



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107515406 A

(43)申请公布日 2017.12.26

(21)申请号 201710690288.3

(22)申请日 2017.08.14

(71)申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫200号

(72)发明人 钱惟贤 高青松 蔡贵霞 陈钱
顾国华 顾芷西 杨锦清 李之秀

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 吴茂杰

(51) Int. Cl.

G01S 17/50(2006.01)

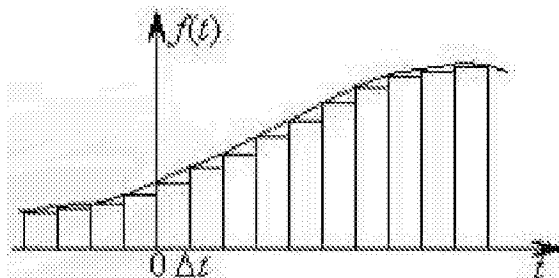
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

基于四象限探测器的激光定位方法

(57)摘要

本发明公开一种基于四象限探测器的激光定位方法,包括四路激光脉冲发射、激光脉冲回波接收、光斑质心位置测量、目标位移检测和目标实时跟踪,所述光斑质心位置测量步骤中,所提取的信号为完整的激光脉冲回波波形。本发明的基于四象限探测器的激光定位方法,定位准、信噪比高。



1. 一种基于四象限探测器的激光定位方法,包括四路激光脉冲发射、激光脉冲回波接收、光斑质心位置测量、目标位移检测和目标实时跟踪,其特征在于:

所述光斑质心位置测量步骤中,所提取的信号为完整的激光脉冲回波波形。

2. 根据权利要求1所述的激光定位方法,其特征在于,所述完整的激光脉冲回波波形按下式提取得到:

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{k=0}^{\infty} f(k\Delta t) \delta(t - k\Delta t) \Delta t$$

式中, $f(t)$ 为提取出的完整波形的激光脉冲回波信号, Δt 为将时间轴等分成的小区
间, k 为比例系数, k 取整数, t 为时间的函数, δ 为单位冲激函数。

基于四象限探测器的激光定位方法

技术领域

[0001] 本发明属于目标跟踪定位技术领域,特别是一种定位准、信噪比高的基于四象限探测器的激光定位方法。

背景技术

[0002] 激光目标定位是通过接收的光电信号进行数学处理,以获得探测器光敏面上光斑质心位置,定位目标的实时位置,实现目标位移检测和跟踪。

[0003] 激光目标定位过程通常包括四路激光脉冲发射、激光脉冲回波接收、光斑质心位置测量、目标位移检测和实时跟踪各步骤。

[0004] 四路激光脉冲信号发射:发射端FPGA采用伪随机编码对激光脉冲进行调制,发射激光脉冲照射到目标上;

[0005] 激光脉冲回波信号接收:光电位置探测器接收目标反射回来的激光脉冲,接收端FPGA将接收到的脉冲解调出来;接收端通过与发射端FPGA实现准同步,进行波门锁定,提高抗干扰能力;

[0006] 光斑质心位置测量:包括信号提取和光斑质心位置求解。

[0007] 自动检测四路激光脉冲信号峰值,实现自增益控制,将脉冲电压牢牢控制在0-5V之中;信号提取时提取脉冲峰值,获得四路含有光斑质心位置信息的信号,求解当前光斑质心位置;

[0008] 峰值提取的信号提取原理如图1所示,包括:记脉冲信号为 $x(t)$,找到 $x(t)$ 的最大值 m ;

[0009] 用最大的值 m 减去某值 a ,记作 $b=m-a$ 为门限,进行脉冲信号的门限处理,将 $x(t)$ 中高于 b 的值置为 b ,否则置为0,结果记为 $f(t)$;对 $f(t)$ 求差分,结果为1的点对应于脉冲信号的升支,结果为-1的点对应于脉冲信号的降支,在每相邻的两个升支之间找最大值 \max 和最小值 \min , \max 即为脉冲信号主波波峰位置, \min 即为脉冲信号始射点的位置;在最大值 \max 和最小值 \min 之间寻找最大值,靠近主波的点位潮波波峰所在点。

[0010] 目标位移检测:对比光斑质心位置的变化,反推得到目标位移;

[0011] 目标实时跟踪:利用舵机或反射镜等工具,使得当前光斑质心一直处于探测器中心位置,完成实时性闭环跟踪。半主动激光制导正是利用该原理实现目标精确打击。

[0012] 光斑质心位置测量的精度一方面依靠于激光的高准直性和高功率稳定性,另一方面依靠于不断发展的光电位置探测器的探测精度。而探测器的探测精度一方面取决于探测器的选型,另一方面则与信号的处理方法有关。

[0013] 现有基于四象限探测器的激光定位系统是通过提取四路信号峰值进行定位算法求解,

[0014] 四象限探测器利用光刻技术将探测光敏面按笛卡尔坐标等分成形状相同、面积相等的四块,形成四个象限。当激光经过滤光片和鱼眼透镜形成光斑映射在四象限探测器光敏面上时,探测器各个象限将光信号转换成电信号,四路电信号经过滤波、放大后,信号处

理模块通过对采集到的四路信号进行定位算法处理,即可得到光斑的质心位置,从而实现定位功能。

[0015] 四象限探测器光敏面结构原理如图2所示,死区将圆形光敏面等形状、等面积分割成A、B、C、D四个象限。定位系统工作时,脉冲激光经过滤光片和鱼眼透镜形成光斑映射在四象限探测器光敏面上,光斑质心坐标为 $a(x_0, y_0)$,此时光斑在QD各象限上的能量为 I_A 、 I_B 、 I_C 、 I_D ,对应各象限输出光电流为 i_A 、 i_B 、 i_C 、 i_D ,光能量与光电流对应关系公式如下。

[0016] $I_n \propto i_n, n=A, B, C, D$

[0017] 当激光的入射角发生变化时,光斑在QD光敏面上发生位移,各象限所接收到的光能量随之改变,导致探测器输出光电流产生相应的变化,此时,各象限电信号大小通过定位算法反推出光斑质心位置,完成定位。

[0018] 根据四象限探测器的原理与约定,激光经过鱼眼透镜形成圆形光斑,光斑中心位置 (x_0, y_0) 可用下式得到,其中 k 为比例系数,是一常数。

$$[0019] \begin{cases} x_0 = k \frac{(S_A + S_D) - (S_B + S_C)}{S_A + S_B + S_C + S_D} \\ y_0 = k \frac{(S_A + S_B) - (S_C + S_D)}{S_A + S_B + S_C + S_D} \end{cases}$$

[0020] S_A, S_B, S_C, S_D 分别表示激光光斑分别落在四象限探测器的象限A、象限B、象限C、象限D上的激光能量值(每个象限的脉冲波形对应的面积)。

[0021] 因此,现有技术存在的问题是:基于四象限探测器的激光定位方法由于在光斑质心位置测量步骤的信号提取过程中,通过提取四路信号脉冲峰值来求解光斑质心,导致脉冲信号与光斑光强能量的相关性弱,从而使测得的光斑质心位置精确度低,目标定位精度不高。

发明内容

[0022] 本发明的目的在于提供一种基于四象限探测器的激光定位方法,定位准、信噪比高。

[0023] 实现本发明目的的技术解决方案为:

[0024] 一种基于四象限探测器的激光定位方法,包括四路激光脉冲发射、激光脉冲回波接收、光斑质心位置测量、目标位移检测和目标实时跟踪,所述光斑质心位置测量步骤中,所提取的信号为完整的激光脉冲回波波形。

[0025] 本发明与现有技术相比,其显著优点为:

[0026] 1、定位精度高:本发明通过四路高速A/D将整个脉冲波形提取出来进行后续算法处理。相较于传统的峰值保持,本文明采用的脉冲提取可以对整个脉冲进行积分处理,由于四象限(QD)中各象限的光能量被转换成相对应的电压脉冲信号输出,因此将整个脉冲提取出来做积分处理比单一的峰值信号更能代表各象限所接收到的光能量,使得脉冲信号与光斑光强能量的相关性更强,从而测得的光斑质心位置精确度更高。

[0027] 2、信噪比高:提取好的脉冲波形在信号弱时可进行自相关检测,提高了系统信噪比。

[0028] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细描述。

附图说明

[0029] 图1为提取脉冲峰值的信号提取原理图。

[0030] 图2为四象限探测器光敏面结构原理图。

[0031] 图3为本发明基于四象限探测器的激光定位方法中提取完整的激光脉冲回波波形原理图。

具体实施方式

[0032] 如图3所示,本发明基于四象限探测器的激光定位方法,包括四路激光脉冲发射、激光脉冲回波接收、光斑质心位置测量、目标位移检测和目标实时跟踪,所述光斑质心位置测量步骤中,所提取的信号为完整的激光脉冲回波波形。

[0033] 所述完整的激光脉冲回波波形按下式提取得到:

$$[0034] \quad f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(k\Delta t) \delta(t - k\Delta t) \Delta t$$

[0035] 式中, $f(t)$ 为提取出的完整波形的激光脉冲回波信号, Δt 为将时间轴等分成的小区间, k 为比例系数, k 取整数, t 为时间的函数, δ 为单位冲激函数。

[0036] 下面详细说明本发明的原理。

[0037] 图3所示的光滑曲线为任意信号 $f(t)$, 可以用一系列矩形脉冲相叠加的阶梯信号来近似表示。这种分割方法称为纵向分割。将时间轴等分为小区间 Δt 作为各矩形脉冲的宽度, 个脉冲的高度分别等于它左侧边界对应的函数值。这种分割方法所产生的误差完全取决于时间间隔 Δt 的大小。 Δt 越小, 误差则越小, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 的极限情况下, 误差也趋于零, 阶梯信号就变成了光滑曲线 $f(t)$ 。

[0038] 当 $t=0$ 时, 对应的矩形脉冲表达式为 $f(0) [u(t) - u(t - \Delta t)]$ 。将上式分子、分母同乘以 Δt , 并取 $\Delta t \rightarrow 0$ 的极限, 则有 $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{f(0)[u(t) - u(t - \Delta t)]}{\Delta t} \Delta t$ 。

$$[0039] \quad \text{注意到 } \delta(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{[u(t) - u(t - \Delta t)]}{\Delta t}$$

$$[0040] \quad \text{所以, } \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{f(0)[u(t) - u(t - \Delta t)]}{\Delta t} \Delta t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} f(0) \delta(t) \Delta t$$

[0041] 上式说明 $t=0$ 时的矩形脉冲在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时转化成了冲激信号。

[0042] 当 $t=k\Delta t$ 时, 对应的矩形脉冲表达式为:

$$[0043] \quad f(k\Delta t) \{u(t - k\Delta t) - u[t - (k+1)\Delta t]\}。$$

[0044] 上式分子、分母同乘以 Δt , 并取 $\Delta t \rightarrow 0$ 的极限:

$$[0045] \quad \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{f(k\Delta t)[u(t - k\Delta t) - u[t - (k+1)\Delta t]]}{\Delta t} \Delta t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} f(k\Delta t) \delta(t - k\Delta t) \Delta t$$

[0046] $t=k\Delta t$ 处的矩形脉冲在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时也转换成了冲激信号。

[0047] 最后, 将上述无穷多个矩形脉冲 (即冲激信号) 叠加就得到 $f(t)$ 的表达式, 即:

$$[0048] \quad f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(k\Delta t) \delta(t - k\Delta t) \Delta t$$

[0049] $f(t)$ 可以表示成一系列冲激函数之和。

[0050] 对比图3与图1可以看出,由于四象限(QD)中各象限的光能量被转换成相对应的电压脉冲信号输出,因此将整个脉冲提取出来做积分处理比单一的峰值信号更能代表各象限所接收到的光能量。

[0051] 脉冲提取实现的前提A/D采样满足采样定理,即原始信号 $f(t)$ 频谱 $F(j\Omega)$ 频带是有限的,其中最大频率分量为 Ω_m ,此时A/D采样频率 Ω_s 应大于最高频率 Ω_m 两倍,这样才能保证采集到的信号不失真。定位系统中采集到的脉冲宽度一般在150-300ns之间,而A/D采样频率达到50MHz,满足实验采样要求。

[0052] 对于积分模块的硬件实现难点在于要准确判断出真实的脉冲信号,模块通过脉冲宽度进行判断,噪声脉冲宽度一般在1-3采样周期之间,而真实的脉冲宽度在7个采样周期以上。其中,硬件的实现原理如图3所示,四路脉冲信号设定0.5V的阈值,当任意一路信号大于0.5V时,则代表脉冲到来的信号 en_i ($i=1,2,3,4$)为高电平,此时将 en_i 为高电平的脉冲值加和,实现脉冲积分。

[0053] 不同于传统激光定位系统提取四路信号峰值进行定位算法求解,本文通过四路高速A/D将整个脉冲波形提取出来进行后续算法处理。相较于传统的峰值保持,本文采用的脉冲提取可以对整个脉冲进行积分处理,使得脉冲信号与光斑光强能量的相关性更强,从而测得的光斑质心位置精确度更高。此外,提取好的脉冲波形在信号弱时可进行自相关检测,提高系统信噪比。

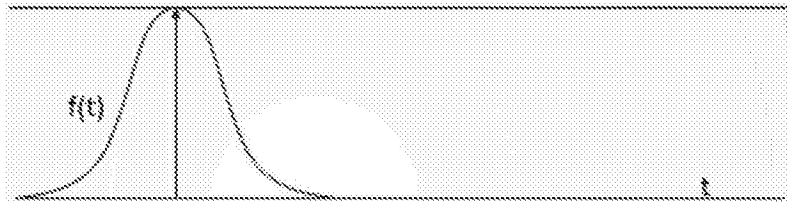


图1

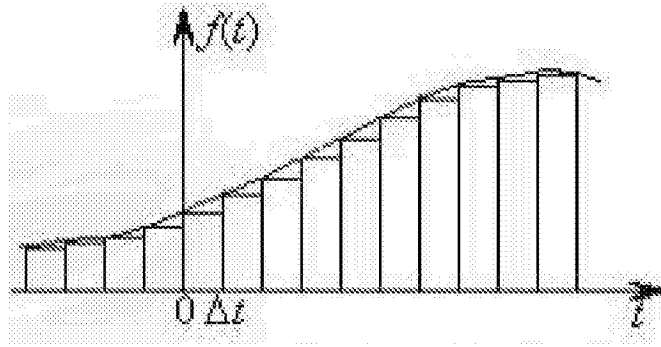


图2

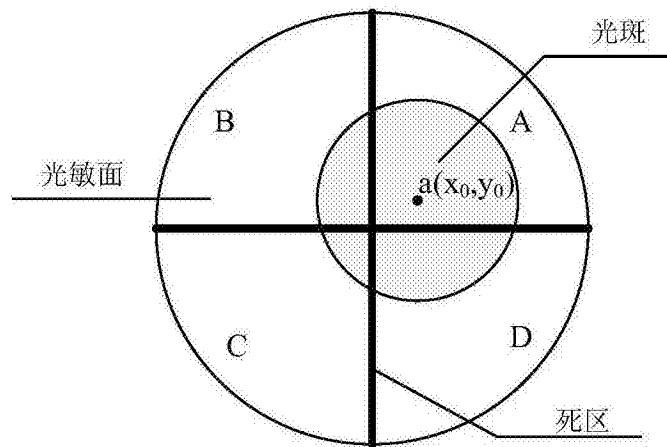


图3