



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

**FACULTE : TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS**

MEMOIRE DE MASTER

**Présenté par : Goumiri Rania
Bendhgane Lamia**

**DOMAINE : Sciences et Technologies
FILIERE : Génie des Procédés
OPTION : Génie des Procédés de l'Environnement**

Thème

**Simulation de la cellule photovoltaïque à hétérojonction :
CuO (p)/CdS (n)/ZnO(n) par SCAPS-1D**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
BENDAHGANE Soumia	MAA	Président
BELHADJ Soraya	MCB	Examineur
HANNACHI Manelle	MCB	Rapporteur

Promotion : JUIN 2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements :

Nous remercions Allah le tout puissant pour m'avoir donné le courage,
la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail. Que nous
implorons afin de nous aider à atteindre nos aspirations.

Si Dieu le veut. nous tenons à exprimer mes remerciements les plus sincères à
mon encadrente Pr. Hannachi Manelle d'avoir bien voulu m'encadré...

Nous remercions également les membres de jury : l'enseignante Belhadj
Soraya et l'enseignant Bendahgane Soumia , pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre
mémoire en acceptant d'examiner notre travail.

Nous remercions Monsieur le professeur **Marc Burgelman** pour la licence
du logiciel SCAPS .

Nous tenons à exprimer notre gratitude aux amis, collègues et toute personne
nous ayant aidé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.





Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail à

A mon cher père, Nadhir pour son soutien inconditionnel,

Ses encouragements, et pour m'avoir permis de réaliser mes études dans les meilleures conditions.

A ma mère Dallal pour m'avoir soutenu, accompagné tout au long de ce travail .

A mes sœurs bien aimées : Fatima, Yousra et Yasmine .

A mon chers frère : Nourddine . et a toute Ma famille .

A mes meilleurs amis.

Ces années pour moi ont été l'occasion de connaitre des personnes exceptionnelles qui m'ont tout simplement offert leur sincère amitié et avec qui j'ai partagé d'agréables moment.

A tous mes enseignants. A toute Ma famille.

Goumiri Rania





Dédicaces :

Je m'incline devant Dieu et je remercie profondément pour m'avoir inspiré et m'avoir guidé sur le droit chemin.

**Merci mon Dieu pour votre précieuse aide pour votre assistance et pour votre
Bonté et clémence.**

À Mon très cher père :Bendahgane Mohamed

**Qui a beaucoup participé à mon éducation, qui m'a toujours encouragé dans mes études,
il est pour moi l'exemple correcte et le modèle de la réussite.**

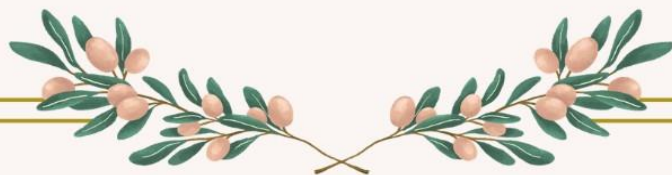
A ma chère mère :Keddache Louiza

**Qui m'a toujours encouragée et qui m'a toujours promulgué des conseils
et qui finalement se sacrifie pour moi.**

A Mes très chers frères : (fatima ;amine ; Brahim ; Assia ; Amina ; Fatna ; Halima)

A toute mes copines.

Bendhgane Lamia



Listes des Figures	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des Symboles.....	4
Introduction générale 1	

Chapitre I : Généralités Rappels théoriques sur les cellules photovoltaïques

Introduction.....	5
Le rayonnement solaire	6
Historique du photovoltaïque.....	6
L'effet photovoltaïque	6
Avantages et Inconvénients du photovoltaïque.....	7
A) Avantages	7
B) Inconvénients.....	8
Semi-conducteurs	8
Le dopage.....	9
Les différents types de dopage.....	9
Dopage de type N.....	9
Dopage de type P.....	9
Méthodes de dopage.....	10
La diffusion	10
La croissance Epitaxiale	10
Le bombardement ionique.....	10
La jonction P-N	10
Zone de Déplétion	11
cellule photovoltaïque	11
Principe général du fonctionnement d'une cellule solaire	12
Paramètre des cellules photovoltaïques	13
Courant de court-circuit, I_{cc}	13
Tension a circuit ouvert, V_{oc}	14
Facteur de forme, ff	14
Le rendement, η	15
Les différentes générations des cellules photovoltaïques	15

La cellule photovoltaïque en silicium monocristallin.....	15
Les cellules poly-cristallines	15
Cellules au silicium amorphe	15
Cellule multi-jonction.....	16
La cellule photovoltaïque tandem	16
La cellule photovoltaïque CIGS	16
La cellule en couche mince de tellure de cadmium.....	17
Conclusion	17

Chapitre II :Simulation des performances de cellule photovoltaïques à hétérojonction CuO/CdS/ZnO

Introduction.....	20
Logiciel SCAPS	20
structure de la cellule solaire CuO(p)/CdS(i)/ZnO(n).....	21
La simulation de la cellule solaire	22
Oxyde de cuivre	22
Oxyde de Zinc.....	23
Résultats et discussion	24
Effet de l'épaisseur de la couche CuO (P) sur les performances de la cellule(CuO/CdS/ZnO).....	24
Effet de l'épaisseur de la couche CdS (n) sur les performances de la cellule (CuO/CdS/ZnO).....	26
Effet de l'épaisseur de la couche ZnO (n) sur les performances de la cellule (CuO/CdS/ZnO).....	28
Effet de la température de fonctionnement sur les performances de la cellule (CuO/CdS/ZnO)	29.
Conclusion.....	30
Conclusion générale	31
Références.....	3

Résumé.

Liste des Figures

Figure I.1 : l'effet photovoltaïque.....	7
Figure I.2: les trois grands familles des matériaux	8
Figure I.3 : Dopage de type N.....	9
Figure I.4 : Dopage de type P.....	9
Figure I.5 : Jonction PN à l'équilibre thermodynamique.....	11
Figure I.6 : Zone de déplétion	11
Figure I.7 : Cellule photovoltaïque	12
Figure I.8 : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	13
Figure I.9 : Type des cellules solaires	16
FigureII.1 : Panneau de démarrage de SCAPS, le panneau d'action ou principal.....	21
FigureII.2: Structure de la cellule solaire (CuO/ZnO/CdS).....	21
FigureII.3 : Structure cristalline de l'oxyde de cuivre (CuO).....	23
FigureII.4 : Structure cristalline de l'oxyde de zinc (ZnO).....	23
FigureII.5 : Variation des paramètres photovoltaïques en fonction de l'épaisseur de la couche CuO (P).....	25
Figure II.6: Variation des paramètres photovoltaïques en fonction de l'épaisseur de la couche CdS (n).....	27

Liste des Tableaux

Tableau II.1 : Les paramètres physiques d'entrée pour les matériaux des couches CuO(P), CdS(n), ZnO(n).....	22
Tableau II.2 : Epaisseurs des couches CdS(n), ZnO(n).....	24
Tableau II.3 : Epaisseurs des couches CuO(P), ZnO(n).....	26
Tableau II.4 : Epaisseurs des couches CuO(P), CdS(n).....	28
Tableau II.5 : Variation des paramètres photovoltaïques en fonction de l'épaisseur de la couche ZnO (n).....	28
Tableau II.6 : Epaisseurs des couches CuO(P), CdS(n), ZnO(n).....	29
Tableau II.7 : Variation des paramètres photovoltaïques en fonction de l'épaisseur de la Température(K).....	30

Liste des Symboles

GaAs : l'arséniure de gallium.

SCAPS 1D: Solar Cell Capacitance Simulator.

.PV : photovoltaïque .

ZnO :L'oxyde de zinc

CuO : L'oxyde de cuivre

PV : photovoltaïque .

CdS : sulfure de cadmium .

CdTe : tellure de cadmium .

Icc : Courant de court-circuit .

Iph : Photo-courant [A], proportionnel à l'irradiance F, avec correction selon T.

Rs : Résistance série [W].

Rsh : Résistance shunt (ou parallèle) [W].

Voc : Tension a circuit ouvert .

q : Charge de l'électron .

k : Constante de Boltzmann .

T : Température effective de la cellule .

I₀ : courant de saturation.

ff : Facteur de forme .

η : Le rendement .

Introduction générale

Introduction générale

Pendant des décennies, les principales sources d'énergie utilisées par l'homme sont les combustibles fossiles qui ont pollué l'environnement. Ces sources d'énergie ont provoqué des graves changements climatiques en raison des gaz à effet de serre rejetés dans l'environnement.

Dans cette perspective, le développement des filières des sources d'énergie non polluantes telles que l'énergie thermoélectrique, l'énergie éolienne, l'énergie photovoltaïque...etc, devrait être développé à grande échelle afin de résoudre ce problème. Compte tenu de l'abondance du rayonnement solaire arrivant par seconde sur Terre, le photovoltaïque semble être une solution viable. L'énergie photovoltaïque est obtenue par une transformation directe de la lumière en électricité grâce à une cellule photovoltaïque.

Généralement, une cellule photovoltaïque est composée d'une combinaison de semi-conducteurs de type N et de type P [1].

SCAPS 1D (Solar Cell Capacitance Simulator) un programme de simulation des cellules solaires unidimensionnel développé au Département d'Electronique et Systèmes d'Information (ELIS) de l'Université de Gand, Belgique, SCAPS est capable de résoudre les équations de base des semi-conducteurs, l'équation de Poisson et les équations de continuité pour les électrons et les trous.

Il calcule la solution des équations de base des semi- conducteurs en 1dimension et en régime permanent.

Le but de ce travail est consacré principalement à l'étude par simulation avec le logiciel SCAPS de la cellule photovoltaïque à hétérojonction de structure CuO(p)/ CdS(n)/ ZnO(n).

Le présent mémoire est organisé en deux chapitres comme suit :

Dans le premier chapitre, nous avons présenté des généralités sur les cellules photovoltaïques, ainsi que le principe de fonctionnement, les caractéristiques électriques d'une cellule , l'effet photovoltaïque, les différents types de dopage ainsi. Le deuxième chapitre a été réservé aux résultats de simulation de la cellule solaire et à la discussion et les interprétations des différents résultats obtenus. Nous terminerons notre travail par une conclusion générale qui récapitule les différents résultats trouvés.

Introduction générale

Référence :

[1]. Simulation of Lead-Free Heterojunction CsGeI₂Br/CsGeI₃-Based. **Dimitri Kapim Kenfack, abraham, Matome Thantsha, Nicolas et Msimanga, Mandla.** south africa : s.n., 2017.

Chapitre I

Généralités et Rappels théoriques sur les cellules photovoltaïques

I .1 Introduction

Parallèlement aux préoccupations publiques croissantes concernant les problèmes environnementaux et le changement climatique, les investissements et les activités de recherches liés aux énergies renouvelables ont considérablement augmenté au cours de la dernière décennie.

Du côté commercial, le coût des applications d'énergie renouvelable a été réduit à un niveau où il peut concurrencer les sources d'énergie traditionnelles, tandis que du côté de la recherche, de nouvelles technologies plus performantes ont été développées. Grâce à ces efforts, au cours des dernières années, la capacité annuelle supplémentaire d'énergie renouvelable a augmenté plus rapidement que toutes les sources non renouvelables combinées [1, 2].

Une source d'énergie renouvelable est une source qui se renouvelle suffisamment pour être considéré comme inépuisable. Elle est généralement issue d'éléments naturels abondants comme le rayonnement du soleil, le vent, les flux d'eau, la chaleur terrestre, les matières végétales... etc.

Il y a différentes types d'énergie renouvelable :

- Energie solaire : L'énergie lumineuse du soleil est transformée en électricité par des capteurs équipés des cellules photovoltaïques (Chauffe-eau, Electricité) [3,4].
- Energie hydraulique : Issue de l'énergie potentielle des eaux (gravité) [5].
- Energie éolienne : L'éolienne est un dispositif qui, en utilisant la force du vent, permet de produire de l'énergie renouvelable [6].
- Energie géothermique : La chaleur captée par cette technologie se trouve dans la terre. Elle provient du rayonnement quotidien du soleil et du sous-sol profond [7].
- Energie de la biomasse : La biomasse, ensemble de la matière vivante, concerne les produits organiques végétaux et animaux utilisés pour l'énergie ou l'agronomie [8].

ce chapitre présente quelques notions sur la source d'énergie en général , et les énergies renouvelables et en exposons ensuite les rayonnements solaire, le principe de fonctionnement de cellule photovoltaïque, les semi-conducteurs , les dopages ...

I.2 Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est l'énergie rayonnante émise par le soleil. La distance de la Terre au Soleil est d'environ 150 millions de kilomètres et la vitesse de la lumière est d'environ 300 000 km/s. Le rayonnement solaire est de type électromagnétique. Depuis les rayonnements radio jusqu'aux rayons Gamma, la distribution se centre dans le visible autour de 0.55 micron.

La puissance énergétique (constante solaire ou densité d'énergie solaire) à l'extérieur de l'atmosphère est de 1350w/m², au niveau de la surface terrestre elle est d'environ 1000W/m² à cause de l'absorption dans l'atmosphère. [9].

I.3 Historique du photovoltaïque

Une cellule solaire (également appelée cellule photovoltaïque) est un dispositif électrique à l'état solide qui convertit l'énergie solaire directement en électricité par l'effet photovoltaïque. Les cellules solaires, ces dernières années, ont attiré une attention considérable en raison de la durabilité et de la propriété de l'énergie solaire.

L'effet photovoltaïque a été découvert pour la première fois par le physicien français Becquerel [10] en 1839 lorsqu'il a observé que l'action de la lumière sur une électrode de platine recouverte d'argent immergée dans un électrolyte produisait un courant électrique.

En 1883, la première cellule photovoltaïque a été construite par Charles Fritts qui a recouvert le semi-conducteur de sélénium (Se) d'une couche extrêmement fine d'or (Au) pour former les jonctions. L'appareil n'avait qu'environ 1% d'efficacité. Ohl [11] a breveté une cellule solaire à semi-conducteur à jonction en 1946, qui a été découverte alors qu'il travaillait sur la série d'avancées qui conduiraient au transistor. Plus tard, la première cellule solaire en silicium cristallin avec une efficacité de conversion de 6% a été rapportée par Chapin, Fuller et Pearson [12] de "Bell Telephone Laboratories" en 1954.

La même année, Reynolds et ses collaborateurs [13] ont rapporté une cellule solaire à hétérojonction sulfure cuivreux/sulfure de cadmium (Cu₂S/CdS) avec une efficacité d'environ 6%. Dans les années suivantes, les dispositifs photovoltaïques à jonction p-n en GaAs, phosphore d'indium (In₂P₃) et CdTe ont été stimulés par des travaux théoriques indiquant que ces matériaux offriraient un rendement de conversion plus élevé.

I.3.1 L'effet photovoltaïque

Le mot photovoltaïque est composé de deux parties : le préfixe « photo », qui est un dérivé du mot grec désignant « lumière » ou « clarté », et le suffixe « volt », relatif au pionnier de l'électricité

Généralités et Rappels théoriques sur les cellules photovoltaïques

Alessandro VOLTA. L'effet photovoltaïque a été découvert par Alexandre Edmond Becquerel en 1839. L'effet photovoltaïque est obtenu par absorption des photons dans un matériau semi-conducteur qui génère alors une tension électrique.

Les cellules photovoltaïques produisent du courant continu à partir du rayonnement solaire, qui peut être utilisé pour alimenter un appareil ou recharger une batterie. [14]

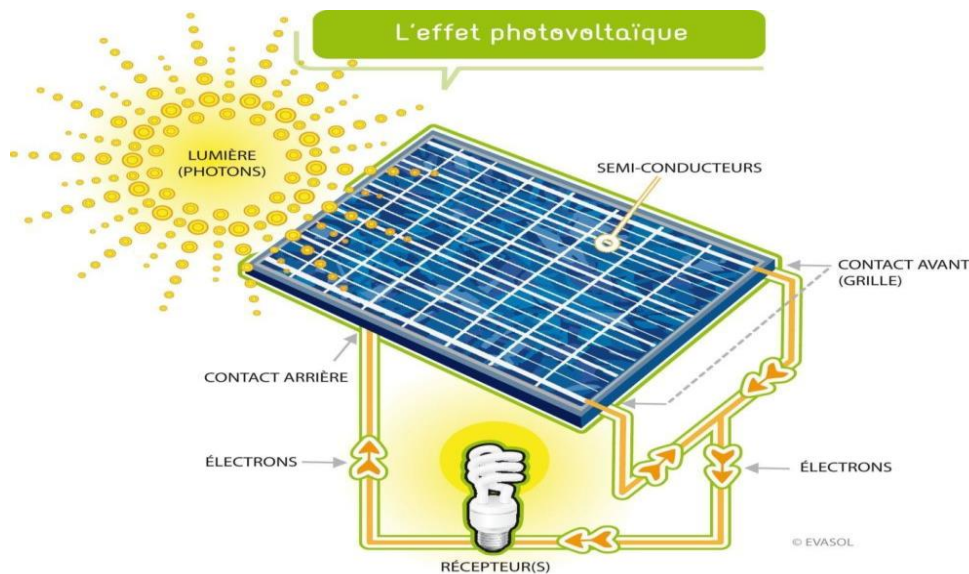


Figure I.1 : L'effet photovoltaïque

I.3.2 Avantages et inconvénients du photovoltaïques :

a) Avantage :

L'énergie photovoltaïque offre de multiples avantages [15] :

- La production de cette électricité renouvelable est propre. Elle n'est pas toxique.
- Les systèmes photovoltaïques sont extrêmement fiables.
- L'énergie photovoltaïque est particulièrement attractive pour les sites urbains, dus à leur petite taille, et leur opération silencieuse.
- Les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle).
- La durée de vie des panneaux photovoltaïques est très longue. Certains producteurs

Généralités et Rappels théoriques sur les cellules photovoltaïques

- garantissent les panneaux solaires pour une durée de 25 ans.

b) Les inconvénients :

- Production d'énergie qui dépend de l'ensoleillement, toujours variable.
- Le coût très élevé.
- Faible rendement de conversion

I.4 Semi-conducteurs :

Les semi-conducteurs sont généralement des solides cristallins dont la conductivité électrique varie en fonction de plusieurs paramètres tels que la température, la proportion d'impuretés incorporées dans leur matrice cristalline, et le flux de photons éclairant la surface de ces matériaux. Contrairement aux métaux, qui sont des bons conducteurs électriques mais dont la résistivité augmente avec la température, les matériaux semi-conducteurs possèdent une résistivité électrique qui diminue avec la température. Les propriétés des semi-conducteurs sont en grande partie régies par la quantité de porteurs de charge qu'ils contiennent. Ces porteurs sont les électrons ou les trous. De nombreux matériaux OTC sont apparus ensuite, citons en particulier : In_2O_3 , $\text{In}_2\text{O}_3:\text{F}$, $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ (ITO), SnO_2 , CdSnO_2 , $\text{SnO}_2:\text{Sb}$, $\text{SnO}_2:\text{Cd}$, $\text{SnO}_2:\text{F}$, ZnO , $\text{ZnO}:\text{Al}$, CdInO_x ,...etc. L'obtention de tels matériaux, présentant un bon compromis entre transparence à la lumière visible et bonne conductivité électrique, constitue un enjeu industriel important [1]. L'une des utilisations des conducteurs transparents est l'électrode transparente des cellules solaires. Pour des cellules solaires compétitives, trois paramètres sont importants de point de vue industriel, des phénomènes physiques et de consommateur : i) le coût de fabrication, ii) le rendement, iii) la longévité.[16]

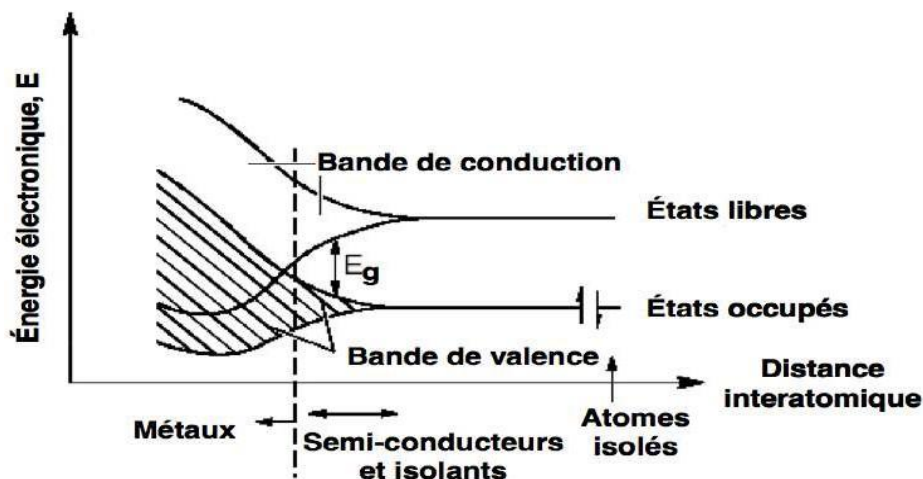


Figure I.2: Génération des bandes d'énergie dans un solide à partir des orbitales atomiques d'atomes isolés

I.5 Le dopage

Dans un semi-conducteur pur le nombre de porteurs étant faible à température ordinaire, la conductivité est médiocre. [17]

I.5.1 Les différents types de dopage :

I.5.1.1. Dopage de type N :

On remplace un atome de silicium par un atome pentavalent. Quatre d'entre eux assurent les liaisons avec les atomes voisins de silicium et le cinquième resté disponible va être excité vers la bande de conduction très facilement par l'agitation thermique. D'où le nombre d'électron libre qui va fortement augmenter : dans ce cas le nombre de trou est très inférieur au nombre d'électron libre. On obtient ainsi un cristal dopé N (négatif) . [18]

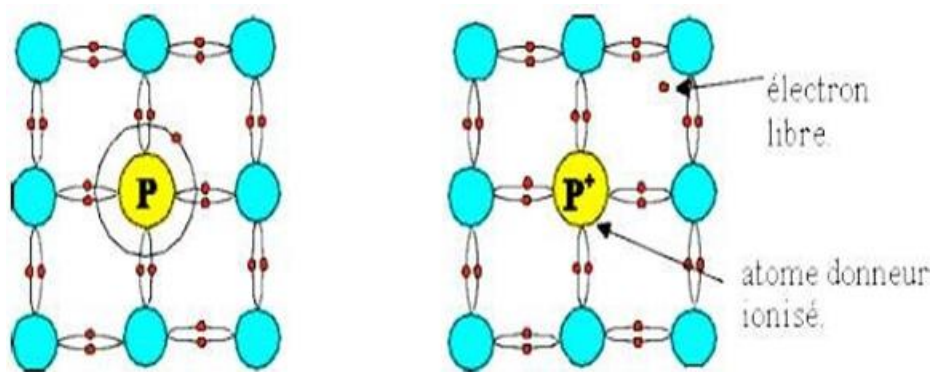


Figure I.3 : dopage de type N [18]

I.5.1.2. Dopage de type P :

De la même façon, on introduit des atomes trivalents, ses trois électrons vont assurer les liaisons covalentes avec trois atomes voisins mais laisser un trou au quatrième. Ce trou se déplace dans le cristal pour créer un courant.

Ici le nombre de trous est très supérieur au nombre d'électrons libres du cristal intrinsèque, on obtient donc un cristal dopé P (positif), les impuretés utilisées sont souvent du Bore. [18]

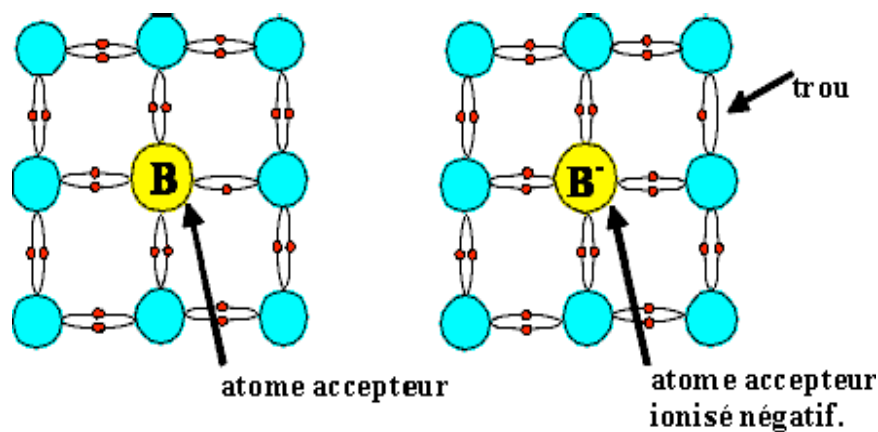


Figure I.4 : dopage de type P [18]

I .5.2 Méthodes de dopage

Il existe trois méthodes de dopages :

I .5.2.1 La diffusion

Un four est utilisé dans lequel des gaz sont injectés avec une solution de silicium activé. Avec la chaleur, le dopant a suffisamment d'énergie pour pénétrer dans la tranche de silicium.

Cette méthode est très ancienne et nécessite une température uniforme dans le four [19]

I .5.2.2 La croissance Epitaxiale

Cette méthode utilise toujours un four, mais cette fois-ci les atomes du dopant sont déposés sur le silicium qui se présente sous la forme d'une plaquette. On a ainsi un dépôt en surface et non pas une insertion comme pour la méthode de dopage par diffusion. La température du four doit avoisiner les 1 200 °C . [19]

I .5.2.4 Le bombardement ionique

La source (appelée faisceau d'ions actifs) produit des ions, qui sont ensuite accélérés et, grâce à un contrôle très précis, placeront ces ions sur la puce. L'avantage de ce principe est que le procédé se déroule à température ambiante.

L'inconvénient de cette technique est qu'elle peut endommager le silicium entraînant un réarrangement indésirable de sa structure cristalline, nécessitant une recristallisation ultérieure.

I .6 La jonction P-N

La plus part des applications électroniques des semi-conducteur doivent être avec l'état dopé de ce type de matériaux alors pour obtenir des dispositifs électroniques soit, les diodes, les capteur les transistor et les panneaux photovoltaïques il faut créer un contact entre les deux types de semi-conducteur N et P pour avoir la base d'un composant électronique qui s'appelle la jonction PN[20].

Elle Permet les applications intéressantes des semi-conducteurs comme celles des applications photovoltaïques et solaires en générale.

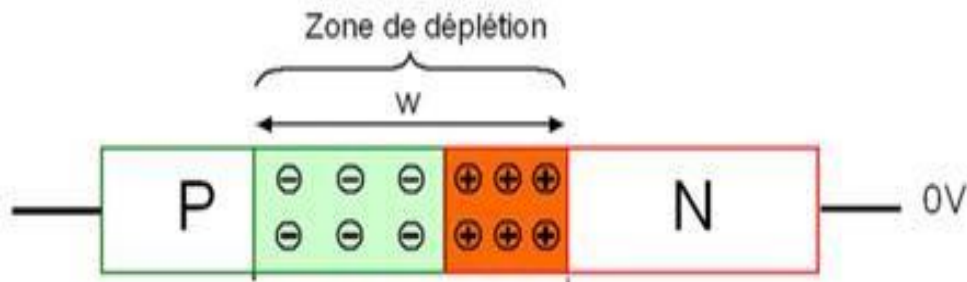


Figure I.5 : Jonction de PN à l'équilibre thermodynamique

I.6.1. Zone de déplétion :

la zone de déplétion, aussi appelée zone de charge d'espace (ZCE), ou zone désertée, correspond à la région qui apparaît dans une jonction P-N, entre la zone dopée N et la zone dopée P.

Elle est appelée « zone de déplétion » ou « zone désertée » parce qu'elle est dépourvue de porteurs libres, et elle est appelée « zone de charge d'espace » parce qu'elle est constituée de deux zones chargées électriquement (contrairement au reste du semi-conducteur N et du semi-conducteur P qui sont globalement neutres). Celle-ci délivre une tension continue et un courant la traverse dès qu'elle est connectée à une charge électrique (en général un onduleur, parfois une simple batterie électrique). [21]

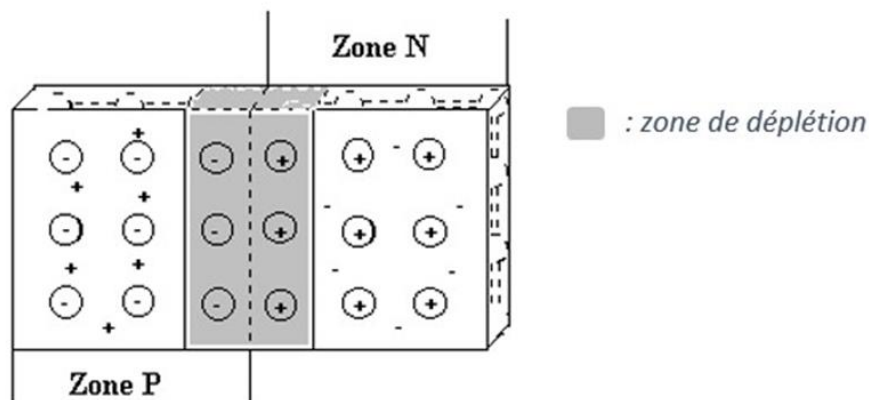


Figure I.6 : Zone de déplétion

I.7 cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque, ou cellule solaire, est un composant électronique qui, exposé à la lumière, produit de l'électricité grâce à l'effet photovoltaïque. La puissance électrique obtenue est proportionnelle à la puissance lumineuse incidente et elle dépend du rendement de la cellule.

Généralités et Rappels théoriques sur les cellules photovoltaïques

Elle est composée de semi-conducteur p et semi-conducteur n . [22]

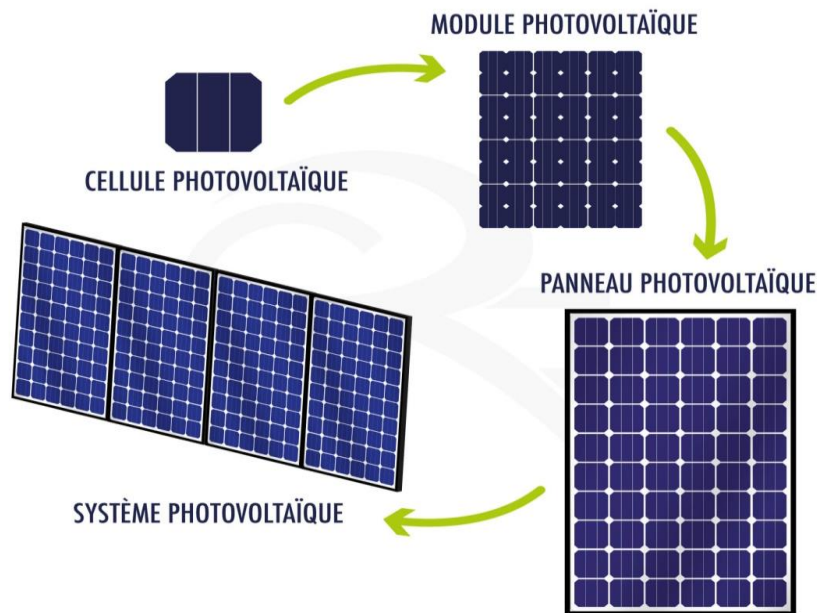


Figure I.7 : cellule photovoltaïque

I .7.1 Principe général du fonctionnement d'une cellule solaire

Le fonctionnement de la cellule photovoltaïque est fondé sur les propriétés de semi- conducteurs qui, percutés par les photons, mettent en mouvement un flux d'électrons . Les photons sont des particules élémentaires qui transportent l'énergie solaire à 300 000 km/s et qu'Albert Einstein appelait dans les années 1920 les « grains de lumière ».

Lorsqu'ils frappent un élément semi-conducteur ,comme le silicium , ils arrachent des électrons à ses atomes .

Ces électrons se mettent en mouvement, de façon désordonnée, à la recherche d'autres « trous » où se repositionner. Mais pour qu'il y ait un courant électrique, il faut que ces mouvements d'électrons aillent tous dans le même sens. Pour les y aider, on va associer deux types de silicium.

La face exposée au soleil est « dopée » avec des atomes de phosphore qui comportent plus d'électrons que le silicium, l'autre face est dopée avec des atomes de bore qui comportent moins d'électrons.

Cette double face devient une sorte de pile : le côté très chargé en électrons devient la borne négative (N), le côté avec moins d'électrons devient la borne positive (P).

Entre les deux il se crée un champ électrique. [22]

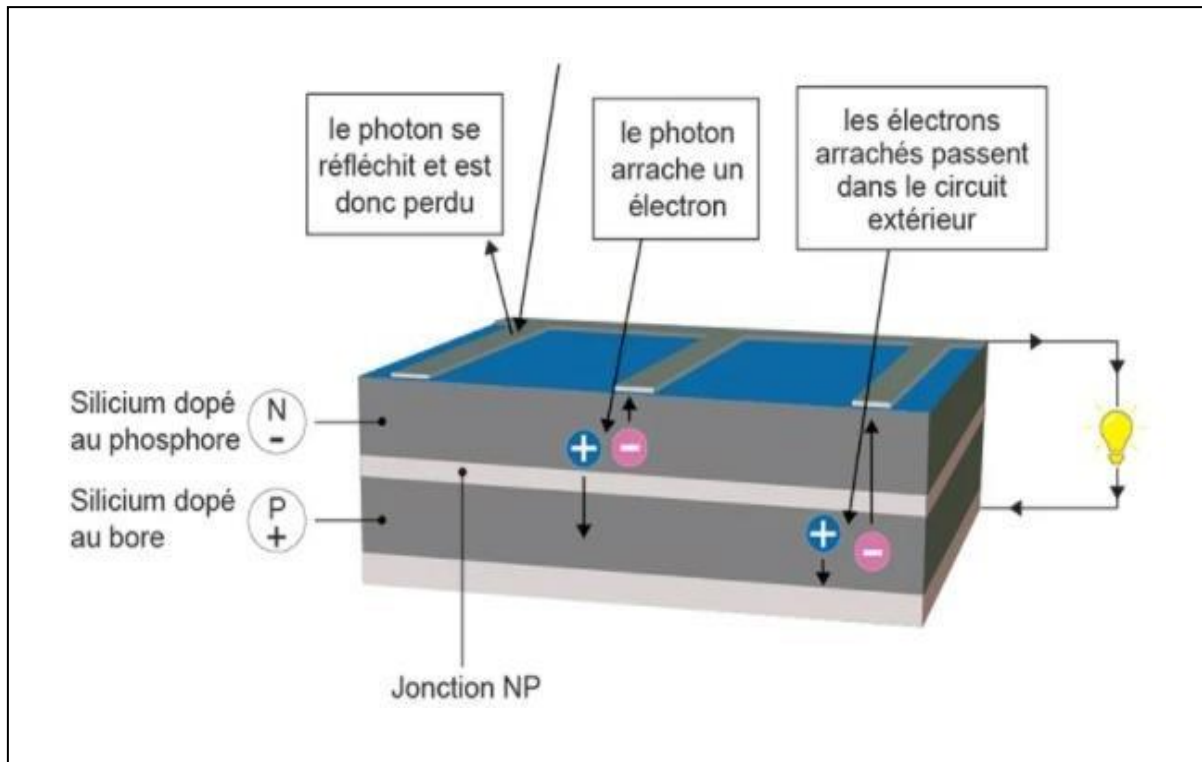


Figure I .8 : Principe de fonctionnement d'une cellule PV

Quand les photons viennent exciter les électrons, ceux-ci vont migrer vers la zone N grâce au champ électrique, tandis que les « trous » vont vers la zone P.

Ils sont récupérés par des contacts électriques déposés à la surface des deux zones avant d'aller dans le circuit extérieur sous forme d'énergie électrique.

Un courant continu se crée. Une couche antireflet permet d'éviter que trop de photons se perdent en étant réfléchis par la surface. [22]

I .7.2 Paramètre des cellules photovoltaïques :

I .7.2 .1 Courant de court-circuit, I_{cc} :

Le courant de court-circuit exprimé en mA, est le courant qui circule dans la cellule sous éclairement et en court-circuitant les bornes de la cellule. Il croît linéairement avec l'intensité d'illumination de la cellule et il dépend de la surface éclairée, de la longueur d'onde du rayonnement, de la mobilité des porteurs de charges et de la température [24]. Dans le cas idéal (R_s nulle et R_{sh} infinie), ce courant se confond avec la photo courant I_{ph} dans le cas contraire, en annulant la tension V dans l'équation (I.2) . [23].

$$I_{cc} = I_{ph} / \left[1 + \frac{R_s}{R_{sh}} \right] \quad (1.2)$$

I.7.2.2 Tension a circuit ouvert, Voc :

C'est la tension maximale V_{co} que peut fournir la cellule pour un courant nul [23], la tension de circuit ouvert exprimée en millivolts, est mesurée lorsqu'aucun courant ne circule dans la cellule. Elle dépend de la différence des travaux de sortie des électrodes et de la résistance shunt, elle décroît avec la température et varie avec l'intensité lumineuse. [25]

$$V_{co} = \frac{Kt}{e} \ln \left[\frac{I_{ph}}{I_0} + 1 \right] \quad (1.3)$$

Avec :

e : Charge de l'électron = $1,602 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

k : Constante de Boltzmann = $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K

T : Température effective de la cellule [Kelvin].

I_0 : courant de saturation

Le V_{oc} dépend du type de cellule solaire (homo-jonction, hétérojonction), des matériaux des différentes couches qui composent la cellule, de la nature des contacts de la couche active- électrode et de l'éclairement de la cellule.

I.7.2.3 Facteur de forme (FF)

Le facteur de forme FF est un paramètre important pour définir la qualité d'une cellule. C'est le rapport entre la puissance maximum fournie par la cellule P_{max} et le produit du courant de court-circuit I_{sc} par la tension de circuit-ouvert V_{co} (c'est-à-dire la puissance maximale d'une cellule idéale). Le facteur de forme indique la qualité de la cellule plus il s'approche de l'unité plus la cellule est performante, Il est de l'ordre de 0.7 pour les cellules performantes ; il diminue avec la température. Il traduit l'influence des pertes par les deux résistances parasites R_s et R_{sh} [23]

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{co} \cdot I_{cc}} = \frac{V_m \cdot I_m}{V_{co} \cdot I_{cc}} \quad (1.4)$$

Le FF traduit les pertes provoquées par les résistances série R_s et parallèle R_p de la cellule .

Dans le cas limite $FF=1$, la puissance extraite de la cellule est maximale .

I .7.2 .4 Le rendement (η)

C'est le rapport entre la puissance électrique maximale fournie par la cellule P_{max} (I_{opt}, V_{opt}) et la puissance solaire incidente. Il est donné par :

$$\eta = \frac{V_m * I_m}{P_{inc}} + \frac{FF * V_{co} * I_{cc}}{P_{inc}} \quad (1.5)$$

Avec :

P_{inc} est égale au produit de l'éclairement et de la surface totale des photopiles.

Ce paramètre reflète la qualité de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique.[23]

I .8. Les différentes générations des cellules photovoltaïques

I .8.1 La cellule photovoltaïque en silicium monocristallin

La cellule monocristalline est la cellule la plus proche du modèle théorique. Cette cellule est en fait composée d'un monocristal divisé en deux couches. Les cellules monocristallines autorisent d'obtenir de hauts rendements, de l'ordre de 15 à 22 % [26]

I .8.2 Les cellules poly-cristallines

C'est une substance composée de cristaux adjacents obtenus par moulage [27].

Les cellules poly-cristallines ont les caractéristiques suivantes :

- 13% et jusqu'à 20% de rendement en laboratoire.
- Faible coût de production.
- Nécessite moins d'énergie[26].

I .8.3 Cellules au silicium amorphe

Elles ont un faible rendement, mais ne nécessitent qu'une très faible épaisseur de silicium. Ils sont utilisés dans les petits produits de consommation tels que les calculatrices solaires ou les montres. [27]

Le silicium amorphe a une structure atomique désordonnée et amorphe, mais son coefficient d'absorption est supérieur à celui du silicium cristallin.

- Fonctionne sous très faible éclairement.
- Coût de production plus faible.

Généralités et Rappels théoriques sur les cellules photovoltaïques

- Rendement de seulement 5 % par module et de 14 % au laboratoire.
- Grâce à la technologie des nouveaux matériaux le tellure de cadmium (CdTe), l'arséniure de gallium (GaAs) ainsi que le di sélénure de cuivre et d'indium (CIS) ont permis d'obtenir des photopiles ayant des rendements de 38 % au laboratoire [26].

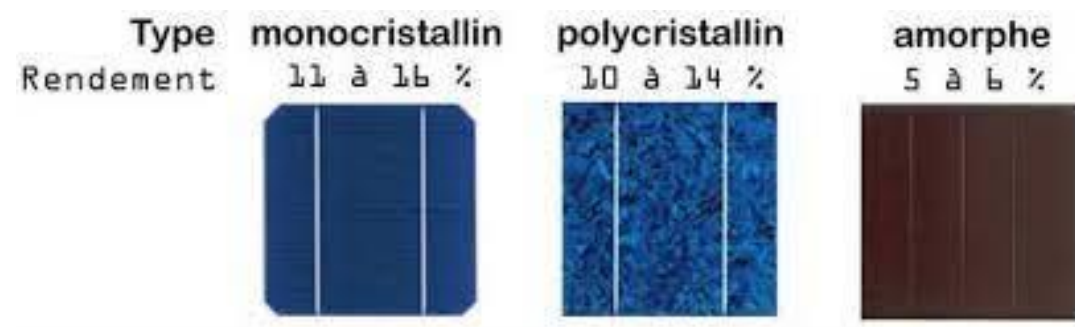


Figure I.9: type des cellules solaires

I.8.4 Cellule multi-jonction :

Les cellules multi-jonction sont composées de différentes couches qui permettent de convertir différentes parties du spectre solaire et ainsi d'obtenir les meilleurs rendements de conversion [28].

I.8.5 La cellule photovoltaïque tandem

La cellule photovoltaïque tandem est quant à elle conçue à partir de deux couches semi conductrices simples. Cela peut être une couche de silicium amorphe et une autre de silicium cristallin (mono ou poly) par exemple. Elle montre tout son intérêt pour une utilisation industrielle [29].

I.8.6 La cellule photovoltaïque CIGS

Ce type de cellule photovoltaïque utilise un matériau semi-conducteur fait d'un alliage de cuivre, d'indium, de sélénium et de gallium. Ce mélange est disposé en couche très fine sur un support [29].

I.8.7 La cellule en couche mince de tellure de cadmium

Ce modèle de cellule photovoltaïque est composé lui aussi à partir d'un matériau autre que le silicium. Ici, c'est du tellure de cadmium qui est employé en une seule couche scellée entre deux plaques de verre [29].

Généralités et Rappels théoriques sur les cellules photovoltaïques

Conclusion

Nous avons présenté dans le premier chapitre de notre thèse, des notions fondamentales de base liées au soleil, la principale source d'énergie dans ce domaine. nous avons par la suite décrit les principaux processus physiques, mis en jeux dans un semi-conducteur, Puis nous avons étudié l'effet photovoltaïque et le dopage et ses différents types et jonction P-N .

La suite de ce chapitre a été dédiée la présentation les caractéristiques courant-tension et les paramètres photovoltaïques qui sont le courant de court-circuit (I_{cc}), la tension de circuit ouvert (V_{co}), le facteur de forme (FF), le rendement en puissance (η) ainsi qu'à la réponse spectrale interne et externe.

Généralités et Rappels théoriques sur les cellules photovoltaïques

Références:

- [1] International Energy Agency. World Energy Balances 2018: Overview; IEA: Paris, France (2018), ISBN 978-92-64-30156-6
- [2] International Renewable Energy Agency. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050, 2019th ed.; IRENA: Abu Dhabi, UAE (2019) ISBN 978-92-9260-121-8.
- [3] S. Anwar, H. Efstathiadis, S. Qazi, Handbook of Research on Solar Energy Systems and Technologies, Engineering Science Reference Pub. (2012)
- [4] J. R. S. Brownson, Solar Energy Conversion Systems, Academic Press (2014)
- [5] S. A. Kalogirou, Solar Energy Engineering. Processes and Systems, Academic Press, (2014)
- [6] T. Ohta, Solar-Hydrogen Energy Systems, Pergamon Press, (1979)
- [7] H. K. Gupta, S. Roy, *Geothermal Energy: An Alternative Resource for the 21st Century*, Elsevier Science, (2006).
- [8] T. B. Reed, A. Das, Handbook of biomass downdraft gasifier engine systems, The Biomass Energy Foundation Press, (1988)
- [9] K. eddine, bendjebbar. Amélioration des rendements des cellules. oran : thèse de doctorat de l'université oran , 2021
- [10] A. E. Becquerel, *Compt. Rend. Acad. Sci.* **9** (1839) 561.
- [11] R. S. Ohl, U.S. Patent No. 2402662 (June 25, 1946).
- [12] D. M. Chapin, C. S. Fuller, and G. L. Pearson, *J. Appl. Phys.* **25** (1954) 676.
- [13] D. C. Reynolds, G. Leies, L. L. Antes, and R. E. Marburger, *Phys. Rev.* **96**(1954)533.
- [14] R. Azizi, . Etude d'une cellule Solaire par le simulateur Scaps. adrar : Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de master en physique énergétique, 2020.
- [15] Numerically investigating the AZO/CU₂O heterojunction solar cell using ZnO/CdS buffer layer. Fentahun, Daniel A, tyagi, Alekha et kar, Kamal .k. 2021, *optik-international journal for light and Electron optics* , Vol. 228, p. 166228.
- [16]. Synthèse des matériaux semi-conducteurs à base de soufre : Application en photocatalyse solaire. ouargla : thèse de master, 2017/2018
- [17] A. Abdelghafour et D Abde Rahman, « Simulation d'une cellule solaire photovoltaïque à base d'hétérojonction : a-si:H(n)/c-si(p) », mémoire de master, université Kasdi Merbah Ouargla, 2016.
- [18] k Med Iamane et H. Debbah, "étude par simulation générateur photovoltaïque", mémoire de master, université Badji Mokhtar Annaba, 2018.
- [19] S. Saouli , Étude Des Caractéristiques Courant Tension d'une cellule de silicium, Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir Elibrahimi – Bordj Bou Arreridj 01/07/2018.

Généralités et Rappels théoriques sur les cellules photovoltaïques

[20] <http://tpep.free.fr/effetphotovoltaïque/fonctionnement/fonctionnement.html>

[21] https://fr.wikipedia.org/wiki/Zone_de_d%C3%A9pl%C3%A9tion

[22] N. Toumi,., & i Kouda, (2021). Energie Solaire photovoltaïque et système photovoltaïque autonome. annaba : thèse licence de l'université badji mokhtar

[23] CH. HOUDA, « Etude d'une cellule solaire à base de structure PIN », mémoire magister Université

HADJ LAKHDAR BATNA, 2015.

[24] K. TAKI EDDINE, « Modélisation et commande d'un système photovoltaïque connecté au réseau

électrique », mémoire de master. Université MOHAMED BOUDIAF M'SILA, 2016.

[25] B. OUIZA, « Etude et Simulation des paramètres électriques d'une cellule solaire photovoltaïque à base de Silicium » Mémoire master. Université MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU ,2017.

[26] S. Boudjadar et Y Boulemnakhar , Simulation Des Défauts D'une Chaîne De Pompage Photovoltaïque, Mémoire de Master en Electromécanique, Université Mohamed Seddik Ben Yahia – Jijel 2021

[27] D. Boughanem, “ Influence des propriétés du silicium amorphe hydrogéné sur la performance d'une Cellule solaire HIT”, Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ben Badis – Mostaganem

[28] <https://www.ecosources.org/types-de-cellules-photovoltaïques>.

[29] <https://www.totalenergies.fr/particuliers/nos-services/autoconsommation-solaire/fonctionnement-panneaux-photovoltaïques/différents-types-de-cellules-photovoltaïques>.

Chapitre II

**Simulation des performances de cellule
photovoltaïque à hétérojonction
CuO/CdS/ZnO**

II.1 Introduction

Récemment, en raison des coûts élevés de l'expérience (techniques de conception et de caractérisation), les chercheurs se sont concentrés sur la simulation.[1].

La simulation numérique est devenue un incontournable pour tous les domaines de recherche et surtout pour les composants électroniques ou optoélectronique, en particulier dans les cellules photovoltaïques. Ces logiciels de simulation nous donnent l'occasion d'étudier et d'interpréter les résultats obtenus, afin d'optimiser la structure et les différents composants des cellules afin d'améliorer leur efficacité. Parmi les logiciels disponibles, notre choix s'est porté vers le SCAPS -1D.[2].

Dans ce chapitre, nous présentons la structure de notre cellules solaires CuO/CdS/ZnO, avec CuO(p) comme couches absorbantes, CdS(n) comme couche absorbeur et ZnO(n) comme couche collectrice , Nous avons étudié l'effet de l'épaisseur de chaque couche de la cellule dans les différents paramètres afin d'améliorer l'efficacité de conversion η (%) , la densité de courant de court-circuit ICC, la tension en circuit ouvert VOC, et le facteur de forme FF.

II.2 Logiciel SCAPS

SCAPS-1D est un programme conçu pour fonctionner sous Windows. Pour simuler et contrôler toutes les paramètres par SCAPS-1D, trois grandes fenêtres (champs)sont nécessaires à accéder successivement [3]:

- Fenêtre d'exécution (« action panel ») ;
- Fenêtre de conception de dispositif et la définition du problème (« Définition panel »)
- Fenêtre des résultats

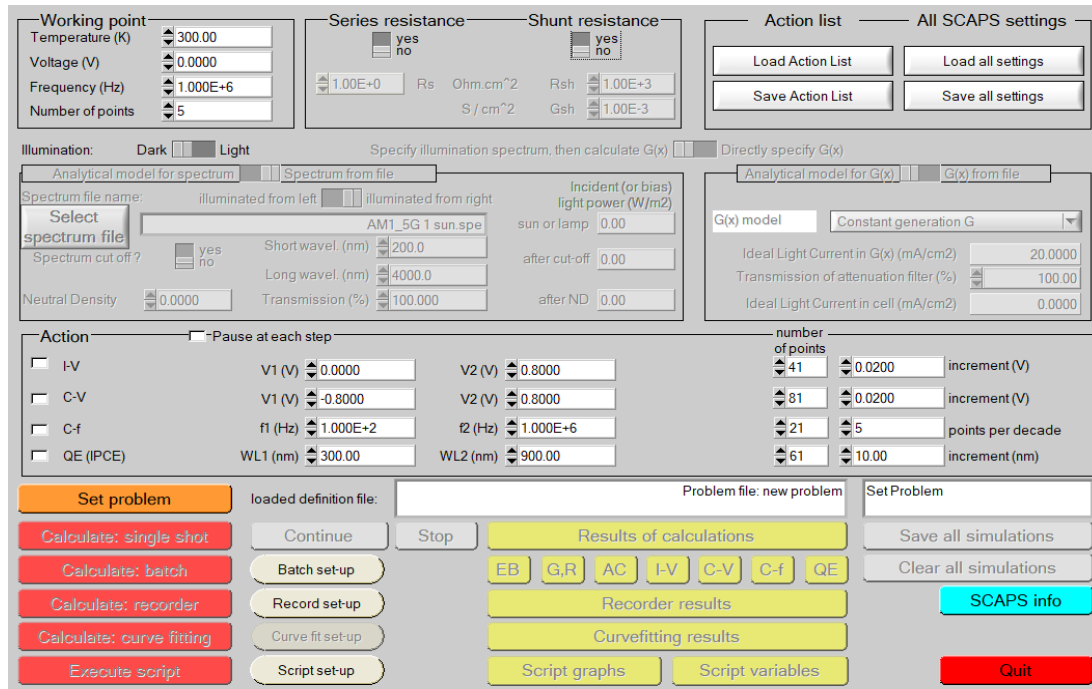


Figure II.1: Panneau de démarrage de SCAPS, le panneau d’action ou principal

II.3 structure de la cellule solaire CuO(p)/ CdS(n)/ ZnO(n)

La cellule solaire CuO /CdS/ZnO à jonction p-n convertit l’énergie solaire en énergie électrique par l’effet photovoltaïque. La figure (II.2) montre le schéma la cellule solaire CuO /CdS/ZnO à jonctions p-n.

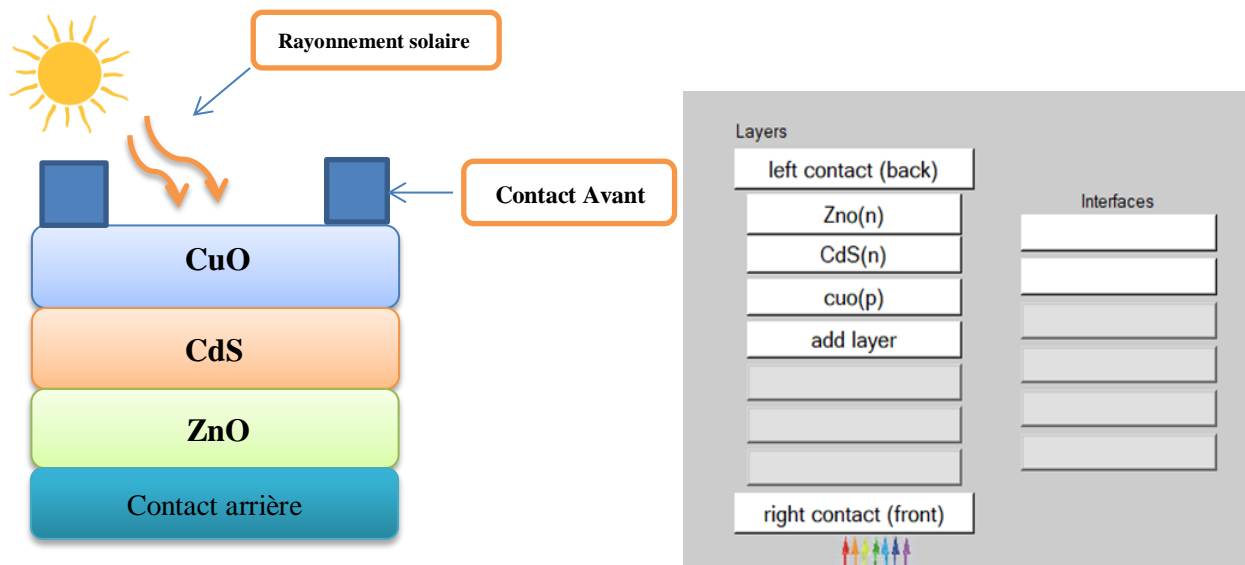


Figure II.2 : Structure de la cellule solaire (CuO/ZnO/CdS)

II.4-Simulation de la cellule solaire CuO(p) / CdS(n) / ZnO(n)

Dans ce présent travail, nous allons utiliser le logiciel SCAPS pour étudier une cellule solaire à hétérojonction avec la structure CuO(p) / CdS(n) / ZnO(n) .

Les paramètres importants à discuter sont la tension en circuit ouvert (V_{oc}), courant de court circuit (J_{sc}), facteur de forme (FF) et le rendement (η).

Les paramètres physiques utilisés dans la simulation sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau II.1 : Les paramètres physiques d'entrée pour les matériaux des couches CuO(P), CdS(n), ZnO(n).

Propriétés des couches	CuO (P) [4]	CdS (n) [4]	ZnO (n)[4]
Permittivité diélectrique	18.1	10	9
Epaisseur (nm)	100	10-100	50
Bande de gap (eV)	1.51	2.4	3.3
Affinité électronique(eV)	4.3	4.2	4.4
Densité des états effective dans la BC(N_c (cm^{-3}))	2.2×10^{19}	1.8×10^{19}	1.8×10^{19}
Densité des états effective dans la BV (N_v (cm^{-3}))	5.5×10^{20}	2.4×10^{18}	2.2×10^{18}
Mobilité d'électron μ_n ($cm^2/V.s$)	1×10^2	1×10^2	1×10^2
Mobilité du trou μ_p ($cm^2/V.s$)	1×10^1	25	25
Densité du donneur N_d (cm^{-3})	0	1×10^{17}	1×10^{17}
Densité de l'accepteur N_a (cm^{-3})	1×10^{17}	0	0

II.5-Oxyde de cuivre

L'oxyde de cuivre (CuO) est un semi-conducteur de type p, a une structure cristalline monoclinique, l'oxyde de cuivre possède un coefficient d'adsorption 10^5 cm^{-1} , il a une résistivité électrique d'environ 10 à $10^5 \Omega.cm$ et une conductivité thermique élevée. [4]

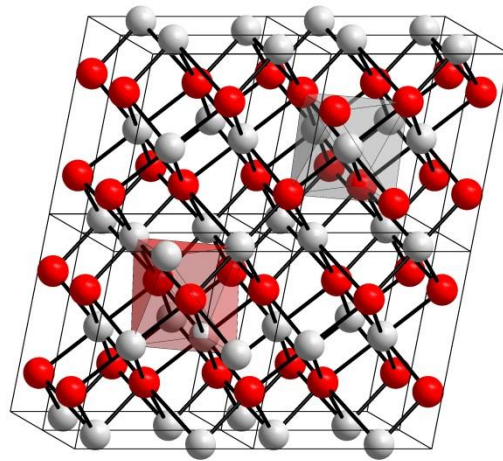


figure II.3 : Structure cristalline de oxyde de cuivre (CuO)

II.6-Oxyde de Zinc

L'oxyde de zinc (ZnO) est un semi-conducteur à large bande interdite directe présente un potentiel élevé de utilisation en électronique et optoélectronique en raison de sa transparence dans la région spectrale visible .En outre, Le ZnO est très abondant dans la nature avec faibles coûts.[4].

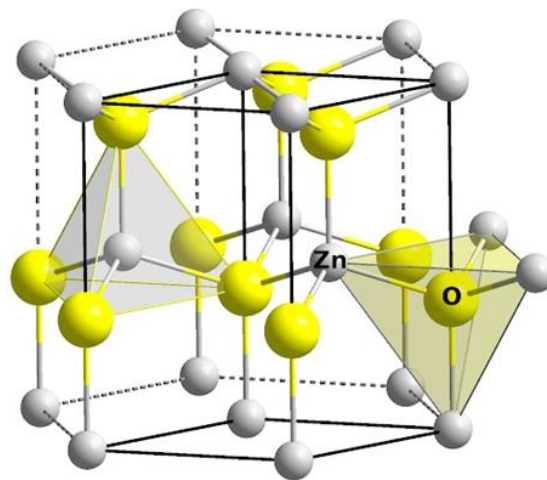


figure II.4 : Structure cristalline de oxyde de zinc (ZnO)

II.7-Résultats et Discussions :

II.7.1-Effet de l'épaisseur de la couche CuO(p) sur les performances de la cellule CuO(p) / CdS(n) / ZnO(n)

L'épaisseur de la couche CuO(p) est variée de 100 jusqu'à 1000 nm, en gardant les épaisseurs des couches CdS(n), ZnO(n) fixes 100 nm et 50nm respectivement.

Tableau II.2 : Epaisseurs des couches CdS(n), ZnO(n)

Couche	Epaisseur (nm)
CdS(n)	100
ZnO(n)	50

La figure (II.5) représente la variation des paramètres de la cellule solaire CuO(p) / CdS(n) / ZnO(n) en fonction de l'épaisseur de la couche CuO(p).

D'après cette figure, nous constatons que la densité du courant de court-circuit J_{sc} , la tension de circuit ouvert V_{oc} , le facteur de forme le FF et le rendement η augmentent avec l'accroissement de l'épaisseur de la couche CuO(p). Lorsque l'épaisseur de la couche de CuO augmentant, la couche peut absorber plus de photons, ce qui entraîne une augmentation du courant photo-généré.

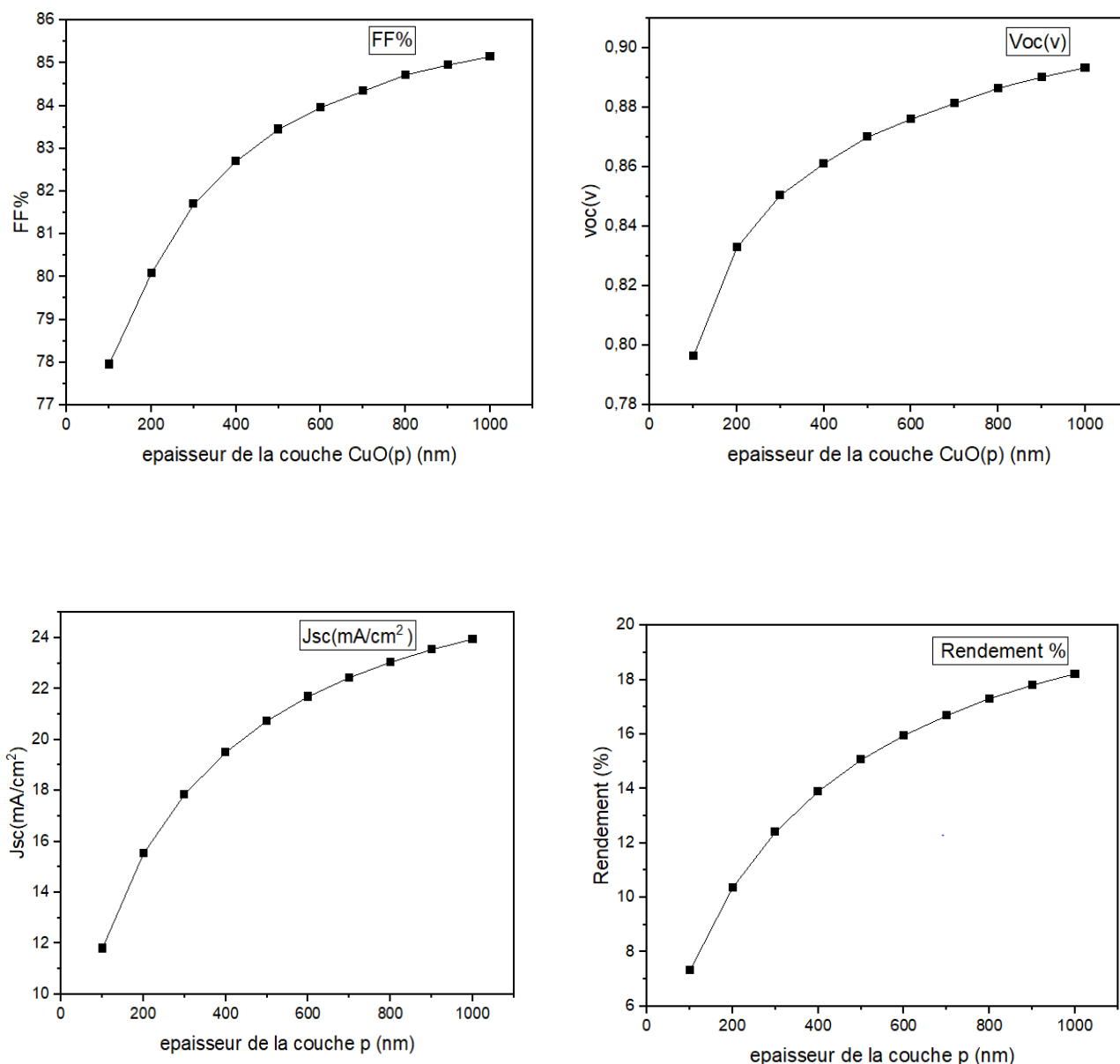


Figure II.5 : Variation des paramètres photovoltaïques en fonction de l'épaisseur de la couche CuO (P).

II.7-2-Effet de l'épaisseur de la couche CdS (n) sur les performances de la cellule CuO(p)/ CdS(n)/ ZnO(n)

Nous faisons varier la valeur de l'épaisseur de la couche CdS(n) de 10 jusqu'à 100 nm, tandis qu'en gardant l'épaisseur des couches CuO(p) et ZnO(n) fixe.

Tableau II.3: Epaisseurs des couches CuO(P), ZnO(n).

Couche	Epaisseur (nm)
CuO(P)	100
ZnO(n)	50

La figure (II.6) représente la variation des paramètres de la cellule solaire CuO(p) / CdS(n) / ZnO(n) en fonction de l'épaisseur de la couche CdS(n).

La figure (II.6) montre que les valeurs de tension de circuit ouvert V_{oc} s'abaissent, tandis que les valeurs de la densité du courant de court-circuit J_{sc} , le facteur de forme le FF et le rendement η accroissent avec l'accroissement de l'épaisseur de la couche CdS(n).

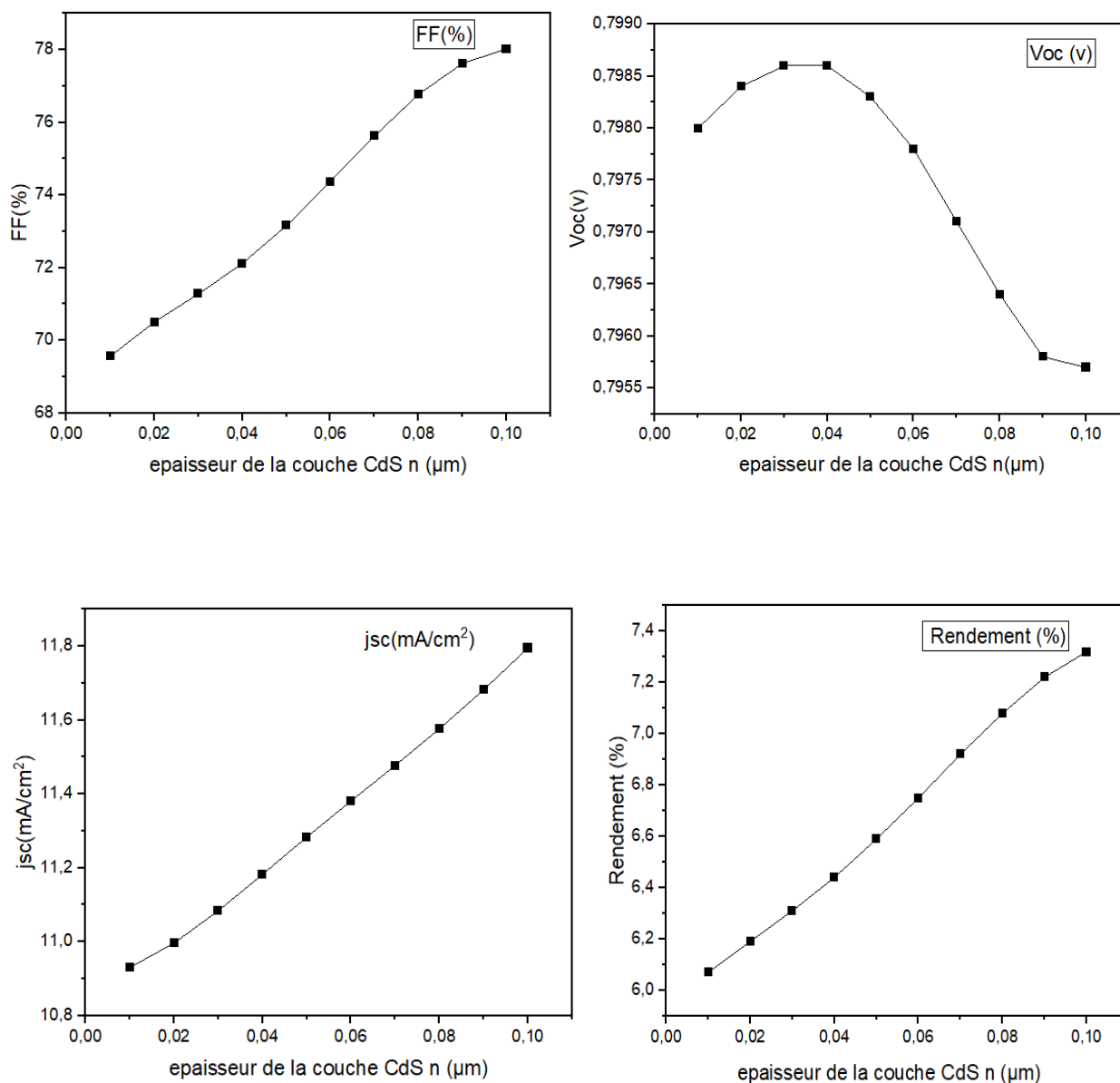


Figure II.6: Variation des paramètres photovoltaïques en fonction de l'épaisseur de la couche CdS (n).

II.7-3-Effet de l'épaisseur de la couche ZnO(n) sur les performances de la cellule CuO(p) / CdS(n) / ZnO(n)

La couche ZnO(n) agit comme une couche collectrice, elle représente le pôle négatif de la cellule solaire. Nous faisons varier la valeur de l'épaisseur de la couche ZnO(n) de 100 jusqu'à 1000 nm, Les épaisseurs des couches CdS(n), CuO(P) ont été maintenues à 100 nm et 100 nm respectivement:

Tableau II.4 : Epaisseurs des couches CuO(P), CdS(n).

Couche	Epaisseur (nm)
CuO(P)	100
CdS(n)	100

Tableau II.5: Variation des paramètres photovoltaïques en fonction de l'épaisseur de la couche ZnO (n).

ZnO epaisseur nm	FF (%)	Voc (v)	J (mA/cm ²)	η (%)
100	85.14	0.893326	23.910048	18.19
200	85.13	0.893255	23.839626	18.13
300	85.14	0.893198	23.781300	18.08
400	85.14	0.893150	23.732092	18.05
500	85.14	0.893109	23.690149	18.01
600	85.14	0.893074	23.654104	17.99
700	85.14	0.893044	23.655897	17.96
800	85.15	0.893017	23.595695	17.94
900	85.15	0.892994	23.571834	17.92
1000	85.15	0.892973	23.550778	17.91

D'après les résultats aboutis, qui sont présentés dans le tableau (II.4) en dessus, On peut noter que l'augmentation de l'épaisseur de la couche ZnO a un faible impact sur le facteur de forme FF et la tension de circuit ouvert Voc, alors que, elle a affecté la densité du courant Jsc et le rendement η de la cellule. On observe que l'augmentation de l'épaisseur de la couche ZnO est accompagné par une diminution dans les valeurs du courant Jsc et le rendement η .

L'augmentation de l'épaisseur conduit à l'augmentation de la densité des défauts qui affecte la collecte des porteurs de charges.

II.7.4-Effet de la température de fonctionnement sur les performances de la cellule (CuO/CdS/ZnO) :

L'influence de la température sur les paramètres de performance de la cellule a été étudiée pour des températures allant de 300 jusqu'à 500 °K .

Tableau II.6 : Epaisseurs des couches CuO(P), CdS(n), ZnO(n).

Couche	Epaisseur (nm)
CuO (p)	100
CdS(n)	100
ZnO(n)	50

Tableau II.7: Variation des paramètres photovoltaïques en fonction de l'épaisseur de la Température(K)

T (K)	FF(%)	Voc (V)	J (mA/cm ²)	η
300	70.51	0.7984	10.996410	6.19
322	70.65	0.7366	10.919143	5.68
344	70.41	0.6739	10.840618	5.14
366	69.67	0.6106	10.760521	4.58
388	68.60	0.5466	10.678366	4.00
411	67.07	0.4819	10.593520	3.42
433	64.86	0.4168	10.505167	2.84
457	61.77	0.3516	10.412277	2.26
479	57.56	0.2858	10.313592	1.70
500	52.22	0.2195	10.207618	1.17

Le tableau (II.6) montre que les valeurs du facteur de forme FF, la tension de circuit ouvert Voc et le rendement η ont subi une diminution qui peut être traduite par l'augmentation du courant de saturation inverse.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié la cellule solaire à hétérojonction avec la structure CuO(p) / CdS (n) / ZnO(n) par simulation en utilisant le logiciel SCAPS (Solar Cell Capacitance Simulator).

La température de fonctionnement est réglée initialement à 300 K, le rayonnement AM 1,5 avec une densité de puissance incidente de 100 mW/cm² est utilisé comme source d'éclairage dans cette simulation.

L'effets des épaisseurs des couches CdS, ZnO, CuO a été étudié, ainsi que l'influence de la température de fonctionnement, les résultats aboutis ont été discutés et interprétés

Conclusion générale

Conclusion générale

Le premier chapitre de ce présent travail a été consacré pour donner des généralités sur les cellules photovoltaïques, Lors du deuxième chapitre nous avons simulé la cellule solaire à hétérojonction avec la structure CuO(p)/CdS(n)/ZnO(n) en utilisant le logiciel SCAPS (Solar Cell Capacitance Simulator). La température de fonctionnement est réglée initialement à 300 K , le rayonnement AM 1,5 avec une densité de puissance incidente de 100 mW/cm² .

Premièrement, nous avons étudié l'effet de l'épaisseur des couche CuO(p), CdS(n), ZnO(n) sur les performances de la cellule CuO(p) / CdS(n) / ZnO(n).

L'épaisseur de la couche CuO(p) est variée de 100 jusqu'à 1000 nm, en gardant les épaisseurs des couches CdS(n), ZnO(n) fixes 100 nm et 50nm respectivement. Nous constatons que la densité du courant de court-circuit J_{sc} , la tension de circuit ouvert V_{oc} , le facteur de forme le FF et le rendement η augmentent avec l'accroissement de l'épaisseur de la couche CuO(p).

Lorsque l'épaisseur de la couche de CuO augmentant, la couche peut absorber plus de photons, ce qui entraîne une augmentation du courant photo-généré.

L'épaisseur de la couche CdS(n) est variée de 10 jusqu'à 100 nm, tandis qu'en gardant l'épaisseur des couches CuO(p) et ZnO(n) fixe. Nous avons trouvé que les valeurs de tension de circuit ouvert V_{oc} s'abaissent, tandis que les valeurs de la densité du courant de court- circuit J_{sc} , le facteur de forme le FF et le rendement η accroissent avec l'accroissement de l'épaisseur de la couche CdS(n).

L'épaisseur de la couche ZnO(n) est variée de 100 jusqu'à 1000 nm, Les épaisseurs des couches CdS(n), CuO(P) ont été maintenues à 100 nm et 100nm respectivement.

On observe que l'augmentation de l'épaisseur de la couche ZnO est accompagné par une diminution dans les valeurs du courant J_{sc} et le rendement η . L'augmentation de l'épaisseur conduit à l'augmentation de la densité des défauts qui affecte la collecte des porteurs de charges.

Deuxièmement, nous avons étudié l'effet de la température de fonctionnement sur les performances de la cellule CuO(p) / CdS(n) / ZnO(n), dans l'intervalle 300 jusqu'a 500 °K.

les valeurs du facteur de forme FF, la tension de circuit ouvert V_{oc} et le rendement η ont subi une diminution qui peut être traduite par l'augmentation du courant de saturation inverse.

Références

Références

- [1] S. Oussidhoum, «Etude comparative des performances des cellules solaires à jonctions simple et multiple », Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou ,2015.
- [2] W.Guanoune, « Simulation des performances des cellules solaires à base de matériaux organiques », mémoire de magister, université des frères Mentouri de Constantine, 2015.
- [3].R. Azizi,. Etude d'une cellule Solaire par le simulateur Scaps. adrar : Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de master en physique énergétique, 2020.
- [4] Numerically investigatiang the AZO/CU2O heterojunction solar cell using ZnO/CdS buffer layer. Fentahun, Daniel A, tyagi, Alekha et kar, Kamal .k. 2021, optik-international journal for light and Electron optics , Vol. 228, p. 166228.

Résumé

عنوان المذكرة : محاكاة خلية كهروضوئية غير متجانسة CuO (p)/CdS (n)/ZnO(n) عن طريق سكايس
اللقب: قميري الإسم: رانيا
اللقب: بن دهقان الإسم: لامية
ملخص

في هذا العمل، تمت محاكاة الخلايا الشمسية غير المتجانسة ذات الوصلات p-n المستندة إلى أكسيد النحاس (CuO) p باستخدام برنامج المحاكاة أحادي البعد SCAPS-1D (محاكي قدرة الخلية الشمسية) تحت الإشعاع الشمسي AM 1.5 بكثافة طاقة عرضية تبلغ 100mW/m^2 ودرجة حرارة التشغيل 300 K .

تم دراسة تأثير سماكات طبقات CuO/CdS/ZnO وتأثير درجة حرارة التشغيل على المعلمات الكهروضوئية: كثافة تيار الدائرة القصيرة (J_{cc})، جهد الدائرة المفتوحة (V_{co})، عامل الشكل (FF) والكفاءة (η) من الخلايا الكهروضوئية CuO (p) / CdS (n) / ZnO (n). لقد وجدنا أن زيادة سماكة طبقات CuO و CdS تحسن من كفاءة الخلية، في حين أن زيادة سماكة طبقة ZnO ودرجة الحرارة تقلل من كفاءة الخلية.

كلمات مفتاحية: خلية شمسية؛ أكسيد النحاس؛ وصلة p-n؛ وصلة غير متجانسة؛ محاكاة؛ سكايس-1.

Memory title : Simulation of celle photovoltaic heterojunction
CuO (p)/CdS (n)/ZnO(n) with SCAPS-1D

Name : Goumiri
Name : bendahgane
Abstract

First name : Rania
First name :Lamia

Directed by : Hannachi manelle

In this work, p-n junction heterojunction solar cells based on copper oxide, CuO(p) were simulated using the one-dimensional simulation software SCAPS-1D (Solar Celle Capacity Simulator) under solar radiation. AM 1.5 with an incident power density of 100 mW/m^2 and an operating temperature of 300 K . We studied the effect of the thicknesses of the CuOp cds and ZnO layers and the effect of the operating temperature on the photovoltaic parameters: short-circuit current density (J_{cc}), open circuit voltage (V_{co}), form factor (FF) and efficiency (η) from CuO(p)/CdS (n)/ZnO photovoltaic cells (not). We found that increasing the thicknesses of the cuo and cds layers improves the cell efficiency, while increasing the ZnO layer thickness and temperature decreases the cell efficiency.

Key words: Solar cell; copper oxide; p-n junction; hetrojunction; simulation; SCAPS-1

**Titre du mémoire : Simulation de la cellule photovoltaïque à hétérojonction :
CuO (p)/CdS (n)/ZnO(n) par SCAPS-1D**

Nom: Goumiri
Nom: Bendahgane

Prénom: Rania
Prénom: Lamia

Encadreur: Hannachi manelle

Résumé

Dans ce travail , les cellules solaires hétérojonction à jonction p-n à base d'oxyde de cuivre, CuO(p) ont été simulées à l'aide du logiciel de simulation uni-dimensionnelle SCAPS- 1D (Solar Celle Capacité Simulator) sous un rayonnement solaire AM 1,5 avec une densité de puissance incidente de 100 mW/m² et une température de fonctionnement 300 K.

Nous avons étudié l'effet des épaisseurs des couches CuOp cds et ZnO et l'effet de la température de fonctionnement sur les paramètres photovoltaïques : densité de courant de court-circuit (J_{cc}), tension de circuit ouvert (V_{co}), facteur de forme (FF) et le rendement (η) des cellules photovoltaïques CuO(p)/CdS (n)/ZnO (n). Nous avons trouvé que l'augmentation des épaisseurs des couches cuo et cds améliore le rendement de la cellule , tandis que l'augmentation dans l'épaisseur de la couche ZnO et la température diminue le rendement de la cellule

Mots clés : Cellule solaire ; oxyde de cuivre ; jonction p-n ; hétérojonction ; simulation ; SCAPS-1.