

慢扫描摄像管及其在计算机 图像系统中的应用

林 陶

摘要: 本文分析了慢扫描摄像管靶的特征,介绍了研制出的慢扫描光导管性能,实测了氧化铅和碲化锌镉光导管的最长贮存时间。指出用上述管子以10秒的帧周期扫描拾取信号,再与计算机联结,可以传递文字和静止图像。该图像系统具有价廉的优点。

一、引 言

图像信息的传递有电视和传真等手段,但前者不能给出图像的打印输出,后者仅能传递纸面图文,不能传送实物景像,且造价昂贵。随着电子计算机应用技术的发展与普及,利用计算机网络来传递静止图像(包括纸面图文和景物等)已被广泛应用。采用电视摄像机来作图像的输入,和传真机相比,其价格要低得多,同时还可以传送实物图像。但普通摄像机的视像管是按标准广播电视扫描制式工作的,所需图像信号频带宽度约为8 MHz,这样在数字化时需要极高速的A/D转换器,同时还要求很宽频带的传输信道。考虑到静止图像的生成和传输远不需要像广播电视那样每幅 $\frac{1}{25}$ 秒的高速,吴治衡教授提出一种慢扫描摄像机计算机图像系统。它利用有贮存功能的视像管,使摄取的图像信息能在视像管靶面上保持比较长的时间,比如10秒,这样就可以采用帧周期为10秒的慢扫描速度拾取信号。每幅图像10秒的传递,信号频带仅为31kHz,比广播电视的低250倍,完全可以采用最廉价的A/D转换器对信号进行数字化,数字化的图像信号在微计算机工作站中进行存贮、显示或打印,也可以进行必要的处理以提高图像视感质量。显然这套视觉信息传递系统造价低廉,同时具有传递静止图像(包括景物)和给出图像打印输出的优点,它可以广泛用于办公室自动化、邮电、新闻、科技资料的检索和传递。

以往年代中,慢扫描电视摄像技术应用范围很窄。据知^{[1][2]}仅在天文、气象卫星上用到过,以后也没有得到发展。国内慢扫描摄像管及其应用的研究几乎没有。现在将慢扫描摄像技术与计算机联系起来形成一套图像系统,这就大大地开阔了应用前景。

二、慢扫描电视摄像管

慢扫描电视摄像管与普通视像管在结构尺寸上没有区别。它的特殊性在于摄像靶面贮存正电荷的时间比普通视像管长得多。如何实现长贮存时间的特性,从摄像管光电转换的物理过程中可以找到解决问题的途径。下面以硫化镉管子为例,来简述光电转换的物理过程。

图1中描绘了一只视像管的概略结构。从电子枪发射出一条细电子束,在加速极作用下

射入扫描区，在扫描区中，电子束一方面受到聚焦线圈的磁场作用，会聚成为细小的“击点”，另一方面受到偏转线圈的磁场作用，使“击点”在靶面扫描。从景物发出的光线通过光学镜头，射到摄像管靶面，靶面由信号板和硫化锑材料涂层组成。硫化锑是一种光电导体，它的电导率随入射光的照度而变。没有受光照射时，它的暗电阻很高。受光照射后，由于入射光子的激发，使硫化锑内部产生了电子-一空穴对，它们的移动使得靶的扫描面上出现正电荷图像，正电荷的多少与各象素的照度相对应。这样就使入射的光学图像转变为靶扫描面上的电荷图像。电子束“击点”按行自左而右，按帧自上而下进行扫描，与靶面各象素电荷图像中和，这一过程称为“换接”。换接的结果，使得靶面上的电荷图像转变为视频信号，把一幅真实图像的空间变化转变为电信号的时间变化。

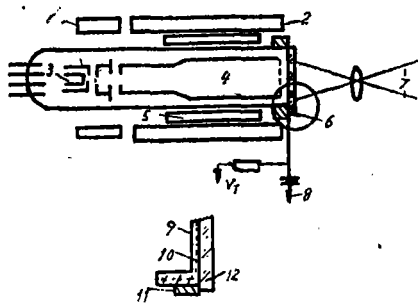


图1 视像管概略图

- 1—对中线圈； 2—聚焦线圈； 3—电子枪；
- 4—光电导靶； 5—偏转线圈； 6—透明导电层；
- 7—景物发出的光线； 8—视频信号； 9—Sb₂S₃；
- 10—透明导电层； 11—信号环； 12—玻片

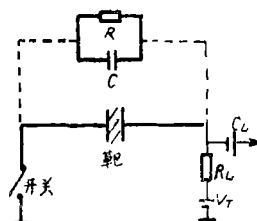


图2 光电导靶的等效电路

靶面电位变化过程还可以用等效电路来解释。图2表示了与靶面等效的阻容并联电路。靶面组成可以看成是一个电容器，以C表示，R表示它的并联电阻。其阻值随照度增强而降低，电子束的作用相当于一个开关。当电子束扫描到某一象素时，电路接通，使靶面“充电”，受到光线照射时，R降低，通过的电流增大，可以看作靶电容“放电”，结果使靶扫描面上出现了电荷图像。当电子束接通时，使靶电容再次充电到全部靶电压，再充电的电流流过管外负载电阻RL，产生电脉冲形成视频信号。

电子束是轮流去换接每一象素的正电荷。换接完一幅图像的时间一帧周期按我国电视标准为 $\frac{1}{25}$ 秒。因此，正电荷必须能够在扫描靶面上存贮一帧时间。为满足这个条件，要求靶的漏电流要小；另一方面，不受光照的暗区象素也不应因暗电流而使扫描面电位有所升高。暗电流对扫描面电位的影响相当于RC电路的放电。从电位衰减的关系式： $V = V_0 \cdot \exp(-t/RC)$ 知，为了使扫描面电位在一帧时间不致因暗电流而发生显著的改变，要求时间常数RC远大于帧周期。已知 $RC = \rho \epsilon \cdot e$ ， ρ 为光电导材料电阻率， ϵ_0 为真空介电常数($8.84 \times 10^{-12} \text{F/m}$)， ϵ_r 为相对介电常数(取 $\epsilon_r = 12$)，因此RC的大小仅决定于 ρ 。现在问题已清楚，要使光导管贮存时间延长，必须提高靶面材料的电阻率。

作者从1985年开始研制具有长贮存性能的靶面。采取多种途径提高硫化锑材料电阻率，研制出掺氧硫化锑靶面，电阻率在 $10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 范围，获得具有20秒的贮存时间，做成慢扫描视像管，成像质量与硫化锑管子相当，已应用于计算机图像系统中，还研制出硫化锑—聚全氟乙丙稀和硫化锑—疏松氯化钾双层结构的二种靶面，硫化锑材料起光电导作用，高电阻率的聚全氟乙丙稀、疏松氯化钾材料起长时间贮存电荷的作用。二种靶面获得了大于3分

钟的贮存时间，涂覆疏松氯化钾的硫化锑靶面贮存时间可长到 1 小时。这种性能的视像管可应用在天文观测中。

作者又对氧化铅和碲化铋二种光导管的慢扫描适应性进行了探索。氧化铅管具有全面的优良性能，大家公认氧化铅靶面结构属 P—I—N 型。本征层的电阻率很高。关于电阻率的数据，由于材料与蒸发工艺的原因，实验结果出入很大。已发表的有 $2 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ ， $5 \times 10^{12} \sim 5 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 和 $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 等^[3]。碲化铋管靶面属于阻挡型，靶面材料电阻率没有获得实验数据，实测了它们的贮存时间。

实测是在一个闭路电视摄像系统中进行的。管子装入电视摄像机中，按正常方法调出电视测试卡图像后，关闭光阑和电子束，然后按下列步骤测定管子的贮存时间。第一步曝光，将测试卡图像摄入靶面；第二步贮存，即电荷图像在靶面上保持；第三步扫描，电子束上靶取出信号，同时监视器上再现出测试卡的瞬时图像。按上述三步进行，不断延长第二步的保持时间，当目视监视器上再现出的图像其分辨率和对比度已明显降低时，则认为该状态下第二步中保持的时间为最长贮存时间。

在三种照明状态下采用不同曝光时间确定贮存时间，获得的结果如表 1 和表 2 所示。曝光时间是反复实验找出来的。

表 1 氧化铅管的贮存性能

状态	参量	曝光时间 (s)	图像质量	最长贮存时间 (s)
标准照明		≥ 1 0.12~0.2	1 秒内图像消失 10 秒后, 对比度, 分辨率没损失	60
弱照明		1	同上	60
极弱照明		3—5	同上	60

表 2 碲化铋管子的贮存性能

状态	参量	曝光时间 (s)	图像质量	最长贮存时间 (s)
标准照明		≥ 1 0.12~0.2	1 秒内图像消失 10 秒后, 对比度, 分辨率没有损失	45
弱照明		1	同上	45
极弱照明		5—10	同上	45

注：监视器上显示的测试卡图像为最佳效果时，此时的照明状态定为标准照明。

大于或小于表上所列数值都使贮存时间减小。这是因为靶面正电荷积累量有一个最佳值，光能量过大，转换为靶面的正电荷各像素均达到饱和，形成幅值相同的均一信号，不成像。反之，光能量小，转换为靶面正电荷值小，信号弱，贮存时间则短。从表看出，二种管子都有较长的贮存时间，能够适用于 10 秒以上的慢扫描计算机图像系统。

三、慢扫描摄像机计算机图像系统

本系统是由电视摄像机、图像信号接口及微计算机三大部分组成。见图 3。被传递的图像

由快门曝光摄入摄像管的窗口，由摄像管的光电转换效应及慢扫描拾取形成信号放大后，经过信号接口部分将信号数字化再输入计算机，信号在计算机贮存、显示或打印、或进行必要的处理，也可以通过通信线路传出去。应指出，在慢扫描工作前，必须将欲传递的图像在标准扫描状态下取出信号显示于监视器上，以监视图像的摄取范围和调正聚焦。所以摄像机要具有标准扫描和慢扫描二种制式。标准扫描帧频率是 25Hz，行频率是 15625Hz。本系统 10秒传一幅图像，帧频率为0.1Hz，行频率为62.5Hz。我们成功地在—个偏转线圈中实现了二种扫描速度，两种速度在切换时操作简便。

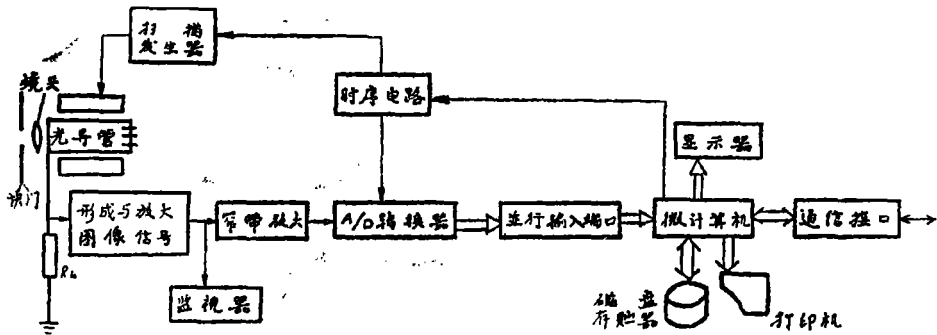
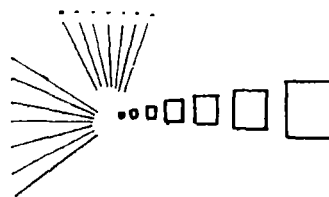


图3 慢扫描摄像机计算机图像系统方框图

本系统采用最廉价的 A/D 转换芯片，量化位数为 4，最小转换时间为15微秒。进行了图像信号压缩软件、图像恢复软件、打印/显示输出软件及图像存取和输入/输出管理等软件的研究，减小了信息存储量，改善了图像质量，提高辨认文字的能力和方便显示阅读。

本系统采用掺氧硫化锑管输入图像，数字化后，经过局部灰度扩展和边缘显示，从打印机输出了文字图像，见图 4。



ZETA系列电脑智能绘图仪

图4 打印输出的图像

本文所述的计算机部分是吉林工业大学吴治衡教授指导，刘元民等同志完成的。摄像机是本所刘绍武同志完成的。特此致谢。

参 考 文 献

[1] J.M.Davis et al., Space science instrumentation, 5.No.1,1979,53
 [2] M.H.Mesner, SPIE, 3.No.3,1965.90
 [3] 沈庆核,《摄像管理论基础》,科学出版社,1984,326

A Slow-scan TV Camera Tube and Its Application in Computer Image System

Lin Tao

Abstract

In this paper the characteristics of the target in the slowscan TV camera tube are analyzed. The structure and performances of the developed tube are introduced. The longest image storage time for PbO and Zn₂-CdTe vidicon are measured. The frame period of the tube is 10s. When the slow-scan camera system is connected to a computer, characters and static image can be transferred. The cost of this image system is not expensive.