

Présentation des projets financés au titre de l'édition 2009 du Programme « P3N »

ACRONYME et titre du projet	Page
3DCAP : Procédé d'enduction capillaire d'oxydes mixtes pour la réalisation de condensateurs 3D à très forte capacité spécifique intéressant l'électronique nomade	4-5
AUBAINE : Analyse Ultra-sensible Bas-coût par Assemblage Intégré de micro-Nano objEts	6-7
AUTOMOL : Nanomachines moléculaires pour le transport contrôlé d'information et de matière	8-9
AXOC : Advanced X-ray Optics Component coupled high accuracy mechanics for X-ray nano focusing	10-11
CAFE : Source de photons uniques assistée par la décohérence d'une boîte quantique	12-13
CATS : Capteur atomique intégré sur puce	14-15
COMPHETI : Compliance des hétérointerfaces semiconducteur/oxyde pour l'intégration monolithique d'InP sur Si(001)	16-17
CONTINUUM : CONTINUUM Laser Cavity : Concept and Applications	18-19
CONTRAM : Détermination du tenseur des CONTRaintes par spectroscopie RAMan polarimétrique résolue spatialement	20-21
COPOPDT : Nanoparticules de copolymères auto assemblées: Des premières corrélations structure-fonction biologique aux applications à la thérapie photodynamique	22-23
CRYSTO : Nouvelle barrière cristalline SrTiO3 pour jonction tunnel magnétique à très faible produit RA	24-25
DELIGHT : Implémentation déterministe du contrôle de l'émission spontanée pour la génération de photons uniques efficace.	26-27

	Page
DIMIPOLE : Dispositifs microfluidiques à interface polarisable pour des séparations électrophorétiques de haute résolution	28-29
f-DNA : Matériaux Fonctionnels à Base d'Assemblages Fullerene/ADN Bi- et Tridimensionnels	30-31
FeNoPtic : Fibres optiques silice dopées par des Nanostructures métalliques exploitant la résonance de modes Plasmons localisés pour exalter les amplifications (Raman et Terres rares) et les effets non linéaires	32-33
FLANAMOVE : FLANAMOVE, Comprendre, Assembler et Intégrer l'un des plus petits moteurs naturels	34-35
GOSPEL : Generation Of Surface Plasmons by Elecrical Injection	36-37
HI-TEQ : Lasers à cascade quantique THz haute performance	38-39
HYFONT : Hybrides ferromagnétiques - nanotubes de carbone	40
LUNAPROBE : Mesure de température et de pression de cavitation à l'aide de la luminescence ou de l'absorption de nanosondes	41-42
MAGNIPHICO : Milieux magnétiques pour stockage d'information et processus lithographique basés sur les propriétés d'auto assemblage de copolymères séquencés	43-44
MEDICIN : Nanogels pour la délivrance auto-régulée d'insuline destinés au traitement du diabète	45-46-47
MIKADO : Nanofluidique dans un nanotube de carbone individuel	48-49
MILESTONE : Emissions microondes d'un oscillateur à transfert de spin : largeur de raie et bruit de phase associé	50-51
MISS : Contrôle et étude de l'interaction entre deux molécules déposées sur une surface	52-53
MOCCA : Architecture d'émetteur microonde à nanotubes de carbone contrôlée optiquement	54-55
NABIS : Imagerie Nanometrique Biomedicale et spectroscopie	56-57
Nano2E : Nano-Epistémo-Ethique : pour une éthique des nanotechnologies articulée à l'épistémologie	58-59
NANODIELLIPSO : Nanoparticules, fonctions diélectriques et Ellipsométrie	60-61

	Page
Nanoexpectation : Construire des anticipations et des marchés dans les nanotechnologies	62-63
nanoFRET² : Adressage sub-cellulaire de sondes nanoFRET pour l'imagerie de nanodomains ioniques dans des cellules vivantes	64-65-66
NanoPDT : Nouveaux systèmes de nanoparticules hybrides à absorption multiphotonique pour la photothérapie à haute résolution spatiale.	67-68
NANOSIM_GRAPHENE : Simulation des Nano-matériaux et Nanodispositifs à base Graphène : Approches multi-échelles	69-70
NanoThermIC : Nanostructure orientées pour la gestion thermique haute performance des systèmes de communication intégrés	71-72
NATIF : Nouvelles nanosources laser à émission spontanée et stimulée contrôlées pour la réduction du bruit d'intensité et de fréquence	73-74
PEPS : PEllet Photonic Sensor	75-76
phoXcry : Cristaux phoXoniques en niobate de lithium	77-78
PIANHO : Plateforme Instrumentale Avancée dédiée à la Nanomanipulation Haptique d'Objet	79-80
POEM : Plateforme hybride pour matériau monocristallin piezoélectrique en couche Mince	81-82
QMAX : Analyse quantitative de la microstructure de couches minces nanostructurées. Couplage diffraction des rayons X en haute résolution et diffusion centrale des rayons X sous incidence rasant	83-84-85
QUAMOS : Boîtes QUantiques, Adressage et Manipulation Optique de Spin	86-87
SOS_Nanotubes : Synthèse Optimisée et Sélective de Nanotubes	88-89
SUGHAR : Couches Fonctionnelles Hybrides Par Croissance A Partir D'une Surface	90-91
THINQE_PINQE : Emetteurs quantiques THz sans inversion de population basés sur les polaritons intersousbandes	92-93-94
VOICE : Etude de la dynamique de vortex magnétique par transfert de spin.	95-96

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	3DCAP : Procédé d'enduction capillaire d'oxydes mixtes pour la réalisation de condensateurs 3D à très forte capacité spécifique intéressant l'électronique nomade
------------------------	--

Résumé

Le développement des composants visant à intégrer toujours plus de fonctions, en particulier pour l'électronique nomade, requiert la miniaturisation des condensateurs qui occupent une trop grande surface sur la puce, d'autant plus qu'ils deviennent plus nombreux. Le projet vise à développer un procédé innovant conjuguant les bénéfices d'une architecture tridimensionnelle (3D) et de matériaux de type oxydes pérovskites à très haute constante diélectrique, des titanates. Pour optimiser les propriétés du condensateur aux interfaces avec le diélectrique, les électrodes seront aussi des matériaux oxydes de structure pérovskite, des nickelates dont la maille élémentaire est de dimension très voisine de celle des titanates. On adaptera à cette problématique un procédé déjà expérimenté avec succès pour réaliser des nanotubes de ces oxydes complexes, par enduction capillaire de matrices sacrificielles.

Dans un premier temps, on optimise les paramètres d'une solution sol-gel de l'oxyde, sa mouillabilité en particulier, pour garantir le bon angle de contact avec le support (silicium ou autre oxyde). On procède à l'enduction qui est suivie d'un recuit pour cristalliser l'oxyde et le fritter. On répète l'opération pour la couche suivante. L'objectif final est la réalisation d'un réseau de condensateurs tapissant des tranchées sub-micronique gravées par plasma dans le silicium. La largeur des tranchées sera un paramètre ajustable pour tester le rôle de la force capillaire. Une étude parallèle sera conduite sur du silicium poreux. Un objectif réaliste est d'atteindre ainsi une capacitance de 1000 nF/mm². C'est plus d'un ordre de grandeur supérieur aux condensateurs intégrés issus des derniers développements actuels de la R&D, permettant d'espérer un avantage concurrentiel décisif dans ce secteur d'activité hautement compétitif, où la place de la France est à préserver face à la redoutable concurrence asiatique.

Le projet exploitera la plate forme CERTeM sur le site STMicroelectronics qui produit déjà des condensateurs intégrés 3D et soutient fortement le projet.

Partenaires	Laboratoire d'Electrodynamique des Matériaux Avancés (partenaire coordinateur) Groupe de Recherche sur l'Energétique des Milieux Ionisés Laboratoire de Microélectronique de Puissance
Coordinateur	François Gervais - Laboratoire d'Electrodynamique des Matériaux Avancés francois.gervais@univ-tours.fr
Aide de l'ANR	592 000 €
Début et durée	Février 2010 - 36 mois
Référence	ANR-09-NANO-034
Label pôle	S2E2 Sciences et Systèmes de l'Energie Electrique

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

AUBAINE : Analyse Ultra-sensible Bas-coût par Assemblage Intégré de micro-Nano objEts

Résumé

Le projet AUBAINE propose de valider une méthode ultra-sensible, à bas coût et portable de détection et d'analyse d'analytes cibles situés dans un environnement complexe. Cette méthode exploite les propriétés de l'assemblage convectif/capillaire sur un substrat micro ou nano-structuré en sites sondes topographiques, chimiques, biologiques ou électrostatiques. Elle opère ainsi naturellement en deux étapes: la concentration des cibles dans la solution puis leur prélèvement dans cette solution concentrée sur le réseau de sites sondes en utilisant une interaction de capture spécifique. Des calculs préliminaires montrent qu'une telle approche devrait permettre d'atteindre des limites de détection inférieures au femto molaire pour les molécules ou bien inférieures à 10 puissance 5 nano objets par millilitre.

De manière plus détaillée, cette méthode procède tout d'abord par le conditionnement des analytes dans une solution adaptée aux techniques d'assemblage. Une goutte de cette solution contenant les analytes cibles en suspension est ensuite étalée sur un substrat micro ou nano structuré en sondes. Au cours de l'évaporation contrôlée du solvant, les phénomènes de convection générés par les échanges thermiques concentrent naturellement les analytes sur la ligne triple (l'interface solide - liquide - gaz). Lors du déplacement de cette ligne au cours du séchage, les forces capillaires présentes au niveau de cette interface, dirigent ces analytes vers les sites sondes définis sur le substrat (10 puissance 6 points de capture ou plus). La spécificité des forces exercées par ces sites sondes sélectionne les cibles. L'organisation de ces points de fixation facilite enfin une détection binaire automatisée pour chaque spécificité.

La validation de cette méthode originale de détection demande une mobilisation multidisciplinaire. Elle couple en effet diverses techniques développées dans des disciplines différentes : l'assemblage convectif/capillaire bottom-up utilisé par les physiciens pour construire de proche en proche des nanostructures futuristes, les techniques top-down de micro nanofabrication pour organiser des motifs sur un substrat, la fonctionnalisation de surface et les méthodes de quantification du type scanner utilisées par les biologistes pour la lecture des

biopuces.

Le projet AUBAINE se décompose en quatre phases. La première consiste à valider le concept en utilisant des solutions artificielles idéales mono-particulaires, à évaluer ses performances et ses limites analytiques. La seconde se propose de valider l'aspect générique du concept en démontrant ses potentialités pour résoudre des problématiques d'analyses réelles, en détectant une nanoparticule spécifique dans des mélanges multi-particulaires. En parallèle, la troisième phase est dédiée à son application aux domaines de l'environnement avec la détection d'une molécule spécifique (une protéine) dissoute dans l'eau et de la médecine avec la capture d'agents pathogènes de type bactéries. Enfin, la quatrième phase du projet explore deux pistes de dépouillement automatisées, rapides et à bas coût d'un tel ensemble de données dont l'une ouvre la voie de la détection sans marquage. Les énormes potentialités de cette méthode, qui vient d'être protégée par un brevet, devraient déboucher sur de nombreux développements industriels.

Partenaires

Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes
(partenaire coordinateur)
Laboratoire des Technologies de la Microélectronique
Unité Physico-Chimie Curie
Laboratoire de Physique et Chimie des Nano-Objets
INNOPSYS

Coordinateur

Jean-Pierre Peyrade - Laboratoire d'Analyse et d'Architecture
des Systèmes
peyrade@laas.fr

Aide de l'ANR

855 812 €

Début et durée

Janvier 2010 – 45 mois

Référence

ANR-09-NANO-036

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

AUTOMOL : Nanomachines moléculaires pour le transport contrôlé d'information et de matière

Résumé

L'un des défis principaux des nanosciences est la miniaturisation d'objets qui peut se faire suivant deux approches : la voie descendante et la voie montante. La seconde approche part des atomes et des molécules et suit une stratégie de "monumentalisation" consistant à incorporer différentes fonctions dans une même molécule. Les deux approches ont conduit à des résultats et à des avancées significatives mais seule la seconde peut réellement conduire à obtenir des nanocomposants multifonctionnels de taille comprise entre 1 et 3 nm. En particulier, les études des manipulations de molécules déposées sur des surfaces ont conduit à décrire la mécanique intime associée aux mouvements moléculaires induits. Il a par exemple été montré qu'il est possible de contrôler la rotation d'une roue moléculaire. Cette expérience de nano-mécanique ouvre la voie à la synthèse de molécules-machines plus élaborées pour des applications originales dans le nanomonde. L'objectif de ce projet de recherche est de développer des solutions originales pour le transport de la matière et de l'information à l'échelle nanométrique.

Deux familles de nanomachines mécaniques de seconde génération, dont les mouvements seront guidés et contrôlés, seront développées et étudiées :

- La première famille a pour but de transporter de la matière à l'échelle du nanomètre. Nous synthétiserons des molécules à motifs complémentaires capables de s'assembler en trains. La locomotive tracterait un ou plusieurs wagons chargés de matière (petites molécules ou atomes) à déplacer. La nanostructuration de la surface permettra le guidage du train alors que son démarrage/arrêt sera assuré par un stimulus externe (photon, électron ou pointe STM).
- Le but de la seconde famille de nanomachines moléculaires est de transporter de l'information au travers d'un auto-assemblage de nanorotors (ou train d'engrenage). La rotation du premier rotor sera enclenchée par un stimulus externe (photon ou électron) et devrait se propager aux molécules voisines par un effet d'engrenage.

Le caractère innovant de ce projet est le contrôle des interactions entre des surfaces métalliques ou semiconductrices

nanostructurées et des molécules dont la géométrie est adaptée a priori aux paramètres topologiques et électroniques des surfaces considérées. Grâce à cette symbiose entre molécules et surfaces, le guidage et le contrôle du déclenchement de mouvements moléculaires complexes pourront alors être étudiés et mis à profit pour un transport programmé de matière ou d'information.

Pour réussir ce challenge, chimistes de synthèse, physiciens expérimentateurs spécialisés en STM sous ultra-vide et théoriciens experts en simulations d'images STM et en comportement mécanique se rassemblent dans un consortium international autour du projet Automol qui est un projet de recherche fondamentale. Cependant, les résultats espérés devraient avoir un impact important dans le futur développement de nanomachines et de la programmation de mouvements à l'échelle nanométrique.

Les objectifs du projet Automol sont donc les suivants :

objectif 1 : transport moléculaire automatisé sur des surfaces.

objectif 2 : contrôler le transport d'information dans des nanomachines et des réseaux moléculaires.

Partenaires

Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (partenaire coordinateur)
Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique- Sciences et Technologies
Physics and Astronomy Department, Ohio University

Coordinateur

Gwenael Rapenne - Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales
rapenne@cemes.fr

Aide de l'ANR

531 000 €

Début et durée

Mars 2010 – 43 mois

Référence

ANR-09-NANO-040

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	AXOC : Advanced X-ray Optics Component coupled high accuracy mechanics for X-ray nano focusing
------------------------	---

Résumé

The development of microscopy has been driven by a desire to see ever finer detail to expand our knowledge of the world around us. There is a growing need to explore the detailed structural, morphological, magnetic and chemical properties of heterogeneous matter below 100 nm length scales in almost all fields of science, including physics, chemistry, material science, medicine, biology and earth and environmental science.

The main motivation behind the new 3rd generation diffraction limited synchrotron sources and X-ray/VUV Free Electron Laser (FEL) is the possibility of providing highly intense focused x-ray beams with diameters in the range of 20 nm to 1 μ m. This will enable new scientific perspectives to be realised in biosciences, atomic, molecular and plasma physics, material science, magnetism and of course nanoscience. Hard X-rays can penetrate deep inside matter and allow scientists to investigate the world around us at the scale of individual atoms and molecules. They are an essential tool for answering difficult questions about the strange things that occur at the nanometre scale, where materials behave very differently from the way they do in bulk and the traditional laws of physics do not apply. At the nanoscale, the principles of temperature, electricity and magnetism are completely different, which makes the basic scientific research to be conducted using an X-ray nanoprobe so important before commercial products exploiting nanotechnology can be developed. These X-ray nanoprobes will boost scientific knowledge tremendously in selected topics but to perform such experiments the manufacture of very high quality optics (diffraction limited at 0.06-0.25 nm wavelengths) will be a key issue to ensure very small spot sizes with high numbers of photons.

The principal aim of our project AXOC is to develop such a high precision optical system coupled with a very high quality mechanical system to ensure the optimal performances of these X-ray nanoprobes.

These new systems represent a significant technological challenge. All worldwide synchrotron sources, FELs and table top system could immediately benefit from our development. AXOC

will push the state of the art in X-ray microscopy to new levels of resolution; both in terms of X-ray optics and precision mechanical design, and enable qualitatively new studies of phenomena at the nanoscale unavailable up to now

Partenaires

Synchrotron SOLEIL (partenaire coordinateur)
Laboratoire des Matériaux Avancés
Société Européenne de Systèmes Optiques
ISP System

Coordinateur

Mourad Idir - Synchrotron SOLEIL
mourad.idir@synchrotron-soleil.fr

Aide de l'ANR

999 105 €

Début et durée

Décembre 2009 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-008

Label pôle

OPTITEC

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

CAFE : Source de photons uniques assistée par la décohérence d'une boîte quantique

Résumé

Les boîtes quantiques (BQs) couplées à des cavités semi-conductrices constituent des sources de photons uniques et indiscernables efficaces. Les photons uniques sont des candidats prometteurs pour la communication et le calcul quantique, et l'exploitation de la technologie des semi-conducteurs est intéressante dans la perspective de produire en masse de tels nano-composants photoniques. Il est également visé d'intégrer ces composants sur la même puce, l'horizon étant la réalisation d'un ordinateur quantique intégré.

Cependant, des limitations intrinsèques ont empêché les applications de dépasser le cadre de la recherche académique. En effet, une BQ n'est pas un atome, mais interagit avec l'environnement qui constitue sa matrice solide, ce qui conduit à un important élargissement de la largeur de raie excitonique. Apparemment, cela empêche l'exploitation des effets d'électrodynamique quantique en cavité (EDQC) à haute température, qui mettent en jeu un émetteur infiniment fin couplé à une cavité large. De plus, les techniques de fabrication standard ne permettent pas de contrôler la position spatiale et spectrale d'une BQ avec une précision suffisante pour atteindre le couplage déterministe avec le mode de cavité, ce qui altère fortement le rendement de production du processus.

Le présent projet fournit des éléments de réponse pour franchir ces deux types d'obstacles. En particulier, nous souhaitons explorer une approche originale fondée sur la décohérence d'une BQ et le filtrage de cavité, pour développer des sources de photons uniques innovantes. L'effet physique fondamental sur lequel repose le projet est qu'une cavité couplée à un émetteur large filtre et exalte les processus résonnants. Par conséquent, des photons peuvent être émis efficacement à la fréquence de la cavité, quel que soit le désaccord BQ-cavité.

L'objectif principal du projet CAFE est de démontrer et de caractériser complètement ce nouveau type de composant. Cela représente une profonde rupture dans la façon d'exploiter les BQs, en ce sens que la décohérence n'est plus un inconvénient, mais une ressource spécifique aux émetteurs solides. Ce programme de recherche est clairement fondamental, mais il ouvre la voie à l'étude des effets d'EDQC pour des cavités fines

couplées à des émetteurs larges comme les nanocristaux. L'exploitation de ce nouveau régime pourrait permettre de tirer parti du filtrage spatial induit par le mode de cavité, pour réaliser des sources de photons uniques directives à température ambiante. Enfin, le problème du couplage déterministe entre une BQ et une cavité sera également considéré dans ce projet, au travers du développement de deux méthodes originales de localisation.

Partenaires

Institut Néel (partenaire coordinateur)
Laboratoire Pierre Aigrain
Institut des Nanotechnologies de Lyon
CEA - Institut Nanosciences et Cryogénie - Service de
Physique des Matériaux et Microstructures
Laboratoire de Photonique et de Nanostructures

Coordinateur

Alexia Auffèves - Institut Néel
alexia.auffeves@grenoble.cnrs.fr

Aide de l'ANR

644 996 €

Début et durée

Février 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-022

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet **CATS : Capteur atomique intégré sur puce**

Résumé

Ce projet de recherche a pour thème la réalisation de capteurs à ondes de matière à partir de puces atomiques. Plus précisément, l'objectif est de réaliser la démonstration de principe d'un gravimètre à atomes froids intégré sur puce (dit de «seconde génération») et de déterminer avec précision les facteurs physiques dimensionnant les performances ultimes de ce type de capteur, afin de les optimiser pour des réalisations futures. Dans ce cadre, on se propose, après une première phase d'analyse technologique, d'explorer théoriquement et expérimentalement deux axes de recherches parallèles, à savoir l'optimisation des interféromètres sur puce d'une part et la mise en œuvre de puces atomiques à base de composés semi-conducteurs de type SiC ou GaN/SiC.

En particulier, les propriétés de transparence optique de ces derniers matériaux ainsi que la possibilité de réaliser des structures en optique intégrée directement sur la puce seront mises à profit pour améliorer l'efficacité de la détection des atomes (donc les performances du capteur). Dans une troisième phase, on se propose de définir à partir des résultats précédents une architecture de puce atomique optimisée pour la mesure du champ gravitationnel, qui sera ensuite fabriquée et mise en œuvre expérimentalement. La réalisation de capteurs atomiques intégrés sur puces présente, par rapport aux capteurs atomiques déjà existants (dits de «première génération»), un certain nombre d'avantages industriels majeurs.

Parmi ceux-ci, on compte une réduction de la consommation électrique, la possibilité de multiplexer plusieurs senseurs ou la possibilité, à plus long terme, d'intégrer directement sur la puce un certain nombre de composants nécessaires au refroidissement et au piégeage des atomes (ex : source micro-ondes, composants optiques actifs, électronique...), ce qui aura pour conséquence un accroissement de la compacité. Dans le but de permettre aux capteurs à atomes froids de s'ouvrir à des marchés autres que scientifiques, il est donc primordial d'explorer la voie de l'intégration sur puce. Le consortium est coordonné par Thales Research and Technology France, qui assurera en particulier la réalisation du gravimètre intégré sur puce tout en apportant sa vision industrielle ainsi qu'un lien privilégié avec les Divisions et les technologies du groupe

Thales.

Il est également composé du GIE Alcatel-Thales III-V Lab pour la partie définition et fabrication de puces atomiques innovantes ainsi que de trois partenaires académiques spécialistes renommés des puces et des capteurs atomiques : le Laboratoire Kastler Brossel de l'École Normale Supérieure (groupe de Jakob Reichel), le Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique (groupe de Chris Westbrook) et le LNE-SYRTE (groupe de Peter Rosenbusch). Ce projet, entièrement consacré aux capteurs de seconde génération, a de ce fait un positionnement original tout en étant complémentaire avec d'autres projets visant à intégrer certains composants des capteurs de première génération (notamment la partie banc optique avec le projet ANR Blanc 2009 MINIAMOM). A plus long terme, l'objectif est d'initier, à l'issue de ce projet et en fonction des résultats obtenus, le développement industriel d'un capteur atomique tout intégré à l'horizon d'une dizaine d'années.

Partenaires

Thales Research & Technology - France (partenaire coordinateur)
Alcatel-Thales III-V Lab
Laboratoire Kastler Brossel
Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique
Laboratoire "Systèmes de référence temps-espace"

Coordinateur

Sylvain Schwartz - Thales Research & Technology - France
sylvain.schwartz@thalesgroup.com

Aide de l'ANR

1 127 381 €

Début et durée

Février 2010 – 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-039

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

COMPHETI : Compliance des hétérointerfaces semiconducteur/oxyde pour l'intégration monolithique d'InP sur Si(001)

Résumé

Le désaccord paramétrique entre une couche épitaxiée et son substrat constitue l'une des limites majeures de l'épitaxie. Il conduit, pour les systèmes épitaxiés « standard » (III-V, IV-IV, ...) à la formation de défauts traversant qui dégradent la qualité structurale et électronique des hétérostructures. Dépasser cette limitation aurait un impact fort tant d'un point de vue fondamental que d'un point de vue applicatif. Ceci contribuerait à résoudre un problème scientifique qui a suscité d'intenses recherches pendant les dernières décennies, sans aboutir à la définition de solutions satisfaisantes. Ceci ouvrirait également une voie vers la fabrication monolithique (par épitaxie directe) de systèmes hybrides combinant sur une plateforme universelle en silicium des fonctionnalités microélectroniques, optoélectroniques ou basées sur l'utilisation du spin. En effet, les matériaux épitaxiés ne seraient plus choisis en fonction du désaccord paramétrique avec le substrat, mais en fonction de leurs propriétés physiques.

Nous avons récemment découvert que les hétérointerfaces semiconducteurs/oxydes étaient capables d'accommoder des désaccords paramétriques très élevés. En particulier, lorsqu'ils sont épitaxiés sur des couches tampons cristallines d'oxyde/Si (SrTiO₃/Si, BaSrTiO₃ or LaAlO₃/SrTiO₃/Si, Gd₂O₃/Si, Al₂O₃/Si), les III-V ou le Ge prennent leur paramètre de maille massif dès le début de la croissance, et ne contiennent aucun défaut traversant lié à un quelconque mécanisme de relaxation plastique. D'après notre compréhension actuelle, ce comportement est lié aux énergies d'interface élevées et aux forts désaccords paramétriques qui caractérisent ces systèmes. Nous avons pu observer à température ambiante la photoluminescence d'un puits quantique d'InAsP/InP intégré de manière monolithique sur SrTiO₃/Si(001). Ce résultat atteste des potentialités de notre approche. Les deux objectifs principaux de COMPHETI sont : - Comprendre la physique des interfaces semiconducteur/oxyde - Valider notre approche pour le système InP/oxyde pérovskite/Si(001).

COMPHETI impliquera la fabrication d'oxydes cristallins sur Si et de semiconducteurs/oxyde/Si par épitaxie par jets moléculaires,

des études structurales avancées des propriétés physicochimiques des interfaces (analyses de surface in-situ, microscopie électronique en transmission, diffractions des rayons X, expériences synchrotron in et ex situ à l'ESRF), des modélisations microscopiques des interfaces et des mécanismes de croissance (approches ab-initio et semi-empiriques), l'évaluation de la qualité structurale des hétérostructures et l'analyse de leurs propriétés électroniques et optiques (mobilité de Hall, expériences de photoluminescence résolues en temps et en fonction de la température). Des lasers seront fabriqués et étudiés pour évaluer le potentiel applicatif de notre approche.

Partenaires

Institut des Nanotechnologies de Lyon (partenaire coordinateur)
Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
CEA - Institut Nanosciences et Cryogénie - Service de Physique des Matériaux et Microstructures

Coordinateur

Guillaume Saint-Girons - Institut des Nanotechnologies de Lyon
guillaume.saint-girons@ec-lyon.fr

Aide de l'ANR

559 577 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-013

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

**CONTINUUM : CONTINUUM Laser Cavity :
Concept and Applications**

Résumé

Ce projet a pour but de démontrer un concept de rupture, qui concerne la génération, l'amplification et le filtrage de la lumière dans un domaine spectral continu (continuum). En effet, une cavité classique supporte un nombre de modes discrets. La cavité continuum comprend une couche guidante et un réseau à pas variable linéairement (LCG : linearly chirped grating). La condition de résonance peut être satisfaite continuellement dans un domaine de longueur d'onde (fréquence) continu si le pas du réseau augmente linéairement dans l'axe de propagation, de façon à ce que la longueur d'onde d'un mode Fabry-Perot correspond toujours parfaitement à celle du LCG. Les modes résonants forment ainsi un continuum.

Le premier objectif du projet est de démontrer le concept du continuum, ainsi que de comprendre ses limitations. La démonstration consiste à une validation théorique et une vérification expérimentale. Du point de vue théorique, la dynamique du laser continuum est régie par une équation non-linéaire du type Schrödinger, qui sera établie et analysée en détail. Le deuxième objectif est d'appliquer le concept du continuum à 3 démonstrateurs : source laser, amplificateur et filtre dans la fenêtre de longueur d'onde 1,5 μm . Pour le laser, l'objectif final est d'obtenir une émission sur une bande passante optique de 75 nm avec une puissance supérieure à 10 mW. Pour l'amplificateur, un gain de 20 dB sur une bande de 50 nm avec un courant inférieur à 150 mA et un facteur de bruit minimum de 5 dB sont attendus. Pour le filtre, un taux d'extinction, défini comme le rapport entre la fonction de transfert du filtre dans la bande et celle hors la bande, doit être supérieur à 30 dB pour une bande passante du filtre variant de 10 à 50 nm.

Des percées importantes sont attendues avec ce projet, en particulier dans le domaine des effets non-linéaires dans les lasers à semi-conducteurs. Il y a eu peu de papiers qui traitent de l'interaction entre la dispersion et les effets nonlinéaires dans ce type de laser. Ce projet révélera certainement des points nouveaux et inattendus dans ce domaine. D'autre part, une nouvelle technologie va être développée pour la fabrication de structures continuum, plus particulièrement, pour la fabrication de LCG par la lithographie à faisceau d'électrons. Il est à noter

que les LCGs ont des applications importantes pour la réalisation de lasers accordables et de compensateurs de dispersion. Il est prédictible que des nouveaux designs de structure continuum vont être proposés par ce projet et protégés par des brevets à déposer. La validation du concept continuum conduira à des produits performants pour les différentes applications. Les sources continuum peuvent être utilisées dans un réseaux d'accès pour générer des canaux WDM (wavelength division multiplexing), dans l'OCT (optical coherence tomography) en médecine et dans l'OLCR (optical low-coherence reflectometry) en instrumentation. Les amplificateurs continuum peuvent être utilisés pour l'amplification et la modulation déportées dans un réseau d'accès ou métropolitain, tandis que les filtres continuum pour la sélection de bande WDM dans un réseau métropolitain ou de longue portée.

Partenaires École Supérieure d'Électricité - Campus de Metz (partenaire coordinateur)
Alcatel Thales III-V Lab
Institut Carnot de Bourgogne
Institut d'Electronique du Sud

Coordinateur Joël Jacquet - École Supérieure d'Électricité - Campus de Metz
Joel.Jacquet@supelec.fr

Aide de l'ANR 499 891 €

Début et durée Janvier 2010 - 36 mois

Référence ANR-09-NANO-035

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	CONTRAM : Détermination du tenseur des CONTRaintes par spectroscopie RAMan polarimétrique résolue spatialement
------------------------	---

Résumé

Avec la miniaturisation et l'exigence de performance de plus en plus grande, l'industrie des semi-conducteurs, microélectronique et optoélectronique, requiert la maîtrise des contraintes apportées soit par la technologie soit par le packaging. Une telle maîtrise est nécessaire car ces contraintes influent directement sur les propriétés du semi-conducteur et sont exaltées au fur et à mesure que l'on réduit les dimensions. Le projet CONTRAM propose un outil optique de détermination, résolu spatialement, du tenseur des contraintes par spectroscopie Raman polarimétrique.

La détermination de contraintes par spectroscopie Raman n'a pas été pleinement exploitée à ce jour, le projet CONTRAM se propose de développer un outil et une méthodologie bien plus évolués que la spectroscopie Raman polarisée conventionnelle, afin de déterminer le tenseur complet des contraintes anisotropes dans des structures élaborées.

Ce projet CONTRAM est né d'une réelle sollicitation de la part des partenaires industriels CEA-LETI, STMicroelectronics et 3S PHOTONICS et Horiba Jobin Yvon.

Le LPICM a récemment développé une méthode exploitant la polarisation de la lumière (incidente et diffusée) en spectroscopie Raman. Appelée Raman polarimétrique, cette méthode a fait l'objet d'un dépôt de brevet et sera appliquée à l'étude de nombreux matériaux dans ce projet. L'innovation porte sur le spectromètre Raman polarimétrique qui déploie un PSG (Polarization State Generator) et un PSA (Polarization State Analyser) pour générer et, respectivement, analyser les états de polarisation complets de la lumière incidente et diffusée. Le mode opérationnel en rétrodiffusion oblique devrait permettre de fournir la totalité des informations contenues dans la polarisation de la réponse Raman de l'échantillon, afin de déterminer le tenseur complet des contraintes.

Une innovation majeure concernera la visualisation spatiale des contraintes dans le matériau, et l'intégration de la détection APD (Avalanche PhotoDiode) par Horiba Jobin Yvon, afin de diminuer considérablement le temps d'acquisition des spectres et d'effectuer des images Raman très rapides.

Cette méthode de mesure expérimentale sera complétée par un modèle tenant compte de tous les facteurs expérimentaux propres à la configuration. De même, des modèles sur la répartition des contraintes à la surface et dans le volume de la zone analysée, de type analytique ou à éléments finis, seront étudiés dans le but d'établir la description la plus fidèle possible de l'échantillon caractérisé.

Le projet CONTRAM a donc pour objectif d'appliquer cette méthode à des échantillons de recherche fondamentale tels que des nanofils et des NEMS avec le CEA-LETI, mais aussi avec des échantillons industriels.

Pour le partenaire 3S PHOTONICS, les objectifs sont la visualisation, l'interprétation et la compréhension des contraintes occasionnées dans des diodes laser de très forte puissance et de grande taille lors du packaging. Pour la société STMicroelectronics, l'objectif est de compenser les limitations induites par l'augmentation des courants de fuites des oxydes de grille des transistors MOS en augmentant la mobilité des porteurs. Il est nécessaire de générer des contraintes dans le canal des transistors, et la mesure par Raman polarimétrique permettrait le développement de procédés de dépôts de matériaux de plus en plus contraints.

Le projet CONTRAM est en adéquation avec l'axe thématique n°4 de l'appel à projet du programme P3N, à savoir « instrumentation, modélisation et simulation ». Ce projet pluridisciplinaire (nanotechnologie, optique, optoélectronique, nano-microélectronique, matériau) vise à rapprocher efficacement organismes de recherche et entreprises. Il se situe ainsi dans le cadre « recherche industrielle » étant donnée l'échéance des applications envisagées à 4-5 ans.

Partenaires

Laboratoire de Physique des Interfaces et Couches Minces et Interfaces (partenaire coordinateur)
 HORIBA Jobin Yvon - Etablissement de Villeneuve d'Ascq
 CEA-Institut LETI
 STMicroelectronics (Crolles 2) SAS
 3S Photonics

Coordinateur

Razvigor Ossikovski - Laboratoire de Physique des Interfaces et Couches Minces et Interfaces
razvigor.ossikovski@polytechnique.fr

Aide de l'ANR

550 349 €

Début et durée

Février 2010 – 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-041

Label pôle

MINALOGIC

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

COPOPDT : Nanoparticules de copolymères auto assemblées : Des premières corrélations structure-fonction biologique aux applications à la thérapie photodynamique

Résumé

L'adressage ou la délivrance de molécule thérapeutique vers un organe, un tissu ou une cellule malade constitue aujourd'hui un défi majeur pour le traitement de maladies comme le cancer ou d'origine génétique. En raison de leur structure versatile et de leur biocompatibilité, les micelles de copolymère sont des systèmes de délivrance médicamenteuse très attrayants qui commencent à être étudiés par certains laboratoires pharmaceutiques. Cependant, leur mode d'interaction avec les cellules, les tissus sont encore mal connus. Ces nano-vecteurs peuvent en raison de leurs interactions avec l'environnement biologique modifier la distribution cellulaire ou tissulaire de l'actif qu'ils transportent et par la-même son activité pharmacologique. A ce jour, très peu d'informations sont disponibles concernant la dynamique de libération des actifs transportés par ces nano-vecteurs. La compréhension de cette étape est essentielle pour la conception et le développement de nano-vecteurs de micelles de copolymères pour une délivrance médicamenteuse plus performante.

Il est donc essentiel qu'une recherche fondamentale soit menée pour répondre à toutes ces questions et permettre une utilisation rationnelle de ces nano-vecteurs. Notre programme de recherche a pour ambition d'apporter des éléments de réponses à ces différents points ce qui constitue de véritables verrous scientifiques à lever. Ce travail permettra d'établir des corrélations entre la taille, l'architecture des micelles de copolymère et leur fonctionnalité biologique (délivrance médicamenteuse, sélectivité pour une lignée cellulaire distribution tissulaire). Cette base de données sera un outil puissant pour une conception rationnelle de nouveaux nano-vecteurs en fonction de leur application.

Parmi les thérapeutiques ciblées, la thérapie photodynamique (PDT) suscite actuellement beaucoup d'intérêt pour le traitement sélectif des tumeurs et de certaines maladies ophtalmiques. Cette thérapie innovante repose sur une excitation locale d'un

médicament (photosensibilisateur) par la lumière via l'irradiation par une fibre laser de la zone à traiter.

Comme beaucoup de photosensibilisateurs (PS) sont peu solubles dans l'eau, leur formulation est le plus souvent nécessaire. En plus de leurs propriétés comme composés phototoxiques, la plupart des PS sont des sondes fluorescentes et / ou peuvent également se comporter comme des quenchers de fluorescence de sondes fluorescentes. Cette propriété nous offre une opportunité tout à fait unique pour suivre à la fois le trafic intracellulaire du nano-vecteur (préalablement marqué par une sonde fluorescente) ET celui du PS transporté ET l'étape de la libération du PS au niveau cellulaire. De plus, ces techniques de fluorescence devraient permettre la caractérisation de ces événements non seulement dans les cellules, mais également dans des modèles de tumeurs (sphéroïdes). Au cours de ce programme, les techniques de fluorescence telle que l'estimation de la durée de vie de fluorescence des sondes fluorescentes au cours d'expériences de FRET, l'internalisation assistée par voie photochimique (PCI) et la microscopie biphotonique seront développées et adaptées.

L'objectif final de ce projet est l'utilisation de micelles de copolymères pour le relargage de photosensibilisateurs dans le cadre de la PDT. Le problème abordé, qui concerne le suivi du complexe nanovecteur-molécule thérapeutique est dans un premier temps d'intérêt général et fondamental. Par la suite, ce projet est susceptible d'être également étendu à des problèmes industriels. L'une des originalités de ce programme de recherche est d'être au point de convergence entre les nano-objets, les biosciences et la santé.

Ce projet nécessite une expertise dans trois domaines différents de connaissance: la chimie, la biologie et la photophysique qui seront couverts par les quatre équipes impliquées dans ce programme.

Partenaires

IMRCP (partenaire coordinateur)
LAP - UPSP/DGER 115
ANBioPhy
Institut de Pharmacologie et de Biologie Structurale

Coordinateur

Patricia Vicendo - IMRCP
vicendo@chimie.ups-tlse.fr

Aide de l'ANR

898 301€

Début et durée

Décembre 2009 - 48 mois

Référence

ANR-09-NANO-010

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

CRYSTO : Nouvelle barrière cristalline SrTiO₃ pour jonction tunnel magnétique à très faible produit RA

Résumé

Le projet CRYSTO vise à développer un nouveau type de barrière tunnel cristallisée pour les jonctions tunnel à très faibles produits Résistance x Surface (RA). La technologie actuelle est basée sur les barrières MgO dont les propriétés de transport remarquables, identifiées par les calculs ab-initio de Butler en 2001, proviennent du transport tunnel cohérent des électrons polarisés en spin dans ces barrières cristallines. Cette technologie est utilisée dans la grande majorité des composants Spintronique comme les têtes de lecture, les mémoires de type MRAM, les capteurs magnétiques, la logique hybride CMOS/magnétique ou les nano-oscillateurs RF. Les contraintes de miniaturisation des technologies ou de limitation des tensions de pilotage obligent les concepteurs à réduire progressivement le produit RA des jonctions au dessous de 10 à 1 Ohm.µm². Dans les barrières MgO, à gap important, l'épaisseur de l'oxyde doit être réduite à une valeur sub-nanométrique afin de tenir cette spécification de RA ce qui provoque une fragilisation de la barrière (plus faible tenue au claquage électrique) et l'apparition de défauts topologiques entraînant une réduction importante des performances de transport. Pour palier ces défauts il est nécessaire de développer une nouvelle classe de barrière cristalline à faible gap. Dans le cadre du projet CRYSTO, nous proposons d'étudier en première intention les barrières SrTiO₃ qui d'après les quelques calculs théoriques de la littérature devraient offrir aussi d'excellentes propriétés de transport tout en ayant un gap quasiment moitié de celui du MgO. Cette nouvelle barrière sera étudiée selon 2 voies: l'ablation laser qui permet de fabriquer des barrières de haute cristallinité et le dépôt par faisceau d'ions en 200mm afin d'offrir une technique directement transférable vers les industriels du domaine. Dans le cadre du projet, nous proposons de tester nos développements matériaux dans les technologies STT-RAM ou TAS+STT-RAM de la start-up Crocus technologie en utilisant directement leur ligne de fabrication de composants. Nous comparerons les performances obtenues avec des composants

utilisant la technologie MgO. Bien sûr nos développements, s'ils venaient à aboutir à des résultats de haut niveau, remettraient clairement en cause la prééminence du MgO et seraient très génériques pour l'ensemble de la Spintronique.

Partenaires

CEA-Institut LETI (partenaire coordinateur)
Crocus Technology
Laboratoire "SPINtronique et technologie des composants"
Unité Mixte de Physique CNRS/Thales

Coordinateur

Mathile Cartier - CEA-Institut LETI
mathilde.cartier@cea.fr

Aide de l'ANR

1 403 102 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-021

Label pôle

MINALOGIC

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

DELIGHT : Implémentation déterministe du contrôle de l'émission spontanée pour la génération de photons uniques efficace

Résumé

Les boîtes quantiques semiconductrices épitaxiées ainsi que les boîtes quantiques colloïdales (nanocristaux) sont des objets prometteurs pour l'implémentation de sources pour la cryptographie quantique. La possibilité de générer des photons uniques à l'aide de ces objets est bien établie. L'enjeu est aujourd'hui de fabriquer des composants efficaces de façon contrôlée. En particulier, il s'agit de collecter efficacement les photons, d'en contrôler la polarisation et de disposer de techniques de fabrication déterministes compatibles avec une production à grande échelle.

Une façon bien établie de modifier le diagramme de rayonnement d'un émetteur unique consiste à le placer dans une cavité optique résonante. En renforçant très fortement le couplage entre l'émetteur et un mode optique confiné, l'émission spontanée de l'émetteur est accélérée (effet Purcell) et se fait principalement dans le mode de cavité. Une autre approche consistant à coupler l'émetteur unique à une nanoparticule métallique, type nano-antenne, commence à être explorée par la communauté.

Pour réaliser ces effets de façon contrôlée, le nano-émetteur doit être placé au ventre du mode optique confiné avec une précision de l'ordre de la dizaine de nanomètres. Par ailleurs, l'émetteur doit présenter une énergie de transition résonante avec les modes optiques confinés. Or, comme la plupart des nano-objets, les boîtes quantiques et les nanocristaux présentent des positions aléatoires et une grande dispersion spectrale. Jusqu'à récemment, les études fondamentales aussi bien que les premières fabrications de composants ont reposé sur la possibilité statistique de sélectionner a posteriori un composant parmi des milliers présentant les caractéristiques souhaitées.

Le LPN a récemment mis au point une technique de photolithographie in-situ (à basse température) qui permet d'insérer de façon déterministe une boîte quantique unique dans une cavité optique résonante et de démontrer le contrôle de l'émission spontanée à la demande (couplage faible ou couplage fort). Au niveau international, cette technique est aujourd'hui la

seconde à permettre un contrôle déterministe de l'émission spontanée, la seule compatible avec une fabrication grande échelle. Elle a de plus une portée assez générale puisqu'elle permet durant l'étape de lithographie de sélectionner les émetteurs présentant une émission à la longueur d'onde désirée, d'en repérer la position à la dizaine de nanomètre près et d'écrire dans la résine un motif aligné par rapport à cet émetteur.

Ce projet a pour ambition de démontrer, grâce à cette technique, l'implémentation déterministe de sources de photons uniques efficaces et réalistes, sous injection électrique et/ou à température ambiante. Pour y arriver, deux stratégies sont envisagées. La première repose sur une extraction efficace des photons en accélérant l'émission spontanée d'un émetteur placé dans une cavité optique.

La seconde se propose d'explorer la possibilité d'extraire efficacement les photons en couplant l'émetteur unique à une nano-antenne métallique. Pour atteindre nos objectifs, les possibilités de la technique de lithographie in-situ seront étendues pour écrire des motifs de taille bien inférieure au micron et pour atteindre des précisions de positionnement de l'ordre de 10 nm.

Pour ces deux approches, deux types d'émetteurs seront étudiés : les boîtes quantiques semiconductrices pour lesquelles le contrôle de l'émission spontanée est bien établie, mais limité à basse température, et les nanocristaux semiconducteurs qui présentent l'avantage d'émettre des photons uniques à température ambiante.

Partenaires

Laboratoire de Photonique et de Nanostructures (partenaire coordinateur)
Laboratoire Photons Et Matière
Institut des NanoSciences de Paris
Laboratoire de Physique de la Matière Condensée et Nanostructures

Coordinateur

Pascale Senellart - Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
pascale.senellart@lpn.cnrs.fr

Aide de l'ANR

736 835 €

Début et durée

Décembre 2009 - 48 mois

Référence

ANR-09-NANO-014

Label pôle

Titre du projet

DIMIPOLE : Dispositifs microfluidiques à interface polarisable pour des séparations électrophorétiques de haute résolution

Résumé

La microfluidique est en passe de révolutionner les domaines de l'analyse chimique et biologique, ainsi que celui du diagnostic médical. Au travers de la littérature scientifique, la séparation sous champ électrique apparaît comme l'une des voies privilégiées pour analyser des biomolécules sur puce. En effet, celles-ci vont se mouvoir selon des vitesses différentes dépendantes de leur mobilité électrophorétique. A cette mobilité propre des particules s'ajoute un mouvement de liquide causé par le champ électrique et appelé flux électroosmotique (EOF) qui dépend principalement de l'état électrostatique de la surface interne du canal fluide de séparation. Dans les puces traditionnelles, la haute résolution ne peut être obtenue qu'en ajustant l' EOF par des ajustements de pH du tampon de séparation ou par des recouvrements de surface des canaux. L'objectif de ce projet consiste à élaborer un dispositif microfluidique intégrant des électrodes polarisables, qui permettront d'ajuster l'amplitude du FEO au sein du canal de séparation, indépendamment des conditions d'analyse et du traitement de surface du dispositif. Ce dispositif devrait permettre d'atteindre des séparations électrophorétiques de protéines aux mobilités électrophorétiques voisines, avec une très haute résolution. Sur la base d'un banc expérimental développé récemment par l'un des partenaires, qui permet une mesure en temps réel du flux, nous proposons un dispositif « actif » intégrant des électrodes polarisables pour un contrôle fin et en temps réel du flux EOF. Des résultats préliminaires ont déjà montré la faisabilité de ce contrôle du flux. Il s'agit donc d'un projet de recherche fondamentale visant à développer un concept nouveau, doté de fonctionnalités inédites et potentiellement exploitables pour de multiples analyses électrocinétiques miniaturisées. Il devrait permettre de repousser les limites actuelles des microsystèmes pour l'analyse, en donnant accès à des résolutions jusqu'alors jamais atteintes. Une fois développé, cet outil sera valorisé par des applications au diagnostic de certaines pathologies neurologiques par l'analyse simultanée de biomarqueurs protéiques. Ainsi, il pourra s'ouvrir à des applications industrielles au terme du projet non

seulement dans le domaine du diagnostique médical, mais aussi celui de l'industrie pharmaceutique, agroalimentaire et à des applications en veille sanitaire. Ce nouveau concept présente donc un fort potentiel de valorisation.

Le consortium regroupe trois équipes appartenant à des disciplines différentes : physique et microfabrication, électrochimie et chimie analytique mais dont la complémentarité est indispensable à la réalisation du projet. Ces équipes se connaissent déjà et sont toutes localisées en ile de France ce qui devrait faciliter leur interactivité.

Partenaires

Laboratoire de Photonique et de Nanostructures (partenaire coordinateur)
Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques
Laboratoire "Physico-chimie, pharmacotechnie, biopharmacie"

Coordinateur

Anne-Marie Haghiri Gosnet - Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
anne-marie.haghiri-gosnet@lpn.cnrs.fr

Aide de l'ANR

678 000 €

Début et durée

Mars 2010 - 43 mois

Référence

ANR-09-NANO-025

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

f-DNA : Matériaux Fonctionnels à Base d'Assemblages Fullerene/ADN Bi- et Tridimensionnels

Résumé

Le but principal des nanotechnologies est l'obtention de systèmes fonctionnels par le contrôle de la matière à l'échelle nanométrique (1 à 100 nm). Cela motive l'étude de la compréhension et du développement des nanomanipulations qui sont nécessaires à la production de structures bien définies à l'échelle nanométrique.

Au cours de ce projet, nous voulons construire et contrôler la formation de matériaux structurés en combinant notre connaissance des assemblages biodirigés à base d'ADN avec les méthodes de la chimie de synthèse. Le but de ce projet est de créer des réseaux bi- et tridimensionnels de protéines et de nanoparticules en utilisant le fullerène C60 et l'ADN comme matériaux structurants. Cette approche basée sur le C60 est totalement originale. Le fullerène est une molécule constituée de 60 atomes de carbone, sa forme sphérique et son diamètre de l'ordre du nanomètre en font une des briques de choix pour les nanotechnologies.

Les propriétés de reconnaissance de l'ADN combinées avec la structure tridimensionnelle du fullerène conduiront à des nano-assemblages hybrides présentant une topologie particulière qui rendra possible la création de réseaux bien organisés de nanoparticules et de protéines. Nous voulons contrôler de façon précise la formation de nanostructures grâce notamment à la connaissance et au positionnement des groupements fonctionnels sur la sphère de carbone et grâce aussi à la grande prédictibilité des assemblages à base d'ADN.

La motivation de ce projet de recherche fondamentale est la quête de matériaux présentant de nouvelles propriétés. Dans ce projet, les composites à base d'ADN seront pensés et réalisés pour être capable de générer de nouvelles fonctionnalités. En particulier, nous nous intéresserons aux propriétés de plasmon présentées par les nanoparticules (NPs) et par les assemblages nanostructurés de NPs.

Des propriétés du type "propagations" ou "interférences plasmoniques" ne peuvent être envisagées si le contrôle de la structure n'est pas correctement maîtrisé. Dans ce contexte, la molécule d'ADN est d'un intérêt particulier car elle permet la

réalisation de nanostructures avec un niveau de détail de l'ordre de 0.3 nanomètre (c'est-à-dire à dire d'une base).

Au cours de ce projet, nous nous intéresserons aussi aux interactions des réseaux d'ADN avec des protéines capables de reconfigurer l'ADN. En particulier, nous nous étudierons l'assemblage de protéines (Rad51 ou histones) ayant pour propriétés de rigidifier ou d'enrouler les doubles brins d'ADN. Le but est ici de modifier les réseaux formés grâce à des conditions extérieures. Cette étude aura un fort impact sur le développement de la biologie moléculaire appliquée aux matériaux.

En fait, pour l'instant ces outils biologiques utilisés au quotidien par le vivant n'ont pas été exploités pour la nano-structuration.

En conclusion, les aspects et mécanismes qui seront étudiés au cours de ce projet auront un impact à la fois dans le domaine des matériaux fonctionnels mais aussi pour la compréhension des mécanismes biochimiques.

Partenaires

Service de physique de l'état condensé (partenaire coordinateur)
Laboratoire "Interactions Moléculaires et Cancer"
Unité INSERM "ARN : régulations naturelle et artificielle"

Coordinateur

Stéphane Campidelli - Service de physique de l'état condensé
stephane.campidelli@cea.fr

Aide de l'ANR

606 850 €

Début et durée

Novembre 2009 - 48 mois

Référence

ANR-09-NANO-005

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

FeNoPtic : Fibres optiques silice dopées par des Nanostructures métalliques exploitant la résonance de modes Plasmons localisés pour exalter les amplifications (Raman et Terres rares) et les effets non linéaires

Résumé

Le projet FenoPtic propose de transposer à la fibre optique pour des applications spécifiques et originales, les effets liés à la résonance de Modes Plasmons Localisés de nanostructures métalliques incluses dans un milieu diélectrique. Le développement de ces effets en nanophotonique planaire pour les métaux nobles, or et argent, a conduit à l'introduction du concept de nano antennes optiques ainsi qu'à des applications en médecine et détection chimique. Une telle approche n'a encore jamais été exploitée pour les fibres optiques afin d'amplifier un signal. Cet objectif nécessite d'une part de démontrer la pertinence de ces phénomènes dans les fibres optiques, pour exalter leurs propriétés tant intrinsèques, linéaires et non linéaires, que lorsqu'elles sont couplées à des ions de terre rare et d'autre part de contrôler l'inclusion et les modifications des nanostructures, lors de la réalisation de la fibre optique par un procédé industriel.

FenoPtic est un projet original et fortement interdisciplinaire, clairement positionné dans le cadre d'une recherche industrielle. Il associera sur 36 mois, un industriel de la fibre optique et trois laboratoires universitaires reconnus. Fruit d'années de collaborations entre Draka et ses partenaires académiques experts dans l'ingénierie des nanoparticules (NP) et la physique des matériaux, il est ancré dans la réalité d'un produit industriel et parfaitement en ligne avec les priorités des appels européens. Déjà soumis à l'appel ANR 08 sous le nom de Vermeer, le Consortium s'est attaché à améliorer le Projet en tenant compte des remarques des experts : ainsi, il s'appuie désormais sur ses propres résultats et échantillons issus d'essais préliminaires sur l'incorporation de NPs d'or dans une fibre optique. Il s'est rapproché de Nano-H, l'une des rares PME françaises spécialisée dans la synthèse de NPs, et l'a associé au Projet comme sous-traitant.

Il a renforcé l'axe plasmonique, en intégrant des spécialistes de ce domaine. Il a enfin envisagé deux voies possibles d'insertion

de nanostructures métalliques dans des fibres afin d'optimiser les chances de réussite.

Le concept développé dans FenoPtic permettra aux fibres optiques amplificatrices de bénéficier d'un meilleur rendement énergétique, pour l'émergence de composants présentant des performances significativement améliorées et à plus faible consommation électrique, non accessibles par les technologies conventionnelles. Les applications visées seront d'abord les amplificateurs optiques classiques Raman ou erbium, pour les télécommunications.

Mais, les résultats du Projet pourront aussi trouver des applications à d'autres longueurs d'ondes, ce qui pourrait autoriser à moyen-long terme, le développement de lasers ou capteurs dans des secteurs très variés et permettre à la fibre optique de se développer dans des domaines hors télécommunications, tels que le médical, l'environnement ou le spatial. Des gains de plusieurs ordres de grandeurs pourraient être obtenus. Enfin, ce Projet favorisera une expertise française de premier plan mondial sur un champ d'investigation nouveau, riche en perspectives et dont toutes les retombées et applications ne sont pas encore connues. Il participera aussi au renforcement de l'interface entre recherche industrielle et fondamentale. La qualité des équipes, leur engagement et la synergie créée par le projet en sont des gages de réussite.

Partenaires

DRAKA Comteq France (partenaire coordinateur)
Laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux Luminescents
Laboratoire "Chimie de la Matière Condensée de Paris"
Institut Carnot de Bourgogne

Coordinateur

Alain Pastouret - DRAKA Comteq France
alain.pastouret@draka.com

Aide de l'ANR

1 110 000 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-023

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

FLANAMOVE : FLANAMOVE, Comprendre, Assembler et Intégrer l'un des plus petits moteurs naturels

Résumé

L'un des plus petits moteur que l'on trouve dans la nature fonctionne dans la membrane bactérienne, à la base du flagelle. Ces nanomoteurs tournent à hautes fréquences et propagent l'organisme dans son milieu. La structure et le fonctionnement de ce moteur, basé sur de nombreuses protéines embriquées, n'a pas été encore élucidé. Nous proposons de produire, de purifier les éléments constituant ce moteur en utilisant les techniques de biologie moléculaire et de ProteoCell. Ces protéines seront intégrées dans de multiples systèmes dans le but d'observer et d'étudier leur auto-assemblage et leurs mécanismes d'interactions. Le but est de comprendre comment les protéines interagissent et comment elles s'assemblent et font fonctionner le nano-moteur de la bactérie E.Coli. Le projet FLANAMOVE va développer la méthodologie pour assembler ex-vivo le moteur flagellaire sur une surface structurée. Nous travaillerons sur deux questions essentielles: son mécanisme et son intégration dans un système à 2 ou à 3 dimensions. Nous proposons un changement radical dans l'approche scientifique qui prévaut pour étudier ce moteur. Au lieu de désassembler ou d'endommager un moteur fonctionnel, ce qui est la démarche actuelle des micro-biologistes, afin de déterminer le rôle et la fonction de certains des éléments, nous voulons découvrir l'architecture précise du moteur en le construisant pièce par pièce, étapes par étapes. Nous allons développer 2 approches, à 2 dimensions pour étudier les éléments séparés, ou en 3 dimensions pour une machine plus complète. Les outils que nous utiliserons coupleront la soft-lithography, la nanofabrication, l'auto-assemblage et la biologie synthétique. La possibilité de générer des surfaces d'intérêt grâce à la softlithography couplée avec la génération de vésicule intelligente grâce à la biologie synthétique ouvrira un large spectre d'applications possibles pour l'étude des nano-bio-machines. Cette recherche est fondamentale par nature, mais elle servira de base au développement futur d'une nouvelle génération de systèmes hybrides bio-inspirés.

La reconstruction "artificielle" d'un moteur biologique ex-vivo sur une surface solide en utilisant la soft-lithography est un challenge qui nécessite des savoirs faire en production de protéines, en chimie de surface, nano-lithographie, auto-assemblage et en imagerie dynamique. Les technologies et les concepts qui seront développés dépassent l'objectif de reconstruire un moteur biologique fonctionnel in vitro. Le projet rassemble 3 disciplines scientifiques: Biologies, Nanotechnologies et Biophysiques. L'innovation majeur et le cœur de ce projet sera de rapprocher et de coupler 2 technologies émergentes et en pleine essor que sont la biologie synthétique et les nanotechnologies, à travers le système appelé Proteocell et la soft-lithographie. D'un point de vue technologique les processus et protocoles développés pendant ce projet seront génériques et pourront être appliqués à d'autres types de nano-bio-machines présentes dans les membranes des cellules.

Partenaires

Laboratoire d'analyse d'architecture des systèmes (partenaire coordinateur)
 Laboratoire "Ingénierie des Systèmes Biologiques et des Procédés"
 Unite Physico-Chimie Curie
 University of Minnesota, school of physics and astronomy

Coordinateur

Christophe Vieu - Laboratoire d'analyse d'architecture des systèmes
cvieu@laas.fr

Aide de l'ANR

473 928 €

Début et durée

Mars 2010 – 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-043

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

GOSPEL : Generation Of Surface Plasmons by Electrical Injection

Résumé

The electromagnetic field associated with surface plasmons (SPs) on a metallic surface is a TM (transverse magnetic) field which decays exponentially away from the surface. As the momentum of SPs is larger than that of free photons at the same frequency, SPs cannot be optically excited unless the missing momentum is somehow provided. Our goal will be to demonstrate devices capable of generating SPs - at room temperature - by electrical injection and also of launching them into passive waveguides. A way forward to this goal consists in coupling the SP mode with a material exhibiting optical emission or - even better - optical gain.

We will target two different wavelength ranges: the optical fiber communications window ($1.3 \mu\text{m} < \lambda < 1.55 \mu\text{m}$), and the short-mid-infrared range ($3.6 \mu\text{m} < \lambda < 6 \mu\text{m}$). At telecom wavelengths, the goal is to provide the missing component for optical intra-chip communications, i.e. a device which receives an electronic input, and transforms it into a plasmonic signal which can be transmitted via plasmonic waveguides. At mid-infrared wavelengths, we aim at providing compact sources of sub-wavelength, intense electric fields that will be of interest for (i) near-field microscopy applications, and (ii) detection of large organic molecules. At telecom wavelengths laser diode technology is extremely advanced, pushed by the needs of the telecommunication industry, and we will rely on this know-how. At short-mid-IR wavelengths quantum cascade technology is well developed and very high transverse-magnetic (TM) optical gains can be obtained.

We will explore three novel strategies to achieve efficient SP generation: (i) distributed-feedback (DFB) structures based on metallic gratings; (ii) localized SP excitation via patch cavities; and (iii) implementation of laser resonators based on long-range surface-plasmon waveguides (LRSP). To minimize the risk, these strategies rely on initial theoretical or experimental studies. The DFB approach will benefit from the recent demonstration - obtained by UPS/ESPCI/MPQ - that under certain conditions proper patterning of the device metallic contacts allows for the introduction of new modes with extremely low propagation losses with respect to standard SPs. On the other hand, the use

of patch-cavities is corroborated by reliable theoretical modeling performed by IOGS. Finally, the application of laser resonators based on LRSPs can benefit from the vast literature published on the subject.

Since metallic ohmic losses are detrimental to laser emission, we will first target the short-mid-infrared range of the electromagnetic spectrum, by employing strain-compensated quantum cascade heterostructures as active material to achieve SP amplification upon electrical injection. With the improved understanding of metallic-loss gained in this part, we will target plasmonic devices operating at shorter, telecom wavelengths. Optical gains with transverse-magnetic polarization, a necessary condition for the excitation of SPs, will rely on the know-how developed by partner ATL, which has demonstrated high TM optical gains and low-threshold lasing at $\lambda=1.3 \mu\text{m}$. This will lead to the demonstration of a plasmonic transducer operating at telecom wavelengths. At every stage of the development of the devices, optoelectronics device characterizations will be performed, and near-field microscopy (NSOM) performed by partner ESPCI will be crucial to directly detect and characterize SPs.

In the final part, we will provide initial demonstration of components based on plasmonic circuits, using the previously developed plasmonic sources as inputs. We will develop couplers in order to efficiently inject the generated SPs into passive components such as LRSP waveguides and we will start exploring and designing configurations making use of the developed components for practical applications.

Partenaires

Institut d'Electronique Fondamentale (partenaire coordinateur)
Institut Langevin « ondes et images »
Alcatel Thales III-V Lab
Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique
Laboratoire « Matériaux et Phénomènes Quantiques »

Coordinateur

Raffaele Colombelli - Institut d'Electronique Fondamentale
raffaele.colombelli@u-psud.fr

Aide de l'ANR

819 939 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-020

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	HI-TEQ : Lasers à cascade quantique THz haute performance
-----------------	--

Résumé

La gamme de fréquence téra-Hertz (THz), située entre les micro-ondes et le moyen-infrarouge, permet des applications potentielles nombreuses incluant (i) l'imagerie médicale et l'imagerie de sécurité, (ii) le contrôle non-destructif, (iii) la détection de gaz dans l'environnement. Au-delà des applications, les techniques THz permettent l'investigation de propriétés physiques fondamentales dans les matériaux et notamment l'étude de la conductivité complexe et des propriétés diélectriques de structures variées en matière condensée. Néanmoins, la gamme THz reste largement inexplorée en raison du coût élevé, des performances limitées et des dimensions des sources et des détecteurs actuellement disponibles (par exemple les lasers à gaz, les lasers à électrons libres, les bolomètres, les cellules de Golay etc.). C'est le « gap THz », qui fait référence au manque total de technologies à base de semiconducteurs. Dans ce contexte, une percée technologique a été réalisée il y a quelques années, avec l'émergence des Lasers à Cascade Quantique (QCL). Ce laser semiconducteur III-V compact et puissant est très prometteur comme source THz dans la mesure où il utilise les matériaux et la technologie standard de l'industrie des semiconducteurs. Les QCLs THz sont des structures à « ingénierie de gap » dont le fonctionnement repose sur les transitions inter-soubandes, où les transitions électroniques s'effectuent à l'intérieur de la bande de conduction, dans des puits quantiques nano-structurés. Ce schéma est très différent de celui des diodes laser classiques qui utilisent des transitions inter-bandes, ce qui donne aux QCLs la possibilité de fonctionner à des longueurs d'onde précédemment inaccessibles dans l'infrarouge et désormais aussi dans la gamme THz du spectre. Le développement des QCLs dans la gamme THz a été rapide et dans l'état de l'art, les QCLs fonctionnent jusqu'à 178K à 3THz. Néanmoins, en dépit de ces efforts, le principal obstacle à l'amélioration des performances est dû à la complexité des structures, à la limitation des « design » actuels de QCL et au manque de contrôle et de compréhension de la physique sous-jacente. Dans le présent projet, nous proposons un changement qualitatif et quantitatif en termes de performances et de

compréhension du fonctionnement des QCLs THz et notamment de la physique du gain. L'objectif de performance est d'atteindre une température de fonctionnement de 240K (permettant un refroidissement Peltier des structures). Pour cela, nous utiliserons à la fois de nouveaux matériaux pour la croissance, ainsi que des matériaux classiques en faisant appel à de nouveaux designs. Par ailleurs, nous porterons aussi notre effort sur l'augmentation de l'extraction de la puissance et l'amélioration du profil des faisceaux émis.

Afin de parvenir à ces objectifs, ce projet réunit les compétences de plusieurs domaines : nouveaux designs de QCLs ; croissance top-niveau de matériaux ; nouvelles techniques d'étude du gain et de la dynamique ; simulations intensives de la propagation dans des guides d'onde ; modélisation théorique poussée des temps de vie et du transport dans les QCLs.

Ce projet de recherche a une nature interdisciplinaire. Il réunit pour la première fois connaissance et expertise de groupes spécialisés dans des domaines différents du spectre électromagnétique : depuis les micro-ondes (extraction de radiations pour des structures sub-longueur d'onde en utilisant des antennes) ; le THz (design, croissance et fabrication de QCLs) jusqu'à l'optique (techniques pompe-sonde). De plus, ce projet réunit quatre équipes universitaires et un partenaire industriel ; ce dernier étant intéressé par le développement des technologies THz. Les partenaires impliqués dans ce projet sont les principaux acteurs de la recherche sur les QCLs THz en France et espèrent, par le présent projet, consolider leur position au niveau mondial.

Partenaires

Laboratoire Pierre Aigrain (partenaire coordinateur)
Laboratoire "Matériaux et Phénomènes Quantiques"
Institut d'Electronique Fondamentale
Institut d'Electronique, de Microélectronique, et de Nanotechnologie
Alcatel-Thales III-V Lab

Coordinateur

Sukhdeep Dhillon – Laboratoire Pierre Aigrain
sukhdeep.dhillon@lpa.ens.fr

Aide de l'ANR

832 026 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-017

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	HYFONT - Hybrides ferromagnétiques - nanotubes de carbone
Résumé	<p>Il s'agit d'un projet de recherche fondamentale qui explorera les potentialités de nanodispositifs hybrides comprenant un nanotube de carbone unique connecté à des électrodes ferromagnétiques. Nous élaborerons les nanotubes et les électrodes ferromagnétiques, en prenant un soin particulier au contrôle des propriétés magnétiques et des contacts au nanotube de ces dernières.</p> <p>Deux tâches de base seront consacrées à la physique de ces nanodispositifs (qui implique pour son exploration fine des mesures à très basses températures), et à l'élaboration de ces électrodes. Deux tâches à visée applicative exploreront l'usage de ces nanodispositifs comme détecteurs très locaux (1 nm) de l'aimantation, ainsi que comme contacts ponctuels quantiques (contrôlés par une grille) à effet de transfert de spin. Transversalement à ces actions, une tâche concerne l'augmentation de la température de fonctionnement de ces nanodispositifs, avec comme but l'ambiante.</p> <p>Le projet comporte deux partenaires en région parisienne, qui ont déjà entamé une collaboration informelle sur le sujet.</p>
Partenaires	Laboratoire de Physique des Solides (partenaire coordinateur) Laboratoire Pierre Aigrain
Coordinateur	André Thiaville - Laboratoire de Physique des Solides thiaville@lps.u-psud.fr
Aide de l'ANR	453 648 €
Début et durée	Novembre 2009 - 36 mois
Référence	ANR-09-NANO-002
Label pôle	

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

LUNAPROBE : Mesure de température et de pression de cavitation à l'aide de la luminescence ou de l'absorption de nanosondes

Résumé

La cavitation est définie comme la formation de bulles de vapeur à l'intérieur d'un liquide là où la pression de celui-ci descend en dessous de sa pression de vapeur. Ces bulles évoluent pour ensuite s'effondrer, la température de la vapeur à l'intérieur de celles-ci pouvant alors atteindre quelques milliers de Kelvin et la pression plusieurs centaines d'atmosphères. Ces valeurs sont estimées à partir de mesures indirectes de phénomènes apparaissant en fin d'effondrement et la physique associée, à l'échelle du nanomètre, est encore sujette à débat. De plus, les approches expérimentales demandent à être développées, notamment en ce qui concerne les premiers instants de l'implosion d'une bulle de cavitation. L'énorme quantité d'énergie dissipée au moment de l'effondrement peut donner lieu à des phénomènes d'érosion de pièces mécaniques. Toutefois, on s'intéresse de plus en plus aux aspects potentiellement positifs de ce phénomène.

Ainsi les bulles de cavitation peuvent agir comme des micros réacteurs de pyrolyse pouvant dégrader des polluants. La cavitation, aux échelles nanométriques, est un bon exemple où des recherches fondamentales et des applications potentielles sont étroitement liées.

Le but de ce projet est d'explorer une approche originale pour mesurer localement l'augmentation de température et de pression à l'intérieur d'une bulle de cavitation. Il se base sur l'utilisation d'une part des propriétés de luminescence de nanoparticules d'oxydes dopés terres rares et d'autre part des propriétés d'absorption du plasmon de nanoparticules métalliques. Dans les deux cas ces nanoparticules, dispersées dans le milieu liquide, serviront de sondes locales de pression et de température.

Il s'agit dans un premier temps d'une part de développer des systèmes microscopiques de génération de bulles de cavitation localisées et, d'autre part, de caractériser les propriétés de luminescence de nanoparticules dopés terres rares et celles d'absorption de nanoparticules métalliques, sur une large gamme de température et de pression. Ces nanosondes seront ensuite amenées au sein de bulles individuelles de cavitation

afin d'estimer, au travers de leur propriétés de luminescence ou d'absorption, les conditions thermodynamiques les environnants. Ce projet réunit trois laboratoires spécialistes respectivement de synthèse et de caractérisation de nano matériaux luminescents (LPCML), d'hydrodynamique (LEGI) et de propriétés optiques de nanoparticules métalliques (LASIM). La complémentarité thématique des trois laboratoires permettra de conduire efficacement ce sujet fortement pluridisciplinaire.

Partenaires

Laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux Luminescents (partenaire coordinateur)
Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels
Laboratoire "Spectrométrie ionique et moléculaire"

Coordinateur

Gilles Ledoux – Laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux Luminescents
ledoux@pcml.univ-lyon1.fr

Aide de l'ANR

562 394 €

Début et durée

Décembre 2009 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-019

Label pôle

Titre du projet

MAGNIPHICO : Milieux magnétiques pour stockage d'information et processus lithographique basés sur les propriétés d'auto assemblage de copolymères séquencés

Résumé

Les copolymères biséquencés consistent en deux polymères distincts liés par une liaison covalente qui s'auto-assemblent pour former des réseaux denses périodiques dont les dimensions et les tailles des domaines vont de 3 à 50 nm (1). Ceci permet d'envisager la production à bas coût de dispositifs nanostructurés et ordonnés avec des dimensions uniformes. Cette approche apparaît comme prometteuse pour la génération de templates et squelettes basés sur ces structures nanostructurées. Ainsi, l'utilisation de matériaux avec des propriétés d'autoassemblage, tels que les copolymères biséquencés pour la génération de dispositifs denses à une échelle inférieure ou égale à 25 nm, permet d'envisager la diminution des dimensions des dispositifs de stockage.

En effet, la lithographie optique, moteur de l'industrie du semi-conducteur, va atteindre ses limites technologiques et économiques pour des raisons intrinsèques (2, 3). En ce qui concerne les systèmes de stockage magnétique, les exigences de réduction des caractéristiques de taille et de domaine devancent largement celles pour les circuits intégrés, d'autant plus que l'industrie envisage d'introduire des supports nanostructurés pour accroître la densité au-delà des limitations imposées par l'apparition de l'effet superparamagnétique des supports granulaires continus conventionnels (4, 5).

Le projet MAGNIPHICO propose d'utiliser les propriétés d'auto-assemblage des copolymères biséquencés, ainsi que leur capacité à former des nanostructures bien contrôlées comme templates et/ou squelettes, afin d'obtenir des résolutions de traitement lithographique au-delà de celles obtenues aujourd'hui lors de la fabrication de circuits intégrés. Par ailleurs, il est également proposé d'utiliser des composites de copolymères à blocs avec des nanoparticules magnétiques de pointe, sous forme d'encre pour la fabrication de support magnétique nanostructuré en couches minces et ordonné à grande échelle pour des applications de stockage magnétique ultra haute-densité.

1. F. S. Bates, G. H. Fredrickson, Annu. Rev. Phys. Chem. 41, 525 (1990).
2. Semiconductor Industry Association, International Technology Roadmap for Semiconductor, 2005 Edition (Semiconductor Industry Association, San Jose, CA, 2005).
3. D. J. C. Herr, Future Fab. Int. 20, 82 (2006).
4. D. Terris, T. Thomson, J. Phys. D Appl. Phys. 38, R199 (2005).
5. C. Ross, Annu. Rev. Mater. Res. 31, 203 (2001).

Partenaires

Laboratoire "Chimie des polymères organiques" (partenaire coordinateur)
 Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux
 CEA-Institut LETI
 Laboratoire des Technologies de la Microelectronique
 Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne
 ARKEMA France - Groupement de Recherche de Lacq

Coordinateur

Georges Hadziioannou - Laboratoire "Chimie des polymères organiques"
hadzii@enscbp.fr

Aide de l'ANR

1 440 895 €

Début et durée

Janvier 2010 - 42 mois

Référence

ANR-09-NANO-026

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

MEDICIN : Nanogels pour la délivrance auto-régulée d'insuline destinés au traitement du diabète

Résumé

Le diabète est à l'un des fléaux majeurs du 21^{ème} siècle. Cette maladie, caractérisée par une dérégulation du taux de glucose dans le sang, connaît une expansion fulgurante et représente un véritable enjeu au niveau social, économique et politique. Les traitements actuellement pratiqués pour les patients insulino-dépendants consistent en de multiples contrôles quotidiens de glycémie, suivis d'injections d'insuline. Cette méthode représente non seulement un lourd fardeau pour le patient, mais montre également des défaillances, puisque des erreurs de dosage peuvent conduire à des situations dangereuses d'hypoglycémie. Ainsi, une approche basée sur une délivrance d'insuline en boucle fermée, c'est-à-dire sans intervention du patient, constituerait une avancée considérable. Les nanotechnologies permettent d'envisager une telle alternative, par le biais du développement de nouveaux systèmes injectables pour la délivrance d'actifs. Le traitement du diabète nécessite la mise au point de nanoobjets, capables d'encapsuler l'insuline et d'en délivrer la bonne dose au bon moment, en fonction de la concentration en glucose dans la circulation, tout en respectant les critères de biocompatibilité et de résorption. L'objectif de ce projet est donc de développer des nanotransporteurs sensibles au glucose et biocompatibles, capables de délivrer automatiquement la bonne dose d'insuline pour le traitement du diabète. Ces particules seront administrées sous forme d'un dépôt sous-cutané. Elles seront conçues pour passer dans la circulation sanguine, grâce notamment à leur taille, où elles devront avoir une action prolongée, avant de finir par se dégrader.

Nous proposons l'élaboration de nouveaux nanogels à base de polysaccharides, capables de gonfler ou se contracter selon la concentration en glucose. L'acide hyaluronique (HA) est choisi comme constituant majeur car il possède des propriétés bien établies en termes de biocompatibilité, de biodégradabilité et de furtivité. Le HA sera modifié par un phénylboronate (PBA), qui joue le rôle de récepteur du glucose, et par des fonctions réticulables, afin d'obtenir l'aspect tridimensionnel du réseau. Le réticulant sera choisi de façon à être dégradable à long terme in

vivo. Pour cela, nous utiliserons des ponts disulfures. Pour obtenir la sensibilité au glucose, le HA modifié sera mélangé avec du guar ou de l'hydroxypropyl-guar (HP-guar) réticulable. Les deux polysaccharides seront co-réticulés pour former un réseau interpénétré. Un deuxième réseau va alors se former au sein du premier. Il provient de la complexation entre les phenylboronates du HA et les fonctions mannose ou galactose du guar. Ce réseau complexé sera dissocié lors de l'introduction de glucose. En effet, la compétition de la complexation par le glucose libre en solution va engendrer la rupture des liaisons guar-PBA. Le gel va ainsi gonfler. La préparation de ces gels à l'échelle nanométrique nécessite la mise en œuvre d'un 'template' lors de la phase de réticulation. Celui-ci sera de deux types : soit une émulsion inverse, eau dans huile ou eau dans du dioxyde de carbone supercritique, soit des liposomes. Des nanogels de taille contrôlée et de composition variable seront alors obtenus et caractérisés. Leurs propriétés de gonflement seront alors étudiées pour en comprendre les mécanismes. De l'insuline ou des analogues de l'insuline seront enfin encapsulés dans les nanogels. Leur pharmacocinétique sera étudiée et optimisée par une modification de la structure des nanogels. De nombreux paramètres pourront être ainsi modulés : la taille des nanogels, le degré de substitution des polysaccharides, les taux respectifs de guar et de HA ou encore la présence de chaînes thermosensibles greffées. En parallèle, les propriétés de biocompatibilité, biodégradabilité et furtivité seront étudiées. Au terme de ce projet de trois ans, des formules de nanogels pourront être sélectionnées pour passer à des études in vivo. Bien que ce projet soit principalement appliqué au traitement du diabète, les résultats obtenus pour la synthèse et le contrôle de propriétés importantes des nanogels permettront de proposer une nouvelle famille de nanoobjets fonctionnalisables pour la délivrance d'actifs.

Partenaires

Institut des Sciences Moléculaires (partenaire coordinateur)
 Centre de Recherches sur les Macromolécules Végétales
 Unité de Recherche EA2968 "Variabilité génomique des virus"
 - Equipe "Pharmacocinétique et de Pharmacie Clinique"
 Unité de Recherche EA2968 "Variabilité génomique des virus"
 - Equipe "Pharmacocinétique et de Pharmacie Clinique"

Coordinateur

Valérie Ravaine - Institut des Sciences Moléculaires
v.ravaine@enscpb.fr

Aide de l'ANR

484 000 €

Début et durée

Novembre 2009 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-011

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	MIKADO : Nanofluidique dans un nanotube de carbone individuel
-----------------	--

Résumé

Le but de ce projet est de caractériser expérimentalement les propriétés nanofluidiques d'un nanotube de carbone individuel. Pour réaliser cet objectif, nous nous attaquons à deux défis expérimentaux : l'intégration d'un nanotube de carbone unique dans une plateforme de mesure nanofluidique ; et la caractérisation de ses propriétés fluidiques. Pour répondre à ces défis, nous proposons tout d'abord une approche complètement originale reposant sur l'expertise de notre consortium combinant nanomanipulation de nanotube individuels et perçage d'un nanopore dans des membranes. Ce savoir-faire nous permettra d'intégrer de façon hiérarchique (des nano- aux macro-échelles) un nanotube unique dans un dispositif fluidique permettant de mesurer ses propriétés fluidiques. Puis, nous investiguerons les propriétés fluidiques à l'échelle de ce nanotube individuel, sur la base de techniques de fluorescence de 'molécules uniques', de nano-vélocimétrie, ainsi que de caractérisation du transport ionique. La résolution atteinte par ces techniques permettra une caractérisation des propriétés du nanotube unique vis à vis du transport fluidique. En parallèle, nous mènerons une étude exhaustive de ces propriétés sur la base de simulations de dynamique moléculaire.

Au delà du formidable défi expérimental et technologique, la question scientifique sous-tendant ce travail concerne les propriétés potentiellement exceptionnelles des nanotubes de carbone du point de vue du transport des fluides. En effet deux contributions récentes ont mis en évidence une perméabilité géante des membranes constituées de nanotubes de carbone [Majumder et al., Nature 2005 ; Holt et al. Science 2006], bien au delà de ce qui est attendu sur la base des approches usuelles, et proche des perméabilités exhibées par les pores biologiques de type aquaporin. De plus ces travaux suggèrent le caractère spécifique des nanotubes de ce point de vue. Cela soulève la question de la dynamique de l'eau dans des confinements extrêmes, et le rôle spécifique des interfaces graphitiques en tant que surfaces superlubrifiantes.

Ces résultats restent intrigants par de multiples aspects et non compris jusqu'à maintenant. Ils reposent de plus sur l'analyse de la perméabilité d'une membrane constituée d'une collection

macroscopique de nanotubes de carbone. Il est donc essentiel de franchir une étape supplémentaire, au-delà de ces premiers travaux : cela passe par l'investigation d'un seul nano-objet, i.e. des propriétés de transport fluide dans un nanotube de carbone individuel. C'est à ce prix que les propriétés de ces nanomatériaux pourront être comprises et exploitées. Un tel projet n'a pas encore été réalisé jusqu'à maintenant. Notre programme de recherche vis donc à répondre à cette question et à caractériser les propriétés de transport fluide et ionique de l'eau dans un nanotube de carbone individuel. Par ces échanges entre investigation expérimentale, théorie et simulations moléculaires nous obtiendrons ainsi une compréhension fondamentale poussée de leurs propriétés nanofluidiques, permettant d'envisager et d'optimiser leur rôle dans les futures applications dans les domaines de l'énergie et de la désalinisation. En particulier cela nous permettra d'explorer le potentiel, a priori exceptionnel, de ces systèmes en termes de transformation d'énergie mécanique en énergie électrique.

Partenaires

Laboratoire de Physique de la Matière Condensée et Nanostructures (partenaire coordinateur)
Laboratoire de Physique de la Matière Condensée et Nanostructures
GULLIVER
Laboratoire de Photonique et de Nanostructures

Coordinateur

Lydéric Bocquet – Laboratoire de Physique de la Matière Condensée et Nanostructures
lbocquet@lpmcn.univ-lyon1.fr

Aide de l'ANR

779 954 €

Début et durée

Décembre 2009 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-018

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

MILESTONE : Emissions microondes d'un oscillateur à transfert de spin : largeur de raie et bruit de phase associé

Résumé

Ce projet de recherche fondamental a pour but d'étudier l'origine physique de la largeur de raie de l'émission radiofréquence d'un nouveau type d'oscillateur RF basé sur l'électronique de spin : le 'Spin Torque Nano-Oscillator' (STNO). Un STNO exploite le phénomène de transfert de spin qui se manifeste lorsqu'un courant polarisé en spin est injecté dans une nanostructure magnétique de dimension latérale inférieure à ~ 100 nm. L'accordabilité en fréquence de ce composant (de quelques centaines de MHz jusqu'à quelques GHz) combiné avec sa compacité extrême et son faible temps de réponse (quelques ns) le rend extrêmement attractif pour les Télécommunications du futur. En effet la technologie de référence basée sur les VCO (Voltage Controlled Oscillators) ne permet pas d'adresser facilement la problématique d'un récepteur opportuniste pour les applications futures car les composants utilisés (basés sur des résonateurs L,C) souffrent d'un manque intrinsèque de flexibilité (accordabilité $< 10\%$) et sont gourmands en silicium (surface des inductances $> 0,1$ mm²). Par contre, dans le cas des STNOs, les largeurs de raies observées jusqu'à présent (quelques MHz à quelques centaines de MHz) limitent leur intégration dans les synthétiseurs de fréquence. De plus, l'origine physique de ces largeurs de raies est méconnue. Le but de ce projet est donc d'apporter une vision claire sur les mécanismes fondamentaux qui contribuent à la largeur de raie et qui limitent la cohérence temporelle des émissions RF des STNOs. Les points les plus importants à étudier seront : (i) d'identifier les deux contributions à la largeur de raie que sont le bruit de phase intrinsèque et celle des fluctuations de fréquence, (ii) de caractériser l'échelle de temps associée et (iii) de déterminer le rôle que peuvent jouer l'activation thermique et les propriétés de l'oscillateur (empilement magnétique, propriétés de transport, couplage intercouches, etc.). En outre, la fréquence des oscillateurs STNOs dépend de manière non-linéaire de l'amplitude d'oscillation de l'aimantation. En conséquence, il sera important de caractériser les propriétés et paramètres non-linéaires des oscillateurs STNOs et leurs conséquences sur la pureté spectrale des émissions microondes.

Outre les études en domaine fréquentiel, utilisées essentiellement à ce jour, nous visons dans le cadre de ce projet de mettre en place des techniques de mesures dérivées des caractérisations des VCO. Ce sont tout d'abord des mesures en domaine temporel (de type mono-coup, 25 ps de résolution) permettant d'identifier les fluctuations de fréquences, de caractériser leurs temps de cohérence et la corrélation entre les fluctuations d'amplitudes et de fréquences. Le but final, qui représente un verrou technologique important, sera de réaliser des mesures de bruit de phase en utilisant un analyseur de signaux. Bien qu'utilisé de façon routinière pour la caractérisation de composants RF standards, cette mesure n'a jamais été réalisée pour un STNO. Une telle caractérisation serait non seulement une première pour la communauté scientifique en spintronique mais également une mesure clef pour faire une comparaison des performances des STNOs vis-à-vis des VCO et autres candidats potentiels de remplacement.

Partenaires Laboratoire "SPINtronique et technologie des composants"
(partenaire coordinateur)
CEA-Institut LETI

Coordinateur Ursula Ebels - Laboratoire "SPINtronique et technologie des composants"
ursula.ebels@cea.fr

Aide de l'ANR 505 854 €

Début et durée Mars 2010 – 36 mois

Référence ANR-09-NANO-037

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	MISS : Contrôle et étude de l'interaction entre deux molécules déposées sur une surface
------------------------	--

Résumé

Le projet MISS se propose d'étudier d'une part en détail les processus physiques fondamentaux qui régissent les interactions entre deux molécules déposées sur une surface et d'autre part d'appliquer ces résultats à la transformation d'un auto-assemblage supramoléculaire en un assemblage covalent avec un minimum de défauts et une bonne stabilité en fonction de la température. Toutes les expériences seront menées sous ultra-vide et à température variable.

La première partie du projet sera consacrée à l'étude de la formation d'une liaison covalente entre deux molécules individuelles déposées sur différents type de surface. La création de la liaison pourra être induite par un stimulus extérieur (chauffage, excitation lumineuse, champ électrique etc.). Afin d'étudier le rôle de l'interaction molécules/substrat sur les formations des liaisons covalentes choisies, les travaux seront réalisés sur des substrats métalliques (Au(111)), isolants (NaCl(001)/métal) et semi-conducteurs (Si(111)-B).

Ensuite, il s'agira de déterminer les hypothèses mécanistiques en réalisant une étude complète des perturbations structurales et électroniques de deux molécules avant et après la formation des liaisons covalentes pour chaque type de substrat. Compte-tenu des échelles de temps des méthodes expérimentales, nous n'étudierons pas la dynamique des processus mais uniquement les états initiaux, les intermédiaires réactionnels stables et les produits finaux. Pour ce faire, nous comparerons les images STM des deux réactifs séparés avant la formation des liaisons à celles du produit final. Puis, des mesures spectroscopiques de type STS à très basse température seront effectuées pour comparer les densités d'état des molécules avant et après transformation. Finalement, la répartition et le transfert de charge seront également étudiés par microscopie à force Kelvin (KPFM) par comparaison entre l'état initial et l'état final. Une approche complémentaire en fonction de la température sera menée pour chacun des couples substrats/réactifs.

Ainsi, la formation et donc l'observation par STM, la caractérisation spectroscopiques (STS) et la cartographie des charges (KPFM) in situ d'intermédiaires réactionnels seront possibles. Ces informations seront fondamentales pour élucider

les mécanismes réactionnels. L'analyse de la formation d'une liaison covalente sera étudiée par spectroscopie de photoélectrons des niveaux électroniques de cœur et de valence des deux réactifs. Les études de photoémission se feront d'une part sur le dispositif expérimental très performant de l'équipe "Surface et spectroscopies" à NANCY mais également sur la ligne CASSIOPEE du Synchrotron SOLEIL.

Parallèlement à l'étude expérimentale, des simulations numériques des systèmes considérés seront réalisées par méthodes utilisant la théorie de la densité fonctionnelle afin de déterminer les conformations moléculaires, les sites d'adsorption, les types de liaison, les densités d'état et de comparer ces résultats avec les observations expérimentales.

Dans la deuxième partie du projet, un grand nombre de molécules auto-assemblées par des interactions supramoléculaires sera considéré en vue d'étudier la transformation de cet auto-assemblage en assemblage covalent par stimuli externes (variation de la température, rayonnement UV etc.). En se fondant sur les résultats des investigations de la première partie, le choix des conditions expérimentales (nature des réactifs et du substrat, température, etc.) sera optimisé afin que la croissance de l'assemblage soit parfaitement maîtrisée pour limiter ses défauts. Cette étape sera analysée par les mêmes techniques expérimentales que celles décrites précédemment (STM, STS, KPFM). La formation d'éventuels sous-produits pourra être détectée en temps réel et in situ par des techniques de spectrométrie de masse. La stabilité des assemblages covalents en fonction de la température sera étudiée systématiquement par STM.

Partenaires

Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille (partenaire coordinateur)
Institut Jean Lamour (Matériaux - Métallurgie - Nanosciences - Plasmas - Surfaces)
Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique- Sciences et Technologies
Institut de Sciences des Matériaux de Mulhouse

Coordinateur

Claude Henry - Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille
henry@cinam.univ-mrs.fr

Aide de l'ANR

606 796 €

Début et durée

Février 2010 – 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-038

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	MOCCA : Architecture d'émetteur microonde à nanotubes de carbone contrôlée optiquement
-----------------	---

Résumé

Les senseurs RF/millimétriques de nouvelle génération, tels que requis pour les applications dans les domaines de sécurité aéronautique, de management de santé des systèmes embarqués, comme par exemple la vision synthétique augmentée devront posséder des performances accrues en termes de bande passante, de fréquence de fonctionnement, de miniaturisation et de consommation réduite. Le projet MOCCA vise à surmonter les performances des éléments essentiels intervenant dans des front-ends émission/réception microondes, par réalisation de fonctions RF/millimétriques à base de Nanotube de carbone (CNT).

Le projet MOCCA propose l'intégration des propriétés électriques et optiques de CNTs semi-conducteurs présents dans la structure d'un CNT-FET dans le but de démontrer des fonctionnalités haute fréquence, telles que l'amplification de signaux micro-ondes par la première réalisation d'amplificateur RF à base de CNTs sous contrôle optique interconnecté à l'émission de ces signaux par des nano antennes à base de CNT. Ces dispositifs découlent de l'expérience du consortium franco-singapourien pour le projet MOCCA dans la conception, la modélisation, la réalisation et la caractérisation de nano composants, bénéficiant du comportement semiconducteur des CNTs fournissant d'excellentes propriétés électriques telles que mobilité des porteurs, propriétés thermiques en termes de coefficient de dissipation thermique et propriétés optiques en terme de coefficient d'absorption dans les fenêtres spectrales industrielles allant de 0.8 μ m à 1.55 μ m. L'innovation scientifique est liée au contrôle optique d'un FET à base de CNTs, devant augmenter sa transconductance à l'état ON par photogénération de porteurs de charge à l'intérieur du canal à CNTs (photoconductivité), et devant ajouter un degré de liberté au niveau de la modulation du transport de ces porteurs, uniquement contrôlé par la tension de grille aujourd'hui, par une commande à une longueur d'onde centrée autour de 1.55 μ m.

Ainsi, un contrôle optique ultrarapide du gain intrinsèque de ce transistor monté en amplificateur grâce à l'ajout de circuits d'adaptation en entrée et en sortie de ce composant, intégrés sur wafer de Si, est envisagé pour un fonctionnement à une

fréquence centrale de 30 GHz pour les applications visées.
 Enfin le projet MOCCA vise à la définition et à la réalisation de nouveaux modèles d'antennes à base de CNTs, prenant en compte les éléments d'interconnexion entre amplificateur et antenne, au niveau du couplage entre les éléments rayonnants et de leur nombre pour une émission efficace pour des applications allant du gigahertz au terahertz.
 Le projet MOCCA validera sur un démonstrateur les performances du premier nano module d'antenne émission/réception hyperfréquence/millimétriques commandé optiquement.

Partenaires

Laboratoire d'Electronique et d'Electromagnétisme (partenaire coordinateur)
 Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie
 SART
 Ingénierie Mathématique et Calcul Scientifique
 ADVANTEN
 Thales Technical Center Singapore
 Nanyang Technological University

Coordinateur

Charlotte Tripon-Canseliet - Laboratoire d'Electronique et d'Electromagnétisme
charlotte.tripon-canseliet@upmc.fr

Aide de l'ANR

689 394 €

Début et durée

Avril 2010 – 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-045

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet **NABIS : Imagerie Nanométrique Biomédicale et spectroscopie**

Résumé

Le suivi de biomolécule unique permet de révéler des paramètres cruciaux sur des processus dynamiques, données non accessibles par des mesures d'ensemble, et qui donc constitue un enjeu majeur. La microscopie optique classique implique des études à des concentrations pico à nanomolaires, afin de pouvoir isoler des molécules uniques dans le volume d'observation. Ce confinement est également un atout déterminant pour l'étude d'hétérogénéités cellulaires sub-longueur d'onde jouant un rôle majeur dans de nombreux processus biologiques.

Cependant, les conditions réalistes en milieu intracellulaire par exemple, imposent souvent des concentrations micromolaires, ce qui implique donc une réduction importante du volume d'observation conventionnel par trois ordre de grandeur. Nous proposons une approche originale couplant la corrélation de fluorescence (FCS), outil performant pour extraire des informations sur la dynamique de molécule unique, et les substrats plasmoniques nanostructurés induisant de fortes exaltations de champ et un confinement sur leur surface. Ces singularités électromagnétiques à l'échelle du nanomètre, appelée 'hotspot', sont liées aux propriétés optiques des plasmons de surface.

Ils fournissent une excellente approche pour étudier la dynamique de molécule unique pour des concentrations élevées en réduisant de façon très importante le volume d'excitation et en augmentant le signal de fluorescence de plusieurs ordres de grandeur. Dans ce projet, les substrats nanostructurés seront obtenus à partir de faisceaux de fibres par des méthodes de wet-ech couverts par un film métallique fin. Cette technique est simple et très reproductible. Elle permet de produire des surfaces « nanofakir » couvrant une large variété de topographie de surface, en ajustant la densité des hotspots, leur position et leur taille.

Le lien entre la morphologie du film et la carte de fluorescence sera étudiée en détails via des simulations et des études expérimentales de microscopie de fluorescence sous excitation mono ou biphotonique couplée à l'imagerie de durée de vie de fluorescence. Afin d'améliorer l'acquisition, nous étudierons

également la possibilité de paralléliser la mesure FCS en plusieurs hotspot, ceci étant permis grâce à la forte exaltation liée à la nature des substrats. Les performances prometteuses de cette nouvelle technique d'imagerie seront démontrées par son application à l'étude d'un problème biologique majeur. La concentration du cholestérol est maintenant bien connue pour jouer un rôle majeur dans la maladie d'Alzheimer mais les interactions en jeu ne sont pas encore comprises. Les structures lipidiques nanométriques appelées radeaux lipidiques sont ainsi supposées un rôle très important.

En permettant le suivi dynamique des molécules uniques à l'échelle nanométrique, la FCS-hotspot devrait apporter des réponses majeures à cette problématique. Ce projet a été soumis l'an passé et a été loué par le comité pour son originalité. Dans la présente version de ce projet, nous avons répondu au plus près aux remarques du comité en focalisant plus le sujet et les tâches sur l'aspect multiplexage de notre technique qui est très original par rapport aux techniques concurrentes. D'autre part, nous avons amélioré l'originalité de l'approche biologique de notre projet.

Partenaires

Institut Langevin "ondes et images" (partenaire coordinateur)
Laboratoire de Photophysique Moléculaire
Institut des Sciences Moléculaires
Centre de recherche de l'Institut du Cerveau et de la Moelle épinière

Coordinateur

Samuel Grésillon - Institut Langevin "ondes et images"
samuel.gresillon@espci.fr

Aide de l'ANR

481 624 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-029

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

Nano2E - Nano-Epistémo-Ethique : pour une éthique des nanotechnologies articulée à l'épistémologie

Résumé

Nano2E (Nano-Epistemo-Ethique) est un projet de recherche fondamental en philosophie dont l'ambition est de proposer une nouvelle philosophie des techniques à la mesure des enjeux soulevés par les nanotechnologies. Cette philosophie des techniques est assumée comme une « philosophie de terrain » : il s'agit de forger des concepts sur la base d'une étude fine des nano-objets de laboratoire, ce qui implique un va-et-vient ininterrompu entre l'élaboration conceptuelle et les enquêtes de terrain. Nano2E propose ainsi d'introduire des distinctions entre nano-objets à partir d'une meilleure détermination de leurs caractéristiques épistémologiques et, conjointement, de poser des questions éthiques spécifiques à chacun d'eux, suivant en cela une conviction qui est partagée par l'ensemble des partenaires et se trouve à l'origine du projet : une philosophie des techniques inspirée par les nanotechnologies ne peut pas dissocier les questions épistémologiques et éthiques. Il s'agit là d'un apport original de Nano2E, dans la mesure où cette conviction est loin d'être répandue dans la communauté philosophique. L'éthique sera ainsi traitée selon une démarche ascendante, à partir d'une investigation portant sur le « mode d'existence » des nano-objets de laboratoire et sur les procès de production de ces nano-objets, en se démarquant résolument des questions de gestion des risques et d'« acceptabilité sociale », mais aussi de toute idée d'« éthique appliquée » si l'on entend par-là une démarche descendante.

Au plan conceptuel, Nano2E entend développer une approche « technologique » des nano-objets, au sens que le philosophe G. Simondon a donné à ce terme. Cette approche se caractérise par trois aspects essentiels : i) elle permet de décrire les nano-objets dans leur fonctionnement concret, en tenant compte des couplages qui se créent entre les objets et le milieu extérieur ; ii) elle fait valoir qu'une clarification épistémologique des nano-objets produits implique une prise en compte de leur mode de production ; iii) elle permet de soutenir que la réflexion concernant le sens et les valeurs de la recherche doit être arrimée à une analyse épistémologique.

Au plan méthodologique, Nano2E est dédié aux objets auto-assemblés et aux stratégies d'auto-assemblage. Les nano-objets auto-assemblés hybrides, parce qu'ils interfacent de l'organique et de l'inorganique, des procès naturels et des schèmes technologiques, constituent un terrain de choix pour les remaniements philosophiques dont Nano2E a l'ambition. Ils se révèlent en particulier propices pour faire émerger un questionnement éthique informé par une analyse épistémologique.

L'ambition de Nano2E n'est pas seulement scientifique, elle est aussi de recherche-action : Nano2E est motivé par la conviction que la philosophie a un rôle essentiel à jouer dans la « régulation » des nanotechnologies, mais que ce rôle doit être mieux précisé afin d'éviter les malentendus : i) la « régulation » de la recherche en nanotechnologies ne peut pas se limiter à la prise en compte des risques environnementaux, sanitaires et de sécurité, mais doit traiter d'autres enjeux, plus discrets sans doute, mais essentiels parce qu'ils engagent la condition humaine ; ii) le philosophe n'a pas pour vocation d'édicter des règles de comportement à destination des scientifiques, de proposer des kits de critères d'évaluation « prêts à l'emploi ou, pire, de fournir un peu de réflexivité aux sciences dites dures afin de les rendre « socialement acceptables » et plus productives ; iii) la philosophie ne peut contribuer à « réguler » utilement la recherche en nanotechnologies que si elle associe étroitement les deux sortes d'investigation, épistémologique et éthique, en partant des nano-objets effectivement produits au laboratoire.

Partenaires

Unité de Recherche "Philosophies contemporaines" de l'Université Paris 1 (partenaire coordinateur)
Institut de Recherches Philosophiques : Dynamiques de l'invention philosophique, scientifique & artistique
Laboratoire "Recherches philosophiques : héritages, frontières, transitions" de l'Université de Montpellier 3

Coordinateur

Xavier Guchet – Unité de Recherche "Philosophies contemporaines" de l'Université Paris 1
xavier.guchet@univ-paris1.fr

Aide de l'ANR

248 000 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-001

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

NANODIELLIPSO - Nanoparticules, fonctions diélectriques et ellipsométrie

Résumé

Dans ce projet de recherche industrielle, nous nous proposons de fournir un logiciel d'analyse de données ellipsométriques capable d'extraire aussi simplement que possible les propriétés optiques effectives de matériaux composites à base de nanoparticules (NPs) et de là, remonter aux paramètres de la nanostructure. La grande variété d'applications de ces matériaux (de l'électronique à la cosmétique en passant par la photonique) est intimement liée au grand nombre de combinaisons possibles de formes et natures des nanoparticules, de leur environnement et de l'organisation des nanoparticules dans cet environnement. Le produit final de ce projet prendra en compte nombre de ces combinaisons et aura ainsi un champ d'application vaste. En particulier, la possibilité d'analyser les matériaux à permittivité et perméabilité négatives (matériaux dits "mains gauche") sera intégrée en priorité. L'objectif premier du projet est de travailler sur l'aspect permittivité, avec un objectif à plus long terme, celui de préparer l'analyse de ces matériaux, d'où la nécessité de travailler également sur une formulation de l'ellipsométrie à μ différent de 1.

Le logiciel final sera en continuité avec le logiciel commercial actuel, mais cette "mise à jour" demande un effort scientifique en profondeur. Les modèles actuels de traitements de données ellipsométriques sont basés sur des fonctions diélectriques issues de la physique et de l'optique des solides (donc propriétés en masse), sur des lois de mélanges classiques (Maxwell-Garnett, Bruggeman...) et enfin sur une perméabilité magnétique relative égale à 1. Ils ne sont pas adaptés à l'analyse des matériaux composites à base de NPs dont la réponse à une sollicitation optique est fortement dépendante de la forme de la nanoparticule, de sa nature, de sa concentration et de son environnement, en particulier dans le cas des résonances de plasmon dans les NPs métalliques. Or ce sont ces paramètres physiques "parlant" que nous souhaitons avoir comme entrée dans le logiciel de modélisation, afin de le rendre accessible à une majorité d'utilisateurs.

Nous aurons une approche à deux niveaux menés en parallèle, une approche "modèles" qui devra fournir une bibliothèque de

fonctions diélectrique effective de ces matériaux et qui sera intégrée dans le code du logiciel et une approche expérimentale qui devra préparer des échantillons test pour valider les résultats du volet "modèle". Ces deux volets sont eux-mêmes à deux niveaux. Le niveau "modèle" doit en effet d'une part préparer une bibliothèque de tenseurs de polarisabilité des NPs avec pour paramètres les caractéristiques physiques (forme, taille, nature) de ces dernières, et d'autre part s'attaquer au problème de la notion de milieu effectif pour des grandes concentrations d'inclusions anisotropes et organisées ou non dans une matrice (loi courantes non applicables) et celui de la limite 2D / 3D.

Quant au niveau expérimental, il faudra d'une part synthétiser et caractériser les NPs et d'autre part préparer différentes matrices et caractériser, par des méthodes différentes de l'ellipsométrie, des échantillons dont la structure doit être parfaitement maîtrisée. Ces échantillons serviront de tests pour valider les nouveaux modèles incorporés dans le logiciel.

Pour mener à bien ce projet, nous avons réunis des compétences en ellipsométrie (HJY, UCCS-Artois), en caractérisation des et propagation dans les systèmes anisotropes (UCCS-Artois), en modélisation des propriétés physiques de NPs et plasmonique (CRPP, INSP), en synthèse de NPs (CRPP, INSP), en préparation de système auto-assemblés et auto-organisés (CRPP, INSP).

Partenaires

Unité de Catalyse et Chimie du Solide - Site de Lens
(partenaire coordinateur)
Institut des Nanosciences de Paris
Centre de Recherche Paul Pascal

Coordinateur

Marc Warengthem - Unité de Catalyse et Chimie du Solide - Site de Lens
marc.warengthem@univ-artois.fr

Aide de l'ANR

1 013 160 €

Début et durée

Décembre 2009 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-003

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

Nanoexpectation : Construire des anticipations et des marchés dans les nanotechnologies

Résumé

L'ambition du projet est de lever une partie des interrogations portant sur les dynamiques de développement des nanotechnologies à partir de l'étude de dynamiques locales. L'étude des modèles économiques dans les nanotechnologies, de l'organisation des formations en nanotechnologies et de la manière dont se forment les anticipations permet de mieux comprendre les mécanismes qui permettent aux acteurs d'investir.

L'objet du projet Nanoexpectation est d'étudier les modalités de traduction entre les marchés futurs et le travail conduit par les acteurs au jour le jour en analysant comment les acteurs se projettent dans le futur. Pour ce faire, nous avons choisi trois situations dans lesquelles les acteurs forgent et confrontent leurs anticipations : la définition de nouveaux modèles économiques liés aux nanotechnologies, la conception de nouvelles formations sur les nanotechnologies, et enfin l'émergence de nouveaux lieux de confrontation des anticipations quand les nouvelles technologies reposent sur plusieurs domaines scientifiques différents (REACH, conférences, projets mais aussi association internationale comme l'ITRS ou ICON par exemple). L'analyse de ces trois objets intermédiaires produira des connaissances originales et apportera une meilleure représentation de la dynamique de développement des nanotechnologies.

Pour analyser et décrire ces trois situations, le projet adopte une posture empirique. L'analyse se focalise sur trois objets intermédiaires que les acteurs manipulent quand ils s'engagent dans les technologies émergentes. Il propose un dispositif de recueil et d'analyse fondé sur la comparaison entre pays (France / Corée du Sud). Le choix de la Corée du Sud tient à la fois aux nombres de clusters constitués dans ce pays et au taux de croissance du nombre de publications qui reste l'un des plus fort dans le monde. L'analyse s'appuiera également sur une méthode de recherche qui permet aux personnes engagées dans l'action d'être acteurs et de faire évoluer leur représentation en créant un espace de confrontation de leurs visions du futur.

En proposant une variété de vecteurs de communication, ce projet renouvelle le dialogue avec les acteurs : vecteurs

traditionnels comme les articles dans les revues professionnelles, workshops. vecteurs innovants avec les films qui servent de support au dialogue et qui seront diffusés sur Dailymotion ou Youtube. Un site web permettra d'élargir encore les occasions d'échanges autour de supports variés, films, études de cas, articles et workshops.

Partenaires

Centre pour l'Innovation Technologique Entrepreneuriale de Grenoble Ecole de Management (partenaire coordinateur)
Laboratoire "Politiques publiques, action publique et territoire"
Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés

Coordinateur

Corine Genet - Centre pour l'Innovation Technologique Entrepreneuriale de Grenoble Ecole de Management
corine.genet@grenoble-em.com

Aide de l'ANR

292 968 €

Début et durée

Mars 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-032

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

nanoFRET² : Adressage sub-cellulaire de sondes nanoFRET pour l'imagerie de nanodomains ioniques dans des cellules vivantes

Résumé

L'édition 2005 de l'ANR PNANO nous a permis de faire la première démonstration de la fonctionnalité de nanosenseurs formés par une paire donneur /accepteur couplée par l'émission FRET entre un nanocristal et une sonde sensible à un cation (Ca^{2+} ou H^{+}). Ce sont 6 publications et un brevet issu du consortium nous ont permis de caractériser les paramètres physiques qui contrôlent l'intensité du FRET. Cependant ce travail a aussi mis en évidence trois limitations majeures de ce système en particulier pour son application à des études biologiques sur cellules vivantes. Le premier et principal facteur limitant est la grande variabilité des nanocristaux commercialisés avec pour conséquence une faible reproductibilité d'un lot à l'autre, et une grande dispersion à l'intérieur d'un même lot. Ce problème est en fait bien connu de la communauté des nanosciences, mais à l'exception des conditions de synthèse bien contrôlées développées par certains laboratoires, la question n'a pas été abordée de face.

Dans le projet nanoFRET2, en multipliant les sources et les caractéristiques (en terme de fonctionnalisation, de chimie de surface et du polymère enveloppe pour conférer un caractère hydrophile aux NCs) des NC utilisés, nous nous libérerons de la dépendance vis à vis des sources commerciales et nous rationaliserons notre approche en déterminant systématiquement les paramètres qui affectent performance et stabilité des NCs. 2) Les techniques permettant de purifier ou séparer des nanosenseurs sont en nombre très limitées étant donné la faible quantité de matériel dont on dispose en général. Dans nanoFRET2, nous projetons de développer une séparation entre NC silencieux et fluorescent puis entre paires donneur/accepteur donnant lieu ou non à une émission FRET. 3) Enfin, un des enjeux majeurs est de développer une technique de pénétration intracytoplasmique des NCs dans des cellules vivantes. Dans le projet nanofret2, nous allons explorer la possibilité d'une translocation cytoplasmique des NC fonctionnalisés grâce à des peptides pénétrant les cellules (CPP).

Surmonter ces trois difficultés est d'intérêt général pour l'ensemble de la communauté en nanobiophotonique, mais est spécialement important pour la détection de nanodomains qui repose sur l'utilisation des propriétés de particules uniques. La présence de nanosenseurs "silencieux" grèvent lourdement la fiabilité des mesures.

Pour répondre à ces différents points, nous avons élargi notre consortium précédent à deux groupes d'expertise complémentaire sur les peptides basiques capables de traverser des membranes et d'entraîner des NCs vers le milieu cytoplasmique. Le chimiste des peptides Gérard Chassaing a une expertise de 15 années dans ce domaine et a découvert la pénétratine le CPP le plus populaire à ce stade. Il a aussi l'expérience de la fonctionnalisation des nanodiamants et NP magnétiques. Dans le présent projet il recherchera le peptide de longueur minimale permettant une bonne translocation d'un NC. L'approche de Michel de Waard est d'utiliser les propriétés d'une toxine CPP naturel, la maurocalcine. La suppression de cette activité « toxine » doit permettre de construire un CPP particulièrement efficace pour un adressage vers des cibles intracellulaire variées. A l'échelle internationale, le succès de notre projet précédent nous a permis d'établir une collaboration avec I. Medintz (Naval Research Laboratory, Bethesda, USA), élargissant ainsi notre réseau de compétence en nanoscience à un partenaire nord-américain, ainsi qu'avec Horst Weller (Hambourg, Allemagne), un spécialiste en matière de synthèse de nNC. Nous associons aussi au présent projet une compagnie de chimie de synthèse suisse Synphabase qui fera les synthèses à façon des accepteurs de FRET construits dans le projet précédent, et qui rendra possible la dissémination de ces composés à la communauté scientifique en tant que commercial. La compagnie de photonique T.I.L.L. basée à Munich nous aidera dans le développement de détecteurs très sensibles de nanocapteurs avec émission de FRET dans des cellules vivantes.

Partenaires

Laboratoire des biomolécules - Site ENS (partenaire coordinateur)
Laboratoire "Neurophysiologie et nouvelles microscopies"
Institut de Biologie de l'Ecole Normale Supérieure
Centre de Recherche INSERM "Grenoble Institut des Neurosciences"
Biophotonik
SynphaBase AG
TILL-ID

Coordinateur

Jean-Maurice Mallet - Laboratoire des biomolécules - Site ENS
Jean-Maurice.Mallet@ens.fr

Aide de l'ANR

792 846 €

Début et durée	Avril 2010 – 36 mois
Référence	ANR-09-NANO-044
Label pôle	

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

NanoPDT : Nouveaux systèmes de nanoparticules hybrides à absorption multiphotonique pour la photothérapie à haute résolution spatiale

Résumé

Le projet de recherche interdisciplinaire NanoPDT a pour objet l'élaboration de nano-objets à base de polymères multifonctionnels, de nanoparticules métalliques et de chromophores biphotoniques permettant à terme, le ciblage, la visualisation et la destruction de tumeurs cancéreuses par voie de photothérapie dynamique. La photothérapie dynamique est une alternative prometteuse à la chimiothérapie et à la radiothérapie, basée sur l'utilisation de chromophores photo-actifs qui, sous excitation, produisent de l'oxygène singulet cytotoxique. La photothérapie dynamique a récemment été utilisée en clinique pour induire la destruction de tumeurs. Elle procède par destruction directe des tumeurs, par endommagement des vaisseaux associés aux tumeurs et par activation de la réponse immune contre les cellules tumorales. Cependant, aucun photosensibilisateur commercial n'est basé sur des chromophores bi-photon.

Les avantages de la technique bi-photon (absorption simultanée de deux photons) sont la faible absorption par les milieux biologiques de l'excitation bi-photon, sa résolution, sa plus grande profondeur de pénétration et l'absence de photo-blanchiment. La présence de particules métalliques à proximité des photosensibilisateurs doit permettre une amélioration de l'absorption par des phénomènes d'exaltation de champs électromagnétique (résonance plasmon). L'influence de la forme et la taille des nanomatériaux (sphères, bâton, capsules) sur l'efficacité dans la génération d'oxygène singulet sera étudiée.

Le type de mort cellulaire (ainsi que la dynamique et les mécanismes) associé à de tels photosensibilisateurs sera étudié et leur efficacité à induire la mort tumorale sera évalué.

Partenaires

Laboratoire "Multimatériaux et Interfaces" (partenaire coordinateur)
Laboratoire de Chimie
Laboratoire "Ingénierie des Matériaux Polymères"
Laboratoire de Spectrométrie Physique
Laboratoire "Spectrométrie ionique et moléculaire"
Unité INSERM "Immunité Infection Vaccination"

Coordinateur	Stéphane Parola - Laboratoire "Multimatériaux et Interfaces" stephane.parola@univ-lyon1.fr
Aide de l'ANR	738 852 €
Début et durée	Mars 2010 - 36 mois
Référence	ANR-09-NANO-027
Label pôle	LYON BIPOLE

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

NANOSIM_GRAPHENE : Simulation des Nano-matériaux et Nanodispositifs à base Graphène : Approches multi-échelles

Résumé

Le projet NANOSIM_GRAPHENE a pour cible la mise en place d'une méthodologie de simulation quantique multi-échelles des nanomatériaux et nanodispositifs à base de graphène. L'ambition du projet est de développer une dynamique collective de recherche de pointe et d'accéder à une position de leadership international sur ce type de nanomatériaux, grâce au développement d'outils de simulation numérique avancés, donnant accès et à la caractérisation fine du matériaux via la simulation STM, et à l'exploration des performances des nanodispositifs, ainsi que leur potentiel d'innovation.

Le consortium réunit des partenaires académiques experts dans les différentes techniques de simulation quantique (ab initio, formalismes de fonction de Green appliquées au transport quantique, simulation des nanodispositifs, simulation STM, approches analytiques). Un objectif important de NANOSIM_GRAPHENE sera de contraster différents niveaux d'approximation et de développer des méthodes multi-échelles (combinant ab initio et liaisons fortes) pour maximiser le réalisme et la capacité prédictive des outils de simulation quantique.

Ceci permettra d'évaluer le potentiel réel du graphène pour différents types d'applications technologiques, incluant les circuits logiques, la spintronique ou des nanocapteurs chimiques. Les calculs seront également confrontés aux expériences menées dans les différents laboratoires nationaux (Institut Néel, LPS Orsay, CEA LETI) qui sont en contact étroit avec les partenaires du projet. Enfin, certains développements méthodologiques seront réalisés conjointement avec un partenaire industriel NANOTIMES spécialisé dans les outils de simulation STM/AFM, qui pourra ainsi incorporer de nouvelles extensions à ses logiciels commerciaux, proposant une interface plus accessible pour une plus large communauté d'utilisateur.

Partenaires

CEA - Institut Nanosciences et Cryogénie - Service de Physique des Matériaux et Microstructures (partenaire coordinateur)
Institut d'Electronique Fondamentale

Institut Néel
Institut des Matériaux Jean Rouxel
Laboratoire de Physique des Solides
NANOTIMES

Coordinateur

Stéphane Roche - CEA - Institut Nanosciences et Cryogénie -
Service de Physique des Matériaux et Microstructures
stephan.roche@cea.fr

Aide de l'ANR

1 198 000 €

Début et durée

Décembre 2009 - 48 mois

Référence

ANR-09-NANO-016

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	NanoThermIC : Nanostructure orientés pour la gestion thermique haute performance des systèmes de communication intégrés
------------------------	--

Résumé

Les performances et le fonctionnement des dispositifs micro-ondes et électro-optiques, des circuits et des sous-systèmes actuellement utilisés dans les systèmes de communication modernes, y compris de communication fixes et mobiles ainsi que des applications cellulaires terrestres, sont considérablement affectées par les effets thermiques.

Les circuits microondes Intégrés et les systèmes électro-optiques génèrent de grandes quantités de chaleur qui doivent être extraites afin d'assurer un fonctionnement fiable et sécurisé des composants de puissance ainsi qu'un bon rendement. Les technologies actuelles ne permettent pas d'évacuer la chaleur par la surface du composant car celle-ci est recouverte de films diélectriques peu conducteurs de chaleur (matériaux type SiO₂, SiN_x) qui constituent des barrières thermiques importantes. Le projet NanoThermIC propose de développer des nanostructures orientées conductrices de la chaleur en remplacement des films conventionnels pour assurer une évacuation de chaleur très efficace sur la surface du composant. Ces nanostructures orientées constituent des drains et diffuseurs thermiques implantés au plus proche des sources de chaleur et points chauds des composants. Elles sont formées de nanotubes - nanowalls encapsulés dans des matrices diélectriques très conductrices (AlN, cBN) élaborées par des procédés plasmas (PVD et PECVD) couramment utilisés dans l'industrie du semi-conducteur.

Un des objectifs de ce projet est d'optimiser les procédés de synthèse des nanostructures pour trouver les paramètres les meilleurs compatibles avec les procédés de fabrication des composants industriels. Les performances thermiques des nanostructures seront étudiées grâce à des structures tests spécifiques et des micro- nano-capteurs thermiques originaux. Les mesures seront confrontées aux caractéristiques structurales des matériaux et aux paramètres caractéristiques des procédés d'élaboration.

Des nanostructures optimisées seront intégrées dans des Lasers à Cascade Quantique (QCL) et des transistors à haute mobilité d'électrons (HEMT-GaN) et testées en situation réelle. La

réduction drastique de la température de fonctionnement devrait permettre d'accroître les performances de ces composants en puissance et en fiabilité.

En cas de réussite, cette innovation permettra de diviser la résistance thermique des composants par un facteur supérieur à deux et d'accroître les performances des dispositifs GaN-HEMT et InP-QCL. Il est prévu d'augmenter la puissance de sortie RF des transistors HEMT GaN de 3W/mm jusqu'à 5W/mm, tout en préservant l'efficacité de la puissance ajoutée (PAE). Pour répondre aux besoins industriels, il est par ailleurs prévu d'augmenter la taille des plaques fabriquées de 50mm à 100mm de diamètre. Le projet NanoThermIC doit permettre d'acquérir un savoir-faire et une expertise sur la fabrication et la caractérisation de nanostructures originales à hautes performances thermiques. Celles-ci seront évaluées par voie électrique, thermique, et optique, sur des structures tests et des composants en fonctionnement (QCL, HEMT). Les mécanismes d'endommagement ultimes des nanostructures seront par ailleurs étudiés sur composant en fonctionnement par des analyses de microscopie électronique à transmission et par microscopie thermique.

Ce projet de recherche sera mené par un consortium de quatre laboratoires (Institut des Matériaux de Nantes-Université de Nantes / LGMPA-Université de Nantes / GREMI-Université d'Orléans / Le Paul-Drude Institute for Solid State Electronics, Université de Berlin et la société THALES (III-V Lab), leader européen dans le domaine des composants micro-ondes et communications sans fil. Le consortium se compose de partenaires ayant une expertise reconnue dans les différents domaines concernés.

Partenaires

Institut des Matériaux Jean Rouxel (partenaire coordinateur)
Alcatel Thales III-V Lab
Laboratoire Génie des Matériaux et Procédés Associés
Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés
Paul-Drude-Institute for Solid State Physics

Coordinateur

Abdou Djouadi - Institut des Matériaux Jean Rouxel
abdou.djouadi@cnrs-imn.fr

Aide de l'ANR

918 902 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-024

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

NATIF : Nouvelles nanosources laser à émission spontanée et stimulée contrôlées pour la réduction du bruit d'intensité et de fréquence

Résumé

Le projet NATIF étudie le bruit dans des sources lasers semi-conductrices novatrices présentant de faibles bruits d'intensité et de fréquence.

Ces lasers seront des nanolasers à émission spontanée contrôlée, dans lesquels le couplage de l'émission spontanée au mode laser est grand. La théorie de tels nanolasers prédit une diminution importante des oscillations de relaxation et donc une forte diminution du bruit d'intensité relatif. De plus, de telles nanosources présentent une statistique de photons originale au niveau du seuil, que nous analyserons.

En parallèle, un second système étudié par le projet sera les VECSELS (mono ou bi-fréquence), qui constituent une source laser semiconductrice de choix pour l'étude du bruit d'intensité et de fréquence : les VECSELS, à la différence des lasers semiconducteurs standards, peuvent passer d'une dynamique de classe B à une dynamique de classe A et permettent donc de suivre continuellement l'évolution du bruit entre les deux modes de fonctionnement.

La compréhension et mise en œuvre de telles sources permettront de proposer des solutions technologiques nouvelles dans l'ingénierie de lasers semiconducteurs à bas bruit indispensables pour des applications telles que la photonique micro-onde, la métrologie ou la spectroscopie de précision. De plus, la compréhension et le contrôle du signal optique délivré par les nanolasers, en particulier en termes de bruit, sont des éléments clés dans un contexte de miniaturisation des sources à l'échelle nanométrique. De plus, la réalisation de ces sources requiert le développement de procédés de nanofabrication de pointe (épitaxie du milieu à gain, gravure de cristaux photoniques...) dont les retombées couvrent un large spectre (nanophotonique intégrée....).

Le projet rassemble quatre partenaires aux expertises reconnues et complémentaires, allant de la théorie à l'expérience, en passant par la nanofabrication. Leur collaboration renforcée par le projet constitue une garantie de succès.

Partenaires	Laboratoire de Photoniques et Nanostructures (partenaire coordinateur) Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules Laboratoire Aimé Cotton Institut d'Electronique du Sud
Coordinateur	Alexios Beveratos - Laboratoire de Photoniques et Nanostructures alexios.beveratos@lpn.cnrs.fr
Aide de l'ANR	537 992 €
Début et durée	Décembre 2009 - 36 mois
Référence	ANR-09-NANO-012
Label pôle	

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

PEPS : PELlet Photonic Sensor

Résumé

La détection de gaz suscite un grand intérêt pour faire face aux limitations d'émission d'agents polluants toujours plus restrictives. Bien qu'il existe déjà un grand nombre de capteurs sur le marché, nous proposons de développer un dispositif ultra sensible, sélectif, robuste, compact, réversible et ne nécessitant qu'un apport d'énergie limité.

L'objectif de ce projet est de réaliser un nouveau type de capteur optique et catalytique pour la détection du monoxyde de carbone (CO). Le principe est d'utiliser des poudres catalytiques nanométriques de composés intermétalliques qui présentent la particularité d'oxyder spécifiquement le CO en CO₂ de manière très exothermique. Les nanoparticules sont régénérées en fin de réaction comme tout catalyseur. Il est possible d'intégrer cette poudre dans une matrice sol-gel transparente et poreuse déposée en couche mince sur un composant photonique de manière à réaliser un « pellistor » optique. En présence de CO, l'élévation de température de la couche nanocomposite entraîne une modification de l'indice de réfraction de l'élément guidant du composant sur lequel elle est déposée. L'intensité lumineuse récoltée à la sortie du dispositif va donc varier.

Cette solution est très innovante car le capteur fonctionne sans apport d'énergie et est réversible et spécifique, de part l'aspect catalytique du matériau actif. De plus, elle évite d'utiliser un matériau sensible déposé en couche mince par des techniques compliquées. Surtout, elle ne nécessite pas de bonnes propriétés optiques (transparence, planéité, ...). Enfin, les phénomènes de résonance optique dans le composant photonique confèrent au capteur une très grande sensibilité, ainsi que la possibilité de déporter la mesure sur un lieu potentiellement dangereux par l'intermédiaire d'une fibre optique.

Le projet conduira à la réalisation d'un démonstrateur de principe. Le système envisagé est pour l'instant dédié à la détection de CO car les poudres ont déjà été largement caractérisées. Mais il est possible d'envisager l'étude d'autres poudres pour la détection d'autres gaz à application industrielles, environnementales ou industrielles importante

(hydrocarbures pour la pétrochimie, ozone, ...).
 es poudres seront réalisées par SYMME et caractérisées par IRCELYON. La conception de composants sera réalisée par l'IES et KLOE et caractérisés par l'IN2MP. L'ensemble du consortium conclura quant l'applicabilité du principe physique. Il sera indispensable pour cela de compléter les équipements de chaque partenaire, ainsi que de recruter des thésards et/ou des post-doctorants pendant la durée du projet.

Partenaires

Laboratoire SYstèmes et Matériaux pour la Mécatronique
 (partenaire coordinateur)
 Institut d'Electronique du Sud
 Institut de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon
 KLOE S.A.
 Institut des Matériaux, de Microélectronique et des Nanosciences de Provence - Site de Saint Jérôme

Coordinateur

Thomas Mazingue - Laboratoire SYstèmes et Matériaux pour la Mécatronique
thomas.mazingue@univ-savoie.fr

Aide de l'ANR

943 999 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-015

Label pôle

OPTITEC

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet **phoXcry - Cristaux phoXoniques en niobate de lithium**

Résumé

L'objectif du projet est de démontrer et d'exploiter le potentiel considérable lié à l'intégration de nanostructures périodiques dans des dispositifs optoélectroniques actifs en niobate de lithium, un matériau particulièrement attractif du fait de ses riches propriétés électro-optiques, acousto-optiques, piézoélectriques ou encore non linéaires. L'idée est ici de concevoir et de fabriquer des modulateurs optoélectroniques permettant aussi bien d'améliorer les performances de systèmes existants que d'introduire des fonctionnalités plus inédites. Il s'agit de façon plus précise d'étudier les effets induits par la présence de structures à bandes interdites photoniques ou phononiques sur deux caractéristiques intrinsèques du niobate de lithium : ses propriétés électro-optiques et acousto-optiques. Les cristaux phoToniques (ou phoNoniques) offrent en effet des possibilités de contrôle inédites sur la propagation des ondes électromagnétiques (ou élastiques), notamment en termes de dispersion (obtention de faibles vitesses de groupe) ou de confinement de l'énergie. La première partie de ce projet sera consacrée à la conception, la fabrication et la caractérisation de modulateurs d'intensité électro-optiques fondés sur un cristal phoTonique en niobate de lithium. Il est ici question d'exploiter les phénomènes de lumière lente induits par la périodicité du réseau photonique pour réaliser des modulateurs très large bande (au-delà de la dizaine de GHz), compacts (de longueur de l'ordre de quelques dizaines de microns) et à très faible tension de commande (inférieure à 5 V).

Le potentiel applicatif de tels dispositifs étant significatif, un cahier des charges reposant sur les besoins et enjeux du marché des télécommunications optiques sera mis en place afin d'orienter de façon concrète les développements réalisés. Le second volet des travaux est à teneur plus fondamentale et exploratoire. Il est consacré à l'étude des interactions acousto-optiques dans ces nanostructures périodiques. Des modulateurs acousto-optiques conceptuellement fondés sur l'effet élasto-optique classique, où l'indice de réfraction, et donc la propagation de l'onde optique, sont affectés par des déformations acoustiquement induites, seront dans un premier temps étudiés afin de démontrer un pendant acoustique au

modulateur d'intensité électro-optique. Des modulateurs acousto-optiques fondés sur les effets de lumière ou de son lents en configuration colinéaire seront également développés, des applications de type coupleurs de polarisation étant par exemple visées.

Enfin, une configuration beaucoup plus originale reposant sur des effets de bandes interdites photoniques et phononiques simultanées sera ensuite proposée et mise en œuvre. L'intérêt majeur de ces « cristaux phoXoniques » réside en leur capacité à confiner son et lumière dans un même volume, de dimension de l'ordre de la longueur d'onde. Le contrôle de dispersion par ailleurs offert par la structuration périodique du matériau permet d'envisager des systèmes exploitant à la fois des effets de lumière lente et de son lent. Les perspectives offertes par de tels dispositifs sont considérables, puisqu'ils permettent d'envisager la réalisation de composants acousto-optiques où l'interaction est fortement exaltée. Les différents résultats expérimentaux obtenus permettront d'affiner ou de modifier le cahier des charges initialement établi en prenant en compte notamment les impératifs technologiques que les travaux menés au cours de ce projet aura permis de mettre en lumière.

Partenaires

FEMTO-ST (partenaire coordinateur)
IEMN
LPMC
Thales Research & Technology - France

Coordinateur

Vincent Laude - FEMTO-ST
vincent.laude@femto-st.fr

Aide de l'ANR

588 073 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-004

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

PIANHO : Plateforme Instrumentale Avancée dédiée à la Nanomanipulation Haptique d'Objet

Résumé

Avec les récents progrès et développements en nanosciences et nanotechnologies, il devient impératif d'étudier les propriétés structurales et électroniques des nano-objets avec une approche individuelle.

Depuis un siècle, les rayons X sont utilisés pour caractériser les propriétés structurales et électroniques des matériaux et objets. Grâce au rayonnement Synchrotron, les échantillons peuvent être sondés avec une large gamme d'énergie. L'amélioration constante des technologies de focalisation des rayons X (à présent environ $100 \times 100 \text{ nm}^2$ au point focal) permet l'analyse d'échantillon toujours plus petits (typiquement un échantillon de 100nm de diamètre contient environ 10^8 atomes).

Cependant à l'heure actuelle, dans aucun Synchrotron du monde, il existe de plateforme instrumentale capable de saisir, tenir et placer un nano-objet au sein d'un faisceau de rayon X avec un contrôle précis et durable de la force de manipulation.

Le principal objectif de ce projet est de mettre en place un environnement de nano-outils capables de saisir, tenir, placer et maintenir un nano-objet dans un faisceau de rayon X avec un contrôle permanent et ajustable de l'interaction objet-préhenseur. Ces nano-préhenseurs seront contrôlés à travers des boucles de contrôle innovatives et adaptatives par une interface à réalité augmentée composée par un système à retour d'effort associé à des retours visuel et sonore, l'ensemble est couplé à un simulateur. Grâce à cette station à réalité augmentée, la scène réelle sera modélisée pour créer une scène virtuelle associée dans laquelle l'expérimentateur utilisera ses sens tactiles, visuels et sonores pour définir la stratégie de manipulation la plus appropriée à savoir celle n'entraînant pas une altération du nano-objet ou du nano-préhenseur. Une fois cette stratégie déterminée, une procédure automatique l'exécutera dans la scène réelle.

Grâce à cette plateforme instrumentale avancée, il sera possible d'étudier les propriétés intrinsèques d'un nano-objet unique ainsi que leurs modifications en fonction de l'évolution (type et intensité) de l'interaction préhenseur-objet contrôlée en temps réel.

Partenaires	European Synchrotron Radiation Facility (partenaire coordinateur) Institut Néel Institut Pluridisciplinaire de Recherche en Ingénierie des Systèmes, Mécanique, Energétique Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression
Coordinateur	Fabio Comin - European Synchrotron Radiation Facility fabio.comin@esrf.fr
Aide de l'ANR	683 993 €
Début et durée	Mars 2010 – 36 mois
Référence	ANR-09-NANO-042
Label pôle	

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet	POEM : Plateforme hybride pour matériau monocristallin piezoélectrique en couche mince
------------------------	---

Résumé

Le développement des télécommunications radiofréquences depuis une dizaine d'années se traduit par un encombrement des bandes de fréquence autorisées. Pour profiter des plages de fréquence disponibles, les systèmes doivent inclure un filtrage de bande, avec une bande de transition étroite. Seuls les filtres à résonateurs en technologie SAW (ondes de surface) ou BAW (ondes de volume), utilisant les propriétés piézoélectriques des matériaux, permettent de tenir ces spécifications avec de faibles pertes et un encombrement réduit. Aujourd'hui, les couches piézoélectriques utilisées pour ces filtres sont réalisées par dépôt (filtres BAW) ou à partir de substrats massifs (filtres SAW). De plus de nouvelles opportunités s'ouvrent en terme de marché pour ces dispositifs à ondes acoustiques telles que l'automobile (capteurs de pression des pneus), les applications médicales (biocapteurs), et des applications industrielles et commerciales (vapeur, humidité, température, capteurs et gravimétrie) ...

Dans le projet POEM nous proposons une approche novatrice basée sur la réalisation d'une plateforme versatile, constituée de trois éléments principaux : une couche active, fine, uniforme et monocristalline de matériau piézoélectrique reportée en utilisant la technologie Smart Cut™, un substrat support ayant les propriétés mécaniques, thermiques correspondant aux besoins de l'application, et une couche intermédiaire à haute valeur ajoutée.

Ainsi, les objectifs principaux du projet POEM sont l'exploration approfondie du potentiel d'une solution substrats composites à base de couches fines piezo-électriques minces et monocristallines, la caractérisation de leurs propriétés piézoélectriques jusqu'à la validation de ces substrats par le biais de 3 applications principales (filtres et sources SAW, des filtres BAW et capteurs chimiques).

Un des intérêts économiques majeurs du projet POEM est de proposer une solution disruptive, industrielle permettant de répondre aux challenges techniques du marché de la nouvelle génération de filtres. Nous attendons de POEM une véritable rupture technologique pour les filtres de type SAW permettant de réaliser des composants fortement couplés et compensés en température ce qui est au premier ordre une problématique

matériau. Concernant les composants de type BAW, POEM ouvrira la voie à une solution substrat pour des composants avec un fort facteur de qualité également compensés en température, détrônant ainsi les solutions matériaux actuelles basées sur du dépôt de couches.

Ce projet se déroulera en forte collaboration avec deux industriels, à savoir SOITEC en amont au niveau des substrats composites et EPCOS en aval pour la valorisation de la perspective de réalisation des filtres sur la base de ces substrats, tout en se basant sur l'expertise de différents laboratoires académiques (CEA-LETI, FEMTO-ST et le CNRS CEMES) ainsi que de YOLE Développement pour l'étude de marchés.

Partenaires

CEA-Institut LETI (partenaire coordinateur)
SOITEC Silicon On Insulator Technologies
EPCOS SAS - Etablissement de Valbonne
Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et
Optique- Sciences et Technologies
Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales
YOLE Développement

Coordinateur

Chrytel Deguet - CEA-Institut LETI
chrystel.deguet@cea.fr

Aide de l'ANR

1 592 951 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-033

Label pôle

MINALOGIC

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

QMAX : Analyse quantitative de la microstructure de couches minces nanostructurées. Couplage diffraction des rayons X en haute résolution et diffusion centrale des rayons X sous incidence rasant

Résumé

Dans beaucoup de procédés d'élaboration et de dispositifs, les propriétés obtenues sont gouvernées pour une large part par les caractéristiques microstructurales des objets réalisés. Le but général de ce projet est de traiter le problème de la caractérisation quantitative des nanostructures et de suivre quantitativement l'évolution de la microstructure de couches minces nanostructurées en fonction de la température.

La diffusion des rayons X est utilisée depuis longtemps pour caractériser des échantillons de poudre, des matériaux massifs ou encore des couches minces. L'accroissement continu de l'intérêt pour les nanomatériaux et les dispositifs incluant ces nanomatériaux, implique que les effets de taille sont au centre de la compréhension des caractéristiques de ces dispositifs. Par ailleurs, ces tailles très faibles rendent difficile l'interprétation directe du signal de diffusion. Ceci est d'autant plus vrai que les nanostructures étudiées présentent une forte variabilité de taille et de forme. Cette situation est en pratique couramment rencontrée.

Ce problème peut être partiellement résolu en combinant différentes méthodes de diffusion des rayons X et notamment la diffusion des rayons X aux petits angles sous incidence rasante (DCRX-IR) et la diffraction des rayons X en haute résolution (DRX-HR). La DCRX-IR est de la diffusion centrale et est donc sensible essentiellement aux caractéristiques morphologiques (la forme, la taille et la distribution spatiale au sein des nanostructures), alors que DRX-HR est sensible tant à la morphologie qu'aux caractéristiques cristallographiques (défauts cristallins et plus généralement la microstructure). Le couplage de ces deux approches constitue le cœur du présent projet. Nous proposons de réaliser un dispositif expérimental innovant couplant la DCRX-IR et la DRX-HR.

L'efficacité de cette plate-forme expérimentale à fournir des résultats pertinents dépend de la capacité à traiter et modéliser les données. Le projet que nous présentons comporte donc aussi

le développement d'un outil global d'analyse des données en libre accès et incluant les derniers développements théoriques dans le domaine de la diffusion des rayons X par les nanostructures. Le dispositif expérimental développé et le logiciel de traitement des données couplé des données seront tous les deux mis à la disposition de la communauté française concernée. Parallèlement, ces développements seront testés en étudiant des couches nanostructurées épitaxiées sur des substrats d'oxydes.

Ce projet est porté par 3 groupes spécialisés dans le domaine concerné et a pour objectif de développer un programme ambitieux d'instrumentation (couplant des développements en laboratoire et auprès de grands instruments), concernant un goniomètre de très haute précision et un environnement d'échantillon à haute température. Le défi posé par ce projet est de mettre en place les moyens permettant d'analyser quantitativement les microstructures complexes qui régissent les propriétés des dispositifs modernes.

Les différentes phases de développement de ce projet sont donc :

- la réalisation à l'ESRF d'un goniomètre 6 cercles permettant des mesures aussi bien aux faibles qu'aux fortes valeurs du vecteur du réseau réciproque.
- la construction d'un four permettant de suivre in-situ l'évolution de ces microstructures jusqu'à des températures très élevées.
- la mise en place d'un ensemble d'outil de traitement des données
- l'application de cette démarche à des couches nanostructurées en prenant en particulier en considération les défauts aux interfaces et dans les couches ainsi que l'évolution de ces défauts en fonction de la température.

Finalement, la ligne de lumière BM02 de l'ESRF offrira l'accès à un équipement constitué à la fois d'outils de mesures et de moyens de traitement des données et permettant de caractériser une large gamme de matériaux nanostructurés concernant aussi bien des travaux académiques que l'étude de dispositifs directement liés à des applications industrielles.

Partenaires

Laboratoire "Science des procédés céramiques et de traitements de surface" (partenaire coordinateur)
Institut Polytechnique de Poitiers: Recherche et Ingénierie en Matériaux, Mécanique et Energétique
Institut Néel

Coordinateur

René Guinebretière - Laboratoire "Science des procédés céramiques et de traitements de surface"
rene.guinebretiere@unilim.fr

Aide de l'ANR

1 319 000 €

Début et durée	Mars 2010 - 48 mois
Référence	ANR-09-NANO-031
Label pôle	

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet **QUAMOS : Boîtes QUantiques, Adressage et Manipulation Optique de Spin**

Résumé

Dans ce projet qui regroupe 4 équipes de recherche académiques, nous proposons d'étudier la physique du spin dans les boîtes quantiques (BQ) de semiconducteur, à savoir l'étude et la manipulation du spin de charges piégées (électron ou trou), d'une impureté magnétique unique incorporée dans la matrice (typiquement les électrons 3d5 d'un atome Mn), ou encore des noyaux atomiques constitutifs du matériau. Notre objectif est d'atteindre une description exhaustive des interactions qui gouvernent l'évolution du spin (ex : l'interaction hyperfine entre un électron et les spins nucléaires, le rôle des contraintes anisotropes sur le couplage spin orbite, l'échange sp-d dans une boîte quantique,...), et de développer des protocoles permettant le contrôle soit d'un état de spin unique, soit d'un ensemble de spins localisés dans une boîte quantique. Ce contrôle inclura l'initialisation d'un état cohérent de spin avec une grande fidélité, sa manipulation durant le temps de cohérence, et finalement sa lecture via une mesure quantiquement non-destructive.

L'utilisation de boîtes quantiques s'avère primordial car (i) leurs propriétés optiques permettent d'adresser le spin individuel d'un porteur, et (ii) ce spin possède un temps de vie beaucoup plus long que dans le matériau massif ou dans les structures 2D (i.e. puits quantique). Trois types de BQ seront considérés : (i) des BQ InAs/GaAs dopées à un électron, un trou ou un atome Mn, (ii) de nouvelles BQ GaAs/AlGaAs synthétisées en "droplet" par épitaxie moléculaire et libres de toute contrainte contrairement aux BQ InAs, (iii) des BQ II-VI CdTe/ZnTe; ces BQ présentent un confinement important avec la possibilité d'inclure un ou plusieurs atomes de Mn. Pour réaliser les objectifs de ce projet, nous prévoyons d'améliorer la fabrication des échantillons ainsi que leur 'processing' technologique, et de développer de nouveaux outils et instruments expérimentaux pour l'adressage électrique et optique (via un laser), avec une très haute résolution spatiale et temporelle.

Ce projet repose sur l'expérience reconnue des quatre partenaires en spectroscopie optique des boîtes quantiques et physique du spin, comme le démontrent leur nombreux travaux novateurs au cours des dernières années (mise en évidence d'un

couplage électron-noyaux important, fabrication et spectroscopie d'un atome unique de Mn dans des BQ III-V et II-VI, pompage optique de BQ chargées...). Le programme de travail proposé bénéficiera des collaborations formelles et informelles entre les partenaires, qui furent fructueuses dans le passé. En particulier, trois d'entre eux (LPN, LPCNO, IN) furent membres d'un large consortium soutenu dans le cadre d'un programme ANR-PNANO, nommé MOMES (achevé en 2008) et qui avait pour but d'explorer différents aspects en électronique de spin.

La recherche d'un protocole permettant d'inscrire de l'information quantique en matière condensée, a conduit au développement d'un grand nombre d'expérience à travers le monde, en vue de contrôler un spin unique dans une BQ.

On compte actuellement une douzaine de groupes travaillant dans ce domaine (cf. doc B section 2.1), entraînant une intense et stimulante compétition. Dans ce contexte, un atout majeur de notre projet est la possibilité unique de pouvoir fabriquer et étudier des BQ contenant un atome unique de Mn.

Partenaires

Laboratoire de Photonique et Nanostructures (partenaire coordinateur)
Institut Néel
Laboratoire de Physique et Chimie des Nano-Objets
Institut des NanoSciences de Paris

Coordinateur

Olivier Krebs - Laboratoire de Photonique et Nanostructures
olivier.krebs@lpn.cnrs.fr

Aide de l'ANR

547 624 €

Début et durée

Mars 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-030

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet **SOS_Nanotubes : Synthèse Optimisée et Sélective de Nanotubes**

Résumé

Le contrôle de la synthèse de Nanotubes de Carbone Monoparoï est l'un des verrous majeurs à lever pour arriver à mettre en application les propriétés exceptionnelles de ces objets dans différents domaines, parmi lesquels l'industrie microélectronique. En fonction de son diamètre et de son angle chiral, un nanotube monoparoï peut être un excellent conducteur électrique, présentant une conduction balistique à température ambiante, ou un semiconducteur avec une bande interdite dans l'infrarouge proche. L'objectif du projet SOS_Nanotubes est de comprendre, pour les maîtriser, les mécanismes de germination et croissance des nanotubes dans les procédés de dépôt chimique en phase vapeur (CVD). Sur la base de cette compréhension, nous développerons des méthodes de synthèse favorisant la sélectivité vers des tubes de structure (diamètre, chiralité) donnée. Une application particulière sera privilégiée : dans un premier temps il s'agira de la synthèse de tapis denses de tubes monoparoï dont la fraction en tubes métalliques sera ensuite enrichie, avec comme objectif le remplacement du cuivre dans les « interconnecteurs » des microprocesseurs.

Pour atteindre cet objectif ambitieux et très convoité, le projet réunit un consortium d'experts français maîtrisant l'ensemble des étapes nécessaires : préparation des catalyseurs, synthèse CVD, techniques de diagnostic in situ et ex-situ, dont certaines sont rares ou uniques, et méthodes de simulation numérique. Les partenaires ont une longue expérience dans le domaine des nanotubes et ont récemment fait des avancées remarquables dans le domaine de la synthèse.

Ce projet, organisé en sept grandes tâches, se déroulera sur trois ans. Il se rattache principalement à l'Axe Thématique 2 de l'appel P3N, qui mentionne spécifiquement la fabrication de nanotubes. Cependant, deux des tâches (développement métrologique pour la mesure du ratio métal/semiconducteur d'un lot de tubes et simulation numérique), pourraient relever l'Axe Thématique 4.

A partir de catalyseurs soigneusement élaborés et caractérisés, les nanotubes seront fabriqués par CVD pour les études fondamentales de germination et croissance et pour la

fabrication de tapis. Des expériences dédiées telles que la spectroscopie Raman couplée à un réacteur CVD et l'observation directe de la croissance de tubes sur une pointe d'émission de champ seront utilisées pour suivre la cinétique et les modes de croissance, en relation avec la structure des tubes. La structure des tubes, des particules de catalyseur et leurs relations seront étudiées par Microscopie Electronique à Transmission à haute résolution et des techniques associées (EELS, diffraction d'électrons). Ces travaux expérimentaux seront complétés par une approche en simulation numérique, basée sur des calculs Monte Carlo couplés à une description de l'énergie en Liaisons Fortes.

Cette étude fondamentale des mécanismes sera synthétisée dans un modèle de germination et croissance, qui nous permettra ensuite de comprendre l'origine de la sélectivité chirale dont dépendent les propriétés des tubes formés. Sur ces bases, nous développerons tout d'abord un procédé de fabrication de tapis denses de tubes monoparois, en orientant dans un deuxième temps la fabrication vers un enrichissement en tubes métalliques.

Les partenaires sont déjà impliqués dans des collaborations bilatérales. Ce projet fournira un cadre, une dynamique, des objectifs précis et des moyens pour renforcer ces collaborations et ouvrira à plus long terme sur de nouvelles applications en nanoscience (sources à émission de champ, sondes et capteurs, éléments d'interconnection, transistors à nanotubes etc ...).

Partenaires

Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille
(partenaire coordinateur)
Laboratoire d'Etude des Microstructures
Laboratoire des Colloïdes, Verres et Nanomatériaux
CEA-Institut LITEN
Laboratoire de Physique de la Matière Condensée et Nanostructures

Coordinateur

Christophe Bichara - Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille
bichara@cinam.univ-mrs.fr

Aide de l'ANR

889 878 €

Début et durée

Février 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-028

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

SUGHAR : Couches Fonctionnelles Hybrides Par Croissance A Partir D'une Surface

Résumé

Une approche très simple qui permet de contourner les inconvénients inhérents à l'adsorption séquentielle multi-étape du type couche par couche qui rend toutes transpositions industrielles difficiles. En mutualisant les compétences et les ressources des divers partenaires industriels et académiques, ce projet entend explorer le potentiel et les limites de ce nouveau procédé de traitement de surface. Ce projet étend une collaboration déjà fructueuse entre chercheurs du CRPP et du MSC à deux autres partenaires - Rhodia (le fabricant des 'ingrédients') et ALCAN (le fabricant de 'surfaces fonctionnelles') qui ont tous deux un intérêt évident à développer des procédés dits verts. Le caractère unique de cette approche réside dans un procédé simple d'immersion du substrat dans une formulation aqueuse à température ambiante suivit d'un rinçage et d'un séchage allié à une consommation minimale d'énergie et de matière première.

L'idée est de profiter des corrélations existantes entre la croissance de multicouches de polyelectrolytes sur une surface (LbL) et leur complexation en volume afin de développer une stratégie de contrôle de l'adsorption/complexation de nano-objets à une interface. Nous examinerons lors du projet SUGHAR les différents aspects de cette croissance interfaciale :

- i) Analyse du mécanisme de croissance en surface et des similarités/différences avec la complexation en volume d'objets hybrides
- ii) Une analyse très détaillée de la micro et nano structure des couches générées.
- iii) Evaluation de certaines propriétés (anti-corrosion, superhydrophilie/anti-brouillard, superhydrophobie).

Le procédé de dépôt séquentiel couche par couche (LbL) sera pris comme référence pour les partenaires académiques car cette méthode possède avec la SGL la même driving force d'origine entropique lors de la complexation électrostatique. Les questions fondamentales liées au concept SGL seront traitées lors des tâches 1-3 et 5-6 par 2 laboratoires universitaires (CRPP-MSC). La transposition de ce concept en milieu industriel sera évaluée lors des tâches 4 et 7 dans les labs R&D des

entreprises partenaires (Rhodia et Alcan).

Partenaires

Centre de Recherche Paul Pascal (partenaire coordinateur)
Laboratoire de Matière et Systèmes Complexes
Rhodia Laboratoire du Futur
ALCAN Centre de Recherches de Voreppe

Coordinateur

Jean-Paul Chapel - Centre de Recherche Paul Pascal
chapel@crpp-bordeaux.cnrs.fr

Aide de l'ANR

999 105 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-NANO-009

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

THINQE_PINQE : Emetteurs quantiques THz sans inversion de population basés sur les polaritons intersousbandes

Résumé

L'objectif du projet est la réalisation d'émetteurs efficaces, fonctionnant sans inversion de population, dans l'infrarouge lointain, jusqu'au régime sub-THz. Cet objectif sera poursuivi en contrôlant l'interaction lumière-matière par la réalisation d'un régime de couplage fort entre une excitation intersousbande d'un gaz d'électrons 2D et un mode photonique de cavité. Nous exploiterons les propriétés des quasi-particules issues de ce couplage (les polaritons intersousbandes) suivant trois axes différents : a) renforcement de l'émission spontanée; b) émission stimulée de polaritons et laser de polaritons ; c) régime de couplage ultra-fort pour des émetteurs sub-THz. Le renforcement de l'émission spontanée est une conséquence directe du régime de couplage fort. Dans ce régime l'émission spontanée est contrôlée par les oscillations de Rabi, dont la fréquence est beaucoup plus importante que la fréquence d'émission spontanée dans le vide. Nous allons exploiter cette propriété pour réaliser des dispositifs électroluminescents de haute efficacité quantique. Il a été montré théoriquement que, pour observer une augmentation de l'efficacité quantique, il est important d'injecter sélectivement les électrons sur des états de polaritons ayant une grande fraction photonique. Par conséquent, une partie importante du projet sera consacrée à l'ingénierie des structures de bande électronique et photonique. Le second dispositif, que nous nous proposons de réaliser, est un laser de polaritons intersousbandes, fonctionnant sans inversion de population. La possibilité de réaliser un tel dispositif est inhérente au caractère bosonique des polaritons intersousbandes, et a été démontrée théoriquement mais pas encore observée. Récemment, un schéma pour l'émission stimulée de polaritons a été proposé : la diffusion de polaritons est induite par l'émission spontanée de phonons optiques sous pompage électrique. Néanmoins, il n'existe pas à l'heure actuelle une théorie décrivant l'émission stimulée de polaritons en présence d'une excitation électrique. Le développement d'une telle théorie sera une partie importante du projet. A cette fin, nous établirons des règles de "design" pour la région active et pour la cavité du laser à polaritons. Le troisième objectif du

projet sera la réalisation de dispositifs à semiconducteurs fonctionnant à des fréquences sub-THz. Actuellement les seuls émetteurs sub-THz sont les lasers à cascade quantique ; toutefois ils n'ont été démontrés qu'en présence d'un champ magnétique intense. Dans ce projet nous allons obtenir des fréquences sub-THz en augmentant l'intensité du couplage lumière-matière jusqu'au régime de couplage ultra-fort. La fréquence de Rabi est alors une fraction importante de l'énergie du photon et les termes anti-résonants de l'interaction lumière-matière doivent être pris en compte pour décrire le système. Tout d'abord, nous allons dessiner des cavités de dimension réduite, dans lesquelles le mode électromagnétique est confiné dans un volume efficace extrêmement faible. Dans ce but, les cavités métal-diélectrique-métal sont très prometteuses : le champ électromagnétique est confiné entre un réseau et une couche métallique. L'épaisseur du semiconducteur entre les couches est très sub - longueur d'onde, et elle peut même devenir comparable à la taille typique du confinement électronique. Nous allons également optimiser les conditions de croissance pour obtenir une densité électronique importante dans la sousbande fondamentale, sans augmenter la largeur de la transition intersousbande. Les signatures du couplage ultra-fort seront étudiées en suivant la dispersion des branches polaritoniques en fonction de l'intensité du couplage, qui dépend de la densité électronique du gaz 2D. Celle-ci sera variée de deux façons: électriquement, en réalisant un contact latéral; optiquement, à travers une expérience pompe – sonde THz. On obtiendra ainsi un couplage lumière – matière très efficace dans un dispositif planaire, avec une géométrie très similaire à celle d'un transistor à effet de champ. En suivant la branche polaritonique inférieure, des fréquences jusqu'à quelques centaines de GHz peuvent être obtenues.

Partenaires Laboratoire "Matériaux et Phénomènes Quantiques"
(partenaire coordinateur)
Institut d'Electronique Fondamentale
Laboratoire de Photonique et de Nanostructures
Institut d'Electronique du Sud
Laboratoire Pierre Aigrain

Coordinateur Angela Vasanelli - Laboratoire "Matériaux et Phénomènes Quantiques"
angela.vasanelli@univ-paris-diderot.fr

Aide de l'ANR 705 000 €

Début et durée Janvier 2010 - 36 mois

Référence ANR-09-NANO-007

Label pôle

Programme « P3N »

Edition 2009

Titre du projet

VOICE : Etude de la dynamique de vortex magnétique par transfert de spin

Résumé

Le passage d'un courant polarisé en spin au travers d'une multicouche magnétique donne naissance à une nouvelle physique. L'interaction entre les spins des électrons et l'aimantation crée un couple résultant du transfert de moment angulaire de spin qui agit sur l'aimantation. Les phénomènes de transfert de spin permettent de manipuler l'aimantation d'un corps magnétique sans appliquer de champ magnétique mais seulement par un transfert de moment angulaire de spin transporté par le courant. Ce couple permet de renverser une aimantation, de déplacer ou de faire osciller une paroi entre domaines magnétiques ou encore de générer une émission dans le domaine des hyperfréquences (oscillations de tension induites par des précessions entretenues de l'aimantation via l'effet GMR).

Des progrès scientifiques importants accompagnés de fortes avancées technologiques ont été récemment obtenus sur ces oscillateurs à transfert de spin (STNOs) qui présentent des caractéristiques intéressantes pour une nouvelle génération d'oscillateurs non-linéaires dans les systèmes de réception hyperfréquence. Cependant, plusieurs verrous technologiques n'ont pas encore été levés, en particulier, les faibles puissances et les fortes largeurs de raie obtenues pour un STNO.

Dans le projet VOICE, notre objectif est d'aborder ces problèmes par une approche innovante utilisant les oscillations de vortex induites par un courant comme source de puissance micro-onde. Cette configuration magnétique à base de vortex est généralement présente dans des nanostructures telles que les nanoplots, les nanopiliers ou les nanocontacts et leurs propriétés dynamiques sont extrêmement riches. Un mode particulièrement intéressant correspond à la précession du coeur de vortex autour de sa position d'équilibre, un des modes de plus basse énergie existant en magnétisme. En 2008, ce mode a pu être excité par transfert de spin pour de très faibles densités de courant générant un fort intérêt car les puissances émises sont fortes et les largeurs de raies faibles par rapport à l'état de l'art dans les STNOs. Toutefois, les mécanismes physiques de la dynamique de vortex induite par transfert de spin et les émissions micro-ondes associées sont encore mal connus.

Dans ce projet, nous souhaitons mener une étude fondamentale sur les oscillations entretenues par transfert de spin dans des systèmes de vortex magnétiques uniques ou d'assemblées de vortex dans un état synchronisé. Un effort important sera mené pour optimiser les paramètres matériau (aimantation, anisotropie, propriétés structurales, amortissement etc..) ainsi que les géométries des échantillons (rapport épaisseur/rayon, forme etc..) pour influencer directement les fréquences des modes de vortex. Une originalité du projet sera de combiner des techniques d'imagerie haute-résolution (MFM, X-PEEM, STXM) et une technique de spectroscopie locale (MRFM) pour caractériser en détail les modes statiques et dynamiques de vortex. Ces caractérisations de pointe seront combinées avec des études de transport dans le domaine fréquentiel et temporel. Par ces études, nous espérons pouvoir identifier les mécanismes à l'origine de la largeur de raie et déterminer l'efficacité de la conversion de l'oscillation de vortex en signal micro-onde. Un autre objectif ambitieux du projet VOICE concerne l'étude de configurations plus complexes contenant plusieurs vortex en interaction avec pour but de les synchroniser. Les études expérimentales seront couplées tout au long du projet à des simulations (micromagnétisme et transport de spin) et des développements analytiques originaux. Les progrès scientifiques escomptés devraient permettre d'apporter des solutions innovantes pour améliorer les paramètres clés (puissance et largeur de raie) en vue du développement d'oscillateurs à transfert de spin à base de vortex (STVO).

Partenaires Unité mixte de physique CNRS/Thalès (partenaire coordinateur)
 Institut Jean Lamour
 Service de physique de l'état condensé
 Institut d'Electronique Fondamentale
 InSilicio SAS
 Institut Néel
 Thales Research & Technology - France

Coordinateur Vincent Cros – Unité mixte de physique CNRS/Thalès
vincent.cros@thalesgroup.com

Aide de l'ANR 738 954€

Début et durée Novembre 2009 - 36 mois

Référence ANR-09-NANO-006

Label pôle