



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108681992 B

(45) 授权公告日 2021.06.29

(21) 申请号 201810364083.0

G06T 3/40 (2006.01)

(22) 申请日 2018.04.23

G06T 5/50 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108681992 A

(56) 对比文件

CN 101871772 A, 2010.10.27

CN 106119467 A, 2016.11.16

(43) 申请公布日 2018.10.19

CN 103796001 A, 2014.05.14

(73) 专利权人 南京理工大学
地址 210094 江苏省南京市孝陵卫200号

WO 2017157467 A1, 2017.09.21

王云萍. 探测器阵列法测量激光光斑参数关键技术分析.《激光杂志》.2007, 第28卷(第4期), 第22-23页.

(72) 发明人 富容国 杨子昊 李培源 杨恒睿
钱芸生 刘磊 邱亚峰 张俊举
张益军 常本康

审查员 谭碧云

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203
代理人 朱宝庆

(51) Int. Cl.
G06T 5/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

用于探测器阵列法测量激光光斑的图像插值方法

(57) 摘要

本发明提供了一种用于探测器阵列法测量激光光斑的图像插值方法,包括以:根据探测器探知的已有光斑的能量分布,初步确定光斑中心的位置以及水平垂直方向的尺寸;通过光斑中心的水平和垂直方向取采样点,拟合得到高斯方程,生成理想高斯分布图像;根据从原图像中获得的尺寸信息,对高斯分布图像以原图像的光斑中心为基准点,进行缩放变换,得到粗插值结果;所述原图像为已有光斑的能量分布图;对原图像靠近中心的部分采用Lanczos算法进行插值,对离光斑中心较远的区域采用双线性插值法进行插值,得到精插值结果图像;对得到的粗插值与精插值两幅图像结果进行简单加权融合,最终得到插值图像。



1. 一种用于探测器阵列法测量激光光斑的图像插值方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,根据探测器探知的已有光斑的能量分布,初步确定光斑中心的位置以及水平垂直方向的尺寸;

步骤2,通过光斑中心的水平和垂直方向取采样点,拟合得到高斯方程,生成理想高斯分布图像;

步骤3,根据从原图像中获得的尺寸信息,对高斯分布图像以原图像的光斑中心为基准点,进行缩放变换,得到粗插值结果;所述原图像为已有光斑的能量分布图;

步骤4,对原图像靠近中心的部分采用Lanczos算法进行插值,对离光斑中心较远的区域采用双线性插值法进行插值,得到精插值结果图像;

步骤5,对步骤3及步骤4中得到的粗插值与精插值两幅图像结果进行简单加权融合,最终得到插值图像。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤1中使用灰度重心法对原图像像素进行处理,得到激光光斑的中心位置。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,以光斑最亮像素的 e^{-2} 倍的像素点为参考点,以离光斑中心最近的探测器的像素作为中心点,在中心点的水平和垂直方向寻找与参考点灰度值最为接近的点,最为接近的点和中心点水平和垂直方向间的像素点作为采样点。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,已知光斑中心坐标后,找到距离中心点最近的一行及一列采样点进行高斯拟合,获得高斯曲线方程,生成高斯光斑分布图像。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤3中的缩放变换的具体过程在于:

以获取的原始光斑尺寸信息与当前理想的高斯光斑分布的有效半径的比值作为缩放比例,以光斑中心为基准点,在水平方向和垂直方向按比例对图像进行缩放,在不改变原图像尺寸的前提下,若由于缩小而产生了新的像素点,则赋0。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤5中精插值结果的权值大于粗插值结果的权值。

用于探测器阵列法测量激光光斑的图像插值方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理技术领域,特别是一种用于探测器阵列法测量激光光斑的图像插值方法。

背景技术

[0002] 对于远场环境下测量激光光斑时,通常的CCD镜头无法将完整的激光光斑区域完全覆盖,导致采集到的信息不完整。采用探测器点阵法,便可将探测靶面面积足够大,将较大面积的光斑信号完整的采集下来,同时该方法也是对光斑进行直接接触式测量,相较于间接测量法,其优势主要体现在测量的中间环节少,信噪比高,同时探测器的灵敏度高,响应性好,可以响应高速窄脉冲,做到精确测量激光脉冲的时序等信息。对于探测后的一系列探测器散点信号,需要用一定的方法将已有的信息转换为直观的图像进行观察分析,因此需要对原信号进行插值。

[0003] 图像插值算法,原本是用在计算机图像处理和计算机图形学中对已知的一幅图像进行缩放、旋转、剪切时,对已有的像素矩阵进行分析,依据一定的转换关系,从已知像素点的灰度值产生未知像素点的灰度值的过程。传统的插值方法侧重于图像的平滑,虽然取得了较好的视觉效果,但常常导致边缘模糊,于是近年来又出现了一些基于边缘的图像插值算法。在传统图像插值算法中,最近邻插值在早期使用的最为普遍,但是该方法实际上会在新图像中引入很多锯齿边缘及马赛克。双线性插值可以克服最近邻法的不足,但会退化图像的高频细节,双三次和三次样条插值可以使新产生的图像灰度变化更为自然平滑,但是对边缘的模糊性较为明显。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于为探测器阵列法测量高斯激光光斑提供一种对原始结果进行优化处理并显示的图像插值算法。

[0005] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种用于探测器阵列法测量激光光斑的图像插值方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0006] 步骤1,根据探测器探知的已有光斑的能量分布,初步确定光斑中心的位置以及水平垂直方向的尺寸;

[0007] 步骤2,通过光斑中心的水平和垂直方向取采样点,拟合得到高斯方程,生成理想高斯分布图像;

[0008] 步骤3,根据从原图像中获得的尺寸信息,对高斯分布图像以原图像的光斑中心为基准点,进行缩放变换,得到粗插值结果;所述原图像为已有光斑的能量分布图;

[0009] 步骤4,对原图像靠近中心的部分采用Lanczos算法进行插值,对离光斑中心较远的区域采用双线性插值法进行插值,得到精插值结果图像;

[0010] 步骤5,对步骤3及步骤4中得到的粗插值与精插值两幅图像结果进行简单加权融合,最终得到插值图像。

[0011] 本发明原图像为探测器阵列采集到的一系列散点,系统对散点图像进行插值还原出完整的光斑图像,着重考虑的是光斑的高斯分布总体特征和局部能量的分布情况。

[0012] 下面结合说明书附图对本发明作进一步描述。

附图说明

[0013] 图1为基于高斯光斑的图像插值算法步骤图。

[0014] 图2为选取高斯拟合水平及垂直方向示意图。

[0015] 图3为Lanczos核参数分别选用2,3时的函数图,其中(a)为Lanczos核参数为2时的函数图,(b)为Lanczos核参数为3时的函数图。

[0016] 图4为本文中分块插值方式示意图。

具体实施方式

[0017] 结合图1,一种用于探测器阵列法测量激光光斑的图像插值方法,包括以下步骤:

[0018] 步骤1,根据探测器探知的已有光斑的能量分布,初步确定光斑中心的位置以及水平垂直方向的尺寸;

[0019] 步骤2,通过光斑中心的水平和垂直方向取采样点,拟合得到高斯方程,生成理想高斯分布图像;根据从原图像中获得的尺寸信息,对高斯分布图像以原图像的光斑中心为基准点,进行缩放变换,得到粗插值结果;所述原图像为已有光斑的能量分布图;

[0020] 步骤4,对原图像靠近中心的部分采用Lanczos算法进行插值,对离光斑中心较远的区域采用双线性插值法进行插值,得到精插值结果图像;

[0021] 步骤5,对步骤3及步骤4中得到的粗插值与精插值两幅图像结果进行简单加权融合,最终得到插值图像。

[0022] 步骤1中,激光光斑的光斑中心,实际上是能量分布的中心,因此采用灰度重心法确定光斑的中心位置。

[0023] 灰度重心法是以每一点的灰度值作为其权值对光斑进行处理,最终找到重心位置,其公式如下:

$$[0024] \quad x_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_i f_{ij}}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n f_{ij}}$$

$$[0025] \quad y_0 = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n y_i f_{ij}}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n f_{ij}}$$

$$[0026] \quad f_{ij} = \begin{cases} 0 & f_{ij} < T \\ f_{ij} & f_{ij} \geq T \end{cases}$$

[0027] 上述公式中, (x_0, y_0) 即为求得的光斑中心位置, f_{ij} 为 (x_i, y_j) 处的像素灰度值。为了减少运算量,去除对不关心的区域冗余的运算,设置灰度阈值为T,当像素点的灰度大于T时才参与考虑,否则就忽略。不考虑探测器在测试过程中是否达到饱和,仅选取灰度值大于该幅图像中最大灰度值的 e^{-2} 倍的点参与重心运算。经过阈值处理后的图像中,水平、垂直方向的光斑尺寸即为灰度值不为0的像素距离,记水平方向的光斑直径为hd,垂直方向的

光斑至今为vd。

[0028] 步骤2,在通过光斑中心的水平和垂直方向分别对光斑区域做高斯拟合,得到整副图像总体符合的高斯分布对应关系,对图像进行插值,获得粗插值结果图像。

[0029] 选取用于拟合高斯基函数形式如下:

$$[0030] \quad I = A \exp \left[-\frac{x^2}{\sigma^2} \right] \quad (1)$$

[0031] 式中A、 σ^2 为待定参数,I为灰度值,x为插值点与光斑中心点的距离。对(1)进行整理,可得:

$$[0032] \quad \ln(I) = -\frac{x^2}{\sigma^2} + \ln(A) \quad (2)$$

[0033] 如图2所示,以通过中心点 (x_0, y_0) 的水平、垂直方向分别取采样点。由于可能出现计算出的光斑中心 (x_0, y_0) 不在整数位置上,此时选用最靠近中心点位置的,水平,垂直方向的像素点作为拟合的中心,此时x为该点到计算所得中心的距离。

[0034] 考虑到有可能出现的探测器饱和现象,需要避免选择饱和区域的像素值。由步骤1可以得到整副图像的最大灰度值(即最靠近中心位置的最大灰度值),选取采样点必须保证在最高像素值的两侧。将符合条件的像素点全部作为采样点。采样后得到一系列的采样序列: $(x_1, I_1), (x_2, I_2), \dots, (x_N, I_N)$ 。此处的 x_N 已经转换为当前采样点N与光斑中心的距离。根据最小二乘法,可将公式(2)转换为如下形式:

$$[0035] \quad y = ax^2 + b \quad (3)$$

$$[0036] \quad \begin{cases} a = \frac{1}{\sigma^2} \\ b = \ln(A) \end{cases} \quad (4)$$

[0037] 采样点与实际值的绝对误差可表示为:

$$[0038] \quad \Delta_n = [y_n - (ax_n^2 + b)], n \in N \quad (5)$$

$$[0039] \quad y_n = \ln(I_n) \quad (6)$$

[0040] 所有采样点的误差平方和可以表示为:

$$[0041] \quad \varphi(a, b) = \sum_{i=1}^N [y_i - (ax_i^2 + b)]^2 \quad (7)$$

[0042] 分别用(7)对参数a和b求偏导,并令偏导等于0,则有:

$$[0043] \quad \begin{aligned} \frac{\partial \varphi(a, b)}{\partial a} &= \sum_{i=1}^N 2x_i^2 [ax_i^2 + b - y_i] = 0 \\ \frac{\partial \varphi(a, b)}{\partial b} &= \sum_{i=1}^N 2[ax_i^2 + b - y_i] = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

[0044] 由上式可以得出a和b的解:

$$[0045] \quad a = \frac{n \sum_{i=1}^N x_i^2 y_i - \sum_{i=1}^N x_i^2 \sum_{i=1}^N y_i}{n \sum_{i=1}^N x_i^4 - \sum_{i=1}^N x_i^2 \sum_{i=1}^N y_i} \quad (9)$$

$$b = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^N y_i - a \sum_{i=1}^N x_i^2 \right]$$

[0046] 根据上式得到的参数代入高斯基函数中,即可得到估计的高斯曲线结果。以该高斯函数作为插值的依据,以原图的光斑中心为中心点生成理想高斯分布图像,其有效半径为原图中最大灰度值的 e^{-2} 倍的灰度值在该图中对应的半径 r 。再根据之前的步骤得到的水平,垂直方向的尺寸,求出缩放比例分别为 $hd/r, vd/r$,以光斑中心坐标对图像进行缩放。

[0047] 步骤3:对图像靠近中心的部分,采用Lanczos算法进行插值,对于其他较为次要的区域,采用双线性插值法进行插值,得到精插值结果图像;

[0048] Lanczos插值算法也是一种基于模板的插值算法。在一般场合下,Lanczos算法得到的结果具有失真度小,图像边缘锯齿不明显,同时图像细节保留度高的优点。Lanczos内核 $L(x)$ 相当于权值模板,它定义了每个输入样本对内插值的影响,其主要形式如下,

$$[0049] \quad L(x) = \begin{cases} \sin c(x) \sin c\left(\frac{x}{a}\right) & -a < x < a \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad (10)$$

[0050] 或者

$$[0051] \quad L(x) = \begin{cases} 1 & x=0 \\ \frac{a \sin(\pi x) \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right)}{\pi^2 x^2} & -a < x < a, x \neq 0 \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad (11)$$

[0052] 参数 a 为一个正整数,一般来说定为2或3,决定了内核的大小,也决定了内核的形状。该函数内核具有 $2a-1$ 个叶,中间为正值的叶,两边为 $a-1$ 个正和负交替的旁叶。图3表示了当参数 a 选为2,3时,Lanczos核的形状。从图中可以看出,只要 a 为一个正整数,Lanczos核在任意位置连续,且导数都存在且在任意位置连续,因此可以保证插值后的信号也是连续的。此外,Lanczos核在每个整数 x 处的值都为0,而在 $x=0$ 处值为1,因此对于原来已经有的给定点 $x=i$ 处,不会改变原有的信号大小。

[0053] 对于一维信号,其样本为 s_i, i 为整数,则任意位置 $S(x)$ 的内插值为 x 位置两侧包含在 $(-a, a)$ 区间里的样本与Lanczos核的离散卷积求得的,

$$[0054] \quad S(x) = \sum_{i=\lfloor x \rfloor - a + 1}^{\lfloor x \rfloor + a} s_i L(x-i) \quad (12)$$

[0055] 上式中, a 为L核里的参数 $a, \lfloor x \rfloor$ 为取待插值位置的坐标 x 左侧的第一个整数。该公式实际上表示的是在待插值位置处的值,等于周围各个像素值经过Lanczos核进行缩放后叠加共同产生的结果。

[0056] 由上述定义,该方程还可以扩展到二维情况,此时Lanczos核有如下形式,

$$[0057] \quad L(x, y) = L(x) L(y) \quad (13)$$

$$[0058] \quad S(x, y) = \sum_{i=\lfloor x \rfloor - a + 1}^{\lfloor x \rfloor + a} \sum_{j=\lfloor y \rfloor - a + 1}^{\lfloor y \rfloor + a} s_{ij} L(x, y) \quad (14)$$

[0059] 在本发明中,为了节约运算资源,提高速度,采用对不同的区域进行不同的插值方法进行插值。其中Lanczos插值参数选择为4。完整图像的插值过程结合图4的说明,可以分为以下两个步骤:第一步,在靠近计算所得的图像中心 (x_0, y_0) 的左右上下的6行6列进行二维Lanczos插值,在图4中表示为蓝色区域。第二步,对其余的区域采用线性法进行插值,在图4中表示为黄色的区域。最终可以获得完整的插值图像。

[0060] 步骤4:对步骤2及步骤3中得到的粗插值与精插值两幅图像结果进行简单加权融合,最终得到插值结果。

[0061] 简单加权融合也叫做像素加权平均法,该方法的优势主要在于计算速度快,直接对像素操作,免除复杂的变换等。在本发明中,并没有很多的边缘细节,采用这种方法,既能够加快运算速度,也能够保留之前两种插值思路的优势。具体公式如下:

[0062] 设第一次插值的图像中待融合的像素为 x_{ij} ,第二次插值的图像中对应的待融合的像素为 y_{ij} ,最终图像中融合结果为 f_{ij} ,则有

$$[0063] \quad f_{ij} = 0.4x_{ij} + 0.6y_{ij} \quad (15)$$

[0064] 由上式可以看出,由高斯拟合而成的图像结果在最终结果中所占分量为40%,而曲面拟合方法在最终结果中所占分量为60%。主要的原因如下:高斯拟合插值的过程中只选取了水平和垂直方向的分量进行拟合,仅得到了光斑总体分布特征,并没有完全参考采样点的像素值,但它包含了光斑整体上的分布特点。而直接对光斑像素进行插值,是基于采样点的像素值得到的插值法结果,具有图像的细节信息,更加贴近光斑的局部特点,但插值算法忽略了光斑整体上的高斯特点,因此在插值后以高斯拟合的结果对图像进行简单校正,可以使得结果更为贴近原有图像。

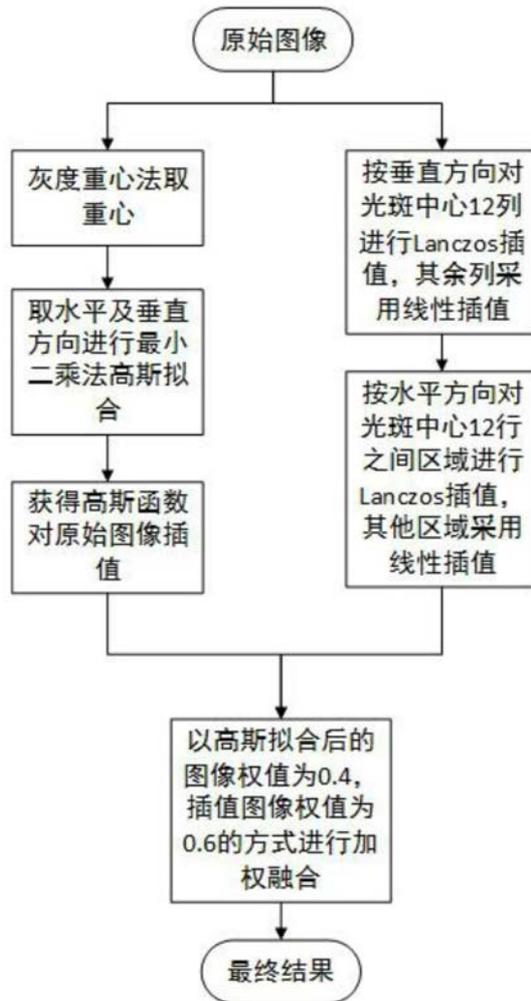


图1

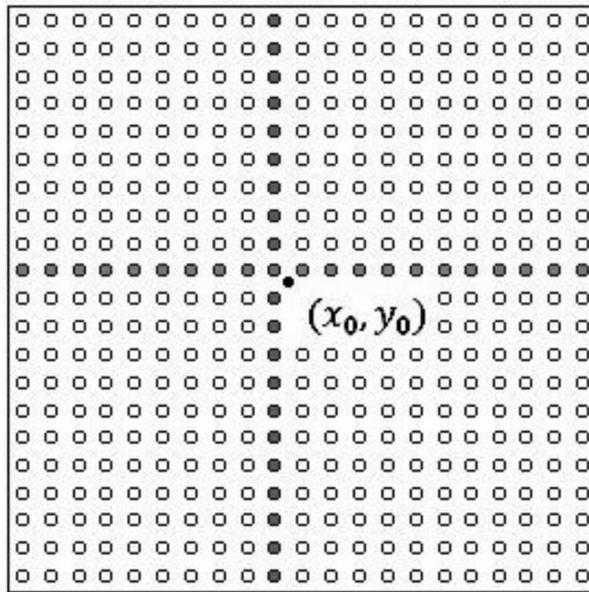


图2

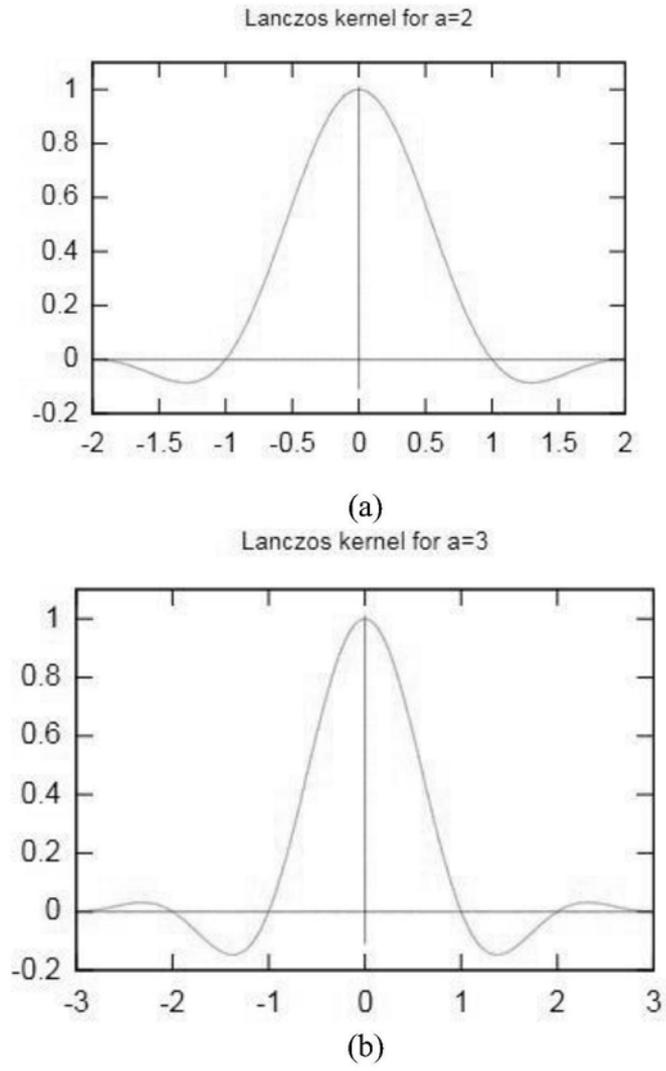


图3

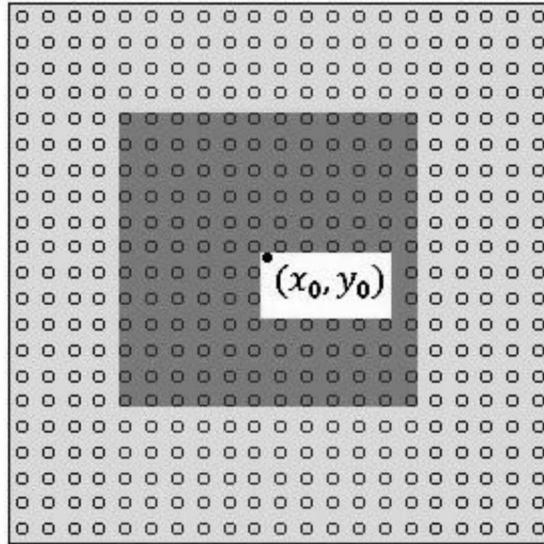


图4