

MP18: Matériaux semi-conducteurs

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

May 24, 2021

1 Semi conducteur intrinsèque Ge non dopé

Matériel

- Plaquette de Ge non dopé
- Alimentation lampe blanche (pour le module de la plaquette)
- Voltmètre
- Module de contrôle de la plaquette
- Pied à coulisse
- Câbles

Mise en place

- Mesurer les dimensions (L longueur, a largeur, b épaisseur) du semi conducteur au pied à coulisse
- Pour différentes températures et un courant constant (typiquement 10 mA), mesurer la tension longitudinale

Exploitation

- On a deux relations sur la conductivité
- $\sigma(T) = \frac{IL}{U(T)ab}$
- $\sigma(T) = \sigma_o \exp\left(\frac{-E_g}{2k_b T}\right)$
- Tracer $U(T)$, $\sigma(T)$ (remarque, caractère singulier de l'augmentation de la conductivité avec T, à comparer avec les métaux), et finalement $\ln(\sigma)\left(\frac{1}{T}\right)$ qu'on ajuste pour obtenir l'énergie de gap à l'aide de la pente

- Attention, en théorie on est sensé trouver une valeur de 0.67 eV, en pratique on trouve dans les 0.81 eV.
- Il doit y avoir une erreur systématique qui doit jouer sur le log pour maintenir la linéarité sur le log

2 Semiconducteur extrinsèque dopé P

2.1 Matériel

- Electro-aimant
- Gaussmètre
- Alimentation QJ3005X tension nominale 4A
- Amperemètre et voltmètre
- Pied à coulisse pour mesurer l'entrefer et le semi-con
- Petite cage qui coupe les champs magnétiques (pour étalonner le gaussmètre : Menu → Utilities → Null puis on le plonge dans la cage de Faraday → Reset)
- Support avec pince 3 doigts pour fixer le gaussmètre
- Même matos que précédemment

Mise en place

- Placer l'E-aimant dans une config à fort champ, mais où on évite tout de même trop serré pour pouvoir mettre la plaquette et éviter de saturer en montant l'intensité (typiquement $e=1.2$ mm)
- Etalonner $B(I)$ au préalable
- Faire une mesure de conductivité comme précédemment
- Régler le potar d'ajustement pour avoir une tension Hall nulle en dehors de l'entrefer
- Mesurer la tension Hall en fonction du champ B

Exploitation

- A partir de $U_{Hall} = \frac{BI_{sc}}{nab}$, on déduit de la pente la valeur de n, la densité de porteur de charge (à comparer au cuivre $n = 10^{29}m^{-3}$)
- En déduire la mobilité: $\mu = \frac{\sigma}{ne}$
- Comparer au cuivre: $\mu_{Cu} = 3,2.10^3m^2.V^{-1}.s^{-1}$

3 Etude d'une jonction PN dans une photodiode (cf MP12)

3.1 Rendement quantique

Matériel

- Plaquette photodiode-LED avec LED, PD, alim qui va avec etc, $R_m = 14.7k\Omega$ et $R_0 = 220\Omega$
- KEYSIGHT 34461A Multimètre
- Puissance-mètre à photodiode
- Condenseur pour diriger le faisceau de la LED
- Drap noir

Mise en place

- On monte la photodiode en transimpédance avec R_m
- Brancher tout le circuit
- Etalonner la led avec le puissance-mètre en traçant $P_{opt}(V_{pol})$
- Ensuite tracer le courant de photodiode en inverse en fonction de la puissance optique $I_{ph} = \frac{q\eta P_{opt}}{h\nu}$

Exploitation

- En extraire le rendement quantique η
- équivalent au nombre d'électrons sur le nombre de photons

3.2 Réponse spectrale de la photodiode

Matériel

- Lampe QI (de préférence vieille, puissante, et surtout sans AC)
- Hacheur optique (chopper) et boîtier de commande
- Monochromateur Jobin Yvon (penser à multiplier la longueur d'onde affichée par le monochromateur par deux)
- Pyromètre, photodiode adaptable au monochromateur et l'alimentation des détecteurs
- Oscilloscopes
- Câbles

Mise en place

- Sur un banc, aligner lampe QI, hacheur, monochromateur.
- Raccorder le hacheur à son boîtier de commande (fréquence de 6 Hz), vérifier que la roue ne frotte pas (sinon quoi essayer de la redresser/d'écarter la petite fourche contre laquelle elle frotte.
- Visser le pyro à l'arrière du monochromateur, ne pas trop visser. Bien penser à l'alimenter, et observer la tension à l'oscillo.
- On observe un boudin à 50 Hz (c'est pas ça qui nous intéresse) ; utiliser une pince croco pour relier la tige porteuse du monochromateur au port de sortie du photodétecteur.
- Pour la 1ere mesure au pyro, régler la lampe QI de telle sorte à focaliser un maximum de lumière (amplitude max observée à l'oscillo). Ne plus y toucher par la suite !

Exploitation

- D'abord, on va chercher à caractériser la densité spectrale de puissance de la lampe.
- On suppose que le pyromètre est un capteur thermique parfait, ie sa réponse spectrale est constante. On va tracer la courbe de la tension en fonction de la longueur d'onde du monochromateur
- Une fois le profil de la lampe obtenue, on retire le hacheur et le pyromètre pour passer à la photodiode. On trace alors la même courbe.

- On divise celle de la photodiode par celle de la lampe. On normalise ensuite sur sa valeur max en traçant :

$$\frac{U_{PhD}/U_{pyro}}{U_{PhD,max}/U_{pyro,max}} = f(\lambda)$$

- On essaye de trouver la longueur d'onde telle que le courbe chute (en pratique, la chute n'est pas très marquée, le choix est assez arbitraire)
- C'est la longueur d'onde de gap. On peut en déduire l'énergie de gap (à comparer avec la valeur attendue pour le silicium de 1,12 eV).

Bibliographie

- 1 CR MP 18 Elio et CR MP12 Louis
- 2 Physique Expérimentale, De Boeck