

Contribution à la réduction de la réflectivité par texturisation acide du silicium multi cristallin et dépôt d'une couche d'oxyde d'étain non dopé

R. Tala-Ighil^{1*}, M. Boumaour¹, K. Melhani¹, F. Ait Amar¹ et A. Iratni²

¹ Unité de Développement de la Technologie du Silicium, 'UDTS'

² B^d Frantz Fanon, B.P. 140, Alger - Sept Merveilles, Alger

² Laboratoire des Matériaux et Minéraux Composites, 'LMMC'
Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Université M'Hamed Bouguerra, Boumerdes

(reçu le 24 Mars 2007 – accepté le 30 Mai 2008)

Résumé – *Le défi principal dans la réalisation des cellules solaires est l'augmentation du rendement de conversion sans surcoût additionnel dans le procédé de fabrication. Notre travail porte sur l'augmentation du rendement en améliorant le courant de court-circuit. Cela s'obtient en diminuant la réflectivité. Nous avons pris un substrat de silicium multi cristallin qui avait une réflectivité initiale de 35 %. Ensuite, on l'a texturé en utilisant une mixture acide à base de HF/HNO₃/H₂O pour atteindre une réflectivité moyenne pondérée au spectre AM1.5 de 9 %. Enfin, après adjonction de l'oxyde d'étain non dopé comme couche anti-reflet, nous avons pu atteindre une réflectivité moyenne de 3 % dans la plage de longueur d'onde de 600 à 1000 nm.*

Abstract – *The main challenge in solar cells realization consists in enhancing conversion efficiency without additional cost in the fabrication process. Our work is focusing on enhancing the solar cell efficiency by increasing open circuit current. We can obtain it by decreasing the reflectivity. The initial substrate is multi crystalline silicon with 35 % reflectivity. Then, it is textured with acidic solution based on HF/HNO₃/H₂O with a mean reflectance weighted to AM1.5 spectra of 9 %. Finally, an adjunction of un-doped tin oxide as anti-reflective coating, permits to reach 3 % mean reflectivity in wavelength interval between 600 and 1000 nm.*

Mots clés: Silicium multi cristallin - Texturisation acide - SnO₂ - Réflectivité moyenne.

1. INTRODUCTION

Dans la réalisation des cellules solaires, toute étape contribuant à améliorer le rendement de conversion est la bienvenue. C'est dans cet ordre d'idées que le présent travail s'inscrit. Etant directement proportionnel au rendement, le courant de court-circuit constitue le paramètre à faire varier dans ce travail. On peut le sonder par la mesure de la réflectivité moyenne pondérée au spectre AM1.5.

Le substrat utilisé est le silicium multi cristallin. Nous l'avons texturé avec une solution acide à base de HF/HNO₃/H₂O [1], puis nous avons déposé par spray pyrolyse de l'oxyde d'étain non dopé par spray pyrolyse [2].

2. METHODES EXPERIMENTALES

Cette étude a été réalisée à partir de plaquettes de silicium multi cristallin Bayer brutes de sciage (as-cut), de type P (dopé au bore) et de résistivité 1 Ωm.

Avant texturisation, les plaquettes de silicium sont découpées en petits échantillons de forme carrée de dimension 2,5 cm x 2,5 cm et subissent un cycle de nettoyage classique comme suit:

* T_razika@hotmail.com

- Dégraissage au trichloroéthane et à l'acétone à chaud, puis rinçage à l'eau désionisée et séchage au jet d'azote
- Désoxydation à l'HF et rinçage à l'eau désionisée et séchage au jet d'azote.

Les solutions acides attaquent uniformément le silicium dans toutes les directions cristallographiques avec le même taux. Elles consistent en un mélange de HF-HNO₃ et CH₃COOH ou H₂O et sont utilisées pour attaquer et polir chimiquement les surfaces de silicium.

Les échantillons de silicium sont disposés horizontalement dans la solution d'attaque. Vu que la solution est exothermique, le processus d'attaque est réalisé à température ambiante (21 à 25 °C). L'oxyde d'étain (SnO₂) est déposé par spray pyrolyse (Fig. 1).

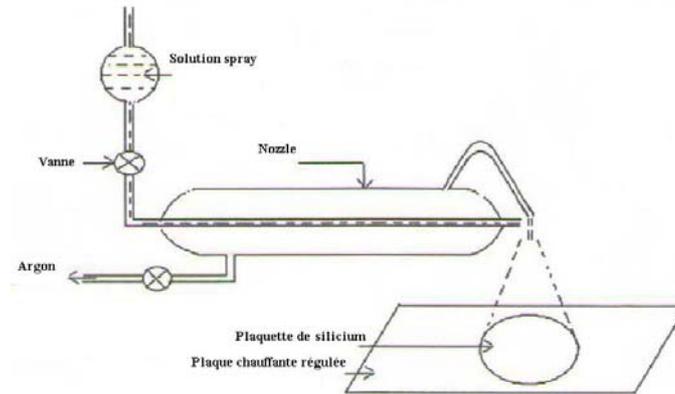


Fig. 1: Montage expérimental du dispositif spray

Ce dispositif a montré une bonne reproductibilité. La réaction chimique suivante a lieu dans une plage de température comprise entre 300 et 550 °C:



3. RESULTATS ET DISCUSSION

La figure suivante montre la morphologie de la surface du silicium multi cristallin texturé par la solution acide à base de HF/HNO₃H₂O. On distingue clairement les macro pores.

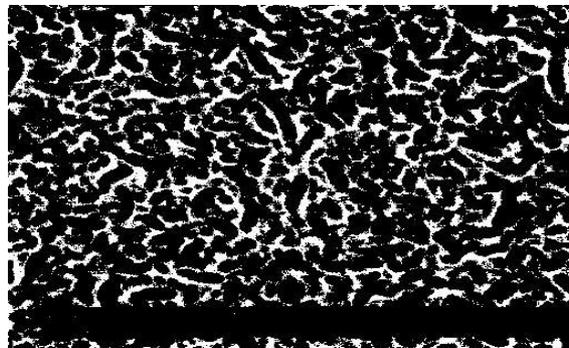


Fig. 2: Vue MEB d'une surface de Si multi cristallin traitée dans une solution HF/HNO₃H₂O codée J

Après dépôts du SnO₂ non dopé par spray pyrolyse, une nette baisse de la réflectivité est observée selon la figure 3.

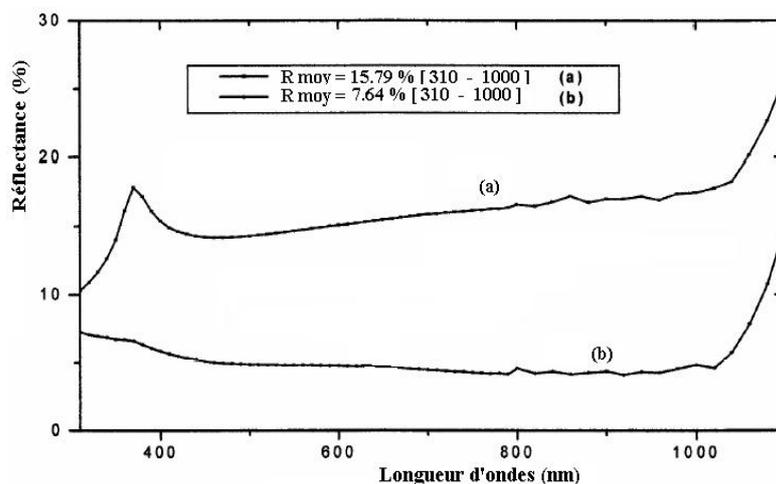


Fig. 3: Courbe de réflectivité de substrats de silicium multi cristallin après texturisation dans la solution C en fonction de longueurs d'ondes.
 a- Texturisation dans la solution HF/HNO₃H₂O sans dépôt de SnO₂
 b- Texturisation dans la solution HF/HNO₃H₂O avec dépôt de SnO₂

Afin de déterminer l'efficacité de la couche texturée [3], les réflectivités moyennes pondérées au spectre AM1.5 ont été calculées selon l'équation suivante.

$$R_{\text{moy}} = \frac{\int_{300}^{1100} f(\lambda) R(\lambda) d\lambda}{\int_{300}^{1100} f(\lambda) d\lambda}$$

$R(\lambda)$: Réflectivité pour chaque longueur d'eau

$f(\lambda)$: Flux de photon incident du spectre AM1.5

Les limites de l'intégration représentent l'intervalle de calcul ont été fixées égales à la gamme active des piles solaires de silicium, qui s'étend de 310 nm à 1100 nm.

Le tableau 1 résume la réflectivité moyenne des échantillons avant et après dépôt SnO₂.

Tableau 1: Calcul de réflectivité moyenne du silicium multi cristallin traité dans la solution C₁ à base de HF/HNO₃/H₂O

Echantillons texturés dans la solution C ₁	R _{moy} [310 – 1000]		R _{moy} [400 – 800]		R _{moy} [600 – 1000]	
	Sans dépôt SnO ₂	Avec dépôt SnO ₂	Sans dépôt SnO ₂	Avec dépôt SnO ₂	Sans dépôt SnO ₂	Avec dépôt SnO ₂
	Echantillon 1	9.41	9.39	9.23	9.42	10.32
Echantillon 2	15.79	10.24	18.48	10.39	16.13	3.26
Echantillon 3	16.41	11.25	15.91	13.31	16.43	3.15

On remarque que sur les échantillons traités dans la solution HF/HNO₃/H₂O, un dépôt de SnO₂ comme couche anti-reflet a donné comme résultat une réflectivité moyenne pondérée au spectre AM1.5 de **3.15 %** dans la gamme de calcul utile du spectre entre 600 nm et 1000 nm et des minima remarquables jusqu'à **0.59 %** pour l'intervalle de longueur d'ondes λ entre 840 nm et 880 nm.

4. CONCLUSION

En conclusion, nous avons montré que les couches minces d'oxyde d'étain non dopé peuvent jouer le rôle de couches anti-reflet, leur effet est surtout visible dans la gamme de calcul de la réflectivité moyenne allant de 600 à 1000 nm. Ce résultat ouvre des perspectives prometteuses, quant à l'augmentation du rendement de la cellule solaire.

REFERENCES

- [1] S.W. Park, D.S. Kim and S.H. Lee, Journal of Materials Sciences: Materials in Electronic, Vol. 12, N°11, November 2001.
- [2] R. Tala Ighil, M. Boumaour, M.S. Belkaïd, A. Maallem, K. Melhani and A. Iratni, 'High Temperature Annealing of Sprayed SnO₂: F Layers in a Silicon Solar Cell Process with Screen-Printed Contact', Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol. 90, N°12, pp. 1797 – 1814, 2006.
- [3] C. Beneking, S. Dauwe, M. Zippel and L. Mittelstädt, 'Black Power^R Technology – A Path Towards Higher Efficiency in Industrial Silicon Solar Cell Production', Paper N°2CV.2.26, 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Paris, 7-11 June 2004.