

# 110 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試  
類 科：電子工程  
科 目：半導體工程

陳銘老師

一、砷化鎵半導體的晶格結構為閃鋅 (zincblende) 結構；其中砷原子構成一個面心立方晶格 (sub-lattice)，而鎵原子構成另一個面心立方晶格。

(一)繪出閃鋅晶格結構，並說明次晶格如何使兩種原子組合成共價鍵鍵結。(10分)

(二)若以矽原子為砷化鎵半導體的雜質。分別就矽原子進入砷原子的次晶格取代砷原子、以及進入鎵原子的次晶格取代鎵原子，討論如何影響砷化鎵的導電型態。(10分)

- 1. 《考題難易》：★★★普通
- 2. 《破題關鍵》：瞭解比八隅規則多或少時形成的導電性質，即可寫出。

### 【擬答】

(一)閃鋅晶格結構如圖 1：

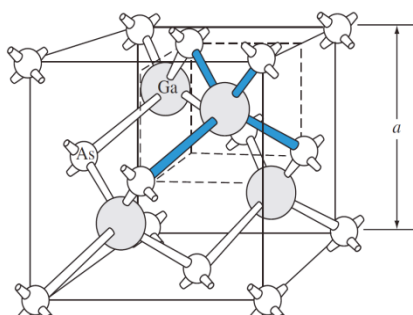


圖 1

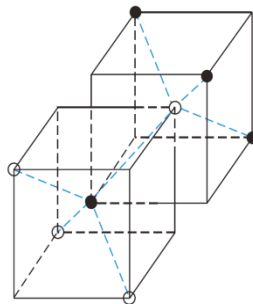


圖 2

從圖 2 去觀察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)砷化鎵半導體的摻雜：

1. 矽原子進入砷原子的次晶格取代砷原子：形成 P 型半導體

矽原子為四族元素，砷原子為五族元素，當矽原子取代砷原子時代表再與鎵原子鍵結時總共有 7 個鍵結電子，即少 1 個電子，意謂多一個電洞(帶正電)，因此為 P 型半導體。

2. 矽原子進入鎵原子的次晶格取代鎵原子：形成 N 型半導體

由於鎵原子有 3 個鍵結電子，矽原子有 4 個鍵結電子，當矽原子取代鎵原子時代表再與砷原子鍵結時總共有 9 個鍵結電子，即多了 1 個電子，因此為 N 型半導體。

## 跟著我們一起在志光學儒保成

### 找到屬於工科人的工頂人生



**選對好老師，中年轉職好順利！**  
我進總公司職員，覺得公職夠穩定，決定上國考之路。隔了20幾年重拾書本，選擇好的補習班讓我事半功倍。熱力學老師張流體力學老師，我非常推崇，只要照著老師講的記下來、寫下來，這樣就夠了。  
1年考取 古○芳 109年高考機械工程



**專業名師指導，提升解題順暢度！**  
本以為適合閱讀，但發現穩定的生活才是我想要的。老師的教材都有明確分析與統整，再加上會由老師出申論題讓考生做練習，增加寫題目的敏感及順暢度。考前還有總複習課程，精準預測範圍、統整考前重點。  
全國榜花 李○庭 109年鐵路高級機械工程

為你設計的學習模式，讓你靈活學習、輕鬆準備！



**面授學習**  
直接，有效

- ▲面對面教學，現場解決疑惑
- ▲專業名師統整、分析考試重點
- ▲定期測驗，隨時檢視學習效果



**雲端函授**  
自主，彈性

- ▲不再煩惱通勤，教材直接送到家
- ▲反覆聽課，不怕觀念聽不懂
- ▲完全自由，自主安排學習進度



**視訊學習**  
便利，專注

- ▲安靜舒適上課環境，提高專注力
- ▲看課時間自由預約，不必擔心時間衝突
- ▲可暫停、倒轉或快轉，深度學習超簡單

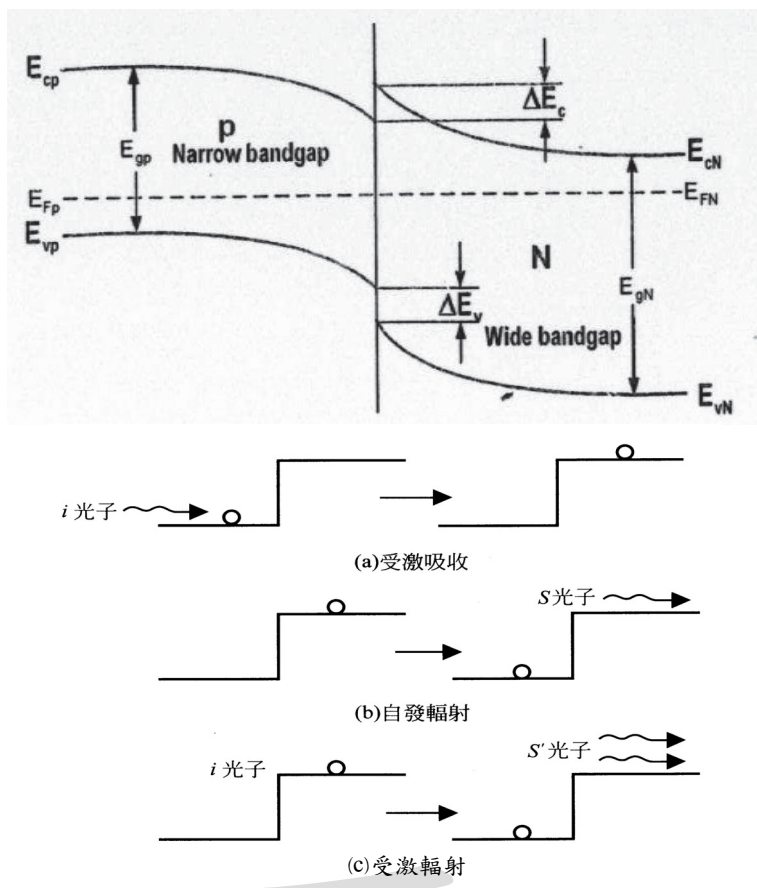
二、考慮在一個順偏發光二極體元件的主動層內的電子、電洞復合 (recombination)，舉出三種復合的方式，說明其物理機制，並敘述其復合速率與電子、電洞濃度的關係。(20分)

1. 《考題難易》：★★★普通
2. 《破題關鍵》：需瞭解順偏發光二極體的機制與復合關係。

**【擬答】**

兩個能階之間的三種轉換過程：

就兩個能階系統而言，圖中所示之低能階與高能階分別稱為基態與激發態，處於基態之原子為穩定，只有受到外來某種作用時，原子獲得能量，才有可能躍遷至激發態。



(一)受激吸收：如圖(a)所示。

在外加能量注入下，原子可以吸收一個具有適當能量之光子而被激發，此一過程稱之。原子在激發態之壽命很短，被激發之原子不能長時間停留在高能階，會以另外兩種方式躍遷回低能階。

(二)自發輻射：如圖(b)所示。

經過一段時間後，原子會自然躍遷回穩定的能階，而躍遷所釋放的能量以光的型式向四面八方擴散，此一過程稱之。

(三)受激輻射：如圖(c)所示。

處於高能態之原子，受到某種外來輻射的受激作用，在一定之條件下，發射一個光子，原子自發性的由激發態回到基態，此一過程稱之。此即為雷射之基礎。

對少數載子注入而言：

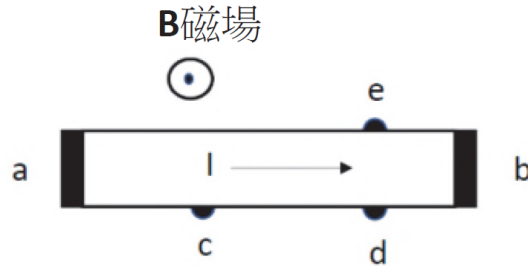
$$\frac{\partial n_p}{\partial t} = n_p \mu_n \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x} + \mu_n \times \mathcal{E} \times \frac{\partial n_p}{\partial x} + D_n \frac{\partial^2 n_p}{\partial x^2} + G_n - \frac{n_p - n_{p0}}{\tau_n}$$

$$\frac{\partial p_n}{\partial t} = -p_n \mu_p \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x} - \mu_p \times \mathcal{E} \times \frac{\partial p_n}{\partial x} + D_p \frac{\partial^2 p_n}{\partial x^2} + G_p - \frac{p_n - p_{n0}}{\tau_p}$$

三、如下圖所示為一霍爾效應 (Hall effect) 量測結構，所量測為一半導體薄膜長方形結構。電流  $I$  如圖所示，由接點  $a$  流入，接點  $b$  流出。磁場  $B$  為出紙面方向，與薄膜電流方向垂直。由接點  $c$  與接點  $d$  量得的電壓為  $V_{cd}$ ；由接點  $e$  與接點  $d$  量得的電壓為  $V_{ed}$ 。

(一)若此半導體為  $n$  型半導體，由電子傳導，問電子會堆積在  $e$  接點側或  $d$  接點側？電壓  $V_{ed}$  為正或為負？說明你的理由。若半導體為  $p$  型半導體又會如何？(10 分)

(二)若  $ed$  的間距為  $W$ ， $cd$  的間距為  $L$ ，薄膜的厚度為  $t$ ，磁場的大小為  $|B|$ ，單位電荷以  $q$  表之。就半導體為  $n$  型半導體，電子濃度為  $n$  的條件，求  $V_{ed}/I$  之值，以上述參數表之。(10 分)



- 《考題難易》：★★簡單
- 《破題關鍵》：熟悉霍爾效應即可寫出

【擬答】

(一)半導體材料加入電流  $I$  與磁場  $B$ ，根據夫來明左手定則可以感應出電場與電壓。

- 若為  $N$  型半導體材料，電子將往下面移動，電子會堆積在  $d$  接點側，電壓  $V_{ed}$  為正。
- 若為  $P$  型半導體材料，電洞將往下面移動，電洞會堆積在  $e$  接點側，電壓  $V_{ed}$  為負。

(二)  $V_{ed} = E \times W = vBW$

$$J = \frac{I}{A} = nqv \Rightarrow v = \frac{I}{nqA} = \frac{I}{nqWt}$$

$$V_{ed} = \frac{I}{nqWt} \times B \times W = \frac{IB}{nqt}$$

志光學儒保成

# 公職/國營工科上榜大勝利

眾多連續上榜，再創工科巔峰!

<p><b>李○庭</b> 109年鐵路員級機械工程【全國探花】</p> <p>109年普考電子工程</p> <p>109年普考機械工程</p> <p>109年普考機械工程</p> <p>109年普考機械工程</p>	<p><b>楊○中</b> 109年鐵路特考電子工程【全國榜眼】</p> <p>109年普考電子工程</p>	<p><b>程○超</b> 109年普考資訊處理</p> <p>109年普考資訊處理</p>	<p><b>林○鼎</b> 109年普考電力工程</p> <p>109年鐵路特考電力工程</p>	<p><b>盧○芳</b> 109年普考機械工程</p> <p>109年普考機械工程</p>
<p><b>陳○暉</b> 109年鐵路特考電子工程【全國榜眼】</p> <p>109年普考電力工程</p>	<p><b>張○廷</b> 109年普考電力工程【全國第四】</p> <p>109年普考電力工程</p>	<p><b>彭○琳</b> 109年普考資訊處理</p> <p>109年普考資訊處理</p>	<p><b>黃○穎</b> 109年普考電力工程</p> <p>109年鐵路特考電力工程</p>	<p><b>曾○倫</b> 109年普考資訊處理</p> <p>109年普考資訊處理</p>
<p><b>吳○泓</b> 109年普考電子工程</p> <p>109年地特四等電子工程【新北市狀元】</p>	<p><b>許○諭</b> 109年普考電子工程</p> <p>108年地特三等【台北市狀元】</p>	<p><b>李○</b> 109年普考資訊處理</p> <p>109年鐵路特考資訊處理</p>	<p><b>蘇○宏</b> 109年普考電子工程</p> <p>109年鐵路特考電子工程</p>	<p><b>賴○錦</b> 109年普考資訊處理</p> <p>109年鐵路特考資訊處理</p>
<p><b>許○諭</b> 109年普考電子工程</p> <p>108年地特三等【台北市狀元】</p>	<p><b>常○諭</b> 109年普考機械工程</p> <p>109年鐵路特考機械工程</p>	<p><b>曾○招</b> 109年國營聯招台電電機</p> <p>110年初等考電子工程</p>	<p><b>蘇○宏</b> 109年普考電力工程</p> <p>109年鐵路特考電力工程</p>	<p><b>蘇○宏</b> 109年普考電力工程</p> <p>109年鐵路特考電力工程</p>

**109年單一年度 締造眾多優秀上榜**

<p>地特三等機械工程【<b>高雄市狀元</b>】<b>陳○榮</b></p> <p>地特三等資訊處理【<b>澎湖縣探花</b>】<b>沙○豪</b></p>	<p>地特四等資訊處理【<b>台北市狀元</b>】<b>曾○皓</b></p> <p>地特四等電子工程【<b>高雄市狀元</b>】<b>蔡○謨</b></p>	<p>地特四等電力工程【<b>桃園市狀元</b>】<b>鄧○駿</b></p> <p>國營聯招中油電機【<b>探花</b>】<b>張○瑞</b></p>	<p>普考電子工程【<b>全國榜眼</b>】<b>洪○鈺</b></p>
---	---	--	--------------------------------------

(以下省略部分考選資訊)

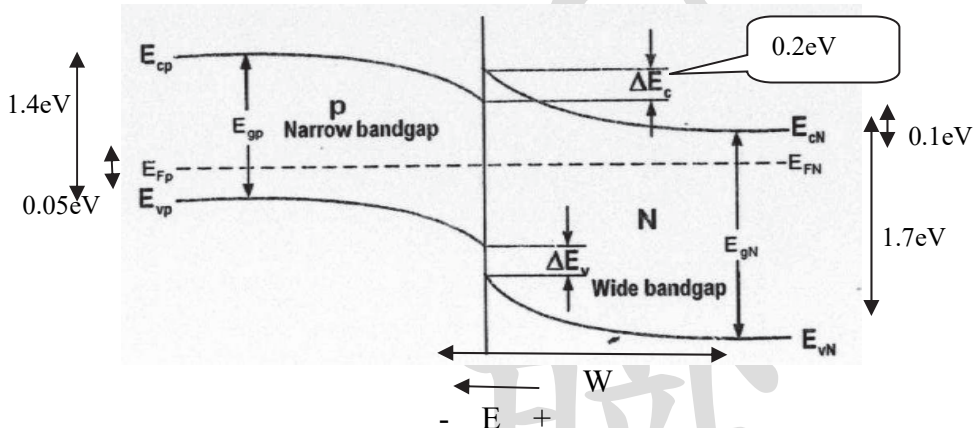
公職王歷屆試題 (110 地方政府特考)

四、考慮一個異質 PN 接面，P 型半導體的能隙為 1.4 eV，其中性區之費米能階在價電帶上方 0.05 eV。N 型半導體的能隙為 1.7 eV，其中性區的費米能階在導電帶下方 0.1 eV。若在接面接合處 N 型半導體的導電帶比 P 型半導體的導電帶高 0.2 eV。假設 P 型半導體的雜質濃度  $N_A$  遠高於 N 型半導體的雜質濃度  $N_D$ ，畫出平衡時的能帶圖概要圖，圖中需標出能隙、中性區費米能階、接合處的導電帶與價電帶差異，以及空間電荷區。說明空間電荷區的主要電荷及其電場方向。並求此 PN 接面的內建電位 (built-in potential) 大小。(20 分)

1. 《考題難易》：★★★普通  
 2. 《破題關鍵》：需瞭解異質接面接合狀況

【擬答】

平衡時的能帶圖概要圖如下：



$$qV_{bi} = \Delta E_C + kT \ln \left( \frac{N_D}{n_i} \cdot \frac{N_{cN}}{N_{cP}} \right)$$

志光學儒保成

# 工科公職+國營

善用重疊考科，一次準備  
一年內超過 8 次上榜機會！

<b>初等考</b> 1月 ● 最容易上手的公職考試	<b>關務特考</b> 4月 ● 考科少於同職等考試	<b>鐵路特考</b> 6月 (110年因疫情延至9月) ● 佐級錄取率最高	<b>高普考</b> 7月 (110年因疫情延至10月) ● 主流考試，缺額眾多	<b>調查局特考</b> 8月 (110年因疫情延至10月) ● 三等月薪76,000起
<b>地方特考</b> 12月 ● 考科同高普考	<b>自來水評價人員</b> 不定期舉辦 ● 只考選擇題	<b>台電考試</b> 不定期舉辦 ● 考科少、好準備	<b>中油僱員</b> 不定期舉辦 ● 只考2科，多為選擇題	<b>國營事業職員級</b> 不定期舉辦 ● 國營退休潮，缺額多，工科類科競爭者少

**錄取率高**

109年  
工科錄取率  
最高達**19.42%**

電力工程	電子工程	機械工程	資訊工程
高考 19.42% 普考 17.33%	高考 9.04% 普考 9.39%	高考 18.27% 普考 13.70%	高考 12.92% 普考 10.47%

五、舉出兩種乾式蝕刻 (dry etch) 法，說明其工作之原理。並說明乾式蝕刻為何能夠達到具高深寬比的非等向性 (anisotropic) 蝕刻。(20 分)

- 1. 《考題難易》：★★★★困難
- 2. 《破題關鍵》：需對乾式蝕刻機之原理與設備有充分瞭解方能寫出

【擬答】

(一) 1. 感應耦合式電漿蝕刻機(ICP etcher)：如圖 1 所示：

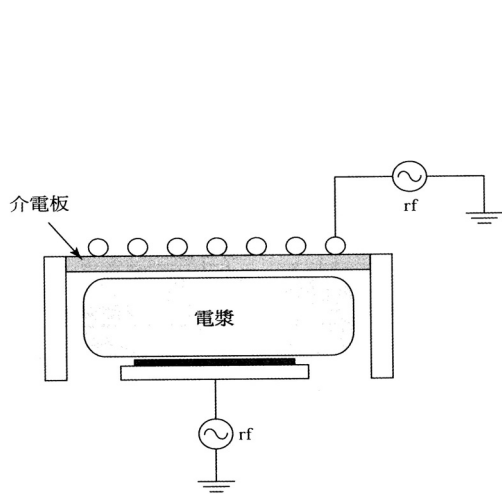


圖 1

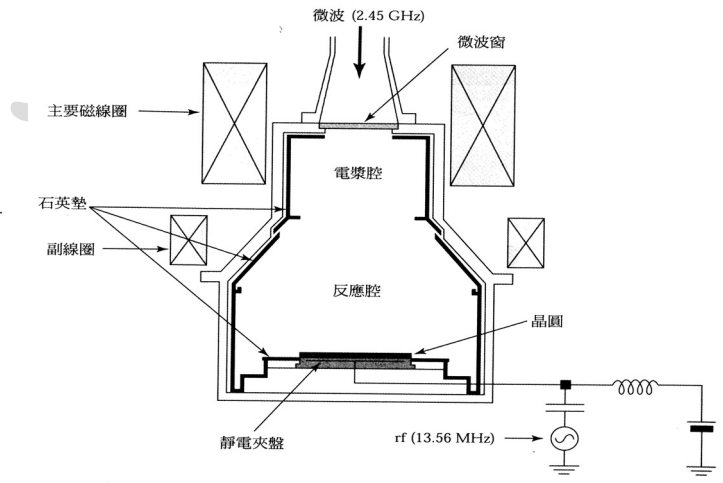


圖 2

反應器上方有一介電層窗，其上方有螺旋纏繞的線圈，並藉由此感應線圈在介電層窗下方產生電漿。電漿的產生位置距離晶片只有幾個平均自由徑，故只有少量的電漿密度損失，因此可達成高密度電漿。

2. 電子迴旋共振蝕刻系統：如圖 2 所示

共有兩個腔，一為電漿產生腔，一為擴散腔。微波藉由波導管穿過石英或氧化鋁製成的窗進入電漿產生腔中，磁場則隨著磁場線圈距離的增加而縮小，電子便隨著磁場的變化而向晶片移動。正離子靠著濃度的不同而向晶片擴散，但通常在晶片也會施加一射頻或直流偏壓來加速離子，以達到非等向性蝕刻的效果。

(二) 蝕刻的進行主要靠化學反應來達成，以獲得高選擇比。加入離子轟擊的作用有二：一是將被蝕刻材質表面的原子鍵結破壞，以加速反應速率。二是將再沈積於被蝕刻表面的產物或聚合物(Polymer)打掉，以使被蝕刻表面能再與蝕刻氣體接觸。而非等向性蝕刻的達成，則是靠再沈積的產物或聚合物，沈積在蝕刻圖形上，在表面的沈積物可為離子打掉，故蝕刻可繼續進行，而在側壁上的沈積物，因未受離子轟擊而保留下來，阻隔了蝕刻表面與反應氣體的接觸，使得側壁不受蝕刻，而獲得非等向性蝕刻。