(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103056519 A
(43)申请公布日 2013.04.24

(21)申请号 201210573983.9

(22)申请日 2012.12.26

(71)申请人 中科中涵激光设备(福建)股份有限公司
地址 351117 福建省莆田市涵江区高新技术产业开发区孵化器大楼

(72)发明人 李朋 杨小君 李明 赵华龙 赵卫

(74)专利代理机构 西安西交通盛知识产权代理有限责任公司 61217
代理人 陈翠兰

(51)Int.Cl.
B23K 26/08(2006.01)
B23K 26/38(2006.01)

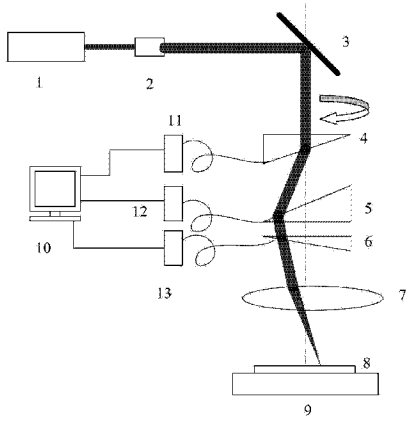
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置及其控制方法

(57)摘要

一种锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置,包括一台激光器和一个待加工样件,在所述激光器出射面上设有一个扩束器,在所述扩束器出射面上设有一个45°反射镜,在45°反射镜下方依次垂直分布有一个非平行双光楔组和一个小角度光楔,小角度光楔下方依次垂直分布有一个聚焦镜和一个待加工样件。激光束经扩束器扩束准直后入射至45°反射镜,经45°反射镜反射激光束垂直入射至下方非平行光楔组,光束经非平行光楔组产生一定平移和偏折,偏折光束再经小角度光楔折射至聚焦镜上,最后聚焦镜聚焦光束在待加工样件上。本发明比振镜扫描微孔加工扫描装置精度高,而且比四光楔光楔数少了一个,不但安装更方便,同时也少了一个驱动电机和楔镜,控制更简单,激光能量的损耗减少,成本也大大降低。



CN 103056519 A

1. 一种锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置，包括：激光器 (1)、45° 反射镜 (3)、第一大楔角光楔 (4)、第二大楔角光楔 (5)、小楔角光楔 (6)、聚焦镜 (7)、待加工样件 (8)，其特征在于：所述第一大楔角光楔 (4) 的楔角与第二大楔角光楔 (5) 的楔角不相等。

2. 如权利要求 1 所述的锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置，其特征在于：激光光束依次穿过所述第一大楔角光楔 (4)、第二大楔角光楔 (5) 和小楔角光楔 (6)。

3. 如权利要求 3 所述的锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置，其特征在于：所述第一大楔角光楔 (4) 的楔角小于第二大楔角光楔 (5) 的楔角。

4. 如权利要求 1-3 任一项所述的锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置，其特征在于：小楔角光楔 (6) 为

$$m = \arcsin\left\{ n \times \sin[b - \arcsin\frac{\sin[\arcsin(n \times \sin(a)) + b - a]}{n}] \right\}$$

其中，a 是第一大光楔的楔角，b 是第二大光楔的楔角，三个光楔的折射率相等，均为 n。

5. 如权利要求 1 所述的锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置，其特征在于：激光光束依次穿过所述小楔角光楔 (6)、第一大楔角光楔 (4) 和第二大楔角光楔 (5)。

6. 如权利要求 5 所述的锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置，其特征在于：所述第一大楔角光楔 (4) 的楔角大于第二大楔角光楔 (5) 的楔角。

7. 如权利要求 1-6 任一项所述的锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置的控制方法，其特征在于：先同步驱动第一大楔角光楔 (4)、第二大楔角光楔 (5) 和小楔角光楔 (6) 旋转；判断是否需要改变光束的横向位移量，如需要，则改变第一大楔角光楔 (4)、第二大楔角光楔 (5) 的间距；判断是否需要改变光速的偏转角，如需要，则改变小楔角光楔 (6) 的旋转速度，使其与第一大光楔角光楔 (4)、第二大光楔角光楔 (5) 的相对位置发生变化，直至偏转角达到设置阈值。

8. 如权利要求 7 所述的锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置的控制方法，其特征在于：设所述相对位置的角度变化值为 α，求得从小楔角光楔 (6) 出射光束与光轴的夹角 β=2rcos（α/2)，经聚焦镜在经平面画出的圆环半径为 f*tgβ，其中，f 是聚焦镜的焦距；当 α=0 时，画出最大圆半径 f*tg(2r)；当 α = π 时，画出最小圆半径 0。

一种锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光加工领域，具体涉及一种可以实现微孔加工和锥度的可调控制的光束扫描装置。

背景技术

[0002] 微孔加工是激光加工领域的重要应用之一，在微孔加工中，孔形常常会有一定的锥度要求，甚至要求是倒锥孔。例如在喷油嘴微孔加工中，为了提高喷油嘴小孔喷油的雾化效果，不但要求孔径小，而且要求孔形具有一定的倒锥度；而在飞机叶片加工中，为了提高微孔的冷却效果，要求孔为正锥形。

[0003] 现有激光加工微孔的方法有：固定光束单脉冲或多脉冲加工单元微孔，振镜扫描，工件旋转打孔和旋转双光楔扫描。为了控制孔的锥度，需要在光路中加入一些光束位移模块，例如平行平板、平行双光楔等。最常见的组合形式有振镜扫描 + 平行平板、振镜扫描 + 平行双光楔、旋转双光楔扫描 + 平行平板、旋转双光楔扫描 + 平行双光楔等。

[0004] 但是上述现有技术都存在一定的缺陷：

[0005] ①固定光束单脉冲或多脉冲加工微孔，可以得到激光加工光学系统所限的最小微孔直径，不能实现光束的多孔径加工，也不能实现倒锥孔。

[0006] ②振镜扫描加工微孔，具有较高的响应速度，定位速度较快，配合平行平板或者平行双光楔，可以实现不同孔径和不同锥度的孔加工。但是振镜扫描在局部微小区域定位精度较低，不适合微小孔加工。另外在加工倒锥孔时，振镜扫描需要与平

[0007] 行平板或平行双光楔很高的同步旋转精度，否则影响孔的圆度。

[0008] 旋转双光楔可以通过控制两个光楔间的相对位置来实现不同孔径的加工，而且只要楔角相同，可以加工出光学系统所限的最小微孔直径，而且从双光楔出射光束偏折角度与双光楔夹角的余弦成正比，因此即使双光楔同步精度不高，偏折角度变化也不会很大，因此孔径一致性较好。其与平行平板组合，可以实现倒锥孔加工，但是由于平行平板光束平移量固定，打出的倒锥孔锥度不可调。平行双光楔可以克服平行平板的缺点，但是旋转双光楔 + 平行双光楔组合需要 4 个电机控制，不但造价高昂，而且需要四个光楔旋转时同轴性较好，安装精度要求较高。而且光束通过四个光楔，能量损耗大。

发明内容

[0009] 本发明的目的是提供一种基于三光楔的锥度可控的激光光束扫描装置，采用三光楔结构光束扫描装置。

[0010] 本发明的目的是通过下述技术方案来实现的，具体如下：

[0011] 一种锥度可控的激光微孔加工光束扫描装置，包括：激光器、45° 反射镜、第一大楔角光楔、第二大楔角光楔、小楔角光楔、聚焦镜、待加工样件，所述第一大楔角光楔的楔角与第二大楔角光楔的楔角不相等。

[0012] 进一步地，激光光束依次穿过所述第一大楔角光楔、第二大楔角光楔和小楔角光

楔。

[0013] 进一步地，所述第一大楔角光楔的楔角小于第二大楔角光楔的楔角。

[0014] 进一步地，小楔角光楔为

[0015]

$$m = \arcsin\left\{ n \times \sin[b - \arcsin\frac{\sin[\arcsin(n \times \sin(a)) + b - a]}{n}]\right\}$$

[0016] 其中，a 是第一大光楔的楔角，b 是第二大光楔的楔角，三个光楔的折射率相等，均为 n。

[0017] 进一步地，激光光束依次穿过所述小楔角光楔、第一大楔角光楔和第二大楔角光楔。

[0018] 进一步地，所述第一大楔角光楔的楔角大于第二大楔角光楔的楔角。

[0019] 进一步地，先同步驱动第一大楔角光楔、第二大楔角光楔、小楔角光楔旋转；判断是否需要改变光束的横向位移量，如需要，则改变第一大楔角光楔、第二大楔角光楔的间距；判断是否需要改变光速的偏转角，如需要，则改变小楔角光楔的旋转速度，使其与第一大光楔角光楔、第二大光楔角光楔的相对位置发生变化，直至偏转角达到设置阈值。

[0020] 进一步地，设所述相对位置的角度变化值为 α，可求得从小楔角光楔出射光束与光轴的夹角 β=2rcos（α/2），经聚焦镜在经平面画出的圆环半径为 f*tgβ，其中，f 是聚焦镜的焦距；当 α=0 时，可画出最大圆半径 f*tg(2r)；当=π 时，可画出最小圆半径 0。

[0021] 本发明的有益效果是：

[0022] 本发明提供一种基于三光楔的锥度可控的激光光束扫描装置，采用三光楔结构光束扫描装置，比振镜扫描微孔加工扫描装置精度高，而且比四光楔光楔数少了一个，不但安装更方便，同时也少了一个驱动电机和楔镜，控制更简单，激光能量的损耗减少，成本也大大降低。

附图说明

[0023] 图 1 是本发明结构示意图。

[0024] 图 2 是非平行双光楔组等效示意图。

[0025] 图 3 是非平行双光楔组角度示意图。

[0026] 图 4 是旋转双光楔光束扫描图。

[0027] 图 1 中：1- 激光器；2- 扩束器；3-45° 反射镜；4- 第一大楔角光楔；5- 第二大楔角光楔；6- 小楔角光楔；7- 聚焦镜；8- 待加工样件；9- 装夹平台；10- 计算机；11- 驱动电机；12- 驱动电机；13- 驱动电机；

[0028] 图 2 中：4’- 大楔角光楔；5’- 大楔角光楔；6’- 小楔角光楔，楔角 c；

[0029] 图 3 中：1”- 入射光束中轴线；2”- 入射光束；3”- 光楔 6’和 6 的夹角平分线；4” 出射光束轨迹。

具体实施方式

[0030] 如图 1 所示的实验装置，由激光器 1、扩束器 2、45° 反射镜 3、第一大楔角光楔 4、

第二大楔角光楔5、小楔角光楔6、聚焦镜7、待加工样件8、夹装平台9以及控制光楔运动的计算机10组成。工作时，通过驱动电机12、13驱动3个光楔转动，激光光束在待加工样件8表面打孔。

[0031] 激光束经扩束器进行准直，准直光再通过45°反射镜3垂直入射到由第一大光楔角4和第二大光楔角5形成的非平行光楔组，非平行光楔组可以对光束产生一定倾斜和平移，其相当于一对平行光楔组4'、5'和一个小光楔6'，如图2所示。假设所述第一大楔角光楔4、第二大楔角光楔5的楔角分别为a、b，其中a<b，其等效为一对楔角为a的平行光楔组和一个夹角为m的小光楔。光束平移量s与楔角a以及两光楔距离d相关。

[0032] 小光楔6'的楔角m与a、b存在如下关系：

[0033]

$$m=\arcsin\left\{n\times\sin\left[b-\arcsin\frac{\sin[\arcsin(n\times\sin(a))+b-a]}{n}\right]\right\}$$

[0034] 其中，n为三个光楔相同的折射率。

[0035] 具体计算过程如下，如图3所示：

[0036] 第一大光楔楔角为a，第二大光楔楔角为b，且a<b，假设光束经第一光楔后，出射角为r，假设光楔的折射率为n，则有

[0037] sinr=n×sina （1）

[0038] 光束入射第二大楔角光楔，其与光楔斜面法线的夹角为：r+b-a，这是因为第一大楔角光楔斜面法线与光轴的夹角为a，第二大楔角光楔斜面法线与主轴的夹角为b，可求得入射光线与第二大楔角光楔斜面法线的夹角为r+b-a。

[0039] 根据折射定律，可求得

[0040] n×sin s=sin(r+b-a) （2）

[0041] s是第二大楔角光楔斜面法线与该斜面的出射光线之间的夹角；

[0042] 根据角度转换，可求得该斜面的出射光线与第二大楔角光楔的水平面的法线夹角

[0043] t = b-s （3）

[0044] 根据折射率公式

[0045] sinm=n×sint （4）

[0046] 联合(1)、(2)、(3)、(4)式可求得

[0047]

$$m=\arcsin\left\{n\times\sin\left[b-\arcsin\frac{\sin[\arcsin(n\times\sin(a))+b-a]}{n}\right]\right\}$$

[0048] 当非平行双光楔4、5与小楔角光楔6沿光轴方向观察，与初始相位相比，产生夹角时，可以简化为小楔角光楔6与6'之间，产生相位夹角，6'与6可以按旋转双光楔分析，如图4所示。

[0049] 为了使光线的偏转角可以达到最小角度0度，令c = m。

[0050] 分析如下：

[0051] 设三个楔镜的相对位置关系存在这样一种状态，激光光束从小楔角光楔6射出后，与光轴之间的偏转角度为0，该状态称为光楔的初始位置。如图4所示，小光楔开始离开

初始位置旋转。

[0052] 在小楔角光楔的水平面上，以其最厚处和最薄处的点相连接的一条直线为基准(此处成为基准线)，设小楔角光楔以光轴为轴转动时，两个位置 6’ 与 6 的基准线的夹角为 α，可求得从小楔角光楔 6 出射光束与光轴的夹角 β = 2mcos(α/2)，经聚焦镜在经平面画出的圆环半径为 f×tgβ (其中，f 是聚焦镜的焦距)。当 α=0 时，可画出最大圆半径 f×tg(2m)；当 α=π 时，可画出最小圆半径 0。

[0053] 根据锥度要求计算机控制驱动电机 11 驱动第一大楔角光楔 4 作直线运动，改变第一大楔角光楔 4、第二大楔角光楔 5 的间距，间距的变化导致光束横向位移的改变，经过聚焦镜的作用后，聚焦光束的角度发生变化，最终导致光束以不同的入射角加工样件，打出所需锥度的孔。

[0054] 首先，控制驱动电机 12 和 13 同步转动，出射光束经聚焦镜后轨迹为一圆环，然后通过驱动电机 12 和 13 驱动两个光楔以不同的速度旋转，从而改变两个光楔之间的相对位置，使得光束与光轴之间的夹角发生改变，因此可以打出不同的孔径。

[0055] 本发明也可将激光光束依次穿过小楔角光楔、第一大楔角光楔、第二大楔角光楔；所述第一大楔角光楔的楔角大于第二大楔角光楔的楔角。根据锥度要求计算机控制驱动电机 11 改变第一大楔角光楔、第二大楔角光楔的间距，改变光线横向位移量；改变小楔角光楔与第一大光楔角之间的相对初始位置，改变光线偏转角度。

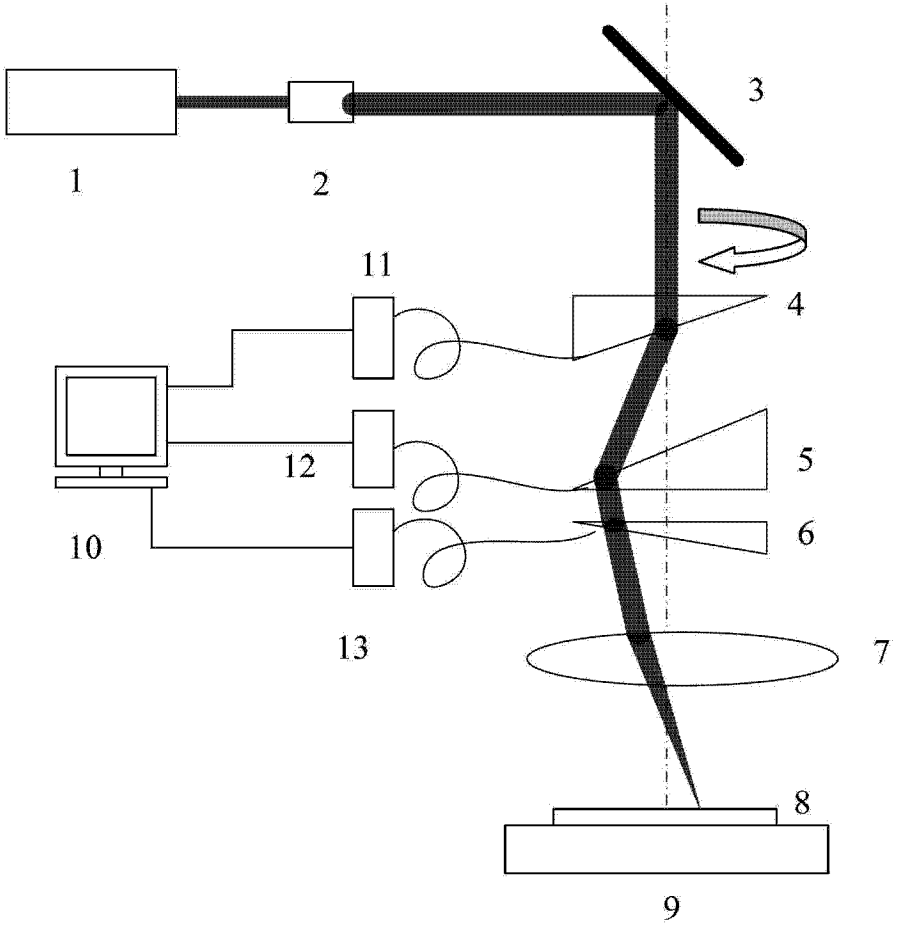


图 1

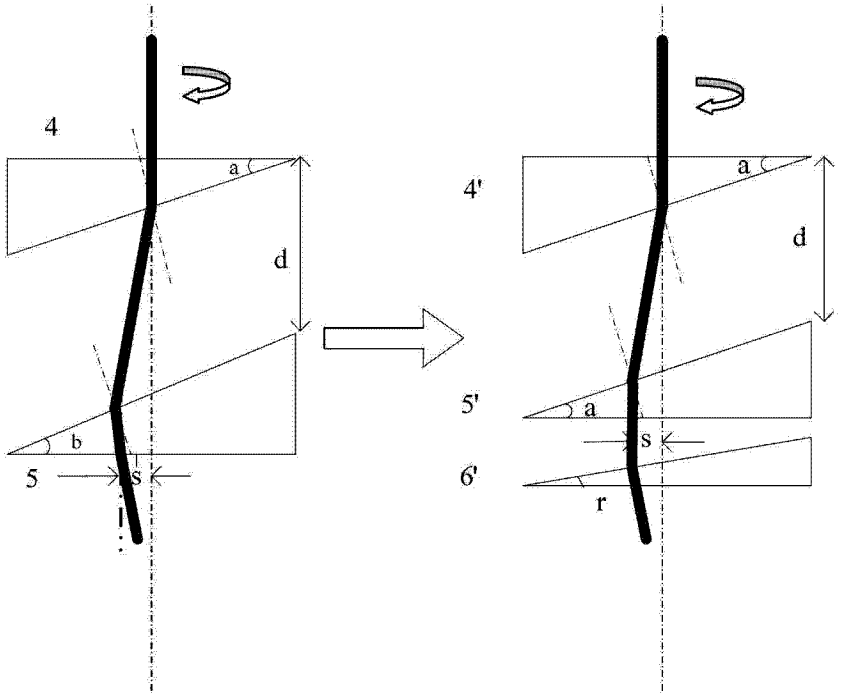


图 2

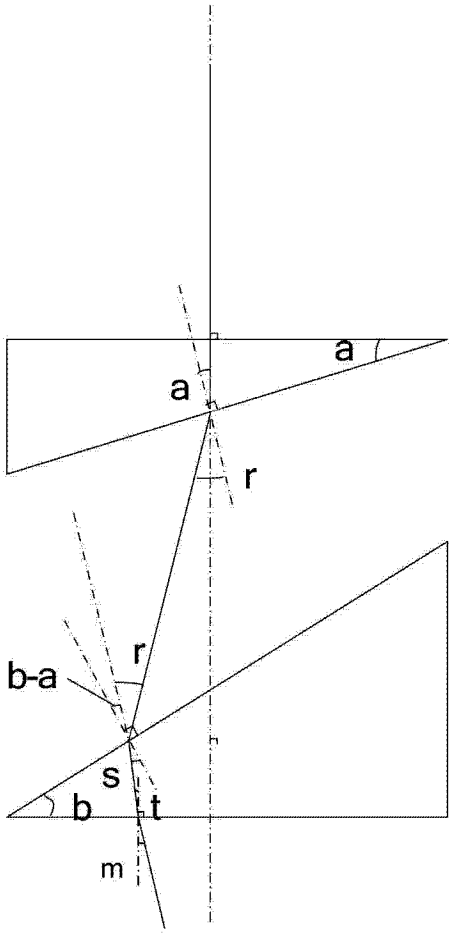


图 3

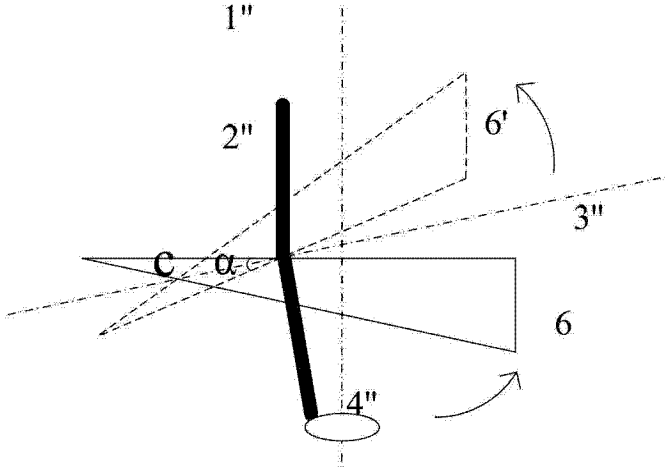


图 4