



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108723609 A

(43)申请公布日 2018. 11. 02

(21)申请号 201810820641.X

(22)申请日 2018.07.24

(71)申请人 廊坊西波尔钻石技术有限公司

地址 065300 河北省廊坊市大厂潮白河工业区

(72)发明人 吴高华 段佳良 梁鹏飞

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

代理人 韩建伟 谢湘宁

(51) Int. Cl.

B23K 26/362(2014.01)

B23K 26/082(2014.01)

B23K 26/402(2014.01)

B23K 26/70(2014.01)

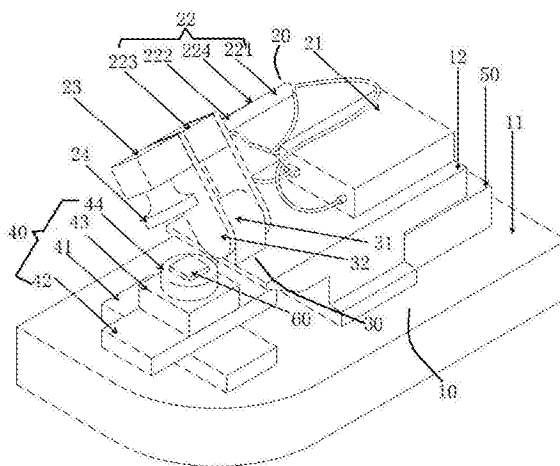
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

激光刻蚀机及超硬材料加工方法

(57)摘要

本发明提供了一种激光刻蚀机及超硬材料加工方法。激光刻蚀机,包括:机座;光路系统,所述光路系统包括激光器、相机、同轴光路组件、振镜以及场镜,所述同轴光路组件与所述激光器以及所述相机连接,所述振镜固定在所述同轴光路组件远离所述激光器的一端,所述场镜固定连接在所述振镜的底部;摆臂组件,所述摆臂组件安装在所述机座上以带动所述同轴光路组件摆动;工作台,所述工作台可移动地安装在所述机座上并位于所述场镜的底部。本发明能够避免机械损伤层的出现,不受材料导电性能的约束,能够进行精准、高效的整平和减薄。



1. 一种激光刻蚀机,其特征在于,包括:

机座(10);

光路系统(20),所述光路系统(20)包括激光器(21)、相机、同轴光路组件(22)、振镜(23)以及场镜(24),所述同轴光路组件(22)与所述激光器(21)以及所述相机连接,所述振镜(23)固定在所述同轴光路组件(22)远离所述激光器(21)的一端,所述场镜(24)固定连接在所述振镜(23)的底部;

摆臂组件(30),所述摆臂组件(30)安装在所述机座(10)上以带动所述同轴光路组件(22)摆动;

工作台(40),所述工作台(40)可移动地安装在所述机座(10)上并位于所述场镜(24)的底部。

2. 根据权利要求1所述的激光刻蚀机,其特征在于,所述同轴光路组件(22)包括:

镜筒(221),所述镜筒(221)包括激光镜筒器和相机镜筒,所述激光器镜筒与所述激光器(21)连接,所述相机镜筒与所述相机连接;

扩束器(222),所述扩束器(222)安装在所述激光器镜筒内;

光路同轴装置(223),所述光路同轴装置(223)设置在所述激光器镜筒远离所述激光器(21)的一端;

成像系统(224),所述成像系统(224)安装在所述相机镜筒靠近所述相机的一端。

3. 根据权利要求1所述的激光刻蚀机,其特征在于,所述摆臂组件(30)包括:

摆臂旋转机构(31),所述摆臂旋转机构(31)可转动地安装在所述机座(10)上;

摆臂(32),所述摆臂(32)的第一端安装在所述摆臂旋转机构(31)上,所述同轴光路组件(22)安装在所述摆臂(32)的第二端。

4. 根据权利要求3所述的激光刻蚀机,其特征在于,所述摆臂旋转机构(31)还包括旋转轴和驱动电机,所述驱动电机安装在所述机座(10)上并与所述旋转轴驱动连接。

5. 根据权利要求1所述的激光刻蚀机,其特征在于,所述工作台(40)包括:

三轴移动平台,所述三轴移动平台安装在所述机座(10)上;

旋转平台(44),所述旋转平台(44)安装在所述三轴移动平台上。

6. 根据权利要求5所述的激光刻蚀机,其特征在于,所述三轴移动平台包括:

X轴平移台(41),所述X轴平移台(41)安装在所述机座(10)上;

Y轴平移台(42),所述Y轴平移台(42)安装在所述X轴平移台(41)上;

Z轴升降台(43),所述Z轴升降台(43)安装在所述Y轴平移台(42)上,所述旋转平台(44)安装在所述Z轴升降台(43)上。

7. 根据权利要求1所述的激光刻蚀机,其特征在于,所述机座(10)包括:

大理石减震底座(11),所述工作台(40)安装在所述大理石减震底座(11)上;

大理石支撑架(12),所述大理石支撑架(12)安装在所述大理石减震底座(11)上,所述光路系统(20)和所述摆臂组件(30)均安装在所述大理石支撑架(12)上。

8. 根据权利要求7所述的激光刻蚀机,其特征在于,所述激光刻蚀机还包括控制箱(50)和计算机,所述控制箱(50)和所述计算机设置在所述大理石支撑架(12)的远离所述工作台(40)的底部。

9. 一种超硬材料加工方法,其特征在于,所述超硬材料加工方法采用权利要求1至8中

任一项所述的激光刻蚀机实现,所述超硬材料加工方法包括如下步骤:

S1:选取待加工的超硬材料(60),对超硬材料(60)的表面进行清洗;

S2:将清洗过的超硬材料(60)固定于所述工作台(40)上;

S3:调整所述光路系统(20),同步调整激光焦点位置并在所述激光刻蚀机的计算机上设定所述振镜(23)的切割路径,使所述工作台(40)上的超硬材料(60)表面与激光扫描线产生相对运动;

S4:使所述振镜(23)以第一预定偏角和第一预定功率密度对超硬材料(60)表面进行快速整平和减薄,并利用所述工作台(40)改变整平和减薄方向,反复多次至满意效果;

S5:使所述振镜(23)以高于所述第一预定偏角的第二预定偏角和低于所述第一预定功率密度的第二预定功率密度对超硬材料(60)表面进行快速整平和减薄,并利用工作台(40)改变整平和减薄方向,反复多次至满意效果。

10.根据权利要求9所述的超硬材料加工方法,其特征在于,所述振镜(23)的偏角由所述摆臂组件(30)进行调节。

11.根据权利要求9所述的超硬材料加工方法,其特征在于,所述第一预定偏角为 35° 至 60° 。

12.根据权利要求9所述的超硬材料加工方法,其特征在于,所述第二预定偏角为 60° 至 90° 。

激光刻蚀机及超硬材料加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及硬质材料加工技术领域,具体而言,涉及一种激光刻蚀机及超硬材料加工方法。

背景技术

[0002] 以金刚石为代表的超硬材料,由于其极高的硬度、耐磨性,使得表面平整化及厚度减薄变得尤为费时、费力。

[0003] 传统整平加工工艺如机械磨削以及新型的化学辅助磨削都要经由在一定压力作用下通过磨粒在材料表面的相对运动、挤压产生微裂纹,随经裂纹扩展产生脱落而去除材料。由此带来的磨料损耗、摩擦压力产生的机械损伤层、磨削液处理产生的环境污染成为不可回避的问题。

[0004] 电火花铣削,则是利用非接触的火花放电原理产生瞬间高温、高压去除表面材料,通过铣削运动及电极损耗的在线补偿实现材料表面的整平、减薄。一方面,非接触的加工方式避免了压力损伤;另一方面,放电要求使得导电性差的材料及非导电的金刚石等难以进行加工。

[0005] 超声波辅助加工,则是将超声振动与机械磨削加工或电火花铣削加工相复合的加工方式。尽管对加工效率有一定的提升,但仍旧不能避免两种加工方式固有的弊端。

[0006] 为避免以上加工方式存在的弊端,各厂家急需要设计一种新型的加工设备。

发明内容

[0007] 本发明的主要目的在于提供一种激光刻蚀机及超硬材料加工方法,能够避免机械损伤层的出现,不受材料导电性能的约束,能够进行精准、高效的整平和减薄。

[0008] 为了实现上述目的,根据本发明的一个方面,提供了一种激光刻蚀机,包括:机座;光路系统,所述光路系统包括激光器、相机、同轴光路组件、振镜以及场镜,所述同轴光路组件与所述激光器以及所述相机连接,所述振镜固定在所述同轴光路组件远离所述激光器的一端,所述场镜固定连接在所述振镜的底部;摆臂组件,所述摆臂组件安装在所述机座上以带动所述同轴光路组件摆动;工作台,所述工作台可移动地安装在所述机座上并位于所述场镜的底部。

[0009] 进一步地,所述同轴光路组件包括:镜筒,所述镜筒包括激光镜筒器和相机镜筒,所述激光器镜筒与所述激光器连接,所述相机镜筒与所述相机连接;扩束器,所述扩束器安装在所述激光器镜筒内;光路同轴装置,所述光路同轴装置设置在所述激光器镜筒远离所述激光器的一端;成像系统,所述成像系统安装在所述相机镜筒靠近所述相机的一端。

[0010] 进一步地,所述摆臂组件包括:摆臂旋转机构,所述摆臂旋转机构可转动地安装在所述机座上;摆臂,所述摆臂的第一端安装在所述摆臂旋转机构上,所述同轴光路组件安装在所述摆臂的第二端。

[0011] 进一步地,所述摆臂旋转机构还包括旋转轴和驱动电机,所述驱动电机安装在所

述机座上并与所述旋转轴驱动连接。

[0012] 进一步地,所述工作台包括:三轴移动平台,所述三轴移动平台安装在所述机座上;旋转平台,所述旋转平台安装在所述三轴移动平台上。

[0013] 进一步地,所述三轴移动平台包括:X轴平移台,所述X轴平移台安装在所述机座上;Y轴平移台,所述Y轴平移台安装在所述X轴平移台上;Z轴升降台,所述Z轴升降台安装在所述Y轴平移台上,所述旋转平台安装在所述Z轴升降台上。

[0014] 进一步地,所述机座包括:大理石减震底座,所述工作台安装在所述大理石减震底座上;大理石支撑架,所述大理石支撑架安装在所述大理石减震底座上,所述光路系统和所述摆臂组件均安装在所述大理石支撑架上。

[0015] 进一步地,所述激光刻蚀机还包括控制箱和计算机,所述控制箱和所述计算机设置在所述大理石支撑架的远离所述工作台的底部。

[0016] 根据本发明的另一方面,提供了一种超硬材料加工方法,所述超硬材料加工方法采用上述的激光刻蚀机实现,所述超硬材料加工方法包括如下步骤:S1:选取待加工的超硬材料,对超硬材料的表面进行清洗;S2:将清洗过的超硬材料固定于所述工作台上;S3:调整所述光路系统,同步调整激光焦点位置并在所述激光刻蚀机的计算机上设定所述振镜的切割路径,使所述工作台上的超硬材料表面与激光扫描线产生相对运动;S4:使所述振镜以第一预定偏角和第一预定功率密度对超硬材料表面进行快速整平和减薄,并利用所述工作台改变整平和减薄方向,反复多次至满意效果;S5:使所述振镜以高于所述第一预定偏角的第二预定偏角和低于所述第一预定功率密度的第二预定功率密度对超硬材料表面进行快速整平和减薄,并利用工作台改变整平和减薄方向,反复多次至满意效果。

[0017] 进一步地,所述振镜的偏角由所述摆臂组件进行调节。

[0018] 进一步地,所述第一预定偏角为 35° 至 60° 。

[0019] 进一步地,所述第二预定偏角为 60° 至 90° 。

[0020] 应用本发明的技术方案,超硬材料可以随工作台运动,摆臂组件能够带动光路系统摆动,摆动过程中,焦平面始终经过摆臂组件轴线,当超硬材料表面置于摆臂组件的旋转轴线高度时,在摆臂组件摆动过程中落在超硬材料表面的振镜中心Y方向扫描线始终保持在焦平面上,便于对超硬材料进行快速定位、加工。使用时,可通过激光刻蚀机的切割软件中调整扫描线的位置实现不同的离焦量,进而简化整平减薄过程中的定位操作。

[0021] 在实际加工的过程中,随摆臂组件摆角增大加工深度减小,整平精度提高。振镜扫描同时由工作台带动超硬材料运动,通过超硬材料与激光扫描线的相对运动完成加工面的整平、减薄任务,加工示意图如图所示。为实现更好加工效果可旋转摆臂组件摆角多次进行加工,采用高功率长脉宽进行粗加工,低功率窄脉宽进行精加工。

[0022] 可见,本发明的激光刻蚀机利用激光能量密度高,可控性好,速度快,精度高的特点,能够高效达到超硬材料表面整平、减薄的要求。摆臂组件的设计使得焦平面始终穿过摆臂组件旋转轴线,因而在不同摆角下大大节省定焦对刀时间。本发明利用激光加工技术非接触的特点可避免机械损伤层的产生,无需考虑超硬材料的导电性能,此外,本发明的激光加工避免了磨料、电极、磨削液等辅助化学溶液的损耗,节约成本的同时减少了环境污染。

附图说明

[0023] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,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:

[0024] 图1示意性示出了本发明的激光刻蚀机的立体图;

[0025] 图2示意性示出了本发明的激光刻蚀机的加工示意图;

[0026] 图3示意性示出了本发明的超硬材料加工方法流程图。

[0027] 其中,上述附图包括以下附图标记:

[0028] 10、机座;11、大理石减震底座;12、大理石支撑架;20、光路系统;21、激光器;22、同轴光路组件;221、镜筒;222、扩束器;223、光路同轴装置;224、成像系统;23、振镜;24、场镜;30、摆臂组件;31、摆臂旋转机构;32、摆臂;40、工作台;41、X轴平移台;42、Y轴平移台;43、Z轴升降台;44、旋转平台;50、控制箱;60、超硬材料。

具体实施方式

[0029] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0030] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0031] 需要说明的是,本申请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,以便这里描述的本申请的实施方式例如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。

[0032] 为了便于描述,在这里可以使用空间相对术语,如“在……之上”、“在……上方”、“在……上表面”、“上面的”等,用来描述如在图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系。应当理解的是,空间相对术语旨在包含除了器件在图中所描述的方位之外的在使用或操作中的不同方位。例如,如果附图中的器件被倒置,则描述为“在其他器件或构造上方”或“在其他器件或构造之上”的器件之后将被定位为“在其他器件或构造下方”或“在其他器件或构造之下”。因而,示例性术语“在……上方”可以包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。该器件也可以其他不同方式定位(旋转90度或处于其他方位),并且对这里所使用的空间相对描述作出相应解释。

[0033] 参见图1和图2所示,根据本发明的实施例,提供了一种激光刻蚀机,该激光刻蚀机包括机座10、光路系统20、摆臂组件30以及工作台40。

[0034] 其中,光路系统20包括激光器21、相机(图中未示出)、同轴光路组件22、振镜23以及场镜24,同轴光路组件22与激光器21以及相机连接,振镜23固定在同轴光路组件22远离激光器21的一端,场镜24固定连接在振镜23的底部;摆臂组件30安装在机座10上以带动同轴光路组件22摆动;工作台40可移动地安装在机座10上并位于场镜24的底部。

[0035] 实际工作的过程中,本实施例中的激光刻蚀机尤其适用于超超硬材料的表面平整化和厚度减薄,这里的超超硬材料例如可以是金刚石等结构。加工时,将超硬材料60放置在工作台40上,在激光刻蚀机上设定好振镜23的切割路径,开启激光器21,激光器21发射的激光路经同轴光路组件22汇入振镜23,经场镜24聚焦于超硬材料60的表面,对超硬材料60进行加工。

[0036] 超硬材料60可以随工作台40运动,摆臂组件30能够带动光路系统20摆动,摆动过程中,焦平面始终经过摆臂组件30轴线,当超硬材料60表面置于摆臂组件30的旋转轴线高度时,在摆臂组件30摆动过程中落在超硬材料60表面的振镜23中心Y方向扫描线始终保持在焦平面上,便于对超硬材料60进行快速加工。使用时,可通过激光刻蚀机的切割软件中调整扫描线的位置实现不同的离焦量,进而简化整平减薄过程中的定位操作。

[0037] 在实际加工的过程中,随摆臂组件30摆角增大加工深度减小,整平精度提高。振镜23扫描同时由工作台40带动超硬材料60运动,通过超硬材料60与激光扫描线的相对运动完成加工面的整平、减薄任务,加工示意图如图2所示。为实现更好加工效果可旋转摆臂组件30摆角多次进行加工,采用高功率长脉宽进行粗加工,低功率窄脉宽进行精加工。

[0038] 可见,本实施例的激光刻蚀机利用激光能量密度高,可控性好,速度快,精度高的特点,辅以测量-反馈的闭环加工方式,能够高效达到超硬材料表面整平、减薄的要求。摆臂组件30设计使得焦平面始终穿过摆臂组件30旋转轴线,因而在不同摆角下大大节省定焦对刀时间。本发明利用激光加工技术非接触的特点可避免机械损伤层的产生,无需考虑超硬材料的导电性能,此外,本发明的激光加工避免了磨料、电极、磨削液等辅助化学溶液的损耗,节约成本的同时减少了环境污染。

[0039] 参见图1所示,本实施例中的同轴光路组件22包括镜筒221、扩束器222、光路同轴装置223以及成像系统224。其中,镜筒221包括平行设置的激光镜筒器和相机镜筒,激光器镜筒与激光器21连接,相机镜筒与相机连接;扩束器222安装在激光器镜筒内;光路同轴装置223设置在激光器镜筒远离激光器21的一端;成像系统224安装在相机镜筒靠近相机的一端。通过本实施例中的扩束器222以及光路同轴装置223的作用,便于提高激光器21发出的激光能效,进而便于对超硬材料60进行快速加工,提高本实施例的激光刻蚀机的工作效率。实际安装时,相机镜筒内设置有镜片等结构,便于相机捕捉被加工的元件的形态。

[0040] 本实施例中的摆臂组件30包括摆臂旋转机构31和摆臂32,摆臂旋转机构31可转动地安装在机座10上;摆臂32的第一端安装在摆臂旋转机构31上,同轴光路组件22安装在摆臂32的第二端。当摆臂旋转机构31工作时,能够带动摆臂32旋转,确保在摆臂32摆动过程中焦平面始终经过摆臂旋转机构31的旋转轴线。

[0041] 本实施例中的摆臂旋转机构31还包括旋转轴和驱动电机,驱动电机安装在机座10上并与旋转轴驱动连接。工作时,驱动电机转动带动旋转轴转动,进而带动摆臂32摆动,使得光路系统20产生预定摆角,便于对超硬材料60进行加工。

[0042] 本实施例中的工作台40包括三轴移动平台和旋转平台44,其中三轴移动平台安装在机座10上;旋转平台44安装在三轴移动平台上。优选地,三轴移动平台包括X轴平移台41、Y轴平移台42以及Z轴升降台43,其中,X轴平移台41安装在机座10上;Y轴平移台42安装在X轴平移台41上;Z轴升降台43安装在Y轴平移台42上,旋转平台44安装在Z轴升降台43上。通过三轴移动平台和旋转平台44的作用,便于配合摆臂组件30调整激光倾斜入射方式。

[0043] 本实施例中的三轴移动平台可以是滑块丝杠配合连接的结构滑动结构,还可以是连接机构或者气缸滑块结构,只要是在本发明的构思下其他变形方式,均在本发明的保护范围之内。同样地,实际设计旋转平台44时,可以通道电机配合齿轮齿条的结构来驱动旋转平台实现旋转平台44的旋转功能,结构简单,便于实现。

[0044] 再次结合图1所示,本实施例中的机座10包括大理石减震底座11和大理石支撑架12,该工作台40安装在大理石减震底座11上;大理石支撑架12安装在大理石减震底座11上,光路系统20和摆臂组件30均安装在大理石支撑架12上,强度高,便于对整个激光刻蚀机进行减震和安装。当然,在本发明的其他实施例中,还可以采用其他材料来设置机座10,例如钢板加减震胶垫的结构,只要是在本发明的构思下的其他变形方式,均在本发明的保护范围之内。

[0045] 本实施例中的激光刻蚀机还包括控制箱50和计算机(图中未示出),计算机包括主机和显示器,该控制箱50以及计算机均设置在大理石支撑架12远离工作台40的底部,结构紧凑,能够降低整个激光刻蚀机的体积,控制箱50能够对整个激光刻蚀机供电和控制,计算机用以控制振镜确定激光扫描路径。

[0046] 参见图1至图3所示,根据本发明的另一方面,提供了一种超硬材料加工方法,该超硬材料加工方法采用上述的激光刻蚀机实现,超硬材料加工方法包括如下步骤:

[0047] 首先进行步骤S1:选取待加工的超硬材料60,对超硬材料60的表面进行清洗,确保超硬材料60的表面无杂质;再进行步骤S2:将清洗过的超硬材料60通过专用卡具固定于工作台40上;再进行步骤S3:调整光路系统20,同步调整激光焦点位置并在激光刻蚀机的计算机上设定振镜23的切割路径,使工作台40上的超硬材料60表面与激光扫描线产生相对运动;在步骤S3中,具体的运动关系有三种,第一种为超硬材料60运动,激光扫描线位置静止;第二种为超硬材料60静止,激光扫描线位置运动;第三种为超硬材料60和激光扫描线位置同时运动,具体根据实际的加工需求进行调整和设定;然后再进行步骤S4:使振镜23以第一预定偏角和第一预定功率密度对超硬材料表面进行快速整平和减薄,并利用工作台40改变整平和减薄方向,反复多次至满意效果,进而达到对超硬材料60进行快速粗加工的过程;最后进行步骤S5:使振镜23以高于第一预定偏角的第二预定偏角和低于第一预定功率密度的第二预定功率密度对超硬材料60表面进行精细整平和减薄,并利用工作台40改变整平和减薄方向,反复多次至满意效果,进而达到对超硬材料60进行精细加工的目的。

[0048] 本实施例中的振镜23的偏角由摆臂组件30进行调节。

[0049] 优选地,第一预定偏角为 35° 至 60° ,第二预定偏角为 60° 至 90° 。

[0050] 本实施例中的第一预定功率密度和第二预定功率密度根据实际的加工材料进行设计。

[0051] 具体地,将清洁好的待加工超硬材料60表面由专用卡具定位在摆臂组件30轴线高度;旋转摆臂32于 35° - 60° 间,视超硬材料60表面不平度而定。整平原理如图2所示,随摆角增大加工深度减小,整平精度提高。对于表面减薄优选 60° - 90° 间;振镜23扫描同时由工作台40带动超硬材料60运动,通过超硬材料60与激光扫描线的相对运动完成加工面的整平、减薄任务。为实现更好加工效果可旋转角度多次进行加工,采用高功率长脉宽进行粗加工,低功率窄脉宽进行精加工。

[0052] 从以上的描述中,可以看出,本发明上述的实施例实现了如下技术效果:

[0053] (1) 本发明利用激光能量密度高,可控性好,速度快,精度高的特点,辅以测量-反馈的闭环加工方式,能够高效达到超硬材料表面整平、减薄的要求。摆臂组件设计使得焦平面始终穿过摆臂轴线,因而在不同摆角下大大节省定焦对刀时间。

[0054] (2) 本发明利用激光加工技术非接触的特点可避免机械损伤层的产生。

[0055] (3) 本发明的非接触的加工方式避免了压力损伤;还能够对导电性差的材料及非导电的金刚石等进行加工,无需考虑材料导电性能。

[0056] (4) 本发明的激光加工避免了磨料、电极、磨削液等辅助化学溶液的损耗,节约成本的同时减少了环境污染。实际应用时,可以将在线测量、监测装置使用在本发明的装置中。

[0057] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

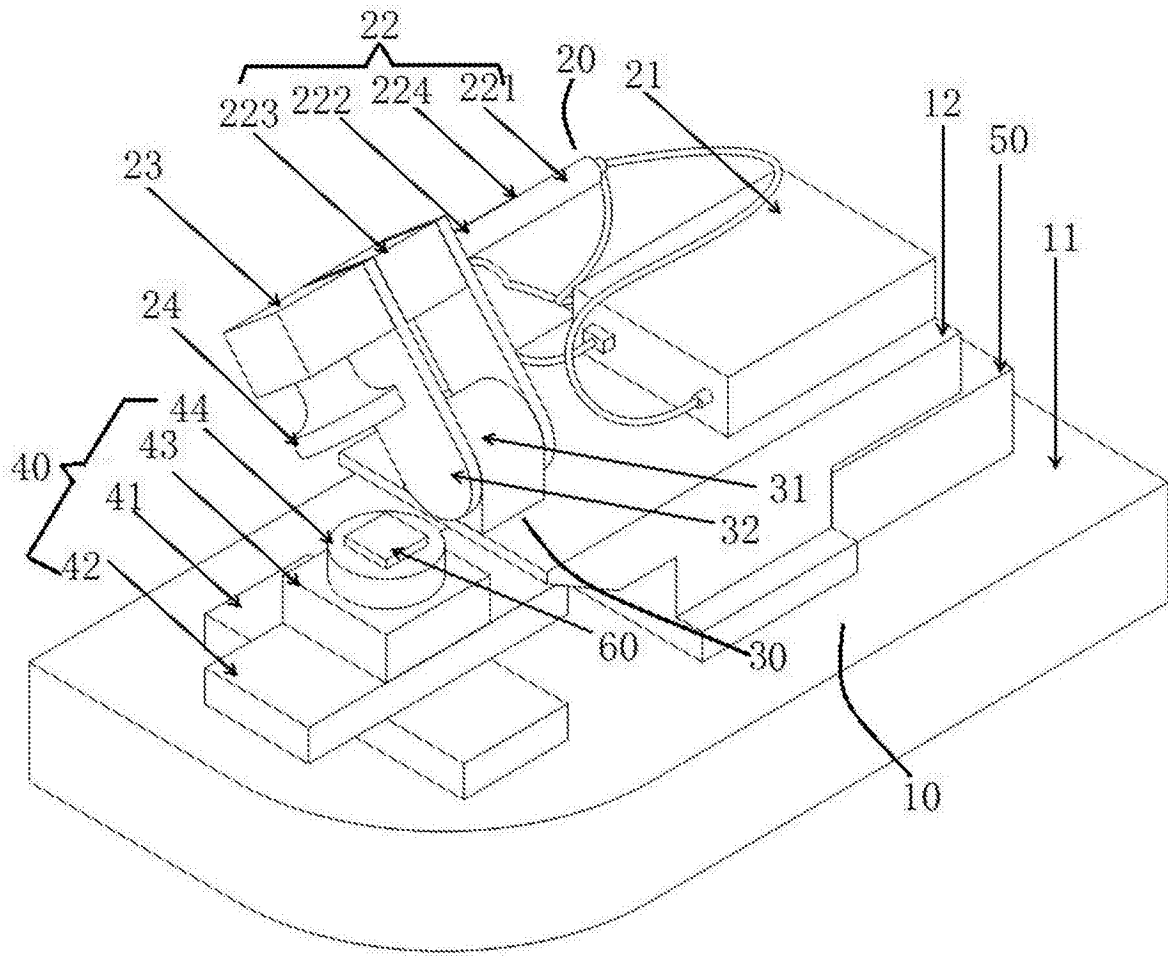


图1

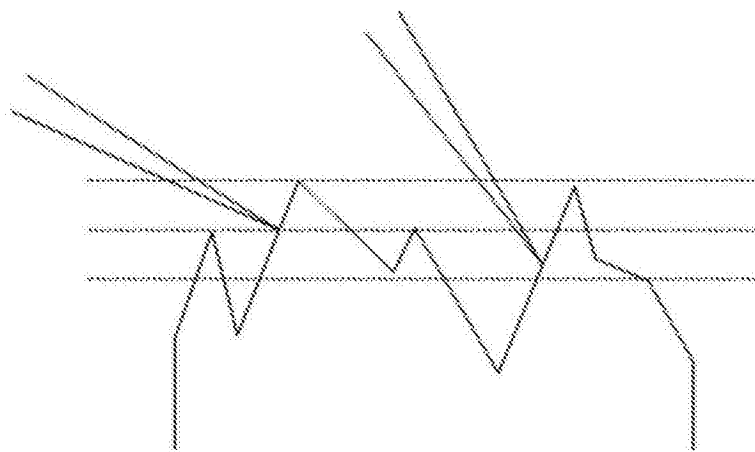


图2

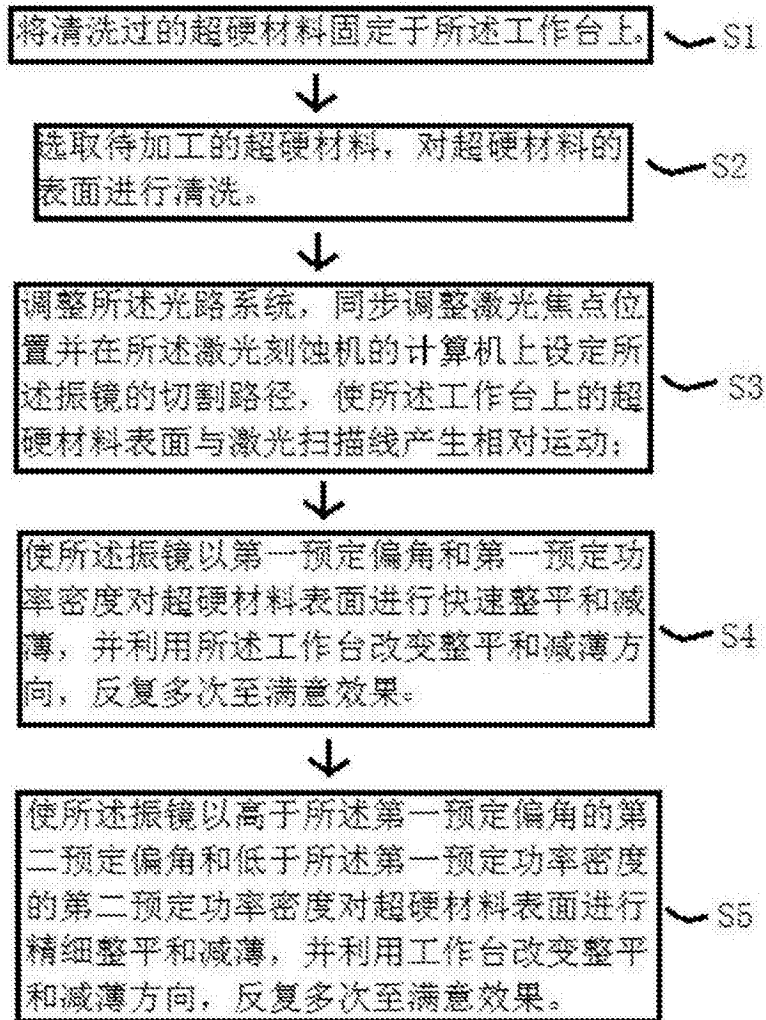


图3