

苏州纳米所在制备出高导电MXene气凝胶纤维

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/16265.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！

气凝胶纤维能够将气凝胶的轻量化和介孔特性与纤维的柔韧和细长特性相结合，在智能织物、柔性电子和透明光学等领域颇受关注。近日，中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所气凝胶团队采用动态溶胶-凝胶湿法纺丝和超临界干燥联用策略，制备出具有高导电性、高取向性且具有优异电热/光热双响应性的 $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ MXene气凝胶纤维（MAF），如图1所示。与静态溶胶-凝胶转

变策略相比，动态溶胶-

凝

胶纺

丝策略在

MXene气凝胶的制

备中展现出连续性和批量生产的优势

。MAF的电导率高达 10^4

S/m，比石墨烯气凝胶纤维高1个数量级，比文献中报道的其他MXene气凝胶高2~3个数量级。在极低的输入电压（4.5V）下，单根MAF响应速度0.4s，表面温度能升至178

°C。这些特性使MAFs在柔性可穿戴设备、智能织物和便携式设备等领域具有应用潜力。

研究基于MXene纳米片分散液的可纺性和金属 Ca^{2+} 的交联作用，利用动态溶胶-

凝胶湿法纺丝和超临界 CO_2

干燥制备出MAF。如图2所示，MAF内部形貌呈现出连续均匀的多孔网络结构，而表面形貌相对致密。随着初始浓度的降低，MAF的比表面积从 $65 \text{ m}^2/\text{g}$ 增加到 $142 \text{ m}^2/\text{g}$ ，孔容从 0.197

cm^3/g 增加到 0.342

cm^3/g 。结果表明，超临界 CO_2

干燥工艺对气凝胶纤维的孔隙结构损伤最小。与文献中报道的MXene泡沫、MXene气凝胶块体和MXene膜相比，MAF的比表面积更具有优势。此外，MAF的孔隙率可达99.3%，密度可低至 $0.035 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

如图3所示，研究通过2D广角x射线散射（WAXS）测试，剖析了纺丝液浓度、挤出速度和牵引速度对气凝胶纤维微观结构的影响。MXene气凝胶块体的2D

WAXS散射图形呈圆形，表明内部MXene纳米片是随机的。相比之下，MAF的2D WAXS散射图形呈

梭状

，沿垂直

方向延伸，反映了

MXene纳米片沿纤维轴的优先取向。

科研人员采用取向因子 f 定量研究MXene纳米片的取向程度（其中 $f = 0$ 表示完全随机； $f =$

1表示完全取向)。相比MXene气凝胶块体的取向因子 f 为0, MAF具有高取向度, 取向因子 f 最高达到0.68。结果表明, 高浓度的纺丝液、挤出过程中的剪切力和收集过程中的拉伸力有利于MXene纳米片在气凝胶纤维中的定向排列。

得益于 $Ti_3C_2T_x$

MXene的本征金属性质和MAF的

高取向性, MAF的电导率高达 10^4

S/m, 比石墨烯气凝胶纤维高一个数量级, 比MXene气凝胶块体高2~3个数量级。如图4所示, 采用DST策略制备的纯MXene气凝胶纤维导电性能优于已报道的CNT基气凝胶、石墨基气凝胶、金属基气凝胶和MXene基气凝胶等。其中, MAF (11170 S/m) 的电导率是碳纳米管气凝胶 (9.4 S/m) 的1245倍, 是铜纳米线基气凝胶 (1280 S/m) 的9倍。研究显示, MXene纳米片具有优异的导电性得益于三点: MXene纳米片本征金属导电性; 大片MXene纳米片 (几微米~十几微米); 动态溶胶-凝胶转变策略诱导MXene纳米片的高度取向。MXene纳米片还具有优异的电热性能, 在极低的输入电压 (4.5 V) 下, 单根MAF以极快的响应速度 (0.4 s) 使其表面温度升至178 °C。与商用碳纤维相比, MAF表现出更低的响应电压, 在相同输入电压下表现出更快的响应速度和更高的表面温度。

如图5所示, MAF具有高光吸收能力, 在近红外区域接近100 %。MXene ($20.5 \text{ L g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) 的消光系数比氧化石墨烯 ($3.6 \text{ L g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) 高约5.7

倍, MAF表现出出色的光热响应能力。在一个太阳光下, 单根MAF的温度可升至40 °C; 多根MAFs的温度可以升至47 °C。此外, MAF在低温下也具有优异的光热转换功能, 在极低温度下也可具有光热效果。MAF的光热响应性能在循环过程中没有表现出任何显著恶化, 表明MAF作为光热响应材料在光加热器领域的应用潜力。

该研究运用动态溶胶-凝胶湿纺策略制备出 $Ti_3C_2T_x$

MXene气凝胶纤维, 这种高导电的气凝胶纤维丰富了气凝胶纤维种类, 并为高导电性气凝胶材料的制备提供了新思路; MXene气凝胶纤维作为智能响应纤维, 在柔性可穿戴设备和光/电加热等领域显现出应用前景。相关研究成果以 *Electrically Conductive, Optically Responsive, and Highly Orientated $Ti_3C_2T_x$ MXene Aerogel Fibers* 为题, 发表在 *Advanced Functional Materials* 上。研究工作得到国家重点研发计划和英国皇家学会-牛顿高级学者基金等的资助。

[论文链接](#)

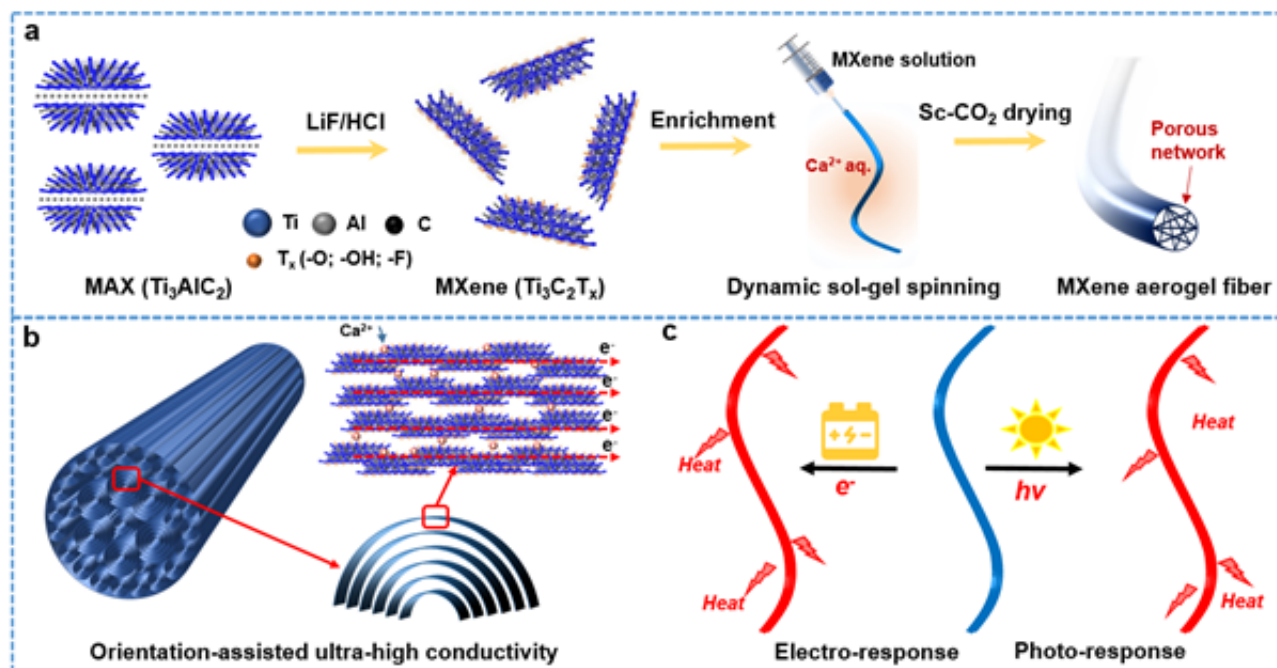


图1.MAF的制备及优异性能示意图

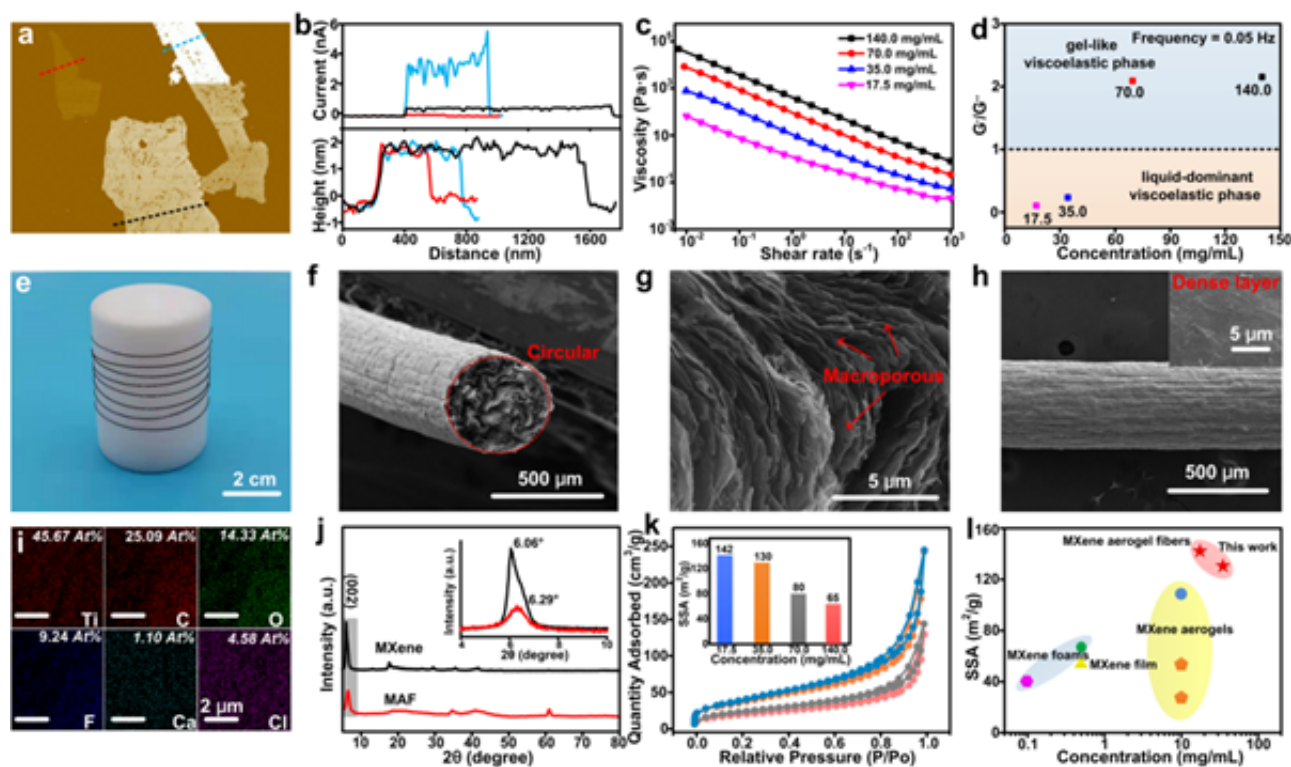


图2.MXene的可纺性及MAF的形貌和孔结构表征

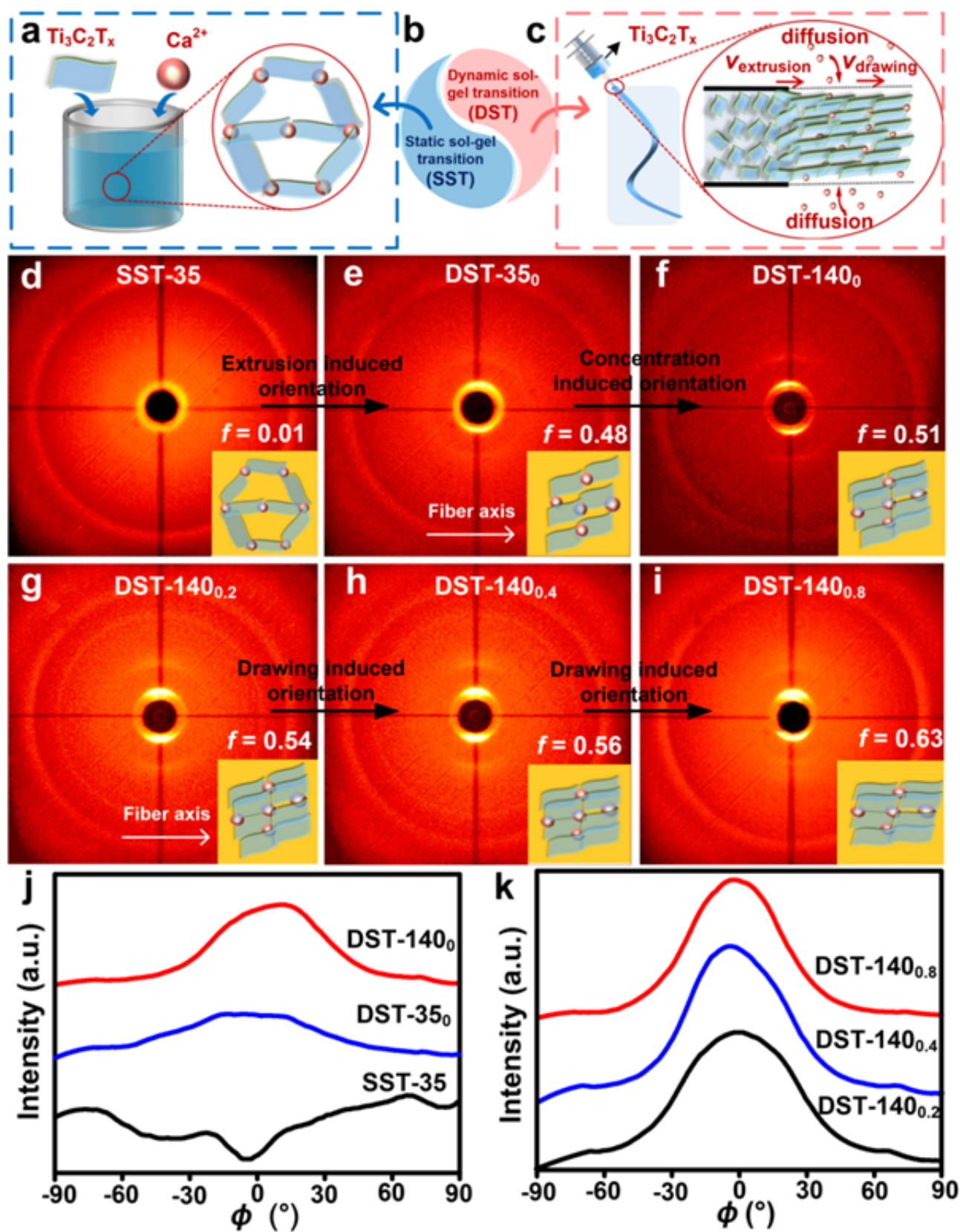


图3.MAF的高取向性表征

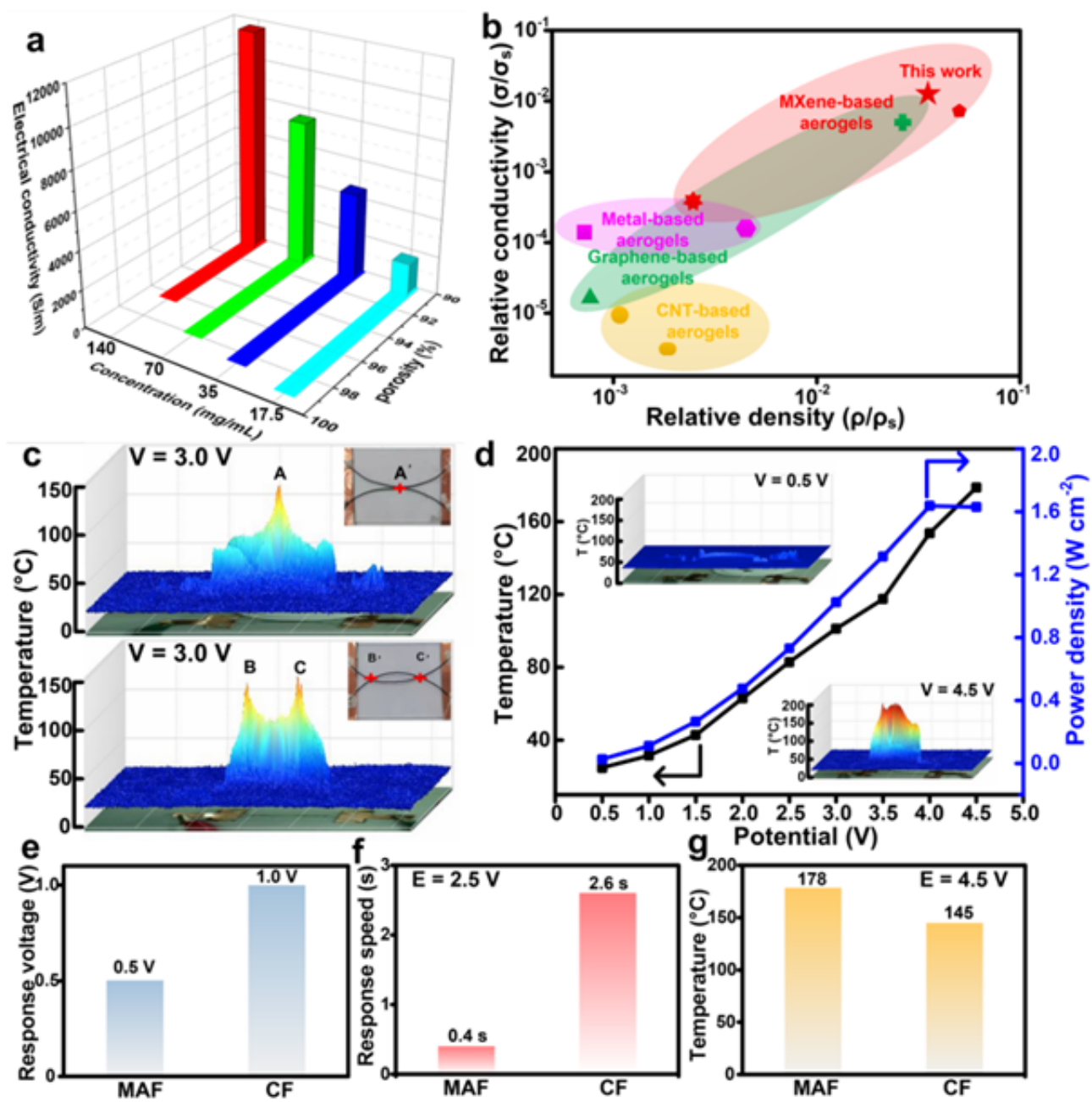


图4.MAF优异的导电性及电热性能

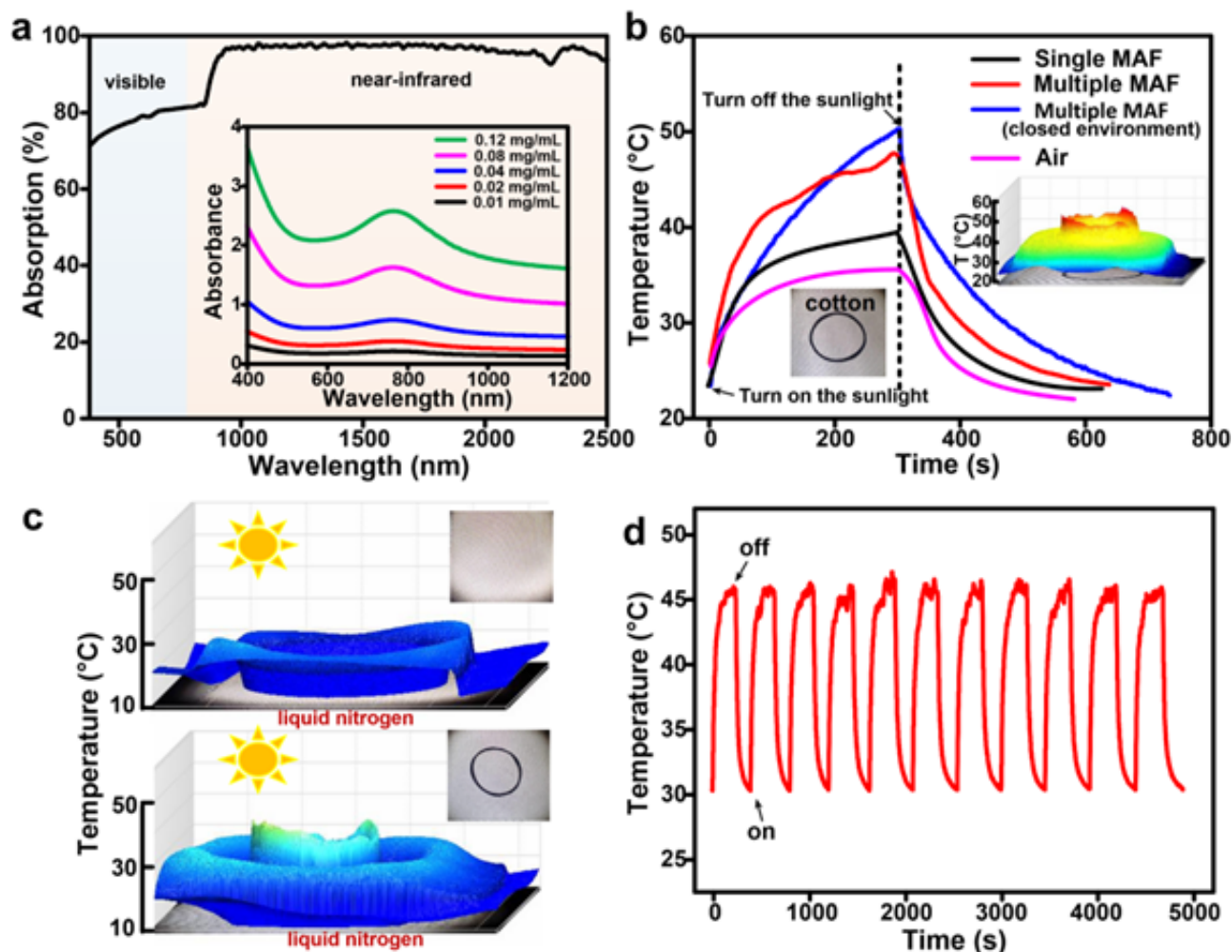


图5.MAF优异的光吸收性能及光热响应性

研究团队单位：苏州纳米技术与纳米仿生研究所

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](https://www.iikx.com)转发