



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114544393 A

(43) 申请公布日 2022.05.27

(21) 申请号 202210117275.8

(22) 申请日 2022.02.08

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 吴先前 肖凯璐 董金磊

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390

专利代理师 吴迪

(51) Int.Cl.

G01N 3/30 (2006.01)

G01N 3/02 (2006.01)

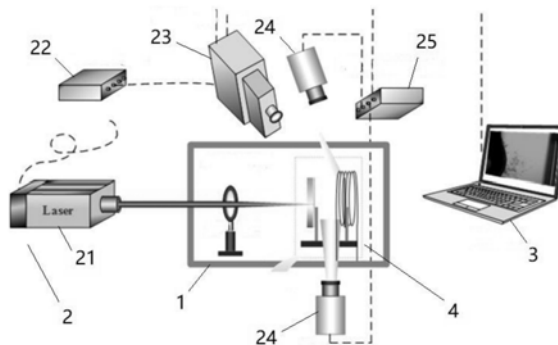
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

## (54) 发明名称

一种真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置

## (57) 摘要

本发明涉及微颗粒高速冲击实验装置技术领域,提供了一种真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置包括:真空箱,真空箱内设置有用于测试并且可调节温度的试验机构,试验机构上设置有样品,真空箱外设置有光件机构,真空箱和试验机构以及光件机构均电性连接至控制系统;光件机构结合位于真空箱内的试验机构,通过控制系统的操控实现了高低温控制及微尺度冲击加载,对微纳尺度材料的动态力学行为及能量耗散机制进行表征,为材料在极端环境下的应用提供关键技术支撑与理论依据;显著提升了冲击加载手段实验效率,测量数据精准,并且使用过程中不易发生磨损,降低维修费用。



1. 一种真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在于,包括:  
真空箱;  
所述真空箱内设置有用于测试并且可调节温度的试验机构,所述试验机构上设置有样品;  
所述真空箱外设置有光件机构;  
所述真空箱和所述试验机构以及所述光件机构均电性连接至控制系统。
2. 根据权利要求1所述的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在于,所述光件机构包括对所述试验机构发射激光的激光发射器、对所述样品实现微颗粒冲击过程进行捕捉的超高速相机、使所述激光发射器和所述超高速相机实现同步触发的脉冲信号发生器,以及对所述试验机构进行照明的外部光源设备。
3. 根据权利要求2所述的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在于,所述试验机构包括试验单元和固定单元。
4. 根据权利要求3所述的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在于,所述试验单元包括第一平台和第二平台;  
所述第一平台上分别设置有供所述激光穿透并对所述激光进行聚焦的凸透镜,以及供所述激光穿过并且使所述激光产生高温高压的等离子体的发射台;  
所述第二平台上设置有测温设备;  
所述发射台和所述测温设备之间设置有用于放置所述样品的样品固定件,所述样品固定件内设置有加热棒,远离所述样品侧的所述样品固定件的端部连接有液氮罐。
5. 根据权利要求4所述的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在于,所述发射台包括设置在靠近所述凸透镜侧的供所述激光穿过而不会明显吸收激光能量的约束层,远离所述凸透镜侧的所述约束层连接有使所述激光烧蚀后产生高温高压的等离子体的吸收层,远离所述约束层侧的所述吸收层连接有聚二甲基硅氧烷薄膜层。
6. 根据权利要求5所述的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在于,所述等离子体使所述聚二甲基硅氧烷薄膜层快速膨胀并驱动粘附在所述聚二甲基硅氧烷薄膜层上的微颗粒高速冲击所述样品。
7. 根据权利要求4所述的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在于,远离所述样品侧的所述加热棒的端部延伸至所述液氮罐内。
8. 根据权利要求5所述的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在于,所述固定单元包括:  
用于支撑并调节所述第一平台高度和方向的第一调节件,远离所述第一平台侧的所述第一调节件的端部连接有第一固定件;  
用于支撑并调节所述第二平台高度和方向的第二调节件,远离所述第二平台侧的所述第二调节件的端部连接有第二固定件;  
所述第一固定件和所述第二固定件上分别设置有用于固定所述液氮罐的支撑架。
9. 根据权利要求6所述的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在于,所述真空箱的箱壁上设置有多个透光件,所述真空箱上还连接有真空泵;  
所述真空箱的顶部设置有箱盖,所述真空箱的底部设置有支撑件。
10. 根据权利要求9所述的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置,其特征在

于,所述激光发射器发射的所述激光和所述外部光源设备发射的光源均通过所述透光件进入所述真空箱内。

## 一种真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微颗粒高速冲击实验装置技术领域,具体涉及一种真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置。

### 背景技术

[0002] 从力学角度,微颗粒高速冲击可用于帮助理解材料在极端动态条件下的物理和力学行为。单一微粒冲击技术使得材料在应变率高达 $10^8\text{s}^{-1}$ 情况下动力学响应的研究成为可能,包括软材料、纳米复合材料和金属等。另外,材料普遍具有明显的尺寸效应,微纳尺度材料通常可展现出反常的力学响应。从工程角度,微颗粒高速冲击涉及许多领域,从空间探索到增材制造。例如,高速微陨石和轨道微碎片对航天器的安全性以及宇航员进行舱外活动构成严重威胁,需要高性能材料设计和防护。高温、低温、高压、高应变率、强辐射等极端条件广泛存在于航空航天等领域,对高性能结构材料提出了更严苛的服役要求。

[0003] 传统的冲击加载手段如分离式霍普金森杆和轻气炮等由于弹体尺寸及质量较大,很难突显材料在微纳尺度下的动态力学响应,更不能实现对二维薄膜材料冲击能量吸收的测量。另外,传统冲击加载手段实验效率相对较低,测量较为粗糙,并且使用过程中炮管易发生磨损,维修费用昂贵。如何有效地解决上述技术难点,是目前本领域技术人员需解决的问题。

### 发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题或者至少部分地解决上述技术问题,本发明提供了一种真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置。

[0005] 真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置包括:真空箱;

[0006] 所述真空箱内设置有用于测试并且可调节温度的试验机构,所述试验机构上设置有样品;

[0007] 所述真空箱外设置有光件机构;

[0008] 所述真空箱和所述试验机构以及所述光件机构均电性连接至控制系统。

[0009] 进一步地,所述光件机构包括对所述试验机构发射激光的激光发射器、对所述样品实现微颗粒冲击过程进行捕捉的超高速相机、使所述激光发射器和所述超高速相机实现同步触发的脉冲信号发生器,以及对所述试验机构进行照明的外部光源设备。

[0010] 进一步地,所述试验机构包括试验单元和固定单元。

[0011] 进一步地,所述试验单元包括第一平台和第二平台;

[0012] 所述第一平台上分别设置有供所述激光穿透并对所述激光进行聚焦的凸透镜,以及供所述激光穿过并且使所述激光产生高温高压的等离子体的发射台;

[0013] 所述第二平台上设置有测温设备;

[0014] 所述发射台和所述测温设备之间设置有用于放置所述样品的样品固定件,所述样品固定件内设置有加热棒,远离所述样品侧的所述样品固定件的端部连接有液氮罐。

[0015] 进一步地,所述发射台包括设置在靠近所述凸透镜侧的供所述激光穿过而不会明显吸收激光能量的约束层,远离所述凸透镜侧的所述约束层连接有使所述激光烧蚀后产生高温高压的等离子体的吸收层,远离所述约束层侧的所述吸收层连接有聚二甲基硅氧烷薄膜层。

[0016] 进一步地,所述等离子体使所述聚二甲基硅氧烷薄膜层快速膨胀并驱动粘附在所述聚二甲基硅氧烷薄膜层上的微颗粒高速冲击所述样品。

[0017] 进一步地,远离所述样品侧的所述加热棒的端部延伸至所述液氮罐内。

[0018] 进一步地,所述固定单元包括:

[0019] 用于支撑并调节所述第一平台高度和方向的第一调节件,远离所述第一平台侧的所述第一调节件的端部连接有第一固定件;

[0020] 用于支撑并调节所述第二平台高度和方向的第二调节件,远离所述第二平台侧的所述第二调节件的端部连接有第二固定件;

[0021] 所述第一固定件和所述第二固定件上分别设置有用于固定所述液氮罐的支撑架。

[0022] 进一步地,所述真空箱的箱壁上设置有多个透光件,所述真空箱上还连接有真空泵;

[0023] 所述真空箱的顶部设置有箱盖,所述真空箱的底部设置有支撑件。

[0024] 进一步地,所述激光发射器发射的所述激光和所述外部光源设备发射的光源均通过所述透光件进入所述真空箱内。

[0025] 在本发明中,光件机构结合位于真空箱内的试验机构,通过控制系统的操控实现了高低温控制及微尺度冲击加载,对微纳尺度材料的动态力学行为及能量耗散机制进行表征,为材料在极端环境下的应用提供关键技术支持与理论依据。

[0026] 显著提升了冲击加载手段实验效率,测量数据精准,并且使用过程中不易发生磨损,降低维修费用。

## 附图说明

[0027] 图1是本发明提供的真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置的结构示意图;

[0028] 图2为是本发明提供的试验机构的结构示意图;

[0029] 图3是本发明提供的发射台的结构示意图;

[0030] 图4是本发明提供的第一调节件的结构示意图;

[0031] 附图标记:

[0032] 1、真空箱;11、箱盖;12、透光件;13、支撑件;14、观察窗口;15、真空泵;

[0033] 2、光件机构;21、激光发射器;22、脉冲信号发生器;23、超高速相机;24、外部光源设备;25、灯控系统;

[0034] 3、控制系统;

[0035] 4、试验机构;41、第一平台;42、发射台;421、约束层;422、吸收层;423、聚二甲基硅氧烷薄膜层;43、测温设备;44、第二平台;45、第一固定件;46、样品固定件;47、第一调节件;471、导向件;472、位移件;473、调节件;

[0036] 5、加热棒;

- [0037] 6、液氮罐；
- [0038] 7、凸透镜；
- [0039] 8、样品。

### 具体实施方式

[0040] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点，下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。以下实施例仅用于解释本发明，而非对本发明的限定。基于所描述的本发明的实施例，本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范畴。若未特别指明，实施例中所用的技术手段为本领域技术人员所熟知的常规手段。

[0041] 需要说明的是，在本文中，诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。术语“连接”、“相连”等术语应作广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接连接，也可以是通过中间媒介间接相连。术语“包括”、“包含”或者其他任何词语意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0042] 本发明提供的一实施例，如图1所示，一种真空及高低温加载的微颗粒高速冲击实验装置包括：真空箱1；

[0043] 真空箱1内设置有用于测试并且可调节温度的试验机构4，试验机构4上设置有样品8；

[0044] 真空箱1外设置有光件机构2；

[0045] 真空箱1和试验机构4以及光件机构2均电性连接至控制系统3。

[0046] 在本实施例中，光件机构2结合位于真空箱1内的试验机构4，通过控制系统3的操控实现了高低温控制及微尺度冲击加载，对微纳尺度材料的动态力学行为及能量耗散机制进行表征，为材料在极端环境下的应用提供关键技术支撑与理论依据。

[0047] 显著提升了冲击加载手段实验效率，测量数据精准，并且使用过程中不易发生磨损，降低维修费用。

[0048] 控制系统3采用现有技术中能够操控各部件运行的系统即可，由于操控系统3为现有技术中的成熟技术方案，该处不作具体说明。

[0049] 本发明提供的又一实施例，如图1所示，光件机构2包括对试验机构4 发射激光的激光发射器21、对样品8实现微颗粒冲击过程进行捕捉的超高速相机23、使激光发射器21和超高速相机23实现同步触发的脉冲信号发生器 22，以及对试验机构4进行照明的外部光源设备24。

[0050] 在本实施例中，利用激光产生的高压状态推动微米级颗粒高速冲击样品8，其中，样品8即为靶体。实现了材料在微尺度冲击载荷下动态力学行为的原位观察，克服了微米尺度上的冲击看不到、打不准的情况，解决了微米尺度冲击动力学行为实验研究的难题。

[0051] 激光发射器21为短脉冲高功率密度激光器,激光发射器21发射出的脉冲激光的脉宽为10ns,波长为532nm。

[0052] 根据实验需求,外部光源设备24为对真空箱1内的试验机构4进行照明的灯具或手电筒,外部光源设备24通过灯控系统25进行操控。其中,灯控系统25电性连接至控制系统3。

[0053] 本发明提供的又一实施例,试验机构4包括试验单元和固定单元。

[0054] 在本实施例中,固定单元用于支撑试验单元,并且调节试验单元的高度和方向。

[0055] 本发明提供的又一实施例,如图2所示,试验单元包括第一平台41和第二平台44;

[0056] 第一平台41上分别设置有供激光穿透并对激光进行聚焦的凸透镜7,以及供激光穿过并且使激光产生高温高压的等离子体的发射台42;

[0057] 第二平台上44设置有测温设备43;

[0058] 发射台42和测温设备43之间设置有用于放置样品8的样品固定件46,样品固定件46内设置有加热棒5,远离样品8侧的样品固定件46的端部连接有液氮罐6。

[0059] 在本实施例中,激光发射器21发射出的激光依次穿过凸透镜7和发射台42后,实现微米级颗粒高速冲击样品7。在该实验过程中,加热棒5依据实验设计要求,对真空箱1内的温度进行目标温度的调节。

[0060] 本发明提供的又一实施例,如图3所示,发射台42包括设置在靠近凸透镜7侧的供激光穿过而不会明显吸收激光能量的约束层421,远离凸透镜7侧的约束层421连接有使激光烧蚀后产生高温高压的等离子体的吸收层422,远离约束层421侧的吸收层422连接有聚二甲基硅氧烷薄膜层423(PDMS)。

[0061] 在本实施例中,约束层421为厚度4mm的K9玻璃,吸收层422为金膜,金膜的厚度为100nm。聚二甲基硅氧烷薄膜层423的厚度为100 $\mu$ m。

[0062] 本发明显著提升实验效率,实现了可控性,易于实现关键物理量的精细测量。

[0063] 本发明提供的又一实施例,如图3所示,等离子体使聚二甲基硅氧烷薄膜层423快速膨胀并驱动粘附在聚二甲基硅氧烷薄膜层423上的微颗粒高速冲击样品8。

[0064] 在本实施例中,聚二甲基硅氧烷薄膜层423不仅有效的将等离子体膨胀的动能传递给微颗粒,而且也限制了激光加载过程中烧蚀产物的产生,消除实验过程中的热效应。

[0065] 本发明提供的又一实施例,如图2所示,远离样品8侧的加热棒5的端部延伸至液氮罐6内。

[0066] 在本实施例中,液氮罐6内的液氮将对加热棒5的温度降至目标温度。

[0067] 本发明提供的又一实施例,如图2所示,固定单元包括:

[0068] 用于支撑并调节第一平台41高度和方向的第一调节件47,远离第一平台41侧的第一调节件47的端部连接有第一固定件45;

[0069] 用于支撑并调节第二平台高度和方向的第二调节件,远离第二平台侧的第二调节件的端部连接有第二固定件;

[0070] 第一固定件45和第二固定件上分别设置有用于固定液氮罐6的支撑架。

[0071] 在本实施例中,如图4所示,第一调节件47包括与第一平台41相连接的可伸缩的导向件471,远离所述第一平台41侧的导向件471的端部连接有可水平位移的位移件472,位移件472上设置有调节位移件472进行位移的调节件473。

[0072] 第二调节件除与第二平台相连接外,其它结构及连接方式均与第一调节件47相

同。

[0073] 本发明提供的又一实施例,如图2所示,真空箱1的箱壁上设置有多个透光件12,真空箱1上还连接有真空泵15;

[0074] 真空箱1的顶部设置有箱盖11,真空箱1的底部设置有支撑件13。

[0075] 在本实施例中,根据实验的具体需求,可以在真空箱1的箱壁上设置有观察窗口14,并将超高速相机23放置在位于观察窗口14处的真空箱1箱壁上。也可以将超高速相机23放置在位于观察窗口14处的真空箱1外,通过相机支撑架对超高速相机23进行支撑。

[0076] 通过真空泵15对真空箱1内抽真空,实现了真空环境下的加载,有效过滤空气阻力对微颗粒速度的衰减及其冲击波对材料的损伤,使得本发明对材料动态力学响应的表征更加精准。

[0077] 本发明提供的又一实施例,如图1所示,激光发射器21发射的激光和外部光源设备24发射的光源均通过透光件12进入真空箱1内;

[0078] 超高速相机23也可以通过透光件12捕捉微颗粒高速冲击样品8的过程。

[0079] 在本实施例中,外部光源设备24为手电筒、灯具等能够实现对真空箱1内进行照明的设备。

[0080] 以上所述并非是对本发明的限制,最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制。尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明。本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换,在不偏离本发明精神的基础上所做的修改或替换,均属于本发明要求保护的范围。



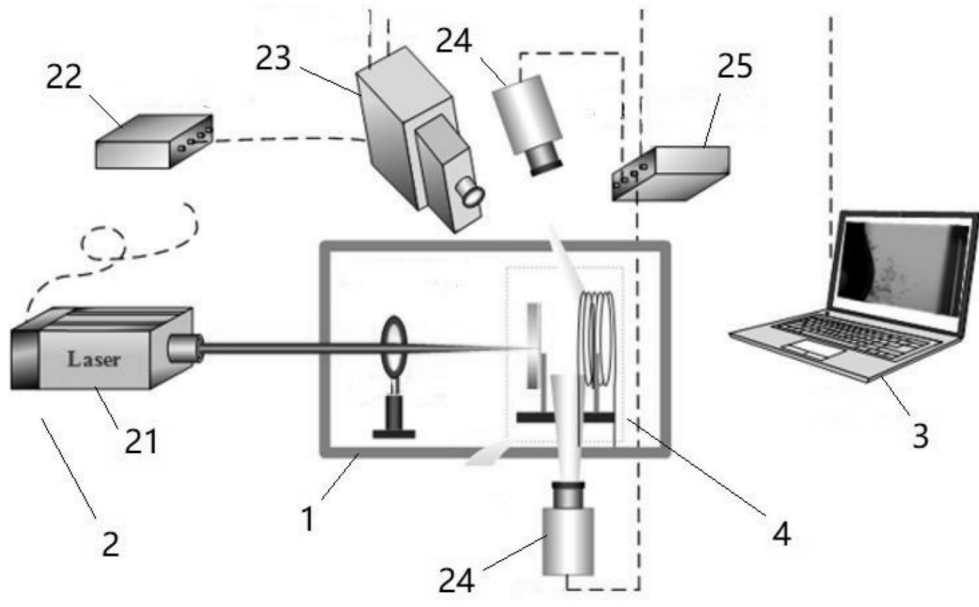


图1

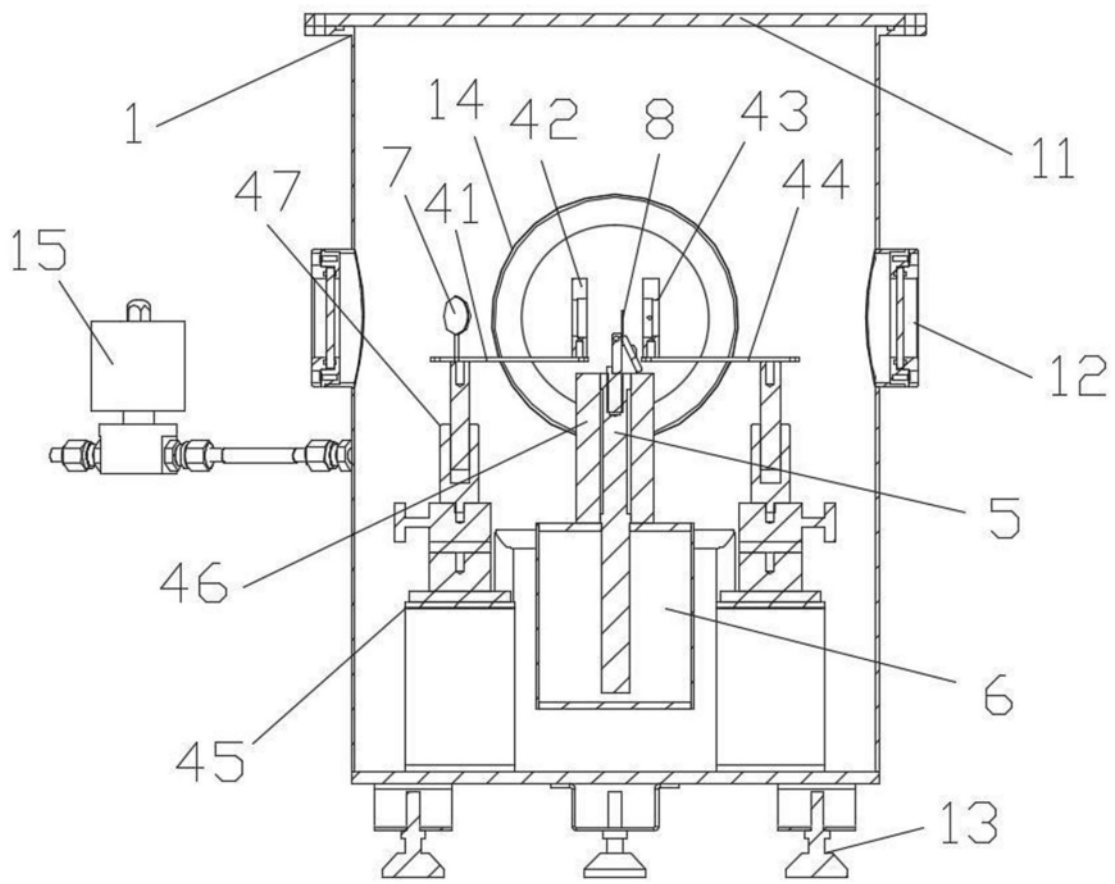


图2

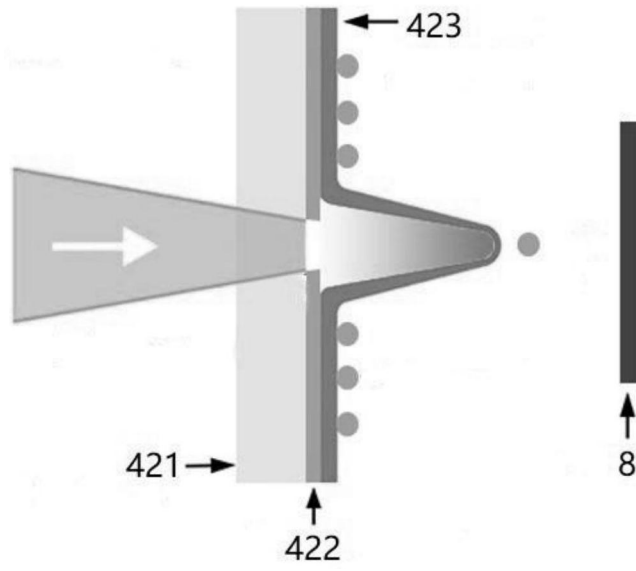


图3

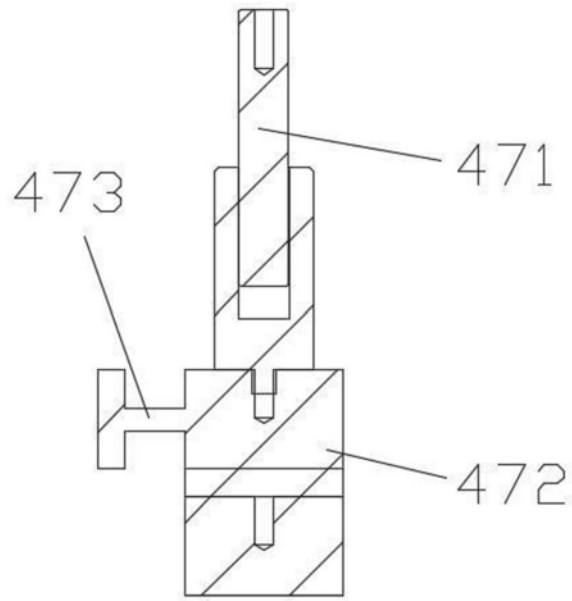


图4