

散斑动态存储

顾杰 王开福 沈永昭

(苏州大学物理系)

Speckle photography for storage of dynamic figures

Gu Jie, Wang Kaifu, Shen Yongzhao

(Department of Physics, Suzhou University, Suzhou)

提要: 提出用旋转孔径照相机存储动态图像的新技术, 可将图像连续变化的全过程记录在一张散斑图上, 并可在滤波系统中将图像依次地再现出来。该法可用于动态信息存储、动变化量监测、动画放映等等。

关键词: 旋转孔径, 散斑图像

一、分立记录与再现

图1是记录光路。用激光或非相干单色光照明, 被记录图形置于毛玻璃紧前方, 透镜 L 将经毛玻璃调制的图形成像在散斑图上。为在同一张散斑图上记录多幅不同的图形, 在图1的成像镜前设置特殊的孔径, 如图2所示。用 A 孔对记录第一幅图形, 用 B 孔对记录第二幅图形, ……记录过程中同时改换图形和孔径, 但记录介质保持不变。可以把图2(a)和(b)的两种方式结合起来, 增加存储图形的幅数。显影、定影并漂白后的散斑图放在图3的系统中进行滤波, 图中透镜对散斑图的信息作傅氏变换。散斑图上通过不同孔径记录到的图形具有不同空间频率, 各空间频率成份的衍射角不同, 分别出现在不同的晕块中。见图4, 用图2(a)和2(b)布置

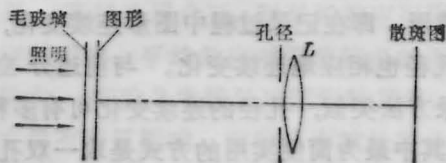


图1 记录光路

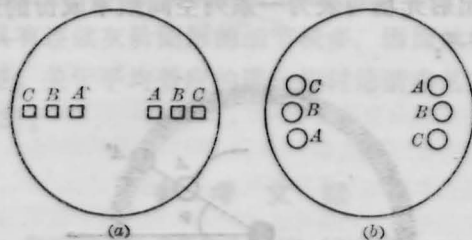


图2 分立孔

的孔径记录, 分别得到图4(a)和(b)的晕分布, A 孔对产生 A' 晕对(及中央亮斑的一部

收稿日期: 1987年9月4日。

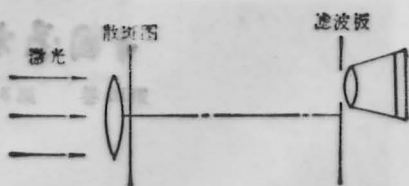


图3 滤波系统

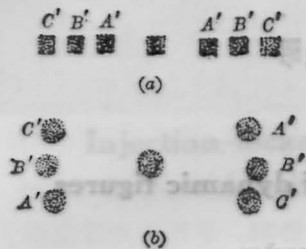


图4 衍射晕

分), B孔对产生B'晕对, 余类推。滤波孔开在A'晕处, 重现第一幅图形, 开在B'晕处就重现第二幅图形。

二、连续存储与再现

把多幅分立记录的方法推广到连续变化的情形, 即在记录过程中图形连续变化, 照相孔径也相应地连续变化。与前述分立式记录方法类似, 孔径的连续变化可有多种方式, 其中最为简便实用的方式是取一双孔, 令其匀速转动, 旋转双孔散斑图的衍射晕是一个圆环和一中央亮斑, 如图5所示。散射体的出射光场可表为一系列空间频率成份的迭加^[1, 2]。

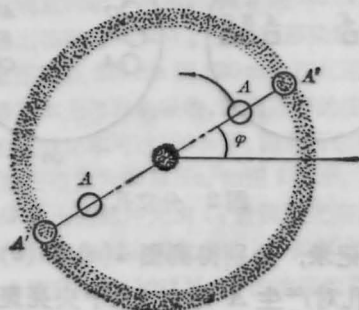


图5 环晕

$$h(x_1, y_1) = \sum_i a_i \exp[j2\pi(b_i x_1 + c_i y_1 + d_i)] \quad (1)$$

式中 (x_1, y_1) 是记录系统的物面坐标, a_i, b_i, c_i, d_i 是随机变量。毛玻璃和被处理图形迭合后, 图形的信息被一系列空间频率成份调制。毛玻璃的作用是提供一个具有各种频率成份的随机光栅。

原图形经毛玻璃调制后空间频率成份丰富, 经孔径作用, 在散斑图上被限制在一个狭频带内。这狭频带携带着该时刻图形的信息, 分析时集中在A'-A'晕内, 在任一个A'晕上滤波, 将重现该时刻的图形。

由于孔径位置和图形在协调地连续变化, 散斑图的总复透率为

$$\begin{aligned} I_t(x_3, y_3) &= \int I_s(x_3, y_3) dt \\ &= \sum_m \left[\int G(\alpha_m, \beta_m) dt \right] \\ &\quad \times \exp[j2\pi(\alpha_m x_3 + \beta_m y_3 \\ &\quad + \gamma_m)] \end{aligned} \quad (2)$$

滤波分析时衍射晕能量分布为

$$I_m(x_f, y_f) = \left| \int G(\alpha_m, \beta_m) dt \right|^2 \quad (3)$$

在旋转双孔散斑照相法中, 上式表示一个晕环和一个中央亮斑, 它由各时刻的小圆晕迭加组成。图形变化过程中各时刻的信息分布在对应角度的晕环上, 分布范围为 $0 < \theta < \pi$ 。分析时随着滤波孔在晕环上移动, 可看到整个图形变化过程连续地再现出来, 和实时观察类似。

三、实验

3.1. 分立记录与再现

用一对双孔, 取三个不同位置分别将“苏大”、“物”、“理”的图形记录在同一张散斑图上。图6是再现结果, 图的中间是衍射晕, 周围是在相应晕块上滤波得到的再现像。

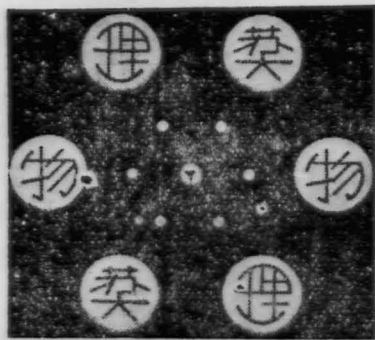


图6 记录在一张散斑图上的多幅图形的再现

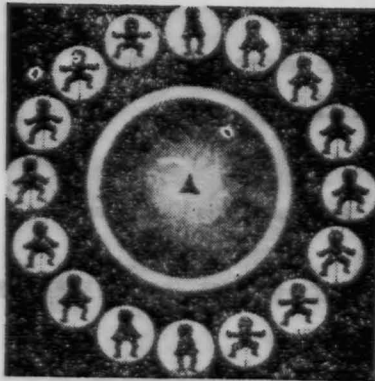


图7 连续记录在一张散斑图上的动图象的再现

3.2 转孔法动态存储与再现

取一个“一休”皮影，连续牵动的皮影成为一动图形，用转散法记录其动变化过程。图7是实验结果，中间是衍射晕，周围是在晕环上每隔 $\pi/8$ 弧度所取的十六幅再现像。如果亲自做实验，随着滤波孔在晕环上连续移动，可以看到皮影连续变化的再现图形。

3.3 具有连续灰阶图形的动态存储与再现

取一张爱因斯坦的照片，令其在毛玻璃前匀速旋转，用转散法记录其转动过程。图8是再现结果。

四、讨 论

照明可用激光或非相干单色光。激光法



图8 爱因斯坦照片的再现

容易实现，图象明亮，效果较好，但受到相干噪声的影响。非相干光法克服了相干噪声，图象较柔和，但对成像光路的对焦要求严格，散斑图的衍射效率较低。

分立式记录与再现法中不同图形的空间频率不相混淆。不计光学系统带来的偏差，则输出像即原图形的准确再现。转散法中由于孔径是连续变化的，且照相孔和滤波孔都有一定尺度，输出像不是精确的某一时刻的图形，而是一个短小时间间隔内的加权平均效果。孔径选用合适，则平均效应可限制在一定范围内。平均效应对细节较多的图形影响较大。实验2中被处理图形较简单，平均效应没有明显影响。实验3中被处理的爱因斯坦像片较细致，输出象上眉毛、胡须等的细节较为模糊。实验2和3证明了转散法对二值制或具有连续灰阶图形都适用。但一般地具有连续灰阶图形的细节较多，因而效果较差。关于平均效应的进一步讨论请参见文献[3]。

参 考 文 献

- 1 顾杰, 沈永昭, 中国激光, 14(8), 490(1987)
- 2 顾杰, 沈永昭, 中国激光, 15(8), 502(1988)
- 3 顾杰, 沈永昭, 中国激光, 待发表