
Unité de Recherche: IRDEP UMR7471 (UMR CNRS-ENSCP-EDF)

Directeur : Olivier Kerrec

Sections CNRS : 14

Section CNU : 33^{ième}

Equipe : Pôle de recherche

Responsable de l'équipe : D. Lincot / JF Guillemoles

Personnes concernées : D. Lincot (DR), JF Guillemoles (DR), E. Chassaing (DR), N. Naghavi (CR), P.P. Grand (IC*), V. Bermudez (IC*), J. Kurdi (IC*), C. Domain (IC*, 30%), P. Olsson (IC*, 50%), 2 ITA, 5 doctorants, 7 post doctorants. * IC= Ingenieur Chercheur EDF

❖ **Activité scientifique de l'équipe :**

➤ **Elaboration de nanomatériaux pour le photovoltaïque**

- Synthèse en solution (chimie et électrochimie) de nanomatériaux semiconducteurs, plus particulièrement oxydes et chalcogénures, du bécher au pré-pilote industriel.
- Méthodes de recristallisation et de fonctionalisation des nanomatériaux (Recuits rapides réactifs, adsorption moléculaire, décapages sélectifs)
- Dépôts en phase gazeuse de couches minces à ultra-minces par sputtering et par ALCVD
- Plateau technologique de mise en forme des nanomatériaux pour la réalisation de dispositifs photovoltaïques.

➤ **Caractérisations Structurale, Chimique , Optoélectronique et Modélisation**

- Caractérisation chimique et structurale des nanomatériaux produits par Raman (IRDEP), TEM, HRTEM, SEM-FEG (centre de caractérisation EDF), XPS (collab. Institut Lavoisier), réflectométrie X (collab. IEF)
- Etudes des mécanismes de transport et de recombinaison des paires électron trous, dans les matériaux nanostructurés et dispositifs (spectroscopie d'admittance, DLTS, PL, sonde de Kelvin, I-V-T)
- Plate forme technologique de caractérisation et de test de dispositifs photovoltaïques
- Modélisation des dispositifs photovoltaïques
- Modélisation des matériaux à l'échelle atomique (ab initio, dynamique moléculaire).

➤ **Domaine d'application: Photovoltaïque**

- procédés couches minces
- nouveaux concepts photovoltaïque à très haut rendement et photovoltaïque hybride (organique-inorganique)

❖ **Résultats obtenus dans les domaines d'action des nanosciences:**

- Electrodeposition de semiconducteurs chalcogénures et réalisation de cellules solaires performantes (> 10% de rendement) basées sur ces matériaux. Transfert en développement industriel.
- Dépôts de couches interfaciales ultraminces de sulfures et d'oxydes (CdS, ZnS, In₂S₃, ZnO..) par dépôt en solution et par ALCVD sur des semiconducteurs chalcogénures pour l'obtention de photopiles hautes performances.
- Synthèse de ZnO microcristallin nanoporeux pour cellules solaires à colorant.
- Modélisation de matériaux nanostructurés pour cellules photovoltaïques à haut rendement.

❖ **Programme de recherche :**

- Développement de procédé de génie chimique pour mise en œuvre de matériaux photovoltaïques nanostructurés dans le cadre de la filière chalcopyrite électrodéposées

- Exploration de nouvelles voies dans la nanostructuration d'oxydes pour cellules à colorants
- Modélisation à l'échelle atomique des matériaux pour le photovoltaïque et des mécanismes de conversion de l'énergie solaire
- Synthèse de nanomatériaux par chimie douce pour cellules à très haut rendement dont cellules à porteurs chauds et à upconversion (Q-dots core-shell, halogénures dopés aux terres rares)

❖ Interactions et Collaborations en Ile de France dans le domaine des nanosciences:

➤ Chimie:

ENSCP (LCMC UMR7574, LECA UMR 7575), Polytechnique (LSI, LCMCP), Institut Lavoisier de l'UVSQ, Département MMC (EDF R&D)

➤ Physique/STIC:

Ecole Centrale Paris (EM2C), IEF (Orsay), LGEP –Supelec, LPN- Marcoussis, LPA (ENS Paris)

❖ Activités d'Enseignement :

- Cours « Matériaux pour le Photovoltaïque » Master ENSCP-UVSQ

❖ Contrats de recherche

- Programmes ANR: CISEL, GENECIS, THRI-PV
- Programmes Européens: LARCIS, ATHLET-PV, bourse Marie Curie
- Autres: GCEP (géré par l'université de Stanford)
- Contrats industriels : EDF-DPAN, EPRI (US)

❖ 10 références choisies dans la période 2005-2007 dans le domaine des nanosciences (NB: l'IRDEP, créé en 2005, était auparavant rattaché au LECA UMR 7575):

1. S. TAUNIER, J. SICX-KURDI, P.P. GRAND, A. CHAUMONT, O. RAMDANI, L. PARISSI, P. PANHELEUX, N. NAGHAVI, C. HUBERT, M. BENFARAH, J.P. FAUVARQUE, J. CONNOLLY, O. ROUSSEL, P. MOGENSEN, E. MAHE, J.F. GUILLEMOLES, D. LINCOT, O. KERREC – Cu(In,Ga)(S,Se)₂ solar cells and modules by electrodeposition. – Thin Solid Films, 480, (2005), 526-531
2. J.M. RAULOT, C. DOMAIN, J.F. GUILLEMOLES – Fe-doped CuInSe₂: an *ab initio* study of magnetic defects in a photovoltaic material. – Phys. Rev. B, 71, (2005), 035203
3. HERMANN, J., M. BENFARAH, G. COUSTILLIER, S. BRUNEAU, E. AXENTE, J.F. GUILLEMOLES, M. SENTIS, P. ALLONCLE, ET T. ITINA, Selective ablation of thin films with short and ultrashort laser pulses. Applied Surface Science, 252 (2006) 4814-4818
4. T. PAUपोर्टÉ, D. LINCOT, B. VIANA, F. PELLÉ, Toward Laser Emission of Epitaxial Nanorod Arrays of ZnO Grown by Electrodeposition., Applied Physics Letters 89 (2006) 233112
5. E. CHASSAING, B. CANAVA, P.P. GRAND, O. ROUSSEL, O. RAMDANI, A. ETCHEBERRY, J.F. GUILLEMOLES, D. LINCOT, O. KERREC – Electroless nucleation and growth of Cu–Se phases on molybdenum from acidic solutions containing Cu(II), Se(IV) and In(III) ions. – Electrochem. Solid State Lett., 10, (2007), C1-C3
6. C. HUBERT, N. NAGHAVI, B. CANAVA, A. ETCHEBERRY, D. LINCOT Thermodynamic and experimental study of Chemical Bath Deposition of Zn(S,O,OH) buffer layers in basic aqueous ammonia solutions. Cell results with electrodeposited CuIn(S,Se)₂ absorbers. Thin Solid Films, 515/15, (2007), 6032-6035
7. G. GONZALVEZ, M. ROSSO, E. CHASSAING, J. N. CHAZALVIEL – Experimental and theoretical study of the onset of the growth of an irregular metal electrodeposit, Electrochim. Acta, 53 (2007) 141-144
8. V. IZQUIERDO, L. CALVO-BARRIO, A. PEREZ-RODRIGUEZ, J.R. MORANTE, J. ALVAREZ-GARCIA, V. BERMUDEZ, O. RAMDANI, P.P. GRAND, L. PARISSI, J. SICX-KURDI, O. KERREC – Raman microprobe characterisations of electrodeposited S-rich CuIn(S,Se)₂ for photovoltaic applications : microstructural analysis. – J. App. Phys., 101(10). (2007), N° 103517
9. C.M. RUIZ, E. SAUCEDO, O. SANZ, V. BERMUDEZ – Hexagonal CdTe like rods prompted from Bi₂Te₃ nanodots for solar cells applications. – J. Phys. Chem., C111(15) (2007), 5588-5591
10. CONIBEEER, G., D. KONIG, M.A. GREEN, ET J.F. GUILLEMOLES, Slowing of carrier cooling in hot carrier solar cells. Thin Solid. Films, 2007. sous presse.