
厚度调控型拉伸手性液晶弹性体的可编程光学加密

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34990.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！

厚度调控型拉伸手性液晶弹性体的可编程光学加密。 导读

近日，来自韩国浦项科技大学Su Seok Choi团队开发了一种利用厚度调控型可拉伸手性液晶弹性体实现可编程光学加密技术。研究团队通过设计特殊的手性液晶弹性体结构，实现了拉伸诱导的多波长控制。该文章发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》，题为Programmable optical encryption using thickness-controlled stretchable chiral liquid crystal elastomers, Seungmin Nam为论文第一作者，Su Seok Choi为论文通讯作者。

这项研究不仅揭示了手性液晶弹性体在多波长调制方面的机制，而且为光子加密功能的提升带来了新的方向，为信息安全领域提供了新的技术支撑。此外，该成果在实际应用中也展现出巨大潜力，有望应用于自适应光学、下一代信息安全系统等多个领域，推动相关产业的技术革新，助力构建更加安全可靠的信息环境。

研究背景

随着计算技术的迅猛发展，尤其是量子计算技术的不断进步，传统的加密方法正面临严峻挑战。许多基于数学难题的加密算法，在量子计算机强大的计算能力面前，其安全性受到严重质疑。例如，一些广泛应用的公钥加密算法可能在短时间内被量子计算机破解，这使得开发新型加密技术成为亟待解决的问题。

光子加密利用光的特性进行信息编码，具备高速、并行处理以及高安全性等优势。手性液晶弹性体（CLCEs）作为一种特殊的软材料，因其能对温度、电场、机械变形等外部刺激产生动态可调的光学响应，在光子加密领域展现出巨大潜力。

然而，目前基于 CLCEs 的光子加密技术仍存在诸多尚未解决的难题。一方面，过往研究中大多采用温度、湿度或化学溶剂等作为触发方式来实现 CLCEs 的光学性能调控。这种方式需要额外的设备来施加刺激，不仅增加了系统的复杂性和成本，还限制了加密设备的响应速度和灵活性，难以满足实际应用场景中对快速、便捷加密的需求。另一方面，大多数相关研究集中在单波长调谐和单像素配置上，无法实现多波长的独立精确控制，难以满足复杂加密场景对信息容量和安全性的严格要求，极大地限制了基于 CLCEs 的光子加密技术的实际应用和发展。

创新研究

研究团队创新提出利用厚度调制的可拉伸手性液晶弹性体（TMCLCEs）实现拉伸诱导多波长调

制的方法（如图1）。通过精心设计不同厚度的 CLCEs，当施加均匀拉伸力时，不同厚度的 CLCEs 因横截面积差异而承受不同的拉伸应力，进而产生不同程度的拉伸应变，最终实现多个波长的独立控制。这种方法摆脱了传统依赖复杂外部刺激的方式，用户可直接通过拉伸加密设备进行信息编码，显著提高了加密的效率和便捷性。

图1.
使用厚度调制的手性液晶弹性体（TMCLCEs）的多波长控制和可拉伸光子加密装置示意图。

在材料制备过程中，研究人员采用精确的厚度调制技术（如图2）。利用棒涂工艺精确控制 CLCEs 的厚度，制备出具有相同初始光学和机械性能但厚度不同的样本。同时，对样本的弹性模量进行严格测量和精准控制，确保不同厚度下弹性模量一致，为实现稳定可靠的多波长控制提供了坚实的材料基础。这种精确的材料制备和性能控制方法，解决了以往研究中难以精确调控 CLCEs 性能以实现多波长调制的问题。

图2. 厚度调制的手性液晶弹性体（TMCLCEs）的制备和力学分析。

研究团队还将离散多像素阵列结构引入到加密系统中（如图3），把不同厚度的 CLCEs 以像素阵列的形式排列在可拉伸基板上，形成可独立控制的多像素加密单元。这种结构突破了传统单像素或固定图案的限制，极大地拓展了信息表示的潜力，能够创建复杂的加密图案并存储多层次信息，显著提高了加密的复杂性和安全性。

图3. 使用厚度调制的手性液晶弹性体（TMCLCE）像素的可拉伸多级光子加密系统。

总结与展望

未来，在技术优化方面，研究人员可进一步深入研究 CLCEs 的材料性能，探索更优化的材料配方和制备工艺，以提高多波长调制的精度和效率。在应用拓展领域，该技术具有广泛的应用前景。在生物医学领域，可利用其多波长调制和加密功能，对生物样本的信息进行加密存储和传输，保障生物数据的安全。在智能材料领域，结合其对机械力的响应特性，开发具有自加密和自适应功能的智能材料系统，应用于航空航天、汽车等高端制造领域，提升产品的安全性和功能性。

从行业发展角度看，该研究成果有望推动整个光子加密行业的发展。一方面，为其他研究团队提供新的研究思路和方法，促进学术交流与合作，加速新技术的研发和创新。另一方面，随着技术的不断成熟和完善，有望催生新的信息安全产品和产业模式，为信息安全市场带来新的增长点，助力信息安全产业在数字化时代实现跨越式发展。（来源：LightScienceApplications 微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-01815-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事宜，请与我们联系。

作者：Su Seok Choi 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