

E. N. S. Fontenay,
SAUER Heve

DISPOSITIF DE CARACTERISATION
DES SEMICONDUCTEURS PAR
LA METHODE DE VAN DER PAUW:
Silicium P. dopage $\approx 2 \cdot 10^{16} \text{cm}^{-3}$, épaisseur 4200Å

H. 250
par thèmeà
Van der Pauw

Détermination de la résistivité et de la constante de Hall du
semiconducteur. [1] [2]

Le type et la densité des porteurs ainsi que leur mobilité de
Hall peuvent en être dérivés.

DISPOSITIF FRAGILE:

MANIPULER AVEC PRECAUTION.

LIMITATIONS:

- Courant : 500 μA MAXIMUM
- Température: 100°C MAXIMUM
- Ne pas immerger dans l'eau.
- Eviter les chocs thermiques.

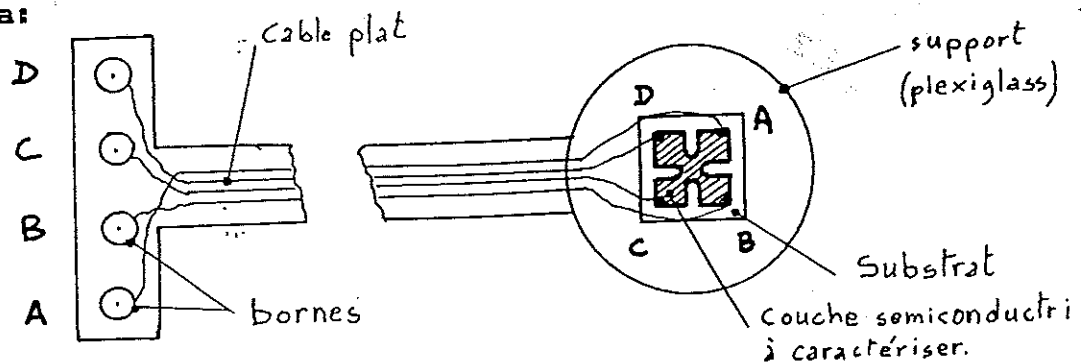
I- AVANTAGE DE LA METHODE DE VAN DER PAUW.

Les tests de matériaux semiconducteurs sont rendus faciles par l'utilisation d'échantillons en couche mince sur substrat semi-isolant qui peuvent être réalisés par les techniques classiques de la microélectronique (Utilisation de substrat standard, épitaxie, métallisations et prises de contacts...)

Moyennant quelques facteurs de correction [3] (contacts non parfaitement ponctuels et périphériques), la méthode de van der Pauw permet d'obtenir des résultats d'une bonne précision, même si les contacts ne sont pas ohmiques. (La précision dépend de la forme de l'échantillon, la plus intéressante étant celle d'un "trèfle à quatre feuilles". [1])

II- DESCRIPTION DU DISPOSITIF.

1) Schémas:



2) Caractéristiques:

Semiconducteur : SILICIUM épitaxié
Type : P⁺ (Bore)
Dopage : $\approx 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
Epaisseur métallurgique : $W = 4200 \text{ \AA}$
Forme : trèfle à quatre feuilles (Angles vifs)
Contacts: thermocompression de fils d'or.

Substrat: Silicium N semi-isolant ($5000 \Omega \cdot \text{cm}$)
épaisseur $350 \mu\text{m}$ (dopage $\approx 10^{13} \text{ cm}^{-3}$)

Résistance entre contacts: $\approx 50 \text{ k}\Omega$ à $150 \text{ k}\Omega$

REMARQUES:

Les contacts ne sont pas ohmiques.
L'extension de la zone de charge d'espace (jonction substrat N - couche P) dans la couche à caractériser est négligeable ($\leq 50 \text{ \AA}$).

3) Limitations.

Se reporter à la première page.

III- MODE D'EMPLOI.

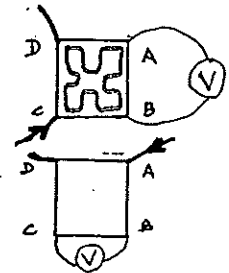
OPERER A L'ABRI DE LA LUMIERE.

Les mesures de d.d.p. doivent se faire avec un débit de courant le plus faible possible. Dans le cas de couches de très haute résistivité, une méthode d'opposition devient nécessaire.

1) Mesure de la résistivité. [1]

Deux mesures sur des côtés adjascent de l'échantillon sont nécessaires:

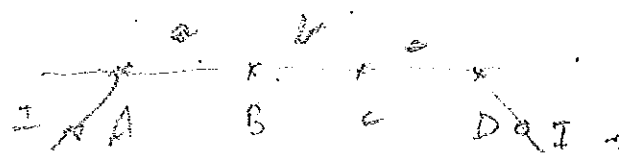
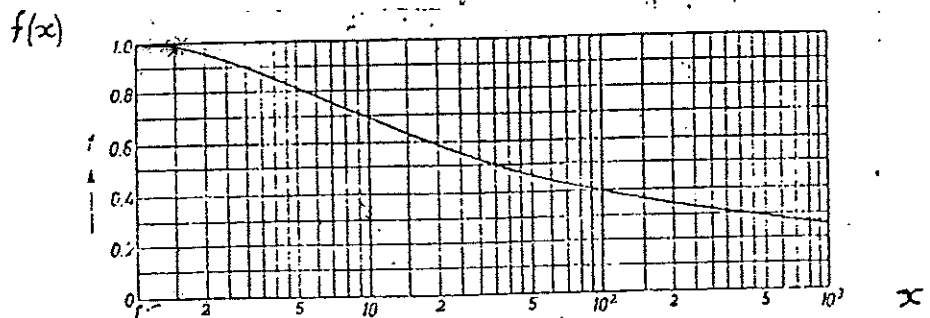
- Le courant I va de C vers D.
On mesure la d.d.p. $V_{BA} = V_B - V_A$
On pose $R_{CD,BA} = V_{BA}/I_{CD}$
- Le courant I va de A vers D.
On mesure la d.d.p. $V_{BC} = V_B - V_C$
On pose $R_{AD,BC} = V_{BC}/I_{AD}$



La résistivité du semiconducteur est donnée par:

$$\rho = \frac{\pi}{\ln 2} \cdot W \cdot \frac{R_{CD,BA} + R_{AD,BC}}{2} \cdot f\left(\frac{R_{CD,BA}}{R_{AD,BC}}\right)$$

où W est l'épaisseur (effective) de la couche.
f est une fonction qui vérifie $f(x) = f(1/x)$ et qui a été donnée par van der Pauw. Le graphe de cette fonction (extrait de [1]) est donné dans la figure ci-dessous:



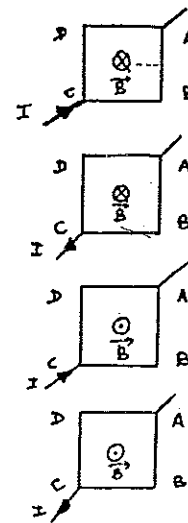
2) Mesure de la tension de Hall.

Le champ magnétique B doit être UNIFORME et PERPENDICULAIRE au plan de l'échantillon.

La mesure de la tension de Hall est rendue difficile par la présence de la tension de décalage due à des contacts non parfaitement symétriques et de tensions causées par des effets galvano- et thermomagnétiques parasites.

En utilisant le fait que la tension de Hall dépend du produit $I \cdot B$ alors que la tension de décalage ne dépend que de I et que les effets galvano-thermomagnétiques parasites principaux ne dépendent que du sens de B , on peut extraire la tension recherchée par les quatre mesures algébriques suivantes:

- Le courant I va de C vers A.
B "entre" dans l'échantillon.
On mesure $V_B - V_D = V_{*+}$
- Le courant I va de A vers C.
B "entre" dans l'échantillon.
On mesure $V_B - V_D = V_{*-}$
- Le courant I va de C vers A.
B "sort" de l'échantillon.
On mesure $V_B - V_D = V_{.+}$
- Le courant I va de A vers C.
B "sort" de l'échantillon.
On mesure $V_B - V_D = V_{.-}$



Si l'on note:

V_H la tension de Hall.

V_d la tension de décalage.

V_p la tension parasite galvano-thermomagnétique.

on a les relations suivantes:

$$V_{*+} = V_H + V_d + V_p$$

$$V_{*-} = -V_H - V_d + V_p$$

$$V_{.+} = -V_H + V_d - V_p$$

$$V_{.-} = V_H - V_d - V_p$$

Finalement:

$$V_H = (V_{*+} - V_{*-} - V_{.+} + V_{.-}) / 4$$

ATTENTION: La tension de Hall peut être petite devant les tensions mesurées ($\leq 10\%$).

3) Exploitations des mesures.

On obtient la densité des porteurs et la mobilité de Hall par les formules suivantes:

$$\mu_H = \frac{W \cdot V_H}{B \cdot I \cdot \rho} \rightarrow 182 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$n = \frac{1}{q \cdot \mu_H \cdot \rho} \rightarrow 3.4 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$$

On a aussi:

$$n = \frac{B \cdot I}{q \cdot W \cdot V_H} \rightarrow 3.4 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$$

$1.25 \cdot 10^{22} = 1.5$
 $3.4 \cdot 10^{22} = 4 \mu\text{m}$

Le type des porteurs se déduit du signe de V_H .

$$\frac{R_H}{W \cdot V_H} = 1.7 \cdot ()_{\text{cell}}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{1.7} \times \frac{1}{\text{cell}}$$

$$\mu_H = \mu_{H_{\text{cell}}}$$

BIBLIOGRAPHIE

- [1] L.J. van der PAUW Philips Research Reports 13,1 (1958)
- [2] W. VERSNEL Solid-State Electronics 22,11-A (1979)
- [3] R. CHWANG, B.J. SMITH, C.R. CROWELL Solid-State Electronics
17,12-A (1974)

du

de