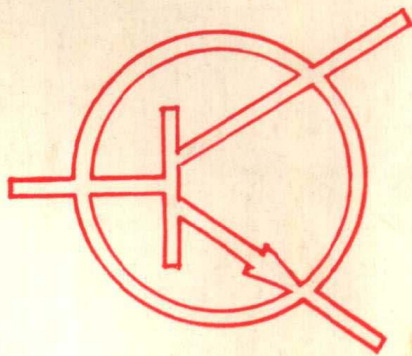


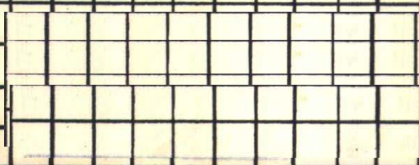
晶体管应用

上海元件五厂特性应用组编



上海元件五厂情报资料室

1970



最 高 指 示

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们一定要鼓一把劲，一定要学习并且完成这个历史所赋予我们的伟大的技术革命。

抓革命，促生产、促工作、促战备。

提高警惕、保卫祖国。要准备打仗。

我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。

编 印 说 明

这份资料是我厂特性应用组，根据他们的工作，从1969年初——1970年初，分六辑以单印本形式，陆续编写的，为了满足广大工人同志，革命科技人员的需要，我们特请应用组从这六辑中选出了部分文章，进行了一些修改，再把它汇集而成的。

由于我们水平很低，工作又做得很粗糙，错误和缺点一定在所难免，敬请同志们批评指正。

上海元件五厂情报资料室

1970年3月

目 录

- (1) 高反压平面晶体管 2G712 特性和应用..... 1
- (2) 3DK5, 3DK6, 3DG13, 3DG14 超小型晶体管
特性及应用..... 23
- (3) 2Z730 PNP 型 锗低频大功率晶体管的特性和应用... 53
- (4) 晶体管的雪崩特性及其应用..... 79
- (5) 3DK2、3DK3 小功率晶体管应用——开关电路..... 90
- (6) 晶体管在钟表上的一些应用.....107
- (7) 晶体管斩波器.....113
- (8) 晶体管石英振荡器.....123
- (9) 晶体管串接应用实验.....130
- (10) 双基极二极管的几个应用电路.....139
- (11) 晶体管“D”类放大器的初试与展望.....146
- (12) 《差值运算放大器简介》——介绍 5G922 线性电路...157
- (13) “UJ-1 电位差计”用精密稳压电源的计算与实验...172
- (14) 晶体管的热阻.....178
- (15) 低功率硅晶体管热阻的简易测量方法.....183
- (16) 大功率晶体管热阻与电流、电压和散热板面积关系的
实验报告.....188
- (17) 晶体管的可靠性及例行试验简介.....200

高反压平面晶体管 2G712 特性和应用

一、引言

硅平面晶体管问世以来，已经得到极为广泛的应用。通常，平面晶体管的击穿电压仅仅只有几伏至几十伏，这就限制了晶体管的使用范围。在雷达、电视、计算机及一些特殊设备中均要求晶体管有较高的耐压。2G712 就是为着这个要求而设计试制的。

一般地讲，平面晶体管在提高耐压方面受到两种因素的限制：平面结的击穿电压受到表面电场的限制，即使在表面达到平直能带条件，但由于平面结构中的曲率，使其表面电场远大于体内而降低了击穿电压；其次由于二氧化硅中存在氧空位和钠离子，当二氧化硅 (SiO_2) 上具有一定正电位时，正离子向二氧化硅的交界面迁移，于是在硅的表面感生一层电子，对 P 型硅形成表面反型层，即表面感应沟道，对 N 型硅，则使电阻率降低，导致表面击穿。

2G712 高压平面晶体管则针对上述限制，在设计和工艺上进行了附加考虑，以提高耐压。

2G712 除了适当选取材料的电阻率以外尚采取下述设计和工艺：

- 1 增加平面结的结曲率半径，击穿电压随着结曲率半径 X_j 的增加而增加；
- 2 采用扩展基极接触结构。利用平面管制造工艺中的适当铝金属化和键合技术，来控制二氧化硅中正离子的数目使之保持到最小值，并改变平面结的表面电位（参看图 1）；
- 3 加入环行保护带。利用扩散技术制造高杂质浓度的环行保护带，以切断表面感应沟道，提高击穿电压；
- 4 二氧化硅膜中掺磷。利用磷硅酸盐层稳定二氧化硅膜，以控制二氧化硅中正离子数目、运动及分布。

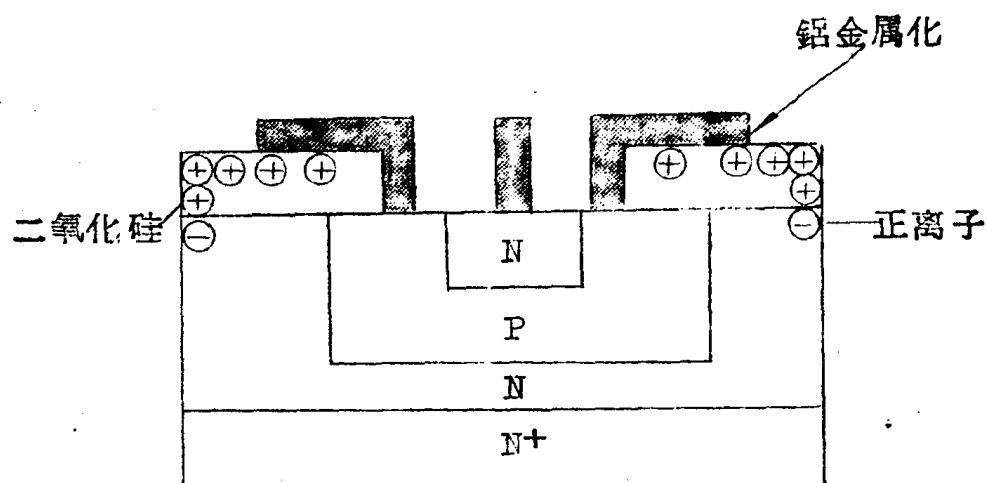


图1 具有扩展基极接触的平面晶体管

由于采用了上述一些工艺上的措施，使 2G712 管在击穿电压上可以达到 150 伏以上，成为一个高反压平面晶体管。

二、2G712 的指标及特性

2G712 的主要电参数规范及典型测试条件列于表 1。

表1 2G712 主要技术性能 ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

直流参数				交流参数				极限参数				数量						
参数符号	I_{CB0}	I_{EB0}	I_{CE0}	$V_{BE}(sat)$	V_{CE}	h_{FE}	f_T	C_{ob}	C_{ib}	t_{on}^*	t_{on}^*	BV_{CB0}	BV_{EB0}	BV_{CE0}	I_{CM}	R_{Ti}	P_{CM}	T_j
单位	μA	μA	μA	V	V	—	MHZ	PF	PF	μS	μS	V	V	V	mA	%	W	$^{\circ}C$
测试条件	$V_{CB}=V_{EB}=V_{CE}=25V$	$V_{CE}=25V$	$I_B=50\mu A$	30	$I_C=5mA$	$I_C=300$	$f=30MHZ$	$f=5MHZ$	$f=5MHZ$	$I_B=15mA$	$I_B=15mA$	$I_{CB}=100\mu A$	$I_{CE}=100\mu A$	$I_{CE}=100\mu A$	—	—	—	—
			$I_B=50\mu A$	30	$I_C=5mA$	$I_C=300$	$R_L=5\Omega$	$I_E=0mA$	$I_E=0mA$	$I_C=150mA$	$I_C=150mA$	$V_{CC}=100V$	$V_{EB}=2V$	$V_{CC}=100V$	—	—	—	—
			$I_C=500\mu A$	300	$V_{CE}=10V$	$V_{CE}=2V$	$I_C=20mA$	$V_{CB}=25V$	$V_{EB}=0.5V$	$V_{CC}=100V$	$V_{EB}=2V$	—	—	—	—	—	—	—
规范	$A \leq 1$	≤ 1	≤ 10	≤ 1.5	≤ 1	≥ 10	≥ 100	≤ 10	≤ 80	≤ 55	≤ 380	100	5	100	300	150	1	175
	$B \leq 1$	≤ 1	≤ 10	≤ 1.5	≤ 1	≥ 10	≥ 100	≤ 10	≤ 80	≤ 55	≤ 380	100	5	100	500	150	1	175
	$C \leq 1$	≤ 1	≤ 10	≤ 1.5	≤ 1	≥ 10	≥ 100	≤ 10	≤ 80	≤ 55	≤ 380	150	5	150	300	150	1	175

开关时间的典型测量电路示于图 2。

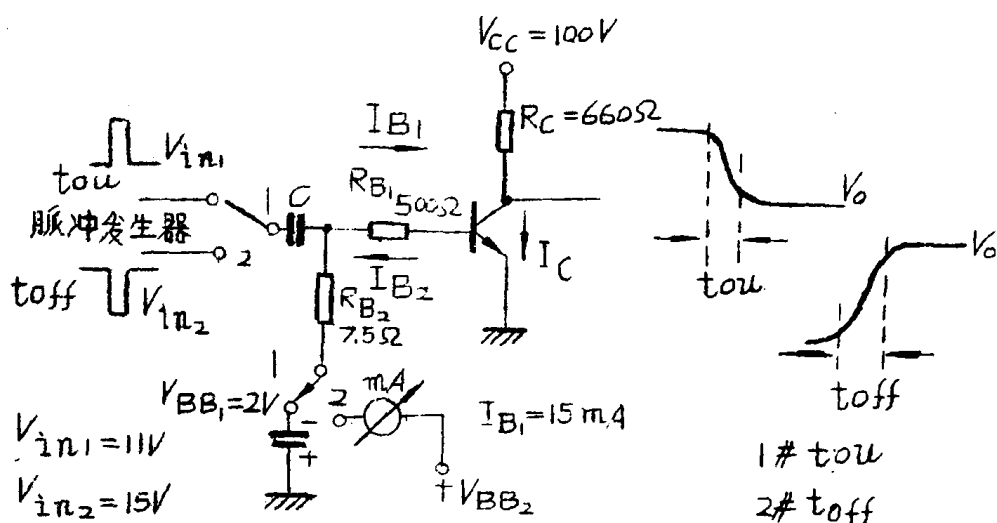


图 2 2G712 开关时间测量电路

图 2 中：

$$\begin{cases} I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C} = 150 \text{ mA} \\ I_{B1} = \frac{(V_{in1} - V_{BB1}) - V_{BE(sat)}}{R_{B1}} = 15 \text{ mA} \\ I_{B2} = \frac{V_{in2} - V_{BE(sat)}}{R_{B1}} - I_{B1} = 15 \text{ mA} \end{cases}$$

从表 1 可知，2G712 具有较为完整的参数及较好的性能。由此可见，2G712 其主要用途是作高压线性放大及高压中速开关。在作高压线性放大用时，要求在小电流情况下有较大的放大特性，在作高压开关时，则要求它具有电流脉冲特性。为此，规定在 $I_C = 5 \text{ mA}$ 下及 $I_C = 300 \sim 500 \text{ mA}$ 下测试其电流放大系数。

2G712 在较大的电流范围内有较平坦的放大特性，这是这个管子的一个较为优越的特性，图 3 示出了归一化的 $h_{FE}-I_C$ 特性曲线，在集电极电流从 1mA 到 500 mA 范围内， h_{FE} 的变化约在 0.6 左右，在 50~100 mA 范围内 h_{FE} 达最大值。从图 3 可知，2G712 作为高压线性放大，若在 1~5 mA 范围内则线性稍差。

作为高压中速开关管，2G712 具有较小的饱和压降，可以在大电流下工作，图 4 示出了 2G712 的 $V_{CE}(sat)$ 、 $V_{BE}(sat)$ 与 I_C 的关系曲线。在 $I_C = 500$ mA 时 $V_{CE}(sat)$ 约为 0.4 伏、 $V_{BE}(sat)$ 约为 1 伏。

图 5 到图 8 是 2G712 的输入、输出特性曲线（共发）。

图 9 到图 11 是 2G712 击穿电压，电流放大系数及内压降的特性曲线。从这些曲线可以看出 2G712 在较宽的温度变化范围内这些参数的变化等。

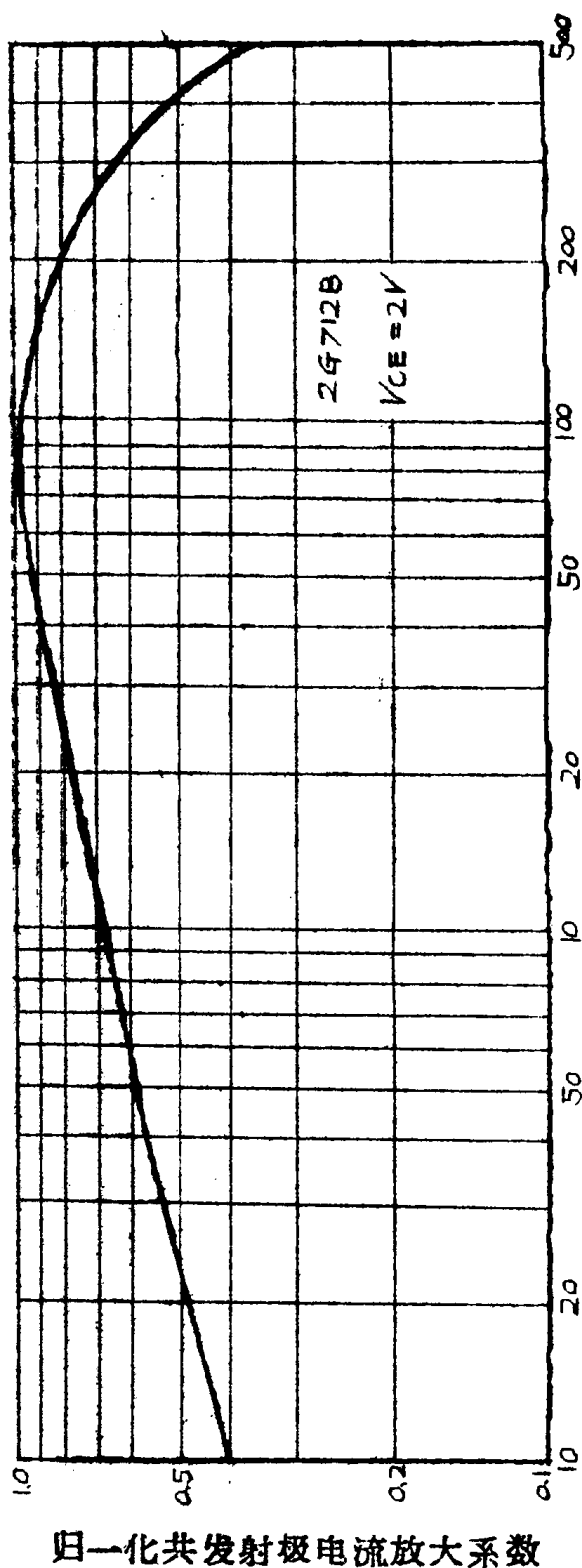
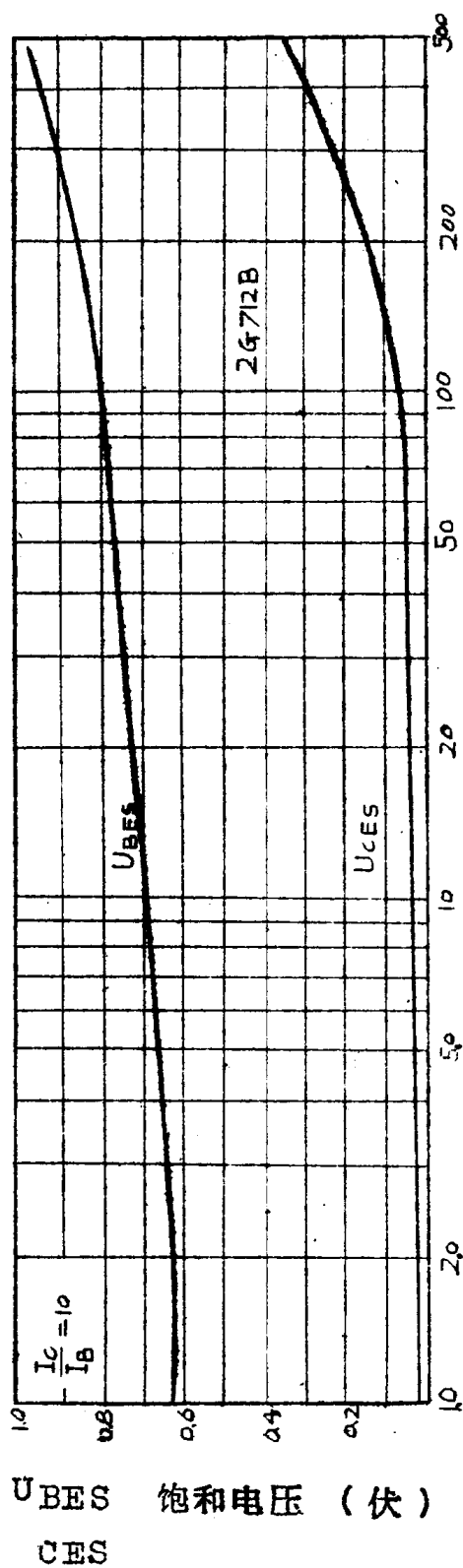


图 3 归一化的 $h_{FE} \sim I_C$ 特性



I_C 集电极电流 (毫安)

图4 $V_{CE}(sat)$, $V_{BE}(sat) \sim I_C$ 曲线

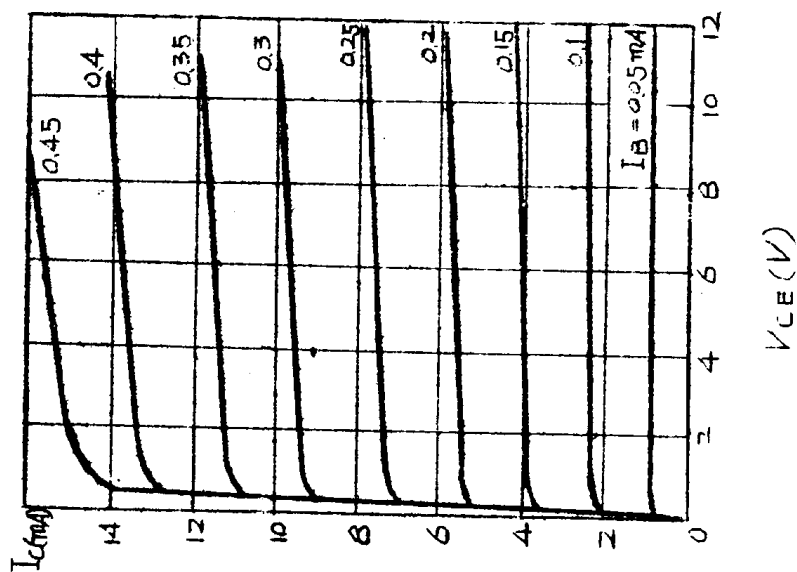


图 5 小电流输出特性

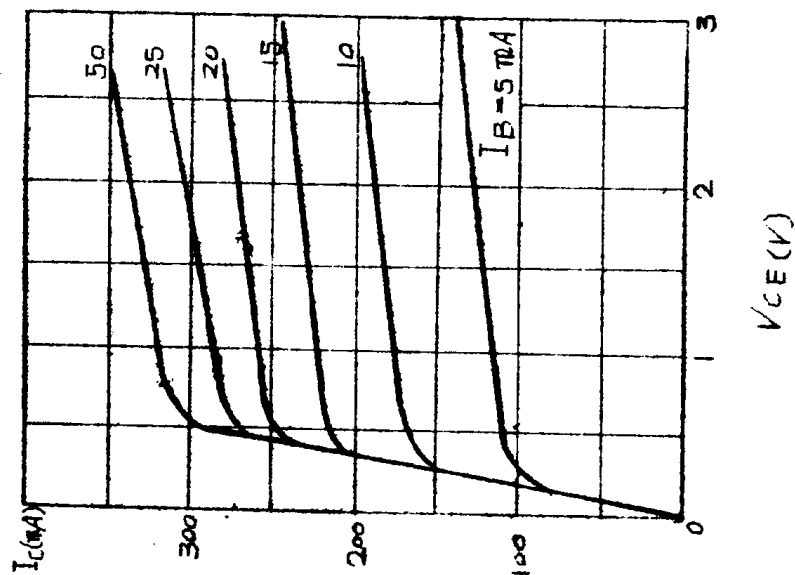


图 6 大电流输出特性

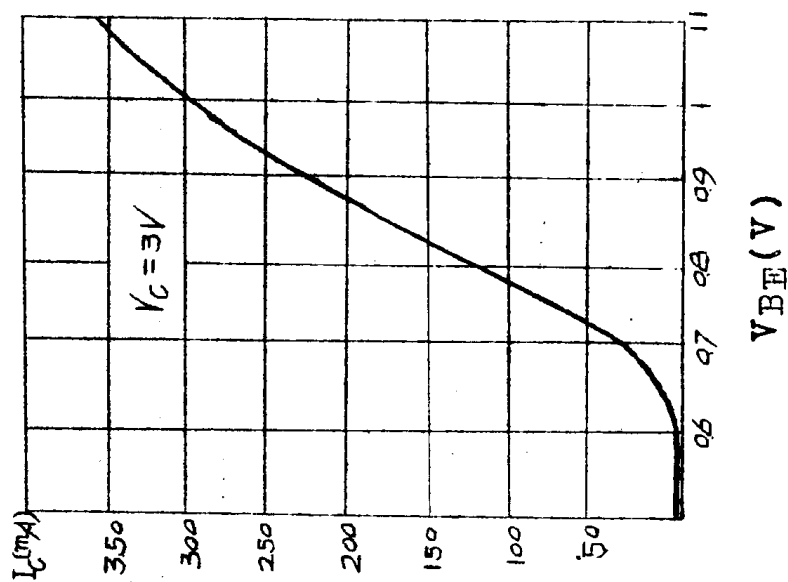


图 7 I_C - V_{BE} 关系曲线

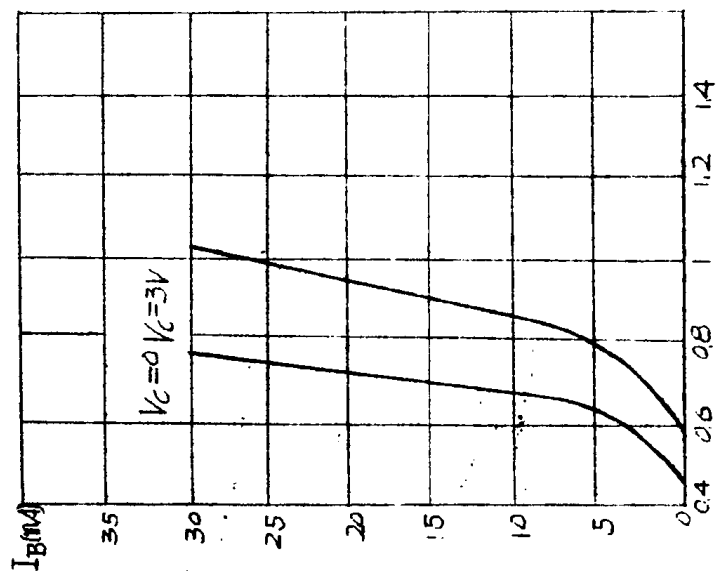


图 8 共发射极输入特性

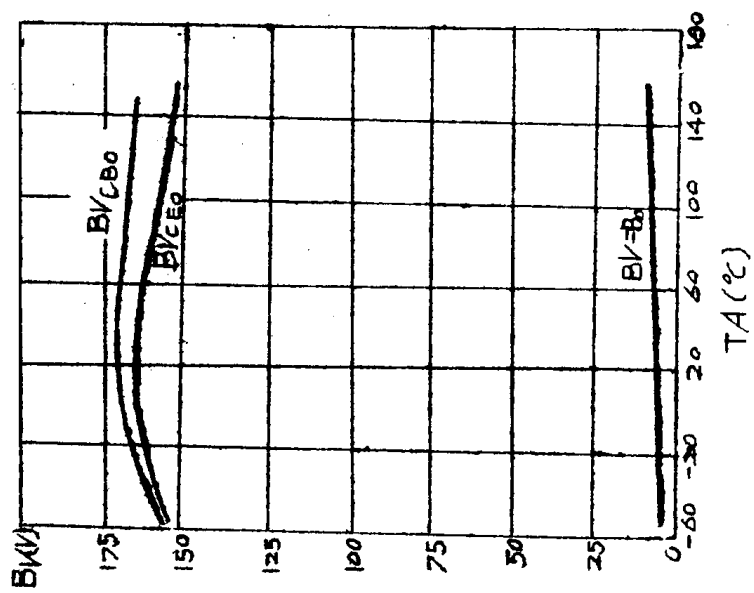


图 9 击穿电压~环境温度曲线

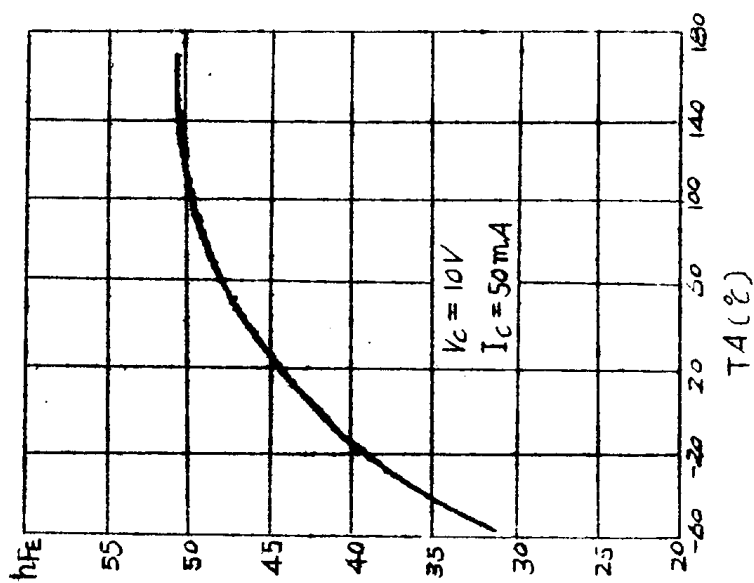


图 10 h_{FE} ~环境温度曲线

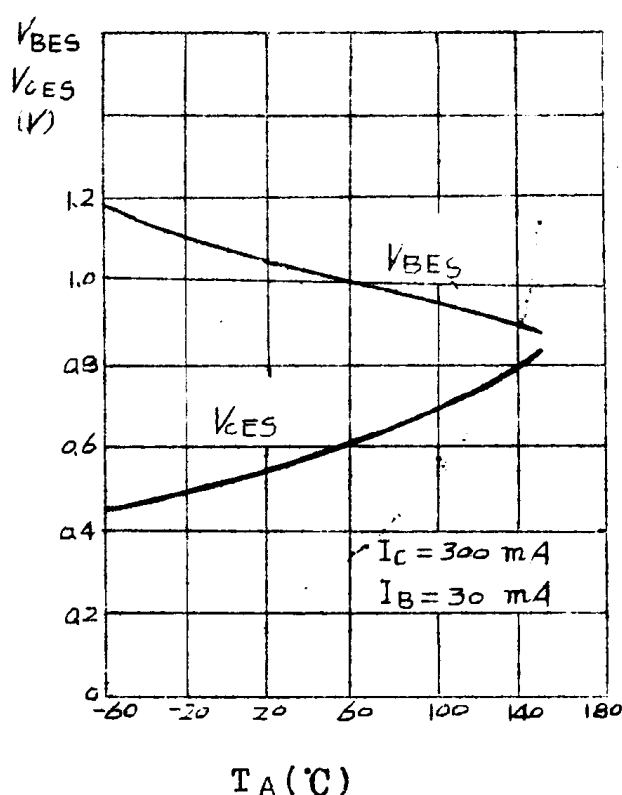


图 1.1 $V_{BE(s)}$ 、 $V_{CE(s)}$ ~ 环境温度曲线

图 1.2 到图 1.4 是 2G712 频率特性与工作电压及电流以及温度的依从关系。从图 1.2 可知 2G712 在 I_C 从 5 ~ 10 mA 的小电流运用下，其增益频宽 f_T 在 120 到 160 MC/S，作为视频放大是适宜的。从图 1.3 可见 f_T 与工作电压 V_{CE} 关系不明显， V_{CE} 从 10 伏 ~ 100 伏范围内仅相差 40 MC 左右。图 1.4 是 f_T 与环境温度的依从关系随着温度升高 f_T 直线下降，使用时必须考虑这一因素。

图 1.5 到图 1.8 是 2G712 的等效网络参数的特性曲线。图 1.5 是 2G712 的输入电容与输出电容随电压 V_{CE} 的变化曲线。作为开关运用 C_{ib} 与 V_{CE} 的变化关系是十分有用。

图 1.6 是 $r_{bb'}$ 与 I_C 及工作频率的关系曲线。实际上这种曲线就测量方法而言只是测它的输入电阻，只有当测量频率大于其截止频率时才是真实的 $r_{bb'}$ 值。

图17是小信号 h_{ie} 、 h_{fe} 和 h_{oe} 与 I_C 的关系曲线。

作为一个中速开关管的 2G712，其不同脉冲电流下的开关参数的实测曲线示于图18。图中给出了开启时间 t_{on} 和关闭时间 t_{off} 与脉冲电流 I_{CP} 的依从关系。

以上提供的曲线，只是说明了 2G712 一些电性能参数的变化规律，它只供使用者在作电路设计时参考。

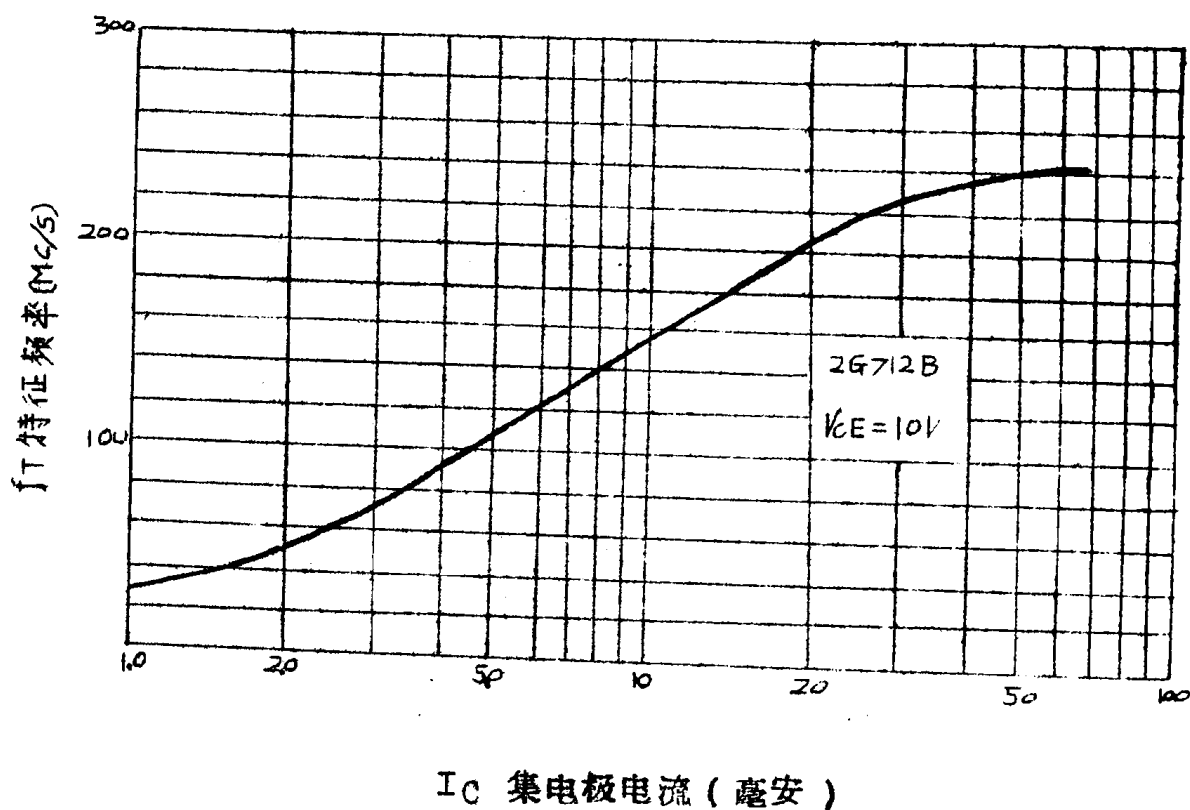


图12 $f_T \sim I_C$ 曲线

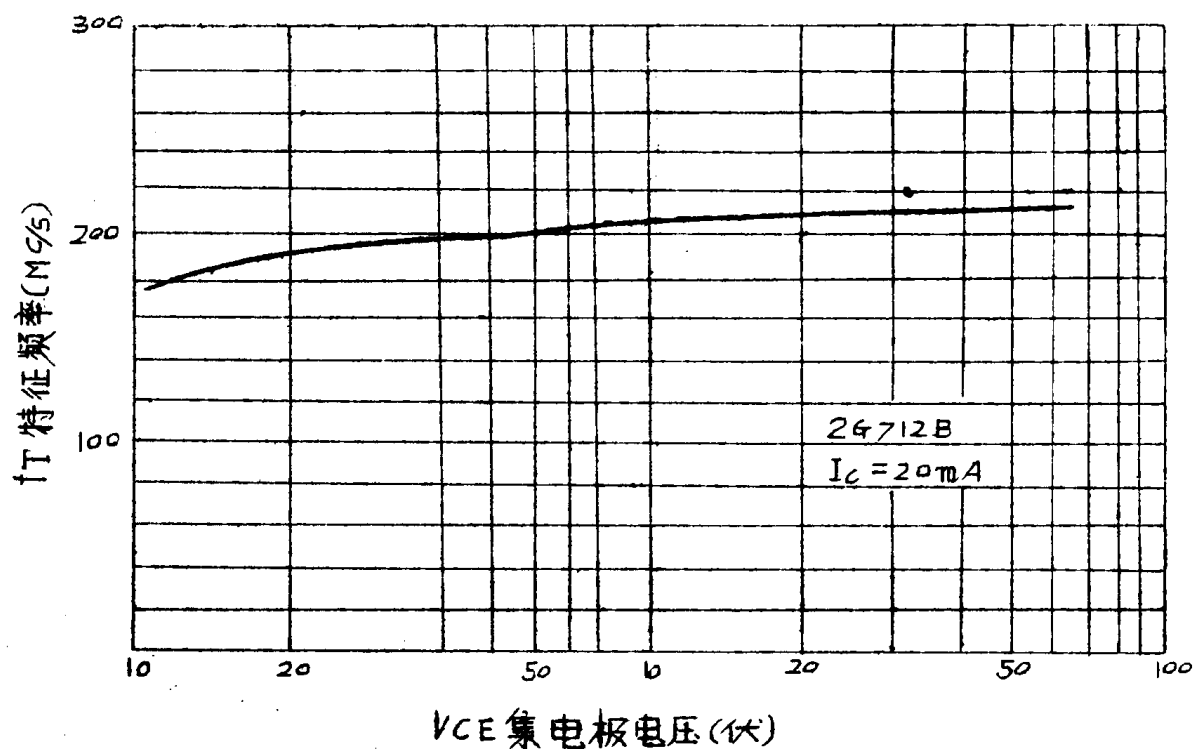


图 13 $f_T \sim V_{CE}$ 曲线

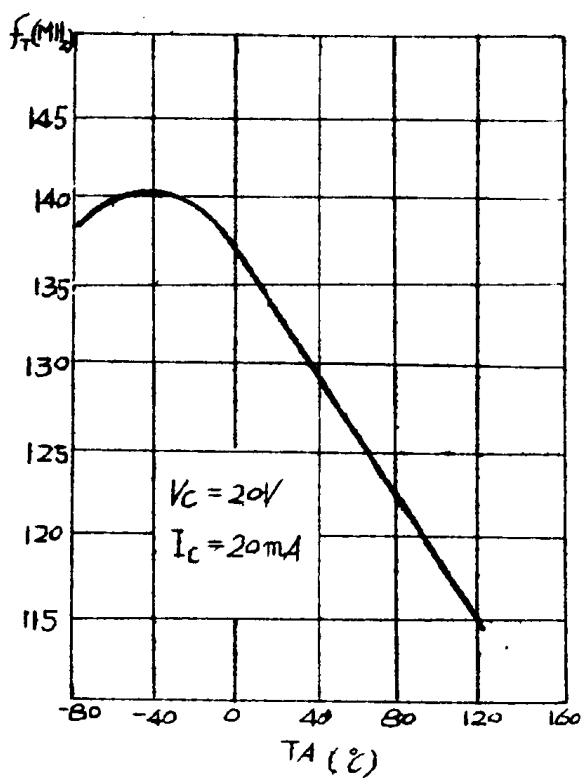


图 14 $f_T \sim T_A$ 曲线

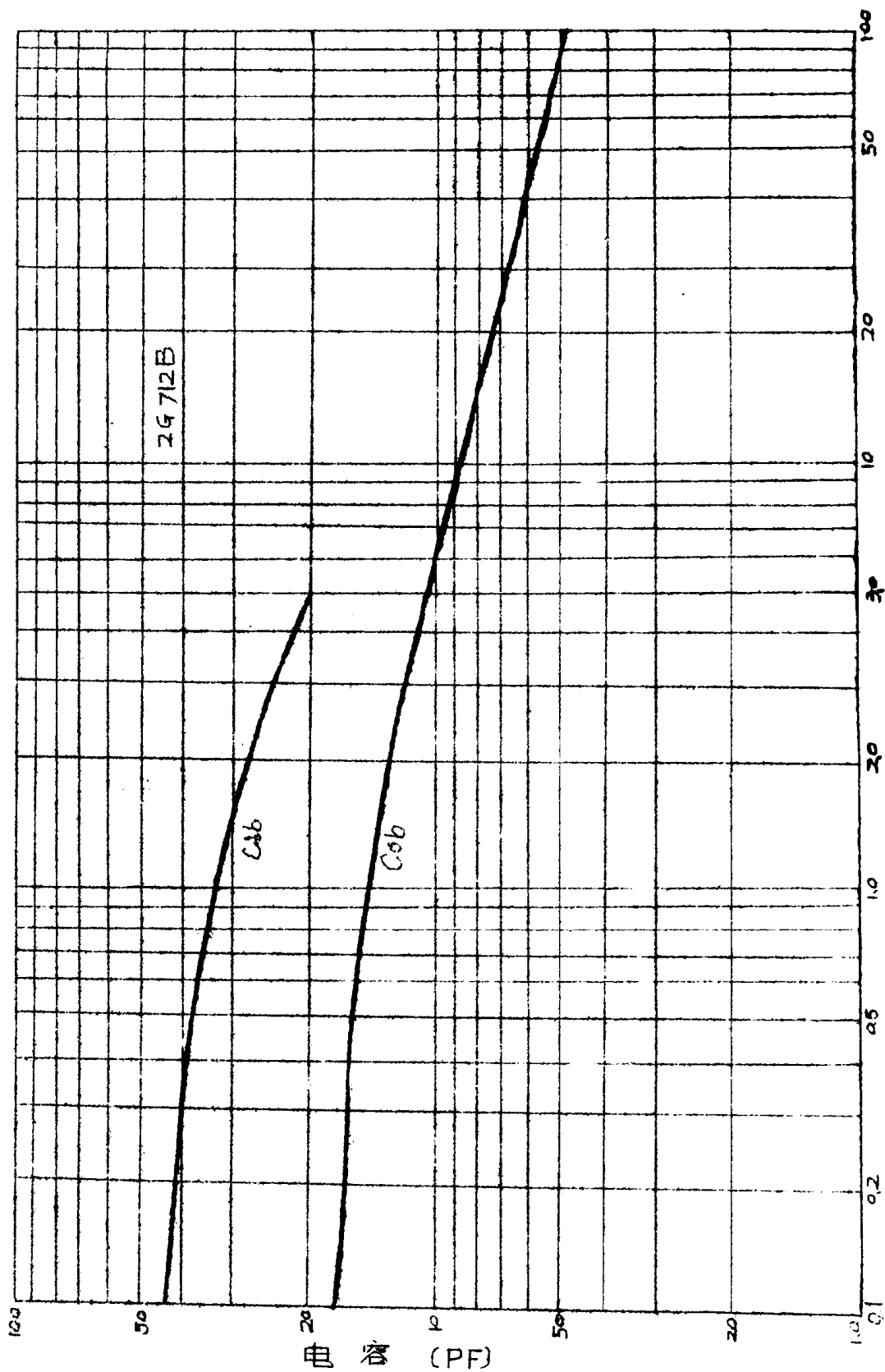


图15 Cob、Cib ~ VCE 曲线

反向偏置(伏)