

## Capítulo 1

### Introducción.

La difusión de fósforo en tubos de cuarzo utilizando  $\text{POCl}_3$  como fuente gaseosa es el método estándar en la fabricación de emisores tipo n en obleas de silicio cristalino (c-Si) tipo p para células solares y transistores bipolares [1] [2], Este proceso es de tipo “batch” y por eso es difícil de aplicar a una producción de escala muy grande como en un futuro será el caso de las células solares. Además el proceso tiene el inconveniente de la formación de vidrio de fósforo en la superficie del silicio. Este vidrio normalmente se tiene que quitar mediante un ataque húmedo en ácido fluorhídrico [3]. Una forma alternativa de fabricar un emisor tipo n es el depósito de una capa fina (p. ej. 50 nm) de carbono de silicio amorfa dopada con fósforo mediante la técnica de *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD) y recocer esta capa a temperaturas alrededor de 800 °C durante unos minutos (p. ej. 15 min) [4]. Durante el recocido el fósforo difunde en el c-Si y forma una unión pn y a la vez la capa amorfa de carbono de silicio

cristaliza en parte. Así se forma un interfaz entre el silicio y la capa con buena pasivación dando como resultado emisores de alta calidad [4]. La técnica de PECVD permite en tiempos cortos depositar sobre grandes áreas material amorfo. Por este motivo resulta adecuada para la fabricación a gran escala de células solares. Empleando estructuras de diseño simples se pueden obtener células solares con un rendimiento del 10-15% [5] y transistores bipolares de alta calidad [6] [7]. Para mejorar el comportamiento de estos dispositivos es importante entender en detalle el proceso de cristalización de la capa de carbono de silicio y la difusión de fósforo durante el recocido.

Con este objetivo se ha diseñado, construido e instalado un equipo de transmisión óptica de bajo coste. Utilizando la luz emitida por un LED comercial ( $\lambda \approx 1,2-1,6 \mu\text{m}$ ) y un detector ( $\lambda \approx 0,8-1,7 \mu\text{m}$ ). Un horno con tubo de cuarzo para realizar medidas in-situ de transmisión óptica a altas temperaturas  $< 900 \text{ }^\circ\text{C}$ . Las medidas realizadas permitirán caracterizar el proceso de absorción óptica del c-Si en el que intervienen diferentes mecanismos que se activan dependiendo de la energía del fotón y de la temperatura. Adicionalmente se podrá determinar la temperatura en el sustrato de c-Si. De este punto nace la idea de monitorizar in-situ el proceso de recocido de la capa de a-SiC<sub>x</sub>:H/c-Si controlando la fase de cristalización y la difusión. Los cambios en el gap que ocasiona el recocido en la capa amorfa durante el proceso de cristalización se ven reflejados en las propiedades ópticas de la capa (índice de refracción y coeficiente de extinción) [3].

El capítulo 2 trata de la fabricación y puesta a punto del equipo de medida óptica a alta temperatura. De los componentes que lo conforman describiendo las características del LED, Detector, Amplificador lock-in, horno de tres zonas de temperatura.

## Introducción.

El capítulo 3 trata del cálculo teórico del coeficiente de absorción del c-Si, los mecanismos fundamentales que intervienen en el proceso y el efecto de la temperatura del sustrato de c-Si. Se amplía la teoría al cálculo del coeficiente de absorción para el espectro de emisión de un LED.

Capítulo 4 trata del estudio de los cambios de las propiedades ópticas de la capas a-SiC<sub>x</sub>:H intrínsecas y dopadas con fósforo después del recocido aplicando el modelo de oscilador de Lorentz a medidas ópticas de infrarrojo (FTIR) y el contenido de hidrógeno en la capa amorfa. Se confirma la cristalización de las capas de a-SiC<sub>x</sub>:H intrínseca y dopadas con fósforo mediante diferentes técnicas (in-situ y ex -situ) como Difracción de rayos X (X-RD), reflexión en el rango del ultravioleta (UV), SEM y empleando el equipo de medición óptica construido en esta tesis.

Capítulo 5 trata de las conclusiones arrojadas en lo largo del desarrollo de la tesis, la aplicación que puede tener el equipo construido en futuras líneas de trabajo en las que se combinen la transmisión óptica y la temperatura.