

CALTEK

用户使用手册

CA4810A 半导体管特性图示仪

目 录

一、概述	1
二、主要技术指标	2
三、结构特征	4
四、使用	9

一、概述

CA4810A 半导体管特性图示仪是一种用示波管显示半导体器件的各种特性曲线的仪器，并可测量其低频静态参数。是从事半导体管研究制造及从事无线电领域工作者的一种必不可少的仪器。

1.1 仪器的主要组成部件

1.1.1 垂直放大器：其输入由“电流/度”开关选择，可以是阶梯源电压，可以是被测三极管的集电极电流，也可以是被测二极管的反向漏电流。

1.1.2 水平放大器：其输入由“伏/度”开关选择，可以是阶梯源电压，可以是被测半导体三极管的 V_{CE} ，也可以是 V_{BE} 电压。

1.1.3 阶梯信号产生与放大：阶梯开关选择在“电压”时，其输出为电压源；阶梯开关选择在“电流”时，其输出为电流源。因此可根据不同用途进行选择。

1.1.4 集电极电源：主要向被测器件提供集电极扫描电压及反向漏电流的测试电压。

1.1.5 低压稳定电源及高压电源：低压电源向本仪器的各单元电路提供电源，高压电源则提供给示波管及示波管电路。

1.1.6 测试台：它是连接本仪器与被测器件的一种装置，本仪器的测试台可以调换，其种类有测试台、5KV 漏电流测试台（选配）等。

1.2 特点

1.2.1 本仪器设有阶梯跳变消隐电路，因此使显示的特性曲线更为清晰。

1.2.2 本仪器设有双族显示电路，能对同类型的三极管并列显示其特性曲线，以利于电流放大倍数的配对。

1.2.3 本仪器阶梯电压源最大输出达 2V/级，可用于高开启电压的 VMOS 管子的测试。

1.2.4 本仪器具有并列的场效应管配对功能。

二、主要技术指标

2.1 垂直轴偏转系数

集电极电流范围 (I_c): $20\mu\text{A}/\text{DIV}\sim 1\text{A}/\text{DIV}$ 分 15 档, 误差不超过 $\pm 3\%$

二极管反向漏电流 (I_R): $0.2\mu\text{A}/\text{DIV}\sim 10\mu\text{A}/\text{DIV}$ 分 6 档

$2\mu\text{A}/\text{DIV}\sim 10\mu\text{A}/\text{DIV}$, 误差不超过 $\pm 3\%$

$0.2\mu\text{A}/\text{DIV}\sim 1\mu\text{A} / \text{DIV}$, 误差不超过 $\pm 10\%$

$0.2\mu\text{A}/\text{DIV}$ 档干扰 $\leq 0.5\text{V} / \text{DIV}$

基极电流或基极源电压: $20\text{mV}/\text{DIV}$, 误差不超过 $\pm 3\%$, 偏转倍率 $\times 0.5$, 误差不超过 $\pm 10\%$

2.2 水平轴偏转系数

集电极电压范围: $0.05\text{V}/\text{DIV}\sim 50\text{V}/\text{DIV}$ 分 10 档, 误差不超过 $\pm 3\%$

二极管漏电流电压范围: $100\text{V}/\text{DIV}\sim 500\text{V}/\text{DIV}$ 分 3 档, 误差不超过 $\pm 5\%$ (选配 5KV 测试台)

基极电压范围: $0.05\text{V}/\text{DIV}\sim 2\text{V}/\text{DIV}$ 分 6 档, 误差不超过 $\pm 3\%$

基极电流或基极源电压: $0.1\text{V}/\text{DIV}$ 误差不超过 $\pm 3\%$

2.3 阶梯信号

阶梯电流范围: $1\mu\text{A}/\text{级}\sim 0.1\text{A}/\text{级}$, 分 16 档, 误差不超过 $\pm 5\%$

阶梯电压范围: $0.05\text{V}/\text{级}\sim 2\text{V}/\text{级}$, 分 6 档, 误差不超过 $\pm 5\%$

串联电阻: $1\text{k}\Omega$ 、 $10\text{k}\Omega$ 、 $100\text{k}\Omega$ 分 3 档, 误差不超过 $\pm 5\%$

每族级数: 4~10 级连续可调

阶梯调零: 不小于 $\pm 1\text{DIV}$

每秒级数：200 (市电频率为 50Hz)

阶梯极性：正或负

阶梯形式：连续或单族

2.4 集电极扫描电源

各档扫描电源的最大电流如下：0 ~ 5V 档：10A；

0 ~ 20V 档：2.5A；

0~100V 档：0.5A；

0~500V 档：0.1A；

功耗电阻：0~500k Ω 分 11 档

10 Ω ~500k Ω 误差不超过 $\pm 10\%$ ；0.5 Ω ~2.5 Ω 误差不超过 $\pm 20\%$

2.5 结构形式和尺寸

形 式：台式

外形尺寸：510×251×341mm

重 量：13.5Kg

电源电压：220V $\pm 10\%$

频 率：50Hz $\pm 5\%$

视在功率：非测试状态：约 50VA

最大功率：约 110VA

环境组别：属 GB6587.1 《电子测量仪器环境试验总纲》中的 II 组仪器

安全组别：属 GB4793 《电子测量仪器基本安全要求》中 I 类安全仪器

三、结构特征

3.1 外形图

前面板分布见图 3-1 所示，测试台分布见图 3-2 所示，后面板分布见图 3-3 所示。

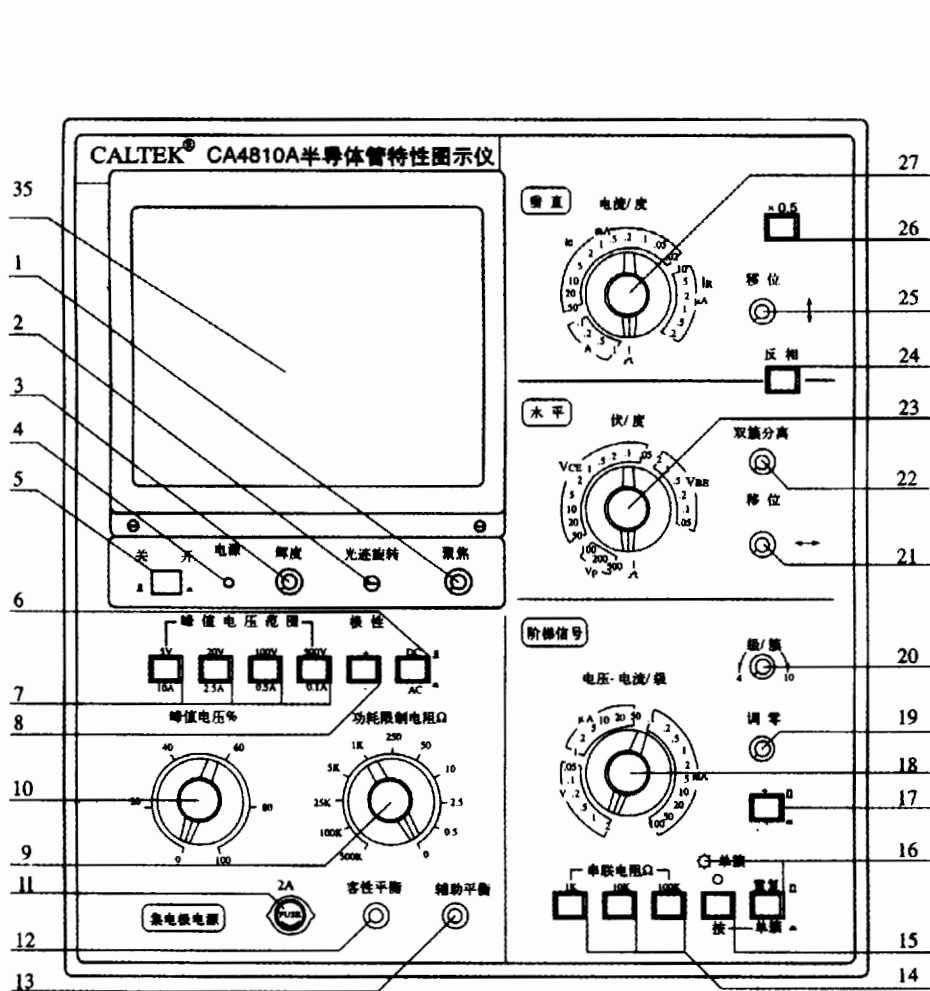


图 3-1

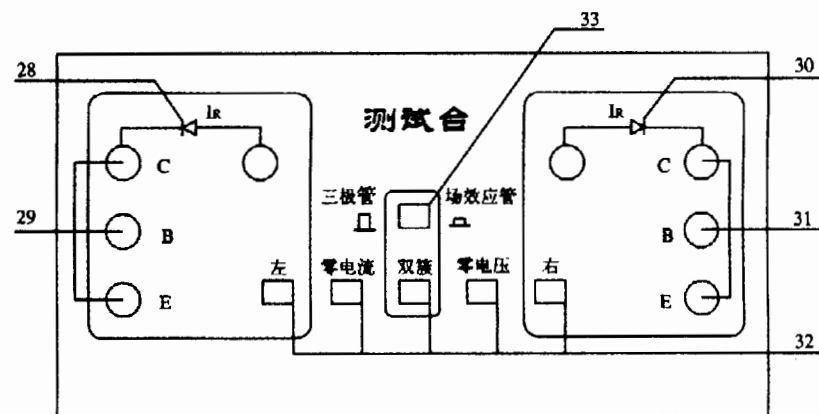


图 3-2

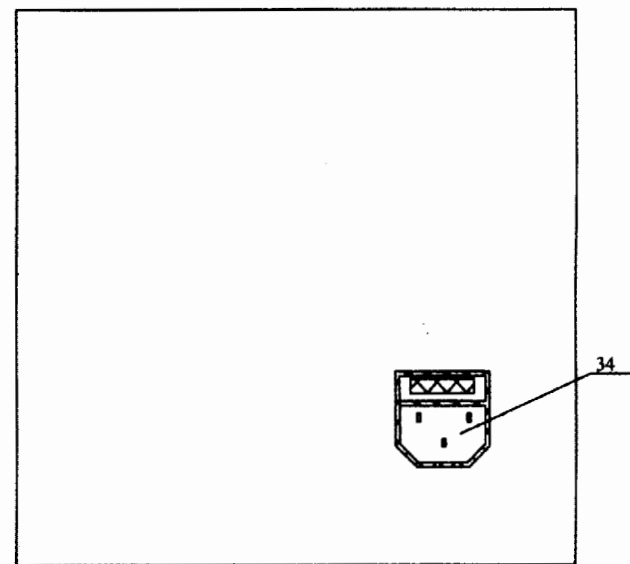


图 3-3

3.2 功能介绍

1、前面板介绍 (参见图 3-1、图 3-2、图 3-3)

- 1、聚焦：用于调节光迹清晰度至最佳。
- 2、光迹旋转：用于调节扫描迹线与示波管水平刻度线平行。
- 3、辉度：用于调节扫描迹线或特性曲线的亮度。
- 4、电源指示器：当电源接通时，电源指示器“亮”。
- 5、电源开关：用于接通或关断仪器的电源，按入为接通，弹出为关断。

6、集电极电压交直流转换开关：当置于 AC 时，其集电极输出电压是交流电压 (如图 3-4)。当置于 DC 时，其集电极输出电压是经过整流但未滤波的脉动直流电压 (如图 3-5)；当置于 DC，而电流/度开关置于 I_R 时，其集电极输出电压是经过整流滤波的平直直流电压 (如图 3-6)；交流电压可用于测试需同时观测正反向伏安特性曲线的器件；例如双向二极管等。

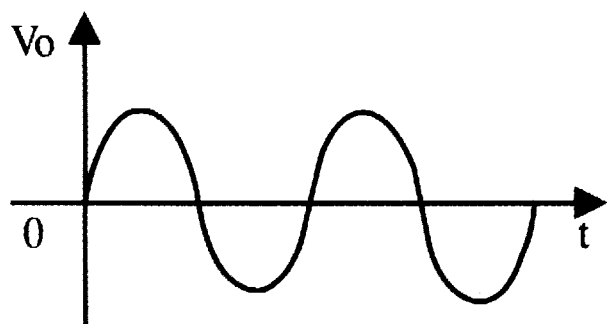


图 3-4

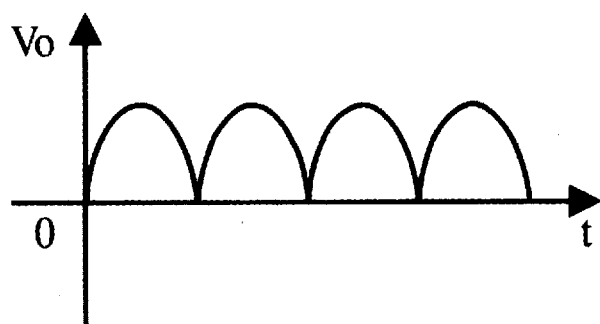


图 3-5

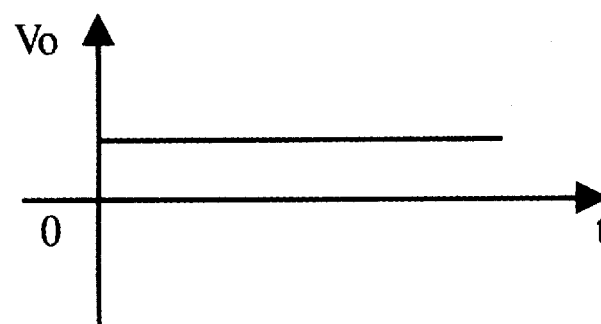


图 3-6

7、集电极峰值电压范围：根据被测器件的测试条件选择，共设四个档级，5V10A、20V2.5A、100V0.5A、500V0.1A。!!! 警告：在集电极电压换档时，一定要把集电极峰值电压调节器逆时针调到“0”位置，换档升压，然后再顺时针调到所需电压不然可能导致被测仪器损坏。

8、集电极电压极性：按键弹出，集电极输出正电压，适用于NPN型晶体管的测量；反之，该键按入，集电极输出负电压，适用于PNP型晶体管的测量。

9、功耗限制电阻：该电阻串联在被测器件的集电极回路中限制其功耗，亦可视为被测器件的集电极负载电阻。

10、集电极峰值电压调节器：与峰值电压范围相配合，使集电极峰值电压从0V调至500V，通常使用时，首先将其调至零，然后按测试条件将其调至所需值。

11、集电极保险丝：当集电极电源超过其额定功率时，该保险丝被熔断，此时无集电极电压输出。!!! 注意在测量小功率低耐压三极管时，如果集电极电压骤然换到500V，就容易把被测三极管击穿，从而使Y轴取样电阻因电流过大而损坏。因此本机出厂时，集电极一般装1A保险丝，当测量大功率管，大电流(10A)时，如果保险丝熔断，请更换成2A保险丝即可。

12、容性电流平衡：由于集电极电源对地存在着多种杂散分布电容都会产生容性电流，引起小电流时的测量误差，因此在测试前必须调节该旋钮使容性电流减至最小。

13、辅助容性电流平衡：由于集电极变压器绕组对地分布参数的不对称，因此需要调节该旋钮使容性电流减至最小。

14、串联电阻：当阶梯“电压—电流/级”开关置于电压输出时，该电压经串联电阻送到被测场效应管的栅极，然后改变串联电阻即可判断被测器件的输入阻抗。

15、按：当“重复/单族”开关置于单族时，该键每按一次即输出一族阶梯，该功能特别适用于测试大电流晶体管的输出特性。

16、重复/单族开关：该直键开关“弹出”，阶梯连续输出；当该直键开关“按入”，阶梯停止输出，此时按“按”开关阶梯输出，发光二极管“亮”；测量大功率管时，为了防止器件及仪器损坏，一般使用单次观察。

17、阶梯“+/-”开关：该直键开关“弹出”阶梯输出为正极性；该直键开关“按入”阶梯输出为负极性。

18、电压—电流/级开关：它是一种具有 22 档极，二种输出功能的开关。

(1) 基极电流源从 $1\mu\text{A}/\text{级}\sim 0.1\text{A}/\text{级}$ 分 16 档

(2) 基极电压源从 $0.05\text{V}/\text{级}\sim 2\text{V}/\text{级}$ 分 6 档

19、阶梯调零：其调零范围不小于 ± 1 级，因此能覆盖阶梯级与级之间的任何位置，通常在测量放大倍数时，必须将其调整在零电平上。

20、阶梯“级/族”：根据需要可以将每族阶梯从 4 级连续可调至 10 级。

21、水平移位：调节光迹或显示曲线在示波管屏幕上的水平位置。

22、双族分离：当测试台功能选择在“双族”测试时，调节右测被测半导体管的水平位置。

23、“伏/度”开关：它是一种具有 20 档级，四种偏转功能的开关。

(1) 集电极电压 (V_{CE})： $0.05\text{V}/\text{DIV}\sim 50\text{V}/\text{DIV}$ 共 10 档

(2) 漏电流电压 (V_{R})： $100\text{V}/\text{DIV}\sim 500\text{V}/\text{DIV}$ 共 3 档 (选配 5KV 测试台)

(3) 基极电压 (V_{BE})： $0.05\text{V}/\text{DIV}\sim 2\text{V}/\text{DIV}$ 共 6 档；当阶梯开关 (18) 置于电压源，同时“伏/度”开关置于 V_{BE} 时，X 轴显示阶梯电压，且随开关 (18) 阶梯电压变化。

(4) 阶梯电压 \square ：开关置于此档位时，X 轴显示阶梯级数。

24、反相开关：该键开关“按入”垂直与水平信号都反相 180° ，当测试 PNP 管时，按此键尤为方便。

25、垂直移位：调节光迹或显示曲线在示波管屏幕上的垂直位置。

26、电流/度 $\times 0.5$ 开关：该直键开关“按入”，电流/度开关的偏转系数被扩展 2 倍。

27、“电流/度”开关：它是一种具有 22 档级，三种偏转功能的开关。

(1) 集电极电流 (I_c): $20\mu\text{A}/\text{DIV}\sim 1\text{A}/\text{DIV}$ 共 15 档

(2) 漏电流 (I_R): $10\mu\text{A}/\text{DIV}\sim 0.2\mu\text{A}/\text{DIV}$ 共 6 档；此档位仅供测量二极管反向漏电流。

(3) 阶梯电压 \square ：开关置于此档位时，Y 轴显示阶梯级数。

28/30、测试台测试连接插孔：由专用附件来进行测试台与被测器件之间的连接，完成二极管反向击穿电流的测试。

29/31、测试台测试连接插孔：由专用附件来进行测试台与被测器件之间的连接。三极管测试座主要完成三极管和场效应管性能的测试，大功率管测试座主要完成大功率管性能测量。

32、测试台选择开关：由五位直键开关组成，有五种选择。

(1) 左：当选择开关“左”按下，示波管屏幕上显示左侧被测器件的特性。

(2) 右：当选择开关“右”按下，示波管屏幕上显示右侧被测器件的特性。

(3) 双族：当选择开关“双族”按下，左右两个被测半导体三极管的特性交替地显示在示波管屏幕上，该功能最适宜于管子的电流放大倍数的配对。

(4) 零电流：该键按下，被测半导体三极管的基极处于开路状态，即能测量 I_{CE0} 特性。

(5) 零电压：该键按下，被测器件的基极处于零电位，这种状态通常用于测量场效应管的 I_{DSS} ，在测得 I_{DSS} 后将该按键复位，并调节“阶梯调零”旋钮，使零阶梯与 I_{DSS} 重合，用这样的方法测量场效应管的特性才是正确的。

33、场效应管配对开关：用于小功率场效应管输出特性的配对，在配对场效应管时，如需双族显示，必须把该开关按下，这一功能在国产半导体图示仪中是唯一仅有的。

34、电源输入插座：仪器的 AC~220V/50Hz 供电由该插座输入，插座下部装有下 1A 保险丝。

35、示波管滤色片：使波形显示更加清晰。

四、使用

4.1 使用前的介绍和注意事项

4.1.1 对于初次使用者来说，如果面板某些开关设置不妥会造成被测器件的损坏，因此在使用前一般将阶梯“电压—电流/级”开关置于较小档级。串联电阻置于最大值 ($100\text{k}\Omega$)，集电极“功耗限制电阻”置于较大阻值档级。峰值电压范围置于 5V 档级，峰值电压调节器调到零。然后根据被测器件的测试条件，逐个调整到所需位置上。

4.1.2 测量大功率管时，一般将阶梯设置在“单次”上，每按一次观察其特性后，再调整集电极峰值电压，功耗限制电阻选择较小值和阶梯电流选择较大电流档级，使其达到测量值。

4.1.3 在测量反向高电压器件时，必须把功耗限制电阻置于最大值 ($500\text{k}\Omega$ 或 $100\text{k}\Omega$)，集电极电流可以置于 I_R 档级，然后慢慢增加峰值电压达到击穿值；当集电极电压交直流转换开关选择 AC 时， I_R 特性为一条连续的曲线，选择 DC 时， I_R 特性为连续变化的点。

4.1.4 本仪器的双簇功能主要用于对半导体三极管的电流放大倍数配对。因此为了被测器件的安全，本仪器作如下考虑：

当双簇测试时，集电极电压范围 100V0.5A 和 500V0.1A 二档无电压输出。

当集电极电压范围 100V0.5A 和 500V0.1A 时无双簇功能。

阶梯电流置于 10mA/级~0.1A/级时无双簇功能。

4.2 使用示例

4.2.1 NPN 型 9013 半导体三极管的输出特性 (如图 4-1)

测试条件：峰值电压范围：0~5V

极性：正 (+)

功耗限制电阻：250 Ω

X 轴：集电极电压 (V_{CE}): 0.5V/度

Y 轴：集电极电流 (I_C): 1mA/度

阶梯信号：重复
 极性：正 (+)
 阶梯选择：10 μ A/级
 阶梯调零：零电平
 阶梯级数：10 级

电流放大倍数：

$$H_{FE} = \frac{\text{第 } n \text{ 根水平线 } y \text{ 轴显示格数} \times \text{电流/度开关(27)指示}}{n \times \text{阶梯开关(18)指示值}}$$

(n 为图 4-1 任一条水平线，本例取 n=10)

$$\text{本图 } H_{FE} = \frac{10 \times 1\text{mA}}{10 \times (10 \times 10^{-3})\text{mA}} = 100 \text{ 倍}$$

4.2.2 NPN 型 9013 半导体三极管 H_{FE} 测试 (如图 4-2)

测试条件：峰值电压范围：0~5V

极性：正 (+)

功耗限制电阻：250 Ω

X 轴：置于阶梯电压：□

Y 轴：集电极电流 (I_C)：1mA/度

阶梯信号：重复

极性：正 (+)

阶梯选择：5 μ A/级

阶梯调零：零电平

阶梯级数：10 级

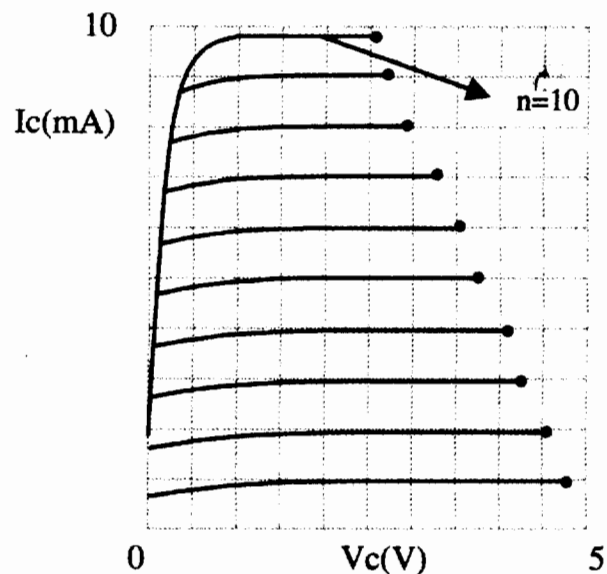
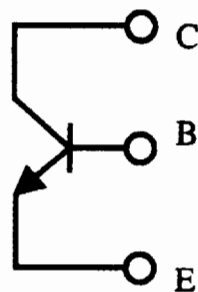


图 4-1

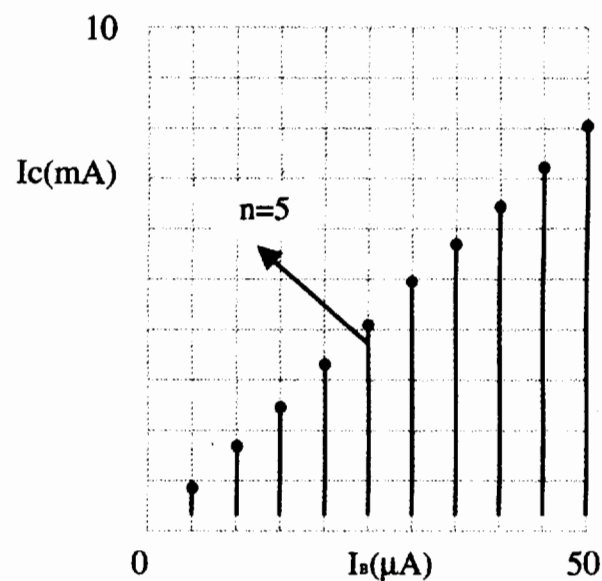
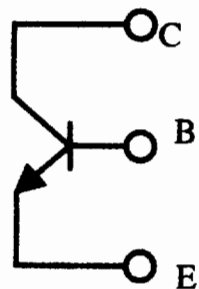


图 4-2

把 X 轴水平开关逆时针旋到底可得到图 4-2 的图形，

电流放大倍数：

$$H_{FE} = \frac{\text{垂直方向第 } n \text{ 根竖线 } y \text{ 轴显示格数} \times \text{电流/度开关(27)指示值}}{n \times \text{阶梯开关(18)指示值}}$$

(n 为图 4-2 任一条竖线，本例取 $n=10$)

$$\text{本图 } H_{FE} = \frac{8 \times 1 \text{mA}}{10 \times (5 \times 10^{-3}) \text{mA}} = 160 \text{ 倍}$$

4.2.3 N 沟道耗尽型场效应管 3DJ7G 的输出特性 (如图 4-3)

测试条件：

峰值电压范围：0~20V

极性：正 (+)

功耗限制电阻：250Ω

X 轴：集电极电压 (V_{CE}): 0.5V/度

Y 轴：集电极电流 (I_C): 0.5mA/度

阶梯信号：重复

极性：负 (-)

阶梯选择：0.2V/级

阶梯调零：零电平

阶梯级数：10 级

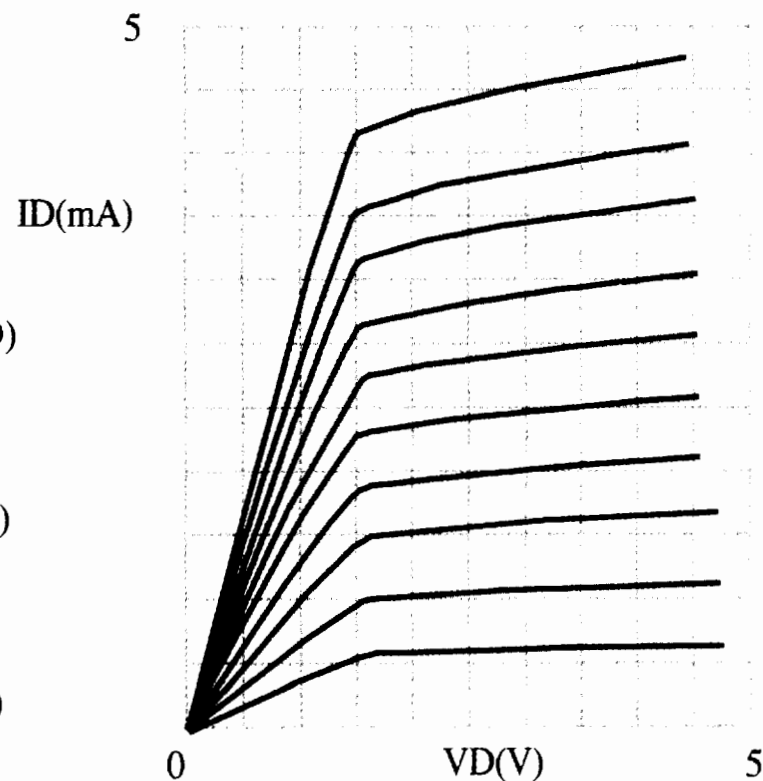
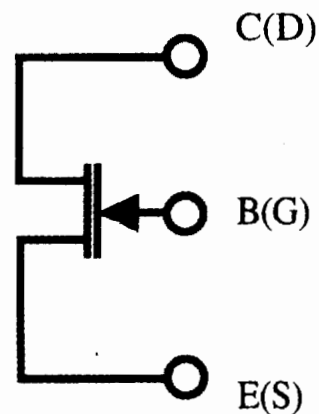


图 4-3

4.2.4 硅开关二极管 1N4148 的正向特性曲线 (如图 4-4)

测试条件:

峰值电压范围: 0~5V

极性: 正 (+)

功耗限制电阻: 250Ω

X 轴: 集电极电压 (V_{CE}): 0.1V/度

Y 轴: 集电极电流 (I_C): 1mA/度

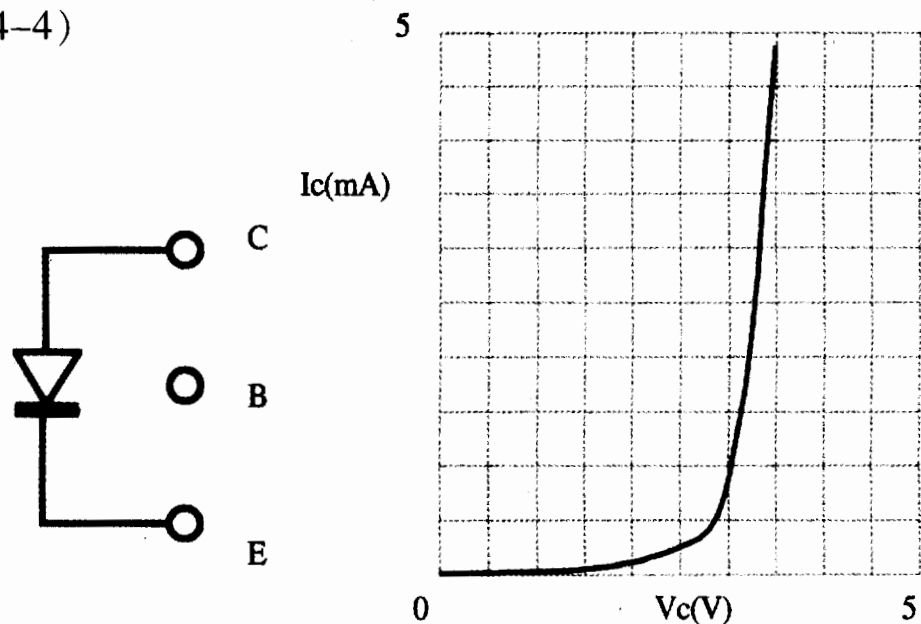


图 4-4

4.2.5 硅开关二极管 1N4148 反向击穿电压的测试 (如图 4-5)

测试条件:

峰值电压范围: 0~500V

极性: 正 (+)

功耗限制电阻: 100KΩ

X 轴: 集电极电压 (V_{CE}): 20V/度

Y 轴: 集电极电流 (I_R): 1μA/度

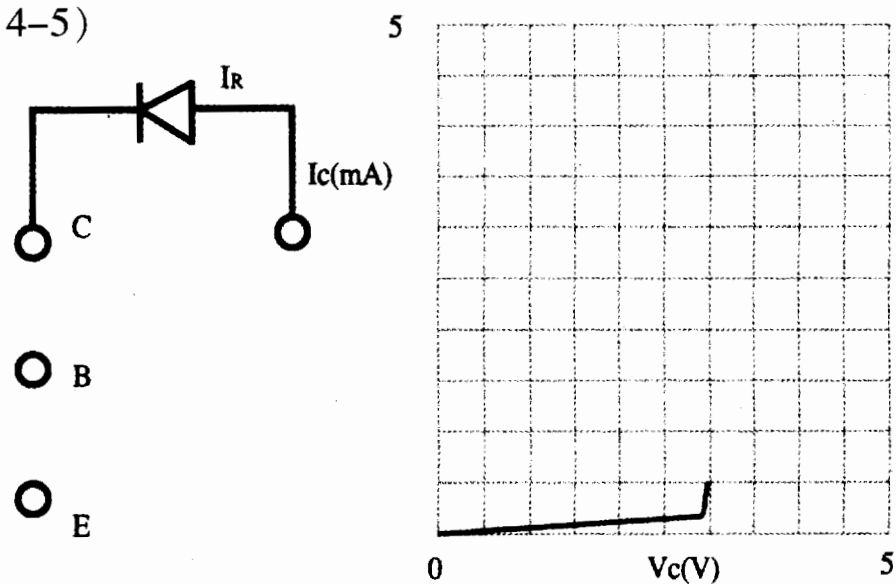


图 4-5

4.2.6 NPN 型 9013 半导体三极管共基输出特性 (如图 4-6)

测试条件:

峰值电压范围: 0~5V

极性: 正 (+)

功耗限制电阻: 250Ω

X轴: 集电极电压 (V_{CE}): 0.5V/度

Y轴: 集电极电流 (I_C): 1mA/度

阶梯信号: 重复

极性: 负 (-)

阶梯选择: 0.1mA/级

阶梯调零: 零电平

阶梯级数: 10 级

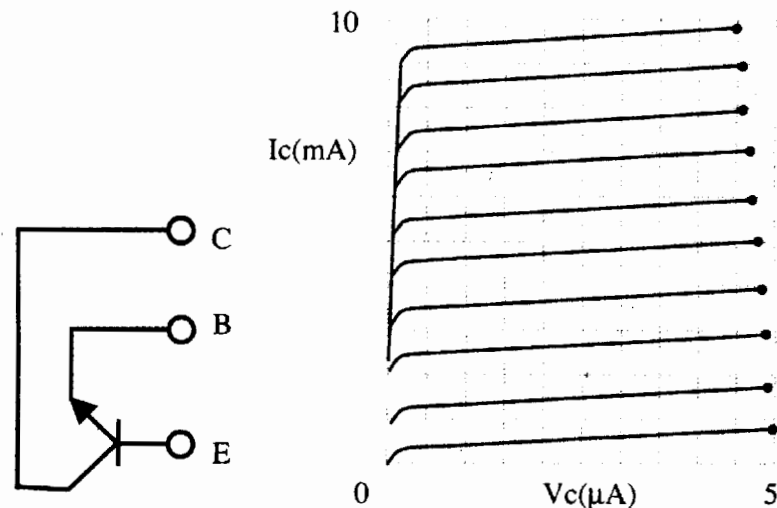


图 4-6

4.2.7 NPN 型 9013 半导体三极管输出特性曲线双簇显示(如图 4-7)

测试条件:

峰值电压范围: 0~5V

极性: 正 (+)

功耗限制电阻: 250Ω

X轴: 集电极电压 (V_{CE}): 1V/度

Y轴: 集电极电流 (I_C): 1mA/度

阶梯信号: 重复

极性: 正 (+)

阶梯选择: 5μA/级

阶梯调零: 零电平

阶梯级数: 10 级

测试台选择: 双簇

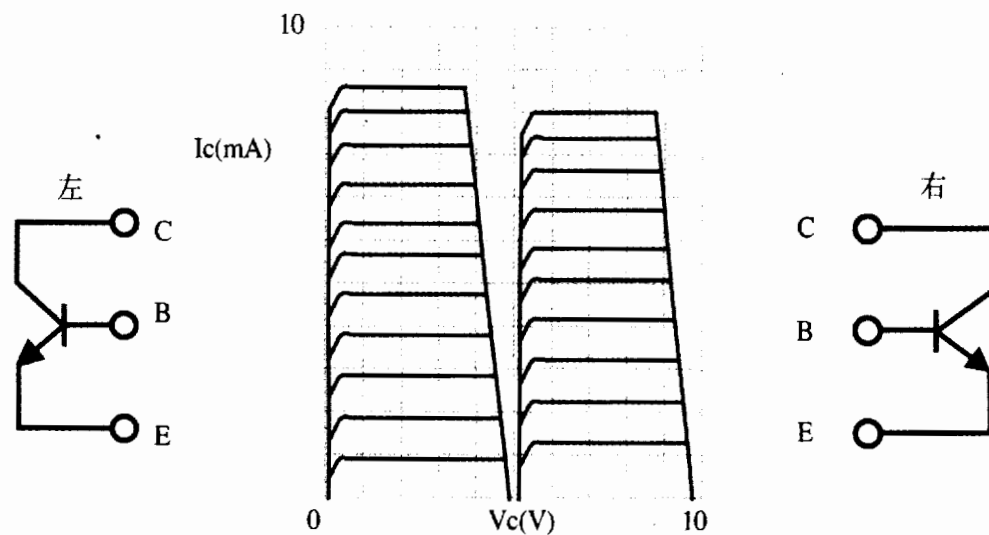


图 4-7

当测试要求较高时，可调节分离移位，使左右二簇特性曲线重迭起来，观察其重合程度。

4.2.8 高开启电压 VMOS 管 IRF840 的开关特性 (如图 4-8)

测试条件:

峰值电压范围: 0~20V

极性: 正 (+)

功耗限制电阻: 250Ω

X 轴: 基极电压 (V_{BE}): 0.5V/度

Y 轴: 集电极电流 (I_C): 1mA/度

阶梯信号: 重复

极性: 正 (+)

阶梯选择: 0.5V/级

阶梯调零: 零电平

阶梯级数: 10 级

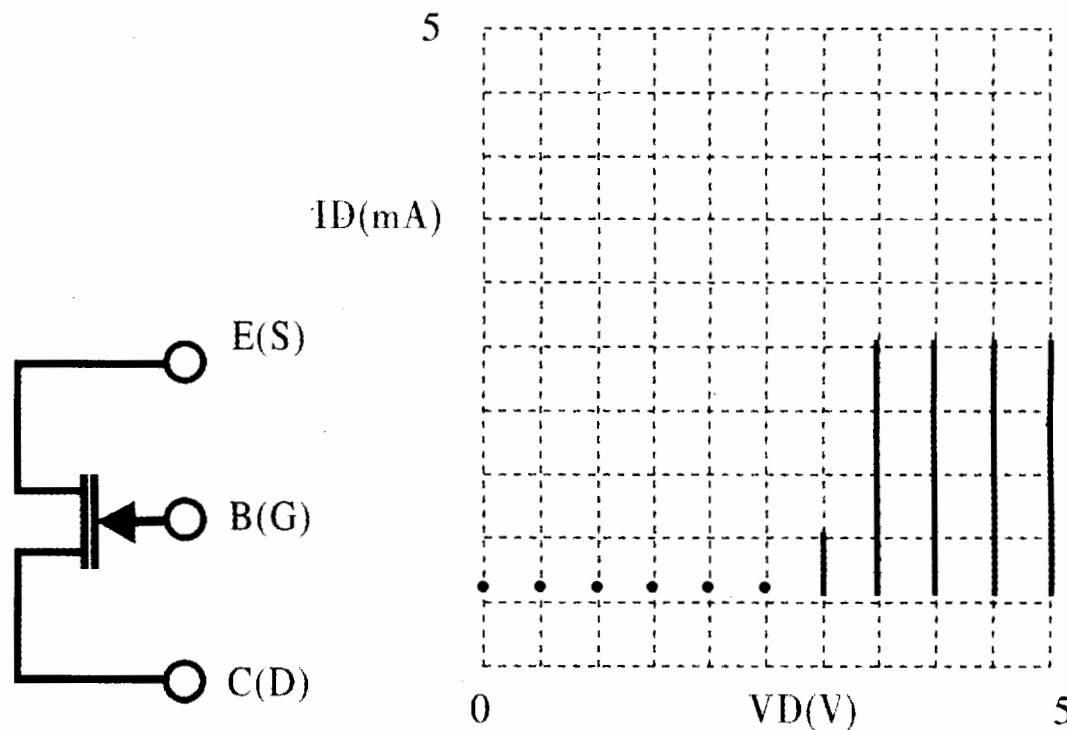


图 4-8

调整阶梯级数观察导通阶梯电压，如果 4 级×0.5V/级时已经导通，则可调整阶梯开关至 0.2V/级，反之，开关档位增大。