

光学计算机混合处理

张国栋

摘要 本文主要介绍了用光学和电子学分系统作预处理，用数字计算机作最后处理的方法，说明了作为混合处理系统的一些典型应用，最后作些讨论。

一、引言

图象的光学处理具有大容量并行处理的能力，即光学系统对二维输入平面内所有各点能作并行运算，处理的速度近似于光速，只受系统输入转变器和输出探测器的限制。但它是模拟的，精度不高。而图象的数字处理在进行复杂变换能力方面是优越的，精度比较高，它具有比较灵活的程序编制控制、数字分析和数据提取等特点，是光学系统达不到的。从以上情况看，综合数字处理的精度、灵活性和模拟处理的速度、并行性的混合型处理方式是理想的。用中、小型计算机和光学处理系统，这些技术的结合可以为解决某些具体问题提供很有用的系统。这种称为光学——数字计算机混合处理的技术，在

七十年代国外文献做了大量报道。国内许多单位也在考虑这种系统。本文的目的在于介绍国外文献在混合光学数字处理上采取的若干方法及应用。

混合处理的概念就是在进行图象数据处理时，把光学的、数字的（即二进制的）以及电子学的（即模拟的）处理方法结合起来，所构成的系统称为混合处理系统。按着这种范畴考虑，最近一个例子是用电视记录——光学传输——显示系统构成一个光学、电子学混合系统，根据反馈原理进行图象处理。根据“混合”的概念，可以有这样一些处理方法：a)光学——计算机的，b)光学——电子学的，c)电子学——计算机的以及三者都有的混合处理。比较这些方法或系统，很难说哪一种方法是优越的，这要根据所需解决的具体问题，考虑系统本身的处理速度、精度、数据规模、灵活性、价格以及操作者的技巧等因素。

二、光学——数字计算机混合处理系统

A、图象平行处理的——计算机处理系统

图1是所描述的光学数字计算机方框图^[1]。光学系统常指相干光学系统(COS)，图象透明片放在COS的输入平面，COS的输出是经过付里叶变换了的图象、空间功率谱、相关函数或是其他相干光分布。电视摄像机扫描输出场，把视频信号送到一个

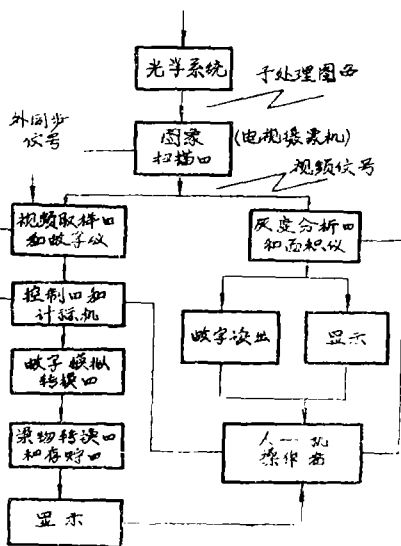


图1 光学数字计算机方框图

分系统中去。图1的右边分路由灰度分析器、电子面积计和显示监视器组成。灰度分析器把经过予处理的图象的灰度量量化，而假彩色编码把不同的灰度等级编码成不同的颜色。量化和彩色编码的作用将增强原始图象。在原图象中细微的灰度等级变化被增强，这样操作者就注意图象中的变化和趋势。电子面积计用来测量图象中被各种目标复盖的面积。左边支路表示系统能够对于处理的图象进行采样和数字化。它允许在磁带上数字化地存贮视频图象，因此可用计算机分析。这个分路有四个基本组成部分：视频摄像机和监视器，采样仪和数字仪，它除了把视频信号数字化和采样外，还要在外部控制下提供临时的数字贮存；接口电子学设备；电子计算机和读出子程序，它为数字仪提供控制信息并读出和贮存数字化了的视频数据。通过操作者可以调整光学扫描机构使电视摄像机扫描感兴趣的那部分图象，或者用软件控制视频采样仪去取样被图象所围限的予处理过的那部分视场。借助于扫描转换器在电视监视器上显示出被处理的图象。通过光学和模拟电子学处理运算，可应用特征变化去分离图象中的目标，应用自相关技术找出图象中的隐周期性，进行假彩色编码，付里叶分析以及彩色景物的面积计量分析等。

下面列举的一些例子中，1、2说明了这种并行处理系统的基本描述。

1. 图象特征分析

在判读景物时，使用图2表示的机构是方便的。图2上面部分表示图象特征分析的相干光学系统。透明片位于透镜 L_1 的前边，在付里叶平面中，衍射光的平均分量被光轴上的光阑拦掉，在毛玻璃板上得到图象。电视摄像机扫描这个图象，通过改变电子色调——特征窗口的位置和宽度，图象的特征类型被分离出来。图象分析者可以显示仅属于特定结构种类的那些目标。当需要一定的特征图象时，通过组织分类掩模，可以掩盖掉

所有未被组织化的目标。文献^[1]中给出了这种分析例子的照片。

2. 根据 X 射线照片利用光学数字计算机对煤矿工人肺尘病分类^[2]

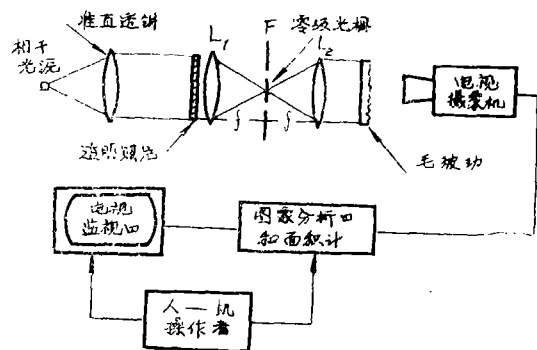


图2 图象特征分析用的光学计算机方框图

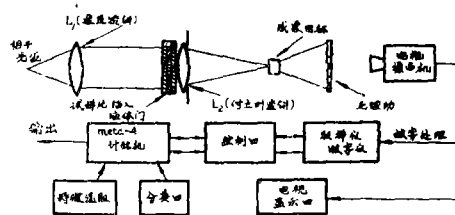


图3 X射线底片分类的光学数字计算机框图

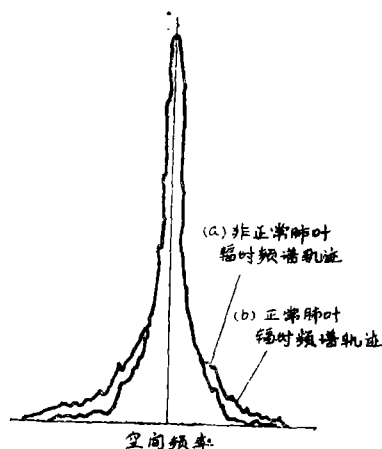


图4 光学频谱分析器的应用

如图 3 所示预处理用相干光学系统实行。 x 射线试样透明片插入液体门内，付立叶透镜 L_2 变换这个试样图。电视摄像机扫描毛玻璃上的衍射场，进一步对视频信号进行取样、数字化，通过控制器提供给计算机。数字化特性的提取和/或分类工作通过人——机协作进行。图 3 中的光学处理是光学频谱分析的一种应用。在一般应用中，辐照度频谱被数字化，并输给分类用的计算机，不用进行扫描输出就同时得到完整的二维频谱轨迹。图 4 表示二个 x 射线肺叶的辐照度频谱，规化二个频谱，使它们具有同样的零级峰值（灰度比例规化）。非正常频谱意味着它包含的中间频率较高。

由已经确认的 27 个正常肺叶底片和 37 个病例肺叶底片共 64 个底片，用 Fukunaga 描述的特征选择机进行分类得到下面结果：37 个非正常底片有一个判断错误，27 个正常底片有 5 个判断错误。这种情况中，对于非正常肺叶底片的分类精度比较高。

我们知道，光学功率谱就是夫郎和菲 (Fraunhofer) 衍射图的强度分布 (输入振幅透过的付氏变换模的平方)，它虽然失去相位信息，但它常常可以提供与输入有关的可识别的信号。光学功率谱分析在混合处理系统研究中占有许多篇幅。上面的例子仅是说明一个并行处理的应用。关于功率谱取样和运算，已经发展了许多探测器和技術，比较有名的是美国识别系统有限公司 (Recognition Systems, Inc.) 制造的 WRD—6400 楔—环形固体光电探测器，它对衍射平面内 64 个取样点以每秒钟 500 次快拍送给计算机是容易实行的^[8]。因此它通过微处理机或小型计算机接口，取样功率谱及处理合成信号从而提取需要的信息，目前已经做到接近实时处理了。一些情况报导中例如对于高分辨率的航空照片中云层复盖判断问题已经达到自动化分析。

3. 计算机辅助进行人染色体核型测定^[3]

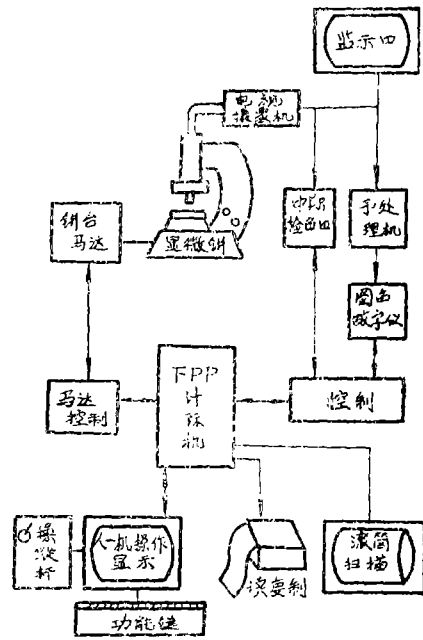


图 5 系统框图

近些年来有许多研究机构进行细胞遗传学的研究。利用计算机对染色体结构的异常病变作数字化分析已成为一个常用程序。这对致癌物或诱变物进行分析，提供了一个强有力的工具。部分的或整体的细胞遗传自动化分析能够减轻传统上人工染色体分析的负担。图 5 示出了美国 Leuven 大学人类遗传学系设计的一个系统框图。这个图形识别系统最重要的硬件功能分为四个部分：

(1) 输入系统

当需要快速存取及直接对显微镜扫描时，电视摄像机扫描提供了最现实的可能性。这种扫描装置很简单、很便宜，但图象质量比照象底片低很多，所提供的灰度分析及灵敏度不够理想。电视摄像机的取样频率是按显微镜的分辨能力选取的，它对应于 625 行的电视速率、13.6MHz 的视频取样频率，视频行上是 872 个象点，每个象点按 128 个灰度等级量化。要使摄像机速度适应于计算机输入量，要进行视频压缩。

利用滚筒扫描输入装置，这种系统有很高的信/噪比和位置精度，而且非常可靠，但不是随机进入的，扫描的时间比较长，可

选择的分辨率在 $12.5\mu\text{m}$ 到 $200\mu\text{m}$ 之间，常用的是 $25\mu\text{m}$ 。

飞点扫描输入也用于扫描负片，这种装置同电视摄像机一样有同样的速度特性，但信/噪比和精度比滚筒扫描低。

(2) (细胞分裂) 中期检象器

它的二个十分重要的作用是：找出非常好的(细胞分裂)中期和尽可能短的时间。中期检象器、电视监视器与摄像机连用，一个中间处理结果通过人——机协作显示(一个数字存贮系统的电视显示)图形。

(3) 图象计算机

可用一部64K 字位存贮的快速中型计算机(目前扩展到512K字位)。当画面以 256K 字位 ($512 \times 512 \times 1$) 进入时，这种计算机用分析程序足以立刻存贮整个画面。

(4) 输出系统

图象处理需要校正及在不同程度上计算画面(中间结果)。这样要发挥人的操作职能，来完成(细胞分裂)中期计算和提取，部分校正(轮廓追迹)和最终输出(核型)校正。在电视显示系统上产生图形，每个图形有 320×256 到 640×512 个象素，每个象素可用32个灰度等级表示。

这个系统用滚筒或电视扫描作为输入，总的存贮为32K，允许人工监视。由于技术上和存贮的限制，对一个基本细胞核型的分析时间太长。然而在5分钟完成核型分析，包括人的监视，不久将是可能的。这个系统是低精度的，Granlund 报导的精度从64%到77.8%。对产生低精度的因素作进一步修改后，报导的结果甚好。

4. 利用匹配滤波方法研究生物样品^[14]

当污染物质进入水中时，控制生态水质的作用是能够及时监视水质变化并采取必要措施。一种间接方法是监视水中水藻分布的变化。这种相干光图象识别处理系统用于识别和计算水藻生物样品。使用匹配滤波器识别并与PDP-11-40计算机相连，自动处理

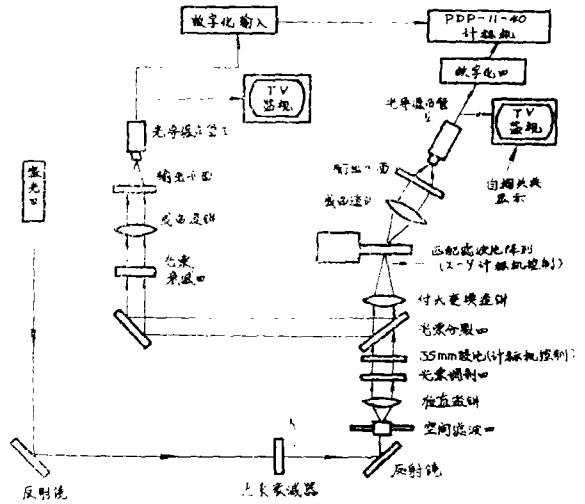


图6 匹配滤波处理机框图

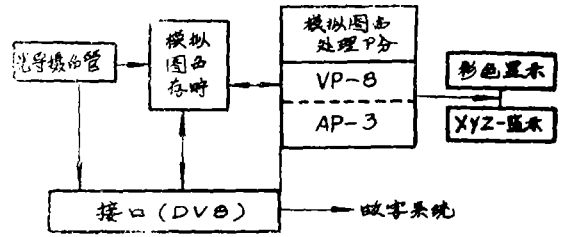


图7 ISI470模拟系统

输入图象、自动控制匹配滤波器的位置和进行数据分析。

图6示出处理机的框图。水试样片放在滑板上并可通过相衬显微镜在35毫米胶片上照相，付里叶变换这个输入而显示在滤波平面的匹配滤波器上。得到好的匹配自相关点成象，通过光导摄像管II，显示在电视监视器上，数字化并存贮于POP-11-40中。这种装置的特点是利用计算机可以很方便地控制输入的35毫米胶片的位置，同时也控制包含 10×10 阵列的匹配滤波器位置。除了匹配滤波运算之外，另一分路允许操作者通过电视监视很快辨认水藻，通过光导摄像管I，输入图象也可以数字化，利用快速付里叶变换研究图象增强。

5. ISI470模拟——数字图象处理系

统^[5]

这种系统是有人——机协作方式的图象处理系统，用于大地测量和遥感问题的ISI470(Interpretation System Incorporated)系统，允许使用者存取和修改图象计算，因此它有广泛的使用范围。这种系统的特点是侧重于电学和计算机方面处理。

图7是ISI470系统硬件框图，它有二个分系统组成：图8的模拟图象处理部分和数

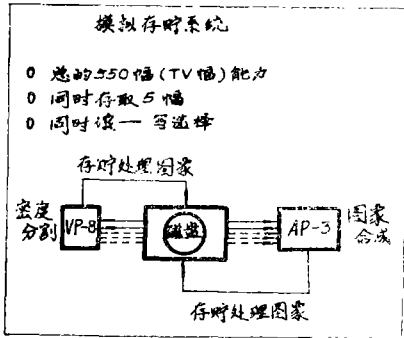


图8 模拟图象处理系统。

字系统部分。图7示出，视频摄像机把输入图象存在具有550幅(TV幅)存贮能力的视频磁带上，模拟图象处理部分包括一个VP—8图象分析仪和一个AP—3模拟编码器，原始的或增强的图象显示在彩色监视器上。数字部分主要是一部PDP11/40(32K字位)计算机，它与一个800字符/时的磁带和一个存贮能力为80兆信息组的磁盘连接，可存贮120个图象(512×512)，图象输出是一光电子记录器。

对于各种遥感应用问题，这个系统的突出特点是使用了称为SWING(Software for interactive graphics)的专用软件程序块。FORTH是一个程序设计方法，它具有快速执行和高效能控制作用，FORTH程序联结非常简洁，它包括常用的汇编程序。应用SWING处理图象的好处在于它包括通常的应用如：算术运算，log运算，灰度等级操作，阈值，直方图，统计，线性结合和变换，对比增强，图象放大处理等；它也可以包括：

几何规整程序，各种监视和非监视分类程序，系统软件研究和改进等。

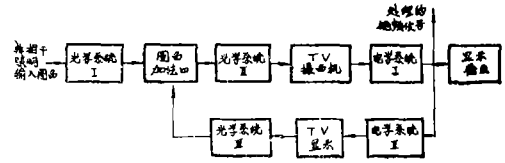


图9. 非相干图象反馈处理机框图

6. 图象反馈处理系统

引入图象反馈的非相干光图象处理系统，是以电学和光学系统结合构成的一种图象处理机。它的特点是结构比较简单，图9示出光学系统I予处理以后通过光学系统II成象在彩色电视摄像机上，探测的视频信号通过电学处理显示在彩色电视显示器上。电视显示的图象通过光学系统III与输入图象在图象相加器上会合，又一次通过光学系统II成象。电视摄像机扫描图象一步反馈的时间是20msec—50msec，因此它近似于实时处理。输入图象不仅可用底片图象还可用印刷图象甚至电视监视器图象。这种系统利用电路运算的灵活性和光学系统的并行处理能力，获得了一些结果，例如：消去鬼象，图象边缘增强等^[6]。这种系统A. W. Lohmann首先提出^[16]。

至于相干光学图象处理的反馈技术，是一种光学的实时处理方法，我们没有把它归属入混合处理范畴。总之反馈技术还有待于发展，目前它的应用并不广泛。

B. 关于实时性能器件的混合处理系统

相干光学的实时，并行处理是光学数据处理的一大优点。光学数据处理提供的潜力已有很多文章、评论和书，光学上并行、实时地进行复杂的空间滤波、相关、线性和非线性变换的能力，人们已经认识到了。然而在光学处理器取得了巨大进展时，底片一般说来仍然利用在输入数据以及存贮参考数据中。这种处理中底片带来长的显影过程和化学处理，其次记录在底片上的数据一旦显影

之后不能变化，另外噪音、底片颗粒以及动态范围等问题也是要考虑的。因此某种能与光学系统效能相应的速率将数据输入光学系统的方法是十分重要的，能进行此类运算的转换器称为空间光调制器（SLM）或称实时器件。

带有 SLM 的光学数据处理系统，往往具体地表现为光学、电学和计算机这三者某种形式的组合。实时器件的应用问题，大多数可以认为是在混合处理系统中的应用。SLM 主要放在光学处理系统的输入面和频率域面作为转换器，我们这里主要说明实时器件用于相干光学处理系统。对实时器件首要要求是实时（高速率周期时间）和重复使用。广义来说对于光学匹配空间滤波器图象识别这种器件应具有记录高空间带宽积付里叶全息图能力，狭义来说这种器件在频率域内必须具有记录振幅滤波器的能力。全息图的形成通常用 Vander Lugt 方法完成，振幅滤波器可以是计算机合成的并在记录器件上逐点寻址扫描。对实时器件提出要求，很大程度上依赖于具体问题，经常用不同的光学排列构成一个系统。目前它们全部处于不同的发展阶段，许多 SLM 材料和器件哪一种也不是万能的。本文后面有一附表，列出了近来几种带有方向性的器件参数，仅供参考^[10]。

器件的许多性质从附表中一目了然。当要求完全擦除、存贮和光学质量时电子束寻址的和光导 DKDP 的 SLM 似乎是主要选择对象；在需要分辨率而不需要存贮的情况

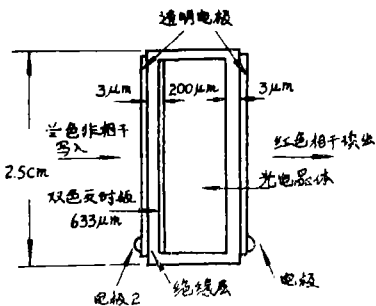


图10 BSO的SLM结构示意图

下，液晶显然是提供的主要器件；在不涉及光学质量时可选择油膜光阀。总之诸如电子束寻址 DKDP、光导 DKDP、PROM 和液晶已广泛使用于相干光学数据处理中。目前每年越来越多的实时器件光学处理器在制作、合同交付和投入应用，本文概述它们的应用是不可能的。下面仅以两个例子来说明实时器件在混合处理系统中的功能和应用。

1. 普克尔 (Pockels) 读出光学调制器 (简称 PROM) 及其应用

PROM 器件代表一种重要的可用的光学寻址光调制器 (OALM)，它用来作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。这个器件的核心是电光晶体，最有效的是 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (BSO)，其典型厚度为 1 密耳，标准的、商品生产的 PROM 具有 25 毫米直径和 $\lambda/1_0$ 的表面光学质量，特殊的 37 毫米直径也有^[11]。如图 10 示，它用 $3\mu\text{m}$ 透明绝缘层复盖。加在二个电极之间的场产生线性纵向电光效应，用兰光 (400—500nm) 写入象或信号，读出象要利用红色偏振光 (632.8nm)，才不破坏存贮。要擦除一存贮的图样，用紫外或兰光照明晶体。用基线相减法可从存贮的信息

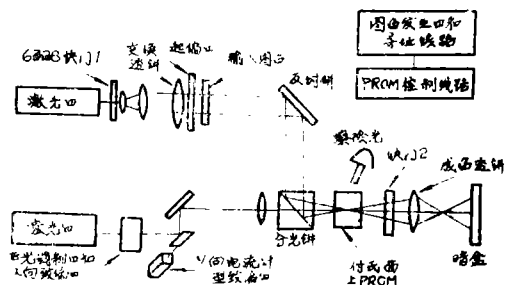


图11 计算机控制 PROM付氏面滤波系统示意图

中加或减去一个常数电压，这等于移动强度变化的背景值，而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，等级分割或突出轮廓，图象相减或相加。把 PROM 用于相干光学处理器中，依据输入

所产生的衍射图，可获得零级抑制而不影响较高级。PROM 可用来作滤波元件，并且可以写上和擦去。可以同时用在一个系统作转换器和滤波器。图11所示是一个由 Iwasa 和 Feinleib (1974) 提出的典型的用 PROM 作滤波器计算机控制付氏面的滤波器系统。^[12] 滤波器可用小型计算机寻址的方法，小型计算机控制经过 x 和 y 的致偏器和一个调制器的氦激光束 (476nm)。对输入象进行付氏变换时，在 PROM 写入的过滤器上运算，产生一个适当的改进象。如果把需要的过滤器写入，PROM 也能完成互相关，可以实时地产生表示特征的 δ 函数输出。如果在系统的输入面和空间滤波面都使用 PROM，这样就组成了一个双 PROM 处理系统^[11]。可以看出 PROM 既可选择为透射式读出图象信息，也可以选择为反射式读出图象信息，因而得到很大的灵活性。D. S.

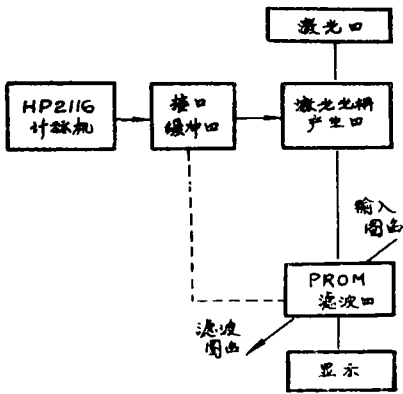


图12 计算机控制PROM滤波器系统框图

Oliver 提到了美国 Itek 公司完成的军用合同是应用 PROM (其中包括付里叶平面滤波) 作为实时的相干光学处理^[8]。图12是他作出的计算机控制下产生 PROM 滤波器的过程框图。

PROM 也可作为一个电学到相干光的转换器。Itek 公司发展的高速激光图象记录器(LIR), 是用旋转角锥反射镜(Pyramidal mirrors)使电信号扫描转换为相应的光学图象，此图象写入并存贮在 PROM 上，之后

读出，在相干光学处理中使用。

把未知输入图象与存贮参考图象相关也许是最重要的处理。光学相关的一般方法包含有制备一个载波频率的付里叶平面滤波器。另一种可取的实时相关技术是组合变换相关器(JTC)。在 JTC 中未知图象和参考图象并排在透镜前焦平面上用平行光予以照明，在透镜后焦平面上的 PROM 形成二个图象的联合付氏变换。对 PROM 读出，完成逆变换，在输出平面中心显示二个图象的自相关，两侧的区域显示二个图象的互相关。

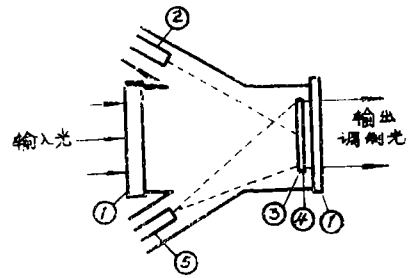


图13 电子束寻址 KD_2PO_4 装置示意图

1. 光学窗口, 2. 写入枪 3. 靶晶体
4. 透射导电电极 5. 擦去枪

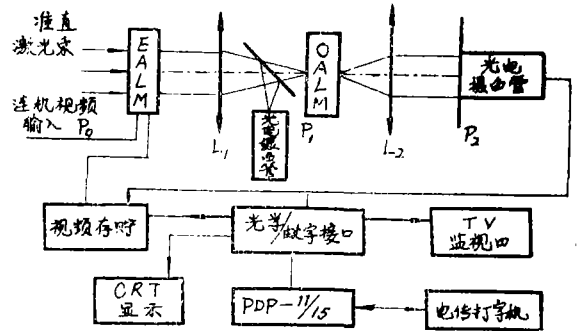


图14 混合的光学—数字处理器框图

2. KD_2PO_4 (DKDP) 输入装置的混合处理系统

D. Casasent 等人发明的 DKDP 电子束寻址(EALM)输入装置已导致混合处理系统的重大进展。EALM 的 DKDP 装置示意图

如图13所示,两个电子枪,一个做写入,另一个做擦除,离轴使用,擦除电子枪的二次发射在1ms时间内完成,读光束可以直线通过。电子束把图象写在DKDP上,调制机理是线性纵向电光效应。DKDP晶体大小为 $5 \times 5 \times 0.025\text{cm}$,实验已证实,电子束DKDP以30画面秒的速率运算,在50%调制处分辨率/1000 \times 1000点和100:1峰值对比度,存贮时间1小时以上,这种器件使用寿命超过了三年。

图14表示应用EALM的处理系统框图,一个透明片输入放在 P_0 面上,以 θ 角的均匀参考光与经过透镜 L_1 的输入付里叶变换的光分布,在 P_1 上面形成一个全息图,它包含变换光的振幅和相位。当第二个图象放在 P_0 面上,则在输出面 P_2 上得到二个输入图象的互相关。当没有参考光束时,在 P_1 面上形成输入光的功率谱,利用各种付氏级强度表示输入图象信息。通过摄像机和PDP-11/1。计算机作数字处理,在电视监视器上得到输出显示。图15是图14中的光学/数字接口部分^[9],相当于有三部分组成:摄像机接口把视频信号转换成二进制形式;视频处理机构成最终二进制的数字化图象并送给PDP-11/1;数字接口和控制部分受PDP-11/1控制, PDP-11/1控制整个系统(CRT,视频存贮,视频处理机, EALM, OALM等)。整个时间选择由主同步发生器给出。

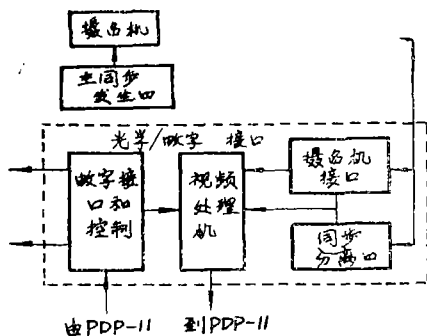


图15 光学数字接口框图

这种混合处理系统可用于多种雷达信号处理,合成孔径雷达和字相关运算。在数字信号处理方面可以作一些非线性运算,从而可抑制假信号增强所需要的信号。这种器件使用存贮以及30画幅/秒运算时,相干MTF曲线比光导DKDP和PROM要好;使用LEP*(法国)的三枪电子束寻址DKDP光阀系统成功地实时产生彩色大屏幕投影图象。^[13]一个值得注意的性质是所有电子束寻址光调制器都固有地包括扫描、偏转和调制等为寻址的电路,而光寻址调制器必须有高带宽扫描器。将EALM用作输入面的SLM的另一个性质是器件可在读出光的所有波长工作,这样省去了 λ_R/λ_w 变比例改变的调整机构而使系统简化。建立在EALM基础上的CRT技术能比激光扫描仪产生更多的精细定位点。因此D. Casasent认为有一个EALM做输入转换器和一个全息HOALM做滤波平面的混合处理系统目前看来是最佳的系统设计^[10]。我们注意到电子束寻址的DKDP器件分辨率相比之下不是最佳的。

此外美国DMDATC*雷达信号光学处理机中使用的液晶光阀也是十分成功的实时混合处理系统例子^[14]。由于篇幅所限各种实时器件混合处理系统的例子不能一一列举。

三 讨 论

上述一些例子,不能概述混合处理系统全貌,我们只是说明它的主要方法和应用。

从上面例子看到,应用混合处理技术对数据提取有三种基本运算:功率谱分析,空间滤波和相关。进行这些运算的方法是多种多样的,根据具体问题,混合处理可能在光学的,数字的及电子学的处理方面有不同程

* Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquee

注* Ballistic Missile Defense Advanced Technology Center.

度侧重。进行这三种运算的数据提取或分析实际上有两种选择：分析可以实时地进行，或者通过底片来记录强度，在一段长时间之后再进行处理，即非实时进行。非实时分析在研究和应用中有许多用途。因为底片是广泛使用的和经常存档的记录材料，目前实时分析还不能完全代替它。根据提出的问题，如我们希望对信息进行快速记录和分析，就需要实时处理。为了达到这种目的，显然要在处理系统的输入、滤波和输出上下功夫。各种分系统的研究如：探测陈列，小型计算机，微处理机和新的光学和电子束寻址装置已有了明显的效果。D. Casasent 等人报导了微处理机接口的光学/数字混合处理系统^[8]，这种系统能够对空间光调制器的性能以及输出进行快速有效的控制，这就对各种数据提取和分析运算提供自动控制 and 选择成为可能。进行非相干光到相干光的转换（即对一个器件，一非相干光图象输入而相干光图象输出）可以不再使用底片。在频率面上对付氏变换可直接做探测和数字分析，也可以把它直接写在可擦除的滤波器上改善之。用于混合处理的实时空间光调制器如 PROM, DKDP 等，根据这些器件的参数，可以构成许多应用。对进一步发展混合处理系统来说，随着这些器件性能指标的改进，还可能提供许多潜力。

关于混合系统采用的计算机，大多数混合处理系统都采用小型计算机 (minicomputer)，一般多指16位字长，主存贮容量为32K或64K。主存贮容量小，可采用比较经济的辅助存贮器（磁盘），因此“小型”机并不意味着能力小，许多小型机有可观的能力。目前小型计算机有几个方面发展，首先用作通用的小型计算机将进一步增强“通用”能力，通过包含许多不同功能的硬件和能够使用多种不同软件语言的办法，可成为多功能和多语言的混合多用小型机，PDP-11是向上相容的小型机系列的代表（PDP-11/20主存贮容量32K，周期时间950毫微秒）；其次

为解决长而复杂的问题而发展的次小型（高性能低成本）和多重小型处理机以 meta-4（主存贮容量458752，周期时间900毫微秒）为代表；再次小型专用机包含很少的功能硬件，用一种语言力求使单项功能应用最佳化，HP2116是这种类型之一。

从许多应用例子我们看到，以提取有用信息为目的的混合处理系统，在相当广泛的应用领域中发挥了作用，因此它是一个实际的、强有力的结构。当系统具有理想的控制、灵活性和数字化的数据分析优点时，光学处理机可以保持高速、并行处理的特点。在这种意义上，数字的和光学的处理结合将主要取决于接口装置类型的发展和使用。混合处理系统的研究主要是近十年的事情，它作为一种处理手段表现出优越性。然而对它所提供的能力仍然需要进一步再考察，R. D. Leighty用混合的光学/数字系统作为自动图象识别研究^[8]，认为这种综合还是太复杂了。在光学系统中把频率平面滤波器作为接口看待，虽然有许多器件可供选择，但他认为目前没有一个是最优的。对于图象反馈方式，也就是光学——数字——光学的方法，有没有中间体数字处理他认为还需要进一步研究。

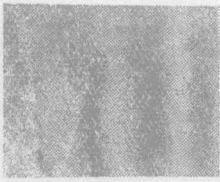
参 考 文 献

- 1 H. Stark. IEEE Transactions on computers vol. C-24 No4 P340. 1975.
- 2 H. Stark. Electro-Optical Systems Design Conference-1975. P260.
- 3 A. Oosterlink, et al, IEEE Computer Society Conference on Pattern Recognition and Image Processing P61, 1977.
- 4 S. A. Almeida, et al. Image Analysis and Evaluation P140, July 19-23, 1976. Toronto, Canada.
- 5 S. Fernandez and M. Seiderer, Proc. (下接16页)

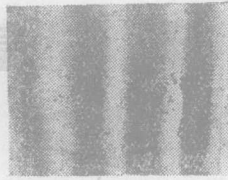
一些空间光调制器的技术指标

参数	器件	光	GE*	热塑料	光导DKDP 光	PROM	电	子束	液	晶
			阀	TOPK** 热塑料	光导DKDP 光	PROM	DKDP			
3dB带宽	10MHz (20MHz)	10MHz (20MHz)	40MHz (200MHz)	40MHz (200MHz)	—	—	10MHz	—	—	—
靶面尺寸	20×20mm ² (40×40mm ²)	20×20mm ² (40×40mm ²)	50×50mm ² (100×100mm ²)	50×50mm ² (100×100mm ²)	30×40mm ²	25×25mm ² (40×40mm ²)	50×50mm ²	25×25mm ² (50×50mm ²)	—	—
50%调制的分辨率	25对线/mm 500×500点 (50对线/mm 1000×1000点)	25对线/mm 500×500点 (50对线/mm 1000×1000点)	32对线/mm 1600×1600点 (100对线/mm 10000×10000点)	32对线/mm 1600×1600点 (100对线/mm 10000×10000点)	10对线/mm 300×400点 (20对线)/mm 1000×1000点)	10对线/mm 250×250点 (20对线)/mm 800×800点)	15对线/mm 75×750点 (30对线/mm 1500×1500点)	30对线/mm 750×750点 (30对线/mm 1500×1500点)	30对线/mm	—
极限分辨率	50对线/mm	50对线/mm	50对线/mm (150对线/mm)	50对线/mm (150对线/mm)	80对线/mm	80对线/mm	30对线/mm	70对线/mm	—	—
空间带宽积	2.5×10 ⁵ (10 ⁶)	2.5×10 ⁵ (10 ⁶)	2.5×10 ⁶ (10 ⁸)	2.5×10 ⁶ (10 ⁸)	1.2×10 ⁵	6.2×10 ⁴ (6.4×10 ⁵)	5×10 ⁵	5.6×10 ⁵ (2.2×10 ⁶)	—	—
周期时间	0.03秒	0.03秒	0.5-1秒 (10Hz) (控制温度)	0.01秒	0.01秒	0.01秒	0.03秒	0.03秒	—	—
画幅空间带宽	7.8×10 ⁶ (3×10 ⁷)	7.8×10 ⁶ (3×10 ⁷)	2.5×10 ⁶ (10 ⁸)	1.2×10 ⁷	1.2×10 ⁷	6.2×10 ⁶ (6.4×10 ⁷)	1.5×10 ⁷	2.2×10 ⁷ (8.8×10 ⁷)	—	—
动态范围	400:1	400:1	400:1	1000:1	1000:1	500:1	1000:1	100:1	—	—
寿命	~3000小时 = 3×10 ⁸ 周期	~3000小时 = 3×10 ⁸ 周期	10 ⁵ 周期 (极限或许更大)	3年	3年	长时间	3年	长时间	—	—
装饰质量	好	好	非常好	非常好	非常好	非常好	非常好	非常好	—	—
光学质量	尚好, 2λ/cm	尚好, 2λ/cm	λ/4~λ/8	λ/4	λ/4	λ/2	λ/4	λ/2	—	—
存贮时间	20~300毫秒	20~300毫秒	几个月	1小时	1分钟	1分钟	1小时	15毫秒	—	—
擦掉	20~300毫秒延迟	20~300毫秒延迟	温度控制 1秒	0.5毫秒闪光	1毫秒闪光	1毫秒闪光	0.5毫秒式或更少	15毫秒延迟	—	—
写、读时间	33毫秒/幅	33毫秒/幅	33毫秒/幅	50毫秒	10毫秒	10毫秒	33毫秒/幅	10毫秒	—	—
灵敏度	5μA/点	5μA/点	1μA/点	1μJ/cm ²	60μJ/cm ²	60μJ/cm ²	50μA/点	1.6μJ/cm ²	—	—
需要电压	5000V	5000V	7000V	100V	1500-2000V	1500-2000V	2500V	6伏, 10KHz	—	—
MRTR	—	—	—	50%	8%	8%	70%	70%	—	—

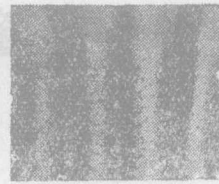
TOPR** thermoplastic optical phase recorder.
GE* General Electric.



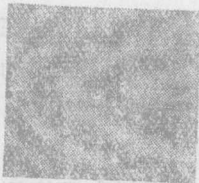
母光栅
Y079002
光强88



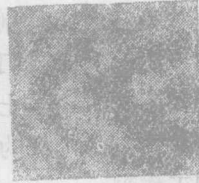
复制光栅
F079002-1
光强88%



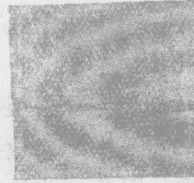
复制光栅
F079002-2
光强88%



母光栅 (废品)
Y079003



复制光栅
F079003-1



复制光栅
F079003-2

Y079003) 为母光栅, (F079002-1 和 F079003-1) 为复制光栅, 两者基板的干涉条纹相差很多, 但当母光栅干涉条纹很直时, 复制后得到很直的条纹, 当母光栅条纹弯曲时, 复制后得到弯曲的条纹, 即复制出的光栅能得到同母光栅基本一致的光栅干涉

图样。

此项工作是在室主任梁浩明同志的提意和指导下进行的, 目前正在扩大面积的试验, 随后将在可见, 近紫外波段上进行探索。

(上接25页)

- oceedings-Symposium Image Processing - GRAZ / AUSTRIA, P57, 1977.
- 6 Takuso Sato, Kimio Sasaki and Ryuichi Yamamoto, Appl. Opt. Vol.17, 717(1978).
 - 7 Proceeding. IEEE, Vol. 65, Nol. 1977. 光学机械1978. 1
 - 8 R. D. Leighty Editor, Data Extraction and Classification from Film, Vol.117 August 23-24 1977. Proceeding of SPIE.
 - 9 D.Casasent. IEEE Transactions on Computer Vol. C-24 No4. P348, 1975.
 - 10 D.Casasent, Electro-Optical System Design Vol.10, No4, No6, 1978.
 - 11 B. A. Horwitz and F. J. Corbet Opt. Eng., 17, 353(1978)
 - 12 Iwasa, S. and Feinleib, J (1974) Opt. Eng., 13, 235.
 - 13 D.Casasent. Opt. Eng., 17, 344 (1978)
 - 14 W. P. Bleha, et al. Opt. Eng., 17, 371 (1978)
 - 15 Yu. E. Nesterikhin, G. W. Stroke, W. E. Kock. Optical Information, Processing 13-37 1975.
 - Häusler, G, and Lohmann, A., Optics Commun. 21, 305, 1977.