通过飞秒激光直写二氧化硅来定制手性光学特性

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/23037.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！

通过飞秒激光直写二氧化硅来定制手性光学特性。近日，来自法国巴黎萨克雷大学的Matthieu Lancry团队，提出了一种利用激光直写技术在二氧化硅材料中诱导光学手性的现象学模型，并在实验中实现了对二氧化硅材料的按需手性诱导，该研究对微纳光学理论具有极其重要的价值，为光子学应用开辟了新的道路。

研究背景

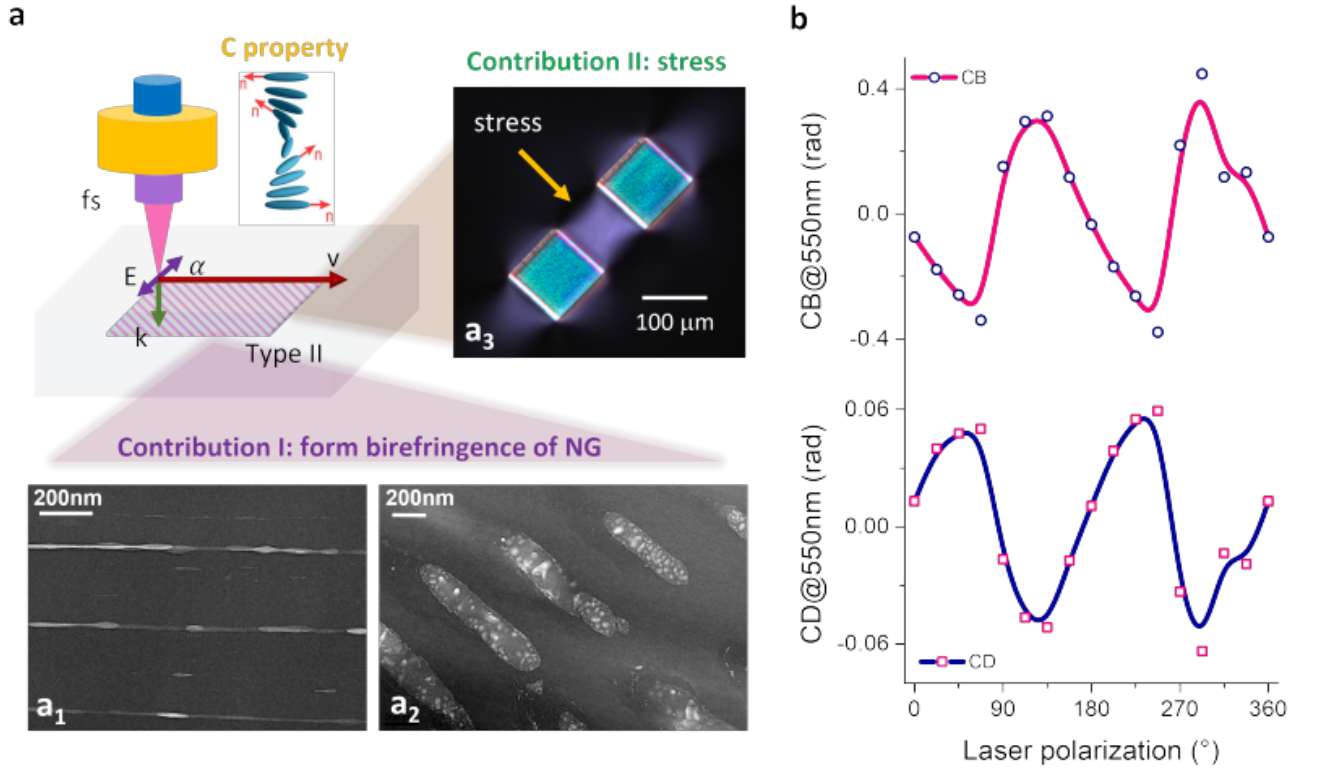
从光与物质相互作用的基础物理学到在高度复杂的光学工程中进行目标光学特性的制造，飞秒激光在激光制造中发挥着关键作用。超短光脉冲可以通过可控的聚焦条件将光能精确地聚焦在给定的透明材料区域中。高密度光子能量的非线性吸收使得对材料的局部修改甚至击穿都不会造成周围的损坏。这种非线性过程有助于使用激光实现对多种结构的刻制，而这些结构也往往能带来创新性的应用。

近期的研究表明，飞秒激光束可以通过激光直写在非手性材料内部产生光学手性。这一概念阐明了一种在三维材料中定制手性光学特性的新方法，为激光制造提供了更广阔的前景。一种解释此现象的理论模型认为，应力场和直流电场的联合作用导致了物质产生手性原子排列，但这种模型对激光直写带来的光学手性的起源的理解仍较为模糊，也无法解释固有手性现象。因此，如果能够建立激光直写诱导手性效应的有效模型，就能够实现按需的激光制造过程，就可以进一步的促进激光制造技术的发展，为超快光子学的应用开辟崭新的道路。

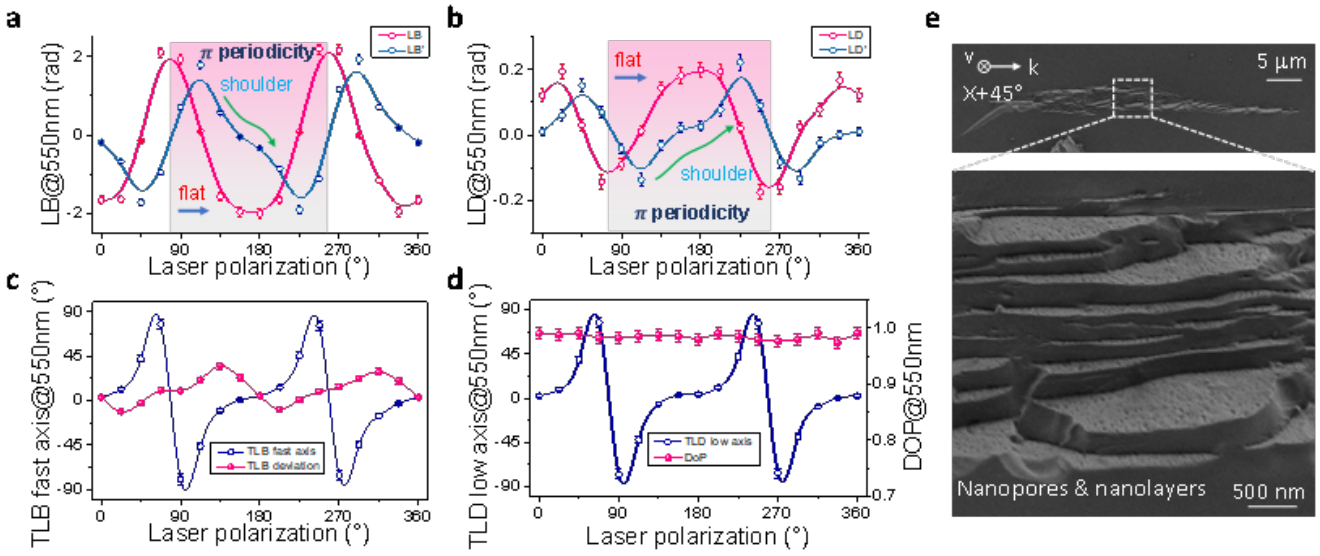
创新研究

在本研究中，研究人员提出飞秒激光诱导的圆光学特性可能源于形态双折射和应力诱导双折射的伴随贡献(图一)。研究人员分解了形态和应力贡献对激光偏振方向的依赖性，使得形态双折射的慢轴/快轴由激光偏振方向控制，相关延迟振幅由激光能量密度控制(图二，图三)。此外，研究团队还通过一种基于应力工程波片的简单方法研究了应力引起的双折射的偏振依赖性，并提出了一个双层模型以定量解释线性和圆形各向异性光学特性的产生(图四)。最后，研究团队利用该模型按照两种不同的设计来设计手性光学特性，即多层基于纳米光栅的波片和应力工程波片，成功利用飞秒激光直写在玻璃中定制了手性光学特性(图五)。

该研究为利用超快激光定制光学手性的应用建立了理论基础，对超快光子学的理论发展以及技术水平的提高有着极其重要的作用，为后续的研究提供了一条崭新的道路。

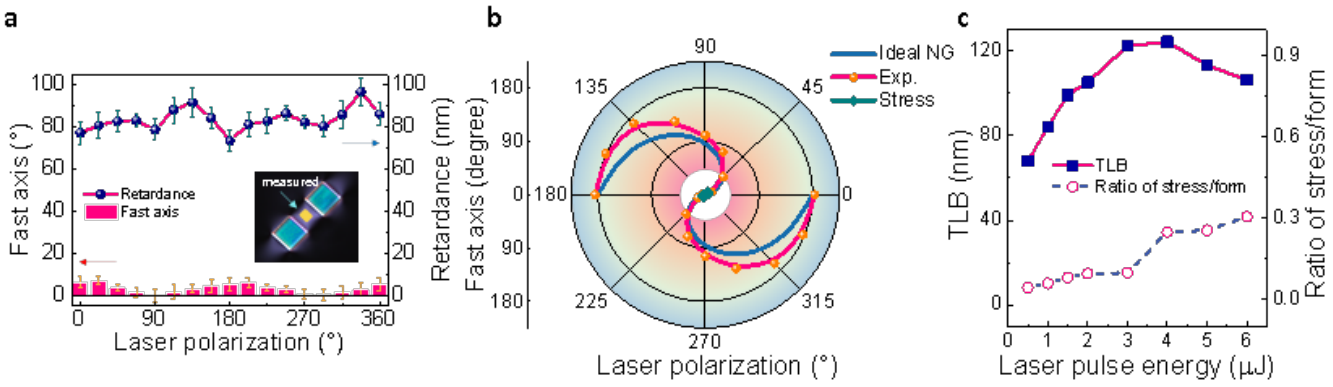


图一：飞秒激光诱导的圆特性及其贡献。(a) 具有两种贡献的具有圆特性的纳米光栅的飞秒激光刻字的概念方案;与激光传播方向垂直(a1)和平行(a2)的纳米光栅的TEM图像;(a3)两个照射区域之间的应力工程波片的交叉偏振器的显微镜图像(称为应力条)。(b)在光波长为550 nm处测量得到的圆双折射(上)和圆二色性(下)根据激光偏振的演变。

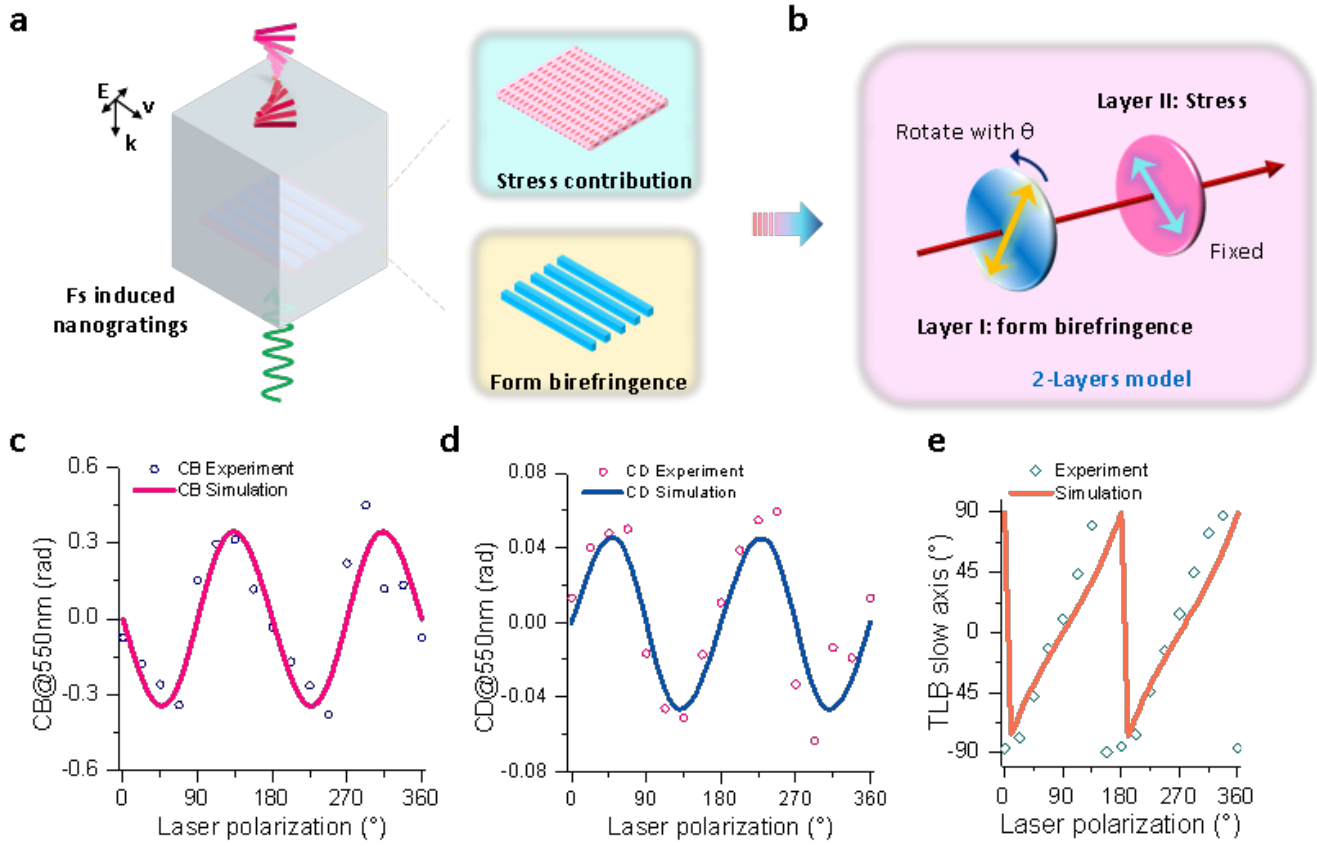


图二：飞秒激光照射的二氧化硅样品的各向异性特性的激光偏振依赖性。(a)线性双折射和45°线性双折射根据激光偏振的演变。(b)线二色性和45°线二色性根据激光偏振的演变。(c)总线性双折射快轴演化及其偏差(与激光偏振α的差异，-90°<偏差≤90°)。(d)总线性二色性低衰减轴演变和极化度(DoP)。(e)在550 nm的波长下进行测量得到的使用

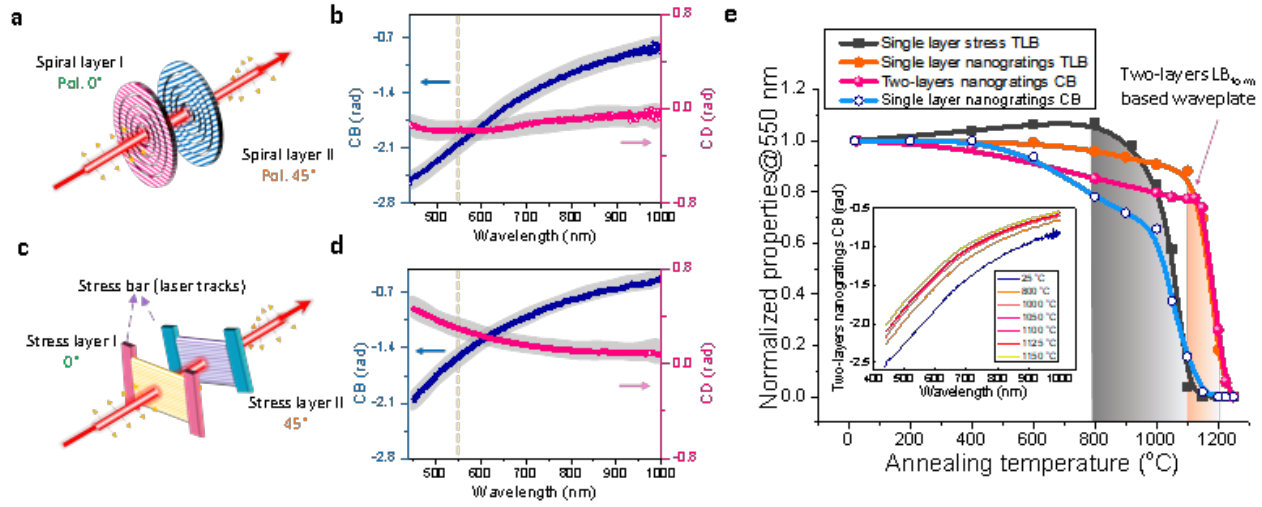
X+45 ° 写入配置的飞秒激光照射区域的 SEM 图像。



图三：应力诱导双折射的激光偏振独立性。(a) 根据激光偏振方向的线性双折射应力的快轴取向和延迟;插图是指应力条(蓝色)的交叉偏振显微镜图像，它创建了一个带有测量区域标记的纯应力区(0 ° 参考是激光直写线的方向，即沿x轴)。(b) 理想纳米光栅(蓝色)、测量的飞秒激光诱导纳米光栅(粉红色)和纯应力(绿色)与激光偏振方向的总线性双折射快轴方向演化。(c)不同激光脉冲能量下总线性双折射和应力双折射/形态双折射 比率的演变。所有测量均在 550 nm 处进行。



图四：双层模型和仿真结果。(a)导致激光诱导圆形光学特性的两种贡献的示意图。(b)双层模型的示意图由两个线性延迟器组成。将圆双折射 (c)、圆二色性 (d) 和 总线性双折射的慢轴(e)关于激光偏振角度的变化曲线的模拟与实验结果进行比较。模拟和测量均在 550 nm 处完成。



图五：利用多层写入策略进行圆形各向异性光学特性工程。(a) 两层纳米光栅图，45 ° 错位。(b) 基于纳米光栅的波片在 450-1000 nm范围内的圆光谱特性。(c) 两层应力的示意图，45 ° 错位。(d) 应力工程波片在 450-1000 nm 范围内的光谱圆形特性。(e) 线性和圆形特性的热稳定性。在 550 nm 处进行测量。插图描绘了两层基于纳米光栅的波片的圆双折射光谱演化。

该文章发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》，题为Tailoring chiral optical properties by femtosecond laser direct writing in silica, Jiafeng Lu为论文的第一作者，Matthieu Lancry为论文的通讯作者。

相关论文信息：† https://www.nature.com/articles/s41377† -023-0† 1080-y

(来源：LightScienceApplications微信公众号)

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：Matthieu Lancry 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