

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1. Théorie des semi-conducteurs	5
1.1. Introduction	5
1.2. Rappel des notions fondamentales des SC cristallins	7
1.2.1. SC intrinsèques	8
1.2.2. SC extrinsèques	9
1.2.3. Niveau de Fermi	11
1.2.4. Transport de charges dans les SC	11
1.2.4.1. Courant de conduction ou de déplacement	11
1.2.4.2. Courant de diffusion	13
1.3. Jonction P-N	13
1.3.1. Zone de charge d'espace	14
1.3.2. Capacité de jonction	15
1.4. Impuretés et défauts	15
1.4.1. Pièges et centres de recombinaison	16
1.4.1.1. Pièges	17
1.4.1.2. Centres de recombinaison	17
1.4.1.3. Niveau d'énergie du centre E_T	17
1.4.1.4. Taux de capture c_n et c_p	17
1.4.1.5. Taux d'émission e_n et e_p	18
1.4.1.6. Principe des mesures électriques des défauts	19
1.4.1.7. Principe des mesures optiques des défauts	22

1.5. Contact métal/SC	24
1.5.1. Paramètres relatifs au contact métal/SC	24
1.5.2. Formation des contacts métal/SC	25
1.5.2.1. Contacts neutres	26
1.5.2.2. Contacts bloquants	26
1.5.2.3. Contacts ohmiques	26
1.5.3. Largeur λ de la ZCE	27
1.5.4. Capacité de jonction	28
1.5.5. Effet Schottky	28
1.5.6. Diode Schottky	29
1.6. SC hors équilibre	32
1.6.1. Paramètres du SC hors équilibre	32
1.6.2. Recombinaison des porteurs <i>via</i> les centres de recombinaison (théorie de Shockley-Read-Hall)	34
1.6.3. Courant transitoire de relaxation	35
1.7. Courant de charge d'espace	38
1.7.1. Cas du SC idéal	39
1.7.1.1. SC sans pièges	39
1.7.1.2. SC contenant des pièges	41
1.7.2. Tension limite de remplissage	41
1.7.3. Pièges discrets et distribution de pièges	42
1.8. Courant de sauts	43
Chapitre 2. Les matériaux.	45
2.1. Introduction	45
2.2. Matériaux organiques	46
2.2.1. Liaison et hybridation du carbone	50
2.3. Polymères conjugués	52
2.3.1. Polyacétylène	53
2.3.2. Benzène	54
2.3.3. Dépôt des films de polymère	55
2.3.3.1. Dépôt à la tournette	56
2.3.3.2. Dépôt par trempage	56
2.3.3.3. Dépôt par lame de bistouri	56
2.3.3.4. Dépôt par spray ou nébulisation	56
2.3.3.5. Dépôt par imprimante à jet d'encre	57
2.3.3.6. Dépôt par rouleaux	57

2.4. Bandes d'énergie	57
2.4.1. Notions de solitons, polarons.	59
2.4.2. Notions de dopage	61
2.4.2.1. Dopage chimique.	63
2.4.2.2. Dopage électrochimique	64
2.5. Les petites molécules	65
2.6. Conception et ingénierie des matériaux organiques	67
2.7. Matériaux hybrides ou nanocomposites	69
2.7.1. Nanocomposites à matrices polymères	71
2.7.2. Nanocomposites à nanomatériaux	71
2.7.3. Préparation des nanocomposites.	72
2.7.3.1. Méthode de dispersion	72
2.7.3.2. Méthode de modification de la surface	73
2.7.3.3. Méthode de création de liaisons covalentes	74
2.7.3.4. Méthode de polymérisation <i>in situ</i>	75
2.7.3.5. Emploi des substrats nanostructurés	75
2.8. Matériaux conducteurs et transparents	77
2.8.1. Oxyde d'indium dopé à l'étain.	78
2.8.2. Oxyde d'étain dopé au fluor	79
2.8.3. Autres oxydes transparents conducteurs.	80
2.8.4. Autres matériaux transparents conducteurs.	80
2.8.4.1. PEDOT:PSS	80
2.8.4.2. Réseaux de nanomatériaux conducteurs	81
2.9. Matériaux pour l'encapsulation	83
2.9.1. Lames de verre	84
2.9.2. Multicouches hybrides.	84

Chapitre 3. Les processus optiques 87

3.1. Introduction	87
3.2. Interaction lumière-molécule	87
3.2.1. Transitions électroniques	87
3.2.2. Règles de sélection des transitions	88
3.2.2.1. Règle de transition par le <i>spin</i>	89
3.2.2.2. Principe de Frank-Condon	89
3.3. Processus optiques	90
3.3.1. Absorption de la lumière	90
3.3.1.1. Spectre d'absorption.	90

3.3.1.2. Transitions électroniques	91
3.3.1.3. Effets des agrégats	92
3.3.2. Émission de la lumière.	94
3.3.2.1. Règle de Kasha	94
3.3.2.2. Émission à partir de l'état singulet	94
3.3.2.3. Émission à partir de l'état triplet	95
3.3.2.4. Processus de fluorescence retardée.	95
3.3.2.5. Effet miroir et déplacement de Stokes.	95
3.3.3. Diagramme de Perrin-Jablonski	96
3.3.4. Extinction de la lumière	97
3.3.4.1. Excimères et exciplexes	98
3.3.4.2. Réaction de transfert d'énergie par résonance.	99
3.3.4.3. Réaction d'oxydation	103
3.3.4.4. Interactions interchaînes dans les polymères conjugués	104
3.4. Excitons	104
3.4.1. Classification des excitons	105
3.4.1.1. Excitons de Frenkel	105
3.4.1.2. Excitons de Wannier-Mott	105
3.4.1.3. Excitons à transfert de charge	106
3.4.2. Énergie de liaison des excitons	106
3.4.3. Déplacement des excitons.	108
3.4.4. Dissociation des excitons	109
3.5. Techniques expérimentales	110
3.5.1. Spectroscopie d'absorption UV-visible	110
3.5.2. Spectroscopie de photoluminescence	111
3.5.2.1. Photoluminescence stationnaire.	111
3.5.2.2. Photoluminescence résolue en temps	112
3.5.3. Spectroscopies infrarouge et Raman	115
3.5.3.1. Spectroscopie infrarouge	115
3.5.3.2. Spectroscopie Raman	116

Chapitre 4. Les processus électroniques. 119

4.1. Introduction	119
4.2. Processus d'injection de porteurs de charge.	120

4.2.1. Mécanismes d'injection	121
4.2.1.1. Émission thermoélectronique ou effet Schottky	121
4.2.1.2. Effet Fowler-Nordheim	122
4.2.2. Dispositifs à trous ou à électrons	123
4.2.3. Couches de transport	125
4.3. Processus de transport de charges	127
4.3.1. Mécanisme de sauts	128
4.3.1.1. Modèle de Miller-Abrahams	128
4.3.1.2. Modèle de Mott-Davis	129
4.3.1.3. Mobilité des porteurs	131
4.3.1.4. Mesures de la mobilité des porteurs de charge	133
4.3.2. Conduction limitée par charge d'espace	138
4.3.2.1. Cas des pièges discrets confinés sur un niveau d'énergie E_T	140
4.3.2.2. Cas de distribution exponentielle des pièges	142
4.3.2.3. Cas de distribution gaussienne des pièges	143
4.3.3. Défauts et pièges dans les SC organiques	145
4.3.3.1. Origine des défauts dans les SC organiques	145
4.3.3.2. Méthodologie d'étude des défauts dans les SC organiques	146
4.3.3.3. Mesures des paramètres de pièges	148
Chapitre 5. Les processus d'interface	159
5.1. Introduction	159
5.2. Formation des interfaces SC organique/métal	159
5.2.1. Modèle de l'alignement du niveau du vide : théorie de Mott-Schottky	160
5.2.2. Modèle du dipôle d'interface : théorie de Bardeen	161
5.2.3. Particularités des interfaces SC organique/métal	162
5.2.4. Ancrage du niveau de Fermi	164
5.2.5. Processus de transfert intégral de charge	166
5.2.5.1. Interface substrat conducteur/SC organique	166
5.2.5.2. Interface SC organique/SC organique	169
5.3. Techniques de caractérisation de surface	170
5.3.1. Microscopie à force atomique	170

5.3.2. Spectroscopie de photoélectrons de rayons X (XPS)	171
5.3.3. Spectroscopie de photoélectrons UV (UPS)	172
5.4. Ingénierie de l'interface	174
5.4.1. Structures inversées	174
5.4.2. Monocouches auto-assemblées	176
5.5. Conclusion	178
Liste des acronymes	181
Bibliographie.	189
Index	195
Sommaire de <i>Introduction à l'électronique organique 2</i>	199