

(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
2016 年 10 月 6 日 (06.10.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/155069 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 21/01 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/077904
- (22) 国际申请日: 2015 年 4 月 30 日 (30.04.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510141582.X 2015 年 3 月 30 日 (30.03.2015) CN
- (71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (72) 发明人: 任旭东 (REN, Xudong); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。左成亚 (ZUO, Chengya); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。何浩 (HE, Hao); 中国江苏省镇江市

学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。袁寿其 (YUAN, Shouqi); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。吴坤 (WU, Kun); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。王德顺 (WANG, Deshun); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。佟艳群 (TONG, Yanyun); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。王杰 (WANG, Jie); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。卢加兴 (LU, Jiaxing); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。随赛 (SUI, Sai); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

- (74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区万红西街 2 号燕东大厦 A 座 1010 室, Beijing 100015 (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, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR,

[见续页]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR LASER-INDUCING CAVITATION STRENGTHENING WITH MULTI-SYSTEM AUTOMATIC COORDINATION WORK

(54) 发明名称: 多系统自动化协调工作的激光诱导空化强化的装置及方法

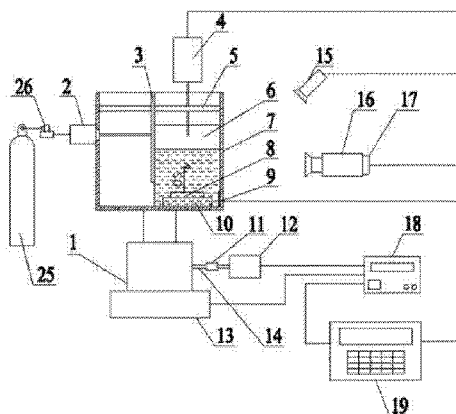


图 1

(57) Abstract: A device and a method for laser-inducing cavitation strengthening with multi-system automatic coordination work. The device comprises a plurality of systems, including a clamping system, a lifting system, an imaging system, a computer control system, a laser system and an energy density amplifying system, etc. The device for laser-inducing cavitation strengthening comprises a laser cavitation device and a fixing platform (7). A water channel (6) is formed in the fixing platform. A cushion block (10) is equipped in the water channel. The wall of the water channel is provided with a temperature sensor (9). The temperature sensor is connected with a computer (19). The fixed platform (7) is arranged on a lifting device. The lifting device is located on a two-axis coupling platform (13). The laser emitted by the laser cavitation device passes through the sidewall of the water channel (6) to be focused in the water channel. The laser cavitation device is connected with the computer. The lifting device and the two-axis coupling platform (13) are connected with the computer (19) through a CNC servo system. The plurality of systems operate coordinately. The material is strengthened using the cavitation bubble generated by the laser inducing, so that the effect of prolonging the life of the material can be achieved. An operator can quickly and accurately obtain corresponding data and can quickly and efficiently strengthen such material.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2016/155069 A1



CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))。

一种多系统自动化协调工作的激光诱导空化强化的装置及方法, 该装置由多个系统组成, 分别有夹紧系统、升降系统、成像系统、计算机控制系统、激光器系统、能量密度放大系统等。该激光诱导空化强化的装置包括激光空化装置和固定台(7), 固定台内设有水槽(6), 水槽内装有垫块(10), 水槽的槽壁上设有温度传感器(9), 温度传感器与计算机(19)连接; 固定台(7)位于升降装置上, 升降装置位于二轴联动平台(13)上, 激光空化装置发出的激光穿过水槽(6)的侧壁后在水槽内聚焦; 激光空化装置与计算机(19)连接, 升降装置和二轴联动平台(13)通过CNC伺服系统与计算机(19)连接。多个系统之间协调工作, 利用激光诱导产生空化泡对材料进行强化, 从而起到延长材料寿命的作用, 使操作者能够快速而准确地获得相应的数据, 快速高效对这类材料进行强化。

多系统自动化协调工作的激光诱导空化强化的装置及方法

技术领域

本发明涉及一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置及方法，适用于利用高能量密度的激光在水中诱导产生空化泡，利用空化泡改善靶材表面的残余应力分布的表面改性方法的场合。

背景技术

在高功率激光辐射下，当激光的能量密度超过液体的击穿阈值，液体介质会被“光击穿”，在击穿区域产生高温高压的等离子体。等离子体膨胀，形成以超音速传播的冲击波。同时伴随着空化气泡的产生，即激光空化泡。激光空化泡是研究空泡现象的有力工具，有助于开展水下冲击强化、水下打孔、空化空蚀特性等研究。

早在 1753 年欧拉(Euler)就注意到当水管中某处的压强降低至蒸汽压甚至负值时，水与管壁分离，并在该处形成一个真空空间，通常人们将这种现象称为空化。随后，人们发现在液体流动和液力机械中，即从液体流动到水泵、水轮机或船舶螺旋桨都可能发生空化现象。空化现象是高速运动的液体所特有的物理现象，它的初生与发展取决于很多复杂的因素，一方面对水利机械、液体流动特性等有着严重的影响，如侵蚀破坏液力机械的叶片，在血液流动中损坏内脏等；另一方面合理利用空化现象也能对生产、生活产生帮助，如减少水污染，提高眼科手术的疗效及水中激光打孔的效率等。因此，几十年来，空化现象以及对于如何合理利用空化现象来为社会的生产、生活服务一直是科研工作者研究的热点问题之一。

在翻阅相关文献后，发现各种空化装置中对水槽不具备易换性和夹固性，不能实现计算机控制系统与各系统自动化，不利于实验的连续性、精确性和有效性。鉴于此不足，本人提出了上文所述装置。

发明内容

本发明的目的是提供一种激光诱导空化强化的装置及方法，可以更方便地研究空化强化机制，为其工业推广提供设备保障。

为实现上述目的，本发明采取的技术方案为：一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置，包括激光空化装置和固定台，所述固定台内设有水槽，所述水槽内装有垫块，所述水槽的槽壁上设有温度传感器，所述温度传感器与计算机连接；所述

固定台位于升降装置上，所述升降装置位于二轴联动平台上，所述激光空化装置发出的激光穿过所述水槽的侧壁后在水槽内聚焦；所述激光空化装置与计算机连接，所述升降装置和所述二轴联动平台通过 CNC 伺服系统与计算机连接。

进一步的，所述固定台上端设有导向杆，所述导向杆上安装有活动板，所述活动板与所述导向杆移动副连接，所述活动板与气缸的活塞杆连接，所述气缸通过电磁阀与氮气瓶连接。

进一步的，所述升降装置包括升降台，所述固定台位于所述升降台上，所述升降台依次通过轴、联轴器和伺服电机与所述 CNC 伺服系统连接。

进一步的，所述激光空化装置包括激光控制器，YAG 激光器，45° 全反镜，扩束镜和聚焦镜，所述激光器控制器控制 YAG 激光器发射激光，通过 45° 全反镜、扩束镜和聚焦镜后穿过水槽的侧壁后射入水槽中聚焦。

进一步的，还包括一个成像系统，所述成像系统包括照明闪光灯，高速摄像机和 CCD，所述照明闪光灯、所述高速摄像机和所述 CCD 均与计算机连接。用于记录空化泡的脉动及溃灭过程。

进一步的，所述水槽的上方还装有水听器，所述水听器与所述计算机连接。

本发明还提供一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置的使用方法，包括如下步骤：

S1 用无水乙醇或丙酮对靶材和垫块表面进行擦拭，除去其表面的油污和灰层，防止对实验造成干扰，影响实验精度；将靶材和垫块一起放入水槽中，再放入固定台中，向水槽中加适量纯净水将靶材和垫块淹没；

S2 计算机控制电磁阀，利用气缸，活动板、导向杆、氮气瓶和电磁阀组成的夹紧系统对水槽进行夹紧固定；

S3 激光器控制器控制 YAG 激光器发射激光，通过 45° 全反镜、扩束镜和聚焦镜组成的能量密度放大系统射入水槽的水中；

S4 计算机控制 CNC 伺服系统，通过升降台、联轴器、伺服电机和轴组成的升降系统实现对水槽的升降；其中，升降台是通过齿轮齿条机构实现上下运动的，利用已知的齿轮齿条传动比，根据伺服电机的转数可得出升降距离，将数值显示在计算机屏幕上，避免人工读数带来的误差；同时温度传感器向计算机实时反馈当冲击过程中的水温，并将数值显示在计算机屏幕上；

S5 通过清洗靶材表面，分析其残余应力分布，来确定激光空化强化的效果；

S6 调节升降系统，改变水温，重复上述操作，直至得到激光空化强化的最优残余应力分布，确定最优残余应力分布下的水温及最佳强化距离 d_s ；所述 d_s 为靶材强化表面与激光在水槽中聚焦点之间的距离；

S7 保持最佳强化距离 d_s 和水温不变，计算机控制二轴联动平台对靶材整个待强化表面进行强化。

进一步的，还包括对激光空化过程进行监控的步骤：将高速摄像机及 CCD 组成的成像系统与计算机相连，并将水听器放入水槽，计算机控制照明闪光灯开关，并实时接收水听器反馈的声波信号与成像系统的信号；通过对声波信号和成像系统的信号进行分析，为研究最优残余应力分布下的水温及最佳强化距离 d_s 下的激光空化过程提供数据支撑。

本发明的优点在于：（1）利用气缸可对多种大小的水槽进行灵活装夹固定，具备易换性；（2）带有齿轮齿条机构的升降系统实现了数控性和精确性，避免了使用五轴联动工作台、数控操作台等大型昂贵的机械，既方便快捷又减少成本；（3）将上述各系统与计算机相连实现了自动化，保证了实验的连续性，准确性和方便快捷。（4）该强化方法和装置相对于传统具有无污染，利用率高等优点，可用于工业推广。

附图说明

图 1 为多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置主视图。

图 2 为多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置俯视图。

图中，1、升降台，2、气缸，3、活动板，4、水听器，5、导向杆，6、水槽，7、固定台，8、靶材，9、温度传感器，10、垫块，11、联轴器，12、伺服电机，13、二轴联动平台，14、轴，15、照明闪光灯，16、高速摄像机，17、CCD，18、CNC 伺服系统，19、计算机，20、激光控制器，21、YAG 激光器，22、45° 全反镜，23、扩束镜，24、聚焦镜，25、氮气瓶，26、电磁阀。

具体实施方式

如图 1 和图 2 所示，一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置，包括激光空化装置和固定台 7，所述激光空化装置包括激光控制器 20，YAG 激光器 21，45° 全反镜 22，扩束镜 23 和聚焦镜 24，所述激光器控制器 20 控制 YAG 激光器 21 发射激光，通过 45° 全反镜 22、扩束镜 23 和聚焦镜 24 后穿过水槽 6 的侧壁后射入水槽 6 中聚焦。所述固定台 7 内设有水槽 6，所述水槽 6 内装有垫块 10，所述固定台 7 上端设有导向杆 5，所述导向杆 5 上安装有活动板 3，所述活动板 3 与所述导向杆 5 移动副连接，所

述活动板 3 与气缸 2 的活塞杆连接, 所述气缸 2 通过电磁阀 26 与氮气瓶 25 连接。所述水槽 6 的槽壁上设有温度传感器 9, 所述温度传感器 9 与计算机 19 连接; 所述水槽 6 的上方还装有水听器 4, 所述水听器 4 与所述计算机 19 连接, 用于监控空化泡的声波信息, 还包括一个成像系统, 所述成像系统包括照明闪光灯 15, 高速摄像机 16 和 CCD17、照明闪光灯 15、高速摄像机 16 和 CCD17 均与计算机 19 连接, 用于记录空化泡的脉动及溃灭过程。所述固定台 7 位于升降装置上, 升降装置包括升降台 1, 所述固定台 7 位于所述升降台 1 上, 所述升降台 1 依次通过轴 14、联轴器 11 和伺服电机 12 与所述 CNC 伺服系统 18 连接。所述升降装置位于二轴联动平台 13 上, 所述激光空化装置发出的激光穿过所述水槽 6 的侧壁后在水槽 6 内聚焦; 所述激光空化装置与计算机 19 连接, 所述升降装置和所述二轴联动平台 13 通过 CNC 伺服系统 18 与计算机 19 连接。

操作时, 先用无水乙醇或丙酮对靶材 8 和垫块 10 表面进行擦拭; 将靶材 8 和垫块 10 一起放入水槽 6 的适当位置后, 再放入固定台 7 中, 向水槽中加适量纯净水将靶材 8 和垫块 10 淹没, 从计算机上看到温度传感器 9 实时反馈的当前以及冲击过程中的水温; 计算机 19 分别调节加紧系统和升降系统; 在激光器控制器 20 上设置好激光参数后(包括激光能量、输出波长、光斑直径), 控制 YAG 激光器 21 发射激光经能量密度放大后产生空泡, 分析实验数据, 清洗靶材 8 表面, 分析其残余应力分布; 调节升降系统, 改变水温, 重复上述操作, 直至得出最佳强化距离 d_s (所述 d_s 为靶材 8 强化表面与激光在水槽 6 中聚焦点之间的距离); 保持 d_s 不变, 计算机 19 控制二轴联动平台 13 对靶材 8 整个表面进行强化。同时为了更深入的研究激光空化在最佳环境下的空化过程, 水听器和成像系统工作及时将信号反馈到计算机 19, 便于科研人员对空化过程进行更详细的观察和研究。

最后应当说明的是, 以上内容仅用以说明本发明的技术方案, 而非对本发明保护范围的限制, 本领域的普通技术人员对本发明的技术方案进行的简单修改或者等同替换, 均不脱离本发明技术方案的实质和范围。

权 利 要 求 书

1. 一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置，其特征在于，包括激光空化装置和固定台（7），所述固定台（7）内设有水槽（6），所述水槽（6）内装有垫块（10），所述水槽（6）的槽壁上设有温度传感器（9），所述温度传感器（9）与计算机（19）连接；所述固定台（7）位于升降装置上，所述升降装置位于二轴联动平台（13）上，所述激光空化装置发出的激光穿过所述水槽（6）的侧壁后在水槽（6）内聚焦；所述激光空化装置与计算机（19）连接，所述升降装置和所述二轴联动平台（13）通过 CNC 伺服系统（18）与计算机（19）连接。

2. 根据权利要求 1 所述的一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置，其特征在于，所述固定台（7）上端设有导向杆（5），所述导向杆（5）上安装有活动板（3），所述活动板（3）与所述导向杆（5）移动副连接，所述活动板（3）与气缸（2）的活塞杆连接，所述气缸（2）通过电磁阀（26）与氮气瓶（25）连接。

3. 根据权利要求 2 所述的一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置，其特征在于，所述升降装置包括升降台（1），所述固定台（7）位于所述升降台（1）上，所述升降台（1）依次通过轴（14）、联轴器（11）和伺服电机（12）与所述 CNC 伺服系统（18）连接。

4. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置，其特征在于，所述激光空化装置包括激光控制器（20），YAG 激光器（21），45° 全反镜（22），扩束镜（23）和聚焦镜（24），所述激光器控制器（20）控制 YAG 激光器（21）发射激光，通过 45° 全反镜（22）、扩束镜（23）和聚焦镜（24）后穿过水槽（6）的侧壁后射入水槽（6）中聚焦。

5. 根据权利要求 4 所述的一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置，其特征在于，还包括一个成像系统，所述成像系统包括照明闪光灯（15），高速摄像机（16）和 CCD（17），所述照明闪光灯（15）、所述高速摄像机（16）和所述 CCD（17）均与计算机（19）连接。

6. 根据权利要求 5 所述的一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置，其特征在于，所述水槽（6）的上方还装有水听器（4），所述水听器（4）与所述计算机（19）连接。

7. 一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置的使用方法，包括如下步骤：

S1 用无水乙醇或丙酮对靶材（8）和垫块（10）表面进行擦拭，除去其表面的油污和灰层，防止对实验造成干扰，影响实验精度；将靶材（8）和垫块（10）一起放入水槽（6）中，再放入固定台（7）中，向水槽中加适量纯净水将靶材（8）和垫块（10）淹没；

S2 计算机（19）控制电磁阀（26），利用气缸（2），活动板（3）、导向杆（5）、氮气瓶（25）和电磁阀（26）组成的夹紧系统对水槽（6）进行夹紧固定；

S3 激光器控制器（20）控制 YAG 激光器（21）发射激光，通过 45° 全反镜（22）、扩束镜（23）和聚焦镜（24）组成的能量密度放大系统射入水槽的水中；

S4 计算机（19）控制 CNC 伺服系统（18），通过升降台（1）、联轴器（11）、伺服电机（12）和轴（14）组成的升降系统实现对水槽的升降；其中，升降台（1）是通过齿轮齿条机构实现上下运动的，利用已知的齿轮齿条传动比，根据伺服电机（12）的转数可得出升降距离，将数值显示在计算机屏幕上，避免人工读数带来的误差；同时温度传感器（9）向计算机（19）实时反馈当冲击过程中的水温，并将数值显示在计算机屏幕上；

S5 通过清洗靶材（8）表面，分析其残余应力分布，来确定激光空化强化的效果；

S6 调节升降系统，改变水温，重复上述操作，直至得到激光空化强化的最优残余应力分布，确定最优残余应力分布下的水温及最佳强化距离 d_s ；所述 d_s 为靶材（8）强化表面与激光在水槽（6）中聚焦点之间的距离；

S7 保持最佳强化距离 d_s 和水温不变，计算机（19）控制二轴联动平台（13）对靶材（8）整个待强化表面进行强化。

8. 根据权利要求 7 所述的一种多系统自动化协调工作提高激光诱导空化强化的装置的使用方法，其特征在于，还包括对激光空化过程进行监控的步骤：将高速摄像机（16）及 CCD（17）组成的成像系统与计算机（19）相连，并将水听器（4）放入水槽（6），计算机（19）控制照明闪光灯（15）开关，并实时接收水听器反馈的声波信号与成像系统的信号；通过对声波信号和成像系统的信号进行分析，为研究最优残余应力分布下的水温及最佳强化距离 d_s 下的激光空化过程提供数据支撑。

附图

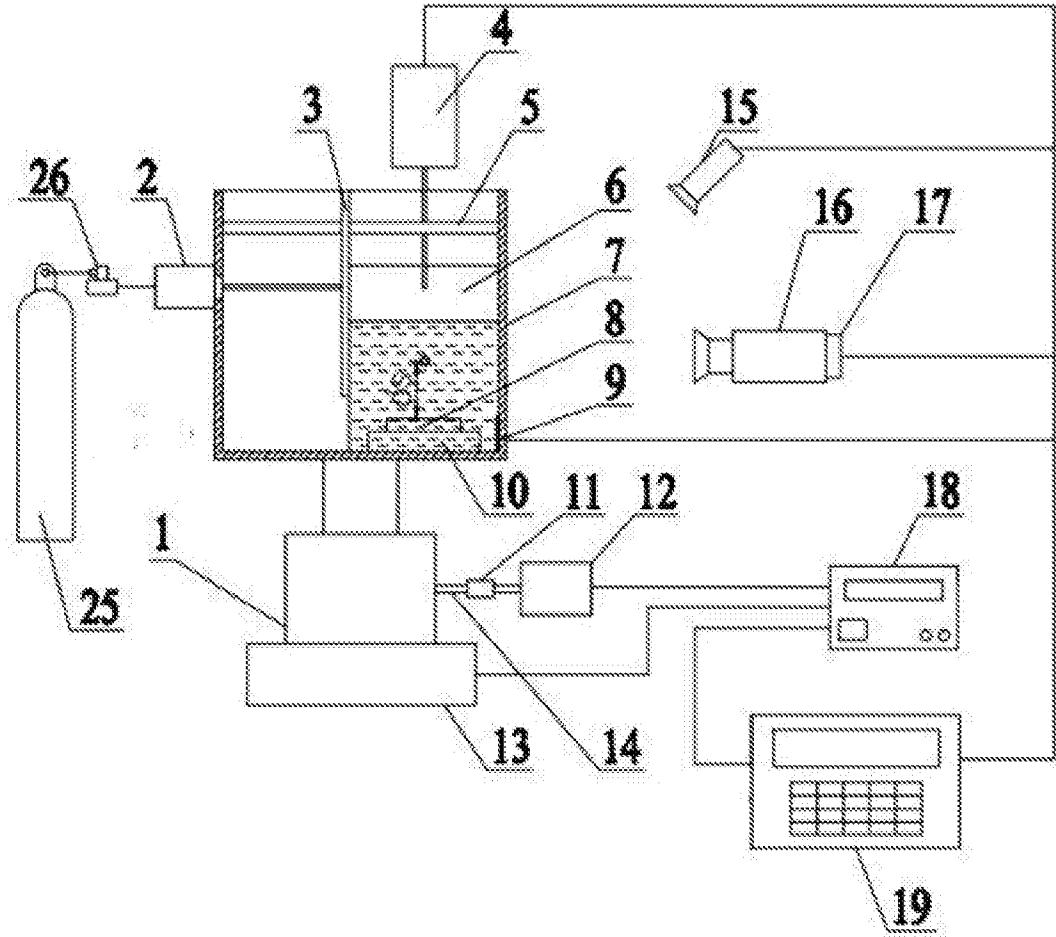


图 1

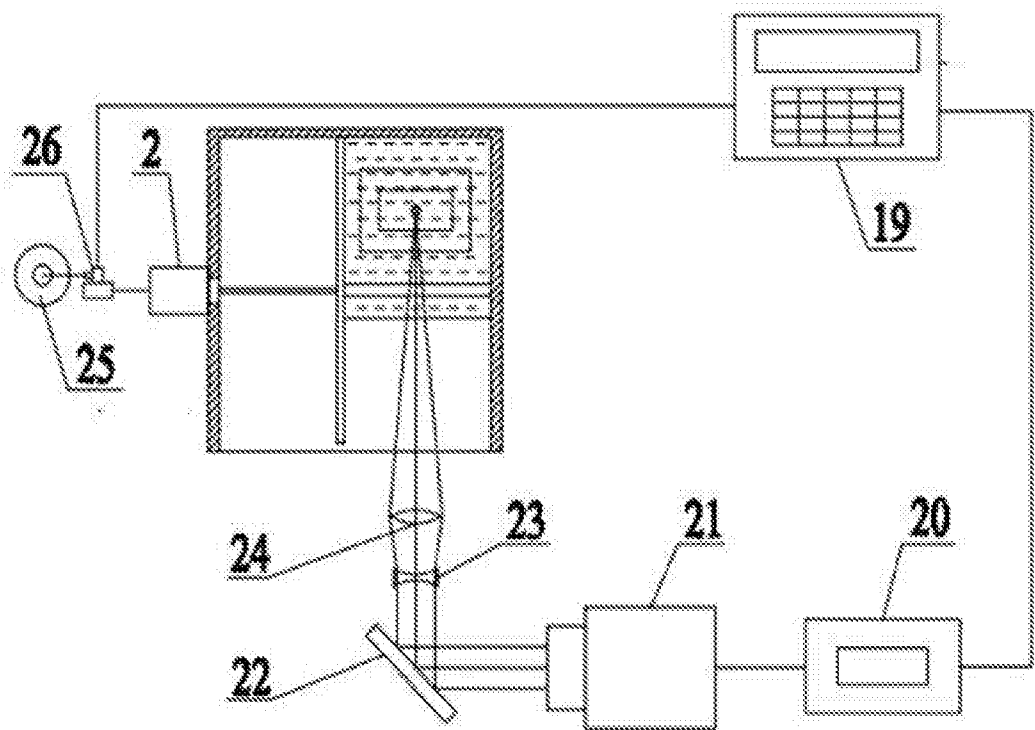


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2015/077904

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 21/01 (2006.01) 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: G01N; B23K26/-

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)

EPODOC, WPI, CNABS, CNKI, CNPAT: laser bubble cavitation substrate optical induce+ computer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104561516 A (UNIV JIANGSU) 29 April 2015 (29.04.2015) see figure 1 and corresponding explanation thereof	1
X	CN 103712723 A (UNIV JIANGSU) 09 April 2014 (09.04.2014) see description, paragraphs [0008]-[0022], [0030]-[0032], and figure 1	1, 4-6
A	CN 103712723 A (UNIV JIANGSU) 09 April 2014 (09.04.2014) see description, paragraphs [0008]-[0022], [0030]-[0032], and figure 1	2, 3, 7, 8
A	US 8101921 B2 (OSHEMKOV SERGEY et al.) 24 January 2012 (24.01.2012) see the whole document	1-8
A	US 5057184 A (IBM) 15 October 1991 (15.10.1991) see the whole document	1-8
A	XIE, Xiaozhu et al. "New progress in research and application of laser induced cavitation" Chinese Journal of Lasers, vol. 2013, no. 8, 05 June 2013 (05.06.2013) see the whole document	1, 7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 27 November 2015	Date of mailing of the international search report 11 January 2016
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Yanqin Telephone No. (86-10) 62086940

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2015/077904

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103920884 A (UNIV GUANGDONG TECHNOLOGY) 16 July 2014 (16.07.2014) see figure 1 and its corresponding explanation	1, 7
A	CN 103849757 A (UNIV GUANGDONG TECHNOLOGY) 11 June 2014 (17.06.2014) see figure 2 and its corresponding explanation	1, 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/077904

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104561516 A	29 April 2015	None	
CN 103712723 A	09 April 2014	None	
US 8101921 B2	24 January 2012	US 2009000665 A1	01 January 2009
		WO 2008149352 A2	11 December 2008
		WO 2008149352 A3	25 February 2010
US 5057184 A	15 October 1991	EP 0450313 A2	09 October 1991
		DE 69113845 D1	23 November 1995
		JP H04228284 A	18 August 1992
		EP 0450313 B1	18 October 1995
		JP 2785842 B2	13 August 1998
		DE 69113845 T2	30 May 1996
		EP 0450313 A3	03 March 1993
CN 103920884 A	16 July 2014	None	
CN 103849757 A	11 June 2014	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/077904

A. 主题的分类

G01N 21/01 (2006.01) 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)

G01N; B23K26/-

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))

EPODOC, WPI, CNABS, CNKI, CNPAT: 激光 空化 空泡 诱发 诱导 laser bubble cavitation substrate optical induce + computer

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
PX	CN 104561516 A (江苏大学) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 参见图1及其相应说明	1
X	CN 103712723 A (江苏大学) 2014年 4月 9日 (2014 - 04 - 09) 参见说明书第0008-0022, 0030-0032段, 图1	1, 4-6
A	CN 103712723 A (江苏大学) 2014年 4月 9日 (2014 - 04 - 09) 参见说明书第0008-0022, 0030-0032段, 图1	2, 3, 7, 8
A	US 8101921 B2 (OSHEMKOV SERGEY等) 2012年 1月 24日 (2012 - 01 - 24) 参见全文	1-8
A	US 5057184 A (IBM) 1991年 10月 15日 (1991 - 10 - 15) 参见全文	1-8
A	谢小柱等. “激光诱导空泡技术研究和应用新进展” 中国激光, 第2013卷, 第8期, 2013年 6月 5日 (2013 - 06 - 05), 参见全文	1, 7
A	CN 103920884 A (广东工业大学) 2014年 7月 16日 (2014 - 07 - 16) 参见图1及其相应说明	1, 7

☒ 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

“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

2015年 11月 27日

国际检索报告邮寄日期

2016年 1月 11日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10) 62019451

授权官员

王雁琴

电话号码 (86-10) 62086940

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
A	CN 103849757 A (广东工业大学) 2014年 6月 11日 (2014 - 06 - 11) 参见图2及其相应说明	1, 7

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/077904

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	104561516	A	2015年 4月 29日	无			
CN	103712723	A	2014年 4月 9日	无			
US	8101921	B2	2012年 1月 24日	US	2009000665	A1	2009年 1月 1日
				WO	2008149352	A2	2008年 12月 11日
				WO	2008149352	A3	2010年 2月 25日
US	5057184	A	1991年 10月 15日	EP	0450313	A2	1991年 10月 9日
				DE	69113845	D1	1995年 11月 23日
				JP	H04228284	A	1992年 8月 18日
				EP	0450313	B1	1995年 10月 18日
				JP	2785842	B2	1998年 8月 13日
				DE	69113845	T2	1996年 5月 30日
				EP	0450313	A3	1993年 3月 3日
CN	103920884	A	2014年 7月 16日	无			
CN	103849757	A	2014年 6月 11日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)