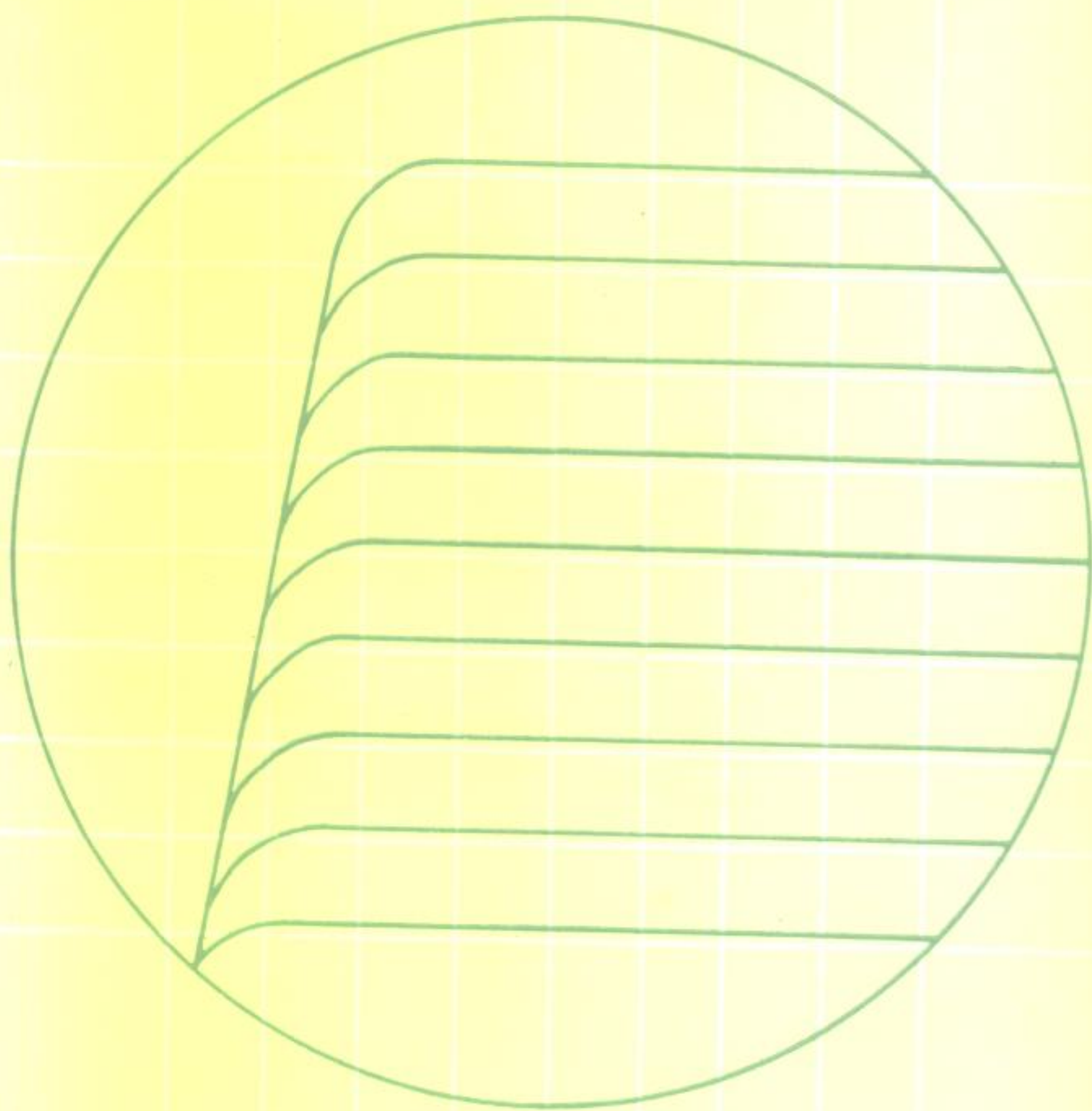


半导体管特性图示仪

原理、维修、检定与应用

赵中义 等著



电子工业出版社

1. M 931.2
2. 36

374639

半导体管特性图示仪

原理、维修、检定与应用

赵中义 主编

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

1823/02

内 容 提 要

本书介绍了半导体管特性图示仪原理、维修和检定,以及常见故障的分析排除方法,介绍了正确使用图示仪测试各种半导体器件主要参数的实例,汇集了图示仪总技术条件和测试方法的国家标准及其检定规程。书中还介绍了图示仪校准仪的工作原理、维修和检定。书末还附录了图示仪和图示仪校准装置产品一览表供参考。本书适用于从事设计、制造、使用、计量、维修图示仪的技术人员阅读,也可作为培训图示仪专业人员的基础教材。

半导体管特性图示仪原理、维修、检定与应用

主编 赵中义

责任编辑 陆伯雄

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 插页: 4 字数: 300 千字

1994 年 1 月第 1 版 1994 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—3 500 册 定价: 14.50 元

ISBN 7-5053-2119-6/TN·630

半导体管特性图示仪 原理、维修、检定与应用 编写人员

顾问 常新华

主编 赵中义

副主编 潘惟力

参加编写人员

赵中义 朱贤良 徐长风 蔡福明

前 言

半导体管特性图示仪,是一种能在示波管上观察和测试各种半导体管特性曲线和直流参数的测量仪器。它广泛地用于工业、科技、国防和教育等各个领域,在器件测量仪器中占据着相当重要的地位。随着半导体管特性图示仪的广泛使用,它的计量测试与维修使用工作便急迫地提上了议事日程。

机械电子工业部科技司着眼于普及图示仪的基础知识,培养图示仪计量测试和维修使用的专业人才,提高他们的理论水平和实践能力,同时为满足广大用户使用维修图示仪的需要,及时组织编写了本书。

本书包括原理、维修、检定、应用及校准仪部分等共六章。另外,书末还有附录“半导体管特性图示仪产品一览表”。本书适用于从事设计、制造、使用、计量、维修图示仪的技术人员阅读,也可作为培训图示仪专业人员,特别是维修、计量、使用人员的基础教材。它还是一本资料齐全的半导体管特性图示仪技术手册。

第一章为概述部分。介绍了图示仪的特点、简史、原理结构、面板控制件及主要技术指标等,使读者对图示仪有一个概括的了解。

第二章为原理部分。本章对图示仪的工作原理作了较详细的叙述。将电路分为主机、阶梯信号发生器,Y轴、X轴放大器,集电极电源,测试装置控制电路几部分进行解析。有的部分还选取了常用的几种电路加以介绍,以扩大读者的思路。

第三章为维修部分。着重介绍了检修方法、检修步骤以及故障的逻辑判断程序,给维修人员提供了基本的技能和实践经验。另外,还以目前使用面最广的 XJ4810 图示仪为例,详细介绍常见故障现象、产生故障的原因及排除方法,便于读者从中得到更具体的启迪。

第四章为标准、检定部分。收集了半导体管特性图示仪总技术条件和测试方法的国家标准及其检定规程。

第五章为校准仪部分。介绍了图示仪校准仪的工作原理、维修与检定。

第六章为应用部分。较详细地介绍了各种半导体三端器件、二端器件、特种器件的主要参数的测试方法,对用户正确使用图示仪将起到积极的指导作用。

本书由赵中义主编,副主编潘惟力,朱贤良、徐长风、蔡福明参加了编写。在编写过程中得到国防科工委、机械电子工业部有关部门的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间紧迫,水平有限,对带微处理器控制的图示仪研究不够,书中反映较少。错漏之处,敬请批评指正。

编著者

1992年12月

目 录

第一章 半导体管特性图示仪概述	1
第一节 半导体管特性图示仪的特点和用途.....	1
第二节 我国图示仪发展简史及趋势.....	1
第三节 图示仪总体原理结构和作用单元.....	2
第四节 图示仪面板控制件及其功能.....	3
第五节 图示仪的主要技术指标及其定义.....	7
第二章 图示仪的工作原理	10
第一节 工作原理概述.....	10
第二节 主机.....	11
第三节 阶梯波信号发生器及阶梯放大器.....	15
第四节 Y轴、X轴放大器.....	33
第五节 集电极电源.....	35
第六节 测试装置控制电路.....	37
第三章 图示仪的维修	43
第一节 图示仪检修的基本方法.....	43
第二节 图示仪常见故障分析.....	46
第三节 XJ4810 型图示仪的维修.....	51
第四章 图示仪的标准与检定	67
第一节 半导体管特性图示仪通用技术条件.....	67
第二节 半导体管特性图示仪测试方法.....	82
第三节 半导体管特性图示仪检定规程(草案).....	93
第五章 图示仪校准仪	116
第一节 概述.....	116
第二节 校准仪工作原理.....	117
第三节 校准仪的维修.....	125
第四节 GH2050 型 JT-1 校准仪检定规程(草案).....	128
第六章 图示仪的应用	134
第一节 图示仪的正确使用.....	134
第二节 二端器件的测试.....	136
第三节 三端器件的测试.....	142
第四节 特种器件的测试.....	161
附录一 半导体管特性图示仪产品一览表	175
附录二 图示仪校准装置产品一览表	182

第一章 半导体管特性图示仪概述

本章概略地介绍了图示仪的特点、发展简史、原理结构、面板控制件以及主要技术指标,使读者对图示仪能有一个概括的了解。

第一节 半导体管特性图示仪的特点和用途

50年代起,电子器件出现了重大的突破,半导体器件逐步代替了电子管器件,使电子工业由电子管时代迈向了半导体时代,这是一次阶段性的飞跃。随着半导体器件的出现,测量它的参数的测量仪器——半导体管特性图示仪(以下简称图示仪)也相应而生,并随着半导体器件的发展而发展。

半导体管特性图示仪是一种能在示波管屏幕上观察和测试半导体管特性曲线和直流参数的测量仪器。它的主要特点是:

① 广泛性: 使用面极为广泛。晶体管、场效应管、光电管、可控硅、三极管、二极管等等,几乎所有的二端、三端的半导体器件均可进行观察和测试。

② 直观性: 图示仪不是用表头、指针读测数据,而是可将半导体管的特性直接显示在示波管的屏幕上,一目了然。可直接读数进行分析、比较、挑选和配对,使用极为方便。

③ 全面性: 只要调整置于器件各端的电压值,就可对某一半导体器件的所有直流参数进行测试,使用较为全面。如对一个 NPN 型三极管,用图示仪就可测试它的参数: h_{11e} 、 h_{12e} 、 h_{21e} 、 h_{22e} 、 h_{11b} 、 h_{12b} 、 h_{21b} 、 h_{22b} 、 h_{11c} 、 h_{12c} 、 h_{21c} 、 h_{22c} 、 I_{cbo} 、 U_{cbo} 、 I_{ebo} 、 U_{ebo} 、 I_{ceo} 、 U_{ceo} 等 20 多个指标。

④ 精确性: 各种被测参数均可直接读测,其读数误差一般为 $\pm 3\%$ 或 $\pm 5\%$,是一种精确度较高的测量工具。

鉴于图示仪的以上特点,图示仪广泛地用于工农业生产、科研、军事、教育等各个领域。凡是设计、制造、使用、维修、计量、检测半导体器件的部门和单位都需要使用半导体管特性图示仪,它的社会拥有量大约以每年 $5\% \sim 7\%$ 的速度递增。

第二节 我国图示仪发展简史及趋势

图示仪与其它电子测量仪器一样,也经历了全电子管式——全晶体管式——晶体管与集成电路混合式几个发展阶段。

60年代初,我国半导体事业起步并迅速发展,急需解决对半导体器件参数的测试问题,半导体管特性图示仪随之产生。1964年,我国第一台电子管式的半导体管特性图示仪——JT1型图示仪问世。它是上海无线电二十一厂在电子管特性图示仪的基础上,学习国外先进技术试制成功的。该产品的集电极扫描电压为 $0 \sim 200V$,最大集电极电流为 $10A$,基极阶梯电流为 $1\mu A \sim 200mA/div$,基极阶梯电压为 $0.01 \sim 0.2V/div$,基本上

满足了 PNP 型和 NPN 型两大类三极管以及各种二极管的测试需要。JT1 型图示仪的诞生恰与半导体器件的普遍应用趋于同步,它又进一步推动了半导体器件的研制、生产和应用。它的投产填补了国内空白,成为研制、生产和使用半导体器件各个领域和部门不可缺少的仪器。

为了满足国内需要,先后又有吉林浑江电子仪器厂、国营 767 厂、北京显示仪器厂、邵阳无线电厂、淄博无线电三厂等十几家企业生产 JT1 型图示仪。在原 JT1 的基础上,各厂家又进行了改进和提高。有的将集电极扫描电压由 200V 提高到 500V,扩展了晶体管的测试范围;有的增加了可同时交替显示二只管子特性曲线的功能,方便了器件的配对;有的降低了容性干扰电流,提高了微电流测量精度。JT1 型图示仪总共生产了近 5 万台。

在电子管式半导体管特性图示仪发展的同时,晶体管式的半导体管特性图示仪也孕育成形。60 年代末,北京无线电仪器厂首先推出晶体管式的 QT1 型半导体管特性图示仪,其技术指标基本与 JT1 型图示仪的相同。70 年代初,上海无线电二十一厂又试制了 QT2 型晶体管式的图示仪,扩展了测试范围;集电极电压由 200V 提高到 500V,对二端器件可达 3000V;集电极电流由 10A 提高到 50A,满足了半导体器件飞速发展的需要。另外,浑江电子仪器厂研制的 QT12 型图示仪设有双向扫描,能同时观测二端器件的正、反向特性曲线,且容性电流很小;北京无线电仪器厂研制的 QT16 型图示仪,技术指标较高,接近 Tek576 型图示仪的指标,是国内高档的图示仪。

80 年代,以 XJ4810 型为主要代表的晶体管与集成电路混合式的半导体管特性图示仪问世。它采用了 CMOS 数字电路、D/A 变换器代替传统的 RC 充放电电路,使阶梯波质量有了质的飞跃;采用直流光点扫描,避免了容性电流干扰,使微电流测试范围由 $1\mu\text{A}/\text{div}$ 扩展到 $20\text{nA}/\text{div}$ 。

在此之后,各个厂家又推出了各具特色的混合式的图示仪。GH4821 型图示仪有同极性、异极性自动交替显示二只晶体管特性曲线的功能,使配对十分方便;BS4810 型图示仪有四种 H 参数自动切换, NPN 和 PNP 自动置位等特点;HJ4811 型图示仪在 X、Y 轴放大器中应用运算放大器,大大减少了零点漂移,提高了对共模干扰信号抑制的能力。

目前,图示仪正向数字化、智能化方向发展,估计不久具有 CRT 读出、光标测量的图示仪即将问世。随着图示仪的发展,数字技术、计算机技术、微电子技术一定会应用于图示仪中,使它成为智能化的自动测量仪器。

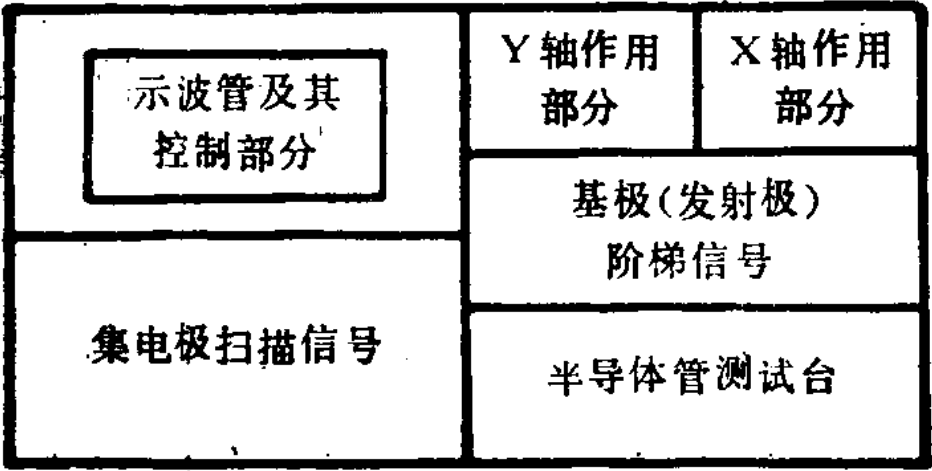


图 1-1 图示仪总体原理结构图

第三节 图示仪总体原理结构和作用单元

图示仪的总体原理结构如图 1-1 所示。它由 Y 轴作用部分; X 轴作用部分;集电极扫描部分;阶梯信号部分;示波管及其控制(主机)部分;半导体管测试台等组成。

图示仪各单元作用原理框图如图 1-2 所示(以被测晶体管发射极接地为例)。集电极

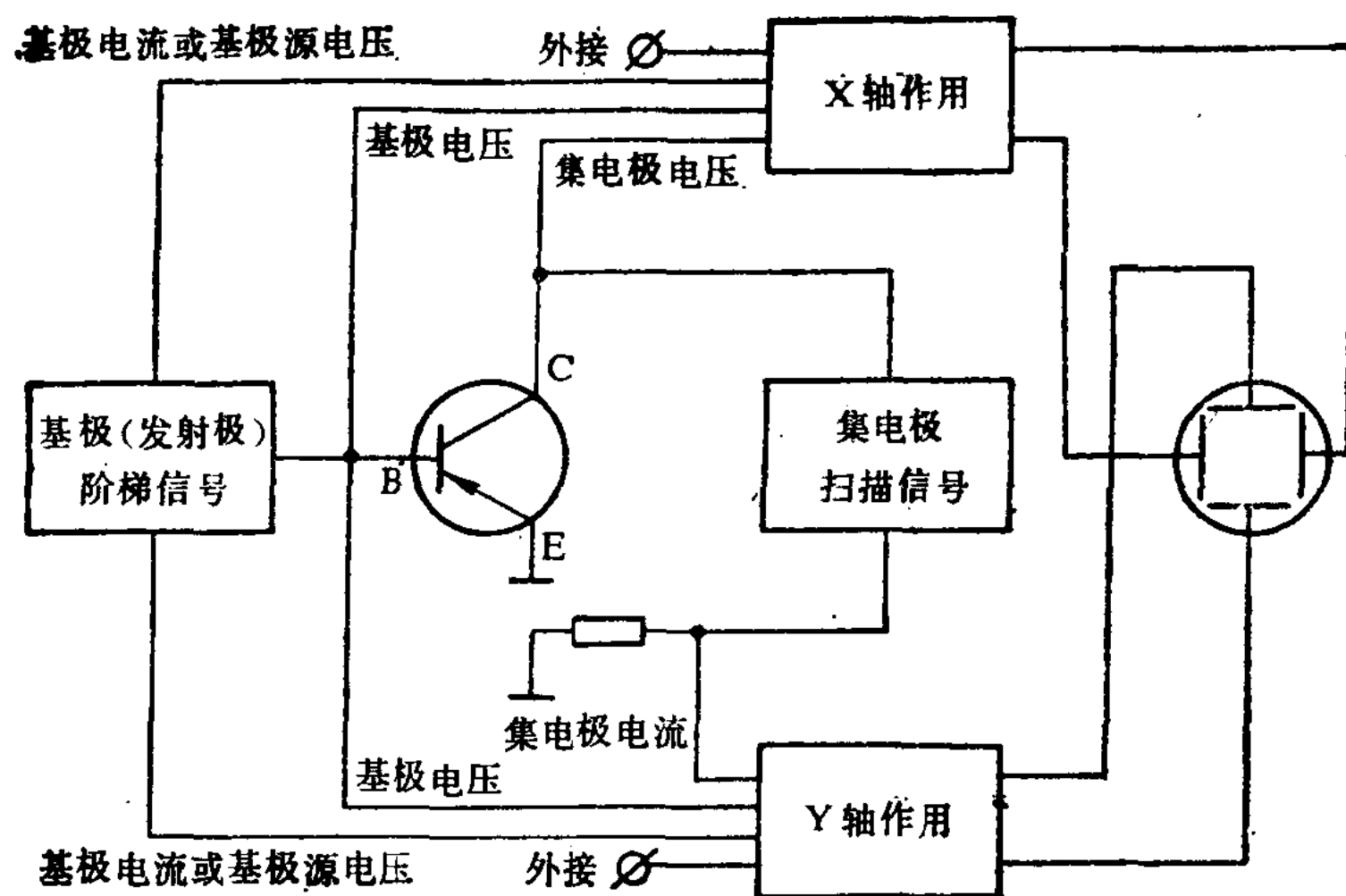


图 1-2 图示仪各单元作用原理框图

扫描信号置于晶体管的集电极（C），基极阶梯信号置于晶体管的基极（B）。集电极电流、基极电压、基极电流或基极源电压等信号通过Y轴作用后置于示波管的Y轴偏转板。集电极电压、基极电压、基极电流或基极源电压等信号通过X轴作用后置于示波管的X轴偏转板，在示波管上显示所需要的波形。

若晶体管按基极接地或集电极接地时，则各单元有关参数的含义应按表 1-1 的内容理解。

表 1-1

连接方法 有关参数	发射极 E 接地	基极 B 接地	集电极 C 接地
Y 轴作用, 集电极电流	集电极电流 I_C	集电极电流 I_C	发射极电流 I_E
Y 轴作用, 基极电压	基极电压 U_B	发射极电压 U_E	基极电压 U_B
X 轴作用, 集电极电压	集电极电压 U_C	集电极电压 U_C	发射极电压 U_E
X 轴作用, 基极电压	基极电压 U_B	发射极电压 U_E	基极电压 U_B
基极阶梯信号	基极阶梯信号	发射极阶梯信号	基极阶梯信号
集电极的扫描信号	集电极扫描信号	集电极扫描信号	发射极扫描信号

第四节 图示仪面板控制件及其功能

不同型号的图示仪将有不同的面板控制件。这里仅列出基本的面板控制件，参阅图 1-3，并加以说明。

1. 示波管及其控制部分

(1) 电源开关以及辉度调节(带开关的电位器)

电源开关：用于接通或关断仪器的供电电源。

辉度：调节示波管栅极控制电压，用以改变荧光屏显示波形的明暗程度。

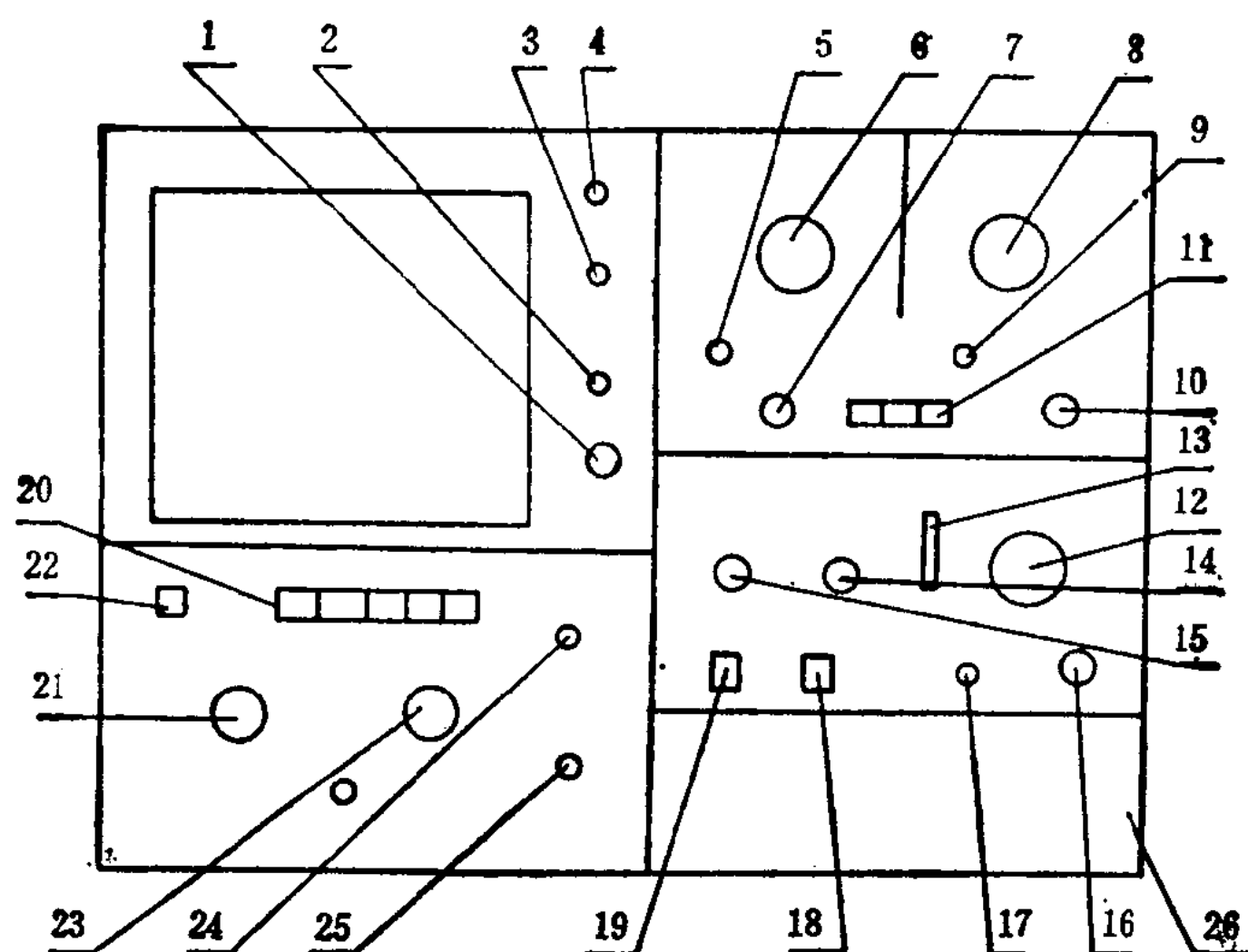


图 1-3 图示仪面板控制件示意图

(2) 电源指示灯

红灯亮时,表示开机工作状态。

(3) 聚焦

控制图示仪示波管聚焦极电压,使电子束的焦点会聚在荧光屏上,显示一个清晰的小圆点,使显示清晰的线条。

(4) 辅助聚焦

控制图示仪示波管另一聚焦极电压,与“聚焦”相互配合调节,使图像更清晰。

2. Y 轴作用部分

(5) Y 轴增益

对 Y 轴放大器的增益进行调节,以校准 Y 轴各偏转系数。一般调整后不宜多动。

(6) Y 轴(电流/度)偏转系数开关

它是一种具有 20 几档、四种偏转作用的开关。

① 集电极电流 I_c 偏转系数开关:一般从 $10\mu\text{A}/\text{div} \sim 0.5\text{A}/\text{div}$ 按 1-2-5 进制共 15 档。它是通过集电极电流取样电阻将电流转化为电压后,经 Y 轴放大器取得读测电流的偏转值。

② 二极管反向电流 (I_R) 偏转系数开关:一般从 $0.2\mu\text{A}/\text{div} \sim 5\mu\text{A}/\text{div}$, 按 1-2-5 进制共 5 档。它是通过二极管漏电流取样电阻,将电流转化为电压后,经 Y 轴放大器取得读测电流的偏转值。

③ 基极源(基极源电流或基极源电压)偏转系数开关:由阶梯电流取样电阻上的电压值,经放大器而取得的基极电流偏转值。

④ 外接输入偏转系数开关:可供外接信号显示。信号由外接输入端 Y_+ 、 Y_- 输入(一般在后箱板)。

(7) Y 轴移位以及 Y 轴(电流/度) $\times 0.1$ 倍率开关(带开关的电位器)

Y 轴移位: 调节 Y 轴放大器输出直流电平,以改变电子扫迹的垂直位置。

Y轴(电流/度)×0.1倍率开关(拉出):它是配合Y轴衰减开关而用的辅助作用开关。通过增益扩展10倍,以达到改变电流偏转系数的倍率。

3. X轴作用部分

(8) X轴(电压/度)偏转系数开关

它是一种具有10几档、四种偏转作用的开关。

① 集电极电压 V_{CE} 偏转系数开关:一般从0.05V/度~50V/度按1-2-5进制共10档。它是将集电极电压经过分压电阻,对其进行衰减达到其电压的偏转值。

② 基极电压 V_{BE} 偏转系数开关:一般从0.05V/度~1V/度按1-2-5进制共5档。它也是将基极电压经过分压电阻对其进行衰减,达到其电压偏转值。

③ 基极源(基极源电流或基极源电压)偏转系数:由阶梯电流取样电阻上的电压值,经放大器而取得的基极电流偏转值。

④ 外接输入偏转系数开关:可供外接信号显示。信号由外接输入端 X_+ 、 X_- 输入(一般在后箱板)。

(9) X轴增益

对X轴放大器的增益进行调节,以校准X轴各偏转系数。一般调整后不宜多动。

(10) X轴移位

调节X轴放大器输出直流电平,以改变电子扫迹的水平位置。

(11) 显示开关

① 转换:通过开关使放大器分差输入端信号相互转换,达到图像在I、III象限相互转换,便于NPN管转测PNP管。

② 接地(⊥):放大器输入端接地,表示输入为零电位的基准点。

③ 校准:校准电压接入X、Y轴放大器,以达到10度校正。

4. 阶梯信号部分

(12) 阶梯信号选择开关

是一个具有20几档二种作用的开关。

① 阶梯电流选择开关:改变注入被测管基极电流值的开关。一般从0.2μA/级~50mA/级按1-2-5进制共17档。它是通过改变基极电阻以达到其基极电流值的。

② 阶梯电压选择开关:改变置于被测管基极电压值的开关。一般从0.05V/级~1V/级按1-2-5进制共5档。它是通过改变反馈电阻以达到其基极电压值的。

(13) 串联电阻选择开关

当阶梯选择开关置于电压/级的位置时,选择不同的串联电阻串接于被测管的输入电路中。一般为0、10kΩ、1MΩ三档。

(14) 阶梯调零

未测试前,需首先调整阶梯信号起始级零电位的位置。其调整方法为,将Y轴量于 I_0 档,X轴量 V_{BE} 档,当荧光屏上出现基极阶梯信号后,将测试台的测试选择开关置“零电压”,记下光点停留在荧光屏上的位置(该点为阶梯零电位值)。然后复位,调节“阶梯调零”装置,使其阶梯信号的起始级光点置于上述记下的位置(与原位置相同),这样阶梯信号的“零电位”即被准确校正。

(15) 阶梯级/簇调节

调节阶梯信号的次数在 0~10 范围内连续可调。

(16) 单簇按开关

单簇的按动其作用是使预先调整好的电压(或电流)/级,出现一次阶梯信号后回到等待触发位置。因此可利用它的瞬间作用的特性来观察被测管的各种极限特性。

(17) 单簇按指示灯

单簇按动出现一次阶梯信号,曲线显示时指示灯亮。其它状态时指示灯不亮。

(18) 重复、关开关

重复: 阶梯信号重复出现,作正常测试。

关: 阶梯信号处于待触发状态。

(19) 阶梯极性选择开关

根据被测管的需要、选择极性“+”或“-”。

5. 集电极扫描信号部分

(20) 峰值电压范围选择开关

它是选择集电极扫描峰值电压范围的开关。不同的峰值电压也有不同的峰值电流值。一般为 0~10V(5A)、0~50V(1A)、0~100V(0.5A)、0~500V(0.1A),等等。

(21) 峰值电压百分比调节

峰值电压范围确定后,它可在此范围内进行连续可变调节。面板标值的百分值作为近似值,其准确读数应根据 X 轴偏转系数读测。

(22) 极性转换开关

是转换集电极电压正、负极性的开关。根据被测晶体管的需要,选择极性“+”或“-”。

(23) 功率限制电阻选择开关

它是选择串联在被测管集电极电路上限制超过功耗的电阻的开关。该电阻也可作为被测半导体管集电极负载的电阻。选择不同的负载电阻阻值,可改变图示仪特性曲线簇的斜率。

(24) 电容平衡

由于集电极电流输出端对地的各种杂散电容的存在(包括各种开关、功耗限制电阻、被测管的输出电容等),将形成电容性电流,而在电流取样电阻上产生电压降造成测量上误差。为了尽量减小电容性电流,测试前应调节电容平衡电位器,使容性电流减至最小状态。

(25) 辅助电容平衡

对集电极变压器次级绕组对地电容的不对称,再次进行平衡调节。

6. 测试台部分

测试台可有不同的插件,下文中会做较详细的介绍。在此仅就最基本的一种测试台予以说明。

(26) 测试选择开关

一般有五种选择方式。

① 测左面被测管的曲线特性。

② 测右面被测管的曲线特性。

③ 同时交替显示左、右二个被测管的曲线特性(便于配对使用)。

④ 零电压: 与“阶梯调零”配合,调整阶梯信号起始级零电位的位置[在(14)阶梯调零中已作介绍]。

⑤ 零电流: 按下“零电流”时,使被测半导体管的基极处于开路状态(可测量 I_{co} 特性)。

第五节 图示仪的主要技术指标及其定义

1. Y 轴部分

(1) 集电极电流偏转系数范围及误差

被显示集电极电流幅度与示波管屏幕上光点垂直移动的距离之比, A/div 或 A/cm 。

(2) 二极管反向电流偏转系数范围及误差

被显示二极管反向电流幅度与示波管屏幕上光点垂直移动的距离之比, A/div 或 A/cm 。

(3) 基极源(基极源电流或基极源电压)偏转系数范围及误差

被显示基极源电流或基极源电压的幅度与示波管屏幕上光点垂直移动的距离之比。

(4) 外接输入偏转系数范围及误差

被显示外接输入信号的幅度与示波管屏幕上光点垂直移动的距离之比。

(5) Y 移位

使图像(或光点)在屏幕上作垂直方向的位置移动。至少应能使图像移至屏幕的二边缘处。

(6) 倍率

是变换基本量程使用范围的装置,一般为 $\times 0.1$ 倍率。

2. X 轴部分

(7) 集电极电压偏转系数范围及误差

被显示集电极电压幅度与示波管屏幕上光点水平移动的距离之比。

(8) 基极电压偏转系数范围及误差

被显示基极电压幅度与示波管屏幕上光点水平移动的距离之比。

(9) 基极源偏转系数范围及误差

被显示基极源电流或基极源电压幅度与示波管屏幕上光点水平移动的距离之比。

(10) 外接输入偏转系数范围及误差

被显示外接输入信号的幅度与示波管屏幕上光点水平移动的距离之比。

(11) X 移位

使图像(或光点)在屏幕上作水平方向的位置移动。至少应能使图像移至屏幕二边缘处。

3. 阶梯部分

(12) 阶梯(基极)电流范围及误差

台阶式变化的电流信号,以 $A/\text{级}$ 表示。

(13) 阶梯(基极)电压范围及误差

台阶式变化的电压信号,以 $V/\text{级}$ 表示。

(14) 阶梯级数

每簇阶梯信号的阶梯级数。通常以级/簇表示,一般为 1~10 连续可变。

(15) 阶梯次数

每秒钟内产生的阶梯次数。通常以级/秒表示,一般为 100 或 200 等。

(16) 串联电阻

串接于被测管输入电路中的电阻。一般为 0、10k Ω 、1M Ω 三档。

(17) 阶梯极性

分为正、负。逐级上升的阶梯为正极性,逐级下降的阶梯为负极性。

(18) 阶梯作用

单簇、关、重复。

单簇: 每按一次单簇按钮,出现一次阶梯信号。

关: 阶梯信号处于待触发状态。

重复: 阶梯信号重复出现,作正常测试。

(19) 阶梯幅度线性误差

一簇阶梯中,每级阶梯幅度变化的相对误差。

(20) 阶梯不平度

每级阶梯顶部不平坦的程度。

(21) 脉冲阶梯占空比

脉冲阶梯宽度 (τ) 与脉冲阶梯周期 (T) 之比。

4. 集电极扫描部分

(22) 扫描形式

脉动波、直流或交流等。

(23) 集电极峰值电压范围及电流容量

加至被测管集电极扫描信号的峰值电压范围及在此峰值电压下给出的峰值电流范围。

(24) 集电极峰值电压极性

正、负或交流。

(25) 集电极功耗限制电阻

限制被测管集电极功率耗散的电阻。

(26) 集电极容性电流

由集电极回路对地的分布电容所引起的电流。

(27) 集电极漏电流

由集电极回路对地的漏电电阻所引起的泄漏电流。

5. 其它

(28) 校准信号的波形、范围及误差

用以校准放大器偏转系数的标准信号。

(29) 视在功率

在额定条件电源输入电压与电流的乘积。

(30) 示波管

型号和名称；

有效工作面；

检验工作面。

(31) 图像畸变(几何失真)

边缘直线度偏差值；

垂直度偏差值；

平行度偏差值。

(32) 预热时间

图示仪接通电源后,直到满足所有准确度要求时必须的时间间隔。

第二章 图示仪的工作原理

本章详细叙述了图示仪的工作原理,将分为主机,阶梯波信号发生器及阶梯放大器,Y轴、X轴放大器,集电极电源和测试装置控制电路几部分进行解析。

第一节 工作原理概述

图示仪是一种半导体器件的测试仪器,它可以模拟显示半导体器件在运用条件下的特性,并对这些特性进行测量。集电极电源和阶梯波信号发生器产生的工作电压和电流,加于待测半导体器件上,显示放大器测量这些外加条件的效应,测试结果便以被测器件的特性曲线的形式展现在图示仪的荧光屏上。所以图示仪不仅能测量半导体器件的参数,还可以显示被测半导体器件的特性曲线。这是图示仪比一般半导体参数测试仪器优越之处。

一、基本构成

目前,图示仪的品种不少,电路程式互有差异,但基本上可归纳为五个主要组成部分:阶梯波部分(主要是阶梯波信号发生器和阶梯放大器)、集电极电源、显示放大器(主要是垂直和水平放大器)、测试部分和主机(主要是低、高压电源及显示电路)。

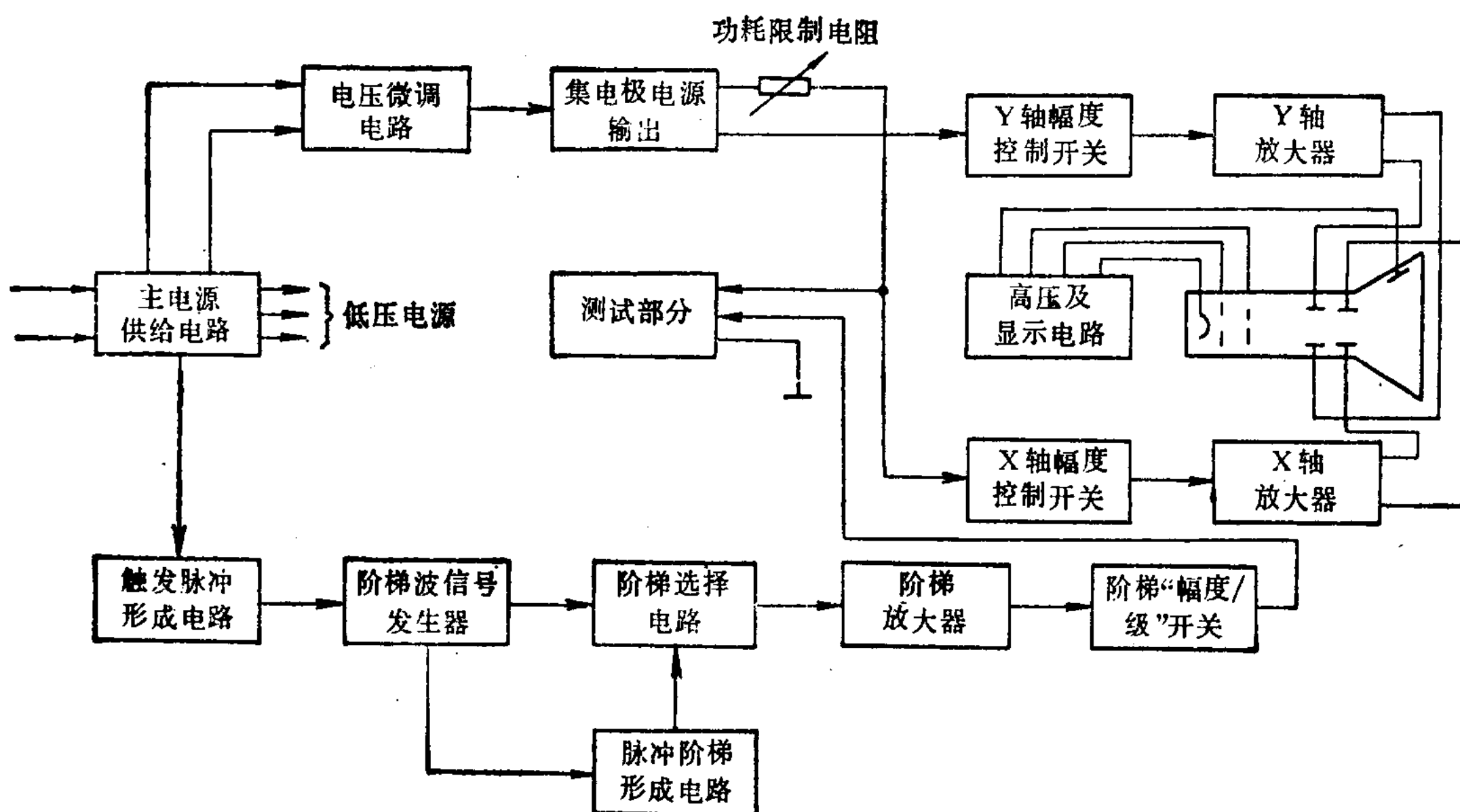


图 2-1 图示仪方框图

图示仪电路基本结构方框图如图 2-1 所示。

二、各电路的作用

低压电源：给仪器各单元电路提供各档稳压的直流电源和非稳压的交流电源。

高压电源及显示电路：提供仪器中示波管所需稳定的正、负直流高压，以及辉度、聚焦和辅助聚焦等直流控制电压。

触发脉冲形成电路：输出阶梯波信号发生器电路所需的、与集电极扫描电压有着较为严格的时间对应关系的触发脉冲，其频率为 100Hz 或 200Hz。

阶梯波信号发生器电路：产生每秒级数与输入的触发脉冲相对应的每次跃变值相等的阶梯波信号。

阶梯形成选择电路：用来选择馈至阶梯放大器的阶梯波信号是正常的阶梯波信号，还是具有一定占空比的脉冲阶梯波信号。

脉冲形成电路：产生与阶梯形成选择电路输出的脉阶梯波信号相对应的、占空比可调的或固定的触发脉冲。

阶梯放大器：使输入的阶梯波信号成为阶梯极性可根据需要进行转换、阶梯波起始电平可调、而且不受负载变化影响的恒定阶梯电流或恒定阶梯电压。

集电极电源：是一个电压值可以连续调整和变换极性的工频全波整流电路，可作为扫描电压源。由于集电极电源输出端对地存在着分布电容，在测试时将会产生所谓电容性电流，因而会引起测试误差，所以集电极电源一般还包括容性电流平衡电路。

X 轴、Y 轴和阶梯作用开关：为了显示被测半导体器件的各种特性曲线，必须对基极阶梯波、X 轴和 Y 轴放大器等的接法和极性作相应的改变，这些均需通过转换各对应单元的作用开关来实现。

X 轴、Y 轴放大器：由于从被测半导体器件上检测出来的电信号较弱，需通过 X 轴、Y 轴电压放大器对信号进行放大，再加至示波管的 X 轴、Y 轴偏转板上。

测试部分：用来满足测试时的不同要求而设置的测试装置。一般应具有各种不同的测试管座和引出装置；被测器件测试状态的选择装置；显示被测器件 A 或 B 特性曲线的测试选择装置；被测器件上施加的测试电压高于某一值时，若不接通测试保护装置仪器即无输出电压的测试安全装置等。

第二节 主 机

一、低 压 电 源

图示仪中低压电源给各部分单元电路提供稳定的电源电压，常用的有 $\pm 12\text{V}$ 、 $\pm 24\text{V}$ 、 $\pm 100\text{V}$ 、 $\pm 250\text{V}$ 等。图示仪中低压电源电路形式，常用的有二种：串联调整稳压电源和三端式集成稳压器的电源。下面分别进行介绍。

1. 串联调整稳压电源

串联调整稳压电源电路有很多程式，各不相同，其作用原理如图 2-2 方框图所示。