

# 使用非晶态 $As_2S_3$ 膜的接合变换 实时光学相关器\*

王 天 及

(中国科学院广州电子技术研究所)

## 提 要

使用非晶态  $As_2S_3$  膜作为接合变换光学处理器的非线性记录材料, 实现两个相同透明图片之间的实时互相关。在接合变换处理器中使用氩离子激光器的  $4880 \text{ \AA}$  波长的光来记录参考物和检测物的傅里叶变换谱, 记录的同时用氩-氟激光器的  $6328 \text{ \AA}$  波长的光读数。作者利用这种装置在输出平面上实时地观察到相同的透明指纹照片和相同的字符照片的互相关峰。

## 一、引 言

自从1963年出现 Vander Lugt 滤波的频率平面模片的方法以后, 在相干光学信息处理的领域中, 人们利用 Vander Lugt 滤波器有效地控制传递函数的振幅和相位<sup>[1]</sup>。在图象特征识别这一领域中, Vander Lugt 综合技术的应用一直受到人们的关注, 这是因为在综合出匹配滤波器运算的各输出项中有一项本身就是人们所感兴趣的互相关函数。但是, 这种方法有许多实验操作上的麻烦和限制。近年来由于一些新型全息记录材料的出现, 人们不断地探索使用新型的全息记录材料, 设计操作简便的实时光学相关器。1981年 H. Tiziani 和 T. Wang<sup>[2]</sup> 设计出使用  $Bi_{12}SiO_{20}$  晶体的实时光学相关器并成功地应用于指纹的实时识别。本文试图用中国科学院上海硅酸盐研究所研制的 A-1-75(1) 型非晶态膜<sup>[3]</sup> 作为非线性记录材料设计了接合变换处理器, 并成功地获得两个相同指纹以及两个相同字符透明片的互相关峰。

## 二、实验装置

使用非晶态  $As_2S_3$  膜的接合变换实时光学相关器的实验装置如图1所示。一束  $\lambda_1 = 4880 \text{ \AA}$  的氩离子激光器的光经准直系统后产生一平行光束均匀地照射两个透明图片 A 和 B。A 和 B 并排地置于  $P_0$  平面上, 经透镜  $L_1$  作傅里叶变换, 非晶态  $As_2S_3$  膜置于透镜  $L_1$  的后焦面  $P_1$  上,  $P_1$  也是透镜  $L_2$  的前焦面。使用  $\lambda_2 = 6328 \text{ \AA}$  的氩-氟激光束读出在非晶态  $As_2S_3$  膜上形成的图谱。在透镜  $L_2$  的后焦面  $P_2$  上用 TV 系统接收互相关峰信号。 $\lambda_2$  的入射角要进行调整, 须使其满足布拉格条件, 以便衍射出相关峰, 膜的厚度大约  $10 \mu$ , 氩-氟激

收稿日期: 1982年10月6日; 收到修改稿日期: 1983年1月31日

\* 本文应邀在1983年4月18~22日内瓦举行的'83 SPIE 国际技术会议上宣读。

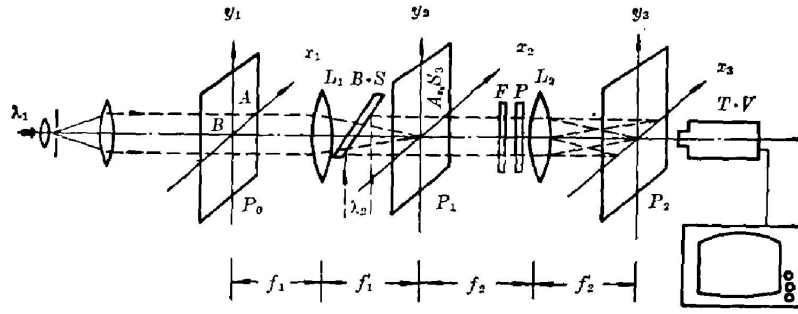


图 1 接合变换实时光学相关器的装置

Fig. 1 Joint transform real-time optical correlator configuration

光束以适当的角度  $\theta$  入射, 以适合于主空间频率  $\sin \theta = \frac{\lambda_2}{2A}$ , 其中  $A = \frac{\lambda_1 f_1'}{2\xi}$ , 在我们实验的情况里取  $\theta \approx 2^\circ$ , 滤光片  $F$  和偏振片  $P$  可以抑制输出的散射噪声, 改善输出的信噪比。

### 三、接合变换实时光学相关器的分析

设  $A$  和  $B$  是两个待比较的信号, 或称  $A$  为参考物函数,  $B$  为检测物函数。两个透明图片并排地放在  $P_0$  平面内的  $x_1$  轴上,  $A$  与  $B$  的中心距离为  $2\xi$ , 它们的坐标分别是  $A(x_1 - \xi, y_1)$  和  $B(x_1 + \xi, y_1)$ 。经  $L_1$  进行傅里叶变换后, 在非晶态  $As_2S_3$  膜上记录了  $A$  和  $B$  变换的强度, 即

$$\begin{aligned} I(x_2, y_2) &\propto |FT[A(x_1 - \xi, y_1)] + FT[B(x_1 + \xi, y_1)]|^2 \\ &= |\exp[-i2\pi\xi x_2 / \lambda_1 f_1] a\left(\frac{x_2}{\lambda_1 f_1}, \frac{y_2}{\lambda_1 f_1}\right) \\ &\quad + \exp[i2\pi\xi x_2 / \lambda_1 f_1] b\left(\frac{x_2}{\lambda_1 f_1}, \frac{y_2}{\lambda_1 f_1}\right)|^2 \\ &= aa^* + bb^* + ab^* \exp[-i2\pi 2\xi x_2 / \lambda_1 f_1] + a^* b \exp[i2\pi 2\xi x_2 / \lambda_1 f_1] \end{aligned} \quad (1)$$

非晶态  $As_2S_3$  膜经  $\lambda_1 = 4880 \text{ \AA}$  波长的光照射后其折射率的变化与  $I(x_2, y_2)$  成比例, 用  $\lambda_2 = 6328 \text{ \AA}$  波长的光去读所形成的相位体积全息图时其复透射率应为

$$t(x_2, y_2) = \exp[i\beta I(x_2, y_2)] \quad (2)$$

光致相位的变化是很小的, 即  $\beta I(x_2, y_2) \ll \frac{\pi}{2}$ , 所以  $As_2S_3$  的透射率可以写为

$$t(x_2, y_2) \approx 1 + i\beta I(x_2, y_2) = t'(x_2, y_2) \quad (3)$$

在  $L_2$  的后焦面上可以得到一个衍射图样, 即  $t'(x_2, y_2)$  的逆变换:

$$FT^{-1}[t'(x_2, y_2)] = F, T^{-1}[1 + i\beta I(x_2, y_2)] \quad (4)$$

将(1)式代入(4)式, 然后进行运算, 则有

$$\begin{aligned} T'(x_3, y_3) &= FT^{-1}[t'(x_2, y_2)] = \delta(x_3, y_3) + i\beta [A \otimes A^* + B \otimes B^* \\ &\quad + A \otimes B^* \otimes \delta\left(x_3 - 2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}, y_3\right) + A^* \otimes B \otimes \delta\left(x_3 + 2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}, y_3\right)] \end{aligned} \quad (5)$$

式中  $\otimes$  为卷积运算符号。在  $L_2$  后焦面上观察到的衍射图样正比于  $|T'(x_3, y_3)|^2$ , 则

$$|T'(x_3, y_3)|^2 = \delta(x_3, y_3) + \beta^2 \left| A \otimes A^* + B \otimes B^* + A \otimes B^* \otimes \delta \left( x_3 - 2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}, y_3 \right) + A^* \otimes B \otimes \delta \left( x_3 + 2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}, y_3 \right) \right|^2. \quad (6)$$

(6)式右边第一项为中心亮点;  $| \quad |^2$ 中的第一、二项是自相关项,显然也位于中心处;第三、四项即是我们感兴趣的互相关项。这两个互相关峰的中心位置应分别在

$$\begin{cases} x_3 = 2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}, \\ y_3 = 0, \end{cases} \quad \begin{cases} x_3 = -2\xi \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1}, \\ y_3 = 0. \end{cases}$$

#### 四、实验结果

图2表示使用非晶态  $As_2S_3$  膜的接合变换实时光学相关器所得到的一组参考物和检测物之间的互相关峰的照片。照片是直接 from TV 屏上实时拍摄的。图2(a)是两个汉字“光”的互相关峰,图2(b)是两个相同指纹透明照片的互相关峰。在用指纹透明照片进行检测的实验中,用大量相同的指纹对进行检测,都出现相关峰,而用两个相异的指纹透明照片检测则不出现相关峰。

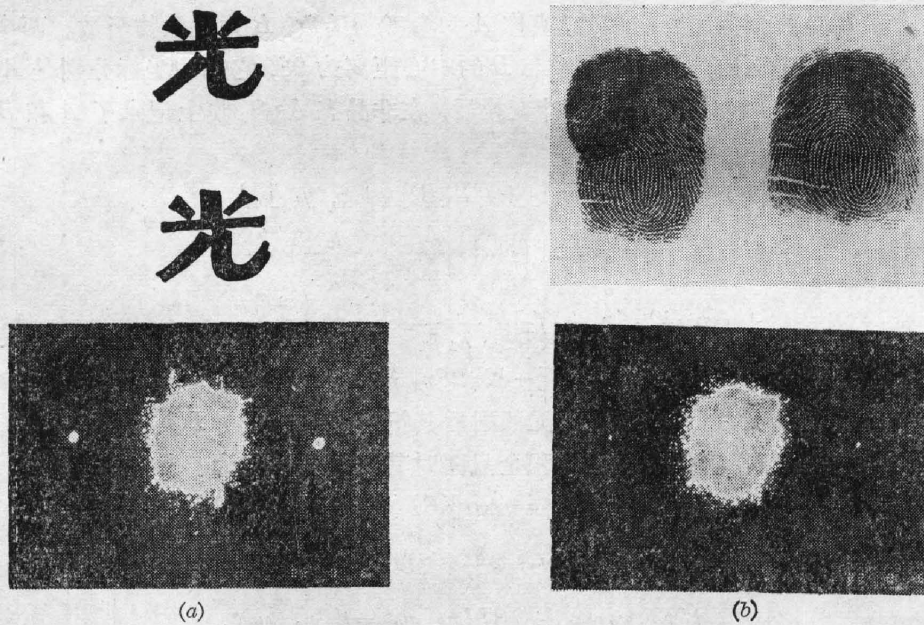


图2 参考物与检测物及其相关峰的一组照片

Fig. 2 A set of photographs of reference object, test object and their cross-correlation peaks

#### 五、结 论

使用非晶态  $As_2S_3$  膜接合变换的实时光学相关器能够方便而容易地观察到两个相同透明图片之间的互相关峰。但非晶态  $As_2S_3$  膜并非是很理想的实时记录材料,虽然它的分辨

率较高(2700 L/mm), 但它的灵敏度较其它实时记录材料, 如  $Bi_{12}SiO_{20}$  晶体低, 又不能象  $Bi_{12}SiO_{20}$  晶体那样随时把所记录的信号清除, 反复多次使用。接合变换实时光学相关器与 Vander Lugt 的常规空间滤波检测法所得到的互相关峰不同。Vander Lugt 的方法是制作参考物的适当滤波器并把它引入到频谱面内, 再用相干光照明被检测物, 在象平面上产生一个亮点, 这个亮点又恰好出现在发生相关的被检测物的相同的位置上。而接合变换实时光学相关器所得到的互相关峰是两个对称于  $y$  轴(当  $A$  与  $B$  放在  $x$  轴上时)的亮点, 它们出现在  $x$  轴上的位置分别是  $2\xi(\lambda_2 f_2/\lambda_1 f_1)$  和  $-2\xi(\lambda_2 f_2/\lambda_1 f_1)$ (图 3)。当记录和读数所使用的激光波长一定时, 互相关峰在  $x$  轴上离开中心的距离  $|2\xi\lambda_2 f_2/\lambda_1 f_1|$  与两个透明物的距离  $2\xi$  和变换透镜  $L_1, L_2$  的焦距有关。

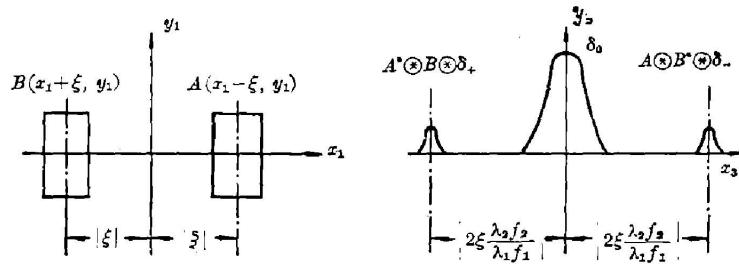


图 3 接合变换相关峰的位置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the location of the cross-correlation peaks

作者感谢 H. Tiziani 教授对本工作的帮助和赞助。

#### 参 考 文 献

- [1] A. Vander Lugt; *IEEE Transc. Inform. Theory*, 1964, **IT-10**, No.2 (Apr), 139.
- [2] H. Tiziani, T. Wang; (to be published).
- [3] 张干城等;《硅酸盐学报》, 1979, **7**, No. 1, 11.

### Joint transform real-time optical correlator using noncrystalline film of $As_2S_3$

WANG TIANJI

(Guangzhou Institute of Electronic Technology, Academia Sinica, China)

(Received 6 October 1982, revised 31 January 1983)

#### Abstract

Noncrystalline film of  $As_2S_3$  is used as a nonlinear recording material of the joint transform optical processor. Real-time cross-correlation between two transparencies has been demonstrated using the optical processor. In this processor an argon laser beam ( $\lambda_1 = 4880 \text{ \AA}$ ) is used to record the Fourier transform spectrum of a reference object and of a test piece; a He-Ne laser beam ( $\lambda_2 = 6328 \text{ \AA}$ ) is used to read a dynamic phase volume hologram simultaneously. The crosscorrelation peaks between two photographs of identical words have been observed. The set-up can be applied to compare finger-prints.