

[日] 曾田纯夫 著

电视接收机的 电路设计

下 册

科学出版社



73.4626

141

电视接收机的电路设计

下 册

〔日〕曾田纯夫 著

北京东风电视机厂 译
太原工学院无线电技术教研组

科 学 出 版 社

026/55
内 容 简 介

本书分上、下两册。上册讲述电子管黑白电视接收机各部分电路工作原理及设计计算。下册进一步对晶体管黑白电视接收机的电路工作原理及设计计算与电子管式的进行对比论述,内容包括晶体管电视接收机基础知识,行、帧偏转电路,高频头、中放、视放、AGC、AFC电路。上册已经讲述过的物理过程,在下册中就不再重复。

本书对电视接收机的电路原理及设计讲述得比较系统而详细,文字通俗易懂,深入浅出,物理概念清楚,并有很多图表曲线例题,没有繁杂的公式推导。可供有关生产、维修和教学人员参考。

曾田纯夫 著
テレビ受像機の回路設計
(後篇)
ラジオ技術社
1971

电视接收机的电路设计
下 册

〔日〕曾田纯夫 著
北京东风电视机厂译
太原工学院无线电技术教研组

*
科学出版社出版
北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*
1974年2月第一版 开本:787×1092 1/32
1974年2月第一次印刷 印张:6 7/16
字数:146,000 插页:1

统一书号:15031·76
本社书号:282·15-7

定价: 0.43 元

目 录

第十五章 晶体管电视接收机的基础知识	1
15.1 半导体和PN结的性质	1
15.2 以基极为基准时晶体管的工作原理	4
15.3 发射极接地电路	8
15.4 晶体管的静态特性	10
15.4.1 晶体三极管的三极管特性	10
15.4.2 晶体三极管特性	11
15.5 晶体管的偏置电路	12
15.5.1 偏置电路和稳定系数	12
15.5.2 偏置电路的关键	18
15.5.3 偏置电路设计步骤(当 $\beta > 50$, 因此可忽略 I_B 时)	18
15.6 晶体三极管的规格及参数	19
15.6.1 在最大容许值方面应注意的事项	23
15.6.2 对一般工作特性的看法	23
15.6.3 开关特性	24
第十六章 显光栅的有关电路	25
16.1 使显象管发光的电路	25
16.2 晶体管锯齿波发生电路	26
16.2.1 晶体管间歇振荡器的脉冲宽度	28
16.2.2 晶体管间歇振荡器的振荡频率	29
16.2.3 实用振荡电路	32
16.3 晶体管帧偏转电路	33
16.3.1 帧输出电路的工作情况	34
16.3.2 输出电路的失真	37
16.3.3 输出激励电路	39
16.3.4 实际使用的帧偏转电路	43

16.4 晶体管行偏转电路	46
16.4.1 晶体管行偏转电路的原理	47
16.4.2 行偏转输出电路的工作情况	52
16.4.3 行偏转电路的消耗功率	54
16.4.4 高压电路和消耗功率	58
16.4.5 线性和振幅调整电路	59
16.4.6 行激励电路	61
16.4.7 实际使用的行偏转电路	65
16.4.8 行偏转电路的关键	71
16.4.9 晶体管的安全保护	72
 第十七章 图象信号电路	 77
17.1 晶体管视频放大电路	77
17.1.1 视放输出电路的分析	78
17.1.2 输出电路的工作及推动级	87
17.2 晶体管高频头(调谐器)电路	92
17.2.1 晶体管的高频特性	92
17.2.2 晶体管高频头电路	101
17.3 晶体管图象中频放大电路	119
17.3.1 图象中放电路的性能指标	119
17.3.2 晶体管图象中放电路的分析	121
17.3.3 实际单调谐图象中放一级的增益	124
17.3.4 实际使用的晶体管图象中放电路及其问题	133
 第十八章 使图象稳定的电路	 142
18.1 晶体管自动增益控制(AGC)电路	142
18.1.1 用 AGC 来控制晶体管增益的方法	142
18.1.2 反向 AGC 对大输入信号的性能的改善方法	144
18.1.3 AGC 使谐振特性变化的情况	151
18.1.4 取出 AGC 控制电压的方法及实用电路	162
18.2 晶体管同步电路	171
18.2.1 输入信号的极性和晶体管的极性	171
18.2.2 进行振幅分离所需输入电平	174
18.2.3 同步分离电路的组成	175
18.3 晶体管自动频率调整(AFC)电路	177
18.3.1 行振荡器、鉴相电路及同步信号的极性	178

18.3.2 行同步的调整	182
18.3.3 加比较信号的方法	182
18.4 实际使用的同步及行偏转电路	183

附录 I 最近电视接收机电路组成的发展趋势 ...	188后
---------------------------	------

附录 II 电视接收机历年来采用的电路形式及 电子管	189
-------------------------------------	-----

附录 III 书中用到的一些英文缩写词和符号的 意义	197
-------------------------------------	-----

第十五章 晶体管电视接收机的基础知识

晶体管电视机从 1959 年问世以来,技术上是引人注目的。当时的晶体管在性能上还有很多缺点,人们常说:“晶体管容易损坏”,“象细熔丝一样的东西”,“晶体管不容易搞懂”,技术人员往往对它没有什么办法。

现在,晶体管的性能提高了,技术人员对晶体管的理解也加深了,在用晶体管制造电视机方面不再存在什么问题,也没有什么可怕的事了。在性能方面,也不象以往那样要提出“这是用晶体管制成的电视机”而特别加以注意了。总之,和电子管式的已经没有什么差别,都是按电视接收机来进行评价,可以说现在晶体管式电视机已经和电子管式的完全对等了。

晶体管电视机作为电视接收机来说,它的基本电路组成和电子管式的完全相同,各部分电路的工作目的也没有什么变化,只不过是把电子管的任务用晶体管来担任而已。因此,如果掌握了电子管和晶体管的不同之处以及晶体管的性能和工作中的关键,那么,对照上册所论述的内容,就自然能够理解晶体管电视机的原理,所以这里就不再重复了。下面主要是讲述使用晶体管方面的基础知识,用晶体管来制成的电视机方面特有的问题,以及对于用晶体管构成的各部分电路的见解和分析。

15.1 半导体和 PN 结的性质

晶体管的原材料是锗 (Ge) 和硅 (Si) 之类的半导体。它

具有下列显著特征:

(1) 环境变化时, 它的电气特性有明显的变化, 例如, 对热来说, 它的温度系数是负的, 在热敏电阻中这性质特别突出。光敏电阻则是利用其电阻值的光致变化性能的, 受光照射就发生电动势, 利用这性能的是光敏半导体。它的导电性能随着加到它上面的电场方向的不同, 而有极大变化, 说明它有整流作用。

(2) 加入杂质就可以改变导电性能及极性。将微量砷(As)等加进高纯度的锗或硅半导体中, 就会产生脱离原子结构的自由电子, 而形成N型半导体。如将微量铟(In)等加入, 那就形成P型半导体, 这时产生缺电子的“空穴”, 使半导体具有导电性能。

(3) 因此, N型半导体的载流子是带负电荷的电子, P型半导体的载流子是带正电荷的空穴。

将P型和N型半导体相结合, 就成为PN结二极管。我们来研究这PN结二极管的工作情况。

象图 15.1 (A) 所示那样, 在PN结二极管上不加偏压, 那么以结合面为界, 右面有带负电荷的电子, 左面有带正电荷的空穴, 左右两部分间有接触电位差存在。如果将电池按图(B)所示方向接到PN结上, 那么空穴被吸引到负端, 电子被吸引到正端, 中间部分成为没有荷电粒子的空间状态。这空间部分是不导电的, 两边的电子和空穴成为电极板, 这时可以把PN结看作一个电容器。两端所加电压不同, 则不导电部分的厚度也改变。所加电压越高, 绝缘间隙也越大, 电容量就减小。电池这样连接时, 结合面上没有电子和空穴的交换, 电流不流通, 这种状态叫做反向偏置状态。

这时, 中间部分是没有荷电粒子的本征半导体, 各原子和相邻的原子共有电子, 因此在电气上保持中性, 并显示出

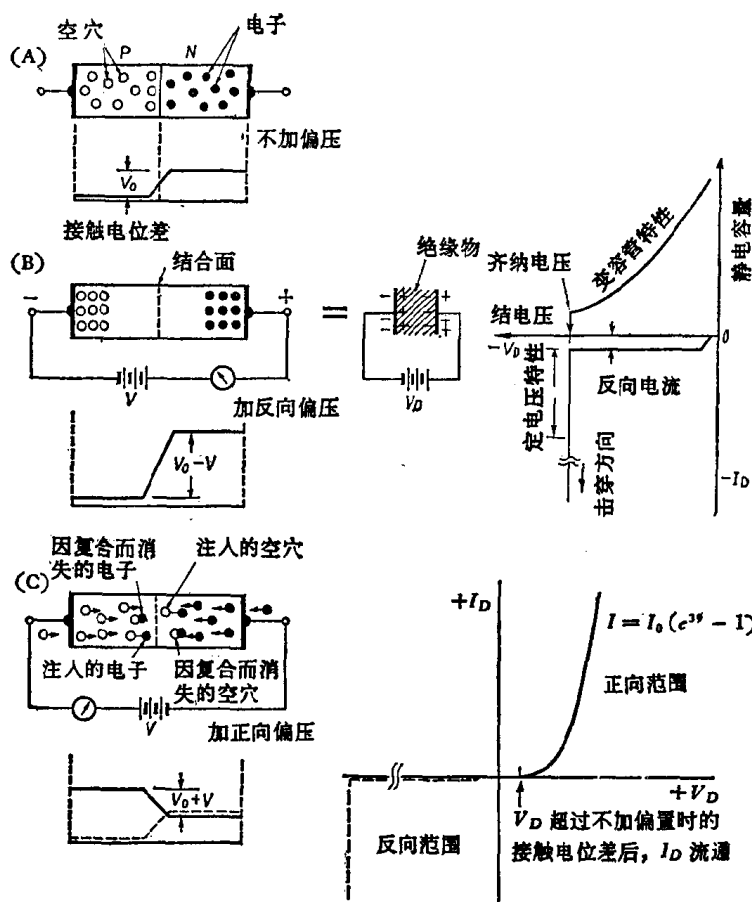


图 15.1 PN 结二极管的构造模型及工作情况

电的性能。如果所加的反向电压过高,则共价键被破坏,电子就飞出,这电子被吸引到正端,因此正端至负端间开始有反向电流流通。这时的电压电流特性曲线是很陡的,电压作微小变化,电流则变化很大,所以对电流的变化来说,可以认为是具有定电压效应的。

再将正电压加到 P 型上,将负电压加到 N 型上,这时电子和空穴就向相反方向移动并越过结合面,正负电荷相互复合

而消失。这样地加正方向电压时,由电池的负极供给自由电子,电子和空穴不断复合,电流就不断流通。对于由N型进入P型的空穴来说,情况也是一样的。

15.2 以基极为基准时晶体管的工作原理

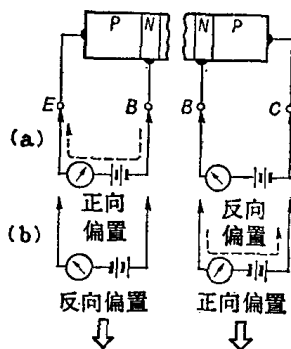
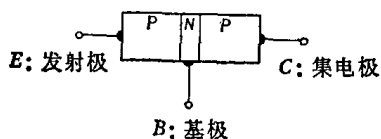
大家都知道,晶体管有PNP和NPN两种基本型式,现以PNP型为例,如图15.2所示。这时,N型的基极B夹在P型的发射极E与集电极C之间,形成两个PN结。

在三条引线中,以基极为基准,给发射极和集电极各加上电压,则有四种接法,如图15.3(a)至(d)所示。E及C中都有电流流过的情况有图(c)和(d)两种,但在图(c)中发射极电流 I_E 和集电极电流 I_C 之间没有什么关系,变化发射极电流不能使集电极电流跟着变化,所以不适用于放大作用。而如果要使它作为晶体管进行工作,那就应该象图(d)那样加电压,即必须在E-B间加正向的偏压,在C-B间加反向电压。这时, I_C 和 I_E 是成正比的,所以可用 $I_C = \alpha I_E$ 来表示两者之间的关系。如果切断 V_E ,使 $I_E = 0$,则 I_C 也不流通了。如果接上 V_E ,使 I_E 流通,那么和它成正比的 I_C 也流通。

从这方面考虑,可以认为在E-B结合面上,有空穴自发射极注入基极,因而 I_E 流通。在基区内,空穴的一部分和电子复合,因而 I_B 流通。在B-C结合面上,注入基区的空穴的大部分向集电极方面扩散,这些空穴被负电极所吸收,因此形成了 I_C 。

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

$$\frac{\text{集电极吸收的空穴数}}{\text{由发射极注入基极的空穴数}} = \frac{I_C}{I_E} = \alpha \quad (15.1)$$



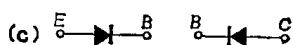
在晶体管 B-E 或 B-C 间接上电源，如电源方向不同，则导电状况也不同

(a') 正向偏置：

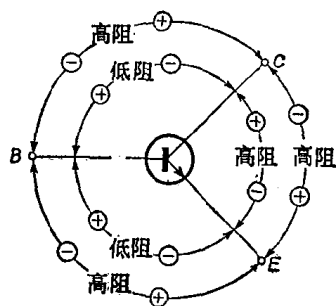
使 B-E 或 B-C 间导通时的偏置

(b') 反向偏置：

不使电流流通时的偏置



由实验(a)、(b)可以看出，晶体管内有二个二极管



(d) 用万用表(测试器)测得的 PNP 型晶体管三个管脚之间的电阻值

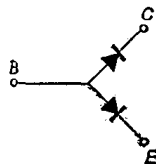


图 15.2 实验 1：在晶体管两个管脚间加电压的情况

α 称为基极接地电流放大系数， α 小于 1，一般约为 0.9 ~ 0.999，也就是说 I_E 的 90% 以上变成 I_C 了。

由以上关系式，可将基极接地的晶体管的等效电路以图 15.4 表示。

1104275 5 .

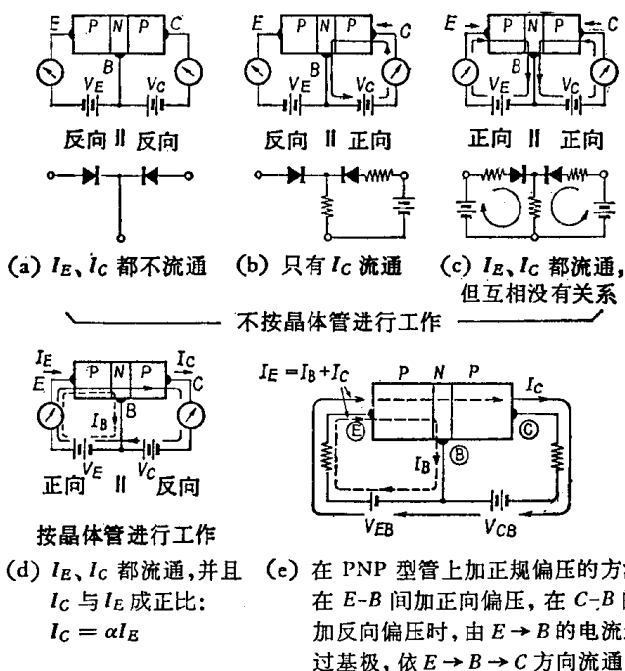


图 15.3 实验 2: 以基极为基准, 将电池分别接到 E、C 上

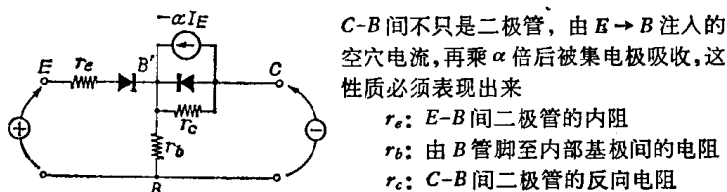
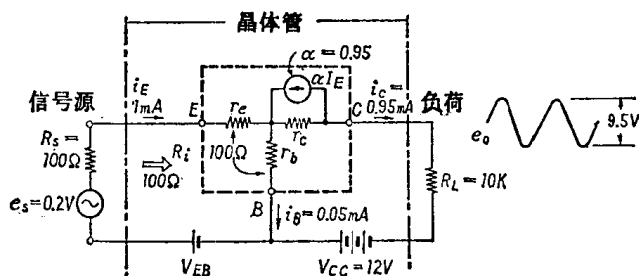


图 15.4 最简单的基极接地晶体管等效电路

α 小于 1, 那么怎么能由发射极输入, 由集电极方面得到放大的输出呢? 我们来研究一下图 15.5. 在图中, 输入端加的是正向偏压, 因此输入阻抗是 E-B 间二极管的内阻, 这内阻是很低的, 约为 100Ω . 在输出端加的是反向偏压, 输出阻抗很高, $r_c \approx 1M\Omega$ 左右. 将内阻为 100Ω , $0.2V$ 的信号源接入输入端, 在输出端接上 $10k\Omega$ 负荷电阻, 则输入电流 $i_E =$

1mA, $\alpha = 0.95$ 时, $i_C = 0.95\text{mA}$, 有 0.05mA 成为 i_B 了. 输出电压为 $0.95\text{mA} \times 10\text{k}\Omega = 9.5\text{V}$, 由此可见, 可以得到 47.5 倍的电压增益. 也就是说, 基极接地电路中, 由于 $\alpha \div 1$, 所以电压增益倍数和输出、输入电路的阻抗比成正比.



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

$$i_C = \alpha i_E = 0.95 \times 1\text{mA} = 0.95\text{mA}$$

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

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

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

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

图 15.5 说明基极接地晶体管为什么能够放大

在这例子中可以得到 9.5V 的输出信号, 把由 R_L 引入的直流电压降考虑在的话, 电源电压必须等于 $V_{CC} = 12\text{V}$ 左右. 如果要得到更大的增益, 则在增大 R_L 的同时, 也必须增大 V_{CC} . 对基极接地电路来说, 如果负荷电阻不很大, 那就不能得到很大的增益. 如果次级接的是低输入阻抗的负荷电路, 那么增益就要急剧降低, 所以阻容耦合的放大电路中不用它, 在用调谐电路作为负荷的高频电路中, 它是有使用价值的.

15.3 发射极接地电路

把基极接地的接法改为以发射极为基准,则成为发射极接地电路,如图 15.6(b) 所示。在这场合下用 NPN 型晶体管作例子,所以内部二极管的方向和 PNP 型的相反,这时电源的极性和各个电流的方向也相反。发射极接地电路是把输入加到基极,由集电极取得输出的一种放大电路。把基极接地等效电路中 B 和 E 互换一下,就可以得到发射极接地的等效电路,如图 15.7(b) 所示。再变为以 i_B 表示输入电流,以 i_C 表示输出电流,则成为图(c)。

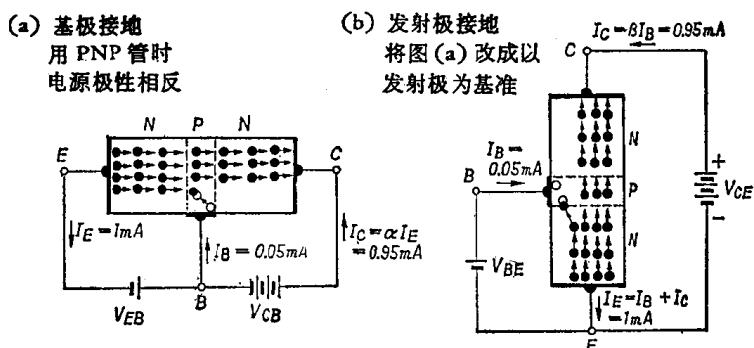


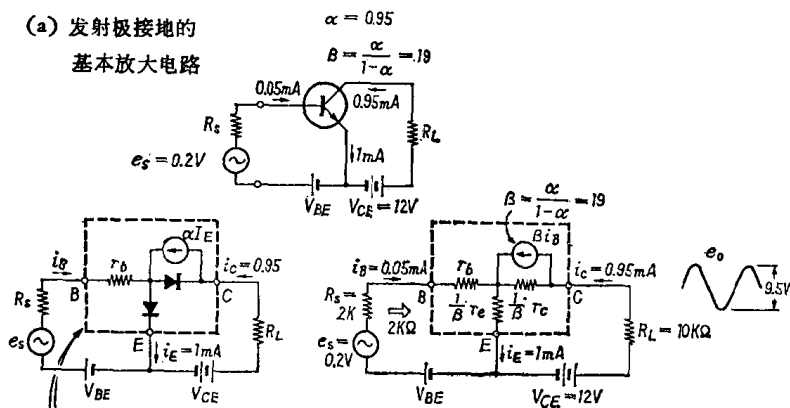
图 15.6 NPN 型晶体管的基极接地及发射极接地的接法

以 r_e 表示 $B-E$ 二极管的正向电阻,以 r_c 表示 $C-B$ 间的反向电阻,那就可以消去二极管符号。如果使用的晶体管的特性和上节基极接地电路中所用的特性相同,则可得图示之电流关系, 0.05mA 的 i_B 引起 0.95mA 的 i_C 流通,因此发射极接地的电流放大系数 β 为:

$$\beta = \frac{\text{输出电流}}{\text{输入电流}} = \frac{i_C}{i_B} = \frac{0.95}{0.05} = 19 \quad (15.2)$$

β 比 1 大。基极接地时的电流放大系数 α 和 β 的关系以下式

(a) 发射极接地的
基本放大电路



$$R_i = \frac{e_B}{i_B} = \frac{0.1V}{0.05mA} = 2k\Omega \quad i_B = \frac{e_s}{R_s + R_i} = \frac{0.2V}{2K + 2K} = 0.05mA \quad G_v = \frac{e_o}{e_s} = \frac{9.5}{0.2} = 47.5 \text{ 倍}$$

$$R_s = R_i \text{ 和信号源匹配} \quad i_C = \beta i_B = 19 \times 0.05 = 0.95mA \quad G_i = \frac{i_C}{i_B} = \beta = 19 \text{ 倍}$$

$$(b) \text{ 将基极接地的 } B \text{ 和 } E \text{ 互} \quad e_o = i_C R_L = 0.95 \times 10 = 9.5V \quad G_P = \frac{e_o i_C}{e_s i_B} = G_v \cdot \beta = 902 \text{ 倍}$$

换后得到的等效电路

(c) 发射极接地的T形等效电路

图 15.7 发射极接地电路的放大系数

表示:

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha &= \frac{i_C}{i_E} = \frac{i_C}{i_C + i_B} = \frac{1}{1 + \frac{i_B}{i_C}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta}} = \frac{\beta}{1 + \beta} \end{aligned} \right. \quad (15.3)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \beta &= \frac{i_C}{i_B} = \frac{i_C}{i_E - i_C} = \frac{1}{\frac{i_E}{i_C} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} - 1} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \end{aligned} \right. \quad (15.4)$$

这电路的输入阻抗是 R_i , 输入信号源 e_o 为 0.2V, R_i 和 R_s 达到阻抗匹配条件时, B 端的电压为 0.1V, 由此 $R_i = \frac{0.1V}{0.05mA} = 2k\Omega$, 实际上是基极接地的输入阻抗的 β/α 倍。由

此可求各项增益: 输入电路匹配时的电压增益 G_v 和基极接地型相同, 电流增益 G_i 和功率增益 G_P 都增大为 β/α 倍。

15.4 晶体管的静态特性

15.4.1 晶体三极管的二极管特性

对 PNP 和 NPN 型晶体管来说,为了使它工作,电源电压接入方向是相反的,主要是要使 $E-B$ 间二极管是正向的,使 $C-B$ 间二极管是反向的。在图 15.8 (A)、(A') 中,只在 $E-B$ 间加电压,和图 15.1 中所述结二极管的特性是大体相同的,锗和硅晶体管的基极电流开始流通的电压及上升情况是不同的。

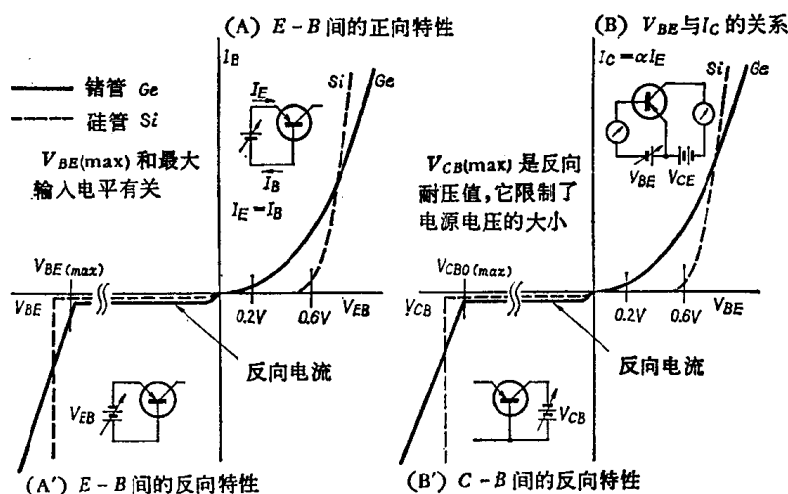


图 15.8 晶体管 $E-B$ 、 $C-B$ 间的二极管特性

锗管的 I_B 在 0.1 V 时就开始导通并逐渐增大,而硅管则在 0.6 V 左右才开始急速导通,特性曲线上升很陡。图(A')表示 $E-B$ 间反向特性,只有很小的反向电流流通,但如果超过了 $V_{BE(max)}$ 点,则电流就会急速增大而达到破坏点。因此, $V_{BE(max)}$ 是为了使晶体管不被损坏而可以加的最大输入电压的标准。图(B)是象图(A)那样地在 $E-B$ 间加正向偏压,又

在集电极上加反向电压，而得出的晶体管工作时的 V_{BE} 与 I_C 的关系，这 I_C 曲线是将图(A)的二极管特性乘上 α 倍而得到的。图(B')是使 $E-B$ 间开路、不使输入电流流通时的集电极二极管的反向特性。它和图(A')相同，改变杂质浓度可提高耐压。破坏电流开始急剧流通那一点的电压 $V_{CBO(max)}$ ，表示可以加到集电极上去的最大允许电压。

15.4.2 晶体三极管特性

图 15.9 是 PNP 型锗晶体管的静态特性的例子。

(I) 是 $V_{CE}-I_C$ 特性曲线, 和五极管的 E_p-I_p 特性曲线相似。

(II) 是 I_B-I_C 特性曲线,是电子管所没有的. I_B-I_C 特性

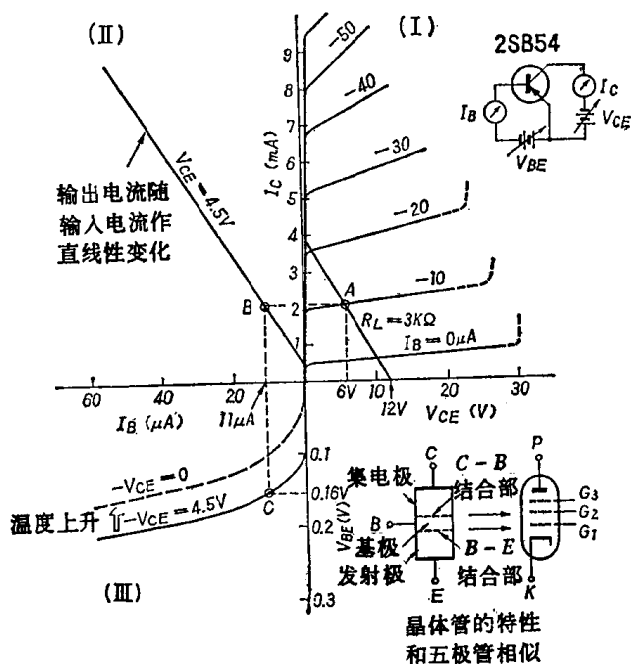


图 15.9 PNP 型锗晶体管的静态特性 (2SB54)