

Nom du candidat : Moussa BIAYE
JURY
Président de Jury
Directeur de Thèse
T. MELIN Directeur de Recherche CNRS à l'Université de Lille1, IEMN

Rapporteurs
C. LOPPACHER Professeur à l'Université d'Aix-Marseille

B. GAUTIER Professeur à l'INSA à Lyon

Membres
B. GREVIN Chargé de Recherche au SPrAM à Grenoble

L. BOROWIK Ingénieur de Recherche au CEA-LETI à Grenoble

L. RESSIER Professeur à l'INSA de Toulouse

TITRE DE LA THESE
**Caractérisation de propriétés électroniques
 et électromécaniques de nanocristaux colloïdaux par microscopie
 à force atomique en ultravide**

**Electronic, electrical and mechanical properties characterization
 of colloidal nanocrystals using atomic force microscopy under UHV**
RESUME

La compréhension des propriétés électroniques, électriques et mécaniques de nanostructures est une question clé en nanosciences et nanotechnologies. Pour sonder et comprendre ces propriétés à l'échelle nanométrique, une technique expérimentale essentielle est la microscopie champ proche. L'objectif de cette thèse a été de comprendre les propriétés électroniques et électromécaniques de nanostructures colloïdales individuelles ou assemblées par microscopie à force atomique en environnement ultra vide.

La première partie du travail concerne les propriétés de transport à travers des assemblées de nanoparticules colloïdales métalliques d'or et transparentes d'oxyde d'indium (ITO) formant les zones actives de jauges de contraintes résistives. L'étude par conducting AFM a permis de mesurer les spectroscopies courant-tension $I(V)$ en fonction de la force d'appui du levier et de la température. Le transport tunnel a été étudié du régime linéaire au régime Fowler Nordheim, permettant une mesure du module de Young effectif des ligands des nanoparticules.

La deuxième partie du travail correspond en premier lieu la caractérisation des nanocristaux semi-conducteurs colloïdaux individuels d'Arséniure d'Indium (InAs) dopés ou non-intentionnellement dopés, de tailles inférieures dans la gamme 2-8 nm. Cette étude visait à comprendre les processus de transfert de charges entre les nanocristaux et leur environnement dans un régime physique de fort confinement quantique et coulombien. Les résultats expérimentaux ont fourni une estimation du taux de dopage actif de l'ordre de $8 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ avec une densité de défauts de l'ordre de $\sim 5 \cdot 10^{12} \text{cm}^{-2}$. Ensuite, une caractérisation par KPFM couplée au nc-AFM sous ultra vide a été menée sur les nanocristaux semi-conducteur colloïdaux de pérovskites (CsPbBr_3).

Understanding the electronic, electrical and mechanical properties of nanostructures is a key issue in nanoscience and nanotechnology. Scanning probe microscopy is an essential tool to probe and understand these properties at the nanoscale. The objective of this thesis was to characterize the electromechanical and electrostatic properties of individual or assembled colloidal nanocrystals using atomic force microscopy in ultra-high vacuum environment.

The first part of the manuscript deals with the transport properties of assemblies of gold and indium tin oxide nanoparticles, forming the active areas of resistive strain gauges. Current-bias spectroscopies are measured as a function of the force applied on the cantilever and as a function of temperature. Tunneling transport is evidenced and measured from the linear regime to the Fowler Nordheim regime. The mechanical characteristics (effective Young modulus) of ligands is extracted.

The second part of the thesis is devoted to the characterization of the electrostatic properties of individual indium arsenide (InAs) colloidal doped nanocrystals with sizes in the 2-8 nm range, using non-contact atomic force microscopy coupled to Kelvin probe force microscopy. This aim was to understand the charge transfer mechanisms between doped or undoped nanocrystals and their environment, in a physical regime of strong quantum and Coulomb confinement. Experimental results enable to measure a doping level of $\sim 8 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ and a defect density of about $\sim 5 \cdot 10^{12} \text{cm}^{-2}$. Kelvin probe force microscopy measurements were in addition performed on colloidal perovskite (CsPbBr_3) semiconductor nanocrystals in order to explore the photo-generation mechanisms of carriers.

**Soutenance le 08 décembre 2016 à 14h00
 Amphi du LCI**