

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> . . . . .	9
<b>Chapitre 1. Etat de l'art des technologies infrarouges</b> . . . . .	11
1.1. Introduction . . . . .	11
1.2. Matériaux composés III-V . . . . .	12
1.2.1. Introduction historique . . . . .	12
1.2.2. Propriétés physiques de l'émission des composés III-V . . . . .	14
1.2.2.1. Eléments dipolaires . . . . .	14
1.2.2.2. Susceptibilité optique d'un semi-conducteur . . . . .	16
1.2.2.3. Absorption et émission spontanée . . . . .	19
1.2.2.4. Coefficient de recombinaisons . . . . .	22
1.2.2.5. Condition d'amplification optique . . . . .	23
1.2.2.6. Structure de bande . . . . .	24
1.2.3. Composés ternaires et quaternaires . . . . .	25
1.3. Diodes électroluminescentes . . . . .	28
1.3.1. Introduction . . . . .	28
1.3.2. Les structures épitaxiées . . . . .	29
1.3.2.1. Les structures à homojonction. . . . .	30
1.3.2.2. Les hétérostructures. . . . .	31
1.3.3. Assemblages d'une LED . . . . .	40
1.3.3.1. Les différents types de boîtier . . . . .	40
1.3.3.2. Procédé de <i>bonding</i> . . . . .	42
1.3.3.3. Procédé de report . . . . .	44
1.4. Les applications . . . . .	45
1.4.1. Les systèmes de télécommande infrarouge. . . . .	46

1.4.2. Autofocus . . . . .	48
1.4.3. Le spatial . . . . .	50
1.5. Conclusion . . . . .	52

**Chapitre 2. Analyses et modèles d'une LED . . . . . 53**

2.1. Introduction . . . . .	53
2.2. Analyses physico-chimiques . . . . .	54
2.2.1. Contexte et objectifs . . . . .	54
2.2.2. Analyses adaptées au boîtier . . . . .	55
2.2.2.1. Préparation de l'échantillon . . . . .	55
2.2.2.2. Analyse par microscopie optique . . . . .	56
2.2.2.3. Analyse par microscopie électronique . . . . .	57
2.2.3. Analyses adaptées à la puce . . . . .	60
2.2.3.1. Préparation de l'échantillon . . . . .	60
2.2.3.2. Microscopie optique . . . . .	61
2.2.3.3. Microscopie électronique . . . . .	62
2.2.3.4. Microscopie atomique . . . . .	63
2.3. Analyses électro-optiques . . . . .	65
2.3.1. Caractéristiques courant-tension . . . . .	66
2.3.2. Caractéristique spectrale . . . . .	69
2.4. Caractérisations initiales des LED 935 nm . . . . .	76
2.4.1. Evaluation technologique . . . . .	76
2.4.1.1. Technologie et procédé d'alignement optique . . . . .	76
2.4.1.2. Technologie des contacts et du report . . . . .	77
2.4.2. Modélisation électrique de la LED . . . . .	78
2.4.2.1. Extraction du modèle électrique . . . . .	78
2.4.2.2. Caractéristiques optiques . . . . .	81
2.4.2.3. Synthèse sur la modélisation électrique . . . . .	84
2.5. Conclusion . . . . .	85

**Chapitre 3. Principes physiques des défaillances . . . . . 87**

3.1. Introduction . . . . .	87
3.2. Tests de vieillissement . . . . .	88
3.2.1. Déroulement de la campagne de vieillissement . . . . .	89
3.2.2. Profils de mission : paramètres fonctionnels . . . . .	89
3.2.3. Campagnes de vieillissements . . . . .	91
3.2.3.1. Phase n° 0. Etude préliminaire (100 LED) . . . . .	91

3.2.3.2. Phase n° 1. Détermination de la contrainte critique (41 LED) . . . . .	92
3.2.3.3. Phase n° 2. Identification et analyse des mécanismes de défaillance . . . . .	92
3.2.3.4. Phase n° 3. Impact de la contrainte critique sur les dérives de paramètres (32 LED) . . . . .	93
3.2.4. Synthèse sur le déroulement de l'étude des LED . . . . .	93
3.3. Les signatures de défaillance . . . . .	94
3.3.1. Paramètre fonctionnel . . . . .	94
3.3.2. Signatures de défaillance électriques . . . . .	97
3.3.2.1. Augmentation du courant dans la zone II . . . . .	98
3.3.2.2. Augmentation du courant dans la zone III . . . . .	99
3.3.2.3. Evolution de $R_s$ . . . . .	100
3.3.3. Signatures de défaillance optiques. . . . .	102
3.4. Physique des défaillances . . . . .	105
3.4.1. Mécanismes liés aux phénomènes de transport . . . . .	105
3.4.1.1. Mécanisme relatif à la zone II . . . . .	105
3.4.1.2. Mécanisme relatif à la zone IV . . . . .	113
3.4.2. Mécanismes liés aux transitions électroniques. . . . .	119
3.4.2.1. Analyse de la puissance optique. . . . .	119
3.4.2.2. Analyse spectrale . . . . .	119
3.4.3. Modèle d'un défaut au sein d'un cristal. . . . .	122
3.4.4. Impact des défauts sur les propriétés de l'émission . . . . .	123
3.5. Conclusion . . . . .	124

## **Chapitre 4. Méthodologies d'analyse de la fiabilité . . . . . 127**

4.1. Introduction . . . . .	127
4.2. Méthode basée sur la physique des défaillances . . . . .	128
4.2.1. Facteur d'accélération et d'aggravation. . . . .	128
4.2.2. Estimation de la distribution de durée de vie. . . . .	132
4.2.3. Le tri en entrée de ligne d'un composant. . . . .	135
4.3. Les méthodes numériques. . . . .	137
4.3.1. Généralités . . . . .	137
4.3.2. Application : systèmes optoélectroniques émissifs . . . . .	138
4.3.2.1. Principes et démarche théorique . . . . .	138
4.3.2.2. Mise en œuvre pratique : démarche expérimentale. . . . .	139
4.3.3. Conclusions. . . . .	140
4.4. Nouvelle approche . . . . .	141
4.4.1. Contexte et méthode. . . . .	141
4.4.2. LED étudiées . . . . .	142

4.4.2.1. Données du constructeur . . . . . 142  
4.4.2.2. Caractéristiques électriques . . . . . 149  
4.4.2.3. Caractéristiques spectrales . . . . . 154  
4.4.3. Irradiation par Gamma . . . . . 159  
4.4.4. Irradiation par neutrons . . . . . 163  
4.5. Conclusion . . . . . 169

**Bibliographie . . . . . 171**

**Index . . . . . 173**