

RESUMEN

Las características de los substratos sobre los que son fabricadas las células fotovoltaicas cristalinas constituyen un elemento fundamental en su comportamiento y durabilidad. En este sentido, la presencia de impurezas e imperfecciones en la red cristalina reduce el comportamiento eléctrico de los substratos limitando el potencial de generación eléctrica de las células. Esta limitación se ve acrecentada en las células de nueva generación, en las que su potencial para aumentar la eficiencia de conversión fotovoltaica solo puede hacerse efectivo mediante la utilización de substratos con altas prestaciones eléctricas.

En la presente investigación se ha procedido a la cristalización mediante la técnica Czochralski (Cz) de un lingote monocristalino, tipo p con resistividad (ρ) en el rango de 0.7-2.1 $\Omega\cdot\text{cm}$ y tamaño industrial. Su posterior corte en obleas de 200 μm de espesor nominal ha permitido disponer de obleas distribuidas a lo largo del lingote en una fracción solidificada entre el 2.0% y el 99.4%. La caracterización exhaustiva del lingote ha incluido la medida de la resistividad así como la reconstrucción longitudinal y radial de la concentración en carbono, oxígeno y hierro. El reducido contenido en carbono obtenido ($[\text{C}] < 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) contrasta con una elevada concentración de oxígeno intersticial (O_i) sin efectos apreciables en las propiedades eléctricas del lingote. Contrariamente, la reducción del tiempo de vida efectivo de los portadores de carga (τ_{eff}) en la periferia y cola del lingote, es atribuido al aumento de la concentración en hierro intersticial $[\text{Fe}_i]$ en dichas regiones.

El estudio de la influencia de las difusiones en la evolución de las propiedades eléctricas del material incluyó difusiones de boro y fósforo mediante BCl_3 y POCl_3 . El estudio ha constatado el efecto benéfico de la difusión de fósforo en la periferia del lingote asociado a la reducción del contenido en Fe_i . Por el contrario, se ha constatado el efecto perjudicial de la difusión de boro explicado en buena medida por un aumento superior a un orden de magnitud en $[\text{Fe}_i]$. La aplicación sucesiva de difusiones de boro y fósforo ha revelado una degradación apreciable en la cabeza del lingote tras la aparición de patrones circulares en la medida de τ_{eff} característicos de la precipitación de O_i . Igualmente se ha podido constatar la influencia de una elevada densidad de dislocaciones, observada en la cola del lingote, en la respuesta del substrato ante las difusiones.

La fabricación de células de tecnología Al-BSF, con eficiencias comprendidas entre 17.8% y 18.2%, permitió evidenciar una reducida influencia de las

variaciones de las propiedades eléctricas del sustrato en el comportamiento de las células finales. A su vez, la cartografía de la eficiencia cuántica interna (IQE) y de la longitud de difusión (L_d) ha confirmado el efecto benéfico de la difusión de boro en la periferia y cola del lingote. La fabricación de células bifaciales, también conocidas como *Passivated Emitter Rear Totally-diffused* (PERT), ha permitido la obtención de dispositivos con eficiencias entre 18.8% y 19.6%. Las eficiencias muestran valores máximos en el centro del lingote y una reducción apreciable en la cabeza y cola.

En una última etapa, se ha procedido a la fabricación de arquitecturas de células fotovoltaicas Al-BSF, PERT y *Passivated Emitter Rear Contact* (PERC), con el objetivo de estudiar los procesos de degradación y regeneración asociados a la formación de pares boro-oxígeno (B-O). El estudio de la evolución de V_{oc} con el tiempo ha constatado una dependencia de la amplitud de degradación y cinética de regeneración con la arquitectura de célula. En este sentido se observó una degradación significativamente superior en las células PERC principalmente atribuible a una mayor sensibilidad a degradaciones de la calidad del sustrato. A su vez se confirmó el potencial de los procesos de regeneración inducidos por la luz para suprimir de manera permanente los efectos de la degradación inducida por la formación de complejos B-O en las tres arquitecturas de células estudiadas.