

# 110 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、(一)何謂歐傑複合 (Auger recombination) 效應？它通常發生於何種狀況？(10分)

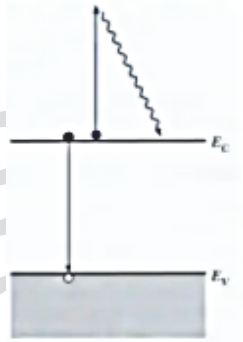
(二)由 p 型矽 (Si) 半導體與銅 (Cu) 形成蕭特基界面 (Schottky junction)，假如銅的功函數 (work function,  $q\phi_m$ ) 為 4.5 eV，矽的電子親和力 (electron affinity,  $q\chi_{Si}$ ) 為 4.05 eV，矽的能隙 ( $E_g$ ) 為 1.12 eV，矽的功函數 (work function,  $q\phi_{Si}$ ) 為 4.9 eV。請計算此蕭特基界面的能障值 (barrier height,  $q\phi_B$ ) 與內建電位值 (built-in potential,  $qV_{bi}$ )。(10分)

1. 《考題難易》：★★★普通

2. 《破題關鍵》：瞭解複合機制與金屬半導體接觸概念方能解出

### 【擬答】

(一)電子電洞對復合所釋放的能量轉移至第三個電子或電洞，歐傑複合率與載子濃度成正比，如圖所示，稱為歐傑複合 (Auger recombination) 效應。



常發生於高摻雜濃度半導體或高階注入的情況。

$$(二) q\phi_{Bp} = E_g - q[\phi_m - \chi] = 1.12 - (4.5 - 4.05) = 0.67 eV$$

$$qV_{bi} = q\phi_{Bp} - q\phi_p = 0.67 - [1.12 - (4.9 - 4.05)] = 0.67 - 0.27 = 0.4 eV$$

**二科人 上榜大勝利**  
跟著我們一起工頂人生

連過三榜 雙料金榜 眾多連續上榜，再創工科巔峰!

李○庭 109年鐵路員級機械工程【全國探花】 109年高考機械工程 連過三榜 109年普考機械工程	楊○坤 109年鐵路特考電子工程【全國榜眼】 109年普考電子工程	柯○毅 109年高考資訊處理 109年普考資訊處理	林○強 109年普考電力工程 109年鐵路特考電力工程	鄭○威 109年普考機械工程 109年鐵路特考機械工程
陳○傑 109年鐵路特考電子工程【全國榜眼】 109年高考電子工程	蔡○全 109年鐵路特考機械工程【全國第四】 109年普考機械工程	彭○琳 109年高考資訊處理 109年普考資訊處理	黃○麟 109年普考電力工程 109年鐵路特考電力工程	黃○錫 109年普考資訊處理 109年鐵路特考資訊處理
吳○泓 109年普考電子工程 109年地特四等電子工程【新北市狀元】	蔡○廷 109年普考電力工程【全國第五】 109年高考電力工程	李○○ 109年普考資訊處理 109年鐵路特考資訊處理	蘇○宏 109年普考電子工程 109年鐵路特考電子工程	蔡○傑 109年普考資訊處理 109年鐵路特考資訊處理

**109年單一年度 締造眾多優秀上榜**

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

眾多優秀上榜名單 (部分省略)：

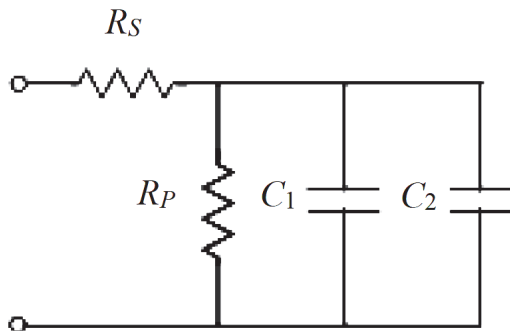
- 普考資訊處理：李○庭、楊○坤、柯○毅、林○強、鄭○威、陳○傑、蔡○全、彭○琳、黃○麟、黃○錫、吳○泓、蔡○廷、李○○、蘇○宏、蔡○傑、洪○鈺
- 鐵路特考：楊○坤、柯○毅、林○強、黃○麟、黃○錫、蔡○廷、李○○、蘇○宏、蔡○傑、洪○鈺
- 普考：李○庭、楊○坤、柯○毅、林○強、鄭○威、陳○傑、蔡○全、彭○琳、黃○麟、黃○錫、吳○泓、蔡○廷、李○○、蘇○宏、蔡○傑、洪○鈺

公職王歷屆試題 (110 高考三級)

二、一般 p-n 二極體的等效電路模型如下圖所示，

(一)在順向偏壓下，請說明兩個電容  $C_1$  和  $C_2$  的來源為何？(10分)

(二)請說明兩個電阻  $R_S$  和  $R_P$  的來源為何？(10分)



1.《考題難易》：★★簡單

2.《破題關鍵》：熟悉二極體的等效電路之物理架構方能解題

【擬答】

(一)  $C_1$  稱為擴散電容，來源是順向偏壓下電洞擴散由空間電荷區邊緣處進入 N 型區與主要載子電子復合；電子擴散由空間電荷區邊緣處進入 P 型區與主要載子電洞復合。

$C_2$  稱為接面電容，來源是空乏區有分隔的正、負電荷而產生的空乏層電容。

順向偏壓下擴散電容大小遠大於接面電容。

(二)  $R_P$  稱為擴散電阻，來源是順向偏壓下直流電流-電壓曲線斜率的倒數。

$R_S$  來源是因為 P 型區與 N 型區中性區具有有限電阻，因此形成串聯電阻

三、(一)對一工作於主動模式 (active mode) 的 npn 雙極性電晶體，假設基極對射極的偏壓為  $V_{BE}$ ，基極寬度為  $W_B$ ， $W_B$  遠小於電子的擴散長度，且電子在基極的擴散係數為  $D_n$ ，電子電荷為  $q$ 。今電子由射極進入基極，在射極與基極的電子濃度為  $n_p(0)$ ，在基極與集極的電子濃度為  $n_p(W_B)$ ，請寫出在基極的電子電流密度方程式。(10分)

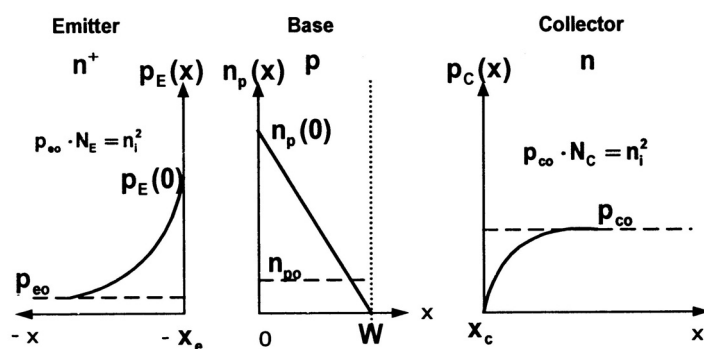
(二)通常較高值的厄利電壓 (Early voltage,  $V_A$ ) 可以得到較高值的電壓增益。如果我們以下列三種方式設計雙極性電晶體以增加厄利電壓：1. 增加基極寬度，2. 增加基極濃度，3. 減少集極濃度，請說明那一種方式可以得到較高值的電流增益 ( $\beta$ )？請說明理由。(10分)

1.《考題難易》：★★★普通

2.《破題關鍵》：需瞭解 BJT 的電流物理機制方能解出

【擬答】

(一)少數載子之分佈圖：如圖所示



少數載子之分佈圖

因為基極寬度很窄，因此基極少數載子濃度之分佈為直線，則

$$n_p(x) = n_{p0} e^{qV_{BE}/kT} \times \left(1 - \frac{x}{W_B}\right)$$

基極少數電子電流密度方程式表示式為

$$J_{Bn} = qD_n \frac{dn_p}{dx} \Big|_{x=W_B} \approx -\frac{qD_n n_{po}}{W_B} \times e^{qV_{BE}/kT}$$

(二)減少集極濃度：

靠近集極為低摻雜，如此可增加擴散常數  $D_B$ ，因而得到較高值的電流增益 ( $\beta$ )

四、(一)以短通道 (short channel) 的金氧半場效電晶體 (MOSFET) 為例，請說明短通道長度對臨界電壓的影響。(10分)

(二)以金氧半場效電晶體為例，請說明次臨界電流 (subthreshold current) 的定義。(10分)

1.《考題難易》：★★★普通

2.《破題關鍵》：瞭解 MOSFET 元件臨界電壓影響與次臨界定義才能解題

【擬答】

(一)長通道的 MOSFET 元件中，源極與汲極的空間電荷區會延伸至通道區域中，但僅占整個通道長度的小部分比例，但若通道長度變窄，則通道區域內被閘極控制的電荷比例將會減少，

$$\text{根據 } V_{TN} = \left( \left| Q'_{SD}(\max) \right| - Q'_{SS} \right) \times \frac{t_{ox}}{\epsilon_{ox}} + \phi_{ms} + 2\phi_{fp}$$

可看出將會影響臨界電壓

式子中可看出  $\left| Q'_{SD}(\max) \right|$  會變少，使得臨界電壓會往負的方向平移，導致增強型 n 通道會往空乏模式移動。

(二)次臨界區(subthreshold region)：

在  $V_{GS} < V_T$  時雖然元件為截止，但事實上汲極電流並不為 0，此一區域稱之；若做為開關之應用，此一區域應愈小愈好。

在  $V_{GS} \leq V_T$  時，仍有一微量的汲極電流，對應之區域為弱反轉狀態，即  $\psi_B < \psi_S < 2\psi_B$

## 志光學儒保成 工科人專屬學習規劃

### 精心安排完整豐富的上榜課程

工科考試所需要的資源，我們通通幫你準備好了

<div style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 5px; color: white; font-weight: bold;">法科 架構班</div> <p>學校沒教的，我們教給你！名師精解法科知識，結合實務例子，助你建構法科概念。</p>	<div style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 5px; color: white; font-weight: bold;">扎實 正規班</div> <p>完整堂數規劃，循序漸進學習，讓您深度修習工科各專業學科知識。</p>	<div style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 5px; color: white; font-weight: bold;">作文 實戰班</div> <p>作文再也不是理工人的痛！透過專業老師的輔導，快速強化您的寫作架構、邏輯概念。</p>
<div style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 5px; color: white; font-weight: bold;">主題 題庫班</div> <p>主題式教學，搭配各類試題演練，進行考點分析及破題要點訓練，讓您短時間各科實力倍增。</p>	<div style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 5px; color: white; font-weight: bold;">精華 總複習</div> <p>考前重點總複習，精準掌握重要考點，讓您考前實力突飛猛進。</p>	<div style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 5px; color: white; font-weight: bold;">工科 全科班</div> <p>公職+國營完善循環課程規劃，All in One課程一次到位，奠定穩固基礎、強化上榜實力。</p>
<div style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 5px; color: white; font-weight: bold;">考前提要 關懷講座</div> <p>名師考前最終提點，穩定你累積許久的實力，讓你的觀念更加清晰。</p>	<div style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 5px; color: white; font-weight: bold;">全國全真 模擬考</div> <p>檢視應考實力、訓練臨場反應、掌握最新考題趨勢，全程比照考試時程，模擬考場實戰氛圍，讓您能以平常心應考！</p>	

109普考 電子工程  
曾○維  
一年考取

我是工科人，我工頂啦！

由於考試的題目非常靈活，參加題庫班，除了勤做考古題外，大量實作解題，很快速地強化我的考前記憶，每做一道題目馬上能判斷是在哪一章節，然後再進行解題。

■完整課程資訊詳洽全國志光·學儒·保成門市■

五、(一)和化學氣相沉積 (atomic layer deposition, ALD) 技術相比較，請說明原子層沉積技術的優點與缺點。(10分)

(二)請解釋電遷移 (electromigration) 現象，並說明如何改善此現象。(10分)

- |                              |
|------------------------------|
| 1.《考題難易》：★★★普通               |
| 2.《破題關鍵》：沉積技術比較與瞭解電遷移之現象方可解題 |

【擬答】

(一) ALD 有別於一般傳統化學氣相沉積 (chemical vapor deposition, CVD) 的成長方式，前驅物 (precursors) 依序地被引進反應腔體裡面，藉由前驅物在基材表面的飽和化學吸附 (saturated chemisorption) 及自我限制 (self-limiting) 的化學反應，將原子一層一層地堆疊起來，進行薄膜的成長。

原子層沉積技術優點：

1. 透過循環數的控制，可以精確地控制薄膜的厚度。
2. 於表面飽和的機制，因此不需要控制前驅物流量的均一性。
3. 可生成大面積高均勻性薄膜。
4. 傑出的高深寬比的階梯覆蓋能力。
5. 優異的製程穩定度與低溫的製程。

缺點：

1. 在一般製程溫度下，前驅物需要有良好的揮發性。
2. 沉積速率較低。
3. 在較低成長溫度時，會有較差的結晶性。

(二)電遷移 (electromigration) 現象：

大電流持續通過金屬導線時，導線中越細的地方，會是電流密度越高的地方，電場也會越高，而導致金屬原子沿著材質本身的晶粒邊界，往電子流動的方向移動的現象。

為了避免電遷移效應，可以增加連線的寬度，以保證通過連線的電流密度小於一個確定的值。

志光學儒保成

# 公職工科+國營事業

**1+1 更有力** 準備公職的同時，可報考國營事業考試，善用重疊考科，一次準備就能多次上榜！

上榜路徑大公開！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 <small>(110年因疫情延至9月)</small> ●佐級錄取率最高	<b>高普考</b> 7月 <small>(110年因疫情延至10月)</small> ●主流考試，缺額眾多	<b>調查局特考</b> 8月 <small>(110年因疫情延至10月)</small> ●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%**

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