

光学技术在计算机中的应用

肖敬孝

(中国科学院计算技术研究所)

电子计算机是廿世纪四十年代中期诞生的一门新兴科学技术。它发展异常迅速,应用日益广泛,影响极为深远。电子计算机是一门综合性的学科,它越是向前发展,越需要吸取各个领域的科学技术成果作为发展的养料。

光学是一门古老的科学。激光出现之前,它在计算机里的应用甚微。激光、全息术、集成光学等现代光学技术的发展,给计算机提供了丰富的养料,带来了新的希望。

电子计算机通常主要由五部分组成,即输入、输出、存储、运算、控制(如图1)。计算机的水平提高很快,但这几部分的发展却很不平衡。大规模及超大规模集成电路使运算和控制部分体积缩得很小、速度提得很高。而输入、输出、大容量存储等几部分仍以机电装置为主,体积

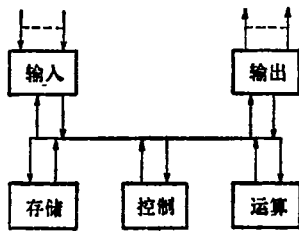


图1 电子计算机的组成示意图

大、速度低,使计算机“吃不进、吐不出、存不下”,严重妨碍计算机向更高水平的发展。现代光学技术应该而且也能够在这些方面作出贡献。

光学输入

将程序及各种数据、字符、图表等直接送入计算机而不用穿孔或键盘,这是人们长期以来

为之努力的一个目标,通称图形识别或模式识别。图2是一种研究时间较长,已经开始有所应用的字符识别方法。电子束飞点扫描器或激

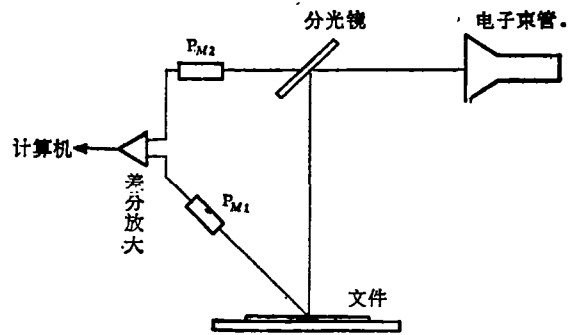


图2 飞点扫描字符识别

—14Q/□ — — 28Q/□ - - - 320Q/□

光扫描器产生的扫描光栅投射到待识别符号上,对待识别字符进行逐点扫描。光电倍增管 P_{M1} 接收从字符来的漫反射光并转换成电信号,光电倍增管 P_{M2} 接收直接从扫描光栅来的部分光并转换成参考电信号,与 P_{M1} 的信号进行差分放大以扣除光栅光强的本征起伏,然后送入计算机存储器。进入存储器的字符信号被排布成图3(a)式样。经过单线化处理变成图3(b)。

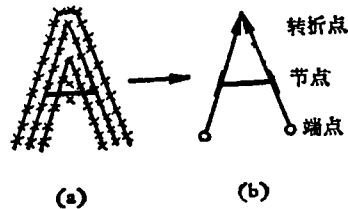


图3 字符识别的前处理

— $\sigma = 28Q/\square$ (没有退火处理)
-- $\sigma = 200Q/\square$ (从55°C开始空气中退火两小时)

分析单线化字符的特征,如线条转折点、节点、交点等的个数、分布相对位置以及互相的关联

等即可进行识别。

在这种识别方法里，光学技术仅提供扫描手段，真正的识别过程是在电子计算机内部（软件和硬件相结合）进行的。这种方法对像汉字这样种类很多的字符进行识别实际上是不可能的，因为这需要非常庞大的硬件，很复杂的软件。比较理想的途径应该用光学手段抽取特征，由电子计算机担负判别工作。图4是一种全息特征识别方法。使用这种方法首先要用全息术制作一个标准字符库。制作字符库时，在参考光路中插入一个光伐阵列，使参考光对应于每一个入库字符都有特定的编码。待识别的

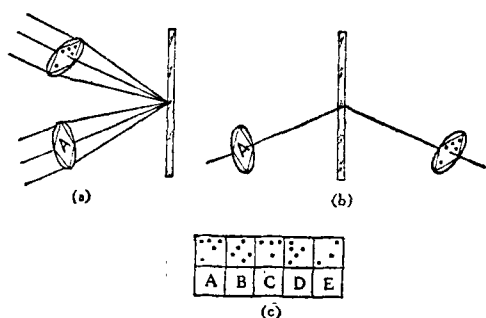


图4 全息字符特征识别

字符放在原来字符入库的位置，用光偏折器将它在整个字符库中扫描。一旦遇到与这个待识别字符相同的标准字符的全息图时，在原来光伐阵列位置上就有一个相应的空间编码光点阵的像出现。再用一个光电检测阵列将这个光点像转换成电信号送入计算机中判别。这种判别对计算机来说是很简便的，计算机只需花不大的存储容量就能判别上万种的汉字。因为入库字符容量 $C = 2^N$ ， N 是光伐阵列单元总数。也就是说， $N = 14$ 时，能满足 $C = 128 \times 128 = 1.6$ 万字符编码之用。这在计算机内需要占据的存储容量为 $M = CN = 2.5 \times 10^5$ 位。上述这种方法仅适用于单个标准字符串行识别。

多个字符的并行识别，可用复合匹配滤波器来实现。图5是一种可以用来作这种识别的相干光信息处理系统示意图。输入平面上有多个字符并存，经过滤波器后在 L_2 的后焦面上出现一些亮点，每个亮点的位置对应一个确定的

字符。用光电检测阵列把这些信号输进计算机即可进行判别。这种方法的关键是制作这个复合匹配滤波器，它实质上是一张表示各种字符特征的线性变换全息图，除光学方法之外，用计算机产生全息图的技术也是有前途的。

但是，迄今为止，汉字、特别是手写体汉字的光学识别仍然是一个十分困难的问题。

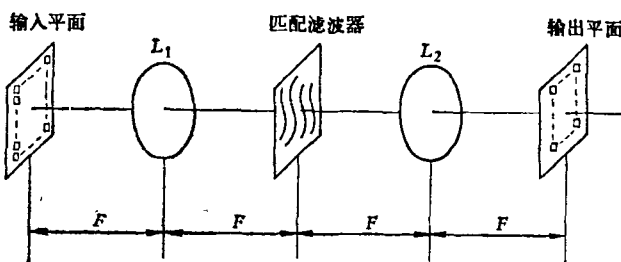


图5 相干光匹配滤波多字符识别

光学输出

计算机的输出装置传统的是机械打印，速度慢，噪声大。用激光配合静电印刷组成激光印刷机，速度快、噪声低、印刷质量好。现在已经开始步入应用。图6是一种激光印刷机，它最快的印字速度可达到50000字/秒。而机械打印速度仅有1500字/秒左右。它的工作过程是：用电晕充电装置将表面附有光电导层（硒或聚乙烯吡唑）的光电鼓表面充电到-750伏。从氦氖激光器来的光束经过声光调制器。计算机的输出信号加到声光调制器的控制电路，使通过它的光强受到调制，再用相应的透镜系统

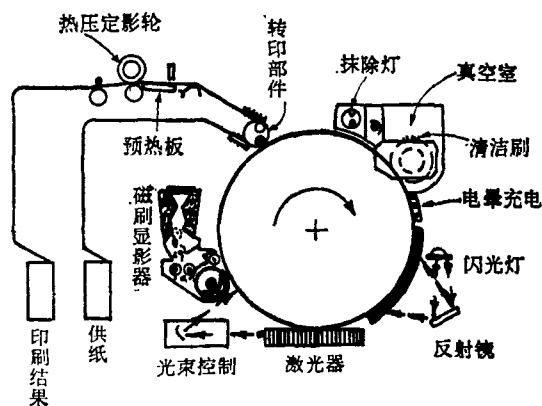


图6(a) 激光静电印刷系统配置图

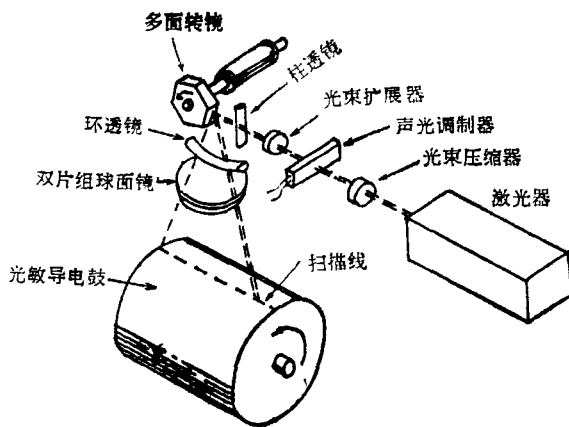


图 6(b) 激光静电印刷光路图

及多面转镜把经过调制的聚焦光束投射到已充电的光电鼓表面进行扫描。受到激光照射的地方由于光电导作用电位下降到 -200 伏左右，造成曝光区与未曝光区 550 伏的电位差。磁刷显影器把带电的树脂色粉附着在光电鼓表面把记录的字符显示出来，然后转印到普通纸上，接着热压定影（即用加热加压的方法把转印到纸带上的树脂粉像熔化固定下来）得到最后的输出结果。

激光印刷还有一种更简便的方法，就是把激光束聚焦并直接照射到记录纸或与记录纸紧贴的染料色带上。激光束的调制和光学扫描系统与上述静电激光印刷相似，只是要求的激光功率更大（如氩离子气体激光器或二氧化碳激光器）。其记录原理如图 7。

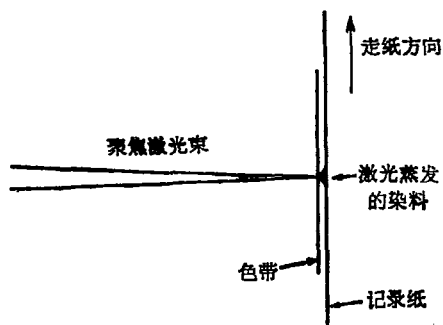


图 7 激光直接印刷输出

计算机另一种类型的输出是显示。目前用得较多的是电子束管 (CRT) 显示。但在高精度、大屏幕、三维立体显示等方面需借重于光学

技术。大容量的声光或电光偏转技术可以在一平方米以上的屏幕上显示出计算机的计算结果 (图形或字符)。屏幕的像元数已超过 10^6 。最令人向往的是全息立体显示。试想，如果计算机能直接立体地显示出一个经它计算选择的核试验的蘑菇云或新型飞行器结构，我们就可以省去许多次代价巨大的核爆炸试验和风洞试验，并且大大缩短研究周期。实现这种愿望的途径就是计算全息 (计算机产生全息图)。

我们知道，全息图是一个记录在介质上的物波与参考波的干涉图。如果一个物体有恰当的数学模型来描述它，我们就可以把物体各点的座标及物光，参考光的波长、方向一起给计算机，由计算机计算出这个全息图上每点的光波振幅和位相。用这些振幅和位相信息去控制一个绘图装置或电子束管作成放大的全息图（这是因为绘图装置的分辨率不够），最后用光学手段把这个放大的全息图缩制成分辨率合适的全息图。用规定波长的激光从规定的方向照射这张计算全息图，我们最初用数学模型描述的那个物体的立体像也就显现出来了。可是这种方法也有困难。给计算机输入物函数不能是连续的，只能用抽样的方法选取有限数目的点来代表这个物函数。显然，抽样点的数目越多，对物体的描述越精确，但是对计算机的负担也越重。因为抽样点越多，需要存储的数据量及运算量也越大，即令利用计算机语言施行快速傅里叶变换也是费时间的。例如，对一个现代的大型计算机而言，用快速傅里叶变换计算具有 1024×1024 个取样点的阵列的傅里叶变换需要 20 分钟。而一百万个点对描述任何物体都不能说是精确的。因此，计算全息要达到实际应用于计算机的立体显示，还有待于计算机能力的提高和计算方法的改进。

光存储和光计算机

一台高性能的大型计算机，除计算速度快（如每秒千万次甚至亿次）之外，还要求与之匹配的快速大容量存储器。否则，一台每秒钟能

完成上亿次计算的计算机恐怕还不如一台每秒千万次甚至百万次的计算机。但是至今还没有一种存储手段能单独承担这个任务。有的速度虽快容量却不大，有的容量可以很大但速度不快。这就造成目前大型计算机中的宝塔形多级存储系统(示如图8)。快而小的是塔尖，与运算控制部件相配；大而慢的是塔基，与输入输出等外围装置相配，中间是主存储器。这样的系统复杂而庞大。光学技术在改革计算机的存储系统方面是能有所作为的。例如以数字光偏折技术和全息术为主体的全息数字存储就有可能实现速度达到现在水平的主存速度，容量达到现在的外存容量，从而大大简化存储系统，提高整机效率，甚至会影响整个计算机的体系结构。由于某些材料和部件尚未理想的解决，全息数字存储还不能达到实用的程度。但是只读式的全息存储在资料数据存储、情报检索等方面已经开始有所应用。例如，图9是一个全息情报资料检索系统。把已收集到的情报资料或它们的目录用全息照像方法逐页地记录在全息存储介质上。通常一页全息图约占一平方毫米的面积，每页容量可达几千字。如果利用全息介质的立体存储效应，同一位置还可存百页的内容，使存储容量扩大两个量级。这样，巨大数量的资料就能够用不大的记录材料存储起来。构成全息资料库。把这个全息资料库插入图9的系统中，根据计算机供给的地址码，光束偏转器把激光束射向指定的全息资料库地址，重现出该处存储的资料的光学像，用光电摄像元件将这个光学像传送到各用户的显示器或复印机上。这种检索方法的突出优点是能够简便地实现包括汉字在内的多文种资料存储与检索。用普通的计算机程序方法是不能做到这一点的。同时还能免去资料入库必须的输入纸带的巨大穿孔量，省去入库的

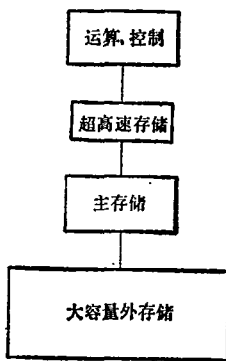


图8 传统的计算机多级存储系统

物理

资料占据的巨大存储容量。这是一个很有前途的比较现实的应用途径。关于全息存储的细节，另有专文叙述。

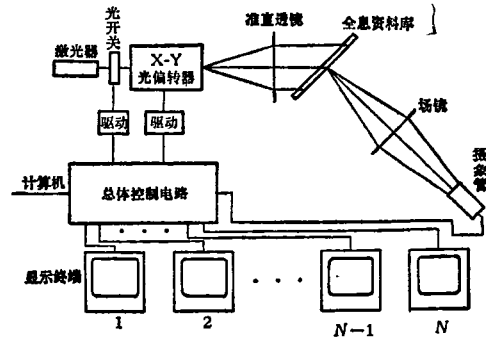


图9 具有N个终端显示器的全息情报资料检索系统

在上述的几种应用中，光学技术可以对现代电子计算机起到一定程度的改进乃至革新的作用。科学技术的日益发展，甚至当前已经提到日程上需要计算机解决的许多课题，电子计算机即使发展到很高的水平也很难满足要求。这就要求对电子计算机实行根本的改造。当前，在集成电路技术已经发展到很高水平的情况下，提高计算机速度的根本途径是增加运算的平行度和改革运算体制。虽然有的大型电子计算机采用多机平行运算系统，但平行度不可能高。在这方面光学计算的平行度之高却是无与伦比的。例如一个具有 10^9 可分辨点的图象信息，利用光学系统可在一瞬间(以光的速度)同时处理完。这是电子计算机望尘莫及的。另外用光学方法存储信息，从原理上看具有每平方毫米一百万位的潜力。又从对生物的研究得知，生物从周围接受的信息百分之九十以上是光信息。所有这些告诉我们，以光作为主要的信息载体，以光学装置作为计算机的主体，以光学运算作为计算机的主要运算方式的光计算机，将是计算技术的一次革命。

早在二十年前，也就是电子计算机诞生十年之际，已经有人提出对光计算机的期望。最近十年，借助于激光和全息术，以傅里叶变换等各种线性变换为主要内容的光学信息处理发展很快，已开始在一些方面获得应用。这类光学信息处理实际上就是模拟式的光运算。对于处

理综合孔径雷达信息、处理卫星照片、辨认字符和图形的特征等，光学模拟计算的优越性是明显的。但是它的精度低，通用性差，还不能够形成独立于现代电子计算机之外的计算技术体系。虽如此，我们不妨可以认为它是真正的光学计算机的先声。

光学数字计算的途径也累有尝试。有人提出仿照生物神经传输信息的特点(如:无衰减传输,无反射传输,传输过信号的神经有抑制效应和恢复效应,有触发阈值等),用纤维激光器作为传输光信息的神经纤维,再加上具有特殊功能的各种联结,以构成二进制运算的全部功能部件,进而实现真正的全光计算机。还有人提出用激光的饱和吸收、淬灭、放大、振荡等效应,再加上光导纤维构成二进制运算的各种功能部件。又有人提出用光偏转器与全息图配合

作二进制运算或某些逻辑操作。虽然从原理上看,这些建议都说得通,但在实际上不可能对现代的电子计算机产生竞争能力,因为它们都是机械地模仿电子计算机,没有根据光运算的特点,发挥光的巨大平行性。集成光学是一代新的光学技术,它具有现代光学的共同特征,又有现代集成化的微电子学的风度,它是有希望在光学数字计算方面作出贡献的。人们都在期待着。

当前,人们把各种光学变换、光存储、光数字计算、集成光学等全都囊括在“广义的”光学计算之中。而作为新一代计算机的光计算机究竟是什么,还没有人能说得清楚。这正是摆在我们面前的一项光荣而艰巨的任务——探索具有我国特色的光计算机。

全 息 光 弹 性

秦 玉 文
(天 津 大 学)

一、引 言

一般说的光弹性,全称为光测弹性力学,是应力分析的力学方法。它的分析对象是机械零件或结构构件的强度问题。光弹性是一种模型试验法,它是用光学灵敏材料(如环氧树脂等)制成实物的模型,施加相应的载荷,在偏振光照射下就能测定模型各点的应力,从而揭示实物在强度上的薄弱环节和潜在危险,并进而改进设计,寻求合理的几何形状和尺寸,保证零件既经济又可靠。这种方法直观性强,能用来分析各种几何形状复杂的零件,具有足够的精度,尤其用它作设计方案的对比试验更有其独特的优越性。

这种方法在本世纪初首先出现于工程界,

半个多世纪以来,从事这项工作的研究者们进行了大量的工作,并取得了很大的进展。可以说,光测弹性力学自身已经发展到成熟的阶段。以二维问题寻求主应力为例,它较之其它方法能迅速、可靠地以全场应力条纹图的明确形象展现在人们的面前。

光弹性模型是用各向同性的透明材料制成的,其自然状态并不具有双折射性质,但是当外力作用时,它就如同晶体一样表现为各向异性、产生双折射现象。这种双折射现象是暂时的,当应力解除后即消失。暂时双折射是光弹性的实验基础。

当以平面偏振光垂直入射平面受力模型时,由于双折射效应偏振光在模型上任一点都将沿两个主应力方向分解成两个平面偏振光。这两个相互垂直振动的平面偏振光在模型内部