

## 一种新型的多通道光学相关器

秦伟芳 王汝笠<sup>△</sup> 陈高峰 严义坝

(中国科学院上海技术物理研究所光电工程研究中心, 上海, 200083)

0437.4

**摘要** 提出了一种基于铁电体液晶空间光调制器的多通道光学相关器, 它利用了由电寻址空间光调制器的方格状结构所产生的高级衍射现象, 同时给出了初步的实验结果。

**关键词** 光学相关器, 液晶, 空间光调制器,

光学模式识别

## 引言

光学相关器在光学模式识别中具有高速和并行的特点, 对于多目标的识别、实时信息处理和文字识别等具有重要的意义。一般, 用 Vander-Lugt 相关器 (Vander-Lugt Correlator, 简称 VLC) 完成多目标识别有两种方法: 一种是被识别目标和参考物体进行匹配、不断更新参考物体的匹配滤波器; 另一种方法是被识别目标同时和许多不同的物体进行匹配的多路结构, 这种方法可以并行实现。第一种方法比第二种方法相对慢一些<sup>[1]</sup>。G. Keryer<sup>[2]</sup>等提出了光学多通道联合变换相关器的结构。我们已研制出以自聚焦透镜列阵为分束器件的  $3 \times 3$  路光学模式识别系统原理样机, 和以 Dammann 光栅为分束器件的  $10 \times 10$  路光学模式识别系统原理样机<sup>[3]</sup>。本文在空间光调制器的发展基础上, 提出了一种基于铁电体液晶空间光调制器的多通道 VLC 结构。多通道的结构可以从电寻址空间光调制器的象元引起的高级次衍射来得到, 每一路单独完成相关运算, 这样可省去自聚焦透镜列阵和 Dammann 光栅分束器件, 简化系统结构。这个系统可以高速、并行地完成相关识别。

## 1 原理

这个系统基于傅里叶变换的原理 (见图 1)。空间光调制器是光学信息处理中的关键器件, 它置于透镜的前焦面。我们采用 Boulder Nonlinear System 公司研制的  $128 \times 128$  象元的二值铁电体液晶空间光调制器, 它的象元间距很小 ( $33.3 \mu\text{m}$ ), 因而衍射现象很强。为简便起见, 我们先对一维的情况进行公式推导, 象元的振幅反射以透射 (透过和不透过) 表示。每个象元的填充因子为  $\alpha^2$ , 其中  $\alpha = a/d$ ,  $a$  是象元有效部分 (图像显示部分) 的宽度,  $d$  是象元间的间距 ( $30 \mu\text{m}$ )。如果有一  $s(x)$  的图象显示在空间光调制器上, 则  $s(x)$  被梳状函数 ( $\text{III}(x)$ ) 采样, 输入平面可表示为

$$E(x) = \sum_{n=-N/2}^{N/2} \text{rect}(x/a) * [s(x)\delta(x - nd)], \quad (1)$$

如果象元数  $N$  很大, 则相应的频谱  $\Sigma(v)$  可表示为

$$\Sigma(v) = \frac{a}{d} \text{sinc}(av) \{S(v) * \text{II}_{1/d}(v)\} = \frac{a}{d} \text{sinc}(av) \sum_{n \in N} S(v - n/d). \quad (2)$$

式(2)中乘积第一项是对每个不同的  $S(v)$  复制项的调制, 空间光调制器的填充因子为 54% (即 54% 为金属反射带). 我们采用  $3 \times 3$  阵列, 并只考虑  $\Sigma(v)$  的一级频谱, 则可得到:

$$\Sigma(v) = \frac{a}{d} \text{sinc}(av) [S(v) + S(v - 1/d) + S(v + 1/d)]. \quad (3)$$

在设计匹配滤波器阵列时, 我们暂忽略附加位相的影响, 匹配滤波器采用二元纯位相计算全息匹配滤波器. 透镜的焦距  $F=180\text{mm}$ , 光的波长  $\lambda=670\text{nm}$ , 象元间的间距  $d=30\mu\text{m}$ , 这样 0 级和  $\pm 1$  级谱的间距为  $\lambda F/d \approx 4\text{mm}$ . 图 2 为空间光调制器的衍射图. 从图(2)可以看出,  $\pm 1$  级衍射很强, 实验可以证明, 对应 0 级和  $\pm 1$  级位置匹配滤波器的自相关峰同样很强, 可以很好地判断出输入图像.

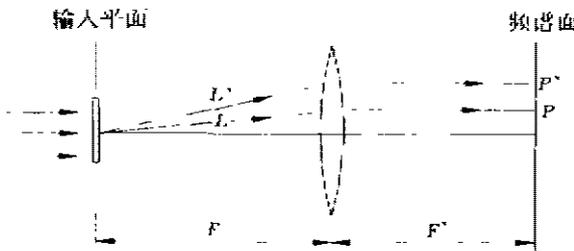


图 1 傅里叶变换原理图

Fig. 1 The principle diagram of Fourier Transform

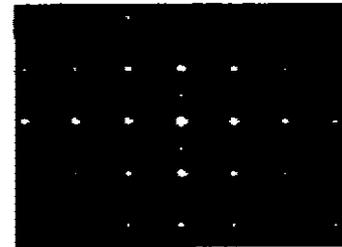


图 2 空间光调制器的衍射图

Fig. 2 Diffraction pattern of the FLCSLM

## 2 结构

图 3 为多通道光学相关器的结构示意图, 这个装置是传统的 Vander-Lugt 相关器结构.

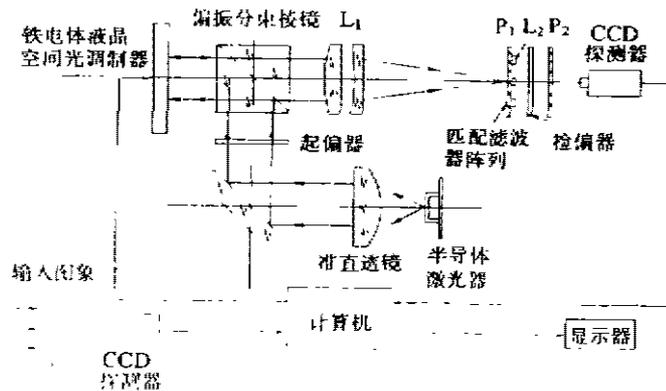


图 3 多通道光学相关器的结构示意图

Fig. 3 Multiple-channel optical correlator architecture

采用波长为 670nm 的半导体激光器,光束经扩束和准直后透射到铁电体液晶空间光调制器上,通过透镜  $L_1$  后形成多路分束.每一通道都包含有输入物体,图 4 为显示在空间光调制器上的输入图像.空间光调制器位于透镜  $L_1$  的前焦面,在  $L_1$  的后焦面  $P_1$  上可以得到傅里叶变换的频谱.二元纯位相计算全息匹配滤波器置于  $P_1$ ,阵列的中心距为 4mm,刚好和衍射的 0 级和  $\pm 1$  重合.自聚焦透镜阵列  $L_2$  的前焦面和透镜  $L_1$  的后焦面重合.经过傅里叶反变换后在  $P_2$  处形成相关输出,经 CCD 探测器探测后输入计算机.这个结构非常紧凑,并高速、并行地完成运算,我们利用这一多路光学相关器来进行多目标识别.



图 4 显示在空间光调制器上的输入图像  
Fig. 4 Input image displayed on the SLM

### 3 初步结果

鉴于现有的匹配滤波器的限制,我们用单个匹配滤波器的移动来实现了  $3 \times 3$  幅图像目标识别的实验,以图 5 所示的二值飞机图象为原图制成  $3 \times 3$  二元纯位相计算全息匹配滤波

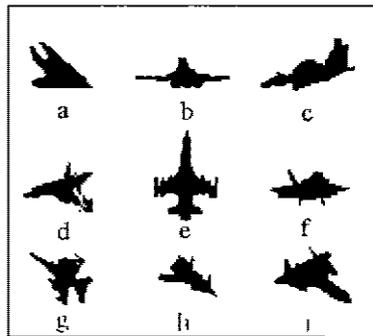


图 5 匹配滤波器的原图

Fig. 5 The original images of the matched filters

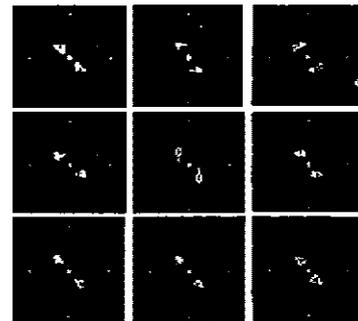
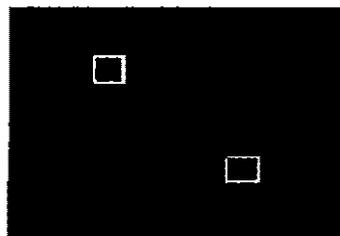
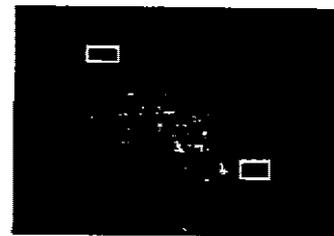


图 6 匹配滤波器的脉冲响应

Fig. 6 Impulse response of the matched filters



(a)



(b)

图 7 实验结果

(a) 输入未知图像为“a”的相关输出结果 (b) 输入未知图像为“e”的相关输出结果

Fig. 7 Experiment results

(a) correlation result of the input image of “a” (b) correlation result of the input image of “e”

器阵列分别对应于各衍射级(0, ±1级). 图6为匹配滤波器的脉冲响应. 图7为实验得到的相关峰强度(由CCD探测器探测, 经采集卡输入到计算机, 方格内为相关峰). 输入的未知图象为“a”和“e”. 我们可看到未知的目标可以清楚地被识别.

#### 4 结语

我们介绍了一种利用电寻址液晶光阀衍射作用的多路光学相关器结构. 它省去了自聚焦透镜阵列和 Dammann 光栅分束器件, 简化了系统结构. 它具有结构简单、运算速度快的特点. 在计算量大的相关过程情况下, 这种多路光学相关器结构尤为适应.

#### REFERENCES

- 1 Wang R, *et al.* *SPIE*, 1996, **2752**, 173~181
- 2 Keryer G, *et al.* *Opt. Comm.*, 1995, **118**, : 102~113

#### A NWE TYPE OF MULTICHANNEL OPTICAL CORRELATOR

QIN Wei-Fang WANG Ru-Li CHEN Gao-Feng YAN Yi-Xun

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

**Abstract** A multichannel Vander-Lugt Correlator (VLC) based on Ferroelectric Liquid Crystal Spatial Light Modulator (FLC SLM) was proposed. It takes advantage of the existence of higher diffraction orders generated by the pixeling effect of electrically addressed SLM (EASLM). The preliminary experimental results were given.

**Key words** optical correlator, liquid crystal, spatial light modulator.