

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous avons pu démontrer l'intérêt d'utiliser l'ingénierie des bandes par alliages semiconducteurs en vue de l'amélioration conséquente des performances photovoltaïques des cellules solaires.

Le premier chapitre nous a permis de se familiariser avec le rayonnement solaire pour comprendre sa distribution et son interaction avec une cellule solaire photovoltaïque. La conversion photovoltaïque fut rappelée. Les modèles électriques d'une cellule solaire ont été exposés. Enfin, un état de l'art des différentes technologies photovoltaïques fut rappelé pour mieux situer les cellules que nous envisageons d'étudier parmi la grande famille des cellules solaires.

Le deuxième chapitre a été très utile pour se familiariser avec les concepts théoriques et expérimentaux qui concernent les alliages semiconducteurs. D'abord nous avons donné les structures cristallines usuelles dans lesquelles cristallisent la plupart des semiconducteurs ainsi que leurs alliages. Nous avons pu vérifier la validité de la loi de Vegard dans un domaine de stochiométrie dans les alliages massifs à partir des expériences de diffraction X. Puis nous avons vu que les expériences EXAF donnent une meilleure résolution de la longueur de liaison locale de l'alliage, et que cette dernière dévie sensiblement des valeurs du cristal virtuel lorsque la différence dans le paramètre de maille est grande. Nous avons aussi abordé les alliages semiconducteurs ordonnés de longue portée qui sont obtenus dans des conditions de croissances très précises. Nous avons ensuite entamé brièvement l'élasticité dans les alliages semiconducteurs. Enfin, nous avons approché le problème du transport dans les alliages semiconducteurs en donnant une formule empirique de la mobilité.

Dans le troisième chapitre nous avons vu les différents types d'alliages utilisés en technologie photovoltaïque et électronique. D'abord en définissant leurs propriétés structurales (en appliquant la loi de Vegard), ensuite en délimitant leurs domaines d'applications. Une attention particulière a été donnée aux problèmes qui apparaissent lors de leur mise en oeuvre (problème de l'épaisseur critique et des dislocations) et les différentes voies utilisées pour s'affranchir de ces problèmes ont été montrées (couche ultra-mince pseudo-morphique, traitement interfaciale). Enfin nous avons énuméré les domaines d'application des cellules solaires photovoltaïques fabriquées avec une ingénierie de bande par alliages semiconducteurs. Cette dernière approche s'est révélée être très utile pour ajuster les paramètres des cellules solaires pour avoir les meilleures performances dans des conditions de fonctionnement liées à leur domaines d'applications (spatiales, militaires, habitations).

Enfin, dans le dernier chapitre, nous avons présenté les résultats de simulation de deux types de cellules solaires à base d'alliages InGaN en Tandem et à base d'alliages SiGe ayant différentes compositions et épaisseur pour montrer l'intérêt de l'ingénierie des bandes en photovoltaïque.

Conclusion générale

Nous avons commencé dans une première partie par simuler les cellules solaires à base d'alliages $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ par AMPS 1D en simple, double et triple jonction. Les résultats de la simulation ont montré :

- ✓ l'intérêt d'avoir 3 jonctions de différentes composition d'alliage pour absorber sélectivement différentes parties du spectre solaire, ce qui fait accroître le rendement de conversion d'une manière significative (jusqu'à 41%).
- ✓ Aussi il a été prouvé que pour telle types de cellules solaires des épaisseurs de couches très minces (de l'ordre de quelques centaines de nanomètres) étaient très favorables à l'augmentation du rendement,
- ✓ aussi que la présence de jonction tunnel et de champs forts arrière (BSF) provoqué par un excès de dopage augmentaient eux aussi le rendement.

Dans une deuxième partie, nous avons simulé des cellules solaires à base d'alliages $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ par PC1D où le taux de germanium était le paramètre de contrôle de l'ingénierie de bandes. Les résultats de la simulation ont montré que :

- ✓ l'alliage $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ était intéressant puisqu'il permettait de moduler l'absorption des photons dans le coté infrarouge du spectre, et donc permettait de récupérer une partie des photons perdues par le silicium.
- ✓ Cependant, l'augmentation du photo-courant avec l'augmentation du taux de Ge était accompagnée d'une chute importante du V_{co} à cause des phénomènes de recombinaisons interfaciales des électrons dans les puits de dislocations générées par le désaccord de maille entre le Si et le SiGe.
- ✓ dans le domaine des grandes épaisseurs (au-delà de l'épaisseur critique de l'apparition des dislocations), il n'est pas intéressant d'utiliser l'alliage SiGe car une cellule au silicium a de meilleures performances.
- ✓ Par contre les simulations ont montré que s'il y a un traitement interfaciale (par passivation), les performances des cellules avec alliage SiGe redeviennent largement supérieure à celles du silicium dans un domaine d'épaisseur donné.

Par ces deux simulations de couches d'alliages différents (InGaN et SiGe) nous pouvons conclure que l'ingénierie de bande par alliages semiconducteurs est une démarche très prometteuse car elle déverrouille beaucoup d'obstacles qui étaient présents lorsqu'il fallait faire des choix de matériaux spécifiques pour la photo-conversion. Grâce à l'ingénierie des bandes, il n'est plus nécessaire d'avoir le matériau idéal (souvent cher) qui a les propriétés désirée pour la photo-conversion, il est possible d'avoir toute une palette de propriétés avec seulement deux matériaux ou trois qui ne sont pas très cher et dont les propriétés intrinsèques ne sont pas intéressantes en soi, mais acquiers une grande valeur dans l'état d'alliage qui cible des propriétés ayant les performances photovoltaïques optimale.