

自抽运相位共轲镜的反射率特性 用于图像变化的检测*

王向朝¹⁾ 佐々木修己²⁾ 阿部贵志²⁾ 铃木孝昌²⁾ 于丹阳³⁾ 王学锋¹⁾ 方祖捷¹⁾

1), 中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800
2), 新泻大学, 日本新泻 950-2181
3), 上海大学材料科学与工程学院, 上海 201800

摘 要 自抽运相位共轲镜的入射光有一个空间非均匀的相位变化时, 变化后瞬间相位共轲镜的反射率减小。利用此特性检测了液晶显示片图像的变化。

关键词 相位共轲镜, 光折变晶体, 光检测。

1 引 言

近年来, 相位共轲镜(PCM)已成为光信息处理、光检测等领域受到广泛注目的光学元件。由于可以实现光增幅, 可以产生相位共轲光等, 故作为一种光学元件, 它具有许多普通的光学元件所没有的新功能。它的各种应用正在被广泛研究, 如用于图像处理、实时全息术、干涉测量、相位失真补偿、空间光调制、光计算等^[1-7]。本研究提出了相位共轲镜的一个新的应用。用自抽运相位共轲镜(SPPCM)产生自抽运相位共轲光(SPPCW), 利用自抽运相位共轲镜的反射率特性检测一个液晶显示片(LCD)图像的变化。液晶显示片输入图像的变化部分作为自抽运相位共轲光的暗区检出。与检测图像变化的电子电路处理方法相比, 此光学处理方法具有可高速处理的优点。

2 原 理

相位分布为 α_0 的光束入射到自抽运相位共轲镜上后, 与相位分布 α_0 对应的光栅在自抽运相位共轲镜内形成, 产生自抽运相位共轲光。当入射光相位有一个空间均匀的变化 $\Delta\alpha$ 时, 自抽运相位共轲镜内的光栅不受损伤, 它的反射率不受影响, 因此, 自抽运相位共轲光的强度不变化^[7-9]。如果入射光的相位变化 $\Delta\alpha$ 空间不均匀, 与不均匀变化部分对应的自抽运相位共轲镜内的光栅受到损伤, 对应于变化部分的自抽运相位共轲光的强度减弱^[10]。图 1 表示了 $\Delta\alpha$ 为空间非均匀相位变化时, 自抽运相位共轲光的强度随时间变化的一个例子。这里将相位变

* 本工作得到中国科学院“百人计划”的资助。

收稿日期: 1999-02-05

化前处于稳定状态时的自抽运相位共轭光的强度 I_{sp} 设为 1。在 $t = 0$ 处入射光加入非均匀相位变化 $\Delta\alpha$ 后, I_{sp} 瞬间减少。之后随着对应于新相位分布的光栅在自抽运相位共轭镜内逐渐形成, I_{sp} 增加, 在 $t = T_3$ 处达到新的稳定状态。本研究中入射光的相位变化使用了液晶显示片。向液晶显示片输入图像信息后, 入射光具有与此图像信息相对应的相位分布。当输入到液晶显示片的图像发生变化时, 入射光的相位分布随之变化。由于液晶显示片的像素间有微小空隙, 入射光相位分布的变化为空间非均匀, 这使得与输入图像的变化部分对应的自抽运相位共轭光的强度减少。因此, 检测自抽运相位共轭光的暗区可测知图像的变化。

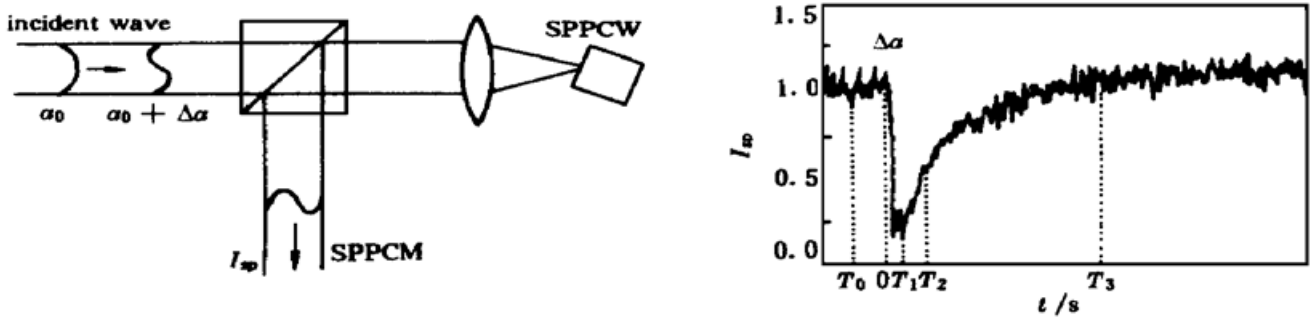


Fig. 1 Intensity change of the SPPCW with time before and after the phase of the incident wave changes in a spatially nonuniform manner

3 实 验

图 2 为实验装置。光源为波长 514.5 nm 的氩离子激光器。图 1 中的自抽运相位共轭镜采用 $6\text{ mm} \times 6\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 的 KNSBN·Cu 晶体。液晶显示片的像素数为 264×320 。每个像素的大小为 $90\text{ }\mu\text{m} \times 80\text{ }\mu\text{m}$ 。像素间间隔为 $10\text{ }\mu\text{m}$ 。激光由透镜 L_1 、 L_2 扩束为直径 12 mm 的平行光照射到液晶显示片上。向液晶显示片输入 1 与 -1 的一个 2 值图像。对应于 1 值与 -1 值, 入射到晶体上光束的相位分别为 0 与 π 。通过液晶显示片的平行光由透镜 L_3 会聚后, 入射到晶体上。入射光与晶体的 c 轴成 60° 角。产生的自抽运相位共轭光被分束器 BS_1 反射。在等于到液晶显示片的距离处, 强度分布与输入的图像相对应。此位置称为像平面(Image plane)。将此面上的自抽运相位共轭光的强度分布称之为输出图像。自抽运相位共轭光由分束器 BS_2 分开。透镜 L_4 、 L_5 将输出图像分别成像到光检出器 PD 与 CCD 上。输入图像变化部分的自抽运相位共轭光强度 I_{sp} 随时间的变化由 PD 检出, 经 A/D 转换后送入计算机 PC_2 。输出图像通过图像数字转换器(image digitizer)送入计算机 PC_2 。

Fig. 2 Experimental apparatus

首先将图 3(a) 所示均匀的 1 值图像送入液晶显示片。然后如图 3(b) 所示, 将其中 30×30 像素的图像数值改变为 -1。检测出的 I_{sp} 随时间的变化如图 1 所示。图 1 里输入图像变化前的

$I_{sp} = 1$ 的时间设为 T_0 。变化后 $I_{sp} = 1/4, 1/2, 1$ 的时间分别设为 $t = T_1, T_2, T_3$ 。在 $t = T_0, T_1 = 0.8 \text{ s}, T_2 = 1.8 \text{ s}, T_3 = 10.0 \text{ s}$ 处, 用 CCD 检测了输出图像。图 4 给出了检测结果。几乎与输入图像变化的同时, 输入图像的变化部分作为暗区在输出图像中显现出来。此后, 暗区的光强渐渐接近输入图像未变化部分的光强, 直至相等。因此检测 $t = T_1$ 附近 I_{sp} 接近最小值处的输出图像即可正确测出输入图像的变化部分。液晶显示片每个像素的非方形使得图 4 里的暗区呈长方形。

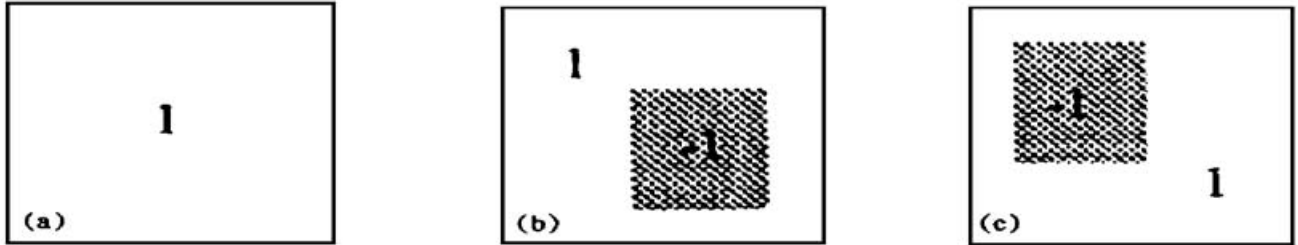


Fig. 3 Input to the LCD

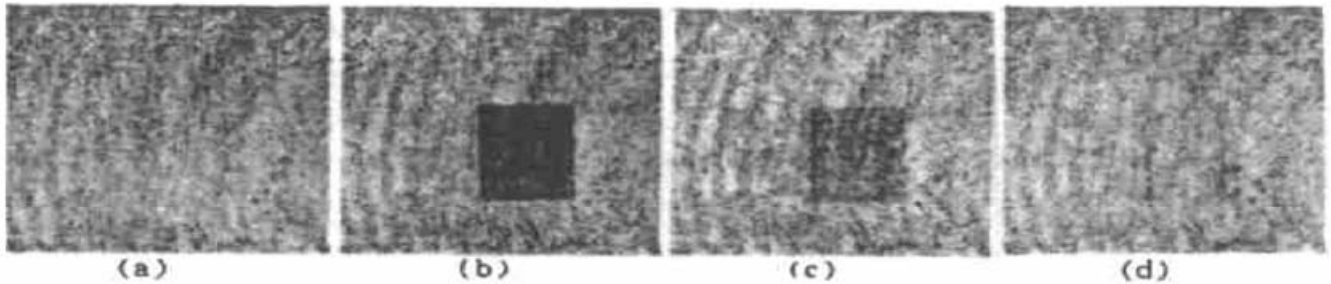


Fig. 4 Output images detected at $t = T_0 \sim T_3$. (a) $t = T_0$, (b) $t = T_1$, (c) $t = T_2$, (d) $t = T_3$

其次将图 3(b) 里数值为 -1 的部分向左、向上分别移动 15 像素得到图 3(c)。将其输入给液晶显示片。在 $t = T_1$ 附近测得的输出图像如图 5(a) 所示。暗区的左上部分对应的输入图像数值从 1 变化为 -1 。右下部分对应的数值从 -1 变化到 1。图 3(c) 送入液晶显示片前后输入图像中央部分的数值均为 -1 , 故图 5(a) 里中央部分非暗区。输出图像沿横向的一维强度分布 I_{sp} 如图 5(b) 所示。输入图像中未变化部分的 I_{sp} 值设为 1 的话, 输出图像暗区的 I_{sp} 值约为 0.25。这与图 1 里 $t = T_1$ 处的 I_{sp} 值近似相等。图 5 表明, 输出图像中的明暗界限清晰。图像中的暗区正确给出了输入图像的变化部分。

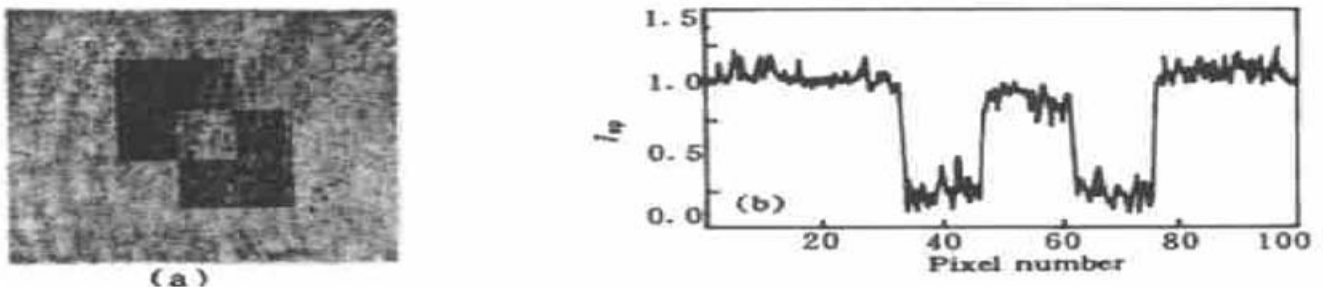


Fig. 5 (a) Output image detected after changing the input image, (b) 1-D intensity distribution

结 论 利用入射光的相位分布非均匀变化时自抽运相位共轭镜的反射率特性, 本文提出了通过测知相位共轭光的强度分布检测一个图像变化的新方法。输入图像的变化部分作为输出图像的暗区容易用 CCD 检出。实验结果表明, 输出图像的暗区正确地与输入图像的变化部分相对应。用本文提出的方法可正确检测输入图像的变化。

参 考 文 献

- [1] Chiou A E, Yeh P. Parallel image subtraction using a phase-conjugate Michelson interferometer. *Opt. Lett.*, 1986, **11**(5) : 306~ 308
- [2] Dunning G J, Marom E, Owechko Y *et al.*. All-optical associative memory with shift invariance and multiple-image recall. *Opt. Lett.*, 1987, **12**(5) : 346~ 348
- [3] Yariv A. Phase conjugate optics and real-time holography. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1978, **QE-14**(9) : 650~ 660
- [4] Vlad V I, Malacara D, Petris A. Real-time holographic interferometry using optical phase conjugation in photorefractive materials and direct spatial phase reconstruction. *Opt. Engng.*, 1996, **35**(5) : 1383~ 1388
- [5] Sharp E J, Wood G L, Clark III W W *et al.*. Incoherent-to-coherent conversion using a photorefractive self-pumped phase conjugator. *Opt. Lett.*, 1992, **17**(3) : 207~ 209
- [6] Qiu Y S, Li H, Lu T S *et al.*. Optical logic operations with self-pumped phase-conjugation output in photorefractive materials. *Opt. Commun.*, 1993, **98**(1~ 3) : 29~ 32
- [7] Wang X, Sasaki O, Takebayashi Y *et al.*. Sinusoidal phase-modulating Fizeau interferometer using a self-pumped phase conjugator for surface profile measurements. *Opt. Engng.*, 1994, **33**(8) : 2670~ 2674
- [8] Feinberg J. Interferometer with a self-pumped phase-conjugate mirror. *Opt. Lett.*, 1983, **8**(11) : 569 ~ 571
- [9] Tomita Y, Yahalom R, Yariv A. Phase shift and cross talk of a self-pumped phase-conjugate mirror. *Opt. Commun.*, 1989, **73**(5) : 413~ 418
- [10] Wang X, Sasaki O, Suzuki T *et al.*. Response characteristics of a self-pumped phase-conjugate mirror to spatially nonuniform phase changes of an incident wave and their applications. *Opt. Engng.*, 1995, **34**(4) : 1184~ 1190

Detection of Image Changes Utilizing the Reflectivity Characteristic of a Self-Pumped Phase-Conjugate Mirror

Wang Xiangzhao¹⁾ Osami Sasaki²⁾ Takashi Abe²⁾ Takamasa Suzuki²⁾
 Yu Danyang³⁾ Wang Xuefeng¹⁾ Fang Zujie¹⁾

1), Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800

2), Niigata University, Niigata 950-2181, Japan

3), School of Materials Science and Engineering, Shanghai University, Shanghai 201800

(Received 5 February 1999)

Abstract When the phase of an incident wave on a self-pumped phase-conjugate mirror changes in a spatially nonuniform manner, the reflectivity of the phase-conjugate mirror decreases immediately after the phase change. This characteristic is used for detecting image changes of a liquid crystal display.

Key words phase-conjugate mirror, photorefractive crystal, optical testing.