
厘米级大口径无水电润湿液体透镜

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34931.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！

厘米级大口径无水电润湿液体透镜。 导读

电润湿液体透镜作为一种新型自适应变焦透镜，具有体积小、易于集成、功耗低、变焦范围大和响应速度快等优势，被广泛应用于成像、医学检测和3D显示等领域。然而，传统的电润湿液体透镜驱动电压高，容易发生介电失效，从而导致透镜无法使用。此外，常规材料和机理下的电润湿液体透镜的尺寸仅为毫米级。这些问题限制了电润湿液体透镜的进一步应用。

近日，北京航空航天大学王琼华教授团队研制出了一种厘米级大口径的无水电润湿液体透镜，并验证了其出色的变焦能力和成像效果。该工作通过分析电化学反应速率的影响揭示了电润湿介电失效机理，并提出了从理论上完全抑制介电失效的方法，研制出了一种全新的无水液体材料，进而研制出厘米级大口径电润湿液体透镜。该透镜用于全息3D显示时，有效地提升了全息再现像的成像质量。该工作突破了厘米级大口径电润湿液体透镜的研制瓶颈。相关成果以Non-aqueous electrowetting liquid lens with centimeter-level large aperture based on dielectric failure suppression principle为题发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》上。

研究背景

目前，被报道的电润湿液体透镜的口径多集中在3~6 mm。在厘米级的大口径的尺度上，透镜的可靠性需要进一步提高。有研究者通过调节离子的种类和浓度提升电润湿液体透镜的可靠性，此外，多层介电层结构、致密的材料与镀膜工艺也可以有效降低介电失效的发生。然而，水溶液的高化学活性使介电失效无可避免，且水溶液电解过程所产生气泡将使透镜无法使用。同时，口径越大意味着介电层与疏水层的镀膜面积越大，那么凹陷、空洞、杂质和厚度不均的概率则会随之增加，从而进一步增大电润湿液体透镜的不稳定性。如何提升液体材料的化学稳定性，从而使更大口径的电润湿液体透镜研制成为可能，是研究人员们亟待解决的关键问题之一。

创新研究

鉴于上述问题，北京航空航天大学的研究人员提出了一种基于介电失效抑制理论的特殊电润湿液体材料，并成功将其应用于厘米级大口径的电润湿液体透镜中，获得了理想的成像效果，如图1所示。根据该理论，研究人员研制了一系列抗高压介电失效抑制的无水有机溶液，找到了综合光学性能最佳的配方，并在介电层与疏水层常用镀制工艺和厚度上，制作了200 V高压驱动下无介电失效的10 mm的大口径电润湿液体透镜。所研制的液体透镜光焦度变化范围大，应用到全息3D显示时，不仅能调节全息再现像的视场大小和深度范围，而且在保持全息再现像的边缘清晰度方面表现出色。

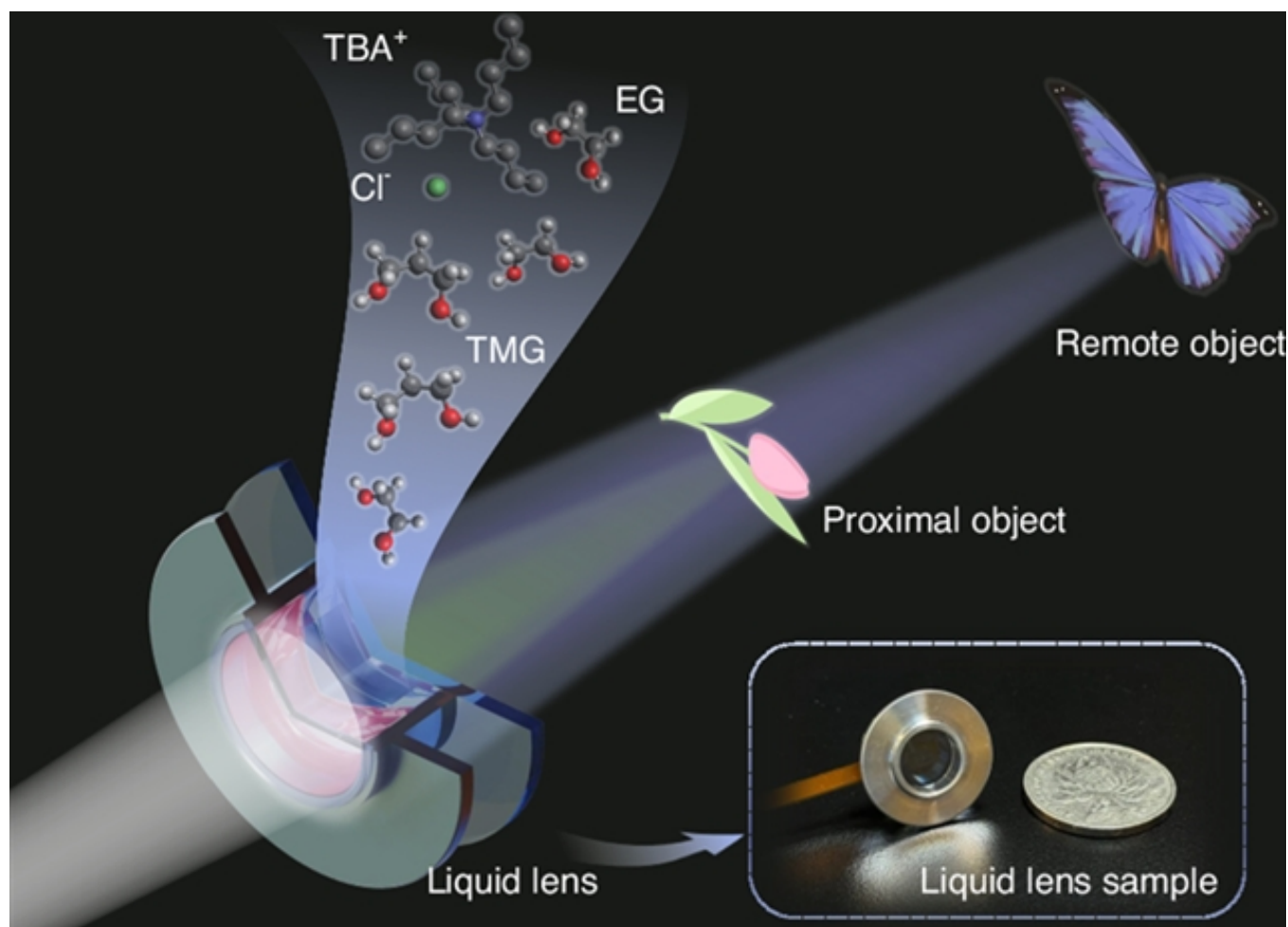


图1. 厘米级大口径电润湿液体透镜的结构示意图

该工作首次将物理化学中电解质溶液的传递性质和电化学反应速率的影响引入到介电失效的机理揭示中，由此得到了抑制介电失效的方法，如图2所示。通过去除参与电化学反应的反应物并控制导电液体的电导率，研究人员对电润湿导电液体材料包含的电解质离子与溶剂分子进行筛选，选择出更稳定的且不易电解的非水极性溶剂，在此基础上适量加入低浓度的有机盐离子，并综合折射率、密度和粘度等多项参数评估选出最佳的液体组分配比，最终突破了10 mm口径的电润湿液体透镜技术。

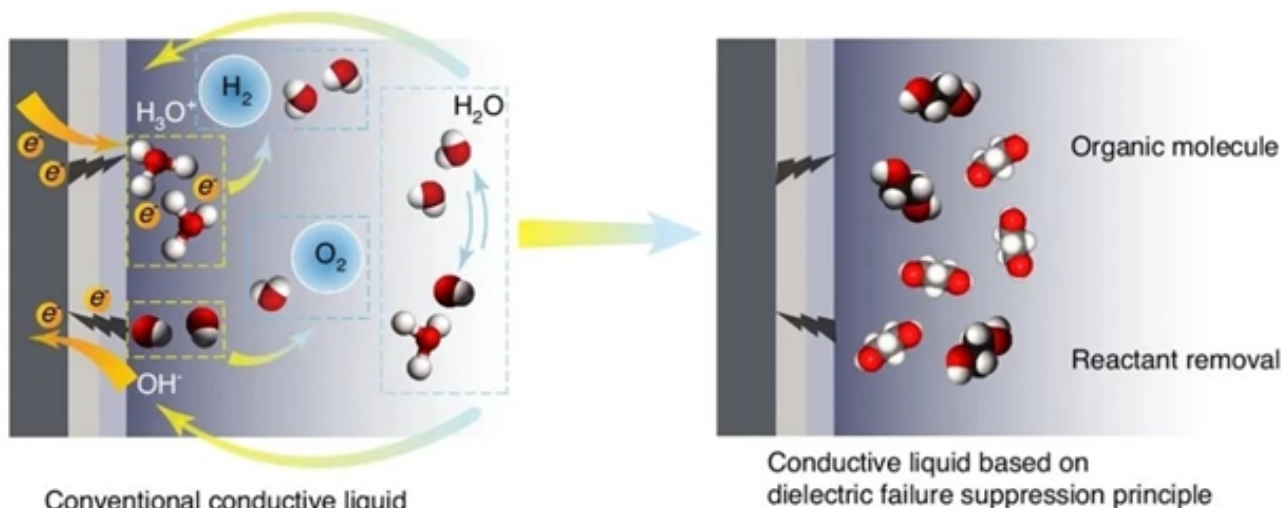


图2. 新型液体材料抑制介电失效的原理

所研制的10 mm口径电润湿液体透镜的结构和变焦原理如图3所示。该电润湿液体透镜主要由上电极、下电极、导电液体、绝缘液体、窗口玻璃与垫片组成。电润湿液体透镜的变焦原理是通过电压变化控制两种不相溶的导电液体和绝缘液体之间的液-液界面的曲率发生变化，从而使透镜的焦距发生改变。在不施加电压时，电润湿液体透镜光焦度为负，光线发散；施加电压时，电润湿液体透镜光焦度为正，光线会聚。使用新型无水液体材料所研制的10 mm液体透镜在0至200 V的驱动电压下，实现了-11.98 m⁻¹至12.93 m⁻¹的光焦度变化，并具有较快的响应速度，上升响应时间174 ms，下降响应时间45 ms。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

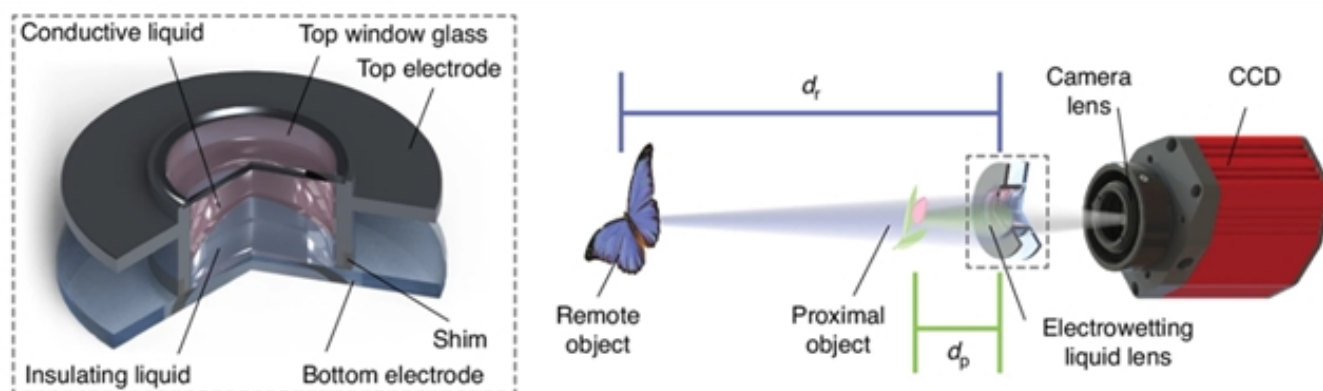


图3. 厘米级大口径电润湿液体透镜的结构和变焦原理

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-01777-2>

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事宜，请与我们联系。

作者：王琼华等 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](https://www.iikx.com)转发