

并行多通道模式识别系统的研究

聂守平 李爱民 刘 峰 卞松玲 陶纯堪
(南京理工大学 432 教研室, 南京, 210014)

摘要: 本文研究了在相干光和非相干光照明下, 微透镜阵列的并行处理特性, 并利用这种特性构造了并行多通道模式识别系统。

关键词: 微透镜阵列 并行处理 模式识别

Study of the parallel multichannel pattern recognition system

Nie Shouping, Li Aimin, Liu Feng, Bian Songling, Tao Chuncan
(No. 432 Teaching and Research Section, Nanjing University of Science and Technology)

Abstract: The parallel processing property of microlens arrays under coherent and incoherent illumination has been studied. Using this kind of property, parallel multichannel pattern recognition system has been structured.

Key words: microlens arrays parallel processing pattern recognition

四、结 论

采用衍射模式选择反射镜代替传统的球面反射镜, 可以使谐振腔具有很强的模式选择能力。通过适当选取腔长和反射镜的大小, 还可使这种选模能力达到最佳。本文着重从理论上分析了该模式选择方法的可行性。

应该指出的是, 由于衍射光学元件的位相分布可以是任意的, 因此该模式选择方法不仅仅只对基模有效, 它可以适用于任何其它模式。也就是说, 所要选择的模式其场分布可以是任意的, 只需将这种场分布函数代入(7)式中就行。这是该模式选择方法的一个显著的优点。

参 考 文 献

- 1 徐启阳. 激光基础. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987: 164
- 2 Veldkamp W B, McHugh T J. Binary Optics. Scientific American, 1992; 266(5): 92
- 3 Feldman M R. Laser Focus World, 1994; 30(10): 143
- 4 Goodman J W. Introduction to Fourier Optics. New York: McGraw-Hill, 1968: 48
- 5 Catts Y A. Laser Focus World, 1992; 28(2): 87

作者简介: 张国平(附照片), 男, 1969年2月出生。博士研究生。现从事二元光学的理论与应用技术的研究工作。

叶嘉雄, 男, 1936年11月出生。教授。现从事自适应光学与激光技术的研究工作。

李再光, 男, 1929年出生。教授, 博士生导师。现从事激光技术的研究工作。

收稿日期: 1995-04-22



一、引 言

目前在光学图象处理领域中, 主要侧重于单透镜光学变换系统的研究。但是, 对多通道并行处理系统的结构、算法的研究还远远不够, 为适应智能计算机系统对图象处理的要求, 尚需深入研究并行体系结构、算法及光学和光电混合实现。

在光计算和光学图象处理中, 常常要求在相干光或非相干光照明下物的多路成象或者将物体的谱复制成一系列谱的阵列, 以便充分发挥光子作为信息载体所具有的高速度、并行性和巨大的互连能力, 这就要求光学元件微型化、轻量化, 由原来的分立器件向阵列器件发展。就产生二维再现现象而言, 主要的方法有: 位相光栅^[1]、全息光学元件^[2]、针孔阵列^[3, 4]、多焦点全息透镜^[5]和自聚焦平面微透镜阵列^[6, 7]等。实践证明位相光栅难以实现好的均匀性; 全息元件难以消除不必要的衍射噪音且制作困难; 针孔阵列衍射效率较低; 多焦点全息透镜对全息介质要求很高。

自聚焦平面微透镜阵列是采用将平面光刻工艺和变折射率离子交换工艺相结合制成的一种新型的光子阵列器件, 具有微型、集成和变折射率三大特点, 体现了集成光学、微小光学和变折射率光学交叉的特点。由于自聚焦平面微透镜阵列单元透镜直径小(可小于 10 μ m), 可构成密集的, 规则排列的并行光信息通道, 就单个光学元件来说, 其光子特性完全一样, 但就整个阵列而言, 又有独特功能。阵列光均匀性好, 可多重成象, 形成二维图象阵列; 光轴彼此平行, 具有联级性, 可应用于矩阵-矢量相乘, 光学互连; 另外, 还具有准直、聚焦、耦合简单、使用方便等特点。因此, 在信息领域有许多重要应用, 一般应用于准直功能, 会聚功能, 多重成象, 多重匹配, 多重滤波和图象相关识别。

下面, 我们就具体讨论平面微透镜阵列多路成象及多路傅氏变换的原理, 并给出实验结果, 同时利用平面微透镜阵列构造并行多通道模式识别系统。

二、多通道傅氏变换和多路成象的原理

用自聚焦平面微透镜阵列实现多通道傅氏变换和多路成象的原理, 如图 1 所示。系统由

一个微透镜阵列和两个普通透镜完成输入图象的多路傅氏变换。其中, 微透镜阵列 L₁ 和透镜 L₂ 是共焦的, 它们共同产生不同方向的平行光用以并行多通道处理。输入图象位于透镜 L₂ 的后焦面上, 其傅氏变换由傅氏变换透镜 L₃ 完成。由于微透镜阵列 L₁ 的后焦面 (x₀, y₀) 和傅氏平面 (ξ, η) 是共轭的, 所以在傅氏平面上各个谱的位置和微透镜阵列 L₁ 中的各个透镜存在一一对应的关系。下面用傅氏变换的方法对多通道傅氏变换加以分析。

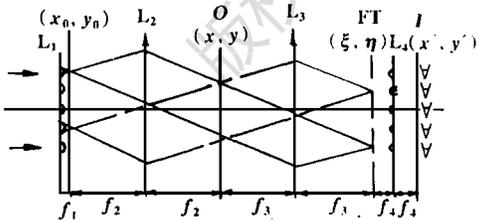


Fig. 1 Theory of multiple fourier transform and multiple imaging

以分析。

设微透镜阵列的间距为 a, 系统所使用的光波波长为 λ, 则在透镜 L₁ 后焦面(x₀, y₀) 上的光场分布为:

$$u(x_0, y_0) = A_0 \sum_{-N}^N \sum_{-M}^M \delta(x_0 - na, y_0 - ma) \quad (1)$$

式中, N, M 分别为微透镜阵列在两个方向上透镜数目的一半, 若输入面(x, y) 上图象的透过

率分布为 $g(x, y)$, 则通过它之后的光场分布为:

$$u(x, y) = A_0 \sum_{-N}^N \sum_{-M}^M \exp(j 2\pi a \frac{nx + my}{f_2}) g(x, y) \tag{2}$$

谱面 (ξ, η) 上的光场分布为:

$$\begin{aligned} u(\xi, \eta) &= \mathcal{F}[u(x, y)] = A_0 \sum_{-N}^N \sum_{-M}^M \delta(\xi - \frac{na}{f_2}, \eta - \frac{ma}{f_2}) * \mathcal{F}[g(x, y)] \\ &= A_0 \sum_{-N}^N \sum_{-M}^M G(\xi - \frac{na}{f_2}, \eta - \frac{ma}{f_2}) \end{aligned} \tag{3}$$

式中, $G(\xi, \eta) = \mathcal{F}[g(x, y)]$, $\xi = x/(f_3)$, $\eta = y/(f_3)$ 。由(3)式可知, 在谱面上确实得到了一个目标的多重谱的分布, 且谱的个数与实际参与的微透镜数相同。若设相邻两个谱之间的间距为 b , 则根据几何光学可知: $b = a \cdot f_3/f_2$ (4)

若要得到物体的多重再现现象, 只需将上面得到的谱的阵列进行傅氏逆变换, 即:

$$u(x', y') = \mathcal{F}^{-1}[u(\xi, \eta)] = A_0 \sum_{-N}^N \sum_{-M}^M \exp(j 2\pi \frac{na}{f_2} x' + j 2\pi \frac{ma}{f_2} y') g(x', y') \tag{5}$$

这在系统中可以通过增加一个平面微透镜阵列 L_4 来完成, L_4 的前焦点和谱面重合。

三、实验研究

1. 非相干光照明

如图 2 所示为非相干光照明情况下多路成象系统图, 系统中所用微透镜阵列的参数如

Table 1 Parameters of microlens arrays

aperture	focal length	numerical aperture	array number	center distance
0.9mm	4.2mm	0.11	10×10	2mm

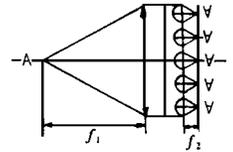


Fig. 2 Multiple imaging system under incoherent illumination

表 1 所示。如图 3a 和图 3b 所示为多路成象的结果。

2. 相干光照明

在相干光照明情况下, 采用如图 1 所示光路进行多路傅氏变换, 所使用的微透镜阵列如图 4 所示, 其后焦面光强分布如图 5 所示。

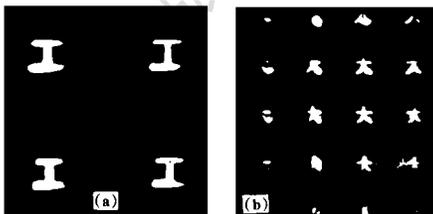


Fig. 3 Results of multiple imaging under incoherent illumination

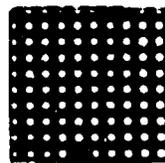


Fig. 4 Microlens arrays

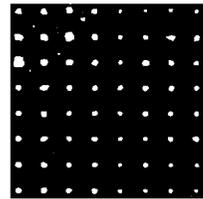


Fig. 5 Distribution of light intensity on the back focal plane of microlens arrays

实验中所用透镜参数如表 2 所示。实验中输入图象字符“+”, 如图 6 所示为频谱面上得到的多重谱的阵列, 如图 7 所示为再现现象的阵列。

从上面的实验结果可以看出, 在相干光和非相干光照明下平面微透镜阵列能够完成输入目标的多重傅氏变换和多路成象, 这就将以往的光学并行单通道处理上升到了并行多通道, 尤

其在相干光照明下形成了彼此完全相同的目标谱的阵列。

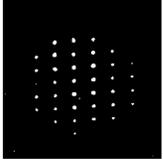


Fig. 6 Multiple spectrum Fig. 7 Duplicate images arrays

3. 并行多通道模式识别系统^[8]

对微透镜阵列特性的研究,根本目的是要将其应用在模式识别系统中。在光学模式识别中,4f 系统是最常用的一种,系统谱面上放置的是单个滤波器,属于并行单通道处理系统。下面我们利用平面微透镜阵列的特性,将此系统改造成并行多通道处理系统,如图 8 所示。

在这个系统中, L₃ 和 L₄ 是两个微透镜阵列, L₃ 和 L₁ 共同产生方向不同的平行光束分别读取 CRT 的目标,在谱面上形成如图 6 所示的谱的阵列,这就可以在谱面上放置一组滤波器与目标相关,通过综合各个滤波器的相关输出结果,对输入目标的真假做出正确的判断。系统的特点是用一组滤波器而不是单个滤波器和目标相关,这样一方面降低了对原来单个滤波器的要求,另一方面却提高了识别精度。

四、结 论

研究了平面微透镜阵列在相干光和非相干光照明下的多路成象和多路傅氏变换的特性,给出了实验结果。同时利用平面微透镜阵列这种特性将普通的 4f 系统改造成了并行多通道模式识别系统。

本文的研究得到了中科院西安光机所刘德森研究员、朱传贵博后的指导,在此表示谢意。

参 考 文 献

- 1 Boivin L P. Appl Opt, 1972; 11(8):1782~ 1792
- 2 Kumar A S, Vasu R M. Opt Engng, 1989; 28(8): 903~ 908
- 3 Kolodziejczyk A. Opt Acta, 1985; 32(6): 741~ 746
- 4 Kolodziejczyk A. Opt Commun, 1986; 59(2): 97~ 102
- 5 Gregory D A , Liu H K. Appl Opt, 1984; 23(24): 4560~ 4570
- 6 刘德森,梅锁海. 光学学报, 1992; 12(6): 533~ 539
- 7 Hamanaka K, Nenoto H, Masahiro O *et al.* Appl Opt, 1990; 29(28): 4064~ 4070
- 8 聂守平. 三维目标旋转畸变不变光电混合模式识别系统. 博士论文,南京理工大学, 1995



作者简介: 聂守平,男,1967年11月出生。博士,讲师。现从事光电技术科研与教学工作。

收稿日期: 1995-05-22 收到修改稿日期: 1995-09-02

Table 2 Parameters of main devices of multiple fourier transformation

	aperture	focal length	numerical aperture	array number	center distance
L ₁	0.9mm	4.2mm	0.11	10×10	2mm
L ₂	36mm	50mm	0.36		
L ₃	50mm	100mm	0.25		

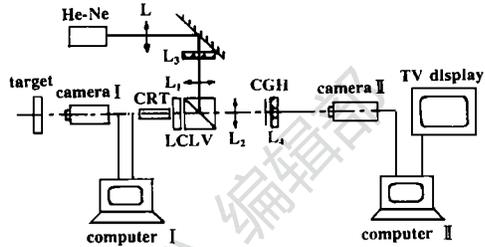


Fig. 8 Parallel multichannel pattern recognition system