

部分相干光处理系统在散斑干涉术全场分析中的应用

傅子平 王本

(北京邮电学院应用物理系)

提 要

本文提出将散斑干涉术的全场分析放在部分相干光处理系统中进行。其优点是能减小散斑的大小和反衬以提高全场条纹的质量;能辨认零级条纹为全场分析带来方便。另外,用不同颜色的滤波小孔,可以同时得到两组以上沿不同方向颜色编码的全场条纹。

本文讨论了在部分相干光处理系统中刚体面内转动散斑照相的全场分析。最后给出了零级条纹判读等一系列实验结果。

激光散斑干涉术^[1]的全场分析通常是在相干光处理系统中进行。由于散斑的颗粒噪音和激光的单色性,引起全场条纹清晰度降低和零级条纹难以判读等缺点。本文通过把全场分析放在部分相干光处理系统中进行^[2,3],获得了较好的实验结果。

在散斑干涉术中,由于部分相干光与相干光的散斑统计特性不相同,用部分相干光系统获得的全场条纹质量比用相干光系统获得的条纹质量好。关于部分相干光的散斑统计特性,Goodman和Parry都曾作过详细的研究^[4]。其中有两个重要的结论:部分相干光使散斑的反衬降低,散斑颗粒减小。因而减小了散斑的颗粒噪音,提高了条纹的清晰度。

本文采用图1所示的部分相干光的全场分析光路,讨论刚体面内转动散斑照相的全场分析。刚体面内转动散斑照相的振幅透射率为

$$t(x, y) = D(x, y) \otimes [\delta(x, y) + \delta(x - \Delta x, y - \Delta y)], \quad (1)$$

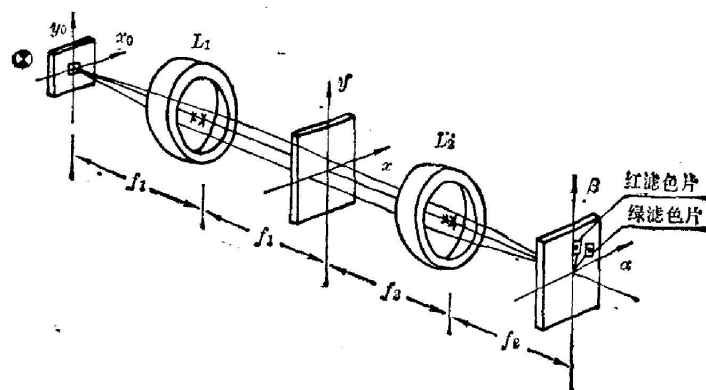


图1 部分相干光的全场分析光路

Fig. 1 The layout for coherent-field analysis using partial coherent light

式中 $D(x, y)$ 为散斑强度的随机分布函数; $\Delta x, \Delta y$ 是某点的面内位移。当限光光阑足够小, 输出谱平面上的互强度谱强度分布和总强度为

$$\left. \begin{aligned} I(\alpha, \beta; \lambda) &= |\tilde{D}(\alpha, \beta; \lambda)|^2 \cos^2[(\alpha \Delta x / \lambda f_2) + (\beta \Delta y / \lambda f_2)] \\ I(\alpha, \beta) &= \int I(\alpha, \beta; \lambda) d\lambda \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

设谱平面上的观察孔为 $\mathbf{r}_0(\alpha, \beta)$, 刚体的位移矢量为 $\mathbf{d}(\Delta x, \Delta y)$, 在 \mathbf{r}_0 处放置波长为 λ_0 的窄带滤光片, 谱强度的分布可写成

$$I(\alpha, \beta; \lambda_0) = \left| \tilde{D}\left(\frac{2\pi\mathbf{r}}{\lambda_0 f_2}\right) \right|^2 \cos^2\left[\frac{\pi}{\lambda_0 f_2} (\mathbf{d} \cdot \mathbf{r}_0)\right] \quad (3)$$

若从 \mathbf{r}_0 处的孔看进去, 刚体表面位移 \mathbf{d} 满足条件

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{r}_0 \cdot \mathbf{d} &= n\lambda_0 f_2, \text{ (亮条纹)} \\ \mathbf{r}_0 \cdot \mathbf{d} &= [n + (1/2)]\lambda_0 f_2, \text{ (暗条纹)} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

($n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$)

若去掉滤色片, 零级条纹呈白色而被辨认。若在 \mathbf{r}_1 和 \mathbf{r}_2 两个相邻位置上放置颜色不同的滤光片, 则刚体在 \mathbf{r}_1 和 \mathbf{r}_2 两个方向上的位移分量由两组颜色不同的条纹在同一片子上显示出来。

实验装置如图 1 所示。其中光源用 250 W/24 V 的溴钨灯泡, 光阑是一直径为 2 mm 的小孔, 准直和傅里叶变换镜头均采用 $f360, 1:5.6$ 的制版镜头。实验把物体微量变形的散斑照相底片放在上述的部分相干光处理系统中进行全场分析。图 2 给出了全场分析结果的照片。图中, (a) 平板离面弯曲散斑片(用离焦法), 在部分相干光系统中的全场分析结果; (b) 平板离面弯曲散斑片(用离焦法), 在相干光系统中的全场分析结果; (c) 离面应变散斑片(用错位散斑法), 在部分相干系统中的全场分析结果; (d) 离面应变散斑片(用错位散斑法), 在相干光系统中的全场分析结果。为了对比, 同时给出了在部分相干光系统和相干光系统中的全场分析照片。图 2 中 (a)、(c) 为在部分相干光系统中的平板离面弯曲和应变散斑图; 而图 2 中 (b)、(d) 则为在相干光系统中的对应图。显然, 全场分析条纹在部分相干光系统中清晰度有明显的改善。尤其对无色散的剪切散斑全场条纹, 甚至没有滤光片就能获得较高质量的条纹。

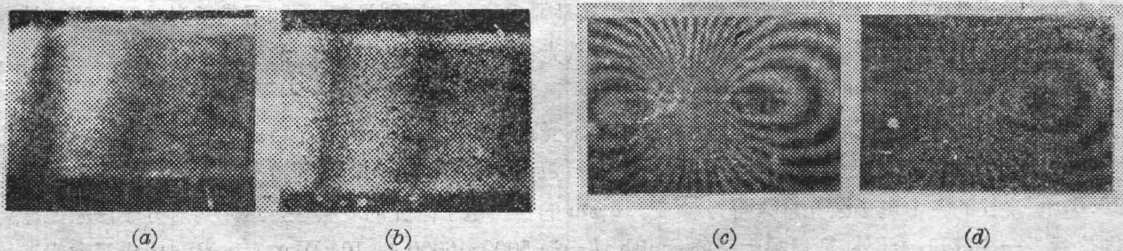
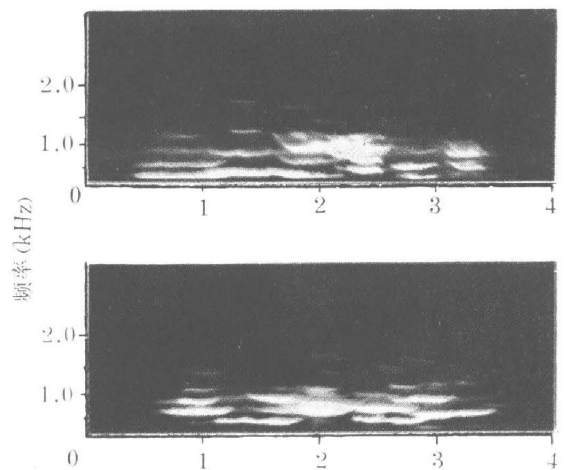
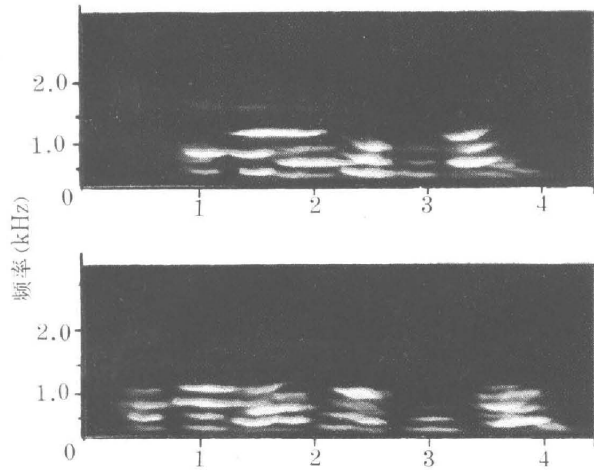


图 2

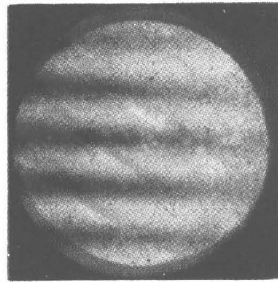
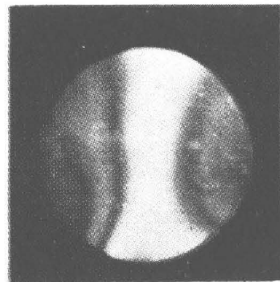
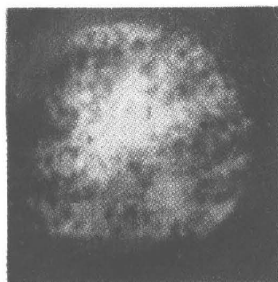
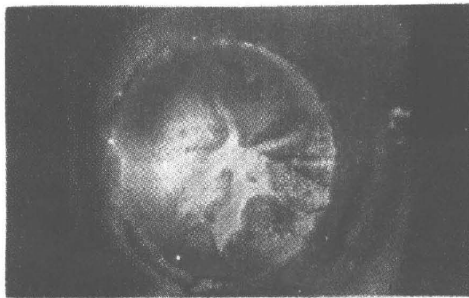
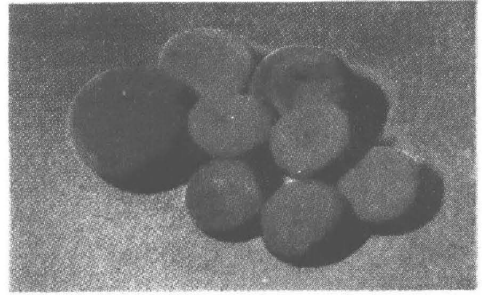
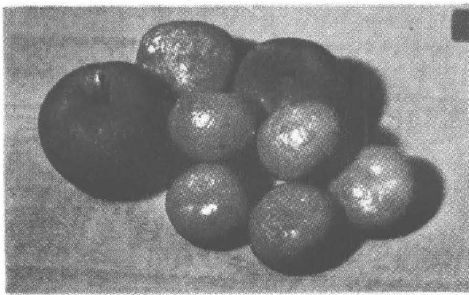
图 3(a) 是零级条纹判读的照片; 图 3(b) 是在两个方向上颜色编码的两组全场条纹。(见彩色插页)。

在部分相干光处理系统中作散斑干涉的全场分析, 使随机分布的颗粒效应受到抑制, 从而提高了全场条纹的清晰度。但由于处理系统相干度的降低, 也牺牲了一些全场条纹的对比度, 但总起来看信噪比是增加了。



时间 (S)

时间 (S)



1	2
3	4
5	6
7	8
	9

Illustration of the figures on the back

参 考 文 献

- [1] M. Francon; *Laser Speckle and Application in Optics*, (New York, Academic Pr., 1979), 161.
 [2] 杨震寰, 庄松林, 母国光; *光学学报*, 1981, 1, No. 1 (Jan), 13.
 [3] M. Born and E. Wolf; *光学原理*, (科学出版社, 1978).
 [4] J. W. Goodman and G. Pary; *In Laser Speckle and Related Phenomena*, ed by J. C.ainty, (Springer-Verlag, 1975).

Analysing whole-field filtering of specklegram in a partially coherent and optical processing system

FU ZIPING AND WANG BEN

(Department of Applied Physics, Beijing Institute of Post and Telecommunications)

(Received 17 July 1984)

Abstract

A method to analyse the whole-fringe patterns of laser speckle interference in the partially coherent and optical $\frac{1}{2}$ processing system is proposed. With this method we can improve the quality of fringe patterns, and find the zero order fringe as well as more than two groups of colour encoding fringe patterns in different directions. Experimental results are also given in the article.

(上接 189 页)

自由电子激光器的应用前景

关于自由电子激光器的应用问题主要是在讲习班上讨论的。虽然会上讨论了大量的“应用”，如香烟过滤嘴的处理；在微电子学中的应用；在化学中的应用；在光谱学中的应用；以及在脑外科手术中的应用等，都是寻常激光器的应用。对自由电子激光的应用只是提出了一些原则设想，例如寻常激光难于出光的波段可能是自由电子激光大显身手的区域等，自由电子激光器能否达到“超级市场”的程度，即能否做到体积小、造价低、售价便宜以致于可以摆在超级市场中出售？目前只有 He-Ne 激光达到了这种程度。

目前看来，自由电子激光器的最直接的应用是激光同位素分离。其原因是自由电子激光器具有合适的重复频率及谱线宽度，更重要的是，高功率输出时每瓦的造价低廉。洛斯·阿拉莫斯的 6kW 平均功率、10.6 μm 波长的自由电子激光意味着万 W 级 16 μm 的自由电子激光的现实性，这无疑对分子法激光分离同位素是一个喜讯。此外，斯坦福大学的 Smith 博士说 5000~6000 Å、10 kW 的存贮环自由电子激光器的造价只有 300 万美元左右，并且自由电子激光在紫外波段获得大功率辐射的潜力，给激光分离同位素原子法两步激发方案带来了光明的前景。法国的 Rigny 博士为讲习班提出的最后一篇报告，是对激光分离同位素问题作了全面的讨论。

讲习班主席之一——Deacon 博士向会议提供了一个可供使用的自由电子激光装置一览表，表中收入了直至会议之前的大部分器件(见本期封三)。

(方洪烈)