
基于两性离子掺杂的降散斑液晶器件及应用

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25503.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！

基于两性离子掺杂的降散斑液晶器件及应用。近日，来自英国牛津大学的Stephen M. Morris教授团队，展示了一种使用两性离子掺杂的手性向列液晶来降低激光散斑的新型电光技术，对显示和成像技术的进一步发展具有重要意义。

研究背景

激光光源作为一种具备高亮度、低光束发散、窄光谱线宽等优良性质的光源类型，在成像和显示领域有着及其重要的作用。对诸如光学相干显微镜、全息显示、激光投影仪、生物医学应用光学显微镜等应用技术来说，激光都是非常理想的光源。然而，当激光穿过高度散射的介质或者被光学粗糙的表面反射时，就会出现散斑现象。这种现象会降低成像系统的成像质量，导致激光光源的优势无法得到充分发挥。

为了最大限度地减少激光光源的散斑现象，一类有效的方法是在光源的传播路径上放置光学元件来降低激光的空间相干性或者时间相干性，进而达到降低散斑的目的。这类方法种，最常见的一种方法是在宽视场成像系统中的收集光学器件之前放置旋转磨砂玻璃漫射器。这种方法存在着不可避免的机械振动，因此对于需要高灵敏度或高灵敏度的测量/实验来说是不可取的。除此之外，还有采用机械旋转球透镜，相位掩模漫射器等多种方案，但这些方案也都存在着诸如成本高昂，机械振动，尺寸难以匹配等缺点。因此，在减少缺陷的情况下，尽量降低激光光源的散斑程度，无疑对激光光源更广泛和有效的应用有着极其重要的意义。

创新研究

在本研究中，研究人员将两性离子以Reichardt染料的形式分散到手性向列液晶主体中，通过产生电流体力学不稳定性来降低激光的散斑对比度（图一）。通过施加交流电场，该器件能够为激光创建动态散射状态，可以生成一系列去相关的散斑图案，这些图案通过在探测器的积分时间上进行平均，能够显著减少散斑对比度。研究人员展示了这些基于两性离子的液晶在减少散斑方面具有巨大的潜力，并且可以将散斑对比度降低到人眼无法察觉的水平，同时保持设备透射率在50%左右（图二）。研究人员在多种不同的应用场景中展示了这种液晶的去散斑效果，其中包括宽视场显微镜（图三）、全息显示（图四）、平视显示器（图五）、穆勒矩阵显微镜（图六）等多种应用场景，均取得了良好的效果。这种新型的激光散斑消除器件极大地促进了激光成像与显示技术的发展，具有极高的应用价值与潜力，对激光技术得到更广泛的应用开辟了新的道路。

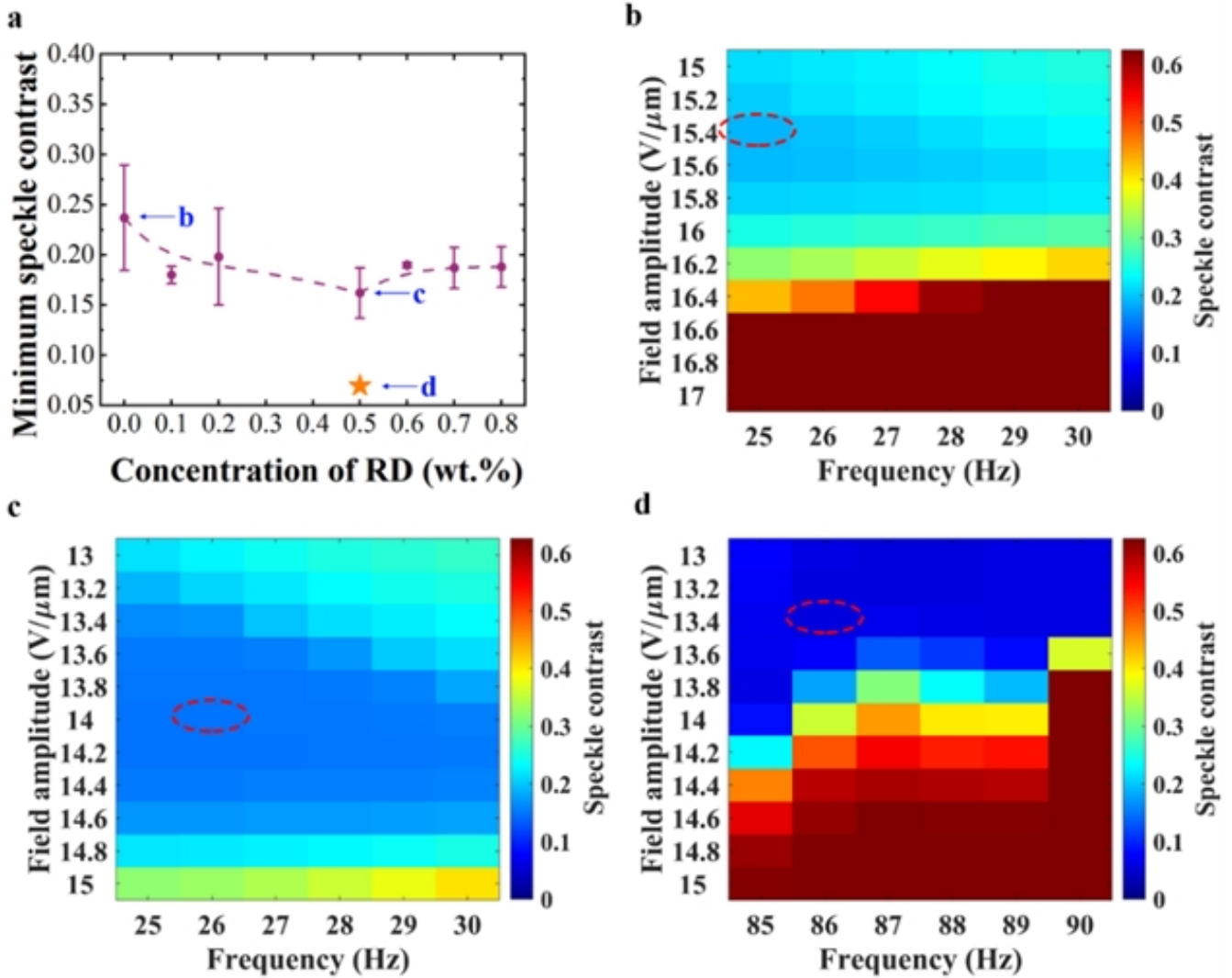


图1：使用两性离子掺杂手性向列液晶散斑减少器 (chiral nematic liquid crystal speckle reducer, LC-SR) 减少激光散斑对比度。(a) LC-SR的散斑对比度 C 与两性离子掺杂剂浓度的关系图, LC-SR由温度为 25°C 的 $20\ \mu\text{m}$ 厚的LC层(紫色闭合圆圈)以及温度为 50°C 的 $40\ \mu\text{m}$ 厚的液晶层(橙色星型符号)组成。(b,c,d)分别显示了一系列关于电场幅度和频率变化的散斑对比度的结果:(b)不含任何两性离子掺杂剂的主体手性向列液晶混合物;(c)在 50°C 的温度下,使用 $0.5\ \text{wt.}\%$ 两性离子掺杂剂的 $d = 20\ \mu\text{m}$ 的液晶层;(d)使用 $0.5\ \text{wt.}\%$ 两性离子掺杂剂的 $d = 40\ \mu\text{m}$ LC层。每个图中的最小散斑对比度值(对应电场幅度和频率的特定组合称为最佳电场条件)由红色虚线椭圆包围。

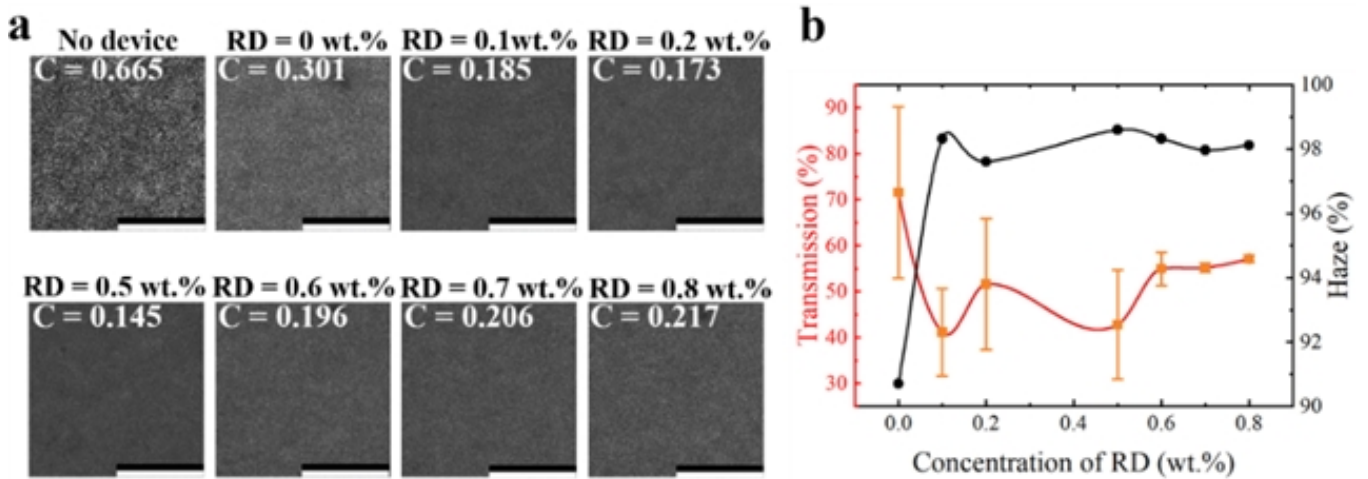


图2：记录两性离子掺杂手性向列液晶散斑减少器 (LC-SR) 的散斑图案和透射率。(a)当氦氖激光器发出的光通过不同浓度两性离子掺杂剂的 LC-SR 时，CCD 相机记录的散斑图案。第一张图像显示了不含任何两性离子掺杂剂且未施加电场的混合物的散斑图案。图中的比例尺代表 2 毫米的距离。(b)通过 LC-SR 后相应的光透射率（红色实线）以及设备在最佳操作条件下的雾度值（黑色实线）。所有图像和数据点均在 25 °C 下捕获，LC 层厚度为 $d = 20 \mu\text{m}$ 。

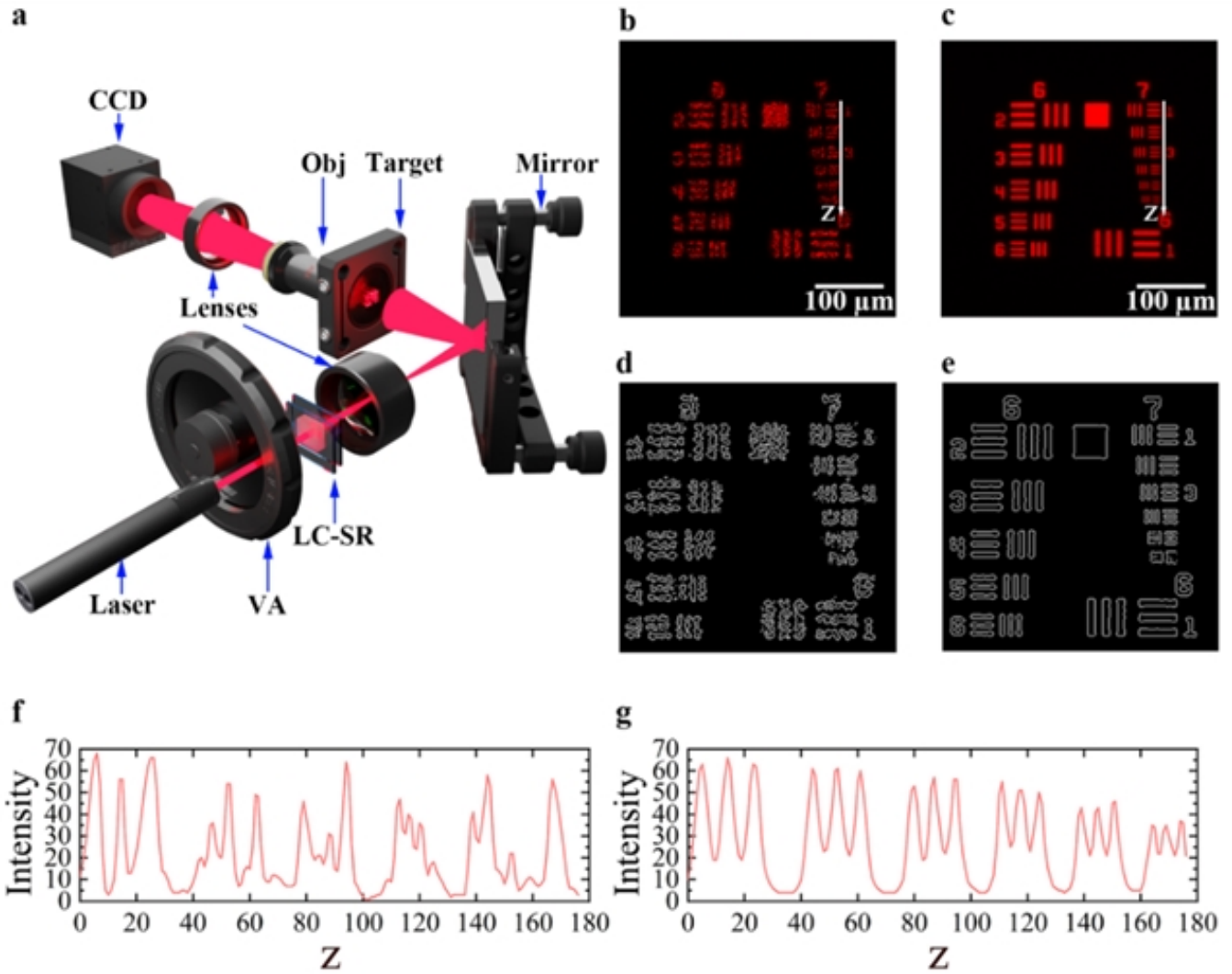


图3：激光显微镜成像系统中的两性离子掺杂手性向列液晶散斑消除器 (LC-SR)。(a) 用于演示 LC-SR 的激光显微镜组件示意图。物镜 (Obj) 用于收集来自 USAF 1951 目标的光线，然后通过聚焦镜头将光线引导至 CCD 相机。(b) 不加入 LC-SR 的情况下由 CCD 相机捕获的图像。(c) 加入 LC-SR 后得到的图像。(d) 对 (b) 采用相应的边缘检测算法后的图像。(e) 对 (c) 采用相应的边缘检测算法后的图像。(f) (b) 中图像沿图中 Z 线记录的强度值。(g) (c) 中图像沿图中 Z 线记录的强度值。

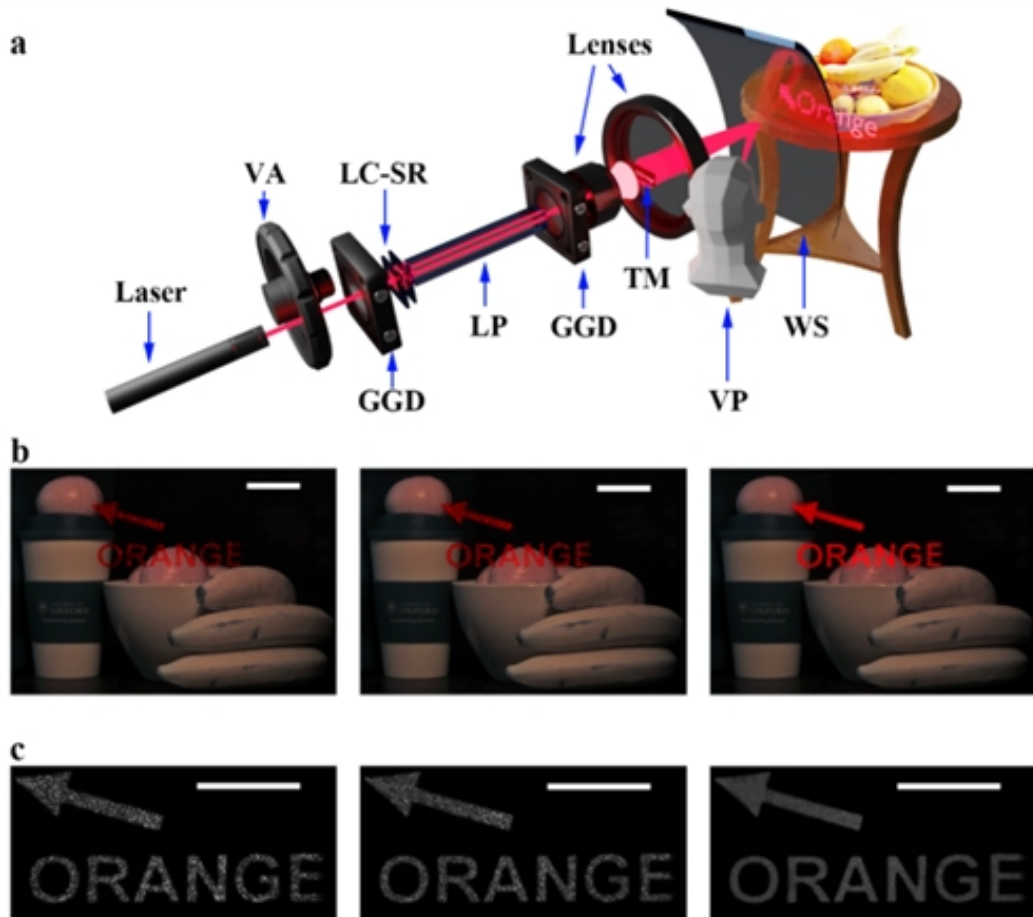


图4：平视显示器 (head-up display , HUD)

中的两性离子掺杂手性向列液晶散斑扩散器。(a) HUD 的示意图。该组件由可变衰减器 (VA)、两个磨砂玻璃漫射器 (GGD)、光管 (LP)、LC 散斑减少器 (LC-SR)、透镜、用于生成文本的目标掩模 (TM) 和挡风玻璃 (WS) 构成。CCD

放置在观察者的位置，以捕获 WS 后面的物体图像以及投影到 WS 上的标签。(b) 没有 LC-SR 时 HUD 的彩色 CCD 图像 (左图)、有 LC-SR

但未在最佳电场条件下操作的情况 (中图) 以及在最佳电场条件下操作 LC-SR 的情况，对应于最低的散斑对比度值 (右图)。(c) 没有 LC-SR 时 HUD

的单色和放大图像 (左图)、有 LC-SR

但未在最佳电场条件下工作的情况 (中图) 以及在最佳电场条件下工作的 LC-SR 的情况 (右图)。(b) 和 (c) 中的比例尺代表 5 厘米。

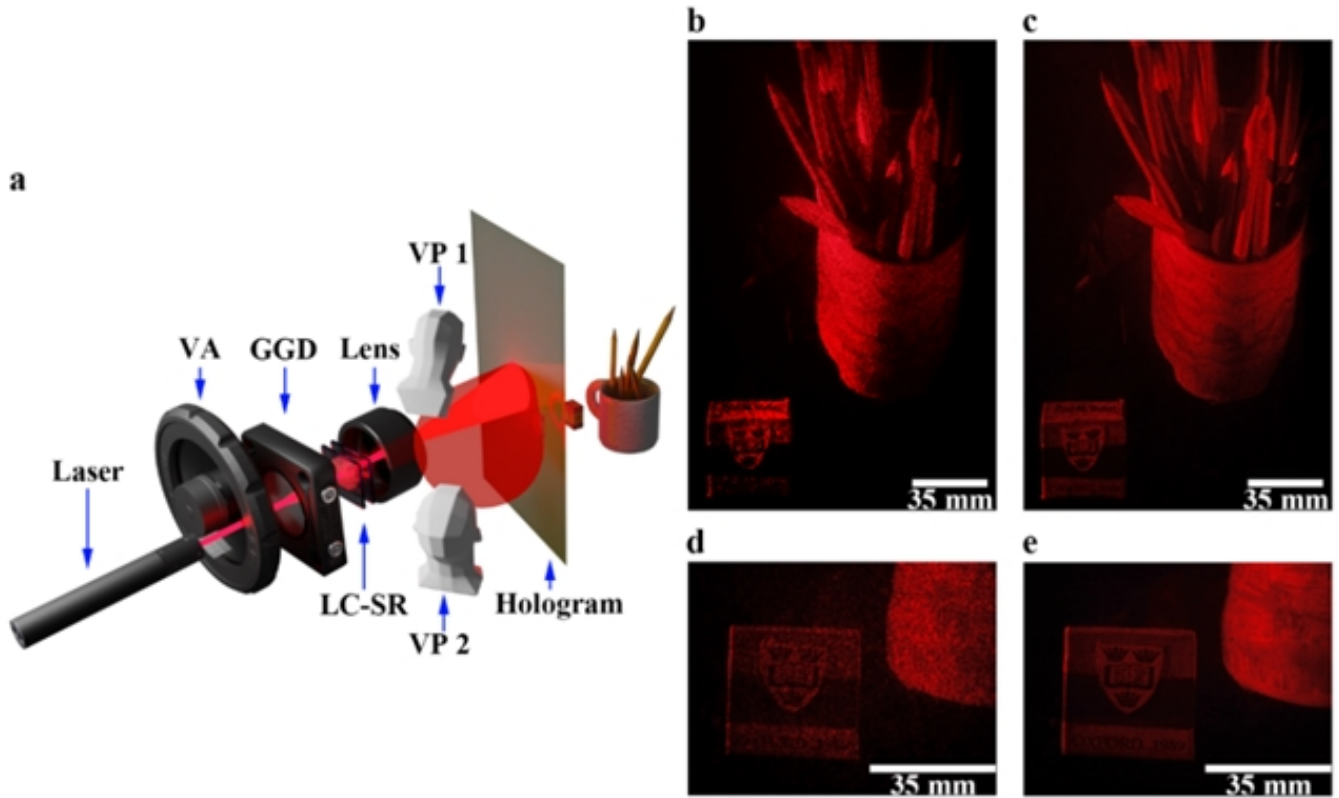


图5：用于全息显示的两性离子掺杂手性向列液晶散斑消除器 (LC-SR)。

(a) 用激光照射薄膜全息图来测试 LC-SR 的实验系统示意图。该系统由氦氖激光器、可变衰减器 (VA)、磨砂玻璃漫射器 (GGD)、LC-SR 和用于扩展光束以照亮全息图的透镜组合组成。光束通过正透镜后投射到全息图上。CCD 摄像机被放置在位置 VP1 和 VP2 处，以便可以从不同角度观察杯子和橡皮擦。(b) 系统中未包含 LC-SR 且 CCD 相机放置在 VP1 (位于高处，距离全息图 80 毫米) 时的全息图图像。(c) 插入 LC-SR 并在最佳电场条件下运行时从 VP1 拍摄的图像。(d) 当 CCD 位于 VP2 (位置低且靠近全息图) 且系统中不包含 LC-SR 时，在 CCD 上捕获的图像。(e) 插入 LC-SR 并在最佳电场条件下运行时从 VP2 捕获的图像。

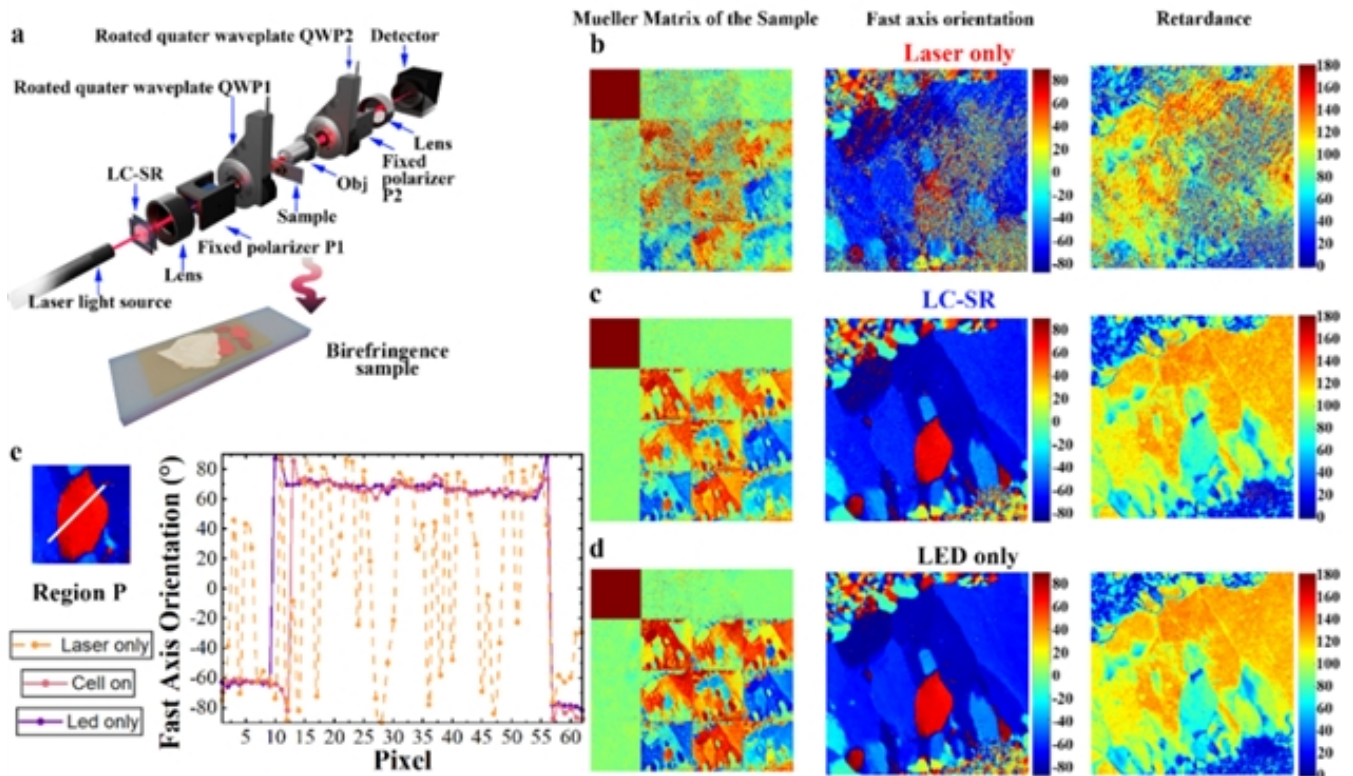


图6：使用两性离子掺杂手性向列液晶散斑减少器 (LC-SR)改进基于激光的晶体样品矢量成像。(a)

本实验中使用的透射矢量测量系统和双折射样品的示意图。(b) 没有 LC-SR 的激光照明情况下样品的穆勒矩阵 (MM) 图像 (左图)、快轴取向 (中图) 和相位延迟 (右图)。(c) LC-SR 在最佳电场条件下运行的激光照明情况下样品的穆勒矩阵 (MM) 图像 (左图)、快轴取向 (中图) 和相位延迟 (右图)。(d) 使用 LED (非相干) 作为照明源时样品的穆勒矩阵 (MM) 图像 (左图)、快轴取向 (中图) 和相位延迟 (右图)。(e) 从 LED 照明结果中提取的定义为 P 的晶体快轴取向的放大图像, 以及所有三种照明方案的快轴取向在白色线段处的截线图。

该文章发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》, 题为 Zwitterion-doped Liquid Crystal Speckle Reducers for Immersive Displays and Vectorial Imaging, Yihan Jin 为论文的第一作者。(来源: LightScienceApplications 微信公众号)

相关论文信息: <https://www.nature.com/articles/s41377-023-01265-5>

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: Stephen M. Morris 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](http://iikx.com)转发