

# Improvement of charge carrier lifetime in heat exchange method multicrystalline silicon wafers by extended phosphorous gettering process

D. Bouhafs<sup>1,2</sup>, M. Boumaour<sup>1</sup>, A. Moussi<sup>1</sup>,  
S.E.H. Abaïdia<sup>2</sup>, N. Khelifati<sup>1</sup> and B. Palahouane<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Division Cellules et Modules Photovoltaïques

Unité de Développement de la Technologie du Silicium

2, Bd. Frantz Fanon, les Sept Merveilles, B.P. 140, Alger, Algeria

<sup>2</sup> Laboratoire des Matériaux Minéraux et Composites

Département de Génie des Matériaux, Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Université M'Hamed Bouguerra, Boumerdès, Algeria

**Abstract** – External phosphorous diffusion gettering were applied using homogenous and extended schemes on multicrystalline silicon ‘mc-Si’ wafers obtained from solar grade (SOG) silicon feedstock by the heat exchange method (HEM) growth technique. X-ray fluorescence (XRF) characterization shows the presence of transition metals like Chromium ‘Cr’, manganese ‘Mn’ and iron ‘Fe’ in the analyzed as-cut ‘mc-Si’ substrates with a predominance of ‘Mn’ and ‘Fe’ elements. Before and after gettering process, we have observed that the Cr atoms concentration drop from  $4.10^{15}$  at.cm<sup>-3</sup> in the as-cut Mc-Si samples to  $2,5 \times 10^{15}$  at.cm<sup>-3</sup> with homogeneous gettering and to  $3 \times 10^{14}$  at.cm<sup>-3</sup> in the wafer undergoes extended gettering. The quasi-steady-state photo conductance (QSSPC) technique is used to characterize the minority charge carrier’s lifetime  $\tau_n$  before and after gettering process. It was found that the response of ‘mc-Si’ wafers is better (form point of view of lifetime improvement) to the extended process but in some regions it is less effective and the homogenous process give the best amelioration due probably to the spatial distribution of crystalline defects and metallic precipitates densities. With  $\tau_n$  initial values before gettering in the range of 2.5-8  $\mu$ sec, we have measured lifetime values in the range of 15 to 37  $\mu$ sec with extended process and from 10 to 30  $\mu$ sec with the homogenous one which ensure cell efficiencies in the range of 15 to 16%.

**Résumé** – Les techniques d’effet Getter externe par diffusion du phosphore ont été appliquées en utilisant des procédés homogènes et étendus sur les plaquettes de silicium multi cristallin ‘mc-Si’ obtenues à partir des matières premières de silicium de qualité solaire (SOG) par la méthode de l’échangeur de chaleur (HEM) en technique de croissance. La caractérisation par la fluorescence X (XRF) révèle la présence de métaux de transition comme le chrome ‘Cr’, le manganèse ‘Mn’ et le fer ‘Fe’ dans les substrats analysés brutes ‘mc-Si’ avec une prédominance des éléments ‘Mn’ et ‘Fe’. Avant et après le procédé Getter, nous avons observé que la baisse de la concentration des atomes Cr se fasse à partir de  $4 \times 10^{15}$  at.cm<sup>-3</sup> dans les échantillons brute ‘mc-Si’, les échantillons à  $2,5 \times 10^{15}$  at.cm<sup>-3</sup> avec l’effet Getter homogène et à  $3 \times 10^{14}$  at.cm<sup>-3</sup> dans la plaquette subissant l’effet Getter prolongé. La technique quasi-stationnaire de la photo conductance (QSSPC) est utilisée pour caractériser la vie du porteur de charge minoritaire  $\tau_n$  avant et après le procédé Getter. Il a été constaté que la réponse sur les plaquettes de ‘mc-Si’ est meilleure (sous forme de points de vue de l’amélioration de la durée de vie) pour le procédé étendu, mais dans certaines régions, il est moins efficace. Le procédé homogène peut donner une meilleure amélioration en raison probablement de la distribution spatiale des défauts cristallins et des densités des précipités métalliques. Avec des valeurs initiales  $\tau_n$  avant le procédé Getter dans la gamme de 2,5 à 8 msec, nous avons mesuré des valeurs de la durée de vie de l’ordre de 15 à 37 msec avec le procédé étendu et de 10 à 30 msec avec le procédé homogène, qui en assurent l’efficacité des cellules dans la gamme des 15 à 16 %.

**Keywords:** Multicrystalline silicon - Gettering - Metallic impurities - Lifetime carrier.