



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111505831 A

(43)申请公布日 2020.08.07

(21)申请号 202010249968.3

(22)申请日 2020.04.01

(71)申请人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

(72)发明人 李明 杨合宁

(74)专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 汪海艳

(51)Int.Cl.

G02B 27/09(2006.01)

G02B 27/28(2006.01)

B23K 26/06(2014.01)

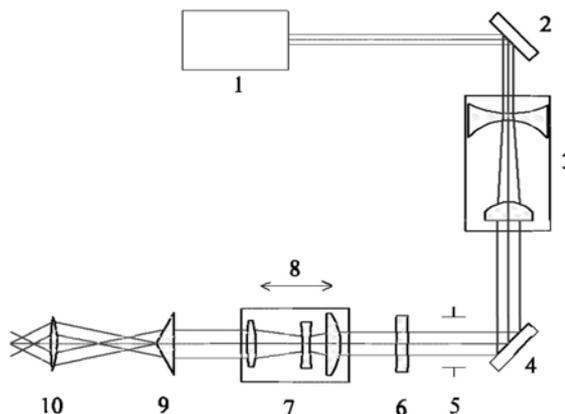
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种焦斑焦深可变贝塞尔光束激光加工系统及方法

(57)摘要

本发明属于激光精密制造领域,涉及一种焦斑焦深可变贝塞尔光束激光加工系统及方法,解决现有的贝塞尔光束激光加工系统不能适用于不同孔型和材料厚度的加工问题,包括激光器及依次设置在激光器出射光路中的扩束镜、光阑、波片、变焦透镜、正轴棱锥和透镜;从激光器出射的光束经过扩束镜扩展匀化后,进入光阑滤去杂散光,到达波片,之后进入变焦透镜,通过调节变焦透镜焦距和变焦透镜与正轴棱锥之间的距离改变所产生贝塞尔光束的焦斑焦深,以获得所需加工光束,经透镜聚焦后作用于工件表面。通过该系统能够实现加工贝塞尔光束焦斑焦深变化,实现大深径比微孔、透明材料等多用途加工,为高精度微孔型制造和高质量透明材料切割等提供了保障。



1. 一种焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统,其特征在于:包括激光器(1)及依次设置在激光器出射光路中的扩束镜(3)、光阑(5)、波片(6)、变焦透镜(7)、正轴棱锥(9)和透镜(10);

所述扩束镜(3)用于将激光器出射的光束扩展匀化;所述光阑(5)用于滤去扩展匀化后光束的杂散光;所述波片(6)用于调制激光偏振态;所述变焦透镜(7)与正轴棱锥(9)用于产生具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束,通过调节变焦透镜(7)的焦距及其与正轴棱锥(9)之间的距离实现;所述透镜(10)用于将具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束聚焦后作用于工件表面。

2. 根据权利要求1所述的焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统,其特征在于:变焦透镜(7)的焦距与贝塞尔光束的焦斑R关系如下:

$$R = (n-1) \gamma f \quad (1)$$

其中n为正轴棱锥的折射率, γ 为正轴棱锥的锥角,f为变焦透镜的焦距。

3. 根据权利要求2所述的焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统,其特征在于:变焦透镜(7)与正轴棱锥(9)之间的距离与贝塞尔光束的焦深Z关系如下:

$$Z = \frac{2M^2 \lambda d}{\pi D(n-1)\gamma} \quad (4)$$

其中, M^2 代表激光器的光束质量, λ 为激光器的输出波长,d为变焦透镜到正轴棱锥之间的距离,D为进入变焦透镜之前光斑直径,n为正轴棱锥的折射率, γ 为正轴棱锥的锥角。

4. 根据权利要求1-3任一所述的焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统,其特征在于:还包括高精密位移台(8),所述变焦透镜(7)置于高精密位移台上;通过高精密位移台调节变焦透镜(7)与正轴棱锥(9)之间的距离。

5. 根据权利要求4所述的焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统,其特征在于:还包括第一反射镜(2)与第二反射镜(4),所述第一反射镜(2)位于激光器(1)与扩束镜(3)之间,所述第二反射镜(4)位于扩束镜(3)与光阑(5)之间,第一反射镜(2)与入射光束呈 45° 角放置,第二反射镜(4)与入射光束呈 45° 角放置。

6. 根据权利要求5所述的焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统,其特征在于:所述变焦透镜(7)包括沿光路依次设置的负透镜组和正透镜组。

7. 根据权利要求6所述的焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统,其特征在于:所述扩束镜(3)包括沿光路依次设置的凹透镜和凸透镜。

8. 利用权利要求1所述的焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统实现的加工方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、从激光器(1)发出的激光依次到达扩束镜(3)及光阑(5);

步骤2、将光阑(5)的孔径调至光斑直径大小,激光通过光阑(5)后进入波片(6),之后进入变焦透镜(7)及正轴棱锥(9);

步骤3、调节变焦透镜(7)的焦距及变焦透镜(7)与正轴棱锥(9)之间的距离,获得具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束;

步骤4、正轴棱锥(9)产生的具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束经过透镜(10)聚焦后作用于加工工件进行激光微细加工。

9. 根据权利要求8所述的加工方法,其特征在于,步骤3中按照下述公式调节变焦透镜

(7)的焦距及变焦透镜(7)与正轴棱锥(9)之间的距离以获得具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束;

变焦透镜(7)的焦距与贝塞尔光束的焦斑R关系如下:

$$R = (n-1) \gamma f \quad (1)$$

其中n为正轴棱锥的折射率, γ 为正轴棱锥的锥角, f为变焦透镜的焦距。

变焦透镜(7)与正轴棱锥(9)之间的距离与贝塞尔光束的焦深Z关系如下:

$$Z = \frac{2M^2 \lambda d}{\pi D(n-1)\gamma} \quad (4)$$

其中, M^2 代表激光器的光束质量, λ 为激光器的输出波长, d为变焦透镜到正轴棱锥之间的距离, D为进入变焦透镜之前光斑直径, n为正轴棱锥的折射率, γ 为正轴棱锥的锥角。

10. 根据权利要求9所述的加工方法, 其特征在于: 步骤1中, 激光器(1)发出的激光首先到达与光传播方向成 45° 角放置的第一反射镜(2), 被反射后到达扩束镜(3), 随后进入与光传播方向成 45° 角放置的第二反射镜(4), 反射光进入光阑(5);

步骤2中通过如下调节使得激光通过光阑(5): 将光阑(5)的孔径调至光斑直径大小, 首先将其放在第二反射镜(4)后a点处, 调节第一反射镜(2)使激光通过光阑(5)的中心, 随后将光阑(5)放在第二反射镜(4)后b点处, 调节第二反射镜(4), 使激光通过光阑(5)的中心; 然后将光阑(5)固定在第二反射镜(4)后a点处位置, 其中a点距第二反射镜(4)的距离小于b点距第二反射镜(4)的距离。

一种焦斑焦深可变贝塞尔光束激光加工系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光精密制造领域,涉及一种加工光束为贝塞尔光束,且光束焦斑焦深可变的加工系统及方法。

背景技术

[0002] 目前,通过贝塞尔光束实现大深径比微孔、透明材料等加工是激光微加工领域中最常用的加工方式。贝塞尔加工光束的产生作为加工系统中的关键技术,其产生方式有轴棱锥、环缝透镜、空间光调制器、变形镜等。轴棱锥方式具有损耗小、成本低等优势受到广泛关注。

[0003] 在大深径比微孔和透明材料加工中,根据孔型和材料厚度不同,对加工光束的需求不同。对于深孔和厚的材料需要焦深大、焦斑大的贝塞尔光束,从而保证加工微孔和透明材料的垂直度。对于浅孔和薄的材料需要焦深小、焦斑小的贝塞尔光束,获得比较窄的加工线宽以实现高垂直度加工,保证加工质量。

[0004] 目前,利用轴棱锥产生贝塞尔光束的激光加工系统具有固定的焦斑及焦深,在加工不同孔型和材料厚度时,需要更换不同的加工系统,功能单一,且加工成本高。

发明内容

[0005] 为了解决现有的贝塞尔光束激光加工系统不能适用于不同孔型和材料厚度的加工问题,本发明提出了一种焦斑焦深可变贝塞尔光束加工系统及方法,对现有贝塞尔光束加工系统进行调整,得到焦斑焦深可变贝塞尔光束激光加工系统,通过该系统能够实现加工贝塞尔光束焦斑焦深变化,实现大深径比微孔、透明材料等多用途加工,为高精度微孔孔型制造和高质量透明材料切割等提供了保障。

[0006] 本发明的技术解决方案是提供一种焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统,其特征在于:包括激光器及依次设置在激光器出射光路中的扩束镜、光阑、波片、变焦透镜、正轴棱锥和透镜;

[0007] 上述扩束镜用于将激光器出射的光束扩展匀化;上述光阑用于滤去扩展匀化后光束的杂散光;上述波片用于调制激光偏振态;上述变焦透镜与正轴棱锥用于产生具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束,通过调节变焦透镜的焦距及其与正轴棱锥之间的距离实现;上述透镜用于将具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束聚焦后作用于工件表面。

[0008] 进一步地,变焦透镜的焦距与贝塞尔光束的焦斑R关系如下:

$$[0009] \quad R = (n-1) \gamma f \quad (1)$$

[0010] 其中n为正轴棱锥的折射率, γ 为正轴棱锥的锥角,f为变焦透镜的焦距。

[0011] 进一步地,变焦透镜与正轴棱锥之间的距离与贝塞尔光束的焦深Z关系如下:

$$[0012] \quad Z = \frac{2M^2\lambda d}{\pi D(n-1)\gamma} \quad (4)$$

[0013] 其中, M^2 代表激光器的光束质量, λ 为激光器的输出波长,d为变焦透镜到正轴棱锥

之间的距离, D 为进入变焦透镜之前光斑直径, n 为正轴棱锥的折射率, γ 为正轴棱锥的锥角。

[0014] 进一步地, 该激光加工系统还包括高精密位移台, 上述变焦透镜置于高精密位移台上; 通过高精密位移台调节变焦透镜与正轴棱锥之间的距离。

[0015] 进一步地, 该激光加工系统还包括第一反射镜与第二反射镜, 上述第一反射镜位于激光器与扩束镜之间, 上述第二反射镜位于扩束镜与光阑之间, 第一反射镜与入射光束呈 45° 角放置, 第二反射镜与入射光束呈 45° 角放置。

[0016] 进一步地, 上述变焦透镜包括沿光路依次设置的负透镜组和正透镜组。

[0017] 进一步地, 上述扩束镜包括沿光路依次设置的凹透镜和凸透镜。

[0018] 实现过程如下: 从激光器出射的光束经 45° 角放置的第一反射镜反射, 进入扩束镜扩展匀化后, 通过 45° 角放置的第二反射镜反射进入光阑滤去杂散光, 到达波片, 之后进入变焦透镜, 通过调节变焦透镜焦距和变焦透镜与正轴棱锥之间的距离改变所产生贝塞尔光束的焦斑焦深, 以获得所需加工光束, 经透镜聚焦后作用于工件表面, 实现激光大深径比微孔、透明材料等精密加工。

[0019] 本发明还提供一种利用上述焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统实现的加工方法, 包括以下步骤:

[0020] 步骤1、从激光器发出的激光依次到达扩束镜及光阑;

[0021] 步骤2、将光阑的孔径调至光斑直径大小, 激光通过光阑后进入波片, 之后进入变焦透镜及正轴棱锥;

[0022] 步骤3、调节变焦透镜的焦距及变焦透镜与正轴棱锥之间的距离, 获得具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束;

[0023] 步骤4、正轴棱锥产生的具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束经过透镜聚焦后作用于加工工件进行激光微细加工。

[0024] 进一步地, 步骤3中按照下述公式调节变焦透镜的焦距及变焦透镜与正轴棱锥之间的距离以获得具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束;

[0025] 变焦透镜的焦距与贝塞尔光束的焦斑 R 关系如下:

$$[0026] \quad R = (n-1) \gamma f \quad (1)$$

[0027] 其中 n 为正轴棱锥的折射率, γ 为正轴棱锥的锥角, f 为变焦透镜的焦距。

[0028] 变焦透镜与正轴棱锥之间的距离与贝塞尔光束的焦深 Z 关系如下:

$$[0029] \quad Z = \frac{2M^2\lambda d}{\pi D(n-1)\gamma} \quad (4)$$

[0030] 其中, M^2 代表激光器的光束质量, λ 为激光器的输出波长, d 为变焦透镜到正轴棱锥之间的距离, D 为进入变焦透镜之前光斑直径, n 为正轴棱锥的折射率, γ 为正轴棱锥的锥角。

[0031] 进一步地, 步骤1中, 激光器发出的激光首先到达与光传播方向成 45° 角放置的第一反射镜, 被反射后到达扩束镜, 随后进入与光传播方向成 45° 角放置的第二反射镜, 反射光进入光阑;

[0032] 步骤2中通过如下调节使得激光通过光阑: 将光阑的孔径调至光斑直径大小, 首先将其放在第二反射镜后 a 点处, 调节第一反射镜使激光通过光阑的中心, 随后将光阑放在第

二反射镜后b点处,调节第二反射镜,使激光通过光阑的中心;然后将光阑固定在第二反射镜后a点处位置,其中a点距第二反射镜的距离小于b点距第二反射镜的距离。

[0033] 本发明的有益效果是:

[0034] 1、通过发明的焦斑焦深可变贝塞尔光束加工系统可实现大深径比微孔和透明材料高质量灵活加工,降低了加工成本,加工光束的灵活切换,满足高精度大深径比微孔和透明材料的加工需求。

[0035] 2、通过调节变焦透镜的焦距及其与正轴棱锥之间的距离产生具有目标焦斑焦深的贝塞尔光束,调节过程简单,易于实现。

附图说明

[0036] 图1为本发明焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统光路原理图;

[0037] 图中附图标记为:1-激光器,2-第一反射镜,3-扩束镜,4-第二反射镜,5-光阑,6-波片,7-变焦透镜,8-高精密位移台,9-正轴棱锥,10-透镜。

具体实施方式

[0038] 以下将结合附图所示的各实施方式对本发明进行详细描述。但这些实施方式并不限制本发明,本领域的普通技术人员根据这些实施方式所做出的结构、方法、或功能上的变换均包含在本发明的保护范围内。

[0039] 本发明为了解决超快激光装置多用途加工问题,设计了一种焦斑焦深可变的贝塞尔光束激光加工系统。如图1,该加工系统包括激光器1,第一反射镜2、扩束镜3、第二反射镜4、光阑5、波片6、变焦透镜7、高精密位移台8、正轴棱锥9、透镜10。从激光器1出射的光束经 45° 角放置的第一反射镜反射,进入扩束镜扩展匀化后,通过 45° 角放置的第二反射镜反射进入光阑滤去杂散光,到达1/4波片,波片用于调制激光偏振态,之后进入变焦透镜及正轴棱锥,通过调节变焦透镜的焦距及其与正轴棱锥之间的距离获得所需加工光束,经透镜聚焦后作用于工件表面,实现激光大深径比微孔、透明材料等精密加工。

[0040] 由于加工需求不同,需要不同的激光进行加工,尤其加工光束焦斑与焦深是影响加工质量的关键因素,因此本系统围绕贝塞尔光束焦斑焦深的调节展开,从而提升加工质量,实现多用途加工,降低加工成本。本实施例采用超快激光器,该激光器为商用飞秒激光器或皮秒激光器。飞秒激光由固体飞秒激光系统输出,具体参数如下:激光中心波长为1030nm,脉冲宽度为290fs,重复频率在1kHz到1100kHz之间可调,激光偏振态为线偏振。皮秒激光器具体参数如下:激光中心波长为1064nm,脉冲宽度为8ps,重复频率在单脉冲到1000kHz之间可调,激光偏振态为线偏振。所述系统具体工作步骤如下:

[0041] 1、从激光器1发出的激光到达与光传播方向成 45° 角放置的第一反射镜2,被反射后到达扩束镜3,随后进入与光传播方向成 45° 角放置的第二反射镜4,反射光进入光阑5。

[0042] 2、将光阑5的孔径调至光斑直径大小,首先将其放在第二反射镜4后0.2m处,调节第一反射镜2使激光通过光阑5的中心,随后将光阑5放在第二反射镜4后2m处,调节第二反射镜4,使激光通过光阑5的中心。然后将光阑5固定在第二反射镜4后0.2m处的位置。

[0043] 3、激光通过光阑5后进入1/4波片6,之后进入变焦透镜7,其中变焦透镜7固定在高精密位移台8上,接着放置正轴棱锥9,变焦透镜7与正轴棱锥9之间的距离通过高精密位移

台8调节。调节变焦透镜7的焦距以改变进入正轴棱锥光的角度,从正轴棱锥输出光斑大小为:

$$[0044] \quad R = (n-1) \gamma f \quad (1)$$

[0045] 其中n为正轴棱锥折射率, γ 为锥角,f为变焦透镜焦距。

[0046] 正轴棱锥的焦深为:

$$[0047] \quad Z_0 = \frac{a}{(n-1)\gamma} \quad (2)$$

[0048] 其中a为进入正轴棱锥光斑半径,可表示为:

$$[0049] \quad 2a = \frac{4M^2\lambda d}{\pi D} \quad (3)$$

[0050] M^2 代表激光器光束质量, λ 为激光器输出波长,d为变焦透镜到正轴棱锥之间的距离,D为进入变焦透镜7之前光斑直径。

[0051] 结合式(2)和(3),可得该系统中从正轴棱锥输出贝塞尔光束的焦深为:

$$[0052] \quad Z = \frac{2M^2\lambda d}{\pi D(n-1)\gamma} \quad (4)$$

[0053] 4、正轴棱锥9产生的贝塞尔光束经过透镜10聚焦后作用于加工工件进行激光微细加工,实现大深径比微孔和透明材料高质量加工。

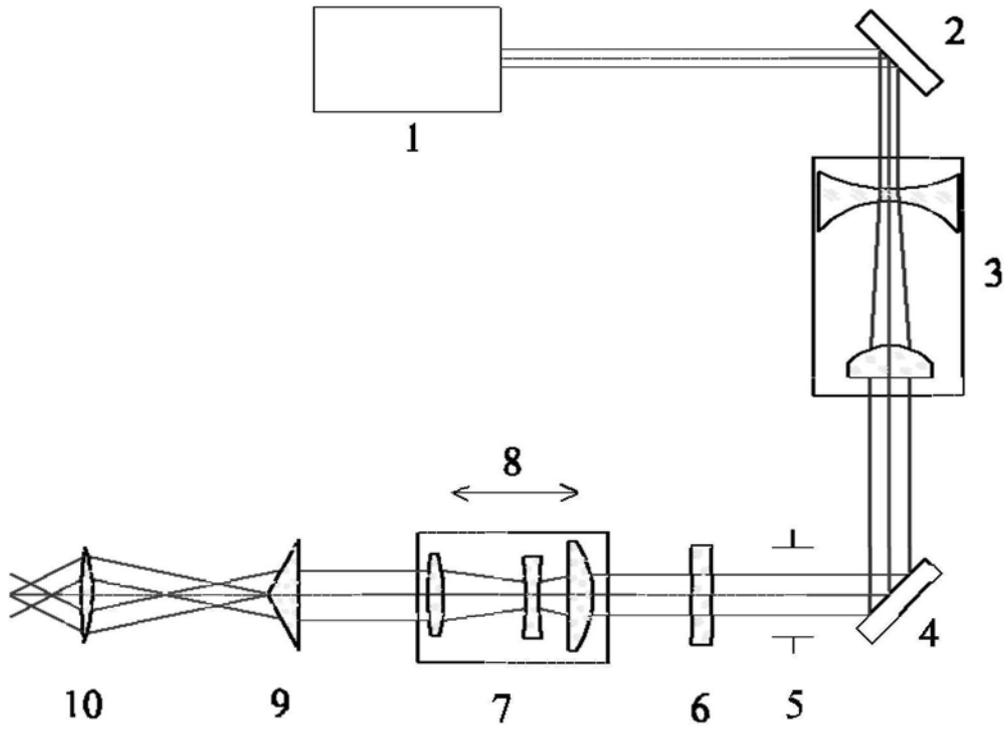


图1