

三脉冲不等强度激光片光源的研制及应用

包红春 晏思贤

(清华大学现代应用物理系, 北京, 100084)

摘要: 本文报道了最近研制成功三脉冲不等强度调Q红宝石激光片光源系统。利用小颗粒对片光源90°方向的散射光对动态颗粒场进行高速摄影, 从底片中能够精确直观地判断微小颗粒的瞬时分布、运动方向、速度和加速度情况。

关键词: 片光源 动态颗粒场 不等强度调Q激光

The application of three unequal energy density Q-modulation laser sheets in detecting small particle field

Bao Hongchun, Yan Sixian

(Department of applied physics, Tsinghua University)

Abstract: A new experimental device of three unequal energy density Q-modulation ruby laser sheets source. With the device, the photography of scattering light of small particle field can be taken. The scattering angle is 90 degree. By using the photography, the information of the small particle field can obtained, such as particle distribution, speed, acceleration and their moving directions.

Key words: light sheet particle field unequal energy density Q-modulation laser

一、引言

从工业锅炉设计中煤粉颗粒运动情况检测到流体速度场的检测, 两相流运动情况研究, 医学中血液和组织液内细胞运动规律的探测, 火箭发射推进器内燃料颗粒动态情况的探测等许多领域中会遇到需要检测微小颗粒(粒子直径在几十微米到几百微米之间)的分布和运动情况的问题。新兴的无接触测量法——片光源测量法因其测量简便、对动态颗粒场无影响、能够连续拍照等特点特别适合工业、国防和科技领域中各种实际的动态颗粒场的现场测量。目前, 国内外所使用的片光源摄影法主要有普通光片光源、连续激光片光源和脉冲激光片光源摄影法, 其曝光时间一般大于800 μ s, 从照相底片中仅能判断小颗粒在曝光时间内的平均分布和平均运动速度情况^[1,3,4]。我们设计的三脉冲不等强度调Q激光片光源用电光调Q开关控制曝光, 曝光时间30ns, 从照相底片中能够直观地观测到小颗粒的瞬时分布, 精确地判断小颗粒运动

方向、运动瞬时速度和加速度情况。因此,它比已有的片光源技术更准确地反映动态颗粒场的分布和运动情况。

二、实验装置

图1是我们设计的不等强度三脉冲红宝石调Q激光片光源对动态颗粒场高速摄影的实验装置^[2]。全反镜和半透半反镜之间为红宝石激光器部分,其中工作物质为红宝石,布儒斯特窗起提高激光线偏振度作用,KD*P晶体为调Q开关。整个实验系统工作情况是:晶体调Q电源将1/4波长闭门电压加在KD*P晶体上,使红宝石激光器处于闭门状态。然后由红宝石激光电源将电能贮存在两个大电容内。此时,用户可根据测量的需要,确定三个调Q激光脉冲时间间隔,将时间间隔大小由控制键盘输入单板机,再启动单板机,单板机向红宝石激光电源发出点燃氙灯信号,电源触发器将信号变成上万伏触发电压,将氙灯触发电离,大电容内

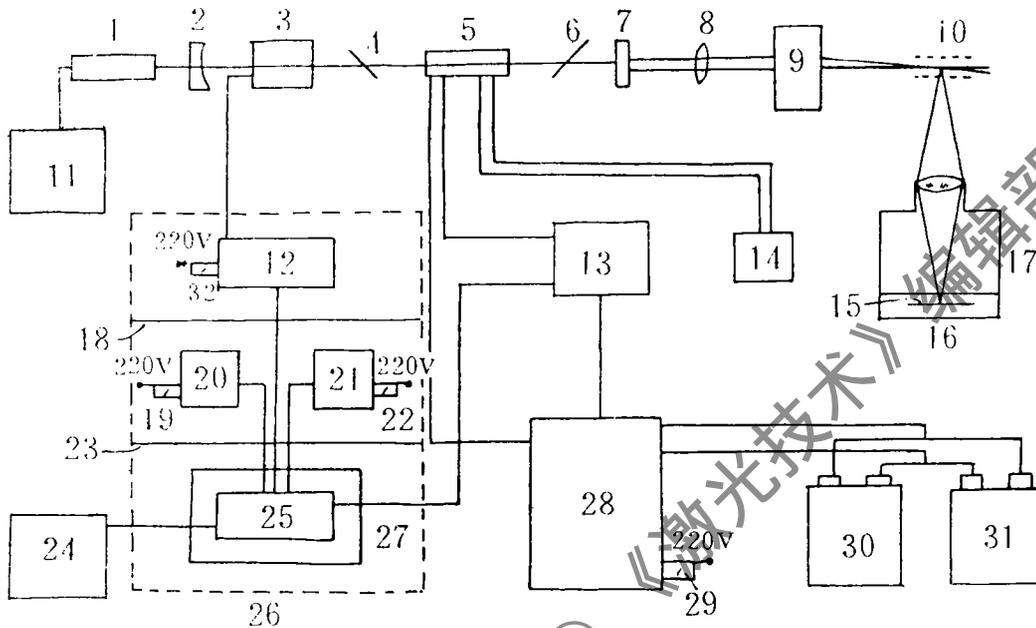


Fig. 1 The three unequal energy density Q-modulation ruby laser sheet photographic device

- 1—He-Ne laser 2—concave mirror 3—KD*P crystal 4,6—Brewster window 5—ruby laser cavity 7—mirror
8—long focus convex lens 9—column lens 10—laser light sheet and moving particles 11—He-Ne laser power
12—Q-modulation power 13—ruby laser trigger 14—cooler 15—film 16—dark box 17—camera 18,23—iso-
lator 19,22,29,32—filter 20,21—+5V power 24—key-board and LED 25—one board computer 26—copper
protective mesh 27—copper protective screen 28—ruby laser power 30,31—500F/2000V capacitor

的储能经氙灯放电,氙灯点燃并泵浦红宝石工作物质。单板机经过一段时间延时后向晶体调Q电源依次发出三个信号,晶体调Q电源将三信号变成退压脉冲,且所退电压大小可由晶体调Q电源连续调节。通过调节使三个退压脉冲的电压不等,将退压脉冲加在KD*P晶体上,KD*P晶体三次开门,三次开门时激光腔内损耗各不相等,红宝石激光器输出的三个调Q激光脉冲强度也因此不同。输出的激光束经长焦距凸透镜聚焦,再经过短焦距柱透镜,柱面透镜在竖直方向将激光束聚焦,焦点后的激光束沿12°发散角发散,柱面透镜在水平方向对光线无偏

折作用。这样在柱面透镜后将形成一片光源,将片光源照亮动态颗粒场,利用小颗粒 90° 方向散射光将小颗粒成象于照相机内底片,通过小颗粒在底片所成的象达到了解动态小颗粒的目的。

三、实验结果

三脉冲不等强度调 Q 激光片光源照相技术是利用三脉冲调 Q 激光对动态颗粒场进行三次曝光,曝光时间为 30ns。在这么短的曝光时间内对宏观运动下的小颗粒可近似认为不动,在时间上,有效地“冻结”了动态颗粒场的运动情况。小颗粒经三次曝光后在底片中形成三个象点。图 2 是我们利用三脉冲不等强度调 Q 激光片光源对自由散落的塑料小球照相的结果,照片是经过放大后的正片。三脉冲调 Q 激光强度不同,分别为强、次强和弱,在底片(负片)中可观察到三个象点的黑度由上到下分别为强、次强和弱。这样我们就能够判断小球的运动方向,用黑度计测量底片结果表明该判断是正确的。另外用读数显微镜测量出每个颗粒三个象点间的距离,已知调 Q 脉冲时间间隔都是 $250\mu\text{s}$,假设小颗粒在三次曝光时间内做匀加速运动,可以计算出每个颗粒在曝光时刻的瞬时速度和加速度,我们设计的调 Q 激光脉冲之间的时间间隔可在 $30\mu\text{s}$ 到 $800\mu\text{s}$ 之内连续可调。因此用三脉冲调 Q 激光片光源照相可以反映小颗粒在 $800\mu\text{s}$ 之内运动变化情况。

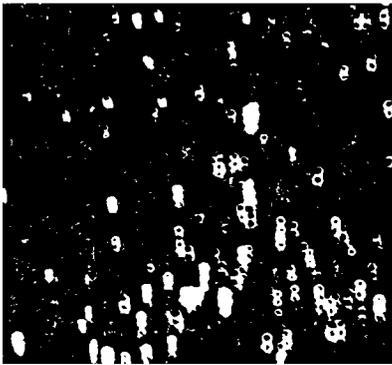


Fig. 2 The falling plastic particles photograph taken by using the three unequal energy density Q-modulation ruby laser light sheet exposure method. The time delay of three laser pulses is $250\mu\text{s}$

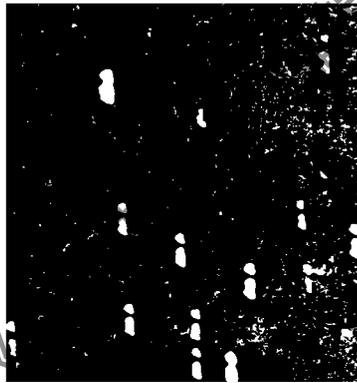


Fig. 3 The falling plastic particles photograph taken by using the three unequal energy density Q-modulation ruby laser sheet exposure methods. The time delay of pulses is $250\mu\text{s}$, $350\mu\text{s}$ respectively

图 3 是用脉冲间隔时间不等的三脉冲调 Q 激光片光源对动态颗粒场照相结果。三脉冲调 Q 激光中前两脉冲时间间隔为 $250\mu\text{s}$,后两个调 Q 激光脉冲时间间隔 $350\mu\text{s}$ 。从底片中可以看到每个颗粒的三个象点的间距不等,靠上的两个象点间距短,靠下的两个象点间距长,由此可判断小颗粒的运动方向。因此,用不等时间间隔调 Q 激光脉冲片光源照相也能达到判断小颗粒运动方向的目的。

四、结 论

通过利用三脉冲不等强度调 Q 红宝石激光片光源对动态颗粒场照相实验,我们发现三脉冲不等强度调 Q 激光片光源有如下特点:

1. 三脉冲不等强度调 Q 激光片光源照相不仅能反映小颗粒瞬时分布,而且能准确反映小颗粒运动方向、运动速度和加速度。比目前所使用的片光源照相法能更多获得动态颗粒场的运动信息。

2. 片光源照相技术是利用小颗粒 90°方向散射光将小颗粒成象,背景光极弱,几乎为零,因此特别适合多次曝光连续跟踪运动的颗粒拍照。

3. 片光源是将动态的颗粒场一片面状区域照亮,该面状区域以外的颗粒不成象,对片光源照相无影响,因此不需要限制动态颗粒场分布情况。

4. 片光源照相法是无接触检测,对动态颗粒场不造成人为的影响,测量精度高。

5. 片光源照相法设备简便,特别适合各种复杂的动态颗粒场的现场测量。

6. 一次片光源照相是对动态颗粒场二维运动情况进行检测,如果需要对动态颗粒场的三维运动情况进行检测,则需要采取不同方向多次片光源照相才能完成。

参 考 文 献

- 1 Ereaud P R. A laser light sheet investigation of a laboratory coal flame. UKAEA. 1988
- 2 Koehnner W. Solid-state laser engineering. Spring-Verlag, 1979
- 3 Trolinger J D. Opt Engng, 1975; 14(5); 383~392
- 4 Thompson B J. Appl Opt, 1967; 6(3); 519~528
- 5 Barber P, Yeh C. Appl Opt, 1975; 14(2); 2864~2872

* * *

作者简介:包红春,女,1968年4月出生。助教。现从事二元光学及光计算机科研工作。
晏恩贤,男,1931年9月出生。教授。在利用激光测速及测温方面的研究上卓有成就。

收稿日期:1993-03-20 收到修改稿日期:1993-10-04

征 文 通 知

经激光网、红外网和应用光学网三网联合召开的秘书长会议决定,为节省开支,提高网的活动效率,以后每两年半举行一次,并将由三网共同轮流主办网会及学术、信息交流会。今年四季度由红外网首先承办,会议地点,暂定为南京地区。现将有关征文内容通知如下,希望全网成员单位积极投稿。

1. 改革开放形势下如何做好情报信息工作。
2. 国内外激光及光电子技术的最新动态。
3. 新形势下如何提高网的活动效率的合理化建议。

来稿请寄:南京市孝陵卫 200 号南京理工大学 9 系 903 教研室 邮编: 210014

收稿人:周建勋

截止日期:1994年6月30日。

激光专业情报网