

Présentation des projets financés au titre de l'édition 2008 du
 Programme « Nanosciences et Nanotechnologies »

ACRONYME et titre du projet	Page
3D-IDEAS Technologie d'intégration et de conception 3D pour des systèmes et applications imageurs	5
ACCATTONE Ab-initio Coupled Charge And Thermal TranspOrt in NanostructurEs	7
ARIANE Angular Rate sensor with Integrated Nano gage and dedicated Electronics	9
BASTET Microlasers bi-modes et photomélangeurs pour la génération de signaux terahertz	11
BIOMODULATOR Fluorescent Magnetic Nanoparticles as modulators of signaling pathways	13
BIOSELF Auto-assemblages de nanogels et nanocomposites bioinspirés	15
BONAFO BOîtes dans NAnoFils pour l'Optique	17
CALIF Biodistribution de nano-cargos lipidiques par imagerie de fluorescence: de la cellule à l'animal	19
CHIMERES Chimères nano biotechnologiques et post-humanité Sociologie des controverses sur les mutations du genre humain annoncées par les nanosciences	21
DAPHNÉS Dispositifs Appliqués à la Photonique à base de Néodyme et de Silicium	23
DEFIS Démouillage de Films Solides	25
DIONISOS Matrices de commutation ultra-compactes sur InP	27
DUVED Deep Ultra Violet Emitting Diode	29
DYSC Étude de la dynamique de retournement de l'aimantation d'agrégats uniques assisté par micro-onde	31

EVALON	Evaluation in-situ de l'Affinité interfaciale de Ligands Organiques pour des Nanoparticules en suspension	33
ExcITubes	spectroscopie des EXCitons dans les nanoTUBEs de carbone Individuels	35
HD STRAIN	Métrieologie 3D de déformation cristalline dans des nanostructures pour l'électronique	37
HS-NANO-BIO-IMAGING	Etude dynamique et structurale de biomolécules par HS-AFM	39
MÉLOÏC	Modulateurs électro-optiques à bases d'hétérostructures ferroélectriques et multiferroïques	41
MEMSGAN	MEMS à base d'hétérostructures en GaN	43
MicRheo	Détermination des propriétés rhéologiques d'un fluide à l'aide de vibration de microlevier	45
MIRNANO	Optoélectronique moyen infrarouge à base de nanostructures d'antimoniures	47
MolNanoSpin	Spintronique moléculaire avec des molécules-aimants	49
MOLSIC	Molécules fonctionnalisées sur une surface de SiC : de la molécule individuelle à la mono-couche	51
MOS35	MOSFET à base de matériaux à faible bande interdite pour une électronique haute fréquence ultra basse consommation destinée aux objets communicants autonomes	53
MuellerFourier	Caractérisation optique de structures périodiques par polarimétrie de Mueller dans le plan de Fourier	55
MYOSOTIS	Matériaux hYbrides Orientés et nanoStructurés: élaOration, sTructure et proprIétéS	57
NAMAMIS	Nanostructures Magnéto-élastiques et Multiferroïques avec état critique induit pour Micro-Systèmes Magnéto-Electro-Mécaniques	59
NANAN	NAno-plateforme multifonctionnelle dérivée d'Acides Nucléiques à visée biomédicale	61
NANOCARA	Caractérisation globale (taille, concentration, composition) en ligne, des nanoparticules produites par des procédés en phase gazeuse	63
NANOCHEOPS	NANOréacteurs dans les CHEveux : étude OPToélectronique et application à la Sauvegarde des objets à base de kératine	65
NanoNorma	De l'innovation à l'utilisation: quel cadre normatif pour les nano-objets ?	67
NANO-POP	Nanocomposites à propriétés piézoélectriques et optiques	69

NANOPULSEBIOCHIP	Dispositifs microfluidiques pour l'exposition et l'observation de cellules biologiques à des impulsions électriques nanoseconde	71
NANOREP	Nano Réplication	73
NANOSENS	Cantilevers en carbure de silicium à piézorésistivité métallique pour microscopie à force atomique en mode dynamique à très haute fréquence	75
NANOTERRA	Nanodecteurs de radiation microondes et terahertz bases sur l' effet ratchet	77
NAPHO	Nano-sources de photons	79
NATLURIM	NANoparTicules à Luminescence Retardée pour l'Imagerie Médicale	81
NEMSPIEZO	Nanosystèmes électromécaniques avec actionnement et détection piézo-électriques intégrés	83
NOMAD	Nanostructures Organiques pour la réalisation de Membranes Actives Dynamiques	85
PEEMPlasmon	Microscopie de photoémission d'électrons, un outil pour la plasmonique	87
PONAME	POsitionnement Nanométrique Multi-échelle	89
PRECIS	Pore pour la Reconnaissance Electrique d'Interactions Spécifiques	91
Sim_NanA	Simulation numérique de nanoalliages ou alliages bimétalliques de dimension réduite: des surfaces aux agrégats.	93
SINPHONI	Nanophotonique à base de nitrures intégrée sur silicium	95
SIPCOM	Intégration hétérogène 3D (System-In-Package) pour objets COmmunicants en gamme Millimétrique	97
SONORE	Microscopie photo-thermo-acoustique d'une boîte quantique unique	99
SOURIS	Sonde Optique Ultra-Résolue pour l'Imagerie de Surface	101
SUD	Spintronique à Une Dimension	103
SUPERNEMS	Superconducting nanoelectromechanical systems made of boron-doped diamond	105

TAPAS	Sonde atomique tomographique pour la caractérisation et l'amélioration des siliciures avancés de la nanoélectronique	107
TRAMBIPOLY	Polymères conjugués cristaux liquides lamello-colonnaires semi-conducteurs ambipolaires pour l'électronique organique	109
TransFilm	Transfert de films minces par ingénierie de l'adhérence pour l'intégration hétérogène	111

Titre du projet

3D-IDEAS – Technologie d'intégration et de conception 3D pour des systèmes et applications imageurs

Résumé

La poursuite de la loi de Moore par la réduction de la taille minimum des dispositifs, pour améliorer la vitesse et la densité d'intégration dans les circuits intégrés planaires, est de plus en plus difficile à réaliser en raison d'obstacles majeurs d'ordre économique et physique. L'intégration 3D, exploitant la dimension verticale, donne l'opportunité de continuer à réaliser les niveaux des performances prévus par l'extrapolation de la loi de Moore, mais en employant une approche technologique différente ainsi qu'un décalage important de paradigme de conception, pour s'orienter vers la mise à l'échelle équivalente et la diversité fonctionnelle par des approches non conventionnelles.

Ce projet de recherche industrielle vise à mettre en application une approche intégrée de recherche pour réaliser la chaîne de conception de la technologie 3D aux applications innovatrices d'imageur par l'intermédiaire de nouvelles approches de technologie de conception afin d'accélérer l'exploitation de tout le potentiel de la technologie.

Spécifiquement, ce projet :

- poursuivra le travail continu sur la technologie de fabrication pour atteindre une technologie d'intégration 3DWLP stable pour des applications avec des contraintes relâchées sur la densité d'interconnexion ; et fera sauter des verrous technologiques pour développer une technologie d'intégration 3DSIC pour des applications comportant des spécifications agressives sur la densité d'interconnexion
- franchira des barrières dans le domaine de la technologie de conception pour soutenir le nouveau paradigme 3D en termes de réalisation des masques et de conception physique, ainsi qu'en termes d'autorisation de vraies techniques d'exploration architecturale et de compromis de partitionnement inter-domaines
- focalisera sur une application avancée d'imageur, aussi bien comme objet de test que comme application pouvant tirer bénéfice des avances proposées au niveau de la technologie de fabrication et de conception.

Partenaires

- Institut des Nanotechnologies de Lyon (Partenaire coordinateur)
- CEA - LETI
- Institut Microelectronique Electromagnétisme Photonique - Laboratoire d'Hyperfréquences et Caractérisation
- Institut d'Electronique du Solide et des Systèmes
- STMicroelectronics SA - Site de Crolles1
- STMicroelectronics (Crolles2) SAS

Coordinateur

Ian O'CONNOR - Institut des Nanotechnologies de Lyon
ian.oconnor@ec-lyon.fr

Aide de l'ANR

1 490 225 euros

Début et durée

mars 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-038

Label pôle

MINALOGIC

Résumé

Ce projet de recherche fondamental a pour but le développement d'une approche numérique libre de tout paramètre pour résoudre le problème couplé du transport de la charge électronique et du transport de la chaleur dans les nanostructures. Cette étude sera axée sur le calcul du transport thermoélectrique (linéaire) et du transport à fort champ (non-linéaire) dans de nouveaux nanomatériaux. L'immense intérêt scientifique du projet réside dans l'explosion du nombre de nouvelles mesures de transport encore inexplicables. Il est devenu essentiel de considérer le problème combiné du transport de la charge et du transport de la chaleur, d'une manière unifiée. Les études précédentes s'appuyaient sur des modèles à paramètres ajustables, et une compréhension des phénomènes de transport couplés à cette échelle est encore manquante.

Les outils théoriques et numériques développés dans ce projet seront appliqués pour résoudre deux problèmes les plus urgents rencontrés par la technologie actuelle:

- 1) le problème de la dissipation de la chaleur et de la régulation thermique en nanoélectronique, et
- 2) le problème de la conception de nanomatériaux pour le développement de matériaux thermoélectrique à fort pouvoir thermoélectrique ZT utilisable pour la conversion d'énergie renouvelable.

Le projet rassemble trois équipes avec des domaines d'expertise complémentaire qui vont du calcul ab initio des propriétés physiques des matériaux, au transport thermoélectrique, aux phénomènes non-linéaires et au transport de chaleur par le réseau cristallin. Ce large domaine d'expertise couvert par les membres de l'équipe est une condition nécessaire pour réaliser cet objectif ambitieux.

Partenaires

- Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire des Solides Irradiés
- CEA - Institut LITEN

Coordinateur

Francesco MAURI - Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés
francesco.mauri@impmc.jussieu.fr

Aide de l'ANR

635 648 euros

Début et durée janvier 2009 - 48 mois

Référence ANR-08-NANO-011

Label pôle

Résumé

Ce programme de recherche industrielle vise la réalisation d'un capteur inertiel de type gyromètre, basé sur un concept innovant et une technologie de type microélectronique avancée utilisant des nanofils silicium.

L'objectif principal de cette étude est la conception et la réalisation technologique de capteurs de très petites dimensions, 5 à 10 fois plus petit que les composants MEMS actuels, avec des performances au moins égales voire supérieures à celles de l'état de l'art. Nous nous plaçons avant tout dans une approche visant les marchés grand volume (automobile,..) mais avec la perspective d'aborder également les marchés plus spécifiques tels que l'avionique ou la défense. A ce titre, deux types de démonstrateurs seront conçus et réalisés, l'un visant l'optimisation du rapport coût/performances et l'autre cherchant à atteindre des hautes performances.

Cette étude se veut ambitieuse quant aux objectifs techniques et scientifiques, en proposant une réelle rupture aussi bien d'un point de vue conceptuel que d'un point de vue technologique. Elle se veut néanmoins réaliste, en se basant sur des premiers dimensionnements menés au LETI et un background technologique important, notamment pour la réalisation des nanofils. Plusieurs brevets protègent d'ores et déjà l'approche proposée.

Le partenariat mis en place, incluant laboratoires de recherche, startup, PME et grand groupe industriel permet de couvrir toute la chaîne de cette recherche depuis la conception jusqu'à la caractérisation métrologique, en passant par la réalisation technologique, l'étude des propriétés physiques des nanofils, la modélisation système et l'électronique de traitement. Ce partenariat fournit toute la crédibilité nécessaire à la bonne avancée de ce projet, avec des acteurs de la recherche reconnus dans leur domaine (IEF, LETI), et des industriels motivés et fortement impliqués sur la conception, la fabrication ou l'utilisation de capteurs MEMS inertiels (ASYGN, TRONICS, THALES), qui apportent la vision marché et applicative, et la faisabilité industrielle des technologies mises en œuvre.

A notre connaissance de l'état de l'art, ce type de gyromètre combinant MEMS et nanofil silicium n'a jamais été investigué à ce jour.

Partenaires

- CEA - Institut LETI (Partenaire coordinateur)
- ASYGN
- Institut d'Electronique Fondamentale
- TRONICS MICROSYSTEMS SA
- Thales Avionics SA

Coordinateur Philippe ROBERT - CEA - Institut LETI
philippe.robert@cea.fr

Aide de l'ANR 1 942 237 euros

Début et durée mars 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-046

Label pôle MINALOGIC

Titre du projet**BASTET – Microlasers bi-modes et photomélangeurs pour la génération de signaux terahertz****Résumé**

L'utilisation des concepts et technologies de la photonique, pour générer des signaux de fréquences millimétriques ou submillimétriques, est une approche prometteuse pour des applications allant des capteurs rf pour la chimie et la biologie au traitement ultra rapide du signal, en passant par l'astrophysique. Comparés aux solutions à base de composants électroniques, les dispositifs photoniques présentent les avantages suivants : une très grande bande passante, un transport des signaux dans des fibres optiques de très faible atténuation, et des configurations technologiques plus simples. Pour produire un signal THz par voie optique, une solution bien connue est le photomélange : un composant optoélectronique ultra rapide est pompée par deux faisceaux laser dont la différence de fréquence se situe dans la gamme 0.3-5 THz. Cela nécessite usuellement l'utilisation de deux diodes lasers accordables dont les longueurs d'onde doivent être rigoureusement contrôlées. Dans ce projet, nous projetons :

- 1) d'utiliser les propriétés uniques de composants nanophotoniques associant des cristaux photoniques et des empilements multicouches afin de réaliser un microlaser bi-mode fonctionnant à deux longueurs d'onde proche de $1.55\mu\text{m}$, l'objectif étant de générer le battement THz dans un composant unique, compact et flexible ;
- 2) de développer des photomélangeurs ultra rapides à $1.55\mu\text{m}$ dont l'efficacité de conversion est renforcée par l'utilisation d'une microcavité et dont les propriétés thermiques sont améliorées par le report sur substrat silicium
- 3) de démontrer la génération de signaux THz en associant ces deux composants. Ces réalisations ouvrent la voie au développement d'un émetteur THz compact et tout semiconducteur dont les constituants seraient tous deux à base de matériaux de la filière InP, transférés sur un substrat silicium.

Partenaires

- Institut des Nanotechnologies de Lyon (Partenaire coordinateur)
- Institut d'Electronique du Sud
- Institut d'Electronique Fondamentale
- CEA - Institut LETI

Coordinateur

Xavier LETARTRE - Institut des Nanotechnologies de Lyon
xavier.letartre@ec-lyon.fr

Aide de l'ANR

499 989 euros

Début et durée avril 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-052

Label pôle

Résumé

L'auto-organisation des cellules comme la formation du cytosquelette et la transduction de signaux résulte du comportement collectif des molécules. Une stratégie élégante de la nature est de réguler l'auto-organisation par des voies de signalisation finement ajustables. Ici nous proposons une approche générale basée sur l'utilisation des nanoparticules pour moduler dans l'espace et dans le temps les composants cellulaires de signalisation.

L'idée est de générer un gradient de concentration de protéines et de localiser spatialement des protéines cibles ou de les inactiver par un chauffage local. La température peut affecter les constantes cinétiques impliquées dans les auto-assemblages biologiques. Ces deux paramètres extérieurs peuvent être modulés avec les nanoparticules. Notre choix est d'utiliser des nanoparticules hybrides magnétiques et fluorescentes de petites tailles (de diamètre 30 à 250 nm) couplées à des protéines. Ces complexes de nanocristaux combinent à la fois les robustes propriétés de fluorescence des QDs (quantum dots) et des propriétés magnétiques (oxyde de fer) mais aussi une activité biologique. La combinaison de ces trois propriétés est utilisée pour interférer avec les gradients de protéines naturels et éventuellement changer les propriétés de la cellule. Deux systèmes biologiques avec des propriétés d'auto-assemblage remarquables sont étudiés pour tester l'efficacité des nanoparticules comme modulateurs des voies de signalisation. Les deux systèmes ont en commun un réseau de voies de signalisation qui a des propriétés très intéressantes : leurs activités dépendent de la concentration spatiale de protéines et possèdent d'importants effets de coopérativité. La première application se focalise sur la génération et le contrôle par le champ magnétique, de gradients spatiaux de régulateurs de microtubules liés à des nanoparticules. Le contrôle spatiotemporel de la croissance du réseau de microtubules est un point-clé pour la morphologie, l'adaptation et la différenciation des cellules. Nous mettons au point des systèmes expérimentaux où les changements de morphologie des microtubules sont suivis en fonction des propriétés de gradients appliqués.

Dans la seconde application, le complexe protéine-NP est spatialement situé dans un environnement confiné (émulsion ou vésicule et cellule). La manipulation des particules sous champ magnétique devrait permettre de guider la morphologie des microtubules in-vitro et in-vivo et mettre en lumière le rôle de l'information positionnelle dans la division cellulaire asymétrique. Finalement les nanoparticules recouvertes d'un récepteur antagoniste sont mises en contact de cellules contenant

le récepteur Notch impliqué dans la division asymétrique des cellules. La question est ici de tester la capacité des nanoparticules à induire une ségrégation des récepteurs membranaires sous champ magnétique et d'activer ainsi Notch pour déboucher vers une transcription de gène dans la cellule. Toutes ces expériences démontreront la possibilité de contrôler les voies de signalisation avec ces nouvelles nanoparticules hybrides magnétiques et QD.

Partenaires

- Laboratoire "Sciences Chimiques de Rennes" (Partenaire coordinateur)
- Institut de Physique de Rennes
- Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
- Institut de Génétique et Développement de Rennes

Coordinateur

Valerie MARCHI-ARTZNER - Laboratoire "Sciences Chimiques de Rennes" - valerie.marchi-artzner@univ-rennes1.fr

Aide de l'ANR

499 975 euros

Début et durée

avril 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-050

Label pôle

Résumé

Nous proposons d'utiliser certains matériaux composites organiques naturels comme source d'inspiration pour l'obtention de nanocomposites innovants. Ces matériaux naturels sont des exemples fascinants de stratégie de conception de nanomatériaux adaptés à leurs fonctions, comme les carapaces de scarabées par exemple. L'élaboration de ces structures d'architecture contrôlée est fondée sur des processus d'auto-organisation obtenus dans des conditions peu coûteuses en énergie avec des briques de base nanométriques abondantes et renouvelables.

Deux classes de matériaux sont ainsi très répandues : des gels mixtes (tissus végétaux extensibles) et des nanocomposites hélicoïdaux, structure de soutien et de protection de plantes (troncs, coques, épines), ou d'insectes et de crustacé (carapaces, dards). Ces structures sont uniquement composées de nanocristaux de polysaccharides interagissant avec une matrice amorphe mais susceptibles de s'auto-organiser de manière hiérarchique.

Il s'agit ici de reproduire ces structures en partant des mêmes briques de base, et suivant des processus d'auto-organisation. Cette démarche bioinspirée nécessite un effort de recherche fondamental important pour comprendre les interactions entre les constituants et les mécanismes d'auto-organisation de ces nano-objets. Ces études feront appel à des concepts de matière molle et de science des matériaux ainsi qu'à des techniques de caractérisation physico-chimiques (imagerie, diffusion de rayonnement ...). Le but final est l'élaboration de matériaux biomimétiques dans une approche de type bottom-up et leur caractérisation multi-échelle.

Les propriétés envisagées sont inspirées de leurs analogues naturels : des gels mixtes possédant des propriétés d'extension, de résistance aux stress et de perméabilité, ou des nanocomposites aux propriétés mécaniques ou photoniques ajustables mettant à profit les propriétés exceptionnelles des nanocristaux, avec des applications potentielles dans le domaine des biomatériaux, du renforcement ou de l'optique.

De par leur abondance et leur bio-renouvelabilité, l'utilisation de ces nanocristaux s'inscrit en outre dans une démarche de développement durable.

Partenaires

- Centre de Recherches sur les Macromolécules Végétales (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire Léon Brillouin (UMR CEA/DSM/IRAMIS-CNRS)

Coordinateur

Laurent HEUX - Centre de Recherches sur les Macromolécules Végétales - Laurent.Heux@cermav.cnrs.fr

Aide de l'ANR 349 785 euros

Début et durée mars 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-037

Label pôle

Résumé

Les nanofils semi-conducteurs apparaissent comme des éléments de base prometteurs pour les circuits et dispositifs nanométriques, puisqu'ils peuvent être fonctionnalisés à la fois comme composants passifs (i.e interconnexion ou guide d'onde) et actifs (c'est-à-dire émetteurs/détecteurs de lumière). De plus, des nanofils de très grande qualité peuvent être élaborés sur des substrats disponibles et bon marchés comme le silicium, ce qui signifie qu'ils pourraient facilement être utilisés pour fabriquer des dispositifs commerciaux. Contrairement aux propriétés de transport, l'effet de confinement quantique sur les propriétés optiques est beaucoup moins exploré par manque d'échantillons de bonne qualité.

Le but de ce projet est de développer la croissance et la compréhension profonde des propriétés optiques des hétérostructures dans les nanofils (NFs) semi-conducteurs. La croissance d'hétérostructures dans des NFs sera effectuée par épitaxie par jets moléculaires pour trois systèmes de matériaux différents, InAsP, CdZnSe et AlGaIn, ainsi que par MOCVD pour AlGaIn. Ceci a pour but d'acquérir la maîtrise des hétérostructures dans les NFs en matière de morphologie aussi bien qu'en organisation spatiale.

Les études optiques complètes dans les trois gammes spectrales (infrarouge, visible et ultraviolet) de leurs transitions interbandes seront réalisées à l'échelle du nanofil unique afin d'acquérir une bonne compréhension de leurs propriétés optiques. Des contacts métalliques peuvent être déposés aux extrémités des NFs uniques InP et GaN, autorisant l'injection/détection des porteurs dans une boîte quantique unique. Ceci permettra d'étudier les propriétés d'électroluminescence et de photo-absorption. Les propriétés optiques intrabandes d'une boîte unique GaN seront étudiées et ceci constitue une partie très originale et stimulante du projet.

Les avantages de ce nouveau type de BQs, en comparaison avec des BQs epitaxiées en mode Stranski Krastanow, seront évalués pour les deux applications suivantes: l'émission de photon unique et la photo-détection interbande et intrabande. En bénéficiant de la flexibilité de croissance des NFs, ces nouveaux types de nanostructures de basse dimensionnalité peuvent constituer les briques élémentaires de composants opto-électroniques nanométriques de demain, devenant le pendant de l'application nanoelectronique des NFs.

Partenaires

- CEA - Institut Nanosciences et Cryogénie - Service de Physique des Matériaux et Microstructures (Partenaire coordinateur)
- Institut Néel
- Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
- Institut d'Electronique Fondamentale
- Laboratoire Pierre Aigrain

Coordinateur

Kuntheak KHENG - CEA - Institut Nanosciences et Cryogénie - Service de Physique des Matériaux et Microstructures
kkheng@cea.fr

Aide de l'ANR

775 007 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-031

Label pôle

Titre du projet

CALIF – Biodistribution de nano-cargos lipidiques par imagerie de fluorescence: de la cellule à l'animal

Résumé

La nano-médecine, nouveau domaine de recherche issu des nanotechnologies et de la médecine, est une des voies les plus prometteuses pour le développement de thérapies ciblées plus efficaces, avec l'oncologie comme premier bénéficiaire. En effet, grâce au ciblage passif et/ou actif des tumeurs par les nanoparticules, la délivrance de médicaments au moyen de nano-cargos fournit une solution idéale pour surmonter la faible sélectivité des anti-tumoraux vis-à-vis des cellules tumorales par rapport aux tissus sains, et limiter leurs importants effets secondaires.

Des systèmes à base de liposomes sont déjà utilisés dans certaines chimiothérapies. Néanmoins, les liposomes présentent plusieurs inconvénients: ils ne peuvent encapsuler efficacement des principes actifs lipophiles, ils sont fabriqués par des procédés consommateurs de solvants organiques, ils sont trop peu stables dans les fluides biologiques et plus généralement dans les solutions aqueuses pour être commercialisés sous forme de suspensions prêtes à l'emploi.

Nous avons développé de nouveaux nano-cargos lipidiques surmontant ces inconvénients, et dont le diamètre se situe en-dessous de la fenestration de l'endothélium ($\varnothing < 100$ nm). Ils sont préparés par des procédés sans solvant et sont stables en suspension prête pour l'injection pendant au moins un an, ce qui devrait réduire considérablement le coût et la difficulté de mise en œuvre des traitements. De plus, ces nouveaux nano-cargos encapsulent efficacement les principes actifs lipophiles, offrant une nouvelle solution galénique pour leur administration intraveineuse.

Jusqu'à présent, nos efforts ont été focalisés sur la démonstration rapide que ces nano-cargos, dont la taille et le revêtement de surface peuvent être ajustés à volonté, constituent des vecteurs efficaces pour la délivrance de principes actifs. Ces résultats ont donné lieu au dépôt de 5 brevets. Pour valoriser les développements conduits dans nos équipes, il est maintenant nécessaire de mieux connaître les interactions se produisant entre ces nouveaux nano-cargos lipidiques et la machinerie biologique, tant à l'échelle cellulaire qu'à celle du petit animal, en déconnectant les effets des vecteurs de ceux de leur charge en principe actif. Cette étape est essentielle pour définir les potentialités offertes par ces nouveaux nano-cargos et optimiser leurs propriétés suivant les applications visées.

Ce projet a donc pour but une compréhension fondamentale des interactions entre le vivant et des cargos lipidiques de taille nanométrique ($\varnothing < 100$ nm) non chargés en principe actif, et l'identification des paramètres physico-chimiques les

gouvernant. Les paramètres qui seront explorés sont : la structure (nanocapsule ou nanoémulsion), la taille (de 20 à 100 nm), le revêtement de surface ("nus", PEG, dextran, chitosan, motifs RGD). Une complète caractérisation des propriétés morphologiques et de surface des nano-cargos sera entreprise. L'imagerie de fluorescence, une technique rapide, économique et non invasive, sera utilisée pour étudier le trafic intracellulaire et la pharmacocinétique chez le petit animal.

Le premier critère de validation des nano-cargos sera leur cytotoxicité et leur internalisation dans les macrophages. Si les deux sont négligeables, leur biodistribution sera alors évaluée dans des modèles animaux de tumeur exprimant l'intégrine $\alpha\beta3$. Ce GO/NO GO est essentiel pour limiter le nombre d'expériences animales. Les mécanismes d'internalisation cellulaire des nano-vecteurs pour lesquels de bonnes propriétés de ciblage des tumeurs auront été observées chez le petit animal seront ensuite étudiés. Les résultats biologiques obtenus seront analysés à la lumière des paramètres physico-chimiques des nano-vecteurs, et si nécessaire de nouveaux cargos aux propriétés encore plus optimisées pour l'oncologie seront synthétisés.

Partenaires

- INSERM U646 - Ingénierie de la Vectorisation Particulaire (Partenaire coordinateur)
- CEA - Institut LETI
- Laboratoire "Liquides Ioniques et Interfaces Chargées"
- INSERM U 823 - Institut Albert Bonniot

Coordinateur

Jean-Pierre BENOIT - INSERM U646 - Ingénierie de la Vectorisation Particulaire
jean-pierre.benoit@univ-angers.fr

Aide de l'ANR

1 294 135 euros

Début et durée

janvier 2009 - 48 mois

Référence

ANR-08-NANO-006

Label pôle

Atlantic Biothérapies et Medicen

Titre du projet**CHIMERES** – Chimères nano biotechnologiques et post-humanité - Sociologie des controverses sur les mutations du genre humain annoncées par les nanosciences**Résumé**

Peut-on décrire systématiquement les formes d'argumentation et de jugement à l'œuvre dans les controverses autour des enjeux des nanosciences, des promesses nanobiotechnologiques et des prophéties annonçant une post-humanité ? En construisant une série raisonnée de corpus dans lesquels sont rendus visibles les modèles de transformation ou de mutation du genre humain, nous proposons d'éclairer les multiples controverses et polémiques qui occupent l'espace public depuis le milieu des années 1990. Un des enjeux est de saisir, dans leur dynamique argumentative, l'évolution conjointe du sens du réel et du sens du possible. Comment se fabriquent et se discutent les frontières entre attentes légitimes et projets déraisonnables, prophéties et anticipations scientifiques ? En faisant converger les méthodes de la sociologie des sciences, celles de la sociologie du risque et les théories de l'argumentation, nous proposons des outils cognitifs permettant d'évaluer les formes de représentation et le degré de croyance des différents acteurs en matière de promesses nanobiotechnologiques.

Pour explorer la gamme complète des futurs anthropologiques engagés par l'accumulation des promesses scientifiques et de leurs nombreuses critiques, nous développerons une sociologie des types d'argumentation à partir d'une collection de corpus de textes numérisés. La construction des corpus a pour objectif de déployer et de rendre lisibles l'ensemble des ruptures scientifiques et technologiques mises en discussion dans l'espace public. En collectionnant de multiples débats et controverses, on étudiera la manière dont chaque représentation prend corps dans un réseau argumentatif déterminé. L'analyse des arguments et la caractérisation des acteurs qui les soutiennent, nous mèneront des problèmes posés par les transformations du corps jusqu'à la référence à des créatures imaginaires, en passant par la longue liste des entités qui transitent des textes et des laboratoires vers le monde physique et sensible et donc vers le monde social. Comment les acteurs qui interviennent dans les débats, des controverses scientifiques les plus fermées aux forums de discussion les plus ouverts, élaborent-ils leurs raisonnements et leurs points de vue critiques ?

Du point de vue méthodologique, la question majeure qui se pose est celle des stratégies disponibles pour surmonter la masse textuelle produite autour des prophéties nanobiotechnologiques. Nous croiserons une sociologie des alertes et des controverses, une analyse linguistique des formes

de l'argumentation, une anthropologie de la performance corporelle et une socio-informatique des grands corpus. Pour suivre l'évolution de ces dossiers, la construction de corpus et d'outils d'analyse permettra de mettre à l'épreuve les modèles sociologiques. Techniquement, il s'agit de construire des corpus informatisés pertinents représentant adéquatement la masse des discours proliférant sur les nanobiotechnologies. Sur la base de ces corpus, nous développerons une série d'outils, construits à partir des noyaux des logiciels Prospéro et Marlowe, qui associent l'exploration systématique des documents et la description formelle des jeux d'acteurs, des réseaux d'arguments et des configurations discursives qui les font tenir ensemble.

En termes de résultats attendus, ce programme permettra d'avancer conjointement sur trois plans, directement liés aux intérêts scientifiques des partenaires qu'il réunit : la clarification des débats et des polémiques autour des chimères engendrées par les nanosciences et leurs rapports au thème de la « mutation de l'homme » ; l'amélioration de protocoles d'analyse informatisés fondés sur une modélisation fine des types d'arguments appliquée à une collection de corpus en langage naturel ; enfin, la mise à la disposition de multiples interlocuteurs liés aux programmes nanoscientifiques d'un espace de travail coopératif permettant une rétroaction réflexive sur les controverses liées aux nanobiotechnologies.

Partenaires

- Groupe de Sociologie Pragmatique et Réflexive de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire Sport & Culture
- Laboratoire "Communication et Politique"

Coordinateur

Francis CHATEURAYNAUD - Groupe de Sociologie Pragmatique et Réflexive de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales
chateau@msh-paris.fr

Aide de l'ANR

323 046 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-008

Label pôle

Titre du projet**DAPHNÉS – Dispositifs Appliqués à la Photonique
à base de Néodyme et de Silicium****Résumé**

Les objectifs de ce projet concernent la fabrication de dispositifs photoniques dopés Nd³⁺, compacts, de faible coût, compatibles avec la technologie du silicium et excitables tant optiquement qu'électriquement. Le but final est la réalisation d'un laser excité électriquement émettant à 1,06 µm. Il s'appuie sur un brevet récemment déposé par une des équipes partenaires, sous le numéro WO/2007/057580 : "Lasers solides dopés Nd³⁺ pompés électriquement" (F. Gourbilleau, D. Bréard, R. Rizk et JL Doualan) et qui vise la réalisation d'un laser dopé avec des ions Nd³⁺ excité électriquement.

Pour mener à bien de tels objectifs, les propriétés de confinement quantique des porteurs dans des nanograins de Si (ng-Si) seront mises à profit pour exciter efficacement les ions lanthanides Nd³⁺ noyés dans une matrice de silice. Dans une telle structure, il sera alors possible de dépasser le verrou technologique qui a freiné jusque là le développement de lasers planaires dopés avec des ions terre rare ayant une compatibilité avec la technologie CMOS. Ce verrou est lié à la faible section efficace d'absorption de ces ions (tel que l'ion Nd³⁺) lorsqu'ils sont noyés dans une matrice de silice et/ou à la nécessité d'utiliser un laser de pompe notamment dans les systèmes Nd :YAG.

La technique de fabrication choisie est la pulvérisation magnétron à l'aide d'un plasma soit réactif associant un gaz de réaction au gaz Argon, soit classique avec un gaz d'Argon. Deux approches seront menées de front avec d'une part, la fabrication d'un laser planaire de taille réduite excité optiquement à l'aide de diodes laser de coût raisonnable, et d'autre part d'un dispositif laser compact excité électriquement qui ouvrirait la voie à la réalisation d'un dispositif photonique intégrable sur une plaquette tout silicium. L'obtention d'un effet laser dans des matériaux à base de nanostructures de Si serait une première dans la course actuelle visant à démontrer l'obtention d'un gain net dans de tels systèmes dopés avec des ions terres rares (Er³⁺, Nd³⁺).

Partenaires

- Centre de Recherche sur les Ions, les Matériaux et la Photonique (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire "Fonctions Optiques pour les TélécommunicatiONs"
- Institut d'Electronique et des Télécommunications de Rennes

Coordinateur

Fabrice GOURBILLEAU - Centre de Recherche sur les Ions, les Matériaux et la Photonique - fabrice.gourbilleau@ensicaen.fr

Aide de l'ANR

614 582 euros

Début et durée janvier 2009 - 48 mois

Référence ANR-08-NANO-005

Label pôle

Résumé

Ce projet consiste à développer une action de recherche tant expérimentale que théorique sur les mécanismes de démouillage de films ultra-minces à l'état solide.

Récemment les structures silicium sur isolant (SOI) ont connu un développement rapide en raison des propriétés physiques accrues des composants réalisés sur ces substrats. Cependant les différentes étapes technologiques d'élaboration des circuits nécessitent de réaliser des gravures et des recuits thermiques susceptibles d'endommager par démouillage le film mince de Si. Le but de ce projet est de comprendre d'un point de vue expérimental, théorique et numérique la dynamique du démouillage de films ultra-minces depuis la nucléation de trous jusqu'à la croissance de nanocristaux isolés. Ce phénomène physique bien qu'observé est toujours partiellement incompris. En particulier, l'origine des sites de nucléations, la dynamique de la ligne triple (ligne de contact) ou encore la dynamique non linéaire associée à la morphogénèse globale des films en cours de démouillage restent des problèmes ouverts de fort intérêt à la fois fondamental et technologique. La dynamique du démouillage sera étudiée en combinant sur le plan expérimental les compétences technologiques d'élaboration en salle blanche du CEA-Léti et de SOITEC, et les outils de caractérisation in situ du CINaM (microscopie à électrons lents, diffraction X de surface) et ex situ du CEA-Léti (microscopie électronique en transmission, microscopie en champ proche). Sur le plan théorique/numérique une approche multi-échelles décrivant le processus depuis la nucléation par des simulations atomistiques (CINaM), jusqu'à l'agglomération complète du film à une échelle macroscopique (CEA-Léti, CINaM) en passant par des simulations Monte Carlo Cinétique à une échelle mésoscopique (LSP) permettra d'extraire les grandeurs physiques pertinentes mises en jeu lors du démouillage.

La compréhension du processus de démouillage sur substrat plan sera mise à profit pour aborder l'influence d'une structuration du substrat sur la dynamique. En particulier le démouillage d'un film métallique ultra-mince sur un substrat structuré par un réseau de dislocations enterré sous-jacent sera étudié dans la perspective de piloter la nucléation et d'ordonner des nanocristaux à l'échelle nanométrique.

Partenaires

- Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire de Spectrométrie Physique
- CEA - Institut LETI

Coordinateur Frédéric Leroy - Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille - leroy@cinam.univ-mrs.fr

Aide de l'ANR 821 119 euros

Début et durée janvier 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-036

Label pôle

Résumé

Les systèmes optiques numériques ou analogiques requièrent des dispositifs de commutation rapide tant pour le secteur de la défense que de celui des télécommunications. Les produits actuels sont soit lents (ms) soit très gourmands en énergie. Le prix élevé de ces dispositifs empêche leur utilisation à grande échelle.

Pour gagner en taille et donc en coût d'une telle fonction, il importe de réduire drastiquement la taille du circuit optique qui guide et commute spatialement les signaux optiques. Les démonstrations actuelles à base de guides semi-conducteurs III-V conduisent à des tailles typiques du centimètre. Il convient de viser des longueurs typiques de l'ordre du millimètre. Une telle rupture technologique rend le déploiement industriel envisageable à la suite de ce projet de recherche industrielle. A cette fin, le consortium réunit trois acteurs majeurs de cette filière technologique, l'IEMN, 3S PHOTONICS et Thalès Airbone Systèmes (TAS), depuis la recherche amont sur la technologie des semi-conducteurs jusqu'à l'intégrateur système, en passant par un industriel réalisant à terme la fabrication du produit. Les spécifications drastiques de ces applications demandent au consortium de relever les défis technologiques qui suivent. La réduction de la taille du circuit optique requiert l'intégration monolithique de nano-guides passifs diélectriques avec des commutateurs semi-conducteurs III-V fonctionnant par injection de porteurs. La réalisation du commutateur en semi-conducteur et le positionnement fin des nano-guides optiques pour garantir un fort taux de couplage optique requiert l'usage intensif de la nano-lithographie. La réussite du projet est conditionnée par le succès de l'intégration monolithique qu'on propose ; il s'agit en particulier de résoudre le problème majeur du couplage entre le nano-guide diélectrique enterré à fort contraste d'indice et le guide ruban classique sur InP.

A l'issue de ce projet, on aboutira à une matrice 2x2 ultra-compacte (< 3mm) basée sur la technique d'intégration monolithique du nano-guide diélectrique et du commutateur sur InP, d'isolation optique supérieure à 30 dB avec une consommation inférieure à 15mW, rapide (quelques nanosecondes), non bruyante, et à faibles pertes d'insertion (< 3dB).

Partenaires

- Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (Partenaire coordinateur)
- 3S PHOTONICS
- Thales Systèmes Aéroportés S.A.

Coordinateur Malek ZEGAOUI - Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie - malek.zegaoui@iemn.univ-lille1.fr

Aide de l'ANR 589 854 euros

Début et durée mars 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-043

Label pôle

Résumé

Ce projet vise à développer des diodes électroluminescentes émettant à une longueur d'onde comprise entre 255 et 275 nm. Cette gamme de longueur d'onde, correspondant au maximum du spectre d'absorption de l'ADN, a la particularité d'interagir avec l'ADN conduisant à la destruction des micro-organismes vivants. Elle est donc utilisée dans tout traitement de stérilisation par rayonnements lumineux. Le marché visé par ce type de diode est donc d'abord le marché de la stérilisation des eaux où elles remplaceraient avantageusement les lampes à mercure, émettant à 254nm, utilisées actuellement. Elles éviteraient ainsi le problème environnemental lié à la présence de mercure et offriraient une durée de vie très nettement supérieure.

Les diodes émettant à ces longueurs d'onde ne sont encore que des objets de laboratoires dont l'efficacité est limitée à moins de 1%. Elles sont réalisées à partir d'hétérostructures de composés ternaires AlGaIn sur des substrats de saphir. Elles souffrent d'un très fort handicap lié à l'absence d'un substrat en bon accord de maille, et donc d'un taux de dislocations très élevé incompatible avec un bon rendement à ces longueurs d'ondes.

Dans ce projet, les diodes seront réalisées sur un substrat d'AlN (Nitrure d'aluminium) monocristallin en cours de développement par ACERDE, partenaire du projet. Ce matériau présente un gap transparent par la longueur d'onde d'émission visée et adapté à la croissance des hétérostructures requises. Deux projets analogues lancés et financés très récemment (fin 2007) aux Etats-Unis par le NIST, l'un avec Crystal IS, l'autre avec HexaTech confirment l'intérêt de la démarche. La situation d'ACERDE, d'un positionnement analogue à ses dernières, mais développant avec le soutien de CNRS/SIMaP une technologie de croissance d'AlN monocristallin innovante serait particulièrement renforcée par un soutien dans ce projet. Dans l'élaboration d'une diode, l'interface entre le substrat et les couches déposées pour élaborer la diode joue un rôle prépondérant et l'expérience dans ce domaine de NOVASIC pour le polissage et du laboratoire CNRS/SIMaP pour la caractérisation permettra de réaliser cette diode avec des performances élevées. Dans ce projet, on s'attachera à réaliser et à évaluer des diodes basées sur des boîtes quantiques d'AlGaIn dans la zone active, par comparaison avec l'approche puits quantiques bidimensionnels généralement utilisée, dans la perspective d'une meilleure efficacité radiative. Le CEA-LETI assurera le développement de l'élaboration de diodes électroluminescentes sur les substrats issus du projet et leur caractérisation.

Partenaires

- ACERDE (Partenaire coordinateur)
- CEA - Institut LETI
- NOVASIC
- Laboratoire "Sciences et Ingénierie des Matériaux et Procédés"

Coordinateur

Didier PIQUE - ACERDE
dpique@acerde.com

Aide de l'ANR

1 251 985 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-007

Label pôle

Résumé

Le but de ce projet est d'étudier le renversement de l'aimantation de nanoparticules magnétiques individuelles sous l'effet d'un champ RF modulé en fréquence.

Nous avons montré dans des travaux précédents comment un champ RF monochromatique peut, via une résonance non-linéaire, réduire significativement le champ statique nécessaire pour renverser l'aimantation de nanoparticules magnétiques individuelles. Il a été observé en physique atomique que des processus « d'échappement » similaires à celui-ci peuvent être plus efficacement activés par une impulsion de champ modulée en fréquence. Ce projet d'une part va traiter les questions laissées sans réponse dans nos travaux précédents, et aussi les étendre au cas d'une impulsion modulée en fréquence et à température finie.

Les principales questions qui nous intéressent sont les suivantes : Comment ajuster la modulation en fréquence d'une impulsion pour optimiser son efficacité pour le renversement d'aimantation ? Quelle informations peut-on en extraire sur la dynamique de l'aimantation ? L'amortissement de l'aimantation peut-il être mieux déterminé via de telles expériences de renversement assisté par microondes ? Les effets de la température et des microondes vont-ils coopérer ? Quelle est la pertinence des différentes descriptions théoriques de la dynamique de l'aimantation pour des nanoparticules individuelles possédant moins de 1000 atomes ? Avec quelle précision ces modèles peuvent-ils prédire le renversement de l'aimantation sous une impulsion de champ oscillant ? Toutes ces questions sont intéressantes pour la compréhension générale de la dynamique de l'aimantation, mais peuvent aussi être utiles pour des futurs dispositifs utilisant des champs RF afin d'obtenir un bon contrôle de la dynamique de l'aimantation.

Ce projet va s'attacher à répondre à ces questions par le travail collaboratif de quatre partenaires : LPMCN (Lyon) va fabriquer des nanoparticules magnétiques triées en masse et noyées dans différentes matrices. L'Institut Néel (Grenoble) va coordonner le projet, microfabriquer les micro-SQUIDS qui serviront de dispositifs de mesure et réaliser les mesures sur des nanoparticules individuelles. Le LAMPS (Perpignan) prendra en charge les aspects théoriques de ces études.

Partenaires

- Institut Néel (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire de Physique de la Matière Condensée et Nanostructures
- Laboratoire de Mathématiques, Physique et Systèmes

Coordinateur Edgar BONET OROZCO - Institut Néel
edgar.bonet@grenoble.cnrs.fr

Aide de l'ANR 606 156 euros

Début et durée janvier 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-039

Label pôle

Résumé

Les nanoparticules (NPs) constituent l'un des principaux piliers sur lesquels les nanosciences et les nanotechnologies se sont développées ces 20 dernières années. Leurs synthèses par voie chimique, suivant une approche bottom-up, recourent très souvent à des ligands organiques pour contrôler la taille, la distribution de taille, la morphologie, la structure cristalline et la stabilité des NPs. Ces synthèses conduisent en général à des suspensions dans lesquelles les coeurs inorganiques ont leur surface protégée par une coquille de ligands organiques qui, en plus d'avoir un rôle clé pendant la synthèse, influent également sur les propriétés des NPs. Au-delà du contrôle cinétique des synthèses, les ligands de surface permettent également de rendre compatibles les NPs avec leur milieu d'application ou de les fonctionnaliser pour leur adjoindre de nouvelles caractéristiques telles que la reconnaissance de molécules ou la possibilité d'être assemblées par polymérisation. Il est donc important de pouvoir échanger une partie ou la totalité des ligands sur une NP. Une connaissance détaillée de la chimie de surface des NPs est donc cruciale si l'on veut comprendre et améliorer les synthèses ainsi que rationaliser l'utilisation des NPs. A ce titre, mesurer l'affinité d'une molécule organique pour une NP en suspension est très souhaitable.

Malheureusement, l'accès à une telle grandeur in situ n'est pas facile, en particulier quand les ligands participent à un équilibre entre une forme libre et une forme liée.

Dans le projet EVALON, nous proposons d'utiliser la RMN DOSY (Diffusion Ordered Spectroscopy) comme outil pour étudier l'interaction des molécules organiques avec des NPs en suspension et déterminer leur affinité. Cette technique, basée sur l'utilisation de gradients de champs pulsés, permet de mesurer les coefficients de diffusion translatoires avec la sélectivité de la RMN. Il devient alors possible de différencier les espèces non plus en fonction de leurs caractéristiques spectroscopiques mais suivant leur mobilité et de les trier, sans séparation physique, suivant leur taille. Ainsi les ligands liés aux NPs sont différenciés des libres car ils diffusent plus lentement. L'utilisation de cette technique qui autorise également la quantification des deux formes (libre et liée) permettra de déterminer les isothermes d'adsorption desquelles pourront être extraites des grandeurs thermodynamiques quantifiant l'affinité pour la surface. Si possible, l'aspect dynamique des interactions sera également précisé au travers des temps de vie des différentes formes.

L'étude portera sur trois types de NPs (Au, ZnO et CdSe/CdS) et des ligands classiques tels que les amines, les thiols, les phosphines, les oxyde de phosphines, les acides carboxyliques, et les acides phosphoniques.

Partenaires

- Laboratoire "Chimie de la Matière Condensée de Paris" (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire de Chimie de Coordination
- Laboratoire Photons Et Matière

Coordinateur

Francois RIBOT - Laboratoire "Chimie de la Matière Condensée de Paris" - francois.ribot@upmc.fr

Aide de l'ANR

731 761 euros

Début et durée

mars 2009 - 48 mois

Référence

ANR-08-NANO-026

Label pôle

Résumé

La demande croissante de dispositifs électroniques toujours plus petits, plus rapides et plus intégrés, ainsi que de détecteurs biomédicaux et environnementaux ultra-sensibles motive une recherche intense sur les propriétés optiques des nanostructures. Les nanotubes de carbone monofeuillets sont à la tête de ces nouveaux matériaux en raison de leur propriétés physiques exceptionnelles : accordabilité des énergies de transition, intégrabilité et robustesse de ces nanostructures unidimensionnelles.

De nombreuses applications sont envisagées dans le domaine des biosenseurs, des nano-émetteurs de lumière, des capteurs photo-voltaïques et des détecteurs ultra-sensibles de particules, espèces chimiques ou biomolécules. Plus fondamentalement, les nanotubes constituent des systèmes modèles uniques pour l'étude de la dynamique spatiotemporelle d'états excités dans des objets unidimensionnels. Malgré les avancées considérables de ces dernières années, les domaines de l'optique et de l'optoélectronique à base de nanotubes font face à des challenges technologiques et fondamentaux importants.

D'un point de vue technologique, les développements fondamentaux et appliqués ont été freinés par le mauvais contrôle des méthodes de synthèse concernant la structure, la localisation et l'environnement des nanotubes produits. De plus, il n'existe actuellement aucune méthode de caractérisation métrologique avérée permettant d'obtenir la structure moléculaire de nanotubes individuels que ce soit au niveau industriel ou dans les laboratoires de recherche.

D'un point de vue fondamental, les mécanismes à l'origine de la génération de lumière dans les nanotubes sont loin d'être compris. Même s'il est maintenant bien établi que la luminescence des nanotubes semiconducteurs provient d'excitons, la nature des états excitoniques est sujet à débat et la dynamique de ces excitons, quelle soit temporelle ou spatiale, n'est pas élucidée. De plus, l'existence d'états multiexcitoniques stable reste à être démontrée.

L'objectif principal de ce projet est de comprendre la dynamique (spatiale et temporelle) intrinsèque intime des excitons dans les nanotubes semiconducteurs et métalliques. Ces propriétés n'ont pu être étudiées jusqu'à présent en raison d'une part, du manque de méthodes de préparation de nanotubes sans défauts qui soient versatiles et contrôlées et d'autre part de l'incapacité des mesures d'ensembles utilisées précédemment à s'affranchir des hétérogénéités inhérentes aux échantillons étudiés.

Pour cela, nous allons réaliser diverses études spectroscopiques sur des nanotubes individuels qui auront été produits dans des conditions contrôlées et plongés dans des environnements bien définis.

Partenaires

- Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire des Colloïdes, Verres et Nanomatériaux
- Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg

Coordinateur

Brahim LOUNIS - Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne - b.lounis@cpmoh.u-bordeaux1.fr

Aide de l'ANR

543 442 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-029

Label pôle

Route des lasers

Résumé

Le silicium sous contrainte est désormais une caractéristique intégrale de la dernière génération de transistors et de dispositifs électroniques du fait du gain apporté en terme de mobilité des porteurs. Différentes méthodes ont été employées pour initier des contraintes dans des dispositifs, conduisant à une distribution complexe de ces contraintes en deux ou trois dimensions. Le développement de méthodes capables de mesurer ces contraintes a donc été un but essentiel ces dernières années, mais s'est soldé en pratique par un échec. Aucune des techniques envisagées ne combine la résolution spatiale, la précision, et le champ de vision nécessaires, ni n'est capable de cartographier la distribution des contraintes en 3D. Ainsi, la spectroscopie Raman et la diffraction des RX peuvent cartographier de large champs de contraintes mais à l'échelle micrométrique, alors que la microscopie électronique par transmission peut atteindre l'échelle nanométrique mais pour des domaines trop restreints.

Dans ce projet, nous proposons de développer une technique récemment inventée au CEMES (M. J. Hÿtch et al., dépôt de brevet FR 07/0611 « Procédé et système de mesure de déformations à l'échelle nanométrique ») susceptible de combler ce vide technologique, puisqu'elle est capable de visualiser et mesurer les champs de contraintes avec une précision nanométrique pour une résolution spatiale micrométrique. La méthode combine la sensibilité de la technique des moirés avec la flexibilité de l'holographie électronique "off-axis", et est applicable à des échantillons relativement épais. Nous proposons en particulier d'étendre les possibilités de la méthode à la mesure 3D et de développer une nouvelle instrumentation dédiée, incluant notamment la conception d'un nouveau canon à électron à haute brillance, ainsi que la conception de NEMS pour l'application contrôlée de déformations in-situ.

Dans le contexte de l'industrie de la micro-électronique, la méthode a besoin d'être sévèrement testée, optimisée, puis validée du point de vue de la précision, du rendement, et de la fiabilité. Le partenariat entre le CEMES-CNRS, le CEA-LETI, et STMicroelectronics aura pour but de cartographier les distributions de contrainte dans des dispositifs à base de silicium contraint de dernière génération. En investissant ainsi au plus vite dans une technique tout juste inventée et brevetée, nous espérons doter incontestablement et durablement les acteurs français du domaine des composants électroniques et de la métrologie des contraintes à l'échelle nanométrique d'une position de leader, tant du point de vue industriel que du point de vue de la recherche académique.

Partenaires

- Centre d'Elaboration des Matériaux et d'Etudes Structurales (Partenaire coordinateur)
- CEA - Institut LETI
- STMicroelectronics (Crolles2) SAS

Coordinateur

Martin HYTCH - Centre d'Elaboration des Matériaux et d'Etudes Structurales - martin.hytch@cemes.fr

Aide de l'ANR

1 574 538 euros

Début et durée

janvier 2009 - 48 mois

Référence

ANR-08-NANO-032

Label pôle

Résumé

Le projet HS-NANOBIO-IMAGING vise à développer l'imagerie ultra-rapide des biomolécules basés sur la microscopie atomique de force (AFM). Les instruments AFM conventionnels sont limités par deux facteurs importants : imagerie lente (typiquement 512 s pour 512x512 pixels balayés à 1 hertz), polyvalence difficile en comparaison de la plupart des autres types de microscopies utilisées en recherche biomédicale. Le projet se situe dans la continuité des recherches développées à l'université de Kanazawa : boucle de contre-réaction dynamique, détecteur rapide de phase pour la modulation d'amplitude d'oscillation (AM-AFM), détecteur de déplacement de fréquence (FM-AFM), compensateur pour la dérive, asservissement photothermique des leviers avec compensation de phase, utilisation de leviers AFM miniaturisés (7 μm long x 2 μm large). Les développements récents de l'instrument ont déjà permis la prise d'images à plus de 50 images par seconde sur différentes biomolécules en solution.

Le champ d'investigation de cette technologie en biologie est presque infini puisque l'évolution temporelle (dimension additionnelle) des processus biologiques est évaluée (dynamique structurale et fonctionnelle). Le consortium actuel impliquant des biologistes, des physico-chimistes, et des physiciens, avec des compétences démontrées en AFM appliquée à la biologie, veut implémenter l'instrument et concevoir des applications originales et spécifiques liées à cette technologie en France. Les équipes se concentreront sur l'étude des processus connexes aux membranes (importants dans la signalisation, le transport, et la génération d'énergie), l'étude des complexes protéine-ADN (importants dans le règlement génétique et la transcription), l'étude des effets de la nature de la surface et du confinement sur la sélectivité, la réactivité et l'activité biologique de protéines (affinité protéines-surfaces) importante dans le cadre du développement des bio-capteurs.

Les partenaires chercheront à améliorer la polyvalence et la facilité d'emploi du prototype HS-AFM. En particulier, nous voulons rendre ces AFMs utiles pour une large variété d'échantillons biologiques en conditions physiologiques. Afin d'atteindre ce but, les effets hydrodynamiques et thermiques induits respectivement par la vitesse de balayage et le spot laser focalisé sur le levier micrométrique devront être considérés. La dynamique moléculaire peut être affectée par de tels facteurs. Afin d'améliorer le comportement mécanique de l'unité de balayage AFM, nous devons développer de nouveaux substrats, de nouveaux leviers, de nouvelles cellules liquide, et de nouveaux scanners piézoélectriques offrant une gamme maximum de balayage de quelques dizaines de microns. Nous

avons débuté, en collaboration avec Olympus, des essais préliminaires sur des leviers ayant des fréquences de résonance en solution supérieures à 1 mégahertz. Les leviers miniatures représentent un progrès technologique déjà bien connu par les experts du développement de l'AFM, qui les avaient prévus pour augmenter considérablement la vitesse et la résolution de l'AFM dans de nombreuses applications. Ces progrès sont particulièrement significatifs pour les applications biologiques, dans lesquelles une interaction minimale et un contraste maximum au niveau des images sont recherchés. Notre implémentation des HS-AFM pour des applications biomédicales est basée sur la longue tradition de recherche dans le domaine biomédical des différents partenaires.

Le projet combine étroitement des approches de développements technologiques et d'imagerie afin de produire un instrument convivial. La formation d'images à la vitesse vidéo doit être routinière sur les matériaux biologiques ou les molécules organiques sans impliquer d'artefacts dus aux dommages des spécimens ou des nanostructures façonnées, inhérents à la conception ou à la vitesse d'acquisition.

Partenaires

- Institut Carnot de Bourgogne (Partenaire coordinateur)
- Unité Physico-Chimie Curie
- Centre de Biochimie Structurale

Coordinateur

Eric LESNIEWSKA - Institut Carnot de Bourgogne
lesniew@u-bourgogne.fr

Aide de l'ANR

652 261 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-010

Label pôle

Résumé

La demande croissante pour des systèmes de télécommunications ultra-rapides motive un important effort de recherche visant à développer des dispositifs photoniques plus performants. Un des éléments clés des réseaux optiques actuels est le modulateur électro-optique (MEO) qui convertit une information électrique (analogique ou numérique) en un signal optique. Les MEO actuels fonctionnent à 1.55 μm et haute fréquence (jusqu'à ~ 40 GHz) et sont basés sur des monocristaux de LiNbO_3 . La tension de commande faible implique une grande longueur (40 mm) qui rend ces dispositifs non intégrables dans les interconnexions optiques.

Une approche prometteuse pour résoudre ces problèmes consiste à utiliser des couches minces ferroélectriques déposées sur des substrats diélectriques de MgO , ce qui résulte en des modulateurs efficaces et très compacts. L'intérêt de cette approche est que l'onde optique se propage principalement dans la couche avec son indice de réfraction, et que l'onde hyperfréquence se propage principalement dans le substrat diélectrique avec un indice hyperfréquence effectif proche de l'indice optique de la couche active, ce qui permet de coupler les ondes en phase. Bien que de tels modulateurs intégrés à base de couches minces de BaTiO_3 aient déjà été fabriqués ils sont limités par la médiocre polarisation et la faible température de Curie du BaTiO_3 .

De façon surprenante, la technologie des MEO n'a pas encore bénéficié des plus récentes avancées sur les hétérostructures ferroélectriques qui permettent d'élaborer des ferroélectriques aux propriétés améliorées, et qui ont conduit au développement de matériaux multifonctionnels tels que les multiferroïques (composés au sein desquels coexistent des ordres magnétique et électrique couplés). Dans ce cadre, l'objectif de MÉLOÏC est d'exploiter ces avancées pour explorer le potentiel d'hétérostructures basées sur BaTiO_3 et le multiferroïque BiFeO_3 afin de donner naissance à une nouvelle génération de MEO intégrés fonctionnant à 1.55 μm et haute fréquence (>40 GHz). Les propriétés ferroélectriques, optiques et électro-optiques de monocristaux et d'hétérostructures à base de BaTiO_3 et de BiFeO_3 seront optimisées via une subtile ingénierie de leur structure exploitant la forte sensibilité des oxydes perovskites aux effets de contrainte. Puis, les MEOs seront modélisés, fabriqués et caractérisés en utilisant les meilleurs matériaux obtenus dans la première partie du projet. Plus spécifiquement, trois domaines d'applications sont visés : les applications télécom (des transceivers ultra-rapides sont requis pour satisfaire la demande croissante de distribution haut débit), les

applications analogiques (systèmes Radars d'antennes guidées) et les sondes de champ électrique non intrusives (pour les applications santé).

Notre consortium est constitué de trois laboratoires de grande renommée internationale et de THALES, un acteur majeur mondial en électronique professionnelle. Les partenaires académiques ont une collaboration au sein du projet ANR Blanc « FEMMES » dédiée à la physique fondamentale des multiferroïques et se terminant fin 2008. Dans le cadre de FEMMES, de nouvelles connaissances de premier plan ont été obtenues sur BiFeO₃, notamment la découverte d'une polarisation géante ($P=100 \mu\text{C}/\text{cm}^2$, la plus grande de tous les ferroélectriques) et la compréhension détaillée de sa structure en domaines. Ces résultats permettent d'imaginer aujourd'hui de nouveaux types d'applications non envisagés il y a 3 ans. Dans le cadre de MÉLOÏC, nous souhaitons donc franchir un pas de la physique fondamentale vers la recherche industrielle et utiliser l'expérience acquise pendant FEMMES afin de développer de nouveaux dispositifs en photonique hyperfréquence et ainsi répondre à un marché encore inexploité par manque de solutions technologiques.

Partenaires

- Unité Mixte de Physique CNRS/Thales (Partenaire coordinateur)
- Thales Research & Technology France
- Laboratoire de Physique des Solides
- Service de physique de l'état condensé (URA CEA/DSM/IRAMIS - CNRS)

Coordinateur

Manuel BIBES - Unité Mixte de Physique CNRS/Thales
manuel.bibes@thalesgroup.com

Aide de l'ANR

734 125 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-040

Label pôle

Résumé

Les résonateurs MEMS/NEMS (Micro-Nano ElectroMechanical Systems) constituent un domaine extrêmement riche à la fois du point de vue des applications télécom (filtres et oscillateurs RF), mais aussi pour réaliser de nouvelles percées en instrumentation pour les nano et bio-technologies. En effet, alors que les fréquences supérieures à 10MHz étaient traditionnellement réservées aux ondes électromagnétiques, il est maintenant possible de définir par technologies top-down des structures mécaniques monocristallines qui vibrent à des fréquences jusqu'à 1GHz.

Ces dispositifs atteignent des forts facteurs de qualité (10 000), ce qui leur ouvre des applications de type temps-fréquence, microscopie à force atomique (AFM) ou encore la mesure d'interactions spécifiques entre protéines. Mais nombre de réalisations de l'état de l'art, qui utilisent une technologie silicium avec des transducteurs capacitifs ou piézorésistifs se heurtent à un verrou majeur: leur sensibilité et leur bande passante est trop faible pour détecter les vibrations mécaniques au dessus de 10 MHz.

Dans ce contexte, ce projet propose non seulement de nouveaux dispositifs MEMS III-V mais aussi une filière complète de microsystèmes basée sur le nitrure de gallium (GaN) et les hétérostructures AlGaN/GaN. Déjà appliqué avec succès aux transistors HEMT hyperfréquence, ce matériau rassemble des propriétés semi-conductrices remarquables (large bande interdite, haute mobilité) et est aussi un cristal piézoélectrique. Ce projet comprendra:

1-la croissance en épitaxie par jets moléculaires (MBE) d'hétérostructures AlGaN/GaN sur substrat Si. Cette structure contient un gaz bidimensionnel d'électrons dont la concentration est directement reliée aux effets de polarisation spontanée et piézoélectrique, le tout sur substrat permettant de graver et libérer des MEMS.

2-le développement du design et d'une technologie de micro et nanofabrication permettant d'utiliser ces gaz bidimensionnels comme transducteurs électromécaniques intégrés ultrasensibles et à haute bande passante.

3-la fabrication et la caractérisation d'un premier résonateur MEMS GaN fonctionnant au-dessus de 100MHz. Le résonateur sera co-intégré avec un amplificateur faible bruit (LNA ou low-noise amplifier) à base de HEMTs pour une détection à la fois haute fréquence et à fort rapport signal/bruit permettant d'atteindre ainsi une résolution spatiale proche de 10 nm.

Ce projet inclut la caractérisation par un banc de mesure qui sera développé, la modélisation des phénomènes multiphysiques (analytique et par éléments finis) de façon à aboutir à la

compréhension quantitative des performances en terme de bruit et de bande passante. Le consortium de recherche est composé de 3 partenaires : CNRS-IEMN et CNRS-CRHEA qui développent les aspects scientifiques et techniques en amont. Ils sont associés MC2-Technologies (start-up) sur des objectifs communs en termes de design de nouveaux systèmes et de techniques de mesures de MEMS innovantes. Un fournisseur industriel (tel PICOGIGA) sera sollicité pour disposer de suffisamment de matériau pour le projet.

Partenaires

- Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologies (Partenaire coordinateur)
- Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications
- Microwave Characterization Center

Coordinateur

Didier THÉRON - Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologies - Didier.Theron@IEMN.univ-lille1.fr

Aide de l'ANR

596 763 euros

Début et durée

avril 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-023

Label pôle

Titre du projet

MicRheo – Détermination des propriétés rhéologiques d'un fluide à l'aide de vibration de microlevier

Résumé

Le projet de recherche proposé a pour objectif principal d'aborder la problématique fondamentale des propriétés rhéologiques des fluides complexes intervenant dans des applications liées aux micro et nanosystèmes. En effet, à ces dimensions afin de répondre à la question simple 'comment coule le fluide ?', il est nécessaire de pouvoir répondre aux deux questions cruciales 'comment se comportent les fluides complexes au voisinage des surfaces ?' et 'comment se comportent les fluides complexes dans des géométries qui font intervenir des écoulements complexes ?'. Afin de répondre, les compétences en micro- et nano-physique/chimie/technologie de quatre laboratoires de recherche (IMS, CPMOH, LOF et LAAS) sont rassemblées. Les personnes impliquées dans ce projet proposent de réaliser des dispositifs expérimentaux capables d'apporter des réponses à ces deux questions fondamentales. Tous les dispositifs mis au point dans ce projet seront basés sur la mesure de vibration de micropoutres (appelées aussi microleviers) en silicium dans des fluides complexes 'en situation' (confinement et/ou écoulement). Des modélisations analytiques des phénomènes physiques (couplage fluide/structure) mis en jeu à ces échelles seront développées afin de pouvoir analyser et comprendre les mesures effectuées dans les différentes configurations.

D'un point de vue applicatif, en plus de la bonne connaissance des écoulements dans les systèmes microfluidiques, ce projet permettra de développer des microrhéomètres capables de mesurer in situ les propriétés viscoélastiques des fluides complexes. La compréhension et le contrôle des propriétés rhéologiques de ces fluides sont des enjeux clés pour de nombreux domaines d'applications (agroalimentaire, peinture, cosmétiques, pharmacie, etc.) Il est donc important d'apporter à ces domaines industriels des systèmes de mesures performants, qui permettront de réduire le temps de mise sur le marché de nouveaux produits.

Partenaires

- Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système (Partenaire coordinateur)
- Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne
- Laboratoire du Futur
- Laboratoire d'Analyse et Architecture des Systèmes

Coordinateur

Isabelle DUFOUR - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système - isabelle.dufour@ims-bordeaux.fr

Aide de l'ANR 543 288 euros

Début et durée janvier 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-004

Label pôle

Titre du projet

MIRNANO – Optoélectronique moyen infrarouge à base de nanostructures d'antimoniures

Résumé

La gamme moyen infra-rouge (MIR : 2-12 μm) du spectre électromagnétique est une fenêtre de transparence atmosphérique qui contient les raies d'absorption de nombreuses espèces gazeuses. En particulier les hydrocarbures, CH_4 inclus, HCl , l'éthanol, .. ont leurs bandes d'absorption fondamentale dans la gamme 3 – 4 μm . La bande II du MIR est donc la meilleure fenêtre pour développer une gamme de systèmes photoniques qui présentent un fort impact sociétal. On pense en particulier à des capteurs environnementaux, à des composants pour la sécurité mais aussi à des outils de diagnostic médical, ou encore aux communications en espace libre..

Toutefois, le développement de ces applications repose sur la disponibilité des lasers adéquats opérant dans cette gamme de longueur d'onde. Ces lasers doivent émettre quelques mW en continu sur refroidisseur Peltier, être monomodes, monofréquences, et accordables sur quelques nanomètres. En outre ils doivent permettre de miniaturiser les systèmes et consommer peu. Les lasers à semiconducteurs sont les lasers les plus appropriés pour ces applications. Cependant, en dépit du potentiel mentionné ci-dessus, il n'existe pas à l'heure actuelle de lasers à semiconducteurs présentant les propriétés adéquates dans la gamme spectrale 3 – 4 μm .

L'objectif de notre projet est de développer de nouveaux lasers à nanostructures (NSLs) dans la filière GaSb. Ces NSLs seront basés sur de nouvelles zones actives telles que des super-réseaux à courtes ou ultra-courtes périodes, des boîtes quantiques, ou une combinaison des deux approches. Ils seront épitaxiés par épitaxie par jets moléculaires. Leur microstructure sera étudiée en détail par microscopie électronique en transmission. De nouveaux procédés technologiques seront mis au point pour fabriquer des lasers monomodes émettant par la tranche qui serviront de véhicules tests pour valider les concepts.

MIRNANO reposera donc sur des approches innovantes à la fois pour les zones à gain et la technologie des lasers. Le travail sera mené par trois groupes, un industriel (3-5 Lab) et deux académiques (IES-Montpellier et PDI-Berlin). Chacun est leader dans son domaine : hétérostructures et composants à base de GaSb, étude microstructurale des composants, technologie et caractérisation des composants.

Partenaires

- Institut d'Electronique du Sud (Partenaire coordinateur)
- Alcatel-Thales III-V Lab
- Paul-Drude-Institute for Solid State Physics

Coordinateur Eric TOURNIÉ - Institut d'Electronique du Sud
eric.tournie@univ-montp2.fr

Aide de l'ANR 499 863 euros

Début et durée avril 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-053

Label pôle

Résumé

L'électronique moléculaire et l'électronique de spin sont deux domaines majeurs de la nanoscience moderne. Le premier domaine a utilisé depuis plusieurs années des molécules afin de réaliser des dispositifs à molécule unique pour des applications potentielles en électronique. Le deuxième a été à l'origine d'une révolution en électronique où il était possible de manipuler le transport du spin électronique aboutissant à des effets gigantesques de magnéto-résistance. L'objectif de ce projet est de marier les deux domaines pour faire émerger un nouveau : Electronique de Spin Moléculaire en utilisant entre autres des aimants moléculaires comme composant de base des nouveaux dispositifs. Il s'agit de manipuler le spin et la charge d'une molécule unique ou d'une faible collection dans des dispositifs moléculaires. L'expertise acquise par les chimistes pour moduler et contrôler les propriétés (spin, anisotropie, potentiel rédox, effet de la lumière, effet du champ électrique...) des molécules permet de concevoir des dispositifs à propriétés modulables et à fonctionnalités nouvelles. Un grand avantage des systèmes moléculaires est la faible contribution du couplage spin-orbite et des interactions hyperfines qui en général sont la cause principale de la décohérence du spin observée en transport à longue distance.

Dans ce contexte, ce projet permet de jeter les fondations d'un domaine émergent qui n'est pratiquement pas exploré à ce jour. Les objectifs principaux du projet concernent essentiellement la recherche fondamentale mais avec des applications en électronique et information quantique à moyen terme. Les partenaires du projet ont construit durant les 10 dernières années une expertise internationalement reconnue en magnétisme moléculaire à travers des collaborations dans le monde entier. Les partenaires 2 et 3 ont établi des collaborations étroites avec plusieurs groupes en Europe à travers plusieurs réseaux : le réseau d'excellence « MAGMANet » (2004-2008), le réseau RTN « QuEMolNa » (2004-2008) et le réseau TMR « MolNanoMag » (2004-2008) qui ont contribué à l'émergence de nouvelles idées et concepts. Durant la dernière année, le nouveau groupe créé au sein de l'Institut Néel (partenaire 1) a déjà démontré les premiers résultats importants dans ce nouveau domaine.

Partenaires

- Institut Néel (Partenaire coordinateur)
- Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay
- Institut Lavoisier

Coordinateur Wolfgang WERNSDORFER - Institut Néel
wolfgang.wernsdorfer@grenoble.cnrs.fr

Aide de l'ANR 1 087 990 euros

Début et durée janvier 2009 - 48 mois

Référence ANR-08-NANO-002

Label pôle

Titre du projet**MOLSIC – Molécules fonctionnalisées sur une surface de SiC : de la molécule individuelle à la mono-couche****Résumé**

L'objectif de ce projet est d'explorer l'utilisation d'un semi-conducteur à grand gap, le carbure de silicium (SiC), pour les applications en électronique moléculaire. L'intérêt de ce substrat pour l'électronique moléculaire est, d'une part, de pouvoir interfacer la technologie semi-conducteur avec la technologie moléculaire et, d'autre part, d'assurer un découplage électronique adéquat entre les molécules et le substrat grâce au grand gap de ce dernier. Deux problèmes clés seront particulièrement étudiés : (i) l'auto-assemblage de molécules organiques fonctionnalisées et (ii) le transport électronique entre les molécules et la surface. Nous tirerons profit de la richesse des reconstructions de surface du SiC pour mettre en évidence de nouvelles propriétés. Nous procéderons à une étude globale de l'adsorption de molécules : (i) suivant une approche de type bottom-up, les différentes étapes de l'adsorption et le transport électronique seront abordés, de la molécule individuelle à la monocouche ; (ii) une démarche scientifique intégrée sera poursuivie, impliquant des chimistes de synthèse, des expérimentateurs en sonde locale (STM et AFM de 5 K à 300 K) et des techniques spectroscopiques (photoémission directe et inverse), ainsi que des spécialistes de calcul de structure électronique, de simulation moléculaire et de calcul d'image STM et AFM. Le caractère innovant reposera sur trois directions : de nouvelles molécules seront synthétisées pour obtenir de nouvelles nanostructures moléculaires en surface avec la finalité d'obtenir de nouvelles fonctions pour l'auto-assemblage, en vue de nouvelles fonctions électroniques.

Partenaires

- Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales (Partenaire coordinateur)
- Institut Matériaux, Microélectronique, Nanosciences de Provence
- Laboratoire de Photophysique Moléculaire
- Laboratoire de Physique et de Spectroscopie Electronique

Coordinateur

Xavier BOUJU - Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales - bouju@cemes.fr

Aide de l'ANR

790 538 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-030

Label pôle

Titre du projet

MOS35 – MOSFET à base de matériaux à faible bande interdite pour une électronique haute fréquence ultra basse consommation destinée aux objets communicants autonomes

Résumé

Notre projet propose une exploration radicalement nouvelle concernant des transistors, de type MOSFET, performants en terme de fréquence et fonctionnant à très faible tension d'alimentation. Nous visons les applications analogiques hautes fréquences à très faible consommation de puissance (systèmes autonomes en énergie dans le domaine de l'intelligence ambiante). Pour lever ce verrou technologique (haute fréquence et faible consommation), il semble nécessaire de se diriger vers des semi-conducteurs autres que le silicium, en particulier les matériaux à petit gap en profitant de leurs propriétés de transport électronique. Nous proposons d'étudier et de réaliser des transistors de type MOSFET ou MOS-HEMT sur deux types de matériaux à petit gap : GaInAs et GaInSb. Bien que ces objectifs nécessiteront des études amonts tant sur le plan technologique que celui de la compréhension physique des mécanismes régis dans ces types de composant, nous souhaitons associer à ce projet un industriel dans une optique de futur transfert technologique.

Partenaires

- Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (Partenaire coordinateur)
- OMMIC
- CEA - Institut LETI
- Centre de Recherches sur les Ions, les Matériaux et la Photonique
- Institut d'Electronique Fondamentale

Coordinateur

Sylvain BOLLAERT - Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie - sylvain.bollaert@iemn.univ-lille1.fr

Aide de l'ANR

1 398 463 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-022

Label pôle

Résumé

Dans ce projet de recherche industrielle, nous nous proposons de réaliser un appareil de métrologie des structures périodiques (réseaux 1D, 2D, cristaux photoniques, structures auto-organisées) par des mesures optiques polarimétriques dans une configuration originale de polarimétrie de Mueller dans le plan focal d'un objectif de microscope. Les applications visées se situent essentiellement, mais pas uniquement, dans le domaine de la R&D en microélectronique, où la miniaturisation croissante des motifs pose sans cesse de nouveaux défis, liés à des spécifications toujours plus serrées, aussi bien pour réaliser que pour caractériser les structures. Ces spécifications concernent non seulement la taille moyenne (couramment appelée CD pour Critical Dimension) mais aussi l'angle des talus ou SWA (pour SideWall Angle) et enfin le recouvrement de couches superposées, ou Overlay. Etant non destructives, rapides et peu coûteuses à mettre en oeuvre, les techniques optiques prennent une importance croissante dans la métrologie des semiconducteurs; Cependant, contrairement à la microscopie électronique ou l'AFM elles ne fournissent pas d'image à proprement parler : la forme des structures est déterminée en résolvant le problème de diffraction inverse par ajustement aux mesures des simulations effectuées à partir d'un modèle multiparamètres. La question se pose alors de la pertinence du modèle et de la précision, notamment la précision absolue (au sens du mot anglais accuracy) des résultats. Ceux-ci seront d'autant plus fiables et robustes que les données expérimentales seront variées et, en principe, redondantes, afin de permettre des tests significatifs de cohérence interne. L'approche que nous proposons est fondée sur la polarimétrie de Mueller, la plus complète des techniques polarimétriques, qui fournit beaucoup plus de données que l'ellipsométrie classique ou la reflectométrie (résolues spectralement ou angulairement) utilisées habituellement dans ce contexte. Deux des partenaires (LPICM et HJY) ont une solide expérience de développement instrumental dans ce domaine. L'idée centrale du projet consiste à mettre en oeuvre cette technique dans une configuration d'imagerie dans le plan de Fourier (le plan focal arrière) d'un objectif de microscope de grande ouverture numérique, afin de mesurer la matrice de Mueller de l'échantillon étudié simultanément, dans un large domaine de variation des angles polaire et azimutal. Des résultats préliminaires obtenus sur un premier montage réalisé au LPICM et très largement perfectible ont montré la faisabilité et la pertinence de ce type de mesures. Par ailleurs, de premières simulations ont également montré que cette approche peut être particulièrement performante pour la

mesure de l'overlay, et ce dans des cibles beaucoup plus petites et susceptibles d'être distribuées sur le wafer de manière beaucoup plus dense que celles utilisées actuellement, répondant ainsi à un réel besoin en métrologie des semiconducteurs. Le projet comporte donc trois aspects essentiels : l'identification des facteurs limitatifs des performances du montage actuel du LPICM, la réalisation par le partenaire industriel (HJY) d'un appareil beaucoup plus abouti, susceptible de fonctionner en salle blanche, sans toutefois atteindre le niveau de maturité (notamment pour le software) du prototype d'un appareil commercial, et enfin la validation de l'approche proposée sur des échantillons réalisés et caractérisés au LETI par des techniques de référence (CD-SEM, AFM et mires optiques pour l'overlay).

Partenaires

- Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces (Partenaire coordinateur)
- HORIBA JOBIN YVON SAS
- CEA - Institut LETI

Coordinateur

Antonello DE MARTINO - Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces - martino@leonardo.polytechnique.fr

Aide de l'ANR

793 316 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-020

Label pôle

Résumé

La réalisation de réseaux ordonnés de nanoparticules inorganiques au sein d'une matrice d'un polymère fonctionnel doit permettre l'obtention de nouveaux matériaux combinant les propriétés physiques uniques des nanoparticules avec la simplicité de mise en œuvre des polymères. Ce projet de recherche fondamentale interdisciplinaire, basé sur les expertises complémentaires de quatre laboratoires - le SPrAM à Grenoble, l'ICS et l'IPCMS à Strasbourg et le PPSM à Cachan - vise à développer les points suivants:

i) la fabrication de films minces orientés et nanostructurés de matériaux hybrides électro-actifs formés par un polymère pi-conjugué semiconducteur - un poly(alkylthiophène) régiorégulier (P3AT) dans le cas présent - et des nanoparticules inorganiques à caractère métallique ou semi-conducteur en contrôlant l'organisation du matériau depuis l'échelle moléculaire, au niveau de l'interface entre le polymère et les nanoparticules, jusqu'à l'échelle mésoscopique,

ii) l'étude de la structure, des propriétés optiques et électroniques (transport de charge ambipolaire). On utilisera entre autres des techniques de pointe comme la tomographie en microscopie électronique à transmission pour étudier en trois dimensions la dispersion des nanoparticules dans la matrice polymère (IPCMS), l'imagerie de photoluminescence résolue en temps (PPSM) ou la réalisation de transistors à effet de champ organiques pour étudier le transport (SPrAM).

La préparation de ces matériaux hybrides nanostructurés et orientés reposera sur la technique de croissance épitaxiale directionnelle développée à l'ICS pour des polymères conjugués. La mise en œuvre pratique sur des matériaux hybrides a été récemment démontrée dans le cadre d'une collaboration entre le SPrAM et l'ICS pour du poly(3-hexylthiophène) régiorégulier et des nanocristaux (NCs) de CdSe (Advanced Materials 19, 3819-3823, 2007).

Au cœur du projet se situe la problématique du contrôle de l'interface entre les nanoparticules et le polymère conjugué. Cela impliquera la synthèse de ligands spécifiques ayant un rôle double: i) assurer une bonne dispersion des nanoparticules dans la matrice polymère ; ii) permettre un transfert de charge efficace entre le polymère et les nanoparticules ainsi qu'un transfert électronique entre nanoparticules voisines. Une approche pragmatique sera suivie sur cet aspect. D'un côté, nous utiliserons des ligands commerciaux à base de pyridine ayant une bonne affinité pour la surface des nanocristaux et qui permettent une bonne dispersion des nanoparticules dans des solvants organiques et une bonne compatibilité avec la matrice

de polymère conjugué. L'autre approche sera de synthétiser des ligands polypyridines bidentates permettant d'interconnecter les nanoparticules par des groupements conjugués afin de faciliter le transport des électrons.

Partenaires

- Laboratoire "Structures et propriétés d'architectures moléculaires" - UMR CEA/DSM/INAC-CNRS-UJF (Partenaire coordinateur)
- Institut Charles Sadron
- Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg
- Laboratoire "Photophysique et Photochimie Supramoléculaires et Macromoléculaires"

Coordinateur

Frédéric CHANDEZON - Laboratoire "Structures et propriétés d'architectures moléculaires" (UMR CEA/DSM/INAC-CNRS-UJF)
frederic.chandezon@cea.fr

Aide de l'ANR

752 705 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-012

Label pôle

Résumé

Le présent projet de recherche fondamentale est centré sur les nouveaux matériaux actifs nanostructurés dédiés à des technologies intégrées de nouveaux dispositifs MEMS (micro actionneurs, micro capteurs et microsystèmes acoustiques) à fonctionnalités étendues.

Le but est ici l'élaboration et l'analyse de nouvelles nanostructures magnétoélastiques et multiferroïques dans lesquelles sont artificiellement induits des états critiques (instabilités) résultants des interactions d'échange, magnéto-élastiques et magnétostatiques entre les nano couches. Les structures considérées dans le projet sont des nano couches basés sur le couple « Terres rares/Métaux de transition » et combinant des couches magnétiques et ferroélectriques.

L'application de la physique des états critiques aux nanotechnologies, qui représente l'originalité principale du projet, a pour but de dégager des propriétés tout à fait spécifiques, non disponibles dans les matériaux actifs connus (i.e. monocristaux, alliages ou composites...).

Par exemple, au voisinage d'une instabilité de type Transition de Réorientation de Spin (TRS), l'interaction entre le sous-système magnétique et le système élastique résulte en d'extraordinaires propriétés dynamiques et cinétiques du système magnétoélastique couplé : augmentation de un à plusieurs ordres de grandeur de la valeur du couplage magnétoélastique et de la sensibilité relativement au champ magnétique (offrant la possibilité de nouveaux types de micro-capteurs et microactionneurs), amplification géante des non linéarités dynamiques (x10000) ce qui permet l'élaboration de nouvelles techniques de commande des microactionneurs (excitation sous-harmonique, excitation basse fréquence par interaction non linéaire de champs hautes fréquences, effets de démodulation, réponse bistable à une excitation harmonique...), un grand contrôle de l'élasticité (jusqu'à 100%) par champ magnétique ou contrainte appliquée (utilisable pour des micro-capteurs ou l'ajustement de résonateurs sur une large bande), et une forte augmentation de la sensibilité magnétoélectrique (x100) dans les nanostructures multiferroïques (TR/MT/piézoélectrique.).

Dans le but d'ajuster les propriétés des nanostructures, l'effet des irradiations aux ions lourds rapides sur les couches sera étudié. L'irradiation influence directement la maille cristalline et les interfaces, et représente un moyen de correction ou de stimulation des échanges inter couches. Des études spécifiques utilisant la sonde atomique tomographique assistée par laser (LATAP) ainsi que l'effet Mössbauer seront menées.

L'intégration des nanostructures au sein de microsystèmes pour

la réalisation de systèmes autonomes sera étudiée : les techniques spécifiques de champ magnétique de biais par interaction d'échange, le dépôt localisé des nanostructures, l'intégration de micro bobines, etc.

Partenaires

- Institut d'Electronique, de Micro-électronique et de Nanotechnologie (Partenaire coordinateur)
- Groupe de Physique des Matériaux
- Centre de Recherche sur les Ions, les Matériaux et la Photonique

Coordinateur

Philippe PERNOD - Institut d'Electronique, de Micro-électronique et de Nanotechnologie - philippe.pernod@iemn.univ-lille1.fr

Aide de l'ANR

534 663 euros

Début et durée

janvier 2009 - 48 mois

Référence

ANR-08-NANO-035

Label pôle

Titre du projet

NANAN – NAno-plateforme multifonctionnelle dérivée d'Acides Nucléiques à visée biomédicale

Résumé

Notre projet de recherche vise à développer une technologie basée sur une Nano-plateforme multifonctionnelle dérivées d'Acides Nucléiques (NANAN) pour la visualisation des acides nucléiques et la délivrance des oligonucléotides. NANAN est une technologie basée sur l'hybridation compétitive des oligonucléotides utilisant les QDs comme sonde. Notre stratégie de travail repose sur la fonctionnalisation et la vectorisation de la plateforme NANAN à l'aide de nucléoamphiphiles et/ou oligonucléotides amphiphiles non toxiques. Ce projet pourrait conduire à une meilleure connaissance du trafic intracellulaire des ARNs. Un des objectifs envisagé est de cibler les microARNs, petits ARN non codant impliqués dans de nombreux processus biologiques et jouant un rôle central dans le cancer.

En tant que plateforme multifonctionnelle, NANAN permettra la détection et le suivi des microARNs dans les cellules vivantes et la délivrance de molécules thérapeutiques. En parallèle, un nouveau modèle sera mis en place pour évaluer l'impact de ces nano objets sur l'environnement.

Dans ce cadre, nous proposons d'élaborer, de synthétiser et d'évaluer de nouveaux amphiphiles dérivés de nucléosides et d'oligonucléotides pour la construction de NANAN. Le projet s'articulera principalement autour des 4 objectifs suivants :

- 1-Chimie : Mise en place de la plateforme multifonctionnelle (NANAN),
- 2-Biologie : Applications biomédicales : imagerie et système de délivrance.
- 3- Nano-génotoxicité : Evaluation de la génotoxicité de NANAN sur cellules humaines et
- 4-Nano-écotoxicité : Evaluation de l'impact des nanomatériaux chez les invertébrés aquatiques (bio-marqueurs de pollution).

Partenaires

- Unité INSERM "ARN : Régulations Naturelle et Artificielle" (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire "Biogénotoxicologie et Mutagénèse Environnementale"
- Institut Méditerranéen d'Ecologie et Paléoécologie

Coordinateur

Philippe BARTHÉLEMY - Unité INSERM "ARN : Régulations Naturelle et Artificielle" - philippe.barthelemy@inserm.fr

Aide de l'ANR 397 988 euros

Début et durée janvier 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-028

Label pôle

Titre du projet**NANOCARA** – Caractérisation globale (taille, concentration, composition) en ligne, des nanoparticules produites par des procédés en phase gazeuse**Résumé**

Dans un contexte compétitif visant l'émergence industrielle de produits à base de nanoparticules, il devient nécessaire de fiabiliser et de sécuriser les installations de production de nanopoudres.

En terme de fiabilité, il s'agit d'être capable de mesurer en ligne et en continu les caractéristiques physico-chimiques des nanoparticules, pour mettre en œuvre des boucles de rétroaction afin de garantir une qualité constante des nanoparticules produites.

En terme de sécurité, il s'agit de développer des unités de production prototypes qui limiteront à l'extrême la mise au contact des nanoparticules avec l'environnement et garantiront le traitement et/ou le recyclage de tous les types d'effluents. Les préoccupations croissantes concernant l'impact des nanoparticules sur l'homme et l'environnement nécessitent le développement de méthodes capables de mesurer les nanoparticules dans différentes situations : effluents des installations, contrôle d'ambiance.

L'objectif de ce projet est donc la recherche permettant le développement d'équipements modulaires capables de caractériser les nanoparticules manufacturées aussi bien sur les lignes de procédé que dans les ambiances de travail ou dans les effluents de procédés.

Partenaires

- Compagnie Industrielle des LASers (Partenaire coordinateur)
- CEA - Direction de l'Energie Nucléaire
- INERIS - Direction des Risques Chroniques
- Groupe de Recherche sur l'Energétique des Milieux Ionisés

Coordinateur

Christophe GOEPFERT - Compagnie Industrielle des LASers
goepfert@cilas.com

Aide de l'ANR

900 126 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-044

Label pôle

Titre du projet**NANOCHEOPS – NANOréacteurs dans les CHEveux : étude OPToélectronique et application à la Sauvegarde des objets à base de kératine****Résumé**

Ce projet pluridisciplinaire vise à comprendre dans quelle mesure la matrice amorphe du cheveu peut être considérée comme un ensemble de nanoréacteurs. Cette matrice, bien moins étudiée que la partie ordonnée (hélices alpha) peut jouer un rôle central dans des contextes très différents. Les nanoréacteurs sont d'une part à l'origine des phénomènes de dégradation des œuvres des musées à base de kératine (tapisseries, objets archéologiques et ethnographiques, momies) et, d'autre part, permettent la préparation de nanocristaux de sulfures métalliques, semi-conducteurs et auto organisés.

En réalisant différents traitements en milieu alcalin par des sels de plomb, cadmium ou mercure, on étudiera les propriétés des boîtes quantiques formées dans le cheveu et l'importance de leur auto organisation le long de l'axe de la fibre. Il sera ainsi possible de rechercher des matériaux équivalents (biomimétisme) et de mieux comprendre les raisons historiques d'un emploi prolongé pour la teinture des cheveux de techniques qualifiées aujourd'hui de nanotechnologies.

Cette étude nécessitera la mise au point de méthodes de caractérisation de systèmes complexes, en combinant des approches physico-chimiques qui tiennent compte de la spécificité des propriétés des particules inorganiques (absorption, luminescence) et des propriétés chimiques de la matière organique, d'origine biologique et issue d'une série d'assemblages supramoléculaires de protéines à des échelles allant du nanomètre au micromètre.

Partenaires

- Laboratoire du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire de photonique quantique et moléculaire
- Laboratoire de Photonique et de Nanostructures

Coordinateur

Philippe WALTER - Laboratoire du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France
philippe.walter@culture.gouv.fr

Aide de l'ANR

368 058 euros

Début et durée

janvier 2009 - 48 mois

Référence

ANR-08-NANO-019

Label pôle

Résumé

Les normes juridiques et techniques existantes sont-elles suffisantes pour prendre en compte de manière adéquate les spécificités des nano-produits (nanoparticules, matériaux nanostructurés, objets intégrant des nanoparticules ou des nanomatériaux) ? Après la création de nouvelles normes techniques spécialisées, assistera-t-on à l'élaboration d'une réglementation juridique spéciale ? L'articulation entre normes techniques et normes juridiques dans ce domaine permettra-t-elle de prendre en charge de manière satisfaisante les risques qui pourraient découler d'un développement massif des nano-produits ? Ces questions sont aujourd'hui au cœur des préoccupations des acteurs – décideurs publics, agents économiques, chercheurs... – du développement des nanotechnologies. Ce projet de recherche entend apporter une contribution à leur résolution en étudiant les normes juridiques et techniques applicables ou en cours d'élaboration pour réguler les nanotechnologies, ainsi que leurs modes d'interaction. Leur capacité à constituer un cadre normatif cohérent pour les nano-produits sera évaluée. Leur pertinence ainsi que l'efficacité de leurs interactions seront questionnées dans une démarche interdisciplinaire associant à des juristes des chercheurs en sciences humaines et sociales et des scientifiques référents en chimie, en physique, en biologie et en toxicologie. La problématique des normes juridiques et techniques applicables aux nano-produits et de leurs articulations sera abordée aux différentes phases du cycle de vie d'un objet, de sa découverte ou son invention à son utilisation finale (protection de l'innovation, santé et sécurité des travailleurs, normalisation et risque chimique, information et protection des consommateurs). Il s'agit d'une recherche fondamentale en sciences humaines et sociales, dans laquelle sera impliqué un partenaire industriel. Cette association s'impose afin de confronter les hypothèses théoriques aux réalités pratiques vécues par un acteur technique et économique du secteur concerné.

Ce projet présente un double caractère innovant, à la fois sur le fond et quant à la méthodologie adoptée :

Sur le fond, il s'agira de développer en France une recherche sur l'encadrement normatif des nano-produits : Ce faisant, le projet de recherche entend pallier un manque sur le territoire français. Il s'agit de s'inspirer des démarches étrangères et de créer des compétences françaises, mais également de proposer de nouvelles orientations de recherche. Ces orientations ont entre autres objectifs celui de replacer l'évolution des normes applicables dans notre pays en position d'inspirer les travaux entrepris aux niveaux européen et international.

Ce projet présente en outre un double intérêt cognitif : l'étude

des interactions entre normes juridiques et techniques et de l'encadrement normatif des nano-produits : la recherche vise à en apprendre davantage sur l'encadrement normatif des nano-produits mais aussi sur l'articulation entre normes techniques et normes juridiques. Ce dernier thème dépasse l'actualité des nanotechnologies mais pourrait être renouvelé ici. Il s'agit alors de s'interroger sur la pertinence des conclusions proposées antérieurement au regard des spécificités des nano-produits. Les nanotechnologies ont en effet pour particularité d'être des technologies récentes et habilitantes, dans le sens où les recherches et le développement de briques de base y ouvrent la voie, plus que jamais, à une infinie variété d'applications. Elles posent également à nouveau la question de la gestion du risque incertain et de l'efficacité du principe de précaution.

Quant aux choix méthodologiques, ils sont très clairement affirmés et concernent tout à la fois l'interdisciplinarité, l'association d'un partenaire industriel dans une recherche fondamentale en sciences humaines et sociales et enfin l'analyse juridique du cycle de vie des nano-produits.

Partenaires

- Centre d'études sur la coopération juridique internationale (Partenaire coordinateur)
- Unité mixte de recherche en droit comparé
- ARKEMA France
- Institut de l'Ouest : Droit et Europe

Coordinateur

Stéphanie LACOUR - Centre d'études sur la coopération juridique internationale - lacour@ivry.cnrs.fr

Aide de l'ANR

602 561 euros

Début et durée

février 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-001

Label pôle

Résumé

Le développement de nouveaux capteurs, transducteurs et de dispositifs intégrés optoélectroniques et piézo-électriques nécessite l'élaboration de nouveaux matériaux avec des propriétés mécaniques, optiques et électriques couplées. L'objectif de ce projet est de développer une nouvelle génération de matériaux nanocomposites présentant de tels couplages. À ce jour, certains cristaux comme le niobate de lithium, possèdent, dans une certaine mesure, ces caractéristiques. Néanmoins, le coût et la difficulté de micro-structuration de ces matériaux limitent fortement leur champ d'application. Dans ce projet, nous envisageons de développer des matériaux nanocomposites à base de nanocristaux inorganiques insérés dans une matrice polymère, afin d'obtenir des propriétés piézoélectriques et optiques non-linéaires. La taille nanométrique des cristaux est supposée conduire, d'une part, à de nouvelles propriétés qui ne peuvent être envisagées avec des cristaux massifs (ou des cristaux de taille micrométrique) telles que la transparence, de nouvelles propriétés acoustiques, une augmentation de la réponse piézoélectrique et une contribution particulière des effets de surface sur les propriétés optiques et mécaniques. D'autre part, la matrice polymère sera choisie pour sa simplicité d'utilisation et de production, son coût relativement faible, sa versatilité et sa facilité de mise en forme.

Pour atteindre cet objectif, une dispersion homogène des nanoparticules (piézoélectriques et optiques non linéaires) dans la matrice polymère doit être réalisée par des techniques physico-chimiques développées dans le projet. Pour cela, l'utilisation de deux types de nanomatériaux est envisagée. Le premier est le niobate de lithium (LiNbO_3), qui a été très récemment synthétisé sous forme cristalline avec une taille nanométrique strictement contrôlée (SRSMC). Son équivalent massif présente les propriétés requises en terme de piézoélectricité et d'optique non linéaire. Il est donc attendu que la forme nanocristalline pourrait encore renforcer ces effets. Le deuxième cristal d'intérêt est l'iodate de fer ($\text{Fe}(\text{IO}_3)_3$). Comme LiNbO_3 , il a récemment été synthétisé dans un laboratoire du consortium (SYMME) par un procédé bas coût. De plus, la réponse optique non linéaire du matériau est comparable à celle des cristaux les plus efficaces tels que BaB_2O_4 et LiNbO_3 . La structure cristalline de l'iodate de fer permet aussi d'envisager des propriétés piézoélectriques.

Dans le cadre de l'AAP PNANO 2008, le projet NANO-POP est un projet de type recherche industrielle avec Schneider Electric et Piezotech comme partenaires industriels. Il est aussi labellisé et soutenu par les pôles de compétitivité français PLASTIPOLIS depuis 2007, et MATERIALIA depuis 2008.

Partenaires	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Institut Jean Lamour (UMR CNRS 7198 – Nancy Université) (Partenaire coordinateur) ▪ Laboratoire SYstèmes et Matériaux pour la Mécatronique (Université de Savoie) ▪ Laboratoire "Structure et Réactivité des Systèmes Moléculaires Complexes" (UMR CNRS 7565 – Nancy Université) ▪ PIEZOTECH S.A. ▪ Schneider Electric Industries SAS
Coordinateur	Didier Rouxel - Institut Jean Lamour didier.rouxel@lpmi.uhp-nancy.fr
Aide de l'ANR	862 240 euros
Début et durée	janvier 2009 - 36 mois
Référence	ANR-08-NANO-041
Label pôle	MIPI (matériaux innovants et produits intelligents) et PLASTIPOLIS

Résumé

Il est souvent admis que les nanotechnologies entrent en ligne de compte lorsque la réduction en taille d'au moins une dimension d'un objet conduit à de nouvelles propriétés de l'objet. Il y a une dimension qui n'a pas été explorée jusqu'à présent: le temps.

Nous avons commencé à explorer les effets sur les cellules animales en culture d'impulsions électriques d'une durée de l'ordre d'une ou de quelques nanosecondes. Les impulsions électriques d'une telle durée doivent être extrêmement intenses (plusieurs kilovolts par millimètre) pour perturber les cellules car les effets potentiels de ces impulsions ne sont pas les effets classiques des impulsions électriques plus longues.

La membrane externe de la cellule se comporte habituellement comme un élément qui isole électriquement l'intérieur de la cellule de son environnement. Lorsque des impulsions électriques « classiques » (dont la limite inférieure de durée est d'environ une ou plusieurs microsecondes) sont employées, la seule façon d'atteindre électriquement l'intérieur de la cellule nécessite en premier lieu de perturber la structure de cette membrane cellulaire externe. Ce phénomène est connu sous les termes d'électroporation ou d'électroperméabilisation des cellules. Cependant, une fois que ce changement de structure de la membrane est obtenu, la marge de manœuvre pour manipuler l'intérieur des cellules est limité car l'allongement du traitement conduit à la perte de viabilité des cellules (la membrane externe (« plasmique ») de la cellule est une limite physique des éléments de la cellule et elle est absolument indispensable au maintien de la structure et de l'homéostasie cellulaires). Les nanopulses ouvrent la voie à la manipulation directe d'éléments (molécules, structures intracellulaires) localisés à l'intérieur de la cellule, car la membrane n'« isole » plus l'intérieur de l'extérieur. Ceci a déjà été prouvé dans les études pionnières de Karl Schoenbach à l'Université Old Dominion, Norfolk VA, USA, et par nos propres observations récentes.

Plusieurs défis se dressent devant une telle recherche, qui ne peuvent être abordés que par une équipe pluridisciplinaire. En effet, il faut pouvoir disposer de générateurs de ce type d'impulsions, comme ceux qui sont en développement dans le XLIM du CNRS. Il faut pouvoir disposer d'outils d'imagerie optique capables de visualiser de façon non invasive et instantanément les membranes avant, pendant et après l'application de ces nanopulses, comme le microscope à Diffusion

Raman Anti-Stokes Cohérente (DRASC) développé conjointement par le DMPH de l'ONERA et l'UMR 8121 du CNRS. Pour pouvoir exposer les cellules aux nanopulses et simultanément observer les cellules sous le microscope, nous devons développer des microdispositifs appropriés, qui font appel à la fois aux microtechnologies et aux nanotechnologie. En effet pour établir des champs électriques suffisamment intenses, malgré les nouveaux générateurs, il faut réduire les distances entre les électrodes. Dans le cadre du projet soumis l'IFR121 du CNRS se propose de développer deux types de dispositifs: des microcanaux pour cellules en suspension dans lesquels un réseau microfluidique permettra d'amener les cellules entre les électrodes de façon séquentielle, pour les exposer aux nanopulses et les observer les unes après les autres sans avoir à refaire les réglages du microscope, et des microcanaux pour cellules en situation d'adhérence, pour lesquels il faudra préparer des surfaces nanostructurées permettant leur auto-positionnement. Cet attachement préférentiel sera obtenu par nanostructuration de la surface du microcanal. Cette nanostructuration de la surface peut par ailleurs affecter la propagation des ondes formant l'image de la cellule. L'analyse et la résolution des problèmes posés donc par les différentes contraintes des approches nanotechnologique, optique, électrique et biologiques sont au cœur du projet soumis. De nombreux résultats biologiques sont attendus.

Partenaires

- Laboratoire "Vectorologie et Transfert de Gènes" (Partenaire coordinateur)
- Institut d'Alembert
- ONERA - Département de Mesures Physiques
- XLIM

Coordinateur

Lluis M. MIR - Laboratoire "Vectorologie et Transfert de Gènes"
luismir@igr.fr

Aide de l'ANR

710 865 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-024

Label pôle

ELOPSYS

Résumé

Les matériaux plastiques jouent un rôle prépondérant dans la société de biens de consommation après avoir rendu possible une production de masse à bas coût de divers produits (emballage de protection, composants légers et de sécurité pour l'automobile, systèmes communiquant nomades, instruments médicaux,...). En marge, de nouvelles niches sont récemment apparues adressant des produits de haute technologie répondant à des exigences de fonctionnalité et qualité supérieures (micro-fluidique, bio/micro-systèmes). La tendance actuelle est de transférer ce nouveau savoir-faire vers une production de masse de produits à plus forte valeur ajoutée, dans les secteurs traditionnels de l'industrie (ex. automobile).

La nano-texturation offre l'opportunité d'ajouter des propriétés de surface innovantes en jouant sur les morphologies et dimensions de motifs. La fabrication de modèles nano-structurées avec un contrôle précis de taille et d'ordre de motifs requière des techniques de pointe telles que la lithographie. Les structures ainsi obtenues peuvent être revêtues par électrodéposition de nickel ou utilisées comme masque de gravure pour transférer les motifs dans un substrat. Cette approche, coûteuse et à faible rendement, se limite dans la pratique à des applications ciblées où le contrôle dimensionnel est indispensable (ex. optique et microélectronique). Afin de franchir cet obstacle, des alternatives ont vu le jour (ex. micro-structuration et anodisation de feuillets d'aluminium utilisés comme masque de formage de polymères) qui restent cependant limitées (multi-dispersion de motifs, faibles flexibilité, reproductibilité,...) et seulement accessibles à la recherche et au prototypage.

L'ingénierie de surface à l'échelle nanoscopique a néanmoins fait des progrès considérables dans le domaine de l'auto-assemblage en comparaison des techniques conventionnelles de la lithographie, qui atteindront prochainement leurs limites en terme de taille minimum de motif et coût de fabrication. Les trois techniques ici proposées sont, en ce sens, particulièrement attractives. En particulier, elles autorisent un large spectre de morphologie et de dimensions de motifs compatibles avec une réplique des surfaces non-planaires et/ou de taille métrique.

Déposition de nano-particules - Sur la base d'un procédé de dépôt sous vide à température ambiante développé par la société Mantis Deposition, de nouveaux matériaux seront préparés. Ceux-ci seront synthétisés sous forme d'éléments purs, alliés ou d'agrégats de nano-particules avec une large fenêtre de contrôle de distribution de tailles, de morphologie et de densité de surface.

Auto-assemblage de nano-particules et nano-sphères - Les deux techniques de synthèse par assemblage dirigé par capillarité et

par Langmuir-Blodgett seront mises en œuvre afin de proposer des solutions uniques de tapis compacts et organisés de nanoparticules.

Démixtion de polymères - trois voies seront explorées en vue de comparer des polymères nano-texturés via i) la synthèse de copolymères à bloc et leur dissolution sélective, ii) la séparation de phase de mélanges de polymères et iii) la séparation en solvant de mélanges ternaires de polymères.

Ces différentes techniques de nano-texturation seront mise en œuvre afin de repousser les limitations actuelles de qualité et rendement de réplification associées aux problèmes de démoulage mais aussi d'adresser et d'embarquer de nouvelles fonctionnalités sur la surface des produits répliqués (ex. réflexion optique, mouillage, rendu visuel,...). Pour ces deux objectifs, l'accent sera mis sur l'industrialisation des procédés nécessaire à la fabrication en série et à bas coût de composants polymères selon les deux techniques de moulage et formage que sont l'emboutissage à chaud et l'injection-moulage. L'ambition du projet est d'intégrer, à terme, l'ensemble de ces procédés sur des équipements de production. Ce projet contribuera ainsi à l'émergence de nouvelles machines de réplifications intégrant de l'outillage nano-structuré.

Partenaires

- CEA - Institut LITEN (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes
- Laboratoire "Ingenierie des Matériaux Polymères"
- Cogemoule
- AcXys Technologies
- Pôle Européen de Plasturgie

Coordinateur

Pascal FUGIER - CEA - Institut LITEN
pascal.fugier@cea.fr

Aide de l'ANR

999 924 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-047

Label pôle

PLASTIPOLIS

Titre du projet

NANOSENS – Cantilevers en carbure de silicium à piézorésistivité métallique pour microscopie à force atomique en mode dynamique à très haute fréquence

Résumé

Le but de ce projet est d'améliorer de façon significative les performances de la microscopie à force atomique en mode non-contact (NC-AFM) en développant de nouveaux senseurs de force (ou cantilevers).

Dans ce mode d'AFM, le cantilever (CL) est inséré dans une boucle à réaction positive qui oscille à la fréquence de résonance du CL, pendant qu'une autre boucle maintient constante son amplitude d'oscillation. Le signal qui est utilisé pour former l'image est la fréquence de résonance du CL, qui varie sous l'influence des forces que la surface exerce sur la pointe. Ce mode s'est avéré le plus sensible depuis une dizaine d'année. C'est le seul à permettre d'atteindre la résolution atomique sur une grande gamme de surfaces (métaux, semiconducteurs covalents ou ioniques, isolants covalents ou ioniques,...).

En NC-AFM, la force détectable minimale, fixée par les fluctuations thermiques du CL est inversement proportionnelle à la racine carrée de la fréquence de résonance et du facteur de qualité du CL. Il est donc possible d'améliorer la sensibilité de l'instrument en augmentant la fréquence de résonance et/ou le facteur de qualité du CL.

Augmenter la fréquence de résonance en maintenant k à une valeur compatible avec le NC-AFM impose de diminuer la masse effective du dispositif, et donc une réduction en taille. Notre but est de développer des CLs de dimensions submicroniques à partir de films de carbure de silicium 3C-SiC élaborés en épitaxie sur Si. Les excellentes propriétés mécaniques de SiC, combinées à la petite taille de ces dispositifs permettront d'atteindre des fréquences de résonance de l'ordre de 100 MHz, soit 100 fois plus élevées que pour les CLs utilisés actuellement. De plus, l'optimisation des propriétés du matériau SiC devrait permettre d'augmenter Q . Notre stratégie consistera d'abord à étudier l'influence des défauts de volume et de surface sur la dissipation de l'énergie mécanique, puis à utiliser les conclusions de cette étude pour améliorer le matériau en optimisant les conditions de croissance. Nous pensons que ces améliorations seront profitables bien au-delà des applications au NC-AFM, pour les MEMS/NEMS à base de SiC ainsi que pour les applications en électronique de puissance.

La petite taille de ces CLs (typiquement $1 \times 0.4 \times 0.1 \mu\text{m}^3$) rend inadéquates les techniques optiques habituellement utilisées pour mesurer les oscillations des CLs. La méthode qui sera mise en oeuvre utilisera les variations de la résistance d'un film métallique mince déposé sur le cantilever sous l'effet des

déformations générées par son mouvement. Cette approche, basée sur la piézorésistivité d'un métal, est radicalement différente de l'approche basée sur la piézorésistivité d'un semi-conducteur, mise en oeuvre depuis environ 10 ans pour des CLs d'AFM. Comme cela a été montré récemment, elle présente certains avantages, qui seront mis à profit dans le présent projet.

L'accroissement de la fréquence de résonance en NC-AFM n'est pas seulement limitée par l'absence de CLs adaptés, mais aussi par la gamme en fréquence limitée des électroniques commerciales (~5 MHz). Étendre cette gamme à 100 MHz requière des solutions techniques nouvelles qui seront développées au sein du projet.

Enfin, l'optimisation de l'instrument et de son système de contrôle demandera des simulations numériques poussées, menées en adaptant à des CLs à 100 MHz un programme existant de NC-AFM "virtuel".

Ce projet est du type "recherche fondamentale". Il réunit dans le même consortium des experts en élaboration et polissage de SiC, en MEMS/NEMS à base de SiC, ainsi qu'en instrumentation et modélisation en NC-AFM. La stratégie globale du projet est de couvrir toute la séquence, de l'élaboration du SiC à l'utilisation des CLs lors d'expériences de NC-AFM. La durée de 4 ans est motivée par la nécessité de disposer d'un temps suffisant pour parcourir cette séquence le nombre de fois qu'il sera nécessaire pour optimiser les CLs piézorésistifs.

Partenaires

- Centre d'Élaboration de Matériaux et d'Études Structurales (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
- Institut des Matériaux, de Microélectronique et des Nanosciences de Provence
- NOVASiC
- Centre de Recherche sur l'HétéroÉpitaxie et ses Applications
- Laboratoire de Microélectronique de Puissance

Coordinateur

Sébastien GAUTHIER - Centre d'Élaboration de Matériaux et d'Études Structurales - gauthier@cemes.fr

Aide de l'ANR

879 093 euros

Début et durée

janvier 2009 - 48 mois

Référence

ANR-08-NANO-017

Label pôle

S2E2 Sciences et Systèmes de l'Énergie Électrique

Résumé

Ce projet développe un nouveau type de matériau nano-Gore-tex formé par un réseau périodique d'antidots asymétriques dans une hétérostructure de semiconducteur (cad des antidots semi-circulaires et triangulaires de taille de la centaine de nanomètres). Les études théoriques montrent que dans ces structures à l'équilibre thermique, une irradiation d'un domaine de fréquences allant de 10 GHz à quelques THz crée un important courant directionnel malgré que la force moyenne soit nulle. Des études expérimentales récentes réalisées à Grenoble sur un gaz d'électrons 2D de haute mobilité, d'une hétérostructure à semiconducteur avec un réseau d'antidots semi-circulaires de taille de 1 μm montre la première confirmation des prédictions théoriques.

Ce phénomène relié aux effets ratchets discutés par Feynman ouvre de nouvelles possibilités de contrôle du transport électronique, créant une base de nouveaux types de détecteurs sensibles aux radiations THz (démodulateurs d'amplitude) et de nouveaux micro-générateurs de courant où la direction de courant peut être contrôlée par la polarisation de la micro-onde. Les études expérimentales et théoriques seront développées avec des antidots asymétriques de taille nanoscopique (de quelques dizaines de nanomètres) dans une gamme de fréquence allant de 50 GHz au THz. Les résultats obtenus par ce projet devraient permettre de créer de nouveaux types de détecteurs fonctionnant à température ambiante et dans le domaine du terahertz.

Les effets d'irradiation induisent des orbites de magnétisation dans les dots quantiques qui seront aussi étudiés en relation avec l'effet ratchet dans des systèmes fermés. Ainsi les études expérimentales et théoriques apporteront de nouvelles compréhensions du transport et du magnétisme induit par irradiation dans les nanosystèmes (nanostructures, biomolécules,...). Cette recherche fondamentale offrira à court terme un développement et des applications significatives vers la réalisation de détecteurs micro-onde au THz innovants, des capteurs et des micro-générateurs de courant ainsi que des cellules photovoltaïques (nano-structures sans source électrique externe et soumises dans l'espace de radiations micro-onde (THz)).

Ainsi sur la base de la recherche théorique fondamentale jointe à la recherche expérimentale de l'effet ratchet électronique dans des nanostructures asymétriques, un nouveau type de nanocapteurs et de nanodétecteurs de micro-onde au THz pourra être créé sur la base de l'effet ratchet déjà universel (existant dans la nature). A cause de leur faible taille et d'un usage facile (une radiation génère un courant, une tension), ces

capteurs et détecteurs auront un domaine étendu d'applications technologiques à court terme et dont le coût se réduira par le nombre (cas de la microélectronique).

Partenaires

- Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire de Physique Théorique
- Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes
- Laboratoire de Physique des Solides

Coordinateur

Jean-Claude PORTAL – Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses - jean-claude.portal@insa-toulouse.fr

Aide de l'ANR

839 971 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-018

Label pôle

Résumé

L'objectif de ce projet est de réaliser des nano-sources de photons de taille véritablement nanométrique (de 3 à 20 nm) et pouvant être manipulées (déplacées) avec précision (~ 1 nm). La nano-source de photons sera constituée d'un nano-objet luminescent individuel excité de manière localisée soit optiquement (photoluminescence) lorsqu'il sera accroché à la pointe d'un SNOM à ouverture, soit électriquement (électroluminescence) à l'aide de la pointe d'un STM et d'un AFM lorsqu'il sera accroché sur une surface de diamant hydrogéné.

Les nano-objets luminescents qui seront testés sont les nanocristaux semiconducteurs de CdSe, les nanodiamants à centres colorés du type complexe azote-lacune et les nanoparticules de Yag dopé aux ions Ce^{3+} . Pour chaque type de nano-objet luminescent, on testera sa fonctionnalisation permettant l'accrochage sur la pointe SNOM ou la surface de diamant hydrogéné, sa stabilité et son intensité d'émission.

Ces nano-sources de photons constitueront un nouvel instrument qui sera utilisé pour explorer dans l'espace réel à l'échelle nanométrique (i) les modifications des propriétés d'un émetteur quantique par couplage avec des nanostructures métalliques et (ii) le transfert d'énergie ultra-rapide entre nano-objets (nano-FRET).

La mise au point et les applications de ces nano-sources de photons seront guidées par la modélisation des interactions matière-rayonnement de l'ensemble pointe, nano-objet et surface.

Ce projet réunit, dans une approche pluridisciplinaire, des spécialistes de la synthèse de nano-objets (Lyon), du SNOM (Grenoble), de la manipulation STM et AFM (Orsay) et de la théorie du champ proche optique (Toulouse).

Partenaires

- Laboratoire de Photophysique Moléculaire (Partenaire coordinateur)
- Institut Néel
- Laboratoire de Physique de la Matière Condensée et Nanostructures
- Centre d'Elaboration des Matériaux et d'Etudes Structurales

Coordinateur

Gérald DUJARDIN - Laboratoire de Photophysique Moléculaire
gerald.dujardin@u-psud.fr

Aide de l'ANR

500 463 euros

Début et durée avril 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-054

Label pôle

Titre du projet**NATLURIM – NANoparTicules à Luminescence Retardée pour l'Imagerie Médicale****Résumé**

Le projet NATLURIM (NANoparTicules LUMinescente pour l'Imagerie Médicale) est basé sur l'utilisation de nanoparticules à luminescence persistante (PLN), récemment obtenues dans nos équipes, pour l'imagerie optique du petit animal. Les nanoparticules (PLN) sont excitées par une lampe UV pendant trois minutes puis injectées dans le corps de l'animal où elles émettent de la lumière dans le visible pendant plus d'une heure. L'autofluorescence qui résulte de l'émission de lumière dans le visible par les tissus biologiques lorsque ceux-ci sont soumis à une excitation dans l'UV n'a pas lieu avec cette nouvelle sonde. Des essais préliminaires ont montré que selon la charge présente à la surface de ces composés, il était possible de visualiser les poumons, le foie ou l'ensemble de la vascularisation de l'animal. Nous souhaitons à présent utiliser ces composés pour l'imagerie des sites biologiques d'intérêts comme les zones inflammatoires et étudier la reperfusion du foie après une ischémie, préparer des PLN ciblantes afin de visualiser des tumeurs précoces, préparer des nanoparticules plus petites pour certaines applications biomédicales. Il sera donc nécessaire de comprendre le mécanisme de la luminescence persistante pour l'améliorer dans le cas de nanoparticules dopés par des terres rares et des éléments de transition : effet de taille, influence de la surface, rendement et connaissance des lois de décroissance de l'intensité. La distribution des ions dopants dans les nanoparticules peut également jouer un grand rôle ainsi que les phonons. Les pièges mis en jeu et leur profondeur par rapport à la bande interdite dans le matériau seront particulièrement étudiés. Enfin il sera important au cours de ce projet de synthétiser des nanoparticules biodégradables pour des applications à plus long terme chez l'homme.

Partenaires

- Unité de Pharmacologie Chimique et Génétique (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire "Chimie de la Matière Condensée de Paris"
- Unité INSERM "Cellules souches mésenchymateuses, environnement articulaire, immunothérapie de la polyarthrite"
- Biospace Lab

Coordinateur

Daniel SCHERMAN - Unité de Pharmacologie Chimique et Génétique - daniel.scherman@univ-paris5.fr

Aide de l'ANR

612 616 euros

Début et durée janvier 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-025

Label pôle

Résumé

Les 20 dernières années ont vu l'émergence des MicroSystèmes Electromécaniques pour un large spectre d'applications à partir des projecteurs numériques, en passant par les « airbags » comme systèmes pour la sécurité de passagers jusqu'aux capteurs pour la biologie. La poursuite de la miniaturisation de ces systèmes (vers les NanoSystèmes Electromécaniques ou NEMS) offre des perspectives à haut potentiel dans des domaines allant de la nanomédecine jusqu'à la mécanique quantique. La contrepartie à ces avancées réside dans l'apparition de défis scientifiques et technologiques qui doivent être abordés simultanément, de front. Ainsi, dans le cas des NEMS, au-delà de la fabrication de ces structures, ces défis adressent en même temps la détection de mouvements à très haute fréquence tout en atteignant des résolutions de mesure d'ordre sub-nanométrique. L'actionnement et la détection associée de mouvements de très faible amplitude étant la condition nécessaire pour exploiter pleinement le potentiel des NEMS, ceci devient l'objectif principal de notre projet NEMSPIEZO dont le but ultime est de développer des moyens de transduction intégrée sur la base de matériaux piézo-électriques dédiés aux NEMS.

Les deux obstacles majeurs pour le développement de NEMS piézo-électriques sont la difficulté de détection de mouvements à la nanoéchelle et la miniaturisation ultime de matériaux piézo-électriques sans altérer leurs propriétés de transduction mécano-électrique.

L'objectif de notre projet est d'adresser ces limites par une approche multi-disciplinaire en traitant simultanément les effets (et leur compréhension) de la diminution de taille des matériaux piézo-électriques afin d'optimiser leur intégration au sein de nouveau nanodispositifs fonctionnels, le développement de technologies innovantes de structuration et caractérisation de matériaux piézo-électriques à la méso-échelle et le développement des outils de simulations adéquats nécessaires à la modélisation du comportement de NEMS piézo-électriques.

Afin d'atteindre ces objectifs, le consortium NEMSPIEZO réunit au sein d'un partenariat unique des compétences complémentaires dans les domaines de la nanofabrication, caractérisation de matériaux, modélisation numérique et analytique, intégration. Les stratégies développées pour interfacer la nano- avec la macro-échelle seront mises au service du développement de démonstrateurs préliminaires pour la détection ultrasensible de masse ou bus quantiques pour le traitement d'information quantique.

Partenaires

- Laboratoire d'Analyse et Architecture des Systèmes (Partenaire coordinateur)
- Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
- Laboratoire de Physique de la Matière Condensée et Nanostructures
- Unité de Recherche "Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés"

Coordinateur

Liviu NICU - Laboratoire d'Analyse et Architecture des Systèmes
nicu@laas.fr

Aide de l'ANR

805 162 euros

Début et durée

janvier 2009 - 48 mois

Référence

ANR-08-NANO-015

Label pôle

Résumé

Un enjeu des nanotechnologies est la conception de surfaces ayant des interactions de plus en plus élaborées avec leur environnement. Ces systèmes répondent aux besoins de domaines technologiques extrêmement variés : croissance de nanomatériaux, capture, filtration, séparation de produits chimiques, catalyse ultra-spécifique, capteurs chimiques, biologiques ou environnementaux, MOEMS ou NOEMS, acheminement conditionnel de substances actives, tissus et organes biologiques artificiels, ou composants opto-électroniques. Ils prennent souvent la forme de membranes nanostructurées, libres ou supportées, opérant dans un environnement fluide.

Le façonnage de ces surfaces à l'échelle moléculaire procède soit d'une nano-structuration de matériaux traditionnels, soit d'une synthèse directe par auto-assemblage de constituants élémentaires. Des progrès spectaculaires ont été enregistrés récemment dans la maîtrise de l'auto-assemblage par physisorption de molécules sur substrats cristallins. A la pointe de ces recherches, les partenaires de NOMAD ont développé des systèmes inédits, avec successivement :

.La réalisation d'une matrice nano-poreuse auto-assemblée à l'interface entre une solution et un substrat de graphite HOPG, capable de capter une molécule cible puis de guider sa diffusion en surface (2006).

.La mise en évidence d'une extrême sélectivité chimique de cette diffusion intra-membrane (2006).

.La modulation à la demande de la topologie de telles matrices suivant une logique simple basée sur des « clips » inter-moléculaires. (2007).

.L'extension 3D de ces matrices dans la direction hors-plan (2008).

L'objectif général de NOMAD est l'identification des champs d'application, les plus prometteurs, parmi les nombreux domaines actuellement identifiés, de tamis moléculaires de surface basés sur cette famille de composés innovants. Son caractère novateur tient à l'utilisation d'auto-assemblages de molécules physisorbées sur substrat cristallins à l'interface liquide solide comme surface active, une voie qui n'a encore jamais été explorée.. Les étapes principales pour cela seront :

.La recherche des mécanismes à l'échelle moléculaire puis à l'échelle d'un composant modèle, de la capture et de la diffusion au sein de telles matrices.

.la réalisation de récepteurs moléculaires au sein des nano-pores et la sensibilisation à des stimuli externes, chimiques ou optique.

.L'étude des voies de mise en œuvre pratique d'un tel tamis moléculaire actif dans un composant. Ce dernier point se conclura par la réalisation d'un démonstrateur combinant les principales avancées du projet.

Partenaires

- CEA - Institut Rayonnement et Matière de Saclay (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire "Chimie des Polymères"

Coordinateur

Fabrice CHARRA - CEA - Institut Rayonnement et Matière de Saclay - fabrice.charra@cea.fr

Aide de l'ANR

412 079 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-013

Label pôle

Résumé

La miniaturisation des composants optiques se heurte à la barrière de la diffraction limite, à savoir l'impossibilité de confiner la lumière sur une distance significativement plus courte que sa longueur d'onde naturelle. Un plasmon polariton est une fluctuation cohérente de charges électroniques confinée à l'interface entre un métal et un diélectrique. Ces plasmons polaritons de surface offrent l'opportunité unique de miniaturiser un composant optique sur une échelle spatiale de l'ordre de la dizaine de nanomètres.

Un défi majeur de la plasmonique est le développement de techniques de cartographie du champ proche optique aux échelles nanométriques. Actuellement, la méthode de cartographie usuellement mise en jeu est la microscopie optique en champ proche à balayage de sonde SNOM (scanning near field optical microscopy). Celle-ci autorise des résolutions spatiales de l'ordre de 50 nanomètres, toutefois la mesure procède par insertion d'une pointe sonde dans l'espace de mesure avec pour conséquence immédiate de fortes perturbations liées au couplage pointe sonde / objet d'étude. L'originalité du projet PEEMPlasmon tient à la mise en œuvre de la microscopie de photoémission d'électrons (photoemission electron microscopy PEEM) pour la cartographie du champ proche optique. En effet, la présence de plasmons de surface exacerbe les processus de photoémission. La collection des électrons photoémis donne accès à la distribution bidimensionnelle du champ électromagnétique au voisinage immédiat d'objets métalliques (réservoir d'électrons). Cette microscopie fait appel à des concepts d'optique électronique standards et ne procède pas par intrusion d'une pointe sonde dans l'espace de mesure. Cette approche donne accès à des images spectrométriques plein champ, d'une résolution spatiale usuelle de l'ordre de 20 nm, voire 3 nm sur les instruments bénéficiant de correction des aberrations.

Le projet PEEMPlasmon est un projet collaboratif de recherche fondamentale dédié à la plasmonique. Les développements actuels relèvent de démarches fondamentales visant à valider des concepts essentiels aux applications ciblées, telles que les technologies de l'information, les biotechnologies... Notre effort portera sur l'étude de systèmes hautement résonnants et leurs couplages avec des sources quantiques individuelles. La microscopie PEEM offre une combinaison de résolutions spatiale et spectrométrique unique pour l'étude quantitative de questions clés de la plasmonique : assemblages de nanoparticules métalliques, nanoantennes, microcavités plasmon et plasmons localisés sur des films métalliques rugueux.

Partenaires

- CEA - Institut Rayonnement et Matière de Saclay (Partenaire coordinateur)
- Institut Charles DELAUNAY
- Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique

Coordinateur

Ludovic DOUILLARD - CEA - Institut Rayonnement et Matière de Saclay - ludovic.douillard@cea.fr

Aide de l'ANR

605 495 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-034

Label pôle

Résumé

PONAME vise à répondre à un besoin croissant à savoir la possibilité de nanostructurer et nanocaractériser à grande échelle. Si l'électronique illustre parfaitement ce besoin, tous les secteurs et domaines d'applications associés aux nanotechnologies et nanosciences sont potentiellement concernés (optoélectronique, traitement de surface...). Le besoin est à la fois d'ordre technologique, pratique et fondamental (physique multi-échelle). A titre d'exemples on peut citer la mesure et suivi de fissure, la détermination de fonction d'autocorrélation de surfaces nanostructurées, la propagation de la lumière en optique intégrée et la détermination des caractéristiques optogéométriques de composants de l'optoélectronique ou de la photonique plus généralement.

Garantir des résolutions et des répétabilités de déplacement nanométriques sur des étendues millimétriques apporte des contraintes mécaniques, métrologiques et instrumentales (temps d'acquisition, vitesse de déplacement et d'asservissement, etc) qui restent de nos jours rédhibitoires pour des systèmes commerciaux à l'exception des instruments utilisés en microélectronique qui aujourd'hui dépassent plusieurs dizaines de million d'euros.

PONAME a pour objectif la réalisation d'un système de déplacement et de balayage susceptible d'avoir des performances nanométriques au niveau résolution et répétabilité, avec des étendues de mesures millimétriques. Le système sera autonome et opérationnel indépendamment de l'appareillage utilisé. Ce système pourra s'adapter sur un certain nombre d'appareils commerciaux utilisés en nanotechnologies, tels que les microscopes en champs proches (AFM – SNOM) ou les systèmes de lithographie. Ces deux champs applicatifs sont parfaitement complémentaires.

Il est à noter qu'il ne s'agit pas ici de développer des appareils dit 'métrologiques', par exemple AFM-métrologiques. Le système de développement doit pouvoir s'adapter sur différents types d'appareillages « commerciaux » afin d'ouvrir leur champ d'investigation. La métrologie dans ce projet permet de garantir la résolution et la répétabilité du système.

Le consortium est constitué de deux laboratoires, et d'un industriel fortement impliqué et les objectifs sont de réaliser un prototype fonctionnel et déjà intégrable, avec des soucis de commercialisation intégrés dès la conception.

Partenaires	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles (Partenaire coordinateur) ▪ Institut Charles DELAUNAY - Laboratoire de Nanotechnologie et d'Instrumentation Optique ▪ ISP SYSTEM
Coordinateur	Luc CHASSAGNE - Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles - luc.chassagne@uvsq.fr
Aide de l'ANR	799 018 euros
Début et durée	janvier 2009 - 36 mois
Référence	ANR-08-NANO-014
Label pôle	

Résumé

Un nanopore artificiel et biofonctionnalisé représente un moyen innovant de détecter des macromolécules cibles individuelles. Les parois internes d'un nanopore sont fonctionnalisées avec des sondes biologiques (ADN simple brin, peptides) présentant une affinité avec les biomolécules cibles en solution. Le procédé de fonctionnalisation du nanopore repose sur une technique innovante, au meilleur de l'état de l'art, que nous avons découverte en 2007 et que nous avons nommée "électrofonctionnalisation sans contact" (contactless electrofunctionalization - CLEF). La migration et l'interaction d'une biomolécule cible bloquant partiellement le pore en raison de sa taille peut être détectée électriquement en mesurant une baisse prolongée du courant ionique. Puisque la technique CLEF permet de déposer des sondes biologiques de manière très localisée, la plupart des interactions biologiques ont lieu à l'intérieur du nanopore et pas ailleurs sur la membrane, ce qui fournit potentiellement à ce nano-biocapteur une très grande sensibilité.

Dans ce projet, nous étudierons et contrôlerons les conditions de fonctionnalisation des nanopores, en utilisant en particulier la microscopie électrochimique à balayage (SECM). Les interactions biologiques dans les nanopores seront caractérisées et validées par des mesures électriques. Les performances potentielles du biocapteur à nanopore seront étudiées avec deux événements de liaison typiques : 1) Fonctionnalisation des parois des nanopores avec des sondes ADN, hybridation spécifique et détection électrique de molécules ADN cibles, 2) Fonctionnalisation des parois des nanopores avec de petits peptides, reconnaissance spécifique et détection électrique d'anticorps de 150 kD (spécifiques du virus de l'hépatite C).

Les objectifs de ce projet sont :

- 1) Etudier, comprendre et contrôler le procédé de fonctionnalisation,
- 2) Caractériser les matériaux obtenus dans les pores (description physicochimique et structurale des couches électrodéposées) par microscopie électrochimique à balayage (SECM),
- 3) Appliquer le procédé de fonctionnalisation à l'immobilisation de molécules d'intérêt biologique (sondes ADN et peptides) et détecter électriquement des événements de reconnaissance spécifique se déroulant à l'intérieur du nanopore.

Partenaires	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Laboratoire "Structures et propriétés d'architectures moléculaires" - UMR CEA/DSM/INAC-CNRS-UJF (Partenaire coordinateur) ▪ Laboratoire "Biopuces & Génomique Fonctionnelle" - CEA ▪ Laboratoire "Interfaces, Traitements, Organisation et Dynamique des Systèmes", Equipe Nanoélectrochimie, CNRS UMR 7086, Université Paris Diderot – Paris 7
Coordinateur	Pascal MAILLEY - Laboratoire "Structures et propriétés d'architectures moléculaires" (UMR CEA/DSM/INAC-CNRS-UJF) pascal.mailley@cea.fr
Aide de l'ANR	400 058 euros
Début et durée	avril 2009 - 36 mois
Référence	ANR-08-NANO-049
Label pôle	

Titre du projet

Sim_NanA – Simulation numérique de nanoalliages ou alliages bimétalliques de dimension réduite: des surfaces aux agrégats.

Résumé

Les agrégats, grains de matière caractérisés par un rapport surface/volume particulièrement important, sont très attractifs pour les applications où la surface joue un grand rôle, comme en catalyse. Plus récemment, ils ont été perçus comme une des briques élémentaires des nanotechnologies, élargissant leur domaine d'application au magnétisme (stockage de l'information) et à l'optique (bio marqueurs).

Si l'étude des agrégats s'est initialement attachée au cas de particules mono-métalliques, il est vite apparu que les agrégats bi-métalliques étaient porteurs de beaucoup plus d'applications, à l'instar des matériaux massifs : en effet, la richesse de la métallurgie est d'avantage fondée sur les alliages que sur les métaux purs.

L'utilisation d'agrégats bi-métalliques est conditionnée par la maîtrise de la répartition des constituants en leur sein. Ainsi, le phénomène de ségrégation superficielle, qui se traduit par l'enrichissement de la surface en l'un des éléments d'alliage, prend une importance considérable dans les agrégats où le nombre de sites de surface est comparable à celui des sites de cœur, conduisant notamment aux systèmes dits « cœur/coquilles ». De même la nature de l'ordre chimique et son couplage avec la structure atomique qui peut s'écarter de la symétrie de volume (symétries quasi-périodiques) trouvent dans ces systèmes un intérêt tout particulier. Or, si la ségrégation superficielle et les alliages de surface ont fait l'objet de nombreux travaux théoriques dans les alliages semi-infinis, il n'en va pas de même pour les agrégats où les études fondamentales qui pourraient dégager des comportements généraux restent encore rares.

L'ambition de ce projet est d'aboutir d'une part à l'établissement de diagrammes de phases d'équilibre en fonction de la taille des nanoalliages et d'autre part à la description cinétique de la croissance de ces objets pour maîtriser les conditions d'élaboration au niveau expérimental. Le problème posé est crucial autant d'un point de vue fondamental qu'au niveau des potentialités technologiques de ces nano-objets.

Partenaires

- Centre Interdisciplinaire de Nanosciences de Marseille (Partenaire coordinateur)
- Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay
- Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales

Coordinateur Christine MOTTET - Centre Interdisciplinaire de Nanosciences de Marseille - mottet@cinam.univ-mrs.fr

Aide de l'ANR 437 183 euros

Début et durée avril 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-003

Label pôle

Titre du projet**SINPHONI – Nanophotonique à base de nitrures intégrée sur silicium****Résumé**

L'intérêt des matériaux nitrures (GaN, AlN, InN et leurs alliages) pour la réalisation de sources de lumière aux courtes longueurs d'onde (visible - proche UV) est aujourd'hui une évidence et une réalité. Cependant afin d'étendre encore davantage leur champ d'applications, il s'avère indispensable d'améliorer les performances de ces composants, d'étendre leur gamme d'émission et sans doute aussi, d'imaginer de nouveaux dispositifs. Le projet SINPHONI a pour ambition de réaliser des percées significatives afin de répondre à ces attentes.

SINPHONI a pour objectif la fabrication et l'étude de cristaux photoniques (PC) 2D (membranes) à base de nitrures contenant des boîtes quantiques (QDs) GaN. Le projet repose sur un procédé de fabrication original faisant l'objet d'un brevet : un PC est gravé dans un substrat de silicium, puis une croissance épitaxiale conforme de matériaux nitrures contenant des QDs est réalisée sur le PC en silicium et finalement la membrane est libérée par gravure sélective. Cette approche innovante permet de contourner les difficultés liées à la gravure des matériaux nitrures et doit permettre de réaliser des nanocavités photoniques de faible volume et de haut facteur de qualité, le tout intégré sur silicium.

D'un point de vue fondamental, ce projet va permettre d'étudier le couplage entre QDs et modes optiques confinés aux courtes longueurs d'ondes avec l'objectif de mettre en évidence des effets de cavités à température ambiante comme l'exaltation de l'émission spontanée et l'effet Purcell. Le but ultime est nettement plus appliqué puisqu'il s'agit de démontrer la réalisation de micro-nanolasers UV faible seuil pompés optiquement intégrés sur silicium. La réalisation de composants pratiques (injection électrique en particulier) dépasse le strict cadre de SINPHONI, mais ce projet doit permettre de mettre en place les briques de base afin d'étendre la gamme d'émission vers l'UV, d'intégrer des émetteurs sur silicium et donc de réduire significativement le coût.

Partenaires

- Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications (Partenaire coordinateur)
- CEA - Institut Nanosciences et Cryogénie - Service de Physique des Matériaux et Microstructures
- Groupe d'Etude des Semiconducteurs
- Institut d'Electronique Fondamentale

Coordinateur

Fabrice SEMOND - Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications - fs@crhea.cnrs.fr

Aide de l'ANR 715 970 euros

Début et durée janvier 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-021

Label pôle

Titre du projet **SIPCOM** – Intégration hétérogène 3D (System-In-Package) pour objets COmmunicants en gamme Millimétrique

Résumé

L'atteinte prévisible des limites de la loi de Moore dans les dix prochaines années poussent les concepteurs de systèmes de communication à intégrer le maximum de fonctionnalités dans des modules 3D de plus en plus petits, incluant des capteurs, de l'intelligence embarquée, des modules radio avec leurs antennes, (Approche More than Moore). On passe donc du concept de SoC (System-on-Chip) au concept de SiP (System-in-Package) pouvant intégrer des SoC mais offrant d'autres fonctionnalités au niveau de la perception de l'environnement, de la communication, de la reconfigurabilité et de la possibilité d'auto-organisation en réseau ad-hoc, tout en minimisant le volume et la consommation énergétique.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet SIPCOM, qui vise à démontrer la faisabilité d'une intégration hétérogène (System-In-Package) miniature, faible coût associant des MEMS RF à des circuits MMIC actifs et des antennes intelligentes pour établir des communications robustes en gamme millimétrique. Pour cela, nous proposons dans le projet SIPCOM la réalisation et le test d'un module radio ultra compact et performant en gamme millimétrique grâce à une l'approche d'« intégration hétérogène ». Ce module intégrera toutes les fonctions nécessaires pour la réalisation d'un émetteur 60 GHz : le réseau d'antennes, les déphaseurs à base de MEMS pour assurer l'agilité du faisceau, le convertisseur DC/DC pour alimenter les MEMS, un FPGA (du commerce) pour commander la reconfigurabilité du module radio et les circuits mise en veille/réveil du module pour une consommation minimale. Les autres circuits millimétriques 60 GHz seront fournis par l'IEMN.

Ce projet se compose de sept sous-projets qui portent sur les différents aspects de notre approche SiP.

Un premier sous-projet (SP1) concerne les spécifications du module SiP. Le second sous-projet (SP2) se focalisera sur la conception et la simulation des fonctions intégrées au sein du SiP (antennes, déphaseur à MEMS, mise en veille/réveil). Un troisième sous-projet (SP3) concerne la fabrication et la caractérisation des fonctions conçues durant le SP2 et la validation du fonctionnement de l'ensemble : FPGA/MEMS RF/Pompe de charge. Le quatrième sous-projet (SP4) se concentre sur la conception, la fabrication et la caractérisation de la plateforme technologique 3D (SiP). Au cours du cinquième sous-projet (SP5), le démonstrateur final du projet (module radio 60 GHz) sera réalisé et caractérisé pour démontrer la faisabilité d'une intégration hétérogène (System-In-Package) miniature, faible coût associant des MEMS RF à des circuits MMIC actifs pour la réalisation de module radio intelligent en

gamme millimétrique.

La conception d'un SiP nécessite l'utilisation d'outils de simulation et d'analyse 3D dans différents domaines en interaction : mécanique, thermique, électromécanique, électrothermique, électrique et électromagnétique. Une approche SiP nécessite donc un environnement de co-conception.

Dans le projet SIPCOM, les partenaires développeront une méthodologie de conception globale basée sur l'utilisation optimale des plateformes de CAO commerciales disponibles dans les domaines mécanique et thermique (ANSYS), électromagnétique (HFSS, CST, ADS, FEKO,...) et électrique (ADS). Durant le projet, les réalisations technologiques permettront de lever les verrous liés à l'intégration hétérogène de différents matériaux qui devront être micro-usinés et assemblés comme par exemple : le collage des substrats par fine couche de BCB et les problèmes thermiques associés, la métallisation des trous pour l'interconnexion 3D et les drains thermiques, le report des puces millimétriques et l'intégration du réseau d'antennes dans/sur le boîtier, le packaging des fonctions à base de MEMS, l'encapsulation des fonctions actives et l'herméticité du module.

Enfin deux sous-projets (SP0 et SP6) sont consacrés au management et à la diffusion des résultats.

Partenaires

- Institut d'Electronique de Microelectronique et de Nanotechnologie (Partenaire coordinateur)
- CEA - Institut LETI
- Institut d'Electronique et Télécommunications de Rennes
- XLIM
- DelfMEMS
- THALES ALENIA SPACE France
- OMMIC SAS
- STMicroelectronics SA

Coordinateur

Nathalie ROLLAND - Institut d'Electronique de Microelectronique et de Nanotechnologie - Nathalie.Rolland@iemn.univ-lille1.fr

Aide de l'ANR

937 121 euros

Début et durée

mars 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-048

Label pôle

ELOPSYS

Résumé

L'observation d'objets de très petite taille, en particulier avec de la lumière, est un des défis constants des nanotechnologies. Observer notamment l'absorption optique de nanostructures uniques est une approche très fructueuse car l'absorption est la signature de nombreux processus physiques. Cependant la mesure de l'absorption peut être une tâche extrêmement ardue. A température ambiante dans la gamme spectrale du moyen-infrarouge l'amplitude d'absorption d'une boîte unique de semi-conducteurs peut être aussi petite que 10^{-9} . Pour cette raison aucune mesure n'avait jamais permis d'observer l'absorption d'une boîte quantique unique dans le moyen infrarouge, même dans les conditions favorables de basse température (en excluant nos réalisations récentes). Pour cette même raison, la résolution spatiale sous la limite de diffraction de l'absorption d'une boîte quantique unique à température ambiante n'avait jamais été rapportée, quelque soit la gamme de longueur d'onde considérée. La gamme spectrale du moyen-infrarouge, correspondant à des longueurs d'onde typique de $\lambda \sim 10 \mu\text{m}$, est aussi complètement inexplorée sur des boîtes quantiques uniques.

Dans ce projet SONORE de type recherche fondamentale, nous proposons d'étudier l'absorption ultrafaible d'une boîte quantique unique de semi-conducteurs, sans détection de photons. Nous appliquerons et étudierons une imagerie extrêmement sensible à haute résolution spatiale s'appuyant sur la détection locale des phonons et des déformations thermiques. L'absorption ultrafaible sera à la fois résolue spectralement et spatialement dans un régime largement sous-longueur d'onde (environ $\lambda/150$), de l'infrarouge proche à l'infrarouge moyen, de la température ambiante à la basse température. L'imagerie d'absorption et la spectroscopie localisée utiliseront un microscope à force atomique (AFM) couplé à un laser impulsionnel exciteur. Les contributions acoustiques et thermiques d'une boîte quantique unique à la réponse de l'instrument seront explorées théoriquement et expérimentalement de la température ambiante à basse température.

Cela sera comparé aux études acoustiques picosecondes des ondes acoustiques cohérentes émises par les mêmes nano-objets en allant d'une mesure d'ensemble jusqu'à la microscopie confocale sur boîtes quantiques uniques si possible. Étudier la réponse photo-thermo-acoustique conduira à une meilleure compréhension des mécanismes à la fois à l'origine de la formation des images et d'interaction thermo-acoustique d'une boîte quantique avec la matrice cristalline dans laquelle elle est enterrée.

Subséquentement nous évaluerons le potentiel des boîtes quantiques comme milieu à gain pour les phonons acoustiques vers 1 THz. Nous effectuerons une spectroscopie ultrasonore de la structure électronique des boîtes quantiques en explorant leur réponse optique interbande lorsqu'elles sont soumises à un faisceau acoustique monochromatique résonant de haute fréquence. Le projet défrichera une nouvelle direction de recherche ambitieuse concernant l'utilisation, le contrôle et la manipulation d'onde sonore haute fréquence avec des boîtes quantiques de semi-conducteurs.

Le projet SONORE posera les jalons clefs à la fois du développement d'une imagerie d'absorption ultrafaible à haute résolution spatiale et qui ouvriront la voie à la démonstration d'une source cohérente monochromatique de phonons acoustiques amplifiés hautes fréquences (i.e. SASER, le pendant pour le son du laser pour la lumière).

Partenaires

- Institut d'Electronique Fondamentale (Partenaire coordinateur)
- Institut des Nanosciences de Paris
- Laboratoire de Photonique et de Nanostructures

Coordinateur

Sébastien SAUVAGE - Institut d'Electronique Fondamentale
sebastien.sauvage@ief.u-psud.fr

Aide de l'ANR

525 859 euros

Début et durée

janvier 2009 - 36 mois

Référence

ANR-08-NANO-016

Label pôle

Résumé

L'objectif du projet SOURIS (Sonde Optique Ultra-résolue pour l'Imagerie de Surface) est de développer un système d'imagerie optique simple offrant une résolution inférieure à 100 nm et particulièrement adapté à l'étude des cellules vivantes. Les techniques optiques actuelles qui permettent d'obtenir une résolution en deçà de la limite de diffraction de la lumière (< 200 nm) sont encore lourdes, difficiles à mettre en oeuvre et parfois intrusives. Notre système d'imagerie repose sur deux idées principales. La première consiste à graver la lamelle sur laquelle est déposé l'échantillon de façon à créer un réseau nanostructuré ; ce réseau transforme l'onde incidente en ondes évanescentes de très hautes fréquences spatiales qui peuvent sonder les détails les plus fins de l'échantillon.

La seconde idée est d'illuminer cette lamelle avec un faisceau contrôlé spatialement en amplitude et en phase. Selon le mode d'éclairage, on peut soit créer une grille de lumière, soit déplacer de façon continue à la surface du réseau un spot lumineux de taille inférieure à la limite de diffraction. Ce système permettra, grâce à la grille de lumière, de faire de l'imagerie large-champ ultra-résolue et, avec le spot, d'étudier des phénomènes dynamiques par Spectroscopie de Corrélation de Fluorescence. La première application envisagée est l'imagerie de membranes plasmiques de cellules vivantes, avec surtout l'étude dynamique des structures membranaires telles que les "radeaux lipidiques".

Ce projet de recherche fondamentale s'appuie sur des travaux théoriques et numériques récents de l'Institut Fresnel montrant la faisabilité du système. Il associe au total trois partenaires complémentaires qui ont déjà montré leurs compétences en modélisation, réalisation de structures, instrumentation optique et analyse de la dynamique moléculaire membranaire, ainsi que leur capacité à travailler ensemble.

Partenaires

- Institut Fresnel Marseille (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
- Centre d'Immunologie de Marseille Luminy

Coordinateur

Anne SENTENAC - Institut Fresnel Marseille
anne.sentenac@fresnel.fr

Aide de l'ANR

348 400 euros

Début et durée janvier 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-042

Label pôle

Résumé

Le projet 'Spintronique à Une Dimension' (SUD) propose l'étude de la faisabilité de composants à spin fonctionnant dans le régime de transport électronique balistique. Pour les métaux ce régime est atteint pour des conducteurs de section atomique où les électrons doivent être modélisés comme des ondes se propageant dans des guides étroits. Du fait de ce changement fondamental du mécanisme de transport, on peut se demander si les spins peuvent être manipulés et utilisés dans des dispositifs magnéto-résistifs de ce type. Les objets unidimensionnels de taille atomique seront élaborés en étirant lentement des constriction métalliques constituées d'or ou de platine, une procédure connue pour former des fils de quelques atomes de long, ou en utilisant la technique d'électrodépot. Ces deux techniques seront d'ailleurs combinées afin de réaliser des vanes de spin dans le régime atomique, du type électrode ferromagnétique / chaîne atomique d'or / Electrode ferromagnétique. Ces composants sont à la base des dispositifs actuels de l'électronique de spin et leur extension à un régime unidimensionnel de taille atomique serait en mesure de valider la miniaturisation extrême, imposée par la loi de Moore, des dix années à venir. Dans ces structures, des propriétés magnéto-résistives dues à l'injection de spin et aux interférences quantiques sont attendues. Aussi, dans le cadre de ce projet, une nouvelle instrumentation, unique au monde, sera développée permettant de visualiser, dans un microscope électronique en transmission, les structures atomiques formées lors de la cassure des jonctions. Celles-ci seront aussi analysées chimiquement à l'échelle de l'atome afin d'étudier les effets de ségrégation attendus dans le cas de cassures d'alliages. L'effort théorique sera lui aussi conséquent car il s'agira de développer un code incluant dynamique moléculaire (pour modéliser le processus de rupture), structure électronique (incluant le magnétisme) et conductance. Au terme du projet, une électrode de grille sera ajoutée permettant l'étude de l'influence du champ électrique sur la conductance.

Partenaires

- Service de physique de l'état condensé - URA CEA/DSM/IRAMIS-CNRS (Partenaire coordinateur)
- Centre Interdisciplinaire de Nano-sciences d'Aix-Marseille
- Laboratoire de Physique des Solides
- Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg

Coordinateur

Michel VIRET - Service de physique de l'état condensé (URA CEA/DSM/IRAMIS - CNRS) - michel.viret@cea.fr

Aide de l'ANR 559 015 euros

Début et durée janvier 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-009

Label pôle

Résumé

Les nano-résonateurs mécaniques ouvrent un champ d'exploration sans précédent au physicien du solide : en effet, de par leur faible masse et leur grande rigidité, ceux-ci ont intrinsèquement des fréquences propres de résonance très élevées, ce qui en fait des candidats idéaux pour explorer le domaine de la mécanique quantique. Par ailleurs, on peut aussi envisager de coupler de tels systèmes à d'autres composants de la nanoélectronique du futur, comme les « bits quantiques » qui présentent eux aussi des propriétés spectaculaires de cohérence quantique.

Dans le cadre de ce projet, nous proposons de mettre au point des nano-résonateurs mécaniques fabriqués à partir de diamant supraconducteur (supernems), et ce dans le but d'une part d'explorer le régime quantique de la nano-mécanique, mais aussi d'étudier les applications potentielles de tels systèmes. Ce programme ambitieux s'appuiera sur une forte synergie entre les différents partenaires du projet, dont les compétences couvrent tous les domaines nécessaires à cette thématique depuis la croissance du diamant dopé jusqu'à la mesure de la réponse mécanique du résonateur à très basse température, sans oublier le développement des processus de nanofabrication d'objets suspendus et les simulations numériques du comportement de ces nano-objets.

La croissance de film de diamant supraconducteur nanocristallin (ncBDD) ou monocristallin (scBDD) sera réalisée à l'Institut Néel en utilisant les techniques récemment mises au point dans ce domaine : ce matériau possède la remarquable propriété de posséder à la fois une température critique raisonnable (entre 1 et 6 kelvins) et un champ critique relativement élevé (de l'ordre de plusieurs teslas). Des nano-poutres seront ensuite fabriquées soit par des techniques « conventionnelles » de nanolithographie, soit par de moyens plus prospectifs, comme par exemple une implantation d'ions suivie de procédé de type « smart cut ». La mise au point de ces procédés de fabrication seront bien sûr du plus grand intérêt du point de vue des applications de la nanomécanique ; d'un point de vue plus fondamental, nous nous proposons d'utiliser les propriétés remarquables du diamant (faible masse et grande rigidité) pour obtenir des poutres dont la fréquence propre de résonance soit dans le domaine du gigaHertz, et ainsi être en mesure d'approcher le régime de la nano-mécanique quantique en refroidissant le système dans la gamme du millikelvin.

La détection, elle, sera réalisée soit « classiquement » en utilisant le couplage électro-moteur entre la poutre et un champ magnétique, mais on envisage aussi de réaliser des micro-squids en diamant, ce qui permettra de détecter les déplacements avec une sensibilité inégalée.

Partenaires

- Institut Néel (Partenaire coordinateur)
- Institut de Physique Nucléaire de Lyon
- Institut de Microélectronique, Electromagnétisme et Photonique-Laboratoire d'Hyperfréquence et Caractérisation
- Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik - IAF Freiburg

Coordinateur

Christopher BÄUERLE - Institut Néel
bauerle@grenoble.cnrs.fr

Aide de l'ANR

528 990 euros

Début et durée

janvier 2009 - 42 mois

Référence

ANR-08-NANO-033

Label pôle

Titre du projet

TAPAS – Sonde atomique tomographique pour la caractérisation et l'amélioration des siliciures avancés de la nanoélectronique

Résumé

Le but de ce projet est de développer de nouveaux outils et méthodologies pour développer et améliorer les matériaux de la nanoélectronique.

Un des objectifs principal sera de développer des structures tests et des méthodologies pour analyser les matériaux présents dans les composants nanométriques par sonde atomique tomographique. Cette technique permet de caractériser en 3D et à l'échelle atomique la composition et la forme des phases ainsi que la redistribution des dopants et des éléments d'addition. Elle s'est ouverte récemment aux matériaux de la microélectronique par l'utilisation de laser ultra-rapide.

Dans ce projet, nous caractériserons principalement les réactions à l'état solide à l'échelle nanométrique qui sont primordiales pour les applications présentes et futures. Le contrôle de ces réactions est particulièrement important pour l'intégration des siliciures en microélectronique. Les siliciures actuels contiennent des éléments d'alliage dont la présence et la redistribution contrôle en grande partie les propriétés des dispositifs.

Deux principales thématiques technologiques seront abordées dans ce projet :

- l'intrusion des siliciures de nickel allié en platine dans le canal qui est très préjudiciable pour la performance et la fiabilité des composants des technologies 32 nm et sub 32 nm. Ce phénomène dépend fortement du confinement, des contraintes mécaniques ainsi que de la concentration et la nature des dopants.

- la réduction de la résistance de contact par ingénierie d'interface. L'obtention de faible résistance de contact constitue un des défis pour les dispositifs sub 32 nm et pourrait être réalisée par le contrôle d'éléments d'addition à l'interface siliciure/silicium.

La sonde atomique est actuellement le seul instrument permettant d'apporter les informations nécessaires à l'échelle des transistors actuels et futurs. La combinaison de cette technique avec d'autres plus conventionnelles (SIMS, MET, EELS,...) devrait permettre la caractérisation des paramètres contrôlant ces phénomènes. Elle devrait aussi procurer une voie unique pour comprendre les réactions à l'échelle nanométrique ainsi que la redistribution de dopants et/ou d'élément d'addition. Cette compréhension est indispensable pour maîtriser les propriétés et contrôler la réalisation des composants nanométriques.

Partenaires	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (Partenaire coordinateur) ▪ Groupe de Physique des Matériaux ▪ CEA - Institut LETI ▪ STMicroelectronics (Crolles2) SAS
Coordinateur	Dominique MANGELINCK - Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence - dominique.mangelinck@l2mp.fr
Aide de l'ANR	1 101 211 euros
Début et durée	janvier 2009 - 36 mois
Référence	ANR-08-NANO-027
Label pôle	SCS (Solutions Communicantes Sécurisées)

Titre du projet

TRAMBIPOLY – Polymères conjugués cristaux liquides lamello-colonnaires semi-conducteurs ambipolaires pour l'électronique organique

Résumé

Le projet de recherche fondamentale TRAMBIPOLY a pour cadre le domaine très actif et en croissance de l'électronique organique. Il a pour objet de lever un verrou pour la transposition de la technologie CMOS aux semi-conducteurs organiques. Pour ce faire il se propose d'explorer une nouvelle classe de matériaux de type polymère à architecture innovante, dont les propriétés de transport ambipolaire à haute mobilité permettront la réalisation de transistors complémentaires.

La solution proposée pour la réalisation de ces dispositifs consiste à élaborer et mettre en œuvre une seule couche active i) incorporant dans une même architecture macromoléculaire des entités liées de façon covalente aptes à transporter les trous (matériaux de « type p ») et les électrons (matériaux de « type n ») ii) s'auto-organisant à l'échelle nanométrique en formant, entre les contacts, des chemins distincts à forte mobilité pour chacun des porteurs de charge.

Cette approche est fondée d'un part, sur les propriétés d'auto-organisation et de nano-structuration des polymères semi-conducteurs cristaux liquides lamello-colonnaires, et d'autre part sur la propension de ce type de matériaux mésomorphes à s'orienter et à s'aligner sur des substrats convenablement traités. Le projet s'attachera à valider le concept de matériau « ambipolaire » nano-structuré et orienté au travers de la mesure de la mobilité des porteurs de charges et de l'élaboration de transistors à effet de champs OFETs réalisés avec ce seul matériau.

Ce projet pluridisciplinaire nécessite des compétences multiples : c'est pourquoi il regroupe quatre équipes possédant des expertises complémentaires englobant (i) la chimie des matériaux macromoléculaires pi-conjugués, (ii) leur caractérisation structurale et leur mise en forme sur substrats, (iii) l'étude de leur propriété électronique et (iv) la conception et la réalisation de composants fonctionnels. La synergie de ces compétences est la clé de la réussite de ce projet ambitieux.

Partenaires

- Laboratoire "Chimie des Polymères" (Partenaire coordinateur)
- Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg
- Institut des Nanosciences de Paris
- Centre de Microélectronique de Provence Georges Charpak - Département Packaging et Supports Souples

Coordinateur

André-Jean ATTIAS - Laboratoire "Chimie des Polymères"
andre-jean.attias@upmc.fr

Aide de l'ANR 699 710 euros

Début et durée avril 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-051

Label pôle

Titre du projet

TransFilm – Transfert de films minces par ingénierie de l'adhérence pour l'intégration hétérogène

Résumé

Le transfert d'un film d'un substrat à un autre est une technologie clé pour la co-intégration de films ou de dispositifs provenant de différentes technologies (Silicium, III-V, polymère,...). Les 3 étapes d'un transfert de film sont i) la réalisation d'une sous couche spécifique, ii) l'assemblage de substrats et iii) l'enlèvement du substrat porteur. Ce projet, qui réunit 3 laboratoires académiques et 2 start-ups de plusieurs disciplines (chimie, physique des plasmas, mécanique des matériaux, micro-nanotechnologies) étudiera les problèmes fondamentaux de différents procédés basse température de transfert de film fondés sur une ingénierie de l'adhérence de ces 3 étapes.

Les procédés étudiés seront applicables au transfert de films déposés initialement à basse ou haute température, qu'ils soient déposés sur des substrats structurés ou/et structurés après dépôt sur le substrat porteur. Le contrôle de l'adhésion initiale des films sur le substrat porteur sera étudié dans le cas où il est réalisé à l'aide de sous couches fluorocarbonées, de traitements de surface par plasma ou flux de radicaux neutres (films basse température), ou en exploitant des matériaux ayant une grande différence de coefficients de dilatation thermique (films haute température).

Deux voies complémentaires seront étudiées pour le scellement des substrats: la soudure adhésive avec résine SU8 et la soudure directe à basse température assistée par plasma ou radicaux neutres. Enfin, la délamination du substrat porteur sera contrôlée par chargement mécanique ou en exploitant les contraintes thermomécaniques.

Ces travaux s'appuieront sur de nombreuses caractérisations physicochimiques, et sur des modélisations et mesures (quantitatives) de l'adhérence par différentes méthodes (flexion 4 points, wedge test, microscratch test, ...).

Les modèles et les expériences seront validés avec différents démonstrateurs représentatifs de différents cas pratiques: des microencapsulations monotranche; des microcircuits magnétiques et le transfert de micro/nanomotifs.

Partenaires

- Institut d'Electronique Fondamentale (Partenaire coordinateur)
- Laboratoire "Science et Ingenierie, des MATériaux et Procédés"
- Laboratoire "Génie des Procédés Plasma et Traitements de Surfaces"
- Nanoplas
- KFM technology

Coordinateur Fabien PARRAIN - Institut d'Electronique Fondamentale
fabien.parrain@u-psud.fr

Aide de l'ANR 844 859 euros

Début et durée mars 2009 - 36 mois

Référence ANR-08-NANO-045

Label pôle