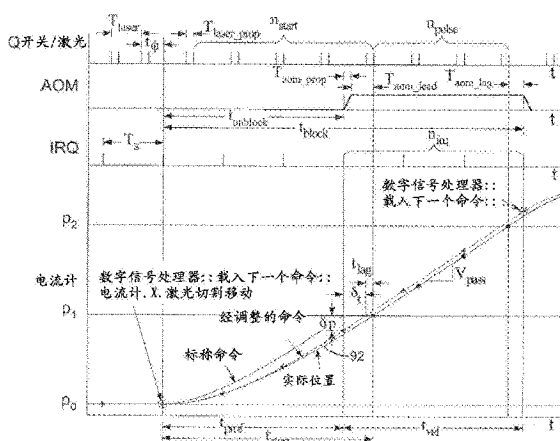




(45)授权公告日 2017.05.31



1. 一种用于在一恒定激光脉冲重复率下协调射束轴位置及射束轴速度与激光发射的方法,包含:

自一激光按一恒定激光脉冲重复率产生激光脉冲的一射束以沿一光学路径传播;

采用包括一快速定位器的一射束定位系统,该快速定位器沿该光学路径定位且可操作以在一工件上按一移动型样引导该光学路径的一射束轴,其中该移动型样包括在该工件上的非切割区域上引导该射束轴及在相对于该工件的开始位置与结束位置之间的一切割路径上以一射束轴速度引导该射束轴,藉此按该激光脉冲重复率及按一照射度递送所述激光脉冲以沿该切割路径改变该工件的一实体特性;

采用一脉冲拾取器件以允许或防止所述激光脉冲中的选定激光脉冲沿该光学路径传播至该工件,其中被允许传播至该工件的所述激光脉冲为工作激光脉冲,且其中被防止传播至该工件的所述激光脉冲为非工作激光脉冲;

采用一控制器,该控制器可操作以接收用于改变该工件的该实体特性的激光处理参数及将控制信号直接或间接地提供至该激光、该射束定位系统及该脉冲拾取器件,其中所述激光处理参数包括或判定该激光脉冲重复率、该切割路径、该射束轴速度及该照射度;

采用与该控制器相关联的一定时器件,其中该定时器件可操作以使得按一恒定重复率将激光触发信号发送至激光触发器件以使该激光的该激光脉冲重复率为恒定的,藉此使所述激光脉冲的发射为恒定的,使得它们展现出稳定且可预测的脉冲特性;及

采用处理电路,该处理电路与该控制器相关联且可操作以将快速定位器控制信号提供至该快速定位器以引导该射束轴使得在该工件上沿该切割路径移动;其中基于该激光脉冲重复率,该处理电路可操作以使得在所述工作激光脉冲中的一第一者撞击该工件时该射束轴被引导至相对于该工件的该开始位置且以该射束轴速度移动;且其中经由该定时器件闸控的一或多个脉冲拾取器信号可操作以使该脉冲拾取器件防止非工作激光脉冲在该工件的非切割区域上传播且准许工作激光脉冲传播以在该切割路径上撞击该工件,该切割路径包括相对于该工件的所述开始及结束位置且在该开始位置与该结束位置之间。

2. 如权利要求1所述的方法,其中该处理电路可操作以考虑在传输该脉冲拾取器信号与所述工作激光脉冲中的该第一者沿该切割路径到达该工件的表面之间的激光脉冲传播延迟。

3. 如权利要求1或2所述的方法,其中该处理电路可操作以考虑在传输该脉冲拾取器信号与该脉冲拾取器在操作上能够自防止非工作激光脉冲传播切换至允许工作激光脉冲在该工件上传播之间的脉冲拾取器传播延迟。

4. 如权利要求1或2所述的方法,其中该处理电路可操作以考虑在传输所述快速定位器控制信号与以该射束轴速度将该射束轴引导至相对于该工件的该开始位置之间的快速定位器延迟。

5. 如权利要求1或2所述的方法,其中该处理电路可操作以考虑在该脉冲拾取器自防止非工作激光脉冲传播有效地改变至允许工作激光脉冲在该工件上传播与该第一工作激光脉冲传递通过该脉冲拾取器件之间的脉冲拾取器领先时间。

6. 如权利要求1或2所述的方法,其中该处理电路可操作以考虑在该脉冲拾取器自允许工作激光脉冲传播有效地改变至防止非工作激光脉冲在该工件上传播与撞击该工件上的该切割路径的该结束位置的该工作激光脉冲传递通过该脉冲拾取器之间的脉冲拾取器滞

后时间。

7. 如权利要求1或2所述的方法,其中该快速定位器具有大到足以包含该移动型样的一可用扫描场,且其中该快速定位器可操作以在该可用扫描场内对该移动型样重复多遍。

8. 如权利要求1或2所述的方法,其中该工件足够大以包括该快速定位器的一第一可用扫描场及该快速定位器的一第二可用扫描场,其中该第二可用扫描场相邻于该第一可用扫描场,其中该第一可用扫描场中的一第一切割路径的该结束位置邻近于该第二可用扫描场中的一第二切割路径的该开始位置,且其中因激光撞击而改变的该实体特性沿该第一切割路径、该第二切割路径及在其连接点处为相同的。

9. 如权利要求1或2所述的方法,其中:该激光触发器件包含一Q开关,及/或该快速定位器包含一对电流计镜,及/或该脉冲拾取器件包含一AOM,及/或该定时器件包含一现场可程序化门阵列,及/或该处理电路包含一数字信号处理器,及/或该工件具有小于1mm的一厚度。

10. 如权利要求1或2所述的方法,其中该快速定位器在激光机械加工系统内具有一固定位置,且其中该工件藉由相对于该快速定位器的该固定位置移动的一台支撑。

11. 一种用于处理具有一表面的一工件的激光机械加工系统,包含:

一激光,该激光包括一激光触发器件,该激光触发器件可操作以使得自该激光按一激光脉冲重复率发射激光脉冲以沿一光学路径传播;

一射束定位系统,该射束定位系统包括一快速定位器,该快速定位器沿该光学路径定位且可操作以在一工件上按一移动型样引导该光学路径的一射束轴,其中该移动型样包括在该工件上的非切割区域上引导该射束轴及在相对于该工件的开始位置与结束位置之间的一切割路径上以一射束轴速度引导该射束轴,藉此按该激光脉冲重复率及按一照射度递送所述激光脉冲以沿该切割路径改变该工件的一实体特性;

一脉冲拾取器件,该脉冲拾取器件沿该光学路径定位且可操作以允许或防止所述激光脉冲中的选定激光脉冲沿该光学路径传播至该工件,其中被允许传播至该工件的所述激光脉冲为工作激光脉冲,且其中被防止传播至该工件的所述激光脉冲为非工作激光脉冲;

一控制器,所述控制器可操作以接收用于改变该工件的该实体特性的激光处理参数及将控制信号直接或间接地提供至该激光、该射束定位系统及该脉冲拾取器件,其中所述激光处理参数包括或判定该激光脉冲重复率、该切割路径、该射束轴速度及该照射度;

一定时器件,该定时器件与该控制器通信,其中该定时器件可操作以使得按一恒定重复率将激光触发信号发送至该激光触发器件以使该激光的该激光脉冲重复率为恒定的,藉此使所述激光脉冲的发射为恒定的,使得它们展现出稳定且可预测的脉冲特性;及

处理电路,该处理电路与该控制器相关联且可操作以将快速定位器控制信号提供至该快速定位器以引导该射束轴使得在该工件上沿该切割路径移动;其中基于该激光脉冲重复率,该处理电路可操作以使得在所述工作激光脉冲中的一第一者撞击该工件时该射束轴被引导至相对于该工件的该开始位置且以该射束轴速度移动;且其中经由该定时器件闸控的一或多个脉冲拾取器信号可操作以使该脉冲拾取器件防止非工作激光脉冲在该工件的非切割区域上传播且准许工作激光脉冲传播以在该切割路径上撞击该工件,该切割路径包括相对于该工件的所述开始及结束位置且在该开始位置与该结束位置之间。

12. 如权利要求11所述的激光机械加工系统,其中该处理电路可操作以考虑在传输该

脉冲拾取器信号与所述工作激光脉冲中的该第一者沿该切割路径到达该工件的该表面之间的激光脉冲传播延迟。

13. 如权利要求11所述的激光机械加工系统, 其中该处理电路可操作以考虑在传输该脉冲拾取器信号与该脉冲拾取器在操作上能够自防止非工作激光脉冲传播切换至允许工作激光脉冲在该工件上传播之间的脉冲拾取器传播延迟。

14. 如权利要求11或13所述的激光机械加工系统, 其中该处理电路可操作以考虑在传输所述快速定位器控制信号与以该射束轴速度将该射束轴引导至相对于该工件的该开始位置之间的快速定位器延迟。

15. 如权利要求11所述的激光机械加工系统, 其中该处理电路可操作以考虑在该脉冲拾取器自防止非工作激光脉冲传播有效地改变至允许工作激光脉冲在该工件上传播与所述工作激光脉冲中的该第一者传递通过该脉冲拾取器件并沿该切割路径之间的脉冲拾取器领先时间。

16. 如权利要求11或15所述的激光机械加工系统, 其中该处理电路可操作以考虑在该脉冲拾取器自允许工作激光脉冲传播有效地改变至防止非工作激光脉冲在该工件上传播与撞击该工件上的该切割路径的该结束位置的该工作激光脉冲传递通过该脉冲拾取器之间的脉冲拾取器滞后时间。

17. 如权利要求11或15所述的激光机械加工系统, 其中该快速定位器具有大到足以包含该移动型样的一可用扫描场, 且其中该快速定位器可操作以在该可用扫描场内对该移动型样重复多遍。

18. 如权利要求11或15所述的激光机械加工系统, 其中该工件足够大以包括该快速定位器的一第一可用扫描场及该快速定位器的一第二可用扫描场, 其中该第二可用扫描场相邻于该第一可用扫描场, 其中该第一可用扫描场中的一第一切割路径的该结束位置邻近于该第二可用扫描场中的一第二切割路径的该开始位置, 且其中因激光撞击而改变的该实体特性沿该第一切割路径、该第二切割路径及在其连接点处为相同的。

19. 如权利要求11或15所述的激光机械加工系统, 其中: 该激光触发器件包含一Q开关, 及/或该快速定位器包含一对电流计镜, 及/或该脉冲拾取器件包含一AOM, 及/或该定时器件包含一现场可程序化门阵列, 及/或该处理电路包含一数字信号处理器, 及/或该工件具有小于1mm的一厚度。

20. 如权利要求11或15所述的激光机械加工系统, 其中该快速定位器在该激光机械加工系统内具有一固定位置, 且其中该工件藉由相对于该快速定位器的该固定位置移动的一台支撑。

基于激光放射所控制的射束定位器

[0001] 本申请案为2013年3月15日申请的美国临时申请案第61/800,903号的非临时申请案,该美国临时申请案的内容出于所有目的以全文引用方式并入本文中。

[0002] 版权声明

[0003] ©2014Electro Scientific Industries, Inc. 本专利文件的部分揭示内容含有受版权保护的材料。版权所有人不反对任何人对专利及商标局的专利文文件或记录中出现的专利文件或专利揭示内容进行传真复制,但除此之外在任何情况下均保留所有版权。37CFR§1.71 (d)。

技术领域

[0004] 本发明涉及用于使射束位置与激光击发同步的系统及方法,特别是指一种用于使工件及射束轴位置与激光脉冲发射的定时同步的系统及方法。

背景技术

[0005] 激光处理系统通常借助于触发信号来协调激光脉冲至工件上的位置的击发,该触发信号由射束定位系统产生且作为外部输入递送至激光控制电子器件。在这类方法中,由于关于何时击发激光的定时决策完全由射束定位系统计算且判定,故射束定位系统可被视为“主装置”,而激光被视为“从属装置”。来自射束定位系统的触发信号使激光控制电子器件启动脉冲起始器件(诸如Q开关)以使得激光脉冲被发射。

[0006] 这些基于定位的机械加工系统中的一些力图通过“预设关闭”方法来最小化脉冲能量变化性,其中激光脉冲仅在射束定位器到达目标位置时才被击发。在这类系统中,低激光功率、这过程的性质及系统架构导致激光脉冲的相对较低的工作周期。在一些晶圆切块激光机械加工系统中,电流计控制器任意地向Q开关发送触发信号,以在通过电流计镜引导的射束轴以已知速度到达所要位置时起始激光脉冲发射。

[0007] 上述“激光跟随射束定位器”情形的问题为当激光在稳定状态下操作时激光表现最好且其脉冲参数更一致。此外,发送至Q开关的触发信号脉冲串的定时的任何非恒定开始、停止或频率改变将会在激光输出射束中导致非所要瞬态现象,例如初始热脉冲、低频率平均功率漂移以及增加的脉冲至脉冲脉宽变化性及峰值功率变化性。这些变化减弱了对施加至工作面的激光参数的控制,藉此缩减处理窗,且可能会使激光处理质量降级。布赖恩·贝亚德(Brian Baird)等人的美国专利第6,172,325号及凯斯·格兰特(Keith Grant)等人的美国专利第7,611,669号描述了射束定位系统为主装置的基于射束位置的激光同步方法的改良。此等专利均受让与本申请案的受让人且均以引用方式并入本文中。

发明内容

[0008] 提供此概述来以简化形式介绍对概念的选择,该等概念在本发明的详细描述中作进一步描述。此概述既不意欲识别所主张主题的关键或必要创造性概念,亦不意欲判定所主张主题的范畴。

[0009] 在一些实施例中,一种用于在一恒定激光脉冲重复率下协调射束轴位置及射束轴速度与激光发射的方法包含:自一激光按一恒定激光脉冲重复率产生激光脉冲的一射束以沿一光学路径传播;采用一快速定位器,该快速定位器沿该光学路径定位且可操作以在一工件上按一移动型样引导该光学路径的一射束轴,其中该移动型样包括在该工件上的非切割区域上引导该射束轴及在相对于该工件的开始位置与结束位置之间的一切割路径上以一射束轴速度引导该射束轴,藉此按该激光脉冲重复率及按一照射度递送该等激光脉冲以沿该切割路径改变该工件的一实体特性;采用一脉冲拾取器件以允许或防止该等激光脉冲中的选定激光脉冲沿该光学路径传播至该工件,其中被允许传播至该工件的该等激光脉冲为工作激光脉冲,且其中被防止传播至该工件的该等激光脉冲为非工作激光脉冲;采用一控制器,该控制器可操作以接收用于改变该工件的该实体特性的激光处理参数及将控制信号直接或间接地提供至该激光、该射束定位系统及该脉冲拾取器件,其中该等激光处理参数包括或判定该激光脉冲重复率、该切割路径、该射束轴速度及该照射度;采用一定时器件,该定时器件与该控制器通信或与该控制器相关联,其中该定时器件可操作以使得按一恒定重复率将激光触发信号发送至该激光触发器件以使该激光的该激光脉冲重复率为恒定的,藉此使该等激光脉冲的发射为恒定的,使得它们展现出稳定且可预测的脉冲特性;及采用处理电路,该处理电路与该控制器相关联且可操作以将快速定位器控制信号提供至该快速定位器以引导该射束轴使的在该工件上沿该切割路径移动;其中基于该激光脉冲重复率,该处理电路可操作以使得在该等工作激光脉冲中的一第一者撞击该工件时该射束轴被引导至相对于该工件的该开始位置且以该射束轴速度移动;且其中经由该定时器件闸控的一或多个脉冲拾取器信号可操作以使该脉冲拾取器件防止非工作激光脉冲在该工件的非切割区域上传播且准许工作激光脉冲传播以在该切割路径上撞击该工件,该切割路径包括相对于该工件的该等开始及结束位置且在该开始位置与该结束位置之间。

[0010] 在一些实施例中,一种用于处理具有一表面的一工件的激光机械加工系统包含:一激光,该激光包括一激光触发器件,该激光触发器件可操作以使得自该激光按一激光脉冲重复率发射激光脉冲以沿一光学路径传播;一射束定位系统,该射束定位系统包括一快速定位器,该快速定位器沿该光学路径定位且可操作以在一工件上按一移动型样引导该光学路径的一射束轴,其中该移动型样包括在该工件上的非切割区域上引导该射束轴及在相对于该工件的开始位置与结束位置的间的一切割路径上以一射束轴速度引导该射束轴,藉此按该激光脉冲重复率及按一照射度递送该等激光脉冲以沿该切割路径改变该工件的一实体特性;一脉冲拾取器件,该脉冲拾取器件沿该光学路径定位且可操作以允许或防止该等激光脉冲中的选定激光脉冲沿该光学路径传播至该工件,其中被允许传播至该工件的该等激光脉冲为工作激光脉冲,且其中被防止传播至该工件的该等激光脉冲为非工作激光脉冲;一控制器,该控制器可操作以接收用于改变该工件的该实体特性的激光处理参数及将控制信号直接或间接地提供至该激光、该射束定位系统及该脉冲拾取器件,其中该等激光处理参数包括或判定该激光脉冲重复率、该切割路径、该射束轴速度及该照射度;一定时器件,该定时器件与该控制器相关联,其中该定时器件可操作以使得按一恒定重复率将激光触发信号发送至该激光触发器件以使该激光的该激光脉冲重复率为恒定的,藉此使该等激光脉冲的发射为恒定的,使得它们展现出稳定且可预测的脉冲特性;及处理电路,该处理电路与该控制器相关联且可操作以将快速定位器控制信号提供至该快速定位器以引导该射

束轴使的在该工件上沿该切割路径移动;其中基于该激光脉冲重复率,该处理电路可操作以使得在该等工作激光脉冲中的一第一者撞击该工件时该射束轴被引导至相对于该工件的该开始位置且以该射束轴速度移动;且其中经由该定时器件闸控的一或多个脉冲拾取器信号可操作以使该脉冲拾取器件防止非工作激光脉冲在该工件的非切割区域上传播且准许工作激光脉冲传播以在该切割路径上撞击该工件,该切割路径包括相对于该工件的该等开始及结束位置且在该开始位置与该结束位置之间。

[0011] 在一些替代或额外实施例中,该处理电路可操作以考虑在传输该脉冲拾取器信号与该第一工作激光脉冲到达该工件的该表面之间的激光脉冲传播延迟。

[0012] 在一些替代、额外或累积实施例中,该处理电路可操作以考虑在传输该脉冲拾取器信号与该脉冲拾取器在操作上能够自防止非工作激光脉冲传播切换至允许工作激光脉冲在该工件上传播之间的脉冲拾取器传播延迟。

[0013] 在一些替代、额外或累积实施例中,该处理电路可操作以考虑在传输该等快速定位器控制信号与以该射束轴速度将该射束轴引导至相对于该工件的该开始位置之间的快速定位器延迟。

[0014] 在一些替代、额外或累积实施例中,该处理电路可操作以考虑在该脉冲拾取器自防止非工作激光脉冲传播有效地改变至允许工作激光脉冲在该工件上传播与该第一工作激光脉冲传递通过该脉冲拾取器件之间的脉冲拾取器领先时间。

[0015] 在一些替代、额外或累积实施例中,该处理电路可操作以考虑在该脉冲拾取器自允许工作激光脉冲传播有效地改变至防止非工作激光脉冲在该工件上传播与撞击该工件上的该切割路径的该末端位置的工作激光脉冲传递通过该脉冲拾取器件之间的脉冲拾取器滞后时间。

[0016] 在一些替代、额外或累积实施例中,该快速定位器具有大到足以包含该移动型样的一可用扫描场,且其中该快速定位器可操作以在该可用扫描场内对该移动型样重复多遍。

[0017] 在一些替代、额外或累积实施例中,该工件足够大以包括该快速定位器的第一及第二相邻可用扫描场,其中该第一扫描场中的一第一切割路径的该结束位置邻近于该第二切割路径中的一第二切割路径的该开始位置,且其中因激光撞击而改变的该实体特性沿该第一切割路径、该第二切割路径及在其连接点处为相同的。

[0018] 在一些替代、额外或累积实施例中,该激光触发器件包含一Q开关,及/或该快速定位器包含一对电流计镜,及/或该脉冲拾取器件包含一AOM,及/或该定时器件包含一现场可程序化门阵列,及/或该处理电路包含一数字信号处理器,及/或该工件具有小于1mm的一厚度。

[0019] 在一些替代、额外或累积实施例中,该激光包含一锁模激光,及/或该激光触发器件包含在该激光内的一内部频率,及/或该快速定位器包含一对电流计镜,及/或该脉冲拾取器件包含一AOM,及/或该定时器件包含一现场可程序化门阵列,及/或该处理电路包含一数字信号处理器,及/或该工件具有小于1mm的一厚度。

[0020] 在一些替代、额外或累积实施例中,该快速定位器在该激光机械加工系统内具有一固定位置,且其中该工件藉由相对于该快速定位器的该固定位置移动的一台支撑。

[0021] 这些实施例的许多优点之一为该等激光脉冲具有一致、稳定、可预测的参数。

[0022] 自以下对优选实施例的详细描述中,额外态样及优点将显而易见,该详细描述系参看附图来进行。

附图说明

[0023] 图1表示采用射束定位系统的简化激光机械加工系统的示意图;

[0024] 图2表示用于达成工件上的激光通过的激光脉冲及各种射束传播及定位系统部件的示例性时序图;

[0025] 图3表示对电流计镜的扫描场上的电流计镜路线的示例性激光通过的仿真中的激光脉冲及各种射束传播及定位系统部件的时序图;

[0026] 图4表示在电流计镜的双轴扫描场上激光射束轴的代表性移动型样的俯视平面图;

[0027] 图5表示图4的移动型样的放大部分的俯视平面图,其示出了在激光通过开始时激光脉冲的相对位置;

[0028] 图6A表示用于实施一些所揭示方法的数字信号处理器中的示例性实时状态逻辑的时序图;

[0029] 图6B表示在可用扫描场上的如由图6A的时序图表示的射束轴移动与脉冲拾取器操作的协调;

[0030] 图6C表示一般流程图,其关于图6A的实例示出了对脉冲拾取器件的示例性指令。

具体实施方式

[0031] 下文参看附图来描述实例性实施例。在不偏离本揭示案的精神及教示的情况下,许多不同的形式及实施例系可能的,因此,本揭示案不应被理解为限于本文中陈述的实例性实施例。而是,提供此等实例性实施例,使得本揭示案将为详尽且完整的,且将向熟习此项技术者传达本揭示案的范畴。在图式中,为了清楚起见,可夸大部件的尺寸及相对尺寸。本文中使用的术语的目的仅在于描述特定实例性实施例且不意欲为限制性的。如本文中使用的,除非上下文另外清楚指示,否则单数形式“一”及“该”意欲亦包括复数形式。将进一步理解,术语“包含”及/或“包含了”在本说明书中使用时指明了所陈述特征、整体、步骤、操作、组件及/或部件的存在,但不排除一或多个其他特征、整体、步骤、操作、组件、部件及/或其群组的存在或添加。除非另外指定,否则在列举出时,一数值范围包括该范围的上限及下限以及其间的任何子范围。

[0032] 图1为采用射束定位系统22的简化激光微机械加工系统20的示意图,该射束定位系统能够对射束轴24在工件26上的定位实施基于激光的控制。本文中描述的实施例将射束定位系统与激光28之间的主/从关系反转,使得“射束定位系统22跟随激光28”。代替在射束定位系统22相对于工件26以所要速度将射束轴24引导至工件26的表面36上的所要点位置30处时自激光28击发激光脉冲,可使由控制器40沿Q开关信号路径38向激光28的激光空腔内的Q开关42发送的一脉冲串在激光系统初始化之后维持在恒定频率。可选择Q开关命令触发信号的脉冲串以提供一激光重复率,该激光重复率落入用于对工件26的给定操作的激光处理窗之内且落入激光28的适合于维持一致激光输出的操作参数之内。该等触发信号在初始化之后不停止、不开始或不以其他方式发生频移,使得最小化激光空腔不稳定性。

[0033] 在回应于Q开关命令触发信号而产生激光脉冲时,在时间及空间上对射束定位系统22的射束轴24的轨迹稍作调整以与激光28的输出对准,使得当所要激光脉冲到达工件26的表面36时,射束轴24以所要速度到达所要点位置30。此外,自激光28发射激光脉冲的定时与射束轴24相对于工件26的位置无关。此能力采用了对由控制器40实施的组合式射束定位及激光功率控制架构的约束且利用高速数字处理以及数字激光控制器与射束定位控制器之间的经精确校准的定时。

[0034] 使激光脉冲保持以恒定且不中断的速率击发的一个优点为激光28不会在激光空腔中经历瞬态现象,因此产生它所能产生的最一致的激光脉冲。

[0035] 示例性激光脉冲参数包括激光类型、波长、脉冲持续时间、脉冲重复率、脉冲数、脉冲能量、脉冲时间形状、脉冲空间形状及焦点尺寸及形状。额外激光脉冲参数包括指定焦点相对于工件26的表面36的位置及引导激光脉冲相对于工件26的相对运动。

[0036] 在一些实施例中,可有利地用于一些实施例的激光参数包括使用波长为IR至UV或更特定言之约10.6微米直至约266nm的激光28。激光28可以2W来操作,2W处于1W至100W或更佳地1W至12W的范围内。脉冲持续时间为1皮秒至1000ns,或更佳地约1皮秒至200ns。激光重复率可处于1KHz至100MHz或更佳地10KHz至1MHz的范围内。激光能量密度可为约 $0.1 \times 10^{-6} \text{J/cm}^2$ 至 100J/cm^2 或更特定言之 $1.0 \times 10^{-2} \text{J/cm}^2$ 至 10J/cm^2 。射束轴24相对于工件26移动的速率为1mm/s至10m/s或更佳地100mm/s至1m/s。在工件26的表面36处量测的固定激光点32(图5)的主空间轴可为10微米至1000微米或50微米至500微米。射束轴24的速度可增加工件26上的激光点32的有效尺寸。在一些实施例中,可认为点尺寸表示在 $1/e^2$ (FWHM)情况下的激光脉冲的射束腰。

[0037] 可采用几乎任何类型的激光28。一些实施例采用固态二极管泵浦激光28,其可经组态以按达5MHz的脉冲重复率发射约366nm(UV)至约1320nm(IR)的波长。然而,可藉由替换或添加适当的激光、激光光学器件、零件处理设备及控制软件对此等系统进行调适以如先前所述可靠地且可重复地在工件26上产生选定激光点32。此等修改准许激光处理系统以所要的速率及激光点32之间的侵蚀尺寸将具有适当激光参数的激光脉冲引导至适当地定位及固持的工件26上的所要位置。

[0038] 在一些实施例中,可采用锁模激光,在此种情况中,使用内部频率来以指定频率触发激光脉冲。

[0039] 在一些实施例中,激光机械加工系统20采用在532nm、355nm或266nm下具有发射的Coherent Avia二极管泵浦、固态、Q开关激光,其中输出功率在532nm下高达45W。

[0040] 在一些实施例中,激光机械加工系统20采用在1064nm波长下操作的二极管泵浦Nd:YVO4固态激光28,诸如Lumera Laser GmbH(德国西泽斯劳滕)制造的型号Rapid。可视情况地使用固态谐波频率产生器使此激光频率加倍以将波长减少至532nm,藉此产生可见(绿色)激光脉冲,或使此激光频率变三倍以将波长减少至约355nm或使此激光频率变四倍以将波长减少至266nm,藉此产生紫外(UV)激光脉冲。此激光28额定产生6瓦特的持续功率且具有1000KHz的最大脉冲重复率。此激光28与控制器40协作产生持续时间为1皮秒至1,000奈秒的激光脉冲。

[0041] 此等激光脉冲可为高斯脉冲或藉由激光光学器件特别整形或裁剪以准许激光点32具有所要特性,该激光光学器件通常包含沿光学路径50定位的一或多个光学部件。可使

用绕射光学组件或其他射束整形部件来产生经特别整形的空间剖面。对修改激光点32的空间照射剖面的详细描述可见于科里·杜恩斯基 (Corey Dunskey) 等人的美国专利第6,433,301号中,该案受让与本申请案的受让人且以引用方式并入本文中。

[0042] 再次参看图1,示例性激光微机械加工系统20的激光28沿一光学路径50发射一束激光脉冲,该光学路径传播通过各种光学部件52、脉冲拾取器件54、一或多个折迭镜56且至射束定位系统22的快速定位器68,该快速定位器最终将光学路径50的射束轴24引导至工件26的表面36上的点位置30上。光学部件52可包括定位于光学路径50上的各个位置处的各种熟知的光学器件(诸如射束扩展器透镜部件)、视情况选用的衰减器(诸如声光或电光器件)及/或回馈传感器(诸如针对能量、定时或位置)。

[0043] 脉冲拾取器件54充当高速快门,该高速快门阻挡或准许激光脉冲沿光学路径进一步传播且判定准许哪些激光脉冲撞击工件26。脉冲拾取器件54可包括电光器件或声光调变器(AOM)60。为方便起见,本文中将拿AOM 60举例来论述脉冲拾取器54。AOM 60对自控制器40沿AOM信号路径58递送的AOM命令信号作出响应。AOM命令信号使AOM 60上的换能器在AOM中起始音波,该等音波使传播通过AOM 60的射束沿与光学路径50对准或不对准的预定出射角转向至快速定位器68。

[0044] 快速定位器68可包括具有相对较大的扫描场72(图4)的任何高速射束定位器件。在一些实施例中,快速定位器68可包括能够在工件26上的相对较大的视场72上快速地改变射束轴24的方向的一对电流计驱动型X轴及Y轴镜70。在一些实施例中,可用视场72的直径(或主轴)为10mm至100mm。在一些实施例中,可用视场72的直径大于15mm。在一些实施例中,可用视场72的直径为25mm至50mm。在一些实施例中,可用视场72的直径小于75mm。在一些实施例中,可用视场72可包括归因于扫描透镜的边缘效应而不可用于激光处理的电流计移动区域,因此可用处理场可小于可用视场72。

[0045] 视所要扫描场72的尺寸而定,快速定位器68可或者采用高速定位器,诸如声光器件或可变形镜(或其他快速转向镜),尽管此等器件倾向于具有比电流计镜70小的射束偏转范围。或者,除了电流计镜70之外还可采用高速定位器,且高速定位器可与由电流计镜70提供的对射束轴24的控制及移动整合或可迭加于由电流计镜70提供的对射束轴24的移动上(诸如用于误差校正)。在一些实施例中,快速定位器68支撑于工件26上的固定位置中。在其他实施例中,快速定位器68藉由可相对于工件26移动的台支撑,诸如在分开轴系统中。示例性快速定位器68具有数百千赫的带宽且能够达成约2m/s或3m/s至约10m/s的线速度及约1000G至2000G的加速度。自然地,线速度在此等范围以下亦可运作。

[0046] 在一些实施例中,射束定位系统22采用工件定位台80,该工件定位台较佳控制至少两个平台,诸如支撑工件26的上部台82及支撑上部台82的下部台84。此等上部台82及下部台84通常藉由线性马达移动且通常被称作X-Y台,其中上部台82可沿一个轴移动且下部台84可沿另一轴移动。典型工件定位台80具有数十千赫的带宽且能够达成2m/sec或3m/sec的速度及1.5G或更大的加速度。当前具成本效益的平移台在约400mm/s至约1m/s的范围内运作。自然地,它们亦可移动得更慢。工件定位台80的工作包络面通常远大于电流计镜70的视场72。

[0047] 在一些实施例中,激光机械加工系统20以分步重复的方式执行激光切块,其中工件定位台80相对于快速定位器68及射束轴24将工件26移动至一位置,使得在藉由快速定位

器68进行的切块操作期间维持该工件位置。特定言之,工件定位台80可将工件26的特定区域定位于电流计镜70的可用视场72内。电流计镜70可引导射束轴24在工件26上的扫描场72内执行包括一或多个切割路径92的一或多个移动型样90,而工件定位台80可完全停在扫描场72上面。在一些实施例中,为了获得所要的输贯量,直至对给定扫描场72上的移动型样90的所有通过完成,射束轴24才会停下来。

[0048] 在射束轴24按移动型样90进行了一或多次通过之后,工件定位台80可移动以将电流计镜70的扫描场72定位于工件26的不同区域上,例如邻近区域。因此,对于一些实施例,在射束轴加速时,不进行激光处理。使用具有恒定速度移动及恒定重复率的脉冲的射束轴的优点包括稳定且可预测的激光脉冲特性。

[0049] 在一些实施例中,藉由产生一串相隔已知间距的激光脉冲以沿工件26上的切割路径92以已知速度的射束轴24达成所要照射来进行激光切块。可使用遍次间的沿切割路径92的第一激光脉冲的开始位置的变动偏移,将累积照射均匀地分布于任一点位置处直至工件26已被机械加工至所要参数为止,来重复此过程。然而,既不需要脉冲间隔亦不需要遍次间隔。因此,一遍次可含有脉冲间隔小于点尺寸的重迭脉冲,且连续的脉冲遍次不需要在空间上发生偏移。

[0050] 包括一些或所有前述部件且可操作以沿工件26上或内的切割路径92(图4)造出锯口的一些示例性激光处理系统为ESI 5320、MM5330、ML5900及5955微机械加工系统以及ESI 9900及9970晶圆切块系统,该等系统皆由电子科学工业公司(俄勒冈州波特兰,邮政编码97229)制造。

[0051] 在一些实施例中,快速定位器68及工件定位台80自控制器40接收命令。电流计镜70可沿一或多个电流计信号路径104自控制器40直接或间接地接收电流计命令信号。上部台82及下部台84可沿单个台路径或独立地沿分离的台信号路径106a及106b自控制器直接或间接地接收工件定位台80命令信号。子控制器可按需要沿该等信号路径中的任一者定位以改变命令信号的性质或影响其定时。举例而言,电流计镜可采用JANUS模拟界面/驱动器模块。

[0052] 在一些实施例中,为了实施本文中揭示的基于激光的定位技术,控制器40采用主频率或定时器件,诸如现场可程序化门阵列(FPGA)。在一些实施例中,FPGA具有基础时钟速率 f_{fgpa} [Hz],通常选择FPGA可更新其缓存器的最快速率作为基础时钟速率。某些其他参数(诸如中断速率及激光重复率)亦可为至控制器40的事先选定的外加输入。

[0053] 举例而言,DSP中断速率 f_s [Hz]为控制器40中的数字信号处理器(DSP)执行实时执行回圈的伺服中断速率。FPGA经由中断请求(IRQ)输出来产生对DSP的中断。若该中断并非 f_{fgpa} [Hz]的整数倍,则该中断归因于FPGA中的量化效应而可能会稍有不同。对于此实例,采取此条件。

[0054] 激光重复率 f_{laser} [Hz]等于自激光28的激光空腔发射的激光脉冲的重复率。若实际重复率并非 f_{fgpa} [Hz]的整数倍,则实际重复率归因于FPGA中的量化效应而可能会稍有不同。对于此实例,不采取此条件。

[0055] 可针对特定激光系统部件及扫描场72上电流计镜70的相对移动速度来校准某些参数,诸如激光传播延迟、AOM传播延迟、伺服滞后时间、AOM激光领先时间及AOM激光滞后时间。

[0056] 激光传播延迟 $T_{\text{laser_prop}}$ [s] 为自FPGA输出Q开关命令脉冲至激光脉冲到达工件26的表面的估计时间。

[0057] AOM传播延迟 $T_{\text{aom_prop}}$ [s] 为自FPGA输出AOM命令缓存器的上升/下降边缘至其中激光脉冲可沿退出AOM 60的所要光学路径以所要衰减位元准传播的完全激发AOM晶体状态的估计时间,亦即, $T_{\text{aom_prop}}$ [s] 为AOM 60回应于AOM命令信号而“打开”或“关闭”所花的时间。在一些实施例中,退出AOM 60的所要光学路径为一阶光学路径。

[0058] 伺服滞后 K_{lag} [s²/m] 为在工件26与藉由电流计镜70移动的射束轴24之间的恒定速度的相对移动情况下估计电流计镜命令信号与工件26上的位置之间的时间延迟的标度因子。

[0059] AOM激光领先时间 $T_{\text{aom_lead}}$ [s] 为在AOM打开与将沿切割路径92经由AOM 60传递至工件26的表面36的第一激光脉冲之间的指定时间。AOM激光领先时间经选择以小于与激光重复率 f_{laser} 相关联的激光周期。

[0060] AOM激光滞后时间 $T_{\text{aom_lag}}$ [s] 为在经由AOM 60传递至工件26的表面36的最后一个激光脉冲与AOM关闭之间的指定时间。此时间经选择以小于AOM传播延迟 $T_{\text{aom_prop}}$ 与同激光重复率 f_{laser} 相关联的激光周期的总和。

[0061] 配方参数(诸如,切割道开始位置、切割道结束位置、标称脉冲间隔、标称通过速度及型态化移动时间)可由使用者选择或藉由控制器40基于用户输入、位置数据、查找表及/或构造软件来判定。

[0062] 切割道开始位置 p_1 [μm] 为在电流计镜坐标中相对于X-Y工件台82及84的当前位置的激光切割路径92的所要开始点。

[0063] 切割道结束位置 p_2 [μm] 为基于配方参数的在电流计镜坐标中相对于X-Y工件台82及84的当前位置的激光切割路径92的所要结束点。

[0064] 标称脉冲间隔 p_{pulse} [μm] 为撞击工件26的表面36的激光脉冲之间的所要距离。归因于实时控制系统中的量化效应,可对此值稍作调整。

[0065] 标称通过速度 V_{pass} [μm/s] 为基于配方参数的在工件26的表面36处射束轴24的所要速度。归因于实时控制系统中的量化效应,亦可对此值稍作调整。

[0066] 型态化移动时间 t_{prof} [s] 为在工件26上使移动的型态化(加速度受约束)部分通向该移动的恒定速度切割路径段所需的时间。此值可藉由控制器40或其他系统计算机中的构造软件来计算且可被称作移动时间计算器。

[0067] 实时量测包括激光脉冲相位偏移 t_{ϕ} [s], 其为自Q开关脉冲起直至其中沿切割路径92的切割开始的DSP中断循环开始为止已消逝的时间量。此值由FPGA供应。

[0068] 图2为用于达成沿工件26上的切割路径92的激光通过的激光脉冲及各种射束传播及定位系统部件的示例性时序图。参看图2,在一些实施例中,目标系在两个点的间藉由激光沿切割路径92切出一线,使得端点激光脉冲正好搁在由 p_1 及 p_2 指定的切割路径92的开始及结束位置上。使用具有固定重复率 f_{laser} 的激光28,独立地指定标称脉冲间隔 Δp_{pulse} 及通过速度 V_{pass} ,此系因为它们彼此相依。对于基于位置的配方,标称通过速度为:

$$[0069] \quad V_{\text{pass}} = \Delta p_{\text{pulse}} f_{\text{laser}} \quad (1)$$

[0070] 或者,对于基于速度的配方,标称脉冲间隔为:

$$[0071] \quad p_{\text{pulse}} = V_{\text{pass}} / f_{\text{laser}} \quad (2)$$

[0072] 在任一情况中,将沿切割路径92铺设的脉冲的数目为:

$$N_{\text{pulse}} = (\text{round}((p_2 - p_1) / \Delta p_{\text{pulse}})) + 1 \quad (3)$$

[0074] 其中 $\text{round}()$ 函式藉由将大于0.5的小数向上舍入而产生一整数,且加上+1则系将一额外脉冲放于切割路径92的末尾处。

[0075] FPGA中的量化效应规定,若外部触发的Q开关激光藉由FPGA控制,则激光的实际重复周期将为:

$$T_{\text{laser}} = (\text{round}(\overline{T_{\text{laser}}} / T_{\text{fpga}})) T_{\text{fpga}} \quad (4)$$

[0077] 其中 $T_{\text{laser}} = 1 / f_{\text{laser}}$ 。

[0078] 接着由下式计算激光重复率的量化效应的后的实际通过速度:

$$V_{\text{pass}} = (p_2 - p_1) / ((N_{\text{pulse}} - 1) T_{\text{laser}}) \quad (5)$$

[0080] 将在移动的类型化段期间消逝的激光脉冲的数目为:

$$n_{\text{start}} = \text{floor}(t_{\text{prof}} / T_{\text{laser}}) \quad (6)$$

[0082] 其中 $\text{floor}()$ 函式藉由丢弃该数值的小数值而产生一整数。

[0083] 在一些实施例中,可能希望的系,在最后一个激光脉冲到达切割路径92的末尾的后,型样90的恒定速度段将在单个DSP中断内结束,亦即:

$$n_{\text{irq}} T_s \leq n_{\text{pulse}} T_{\text{laser}} \leq (n_{\text{irq}} + 1) T_s \quad (7)$$

[0085] 其中 n_{irq} 为将在型样90中该移动的恒定速度段期间消逝的DSP中断的数目。若按下式来选择 n_{irq} ,则可维持此关系:

$$n_{\text{irq}} = \text{floor}((n_{\text{pulse}}) (T_{\text{laser}} / T_s) + 1) \quad (8)$$

[0087] 在其中移动型样90开始的DSP中断循环开始时,紧接着类型化段结束的后直至第一激光脉冲将到达工件26的表面36为止的时间为:

$$T_{\text{start}} = ((n_{\text{start}} + 1) T_{\text{laser}}) + (T_{\text{laser_prop}} - t_{\phi}) \quad (9)$$

[0089] 其中激光脉冲相位偏移 t_{ϕ} 保留于FPGA缓存器中且藉由DSP读取。

[0090] 至电流计伺服回圈的位置命令与如由电流计70引导的射束轴24的实际位置的间的滞后时间可藉由下式近似:

$$T_{\text{lag}} = K_{\text{lag}} V_{\text{pass}} \quad (10)$$

[0092] 可在通过速度范围内独立地表征激光定标 K_{lag} 。

[0093] 提前将射束轴24的位置投影于工件26上(如藉由电流计70引导)且考虑估计的电流计滞后,对命令将到达 p_1 的时间的调整则为:

$$\delta_t = t_{\text{start}} - t_{\text{prof}} + t_{\text{lag}} \quad (11)$$

[0095] 请注意,在等式(11)中,在等式的右手侧加上而非减去电流计滞后时间 t_{lag} 系为了考虑该滞后的时间方向。

[0096] 接着藉由针对第一激光脉冲将投影推迟来计算对类型化移动段的最终位置的调整 δ_p (该调整经应用而使得第一脉冲搁在 p_1 处):

$$\delta_p = -V_{\text{pass}} \delta_t \quad (12)$$

[0098] 最后,藉由下式来计算相对于类型化移动段的开始的AOM解除阻挡及阻挡时间:

$$T_{\text{unblock}} = t_{\text{start}} - t_{\text{aom_lead}} - T_{\text{aom_prop}} \quad (13)$$

[0100] 及

[0101] $T_{block} = t_{start} + ((n_{pulse} - 1) T_{laser}) + T_{aom_lag}$ (14)

[0102] AOM解除阻挡及阻挡时间可按浮点运算来计算且接着转换成FPGA频率循环的整数数目,使得:

[0103] $n_{unblock} = \text{round}(T_{unblock}/T_{laser})$ (15)

[0104] 及

[0105] $n_{block} = \text{round}(T_{block}/T_{laser})$ (16)

[0106] 所得数目接着将用于FPGA定时器中,以相对于在其中读取 t_ϕ 的循环对AOM命令进行闸控。

[0107] 为了验证此等实施例中的一些,进行一模拟以模仿FPGA及DSP中断逻辑的行为。藉由接近地仿效实时控制器/电流计嵌入式软件(TaskProcessor、ServoThread等),使用该模拟来捕获QSW、IRQ、AOM脉冲串及射束轴位置与FPGA频率频率水平的时间的关系。

[0108] 图3说明在工件26上的扫描场72上在选定(电流计镜引导)射束轴路线内沿切割路径92的不同段的单次通过的模拟的时序图。上部的三个图意欲说明藉由100MHz下的FPGA及140kHz下的激光脉冲产生的脉冲串;且下部的两个图说明在射束轴24跨越处理场前后扫描时的经电流计引导的射束轴位置(更新为20kHz)。然而,为了清楚起见,夸示上部的激光图中所示的激光脉冲之间的间距。此外,Q开关触发信号并未示出,而是出现在各激光脉冲之间的空白区域中。然而,在一些实施例中,Q开关触发及激光脉冲发射在切割轮次之间可停滞,只要Q开关触发及激光脉冲发射在切割段之前充分地重启动以重新建立一致且可预测的激光脉冲参数即可。

[0109] 类似地,已夸示IRQ信号之间的间距。激光脉冲以恒定速率自主地行进,而IRQ信号具有其自己的频率且具有不连续性。

[0110] 图4为电流计镜70的双轴扫描场72上激光射束轴24的代表性移动型样90的俯视平面图,且图5为图4的移动型样90的放大部分的俯视平面图,其示出了在激光通过开始时激光脉冲的相对位置。参看图4,切割路径92形成了在不同方向上进行处理的四个街段(street segment)。可有利地布署与由本文中揭示的技术提供的脉冲一致性及其定位能力结合的脉冲拾取器件以防止过度处理街段的交叉点。

[0111] 参看图4及图5,自SSC上的配方指定的标称通过速度 v_{pass} 及激光脉冲间隔分别为2850mm/s及20.36 μm 。在藉由实时软件调整以满足DSP及激光重复率的约束之后,此等值变成2852mm/s及20.00 μm ,且针对此特定通过对型态化移动的所得位置调整 δ_p 为14.89 μm 。

[0112] 图6A为用于实施一些所揭示方法的数字信号处理器中的示例性实时状态逻辑的时序图。各步骤的更简明的处理流可包括:1)以恒定参数触发激光,2)计算定时偏移以进行同步,3)实时地计算 δ_p 及 δ_t ,4)关于位置及时间来调整构造命令,及5)执行。

[0113] 图6B示出了可用扫描场72上的如图6A的时序图表示的射束轴移动与脉冲拾取器操作的协调。图6C为一般流程图,其关于图6A的实例示出了对脉冲拾取器件68的示例性指令。

[0114] 需要了解的是,本文中揭示的技术可用于激光标记、激光划片或激光钻孔以及用于任何激光切割操作。另外,本文中揭示的技术可与各种其他切割技术一起使用,诸如詹姆斯.N.奥布赖恩(James N.O'Brien)等人的美国专利第RE 43,440号中描述的分段切割技术,该案以引用方式并入本文中。

[0115] 前述内容说明了本发明的实施例且不被理解为对其的限制。虽然已描述少许特定实例性实施例,但熟习此项技术者将易于了解在并未实质上脱离本发明的新颖教示及优点的情况下对所揭示示例性实施例的许多修改以及其他实施例为可能的。

[0116] 因此,所有此类修改意欲包括在如申请专利范围内界定的本发明的范畴内。举例而言,熟习此项技术者将了解任何句子或段落的主题可与其他句子或段落中的一些或全部的主题组合,除了此类组合互斥的情况之外。

[0117] 熟习此项技术者将显而易见在不脱离本发明的基础原理的情况下可对上述实施例之细节作出许多改变。因此,本发明的范畴将由以下申请专利范围来判定,其中申请专利范围的等效形式将包括于其中。

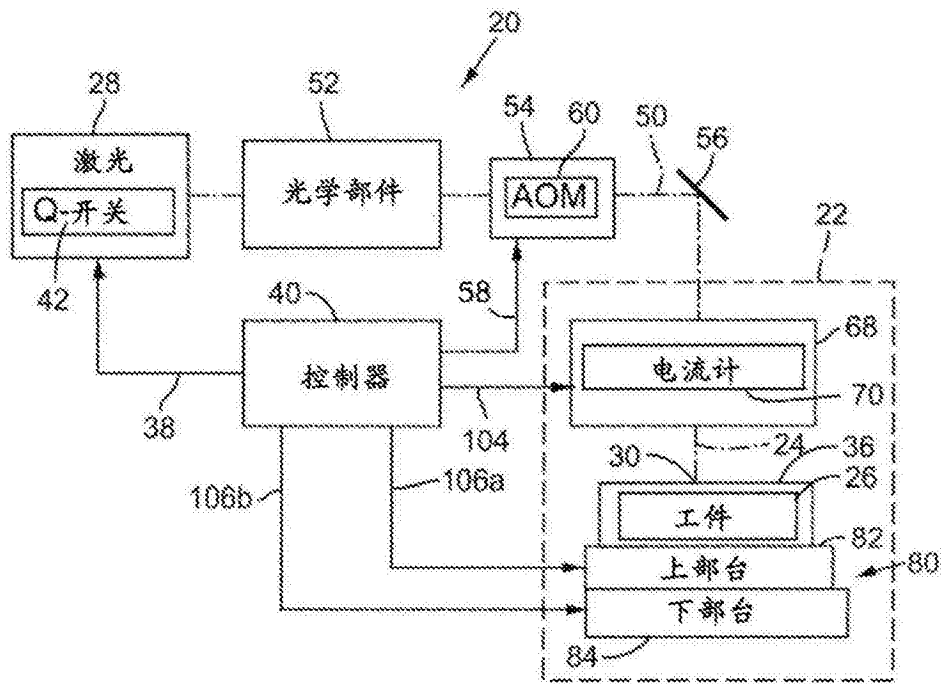


图1

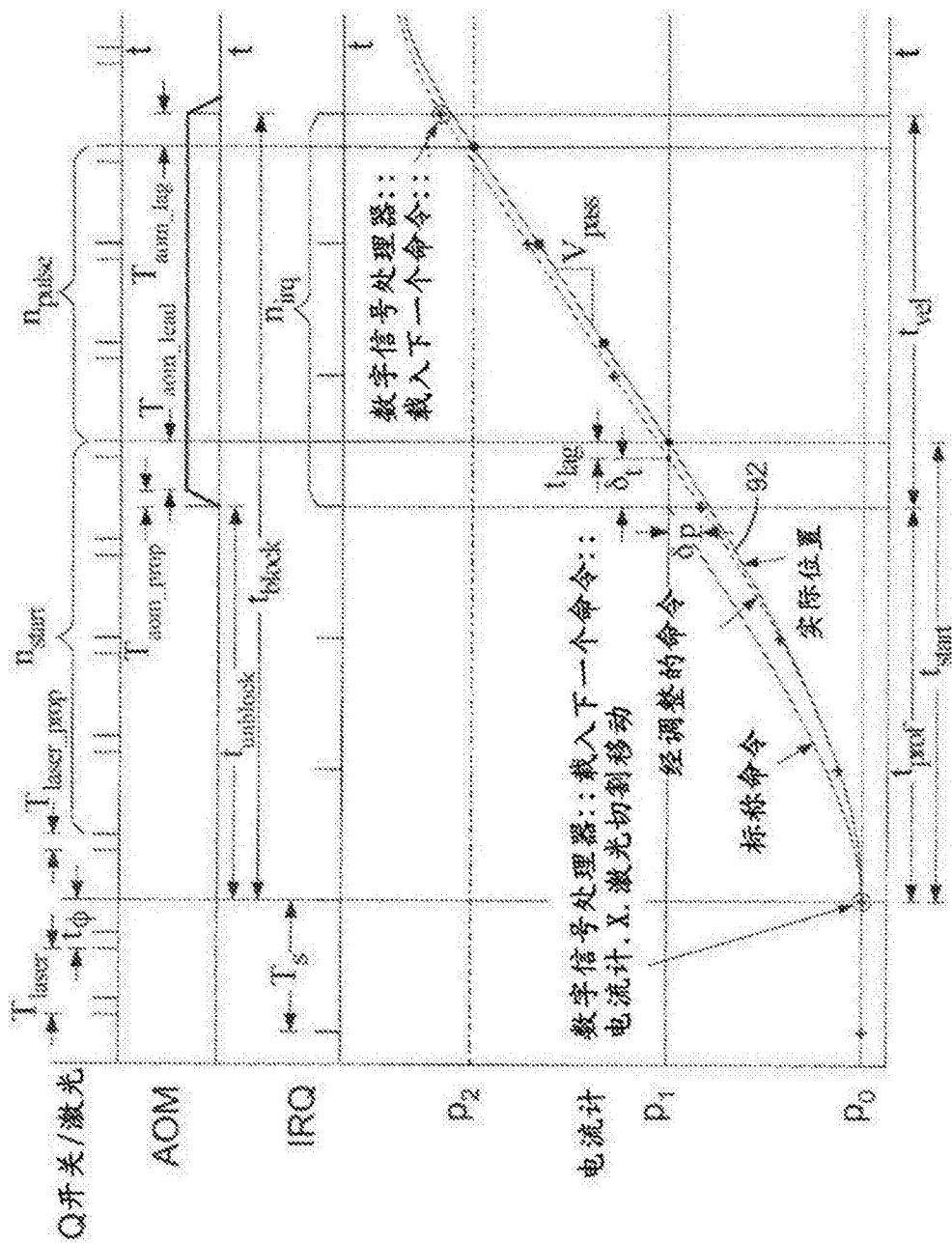


图2

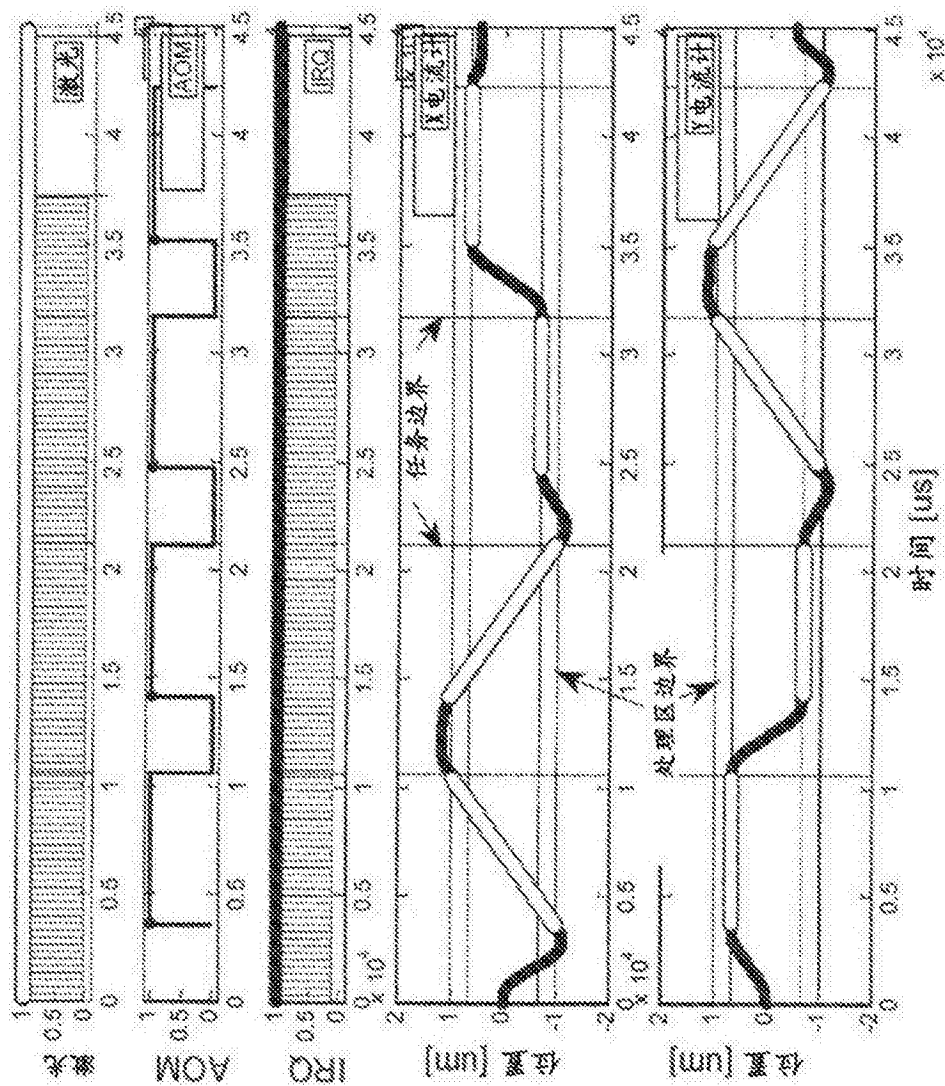


图3

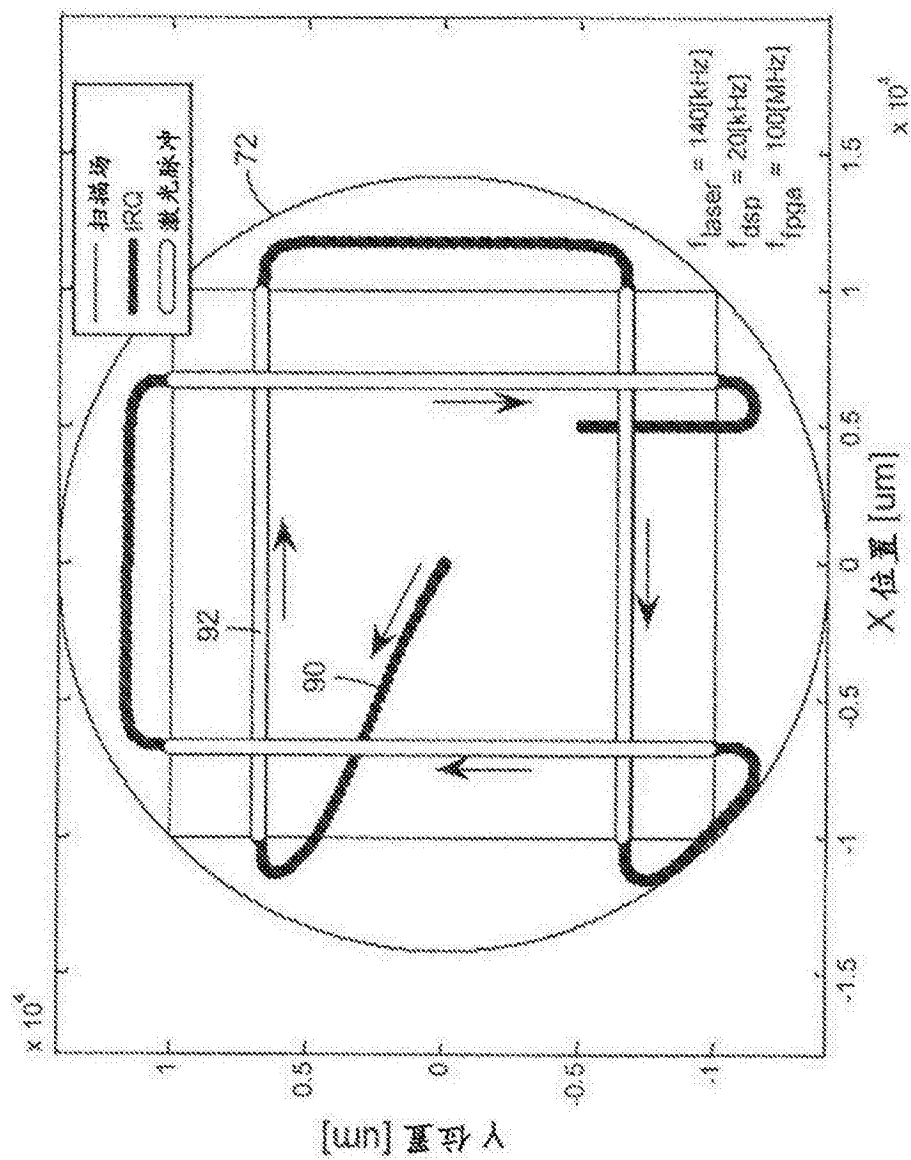


图4

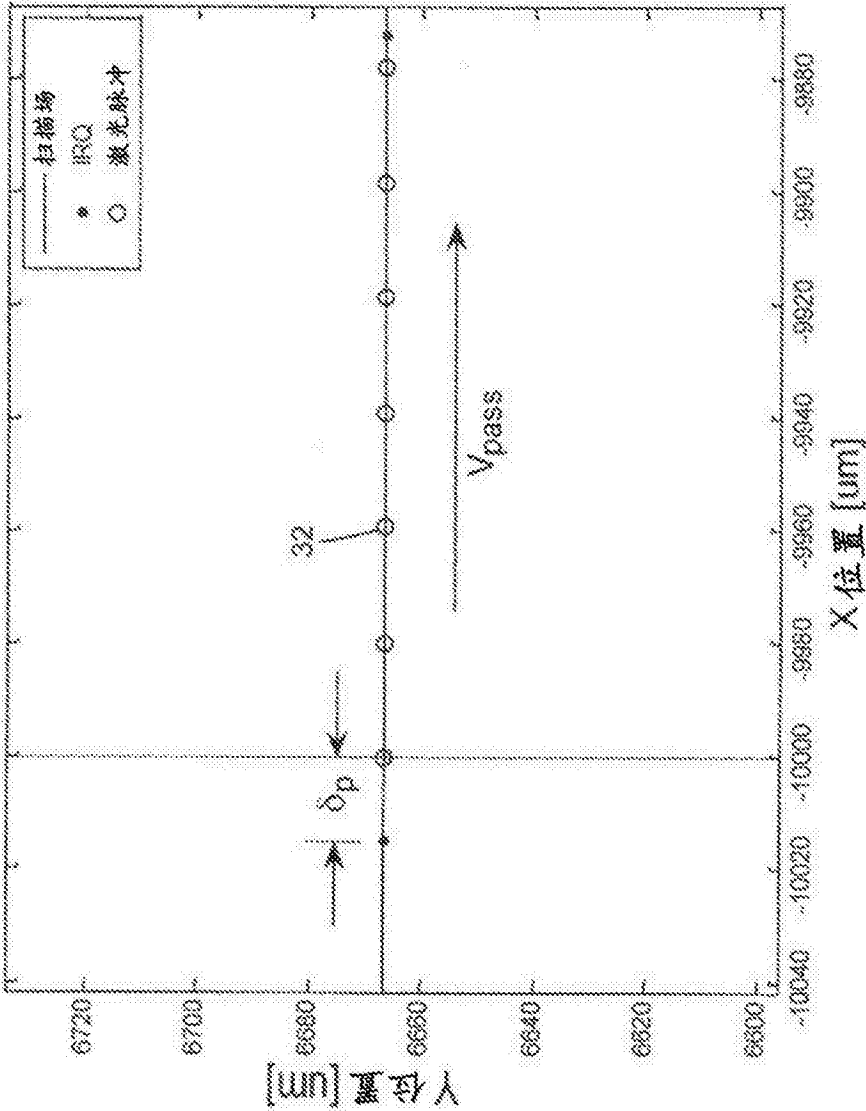


图5

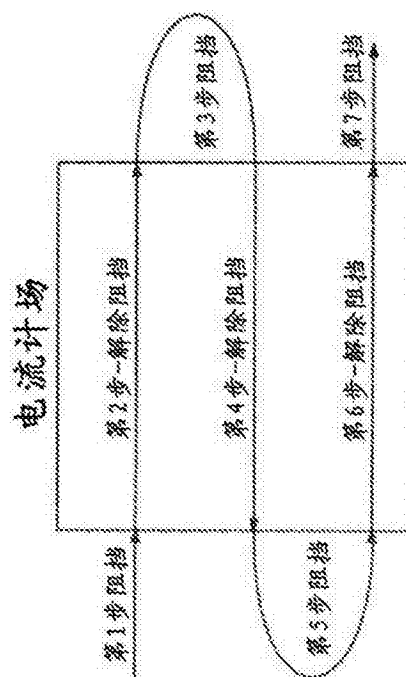
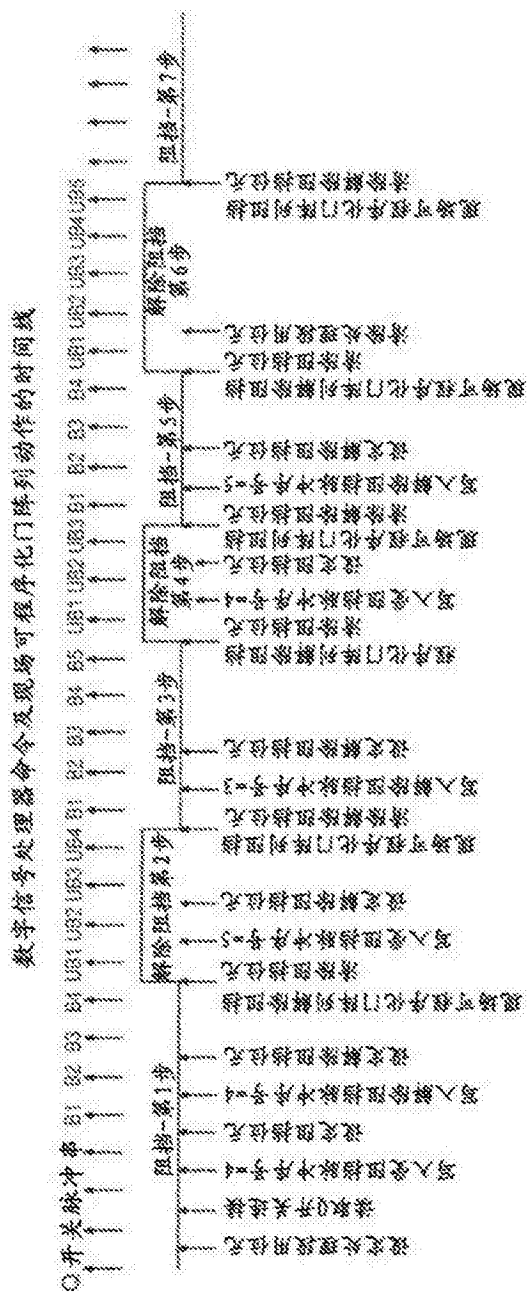


图6B

图6A

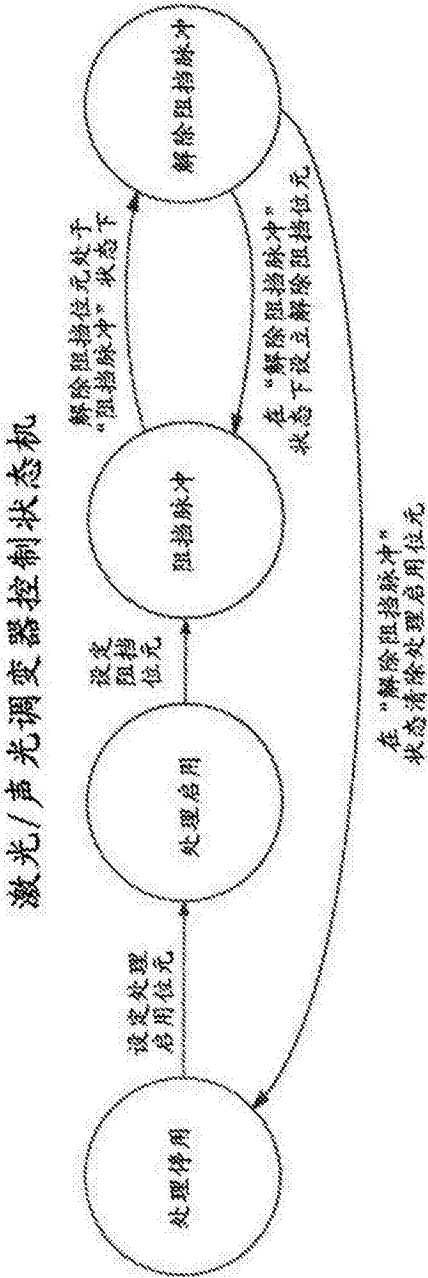


图6C