



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101508060 B

(45) 授权公告日 2011. 04. 20

(21) 申请号 200910111326. 0

JP 特开平 8-240431 A, 1996. 09. 17, 全文 .

(22) 申请日 2009. 03. 20

审查员 孙玉帅

(73) 专利权人 厦门大学

地址 361005 福建省厦门市思明南路 422 号

(72) 发明人 黄元庆 叶瑞芳 沈阳

(74) 专利代理机构 厦门南强之路专利事务所

35200

代理人 马应森 刘勇

(51) Int. Cl.

B23K 26/42 (2006. 01)

G02B 17/08 (2006. 01)

G02B 27/09 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101134266 A, 2008. 03. 05, 全文 .

CN 101142050 A, 2008. 03. 12, 全文 .

WO 84/02296 A1, 1984. 06. 21, 全文 .

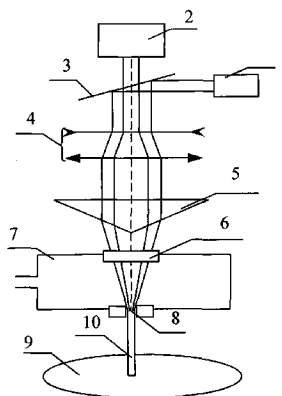
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

微激光束精密加工光学装置

(57) 摘要

微激光束精密加工光学装置, 涉及一种精密加工装置。提供一种具有可见光同轴定位指示, 可方便地实现无衍射光束与喷嘴微孔直接耦合, 用于激光精密加工的微激光束精密加工光学装置。设有激光器、可见光光源、平面镜、扩束准直器、旋转三棱镜、光学窗口、压力流体腔和喷嘴微孔。平面镜位于激光器及可见光光源前方, 激光器发射的激光束与可见光光源的光束经平面镜耦合, 扩束准直器位于平面镜前方, 旋转三棱镜位于扩束准直器前方, 压力流体腔位于旋转三棱镜前方, 光学窗口设于压力流体腔顶部, 喷嘴微孔设于压力流体腔底部, 经平面镜耦合后的光束与扩束准直器、旋转三棱镜、光学窗口及喷嘴微孔同轴。



1. 微激光束精密加工光学装置，其特征在于设有激光器、可见光光源、平面镜、扩束准直器、旋转三棱镜、光学窗口、压力流体腔和喷嘴微孔；

平面镜位于激光器及可见光光源前方，激光器发射的激光束与可见光光源的光束经平面镜耦合，扩束准直器位于平面镜前方，旋转三棱镜位于扩束准直器前方，压力流体腔位于旋转三棱镜前方，光学窗口设于压力流体腔顶部，喷嘴微孔设于压力流体腔底部，经平面镜耦合后的光束与扩束准直器、旋转三棱镜、光学窗口及喷嘴微孔同轴；

压力流体腔中流体采用纯净水。

2. 如权利要求1所述的微激光束精密加工光学装置，其特征在于所述激光器采用功率范围在瓦级至百瓦级的激光器。

3. 如权利要求2所述的微激光束精密加工光学装置，其特征在于所述激光器为1.06  $\mu\text{m}$  波长的 Nd:YAG 固体激光器。

4. 如权利要求1所述的微激光束精密加工光学装置，其特征在于所述可见光光源为普通白光光源或低功率可见光波段激光。

5. 如权利要求4所述的微激光束精密加工光学装置，其特征在于所述可见光光源为5W 卤素灯，或功率为3mW 的0.633  $\mu\text{m}$  波长的 He-Ne 激光器。

6. 如权利要求1所述的微激光束精密加工光学装置，其特征在于所述扩束准直器为倒置望远镜结构的扩束准直器。

7. 如权利要求6所述的微激光束精密加工光学装置，其特征在于所述倒置望远镜结构的扩束准直器为伽里略或开普勒结构型式的扩束准直器。

## 微激光束精密加工光学装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种精密加工装置，尤其是涉及一种采用水导引激光技术的微激光束精密加工光学装置。

### 背景技术

[0002] 瑞士联邦工业大学的 Richerzhagen Bernold 研究了在水束中传导光的现象，并将其发展成一种微细加工技术，成为一项国际专利技术 (WO 95/32834)，其装置如图 1 所示，采用低压产生微细水射流束 16，同时将激光束 11 用传统正透镜 12 聚焦于喷嘴微孔 15 出口，利用激光束在水和空气两种介质的接触面的全反射作用，引导激光束作用于被加工工件，其效果类似于传统的玻璃光纤的方法。该技术可解决传统激光加工中对工件的有效加工厚度较小、加工面存在锥度及粗糙等问题，但由于采用了聚焦透镜，要求聚焦透镜焦点与喷嘴微孔中心严格耦合，此外，现有水导引激光系统存在无可见光同轴定位指示，系统装配与调节困难，加工定位不精确，无法实现随机检测等缺点。

[0003] 无衍射光束具有中心光斑直径小且能量分布均匀，准直范围长的特性。利用无衍射光束对工件进行加工时，加工深度的动态范围大，在无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要精密聚焦，也无需考虑齐焦的问题，可实现理想的激光精密切割、打孔等加工。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种具有可见光同轴定位指示，可方便地实现无衍射光束与喷嘴微孔直接耦合，用于激光精密加工的微激光束精密加工光学装置。

[0005] 本发明设有激光器、可见光光源、平面镜、扩束准直器、旋转三棱镜、光学窗口、压力流体腔和喷嘴微孔。

[0006] 平面镜位于激光器及可见光光源前方，激光器发射的激光束与可见光光源的光束经平面镜耦合，扩束准直器位于平面镜前方，旋转三棱镜位于扩束准直器前方，压力流体腔位于旋转三棱镜前方，光学窗口设于压力流体腔顶部，喷嘴微孔设于压力流体腔底部，经平面镜耦合后的光束与扩束准直器、旋转三棱镜、光学窗口及喷嘴微孔同轴。

[0007] 所述激光器采用功率范围在瓦级至百瓦级的激光器。如可采用  $1.06\ \mu\text{m}$  波长的 Nd:YAG 固体激光器。

[0008] 所述可见光光源可采用普通白光光源或低功率可见光波段激光。如可见光光源可采用 5W 卤素灯，或功率为 3mW 的  $0.633\ \mu\text{m}$  波长的 He-Ne 激光器。

[0009] 所述扩束准直器可采用倒置望远镜结构的扩束准直器，如伽里略或开普勒结构型式。

[0010] 由于激光加工设备中所采用的激光器需具有高功率或高能量，有的甚至是非可见波段激光，因此无法直接用于设备装调、加工定位和跟踪检测，需要配有可见光定位指示装置，但因现有水导引激光加工设备中均无可见光定位指示装置，为此，本发明设

有低功率可见光光源，作为同轴定位指示。可见光光源可以是普通的白光光源，也可以是单色可见光波段的激光。装有与高功率（或高能量）激光束同轴定位指示的可见光装置，可方便对加工设备光学系统进行装调、加工定位以及随机跟踪检测。平面镜用于定位指示的可见光透射和加工用激光全反射。耦合后的可见光光束和用于加工的高功率（或高能量）激光束经旋转三棱镜后，具有线性相关关系。根据它们之间的相关关系，通过对可见光光束实际光斑的测量，可以获得用于加工的激光束的光斑情况。扩束准直器可采用倒置望远镜结构，扩束准直器实现了对激光束的扩束准直，压缩激光束的发散角。假设  $\theta_1$  为进入扩束准直器前的激光束发散角， $K$  为扩束准直器的放大倍数，则经过扩束准直器后，激光束的发散角  $\theta_2$  为入射前的  $1/K$  倍，即  $\theta_2 = \theta_1/K$ ，同时扩束后的激光束可进一步扩大无衍射光的无衍射区长度。旋转三棱镜用于产生无衍射光束。无衍射光束具有中心光斑直径小、能量分布均匀、准直区长等特性。光学窗口用于透光。无衍射激光束与定位指示的可见光光束经过光学窗口进入压力流体腔，并耦合到喷嘴微孔入口处。压力流体腔与喷嘴微孔一起产生微流束。高压流体从压力流体腔侧边进入，在压力流体腔内转化为低压流体，低压流体经喷嘴微孔向压力流体腔外出射，形成一定长度、束径不变的微流体波导稳定区。

[0011] 由此可见，本发明克服了现有水导激光系统存在对激光焦点和喷嘴微孔中心点的耦合要求高、难以检测等缺点，利用无衍射光束中心特性，依据现有水导引激光技术的耦合机理，用旋转三棱镜替代传统聚焦透镜，可十分方便在无衍射区域内实现无衍射光束与设于压力流体腔上的喷嘴微孔的匹配耦合，扩大激光与流束的耦合区域，大大降低现有水导引激光装置中对聚焦透镜焦点与喷嘴微孔之间需非常精确耦合的要求，实现了方便系统装调，高效低损耗的激光耦合输出，同时保留了现有水导引激光加工装置加工距离长、无热影响区等优点。利用无衍射光束对工件进行加工时，加工深度的动态范围大，在无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要精密聚焦，也无需考虑齐焦的问题，可实现理想的激光精密切割、打孔等加工。

#### 附图说明

[0012] 图 1 为现有水导引激光束精密加工光学装置的激光耦合机理示意图。

[0013] 图 2 为本发明实施例的结构示意图。

[0014] 图 3 为本发明实施例的旋转三棱镜的几何光学原理示意图。Z 轴表示光轴， $\rho$  轴表示径向坐标。

#### 具体实施方式

[0015] 参见图 2 和 3，本发明设有激光器 1、可见光光源 2、平面镜 3、扩束准直器 4、旋转三棱镜 5、光学窗口 6，压力流体腔 7 和喷嘴微孔 8。

[0016] 平面镜 3 位于激光器 1 及可见光光源 2 前方，激光器 1 发射的激光束与可见光光源 2 光束经平面镜 3 耦合，扩束准直器 4 位于平面镜 3 前方，旋转三棱镜 5 位于扩束准直器 4 前方，压力流体腔 7 位于旋转三棱镜 5 前方，光学窗口 6 设于压力流体腔 7 顶部，喷嘴微孔 8 设于压力流体腔 7 底部，经平面镜 3 耦合后的光束与扩束准直器 4、旋转三棱镜

5、光学窗口 6 及喷嘴微孔 8 同轴。所述激光器 1 采用功率范围在瓦级 - 百瓦级的激光器。所述可见光光源 2 可采用普通白光光源（也可为低功率可见光波段激光）。所述扩束准直器 4 采用倒置望远镜结构的扩束准直器，即伽里略结构型式的扩束准直器。在图 2 中，标号 9 表示工件，标号 10 表示微水流波导稳定区。

[0017] 实施例中，可见光光源 2 采用低功率可见光波段激光，功率为 3mW 的 0.633  $\mu\text{m}$  波长的 He-Ne 激光器，用于加工的激光器 1 采用功率为 100W 的 1.06  $\mu\text{m}$  波长的 Nd:YAG 固体激光器，压力流体腔 7 中的流体为纯净水。可见光光源 2 的可见光经平面镜 3 透射后，与经平面镜 3 全反射的 Nd:YAG 激光器 1 出射光束同轴耦合。耦合后的可见光光束与不可见的 1.06  $\mu\text{m}$  波长 Nd:YAG 激光束同时经扩束准直器 4 垂直入射到旋转三棱镜 5 底面。耦合后的 Nd:YAG 激光束经过旋转三棱镜 5 将产生贝塞尔无衍射光束。如图 3 所示，入射旋转三棱镜 5 底面的激光束半径为  $r$ ，旋转三棱镜介质折射率为  $n$ ， $\theta$  为旋转三棱镜出射的光束与 Z 轴的夹角，当旋转三棱镜 5 的锥角  $\varphi$  较小，不计棱镜厚度时，根据几何光学，最大无衍射区域  $Z_{\text{max}}$  可由下式给出：

[0018]

$$Z_{\text{max}} = \frac{r}{(n-1)\varphi} \quad (1)$$

[0019] 在最大无衍射区域  $Z_{\text{max}}$  内，根据贝塞尔函数特性，无衍射光束中心最小亮斑半径计算公式为

[0020]

$$R \approx \frac{2.405}{\frac{2\pi}{\lambda}(n-1)\varphi} \quad (2)$$

[0021] 将相关参数 Nd:YAG 激光波长  $\lambda = 1.06 \mu\text{m}$ ，旋转三棱镜介质（型号为 K9）对该激光波长折射率  $n = 1.506$ ，轴棱锥的锥角  $\varphi = 2^\circ$ ，入射旋转三棱镜 5 底面的激光束半径  $r = 10\text{mm}$ ，分别代入公式 (1) 和公式 (2) 可得到 Nd:YAG 激光通过旋转三棱镜后产生最大无衍射区域  $Z_{\text{max}} = 566\text{mm}$ ，无衍射激光束中心亮斑半径  $R = 22.97 \mu\text{m}$ ，而喷嘴微孔 8 的孔径为 0.1mm，因此，无衍射激光束中心亮斑半径远小于喷嘴微孔 8 的孔径，可以完全入射到喷嘴微孔 8 中。

[0022] 对于可见光，经光学成像后与激光束同时进入喷嘴微孔 8，实现匹配耦合，通过水波导区后出射，其出射可见光光束与激光束一样受到水波导口径的约束，两光束光斑大小近似相等且同轴，实现了同轴定位指示，同时检测到的可见光光斑的大小也即为用于加工的激光光斑大小。

[0023] 产生的无衍射激光束经水腔上方的光学窗口 6 进入压力流体腔 7 中的薄水层，在无衍射区域内，无衍射激光束与喷嘴微孔的中心耦合。压力流体腔 7 中的水经喷嘴微孔 8 向外出射，形成一定长度的水流束径不变的微水流波导稳定区 10，基于全反射原理，引导耦合进微水流波导区的激光束到达加工工件 9 表面，对工件进行打孔、切割等加工。

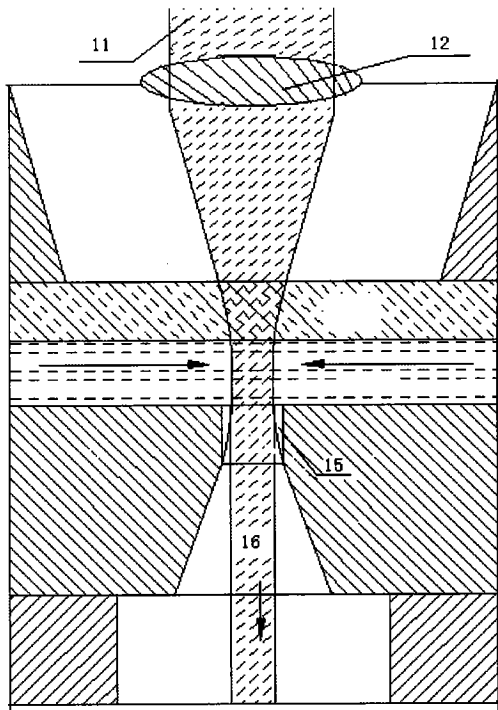


图 1

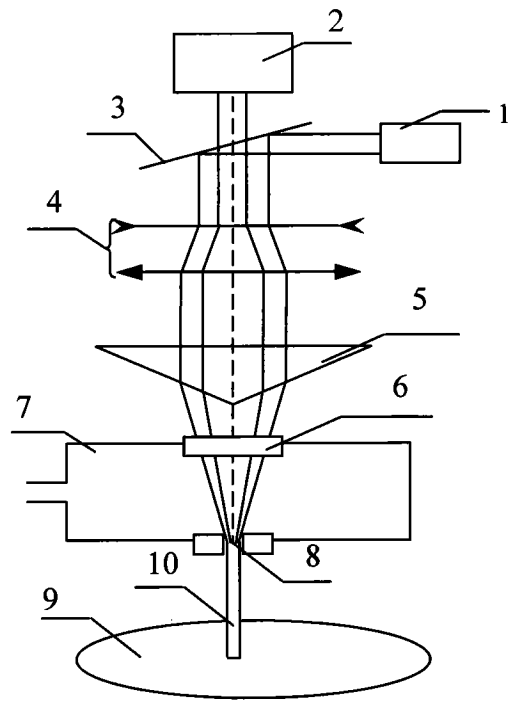


图 2

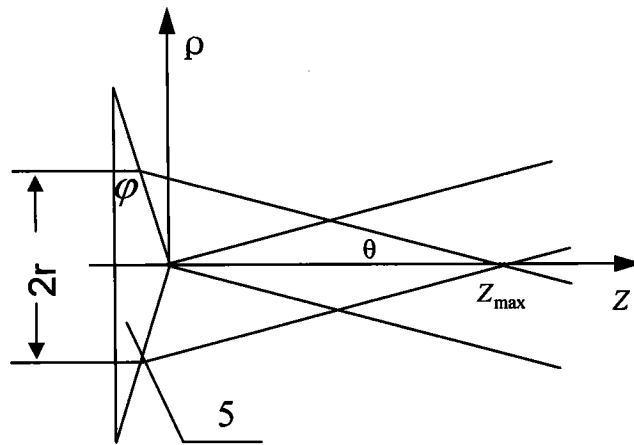


图 3