

M18 : MATÉRIAUX SEMI-CONDUCTEURS

Idées directrices à faire passer

- effet du dopage
- évolution des paramètres avec la température
- applications en électronique, intérêt de la jonction

Commentaires du jury

—

Bibliographie

- [1] Expériences d'électronique, Duffait, Bréal
- [2] Optique expérimentale, Sextant, Hermann
- [3] Les semi-conducteurs, Ngô, Dunod (pour Alizée)
- [4] Physique des semi-conducteurs et des composants électroniques, Mathieu, Masson (pour Alizée)

Introduction : expliquer brièvement ce qu'est un SC. Donner des ordres de grandeur pour situer le problème par rapport aux métaux.

- I) dégager les caractéristiques fondamentales
- II) exemples d'application des SC

I Propriétés d'un matériau semi-conducteur

1 Germanium intrinsèque

- on mesure la résistivité de la plaquette de Ge non dopé
- pour cela relever en fonction de la température tension et courant aux bornes de la plaque (on ne s'intéresse pas à l'effet magnétorésistif, donc on se place à champ B nul!)
- on vérifie alors le modèle théorique d'évolution de la résistivité en fonction de T

$$\rho = T^3 / 2e^{E_g/2kT}$$

- on suppose que le facteur en puissance est à évolution négligeable devant l'exponentiel
- on trace $\ln(\rho) = f(T)$ et on fait un ajustement linéaire
- on peut alors remonter à la valeur du gap du semi conducteur (valeur à vérifier dans le Handbook)
- il y a une erreur non négligeable : rien ne prouve que le thermocouple est bien étalonné. Ça semble par conséquent normal...

2 Germanium dopé p

2.1 Mise en évidence de l'effet Hall

- on se place à champ B non nul constant, on se place à la température ambiante
- on relève alors la tension de Hall ainsi que la tension directe en fonction de l'intensité
- la tension directe permet alors de remonter à la valeur de la résistivité
- en supposant le régime purement intrinsèque (uniquement des trous donc), on remonte à la densité de trous ainsi qu'à leur mobilité
- il n'y a malheureusement pas moyen de connaître le taux de dopage de notre plaquette (s'assurer seulement que ce n'est pas stupide!)

2.2 Effet de la température sur la résistivité et la tension de Hall

- on se place à B et i fixé
- on relève alors en fonction de la température la valeur de la tension de Hall et de la tension directe
- tracer alors la valeur de la tension de Hall et de la résistivité
- la tension de Hall doit devenir négative, signe que à haute température on passe dans un régime de conduction intrinsèque (les électrons possédant une mobilité supérieure
- **attention, on ne peut pas réajuster pendant les mesures notre potentiomètre pour faire le zéro. Malheureusement il y a de la dérive avec la température.** Pour avoir un ordre de grandeur, on regardera donc la dérive accumulée sur toute la période de mesure et on la soustraira de manière graduelle sur notre prise de mesure

II Applications

1 Caractérisation courant-tension d'une diode, effet de la température [1]

- maintenant on fait une jonction entre 2 semi-conducteurs
- tracer à l'aide d'un montage volt-ampèremétrique la caractéristiques courant-tension
- chauffer le composant : constater que la tension seuil de la diode est translatée : mesurer la sensibilité et constater la linéarité -> application comme capteur de température!
- expliquer cette translation (le Duffait donne la formule de l'intensité fonction de U et T)

2 Caractérisation spectrale d'une LED [1]

- relever au spectro à fibre le maximum associé à chaque LED (on fait un relevé pour rouge, vert et bleu)
- calculer alors le gap associé (le Duffait donne les alliages probablement utilisés pour chaque longueur d'onde)
- expliquer rapidement pourquoi le spectre est relativement large

3 Mesure du temps de réponse d'une photodiode : mise en évidence d'un effet capacitif à la jonction [1] et [2]

- Le Sextant donne de nombreuses indications sur le principe de la manipulation : se reporter au II.2.6 "temps de réponse de la photodiode"
- Le Duffait donne la formule empirique de variation de la capacité de jonction avec la tension de polarisation de la diode.
- **attention, dans la formule donnée par le Duffait, il faut remplacer le signe - par un signe +** (en fait c'est dans la partie diode du Duffait!)
- on utilise la maquette d'optoélectronique (attention, ne pas utiliser le montage à AO, mais passer directement par la résistance)
- il faut utiliser un signal lumineux de faible amplitude de modulation par rapport à la valeur moyenne (c'est important)
- la capacité totale est la somme de la capacité de jonction et de la capacité des coaxiaux, la résistance est celle sur laquelle on prend la mesure
- on mesure au voltmètre (pour éviter les problèmes de masse) la tension de polarisation de la diode et on relève le temps de réponse à 63%
- ce temps de réponse vaut $\tau = RC$
- il faut être clair sur ce que l'on fait : le temps de réponse est calculé sur les signaux variables uniquement (la modulation autour de la moyenne)
- conclure : il faut faire un compromis entre rapidité et sensibilité de la photodiode selon les montages, en effet diminuer la tension de polarisation diminue également le signal!

Conclusion

- bilan : principales caractéristiques des semi-conducteurs, dopage, nombreuses applications pratiques sous forme de jonctions
- ouverture : ouvrir sur les transistors