



Ngoc Duy NGUYEN
Chargé de cours

Université de Liège
Faculté des Sciences, Département de Physique
Physique des solides, interfaces et nanostructures

Mémoires et travaux de fin d'études 2013-2014

Les sujets pour mémoires et travaux de fin d'études suivants sont disponibles dans l'unité de recherche de physique des solides, interfaces et nanostructures en 2013-2014.

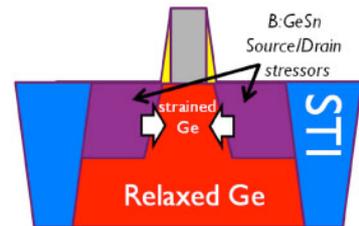
Ces thèmes s'adressent aux étudiants de 2e master en sciences physiques, en sciences chimiques ou en sciences de l'ingénieur et requièrent des connaissances de base en physique des matériaux et en électronique physique. D'autres thèmes peuvent être également déterminés en fonction de la demande des étudiants.

Sujet #1 :

Pièges d'interface dans les hétérostructures semi-conductrices à base de GeSn (en collaboration avec le centre de recherches en nanoélectronique IMEC)

Description du sujet

Le germanium-étain (GeSn), alliage semi-conducteur du groupe IV, est un matériau actuellement envisagé pour la fabrication de transistors MOS de génération post-16 nm en remplacement du silicium. D'une part, il présente l'avantage d'être compatible avec les procédés industriels existants; d'autre part, l'introduction d'atomes d'étain dans un cristal de germanium conduit à la transition d'un matériau à gap indirect vers un matériau à gap direct (pour une concentration d'étain de l'ordre de 10 %), ce qui ouvre la voie à l'élaboration de dispositifs opto-électroniques émetteurs de lumière dans la filière technologique du silicium.



B.Vincent et al., IMEC (2012)

Bien que les techniques de croissance épitaxiale permettent d'obtenir actuellement des films minces de qualité cristalline toujours plus grande, des défauts subsistent aux interfaces entre le semi-conducteur et le substrat ainsi qu'avec l'oxyde de grille. Ces défauts peuvent introduire des niveaux d'énergie électronique dans la bande interdite, qui sont à l'origine de piégeage de charge et de phénomènes de recombinaison et de génération. En d'autres termes, ces défauts affectent les propriétés de transport des dispositifs et, par conséquent, leurs performances électriques et optiques. Comme la formation de ces défauts est difficile à éviter, une étude détaillée de leurs effets sur les caractéristiques électriques et opto-électriques des hétérostructures prend toute son importance afin d'en identifier dans un premier temps leur nature physique précise. Dans une étape ultérieure, des stratégies améliorées de croissance épitaxiale peuvent être proposées pour réduire sensiblement la présence de ces défauts.

Objectifs du mémoire/TFE

Le travail consiste à développer un modèle numérique de l'hétérostructure MOS afin d'en simuler les caractéristiques électriques et de comparer les résultats théoriques avec des mesures expérimentales existantes. Une analyse approfondie permettra d'en extraire les paramètres associés aux défauts présents dans la structure matérielle réelle, qui pourront ensuite être confrontés à des études basées sur des techniques expérimentales différentes.

Une bonne maîtrise de l'anglais est souhaitable. Il est également possible que des mesures complémentaires dans les laboratoires d'IMEC (Louvain) s'avèrent nécessaires. L'étudiant(e) devra dès lors être préparé(e) à réaliser une partie expérimentale en plus de l'étude par simulation numérique.

Sujet #2 :

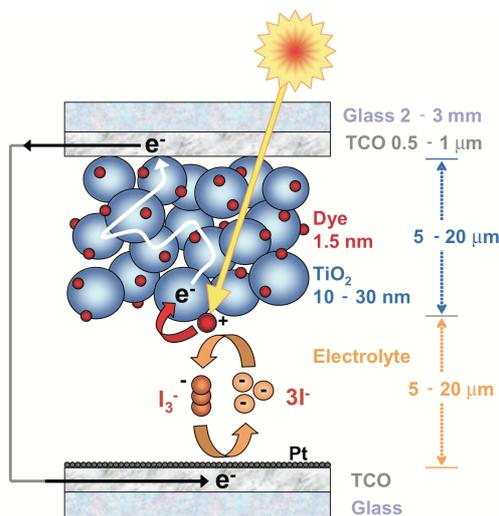
Spectroscopie d'admittance de dispositifs hybrides

(en collaboration avec le laboratoire de chimie inorganique structurale LCIS-GREENMAT)

Description du sujet

Dans le domaine des matériaux pour l'énergie, l'attrait pour les structures hybrides inorganiques-organiques n'a cessé de croître au cours des dernières années, que ce soit pour la production d'hydrogène (cellules à électrolyse de l'eau) ou pour la production d'électricité (cellules photovoltaïques), principalement en raison de leur faible coût de fabrication résultant d'une utilisation réduite de matériaux et de procédés moins gourmands en énergie.

Dans le cas des cellules solaires à colorant, appelées aussi cellules de Grätzel, le concept novateur repose sur la séparation des fonctions d'absorption de la lumière et de transport des charges créées. Des paires électrons-trous sont formées sous éclairage à la surface photosensibilisée d'une couche mince d'oxyde nanostructurée. Après dissociation, les charges électriques sont transférées dans des phases différentes et leur déplacement constitue le photocourant.



J. Halme et al., Adv. Mater. **22**, E210 (2010)

L'efficacité de la cellule complète est dépendante du contrôle des phénomènes de génération, de transfert et de transport des électrons et trous générés. Or, ceux-ci sont déterminés par la nature des matériaux composant le dispositif et la qualité des interfaces entre les différentes phases. Il est dès lors primordial de comprendre les mécanismes physiques impliquant les porteurs de charge et se produisant à ces interfaces.

Objectifs du mémoire/TFE

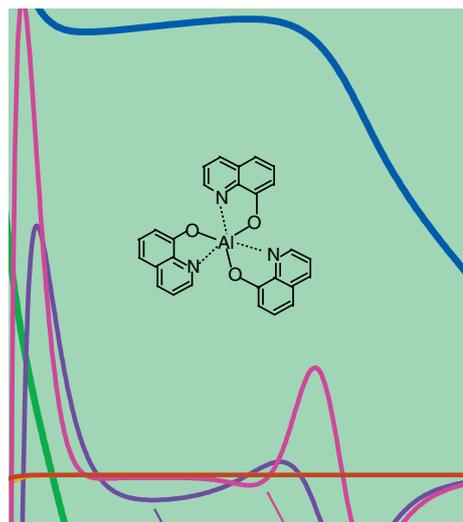
Pour ce travail, une partie expérimentale importante consistera en la détermination des réponses électriques, dans le noir et sous éclairage, des structures hybrides. Dans cette perspective, l'étudiant(e) sera formé(e) à différentes techniques de caractérisation (opto-)électriques incluant des mesures de photoconductivité et de la spectroscopie d'admittance.

L'analyse des résultats se réalisera dans un premier temps par une approche macroscopique utilisant des circuits électriques équivalents. Dans un deuxième temps, des simulations numériques seront effectuées pour affiner l'interprétation physique des résultats expérimentaux.

Sujet #3 :
Mécanismes de dégradation dans les dispositifs opto-électroniques à semi-conducteurs organiques

Description du sujet

Les diodes organiques électroluminescentes (Organic Light Emitting Diode – OLED) constituent une classe particulière de source de lumière dont l'intérêt technologique pour les applications d'éclairage et d'affichage a été consolidé durant les dernières années. Fabriquées à partir de petites molécules organiques ou de polymères, elles présentent un avantage crucial lié à leur mode de synthèse qui permet la production de dispositifs de grande taille avec un faible coût par unité de surface. De plus, comme la plupart des sources de type état solide, le rendement lumineux dépasse largement celui des sources classiques telles que les tubes ou les ampoules halogènes. Une des caractéristiques importantes de ces composants est leur durée de vie. Dans la perspective d'une généralisation de leur utilisation, il est dès lors important de comprendre le processus à l'origine de leur dégradation au cours du temps. Des études récentes indiquent que la perte de luminescence s'accompagne d'une détérioration de la dynamique d'injection des charges libres et du piégeage par des états d'interface. La spectroscopie d'admittance, une puissante méthode de caractérisation des propriétés électriques des matériaux et de leurs interfaces, se révèle ainsi particulièrement adaptée pour l'étude de ce problème.



N. D. Nguyen et al. , phys. stat. sol. (a)
203, 1901 (2006)

Objectifs du mémoire/TFE

Du point de vue physique, les mécanismes de conduction électrique et de recombinaison radiative à l'origine du processus de luminescence peuvent être décrits en première approximation au travers de concepts similaires à ceux utilisés pour les matériaux cristallins (bandes d'énergie, notion de mobilité). L'objectif de ce travail sera d'abord d'implémenter un code de programmation pour la résolution numérique des équations des semi-conducteurs et ensuite de l'appliquer à la simulation de spectres d'admittance des OLEDs. Une part importante du développement concerne l'implémentation d'une mobilité de porteurs dépendant de la concentration en porteurs. L'analyse des résultats obtenus en variant les propriétés des matériaux impliqués, la tension appliquée et la température permettra d'identifier le ou les processus contribuant à la dégradation des diodes électroluminescentes.