



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115503232 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 23

(21) 申请号 202211188712.1

(22) 申请日 2022.09.28

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 王东 范熙如 张梦杰

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

专利代理师 夏健君

(51) Int. Cl.

B29C 64/20 (2017.01)

B29C 64/209 (2017.01)

B29C 64/129 (2017.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

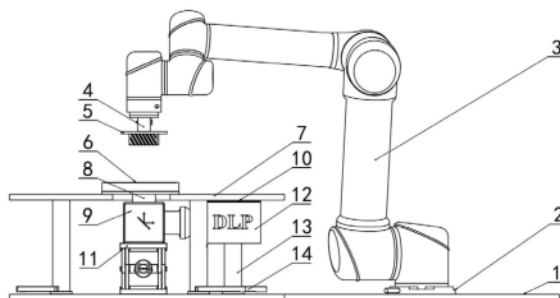
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

### (54) 发明名称

一种六自由度光固化3D打印装置及3D打印方法

### (57) 摘要

本发明涉及一种六自由度光固化3D打印装置及3D打印方法,装置包括底板、六轴机械臂、打印平台、支撑组件、数字光处理投影仪、分光组件、升降架和树脂槽,六轴机械臂、打印平台、支撑组件和升降架均设置在底板上,树脂槽安装在打印平台的上方;打印平台受多个支撑组件支撑,分光组件受升降架支撑,数字光处理投影仪受一个支撑组件支撑,并通过滑轨连接打印平台,分光组件分别正对数字光处理投影仪和树脂槽;六轴机械臂的末端连接有打印板。与现有技术相比,本发明可在制造过程中改变材料的积累方向,既可实现曲面结构件的无支撑快速打印,又可提升打印精度和断裂强度,从而实现复杂曲面结构件的高精度高强度快速制造。



1. 一种六自由度光固化3D打印装置,其特征在于,包括底板(1)、六轴机械臂(3)、打印平台(7)、支撑组件、数字光处理投影仪(12)、分光组件(9)、升降架(11)和树脂槽(6),所述六轴机械臂(3)、打印平台(7)、支撑组件和升降架(11)均设置在所述底板(1)上,所述树脂槽(6)安装在所述打印平台(7)的上方,所述数字光处理投影仪(12)和分光组件(9)均位于打印平台(7)的下方;

所述打印平台(7)受多个支撑组件支撑,所述分光组件(9)受所述升降架(11)支撑,所述数字光处理投影仪(12)受一个支撑组件支撑,并通过滑轨(10)连接打印平台(7),所述分光组件(9)分别正对数字光处理投影仪(12)和树脂槽(6),用于将数字光处理投影仪(12)的投影光束聚焦到树脂槽(6)的底部;所述六轴机械臂(3)的末端连接有打印板(5),该打印板(5)的底面为打印平面,所述打印板(5)与树脂槽(6)相配合。

2. 根据权利要求1所述的一种六自由度光固化3D打印装置,其特征在于,所述分光组件(9)包括分光镜架(902)和分光镜片(901),所述分光镜片(901)设置在分光镜架(902)内,所述分光镜片(901)和分光镜架(902)设置在升降架(11)上,所述分光镜片(901)分别正对数字光处理投影仪(12)和树脂槽(6)。

3. 根据权利要求1所述的一种六自由度光固化3D打印装置,其特征在于,所述支撑组件包括接杆(13)和叉式压块(14),所述接杆(13)固定在叉式压块(14)上,用于支撑数字光处理投影仪(12)或打印平台(7),所述叉式压块(14)固定在底板(1)上。

4. 根据权利要求1所述的一种六自由度光固化3D打印装置,其特征在于,所述六轴机械臂(3)通过法兰固定座(2)安装在底座(1)上、通过法兰联轴器(4)连接所述打印板(5)。

5. 根据权利要求1所述的一种六自由度光固化3D打印装置,其特征在于,所述数字光处理投影仪(12)设有用于聚焦和准直投影光线的透镜(121)。

6. 根据权利要求1所述的一种六自由度光固化3D打印装置,其特征在于,所述树脂槽(6)内放置有光敏树脂材料。

7. 一种如权利要求1-6任一所述的一种六自由度光固化3D打印装置的3D打印方法,其特征在于,包括以下步骤:

调整各个支撑组件,使得打印平台(7)和树脂槽(6)达到水平状态;通过数字光处理投影仪(12)在滑轨(10)上滑动,调整数字光处理投影仪(12)与分光组件(9)间的距离;通过调整升降架(11),使得分光组件(9)与数字光处理投影仪(12)对齐,使得投影光束聚焦到树脂槽(6)的底部;

控制六轴机械臂(3)调整打印板(5)与树脂槽(6)地面的距离为切片一层厚度,控制打印板(5)与树脂槽(6)底面的夹角,使打印板(5)与设定的树脂材料积累方向垂直;

控制数字光处理投影仪(12)投影当前层的投影图案,进行当前层的打印,所述投影图案每个像素点的灰度值与打印板(5)到树脂槽(6)底面距离相适应;

完成当前层的打印后,控制六轴机械臂(3)调整打印板(5)沿树脂材料积累方向提升一定距离,并移动至下一层高度,并控制打印板(5)与树脂槽(6)底面的夹角,使打印板(5)与设定的树脂材料积累方向垂直,然后通过数字光处理投影仪(12)进行当前层的打印;

循环进行每层的打印,直至得到最终的打印产品。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

当需要改变起始材料积累平面时,控制六轴机械臂(3)使打印板(5)移动另一凸体材料

开始积累的初始位置上依照另一方向进行材料积累打印。

## 一种六自由度光固化3D打印装置及3D打印方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及3D打印技术领域,尤其是涉及一种六自由度光固化3D打印装置及3D打印方法。

### 背景技术

[0002] 3D打印,是一种以数字模型文件为基础,将部件离散成二维图形或路径,通过逐层叠加的方式构造三维物体的快速成型技术。对比于传统制造方法,3D打印因具有制造高精度复杂三维结构、节省材料、方便快捷等优点,已被应用在航空航天、生物医药、电子、汽车等国民经济领域。

[0003] 光固化3D打印技术具有打印速度快打印精度高等优点,是当前应用最广泛的3D打印技术之一。其中,数字光处理(digital light procession,DLP)技术通过紫外光面投影将三维结构快速图案化,能精确控制光敏数值的局部光固化,是一种高精度、快速度、跨尺度的3D打印技术。

[0004] 采用DLP技术的上拉式光固化3D打印普遍沿一个固定方向的逐层曝光打印。其通过计算机技术沿Z轴对数字模型进行切片,生成一组平行于X-Y平面的二维层片。3D打印装置底部投影仪将二维层片形状投影至成型平面,其所发出的紫外光将光敏树脂固化得到二维层片,通过电机控制打印机的成型平台沿Z轴上拉,光敏树脂逐层固化累加形成3D模型。

[0005] 然而,由于固定方向的逐层曝光打印,导致以下缺陷:

[0006] (1) 打印具有复杂曲面结构件时往往需要在悬空处增加额外的支撑结构,降低了打印速度和精度;

[0007] (2) 打印结构尺寸受液槽大小限制,难以制作弯曲的细长曲面结构;

[0008] (3) 结构件在Z轴方向的精度和强度一般弱于X和Y方向。因此,现有技术难以实现复杂曲面结构的高精度高性能快速制造,还有待于改进和发展。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在现有DLP光固化3D打印装置灵活性低、精度和强度不均一、尺寸受限、难以快速制造复杂曲面结构件的缺陷而提供一种六自由度光固化3D打印装置及3D打印方法。

[0010] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0011] 一种六自由度光固化3D打印装置,包括底板、六轴机械臂、打印平台、支撑组件、数字光处理投影仪、分光组件、升降架和树脂槽,所述六轴机械臂、打印平台、支撑组件和升降架均设置在所述底板上,所述树脂槽安装在所述打印平台的上方,所述数字光处理投影仪和分光组件均位于打印平台的下方;

[0012] 所述打印平台受多个支撑组件支撑,所述分光组件受所述升降架支撑,所述数字光处理投影仪受一个支撑组件支撑,并通过滑轨连接打印平台,所述分光组件分别正对数字光处理投影仪和树脂槽,用于将数字光处理投影仪的投影光束聚焦到树脂槽的底部;所

述六轴机械臂的末端连接有打印板,该打印板的底面为打印平面,所述打印板与树脂槽相配合。

[0013] 进一步地,所述分光组件包括分光镜架和分光镜片,所述分光镜片设置在分光镜架内,所述分光镜片和分光镜架设置在升降架上,所述分光镜片分别正对数字光处理投影仪和树脂槽。

[0014] 进一步地,所述支撑组件包括接杆和叉式压块,所述接杆固定在叉式压块上,用于支撑数字光处理投影仪或打印平台,所述叉式压块固定在底板上。

[0015] 进一步地,所述六轴机械臂通过法兰固定座安装在底座上、通过法兰联轴器连接所述打印板。

[0016] 进一步地,所述数字光处理投影仪设有用于聚焦和准直投影光线的透镜。

[0017] 进一步地,所述树脂槽内放置有光敏树脂材料。

[0018] 本发明还提供一种如上所述的一种六自由度光固化3D打印装置的3D打印方法,包括以下步骤:

[0019] 调整各个支撑组件,使得打印平台和树脂槽达到水平状态;通过数字光处理投影仪在滑轨上滑动,调整数字光处理投影仪与分光组件间的距离;通过调整升降架,使得分光组件与数字光处理投影仪对齐,使得投影光束聚焦到树脂槽的底部;

[0020] 控制六轴机械臂调整打印板与树脂槽地面的距离为切片一层厚度,控制打印板与树脂槽底面的夹角,使打印板与设定的树脂材料积累方向垂直;

[0021] 控制数字光处理投影仪投影当前层的投影图案,进行当前层的打印,所述投影图案每个像素点的灰度值与打印板到树脂槽底面距离相适应;

[0022] 完成当前层的打印后,控制六轴机械臂调整打印板沿树脂材料积累方向提升一定距离,并移动至下一层高度,并控制打印板与树脂槽底面的夹角,使打印板与设定的树脂材料积累方向垂直,然后通过数字光处理投影仪进行当前层的打印;

[0023] 循环进行每层的打印,直至得到最终的打印产品。

[0024] 进一步地,所述方法还包括:

[0025] 当需要改变起始材料积累平面时,控制六轴机械臂使打印板移动另一凸体材料开始积累的初始位置上依照另一方向进行材料积累打印。

[0026] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0027] (1) 本发明通过采用六轴机械臂使打印板具有六个自由度,通过旋转调节打印平面与树脂槽底部夹角可以以更高精度高效打印具有更加复杂结构的几何体。同时,拓展了打印范围,可以打印几何尺度更大的几何体。

[0028] (2) 本发明采用可以精确控制光敏数值的数字光处理投影仪,可以通过改变光强使由于非平面旋转而形成的不均匀厚度层片均匀固化,保证了打印件的精度和可靠性。

## 附图说明

[0029] 图1为本发明实施例中提供的一种六自由度光固化3D打印机的整体结构示意图;

[0030] 图2为本发明实施例中提供的一种光学元件与升降架的结构示意图;

[0031] 图3为本发明实施例中提供的一种六自由度光固化3D打印方法的流程示意图;

[0032] 图中,1、底板;2、法兰安装座;3、六轴机械臂;4、法兰联轴器;5、打印板;6、树脂槽;

7、打印平台；8、紫外光束；9、分光组件；10、滑轨；11、升降架；12、数字光处理投影仪；13、接杆；14、叉式压块；111、升降架调节杆；121、透镜；901、分光镜片；902、分光镜架。

### 具体实施方式

[0033] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，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，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0034] 因此，以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0035] 应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0036] 在本发明的描述中，需要说明的是，术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“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，或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系，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。

[0037] 需要说明的是，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。在本申请的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

[0038] 此外，术语“水平”、“竖直”等术语并不表示要求部件绝对水平或悬垂，而是可以稍微倾斜。如“水平”仅仅是指其方向相对“竖直”而言更加水平，并不是表示该结构一定要完全水平，而是可以稍微倾斜。

#### [0039] 实施例1

[0040] 经发明人研究发现，传统光固化打印装置仅有三个自由度，打印方式灵活性较低，对于具有复杂结构的几何体往往需要在悬空处增加额外的支撑结构，同时斜面打印可能产生阶梯形状，打印精度受到影响。针对以上技术问题，本发明提供了一种六自由度光固化3D打印装置及其打印方法，其中，该光固化3D打印装置包括底板；打印平台，升降架，支撑装置，设置在所述底板上；六轴机械臂，设置在所述底板上；打印平台，设置在所述支撑装置上；打印板，设置在所述六轴机械臂上；树脂槽，设置在所述打印平台上并位于所述打印板下方；光学组件，设置在所述升降架上并位于打印平台下方。本发明利用六自由度机械臂建立了一个六自由度光固化3D打印装置。该机械臂有六个转动关节，具有较高的灵活性，在制造过程中可以改变材料的积累方向。故本发明可以对每个层片进行自由操作，从而以更高的质量和效率制造结构更加复杂的几何体，为柔性器件、软体驱动器等的一体化成型具有重大意义。

[0041] 请同时参阅图1和图2，本发明提供了一种六自由度光固化3D打印装置的较佳实施

例。

[0042] 如图1所示,本发明提供了一种六自由度光固化3D打印机,该六自由度光固化3D打印机包括:底板1、六轴机械臂3、打印平台7、支撑组件、数字光处理投影仪12、分光组件9、升降架11和树脂槽6,六轴机械臂3、打印平台7、支撑组件和升降架11均设置在底板1上,树脂槽6安装在打印平台7的上方,数字光处理投影仪12和分光组件9均位于打印平台7的下方;

[0043] 打印平台7受多个支撑组件支撑,分光组件9受升降架11支撑,数字光处理投影仪12受一个支撑组件支撑,并通过滑轨10连接打印平台7,分光组件9分别正对数字光处理投影仪12和树脂槽6,用于将数字光处理投影仪12的投影光束聚焦到树脂槽6的底部;六轴机械臂3的末端连接有打印板5,该打印板5的底面为打印平面,打印板5与树脂槽6相配合。

[0044] 分光组件9包括分光镜架902和分光镜片901,分光镜片901设置在分光镜架902内,分光镜片901和分光镜架902设置在升降架11上,分光镜片901分别正对数字光处理投影仪12和树脂槽6。

[0045] 支撑组件包括接杆13和叉式压块14,接杆13固定在叉式压块14上,用于支撑数字光处理投影仪12或打印平台7,叉式压块14固定在底板1上。接杆13设置有四个,由叉式压块14分别固定底板1上以支撑打印平台7。

[0046] 六轴机械臂3通过法兰固定座2安装在底座1上、通过法兰联轴器4连接打印板5。六轴机械臂3为具有六个转动副的六自由度机械臂,打印板5通过法兰联轴器与六轴机械臂3的末端执行器法兰连接,六轴机械臂3可带动打印板5变换位姿,使得打印板也具有六个自由度。另外,树脂槽6内放置有树脂材料,可在数字光处理投影仪12发出紫外光束8照射下固化在打印板5上。

[0047] 数字光处理投影仪12固定在滑轨10设置在打印平台下方,数字光处理投影仪内含有透镜121,用于聚焦和准直投影光线,分光镜片901和分光镜架902组合使投影仪投影图案聚焦在树脂槽6底部。

[0048] 上述六自由度光固化3D打印装置的打印方法包括以下步骤:

[0049] 调整各个支撑组件,使得打印平台7和树脂槽6达到水平状态;通过数字光处理投影仪12在滑轨10上滑动,调整数字光处理投影仪12与分光组件9间的距离;通过调整升降架11,使得分光组件9与数字光处理投影仪12对齐,使得投影光束聚焦到树脂槽6的底部;

[0050] 控制六轴机械臂3调整打印板5与树脂槽6地面的距离为切片一层厚度,控制打印板5与树脂槽6底面的夹角,使打印板5与设定的树脂材料积累方向垂直;

[0051] 控制数字光处理投影仪12投影当前层的投影图案,进行当前层的打印,投影图案每个像素点的灰度值与打印板5到树脂槽6底面距离相适应;

[0052] 完成当前层的打印后,控制六轴机械臂3调整打印板5沿树脂材料积累方向提升一定距离,并移动至下一层高度,并控制打印板5与树脂槽6底面的夹角,使打印板5与设定的树脂材料积累方向垂直,然后通过数字光处理投影仪12进行当前层的打印;

[0053] 当需要改变起始材料积累平面时,控制六轴机械臂3使打印板5移动另一凸体材料开始积累的初始位置上依照另一方向进行材料积累打印。

[0054] 循环进行每层的打印,直至得到最终的打印产品;

[0055] 本实施例中的打印过程具体为:

[0056] 打印时,首先需要调节各硬件的位置,其具体为:调节接杆和叉式压块使所述打印

平台7和树脂槽达到水平状态;用滑轨10调节数字光处理投影仪12与分光镜9的距离,用升降架调节杆111控制升降架11调节分光镜9至与数字光处理投影仪12对齐,使投影图案能聚焦与树脂槽6的底部。

[0057] 其次,将打印件的3D模型切片处理,将法线方向不同的层片生成对应的图片。确定好每个层片的图案形状和法线方向后,根据层片的厚度确定图案每个像素点的灰度值,设置打印参数。当打印参数设置完毕后,通过所述六轴机械臂3来控制打印板5移动到与所述树脂槽6底面一层厚度的距离,然后旋转使打印板5垂直于层片法线方向,其后,所述数字光处理投影仪12投影对应当前层的投影灰度图案。例如,当打印第一层时,将打印板调节至与树脂槽6底面间隔第一层厚度,当打印板5上升后,树脂槽6内树脂会将树脂槽6与打印板5之间的间隙填满。然后调整六轴机械臂3旋转打印板5平面与层片法向量方向垂直,由于非平面旋转使得打印板5与树脂槽6间隔厚度不均匀,因此应调整数字光处理投影仪12投影图案各像素点的灰度值使得在设定光照时间受到投影图案照射的液态树脂可以充分均匀固化。具体地,应确定合适旋转角度值避免打印板5与树脂槽6发生碰撞。该层片固化成型后,所述六轴机械臂将3打印板5竖直向上提升一定距离并移动至下一层高度,再旋转调整打印板与下一层层片法向量垂直,以确保树脂可以完全填充新一层的厚度。当所述打印板5调节至第二层位置且树脂已经填满第二层厚度时,数字光处理投影仪12投射第二层形状的灰度图案至树脂槽6底面,使第二层固化成型,反复操作即可层叠式地打印出模型。

[0058] 其中,若待打印几何体为凹体或具有较多悬空结构,可以将其分割为若干个材料积累方向不同的凸体的组合,在完成一个凸体打印后调节六轴机械臂3使打印板5移动另一凸体材料开始积累的初始位置上依照另一方向进行材料积累,从而分步高精度打印出复杂的三维几何体。当调节六轴机械臂3时应注意不能产生运动冲突,这需要在进行几何体分割时充分考虑六轴机械臂3的运动轨迹规划问题,设计好打印路线。

[0059] 需要说明的是,在设置打印参数时,可以实验总结树脂材料在一定光强下所需要打印时间及对应的片层厚度,建立投影图案灰度值和光强以及光强和打印参数的对应关系。根据每个片层的形状调节适当的光强和打印时间。

[0060] 请参阅图3,在一些实施例中,本发明还提供了一种六自由度光固化3D打印机的打印方法,应用于上述的六自由度光固化3D打印机中,所述方法包括步骤:

[0061] S1、调节升降架使分光镜处于合适高度,然后调节数字光处理投影仪在滑轨上的位置使投影图案聚焦于树脂槽的底面;其中,所述树脂槽内放置有液体树脂材料,可以在投影光线的照射下依照投影图案发生固化。所述数字光处理投影仪可以根据投影图案灰度值改变图案像素点的光强。具体如一种六自由度光固化3D打印装置的实施例所述,在此不再赘述。

[0062] S2、控制六轴机械臂将打印板移动至与树脂槽底面之间距离大小为切片一层厚度,旋转打印板使其与当前打印层层片法向量方向垂直。具体如一种六自由度光固化3D打印装置的实施例所述,在此不再赘述。

[0063] S3、,以完成当前层的打印。若下一层的起始材料积累平面与当前层打印完成面一致,则通过控制六轴机械臂将打印板抬高一定距离后再移动至下一层位置,并旋转打印板使其与下一层层片法向量方向垂直。具体如一种六自由度光固化3D打印装置的实施例所述,在此不再赘述。



[0064] 在一些实施例中,所述方法还包括步骤:

[0065] S4、当需要改变起始材料积累平面时,控制六轴机械臂使打印板移动另一凸体材料开始积累的初始位置上依照另一方向进行材料积累。

[0066] 具体地,当下一层的起始材料积累平面与当前层打印完成面不一致的时候,即下一层打印平面为已打印完成部分的其他位置,则控制六轴机械臂使下一层打印平面与树脂槽底部平行,下一层打印平面与树脂槽底面之间距离大小为切片一层厚度,旋转使其与下一打印层层片法向量方向垂直。

[0067] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思做出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

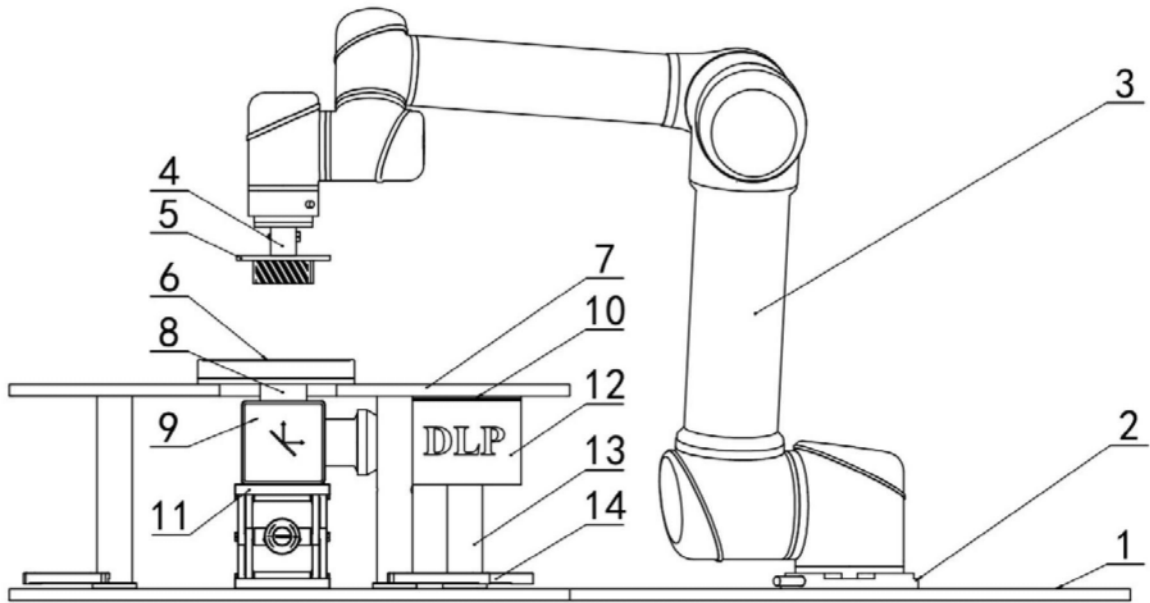


图1

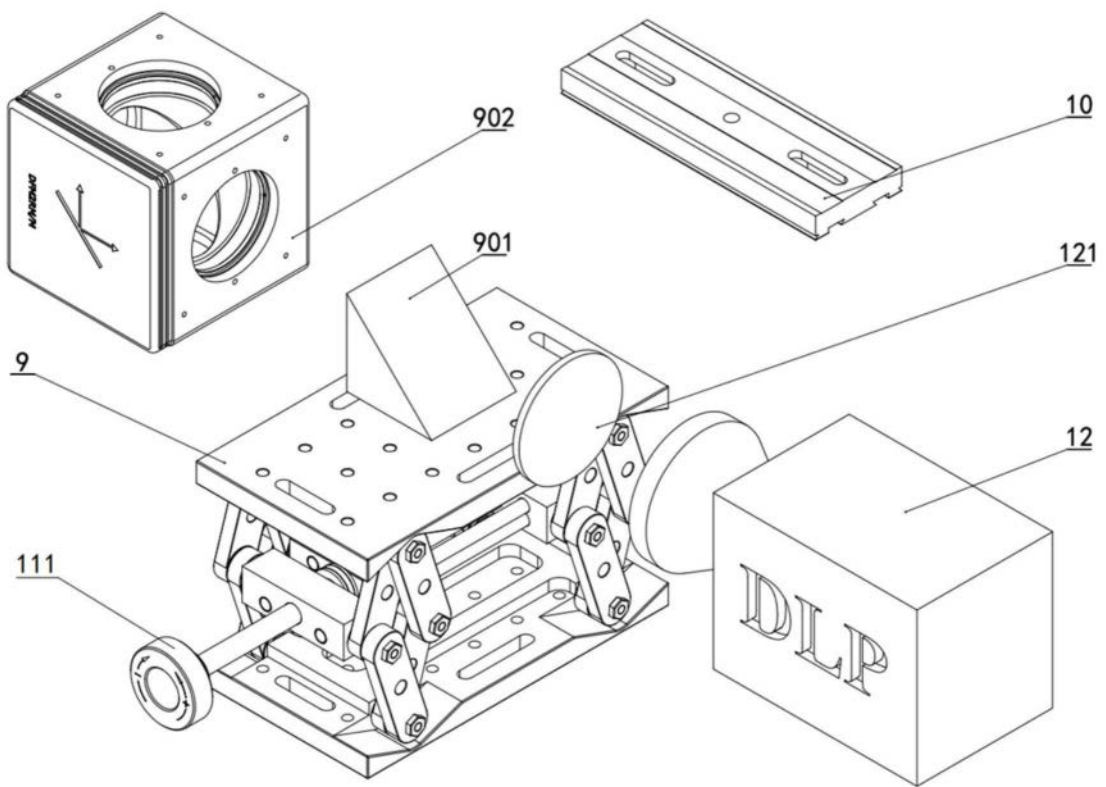


图2

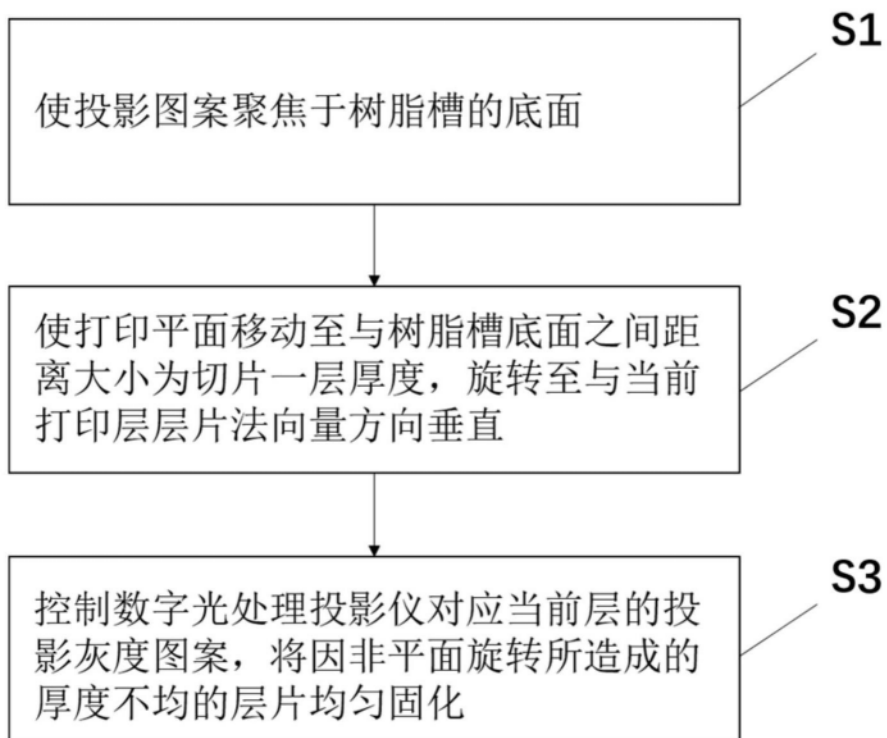


图3