

复杂多项式计算的互补编码真值表查询

陈历学 袁石夫 钱守仁 段树山

(哈尔滨工业大学应用物理系, 150006)

提要: 本文讨论了复杂多项式计算, 提出了一种实现真值表查询的光学新方法。采用光强的互补编码, 利用体全息关联特性, 构造了一种内容寻址的、基于与非操作的光学全息真值表查询系统。给出的实验研究结果证明该系统是可行的。

关键词: 体全息, 光计算, 真值表查询

Complementary-encoding truth table look-up processing for calculation of complex multinomials

Chen Lixue, Yuan Shifu, Qian Shouren, Duan Shushan

(Department of Applied Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin)

Abstract: The calculation of a complex-multinomial is discussed and a new optical method performing truth-table look-up processing is proposed. Adopting complementary-encoding of light intensity and volume holography, a content-addressable optical holography truth table look-up system based on the NAND operation is structured. The experimental study results which prove the system feasible are given.

Key words: volume holography, optical computing, truth-table looking-up

一、引言

最近几年, 光计算的研究激起了人们浓厚的兴趣。许多新的光计算机的结构和算法, 如 A. Huang 提出的符号替换系统^[1,2], C. O. Guest 等提出的真值表查询系统^[3], 和 J. J. Hopfield 等提出的神经网络系统^[4,5]等, 都受到了广泛而深入的研究。

对于许多类型的计算, 可以把所有的输入和与之相应的输出排列成真值表; 而计算过程则转换为根据输入从表中查出对应输出的过程, 即真值表查询。实现真值表查询一般有两个途径: 一个途径是按地点寻址的真值表存贮(LAM), 由于存贮容量要求较大, 局限性较大。另一途径是按内容寻址的真值表存贮(OAM), 其特点是把输入按输出位的不同加以分类成表并存贮。用全息方法实现内容寻址的真值表查询一般采用两种方法, 一种方法是基于“异或”操作, 另一种是基于“与非”操作。近年来, M. M. Mirsalehi 等人在这方面进行了许多工作, 分别利用这两种方法实现了真值表的光学全息查询^[6~7]。但是, 这种查询方法技术要求很高, 可靠性受到

限制。本文采用互补编码、阈值探测以及体全息关联特性构造了一种简单可行的能进行内容寻址的光学查表系统。它完全采用光强度编码,不需要空间光调制器来实现位相的 180° 移动;编码时不需要外加参考位,对入射光振幅要求不十分严格,并给出实验结果。

二、多项式计算真值表

余数制是一种完全并行的数制,特别有利于减少存储单元,因此,在本文的多项式计算真值表查询中采用余数制。考虑二元多项式 $F=f(x, y)$ 的计算。计算 F 的过程实际上就是用输入 x 和 y 从真值表中查找与之相对应的输出 F 的过程。设余数模为 N , 某个 xy 的组合叫做一个输入模式,所有可能的输入模式的总数目叫做全输入模式数,所有可能的输出模式的总数被称为全输出模式数。如果将所有可能的输入模式 xy 及其对应的输出模式一一列出,便得到由 $(x, y) \rightarrow F$ 的二维余数映射图。

因此,可以引入多维余数映射图的概念。对于多元多项式

$$F=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

存在一个 n 维余数映射图;在某一余数模 N 的情况下,每一组输入模式 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 和它对应的多项式 $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 的值形成了 n 维映射图。如图 1(a) 是多项式

$$F(x, y)=3x^3+4x^2y-5xy^2+6y^3+3 \quad (1)$$

的余数模为 4 的二维余数映射图。



图 1 二元多项式的二维余数映射图

(a) 二维余数映射图; (b) 二进制二维余数映射图

假定 $2^t \geq N$, 若 t 的最小取值为 T , 则可用 T 位二进制数来表示 $0, 1, \dots, N-1$ 。这里

$$T = \begin{cases} \log_2 N, & N=2^m, m \text{ 为任一自然数} \\ \text{INT}(\log_2 N) + 1, & N \neq 2^m, m \text{ 为任一自然数。} \end{cases} \quad (2)$$

因而输入 x, y 和输出 F 都可以变成 T 位二进制数。若 $x=x_T x_{T-1} \dots x_1, y=y_T y_{T-1} \dots y_1, F=F_T F_{T-1} \dots F_1$, 则输入模式可表示为

$$x_T x_{T-1} \dots x_1 y_T y_{T-1} \dots y_1,$$

输出模式表示为 $F_T F_{T-1} \dots F_1$, 其中各位的取值分别为 0 或 1。这样就可以把余数映射图转化为二进制余数映射图。图 1(b) 是相应多项式余数模 4 的二进制二维余数映射图。

得到二进制余数映射图之后,便可从它导出真值表。为了减少存储单元,这里把二进制映射图中某一位取值为(1 或 0)的输出模式所对应的输入模式归入某一分真值表,对于余数模 N 得到 T 个分真值表。在余数模为 4 时,输入 x, y 和输出 F 都只能是 0, 1, 2, 3, 因此,这里用 $x_2 x_1 y_2 y_1$ 来表示输入模式,用 $F_2 F_1$ 来表示输出模式。输出模式中,低位和高位取值分别为“1”

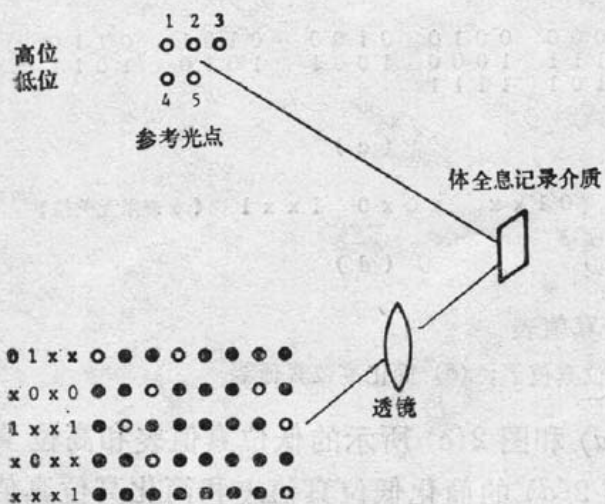


图4 存真值表原理图

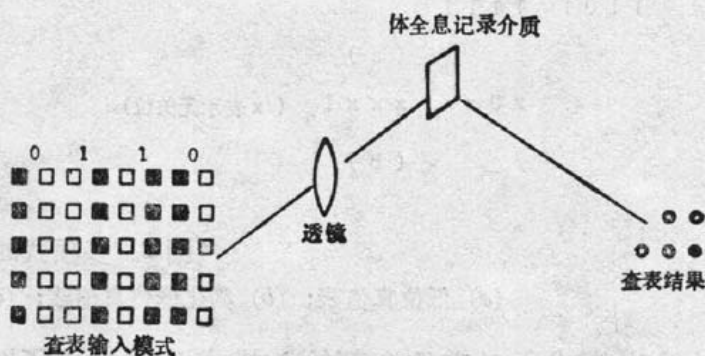


图5 查表过程原理图

的这个真值表模式的参考光点对应的探测器上得到的光强为0。若令模板上每一个透光元面积为“1”，再现光光强为 I ，若一次存储的衍射效率为 η ，则一个字长面积的再现光的衍射光强为 $I\eta$ 。当用查表输入模式去读参考光点时，如果查表输入模式与已存入的真值表模式中某一模式完全不匹配、只有一位匹配、只有两位匹配或只有三位匹配时，在原存入该模式的参考光点处的衍射光强分别为 $4I\eta$ 、 $3I\eta$ 、 $2I\eta$ 、 $I\eta$ 。如查表输入模式为 0110，则五个存储模式中只有一个模式与之匹配，即高位模式 01xx。所以只有在存这个模式时所用的参考光点对应的探测器上探测的光强为 0，其余的探测器上光强最少为 $I\eta$ 。如果把探测器设计为阈值探测器，当探测不到光时探测输出为 0，只要有光就为 1，则在低位真值表对应的探测器中只要有一个探测结果为 0，则低位结果为 1，否则低位结果为 0；同理，在高位真值表对应的探测器中只要有一个探测结果为 0，则高位结果为 1，否则高位结果为 0。这相当于对位探测结果作一次与非操作。显然，对 0110 模式来说，只有高位真值表中有一个模式与之完全匹配，则高位结果为 1，低位结果为 0，即运算结果为 10，符合 $F(x, y) = 2$ 的结果。

四、实验结果

图 6 给出了部分实验结果。当互补编码的真值表模式 1001 用参考光点存入以后，用查表

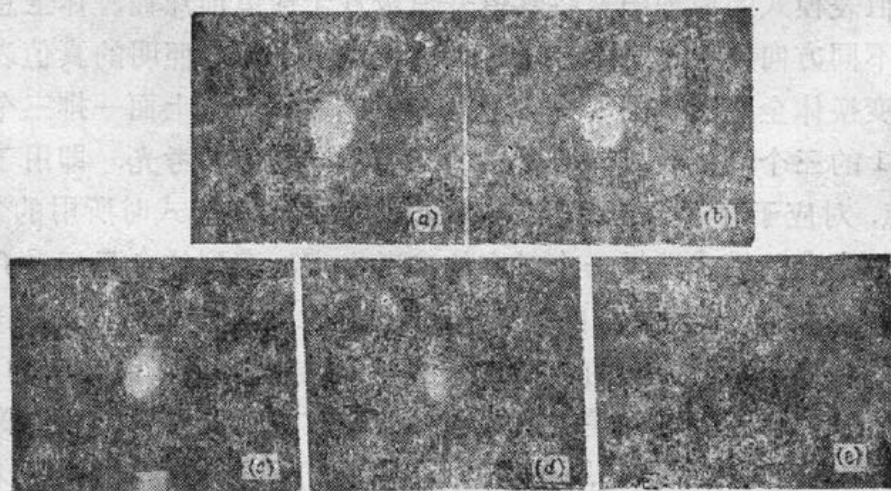


图6 部分实验结果

输入模式 0110 去读出参考光点时, 得到图 6(a) 的照像结果; 用查表输入模式 0111 去读出参考光点时, 得到图 6(b) 的照像结果; 用查表输入模式 1111 去读出参考光点时, 得到图 6(c) 的照像结果; 用查表输入模式 1011 去读出参考光点时, 得到图 6(d) 的照像结果; 最后用完全匹配的查表输入模式 1001 去读出参考光点时, 得到图 6(e) 的照像结果。完全匹配的图 6(e) 和仅有一位不匹配的图 6(d) 的结果有很大差异, 从照片上可以分辨得十分清楚; 当用光电探测器探测时, 也可以清楚地分辨, 证明这一互补编码的系统是可行的。

参 考 文 献

- 1 A. Huang, Proc. of the 1980 Int. Opt. Comput. Conf, SPIE 232(1980)
- 2 K. Brenner, A. Huang *et al.*, *Appl. Opt.*, **25**(18), 3054(1986)
- 3 C. C. Guest, T. K. Gaylord, *Appl. Opt.*, **19**(7), 1201(1980)
- 4 J. J. Hopfield, Proc. Natl. Acad. Sci. USA **79**, pp.2554(1982)
- 5 N. H. Farhat *et al.*, *Appl. Opt.*, **24**(10), 1469(1985)
- 6 T. K. Gaylord *et al.*, *Opt. Eng.*, **24**(1), 48(1985)
- 7 M. M. Mirsalehi, T. K. Gaylord, *Appl. Opt.*, **25**(14), 2377(1986)

~~~~~  
(上接第 29 页)

环面镜除补偿掠入射谱仪的像散以外还具有集光作用, 因此系统的接收立体角比较大, 一般可达  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  球面度。对于交叉狭缝系统, 为要达到一定的空间分辨, 狭缝不能太宽, 而光源不能紧靠狭缝, 故接收立体角较小, 一般为  $10^{-6}$  球面度或更小, 系统效率也就较低。此外环面镜还充当光路的中继元件, 使谱仪能远离光源, 这不仅能避免光源中的喷射物对谱仪的损坏, 而且在实际工作中, 当辐射源不能接近时, 带来很多方便。交叉狭缝系统则不然, 谱仪和辐射源要求尽可能靠近, 以达到适当的接收立体角。

然而环面镜系统仅对某一波长及其附近区域, 而不是对所有波长能同时达到消像散的目的。为要在另一波长上达到消像散, 必须重新安置和调整环面镜。此外由于其空间分辨能力随离子午面距离的增加而下降, 它不适用于广光源; 在这方面交叉狭缝系统显示出它的优越性。这种类似小孔成像系统的像差很小, 所以不仅适用于广光源, 在较大的空间范围里保持相同的空间分辨能力, 而且在整个光谱范围里同时各个波长上获得相同的空间分辨能力。

作者对上海感光胶片厂宋建时和张良梅等提供的无保护层 X 光底片表示深切的感谢。

### 参 考 文 献

- 1 J. A. R. Samson, Techniques of Vacuum Ultraviolet Spectroscopy, New York, J. Wiley & Sons, 1967, p.14
- 2 W. A. Rense, T. Violett, *JOSA*, **49**, 139(1959)
- 3 G. Tondello, *Opt. Acta*, **26**, 357(1979)
- 4 张正泉 *et al.*, 光学学报, **8**, 762(1988)
- 5 G. Tondello, E. Jannitti *et al.*, *Phys. Rev.*, **A16**, 1705(1977)