



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103978686 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201410181616. 3

(56) 对比文件

(22) 申请日 2014. 04. 30

US 6930278 B1, 2005. 08. 16, 说明书第 3 栏
第 21 行 - 第 7 样第 14 行, 附图 1-3.

(73) 专利权人 中国科学院化学研究所

CN 102787333 A, 2012. 11. 21, 说明书第
0006-0008 段, 附图 1.

地址 100190 北京市海淀区中关村北一街 2
号

审查员 穆江峰

专利权人 中国科学院半导体研究所

(72) 发明人 林学春 陈寒 张志研 赵树森
于海娟 符文鑫 马永梅 孙文华
徐坚 董金勇 李春成

(74) 专利代理机构 北京庆峰财智知识产权代理
事务所 (普通合伙) 11417
代理人 刘元霞 谢蓉

(51) Int. Cl.

B29C 67/00(2006. 01)

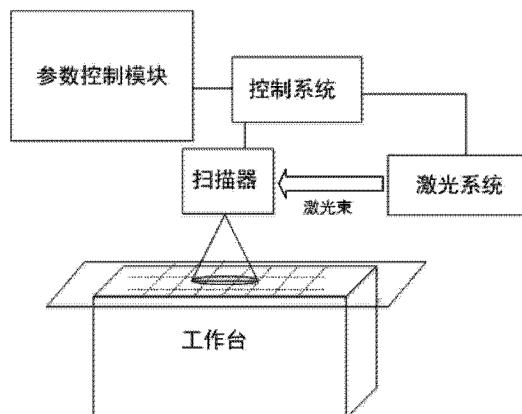
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种应用光纤耦合输出激光的 3D 打印高分子材料系统

(57) 摘要

本发明提供一种应用光纤耦合输出激光的 3D 打印高分子材料系统, 该系统用于改善高分子材料 3D 打印制件质量。利用光纤耦合方式整形 3D 打印机加工所用激光源的输出光斑, 实现光束能量的重新分布, 即让原本成环形状、强度由中心向外渐变减弱的输出光斑变为强度均匀分布的光斑, 可以解决高分子材料因耐热性差而导致在不均匀的温度场下, 成型制件易翘曲变形的问题。同时该系统借助参数控制模块, 可以得到不同高分子材料的适宜加工参数, 其包括激光功率和激光扫描速度。在该适宜加工参数下, 可以实现高分子材料吸收的能量与所需的熔融能量相匹配, 以防止过度加工导致材料分解气化。



1. 一种应用光纤耦合输出激光的 3D 打印高分子材料系统, 其特征在于, 该系统包括: 参数控制模块、控制系统、激光系统、扫描系统; 参数控制模块计算得到不同种类高分子材料的加工参数, 该参数包括激光功率和激光扫描速度; 然后将该激光功率和激光扫描速度信号传输给控制系统; 控制系统包括两个控制模块: 激光功率控制器和扫描速度控制器, 二者分别接收对应的参数信号; 激光功率控制器根据从参数控制模块接收到的激光功率信号向激光系统传输功率控制信号; 扫描速度控制器根据从参数控制模块接收到的扫描速度信号向扫描系统传输扫描速度控制信号; 激光系统中的激光器驱动电源接收功率控制信号, 调节其输出电流, 用以控制激光系统中的脉冲激光器的输出功率; 脉冲激光器的激光经过激光系统中的光纤耦合输出模块输出; 扫描系统中的支架驱动系统接收扫描速度控制信号, 调节装有激光振镜的支架中心轴的旋转速度, 用以控制激光扫描速度;

其中激光系统中的激光经过光纤耦合输出, 光纤与激光器的耦合方式为直接耦合、单透镜耦合或三透镜耦合。

2. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 参数控制模块计算得到该材料的加工参数的方法为: 该参数控制模块中事先输入各类高分子材料的物理特性参数, 物理特性参数包括比热容、比重、所需预热温度、需达到的加工温度; 并在参数控制模块设置一定的激光功率及激光扫描速度, 参数控制模块基于光纤耦合输出光斑的直径及铺粉厚度计算得到单位体积粉末在一次扫描下所吸收的能量, 该吸收能量依赖于激光功率与激光扫描速度; 然后根据比热容、预热温度及需达到的加工温度计算得到单位体积粉末所需的熔融能量; 若该所需的熔融能量与前面计算得到的一次扫描过程能吸收的能量存在差异, 则参数控制模块自动修正激光功率及激光扫描速度, 再重复以上计算过程, 直到二者能量相当, 进而得到最佳的加工参数。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的系统, 其特征在于, 其中的脉冲激光器为光纤激光器或固体激光器, 其功率在 1~100W 之间连续可调。

4. 根据权利要求 1 或 2 中任一项所述的系统, 其特征在于, 该系统所使用的高分子材料包括尼龙 6(PA6)、尼龙 66(PA66)、尼龙 12(PA12)、聚苯乙烯(PS)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)、聚酰亚胺(PI)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚甲醛(POM)、聚碳酸酯(PC)、聚氯乙烯(PVC)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)、聚苯醚(PPO)、聚乳酸(PLA)或聚醚醚酮(PEEK)。

5. 根据权利要求 3 所述的系统, 其特征在于, 该系统所使用的高分子材料包括尼龙 6(PA6)、尼龙 66(PA66)、尼龙 12(PA12)、聚苯乙烯(PS)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)、聚酰亚胺(PI)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚甲醛(POM)、聚碳酸酯(PC)、聚氯乙烯(PVC)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)、聚苯醚(PPO)、聚乳酸(PLA)或聚醚醚酮(PEEK)。

6. 根据权利要求 1、2、5 中任一项所述的系统, 其特征在于, 用于耦合的光纤为传能石英光纤, 其包括 HCS(Hard Clad Silica) 石英包层光纤、PCS(Plastic Clad Silica) 塑料包层光纤或 PCS-TECS(Technology Clad Silica) 技术增强型包层光纤。

7. 根据权利要求 3 所述的系统, 其特征在于, 用于耦合的光纤为传能石英光纤, 其包括 HCS(Hard Clad Silica) 石英包层光纤、PCS(Plastic Clad Silica) 塑料包层光纤或 PCS-TECS(Technology Clad Silica) 技术增强型包层光纤。

8. 根据权利要求 4 所述的系统, 其特征在于, 用于耦合的光纤为传能石英光纤, 其包括 HCS(Hard Clad Silica) 石英包层光纤、PCS(Plastic Clad Silica) 塑料包层光纤或 PCS-TECS(Technology Clad Silica) 技术增强型包层光纤。

9. 根据权利要求 1、2、5、7、8 中任一项所述的系统, 其特征在于, 其中光纤头处理为铲形、半球形或锥形。

10. 根据权利要求 3 所述的系统, 其特征在于, 其中光纤头处理为铲形、半球形或锥形。

11. 根据权利要求 4 所述的系统, 其特征在于, 其中光纤头处理为铲形、半球形或锥形。

12. 根据权利要求 6 所述的系统, 其特征在于, 其中光纤头处理为铲形、半球形或锥形。

一种应用光纤耦合输出激光的 3D 打印高分子材料系统

技术领域

[0001] 本发明涉及激光加工技术领域，具体涉及一种用于优化高分子材料 3D 打印制件质量的应用光纤耦合输出激光的 3D 打印高分子材料系统。

背景技术

[0002] 以激光作为加工能源的激光快速成型是 3D 技术的重要组成部分，它集成了 CAD 技术、数控技术、激光技术和材料科学等现代科技成果。不同于传统的去除成型、拼合成型及受迫成型等加工方法，激光快速成型 (Laser Rapid Prototyping, LRP) 是基于积累成型的思想来制造塑料、陶瓷、金属及各种复合材料实体模型。激光快速成型首先要用 CAD 生成三维实体模型，然后基于软件分层以获取每个薄层断面的二维数据，用于驱动控制激光光束对粉末层进行扫描。激光束在粉末颗粒表面的热效应导致粉末颗粒表面熔化，互相粘合在一起，从而加工出要求形状的薄层。然后再铺下一层粉末，重复以上过程，新的一层和前一层自然烧结在一起，逐层累积形成实体模型，最后去除未烧结的粉末，得到成型制件。

[0003] 该方法适用的材料范围广，其中高分子材料是所使用的主流材料类型之一。对于高分子材料来说，其利用激光加工成型存在的主要问题是：激光能量的类高斯分布会导致照射区中心位置吸收的能量大，温升快、收缩大；而外围照射区吸收能量下，温升慢、收缩小。这样不一致的收缩变形会使粉末之间产生应力，发生翘曲。此外，局部温度过高处的高分子材料易烧灼气化。已有多个专利从高分子材料改性的角度出发，通过改进及优化粉末的制备工艺，以达到改善高分子材料 3D 打印制件质量的目的。本发明是从优化 3D 打印所用激光的角度提出解决方法。

发明内容

[0004] 本发明针对高分子材料加工过程中由于受热不均导致制件翘曲变形的问题，提供一种应用光纤耦合输出激光的 3D 打印高分子材料系统。该系统基于改善激光输出能量分布以实现高分子材料加工区温度场均匀分布，从而优化制件质量。该方法是在加工用激光源中引入光纤耦合模块。初始产生的激光利用不同的方式耦合入光纤，然后经过光纤传输，最终由光纤的另一端输出。该光纤耦合模块的作用是令成环形状、强度由中心向外渐变减弱的输出光斑变为强度均匀分布的光斑。具体发明内容如下：

[0005] 一种应用光纤耦合输出激光的 3D 打印高分子材料系统。其包括参数控制模块、控制系统、激光系统、扫描系统。参数控制模块计算得到不同种类高分子材料加工的参数，然后将该参数信号传输给控制系统。控制系统包括两个控制模块：激光功率控制器和扫描速度控制器，二者分别接收对应的参数信号。激光功率控制器根据由参数控制模块接收到的激光功率信号向激光系统传输功率控制信号。扫描速度控制系统根据由参数控制模块接收到的扫描速度信号向扫描系统传输扫描速度控制信号。激光系统中的激光器驱动电源系统接收功率控制信号，调节其输出电流，用以控制激光器的输出功率；脉冲激光器的激光经过激光系统中的光纤耦合输出模块输出。扫描系统中的支架驱动系统接收扫描速度控制信

号,调节装有激光振镜的支架中心轴的旋转速度,用以控制激光扫描速度。

[0006] 3D 打印机加工所用激光光源输出光斑强度均匀分布,在参数控制模块给出的加工参数下,可以实现高分子材料吸收的能量与所需的熔融能量相匹配,以防止过度加工导致材料分解气化,以此改善高分子材料 3D 打印制件质量。

[0007] 其中参数控制模块计算得到该材料的加工参数的方法为:该参数控制模块中事先输入各类高分子材料的物理特性参数,物理特性参数包括比热容、比重、所需预热温度、需达到的加工温度;并在参数控制模块设置一定的激光功率及激光扫描速度,参数控制模块基于光纤耦合输出光斑的直径及铺粉厚度计算得到单位体积粉末在一次扫描下所吸收的能量,该吸收能量依赖于激光功率与激光扫描速度;然后根据比热容、预热温度及需达到的加工温度计算得到单位体积粉末所需的熔融能量;若该所需的熔融能量与前面计算得到的一次扫描过程能吸收的能量存在差异,则参数控制模块自动修正激光功率及激光扫描速度,再重复以上计算过程,直到二者能量相当,进而得到最佳的加工参数。

[0008] 该控制系统包括激光功率控制器、扫描速度控制器。激光功率控制器的作用是接收参数控制模块给出的高分子材料加工所需的激光功率。扫描速度控制器的作用是接收参数控制模块给出的高分子材料加工所需的扫描速度。

[0009] 该激光系统包括激光器驱动电源、脉冲激光器和光纤耦合输出模块。其中的驱动电源能接收控制系统的指令,设定不同的工作电流,实现激光功率的调节。其中的脉冲激光器可以为光纤激光器或固体激光器,其功率在 1-100W 之间连续可调,激光经过光纤耦合输出。

[0010] 该扫描系统,其包括激光振镜,可安装振镜的、旋转速度可调的支架以及支架驱动系统。该支架驱动系统接收控制系统指令,改变支架中心轴的旋转速度,实现扫描速度的调节。

[0011] 该系统所使用的高分子材料包括尼龙 6 (PA6)、尼龙 66 (PA66)、尼龙 12 (PA12)、聚苯乙烯 (PS)、丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯 (ABS)、聚酰亚胺 (PI)、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚甲醛 (POM)、聚碳酸酯 (PC)、聚氯乙烯 (PVC)、聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT)、聚苯醚 (PPO)、聚乳酸 (PLA)、聚醚醚酮 (PEEK)。

[0012] 激光系统中的激光经过光纤耦合输出,可以整形输出光斑,实现强度均匀分布。所述用于耦合的光纤为传能石英光纤。其包括 HCS(Hard Clad Silica) 石英包层光纤,也称为硬包层石英光纤;PCS(Plastic Clad Silica) (塑料包层),也称为软包层石英光纤;PCS-TECS(Technology Clad Silica) 技术增强型包层,也称为硬聚氟包层石英光纤。

[0013] 激光系统中的激光经过光纤耦合输出,光纤与激光器的耦合方式为直接耦合、单透镜耦合、三透镜耦合。光纤头可处理为铲形、半球形、锥形。

[0014] 本发明的有益效果是利用经光纤耦合输出模块输出的强度均匀分布的光斑照射粉末,可以实现照射区粉末受热情况一致,吸收能量一致,从而避免局部温升过高,具有重要的工业应用价值。并且本系统中的激光功率与激光扫描速度经由参数控制模块计算给出,可以实现在激光照射时间内,高分子材料吸收的能量等于所需能量,以防止过度加工甚至发生气化分解。该所需能量是指高分子材料由预热温度上升到加工温度所需要吸收的能量。

附图说明

- [0015] 图 1 为使用光纤耦合模块的效果图。
- [0016] 图 2 为应用光纤耦合输出激光的 3D 打印高分子材料系统示意图。
- [0017] 图 3 为控制系统示意图。
- [0018] 图 4 为激光系统示意图。
- [0019] 图 5 为扫描系统示意图。

具体实施方式

[0020] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0021] 此处结合附图 2 对系统进行整体描述。

[0022] 本发明利用参数控制模块进行参数管理和控制。该参数控制模块中事先输入各类高分子材料的物理特性参数。这些物理特性参数包括比热容、比重、所需预热温度、需达到的加工温度。并在参数控制模块设置一定的激光功率及激光扫描速度。参数控制模块基于光纤耦合输出光斑的直径及铺粉厚度计算得到单位体积粉末在一次扫描下所吸收的能量。该吸收能量依赖于设定的激光功率与激光扫描速度。然后根据比热容、预热温度及需达到的加工温度计算得到单位体积粉末所需的熔融能量。若该所需的熔融能量与前面计算得到的一次扫描过程能吸收的能量存在差异,则参数控制模块自动修正激光功率及激光扫描速度,再重复以上计算过程,直到二者能量相当,进而得到最佳的加工参数,包括激光功率和激光扫描速度。然后将激光功率和激光扫描速度这两个参数传输给控制系统。

[0023] 一控制系统,如图 3 所示。其包括激光功率控制器、扫描速度控制器。一激光功率控制器采集参数控制模块给出的对应于该高分子材料所需的激光功率,用于控制激光系统中的驱动电源,实现激光器功率的调节。一扫描速度控制器采集参数控制模块给出的对应于该高分子材料所需的激光扫描速度,用于控制扫描系统中的激光振镜,实现振镜旋转速度调节。

[0024] 一激光系统,如图 4 所示。其包括激光器驱动电源、脉冲激光器和光纤耦合输出模块。脉冲激光器可以为光纤激光器或固体激光器,其功率在 1-100W 之间连续可调,激光经过光纤耦合输出模块输出。光纤耦合输出模块用于整形输出激光的光斑,起到匀化光斑的目的。其效果如图 1 所示。其中光纤与脉冲激光器的耦合方式为直接耦合、单透镜耦合、三透镜耦合。耦合用光纤为传能石英光纤,其光纤头可处理为铲形、半球形、锥形等,以改善耦合效率。激光器驱动电源与控制系统中的激光功率控制器相连。该驱动电源带有记忆存储功能,记录了电流 - 激光功率的对应关系。该激光器驱动电源根据激光功率控制器给出的激光功率信号,自动设定相应的输入电流,控制脉冲激光器的输出功率。

[0025] 一扫描系统,如图 5 所示。其包括激光振镜,可安装振镜的、旋转速度可调的支架以及支架驱动系统。支架驱动系统与控制系统中的扫描速度控制器相连。支架根据支架驱动系统给出的扫描速度信号,改变支架中心轴的旋转速度,实现激光扫描速度的调节。

[0026] 该 3D 打印系统的实施方法为:首先在参数控制模块中设置预备加工的高分子材料粉末的物理特性参数,并预设激光功率及激光扫描速度。由参数控制模块根据上述方法计算出适宜的激光功率和激光扫描速度。将激光功率参数及激光扫描速度参数传输给控制

系统。由控制系统中的激光功率控制器和扫描速度控制器分别接收对应信号，并继续传输至对应的系统。在激光系统中的激光器驱动电源接收激光功率信号，设定相应的工作电流。在该工作电流下的激光器输出功率同参数控制模块计算得到的适宜的激光功率相匹配。同时扫描器中的支架驱动系统接收扫描速度信号，设定支架中心轴的旋转速度。支架的旋转速度同参数控制模块计算得到的适宜的扫描速度匹配。输出激光经传能光纤匀化后，入射到振镜上，再经振镜反射到工作台的粉末上，实现理想的 3D 打印效果。

[0027] 实施例 1

[0028] 应用图 2 所示的应用光纤耦合输出激光的 3D 打印高分子材料系统。本实施例使用固体脉冲激光器对 PS(聚苯乙烯) 高分子材料进行 3D 打印加工。在参数控制模块中选择“PS(聚苯乙烯)”。激光输出耦合进入直径 1mm 的端面平整的石英光纤，输出光斑强度成近似平顶分布，光斑直径约为 1mm。

[0029] 所述的 PS(聚苯乙烯) 高分子材料比热熔为 $0.5 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，比重 1.0 g/cm^3 ，铺粉厚度 0.1mm，粉末预热温度 115°C ，需达到的加工温度为 200°C 。选取激光功率 20W。1mm 直径的光斑照射下的粉末体积为 0.08 mm^3 ，基于光斑能量分布均匀，则单位时间内单位体积吸收的能量为 $250 \text{ J}/(\text{mm}^3 \cdot \text{s})$ 。选取激光扫描速度 1400 mm/s ，则一次扫描，单位体积粉末能吸收的能量为 0.18 J 。粉末由 115°C 上升至 200°C ，需达到 358 K 的温升。根据比热容，单位体积 (mm^3) 粉末在激光照射下升温 358 K ，需要吸收能量 0.18 J 。则 20W 的激光输出功率和 1400 mm/s 的扫描速度作为加工参数信号分别传输给控制系统中对应的控制器，由控制器控制激光电源驱动系统及支架驱动系统，保证激光功率为 20W，激光扫描速度为 1400 mm/s 。

[0030] 实施例 2

[0031] 本实施例使用固体脉冲激光器对 ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯) 高分子材料进行 3D 打印加工。在参数控制模块中选择“ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯)”。激光输出耦合进入直径 1mm 的端面平整的石英光纤，输出光斑强度成近似平顶分布，光斑直径约为 1mm。

[0032] 所述的 ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯) 高分子材料比热熔为 $1.47 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，比重 1.05 g/cm^3 ，铺粉厚度 0.1mm，粉末预热温度 100°C ，需达到的加工温度为 210°C 。选取激光功率 72W。1mm 直径的光斑照射下的粉末体积为 0.08 mm^3 ，基于光斑能量分布均匀，则单位时间内单位体积吸收的能量为 $900 \text{ J}/(\text{mm}^3 \cdot \text{s})$ 。选取激光扫描速度 1500 mm/s ，则一次扫描，单位体积粉末能吸收的能量为 0.6 J 。粉末由 100°C 上升至 210°C ，需达到 383 K 的温升。根据比热容，单位体积 (mm^3) 粉末在激光照射下升温 358 K ，需要吸收能量 0.6 J 。则 72W 的激光输出功率和 1500 mm/s 的扫描速度作为加工参数信号分别传输给控制系统中对应的控制器，由控制器控制激光电源驱动系统及支架驱动系统，保证激光功率为 72W，激光扫描速度为 1500 mm/s 。

[0033] 此方法实现照射区吸收能量与所需熔融能量相当。通过匀化光斑技术，实现加工条件相同，进度相同，从而抑制加工工件翘曲变形。并且通过选取适宜工作参数，避免过度加工。

[0034] 以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明。所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。此外，上述对各元件和方法的定义并不仅限于实施例中提到的各种具体结构、

形状或方式,本领域普通技术人员可对其进行简单地更改或替换。

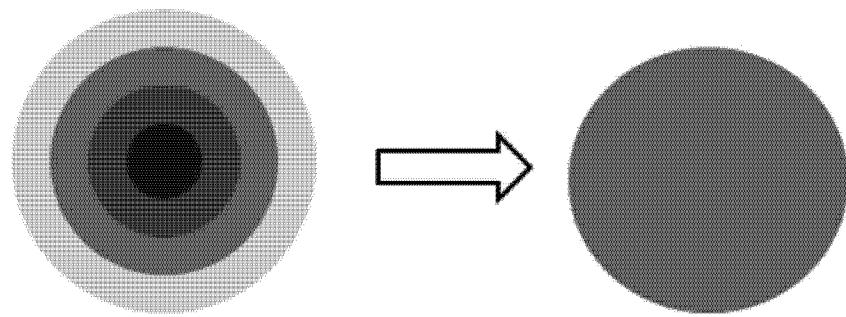


图 1

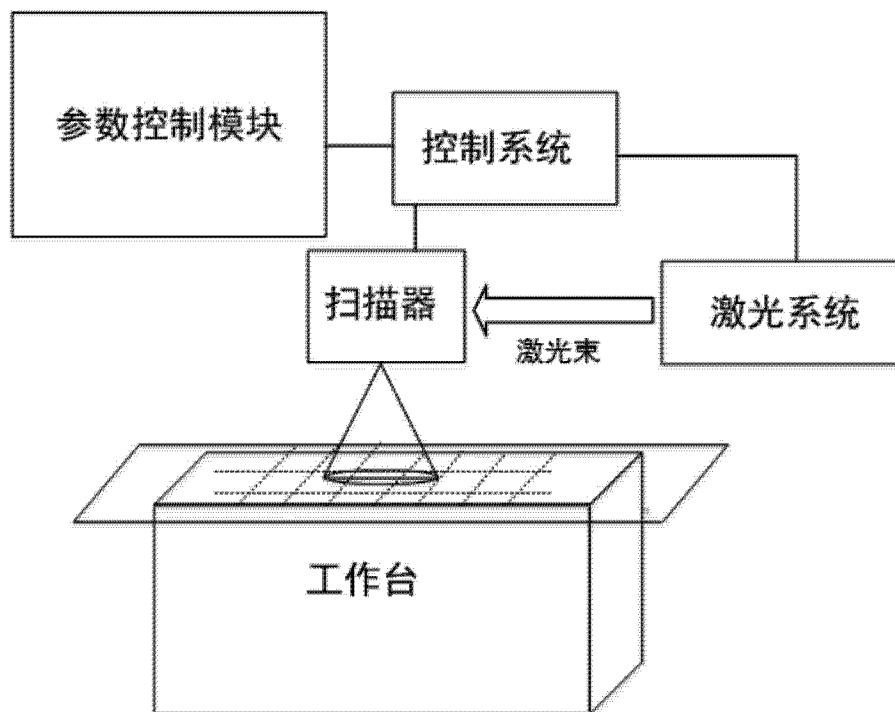


图 2

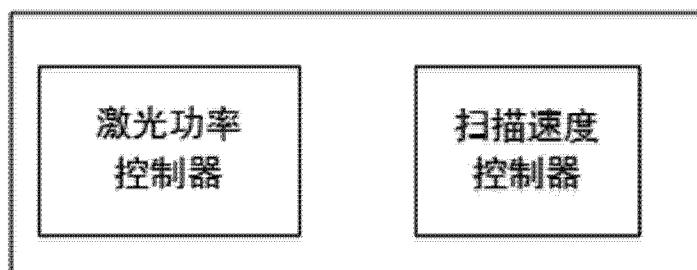


图 3

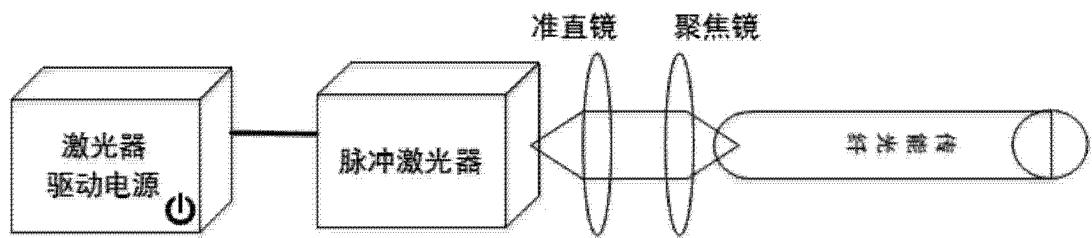


图 4

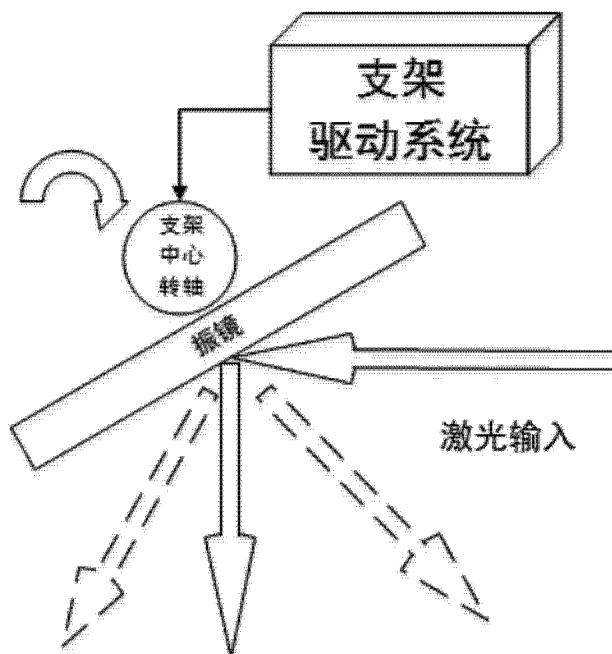


图 5