

# 半導體專題實驗

## 實驗六 光偵測器之製作與量測

### (一) 目的

- (1) 探討半導體之光電特性與光電元件應用。
- (2) 了解 MSM 型光偵測器之元件運作原理、製作過程、量測分析。

### (二) 實驗預習

1. 預習 Metal-Semiconductor-Metal(MSM)元件模型。
2. 半導體材料之吸收原理與特徵曲線。
3. 光偵測器運作原理。
4. MSM 光罩設計及元件製作流程。
5. 鎖相放大器(Lock-in amplifier)之原理及其應用於光電流量測之方法。

### (三) 原理

(A) 光吸收: 光入射半導體中, 若其能量高於半導體之能隙, 將產生能帶間吸收(inter-band absorption), 即電子由 valence band 躍遷至 conduction band, 因此一般情形下半導體吸收一光子將可產生一對電子電洞, 並形成光電流。

(B) MSM 元件: 如圖一所示, 以 metal-semiconductor-metal 之結構建構一雙電極(two terminals)偏壓元件。M-S 之 Schottky 接面可使半導體產生空乏區, 並有低於 Ohmic 接面之暗電流。透過此結構, 外加偏壓於雙電極將可使半導體區完全空乏, 並產生均勻電場, 便可以收集光電流。

$$V_{RT} = \frac{qN_D}{2\epsilon_s} W^2 - W \left[ \frac{2qN_D}{\epsilon_s} (V_{bi} - V_1) \right]^{1/2} \quad V_{FB} = \frac{qN_D}{2\epsilon_s} W^2$$

(C) 鎖相放大器與光電流量測: 光電流可透過電流計直接量測, 但為減少背景光源以及暗電流之影響, 可將入射光以一特定頻率調變, 則光偵測器接收之光電流亦將以該頻率變化, 再由鎖相放大器鎖定並萃取出該特定頻率之光電流, 如此便可濾除背景光源及暗電流, 並進一步減低噪音之影響。

### (四) 材料與儀器

1. 晶圓
2. 光罩, 曝光機, 金屬蒸鍍機, PECVD 機台。
3. 量測儀器: IV, CV, 光電流量測系統

## (五) 實驗步驟

### (1) 元件製作:

1. Wafer cleaning
2. PECVD deposition of oxide (or nitride) anti-reflection coating layer (Optional)
3. Lithography: photoresist spin-coating; patterning of MSM finger layout
4. Etching of oxide (or nitride) layer (required only if the step 2 is done)
5. Metal deposition by evaporation (the metal layer thickness is preferable to be thinner than 1/3 of the photoresist thickness)
6. Photoresist lift-off (in metal-tolerable photoresist stripper such as acetone) to form metal finger pattern

### (2) 電性質量測: I-V, C-V characterization (Optional)

### (3) 光電流量測

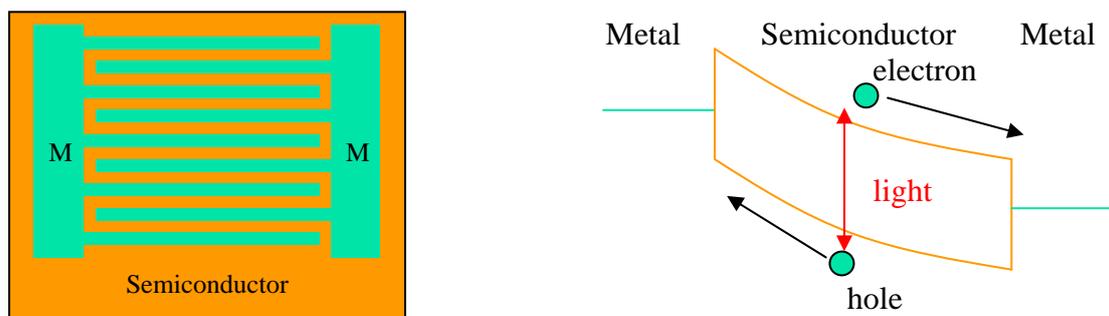
(A) 射入雷射光於 M-S-M 元件，以探針探入該元件之雙電極，並以電流計量測電流，比較雷射射入前後之電流差，即得光電流。

(B) 以鎖相放大法量測:

1. 光電流之鎖相放大量測系統如 HO1 架構。
2. 射入雷射光於 MSM 光偵測器，其光強度以固定頻率  $f_{\text{lock-in}}$  變化，該頻率之電訊號亦同時輸入鎖相放大器。
3. 以探針探入該 M-S-M 元件之雙電極，透過 bias-T 施加一固定電壓於該元件，而元件之電流(或電壓)亦將透過 bias-T 送入鎖相放大器。鎖相放大器將變化頻率為  $f_{\text{lock-in}}$  之電流(或電壓)訊號濾出，即得光電流。

## (六) 問題

1. 簡要說明 M-S-M 元件之操作原理及不同偏壓下之電特性。
2. 為何鎖相放大器可濾出光電流並減少噪音?
3. 若 M-S-M 元件之 M-S 界面不再為 Schottky 接觸，而變為 ohmic 接觸，對於元件之 IV、CV、光電流反應將有何影響?
4. 紀錄並探討光電流之反應 (例如不同電壓、光強、波長、元件佈局設計)。



圖一. (左) MSM 之俯視佈局圖。 (右)M-S-M 能帶圖: 光吸收產生電子電洞對，形成光電流。