



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108723615 B

(45) 授权公告日 2024.07.16

(21) 申请号 201810785500.9

(22) 申请日 2018.07.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108723615 A

(43) 申请公布日 2018.11.02

(73) 专利权人 西安中科微精光子科技股份有限
公司

地址 710000 陕西省西安市高新区纬二十
六路3300号

(72) 发明人 姜宝宁 周轲新 王自 贺斌
杨小君

(74) 专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事
务所(普通合伙) 44316
专利代理师 孟洁

(51) Int.Cl.

B23K 26/382 (2014.01)

B23K 26/082 (2014.01)

(56) 对比文件

CN 208895391 U, 2019.05.24

审查员 吴贺贺

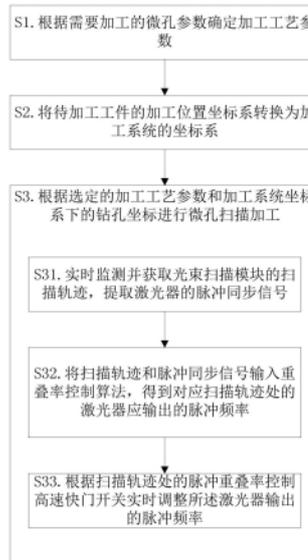
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工
方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及一种基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工方法及系统,该方法通过将扫描轨迹和脉冲同步信号输入重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处激光器输出的脉冲频率,继而控制激光器的高速快门开关实时调整激光器输出的脉冲频率与扫描轨迹相匹配,将激光重频控制和激光扫描运动进行结合,最终达到对光束扫描模块扫描运动过程中的脉冲重叠率进行实时控制的目的,可实现冲孔过程的精确控制,提高加工质量。



1. 一种基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工方法,包括以下步骤:
 - S1. 根据需要加工的微孔参数确定加工工艺参数;
 - S2. 将待加工工件的加工位置坐标系转换为加工系统的坐标系;
 - S3. 根据选定的所述加工工艺参数和所述加工系统坐标系下的钻孔坐标进行微孔扫描加工;

其特征在于,所述步骤S3中还包括以下步骤:

 - S31. 实时监测并获取光束扫描模块的扫描轨迹,提取激光器的脉冲同步信号;
 - S32. 将所述扫描轨迹和所述脉冲同步信号输入重叠率控制算法,得到对应所述扫描轨迹处的激光器应输出的脉冲频率;
 - S33. 根据扫描轨迹处的脉冲重叠率控制高速快门开关而实时调整所述激光器输出的脉冲频率;

当加工孔中心轴线与工件表面成倾斜夹角时,所述步骤S3还包括以下具体步骤:

 - J1. 以不包含非加工区域的水平加工平面中高度最高的一层作为所述待加工工件的分界面;
 - J2. 在所述分界面上方,每一层所述水平加工平面中,所述扫描轨迹进入非加工区域时,控制所述高速快门开关调整所述激光器的脉冲频率为0;在扫描轨迹进入加工区域后,控制所述高速快门开关调整所述激光器的脉冲频率正常输出;
 - J3. 在所述分界面本层及下方,恢复逐层扫描加工;

步骤S3的每一层水平加工平面中,其扫描模式采用等间距增量螺旋线扫描模式;

重叠率控制算法是输入位置轨迹参数和激光器脉冲频率计算得到对应扫描轨迹处的激光器应输出的脉冲频率的算法。
2. 根据权利要求1所述的微孔激光加工方法,其特征在於,所述步骤S31还包括以下步骤:

通过位置检测模块检测微孔扫描加工中的反射光束得到扫描轨迹和光束实时扫描位置。
3. 根据权利要求1所述的微孔激光加工方法,其特征在於,步骤S1中,所述微孔参数包括孔径、孔间距、孔空间位置参数、孔数量;所述加工工艺参数,包括激光功率、频率、脉冲重叠率和扫描轨迹;

步骤S2前还包括以下步骤:钻孔装置自检回零,激光器预热,光束扫描模块回零,以及机床平台回零;将待加工工件固定好,并调整至水平位置;

步骤S3后还包括以下步骤:所述待加工工件被扫描出的微孔达到所述微孔参数,结束微孔扫描加工。
4. 一种采用如权利要求1-3任一项所述的微孔激光加工方法的基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工系统,其特征在於,包括:

激光器,用于生成脉冲激光光束,并对生成的脉冲激光光束进行激光参数调整;

光束扫描模块,用于对入射的脉冲激光光束进行扫描运动及入射角度的控制;

聚焦模块,用于将由所述光束扫描模块输出的脉冲激光光束进行聚焦射出;

高速快门开关,用于将入射的脉冲激光光束进行调制以改变所述激光器输出的脉冲频率;

控制器,电连接至激光器、高速快门开关和光束扫描模块,并被配置成监测、获取所述光束扫描模块的扫描轨迹,还通过所述激光器获取脉冲同步信号;所述控制器通过重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处所述激光器输出的脉冲频率,控制所述激光器的高速快门开关实时调整所述激光器输出的脉冲频率与扫描轨迹相匹配,以对所述光束扫描模块扫描运动过程中的脉冲重叠率进行实时控制。

5.根据权利要求4所述的微孔激光加工系统,其特征在于,所述微孔激光加工系统还包括:

位置检测模块,与所述控制器电连接,通过设置在所述聚焦模块与待加工工件的光路中的分光镜获取光束运动信息,用于实时检测所述光束扫描模块扫描运动过程中的光束扫描位置;

所述控制器被配置成监测并获取所述光束扫描模块的扫描轨迹,并获取所述激光器的激光脉冲同步信号及所述位置检测模块检测到的所述光束扫描模块扫描运动过程中的光束扫描位置,通过重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处所述激光器输出的脉冲输出频率,控制所述激光器的高速快门开关实时调整所述激光器输出的脉冲输出频率与扫描轨迹相匹配,对所述光束扫描模块扫描运动过程中的激光脉冲重叠率进行实时控制。

6.根据权利要求4所述的微孔激光加工系统,其特征在于,所述微孔激光加工系统还包括:

分光模块,设置在所述激光器与所述高速快门开关的光路中,用于将由所述激光器入射的脉冲激光光束分光为第一脉冲激光光束和第二脉冲激光光束;

脉冲监测模块,接收所述分光模块反射的所述第二脉冲激光光束,用于对所述激光器输出的脉冲激光光束进行监测并获取所述脉冲频率;

所述控制器电连接至所述脉冲监测模块,被配置成监测并获取所述光束扫描模块的扫描轨迹,并获取所述脉冲监测模块监测到的所述激光器输出的脉冲频率,通过重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处所述激光器输出的脉冲频率,控制所述高速快门开关实时调整所述激光器输出的脉冲频率与扫描轨迹相匹配对所述光束扫描模块扫描运动过程中的脉冲重叠率进行实时控制。

7.根据权利要求4所述的微孔激光加工系统,其特征在于,所述微孔激光加工系统还包括:配置在所述高速快门开关与所述光束扫描模块的光路中的光路传输模块,用于将由所述激光器输出的脉冲激光光束引导至所述光束扫描模块上。

8.根据权利要求4所述的微孔激光加工系统,其特征在于,所述微孔激光加工系统还包括:上位机,电连接至控制器,用于提供人机交互界面,与所述控制器进行双向通信。

基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及激光加工领域,具体而言,涉及一种基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工方法及系统。

背景技术

[0002] 超快激光是指脉冲宽度短于10ps的脉冲激光,主要指短皮秒和飞秒激光,这个时间尺度短于激光发态电子向晶格弛豫能量的所需时长,使光与物质相互作用呈现了与通常光激发显著不同的特性。飞秒激光与物质相互作用具有快(作用时间短)、强(瞬态功率高)、精(非线性使作用区体积小,加工分辨率高)的特点。由于超快激光和物质的非线性相互作用,可以超越光学衍射极限,因此可根据此特性进行微纳加工。在利用超快激光进行微纳加工时,其主要包括微小孔加工、高精度刻蚀、高精细切割等,其主要实现手段是利用光楔的折射或镜片的反射,结合相关的光学原理,通过控制相关光楔或镜片的高速运动,来实现对激光在材料表面作用点及作用角度的控制,最终实现所需的加工要求。

[0003] 在现有的激光加工过程中,无法将激光脉冲输出与扫描运动相结合,特别是精密加工应用场合下,由于光束扫描系统属于惯性系统,在进行高速复杂运动的情况下,无法做到恒线速度扫描运动,因此,当激光脉冲输出与扫描速度无法匹配时,会造成速度低的区域脉冲重叠率高、作用能量大,速度高的区域脉冲重叠率低、作用能量小,最终造成加工区域内能量分布不均匀,影响最终的加工质量,尤其是盲孔的加工质量。在加工存在对面壁的工件时,这种加工能量分布不均产生的孔底形貌差异会导致孔底中心区域已经穿透工件而孔底边缘(靠近孔壁部分)仍有很厚的待加工部分,如图1所示。由此后续的制孔加工会导致加工孔对面壁发生损伤,影响工件整体加工质量。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供了一种基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工方法及系统,以解决现有激光微孔加工中无法将激光脉冲重叠率控制和激光扫描运动进行结合造成加工区域内能量分布不均匀,影响最终的加工质量的技术问题,并且可以通过脉冲调制实现斜孔的加工。

[0005] 根据本发明实施例的一个方面,一种基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工方法,包括以下步骤:

[0006] S1. 根据需要加工的微孔参数确定加工工艺参数;

[0007] S2. 将待加工工件的加工位置坐标系转换为加工系统的坐标系;

[0008] S3. 根据选定的所述加工工艺参数和所述加工系统坐标系下的钻孔坐标进行微孔扫描加工;

[0009] 所述步骤S3中还包括以下步骤:

[0010] S31. 实时监测并获取光束扫描模块的扫描轨迹,提取激光器的脉冲同步信号;

[0011] S32. 将所述扫描轨迹和所述脉冲同步信号输入重叠率控制算法,得到对应所述扫

描轨迹处的激光器应输出的脉冲频率；

[0012] S33. 根据扫描轨迹处的脉冲重叠率控制高速快门开关实时调整所述激光器输出的脉冲频率。

[0013] 进一步的,所述步骤S31还包括以下步骤:

[0014] 通过位置检测模块检测微孔扫描加工中的反射光束得到扫描轨迹和光束实时扫描位置。

[0015] 进一步的,当加工孔中心轴线与工件表面成倾斜夹角时,所述步骤S3还包括以下具体步骤:

[0016] J1.以不包含非加工区域的水平加工平面中高度最高的一层作为所述待加工工件的分界面;

[0017] J2.在所述分界面上方,每一层所述水平加工平面中,所述扫描轨迹进入非加工区域时,控制所述高速快门开关调整所述激光器的脉冲频率为0;在扫描轨迹进入加工区域后,控制所述高速快门开关调整所述激光器的脉冲频率正常输出;

[0018] J3.在所述分界面本层及下方,恢复逐层扫描加工。

[0019] 进一步的,步骤S3的每一层水平加工平面中,其扫描模式采用等间距增量螺旋线扫描模式。

[0020] 进一步的,步骤S1中,所述微孔参数包括孔径、孔间距、孔空间位置参数、孔数量;所述加工工艺参数,包括激光功率、频率、脉冲重叠率和扫描轨迹;

[0021] 步骤S2前还包括以下步骤:钻孔装置自检回零,激光器预热,光束扫描模块回零,以及机床平台回零;将待加工工件固定好,并调整至水平位置;

[0022] 步骤S3后还包括以下步骤:所述待加工工件被扫描出的微孔达到所述微孔参数,结束微孔扫描加工。

[0023] 根据本发明实施例的一个方面,一种基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工系统,包括:

[0024] 激光器,用于生成脉冲激光光束,并对生成的脉冲激光光束进行激光参数调整;

[0025] 光束扫描模块,用于对入射的脉冲激光光束进行扫描运动及入射角度的控制;

[0026] 聚焦模块,用于将由所述光束扫描模块输出的脉冲激光光束进行聚焦射出;

[0027] 高速快门开关,用于将入射的脉冲激光光束进行调制以改变所述激光器输出的脉冲频率;

[0028] 控制器,电连接至激光器、高速快门开关和光束扫描模块,并被配置成监测、获取所述光束扫描模块的扫描轨迹,还通过所述激光器获取脉冲同步信号;所述控制器通过重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处所述激光器输出的脉冲频率,控制所述激光器的高速快门开关实时调整所述激光器输出的脉冲频率与扫描轨迹相匹配,以对所述光束扫描模块扫描运动过程中的脉冲重叠率进行实时控制。

[0029] 进一步的,所述微孔激光加工系统还包括:

[0030] 位置检测模块,与所述控制器电连接,通过设置在聚焦模块与待加工工件的光路中的分光镜获取光束运动信息,用于实时检测所述光束扫描模块扫描运动过程中的光束扫描位置;

[0031] 所述控制器被配置成监测并获取所述光束扫描模块的扫描轨迹,并获取所述激光

器的激光脉冲同步信号及所述位置检测模块检测到的所述光束扫描模块扫描运动过程中的光束扫描位置,通过重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处所述激光器输出的脉冲频率,控制所述激光器的高速快门开关实时调整所述激光器输出的脉冲频率与扫描轨迹相匹配,对所述光束扫描模块扫描运动过程中的脉冲重叠率进行实时控制。

[0032] 进一步的,所述微孔激光加工系统还包括:

[0033] 分光模块,设置在所述激光器与所述高速快门开关的光路中,用于将由所述激光器入射的脉冲激光光束分光为第一脉冲激光光束和第二脉冲激光光束;

[0034] 脉冲监测模块,接收所述分光模块反射的所述第二脉冲激光光束,用于对所述激光器输出的脉冲激光光束进行监测并获取所述脉冲频率;

[0035] 所述控制器电连接至所述脉冲监测模块,被配置成监测并获取所述光束扫描模块的扫描轨迹,并获取所述脉冲监测模块监测到的所述激光器输出的脉冲频率,通过重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处所述激光器输出的脉冲频率,控制所述高速快门开关实时调整所述激光器输出的脉冲频率与扫描轨迹相匹配对所述光束扫描模块扫描运动过程中的脉冲重叠率进行实时控制。

[0036] 进一步的,所述微孔激光加工系统还包括:配置在所述高速快门开关与所述光束扫描模块的光路中的光路传输模块,用于将由所述激光器输出的脉冲激光光束引导至所述光束扫描模块上。

[0037] 进一步的,所述微孔激光加工系统还包括:上位机,电连接至控制器,用于提供人机交互界面,与所述控制器进行双向通信。

[0038] 在本发明实施例中,控制器监测并获取光束扫描模块的扫描轨迹,并获取激光器的激光脉冲同步信号,通过重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处激光器输出的脉冲频率,控制激光器的高速快门开关实时调整激光器输出的脉冲频率与扫描轨迹相匹配,将激光重频控制和激光扫描运动进行结合,最终达到对光束扫描模块扫描运动过程中的脉冲重叠率进行实时控制的目的,通过准确控制作用在材料表面的脉冲个数与每个脉冲的能量和作用时刻,可实现制孔过程的精确控制,提高加工质量。

附图说明

[0039] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0040] 图1现有技术激光制孔加工孔底形貌示意性侧视图;

[0041] 图2为本发明的基于激光脉冲重叠率控制的激光加工方法的流程图;

[0042] 图3(a)为现有技术的螺旋线扫描轨迹示意图;

[0043] 图3(b)为等间距增量螺旋线扫描轨迹图;

[0044] 图4为本发明的激光加工方法在采用现有技术螺旋线扫描模式制孔时的孔底形貌示意性侧视图;

[0045] 图5为本发明的采用等间距增量螺旋线扫描模式的加工示意图;

[0046] 图6为本发明的基于激光脉冲重叠率控制的激光加工系统的实施例的示意图;

[0047] 图7为本发明的基于激光脉冲重叠率控制的激光加工系统的另一实施例的示意图;

[0048] 图8为激光脉冲重叠率控制的原理图。

具体实施方式

[0049] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明的附图1-8,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的实施例,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他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0050] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0051] 本发明属于超快激光器设计与加工应用领域,具体设计了一种基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工方法及系统。超快激光器属于脉冲激光,其单脉冲宽度极窄可达飞秒级别,单脉冲功率极高可达几百亿瓦。超快激光重频是指在1秒时间内激光器输出脉冲的个数,目前常见激光器重频范围约100~1000KHz。激光光束扫描脉冲重叠率是指在光束扫描过程中,相邻两个激光脉冲作用区域之间的重叠比率。

[0052] 实施例1

[0053] 如附图2所示,本发明提供了一种基于激光脉冲重叠率控制的激光微孔加工方法,其包括以下步骤:

[0054] 根据加工的微孔参数如孔径、孔间距、孔空间位置参数、孔数量等,确定加工工艺参数,包括激光功率、频率、脉冲重叠率、扫描速度和扫描轨迹等。

[0055] 钻孔装置自检回零,激光器的预热和光束扫描模块回零,以及机床平台回零;将待加工工件固定好,并调整至水平位置;确定加工位置的坐标系,并根据转换关系转换为加工系统的坐标;根据选定的加工工艺参数和加工系统坐标系下的钻孔坐标,开始微孔扫描加工,通常采用螺旋线扫描模式进行加工。

[0056] 获取并监测光束扫描模块的扫描轨迹,并获取激光器的脉冲同步信号。

[0057] 在该步骤中,光束扫描模块的扫描轨迹的实时获取和监测可以通过位置检测模块完成,也可以通过轨迹算法计算得到。轨迹算法是基于光学系统参数如聚焦镜焦距、扫描模块光楔角、光斑直径输入计算得到实时位置轨迹的算法。

[0058] 如附图6和7所示,在一个实施方式中,位置检测模块34为连接至控制器50的CCD元件其与设置于聚焦镜40下方的分光镜32配合使用。加工中的反射光束通过该分光镜32反射至位置检测模块34中,位置检测模块34将采集到的数据输入控制器50中处理,从而可以得到扫描轨迹和光束实时扫描位置。

[0059] 光束扫描模块30的扫描轨迹和激光器10的脉冲同步信号输入控制器50,控制器50根据重叠率控制算法向高速快门开关16输出相应控制信号,使得对应扫描轨迹处被输出相匹配的脉冲频率,以控制扫描轨迹中的加工区域和非加工区域范围。重叠率算法是输入位

置轨迹参数和激光器脉冲频率计算得到对应扫描轨迹处的激光器应输出的脉冲频率的算法。

[0060] 控制器50监测加工中的实时轨迹位置,并且根据实际加工情况调节脉冲重叠率在加工区域内进行激光加工,避免误伤非加工区域。

[0061] 当微孔达到预定的孔参数,关闭程序,结束微孔加工。

[0062] 进一步地,在现有的激光微孔加工方法中,常采用如图3(a)所示的螺旋线扫描形式:

[0063] 螺旋线各圈间的螺距逐步减小,表现为中间稀疏外周密集的螺旋线形式。如附图4所示,在此螺旋线扫描模式下进行激光制孔过程,螺旋的外圈区域激光的脉冲频率远大于内圈区域,微孔易形成M形底部形貌。

[0064] 这是因为脉冲频率的调制可以解决运动扫描轨迹切线方向上的重叠率,实现能量均衡施加,而在运动轨迹的法线方向,因扫描螺旋线自身的疏密特性,搭接率存在内低外高现象,导致在法线方向上,外圈能量高,内圈能量低,所以一定程度上造成了底面外侧去除量高的现象。对于中心处出现的去除量高的现象,是因为在中心点处也存在一定程度的能量密集,从而造成中心区域去除量高。

[0065] 为了解决上述技术问题,本申请的扫描模式采用等间距增量螺旋线扫描模式,如附图3(b)所示。即螺旋线各圈间距相等的扫描模式。在这种扫描模式下,法线方向和切线方向的加工能量分布更均匀,可以实现扫描过程中重叠率和搭接率的有效控制,进一步优化激光功率在加工底面的分布,更好地实现底面平推式加工,如图5所示。

[0066] 在加工孔中心轴线与工件表面成倾斜夹角的情况下,由于在初加工阶段,同一加工平面内只有部分材料可被去除加工,即同一加工平面内包含加工区域与非加工区域。在该加工平面内的无材料部分中,激光光束会直接穿过并损伤加工平面下方的工件区域,引起加工缺陷。

[0067] 在这种加工需求情况下,将要待加工工件分为两部分,以水平加工平面恰好都有可去除材料的平面,即水平加工平面中不包含非加工区域且高度为最高的一层,作为代加工工件的分界面。在该分界面上方,因为每一层水平加工平面均存在不需要去除材料的非加工区域和需要去除材料的加工区域,故采用本发明前面提及的基于脉冲重叠率控制的加工方法即可控制激光器在扫描轨迹进入非加工区域不进行工作(调整脉冲频率为0),在扫描轨迹进入加工区域后恢复工作(调整脉冲频率为正常状态)。在该分界面下方则采用逐层扫描模式进行圆孔加工。

[0068] 具体的,在预定加工准备工作完成之后,开始扫描加工。默认通过高速快门开关将脉冲频率调制成输出为零。

[0069] 监测激光加工光束位置状态,只有在加工光束进入待去除材料区域(加工区域)时将调制模块调节为正常工作状态,此时开始与前述加工方法相同的脉冲调制加工;

[0070] 加工光束离开待去除材料区域(加工区域)时,通过调制模块将输出调制成输出为零;

[0071] 在加工扫描至分界面后变为正常的逐层扫描加工模式。

[0072] 实施例2

[0073] 如附图6所示,本发明还提供了一种基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工系

统,包括:

[0074] 激光器10,用于生成脉冲激光光束,并对生成的脉冲激光光束进行激光参数调整;

[0075] 高速快门开关16,该高速快门开关16可实现激光的高速开关,与普通机械式开关不同,它主要利用电光和声光效应来实现激光脉冲的输出控制,其具体包括但不限于电光调制器、电光Q开关、声光调制器、声光偏转器、声光Q开关等;

[0076] 光束扫描模块30,用于对入射的脉冲激光光束进行扫描运动及入射角度的控制;

[0077] 聚焦镜40;

[0078] 控制器50,分别电连接至激光器10和光束扫描模块30、以及高速快门开关16。控制器50被配置成监测并获取光束扫描模块的扫描轨迹和激光脉冲同步信号,并向高速快门开关16输出相应脉冲控制信号。

[0079] 在本发明实施例中,控制器50监测并获取光束扫描模块30的扫描轨迹,并获取激光器10的激光脉冲同步信号,通过重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处激光器10的脉冲频率,控制激光器10的高速快门开关16实时调整激光器10的脉冲频率与扫描轨迹相匹配,将激光重频控制和激光扫描运动进行结合,最终达到对光束扫描模块30扫描运动过程中的脉冲重叠率进行实时控制的目的,通过准确控制作用在材料表面的脉冲个数与每个脉冲的能量和作用时刻,可实现冲孔过程的精确控制,提高加工质量。

[0080] 作为优选,微孔激光加工系统还包括:

[0081] 分光镜32和位置检测模块34,位置检测模块34电连接至控制器50,用于实时检测光束扫描模块30扫描运动过程中的光束扫描位置,其具体包括但不限于PSD传感器、CCD等。聚焦镜40下方设置有分光镜32,加工反射光通过分光镜32反射至位置检测模块34,从而通过位置检测模块34的监测,可以得到实时的扫描位置,扫描位置数据经由控制器50中重叠率控制算法的处理,得到该位置的脉冲重叠率;控制器50向高速快门16发送控制信号实现期望的控制结果。

[0082] 作为优选,如图7所示,在激光器10不提供同步脉冲信号的情况下,微孔激光加工系统还可以包括:

[0083] 分光模块12,可设置为分光镜片,设置在激光器出射光路上,用于将由激光器入射的脉冲激光光束分光为第一脉冲激光光束和第二脉冲激光光束,第一脉冲激光光束为监测光束,第二脉冲激光光束为加工光束;

[0084] 脉冲监测模块14,电连接至控制器50,用于对入射的第一脉冲激光光束进行监测并获取激光器10的脉冲频率,其具体包括但不限于PIN光电二极管、MSM超快激光探测器等;

[0085] 控制器50还被配置成监测并获取光束扫描模块的扫描轨迹,并获取脉冲监测模块14监测到的激光器10的脉冲频率,通过重叠率控制算法计算出在对应扫描轨迹处激光器10的脉冲频率,控制高速快门开关16实时调整激光器10的脉冲频率与扫描轨迹相匹配对光束扫描模块30扫描运动过程中的脉冲重叠率进行实时控制。

[0086] 作为优选,微孔激光加工系统还包括:光路传输模块20,用于实现激光器10输出的激光调理并引导至光束扫描模块30。

[0087] 作为优选,微孔激光加工系统还包括:上位机60,用于提供人机交互界面,与控制器50进行双向通信。

[0088] 下面以具体的实施例对本微孔激光加工系统进行详细描述,本发明采用的技术方

案为：

[0089] 针对激光器输出重频实时控制,本发明设计了一种高性能的控制器50,其可实现对激光器10内部输出重频信号的实时检测以及光束扫描模块30或运动平台状态的实时检测,并结合上位机60设定的输出重频控制参数,利用脉冲序列调制技术,控制激光器10的高速快门开关16,实现对特定激光脉冲输出的控制,最终达到对加工扫描过程中脉冲重叠率实时控制的目的。

[0090] 针对微孔旋切扫描、精密切割以及盲孔盲槽加工等对脉冲重叠率与能量分布有需求的应用场合,在实现激光器10输出重频实时控制的基础上,本发明设计的微孔加工系统,可实现对光束扫描模块30实时扫描轨迹的检测,并利用控制器50中运行的重叠率控制算法,实现在特定时刻对特定能量的特定脉冲的准确输出,完成扫描运动与激光脉冲输出的匹配,最终实现激光微孔加工过程中的底面平推式加工。

[0091] 对于提供脉冲同步输出与高速快门控制信号的激光器10,脉冲序列调制的原理如下所述:控制器通过实时监测激光器输出的、与设定重频对应的激光脉冲同步信号,并参照上位机60设定的输出重频参数要求,通过控制高速快门开关16,进而控制对应脉冲输出,实现对特定激光脉冲输出的要求,最终达到控制激光输出重频的目的。采用此技术,只是改变激光器10内部脉冲输出状态,不会改变激光器10内部参数设置,因此对于单脉冲性能无影响。

[0092] 在其他实施例中,对于没有提供同步脉冲输出与高速快门控制信号的激光器10,如图8所示,由于激光器本身并没有提供与内部设定重频对应的脉冲同步信号,因此,本装置主要依靠外部的脉冲监测模块14监测到的输出脉冲信号作为基准,在光路中设置分光监测光路和脉冲监测模块,通过分光模块12将激光器10出射光束分光至脉冲监测模块14。脉冲监测模块14通过对监测光束进行监测,得到激光器10的脉冲信号,并将该信号输入至控制器50。控制器50结合上位机60设定的输出重频进行脉冲序列调制处理,最终控制高速快门开关16,实现整个脉冲序列调制与输出重频控制功能。同样,这种方法不会改变单脉冲性能参数。

[0093] 在微孔旋切扫描应用场合下,利用脉冲序列调制技术,可实现扫描过程中脉冲序列重叠率的控制,其控制原理如附图8所示。由于光束扫描模块存在一定的惯性,在进行如图3(a)所示的螺旋线扫描过程中,无法实现恒线速度扫描,实际加工采用恒角速度扫描模式,在此模式下,若无法根据实时扫描位置改变激光器输出重频,则必然造成加工面中心脉冲重叠率高、边沿重叠率低,如附图1所示,最终造成加工过程中加工底面中心处材料去除量大、边沿去除量小。

[0094] 本发明利用脉冲序列调制技术,通过脉冲监测模块14通过对监测光束进行监测,得到激光器的脉冲信号,以及位置检测模块34反馈的实时光束位置,利用内部高速算法,实时计算出在对应扫描轨迹处激光器脉冲频率,控制激光脉冲频率与实时扫描位置相匹配,最终实现加工面上激光脉冲的重叠率控制,优化加工面激光功率的平均分布,提高微孔加工特别是盲孔、盲槽加工质量。

[0095] 本发明的主要目的是解决现有微孔加工过程中加工能量分布不均易造成盲孔加工质量较低以及工件对面壁损伤的缺陷,具体设计了一种基于激光脉冲重叠率控制的微孔激光加工方法及装置以实现高质量的加工能力。

[0096] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0097] 1. 可实现激光输出重频的实时控制,控制精度可具体到特定一个脉冲。

[0098] 2. 本发明在更改激光输出重频时,不会对单脉冲性能参数造成影响。

[0099] 3. 本发明可根据运动的实时状态以及工艺参数,来实时调制激光器输出重频率,实现加工能量在孔底的均匀分布。

[0100] 上述本发明实施例序号仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

[0101] 在本发明的上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中沒有详述的部分,可以参见其他实施例的相关描述。

[0102] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的技术内容,可通过其它的方式实现。其中,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如单元的划分,可以为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,单元或模块的间接耦合或通信连接,可以是电性或其它的形式。

[0103] 作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0104] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0105] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

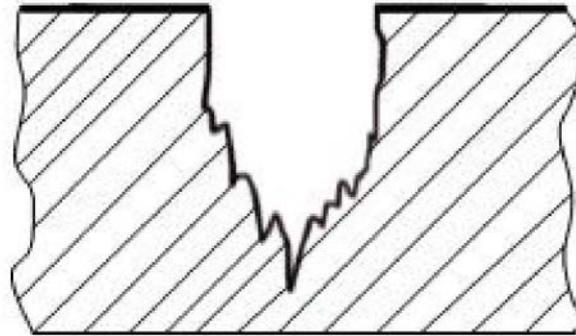


图1

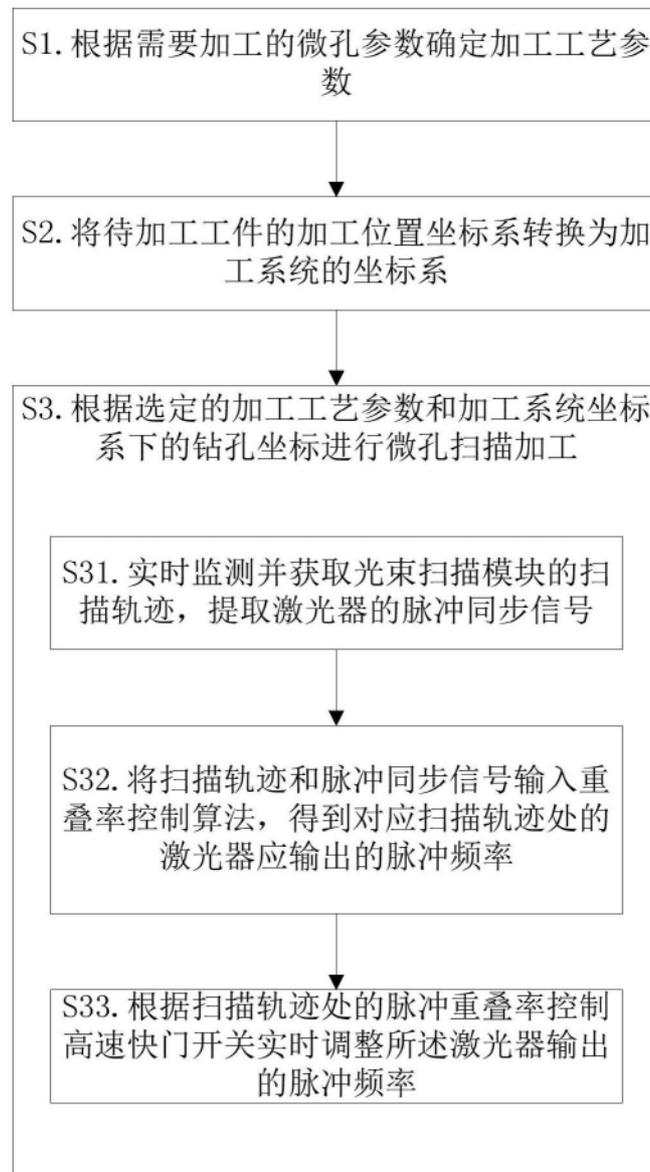


图2

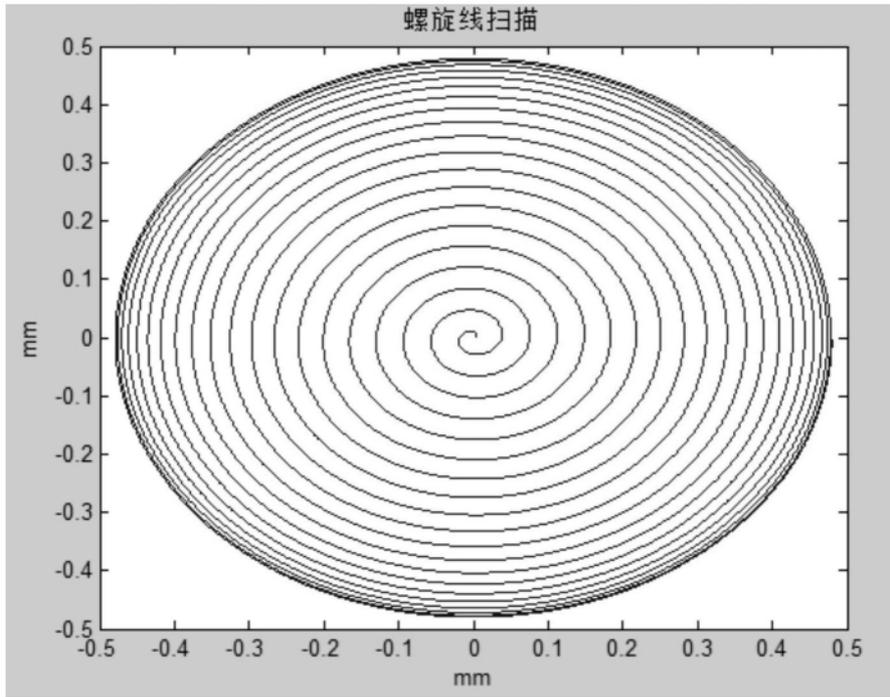


图3(a)

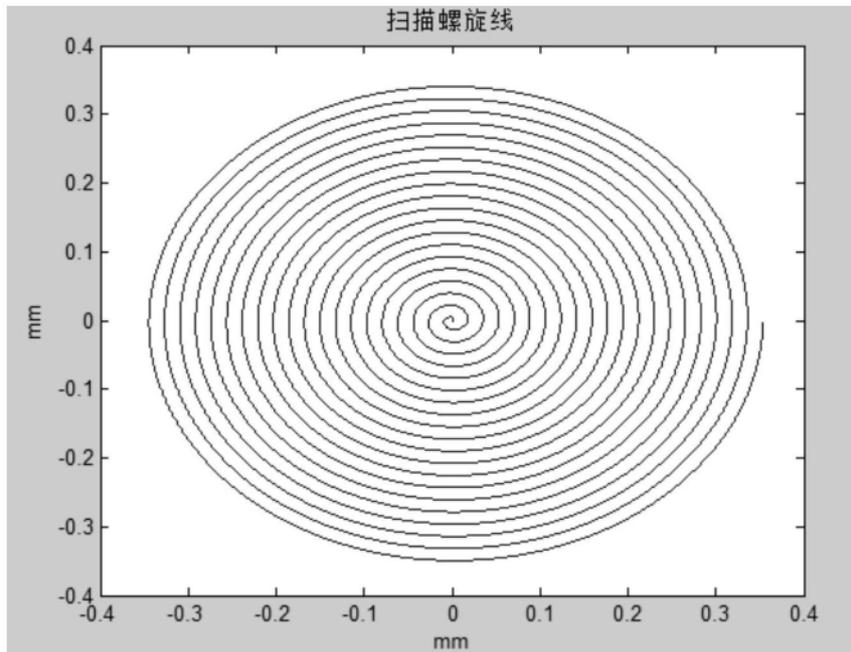


图3(b)

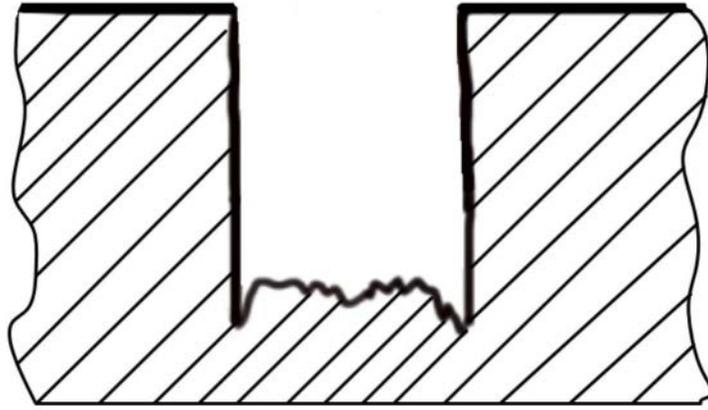


图4

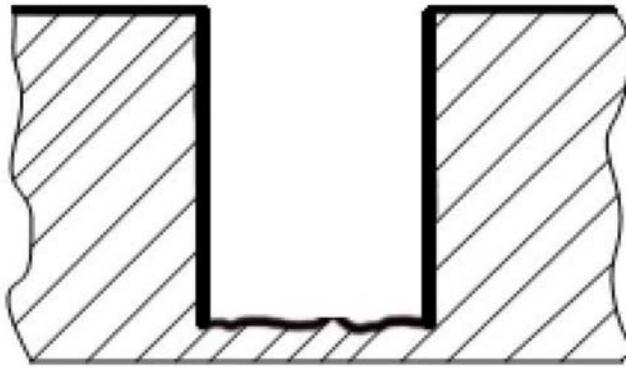


图5

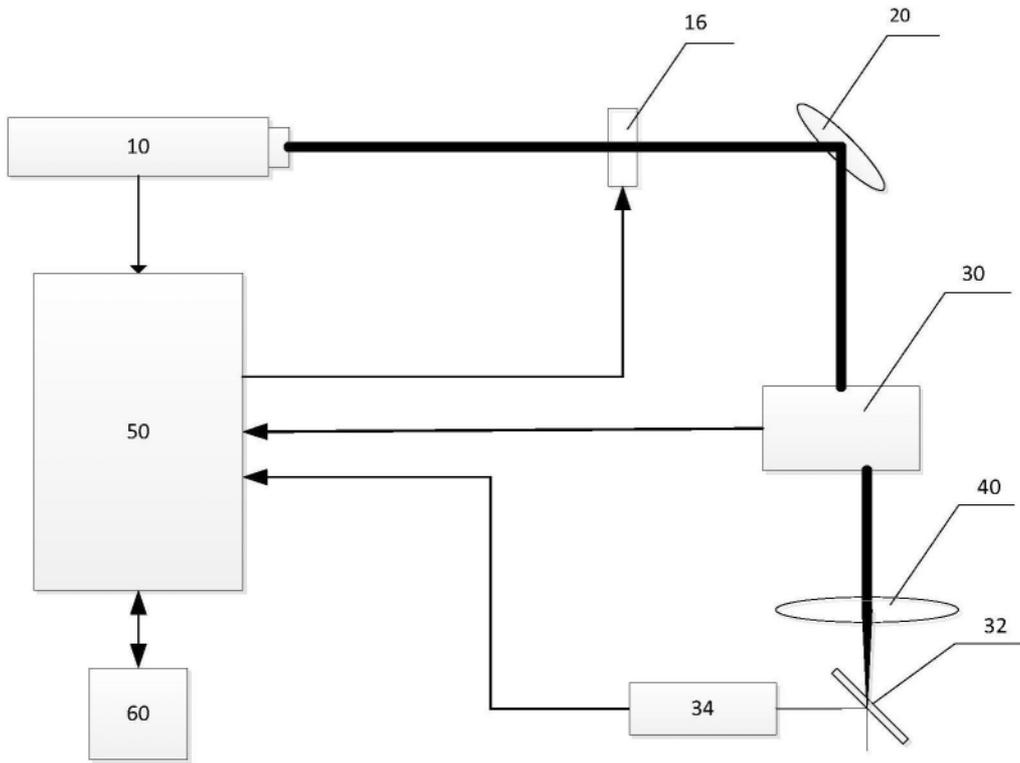


图6

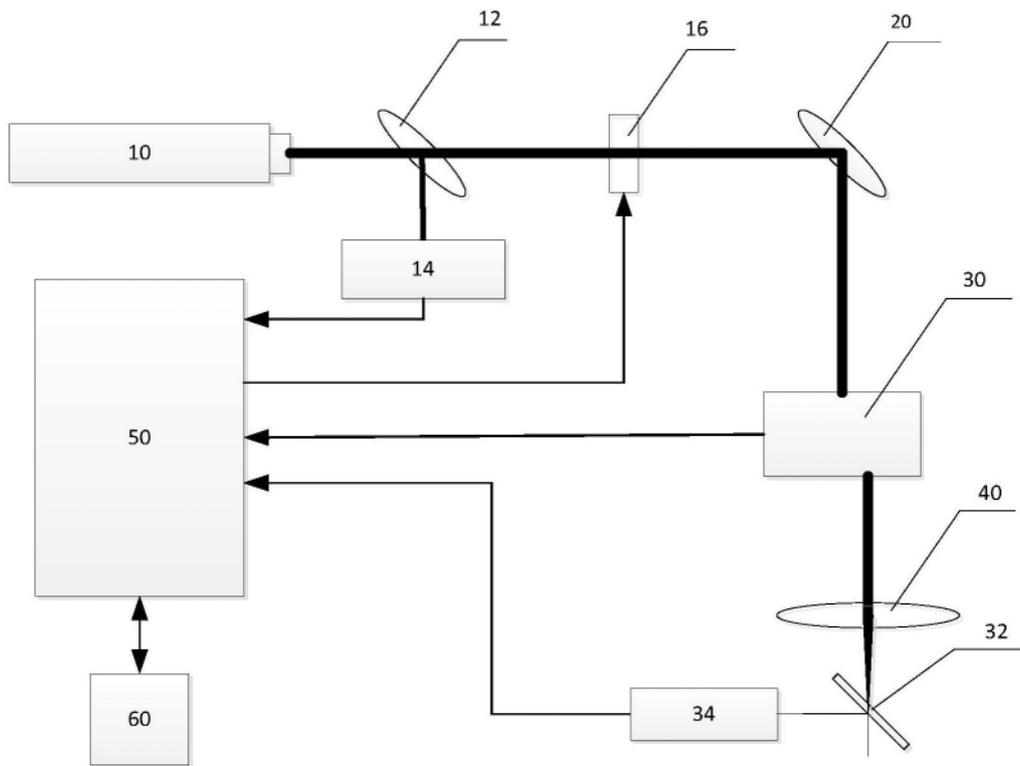


图7

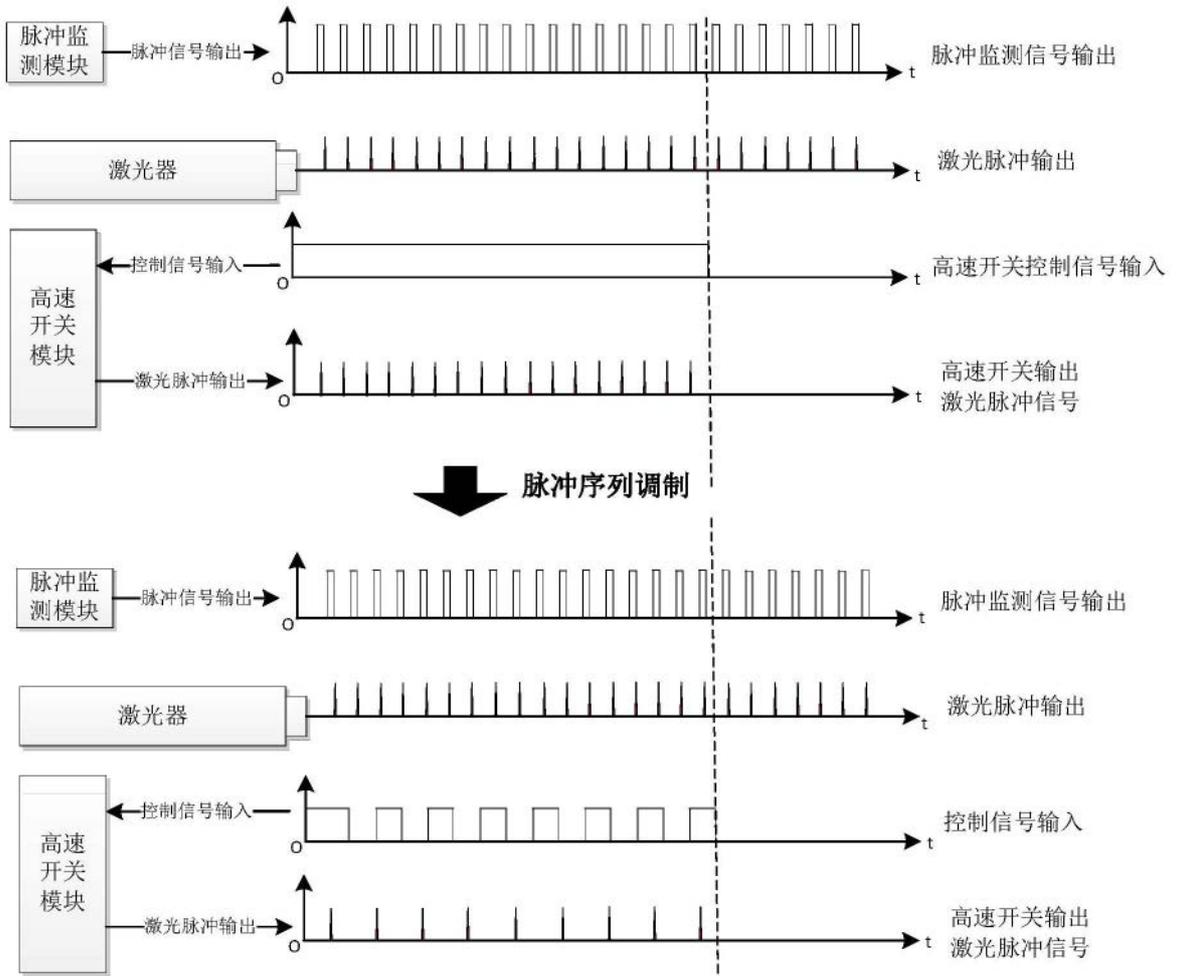


图8