

Introduction générale

Les cellules solaires sont des dispositifs à semi-conducteur qui transfèrent la lumière en énergie électrique utilisable. Ces dispositifs ont été initialement étudiés dès 1839 par Antoine-César Becquerel qui a remarqué que si la lumière brillée sur des diodes cela induit un courant électrique. Cependant, une cellule solaire relativement efficace générant une quantité raisonnable de puissance n'a pas été créé jusqu'en 1954, lorsque Chapin, Fuller et Pearson ont développé une cellule solaire à base de silicium pour les laboratoires Bell (Bell Labs). Depuis la création de la première cellule solaire rentable, la recherche sur la technologie et l'amélioration de l'efficacité des cellules solaires a augmenté rapidement. L'accent mis récemment sur l'utilisation des énergies renouvelables et le besoin de puissance dans les régions éloignées telles que l'espace a mis cette recherche dans le premier rang [1].

Le rendement des cellules solaires photovoltaïques est intimement lié aux propriétés des matériaux dont ils sont faits, et de nombreux problèmes de science des matériaux rencontrés dans la compréhension des cellules solaires existantes et le développement des cellules plus efficaces, moins coûteuses et plus stables.

Chaque matériau semi-conducteur dans un environnement électronique approprié est capable d'exposer des propriétés qui peuvent correctement être appelées « photovoltaïques », c'est-à-dire la production d'un courant électrique et une différence de potentielle sous l'illumination absorbé. Ce qui peut être considéré comme surprenant c'est que si peu de matériaux sont connus qui sont capables de former des dispositifs photovoltaïques avec un rendement suffisant pour les rendre d'un intérêt potentiel pour des applications pratiques. Il est encore à noter que seuls les matériaux suivants ont montré une efficacité solaire supérieure à dix pour cent: silicium, arséniure de gallium, le phosphore d'indium, le tellure de cadmium, de cuivre diséléniure d'indium et le sulfure cuivreux [2].

L'efficacité des cellules solaires s'est améliorée au fil du temps en augmentant le nombre de jonctions. Chaque jonction est capable d'extraire l'énergie d'une partie du spectre solaire [3]. Une nouvelle voie pour améliorer l'efficacité consiste à utiliser des matériaux photovoltaïques à base d'alliage tels que l'arséniure de gallium (GaAs).

Les cellules solaires à base de GaAs sont au centre des efforts de développement considérable en raison de leur efficacité de conversion élevée et le potentiel d'amélioration dans la performance. Les cellules solaires à base de GaAs ont la plus grande efficacité mesurée ($\sim 25.7\%$ au spectre $AM_{1.5}$) de n'importe quel dispositif photovoltaïque à seule jonction. Les cellules solaires à base de GaAs ont atteint des rendements élevés, en partie

parce que le gap d'énergie de GaAs est proche de la valeur idéale de 1.5 eV qui en résulte dans une efficacité maximale de conversion photovoltaïque en utilisant une cellule solaire à seule jonction. D'autres augmentations d'efficacité sont possibles en utilisant des jonctions superposées (tandem, triple, quadruple) et / ou un éclairage concentré.

Les cellules solaires à base de GaAs ont des avantages significatifs supplémentaires. En comparaison avec les cellules solaires en silicium, Le GaAs possède des propriétés électroniques qui sont supérieures à celles du silicium. La vitesse de saturation des électrons est plus élevée et leur mobilité est une plus grande. Relativement aux cellules de silicium, un autre avantage de GaAs est dans le fait qu'il présente un gap d'énergie direct, ce qui signifie qu'il peut être utilisé pour émettre de la lumière de façon efficace.

Un problème important s'opposait au développement des cellules solaires au GaAs, est celui de la vitesse de recombinaison en surface [4]. Ce problème a été réduit grâce à la croissance d'une couche de $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ sur la surface du GaAs. Cette couche a été utilisée pour passiver la surface avant des cellules. Les deux matériaux ayant des paramètres cristallins voisins, peu de défauts et de centres de recombinaison peuvent exister à l'interface entre les deux semi-conducteurs. C'est ainsi que le rendement des cellules à base de GaAs a dépassé pour la première fois 20% vers la fin des années 70 quand Woodall et Hovel ont fabriqué des cellules aux hétéro-structures avec un rendement de 22% [5].

Dans ce travail, nous allons étudier les caractéristiques électriques de la cellule solaire à hétérojonction ($\text{AlGaAs} / \text{GaAs}$) de structure p+pn et n+np où la couche (AlGaAs) fortement dopée est utilisée comme une fenêtre, suivie des couches émetteur et base en (GaAs). Nous considérons les deux cas où la structure est avec un substrat épais en (GaAs) ou sans. Nous faisons aussi varier la fraction molaire ($x(\text{Al})$) de l'aluminium de la couche fenêtre ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$) et voir son effet sur les caractéristiques photovoltaïques de la cellule. Dans le même contexte, nous étudions une cellule solaire à fenêtre ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$) graduelle où la fraction molaire ($x(\text{Al})$) varie dans l'espace. Les résultats de l'étude sont générés par le logiciel de simulation sophistiqué SILVACO-ATLAS en considérant les conditions de l'obscurité et de l'éclairement AM0 du fait que ces cellules sont généralement destinées aux applications spatiales. Le logiciel SILVACO comprend une gamme large d'étude intégrale dans l'élaboration et la caractérisation des cellules solaires. Les chercheurs ont publié plusieurs travaux concernant l'application de SILVACO-ATLAS en vue de la modélisation des cellules solaires [3].

Le mémoire est structuré en quatre chapitres plus une introduction et une conclusion générale.

Le premier chapitre présente des notions générales sur les matériaux semi-conducteurs, les composés binaires (III-V) et ternaires, et l'hétérojonction AlGaAs/GaAs. Le deuxième chapitre présente les principaux concepts et grandeurs liés à l'étude des cellules solaires et les caractéristiques des cellules solaires à hétérojonctions (AlGaAs/GaAs). Le troisième chapitre est consacré à la description et l'application du logiciel de simulation SILVACO-ATLAS. Le quatrième chapitre présente une description détaillée des conditions et des cellules étudiées et résultats essentiels aboutis de cette étude.