

## Influence des Couches Antireflets sur les Performances d'une Cellule Solaire au Silicium Multicristallin

Z. Benmohamed, M. Remram et A. Laugier <sup>1</sup>

Institut d'Electronique, Université de Constantine, Algérie

<sup>1</sup> LPM, INSA, Lyon, France

**Résumé** - La simulation électrique d'une jonction à base de silicium multicristallin Polix a donné un rendement de 15.7 %. Ce résultat a été obtenu pour une concentration donnée de carbone et d'oxygène. L'effet d'une double couche antireflet et d'un champ arrière a été étudié. Une amélioration nette de la réponse spectrale est observée dans le domaine des longueurs d'ondes allant de 400 à 1100 nm.

**Abstract** - The electric simulation of a junction containing silicon multicristallin Polyx gave an output of 15.7 %. This result was obtained for a given oxygen and carbon concentration. The effect of a double anti-reflecting layer and a back field was studied. A clear improvement of the spectral answer is observed in the field wavelengths going fro 400 to 1100 nm.

**Mots clés:** Si multicristallin - Simulation électrique - Couche antireflet - Cellule solaire.

### 1. INTRODUCTION

Plusieurs techniques sont utilisées pour produire le silicium multicristallin, Parmi ces techniques le procédé Polix de Photowatt. A cause des différentes techniques d'élaboration, les performances des cellules solaires au silicium multicristallin sont limitées par la présence de défauts de structure tels que les joints de grains, les dislocations et les impuretés comme l'oxygène et le carbone. Plusieurs études sont menées sur l'influence de la taille des grains sur les performances des cellules au silicium multicristallin en fonction des traitements thermiques [1]. En outre, les différentes interactions du carbone et d'oxygène [2] sont étudiées. Ces effets peuvent limiter les longueurs de diffusion des porteurs minoritaires, ce qui engendre une diminution du rendement de la conversion photovoltaïque. Afin d'atteindre un rendement assez élevé, des efforts continus sont développés au niveau de la structure de la cellule. L'introduction des couches antireflets à la surface éclairée de la cellule et la présence d'un champ arrière ont prouvé leurs efficacités en diminuant les pertes par réflexion et les recombinaisons en faces avant et arrière de celle-ci.

Dans ce travail, nous avons étudié une série d'échantillons de silicium multicristallin élaboré par la méthode Polix de Photowatt contenant une concentration donnée de carbone et d'oxygène. Une simulation de trois combinaisons possibles de structures présentant différentes couches antireflets et champ arrière, nous a permis de trouver les meilleurs conditions susceptibles de donner des rendements meilleurs.

### 2. PROCEDURE EXPERIMENTALE ET SIMULATION

Le matériau de base utilisé pour la fabrication de la cellule solaire est un échantillon de type P coupé d'un lingot élaboré par la technique Polix de Photowatt. Les concentrations d'oxygène et du carbone présents dans le matériau mesurées par la spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) sont respectivement égales à 5,4 ppma et 18 ppma. La longueur de diffusion des porteurs minoritaires est de 35 µm mesurée par la technique du photopotential en surface (SPV) [2].

Afin d'examiner les performances des cellules solaires au silicium multicristallin trois différentes structures illustrées par la figure (1) sont étudiées par le simulateur PC1D [3].

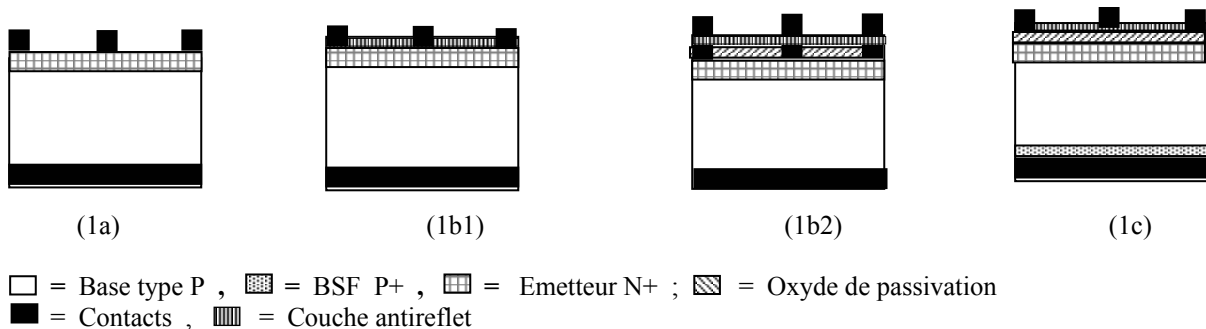


Fig. 1: Structures des cellules étudiées.

i/ Cellule N<sup>+</sup>P sans couche de passivation ni couche antireflet d'épaisseur 150  $\mu\text{m}$  avec un dopage de base de  $N_A=10^{17}\text{cm}^{-3}$ , l'émetteur est dopé à  $N_D=5.10^{19}\text{cm}^{-3}$  et de profondeur de jonction  $X_j=0.1\mu\text{m}$  (Fig. 1a).

ii/ Cellule N<sup>+</sup>P avec deux différentes couches antireflets à savoir la couche de Nitrure de Silicium ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) (ARC) d'épaisseur 60nm (Fig. 1b1) et la couche de Fluorure de Magnésium sur Sulfure de Zinc  $\text{MgF}_2$  (106nm) /  $\text{ZnS}$  (56nm) [6] (Fig. 1b2).

iii/ Cellule avec champ arrière (BSF) (Fig. 1-c).

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les paramètres photovoltaïques d'une cellule conventionnelle N<sup>+</sup>P mesurés sous spectre AM1.5G à 25°C sont regroupés dans le tableau 1. Un rendement de 9.75 % est observé pour cette cellule. Ce rendement est certainement dû à la présence des impuretés tel que l'oxygène et le carbone, en plus des différentes interactions possibles avec les impuretés métalliques [5].

**Tableau 1:** Paramètres photovoltaïques d'une cellule N<sup>+</sup>P simple

Jsc (A)	Voc (V)	Rendement (%)
0.0196	0.6086	9.75

L'influence de deux types de couches antireflets, en occurrence  $\text{Si}_3\text{N}_4$  et  $\text{MgF}_2/\text{ZnS}$  sur les performances de la cellule a été étudié. L'effet de la couche de passivation dans les deux cas figures suscités a été évalué. Les résultats obtenus sont regroupés dans la figure 2. Dans le cas de la simple couche antireflet  $\text{Si}_3\text{N}_4$  nous avons remarqué amélioration du rendement qui passe de 9.75 % à 14.4 %. Le rendement est meilleur dans le cas de la double couche antireflet  $\text{MgF}_2/\text{ZnS}$ , en effet nous avons obtenu un rendement de 15.3 %. Ce résultat est expliqué par la diminution des pertes par réflexion et l'augmentation du courant de court circuit et de la tension en circuit ouvert. En outre nous n'avons remarqué aucune influence de la couche de passivation sur le rendement énergétique contrairement aux études expérimentales. Ce désaccord est expliqué par le fait que le PC1D considère la couche  $\text{SiO}_2$  comme couche antireflet.

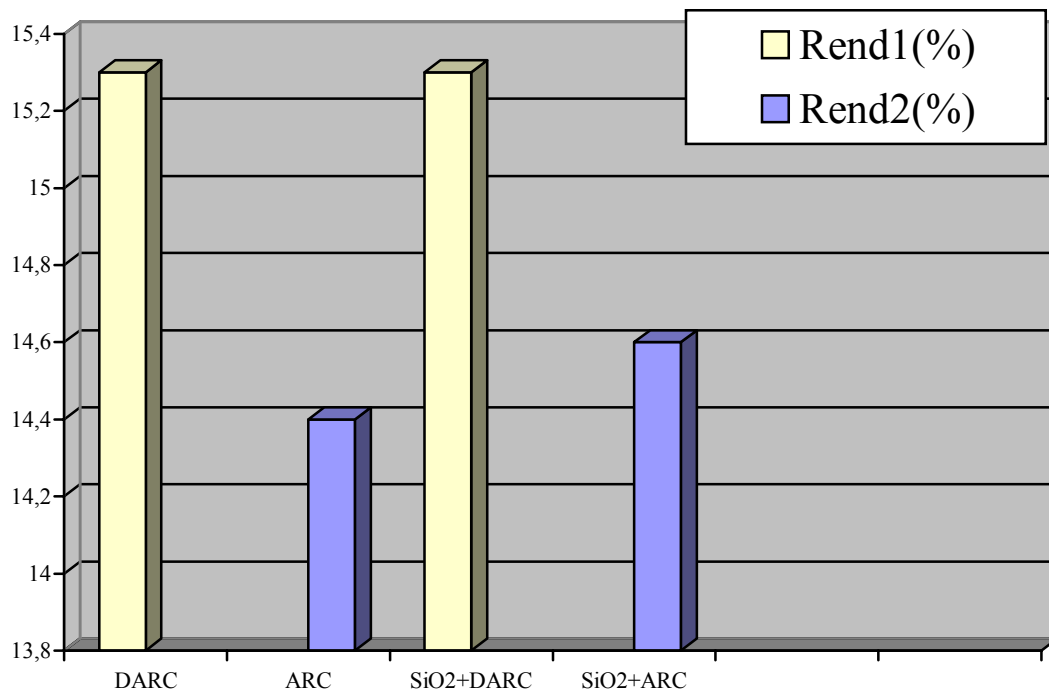


Fig. 2: Effet des couches antireflets sur le rendement énergétique

D'autre part, l'influence de ces deux couches sur la réponse spectrale est nettement visible sur la figure 3. Une amélioration du rendement quantique externe aux grandes longueurs d'ondes est observée du fait de l'absorption des photons de faibles énergies. et une augmentation remarquable dans l'intervalle 400 à 1100 nm, domaine où la réponse spectrale est dominée par les porteurs photogénérés dans la base.

Un champ arrière a été prévu pour les structures avec ARC et DARC. Une nette amélioration de 0.4 % du rendement de la conversion photovoltaïque est observée comme le montre la figure 3.

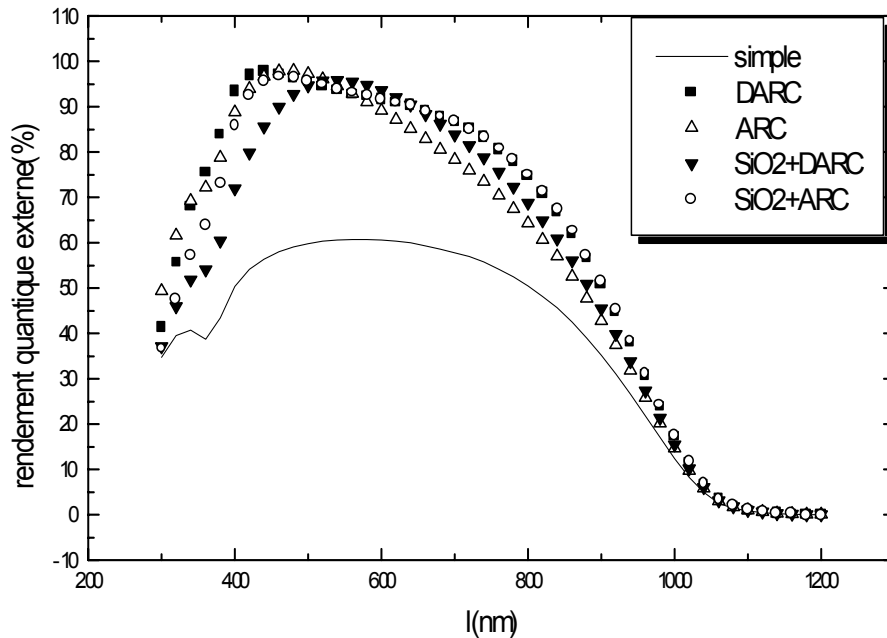


Fig. 3: Effet des couches antireflets sur la réponse spectrale

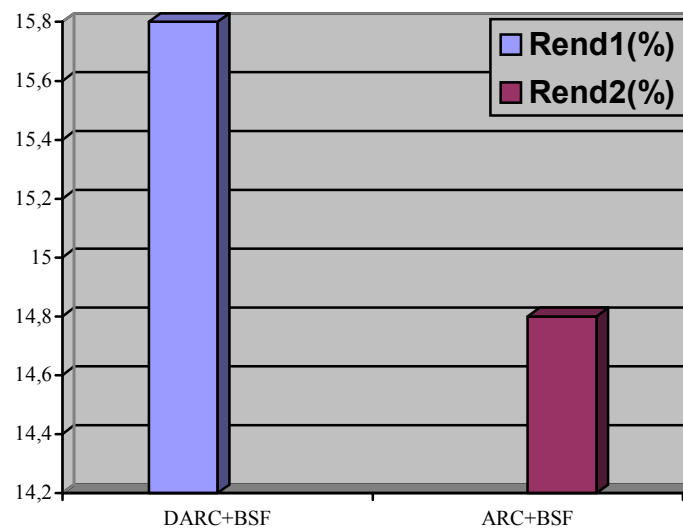


Fig. 4: Influence du BSF sur le rendement énergétique

#### 4. CONCLUSION

En conclusion, nous avons démontré que la couche antireflet présente un avantage considérable sur le rendement énergétique et la réponse spectrale d'une cellule solaire au silicium multicristallin de Polix de Photowatt. Les résultats présentés indiquent que la combinaison d'une double couche antireflet et d'un champ arrière a prouvé son efficacité sur les performances photovoltaïques de la cellule.

#### REFERENCES

- [1] A.A.S. Al-omar, Y. M. Ghannam, '*Study of Grain-boundary Recombination in Polycrystalline Silicon Cells*', J. Appl. Phys. 79, 4, pp. 2103-2114, 1996.
- [2] Z. Benmohamed, M. Remram et A. Laugier, '*Influence de l'Oxygène et du Carbone sur le Rendement Photovoltaïque des Cellules Solaires*'.
- [3] P.A. Basore and D.A. Clugston, '*PCID Version 4 for Windows - from Analysis to Design*', 25<sup>th</sup> PVSC, 1996.
- [4] H.E. Elgamel and M. Allen Barnett, '*Efficient Combination of Surface and Bulk Passivation Schemes of High-efficiency Multicrystalline Silicon Solar Cells*', J. Appl. Phys. 78, 5, pp. 3457-3461, 1995.
- [5] Z. Benmohamed, '*Contribution à l'Etude des Propriétés Photovoltaïques des Cellules Solaires au Silicium Multicristallin*', Thèse de Magister, Constantine (à paraître).