

微颗粒场同轴全息离焦处理方法

赵先真

(青岛建筑工程学院, 266033)

朱竹林

(大连理工大学, 116024)

Off-focal processing of reconstructed in-line hologram in a particle field

Zhao Xianzheng

(Qingdao Institute of Architectural Engineering, Qingdao)

Zhu Zhuolin

(Dalian University of Technology, Dalian)

Abstract: Diffraction pattern (i. e. off-focal pattern) of reconstructed hologram on the off-focal plane was processed with language C programmed by scanning method, thus obtaining particle size and distribution in the particle field. This method has the advantages of fast speed and high accuracy.

Key words: particle field off-focal pattern, in-line holography

一、引 言

全息法自首次应用于微颗粒场的分析以来^[1,2], 得到了不断发展, 初期工作主要对技术本身及其机理进行探讨^[1~5]。实验表明, 全息法是测量三维微颗粒场的有效手段, 具有景深大、不干扰粒子群, 且能记录粒子的大小、位置及速度等优点, 并得到了广泛应用^[6,7]。

全息法将微颗粒场的信息寓于图像之中, 所以必须对微颗粒场的再现图像进行处理, 以“读出”粒子群的几何信息(尺寸、分布等)。以往的工作大部分都是处理粒子的聚焦像^[6,9], 而对球形的微颗粒, 也可由粒子的离焦像求取粒子的大小和分布^[7]。

本文将此法应用于微颗粒场的处理, 用一套半自动的图像处理系统, 用所设计的程序, 对微颗粒场的同轴全息图再现的离焦像进行处理, 得到粒子的几何信息。

二、原 理

用同轴方法对微颗粒拍全息片, 然后在离焦面上观察粒子的再现像(即观察面与粒子再现像面的间隔 $\Delta z \neq 0$), 如微颗粒为球形, 且拍摄干板与物的间隔 z 在几个远场距以外, 那么, 离焦面上的光强分布为^[7,11]:

$$I(\mu, \nu) \propto (1 - KB^2)^2 + [KB^2(\pi a^2/\lambda \Delta z)]^2 \left[\frac{2J_1(2\pi aR/\lambda \Delta z)}{(2\pi aR/\lambda \Delta z)} \right]^2 \quad (1)$$

其中: $R = (\mu^2 + \nu^2)^{1/2}$, a 为微颗粒的半径, K 、 B 为常系数, (μ, ν) 面为观察面, 如图 1 所示。

不难看出, 这是一个圆形对称分布, 相应于 Bessel 函数的极大和极小会出现一些半径不同的明暗圆环, 由(1)式知, 圆环半径为 R 。

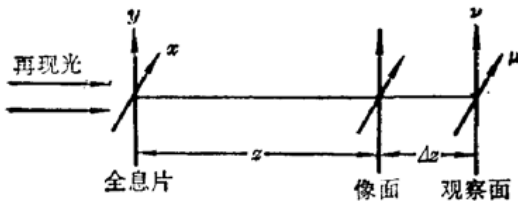


图 1

在粒子再现像两侧取两个参数分别为 $(R_1, \Delta z_1)$ 和 $(R_2, \Delta z_2)$ 的离焦面, 且使这两个面上的光强分布均满足(1)式。

以 x_m 表示 Bessel 函数取第 m 个极小时的自变量, 由(1)式, 对于第 m 个暗环有:

$$\frac{2\pi a R_1}{\lambda \cdot \Delta z_1} = x_m = \frac{2\pi a R_2}{\lambda \cdot \Delta z_2} \tag{2}$$

设两离焦面相距

$$\Delta z_{12} = \Delta z_1 + \Delta z_2 \tag{3}$$

则:

$$\Delta z_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \Delta z_{12} \tag{4}$$

$$a = \frac{\lambda x_m}{2\pi} \cdot \frac{\Delta z_1}{R_1} \tag{5}$$

查表求知 x_m , 并在实验时给出 Δz_{12} , 那么只要知道 R_1 和 R_2 , 便可由(3)~(5)式求知微颗粒的半径 a 。

三、实验光路框图

3.1 拍摄光路

图 2 中, 准直透镜 L 将经过针孔滤波器 SF 以后的 He-Ne 激光准直以后, 照射在微颗粒场 O 上, 经过粒子衍射的光(物光)和未被粒子衍射的光(参考光)的干涉图样被记录干板记录下来, 经过冲洗以后就是本文的同轴全息片。

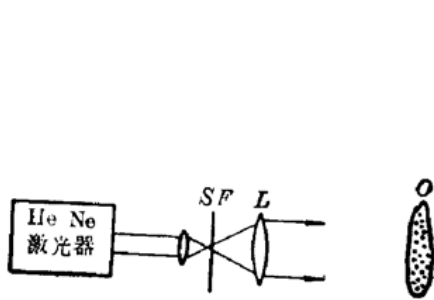


图 2 拍摄光路框图

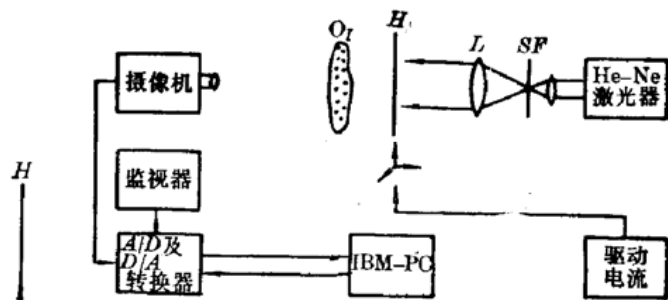


图 3 再现分析装置框图

3.2 再现分析装置

图 3 中, 准直镜 L 对经过针孔滤波器 SF 的 He-Ne 激光准直, 作为再现光照射全息片 H , H 被置于一个由驱动器驱动的三维调节架上, 调节后使粒子场的再现实像位于摄像镜头前方, 摄像机将摄入的光信号变为 512×512 阵列的视频信号, A/D 及 D/A 转换器将视频信号量子化并存贮, 这些量子化的信号可由计算机对其处理, 同时可由监视器屏幕 (512×512 阵列) 上观察到图像。

四、图像处理方法

4.1 定标粒子

由监视器屏幕上求出时,是以像素(pixel)为单位的,所以我们必须先确定一个像素相当于多少个微米。

图4(a)、(b)是已知直径 $2\alpha_0=157\mu\text{m}$ 的粒子在两个离焦面上的图像,用所编程序处理,得出微米与像素的换算因子。

$$f=0.52(\mu\text{m}/\text{pixel})$$

定标后,对未知尺寸的粒子就可以应用这个系数将像素转换成微米。

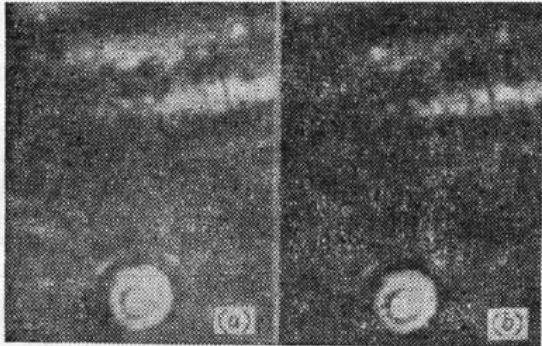


图4 定标粒子的离焦像

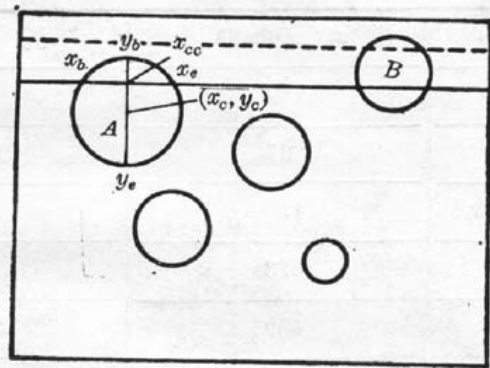


图5 聚焦粒子示意图

4.2 扫描粒子法

扫描法曾被 P. R. Payne 等用来研究海洋微生物^[6],但本文的扫描法与此不同。

要准确求取 R , 须先确定粒子的圆心坐标, 我们用粒子聚焦像求圆心坐标。

图5示意几个粒子的聚焦像。用 I_t 、 I_n ($I_n=1, 2, \dots$) 分别表示所选的强度阈值和扫描间隔, 视具体情况选定。对屏幕从上向下每隔 I_n 行扫描一次, 并记下所有满足强度阈值 I_t 的像素串的起始和终止坐标 (x_b, il) 和 (x_e, il) , 并与上次扫到的像素串进行相关比较: 如属于新粒子(如粒子 A), 则由中心点 $(x_{cc}=(x_b+x_e)/2, il)$ 进行上、下扫描, 并记下满足强度阈值 I_t 的像素串的起始和终止坐标 (x_{cc}, y_b) 和 (x_{cc}, y_e) , 则新粒子的圆心坐标为 $x_c=x_{cc}$, $y_c=(y_b+y_e)/2$; 如属于已扫到过的粒子(如粒子 B), 继续往下扫描, 如此求得全屏幕上粒子的圆心坐标后, 沿每一个粒子不同方向的直径扫描, 记下取第 m 个极小时的坐标, 结合圆心坐标, 就可以求出第 m 个暗环的半径 R 。本文取 $m=2$ 。

Δz_{12} 一般在实验时可给出, 现又可求出 R , 那么根据式(3)~(5), 就可以求粒子的大小了。

4.3 示例

取 $z=8\text{cm}$ 拍摄粒子的同轴全息片, 图6(a)、(b)是粒子聚焦面前后两个离焦面上的再现图像。

取 $\Delta z_{12}=5.00\text{mm}$ 时, 处理结果如表1。

表中 No. 表示粒子的编号, (x_c, y_c) 是粒子圆心在屏幕上的坐标, Δz_1 是粒子在 z 方向上与聚焦面(做为 z 方向的坐标原点)的距离, α 是粒子的半径。

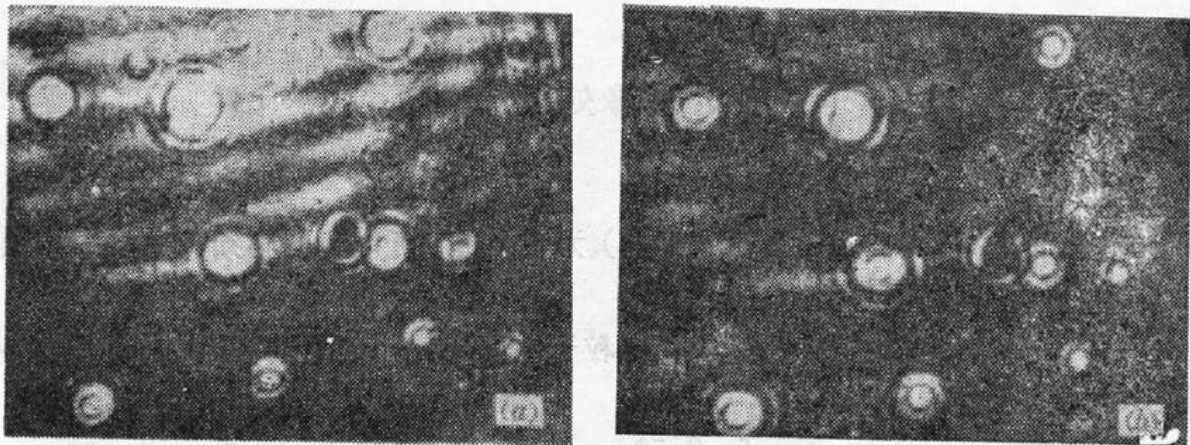


图6 粒子场的离焦像

表 1

No.	x_0 (pixel)	y_0 (pixel)	Δz_1 (mm)	$2a$ (μm)
1	189	43	2.50	136.06
2	27	128	2.14	121.48
3	476	141	2.30	130.83
4	373	198	2.43	165.93
5	459	256	2.33	109.73
6	183	300	2.40	125.98
7	52	303	2.50	136.06
8	347	320	2.20	136.06
9	278	371	2.59	125.98
10	216	409	2.30	136.06
11	309	429	2.41	151.18

由上文可知,本文的方法只对球形微颗粒的场或具有圆形横截面的微颗粒的场适用,一次可求出一个小体积内的所有粒子,对不同粒子的衍射环略有重叠的情况也可处理,重叠过多时处理结果不准。所以,具有一定密度的微粒场在 z 方向的厚度以及微颗粒场的密度对处理结果都会有影响。如厚度过大或密度过大,致使不同粒子在离焦面上的衍射环重叠模糊时,应该用聚焦法处理,厚度和密度对处理结果的影响的定量分析是下一步的工作。

五、结 论

一般来说,本文中 $I_n > 1$,这使本文的扫描法比P. R. Payne等人用的扫描法快一倍以上,因为处理过程中需记录的数据少,从而大大节省了计算机的内存。

拿聚焦法和离焦法相比,因为前者需对粒子逐面聚焦求取,而后者一次可求出一个小体积内的所有粒子,故离焦法要快得多。虽然聚焦法求取粒子的半径 a 和离焦法求取衍射环半径 R 的绝对误差是一样的,但 $R \gg a$,所以,离焦法的相对误差要小,即精度高。

总之,离焦法具有速度快,精度高的优点,尤其对于小粒子,还会减低对光学系统放大率的要求。不足之处是要求粒子场的密度和厚度不能过大。

本文的实验工作是作者在大连理工大学期间完成的,在此对给予过帮助的诸位同志表示感谢。

参 考 文 献

- 1 B. J. Thompson, *J. Soc. Photo. Opt. Eng.*, **2**, 43 (1963)
- 2 B. J. Thompson, *J. Opt. Soc. Am.*, **53**, 1350(1963)
- 3 G. B. Parrent, B. J. Thompson, *Opt. Acta*, **11**, 183(1964)
- 4 B. A. Silverman *et al.*, *J. Appl. Met.*, **3**, 792 (1964)
- 5 J. B. de Velis *et al.*, *J. Opt. Soc. Am.*, **56**, 423 (1964)
- 6 P. R. Payne *et al.*, *Appl. Opt.*, **23** (2), 204 (1984)
- 7 C. S. Vikram *et al.*, *Appl. Phys.*, **B33**, 149 (1984)
- 8 G. A. Tyler *et al.*, *Opt. Acta*, **23** (9), 685 (1976)
- 9 B. J. Thompson *et al.*, *Appl. Opt.*, **6** (3), 519 (1967)
- 10 于美文 *et al.*, 光学全息及信息处理,国防工业出版社,1984年, p. 31
- 11 M. 玻恩, E. 沃耳夫, 光学原理, 科学出版社, 1978年, p. 517

(收稿日期:1988年6月13日)

Ti: LiNbO₃ 外扩散抑制的简单检测方法

郑 能

(成都电讯工程学院, 610054)

曹泽煌 蒲天春

(重庆光机所)

Inspecting suppression of out-diffusion in Ti: LiNbO₃ crystals

Zheng Neng

(Chengdu Institute of Radio Engineering, Chengdu)

Cao Zehuang, Pu Tianchun

(Chongqing Opto-Electronics Research Institute, Chongqing)

Abstract: Experiments have been conducted for suppression of out-diffusion in LiNbO₃ of *x*-cut, *y*-cut and *z*-cut directions and a simple method of inspecting out-diffusion is reported.

Key words: Ti:LiNbO₃, out-diffusion

一、引 言

钛扩散铌酸锂光波导在目前的集成光学无源器件中占主导地位,人们已对它作了许多研究,并用它做成了器件,有的已实用化。但是,严重影响钛扩散铌酸锂光波导质量的外扩散的研究及其抑制方法还未成熟。早期用铌酸锂粉或碳酸锂粉来抑制外扩散^[1],后来水气抑制外扩散法为大多数研究者使用。近年来^[2]认为水气不能在长时间内抑制外扩散,只能使外扩散