

## Chapitre 3

# RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter nos résultats de simulation des couches anti-reflets simples à base de  $\text{SiO}_2$  et  $\text{HfO}_2$ , et doubles  $\text{SiO}_2/\text{HfO}_2$ . Ces CARs sont d'application possible avec les cellules solaires à base de GaAs [1]. Cette simulation a été conduite dans le cadre de la méthode des matrices caractéristiques relative aux milieux stratifiés [2]. Nos programmes de simulation ont été développés dans l'environnement Matlab 2013 de Mathworks [3].

Nous nous sommes principalement intéressés à l'effet du nombre de couches et à celui de l'angle d'incidence sur la réflectivité des empilements anti-réfléchissants étudiés.

### 3.2. CARs simples à base de $\text{SiO}_2$ et de $\text{HfO}_2$

#### 3.2.1. Couche $\text{SiO}_2$

La Fig. 3.1 représente la réflectivité de la CAR  $\text{SiO}_2$  utilisée pour réduire les pertes par réflexion à la surface des cellules photovoltaïques GaAs [1] en fonction de la longueur d'onde de la lumière incidente. L'on remarque que la réflectivité augmente d'abord puis décroît. La réflectivité maximale est d'environ 29% alors que le minimum de réflectivité enregistré au voisinage de la longueur d'onde correspondant au gap fondamental est d'uniquement de 3% approximativement. Ceci conduirait à une amélioration du rendement de conversion de nos cellules.

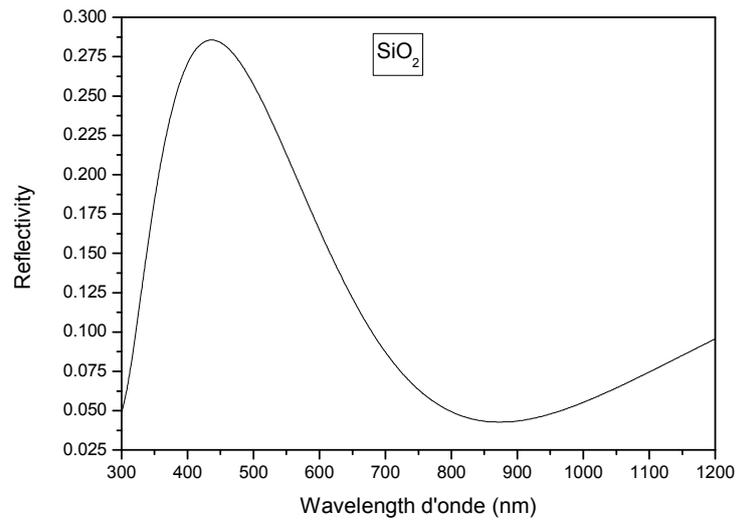


Figure 3.1. Reflectivity vs. wavelength for SiO<sub>2</sub> anti-reflecting coating.

### 3.2.2. Couche HfO<sub>2</sub>

Le HfO<sub>2</sub> est l'un des matériaux potentiels pour la réalisation des revêtements anti-reflet [1] pour les cellules solaires au GaAs au vu de sa réflectivité dont le spectre est donné sur la Fig. 3.2. Cette réflectivité augmente d'abord puis décroît lorsque la longueur d'onde augmente. Les valeurs extrêmes de la réflectivité sont aux alentours de 29% et 1.5%. Cette dernière valeur est obtenue pour les longueurs d'onde avoisinant le seuil d'absorption fondamental. Ceci résulterait en une amélioration du rendement de conversion de nos cellules.

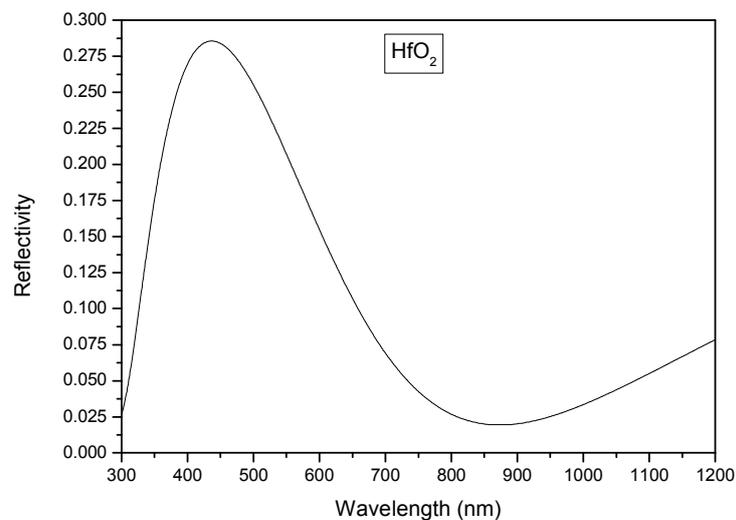


Figure 3.2. Reflectivity vs. Wavelength for HfO<sub>2</sub> anti-reflecting coating.

### 3.2.3. CAR SiO<sub>2</sub> contre CAR HfO<sub>2</sub>

Etant donné que les deux revêtements précédents SiO<sub>2</sub> et HfO<sub>2</sub> conviennent tous les deux pour limiter les pertes par réflexion dans les cellules solaires au GaAs, l'on se propose de voir lequel des deux est le plus performant. Pour cela, nous avons tracé sur le même graphique à la Fig. 3.3. la réflectivité des deux CARs. On note une meilleure performance du HfO<sub>2</sub> par rapport au SiO<sub>2</sub> sur la gamme des longueurs d'ondes s'étendant de 450 à 1200nm.

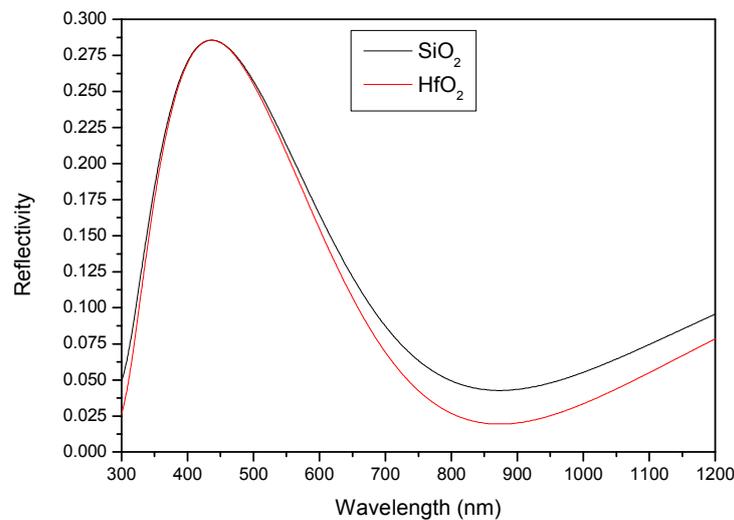
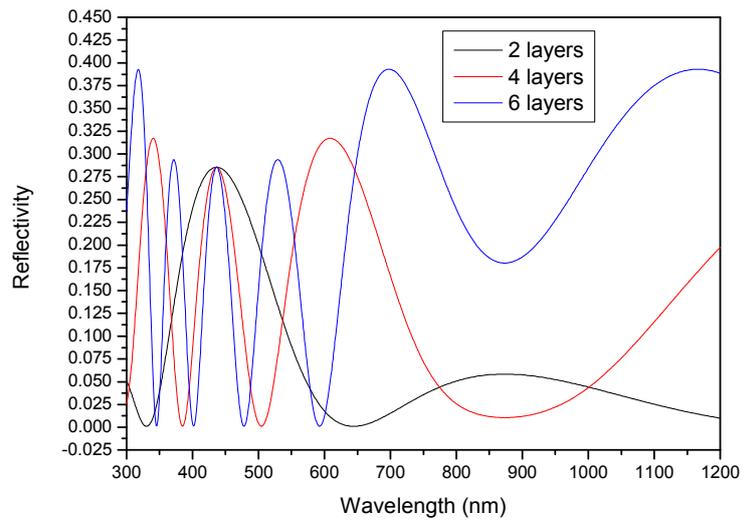


Figure 3.3. Reflectivity vs. Wavelength for SiO<sub>2</sub> and HfO<sub>2</sub> anti-reflecting coating.

## 3.3. CARs SiO<sub>2</sub>/HfO<sub>2</sub>

### 3.3.1. Effet du nombre de couches

L'on peut et il est fréquent d'utiliser comme revêtement anti-reflet non pas une couche simple comme le SiO<sub>2</sub> ou le HfO<sub>2</sub>, ou une biCAR, encore appelée CAR double (DCAR) SiO<sub>2</sub>/HfO<sub>2</sub> mais tout un empilement d'un certain nombre de couches SiO<sub>2</sub>/HfO<sub>2</sub>. Pour cela nous nous sommes intéressés à examiner l'effet du nombre de couches de l'empilement sur la réflectivité de ce même empilement. A partir de la Fig. 3.4, on peut affirmer que dans notre cas, l'augmentation du nombre de couche conduit globalement à une dégradation de la réflectivité de l'empilement. Le nombre optimal de couches est de 2 pour le cas étudié. Il est à noter que les courbes de la Fig. 3.4 ont été tracées pour une incidence normale.



**Figure 3.4.** Reflectivity vs. Wavelength for  $\text{SiO}_2/\text{HfO}_2$  anti-reflecting coating :  
Effect of the layers number.

### 3.3.2. Effet de l'angle d'incidence

Ayant fixé le nombre de couches de notre empilement anti-réfléchissant à 2, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'effet de l'angle d'incidence sur la réflectivité du revêtement anti-reflet sous investigation. Pour commodité nous avons tracé sur deux figures séparées (Figs. 3.4 et 3.5) la réflectivité en fonction de la longueur d'onde pour des angles d'incidence allant de  $0^\circ$  à  $30^\circ$  puis de  $30^\circ$  à  $75^\circ$ . L'on peut aisément voir que la meilleure réflectivité correspond à l'incidence normale. Dans ce cas, la réflectivité au seuil d'absorption fondamental n'est que de 0.6% environ. Autant on s'éloigne du cas de l'incidence normale, autant la réflectivité de notre empilement se détériore. A partir d'un angle d'incidence dépassant les  $45^\circ$ , cette détérioration de la réflectivité devient importante. Une telle situation est rapportée pour d'autres matériaux utilisés comme couche anti-reflet [4].

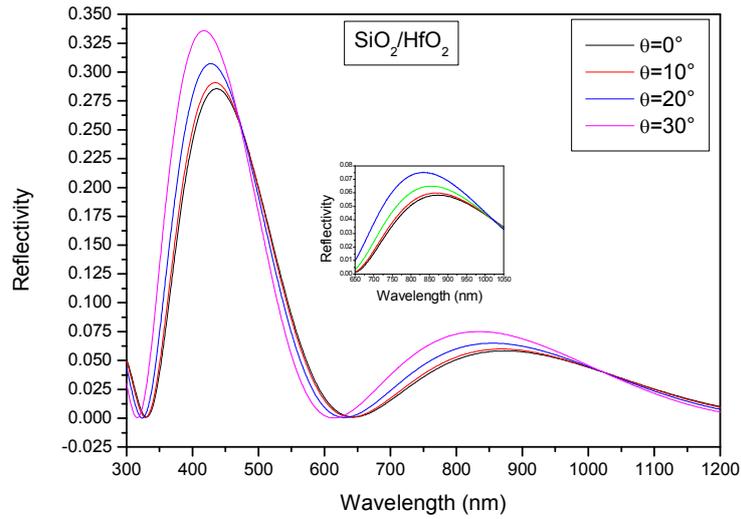


Figure 3.4. Reflectivity vs. Wavelength for  $\text{SiO}_2/\text{HfO}_2$  anti-reflecting coating :  
Effect of the incidence angle.

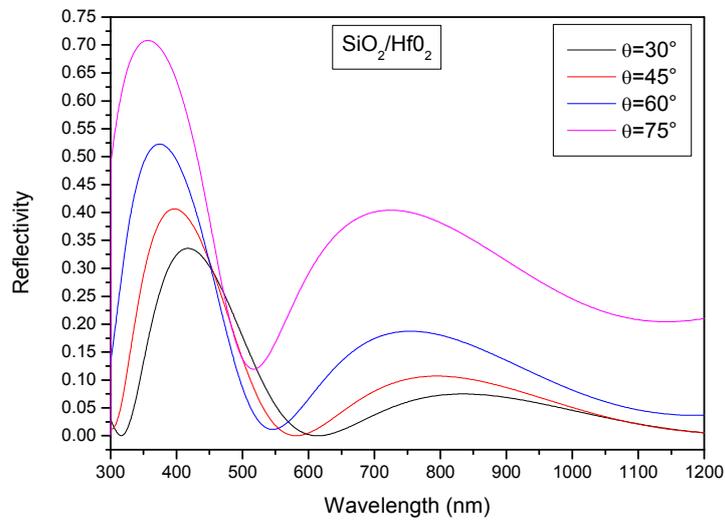


Figure 3.5. Reflectivity vs. Wavelength for  $\text{SiO}_2/\text{HfO}_2$  anti-reflecting coating :  
Effect of the incidence angle.

### 3.4. Conclusion

Dans ce chapitre, ont été présentés nos résultats de simulation de la réflectivité pour le cas du SiO<sub>2</sub>, HfO<sub>2</sub> et SiO<sub>2</sub>/ HfO<sub>2</sub>. En outre, nous avons examiné l'effet du nombre de couches et de l'angle d'incidence sur la réflectivité de nos CARs. La configuration optimale est de deux couches SiO<sub>2</sub>/ HfO<sub>2</sub> et correspond à une incidence normale. L'augmentation de l'angle d'incidence dégraderait la réflectivité de nos couches anti-réfléchissantes.

## REFERENCES

- [1] Z.I. Alexieva, Z.S. Nenova, V.S. Bakardjieva, M.M. Milanova and H.M. Dikov, Journal of Physics 223 (2010) 012045.
- [2] K. Li, Electromagnetic fields in stratified media, Springer, Zhejiang Univ. Press, China, 2009.
- [3] [www.mathworks.com/products/new\\_products/release2013b.html](http://www.mathworks.com/products/new_products/release2013b.html)
- [4] K. Chopra, Solar selective coatings, 3 rd work shop on thin films physics and technology proceeding, New Delhi – Inde, 1999.