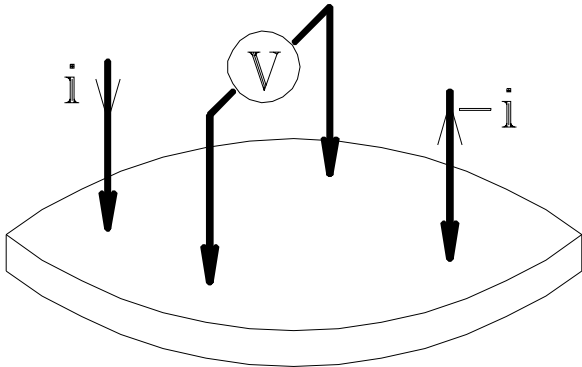


# Mesure 4 pointes

## 1. Mesure V/I sur une couche mince d'épaisseur $e$ et de résistivité $\rho$



Si l'épaisseur est négligeable par rapport aux autres dimensions, on peut construire un modèle bidimensionnel de la conduction qui donne :

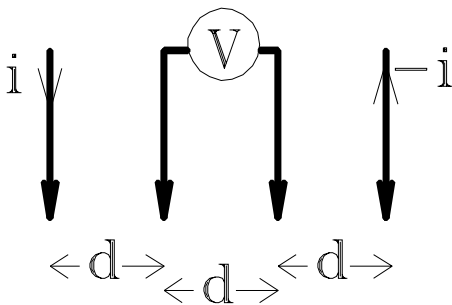
$$\frac{V}{I} = K \cdot \frac{\rho}{e} \quad (1)$$

$K$  étant un coefficient sans dimension caractéristique de la géométrie 2D (forme des contours, position des contacts).

Le rapport  $\rho/e$  caractérise la couche, on le note  $R_{\square}$ . On a alors :  $\frac{V}{I} = K \cdot R_{\square} \quad (2)$

(N.B.  $R_{\square}$  s'exprime en Ohms)

## 2. Valeur de $K$ (cas particulier)



Le coefficient  $K$  peut être calculé analytiquement dans quelques cas particuliers très simples, par exemple pour 4 pointes alignées équidistantes sur une couche sans limites (infinie) :

$$K = \frac{\log(2)}{\pi} \quad (3)$$

(valeur pratique :  $1/K = 4.532$ )

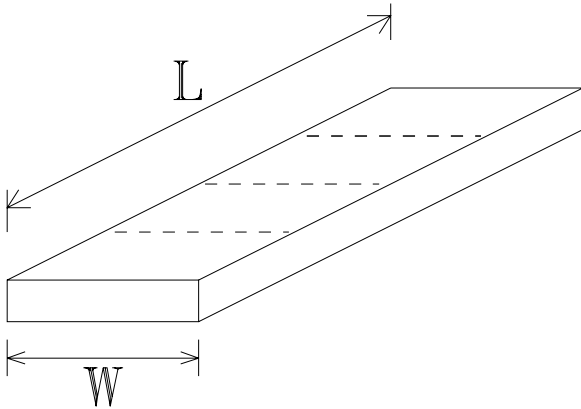
## 3. Cas d'une couche dopée

La résistivité n'est pas uniforme sur l'épaisseur  $e$ , mais les formules (2) et (3) sont toujours applicables, par généralisation de l'utilisation de  $R_{\square}$ .

On définit alors une résistivité moyenne  $\rho_m$  telle que :  $R_{\square} = \frac{\rho_m}{e} \quad (4)$

Si la loi de distribution du dopant est connue, on peut déduire de  $\rho_m$  la concentration en surface et pour différentes profondeurs (voir abaques).

#### 4. Relation avec le dessin de masques



Résistance d'une piste conductrice de longueur  $L$  et de largeur  $W$  (un parallélépipède) :

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = \rho \cdot \frac{L}{eW} = \frac{L}{W} \cdot R_{\square} \quad (5)$$

où  $L$  et  $W$  caractérisent le dessin des masques alors que  $R_{\square}$  caractérise la technologie.

Le rapport  $L/W$  peut être considéré comme une "nombre de carrés", d'où l'appellation de  $R_{\square}$  : "résistance par carré".

#### 5. Cas d'une épaisseur non négligeable

Si l'épaisseur de la couche n'est pas négligeable mais encore raisonnablement petite, on peut appliquer les formules (2) et (3) en remplaçant  $K$  par un coefficient  $K'$  corrigé, fonction du rapport entre l'épaisseur et les autres dimensions.

Dans le cas des 4 pointes équidistantes de distance  $d$ , la correction est négligeable tant que :

$$\frac{e}{d} < 0.25$$

#### Méthode Pratique pour la mesure 4 pointes :

- effectuer une mesure  $V/I$  pas trop près des bords de l'échantillon
- exprimer la mesure en Ohms
- multiplier par **4.532** pour obtenir  $R_{\square}$ , noter ce résultat (toujours en Ohms)  
(la distance entre pointes étant de 1.59 mm, la correction d'épaisseur n'est pas nécessaire)
- exprimer l'épaisseur  $e$  de la couche en cm
- multiplier  $R_{\square}$  par  $e$  pour obtenir la résistivité  $\rho$  ou  $\rho_m$ , noter ce résultat (en Ohm.cm)
- utiliser un abaque pour en déduire la concentration de dopant (après éventuellement calcul de la conductivité en  $\text{Ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

ATTENTION : ce n'est pas le même abaque selon que le dopage est uniforme (substrat, polysilicium déposé) ou non (couche diffusée ou implantée).