

Chapitre 5

Les diodes Electroluminescentes

5.1-Définition

Une diode électroluminescente LED (Light Emitting Diode), est une diode semi-conductrice qui produit un rayonnement visible par émission spontanée.

Le symbole utilisé est le même pour toutes les diodes émettrices :

5.1-Bases physiques

5.2.1-Emission de la lumière

L'énergie émise lors du passage d'un électron d'un niveau d'énergie supérieur à un niveau d'énergie inférieur peut être émise sous forme d'un photon :

$$h\nu = E_2 - E_1 = E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}$$

On qualifie ce passage de « Transition radiative ». Le mécanisme quantique montre qu'une transition électronique n'est autorisée que si elle satisfait deux conditions :

- 1- Conservation de l'énergie ;
- 2- Conservation de la quantité de mouvement.

a)- S/C à gap direct

Dans ce cas, là la transition directe est possible et donne naissance à un photon, dont la longueur d'onde est :

$$E_g = h\nu \Rightarrow \lambda = \frac{h.c}{E_g}$$

b)- S/C à gap indirect

Dans ce cas, là le maximum de la bande de valence ne correspond pas au minimum de la bande de conduction : une transition radiative est moins probable ; les transitions peuvent se produire en passant par des niveaux intermédiaires situés dans la bande interdite et due à des impuretés.

5.2.2- Injection des porteurs

Pour obtenir des radiations (des recombinaisons radiatives), il faut amener des électrons dans la bande de conduction et des trous dans la bande de valence.

Pour avoir des radiations il faut polariser la jonction PN, qui permet d'injecter des porteurs (électrons dans la bande de conduction et des trous dans la bande de valence).

5.3- Propriétés

5.3.1- Rendement

a)- Rendement interne

Appelé rendement quantique interne η_i , c'est le rapport du nombre de photons émis au nombre de porteurs injectés :

$$\eta_i = \frac{k_{\text{émis}}}{k_{\text{injectés}}}$$

Explication : certains photons peuvent être absorbés par le matériau lors de leur trajet vers la surface externe. Le flux ϕ_p traversant le S/C à une abscisse x sur un axe correspondant à la direction de son déplacement diminue exponentiellement :

$$\phi_p = \phi_{p0} \cdot e^{-\alpha \cdot x}$$

α : coefficient d'absorption linéaire, dépend du matériau et de la longueur d'onde.

b)- Rendement de transmission η_t

C'est le rapport du nombre de photons atteignant la surface du S/C au nombre de photons émis :

$$\eta_t = \frac{k_{\text{surface}}}{k_{\text{émis}}}$$

Explication : Tous les photons arrivant à la surface ne sortent pas dans l'air ; en effet la différence d'indice de réfraction entre le S/C et l'air fait que certains photons sont réfractés et d'autres sont réfléchis.

$$n \cdot \sin \theta_l = 1$$

$$\theta_l = \text{Arc sin } \frac{1}{n}$$

$$\theta_l, \text{angle}$$

c)- Rendement de surface η_s

C'est le rapport du nombre des photons sortant du S/C au nombre de photons arrivant à sa surface :

$$\eta_s = \frac{k_{\text{emis}(\text{sortant})}}{k_{\text{surface}}}, \text{ Ou, } \eta_s = \frac{(1 - \cos \theta_i)}{2}$$

d)- Rendement externe η_e

Donc, l'efficacité globale de la production de photons est caractérisée par le rendement externe :

$$\eta_e = \frac{n_p}{n_e} = \frac{\text{nombre de photons sortant}}{\text{nombre de porteurs injectés}}$$

Tel que :

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_t \times \eta_s$$

Le rendement externe permet d'exprimer, la relation entre le flux énergétique émis ϕ , et le courant i ;

En effet, pendant une durée Δt , le courant correspond au passage de n_e électrons de charge élémentaire q :

$$i = \frac{n_e \cdot q}{\Delta t}, \text{ et le flux énergétique émis pendant une durée } \Delta t \text{ est : } \phi = \frac{n_p}{\Delta t} \cdot \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

En combinant ces deux équations, on obtient le rendement quantique ou rendement externe :

$$\eta_e = \frac{\phi}{i} \cdot \frac{q \cdot \lambda}{h \cdot c}$$

5.4-Matériaux

1-Arséniure de gallium 'GaAs', une structure de bande directe, son spectre d'émission se trouve dans le proche Infra-Rouge, la longueur d'onde du pic (valeur maximale), de [880nm – 930nm] suivant le dopage.

2-Phosphure de Gallium 'GaP', une structure de bande indirecte, son spectre dans le visible, le pic vers 565nm

3-Phosphure-Arséniure de Gallium ' $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ ': a une structure de bande directe, si $x < 0.45$, pic 650nm ; a une structure de bande indirecte, si $x > 0.45$, pic 635nm

4-Carbure de Silicium ' SiC ', a une structure de bande indirecte, pic 470nm.

Etc,

5.5-Technologie

Les diodes électroluminescentes sont fabriquées par diffusion avec le procédé planar :

5.6-Caractéristiques

5.6.1-Intensité lumineuse

C'est le courant dans la diode qui commande le flux ou l'intensité du rayonnement émis.

5.6.2-Spectre d'émission

Spectre d'émission d'une diode :

5.7-Circuits électriques associés

5.7.1-Alimentation d'une diode par une source de tension en série avec une résistance

5.7.1-Alimentation par une source de courant

NB : détail du cours effectué en classe