LCE超表面：柔性光控太赫兹波束转向器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/22248.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！

LCE超表面：柔性光控太赫兹波束转向器。近日，天津大学太赫兹研究中心谷建强教授课题组和南方科技大学罗丹教授课题组合作，在太赫兹波段实现了以液晶弹性体机械变性形为原理的可重构波束转向超表面，验证了用聚焦红外光和升温两种方式对太赫兹波出射波束的宽带调谐。这种液晶弹性体超表面展示了机械变形超表面的良好前景，为可重构超表面的发展铺平了道路。

近年来，主动式超表面研究主要集中于改变基材的介电常数、磁导率等物构参数，往往引入谐振效应和欧姆损耗，而基于机械变形的可重构超表面则很好地避免了这些问题。但目前以MEMS和FIB诱导变形技术为代表的机械变形超表面往往加工工艺复杂或复原能力有限。液晶弹性体(Liquid Crystal Elastomer, LCE)作为一种新型液晶聚合物材料，在温度升高或光线照射等激励下能发生可控可复原的弹性形变，吸引了众多化学、材料和仿生领域科研工作者的关注。其良好的光热驱动形变性能，本应成为主动式超表面中活性材料的极佳选择，但目前还较少用于调控超表面的响应。

本工作中，研究人员制备了一种由液晶单体(RM006)、液晶交联剂(RM257)和光引发剂(Irgacure 651)聚合而成的具有展曲结构的LCE。当温度升高到相变温度以上时，LCE层内产生的不同应变使整体向分子平行取向侧发生弯曲。研究人员用此种LCE作为衬底设计了一种以C形金属开口环为谐振器的主动式超表面，实现了宽带太赫兹波前转向的连续调控。该超表面的线性相位梯度组合由8个相位间隔为π/4的C形开口环组成，且周期性排布在LCE衬底上，入射太赫兹波经过此超表面时，依据广义斯涅尔定律正交偏振波的出射方向将根据C形开口环的相位梯度大小发生相应弯折，实现太赫兹波前转向的功能。数值模拟得到正交偏振透射波的出射角度与理论预测吻合良好，根据仿真确定出的结构几何参数，采用光刻、真空蒸镀和湿法刻蚀工艺制备出了LCE超表面(见图1)。

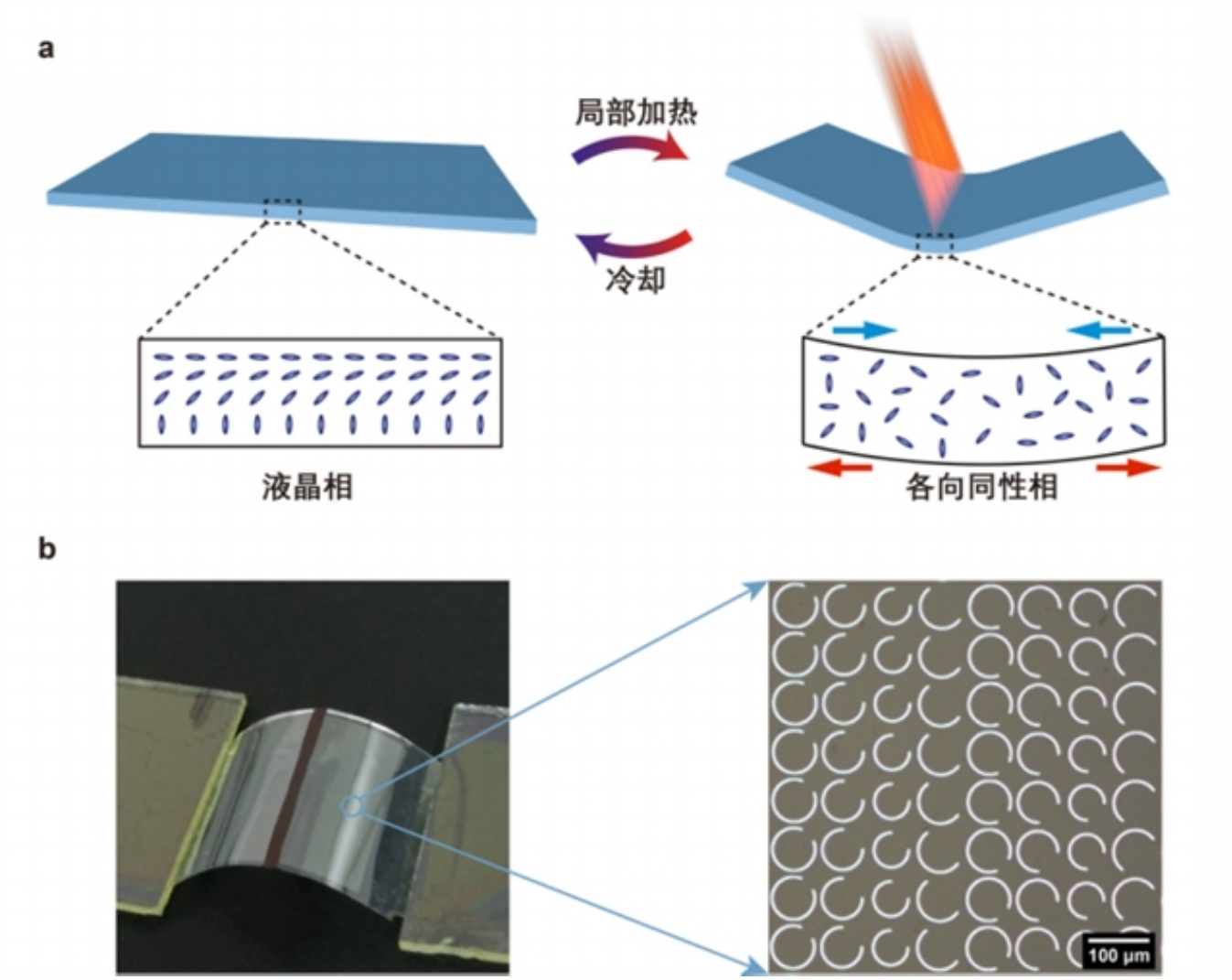


图1 液晶弹性体形变机理和超表面在光学显微镜下的图像

制备的LCE超表面在角度分辨的全光纤异步采样太赫兹时域光谱系统中测量了正交偏振波的出射方向，证实超表面能使0.48~1.1 THz正入射太赫兹波的正交偏振分量以70 ° ~25 ° 的角度出射。为实现LCE衬底的精准弯折，将中心波长为1030 nm的飞秒脉冲用柱面透镜单轴聚焦在样品的边缘，此时在LCE衬底上红外光聚焦为一条线。光热效应使照射部分的LCE发生弯折，而未照射部分则保持平整，实现了超表面的整体弯折。通过改变泵浦红外光的功率，可以调控光热效应从而控制LCE超表面的弯折角度，调制速度达到秒量级(见图2)。

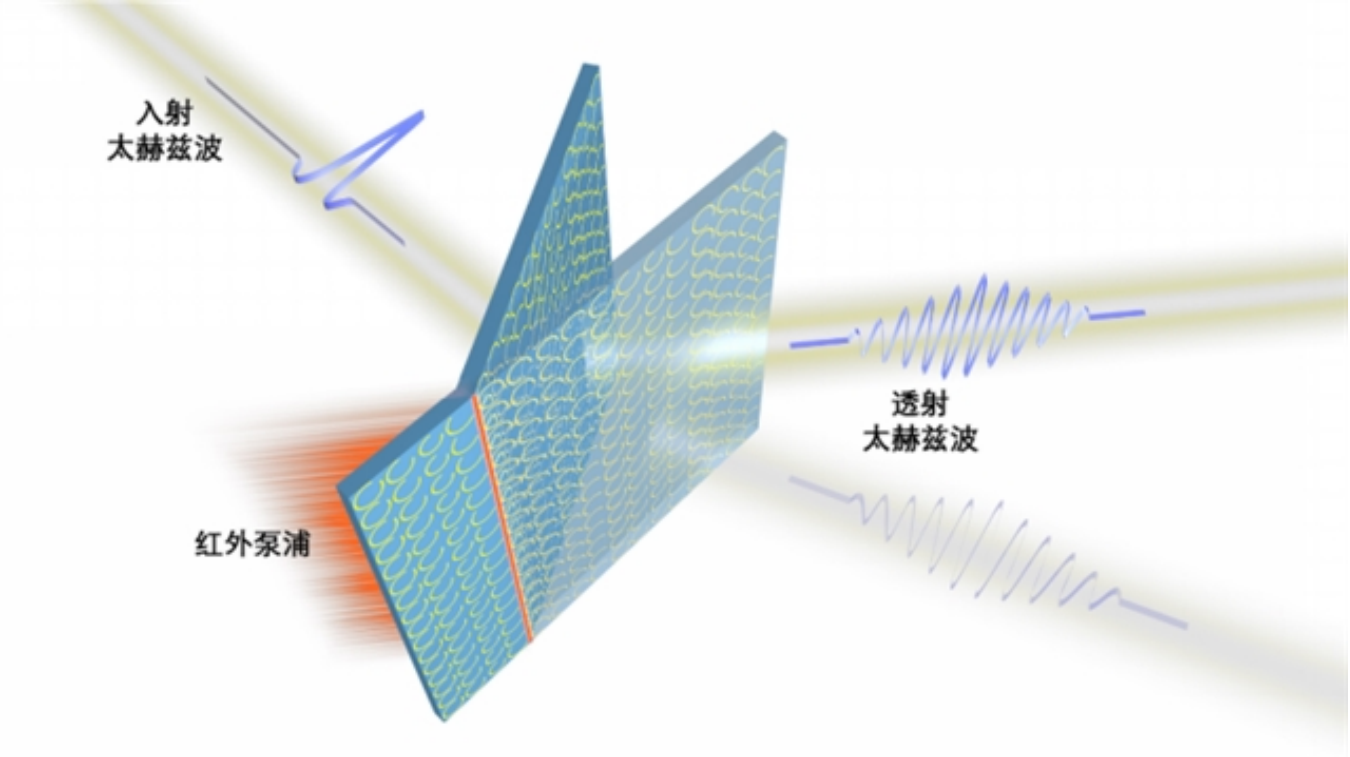


图2 红外泵浦下太赫兹光束偏折的改变

由于超表面发生机械弯折时太赫兹波的入射角发生改变，根据广义斯涅尔定律，出射角度也将发生相应变化。在对超表面分别施加四种泵浦光功率时，超表面发生0°、8°、15°和18°的弯折。随泵浦功率的增大，同一频率下的输出角度逐渐增加，低频处效果更为明显。在最高功率的红外激光泵浦下， 0.68 THz的太赫兹波输出角达到了最高22°的调谐范围(见图3)。

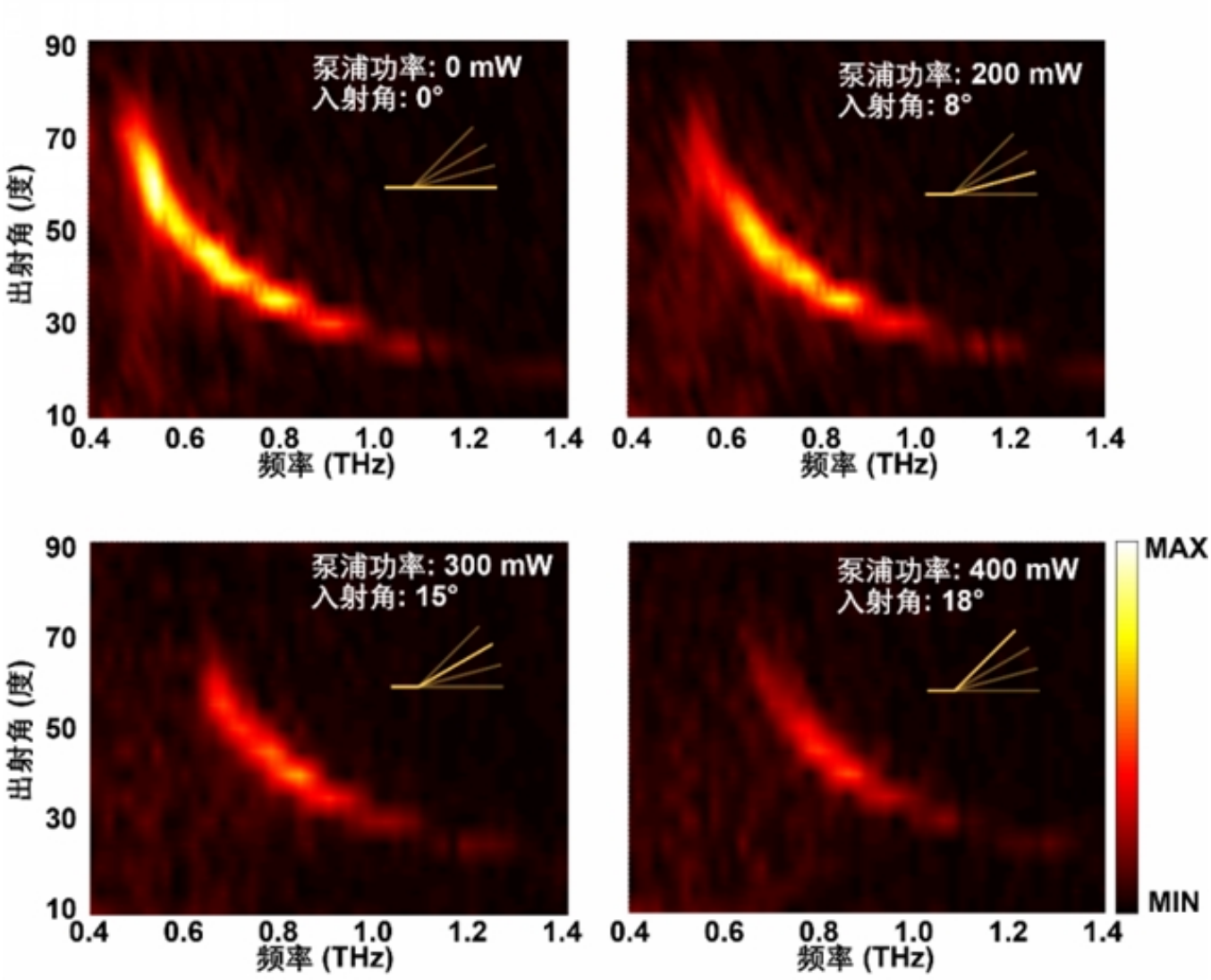


图3 柔性LCE超表面的光调控实验结果

本工作中还比较了聚焦光控和均匀加热两种调控方式的显著不同。当使用加热板对超表面进行加热升温时，均匀受热的LCE衬底出现了整体弯曲，而非聚焦光控实现的沿轴弯折，而弯曲超表面的相位梯度不再是线性的，透射波不但出射方向发生变化，而且波前的形状也将不同于入射波，说明LCE衬底的调控方式将成为此类机械变形超表面设计的一个重要课题。此外，通过将两个偏折器超表面结构相向拼接，还实验验证了一款太赫兹波段的光控分束器。液晶弹性体超表面展示出的潜力为太赫兹波段的光束控制、频率调制和温度传感提供了相当多的选择，同时也将推动下一代无线通信、T射线成像和太赫兹智能传感研究领域的发展。这项工作中提出的设计原则可以扩展到多个频段，为主动式超表面的研究开辟了一条新颖的道路。

该研究成果以Active Terahertz Beam Steering Based on Mechanical Deformation of Liquid Crystal Elastomer Metasurface为题在线发表在国际高水平学术期刊《Light: Science Applications》上。

论文通讯作者为天津大学谷建强教授和南方科技大学罗丹教授，共同第一作者为天津大学硕士生庄晓琳和南方科技大学博士生张伟，其他贡献者包括天津大学博士生王可蒙、顾扬帆、安有文以及天津大学张学迁副教授，韩家广教授和俄克拉荷马州立大学张伟力教授。

该工作得到了国家自然科学基金和广东省基础与应用基础研究基金项目的支持。(来源：LightScienceApplications微信公众号)

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-022-01046-6

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：谷建强等 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转发