
理化所等在蓝相液晶超200 °C宽温域激光器研究方面取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20341.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！

理化所等在蓝相液晶超200 °C宽温域激光器研究方面取得进展

。蓝相液晶 (BPLCs) 以独特的周期结构、多刺激响应及实时可重构性等特点而具有优异的光学性能，在传感、显示及防伪等方面颇具应用前景。蓝相液晶因带隙窄、光学性能优异可用于低阈值激光器。目前，蓝相液晶激光器的研究主要聚焦在外界刺激下 (如光、电、热、力等) 激光波长的可调节性，而对蓝相激光器工作温度的研究尚且不足。BPLCs 的温度窗口窄，相应激光器的工作温域约在 3-4 °C。此前报道的蓝相激光器的最宽工作温域不超过 36 °C

，而聚合物稳定蓝相 (PSBP) 体系的采用拓宽蓝相液晶的温度窗口至 500 °C。“蓝相液晶温域”与“蓝相激光工作温域”的较大差异可能与所用聚合物稳定蓝相体系不合适的聚合程度 (通常大部分体系可聚合液晶组分 < 10 wt%) 有关，导致其结构稳定性差，而对 BPLCs 带隙与荧光信号间匹配性的理解不充分也限制了新型蓝相宽温域激光器的发展。

为解决上述问题，中国科学院院士江雷、中科院理化所仿生材料与界面科学中心研究员王京霞团队，前期制备得到了具有宽温域 (-190-360 °C) 的聚合物稳定蓝相液晶【Nat. Commun. 2021, 12 (1), 3477.】；通过调节所制备的蓝相液晶带隙中心、染料有序度参数、谐振腔质量及泵浦光能量，在染料掺杂蓝相液晶 (C6-BPLCs) 谐振腔中实现了可控的单模、双模、三模及四模面发射激光【Adv. Mater. 2022, 34 (9), 2108330.】；利用所制备的蓝相液晶为模板，制备得到了高分辨的多色彩蓝相液晶活图案【Adv. Funct. Mater. 2022, 32 (15), 2110985.】。

研究团队通过调控所制备聚合物稳定蓝相液晶的可聚合液晶单体含量 (30 wt% C6M)，形成了稳定的蓝相聚合物支架，将该聚合物稳定蓝相体系掺杂染料 (DD-PSBP) 后，获得宽工作温域的蓝相液晶激光器 (25-230 °C)。研究表明，宽的 BP 激光温域源于所用稳定的聚合支架体系，在整个激光温域范围内提供了稳定的反射信号和荧光信号，且在整个过程中始终保持了反射带隙与荧光信号的匹配性；而体系中的非聚合组分在温度变化过程中产生相变，使得组成的多组分性 (25.0-67.5 °C：蓝相与微量胆甾相共存；67.5-72.2 °C

：蓝相体系；72.2-230.0 °C：蓝相与微量各向同性共存) 又赋予了该蓝相激光器可重构的性能，实现了激光阈值随温度呈现 U 型变化、可逆的激光波长及在相变点 (约 70 °C) 明显的激光增强效应。此外，该工作还对比了单畴蓝相与多畴蓝相激光器的工作温域，原位表征了变温过程中反射信号、荧光信号、量子效率、荧光寿命、POM 及 Kossel 结构的变化，并对其宽温域激光发射做出了合理的解释。这项工作不仅为宽温域蓝相激光器的设计提供了新思路，而且在创新性微观结构变化方面为新型多功能有机光学器件提出了重要见解。

相关研究成果以Over 200 Broad Temperature Lasers Reconstructed from Blue Phase Polymer Scaffold为题，发表在《先进材料》(Advanced Materials)上。研究工作得到科技部、国家自然科学基金和中科院-荷兰科研组织联合项目的支持。

[论文链接](#)

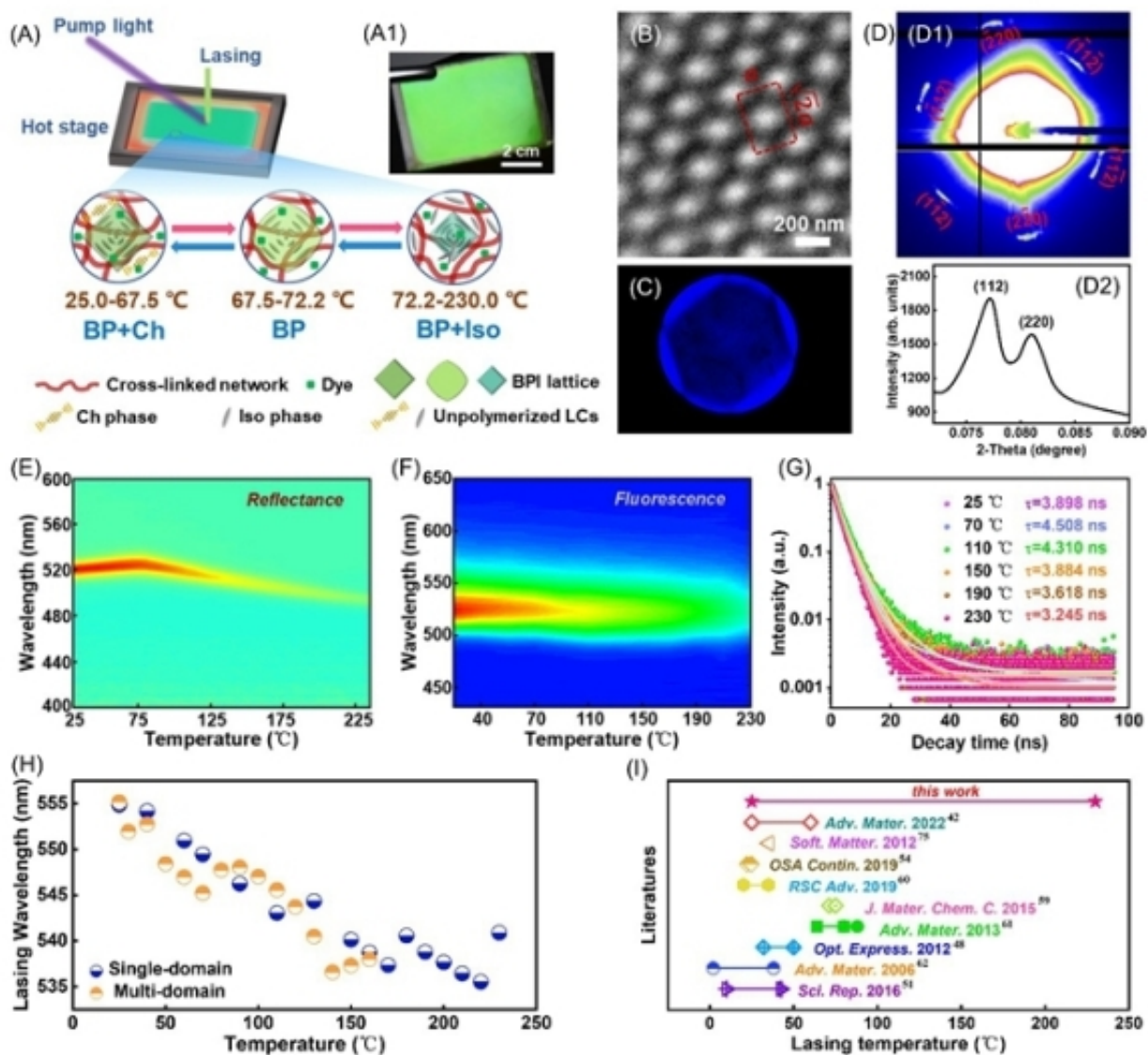


图1.含30 wt%可聚合液晶单体DD-PSBPLCs的光学表征。(A)所制备单畴样品在宽激光温度域范围微结构的变化图示；(A1)相应的单畴样品光学照片。聚合后单畴DD-PSBPLCs (110)晶面的(B)TEM图，(C)Kossel图及(D)Syn-SAXS图。样品在25-230 °C的(E)反射光谱，(F)荧光光谱，(G)染料的光致发光衰减曲线及(H)染料不同温度下的发射激光。(I)本工作与文献中蓝相液晶激光器工作温度域的比较。

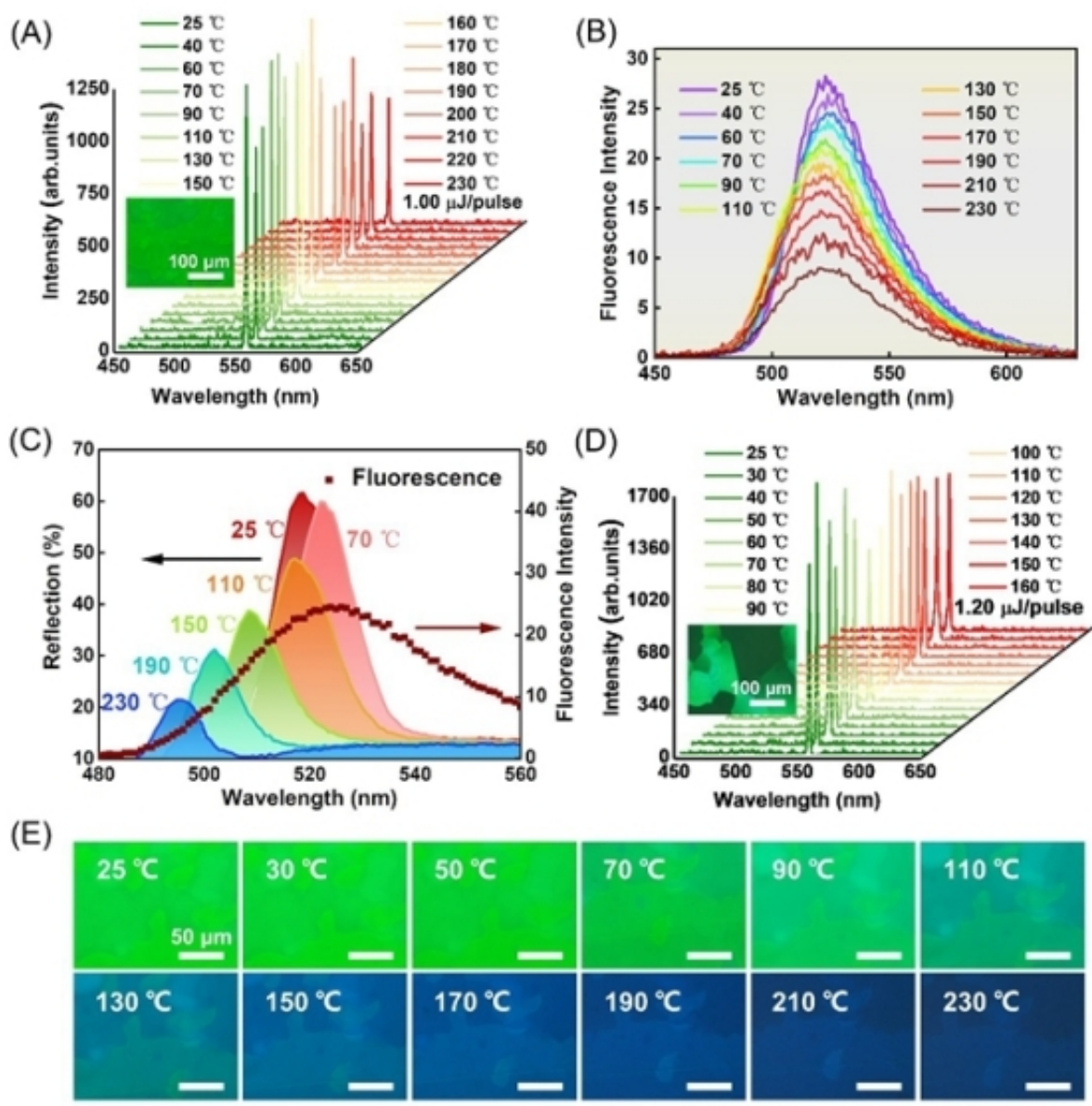


图2. DD-PSBPLCs宽的激光温域及在不同温度下的光学表征。(A)(B)(C)(E) 单畴样品, 25-230 °C; (D) 多畴样品; 25-160 °C。(A) 发射光谱, 泵浦能量: 1.00 $\mu\text{J}/\text{pulse}$, 插图: POM 照片。(B) 荧光光谱。(C) 不同温度下, 反射光谱与荧光光谱的相对位置关系。(D) 发射光谱, 泵浦能量: 1.20 $\mu\text{J}/\text{pulse}$, 插图: POM 照片。(E) R-POM图。DD-PSBPLCs宽的激光温域源于稳定的聚合物支架体系, 在宽的温度范围内提供了稳定的反射带隙及荧光信号。

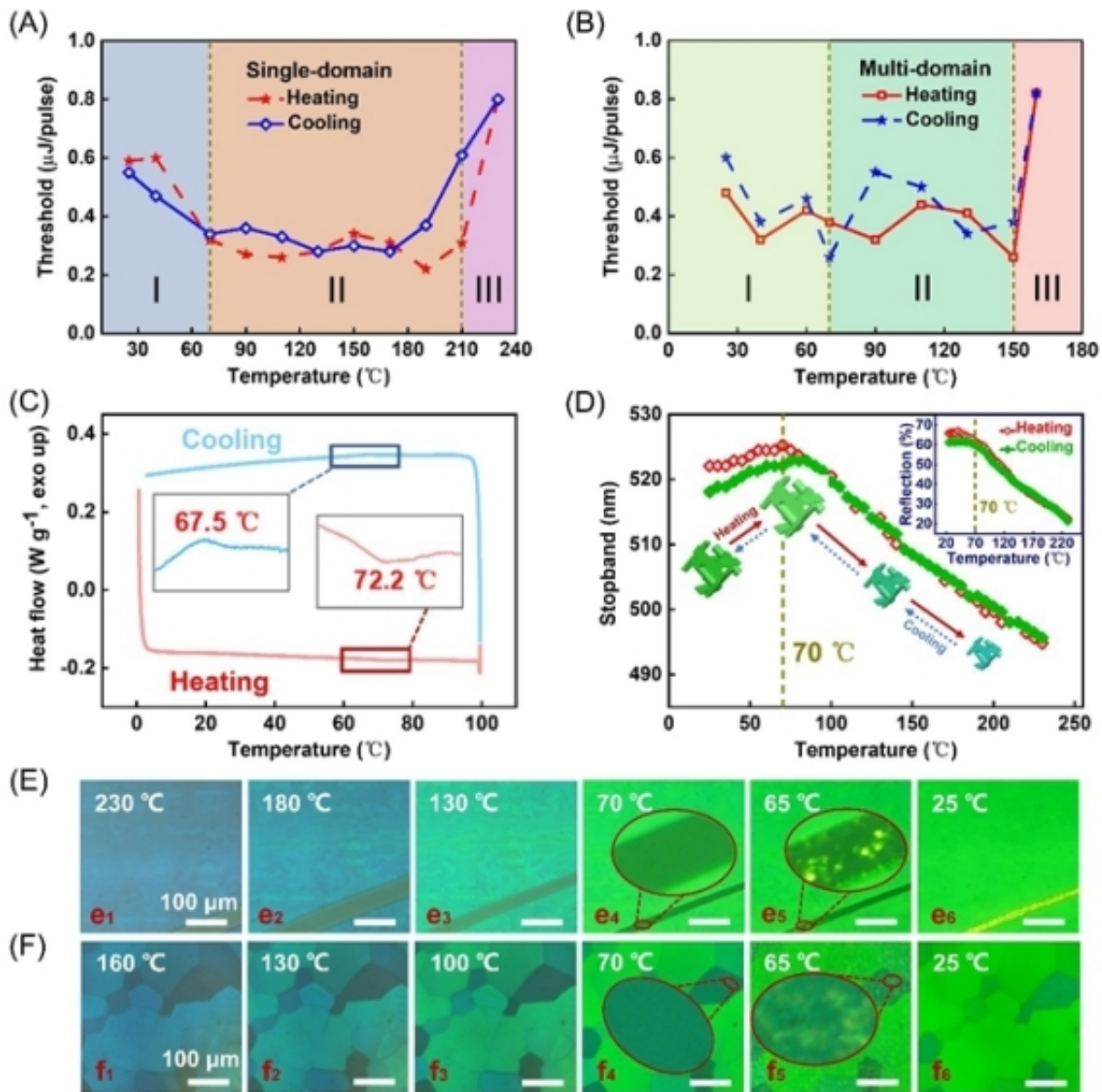


图3.升降温过程中DD-PSBPLCs的激光阈值及相转化。(A-E)单畴样品，温域：25 - 230 °C，(B-F)多畴样品，温域：25 - 160 °C，升降温速率：12 °C/min。(A)单畴样品和(B)多畴样品不同温度下的激光阈值。(C)单畴样品的DSC测试，插图：放大图，氮气氛围下，10 °C/min。(D)单畴样品原位升降温过程中带隙(插图：反射强度)与温度的关系。(E-F)原位升降温过程中样品的T-POM图，红色圈：放大图。单/多畴样品均在65 °C析出，表明未聚合物组分的相变是影响DD-PSBPLCs激光性能的主要原因之一。

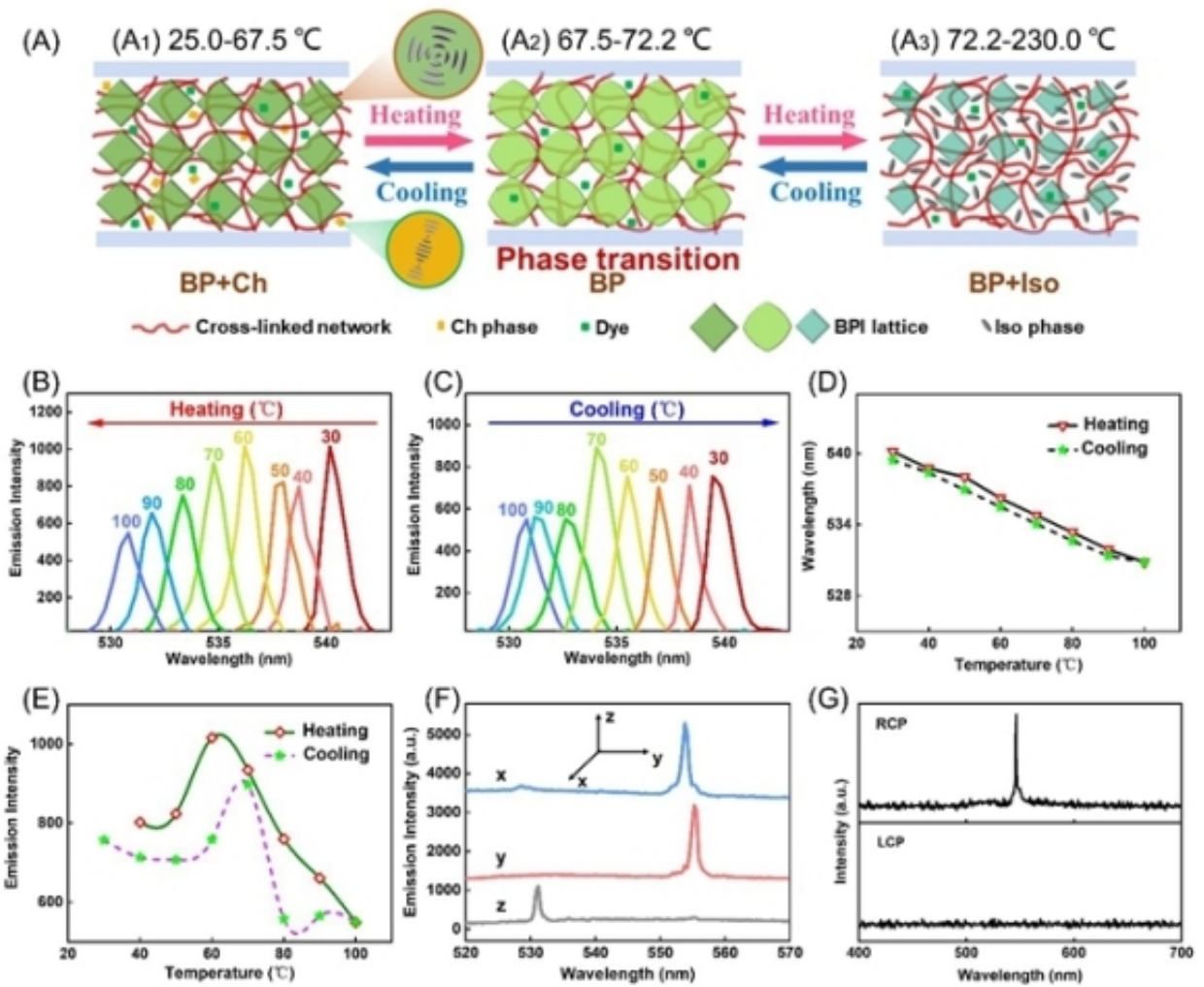


图4. DD-PSBPLCs 温度变化过程中激光行为可能的解释及原位可逆的激光行为。(A) DD-PSBPLCs 激光行为的机理图示，(A₁) 大部分的BPI晶格牢牢的被聚合物网络锁住且规则分布，除少量未被聚合物网络稳定的胆甾相 (Ch相)；(A₂) 在相变前 (约70 °C) 体系略微膨胀，且Ch相在达到相变点时消失，转化为BP相；(A₃) 温度进一步升高，超过相变点 (72.5 °C) 时，BPI晶格中的一些LC分子就会跑出来，并以各向同性相 (ISO) 存在，导致BPI晶格的连续收缩。(B) - (E) 单畴DD-PSBPLCs在30-100 °C过程中原位可逆的激光性能及增强效应。(B) 加热过程；(C) 冷却过程；(D) 激光波长或 (E) 发射强度与温度的关系，激发功率：1.17 μJ/pulse，升降温速率：12 °C/min，T=10 °C。(F) x、y、z三个正交方向的发射光谱。(G) 单畴样品右/左圆偏振 (R/LCP) 激射光谱测试。

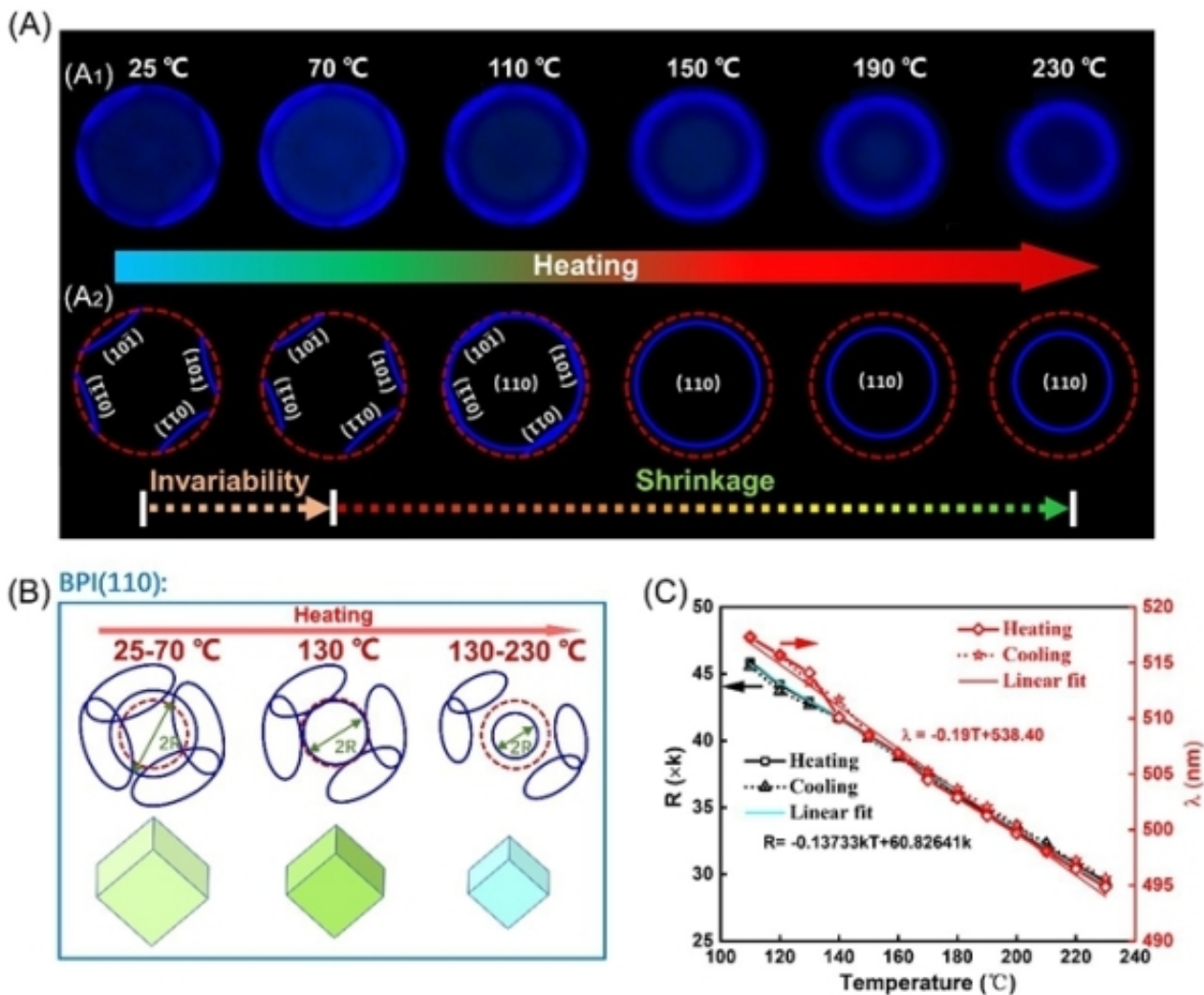


图5.单畴DD-

PSBPLCs加热过程中的原位Kossel

表征。(A) 原位Kossel图 (A₁) 及其相应的图示 (A₂), 加热速率: 12 /min。(B) BPI晶格尺寸及Kossel随温度变化的图示, 其中R表示Kossel图中(110)晶面中心圆的半径, 红色虚线圆圈表示视野范围。(C) 原位升温过程中R及反射中心波长()与温度(T)的关系, 实线表示拟合的直线。

研究团队单位: 理化技术研究所

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://www.iikx.com)转发