

111 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：電子工程

科 目：半導體工程

陳銘老師

一、請說明半導體材料晶體鑽石結構與閃鋅礦結構之差異，(5 分) 閃鋅礦結構與六方晶系結構之異同。(10 分)

1. 《考題難易》：

★★★：普通

2. 《破題關鍵》：

需要瞭解晶體的基本結構

【擬答】

(一)鑽石結構：具有面心立方結構，每個結構單元包含兩個原子。鑽石結構可認為是由兩個相同的面心立方格子，沿體對角線相對位移 $1/4$ 的長度套構而成。

閃鋅礦結構(zinc blende)：晶格中包含兩種不同種類的原子，圖中可看出每個鎵原子有四個相鄰的砷原子，同時每個砷原子有四個相鄰的鎵原子，稱為閃鋅礦結構。

兩者雖然結構相同，但閃鋅礦結構晶格中包含兩種不同種類的原子組合而成。

(二)六方晶系：

由 2 個交叉的六角體晶格所組成，有一個 6 次對稱軸或者 6 次倒轉軸，該軸是晶體的直立結晶軸 C 軸，另外三個水平結晶軸正端互成 120° 夾角，原子密度與鑽石結構相同，但閃鋅礦結構則為兩個交錯的面心立方次晶格(sublattice)，實心是第一個面心立方的晶格原子砷，空心是第二個交錯面心立方的晶格原子鎵而形成共價鍵。

二、請說明能隙之種類，(2 分) 若製作成發光二極體應選那一種能隙？(3 分) 為什麼？(5 分)

1. 《考題難易》：

★★★★★：非常困難

2. 《破題關鍵》：

瞭解能隙之意義即可作答，本題可輕鬆拿分。

【擬答】

(一)有 2 種：

直接能隙與間接能隙。

(二)直接半導體，當半導體吸收光子能量後，電子獲得光子的全部動量，代表傳導帶的最低點與共價帶的最高點位於相同動量位置，故載子遷移時不需做動量轉換，故能產生有效之光子。

三、對於超高效率 III-V 多接面太陽能電池多以磊晶方式成長與製作而成，請問何謂磊晶？(2 分) 欲得高品質之磊晶膜首要條件為何？(2 分) 於多接面太陽能電池結構中，每個接面間須有何種結構？(2 分) 請說明其功能。(4 分)

1. 《考題難易》：

★★★：普通

2. 《破題關鍵》：

需瞭解太陽能電池的種類

【擬答】

- (一) 磊晶是單晶基板上成長薄膜的延伸，經由在單晶基板上增添的原子而形成的一個單晶結構的連續體。
- (二) 必須使用單晶晶圓做為基板。
- (三) 需具備不同能隙的半導體材料，進行不同薄膜層的堆疊。
- (四) 可以使其波長感度變得較大的區域分布，因而可以吸收不同波長的光譜，進而提升此一太陽能電池的光電轉換效率。

四、HEMT 元件是藉由那種方式得到 high electron mobility? (5 分) 為何較傳統 MOSFET 更高速? (5 分)

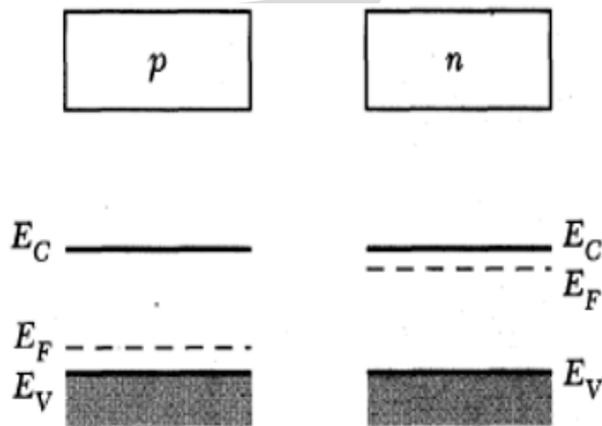
1. 《考題難易》：
★★★：普通

2. 《破題關鍵》：
本題為高速元件題型，未來配合科技進展，有關高速元件、車用功率元件與先進製程與封裝都可能出現。

【擬答】

- (一) 利用異質接面將多數載子與游離的雜質分開，可以有效的減少高摻雜濃度造成遷移率與峰值速度下降的問題，換句話說，可以極小化雜質散射的效應。
- (二) 傳統的 MOSFET 元件為同質接面，會產生雜質散射效應；HEMT 元件在位勢井內的電子與施體原子是分開的，其實仍是相當接近，因此有可能會受到庫倫力的牽制，所以我們可在摻雜的 AlGaAs 與沒有摻雜的 GaAs 之間再加上一層薄的 AlGaAs 隔離層，增加載子與游離施體間的隔離會使得電子遷移率的上升，主要是因為庫倫交互作用的降低，但缺點是位勢井中的電子密度會比陡峭接面還要小。

五、請畫出下圖 p、n 接觸之能帶圖，(5 分) 請說明接觸後界面附近會發生何種現象?(5 分) 此時此元件可否當電池使用，為什麼?(5 分)

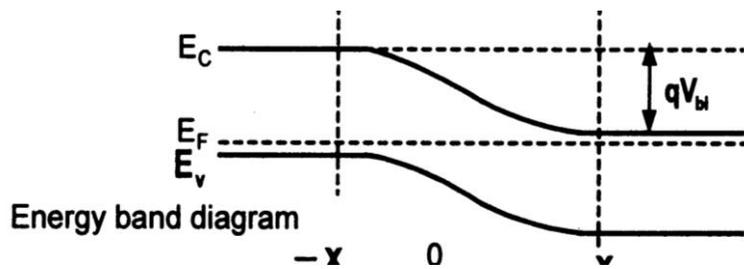


1. 《考題難易》：
★★：簡單

2. 《破題關鍵》：
瞭解 PN 接面原理與操作

【擬答】

(一) PN 接面之能帶圖如下：



(二) 接面形成的瞬間，多數載體會往另一相反極性(濃度低)的對側，擴散並內建電場而達到熱平衡的狀態，當電子因擴散而離開 N 型區，留下帶正電的施體離子；同樣的，電洞因擴散而離開 P 型區，留下帶負電的受體離子，一般將此區稱做空乏區(depletion region)。

(三) 當光照射在空乏區內將矽原子的電子激發產生光生電子與電洞對，電子與電洞對會因為電場作用而使電池內的電荷往兩端集中，此時只要外加電路將兩端連接即可利用電池內的電力，這即是所謂的光電效應，也是太陽光電池的轉換原理。

志光 學儒 保成

我同時考取4種工科考試

跟著**連過4榜**的學長 掌握關鍵科目解題技巧

不考取不放棄!我選擇**考取班**

推薦給正在準備工科考試的你!
基本電學是全部學科的根基，跟著老師的課程，
從解釋概念到掌握電路的解題技巧，成為你的上榜關鍵秘笈。

盧○源 普考 電力工程 / 鐵路特考 佐級電子工程 / 國營聯招新進職員 電機(二) / 地方特考四等 電力工程(高市)

你還有這些機會!!

鐵路特考 高普考 地方特考 自來水評價人員 台電僱員 中油僱員 國營聯招職員級

六、對於 p+n 二極體，其中 p⁺ 載子濃度為 N_A，n 載子濃度為 N_D。請問空乏區 (W) 主要發生在那一部分？(5 分) 請寫出空乏區與載子濃度之關係式。(5 分) 此說明可用何種電容量測方式分析載子濃度與 p+n 二極體相關之元件的那種特性？(10 分)

1. 《考題難易》：

★★：簡單

2. 《破題關鍵》：

瞭解 PN 接面二極體之特性

【擬答】

(一) N 型半導體。

(二) 1. $W = x_p + x_n$

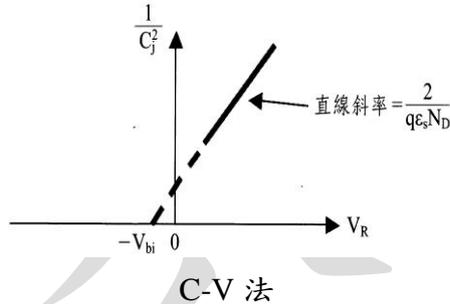
$$2. x_p = W \times \frac{N_D}{N_A + N_D}; x_n = W \times \frac{N_A}{N_A + N_D}$$

$$3. W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s \epsilon_0 V_{bi} (N_A + N_D)}{q N_A N_D}}$$

(三)對於陡接面之二極體，例如 $p^+ - n$ ，可使用下列公式：

$$\frac{1}{C_j^2} = \frac{2(V_{bi} + V_R)}{q\epsilon_s N_D}$$

圖中可看出：



1. 直線斜率為 $\frac{2}{q\epsilon_s N_D}$ → 求出低摻雜濃度。

2. X 軸截距為 $-V_{bi}$ 。

3. 亦可測 $N(W)$ (doping profile) 為 $N(W) = \frac{2}{q\epsilon_s} \left[\frac{1}{\frac{d(1/C_j^2)}{dV}} \right]$

志光學儒保成

到底怎樣才能 輕鬆考取？

快來掌握 **8** 大課程密招

法科架構班	扎實正規班	工科全科班	作文實戰班	
結合實務例子 建構法科概念	完整堂數 循序漸進	公職+國營 一次到位	強化寫作架構 理清邏輯概念	
主題題庫班	精華總複習	全真模擬考	考前關懷講座	
主題教學 考點分析	掌握考點 增強實力	比照真實考試 檢視應考實力	名師最終提點 觀念更加清晰	

七、請計算面積為 $4 \mu\text{m}^2$ 的 MOS 電容對於 10 nm 厚的 SiO_2 電介質（介電常數 3.9），當施加電壓為 5 V 時，MOS 上存儲的電荷（10 分）和電子數是多少？（10 分）

1. 《考題難易》：

★：非常簡單

2. 《破題關鍵》：

熟悉 MOS 電容之特性

【擬答】

(一)電容值為

$$C = 3.9 \times 8.854 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times (10^{-6})^2}{10 \times 10^{-9}} = 0.0138pF$$

(二) $Q = CV = 0.0138p \times 5 = 0.0691pC$

(三)電子數為

$$0.0691p \times 6.25 \times 10^{18} = 4.32 \times 10^5 e^-$$

王