

雙極性接面電晶體

National Taiwan Normal University

講師：陳奕維

一、PNP與NPN兩種電晶體之物理特性及架構

想瞭解電晶體...，
首先要先知道二極體!!
電晶體的結構很像二極體

一、PNP與NPN兩種電晶體之物理特性及架構

● 電晶體特性

- 常用的半導體材料：
鍺（germanium，Ge）和矽（silicon，Si）。
- 電晶體的構成：三層半導體，三個端點。
- 放大作用的半導體元件。

一、PNP與NPN兩種電晶體之物理特性及架構

● 電晶體特性

- 雙極性接面電晶體（ Bipolar Junction Transistor, BJT ）：傳導電流是由電子和電洞。
- 電晶體的優點：體積小、效率高、壽命長。

一、PNP與NPN兩種電晶體之物理特性及架構

雙極性接面電晶體（Bipolar Junction Transistor，BJT）可分為NPN和PNP兩種：

NPN就是射極（Emitter）是N型半導體，基極（Base）是P型半導體，集極（Collector）是N型半導體。



PNP就是射極（Emitter）是P型半導體，基極（Base）是N型半導體，集極（Collector）是P型半導體。



一、PNP與NPN兩種電晶體之物理特性及架構

● 雙極性接面電晶體基本架構

- 雙極性接面電晶體（Bipolar Junction Transistor, BJT）可分為NPN和PNP兩種：
- 根據不同的摻雜方式，在同一個矽片上，製造出三個摻雜區域，並形成兩個 P-N 接面。

一、PNP與NPN兩種電晶體之物理特性及架構

● 雙極性接面電晶體基本架構

- 雜質濃度比：

射極E >> 基極B > 集極C。

(約 $E=10^{19}$ 、 $B=10^{17}$ 、 $C=10^{15}$)

- 射極：發射載子的電極。

- 若摻入雜質的濃度越高，則多數載子的數量越多，其導電性也越佳。

一、PNP與NPN兩種電晶體之物理特性及架構

● 雙極性接面電晶體基本架構

- 將二層N型半導體，中間夾以一層很薄的P型半導體，即成NPN型電晶體。
- 將二層P型半導體，中間夾以一層很薄的N型半導體，即成PNP型電晶體。
- 將電晶體的三層晶片都分別列出接線成為電極，中間一片稱為基極（base，B），另兩極分別稱為射極（emitter，E）及集極（collector，C）。
- 射極能發射多數載體，基極可控制流向集極之多數載體的數量。集極則能收集射極發射的多數載體。

二、電晶體之電流成分

● 電晶體的工作原理

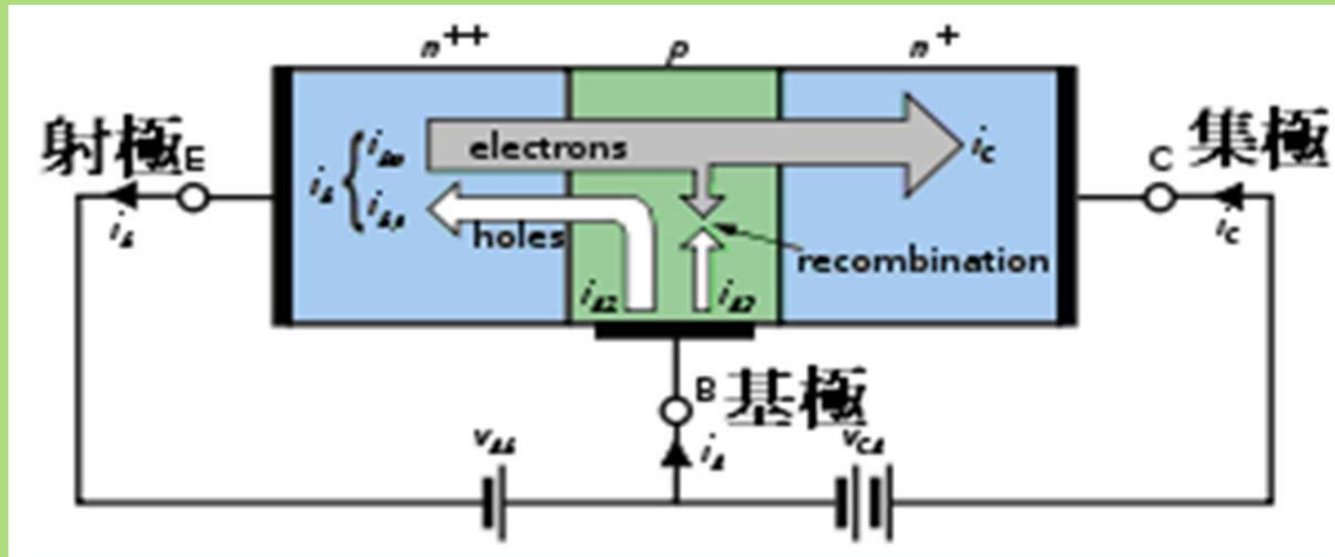
- 雙極性接面電晶體的結構中有兩個P-N接面，也就是射極與基極接面和基極與集極接面，而且每一個P-N接面可以分別接成順向偏壓或逆向偏壓。
- 為了使電晶體能當做放大器一樣地正常使用，在P-N接面都要加上適當的直流偏壓。而在這邊的接法就是：在射極（Emitter）與基極（Base）的E-B接面應加順向偏壓；在基極（Base）與集極（Collector）的B-C接面則是要加上逆向偏壓。

二、電晶體之電流成分

● 電晶體的動作說明

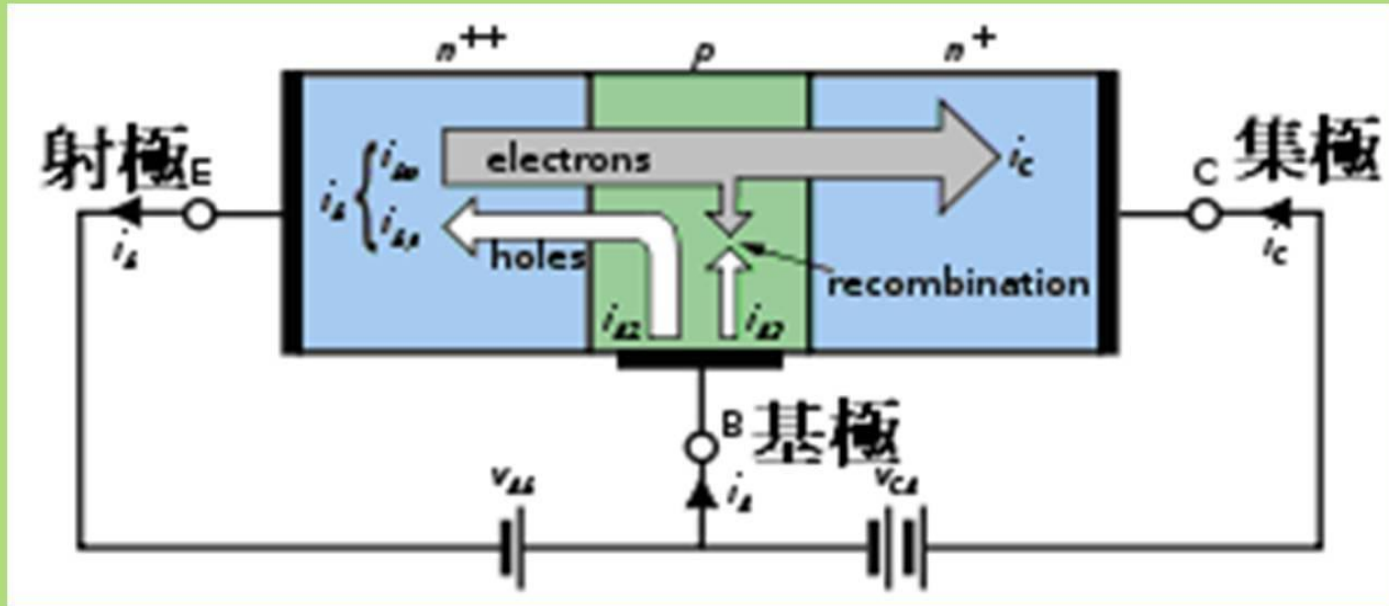
- 以NPN電晶體為例，在雙極性接面電晶體裡，雖然基極內的電洞較多，是多數載子。但是電流的傳遞，主要卻是透過基極裡的少數載子（也就是電子）來完成的，也因此 BJT 被稱做（minority-carrier devices）。
- 以下就以NPN電晶體做主要的例子：
（PNP型的把電子、電洞、偏壓的極性以及電流的方向做對調即可）

二、電晶體之電流成分



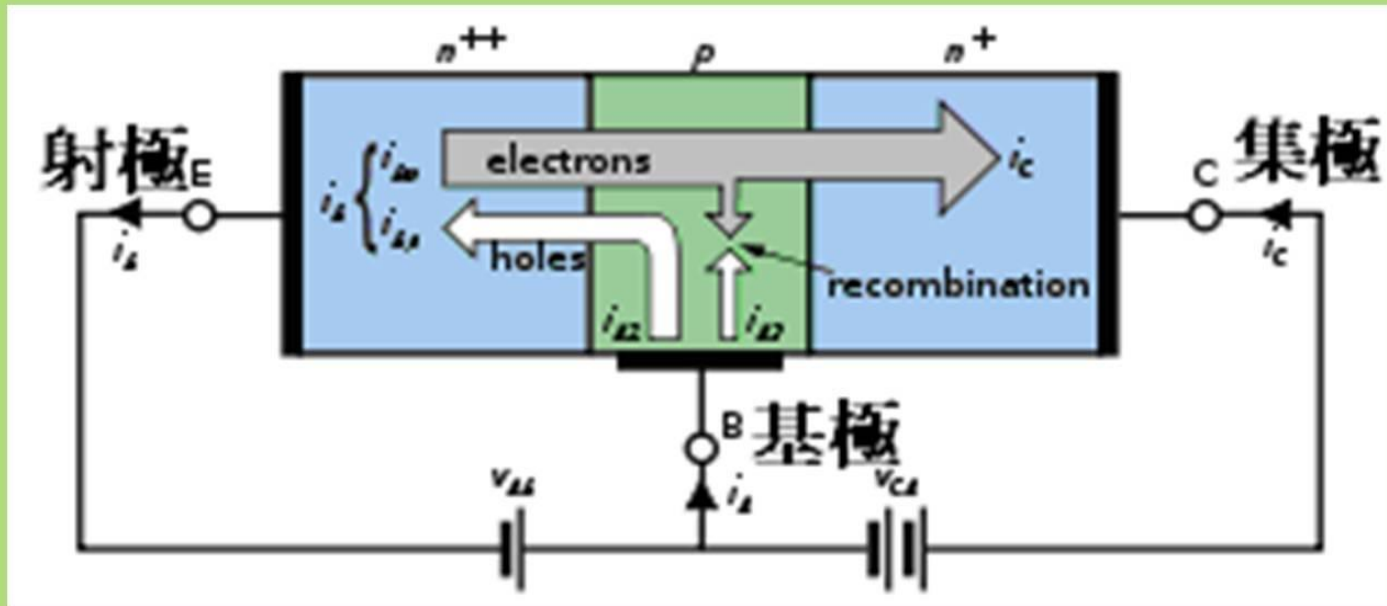
如圖所示，這是一個加有適當工作偏壓的NPN型電晶體，在基極與射極之間的順向偏壓將使基-射極接面的空乏區變窄（呈低電阻），而在集極與基極之間的逆向偏壓將使集-基極街面的空乏區變寬（呈高電阻）

二、電晶體之電流成分



一個電晶體可以被視為兩個二極體共用一端，像NPN電晶極為共用正極，而PNP則是共用負極。在一般狀況下，射-基極接面有著順向的偏壓（正偏），而集-基極接面卻相反，接的是逆向偏壓（反偏），當作放大器使用。三極體有三個狀態：截止、飽和、放大。

二、電晶體之電流成分



放大狀態：

以NPN電晶體為例子，射極接負電壓，基極接正電壓形成順偏，而集極電位又較基極高，是為逆偏，此時電晶體處於工作區（active region）。

二、電晶體之電流成分

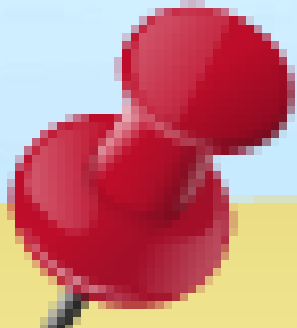
在NPN電晶體處於工作區時，射極P-N接面上空乏區的熱平衡會被破壞，大量的電子由濃度高的射極區經基極擴散（diffusion）到達基-集極接面的空乏區。到達空乏區後，由於空乏區內形成的電場，電子又被拉入集極，形成集極電流 i_C 。為了使電流更大，在製造BJT時採取了一些策略來增大電流。

第一點：射極區的電子濃度會做得較集極高，方便電子擴散，而PNP電晶體也相同，射極區的電洞濃度較集極更高些，通常差兩個數量級左右。

第二點，又由於電子在穿越基極的過程中，容易和電洞結合（recombine）而消失，故在BJT基極的部分會盡量做薄，基極做得越薄，則電子所需擴散的距離也就愈短，得載子能夠較容易跨越它而到達集基-集接面的空乏區。

因此得知，各極載子濃度和基極寬度對於集極電流來說是息息相關的。

三、精選試題演練

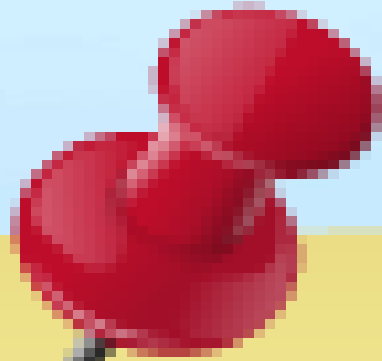


一般雙極性接面電晶體的
摻雜濃度大小依序為正確？

【92統測】

- (A) $B > C > E$
- (B) $B > E > C$
- (C) $E > C > B$
- (D) $E > B > C$

三、精選試題演練

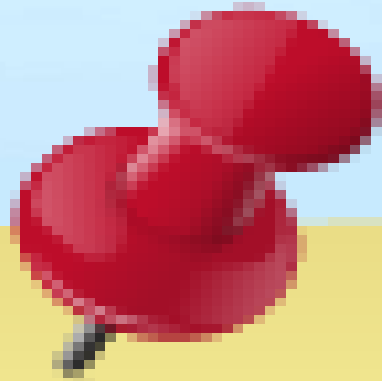


電晶體偏壓時，若將集極與射極對調，使得基極對射極接面為逆向偏壓，而基極對集極接面為順向偏壓，則下列有關電晶體的敘述，何者正確？

【94統測】

- (A)耐壓降低，增益降低
- (B)耐壓降低，增益提高
- (C)耐壓提高，增益降低
- (D)耐壓提高，增益提高

三、精選試題演練



對一般雙極性接面電晶體而言，要明顯提高其共射極電流增益，下述何種措施是正確的？ 【93二技統測】

- (A)射極輕摻雜
- (B)集極重摻雜
- (C)基極寬度變薄
- (D)基極重摻雜

三、精選試題演練

一般雙極性接面電晶體的摻雜濃度大小依序為正確？
【92統測】

Ans. : (D) $E > > B > C$

電晶體偏壓時，若將集極與射極對調，使得基極對射極接面為逆向偏壓，而基極對集極接面為順向偏壓，則下列有關電晶體的敘述，何者正確？【94統測】

Ans. : (A)耐壓降低，增益降低。

對一般雙極性接面電晶體而言，要明顯提高其共射極電流增益，下述何種措施是正確的？【93二技統測】

(C)基極寬度變薄。