

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

综 合 评 述

激光在军事观察、侦察及监视上的应用

目 录

一、引言.....	(6)
二、将激光作为照明光源.....	(6)
1. 夜间观察与瞄准.....	(6)
2. 微光电视.....	(6)
3. 卫星监视系统.....	(6)
三、激光报警器.....	(7)
四、激光高度计.....	(8)
1. 激光高度计的优点.....	(8)
2. 激光高度计试验装置.....	(9)
3. 激光高度计的军事应用.....	(11)
4. 几种激光高度计的性能介绍.....	(11)
五、行扫描照象机.....	(11)
1. 行扫描照象机的优点.....	(11)
2. 行扫描照象机的工作原理.....	(12)

3. 行扫描照象机的发展简况.....	(12)
六、高分辨力卫星照象系统.....	(15)
1. 系统的工作情况.....	(16)
2. 返回射束光导摄象管.....	(17)
3. 激光束图象再现器.....	(17)
4. 应用范围.....	(18)
5. 类似照象设备.....	(18)
七、激光电视.....	(19)
1. 激光电视的工作原理.....	(19)
2. 激光电视的优点及其军事应用.....	(21)
3. 障碍回避激光雷达.....	(22)
4. 激光电视的发展简况.....	(23)
八、距离选通技术.....	(23)
1. 用距离选通技术克服反向散射.....	(23)
2. 三种可能的系统.....	(24)
3. 水下和陆上的应用范围.....	(25)
4. 距离选通技术的发展简况.....	(26)
九、全息照象.....	(27)
1. 全息照象原理.....	(27)
2. 全息照象的特点.....	(29)
3. 全息照象的军事应用.....	(29)
4. 红外全息照象.....	(31)
5. 微波全息照象.....	(32)
6. 超声波全息照象.....	(34)
十、小结.....	(35)

(一) 引言

伟大领袖毛主席教导我们：“指挥员的正确的部署来源于正确的决心，正确的决心来源于正确的判断，正确的判断来源于周到的和必要的侦察，和对于各种侦察材料的联贯起来的思索。”因此，战略和战术的侦察以及为此服务的侦察监视设备，在战争中是很重要的、必不可少的。

由于激光具有一些独特的优点，故在军事观察、侦察及监视装置中，具有广泛的应用。它可以改进这些装置的性能，增大其作用距离，扩大其使用范围，从而增强人们了解情况的能力，因而日益受到人们的重视。

为了便于我国科技工作者了解这一领域的发展概况，我们遵照毛主席洋为中用的指示，将国外（主要是美帝）有关这方面的材料加以综合整理，简略介绍，供同志们批判地参考。由于这一领域包括的内容较广，牵涉的问题较多，我们的政治、业务水平不高，其中难免存在一些缺点和错误。希望同志们读后向我们提出，帮助我们改进以后的工作，使之能更好地为社会主义建设服务。

二、将激光作为照明光源

由于激光具有很高的亮度与很好的方向性，因而可以用作照明光源，与其余的观察装置结合使用，可以大大改进这些装置的观察能力。

1. 夜间观察与瞄准

正在研制以激光照明的夜视望远镜。通常以 GaAs 二极管或二极管列阵照明，也可

以采用掺钕钇铝石榴石激光器照明。以多级直视象增强器接收图象，在黑暗中进行观察。通过带有象增强器的直接瞄准器观察时，还可以触发与照明器对准的激光测距仪，从而获得目标的距离。有的把夜视系统与激光测距仪合为一体，作成集成观察系统，可供直升飞机夜间观察之用。还有的把脉冲激光测距和照明与夜间瞄准器结合，供直升飞机、坦克和地面车辆射击之用^[1-4]。

2. 微光电视

所谓微光电视，就是电视管和光电表面采用特殊磷光体（包括象增强器）的电视装置，在只有微弱星光的条件下，可为驾驶员提供被扫描地形的图片。这种装置可使驾驶员在黑暗中在低空飞行时进行地面观察，并指出目标位置。如对观察区域加上人工照明，则有利于在极低的照明水平下抵消大气吸收，改进照明性能。隐蔽照明，通常由 GaAs 二极管提供。把这种监视装置与激光照明器结合，目标的清晰度就能赶上白天所获得的结果^[5]。

这两种装置的结合，曾在 1966 年进行试验。以军用微光电视与 Q 开关红宝石激光照明器结合，以具有 S-20 光电面的电视摄像管拍摄单帧照片，夜间在 1.6 公里的距离上，已获得可辨认质量的图片。试验初期，图片质量不如广播电视的质量好，但却表明了激光照明的可能性^[6]。

3. 卫星监视系统

用高功率脉冲激光器作为照明光源，跟踪非合作性的目标，可以定时拍摄高空系统的单帧照片。激光器的这一特性对夜间从地

面站照明几百公里外的卫星也很有用。如果高功率激光器可以照明卫星，则可以通过伺服望远镜对卫星拍摄照片，可产生以其他方式所不能获得的空间目标的详细情况。这是国外新型激光侦察系统的实验目标之一^[7]。

如果这种卫星侦察计划得以实现，就可以大大增加监视空间卫星的时间。如在夜间将激光投射至卫星的前部，就可以显示出观察者在日光照耀条件下所无法获得的细节情况^[8,9]。

这一方法的缺点是高功率脉冲装置的重复率较低，因而在一定的时间内拍摄的图片数目有限。但可以通过适当的办法（如多台组合）来提高。

还有人研制照明非合作卫星的机载激光系统。这种系统利用三台分开的钷铝石榴石激光器的高功率组合。每台激光器产生 0.3 焦耳的脉冲，脉冲宽度 7~10 毫微秒，重复率为每秒 30 次。

三、激光报警器

报警器，又名闯入探测器。当有人进入设有此种装置的地区时，报警器就会发出特定的信号，引起守卫者的注意，以便采取适当措施。

采用可见光的光电装置报警器已沿用多年。近来，人们改用半导体激光器作这类装置，其优点如下^[10]：

1. 其射出光束在光谱的红外部分，肉眼看不见；
2. 光束为脉冲式，可编码发射，使伪充信号失效，又无法干扰；
3. 半导体激光器效率较高，可产生高峰值功率，从而延长有用时间和作用距离；
4. 方向性好，可用棱镜或反射镜折射

或反射，而无通常光束的色散与发散，致使光束到达远处时尺寸太大而无法处理。

后一特性可使光束象一道不可见的围墙一样围绕一定地区；交叉封锁特定的出入口；或者拖出一条一、二公里长的尾迹，进行探测或搜索。

国外 1966 年已制出此类报警器。

一家公司的报警器^[11]，其发射器与接收器均轻于 2 磅，尺寸约为 $\phi 2.5$ 厘米 \times 32.5 厘米，以普通的手电筒电池供电。以步枪瞄准镜准直，以棱镜或反射镜引导，使之改变方向或绕过障碍。可连续工作几天，不需照料，直到电池用完为止。装置的各个单元均为密封，能在雨、雪和轻雾中使用。

当光束被遮断时，远处的报警铃便响起来。有经验的使用者还可从各种不同的信息

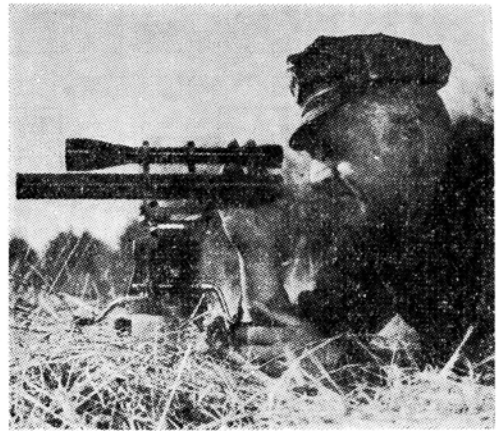


图 1 激光报警器。

判断闯入目标的类型^[12]。例如，人和卡车给出的信号便不一样。

目前已作出一种激光报警系统，其作用距离可达 50,000 呎。发射器为 GaAs 激光二极管，以 30 安电流激发，以每秒 30 个脉冲的速率发射 150 毫微秒的红外脉冲。激光管并以反馈信号调节，使之在 $30^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{F}$ 的温度范围内输出恒定的功率。接收器采用

硅光二极管，系统的主要特点是以中继器克服光束长距离传播时的衰减，并使之沿规定路线前进或围绕一定的地区。

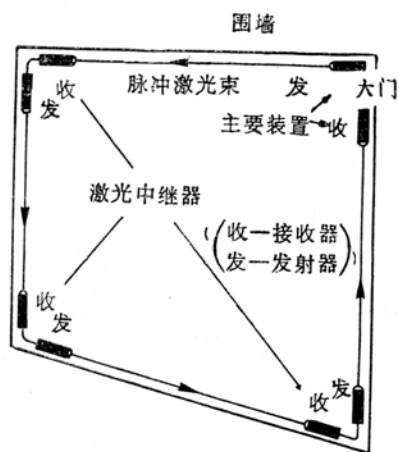


图 2 远程激光报警系统配置图。此种系统的作用距离可达十余公里。

典型的系统为自主发射器发射光束至第一中继器，中继器接收到光束后，又用其发射器以同样功率发送至第二中继器，如此依次转发，再传至主接收器，其输出通过报警铃与显示板，以声音或图形方式显示，还可通过编码信号表明光束被遮断的大体位置。由于激光束的脉冲速率是特选的，主接收器也只有收到预定数目的信号后才会发出报警信号，因而，即使有飞鸟或树叶偶尔遮断光束，也不会触发报警器^[13]。

四、激光高度计

1. 激光高度计的优点

激光高度计的优点是束宽小、易于选择和测定特定目标，不受邻近物体及周围环境

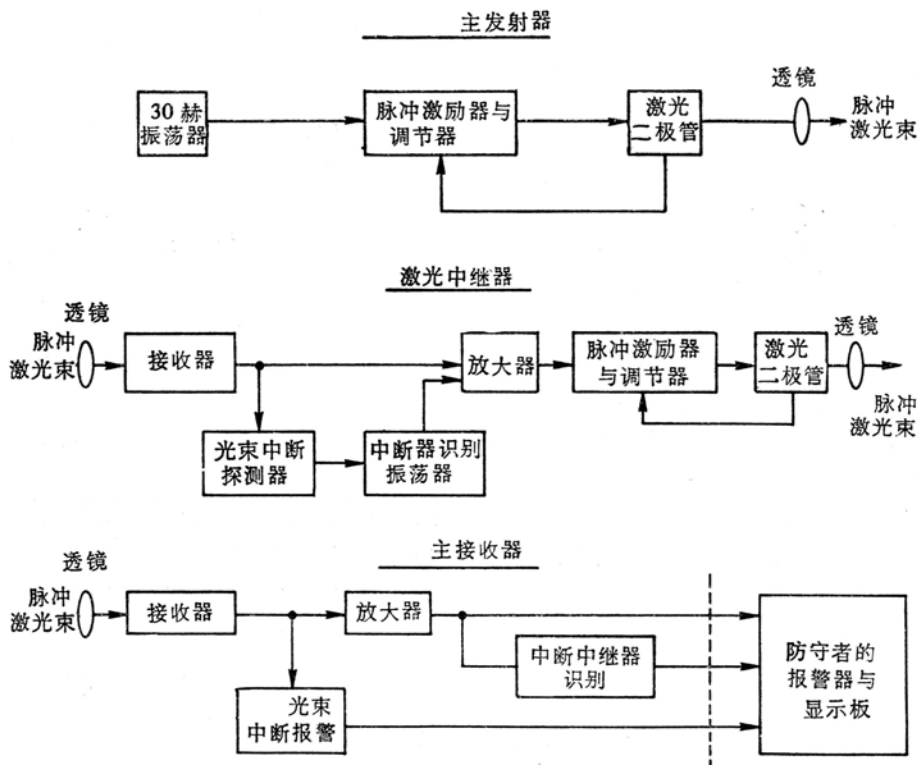


图 3 远程报警器激光束的衰减可借助中继器来克服。图为报警器各单元的方框图。

的影响。可进行航空测绘、摄影测绘或作为雷达测高校准器。其缺点是只能在良好的天候下使用，不能满足全天候飞机着陆系统的测高要求。

激光高度计与通常测定高度的微波雷达相比较，其精确度与分辨力均提高了几个数量级^[14,15]。射频装置有1度的束散，从1,000呎的高度照明地上一个17呎直径的圆形面积，由此而产生的回波将产生整个面积的积分距离值，而不是其中人们感到兴趣的个别小点。但是，激光高度计的波束宽度仅1 $\frac{1}{8}$ 吋，在低高度时，它们不发散。在1,000呎的高度时，垂直平面上的分辨力在1~3吋之内，水平面上的分辨力则小于1呎。

2. 激光高度计试验装置

初期制成的试验装置由氦-氖气体激光器、发射和接收光学系统、发射和接收信道所需的电路、加工电源和控制单元组成。激光器重80磅左右，整个装置约175磅，其

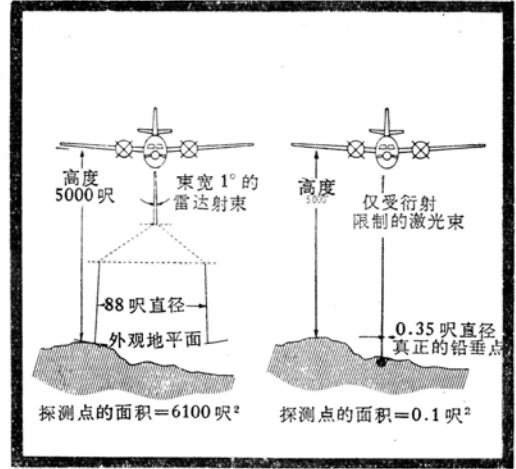


图4 束宽1°的精确测位雷达与激光地形剖面测绘器的比较。

大部分重量来自支承基座，使仪器稳定。激光器发射50~60毫瓦的仅受衍射限制的激光。

在典型的工作中，由激光器产生、并在磷酸二氢钾调制器中被三种射频调制过的光，扫描飞机下的地面。被地面反射回来的激光为与发射系统共轴的折迭式折射望远镜接收，通过干涉滤光片与视场选择装置，打

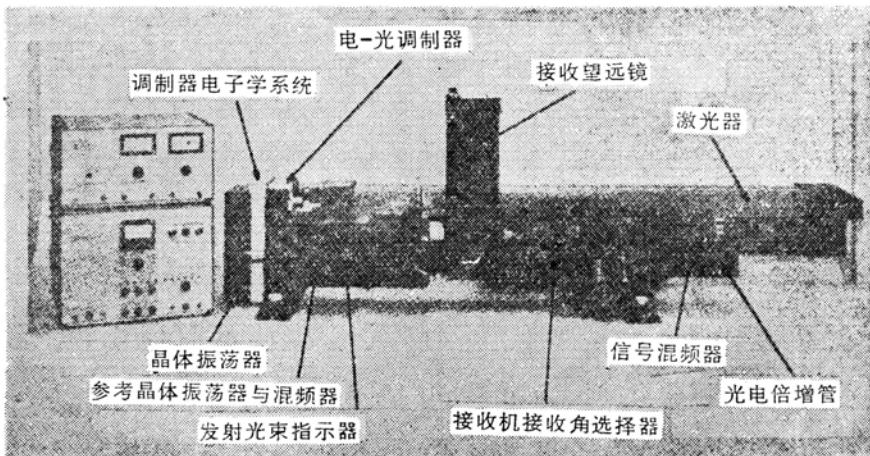


图5 激光高度计实验装置。以氦-氖激光器受调连续波测距，获得极高的分辨力和精确度。

在光电倍增管上。射频输出滤波后进入它们各自的信道。比较这些信号的回波并参考信道所含的发射信号的位相，测定其相差，就是全程传播时间的测量。类似的输出信号可以显示在图表记录器上，或经数字转换，给

出高度的数字指示。为了精确测定地上给定点的高度还可以同时采用红宝石脉冲激光测距仪，以补连续激光测距仪之不足处。

这种高度计装在飞机上运转时，可以辨

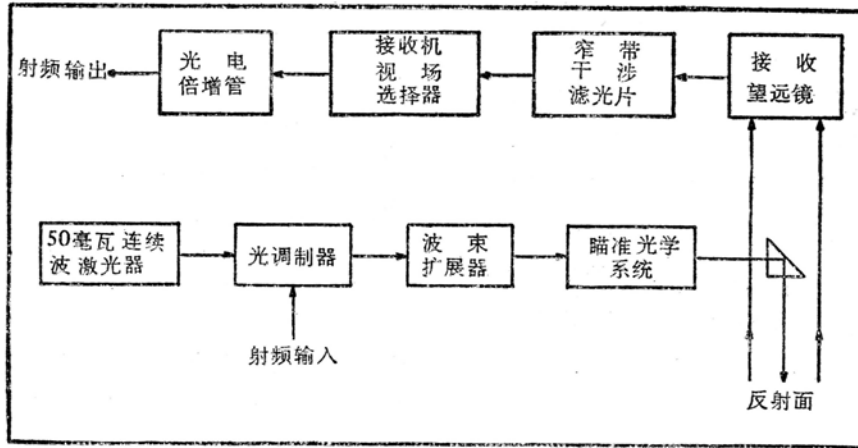


图 6 激光高度计结构方框图。发射和接收光学系统是共轴的，因而接收器能观察到发射光束扫描的地域。

飞行高度：1,000'
图表速度：8"/秒

对地速度：300'/秒
时间常数：5米·秒

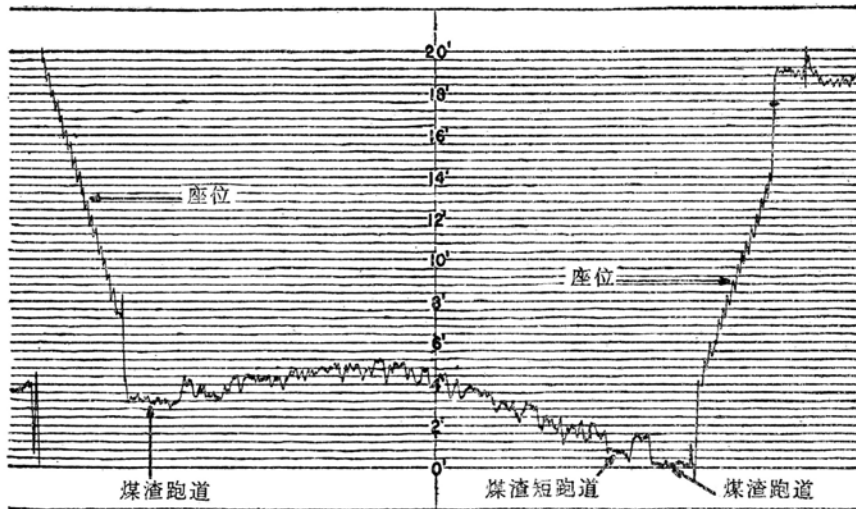


图 7 用激光测高计获得、并由图表记录器保存下来的一个体育场的剖面图。该装置可算出座位排数和每排座位后的低凹部分。横过场地地面的变化是由于在跨越期间飞机下降造成的。在完整的系统中可用气压计的压力传感器修正之。

别出凸起的公路和树木，看出跑道旁通常看不到的壕沟。在飞经一个运动场时，可以辨认出9吋宽的狭窄的看台座位。由于高度计使用的是连续波窄光束装置，故能提供完整的地面轮廓。在本文的图例中，可以看出每一层座位以及座位之间的距离，煤渣跑道及煤渣短跑道；而在类似的情况下，射频雷达只能给出这个体育场的总坡度。

3. 激光高度计的军事应用

这种连续波激光测高计可能有两大类应用：

1. 从快速飞行的飞机上，不依赖于任何地面辅助设备或侦察，就可以迅速而经济地测定自然地形的粗略特征。可以测定海滩形状，或在雪地上空测定从空中看不见的地面坡度，以选择飞机的着陆场地；可以为在特定测绘地区进行快速军事侦察而测定最低倾斜飞行路程；还可以进行夜间测高，测定波浪高度和海洋状态等。

2. 在航空测绘系统中，激光测高计将作为系统的一个单元，与胶片照象机、气压传感器或空中精确平行准直的垂直照象机等共同工作。激光测高计将连续测量飞机对地面的高度，而气压传感器则提供稳定到1呎的飞机高度基准。将激光测高信息、气压传感器输出和胶片照象机与地图或照片对比，即能获得经过线路上的精确的剖面图。

4. 几种激光高度计的性能介绍

已制成几种不同的装置：

1. 室温半导体激光二极管高度

计^[16,17]：结面积约 1.6×10^{-3} 米²。以1,000安培电流激励。脉冲宽度约30毫微秒，重复频率15次/秒，峰值输出10瓦。以p-i-n硅光电二极管接收回波。其测高精度，在300米上空约1.5米。其有趣的结果之一为从树顶与地面同时反射，在树木多的地方常获得双回波，可从而测出树和飞机的高度，这是无线电装置所无法分辨的；

2. 机载激光地形剖面测绘系统^[18]：由激光测距仪、高度参考系统、精确定点系统、数据调节系统与记录系统组成。可在几哩至几百哩的距离上测定地形高度的绝对值，与地面地形的本质无关。可大大减少制图、重力测量及微波传输线路定位所需的时间。这类仪器，经过试验，分辨力高，结果肯定，测绘部门准备采用^[19]。

3. 海面环境判断器：以类似系统将连续波激光指向飞机下面的海区，以照明空气和海水的界面。将反射光强度作为视角的函数记录，可以构成一幅三维强度图形，就能表明洋面的显著风浪区。进一步在光载波上加上微波频率调制，就能从反射光中检出相对相位位移信号，可直接转换成波浪的幅度，侦察飞机用上这种洋面测量系统，就能立即在目前还没有设立气象网的洋面检查大风浪的形成情况，帮助水上和水下的舰船进行战术布置^[20]。

五、行扫描照象机

1. 行扫描照象机的优点

在战争中，夜间侦察活动的传统方式，是采用普通航空照象装置。其摄影是以照明弹或高功率频闪灯提供照明来完成的。这种照明方法的主要缺点在于照明时会使对方警觉，从而采取有效的对抗措施，并清楚地显

示出有侦察机在空中出现。

激光行扫描照象机系统就可以解决这一问题。这种装置以扫描激光束作为准秘密照明器，供夜间侦察之用。采用这种航空摄影侦察系统时，在夜间也可以获得和白天有利条件下质量一样优良的照片。有些地方甚至比白天拍摄的还好。应用早期较为粗糙的系统进行的实验，即可充分说明这一点^[21,22]。

这一系统在1965年初进行试验。系统采用连续波氦-氖激光器，输出20毫瓦。以低于3,000呎的高度飞行时拍摄的照片，其分辨力就是很高的。居民区的房屋、汽车、人行道与灌木林，皆清晰可见。一张飞机场跑道的照片，上有无数细小裂纹，这是用普通的方法和肉眼所不能看见的。裂纹之所以突出，是因为它们吸收激光的缘故。

激光在这一应用上的主要优点为：

1. **射束狭窄**，直径几毫米，几乎为不发散的，这就决定了其扫描系统具有极高的分辨力，使其成象质量优良；微波侧视雷达也可以完成夜间侦察任务，并已投入战斗应用，但激光的分辨率却更高，因为它所用的辐射波长很短。

2. **光束亮度高**，这就使它能在较远的距离上使用。输出功率高的连续波激光器（例如电离氦激光器），目前可以产生几十瓦的输出，而不是几毫瓦。如以输出功率较实验装置提高四个数量级，在4,880埃处，光阴极的光电效率较对氦-氖装置的6,328埃的效率增加10倍计算，则其性能可以增进50分贝。这样就可以增加使用高度，或增进分辨能力，或者两者同时均有很大的改进。

3. 对军事任务说来，这种方法的优点为**半秘密性**的，这是以往的侦察系统所不能具备的。即使采用象氦-氖激光装置那样的

可见光，由于光束很细，而且并不发散，因而地面观察者如果不是碰巧对着激光望去，也不可能发现。

这种装置也有其缺点，那就是由于大气对光波有较严重的吸收、散射，因而在不良天气下操作有困难，有云雾时就不能使用。

2. 行扫描照象的工作原理

这种系统的工作原理，如图8所示。以一光束分裂器将激光分为两部分，使其一束通过一个普克尔斯盒调制器，射到一个旋转的六边形棱镜扫描器上。扫描器又将光束反射至胶片上加以记录。

第二束光则直接射到扫描器上，并被反射到飞机下面的地面上。棱镜以预定的角度（横向30°或40°或与飞机飞行的方向垂直）使光束偏转。飞机的运动则为扫描提供前进方向。

从地面反射回来的光能量用一块施密特透镜拾取，使光在光电倍增管上成象。后者的视频输出相当于被扫描地形的反射率。这一输出驱动调制器，在基本的激光信号上添加一个时变信号，使其强度随调制信号的变化而变化。就这样把地面的景物记录在胶片上。

该系统的激光输出为20毫瓦，扫描速率为每秒数百行，飞机飞行的速度每小时200公里到600公里时，其分辨力在1/2毫弧度与2毫弧度之间。

3. 行扫描照象机的发展简况

此种侦察照象装置于1965年4月制成，

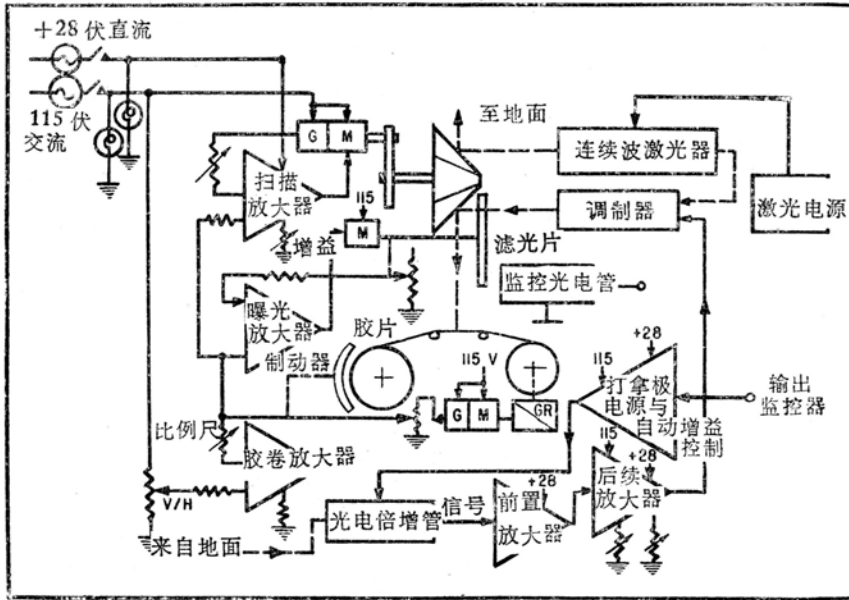


图 8 基本激光照象机系统方框图。六角棱镜用在连续波激光束的扫描部分。光束分裂为两部分，一部分射向地面，另一部分则直接记录在胶片上。

进行试验，结果很好。以后又有好几个单位从事这一工作，其努力方向为采用较高功率的连续波激光和更为有效的非机械扫描技术，使其性能大有改进。但是，直到今年，初期的装置才开始付诸实用。

即将实现的装置有^[23]：

1. 氩激光行扫描照象机：采用专门的激光记录器，利用其将激光聚焦成很小的点的能力来完成图像记录工作。还发展出一种具有水平—水平视场的扫描器，具有机舱显示，可进行实时侦察。

2. 多波长行扫描技术：正在研究一种多波长行扫描侦察技术，这种技术同时采用几种激光器——氩、氦-氖、二氧化碳和掺钕钇铝石榴石等装置，可产生几种波长的光，而不是象通常的行扫描器那样只用一种激光器。已发现对于给定的模拟的丛林背

景，用其中一种波长探测某些目标比其他波长容易，这是由于不同的光有不同的吸收和反射，从而导致不同的对比的缘故。

3. 三维侦察技术：除二维侦察以外，还在研制三维侦察技术，其中之一，就是在对地面进行扫描的同时，由激光测高仪提供高度数据。

4. 正在探索一种把激光行扫描照象机与红外侦察装置结合的混合侦察装置，二者共用一个光学系统。激光通常作用于可见区，也许在8~14微米的红外区。激光行扫描器为主动系统，对具有平坦表面的人造物体具有强烈的光谱回波。红外装置为被动成像设备，可以探测出普通照象装置无法拍摄的热目标。这一研究项目的目的是确定二者同用的可能性，或比较两者分别使用时的优缺点^[24]。

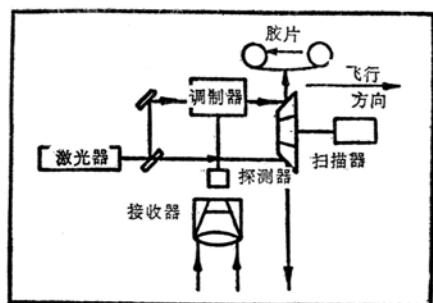


图 9 激光行扫描照象机的概念图(左)及试验装置的原型(右)。



图 10 以激光行扫描照象机在夜间拍摄的飞机场与住宅区的照片，其质量可与一般白昼条件下拍摄的航空照片媲美。

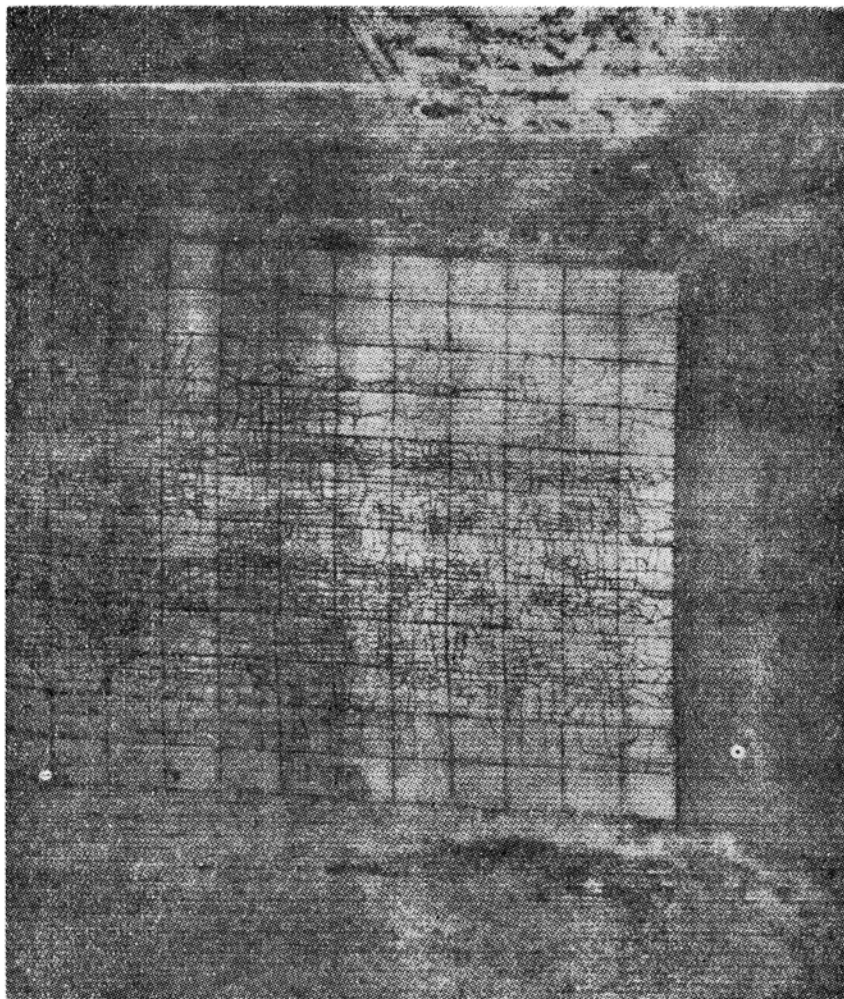


图 11 以激光照象机系统拍摄的飞机场跑道的照片。照片显示跑道表面有无数裂纹。裂纹的显现是因为它吸收激光的缘故，这是用其他方式所不能看见的。照片在 500 公尺至 1000 公尺的高度拍摄。

5. 为了加速图象的分析，准备修改实时数据通讯线路，使之可以把空中拍摄的近于实时的激光扫描与红外图象发送给地面站。

六、高分辨力卫星照象系统

国外已制成一种新型远程照象系统。此系统将电视与激光技术结合，发送、记录和普

通照片一样的优质图象。此种系统最初是为地球资源探测卫星设计的，采用一种新型电视摄像管，将其图象发送给地面设备，调制一台气体激光器。激光束以每秒 1,200 行的速率把图象描绘在照象胶片上。据称以此完成的图象，较在通常电视屏上所看见的象鲜明十倍，可以提供迄今为止地球和行星的最清晰的照片。

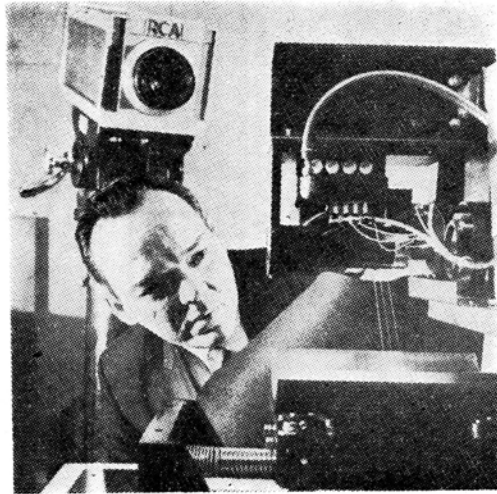


图 12 激光束象复制器外观图。图中正以激光束在胶片上进行扫描。

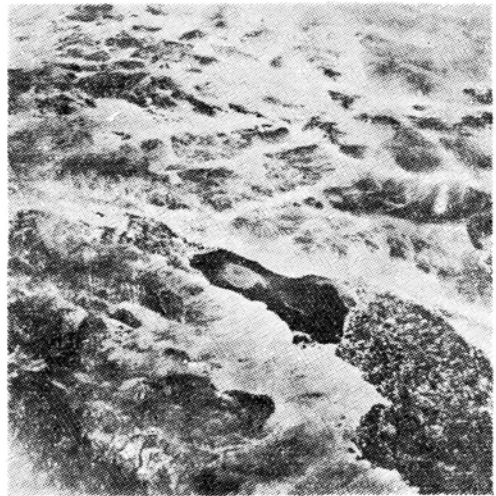
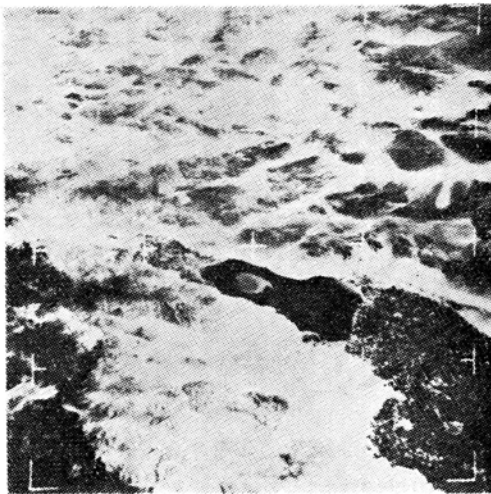


图 13 左图为双子座 5 号飞船飞行时，以典型的空电视摄像机拍摄的地面照片，其清晰度约为 800 行电视线。右图为在相同情况下以此种新型装置拍摄的同一地区的照片，其清晰度已增至 5000 行电视线以上。

1. 系统的工作情况

远程照相系统基本上由两台卫星运载的电视摄像机，一台视频记录发射机，一台地面视频接收记录器和一台激光束图象再现器组成(参见图 14)。当卫星在空间运转时，可把由电视摄像机摄取的图象，立即发回地面，或者存贮在宇宙飞行器的磁带上，直到卫星

来到地面站的作用范围内时，才把这些资料发送给地面站，记录在磁带上，放入激光再现器。此外，当图象由地面站接收并记录在磁带上时，激光还能同时再现图象，以便即时观看。

此种摄像系统能有 5000 行电视线的清晰度，而一般电视图象的清晰度只有约 525 行，即使是空间应用电视的最高清晰度也只

有 800 行左右。这几乎较目前普通电视的分辨质量高 10 倍。

这种系统所具有的高清晰度是用一种称为返回射束光导摄象管的电子管造成的。电视系统把图象信息转变成视频信号，并发送至地面站，再把视频信号转变成图象信息，由激光束再现在一帧 9×9 吋的感光软片上。强而窄的激光束在普通的照像胶片上扫描，把返回射束光导摄象管的电信号变成图象。

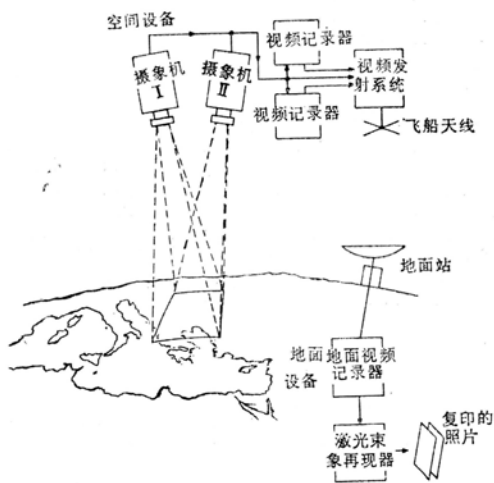


图 14 用于地球资源卫星的远程照象系统图。

2. 返回射束光导摄象管

这是一种直径为两吋的磁偏转、磁聚焦的成象装置，由摄象机头及其电子学部件组成。它作为一个光导摄象管工作，其中光电导体由光充电，而由扫描射束放电，所不同的是此种系统利用的是返回射束作类似于移象摄象管工作的信号通路。返回射束光电摄象管具有高清晰度（理论极限为 8,000 条电视线）、高信号噪声比、优良的感光度和图象保留性。这些特性使它在获得地面农业、林业、矿物资源及类似活动的详细情报的应用

上很理想。在 900 公里高的卫星上运转时，此种摄象管能分辨地面 30 公尺到 60 公尺间的地面情况。它灵敏到足以探测出正常作物和遭受虫害的作物之间的差别，从而提供早期发觉农作物疾病的机会。

摄象管的主要技术特性：

系统清晰度：5,000 行电视线（近期可增加 50% 左右）；

扫描速率：每秒 1,200 行，共扫描 6,000 行；

读出时间：5 秒；

视频带宽：4 兆赫；

传感器的动态范围：100 到 1；

信号噪声比：40 分贝；

最大曝光度：0.01 呎·烛光·秒；

曝光时间：1.5 毫秒。

3. 激光束图象再现器

由于返回射束光导摄象管的清晰度极高，故对其复制设备也提出较高的要求。现有的装置，包括电子束记录器和阴极射线管矩阵等，由于各种原因，均不能满足此种要求，故研制激光束图象再现器。

激光束图象再现器以相干光学技术产生受调制的、迅速扫描的记录光点，光点在普通卤化银照象胶片上产生经过处理的输入信号的永久记录。系统采用氩-氟激光器，输出波长为 6,328 埃（红光）。

图象再现器的主要作用系以激光束作记录光源，用待记录的信号调制，把被调制的光束聚焦成高能量密度的光点，以之扫描感光胶片。其工作情况及信号流程示于图 4。采用激光的理由是因为这种光源的亮度高，可随调制信号的强弱而大幅度地变化强度。其光束能聚焦，形成仅受衍射限制并能高速记录的小光点。

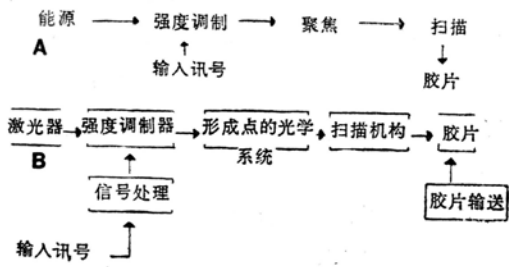


图 15 A. 新型远程照象系统中所用的激光束象再现器的基本记录功能; B. 再现器元件间的信号流程。

采用电光技术响应视频信号调制激光束的强度。调制器采用电光晶体。以通常的折射元件作出记录点，放大受调光束，使之充满成象透镜的孔径。以每分钟 18,000 转的转镜装置使记录点横过胶片，并将胶卷送过扫描位置来实现扫描。

再现器的主要技术特性为：
 图象宽度：6,000 行电视线(还可以进一

步加宽)；
 扫描速率：每秒 1,200 行；
 视频带宽：直流到 5 兆赫；
 象面尺寸：9 吋×9 吋。

4. 应用范围

地球资源探测卫星还可以携带几台返回射束光导摄像管的摄像机从几个光谱区取样。如用三台摄像机就可以使卫星拍摄的象以彩色复制。由于摄像机的分辨能力很高，又具有鲜明的彩色，就能够提供诸如作物长势、森林和矿物资源等的精确情报，侦察森林火灾，检查大面积水域的融水情况，并能供给地面测绘、海洋学测量和城市规划等的资料。必要时还可以执行逼近观察任务，提供更为详尽的地面情况。以之进行侦察，可获得许多战略和战术情报。因而，在军事上，它也是一种很有价值的空间侦察设备。



图 16 具有高分辨力的侦察照片，通过在轨道上运行的第一通讯卫星，发给地面中继站，再由此中继站转发给第二个通讯卫星，传至一万公里外的地面站。由于采用激光扫描装置，收到的照片与原照片质量完全一样。

5. 类似照象设备

已利用类似原理，制成高分辨力激光扫描系统，只用几分钟的时间就可以把前方拍摄的侦察照片转变为电信号，通过卫星通讯

系统，发送给万公里外的军事首脑部门。这种系统可能采用 He-Ne 激光器扫描。每条扫描线的分辨力为 2,000 个单元，带宽在 50 兆赫以上。而标准的 525 行电视系统，每行分辨力仅为 400 个单元，带宽 4 兆赫^[28, 29]。

上述装置稍加修改,就可以把高分辨力的照片加以转化,供计算机处理,称为**激光图象处理扫描器**。它把图象数字化,把数字化信号通过缓冲器馈给计算机,进行图象处理,重现象由计算机在胶片上读出。它可使照片判读者控制图片质量、改进反差,或以高分辨力取出任何所需的细节。此种装置采用序列扫描,可获得每毫米100条线的分辨力,可在15分钟内将1.8厘米²的画面数字化,或记录数字数据,其速度至少为月球探测器所用系统速度的两倍。其优点为分辨力与读写速率高,形象逼真,并可在标准照明的室内运转,适合军事部门使用^[30]。

七、激光电视

1. 激光电视的工作原理

激光技术的蓬勃发展以及近期内这一领

域所取得的成绩,使有可能制造一种完全新颖的电视系统^[31-32]。

这种系统称为“扫描射线”电视系统。

这种电视系统与其他电视的基本差别在于由光束直接显示图象。与其他已实现的电视装置(光电阻摄像管、超正摄像管等等)一样,开始是在电视发射管的光电阴极上形成图象,然后使这种图象被通常的电子束读出。因为在扫描光束电视系统中,物体的每一单元都已由扫描光束照明,因此这种系统在工作时,就不再需要外界的光源照明。

由扫描光束显示图象的电视方框图示于图17。气体激光束1通过平行光管2(为了减少发散度)投射到偏转装置3上,偏转装置用光束扫描目标4(如普通电视中一样进行扫描和帧扫描)。光束的部分能量由被摄物漫反射,并由传真接收器所捕获。传真接收器由广角、大焦比物镜5、干涉滤光片

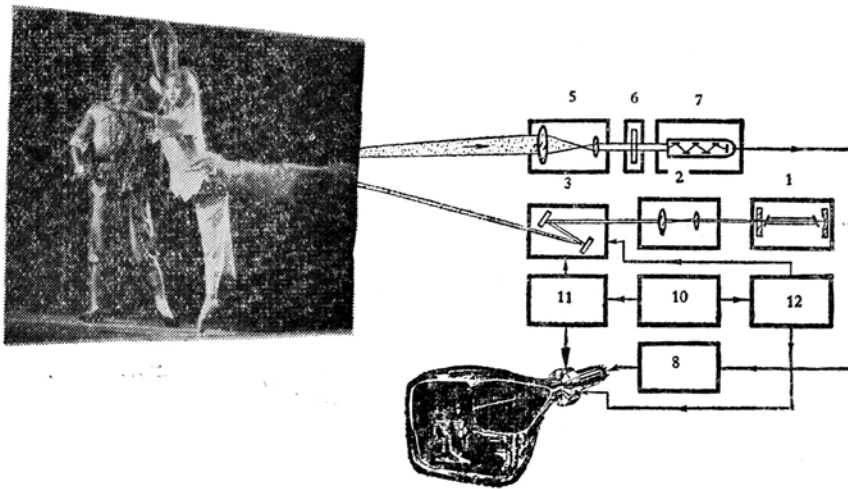


图17 “扫描射线”电视摄像系统用气体激光器作为读出图象的光源。

6(滤去寄生杂散光)及光电倍增管7构成。

众所周知,任一物体的场单元都是按颜色和起伏相区别的,因此,反射光束是一些

按相应的颜色、起伏系数调制的强度信号。光电倍增管将光束变换成电信号,电信号的振幅正比于通过倍增管的光束强度,之后这一信号到达宽带放大器8上,最后转到电子

显象管的电极9上。

为了在电子显象管的屏上获得真实图象，必须使电子束扫描与光束扫描同步。要达到这一点，可由同步振荡器10、及行扫描和帧扫描系统11、12所组成的装置将信号同时馈给扫描装置和电视接收器的偏转系统。

为什么不能用普通光源来建立此种系统？原因在于，一般光源的辐射不是单色的，因此它的光谱线功率密度很小。此外，

还由于此种光源的发散角大，无法聚焦成横截面仅5毫米左右的极窄光束。同时，辐射的功率也不足以引起系统工作。如果用普通光源，其结果只能制造出灵敏度低、作用距离极短、无法排除外界杂散光的电视系统。在电视中采用了气体激光器的“扫描射线”后，由于激光辐射克服了上述缺点，因此为这种电视系统开拓了光明的前景。

气体激光扫描射线同样可以在大屏上再现图象。这种系统类似于用“扫描射线”显示

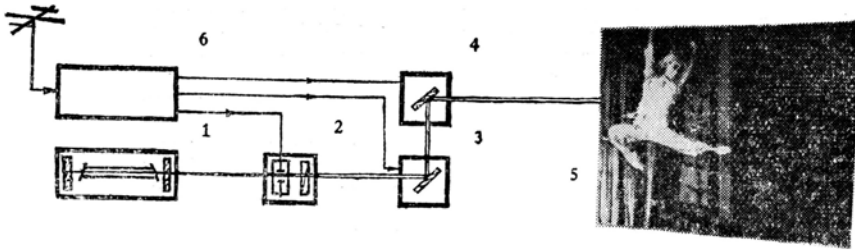


图 18 气体激光“扫描射线”电视系统在大屏上再现图象的方框示意图。

图象的电视系统。所不同的只是，在光束偏转装置前面设置一个普通的光学调制器，这一调制器可用克尔盒或光电晶体（如磷酸二氢钾）来充任。

用气体激光扫描束在大屏上再现图象的系统方框图示于图18。激光束1透过调制器2后，经过水平方向3和垂直方向4偏转扫描器后落到屏5上。带有图象信息的信号及扫描信号由电视接收天线6分开。这些信号类似于落到电视显象管上的信号。

比起有些用电子束再现图象的装置来，上述装置的优点在于图象的大小不受限制。目前，图象的大小还受光束偏转角限制（偏转角不大于 10° ）。但这一点并不十分重要，因为距银幕5米时，图象的大小已是 1×1 米。如果再仔细考虑一下，当在不远的将来，扫描装置的偏转角能增大至 $30 \sim 40^\circ$ ，

那末，用“扫描射线”在大银幕上读出和再现图象的电视系统将会获得更广泛的应用。

最后，“扫描射线”电视系统也可以用来得到彩色图象。系统由两个部分组成，第一部分是发送系统，它用“扫描射线”来读出图象；第二部分是接收系统，用来在大屏上再现图象。在这种系统中，电视图象可用光学方法发送，也可用无线电波道发送。

发送系统中三个读出图象的装置，形成电视信息的装置及发送装置。应用三个读出装置的原因在于，在彩色电视中，要获得物体的彩色信息必须要有三种基色：红、黄（或绿）和蓝。这和印刷技术一样，如要获得多色图片，必须具备三种基色。因此，物体的场扫描必须由红、黄、蓝三种射束同时完成。在接收每种颜色的反射信号时也必须分别用光电接收器进行。

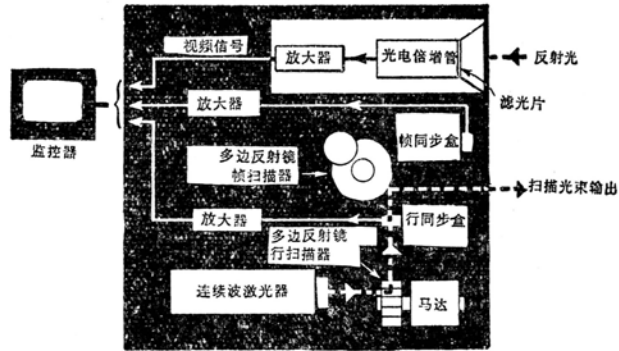


图 19 激光电视摄像系统示意图。

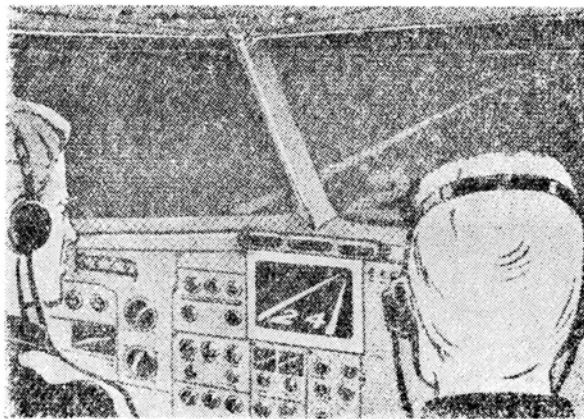


图 20 以激光电视作飞机着陆的辅助装置。

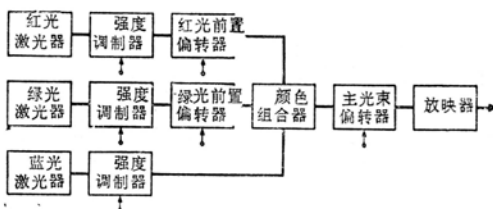


图 21 彩色激光电视显示系统方框图。

当然，也可以用一个图象读出装置来替代这三个读出装置，不过这时的气体激光器必须同时发射红、黄、蓝三种波长的光谱输出。目前，能发射这三种波长而又有足够功率的气体激光器还未制造成功，但相信这是不久以后的事情。

2. 激光电视的优点及其军事应用

激光电视的主要优点为^[33,35]：

1. 摄像时无需外部照明，免除了庞大的照明设备，因而轻便、机动，又可以拍摄处于完全黑暗中的景物；
2. 以极其狭窄的光束迅速扫描，即使在黑暗中也难于察觉；若采用不可见的紫外光或红外光，则肉眼根本无法发现；
3. 透过雨、雾等不良天气摄像的能力较强，可提高观察距离；
4. 系统具有无穷的焦深，无需成像光学系统，物体不管多远，都在焦点上。其有

效范围仅受短距离的视差和长距离的信号功率的限制，而后者又取决于激光的输出；

5. 电视信号可用极狭窄的光束传播，这样就很难中途截获，既利于保密，又难于进行干扰；

6. 与阴极射线管相比，激光电视图象的尺寸较少受到限制，故可作成大屏显示。画面亮度与分辨力高，即使在白天，在普通的房间内也能看见。

由于具有以上各种优点，因而在军事上也有很多用处：

1. 作为视频光雷达使用：在不良天候条件下，帮助直接观察，有效距离可达几百米。可作为飞机全天候着陆的辅助设备；

2. 进行秘密监视：由于光束很细，扫描速度极快，还可以利用不可见光工作，故置于一定地点，进行日夜监视，被观察者毫不察觉；

3. 进行航空摄影；

4. 显示从遥远的摄象机或计算机传来的信号，可用以观察战场活动。

据今年国外报刊报导，已制成具有水平-

水平视场扫描装置的机载激光监视系统，具有机舱显示。还在研制一种前视光栅扫描激光照象机，其显示对比比前视红外图好。这两种装置均为实时侦察装置，可用于飞机中^[36]。

3. 障碍回避激光雷达

视频光雷达是激光电视的重要军事应用之一，本节简略介绍障碍回避激光雷达。

为了逃避地面雷达的探测和跟踪，必须采取低空插入战术。现有的微波地形回避和地形跟踪雷达，可使飞机在崎岖的地形上自动作离地面仅 100 呎高的飞行。这就对传感器产生了紧迫的要求，希望它们能发现微波雷达和驾驶员所看不到的小物体^[37,38]。

由于激光输出的光束狭窄，当光束打在截面很小的目标上时，一部分光将返回，这就增加了目标检测的可能性。激光也能较好地给出目标的角度信息。根据传感器系统的复杂程度，可给出目标的角度、距离，或者仅给出方向。故使用激光障碍回避雷达，可辅助现有的微波障碍回避雷达之不足，以识别

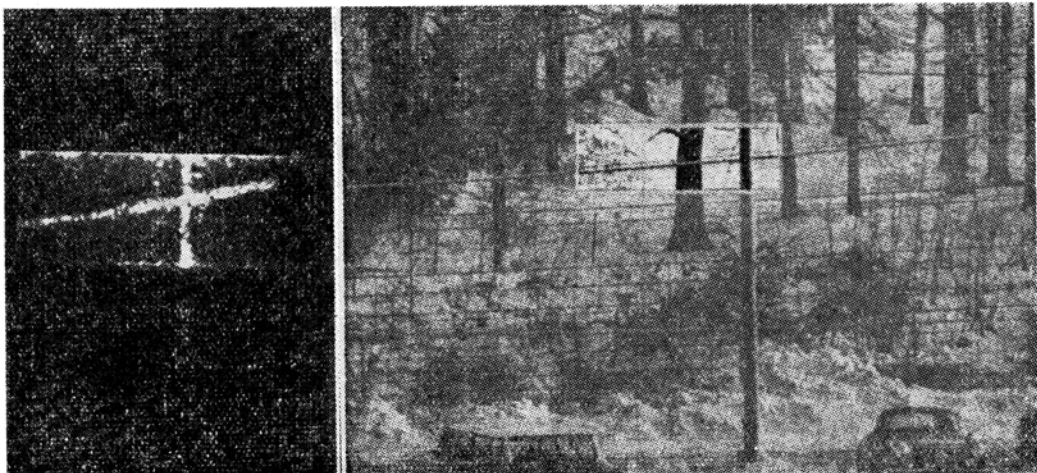


图 22 图示障碍回避激光雷达的可能性。右图中心的小矩形区相当于激光束的扫描区，左图以为阴极射线管显示的情形。图中的垂直线为标准的电杆。对角线为电杆所支持的 2 吋直径电缆。

目标距激光器 400 呎。

对甚低高度飞行的飞机有危害的电线、电杆、高塔或其他障碍。

对于高速飞机，障碍物检测器必须是远距离报信的，这样才能使驾驶员或飞机自动驾驶仪有充分的时间对临近的障碍物作出反应。即使对于低速的直升飞机来说，回避障碍物的判定距离也需要 3,000 呎左右。这就需要发射器有高功率输出和高重复率。

早期研制的装置使用输出 5 毫瓦的连续波氩-氟激光器。用这种仪器已成功地确认出 400 呎外 2 吋的电缆。在 200 呎的距离上，能读出汽车牌照上的号码。在轻雾条件下，也能产生不坏的返回信号。如果采用高重复率的脉冲钕铝石榴石激光器，则其作用范围就可以大大地增加。

目前激光电视技术已比较成熟，利用这种技术的激光雷达性能也会有很大的提高。

4. 激光电视的发展概况

激光电视的研制工作，几年以前即已取得初步成功。近距离的摄像实验，一般采用 GaAs 半导体与 He-Ne 气体激光器。以氩激光束工作，已可拍摄 1.6 公里外的物体，其图象分辨力可与普通电视媲美。不但制成单色电视，还制成彩色电视^[39]。彩色显示的屏幕宽度已达 0.75 米×1 米，预定作成 4 米×3 米的大屏显示^[40,41]。使画面达到一般剧院银幕的大小，亦非难事。

在利用激光播送的通路数目上，已完成 10 路电视通讯，不久即将完成 20 路电视通讯。还准备将这种电视用于卫星-卫星、卫星-高空飞机和卫星-陆地通讯系统中。

在传输距离上，目前已用 CO₂ 激光束成功地将图象发送至 30 公里以外，图象的鲜明度与普通电视无异。今后还可望用 CO₂ 激光器从遥远的行星上发送回实时电视信

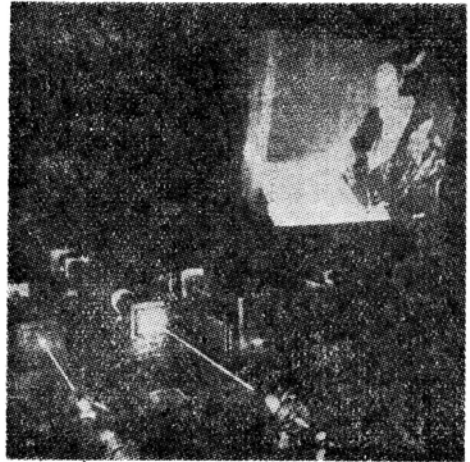


图 23 激光彩色电视放映系统。屏面 6 呎 8 吋×10 呎。以 5 瓦氩离子激光器产生红光，以两台 5 瓦氩离子激光器分别产生蓝光与绿光。图象清晰鲜明，分辨力优于普通电视系统。

号^[42]。

八、距离选通技术*

在有雨、雪、云、雾等不良能见度下，或在水下进行观察时，欲提高观察距离，增进观察效果，可采用距离选通技术。

1. 用距离选通技术克服反向散射

研究表明，影响观察的主要因素是反向散射。反向散射并不严重到使光不能达到一定的距离，而是在目标与接收器中间这段距离上散射回许多能量，故当信号从较远的目标返回接收器时，就被大量的反向散射完全淹没，因而看不到目标。

为了克服反向散射对观察的影响，人们提出“距离选通”技术^[43,44]。这种技术的实质是用很短的光脉冲来照亮被观察的物体。这一脉冲比光射到目标后又返回来的时间短

* 编者注：关于这一技术，我们曾有过较为详细的介绍。请参看本刊 1970 年第 1 期。

得多。这时，装有快速开关的光学仪器就观察到物体。高速开关的时间是固定的，刚好当光脉冲从预定目标返回接收器时开启，脉冲进入接收器后立即关闭，观察者就只看到目标本身以及其邻近的区域，这一区域的深度取决于开关开闭的时间及光脉冲的宽度。这样就消除了中途产生的反向散射带来的影响，从而提高了观察距离。

这种技术，就象人们早晚在雾中行车一样。后车的驾驶员本来可以从前车的尾灯清楚地看出前车尾部的轮廓。但如后车开亮前灯，则前车的形象反而突然消失。后车发射的光虽然确实是穿透了浓雾射向前车，但因中途雾粒反射回来的光太多，使观察者视觉饱和，远一些的东西便看不见了。在采用距离选通技术时，虽然由于雾的存在而导致反向散射的存在，但它却有效地排除了中途的反向散射，仅使给定距离上的景物到达人眼，这样就能看见原来看不见的东西(图24)。

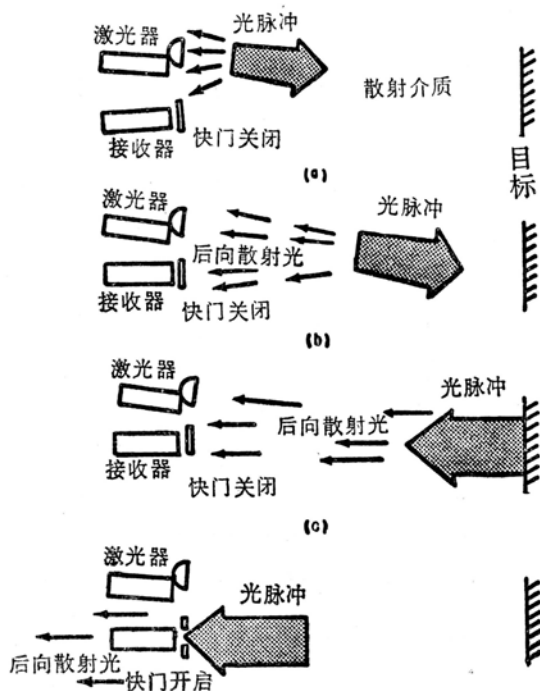


图24 距离选通作用示意图。

2. 三种可能的系统

使用这种技术，可能有以下三种系统^[45]：

(1) **脉冲观察系统**：这种系统最简单，也最容易办到。它以光电调制器进行距离选通，置于窗口及观察装置之间。用一个象增强器，就可以提高能见度；

(2) **同步显示系统**：显示器与选通脉冲同步，可以随着闪光显现目标的图象，可检测照度较低的物体；

(3) **扫描电视系统**：使用扫描技术，备有光电倍增管除进行实时显示外，还可以将扫描所得的信息加以存贮，以供未来比较或分析之用。

此种系统较为复杂，但其性能也最好，所需之设备为：

(1) **光源**：激光器应能发出短而强的光脉冲，可以聚焦为一狭窄光束，以传输至远处。其峰值功率应可以变化，脉冲重复率可以增加，以便在中间距离成象，如在较近距离处需进行高分辨扫描时，激光器应能连续运转。

(2) **发射光学系统**：为了进行搜索与成象，必须包括扫描机构。此外，光束必须聚焦至尽可能窄的宽度。应包括偏振元件，以区分需要光与不需要的光。

(3) **接收检测器**：在扫描系统中，这可能是一个使用大接收角光学系统的光电倍增管；而在成象系统中，则可能由灵敏的摄像管组成，带有象增强器，用于短脉冲距离选通。

(4) **接收光学系统**：可能包括偏振分析器、滤光片，以压缩背景光，还包括成象器或积分器与扫描机构。

(5) **控制电路**：包括选定距离的定时器，

及使激光脉冲与摄像管扫描器同步的设备，发射器功率与接收器灵敏度应能在较宽的动态范围内调准。

(6) 数据处理与显示电路：将接收光学

系统得来的图象加以汇集，送给阴极射线管显示器，存贮距离选通信息以进行数据处理(参见图 25)。

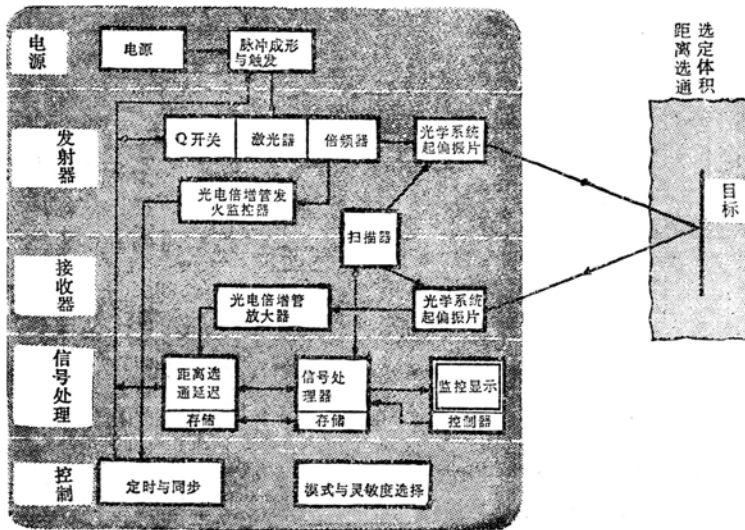


图 25 扫描与距离选通激光系统元部件与配置方框图。

3. 水下和陆上的应用范围

距离选通技术水下和陆上的可能军事应用如下^[46,47]：

(1) 用作潜艇探测器：配有此种系统的潜水艇。可以此了解海底地形，进行水面观察，防止碰撞。高分辨力的实时视频显示系统可以协助声拿设备，及时判定声拿所接收的信号究竟是来自鱼群、船只、冰山，还是可能现于海上或港内的其他障碍，特别是当潜水艇在深海中受到攻击时，可协助船长利用海底有利地形，躲避追击。

(2) 从空中对水下侦察：使用选通成像技术，可以在飞机上穿过空气与水的界面，观察水下的情况。探测深度可达百余公尺，一般的系统，可分辨清洁海水水下 70 公尺处近 1 米左右的物体，这对探测潜艇与水下设

施很有帮助。

(3) 进行水下地形测绘：可用机载水下观察系统进行沿海浅水区和江河湖泊的水下地形测绘。飞机在水面 60 公尺至 300 余公尺处飞行(飞行高度可视扫描宽度而定)，可利用光学装置进行高精度测绘，其位置误差为 30 厘米左右。

这种装置在地面与大气层中的应用，大体与水下类似，但其作用范围会较水下高很多，从而大大增加了人们在不良气候下的观察距离。它可以穿过雨、雪、轻云和薄雾，使人们看到原来看不见的东西、或者使肉眼看来模糊不清的物体变得清晰鲜明。它可以在白天工作，也可以在夜晚使用；可以用于地面观察，也可以用于空对地或地对空观察，因而也是一种很好的侦察工具。

由于这种装置只在精确选定的距离上成

象，故又可以反过来利用这种性能，从成象所需的时间来测定被摄目标的距离，这样，它就兼有摄影和测距两种功能。在航空摄影中，可在等高线地图上加上距离的信息，有利于精确测绘。进一步发展，可以成为摄影雷达或显象雷达，不但能对目标进行定位测距，又可以清晰地看见被测目标的形象，还可以消除周围环境中固定障碍物所反射的雷达回波，从而提高雷达的使用性能。

4、距离选通技术的发展简况

早在1964年，国外即已在探测水下物体的光学测距与探测系统上进行工作。采用Q开关钕玻璃激光器或钇铝石榴石激光器，以非线性晶体倍频，使之输出蓝绿光，以照象机或电视摄象管等进行实验，已能在清洁的海水中看到50公尺以上，可能发展为水下实时显示系统。

1968年底，已研制成一种手提式距离选通激光观察器(见图26)。这种装置使用七个砷化镓激光二极管(发射峰值功率50~100瓦)，S-1光电阴极象转换器，连电源共重15磅^[48~49]。在通常能见度为3米时，采用选通观察装置，能见度便增至30米。在晴朗

的黑夜，不加特殊光学系统，作用距离约为50米。在30米处视场的直径为20米。目前最大作用距离已达100米。如采用较好的象转换器管，观察距离尚可进一步增加。它可在雨、雾、风沙、大雪或黑夜中大大增加人们的能见度。在不良天候和完全黑暗的情况下，使原来只能缓慢行驶的车辆以普通速度行进。由于砷化镓发射不可见的近红外光，故很适于军事应用。目前还在研制为侦察机与反坦克导弹使用的选通照明器。

采用类似原理的等距轮廓成象可用以拍



图26 距离选通激光观察器，可使观察者在不良能见度条件下观察3米至30米的距离，或者在晴朗的夜里观察50米。七个GaAs二极管发射近红外光50至100瓦。脉冲宽度为100毫秒时，景深17米。

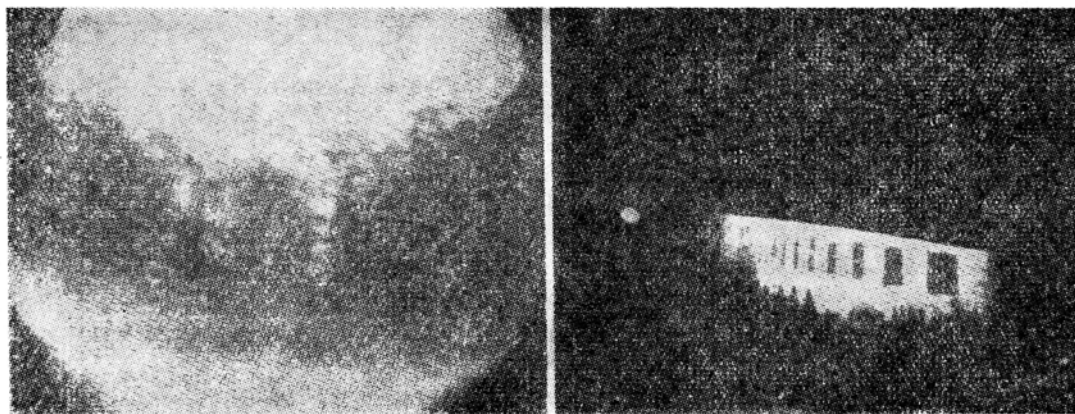


图27 左图为以一般照明方式进行水下显示，一片模糊。右图则是以“距离选通”技术显示的电视照片。

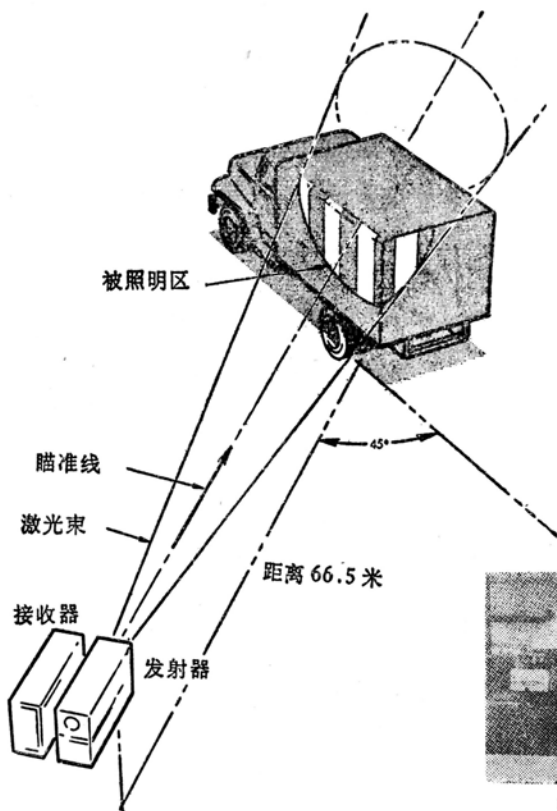


图 28 等距轮廓成像试验装置。

摄与显示瞬时地貌图，加强图象反差，突出主要部分，探测景物中的运动。可以直接观察，也可以记录。这种技术，去秋亦有成功报导。激光发射脉冲宽度为 5 毫微秒，接收器的选通频率为 100 兆赫。接收器快门不断地开关，则物体每隔 1.5 米的等距轮廓图依次进入接收器，如图 28、29 所示。图中汽车车身与瞄准轴线的夹角约 45° ，停于 100 米外。帆布篷用绳子捆着时，篷的突起部分清晰可见，这表明实时直接观察等距轮廓图可以提高图象细节的分辨力，揭示低反差的运动^[50]。

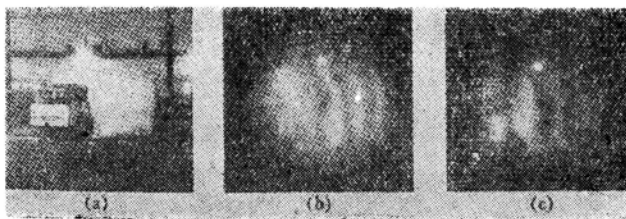


图 29 (a) 100 米以外的汽车图；(b) 以等距轮廓成像法拍摄的照片；(c) 与 (b) 相同，但选通位相相反。

九、全息照象

全息照象是近年来在激光技术的基础上发展起来的一种记录景物的新技术。

近百年来，照象技术和装置不断改进，但其基本原理依然是“针孔成像”，即将立体景物作为平面图象记录在感光底片上。

1947 年，提出了一种波前再现照象法（即全息照象法）。它不是记录被摄物体的形象，而是记录其所反射的光波与另一光波干涉而形成的图案。它与原物无任何相似之处，但在再现过程中所显现出的象则具有与原物完全一样的立体真实感。

这一技术过去由于缺乏能够胜任的相干光源而一直得不到发展。直到 1960 年后，由

于激光的出现，为它的发展开辟了广阔的道路。1962 年，人们利用气体激光器作为相干光源而获得高质量的立体全息影像。此后短短几年中，全息照象的原理日趋完善，技术不断改进，不但可以用可见光拍摄，还可以用红外光和微波拍摄，也可以用相干超声波拍摄。而全息照象作为一种观察工具，已开始应用于许多科学技术领域。

1. 全息照象原理

全息照象是一种记录并重现被照明物体发射的波前的方法。这个过程与普通照象完全不同。普通照象只记录聚焦在照象板上的光强度。它需要通过透镜把物体发出的光聚焦到照象底板上，并在照象板上以与物体

相同的色调记录强度的细节^[51,52]。照象过程实际是将立体象作为平面图记录在感光底片上。

若从信息论的观点来研究光的传播，则由光的波动理论可知，一个图象的全部信息必然存在于物体与照象板间的任何一个平面上，因而可从任何平面上提取信息，然后重现图象，而不必使用透镜。

光的波动性表明，光波具有振幅(强度)与位相(频率)两个特征。如欲获得全部信

息，必须同时记下光的振幅和位相。光的振幅通常由人眼、胶片或探测器感觉和记录，但这些东西与通常的照象术并不记录光的位相。

全息照象的特点在于，在这个任意平面上迭加一个参考光束，由于此光束来自同一光源，因而可用改变强度的方式来表示光的位相。物体散射光与参考光所产生的干涉图案就可以将散射光的振幅与位相同时分存贮。用这样的方法在胶片上记录下任意平面上的

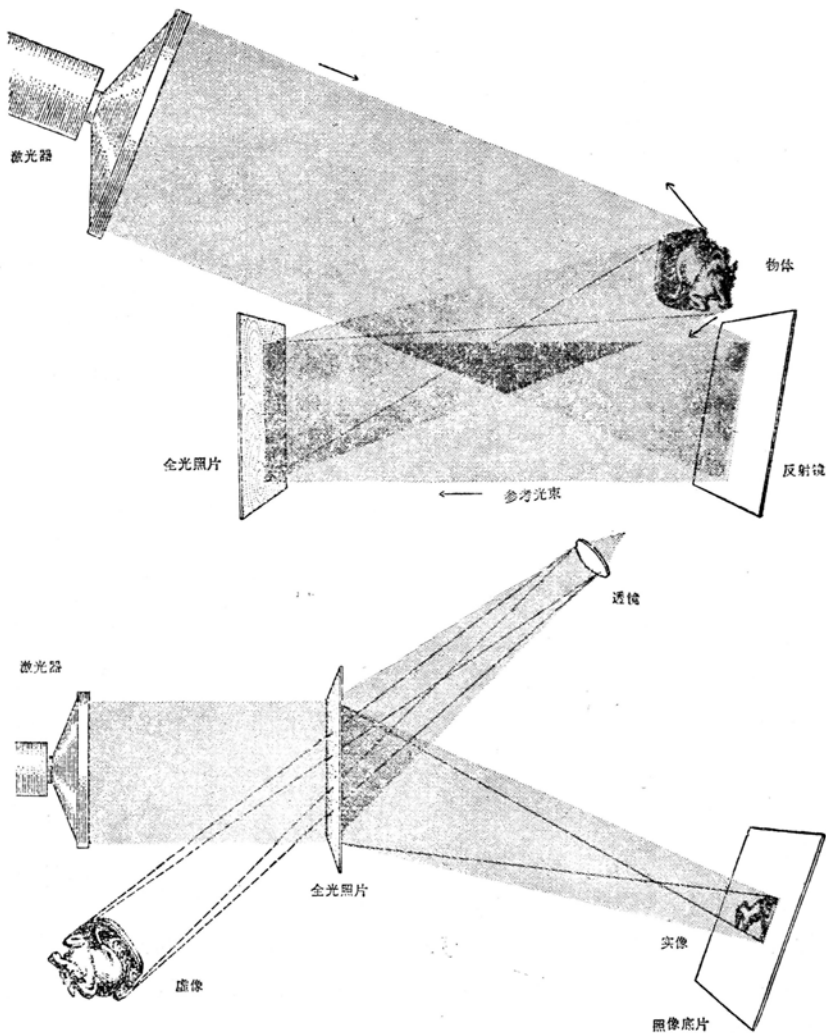


图 30 拍摄全息照片(上)，不采用透镜或其他类似设备，利用物体的反射光与参考光的干涉效应，在胶片上记录干涉条纹。在再现时(下)，用准直的单色光束照明全息照片，由于干涉条纹的衍射便产生两个象。

信息。这种记录称为“全息照片”，因为它包含了被摄形象的全部信息，“全息照象”一词即由此而来。当以同一或类似的参考光束重新照明时，从全息照片感光乳剂射出的光就形成物体的图象。在这一过程中，在原来曝光时的光波波前得以重现。

2. 全息照象的特点

全息照象具有如下几个主要特点^[53,54]：

1. 由于全息照象系统记录的是光波的振幅与位相，而不是其聚焦象，故不需要透镜，因此有人称为“无透镜照象”。在记录或重现过程中，采用发散的参考光束，就可以将图象放大；采用会聚光束，则可以缩小；

2. 一般情况下把全息照片本身看成负的，从全息照片获得的影象算是正的。如果全息照片用接触法复制，其不透明部分变成透明的，透明部分变成不透明的，但其再现象仍为正象，并且与母片所获得的影象没有区别；

3. 在同一软片上用连续曝光法，可以重迭几个影象，而每一影象又可不受其他影象的干扰而单独显现；

4. 全息照片的每个部分，不管有多么小，都可以重现整个图象。故可以把全息照片分成小块，其中的每一小块都可以再现整个图象；

5. 全息照片最重要的特点是，再现的景物具有原来景物的全部三维视觉特性。即其影象在外貌上与被摄物体没有任何差别，而且这种立体效果不需要任何立体象片对及类似于立体显微镜之类的仪器。这是普通立体象所不具备的。例如，如果观察者改变自己的观察位置，图象的透视情况也象观察原来的景物时那样改变。景物中近距离和远距离物体的视差效应很明显。如果处于前景中的物体位于另外一种东西之前，观察者只要把头偏移一下，就可以绕过障碍物，看到最初隐藏起来的東西。

3. 全息照象的军事应用

(1) 提供三维侦察数据

早在1966年，国外即计划进行一项研究，以确定激光全息照象术提供三维侦察数据的可能性^[55,56]。如能成功，则可大大改进侦察的效果。

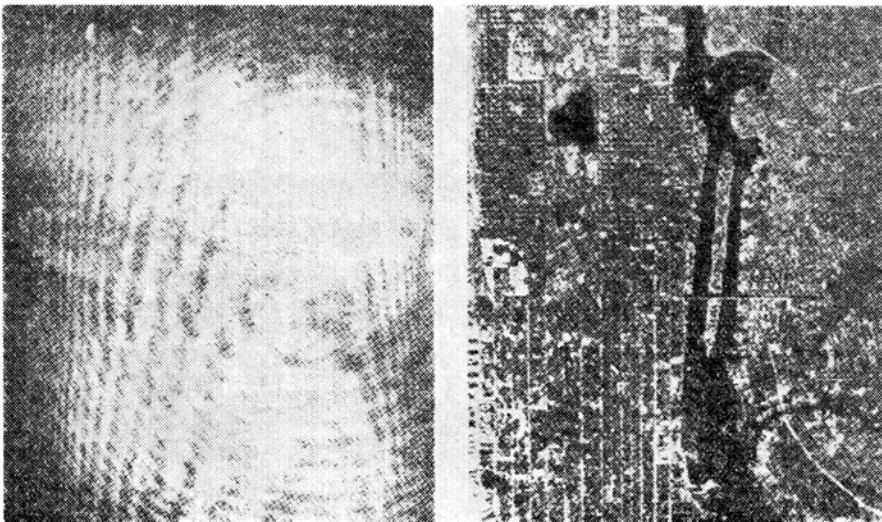


图 31 航空摄影的全息图和再现。

全息照象术还可以产生景物距离或深度的等高线轮廓。曾报导以脉冲红宝石的多频发射拍摄全息图，可产生1厘米以上间隔的等高线轮廓图（等高线的间隔等于激光谐振

腔反射器的光学厚度）^[57]。如能加以发展，应用于军事侦察摄影中，则可为所拍的照片提供精确的距离信息。

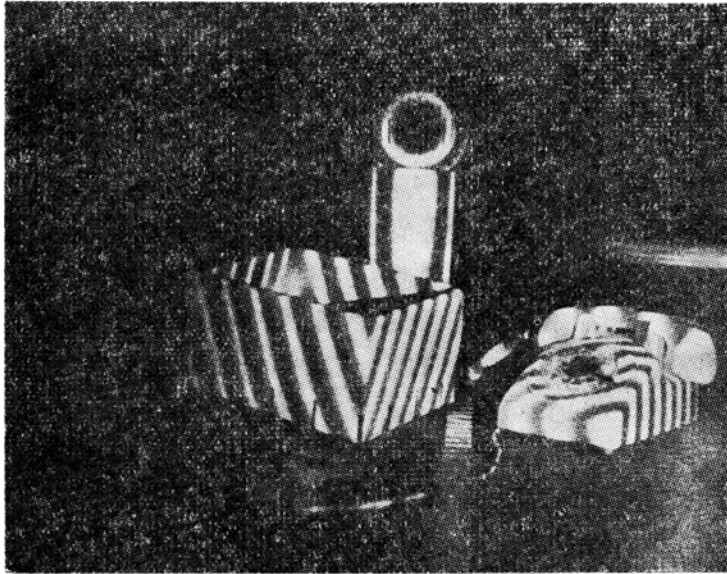


图 32 具有 23 毫米等高线轮廓的全息照片再现图。等高线的间隔等于红宝石激光照明器谐振腔反射器的光学厚度。

(2) 全息照象机首显示系统^[18-61]

全息照象目前较为现实的军事应用之一，是帮助飞机在航空母舰或地面基地进行全天候着陆。经过一段时期的模拟实验，已证明此种应用的可能性，尚待进行飞行试验，以证明其实用性。即使不能用以装备飞机，也可以提供一种有价值的训练设备，供部队使用。

这种系统类似于目前轰炸机的机首显示器。它以全息照片引导驾驶员，帮助他们在不良能见度下着陆。由地面传来的激光信号由光导摄象管拾取，在阴极射线管座舱显示器中放映。系统以两维图形再现表示登陆时可能碰到的六个自由度（下滑斜度偏差、定位偏差、下降角、方位角、倾侧、倾斜角）。六个自由度可用机械法、电子学法或光学法

获得。例如，倾侧可以用光导摄象管本身的倾侧来获得，下滑斜度误差可用控制全息照片来获得。试验模型所产生的图象，可以放大16倍。不用计算机即可测出目标的距离。实验室的运转表明可以完全满足所有的要求。

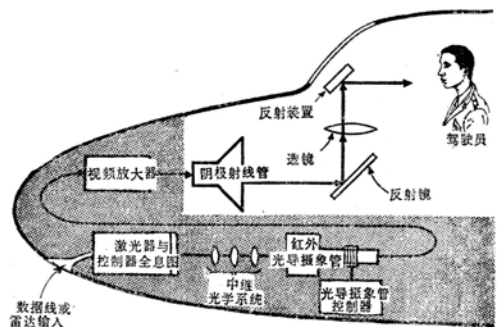


图 33 机首全息照象显示可使驾驶员在能见度为零的条件下看见航空母舰的甲板。

这种系统曾用氦-氖激光器作光源，为了减少尺寸和重量，已成功地用砷化镓半导体激光器替代。

(3) 观察飞船、导弹和人造卫星

如用普通照象法通过望远镜拍摄处于浓密大气层外的人造卫星和导弹的象片，由于地球周围的大气层存在着大气紊流，而使象产生严重畸变，无法清晰辨认目标。全息照象则是利用被摄物体的散射光和参考光束干涉而成象，如参考反射面与被拍摄物相当接近，由于两种光线同样受到畸变，两个类似象差的波前在探测器处干涉而产生无畸变全息图。故能得出质量良好的照片。据估计，此种照片图象清晰，远比穿过地球大气，在近得多的距离上飞行的飞机所摄得的航空照片详细得多。因此，可利用激光来产生大气层外的进要导弹及在轨道上飞行的人造卫星的远程全息图。以电子接收器代替照象胶片，可望产生快速而有效的图象分析，可以区别真假弹头，从而大大改进反导弹武器的防御能力。监视飞行中的卫星、飞船，及时了解和掌握那里发生的情况。利用此种激光系统，地面观察者甚至可以看见宇宙飞行员跨出飞船座舱，在太空行走的姿态^[62,63]。

在1966年，国外曾作过实验，使物体本身的漫反射波与参考光束同时通过具有象差效应的介质(相当于对外层空间目标观察时大气层的象差效应)，结果获得良好的图象。同样条件下，用普通摄影法拍摄的照片则根本无法辨认。同年11月，他们已在实验室内40公尺的距离上获得全息图，初步证实了这种技术的可能性。

据1968年与1969年国外报刊报导^[64,65]，这一研究小组在一沙漠地带，利用此种技术，进行了夜间拍摄13公里以外的人象的实验。在当时的大气状态下，由于光的折射作用，

普通摄影必然发生畸变，且距离越远，畸变越大。然而采用了这种技术，成功地拍摄了叼着烟斗的人象。

研究者认为，改进胶片的性能，提高输出的功率，就可以获得更远距离处运动目标的鲜明图象。将来可以实现一百多公里以外轨道上运行的人造卫星和地面间的精密照片传真。

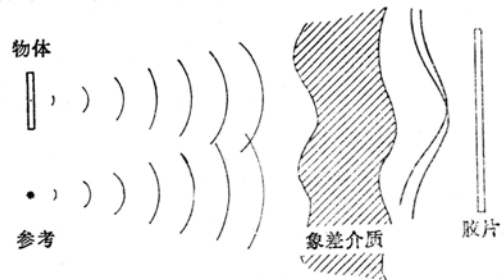


图 34 以全息照象术通过不规则的非均匀介质成象的示意图。

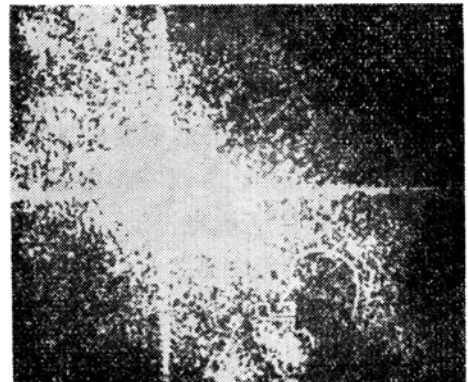


图 35 以全息照象术在夜间拍摄沙漠附近13公里以外的人象。

4. 红外全息照象

利用相干的红外光也可以进行全息照象，但所需的记录介质必须对所用的波长很敏感，并具有高分辨力。此外，为了在可见

波段重现,还必须把全息图按重现波长的长度,加以缩小。

方法之一,是采用 Cu_2HgI_4 热色材料作记录介质,记下以二氧化碳激光(10.6微米)拍摄物体所得的干涉图样。然后以光学方法,将全息图缩小 16.8 倍,使之与 6328 埃的 He-Ne 激光再现波长一样。重现的实象,可在纸屏上观察到^[66]。

红外全息照象,还可以进行实时重现。其法是使全息图在夹于玻璃与氯化钠片中的胆甾醇液晶介质上形成,以 He-Ne 激光束重现。调整参考光束的强度,He-Ne 激光束可保持 1/4~5 秒左右^[67]。

红外光由于其不可见性及大气透过率较好,特别是 CO_2 激光器的迅速发展,因而在军事应用上有一定的潜力。

5. 微波全息照象

光波虽然是一种良好的观察手段,但易受到衰减,在不良的气候条件下,根本无法工作。但是微波却较少受到这一限制,在浓云或密雾的情况下,仍然可以使用。利用这个简单的事实,研究者正在积极研制微波全息照象,使之可在雨、雾或黑暗中进行观察。有人把它称为“无光电视”。这也是产生更好的雷达图象的新途径之一,有可能应用于反导弹技术中,因而受到人们的重视^[68]。

在可见光全息照象中,含有振幅与相位信息的主光束与参考光束干涉,产生的干涉条纹可记录在胶片上。但在微波频率却无类似的优良记录介质,因而微波全息照象的过程就比较复杂。

微波全息照象的关键元件是对入射射频能量灵敏的面探测器,以表明入射射频能量的场强度。它可以是点探测器列阵,也可以是一个连续的板状探测器。

目前已有如下几种记录方法^[69-71]:

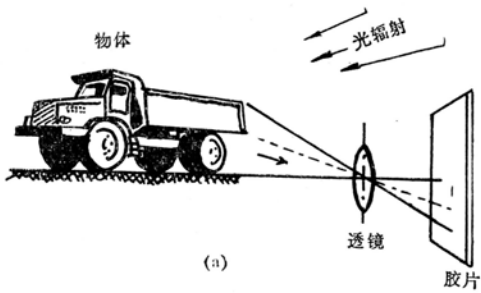
1. 以液晶显示:在一个 Mylar 板上涂上一层胆甾醇脂膜。胆甾醇是一种液晶,在一定范围内的不同温度下液晶会具有不同的颜色。施加射频能量时会使之增加温度,从而呈现不同色调的蓝色。用作射频探测器时,就可以记下参考束与物体束所建立的干涉图。图中的色调,提供各线间的对比,线间的距离则是两个射束位相差的变化,此距离直接与射频波长有关。以摄影法按微波波长与光波波长的比例将此干涉图缩小,以激光照明图案,即可重现图象;

2. 以热元件探测:温度改变时,热元件会产生一相应的电压,可用以点燃发光二极管,供显示之用。可用许多压电晶体组合成一个矩阵。每一晶体与一积成电路放大器相连,放大器又转而馈给一个点光源发光二极管。射频信息以此转化为光能。全息照片干涉图即以点构成的图案表示;

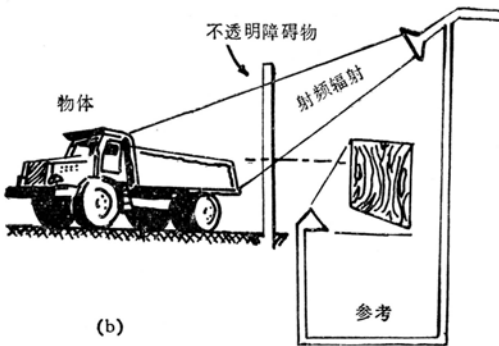
3. 以示波器显示:从较大的取样平面取样,使全息图在示波器上形成。其 X 轴与 Y 轴以正比于两轴扫描强度的探示器位置的电压驱动。当探示器被扫描时,便从物体衍射出一个 X 波段能量场。记录的强度馈给示波器的 Z 轴输入。将所得的示波图形拍摄下来,成比例地缩小,再以激光显示;

4. 以金属薄片显示:按衍射极小值的图形,在泡沫塑料板上放置金属薄片,然后以照象机拍摄、缩小,以激光照明再现。

除慢速单帧显示外,还可以进行快速甚至实时显示,其法是在对射频能量敏感的板上记下物体的全息图,经缩小透镜系统缩小几百倍,使原有的微波波长与再现光波波长一致。将缩小的全息图投影到一个光色胶片显示窗上,同时将激光束投射至窗上,就可以再现。在此情况下,使用薄膜光色胶卷,



(a)



(b)

图 36 (a) 普通照象机的成象原理是从物体反射的光束通过透镜聚焦于胶片上；(b) 射频全息照象则以参考射束代替射频透镜，记下与物体反射射束的干涉图案。

就可以避免单张记录介质连续记录时必须边记录边用光波擦去图象的麻烦。

微波全息照象目前仍处于研制阶段，欲付诸实用还有一段距离，但是存在的困难都是目前的技术能力可以解决的，研制者对其发展前途还是比较乐观的。

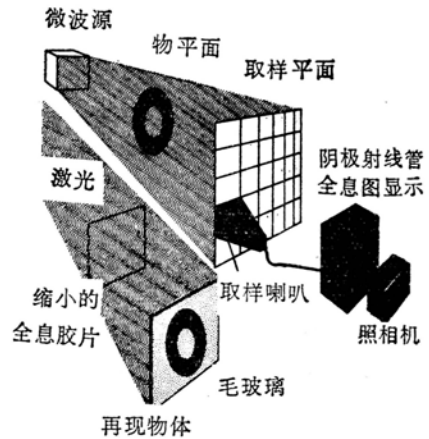


图 37 微波全息图的拍摄及以激光进行的再现。这里是以喇叭状天线取样，再以阴极射线管显示，以照象机拍下全息图。

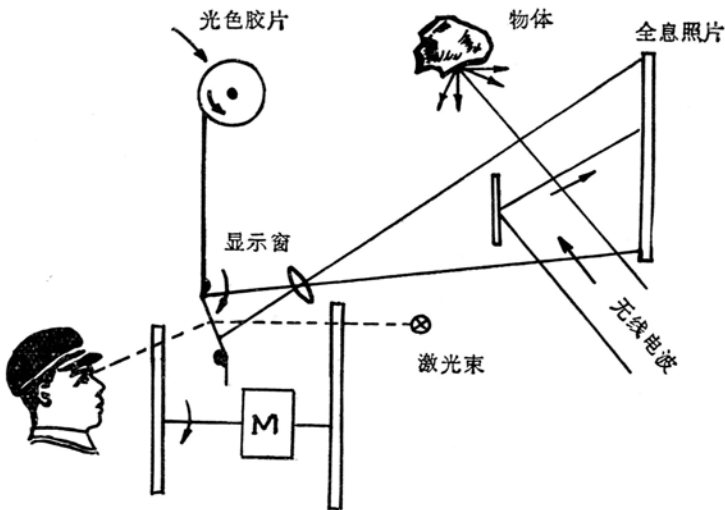


图 38 微波全息照象的可见再现。将全息照片的图案以缩小透镜系统缩小，投影到胶片光色显示窗上，以激光束射到窗上，便重现物象。

6. 超声波全息照象

由于水下的能见度低, 视距极短, 电波不易传入, 声纳的作用范围小, 性能也不高。如何进行水下监视, 就是一个很大的问题。长期以来, 未得解决。

激光可在水下传输, 至少可以扫描水面。利用声波全息照象术, 可产生潜伏于水下物体的三维图象^[1]。研制中的声波全息照象术最终会导致出一种新的、基于激光器的三维声纳系统。

此种系统的特点是^[2,3]:

1. 具有从分离取样点获得目标的能力;
2. “极大的”景深;
3. 产生图象不受水的紊流和混浊的影响;
4. 可以进行实时观察。

在用于水下作战时, 此种装置可以同时完成探测、定位与识别任务。这三项任务, 过去常以不同的系统来完成。声波全息照象则使待考察的地区, 以三维可见象将信息提供给操作者。因此, 只要有目标出现在该地区, 立刻就会被探测出。从其外形, 可以进行识别; 而从其在象中的空间位置, 则可对之定位。因而三项任务只用一台装置即可完成。

近几年来, 国外对这一技术极为重视, 正积极进行研究中, 已取得一定的成效, 但结果很少报导。

据 1968 年 5 月国外报刊报导^[4,5], 苏修也在探索这种声波全息照象装置。此种装置不仅能对潜艇作及时、正确的识别, 并能立即记下潜艇的航向、速度和艇外武器装备。这种技术对静物的观察已有报导, 还没有对运动目标进行监视的资料, 但人们认为, 这种计划是可以办到的。

这种技术一旦成功, 会引起海下战术的变动。即必须发展能判断潜艇是否被人监视的传感器, 以及研制能屏蔽潜艇或给出假信号的干扰设备, 从而摆脱被监视的困境。

这种监视技术的过程大体是:

1. 把单频相干声波投射到水中, 用听器阵列检测从被测潜艇反射回的声波;
2. 上述投射器同时以相同频率的声波作为参考波束, 送入检测器;
3. 反射的声波和参考波束组成被测潜艇的干涉图样, 以扫描法使之转换成实时见象显示, 便象电视一样出现潜艇的图象。或用投射法形成干涉图样的透明照片, 以激光照明此照片, 人站在反方向, 便能看到潜艇的三维象。或以光学纤维与压电转换器组成的声音-图象转换系统, 将水听器阵列收集到的声音信号的振幅与位相加到激光束上, 由相应的透镜阵列发射光学图象^[6]。

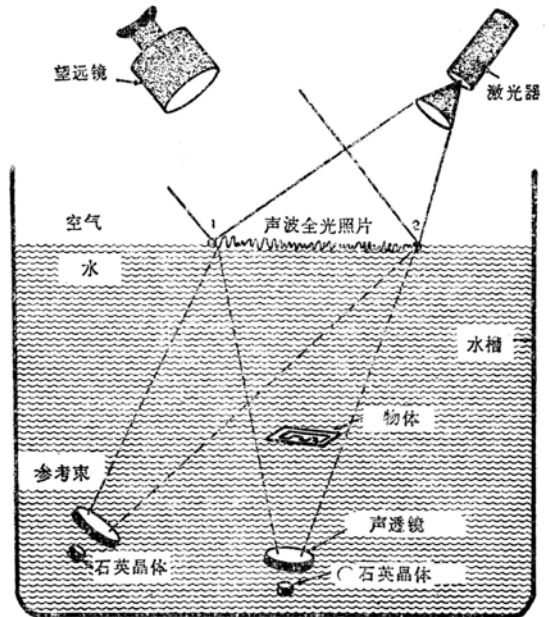


图 39 以激光照明水面, 可以重现水中的物体。空气与水的界面就是全息照片。以一台射频发生器激励两块晶体, 以产生相干超声束。

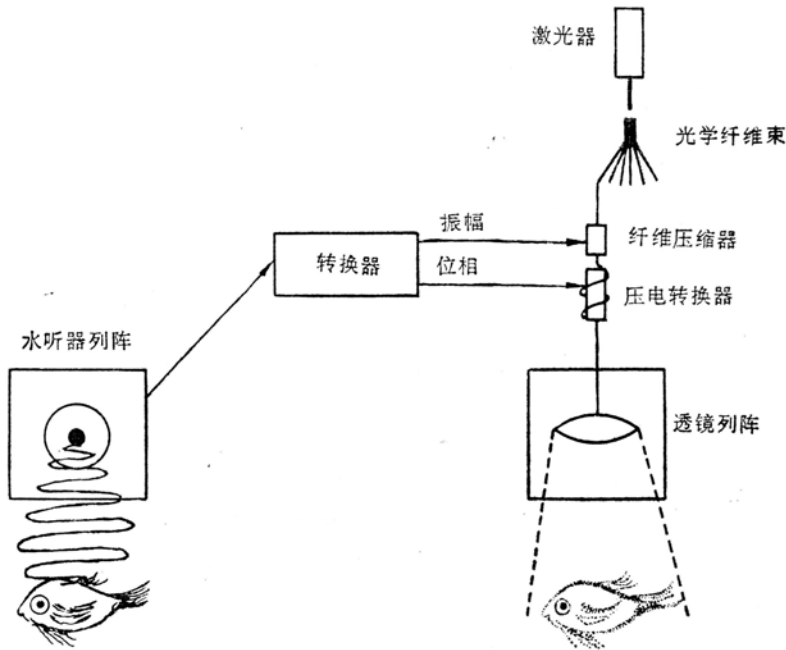


图 40 声音-图象转换系统。以大的水听器阵列收集声音信号。将信号的振幅和位相加到激光束上，由相应的透镜阵列发射光学图象。

十、小 结

从以上介绍可以看出，激光在这一领域确实大有作为，值得人们关心重视。帝、修正在积极发展这方面的技术，以便更加凶残地对内剥削和压迫，对外侵略和杀人。我们决不可以丝毫放松我们的革命警惕性。

但是，由于资本主义制度所固有的腐朽性和没落性，他们的矛盾是很多的，他们所存在的困难是无法克服的。别看他们有时吹打叫嚷，热闹得很，他们的科学技术水平其实是不高的，发展速度是很慢的，真正能用

的成果为数是不多的。是完全可以很快赶上和超过的。

在当前国内外一片大好形势下，用战无不胜的毛泽东思想武装起来的我国广大工人阶级和科技工作者，正以高昂的斗志、旺盛的热情投入科研战线两条路线的斗争及“抓革命，促生产”的群众运动中。创造出越来越多的人间奇迹。在毛主席革命路线的光辉照耀下，我们一定会以帝修反望尘莫及的速度登上激光科学的高峰，把美帝苏修远远抛在后面，为保卫祖国国防，支援世界革命作出应有的贡献。

参 考 资 料

- [1] *Laser Weekly*, 1967 (Dec. 25), 1, No. 14.
- [2] *AW&ST*, 1968, 88, No. 13, 69.
- [3] *Microwaves*, 1970 (Jan.), 9, No. 1, 24.
- [4] B. Miller, *AW&ST*, 1970 (Jan. 26), 92, No. 4, 51~59.
- [5] *AW&ST*, 1966, Jan. 3, 75.

- [6] *AW&ST*, 1966, May 6, 17.
- [7] B. Miller, *AW&ST*, 1967 (Aug. 21), **87**, No. 8, 92~106.
- [8] 横山昌弘, 《核融合研究》(日), 1968, **20**, No. 5, 496~512.
- [9] B. Miller, *A Guide to the Laser*, edited by D. Fishlock, MacDonald & Co. Ltd., 1967, London, 68~85.
- [10] H. J. Watters, *Signal*, 1966, **20**, No. 9, 68~69.
- [11] *Laser Letter*, 1966, **3**, No. 5, 3~4.
- [12] *Radio-Electronics*, 1966, **37**, No. 7, 6.
- [13] J. McDermott, *Electronic Design*, 1970, **18**, No. 11, 25.
- [14] B. Miller, *AW&ST*, 1965, **82**, No. 13, 60~64.
- [15] *Laser Focus*, 1967 (Dec.).
- [16] F. E. Birbeck, K. G. Hambleton, *J. Sci. Instrum.*, 1965, **42**, No. 8, 541~542.
- [17] E. C. Shepherd, *New Scientist*, 1965, **26**, No. 437, 33.
- [18] J. Ackerman, G. Diertriel, *IEEE J. Quantum Electron.*, 1967, **QE-3**, No. 6, 233.
- [19] *Milit. Engr.*, 1968, **60**, No. 393, 50~51.
- [20] *Laser Focus*, 1967 (Apr.), **3**, No. 7, 17~21.
- [21] B. Miller, *AW&ST*, 1965, Apr. 26, 80~85.
- [22] B. Miller, *A Guide to the Laser*, edited by D. Fishlock, McDonald & Co. Ltd., 1967, London, 68~85.
- [23] B. Miller, *AW&ST*, 1970 (Jan. 26), **92**, No. 4, 51~59.
- [24] B. Miller, *AW&ST*, 1970 (June 22), **92**, No. 25, 155~167.
- [25] T. H. Kilpatrick, *Microwaves*, 1967 (Nov.), **6**, No. 11, 67.
- [26] *Laser Focus*, 1967 (Nov.), **3**, No. 21, 12~12B.
- [27] D. J. Woywood, *Laser Focus*, 1968 (Feb.), **4**, No. 3, 28~32.
- [28] *Electronics*, 1969 (Apr. 14), **42**, No. 8, 56.
- [29] *Electro-Technology*, 1970, **85**, No. 1, L6, L8.
- [30] *Electronics*, 1969 (June 23), **42**, No. 13, 46.
- [31] Д. Гордеев, Е. Остапченко, *Радио*, 1967 (Май), №5, 5~7.
- [32] R. T. Stevens, *Science & Technology*, 1968 (Nov.), No. 83, 46.
- [33] R. S. Rowley, *New Scientist*, 1966, **31**, No. 509, 368~370.
- [34] *Laser Focus*, 1967 (Apr.), **3**, No. 7, 14.
- [35] H. R. Senf, *J. SMPTE*, 1967, **76**, No. 1, 4~7.
- [36] B. Miller, *AW&ST*, 1970 (June 22), **92**, No. 25, 155~167.
- [37] *AW&ST*, 1966, **84**, No. 6, 30.
- [38] *AW&ST*, 1966, **84**, No. 12, 87~92.
- [39] *Laser Focus*, 1968 (Dec.), **4**, No. 23, 15.
- [40] 《科学新闻》(日), 1969年, No. 1676, 7.
- [41] 《日本の科学技术》(日), 1970年, No. 1.

- [42] *Laser Weekly*, 1968, (Mar. 25), 1, No. 27, 2~3.
- [43] N. E. Johnson, *Research / Development*, 1968, 19, No. 4, 28~31.
- [44] I. V. Lemaire, *Lasers*, 1967, No. 8, 120~121.
- [45] E. Kornstein, H. Weitzstein, *Electronics*, 1968, 41, No. 21, 140~150.
- [46] W. E. Wilks, *Aerospace Technology*, 1968, 21, No. 23, 30~31.
- [47] В. М. Арпишьян, М. П. Ванюков и др, *ОМП*, 1967, №9, 1~3.
- [48] *Microwaves*, 1969, 7, No. 1, 67.
- [49] *Laser Focus*, 1969, (Dec.), 4, No. 23, 19~20.
- [50] W. R. Hook *et al.*, *Proc. IEEE.*, 1968, 56, No. 7, 1218~1219.
- [51] D. Gabour, *New Scientist*, 1966 (Jan. 13), 29, No. 478, 74~82.
- [52] J. Blum, *Electronics*, 39, No. 8, 139~143.
- [53] B. J. Thompson, N. R. Zinky, *Research / Development*, 1967, 18, No. 7, 20~25.
- [54] E. N. Leith, J. Upatnieks, *Scientific American*, 1965, 212, No. 6, 24~35.
- [55] E. N. Leith, J. Upatnieks, *SPIE J.*, 1965, 3, No. 4, 123~126.
- [56] *AW&ST*, 1966, 84, No. 19, 91.
- [57] L. O. Helffinger, R. F. Wuerker, *Appl. Phys. Lett.*, 1969, 15, No. 1, 28~31.
- [58] *Laser Weekly*, 1967 (Oct. 9), 1, No. 3, 8.
- [59] *Laser Focus*, 1968 (June 3), 1, No. 37, 4~5.
- [60] *Electronics*, 1969, 42, No. 11, 71~72.
- [61] *Electronics*, 1969 (June 23), 42, No. 13, 46~47.
- [62] *IEEE. Spectrum*, 1966, 3, No. 11, 114~116.
- [63] R. Pay, *Tech. Week*, 1966, 19, No. 19, 33~34.
- [64] *Laser Focus*, 1968, 4, No. 5, 12.
- [65] J. W. Goodman, J. W. Jackson, *Appl. Opt.*, 1969, 8, No. 8, 1581~1586.
- [66] J. S. Chivian, R. N. Claytor, *Appl. Phys. Lett.*, 1969, 15, No. 4, 123~125.
- [67] W. A. Simpson, S. W. E. Deeds, *Appl. Opt.*, 1970, 9, No. 2, 499~501.
- [68] W. E. Kock, *Microwaves*, 1968, 7, No. 11, 45~54.
- [69] H. E. Stockman, *Electronics*, 1969, 42, No. 24, 110~114.
- [70] P. Franklin, *Microwaves*, 1968 (June), 7, No. 6, 14~16.
- [71] R. W. Larson, E. L. Johnson, *Proc. IEEE*, 1969, 57, No. 12, 2162~2164.
- [72] D. Fishlock, *New Scientist*, 1966 (Dec. 8), 32, No. 524, 562.
- [73] *Microwaves*, 1967 (Dec.), 6, No. 12, 12.
- [74] R. N. Einhorn, *Electronic Design*, 1967 (Sept. 13), 15, No. 19, 17~21.
- [75] *Electronic Design*, 1968 (May 23), 16, No. 11, 21.
- [76] *Laser Weekly*, 1968 (May 20), 1, No. 35, 1.
- [77] D. N. Kaye, *Electronic Design*, 1969, 17, No. 13, 36~42.