

CHAPITRE I (Suite)

I.2 Méthode des 4 pointes : cas des échantillons infiniment minces

Pour déterminer la résistivité des couches infiniment minces on admet que le courant I traverse la surface latérale d'un cylindre (d'équipotential) de hauteur t très faible et de rayon r comme le montre la figure I.3.

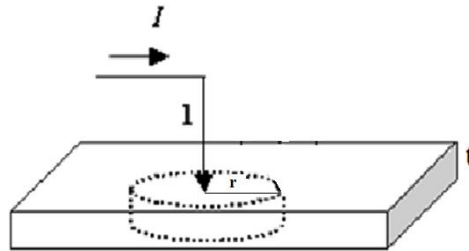


Figure I.3 Cylindre d'équipotential de rayon r et de hauteur t (l'épaisseur de la couche infiniment mince)

On peut montrer qu'entre 2 cylindres situés depuis la pointe 1 entre r et $r+dr$ comme le montre la figure I.4 on a un élément de résistance dR et un élément de différence de potentiel qui sont donnés par :

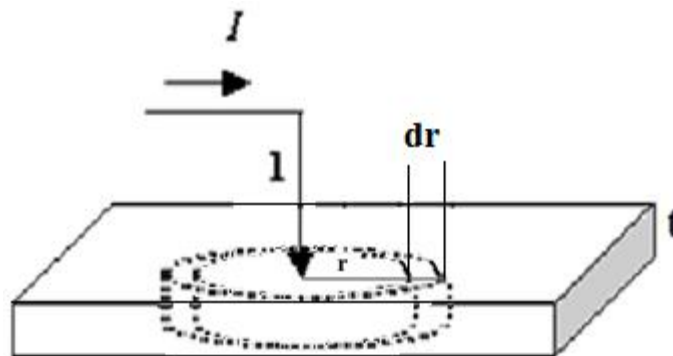


Figure I.4 Cylindres d'équipotential de rayons r et $r+dr$ et de hauteur t

$$dR = \left(\frac{\rho}{2\pi r t} \right) dr \quad (8)$$

$$dv = \left(\frac{\rho I}{2\pi r t} \right) dr \quad (9)$$

Pour calculer la résistivité on calcule la différence de potentiel totale V due à I rentrant en A (pointe 1) et sortant en D (pointe 4) comme l'indique la figure 5.

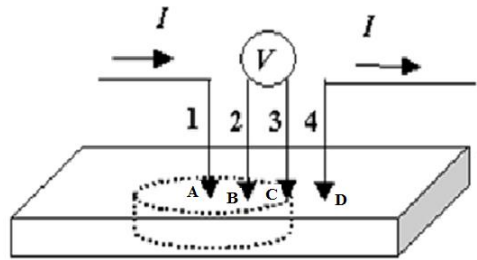


Figure I.5 Configuration des 4 pointes pour une couche infiniment mince

En intégrant l'élément dv en partant du point A (pointe 1), entre les points B (pointe 2) et C (pointe 3) on obtient la différence de potentiel v_{BC} .

$$v_{BC} = \left(\frac{\rho I}{2\pi t} \right) \int_{d_B}^{d_C} \frac{dr}{r} \quad (10)$$

$$v_{BC} = \left(\frac{\rho I}{2\pi t} \right) \text{Ln} \left(\frac{d_C}{d_B} \right) \quad (11)$$

Avec $AB=d_B$, et $AC=d_C$ (figure 5)

Il faut se rappeler que le courant I sort au point D (pointe 4). D'autre part D est situé aux distances d'_B et d'_C des points B et C. On intègre à nouveau l'équation (9) en partant de D ce qui permet d'obtenir une ddp v'_{BC} qu'on ajoute à v_{BC} pour obtenir la différence de potentiel totale V qui a pour expression:

$$V = \left(\frac{\rho I}{2\pi t} \right) \text{Ln} \left(\frac{d_C d'_B}{d_B d'_C} \right) \quad (12)$$

I.3 Résistivité d'un échantillon plat et de forme arbitraire (Méthode de van der Pau)

Lorsque les échantillons ont une forme arbitraire van der Pau a proposé une méthode théorique qui permet de calculer la résistivité ρ si les conditions suivantes sont respectées :

- Les contacts doivent être sur la circonférence de l'échantillon.
- Les contacts doivent avoir des dimensions très petites
- L'échantillon doit avoir une épaisseur uniforme
- L'échantillon ne doit pas contenir des trous isolés

Considérons un échantillon plat de forme arbitraire d'épaisseur t et possédant 4 contacts sur la périphérie comme le montre la figure I.6.

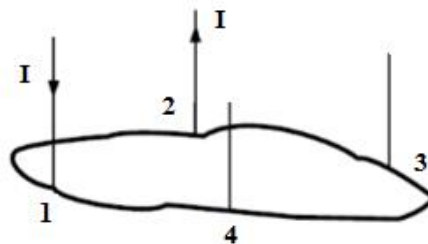


Figure I.6 Echantillon de forme arbitraire avec 4 contacts

La résistance de l'échantillon est donnée par :

$R = \frac{V}{I}$ et en tenant compte de la figure I= I₁₂ ou le courant rentre dans l'échantillon au point 1 et sort au point 2 et $V=V_{34} = V_3 - V_4$ (différence de potentiel entre les contacts 3 et 4) ce qui permet d'écrire :

$$R_{12,34} = \frac{V_{34}}{I_{12}} \quad (13)$$

Le calcul de la résistivité exige la connaissance de plusieurs valeurs de la résistance (minimum 2 valeurs de R) dans divers positions des contacts du courant et de la tension. En changeant les positions des pontes comme l'indique la figure I.7 on obtient :

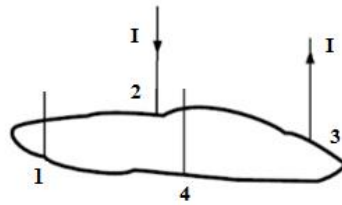


Figure I.7 Nouvelle disposition des pontes

$$R_{23,41} = \frac{V_{41}}{I_{23}} \quad (14)$$

Ces deux mesures étant effectuées, la résistivité est donnée par la relation :

$$\rho = \left(\frac{\pi t}{\ln(2)} \right) \left(\frac{R_{12,34} + R_{23,41}}{2} \right) F \quad (15)$$

Avec t l'épaisseur de l'échantillon et F le facteur de forme pour les plaquettes de forme arbitraires. Le rapport R_r des résistances $R_{12,34}$ et $R_{23,41}$ est donné par

$$R_r = \left(\frac{R_{12,34}}{R_{23,41}} \right) \quad (16)$$

Le facteur de forme F et R_r sont reliés par l'équation suivante :

$$\frac{R_r - 1}{R_r + 1} = \left(\frac{F}{\ln(2)} \right) \operatorname{arcosh} \left(\frac{e^{\left(\frac{\ln(2)}{F} \right)}}{2} \right) \quad (17)$$

I.2.1 Cas des échantillons symétriques

Dans le cas des échantillons symétriques (ici on se limite à la forme carrée ou circulaire), le changement des positions des contacts donne des valeurs identiques des résistances :

$$R_{12,34} = R_{23,41} \quad (18)$$

Ceci qui conduit à :

$$\frac{R_r - 1}{R_r + 1} = 0 \quad (19)$$

et donc à $F=1$.

Avec ces conditions, l'expression de la résistivité des échantillons symétriques devient:

$$\rho = \left(\frac{\pi t}{\ln(2)} \right) R_{12,34} \quad (20)$$

En remplaçant π et $\ln(2)$ on obtient:

$$\rho = 4,532 \, t \, R_{12,34} \quad (21)$$