

漫反射物的实时互相关运算*

王天及 杨世宁 李耀棠 张世超
(中国科学院广州电子技术研究所)

提 要

发展一种价格便宜、体积小、操作方便的空间光调制器——液晶电视，完成非相干-相干转换。由BSO晶体构成的实时光学相关器完成漫反射物的实时互相关运算。
关键词：液晶电视空间光调制器；光折变晶体硅酸铋；实时光学相关器。

一、引 言

漫反射物的实时互相关运算是二维透明物实时互相关运算的深入和扩展。作者曾用光折变晶体 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (BSO) 以及非晶态膜 As_2S_3 作记录介质装置了两个透明片的接合变换实时光学相关器^[1~3]。这种实时光学相关器由于免去人为制作空间滤波器的繁琐步骤，故可实现两个透明片的实时互相关，并在特征识别中有潜在的实际应用。然而，被检测物和参考物必须以透明片的形式存在，但客观存在的待识别物多数是“漫射式”，或是以自然光(非相干光)照明的形式存在。因而如何实现两个漫反射物或被非相干光照明的图像的实时互相关，乃是一个亟待解决的实际问题。

Duthie 等人用液晶像转换器制成紧凑的实时光学相关器^[4]。Liu^[5] 和 Mcewan^[6] 等人提出把市售廉价的液晶电视加以改造后，构成一种既便宜又易制取的空间光调制器。基于这种思想，我们改装一台液晶电视，用在漫反射物实时光学相关器中，作为非相干-相干转换器件而完成利用 BSO 晶体的实时互相关运算。

二、液晶电视空间光调制器

液晶电视可改装成一种电寻址式的空间光调制器。我们用屏尺寸为 71(水平)×53(垂直)mm²、像素数 160×130 Pixels 的 CITIZEN 08TA-OH 黑白液晶电视，图 1 是改装后的空间光调制器的照片。拆掉液晶电视屏上原有的毛玻璃以及偏振膜片，经电子线路的适当修改后，使其能接收外加的视频信号，再换上优质的偏振片，便可直接将 TV 摄像机输出的视频信号，实时地显示在液晶电视屏上。

图 2 示出液晶电视空间光调制器的工作原理。两块玻璃板与液晶接触的内面分别有水平和垂直电极，在玻璃板的外表面分别置两个互相平行的偏振片。在两透明电极之间，未加电场时偏振面被扭转，向列液晶分子旋转 90°，此时没有光透过第二个偏振片。施加电场

收稿日期：1989年1月16日；收到修改稿日期：1989年4月12日

* 本工作获得国家自然科学基金会的资助。

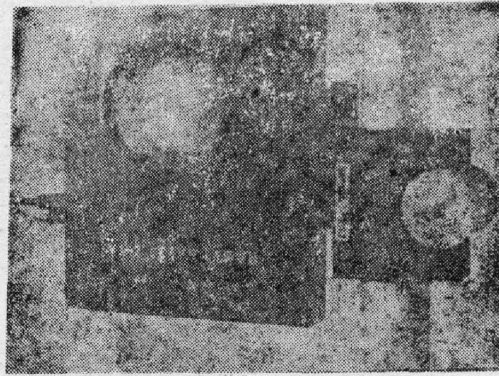


Fig. 1 Photograph of the LCTV spatial light modulator

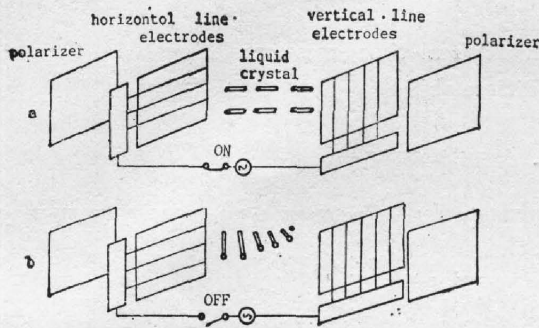


Fig. 2 Operating principle of the LCTV spatial light modulator

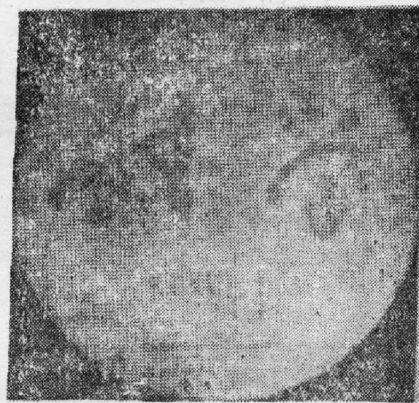


Fig. 3 Photograph of the coherent reverse image via LCTV spatial light modulator

时,液晶分子的扭转和倾斜被改变,在电场方向排列整齐,并导致光的透过。这时被 TV 摄像机摄入的图像转换成电讯号而输入到液晶电视。用相干光束照射液晶电视的屏幕,就有相干的像读出,于是液晶电视空间光调制器便完成了非相干-相干的转换。图 3 所示为漫射物通过液晶电视空间光调制器后转换的相干像的照片。

三、漫射物的实时互相关运算系统

通过液晶电视空间光调制器,把漫反射物的非相干光图像转换为相干输出的图像,便可输入到使用 BSO 晶体的接合变换实时相关器中进行运算。

此实时运算系统如图 4 所示。漫射物 T 被非相干光照明后由 TV 摄像机输入到 LCTV,用 λ_1 同时并行照明 LCTV 屏和参考物 R ,在 BSO 晶体上记录了 R 与 T 的体全息图^[7]。再用 $\lambda_2 = 633\text{nm}$ 的氦-氖激光再现该相位体全息图,经过傅里叶变换后,在透镜 L_2 的后焦平面上所观察到的衍射图样的表达式为

$$|T(x_3, y_3)|^2 = \delta(x_3, y_3) + \beta^2 \left| A \otimes A^* + B \otimes B^* + A \otimes B^* \otimes \delta\left(x_3 - 2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}, y_3\right) + A^* \otimes B \otimes \delta\left(x_3 + 2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}, y_3\right) \right|^2$$

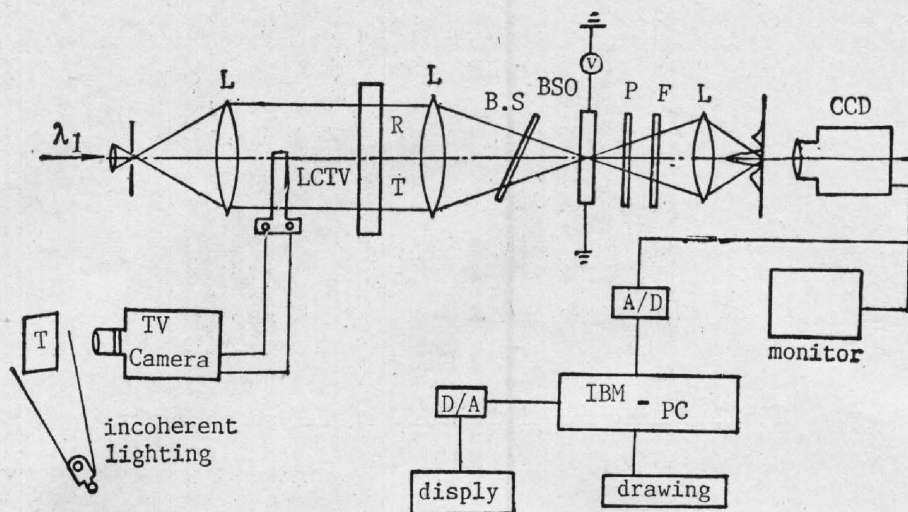


Fig. 4 Experimental arrangement for real-time cross correlating operation on diffuse object

R 与 T 的互相关峰是各距中心位置 $\left| 2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1} \right|$ 的两个亮点。

BSO 晶体尺寸 $10 \times 10 \times 2 \text{ mm}^2$, GE-2 型 BSO 晶体高压偏置电源对 BSO 晶体施以电场电压为 6 kV/cm 。在晶体 $\langle 110 \rangle$ 方向加横向偏压, 光束在 $\langle \bar{1}10 \rangle$ 方向射入记录全息图。

在相关输出平面, 用一线阵 CCD 摄像机 (2048) 对相关峰进行扫描记录, 信号经 A/D 转换, 进入 IBM-PC 机处理分析, 由自动绘图仪绘出相关峰。

四、结果与讨论

图 5 示出参考物和检测物的原始照片及其互相关峰照片。实验中我们使用了两个相同的英文词 “Optics” 分别作参考物和检测物。对相关峰的亮度值作了相对测量。当检测物的结构改变时, 相关峰的亮度亦随之以不同程度衰减。表 1 示出了变动检测物 “Optics” 单

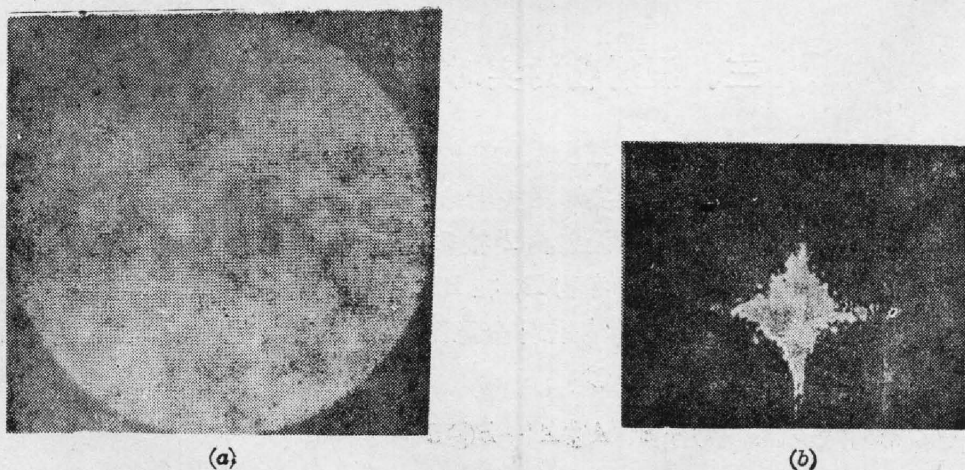


Fig. 5

(a) tese object; (b) cross correlation peak

Table 1 Relative value of correlation peak when the test object changed

reference object	Optics	Optics	Optics	Optics	Optics	Optics
test object	Optics	t	ti	tis	ptics	Optics
average value of measzrment	1.391	1.126	1.220	1.274	1.306	1.326

词中若干字母时, 所测得的相关峰亮度的相对值。图 6 是两个完全相同的单词输出的互相关峰亮度二维扫描图。

液晶电视空间光调制器作非相干光-相干光的图像转换器, 既廉价又方便。把它与光折变晶体 BSO 接合变换实时相关器结合起来, 完成漫射物的实时互相关运算, 是本研究工作的特色之一。此外, 把实时相关识别, 同时与相关峰功率谱的分析结合起来, 也是相关识别工作的一个进步。

在相关检测中, 如果检测物、参考物皆位于输入面的 x 轴上, 那么其互相关峰便会出现在输出面的 x 轴上, 它们是对称于 y 轴的两个亮点, 其位置坐标分别位于 x 轴的 $2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}$ 和

$-2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}$ 处。当记录波长和读出波长一定时, 互相关峰到中心点的距离 $\left| 2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1} \right|$, 与参考物和检测物中心点之间的距离 ξ 有关, 也与透镜 L_1 和 L_2 的焦距有关。如果 ξ 的值发生变化, 我们必须调整记录光束 λ_1 和读出光束 λ_2 之间的夹角 θ_n , 因为 $\sin \theta_n = \frac{\lambda_2 \xi}{\lambda_1 f_1}$ 。从表 1 的测试结果不难看出, 当检测物与参考物完全相同时, 相关峰的相对值最高, 随着相同成份减少, 相关峰的相对值逐渐下降。

本文的研究内容不包括检测目标畸变的情况。检测目标在尺度、方向、方位(旋转)等改变状态下, 其互相关运算另题研究。

参加本工作的还有范少武和温焕荣两位同志。

参 考 文 献

- [1] 王天及;《光学学报》, 1983, 3, No. 9 (Dec), 828~831.
- [2] T. J. Wang; "Conference of ICO-13", (Sappor '84, 1984), 166.
- [3] T. J. Wang; "Image Science '85", (Otanimi, Finland, 1985).
- [4] J. D. Duthine, J. Upatnieks; *Opt. Eng.*, 1984, 23, No. 1 (Jan), 7~11.
- [5] H. K. Liu; *Opt. Lett.*, 1985, 10, No. 12 (Dec), 635~637.
- [6] J. A. Mcewan, et, al.; *J. Opt. Soc. Am.*, 1985, A2, No. 1, (Jan), 8~11.
- [7] C. Michael et al.; *Opt. Lett.*, 1987, 12, No. 8 (Aug), 549~551.

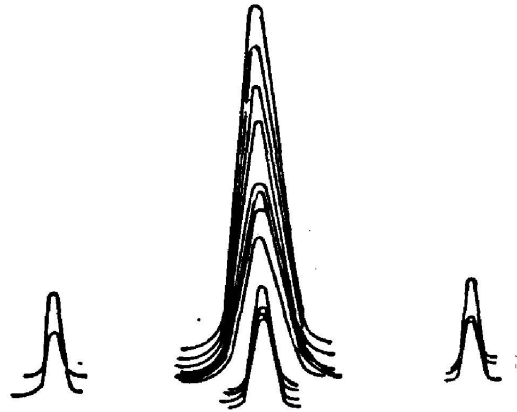


Fig. 6 Relative value of 2-D scanning correlation peak

Real time cross correlating operation on diffuse object*

WANG TIANJI, YANG SHINING, LI YAOTANG AND ZHANG SHIOHAO
(Guangzhou Institute of Electronic Technology, Academia Sinica)

(Received 16 January 1989; revised 12 April 1989)

Abstract

Reported in this paper is a cheap, compact and convenient spatial light modulator — liquid crystal television (LCTV). Conversion of incoherent to coherent of image by the LCTV is obtained. A joint transform optical correlator with BSO crystal implemented real-time cross correlating operation on diffuse object.

Key words: liquid crystal television spatial light modulator; photorefractive crystal BSO; real time optical correlator.

* This work was supported by the Nature Science Foundation of China.