



Sujets de thèses 2016

Département « Matériaux et Nanostructure »	
Elaboration de nitrure de bore (h-BN) pour réalisation d'hétérostructures 2D graphène/h-BN	Page 03
Advanced composite materials with tunable properties for sub-millimetric to millimetric wavelengths	Page 04
Interaction acousto-optique pour la propagation et la détection des phonons dans les cristaux phoXoniques	Page 05
Développement d'une microscopie ultra-rapide sub-nanométrique: vers une détermination de l'origine de la séparation des porteurs de charge dans les hétérojonctions	Page 06
Textiles innovants nanostructurés pour le confort thermique	Page 07
Département « Micro et Nano Systèmes »	
Carbon nanodots as anti-microbial and anti-viral alternatives	Page 08
Développement d'un laboratoire sur puce à base de nanofils de silicium pour la biodétection par spectrométrie de masse	Page 09
Cooling device optimization with embedded passive micro-exchangers using nanofluids	Page 10
Development of a dedicated microfluidics device for high-throughput photoporation of biological cells	Page 11
Microfluidic microsystems for neuronal network engineering to mimic	Page 12
Mise en place d'un modèle de culture hybride 2D/3D pour l'étude des mécanismes de (re)programmation épigénétique impliqués dans la plasticité des cellules souches intestinales	Page 13
Capteur communicant autonome haute température (> 200 °C) basé sur un microgénérateur thermoélectrique	Page 14
Département « Micro, Nano et Optoélectronique »	
Matériaux 2D dichalcogénures : Transport et applications	Page 15
HEMT and circuit for ultra low power consumption and bit rate communication	Page 16
III-V FinFET for low power consumption	Page 17
Multiplication de fréquence à base de diode Schottky GaN pour la génération dans le domaine THz	Page 18
Optimisation des pertes RF dans les HEMTs GaN sur substrat silicium pour la fabrication de transistors fonctionnant à 40GHz et au-delà	Page 19
Fabrication de transistors HEMTs haute fiabilité sur substrat GaN haute qualité	Page 21
Co-intégration de HEMTs GaN hyperfréquence normally-off avec des normally-on	Page 23
Transmissions sans fils ultra-rapides et propagation en espace libre aux fréquences THz	Page 25
Matériau absorbeur de type ZnSnN2 pour cellules solaires	Page 26
Biocapteurs intégrés à base de résonance plasmonique: application au dosage et suivi d'éléments pathogènes ou curatifs dans le domaine phytosanitaire	Page 27
Etude des propriétés stochastiques et oscillantes d'un Neurone CMOS Silicium	Page 28



Département « Circuits et Systèmes de Télécommunications »	
Dynamic propagation model for Vehicle to Vehicle (V2V) communication	Page 29
Étude de la sécurisation des communications sans fil contre les attaques électro-magnétiques	Page 30
Instrumentation hyperfréquence haute impédance basée sur la technique multi-port pour la nano-caractérisation	Page 32
SyRoCo : Systèmes Robustes de Communication	Page 33
Environnements Impulsifs et dépendance dans les réseaux de capteurs	Page 34
Optimisation de la consommation des nœuds d'un réseau de capteurs	Page 35
Développement d'un système vectoriel en gamme de fréquences millimétriques haute sensibilité à faible énergie, intégré en technologie CMOS, basé sur une technique six-port pour la mesure temps-réel et sans contact des signaux vitaux	Page 36
Microdispositifs de stockage électrochimique de l'énergie sur substrat silicium : vers la réalisation de dispositif hybride	Page 37
Approche faible consommation de la localisation 3D et de la communication pour réseaux de capteurs en milieu contraint pour les usines du futur	Page 38
Ingénierie des contraintes des films minces pour le stockage d'énergie pour objets connectés	Page 39
DOAE Université de Valenciennes	
Hétéro-structures multiferroïque : le défi du couplage magnéto-électrique	Page 40
Evaluation d'un système de codage conjoint Source Canal basé sur « Softcast » dans les réseaux ad-hoc véhiculaires	Page 41
Hétéro-structures multiferroïque : le défi du couplage magnéto-électrique	Page 43
Développement de polymères de type «muscle artificiel» rapide pour des applications dans les technologies de l'information	Page 44
Conception d'un filtre acoustooptique multifréquence à sélection de polarisation et compensation de biréfringence. Application à l'imagerie hyperspectrale	Page 46
Etude des cavités actives dans les nanostructures périodiques à gap de photons	Page 47



Titre : Elaboration de nitrure de bore (h-BN) pour réalisation d'hétérostructures 2D graphène/h-BN

Boron nitride (h-BN) elaboration studies towards graphene/h-BN heterostructures

Financement prévu : Université Lille1

Cofinancement éventuel : Région

(Co)-Directeur de thèse : Dominique VIGNAUD

E-mail : Dominique.Vignaud@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : EPIPHY (EPItaxie et PHYsique des hétérostructures)

Descriptif :

Le graphène est un matériau bi-dimensionnel (2D), réputé notamment pour sa très haute mobilité électronique ($>10^5$ cm²/V.s). Cependant, ces propriétés exceptionnelles ne sont pas facilement exploitables dans des composants réels, puisqu'il est nécessaire d'isoler le graphène de toute interaction pour obtenir ces performances ultimes. Certaines solutions déjà développées (par exemple rubans de graphène suspendus) ne sont pas compatibles avec le développement de nano-composants, notamment du fait de la difficulté à intégrer une grille de commande. Il a été montré que des hétérostructures graphène/nitrure de bore hexagonal (h-BN) permettaient d'obtenir des caractéristiques du graphène nettement améliorées. Les raisons de ce gain en performances sont à peu près comprises, et mettent en jeu plusieurs effets, la diminution de rugosité du matériau 2D h-BN, la réduction de la diffusion des porteurs du fait du faible couplage des porteurs de charge du graphène avec les phonons du h-BN, et des effets de transfert de charges plus faibles à l'interface avec le h-BN. Le caractère 2D et la nature même du matériau h-BN sont donc deux éléments indispensables à ces améliorations. Cela permet d'envisager l'utilisation de graphène combiné à du h-BN, ce dernier en tant qu'isolant vis à vis du substrat ou comme isolant de grille pour des composants à transport horizontal (effet de champ) ou vertical (tunnel).

Cependant, les réalisations actuelles d'hétérostructures graphène/h-BN utilisent un procédé par transfert mécanique, une technique "artisanale" remarquable par son efficacité mais inexploitable pour ce qui concerne la fabrication reproductible de ces hétérostructures (dimensions réduites, de l'ordre de quelques centaines de μm^2). Il est donc essentiel de développer la fabrication de ces hétérostructures 2D graphène/h-BN, c'est l'objet de cette thèse. Ce sujet à forte dominante expérimentale implique une activité importante en salle blanche, dans un premier temps afin d'étudier et d'optimiser les conditions de croissance du matériau h-BN par des techniques adaptées de l'épitaxie par jets moléculaires. La deuxième partie concernera la réalisation d'hétérostructures graphène/h-BN.

Abstract :

Graphene is a two-dimensional (2D) material, noticeably famous for its high electron mobility ($>10^5$ cm²/V.s). But, these outstanding properties are rather hard to implement in real devices, because a complete isolation of the graphene is required to reach such ultimate performances. The already existing solutions (e.g. suspended ribbons) are not consistent with nano-devices, amongst other reasons because efficient gates cannot be implemented. It was shown that graphene/h-BN heterostructures could allow to reach improved graphene characteristics, because of the lower h-BN roughness, the reduced charge scattering induced by h-BN phonons and the lower charge transfer from the substrate. The h-BN properties, including its 2D character, are thus essential to obtain these improvements. So, using heterostructures of graphene combined with h-BN, this last material serving either as an insulator with the substrate or as gate insulator, could become possible for making devices based on horizontal (field effect) or vertical (tunnel) transport.

The current elaboration of such graphene/h-BN heterostructures involves mechanical transfer, a very efficient technique but unable for a reproducible making of such heterostructures (because of limited sizes, a few hundredths of μm^2). It now becomes critical to develop the direct growth of graphene/h-BN heterostructures, which is the goal of this PhD thesis. This subject mainly implies experimental studies in the IEMN clean room, first to understand and optimize the growth conditions of h-BN by molecular beam epitaxy. The second part will imply growth of graphene/h-BN heterostructures.



Titre: Advanced composite materials with tunable properties for sub-millimetric to millimetric wavelengths

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co) Directeur de thèse : Djamila HOURLIER

E-mail : djamila.hourlier@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Groupe de recherche : EPIPHY

Descriptif :

The research activity of this PhD thesis will be devoted to the synthesis of hybrid organic-inorganic nanocomposites that exhibit high absorption and low reflection in sub-millimetric to millimetric wavelengths (0.3 to 10 THz). Particular attention will be addressed to the hierarchical ordered construction of materials through a combination of micromolding, infiltration of templates with polymers, followed by heat treatment which yields to a hybrid nanocomposite with tunable properties (absorbance/reflectance) in sub-millimetric to millimetric range .

The understanding of the relationship between the molecular structure of polymers, the evolution of the polymer upon pyrolysis processing, the final composition and physical-chemical properties, is the essential aspect of the proposed research.

It is expected that this work will open new frontiers in next generation material design for sub-millimetric to millimetric wavelengths applications.

This project has a multi-disciplinary character, with the vision to ultimately incorporate the whole development chain from synthesis of polymers and material design, to THz application, through microstructural and physical characterization. To this end, the expertise available at the EPIPHY group will be reinforced by the collaboration with other groups: Photonics THZ group (IEMN) and the University of Dunkerque.

Information and application

For more information on this PhD position and application please contact Dr. D. Hourlier (djamila.hourlier@iemn.univ-lille1.fr).

The successful candidate will:

Fabricate, characterize and optimize thermal processes. Investigate the materials at different scale using microscopic and spectroscopic techniques to establish the property-structure relationships. Develop novel imaging techniques to characterize the thermal/electrical properties of materials.

Elegibility

Essential: MSc or equivalent in Materials Science, Physics, Chemistry, Nanotechnology or Physical/Chemical engineering.

Essential: Fluency and clarity in spoken English/French. Good written English/French.

Desirable: Experience with sol-gel processing, spectroscopy, electrical and thermal measurements



Titre : Interaction acousto-optique pour la propagation et la détection des phonons dans les cristaux phoXoniques

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Bahram DJAFARI ROUHANI

E-mail : bahram.djafari-rouhani@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Yan PENNEC

E-mail : yan.pennec@univ-lille1.fr

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : Groupe Physique – Equipe Ephoni

Descriptif :

Les cristaux photoniques sont des structures artificielles présentant une modulation périodique de leur indice de réfraction. Ils ont pour objectif de permettre le contrôle de la propagation de la lumière par la création de bandes interdites photoniques ainsi que le confinement de la lumière dans des cavités et guides. De même, les cristaux phononiques dont les propriétés d'élasticité sont modulées périodiquement dans l'espace permettent de manipuler les ondes acoustiques. Beaucoup d'études ont été consacrées au confinement et à la manipulation de la lumière et du son à l'échelle de la longueur d'onde de manière indépendante. Depuis quelques années, un intérêt croissant a porté sur l'étude de cristaux appelés phoxoniques permettant la localisation simultanée des photons et des phonons dans les mêmes structures submicroniques. En effet, un tel confinement peut être à l'origine d'une forte exaltation de l'interaction phonon-photon permettant par exemple de moduler la lumière se propageant dans un guide (ou une fibre) par les vibrations acoustiques d'une cavité ou encore de contrôler la population des phonons à l'échelle quantique par interaction avec la lumière. Ces travaux ouvrent le champ à diverses applications dites optomécaniques, notamment des mesures ultra-sensibles de faibles quantités de masse, charge ou force.

L'objectif de cette thèse est de concevoir, modéliser et fabriquer des structures artificielles nanométriques dites phoXoniques, c'est-à-dire à la fois phononique et photonique, dans lesquelles il est possible d'accroître notablement l'interaction photons-phonons dans des cavités et des guides à modes lents. Plus particulièrement, l'attention du travail portera sur de la propagation puis la détection par transfert et/ou synchronisation des phonons activés par les cavités optomécaniques à travers des guides ou par couplage entre cavités optomécaniques. Le travail de thèse s'appuiera sur l'utilisation et le développement d'outils de simulation, notamment par les méthodes d'ondes planes, de différences finies et d'éléments finis, pour définir les structures les plus adaptées permettant de répondre à ces objectifs.

L'objectif de cette thèse rentre dans le projet 'PHENOMEN' qui vient d'être accepté dans le programme européen H2020. Ce projet rassemble sept laboratoires européens (France, Italie, Espagne, Finlande) et vise à réaliser expérimentalement un nano-circuit optomécanique pour la manipulation et le contrôle de l'information à température ambiante par les phonons, intégrable dans des plateformes silicium, pouvant être utiles dans les futures générations d'accès réseaux de type 5G. Le doctorant effectuera un travail de théorie et simulation en étroite collaboration avec les travaux expérimentaux des partenaires, notamment à travers des séjours dans leurs laboratoires.

Contact Co-encadrant : Gaëtan LEVEQUE, gaetan.Leveque@iemn.univ-lille1.fr



Titre : Développement d'une microscopie ultra-rapide sub-nanométrique: vers une détermination de l'origine de la séparation des porteurs de charge dans les hétérojonctions

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Bruno GRANDIDIER

E-mail : bruno.grandidier@isen.iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : Groupe Physique – Equipe Physique des Nanostructures et Composants Quantiques

Descriptif :

La compréhension de l'origine physique de la séparation des porteurs de charge dans les hétéro-jonctions est un problème physique actuel aux vues des enjeux fondamentaux et des applications. Du point de vue fondamental, la caractérisation de la séparation des porteurs permet de renseigner sur la nature de l'interface à l'hétérojonction à travers la durée de vie des porteurs, les courants de porteurs, les variations des propriétés photo-physiques. Du point de vue des applications, la compréhension et la maîtrise de la séparation de charge permettront une transition vers des cellules solaires de troisième génération ainsi que le développement de photodétecteurs ultra-rapides.

Les techniques actuelles ne permettent pas l'étude de ce phénomène ultra-rapide et localisé. En effet bien qu'ultra performantes dans le domaine temporel, les techniques optiques classiques sont limitées en résolution spatiale (> 200 nm). A l'inverse, la microscopie à effet tunnel (STM) permet de "voir" la matière à des échelles inférieures au nanomètre mais les échelles de temps ne peuvent être meilleures que 10 ms. Dans un premier temps, ce projet vise à développer une microscopie corrélative originale combinant la résolution spatiale du STM à la résolution temporelle de la spectroscopie optique pompe-sonde femtosconde. Par la suite l'étude de différent type d'hétéro-jonctions est envisagée (croissance par épitaxie, Van der Waals, croissance chimique). Le sujet de thèse se fera dans le cadre des développements instrumentaux en microscopie champ proche financés par l'EQUIPEX Excelsior.

Abstract:

The comprehensive knowledge of the mechanisms involved in the charge carrier separation in heterojunctions is of high interest regarding applications and fundamental research. From the fundamental point of view, the study of the charge carrier separation (carrier lifetime, current,..) allow for characterizing the nature of the interface at the hetero-junction. Regarding applications, the control and the knowledge on the charge carrier separation will stimulate the transition towards the third solar cell generation and the development of ultra-fast photodetectors.

Nowadays experimental techniques do not allow studying such ultra fast and localized phenomena. While at the cutting edge in terms of temporal resolution, standard optical pump-probe spectroscopy cannot have better spatial resolution than 200 nm. Instead with scanning tunneling microscopy (STM) it is possible to "see" on a sub nanometer scale but on time scales that cannot go below 10 ms. This project will aim at developing an original correlative microscopy that will combine the high spatial resolution of the STM to the temporal resolution of the optical femtosecond pump-probe technique. Studies on various hetero-junctions (growth by epitaxy or chemistry, Van der Waals,..) are considered.

Contact Co-encadrant : Louis BIADALA, louis.biadala@isen.iemn.univ-lille1.fr



Titre : Textiles innovants nanostructurés pour le confort thermique

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Yan PENNEC

E-mail : yan.pennec@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Vincent THOMY

E-mail : Vincent.Thomy@IEMN.univ-lille1.fr

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : Groupe de Physique – Equipe Ephoni

Descriptif :

Au cours des vingt dernières années, les textiles intelligents se sont développés très rapidement, entre autres via l'intégration de nanotechnologies, touchant ainsi de nombreux domaines comme le médical, le bâtiment, la défense, la sécurité civile ou le grand public au sens large. Nous nous intéressons à une nouvelle génération de textiles capables de réguler dynamiquement la température à partir de sa nature physique et de sa structuration intrinsèque. Le but est de contrôler le confort thermique des textiles lorsque celui-ci est soumis à des stimuli externes. Le confort thermique est relié à l'espace situé entre la peau et le textile, appelé microclimat. Celui-ci peut être fortement dégradé si un état d'équilibre entre la température et l'humidité n'est pas maintenu. Par exemple une phase de transpiration doit être régulée par une augmentation de l'échange de chaleur. Pour cela, nous souhaitons fonctionnaliser le textile, soit de manière indirecte en ajoutant une membrane nanostructurée souple supplémentaire, soit de manière directe en agissant sur la structuration propre de la fibre textile.

Le sujet de thèse consiste à étudier théoriquement et expérimentalement l'équilibre et le confort thermique du microclimat par le contrôle et l'adaptation dynamique des propriétés optiques (proche infra-rouge), fluidiques (mouillabilité et perméation de l'eau) du textile nanostructuré dans son environnement. Dans un premier temps, le but est de concevoir une fine membrane polymère souple microstructurée multifonctionnelle, possédant : (i) des propriétés optiques réfléchissant les rayonnements thermiques infrarouges (5-15 μm) émis par le corps humain, (ii) une modification des propriétés optiques en réponse à un stimulus externe, comme l'hygrométrie. Dans un second temps, la structuration de surfaces membranaires sera transposée et adaptée au cas des fibres textiles pour lesquelles la géométrie particulière s'ajoute à la complexité de la problématique physique.

Pour répondre à ces objectifs, nous proposons d'utiliser les propriétés remarquables des cristaux photoniques. Ce sont des structures artificielles présentant une modulation périodique de leur indice de réfraction permettant le contrôle de la propagation des ondes électromagnétiques à l'échelle de la longueur d'onde. Le travail consiste à étudier l'interaction des ondes électromagnétiques avec la membrane photonique puis la fibre textile photonique dans le domaine proche IR, correspondant au rayonnement du corps humain. Une étude complète et systématique sera menée sur les effets de la géométrie et de la nature des matériaux polymères vis-à-vis des propriétés de dispersion, de transmission, d'absorption et de réflexion. Le contrôle dynamique des propriétés du cristal sera étudié par le biais de l'influence du milieu environnant, en tenant compte des effets de perméation au sein de la membrane ainsi que de la réponse optique de l'espace associé au microclimat.

Les travaux de thèse s'inscrivent dans le cadre d'une collaboration avec nos partenaires de l'école Nationale des Arts et Industries du Textile (ENSAIT) et l'école des Hautes Etudes industrielles (HEI). Sur le plan économique, la société régionale 'Damart' montre son intérêt et attend de cette recherche amont le développement d'un savoir transposable à moyen terme vers son segment de marché lié au confort thermique vestimentaire.



Titre : Carbon nanodots as anti-microbial and anti-viral alternatives

Financement prévu : Université Lille1

Cofinancement éventuel : Ruhr University Bochum, Germany

(Co)-Directeur de thèse : Sabine SZUNERITS

E-mail : sabine.szunerits@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Prof. Nils METZLER-NOLTE

E-mail : nils.metzler-nolte@rub.de

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : NanoBioInterfaces

Descriptif :

The rapidly increasing emergence of antibiotic resistance among many species of pathogenic bacteria is causing serious health issues worldwide. Methicillin-resistant Gram-positive *Staphylococcus aureus* (MRSA) is considered to be one of the main causes of death among hospital-acquired infectious diseases. In the case of Gram-negative pathogens, recurrent urinary tract infection caused by *Escherichia coli* (*E. coli* UTI) has significantly reduced the effect of ciprofloxacin treatments, with a major threat for the development of antibiotic resistance. However, limited progress is made in developing new antibiotics to treat these infections. The development of alternative methods for killing such pathogenic bacteria is one of the most urgent challenges in medical biotechnology.

The objective of the thesis is the development and use of functional carbon quantum dots as novel concept for the inhibition of bacterial growth and the killing of bacterial colonies. Carbon dots (C-dots) are extremely promising nanostructures for biomedical imaging due to their fluorescence properties. In addition, carbon dots of various sizes and differently integrated surface functions can be produced easily at large scales. They are considered non cytotoxic and should be thus well adapted nanostructures for anti-bacterial applications, as focused upon here. We propose to synthesize C-dots with integrated metallic complexes as well as glycan ligands and investigate their antibacterial activity against Gram-positive and Gram-negative pathogens. The potential of photodynamic and photo-thermal inactivation of the different pathogen using the novel C-dots will be in addition explored. Finally, the possibility of employing functional C-dots as antiviral agents will be investigated in parallel. In contrast to bacterial infections, which are mostly treated using antibiotics, the immunization against viral infections is not always possible.

Mots clés : carbon nanodots (C-dots), metallic complexes, glycan ligands, antibacterial, antiviral,



Titre : Développement d'un laboratoire sur puce à base de nanofils de silicium pour la biodétection par spectrométrie de masse

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Co-financement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Vincent THOMY

E-mail : vincent.thomy@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : NanoBioInterfaces/BioMEMS

Descriptif :

Le sujet porte sur le développement d'un laboratoire sur puce d'affinité à base de nanofils de silicium (SiNW), pour la capture spécifique et la détection par spectrométrie de masse par désorption/ionisation assistée par laser (LDI-MS) de biomolécules d'intérêt. Après la capture de ces biomolécules, une approche originale, utilisant un mécanisme de photoclivage, sera utilisée.

Le développement d'un tel dispositif est une approche très innovante et représente un défi technologique et scientifique de taille.

Le projet comportera 2 phases majeures : i) la fabrication des nanofils de silicium et leurs fonctionnalisations chimiques et ii) leur intégration dans un dispositif de type "lab on chip" couplé à un système microfluidique digital (EWOD) basé sur le déplacement de gouttelettes permettant ainsi la miniaturisation, d'améliorer le temps de la réponse et sa portabilité. Dans ce projet, les nanofils de silicium serviront à la fois : i) de capteurs spécifiques, ii) de surface pour réaliser la LDI-MS et enfin iii) de surfaces non mouillantes, permettant le déplacement optimisé de gouttes d'échantillons.

Les deux groupes de l'IEMN impliqués dans ce projet ont une expertise solide en synthèse de nanomatériaux et de chimies organique et de surface et biocapteurs (SPR, spectrométrie de masse) (groupe NBI) et en microfluidique et propriétés de mouillage (groupe BioMEMS).

Description :

The PhD subject is focused on the development of lab on chip device based affinity silicon nanowires serving as LDI-MS interface for the specific capture and subsequent MS analysis of biomolecules of interest. After the capture of biomolecules, an original approach consists to use a photoreleasing mechanism.

The development of such affinity surfaces based on silicon nanowires is a very innovative approach and represents a great challenge.

The project will include 2 majors phases : i) the fabrication of silicon nanowires and their chemical functionalizations and ii) their integration into a "lab on chip" device coupled to an original microfluidic digital system (EWOD) for droplet motion to improve its miniaturization, the time response time and its portability. In this project, the silicon nanowires will serve as specific sensors, as surface to achieve LDI-MS but also as superhydrophobic or omniphobic surfaces to improve the efficiency of the droplet motion within our final device.

The IEMN group involved in this project have strong expertises in nanomaterials synthesis and organic, surface chemistries and biosensing (NBI group) and in microfluidics and wetting properties (BioMEMS group)

Contact Co-encadrant : Yannick COFFINIER, yannick.coffinier@univ-lille1.fr



Titre : Cooling device optimization with embedded passive micro-exchangers using nanofluids

Financement prévu : Université Lille1 / Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis

Cofinancement éventuel : DGA

(Co)-Directeur de thèse : Vincent THOMY

E-mail : vincent.thomy@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Souad HARMAND

E-mail : Souad.Harmand@univ-valenciennes.fr

Laboratoires : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520 / LAMIH UMR 8201

Equipes : BioMEMS (IEMN) / Département mécanique (LAMIH)

Descriptif :

The optimization of thermal management aims to reduce the overall weight of a transport system and operating costs by replacing the maximum cooling equipment assets and energy consumers by compact and energetically sober passive equipments. For example, this can be achieved by replacing the cooling blower and pumps by non-consumer devices like heat pipes or biphasic loops.

This approach is based on the exploitation of the potential of liquid containing nanoparticles, called nanofluids. The technological challenges concern performance improvement of heat pipes through a better understanding of physical phenomena when using these nanofluids. In this work, an original experimental approach will be implemented. Cu and graphene nanoparticles will be studied in order to improve the conductivity of the fluid, without degrading its viscosity. In addition, liquids considered as 'self-rewetting liquids' and constituted by mixtures of water and alcohols with high carbon content, such as butanol or propanol, will be studied. These mixtures have the particularity to have a surface tension increasing with temperature, beyond a critical temperature. This property is suitable to increase the circulation of the fluid within the heat pipe compared to pure liquid such as water for which the surface tension decreases with temperature. Finally, super nonwetting surfaces (with a multiscale roughness) will be associated to these liquids with the objective to facilitate their flow and to control deposition and fouling of surfaces by nanoparticles (biomimetic properties with high slip and self-cleaning properties). The combined use of nanofluids, self-rewetting liquids and structured surfaces will allow the optimization of the cooling of embedded devices by micro-exchangers.

To study these different liquid / nanoparticles / surface combinations, thermal, acoustic and fluidic experimental measurements will be performed. This cross-characterization approach with complementary experimental methods is original and will provide answers on physical phenomena at the interfaces between nanofluids and micro / nanostructures. One of the project objectives will be to adapt a high frequency acoustic interfaces characterization method, for micro / nanostructured, to operating conditions of the heat pipes. Recent work from IEMN groups showed interest in using high frequency acoustic methods (1-5 GHz) for the investigation of micro / nanostructured interfaces with liquids (including phase evaporation). A microfluidic loop will also be tested in order to quantify the performance of these fluids flow in micro channels. These studies will lead to characterize the thermal properties of nanofluids in a flat heat pipe.

Collaboration avec les groupes Mamina et NBI de l'IEMN.

Contact Co-encadrant : Julien Carlier (Julien.Carlier@univ-valenciennes.fr)



Titre : Development of a dedicated microfluidics device for high-throughput photoporation of biological cells

Financement prévu : ERC Université de Gand

Cofinancement éventuel : ERC

(Co)-Directeur de thèse : Vincent THOMY

E-mail : vincent.thomy@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Kevin BRAECKMANS

E-mail : Kevin.Braeckmans@UGent.be

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipes : BioMEMS

Descriptif :

A PhD thesis is available at Lille University as a part of the European project (ERC Consolidator Grant, 2015-2020) "Laser induced vapor nanobubbles for intracellular delivery of nanomaterials and treatment of biofilm infections (NANOBUBBLE)" led by Prof. K. Braeckmans (Lille University / Ghent University).

There is a great interest in delivering nanomaterials into the cytosol of living cells for therapeutic purposes, such as siRNA for gene silencing, but also contrast agents for bio-imaging. Although substantial effort has gone into designing non-viral nanocarriers for delivering these nanomaterials into cells, translocation of the therapeutic agents from the endosomes after endocytosis into the cytoplasm remains a major bottleneck. Laser-induced photoporation is an alternative physical method that is receiving increasing attention for efficiently delivering nanomaterials in cells with negligible toxicity.

The group of K. Braeckmans recently showed the ability to create nanobubbles by irradiating laser gold nanoparticles present in a liquid environment. When the thermal energy of the nanoparticles is consumed, nanobubbles violently collapse causing local damage to the surrounding biological tissue by high-pressure shock waves. By adsorbing gold nanoparticles to the cell membrane, transient pores can be created in the membrane through which the therapeutic agents that are present in the surrounding cell medium can diffuse into the cytoplasm [1].

While this photoporation method is currently successfully implemented on a microscope setup, it would be advantageous to perform photoporation in high-throughput on cells flowing through a properly designed micro-optofluidic device. Within this context, we propose a PhD thesis dealing with the design and realization of a microfluidic device in combination with plasmonic nanostructures that would allow high-throughput laser-induced photoporation of cells flowing through a microchannel.

Prerequisites: Background in micro-nanotechnology and experimental physics; interest in multidisciplinary research.

[1] Xiong et al, ACS Nano, 2014, 8 (6), pp 6288-6296

This project will be carried out in close collaboration between the PhLAM laboratory (Modeling/programming and laser experimentation).

Collaboration with the NBI group at IEMN and with PhLAM laboratory (Biophysics group)

Contact Co-encadrant : Anthony TREIZEBRÉ, anthony.treizebre@univ-lille1.fr



Titre : Microfluidic microsystems for neuronal network engineering to mimic

Financement prévu : Contrat doctoral Lille 1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Vincent THOMY

E-mail : vincent.thomy@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Stefen ARSCOTT

E-mail : steve.arscott@iemn.univ-lille1.fr

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : BioMEMS

Descriptif :

Trauma brain injury (TBI), encountered in autistic children with self-injury behavior, injured soldiers and athletes, *e.g.* boxers and rugby players, can result in major neurological dysfunction such as Parkinson's disease or Alzheimer's disease. External mechanical stress applied to a neural network leads to neuro-inflammation processes and may provoke clinical manifestations of TBI such as a modification of the structural plasticity of a normal brain up to degeneration. Understanding how mechanical shock induces electrophysiological pathology can help to identify therapeutic targets for the development of efficient strategies to mitigate and prevent post-traumatic damage.

Within this PhD project, we plan to develop a polymer based stretchable platform integrating both microfluidics and embedded electrode networks dedicated to the neuronal culture. The microsystem will be deformed mimicking deformation of brain tissues (elongation and compression) obtained during brain injuries in order to study the assessment of an overall mechanical stress effects on neurons network (at the biological tissue scale) on their electrophysiological activity. The possibility of integrating microelectromechanical systems (MEMS) inside this system, in order to create a highly localized mechanical stress (at the cellular or sub cellular scale), would also authorize a study of this type of stimuli at a reduced length scale.

This microfluidic microsystem will be the basement for multi-purpose probing of the biological neural network such as stress response (flexible/stretchable substrate), electrical activity recording (graphene based embedded microelectrodes) and optical measurements (transparent substrate). This measurement platform will be benchmarked on a TBI study and will serve as a basis for future exploration in both neurosciences and computing research areas.

Collaborations : Laboratoire JPARC-Lille 2 (biologie), Université Mons-Belgique (Research Institute for Biosciences)

Collaboration interne IEMN (groupes NBI, Carbon, NCM, BioMEMS, NMA6).

Contact Co-encadrant : Emiliano Pallecchi, emiliano.pallecchi@iemn.univ-lille1.fr



Titre : Mise en place d'un modèle de culture hybride 2D/3D pour l'étude des mécanismes de (re)programmation épigénétique impliqués dans la plasticité des cellules souches intestinales

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Vincent Senez

E-mail : vincent.senez@isen.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : BioMEMS

Descriptif :

Ce projet a pour ambition d'établir un dispositif miniaturisé de culture en monocouche 3D mimant d'un point de vue spatial et moléculaire la crypte colique et sa niche de cellules souches. Le partenariat couple les expertises du groupe BioMEMS de l'IEMN dans le domaine de la microfabrication et de la microfluidique avec celles de l'équipe 'Mucines, différenciation et cancérogenèse épithéliales' de l'UMR S1172 dans le domaine de la cancérogenèse épithéliales. Ce projet est le résultat de discussions initiées dans le cadre du projet SMMIL-E. L'objectif est de disposer d'un dispositif microfluidique fonctionnel et robuste qui permet de mimer la crypte colique et d'y insérer des cellules souches pour étudier leur différenciation. Les objectifs de ce projet sont

- 1) Etablir un dispositif microtechnologique de culture en monocouche 3D mimant d'un point de vue spatial et moléculaire la crypte colique et sa niche de cellules souches,
- 2) Validation technologique du dispositif (conformité de la géométrie, établissement des gradients, fiabilité sur la durée des expériences, influence des propriétés mécanique et chimique de l'hydrogel).
- 3) Validation biologique du dispositif par l'étude de la différenciation cellulaire au sein du dispositif.

Contact Co-encadrant : Mme Audrey VINCENT, Inserm UMR-S1172, JPArc, Equipe « Mucines, différenciation et cancérogenèse épithéliales »



Titre : Capteur communicant autonome haute température (> 200 °C) basé sur un microgénérateur thermoélectrique

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Co-financement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Katir ZIOUCHE

E-mail : katir.ziouche@univ-lille1

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Groupe de recherche : MITEC, Microtechnology and Instrumentation for Thermal and Electromagnetic Characterization

Descriptif :

La récupération d'énergie ambiante (Energy Harvesting) est un domaine en plein essor qui consiste à récupérer toutes formes d'énergie surtout celles qui semblent très faibles et diffuses dans l'environnement. Les techniques de récupération d'énergie existent depuis longtemps, cependant le besoin de trouver de nouveaux procédés s'est considérablement accru ces dernières années notamment pour l'alimentation des microsystèmes. L'énergie la plus abondante est sans conteste la chaleur. Elle offre la possibilité d'être exploitée facilement et ce, même avec des procédés à faible efficacité de conversion énergétique, telle la thermoélectricité (TE). L'objectif principal du travail de thèse proposé est le développement d'un microgénérateur thermoélectrique (μ TEG) capable de produire de l'énergie électrique à partir de la chaleur produite par les innombrables appareils domestiques et industriels dont la température de fonctionnement peut dépasser 200°C (par exemple : fours, plaques chauffantes, fers à repasser, autocuiseurs...). Ce thermogénérateur pourra alimenter un ou des capteurs autonomes formant un module qui deviendra partie intégrante de « l'internet des objets » ; outre les capteurs il sera nécessaire d'adjoindre des circuits électroniques permettant le traitement des signaux, le stockage de l'énergie récupérée et la communication par ondes radioélectriques. Un tel micro-dispositif en partie intégrable dans un environnement chaud n'existe pas à l'heure actuelle. La plupart des composants électroniques courants ne peuvent pas fonctionner à une température supérieure à 135°C. Ainsi les quelques micro-dispositifs du commerce disposant d'un μ TEG ne tolèrent pas plus de ~100°C sur la face chaude de ce μ TEG, ce qui limite considérablement leur domaine d'application. De plus les générateurs TE employés dans ces cas sont généralement réalisés à partir de tellures de bismuth, matériaux très nocifs pour l'environnement. La structure originale du microgénérateur, que nous proposons d'intégrer, pourra apporter une solution à un tel problème : la première face pourra être portée à plus de 200°C alors que la seconde face, solidaire du circuit électronique, pourra facilement être maintenue à une température inférieure à 100°C en raison de la grande résistance thermique de notre microgénérateur. Pour ce faire, le μ TEG que nous proposons de réaliser et d'intégrer est basé sur une technologie silicium CMOS qui présente un très faible impact environnemental. Le travail de thèse consistera dans un premier temps à modéliser thermiquement la structure du μ TEG sous COMSOL 3D® afin d'optimiser les paramètres structuraux avant sa fabrication, dans un second temps, à l'aide des outils dont nous disposons en centrale de technologie. Il s'agira, ensuite, de réaliser le système autonome communicant complet en intégrant le μ TEG, un/des capteur(s) et l'électronique, le tout pour instrumenter des équipements destinés à fonctionner à haute température (four).

Abstract :

The most abundant source of energy available in the environment is undoubtedly the heat and it offers the opportunity to be easily exploited (Energy harvesting). The topic proposed within this PhD will focus mainly on the development of a thermoelectric micro-generator (μ TEG) able to produce electrical energy from heat generated by domestic or industrial appliances which operate at temperature exceeding 200 °C. Most of basic electronic components cannot operate at temperatures above 135 °C and the few commercial microsystems equipped with a μ TEG do not allow more than 100°C on the hot face of the μ TEG : this limits considerably their implementation. Furthermore, these devices use μ TEG that are usually based on bismuth tellurides which are pretty harmful to the environment. In this work, we propose to realize and implement an original structure of micro-generator with high thermal resistance. The first face of the μ TEG can be increased to over 200°C while the second surface, which is common with the electronic circuit, can be easily maintained at a temperature below 100°C. The device that we propose to realize is based on a CMOS silicon technology that has a very low environmental impact. The candidate will work on the thermal modeling of the specific μ TEG, its technological realization and its integration in a microsystem that can be fitted in a hot media.

Contact Co-encadrant : Zahia BOUGRIOUA (CR1), zahia.bougrioua@iemn.univ-lille1.fr



Titre : Matériaux 2D dichalcogénures : Transport et applications

Financement prévu : Région / Université Lille1

Cofinancement éventuel :

Directeur de thèse : Henri HAPPY

E-mail : henri.happy@iemn.univ-lille1.fr

Laboratoires : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Groupe de recherche : CARBON

Descriptif :

A l'instar du graphène, les nouveaux matériaux 2D de la famille des dichalcogénures sont stables à l'échelle de la monocouche, et leurs propriétés sont modulables en fonction du nombre de couches. La palette de ces nouveaux matériaux 2D est relativement importante et permet de couvrir une vaste plage de propriétés allant des matériaux conducteurs aux matériaux isolants en passant par des semi-conducteurs. Cette thèse a pour objectif de s'intéresser : (i) aux propriétés de transport de matériaux 2D et plus particulièrement du MoS₂, du WSe₂, et du SnSe₂ pour des applications dans le domaine de l'électronique haute fréquence et flexible; (ii) d'explorer le potentiel des hétérostructures de matériaux 2D et leur ingénierie de bande, dont les propriétés attendues vont dans le sens d'une rupture technologique, pour répondre aux besoins des nouveaux paradigmes actuels en matière de consommation d'énergie [1].

Ces matériaux seront synthétisés par exfoliation mécanique de cristaux lamellaires, et nous permettra de valider des briques technologiques en avance de phase sur les techniques de synthèse en grande surface qui sont en cours de développement. Une plateforme de nano-manipulation (en inter-action avec le projet Equipex Excelsior, et en collaboration avec l'Université de Oldenburg en Allemagne) nous permettra de développer des hétérostructures combinant ces nouveaux matériaux 2D et les matériaux que nous utilisons actuellement tel que le graphène.

Abstract :

The pioneering work on graphene has been a cornerstone for a new field of solid state physics focusing on the study of other novel 2D materials. Among these new materials, the most promising are probably the transition metal di-chalcogenides (TMDCs). Indeed, this material family covers a wide range of properties from conducting, semi-conducting, through insulating materials.

This thesis aims to (i) study the 2D materials transport properties, in particularly of MoS₂, WSe₂, SnSe₂; (ii) to explore the energy band engineering of 2D heterostructures for applications to high frequency and flexible electronics. For example, these heterostructures are expected to achieve the disruptive paradigm of low consumption [1].

The growth of these materials is still challenging. Therefore, in this work, the mechanical exfoliation of layered crystals will be used as material synthesis. A robotic system based on nano-manipulation of exfoliated 2D materials will be developed to efficiently assembly the heterostructures. Finally, the fabrication and characterization of proof-of-concepts will allow to validate the technological building blocks necessary for realization of novel 2D based devices.

Other contact: Emiliano PALLECCHI : emiliano.pallecchi@iemn.univ-lille1.fr

[1] M. Li et al., "Two-Dimensional Heterojunction Interlayer Tunneling Field Effect Transistors", Journal of Electron Device Society, VOLUME 3, NO. 3, MAY 2015 DOI 10.1109/JEDS.2015.2390643



Titre : HEMT and circuit for ultra low power consumption and bit rate communication

Financement prévu : Région

Cofinancement éventuel : Université de Sherbrooke, Canada

(Co)-Directeur de thèse : Prof. Sylvain BOLLAERT

E-mail : sylvain.bollaert@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Prof. Hassan MAHER

E-mail : Hassan.Maher@USherbrooke.ca

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : ANODE

Descriptif :

L'objectif de la thèse est de développer une technologie générique pour le développement de circuits intégrés pour les applications haute fréquence et faible consommation. Les hautes fréquences se situent dans la gamme du THz. Les domaines adressés par le THz concernent le spatial, la radioastronomie, le militaire, la sécurité, l'imagerie médicale et les télécommunications. C'est ce dernier qui est l'axe principal du projet proposé. Par ailleurs, nous prévoyons d'explorer les capacités offertes par un transistor ultra haute fréquence pour l'ultra faible consommation en millimétrique. L'IEMN est impliqué dans ces activités depuis quelques années et souhaite intensifier ces travaux. Le travail de thèse consistera à développer une technologie de composants actifs à base de HEMT dépassant 1THz de fréquence de coupure, qui est nécessaire au développement de circuits THz et faible consommation. Actuellement l'IEMN dispose d'une technologie à 500GHz. L'adjonction de procédés technologiques récents du groupe de recherche ANODE de l'IEMN devrait permettre d'améliorer ces performances. L'autre partie du travail concerne le back-end des circuits (composants passifs) qui est une des activités portées par le Prof. H. Maher de l'université de Sherbrooke. Celui-ci par son passé industriel, possède d'excellentes compétences sur la fabrication de circuits intégrés III-V. Un démonstrateur sera fabriqué avec une fréquence aux alentours de 300GHz qui est une bande de fréquence possible pour les télécommunications sans fil THz et en plus basse fréquence (millimétrique) pour l'ultra faible consommation. La thèse sera effectuée entre les deux sites, l'université de Lille et Sherbrooke.

Description :

The aim of the thesis is to develop a generic technology for the development of integrated circuits for high frequency and low power applications. High frequencies are in the range of THz. The THz domain concerns applications in space, astronomy, military, security, medical imaging and telecommunications. It is the latter that is the main focus of the proposed project. Furthermore, we plan to explore the capabilities of ultra high frequency transistor for low power consumption in millimeter band frequency. IEMN is involved in these activities since several years. The thesis is to develop a technology of active components based HEMT exceeding cutoff frequency of 1 THz, which is necessary to the development of THz circuits and low power consumption. IEMN currently has a technology with cutoff frequency up to 500GHz, the introduction of the latest technologies developed in the research group, should improve this performance. The other part of the work concerns the back-end circuitry (passive components), which is one of the activities carried by Prof. H. Maher of the University of Sherbrooke. He has excellent skills in the fabrication of integrated circuits III-V. A demonstrator will be built with frequency around 300 GHz which is a frequency band as possible for THz wireless and lowest frequency (millimeter) for ultra low power consumption. The work and stay will be shared between University of Lille1 and Sherbrooke.

Contact Co-encadrant : Nicolas WICHMANN, nicolas.wichmann@iemn.univ-lille1.fr



Titre : III-V FinFET for low power consumption

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Prof. Sylvain BOLLAERT

E-mail : sylvain.bollaert@iemn.univ-lille1.fr

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : ANODE

Descriptif :

L'augmentation de la puissance consommée par les technologies de la communication et de l'information (ICT) est un défi sociétal crucial pour les années futures. Actuellement l'ICT utilise 10% de l'électricité mondiale (l'énergie générée par l'Allemagne et le Japon) et correspond à l'éclairage mondial de 1985. Cette explosion de consommation est liée à l'augmentation de la demande pour les technologies de l'information en particulier l'émergence des technologies sans fils (tablettes, smartphone...), d'internet... Aujourd'hui une heure d'internet correspond à environ au trafic de l'année 2000. L'augmentation des bandes passantes, du sans fil et particulièrement du nombre d'utilisateurs (1 milliard de plus ?) augurent d'une explosion de la demande en électricité. Une part importante de la consommation provient du réseau (en particulier le dernier km sans fil), des « data center », de la fabrication et de la consommation des appareils. Enfin, le développement de systèmes plus autonomes (smartphone, tablettes, capteurs communicants) requiert aussi une électronique faible consommation, pour un meilleur confort d'utilisation. Une méthode à court terme, pour réduire cette consommation est la diminution de la consommation des circuits et des composants (CMOS) dont ils sont constitués. A plus long terme, une technologie de rupture devra être envisagée. Une voie envisagée à court terme par ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) est le remplacement du canal silicium dans les CMOS par un matériau haute mobilité III-V. Cette haute mobilité pourrait compenser la dégradation de paramètres électriques lors de la réduction de la tension d'alimentation V_{DD} (V_{DD} ~consommation). L'objectif de cette thèse est la réalisation dans une première phase de transistors III-V N-MOS sur substrat silicium utilisant une technique de recroissance et dans une seconde phase le canal P. Ce sujet est mené en étroite collaboration avec le groupe croissance Epiphy de l'IEMN.

Description:

The increase of the power consumption by the information and communication technologies (ICT) is a key societal challenge for future years. Currently ICT uses 10% of world electricity (energy generated by Germany and Japan) and corresponds to the global lighting in 1985. This explosion of consumption is related to the increase in demand for information technology in particular the emergence of wireless technology (tablets, smartphones...) , Internet ... Today an hour of internet traffic corresponds approximately to the traffic in 2000 . The increase in bandwidth, wireless and particularly the number of users (1 billion more?) will lead to an explosion in demand for electricity. A significant part of consumption is due to networks (especially the last wireless mile), " data center " and the fabrication and consumption of appliances. Finally, the development of more autonomous systems (smartphones, tablets, communicating sensor) also requires low power electronics for a better user comfort. A short-term method to reduce this consumption is to decrease consumption of circuits and devices (CMOS), which they are made. At long term, a disruptive technology should be considered. A way envisaged at short term by ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) is replacing the Silicon channel CMOS with high mobility III -V material. This high mobility may compensate the degradation of electrical parameters during the reduction of the supply voltage and therefore consumption. The objective of this thesis is the development in the first phase of III- V transistors N- MOS silicon substrate using a technique of regrowth and in a second phase, the P-channel. This topic is conducted in close collaboration with the group EPIPHY from IEMN.

Contact Co-encadrant : Nicolas WICHMANN, nicolas.wichmann@iemn.univ-lille1.fr



Titre : Multiplication de fréquence à base de diode Schottky GaN pour la génération dans le domaine THz

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Mohammed ZAKNOUNE

E-mail : mohammed.zaknounge@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : ANODE

Descriptif :

L'absence de sources compactes et suffisamment puissantes est un frein pour de nombreuses applications envisageables dans le domaine des ondes millimétriques ou des ondes TéraHertz. Ces applications concernent les télécommunications à très haut débit sans fil, l'ingénierie des procédés, la biologie, la médecine, l'astrophysique ou la sécurité via la spectroscopie de molécules, l'imagerie... Si les approches basées sur les transitions inter-sous-bandes semblent progresser dans le domaine TéraHertz avec le laser à cascades quantiques, il semble plus pertinent d'aborder le domaine millimétrique avec des composants à l'état solide aptes à moduler des signaux à hautes fréquences. Parmi ces composants, le transistor peine à satisfaire la figure de mérite PUISSANCE $\times$ FREQUENCE, que ce soit avec les matériaux classiques (Si, GaAs, InP...) ou même le GaN. Ainsi, l'état de l'art pour un HEMT GaN se situe aujourd'hui à 400 mW à 94 GHz au prix d'une technologie complexe et d'un rendement (PAE) limité à 8% [1]. Ce type d'approche laissant peu d'espoirs pour des applications au-delà de 150 GHz, il apparaît donc nécessaire d'envisager d'autres solutions.

Le présent projet vise le développement d'une solution alternative basée sur la conversion d'un signal à haute fréquence. Plus précisément, il s'agit d'utiliser la non linéarité dans une diode varactor GaN pour assurer la multiplication de fréquence. Dans cet esprit, la diode Schottky GaAs est communément utilisée pour créer des sources très hautes fréquences [2]. Tout comme dans le transistor, le champ de claquage du GaN permet d'espérer des densités de puissance dix fois supérieures à celles obtenues avec le GaAs. Les simulations montrent que la Schottky GaN(n)/GaN(n+) est à même de produire une efficacité de conversion de l'ordre de 15 % [3], à peine plus faible que celle sur GaAs. Les structures seront épitaxiées au CRHEA sur des substrats isolants (saphir, SiC). Sur les bases d'un procédé technologique déjà existant [4] et à optimiser, les diodes Schottky seront fabriquées et caractérisées à l'IEMN. Ce projet est effectué en collaboration avec le Laboratoire d'Etudes du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphères – Observatoire de Paris qui a en charge la modélisation et le packaging du multiplicateur. L'objectif est de fabriquer un multiplicateur $\times 2$ pour générer un signal dans la gamme 160-200 GHz avec une puissance de sortie de 200 mW. Les trois laboratoires impliqués ont initié une collaboration sur ce thème et ont déposé une demande de financement auprès de l'ANR (AAP 2016, projet ShowGaN). Le recrutement d'un chercheur postdoctorant dans le cadre de GaNex sera un moyen de produire rapidement des résultats expérimentaux. Le chercheur recruté à l'IEMN développera la technologie des diodes Schottky GaN (gravure, contacts, passivation, ponts à air) et leur caractérisation.

[1] M. van Heijningen *et al.*, "W-band power amplifier MMIC with 400 mW output power in 0.1 μ m AlGaN/GaN technology", in Proc. 7th Eur. Microw. Integr. Circuits Conf. (EuMIC), Oct. 2012, pp. 135–138.

[2] A. Maestrini *et al.*, "Design and Characterization of a Room Temperature All-Solid-State Electronic Source Tunable From 2.48 to 2.75 THz", IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, Vol. 2, n° 2, 2012.

[3] José V. Siles *et al.*, "Capabilities of GaN Schottky Multipliers for LO Power Generation at Millimeter-Wave Bands", 19th International Symposium on Space Terahertz Technology, Groningen, 28-30 April 2008.

[4] C. Jin, M. Zaknounge, M. Ducatteau, D. Pavlidis, "E-beam fabricated GaN Schottky diodes : high-frequency and non-linear properties", 61st IEEE MTT-S International Microwave Symposium - IMS, Seattle, USA, 2013.

Contact Co-encadrant : Yannick ROELENIS



Titre : Optimisation des pertes RF dans les HEMTs GaN sur substrat silicium pour la fabrication de transistors fonctionnant à 40GHz et au-delà
Epitaxy optimizations for GaN-base devices on silicon substrate for millimeter-wave power applications

Financement prévu : LABEX GaNEx
Cofinancement éventuel : DGA

(Co)-Directeur de thèse : Pr. Jean-Claude DE JAEGER
E-mail : jean-claude.dejaeger@iemn.univ-lille1.fr
Co-directeur de thèse : Dr. Yvon CORDIER
E-mail : yvon.cordier@crhea.cnrs.fr

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520 / CRHEA
Equipe : IEMN/Puissance et CRHEA/Electro

Descriptif :

Dans le domaine de la microélectronique de puissance hyperfréquence, les composés III-N constituent une alternative particulièrement intéressante grâce à leurs excellentes propriétés physiques, notamment en termes de transport électronique. Il est ainsi possible de fabriquer des composants de type High Electron Mobility Transistors (HEMTs) fonctionnant à haute fréquence, présentant une tension de claquage élevée et pouvant fonctionner en environnement hostile.

La demande pour de fortes densités de puissance à haute fréquence pour des dispositifs fonctionnant à des fréquences supérieures à 40GHz est en constante augmentation avec l'essor des télécommunications à haut débit. Les meilleures performances de transistors GaN HEMT ont jusqu'à présent été obtenues avec des couches épitaxiées sur des substrats SiC. Malheureusement, le coût et la disponibilité des substrats SiC semi-isolants de haute qualité restent problématiques pour beaucoup de fonderies européennes. Dans ce contexte, le HEMT GaN épitaxié sur silicium constitue une alternative intéressante à faible coût.

Dans ce contexte, la collaboration entre le CRHEA et l'IEMN a permis d'obtenir de très bonnes performances grâce à des transistors fabriqués sur une épitaxie obtenue par la technique MBE (Molecular Beam Epitaxy) sur substrat silicium. Des résultats à l'état de l'art à 40GHz ont ainsi été obtenus pour des composants à base d'hétéro-structures AlGaIn/GaN.

Ces résultats permettent d'envisager la conception de circuits intégrés de type MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits) sur substrat silicium fonctionnant à des fréquences de 40GHz et au-delà. Cependant, une caractérisation approfondie des pertes dans le substrat et/ou dans la couche tampon doit d'abord être effectuée avant que la technologie GaN sur substrat Si puisse conduire à l'obtention de circuits performants à de très hautes fréquences. Les exigences en termes de pertes de propagation électromagnétique sont en effet de plus en plus sévères à mesure que la fréquence de fonctionnement augmente. En effet, au-delà de 18 GHz, le couplage capacitif entre la surface et le substrat provoque non seulement une atténuation des ondes propagées vers ou depuis le composant, mais aussi une chute d'efficacité du composant lui-même pour l'amplification des signaux.

Les bons résultats à l'état de l'art cités précédemment sur matériau épitaxié par MBE ont pu être obtenus grâce à un matériau présentant de faibles pertes. La technique MBE ne permettant pas aujourd'hui une production à l'échelle industrielle, il est souhaitable de transposer le présent savoir-faire à la technique MOCVD (Metalorganic Chemical Vapor Deposition) qui a montré son efficacité par la production des LEDs GaN. Cependant, les procédés MOCVD appliqués jusqu'ici au CRHEA pour réaliser des couches GaN de grande qualité cristalline sur Silicium produisent des pertes de propagation supérieures d'un ordre de grandeur à l'acceptable et doivent faire l'objet de changements profonds et de compromis pour combiner qualité électrique et qualité structurale.

Dans ce contexte, la thèse proposée s'articule autour de deux points :

- La première partie du sujet portera sur la croissance de structures HEMTs AlGaIn/GaN et InAlGaIn/GaN sur substrat silicium par MOCVD. Une étude approfondie des conditions de croissance et une caractérisation complète aura pour objectif de réaliser des épitaxies avec de faibles pertes de propagation et présentant les propriétés requises pour la fabrication de transistors fonctionnant à 40GHz et au-delà.
- La seconde partie du sujet sera orientée vers la conception, la fabrication et la caractérisation électrique et hyperfréquence de transistors ayant une longueur de grille inférieure à 100nm. Le process technologique sera optimisé afin d'obtenir des performances à l'état de l'art en bande Ka et au-delà.

Les travaux seront menés sur deux sites, majoritairement au CRHEA pour la première partie de la thèse, et à l'IEMN pour la seconde. Un détail de ces actions peut être transmis aux candidats motivés sur demande.

Le candidat doit être très motivé par la recherche expérimentale et avoir de bonnes bases en science des matériaux et en physique des composants. Il doit être autonome, avoir le sens de l'expérimentation et du travail en équipe. Le candidat bénéficiera du savoir-faire complémentaire et de l'accès aux équipements des deux laboratoires : les plateformes technologique et de caractérisation disponibles à l'IEMN et les moyens de croissance et de caractérisation matériau au CRHEA. Le type de financement obtenu impose que le candidat soit ressortissant de l'union européenne.

Contact Co-encadrant : Nicolas DEFRANCE, nicolas.defrance@iemn.univ-lille1.fr



Abstract :

High frequency/high power microwave devices can contribute to answer to the increasing demand in terms of security, sensors and communications. The aim of this thesis is to demonstrate GaN based devices on Silicon substrate with high output power density and efficiency as well as reduced propagation losses opening the way to the fabrication of Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMICs). Substrate choice is motivated by the low cost and the availability of Silicon in large size, potentially leading to process cost reduction. However, the starting material necessarily needs to satisfy requirements in terms of structural and electrical quality, which are still yet difficult to reach in production environment. Indeed, Metal-Organic Chemical Vapor deposition (MOCVD) is the preferred tool for the crystal growth of GaN. It has led to high-quality GaN, large size production tools (up to several times 8 inch wafers capacity) but the high temperature involved in the growth process is a drawback for the growth on Silicon which necessitates trade-offs depending on the target application.

A first objective of this thesis will be to develop such knowhow not available in the literature to demonstrate MOCVD grown GaN high electron mobility transistors (HEMTs) on Silicon for power applications at 40 GHz and beyond. First, the project will focus on the reduction of microwave propagation losses through GaN based buffers and various templates on highly resistive silicon. An optimization loop will be necessary to satisfy this criterion as well as others such as crystal quality and low strain to avoid cracks in the films. The thesis will progress both at CRHEA (Valbonne, France) and IEMN (Lille, France) wherein the crystal growth, and the device processing will be carried. The critical role of the interface between the nucleation layer and the substrate will be studied. The growth conditions for the nucleation layer will be monitored to satisfy the requirements for a high electrical resistivity interface and buffer layer. The state of the art results previously obtained with the molecular beam epitaxy (MBE) technique will be a reference for this work. To benefit the advantage of the small transit time of a large carrier density under a short gate (less than 100 nm) and then to get a good aspect ratio, the transistors must present a small distance separating the carriers from the gate (thin barrier) as well as small access resistances. Today, the trade-off between barrier thinning and resistance increasing has led to thicknesses of the order of 15 nm and sheet resistances around 300 Ohm/sq in the case of AlGa_N barrier. This induces a noticeable access resistance in the device which becomes the main limitation for operation beyond 30 GHz. The aim of the second task of the project will be to develop solutions to mitigate this limitation. To do so, the Aluminum content in AlGa_N and InAlGa_N barriers will be increased to enhance the carrier density and to reduce the sheet resistance. In order to validate the HEMT structures grown with low propagation losses, IEMN will perform the technology developments and the device electrical characterizations, including the load pull measurements of power performance at 40 GHz and beyond.

As this thesis is supported by the French Ministry of Defense (DGA), the candidate must be citizen of the European Union. The candidate shall also have good skills in material science (particularly semiconductors) and electronic devices. The thesis duration is 3 years. The work will be shared in 50% at CRHEA (mainly the first half of the thesis) and 50% at IEMN (second half). Only applications of strongly motivated candidates will be considered.

Contact Co-encadrant : Nicolas DEFRANCE, nicolas.defrance@iemn.univ-lille1.fr



Titre : Fabrication de transistors HEMTs haute fiabilité sur substrat GaN haute qualité
Title : Fabrication of high reliable HEMTs on high quality GaN substrate

Financement prévu : Labex GANEX / Université de Lille1
Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Jean-Claude DE JAEGER
E-mail : jean-claude.dejaeger@iemn.univ-lille1.fr
Co-directeur de thèse : Jean-Guy TARTARIN
E-mail : tartarin@laas.fr

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520
Equipe : Composants et Circuits Microondes de puissance (PUISSANCE)

Descriptif :

Ce sujet de thèse est partagé entre deux laboratoires : l'IEMN à Lille et le LAAS à Toulouse avec de courtes périodes au CRHEA à Valbonne.

Le nitrure de gallium (GaN) constitue le meilleur candidat pour la réalisation de transistors de type HEMT de puissance fonctionnant à haute fréquence. A l'heure actuelle, en raison de la faible disponibilité de substrats GaN, la plupart des dispositifs sont fabriqués par hétéro-épitaxie sur des substrats Si, SiC, ou saphir. Jusqu'à présent, aucun de ces substrats n'a permis la croissance directe de GaN de haute qualité cristalline. Par conséquent, le développement de ces technologies doit faire face à de nombreux défauts (densités de dislocations de l'ordre de 10^8 - 10^{10} cm⁻²) et à des contraintes mécaniques notables (plusieurs centaines de MPa) apparaissant dans le matériau entraînant de nombreuses questions quant à la fiabilité des dispositifs. Le but de cette thèse est de qualifier de nouveaux dispositifs électroniques de type HEMT pour les applications RF à partir d'une nouvelle stratégie de substrat GaN présentant une haute qualité cristalline, avec l'objectif à moyen terme d'une industrialisation mais aussi à court terme d'établir un système de référence en termes de fiabilité. Le sujet est basé sur une chaîne complète d'études allant du substrat jusqu'à l'analyse de la fiabilité via la maîtrise des procédés technologiques et la caractérisation des dispositifs avant et après application de contraintes.

A partir de substrats GaN free-standing, le CRHEA va faire croître une couche tampon de GaN suffisamment épaisse et résistive pour limiter le couplage du substrat avec l'hétérostructure AlGaIn / GaN et ainsi minimiser les courants de fuite et les pertes de propagation RF. La technique de croissance MOVPE permettra d'obtenir des films de GaN épais tout en contrôlant la résistivité par auto-compensation de carbone ou par incorporation de fer. La croissance de l'hétérostructure AlGaIn/GaN sera ensuite développée sur ces substrats.

Le procédé technologique de fabrication des composants HEMTs AlGaIn / GaN sur substrat GaN pour des applications RF sera développé à l'IEMN. Un procédé similaire sera également appliqué à une hétérostructure identique sur substrat Si afin de mettre en évidence qualitativement et quantitativement l'amélioration apportée par les dispositifs innovants proposés, et de renforcer les analyses post-contraintes sur les deux lots de composants. Un procédé basé sur la lithographie optique permettra dans un premier temps la fabrication rapide de dispositifs permettant d'évaluer aussi rapidement que possible la qualité du matériau. Des lignes coplanaires seront également fabriquées afin de déterminer les pertes de propagation en fonction de la fréquence. La lithographie électronique permettra ensuite de réaliser des composants avec des longueurs de grilles en T ultra-courtes, de longueurs 70-100nm. Les caractéristiques I-V en régimes DC et Pulsé et des mesures de paramètres S seront effectuées pour déterminer les fréquences de coupure des transistors et leur schéma équivalent. Des mesures de puissance hyperfréquence seront ensuite effectuées. Enfin, des mesures thermiques utilisant la technique micro-Raman et une caméra infrarouge seront effectuées pour évaluer la résistance thermique des transistors : les aspects thermiques, et de fait l'incidence du choix du substrat, représentent un axe fondamental d'amélioration des performances et de la robustesse de ces filières de composants.

Le LAAS a développé différents outils non destructifs et des modèles expérimentaux qui seront utilisés pour évaluer l'influence du substrat et de la croissance sur la robustesse des dispositifs. L'étude sera divisée en deux aspects potentiellement corrélés. L'analyse du contact Schottky représentera l'un des cas d'étude critique car la zone de grille définit la qualité et la stabilité du contrôle des charges dans le canal : l'hétérogénéité de la hauteur de barrière de Schottky sera étudiée pour différentes durées des contraintes. Le deuxième aspect concerne l'étude des paramètres électriques du transistor plus directement liés au canal. Des outils spécifiques transitoires et harmoniques seront utilisés pour localiser les défauts, et leurs incidences potentielles dans les mécanismes de dégradation des performances électriques DC et RF des transistors. L'étude des paramètres dynamiques (S_{21} , P_{1dB} , $V_{GS-G_{M-max}}$, R_{on} , ...) permettra également de suivre l'évolution des dispositifs au cours de l'application de la polarisation électrique et d'un signal RF sous forte compression, afin de corréler ces résultats avec les analyses précédemment identifiées.

Abstract :

This thesis subject is shared between two laboratories: IEMN at Lille and LAAS at Toulouse with trainings at the CRHEA at Valbonne



Université Lille Nord de France

Ecole doctorale régionale Sciences Pour l'Ingénieur

Lille Nord-de-France - 072

Gallium nitride is the best candidate for the fabrication of High Electron Mobility Transistors for high power, high frequency applications. Due to the lack of availability of GaN substrates, most of devices are currently fabricated by hetero-epitaxy on Si, SiC or sapphire substrates. None of these substrates allows the direct growth of high quality GaN crystal. Therefore, many defects ($TDD\ 10^8\text{-}10^{10}\text{ cm}^{-2}$) and significant mechanical stress appear in the material leading many questions about the reliability of the devices. The aim of this subject is to overcome these limitations and qualify new electronic devices for RF applications using GaN substrate with a high crystalline quality. The studies are based on a complete chain from the epitaxy growth and technological fabrication and characterization of the devices to the analysis of the reliability.

Thick and resistive GaN buffer layer will be grown at CHREA in order to limit leakage current and RF losses. MOVPE growth technique will permit thick GaN layer while controlling the resistivity by using carbon self-compensation or iron incorporation. Heterostructures will be grown from these substrates.

Technological process will be developed at IEMN to fabricate AlGaIn/GaN devices on GaN substrate for RF applications. A similar process will be used on heterostructure grown on SiC substrate in order to highlight qualitatively and quantitatively the improvement brought by the innovative GaN technology. In a first time, an optical technology based process will be used in order to fabricate devices to assess information about material quality. Coplanar Waveguides will be also fabricated to measure RF loss. In a second time, e-beam lithography based process will be used to fabricate transistors with short gate-length ranging from 70nm to 100nm. DC, pulsed characteristics and S-parameters measurements will be performed to determine cut-off frequency of the transistors and the small-signal equivalent model. Then microwave power measurement will be carried out. Finally, thermal measurements using micro-Raman spectroscopy and infra-red camera will also be performed to evaluate transistor thermal resistance.

LAAS has developed various non-destructive tools and experimental models that will be used to evaluate the influence of the substrate and growth quality on the devices reliability. The study will be shared into two aspects potentially related. Analysis of the Schottky contact will represent one of the critical case to study because the gate area defines the quality and the stability of the charges control in the channel: the heterogeneity of the Schottky barrier height will be studied for different constraint periods. The second aspect concerns the study of the electrical parameters of the transistor. Transient and harmonic specific tools will be used to locate defects. The study of dynamic parameters (S_{21} , P_{1dB} , $V_{GS} - G_{M-max}$, R_{on} , ...) will be performed to correlate and conclude on the devices behavior during the application of the electrical stress (DC and RF under compression).

Contact Co-encadrante : Marie LESECQ, marie.lesecq@iemn.univ-lille1.fr



Titre : Co-intégration de HEMTs GaN hyperfréquence normally-off avec des normally-on
Title: Integration of microwave GaN HEMTs normally-off and normally-on

Financement prévu : Labex GANEX & industrie (III-V lab)

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Christophe Gaquière

E-mail : christophe.gaquiere@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : Composants et Circuits Microondes de puissance (PUISSANCE) & III-V lab

Descriptif :

Ce sujet de thèse est partagé entre deux laboratoires : III-V lab et l'IEMN

Le nitrure de gallium permet d'atteindre des performances électriques impressionnantes de par un fort champ électrique de claquage, et une mobilité électronique élevée, ainsi que grâce à une haute conductivité thermique du carbure de silicium servant de substrat. De nombreux travaux sont en cours internationalement pour des applications au-delà de 30 GHz. Ces composants sont essentiellement normally-on, c'est-à-dire qu'ils conduisent le courant lorsque la tension de commande est de 0V. Néanmoins, la fonction normally-off est une fonction qui est importante en électronique (Pas de conduction de courant lorsque la tension de commande est nulle). Citons la réalisation de fonctions logiques dédiées à l'interfaçage des puces analogiques ou encore de transistors pour des applications de conversion d'énergie, où les aspects de sécurité de fonctionnement rendent nécessaires la disponibilité de ce type de composants.

L'objet de la thèse proposée est de réaliser des composants en technologie GaN normally-off pour aboutir sur une même puce à pouvoir disposer de transistors de puissance hyperfréquences « conventionnels » (normally-on) et des transistors pour des applications de commande numérique (normally-off/normally-on complémentaires). La commande numérique est obtenue par l'association de ces transistors de type Normally-on et de type Normally-off, et la construction de fonction logiques utilisant ces composants.

Les étapes technologiques développées pour obtenir la fonction Normally-off doivent être compatibles avec le procédé de fabrication des HEMT GaN de puissance hyperfréquence. Le but est d'obtenir une puce multifonction pouvant associer des fonctions numériques et analogiques à base de GaN. Une première approche de transistor Normally-off développée à III-V lab, basée sur la gravure partielle de la couche grand gap sous le pied de grille et sur la réalisation d'une structure MIS à base d' Al_2O_3 a été démontrée sur des HEMTs AlGaIn/GaN et InAlN/GaN. Ce résultat constitue une première étape.

Ce sujet correspond à une thématique étudiée dans les laboratoires leader du domaine, essentiellement aux Etats-Unis et au Japon. La possibilité de mélanger les différentes fonctions sur la même puce permettrait de réduire fortement l'encombrement des fonctions et également de simplifier l'intégration dans les modules hyperfréquences. Ces travaux s'effectueront au sein du laboratoire III-VLab et l'IEMN. Le doctorant devra étudier en détail les étapes technologiques permettant la réalisation des 2 types de transistors au sein du laboratoire III-V Lab qui a pour maisons-mères Thales Research and Technology, Bell labs (Nokia) et le CEA-LETI. A l'IEMN, seront réalisées les étapes de caractérisation et de modélisation afin de démontrer les potentialités sur des circuits démonstrateur.

Le doctorant sera intégré au sein d'équipes expertes dans leurs différents domaines et le sujet à l'état de l'art de la recherche en hyperfréquence.

Abstract :

This thesis subject is shared between two laboratories: III-V lab & IEMN

Gallium nitride permits to get impressive electrical performance thanks to a high electric field breakdown and a high electron mobility associated to a high thermal conductivity of silicon carbide substrate. Many international studies are ongoing for applications beyond 30 GHz. These components are essentially Normally-on, that is to say, they conduct current when the control voltage is 0V. Nevertheless, Normally-off transistor is important in electronic operation (No current conduction when the control voltage is zero). These include the realization of logic functions for interfacing to analog chip or transistors for power applications, where operating safety aspects necessitate the availability of this type of components. The purpose of the proposed thesis is to produce on the same chip GaN Normally-Off and normally-on technology components for digital control applications (Complementary Normally-Off / Normally-on). Digital control is achieved by the combination of these Normally-on type transistors and Normally-off type. The technological steps developed to obtain the Normally-off function must be compatible with the process for manufacturing the GaN HEMT microwave power. The goal is to get a multi-function chip that can combine digital and analog functions based on GaN. A first approach on AlGaIn / GaN and InAlN / GaN HEMTs of Normally-off transistor developed at III-V lab, was based on the partial etching of the wide bandgap semiconductor under the foot gate and the achievement of a MIS structure based on



Al₂O₃. This work corresponds to a topic studied by the most famous laboratory leader in the field, mainly in the US and Japan. The ability to associate different functions on the same chip would greatly reduce device area and also permit to simplify integration in microwave modules. This work will be carried out at III-Vlab and at IEMN laboratory. In the lab III-V Lab company whose parent institutes are Thales Research and Technology, Bell Labs (Nokia) and CEA-LETI, the PhD student will study in detail the technological steps to fabricate the two types of transistors. At IEMN, the student will perform the steps of characterization and modeling to demonstrate the potentialities of the demonstrator circuits. The PhD student will be integrated within the expert teams in their various fields and about the state of the art research in microwave field.

Contact Co-encadrants : Nicolas DEFRANCE, Nicolas.defrance@iemn.univ-lille1.fr

Nicolas Michel
III-V Lab
1, Avenue Augustin Fresnel
91967 Palaiseau
nicolas.michel@3-5lab.fr
Téléphone: +33-(0)1-69-41-5

Titre : Transmissions sans fils ultra-rapides et propagation en espace libre aux fréquences THz

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Directeur de thèse : Guillaume DUCOURNAU

E-mail : guillaume.ducournau@iemn.univ-lille1.fr

https://scholar.google.com/citations?user=D8t_KToAAAAJ

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : Photonique TéraHertz

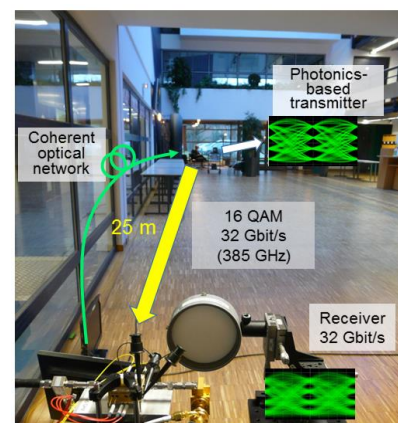
Descriptif :

La thèse proposée s'inscrit en complémentarité forte entre les activités du groupe de recherche « Photonique TéraHertz » de l'IEMN, développant les transmissions sans fils ultra-rapides en gamme de fréquence « térahertz » ($1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$) et également les activités du groupe de recherche « Télécommunications, Interférences et Compatibilité Electromagnétique » de l'IEMN sur la caractérisation et la modélisation du canal de propagation radio sans-fil. Le groupe de recherche Photonique THz de l'IEMN travaille depuis de nombreuses années sur les sources de rayonnement térahertz à base de photomélangeurs (convertisseurs optique $\rightarrow$ THz). Ces composants sont utilisés depuis 2010 pour développer des liens de transmission ultra-rapides au-delà de 200 GHz. L'intérêt de la montée en fréquence permet d'augmenter considérablement les débits de données transportées, afin de proposer à terme une connectivité sans fil aux utilisateurs nomades. L'IEMN a par exemple montré récemment des transmissions de débit correspondant à 500 fois le Wi-Fi ($> 30 \text{ Gbit/s}$) dans ces gammes de fréquence [1,2,3]. Le groupe TELICE de l'IEMN travaille également depuis de nombreuses années sur le canal radio [4].

Au-delà des aspects composants, les principaux défis à relever en télécommunications dans ces gammes de fréquence sont à la fois relatifs à l'interconnexion de ces composants, à l'étude du canal de transmission THz, le dimensionnement du système complet en regard de l'application visée (indoor, inter-batiments, outdoor pour les communications point à point). Egalement, l'évaluation expérimentale des effets environnementaux (pluie, poussières, brouillard) sur la propagation est d'une grande importance pour le développement de ces systèmes.

Plus particulièrement, les travaux de thèse seront réalisés autour de plusieurs activités dont les finalités sont expérimentales et incluent des démonstrations sur le terrain. Les éléments principaux ci-après pourront être abordés :

- Mesures des coefficients de réflexion complexes de matériaux communs en gamme THz.
- Développement expérimental pour la mesures d'antennes en gamme térahertz (sources, détecteurs, chambre anéchoïque à 300 GHz).
- Mise en place d'un système d'émission/réception THz à 300 GHz pour la mesure des réponses impulsionnelles des canaux $h(t)$ dans plusieurs configurations et étude du canal associé.
- Développement d'optiques de couplages de faisceaux THz, ces lentilles ou miroirs étant associées aux antennes.
- Etude de la propagation aux gammes THz pour la propagation outdoor SISO (Single In, Single Out), influence de l'environnement (mesures en caisson climatique : atmosphère contrôlée, en humidité, poussières).
- Etude du canal THz en propagation indoor: aspects de multi-trajets de faisceaux « multi-path » et interférences associées.
- Réalisation de démonstrateurs de télécommunications THz.



Contact Co-encadrant : Davy Gaillot, Maître de Conférences, groupe TELICE de l'IEMN, davy.gaillot@univ-lille1.fr, <https://scholar.google.fr/citations?user=TWbx-EgAAAAJ>

Références :

- [1] **G. Ducournau** et al. "32 Gbit/s QPSK transmission at 385 GHz using coherent fibre-optic technologies and THz double heterodyne detection", Electronics Letters, Volume 51, Issue 12, 11 June 2015, p. 915-917 (2015).
- [2] **G. Ducournau** et al. "THz Communications using Photonics and Electronic Devices: the Race to Data-Rate", Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, February 2015, Volume 36, Issue 2, pp 198-220.
- [3] http://www.lembarque.com/telecoms-un-record-de-transmission-sans-fil-en-point-a-point-dans-la-gamme-terahertz-realise-en-france-a-liemn_003597.
- [4] M.T. Martinez-ingles et al., "Channel sounding and indoor radio channel characteristics in the W band", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking – Special Issue on radio channel models for higher frequency bands, Vol. 1, 1-8, 2016.



Titre : Matériau absorbeur de type ZnSnN₂ pour cellules solaires

Financement prévu : Ecole Doctorale

Cofinancement éventuel :

(Co) Directeur de thèse : Jean-Pierre VILCOT

E-mail : jean-pierre.vilcot@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Patrice MISKA

E-mail : patrice.miska@univ-lorraine.fr

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Groupe de recherche : Optoélectronique

Descriptif :

Le matériau ZnSnN₂ est depuis peu envisagé comme une alternative à long terme pour la réalisation de cellules solaires en films minces car, contrairement au CIGS, il ne comporte que des matériaux dont les ressources terrestres sont abondantes. Néanmoins, il existe actuellement très peu d'études sur ce matériau, qui plus est au niveau expérimental. Le but de cette thèse est alors principalement de développer les techniques de dépôt d'un tel matériau en se basant sur l'expertise acquise sur la filière CIGS. C'est donc un travail des plus exploratoires qui visera à utiliser la pulvérisation cathodique comme technique de dépôt. Les couches de matériau ZnSnN₂ seront alors caractérisées de manière chimique (XPS, SIMS), structurale (DRX) et électrique (conductivité) en fonction des paramètres de dépôt et du substrat hôte. A terme, le ZnSnN₂ ne devrait pas être dévolu à la réalisation d'une cellule solaire simple à cause de son énergie de bande interdite élevée, tout au moins à la vue des quelques résultats théoriques et expérimentaux, d'ailleurs parfois contradictoires, publiés. En revanche, il pourrait apparaître comme un matériau de choix pour la réalisation de cellules tandem, ce qui apporterait une solution bas coût à l'obtention de cellules dont le rendement devrait être supérieur à 30%.

Abstract:

The ZnSnN₂ material has recently got interest as a long-term alternative for the fabrication of thin film solar cells because it contains only earth abundant raw materials, contrary to CIGS. Nevertheless, at present there are very few studies on this material, besides at experimental level. Then the purpose of this thesis is mainly to develop the deposition techniques of such a compound material starting from the expertise that has been acquired on CIGS material. Thus, it is a fully exploratory work that will aim at using the sputtering deposition technique. The ZnSnN₂ layers will be characterized on different points: chemical (XPS, SIMS), structural (DRX) and electric (conductivity) according to the deposition parameters as well as to the host substrate. Later, the ZnSnN₂ material would not be intended to the fabrication of simple solar cell because of its too high bandgap energy as shown by the few theoretical and experimental results, moreover sometimes contradictory, that have been published. On the other hand, it could appear as a good choice for the realization of tandem cells. It would bring so a low cost solution obtaining cells with efficiency that could be above 30 %.

Contact complémentaire: Mathieu HALBWAX, mathieu.halbwax@iemn.univ-lille1.fr



Titre : Biocapteurs intégrés à base de résonance plasmonique : application au dosage et suivi d'éléments pathogènes ou curatifs dans le domaine phytosanitaire

Financement prévu : Européen – Transfrontalier Interreg
Cofinancement éventuel :

(Co) Directeur de thèse : Jean-Pierre VILCOT
E-mail : jean-pierre.vilcot@iemn.univ-lille1.fr
Co-directeur de thèse : Mohammed BOUAZAOU
E-mail : mohammed.bouazaoui@univ-lille1.fr

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520
Groupe de recherche : Optoélectronique

Descriptif :

Les capteurs à résonance plasmonique de surface sont utilisés pour la quantification d'interactions moléculaires et sont actuellement plus particulièrement utilisés en laboratoire de biologie. Cette technique permet d'obtenir un résultat rapide sans préparation préliminaire complexe des milieux biologiques à investiguer. Nous proposons ici d'appliquer cette technique au dosage et au suivi d'éléments pathogènes ou de leurs traitements dans un contexte phytosanitaire. Il s'agit alors d'étudier la miniaturisation du concept de capteur plasmonique tout en lui permettant d'analyser simultanément une dizaine d'interactions moléculaires. Les aspects optiques seront particulièrement à reconsidérer pour cette conception: nombre et choix des longueurs d'onde d'interrogation du capteur, éclairage monochromatique ou non,..... Parallèlement, il faudra chiffrer l'impact de conditions expérimentales moins contrôlées que celles utilisées en laboratoire sur les résultats, tel l'effet de la température. Une grande partie des conclusions sur la validité des concepts développés pourra être faite au niveau "physique". Dès que les capteurs intégrés auront été validés, une seconde phase de test en milieu biologique sera investiguée en collaboration avec des partenaires biologistes en fonction de protocoles d'expérimentation qu'ils auront établis entretemps.

Abstract:

Surface Plasmon Resonance (SPR) based biosensors are used for the quantification of molecular interactions and are currently and more particularly used in biology laboratories. This technique allows obtaining results quickly without preliminary complex preparation of the biological media to be investigated. We will apply this technique to the dosage and to the monitoring of pathogens or their treatments in a phytosanitary context. The main concern is related to the miniaturization of the SPR sensor concept while allowing the simultaneous analysis of a ten of molecular interactions. The optical aspects will particularly be reconsidered for this design: number and choice of sensor interrogation wavelengths, monochromatic or polychromatic illumination, etc.... In parallel, it will be necessary to determine the impact on the results of less controlled experimental conditions than those used in laboratory such the effect of the temperature. Conclusions on the validity of the developed concepts will be mainly made in the physical domain. As soon as the integrated sensor design will have been validated, a second test phase in biological environment will be investigated in collaboration with biologists and using experimental protocols that will have been set up in the meantime.

Contact complémentaire : Sophie MARICOT, sophie.maricot@iemn.univ-lille1.fr



Titre : Etude des propriétés stochastiques et oscillantes d'un Neurone CMOS Silicium
Title : Study of Stochastic and Oscillating properties of a Silicon CMOS Neuron

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : François DANNEVILLE

E-mail : francois.danneville@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Christophe LOYEZ

E-mail : christophe.loyez@iemn.univ-lille1.fr

Laboratoire : IRCICA – USR 3380 / Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : ANODE / CSAM

Descriptif :

Dans le cadre de travaux de recherche concernant les nouveaux paradigmes du traitement de l'information, un neurone utilisant la technologie CMOS silicium (Si CMOS) a été développé au sein de notre Groupe de Recherche. Que l'on considère ce Neurone seul ou bien immergé au sein d'un réseau de Neurones (RN), le bruit -généré par les transistors le constituant- peut modifier ses propriétés non linéaires, et sous certaines conditions, le neurone peut rentrer en oscillation (avec ou sans stimuli).

Ce sujet de thèse comprendra donc *un premier volet* qui portera sur :

- (i) la mise en évidence et l'étude de la résonance stochastique (influence du bruit sur la réponse du neurone- stimulé par un signal périodique d'amplitude faible),
- (ii) le rôle du bruit au sein d'un RN ainsi que l'influence du bruit sur les différents codages (temporel ou fréquentiel) à spike dans les réseaux de neurones.

Dans un *deuxième* volet, l'attention se portera sur un mode particulier « oscillant » du Neurone (Bursting). Il s'agira ici d'étudier les conditions particulières conduisant le neurone à osciller avec ou sans stimuli.

Pour mener à bien les travaux, le (la) doctorant(e) devra réaliser des conceptions originales en technologie Si CMOS (en s'appuyant sur des modèles théoriques de dispositifs et des simulations temporelles avec LTSpice), réaliser les circuits (utilisation de Cadence), expérimenter (test) et porter un intérêt affirmé aux neurosciences.

Les résultats obtenus constitueront une base robuste pour envisager des applications ciblées, en collaboration avec la communauté des neurosciences, dans le cadre, par exemple, de la maladie de Parkinson ou bien de l'utilisation de la résonance stochastique pour la détection sensorielle biologique.

Abstract :

Within the framework of new paradigms of processing information, a silicon neuron has been developed in our research group. Whatever this neuron is considered "stand alone" or within a neural network (NN), the noise (generated by the transistors) might modify its non linear properties, and under particular conditions, it may oscillate (with or without stimuli).

As a first subject of interest, the PhD subject will focus on:

- (i) the emulation and study of the stochastic resonance (SR)
- (ii) Noise effect within a NN as well as the noise influence on spike coding (temporal or rate) in NN

A second subject of interest will be also to focus on a particular oscillation mode of the neuron (Bursting): this is related to particular conditions leading the neuron to oscillate (with or without stimuli).

The PdD applicant will have to develop original designs using Si CMOS, build up the circuit (Cadence), experiment it (test) and also should have a strong interest towards Neurosciences. Last but not least, the results obtained will constitute a robust basis to develop particular applications (within Parkinson disease context or the use of SR for biologic sensorial sensing)



Titre : Dynamic propagation model for Vehicle to Vehicle (V2V) communication

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Martine LIENARD

E-mail : martine.lienard@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : TELICE

Descriptif :

Cooperative Intelligent Transportation Systems (C-ITS) relying on networked vehicles are expected to have a positive impact on road safety and traffic efficiency. Most of such vehicular ad hoc networking (VANET) solutions are intended to work in medium- to large-scale scenarios, whose surface ranges from the several hundred m² of a single road intersection up to the several hundred km² of citywide street layouts. Moreover, they require a vast majority of the vehicles traveling in such areas to be communication-enabled. These assumptions often make direct experimental assessments impractical, due to economic costs, deployment complexity and maintenance issues. As a result, simulation plays a critical role in the validation of new network architectures and protocols for large-scale vehicular environments. However, there is lack of common reference datasets in terms of both vehicular mobility and signal propagation models, whose lack of realism and heterogeneity afflicts most of today's vehicular networking literature. A wealth of models has been published starting from simple empirical propagation models, based either on the free space propagation model or on two-path models to purely stochastic channel modelling as log-normal shadowing model and Nagakami fast fading model. However, these channels do not take into account diffraction phenomena that could occur in shadowing region due to trucks, buses or local obstacles as well as V2V channel time variation which is one of the most critical parameters for V2V protocol in high traffic density or high mobility.

The objective of the thesis is twofold: define realistic reference scenarii and develop dynamic signal propagation models to be used for validating new network architectures. Special attention will be given not only to a possible increase in path loss due to masking effects of neighbor vehicles but also to fast and slow fading characteristics. Real time multidimensional channel characterization will also be carried out for estimating the coherence time and the spatial distribution of incoming signals. Such an approach would also lead to the development of a model describing the stochastic part due to traffic. Owing to data set of traffic, deduced either from theoretical or experimental results, performances of the MAC layer in terms of packet losses, packet collisions as well as latency, will be predicted.

Key words : Channel modeling, propagation, channel characterization, PHY layer, Mac layer, IEEE 802.11p.



Titre : Étude de la sécurisation des communications sans fil contre les attaques électro-magnétiques

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

Directeur de thèse : Eric SIMON

E-mail : eric.simon@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : TELICE

Descriptif :

Profil du candidat : Master II recherche ou ingénieur (analyse numérique, traitement du signal, communications numériques).

Mots clés :

- Cyber sécurité
- couche physique des réseaux
- Attaques électromagnétiques
- brouillage (jamming)
- sécurité des communications
- identification des menaces

Sujet :

En raison des possibilités offertes par les nouvelles solutions sans fils et du catalogue chaque jour plus étoffé d'objets connectés, les nouvelles technologies de communication supportent de plus en plus d'applications au sein de nos infrastructures vitales (énergie, transport, industries, hôpitaux, services de sécurité...).

Cependant, si la disparition du lien filaire offre de grande flexibilité d'installation, elle rend également les transmissions plus vulnérables aux cyber attaques. Aujourd'hui, on distingue deux grandes familles d'attaques :

- les attaques dites intelligentes dont l'objectif est de faire du déni de service, de la prise de contrôle à distance, du vol de données, etc.

- le brouillage électromagnétique (jamming en anglais) dont l'objectif est de dégrader la qualité de la communication, se traduisant par du déni de service. Le brouillage consiste à transmettre un signal de puissance comparable ou supérieure au signal de communication sur tout ou une partie de la bande de communication.

Les attaques intelligentes nécessitent des connaissances a priori sur le protocole de la communication contrairement au brouillage électromagnétique. De plus, la diffusion sur internet des brouilleurs et leur coût toujours plus faible (quelques dizaines d'euros aujourd'hui) induisent de nouveaux risques pour nos infrastructures qui doivent absolument être pris en compte. Pour toutes ces raisons, la thèse se focalisera sur les attaques de type brouillage électromagnétique.

De nombreuses études ont analysé les caractéristiques des signaux émis par les brouilleurs achetés sur internet. Il en ressort que le signal de brouillage consiste dans l'immense majorité des cas à faire un balayage de fréquence rapide, c'est-à-dire que la fréquence instantanée du signal balaye toute la bande de fréquence à brouiller en quelques micro-secondes. Les variations très rapides de la fréquence instantanée constituent un point dur pour faire le design de techniques de lutte contre ce brouillage.

Un autre type de brouilleur moins répandu consiste à transmettre du bruit sur la bande visée, avec deux stratégies différentes : soit toute la bande est brouillée, soit la puissance du signal de brouillage est concentrée sur une seule partie de la bande. On trouve également des brouilleurs qui concentrent l'énergie du signal de brouillage uniquement sur les porteuses pilotes pour faire échouer la tâche d'estimation de canal à la réception.

Aujourd'hui, les systèmes de communication sans fil large bande utilisent principalement la modulation OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) en raison de sa très bonne résistance aux multi-trajets et de sa bonne efficacité spectrale. Ainsi le standard WiFi, les réseaux Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) basés sur le 802.16, la 4G avec le LTE, utilisent tous l'OFDM. On peut également ajouter que les modulations pressenties pour la 5G seront des versions filtrées de l'OFDM.

Ainsi la thèse portera sur l'étude des systèmes OFDM face au brouillage électromagnétique. De nombreux travaux existent sur les attaques intelligentes et sur les moyens de rendre robuste une communication OFDM à ce type d'attaque, mais très peu d'articles traitent de la résilience des systèmes OFDM au brouillage électromagnétique.

La thèse se décomposera en deux parties:

1. Détection puis identification du type de brouillage électromagnétique (balayage de fréquence, bruit, brouillage des porteuses pilotes)
2. En fonction des résultats de l'identification, définir une stratégie adéquat pour rendre robuste la communication aux attaques, en imaginant par exemple un mode dégradé qui assurerait moins de débit mais plus de sécurité. Les deux étapes préalables pour établir une communication sont la synchronisation et l'estimation du canal. Si le brouilleur dégrade trop



fortement une de ces deux étapes, la communication est perdue. Il est donc essentiel de rendre robuste ces deux tâches aux attaques décrites précédemment.

L'originalité de ce sujet est qu'il englobe également des aspects pratiques en s'appuyant sur le sondeur de canal LTE récemment développé dans le groupe TELICE [1]. Le signal de brouillage sera généré avec un générateur de signaux, puis des mesures seront réalisées afin de valider les approches retenues. Le travail de thèse s'effectuera en collaboration étroite avec Virginie Deniau, chercheuse à l'IFSTTAR Villeneuve d'Ascq. Le groupe TELICE et le laboratoire IFSTTAR disposent de moyens importants et d'une grande expérience dans le domaine des mesures électromagnétiques. Nous aurons ainsi typiquement le soutien de notre ingénieur de recherche Pierre Laly, qui a développé le sondeur. De plus, le candidat s'appuiera sur les derniers travaux réalisés par l'équipe encadrante [2, 3].

[1] P. Laly, D.P. Gaillot, E. Simon, M. Liénard, E. Tanghe, W. Joseph, L. Martens, "Real-time MIMO channel Sounder based on a highly flexible Software Architecture", European Conference on Networks and Communications EuCNC'2015, Paris, France, June 29/July 2, 2015

[2] Heddebaut, M.; Deniau, V.; Rioult, J.; Copin, G., "Method for detecting jamming signals superimposed on a radio communication application to the surveillance of railway environments," in Electromagnetic Compatibility (EMC), 2015 IEEE International Symposium on , vol., no., pp.1089-1094, 16-22 Aug. 2015

[3] F. Zaarour, E.P. Simon, "Fast Time-Varying Channel Estimation for OFDM Systems With Narrowband Interference", IEEE Wirel. Commun. Lett., vol. 4, 2015



Titre : Instrumentation hyperfréquence haute impédance basée sur la technique multi-port pour la nano-caractérisation

Financement prévu : Contrat doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Tuami LASRI

E-mail : tuami.lasri@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Groupe de recherche : MITEC

Descriptif :

Un des défis posés dans le domaine des nanotechnologies est la possibilité de caractériser des nano-objets notamment dans le domaine des hyperfréquences. En effet, compte tenu du caractère haute impédance des nano-composants (plusieurs dizaines de kilo-ohms), les mesures traditionnelles des paramètres S sur une impédance de référence de 50 ohms sont imprécises notamment à cause de cette forte désadaptation d'impédance. Pour contourner cet obstacle majeur, quelques méthodes commencent à être explorées comme par exemple l'adaptation d'impédance par un circuit LC résonnant ou encore par interférométrie. Cependant, pour palier au caractère faible bande de ces techniques, l'alternative que nous proposons au sein du groupe MITEC est le développement d'un système de mesure de paramètres S large bande dont l'originalité est d'être intrinsèquement haute impédance (de l'ordre du kilo-ohms).

Dans le but de proposer cette nouvelle instrumentation hyperfréquence mieux adaptée à la nano-caractérisation, l'approche envisagée dans cette thèse est la définition et la réalisation de fonctions hyperfréquences haute impédance formant les briques de base du système basé sur la technique multi-port. Ce projet de recherche regroupe ainsi les problématiques liées au domaine de la mesure vectorielle comme le développement d'étalons de calibrage mais également des techniques de calibrage associées.

Abstract :

One of the most challenging topics in the nanotechnology field is related to the measurement of the electromagnetic properties of nano-objects, in particular in the domain of microwaves. Indeed, the difficulty to characterize nano-components is that they have strong values of impedances compared to conventional microwave measurement systems such as commercial automatic network analyzers. This strong mismatching of impedance results in measurement inaccuracies that increase notably according to the frequency. To bring a solution to this very important measurement problem, we propose new idea that is to substitute the classic equipment (50 ohm characteristic impedance) by a system also permitting the measurement of S-parameters but conceived so that it has an intrinsic characteristic impedance better matched to the measurement of nano-objects (for example in the order of kilo-ohms). This approach relies on the definition and the realization of a system based on a new concept of microwave instrumentation that will be based on multi-port technique.



Titre : SyRoCo : Systèmes Robustes de Communication

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Laurent CLAVIER

E-mail : laurent.clavier@telecom-lille.fr

(Co)-Directeur de thèse : Guillaume Gellé, Université de Reims Champagne-Ardennes

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520, IRCICA USR CNRS 3380

Equipe : CSAM

Descriptif :

La ville intelligente, l'homme connecté, la surveillance de l'environnement... autant d'applications qui nécessitent de récupérer des informations par l'intermédiaire d'objets communicants. L'accroissement du nombre d'objets, leur hétérogénéité et les réseaux indépendants qui coexistent rendent cruciale la bonne gestion de l'interférence. Celle-ci ne peut cependant pas être traitée comme le bruit Gaussien habituel. Elle présente en effet une nature impulsive qu'il est indispensable de bien prendre en compte si l'on veut mettre en place des communications fiables. Si ce constat est largement partagé, peu de travaux se sont intéressés à des systèmes codés « robustes » dans ce type d'environnement. C'est l'objet de cette thèse qui étudiera les solutions pour fiabiliser les communications quand l'état du canal (ici la distribution de l'interférence) n'est pas précisément connu. Quelles stratégies, aussi bien au niveau du codage que du décodage, peuvent permettre d'assurer la fiabilité des communications quel que soit le niveau d'impulsivité rencontré ? L'interférence sera modélisée par une distribution alpha-stable mais les stratégies développées devront rester efficaces même en cas d'inexactitude sur ce modèle.

Abstract :

Smart city, connected humans, environmental monitoring ... so many applications that require retrieving information via smart objects. The increase in the number of objects, their heterogeneity and independent networks coexisting make crucial the proper management of interference. This however cannot be treated like the usual Gaussian noise. It has indeed an impulsive nature that it is indispensable to take into account if we are to establish reliable communications. If this view is widely shared, few studies have focused on coded systems "robust" in this type of environment. This is the subject of this thesis will explore solutions for reliable communications when the state of the channel (here the distribution of interference) is not precisely known. What strategies, both in coding and decoding, can help to ensure reliable communications regardless of the level of impulsiveness met? Interference will be modeled by an alpha-stable distribution but developed strategies will remain effective even if this model assumption does not exactly fit the exact noise behavior (model mismatch).



Titre : Environnements Impulsifs et dépendance dans les réseaux de capteurs

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Laurent CLAVIER

E-mail : laurent.clavier@telecom-lille.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520, IRCICA USR CNRS 3380

Equipe : CSAM

Descriptif :

Les télécommunications sont en pleine révolution : les réseaux de capteurs, la 5G, la radio cognitive, etc... En moins d'une décennie, il n'est pas déraisonnable de supposer que les dispositifs autonomes vont construire leur propre réseau : ils vont s'adapter à de nouveaux environnements, modifier leur configuration, s'adapter à la disparition ou l'apparition d'autres nœuds communiquant. Ils devront choisir les meilleures opportunités de communication et en assurer la fiabilité malgré des contraintes énergétiques strictes. Une redéfinition complète des règles de communication est sans doute nécessaire pour faire face aux principaux défis envisagés, les interférences et l'adaptabilité.

L'objectif de cette thèse est de proposer de nouveaux modèles pour représenter efficacement et avec précision l'environnement de communication (canal radio, interférences) [1,2]. La modélisation des dépendances [3] et des évolutions spatiales et temporelles seront nos principales contributions. Notre approche réside principalement sur de nouvelles approches mathématiques en Télécommunication pour mieux prendre en compte les événements rares. Dans un deuxième temps, nous voulons montrer que les stratégies de communication classique et de traitement de signal sont loin d'être optimale dans un tel environnement, et donc que de nouvelles approches sont nécessaires.

Abstrac:

Telecommunications are undergoing a significant and important revolution: sensor networks, 5G, cognitive radio, etc. In less than a decade it is not unreasonable to speculate that autonomous devices will build their own network: they will adapt to new environments, change their configuration, adapt to disappearing or appearing nodes; they will have to track the best communications opportunities and ensure reliability with strict energy constraints. However a complete redefinition of communication rules is needed to face the main foreseen challenges, interference and adaptability, with a hard energy constraint.

The objective of this PhD is to propose new models to efficiently and accurately represent the communication environment (radio channel, interference) [1,2]. Time and space dependencies [3] and evolutions will be our main contributions. Our approach is mainly based on new mathematical approaches to better take into account rare events. In a second step we aim to show that classical communication and signal processing strategies are far from being optimal in such an environment and hence that new approaches are needed.

[1] S. Weber and J. Andrews, "Transmission capacity of wireless networks," in Foundations and Trends in Networking. NOW Publishers, 2012, vol. 5, no. 2-3.

[2] M. Kountouris and N. Pappas, "Approximating the interference distribution in large wireless networks," in 11th International Symposium on Wireless Communications Systems (ISWCS), Aug. 2014, pp. 80–84.

[3] R. Ganti, F. Baccelli, and J. Andrews, "Series expansion for interference in wireless networks," IEEE Trans.Inform. Theory, vol. 58, no. 4, pp. 2194 –2205, april 2012.



Titre : Optimisation de la consommation des nœuds d'un réseau de capteurs

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Laurent CLAVIER

E-mail : laurent.clavier@telecom-lille.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520, IRCICA - USR CNRS 3380

Equipe : CSAM

Descriptif :

Les réseaux de capteurs imposent aux couches physique et MAC des contraintes très spécifiques et différentes des réseaux classiques. Pour les étudier nous mettons en œuvre une plate-forme TELECOM permettant de tester les émetteurs et les récepteurs, les algorithmes de traitement numérique du signal et la couche MAC. L'originalité de cette plate-forme est d'avoir une grande flexibilité sur le choix technologiques, en particulier au niveau de la partie RF.

L'un des premiers objectifs de la plate-forme est d'étudier l'impact de l'interférence sur la consommation. Des travaux existent pour améliorer les récepteurs dans le cas d'une interférence non gaussienne mais il faut maintenant en évaluer le coût d'implémentation et le coût énergétique. De même, la couche MAC peut tenter de limiter au maximum l'interférence ou, au contraire, s'adapter et tolérer un certain niveau d'interférence que la couche physique peut supporter. Les protocoles doivent alors être modifiés ce qui permettrait en particulier d'améliorer l'efficacité des réseaux et la réutilisation spatiale de la ressource. L'objectif de cette thèse est d'allier des expériences et des résultats théoriques pour comprendre l'évolution des environnements de communication et proposer des stratégies fiables et faible consommation.

Abstract :

Sensor networks require physical and MAC layers with very specific and different constraints than conventional networks. We implement a TELECOM platform for testing transmitters and receivers, the algorithms of digital signal processing and the MAC layer protocols. The originality of this platform is to have flexibility on the technological choices, especially at the RF part. One of the first objectives of the platform is to study the impact of interference on consumption. Work exist to improve the receivers in the case of non-Gaussian interference, but we must now evaluate their implementation and energy costs. Similarly, the MAC layer may attempt to minimize interference or, conversely, to adapt and tolerate a certain level of interference that the physical layer can support. The protocols should be modified to improve the network efficiency and the spatial reuse of the resource. The objective of this thesis is to combine experiments and theoretical results to understand the changing communication environments and to propose reliable and low consumption strategies.

Contact Co-encadrant : Alexandre BOE, alexandre.boe@univ-lille1.fr



Titre : Développement d'un système vectoriel en gamme de fréquences millimétriques haute sensibilité à faible énergie, intégré en technologie CMOS, basé sur une technique six-port pour la mesure temps-réel et sans contact des signaux vitaux

Financement prévu : CEA-Tech

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Christophe LOYEZ

E-mail : christophe.lethien@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : CSAM

Descriptif :

Aujourd'hui, le suivi quantitatif sans contact des signaux vitaux constitue un enjeu avéré dans le domaine médical. Ce sujet de thèse ambitionne de concevoir et réaliser un système hyperfréquence complètement intégré à 60 GHz pour la mesure des signaux vitaux de manière non-invasive. La motivation est de développer une topologie innovante associant haute sensibilité et haute précision de mesure sur la base de signaux hyperfréquences de très faible énergie. L'objectif étant de transférer la solution développée vers l'industrie, l'intégration du dispositif sera effectuée en technologie CMOS ou BiCMOS. Sur la base d'un cahier des charges établi avec un acteur industriel régional du domaine de la santé, le dispositif vectoriel intégrera un démodulateur IQ interférométrique original de type six-port avec des performances attendues au-delà de l'état de l'art en termes de combinaison sensibilité-précision. Outre les objectifs scientifiques, la viabilité économique de la solution développée sera une préoccupation majeure des actions de recherche menées en concertation avec le partenaire industriel.

Les connaissances des méthodes et outils de conception de circuits intégrés (Cadence) sont requises et une première expérience est souhaitée.

Contact Co-encadrant : Kamel HADDADI, kamel.haddadi@iemn.univ-lille1.fr



Titre : Microdispositifs de stockage électrochimique de l'énergie sur substrat silicium : vers la réalisation de dispositif hybride

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Christophe LETHIEN

E-mail : christophe.lethien@iemn.univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : CSAM

Descriptif :

Les objets communicants miniatures ont besoin d'une source d'énergie embarquée pour fonctionner. A ce titre, le couple microbatterie - microsupercondensateur semble être le candidat idéal pour réaliser cette fonction. Nous travaillons à l'IEMN depuis plusieurs années sur la fabrication de ce type de microdispositifs de stockage électrochimique de l'énergie. Les briques de base sont maintenant posées à la fois pour les dispositifs planaires mais aussi ceux dont la capacité de stockage est exacerbée par la structuration 3D de nos substrats. Le sujet de thèse proposé s'articule donc autour de ces thématiques. Il s'agit dans un premier temps d'effectuer le dépôt de matériaux lithiés par ALD et de finaliser la fabrication d'une microbatterie Li-ion 3D tout solide. Dans une seconde partie, des dépôts d'oxyde par pulvérisation cathodique et ALD seront effectués à l'IEMN et testés en boîte à gant pour fabriquer des dispositifs hybrides de stockage électrochimique de l'énergie en collaboration avec des chercheurs du CIRIMAT de Toulouse.



Titre : Approche faible consommation de la localisation 3D et de la communication pour réseaux de capteurs en milieu contraint pour les usines du futur

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Christophe LOYEZ

E-mail : christophe.loyez@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : CSAM

Descriptif :

Le concept générique d'«usine du futur» s'inscrit dans un contexte industriel plus général, hautement évolutif et concurrentiel, qui, actuellement, est marqué par un ensemble de transformations telles que la réduction du cycle de conception et production, ainsi que par une introduction significative de technologies avancées dans l'environnement industriel. Dans ce cadre, les réseaux de capteurs peuvent permettre la traçabilité des produits manufacturés et des différents dispositifs de production. Ils pourront aussi intervenir de manière significative dans les procédés de production agiles :

- Adaptation rapide des processus pour des produits hautement personnalisés,
- Intégration et optimisation « bout en bout » des différents sous-systèmes, appareils et robots,
- Monitoring et contrôle permanent du système de production distribuée,
- Interopérabilité entre machines,
- Amélioration de la coopération entre les acteurs de la chaîne de valeur.

Les réseaux de capteurs ont été l'objet de nombreuses recherches mais des limites fondamentales empêchent toujours le développement des applications fortement contraintes. Les deux verrous les plus limitants sont :

- l'énergie pour garantir des durées de vie des réseaux au-delà de la décennie sans avoir à changer les batteries,
- l'adaptabilité, à la fois aux changements dans l'environnement et au niveau des applicatifs embarqués dans les nœuds.

Pour répondre à ces problématiques, la mise en place d'un système de localisation basse consommation peut être une solution. Cette localisation, précise à quelques centimètres près (à comparer à la précision actuelle qui est de quelques mètres) est (1) un atout pour l'optimisation du routage et donc du niveau la puissance d'émission nécessaire pour obtenir un lien radio correct et (2) aussi une donnée intéressante pour les usages industriels.

L'objectif de cette thèse est la contribution à la mise en place d'une plate-forme globale, ouverte, multidisciplinaire et instrumentée, pour la conception optimale de systèmes de communication et de localisation robustes et faible consommation. Dans ce cadre, le nœud de capteurs modélisé doit permettre de répondre aux exigences des procédés de production agiles. La thèse se focalisera sur :

- la mise en place d'un modèle comportemental fiable de tous les composants d'un nœud de capteur. Ce modèle devra être générique et sera confronté aux différentes expérimentations menées à l'aide de la plate-forme.
- le développement d'un algorithme de géo-localisation 3D précis basé sur une approche faible consommation en milieu contraint (environnement métallique, canal de propagation déficient, environnement perturbé, ...). La solution de localisation précise proposée se base sur des signaux en bande étroite de type WiFi ou ZigBee par exemple, sans avoir recours à des algorithmes de super-résolution (MUSIC ou ESPRIT) qui interdisent l'aspect temps réel. L'utilisation de signaux bande étroite assure un faible bande équivalente de bruit au niveau du récepteur et donc une portée plus importante. Cette solution repose sur un nouvel algorithme associé à une configuration matérielle spécifique. Développée à l'IEMN, celle-ci a déjà été testée sur des signaux bande étroite en deux dimensions avec succès et se prête particulièrement bien aux capteurs autonomes.

Contact Co-encadrant : Alexandre BOE, alexandre.boe@univ-lille1.fr



Titre : Ingénierie des contraintes des films minces pour le stockage d'énergie pour objets connectés

Financement prévu : Contrat Doctoral Lille1

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Nathalie ROLLAND

E-mail : nathalie.rolland@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse :

E-mail :

Laboratoire : Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : CSAM

Descriptif :

Le développement de dispositifs embarqué de stockage de l'énergie est un point bloquant pour l'essor des réseaux de capteurs de grande envergure. Une des voies prometteuse est la mise au point de capacités de grande valeur et de supercapacités. La valeur de la capacité dépendant étroitement de la surface des électrodes, il est important d'augmenter fortement cette surface spécifique, tout en conservant un volume limité. Cette thèse s'intéresse plus particulièrement au développement de supercapacités et de capacités MIM 3D. Tous les développements seront optimisés pour être compatibles avec une approche SIP (System In a Package) ou dans un procédé de type MEMS (MicroElectro Mechanical Systems) standard, notamment silicium (sur CMOS ou SOI-CMOS). Cette intégration implique une reprise de contact 3D totalement intégrée et est complètement originale et en rupture avec la fabrication classique des supercapacités qui nécessite le report d'électrodes fabriquées séparément. Enfin, les matériaux choisis seront le plus possible à faible empreinte écologique (procédés basse température, matériaux peu nocifs), avec un impact limité tant sur le plan sanitaire qu'environnemental. Ce dernier point est essentiel puisque les capteurs ont vocation à être dispersés pour de longues années et ne pourront donc pas tous être recyclés en fin de vie.

Le premier effort portera sur la caractérisation et la maîtrise des contraintes lors du dépôt de matériaux par PVD (Physical Vapour Deposition) ou CVD (Chemical Vapour Deposition). Ces matériaux, après gravure d'une couche sacrificielle, permettront d'obtenir des micro- et nanostructures en 3D hors plan. L'introduction de matériaux à mémoire de forme (notamment TiNi) permettra d'apporter une agilité lors de la formation des structures 3D. Ces développements seront aussi utilisés avec les matériaux faible coût basés sur des procédés de chimie en solution bas coût (collaboration avec PhLAM). Cette étape conduira au développement de dispositif de caractérisation des constantes mécaniques des films minces (module de Young, courbe de traction, adhésion, ...).

Ces différentes études permettront de concevoir des techniques de reprise de contacts électriques en 3D afin de pouvoir connecter les supercapacités. Les matériaux développés par méthodes chimiques en solution sont soumis à de très grandes variations de volume (évaporation du solvant lors des séchages) limitant leur intégrabilité. Le développement de matériaux 3D et notamment des matériaux à mémoire de forme permettront la conception de dispositif gérant ce changement de volume.

Le second axe sera le développement de techniques d'encapsulation compatibles avec les procédés CMOS. Ce packaging permettra de finaliser les dispositifs obtenus par ingénierie des contraintes en les isolants de l'environnement extérieur. Deux types de packaging seront à étudier : (1) une technique permettant un scellement hermétique (applications spécifiques telles qu'implantation dans le corps humain) et (2) un scellement bas coût dérivés des activités en cours à l'IEMN (groupe CSAM).

Les principales retombées scientifiques seront :

- mesure reproductible des caractéristiques mécaniques de films minces (notamment adhésion et contraintes) et maîtrise de ces caractéristiques mécaniques, afin de fabriquer des structures hors-plan à partir de procédés planaires,
- reprise des contacts hors plan à partir de procédés planaires et d'Origami,
- développement de procédé d'encapsulation collective compatible CMOS,
- intégration de matériaux préparés par chimie en solution avec un procédé MEMS, notamment gestion des changements de volume lors de l'évaporation des solvants.

Contact Co-encadrant : Alexandre BOE, alexandre.boe@univ-lille1.fr



Titre : Hétéro-structures multiferroïque : le défi du couplage magnéto-électrique
Multiferroic heterostructures: the challenge of magnetoelectric coupling

Financement prévu : Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis
Cofinancement éventuel :

Directeur de thèse : Denis Rémiens
E-mail : denis.remiens@univ-valenciennes.fr

Laboratoire : DOAE – Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520
Groupe : MAMINA

Descriptif :

Ce sujet de thèse porte sur la synthèse d'hétéro structures combinant alternativement des couches minces ferroélectriques et ferromagnétiques dans le but d'obtenir un milieu effectif multiferroïque. Outre l'intérêt de disposer à la fois d'une polarisation électrique et d'une aimantation au sein d'un même milieu, un couplage mutuel magnéto-électrique (ME) doit exister entre ces deux propriétés physiques. Si ce couplage est mis en évidence, l'aimantation serait alors contrôlable par un champ électrique et/ou la polarisation électrique contrôlable par un champ magnétique. L'objectif sera alors d'étudier les conditions favorables à l'optimisation de ce couplage pour qu'il puisse, par la suite, être exploitable dans diverses applications.

Les composites multiferroïques seront déposés sur silicium par pulvérisation cathodique. Des analyses physico-chimiques seront menées systématiquement en vue d'aboutir à des conditions de dépôts optimales. Une part importante du travail consistera à qualifier finement les films aussi bien du point de vue électrique que magnétique, i.e. $M(E,H)$, $P(E,H)$. On attend à la fin de ce travail la fabrication et la caractérisation d'un démonstrateur sur silicium ; il s'agit par exemple d'une inductance pilotée par champ électrique. Les tensions sont celles utilisées dans les circuits MMIC. Un fonctionnement à haute fréquence est également envisagé.

Le candidat recherché doit avoir de bonnes connaissances en physique des matériaux et leurs caractérisations physico-chimiques. Des connaissances en électronique seront appréciées et une culture hyperfréquence un plus. Une grande partie du travail se fera en salle blanche. Le candidat recevra les formations adéquates lui permettant de travailler dans ce type environnement.

This thesis focuses on the synthesis of hetero structures alternately combining ferroelectric and ferromagnetic thin films in order to obtain a multiferroic effective medium. Besides the advantage of having both of an electrical polarization and magnetization within the same medium, a mutual coupling exists between these two physical properties. If magneto-electric coupling is highlighted, the magnetization would be controllable by an electric field and / or the controllable electric polarization by a magnetic field. The aim will be to study the conditions for the optimization of this coupling so that it can subsequently be exploited in various applications.

The multiferroic composites are deposited on silicon by sputtering. Physicochemical analyzes will be carried out systematically in order to achieve optimal deposition conditions. An important part of the work will be to qualify the films as well the electrical polarization as the magnetic responses, i.e. $M(E,H)$, $P(E,H)$. We will expect to conclude this work by the fabrication and characterization of a demonstrator on silicon; it could be an inductor driven by an electric field. Voltages are those used in the MMIC. A high frequency operation is also contemplated.

The candidate must have good knowledge in materials physics and their physicochemical characterizations. Electronics knowledge will be desired and a culture in microwaves domain will have a strong impact in our final decision. Much of the work will be done in a clean room. The candidate will receive adequate training enabling them to work in such an environment.



Titre : Evaluation d'un système de codage conjoint Source Canal basé sur « Softcast » dans les réseaux ad-hoc véhiculaires

Financement prévu : Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis
Cofinancement éventuel :

Directeur de thèse : François-Xavier COUDOUX
E-mail : Francois-Xavier.Coudoux@univ-valenciennes.fr
Co-directeur de thèse : Patrick CORLAY
E-mail : Patrick.Corlay@univ-valenciennes.fr
Co-encadrant : Mohamed GHARBI
E-mail : Mohamed.Gharbi@univ-valenciennes.fr

Laboratoire : DOAE – Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520, Département Opto-Acousto-Électronique
Groupe de recherche : COMNUM (COMmunications NUMériques)

Descriptif :

Contexte scientifique :

Le projet de thèse concerne la transmission de contenus images et vidéos dans les systèmes de transport intelligents (ITS) pour des applications liées à la sécurité (vidéosurveillance, situations d'urgence ...). Ces réseaux véhiculaires permettent aux véhicules de communiquer entre eux (Vehicle-to-Vehicle Communication) ou avec les infrastructures au bord de route (Vehicle-to-Infrastructure) et permettront à terme d'avoir des routes plus sûres et plus efficaces via l'échange d'informations opportunes aux conducteurs et aux autorités (police, SAMU, ...). En particulier, la transmission de données vidéo dans les VANETs représente un enjeu majeur car l'information vidéo va enrichir considérablement la qualité d'expérience perçue par l'utilisateur et/ou la connaissance de l'environnement dans des applications telles que les appels vidéo d'urgence, les conditions du trafic routier, les informations touristiques, etc. Toutefois, la transmission de données vidéo dans les VANETs constitue une tâche difficile : les réseaux véhiculaires sont un environnement hostile pour la transmission des données (nombreuses pertes de paquets, mobilité des nœuds, ...), tandis que la transmission vidéo est une application exigeante en termes de qualité de service car très sensible aux perturbations sur le canal de transmission, notamment du fait de la compression appliquée aux données vidéo pour réduire la bande passante occupée. Un des problèmes majeurs concerne la forte sensibilité des flux vidéo compressés aux conditions sévères de transmission dans les environnements mobiles de type véhiculaires. Afin d'améliorer la robustesse de la transmission, nous proposons d'étudier des schémas de codage source-canal conjoint (CSCC) pour la diffusion de contenu vidéo de haute définition dans des réseaux véhiculaires (VANETs). Les schémas étudiés s'appuieront sur le système SoftCast qui a démontré un potentiel élevé pour la diffusion de vidéo sur les réseaux sans fil, avec des caractéristiques de canaux variant dans le temps. Un tel système permet que la qualité de la vidéo reçue évolue presque linéairement avec la qualité du canal, sans introduire d'effet de coupure de transmission (cliff effect) et de temps de latence d'adaptation.

Objectifs de la thèse :

Le doctorant devra, dans un premier temps, étudier les performances d'une transmission classique de contenus vidéo au sein d'un réseau véhiculaire. Différents scénarios seront envisagés (densité de nœuds, topologie, mobilité, ...) qui s'appuieront sur les standards à l'état de l'art en compression vidéo (H.264 et HEVC) et en transmission sans fils VANET (IEEE 802.11p, IEEE 802.16) ou filaires (intra véhicule sur les lignes d'alimentation électriques, analogie à Homeplug). L'effet des perturbations sur le canal de transmission sera évalué et analysé. Le sujet se focalisera ensuite sur la définition de schémas originaux de transmission basé sur SoftCast afin d'optimiser la qualité vidéo perçue en réception sur ces différents canaux. Pour cela on s'intéressera :

- d'une part, à prendre en compte l'effet des bruits impulsifs sur les paquets de données SoftCast. En effet, les impulsions de bruit dans le domaine temporel peuvent donner lieu à l'effacement de blocs complets de symboles OFDM au niveau du récepteur. L'effet de la taille des symboles OFDM et le nombre de symboles OFDM par paquet devra être analysé. Une étude similaire sera aussi réalisée sur l'effet des variations du canal à partir de modèles existants.
- d'autre part, à la possibilité de transcoder des flux SoftCast et à évaluer l'apport d'un tel transcodage sur les performances d'une transmission. Le transcodage permettra à partir d'un flux vidéo compressé de réduire avec une faible complexité son débit afin de s'adapter à la bande passante disponible ou alors de servir de passerelle vers d'autres normes existantes (MPEG, H 264, HEVC). Les solutions proposées et leurs performances seront alors validées par simulation en essayant d'optimiser le compromis entre la complexité de calcul, une faible latence et la qualité du transcodeur.

Le doctorant devra implémenter en Langage C ou Matlab le codeur SoftCast (parties émission et réception) puis les améliorations qui auront été proposées, ainsi que les solutions de transcodage à faible complexité afin d'obtenir des performances proches du temps réel. Des cartes USRP de National Instruments dont nous disposons offrent la souplesse requise pour expérimenter de nouvelles techniques de codage et de transmission telles que celles prises en compte et



développées dans ce travail de thèse. Ces plates-formes ont prouvé leur efficacité dans les implémentations des solutions à base de SoftCast. Il s'agira ici donc d'implémenter le schéma de transmission optimal retenu sur de telles cartes.

Abstract:

The transmission of image and video information contents significantly enhance the performances of safety-related applications (CCTV, emergency ...) in the intelligent transportation systems (ITS). A major problem concerns the high sensitivity of the compressed video streams to the severe channel conditions in mobile environments. The reliable transmission of multimedia image and video contents in mobile environments is recognized to be currently one of the main challenges for the telecommunications industry. The solutions that exist to date are far from being fully satisfactory, and often require the creation of complex and not flexible systems. To improve the robustness of transmission, we propose to study and develop new original joint source-channel (JSCC) coding schemes for distributing high-definition video contents in vehicular networks (VANETs). We will focus on the SoftCast algorithm that demonstrated a high potential for delivering video over wireless networks with channel characteristics vary over time. Such a system allows the quality of the received video signal nearly linear with the channel quality, without introducing cliff effect and time delay caused by adaptation. This project proposes to study and adapt the SoftCast system taking into account the specificities of noise and channels in the context of inter- or intra-vehicle and / or infrastructure communications in transport networks. Depending on theoretical results, a live demonstration will be conducted on existing and future testbed platforms available at UVHC (road course with signs, connected vehicle). Adapting Softcast to VANET scenarios will contribute to the development of new efficient and robust transmission schemes significantly improving transportation safety, and more generally multimedia content transmission in a context of mobility (V2V, V2I). The benefits of this project potentially cover a very wide field of applications in the area of intelligent transportation systems, and the results of this research should be extended to other transport application fields in the automotive and railway sectors.

Bibliographie :

- S. JAKUBCZAK, D. KATABI, "SoftCast: One-Size-Fits-All Wireless Video", *SIGCOMM'10*, Aug. 30–Sept. 3, 2010, New Delhi, India
- F. Wu, *Advances in Visual Data Compression and Communication – Meeting the Requirements of New Applications*, CRC Press, 2015
- P. PINOL, A. TORRES, O. LOPEZ, M. MARTINEZ, M.P. MALUMBRES, "Evaluating HEVC Video Delivery in VANET Scenarios", in *Proc. Wireless Days, 2013 IFIP*, 1-6, Nov. 13-15 2013
- E. BELYAEV, A. VINEL, A. SURAK, M. GABBOUJ, M. JONSSON, K. EGIJAZARIAN, "Robust vehicle-to-infrastructure video transmission for road surveillance applications", in *IEEE Trans. on Veh. Tech.*, 64(7), 2991-3003, Jul. 2015

Profil du candidat souhaité :

Afin de mener à bien ce travail, il est nécessaire que le candidat ait des connaissances en réseaux de communication numériques, en programmation C/C++. Il est également souhaitable d'avoir des connaissances en compression vidéo et en programmation MATLAB.



Titre : Hétéro-structures multiferroïque : le défi du couplage magnéto-électrique
Multiferroic heterostructures: the challenge of magnetoelectric coupling

Financement prévu : Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis
Cofinancement éventuel :

Directeur de thèse : Denis REMIENS
E-mail : denis.remiens@univ-valenciennes.fr

Laboratoire : DOAE – Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520
Groupe : MAMINA

Descriptif :

Ce sujet de thèse porte sur la synthèse d'hétéro structures combinant alternativement des couches minces ferroélectriques et ferromagnétiques dans le but d'obtenir un milieu effectif multiferroïque. Outre l'intérêt de disposer à la fois d'une polarisation électrique et d'une aimantation au sein d'un même milieu, un couplage mutuel magnéto-électrique (ME) doit exister entre ces deux propriétés physiques. Si ce couplage est mis en évidence, l'aimantation serait alors contrôlable par un champ électrique et/ou la polarisation électrique contrôlable par un champ magnétique. L'objectif sera alors d'étudier les conditions favorables à l'optimisation de ce couplage pour qu'il puisse, par la suite, être exploitable dans diverses applications.

Les composites multiferroïques seront déposés sur silicium par pulvérisation cathodique. Des analyses physico-chimiques seront menées systématiquement en vue d'aboutir à des conditions de dépôts optimales. Une part importante du travail consistera à qualifier finement les films aussi bien du point de vue électrique que magnétique, i.e. $M(E,H)$, $P(E,H)$. On attend à la fin de ce travail la fabrication et la caractérisation d'un démonstrateur sur silicium ; il s'agit par exemple d'une inductance pilotée par champ électrique. Les tensions sont celles utilisées dans les circuits MMIC. Un fonctionnement à haute fréquence est également envisagé.

Le candidat recherché doit avoir de bonnes connaissances en physique des matériaux et leurs caractérisations physico-chimiques. Des connaissances en électronique seront appréciées et une culture hyperfréquence un plus. Une grande partie du travail se fera en salle blanche. Le candidat recevra les formations adéquates lui permettant de travailler dans ce type environnement.

This thesis focuses on the synthesis of hetero structures alternately combining ferroelectric and ferromagnetic thin films in order to obtain a multiferroic effective medium. Besides the advantage of having both of an electrical polarization and magnetization within the same medium, a mutual coupling exists between these two physical properties. If magneto-electric coupling is highlighted, the magnetization would be controllable by an electric field and / or the controllable electric polarization by a magnetic field. The aim will be to study the conditions for the optimization of this coupling so that it can subsequently be exploited in various applications.

The multiferroic composites are deposited on silicon by sputtering. Physicochemical analyzes will be carried out systematically in order to achieve optimal deposition conditions. An important part of the work will be to qualify the films as well the electrical polarization as the magnetic responses, i.e. $M(E,H)$, $P(E,H)$. We will expect to conclude this work by the fabrication and characterization of a demonstrator on silicon; it could be an inductor driven by an electric field. Voltages are those used in the MMIC. A high frequency operation is also contemplated.

The candidate must have good knowledge in materials physics and their physicochemical characterizations. Electronics knowledge will be desired and a culture in microwaves domain will have a strong impact in our final decision. Much of the work will be done in a clean room. The candidate will receive adequate training enabling them to work in such an environment.



Titre : Développement de polymères de type «muscle artificiel» rapide pour des applications dans les technologies de l'information

Financement prévu : ANR MicroTIP

Cofinancement éventuel : Région

Directeur de thèse : Eric CATTAN

E-mail : eric.cattan@univ-valenciennes.fr

Laboratoire : DOAE – Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Groupe : MAMINA

Descriptif du sujet :

Contexte

Les travaux récents des professeurs Cattan, Grondel et leurs collègues de l'IEMN, en collaboration avec l'Université de Cergy-Pontoise ont montré pour la première fois que des actionneurs à base de polymères de type ionique, fonctionnant dans l'air, peuvent fonctionner à de grandes fréquences (1kHz), en produisant de grandes déformations. Ce résultat a été obtenu en utilisant un actionneur très mince. Dans ce dispositif, deux électrodes de polymères conducteurs se font face et sont séparées par une membrane mince qui permet l'échange d'ions. Quand une tension est appliquée, les ions se déplacent d'une électrode à l'autre produisant d'un côté une contraction et de l'autre une extension des électrodes, le tout conduisant à la mise en flexion du matériau. La littérature internationale a toujours mentionné que ces matériaux étaient lents : en général une oscillation complète par seconde. En utilisant une nouvelle chimie et une micro-structuration des électrodes, combinées à de nouvelles méthodes de fabrication permettant d'obtenir des micro-poutres très minces auto-supportées encastrées-libres, les équipes françaises ont été en mesure d'améliorer considérablement la réponse en fréquence des dispositifs en permettant le mouvement d'ions très rapide. Les faibles distances de déplacement d'ions, combinées avec de courtes distances de diffusion dans le polymère et associées à des matériaux à haute conductivité ionique, ont rendu possible cette performance. Ce résultat est d'autant plus important pour la communauté scientifique qu'il utilise des techniques de micro-fabrication de masse tout en employant des matériaux à très faible coût. De plus ces mêmes matériaux peuvent également être utilisés pour détecter une force et/ou un déplacement.

Parallèlement, les travaux menés par Madden, Mirabbasi, Cretu, K. MacLean et Bizzotto à l'UBC suggèrent qu'un 'actionnement encore plus rapide peut être atteint à des forces plus importantes, peut-être même en utilisant des électrodes transparentes. Les compétences à l'UBC sont nombreuses en particulier dans les domaines de la modélisation électrochimique de ces phénomènes et de la caractérisation expérimentale de ces matériaux. Plusieurs articles de renommée internationale ont été publiés par cette équipe autour de cette thématique.

Ces découvertes doivent profiter à des technologies de pointes grâce à une meilleure compréhension des phénomènes, à l'expérimentation et la réalisation de démonstrateurs. Le premier domaine d'application visé est celui des interfaces homme-machine. Ces interfaces sont essentielles aux technologies de l'information et des communications. À l'heure actuelle les interfaces ne sont généralement pas bien adaptées. L'objectif est de créer des interfaces souples qui fournissent de la rétroaction mécanique par vibration locale pouvant être détectée par le toucher. De plus, dans certains cas, cette interface pourrait être transparente ou être combinée avec des écrans LED flexibles afin de coupler un échange d'informations tactiles et visuelles. Ces interfaces peuvent être des dispositifs portables, (claviers, brassard,...) ou des surfaces tactiles qui animent des structures minuscules de type cils dont les vibrations peuvent être utilisées pour transmettre des sensations vibro-tactiles dans les doigts et la peau (Notre peau est très sensible aux vibrations de plusieurs centaines d'hertz). Des machines et robots –rigides– peuvent-être revêtus de ces matériaux souples pour fournir une sensibilité au toucher, ce qui peut rendre l'interaction homme-machine plus sûre et plus efficace. Un autre champ d'applications possibles pourrait être le milieu médical pour créer des dispositifs plaqués sur le corps afin de détecter par exemple les signes vitaux d'un patient. Ces actionneurs rapides peuvent également être des relais et des commutateurs pour transmettre des signaux électriques, avec zéro consommation d'énergie à l'état bloqué, et offrant ainsi des avantages sur les transistors.

Pour déterminer la faisabilité de ces différents axes de développement, nous devons réaliser une vaste expertise, en nanomatériaux, en microfabrication, en s'appuyant sur de l'ingénierie de conception et de la modélisation. En mettant en commun leurs connaissances et leurs moyens, les équipes de l'IEMN et UBC possèdent l'expertise nécessaire, à la mise en œuvre de ce projet.

L'objectif de la thèse :

Le candidat aura en charge de déterminer assez précisément les potentialités de ces matériaux en actionnement haute fréquence en termes de force produite, de déplacement et de fréquence accessible. Cette étude sera réalisée sur des actionneurs dont la fabrication pourra être modifiée et adaptée : en particulier l'influence de l'épaisseur sera étudiée. Il devra dans ce cadre donner une évaluation de la fatigue de l'actionneur à ces hautes fréquences et identifier l'apparition ou non d'offset ou toutes autres dérives susceptibles de devoir être corrigées. Il devra avoir une approche de compréhension des phénomènes électrochimiques qui permettent d'obtenir ces hautes fréquences en s'appuyant si possible sur des



modélisations. Le candidat aura en charge d'aussi envisager un actionneur plus transparent que celui déjà utilisé afin de l'adapter à des applications spécifiques. Il aura à sa disposition les moyens technologiques de la salle blanche pour réaliser de la fabrication collective et obtenir des démonstrateurs preuve de concepts qui seront définis en début de thèse.



Titre : Conception d'un filtre acoustooptique multifréquence à sélection de polarisation et compensation de biréfringence. Application à l'imagerie hyperspectrale

Directeur de thèse : Samuel DUPONT

E-mail : Samuel.Dupont@univ-valenciennes.fr

Co-directeur de thèse : Jean-Claude KASTELIK

E-mail : jean-claude.kastelik@univ-valenciennes.fr

Laboratoire : DOAE – Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : Composants et Systèmes Acousto-Optiques (CSAO)

Groupe Opto

Descriptif :

Le sujet concerne la conception, la réalisation et l'expérimentation d'un filtre acousto-optique hyperspectral accordable en longueurs d'onde et en résolution. Le matériau d'interaction considéré est le dioxyde de tellure pour ses propriétés acousto-optiques exceptionnelles sur une gamme de longueurs d'onde de 0,35 à 4,5 microns. Il est de plus disponible en grandes dimensions (25 mm par 25 mm) le rendant favorable pour la réalisation de composants à grande ouverture optique. L'interaction acousto-optique présente l'avantage, outre l'absence de parties mécaniques mobiles, d'une large plage d'accordabilité avec des temps de réponse très courts (quelques microsecondes), autorisant plusieurs modes d'analyse : multifréquences, balayage continu ou aléatoire.

L'originalité du dispositif envisagé consiste en la mise en cascade de deux composants dans une architecture à compensation de biréfringence. La configuration d'interaction envisagée est de type anisotrope autorisant une extraction simultanée des 2 composantes de polarisations orthogonales du faisceau lumineux analysé traversant le cristal biréfringent. Les deux composants seront également équipés de réseaux de transducteurs Cette architecture inédite permettra une utilisation simultanée de plusieurs fréquences d'accord sélectionnant autant de bandes optiques avec des résolutions également accordables.

Applications :

Un tel filtre de par son accordabilité sur une large gamme spectrale est destiné à une utilisation dans des systèmes de spectroscopie, d'imagerie hyperspectrale et polarimétrique pour lesquels les applications sont très nombreuses : domaine biomédical, industrie pharmaceutique, industrie agroalimentaire, détections de polluants, identification d'objets ...

Collaboration : Société AA-Optoélectronique pour la réalisation du composant

Abstract:

The proposed study consists in the design and experimental validation of a specific bulk acousto-optic device for spectral imaging. The acousto-optic material is the tellurium dioxide allowing tunability over a large optical bandwidth. An original optical architecture will be considered based on two cascaded devices allowing the compensation of the optical birefringence and the use of several simultaneous ultrasonic frequency carriers.



Titre : Etude des cavités actives dans les nanostructures périodiques à gap de photons

Financement prévu : Contrat Doctoral

(Co)-Directeur de thèse : Joseph GAZALET

E-mail : joseph.gazalet@univ-valenciennes.fr

Co-directeur de thèse : Samuel DUPONT

E-mail : Samuel.Dupont@univ-valenciennes.fr

Laboratoire : DOAE – Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) – UMR 8520

Equipe : Composants et Systèmes Acousto-Optiques (CSAO)

Groupe Opto

Descriptif :

Les cristaux photoniques sont des structures périodiques, nanostructurées qui ont la propriété d'inhiber la propagation des ondes optiques dans certaines bandes de fréquences. Ces matériaux font l'objet d'intenses investigations pour les applications liées au contrôle des photons (modulateurs, capteurs). Ces matériaux permettent de réaliser des modulateurs optiques à grand rendement.

Objectifs de la thèse :

Le sujet concerne la conception d'un modulateur à cavité photonique. La cavité est constituée d'un défaut de structure : l'absence d'un ou plusieurs motifs. Les ondes sont fortement confinées à l'intérieur des défauts, il en résulte un facteur de qualité potentiellement très élevé ($Q > 10^5$). Ces dispositifs sont aussi très sensibles aux perturbations (acousto-optiques et électro-optiques par exemple). Consécutivement, un composant conçu à partir de ces structures devrait présenter une efficacité de modulation accrue : il devient envisageable de diminuer la puissance des signaux de commande d'un ordre de grandeur. Le matériau considéré sera semi-conducteur, qui se prête bien aux réalisations technologiques.

Le candidat mettra en œuvre des modèles numériques d'optimisation de cavité en tenant compte du caractère multiphysique du problème : évolution du facteur de qualité en présence d'une perturbation acousto - électro - optique.

Ce sujet s'inscrit dans la continuité des travaux de l'équipe CSAO qui ont donné lieu à publications dont : Appl. Phys. Lett., 101, 6 061109-1-4 (2012)

Profil du candidat souhaité :

Optique, photonique, physique, électronique.

Abstract :

Photonic crystals are nano-scaled periodic structures characterised by the property of preventing optical wave propagation in certain frequency bands "the bandgaps". These materials are subject to intense investigations for several applications related to the control of the photons (modulators, sensors). These manmade photonic crystals make it possible to produce high efficiency optical modulators.

Objectives of the thesis :

The subject is related to photonic cavity modulator design. The cavity consists of a structure defect introduced by the lack of one or more unit cell pattern. The waves are strongly confined into the cavity with a potentially very high quality factor ($Q > 10^5$). These devices are also very sensitive to additional perturbations (acousto-optic or electro-optical for instance). Consecutively, such a component should exhibit increased modulation efficiencies: it allows decreasing the control signals power by an order of magnitude. The studied devices will be based on semiconductor materials which are well fitted to technological realizations.

The candidate will implement numerical models for cavity optimization taking into account the multiphysic character of the problem i.e., the evolution of the quality factor in the presence of an acousto - electro-optical perturbation.

This subject falls under the continuity of CSAO team works which led to publications. See for instance, Appl. Phys. Lett., 101.6 061109-1-4 (2012)

Candidate background requests :

Optics, photonic, physical, and electronic.