

TRANSISTOR TELEVISION RECEIVER

# 電晶體電視機

## 電路裝配及設計



日・曾田純夫原著 鍾偉華譯

TRANSISTOR TELEVISION RECEIVER

# 電晶體電視機 電路裝配及設計

日・曾田純夫原著 鍾偉華譯

五洲出版社 印行

特價四十五元



版權所有 請勿翻印

電晶體電視機  
電路裝配及設計

譯者：鍾偉華  
發行人：丁廼庶  
發行所：五洲出版社  
總經理：五洲出版社  
台北市重慶南路一段88號  
電話：3219630・3512521

海總經外：經鴻書局  
香港九龍太子道 379 號 A

中華民國六十四年十月出版  
登記証 局版台業字第 0939 號

莊敬自強 處變不驚

## 編譯者的話

本書編譯自日本曾田純夫著的「電視接收機的電路設計」一書。原著共分兩部分，第一部分介紹電子管式電視機，第二部分介紹晶體管式電視機。鑒於近年來電視機的發展趨勢，半導體元件已幾乎淘汰了電子管在電視機中雄霸多年的位置，因此我們只把原著介紹晶體管電視接收機的部分譯出。供從事這方面工作的讀者參考。

本書對晶體管電視接收機的電路原理及設計講述得比較系統而詳細，文字通俗易懂，深入淺出，譯述過程中力求保持原著特點。書內附有很多圖表曲綫例題，沒有繁雜的公式推導，因此，對具有一定無綫電基礎，或對電子管式電視機已有一定了解的讀者來說，是一本很適合的參考書。

在編譯過程中，對原著存在的一些錯誤，我們盡可能給予改正，但可能還有一些錯漏的地方，尙希讀者指正。

編譯者謹識

中華民國六十四年九月

# 目次

## 編譯者的話

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 第1章 晶體管電視接收機的基礎知識 .....                              | 1  |
| 1.1 半導體和PN結的性質 .....                                 | 1  |
| 1.2 以基極為基準時晶體管的工作原理 .....                            | 3  |
| 1.3 發射極接地電路 .....                                    | 7  |
| 1.4 晶體管的靜態特性 .....                                   | 9  |
| 1.4.1 晶體三極管的二極管特性 .....                              | 9  |
| 1.4.2 晶體三極管特性 .....                                  | 10 |
| 1.5 晶體管的偏置電路 .....                                   | 11 |
| 1.5.1 偏置電路和穩定係數 .....                                | 11 |
| 1.5.2 偏置電路的關鍵 .....                                  | 16 |
| 1.5.3 偏置電路設計步驟(當 $\beta > 50$ , 因此可忽畧 $I_B$ 時) ..... | 17 |
| 1.6 晶體三極管的規格及參數 .....                                | 17 |
| 1.6.1 在最大容許值方面應注意的事項 .....                           | 21 |
| 1.6.2 對一般工作特性的看法 .....                               | 21 |
| 1.6.3 開關特性 .....                                     | 21 |
| 第2章 顯現光柵的有關電路 .....                                  | 23 |
| 2.1 使顯像管發光的電路 .....                                  | 23 |
| 2.2 晶體管鋸齒波發生電路 .....                                 | 24 |
| 2.2.1 晶體管間歇振盪器的脈沖寬度 .....                            | 26 |
| 2.2.2 晶體管間歇振盪器的振盪頻率 .....                            | 27 |
| 2.2.3 實用振盪電路 .....                                   | 29 |

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 2.3   | 晶體管幀偏轉電路 .....           | 31  |
| 2.3.1 | 幀輸出電路的工作情況 .....         | 32  |
| 2.3.2 | 輸出電路的失真 .....            | 34  |
| 2.3.3 | 輸出激勵電路 .....             | 35  |
| 2.3.4 | 實際使用的幀偏轉電路 .....         | 39  |
| 2.4   | 晶體管行偏轉電路 .....           | 42  |
| 2.4.1 | 晶體管行偏轉電路的原理 .....        | 43  |
| 2.4.2 | 行偏轉輸出電路的工作情況 .....       | 45  |
| 2.4.3 | 行偏轉電路的消耗功率 .....         | 49  |
| 2.4.4 | 高壓電路和消耗功率 .....          | 52  |
| 2.4.5 | 綫性和振幅調整電路 .....          | 54  |
| 2.4.6 | 行激勵電路 .....              | 55  |
| 2.4.7 | 實際使用的行偏轉電路 .....         | 59  |
| 2.4.8 | 行偏轉電路的關鍵 .....           | 64  |
| 2.4.9 | 晶體管的安全保護 .....           | 65  |
| 第3章   | 圖像信號電路 .....             | 69  |
| 3.1   | 晶體管視頻放大電路 .....          | 69  |
| 3.1.1 | 視頻輸出電路的分析 .....          | 70  |
| 3.1.2 | 輸出電路的工作及推動級 .....        | 78  |
| 3.2   | 晶體管高頻頭 (Tuner) 電路 .....  | 82  |
| 3.2.1 | 晶體管的高頻特性 .....           | 83  |
| 3.2.2 | 晶體管高頻頭電路 .....           | 91  |
| 3.3   | 晶體管圖像中頻放大電路 .....        | 107 |
| 3.3.1 | 圖像中放電路的性能指標 .....        | 107 |
| 3.3.2 | 晶體管圖像中放電路的分析 .....       | 109 |
| 3.3.3 | 實際單調諧圖像中放一級的增益 .....     | 113 |
| 3.3.4 | 實際使用的晶體管圖像中放電路及其問題 ..... | 119 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>第4章 使圖像穩定的電路</b>             | 127 |
| <b>4.1 晶體管自動增益控制 (AGC) 電路</b>   | 127 |
| 4.1.1 用 AGC 來控制晶體管增益的方法         | 128 |
| 4.1.2 反向AGC對大輸入信號的性能的改善方法       | 129 |
| 4.1.3 AGC 使諧振特性變化的情況            | 135 |
| 4.1.4 取出AGC控制電壓的方法及實用電路         | 146 |
| <b>4.2 晶體管同步電路</b>              | 155 |
| 4.2.1 輸入信號的極性和晶體管的極性            | 155 |
| 4.2.2 進行振幅分離所需輸入電平              | 157 |
| 4.2.3 同步分離電路的組成                 | 158 |
| <b>4.3 晶體管自動頻率調整 ( AFC ) 電路</b> | 160 |
| 4.3.1 行振盪器、鑒相電路及同步信號的極性         | 161 |
| 4.3.2 行同步的調整                    | 165 |
| 4.3.3 加比較信號的方法                  | 165 |
| <b>4.4 實際使用的同步及行偏轉電路</b>        | 166 |

## 第 1 章

# 晶體管電視接收機的基礎知識

晶體管電視機從 1959 年問世以來，技術上是引人注目的。近十幾年來，由於晶體管性能的提高，晶體管已逐漸取代了電子管的位置，成為電視接收機中一種主要的元件。

晶體管電視機作為電視接收機來說，它的基本電路組成和電子管式的完全相同，各部分電路的工作目的也沒有什麼變化，只不過是把電子管的任務用晶體管來担任而已。下面主要是講述使用晶體管方面的基礎知識，用晶體管來製成的電視機方面特有的問題，以及對於用晶體管構成的各部分電路的見解和分析。

### 1.1 半導體和 PN 結的性質

晶體管的原材料是鍺 (Ge) 和矽 (Si) 之類的半導體。它具有下列顯著特徵：

(1) 環境變化時，它的電氣特性有明顯的變化，例如，對熱來說，它的溫度係數是負的，在熱敏電阻 (Thermistor) 中這性質特別突出。光敏電阻則是利用其電阻值的光致變化性能的，受光照射就發生電動勢，利用這性能的是光敏半導體。它的導電性能隨着加到它上面的電場方向的不同，而有極大變化，說明它有整流作用。

(2) 加入雜質就可以改變導電性能及極性。將微量砷 ( $A_s$ ) 等加進高純度的鍺或矽半導體中，就會產生脫離原子結構的自由電子，而形成 N 型半導體。如將微量銦 ( $I_n$ ) 等加入，那就形成 P 型半導體，這時產生缺電子的「空穴」(Hole)，使半導體具有導電性能。

(3) 因此，N 型半導體的載流子 (Carrier) 是帶負電荷的電子，P 型半導體的載流子是帶正電荷的空穴。

將 P 型和 N 型半導體相結合，就成為 PN 結二極管。我們來研究這 PN 結二極管的工作情況。

像圖 1.1 (A) 所示那樣，在 PN 結二極管上加不加偏壓，那麼以結合面為界，右面有帶負電荷的電子，左面有帶正電荷的空穴，左右兩部分間有接觸電位差存在，如果將電池按圖 (B) 所示方向接到 PN 結

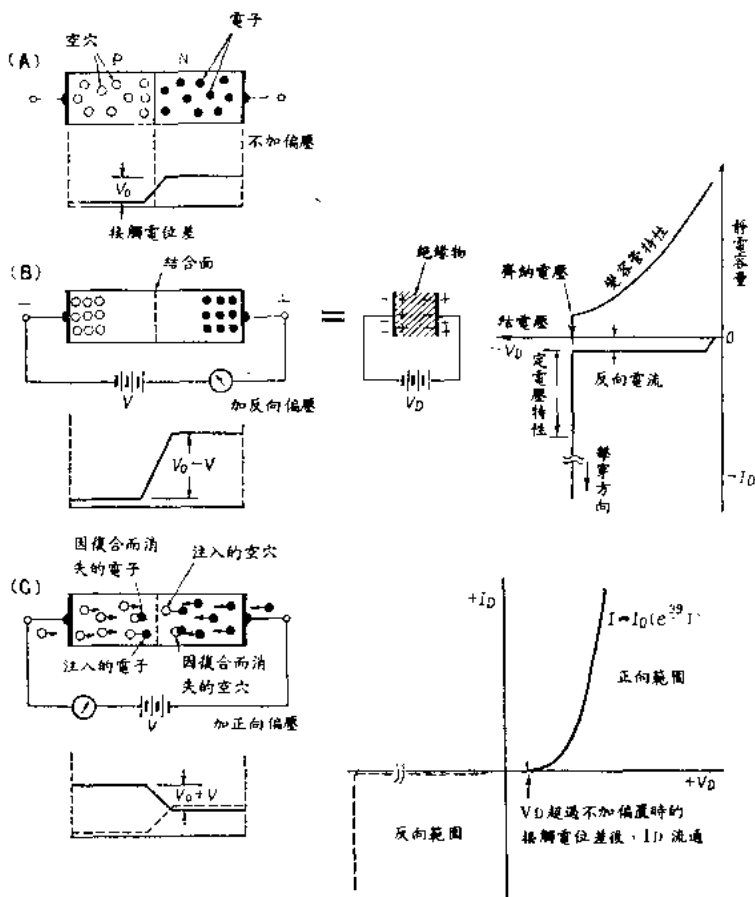


圖 1.1 PN 結二極管的構造模型及工作情況

上，那麼空穴被吸引到負端，電子被吸引到正端，中間部分成為沒有荷電粒子的空間狀態。這空間部分是不導電的，兩邊的電子和空穴成為電極板，這時可以把 PN 結看作一個電容器。兩端所加電壓不同，則不導電部分的厚度也改變。所加電壓越高，絕緣間隙也越大，電容量就越小。電池這樣連接時，結合面上沒有電子和空穴的交換，電流不流通，這種狀態叫做反向偏置狀態。

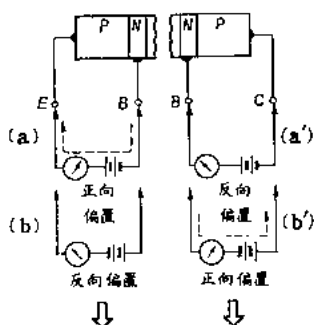
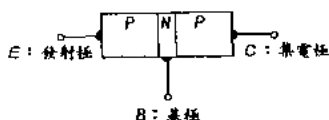
這時，中間部分是沒有荷電粒子的本徵半導體 (Intrinsic semiconductor)，各原子和相鄰的原子共有電子，因此在電氣上保持中性，並顯示出不導電的性能。如果所加的反向電壓過高，則共價鍵 (Covalent bond) 被破壞，電子就飛出，這電子被吸引到正端，因此正端至負端間開始有反向電流流通。這時的電壓電流特性曲線是很陡的，電壓作微小變化，電流則變化很大，所以對電流的變化來說，可以認為是具有定電壓效應的。

再將正電壓加到 P 型上，將負電壓加到 N 型上，這時電子和空穴就向相反方向移動並越過結合面，正負電荷相互復合而消失。這樣地加正方向電壓時，由電池的負極供給自由電子，電子和空穴不斷復合，電流就不斷流通，對於由 N 型進入 P 型的空穴來說，情況也是一樣的。

## 1.2 以基極為基準時晶體管的工作原理

大家都知道，晶體管有 PNP 和 NPN 兩種基本型式，現以 PNP 型為例，如圖 1.2 所示。這時，N 型的基極 B 夾在 P 型的發射極 E 與集電極 C 之間，形成兩個 PN 結。

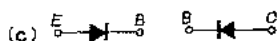
在三條引綫中，以基極為基準，給發射極和集電極各加上電壓，則有四種接法，如圖 1.3 (a) 至 (d) 所示。E 及 C 中都有電流流過的情況有圖 (c) 和 (d) 兩種，但在圖 (c) 中發射極電流  $I_E$  和集電極電流  $I_C$  之間沒有什麼關係，變化發射極電流不能使集電極電流跟着變化，所以不適用於放大作用。而如果要使它作為晶體管進行工作，那就應



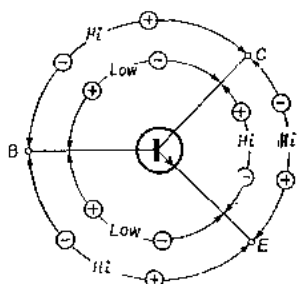
在晶体管B-E或B-C間接上電源，如電源方向不同，則導電狀況也不同

正向偏置：  
使B-E或B-C間導通時的偏置

反向偏置：  
不使電流通過時的偏置



由實驗(a)·(b)可以看出，晶體管內有兩個二極管



(d) 用萬用表(測試器)測得的PNP型晶體管三個管腳之間的電阻值

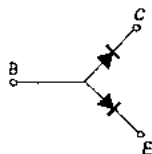


圖 1-2 實驗 1：在晶体管兩個管腳間加電壓的情況

該像圖(d)那樣加電壓，即必須在E-B間加正向的偏壓，在C-B間加反向電壓。這時， $I_C$ 和 $I_E$ 是成正比的，所以可用 $I_C = \alpha I_E$ 來表示兩者之間的關係。如果切斷 $V_E$ ，使 $I_E = 0$ ，則 $I_C$ 也不流通了。如果接上 $V_E$ ，使 $I_E$ 流通，那麼和它成正比的 $I_C$ 也流通。

從這方面考慮，可以認為在E-B結合面上，有空穴自發射極注入基極，因而 $I_E$ 流通。在基區內，空穴的一部分和電子復合，因而 $I_B$

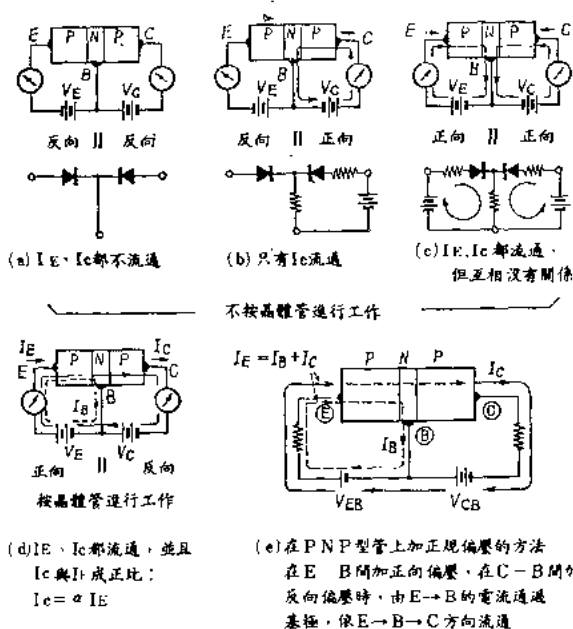


圖 1.3 實驗 2：以基極為基準，將電池分別接到 E、C 上。

流通。在 B-C 結合面上，注入基區的空穴的大部分向集電極方面擴散，這些空穴被負電極所吸收，因此形成了  $I_C$ 。

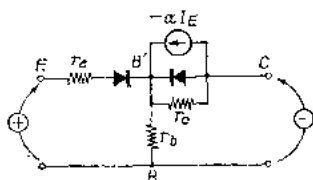
由上所述： $I_E = I_C + I_B$ ， $I_E$  有百分之多少變成了  $I_C$ ，可用下式表示：

$$\frac{\text{集電極吸收的空穴數}}{\text{由發射極注入基極的空穴數}} = \frac{I_C}{I_E} = \alpha \quad (1.1)$$

$\alpha$  稱為基極接地電流放大係數 (Current amplification factor)， $\alpha$  小於 1，一般約為 0.9~0.999，也就是說  $I_E$  的 90% 以上變成  $I_C$  了。

由以上關係式，可將基極接地的晶體管的等效電路 (Equivalent circuit) 以圖 1.4 表示。

$\alpha$  小於 1，那麼怎麼能由發射極輸入，由集電極方面得到放大的輸出呢？我們來研究一下圖 1.5。在圖中，輸入端加的是正向偏壓，



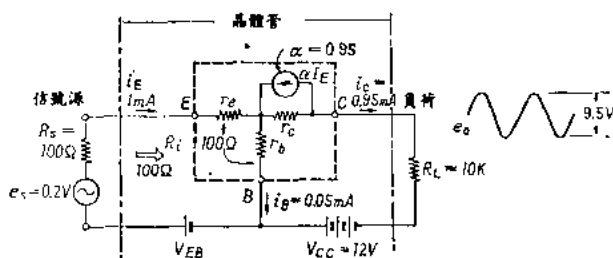
C-B間不只是二極管，由E-B注入的空穴電流，再乘 $\alpha$ 倍後被集電極吸收，這性質必須表現出來

$r_e$ : E-B間二極管的內阻

$r_b$ : 由B管腳至內部基極間的電阻

$r_c$ : C-B間二極管的反向電阻

圖 1.4 最簡單的基極接地晶體管等效電路



$$i_E = e_s / (R_s + r_i) = \frac{0.2V}{200\Omega} = 1mA$$

$$G_V = \frac{e_o}{e_s} = \frac{9.5}{0.2} \approx 47.5 \text{ 倍}$$

$$i_C = \alpha i_E = 0.95 \times 1mA \approx 0.95mA$$

$$G_i = \frac{i_C}{i_E} = \alpha = 0.95 \text{ 倍}$$

$$e_o = i_C R_L = 0.95mA \times 10k\Omega = 9.5V$$

$$G_P = \frac{e_o i_C}{e_s i_E} = G_V \cdot \alpha \approx 45.1 \text{ 倍}$$

圖 1.5 說明基極接地晶體管為什麼能夠放大

因此輸入阻抗是 E-B 間二極管的內阻，這內阻是很低的，約為  $100\Omega$ 。在輸出端加的是反向偏壓，輸出阻抗很高， $r_c \approx 1M\Omega$  左右。將內阻為  $100\Omega$ ， $0.2V$  的信號源接入輸入端，在輸出端接上  $10k\Omega$  負荷電阻，則輸入電流  $i_E = 1mA$ 。 $\alpha = 0.95$  時， $i_C = 0.95mA$ ，有  $0.05mA$  成為  $i_B$  了。輸出電壓為  $0.95mA \times 10k\Omega = 9.5V$ ，由此可見，可以得到 47.5 倍的電壓增益 (Voltage gain)。也就是說，基極接地電路中，由於  $\alpha \approx 1$ ，所以電壓增益倍數和輸出、輸入電路的阻抗比成正比。

在這例子中可以得到  $9.5V$  的輸出信號，把由  $R_L$  引入的直流電壓降考慮在內的話，電源電壓必須等於  $V_{CC} = 12V$  左右。如果要得到更

大的增益，則在增大  $R_L$  的同時，也必須增大  $V_{CC}$ 。對基極接地電路來說，如果負荷電阻不很大，那就不能得到很大的增益。如果次級接的是低輸入阻抗的負荷電路，那麼增益就要急劇降低，所以阻容耦合的放大電路中不用它，在用調諧電路作為負荷的高頻電路中，它是有使用價值的。

### 1.3 發射極接地電路

把基極接地的接法改為以發射極為基準，則成為發射極接地電路，如圖 1.6(b) 所示。在這場合下用 NPN 型晶體管作例子，所以內部二極管的方向和 PNP 型的相反，這時電源的極性和各個電流的方向也相反。發射極接地電路是把輸入加到基極，由集電極取得輸出的一種放大電路。把基極接地等效電路中 B 和 E 互換一下，就可以得到發射極接地的等效電路，如圖 1.7(b) 所示。再變為以  $i_B$  表示輸入電流，以  $i_C$  表示輸出電流，則成為圖 (c)。

以  $r_e$  表示 B-E 二極管的正向電阻，以  $r_c$  表示 C-B 間的反向電阻，那就可以消去二極管符號。如果使用的晶體管的特性和上節基極接地電路中所用的特性相同，則可得到圖示之電流關係，0.05mA 的  $i_B$  引起 0.95mA 的  $i_C$  流通，因此發射極接地的電流放大係數  $\beta$  為：

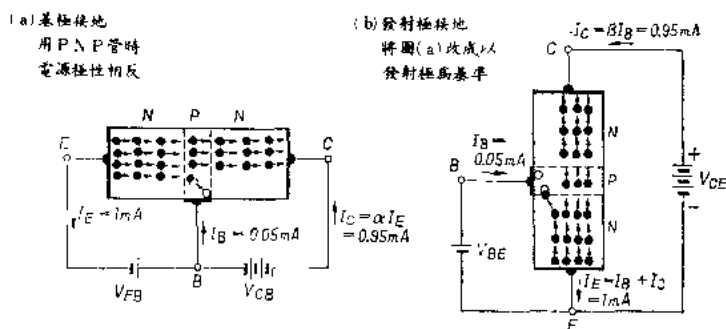


圖 1.6 NPN 型晶體管的基極接地及發射極接地的接法

$$\beta = \frac{\text{輸出電流}}{\text{輸入電流}} = \frac{i_C}{i_B} = \frac{0.95}{0.05} = 19 \quad (1.2)$$

$\beta$  比 1 大，基極接地時的電流放大係數  $\alpha$  和  $\beta$  的關係以下式表示：

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha &= \frac{i_C}{i_E} = \frac{i_C}{i_C + i_B} = \frac{1}{1 + \frac{i_B}{i_C}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta}} = \frac{\beta}{1 + \beta} \end{aligned} \right. \quad (1.3)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \beta &= \frac{i_C}{i_B} = \frac{i_C}{i_E - i_C} = \frac{1}{\frac{i_E}{i_C} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} - 1} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \end{aligned} \right. \quad (1.4)$$

這電路的輸入阻抗是  $R_i$ ，輸入信號源  $e_s$  為 0.2V， $R_i$  和  $R_s$  達到阻抗匹配條件時，B 端的電壓為 0.1V，由此  $R_i = \frac{0.1V}{0.05mA} = 2k\Omega$ ，實際上是基極接地的輸入阻抗的  $\beta/\alpha$  倍。由此可求各項增益：輸入電路匹配時的電壓增益  $G_v$  和基極接地型相同，電流增益  $G_i$  和功率增益  $G_p$  都增大為  $\beta/\alpha$  倍。

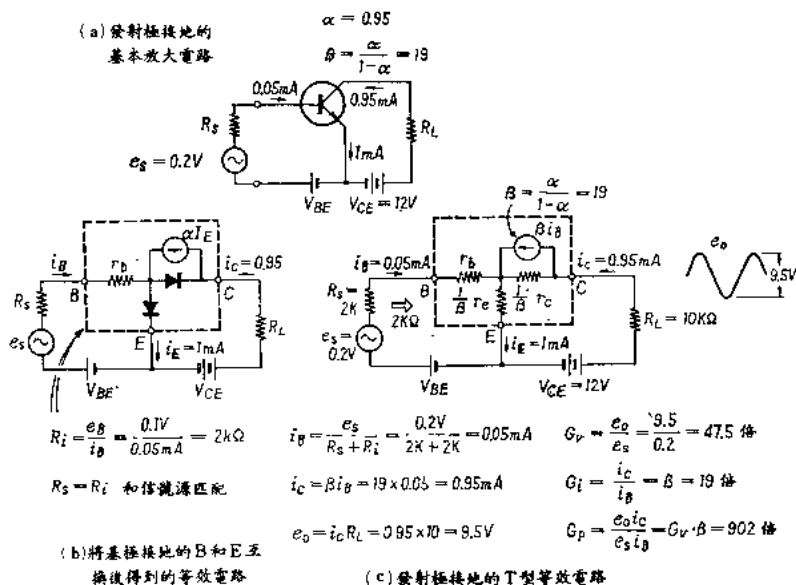


圖 1.7 發射極接地電路的放大係數

## 1.4 晶體管的靜態特性

### 1.4.1 晶體三極管的二極管特性

對 PNP 和 NPN 型晶體管來說，爲了使它工作，電源電壓接入方向是相反的，主要是要使 E-B 間二極管是正向的，使 C-B 間二極管是反向的。在圖 1.8(A)、(A') 中，只在 E-B 間加電壓，和圖 1.1 中所述結二極管的特性是大體相同的，鍺和矽晶體管的基極電流開始流通的電壓及上升情況是不同的。

鍺管的  $I_B$  在 0.1V 時就開始導通並逐漸增大，而矽管則在 0.6V 左右才開始急速導通，特性曲線上升很陡。圖(A')表示 E-B 間反向特性，只有很小的反向電流通過，但如果超過了  $V_{BE(max)}$  點，則電流就會急速增大而達到破壞點。因此， $V_{BE(max)}$  是爲了使晶體管不被損壞而可以施加的最大輸入電壓的標準。圖(B)是像圖(A)那樣地在 E-B 間加正向偏壓，又在集電極上加反向電壓，而得出的晶體管工作時的  $V_{BE}$  與  $I_C$  的關係，這  $I_C$  曲線是將圖(A)的二極管特性乘上  $\alpha$  倍而得到的。圖(B')是使 E-B 間開路、不使輸入電流通過時的集電

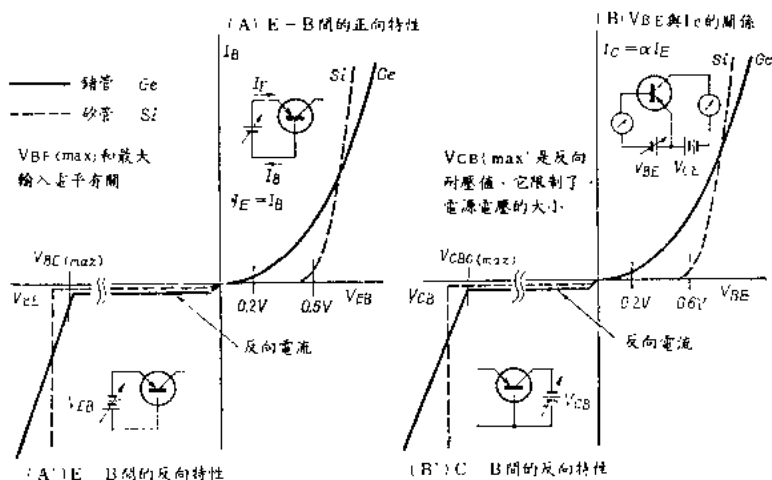


圖 1-8 晶體管 E-B、C-B 間的二極管特性。

極二極管的反向特性。它和圖(A')相同，改變雜質濃度可提高耐壓。破壞電流開始急劇流通那一點的電壓  $V_{CB0(max)}$ ，表示可以加到集電極上去的最大允許電壓。

### 1.4.2 晶體三極管特性

圖 1.9 是 PNP 型鎢晶體管的靜態特性的例子。

(I) 是  $V_{CE}-I_C$  特性曲線，和五極管的  $E_p-I_p$  特性曲線相似。

(II) 是  $I_B-I_C$  特性曲線，是電子管所沒有的。 $I_E-I_C$  特性曲線的斜率是  $I_C/I_B$ ，以電流放大係數  $\beta$  表示。特性曲線差不多是直線，是定電流源的形式，總之，如果信號源的輸入阻抗很大，那麼，加入輸入信號後，可得到直線性很好的信號輸出電流。

(III) 是  $V_{BE}-I_B$  特性曲線，和電子管二極管的  $E_p-I_p$  特性曲線相當，曲線的形狀也相似。總之，如果把晶體管的基極和電子管的柵極，集電極和屏極，發射極和陰極一一對應起來加以研究，那麼可以

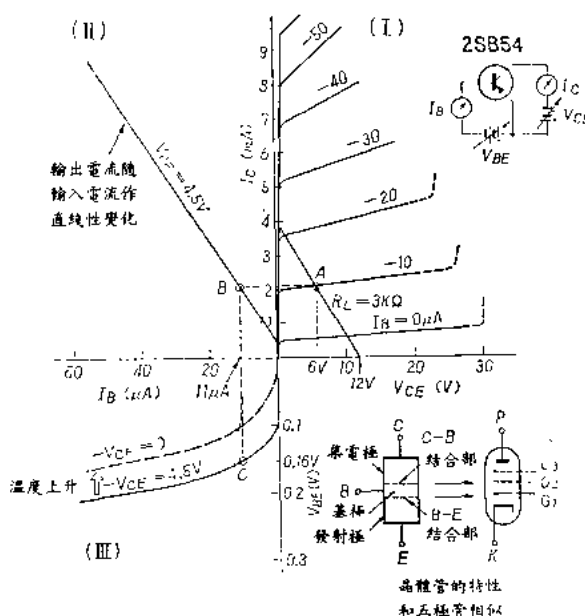


圖 1.9 PNP 型鎢晶體管的靜態特性(2SB54)