

两幅图像的不同和相异部分信息提取的新方法

戚东峰 黄乐天

(暨南大学物理系, 广州 510632)

提要 本文提出一种一次性提取两幅图像相同或相异部分信息的新方法。两束受待处理图像调制的单色光波相干叠加形成全息图,再现后即可得到两幅图像的不同或相异部分的信息。该提取方法利用了图像相乘,并考虑到半波损失效应,光路简单,调节容易。若利用光致折变晶体可实现实时在线提取。给出了实验结果。

关键词 图像分析,信息提取,全息图

A new method to extract identical and different parts of two images

QI Dongfeng, HUANG Letian

(Physics Department, Jinan University, Guangzhou 510632)

Abstract A new method to extract identical and different parts of two images is proposed. Two monochromatic beams modified by the processed images interfere to form a hologram from which the identical or different parts are reconstructed. In our method, multiplication of images and the Stokes principle are applied. The optical setup is simple and easy to align. Real-time processing can be achieved if photorefractive material is used. Experimental results are presented.

Key words image analysis, information extraction, hologram

提取及识别图像相同部分和相异部分的信息是图像分析中的一个重要内容。近年来国内外有许多工作^[1~3]。本文提出一种一次性提取两幅图像相同或相异部分信息的新方法,该方法光路简单,调节容易,处理步骤少,效果较好。

1 原理和方法

待处理的两图像被制成透明片 T_1, T_2 , 且

$$\begin{aligned} T_1 &= T_A + T_B \\ T_2 &= T_A + T_C \end{aligned} \quad (1)$$

其中 T_A 是 T_1, T_2 的相同部分, T_B, T_C 是两图像相异部分。受 T_1, T_2 调制后的两单色光波(提取不

同的部分分别采用不同的调制方式) 相干叠加形成全息图, 再现后即可得到两幅图像的不同或相异部分的信息。

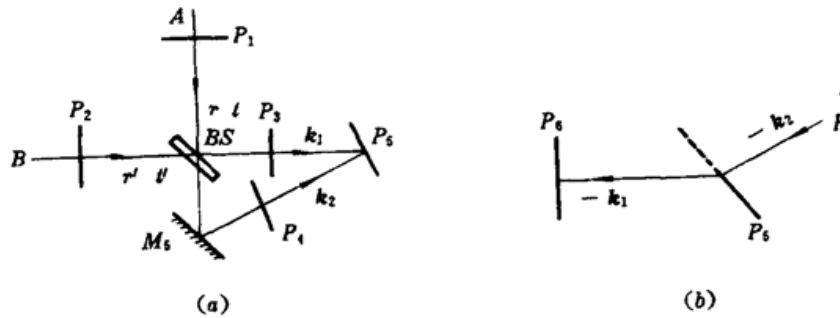


Fig. 1 Optical scheme of (a) beam modification and hologram recording (b) hologram reconstruction to form identical and different parts of two images

图 1 是调制和全息记录及再现所用光路。图 1(a) 中 BS 是分束镜, r, t 分别是光复振幅经过 BS 时外反射率和对应的透射率, r', t' 分别是光复振幅经过 BS 时内反射率和对应的透射率, r, t, r' 和 t' 均是实数。平面 P1, P2, P3 和 P4 放置待处理图像用来调制光波。A, B 是互不相关, 但波长相等的光波的复振幅, k1, k2 分别是到达 P5 平面两束光波的波矢。在图 1(b) 中, 平面 P5 放置干涉全息图, R 是再现平面波, 其复振幅为

$$R = C \exp(ik_2 \cdot r) \tag{2}$$

C 是复常数, P6 是再现平面。

如图 1(a), 若将 T1, T2 分别置于 P3, P4 平面, P1, P2 平面空着不放, 并挡住复振幅 B, 如果暂时忽略衍射效应带来的畸变(详见实验结果和讨论), 则 P5 平面复振幅分布为

$$E_{51} = ArT_1 \exp(-ik_1 \cdot r) + AtT_2 \exp(-ik_2 \cdot r) \tag{3}$$

对应强度分布为

$$I_{51} = E_{51} E_{51}^* = |Ar|^2 |T_1|^2 + |Ar|^2 |T_2|^2 + |A|^2 tr T_1 T_2^* \exp[i(-k_1 + k_2) \cdot r] + |A|^2 tr T_2 T_1^* \exp[i(k_1 - k_2) \cdot r] \tag{4}$$

其中 * 代表取复共轭。

用于版记录此强度分布, 控制曝光、显影过程, 使定影后干版透过率为

$$t_1 = t_0 + \beta I_{51} \tag{5}$$

将此干版放入图 1(b) P5 平面中, 用平面波 R 再现, 根据全息记录和再现原理, 刚射出 P5 平面的光波复振幅为 Cβ|A|^2 tr T2 T1^* exp(ik1 · r)。

因 P6 与 k1 垂直, 故在图 1(b) P6 平面上得到的复振幅分布为

$$E_{61} \propto T_2 T_1^* = (T_A + T_C)(T_A^* + T_B^*) = |T_A|^2 + T_A T_B^* + T_C T_A^* + T_C T_B^* \tag{6}$$

上式中, 由于 TA, TB 和 TC 是 T1, T2 中互不相同部分, 与 |TA|^2 相比, 后三项一般均, 可忽略, 所以 E61 ∝ |TA|^2, 对应光强分布为

$$I_{61} \propto |T_A|^4 \tag{7}$$

至此, 我们在 P6 平面上得到 T1, T2 相同部分, 即 TA 的信息, 其光强分布与 |TA|^4 成正比。

若将 T1, T2 分别置于 P1, P2 平面, 并将 T1 置于 P3 平面, P4 平面空着不放, 如果暂时忽略衍射效应带来的畸变(详见实验结果和讨论), 则在 P5 平面复振幅分布为

$$E_{52} = (AT_1 r + BT_2 t') T_1 \exp(-ik_1 \cdot r) + (BT_2 r' + AT_1 t) \exp(-ik_2 \cdot r) \tag{8}$$

对应的强度分布为

$$\begin{aligned}
 I_{52} &= E_{52}E_{52}^* \\
 &= (|A|^2|T_1|^2rt + |B|^2|T_2|^2t'r' + AB^*T_1T_2^*rr' + A^*BT_1^*T_2t't)T_1\exp[i(-k_1 + k_2) \cdot r] \\
 &\quad + (|A|^2|T_1|^2tr + |B|^2|T_2|^2t'r' + A^*BT_1^*T_2r'r + AB^*T_1T_2^*t't)T_1^*\exp[i(k_1 - k_2) \cdot r] \\
 &\quad + |AT_1r + BT_2t'|^2|T_1|^2 + |AT_1t + BT_2r'|^2 \quad (9a)
 \end{aligned}$$

(9a) 式中, 由于 A, B 两光波互不相关, 与含 $|A|^2$ 和 $|B|^2$ 项相比, 含 A^*B 和 AB^* 项均可忽略, 故 (9a) 式改写为

$$\begin{aligned}
 I_{52} &= E_{52}E_{52}^* \\
 &= (|A|^2|T_1|^2rt + |B|^2|T_2|^2t'r')T_1\exp[i(-k_1 + k_2) \cdot r] \\
 &\quad + (|A|^2|T_1|^2tr + |B|^2|T_2|^2t'r')T_1^*\exp[i(k_1 - k_2) \cdot r] \\
 &\quad + |AT_1r + BT_2t'|^2|T_1|^2 + |AT_1t + BT_2r'|^2 \quad (9b)
 \end{aligned}$$

用干版记录此强度分布, 经显影定影后, 放入图 1(b) P_6 平面中, 用平面波 R 再现, 类似地, 可知在图 1(b) P_6 平面上的复振幅分布为

$$E_{62} \propto (|A|^2|T_1|^2tr + |B|^2|T_2|^2t'r')T_1^* \quad (10)$$

考虑半波损失效应, 由斯托克斯的倒逆关系^[4], 并令 $t = t'$, 则

$$tr + t'r' = 0 \quad (11)$$

所以, 当调节光路, 使 $|A|^2 = |B|^2$ 时,

$$\begin{aligned}
 E_{62} &\propto tr(|A|^2|T_1|^2 - |B|^2|T_2|^2)T_1^* \\
 &= tr|A|^2(|T_1|^2 - |T_2|^2)T_1^* \\
 &\propto (|T_1|^2 - |T_2|^2)T_1^* \quad (12)
 \end{aligned}$$

(12) 式代表 T_1 与 T_2 的强度差和 T_1^* 的乘积, 将(1)式代入不难得出, 光强分布为

$$I_{62} \propto |T_B|^3 \quad (13)$$

至于提取 T_2 所特有的相异部分, 即 T_c 的信息, 方法与提取 T_b 过程相同。

综上所述, 经过全息记录和再现, 我们在再现平面上分别得到正比于 $|T_A|^4$, $|T_B|^3$ 和 $|T_C|^3$ 的光强分布, 由于实验中的图像的透过率是 1 或 0, 因此实际上我们已经提取了两图像的相同部分和相异部分。

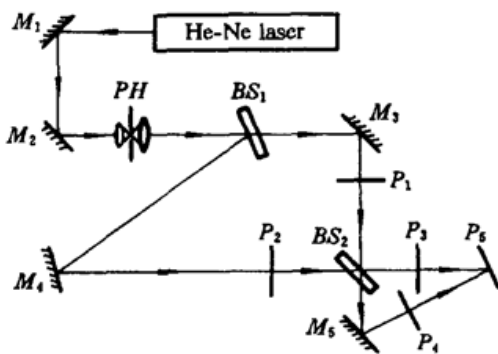


Fig. 2 Experimental setup to extract identical and different parts from two images

2 实验结果和讨论

实验采用的光路图如图 2, 氦氖激光器输出的光束经针孔滤波、扩束和准直后被 BS_1 分成两等强度光束(保证 $|A|^2 = |B|^2$), 分别经平面反射镜 M_3, M_4 反射到 BS_2 上, 调节 M_3, M_4 和 BS_1 , 使经 BS_2 的反射光(透射光)与 B 经 BS_2 的透射光(反射光)严格重合。

本文实验所用的两幅图像 T_1, T_2 如图 3(a), (b), 经原理所述方法处理后, 分别得到相同部分——排列成五角星状的点和 T_1, T_2 所各自特有的相异部分的信息, 分别如图 3(c), (d), (e)。

实验结果表明: (1) 原理的理论推导, 虽然暂时忽略了衍射效应带来的影响, 是粗略的, 但已经定性地解释了实验结果, 因此是合理的; (2) 从图 3(c), (d), (e) 可看出: “四边形”点的边界不清晰, 且点的内部有“结构”, 这正是全息记录和再现过程中衍射效应造成的畸变, 如何减

小衍射效应对图像提取质量的影响是值得进一步研究的。此外,由于衍射效应,在全息记录过程中,两干涉光波严格地说均不是平面波,而再现时又采用平面波,因此再现图像有高空间频率信息的损失。这也是“四边形”点边界不清晰的另一个原因。

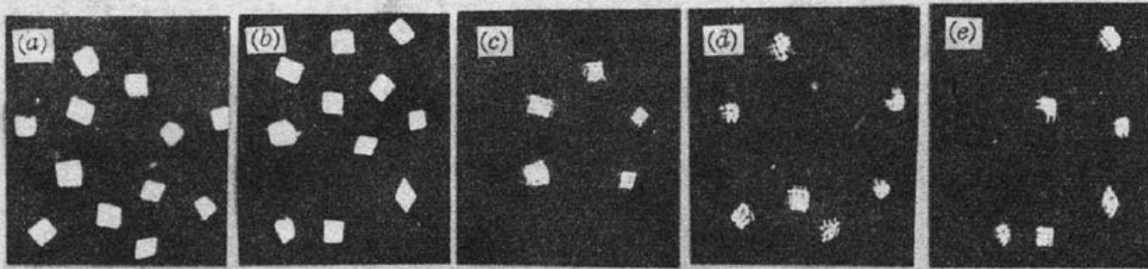


Fig. 3 Experimental results

(a) transparency T_1 ; (b) transparency T_2 ; (c) identical part of T_1 and T_2 ; (d) different part of T_1 ; (e) different part of T_2

总之,本文提出的新方法是可行的,该方法利用了图像相乘,并考虑到半波损失效应实现两幅图像相同与相异部分的提取,光路简单,所需元件少,调节容易,提取效果好。若利用铌酸锶钽(SBN)^[5]或 $\text{Fe}:\text{LiNbO}_3$ ^[6] 等光致折变晶体材料代替银盐实现全息记录和再现,有可能制成专门的信息提取器,实现实时在线提取。

参 考 文 献

- 1 田志伟 *et al.*, 中国激光, 14(7), 424~427(1987)
- 2 P. Yeh *et al.*, *Opt. Lett.*, 13(7), 586~588(1988)
- 3 林子扬 *et al.*, 湖北大学学报(自然科学版), 10(增刊), 65~67(1988)
- 4 赵凯华 *et al.*, 光学(上册), 北京大学出版社, 1984, 252
- 5 岳学锋 *et al.*, 中国激光, 16(8), 471~472(1989)
- 6 姜玲珍 *et al.*, 中国激光, 15(10), 636(1988)