文章编号:1007 - 2934(2009)04 - 0045 - 04

示波器电子运动规律与波形显示关系研究

张锐波,彭永昱,俞　诚

(浙江大学,杭州,310015)

摘　要:本文详细地论述了示波管荧光屏上的显示波形与电子运动规律、波形周期与扫描电压周期间的关系,以便帮助学生理解和解决学习示波器原理过程中遇到的疑难、疑惑问题。

关键词:示波器;电子运动规律;波形显示;原理;关系;扫描电压;周期

中图分类号:04 - 33　　**文献标识码**:A

示波器是一种用来观察各种周期性变化的电压和电流波形的电子仪器,可用来测量电压或电流幅度、频率、相位、功率、调幅度等相关物理量,且具有输入阻抗高、频率响应好、灵敏度高等优点,在近代无线电测量中得到了广泛应用。但是,多数同学对示波器荧光屏上显示波形和异常现象,直到最后做完实验仍然弄不明白,这样就不利于物理实验培养学生动手能力与应用型创新人才的独特作用。

1　电子运动与示波器面板上相关旋钮之关系

示波管灯丝发出的电子,打到荧光屏上电子个数多少是由控制栅极来控制的,源源不断的电子被阳极加速和电子透镜聚焦于一条直线上,当垂直、水平偏转板未加偏转电压时,电子将以速度 V_0 打在荧光屏上的某一点,光点亮度与电子速密度成正比,调节辉度旋钮来改变控制栅极电压,以改变光点亮度。旋转聚焦旋钮改变电子透镜电压,就可以确定电子速的聚焦程度,光点直径变小,信号波形就显得更加清晰。

当只在水平偏转板加上直流电压,电子束通过偏转板,受两板间电场力作用而发生偏移,于是光点就视所加电压的极性决定左移或右移,如图(1) P′、P 点。同理,在垂直偏转板加上直流电压时,光点就在竖直方向上上、下移动,如图(1) D′、D 点。如果两偏转板同时加电压,光点就按合成力的方向移动,电子束就围绕中心对称轴线图(2) 中 H、H′点来回摆动。偏移距离与所加电压大小成正比。因此,调节两偏转板上的电压,就能调节光点的位置。即调节面板上的“X 轴位置”和“Y 轴位置”。

如果将被测的交流信号单独加在垂直或水平偏转板上,由于电场力的大小和方向随

收稿日期:2009 - 09 - 07

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

时间而变,因而电子束就围绕中心对称轴线来回摆动,使之荧光屏上显示出一条垂直或水平直线。

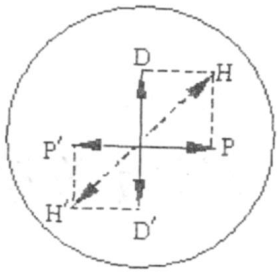

图 1　荧光屏上光点与偏转板上的电压关系

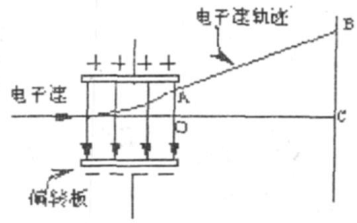

图 2　为某电子通过偏转板轨迹

2　示波管中的电子运动规律

若在 y 轴上加一电压 $u = u_0 \sin\omega t$,垂直两极板间距 d,电子运动方向电场有效宽度 l,离开电场到荧光屏间 $OC = l_0$ 若电子束进入 y 极板间的初始时刻为坐标原点,则其间电子的加速度和速度分别为

$$a_y = \frac{F}{m} = \frac{u_0 e}{d m}\sin\omega t \tag{1}$$

$$v_y = \frac{u_0 e l_i}{d m v_0}\sin\omega t\ (0 < t \le l/v_0,\ l_i \le l) \tag{2}$$

则电子束离开 y 极板偏离水平方向距离为

$$OA = \frac{1}{2}\frac{u_0 e}{2 d m}\sin\omega t\left(\frac{l}{v_0}\right)^2 \quad t \le L/v_0 \tag{3}$$

随后,该电子将以合速度 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$ 沿 AB 方向运动,打在荧光屏 B 点,距原电子运动方向位移 $OA + \frac{u_e l}{d m v_0}\sin\omega t \times l_0/v_0 = CB$,由于电子束在平行极板间加速度依据正弦规律变化,如图 1 所示,打在荧光屏 D'、D 亮线上的是试验信号不同电压对应的电子。

3　示波管中电子的三维运动规律

若仅在水平极板上加锯齿波电压,电子束通过偏转板,在荧光屏上仅能观察到图 1 中幅度最大的 P'、P 亮线,电子束依次沿水平方向位移增大,这就需要在水平极板上施加锯齿波信号电压,可表示为

$$U_{水平} = \frac{u_0}{T}\ (0 \le t \le T) \tag{4}$$

$$F' = u_0/T d' e t\ (0 \le t \le T) \tag{5}$$

d′为水平极板间距,由此,可以看出各电子所受到的电场力依次增大,水平方向的加速度为

$$a_{水平} = \frac{u_0 e}{T d' m} t\ (0 \le t \le T) \tag{6}$$

电子离开电场的运动速度

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$v_{水平} = a_{水平} t' = \frac{u_0 e}{Td'm} tt' \quad (0 \leq t' \leq l_i'/v_0) \tag{7}$$

t 为通过 x 产生电场各处的时间,即 $t' = l_i'/v_0$,电子在离开水平方向电场时,电子偏离原运动方向的距离为

$$S_{水平} = s_0 + v'_{水平} t_0 = \frac{1}{2} a_{水平} t^2 + \frac{u_0 e}{Td m} tl' / v_0 \cdot l_0 / v_0 \quad (0 \leq t \leq T) \tag{8}$$

其中,$V_{水平}$ 为与 x 极板垂直的分速度,$v'_{水平}$ 为通过 x 极板至荧光屏电子的运动速度。

事实上,打在荧光屏上的电子是由三个分运动的合成结果,其合速度为对应相互垂直电子运动速度的合成。即

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_x^2 + v_y^2} \tag{9}$$

要在示波器荧光屏上显示信号电压波形,就应该在水平方向极板施加锯齿波扫描电压,扫描电压分别采用 ①(2 T)、②(T)、③(1/2 T) 锯齿波电压扫描周期时,就可在荧光屏上分别观察到两个、一个和半个周期的正弦信号电压波形。

Research on the Relationship Between the Movement Rule of Electron and the Shape Showing of the Wave on the Oscilloscope Screen

ZHANG Rui - bo, PENG Yong - yu, YU Cheng
(Zhejiang University, Hangzhou 310015)

Abstract: The relationship between shape showing of the wave and the movement rule of electron on the oscilloscpe screen were dicussed, and the relationship between scanning voltage and wave shape cycle were analysed. By this research, some knotty or uncertain problems, which are in the prosesses of student study, will be solved. And it also can help student to understand the correlation principle.

Key words: oscilloscope; the movement rule of electron; the shape showing of the wave; principle; relationship; scanning voltage; cycle

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net