

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710134556. X

[51] Int. Cl.

B23K 26/04 (2006.01)

B23K 26/06 (2006.01)

B23K 26/073 (2006.01)

G02B 27/00 (2006.01)

[43] 公开日 2008年3月26日

[11] 公开号 CN 101148002A

[22] 申请日 2007.10.26

[21] 申请号 200710134556. X

[71] 申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市学府路 301 号江
苏大学内

[72] 发明人 姚红兵 张永康 叶霞 鲁金忠
李国杰

[74] 专利代理机构 南京知识律师事务所
代理人 汪旭东

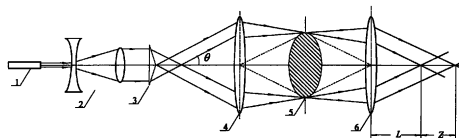
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种激光微加工机光学聚焦系统

[57] 摘要

一种激光微加工机光学聚焦系统，涉及机械制造及激光微加工领域，其特别适用于既要求聚焦光斑小，聚焦光斑尺寸不随距离而变化，又要求对工件位置误差的敏感度为零，且无需考虑齐焦问题的加工中，其特征在于：在正旋转棱镜后放置两个球面透镜，第一个球面透镜到正旋转棱镜的距离根据激光器的功率确定，第二个球面透镜与第一个球面透镜共焦；只需制造一个旋转棱镜，通过更换第二个球面透镜就能方便地产生不同光斑尺寸的无衍射光束，以适应不同的加工要，本发明只需一个旋转棱镜，通过更换价格低廉的普通球面透镜可得到不同尺寸的微米级的无衍射光束，能适应不同的加工要求。



-
- 1、一种激光微加工机光学聚焦系统，其特征在于：在正旋转棱镜后放置两个球面透镜，第一个球面透镜到正旋转棱镜的距离根据激光器的功率确定，第二个球面透镜与第一个球面透镜共焦。
 - 2、权利要求 1 所述的激光微加工机光学聚焦系统，其特征在于：通过改变第二个球面透镜的焦距值获得所需大小的光斑尺寸。
 - 3、权利要求 1 所述的激光微加工机光学聚焦系统，其特征在于：通过改变正旋转棱镜到第一个球面透镜的距离整体移动出射光的无衍射区。

一种激光微加工机光学聚焦系统

技术领域

本发明涉及机械制造及激光微加工领域，特指一种激光微加工机光学聚焦系统，特别适用于既要求聚焦光斑小，聚焦光斑尺寸不随距离而变化，又要求对工件位置误差的敏感度为零，且无需考虑齐焦问题的加工中。

背景技术

激光加工是激光应用的主要方向之一，由于激光加工热影响区小，光束方向性好，而且能使光斑点聚焦到波长级，可准确地控制加工范围及深度，有较高的重复性和良好的边缘性，可进行选择性加工，精密加工，所以它是机加工中最具竞争力的一种替代手段。激光加工是一门综合技术的应用，涉及光、机、电、材料、计算机及自动控制等学科领域，正在形成高技术范围内多学科相互渗透的一门新型边缘学科。经过多年的研究，已在理论基础和应用工艺两个方面得到了迅速发展。在理论研究方面，激光加工机理已初步形成了较为完善的理论体系，而激光加工工艺亦已形成系列，并已在电子工业和机械制造两个领域得到应用。在电子工业领域，激光加工用于电阻微调、基板划片、打标和半导体处理等方面；在机械制造领域，激光加工已在切割、打孔、焊接、表面处理、切削加工等方面得到应用。

其中的光学系统是激光加工设备的重要组成部分之一，它的特性直接影响激光加工的性能。它的作用是将激光束从激光器的输出窗口引导至加工工件表面，并在加工部位获得所需的光斑形状、尺寸及功率密度，激光微加工是激光加工最有发展前景的方向。如电子设备及器件的高热流密度的散热冷却一直是广大的科研工作者研究的方向之一，为提高冷却强度，需在冷板上开设微米级宽的微槽道，利用微槽道中高流冷却液的强化换热来达到大幅度提高散热的目的。而激光微加工中的聚焦系统比其它激光加工中的聚焦系统更重要，因此对激光微加工中的聚焦系统进行设计就显得异常重要。

对于由球面透镜组成的光学系统，激光微加工首先要求聚焦光斑小，其次为了防止加工时的溅射物污染透镜，必须有一定的工作距离，为了同时兼顾小的聚焦光斑和长工作距离的要求，激光微加工中通常采用发散-会聚系统和扩束-会聚系统作为聚焦系统。通常情况下要满足加工要求，不仅须将光束聚焦成直径为

0.02 mm 的光斑，对工件的位置也有一定的要求。若要求加工的相对误差不超过 5%，则工件距离激光高斯光束束腰须小于 0.1 mm，这样的距离对机械调整来说是相当苛刻的。另外，由于被加工工件存在表面起伏误差，要加工满足误差要求的微槽，必须配备一套性能优良的激光焦点位置自动控制系统用以自动检测并实时跟踪激光聚焦束腰的位置和工件之间的距离，使其在开槽加工中随工件的起伏始终小于误差，这样的控制系统必须是一个随动系统，而且要具有较高的精度和快速响应，该系统难以实现。即使可以实现，相应的费用将相当昂贵。要解决这一问题，必须使光学系统同时具有小的聚焦焦点和大的焦深。由物理光学可知，传统的球面透镜无法实现这一目标，只能通过适当的光路设计获得无衍射光束来实现这一目标。

Rochester 大学的 Durnin 等人应用常规光学元件，在半径为 $R(R = 3.5 \text{ mm})$ 的正透镜（焦距 $f = 305 \text{ mm}$ ）的前焦平面上放置一个平均中心直径 $d = 2.5 \text{ mm}$ ，宽度 $\Delta d = 10 \mu\text{m}$ 的环状狭缝光阑，获得了无衍射距离为 85cm 的无衍射光束，但这种装置系统因为入射光能量的绝大部分被窄环光阑挡住丢失，其能量利用率太低，已被淘汰了。Herman 等人提出采用旋转棱镜生成无衍射光束，结构简单，能量利用率高，能量转换效率高，这也是目前激光微加工机主要采用的聚焦系统，但这种光学系统的不足之处在于对于确定的旋转棱镜，它所产生的无衍射光束的参数是确定的，其聚焦光斑的尺寸也是确定的，因而加工适应性差，同时由于误差的存在，这种系统实际产生无衍射光束的光斑事先确定，因而要获得满足加工要求所需的光斑，不可能一次设计加工出满足要求的旋转棱镜，需更换旋转棱镜，而非球面的光学元件加工精度要求高，价格昂贵，因此该系统仍然存在诸多不足。

发明内容

本发明的目的是要克服上述缺点，提供一种激光微加工机光学聚焦系统设计的方法，在尽量减少成本的基础上，获得不同光斑尺寸的无衍射光束，以适应不同的加工要求。

一种激光微加工机光学聚焦系统，其特征在于：在正旋转棱镜后放置两个球面透镜，第一个球面透镜到正旋转棱镜的距离根据激光器的功率确定，第二个球面透镜与第一个球面透镜共焦；只需制造一个旋转棱镜，通过更换第二个球面透

镜就能方便地产生不同光斑尺寸的非衍射光束，以适应不同的加工要求，激光器的输出光束经伽利略望远镜扩束准直，经正旋转棱镜变换后产生发散的一组锥体波矢平面波，这组平面波经透镜在其像方焦平面聚焦成细圆环，经另一透镜变换后生成一组锥体波矢，在锥体波矢会聚区内形成非衍射光束，在加工部位，获得所需的光斑形状、尺寸及功率密度。

本发明的优点是：

1. 因系统的出射光束是非衍射光束，聚焦光斑尺寸不随距离而变化，因而加工的动态范围大，在非衍射范围内对工件位置误差的敏感度为零，对工件表面的平整度适应性强，且沿光轴方向既不需精密聚焦（无需考虑齐焦的问题）也不需移动被加工工件，这样可使三维工作台简化为二维工作台并可避免使用昂贵的精密机械调整装置；
2. 只需一个旋转棱镜，通过更换价格低廉的普通球面透镜可得到不同尺寸的微米级的非衍射光束，适应不同的加工要求。

附图说明

下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

图 1 是实现本发明设计的示意图。

1. 激光器
2. 伽利略望远镜
3. 正旋转棱镜
4. 第一个球面透镜
5. 焦平面
6. 第二个球面透镜

具体实施方式

下面结合图 1 详细说明本发明提出的设计方法的细节和工作情况。

本发明包括激光器 1、伽利略望远镜 2、正旋转棱镜 3 以及第一个球面透镜 4 和第二个球面透镜 6，由激光器 1 产生的激光输出光束经伽利略望远镜 2 扩束准直后，经正旋转棱镜 3 变换后产生以 θ 角发散的一组锥体波矢平面波，这组平面波经第一个球面透镜 4 在其像方焦平面聚焦成细圆环，因第一个球面透镜 4 的像方焦平面与第二个球面透镜 6 的物方焦平面重合，细圆环经透镜 6 变换后生成一组与 Z 轴夹角为 θ' 的锥体波矢，会聚区为 Z，在会聚区内为非衍射光束。

考虑第一个球面透镜 4 的失调灵敏度，第一个球面透镜 4 上的光束离光轴越远越好，即设计时要求正旋转棱镜到第一个球面透镜 4 的距离大。但如果这个距离增大，又会导致第二个球面透镜 6 到非衍射区起点之间的间隔减少，甚至为负，

因被加工工件必须放在无衍射区，考虑到激光加工时工作距离不宜过短，则必须有一部分无衍射区不能作为工作区，这样未能充分利用无衍射的范围，因而设计时应同时兼顾第一个球面透镜 4 的失调灵敏度和充分利用无衍射区。系统中通过改变第二个球面透镜 6 的焦距值可获得所需大小的光斑尺寸，小的中心光斑其无衍射距离短，同时，通过改变正旋转棱镜到第一个球面透镜 4 的距离可整体移动出射光的无衍射区。

假设激光器 1 输出的激光光斑半径为 0.5mm，伽利略望远镜 2 的放大率为 10 倍，正旋转棱镜 3 的材料用 K₉ 玻璃，其底面锥角为 10°，折射率为 1.5，根据激光器的功率以及球面透镜 4 的损伤阈值，确定焦距为 40mm 的第一个球面透镜 4 到正旋转棱镜 3 的距离是 10mm，则可以得到无衍射光束的光斑直径和无衍射距离（即激光微加工机的加工动态范围）随第二个球面透镜 6 变化的关系：当透镜 6 的焦距在 20mm~120mm 之间变动时，无衍射光束的光斑直径可处于 5mm~27mm 范围内，同时能提供 10mm~520mm 的加工动态范围。

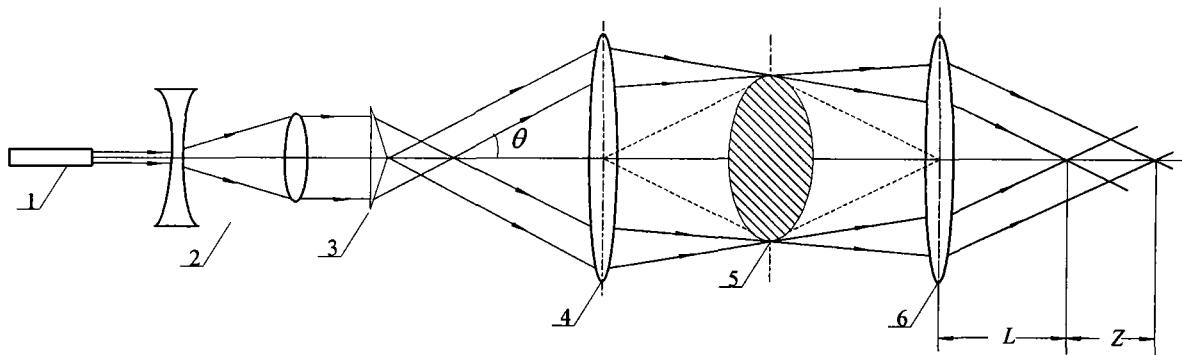


图 1