

Proposition de sujet de thèse**Titre :****Vers la réalisation de composants monoélectroniques par anodisation locale par microscopie à force atomique de nanofils métalliques**

Mots clefs : nanosciences, nanotechnologies, nanoélectronique, nanofils métalliques, nano-oxydation par AFM, jonction tunnel, transistor à un électron, mémoire à un électron, pièges à électron

Directeur de thèse : Martine Le Berre

Co-encadrant : Nicolas Baboux

Durée : 36 mois

Financement : financé par un contrat doctoral ministériel, Ecole doctorale EEA

Lieux : INL UMR CNRS 5270 – INSA de Lyon (Villeurbanne)

Sujet :Contexte scientifique

Depuis l'invention des circuits intégrés il y a plus de quarante ans, leurs performances sont multipliées par dix tous les 5 ans [1], grâce principalement à la réduction continue des dimensions des composants issus de la technologie CMOS. Cette tendance se heurte cependant de plus en plus à des limites physiques et de nouvelles solutions doivent être proposées à moyen terme. Les efforts de recherche dans ce sens ont débuté dans les années 90, et il est à présent évident que la future technologie devra satisfaire des critères de compatibilité avec la technologie CMOS existante, d'une part et de faible consommation de puissance électrique, d'autre part, ceci pour ne pas freiner la montée la montée en fréquence et/ou la complexité des circuits. Parmi les alternatives, on trouve «l'électronique à un électron» dont la brique élémentaire (l'analogue du transistor MOS dans la technologie CMOS) est le transistor à un électron, ou SET (Single Electron Transistor) [2]. Ce transistor à un électron est un composant à trois terminaux qui conduit les électrons par des événements tunnel successifs entre deux électrodes séparées par un îlot conducteur. Comme beaucoup de composants émergents, les SETs sont pour l'instant plus étudiés théoriquement qu'expérimentalement. Les vertus qu'on leur prête, mais aussi leurs inconvénients, doivent être concrètement testés et vérifiés. C'est pourquoi nous proposons dans la présente étude de développer une filière de fabrication simple et souple de composants mono-électroniques à petite échelle. Nous cherchons à obtenir des composants fonctionnels susceptibles de déterminer si cette technologie émergente constitue bien une alternative crédible à la succession du tout-CMOS et le cas échéant dans quelles conditions.

Sujet de recherche

Le sujet proposé ici vient en soutien à l'un des axes prioritaires de l'INL qui est celui des composants nanoélectroniques avancés complémentaires du CMOS. Il s'agit ici de mettre en œuvre localement à l'INL une filière de réalisation de composants monoélectroniques pour la nanoélectronique. L'originalité de la thèse réside dans la mise en œuvre de la nano-oxydation par microscopie à force atomique sur des nano-fils métalliques qui nous conduira à développer des dispositifs de complexité croissante (jonction tunnel simple, double jonction tunnel allant jusqu'au transistor à un électron grâce à l'ajout d'une électrode de grille, pièges à électron, éventuellement mémoire à un électron SEM puis QCA –quantum cell array) [3-6].

Notre équipe est d'ores et déjà reconnue (nationalement et internationalement) pour ses contributions dans les domaines de la caractérisation et de la modélisation. Il s'agit ici de profiter du potentiel dont nous disposons localement à l'INL (plateforme Nanolyon dont lithographie optique et ebeam, AFM, ALD, FIB), qui en fait sa spécificité, pour démarrer une activité technologique sur ce type de composants :

L'ALD permettra d'améliorer le contrôle des sections de nanofils grâce à sa capacité de former des couches de métal homogènes épaisses de seulement quelque nanomètres. Le FIB sera intéressant pour réparer d'éventuelles interruptions sur les pistes d'accès.

Cette thèse contribuera à consolider et à fédérer la dynamique existante sur la thématique mono-électronique et elle générera une forte implication des acteurs concernés autour de développements technologiques (incluant l'ALD et la nanostructuration par AFM), de la caractérisation (et nano-caractérisation AFM UHV), de la simulation, de la modélisation et de la conception.

Encadrement et collaborations.

Le doctorant sera accueilli par l'équipe « Dispositifs Electroniques » à l'INL, les compétences des co-encadrants de ce travail étant parfaitement complémentaires [7-9]. Il bénéficiera à la fois de l'environnement scientifique de l'INL et du tissu collaboratif dense de l'équipe. Il aura accès à la Centrale technologique « Nanolyon » ainsi qu'aux moyens de nanostructuration par AFM et de caractérisation électrique macroscopique du laboratoire. Ce projet se fera dans le cadre d'une collaboration informelle avec le laboratoire UMI L2N de Sherbrooke.

Profil du candidat.

Le candidat devra posséder de solides connaissances dans le domaine des composants électroniques: physique des semiconducteurs, nanoélectronique, dispositifs MOS nanométriques, technologies des semiconducteurs et nanocaractérisation. Une expérience préalable en salle blanche constituerait un plus.

Compétences développées au cours de la thèse et perspective professionnelle:

Réalisation de composants nanoélectroniques en salle blanche (lithographie optique, ebeam, techniques de dépôt de conducteurs), mise en œuvre de microscopie à sonde locale (AFM), mise en œuvre des techniques de caractérisation électrique (de 4.2K à 600K), acquisition de compétences dans le domaine de la physique du transport. Les perspectives professionnelles concernent préférentiellement le monde académique et l'industrie de la microélectronique.

Bibliographie sur le sujet de thèse

- [1] The International Technology Roadmap for Semiconductors - 2007 Edition, Emerging Research Devices, Online: http://www.itrs.net/Links/2007ITRS/2007_Chapters/2007_ERD.pdf .
- [2] K. K. Likharev, IEEE Trans. Magnetics 23, 1142 (1986)
- [3] K. Matsumoto, M. Ishii, K. Segawa, Y. Oka, B. J. Vartanian, and J. S. Harris, Appl. Phys. Lett. 68, 34 (1996).
- [4] J. I. Shirakashi, K. Matsumoto, N. Miura, and M. Konagai, Appl. Phys. Lett. 72, 1893 (1998).
- [5] Y. Gotoh, K. Matsumoto, V. Bujanja, F. Vazquez, T. Maeda, and J. Harris, Jpn. J. Appl. Phys. 39, 2334 (2000).
- [6] Y. Gotoh, K. Matsumoto, and T. Maeda, Jpn. J. Appl. Phys. 41, 2578 (2002).
- [7] M. Hocevar, N. Baboux, A. Poncet, A. Souifi, IEEE Trans. Elec. Dev. 56, 2657 (2009)
- [8] A. S. Dehlinger, M. Le Berre, B. Canut et al., J. Magn. Mater. 322, 3293-3297 (2010).
- [9] W. Xuan, A. Beaumont, M. Guilmain, M.A. Bounouar, N. Baboux, J. Etzkorn, D. Drouin, F. Calmon, IEEE Trans. Elec. Dev. 59, 212-220 (2012).

Contacts :

Martine Le Berre– martine.leberre@insa-lyon.fr – 04 72 43 88 62