

Proposition sujet de thèse

Titre français :

Conception et fabrication de cellules photovoltaïques chalcogénure à large bande gap pour des applications intérieures utilisant un processus voie chimie en solution.

Titre anglais : Design and manufacture of wide-bandgap chalcogenide photovoltaic cells for indoor applications using a chemical solution process.

Directeur de thèse :

Dr Denis Chaumont (MCF-HDR), ICB, Dijon, France ;

Situation du sujet :

Ces dernières années, les équipements photovoltaïques n'ont cessé d'innover pour proposer toujours plus de solutions économiques et écologiques (Panneaux photovoltaïques d'intérieur (PVI) (Indoor PhotoVoltaic (IPV)), Building Integrated PhotoVoltaic (BIPV), systèmes photovoltaïques transparents, systèmes flexibles et légers, utilisation de matériaux non toxique...).

Les panneaux photovoltaïques d'intérieur (IPV) : au lieu d'utiliser la lumière du soleil, cette technologie photovoltaïque utilise l'énergie de sources lumineuses artificielles (LED, lampes fluorescences, lampes halogènes) pour produire de l'électricité. Ils doivent donc gérer une faible intensité lumineuse et un spectre lumineux différents de celui de la lumière solaire.

Pour capter efficacement la lumière, le gap du matériau absorbeur de la cellule solaire doit correspondre au point maximum du spectre de la lumière. Dans le cas de la lumière du soleil terrestre, la bande gap optimale est de 1,1 à 1,4 eV, alors que pour un éclairage intérieur, la bande gap optimale est de 1,9 à 2,0 eV. C'est pour cela que le photovoltaïque classique n'est pas adapté aux applications indoor.

Ainsi, pour les applications intérieures, le choix s'oriente vers des matériaux à large bande interdite ou à gap ajustable.

Les chalcogénures répondent à ces critères. Les matériaux principalement étudiés seront : Sb_2S_3 , Se, sulfures... Par exemple, le trisulfure d'antimoine Sb_2S_3 (gap : 1,75 eV, coefficient d'absorption est compris entre 10^4 et 10^5 cm^{-1}) cristallise sous forme de stibnite du système orthorhombique. Cette structure anisotrope (composée de chaînes) nécessite une orientation spécifique durant la croissance. La durée de vie des porteurs est faible et peut être améliorée par des épaisseurs d'adsorbeur faible ou par dopage. La qualité des interfaces influe sur l'efficacité du système photovoltaïque.

La voie chimie en solution permet le dépôt de couches minces et de dispositifs multicouches (absorbeur, buffer, contacts). Le contrôle de la chimie permet de contrôler la stœchiométrie des phases cristallines, le dopage, la croissance cristalline (taille, orientation...). Par ce procédé il est donc possible de maximiser l'absorption et l'efficacité des couches absorbeurs, d'ajuster le gap et d'optimiser l'alignement des bandes des différentes couches du système photovoltaïque. Cette technologie autorise en outre, des dépôts sur différents substrats (flexibles, souples, transparents...), la réalisation de cellules tandem...

Actuellement, travaux de recherche sur les panneaux photovoltaïques d'intérieur (IPV) ont atteint une efficacité de 25% pour des cellules à pérovskites organiques mais avec une stabilité limitée et contenant des matériaux toxiques.

Description et objectifs du projet scientifique :

Le projet scientifique proposé pour ce travail de thèse consiste à étudier et développer des dispositifs photovoltaïques à large bande interdite et /ou ajustable, à longue durée de vie, constitués de matériaux non toxiques, non polluants et abondants par un procédé peu coûteux.

Les différentes étapes envisagées pour ce travail de thèse sont les suivantes :

Mise au point et optimisation d'absorbeurs à base de chalcogénures (dépôt – recuit)

Dépôts de contacts sélectifs conducteurs d'électrons et de trous. Optimisation de l'alignement des bandes entre l'absorbeur et les contacts sélectifs.

Réalisation et tests et caractérisation de systèmes photovoltaïques complets.

La mise au point et l'utilisation du procédé chimie en solution pourra être couplé avec d'autres procédés de dépôts par voie physique pour l'élaboration du système complet.

Des caractérisations approfondies structurales, électriques et optiques seront menées sur les différentes étapes, des couches minces au dispositif final. La modélisation du système permettra d'orienter les choix matériaux et la simulation de proposer des options structurales.

Positionnement du sujet dans les programmes nationaux et internationaux, collaborations... :

Ce projet sera réalisé principalement à l'ICB au sein de l'équipe NanoForm (Axe nanosciences) et en étroite collaboration avec le groupe photovoltaïque de l'INL (Lyon). Mais l'interdisciplinarité scientifique indispensable à ce travail (chimie, physique des semi-conducteurs, optique, système) sera complétée et soutenue par des collaborations existantes ou en développement : le laboratoire CROMA et l'Institut Néel (NPSC) à Grenoble...

Nous participons au réseau européen RENEW-PV « Research and International Networking on Emerging Inorganic Chalcogenides for Photovoltaics », par les actions COST, ce qui nous permet d'être en relation avec des laboratoires renommés dans le domaine. Ces collaborations permettront d'accéder à une expertise de dimension internationale, de partager des connaissances et d'ouvrir la voie à de futurs projets européens.

DC, le 29-01-2025