



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118645034 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 13

(21) 申请号 202410682699.8

(22) 申请日 2024.05.29

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 胡松涛 丁玺佳 史熙 彭志科

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

专利代理师 王毓理 王锡麟

(51) Int. Cl.

G09B 23/06 (2006.01)

G01N 15/00 (2024.01)

G01N 21/84 (2006.01)

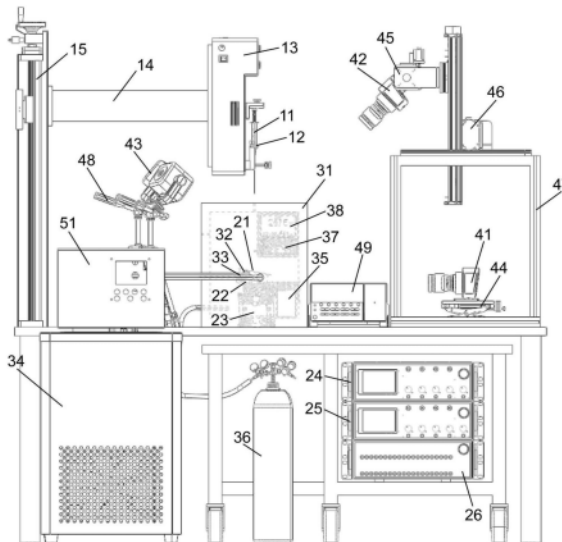
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置

(57) 摘要

一种低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置,包括:控制模块以及分别与之相连的液滴生成模块、冲击模块、低温环境生成模块和冲击行为观测模块,其中:控制模块输出控制指令并采集实验信息,液滴生成模块和冲击模块依次上下相对设置,低温环境生成模块设置于冲击模块的外部,冲击行为观测模块正对冲击模块。本发明采用工控机统筹控制,能够自动化地开展低温液滴冲击实验,用光电融合方法进行测量,提高实验的准确性、稳定性与效率。



1. 一种低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置, 其特征在于, 包括: 控制模块以及分别与之相连的液滴生成模块、冲击模块、低温环境生成模块和冲击行为观测模块, 其中: 液滴生成模块和冲击模块依次上下相对设置, 低温环境生成模块设置于冲击模块的外部, 冲击行为观测模块正对冲击模块;

所述的液滴生成模块包括: 待冲击液体、液体盛装容器、液体挤出设备和位姿调整机构, 其中: 待冲击液体盛装在液体盛装容器中, 由液体挤出设备挤出; 液体挤出设备经连接件连接于位姿调整机构, 通过调节液体挤出设备和位姿调整机构形成具有不同特征的流体。

2. 根据权利要求1所述的低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置, 其特征是, 所述的低温环境生成模块包括: 低温环境箱、冷源、散热器、低温恒温槽、环境制冷剂、风扇和温湿度计, 其中: 冷源位于低温环境箱内部, 散热器附于冷源, 将冷源所产生的热量带离, 散热器与低温恒温槽相连接, 低温恒温槽使散热器中的介质保持低温, 环境制冷剂位于低温环境箱内部, 将低温环境箱内部的环境温度降低, 干燥气体通入低温环境箱, 将低温环境箱内部的环境湿度降低, 以避免水蒸气凝结影响冲击行为观测。

3. 根据权利要求1或2所述的低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置, 其特征是, 所述的冲击模块包括: 待冲击表面以及分别与之相连的表面位姿调整机构和附加组件, 其中: 待冲击表面通过表面位姿调整机构与检测台连接, 通过调节表面位姿调整机构, 使得待冲击液体冲击在待冲击表面的合适位置。

4. 根据权利要求3所述的低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置, 其特征是, 所述的待冲击表面包括: 由上而下依次设置的疏水涂层、薄膜层、腔室层、电极层和基底层, 其中: 薄膜层的边缘固定于作为刚性框架的腔室层上方, 腔室层中间形成与附加组件相连通的密闭腔室, 通过调节附加组件的输出气压, 实时柔性调整待冲击表面的表面形态、力学性能和亲疏水特性。

5. 根据权利要求4所述的低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置, 其特征是, 所述的薄膜层为聚二甲基硅氧烷薄膜; 所述的电极层为铜箔。

6. 根据权利要求5所述的低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置, 其特征是, 所述的控制模块分别向液体挤出设备、液滴位姿调整机构、表面位姿调整机构附加组件、冷源、低温恒温槽、风扇、高速相机光源、相机位姿调整机构、发出控制指令并采集液体挤出设备的挤出速度与高度, 液滴位姿调整机构的位姿, 表面位姿调整机构、的位姿, 附加组件的气压, 低温恒温槽的温度, 风扇的速度, 温湿度计采集到的温湿度信息, 高速相机、采集到的图像信息, 电学测量设备采集到的电学信息。

7. 根据权利要求6所述的低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置, 其特征是, 所述的表面位姿调整机构包括: 依次设置于待冲击表面下的三轴电动角位台和三轴电动位移台。

8. 根据权利要求1所述的低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置, 其特征是, 所述的冲击行为观测模块包括: 高速相机光源、相机位姿调整机构和电学测量设备, 其中: 高速相机、从两个角度同时拍摄待冲击液体在低温环境箱内冲击待冲击表面的行为, 光源与高速相机配套使用以提供被拍摄物的亮度, 高速相机与光源通过相机位姿调整机构与环境连接, 通过调节相机位姿调整机构使得高速相机清晰准确地拍摄到低温液滴冲击行为。

9. 根据权利要求1或8所述的低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置,其特征是,所述的控制模块包括:冲击行为控制单元、温度控制单元以及柔性表面控制单元,其中:温度控制单元根据温湿度计采集到的温湿度信息,改变冷源的功率、低温恒温槽的设定温度与风扇的速度,用PID方法闭环控制低温环境箱内的温湿度,冲击行为控制单元根据输入的期望冲击速度、冲击角度、冲击位置,通过电机调整液体挤出设备的挤出速度与高度,液滴位姿调整机构的位姿,表面位姿调整机构的位姿,柔性表面控制单元根据实验人员输入的期望表面形态,通过更改附加组件的气压开闭、正负、大小,实现柔性表面的不同形态。

低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种物理实验领域的技术,具体是一种低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置。

背景技术

[0002] 低温表面的液滴冲击行为常见于飞机上的结冰过程和超冷环境中内燃机的喷雾冲击,易造成零部件表面结冰,破坏界面环境的交互作用,影响零部件的正常使用。受冲击表面的柔性化设计可以显著降低固液接触时间,赋予零件表面疏水防冰特性,并且无需额外的能量消耗,对其的研究存在重要意义。然而,对冲击行为的测量局限于高速相机、激光诱导荧光等光学测量方法,面临结构遮挡和环境干扰的问题。此外,液滴尺寸、冲击速度、冲击角度、表面柔性、环境温度等多种因素都会影响低温液滴的冲击行为,在实验量大、变量多的情况下,现有的实验装置存在以下问题:一是低温环境不均匀稳定,难以提供可靠的实验条件;二是重复实验过程繁琐费时,容易引入人为误差。

发明内容

[0003] 本发明针对现有技术无法实现低温环境下的液滴生成、受冲击表面的柔性化、液滴冲击柔性表面的电学测量的不足,提出一种低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置,采用工控机统筹控制,能够自动化地开展低温液滴冲击实验,用光电融合方法进行测量,提高实验的准确性、稳定性与效率。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0005] 本发明涉及一种低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置,包括:控制模块以及分别与之相连的液滴生成模块、冲击模块、低温环境生成模块和冲击行为观测模块,其中:控制模块输出控制指令并采集实验信息,控制模块以及分别与之相连的液滴生成模块、冲击模块、低温环境生成模块和冲击行为观测模块,其中:液滴生成模块和冲击模块依次上下相对设置,低温环境生成模块设置于冲击模块的外部,冲击行为观测模块正对冲击模块。

[0006] 所述的液滴生成模块包括:待冲击液体、液体盛装容器、液体挤出设备和液滴位姿调整机构,其中:待冲击液体盛装在液体盛装容器中,由液体挤出设备挤出;液体挤出设备和液滴位姿调整机构通过连接件连接,通过调节液体挤出设备和液滴位姿调整机构生成具有不同尺寸、冲击速度、冲击角度的液滴。

[0007] 所述的冲击模块包括:待冲击表面以及分别与之相连的表面位姿调整机构和附加组件,其中:待冲击表面通过表面位姿调整机构与检测台连接,通过调节表面位姿调整机构,使得待冲击液体冲击在待冲击表面的合适位置。

[0008] 所述的待冲击表面包括由上而下依次设置的疏水涂层、薄膜层、腔室层、电极层和基底层,其中:薄膜层边缘固定于刚性框架的腔室层上方,腔室层中间形成与附加组件相连通的密闭腔室,通过调节附加组件的输出气压,待冲击表面的表面形态、力学性能和亲疏水

特性得以实时柔性调整。

[0009] 所述的低温环境生成模块包括:低温环境箱、冷源、散热器、低温恒温槽、环境制冷剂、干燥气体、风扇和温湿度计,其中:冷源位于低温环境箱内部,散热器附于冷源,将冷源所产生的热量带离,散热器与低温恒温槽相连接,低温恒温槽使散热器中的介质保持低温,环境制冷剂位于低温环境箱内部,将低温环境箱内部的环境温度降低,干燥气体通入低温环境箱,将低温环境箱内部的环境湿度降低,以避免水蒸气凝结影响冲击行为观测,风扇加速低温环境箱内部气体流动,能快速营造均匀低温的环境,温湿度计实时监测低温环境箱内部的温度与湿度,组成控制系统的反馈环节。

[0010] 所述的冲击行为观测模块包括:高速相机、光源、相机位姿调整机构和电学测量设备,其中:高速相机从两个角度同时拍摄待冲击液体在低温环境箱内冲击待冲击表面的行为,光源与高速相机配套使用以提供被拍摄物的亮度,高速相机与光源通过相机位姿调整机构与环境连接,通过调节位姿调整机构使得高速相机清晰准确地拍摄到低温液滴冲击行为。电学测量设备由信号线连接至所述电极层,测量低温液滴冲击行为过程中的电学特性。

技术效果

[0011] 本发明采用电学测量设备作为高速相机的补充测量手段以有效避免光学测量手段面临的结构遮挡与光线干扰问题。在实验中,电学测量设备能够更准确便捷地测量液滴弹跳次数等特征,具有优于高速相机的分辨率和数据处理速度。同时,自动化实验装置提供了均匀稳定的低温环境,通过控制模块和各模块的协同作用,有效减少人为误差。

[0012] 与现有技术相比,本发明提高了液滴弹跳次数等特征的测量精度,避免了光学测量方式可能面临的结构遮挡和光线干扰,加快了实验过程中的信息获取和处理速度。自动化实验装置提供了均匀稳定的低温环境,减少了人为误差的引入,有利于实验结果的准确性和可靠性,同时提高了实验的稳定性和重复性。

附图说明

[0013] 图1为本发明示意图;

[0014] 图2为低温环境箱内部的示意图;

[0015] 图3为待冲击表面的示意图;

[0016] 图中:1疏水涂层、2薄膜层、3腔室层、4电极层、5基底层、11待冲击液体、12液体盛装容器、13液体挤出设备、14连接件、15液滴位姿调整机构、21待冲击表面、22三轴电动角位台、23三轴电动位移台、24正压气泵、25负压气泵、26多路气泵、31低温环境箱、32冷源、33散热器、34低温恒温槽、35环境制冷剂、36干燥气体、37风扇、38温湿度计、41、42高速相机、43光源、44、45、46、47、48相机位姿调整机构、49电学测量设备、51控制模块;

[0017] 图4为高速相机拍摄的低温液滴冲击柔性表面行为示意图;

[0018] 图5为静电计测量得到的低温液滴冲击柔性表面行为示意图。

具体实施方式

[0019] 如图1所示,为本实施例涉及的一种低温环境下的液滴冲击柔性表面自动化实验装置,包括:控制模块51以及分别与之相连的液滴生成模块、冲击模块、低温环境生成模块和冲击行为观测模块,其中:液滴生成模块和冲击模块依次上下相对设置,低温环境生成模

块设置于冲击模块的外部,冲击行为观测模块正对冲击模块。

[0020] 所述的控制模块分别向液体挤出设备13、液滴位姿调整机构15、表面位姿调整机构22、23、附加组件24、25、26、冷源32、低温恒温槽34、风扇37、高速相机41、42、光源43、相机位姿调整机构44、45、46、47发出控制指令并采集液体挤出设备13的挤出速度与高度,液滴位姿调整机构15的位姿,表面位姿调整机构22、23的位姿,附加组件24、25、26的气压,低温恒温槽34的温度,风扇37的速度,温湿度计38采集到的温湿度信息,高速相机41、42采集到的图像信息,电学测量设备49采集到的电学信息。

[0021] 所述的液滴生成模块包括:待冲击液体11、液体盛装容器12、液体挤出设备13和位姿调整机构15,其中:待冲击液体盛装在液体盛装容器中,由液体挤出设备挤出;液体挤出设备经连接件连接于位姿调整机构,通过调节液体挤出设备和位姿调整机构形成具有不同特征的流体。

[0022] 如图2所示,所述的低温环境生成模块包括:低温环境箱31、冷源32、散热器33、低温恒温槽34、环境制冷剂36、风扇37和温湿度计38,其中:冷源32位于低温环境箱31内部,散热器33附于冷源32,将冷源32所产生的热量带离,散热器33与低温恒温槽34相连接,低温恒温槽34使散热器33中的介质保持低温,环境制冷剂35位于低温环境箱31内部,将低温环境箱内部的环境温度降低,干燥气体36通入低温环境箱,将低温环境箱内部的环境湿度降低,以避免水蒸气凝结影响冲击行为观测。

[0023] 所述的低温环境箱31是具有一定隔热效果的厚壁亚克力箱,能在室温环境中划分出一个区域,营造可控温度的低温环境,小尺寸的透明低温环境箱有利于减少能耗、稳定环境、解除对相机尺寸的限制,通过通入干燥氮气,避免了水蒸气凝结对相机观测的影响,通过风扇加强热对流,避免了低温环境箱内温度不均匀的问题。

[0024] 本实施例中所述的冷源32为半导体制冷片。

[0025] 本实施例中所述的散热器33为水冷散热器。

[0026] 本实施例中所述的环境制冷剂36为液氮,干燥气体为氮气。

[0027] 如图1和图2所示,所述的冲击模块包括:待冲击表面21以及分别与之相连的表面位姿调整机构和附加组件,其中:待冲击表面通过表面位姿调整机构与检测台连接,通过调节表面位姿调整机构,使得待冲击液体冲击在待冲击表面的合适位置。

[0028] 如图2所示,所述的表面位姿调整机构包括:依次设置于待冲击表面21下的三轴电动角位台22与三轴电动位移台23。

[0029] 所述的附加组件包括:多路气泵26和分别与之相连的正压气泵24和负压气泵25。

[0030] 如图3所示,所述的待冲击表面21包括:由上而下依次设置的疏水涂层1、薄膜层2、腔室层3、电极层4和基底层5,其中:薄膜层2的边缘固定于作为刚性框架的腔室层3上方,腔室层3中间形成与附加组件相连通的密闭腔室,通过调节附加组件的输出气压,实时柔性调整待冲击表面的表面形态、力学性能和亲疏水特性。

[0031] 本实施例中所述的薄膜层2为聚二甲基硅氧烷薄膜。

[0032] 本实施例中所述的电极层为铜箔。

[0033] 所述的冲击行为观测模块采用电学测量设备作为高速相机的补充测量手段,有效避免了光学测量手段面临的结构遮挡与光线干扰问题,且在测量液滴特征(例如液滴弹跳次数)时具有优于高速相机的分辨率和数据处理速度,该冲击行为观测模块包括:高速相机

41、42、光源43、相机位姿调整机构44和电学测量设备45,其中:高速相机41、42从两个角度同时拍摄待冲击液体在低温环境箱内冲击待冲击表面的行为,光源43与高速相机配套使用以提供被拍摄物的亮度,高速相机与光源通过相机位姿调整机构44与环境连接,通过调节相机位姿调整机构使得高速相机清晰准确地拍摄到低温液滴冲击行为。

[0034] 本实施例中所述的高速相机为双目高速相机。

[0035] 本实施例中所述的电学测量设备45为静电计或示波器,通过传感器融合技术,用电学信号弥补高速相机测量面临的结构遮挡与光线干扰问题。

[0036] 所述的控制模块包括:冲击行为控制单元、温度控制单元以及柔性表面控制单元,其中:温度控制单元根据温湿度计采集到的温湿度信息,改变冷源的功率、低温恒温槽的设定温度与风扇的速度,用PID方法闭环控制低温环境箱内的温湿度,冲击行为控制单元根据实验人员输入的期望冲击速度、冲击角度、冲击位置等设置,通过电机调整液体挤出设备的挤出速度与高度,液滴位姿调整机构的位姿,表面位姿调整机构的位姿,柔性表面控制单元根据实验人员输入的期望表面形态,通过更改附加组件的气压开闭、正负、大小,实现柔性表面的不同形态。

[0037] 经过具体实际实验,在温度-20℃、液滴直径2mm、冲击高度60mm的环境下,通过上述装置得到如图4所示的高速相机拍摄到的液滴冲击柔性表面所发生的结冰现象以及如图5所示的静电计测量到的冲击过程中的液滴弹跳行为,其中每一组负峰与正峰代表一次弹跳,电流峰峰值的逐渐减小代表弹跳幅度的逐渐减小。

[0038] 与现有技术相比,本装置采用电学测量设备作为高速相机的补充测量手段,有效避免了光学测量手段面临的结构遮挡与光线干扰问题,在测量液滴弹跳次数等特征时具有优于高速相机的分辨率和数据处理速度。通过自动化的实验装置,提供了均匀稳定的低温环境,减少了人为误差。

[0039] 上述具体实施可由本领域技术人员在不背离本发明原理和宗旨的前提下以不同的方式对其进行局部调整,本发明的保护范围以权利要求书为准且不由上述具体实施所限,在其范围内的各个实现方案均受本发明之约束。

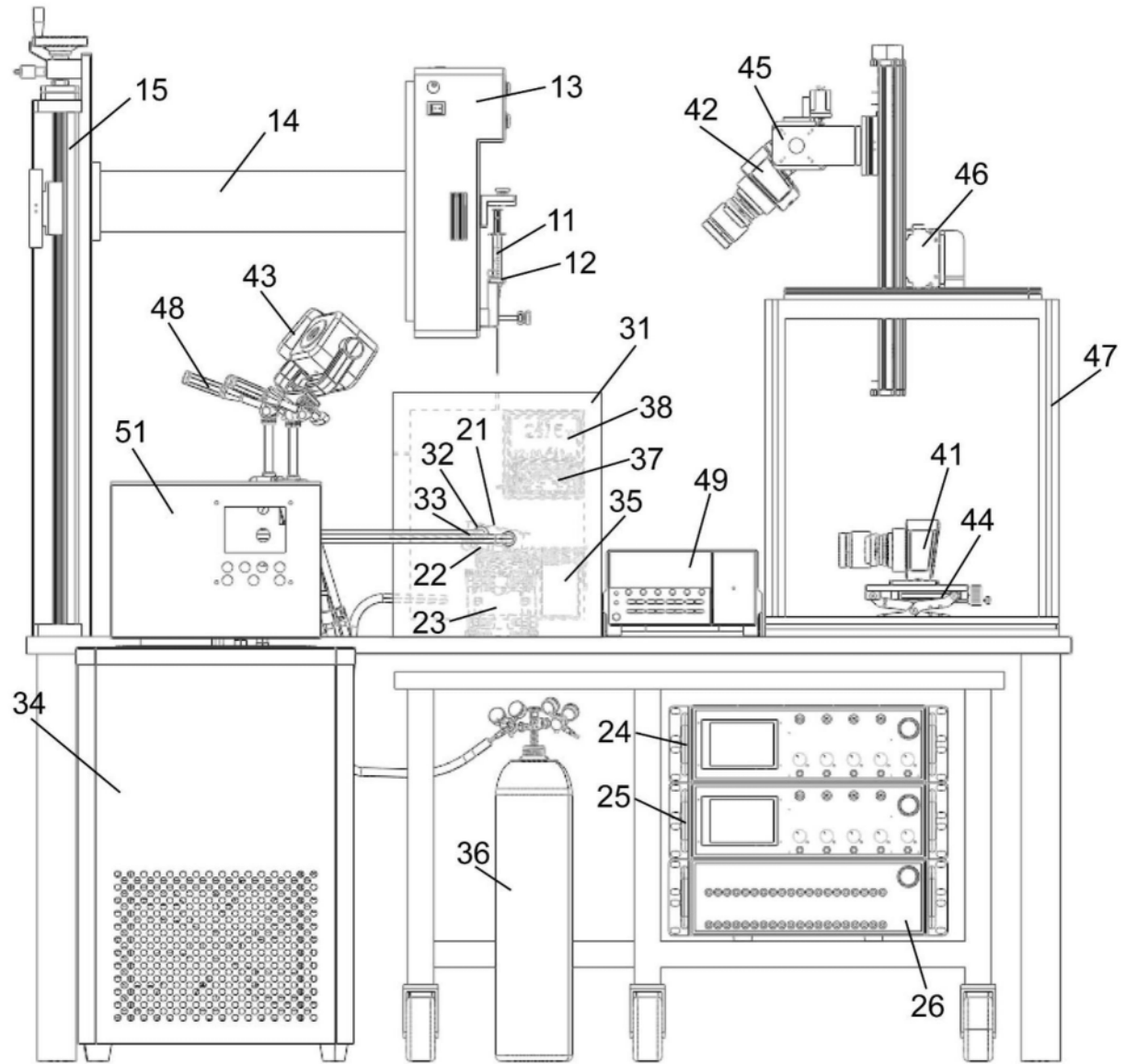


图1

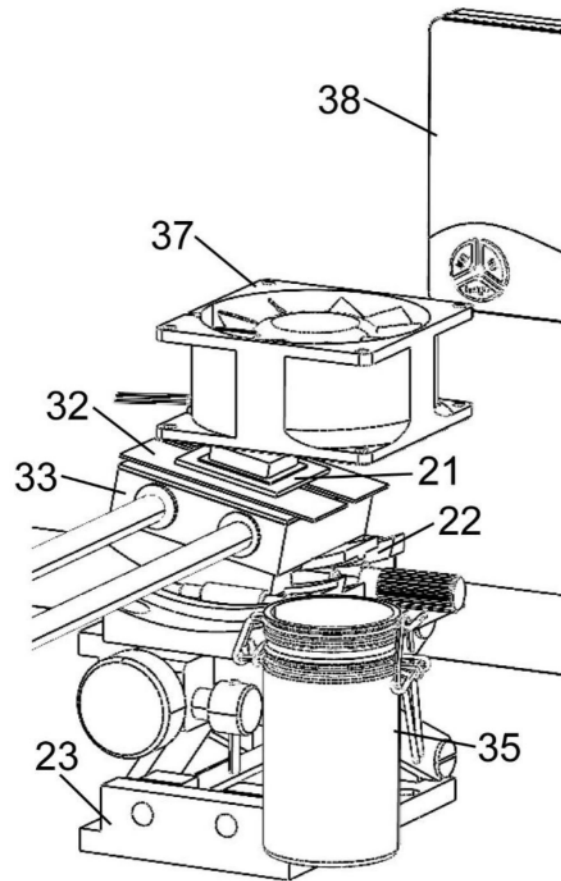


图2

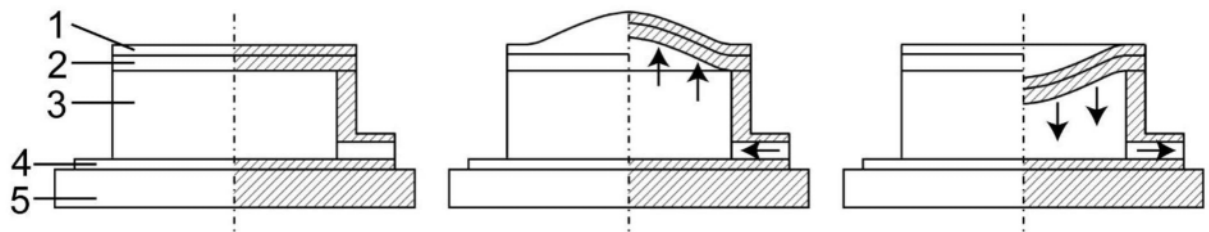


图3

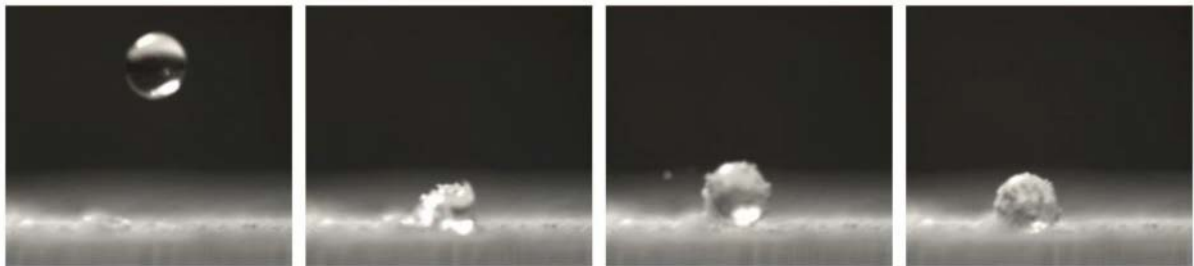


图4

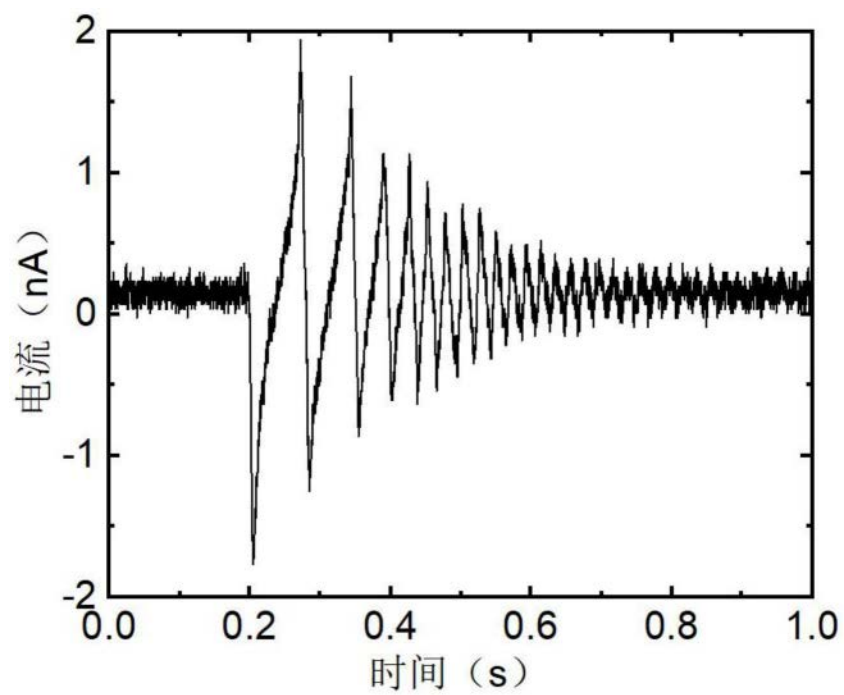


图5