

# 混合处理系统——估价

**摘要:** 本文评论了混合处理系统的潜力。讨论了具体的系统,包括相干光学、电子光学,电子学及数字分系统的组合。特别是,用光学方法产生、探测,并用电子学运算衍射图时,评论了衍射图分析的进展。第二类系统是光学处理系统,在这种系统中适当变化衍射图,产生一个原始输入的改进像。输入转换器,可寻址滤波器、探测器及逻辑分系统是这些系统的关键部分。

## I. 引言

许多年来,光学数据处理、空间滤波、光学图像识别、光学模拟计算或者你所喜欢的任何其它方法只是辅助工作,而不为主。这个不幸(若你从事这方面工作)状态的原因基本是工艺有问题。光学处理的潜力是很明显的,它具有二维、实时、高带宽等特点。描述这些相干装置运算所必要的理论即使没有充分理解,也是熟知的。这不是说光学处理没有突出的成绩,侧视雷达的光学相关器是一个很重要的例子,而在X射线结晶学中,利用光学变换做为模拟计算和教学方法已是极重要的。最近来看,相干光学在测图问题上有意义的进展和应用似乎可以导致另一个好的例子。

一段时间致使光学处理方面工作减少的一个非工艺问题是数字处理方法的飞快进展,以及它所带来的希望。现在,很明显数字处理有很多优点,但这个结论不完全,数字处理的确也有一些它特有的缺点。数字和光学处理方面的许多工作者现在认识到,根据它们用于具体问题来看这两种方法是有潜力的,并且各自具有独特的方面。此外,逐渐认识到这两种技术的结合可能提供一个很完善和很有用的系统。

什么是这里的技术问题呢?在早期的光学处理中,相对来说很容易产生需要的夫郎和菲衍射图,而只要它们可以直观地解释就行,这方面已产生了重大的进展。直接在衍

射图上测量或在摄影记录图上测量,从衍射图强度容易获得位置上的信息。但是若必须从实际变化的强度中获得定量信息,则困难更大了,对二维强度分布的直接扫描是不容易的,随之而来的数据存贮问题也很大。正常情况下,用摄影方法记录衍射图强度,而用显微密度计以麻烦的逐线扫描方式获得摄影负片的密度。自然要在处理记录底片的感光技术做很仔细的控制,才能使显微密度计输出仅与衍射图强度有关。夫郎和菲衍射图强度变化常常可能非常大,使得摄影记录困难到这种程度,以致有时要进行一系列曝光来使不同强度范围是可见的,并且是线性记录的。甚致全卫情况都是这样,夫郎和菲衍射面上相位信息全卫失去,所以可以得到的目标的最大信息是它的自相关。在这个意义上,容易看到为什么X射线衍射的光学模拟技术即早又有效——因为这里最重要的是衍射峰值的相对位置。另外相对峰值强度可以用一个显微密度计测量,也可以通过与一组定标的不同密度的光斑作比较来测量。

现在可以回答其中一些问题了,发展了完善的探测器阵列去直接测量衍射图上二维强度分布,这些探测器阵列是用必要的逻辑线路连接的,这就构成了一类重要的混合系统,将在下节讨论它。底片记录仍是有用的技术,特别是因为现在可得到具有二维模拟或数字输出的二维底片阅读器。这又形成一类重要的混合系统,将在后面简要叙述。

第二种重要的光学处理系统是:用滤波器来改变衍射图(即付氏变换),滤波器改变

振幅的相对大小或夫朗和菲场中复振幅的相位,然后显示原始输入的经过修正的象。这里存在一系列工艺问题。第一个问题是输入的性质;若待处理的信息(信号,象等等)已经适当记录在底片上,则底片可有效地输入这一处理系统。可以容易地用相干光透射照明。但是要求用非相干光照明原物时就不能直接输入到处理系统。为了输入到相干光学处理器,明显地需要一个方法把接收到的非相干光转换成相干光。现在因为各种电子光学装置的发展,解决这个问题的工艺是可得到的。还必须考虑到即使相干光照明物体是可能的,由于大多数物体同照明波长相比较是粗造的,反射光不适于输入给处理器,当对象进行付氏变换时,在象上引起的斑点图产生严重困难,并且破坏了变换面位置的唯一性。

有许多例子说明,处理的信息不是光学信号,而是电子学或声学信号,为了使这些系统有效的进行运算,也必须有转换器。

第二个工艺困难在于计算和制作所需要的滤波函数。这些问题由于引进全息滤波器基本上解决了。现在滤波器可以如付氏变换全息图那样,直接从一个已知输入物体,在一个与使用滤波器的系统完全相同的几何形式中制做出来。当然在产生和使用这个滤波器时有时间延迟。若这个滤波器做在底片上,就应当显影后,放回校正位置上,允许在这个位置上进行显影的适当方法已经完善。

一些能用做为非相干光到相干光转换器的装置也可以用来起滤波器的作用,因此适当的滤波函数可以加在装置上,并可擦去及写上一个新滤波器。

第三类系统是第二类的变种。即输出不是一般意义的图像,而可能是一个信号或光点系列,它指出输入的特征或性质的存在或位置。现在对“象面”输出的处理变得重要了;利用接收器阵列和适当的逻辑线路不只是希望的,而几乎是必须的。现在把探测器工艺与廉价电子学一起用于此目的。

总之,我们开始解决那些妨碍了经济地利用光学系统的问题。当然这是关于混合系统发展的结论。是否我们确实有了解决办法,从而使光学处理方法有实用之处还不能做结论。它的进步取决于对处理技术的需要。至少我们的大卫借口已经或正在不起作用了。

## II. 衍射图分析

这节讨论衍射图分析的各种方法,在记录后进行分析,或许更重要的是在记录前利用接收器或逻辑线路进行分析。

### A 记录的衍射图之分析

衍射图的仔细摄影记录长期来就是最有效的方法,它记录和存贮给定输入的空间频谱的信息。自然要获得定量数据需要仔细控制感光术过程。在很大程度上一旦完成摄影记录,这个工作刚刚才开始;然后必须分析这些信息。二十年来付出了极大努力来深入研究显微密度计,而且仍在进行有意义的努力。

二维扫描显微密度术是重要工具,方法已经有了,扫描底片,取密度离散值,再将信息送入磁带,直接进入计算机,或者产生等密度线轮廓图。

虽然这些技术主要用于图像,但在衍射图分析中它有重要价值。图1表示矩形孔径衍射波在焦点附近的强度分布;这个衍射图是  $u = 17.71$  的菲涅尔图 ( $u = (\frac{Ka^2}{f^2}) \cdot Z$ , 其中  $K = \frac{2\pi}{\lambda}$ ,  $\lambda$  是入射波长,  $a$  是孔径的半宽度,  $f$  是入射会聚球面波的曲率半径,而  $z$  是从球面波焦点沿光轴的实际距离)。图1(a)是这个特殊衍射图的照片,图1(b)是对图1(a)的负片所作的离散显微密度计输出(用等密度计产生)

在上面讨论中,分析的全卫系统是混合系统,因为光学方法产生衍射图,摄影记录,光学方法扫描负片,而最后数字化数据分析

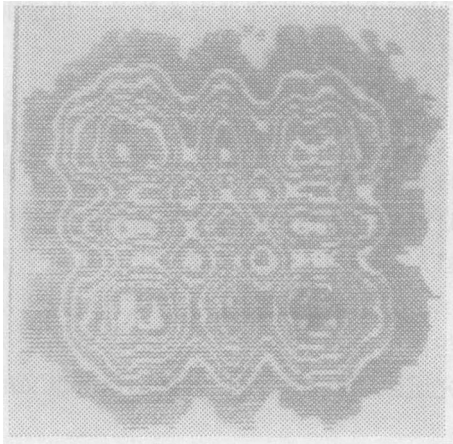
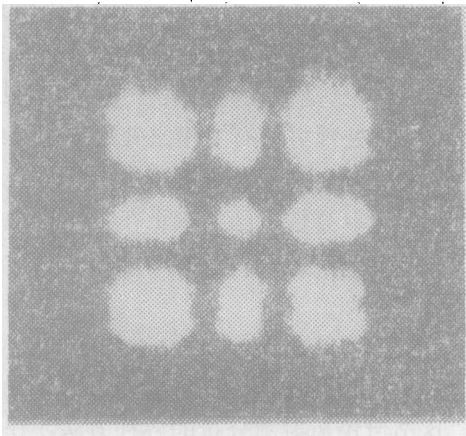


图1 会聚球面波被矩形孔衍射时在稍偏球面波焦面的平面上的衍射图。其强度分布(上),强度分布的显微密度计分析(下)

常常在计算机中进行。不幸,这种方法不是实时的。于是为了分析衍射图,此法基本上由利用探测器直接对衍射图取样所代替。

### B 衍射图直接取样

为测量毛状纤维直径,从杨氏衍射测微计的想法开始,通过分析该物体的夫朗和菲衍射图,去测量一个给定物体分布的信息的想法,引起许多研究者的兴趣。为了尽量提取需要的信息,存在的困难始终是怎样处理衍射图。

在粒子尺寸分析方面已取得了重大的进展,在这里一个小粒子的场用相干光或部分相干光照明,而对整个夫朗和菲衍射图适当的取样。

在有点不同的发展阶段上,输入如航空

照片的夫朗和菲衍射图是用十分完善的接收器阵列取样的。

衍射图分析的这两方面代表很重要的混合系统的作用,由于利用光学系统容易形成二维衍射图,再对衍射图取样,并用带接收器的电子逻辑回路产生需要的信息。现在必要的逻辑回路可很容易制作,而且造价很低——这是一个几年前不容易完成的任务。我们大概还是刚刚见到这种系统的开端。

### C 粒子尺寸分析

为确定衍射物体的信息,常常直接测量衍射图的强度。自然物体变得越小,这个方法就越重要。因为纤维尺寸分布函数很窄,杨氏衍射测微计仍有作用,因此可以确定纤维平均直径。当然同样的方法也可用于各种悬浮粒子及微粒的平均大小的测量。不需要很大的相干面积,只要它能扩大到几个粒子直径。就球形粒子而言,通过测量衍射图中第一级极小的办法,确定它的平均直径。优点当然是能测一个粒子的体积,由于在系统的光轴上衍射图保持固定的中心,故在测量中粒子可以移动。

当衍射样品有一个粒子大小的范围时,不能直接明显地确定分布函数,若假定了分布函数,则能测量总强度分布剖面图。但是若粒子是球形的或近球形的,则可以得到解答。此法的概念容易了解。有圆形横截面的粒子衍射图已很好的确定出零点。因此对组合的衍射图取样时,在给定角度位置,对于一特殊粒子尺寸来说其贡献为零。所以在一组角度位置上得到一系列取样值时,可以列出联立方程,解这个方程,就产生一个数目与尺寸有关的过程图(histogram)。

Ward 做出如下分析,在样品范围内的全卽粒子的合成衍射图是角度  $\alpha$  的函数,即:

$$I(\theta) = \frac{c}{\theta^2} \int_0^{\infty} f(a) a^2 \left[ J_1 \left( \frac{a}{2} \theta \right) \right]^2 da \quad (1)$$

其中  $c$  是常数,  $a$  是不同的粒子直径,  $f(a)$  是定义的粒子直径分布函数,因此直径在  $a$  和  $a + \Delta a$  之间的粒子数  $N a$  为

$$f(a) = Na/\Delta a \quad (2)$$

直径为  $a$  或更大的总粒子数目定义为一个新的函数  $F(a)$ ，这个新的函数是  $f(a)$  的积分，积分限从  $a$  到  $\infty$ 。

部分积分后(1)式变为：

$$I(\theta) = 2I_0 \int_0^{\infty} F(a) \frac{a^2}{\theta} J_0\left(\frac{a\theta}{2}\right) J_1\left(\frac{a\theta}{2}\right) da \quad (3)$$

很明显， $I(\theta)$  不能对全  $\theta$  连续地确定，而是在离散点  $\theta_s$  上取样的，因此也希望粒子直径取作离散直径  $a_i$ ，则方程式(3)可用求和方式写出：

$$I(\theta_s) = 2I_0 \sum_{i=1}^m \Delta a_i F(a_i) \frac{a_i^2}{\theta_s} J_0\left(\frac{a_i \theta_s}{2}\right) J_1\left(\frac{a_i \theta_s}{2}\right) \quad (4)$$

假设粒子尺寸的有限离散范围  $\Delta a_i$  是  $a_i$  和  $a_{i+1}$  之间的间隔，而  $\theta_s$  是测量强度  $I_s$  的角度。

为了简化作下面的代换，

$$A_{i,j} = 2I_0 \frac{a_i^2}{\theta_j} J_0\left(\frac{a_i \theta_j}{2}\right) J_1\left(\frac{a_i \theta_j}{2}\right) \delta a_i \quad (5)$$

$$\text{于是 } I(\theta_j) = \sum_{i=1}^m F(a_i) A_{i,j} \quad (6)$$

函数  $F(a_i)$  可以从一组线性联立方程获得。

逆方程是：

$$F(a_i) = \sum_{j=1}^{2m} A_{i,j}^{-1} I(\theta_j) \quad (7)$$

整个衍射图在  $2m$  个  $\theta$  角上取样，同时给出  $F(a_i)$  的  $m$  个值；于是能确定每个间隔的粒子数  $Na$ 。

图 2 表示此法的一个检验结果，它比较了输入过程图(histogram)和用前述设想产生的输出过程图(histogram)

在执行这个方法时，取样用一系列环形孔径完成，这些孔径通过的全  $\theta$  光线用透镜接收，并聚焦到一个接收器上。这个环形孔径在透镜前面旋转。对一系列取样值作必要的逻辑处理。

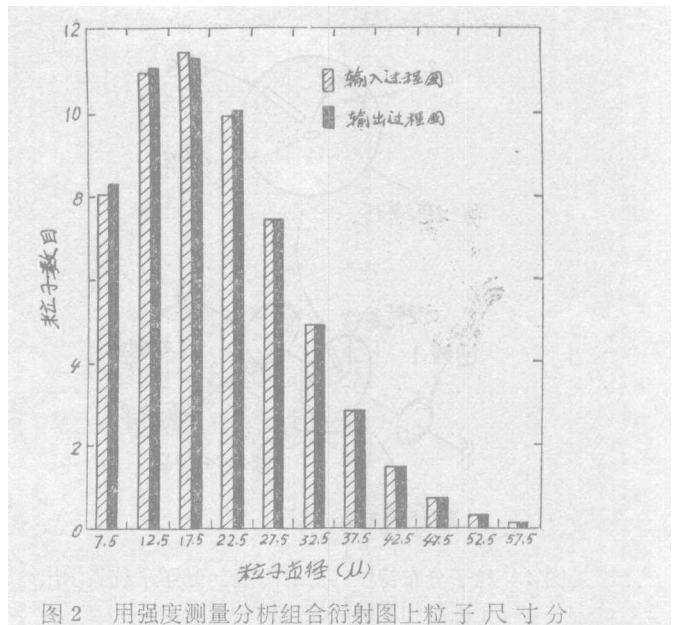


图 2 用强度测量分析组合衍射图上粒子尺寸分布。这里给出的检验之例是比较输入和输出过程图(histogram)信息

用相同的概念的各种其它系统也已利用，这些系统有混合系统方法的优越性。还利用了旋转屏和单个接收器，图 3 表示接收器的头罩，在这个情况中专门的应用是测量直径 2.5~80 微米的胶粒。

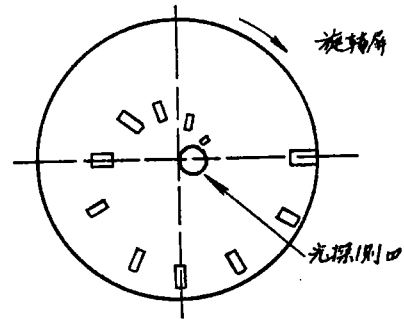


图 3 在混合光学/电子学测量系统中做为角度函数的衍射强度测量的旋转屏

最近发展了新的仪器，以便测量出正比于粒子半径的二、三和四次幂的通量。这样从粒子半径的平方  $a^2$  可以确定总横截面积和总表面面积。若  $a^3$  也已知，则面积平均半径，总体积，总质量可以确定。最后，若记录了  $a^4$ ，面积标准偏差和体积平均半径可以获得。还利用一个旋转  $\theta$  扫描整个衍射图。图 4 表示的固定掩模板包括三个  $\theta$  分；

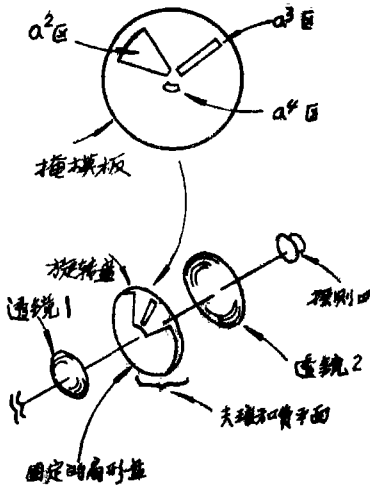


图4 粒子分布特性的衍射测量。光学系统表示出了固定和旋转的掩模板

测量除中心光束外的总通量获得  $a^2$  响应；中心的总光流和四次幂有关系。用一个透过率变化为角度位置倒数的函数衰减衍射光束获得三次幂的响应——虽然实际的滤波器是一个计算机产生的函数，但这个滤波器近似是一个狭缝。旋转盘在掩模板前移动，掩模板包括一个固定孔径，而通过的总通量用一个透镜和接收器收集，接收器是硅光电二极管，其输出予放大后送给一个模数转换器，它产

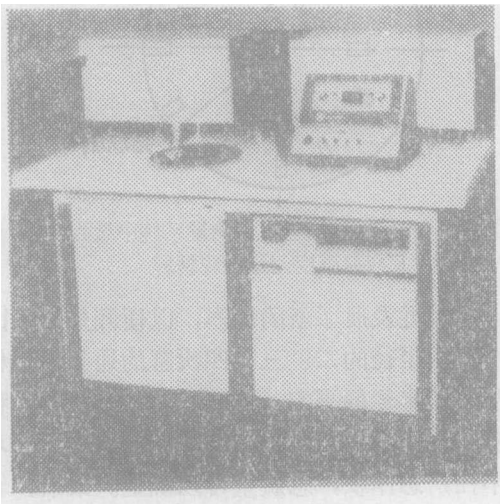


图5 表征粒子分布参数特性的实验室分析器。（此照片取自 Leeds 及 Northrup 称做显微轨迹 TM 粒子尺寸分析器）

生许多正比于电压的数字数值。这个数字化信号输给微型计算机，计算需要的各种粒子分布参数。输出有两种形式：利用发光二极管的视频显示和硬拷贝打印。过程图(histogram)信息也能形成和显示。图5为这种装置的一个样机，现在可以买到，实验室和联机使用，作各种特殊测量。混合系统有能力测量尺寸在2—120微米的粒子参数，而且可以扩大到更大的粒子。

#### D 光学功率谱测量

上节讨论涉及一个重要的特殊采样和其后的夫郎和菲衍射图强度分布的分析。现代接收器和信号处理有能力允许这类概念有更大的应用。由于在给定输入振幅透过率的夫郎和菲衍射图上，其复振幅在数学上是该振幅透过率的二维付氏变换，能够有许多重要用途。当然夫郎和菲衍射图的强度分布是输入振幅透过的付氏变换模的平方，这个强度分布常常叫做光学功率谱。如以前指出的，这个功率谱并没有提供产生它的输入分布的唯一描述。尽管如此，功率谱常常可以提供一个与输入有关的可识别的信号。

简单衍射孔径是容易从它的各自功率谱目视识别的。识别圆形、矩形，三角形和六角形孔径的衍射图是不困难的。同样，周期结构也有其特征衍射图。如在更前一节指出的，光学衍射图的研究是有价值的，是多种场合下的评价工具，一点也不类似 X 射线衍射。

最感兴趣的是怎样使这种技术扩至更复杂的输入信号，特别感兴趣的是照片输入的研究，最著名的是航空照片的研究。在这方面已有许多工作小组作了工作，这个问题已有一个概述，并能在 Lendaris 和 Stanloy 写的论文中找到（这也是一篇指导性文章）。

在这篇文章中作者们讨论了混合系统的优点，一个航空照片的光学功率谱用各种周期采样窗采样（同心圆环，分成等楔形圆区域及平行窄条系列）。光由此窗通过，用透镜收集，进入单个接收器，这个接收器的输出

直接与大型计算机连接。以后的分析由计算机完成，并发展了多种算法来帮助进行识别处理。某些明显的地面特性容易识别，而其它的是不易识别的。

最近的发展用接收器阵列代替窗和单个接收器，用这个新的和重要的工艺发展了一些仪器；最有名的大概是记录式光学频谱分析器(ROSA)，图6表示一个典型的光探测器阵列，它有32个楔形元件探测角度变化和32个半圆环元件测量空间频率带的平均能量。这些器件的一个特别形式的尺寸是直径为1.25吋。

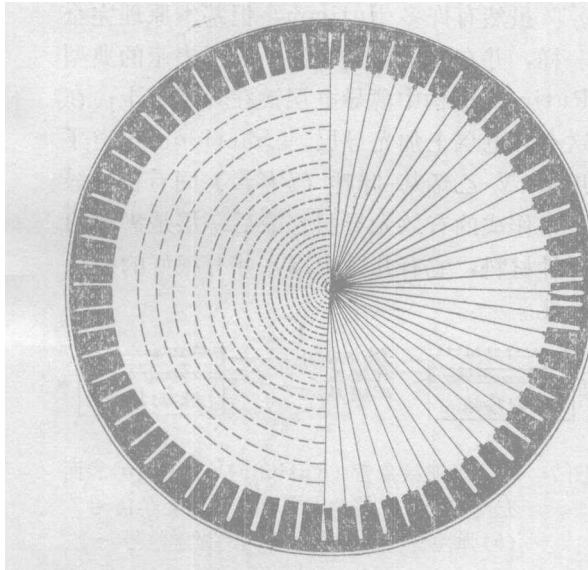


图6 直径1.25吋扇形探测器，带有32个楔形元件和32个半圆环

光学系统是产生光功率谱的标准装置。当然，特殊设计必须包括分割探测器，以使谱的比例适当。在使用分割探测器时，从探测器各单元来的信号分别放大，然后多通路传输到自排列(autoranging)放大器，并送到二元编码十进制转换器；它把输入转换成三位有效数字。一个编码器用来加上6位识别码，也形成输出。打成穿孔卡片以便随后在CDC-6600计算机上进行处理。制造那些完成图样识别装置的厂家也提供了软件标准件。不必说，探测器能够同各种电子学装置一起使用以完成专门任务。

已有一些文献描述了记录式光学频谱分析系统的某些利用，特别是把它用于摄影测量问题中。汤姆逊等人列出了一些应用，包括：1.利用体视对上匹配区域的精确坐标配准，有可能代替自动轮廓仪产生的前后相关问题；2.依据总图坐标系统定位一个新的成象画幅；3.线条、建筑物、道路的宽度或其它线状、环状物体的超精密测量；4.依据地面分辨的自动图象分类来测绘的适用性；5.处理底片，复制及象增强仪器的传递函数的确定。Jensen更详细地讨论了最后这个问题。汤姆逊等人列举的另一应用是自动绘图系统中云层复盖图像的判断问题；这个应用的详情Lukes做了报道。

可简单讨论一下云层分类问题，它提供一个使用这类混合系统的例子。光学系统，探测器及配合的电子学装置在效果上起予处理机的作用，把输入景物简化为该输入的功率谱的64个测量点。处理中下一步是计算机，它对64个输入元做适当分类。一般希望得到特征数目，但在这个特殊例子中要求判定在取样区域上是否有云层。由于有云层摄影透明片的光学功率谱缺少结构细节，所以功率谱的大部分能量集中在低频；另外有云图片产生的功率谱没有很好确定的特性。在这个过程中利用了各种算法，它们都产生了卓越的结果。

探测器和探测器阵列的工艺有十分快地发展，因此现在可直接以多种方式对功率谱取样。例如线阵列硅探测器可以买到，它包括的单元可达1028个，每个单元尺寸1密耳乘1密耳直到17密耳乘1密耳。包括 $32 \times 32$ 或 $50 \times 50$ 个单元的二维阵列也可买到(这些是Retivn Sumyvale ca生产的)，为使用方便，阵列已装配好了，并附有所需要的放大器板等等。

### III. 输入转换器

过去，大多数光学信息处理系统的输入是予先记录在底片上的景物或信号。记录图

片常常是一个以普通方式记录的摄影图象，即景物被非相干地照明(或自发光)，而摄影机把景物成象到底片上。显影定影后的底片在处理器中用相干光照明，很明显由于这种处理步骤，它不可能是实时的。即使可能用相干光照明景物，反射光(更多的描述为散射光)也不适于输入到相干光学处理器。必须有一个转换器，它取非相干光图像做为输入而提供一个等价于那个图象的相干光分布的输出——一个非相干光到相干光的转换器。

当然还有其它形式的输入信号——电磁的、声的等等，应把它们记录下来，并用来做为相干光学处理器的输入。使用实时转换器又有明显的优越性。

自然有各种方法和材料，它们对于这个目的来说是有一些潜力的，在这篇评论中不能有利的和适当地讨论它的全卫详情，要叙述的主要问题是说明这些方法的潜力。从某种意义上来说应把它们看做为一些例子，因为这个领域是年青的和发展着的，并仍然搞不清楚，在这方面最好的工艺是什么。但是，这些例子是对那样一些装置选择的，这些装置已被许多光学处理方面的工作者使用和检验过了，并获得了有意义的结果。

最重要的装置之一是可以光学方法写入和读出，并可重复使用的。在这些中杰出的是弹性材料和光热塑料装置。皱纹象管(Ruticon)弹性材料装置，在后一节讨论。电光材料是第二种重要类型；最有用的是  $KD_2PO_4$ ，钾化铋， $Bi_{12}SiO_{20}$ 。所谓泡克耳斯(Pockels)读出光学调制器(PROM)是用  $Bi_{12}SiO_{20}$  做成的，将在这里描述。这里讨论的第三个例子是最近发展的丝状液晶装置，当然还有其它一些可选择材料，这里就不讨论了，但关于其潜力的讨论可在许多文章中找到。

电子束寻址装置看来有很大的潜力。最老的、也许是其中最有效的是电子束寻址变形油膜靶，它用Schlieren光学系统读出。这类装置中最有名的大概是Eidophor。最初是

Semd 等人，而后Cassasent及其合作者发明了把  $KD_2PO_4$  用在各种用电子束写入的实验中。液晶和热塑料也是可供选择的材料。Cassasent 还评论了能够用光学方法读出的电子束寻址装置。

### A 弹性材料装置

1970年(Sheridon)介绍了一种新的图象记录装置，而后发展成为有用的元件。这个装置由分层结构组成，图象作为一种变形存储在弹性材料中。起了“Ruticon”的名称来描述这些装置(这个词是用希腊语 rutis(皱纹)和 ioun(图象)合并成的)。

虽然有许多 Ruticon，但基本原理完全一样，并在图7中表示出。在所表示的典型 Ruticon 结构中薄导电层镀在片基板上；在这个导电层上加光导层。Sheridon 报道了用多-N-乙炔基-咪唑(PVK)同有机感绿染料作成的有效光导层。最后一层是需要的弹性材料，它有几微米厚，并有很好的绝缘性能。

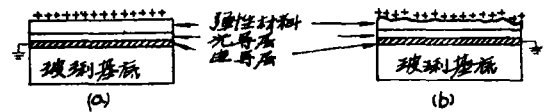


图7 基本的皱纹象管(Ruticon)结构。(a)表面充电和导电层接地准备接受输入光学信号。(b)弹性材料上以变形存储的光学信号

工作时导电层接地，正电荷在弹性材料上表面，这样在弹性材料表面和导体之间产生电场。例如，正电荷可以用扫描高压电子放电来产生。让光落到装置的适当位置，就把信号给予装置——例如，图象可以直接投影到这个表面上。入射光导致空穴电子对在光导层中形成。产生的电场由于图象光束的引入而改变。这个空穴迁移到导电层，剩下的束缚电子本身又产生机械力，使弹性材料变形。这个变形代表入射图象。当然入射光可以是相干光或非相干光，但由于现在存储的图象是表面浮雕的位相象，最好用相干光读出。当然甚致成象光束移走，弹性材料变形仍然存在。

### 1. Ruticon 的类型

i.  $\alpha$ -Ruticon: 所谓  $\alpha$ -Ruticon 中导电液体置于弹性材料表面, 用来使弹性材料上表面产生正电荷, 这是由于在导电液体和导电膜之间加必要的电压的原故。原理上其工作与上面描述的相同, 不同的是最普通的导电液体是不透明的, 这样信号光须经片基入射。Ruticon 在  $6328 \text{ \AA}$  的曝光量是每  $\text{cm}^2$  几百尔格的数量级。Sheridon 给出了  $\alpha$ -Ruticon 重要的衍射效率数据和和其它特性。图8(a)表示当一个正弦图样连续地在装置上

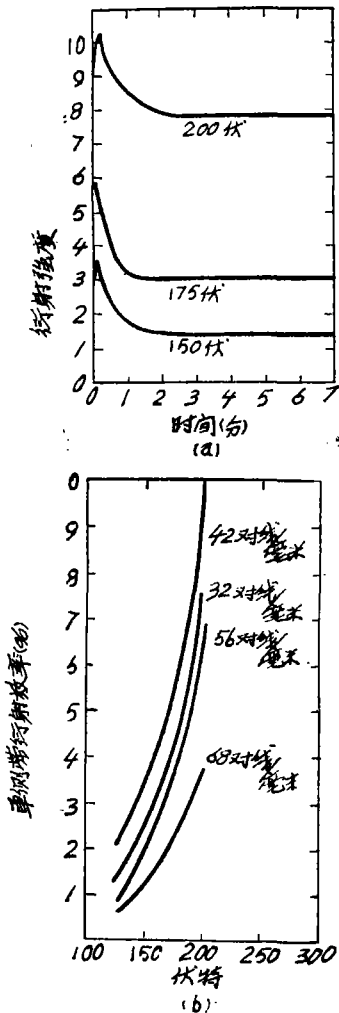


图8  $\alpha$ -皱纹象管性能。(a)加三种不同电压时, 做为时间函数的衍射强度, 入射光学信号是每毫米56对线的正弦波。(b)各种频率正弦象做为电压和空间频率函数的单侧带衍射效率

成象时, 所产生的作为时间和电压的函数的相对衍射强度。几分钟后到达稳定状态。在图8(b)中, 对于几个空间频率的正弦波象, 说明了傍带 (sid band) 衍射效率是电压的函数。很明显有一个峰值响应, 对于这个装置, 峰值出现在每毫米42对线处。当然峰值响应也依赖弹性材料层的厚度和表面张力。已报道过了850对线/mm 的空间频率; 也记录过更高的空间频率。

ii.  $\beta$ -Ruticon:  $\beta$ -Ruticon 中, 在含有低压惰性气体的管子一端形成窗口。产生辉光放电, 一种极化电荷在弹性材料表面产生。图9表示出了这个特别的 Ruticon。很明显的优点是这个装置可以联机使用。每毫米几百对线的装置已有报道。

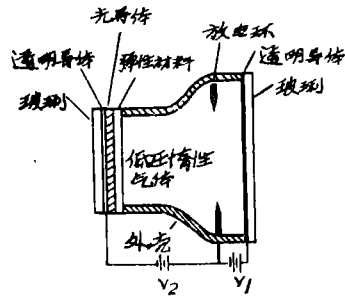


图9  $\beta$ -皱纹象管的结构

iii.  $\gamma$ -Ruticon: Ruticon 特别有用的方案是在弹性材料表面镀一层不透明金属而产生。电压加在片基上镀的导电膜和这个薄金属层之间, 这个金属层产生必要的电荷。薄金属层同弹性材料一起变形产生信息的存储。实际上不透明金属层把这个装置的输入端和输出端分开。依靠弹性材料的特性获得峰值响应。由于输出光不到达光导层, 入射光移出后象的衰减更缓慢。典型地以几分钟的时间常数指数衰减。图10表示单侧带效率与空间频率的函数关系, 对三种 Ruticon 加

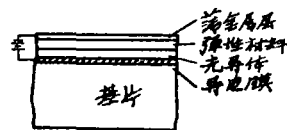
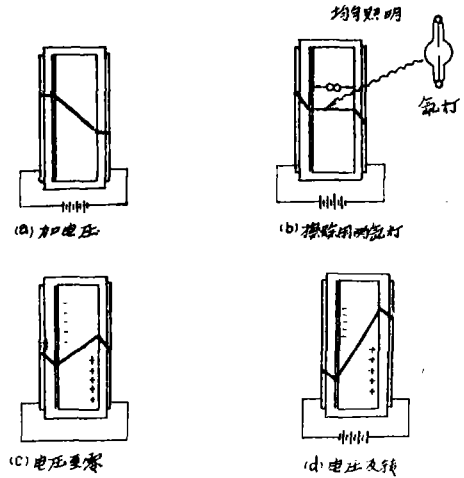


图10  $\gamma$ -皱纹象管

200伏电压，片基做为负极。

2. Ruticon 的工作: Ruticon 可以在一些方式下很好的工作, 为了这里讨论的目的, 我们关心的是用它做非相干光到相干光的转换器。可以证明 (图10) Ruticon 相对来说有窄的带宽, 因此它最适于用来记录连续色调的输入, 只要用一个载波频率即可。它可以直接地做成分层结构。值得注意的是, 当输入是相干光及全息记录时 (或全息记录是非相干成象在 Ruticon 上)。则调制是自动进行的。Sheridon 已在多种情况下检验了这个装置, 包括用它做存储装置, 象增强器、波长转换器或随后用于全息干涉术的全息记录和存储等等。



不幸的是, Ruticon 还不能做为现成元件买到, 因此至今它的使用还很有限。

### B 泡克耳斯(Pockels)读出光学调制器 (PROM)

PROM 装置代表一种重要的可用光学方法寻址的光学元件, 它可用来做为非相干光到相干光的转换器或为了光学处理做为写入空间滤波器的材料。

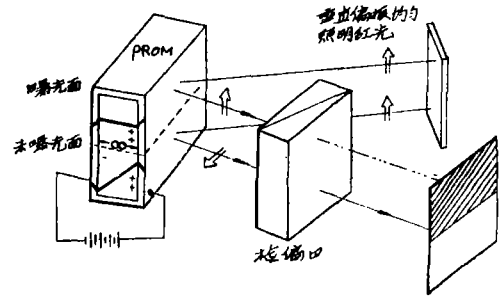


图11 PROM 装置工作示意图

这个装置的核心是电光晶体, 最有效的是立方  $B_{12}S_4O_{20}$ , 虽然也用  $ZnS$  和  $ZnSe$ , 这些材料的光学性质和特点及生长它们的技术, 在文献中有详细描述。在这个讨论中, 我们最关心的是实际装置本身和它的性能, 而不是电光材料的基本性质, 典型的电光晶体大约 1 密耳厚, 横截面积  $2.5cm^2$  及抛光面 (100个面)。它用透明绝缘 Parylene 层复盖上 (5 微米厚), 再复盖一层透明电极。加在两个电极之间的场, 产生纵向电光效应 (半波电压4000伏)。图11表示 PROM 怎样工作。横过晶体加一个电压 (图中黑体线表示每个面上电位), 然后一个比如说从氦灯发出的暂短闪光造成晶体两端电压降到零, 因为这个光产生了载体迁移。电压先降到零再反转, 大约横过电光晶体的表观电压是 2 千伏。用兰光读象或信号, 这就引起电压衰减, 衰减与射到晶体上光的数量有关; 因此这个象

做为电位差被存储。要读出这个象利用线偏振红色相干光。这个晶体相对来说对红光不灵敏, 因此读出并不破坏存储的信息。这里表示的是反射光读出, 就必须在晶体的一侧和邻近的 Parylene 层之间用一层二色材料。在下面表 1 中给出对于非相干光写入和相干光读出的 PROM 装置的典型参数。比这里给出的更重要的数据可在文献中得到。使用 PROM 做为象存储或输入装置有相当大的适应性。用所谓基线相减方法, 从存储的信息中加或减一个常数电压是可能的, 也是有益的。很明显这等于移动强度变化的背景值, 强度变化对应于输入象。这个重要性质允许作对比增强, 对比反转, level slicing 或突出轮廓, 图象相减或相加。当 PROM 用在相干光学处理器中, 依据从输入产生的衍射图, 可获得零级抑制。图12表示随基线

表 I 典型 PROM 的特性, 对于电压衰减至  $1/e$  点给出了读入和读出能量密度

光学孔径	2.5×2.5cm
读入 (能量密度) 对于 $4.04 \times 10^5 \text{ \AA}$	50 尔格/cm <sup>2</sup>
读出 (能量密度) 对于 $6.83 \times 10^5 \text{ \AA}$	10 <sup>4</sup> 尔格/cm <sup>2</sup>
分×本领	64 对线/mm
衍射效率	~10%
对比	10 <sup>4</sup> :1
周期	30HZ

用基线相减的像增强等块运算和灰度比例反转

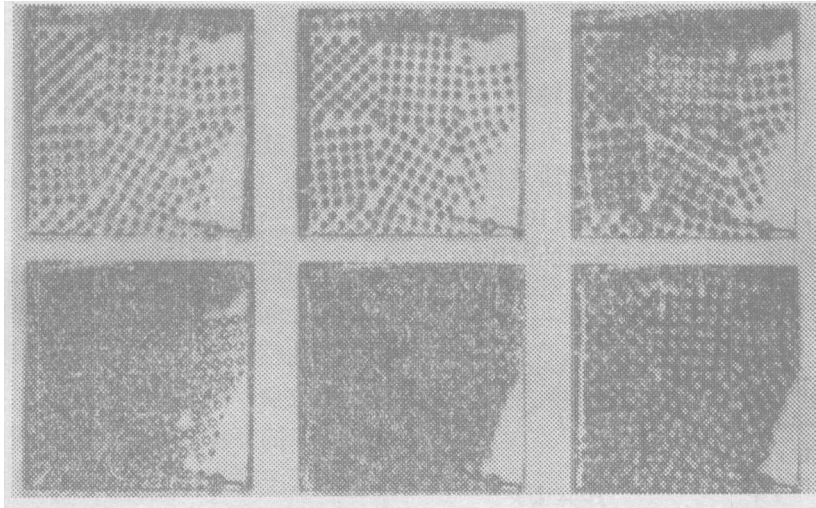


图12 用 PROM 采用基线相减技术的一个说明

相减量变化的高对比象; 这些照片表示对比增强, 然后是对比反转。

为了用作一个光学处理器的输入, PROM 做为非相干光到相干光转换器的优点是明显的。也很明显 PROM 可用来做滤波元件, 并且可以写上和擦去。而且一个系统可以同时把它用作转换器和滤波器。对于光学处理的许多用途已做了评价。在最后一节简单讨论这些应用。

### C 混合场液晶装置

在制造用于显示目的液晶装置方面, 科学家已做出重大努力, 而一个重要的附带好处是已研制专门的器件并应用于相干光学处理。这个发展包括改进早期的液晶装置。

图13表示出了交流 (ac) 液晶装置的结构。大约2微米厚的液晶是扭转向列结构。液

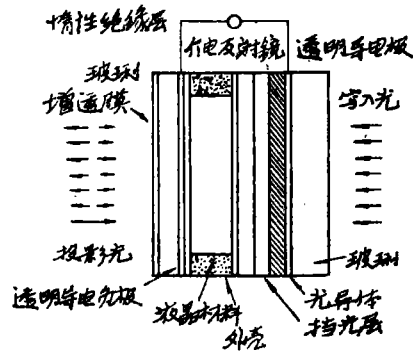


图13 交流(ac)液晶装置示意图

晶胞的一边是电介质反射镜, 在它上面是碲碲挡光层; 一个硫化镉光导体, 透明钢锡氧电极和一个玻璃板, 形成了这一边的多层结构。在另一边是透明导电电极和镀增透膜的玻璃板。几千周的大约  $5-10V$  均方工作电压加在两电极之间。信号从一侧写入液晶, 而信

表 I 液晶装置特性

孔径尺寸	2.54cm <sup>2</sup>
灵敏度 $5.25 \times 10^8 \text{ \AA}$	160 $\mu$ 瓦/cm <sup>2</sup>
分×本线	60对线/mm
对比	>100:1
灰度等级	9
周期时间	写100ms, 擦15ms
灵敏度	0.1尔格/mm <sup>2</sup>

息以反射方式从另一边读出。介电反射镜和挡光层组合把光导层与读光束分开；因此可以同时完成读和写。

液晶是有 45° 扭转的扭转向列结构。所谓断态(off state), 在图14a中表示出来, 扭转向列效应用来产生这个断态(off state)。使入射光成线偏振光, 再入射到液晶装置上。这个线偏振光一旦通过液晶胞后偏振面旋转45°, 光被反射偏振面又旋转45°, 返回到它的原始状态；这个光被检偏器遮住。

加一个电压引起的光学双折射产生“通态”(on-state), 这个加上的电压导致液晶分子倾斜, 而力求沿垂直电极面的长轴成一直线(见图14b)。重要的是, 不加造成所要完成的排列的电压的话, 就不会有光通过检偏器, 增加光强。写入光( $\sim 5.5 \times 10^8 \text{ \AA}$ )降低光导体的阻抗, 因此穿过液晶的电压表现为增加。

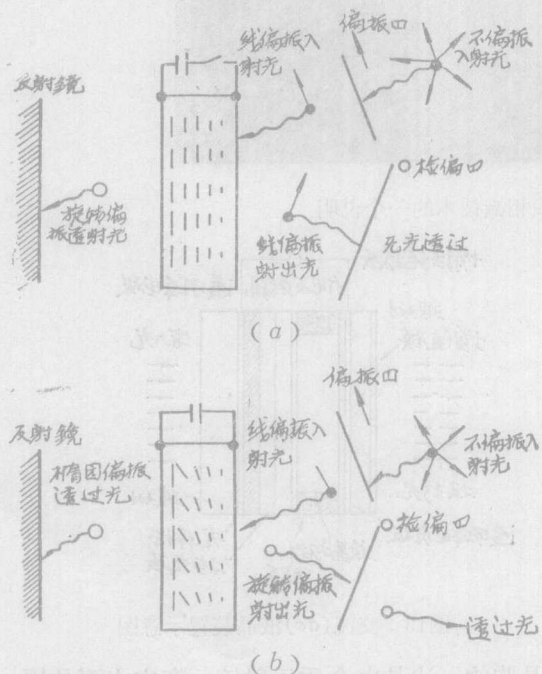


图14 液晶装置的工作 (a)断态 (b)通态

表 II 给出了液晶装置特性。

这个装置是很好的非相干光到相干光的转换器, 入射光中心波长大约在 $5.2 \sim 5.5 \times 10^8 \text{ \AA}$ 。读出是用反射激光束(即 $6.328 \times$

$10^8 \text{ \AA}$ ), 用改变偏压大小可获得对比反转, 因此可建立连读工作条件。对比和灰度等级也可用改变交流电频率, 从正常工作频率变到100千赫, 使其变化。

#### D 电子寻址输入装置

也许最好的电子寻址输入装置是电子束寻址油膜, 这是原来为投影电视系统研制的 Eidophos 系统的改进型。此装置的基本原理参考图15最好理解。用扫描电子束使电荷积蓄在介电材料(油)薄膜上; 电荷本身又产生此油膜的变形。当然这个变形是输入信号的相位象, 可用相干光读出。实际上相干光如表示的那样通过系统, 照明油膜, 油膜直接在管子输出窗前——在示意图中, 输出光由产生信号空间频率谱的透镜收集。用电子束强度控制效率, 因为电子束确定调制深度; 但是记录的线性要求调制不应该比波长的十分之一大, 在线性和效率之间的折衷是一个限制。

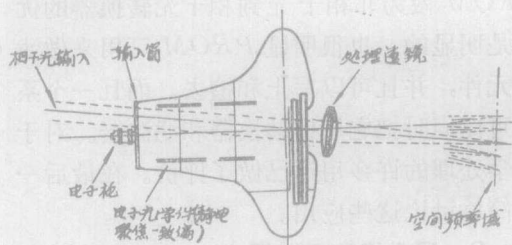
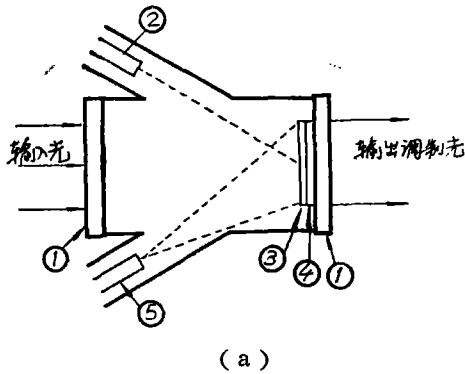


图15 电子束寻址油膜装置的示意图

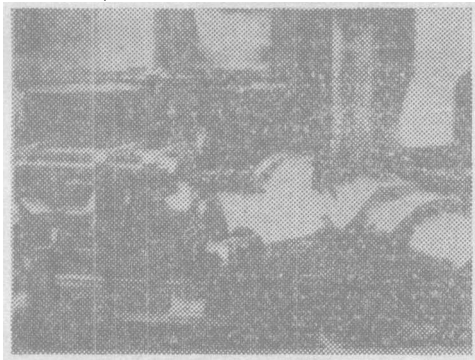
工作时将信号送给这个装置, 同时油层被油箱连续充满, 信号通过包含油膜的平板。大约每条线可以写入 $10^8$ 个点, 并能获得 $10^8$ 条线; 动态范围 40dB 或更好, 每秒 30个画幅的画幅数率是可能的。在光学处理

应用中这些技术条件必须详细说明。

另一电子束寻址装置利用的是  $KD_2PO_4$ ，使用两个电子枪，一个做为写入，另一个做为擦除；电子枪离轴使用，所以读光束可以直线通过(图16)。激活介质是  $KD_2PO_4$ ，用电子束写在它上面；在正交偏振片之间读出，机理是线性纵向电子光学效应。



(a)



(b)

图16 一个电子束寻址  $KD_2PO_4$  装置  
(a)示意图 (b)装置的照片

$KD_2PO_4$  晶体厚  $2.5 \times 10^{-4} \text{cm}$ ，是  $5 \text{cm}$  的方块。跃迁温度  $-55^\circ\text{C}$ ，意味着这个装置应在这个温度工作。它可以以电视的速率工作，分辨极限为每条线  $10^3$  点，有  $10^8$  条线。

#### IV. 可寻址滤波器

在前节描述的一些装置可用在光学处理系统的付氏变换平面中，起到需要的滤波器的作用。当然其优点是可以在光学或电子学

装置中直接写入需要的滤波函数，做成滤波器。一旦用过便可擦除，并写入一个新的滤波器，这个过程的多用性是明显的，而且许多工作者已进行过实验，特别是利用  $PROM$ 。复数滤波器可以用通常方式做成全息滤波器。只不过全息图记录在使用的特殊装置上，而不是记录在底片上。本文最后一节给出了某些这方面应用之例。

### V 混合处理系统的执行和应用

现在正在用 III 和 IV 节讲述的各种装置进行认真的工作，以便完成一些重要的新混合系统。又不能讨论全部结果，而仅仅是用一系列例子说明它的潜力。

#### A PROM 的应用

图17表示计算机控制的付氏面滤波系统，它用  $PROM$  做滤波器。滤波器可用微型计算机寻址的方法，微型计算机控制经过  $x$  和  $y$  的致偏板和一个调制器的氦激光束。因为此图其余部分是标准光学处理系统，是能够看明白的。对输入象进行付氏变换，在用  $PROM$  写入的滤波器上运算，产生一个适当改进的象。图18表示简单滤波器运算的典型结果，是由 Iwasa 和 Feinleib 报告的。输入是谷物场的航空照片，如(a)中表示的那样，谷物排成行；同它的衍射图一起表示出来。当垂直的线状光栏写入  $PROM$ ，水平排列的谷物移掉了 (b)，若那个光栏对比反转，它变成狭缝滤波器，结果在 (c) 中表示。

把需要的滤波器写入  $PROM$  也能完成互相关，产生表示特征的  $\delta$  函数输出。

最近一文献描述了利用两个  $PROM$  装置的复杂系统。表示在图 19 上面的第一个  $PROM$  用做非相干光到相干光的转换器，利用汞弧灯和一个  $4.36 \times 10^8 \text{\AA}$  的滤光片，输入透明物体被成象在  $PROM$  上，获得的像用  $H-N$  激光相干读出，这个系统的下部与前面的讨论 (见图17) 相似，最后的输



出被放大并由光导摄像管和电视屏显示。

## B 液晶装置的应用

最近进行了一系列有意义的实验，利用液晶装置做为非相干光到相干光转换器，然后输入到一个光学处理器，这个工作的重要性是它用实物反射光进行实验。这个实验利用的其中一个物体在图20(c)中表示。它用

非相干光照明，象成在液晶装置中，这里感兴趣的处理是相关。一个普通的匹配滤波器记录在这个元件的膜上；然后把同样的元件(b)置于系统中，在系统的输出平面获得产生的互相关峰值，表示在图20(a)，Gaza完成了用液晶装置的详细研究，以及图21中所示某些其它光学处理结果的概括：

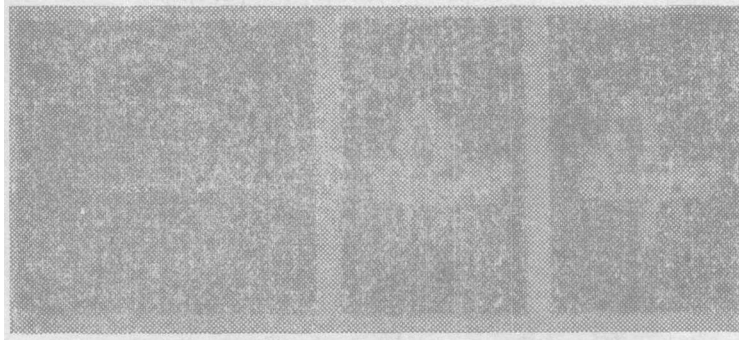


图20 液晶装置的应用。(a)表示用(b)中给出的物体与(c)中物体制作的滤波器获得的互相关峰值

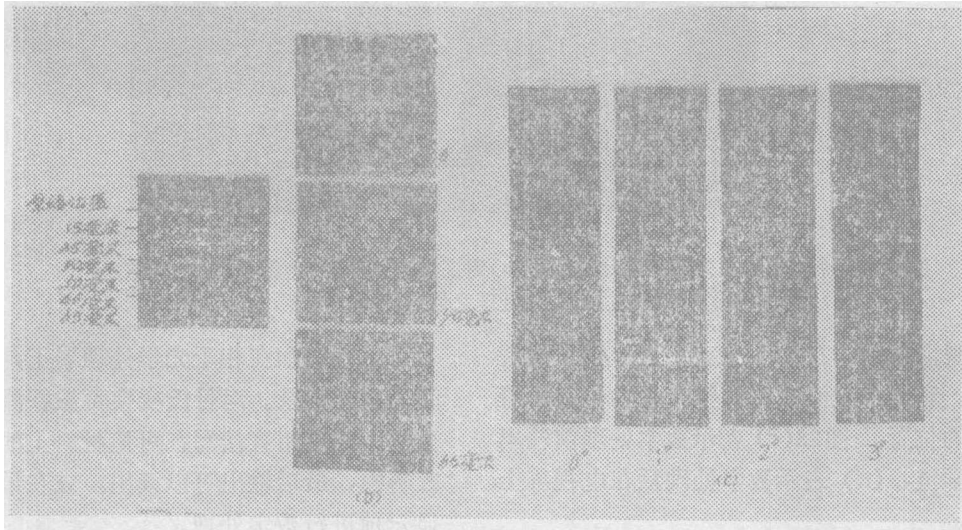


图21 位置和方向对自相关峰值的影响(a)对于一系列位移得出的自相关峰值  
(b) a中采用的物体位移(c)输出与方向的关系

a. 表示与图 b 所示物体的几个移动位置相应的自相关峰，图 b 说明了这几个位置。最后 (c) 给出与方向有关的输出。

## C 利用 $KD_2PO_4$ 输入装置的混合处理器

利用  $KD_2PO_4$  的输入装置已导致混合处理系统的重大进展。图22以方框图形式表示这个系统。标以  $EALM$  的方框是电子寻

址光调制器， $OALM$ 是光学寻址光调制器。字“调制器”这里用来指出一个光束的空间变化(调制)。可通过摄像管和用  $PDP11/15$  作数字处理，而后显示在最后输出面的  $TV$  监视器上，就得到了输出。

利用这个系统完成相关、在图23表示出感兴趣的结果，在图23(a)上表示的输入是莱特—帕特生 (Wright-patterson) 空军基

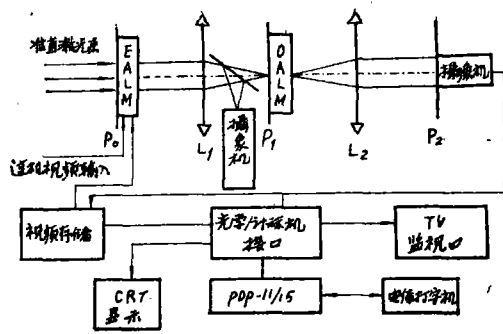


图22 混合的光学—数字处理器的框图

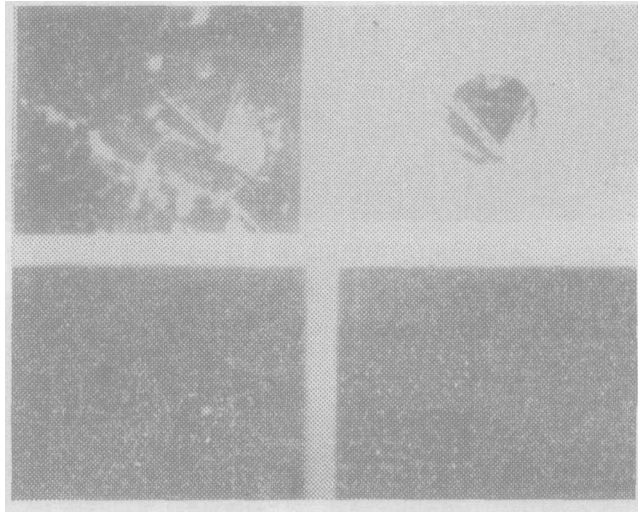


图23 一个用于相关方面的混合处理器(a)侧视雷达图(b)欲选部分 (c)光学输出 (d)依据探测的(c)和以后的数字处理之最后输出

地侧视雷达图，在 (b) 上表示这个图上的着陆场。利用匹配滤波器从整个景物中选择着陆场的位置。图23(c)表示数字处理前输出的光学链，(d)表示数字处理后在电视屏上输出。

数字处理步骤允许作一些非线性换算，从而可抑制假信号，并增强所需的信号。

## VI. 结 论

最近几年在许多装置方面的发展已使混合处理系统变得有实际潜力了。现在输入信

号可以直接加在相干光学处理器上，不需中间的底片记录。对付氏变换可做探测和数字分析，或可用直接写在可擦材料上的滤波器改善它，最后输出可以读出，或在最后输出显示前进行数字处理。

工艺似乎是个问题。用这些方法能否解决确实重要的问题，现在尚需再看一看。纯光学方法和纯数学方法也许可找到某些特殊应用，而且有实力和潜力是这些技术的组合—混合处理系统。

(高清峰 译 遯小靖 校)