

一个用于卫星的低光平慢扫描电视摄象机

摘要

简述猫头鹰(Owl)卫星电视摄象机系统和采用二次电子电导管(SEC)的几种独特的设计特点。分析信噪比对扫描速度的依赖关系, 对于一个应用低噪声场效应管的放大器, 信噪比可以做到最大限度。最佳扫描速度对应于一个8 KHz带宽的放大器和一个超过250MΩ阻值的栅极偏置电阻。为了满足最佳扫描速率和低数据遥测带宽的需要, 采用一间断的扫描方法, 用这种方法扫描, 扫描电子束仅在一部分扫描时间达到靶的非扫描区域。这个扫描方法综合了低噪声电平和在单扫中高效擦除电荷的优点。单曝光扫描有降低电视系统效率的缺点, 只要在光敏面上提供一小的偏置照明, 就可避免由于扫描电子束的速度分布而引起的低效率。

引言

为了研究各种复杂的远高于海平面的地球物理现象, 在水稻大学正在建造两颗以“猫头鹰”为代号的人造卫星。造这两个卫

星的最初目的是打算测量极光发射和同时发生的粒子流。宇宙飞船甲板上的光学探测器之一是表示在图1中的极光电视摄象机。这就使实验者能把从所有其它探测器得来的数据联系起来, 这样的数据是与观察时卫星下面显示的极光亮度表面形状有关的。



图1 打开侧翼片并移去扫描发生器线路板的猫头鹰电视摄象机。

极光图像通常是很微弱的, 并且由于曝光时间短, 需要利用一个高灵敏度的十分复杂的电视系统。现已发现, 采用二次电导管的电视系统最好地综合了相对简易而又灵敏度高的特性。可惜, 即使这种管子也几乎没有足够的灵敏度来探测微弱的极光现象。因而, 必须留心使系统内的噪声电平降到最低

限度以及减小二次电导管产生的干扰信号。

在通常的扫描速率下, 实时用电视传输极光可能是很想望的。〔1〕、〔4〕但是不幸, 这样就可能产生由猫头鹰卫星所携带的数据系统和测远术不能处理的大量数据。猫头鹰是个非常快的运动台(卫星速度大约8公里/秒), 因此曝光时间必定是短的, 以便保持好

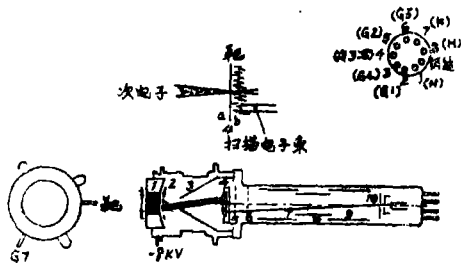


图3 猫头鹰二次电导摄像管西屋
W×30516

图象被投影到面板上(见图3中1),平面图象通过纤维光学窗传输,并且在光电阴极2上形成一弯曲图象。该图象曲率用来修正由电极3的静电聚焦作用产生的场曲率。由于光电阴极加有一 $8KV$ 电压,所以发射的阴极电子被加速并且它们以8千电子伏特的能量入射到靶上。这对于允许电子穿透支撑涂层的靶4a是足够的,并且发射的电子在靶面材料4b中产生大量的二次电子。在靶面那边施加的极化场选取二次电子,留下正电荷在后头。在这个过程中有可观的电荷增益,正电荷比电子携带的电荷大50—100倍。产生的正电荷是与入射在光电阴极上的光量成比例的,并且电荷分布图就是原来光图象的复制品。

因此,在曝光期间,在靶上产生了电荷图象,并且图象无衰减地被保持长达30分钟的存贮时间,有些二次电导管[12]存贮时间还要长些。

用电子束扫描靶,从而一点一点地放电,产生输出信号。电子束由电子枪产生并由电极9、8和7聚焦在靶上。电子束中的电子在网孔6和靶之间被减速。使网孔G7稳定的靶5防止靶由于过分强的光输入而使管子过载受损坏。

电子束是靠外加到管子上的扫描线圈来横越靶进行扫描的。在靶板上产生信号电流并由视频通道传输。

二次电导管引人注目的特点是,它综合了相对简单的高灵敏度和可以靠它的图象存贮能力进行所要求的低速扫描。

快门(图2)仅仅是个障板,它用来防止在一定的卫星轨道上管子对准太阳光曝光。在电视摄像程序期间,这个快门始终开着,并且利用短持续时间高压脉冲在光电阴极上获得靶曝光。

管子产生的信号电流由予放大器(图2)放大。为了改进信噪比采用一个脉冲信号发生系统,它以脉冲幅度调制信号的形式产生视频。

视频处理机包括一个脉冲解调箝位电路,该电路建立适当的直流电平并抑制掉不希望的信号。非线性视频放大器具有准对数输入—输出特性。这个放大器突出低光平,抑制高光平,极光图象更经常地发生在低光平范围内。

同步发生器使来自电视的数据同卫星数据分配装置(DDU)同步化。同步化通过控制偏转电路和视频放大器通道来实现。垂直和水平扫描电路对偏转和校准线圈提供电流。管子被静电聚焦,各聚焦电极电压由束电流调节器供给。

来自摄像机通道的视频输出被馈送到猫头鹰数据分配装置中,该装置分别积分每一视频脉冲并且把它转化为数字化编码。然后数字视频同卫星磁带记录器中其它数字数据一起被记录。当卫星接近一遥测接收站时,记录了信息的整个磁带根据指令被传送下来,在地面产生了含有图象信息的数字数据磁带。用一个计算机,自动地把视频信息与事先校准的电视系统特性相比较。予飞校准记录了每个象素的亮度特性。用这种方法可以消除电视系统中的不均匀性以便导出微弱极光的原来图象。

表1 是猫头鹰电视系统特性的简明摘要。

表 1: 猫头鹰摄像机: 两个地指令控制操作型 代号为B₂和B₃

	B ₂ 型	B ₃ 型
图象格式	4 × 3	
视场尺寸 (卫星下900km)	360km × 270km	
等效 f 数	1.4	
光谱范围	可见光谱—20光电阴极	
扫描方式	连续的电子束位置调制	
曝光时间	选择 0.1 或 0.2 秒指令	
扫描线数	124	248
每行象素数	90	180
每帧象素数	11160	44640
图象重复率	每 19.6 秒钟一次	
象素比率	每秒1666	每秒3333
每象素时间 ΔT_e	600 ms	300 ms
动态范围 (面板照明流明/呎 ²)	$2.5 \times 10^{-5}/100$	$5.1 \times 10^{-5}/100$
分辨率调制度 (百分数)	相当100条电视线时95%	200条等效电视线时60%
带镜头重量	3.925kg	
电源消耗	3.3 瓦	

$$\Delta T_d = \frac{T}{n} \quad (3)$$

慢扫描情况下的信噪比

在上面讨论的例子中, 一千瑞利的极光亮度产生每象素大约600个光子面板照度。假设一光电阴极量子效率为10%。而二次电导靶增益为50, 则每象素存贮电荷数为

$$q = 3000 e.$$

这里, e 是以库仑为单位的电子的电荷。

探测这样小量的电荷需要最优化的信噪比。如果应用通常的扫描技术, 管子产生的信号电流 i_s 可依据每象素电荷 q 和扫描电子束的停留时间 ΔT_d 给出:

$$i_s = q / \Delta T_d \quad (2)$$

对一给定曝光, q 是常量, 而由于慢扫描, ΔT_d 的增加减少了产生的信号, 因为停留时间

这里 T 是扫描一整帧的时间, 而 n 是每帧象素数。

因此, 慢扫描是使信号电流的产生效率低的主要条件。幸而, 较慢的扫描允许减少所需要的视频带宽并且因此减少了由系统产生的噪声。因此对一最佳化的系统, 信噪比对于扫描速度的依赖性更加复杂的。[13]—[16].

在对应于 ΔT_d 的扫描速度情况下, 为处理视频信号所需要的最小带宽由下式给出:

$$f_B = 1/2 \Delta T_d \quad (4)$$

因此 f_B 与扫描速度成比例, 我们将用 f_B 作为扫描速度的量度。

产生的信号电流由下式给出:

$$i_s = 2qf_B \quad (5)$$

为使信噪比增加到最大限度，考查均方噪声电流 i_n 对带宽的依赖关系是必要的。噪声电流通常表示为：

$$i_n = \int_0^{f_B} n(f) df \quad (6)$$

这里 $n(f)$ 是在频率为 f 时每 Hz 的噪声电流。

信噪比

$$SNR = \frac{2 q f_B}{\left[\int_0^{f_B} n(f) df \right]^{1/2}} \quad (7)$$

用最小化 N^2 的表达式代替最大化信噪比 SNR ，在数学上是比较简单的，这里 N^2 是均方噪声—信号比，因为 N^2 是来自所有噪声源的均方噪声贡献之和：

$$N^2 = \frac{1}{(SNR)^2} = \frac{\int_0^{f_B} n^2(f) df}{4 f_B^2 q^2} \quad (8)$$

因此最佳扫描速度是当这个表达式有最小值时的 f_B 的值。所以为求得 f_B 的值，所有噪声源都必须分别考虑，而且式(8)必须作为 f_B 的函数而被最小化。

在超正析摄像管中，起支配作用的噪声源是回束的起伏，如果最佳束电流的条件满足的话，每 Hz 的噪声电流大约是个常数。因此较低速的扫描不存在关于信噪比的一级效应。在其它没有电子倍增的存储摄像管中，起支配作用的噪声成分是由于予放大器及其对 f_B 的依赖关系。Theile[14]指出，存在最佳扫描速度。在这些计算中，曾考虑过真空管的予放大器。在较高频（例如标准电视扫描速率）的真空管予放大器中，起支配作用的噪声源是第一级管阳极电流的散粒噪声，而在很低的频率下，栅极电流散粒噪声限制了信噪比。[15]对一很高斜率的三极管予放大器，已发现最佳扫描带宽是 2×10^5 Hz。予放大器噪声电流 3×10^{-11} 安培，它等于每象素 480 个电子的电荷。[16]

在空间飞行器中，更喜欢应用半导体，现代场效应晶体管同样适于低噪声放大。在猫头鹰电视系统中，这种低噪声场效应管被

用来作为第一级放大器，因此，最佳扫描速度必须适于这样的予放大器。

场效应管予放大器的等效电路在图 4 中示出。束电流 i_B 由靶接收，而相应的信号电流 i_s 由场效应管和随后的放大器 A 放大。当忽略考虑孔阑校正时，这个放大器的增益应当是频率相关的，以便修正网络 Z 的衰减，Z 包括偏置电阻 R 和杂散电容 C。用这种放大器，输出电压将与信号电流成比例。

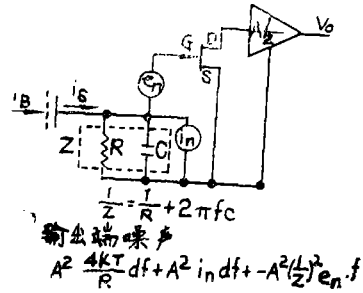


图 4 场效应晶体管(FET)予放大器的等效电路

只考虑三种噪声成分 i_n 、 e_n 和 i_B ，因为 i_n 和 e_n 的频率相关性是从关于场效应管电路的实际测量得知的。因此， i_n 作为频率函数代表每周期等效均方输入噪声电流，用开路输入测量，而 e_n 则代表用短路输入测量的相应的噪声电压。例如， e_n 包含 $1/f$ 噪声，因而在低频时具有很大的值。

由于放大器 A 的高频升压特性，噪声电

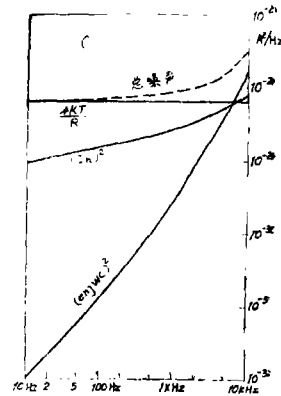


图 5 由于偏置电阻为 $250 M\Omega$ (R) 每 Hz 均方噪声电流，带有 $30 P F$ 输入电容的场效应晶体管的噪声电流 i_n 和电压 e_n 。

压 e_n 在输出端产生了与 $|1/Z|^2 e_n$ 成比例的成分。根据发表的关于场效应晶体管电路的数据[18], [19]对一刚晶场效应管(2N3088 A型) $i_n, e_n |1/Z|^2$ 和 i_R 被标绘在图5中。输入杂散电容是30PF, 偏置电阻取为250MΩ。要使偏置电阻比这还大, 则存在着严重的实际的困难。

为了最佳化信噪比, 通过数值积分可得 N^2 的值, 而且对每一噪声成分 i_n, e_n 和 i_R , 它的值都标绘在图6中。

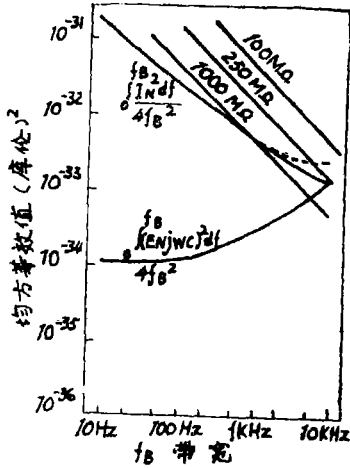


图6 对场效应管予放大器, 均方噪一信比 N^2 , 作为带宽的函数, 假定输入杂散电容为30PF

在低频情况下, 当取值 $C = 30PF$, $R = \infty$ 时, 属于 i_n 的成分成了最重要的项。在大约8KHz情况下, e_n 项的值变得很大。最佳化扫描速度大约是7KHz, 在这个速度下, 噪声电流是 7×10^{-10} 安培; 这等效于每象素310个电子电荷。场效应管放大器在相对低的速率下, 达到了它的最佳扫描速度, 并且在最佳扫描速率下, 它的噪声特性比在低噪声真空管放大器的情况要稍微好一些。

在猫头鹰电视予放大器中, 已采用类似的低噪声场效应晶体管, 按“共发一共基放大器”的接法, 试图把晶体管的杂散或Miller电容减小到最低限度。偏置电阻 R 的有效值是250MΩ——包括两个并联的500MΩ电

阻。一个起偏置晶体管的作用, 另一个对SEC管提供靶偏置。没有尝试用更高阻值的电阻器, 因为由于老化或由于卫星轨道的辐射环境可能改变晶体管偏置电流。

在猫头鹰电视系统中的予放大器有大约7—8KHz的带宽。通过把各成分相加可以从图6导出8KHz带宽的均方噪声。属于 i_n, e_n 和 i_R 的噪声成分分别是 1.3×10^{-33} , 1.3×10^{-33} 和 1.7×10^{-33} 库仑²。这个噪声等效于一个 6.5×10^{-17} 库仑(大约400个电子电荷)的存贮电荷或者等效于在8KHz带宽下〔见(5)〕 10^{-12} 安培的均方根噪声电流。

在猫头鹰予放大器中测得的噪声电流在图7中示出。比例尺大约是2PA/cm, 表明大致符合予言的噪声电流。在噪声测量中, 为消除由于靶和网眼电容的调制而带来的电干扰和声学噪声, 必须十分小心在意。

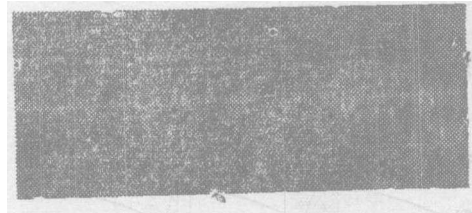


图7 在视频放大器的输出端测出的噪声。每格对应2.0PA

间歇扫描技术

从上面的讨论中可以看出, 当IBCI式微弱极光被聚焦在光电阴极上时, 一个SEC摄像管可以产生等效于每象素3000个电子的存贮电荷。在这些条件下, 如果管子被耦合到一场效应管予放大器中, 并且扫描速度被最佳化的话, 可以实现均方根信噪比7到1。

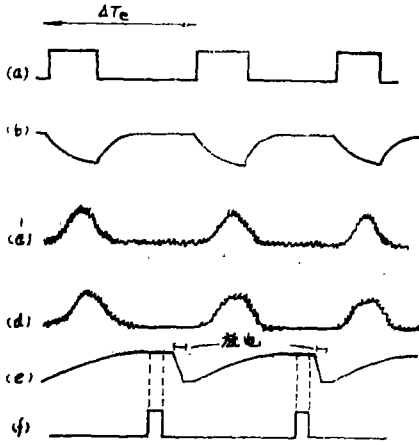
对应最佳扫描速度的带宽大约是8KHz。然而在“猫头鹰”中, 由于考虑到数据传输带宽, 扫描速度被限制到每秒3333个象素, 或者说, 1.7KHz的等效带宽 f_B 。为了发现一种方法, 曾试验过间歇扫描技术, 用这种方法可能把有效带宽增加到最佳值, 而不改

变低像素探测速率。

通过馈送一适当的脉冲信号〔图8(a)〕到束调制极，电子束每隔一定时间被隔断一次，在这段时间里扫描电路在适当低的扫描速率下完成了一顺序扫描光栅。电子束由束脉冲在各像素期间 ΔT_d 被接通， ΔT_d 仅是像素时间 ΔT_s 的 $1/\gamma$ ，因此停留时间是

$$\Delta T_d = \frac{1}{\gamma} \Delta T_s \quad (9)$$

电子束仅在停留时间才能移去电荷，因此信号电流由于因子 γ 的增加而增加。所以一个脉冲视频信号产生了。〔图8(C)〕脉冲视频信号幅度是原信号的 γ 倍。这个信噪比增益



- (a) 电子束脉冲
- (b) 调制信号的电子束位置
- (c) 带有叠加的予放大器噪声的脉冲视频
- (d) 在视频输出机输出端上的视频波形
- (e) 积分视频
- (f) 模数转换取样脉冲

图8 通过电视系统处理的阶段信号

部分地因为增加带宽而由增加的噪声所抵消。这个带宽是处理短 γ 倍视频脉冲所需要的。在计算均方噪声—信号比时，发现计算式与(8)式相同，除了带宽增加了 γ 倍。

所以在脉冲系统中的有效带宽比在连续扫描系统中大一个因数 γ 倍，并且通过正确

选择 γ ，信噪比能被最佳化。在猫头鹰电视中， γ 值选择为3，与有效带宽增加的因数相同。用这种形式的间歇扫描方法，为得到最大信噪比带宽可以最佳化，而不改变来自系统的数据探测速率。

脉冲视频可以由模—数转换器方便地处理。然而，如果需要低扫描模拟视频，则视频脉冲可由一个低通滤波器滤掉并得到改进了信噪比的模拟视频。

在大多数电视管子中（在标准扫描速率下），单扫描都不足以移掉所有存贮电荷，因此残留电荷图象在第一次扫描之后仍然存在。在通常视象管中，这个效应是由在光电导体中电荷产生机理引起的。在其它种类的电视管子中，例如SEC管，这个效应不是很明白的，对残留电荷的主要贡献通常是称之为“电容滞后”的东西，也就是，在停留时间对靶电容放电的不完全的电子束。由于残留电荷引起重透曝光，当然它是不受欢迎的。

不管这两种原因中的那一种是主要的，慢扫描对于把这种效应减小到最小程度都是特别有利的。在猫头鹰电视中扫描长达19秒，希望这对于把电荷残余减小到可忽略的低电平来说，是足够慢的扫描。然而当用脉冲电子束技术试验该系统时，第二次扫描中的残余电荷图象是第一次扫描中有效信号的20%，这太高了并且可能在数据处理中产生困难问题。

如果残留电荷是由非扫描靶点引起的，电子束散焦可能对电荷残留量有影响。象这样的影响是不曾用实验探测的。

为了消除残余电荷而又不牺牲间歇扫描的优点，曾试验过被称之为电子束位置调制的方法。与电子束脉冲调制相反，在这种形式的操作中，电子束布满整个电视帧，并且行和帧扫描都按正常的线性锯齿波形式扫描。从电子束脉冲中〔图8(a)〕得到一小信号，它被加到帧扫描中，帧扫描同电子束脉冲一起同步地上下偏转电子束。在向下偏

转期间，电子束达到靶的外扫描区域。电子束在除去电荷同时，产生一个与该电荷成比例的信号电流脉冲〔图 8(c)〕。实际的扫描方式表示在图 9 中，位置调制信号〔图 8(b)〕通过倒相和积分电子束脉冲来获得。

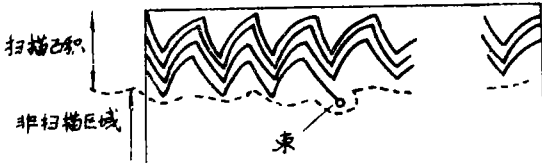


图 9 在采用束位置调制的摄像管中由电子束扫描过的真实扫描图

束位置调制与一个称为过扫描的扫描方式相同，它与另外的 SEC 型管〔20〕共同使用。脉冲信号在管靶的信号板上由予放大器来拾取。（图 2）对输入杂散电容的衰减，予放大器有高频升高补偿特性。在充分补偿后，信号形式如图 8(c) 所示。为了简化，予放大器是交流耦合的，并且箝位电路被用来建立直流电平，该直流电平在每倒数第三个象素期间把信号对地短接。在此期间这个方法也消除了放大器产生的噪声。〔图 8(d)〕

在猫头鹰卫星中，需要数字化视频信号。可惜，数字化涉及一个附加的取样程序。指出下面一点是很简单的：两个取样过程—束调制和模数转换—产生误差（取样误差）并且做为寄生型出现，除非它们是完全相位同步的。考虑到这一点，在猫头鹰电视中选择了一项技术，用这项技术使两个取样程序同步化了。视频由一个运算放大器式的模拟积分网络所积分。这个积分器产生积分视频〔图 8(c)〕，当视频信息处理机箝位电路被转接时，这个积分视频为模数转换而被取样，于是使积分视频保持为常数。被取样的视频表示在图 8(f) 中。在每次取样之后，积分电路为接收下一个视频脉冲而准备着。

为了监视和测试，以模拟形式利用视频。来自视频箝位电路的脉冲视频信号〔图

8(d)〕由一个低通滤波器滤波，这个滤波器消除了所有噪声和频率超过 $\frac{1}{2} \Delta T_s = 1.66 \text{ KHz}$ 的信号成分。在这种情况下中的视频与对应于 ΔT_s 的速度由简单的连续扫描得到的视频相同。然而在输出端的信噪比仍然象在最佳扫描速度下的信噪比那样高。图 10 表示视频脉冲和由束位置调制产生的相应的束脉冲图。实验发现，为了最佳信号的产生和最小残余电荷，束调制幅度应当是行距的 4—5 倍。

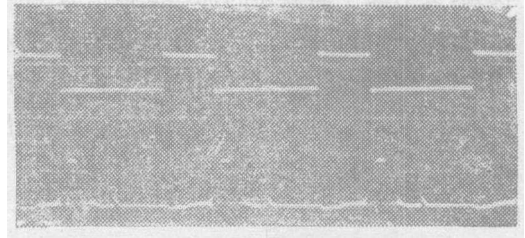


图 10 束脉冲和调制视频的束位置

对高幅度束位置调制提出的一个可能的议论是损失垂直分辨率。然而实验上已经证实，4—5 电视行的束位置调制幅度并不损害垂直分辨率，并且系统的水平和垂直析象能力在系统带宽范围内（200 等效电视行）是相同的。

用束位置调制技术可能得到优良的图象质量。图 11 表示由 100 线扫描系统复现的分辨率图。摄像管的电荷均匀性是令人失望

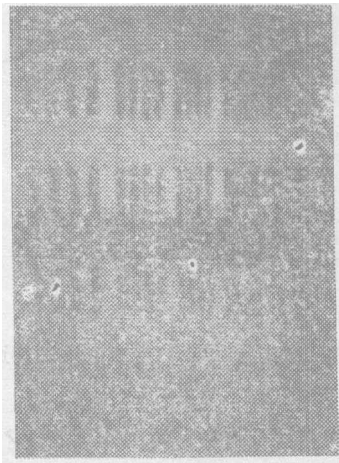


图 11 带束位置调制的分辨率测试卡

的，然而偏振照片夸大了这个不足。解释视频数据和修正管子非均匀性需要广泛的予飞校正。在这些予飞校正中，打算把视频信息数字化地记录下来，同时在管面上对一个已知强度均匀的光源成象。根据这些数据，可以说明电视系统的绝对的特性。可惜这些实验涉及到与以支架为基础的地面计算机相结合的卫星数据处理仪器，因而这些结果不是在这个写入时间得到的。

或者象图10那样，以视频脉冲形式提供视频，或者象上面概述的那样滤掉信号。一个完整的视频行在图12中以被滤波的形式提供。注意在低频下的极好对比度。残留的 1.66KHz ，作为一个调制在高信号电平处出现。

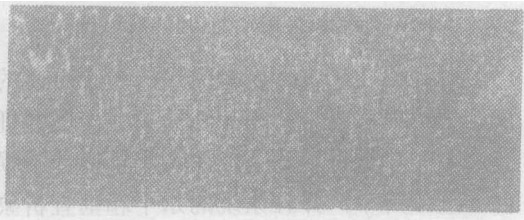


图12 滤波视频的一条扫描线。残余象素频率作为调制是明显的。

系统的调制传递函数象图13那样估算。

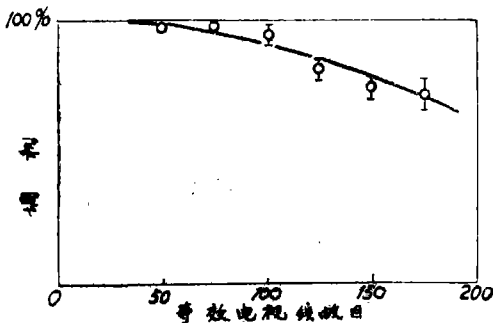


图13 猫头鹰(OWI)电视的调制传递函数

束位置调制的主要优点是减少电荷残留，在一个好的管子中，残余信号在第二次扫描中不大于2%。

偏置照明

在估价装置时已经清楚，根据SEC摄像管的特性而予言的摄像机灵敏度比用在通常电视条件下的灵敏度低得多。如果管子对一个图象第一次曝光，灵敏度的损失就被验证。如果第二次曝光，可见的灵敏度增加了并接近由连续重复扫描获得的值。除了在第一帧中不希望的过低灵敏度外，还产生另一困难，也就是，不同物体两次连续曝光的叠加。

在所建议的应用中，由于卫星的迅速运动和极光易变性，曝光从来不能重复。因此根本问题是找出减小这种效应的方法。

在第一次单扫中，缺乏灵敏度的现象已在其它低速扫描管（象超正析摄像管）中发现。〔21〕联合的存储效应或图象固着已由 Ramberg 讨论过。〔22〕用SEC靶时，Beyer 等人注意到灵敏度的损失并提出一个克服这种效应的方法。

这种存储效应是由在扫描电子束的速度分布中的高能尾引起的。由于重复扫描，这些电子能把靶充电到负几伏特。因此第一次曝光后，大量扫描电子束是不能着落到靶上的。有阈式效应经验，在这种效应中，从第一次曝光中观察不到信号产生，除非图象强烈到足以把靶充电到所需要的正几伏特。如果图象比这个阈弱，重复曝光和扫描是必要的，为的是把靶充电到充分正，达到平衡条件，在这种平衡中，每帧产生的电荷和移去的电荷是相等的。

Beyer 等人提出的方法〔23〕包括在每次读出图象之前把靶电位提高几个伏特。然而在必须把光引入管子并恢复通常的靶电位之前，这个过程只能重复几次。对一空间飞行器摄像机来说，象这样的程序可能是极不合适的，采用的是称之为偏置照明的另一技术。这取代了管子上的光源装置，光源装置在光电阴极表面产生相对均匀的照明。偏置照

明很弱，刚刚足以使小量电荷在每次曝光期间附着。用这种方法在靶上建立起一小量电荷偏置，而图象电荷建立在这个电荷偏置基础之上，使扫描电子束能以最有效的方式处理有用的图象电荷。这与超正析摄像管采用的“超敏”程序是相似的。

偏置光的有效性示于图14，这里显示了包含一小图象的几个电视行的视频。在(a)中显示的视频是没有偏置照明第一次曝光时的情况。在(b)中，重复曝光并且图象信号幅度增加是明显的。在(c)中显示了第一次单扫，这个单扫是在偏置光接通时进行的；有关图象的视频与(b)中情况一样。

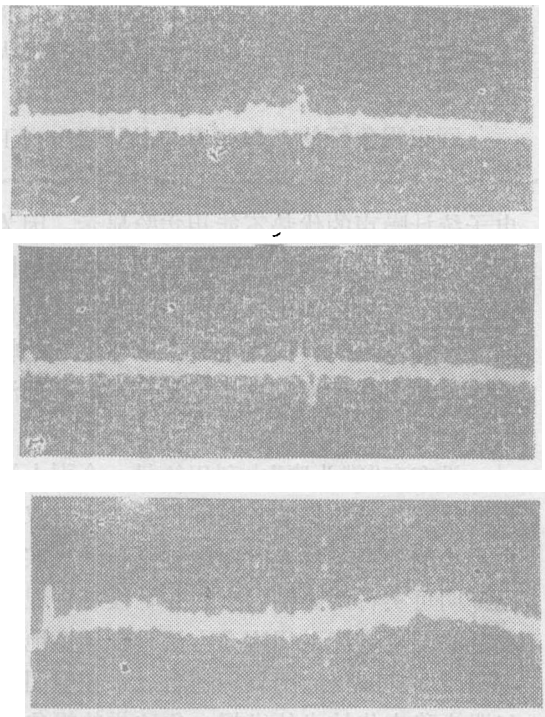


图14 经滤波的视频信号。把一些扫描线在同一张照片上重叠起来。该视频是用小点图象产生的。(a)第一次曝光，不带偏置照明。(b)再次曝光，不带偏置照明。(c)单扫，带偏置照明。

当应用偏置照明技术时，即使在低光平面情况下的第一次单扫，视频信号也会与光电阴极照明成比例。此外，偏置照明有助于消除管子的存贮效应。

偏置照明技术的缺点是，图象对比度稍微减小，并增加了在最后的的处理中对消除非均匀性的依赖。由于偏置照明附加的非均匀性，在非常低的光平下是有意义的，而管子固有的非均匀性在较高的光平下变得起主导作用。增加的另一难题是小光源设备的强度必须严密控制。幸好这些微弱的辉光灯所用的功率仅仅是 140mw，并且这仅在很短的曝光期间才需要。

就信号电流和光电阴极的照明而论，单扫管子的特性标在图15中。偏置照明技术用于100线和200线的操作，标记为100和200的直线特性。没有偏置照明的信号损失是明显的。

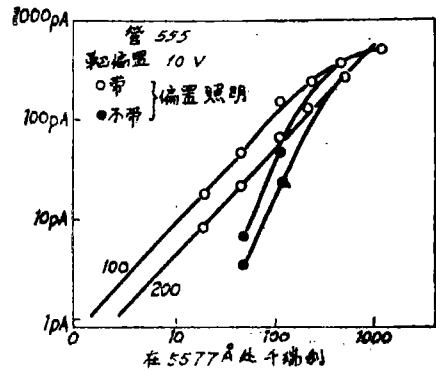


图15 在 B_2 和 B_3 操作方式中带和不带偏置照明的摄像机的传输特性。光强度按极光强度给出。1千瑞利大约等效于用物镜焦距 $F/1$ 时管面照明为 1.3×10^{-5} 流明/呎。绿光5577 Å。

在通常视象管式空间电视摄像管中〔25〕，光导摄像管的暗电流（另一种不需要的电流），却在减小这类单次曝光灵敏度损失中发挥了有益的作用。

结 论

把低光平电视应用到卫星承担的极光研究中导致了高灵敏度单次曝光摄像管的发展。由于慢扫描，数据带宽可能相当可观地

高分辨率回束视象管的应用

回束视象管 (RBV) 是一种性能良好的电子图象传感器和电存储元件。它能够接受连续和断续的曝光。为信号的处理或显示, 能够以一次扫描或多次重复扫描读出信息。分辨率是 10,000 电视行/图象高度, 每毫米 100 对线, 性能赶上或超过胶片, 特别是在低对比度成象情况下成象衬度低的胶片。电子变焦距能够有效用于图象放大和数据压缩。回束视象管这种良好的性能和灵活性, 使其广泛应用于侦察、扫描变换、信息存储与检索, 自动检验与试验的系统中。本文概

被压缩。低光平图象的探测需要最优化的信噪比和减少不合需要的传感器的存贮效应。被称为束位置调制的间歇扫描技术曾被用来消除由于慢扫描而带来的信噪比损失。偏置照明技术的应用提供了减少存贮效应的方便手段, 这种不希望的存贮效应是与电视摄像机单次曝光的特点相联系的。

由于应用低噪声场效应管放大器, 使放大器产生的噪声减少到等效于每象素 400 个电子的均方根噪声电流。在实验室实验中曾探测到相当于一千瑞利极光的微弱图象, 一千瑞利极光包含每象素 600 个一次光子 (等效于 3000 个电子的电荷)。相对低的 200 条电视线分辨率允许在较大的动态范围内应用, 因而亮 500 倍的图象也能由摄像机处理。

值得提出的是, 具有 10% 量子效率的光电阴极, 600 个一次光子仅对应 60 个光电子, 它固有的信噪比是 $\sqrt{60} \approx 8:1$, 这非常接近于信号——放大器噪声比。对于较强烈的图象, 光电子的统计起伏是会比较大的, 并且会比摄像机放大器产生的噪声还大。光

括论述了回束视象管的特性曲线和性能参数, 以及列举可能应用的实例。

绪 言

回束视象管象征着电子束读出图象传感器的设计和性能的重大发展。实时军事侦察和地球资源应用的需要推动了它的发展。将来在其它方面的应用, 回束视象管也有很大的潜力。

回束视象管的工作原理与以前为电视工

电子统计噪声的优势不能用实验显示, 因为把依赖于光电子的瞬时噪声从 SEC 管的小比例非均匀性中分离出来是困难的。当摄像机与数字计算机的接口完备时, 比较连续的帧会简单得多并且也能安排更加可靠的这种测量。

没有在“猫头鹰”中利用的另一个引人注目的特点是摄像机的长时间积分能力。仅仅由于小的变更, 曝光时间就被延长了。实验已证明可实行两分钟曝光, 并且没有发现可察觉的图象变坏。用这个方法可以满意地探测到微弱 1000 倍的图象。随着近来在空间飞行器中稳定化技术的发展, 象这样的摄像机对微弱图象进行长时间曝光照象是很有用的。

为了在另外的空间飞船上应用, 修改的“猫头鹰”摄像机应当是相对简单的, 因为它是一个完整的, 自同步的, 具有独立操作能力的“猫头鹰”卫星系统的电视摄像机。

[译自 IEEE 1969 Vol 57 No3 P 281

[梁玉华 译 陈长喜 校]