

# 积木式数学形态学处理器模块\*

熊巍 彭海峰 殷耀祖 刘立人

(中国科学院上海光机所, 上海 201800)

**提要** 提出一种新型的偏光堆栈技术,成功地实现了积木式数学形态学处理器、列阵照明器及 PROM 器件的模块化包装。实验表明该技术具有结构简单紧凑、易于组装、数据处理密度高和抗环境干扰等优点。

**关键词** 数学形态学,列阵照明

## 1 引言

数学形态学在图像处理中占有重要的地位<sup>[1]</sup>。由于光学处理的并行性、直观性等优于电子计算机的特性,数学形态学处理的光学实现日益受到人们的重视<sup>[2,3]</sup>。传统的自由空间光学系统具有处理高密度数据的潜力,但体积大,结构松散,调整较为复杂,不利于实用推广。所以光学处理系统的紧凑化、模块化日趋重要。将入射光分成二维光束阵列的列阵照明器是光学并行处理系统中的关键单元之一<sup>[4]</sup>,它的三维集成也是很多研究者的兴趣所在。已有人用方解石偏光互连法实现多通道网络<sup>[5]</sup>,但将类似元件用于并行图像处理还未见报道。利用方解石的双折射分光特性获得聚焦的二维阵列光束已有文献发表<sup>[6]</sup>,然而应用偏光元件简捷地实现平行推进光束列阵照明的途径还有待进一步探索。

本文提出一种新型的偏光堆栈技术,成功地实现了积木式数学形态学处理器、列阵照明器及 PROM 器件的模块化包装。该技术结构简单紧凑,使用元件制作方便,堆栈组装的对准要求较低,胶合后模块具有较好的抗环境干扰的稳定性;偏光堆栈模块可达到很高的数据处理密度(10~100 pixel/mm);所生成的二维阵列平行光束相邻间处于正交偏振状态,干涉串扰小。另外,对模块的部分元件进行调整可实现不同功能,模块的组合可构成多种并行处理器,应用灵活方便。

## 2 单元模块

这里构成列阵照明和形态学处理器的基本偏光模块主要是方解石片以及旋光片和波片。由于单轴晶体的双折射效应,方解石片既可分束也可合束(原理见图1)。旋光片和波片则用以控制光束的偏振状态。

\* 本课题得到中国科学院、863 和国家基金的资助。

收稿日期: 1994年10月31日; 收到修改稿日期: 1995年1月16日

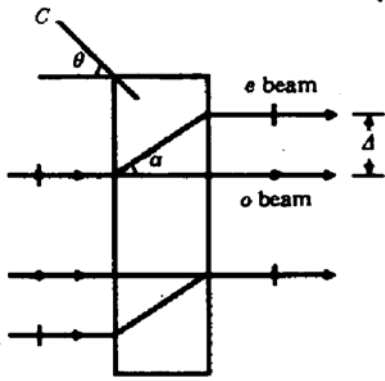


Fig. 1 Beam splitting and combination in a calcite plate by double refraction

单轴晶体的双折射效应如图 1 所示。光束在主截面内垂直入射晶体,出射后一般被分为寻常光(o 光)和非常光(e 光),间隔为

$$\Delta = \text{tg}\alpha \cdot t = \frac{t}{2} \frac{n_o^2 - n_e^2}{n_o^2 \sin^2\theta + n_e^2 \cos^2\theta} \sin 2\theta \quad (1)$$

其中  $t$  为晶体厚度,  $\alpha$  为  $e$  光在晶体内的偏折角,  $n_o$  和  $n_e$  是晶体的  $o$  折射率和  $e$  折射率,  $\theta$  为入射光线法线与晶体光轴的夹角。通过改变晶体的厚度可以控制产生所需的偏移间隔。

### 3 堆栈式偏光近域互连

图 2 所示的是一种偏光近域互连模块。图中  $CP_1$  的主截面平行于纸面,  $CP_2$  的主截面垂直于纸面,  $CP_3$  的主截面与  $CP_1$ 、 $CP_2$  的成  $45^\circ$  角。半波片将入射线偏光的偏振方向调整至所需位置。通过输入面  $(i, j)$  点的入射光经过该模块后分成四束分别对应输出面的  $(i, j - 1)$ 、 $(i, j + 1)$ 、 $(i - 1, j)$  和  $(i + 1, j)$  四个点, 由此输入面上的每个点都与其上下左右的四个点产生互连。如果输入一点间隔为 1 的二值图像, 则输出图像每点的像素值等于该点邻近四个输入像素值之和。采用不同的偏光元件组合可实现其他形式的互连。

在我们的设计中, 输入图像为 1 mm 间隔的  $16 \times 16$  二值离散像, 则方解石基本厚度为 9.19 mm。

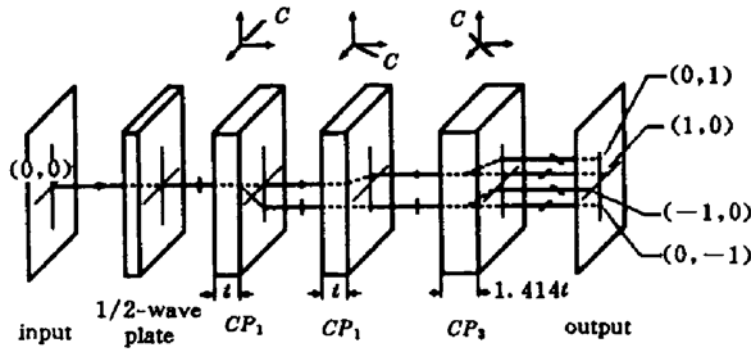


Fig. 2 Schematic diagram of a kind of polarization-optical neighborhood interconnection module. The principal section of  $CP_3$  forms a  $45^\circ$  angle with that of  $CP_1$  or  $CP_2$  ( $CP_{1\sim 3}$ ; calcite plates)

### 4 积木式三维集成列阵照明器

光学并行处理需要并行推进的二维阵列光束作为照明。原则上说, 可用  $45^\circ$  旋光片和不同厚度的偏振分光片堆栈组合成  $2^n \times 2^n$  列阵照明器。然而大块纯粹的方解石天然晶体较为少见, 所以我们采用棱镜组合来代替厚偏振分光片实现其大间隔分光作用(见图 3)。图 4 中的  $16 \times 16$  列阵照明器, 在 632.8 nm 波长下方解石片每分光 1 mm 的基本厚度  $t$  为 9.19 mm,  $45^\circ$  石英旋光片的厚度是 2.40 mm。棱镜组合将入射单光束分为  $4 \times 4$  阵列, 后面的偏光元件再对其四次分光形成  $16 \times 16$  的光束阵列。由于出射光为平行光, 在衍射情形许可的条件下可垂直截取光束的任意位置作为列阵照明。

### 5 数学形态学处理器模块

数学形态学是一种重要的图像算法体系,其中两个最基本的操作是“扩”和“缩”。对二值图像经所需近域互连处理的输出结果取阈值就可实现“扩”或“缩”<sup>[3]</sup>。由此我们在图 2 所示的偏光互连模块后增加取阈模块——双胶合棱镜和 PROM(Pockels 空间光调制器<sup>[7]</sup>),前面再配以 16×16 列阵照明器,就构成了一个完整的、紧凑包装的、16×16 像素的数学形态学处理器(如图 4)。这里的结构元是  $S = \{(0, -1), (0, 1), (-1, 0), (1, 0)\}$ 。

为避免取高阈值时容易出现的误操作,可根据数学形态学中的定义

$$A \ominus S = (A^c \oplus \bar{S})^c \tag{2}$$

通过进行“扩”和求补联合实现图像的“缩”。

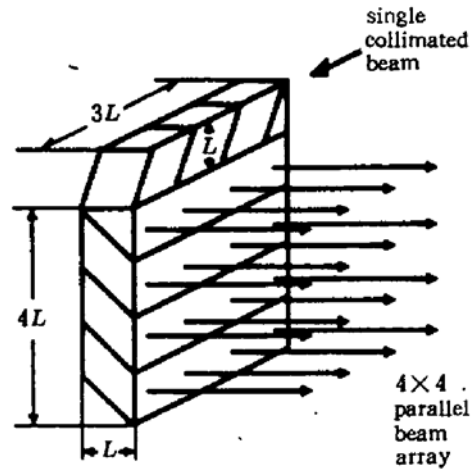


Fig. 3 The prisms' beam-splitting.  $L$  is equal to the interval between output neighborhood beams

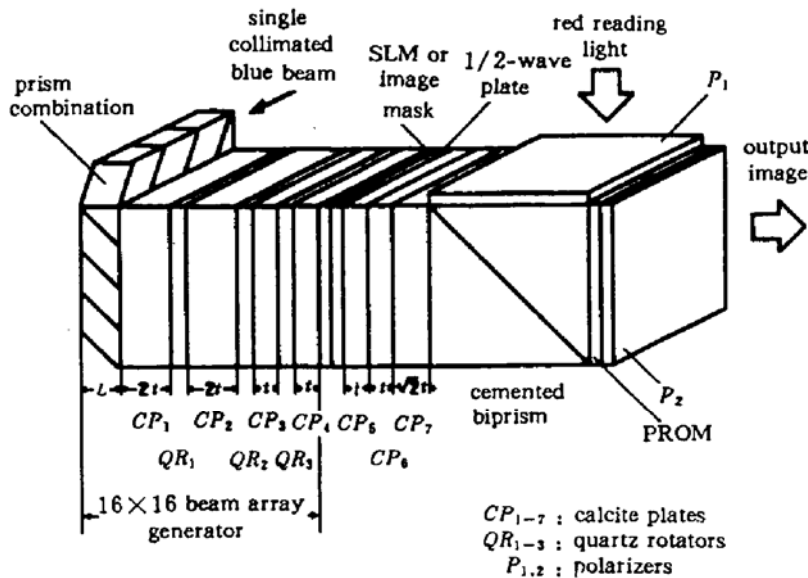


Fig. 4 Schematic diagram of a compact morphological processor

当然,采用不同的偏光互连模块可进行多种结构元的操作;也可按照输入像的规格对列阵照明器的光学元件组合进行调整。

### 6 实验结果

我们设计组装了一个 1 mm 间隔、16×16 像素的数学形态学处理器。图 5 (a) 为经列阵照明器照明的输入图像,图 5(b) 为其“扩”处理的结果。

### 7 结 语

由上可见一体化的数学形态学模块具有紧凑、抗环境变化等优点,特别是方解石和旋光片、波片具有平移一致性,因此组装十分方便。这些器件具有较高的透光率和分束比,系统效率

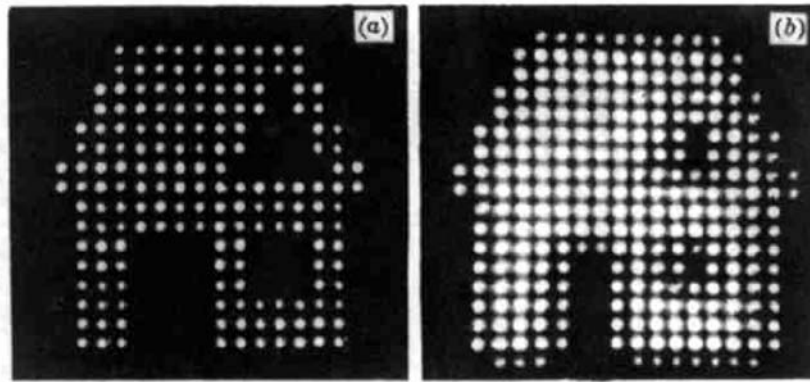


Fig. 5

(a) input binary image ( $16 \times 16$  pixels); (b) output image after dilation

高。尤其应当强调的是,如果像素密度越高则所需分光间隔越小,因而偏振分光片越薄从而越易获得,处理器模块的相对体积也就越小。所以,这种数学形态学模块尤其适合高密度的光学并行处理。本文仅讨论了实现形态学基本操作的原理。事实上,采取适当的算法,有可能实现全部形态学处理功能,因此本处理器模块具有实用化前景。

### 参 考 文 献

- 1 J. Serra. *Image Analysis and Mathematical Morphology*. New York, Academic Press, 1982. 15
- 2 K. S. Huang, B. K. Jenkins, A. A. Sawchuk. Binary image algebra and optical cellular logic processor design. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1989, 45 : 295
- 3 L. Liu. Optoelectronic implementation of mathematical morphology. *Opt. Lett.*, 1989, 14 : 482
- 4 N. Streibl. Beam shaping with optical array generators. *J. Modern Opt.*, 1989, 36 : 1559
- 5 K. Noguchi, K. Hogari, T. Sakano *et al.*. Rearrangeable multichannel free-space optical switch using polarisation multiplexing technique. *Electr. Lett.*, 1990, 26 : 1325
- 6 T. W. Stone, J. M. Battiato. Optical array generation and interconnection using birefringent slabs. *Appl. Opt.*, 1994, 33 : 182
- 7 B. A. Horwitz, F. J. Corbett. The PROM-theory and applications for the Pockels readout optical modulator. *Opt. Eng.*, 1978, 17 : 353

## A Morphological Processor Module by Building Blocks

Xiong Wei Peng Haifeng Yin Yaozu Liu Liren

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

**Abstract** A novel polarization-optical integration technique is proposed to assemble the module-packaging of the beam array generator, morphological processor, and PROM device by the stacking of building blocks. It is shown that the technique is simple and compact in construction, easy to align, capable for high data density and insensitive to environment.

**Key words** mathematical morphology, optical array generation