
单步曝光制备大面积液晶微透镜阵列

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25034.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！

单步曝光制备大面积液晶微透镜阵列。液晶微透镜阵列作为一种可调谐的核心光学器件，被广泛用于2D/3D可切换的裸眼三维显示、自适应光学等领域。然而，液晶微透镜阵列的设计和制备难度大、成本高，通常涉及光刻等精密加工技术，使其难以大规模量产。

鉴于此，南方科技大学的刘言军团队联合南京大学陆延青团队提出了一种基于光聚合诱导相分离制备液晶微透镜阵列的技术。该技术只需要单步曝光便可以制备大面积的高质量液晶微透镜阵列。实验证明该液晶微透镜阵列具有很好的聚焦和成像效果，并且可以用于扩展集成成像三维显示的成像深度。该技术有望大大降低液晶微透镜阵列的制备难度和生产成本。

目前，该成果以Optically Anisotropic, Electrically Tunable Microlens Arrays Formed via Single-Step Photopolymerization-Induced Phase Separation in Polymer/Liquid-Crystal Composite Materials为题发表在Light: Advanced Manufacturing。南方科技大学的博士生蔡文锋为该论文第一作者，南京大学陆延青教授和南方科技大学刘言军副教授为通讯作者。

微透镜阵列在光学系统中应用广泛，如匀光、波前探测、光纤耦合、三维显示等。而液晶这种具有各向异性的材料赋予了传统的微透镜阵列所不具备的功能，比如焦距可调、光束偏转等。液晶微透镜阵列大多数用电场进行原位调控，跟机械式的变焦透镜相比更为轻薄、有利于集成、响应时间短、稳定性好，被广泛应用于2D/3D可切换裸眼三维显示、自动聚焦成像系统、自动投影系统等，具有重大的应用价值。然而，液晶微透镜阵列的制备通常涉及光刻等精密加工技术，制备工艺相对复杂且成本较高。

鉴于上述问题，研究人员提出一种基于光聚合诱导相分离（Polymerization induced phase separation, PIPS）制备大面积液晶微透镜阵列的技术，如图1所示。该方法通过单步紫外曝光在液晶盒中形成相分离复合膜（Phase-separated composite films, PSCOF）。复合膜的微结构形貌通过上方的灰度掩模版进行控制。图中，上方为具有微透镜阵列图案的灰度掩模版。下方为具有微透镜阵列形貌的聚合物层和液晶层的复合结构的液晶盒。

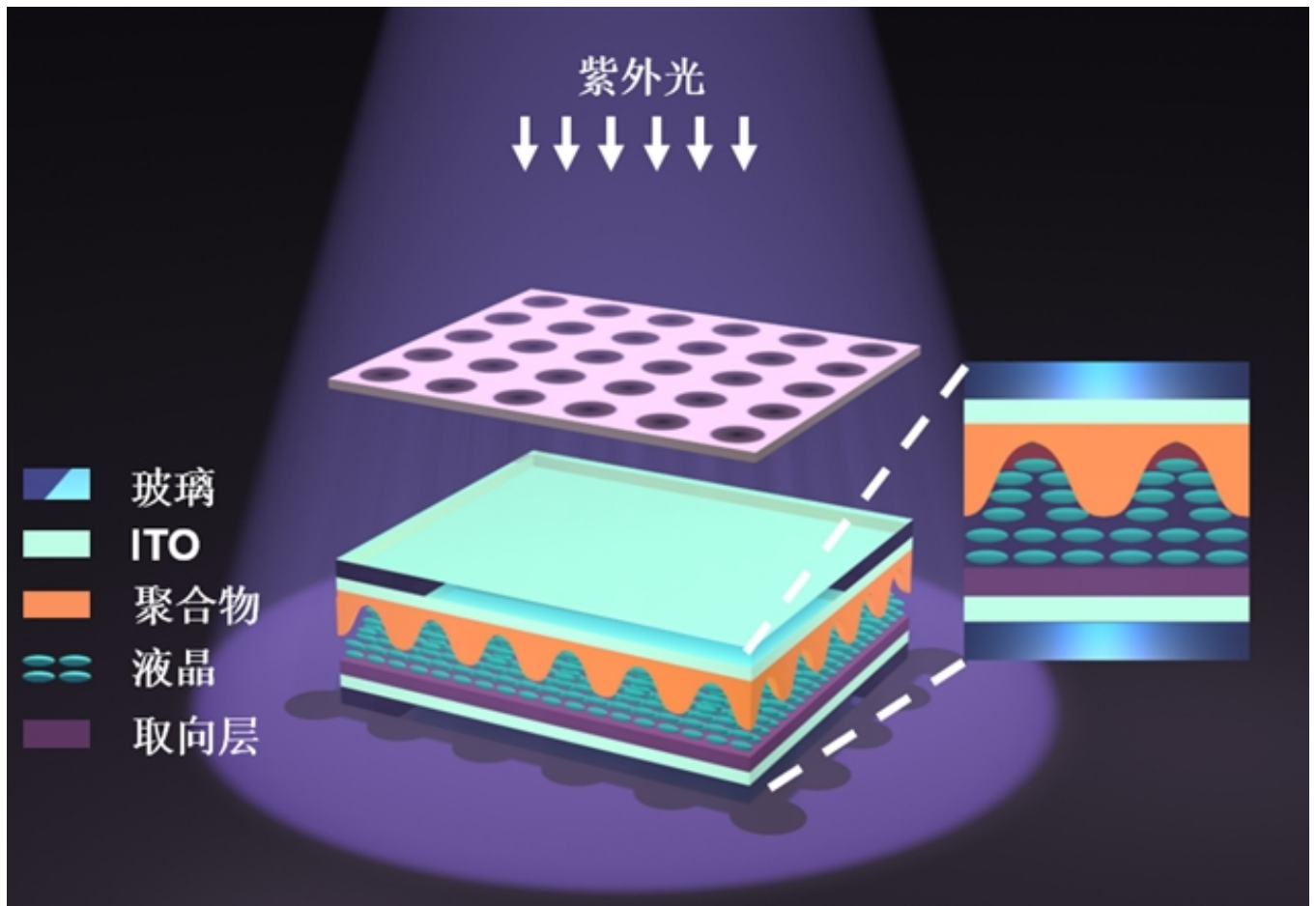


图1：液晶微透镜阵列的制备示意图

光聚合诱导相分离形成液晶微透镜阵列的过程如图2所示。首先在液晶盒中灌入预聚物。预聚物由液晶和可聚合单体均匀混合而成。由于预聚物对紫外光有很强的吸收，紫外光强在垂直液晶盒的方向上呈梯度分布。在紫外光的作用下，预聚物中的单体先在靠近光源的一侧发生聚合反应，预聚物分子量增大。当达到临界值时，液晶跟预聚物的相互溶解性降低，直至发生相分离而逐渐析出。为了保持单体和液晶分子的浓度平衡，液晶分子会往下层移动，而单体会往上层移动，这就是扩散的过程。这个过程不断进行下去，最终液晶和聚合物完全分离开来，就形成了聚合相分离复合膜（PSCOF）。最后，当温度降低到清亮点以下，液晶被下层的取向层取向。

由于灰度掩模版的作用，紫外光强在平行于液晶盒的方向上呈周期性梯度分布，如图2中紫色区域所示。单体先在光强较强的区域发生聚合反应，因此最终形成的聚合物层的形貌与掩模版的灰度分布有关。通过设计掩模版的灰度分布，研究人员成功制备了液晶微透镜阵列。

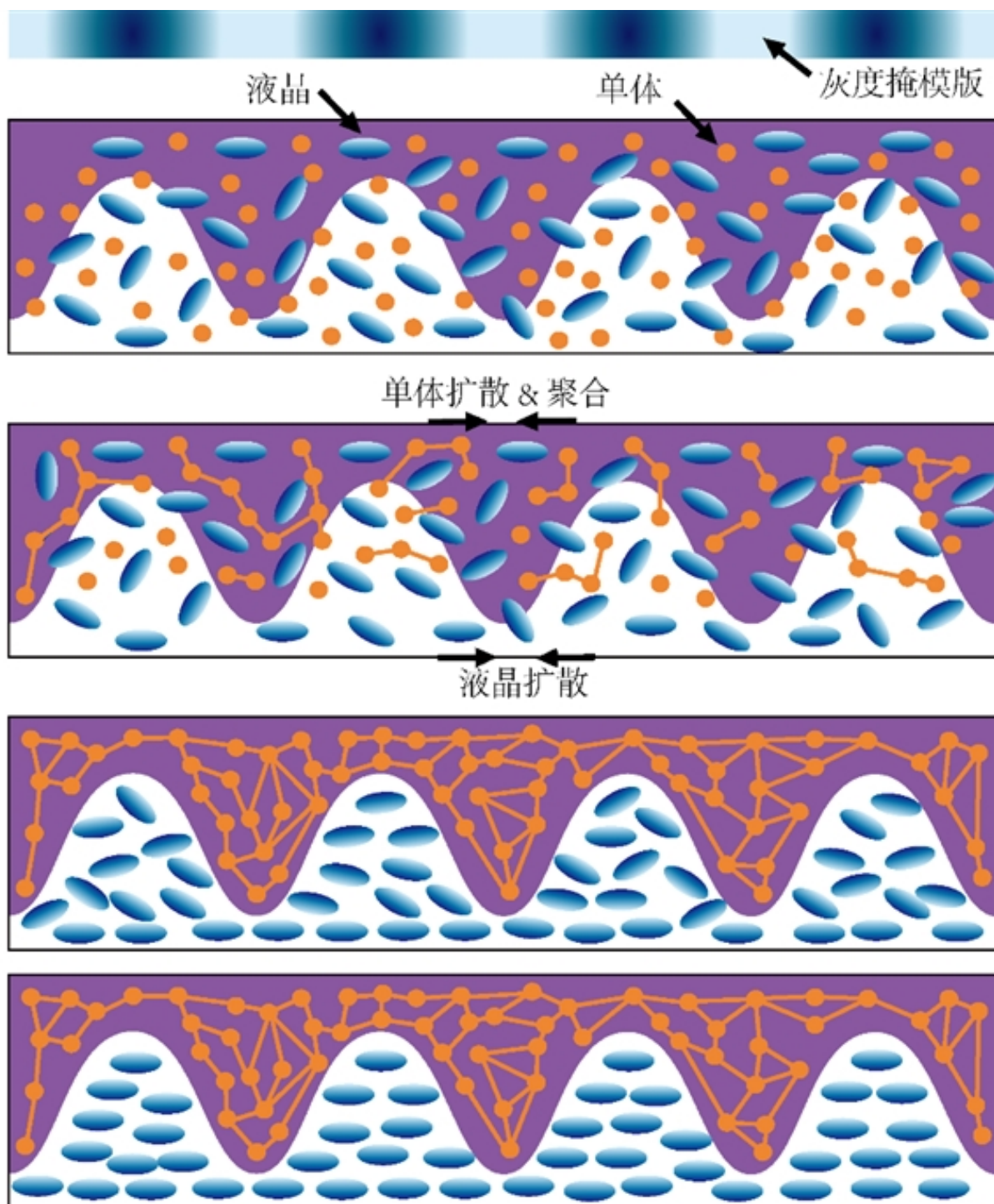


图2：紫外光聚合相分离形成液晶微透镜阵列的过程

研究团队制备了5 cm × 5 cm面积的液晶微透镜阵列样品，如图3所示。在偏光显微镜下，样品呈现出丰富多彩的干涉色。每一个微透镜单元的颜色从中心的红色逐渐过渡到边缘的蓝色，表明液晶层的厚度从中心到边缘逐渐变化。

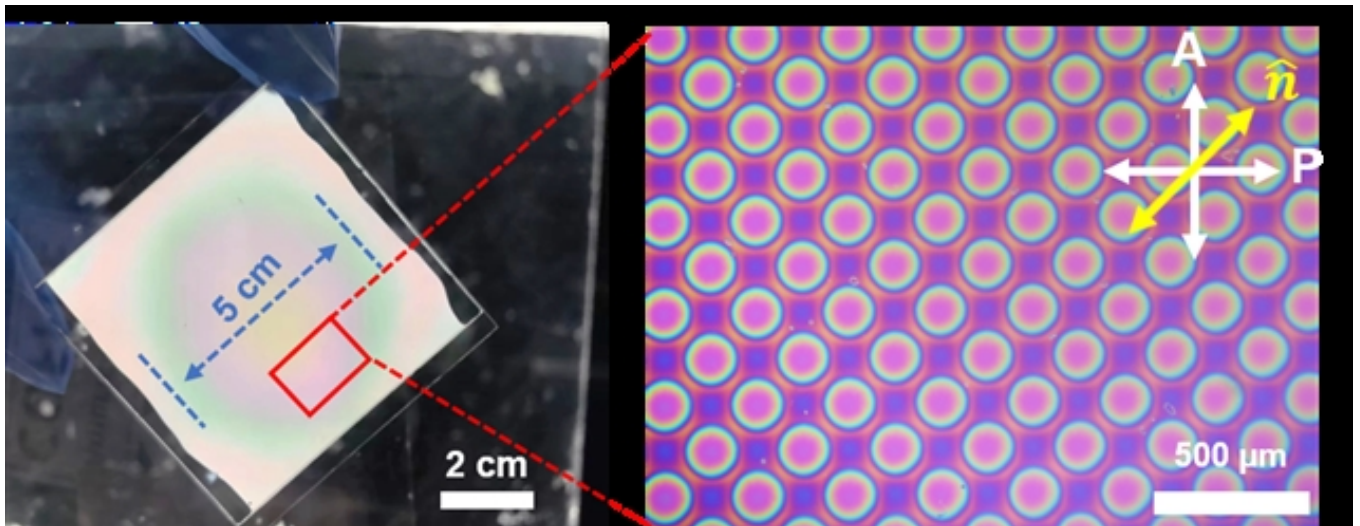


图3：液晶微透镜阵列样品图

另外，研究团队对液晶微透镜阵列的光学性能进行表征。结果显示，所制备的液晶微透镜阵列具有均匀的聚焦效果。另外，该液晶微透镜阵列接近衍射极限，具有较好的聚焦效果。由于液晶具有偏振依赖性和电可调性，研究人员也利用这两种方式对制备的样品进行聚焦和成像效果的调控。视频1和视频2展示的分别是偏振调制和电压调制下液晶微透镜阵列的聚焦效果。

最后，研究团队将制备的液晶微透镜阵列用于集成成像三维显示中，如图4所示。其中，光源结合掩模版作为三维显示片源。研究人员利用液晶微透镜阵列焦距可调的优点，对中心深度成像面的位置进行调控，扩展了三维显示的成像深度。当施加足够大的电压时，液晶微透镜阵列的聚焦效果消失。这样就实现了2D/3D可切换的裸眼三维显示。

图4：基于液晶微透镜阵列的集成成像三维显示

总之，该技术只需要单步曝光便可以制备大面积、高质量的液晶微透镜阵列。因此该技术有望大大降低液晶微透镜阵列的制备难度和生产成本。另外，该技术可以作为一个通用的平台用来制备具有其他功能的液晶微光学器件，如液晶柱透镜阵列、液晶闪耀光栅等。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2023.028>

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：刘言军等 来源：《光：先进制造》

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