

积木式紧凑结构形态学处理器*

彭海峰 刘立人 殷耀祖 王之江

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘 要 利用偏振光互连, 发展起一种积木式紧凑结构形态学处理器, 它具有结构紧凑、体积小、抗环境干扰, 易于维护使用及高包装密度等优点。同时也给出了该处理器的实验结果。

关键词 偏振光互连, 积木式紧凑结构, 形态学处理器, 包装密度。

数学形态学在图像处理方面有着广泛的应用^[1, 2]。由于光学处理具有内在的并行性及高速性的特点, 近年来, 人们已发展起若干种光学形态学处理器系统^[3~5]。但是, 在所有这些系统中, 为实现形态学操作所需的邻域操作均是通过透镜等光学元件所构成的自由空间光互连进行, 因而这些系统体积庞大, 结构松散且易受到环境干扰的影响, 妨碍了这些系统的使用。

利用晶体的双折射效应, 通过不同偏振光学元件(晶片, 波片及旋光片等)的适当串联组合, 可构成具有不同邻域结构的偏振光互连单元。以偏振光互连代替自由空间光互连, 发展起一种积木式紧凑结构形态学处理器系统。它具有体积小, 结构紧凑, 易于维护使用等许多优点。同时, 由于偏振光学元件可以相当薄, 因而该系统拥有很高的包装密度。

1 形态学描述

形态学的两种最基本的操作为图像的“膨胀”及“腐蚀”。通过这两种操作的适当组合, 可构成所有的形态学操作。在光学实现中, 对于给定的双值图像 $A(x, y)$ 及结构元素 $S(x, y)$, 一般可利用光学卷积及相关来实现图像的“膨胀”及“腐蚀”操作, 表示如下

$$A(x, y) \oplus S(x, y) \rightarrow T_1(A(x, y) \otimes S(x, y)), \quad (1)$$

$$A(x, y) \ominus S(x, y) \rightarrow T_M(A(x, y) \star S(x, y)), \quad (2)$$

式中 \oplus 及 \ominus 分别代表膨胀及腐蚀操作, \otimes 及 \star 分别代表卷积及相关操作, T_1, T_M 代表取阈值1及 M (M 为结构元素中的像素数)。因而对于双值图像的“膨胀”及“腐蚀”操作, 即相当于对原图像按结构元素平移复制后的叠加结果取不同阈值。

2 处理器原理及其包装密度

2.1 原 理

* 国家科委 863 高科技项目及国家自然科学基金资助课题。

收稿日期: 1994年6月9日

单轴晶体具有双折射效应^[6]。当一束光垂直入射到晶片表面且与晶体光轴成 θ 角时，一般地，其出射光分为 o 光和 e 光，e 光对 o 光的偏移距离 Δ 可表为

$$\Delta = kt, \tag{3}$$

式中 t 为晶片厚度， K 值与 θ 角有关。于是适当调节晶体光轴取向或晶片厚度可改变 Δ 值的大小。这是偏振光互连的基础。图 1 示出了一种偏振光互连单元结构。它由三片方解石 (CP₁, CP₂, CP₃) 组成，各方解石晶片中光轴取向及厚度如图中所示。于是当一束具有一定偏振方向的单色光在入射点处入射时，经该互连单元后，在其输出平面上将分解为四束光，它们的出射位置分别为 (1, 0), (-1, 0), (0, 1) 及 (0, -1)。因而适当调节输入图像像素间距与互连单元匹配，可实现输入平面上一点与其相邻四点的互连。

以偏振光互连代替自由空间光互连，发展起积木式紧凑结构形态学处理器，如图 2 所示。系统由三部分组成：输入单元 ID，偏振光互连单元 POL Unite 及阈值单元。输入单元可以是 2D 空间光调制器或者是一模板。阈值操作可由电子器件实现，也可由光学功能元件，如空间光调制器 PROM 实现。由输入单元输入的图像经互连单元后，产生按偏振光互连单元的邻域结构平移的原图像的复制且它们叠加在一起。通过对叠加结果取不同阈值，即可实现“膨胀”及“腐蚀”操作。

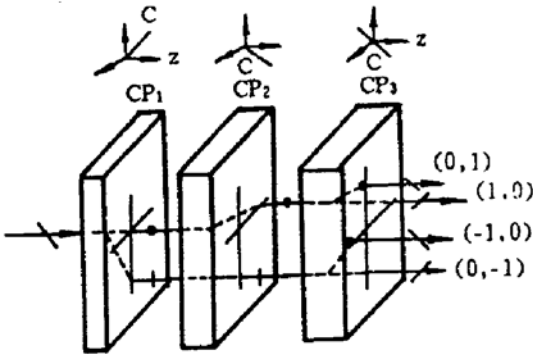


Fig. 1 Diagram of one kind of polarization-optical interconnection unit

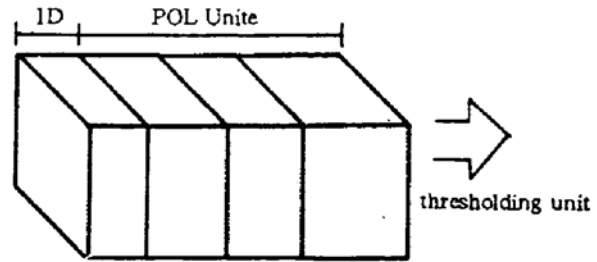


Fig. 2 Diagram of ready-assemble compact morphological processor

在该形态学处理器系统中，结构元素由系统中的偏振光互连单元决定。对于如图 1 所示的互连单元，与其对应的结构元素为 $S(x, y) = \{(1, 0), (-1, 0), (0, 1), (0, -1)\}$ 。由于偏振光学元件的高度透明性，可以利用多片偏振光学元件或多级偏振光互连单元的适当组合构成多种具有不同邻域结构的互连单元，对应地也就有多种不同的结构元素，达到对输入图像进行给定操作的目的。

2.2 包装密度

包装密度为输入图像单位面积像素数，由偏振光互连单元决定，本文只对如图 1 所示的互连单元的包装密度进行估计。设输入像素直径为 d ，CP₁, CP₂ 厚为 x ，则 CP₃ 为 $1.414x$ ，考虑到衍射效应，为了能在输出平面上分辨出最邻近的两像素，晶片厚度应满足如下条件

$$kt \geq d + 2.44(\lambda/d)(x + x + 1.414x), \tag{4}$$

式中 λ 为入射波长。于是包装密度 N 为

$$N \geq (kx)^{-2}. \tag{5}$$

对于自然切割的方解石晶片，(3)式中的 K 值约为 0.107。于是在入射波长为 $0.63 \mu\text{m}$ 时，当像素直径约为 $100 \mu\text{m}$ ，CP₁ 为 1.8 mm 时，可获得最大包装密度，约为 $30/\text{mm}^2$ 。

3 实验结果

利用如图 1 所示的偏振光互连单元, 对全固态形态学处理器系统进行了实验研究, 实验中, CP_1 , CP_2 为 18.4 mm, CP_3 为 25.6 mm, 输入图像像素直径为 1 mm, 像素中心距为 2 mm。图 3(a) 为输入图像, 图 3(b) 为经互连单元后的输出结果。对此结果取最小阈值 1, 即可获的图像的“膨胀”操作。

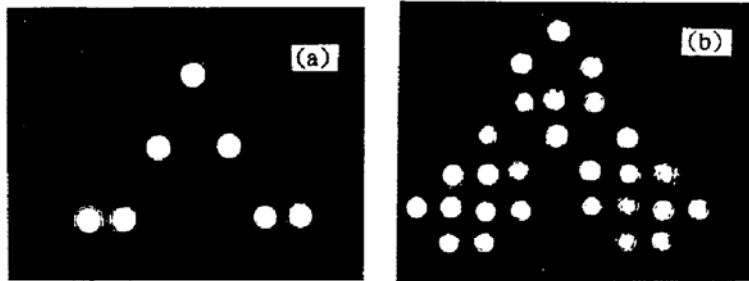


Fig. 3 Experimental result

(a) Input image, (b) Output result after polarization-optical interconnection unit

结 论 本文利用偏振光互连代替自由空间光互连, 发展起一种积木式紧凑结构形态学处理器。通过不同偏振光学元件的串联组合, 可以构成多种具有不同邻域结构的互连单元, 分别对应于不同的结构元素, 达到对输入图像实行给定操作的目的。与以往的光学形态学处理器相比, 该系统结构紧凑, 体积小且易于维护使用。同时也具有极高的包装密度。

为了说明该处理器的原理, 以双值图像处理为例进行。对于灰度图像的处理, 通过选取适当的编码方法^[7], 如面积编码, 同样可在该系统上进行。

参 考 文 献

- [1] R. M. Haralick, S. R. Sternberg, X. Zhuang, Image analysis using mathematical morphology. *IEEE Tran. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1987, **PAMI-9**(4): 532~550
- [2] J. Serra, *Image analysis and Mathematical morphology*, London, Academic Press, 1982
- [3] G. E. Lohmann, K. H. Brenner, Morphological optical image processor. *Proc. SPIE*, 1990, **1319**: 161~163
- [4] J. Garcia, T. Szoplik, C. Ferreira, Optoelectronic morphological image processor. *Opt. Lett.*, 1993, **18**(22): 1952~1954
- [5] L. Liu, Optoelectronic implementation of mathematical morphology. *Opt. Lett.*, 1989, **14**(10): 482~484
- [6] M. Born, E. Wolf, *Principles of Optics*, New York, Pergamon press, 1975, Chapter 14
- [7] L. Liu, Optical implementation of parallel fuzzy logic, *Opt. Commun.*, 1989, **73**(3): 183~187

Ready-Assemble Compact Morphological Processor

Peng Haifeng Liu Liren Yin Yaozu Wang Zhijiang

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

(Received 9 June 1994)

Abstract Based on the polarization-optical interconnection unit, ready-assemble compact morphological processor with high packaging density is developed. It is compact in structure, insensitive to environmental disturbance and effective in performance. Experimental results are given.

Keywords polarization-optical interconnection, ready-assemble, compact morphological processor, packaging density.