基于垂悬液滴的全自动化相干光散射研究

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/24998.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

基于垂悬液滴的全自动化相干光散射研究。近日，美国伊利诺伊州阿贡国家实验室的Doga Yamac Ozgulbas等人使用与先进光子源（Advanced Photon Source, APS）时钟频率同步的3.7微秒X射线光子相关光谱（X-ray Photon Correlation Spectroscopy, XPCS），证明了从一个封闭的垂悬液滴和一个密封的毛细管测量的胶体二氧化硅纳米颗粒的布朗动力学的一致性。此外，电子移液器可以安装在六轴机械臂上，以实现自动化制备重复性高、成分精确的复杂流体（Complex fluid）。这种可由人工智能执行的闭环协议可以广泛适用于不同波长和相干性的光散射测定，比如动态光散射（Dynamic Light Scattering, DLS）以及小角度X射线散射（Small-angle X-ray Scattering, SAXS），为基于光散射测定的高通量自主材料设计迈出重要一步。

背景介绍

复杂流体（Complex fluids）中混合相的动力学和结构会显著影响其材料特性。X射线光子相关光谱（XPCS）可以探测各种原位环境下混合相的动力学特性，然而为达到理想的材料设计参数所需的大量的样品成分和实验的数量远远超出目前同步辐射线站的测量通量。无容器液体，如声悬浮（Acoustic Levitation）和垂悬液滴（Pendant Drop），因为无需装填样品所以可以自动化，并能用于小角度X射线散射（Small-angle X-ray Scattering, SAXS）的测量。然而，基于无容器液体样品的XPCS还没有被证实，主要是由于探测器速度的限制、以及样品漂移和样品内部对流对微聚焦X射线束的XPCS结果造成的影响。

创新研究

在这项工作中，研究人员使用基于 5 万帧每秒的单光子阵列探测器（Rigaku XSPA-500k）的XPCS测量，证明了直径约100纳米的二氧化硅纳米颗粒胶体的布朗运动在悬滴（Pendant Drop）和一般液体样品容器（例如毛细管）中的一致性。这项研究为使用悬滴进行复杂流体的光散射研究提供了理论和实验基础。悬滴由电动移液器产生，在测量后可以吸回移液器尖端的一次性吸头，实现自动样品处理。研究人员进一步展示，此电子移液器可以安装在六轴机械臂上（Universal Robot, UR3e），以实现有自动移液功能的液体处理工作站功能。这项用于研究复杂流体的XPCS实验协议可实现高重复性和高通量的的光散射测量，并且可以很容易地应用于XPCS以外的其他光散射技术。此外，由于测量本身可以实现完全无人化，该协议可以由AI执行，为复杂液体的多模式、协作表征提供共同基础，并为功能软材料的自主设计铺平道路。

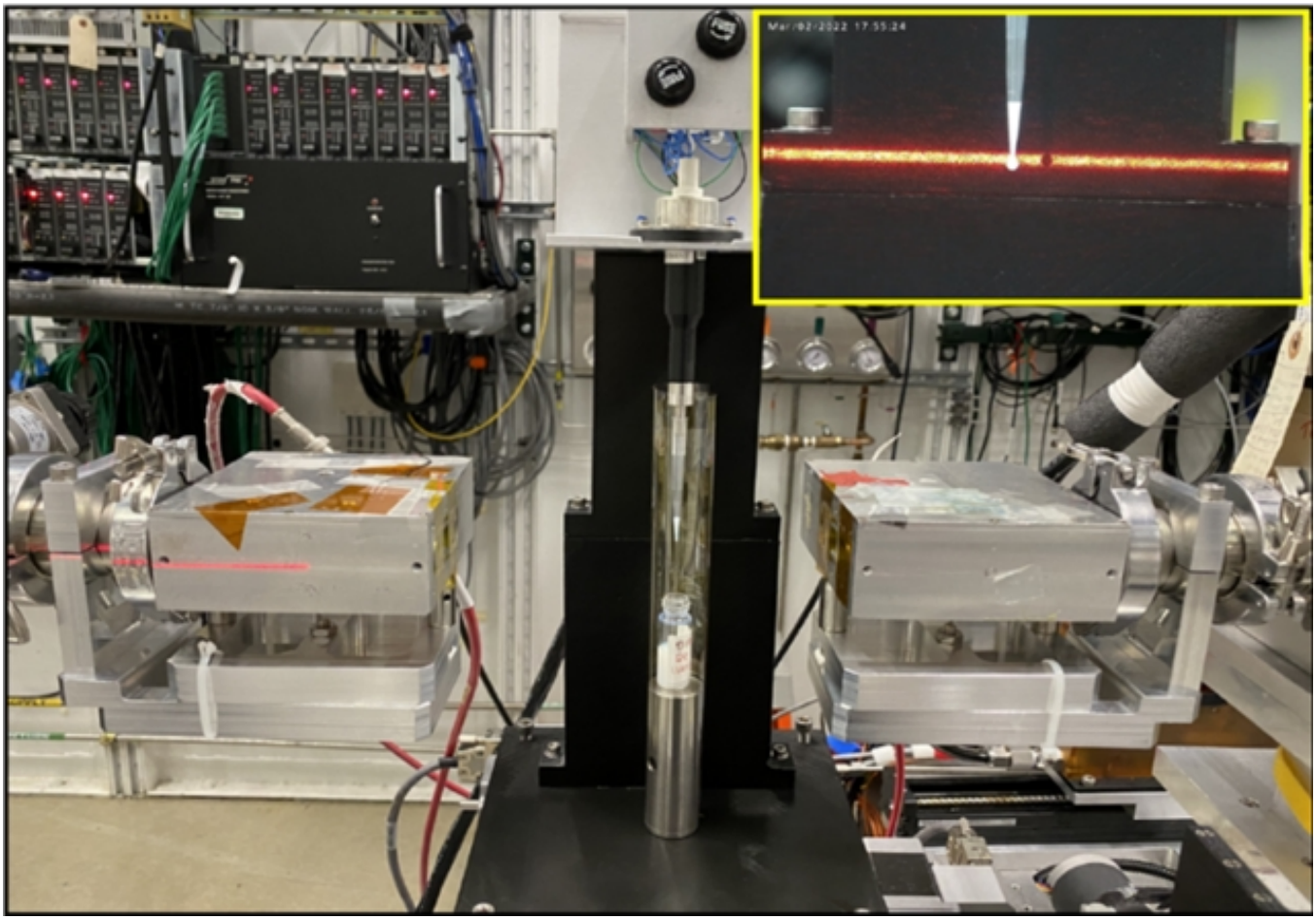


图1 基于电动移液器的SA-XPCS悬滴装置

图1所示为先进光子源8-ID-I线站的悬滴SA-XPCS装置。样品为体积分数2.5%、直径约100纳米的二氧化硅纳米颗粒的水溶胶。插图显示悬滴的放大图像。插图中的红色激光束对应于X射线束的粗略高度，以便垂直校准。图2所示为悬滴，毛细管和微液体容器（Cap Cell）的XPCS结果的一致性。黑实线为指数衰减的拟合曲线，蓝色星形标记为和先进光子源时钟频率同步的3.7微秒时间分辨率的XPCS结果。图2插图显示指数衰减的拟合参数对倒空间矢量的关系。插图中的黑虚线显示该关系对布朗运动的理论预测的拟合。

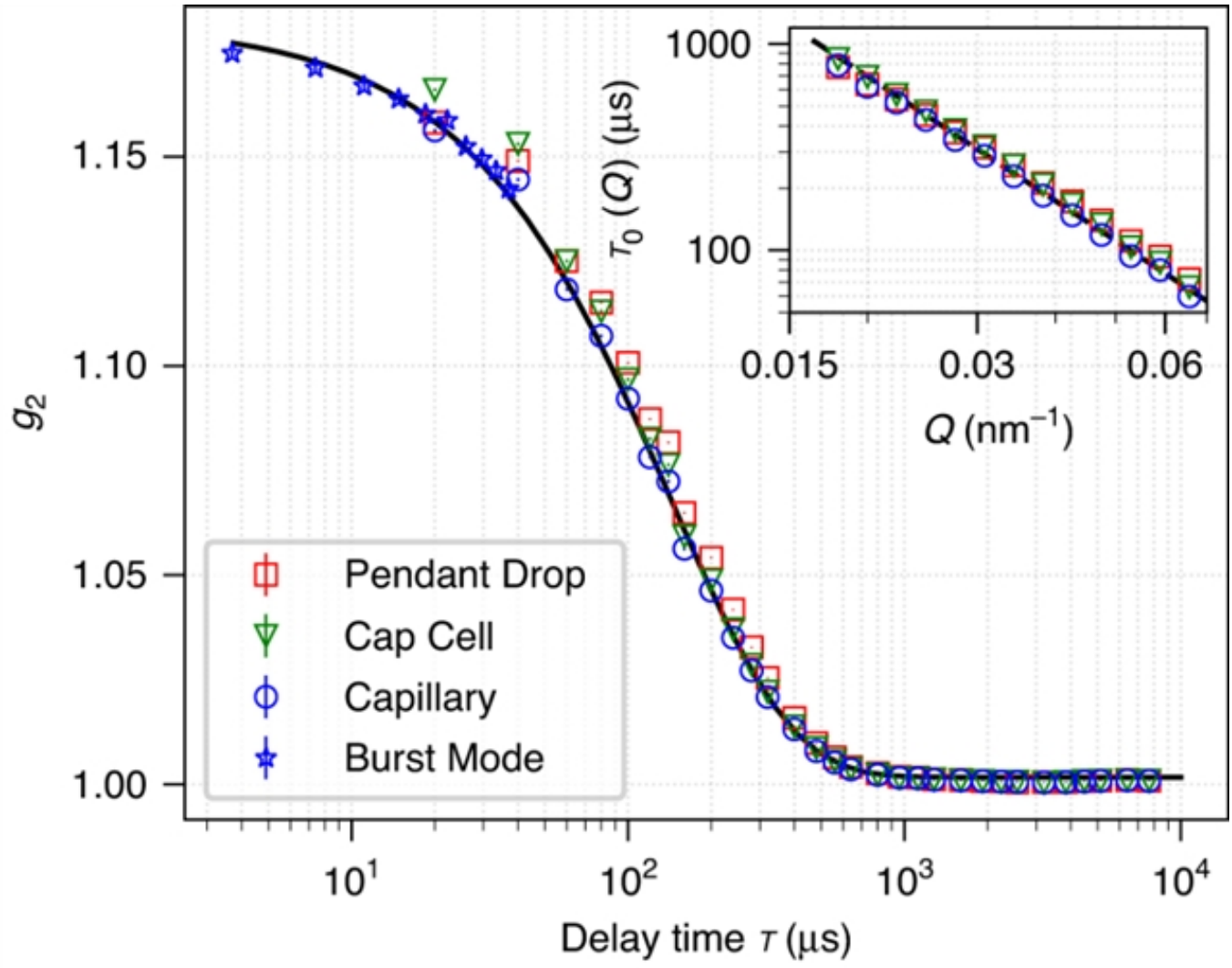


图2 来自悬滴、毛细管和微液体容器的XPCS结果的比较

此外，补充材料中的视频文件（Video S1）显示了结合电动移液器和六轴机器臂的全自动XPCS，以及和开源软件Nvidia Isaac Sim机器人仿真平台结果的对比。和普通自动移液机器人有所不同的是，由于机器臂末端工具转换器（Tool changer）的使用，机器臂和移液器可以自由耦合和分离。机器臂因此可以在不同的末端执行器之间自由转换（例如抓取器，螺丝刀等等），极大的提升了可用于XPCS人工智能协议实现的实验的复杂程度。研究人员计划在不远的将来实现无人化的微液体容器的组装（Video S3）和更换，为更加广义的无人化、高通量AI功能材料设计和表征奠定实验基础。

该研究成果被发表在《Light: Science Applications》期刊上，题为Robotic Pendant Drop: Containerless Liquid for μs-resolved, AI-executable XPCS，Doga Yamac Ozgulbas为文章的第一作者，Arvind Ramanathan和张庆腾（Qingteng Zhang）为共同通讯作者。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41377-023-01233-z

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真

实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：张庆腾等 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发