

Table des matières

Remerciements	iii
Préface	ix
Introduction	1
Partie I • Présentation et fonctionnement des cellules solaires standard en silicium massif	5
Chapitre 1 • Principe	7
Chapitre 2 • Représentation de l'énergie dans un semi-conducteur	13
2.1 Bandes d'énergie et bande interdite	13
2.2 Schéma de bandes	15
Chapitre 3 • Absorption de photons par le silicium	19

Chapitre 4	• Courants d'électrons et de trous	23
Chapitre 5	• Concentrations d'électrons et de trous	29
5.1	Jonction <i>p/n</i> en équilibre thermique	29
5.2	Jonction <i>p/n</i> hors équilibre thermique	34
Chapitre 6	• Zone de charge d'espace	37
6.1	Zone de charge d'espace en équilibre thermique	37
6.2	Zone de charge d'espace hors équilibre thermique	42
Chapitre 7	• Recombinaisons	43
7.1	Calcul des recombinaisons	43
7.2	Recombinaisons radiatives	44
7.3	Recombinaisons d'Auger	45
7.4	Recombinaisons de Shockley-Read-Hall	48
7.5	Recombinaisons surfaciques	50
Chapitre 8	• Caractéristiques d'une cellule solaire	55
Chapitre 9	• Modélisation électrique	59
9.1	Hors équilibre thermique et à l'ombre	60
9.1.1	Circuit à une diode	60
9.1.2	Circuits à diodes en parallèle	67
9.1.3	Courants pour une cellule éclairée	69
9.2	Régime transitoire pour une cellule à l'ombre et une cellule éclairée	72
Chapitre 10	• Prédominance du silicium	73
Partie II	• Étude d'une cellule solaire et des étapes de sa fabrication	83
Chapitre 11	• Processus de formation des cellules solaires et fabrication des plaquettes	85
11.1	Les quatre catégories de cellules solaires	85

11.2 Étapes de fabrication	86
11.3 Fabrication des plaquettes	91
Chapitre 12 • Texture	93
12.1 Microtexturation chimique par voie humide	95
12.1.1 Cellules solaires monocristallines	95
12.1.2 Cellules solaires multicristallines	101
12.2 Nanotexturation	103
12.2.1 Nanotexturation par gravure ionique réactive (Reactive Ionic Etching, RIE)	104
12.2.2 Nanotexturation par $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ et particules d'argent	105
12.2.3 Nanotexturation par lithographie et impression nanométrique aux UV	109
12.3 Effets secondaires électriques	109
12.4 Comparaisons entre texturations	112
Chapitre 13 • Diffusion des atomes dopants dans le substrat	115
13.1 Lacunes et auto-interstitiels	116
13.2 Diffusion	118
13.2.1 Diffusion des défauts ponctuels natifs	118
13.2.2 Auto-diffusion	119
13.2.3 Grandeurs macroscopiques de la diffusion	120
13.2.4 Méthodes de diffusion et de piégeage	126
13.3 Procédé de diffusion	130
Chapitre 14 • Passivation de la cellule solaire	131
14.1 Fondements de la passivation	132
14.2 Passivation à l'avant par dépôt de couches sur le silicium	132
14.2.1 Dioxyde de silicium amorphe (SiO_2)	132
14.2.2 Nitrure de silicium (SiN_x)	133
14.2.3 SiO_x	134
14.2.4 SiC_x	134
14.2.5 Alumine (Al_2O_3)	135
14.2.6 Couches intermédiaires en silicium amorphe intrinsèque et dopé	135

- 14.3 Passivation par un champ de surface arrière
(Back Surface Field, BSF) 136
- Chapitre 15 • Couches anti-reflet** 141
 - 15.1 Calculs d'intensité lumineuse 142
 - 15.1.1 Méthode des matrices de transfert 142
 - 15.1.2 Méthode de radiation nette 146
- Chapitre 16 • Collecteurs et bus** 153
 - 16.1 Conduction et modélisation 153
 - 16.2 Métallisation 155
 - 16.2.1 Métallisation à l'avant 156
 - 16.2.2 Métallisation à l'arrière 160
- Chapitre 17 • Isolation électrique de la cellule** 163
- Chapitre 18 • Les cellules du futur** 165
 - 18.1 Cellule à émetteur et face arrière passivés 165
 - 18.2 Cellule traversée par des connecteurs métalliques (*Metal Wrap Through Solar Cell*, MWT) 167
 - 18.3 Cellule à émetteur et face arrière passivés et traversée par des connecteurs métalliques (PERC-MWT) 170
 - 18.4 Cellule traversée par des émetteurs cylindriques (*Emitter Wrap-Through Solar Cells*, EWT) 170
 - 18.5 Cellule à substrat fritté 171
 - 18.6 Cellules à substrat de type n 171
 - 18.6.1 Jonction arrière en alliage d'aluminium 171
 - 18.6.2 Cellules à émetteur avant créé par diffusion de bore 173
 - 18.6.3 Cellule contactée à l'arrière avec une jonction obtenue par diffusion de bore 174
 - 18.6.4 Hétérojonctions 175
- Bibliographie** 177
- Index** 205