



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109530913 B

(45) 授权公告日 2021.07.23

(21) 申请号 201811590970.6

B23K 26/06 (2014.01)

(22) 申请日 2018.12.25

B23K 26/046 (2014.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 孔祥艳

申请公布号 CN 109530913 A

(43) 申请公布日 2019.03.29

(73) 专利权人 武汉华工激光工程有限责任公司

地址 430223 湖北省武汉市东湖开发区华

中科技大学科技园激光产业园

(72) 发明人 王建刚 王雪辉 张义 程伟

李国栋 李曾卓 成迎虹

(74) 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限

公司 11228

代理人 张涛

(51) Int. Cl.

G02B 27/09 (2006.01)

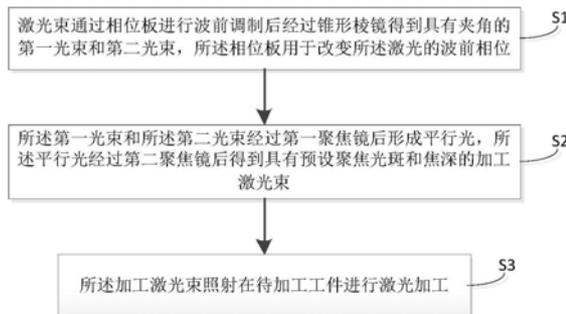
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种贝塞尔光束的激光加工优化方法及系统

(57) 摘要

本发明属于激光加工技术领域,具体提供了一种贝塞尔光束的激光加工优化方法及系统,通过引入相位板的方法,对锥形透镜产生的贝塞尔光束进行整形,可以成功抑制贝塞尔光束的旁瓣,进而优化了聚焦之后的贝塞尔光斑,使得激光对玻璃和蓝宝石的加工效果得到提升,提高了激光微加工的精度和工艺效果,并且使用此方法使得旁瓣强度从最高16%降到最低小于1%;此外,不同相位板的设计可以达到焦深和旁瓣光强分布这两项指标的平衡,从而达到满足更多不同激光微加工工艺要求的要求。



1. 一种贝塞尔光束的激光加工优化方法,其特征在于,包括:

S1:激光束通过相位板进行波前调制后经过锥形棱镜得到具有夹角的第一光束和第二光束,所述相位板用于改变所述激光束的波前相位;

其中,由激光通过相位板和锥形棱镜后产生两束特定夹角的高斯光束,被改变波前的高斯光束相互干涉产生高斯-贝塞尔光束,由于成像原理,调制的高斯-贝塞尔光束穿过4f系统后,高斯-贝塞尔光束被放大或缩小,形成对应激光微加工所需要的聚焦光斑和焦深;

激光束指超快皮秒或飞秒激光器,脉宽为10fs-100ps之间,波长在355-1064nm;

所述相位板设有多个不同透过率的区域,具体地,所述相位板是指由以改变激光波前相位为目的的可由不同光学材料制成的元器件,相位板的区域总数n随需求会产生变化,每一块区域的透过率 $\varphi(k)$ 也会发生变化,以使得锥形棱镜后面产生的经过整型的高斯-贝塞尔光斑的旁瓣被消除;

所述相位板的横截面设有相位改变区域和相位不变区域,所述相位不变区域用于激光穿透且不改变所述激光的相位,所述相位改变区域与所述相位不变区域均呈圆环状,且相互交替呈现;

S2:所述第一光束和所述第二光束经过第一聚焦镜后形成平行光,所述平行光经过第二聚焦镜后得到具有预设聚焦光斑和焦深的加工激光束;

S3:所述加工激光束照射在待加工工件进行激光加工。

2. 根据权利要求1所述的贝塞尔光束的激光加工优化方法,其特征在于:所述相位板与所述锥形棱镜平行设置。

3. 根据权利要求1所述的贝塞尔光束的激光加工优化方法,其特征在于,所述步骤S1之前还包括:通过激光器产生具有高斯分布的激光束。

4. 根据权利要求3所述的贝塞尔光束的激光加工优化方法,其特征在于:所述具有高斯分布的激光束经过所述锥形棱镜后形成具有贝塞尔分布的激光束。

5. 一种贝塞尔光束的激光加工优化系统,其特征在于,包括:激光器、相位板、锥形棱镜及聚焦透镜;

所述激光器用于产生具有高斯分布的激光束;

所述相位板用于调节所述具有高斯分布的激光束的波前相位;

其中,由激光通过相位板和锥形棱镜后产生两束特定夹角的高斯光束,被改变波前的高斯光束相互干涉产生高斯-贝塞尔光束,由于成像原理,调制的高斯-贝塞尔光束穿过4f系统后,高斯-贝塞尔光束被放大或缩小,形成对应激光微加工所需要的聚焦光斑和焦深;

激光束指超快皮秒或飞秒激光器,脉宽为10fs-100ps之间,波长在355-1064nm;

所述相位板设有多个不同透过率的区域,具体地,所述相位板是指由以改变激光波前相位为目的的可由不同光学材料制成的元器件,相位板的区域总数n随需求会产生变化,每一块区域的透过率 $\varphi(k)$ 也会发生变化,以使得锥形棱镜后面产生的经过整型的高斯-贝塞尔光斑的旁瓣被消除;

所述相位板的横截面设有相位改变区域和相位不变区域,所述相位不变区域用于激光穿透且不改变所述激光的相位,所述相位改变区域与所述相位不变区域均呈圆环状,且相互交替呈现;

所述锥形棱镜用于对所述高斯分布的激光束进行整形得到具有贝塞尔分布的激光束；
所述聚焦透镜用于对所述具有贝塞尔分布的激光束进行聚焦得到具有预设聚焦光斑和焦深的加工激光束。

6. 根据权利要求5所述的贝塞尔光束的激光加工优化系统,其特征在于:所述聚焦透镜包括平行设置的第一聚焦镜和第二聚焦镜。

一种贝塞尔光束的激光加工优化方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于激光加工技术领域,具体涉及一种贝塞尔光束的激光加工优化方法及系统。

背景技术

[0002] 传统贝塞尔光束的中心光斑在传播过程中具有无衍射光束的性质,但是根据折射角度的不同,此无衍射的距离也是有限的。如果根据此段区域进行一定比例的缩放,就可以得到不同需要的沿着z轴方向具有一定“无衍射”光束传输的距离,称之为焦深,利用此焦深在透明材料上加工的时候可以达到较薄和细长的切割量。贝塞尔光束本身的能力在切割质量和侧壁形态得到相当好的结果,再加上超快激光的自聚焦和非线性克尔效应有助于将能量分散累积到激光轨迹周围,所以用贝塞尔光束来做蓝宝石的切割是很合适的。但是由于贝塞尔光束的特性,经由锥形棱镜产生的传统贝塞尔光束会有明显的旁瓣效应,在其焦深范围内可能会产生最大约为16%强度左右的旁瓣,这也会导致被聚焦的用于加工的贝塞尔光束产生相应旁瓣。这会对激光微加工的工艺效果产生较为不好的影响,特别是在加工不透明的材料时。

发明内容

[0003] 本发明的目的是克服现有技术中激光加工旁瓣效应大的问题。

[0004] 为此,本发明提供了一种贝塞尔光束的激光加工优化方法,包括:

[0005] S1:激光束通过相位板进行波前调制后经过锥形棱镜得到具有夹角的第一光束和第二光束,所述相位板用于改变所述激光的波前相位;

[0006] S2:所述第一光束和所述第二光束经过第一聚焦镜后形成平行光,所述平行光经过第二聚焦镜后得到具有预设聚焦光斑和焦深的加工激光束;

[0007] S3:所述加工激光束照射在待加工工件进行激光加工。

[0008] 优选地,所述相位板的横截面设有相位改变区域和相位不变区域,所述相位改变区域用于改变所述激光的 π 的相位,所述相位不变区域用于激光穿透且不改变所述激光的相位,所述相位改变区域与所述相位不变区域均呈圆环状,且相互交替呈现。

[0009] 优选地,所述相位板设有多个不同透过率的区域。

[0010] 优选地,所述相位板与所述锥形棱镜平行设置。

[0011] 优选地,所述激光束的脉宽区间为(10fs,100ps),波长区间为(355nm, 1064nm)。

[0012] 优选地,所述步骤S1之前还包括:通过激光器产生具有高斯分布的激光束。

[0013] 优选地,所述具有高斯分布的激光束经过所述锥形棱镜后形成具有贝塞尔分布的激光束。

[0014] 本发明还提供了一种贝塞尔光束的激光加工优化系统,包括:激光器、相位板、锥形棱镜及聚焦透镜;

[0015] 所述激光器用于产生具有高斯分布的激光束;

- [0016] 所述相位板用于调节所述具有高斯分布的激光束的波前相位；
- [0017] 所述锥形棱镜用于对所述高斯分布的激光束进行整形得到具有贝塞尔分布的激光束；
- [0018] 所述聚焦透镜用于对所述具有贝塞尔分布的激光束进行聚焦得到具有预设聚焦光斑和焦深的加工激光束。
- [0019] 优选地，所述聚焦透镜包括平行设置的第一聚焦镜和第二聚焦镜。
- [0020] 本发明的有益效果：本发明提供的这种贝塞尔光束的激光加工优化方法及系统，通过引入相位板的方法，对锥形透镜产生的贝塞尔光束进行整形，可以成功抑制贝塞尔光束的旁瓣，进而优化了聚焦之后的贝塞尔光斑，使得激光对玻璃和蓝宝石的加工效果得到提升，提高了激光微加工的精度和工艺效果，并且使用此方法使得旁瓣强度从最高16%降到最低小于1%；此外，不同相位板的设计可以达到焦深和旁瓣光强分布这两项指标的平衡，从而达到满足更多不同激光微加工工艺要求的要求。
- [0021] 以下将结合附图对本发明做进一步详细说明。

附图说明

- [0022] 图1是本发明贝塞尔光束的激光加工优化方法的流程示意图；
- [0023] 图2是本发明贝塞尔光束的激光加工优化系统的结构原理图；
- [0024] 图3是本发明贝塞尔光束的激光加工优化方法及系统的相位板的结构图；
- [0025] 图4是本发明贝塞尔光束的激光加工优化方法及系统的没有相位板时的光强分布图；
- [0026] 图5是本发明贝塞尔光束的激光加工优化方法及系统的有相位板时的光强分布图。

具体实施方式

[0027] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本发明保护的范围。

[0028] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0029] 术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征；在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

[0030] 本发明实施例提供了一种贝塞尔光束的激光加工优化方法，包括：

[0031] S1：激光束通过相位板进行波前调制后经过锥形棱镜得到具有夹角的第一光束和第二光束，所述相位板用于改变所述激光的波前相位；

[0032] S2:所述第一光束和所述第二光束经过第一聚焦镜后形成平行光,所述平行光经过第二聚焦镜后得到具有预设聚焦光斑和焦深的加工激光束;

[0033] S3:所述加工激光束照射在待加工工件进行激光加工。

[0034] 由此可知,如图1至图3所示,由激光器产生的具有高斯分布的光束,经过锥形棱镜后,可以认为其分布近似于理想贝塞尔光束的分布,因为理想贝塞尔光束的分布在径向方向是有限制且无限延伸的,这在实际应用中是不实际存在的。对于这种近似于理想贝塞尔分布的光束,其光强沿传播方向 z 和径向方向 r 的表达式如下:

$$[0035] \quad I(r, z) = 4\pi^2 B^2 z / \lambda \exp(-2B^2 z^2 / w_0^2) J_0^2(kBr),$$

[0036] 其中 r 表示径向半径, z 表示沿光轴方向的坐标, w_0 是入射激光光束的束腰半径, λ 是入射激光的波长, k 是入射激光的波数, B 是光束经过锥形棱镜之后光偏转的角度,又可以写作: $B = \arcsin(n \sin A) - A$,其中 n 为锥形棱镜的折射率, A 为锥形透镜的角度。

[0037] 对于这种较为理想的贝塞尔光束,其中心光斑的半径大小为:

$$[0038] \quad r_0 = 1.2024\lambda / (\pi B),$$

[0039] 沿光轴方向产生最高光强分布时的位置和对应的焦深可以写作:

$$[0040] \quad z_{\max} = w_0 / 2B \text{ 和 } z_{\text{DOF}} = 0.8w_0 / B.$$

[0041] 对于相位板的设计,应该基于激光器的参数,例如激光器的波长和出射光的束腰位置等。对于一般的相位板,如果认为其被分为 n 块区域,激光发出的高斯光束和经过相位板调制的高斯光束的光强分布分别为:

$$[0042] \quad I(r) = I_0 \exp\left[\frac{-r^2}{(2a)^2}\right] \text{ 和 } I(r) = I_0 \exp\left[\frac{-r^2}{(2a)^2}\right] \cdot \varphi(k) \quad (k = 1, 2, \dots, n)$$

[0043] 其中 I_0 为最大峰值时的光强, a 为高斯分布系数, $\varphi(k)$ 为第 k 个区域的透过率,每个区域的透过率可以根据需求设计为相同值或者不同值。另外在频域上,经过相位板后不同区域 k 的光相位波前发生变化,比如在激光产生的波段产生 π 的相位变化。该相位变化量和相位板的设计有关,每一个区域的相位变化不一定要求相同。

[0044] 用相位板调制贝塞尔光束从而消除旁瓣对激光微加工的应用,这里的相位板是指由以改变激光波前相位为目的的可由不同光学材料(玻璃、塑料等)制成的元器件,相位板的区域总数 n 随需求会产生变化,每一块区域的透过率 $\varphi(k)$ 也会发生变化。调制成的贝塞尔光束是由激光通过相位板和锥形棱镜后产生两束特定夹角的高斯光束,被改变波前的高斯光束相互干涉产生高斯-贝塞尔光束,由于成像原理,调制的高斯-贝塞尔光束穿过 $4f$ 系统后,高斯-贝塞尔光束被放大或缩小,形成对应激光微加工所需要的聚焦光斑和焦深,激光指使用超快皮秒、飞秒激光器,脉宽为 10fs - 100ps 之间,波长在 355 - 1064nm ,所对应的激光微加工包括但不限于玻璃、蓝宝石的切割、毛化等。

[0045] 理想设计的相位板可以使得锥形棱镜后面产生的经过整型的高斯-贝塞尔光斑的旁瓣被消除,从而使得经过第一聚焦镜和第二聚焦镜的聚焦光斑的旁瓣也被消除。通过该技术方案可以优化聚焦之后的贝塞尔光斑,使得其在焦深范围内的光斑旁瓣被消除,从而优化相应微加工工艺的效果。如图4和图5所示,图中的纵坐标为激光强度。有相位板和没有相位板的激光强度有明显的区别。

[0046] 本发明的有益效果:本发明提供的这种贝塞尔光束的激光加工优化方法及系统,

通过引入相位板的方法,对锥形透镜产生的贝塞尔光束进行整形,可以成功抑制贝塞尔光束的旁瓣,进而优化了聚焦之后的贝塞尔光斑,使得激光对玻璃和蓝宝石的加工效果得到提升,提高了激光微加工的精度和工艺效果,并且使用此方法使得旁瓣强度从最高16%降低到最低小于1%;此外,不同相位板的设计可以达到焦深和旁瓣光强分布这两项指标的平衡,从而达到满足更多不同激光微加工工艺要求的要求。

[0047] 以上例举仅仅是对本发明的举例说明,并不构成对本发明的保护范围的限制,凡是与本发明相同或相似的设计均属于本发明的保护范围之内。

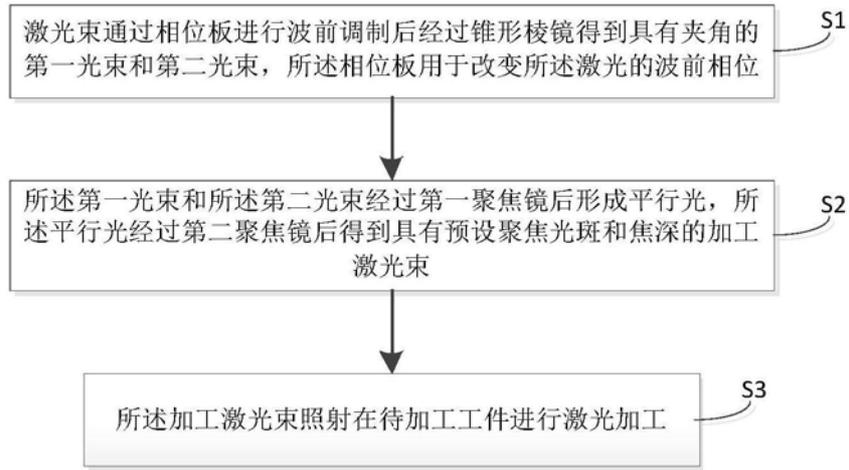


图1

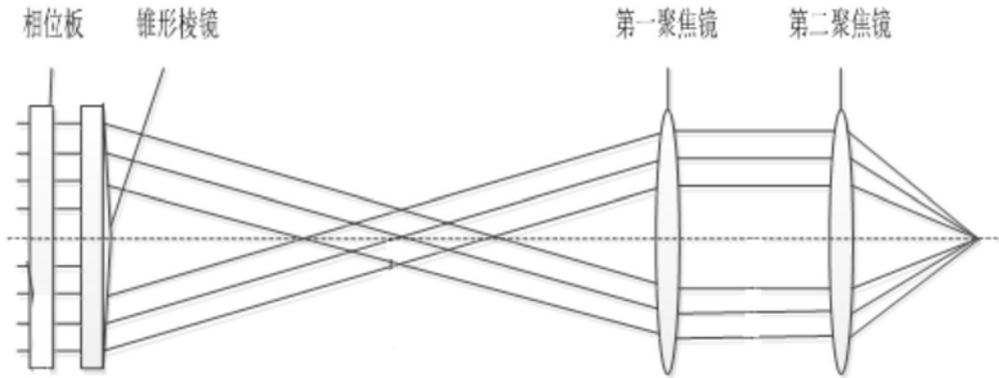


图2



图3

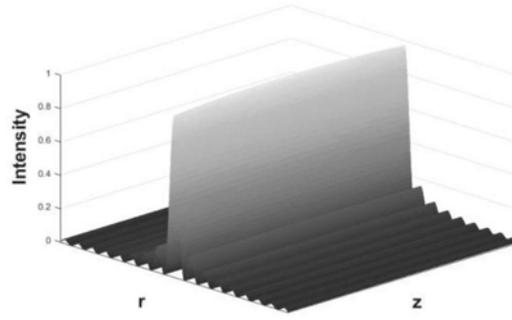


图4

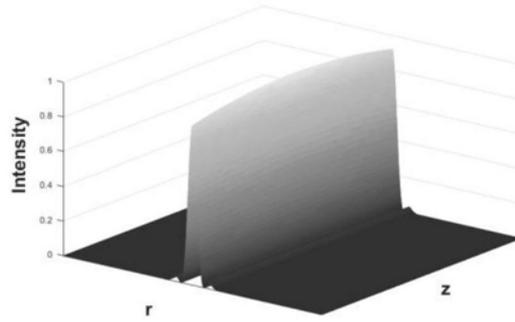


图5