

Sujet de stage

Nanostructures quantiques pour les cellules solaires photovoltaïques

Contacts : francois.flory@centrale-marseille.fr ou judikael.le-rouzo@univ-cezanne.fr

Avec la réduction des ressources en énergies fossiles et l'augmentation inexorable de leur coût, de nombreuses entreprises et laboratoires de recherche mènent actuellement des études intenses pour développer des sources d'énergie alternatives. Parmi ces différentes filières, l'énergie solaire fait l'objet d'attentions particulières. Elle présente en effet l'avantage de bénéficier de la ressource inépuisable du soleil et de mieux préserver l'environnement en réduisant l'émission de gaz à effet de serre.

Cependant, différents progrès restent encore à faire, en particulier dans le domaine des cellules solaires photovoltaïques. En effet, les coûts des installations sont encore trop importants. Leurs réductions passent inexorablement par une augmentation des performances des cellules et en particulier le rendement de conversion de ces composants (rapport puissance électrique produite sur la puissance lumineuse incidente). Dans ce contexte, différentes voies d'investigation font l'objet de nombreuses recherches. Parmi celles-ci nous pouvons noter, des méthodes de piégeage de la lumière dans les matériaux [1], la réalisation de nouveaux matériaux ou matériaux structurés [2] ou encore l'utilisation de nouveaux concepts d'absorption de la lumière [3]. Ainsi, l'incorporation d'objets de dimensions de quelques nanomètres dans des cellules solaires en couches minces permet d'en améliorer le rendement par différents phénomènes tels que la conversion de fréquence.

En effet, dans des boîtes quantiques (quantum dots) constituées de matériaux semi conducteurs, l'énergie des électrons ne peut prendre que des valeurs discrètes, contrairement aux semi conducteurs massifs pour lesquels l'énergie des électrons se répartie dans les bandes de valence et de conduction. Par suite, ces matériaux incluant ces nanostructures peuvent présenter des propriétés luminescentes permettant de convertir des photons du domaine de l'UV en photons du domaine du visible, mieux absorbés par les matériaux photovoltaïques. Ils permettent également de créer des électrons chauds (hot electrons) ayant des durées de vies supérieures à celles qu'ils ont dans les matériaux massifs. On peut envisager ainsi de collecter ces électrons et augmenter la tension en sortie de cellules. Les photons UV peuvent aussi, dans certaines conditions, générer deux paires électrons-trous (Multiple Exciton Generation) et augmenter le courant en sortie de la cellule.

Des modélisations des effets quantiques couplées aux propriétés optiques des matériaux sont en cours de développement à l'Institut Matériaux, Microélectronique et Nanosciences de Provence (IM2NP) dans l'équipe Optoélectronique et

Photovoltaïque (OPTO-PV). Des premières couches incluant des boîtes quantiques de différentes natures ont été réalisées avec des propriétés optiques et de luminescence particulièrement intéressantes [4].

L'objet du stage est de participer aux travaux réalisés au laboratoire en développant aussi bien les modélisations (fonction d'onde électronique et propriétés optiques de ces nanostructures) que les réalisations de couches et de cellules solaires incluant ces nanostructures et la caractérisation des échantillons. Le(la) stagiaire devra avoir de bonnes connaissances en Physique quantique, Physique des semiconducteurs, Optique, et des compétences en modélisation, simulation (langage C, matlab, mathematica,...).

Le(la) stagiaire sera intégré(e) à l'équipe dans un contexte international avec mise à disposition à la fois de moyens de calcul adaptés, de moyens de réalisation de couches minces et de moyens de caractérisation optiques et électriques. D'autres moyens disponibles dans d'autres équipes de recherche en France et à l'étranger (Brésil, Taïwan) seront également mis en œuvre (réalisation de structures quantiques, microscopie électronique, étude structurelles, modélisation des transports de charges, ...).

Des collaborations avec des entreprises sont également prévues.

En fonction de l'avancement des travaux des publications dans des revues scientifiques internationales sont envisageables et les travaux sont susceptibles de se poursuivre dans le cadre d'une thèse.

[1] D. Duche, E. Drouard, J.J. Simon, L. Escoubas, Ph. Torchio, J. Le Rouzo, and S. Vedraïne, "Light Harvesting in Organic Solar Cells", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol. 95, pp. S18-S25 (2011).

[2] Duché, D., E. Drouard, J.J. Simon, L. Escoubas, Ph. Torchio, J. Le Rouzo, and S. Vedraïne "Slow Bloch-modes for enhancing the absorption of light in thin-films for photovoltaic cells". *Applied Physics Letters*, vol. **92**, p. 193310-1-193310-3, (2008).

[3] S. Vedraïne, Ph. Torchio, D. Duche, F. Flory, J.J. Simon, J. Le Rouzo, and L. Escoubas, "Intrinsic Absorption of Plasmonic Structures for Organic Solar Cells", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol. 95, pp. S57-S64 (2011).

[4] Flory, F., et al. "Optical properties of dielectric thin films including quantum dots". *Applied Optics*, Vol. 50, Issue 9, pp. C129-C134 (2011)