

Interfaces multifonctionnelles pour les dispositifs organiques émetteurs ou détecteurs de lumière

Bernard Ratier, bernard.ratier@unilim.fr

Tél : 0587506744


Johann Bouclé, johann.boucle@unilim.fr


Tél : 0587506762

Equipe : ELITE, Limoges

Mots clés : Cellules solaires organiques, diodes électroluminescentes, couches d'interface, communications optiques sans fils, récupération d'énergie, impression

Résumé de la thèse :

 La thèse vise le développement de composants optoélectroniques organiques (cellules solaires, photo-détecteurs, et/ou diodes électroluminescentes) basées sur l'utilisation de couches d'interface spécifiques compatibles avec de bonnes performances, une bonne stabilité, tout en assurant un fonctionnement en régime dynamique des composants permettant leur utilisation dans le domaine des communications optiques sans fils (visible light communications ou VLC). Les cellules solaires organiques, de même que les diodes électroluminescentes, partagent une architecture sandwich intégrant des électrodes sélectives dont le but est de collecter, ou d'injecter, efficacement les porteurs de charges (électrons et trous). La thèse se focalisera sur la nature et les propriétés physiques des couches d'interfaces utilisées de part et d'autre de la couche active, en cherchant à combiner plusieurs effets bénéfiques complémentaires : contrôle de la configuration énergétique des interfaces pour permettre un fonctionnement optimal des composants ; rôle de couches barrière pour l'oxygène et l'eau pour démontrer une stabilité accrue ; contrôle des propriétés dynamiques des composants au travers des propriétés électroniques (transport de charges, permittivité, etc). Ces développements doivent permettre d'envisager des solutions à bas coûts pour les VLC, avec par exemple la démonstration de cellules solaires flexibles pouvant simultanément détecter un signal optique modulé, tout en assurant une fonction de récupération d'énergie. Le travail sera mené en collaboration étroite avec l'équipe ReSyst d'XLIM, spécialiste des communications optiques sans fils, ainsi qu'au travers de collaborations variées avec des partenaires académiques et/ou industriels nationaux et internationaux.

 This PhD thesis aims at developing organic optoelectronic devices (solar cells, photodetectors, light emitting diodes) based on specific interfacial layers which could ensure high performance, suitable stability, and proper device operation in dynamic regime for applications in the field of visible light communications (VLC). Organic solar cells and organic light emitting diodes share a comparable device architecture based on a sandwiched geometry where selective contacts are designed for efficient charge collection or injection (for either electrons or holes). This PhD thesis will therefore focus on the nature and on the physical properties of interfacial layers used on either side of the organic active layer. We will specifically explore the possibility to combine several beneficial effects: control of the energetic configuration at the interfaces to ensure improved device operation; reduction of device degradation through diffusion of ambient oxygen and moisture into the active layer; control of the commutation properties of the devices through the electronic properties of the interfaces (charge transport, permittivity, etc.). These developments could enable the demonstration of a low-cost hybrid VLC technology, where an organic photodetector could be

used for both data reception and solar energy harvesting. The work will be conducted in close collaboration with the ReSyst group at XLIM, which specializes in optical wireless communications, as well as with national and/or international academic and industrial partners.

Objectifs :

Les objectifs principaux de la thèse sont donc multiples :

- Démonstration de couches d'interface multifonctionnelles pour les dispositifs organiques émetteurs et récepteurs de lumières, permettant d'obtenir de bonnes performances et une bonne stabilité des dispositifs
- Démonstration d'un contrôle fin des propriétés de commutation des dispositifs au travers des couches d'interface (applications aux communications optiques sans fils)
- Démonstration de couches d'interfaces imprimables, permettant d'envisager des composants à bas coût, flexibles et déposés sur de grandes surfaces.

L'objectif ultime est de contribuer à la mise au point d'une technologie générique permettant de démontrer des composants émetteurs/récepteurs hybrides, qui, à partir d'une même architecture (électrode/couche d'interface/couche active/couche d'interface/électrode), pourraient être utilisées à la fois comme émetteur et récepteur de données pour les VLC. Le reste du temps, ces dispositifs pourraient de plus fonctionner en dispositifs récupérateurs d'énergie en convertissant l'énergie lumineuse environnante pour alimenter l'ensemble du dispositif (mode de fonctionnement de type cellule photovoltaïque).

Description complète du sujet de thèse :

Plusieurs verrous restent à adresser afin de réaliser des dispositifs organiques émetteurs et détecteurs performants présentant des stabilités et une reproductibilité suffisante pour des applications industrielles. Le but du travail de thèse s'inscrit dans l'ingénierie des couches d'interface organiques (petites molécules, polymères, couches auto-assemblées, nanoparticules de carbone, etc.) ou inorganiques (nanoparticules d'oxydes métalliques, etc.) en s'attachant spécifiquement aux objectifs suivants :

1) Obtention de composants stables : les couches d'interface réalisées à l'aide de polymères conjugués tels que le PEDOT:PSS sont très performantes en termes d'adaptation des niveaux d'énergie entre la couche active et l'électrode positive, mais elles ont tendance à favoriser le vieillissement des dispositifs en raison de leur acidité. De nombreuses alternatives ont été proposées ces dernières années sans pour autant trouver de compromis performances/stabilité adapté.

2) Utilisation d'un procédé compatible avec l'impression : l'ensemble des matériaux d'interface étudiés au cours de la thèse devront permettre l'adaptation aux technologies d'impression, et notamment la technique d'impression jet d'encre disponible au laboratoire.

3) Démonstration de couches d'interface multifonctionnelles : l'un des aspects importants de l'étude consistera à tester les couches d'interfaces aussi bien pour les émetteurs de lumière (diodes électroluminescentes organiques ou OLEDs) que pour les récepteurs (cellules solaires organiques ou OPVs, photo-détecteurs organiques ou OPDs). Elles devront de ce fait posséder des performances en injection et en collecte des charges relativement semblables en fonction des couches actives étudiées. Un aspect plus particulier sera traité dans le cas des émetteurs de lumière en régime de forte injection électrique. En effet, ce type de dispositifs présente un intérêt important dans le domaine des communications optiques sans fils, car ils peuvent

permettre une surface d'émission réduite compatible avec une faible constante de temps (RC), et donc une fréquence de coupure plus élevée.

Déroulement de la thèse :

La première phase de la thèse se focalisera sur un comparatif (« benchmarking ») des couches d'interfaces disponibles au laboratoire, en les testant plus spécifiquement sur des cellules solaires et des diodes électroluminescentes références. En plus des caractérisations optoélectroniques conventionnelles (performances électriques et optiques), des caractérisations en régime dynamique seront réalisées pour établir les propriétés fréquentielles des dispositifs, aussi bien en émission qu'en réception. La deuxième phase de développement sera consacrée à l'utilisation de matériaux d'interface alternatifs, comme des poly-électrolytes conjugués (du type PEI ou PFN), présentant un fort potentiel. Ces développements seront menés en forte interactions avec des équipes spécialisées dans la synthèse de ces composés (chimistes), avec lesquelles l'équipe ELITE a déjà initié de fortes collaborations. Finalement, la thèse pourra aussi permettre d'évaluer les couches d'interface élaborées pour les composants à base de matériaux pérovskites halogénées, ces derniers ayant démontré de réelles ruptures technologiques dans les domaines des cellules solaires et des dispositifs émetteurs de lumière depuis 2011. L'équipe ELITE dispose d'un savoir-faire spécifique dans ce contexte.

Compétences à l'issue de la thèse :

A l'issue de la thèse, le candidat aura acquis de solides compétences dans le domaine général de l'électronique organique et imprimée, et plus particulièrement dans le domaine des dispositifs photovoltaïques et des diodes électroluminescentes (intégration de matériaux dans les dispositifs, technologies des couches minces, technologies d'impression). Il/elle aura une bonne expertise de la physique des interfaces et aura su se familiariser avec les méthodes usuelles de caractérisation des matériaux et dispositifs, mais aussi des techniques avancées utilisées en régimes transitoires par exemple (photoluminescence résolue en temps, cinétiques des charges photo-générées, propriétés de transport, etc). La thèse permettra aussi de développer des compétences fortes dans le domaine des communications optiques sans fils (VLC). Plus généralement, le travail permettra de développer des compétences organisationnelles importantes (travail collaboratif entre différents partenaires), et de bonnes facultés pour la gestion de projets. Le/la candidat(e) aura de plus l'occasion d'acquérir de solides compétences pour la communication des résultats et une adaptabilité lui permettant de poursuivre une carrière aussi bien dans le domaine académique qu'industriel.

Présentation de l'équipe d'accueil :

L'équipe ELITE (Electronique Imprimée pour les Télécoms et l'Energie, voir site web <http://www.xlim.fr/recherche/pole-electronique/rf-elite/elite>) est impliquée dans la recherche expérimentale et amont sur l'électronique organique et hybride pour les Télécoms et l'Energie depuis la réalisation des dispositifs, leur caractérisation optoélectronique, jusqu'à la modélisation de leurs propriétés physiques. Le savoir-faire particulier de l'équipe, étendu au domaine de l'électronique imprimée, s'articule autour de la plateforme technologique PLATINOM, qui intègre un ensemble complet de technologies de fabrication (en solution ou par voie physique) et de caractérisations physiques (propriétés optiques, électriques, morphologiques, et optoélectroniques) des matériaux et composants. L'un des objectifs majeurs est d'adresser quatre des six "Key Enabling Technologies" de la stratégie Européenne (nanotechnologie, matériaux avancés, photonique et technologie de fabrication avancée). Le

savoir-faire de l'équipe est centré sur l'intégration de matériaux nouveaux, la physique des couches minces et des interfaces, le développement de nouvelles architectures, leur modélisation électrique et optique. L'équipe a coordonné de nombreux projets dans ce domaine et développé des partenariats forts avec les industriels locaux pour le développement de techniques d'impression des cellules solaires organiques, par exemple.

Financement : Lot1: Sujet financé sur crédits institutionnels (sujets fléchés)

Spécialité de Doctorat : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

Domaine de compétences principal: Sciences pour l'Ingénieur

Domaine de compétences secondaire: Informatique-Electronique

Candidat :

Compétences souhaitées : Ce sujet de thèse s'adresse aux étudiants titulaires d'un Master ou d'un diplôme d'ingénieur dans l'un des domaines suivants : Nanotechnologies, Matériaux pour l'Electronique, Physique ou Physico-Chimie des Matériaux pour l'Energie, etc. Des connaissances dans le domaine des Matériaux semi-conducteurs, des composites pour l'électronique, ou dans le domaine de l'optoélectronique organique seront appréciées. Une aptitude pour le travail collaboratif impliquant plusieurs équipes et de bonnes qualités de communications seront aussi importantes pour mener à bien ce projet.

Conditions restrictives de candidature : Aucune condition particulière de candidature. Une autorisation spécifique d'accès au laboratoire, délivrée par le Haut Fonctionnaire Sécurité Défense, devra néanmoins être obtenue avant le début officiel du contrat de thèse.

Date Limite de candidature : 8 juin 2017 - 18H