(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 120133706 A
(43)申请公布日 2025.06.13

(21)申请号 202510551773.7

(22)申请日 2025.04.29

(71)申请人 东南大学
地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

(72)发明人 李永哲 黄曹玮 刘百恒 周怡君 王晓宇

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所(普通合伙) 32204
专利代理师 徐红梅

(51)Int.Cl.
B23K 26/044(2014.01)
B23K 26/08(2014.01)
B23K 26/70(2014.01)
B23K 103/04(2006.01)

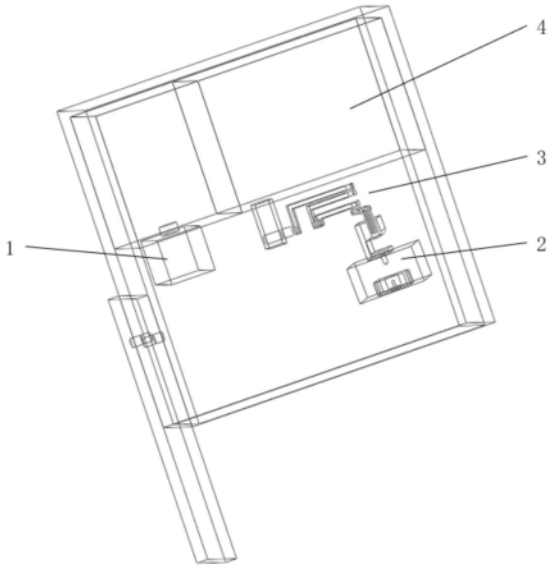
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器及焊缝跟踪识别方法

(57)摘要

本发明公开了一种用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器及焊缝跟踪识别方法,包括激光发射器、激光接收镜头、镜头运动控制系统及激光条纹图像处理系统,激光发射器用于发射激光;激光接收镜头用于接收镜面反射后的激光;镜头运动控制系统用于控制激光接收镜头进行周期性回转运动和姿态调整;激光条纹图像处理系统用于处理接收的反射激光。本发明通过激光接收镜头的周期性运动,可实现其绕激光反射点在激光可能反射范围内的锥形回转运动,进而捕捉经由镜面不锈钢反射的多方向激光,再通过激光条纹图像处理系统将不同时刻采集的激光条纹进行拼接处理,形成完整且可反映焊缝坡口形貌的激光条纹图像,实现镜面不锈钢焊缝跟踪识别的目的。



CN 120133706 A

1.一种用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器,其特征在于,包括激光发射器(1)、激光接收镜头(2)、镜头运动控制系统(3)以及激光条纹图像处理系统(4),激光发射器(1)用于发射激光;激光接收镜头(2)用于接收镜面反射后的激光;镜头运动控制系统(3)用于控制激光接收镜头(2)进行周期性回转运动和姿态调整;激光条纹图像处理系统(4)用于处理接收到的反射激光,识别焊缝坡口中心。

2.根据权利要求1所述的用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器,其特征在于,镜头运动控制系统(3)包括旋转运动机构(31)、三轴角度调整机构(32)、距离调整机构(33)以及运动控制器(34),旋转运动机构(31)分别与三轴角度调整机构(32)和距离调整机构(33)固定连接,距离调整机构(33)与激光接收镜头(2)固定连接,运动控制器(34)与三轴角度调整机构(32)固定连接;距离调整机构(33)用于调整激光接收镜头(2)与激光反射点之间的相对距离;三轴角度调整机构(32)用于调整激光接收镜头(2)的姿态;旋转运动机构(31)用于驱动距离调整机构(33)作旋转运动,进而带动激光接收镜头(2)作旋转运动;运动控制器(34)用于控制旋转运动机构(31)、三轴角度调整机构(32)和距离调整机构(33)协同运动,实现激光接收镜头(2)位姿调整。

3.根据权利要求2所述的用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器,其特征在于,旋转运动机构(31)包括曲柄(311)和第一驱动电机(312),曲柄(311)与距离调整机构(33)固定连接,第一驱动电机(312)固定连接在三轴角度调整机构(32)上,运动控制器(34)控制第一驱动电机(312)驱动曲柄(311)作旋转运动,进而带动距离调整机构(33)作旋转运动,最终带动激光接收镜头(2)作旋转运动,以控制激光接收镜头(2)在激光反射范围内旋转。

4.根据权利要求2所述的用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器,其特征在于,三轴角度调整机构(32)包括第一角度调整杆(321)、第二驱动电机(322)、第二角度调整杆(323)、第三驱动电机(324)、第三角度调整杆(325)及第四驱动电机(326),第一角度调整杆(321)一端与第一驱动电机(312)固定连接,另一端与第二驱动电机(322)的输出轴连接;第二角度调整杆(323)一端与第二驱动电机(322)固定连接,另一端与第三驱动电机(324)的输出轴连接;第三角度调整杆(325)一端与第三驱动电机(324)固定连接,另一端与第四驱动电机(326)的输出轴连接;第四驱动电机(326)固定连接在运动控制器(34)上;运动控制器(34)分别控制第二驱动电机(322)、第三驱动电机(324)和第四驱动电机(326)运动,进而分别驱动第一角度调整杆(321)、第二角度调整杆(323)和第三角度调整杆(325)运动;各角度调整杆协同运动以调整激光接收镜头(2)的姿态,使得激光接收镜头(2)绕x、y、z轴旋转运动。

5.根据权利要求2所述的用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器,其特征在于,距离调整机构(33)包括驱动连接片(331)和丝杠(332),驱动连接片(331)下端与激光接收镜头(2)固定连接,上部通过螺纹与丝杆(332)连接,丝杠(332)与旋转运动机构(31)固定连接;运动控制器(34)控制驱动连接片(331)沿丝杠(332)上下运动,进而控制激光接收镜头(2)与激光反射点的相对距离。

6.一种镜面不锈钢焊缝跟踪识别方法,其特征在于,采用权利要求1-5任一项所述用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器,方法包括以下步骤:

S1、记录激光接收镜头(2)在一个运动周期内各个时刻的激光条纹图像;

S2、拼接记录的不同时刻的激光条纹图像;

S3、在一个运动周期内,通过运动学计算各时刻激光接收镜头(2)的相对位置,推算对应的激光条纹图像所对应在工件上的动态投影区域;

S4、处理激光条纹图像,识别坡口中心;包括噪声处理、激光条纹图像中心提取、坡口中心识别。

7.根据权利要求6所述一种镜面不锈钢焊缝跟踪识别方法,其特征在于,步骤S1具体为:

通过距离调整机构(33)、旋转运动机构(31)和三轴角度调整机构(32)不断调整激光接收镜头(2)的姿态和与激光反射点间的相对距离,当有反射激光进入激光接收镜头(2)后,记录下该时刻的激光信息并转换为激光条纹图像。

8.根据权利要求6所述一种镜面不锈钢焊缝跟踪识别方法,其特征在于,步骤S3具体为:

通过实时采集激光接收镜头(2)的位姿数据,结合运动学正解模型计算激光接收镜头(2)在基坐标系下的实时位姿变换矩阵,将激光条纹图像中的像素坐标逐帧映射至工件表面三维空间,最终解算出激光条纹在工件上的动态投影区域。

9.根据权利要求6所述一种镜面不锈钢焊缝跟踪识别方法,其特征在于,步骤S4具体为:

通过高斯滤波降噪,消除环境光干扰与焊缝溅射噪声;通过识别激光条纹图像的特征点,并结合坡口的对称性拟合出坡口中心。

10.一种电子设备,其特征在于,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序/指令,其特征在于,所述计算机程序/指令被处理器执行时实现权利要求6-9任一项所述的镜面不锈钢焊缝跟踪识别方法的步骤。

一种用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器及焊缝跟踪识别方法

技术领域

[0001] 本发明属于机器人焊接技术领域,涉及一种用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器及焊缝跟踪识别方法。

背景技术

[0002] 机器人焊接是工业机器人技术应用的重要场景之一。焊缝跟踪传感器可帮助机器人自动寻找焊缝中心位置,进而调整焊接轨迹,提升焊接质量。现有线型结构激光传感器的激光发射器和激光接收镜头相对位置固定,在应用于镜面不锈钢焊缝识别时,因激光条纹发生镜面反射,导致激光接收镜头无法获取完整激光条纹图像。这大大限制了机器人技术在不锈钢自动化焊接领域的应用。

发明内容

[0003] 发明目的:本发明的目的是提供一种用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器及焊缝跟踪识别方法,通过操控激光接收镜头的周期性运动,可有效获取可反映焊缝坡口完整形貌的激光条纹图像,实现镜面不锈钢焊缝识别与跟踪的目的。

[0004] 技术方案:本发明所述一种用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器,包括激光发射器、激光接收镜头、镜头运动控制系统以及激光条纹图像处理系统,激光发射器用于发射激光;激光接收镜头用于接收镜面反射后的激光;镜头运动控制系统用于控制激光接收镜头进行周期性回转运动和姿态调整;激光条纹图像处理系统用于处理接收到的反射激光,识别焊缝坡口中心。

[0005] 可选的,镜头运动控制系统包括旋转运动机构、三轴角度调整机构、距离调整机构以及运动控制器,旋转运动机构分别与三轴角度调整机构和距离调整机构固定连接,距离调整机构与激光接收镜头固定连接,运动控制器与三轴角度调整机构固定连接;距离调整机构用于调整激光接收镜头与激光反射点之间的相对距离;三轴角度调整机构用于调整激光接收镜头的姿态;旋转运动机构用于驱动距离调整机构作旋转运动,进而带动激光接收镜头作旋转运动;运动控制器用于控制旋转运动机构、三轴角度调整机构和距离调整机构协同运动,实现激光接收镜头位姿调整。

[0006] 可选的,旋转运动机构包括曲柄和第一驱动电机,曲柄与距离调整机构固定连接,第一驱动电机固定连接在三轴角度调整机构上,运动控制器控制第一驱动电机驱动曲柄作旋转运动,进而带动距离调整机构作旋转运动,最终带动激光接收镜头作旋转运动,以控制激光接收镜头在激光可能反射范围内旋转。

[0007] 可选的,三轴角度调整机构包括第一角度调整杆、第二驱动电机、第二角度调整杆、第三驱动电机、第三角度调整杆及第四驱动电机,第一角度调整杆一端与第一驱动电机固定连接,另一端与第二驱动电机的输出轴连接;第二角度调整杆一端与第二驱动电机固定连接,另一端与第三驱动电机的输出轴连接;第三角度调整杆一端与第三驱动电机固定

连接,另一端与第四驱动电机的输出轴连接;第四驱动电机固定连接在运动控制器上;运动控制器分别控制第二驱动电机、第三驱动电机和第四驱动电机运动,进而分别驱动第一角度调整杆、第二角度调整杆和第三角度调整杆运动;各角度调整杆协同运动以调整激光接收镜头的姿态,使得激光接收镜头绕x、y、z轴旋转运动。

[0008] 可选的,距离调整机构包括驱动连接片和丝杠,驱动连接片下端与激光接收镜头固定连接,上部通过螺纹与丝杆连接,丝杠与旋转运动机构固定连接;运动控制器控制驱动连接片沿丝杠上下运动,进而控制激光接收镜头与激光反射点的相对距离。

[0009] 本发明另一个方面,一种镜面不锈钢焊缝跟踪识别方法,采用所述用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器,方法包括以下步骤:

[0010] S1、记录激光接收镜头在一个运动周期内各个时刻的激光条纹图像;

[0011] S2、拼接记录的不同时刻的激光条纹图像;

[0012] S3、在一个运动周期内,通过运动学计算各时刻激光接收镜头的相对位置,推算对应的激光条纹图像所对应在工件上的动态投影区域;

[0013] S4、处理激光条纹图像,识别坡口中心;包括噪声处理、激光条纹图像中心提取、坡口中心识别。

[0014] 进一步的,步骤S1具体为:

[0015] 通过距离调整机构、旋转运动机构和三轴角度调整机构不断调整激光接收镜头的姿态和与激光反射点间的相对距离,当有反射激光进入激光接收镜头后,记录下该时刻的激光信息并转换为激光条纹图像。

[0016] 进一步的,步骤S3具体为:

[0017] 通过实时采集激光接收镜头的位姿数据,结合运动学正解模型计算激光接收镜头在基坐标系下的实时位姿变换矩阵,将激光条纹图像中的像素坐标逐帧映射至工件表面三维空间,最终解算出激光条纹在工件上的动态投影区域。

[0018] 进一步的,步骤S4具体为:

[0019] 通过高斯滤波降噪,消除环境光干扰与焊缝溅射噪声;通过识别激光条纹图像的特征点,并结合坡口的对称性拟合出坡口中心。

[0020] 本发明的另一个方面,一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序/指令,其特征在于,所述计算机程序/指令被处理器执行时实现所述的镜面不锈钢焊缝跟踪识别方法的步骤。

[0021] 有益效果:与现有技术相比,本发明的显著技术效果为:通过激光接收镜头的周期性旋转运动及图像处理拼接算法,有效解决了镜面不锈钢自动化焊接中因激光条纹镜面反射导致图像缺失的难题;本发明提出的激光传感器通过镜头运动控制系统,使激光接收镜头动态捕捉不同反射方向的有效激光,结合运动学计算记录的激光条纹与工件的对应关系,最终通过图像处理拼接算法实现镜面不锈钢的焊缝跟踪;通过本发明中的机械结构和识别方法,可实现激光接收镜头绕激光反射点在激光可能反射范围内的锥形回转运动,进而捕获经由镜面不锈钢反射的多方向激光,解决激光焊缝跟踪很难适用于不锈钢一类表面具有光泽的材料的难题;相较于现有的线型结构激光传感器,本发明传感器及跟踪识别方法显著提升了镜面材料的焊缝跟踪精度和焊接效率。

附图说明

[0022] 图1为现有线型结构激光传感器的示意图；

[0023] 图2为镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器结构图；

[0024] 图3为镜头运动控制系统示意图；

[0025] 图4为用于镜面不锈钢焊缝跟踪的识别方法流程图；

[0026] 图5为实施示意图；

[0027] 图6为激光接收镜头锥形回转运动示意图；

[0028] 图7为激光条纹拼接示意图；

[0029] 其中:1-激光发射器,2-激光接收镜头,3-镜头运动控制系统,4-激光条纹图像处理系统,31-旋转运动机构,32-三轴角度调整机构,33-距离调整机构,34-运动控制器,311-曲柄,312-第一驱动电机M1,321-第一角度调整杆B1,322-第二驱动电机M2,323、第二角度调整杆B2,324-第三驱动电机M3,325-第三角度调整杆B3,326-第四驱动电机M4,331-驱动连接片,332-丝杠。

具体实施方式

[0030] 为了加深本发明的理解,下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详述,该实施例仅用于解释本发明,并不构成对本发明保护范围的限定。

[0031] 如图1所示,现有线型结构激光传感器的结构包括激光发射器、成像镜头和成像阵列,针对现有线型结构激光传感器应用于镜面不锈钢焊缝识别时,因激光条纹发生镜面反射,导致激光接收镜头无法获取完整激光条纹图像的问题。通过操控激光接收镜头的周期性运动,捕捉经由镜面不锈钢反射的多方向激光,再通过激光条纹图像处理系统将不同时刻采集的激光条纹进行拼接处理,形成完整且可反映焊缝坡口形貌的激光条纹图像,进而实现镜面不锈钢焊缝识别与跟踪的目的。本发明提出了一种用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器及识别方法,通过操控激光接收镜头的周期性运动,可有效获取可反映焊缝坡口完整形貌的激光条纹图像,实现镜面不锈钢焊缝识别与跟踪的目的。

[0032] 如图2所示,本发明所述用于镜面不锈钢焊缝跟踪的激光传感器,包括激光发射器1、激光接收镜头2、镜头运动控制系统3以及激光条纹图像处理系统4。激光发射器1用于发射激光;激光接收镜头2用于接收镜面反射后的激光;镜头运动控制系统3用于控制激光接收镜头2进行周期性回转运动和姿态调整;激光条纹图像处理系统4用于处理接收到的反射激光,包括降噪、滤波、条纹中心提取、焊缝中心提取等,进而识别焊缝坡口中心。

[0033] 如图3所示,镜头运动控制系统3包括旋转运动机构31、三轴角度调整机构32、距离调整机构33以及运动控制器34,旋转运动机构31分别与三轴角度调整机构32和距离调整机构33固定连接,距离调整机构33与激光接收镜头2固定连接,运动控制器34与三轴角度调整机构32固定连接;距离调整机构33用于调整激光接收镜头2与激光反射点之间的相对距离,使其能清楚成像;三轴角度调整机构32用于调整激光接收镜头2的姿态,保证反射激光可以径直射入激光接收镜头2;旋转运动机构31用于驱动距离调整机构33作旋转运动,进而带动激光接收镜头2作旋转运动,以捕获不同方向的反射激光;运动控制器34用于控制旋转运动机构31、三轴角度调整机构32和距离调整机构33协同运动,实现激光接收镜头2位姿调整。

[0034] 首先距离调整机构33的驱动连接片331与激光接收镜头2通过螺纹螺钉固定连接

一起,同时通过丝杠332的一端固定在旋转运动机构31上;旋转运动机构31的曲柄311通过轴销和第一驱动电机312形成可拆非固定连接,使得曲柄311可绕轴做旋转;最后三轴角度调整机构32与运动控制器34同样通过轴销形成可拆非固定连接。

[0035] 旋转运动机构31包括曲柄311和第一驱动电机312,曲柄311与距离调整机构33固定连接,第一驱动电机312固定连接在三轴角度调整机构32上,运动控制器34控制第一驱动电机312驱动曲柄311作旋转运动,进而带动距离调整机构33作旋转运动,最终带动激光接收镜头2作旋转运动,以控制激光接收镜头2在激光可能反射范围内旋转。

[0036] 进一步的,曲柄311和第一驱动电机312之间通过轴销连接。

[0037] 三轴角度调整机构32包括第一角度调整杆321、第二驱动电机322、第二角度调整杆323、第三驱动电机324、第三角度调整杆325及第四驱动电机326,第一角度调整杆321一端与第一驱动电机312固定连接,另一端与第二驱动电机322的输出轴连接;第二角度调整杆323一端与第二驱动电机322固定连接,另一端与第三驱动电机324的输出轴连接;第三角度调整杆325一端与第三驱动电机324固定连接,另一端与第四驱动电机326的输出轴连接;第四驱动电机326固定连接在运动控制器34上;运动控制器34分别控制第二驱动电机322、第三驱动电机324和第四驱动电机326运动,进而分别驱动第一角度调整杆321、第二角度调整杆323和第三角度调整杆325运动;各角度调整杆协同运动以调整激光接收镜头2的姿态,使得激光接收镜头2可做绕x、y、z轴的旋转运动,以保证反射激光能够径直射入激光接收镜头2。

[0038] 进一步的,第一角度调整杆321一端与第一驱动电机312通过轴销形成可拆固定连接,另一端通过轴销与第二驱动电机322形成可拆非固定连接;第二角度调整杆323一端通过轴销与第二驱动电机322形成可拆固定连接,另一端通过轴销与第三驱动电机324形成可拆非固定连接;第三角度调整杆325一端通过轴销与第三驱动电机324形成可拆固定连接,另一端通过轴销与第四驱动电机326形成可拆非固定连接。

[0039] 距离调整机构33包括驱动连接片331和丝杠332,驱动连接片331下端与激光接收镜头2通过螺纹连接,作用是固定激光接收镜头2,上部通过螺纹与丝杆332连接,丝杠332与旋转运动机构31固定连接;运动控制器34通过驱动连接片331内部驱动电机控制驱动连接片331沿丝杠332上下运动,进而控制激光接收镜头2与激光反射点的相对距离。

[0040] 工作时,激光接收镜头2在旋转运动机构31带动下进行周期性旋转,运动到镜面不锈钢反射的激光路径上;第二驱动电机322、第三驱动电机324和第四驱动电机326驱动三轴角度调整机构32实现激光路径垂直进入激光接收镜头;距离调整机构33运动实现激光接收镜头与反射点的相对距离保持恒定。

[0041] 本发明还提供了基于所述激光传感器的一种镜面不锈钢焊缝跟踪识别方法,包括:将激光接收镜头在不同时刻获取的条纹图像进行拼接,形成完整的激光条纹图像,再经由噪声处理、条纹中心提取、焊缝中心识别等步骤,实现不锈钢焊缝跟踪识别。如图4所示,具体包括以下步骤:

[0042] S1、记录激光接收镜头2在一个运动周期内各个时刻的激光条纹图像;

[0043] 运动周期内各个时刻是指:通过旋转运动机构31带动激光接收镜头2在一次完整旋转运动过程中捕捉到反射激光的时间点。

[0044] 具体方法为:距离调整机构33、旋转运动机构31和三轴角度调整机构32在各电机

驱动下不断调整激光接收镜头2的姿态和与激光反射点间的相对距离,当有反射激光进入激光接收镜头2后,记录下该时刻的激光信息并转换为激光条纹图像;

[0045] S2、拼接记录的不同时刻的激光条纹图像;

[0046] S3、在一个运动周期内,通过运动学计算各时刻激光接收镜头2的相对位置,推算对应的激光条纹图像所对应在工件上的动态投影区域。具体为:

[0047] 通过实时采集激光接收镜头2的位姿数据,结合运动学正解模型计算激光接收镜头2在基坐标系下的实时位姿变换矩阵,将激光条纹图像中的像素坐标逐帧映射至工件表面三维空间,最终解算出激光条纹在工件上的动态投影区域。

[0048] S4、处理激光条纹图像,识别坡口中心;包括噪声处理、激光条纹图像中心提取、坡口中心识别。具体为:

[0049] 通过高斯滤波降噪,消除环境光干扰与焊接过程中溅射噪声以及通过识别激光条纹图像中具有显著几何形貌或亮度变化的特征点,包括但不局限于对应于边缘位置的亮度突变点、在坡口底部形状变化位置或坡口拐点处的曲率突变点以及成对出现的对称分布点等,并结合坡口的对称性拟合出坡口中心。

[0050] 图5、图6和图7示出了一种镜面不锈钢焊缝跟踪的具体实施例。如图5所示,激光发射器将一条线激光打在镜面不锈钢工件上,不同位置的激光向不同方向发生镜面反射。同时,如图6所示,在各反射点,镜头运动控制系统驱动激光接收镜头在激光可能反射的范围内作绕反射点的锥形周期性回转运动。进而如图7所示,在一个运动周期内,激光条纹图像处理系统记录处理并将不同时刻t1、t2・・・t6的激光条纹图像拼接在一起,实现对焊缝坡口中心的识别。

[0051] 本发明的另一个方面,一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序/指令,其特征在于,所述计算机程序/指令被处理器执行时实现所述的镜面不锈钢焊缝跟踪识别方法的步骤。

[0052] 综上,本发明通过操控激光接收镜头的周期性运动,捕捉经由镜面不锈钢反射的多方向激光,再通过激光条纹图像处理系统将不同时刻采集的激光条纹进行拼接处理,形成完整且可反映焊缝坡口形貌的激光条纹图像,进而实现镜面不锈钢焊缝识别与跟踪的目的。本发明可解决传统线型结构激光传感器识别镜面不锈钢焊缝时,因发生镜面反射导致接收镜头无法获取激光条纹图像的问题。

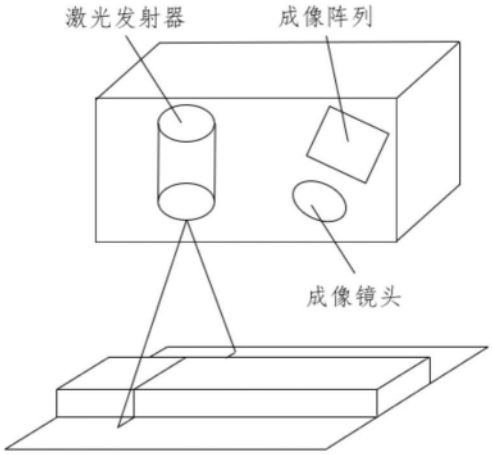


图1

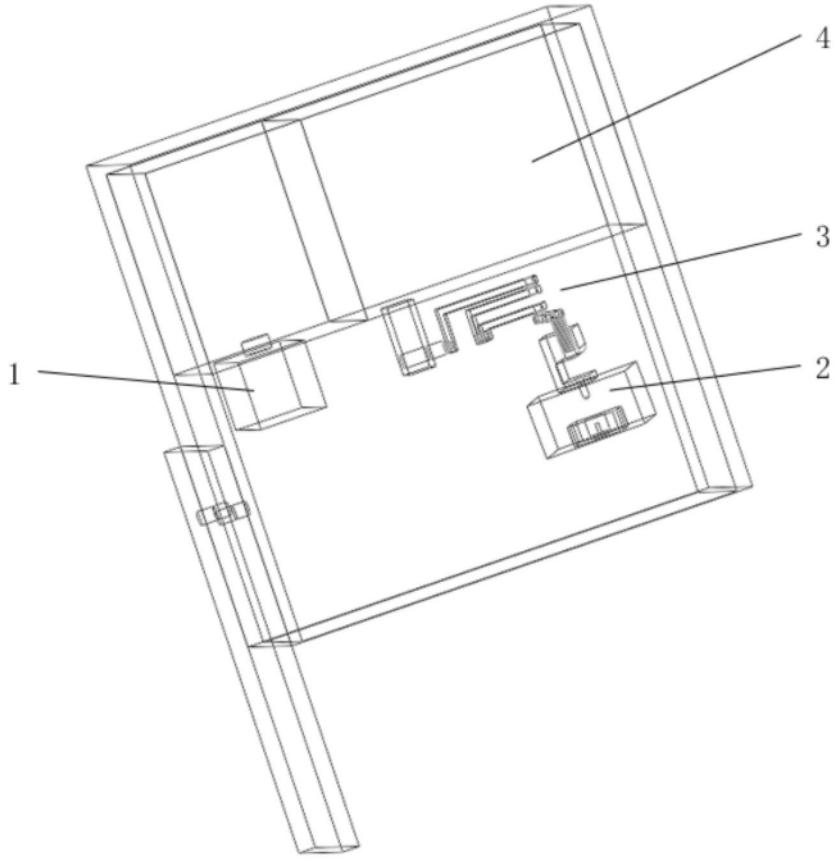


图2

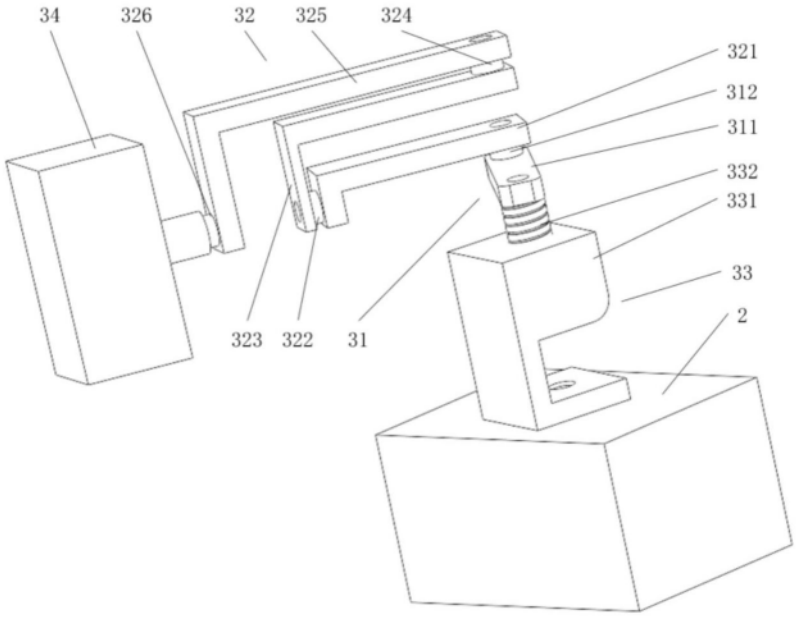


图3

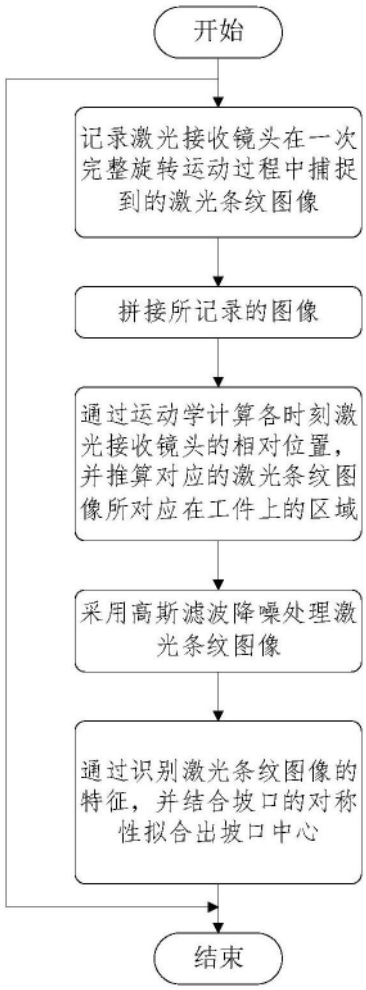

开始
记录激光接收镜头在一次完整旋转运动过程中捕捉到的激光条纹图像
拼接所记录的图像
通过运动学计算各时刻激光接收镜头的相对位置，并推算对应的激光条纹图像所对应在工件上的区域
采用高斯滤波降噪处理激光条纹图像
通过识别激光条纹图像的特征，并结合坡口的对称性拟合出坡口中心
结束

图4

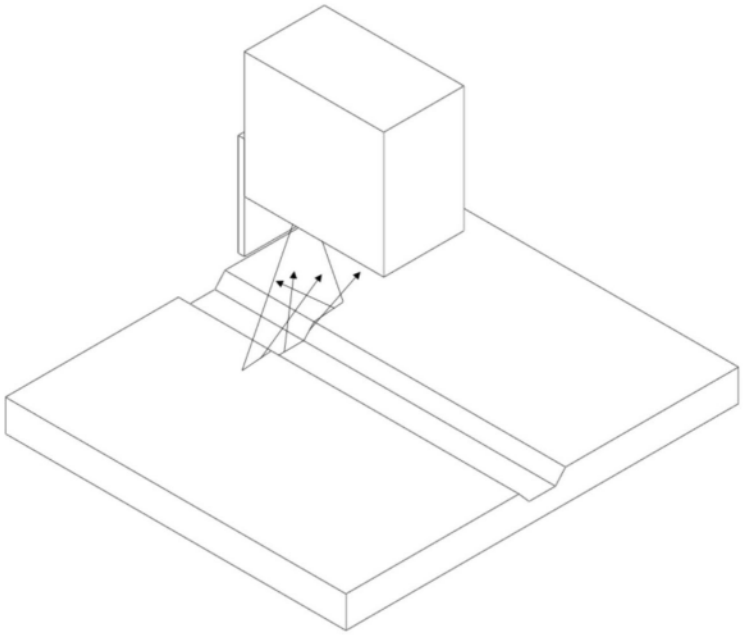


图5

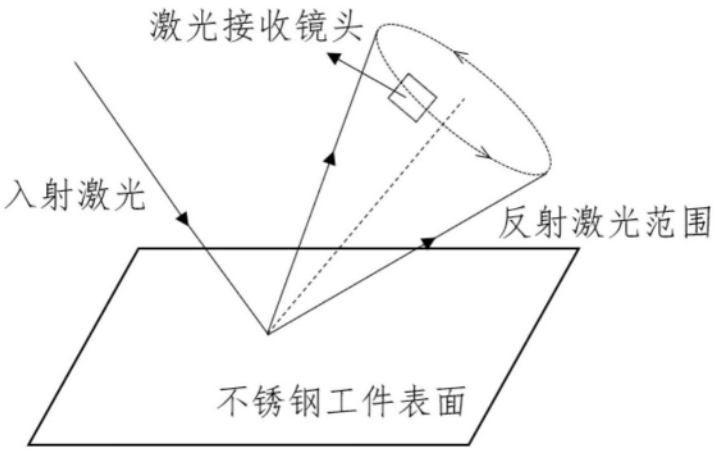


图6

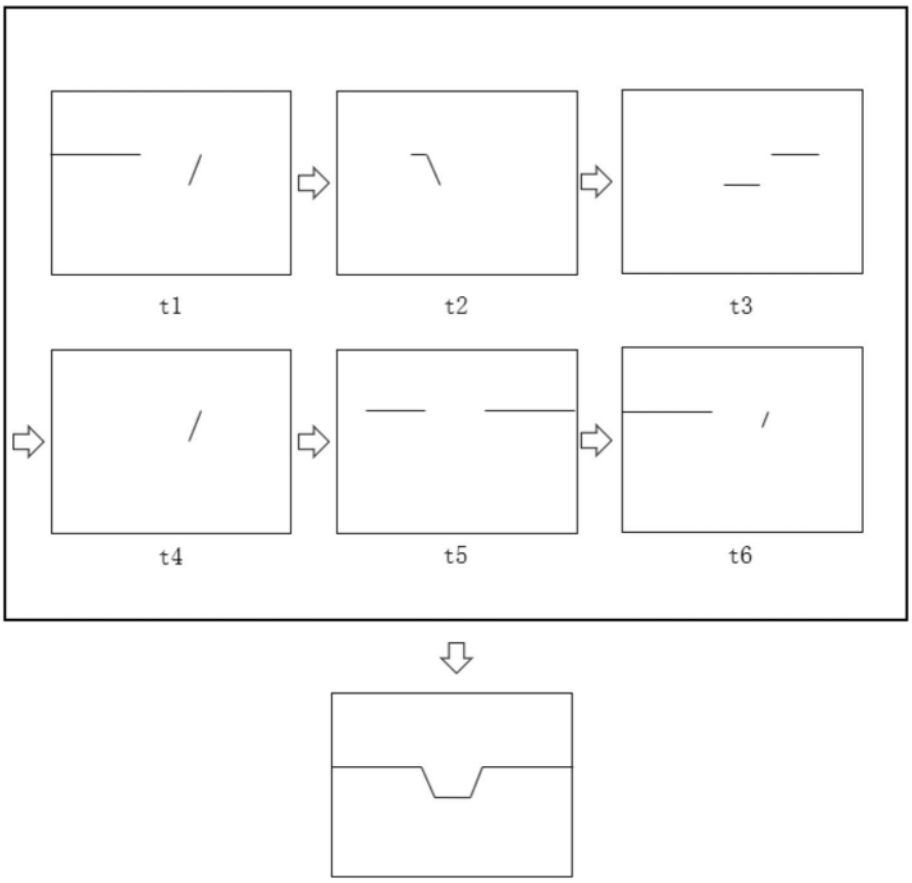


图7