

# DOCTORAT DE

## L'UNIVERSITE DE LILLE 1

### Ecole Doctorale : SPI

#### Discipline : Micro et Nano Technologies, Acoustique et Télécommunications



**Nom du candidat : Tianchen ZHANG**

### JURY

#### Président de Jury

#### Directeur de Thèse

**K. LMIMOUNI** Professeur à l'Université de Lille1, IEMN

#### Rapporteurs

**V. DERYCKE** Ingénieur au CEA à Saclay

**T. HEISER** Professeur à l'Université de Strasbourg

#### Membres

**S. LENFANT** Chargé de Recherche à l'Université de Lille1, IEMN

**L. CALVET** Chargée de Recherche à l'Université de Paris Sud

**P. BLANCHARD** Directeur de Recherche CNRS à Moltech, Université d'Angers

#### Invité

**T. TRIGAUG** Maître de Conférences à l'Université de Limoges

### TITRE DE LA THESE

#### **Composants mémoires et effet NDR dans les dispositifs à base de matériaux hybrides : organiques/nanoparticules d'or Negative differential resistance and non-volatile memory effect in hybrid organic/gold nanoparticle based devices**



### RESUME

Le travail présenté dans cette thèse porte sur l'étude des propriétés électriques et des mécanismes physiques d'un dispositif à base du matériau hybride polymère conducteur-Nanoparticules d'Or (PTEDOT-AuNPs) et de son application dans le domaine des mémoires résistives non-volatiles. Dans un premier temps, nous décrivons la synthèse de ce matériau hybride obtenu par fonctionnalisation de la surface des nanoparticules d'or ainsi que sa caractérisation électrique et physique. La fabrication du dispositif Métal/PTEDOT-AuNPs/Métal est ensuite réalisée en combinant la méthode de la photolithographie et de l'électropolymérisation ce qui a permis une croissance in-situ du matériau dans la zone active du dispositif. Nous mettons en évidence par la suite le phénomène de l'électroforming du dispositif qui s'accompagne par un changement de sa résistance pendant la caractérisation électrique. Nous discutons par ailleurs la nature physique de ce phénomène lié à un changement local de la température et à la création d'un chemin conducteur métallique. Après cette étape, le dispositif présente un effet mémoire (basculement de la résistance d'un rapport de  $10^3$  à  $10^4$ ) et d'un effet de résistance négative différentielle (effet NDR). La mémoire ainsi réalisée est caractérisée dans la suite en mode DC et en mode impulsif et ses performances (retention et endurance) sont mesurées. Les résultats obtenus (endurance plus de 900 cycles et retention plus de  $10^5$ s) permettent de démontrer les potentialités d'application de notre dispositif dans les applications en mémoires résistives non volatiles.

Nous avons également étudié les mécanismes physiques du fonctionnement et du switch entre les deux états de conductance de notre dispositif. Il en ressort que la formation du chemin conducteur entre les deux électrodes et le l'effet de piégeage et dépiégeage sont les principaux mécanismes responsables de l'électroforming et de l'effet mémoire.

Dans la dernière partie de la thèse, nous nous sommes intéressés à la réalisation de dispositifs multi terminaux (6 électrodes) « NanoCell » et avons démontré que notre dispositif pouvait réaliser des fonction de la porte logique reconfigurable. Nous démontrons en effet - qu'il est possible après configuration - de réaliser deux portes logiques de base « AND » et « OR » à l'aide du « Nanocell » par simple choix du niveau du courant seuil externe.

The work presented in this thesis deals with the study of the electrical properties and physical mechanism of a device based on the functional hybride material : conducting polymer-gold nanoparticles (PTEDOT-AuNPs) and its application in the field of non-volatile resistive memory. Firstly, we demonstrate the synthesis of this hybrid material obtained by functionalization of the surface of gold nanoparticles as well as its electrical and physical characterization. The fabrication of Metal/PTEDOT-AuNPs/Metal nanodevice is then carried out by combining the method of photolithography and electropolymerization, which allowed an in-situ growth of the material in the active zone of the device. During the electrical characterization, the forming process which is accompanied by a resistive switching of the device is demonstrated in the following. We also discuss the physical nature of this phenomenon, it is general believed that this forming process are related to a local change in temperature and the creation of a metal conducting path. After that, the device exhibits two electrical behaviors : a negative differential resistance effect(NDR effect) and a memory effect (ON/OFF current ratio in the range  $10^3$ - $10^4$ ) not only DC measurement but also in pulse measurement. The results obtained in the reliability test (endurance more than 900 cycles and retention more than  $10^5$ s) make it possible to demonstrate promising applications in nonvolatile resistive memories. In the study of the physical mechanisms of resistive switching between two distinct conductance states of our device. It seems that the formation of the conductive path between the two electrodes and the effect of trapping and trapping are the main mechanisms responsible for electroforming and the memory effect. In the last part of the thesis, we are interested in the realization of the "NanoCell" logic gate for molecular computing which based on our multi-terminal devices (6 electrodes). We proved that it is possible to realize two basic logic gates "AND" and "OR" by choosing the level of the external threshold current after the configuration of "Nanocell".

**Soutenance le 16 décembre 2016 à 10h30  
Amphi LCI**