

半導體專題實驗

實驗一 熱電性質與四點探針方法

(一) 目的

- (A) 利用熱電效應來判別半導體雜質種類.
- (B) 探討四點探針的理論與量測.

(二) 實驗預習

1. 晶片清洗的方法與步驟.
2. 如何由晶片形狀來判別晶片雜質型別和其方向性.
3. 熱電效應的模型.
4. 四點探針法的相關資料.
5. 考慮晶片厚度遠大於或小於電流擴散深度之兩種情況, 使用 Poisson's equation, 導出四點探針中電壓與電流之關係.

(三) 原理

(A) 熱電效應:

利用 p 或 n 型半導體傳輸載子之電性不同, 當探針兩端有溫差時(如圖一), 於熱端所量的電性正負亦不同, 藉此判別 p 或 n 型雜質.

(B) 四點探針

1. 利用四點探針, 將電壓與電流之量測放於不同探針組(如圖二), 可避免探針與半導體間的電阻誤差, 可較準確量出半導體的電阻率.
2. 當晶片厚度(w)遠小於晶片直徑(d)時, 且四點探針等距(s)排成一線, 如圖一, 電壓(V)與電流(I)的關係可表為: $\rho = \frac{V}{I} \cdot W \cdot CF. (\Omega\text{-cm})$.

當探針距遠小於晶片直徑, 修正係數 $CF = \frac{\pi}{\ln 2}$, 藉由量測四點探針的電壓、電流, 可測

得晶片的電阻率 ρ .

(四) 材料與儀器

1. n-type 與 p-type 晶片數片.
2. 游標尺.
3. 探針座, 烙鐵, 三用電表與溫度計.

4. 四點探針座.
5. 電流-電壓量測系統.

(五) 實驗步驟

(A) 熱電效應 (可多組合作, 一起量測)

1. 旋轉探針座的旋鈕, 使兩個探針下移接觸晶片, 取適當的探針間距.
2. 將三用電表的輸入端連接至兩探針座的 BNC 接頭上, 使用烙鐵加熱其中一個探針, 並記錄其加熱時間.
3. 由電壓判別晶片性質 p-type 或 n-type.
4. 改變烙鐵加熱時間, 探針距離等實驗參數, 記錄三用電表上的電壓值.

PS: 若實驗結果不盡理想, 可只做定性分析。

(B) 四點探針

1. 使用游標尺量測矽晶片厚度.
1. 如圖二所示, 旋轉四點探針座轉盤, 將四點探針壓下使其與晶片緊密接觸.
2. 將四點探針座接線分別接至電流-電壓量測系統的輸入、輸出端.
3. 改變電流, 記錄電壓. ($I \sim 100\mu\text{A}$ 等級)
4. 求出電阻率.

PS: 每組必須至少量測 4 個 sample, 且兩面都必須量測。其中包含標為 unknown 的 sample.

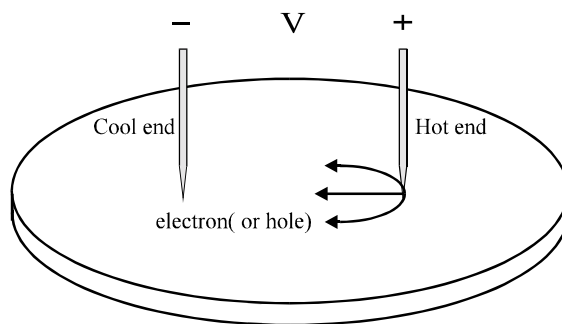
(六) 參考資料

1. S. M. Sze, "Semiconductor devices - physics and technology".
2. 王維新教授, "積體電路工程" 講義.
3. W. R. Runyan, "Semiconductor measurements and instrumentation".
4. S. M. Sze, "Physics of semiconductors in Devices".
5. L. B. Valdes, "Resistivity Measurement on Germanium or Transistors", *Proc. IRE*, vol. 42, p. 420, 1954.
6. M. P. Albert, "Correction factor for radial resistivity gradient evaluation of semiconductor slices", *IEEE Trans. on Elec. Device*, p. 148, Apr. 1963.

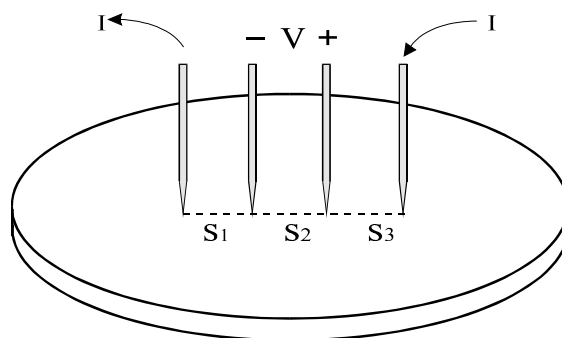
(七) 問題

1. 簡要說明熱電效應與四點探針原理, 並說明為何不用兩點探針.
2. 指出所發晶片為何型, 並由數據說明溫度與探針距離對電壓的關係.
3. 計算晶片的電阻率, 並求出載體濃度(查表).

4. 由晶片電阻係數說明載體濃度對熱電壓的影響.
5. 記錄並詳細說明 Kethley I-V 量測系統的使用方式, 並備分留作實驗四和實驗五使用.



圖一. 內含不同載子之半導體, 當兩探針有溫差時, 便會呈現不同極性的電壓, 藉以判別載子型別.



圖二. 藉由量測四點探針的電壓電流, 可測得晶片的電阻率.