



NOUVEAUX CRISTAUX LIQUIDES SEMI-CONDUCTEURS POUR LA RÉALISATION DE FILMS MINCES PHOTO-ACTIFS UTILISABLES EN ÉLECTRONIQUE ORGANIQUE FLEXIBLE.

THIN PHOTOACTIVE FILMS BASED ON NEW LIQUID CRYSTALLINE SEMICONDUCTORS FOR FLEXIBLE ELECTRONICS.

Établissement **Université du Littoral Côte d'Opale**

École doctorale **Sciences, Technologie, Santé**

Spécialité **Physique milieux denses, matériaux et composants**

Unité de recherche **Unité de Dynamique et Structure des Matériaux Moléculaires**

Encadrement de la thèse **Abdelylah DAOUDI**

Co-Encadrant **Yahia BOUSSOULEM**

Financement du 01-10-2020 au 30-09-2023 origine **Région Hauts-de-France** Employeur **Université du Littoral Côte d'Opale**

Début de la thèse le **1 octobre 2020**


Date limite de candidature **24 mai 2020**

C O N T A C T

DAOUDI Abdelylah

 daoudi@univ-littoral.fr

(mailto:daoudi@univ-littoral.fr)

 0627259101

Mots clés - Keywords

semi-conducteurs organiques, cristaux liquides, Photo-conduction électrique, Électroniques flexibles, Transistor organique à effet de champ, Dispositif photovoltaïque

Organic semi-conductors, liquid crystals, Photoconduction, flexible electronics, OFETs, Photovoltaic devices

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

- Le candidat doit être titulaire d'un Master recherche ou d'un diplôme équivalent en physique ou dans des domaines connexes.
- Physicien ou physico-chimiste de la matière molle et des matériaux, avec des compétences expérimentales.
- Capacité d'interagir dans un milieu interdisciplinaire.
- The candidate holds an MSc or equivalent degree in Physic or related fields.
- Physicist or physico-chemist of soft matter and materials, with experimental skills.
- Ability to interact in a interdisciplinary environment.

Description de la problématique de recherche - Project description

Le sujet de thèse proposé concerne la caractérisation de matériaux fonctionnels organiques nouvellement synthétisés. Ces matériaux sont des cristaux liquides fonctionnels dotés de propriétés semi-conductrices, potentiellement utilisables dans des dispositifs d'électroniques organiques (OLEDs, OFETs, cellules photovoltaïques). Ces matériaux sont synthétisés à partir à la fois de noyaux poly-aromatiques (Anthracène) qui apportent des propriétés électroniques intéressantes et une bonne stabilité thermique, et de groupements mésogènes qui permettent le contrôle de l'organisation moléculaire à l'échelle mésoscopique.

La finalité est d'utiliser ces composés pour la réalisation de couches minces de polymères structurés, de mise en œuvre relativement facile, et à propriétés électroniques photo-contrôlées (propriétés électroniques adaptables sous impulsion lumineuse). L'évaluation du potentiel de ces couches minces actives en tant que matériaux de canal pour l'électronique flexible sera effectuée. Une étude comparative entre les différentes phases cristallines liquides sera réalisée. Elle permettra d'orienter le choix de la phase à utiliser pour réaliser un prototype de transistor organique à effet de champ et/ou de cellule photovoltaïque.

This project of this PHD thesis concerns the characterization of newly synthesized organic functional materials. These materials are liquid crystalline with semiconducting properties, potentially usable in flexible organic electronic devices (OLEDs, OFETs, photovoltaic cells). These materials are synthesized from both poly-aromatic group (Anthracene), which provides interesting electronic properties and good thermal stability, and from mesogenic groups which allow the control of molecular organization on the mesoscopic scale.

The purpose is to use these materials to elaborate thin layers of structured polymers, of relatively easy implementation, and with photo-controlled electronic properties (electronic properties adaptable upon application of light pulses). The potential of these active thin layers as

channel materials for flexible electronics will be assessed. A comparative study between the different liquid crystal phases will be carried out for the choice of phase to be used to make a prototype of a field effect organic transistor and / or photovoltaic cell.

Thématique / Domaine / Contexte

Matériaux semi-conducteurs organiques pour l'électronique flexible.

Physique de la Matière Dense-Matériaux.

L'électronique organique est un domaine scientifique et technologique multidisciplinaire en plein essor. Il couvre des domaines allant de l'ingénierie moléculaire au développement de composants électroniques en passant par la caractérisation physico-chimique. Ce sujet de thèse est en phase avec l'intérêt considérable suscité, depuis de nombreuses années, par l'électronique « organique » tant au niveau académique qu'industriel. Ceci est dû aux nombreux avantages présentés par les matériaux organiques à bas poids moléculaire et macromoléculaires (propriétés ajustables par leur structure moléculaire, compatibilité avec les substrats flexibles transparents et de grandes dimensions, légèreté, bas coût...) en plus de leurs propriétés optiques et électriques originales.

Les matériaux fonctionnels qu'il est prévu d'étudier dans ce projet de thèse sont nouvellement synthétisés (cristaux liquides photo-polymérisables et semi-conducteurs) permettent la réalisation de films photo-actifs organiques orientés à propriétés électroniques adaptables sous impulsion lumineuse. De plus, le procédé qui sera utilisé pour la mise en œuvre de ces films est innovant en matière d'élaboration et de transformations des matériaux de base (cristaux liquides à molécules fonctionnalisées). Ces travaux ouvriront directement des perspectives d'application dans les dispositifs photonique et optoélectronique (Transistors à effet de champ organiques (OFETS), Diodes électroluminescentes organiques (OLEDS)), ainsi que dans le domaine de la conversion d'énergie (Cellules solaires). A ce titre, ce projet s'inscrit pleinement dans les priorités régionales. D'une part dans le Domaine d'Activité Stratégique (DAS) « Chimie-Matériaux-Recyclage », dans l'axe centré sur la Recherche et l'Innovation dans le domaine de la chimie et des matériaux puisque il traite de la problématique amélioration des performances de matériaux fonctionnels. Et, d'autre part, dans le DAS « Energie », plus particulièrement dans le cadre de la problématique matériaux fonctionnels pour la conversion d'énergie (énergie lumineuse vers l'énergie électrique et inversement) contribuant ainsi au développement des énergies 'primaires' alternatives et renouvelables.

De part son caractère multidisciplinaire, ce sujet de thèse profitera de l'expertise des intervenants chimistes dans le domaine de la synthèse de matériaux moléculaires et des polymères cristaux liquides des physiciens de la matière dense et des matériaux ainsi que des électroniciens spécialistes dans le développement de composants et dispositifs. Il faut ici insister sur le caractère d'abord européen de la collaboration (partenaire Roumain), infrarégional (partenaire UCCS-Artois et LRCS-UPJV) et interrégional (LaPLACE).

La mise en place de l'alliance régionale A2U (ULCO, Université d'Artois, Université de Picardie-Jules Vernes) a conduit ces dernières années au rapprochement d'Unités de ces trois universités, encouragé et accompagné par la mise en place de dispositifs tels que le BQR A2U. Le sujet de thèse contribuera certainement à renforcer le lien entre les trois Laboratoires de l'alliance (UDSMM, UCCS-Artois et LRCS) qui se sont déjà engagés dans le portage d'un programme CPER sur la thématique « Energie », le projet « MANIFEST : From Manufacturing to the integration of systems for electrical energy conversion and storage ».

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

-Formations sur les techniques d'analyse du Laboratoire -rencontres hebdomadaires avec les encadrants. -Validation des ECTS formation de l'école doctorale STS -1 publication dans une revue à comité de lecture et au moins 1 participation à un colloque international

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

- Technique de dépôt de couches minces
- Analyse enthalpique différentielle et la microscopie optique en lumière polarisée.
- Analyseurs d'impédance large bande de fréquence pour la caractérisation diélectrique
- Mesure de mobilité électrique par la technique TOF (Time of Flight)
- Dispositif de mesure Courant-Tension.
- Les missions (colloques, missions,...) financées par la Laboratoire.
- Formations école doctorale par un financement spécifique ULCO.
- Les travaux du doctorant seront réalisés dans le respect des règles d'hygiène et de sécurité spécifiées dans le règlement intérieur de l'Unité.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Les résultats des travaux de thèse feront l'objet de communications et de publications dans des revues internationales à comité de lecture ainsi qu'à des présentations orales dans des colloques nationaux et internationaux.

L'ensemble des collaborateurs impliqués dans ce projet, jointe à l'expérience acquise par le Laboratoire, conduiront forcément aux dépôts de projets en réponse à des AAP de l'ANR ou européens communs.

Collaborations envisagées

- N. HURDUC, Professeur, et Dr I. CARLUSCU, assistant Professeur, chimistes au département des polymères naturels et synthétiques, de l'Université Gheorghe Asachi de Iași (Roumanie), pour la synthèse des matériaux,
- Dr J. F. BLACH, Maître de Conférences HDR, physicien à l'UCCS-Artois, L'Université d'Artois, Lens, pour la réalisation des études de spectroscopie Raman.
- Dr. M. TERNISIEN, Maître de Conférences, Electronicien au Laboratoire plasma et conversion d'énergie, Université Toulouse 3 – Paul Sabatier, pour la réalisation du transistor par la technique d'évaporation.

Références bibliographiques

- 1. C.D Dimitrakopoulos and P.R.L.Malenfant. Organic thin film transistors for large area electronics. *Advanced Materials*, 12(2): 99-117, 2002.
- 2. M. Kitamura, T. Imada, and Y. Arakawa. Organic light-emitting diodes driven by pentacene-based thin-film transistors. *Applied Physics Letters*, 83(16) : 3410-3412
- 3. Michael D. McGehee and Mark A. Topinka Solar cells: Pictures from the blended zone. *Nat Mater*, 5(9) : 675-676, 2006
- 4. H. Klauk, Ed., *Organic Electronics II: More Materials and Applications*. Wiley-VCH: Weinheim, 2012.
- 5. J. M. Adhikari, K. Vakhshouri, B. D. Calitree, A. Hexemer, M. A. Hickner and E. D. Gomez. Controlling crystallization to improve charge mobilities in transistors based on 2,7-dioctyl[1]benzothieno[3,2-b][1]benzothiophene. *Journal of Materials Chemistry C*, 3: 8799-8803, 2015.
- 6. W. L. Liao, T. H. Lee, J. T. Chen and C.S. Hsu. The synthesis of anthradithiophene-based liquid crystals and their applications in organic thin film transistors. *Journal of Materials Chemistry C*, 4: 2284–2288, 2016.
- 7. K. Kondratenko, D. P. Singh, Y. Boussoualem, R. Douali, C. Legrand and A. Daoudi. Hole transporting properties of discotic liquid-crystalline semiconductor confined in calamitic UV-crosslinked gel. *Journal of Molecular Liquids*, 276, 27-31, 2019
- 8. K. Kondratenko, Y. Boussoualem, D. P. Singh, R. Visvanathan, A. E. Duncan, N. A. Clark, C. Legrand, A. Daoudi. Molecular p-doping in organic liquid crystalline semiconductors : influence of the charge transfer complex on the properties of mesophase and bulk charge transport. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 21, 18686-18698, 2019.
- 9. L. A. Haverkate, M. Zbiri, M. R. Johnson, E. Carter, A. Kotlewski, S. Picken, F. M. Mulder and G. J. Kearley. Electronic and vibronic properties of a discotic liquid-crystal and its charge transfer complex, *Journal of Chemical Physics*, 140, 014903, 2014
- 10. H. Iino, Usui, T. Kobori, T. Hanna, Improved thermal stability in organic FET fabricated with a soluble BTBT derivative. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 358, 2516-2519, 2012.
- 11. H. Iino and J. Hanna, Availability of liquid crystallinity in solution processing for polycrystalline thin films. *Advanced materials*. 23(15), 1748-1751, 2011.

Dernière mise à jour le 16 avril 2020