

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
H05G 2/00 (2006.01)  
H01S 4/00 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610017028.1

[43] 公开日 2008 年 1 月 23 日

[11] 公开号 CN 101111118A

[22] 申请日 2006.7.20

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所  
代理人 赵炳仁

[21] 申请号 200610017028.1

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 尼启良 陈 波

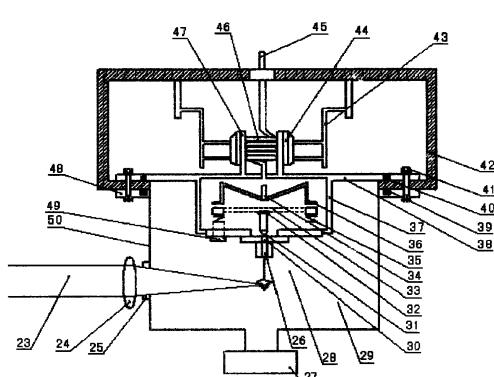
### [54] 发明名称

一种稳定的液体靶激光等离子体光源

### [57] 摘要

一种稳定的液体靶激光等离子体光源，属于软 X 射线 - 极紫外光学技术领域中涉及的一种激光等离子体光源。要解决的技术问题是：提供一种稳定的液体靶激光等离子体光源。解决技术问题的技术方案包括激光束、聚光透镜、喷嘴、压电陶瓷振子、半导体致冷器、金属制冷管等部件。该光源分为上、下两部分，上部为金属制冷管和半导体致冷器制冷组成的制冷系统，下部为与金属制冷管相通的阀门；金属制冷管使流向阀门的气体变成液体，并由喷嘴喷入真空靶室形成液体靶。在窗口外侧置有光轴垂直于真空靶室窗口的聚光透镜，激光束经聚光透镜和真空靶室窗口聚焦在从喷嘴喷出的液面上，形成激光等离子体，产生软 X 射线 - 极紫外光辐射。

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页



1、一种稳定的液体靶激光等离子体光源，包括压电陶瓷振子、密封杆、入气口、绝缘杆、阀体、弹簧、密封杆阀尖、喷嘴入口、制冷管、真空靶室、喷嘴、真空泵、聚光透镜、激光束、真空靶室窗口、喷嘴出口、阳极；其特征在于还包括密封圈（39）、（40）、螺栓（41）、绝热板（42）、致冷器支架（43）、半导体致冷器（44）、传热金属（47）、真空靶室法兰（48）、真空靶室壳体（50）；该光源分为两部分，上部为制冷系统，下部为阀体和真空靶室系统；上部由绝缘板（42）形成的腔体包围着；上、下两部分通过金属法兰（38）、绝热板（42）的腔体下开口平直沿和真空靶室法兰（48）用螺栓（41）固连在一起；在金属法兰（38）的下凹槽内置有密封圈（39）；在真空靶室法兰（48）的端部槽内置有密封圈（40）；在绝缘板（42）内装有致冷器支架（43），致冷器支架（43）的上端与绝缘板（42）的顶部固连，绝缘板（42）的顶部中心开有孔，金属制冷管（46）的入气口（45）穿过中心孔伸向绝缘板（42）的外部，金属制冷管（46）位于致冷器支架（43）中心对称位置，金属制冷管（46）的侧面是传热金属（47），两者紧密接触，传热金属（47）的下端与金属法兰（38）固连，在传热金属（47）的外侧装有半导体致冷器（44），它与致冷器支架（43）固连，金属制冷管（46）的下端通过金属法兰（38）上的孔与阀体（37）相通，在阀体（37）的腔内，装有复位弹簧（36），复位弹簧（36）的上面中心位置垂直固连装有绝缘杆（34），在复位弹簧（36）的下面装有压缩弹簧（35），复位弹簧（36）和压缩弹簧（35）都固定在阀体（37）上；压电陶瓷振子（33）的两端固定在压缩弹簧（35）上，密封杆（32）在压电陶瓷振子（33）下面并与其垂直固定在压电陶瓷振子（33）的中心处，在压电陶瓷振子（33）的作用下，产生上下位移，密封杆的阀尖（31）对准喷嘴入口（30），密封杆的阀尖（31）下落时可以封住喷嘴入口（30），密封杆的阀尖（31）向上移动，喷嘴入口（30）畅通；阳极（49）固定在阀体（37）上，并与阀体（37）绝缘，阀体（37）用作阴极；真空泵（27）和真空靶室（29）相通，在真空靶室壳体（50）上开有真空靶室窗口（25），在窗口外侧置有聚光透镜（24），聚光透镜（24）的光轴垂直于真空靶室窗口（25），激光束23经聚光透镜（24）和真空靶室窗口（25）聚焦在从喷嘴出口（26）喷出的液体上。

---

## 一种稳定的液体靶激光等离子体光源

### 一、 技术领域

本发明属于软 X 射线-极紫外光学技术领域中涉及的一种激光等离子体光源。

### 二、 背景技术

在空间光学、天体物理学、辐射计量等现代科学探索中，作为一种手段往往需要软 X 射线-极紫外光源，在医学诊断、材料分析、投影光刻、显微镜技术等现代高科技领域中，软 X 射线-极紫外光源已经得到较为广泛的应用。

早期的激光等离子体软 X 射线光源，是使用高功率密度的脉冲激光聚焦在金属靶上，形成高温等离子体，并由高温等离子体产生软 X 射线和极紫外波段的光辐射。这种情况下在激光等离子体形成的同时，也伴随着大量金属碎屑的产生，对光源附近的光学元件造成损害或降低其光学性能，为此，要对靶的材料进行改变。近年来出现了使用气体或液体靶的激光等离子体光源。

与本发明最为接近的已有技术是中国科学院长春光学精密机械与物理研究所于 2004 年 11 月申请的实用新型专利，名称为“一种液滴靶激光等离子体软 X 射线光源”，申请号为：200420012670.7，如图 1 所示。包括隔离管 1、制冷管进口 2、压电陶瓷振子 3、密封杆 4、入气口 5、绝缘杆 6、弹簧 7、制冷管出口 8、阀体 9、弹簧 10、密封杆阀尖 11、喷嘴入口 12、电阻加热丝 13、制冷管 14、真空靶室 15、喷嘴 16、真空泵 17、聚光透镜 18、激光束

### 19、真空靶室窗口 20、喷嘴出口 21、阳极 22。

阀体 9 置于真空靶室 15 内，上面设有入气口 5，绝缘杆 6 固定在弹簧 7 上，弹簧 7 和弹簧 10 固定在阀体 9 上，压电陶瓷振子 3 的两端固定在弹簧 10 上，密封杆 4 在压电陶瓷振子 3 的下方并与其垂直固定在压电陶瓷振子 3 的中心处，在压电陶瓷振子 3 的作用下产生上下位移，密封杆阀尖 11 对准喷嘴入口 12，阳极 22 绝缘固定在阀体 9 上，阀体 9 作为阴极；在安装阀体 9 的真空靶室 15 的壁上，左右固连装有两个隔热管 1，左边的隔热管 1 与制冷管进口 2 密封配合安装，右边的隔热管 1 与制冷管出口 8 密封配合安装，制冷管 14 紧密地缠绕在喷嘴 16 的外壁周围，在制冷管 14 的外侧还紧密缠绕电阻加热丝 13。真空泵 17 与真空靶室 15 相通连，工作时对真空靶室 15 进行抽真空，在真空靶室 15 的一个侧面开有真空靶室窗口 20，在窗口外置有聚光透镜 18，激光束 19 经聚光透镜 18 和真空靶室窗口 20 聚焦在从喷嘴出口 21 喷出的液滴上，在激光的作用下产生激光等离子体辐射软 X 射线-极紫外光辐射，形成软 X 射线-极紫外光光源。

该液滴靶激光等离子体软 X 射线光源存在的主要问题是：需要使用制冷剂，如液氮或液氦。使用不便，且增加使用成本；使用分立的加热系统和制冷系统，不能实现对喷嘴的高精度温度控制，影响了光源的稳定性；使用易烧断的电阻丝作为加热器降低了光源的使用寿命。

### 三、发明内容

为了克服已有技术存在的缺陷，本发明的目的在于提高光源的稳定性，增加光源的使用寿命，降低成本，特设计一种新的软 X 射线-极紫外光源。

本发明要解决的技术问题是：提供一种稳定的液体靶激光等离子体光源。

解决技术问题的技术方案如图 2 所示：包括激光束 23、聚光透镜 24、真空靶室窗口 25、喷嘴出口 26、真空泵 27、喷嘴 28、真空靶室 29、喷嘴入口 30、密封杆的阀尖 31、密封杆 32、压电陶瓷振子 33、绝缘杆 34、压缩弹簧 35、复位弹簧 36、阀体 37、金属法兰 38、密封圈 39、密封圈 40、螺栓 41、绝热板 42、致冷器支架 43、半导体致冷器 44、入气口 45、金属制冷管 46、传热金属 47、真空靶室法兰 48、阳极 49、真空靶室壳体 50。

该光源分为两部分，上部为制冷系统，下部为阀体和真空靶室系统。上部由绝缘板 42 形成的腔体包围着；上、下两部分通过金属法兰 38、绝热板 42 的腔体下开口平直沿和真空靶室法兰 48 用螺栓 41 固连在一起。为了保证密封性，在金属法兰 38 的下凹槽内置有密封圈 39；在真空靶室法兰 48 的端部槽内置有密封圈 40；在绝缘板 42 内装有致冷器支架 43，致冷器支架 43 的上端与绝缘板 42 的顶部固连，绝缘板 42 的顶部中心开有孔，金属制冷管 46 的入气口 45 穿过中心孔伸向绝缘板 42 的外部，金属制冷管 46 位于致冷器支架 43 中心对称位置，金属制冷管 46 的侧面是传热金属 47，两者紧密接触，传热金属 47 的下端与金属法兰 38 固连，在传热金属 47 的外侧装有半导体致冷器 44，它与致冷器支架 43 固连，金属制冷管 46 的下端通过金属法兰 38 上的孔与阀体 37 相通，在阀体 37 的腔内，装有复位弹簧 36，复位弹簧 36 的上面中心位置垂直固连装有绝缘杆 34，在复位弹簧 36 的下面装有压缩弹簧 35，复位弹簧 36 和压缩弹簧 35 都固定在阀体 37 上；压电陶瓷振子 33 的两端固定在压缩弹簧 35 上，密封杆 32 在压电陶瓷振子 33 下面并与其垂直固定在压电陶瓷振子 33 的中心处，在压电陶瓷振子 33 的作用下，产生上下位移，密封杆的阀尖 31 对准喷嘴入口 30，密封杆的阀尖 31 下落时可以

封住喷嘴入口 30，密封杆的阀尖 31 向上移动，喷嘴入口 30 畅通；阳极 49 固定在阀体 37 上，并与阀体 37 绝缘，阀体 37 用作阴极；真空泵 27 和真空靶室 29 相通，工作时对真空靶室 29 抽真空，在真空靶室壳体 50 上开有真空靶室窗口 25，在窗口外侧置有聚光透镜 24，聚光透镜 24 的光轴垂直于真空靶室窗口 25，激光束 23 经聚光透镜 24 和真空靶室窗口 25 聚焦在从喷嘴出口 26 喷出的液体上，在激光的作用下形成激光等离子体，产生软 X 射线-极紫外光辐射，形成软 X 射线-极紫外光源。

工作原理说明：气体从入气口 45 经金属制冷管 46 制冷后变成液体进入阀体 37，此时压电陶瓷振子 33 在复位弹簧 36 和压缩弹簧 35 的作用下处于平衡位置，压电陶瓷振子 33 上的密封杆 32 通过其阀尖 31 封住喷嘴入口 30，使液体不能进入喷嘴 28 中，当使用脉冲激光打靶时，激光器在产生激光束的同时，亦产生一个外触发信号触发控制压电陶瓷振子 33 的电源，压电陶瓷振子 33 开始振动，并带动密封杆 32 一起运动，当密封杆的阀尖 31 离开喷嘴入口 30 时，液体从喷嘴入口 30 进入喷嘴 28 中，并从喷嘴出口 26 喷出，脉冲激光正好聚焦在液体流上，形成激光等离子体，产生软 X 射线-极紫外光辐射。

本发明的积极效果：使用半导体致冷器制冷气体流过的管道，使气体到达喷嘴之前完全变成液体，同时实现了对喷嘴的高精度温度控制，提高了光源的稳定性；半导体致冷器既能制冷又能加热，消除了制冷剂和电阻丝的使用，降低了运行成本，提高了光源的使用寿命。

#### 四、附图说明

图 1 是已有技术的结构示意图；

图 2 是本发明的结构示意图。

## 五、具体实施方式

本发明按图 2 所示的结构实施，其中产生激光束 23 的激光器可以采用 Nd:YAG 脉冲激光器，其工作波长是 1064nm，也可以是其二倍频 532nm 或三倍频 266nm，所产生的激光焦点处的功率密度大于  $10^{10} \text{W/cm}^2$ 。聚光透镜 24 可以选用石英球面或非球面透镜，其口径的大小和焦距的长短依据真空靶室 29 的尺寸而定。真空靶室窗口 25 是石英玻璃，喷嘴 28 的材料采用不锈钢，喷嘴出口 26 的孔径在 0.1-1mm 之间，喷嘴入口 30 的孔径与喷嘴出口 26 的孔径相同，真空泵 27 采用分子泵或离子泵，使真空靶室 29 内的真空间度大于  $10^{-4}$  毫。真空靶室 29 的靶室壳体 50 采用不锈钢，其壁厚大于 5mm。阀体 37、金属法兰 38 的材料选用不锈钢。密封杆 32 及其阀尖 31 采用耐低温、耐磨损的聚四氟乙烯，其直径与喷嘴入口 30 相匹配；压电陶瓷振子 33 采用振动幅度大的压电陶瓷晶体，绝缘杆 34 的材料选用圆柱形聚四氟乙烯，复位弹簧 36 和压缩弹簧 35 均采用不锈钢弹簧，密封圈 39 和 40 均采用氟橡胶圈，绝热板 42 采用聚砜，其壁厚 10mm，制冷器支架 43 的材料选择不锈钢，半导体致冷器 44 采用多级串联方式，金属制冷管 46 采用外径为 5mm、内径 3mm 的钢管，传热金属板 47 的采用 5mm 厚的不锈钢制作，高度由螺旋金属制冷管 46 的高度来确定，阳极 49 的材料选用铜，与阀体 37 固连且绝缘，用导线与压电陶瓷振子 33 连接。

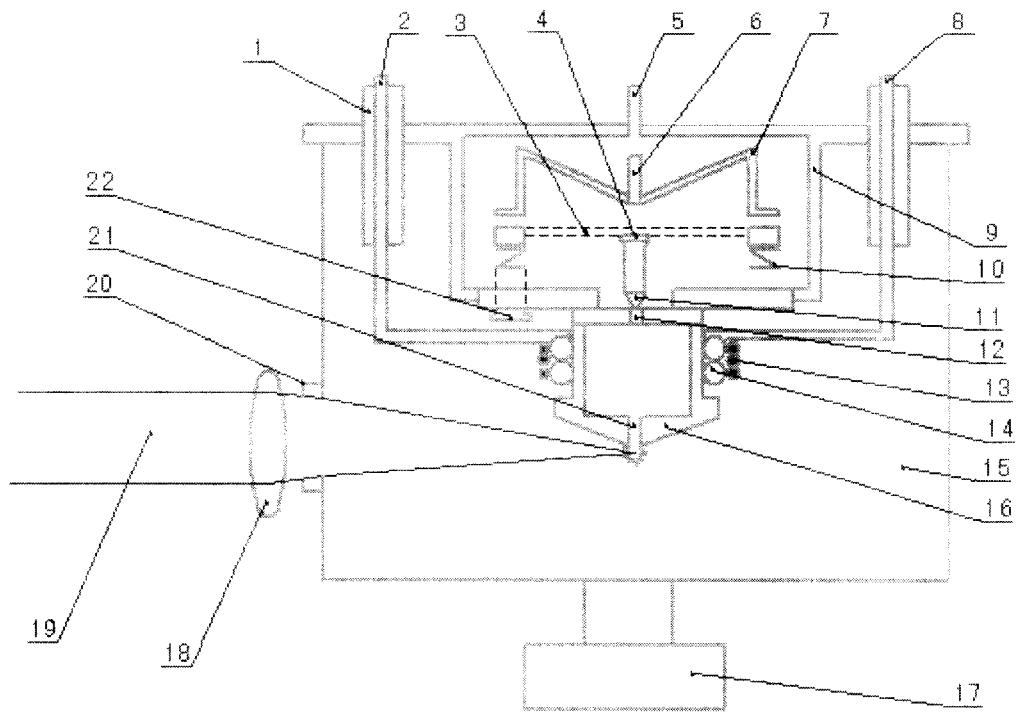


图 1

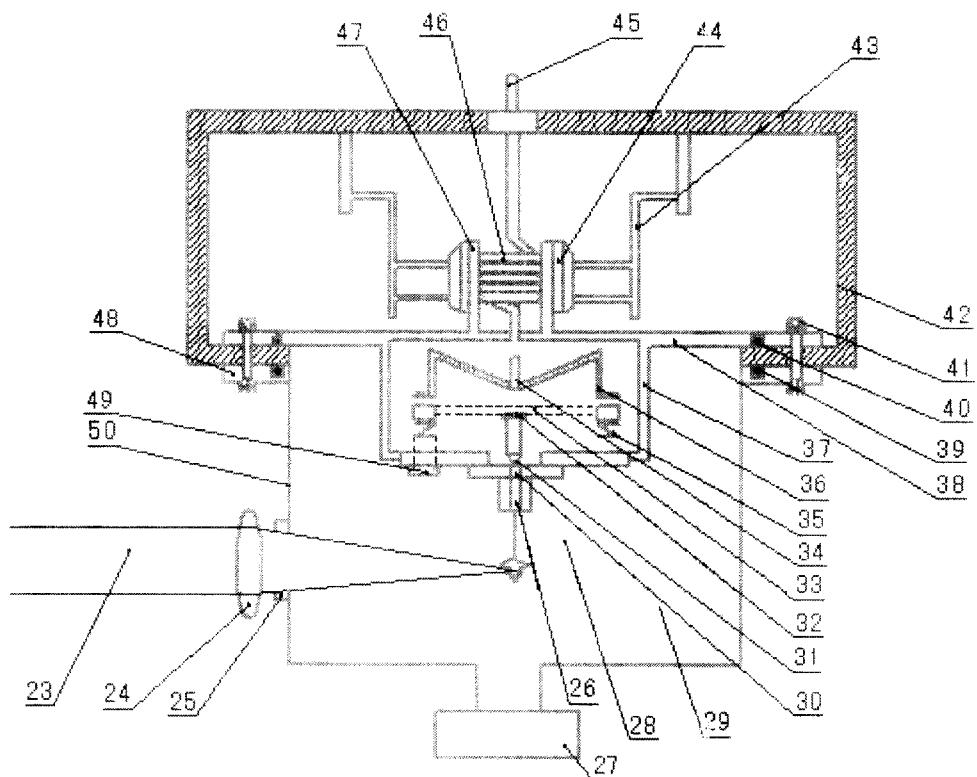


图 2