

CHAPITRE I

EFFET HALL ET RESISTIVITE

Pr B. CHOUIAL

Introduction

L'effet Hall est utilisé pour les métaux et les semiconducteurs. L'effet Hall est très souvent accompagné par les mesures de la résistivité qui est une caractéristique très importante des métaux et des semiconducteurs. Pour les semiconducteurs les mesures de résistivité sont souvent utilisées pour déduire les concentrations des dopants qu'on cherche toujours à connaître.

Les mesures de résistivité passent presque toujours par la loi d'Ohm qui permet de calculer la résistance R à partir de la mesure de la tension U et du courant I dans un circuit à 2 bornes et déduire la résistivité ρ .

Cependant pour les semiconducteurs (sc) la résistance R (du sc) est entachée par la résistance de contact qui a été discutée précédemment. Pour cela on doit faire recours à une méthode de mesure de R qui n'est pas affectée par ces problèmes de contact qui la méthode des 4 pointes.

I.1 Méthode des 4 pointes : cas des échantillons semi-infini (cas des couches épaisses)

Celle-ci est dite méthode des 4 pointes (4 probes en anglais): deux (2) pointes pour acheminer le courant et les deux autres pour mesurer le voltage. Pour les échantillons semi-infinis les dimensions latérales et verticales sont supposées être très grandes. Cette méthode était à l'origine utilisée en géophysique et a été adoptée pour la mesure de la résistivité des sc. Les 4 pointes sont généralement alignées mais on peut trouver d'autres dispositions.

Pour établir la résistivité ρ déduite de la méthode des 4 probes il y a plusieurs démarches mais dans cette première phase du cours on utilise la relation liant le potentiel V à une distance r du probe portant le courant I rentrant dans la surface comme l'indique la figure I.1

$$V = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (1)$$

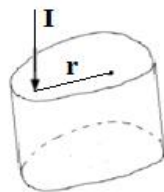


Figure I.1 Echantillon semi infini

Cette relation permet de calculer le potentiel en un point M à la surface du sc résultant du probe 1 parcouru par I rentrant et du probe 4 qu'on considère parcouru par $(-I)$ (image de I). La distance du probe 1 à M est r_1 et la distance du probe 4 à M est r_2 . Le potentiel résultant de ces 2 probes en M est :

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2)$$

Lorsque les 4 pointes sont alignées avec les distances s_1 , s_2 et s_3 indiquées sur la figure I.2, le potentiel V_2 au probe 2 est donné par:

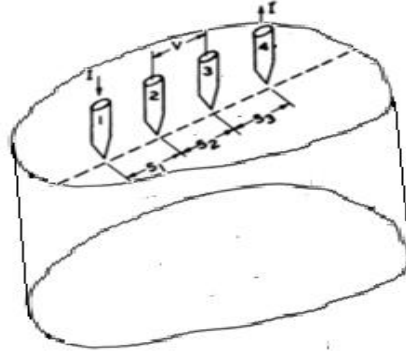


Figure I.2. Disposition alignée des probes

$$V_2 = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2 + s_3} \right) \quad (3)$$

De même le potentiel V_3 au probe 3 est donné par :

$$V_3 = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{s_1 + s_2} - \frac{1}{s_3} \right) \quad (4)$$

La différence de potentiel V mesurée entre les probes 2 et 3 est donnée par :

$$V = V_2 - V_3$$

Ce qui permet d'obtenir :

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} - \frac{1}{s_2 + s_3} - \frac{1}{s_1 + s_2} \right) \quad (5)$$

Généralement les probes sont disposés à égale distance s ($s_1 = s_2 = s_3 = s$)

Ainsi on peut déduire l'expression de la résistivité ρ :

$$\rho = 2\pi s \left(\frac{V}{I} \right) \quad (6)$$

En réalité les plaquettes des semiconducteurs dont on veut mesurer ρ ne sont pas semi-infinies par rapport aux dimensions verticales ou latérales. Pour cela l'équation (6) doit être corrigée pour les géométries finies des plaquettes en insérant un facteur de correction F . En effet F corrige les effets de bordure (edge effects) des plaquettes, les effets d'épaisseur et les effets de positionnement des pointes (probes). Ainsi l'équation (6) devient :

$$\rho = 2\pi s F \left(\frac{V}{I} \right) \quad (7)$$