



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

Madame Asmae EL AOUAMI

soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat
en Sciences de l'ingénieur

Le Samedi 20 Novembre 2021 à 10h00 au Grand amphi
à l'ENSAM de Rabat

Intitulé de la thèse

**OPTIMISATION ET MODÉLISATION DES CARACTÉRISTIQUES
PHOTONIQUES DES CELLULES SOLAIRES À BANDES INTERMÉDIAIRES
À BASE DES BOÎTES QUANTIQUES**

Devant le Jury composé de :

Président :

Pr. Hassane ERGUIG, PES, ENSA, Université Ibn Tofail de Kénira

Directeur de thèse :

Pr. El Mustapha FEDDI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Gen LONG, Associate Professor, St. John's University, USA

Pr. Abdellatif BEN ABDELLAH, PES, FST-Tanger, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan

Pr. Zouheir SEKKAT, PES, Faculté des Sciences, Université Mohammed V de Rabat

Examineur :

Pr. Mourad TAHA JANAN, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Invité :

Pr. Vittorianna TASCIO, Researcher, Institute of Nanotechnology, Lecce, Italy



OPTIMISATION ET MODELISATION DES CARACTERISTIQUES PHOTONIQUES DES CELLULES SOLAIRES A BANDES INTERMEDIAIRES A BASE DES BOITES QUANTIQUES

Résumé

Les cellules solaires à base des nanomatériaux constituent la 3^{ème} génération des cellules solaires. Parmi cette nouvelle génération on trouve les cellules solaires à bandes intermédiaires. Les principales caractéristiques de ces cellules solaires sont leur capacité à absorber les photons à basse énergie pour exciter les électrons à travers la bande intermédiaire, permettant une efficacité de conversion dépassant la limite de Shockley-Queisser. Les CSBIs suscitent un intérêt considérable en termes de performance et de protection de l'environnement. Cependant, il est toujours nécessaire d'optimiser de nombreux paramètres liés aux cellules solaires, tels que la taille des boîtes quantiques, leur forme, la distance entre boîtes, et aussi de choisir le bon matériau. Dans cette étude nous rapportons une étude théorique de l'efficacité de conversion photovoltaïque des cellules solaires basée sur l'introduction des boîtes quantiques $\text{InN}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ (boîte/barrière) rangées dans la région-I d'une photodiode P-I-N. Compte tenu du décalage de la bande de conduction et de la bande de valence et en considérant le niveau du trou et de son impact souvent négligé sur la position et la largeur des bandes intermédiaires induites par les niveaux d'énergie quantifiés discrets des électrons et des trous provenant de boîtes quantiques. Ces derniers sont déterminés théoriquement en résolvant analytiquement l'équation de Schrödinger dans le cadre de l'approximation de la masse effective ou bien en utilisant le modèle de Kronig-Penney. Tous les paramètres caractéristiques de la cellule tels que la tension en circuit ouvert, la densité du courant de court-circuit et l'efficacité de conversion photoélectrique sont déterminés par rapport à la concentration en indium, la taille et l'espacement entre les boîtes quantiques. Ensuite, nous analysons l'effet du champ électrique de polarisation interne sur les performances des cellules solaires à bandes intermédiaires à boîtes quantiques $\text{InN}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$. Par la suite, nous analysons l'effet de la forme des boîtes quantiques (cubique, sphérique et cylindrique) sur les caractéristiques des cellules solaires à bandes intermédiaires $\text{InN}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$. Finalement, nous optimisons les propriétés photoniques des cellules solaires à points quantiques de type : InP/ZnS , CdSe/ZnS , PbSe/ZnTe , InN/GaN et PbTe/CdTe .

Mots clés : Cellule Solaire, Photovoltaïque, Efficacité de Conversion Photovoltaïque, Boîtes Quantiques, Bandes Intermédiaires, Niveaux Intermédiaires, Modèle Classique de Kronig-Penny, Température, Champ Électrique de Polarisation Interne.

Abstract

Solar cells based on the implementation of quantum dots in the intrinsic region, so-called intermediate band solar cells (IBSCs), are among the most widely used concepts nowadays for achieving high solar conversion efficiency. The principal characteristics of such solar cells are their ability to absorb low energy photons to excite electrons through the intermediate band, allowing conversion efficiency exceeding the limit of Shockley-Queisser. IBSCs are generating considerable interest in terms of performance and environmental friendliness. However, there is still a need for optimizing many parameters related to the solar cells, such as the size of quantum dots, their shape, the inter-dot distance and also choosing the right material. We report a theoretical investigation of the photovoltaic conversion efficiency of solar cells based on the introduction of $\text{InN}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ (dot/barrier) quantum dot supracrystals arrayed in the I-region of a P-I-N photodiode. Considering the conduction and valence band offsets and taking into account the hole level and its impact on the band offset usually neglected on the position and width of intermediate bands induced by the discrete quantized energy levels of electrons and holes originating from quantum dots are determined theoretically by solving analytically the corresponding Schrödinger equation within the effective mass approximation or by using the Kronig-Penney model. All characteristic parameters of the cell such as open circuit voltage, short circuit current density and photoelectric conversion efficiency are determined versus the In-concentration, mean size and inter-dot spacing of quantum dots. Then, we analyze the effect of the internal electric field on the performance of $\text{InN}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ quantum dot intermediate band solar cells. Thereafter, we analyze the effect of the shape (cubic, spherical and cylindrical) of the quantum dot on the characteristics of $\text{InN}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ IBSC. Finally, we optimize the photonic properties of solar cells InP/ZnS , CdSe/ZnS , PbSe/ZnTe , InN/GaN and PbTe/CdTe quantum dots.

Keywords: Solar Cell, Photovoltaic, Photovoltaic Conversion Efficiency, Quantum Dots, Intermediate Bands, Intermediate Levels, Kronig-Penny Classic Model, Temperature, Internal Electric Field Polarization

