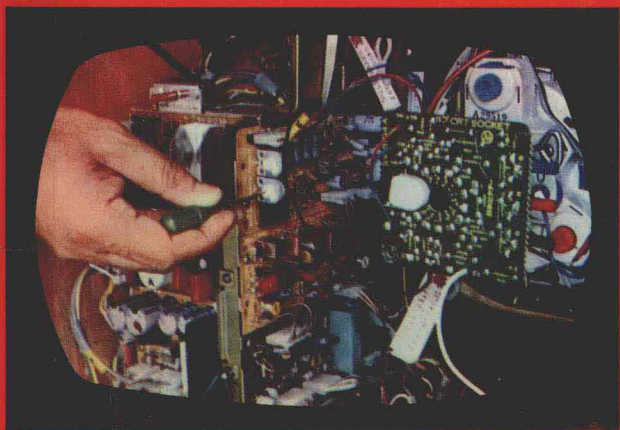
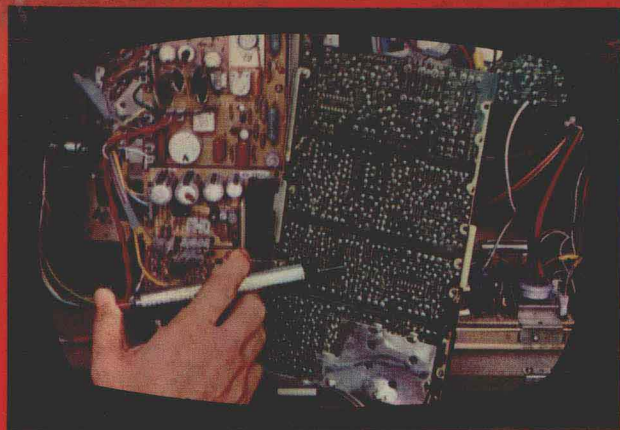


晶體管電視接收機

曾田純夫著・鍾偉華編譯・香港萬里書店出版



TRANSISTOR TELEVISION RECEIVER

晶 體 管 電 視 接 收 機

曾田純夫著 鍾偉華編譯

香港萬里書店出版

晶 體 管 電 視 接 收 機

曾田純夫著 鍾偉華編譯

出 版 者：萬 里 書 店

香港北角英皇道486號三樓

電 話：5-632411 & 5-632412

承 印 者：嶺南印刷公司

香港德輔道西西安里十三號

定 價：港 幣 十 元

版權所有・不准翻印

(一九七七年十二月印刷)

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，尚希讀者指正。

編譯者謹識

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

第 4 章 使圖像穩定的電路	127
4.1 晶體管自動增益控制 (AGC) 電路	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
4.2 晶體管同步電路	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
4.3 晶體管自動頻率調整 (AFC) 電路	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
4.4 實際使用的同步及行偏轉電路	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擔任而已。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。如將微量銮 (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

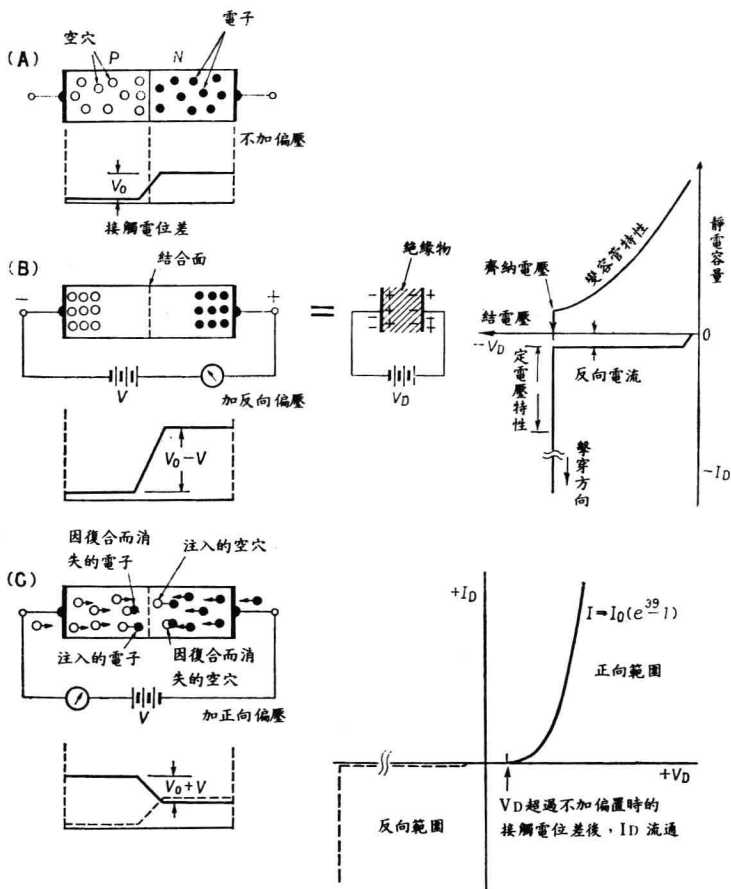


圖 1.1 PN 結二極管的構造模型及工作情況

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。

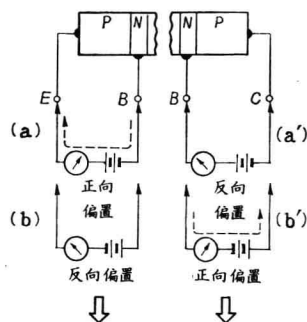
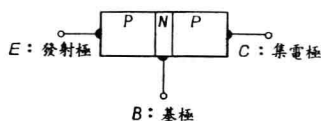
這時，中間部分是沒有荷電粒子的本徵半導體 (Intrinsic semiconductor)，各原子和相鄰的原子共有電子，因此在電氣上保持中性，並顯示出不導電的性能。如果所加的反向電壓過高，則共價鍵 (Covalent bond) 被破壞，電子就飛出，這電子被吸引到正端，因此正端至負端間開始有反向電流流通。這時的電壓電流特性曲線是很陡的，電壓作微小變化，電流則變化很大，所以對電流的變化來說，可以認為是具有定電壓效應的。

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。

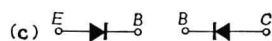
在三條引綫中，以基極為基準，給發射極和集電極各加上電壓，則有四種接法，如圖 1.3 (a) 至 (d) 所示。E 及 C 中都有電流流過的情況有圖 (c) 和 (d) 兩種，但在圖 (c) 中發射極電流 I_E 和集電極電流 I_C 之間沒有什麼關係，變化發射極電流不能使集電極電流跟着變化，所以不適用於放大作用。而如果要使它作為晶體管進行工作，那就應



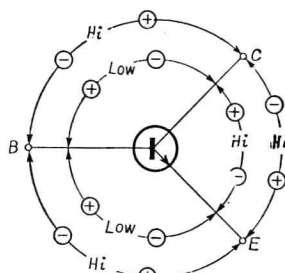
在晶體管B-E或B-C間接上電源，
如電源方向不同，則導電狀況也不同

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

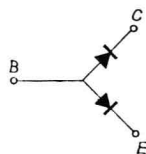


圖 1.2 實驗 1：在晶體管兩個管腳間加電壓的情況

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

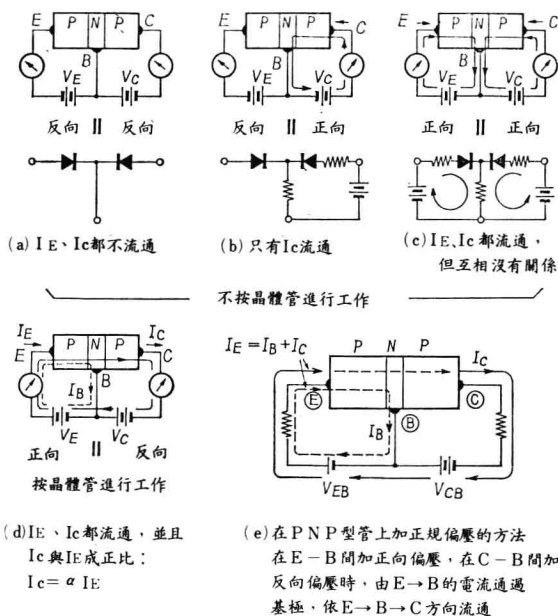


圖 1.3 實驗 2：以基極為基準，將電池分別接到 E、C 上。

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 。

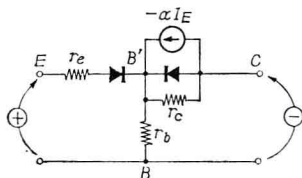
由上所述： $I_E = I_C + I_B$ ， I_E 有百分之多少變成了 I_C ，可用下式表示：

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

α 稱為基極接地電流放大係數 (Current amplification factor)， α 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。

α 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，



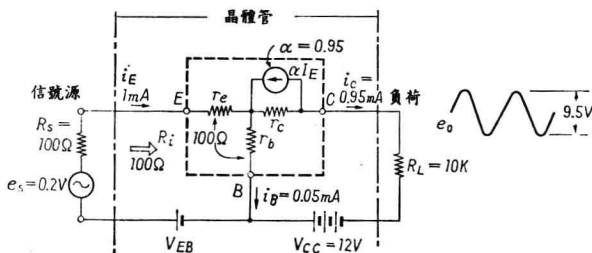
C-B間不只是二極管，由E→B注入的空穴電流，再乘 α 倍後被集電極吸收，這性質必須表現出來

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



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

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

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

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

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

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

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 100Ω 。在輸出端加的是反向偏壓，輸出阻抗很高， $r_c \div 1M\Omega$ 左右。將內阻為 100Ω ， $0.2V$ 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 $\alpha \div 1$ ，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 β 為：

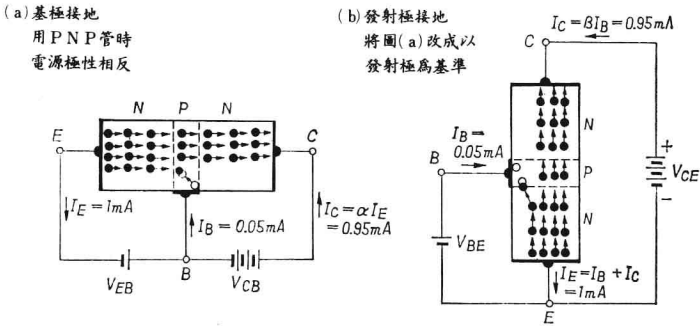


圖 1-6 NPN型晶體管的基極接地及發射極接地的接法

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

β 比 1 大，基極接地時的電流放大係數 α 和 β 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 β/α 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 β/α 倍。

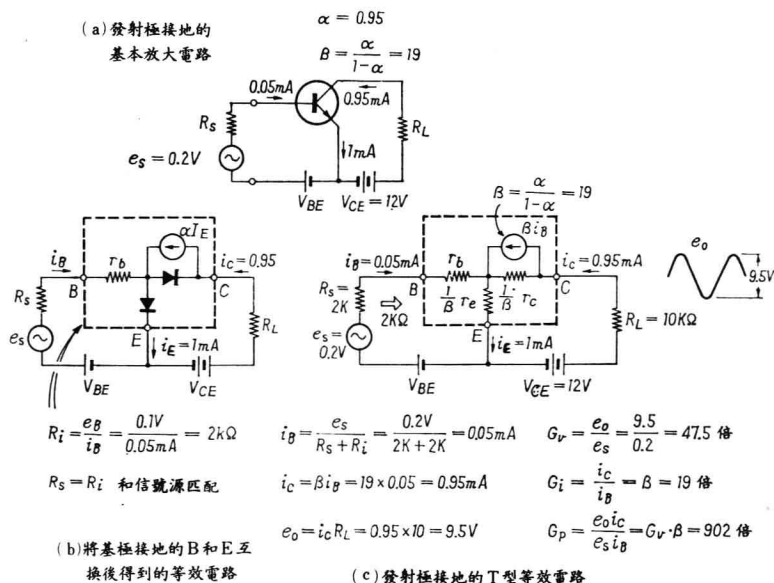


圖 1.7 發射極接地電路的放大係數

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流通，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 α 倍而得到的。圖(B') 是使 E-B 間開路、不使輸入電流通時的集電

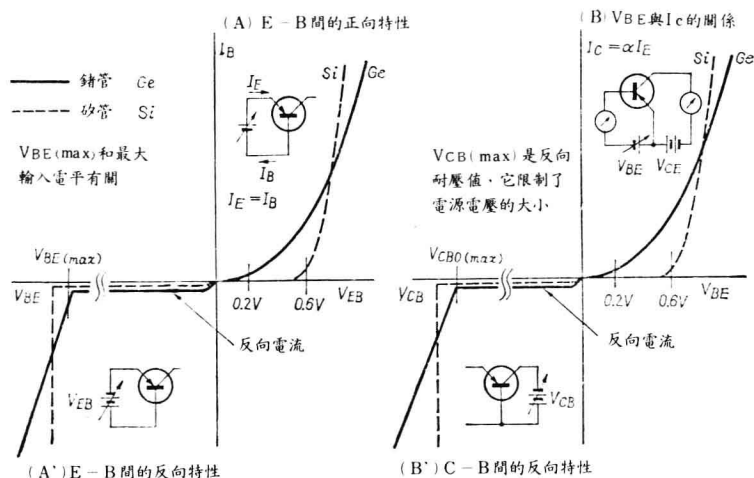


圖 1.8 晶體管 E-B、C-B 間的二極管特性。

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 $V_{CBO(max)}$ ，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_B-I_C 特性曲線的斜率是 I_C/I_B ，以電流放大係數 β 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

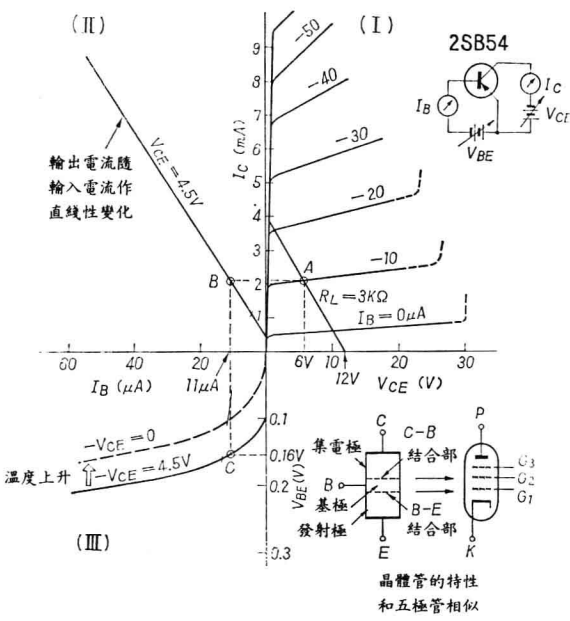


圖 1.9 PNP 型鎢晶體管的靜態特性(2SB54)