances différentes, le rapport des conductances moyen a été mesuré à environ $1,5 \cdot 10^3$ et avec une valeur maximum de $7 \cdot 10^3$. Ce ratio de conductance entre les deux isomères demeure à ce jour le plus élevé mesuré pour des jonctions moléculaires à base de molécules dérivées azobenzène.

**Soutenance prévue le 13 décembre 2013 à 10h30
Amphi du LCI**