



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105102169 B

(45)授权公告日 2017.05.03

(21)申请号 201480014078.7

(22)申请日 2014.03.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105102169 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(30)优先权数据

61/791,361 2013.03.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.09.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/027275 2014.03.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/152380 EN 2014.09.25

(73)专利权人 伊雷克托科学工业股份有限公司

地址 美国俄勒冈州

(72)发明人 马克·A·昂瑞斯

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 许静 安利霞

(51)Int.Cl.

B23K 26/00(2014.01)

B23K 26/082(2014.01)

B23K 26/064(2014.01)

审查员 李晓雪

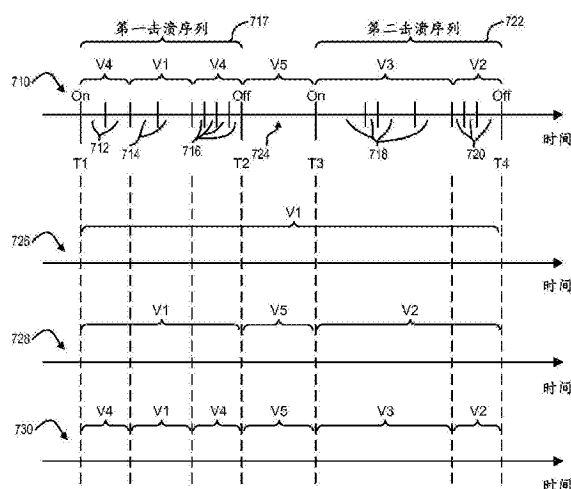
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

用于声光偏转器击溃处理的激光系统和方法

(57)摘要

本发明揭示激光系统和方法以改善该些击溃或其它特征的处理速度以避免超过该激光系统的动力限制。一激光处理系统分割对应至该工件上或之中欲处理的多个特征的激光处理命令成为程序段。激光处理参数和射束轨道被仿真以决定该些程序段中每一个的最大处理速度。该激光处理系统选取用于处理该工件上或之中的多个特征的最大处理速度中之一者或更多。该些最大处理速度中之一最慢处理速度可被使用以处理该多个特征中的每一个。替代性地,每一个连续性击溃序列可使用一不同处理速度来处理。在其它实施例中,每一个程序段是使用它相对应最大处理速度来处理。



1. 一种用以处理工件上或之内的多个特征的激光处理设备,该激光处理设备包括:
激光系统,用以产生激光脉冲的射束;
复合运动系统,用以扫描至少一第一扫描场和第二扫描场内相对于该工件表面的该射束,该第二扫描场是位在该第一扫描场内,且该复合运动系统架构来以较该第一扫描场内高的速度和加速度扫描在该第二扫描场内的该射束;
一或更多处理器,用以:
将对应至该多个特征的激光处理命令分割成程序段;
仿真激光处理参数和射束轨道以决定该些程序段中每一个的最大处理速度,每一个最大处理速度至少部分依据该复合运动系统的动力限制来扫描该第一扫描场和该第二扫描场内的该射束;及
选取该些最大处理速度之一或更多来处理该工件上或之内的该多个特征。
2. 如权利要求1的激光处理设备,其中,该一或更多处理器是进一步架构来:
决定该些最大处理速度中的最低处理速度;及
协调该激光系统和该复合运动系统的操作以使用该最低处理速度来处理该工件上或之内的该多个特征中的每一个。
3. 如权利要求1的激光处理设备,其中,该多个特征包括至少一第一连续性击溃序列和第二连续性击溃序列,且其中,该一或更多处理器是进一步架构来:
决定对应至该第一连续性击溃序列的第一组最大处理速度中的第一最低处理速度;
决定对应至该第二连续性击溃序列的第二组最大处理速度中的第二最低处理速度;
协调该激光系统和该复合运动系统的操作以使用该第一最低处理速度来处理该第一连续性击溃序列;及
协调该激光系统和该复合运动系统的操作以使用该第二最低处理速度来处理该第二连续性击溃序列。
4. 如权利要求3的激光处理设备,其中,该一或更多处理器是进一步架构来:
在处理该第一连续性击溃序列时,打开该激光系统以射出该激光脉冲射束;
在控制该复合运动系统给予射束轴和该工件表面之间的相对移动来将该射束轴自该第一连续性击溃序列导引至该第二连续性击溃序列时,关闭该激光系统以阻止该激光脉冲射束到达该工件表面;及
在处理该第二连续性击溃序列时,打开该激光系统以射出该激光脉冲射束。
5. 如权利要求4的激光处理设备,其中,该一或更多处理器是进一步架构来:
控制该复合运动系统以将该射束轴以高于该第一最低速度和该第二最低速度的速度自该第一连续性击溃序列导引至该第二连续性击溃序列。
6. 如权利要求1的激光处理设备,其中,该多个特征包括连续性击溃序列,且其中,该一或更多处理器是进一步架构来:
协调该激光系统和该复合运动系统的操作以将该连续性击溃序列内的程序段中的每一个以它相对应的最大速度来处理。
7. 如权利要求1的激光处理设备,其中,该一或更多处理器是进一步架构来:
决定该些程序段中每一个的脉冲期;
协调该激光系统和该复合运动系统的操作以在它相对应的脉冲期和最大速度下,处理

该些程序段中的每一个;及

将横跨在具有不同脉冲期的相邻程序段的激光脉冲同步化。

8. 如权利要求7的激光处理设备,其中,为了将横跨在该些相邻程序段的激光脉冲同步化,该一或更多处理器是进一步架构来:

自该程序段开始处,对准该些相邻程序段中每一个的初始激光脉冲为用于该程序段的该脉冲期的预定分数;及

自该程序段结尾处,对准该些相邻程序段中每一个的最后激光脉冲为用于该程序段的该脉冲期的该预定分数。

9. 如权利要求8的激光处理设备,其中,该预定分数包括该相对应程序段的该脉冲期的一半。

10. 如权利要求1的激光处理设备,其中,该多个特征包括多个连续性击溃序列,其中,该些连续性击溃序列中的至少一者是大于该第二扫描场,且其中,用于该第二扫描场之外的连续性击溃序列中的程序段的最大处理速度是依据该复合运动系统的线性台阶速度限制和加速度限制中的至少一者来在该第一扫描场内进行扫描。

11. 一种用于激光处理工件的方法,该方法包括:

将对应至该工件上或之内的多个特征以进行处理的激光处理命令分割成程序段;

仿真激光处理参数和射束轨道以决定该些程序段中每一个的最大处理速度;

决定该些最大处理速度中的最慢处理速度;及

使用该最慢处理速度来处理该工件上或之内的多个特征中的每一个。

12. 一种用于激光处理工件的方法,该方法包括:

将对应至第一连续性击溃序列和第二连续性击溃序列的激光处理命令分割成程序段;

仿真激光处理参数和射束轨道以决定该些程序段中每一个的最大处理速度;

决定对应至该第一连续性击溃序列的第一组最大处理速度中的第一最慢处理速度;

决定对应至该第二连续性击溃序列的第二组最大处理速度中的第二最慢处理速度;

使用该第一最慢处理速度来处理该第一连续性击溃序列;及

使用该第二最慢处理速度来处理该第二连续性击溃序列。

13. 如权利要求12的方法,进一步包括:

在处理该第一连续性击溃序列时,射出激光脉冲射束;

在以高于该第一最慢速度和该第二最慢速度的速度来给予射束轴和工件表面之间的相对移动而将该射束轴自该第一连续性击溃序列导引至该第二连续性击溃序列时,阻止该激光脉冲射束到达该工件表面;及

在处理该第二连续性击溃序列时,射出该激光脉冲射束。

14. 一种用于激光处理工件的方法,该方法包括:

将对应至第一连续性击溃序列和第二连续性击溃序列的激光处理命令分割成程序段;

仿真激光处理参数和射束轨道以决定该些程序段中每一个的最大处理速度;

决定该些程序段中每一个的脉冲期;

在它相对应脉冲期和最大速度下,处理该些程序段中的每一个;及

将横跨在具有不同脉冲期的相邻程序段的激光脉冲同步化。

15. 如权利要求14的方法,其中,将横跨在该些相邻程序段的激光脉冲同步化包括:

在该程序段开始后,对准该些相邻程序段中每一个的初始激光脉冲为用于该程序段的该脉冲期的预定分数;及

在该程序段结尾前,对准该些相邻程序段中每一个的最后激光脉冲为用于该程序段的该脉冲期的该预定分数。

16. 如权利要求15的方法,其中,该预定分数包括该相对应程序段的该脉冲期的一半。

用于声光偏转器击溃处理的激光系统和方法

[0001] 相关申请案的交互参考

[0002] 本申请案基于35 U.S.C. §119 (e) 条款主张2013年3月15日所提申的美国临时申请案号61/791,361的权益,在此将其全体一并整合参考。

技术领域

[0003] 本揭示大体上关于激光处理设备及使用该些设备处理工件的方法。

背景技术

[0004] 激光处理一工件的一或更多材料内的特征(例如,通孔、盲孔、沟渠、击溃、切口和其它特征)可使用例如激光功率、脉冲重复频率(PRF)、脉冲能量、脉冲宽度、一口大小和其它参数的参数来处理。在许多激光处理应用中,用以形成一特征的速度或效率和最后形成的特征质量可能对此类处理参数非常敏感。

[0005] 在复合运动激光处理机器中的范例性应用是处理该“击溃”特征:激光切割由序列式线性或环形弧段所构成的线条。典型地,这类处理是通过以一固定速度沿着一要求轨道来移动该制程射束来完成。对于一给予激光功率和脉冲重复频率而言,这个提供该工件表面一致性流量和一口大小(bite size)。

[0006] 然而,它是可能在处理击溃时超过一复合运动系统的动力限制(例如,线性台阶加速度或速度、或电流驱动式扫描场)。例如,对于某些击溃速度而言,一反向击溃可轻易地产生超越该系统能力的高峰线性台阶加速度。

发明内容

[0007] 如同在此所述范例的本揭示实施例强调上述限制及与激光处理一工件中的击溃及其它特征的传统方法有关的其它限制。某些实施例优化或改善该些击溃或其它特征的处理速度以避免超过该激光系统的驱动限制。

[0008] 在一实施例中,一激光处理系统分割对应至该工件上或之中欲处理的多个特征的激光处理命令成为程序段。激光处理参数和射束轨道被仿真以决定该些程序段中每一个的最大处理速度。该激光处理系统选取用于处理该工件上或之中的多个特征的最大处理速度中之一者或更多。

[0009] 在一实施例中,该些最大处理速度中之一最慢处理速度被使用以处理该多个特征中的每一个。在另一实施例中,每一个连续性击溃序列是使用一不同处理速度来处理。在其它实施例中,每一个程序段是使用它相对应最大处理速度来处理。

[0010] 额外观点和优势会显而易见于参考该些附图所进行的下列较佳实施例详细说明之中。

附图说明

[0011] 图1根据本揭示一实施例略示一激光处理设备。

- [0012] 图2略示与图1所示设备的各种组件或系统有关的扫描场。
- [0013] 图3和图4根据本揭示某些实施例图标通过扫描与一工件有关的射束位置所产生的斑点图案。
- [0014] 图5是略示形成图4所示斑点图案的程序实施例曲线图。
- [0015] 图6根据某些实施例略示分割成程序段的多个连续性击溃序列。
- [0016] 图7根据各种实施例略示针对相对应连续性击溃序列的多个程序段所选取速度的范例性时间图。
- [0017] 图8根据一实施例略示将横跨在与不同脉冲期或脉冲重复频率有关的序列式程序段的脉冲同步化。
- [0018] 图9根据一实施例略示声光偏转器延迟时序调整。
- [0019] 图10根据一实施例图标一振幅命令数据串流。

具体实施方式

[0020] 范例性实施例是参考该些附图来描述于下。许多不同的形式和实施例是可行而不偏离本发明精神及教导,因此,本揭示不应被建构成为在此所提出范例性实施例的限制。更确切地说,这些范例性实施例被提供以使得本揭示会是完善又完整,且会将本发明范围传达给那些熟知此项技术的人士。在该些图式中,组件尺寸及相对尺寸也许基于清晰起见而被夸大。在此所使用的术语只是基于描述特定范例性实施例目的,并无意成为限制用。如在此所使用地,除非该内文清楚地另有所指,否则该单数形式“一” (“a”)、“一个” (“an”)和“该” (“the”)是意欲将该些复数形式也纳入。会进一步了解到该些术语“包含” (“comprises”)及/或“包括” (“comprising”)在使用于本说明书时,表示所述特征、整数、步骤、操作、构件及/或组件的存在,但不排除一或更多其它特征、整数、步骤、操作、构件、组件及/或其族群的存在或增加。除非另有所示,陈述时,一值范围包含该范围的上下限及其间的任何子范围。

[0021] 如在此所使用地,该术语“脉冲重复频率”或“PRF”可由它相反的脉冲期 (PP) 或脉冲间期 (IPP) 表示。典型地,机器用户参考至脉冲重复频率,但是一功率控制或其它配置可示为脉冲期。因此,该二术语在本讨论所在处是互换性地使用。

[0022] I. 范例性系统概要

[0023] 参考至图1,一激光处理设备100被架构以通过导引一激光脉冲射束105沿着一路径P来撞击在工件102上以在工件102的一或更多材料内形成击溃及其它特征 (例如,通孔、盲孔、沟渠和切口)。特征可通过控制该激光处理设备100来执行一绕线动作及/或其它压型动作 (例如,一冲击钻孔动作、一圆锯钻孔动作、一削割动作和一切割动作) 而被形成,其中,每一个压型动作可包含一或更多步骤。如所示地,该激光处理设备100可包含一激光系统104、一厚块106、一工件定位系统108、一射束定位系统110和一射束调变系统112。虽未图标,但是该激光处理设备100可进一步包含一或更多补充系统 (例如,光学仪器、反射镜、分束器、扩束器及/或射束瞄准器) 以架构来塑形、扩大、聚焦、反射及/或瞄准沿着该路径P的任何点的激光脉冲射束105。在一实施例中,一组的一或更多补充系统可被称之为“光学仪器系列”。

[0024] 在一实施例中,该工件定位系统108、射束定位系统110和射束调变系统112中的一

者或更多或全部的操作可被控制以改变该激光脉冲射束105撞击在该工件102上的所在位置(也就是,相对于该工件102的射束位置)。此外,或在其它实施例中,该工件定位系统108、射束定位系统110和射束调变系统112中的一者或更多或全部的操作可被控制以随着该工件的相关射束位置变化来改变该速度及/或加速度。

[0025] 该激光系统104可被架构以产生激光脉冲射束105。在该射束105内的激光脉冲可例如具有在该红外线、可见光或紫外线光谱中的一波长。例如,在该射束105内的激光脉冲可具有例如1064奈米、532奈米、355奈米、266奈米和雷同者的波长。在该射束105内的激光脉冲大体上可以自约20千赫至约2000千赫范围内的脉冲重复频率来产生。然而,会理解到该脉冲重复频率可小于20千赫或大于2000千赫。例如,锁模激光可操作高达200兆赫。

[0026] 该厚块106可被提供做为能够适当地或有利地支撑该工件102的任何厚块。在一实施例中,该厚块106可被提供做为真空厚块、一静电厚块、一机械厚块,或雷同者或其结合。

[0027] 该工件定位系统108被架构以沿着平行于一X轴、Y轴及/或Z轴(其中,该Z轴是至少实质上垂直于该厚块106的表面,且其中,该X轴、Y轴和Z轴彼此间是互为正交)的一或更多方向来转换支撑该工件102的厚块106,以在该X轴、Y轴及/或Z轴,或雷同者或其结合中的一者或更多者周围旋转该厚块106。在一实施例中,该工件定位系统108可包含一或更多台阶以架构来如上所述地移动该厚块。当一工件102是由该厚块106所支撑时,该工件定位系统108可被操作以移动或扫描在一第一扫描场(例如,如图2所示的第一扫描场200)内相对于该路径P的工件102(例如,沿着该X轴和Y轴)。在一实施例中,该工件定位系统108可被操作以沿着该X轴的任何方向上扫描该工件102自约400至约700毫米(例如,大约635毫米)范围内的一距离,以沿着该Y轴的任何方向上扫描该工件102自约400至约700毫米(例如,大约533毫米)范围内的一距离,或其结合。

[0028] 该射束定位系统110被架构以偏转、反射、折射、绕射、或雷同者或其结合,该激光脉冲射束105扫描在一第二扫描场(例如图2所示的第二扫描场202)内相对于该工件的射束位置。在一实施例中,该射束定位系统110可被操作以沿着该X轴的任何方向上扫描该射束位置自约1毫米至约50毫米(例如,大约30毫米)范围内的一距离,以沿着该Y轴的任何方向上扫描该射束位置自约1毫米至约50毫米(例如,大约30毫米)范围内的一距离,或其结合。大体上,操作该射束定位系统110可被控制以大于该工件定位系统108可扫描该第一扫描场200内的工件102那个的速度及/或加速度来扫描相对于该工件102的射束位置。在所示实施例中,该射束定位系统110包含置于该路径P内的电流式反射镜(galvos)对110a和110b。该电流式反射镜对110a、110b被架构来旋转(例如,在该X轴或Y轴周围),借以偏转该路径P并扫描该第二扫描场202内的射束位置。然而,会理解到该射束定位系统110可以任何其它合适或有利方式来架构。

[0029] 该射束调变系统112被架构以偏转、反射、折射、绕射、或雷同者或其结合,该激光脉冲射束扫描在一第三扫描场(例如,图2所示的第三扫描场204)内相对于该工件102的射束位置。在一实施例中,该射束调变系统110可被操作以沿着该X轴的任何方向上扫描该射束位置自约0.05毫米至约0.2毫米(例如,大约0.1毫米)范围内的一距离,以沿着该Y轴的任何方向上扫描该射束位置自约0.05毫米至约0.2毫米(例如,大约0.1毫米)范围内的一距离,或其结合。那些熟知此项技术的人士会理解到这些范围是提供做为范例说明,且可在较

小或较大范围内扫描该射束位置。大体上,操作该射束调变系统112可被控制以大于该射束定位系统110可扫描该第二扫描场内的射束位置那个的速度及/或加速度来扫描相对于该工件102的射束位置。

[0030] 在一实施例中,该射束调变系统112包含单一声光偏转器(AOD)以架构来偏转该激光脉冲射束105以沿着单一轴来扫描该第三扫描场204内的射束位置。在另一实施例中,该射束调变系统112包含二声光偏转器,其中,一第一声光偏转器被架构来偏转该激光脉冲射束105并沿着该X轴扫描该第三扫描场204内的射束位置,且一第二声光偏转器被架构来偏转该激光脉冲射束105并沿着该Y轴扫描该第三扫描场204内的射束位置。然而,会理解到该射束调变系统112可以任何其它合适或有利方式来架构。例如,除了或取代一声光偏转器外,该射束调变系统112还可包含一或更多声光调变器(AOMs)、电光偏转器(EODs)、电光调变器(EOMs)、快速操纵反射镜(FSMs)(例如,高带宽(约大于10千赫)快速操纵反射镜),或雷同者或其结合。

[0031] 该激光处理设备100可进一步包含一系统控制器114,其通讯性耦接至该工件定位系统108、该射束定位系统110、该射束调变系统112及该激光系统104。该系统控制器114被架构来控制前述这些系统(该工件定位系统108、该射束定位系统110、该射束调变系统112及/或该激光系统104)之一或更多或全部的操作以在该工件102内形成特征(例如,击溃、通孔、盲孔、沟渠、切口及其它特征)。在一实施例中,该系统控制器114可控制该激光系统104的操作以改变该激光系统104所产生脉冲的脉冲重复频率(例如,自约20千赫至约2000千赫范围内)。对于在此所揭示的使用高脉冲重复频率激光(例如,在自约200千赫至约500千赫范围内)的某些实施例而言,该系统控制器114不需要在激光处理一击溃时改变该脉冲重复频率。

[0032] 在一实施例中,该系统控制器114可控制该射束调变系统112的操作以扫描相对于该工件102的射束位置并在该工件102内形成一“高特征密度区域”(例如,包含由小于或等于500微米间距或其左右所分隔特征的范围)。该系统控制器114可进一步控制该射束定位系统110及/或该工件定位系统108的操作,同时形成该高特征密度区域。

[0033] 在另一实施例中,该系统控制器114可控制该射束定位系统110的操作以扫描相对于该工件102的射束位置并在该工件102(例如,包含由例如约1000微米的大于500微米间距或其左右所分隔特征的范围)内形成一“中特征密度区域”。该系统控制器114可进一步控制该射束调变系统112及/或该工件定位系统108的操作,同时形成该中特征密度区域。

[0034] 在再一实施例中,该系统控制器114可控制该射束定位系统110的操作并以协调方式进一步控制该射束调变系统112的操作,以克服高速的速度限制、小区域定位错误和该射束定位系统110的带宽限制。例如,若该激光处理设备100不包含该射束调变系统112,该射束定位系统110可被控制来扫描相对于该工件102的射束位置,使得在该射束内的激光脉冲依序撞在该工件102上以形成如图3所示的圆形斑点图案(如所示地,该环形斑点图案具有最大宽度约为600微米)。然而,通过该射束调变系统112与该射束定位系统110的协调操作,该激光处理设备100可被架构以形成图4(如所示地,该正方形斑点图案具有一约600微米x约600微米大小)所示的正方形斑点图案。

[0035] 在一实施例中,参考至图5,图4所示斑点图案可通过控制该射束定位系统110沿着例如线条500的线条扫描该第二扫描场202内的射束位置而形成,且该射束调变系统112可

被控制以沿着一方向进一步扫描该第三扫描场204 (其是以该线条500的结尾为中心) 内的射束位置 (例如, 线条502所示, 中心位于该第三扫描场204内), 使得激光脉冲依序撞在该工件102上以形成正方形斑点504 (例如图4所示那个) 图案。通过施加上面图5所述范例性程序, 该射束位置可透过该工件以约每秒5米 (米/秒) 速率或甚至更高速率来扫描, 视该电流驱动能力而定。然而, 会理解到该射束调变系统112与该射束定位系统110的操作可以任何方式进行协调以在该工件102上形成任何合适或有利的斑点图案。

[0036] 大体上, 该系统控制器114可包含定义各种控制函数的操作逻辑电路 (未显示), 且可以是一专属硬件形式, 例如一硬接线状态机器、一处理器执行程序指令及/或不同于那些熟知此项技术的人士会想到的形式。操作逻辑电路可包含数字电路、模拟电路、软件或任何这些类型中的混搭结合。在一实施例中, 该系统控制器114可包含一处理器, 例如, 一可程式微控制器、微处理器或可包含安排来根据该操作逻辑电路执行储存于内存内的指令之一或更多处理单元的其它处理器。内存 (例如, 计算机可读取媒体) 可包含有半导体、磁性及/或光学类在内的一或更多类型及/或可以是一挥发性及/或非挥发性类。在一实施例中, 内存储存可被该操作逻辑电路执行的指令。替代性地或额外地, 内存可储存该操作逻辑电路所操控的数据。在一配置中, 操作逻辑电路和内存是包含于一控制器/处理器的操作逻辑电路形式, 其管理并控制该工件定位系统108、该射束定位系统110及/或该射束调变系统112的操作样式, 然而在其它安排中, 它们可以是独立的。

[0037] 如在此所述地, 该激光处理设备100被架构来致能该射束定位系统110和该射束调变系统112的协调操作以形成高速且具高位置精确度的特征。在某些实施例中, 该些激光处理设备100可进一步包含具有例如该射束调变系统112和该系统控制器114及例如一激光能量监视器 (LEM) 116的激光功率控制 (LPC) 系统。大体上, 该激光功率控制系统可被架构来测量个别激光脉冲 (例如基于质量和控制目的) 的脉冲能量, 控制个别激光脉冲的脉冲能量, 促进对脉冲能量和脉冲重复频率的快速变化, 协调个别激光脉冲的脉冲能量控制与射束位置一致, 协调该些激光脉冲的产生和调变, 或雷同者或其结合。

[0038] II. 范例性击溃处理实施例

[0039] 如上所述地, 当处理击溃或其它特征时, 可能超过例如图1所示激光处理设备100的复合运动系统的动力限制 (例如, 线性台阶加速度或速度, 或电流驱动式扫描场)。例如, 再参考至图1和2, 若一击溃或其它特征的工具路径是落在例如该第二扫描场202的电流驱动式领域内, 则该电流式反射镜对110a、110b可提供充足射束速度和加速度来产生可接受处理生产能力。然而, 若该击溃或其它特征的工具路径是大于该电流驱动式领域, 则该工件定位系统108的台阶也许需要考虑到。大体上, 在习知系统中, 因为最大处理速度由于该激光系统104的功率限制而保持相当低, 故已提供台阶充足的速度来跟上激光处理。在激光功率持续增加时, 处理速度也同时增加以改善生产能力。然而, 若超过台阶速度和加速度限制, 经由较高激光功率所提供生产能力增加的利益也许不被实现。

[0040] 因此, 在此所揭示某些实施例通过将激光处理命令 (例如, 自该系统控制器114引发至该激光系统104、该工件定位系统108、该射束定位系统110及/或该射束调变系统112中的一者或更多) 分割成一系列独立“程序段”来提供工具路径或击溃优化, 每一个程序段包含描述该射束位置、脉冲重复频率或脉冲期、用于激光脉冲的脉冲能量设定、射束速度和其它激光处理参数或其结合的信息。因此, 该系统控制器114可包含一程序段处理子系统,

架构来过滤、分割、处理或在其它方面上将每一个“程序段”内含信息转换成射束位置命令、脉冲期命令和激光脉冲能量命令。

[0041] 例如,图6根据某些实施例略示分割成程序段的多个连续性击溃序列610、612、614、616、618、620。在本范例中,每一个连续性击溃序列610、612、614、616、618、620是在该整个序列期间打开激光(例如,射出一激光脉冲系列)进行处理的连续线条。激光处理可包含例如在该连续性击溃序列610的第一程序段622起始处打开该激光,依序处理该连续性击溃序列610的程序段622、624、626、628、630、632,在该连续性击溃序列610的最后程序段632结尾处关闭该激光,当该射束路径到达该连续性击溃序列612的第一程序段634起始处再次打开该激光,依序处理该些程序段634、636,及在该连续性击溃序列612的最后程序段636结尾处再次关闭该激光。类似地,该激光处理包含在该些连续性击溃序列614、616、618、620各自的开始和结尾处,打开和关闭该激光。

[0042] 为了维持一致性处理质量,自一程序段至下一段(例如,自程序段622至程序段624)及/或自一连续性击溃序列至下一序列(例如,自连续性击溃序列610至连续性击溃序列612)的一或更多激光处理参数也许需要被调整。进一步,有可能增加某些程序段期间的程序速度。例如,该台阶的动力限制可允许该线性程序段630以较该圆弧段628那个更高的射束速度进行处理。如下所述地,改变该速度会需要改变该脉冲重复频率或其它激光参数。因此,根据某些实施例,该系统控制器114执行一优化例程来仿真激光处理参数和射束定位器轨道以决定该些程序段中每一个的最大速度。该系统控制器114接着选取该些预定速度之一或更多来处理该些连续性击溃序列610、612、614、616、618、620中的每一个程序段。

[0043] 图7根据各种实施例略示针对相对应连续性击溃序列的多个程序段所选取速度的范例性时间图。在一第一时间图710中,第一多个程序段712、714、716对应至一第一连续性击溃序列717,且第二多个程序段720对应至一第二连续性击溃序列722。该第一连续性击溃序列717是连续性且通过在时间T1打开一激光并在时间T2关闭该激光来处理。类似地,该第二连续性击溃序列722是连续性且通过在时间T3打开该激光并在时间T4关闭该激光来处理。

[0044] 如上所述地,该系统控制器114执行一优化例程,其仿真激光处理参数及射束定位器轨道以决定用于程序段712、716的最大速度V1,用于程序段714的最大速度V2,用于程序段718的最大速度V3,和用于程序段720的最大速度V4。应注意到,在其它实施例中,每一个程序段可被决定为具有一不同的最大可允许处理速度,而非如图7所示地多个程序段具有相同最大速度(例如,四个连续程序段具有最大速度V3)。在该第一连续性击溃序列717和该第二连续性击溃序列间的空隙724被指定为速度V5。因为该空隙724代表该激光不动作而该射束轨道自该第一连续性击溃序列717结尾行进至该第二连续性击溃序列722开始时的时间,该指定速度V5可为一最大整体系统速度,用以极小化非激光处理时间并增加生产能力。在本范例中, $V5 > V4 > V3 > V2 > V1$ 。对于每一个程序段和该整体系统而言,一最大速度是决定为满足该动力限制(例如,台阶速度和加速度)的速度。

[0045] 用于选取一处理速度的第一范例性实施例是示于第二时间图726中。在本实施例中,所选取最慢速度V1用于全部的第一连续性击溃序列717、该空隙724和全部的第二连续性击溃序列722。换言之,本实施例通过简单地减少该击溃速度直到全部动力限制被关照过为止的方式来选取该击溃速度。这个可例如通过执行一优化例程来得之,该例程仿真射束

定位器轨,检查违反动力限制的行为并重复不断地降低该击溃速度直到全部限制被关照过为止。

[0046] 本第一击溃优化配置的优势是为它提供该整个应用一均匀速度设定参数,其可由一过程控制立场中有所期待。对于任何击溃速度变化而言,该些激光参数会需要适当地修改。例如,它也许有用于维持一口大小(激光脉冲间的间距)和份量(每单位长度累积的激光能量)大约等于原始程序参数的一口大小和份量。来自这些参考程序参数的一些变异可因为激光/材料互相作用细节和该激光参数变异为一脉冲重复频率(例如,激光脉冲宽度)函数而产生。在一些案例中,若该些激光/材料敏感性是已知,则这类变异可被程序化。例如,该工件消融率(workpiece ablation rate)(施加激光能量的每单位移除的材料量)可随脉冲宽度而变。给予一激光脉冲宽度对脉冲重复频率和该消融率敏感性的映像,该激光流量可被正确地调整(例如,通过调整激光功率)以维持该要求的材料消融量。类似补偿技术可针对例如射束速度、热负载和其它处理参数的其它处理敏感性来执行。

[0047] 然而,对于某些处理应用而言,本方式的缺点是为一些连续性击溃序列或程序段也许会过度地限制该整个应用。进一步,某些最糟案例连续性击溃序列(例如,一速度反向)也许会严重地减少该应用的潜在生产能力。因此,在某些应用中,利用与针对在较高速度下引起无限制违反行为的其它击溃所选取速度不同(较低)的速度来优化该些最糟案例击溃。

[0048] 用于选取处理速度的第二范例性实施例是示于第三时间图728中。在第二范例性实施例修改时间图726所示第一范例以允许大于一个处理速度。每一个连续性连续性击溃序列717、722(例如在该整个序列期间打开激光)是各自优化。然而,该些优化连续性击溃序列717、722中的每一个是以单一(最低)速度来处理。因此,如该时间图728所示地,该速度V1是选取用于该第一连续性击溃序列717(其中 $V1 < V4$),且该速度V2是选取用于该第二连续性击溃序列722(其中 $V2 < V3$)。

[0049] 在该时间图728所示第二范例中,为了进一步改善生产能力,因为假设V5说明T2和T3处的任何需求加速度及/或减速度,故该最大系统速度V5是选取用于该空隙724。在其它实施例中,为了减少速度变化量,不是选用于该第一连续性击溃序列717的速度V1就是选用于该第二连续性击溃序列722的速度V2被选取用于该空隙724。在另外其它实施例中,该空隙724被使用以将选用于该第一连续性击溃序列717的速度V1转换成选用于该第二连续性击溃序列722的速度V2。

[0050] 该时间图728所示第二范例性实施例至少部分解决时间图726所示第一范例性实施例的生产能力限制问题。然而,某些案例仍是会过度地限制。例如,单一长弯曲击溃或具有交替速度的一系列长击溃仍可能于该整个击溃限制至一较低速度。

[0051] 用于选取处理速度的第三范例性实施例是示于第四时间图730。在本范例中,速度和脉冲重复频率(或脉冲期)是基于一段和段基础而被选取。因此,如该第一连续性击溃序列717所示地,该最大速度V4是选取用于该些程序段712、716,且该最大速度V1是选取用于该些程序段714。类似地,对于该第二连续性击溃序列722而言,该最大速度V3是选取用于该些程序段718,且该最大速度V2是选取用于该些程序段720。

[0052] 在某些实施例中,每一个连续性击溃序列717、722可被分割成某一最大尺寸(例如,0.5毫米)的较小程序子段。每一个子段的结束点可被视为零程序时间的“程序特征”(因为未费时间在自一子段至下一子段的转换中),具有在该压型速度和程序段长度所设定这

些“特征”之间的移动时间。接着,给予一预先定义程序段排序,该程序段序列可如一系列不同压型特征般地进行处理并以一传统优化程序来优化。在该最糟案例中,本优化结果可被使用以设定一整个连续性击溃序列的速度上限。例如,如上面对示于该第三时间图728的第二范例所述地,该程序可包含优化该连续性击溃序列,找出位在任何点上的最低速度,接着将该整个击溃设定为那个速度。该能有该最快整体处理时间的范例性实施例(该第四时间图730所示的第三范例)指定一独一无二的速度给每一个子段。在倾向于产生限制违反行为的程序段中,该所选速度会是较低的,而在无违反限制的“安全”段中,该速度可相对地较高。

[0053] 这些程序参数(例如,脉冲重复频率和功率)可接着如上所述地针对每一个独一无二的子程序段速度来调整。大体上,许多消融程序可通过标示材料处理的功率/速度比值而非固定功率和速度来模块化。例如,在速度降低时,本比值可通过不是降低一固定脉冲重复频率的脉冲能量就是降低脉冲重复频率并维持固定脉冲能量来降低功率维持之。具有该些子段界限的脉冲时序同步化系论述于下。

[0054] 该注意的是,该射束调变系统112包含声光偏转器,其致能该第三击溃优化范例性实施例所需程序子段间的程序速度的瞬变变异。该声光偏转器偏转该射束位置的能力实际上立即允许该射束轨道速度马上改变,因而致能程序子段速度(在该声光偏转器偏转范围限制内)的随意指定。

[0055] 图8根据一实施例略示将横跨在与不同脉冲期或脉冲重复频率有关的序列式程序段820、822的脉冲同步化。该脉冲期(PP)(也就是1/脉冲重复频率)可改变于程序段之间(例如,在程序段820和接下来程序段822之间)而没有一同步化无效区,以允许该脉冲期或脉冲重复频率上的“无缝”变化。在自一脉冲期至另一脉冲期的转换期间,只有该二脉冲期存在,也就是,在该二者之间没有中间者或非常高或低的脉冲期。这个允许该激光系统104以一可预期脉冲能量在任何脉冲期下产生激光脉冲800。大体上,该声光偏转器传输改变于该二脉冲期设定参数之间以控制传送至每一个程序段内的工件102的激光脉冲800的脉冲能量。

[0056] 为了以至至少实际上“无缝”方式来产生脉冲期之间的转换(例如,切换于PP1和PP2之间),该系统控制器114标示在该程序段820(以802示之)的最后脉冲期PP1期间的一新脉冲期。该系统控制器114识别这个新脉冲期(例如,PP2)并根据这个新值来设定下一激光脉冲。该系统控制器114排定本命令时间以使得PP1和PP2之间的切换发生于正确的时间(例如,1微秒内)。

[0057] 在一实施例中,对于任何开机程序段系列而言,该第一和最后脉冲引发落于该程序段界限内的 $(PP/2)$ 秒。因此,相对于程序段界限804的激光脉冲时序被描述。该射束位置的速度可改变于程序段之间,以产生与该新脉冲期PP2相关的转换脉冲806在一口大小上的变化。在另一实施例中,用于在该新程序段822期间产生激光脉冲的声光偏转器传输被建立,因为该新脉冲期PP2很可能会改变该激光系统所产生用于该新程序段822的激光脉冲的脉冲能量。因此,该转换脉冲806是由该激光系统104在适当程序段内以适当脉冲能量命令(声光偏转器传输)来产生。

[0058] 根据图8所示实施例的脉冲同步化程序,在一特定程序段期间所产生的第一激光脉冲是产生于该程序段开始后的初始化期808(例如,等于与该程序段820相关脉冲期PP1的一半)内(例如,若PP1为1微秒,则初始化期为0.5微秒)。进一步,在一特定程序段期间所产

生的最后激光脉冲是产生于一结束期810(例如,等于与该程序段820相关脉冲期PP1的一半)内。

[0059] 一旦那个第一脉冲被同步化,该系统控制器114是负责产生正确定时和定位段,使得该最后脉冲结束于该程序段界限前的(PP/2)处。在某些实施例中,该程序段界限结束点是实时(该PP/2缓冲器负责)移位,使得该些脉冲实际上落在该指定工具路径坐标上。

[0060] 若该脉冲期在一系列开机程序段内变化,则如图8所示地,用于一第一脉冲期的最后脉冲和一第二脉冲期的第一脉冲的类似时序跟随于后。

[0061] 使用一高脉冲重复频率的某些实施例(例如,当使用操作高达200兆赫的锁模激光)不会如图8所示地提供横跨在序列式程序段的脉冲同步化。因为该高脉冲重复频率实际上消除该关心的离散脉冲,故不需这类同步化。对于该最高速度案例而言,这个很可能是在该一口大小(脉冲间的距离)是小于约该斑点大小的5%至10%时的案例。在某些这类实施例中,是否维持该一口大小的决定是依据该特定应用的激光/材料互相作用而定。

[0062] III. 范例性时序调整

[0063] 在某些实施例中,具有至少二时序调整。该第一时序调整(其可被称之为“声光偏转器延迟”)将该声光偏转器射频波形对准着该引发的激光脉冲,且该第二时序调整(其可被称之为“脉冲系列延迟”)将该整个脉冲系列对准着该射束定位器。

[0064] 图9根据一实施例略示声光偏转器延迟时序调整。一声光偏转器晶体910设定已对准的一系列行进声波912,使得一激光脉冲914通过该适当声波段的中心。在该所示范例中,该射频功率每一微秒变化一次。该注意的是,本图式是粗略地适当缩放该声光偏转器晶体910和声波912的尺寸。为了正确对准,该激光脉冲914通过该声波912的中心。在另一方面,若该激光脉冲914通过一边界,该激光脉冲914会变得失真。尽管图9指示该边界为一射频振幅上的变化,然一类似效应随着射频频率变化而发生。

[0065] 在图9所建议的一实施例中,一种用于设定该声光偏转器延迟的方法包含引发一具有变化性振幅(例如锯齿状振幅)的序列并改变该时序,直到该所引发脉冲的最大脉冲能量是极大化为止。经由定义,该声光偏转器延迟会少于一更新期(例如,1微秒)。在某些实施例中,这个是一自动化校准程序且可维持一给予系统固定。该时序可对缆线布线(cabling)、激光参数、光学路径长度和其它因素敏感。

[0066] 图10根据一实施例图标一振幅命令数据串流1010。上述脉冲时序可与该1微秒命令数据串流1010异步。为了估算这个不确定性,如图10所示的施用振幅命令1012中所示地,根据某些实施例的控制器保持该最近声光偏转器命令1014固定,直到该脉冲已引发为止。该控制器可具有导因于该声光偏转器延迟补偿而内建的一些“预防措施”,其是有用于实现这类实施例。

[0067] 在某些实施例中,该第二延迟(脉冲系列延迟)是使用一自动化程序来校准,其中,该射束定位器前后扫过以产生并行线。该延迟被调整直到该些线正确地对准为止。

[0068] 材料的激光处理是对激光功率敏感且在脉冲式激光所处理的许多应用中对个别脉冲的脉冲能量(PE)敏感。例如,高脉冲能量典型地是可期待于钻透一铜层之时,而较低脉冲能量典型地是可期待于消融一介电层之时没有热作用(烧黑、熔化)或损伤下方铜层。为了灵活处理这类材料,随意调整施用至该工件表面的脉冲能量的方法被使用。

[0069] 调整激光功率或脉冲能量的传统方法包含衰减光学仪器(例如,偏振光学仪器或

声光调变器)或直接控制激光光学输出功率(通过改变注入至该发射激光媒介物的泵功率(pump power))。这些传统方式具有包含速度慢(对于机械性地调整的偏振光学仪器)、激光传送上的变异(在激光媒介物注入或Q开关时序的控制中)或缺乏与该处理操作(以所有方法)协调的缺点。

[0070] 某些实施例协调功率或脉冲能量上的变异与该工件表面上的激光斑点定位。为了极大化生产能力和制程质量,在一脉冲接着一脉冲基础上,该激光脉冲能量的协调和控制可被使用。此外,测量每一个个别激光脉冲的脉冲能量以便控制脉冲能量并为了可能影响该处理工件质量的脉冲能量偏差而监视该制程是可期待的。

[0071] 那些具有熟知此项技术的人士会了解到对于上述实施例细节的许多变化可被产生而不偏离本发明基本原理。因此,本发明范围应只由下列权利要求书决定。

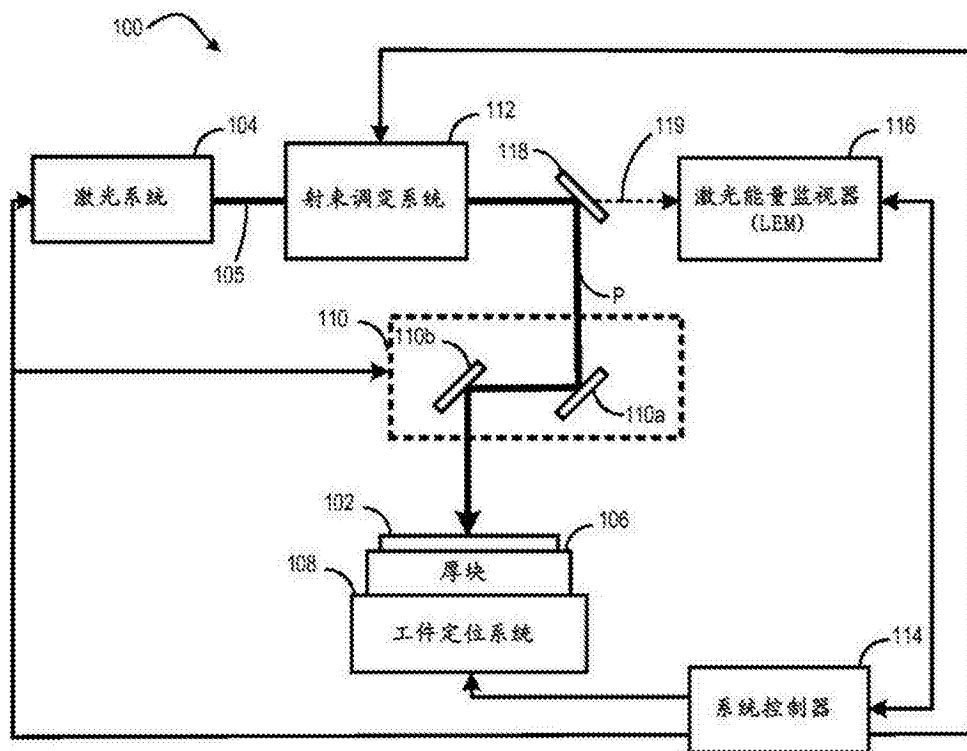


图1

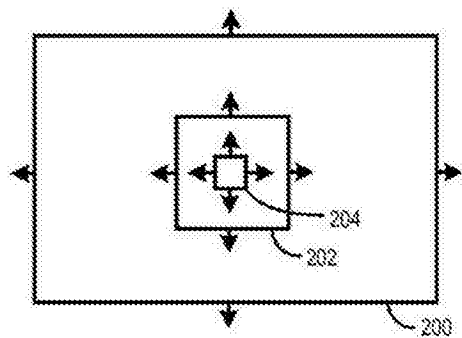


图2

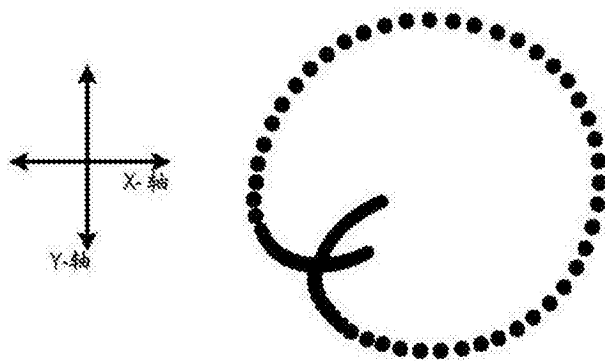


图3

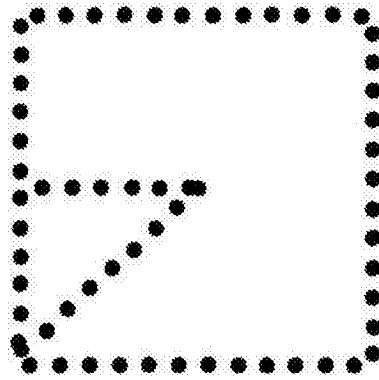


图4

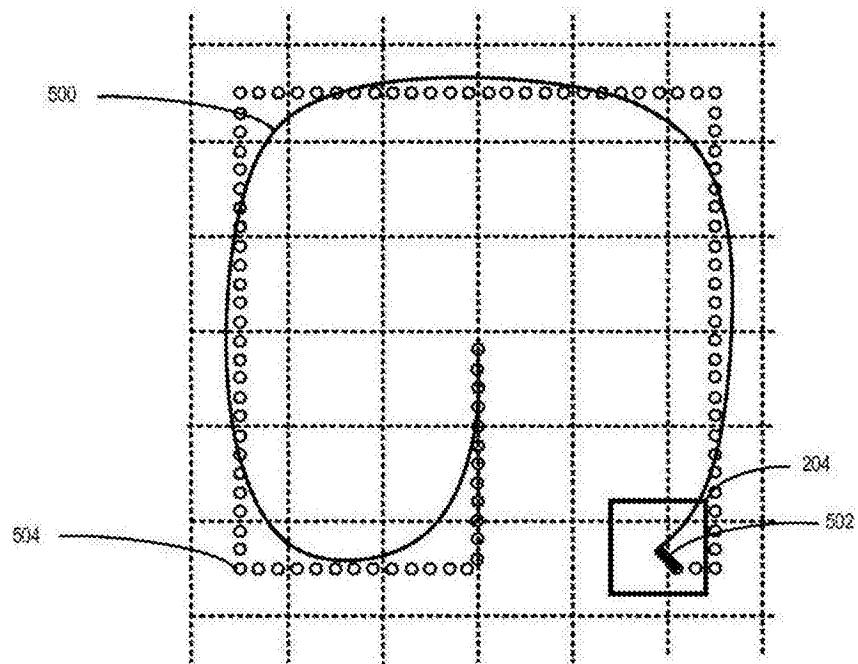


图5

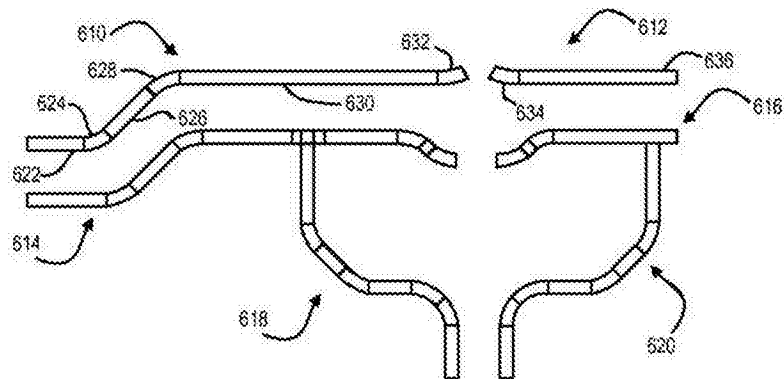


图6

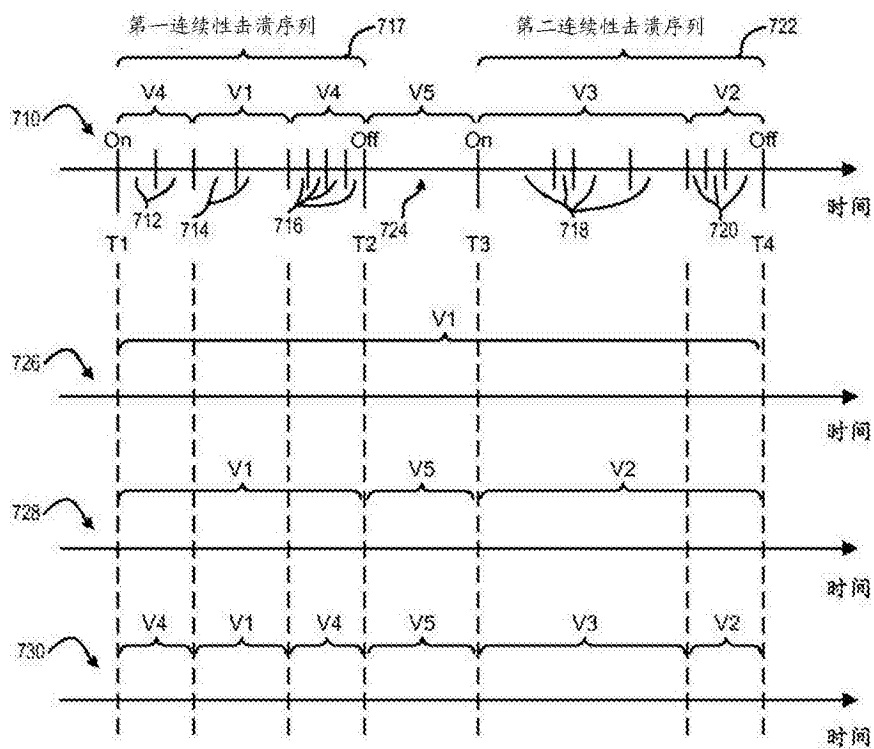


图7

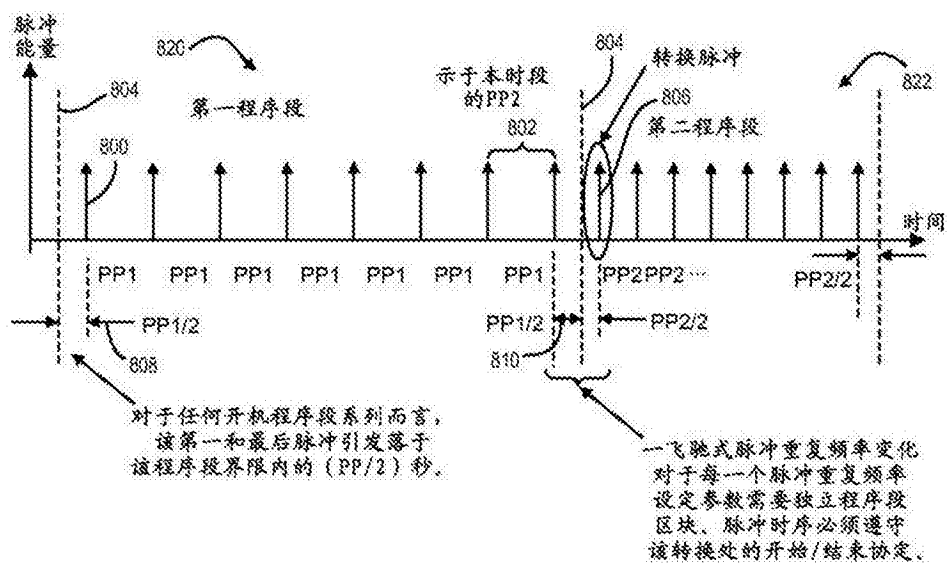


图8

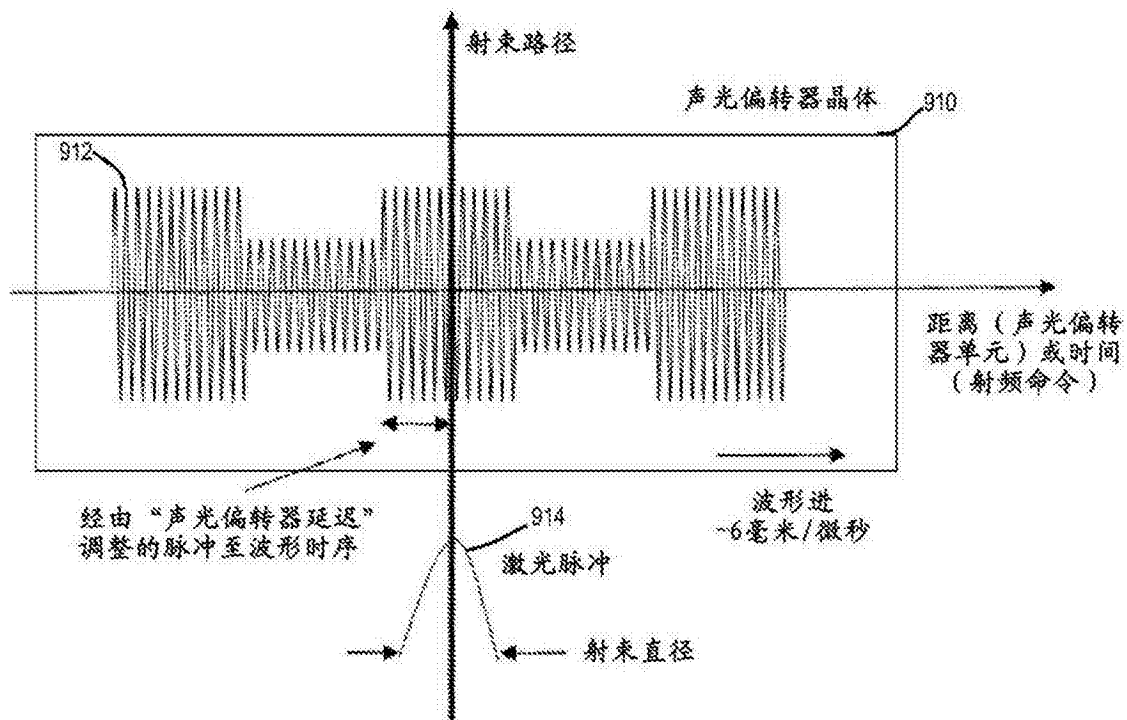


图9

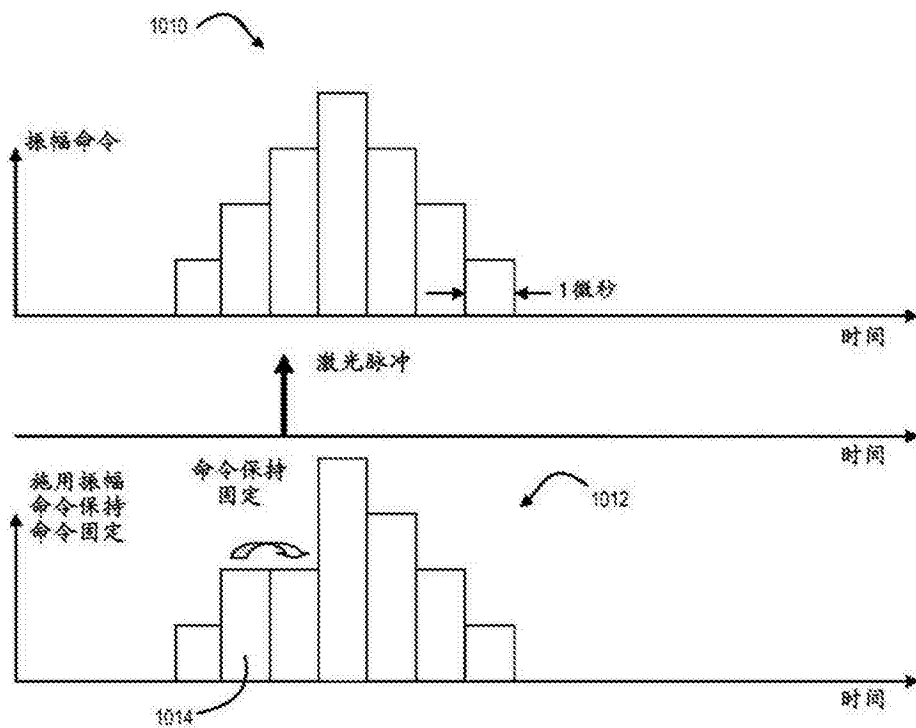


图10