

移相式脉冲光探测器在脉冲激光研究中的应用

袁学文, 陈天江, 周志强

(中国工程物理研究院应用电子学研究所, 高能激光科学与技术重点实验室, 四川 绵阳 621900)

摘要:介绍一种新型的移相式脉冲光探测器, 移相式脉冲光探测器是一种多功能脉冲光探测器, 具有高速脉冲光探测、移相、计数、脉冲合并等功能, 在脉冲激光研究中具有广泛的应用。

关键词:脉冲光探测器; 相机同步; 同步采集; 激光测距; 回光探测

中图分类号:TN947 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2014.12.006

Phase shift pulse optical detector in the application of pulsed laser research

YUAN Xue-wen, CHENG Tian-jiang, ZHOU Zhi-qiang

(Key Laboratory of Science and Technology on High Energy Laser,
Institute of Applied Electronic, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: A new kind of phase shift pulse optical detector is introduced in this paper. The detector is a multifunction optical detector, and it has some functions such as high speed pulse optical detection, phase shift, pulse count, pulse merge, etc. The detector has wide applications in pulse laser research.

Key words: pulse optical detector; camera synchronization; synchronization data sample; laser range finder; return light detect

1 引言

在脉冲激光的科研工作中,经常需要对脉冲光的分布、功率、能量等参数进行测量,或用脉冲光触发别的装置。对脉冲光的测量一般都要面临同步问题,以前科研人员一般使用光探测器+同步信号发生器+计数器这几个设备进行同步处理,这些设备体积大、价格高,使用不方便,也不利于被集成到系统里。本文介绍一种新型的移相式脉冲光探测器,该设备体积小、功能强,可以处理脉冲光的大部分同步工作,是脉冲光科研工作中的基础工具之一。

移相式脉冲光探测器的测量原理如图1所示。

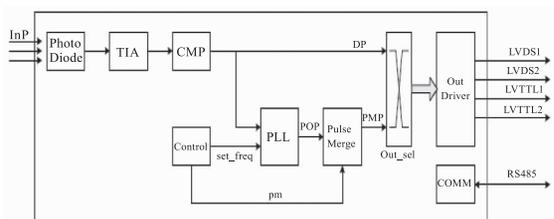


图1 移相式脉冲光探测器原理图

移相式脉冲光探测器是一种多功能脉冲光探测器,它由高速光电二极管、跨阻放大器(TIA)、比较器(CMP)、锁相环(PLL)和控制电路组成。入射光照射到光电二极管上,光电信号经过TIA放大,TIA输出信号进入比较器得到数字脉冲,数字脉冲进入PLL进行锁相、移相、脉冲宽度调整等操作,PLL输出进入一个脉冲合并单元进行脉冲合并,合并后的信号进入驱动电路驱动触发信号输出;RS485接口与计算机通信,进行参数设置和读取测量数据。

2 相机同步拍照

在脉冲激光的光斑分布研究中,常常使用相机进行拍摄,但相机用于脉冲光,特别是重复频率较低的脉冲光时,由于相机与光源不同步,造成拍出来的图像失真,相机图像采集与光源重复频率之间的差

作者简介:袁学文(1969-),男,本科,研究员,主要从事激光参数测量设备的研制。E-mail:yuanxuewen@163.com

收稿日期:2014-04-27

频还会造成图像的漂移,难以得到真实的光斑分布图像。

采用移相式脉冲光探测器可以比较好地解决这个问题,其测量方案如图2所示。用分光镜将脉冲光源分出一部分光送入给脉冲光探测器,由探测器产生一个相位超前的触发信号给相机,使相机在脉冲光到达相机之前开始积分,相机积分设定的时间后即可得到脉冲光光斑的真实图像。

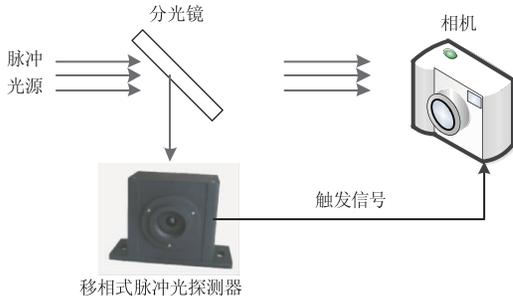


图2 相机同步拍照测量方案

相机同步拍照的工作时序图如图3所示。 T_0 为脉冲光光源的重复频率,通过设置移相式脉冲光探测器输出触发信号的参数,使其在出光时刻之前 T_a 时刻开始触发相机积分,并设置触发信号宽度为 T_i (即相机积分时间),只要 T_a 和 T_i 设置得当,即可得到一个脉冲光的完整光斑图像。

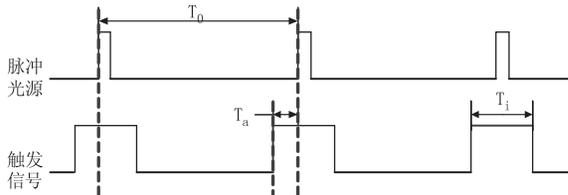


图3 相机同步拍照时序图

当脉冲光重复频率超过相机的采集帧频时,可以使用探测器的脉冲合并功能进行抽帧采集或一次积分几个脉冲的合并采集,图4是一个4抽1采集的时序图。

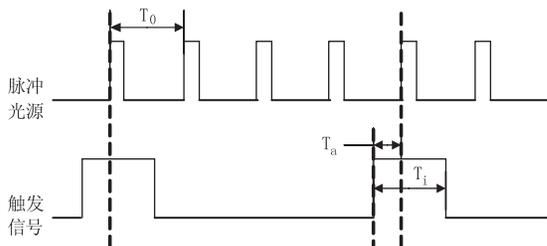


图4 抽样拍照时序图

3 脉冲光阵列靶同步采集

在有些应用场合,需要采用阵列靶来采集脉冲光光斑的功率分布,这种应用与相机类似,但阵列靶一般放在远场,无法使用分光手段来获得同步光信号,此时可以使用移相式脉冲光探测器测量阵列靶

靶面的散射光产生移相后的同步信号来控制阵列靶数据采集电路,从而达到采集脉冲光光斑分布的目的,测量方案如图5所示,其控制时序波形及抽样原理与相机同步拍照波形类似。



图5 脉冲光阵列靶同步采集方案

图6是采用这种方案获得的一个脉冲光光斑分布图像,该脉冲光源重复频率为300 Hz,采用了3个脉冲采一个的抽样采样,获得了100 Hz的采集帧频。

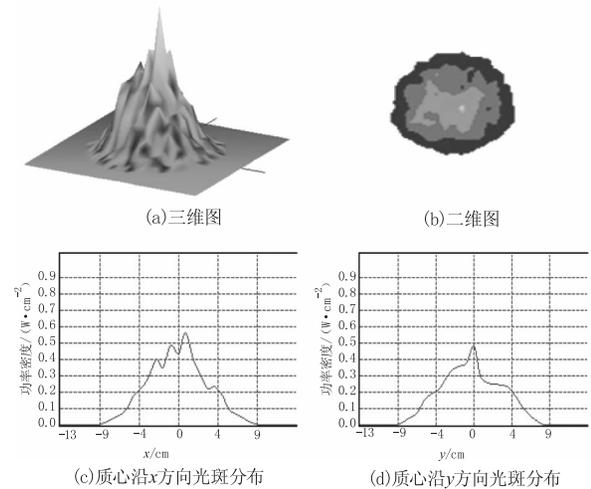


图6 脉冲光光斑分布

4 回光波形观测

在激光测距、大气回光探测等科研中,需要在示波器上观测回光信号的波形,在这种应用中,一般出光与回光信号之间的时差比较大,用示波器观测时,由于回光信号很弱,由回光信号很难触发示波器,并且受示波器存储深度的限制,也难以观测从出光到回光的全时段波形。此时使用移相式脉冲光探测器来触发示波器可以得到较好的测量效果,测量原理如图7所示,在发射端采用分光或提取一部分杂散光作为移相式脉冲光探测器的输入,探测器输出一个移相后的脉冲触发示波器,即可观测目标在某个范围内的回光波形。以发射端出光时刻为计时起点,假设目标的最近距离为 D_n ,则回光波形最快出现在时刻 t_{bn} :

$$t_{bn} = \frac{2D_n}{c} \tag{1}$$

其中, c 为光速。

设置移相式脉冲光探测器的相位参数,使其输出滞后输入 t_{bn} , 这样探测器在检测到输入后,延迟 t_{bn} 输出一个脉冲触发示波器,即可观测到某个范围内的回光波形。

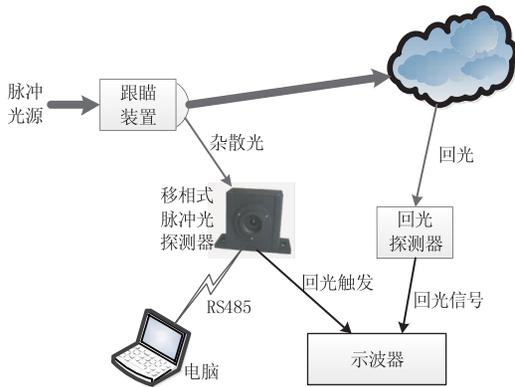


图7 回光门控原理

在激光测距等应用中,移相式脉冲光探测器可以作为回光信号的选通控制信号。假设测距范围为 $D_n \sim D_f$, 其对应的回光时刻为 $t_{bn} \sim t_{bf}$, 回光时刻的计算见公式(1), 设置移相式脉冲光探测器的输出相位滞后 t_{bn} , 输出脉冲宽度为 $t_{bn} - t_{bf}$, 将此输出信号作为测距电路的门控输入信号,可以消除回光信号中的大部分噪声。

5 对脉冲光频率稳定性的要求

当将移相式脉冲光探测器用于相机、阵列靶等数据采集的同步信号时,对脉冲光重复频率的稳定性有一定要求,现由时序图(图8)来计算,设光脉冲宽度为 T_w , 重复频率为 T_0 。

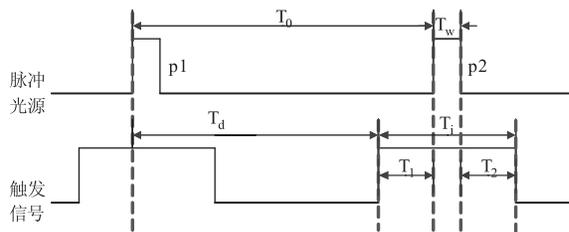


图8 频率稳定计算时序图

其中, T_d 是设置的触发脉冲相位延迟, T_i 是设定的触发脉冲宽度,即相机的积分时间,在理想情况下,光脉冲正好处于 T_i 的中间,即:

$$T_d + \frac{T_i}{2} - \frac{T_w}{2} = T_0 \quad (2)$$

但由于光脉冲重复频率不稳定,光脉冲之间的时间在变化,为了保证积分到光脉冲, T_0 的变化必须受到约束,其范围为:

$$\begin{aligned} T_{0,min} &= T_d \\ T_{0,max} &= T_d + T_i - T_w \\ \Delta T_0 &= T_{0,max} - T_{0,min} = T_i - T_w \end{aligned} \quad (3)$$

即光脉冲重复周期波动允许的范围为:

$$T_0 \pm \frac{\Delta T_0}{2} = T_0 \pm \frac{T_i - T_w}{2} \quad (4)$$

对于一束 400 Hz, 10 ns 的光脉冲, $T_0 = 2.5$ ms, $T_w = 10$ ns, 若取 $T_i = 100$ μ s, 则 $\Delta T_0 \approx 100$ μ s, 可得:

$$\text{允许光脉冲周期波动范围为 } \pm \frac{50 \mu\text{s}}{2.5 \text{ ms}} = \pm 2\% \quad (5)$$

6 结论

移相式脉冲光探测器在相机同步、阵列靶同步采集、激光测距门控中的应用表明,该设备可以代替传统的同步脉冲发生器、计数器等设备,具有体积小、易于集成到目标系统中去的优点,并且可以通过 RS485 总线由计算机进行在线监控,取得了较好的应用效果,是脉冲光科研生产中较好的基础应用工具。

参考文献:

- [1] PANG Miao, YUAN Xuewen, GAO Xueyan. Measurement system for laser intensity distribution based on diffused transmission imaging[J]. High Power Laser and Particle Beams, 2010, 22(12): 2839 - 2842. (in Chinese)
庞森, 袁学文, 高雪燕. 漫透射成像法激光强度时空分布测量装置[J]. 强激光与离子束, 2010, 22(12): 2389 - 2842.
- [2] LI Xiuhua, ZHUANG Xin, SONG Liming. The survey of laser range finding technique[J]. Changchun Inst. Tech, 2012, 13(4): 39 - 41. (in Chinese)
李秀华, 庄新, 宋立明. 激光测距技术研究[J]. 长春工程学院学报, 2012, 13(4): 39 - 41.
- [3] REN Xiaojun, WU Yunfeng, YE Yutang. Synchronization controlling system of high-speed camera based on LabVIEW[J]. Metrology & Measurement Technique, 2008, 35(2): 22 - 24. (in Chinese)
任小均, 吴云峰, 叶玉堂. 基于 LabVIEW 的高速相机同步控制台[J]. 计量与测试技术, 2008, 35(2): 22 - 24.