CARACTERISATION d'1 SC

Repérage d'1 SC : caractérisé par :

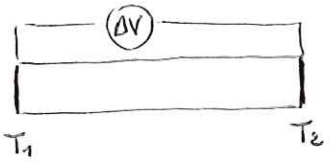
* étude du comportement : - conductivité = f(T) → $\sigma = K \exp\left(-\frac{W}{kT}\right)$
  $\sigma = f(\text{dopage})$
  σ_0 (intrinsèque)

  ex : Si : $\simeq 5.10^{22}$ atomes / cm^3
  $\simeq 10^{11}$ e$^-$ / cm^3 à 273 K généré par Si seul
  si en extrinsèque on rajoute 1 ppm at dopant, on rajoute ici 10^{16} at extérieurs / cm^3
  - valeur de la σ → semi-métaux — cond

W est lié à la bande Eg, souvent modifiée par dopage.
→ pas controlable.

* Effets thermoelectriques (effet Seebek)

⊕ pouvoir thermoelectrique : effet Seebek



$T_1 > T_2$ $\Delta T = T_1 - T_2$ (5 à 10 K)

$\Delta T \rightarrow \Delta V = f(\text{matériau})$

ΔV (métaux) : Q : 10 µV / K

ΔV (SC) : Q : 0,1 à 10 mV / K

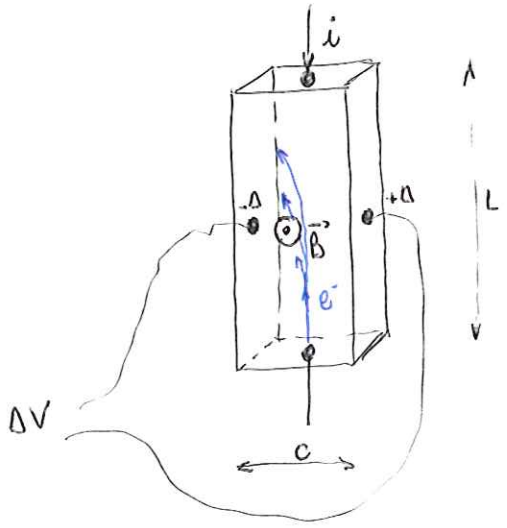
pour dopage n (excès) : partie chaude est la partie ⊕
——— p : ——— ——— ⊖

→ mesure du sens du dopage
→ peut mesurer les paramètres tels que niveau de Fermi. En maintenant le ΔT, mais en changeant la température.
→ par effets autres : déviation transversale des e$^-$ par champ magnétique.

Effet Hall

très > à celui des métaux

→ renseignement sur le type de σ^0 et l'énergie d'activation des porteurs.



e_p = épaisseur

$L \gg 4c$

porteurs majoritaires = e^- ⇒ déviation des e^- par $\vec{B}$

→ amassement d'e^- sur la gauche.

→ échauffement → ΔV

⚠ les contacts ne sont pas sur la même équipotentielle, donc à $B=0$, $\Delta V \neq 0$: il faudra faire plusieurs mesures en inversant B ou i → on élimine en faisant la moyenne de $\Delta V \neq 0$.

On fait en fait 4 mesures : $+i$ $+B$; $-i$ $+B$; $+i$ $-B$; $-i$ $-B$ } moyenne

Cette mesure peut être faite à T variables.

On a $\underset{(cm^3 C^{-1})}{R_H} = \frac{V_H}{i}\frac{e_p}{B}$ où $V_H = \Delta V$

R_H permet l'accès aux caractéristiques internes du matériau.

(effet de Hall ; constante de Hall ; coefficient de Hall)

On démontre que :

$$R_H = \frac{n\mu_n^2 - p\mu_p^2}{(n\mu_n + p\mu_p)^2 e}$$

n : ll des e^- mobiles

p : ll des trous mobiles

μ_n : mobilité des e^-

μ_p : —— — trous (souvent - gde que μ_n)

e : charge de l'e^-

→ il faut connaître 3 des 4 paramètres => solu° expérimentale.

par ex : * cas du régime intrinsèque : $n = p = n_i$

$b = \frac{\mu_n}{\mu_p} >> 1$ car $\mu_n >> \mu_p$ (bande val chargée d'e^- → trous se déplacent + lentement que e^- ds BC).

→ $R_H = \frac{-n(b^2-1)}{n^2(b+1)^2 e}$ → $\boxed{R_H = \frac{-(b^2-1)}{ne(b+1)^2}}$

→ en régime intrinsèque : R_H ↘ < 0

On peut alors avoir n en évitant lors de l'expérience la varia° rapide de mobilité. Elle varie avec T, mais négligeable par rapport à la valeur de n.

* cas du régime extrinsèque :

prenons $n >> p$ (10^6 entre les 2)

→ $R_H = \frac{-n\mu_n^2}{(n\mu_n)^2 e}$

→ $\boxed{R_H = -\frac{1}{ne}}$

ordre de grandeur : $n \simeq 10^{-14}$ cm^{-3}
épaisseur ep : 0,1 mm
B = 1000 Gauss
I = 0,1 mA
} $V_H = 735\,\mu V$

vérif calc : $R_H = -\frac{3\pi}{8}\frac{1}{ne} = -7{,}353.10^4$ cm^3 C^{-1}

$V_H = \frac{R_H B i}{e_p} = 7{,}35.10^{+4}.10^{-4}.10^3.10^{-8}/0{,}1 = 735\,\mu V$

$\frac{3\pi}{8}$: terme correctif d'induc° magnétique. $\frac{cm^3}{C}\frac{A}{cm}T$

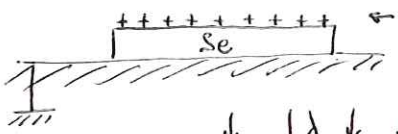
* Photoconductivité

Variat de la $\sigma^{té}$ lorsque le cristal est soumis à 1 rayonnemt de λ convenable ⇒ générat de paire electrons - trous.

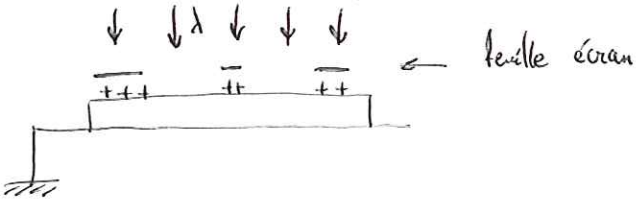
- ces variat sont parfois très importantes.

utilisat en photo : appareils photos CdS (Minolta)
As Ga.. (Pentax)

xérographie : Se amorphe et isolant $\Delta E = 2,5$ eV



← charge déposée électrostatiquemt



← feuille écran

on éclaire : (avec la feuille par dessus)

zones éclairées : évacuat par la masse des charges positive.

zons non éclairées : les charges restent

applicat d'1 encre spéciale : se bloque sur les charges positives, est chauffée (résine thermodurcissable),

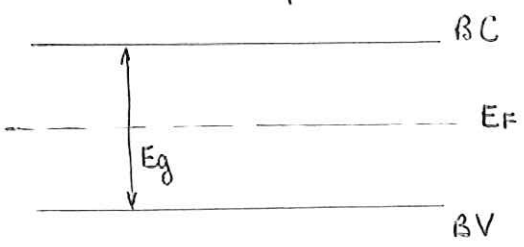
pellicules photo : AgBr capte les photons et change de degré d'oxydat $Ag^+ + h\nu \rightarrow Ag$.

AgBr : $\Delta E = 2,6$ eV

* Absorp optique

Comportemt différent de celui des métaux (absorp ds le visible et l'IR) et de celui des isolants (transparents sauf pour qq bandes)

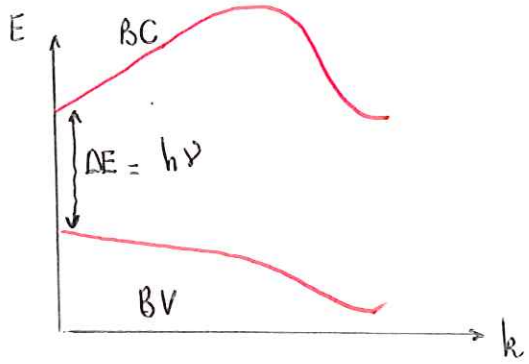
Existence d'1 front d'absorp.



il faut atteindre 1 certaine énergie pour 'capter' le photon nécessaire au passage BV → BC d'1 e^-.

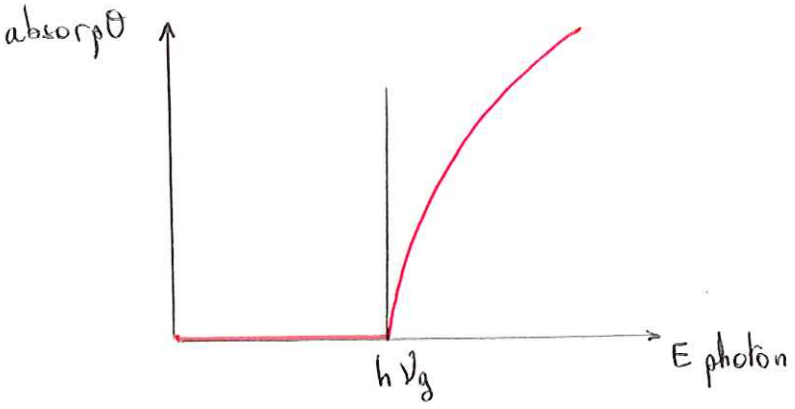
donc, si $h\nu < E_g$: le photon passe à travers le matériau sans pb -> transparent.

Transiθ directe :



intervalle minimum sur l'axe de E.
-> mini d'E = ΔE
sommet BV = verticale bas BC

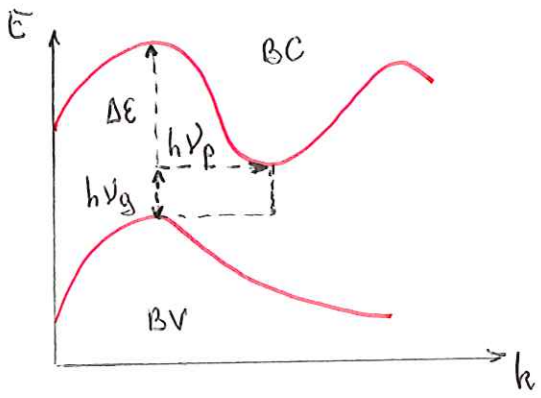
Dès que l'on atteint ΔE, le matériau n'est plus transparent.



Transiθ abrupte

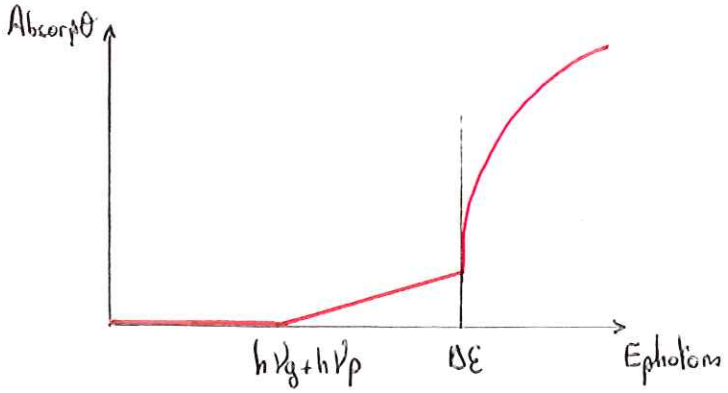
par ex pour InSb ; GaAs

Transiθ indirecte :



sommet BV ne coïncide pas avec bas BC.
-> transiθ assistée par phonon.
$h\nu$ + phonon

phonon = vibratθ du réseau, déjà présente en celui-ci.



Transi° non abrupte

par ex : Si, Ge, GaP

isolants : $E_g > 3$ à 4 eV

semicond : $E_g \leq 3$ eV

Niveau de fermi

- Statistique applicable aux particules obéissant au principe d'exclusion de Pauli.
- Ds le cas d'1 eq thermique la prob d'occupat° d'1 niveau d'énergie E :

$$f_{FD} = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right)}$$

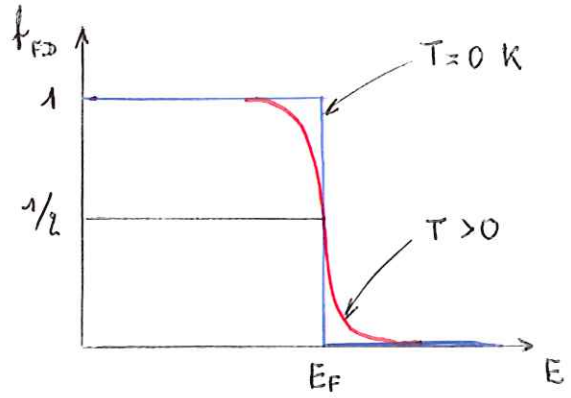
fermi - Dirac.

la forme de cette fct° ne dépend que de T.

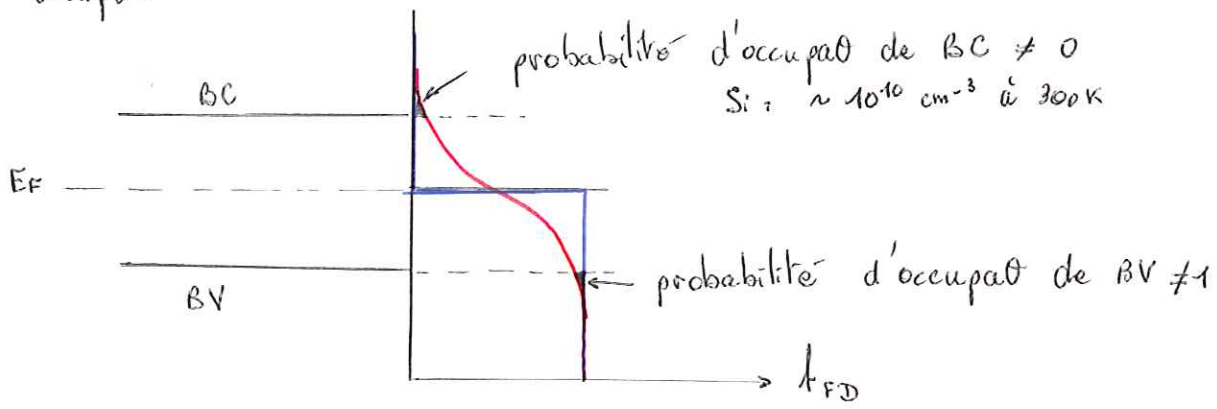
- Propriétés de E_F :
  - Energie d'1 niveau dont la prob de remplissage est de 1/2
    - -> en dessous le niveau est statistiquement rempli
    - -> — dessus — vide.
  - C'est l'énergie libre du système considéré.
    - -> Le niveau de fermi sera continu lorsque deux conducteurs électroniques en contact seront en eq thermique (courbure de bande).
  - C'est 1 constante d'intégrat° déterminée à partir du fait que pour 1

conducteur, le nb d'e⁻ est 1 valeur connue. Il est donc lié à la neutralité électrique du SC.

Variat en fct de T de la fct de distribut de Fermi :



- pour les bT $f_{FD} = 1$
  pour $E < E_F$, puis $f_{FD} = 0$ pour $E > E_F$
- pour des T plus élevées de niveaux d'E supérieure à E_F peuvent être occupés.



- pour $E \gg E_F$

$$f_{FD} \simeq \exp\left(-\frac{E - E_F}{kT}\right) = \exp\left(\frac{E_F}{kT}\right) \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)$$

la fct de distribut peut donc être traitée ć à distribut de Boltzmann

$$f_{MB} = A \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)$$