

Tout document est interdit. Un instrument de calcul est autorisé.

RESISTIVITE D'UN FILM MINCE PAR LA METHODE DE VAN DER PAUW.

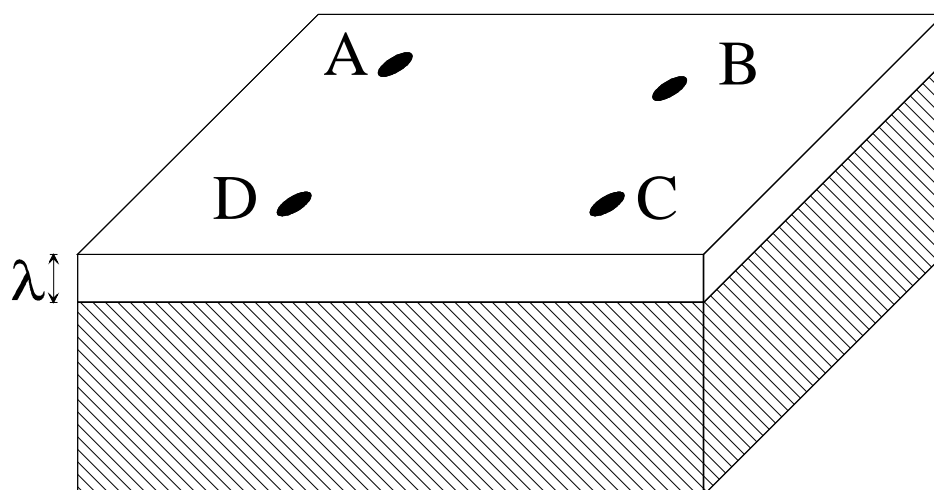


Figure 1 : Film mince conducteur sur un substrat isolant.

Soit un film conducteur déposé en couche mince d'épaisseur $\lambda = 210 \pm 4$ nm, sur un substrat isolant (figure 1). La méthode de Van Der Pauw consiste à choisir 4 emplacements (A,B,C,D) sur le film, puis à réaliser deux mesurages de la résistance de la couche par deux montages "en quatre points" différents. Un mesurage croisé, $R_1 = V_{AC}/I_{BD}$ et un mesurage décroisé, $R_2 = V_{AB}/I_{DC}$. La résistivité ρ du film se calcule ensuite par la résolution numérique de l'équation non linéaire suivante :

$$e^{-(\pi\lambda R_1/\rho)} + e^{-(\pi\lambda R_2/\rho)} = 1$$

Le problème consiste à évaluer l'incertitude U_ρ sur la valeur de ρ obtenue.

A. MESURAGE DE R_1

$V_1 = V_{AC} = 7.823$ mV est mesuré à l'aide d'un voltmètre de classe 0,5 et de résistance interne 200 k Ω /V, sous le calibre 10 mV. $I_1 = I_{BD} = 1,000$ mA est mesuré à l'aide d'un ampèremètre de classe 0,5 sous le calibre 1 mA. Il vous est rappelé que, dans le montage en quatre points, le courant mesuré est la somme des courants dans la résistance R_1 et dans le voltmètre de résistance R :

$$I_1 = V_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R} \right)$$

1. Calculez l'incertitude relative U_{V_1}/V_1 . Calculez R , la résistance interne du voltmètre lors du mesurage.
2. Indiquez l'incertitude relative U_{I_1}/I_1 .
3. De quelle(s) catégorie(s) d'incertitudes relèvent U_{V_1} et U_{I_1} (A, BR ou BL) ?
4. Etablissez la différentielle logarithmique de I , en fonction de V , R et R_1 .
5. En supposant $U_R = 0$, déduisez-en l'expression de U_{R_1}/R_1 . Les dispersions sur V_1 et I_1 sont supposées normales.
6. Calculez R_1 . Calculez U_{R_1}/R_1 . Présentez $R_1 \pm U_{R_1}$.

B. MESURAGE DE R_2

La tension $V_2 = V_{AB} = 30$ mV est comparée à une source étalon. La dérive maximum observée de celle-ci entre 5 raccords successifs est de 22 μ V. Six mesurages successifs du courant $I_2 = I_{DC}$ nécessaire pour avoir $V_2 = 30$ mV donnent les valeurs suivantes, en mA :

2.620	2.615	2.624	2.617	2.622	2.619
-------	-------	-------	-------	-------	-------

7. De quelle(s) catégorie(s) d'incertitudes relèvent U_{V_2} et U_{I_2} (A, BR ou BL) ?

8. Donnez l'incertitude-type sur V_2
9. Calculez la mesure de I_2 et son incertitude U_{I_2} .
10. Calculez R_2 et U_{R_2}/R_2 , Présentez $R_2 \pm U_{R_2}$.

C. CALCUL DE ρ

Le calcul numérique de ρ donne $9,05832 \cdot 10^{-6}$.

Posons $f(R, \lambda, \rho) = e^{-(\pi \lambda R / \rho)}$, $f_1 = f(R_1, \lambda, \rho)$, et $f_2 = f(R_2, \lambda, \rho)$.

11. Quelle est la dimension de ρ et son unité habituelle ?
12. Calculez les valeurs de f_1 et f_2 .
13. Etablissez la dérivée logarithmique de $f(R, \lambda, \rho)$.
14. En écrivant la différentielle de l'équation de Van Der Pauw $1 = f_1 + f_2$, déduisez-en la différentielle logarithmique de ρ , en fonction de $d\lambda/\lambda$, dR_1 et dR_2 .
15. Dans quelle catégorie (A, BR ou BL) classez-vous U_λ ?
16. Déduisez-en l'expression de l'incertitude relative sur ρ .
17. Calculez les valeurs de chacun des termes de U_ρ/ρ . Quel terme est le plus important ?
18. Calculez U_ρ/ρ , U_ρ et présentez $\rho \pm U_\rho$.