

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 4 月 18 日 (18.04.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/077779 A1

- (51) 国际专利分类号:
C23C 24/10 (2006.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
B22F 12/41 (2021.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/141646
- (22) 国际申请日: 2022 年 12 月 23 日 (23.12.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211239793.3 2022年10月11日 (11.10.2022) CN
- (71) 申请人: 苏州大学 (SOOCHOW UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国江苏省苏州市相城区经济学路
8号, Jiangsu 215000 (CN)。

- (72) 发明人: 李加强 (LI, Jiaqiang); 中国江苏省苏州市
相城区经济学路 8 号, Jiangsu 215000 (CN)。金磊
(JIN, Lei); 中国江苏省苏州市相城区经济学路 8 号,
Jiangsu 215000 (CN)。邹翼波 (ZOU, Yibo); 中国江
苏省苏州市相城区经济学路 8 号, Jiangsu 215000
(CN)。朱刚贤 (ZHU, Gangxian); 中国江苏省苏
州市相城区经济学路 8 号, Jiangsu 215000 (CN)。
石世宏 (SHI, Shihong); 中国江苏省苏州市相城
区经济学路 8 号, Jiangsu 215000 (CN)。
- (74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW CO., LTD.);
中国北京市朝阳区建国门外大街 22 号赛
特广场 7 层, Beijing 100004 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

(54) Title: LASER CLADDING DEVICE HAVING DUTY RATIO ADJUSTABLE WITHIN LARGE RANGE

(54) 发明名称: 一种大范围可调占空比的激光熔覆装置

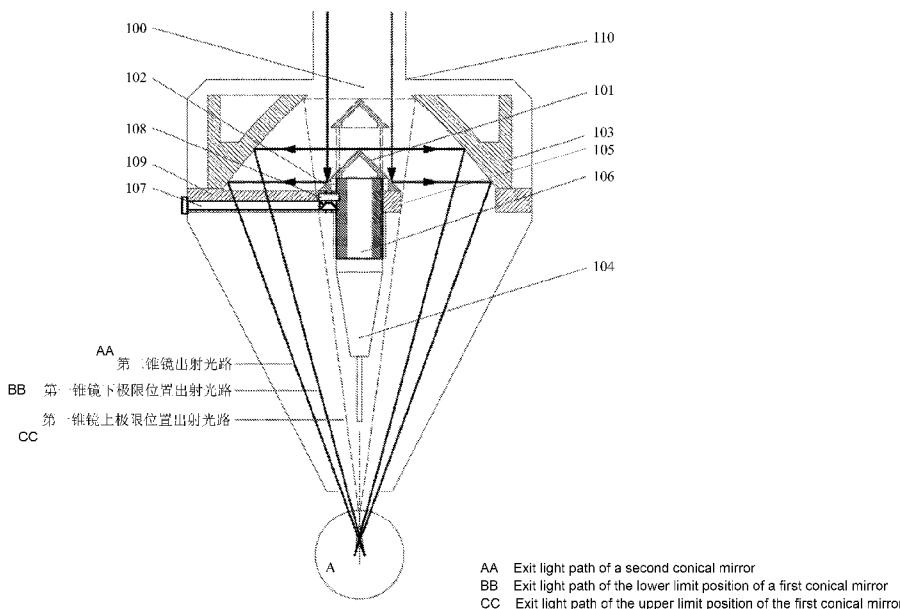


图 4

(57) Abstract: A laser cladding device having a duty ratio adjustable within a large range, comprising a parabolic focusing mirror, a first conical mirror, a second conical mirror, and a powder spraying device. The parabolic focusing mirror and the second conical mirror are both annular, the reflecting surfaces of the first conical mirror and the second conical mirror are opposite to the reflecting surface of the parabolic focusing mirror, so that light beams incident from the central axis of the parabolic focusing mirror to the first conical mirror and the second conical mirror are reflected circumferentially by the reflecting surfaces of the first conical mirror and the second conical



BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

mirror and are incident on the reflecting surface of the parabolic focusing mirror, and are further reflected and focused by the reflecting surface of the parabolic focusing mirror. The position of the second conical mirror is fixed, the first conical mirror can move along the central axis of the parabolic focusing mirror, and the powder spraying device is arranged below the second conical mirror. According to the laser cladding device having a duty ratio adjustable within a large range provided by the present invention, the duty ratio can be changed on the premise that the outer diameter of annular light beams is not changed, and the adjustment range of the duty ratio is large.

(57) 摘要: 一种大范围可调占空比的激光熔覆装置, 包括抛物聚焦镜、第一锥镜、第二锥镜和喷粉装置, 抛物聚焦镜和第二锥镜均为环状, 第一锥镜和第二锥镜二者的反射面均与抛物聚焦镜的反射面相对, 使得从抛物聚焦镜的中轴入射至第一锥镜和第二锥镜的光束, 被二者的反射面向圆周反射出而入射至抛物聚焦镜的反射面, 并进一步被抛物聚焦镜的反射面反射并聚焦。第二锥镜的位置固定, 第一锥镜可沿着抛物聚焦镜的中轴移动, 喷粉装置设置于第二锥镜的下方。本发明的大范围可调占空比的激光熔覆装置, 可以在不改变环形光束的外直径的前提下改变占空比, 并且占空比的调节范围较大。

一种大范围可调占空比的激光熔覆装置

本申请要求于 2022 年 10 月 11 日提交中国专利局、申请号为 202211239793.3、发明名称为“一种大范围可调占空比的激光熔覆装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及增材制造领域，特别是涉及一种大范围可调占空比的激光熔覆装置。

10 背景技术

激光熔覆作为一种先进的表面涂层制备技术，近些年来取得了飞速发展。传统的环形激光熔覆装置，通过调节镜组将实心光斑整形成为环形光斑，同时各激光束具有同一个光学焦点并在该位置汇聚成实心点状光斑。

占空比为环形激光束的一个几何参数，对金属材料的熔覆后微观组织具有重大的影响，在不同的占空比值下的材料组织各异，通过研究发现，可以通过改变环形激光束的占空比来调控得到预期的微观组织，并且大量实验表明，占空比在 0~0.5 的组织调控效果较为理想和明显。

目前，改变激光束占空比的常规方法有通过改变离焦量来取得不同的占空比数值，但是该方法在得到不同占空比的同时会改变其它参数，比如改变离焦量后，在得到新的占空比的同时，光斑的内外径均发生较大变化，外径变化即会影响熔覆单道宽度（熔宽）发生变化，那么，在保证熔宽一定情况下就无法探究不同占空比带来的影响；同时，因为改变了离焦量的缘故，无法得出就占空比本身对激光熔覆过程的影响程度。

25 发明内容

本发明的目的是提供一种大范围可调占空比的激光熔覆装置，可以在不改变环形光斑外径的前提下改变占空比，并且占空比的调节范围较大。

为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种大范围可调占空比的激光熔覆装置，包括抛物聚焦镜、第一锥镜、第二锥镜和喷粉装置，所述抛物聚焦镜和所述第二锥镜均为环状，所述第一锥镜和所述第二锥镜二者的反射面均与所述抛物聚焦镜的反射面相对，使得从所述抛物聚焦镜的中轴入射至所述第一锥镜和所述第二锥镜的光束，被二者的反射面向圆周反射出而入射至所述抛物聚焦镜的反射面，并进一步被所述抛物聚焦镜的反射面反射并聚焦；

所述第二锥镜的位置固定，所述第一锥镜可沿着所述抛物聚焦镜的中轴移动，所述喷粉装置设置于所述第二锥镜的下方，所述抛物聚焦镜的反射面使得光线聚焦的焦点形成围绕所述抛物聚焦镜中轴的环线。

10 可选地，由所述抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点位于光学焦平面上，在所述光学焦平面靠近所述抛物聚焦镜一侧存在预设平面，从所述抛物聚焦镜反射出的光线在所述预设平面上形成实心光斑。

可选地，由所述抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点位于光学焦平面上，在所述光学焦平面靠近所述抛物聚焦镜一侧选取工作平面，所述工作平面的离焦量满足：

$$F \geq \frac{D}{\tan \theta_3};$$

其中，F表示工作平面的离焦量，D表示由所述抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点形成环线的直径， θ_3 表示所述第一锥镜下极限位置出射光路与中轴夹角。

20 可选地，由所述抛物聚焦镜反射出的光线在所选取工作平面的占空比调节范围为：

$$1 - \left(\frac{2 \cdot F \cdot \tan \theta_2 - D}{2 \cdot F \cdot \tan \theta - D} \right)^2 \leq K \leq 1 - \left(\frac{2 \cdot F \cdot \tan \theta_3 - D}{2 \cdot F \cdot \tan \theta - D} \right)^2;$$

25 其中，K表示由所述抛物聚焦镜反射出的光线在所选取工作平面的占空比， θ_2 表示所述第一锥镜上极限位置出射光路与中轴夹角， θ 表示所述第二锥镜出射光路与中轴夹角。

可选地，所述第二锥镜的内直径小于等于所述第一锥镜的直径。

可选地，还包括镜座和运动调节件，所述镜座包括第一环状固定部，

所述第二锥镜固定于所述第一环状固定部，所述运动调节件穿设于所述第一环状固定部并带动所述第一锥镜沿着所述抛物聚焦镜的中轴移动，所述第一锥镜固定于所述运动调节件的顶端，所述喷粉装置固定于所述运动调节件的底端。

- 5 可选地，所述镜座还包括固定所述第一环状固定部的连接部，所述运动调节件为升降螺栓，所述连接部设置有贯通至所述第一环状固定部的通道，所述通道内设置有调节螺栓，所述第一环状固定部设置有传动连接所述调节螺栓和所述升降螺栓的多级锥齿轮。

- 10 可选地，所述镜座还包括第二环状固定部，所述抛物聚焦镜固定于所述第二环状固定部，所述第二环状固定部位于所述第一环状固定部的外周，两者由所述连接部连接。

可选地，所述升降螺栓和所述第一锥镜的内部设置有用以吸收所述第一锥镜积热的水冷却空间，在所述抛物聚焦镜内部设置有冷却空间。

- 15 可选地，还包括装置外壳，所述装置外壳与所述镜座配合封装所述抛物聚焦镜。

- 由上述技术方案可知，本发明所提供的一种大范围可调占空比的激光熔覆装置，包括抛物聚焦镜、第一锥镜、第二锥镜和喷粉装置，抛物聚焦镜和第二锥镜均为环状，第一锥镜和第二锥镜二者的反射面均与抛物聚焦镜的反射面相对，使得从抛物聚焦镜的中轴入射至第一锥镜和第二锥镜的光束，被二者的反射面向圆周反射出而入射至抛物聚焦镜的反射面，并进一步被抛物聚焦镜的反射面反射并聚焦。其中，第二锥镜的位置固定，第一锥镜可沿着抛物聚焦镜的中轴移动，喷粉装置设置于第二锥镜的下方。
- 20

- 经抛物聚焦镜聚焦后的出射光束，存在一段是环形光束，并且是被第二锥镜反射的光线形成了该段环形光束的外侧光线，被第一锥镜反射的光线形成了该段环形光束的内侧光线。因此第二锥镜的位置固定，将第一锥镜沿着抛物聚焦镜的中轴移动时，该段环形光束的外直径不变，该段环形光束的内直径会随着第一锥镜沿着抛物聚焦镜的中轴移动而改变，如此实现调节该段出射光束的占空比，并且是在不改变环形光束的外直径的前提下改变占空比。另外，抛物聚焦镜的反射面使得光线聚焦的焦点形成围绕
- 25

抛物聚焦镜中轴的环线，使得由抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点偏离了抛物聚焦镜的中轴，能够使出射光束的该段环形光束的内直径较大幅度地减小，使该段环形光束的外直径减小幅度较小，因此可以使得该段环形光束的占空比的调节范围增大。因此，本发明的大范围可调占空比的激光熔覆装置，可以在不改变环形光束的外直径的前提下改变占空比，并且占空比的调节范围较大。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明实施例的大范围可调占空比的激光熔覆装置出射光束的光路示意图；

图 2 为图 1 所示的出射光束在各离焦平面处占空比的变化示意图；

图 3 为出射光束聚焦的焦点位于抛物聚焦镜中轴上的光路示意图以及在各离焦平面处占空比的变化示意图；

图 4 为本发明实施例提供的一种大范围可调占空比的激光熔覆装置的纵向剖视图；

图 5 为本发明实施例的激光熔覆装置在所选取工作平面的占空比变化示意图。

具体实施方式

为了使本技术领域的人员更好地理解本发明中的技术方案，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，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造

性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

本实施例提供一种大范围可调占空比的激光熔覆装置，包括抛物聚焦镜、第一锥镜、第二锥镜和喷粉装置，

所述抛物聚焦镜和所述第二锥镜均为环状，所述第一锥镜和所述第二
5 锥镜二者的反射面均与所述抛物聚焦镜的反射面相对，使得从所述抛物聚
焦镜的中轴入射至所述第一锥镜和所述第二锥镜的光束，被二者的反射面
向圆周反射出而入射至所述抛物聚焦镜的反射面，并进一步被所述抛物聚
焦镜的反射面反射并聚焦；

所述第二锥镜的位置固定，所述第一锥镜可沿着所述抛物聚焦镜的中
10 轴移动，所述喷粉装置设置于所述第二锥镜的下方，所述抛物聚焦镜的反
射面使得光线聚焦的焦点形成围绕所述抛物聚焦镜中轴的环线。

光束从抛物聚焦镜的中轴入射至第一锥镜和第二锥镜，被二者的反射
面反射而向圆周发射出，反射出的光线入射至抛物聚焦镜的反射面，被抛
物聚焦镜的反射面反射出并聚焦。被抛物聚焦镜的反射面反射出的光线，
15 聚焦的焦点形成围绕抛物聚焦镜中轴的环线。环线是指封闭的曲线。

经抛物聚焦镜聚焦后的出射光束，存在一段是环形光束，并且是被第
二锥镜反射的光线形成了该段环形光束的外侧光线，被第一锥镜反射的光
线形成了该段环形光束的内侧光线。由于第二锥镜的位置固定，将第一锥
镜沿着抛物聚焦镜的中轴移动时，该段环形光束的外直径不变，该段环形
20 光束的内直径会随着第一锥镜沿着抛物聚焦镜的中轴移动而改变，如此，
实现了调节该段出射光束的占空比，并且，是在不改变环形光束的外直径
的前提下改变占空比。

另外本装置中，抛物聚焦镜的反射面使得光线聚焦的焦点形成围绕抛
物聚焦镜中轴的环线，使得由抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点偏离了
25 抛物聚焦镜的中轴，能够使出射光束的该段环形光束的内直径较大幅度地
减小，使该段环形光束的外直径减小幅度较小，因此可以使得该段环形光
束的占空比的调节范围增大。因此，本实施例的大范围可调占空比的激光
熔覆装置，可以在不改变环形光束的外直径的前提下改变占空比，并且占
空比的调节范围较大。

由抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点位于光学焦平面上，由抛物聚焦镜反射出的光线聚焦在光学焦平面上并且各部分光线的焦点形成一环线。示例地可参考图 1 和图 2，图 1 为本实施例的大范围可调占空比的激光熔覆装置出射光束的光路示意图，图 2 为图 1 所示的出射光束在各离焦平面处占空比的变化示意图，图 1 和图 2 所示为取图 4 中 A 区域光束占空比的变化过程。结合参考图 1 和图 2 所示，e 平面为光学焦平面，抛物聚焦镜的光学焦点位于 e 平面上，出射光束聚焦在该 e 平面上，并且出射光束在 e 平面上为环线状。

进一步具体地，在光学焦平面靠近抛物聚焦镜一侧存在预设平面，由抛物聚焦镜反射出的光线在预设平面上形成实心光斑。可参考图 1 和图 2，在 e 平面上方存在 c 平面，出射光束在 c 平面上形成实心光斑，由出射光束交叉重叠部分形成。该光斑可认为是出射光束的几何焦点，其占空比可以视为 1，并且无法通过改变第一锥镜的位置来改变其占空比的值。

e 平面下方的 d 平面为正离焦平面，出射光束在正离焦平面 d 平面上的光斑，在将第一锥镜沿着抛物聚焦镜的中轴移动时，光斑的内直径不变，外直径变化。

e 平面上方的 a 平面、b 平面为负离焦平面，本激光熔覆装置选择负离焦平面为进行激光熔覆的工作平面。对应参考图 2，图 2 中右侧的两列光斑依次为第一锥镜处于上极限位置、第一锥镜处于下极限位置时的光斑。如图所示，第一锥镜处于上极限位置时，a 平面上的光斑内直径很小，b 平面上的光斑内直径很小。对于 a 平面，第一锥镜处于上极限位置与处于下极限位置相比，a 平面上的光斑内直径变化较大；同样地，对于 b 平面，第一锥镜处于上极限位置与处于下极限位置相比，b 平面上的光斑内直径变化较大。通过将第一锥镜在上极限位置与下极限位置之间移动，可实现光斑在两个极限大小之间变化，实现占空比在某个范围内的改变。

示例地可结合参考图 3，图 3 为出射光束聚焦的焦点位于抛物聚焦镜中轴上的光路示意图以及在各离焦平面处占空比的变化示意图，图中 a、b 为负离焦工作平面，c 为焦点平面，d 为正离焦工作平面。可以明显看出，图 3 所示与图 1 和图 2 所示相比，在不改变光路入射角度和其他光学结构

的情况下，图 1 和图 2 所示的本实施例的激光熔覆装置出射光束在不同离焦量处的光斑尺寸和占空比调节范围更大。

示例地可参考图 4，图 4 为本实施例提供的一种大范围可调占空比的激光熔覆装置的纵向剖视图，如图所示，抛物聚焦镜 103 和第二锥镜 102 为环状，第一锥镜 101 和第二锥镜 102 二者的反射面均与抛物聚焦镜 103 的反射面相对。第二锥镜 102 的位置固定，第一锥镜 101 可沿着抛物聚焦镜 103 的中轴移动。

图中，虚线表示的第一锥镜 101 表示第一锥镜 101 的上极限位置，虚线光线表示第一锥镜 101 处于上极限位置时的光线传播光路。实线表示的第一锥镜 101 表示第一锥镜 101 的下极限位置，对应的实线光线表示第一锥镜 101 处于下极限位置时的光线传播光路。第二锥镜 102 对应的实线光线表示第二锥镜 102 的光线传播光路。

具体地，第二锥镜 102 的内直径小于等于第一锥镜 101 的直径，比如光束是垂直射入的，若是第二锥镜 102 的内直径大于第一锥镜 101 的直径，就会导致入射的实心圆形光束不能完全落在两个锥镜斜镜面（即两个锥镜的反射面）上，光束会照射到其它零件上，会造成零件因直接受激光束照射而损坏，也可避免影响最终出射的光束尺寸。第一锥镜 101 可沿着抛物聚焦镜 102 中轴上下移动。优选地，第一锥镜 101 处于上极限位置时，第一锥镜 101 顶端不高于抛物聚焦镜 103 的反射面顶端，以避免第一锥镜 101 顶端高于抛物聚焦镜 103 的反射面顶端时，光束被第一锥镜 101 分割之后会射向抛物聚焦镜 103 上方的零件，上方的零件不具备反射光的能力。第一锥镜 101 处于下极限位置时，所述第一锥镜 101 底端不低于所述第二锥镜 102 顶端，若此时第一锥镜 101 底端低于第二锥镜 102 的顶端，被第一锥镜 101 分开的光就会射进第二锥镜 102 的内壁并且被遮挡，不仅会影响最终的光束尺寸，还会损坏第二锥镜 102。

其中，抛物聚焦镜 103 的反射面满足第一锥镜 101 处于上极限位置对应的光路和处于下极限位置对应的光路，该两光路均与喷粉装置 104 保持一定安全距离，以及第一锥镜 101 上极限位置时反射出的光线不能再次入射到第二锥镜 102 上。

进一步地，本实施例装置还可包括镜座和运动调节件，所述镜座包括第一环状固定部，所述第二锥镜固定于所述第一环状固定部，所述运动调节件穿设于所述第一环状固定部并带动所述第一锥镜沿着所述抛物聚焦镜的中轴移动，所述第一锥镜固定于所述运动调节件的顶端，所述喷粉装置
5 固定于所述运动调节件的底端。本实施例中，对驱动运动调节件移动以带动第一锥镜 101 移动的方式不做限定。可选地，在一些实施方式中，镜座 105 还可包括固定所述第一环状固定部的连接部，所述运动调节件为升降螺栓，所述连接部设置有贯通至所述第一环状固定部的通道，所述通道内设置有调节螺栓，所述第一环状固定部设置有传动连接所述调节螺栓和所述升降
10 螺栓的多级锥齿轮。通过转动调节螺栓，驱动多级锥齿轮旋转，进而驱动升降螺栓带动其顶端的第一锥镜运动。

示例地可参考图 4 所示，第二锥镜 102 固定于第一环状固定部 105，运动调节件 106 穿设于第一环状固定部 105，第一锥镜 101 固定于运动调节件 106 的顶端，喷粉装置 104 固定于运动调节件 106 的底端。调节螺栓
15 107 穿设于连接部（图中未标出）的通道内，通过多级齿轮 108 将调节螺栓 107 和升降螺栓 108 传动连接。通过转动调节螺栓，驱动多级锥齿轮旋转，进而驱动升降螺栓带动其顶端的第一锥镜运动，实现驱动第一锥镜 101 沿着抛物聚焦镜 103 的中轴上下移动。

进一步地，镜座还可包括第二环状固定部，所述抛物聚焦镜固定于所述
20 第二环状固定部，所述第二环状固定部位于所述第一环状固定部的外周，两者由所述连接部连接。可参考图 4 所示，抛物聚焦镜 103 固定于第二环状固定部 109。具体的，在第二环状固定部 109 内设置有通道，该通道与连接部的通道连通，调节螺栓 107 穿设于第二环状固定部 109 的通道以及连接部的通道。

25 优选地，升降螺栓 107 和第一锥镜 101 的内部设置有用以吸收所述第一锥镜 101 积热的水冷却空间，抛物聚焦镜 103 内部可设置冷却空间 110，以便对抛物聚焦镜 103 和第一锥镜 101 进行冷却。调节螺栓 107 的外端面可设置旋钮并标注占空比数据，实现量化调节。进一步地，本激光熔覆装置还包括装置外壳 111，装置外壳 111 设置有进光通道 112，装置外壳 111

和镜座的第二环状固定部 109 配合将抛物聚焦镜 103 封装, 使得进光通道 112、装置外壳 111、抛物聚焦镜 103、第一锥镜 101 和第二锥镜 102 均同轴设置, 进光通道 112 可供激光束进入并到达第一锥镜 101 和第二锥镜 102 的反射面。进一步地, 本激光熔覆装置还包括激光源, 激光源与进光通道 5 连接, 向进光通道入射激光束。

下面对本激光熔覆装置实现大范围调节占空比的情况进行说明, 其中, 以非上、下极限位置时的一个位置做具体说明, 同时将整个装置进行简化。并且为了阐述的方便, 用虚线表示两个极限位置的光路, 如图 5 所示, 图 5 为本实施例的激光熔覆装置在所选取工作平面的占空比变化示意图, 取 10 离焦量为 F 的工作平面为案例进行说明。

其中, F 表示工作平面的离焦量, D 表示由抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点形成环线的直径。L 表示第二锥镜出射光路, L1 表示第一锥镜实际出射光路, L2 表示第一锥镜下极限位置出射光路, L3 表示第一锥镜上极限位置出射光路。C1 表示在第一锥镜实际工作平面下光斑, C2 表示 15 在第一锥镜下极限位置出射光路光斑, C3 表示在第一锥镜上极限位置出射光路光斑。 θ_1 表示第一锥镜实际工作位置出射光路与中轴夹角, θ_2 表示第一锥镜上极限位置出射光路与中轴夹角。 θ_3 表示第一锥镜下极限位置出射光路与中轴夹角, θ 表示第二锥镜出射光路与中轴夹角。

由抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点位于光学焦平面上, 在光学焦 20 平面靠近抛物聚焦镜一侧选取工作平面, 工作平面的离焦量满足:

$$F \geq \frac{D}{\tan \theta_3}。$$

当旋动调节螺栓 107 带动升降螺栓 106 移动到某一位置时, 第二锥镜 102 位于图 5 所示位置。第一锥镜实际出射光路 L1 处于第一锥镜下极限位置出射光路 L2 和第一锥镜上极限位置出射光路 L3 之间, 此时可视为在进行 25 激光熔覆时的一般情形。

此时在离焦量为 F 的平面上可取的工作光斑即为 C1, 其内半径、外半径 r_1 、 r_2 分别为:

$$r_1 = F \cdot \tan \theta_1 - \frac{D}{2};$$

$$r_2 = F \cdot \tan \theta - \frac{D}{2};$$

在该工作平面的最大光斑为第一锥镜上极限位置出射光路 L3 与第二锥镜出射光路 L1 构成的光斑 C3，其内半径、外半径 r_3 、 r_4 分别为：

$$5 \quad r_3 = F \cdot \tan \theta_3 - \frac{D}{2};$$

$$r_4 = F \cdot \tan \theta - \frac{D}{2};$$

在该工作平面的最小光斑为第一锥镜下极限位置出射光路 L2 与第二锥镜出射光路 L1 构成的光斑 C2，其内半径、外半径 r_5 、 r_6 分别为：

$$r_5 = F \cdot \tan \theta_2 - \frac{D}{2};$$

$$10 \quad r_6 = F \cdot \tan \theta - \frac{D}{2};$$

那么在该工作平面下的激光占空比 K 的值为：

$$K = \frac{\pi r_2^2 - \pi r_1^2}{\pi r_2^2} = 1 - \left(\frac{2 \cdot F \cdot \tan \theta_1 - D}{2 \cdot F \cdot \tan \theta - D} \right)^2;$$

本实施例中以出射光束在工作平面上形成的环形光斑的中空区域和光斑区域的面积比为占空比。其变化范围为：

$$15 \quad 1 - \left(\frac{2 \cdot F \cdot \tan \theta_2 - D}{2 \cdot F \cdot \tan \theta - D} \right)^2 \leq K \leq 1 - \left(\frac{2 \cdot F \cdot \tan \theta_3 - D}{2 \cdot F \cdot \tan \theta - D} \right)^2。$$

将其带入实验常用的数据： $F = 30\text{mm}$ ， $\theta = 19.2^\circ$ 。

预计达到的数据为： $\theta_2 = 18.5^\circ$ ， $\theta_3 = 16.2^\circ$ 。

则预计可达到的占空比变化范围为 0.185 至 0.668。

20 以上对本发明所提供的一种大范围可调占空比的激光熔覆装置进行了

详细介绍。本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以对本发明进行若干改进和修饰，这些改进和修饰也落入本发明权利要求5 要求的保护范围内。

权 利 要 求

1、一种大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特征在于，包括抛物
聚焦镜、第一锥镜、第二锥镜和喷粉装置，所述抛物聚焦镜和所述第二锥
镜均为环状，所述第一锥镜和所述第二锥镜二者的反射面均与所述抛物聚
5 焦镜的反射面相对，使得从所述抛物聚焦镜的中轴入射至所述第一锥镜和
所述第二锥镜的光束，被二者的反射面向圆周反射出而入射至所述抛物聚
焦镜的反射面，并进一步被所述抛物聚焦镜的反射面反射并聚焦；

所述第二锥镜的位置固定，所述第一锥镜可沿着所述抛物聚焦镜的中
轴移动，所述喷粉装置设置于所述第二锥镜的下方，所述抛物聚焦镜的反
10 射面使得光线聚焦的焦点形成围绕所述抛物聚焦镜中轴的环线。

2、根据权利要求 1 所述的大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特
征在于，由所述抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点位于光学焦平面上，
在所述光学焦平面靠近所述抛物聚焦镜一侧存在预设平面，从所述抛物聚
焦镜反射出的光线在所述预设平面上形成实心光斑。

15 3、根据权利要求 1 所述的大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特
征在于，由所述抛物聚焦镜反射出的光线聚焦的焦点位于光学焦平面上，
在所述光学焦平面靠近所述抛物聚焦镜一侧选取工作平面，所述工作平面
的离焦量满足：

$$F \geq \frac{D}{\tan \theta_3};$$

20 其中，F 表示工作平面的离焦量，D 表示由所述抛物聚焦镜反射出的
光线聚焦的焦点形成环线的直径， θ_3 表示所述第一锥镜下极限位置出射光
路与中轴夹角。

4、根据权利要求 3 所述的大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特
征在于，由所述抛物聚焦镜反射出的光线在所选取工作平面的占空比调节
25 范围为：

$$1 - \left(\frac{2 \cdot F \cdot \tan \theta_2 - D}{2 \cdot F \cdot \tan \theta - D} \right)^2 \leq K \leq 1 - \left(\frac{2 \cdot F \cdot \tan \theta_3 - D}{2 \cdot F \cdot \tan \theta - D} \right)^2;$$

其中，K 表示由所述抛物聚焦镜反射出的光线在所选取工作平面的占

空比， θ_2 表示所述第一锥镜上极限位置出射光路与中轴夹角， θ 表示所述第二锥镜出射光路与中轴夹角。

5、根据权利要求1所述的大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特征在于，所述第二锥镜的内直径小于等于所述第一锥镜的直径。

5 6、根据权利要求1所述的大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特征在于，还包括镜座和运动调节件，所述镜座包括第一环状固定部，所述第二锥镜固定于所述第一环状固定部，所述运动调节件穿设于所述第一环状固定部并带动所述第一锥镜沿着所述抛物聚焦镜的中轴移动，所述第一锥镜固定于所述运动调节件的顶端，所述喷粉装置固定于所述运动调节件的底端。

10 7、根据权利要求6所述的大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特征在于，所述镜座还包括固定所述第一环状固定部的连接部，所述运动调节件为升降螺栓，所述连接部设置有贯通至所述第一环状固定部的通道，所述通道内设置有调节螺栓，所述第一环状固定部设置有传动连接所述调节螺栓和所述升降螺栓的多级锥齿轮。

8、根据权利要求7所述的大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特征在于，所述镜座还包括第二环状固定部，所述抛物聚焦镜固定于所述第二环状固定部，所述第二环状固定部位于所述第一环状固定部的外周，两者由所述连接部连接。

20 9、根据权利要求7所述的大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特征在于，所述升降螺栓和所述第一锥镜的内部设置有用于吸收所述第一锥镜积热的水冷却空间，在所述抛物聚焦镜内部设置有冷却空间。

25 10、根据权利要求6所述的大范围可调占空比的激光熔覆装置，其特征在于，还包括装置外壳，所述装置外壳与所述镜座配合封装所述抛物聚焦镜。

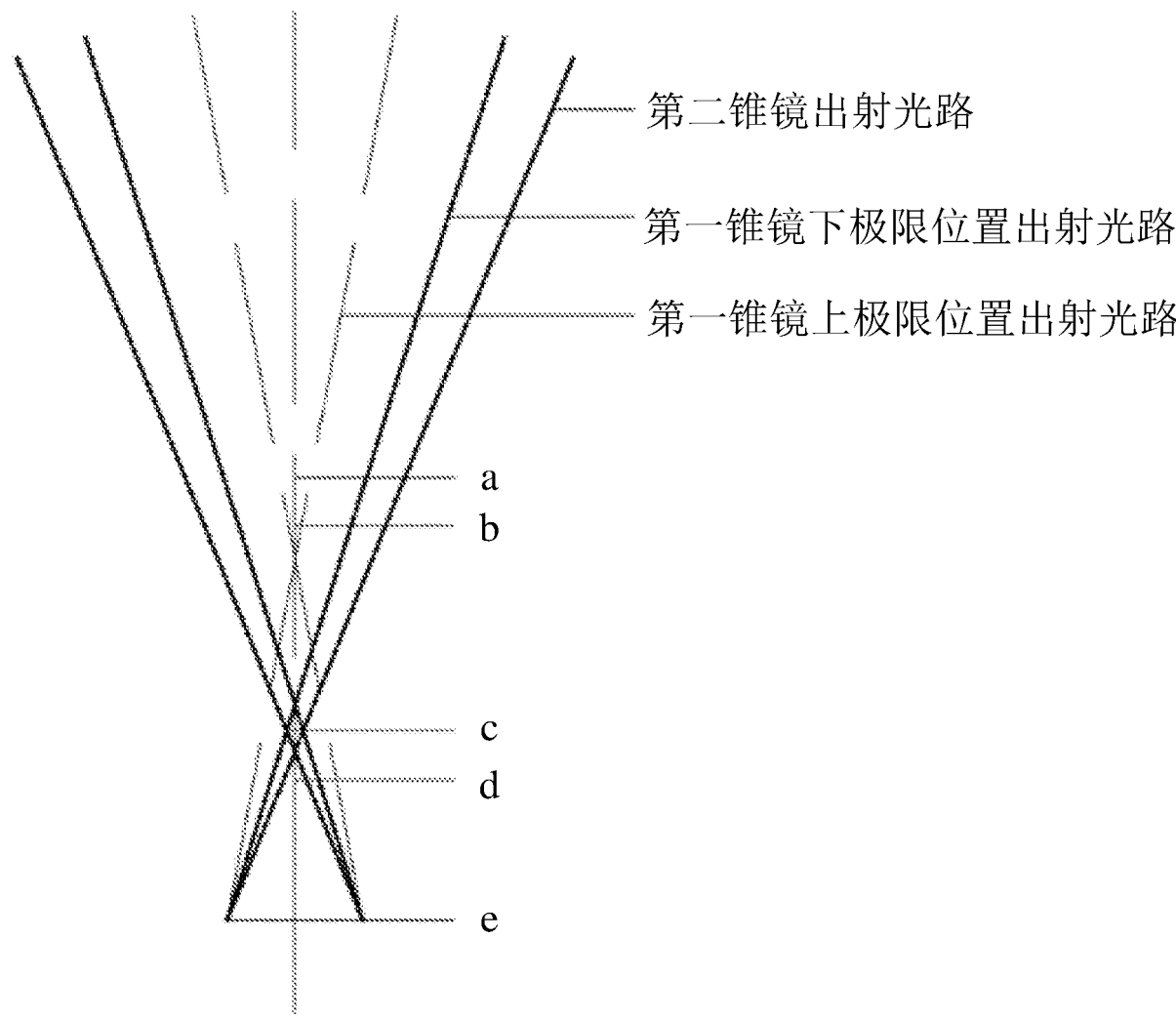


图 1

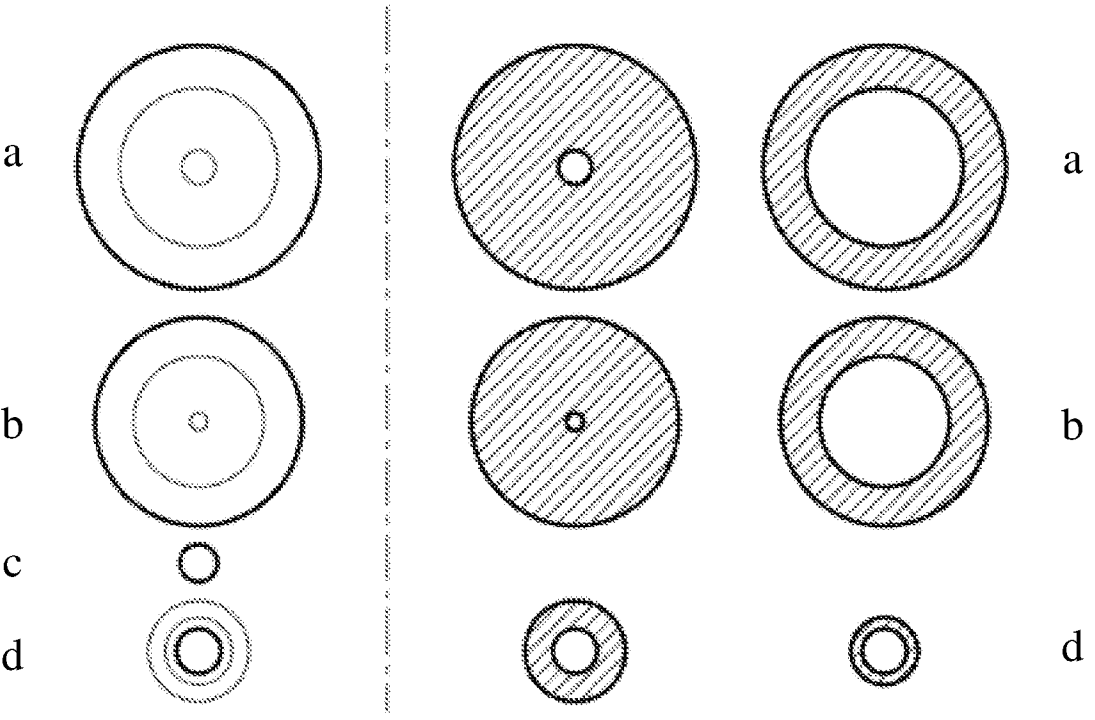


图 2

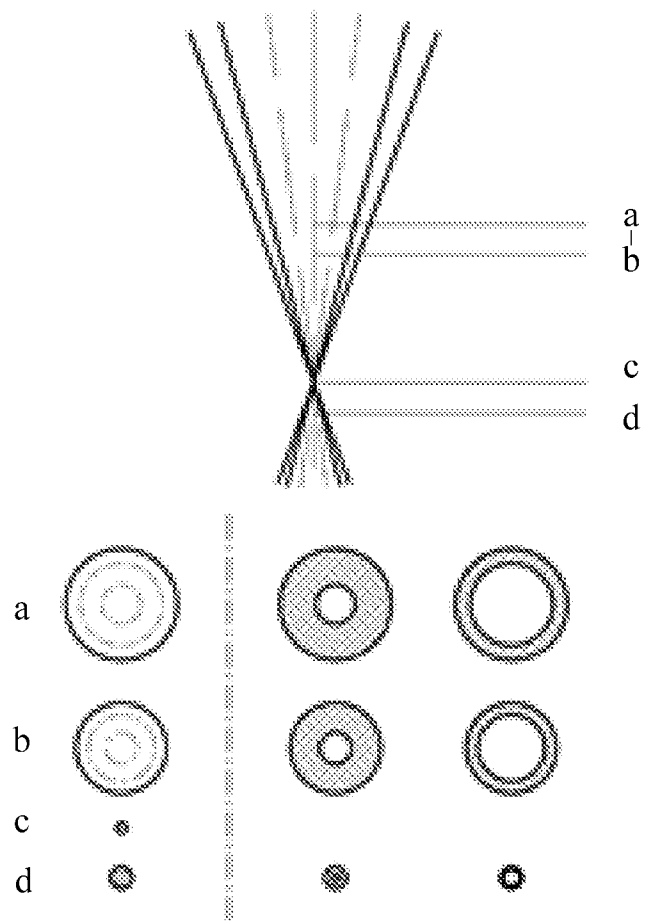


图 3

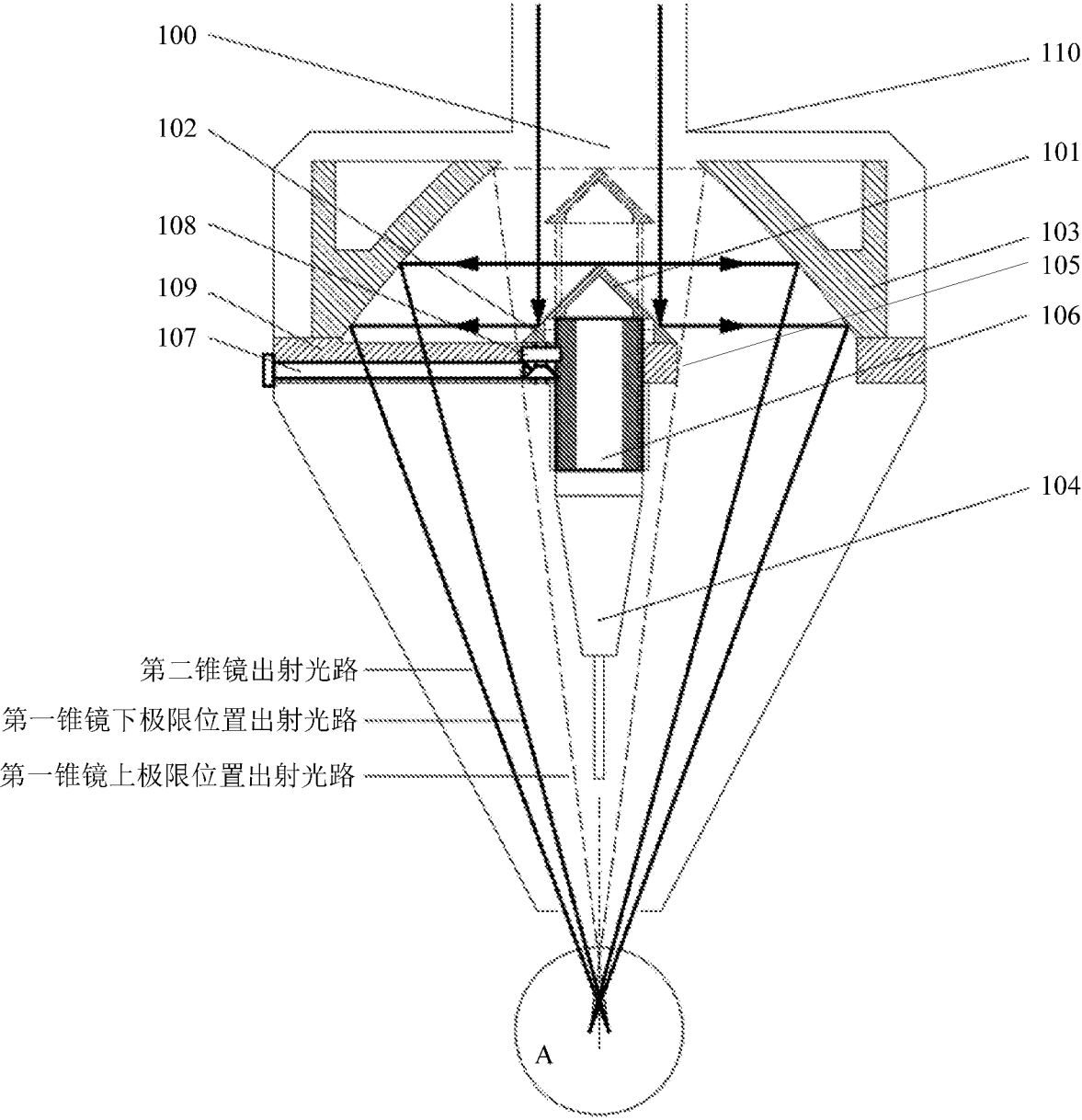


图 4

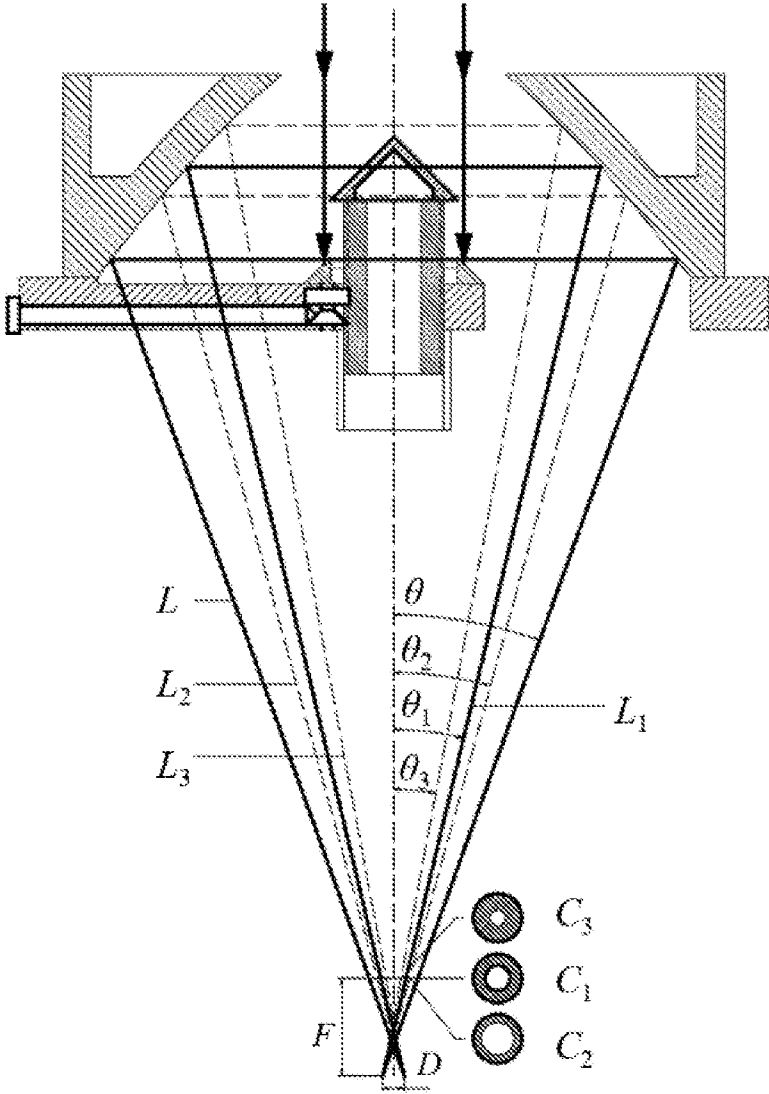


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/141646

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C24/10(2006.01)i; B22F12/41(2021.01)i; B33Y30/00(2015.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: C23C 24/-, B22F 12/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, ENTXT, CNABS, VEN, 超星独秀, DUXIU, CNKI: 激光熔覆, 占空比, 锥镜, 移动, 升降, 聚焦, 离焦量, laser clad +, duty ratio, cone mirror, move, lift, focus, defocus amount

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 114657552 A (SOOCHOW UNIVERSITY) 24 June 2022 (2022-06-24) description, paragraphs [0005]-[0018], and figures 1-4	1-10
X	CN 203625468 U (ZHANGJIAGANG INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGIES SOOCHOW UNIVERSITY) 04 June 2014 (2014-06-04) description, paragraphs [0022]-[0034], and figure 1	1-10
X	CN 217149314 U (SOOCHOW UNIVERSITY) 09 August 2022 (2022-08-09) description, paragraphs [0005]-[0018], and figures 1-4	1-10
A	CN 113005445 A (SOOCHOW UNIVERSITY) 22 June 2021 (2021-06-22) entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 June 2023

Date of mailing of the international search report

01 July 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/141646

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	114657552	A	24 June 2022	None	
CN	203625468	U	04 June 2014	None	
CN	217149314	U	09 August 2022	None	
CN	113005445	A	22 June 2021	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/141646

A. 主题的分类

C23C24/10(2006.01)i; B22F12/41(2021.01)i; B33Y30/00(2015.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:C23C 24/-, B22F 12/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTXT, ENTXT, CNABS, VEN, 超星独秀, CNKI:激光熔覆, 占空比, 锥镜, 移动, 升降, 聚焦, 离焦量, laser clad+, duty ratio, cone mirror, move, lift, focus, defocus amount

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 114657552 A (苏州大学) 2022年6月24日 (2022 - 06 - 24) 说明书第[0005]-[0018]段及附图1-4	1-10
X	CN 203625468 U (苏州大学张家港工业技术研究院) 2014年6月4日 (2014 - 06 - 04) 说明书第[0022]-[0034]段及图1	1-10
X	CN 217149314 U (苏州大学) 2022年8月9日 (2022 - 08 - 09) 说明书第[0005]-[0018]段及附图1-4	1-10
A	CN 113005445 A (苏州大学) 2021年6月22日 (2021 - 06 - 22) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2023年6月14日

国际检索报告邮寄日期

2023年7月1日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

赵妍妍

电话号码 (+86) 010-62084737

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/141646

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	114657552	A	2022年6月24日	无	
CN	203625468	U	2014年6月4日	无	
CN	217149314	U	2022年8月9日	无	
CN	113005445	A	2021年6月22日	无	