

Nom du candidat : Bilel HAFSI

JURY

Président de Jury

Directeurs de Thèse

K. LMIMOUNI Professeur à l'Université de Lille1, IEMN
A. KALBOUSSI Professeur à l'Université de Monastir, Tunisie

Rapporteurs

L. HIRSCH Directeur de Recherche CNRS à l'IMS, Université de Bordeaux
L. SFAXI Professeur à l'Université de Sousse, Tunisie

Membres

T. HEISER Professeur à l'Université de Strasbourg
K. BESBES Professeur à l'Université de Monastir, Tunisie

TITRE DE LA THESE

Réalisation, caractérisation et simulation de composants
organiques: Transistors à effet de champ et mémoires

Fabrication, characterization and simulation
of organic Field effect transistors and memories



RESUME

Les dispositifs organiques émergents tels que les transistors et les mémoires connaissent ces dernières années un développement considérable de part leur facilité de mise en œuvre, leur bas coût et la diversité des semiconducteurs utilisés. Cette thèse aborde une approche originale de réalisation de composants organiques (transistors, mémoires volatiles et non volatiles) à base d'un semiconducteur de type N "Polyera™ N2200". Tout d'abord, des transistors à effet de champ ont été fabriqués et optimisés en améliorant notamment les interfaces diélectrique/semiconducteur par des monocouches autoassemblées et en changeant certains paramètres technologiques (dépôt, recuit, solution ...). Par la suite, ces transistors ont été simulés à l'aide du logiciel ISE TCAD®, un logiciel basé sur un modèle 2D à effet de champ et de dérive-diffusion. Les propriétés électriques de ces dispositifs organiques ont été étudiées en fonction de l'influence de la mobilité des porteurs, des densités des pièges, et de leur énergie... Les effets des pièges d'interface ont également été pris en considération dans la simulation.

Ces transistors ont été ensuite utilisés comme brique de base pour la réalisation de nos dispositifs mémoires volatiles et non volatiles. En effet, on y incorporant une couche de nanoparticules d'or (NP's Au), on a réussi à développer des composants mémristifs couplant à la fois l'effet transistor et l'effet mémoire. Ces composants appelés « NOMFET » miment le comportement d'une synapse biologique tout en reproduisant les effets dépressifs et facilitateurs avec une amplitude relative de 50% et une réponse dynamique de l'ordre de 4s. En étudiant la dynamique de chargement et de déchargement des NP's d'or, notamment, par l'application de trains d'impulsions (pré- et post-synaptiques) séparées par des intervalles de temps Δt , on a mis en évidence une fonction d'apprentissage anti-Hebbienne, un des mécanismes fondamentaux de l'apprentissage non-supervisé d'une synapse inhibitrice dans un réseau de neurones biologiques.

Finalement, des mémoires FLASH non volatiles, ont été réalisées en combinant des nanoparticules d'or avec des mono-feuillets d'oxyde de graphène réduit (rGO). Ces mémoires appelées mémoires à double grille flottante montrent une large fenêtre de mémorisation (~68V), un temps de rétention élevé ($>10^8$ s) et d'excellentes propriétés d'endurance (1000 cycles d'écriture/effacement).

Emerging organic devices such as transistors and memories are of great interest due to their easier processing, low cost and the variety of semiconductors used. The subject of this thesis addresses an original approach to realize new components (transistor, volatile and non-volatiles memory) based on N type organic semiconductor "Polyera™ N2200". First, we have fabricated and optimized organic field effect transistors by modifying gate dielectric with self-assembled monolayers (OTS) and modifying some technological parameters related to fabrication such as (deposition rate, annealing, solvents...). Then, we have analyzed their electrical properties with the help of two-dimensional drift-diffusion simulator using ISE-TCAD®. We studied the fixed surface charges and the effect of the organic semiconductor/oxide interface traps. The dependence of the threshold voltage on the density and energy level of the trap states has been also considered. We found a good agreement between the output and transfer characteristics for experimental and simulated data.

These transistors were used as a basic building block to realize our volatile and non-volatiles memory devices. Indeed, by incorporating gold nanoparticles in these devices, we have developed a new devices which combine the transistor and the memory effect. These "NOMFETs" (nanoparticles organic memory field effect transistors) mimic the behavior of biological synapse by reproducing a facilitating and a depressing drain current with a relative amplitude of about 50% and a dynamic response of about 4s. Studying the charging/discharging dynamics, we modulated the amount of charges trapped in the Au NP's by applying a train of (pre- and post- synaptic) pulses separated by different time intervals Δt . We demonstrated a typical anti-Hebbien learning function, one of the fundamental mechanisms of the unsupervised learning in biological neural networks.

Finally, we developed nonvolatile "FLASH" memory devices, by combining metallic gold nanoparticles and reduced graphene oxide (rGO) monolayer flakes. This double floating gate architecture provided us a good charge trapping ability which include a wide memory window (~68V), a long extrapolated retention time ($>10^8$ s) and strong endurance properties (1000 write/erase cycles).

Soutenance prévue le 11 juillet 2016 à 10h30
Amphi du LCI