

P.U.C.E.

Physique Utile à la Compréhension de l'Électronique

Description énergétique des constituants de la micro et nano-électronique

Philippe & Valérie GALY



Table des matières

Preface	3
Avant propos	11
1 Rappels de Mécanique Quantique	13
1.1 Moment cinétique \mathbf{L}	14
1.2 Composante \hat{L}_z	16
1.3 Moment cinétique total \hat{L}^2	17
1.4 Interprétation des résultats	22
1.5 Opérateurs \hat{L}_{\pm}	27
1.6 Moment cinétique intrinsèque \mathbf{S}	30
1.7 Moment total \mathbf{J}	33
1.8 Opérateurs de translation et de rotation	34
1.9 Méthode d'approximation	36
2 Première description énergétique	41
2.1 Particule libre	42
2.2 Particule dans un puits de potentiel infini	46
2.3 Particule dans un puits de potentiel périodique	50
2.4 Réseau périodique, modèle de Krönig-Penney	57
2.5 Remplissage des bandes et nature du matériau	61

3	Schéma de bandes sur la base des ondes planes	65
3.1	Modèle de l'électron libre	66
3.2	Modèle de l'électron presque libre	70
3.3	Fonction d'onde en limite de zone de Brillouin	77
3.4	Application au réseau cristallin	78
4	Schéma de bandes sur la base des orbitales	81
4.1	Atome d'hydrogène et hydrogénoïde	82
4.2	Atome poly-électroniques	96
4.3	Molécule di-atomique	99
4.4	Valence dirigée et hybridation	107
4.5	Application aux molécules poly-atomiques	111
4.6	Application au réseau cristallin	116
5	Approximation et caractéristique des bandes	127
5.1	Approximation quadratique et masse effective	128
5.2	Modélisation et paramètres des bandes	129
5.3	Caractéristiques de la bande de conduction	130
5.4	Caractéristiques de la bande de valence	135
5.5	Densité d'états des bandes d'énergie	137
5.6	Les dopants dans le schéma de bandes	144
6	Constituants de l'électronique	149
6.1	Electronique à base minéral	150
6.2	Electronique à base moléculaire	154
6.3	Electronique à base atomique	159
6.4	Electronique à base du spin	160

A Rappels & compléments	163
A.1 Intégration coordonnées elliptiques	163
A.2 Polynômes de Legendre	165
A.2.1 Définition et génératrice des polynômes	165
A.2.2 Relation de récurrence	165
A.2.3 Equation différentielle et opérateur associé	166
A.2.4 Orthogonalité des polynômes de Legendre	168
A.3 Fonctions associées de Legendre	170
A.3.1 Définition des fonctions associées	170
A.3.2 Equation différentielle et opérateur associé	170
A.3.3 Orthogonalité des fonctions associées de Legendre	171
A.4 Polynômes de Laguerre	173
A.4.1 Définition et génératrice des polynômes	173
A.4.2 Relation de récurrence	173
A.4.3 Equation différentielle et opérateur associé	175
A.4.4 Orthogonalité des polynômes de Laguerre	176
A.5 Polynômes associés de Laguerre	177
A.5.1 Définition et génératrice des polynômes associés	177
A.5.2 Equation différentielle et opérateur associé	177
A.5.3 Orthogonalité des polynômes associés de Laguerre	178
A.6 Constantes physiques	180
A.7 Schémas de bandes	181
A.8 Schéma de bandes simplifié	183
A.9 Schémas de bandes et dopants	184
A.10 Table de Mendeleïev	185
Bibliographie	187
Index	191

Cet ouvrage expose les outils et méthodes pour l'obtention d'une description énergétique des constituants de la micro et nano-électronique.

L'approche générale est ascendante, c'est-à-dire qu'elle part de l'électron libre pour aller vers le réseau cristallin tout en passant par l'intermédiaire de descriptions énergétiques des atomes et des molécules.

Cette approche dans l'espace réciproque conduit naturellement à l'introduction du schéma de bandes. Différentes voies sont investiguées. Principalement, la méthode de l'électron presque libre et la méthode des combinaisons linéaires d'orbitales atomiques.

Il s'ensuit la définition du modèle quadratique qui découle de l'analyse des principaux résultats établis dans les précédentes études. Il est alors possible de discuter des propriétés du matériau.

L'ouvrage se conclut par une présentation générale de différentes filières technologiques pour l'obtention de composants dans les domaines de la micro-électronique et de la nano-électronique.

Philippe & Valérie Galy sont enseignants et chercheurs en sciences physiques et plus particulièrement spécialisés en micro-électronique. Également consultants experts en électronique des milieux hostiles, ils exercent leurs activités en collaboration avec de grands groupes industriels.



ISBN 2-7298-2358-1