

109 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

一、鑽石 (diamond) 結構與閃鋅 (zincblende) 結構都是由兩個面心立方次晶格 (sub-lattice) 所組成。(每小題 10 分, 共 20 分)

(一) 說明這兩種結構的差異以及這兩種結構中兩個面心立方次晶格在空間的對應關係。

(二) $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ 合金半導體屬於閃鋅結構。其三種原子銦、鎵、砷在兩個次晶格間如何分布？又 $Si_{0.2}Ge_{0.8}$ 屬於鑽石結構。其兩種原子矽、鍺在兩個次晶格間又如何分布？

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★

2. 《解題關鍵》注意半導體的晶格特性中最易考的為鑽石結構與閃鋅結構。

【擬答】

(一) 鑽石結構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。

閃鋅結構是在鑽石結構中的兩個面心立方由不同原子所構成，稱為閃鋅礦結構。

閃鋅礦結構與鑽石晶格結構一樣，每個原子都被四個相臨的原子包圍。

(二) 化合物半導體在兩個交錯的面心立方晶格中可以改變化學元素的組成成份， $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ 表示三族次晶格的面心立方中有 53% 的銦原子與 47% 的鎵原子，而五族的次晶格全部是砷原子。

(三) 在每一面心立方次晶格中有 20% 的矽與 80% 的鍺所構成，磊晶所生長的矽鍺 (SiGe) 結構係利用矽鍺與矽之間晶格常數差異產生應變，從而提高載子的遷移率。

二、在一個 PN 接面光偵測器中，若光子在空乏區被吸收而產生電子電洞對，分別說明電子與電洞由產生位置到外部電極的傳導方式。若光子在 P 型中性區被吸收，也分別說明電子與電洞由產生位置到外部電極的傳導方式。請指出電子與電洞的傳導方向。(20 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★

2. 《解題關鍵》瞭解 PN 二極體在逆偏下的操作

【擬答】

(一) 外加逆偏時，PN 接面空乏區的寬度要夠大，使大部分光子在空乏區內被吸收，並非在中性 P 區與 N 區內被吸收，當在空乏區中產生一個電子電洞對時，藉由載子漂移，電場將電子掃至 N 側，電洞至 P 側，當載子漂移發生在很短時間內，此檢測器稱為空乏層光二極體 (depletion layer photodiode)，至少接面的一側要輕微摻雜，來產生較大的空乏層 W，才能協調靈敏度與響應速率。但若 W 較寬，多數入射光子會在空乏層中被吸收，導致高靈敏度，卻使得小的接面電容，減少檢測器電路的 RC 時間常數；同時太寬的 W 也會導致光產生載子漂移離開空乏區所需時間過長。

(二) P-I-N 光檢測器，其中 I 為不需真的為本質半導體，只要是高電阻係數即可，利用磊晶技術成長於 N 型基板，再由離子佈植得到 P 型，施加逆偏時，外加電壓幾乎為 I 層吸收，若 I 層的載子生命期超過漂移時間，則光產生的載子將被 N 型區與 P 型區收集。

公職王歷屆試題 (109 地方特考)

三、就一個操作在主動區的 npn 雙極性電晶體 (bipolar junction transistor)，說明其電流的傳導機制。何謂電晶體的注入效率 (injection efficiency) 與傳導因子 (transport factor)？若基極 (base) 與射極 (emitter) 為同質界面 (homojunction)，應如何設計射極與基極的摻雜濃度以提高注入效率？若基極與射極為異質界面 (heterojunction)，其能帶結構對注入效率有何影響？(20 分)

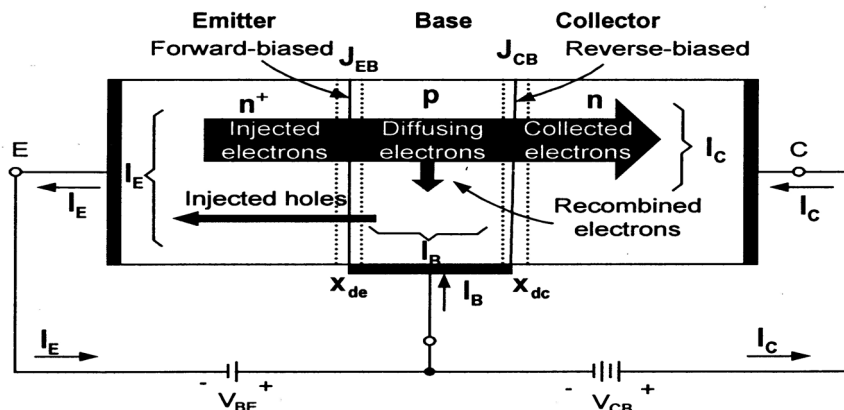
【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★

2. 《解題關鍵》瞭解同質 BJT 電晶體與異質界面雙載子電晶體 HBT 操作方能解題

【擬答】

(一) npn 雙極性電晶體電流傳導機制如圖



當電子要擴散通過基極區時，部分的電子會與基極區的多數載子電洞復合，基極區多數載子電洞會注入於射極區，而在 B-C 逆偏中，電子到達 C 極。

(二) 注入效率 (injection efficiency)：

$$\gamma = \frac{I_{En}}{I_E} = \frac{I_{En}}{I_{Ep} + I_{En}}$$

傳導因子 (transport factor)：

$$\alpha_T = \frac{I_{Cn}}{I_{En}}$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + \frac{D_E N_B W}{D_P N_E L_E}}$$

可看出 $\gamma \rightarrow 1$ ，則 $\frac{N_B}{N_E}$ 要小

(四) 同質 BJT 電晶體增加射極注入效率方式是射極區域採用重摻雜材料與基極區域採用低摻雜材料，但基極區域採用低摻雜材料會有較高的基極電阻；而射極退化性的摻雜會讓射極能隙些微降低，射極注入效率 γ 因而下降，因此才使用異質界面雙載子電晶體 HBT。

使用寬能隙半導體做射極，電子由 E 向 B 注入的障壁 qV_n 遠比電洞由 B 至 E 的 qV_p 小的多，代表可大幅提升射極注入效率 γ ，而不用在射極摻雜濃度極高之情況下，且因基極處可重摻雜，有較低的基極電阻，且不必擔心穿透現象。

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，一次準備就上榜！

110年上榜路徑大公開！一起準備最聰明，一年超過8次上榜機會，等你工頂！

初等考 1月 ●最容易上手的公職考試	關務特考 4月 ●考科少於同職等考試	鐵路特考 6月 ●佐級錄取率最高	高普考 7月 ●一次準備，四次上榜機會	調查局特考 8月 ●三等月薪76,000起
地方特考 12月 ●考科同高普考	自來水評價人員 不定期舉辦 ●只考選擇題	台電考試 不定期舉辦 ●考科少、好準備 ●110年預計5月考試	中油僱員 不定期舉辦 ●只考2科，多為選擇題	國營事業職員級 不定期舉辦 ●國營退休潮，缺額多，限工科報考競爭者少

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%

四、請說明磊晶成長 (epitaxial growth)、異質磊晶成長 (hetero-epitaxial growth)、以及晶格不匹配 (lattice mismatch)。如何利用異質磊晶成長對磊晶薄膜產生應變 (strain)？(20 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《解題關鍵》瞭解磊晶之意義與晶格不匹配下產生應變的解決方式

【擬答】

- (一)磊晶一詞源自於希臘文的 epi (在上) 和 taxis (有秩序的排列)，其意乃有秩序的排列在其上。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)在某一晶格材料上成長另一完整排列的晶格材料稱為異質磊晶成長。
- (三)利用不同的磊晶設備沉積異質磊晶來解決晶格不匹配的現象外，由於晶格常數相仿的材料不易尋得，因此磊晶前會在基板上沉積緩衝層 (BUFFER LAYER) 再來磊晶，另一種是利用絕緣層晶片 (SOI) 來異質磊晶，在二氧化矽中添加磷與硼，可增加在高溫下的流動性，如此高溫磊晶下可將晶格差異產生的應力釋放，如此差排力量就會向下移動，譬如矽鍍合金就可磊晶於 SOI 之上。

志光.學儒.保成 規劃了豐富完整的課程

精心安排專屬**工科人**的學習規劃，最完整的上榜課程

工科考試所需要的準備，我們通通幫你安排好了



- 法科架構班**：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。
- 扎實正規班**：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。
- 作文實戰班**：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。
- 主題題庫班**：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。
- 精華總複習**：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。
- 時事議題修法要點**：自己沒時間彙整最新資訊沒關係！完整時事補充，修法即時解析，考前重點全面補遺。
- 考前提要關懷講座**：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。
- 全國全真模擬考**：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！

五、考慮 Si 的 SiO_2 熱成長的機制可分為兩個步驟：

氧分子擴散通過已成長的 SiO_2 然後與下面的 Si 進行反應形成 SiO_2 。假設擴散的氧分子通量與 SiO_2 厚度成反比。分別說明何時擴散步驟、反應步驟會成為瓶頸步驟。而在前述兩種狀況下， SiO_2 的厚度與時間的關係分別為何？（20 分）

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《解題關鍵》瞭解氧化的沉積機制才能解題

【擬答】

- (一)矽置於含氧氣的環境下，氧分子將通過固有氧化層，到達矽的表面，然後與矽原子反應並生成 SiO_2 。當固有氧化層厚度為零時，矽表面很容易與氧分子結合形成 SiO_2 。當矽表面長出足夠厚的 SiO_2 之後，接下來的氧化便變得比較困難，因為參與反應的氧分子必須先到達 SiO_2 的表面，然後藉著氧分子在 SiO_2 內的擴散才能抵達矽的表面，而後進行 SiO_2 的成長反應。
- (二)固有氧化層表面的氧分子，藉擴散效應通過 SiO_2 並到達 Si 與 SiO_2 的介面 (interface)。這個氧分子流量用 F 表示，而 F 可以表示為 $F = D(C_s - C_i) / d_{ox}$ 在氧化層厚度很薄的狀況下，氧分子在 SiO_2 的擴散係數相對於 SiO_2 是足夠大時，此時的氧化速率將由氣氛中的氧分子濃度及氧化反應常數 K_s 所主導，又稱為 reaction control case，反應式為 $d_{ox} = (B/A) \times (t + \tau)$ SiO_2 的氧化速率與時間 t 呈線性正比關係。此時氧分子擴散通過 SiO_2 層的能力很強，反應速率限制在表面的氧化反應。
- (三)當氧化層足夠厚時，反應式為 $d_{ox}^2 = B \times t$
 氧化層的成長將以拋物線的方式逐漸趨緩下來，因為 SiO_2 的厚度使得氧分子藉擴散而傳遞到 Si- SiO_2 介面的能力變弱，此時反應速率的限制則在於氧的擴散，也就是式中的常數 B ，稱為拋物性速率常數 (parabolic rate constant)