

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99126340.5

[43] 公开日 2001 年 6 月 20 日

[11] 公开号 CN 1300179A

[22] 申请日 1999.12.16 [21] 申请号 99126340.5

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械研究所

地址 130022 吉林省长春市人民大街 140 号

[72] 发明人 陈波 林景全 尼启良

[74] 专利代理机构 中国科学院长春专利事务所

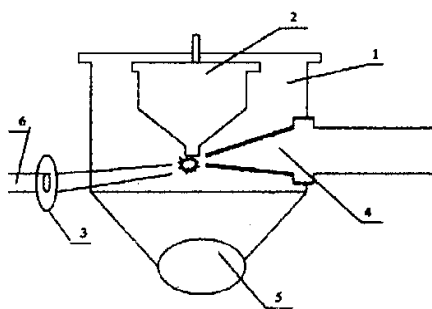
代理人 梁爱荣

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图页数 2 页

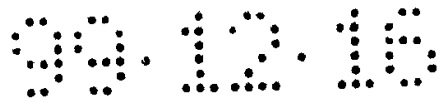
[54] 发明名称 喷气靶激光等离子体软 X 射线源

[57] 摘要

本发明属于短波光学技术领域,涉及一种对带有喷气靶的激光等离子体软 X 射线源的改进。它由真空靶室、喷气阀、聚焦镜、差分室、真空泵、激光束组成。本发明采用激光器提供的外触发电信号控制喷气阀的电源解决了已有技术中温度控制喷嘴带来的问题,保证了激光束准确地聚焦在气体喷射量的峰值处,产生强的软 X 射线辐射,又使产生气体靶的过程和方法操作简单,易于控制。本发明适用于软 X 射线显微术、软 X 射线投影光刻、辐射计量等各个领域。

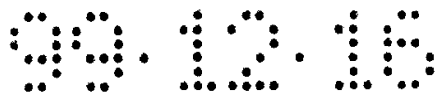


ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1、一种喷气靶激光等离子体软 X 射线源，它包括真空靶室 1、聚焦镜 3、真空泵 5 和激光束 6，其特征在于：喷气阀 2 用螺钉固定在真空靶室 1 上，聚焦镜 3 置于真空靶室 1 的一个窗口前面，真空泵 5 与真空靶室 1 固定相连，差分室 4 固定在真空靶室 1 上并与外部装有光学元件的真空室相连，喷气阀 2 包括入气口 7、绝缘杆 8、密封杆 9、弹簧 10、弹簧 11、压电陶瓷振子 12、喷嘴 13、密封橡胶 14、阳极 15、喷嘴入口 16 和阀体 17，入气口 7 固定在阀体 17 上，密封杆 9 固定在压电陶瓷振子 12 上，密封杆 9 处于压电陶瓷振子 12 的中心处，密封橡胶 14 固定在密封杆 9 上并可随其一起运动。密封橡胶 14 处于密封杆 9 和喷嘴 13 上的喷嘴入口 16 之间，绝缘杆 8 固定在弹簧 10 上，弹簧 10 和弹簧 11 固定在阀体 17 上，喷嘴 13 用螺钉固定在阀体 17 上，阳极 15 固定在阀体 17 上并用阀体 17 做其阴极。



说 明 书

喷气靶激光等离子体软 X 射线源

本发明属于短波光学技术领域，是一种低碎屑的软 X 射线激光等离子体光源，涉及一种对带有喷气靶的激光等离子体软 X 射线源的改进。

经常使用的软 X 射线光源有激光等离子体软 X 射线源和同步辐射。与同步辐射相比，激光等离子体光源具有造价低、体积小、峰值亮度高、使用方便等优点，使它更适用于一般条件的实验室和商业环境，因而广泛应用于软 X 射线显微术、软 X 射线投影光刻、天体物理、原子物理、辐射计量等各个领域。

常规的激光等离子体软 X 射线源是把功率密度为 $10^{11} \sim 10^{13} \text{ w/cm}^2$ 的脉冲激光聚焦在金属靶上，产生高温等离子体，进而由等离子体辐射出软 X 射线。在等离子体形成的同时也伴随着金属碎屑的产生，最大的碎屑直径可达 $50 \mu\text{m}$ ，最大速度达到 640 m/s ，这些高速、高温的碎屑会对邻近光源的软 X 射线光学元件造成损坏或降低其光学性能。F·Jin 等人研究了 Sn 靶产生的碎屑对多层膜反射率的影响，把 Mo/Si 多层膜（中心波长为 13 nm ）置于距等离子体光源 75 mm 处，当打靶次数为 4.5×10^3 次时，Mo/Si 多层膜在 13 nm 处的反射率降为零，因此必须研制低碎屑或无碎屑激光等离子体光源。设法阻止碎屑到达光学元件的表面和减少碎屑的产生首先被用来解决这一难题。专利号是 4,872,189、4,837,793 和 5,151,928 的美国专利使用类似普通录音磁带一样薄的金属片作等离子体光源的靶，在强激光作用下，这种靶生成的碎屑的体积比常规的金属靶产生的碎屑的体积要小得多，但不能完全消除碎屑。M.S.Schulz 等人采用在等离子体光源与光学元件之间放置一高速旋转的斩片的方法来截获速度在一定范围内的碎屑，此法也不能消除碎屑。专利号为 5,577,091 的美国专利把水蒸汽通入冷冻器冻成冰丸，以此



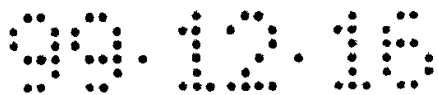
为靶可以产生低碎屑等离子体，但靶丸生成速度慢，飞行精度低，难以保证激光聚焦在靶丸上。

专利号为 5,577,092 的美国专利“极紫外和软 X 射线激光等离子体分子团束靶” (Cluster beam targets for laser plasma extreme ultraviolet and soft x-ray sources) 的具体装置如图 1 所示：它由混合气体瓶 1、真空室 2、温度控制的螺线管状阀 3、锥形喷嘴 4、聚焦镜 5、真空泵 6 组成。动态过程为：由混合气体瓶 1 输出的混合气体（第一种是水蒸汽、 CF_4 、 CO_2 、 HCL 、 F_2 、 H_2S 、 B_2H_6 、 O_2 、 Ar 、 Xe 中的一种，第二种是 Ne 、 At 中一种、第三种是 Ne 、 Ar 、 Kr 中的一种，这三种气体混合形成的气体）经温度控制的螺线管状阀 2 从锥形喷嘴 4 中喷出，形成分子团束，以此分子团束为靶，由 $Nd: YAG$ 或红外激光器产生的功率密度为 $10^{11} \sim 10^{12} w/cm^2$ 的激光束 7 经聚焦镜 5 聚焦在分子团束上，产生低碎屑激光等离子体。

此发明形成分子团束的方法是由上面提到的混合气体在温度控制的螺线管状阀体 3 内等熵膨胀，并由锥形喷嘴 4 超音速喷出，在喷射过程中气体温度降低，气体分子间产生范德瓦尔斯力 (Van der waals forces)，在此力作用下，形成由多个第一种气体分子组成的分子团，无数个分子团形成分子团束。

本发明的目的是解决已有技术中气体以脉冲形式从喷嘴中喷出时，由于温度控制的喷嘴难以保证激光束正好聚焦在喷射气体的峰值处，形成分子团簇的方法复杂，不易控制和操作不便的问题。本发明提供一种易控制和操作方便的喷气靶激光等离子体软 X 射线源。

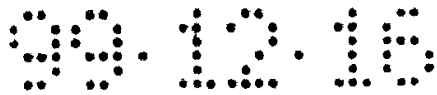
本发明的装置由图 2 所示，它由真空靶室 1、喷气阀 2、聚焦镜 3、差分室 4、真空泵 5、激光束 6 组成，喷气阀 2 用螺钉固定在真空靶室 1 上，根据需要可以随时从真空靶室 1 上拆卸下来，聚焦镜 3 置于真空靶室 1 的一个窗口前面，真空泵 5 与真空靶室 1 固定相连，差分室 4 固定在真空靶室 1 上并与外部装有光学元件的真空室相连，喷气阀的结构如图 3 所示，它由入气口 7、绝缘杆 8、密封杆 9、弹簧 10、



弹簧 11、压电陶瓷振子 12、喷嘴 13、密封橡胶 14、阳极 15、喷嘴入口 16、阀体 17 组成，入气口 7 固定在阀体 17 上，密封杆 9 固定在压电陶瓷振子 12 上，并保证其正好处于压电陶瓷振子 12 的中心处，密封橡胶 14 固定在密封杆 9 上，可随其一起运动。密封橡胶 14 处于密封杆 9 和喷嘴 13 上的喷嘴入口 16 之间，绝缘杆 8 固定在弹簧 10 上，弹簧 10 和弹簧 11 固定在阀体 17 上，喷嘴 13 用螺钉固定在阀体 17 上，可以随时从阀体 17 上拆卸便于更换不同孔径的喷嘴 13，阳极 15 固定在阀体 17 上并用阀体 17 做其阴极。

本发明的动态过程：由气瓶通入 20 个大气压的气体（ CO_2 、Ar、Xe、 O_2 中的一种），气体从入气口 7 进入喷气阀 2，此时压电陶瓷振子 12 在弹簧 10、弹簧 11 的作用下处于平衡位置，因此压电陶瓷 12 上的密封杆 9 通过其上的密封橡胶 14 紧紧顶在喷嘴入口 16 上，使气体不能从喷嘴 13 中喷出。当用 Nd:YAG 激光器产生的脉冲激光束 6 打靶时，激光器在产生激光束 6 的同时，亦产生一个外触发信号来触发控制压电陶瓷振子 12 的电源。压电陶瓷振子 12 开始振动，并带动密封杆 9 一起运动，当密封杆 9 上的密封橡胶 14 离开喷嘴入口 16 时，气体以音速从喷嘴 13 中绝热膨胀喷出，喷出的气体质量随时间近似高斯分布。当气体脉冲达到峰值时（约需 $150\mu\text{m}$ ），由 Nd:YAG 产生的功率密度为 $10^{11}\sim 10^{13}\text{w}/\text{cm}^2$ 的脉冲激光束（脉宽 5-9ns，周期 10Hz）正好聚焦在气体上，产生激光等离子体，再由激光等离子体辐射出软 X 射线。激光束 6 焦点处的焦斑直径约 $100\mu\text{m}$ ，为避免激光束 6 打在金属喷嘴 13 上，产生金属碎屑，激光束 6 通常聚焦在喷嘴 13 下 1mm 处的气体上。

本发明的积极效果：已有技术中气体以脉冲形式从喷嘴中喷出时，由于采用温度控制喷嘴难以保证激光束正好聚焦在喷射气体的峰值处，形成分子团簇的方法复杂，不易控制和操作不便。本发明采用激光器提供的外触发电信号控制喷气阀的电源解决了已有技术中温度控制喷嘴带来的问题，保证激光束准确地聚焦在气体喷射量的峰值处，产生强的软 X 射线辐射，又使产生气体靶的过程和方法操作简单、易于控制。本



发明适用于软 X 射线显微术、软 X 射线投影光刻、天体物理、原子物理、辐射计量等各个领域。

本发明的附图说明：

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

图 3 是喷气阀结构示意图

本发明的一个实施例如图 2 和图 3 所示：真空靶室 1 是园柱体形状，由纯铝制成，三面设有玻璃窗口，一面制成圆形孔并与装有光学元件的外部真空室相连，真空靶室 1 的顶部用于安装喷气阀 2；喷气阀 2 的阀体 17 由不锈钢制成，整个喷气阀 2 呈圆锥体形状，它的入气口 7 的内直径约 10mm，长 200mm，直接焊接在阀体 17 上，入气口 7 的顶部有螺纹与外部的气瓶相连；绝缘杆 8、密封杆 9 均采用园柱状聚四氟乙稀，密封杆 9 用特殊的胶粘在压电陶瓷振子 12 上，弹簧 10、弹簧 11 是钢质弹簧，压电陶瓷振子 12 采用一般的压电陶瓷晶体，压电陶瓷振子 12 的振动频率最高为 400Hz，在喷嘴 13 的本体上制备喷嘴入口 16 并由铜制成，喷嘴 13 用螺丝钉固定在阀体 17 上，喷嘴 13 直径为 0.25~1.5mm。密封橡胶 14 制成园柱形状并用特殊的胶粘在密封杆 9。阳极 15 与阀体 17 绝缘固定连接，并用聚四氟乙稀导线焊接在压电陶瓷振子 12 的表面。聚焦镜 3 是石英透镜，焦距为 100mm，差分室 4 由铜加工而成，呈园锥形，锥顶有一针孔，真空泵 5 是 FB-450 型分子泵。激光束 6 由外部的 Nd:YAG 激光器产生，激光器的脉宽 5-9ns，每个脉冲的能量为 2 焦耳。

说明书附图

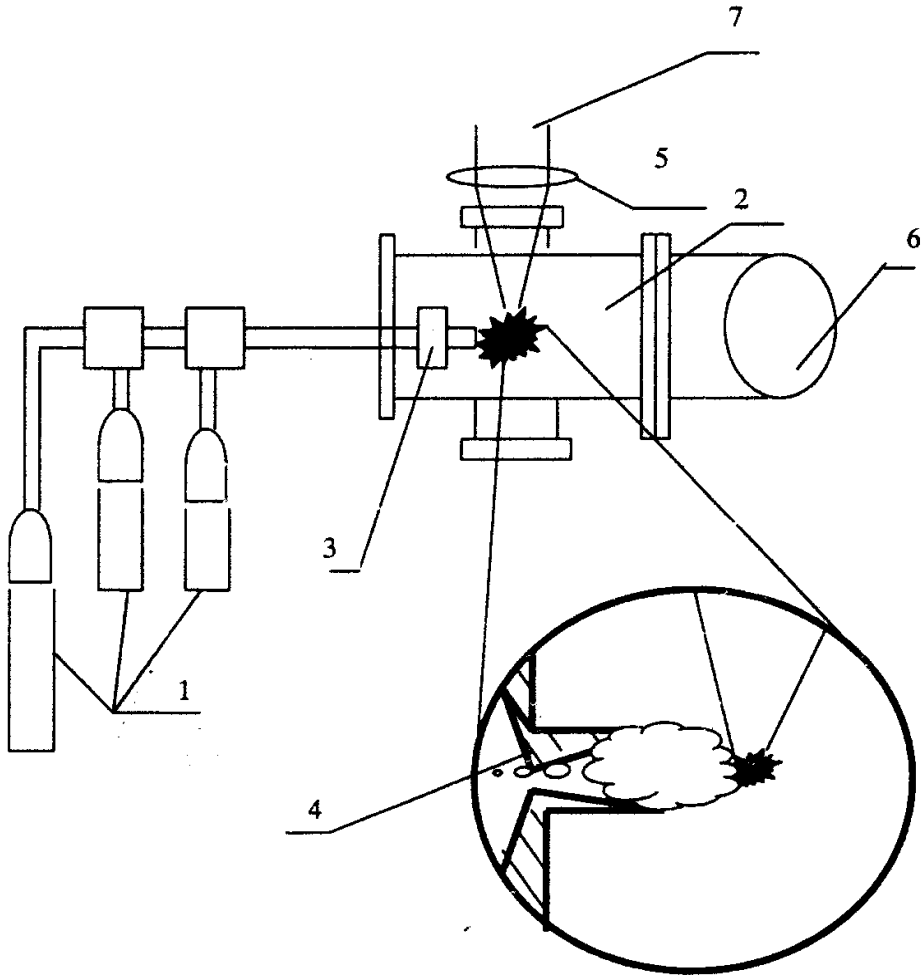


图 1

001016
说明书附图

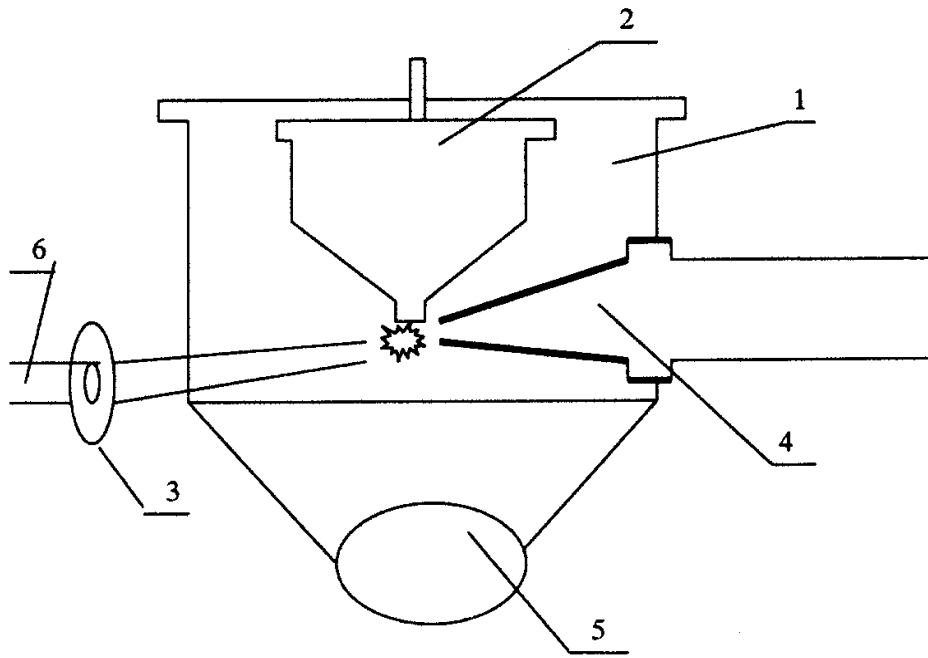


图 2

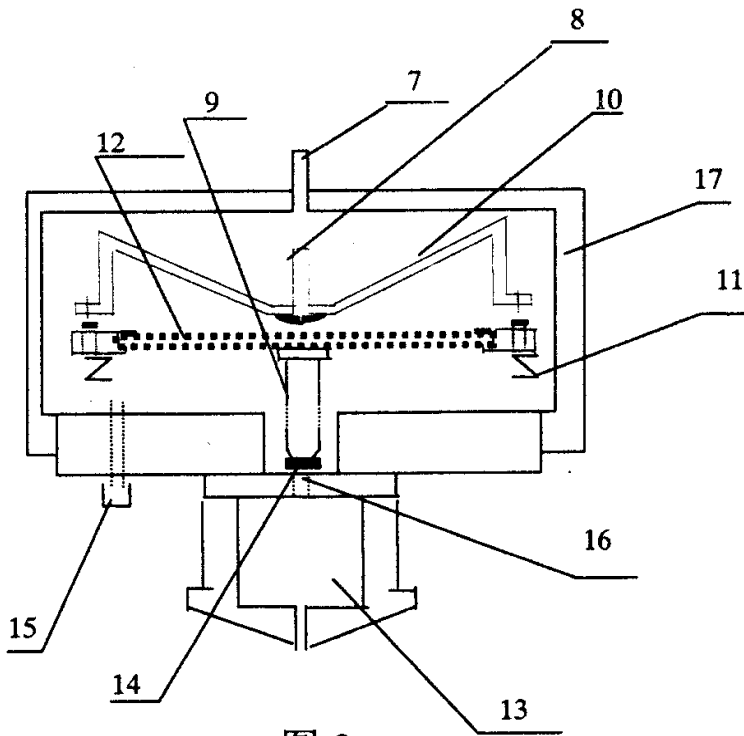


图 3