

# TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

## OPTRONIQUE

# Optoélectronique appliquée

Mesures, instruments, modèles

Yannick DESHAYES

ellipses

---

## Table des matières

Chapitre 1 - Les dispositifs optoélectroniques à DELs	7
1. Les technologies optoélectroniques	8
1.1. Les différents matériaux	8
1.2. Les techniques d'élaboration	11
1.3. Les techniques d'assemblage	21
2. Les structures à semiconducteurs	28
2.1. Les structures à homojonction	28
2.2. Les hétérostructures	30
3. Les applications	37
3.1. Quelques définitions de base	37
3.2. Les technologies du proche infrarouge	38
3.3. Les technologies du visible	42
4. Conclusion	46
Chapitre 2 - Caractéristiques électriques des structures élémentaires	47
1. Instrumentation et mesures électroniques	47
1.1. Méthode de mesure 4 fils	48
1.2. Analyseur de paramètres semiconducteurs	49
1.3. Capacimètre	51
2. Caractéristique d'une homojonction	52
2.1. Jonction à l'équilibre thermodynamique	52
2.2. Jonction hors équilibre : courant de diffusion	54
2.3. Phénomènes de recombinaisons dans la ZCE : $V > 0$	59
2.4. Les moyens niveaux d'injection	62
2.5. Les forts niveaux d'injection de courant	64
2.6. Conclusion	67
3. Caractéristique d'une double hétérostructure	67
3.1. Structure à l'équilibre thermodynamique	68
3.2. Courant de recombinaisons radiatives	69
4. Conclusion	72
Chapitre 3 - Caractéristiques optiques des structures élémentaires	73
1. Instrumentation et mesures optiques	73
1.1. Méthodes de mesures optiques	74
1.2. Analyseur de spectre optique	75
1.3. Mesure de puissance optique	87
1.4. Photodétecteurs à semi-conducteur	90
2. Propriétés optiques des semiconducteurs	101
2.1. Schéma de bande en fonction de $k$	102
2.2. Absorption et émission spontanée	103

2.3. Coefficient de recombinaison	108
2.4. Amplification optique	109
3. Caractéristiques optiques d'une structure élémentaire	111
3.1. La double hétérostructure	111
3.2. Les structures à puits quantiques	118
4. Conclusion	122
Chapitre 4 - Mesures électro-optiques et analyses de DELs	123
1. Analyse de data sheet	124
1.1. Partie électro-optique	124
1.2. Partie caractéristiques électro-optiques	127
1.3. Partie mécanique	130
1.4. Partie thermique	132
2. Analyses physico-chimiques	139
2.1. Contexte et objectifs	139
2.2. Analyses adaptées au boîtier	140
2.3. Analyses adaptées à la puce	145
2.4. Synthèse des analyses physico-chimiques	149
3. Analyses électro-optiques	153
3.1. Analyses d'une diode GaAs	153
3.2. Analyse d'une diode GaN	161
4. Conclusion	169
Chapitre 5 - Physique pour l'optoélectronique	171
1. Outils pour la physique du solide	171
1.1. Rappels des lois de Newton	171
1.2. Introductions des ondes	176
1.3. Algèbre de Dirac	183
1.4. Thermodynamique statistique	189
2. Physique du semiconducteur	202
2.1. Méthode de calcul de la structure de bande	202
2.2. Propriétés électroniques	214
2.3. Propriétés optiques	235
3. Physique des interfaces	245
3.1. Phénomènes de surface	246
3.2. Interface entre deux solides	250
3.3. Caractéristiques d'une jonction Schottky	260
3.4. Caractéristiques d'un puits quantique	267
4. Conclusion	277
Index	279
Bibliographie	281

La collection TECHNOSUP dirigée par Claude Chèze est une sélection d'ouvrages dans toutes les disciplines, pour les filières technologiques des enseignements supérieurs.

Niveau A Approche (éléments, résumés ou travaux dirigés)

IUT - BTS - 1<sup>er</sup> cycle

Niveau B Bases (cours avec exercices et problèmes résolus)

IUP - Licence

Niveau C Compléments (approfondissement, spécialisation)

Écoles d'ingénieurs, Master

### *L'ouvrage : niveau C (Master – Écoles d'ingénieurs – Recherche)*

L'ouvrage développe la mise en œuvre des mesures des caractéristiques électriques et optiques des composants optoélectroniques, depuis la réalisation des appareils de mesure jusqu'à l'obtention des résultats.

Le cœur du livre est le chapitre 4 qui détaille les différentes mesures et analyse les résultats. Il précise également les démarches nécessaires pour vérifier le bienfondé des mesures ainsi que les limites des modèles pour une approche numérique.

Préalablement, le chapitre 1 développe les différentes technologies des diodes électroluminescentes et les procédés de fabrications. Les chapitres 2 et 3 présentent les différents modèles de base, électriques puis optiques. On décrit également les différents appareils nécessaires à la mesure et à l'établissement d'une caractéristique courant-tension, puissance optique-courant et spectre optique.

Enfin, le chapitre 5 revient sur la physique du solide pour en extraire les modèles présentés dans les chapitres précédents. Ce chapitre, plus théorique, présente des difficultés élevées pour les non initiés à la mécanique quantique.

Les différents modèles sont présentés de manière pédagogique suivant une difficulté croissante et certains résultats portent sur les nouvelles technologies type GaN.

### *L'auteur :*

*Yannick DESHAYES est Maître de conférences à l'Université Bordeaux 1. En collaboration avec différents organismes il a participé à plusieurs projets de développement de l'information numérique.*

Illustration de couverture : Dessin de Léonard de Vinci.



[www.editions-ellipses.fr](http://www.editions-ellipses.fr)