



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102289779 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 21

(21) 申请号 201110216381. 3

(22) 申请日 2011. 07. 29

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 王明佳 武治国 韩广良 李桂菊

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

G06T 1/00 (2006. 01)

G06T 7/00 (2006. 01)

G01B 11/02 (2006. 01)

G01B 11/26 (2006. 01)

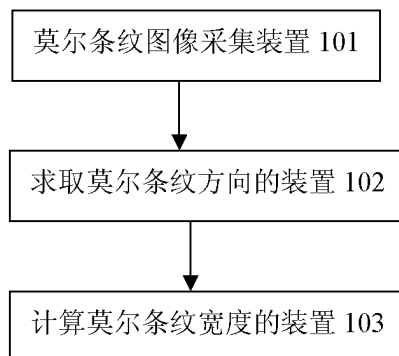
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置

(57) 摘要

本发明涉及一种利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置,该装置包括莫尔条纹图像采集装置;求取莫尔条纹方向的装置;计算莫尔条纹宽度的装置;所述求取莫尔条纹方向的装置:在莫尔条纹图像上定义一族交于同一点的直线 a_j ,利用直线 a_j 经过位置的莫尔条纹图像上各点的像素值 x_{ij} 求取直线 a_j 方向图像灰度值均方根误差 σ_j ,并将 σ_j 中最小的图像灰度值均方根误差 σ_u 所对应的直线 a_u 作为莫尔条纹的方向。本发明根据计算机采集到的莫尔图像上像素点的灰度值,自动识别莫尔条纹的方向角并计算条纹的宽度,计算速度快且精度高。可广泛应用于小角度精密测量、光电位移精密测量等领域。



1. 一种利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置,其特征在于包括:

莫尔条纹图像采集装置;

求取莫尔条纹方向的装置;

计算莫尔条纹宽度的装置;

所述求取莫尔条纹方向的装置:在莫尔条纹图像上定义一族交于同一点 o 的直线 a_j ($j = 1, 2, \dots, m$),取直线 a_j 经过位置的莫尔条纹图像上各点的像素值 x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n$);利用式 (1) 计算直线 a_j 方向图像灰度值均方根误差 σ_j ;

$$\sigma_j = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (1)$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (2)$$

取 σ_j 中最小的图像灰度值均方根误差 σ_u 所对应的直线 a_u 作为莫尔条纹的方向。

2. 根据权利要求 1 所述的利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置,其特征在于所述点 o 位于图像中心区域最亮位置处或者最暗位置处。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置,其特征在于所述直线 a_j 在 360° 范围内均匀分布,相邻直线间间隔角度在 $0.25 \sim 0.5^\circ$ 范围内。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置,其特征在于所述直线 a_j ($j = 1, 2, \dots, m$) 中包含两组直线 a_c ($c = 1, 2, \dots, 1$) ($1 < m$) 和 a_d ($d = 1, 2, \dots, p$) ($p = m-1$);直线 a_c ($c = 1, 2, \dots, 1$) 在 360° 范围内均匀分布,相邻直线间间隔角度在 $1 \sim 2^\circ$ 范围内;直线 a_d ($d = 1, 2, \dots, p$) 分布于直线 a_{v-1} 与直线 a_{v+1} 之间,直线 a_d ($d = 1, 2, \dots, p$) 中相邻直线间间隔角度在 $0.05 \sim 0.1^\circ$ 范围内;其中直线 a_{v-1} 、直线 a_{v+1} 为直线 a_c ($c = 1, 2, \dots, 1$) 中与 a_v 相邻的两条直线, a_v 为直线 a_c ($c = 1, 2, \dots, 1$) 中与最小的图像灰度值均方根误差 σ_v 相对应的直线;直线 a_d ($d = 1, 2, \dots, p$) 中与最小的图像灰度值均方根误差 σ_w 相对应的直线 a_w 的方向即为莫尔条纹方向。

5. 根据权利要求 1 所述的利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置,其特征在于所述计算莫尔条纹宽度的装置:定义一条垂直于莫尔条纹方向的直线,求出该直线经过位置莫尔条纹图像上各点像素值的变化周期,即得到莫尔条纹的宽度。

6. 根据权利要求 1 所述的利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置,其特征在于所述计算莫尔条纹宽度的装置:

以 o 点作为坐标原点、与莫尔条纹方向垂直的 u 轴作为横坐标、与莫尔条纹方向平行的 v 轴作为纵坐标建立坐标系,利用投影法得到一条正弦曲线;其中正弦曲线上各点的纵坐标为莫尔条纹上横坐标相同的各点像素灰度值进行累加得到的总灰度值;求出该正弦曲线的周期,该周期即为莫尔条纹的宽度。

利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种求取莫尔条纹宽度的装置,特别涉及一种利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置。

技术背景

[0002] 莫尔条纹具有高倍率放大的光学特性,利用莫尔条纹位移的测量可以实现高精度检测,在船体变型、机床加工领域具有重要应用前景,因此快速准确求取莫尔条纹方向角度与宽度具有良好的实际意义。

[0003] 目前求取莫尔条纹的方法只要包括频率求取算法、阈值分割算法等,阈值分割法计算速度较快但计算精度低,频域处理算法计算量大难以满足速度上的要求。因此如何寻找一种快速准确求取莫尔条纹宽度的算法成为迫切解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种快速、准确的利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明的利用图像处理技术求取莫尔条纹宽度的装置包括:

[0006] 莫尔条纹图像采集装置;

[0007] 求取莫尔条纹方向的装置;

[0008] 计算莫尔条纹宽度的装置;

[0009] 所述求取莫尔条纹方向的装置:在莫尔条纹图像上定义一族交于同一点 o 的直线 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$, 取直线 a_j 经过位置的莫尔条纹图像上各点的像素值 $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, n)$; 利用式 (1) 计算直线 a_j 方向图像灰度值均方根误差 σ_j ;

$$[0010] \quad \sigma_j = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (1)$$

$$[0011] \quad \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (2)$$

[0012] 取 σ_j 中最小的图像灰度值均方根误差 σ_u 所对应的直线 a_u 作为莫尔条纹的方向。

[0013] 本发明根据计算机采集到的莫尔图像上像素点的灰度值,自动识别莫尔条纹的方向角并计算条纹的宽度,计算速度快且精度高。可广泛应用于小角度精密测量、光电位移精密测量等领域。

[0014] 所述点 o 位于图像中心区域最亮位置处或者最暗位置处。

[0015] 所述直线 a_j 在 360° 范围内均匀分布,相邻直线间间隔角度在 $0.25 \sim 0.5^\circ$ 范围内。

[0016] 所述直线 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 中包含两组直线 $a_c (c = 1, 2, \dots, l) (l < m)$ 和 $a_d (d = 1, 2, \dots, p) (p = m-l)$; 直线 $a_c (c = 1, 2, \dots, l)$ 在 360° 范围内均匀分布,相邻直线间

隔角度在 $1 \sim 2^\circ$ 范围内 ; 直线 $a_d (d = 1, 2, \dots, p)$ 分布于直线 a_{v-1} 与直线 a_{v+1} 之间, 直线 $a_d (d = 1, 2, \dots, p)$ 中相邻直线间间隔角度在 $0.05 \sim 0.1^\circ$ 范围内 ; 其中直线 a_{v-1} 、直线 a_{v+1} 为直线 $a_c (c = 1, 2, \dots, 1)$ 中与 a_v 相邻的两条直线, a_v 为直线 $a_c (c = 1, 2, \dots, 1)$ 中与最小的图像灰度值均方根误差 σ_v 相对应的直线 ; 直线 $a_d (d = 1, 2, \dots, p)$ 中与最小的图像灰度值均方根误差 σ_w 相对应的直线 a_w 的方向即为莫尔条纹方向。

[0017] 所述计算莫尔条纹宽度的装置 : 定义一条垂直于莫尔条纹方向的直线, 求出该直线经过位置莫尔条纹图像上各点像素值的变化周期, 即得到莫尔条纹的宽度。

[0018] 所述计算莫尔条纹宽度的装置 :

[0019] 以 o 点作为坐标原点、与莫尔条纹方向垂直的 u 轴作为横坐标、与莫尔条纹方向平行的 v 轴作为纵坐标建立坐标系, 利用投影法得到一条正弦曲线 ; 其中正弦曲线上各点的纵坐标为莫尔条纹上横坐标相同的各点像素灰度值进行累加得到的总灰度值 ; 求出该正弦曲线的周期, 该周期即为莫尔条纹的宽度。

附图说明

[0020] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0021] 图 1 为本发明的利用图像处理技术自动求取莫尔条纹宽度的装置结构示意图。

[0022] 图 2 为最小均方根误差原理图。

[0023] 图 3a、3b 为交于同一点 o 的直线 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 与莫尔条纹图像相对位置示意图。

[0024] 图 4 为莫尔条纹投影坐标图。

[0025] 图 5 为莫尔条纹沿条纹方向投影图。

[0026] 图 6 为求取莫尔条纹宽度所用程序的流程图。

具体实施方式

[0027] 如图 1 所示, 本发明的利用图像处理技术自动求取莫尔条纹宽度的装置包括

[0028] 莫尔条纹图像采集装置 101 ;

[0029] 求取莫尔条纹方向的装置 102 : 在莫尔条纹图像上定义一族交于同一点 o 的直线 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$, 取直线 a_j 经过位置的莫尔条纹图像上各点的像素值 $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, n)$; 利用式 (1) 计算直线 a_j 方向图像灰度值均方根误差 σ_j ;

$$[0030] \quad \sigma_j = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (1)$$

$$[0031] \quad \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (2)$$

[0032] 取 σ_j 中最小的图像灰度值均方根误差 σ_u 所对应的直线 a_u 作为莫尔条纹的方向 ;

[0033] 计算莫尔条纹宽度的装置 103。

[0034] 一、莫尔条纹角度计算

[0035] 对于一组数据 $x_1 x_2 \dots x_i \dots x_n$, 其均值如公式 (3) 所示 :

$$[0036] \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

[0037] 数据均方根误差如公式 (4) 所示：

$$[0038] \quad \sigma = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

[0039] 通过公式 (4) 可以看出,如果该组数据之间数值越接近,其均方根误差越小,依此原理,我们以莫尔条纹图像中心为中心,划一条直线,在该直线经过位置取莫尔条纹图像像素灰度值。如图 2 中所示:直线 a 方向与莫尔条纹方向一致,则该直线方向图像像素灰度值近似,公式 (4) 中根号内数据接近 0,均方根误差值最小;直线 c 方向与莫尔条纹方向垂直,该直线方向图像灰度数据波动最大,其均方根误差也最大;而直线 b 方向均方根误差介于两者之间。

[0040] 在图 2 中,直线 a 平行于莫尔条纹方向,通过统计最小均方根误差发现误差值 σ 与直线 a 经过的位置有关,当直线 a 经过条纹最亮区域或者最暗区域时, σ 值最小,当直线经过莫尔条纹明暗过渡区域时,该位置图像灰度值变化幅度较大造成 σ 值较大,该位置不利于莫尔条纹方向角的计算,因此直线选取要遵循一定原则。直线族交点 o 应该选取在图像中心区域最亮位置处或者最暗位置处(即灰度值最大位置处或灰度值最小位置处)。

[0041] 各直线 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 在 360° 范围内可以呈均匀分布,也可以呈不均匀分布。

[0042] 二、计算莫尔条纹宽度

[0043] 准确求出莫尔条纹方向角后,沿着与莫尔条纹方向垂直的方向可以求出莫尔条纹宽度。

[0044] 由于莫尔条纹成像存在噪声干扰,造成莫尔条纹宽度计算随机误差很大。投影法是将一系列相关数据按固定方向进行数据累加,由于投影法对噪声有很好的抑制作用同时具有计算量小的特点,本发明采用投影法计算莫尔条纹宽度。传统投影法采用 x 轴方向投影或者 y 轴方向投影,由于莫尔条纹方向角随机,本发明采用沿着莫尔条纹方向进行投影。如图 4 所示,建立坐标系, u 轴为与莫尔条纹垂直方向, v 轴为与莫尔条纹平行方向,投影区域为白色方框包围区域,将 v 轴整列数据投影在 u 轴方向。

[0045] 图 4 为采用投影法在 u 轴得到莫尔条纹投影图,其中 u 坐标表示莫尔条纹图像横坐标,纵坐标表示莫尔条纹在 u 坐标上投影的累加灰度值,经过投影法处理后莫尔条纹数据变得平滑。求取莫尔条纹宽度变成求取正弦曲线周期(如图 5 所示),在图 5 中寻找正弦曲线第一个波峰位置 u_1 与最后一个波峰位置 u_2 。利用公式 (5) 求取条纹宽度 B。

$$[0046] \quad B = \frac{u_2 - u_1}{k} \quad (5)$$

[0047] 公式 (5) 中: u_1 表示第一个波峰, u_2 表示最后一个波峰,k 表示波峰数量。

[0048] 实施例 1

[0049] 如图 3a 所示,直线 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 的交点 o 选取在莫尔条纹图像中心区域最暗位置处,并且直线族 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 在 360° 范围内均匀分布,相邻直线间间隔角度为 0.3° 、 0.4° 、或 0.5° 。

[0050] 取直线 a_j 经过位置的莫尔条纹图像上各点的像素值 $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, n)$;利用式 (1) 计算直线 a_j 方向图像灰度值均方根误差 σ_j ;

$$[0051] \quad \sigma_j = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (1)$$

$$[0052] \quad \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (2)$$

[0053] 取 σ_j 中最小的图像灰度值均方根误差 σ_u 所对应的直线 a_u 作为莫尔条纹的方向。

[0054] 定义一条通过点 o 且垂直于直线 a_u 的直线 b_u , 直线 b_u 经过位置的莫尔条纹图像像素点灰度值呈正弦曲线周期变化, 求出该正弦曲线的周期即为莫尔条纹的宽度。

[0055] 实施例 2

[0056] 直线族 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 的交点 o 选取在莫尔条纹图像中心区域最亮位置处, 直线族 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 包含两组直线 $a_c (c = 1, 2, \dots, l) (l < m)$ 和 $a_d (d = 1, 2, \dots, p) (p = m-1)$ 。

[0057] 直线组 $a_c (c = 1, 2, \dots, l)$ 在 360° 范围内均匀分布, 相邻直线间间隔角度为 1° 、 1.5° 或 2° 。

[0058] 取直线 a_c 经过位置的莫尔条纹图像上各点的像素值 $x_{ic} (i = 1, 2, \dots, n)$; 利用式 (11) 计算直线 a_c 方向图像灰度值均方根误差 σ_c ;

$$[0059] \quad \sigma_c = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_{ic} - \bar{x}_c)^2} \quad (11)$$

$$[0060] \quad \bar{x}_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ic} \quad (12)$$

[0061] 取 σ_c 中最小的图像灰度值均方根误差 σ_v 所对应的直线 a_v 作为莫尔条纹的近似方向。

[0062] 直线组 $a_d (d = 1, 2, \dots, p)$ 分布于直线 a_{v-1} 与直线 a_{v+1} 之间 (如图 3b 所示), 直线 a_{v-1} 、直线 a_{v+1} 为直线组 $a_c (c = 1, 2, \dots, l)$ 中与 a_v 相邻的两条直线。直线组 $a_d (d = 1, 2, \dots, p)$ 中相邻直线间间隔角度为 0.05° 、 0.07° 或 0.1° 。

[0063] 按照求直线 a_v 同样的方法求出直线组 $a_d (d = 1, 2, \dots, p)$ 中最小的图像灰度值均方根误差所对应的直线 a_w 作为莫尔条纹方向。

[0064] 如图 4 所示, 以 o 点作为坐标原点、与莫尔条纹方向垂直的 u 轴作为横坐标、与莫尔条纹方向平行的 v 轴作为纵坐标建立坐标系, 利用投影法得到一条正弦曲线; 其中正弦曲线上各点的纵坐标 p 为莫尔条纹上横坐标相同的各点像素灰度值进行累加得到的总灰度值; 在图 4 中寻找正弦曲线第一个波峰位置 u_1 与最后一个波峰位置 u_2 。利用公式 (5) 即可求得条纹宽度 B 。

$$[0065] \quad B = \frac{u_2 - u_1}{k} \quad (5)$$

[0066] 公式 3 中: u_1 表示第一个波峰, u_2 表示最后一个波峰, k 表示波峰数量。

[0067] 本发明不限于上述实施例, 直线 $a_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 中还可以选择包括多组直线。例如第一组相邻直线间间隔角度为 10° , 共 18 条直线; 求出这 18 条直线中最小的图像灰度值均方根误差所对应的直线为 a_7 , 则第二组直线分布于直线 a_6 与直线 a_8 之间, 相邻直线间间隔角度为 1° , 共 18 条直线; 求出这 18 条直线中最小的图像灰度值均方根误差所对应的直线为 a_{30} , 则第三组分布于直线 a_{29} 与直线 a_{31} 之间, 相邻直线间间隔角度为 0.1° , 共 18

条直线,再求出这 18 条直线中最小的图像灰度值均方根误差所对应的直线为 a_{40} ,将直线 a_{40} 所在方向作为莫尔条纹的方向。莫尔条纹宽度的计算也不限于上述方式,实施例 1 中直线 b_u 也可以是不通过点 o 但垂直于直线 a_u 的任意一条直线。应当理解的是,凡是在本发明权利要求 1 基础上作出的任何简单变形,都在本发明意图保护范围之内。

[0068] 本发明就是根据计算机采集到的莫尔图像,自动识别莫尔条纹的方向角与条纹的宽度。当直线 $a_j(j = 1, 2 \cdots m)$ 的交点 o 选取在图像中心区域最亮位置处,选择相邻直线之间间隔为 1° 初步确定直线 a_v 方向为莫尔条纹方向,然后在直线 a_{v-1} 与直线 a_{v+1} 之间定义另一组直线 $a_d(d = m-c)$,相邻直线间间隔角度为 0.1° ,再取这组中最小的图像灰度值均方根误差 σ_v 所对应的直线 a_v 作为莫尔条纹的方向,将结果进行显示。每帧图像处理在 40ms 之内完成,条纹宽度计算误差小于 1%。

[0069] 本发明通过在双核酷睿 2.4GHz、内存 2G 电脑,采用 VC6.0 编程实现,算法的程序流程如图 6 所示。

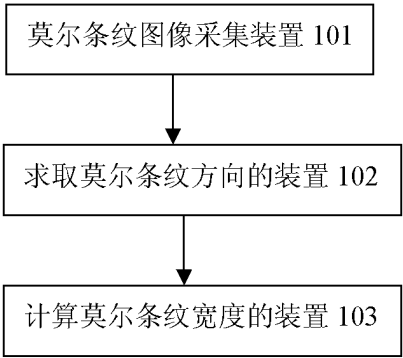


图 1

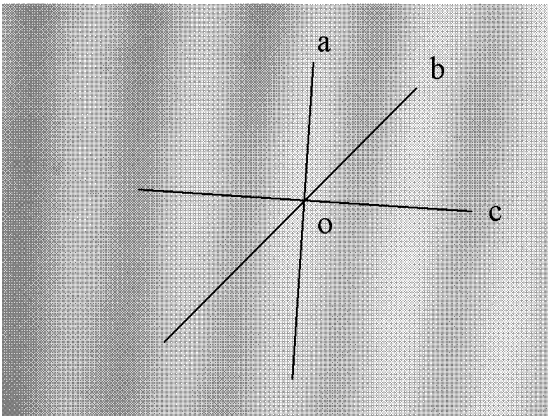


图 2

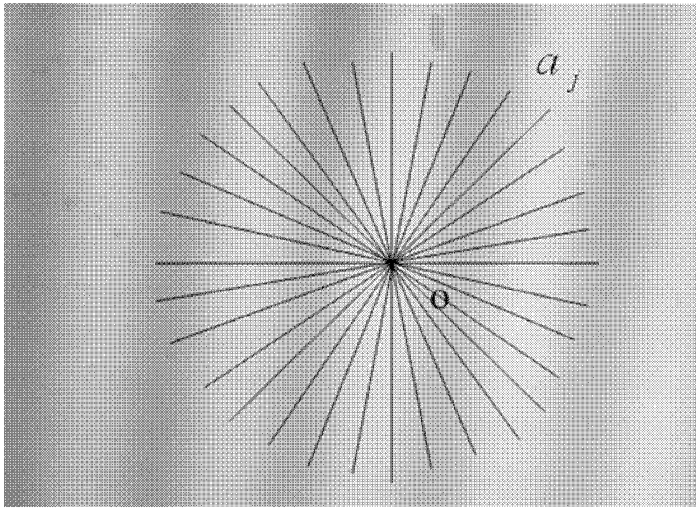


图 3a

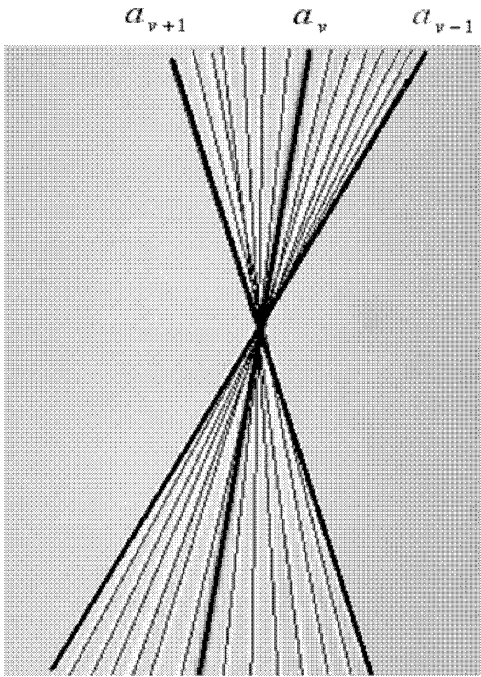


图 3b

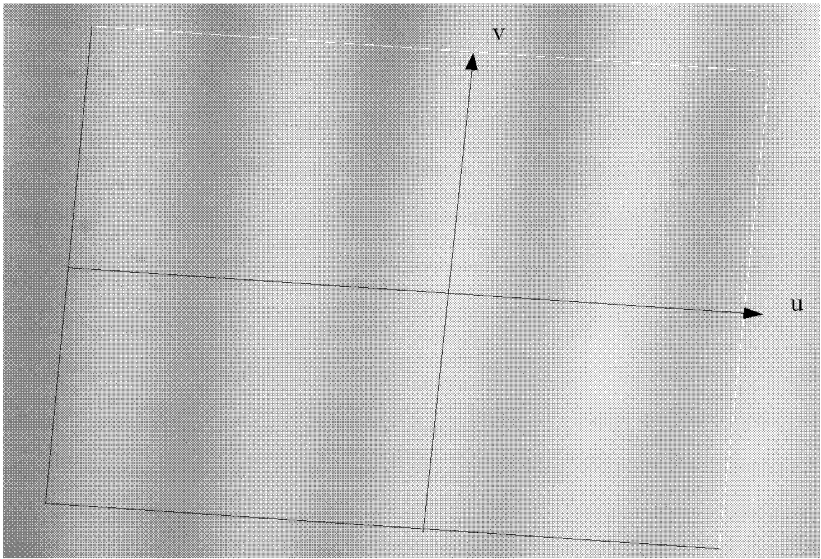


图 4

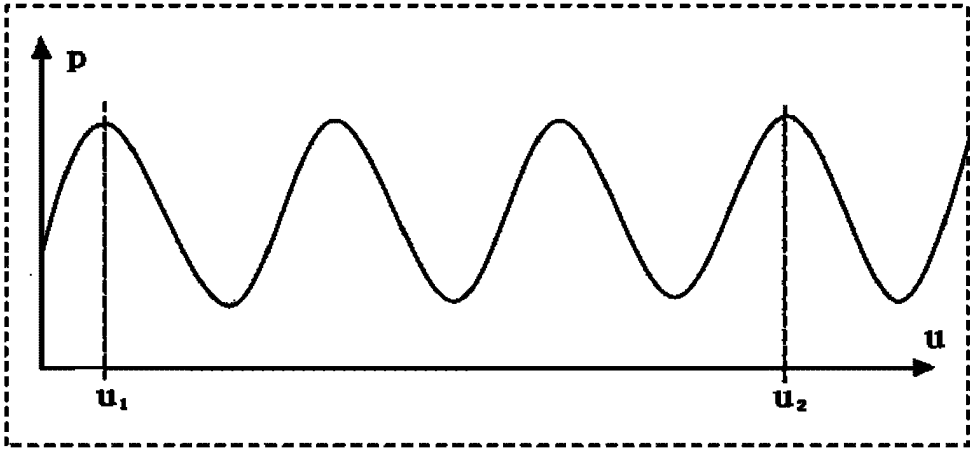


图 5

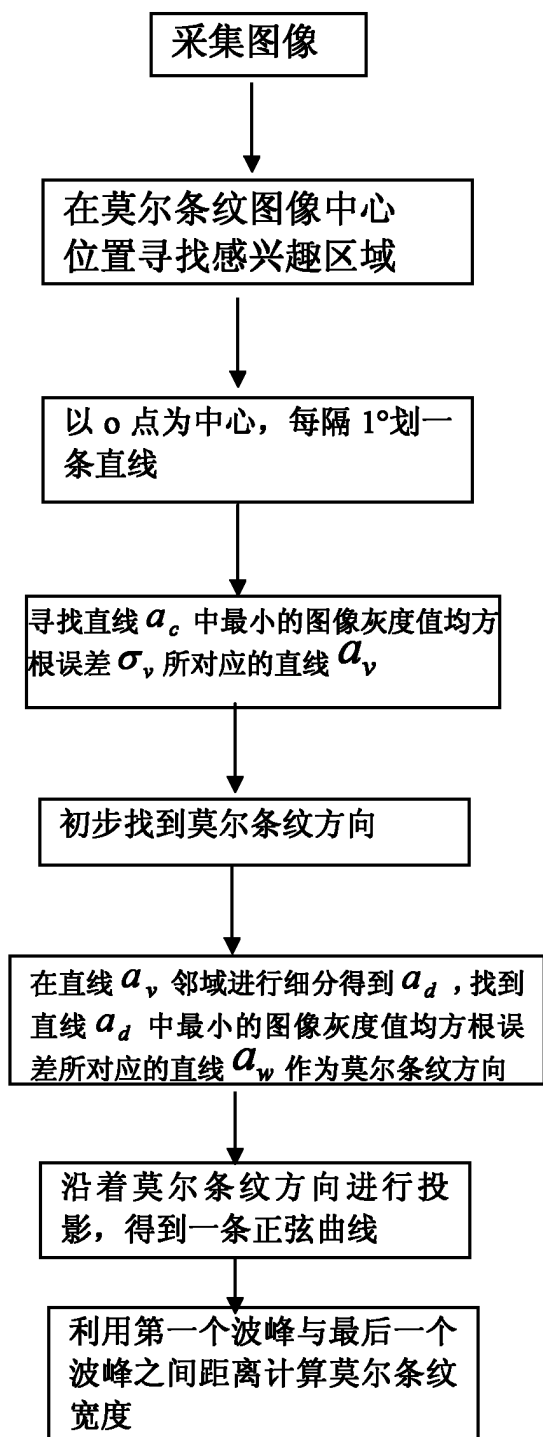


图 6