

La plateforme de microscopie à force atomique (AFM) de l'AIME *Micro-Nano* de Toulouse

Laurence RESSIER

laurence.ressier@insa-toulouse.fr

Atelier Inter-universitaire de Micro & nano-Electronique (AIME Micro-Nano), Toulouse

La microscopie à force atomique (AFM) avec ses nombreux modes dérivés est à la fois une technique de caractérisation topographique, électrique, magnétique et chimique à l'échelle nanométrique mais aussi une technique de nanolithographie extrêmement puissante et flexible. Elle est de ce fait devenue incontournable dans des secteurs très variés du monde universitaire et industriel, accompagnant l'actuelle explosion des nanotechnologies.

Partants de ce constat, nous avons créé en 2007 une plateforme AFM, au sein de l'Atelier Inter-universitaire de Micro et nano-Electronique (AIME *Micro-Nano*) de Toulouse, grâce au soutien du CNFM (Figure 1).



Figure 1 : Photographies de la plateforme AFM de l'AIME Micro-Nano de Toulouse

Cette plateforme pédagogique, entièrement dédiée à la formation pratique en microscopie à sonde locale, a officiellement démarré en octobre 2007. Elle est constituée de trois AFM *di-Caliber* de Veeco Instruments permettant de réaliser à l'échelle nanométrique :

- des caractérisations topographiques en trois dimensions (3D) en *AFM mode contact* et *tapping* à l'air ou en milieu liquide
- des spectroscopies de force à l'air ou en milieu liquide
- de la nanolithographie par oxydation anodique ou *scratching*
- des caractérisations électriques en mode *EFM* (*Electric Force microscopy*)
- des caractérisations magnétiques en mode *MFM* (*Magnetic Force microscopy*)

Depuis la rentrée 2007, des étudiants de différentes filières de l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Toulouse travaillent en binôme par microscope sur trois types de travaux pratiques (TP) dispensés sur cette plateforme :

- un TP d'initiation en AFM mode contact d'une durée de 4 heures dispensé aux élèves ingénieurs INSA de 3^{ème} année (niveau L3) des pré-orientations IMACS et MIC (soit environ 200 étudiants par an). Les étudiants caractérisent des échantillons très variés : composants de microélectronique, supports optiques d'enregistrement (CD, CD-R, CD-RW, DVD...), polymères, staphylocoque doré, peau, cheveux... Ils sont particulièrement sensibilisés au traitement d'images.
- un TP de perfectionnement de 8 heures proposé aux étudiants physiciens de 5^{ème} année (niveau M2) orientation microsystemes (15 étudiants par an). Ce TP, complétant un cours magistral, se propose de donner aux élèves ingénieurs un aperçu des principaux modes topographiques et dérivés de l'AFM : caractérisation topographique en 3D de MEMs (élaborés par

les étudiants eux-mêmes lors d'un stage de microfabrication en salle blanche à l'AIME) en mode contact, tapping, friction et imagerie de phase, réalisation de motifs d'oxyde de silicium par nanolithographie par oxydation de silicium, caractérisation électrique par EFM de peignes métalliques interdigités polarisés, caractérisation magnétique MFM de bandes magnétiques et de disques durs (Figure 2).

- un TP de perfectionnement de 8 heures proposé aux étudiants physiciens de 5^{ème} année (niveau M2) suivant le Master Recherche *Nanophysique-Nanocomposant-Nanomesure* (10-15 étudiants par an). Ce TP, complétant le cours magistral de Master *Champ proche & interactions*, propose d'utiliser l'AFM comme outil de nanolithographie pour diriger l'assemblage de nanoparticules en solution colloïdale sur des zones micro ou nanométriques de substrats de silicium. Deux voies originales, directement inspirées des activités de recherche des intervenants, sont mises en œuvre :

- assemblage compact et organisé de nanoparticules par dépôt convectif/capillaire sur des plots micrométriques d'oxyde de silicium hydrophiles élaborés par nanolithographie AFM par oxydation anodique de wafers de silicium
- dépôt par interaction électrostatique de nanoparticules chargées ou polarisables sur des motifs micro ou nanométriques chargés électriquement par AFM dans une couche mince d'électret (SiO_2 ou PMMA).

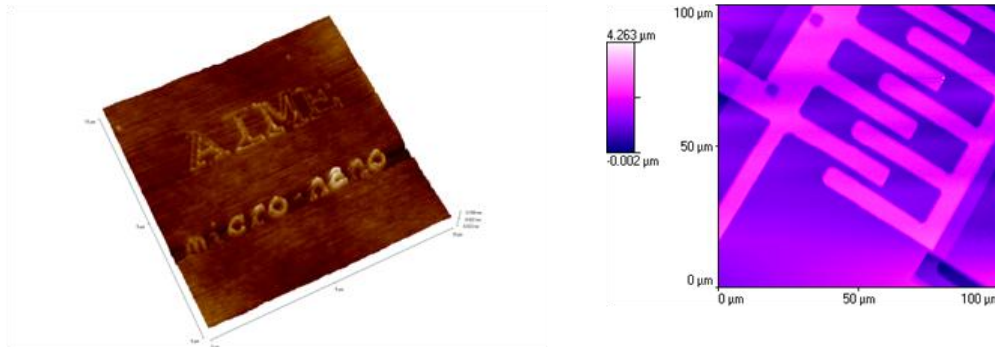


Figure 2 : Image topographique 3D par AFM d'écritures en oxyde de silicium réalisées par nanolithographie AFM par oxydation de silicium (gauche) et vue de dessus topographique par AFM d'un accéléromètre fabriqué par les étudiants en salle blanche (droite)

Plusieurs autres travaux pratiques sont en gestation : analyse de défaillance de composants de microélectronique, observation de bactéries en milieu liquide, caractérisation de la corrosion localisée d'alliages d'aluminium en couplant AFM et EFM... La mise en place d'un groupe de réflexion sur l'enseignement des nanotechnologies au sein du CNFM permet de partager les expériences pédagogiques et les TP de base en microscopie à sonde locale entre les plateformes similaires des principaux centres du CNFM (Grenoble, Rennes, Lille et Paris) mais également de proposer des enseignements spécifiques et complémentaires dans chaque pôle.

L'ensemble des TP proposés sur la plateforme AFM de l'AIME est ouvert à toutes les formations universitaires toulousaines et extérieures.

Une formation continue est enfin proposée aux ingénieurs, chercheurs et techniciens supérieurs désirant s'initier à la microscopie à force atomique et à ses modes dérivés (EFM, MFM, nanolithographie...).