

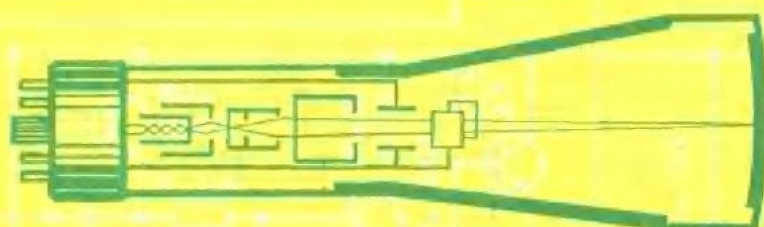


中学科技丛书

教学示波器

冯容士 朱积发

上海教育出版社



5.3

JIAOXUE SHIBOQI · JIAOXUE SHIBOQI · JIAOXUE SHIBOQI ·

中学科技丛书
教 学 示 波 器

冯容士 朱积发

上海教育出版社出版
(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.75 字数 274,000
1979年9月第1版 1979年9月第1次印刷
印数 1—30,000 本

统一书号: 7150·2109 定价: 0.92 元

前 言

示波器不但能显示波形和脉冲,还可用于测量频率、相位、电压、电流,研究电子管和晶体管的特性曲线以及供其它专业部门应用。因此,随着现代工业、农业、国防、科技、教学的迅速发展,示波器已成为一种应用非常广泛的电子测量仪器。示波器由于用荧光屏显示图象,便于观察、记录或拍摄照片,因而适用于课堂教学和做演示实验。但由于一般示波器线路复杂、不便携、价格昂贵、可见度低,在教学中推广使用存在一定困难。本书介绍几种自制的教学示波器,就是根据中学教学特点,把一般结构较复杂的通用示波器改革成为适用于教学的示教仪器,便于在教学中推广。

目前,适用于教学的示波器虽已成批生产,但仍供不应求。如何自制、调试、使用和维修,并使之成为一具多用的教学仪器,是广大师生亟待解决的问题。本书围绕这些问题作了介绍,尤其详尽地介绍了示波器在中学物理教学中的广泛应用,分声学、电磁学、无线电电子学三方面介绍了作者近年来在教学实践中设计的四十五种基础实验。这些实验的装置制作比较简单,取材也容易,读者仿制和使用时可根据实际情况进行取舍。书后附录的有关术语解释、符号和参数,以备查考。

本书部分内容,曾在《中学科技》杂志上连载过,并承该刊编者广泛征求读者意见,作者据此作了修改补充。作者在编写过程中,得到陈奕荣、杜晓庄、雍新生、丁定一、许德明等同志的热情支持和帮助。成书后又承上海师院物理系副教授朱鸿鹗审阅润色。作者谨在此一并志谢。

限于作者水平,对示波器在教学中的应用研究不够,祈请读者批评指正,尤其欢迎交流新的实验设计方案,使示波器在物理教学中的应用更臻完善。

作 者

一九七九年五月

目 录

前 言

第一章 示波器工作原理简介	1
第一节 阴极射线管.....	1
1. 荧光屏	1
2. 电子枪	2
3. 偏转板	3
第二节 扫描发生器.....	5
第三节 同步电路.....	8
第四节 垂直(Y 轴)和水平(X 轴)放大器.....	9
第五节 电源.....	10
第二章 教学中常用的几种示波器	11
第一节 325 型示波器	11
1. 电路结构	11
2. 技术性能	15
3. 面板和控制旋钮	15
4. 调试和使用	16
第二节 325-2 型示波器	20
第三节 SB-10 型示波器	20
1. 电路结构	20
2. 主要技术指标	25
3. 面板布置及旋钮作用	25
4. 常见故障及维修	28
第三章 自制教学示波器	33
第一节 最简单的示波器.....	33
第二节 简易晶体管示波器.....	35
1. 线路简介	35
2. 元件选择和制作	38
3. 调试及故障排除	39
第三节 学生示波器.....	43
1. 原理简介	44
2. 元件选择和制作	44
3. 安装和调试	45

第四节 大屏幕演示示波器	46
1. 线路简介	46
2. 元件选择和制作	53
3. 调试	65
4. 故障排除	66
第五节 机械式示波器	74
1. 结构和制作	74
2. 调整和使用	75
第四章 教学示波器辅助装置	76
第一节 简易电子开关	76
1. 概述	76
2. 线路分析	77
3. 制作和调试	78
第二节 多波形低频信号发生器	80
1. 电路简介	80
2. 元件选择和制作	83
3. 调整	84
第三节 演示用放大器	88
第四节 简易移相电源	91
第五节 演示用扫频信号发生器	92
第五章 示波器的基本应用	98
第一节 观察波形	98
第二节 测试电压和电流	99
1. 测电压	99
2. 测电流	100
第三节 测量频率	100
1. 从显示波形数作粗略估计	100
2. 用李沙育图形测量频率	101
3. 用电子开关测频率	101
第四节 测量相位	102
1. 用电子开关测量相位差	102
2. 用李沙育图形测量相位差	103
第五节 描绘特性曲线	103
第六节 代灵敏电流计作灵敏指示	103
第七节 用示波器作电桥平衡指示	104
第六章 示波器在物理教学中的应用	106

第一节 用示波器做声学实验	106
1. 声音的图象显示	106
2. 声共鸣	107
3. 声音的传播	108
4. 声音的反射(回声)	108
5. 声波的合成	109
6. 多普勒效应	110
7. 声音的记录和重放	111
第二节 电磁学基本概念示波实验法	112
1. 正弦交流电的显示	112
2. 正弦交流电的相位和相位差波形显示	113
3. 直流和交流波形显示	114
4. 电容器的充放电	115
5. 电容器在电路中通交流隔直流作用实验	116
6. 电容器的容抗	117
7. 电容器的滤波作用	118
8. 有关变压器的演示实验	119
9. 电感器的感抗实验	122
10. 线圈的互感	123
11. 楞次定律的演示实验	124
12. 磁场对电子束的作用(洛伦兹力)	125
13. 等位面的显示	127
14. 电磁屏蔽的演示	128
15. 磁滞回线及演示方法	129
16. 交流电路中阻容元件上的电压、电流相位差演示	132
17. 三相交流电波形显示	133
18. 移相电路实验	134
19. 玻璃导电演示实验	135
20. 热敏电阻和光敏电阻	136
21. 光电效应、热电效应、压电效应、霍尔效应的演示	137
第三节 示波器在电子学教学中的应用	140
1. 串并联谐振	140
2. 晶体二极管整流、滤波电路	142
3. 可控硅导电特性及调压演示	148
4. 晶体三极管放大作用的演示	149
5. 观察推挽放大电路波形	151
6. 阻尼振荡、等幅振荡、调幅波显示	153
7. 调幅检波演示器	155

8. 调谐电路的选择作用	157
9. 微分电路和积分电路	158
第四节 晶体管特性曲线显示	160
1. 晶体二极管伏安特性曲线演示	161
2. 稳压管特性曲线显示	162
3. 隧道二极管负阻特性简易显示装置	164
4. 晶体三极管静态特性曲线显示	166
第五节 演示频率响应特性曲线	169
1. 阻容耦合音频电压放大电路频率特性	169
2. 中频放大器频率特性	170
3. 高频谐振电路频率响应曲线	171
附录	172
1. 示波器术语解释	172
2. 符号、倍数和分数的代号	174
3. 国产常用示波管的主要技术参数	175
4. 几种国产黑白显象管的主要技术参数	177
5. 部分国产示波器主要技术性能	179
6. 国产示波管荧光屏幕磷光体特性符号表	180
7. 常用氖管参数	180

示波器工作原理简介



示波器是一种用途广泛的电子测量仪器。它在生产、科研和教学上都有较广泛的应用。

一般示波器都由阴极射线管和与其相联系的电子线路组成。阴极射线管内电子枪发射的电子束，通过两对相互垂直的偏转板时，在水平偏转板上的扫描电压和垂直偏转板上的外加信号电压的作用下，使电子束按一定的规律发生偏转，于是在阴极射线管的荧光屏上就能显示出外加信号电压波形(图1-1)。

最简单的示波器由以下几部分组成：(1)阴极射线管(简称示波管)；(2)扫描发生器；(3)同步电路；(4)水平轴和垂直轴放大器；(5)电源。图1-2是简单示波器的构成方框图。

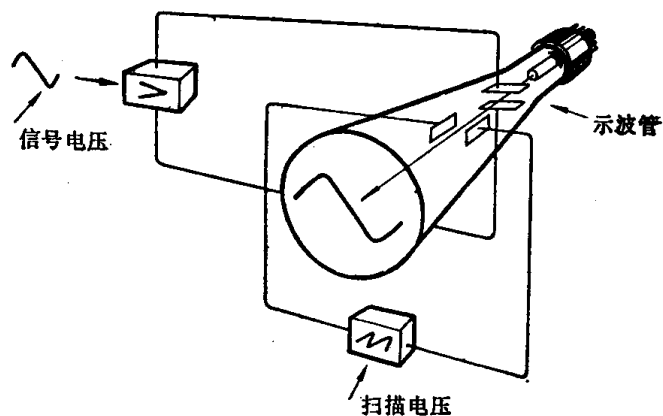


图 1-1

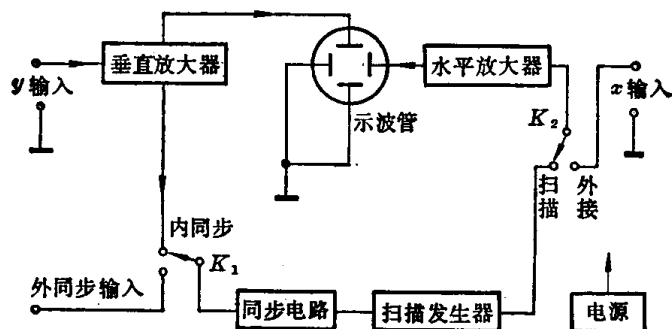


图 1-2

第一节 阴极射线管

示波器里的阴极射线管，通常称为示波管，是示波器的主要组成部分，要观察的波形就显示在它的荧光屏上。示波管的管内抽成真空，它的结构如图1-1-1所示，大致可分三个部分：前面是荧光屏，中间是偏转板，后面是电子枪。

1. 荧光屏

示波管的前面是一个玻璃圆屏，圆屏的

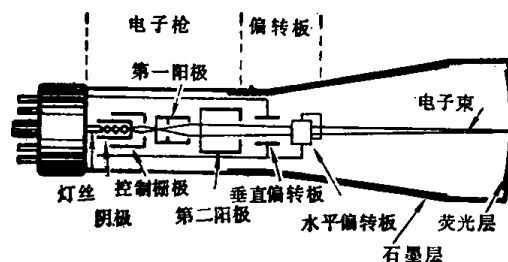


图 1-1-1

内壁涂有一层荧光粉，所以叫做荧光屏。电子束打在荧光屏上，能使荧光粉发光，因此当电子束按一定的规律沿荧光屏作扫描运动时，荧光屏上就能显示出待测信号的波形。

荧光屏发光的颜色，由荧光粉的性质来决定。附录 6 列出的是国产示波管荧光屏磷光体特性符号表。

当电子束停止轰击后，荧光粉的发光作用要经过一定时间后才消失，这段时间叫做余辉时间。一般来说，观察频率高的周期变化的波形时，所用示波管余辉时间应短些。相反，研究频率较低、周期较长的周期变化的波形及非重复的瞬时讯号波形时，要求余辉时间较长些，后一种示波器一般叫做慢扫描或长余辉示波器。

由于电子束长时间轰击荧光屏上某一固定点，会把这一点烧坏，形成暗斑，所以在使用示波器时要避免长时间轰击一点，辉度很大时尤须注意。

2. 电子枪

电子枪能发射一股高速电子，荧光屏的发光就是由于受到这股电子束轰击的缘故。

电子枪由以下几个部分组成：阴极是一个金属圆筒，里面是一个加热用的灯丝。套在阴极外面，中间有一个小孔的金属圆筒，是控制极。在控制极右边是第一阳极和第二阳极，结构和控制极差不多，但它们都加有较高正电压，第一阳极一般在 300~400 伏左右，第二阳极电压更高，一般在千伏以上。

当阴极被点燃的灯丝加热后，在阳极高压作用下，就能向荧光屏发射电子。由阴极射来的电子，从控制极的小孔内穿出来形成一细束电子流，这就是电子束，它打到荧光屏上就成一亮点。控制极的作用是控制电子束的强弱，它加有负电压(对阴极来说)，电压越负，则能穿出小孔的电子就越少，屏上光点就

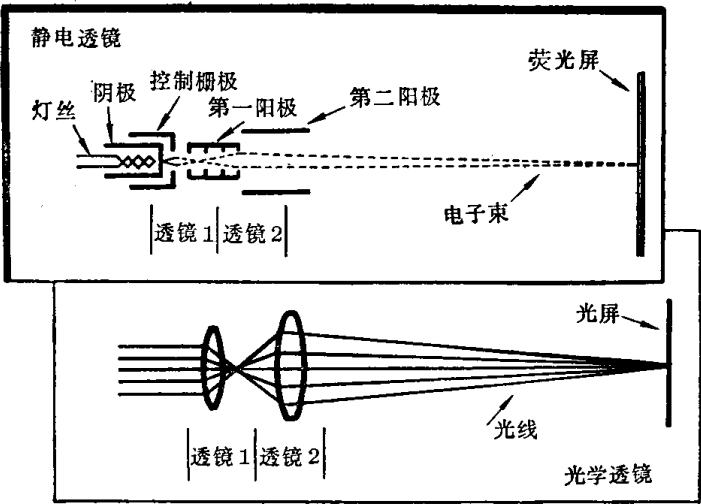


图 1-1-2

较暗；反之控制极电压负得少一些，穿出小孔的电子就较多，屏上光点亮度也较大。改变控制极上的负电压就可使光点亮度变化。示波器面板上“亮度”或“辉度”旋钮一般就是调节示波管控制极的电压用的。

电子束在前进时，如果不加控制会逐渐发散，这样在屏上看到的就不是一个小光点，而变成模糊一团。利用静电场作用可使电子束象光学透镜聚集光线一样(图 1-1-2)把电子束聚集起来(聚焦)，构成静电透镜。

阴极、控制极和第一阳极组成第一静电透镜，电子束穿过这个静电透镜后会聚在控制极前不远处，接着它又通过由第一阳极和第二阳极所组成的第二静电透镜，对电子束再次聚焦。静电透镜的焦距，决定于组成该静电透镜各电极电位，改变两阳极任一电压都能使其电场变化影响它的焦距，使电子束聚焦在屏上，这种聚焦方法叫静电聚焦。在示波器中，因第一阳极电压稍低，所以一般都用改变第一阳极的电压来控制电子的聚焦作用，示波器面板上的“聚焦”电位器就是通过这种调节作用，使电子束在屏上形成一细小的光点，因此第一阳极有时又称聚焦极。第二阳极电压较高，主要对电子束起加速作用，故也称加速极。

当电子射到屏上时，会从屏上打出电子束，叫做二次发射，如果这些电子也聚集在荧

光屏上会影响示波管正常工作。为了消除这个现象，在示波管的玻壳内壁，涂有一层石墨，它和第二阳极相连，用来吸收荧光屏上二次发射的电子(图 1-1-3)。石墨涂层还能起屏蔽作用，可以减小外来杂散电场对电子束的影响。

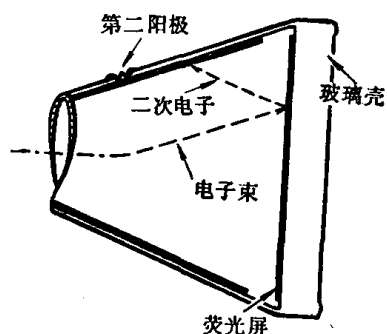


图 1-1-3

图 1-1-1 所示的示波管结构，有一明显缺点：当改变第一阳极电位进行聚焦调节时，会使各电极电位相互关系发生变化，因而使聚焦和亮度相互影响，不利观测。为了消除上述缺陷，常采用带有前置加速极的电子枪，如图 1-1-4 所示。加速极位于栅极和第一阳极之间，其电位与第二阳极相同。加速极是一长形圆筒，内装一个或几个具有同轴中心

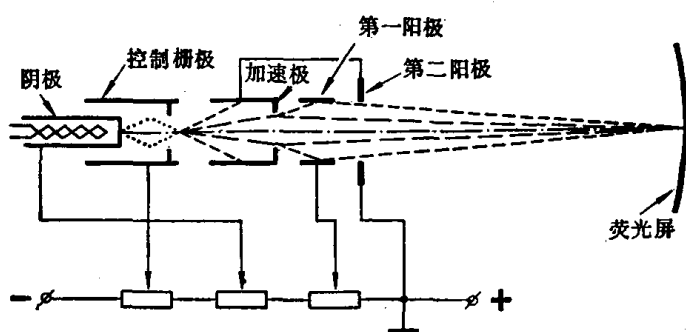


图 1-1-4

孔的金属膜片，以使电子束具有较大近轴性。第一阳极则为一带孔圆盘(或短圆筒)，由于孔径较大，不阻挡电子束，故其电流极小(第一阳极零电流)，仅起聚焦作用，这样调节聚焦时就不会影响电子束的密度，因而也不会影响亮度的变化。加大第二阳极电压可增加荧光屏光点亮度，但实验和理论证明：电子束的

偏转灵敏度会有所下降(偏转板的偏转位移和第二阳极电压成反比)。因此，在一些示波管中为了提高荧光屏光点的亮度，又不致降低电子束的偏转灵敏度，在偏转系统和荧光屏之间加入一个“后加速电极”，这在示波管的参数中称“加速极”或第三阳极，这个电极加有比第二阳极还高的电压。它通常是一个涂在管内壁的环状石墨层电极，并具有单独的引出线如图 1-1-5 所示。

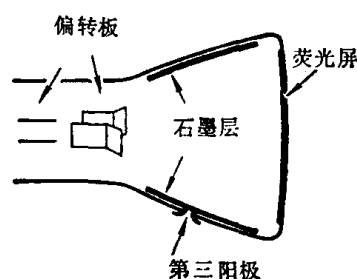


图 1-1-5

3. 偏转板

当电子穿过平行板间的静电场时，电子受电场力作用会从原来路径上偏转，电子偏移程度是和电子运动速度以及偏转板长度和其上加电压的大小决定的。当示波管各极电压一定时，电子偏转程度和偏转板所加电压有关。加于偏转板上电压越高，产生的偏转就越大。示波管就是利用电子在静电场中偏转的这种特性，描绘出所要研究的各种信号波形。为使电子射线按我们的要求发生偏转并显示波形，在示波管内共有两对偏转板，一对水平地放着，另一对垂直放着[图 1-1-6(a)]。从示波器正面透过去看，其两对偏转板就如图 1-1-6(b)所示，如果在垂直偏转板上加一直流电压(图 1-1-7)，那么电子束的电子就受极板间电场力的作用向上方运动，结果在屏幕上光点就会从中心向上偏移一个距离，垂直偏转板上所加的电压愈大光点的偏移也愈大，如果改变电压数值和极性就可使光点上下移动。同理，如果在水平偏转板上也加上直流电压，就可使光点沿水平方向

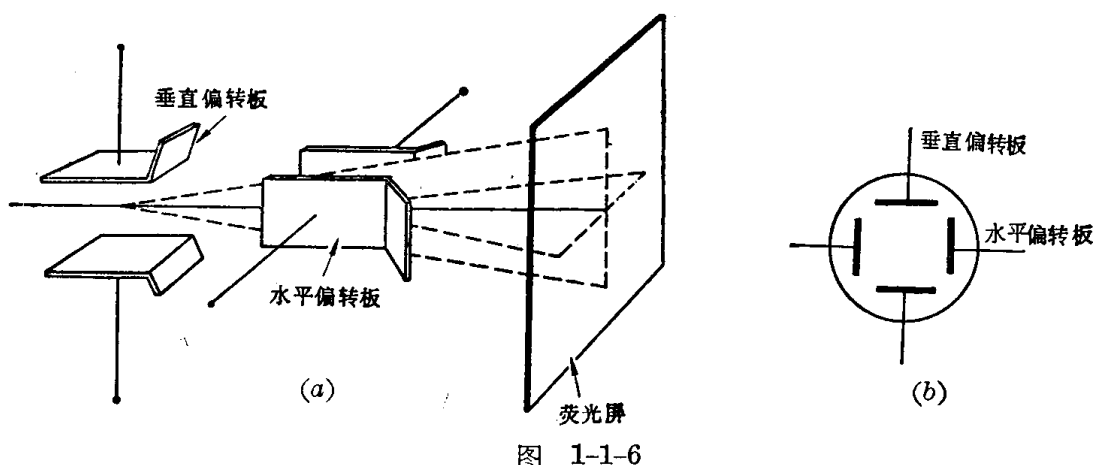


图 1-1-6

左右移动。可见，要使光点到达屏上某一位置，只要使水平和垂直板上加的电压有适当数值和极性就能达到目的。示波器面板上有一个“水平位移”和一个“垂直位移”的旋钮就是分别用来调节水平和垂直偏转板上所加直流电压值，用来达到使光点左右和上下移动的目的。

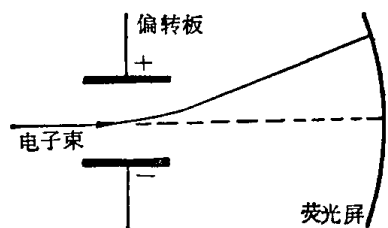


图 1-1-7

一般示波管垂直方向的偏转灵敏度比水平方向要低一些，这是由于垂直偏转板离荧光屏远一些的缘故。当偏转板上加1伏直流电压时，光点在荧光屏上偏转的厘米数称为示波器灵敏度，它是示波器的重要参数之一。

上面介绍的示波管是用静电场来聚焦，并用静电场的作用来产生偏转的。它也可以用磁场的作用来聚焦。一般电视机用的显象管也可看作是一种示波管，它采用静电聚焦，但偏转则是利用磁场来产生的。

在教学演示时，为达到教学效果，需要屏幕较大的示波管，但一般示波器用的示波管屏幕尺寸较小，所以也有采用电磁偏转的显象管来代替静电偏转的示波管制作教学专用

示波器的，本书第三章介绍的“大屏幕演示示波器”就是采用电视显象管来代替示波管显示波形，作教学演示用的。

磁偏转显象管的电子枪结构和一般静电偏转的示波管基本相同(图 1-1-8)，只是电

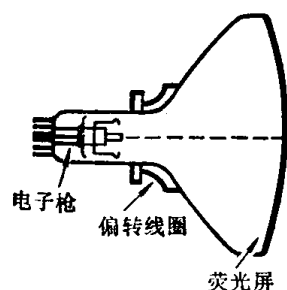


图 1-1-8

子束的偏转不是由管内偏转板加电压后产生的电场来实现，而是由套在管颈的线圈通电流后产生的磁场使电子束受到洛伦兹力而偏转。偏转磁场和管轴相垂直，当偏转磁场(图 1-1-9)的磁力线垂直穿入纸面时根据左手定则，电子受到向下作用的力，向下偏转。如果磁场的方向反转，则电子向上偏转，这就是电磁偏转原理。管颈上的线圈叫偏转线圈，使电子束沿水平方向偏转的称为水平偏转线圈，使电子束沿垂直方向偏转的称为垂直偏转线圈，电视接收机中用的偏转线圈就是这种结构。由于垂直偏转线圈和水平偏转线圈离荧光屏的距离几乎相等，因此它们的偏转灵敏度差不多相等，这是电磁偏转的一个优点。其次用磁场偏转的显象管本身结构比较简单，偏转角大，因而荧光屏面积可做得很大

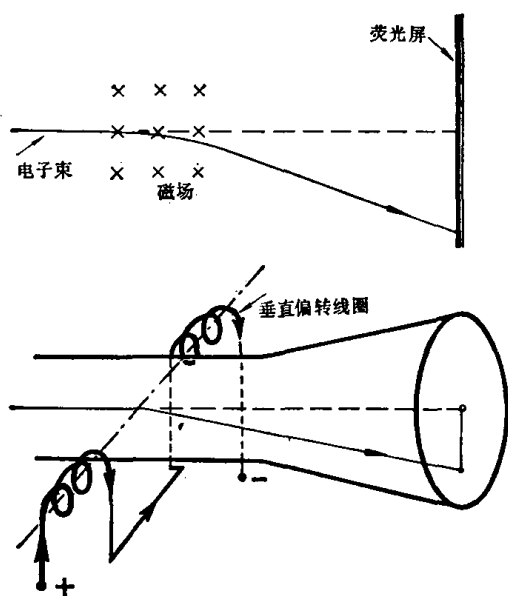


图 1-1-9

而管颈较短。它的缺点是偏转消耗的功率较静电偏转为大，原因是为了产生偏转磁场在线圈中必须通以电流，于是在线圈导线上就有功率损耗。在采用静电偏转时，主要产生电压，所以几乎不消耗功率。另外采用电磁偏转时由于偏转线圈具有电感，因此不能在高频的场合工作。

在显象管的电子束里除了有电子外还会出现负离子。这些离子的质量比电子大得多。由于它的质量很大，因此磁场对负离子几乎没有偏转作用。所以负离子将固定轰击荧光屏的中心处，使这里的光屏烧伤而出现暗点，形成“离子斑”。为了消除这种故障，老式的显象管中采用有离子阱的电子枪，使负离子不会射到荧光屏上去。

现在生产的显象管一般都没有离子阱，而是在紧贴荧光粉后面蒸镀有一层很薄($0.5 \sim 1\mu\text{m}$)的铝膜，由于它很薄，所以电子束易

于通过。铝膜与第二阳极相连，它们的电位相同。因为负离子的质量较大而速度较慢，不能透过铝膜，防止了“离子斑”的出现。另外，对于不镀铝膜的显象管来说，电子束打在荧光屏上产生的光是向四周散开的，其中约有一半向后反射损失掉。现在采用铝膜涂层后，透过铝膜的电子轰击荧光屏后产生的光又被光亮的铝膜向前反射，可使光屏亮度增加(图 1-1-10)。

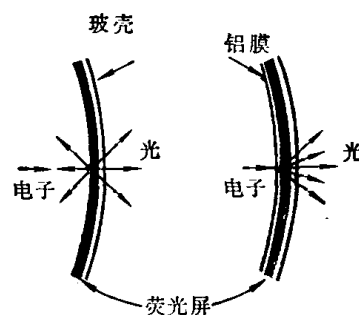


图 1-1-10

显象管的玻璃一般用所谓烟色(灰色)玻璃，其透光率在 66% 左右，这种玻璃屏幕上波形亮度虽然稍为低些，但由于依靠玻璃本身吸收杂散光线的能力而提高了图象的对比度，在白天或外界光线较强的环境下收看效果较好。

管壳前面的内外壁都涂有一层石墨层，内壁接第二阳极，除吸收二次电子外，还与外壁导电层(和底板相连)之间构成一只 $500 \sim 1000\text{pF}$ 左右的电容，供第二阳极高压整流器作滤波之用。此外，它们还可以遮蔽来自后面的杂散光线，以免投射在荧光屏上。这对增加屏幕图象的对比度是有利的。

第二节 扫描发生器

扫描发生器是示波器另一个重要组成部分。示波器在使用时，一般总要使电子束在水平方向形成一条扫描基线，这就要在水平偏转板(或偏转线圈)上加上扫描电压(或扫

描电流)。扫描电压也叫锯齿电压，如图 1-2-1 所示，它的波形呈锯齿形。开始时它的电压为 0，随着时间增加，电压值亦逐渐线性增大，直到一个最大值 $U_{\text{最大}}$ 后，又突然降到

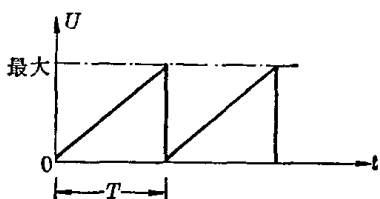


图 1-2-1

零。以后又按线性规律增加到最大值，又陡然降到零，这样周期地重复进行，变化一次的周期为 T 。

我们先把水平偏转板上的直流电压调到使光点停在屏“1”点，然后再迭加一个锯齿电压，如图 1-2-2 所示，可以设想，当锯齿电压为零时，光点停留在“1”点，当锯齿电压逐渐增大时，电子束就渐渐向右移动，假定我们调节锯齿电压 $U_{\text{最大}}$ 值使光点正好停在屏右侧的“6”点上，那么，当锯齿电压从零线性变到 $U_{\text{最大}}$ 时，电子束就从屏上从“1”到“6”匀速划出一条水平亮线，当锯齿电压突然从 $U_{\text{最大}}$ 跳回到 0 时，这光点也突然从“6”点跳到“1”点。在锯齿电压下一个周期内，它又划出同样的一条水平线，这个过程叫扫描。随着锯齿电压的不断重复，电子束不断从左扫到右，画出一条明亮的扫描基线。

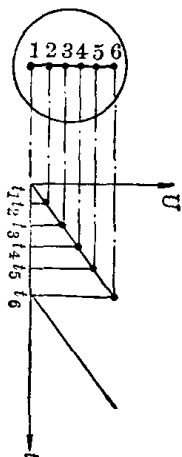


图 1-2-2

注意在图 1-2-2 中， $t=t_1$ 时，光点在位置 1， $t=t_2$ 时，光点在位置 2， $\dots t=t_6$ 时，光点在位置 6。由于扫描电压是线性的，因此在相同的时间间隔中，光点在荧光屏上移过的

水平距离相等，也就是说光点沿着荧光屏上的运动是水平方向的匀速运动，这对正确显示波形是十分重要的。

假如有一个正弦形的交流信号，如何在屏上显示呢？我们已经知道：当示波管的两对偏转板不加入任何信号时，屏上只出现一个光点。若将锯齿电压接入水平偏转板时，电子束就在这个电压作用下发生偏转，于是在屏上形成一根水平亮线。如果将一个幅度变化的电压（如正弦形电压）加到竖直偏转板上，而水平偏转板不加电压，那么电子束就在屏上形成一条竖直扫描线（图 1-2-3）。当竖

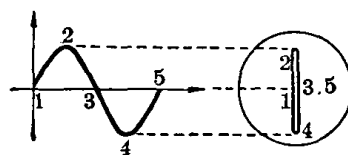


图 1-2-3

直和水平两个电压同时加入时，电子束除从左到右作匀速运动外，在垂直方向也产生了幅度按正弦变化的运动，这样，在屏上观察到的就是正弦形信号电压的波形（图 1-2-4）。

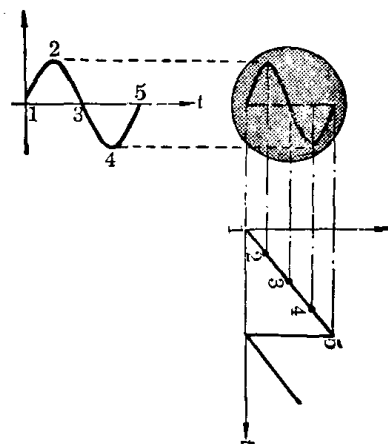


图 1-2-4

当扫描电压（水平方向）和加到垂直板上的正弦信号有相同频率时，在屏上就显示出一个完整的正弦波。但当扫描电压频率是垂直信号频率一半时，这时屏上显示的是两个完整的正弦波，因为在电子束水平扫描一次的时间里，垂直信号变化了二周（图 1-2-5）。同样道理，要使屏上显示 n 个波形则扫描频率

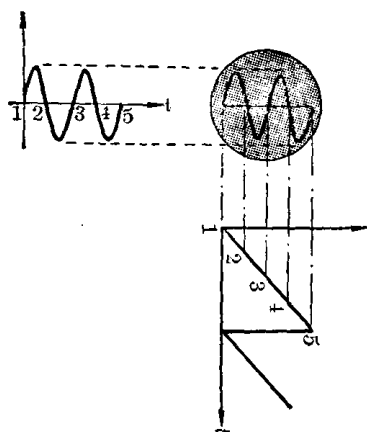


图 1-2-5

应比信号频率低 n 倍。所以，如果知道了扫描频率，则从屏上显示的波形个数就不难确定竖直偏转板上所加信号的频率。

显而易见，如果我们想观察的波形不是正弦波而是其它形状，如锯齿波，方波等，也可用上述方法在屏上显示出来。

上面讨论的扫描电压是一种比较理想的锯齿波，即扫描电压由 $U_{\text{最大}}$ 回复到零时的时间为零，但实际上从 $U_{\text{最大}}$ 回复到零总需要一定的时间，在这段时间内光点从右自左回到原处，因此这段时间叫回扫时间，这一过程称为逆程。电子束从左向右的扫描过程就是正程（图 1-2-6）。如果扫描电压 $U_{\text{扫}}$ 如图 1-2-7 所示，回扫时间不够短，那么荧光屏上显示 U 的波形时在波形的最后部分就会失真。从图 1-2-7 可以看出，当正弦波振幅由“0”变到“7”时，扫描电压已达最大值，也就是说光点已到达终点。此后，扫描电压开始下降，光点回到起点，结果在屏上呈现的波形就不是完整的正弦曲线，而缺少 7~8 之间一段。

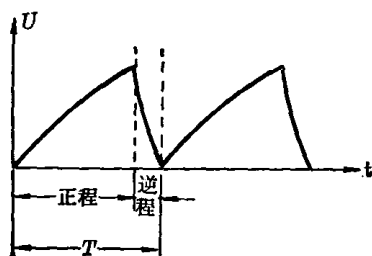


图 1-2-6

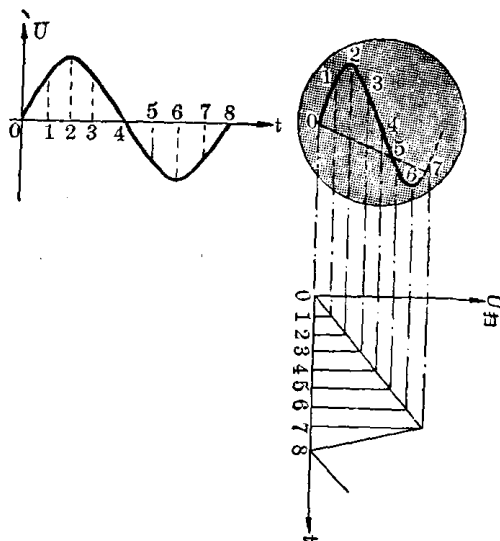


图 1-2-7

如果在扫描正程部分扫描电压不是随着时间线性增长的话，则观察到的波形就会产生失真。图 1-2-8 就是用非线性的扫描电压来观察正弦波的情况。扫描开始时，锯齿电压为零，光点在屏最左面。其后，电压由零沿曲线上升，光点随着向右移动。假定将扫描电压的正程分成 6 个相等的时间间隔，可以看到每一单位时间使光点水平移动的距离由于电压上升的非线性，而使间隔不等，开始时最宽，越到终点越窄，结果波形便前松后紧，造成如图 1-2-8 所示的失真。

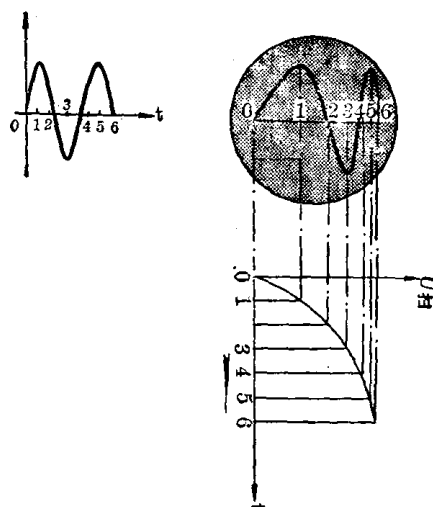


图 1-2-8

从上面分析可以知道，为了在荧光屏上显示信号的真实波形，示波器的扫描电压必

须是: 正程电压线性增长, 逆程时间很短的锯齿波 (图 1-2-9)。

由于我们需要观察各种不同频率的信号, 因此必须有不同频率的锯齿电压去配合它, 这就要求扫描电压的频率可以在一定范围内调节。示波器面板上的“扫描频率”旋钮就是用来选择扫描电压频率的。

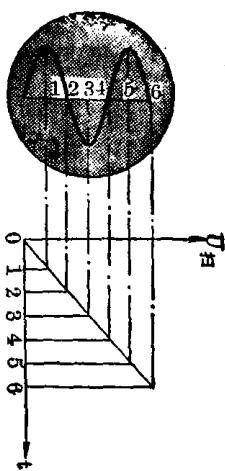
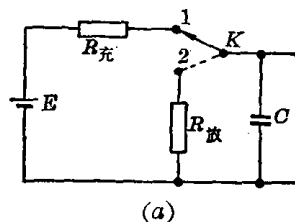


图 1-2-9

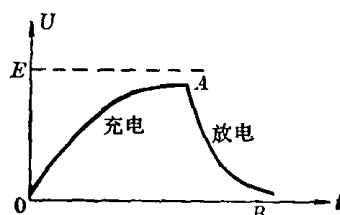
产生锯齿电压的线路很多, 通常都是利用电容充放电的原理配合晶体管或电子管线路设计的, 其频率可用改变电容和电阻值来调节。

图 1-2-10(a) 是利用电容器充放电来产生锯齿波的电原理图, 当开关 K 与“1”接通, 电源 E 经过阻值较大的 $R_{充}$ 向电容充电, 因为此时电容 C 两端没有电压, 电流最大 (等于 E/R), 随着电容器 C 上电荷的积累, 电容两端的电压 U_C 从零逐渐升高, 当电容两端电压从 U_C 充电到接近电源电压 E 时, $i_{充} \rightarrow 0$ 。充电电压增长过程可用图 1-2-10(b) 中的 OA 段表示。然后把 K 与“2”接通, 电容两端积累的电荷通过阻值较小的 $R_{放}$ 放电, 因 $R_{放}$ 远

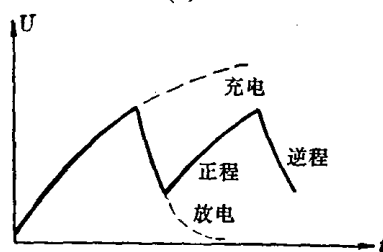
小于 $R_{充}$, 故放电很快, C 两端电压降落也很快, 如图中 AB 段所示。这样, 在 C 两端就得到一个充电较慢而放电很快的近似的锯齿电压。在实际电路中, 我们只利用电容充电曲线起始部分的一小段, 在电容充电远没有结束前就让电容放电 [图 1-2-10(c)], 这样可得到线性较好的锯齿波。开关“ K ”是由电子线路控制的。



(a)



(b)



(c)

图 1-2-10

第三节 同步电路

从示波器屏上观察到的波形应是稳定不动的。因为屏上的波形是电子束在屏上多次重复扫描形成的, 所以要求加在垂直偏转板上的正弦电压和水平偏转板上的锯齿电压的相位应相同, 也就是说锯齿电压的频率 $f_{扫}$ 和输入信号频率 f 的关系应保持恒定的倍数。如果信号电压的频率稍有不同, 那么扫描电压的频率 (或其倍数) 就和它不同了, 电子束在屏上第二次扫描的波形就不会和上一次重合, 第三次又不和第二次的重合, 于是屏上看

上去是许多重迭的波形, 如果 f 略低于 $f_{扫}$ (或 $nf_{扫}$), 观察到的波形将是逐渐向右移动的; 如果 f 略高于 $f_{扫}$ (或 $nf_{扫}$) 则波形是向左移的, 如果 f 与 $f_{扫}$ (或 $nf_{扫}$) 相差较大, 波形将乱成一片无从分辨。最好的办法是当输入信号频率跟扫描频率 (或其倍数) 稍有不同时, 扫描电压频率也能跟上信号电压的频率随时自动调整, 这样才能保证屏上波形稳定。因此, 为了保证显示波形的稳定, 必须确保扫描频率能够稳定地跟踪输入信号的频率, 使扫描频率

稳定的方法就叫“同步”。图 1-3-1 显示出同步的简单原理。 A 、 B 是没有同步信号作用的锯齿波,其扫描周期只和电路本身有关。加入同步信号后,电路的充放电过程不仅由电路自身决定,而且受同步信号影响。原先,当锯齿波增长到电压 V_0 后,电容放电,接着下一次锯齿波开始上升,现在由于同步信号 V_p 的影响,回扫点(下一起扫描起点)将略有改变。即由于同步信号作用,对锯齿波周期略有调整,使锯齿波和同步信号“合拍”,达到同相工作。

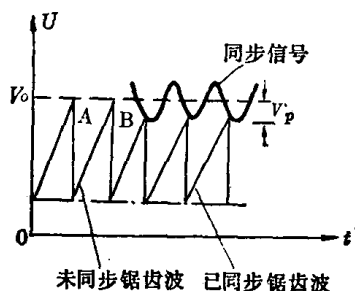


图 1-3-1

同步信号可由被测信号经垂直放大器后取出,这叫内同步,这时锯齿波就被被测信号同步;也可以用外接信号作同步信号,叫做外同步,这时锯齿波和外接信号同步;从示波器电源变压器取出的一部分电源电压作同步信号的,叫电源同步,这时锯齿波和电源信号同步。不管同步信号从何处引入,它在时间上必须与被测信号有一定对应关系,才能起到同步作用。示波器上“同步”旋钮和“同步输入”,就是起这个作用的。在示波器使用时必

须注意,应先把“同步”旋钮转到最小,使输入的同步信号等于零,调节扫描频率“微调”,尽可能使波形在屏上静止下来,然后徐徐旋转同步控制钮,把同步信号加入到扫描回路中去。一旦图象静止不动,就不要再加强同步信号。同步信号太强时会使波形失真,称为过同步。图 1-3-2 中 A 是正常同步信号,当同步信号增强到 B 时,使锯齿波电压的频率增加,振幅有大有小,这样会引起被测信号的严重失真。

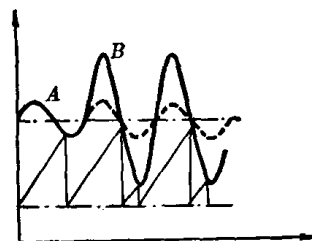


图 1-3-2

示波器里具有同步放大器,它除放大同步信号外,还可以改变同步电压极性,这一点在用脉冲电压同步时是非常重要的。

在扫描过程中还应把回扫时在屏上显露的光迹抹去,即消除回扫线,不然将对显示波形造成干扰。图 1-3-3(a)、(b) 分别是有无消隐信号的两种波形。

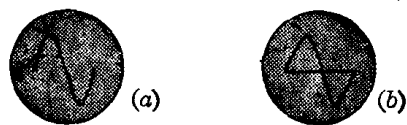


图 1-3-3

第四节 垂直(Y轴)和水平(X轴)放大器

示波管的偏转板上往往要加几十伏的电压才能使光点在荧光屏上偏移一厘米左右的距离。通常要测量的电压只有几伏,几毫伏甚至更小。因此,为了使电子束在屏上获得明显的偏转,必须在垂直偏转板前接入能放大待测信号的放大器。有时待测的信号电压较高,又会使放大器不能正常工作,这时就必须对待测信号进行衰减再送入放大器。示波器面板上的“Y 增益”“Y 衰减”就是起这种作用

的。操作时可根据输入信号大小选择合适的衰减和增益档数,使屏上显示的信号具有便于观察的适当幅度。

作扫描的锯齿电压以及由 x 轴输入较小的外来信号也需经过放大器给予适当放大。

对于接在示波器内的放大器,要求它有较大的放大倍数;较宽的频带;较小的相位和频率畸变。

第五节 电 源

示波器所用的电源要比一般收音机复杂,它除了作放大器和扫描发生器等电源外,尚需供给示波管各电极的电压。电源变压器次级的灯丝电压有好几档,其中供给示波管灯丝电压的线圈由于对地电压很高必须用单独绕组;此外又为了防止它和其它线圈耦合而影响电子发射又必须对它加以屏蔽。供给示波管阳极电压的高压线圈和供给电子管屏压的次高压线圈一般串接成一个线圈,这样可以节省线匝。变压器的初级线圈应具有接地的静电屏蔽,防止干扰。

示波管的加速阳极上虽然需要几千伏的高压,但由于它的负载很轻,所以一般可采用半波倍压电路供电。利用振荡器产生高频高

压并经变压整流来获得高压的方法,可大大减少高压线圈匝数,对高压绝缘措施要求也比较低,这种高压由于频率高,滤波电路也简单,所以目前应用较广。

示波器电源的次高压一般在200~300伏左右,经整流滤波后,一部分作电子管屏极电压用,一部分经电阻、电位器组成的分压器形成各档电压,分别接到示波管的各电极。

第二加速阳极通常是接地的,所以示波管的其它电极对于接地来说是负的。

为了提高示波器的性能,有的示波器接有稳压电路,这种稳压电路有用电子管的,也有用半导体稳压管和晶体管装成的。