

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1 Motivación inicial y justificación	2
2 Objetivos.....	4
2. ESTADO DEL ARTE.....	5
1 Tecnología de procesado.....	6
1.1 Crecimiento Czochralski (Cz).....	6
1.2 Proceso de fabricación de obleas	7
1.3 Proceso de fabricación de células	9
1.4 Arquitecturas.....	12
2 Defectos en cristales monocristalinos Cz	15
2.1 Defectos intrínsecos.....	16
2.2 Defectos extrínsecos	18
2.2.1 Tipología y origen	18
2.2.2 Estado y distribución de impurezas en lingotes de silicio	19
2.2.3 Elementos extrínsecos principales en lingotes Cz21	
2.2.3.1 Elementos dopantes	21
2.2.3.2 Impurezas metálicas.....	23
2.2.3.3 Oxígeno	25
2.2.3.3.1 Origen.....	25
2.2.3.3.2 Defectos asociados	27
2.2.3.3.3 Caracterización del oxígeno en substratos de silicio	29

3. PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	33
1 Fabricación, corte y caracterización del lingote .	35
2 Procesado y caracterización de células	37
3 Estudio de la influencia de las difusiones y procesado a alta temperatura.....	38
4 Estudio de la degradación (LID) y regeneración (LIR) inducidas por la luz	39
4. DISTRIBUCIÓN DE PROPIEDADES ELECTRICAS Y COMPOSICIONALES EN UN LINGOTE Cz INDUSTRIAL	40
1 Procedimientos y métodos.....	41
1.1 Proceso de crecimiento y corte de obleas	41
1.1.1 Crecimiento del lingote	41
1.1.2 <i>Squaring</i>	42
1.1.3 Corte, limpieza y preselección de obleas.....	43
1.2 Etapas de la caracterización	44
1.3 Técnicas de caracterización.....	45
1.3.1 Tiempo de vida de los portadores de carga.....	45
1.3.2 Concentración de defectos asociados al oxígeno ..	47
1.3.3 Concentración de hierro y carbono.....	48
1.4 Procedimientos de preparación de muestras	48
2 Resultados	50
2.1 Contenido en elementos extrínsecos.....	50
2.1.1 Resistividad	50
2.1.2 Contenido en elementos ligeros.....	52
2.1.2.1 Defectos asociados al oxígeno.	52

2.1.2.2 Defectos asociados al carbono.	56
2.1.3 Defectos asociados al hierro.	57
2.2 Tiempo de vida de los portadores de carga.....	61
2.2.1 Tiempo de vida eficaz de los portadores de carga (τ_{eff}).....	61
2.2.2 Tiempo de vida limitado por defectos	67
2.2.2.1 Defectos asociados al hierro.....	67
2.2.2.2 Complejos B-O	70
2.2.3 Influencia de los defectos en el tiempo de vida efectivo	75

5. INFLUENCIA DE LOS PROCESOS DE DIFUSIÓN DE BORO Y FOSFORO EN LOS SUBSTRATOS MONOCRISTALINOS 79

1 Procedimientos y métodos.....	80
1.1 Secuencia de proceso propuesta.	80
1.2 Detalles experimentales.....	81
2. Resultados	83
2.1 Proceso de difusión de fósforo (POCl_3).....	83
2.1.1 Contenido en Fe_i	83
2.1.2 Tiempo de vida de portadores de carga (τ).....	84
2.1.2.1 τ efectivo (τ_{eff}).....	84
2.1.2.2 τ limitado por defectos asociados a Fe (τ_{Fe})....	87
2.2 Proceso de difusión de boro (BCl_3).....	88
2.2.1 Contenido en Fe.	88
2.2.2 Tiempo de vida de portadores de carga.....	90
2.2.2.1 τ efectivo (τ_{eff}).....	90

2.2.2.2 τ limitado por defectos asociados a Fe (τ_{Fe})	92
2.3 Procesos de difusión consecutiva de boro (BCl_3) y fósforo ($POCl_3$)	93
2.3.1 Contenido en Fe	93
2.3.2 Tiempo de vida de portadores de carga.....	95
2.2.3.1 τ efectivo (τ_{eff}).....	95
2.2.3.2 τ limitado por defectos asociados a Fe (τ_{Fe})	99

6. INFLUENCIA DEL SUBSTRATO EN EL COMPORTAMIENTO ELECTRICO DE CELULAS FOTOVOLTAICAS..... 101

1 Procedimientos y métodos..... 102

1.1 Proceso de fabricación de células	102
1.1.1 Fabricación de células Al-BSF	102
1.1.2 Fabricación de células PERT.....	104
1.3 Particularidades del procesado y caracterización.....	107
1.3.1 Rugosidad y planitud de las obleas.....	107
1.3.2 Corte por laser.....	108
1.3.3 Condiciones de almacenaje y manipulación.....	108

2 Resultados 109

2.1 Células Al-BSF	109
2.1.1 Característica IV	109
2.1.2 Eficiencia cuántica interna (IQE).....	112
2.1.3 Longitud de difusión	113
2.2 Células PERT	115
2.2.1 Característica IV	115
2.2.2 Eficiencia cuántica interna (IQE).....	118

2.2.3 Longitud de difusión.....	119
7. LIGTH INDUCED DEGRADATION AND REGENERATION OF PV CELLS.....	121
1 Experimental details	122
2 Results.....	124
2.1 Solar cell characterization.....	124
2.2 Light-Induced Degradation.....	125
2.3 Light-Induced Regeneration	127
2.4 Light-Induced Regeneration Stability.....	129
8. CONCLUSIONES.....	131
9. BIBLIOGRAFIA	141
PUBLICACIONES Y PATENTES DERIVADAS DE LA TESIS.....	154