



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 208391288 U

(45)授权公告日 2019.01.18

(21)申请号 201821036796.6

(22)申请日 2018.06.29

(73)专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72)发明人 段军 张军军 张菲 曾晓雁

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 张彩锦 曹葆青

(51) Int. Cl.

B23K 26/70(2014.01)

B23K 26/082(2014.01)

B23K 26/00(2014.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

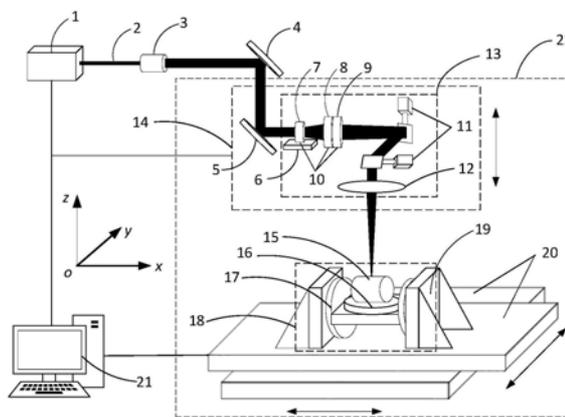
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)实用新型名称

一种大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统

(57)摘要

本实用新型属于激光加工技术领域,并具体公开了一种大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,其包括多轴联动机床和激光扫描装置,多轴联动机床用于对待激光加工的大型复杂曲面进行定位,并带动大型复杂曲面运动到激光扫描装置的扫描范围内或者带动激光扫描装置运动使大型复杂曲面位于激光扫描装置的扫描范围内;激光扫描装置用于发射激光束至大型复杂曲面对大型复杂曲面进行激光快速三维扫描加工。本实用新型可实现各种曲率的大型复杂曲面的高效率、高精度的激光三维动态扫描加工。



1. 一种大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,其特征在于,包括多轴联动机床和激光扫描装置,其中:

所述多轴联动机床用于对待激光加工的大型复杂曲面进行定位,并带动大型复杂曲面运动到激光扫描装置的扫描范围内或者带动激光扫描装置运动使大型复杂曲面位于激光扫描装置的扫描范围内;

所述激光扫描装置用于发射激光束至大型复杂曲面以对大型复杂曲面进行激光快速三维扫描加工,其包括依次设置的且位于同一光路中的激光器、扩束镜、导光组件和三维动态聚焦振镜扫描组件,工作时,激光器发出的激光束经扩束镜扩束准直后,由导光组件直接导入三维动态聚焦振镜扫描组件中,并经三维动态聚焦振镜扫描组件出射至大型复杂曲面,该三维动态聚焦振镜扫描组件用于控制激光束在水平面内扫描,同时动态调节激光焦点在竖直方向的位置。

2. 如权利要求1所述的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,其特征在于,所述三维动态聚焦振镜扫描组件包括依次设置的且位于同一光路中的动态聚焦模块、二维振镜和远心聚焦透镜。

3. 如权利要求2所述的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,其特征在于,所述动态聚焦模块包括依次设置的且位于同一光路中的动态聚焦镜、第一聚焦透镜和第二聚焦透镜。

4. 如权利要求3所述的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,其特征在于,所述动态聚焦镜安装于由音圈电机或压电陶瓷驱动的直线往返运动机构上,用于实现激光焦点在竖直方向位置的动态调节。

5. 如权利要求1所述的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,其特征在于,所述多轴联动机床为双转台五轴联动机床,其包括二维平台(20)、Z轴移动机构(14)和数控双转台(18),所述数控双转台(18)通过转接板(19)安装于二维平台(20)上,待激光加工的大型复杂曲面通过夹具固定在数控双转台(18)上。

6. 如权利要求1所述的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,其特征在于,所述多轴联动机床为龙门式五轴联动机床,其包括X直线轴(32)、Y直线轴(31)、Z直线轴(33)、旋转轴(37)和摆动轴(40),其中,Z直线轴(33)固定在X直线轴(32)上,X直线轴(32)安装在Y直线轴(31)上,Y直线轴(31)通过底座(30)固定在地面上,旋转轴(37)通过连接机构固定在Z直线轴(33)末端,摆动轴(40)通过转接机构与旋转轴(37)相连。

一种大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统

技术领域

[0001] 本实用新型属于激光加工技术领域,更具体地,涉及一种大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统。

背景技术

[0002] 随着航空航天和微电子技术的飞速发展,为了满足某些特殊的表面性能要求,往往需要在导弹的雷达罩、航天器固面天线反射器、三维模塑互联器件等大型复杂曲面零部件表面上制作各种功能性的复杂图形结构。然而这些大型复杂曲面零部件一般是由复合材料/金属膜层、硬质合金或陶瓷等不同体系材料组成,如何高精度、高质量、高效率地在其表面加工各种功能性的复杂图形成为新的挑战。

[0003] 激光加工技术具有非接触、加工精度高、速度快、热影响区域小、柔性程度好、可加工材料广泛、易于与数控系统结合等特点,特别适合难加工材料(超脆、超软、超硬、超薄)以及复杂曲面零部件表面复杂图形的加工。目前,用于复杂曲面零部件激光三维加工的技术方案主要有以下几种:

[0004] 一是基于五轴联动机床的聚焦式激光三维加工,五轴联动数控机床具有任意空间插补定位能力,利用激光束替换传统的刀具能够实现复杂曲面三维加工功能,通过五轴联动机床对加工路径上所有的插补点进行定位,确保入射激光束的光轴始终垂直于被加工工件表面,因此具有较高的加工精度。但由于惯性太大,频繁启动和加工速度极慢,导致其加工效率极低,存在高精度和高效率难以同时兼容的问题。

[0005] 二是基于“3+2”轴的三维激光投影式振镜扫描加工,扫描振镜通过电机控制x、y轴两个镜片的偏转实现聚焦激光束在二维平面的高速扫描,具有输出力矩大、转动惯量小、响应时间短、加速度高、扫描速度快、定位精度高等优良特性,通过与3轴联动数控机床的集成,实现复杂曲面三维加工功能,与基于五轴联动机床的聚焦式激光三维加工相比,该方案可以大幅度提高加工的效率。例如,专利CN200910061324.5公开的一种多功能激光加工设备,将二维振镜安装在Z轴移动机构上与XY轴直线电机共同构成“3+2”轴数控激光加工机床,通过控制Z轴移动机构调节焦点在Z方向的位置,实现三维精密加工。专利CN201010115968.0公开的一种自由曲面上的投影式激光刻蚀方法,基于“3+2”轴加工系统,根据焦深将离散点云模型描述的待加工自由曲面划分为不同的子块,并将子块内的加工图形向XY平面进行平行投影,XY轴负责各子块的定位,通过Z轴配合二维振镜实现投影加工图形的快速扫描。虽然基于“3+2”轴的三维激光投影式振镜扫描加工设备结构简单,但其只能沿单一方向进行整体投影,当加工曲面曲率较大时,子块划分的数量急剧增加,导致3轴联动数控机床频繁启停定位,同样严重影响了加工效率;同时造成聚焦光斑变形增大,功率密度减小,加工尺寸精度和质量的一致性变差。因此,该方案只适合加工曲率不大的复杂曲面。

[0006] 三是基于“5+3”轴投影式振镜扫描激光三维加工,如专利CN201110048935.3公开的一种适用于复杂曲面的激光加工方法及装置,其通过对复杂曲面划分曲面片并根据右手

准则建立曲面片坐标系,使得曲面片坐标系内任意点的法线正方向与Z轴的夹角小于90度,且曲面片内加工图形沿Z轴方向平行投影所得图形的尺寸小于振镜扫描范围,同时根据焦深对曲面片进行分层,进而控制五轴机床,使扫描聚焦透镜镜面中心处的法线方向与曲面片的Z轴重合,通过三坐标振镜扫描式激光加工头对投影加工图形进行扫描加工。该方案不仅可以加工各种曲率的复杂曲面;且通过建立曲面片将大曲率复杂曲面转化为小曲率,减小了子块划分的数量,进而降低Z轴移动机构对焦次数,有效的提高了加工的效率。但该方案仍存在着局限性,当曲面片的划分范围较大,聚焦光斑容易变形增大,导致聚焦光斑能量密度减小,影响加工精度质量,同时焦点的调节方法依靠Z轴移动机构的机械升降完成,并受加工头重量和电机响应以及分层高度的限制,加工效率无法进一步提升。

实用新型内容

[0007] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本实用新型提供了一种大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,通过对关键组件如多轴联动机床和激光扫描装置的具体结构及具体装配关系的研究与设计,可实现大型复杂曲面的动态聚焦激光加工,具有加工效率高、加工精度高、质量好等优点,适用于各种曲率的大型复杂曲面的激光三维动态扫描加工。

[0008] 为实现上述目的,本实用新型提出了一种大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,其包括多轴联动机床和激光扫描装置,其中:

[0009] 所述多轴联动机床用于对待激光加工的大型复杂曲面进行定位,并带动大型复杂曲面运动到激光扫描装置的扫描范围内或者带动激光扫描装置运动使大型复杂曲面位于激光扫描装置的扫描范围内;

[0010] 所述激光扫描装置用于发射激光束至大型复杂曲面以对大型复杂曲面进行激光快速三维扫描加工,其包括依次设置的且位于同一光路中的激光器、扩束镜、导光组件和三维动态聚焦振镜扫描组件,工作时,激光器发出的激光束经扩束镜扩束准直后,由导光组件直接导入三维动态聚焦振镜扫描组件中,并经三维动态聚焦振镜扫描组件出射至大型复杂曲面,该三维动态聚焦振镜扫描组件用于控制激光束在水平面内扫描,同时动态调节激光焦点在竖直方向的位置。

[0011] 作为进一步优选的,所述三维动态聚焦振镜扫描组件包括依次设置的且位于同一光路中的动态聚焦模块、二维振镜和远心聚焦透镜,

[0012] 作为进一步优选的,所述动态聚焦模块包括依次设置的且位于同一光路中的动态聚焦镜、第一聚焦透镜和第二聚焦透镜。

[0013] 作为进一步优选的,所述动态聚焦镜安装于由音圈电机或压电陶瓷驱动的直线往返运动机构上,用于实现激光焦点在竖直方向位置的动态调节。

[0014] 作为进一步优选的,所述多轴联动机床为双转台五轴联动机床,其包括二维平台、Z轴移动机构和数控双转台,所述数控双转台通过转接板安装于二维平台上,待激光加工的大型复杂曲面通过夹具固定在数控双转台上。

[0015] 作为进一步优选的,所述多轴联动机床为龙门式五轴联动机床,其包括X直线轴、Y直线轴、Z直线轴、旋转轴和摆动轴,其中,Z直线轴固定在X直线轴上,X直线轴安装在Y直线轴上,Y直线轴通过底座固定在地面上,旋转轴通过连接机构固定在Z直线轴末端,摆动轴通过转接机构与旋转轴相连。

[0016] 总体而言,通过本实用新型所构思的以上技术方案与现有技术相比,主要具备以下的技术优点:

[0017] 1.本实用新型通过多轴联动机床带动大型复杂曲面运动到激光扫描装置的扫描范围内或者带动激光扫描装置运动使大型复杂曲面位于激光扫描装置的扫描范围内,并结合激光扫描装置发射激光束至大型复杂曲面实现对大型复杂曲面进行激光快速三维扫描加工,具有加工效率高、加工精度高、质量好等优点。

[0018] 2.本实用新型与“5+3”轴投影式振镜扫描激光加工方案相比,将三维动态聚焦振镜扫描组件集成到五轴联动机床中,通过动态聚焦镜的移动实现激光焦点在竖直方向位置的动态调节,无需五轴联动机床Z轴移动机构频繁反复定位,凭借动态聚焦镜质量轻、加速度大、响应时间短、焦点可调范围大等特性可以使焦点的调节速度更快、曲面分层高度更大,从而有效提高加工效率。

附图说明

[0019] 图1为本实用新型实施例提供的基于双转台五轴联动机床的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统的结构示意图;

[0020] 图2为本实用新型实施例提供的基于龙门式五轴联动机床的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统的结构示意图;

[0021] 图3为本实用新型实施例提供的基于龙门式五轴联动机床的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统的光路结构示意图。

具体实施方式

[0022] 为了使本实用新型的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本实用新型进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本实用新型,并不用于限定本实用新型。此外,下面所描述的本实用新型各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0023] 本实用新型提供了一种大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,其包括多轴联动机床和激光扫描装置,其中:多轴联动机床用于对待激光加工的大型复杂曲面进行定位,并带动大型复杂曲面运动到激光扫描装置的扫描范围内或者带动激光扫描装置运动使大型复杂曲面在激光扫描装置的扫描范围内,由激光扫描装置完成大型复杂曲面表面复杂图形的激光快速三维扫描加工;激光扫描装置用于发射激光束至大型复杂曲面以对大型复杂曲面进行激光快速三维扫描加工,其包括依次设置的且位于同一光路中的激光器、扩束镜、导光组件和三维动态聚焦振镜扫描组件,工作时,激光器发出的激光束经扩束镜扩束准直后,由导光组件直接导入三维动态聚焦振镜扫描组件中,并经三维动态聚焦振镜扫描组件出射至大型复杂曲面,该三维动态聚焦振镜扫描组件用于控制激光束在水平面内扫描,同时动态调节激光焦点在竖直方向的位置,以此实现复杂曲面表面的复杂图形的激光快速三维扫描加工。

[0024] 具体的,多轴联动机床为五轴及以上联动机床,优选通用的五轴联动机床,由三个直线轴(X,Y,Z)和两个旋转轴(C,A)构成,其结构形式可以是三直线轴+双转台联动、三直线轴+双摆头联动、三直线轴+单轴转台+单轴摆头联动中的任意一种,主要用于将三维动态

聚焦振镜定位到分区后待加复杂曲面的各子块中心。

[0025] 图1为基于双转台五轴联动机床的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统的结构示意图。如图1所示,该系统包括激光器1、扩束镜3、导光组件4和5、三维动态聚焦振镜扫描组件13和双转台五轴联动机床22。

[0026] 其中,三维动态聚焦振镜扫描组件13包括动态聚焦模块10、二维振镜11以及远心聚焦透镜12,动态聚焦模块10决定激光焦点动态可调范围,远心聚焦透镜12具体为F-Theta远心聚焦透镜,双转台五轴联动机床22包括二维平台20、Z轴移动机构14和数控双转台18,Z轴移动机构14位于二维平台20之上,其通过大理石底座进行固定,数控双转台18由绕机床X轴旋转的A轴17和绕机床Z轴旋转的C轴16组成,并通过转接板19安装于XY二维平台20上,待加工大型复杂曲面15通过夹具固定在数控双转台18上。数控双转台18用于将分区后的待加工大型复杂曲面15移动到三维动态聚焦振镜扫描组件13扫描范围内。双转台数控18还可以由BC轴或AB轴构成,具体的组成形式根据加工需求以及机床的结构确定。三维动态聚焦振镜扫描组件13安装在双转台五轴联动机床的Z轴移动机构14上,用于激光快速三维动态扫描待加工大型复杂曲面15。

[0027] 具体的,激光器1、扩束镜3、导光组件4和5和三维动态聚焦振镜扫描组件13位于同一光路上,导光组件4和5的反射镜4和5用于将激光束导入到三维动态聚焦振镜扫描组件13中。具体的,动态聚焦模块10包括动态聚焦镜7、第一聚焦透镜8和第二聚焦透镜9,动态聚焦镜7安装于由音圈电机或压电陶瓷驱动的直线往返运动机构6上,负责快速调节激光焦点在曲面坐标系z方向的上下位置,第一聚焦透镜8和第二聚焦透镜9与动态聚焦镜7构成光学杠杆结构对激光束进行聚焦并增加动态聚焦7的焦点可调范围。动态聚焦模块10的实现也可采用其他方式,只要能够实现焦点的动态可调即可。

[0028] 为了实现激光器1、三维动态聚焦振镜扫描组件13和双转台五轴联动机床22的控制,激光加工系统还设置有控制系统21,该控制系统21与激光器1、三维动态聚焦振镜扫描组件13和双转台五轴联动机床22相连,用于分别控制激光器1的开关、三维动态聚焦振镜扫描组件13的三维动态扫描加工以及双转台五轴联动机床22的移动定位。

[0029] 在激光加工之前,需对待激光加工的复杂曲面进行处理,首先对待加工的大型复杂曲面进行分片处理,将其划分为多个曲面片,再将各曲面片划分为多个子块,最后将各子块分为多个层,其中,同一曲面片在激光扫描加工时曲面片各位置的激光入射角(激光束光轴方向与复杂曲面任意位置法向矢量的夹角)均在最大允许角度 θ 范围内, θ 为 $\pm 50^\circ$,优选为 $\pm 40^\circ$;同一曲面片内的各子块均在激光扫描范围(振镜扫描范围)之内,使得通过激光的一次扫描即可完成该子块区域的激光加工,本实用新型激光束的扫描由振镜进行调节,具体由三维动态聚焦振镜扫描组件实现激光束的调节;同一子块中各层的层厚不大于激光焦点动态可调节范围,例如激光焦点调节范围为50mm,则各层的层厚不大于50mm,例如选择10mm-45mm。

[0030] 激光系统工作时,激光器1发出激光束2,经过扩束镜3扩束准直后,由导光组件4和5直接导入三维动态聚焦振镜扫描组件13中,控制系统21控制二维振镜11使聚焦激光束在曲面坐标系xy平面(即水平面)内按各子层的图形轨迹进行扫描,同时控制动态聚焦镜7的前后移动动态调节激光焦点在曲面坐标系z方向(即竖直方向)的位置,确保激光焦平面位于待加工子层上,以此实现待加工子层的激光快速三维扫描加工,远心聚焦透镜12起平场

作用确保振镜在扫描过程中焦点始终在同一平面。通过控制双转台五轴机床22带动分块后待加工大型复杂曲面15运动到三维动态聚焦振镜扫描组件13扫描范围内,由三维动态聚焦振镜扫描组件13完成复杂曲面表面的复杂图形的激光快速三维扫描加工。具体的,由双转台五轴机床22带动待加工曲面片运动,使该曲面片的中心法线矢量与激光束光轴重合,然后由双转台五轴机床22带动待加工曲面片中的其中一子块水平移动,使其位于三维动态聚焦振镜扫描组件13扫描范围内,并使子块的中心与激光束的光轴重合,接着由双转台五轴机床22的Z轴移动机构14带动三维动态聚焦振镜扫描组件13沿Z轴运动,使激光焦点移动到子块的待加工子层的顶部,由三维动态聚焦振镜扫描组件13完成一层的三维激光扫描,完成一层后Z轴移动机构14带动三维动态聚焦振镜扫描组件13沿Z轴运动,使激光焦点移动到子块的下一待加工子层的顶部,由三维动态聚焦振镜扫描组件13完成下一层的三维激光扫描,依次完成子块中各层的激光扫描加工,完成一个子块的激光扫描加工后,再由双转台五轴机床22带动另一待加工子块水平移动,使其位于三维动态聚焦振镜扫描组件13扫描范围内,且使子块的中心与激光束的光轴重合,再由三维动态聚焦振镜扫描组件13完成该子块各层的激光扫描,以此类推,完成同一曲面片上所有子块的激光三维扫描加工;完成一曲面片的激光三维扫描加工后,由双转台五轴机床22带动另一待加工曲面片运动,使该曲面片的中心法线矢量与激光束重合,然后采用如前所述的曲面片的激光扫描加工方法依次完成其他曲面片的激光扫描加工。

[0031] 图2是基于龙门式五轴联动机床的大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统的结构示意图。如图2所示,该系统包括激光器34、扩束镜35、反射镜39(即导光组件)、三维动态聚焦振镜扫描组件42和龙门式五轴联动机床44。

[0032] 其中,三维动态聚焦振镜扫描组件42包括动态聚焦模块51、二维振镜52以及远心聚焦透镜53,远心聚焦透镜53具体为F-Theta远心聚焦透镜。龙门式五轴联动机床包括X直线轴32、Y直线轴31、Z直线轴33、旋转轴37及摆动轴40,用于将三维动态聚焦振镜扫描组件42移动到分区后待加工复杂曲面43的中心位置。Z直线轴33固定在X直线轴32上,用于带动三维动态聚焦振镜扫描组件42沿Z方向上下移动;X直线轴32安装在Y直线轴31上,负责带动Z直线轴33和三维动态聚焦振镜扫描组件42沿X方向移动;Y直线轴31带动X直线轴32、Z直线轴33和三维动态聚焦振镜扫描组件42沿Y方向移动,并通过底座30固定在地面上;旋转轴37通过连接机构36固定在Z直线轴33的末端,可以绕Z直线轴33进行360°旋转;摆动轴40通过转接机构38与旋转轴37相连,可以绕X直线轴32进行180°旋转。

[0033] 具体的,激光器34、扩束镜35固定在龙门式五轴联动机床44的Z直线轴33上,反射镜39安装在转接机构38中,用于将激光束导入到三维动态聚焦振镜扫描组件42中。三维动态聚焦振镜扫描组件42利用定位盘状连接机构41连接在龙门式五轴联动机床44的摆动轴40上,用于激光快速三维动态扫描待加工复杂曲面43。

[0034] 如图3所示,激光器34、扩束镜35、反射镜39和三维动态聚焦振镜扫描组件42位于同一光路上,动态聚焦模块51包括动态聚焦镜48、第一聚焦透镜49和第二聚焦透镜50,动态聚焦镜48安装于由音圈电机或压电陶瓷驱动的直线往返运动机构47上,负责快速调节焦点在曲面坐标系z方向的上下位置,第一聚焦透镜49和第二聚焦透镜50用于与动态聚焦镜48构成光学杠杆结构对激光束进行聚焦并增加动态聚焦镜48的焦点可调范围。动态聚焦模块51的实现也可采用其他方式,只要能够实现焦点的动态可调即可。

[0035] 为了实现激光器34、三维动态聚焦振镜扫描组件42和龙门式五轴联动机床44的控制,激光加工系统还设置有控制系统45,该控制系统45与激光器34、三维动态聚焦振镜扫描组件42和龙门式五轴联动机床44相连,用于分别控制激光器34的开关、三维动态聚焦振镜扫描组件42的三维动态扫描加工以及龙门式五轴联动机床44的移动定位。

[0036] 上述激光加工系统工作时,激光器34发出激光束46,经过扩束镜35扩束准直后,由反射镜39直接导入三维动态聚焦振镜扫描组件42中,控制系统45控制动态聚焦镜48的前后移动动态调节焦点在曲面坐标系z方向的位置,并同时控制二维振镜52使聚焦激光束在曲面坐标系xy平面内扫描,远心聚焦透镜53起平场作用确保振镜在扫描过程中焦点始终在同一平面。通过控制龙门式五轴联动机床44带动三维动态聚焦扫描振镜42移动到分区后待加工复杂曲面43的中心位置,由三维动态聚焦振镜扫描组件42完成复杂曲面表面的复杂图形的激光快速三维扫描加工。具体的,由龙门式五轴联动机床44带动三维动态聚焦振镜扫描组件42运动,使激光束光轴与待加工曲面片的中心法线矢量重合,然后由龙门式五轴联动机床44带动三维动态聚焦振镜扫描组件42水平移动,使得待加工曲面片中的其中一子块位于三维动态聚焦振镜扫描组件42扫描范围内,并使子块的中心与激光束的光轴重合,接着由Z直线轴33带动三维动态聚焦振镜扫描组件沿Z轴运动,使激光焦点移动到子块的待加工子层的顶部,由三维动态聚焦振镜扫描组件完成一层的三维激光扫描,完成一层后Z直线轴33带动三维动态聚焦振镜扫描组件沿Z轴运动,使激光焦点移动到子块的下一待加工子层的顶部,由三维动态聚焦振镜扫描组件完成下一层的三维激光扫描,依次完成子块中各层的激光扫描加工,完成一个子块的激光扫描加工后,再由龙门式五轴联动机床44带动三维动态聚焦振镜扫描组件42水平移动,使得另一待加工子块位于三维动态聚焦振镜扫描组件42扫描范围内,且使子块的中心与激光束的光轴重合,再由三维动态聚焦振镜扫描组件42完成该子块各层的激光扫描,以此类推,完成同一曲面片上所有子块的激光扫描加工;完成一曲面片的激光扫描加工后,由龙门式五轴联动机床44带动三维动态聚焦振镜扫描组件42运动,使得激光束与另一待加工曲面片的中心法线矢量重合,然后采用如前所述的曲面片的激光扫描加工方法依次完成其他曲面片的激光扫描加工。

[0037] 以下为本实用新型的具体实施例:

[0038] 实施例1

[0039] 在航空航天领域存在大量复杂构件表面图形制作,如在飞机雷达罩表面制备微结构图形阵列获取频率选择表面(FSS),从而实现隐身功能,所用复杂构件由金属膜层和环氧树脂有机复合材料组成。为了在复杂曲面金属膜层表面制作功能性图形结构,采用输出波长为1064nm、最大输出功率50W的纳秒光纤激光器,F-Theta远心聚焦透镜焦距80mm。动态聚焦模块选用非线性杠杆机构,其中动态聚焦镜焦距65mm、第一聚焦透镜焦距200mm、第二聚焦透镜焦距800mm。基于龙门式五轴联动机床的“5+3”轴大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,激光入射角为30°、振镜扫描范围20mm×20mm、分层高度5mm,对复杂构件表面加工图形进行分片-分块-分层处理,控制五轴联动机床带动三维动态聚焦振镜扫描组件精确定位到复杂构件的中心位置,利用三维动态聚焦振镜扫描组件实现快速三维扫描,即可完成复杂构件表面微结构图形阵列的高效率、高精度、高质量激光三维动态扫描刻蚀加工。采用激光扫描加工参数为:激光功率30W、重复频率50KHz、扫描速度1000mm/s。加工结果表明,加工用时明显减小,效率显著提升,金属膜层刻蚀深度和粗糙度均满足工艺要求,加工边缘平滑、

无毛刺,复合材料基板保持完好,无损伤和变形,加工尺寸精度和拼接误差均小于 $\pm 20\mu\text{m}$ 。

[0040] 实施例2

[0041] 激光直接成型LDS制作三维模塑互联器件3D-MID的工艺流程主要有三步:注塑成型、激光活化、电路图案金属化。基于双转台五轴联动机床的“5+3”轴大型复杂曲面动态聚焦激光加工系统,对注塑成型的复杂曲面有机金属塑料表面进行激光活化,使得激光扫描区域可以通过化学镀使金属沉积形成导电路径。采用输出波长为355nm、最大输出功率10W的纳秒Nd:YVO₄全固态紫外激光器,F-Theta远心聚焦透镜焦距100mm。动态聚焦模块选用非线性杠杆机构,其中动态聚焦镜焦距-200mm、第一聚焦透镜8焦距300mm、第二聚焦透镜9焦距800mm。激光入射角为50°、振镜扫描范围40mm×40mm、分层高度10mm,对复杂曲面有机金属塑料表面需要加工的电路图案进行分片-分块-分层处理,控制五轴联动机床精确定位到复杂曲面有机金属塑料的中心位置,利用三维动态聚焦振镜扫描组件实现快速三维扫描,即可完成复杂曲面有机金属塑料表面电路图案的高效率、高精度、高质量激光三维动态扫描加工。采用激光扫描加工参数为:激光功率5W、重复频率100KHz、扫描速度800mm/s。加工结果表明,电路图案的加工深度和线宽分布均匀、活化效果良好,最终制作的3D-MID具有较好的导电性能。

[0042] 实施例3

[0043] 基于龙门式五轴联动机床的“5+3”轴大型复杂曲面动态聚焦激光加工装置在硬质合金模具三维曲面表面刻蚀纹理图案。采用输出波长为1064nm、最大输出功率80W的Nd:YVO₄皮秒激光器,F-Theta远心聚焦透镜焦距100mm。动态聚焦模块选用远焦杠杆机构,其中动态聚焦镜焦距-100mm、第一聚焦透镜焦距180mm、第二聚焦透镜焦距550mm。激光入射角为40°、振镜扫描范围30mm×30mm、分层高度9mm,对模具三维曲面表面纹理图案进行分片-分块-分层处理,控制五轴联动机床带动三维动态聚焦振镜扫描组件精确定位到加工模具的中心位置,利用三维动态聚焦振镜扫描组件实现快速三维扫描,即可完成复加工模具表面纹理图案的高效率、高精度、高质量激光三维动态扫描刻蚀加工。采用激光扫描加工参数为:激光功率20W、重复频率400KHz、扫描速度2000mm/s。加工结果表明,模具三维曲面表面纹理刻蚀深度和粗糙度均满足工艺要求,加工效率显著提升,并且纹理图案的加工尺寸精度和拼接误差均小于 $\pm 10\mu\text{m}$ 。

[0044] 本实用新型利用多轴联动机床在复杂曲面上进行精确的空间定位,采用三维动态聚焦振镜扫描组件进行快速三维扫描加工,实现高精度、高质量和高效率制作大型复杂曲面表面复杂图形结构。

[0045] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本实用新型的较佳实施例而已,并不用以限制本实用新型,凡在本实用新型的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

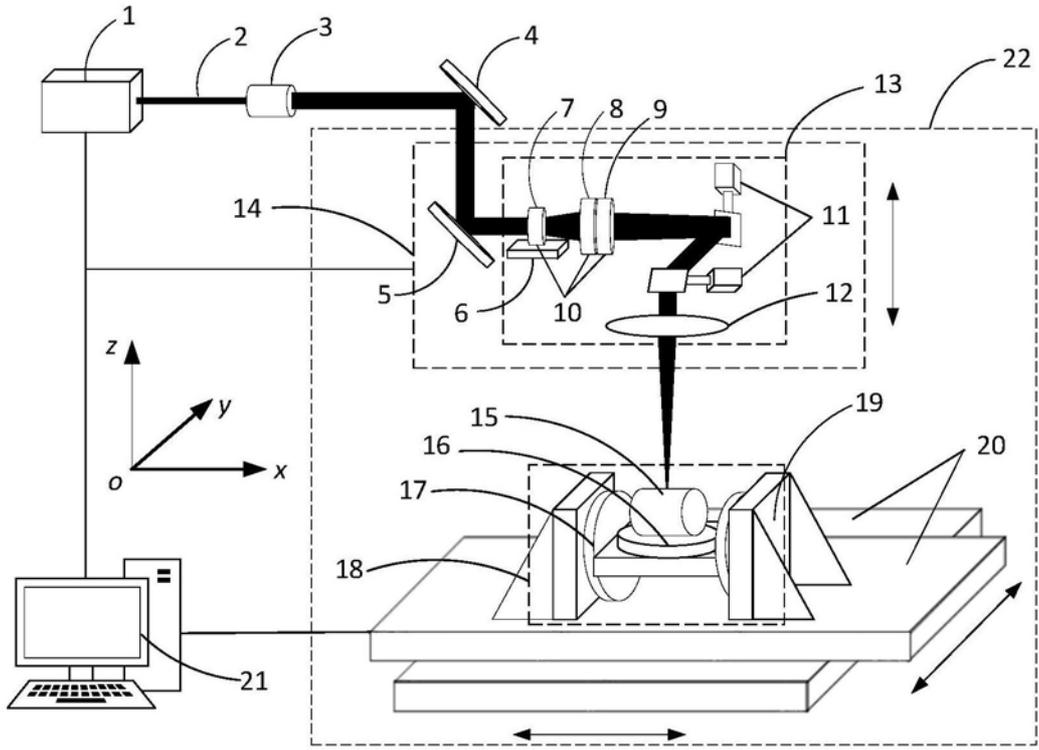


图1

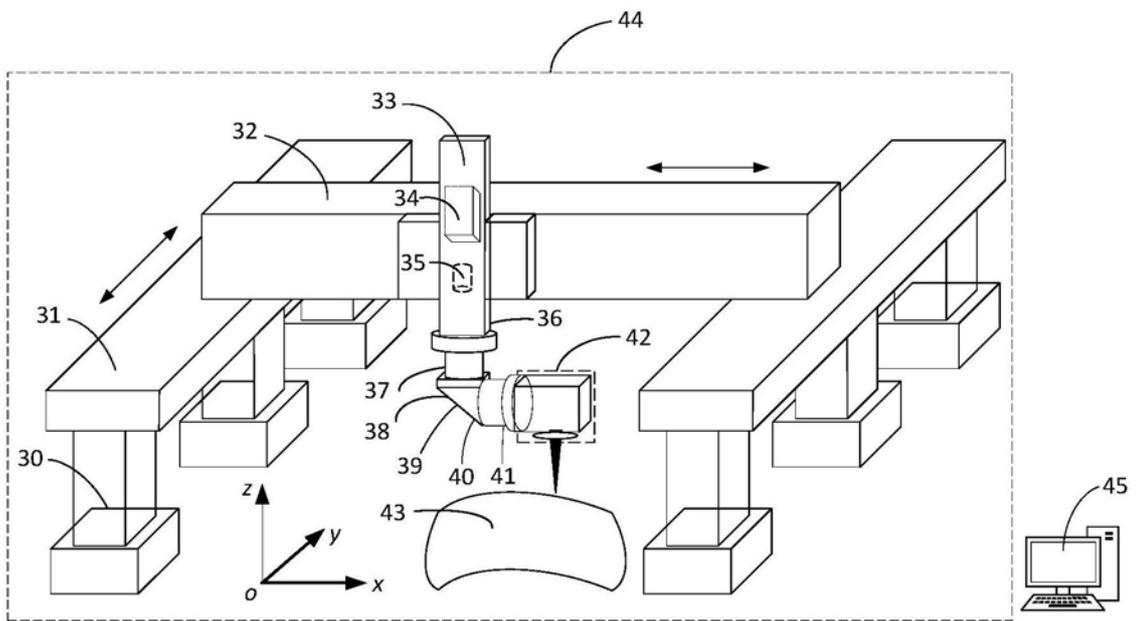


图2

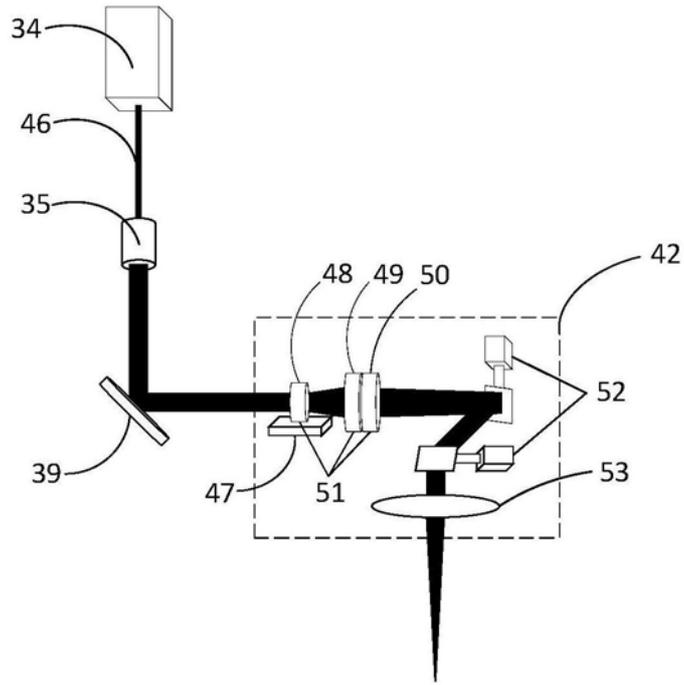


图3