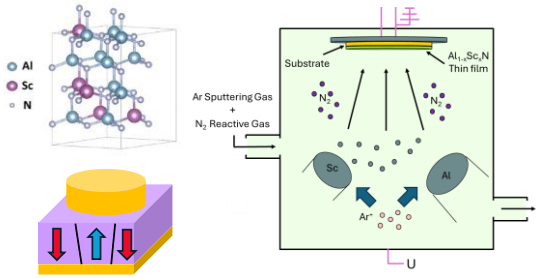
M2 INTERNSHIP PROJECT OFFER

Development of AlScN ferroelectric thin films by confocal PVD



RESEARCH OPPORTUNITY: The von Neumann electronic architecture is one of the main obstacles to low-energy artificial intelligence (AI): the separation between processing and memory cores induces major energy overconsumption. Neuromorphic electronics based on spiking neural networks and the computing-in-memory (CIM) paradigm paves the way for low-energy AI. In this landscape, capacitive CIM based on ferroelectric capacitive memories (memcapacitors) is emerging as an ultra-low-energy approach, free from the inherent limitations of resistive CIM based on memristors (leakage currents, voltage drops, high currents). The next-generation ferroelectric material AlScN is a promising candidate for high-performance memcapacitors, with a remanent polarization above 100 µC/cm^2 and a low-temperature PVD deposition process (<300 °C) requiring no crystallization annealing. **This 6-month Master 2 internship proposes to develop sub-10 nm $Al_xSc_{1-x}N$ ferroelectric films deposited by confocal PVD with an optimized stoichiometry for low-voltage ferroelectric switching, high remanent polarization and memcapacitive performance.**

SCIENTIFIC CHALLENGES: Within an ecosystem of experts, you will lead the following research activities:

- **Development of a confocal PVD process:** You will develop a dual-target magnetron co-sputtering process (AlN and Sc targets) on the new PLASSYS MP500S system acquired by LTM and installed at LMGP. You will control the stoichiometry of the films and achieve the sub-10 nm thicknesses required for low-voltage ferroelectric switching.
- **Structural and chemical characterization:** You will conduct a multi-technique investigation of the films: X-ray diffraction and reflectivity (XRD/XRR) to determine the crystal phase (ferroelectric wurtzite vs. cubic), density and thickness; X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) to analyze chemical bonding states and stoichiometry; electron microscopy (SEM/TEM) with energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) to assess grain morphology, interface quality, the Al/Sc ratio and homogeneity; Raman spectroscopy to identify local structural distortions and stresses.
- **Electrical characterization of devices:** In close collaboration with a PhD student at LTM, who will fabricate CMOS-compatible Metal-Ferroelectric-Metal (MFM) capacitors in LTM's cleanroom facilities, you will contribute to PUND measurements (remanent polarization 2Pr, coercive field Ec), C-V measurements to evaluate the capacitive memory window, pulsed I-V sequences to demonstrate and optimize multi-level capacitance programming and non-destructive capacitive readout via transient currents, and cycling measurements to assess endurance and variability.

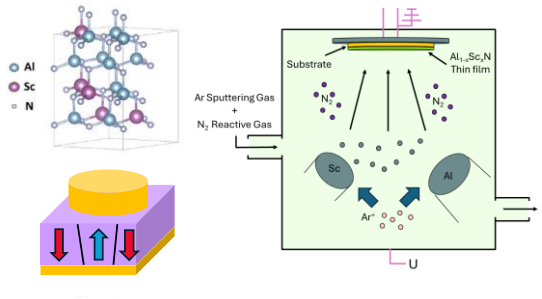
AN EXCEPTIONAL ENVIRONMENT IN EUROPE: The internship will take place within the framework of the PEPR DIADEM, in a collaboration between the *Laboratory of Technologies for Microelectronics* (LTM) and the *Laboratoire des Matériaux et du Génie Physique* (LMGP, Grenoble INP), in the heart of Europe's largest R&D hub for nanotechnologies.

- Technology platforms: You will benefit from direct access to the new PLASSYS MP500S deposition system, and to the cleanroom and characterization facilities of the Upstream Technological Plateform (PTA) and CIME Nanotech.
- Network & collaborations: You will work in close collaboration with researchers at LTM and LMGP, and with a PhD student in cotutelle between Université Grenoble Alpes (UGA) and Université de Sherbrooke (UdeS).
- Excellence training: You will develop a unique profile combining thin-film growth, materials characterization and emerging memory devices for neuromorphic electronics. Results will be valorized through seminars and publications. A doctoral thesis may follow the internship, subject to funding.

Candidate profile: Requires enrollment in a Master 2 program (or engineering school) in Materials Science or Nanotechnologies. You demonstrate a solid foundation in solid-state physics, microfabrication and materials science, with a particular interest in ferroelectric phenomena and thin-film technologies. Practical experience or strong theoretical knowledge of sputtering deposition processes and electrical characterization (C-V, I-V, DC and pulsed) is a significant asset. Strong analytical skills to interpret complex structural and chemical data, scientific rigor, autonomy, and the ability to work within a collaborative research environment involving multiple laboratories are required. Fluent technical English is required. Starting date: February or March.
Application: Please submit your CV, transcripts from the last two years, and, if possible, letters of recommendation.
Contact: yann.beilliard@univ-grenoble-alpes.fr
Supervisors: LTM: Yann Beilliard, LMGP: Eirini Sarigiannidou, Vincent Consonni

OFFRE DE STAGE M2

Développement de AlScN ferroélectrique en couche mince par dépôt PVD confocal



OPPORTUNITÉ DE RECHERCHE : L'architecture électronique de von Neumann constitue l'un des principaux obstacles à une intelligence artificielle (IA) à basse consommation : la séparation entre les unités de calcul et de mémoire induit une surconsommation énergétique majeure. L'électronique neuromorphique fondée sur les réseaux de neurones impulsionnels et le paradigme du calcul-en-mémoire (CEM) ouvre la voie à une IA frugale. Le CEM capacitif fondé sur les mémoires capacitives ferroélectriques (MCF) s'impose comme une approche à ultra-basse consommation, affranchie des limitations intrinsèques du CEM résistif fondé sur les memristors (courants de fuite, chutes de tension, courants élevés). L'AlScN, ferroélectrique de nouvelle génération, est un candidat prometteur pour des MCF à hautes performances, avec une polarisation rémanente >100 µC/cm^2 et un procédé de dépôt PVD à basse température (<300 °C). **Ce stage Master 2 propose de développer des couches ferroélectriques $Al_xSc_{1-x}N$ sub-10 nm déposées par PVD confocal, avec une stœchiométrie optimisée pour une commutation ferroélectrique à basse tension, une polarisation rémanente élevée et une grande fenêtre mémoire capacitive.**

DÉFIS SCIENTIFIQUES : Intégré(e) dans un écosystème d'experts, vous piloterez les activités de recherche suivantes :

- **Développement d'un procédé PVD confocal** : Vous mettrez au point un procédé de co-pulvérisation à deux cibles (AlN et Sc) sur le nouveau bâti PLASSYS MP500S acquis par le LTM et installé au LMGP. Vous contrôlerez la stœchiométrie des couches et atteindrez les épaisseurs sub-10 nm requises pour une commutation à basse tension.
- **Caractérisation structurale** : Vous conduirez une étude multi-techniques des couches : diffraction et réflectivité des rayons X (DRX/XRR) pour déterminer la phase cristalline (wurtzite ferroélectrique vs. cubique), la densité et l'épaisseur ; spectroscopie photoélectronique X (XPS) pour analyser les états de liaison chimique et la stœchiométrie ; microscopie électronique (MEB/MET) avec spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie (EDX) pour évaluer la morphologie des grains, la qualité des interfaces, le rapport Al/Sc et l'homogénéité ; spectroscopie Raman pour identifier les distorsions structurelles locales et les états de contrainte.
- **Caractérisation électrique des dispositifs** : En étroite collaboration avec un doctorant du LTM, qui fabriquera en salle blanche des capacités Métal-Ferroélectrique-Métal (MFM) compatibles CMOS, vous participerez aux mesures PUND (polarisation rémanente 2Pr, champ coercitif Ec), aux mesures C-V, aux séquences I-V pulsées pour démontrer et optimiser la programmation multi-niveaux de la capacité et la lecture capacitive non destructive par courants transitoires, ainsi qu'aux mesures de cyclage pour évaluer l'endurance et la variabilité.

UN ENVIRONNEMENT D'EXCEPTION EN EUROPE : Le stage se déroulera dans le cadre du PEPR DIADEM, au sein d'une collaboration entre le *Laboratoire des Technologies de la Microélectronique* (LTM) et le *Laboratoire des Matériaux et du Génie Physique* (LMGP, Grenoble INP), au cœur du plus grand pôle de R&D européen en nanotechnologies.

- Plateformes technologiques : Vous bénéficierez d'un accès direct au nouveau bâti de dépôt PLASSYS MP500S, ainsi qu'aux salles blanches et salles de tests de la Plateforme Technologique Amont (PTA) et du CIME Nanotech.
- Collaborations : Vous travaillerez en étroite collaboration avec les chercheurs du LTM et du LMGP, ainsi qu'avec un doctorant en cotutelle entre l'Université Grenoble Alpes (UGA) et l'Université de Sherbrooke (UdeS).
- Formation d'excellence : Vous développerez un profil unique combinant l'élaboration de couches minces, la caractérisation des matériaux et les mémoires émergents pour l'électronique neuromorphique. Les résultats seront valorisés par des publications. Une thèse doctorale pourra suivre le stage, sous réserve de financement.

Profil recherché : Étudiant(e) en Master 2 ou école d'ingénieur en Science des Matériaux ou Nanotechnologies, vous justifiez d'une solide formation en physique de l'état solide, microfabrication et science des matériaux, avec un intérêt particulier pour les phénomènes ferroélectriques et les technologies de couches minces. Une expérience pratique ou une solide connaissance des procédés de dépôt par PVD et des caractérisations électriques (C-V, I-V, continu et pulsé) constitue un atout. Rigueur scientifique, autonomie, compétences analytiques pour interpréter des données structurelles et chimiques complexes, et capacité à travailler dans un environnement de recherche collaboratif impliquant plusieurs laboratoires sont requis. Un anglais technique courant est requis. Démarrage : Février ou Mars.
Candidature : CV, relevés de notes des 2 dernières années et si possible lettre(s) de recommandation
Contact : yann.beilliard@univ-grenoble-alpes.fr
Encadrant(e)s : LTM: Yann Beilliard, LMGP: Eirini Sarigiannidou, Vincent Consonni