

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....01

Chapitre I : La conversion photovoltaïque.....04

IV. 1. Introduction.....05

IV. 2. Spectre solaire.....05

I.3.1. Qu'est-ce que la lumière ?.....05

I.3.2. Couleur et longueur d'onde.....06

IV. 3. La conversion photovoltaïque.....08

I.3.1. Principe de la conversion Photoélectrique.....08

I.3.2. Modélisation électrique d'une cellule photovoltaïque.....09

I.3.3. Paramètres essentiels caractérisant les cellules photovoltaïques.....10

a) Courant de court-circuit.....10

b) Tension de circuit-ouvert.....10

c) La puissance caractéristique d'une cellule PV.....11

d) Facteur de forme.....11

e) Rendement de conversion d'énergie.....11

III.1. Etat de l'art en technologies photovoltaïque.....12

I.4.1. Première génération.....12

a) Silicium monocristallin.....12

b) Le silicium polycristallin (multicristallin)13

c) Silicium en ruban (ribbon) autosupporté.....14

I.4.2. Deuxième génération : filière couches minces.....15

a) Silicium nanocristallin et amorphe.....15

b) Cellules à base de tellure de cadmium CdTe.....16

c) Matériaux à base de séléniure de cuivre indium gallium.....16

I.4.3. Troisième génération.....16

a) Les cellules multijonctions.....16

b) Les cellules nanocristallines à colorant ou cellules de Grätzel.....17

c) Cellules organiques.....17

III. 5. Conclusion.....19

Références bibliographiques du chapitre I.....20

Chapitre II : Généralité sur les alliages semiconducteurs.....21

II.1. Introduction	22
II.2. Structures cristallines	22
II.3. Alliages massifs	25
II.4. Classification des alliages semiconducteurs	26
II.5. Détermination de la structure des alliages par EXAFS	28
II.6. Alliages semiconducteurs ordonnés de longue portée	29
II.7. Elasticité dans les alliages	30
II.8. Transport	30
II.9. Conclusion	31
Références bibliographiques du chapitre II	32

Chapitre III:Application des alliages semiconducteurs en ingénierie de bandes..33

III.1. Introduction	34
III.2. Alliages binaires	34
III.2.1. Le silicium germanium (SiGe).....	34
III.2.2. L'arséniure de gallium (GaAs).....	36
III.2.3. Le tellurure de cadmium (CdTe)	36
III.3. Alliages ternaires	37
III.3.1. Antimoniures AlGaSb, GaInSb et AlInSb.....	37
III.3.2. Nitrures pour application photovoltaïque.....	38
III.4. Alliages quaternaires	39
III.4.1. Antimoniures AlGaInSb.....	39
III.5. Application des alliages semiconducteurs en photovoltaïque	40
III.5.1. Domaine spatial.....	40
III.5.2. Applications militaires.....	42
III.5.3. Habitation isolée.....	42
III. 6. Conclusion	43
Références bibliographiques du chapitre III	44

Chapitre IV:

<u>Modélisation des couches d'alliages InGaN et SiGe en photovoltaïque</u>	45
IV. 1. Introduction	46
IV. 2. Modélisation des cellules solaires tandem à base de couches d'alliages InGaN	46
IV.2. 1. Objectifs de la modélisation.....	46
IV.2. 2. Modélisation du dispositif.....	47
IV.2.2.1 À propos de AMPS-1D.....	47
IV.2.2.2 Structure des cellules solaires simulées.....	49
IV.2.2.3 Paramètres de la simulation.....	50
IV.2. 3. Résultats et Discussions.....	52
IV. 3. Modélisation des cellules solaires à base de couches d'alliages SiGe	54
IV.3. 1. Objectifs de la modélisation.....	54
IV.3. 2. Modélisation du dispositif.....	55
IV.3.2.1 Aperçu du logiciel PC1D.....	55
IV.3.2.2 Paramètres de la simulation.....	50
IV.3. 3. Résultats et Discussions.....	58
IV.3.3.1 Influence de l'épaisseur et du taux de Ge sur le RQI	58
IV.3.3.2 Effet de l'épaisseur sur les performances de la cellule	60
IV.3.3.3 Effet du taux de Ge sur les paramètres de la cellule	62
IV.3.3.4 Influence de l'épaisseur, du taux de Ge sur le rendement.....	64
III. 4. Conclusion	68
Références bibliographiques du chapitre IV	69
<u>Conclusion générale</u>	71

Liste des tableaux

- Tableau I-1** : Principales ondes connues avec leurs longueurs d'onde, leurs fréquences et leurs usages.
- Tableau I-2** : les différentes technologies photovoltaïques.
- Tableau II-1** : Structures cristallines, paramètres du réseau a , c/a , le rapport de liaison γ et les longueurs de liaisons d définies dans le texte pour les semi-conducteurs tétraédrique communs.
- Tableau II-2** : Rayons Covalents de Pauling (en Å).
- Tableau III-3** : Paramètres des atomes des cristaux de silicium et de germanium massifs.
- Tableau VI-1** : Paramètres du modèle utilisés dans le calcul de la mobilité des porteurs.
- Tableau IV-2** : paramètres de simulation des cellules solaires InGaN (SJ, DJ et TJ) à température ambiante ($T=300K$).
- Tableau IV-3** : Paramètres essentiels d'une cellule solaire à base de SiGe pour $h=10\ \mu\text{m}$ et $100\ \mu\text{m}$.
- Tableau IV-4** : Paramètres essentiels d'une cellule solaire à base de SiGe pour différent taux de germanium.
- Tableau IV-5**: Résultats des simulations pour un courant de saturation $J_0=10^{-10}\ \text{A/cm}^2$ aux interfaces Si/SiGe, $J_0=0\ \text{A/cm}^2$ aux interfaces Si/Si et $J_0=10^{-12}\ \text{A/cm}^2$ aux interfaces Si/SiGe.

Liste des figures

- Figure I-1** : Décomposition de la lumière blanche par un prisme.
- Figure I-2** : électrique équivalent Schéma d'une cellule en silicium cristallin.
- Figure I-3** : Puissance maximum d'une cellule PV.
- Figure I-4** : Principe de croissance par solidification directionnelle du type Polix développé par EDF-PW.
- Figure I-5** : Procédés de production du silicium en ruban.
- Figure I-6** : vue schématique de la composition de la cellule à multijonction.
- Figure I-7** : Cellule souple à base de matériaux organiques (doc. Université de Linz, Autriche).
- Figure II-1** : Positions atomiques dans un cristal (a) zinc blende et (b) wurtzite (Sze, 1981).
- Figure II-2** : Spectre de diffraction X des alliages $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ (Mikkelsen et Boyce, 1983).
- Figure II-3** : (a) Absorption en fonction de l'énergie du photon du seuil K de Ga à $h\omega = 10.37\ \text{keV}$ dans le GaAs à 77K. (b) Oscillations EXAFS du seuil K de Ge, $X(k)$, en fonction de k après renvoi de l'absorption arrière. (c) Transformation de Fourier de (b) dans l'espace réel. La fenêtre de transformation est $3.76-18\ \text{\AA}^{-1}$, élargi par une Gaussienne d'une épaisseur de $0.7\ \text{\AA}^{-1}$ (Mikkelsen et Boyce, 1983).
- Figure III-1** : Représentation schématique de la structure cristalline d'hétérostructures Si/SiGe.
- Figure III-2** : Variation de l'énergie du gap et du couplage spin-orbite en fonction de la composition d'alliage de $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{Sb}$.
- Figure III-3** : Variation du désaccord de maille des alliages $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$, $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{Sb}$ et $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ par rapport au substrat GaSb.
- Figure III-4**: Variation de l'énergie du gap en fonction de la composition en Al pour des valeurs fixes en In.

- Figure III-5:** désaccord de maille $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{Sb} / \text{GaSb}$ en fonction de x en Al à des valeurs fixes de y en In.
- Figure III-6 :** image de l'agence spatiale japonaise (Jaxa), la sonde shizuku pour mission d'observer les modifications de l'environnement sur la terre.
- Figure III-7 :** générateur thermoélectrique à radio-isotope utilisé pour alimenter des instruments sur la sonde cassani.
- Figure III-8 :** exemple d'un Système d'équipement utilisé pour alimenter des stations isolées.
- Figure IV-1 :** Logiciel AMPS 1D utilisé pour simuler les cellules solaires tandem à base de InGaN.
- Figure IV-2 :** Structure schématique des cellules solaires InGaN : (a) SJ, (b) DJ, et (c) TJ.
- Figure IV-3 :** Rendement (η), densité de courant de court-circuit (J_{cc}), voltage en circuit-ouvert (V_{co}) et facteur de forme (FF) des cellules solaires de InGaN, cercle : simple jonction (SJ), carré : double jonctions (DJ), triangle : triple jonction (TJ).
- Figure IV-4 :** Coefficient d'absorption de l'alliage $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ en fonction du paramètre stochiométrique x .
- Figure IV-5 :** Exploitation du spectre solaire AM0 par une photopile Si .
- Figure IV-6 :** Coefficient d'absorption optique du silicium et du germanium.
- Figure IV-7 :** Schéma de la cellule solaire simulée avec l'alliage $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$.
- Figure IV-8 :** Schéma de la cellule simulée avec l'alliage $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ traité à l'interface.
- Figure IV-9 :** Influence de l'épaisseur de la couche d'alliage SiGe sur le rendement quantique interne (RQI) de la cellule solaire.
- Figure IV-10 :** Influence du taux de germanium x sur le rendement quantique interne (RQI) de la cellule solaire.
- Figure IV-11 :** Influence de l'épaisseur de la couche d'alliage SiGe sur la caractéristique I-V d'une cellule solaire.
- Figure IV-12:** Évolution de la puissance en fonction du voltage pour deux épaisseurs de cellules à bases de SiGe .
- Figure IV-13:** Caractéristiques I-V des cellules solaires à base de SiGe pour différents taux de germanium.
- Figure IV-14 :** Évolution de la puissance en fonction du voltage pour différents taux de germanium.
- Figure IV-15 :** Rendement de conversion en fonction de l'épaisseur pour différents taux de germanium (échelle logarithmique).
- Figure IV-16 :** Rendement de conversion en fonction de l'épaisseur pour différents taux de germanium (échelle linéaire).
- Figure IV-17 :** les rendements d'une cellule solaire à base de SiGe traitée à l'interface (échelle logarithmique des longueurs).
- Figure IV-18 :** les rendements d'une cellule solaire à base de SiGe traitée à l'interface (échelle linéaire des longueurs).