

上海硅酸盐所在负泊松效应助力陶瓷基复合材料多功能设计方面取得进展

发布时间: 2023-09-08 15:51 | 【小中大】 【打印】 【关闭】

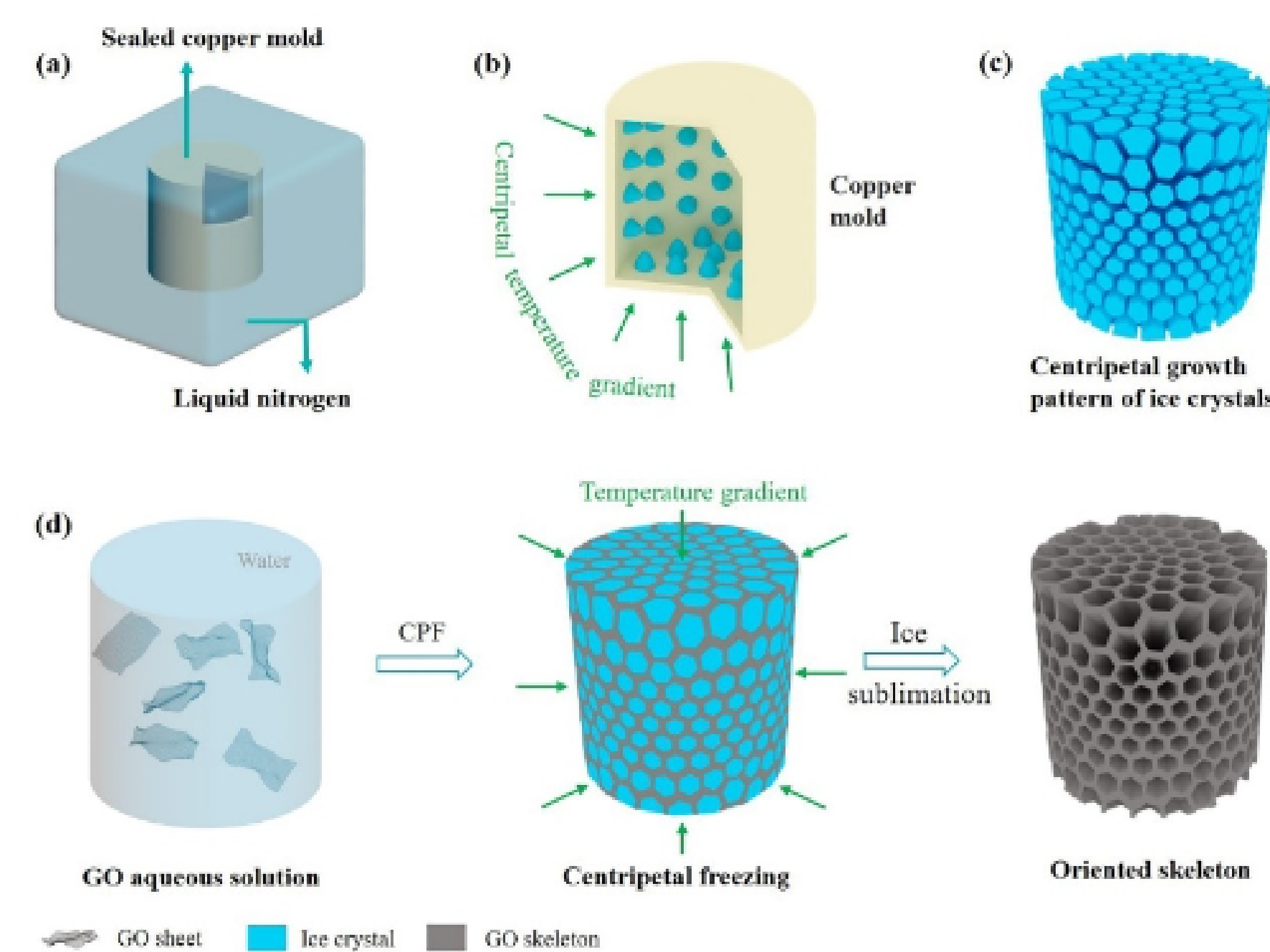
天然材料的机械性能往往随着密度的降低而急剧恶化,轻质多孔材料面临着强度低、抗疲劳性能差等瓶颈。通过结构优化设计构建轻质高强的力学超材料,有望改善多孔材料随密度降低而强度剧烈衰减的现象。通过优化多孔材料的结构设计,将多孔材料的功能作用和机械超材料属性的力学增强作用相融合,获得轻质弹性、耐用的陶瓷基复合材料并探究其多功能应用具有重要研究意义。

近期,中国科学院上海硅酸盐研究所董绍明院士团队研发了一种具有负泊松比、高比强度、超弹性和高抗压强度的陶瓷基复合材料。该材料兼具负泊松比及高比强度($E \sim \rho^{1.3}$)特性,并可实现高温条件下隔热及电磁屏蔽多功能应用。

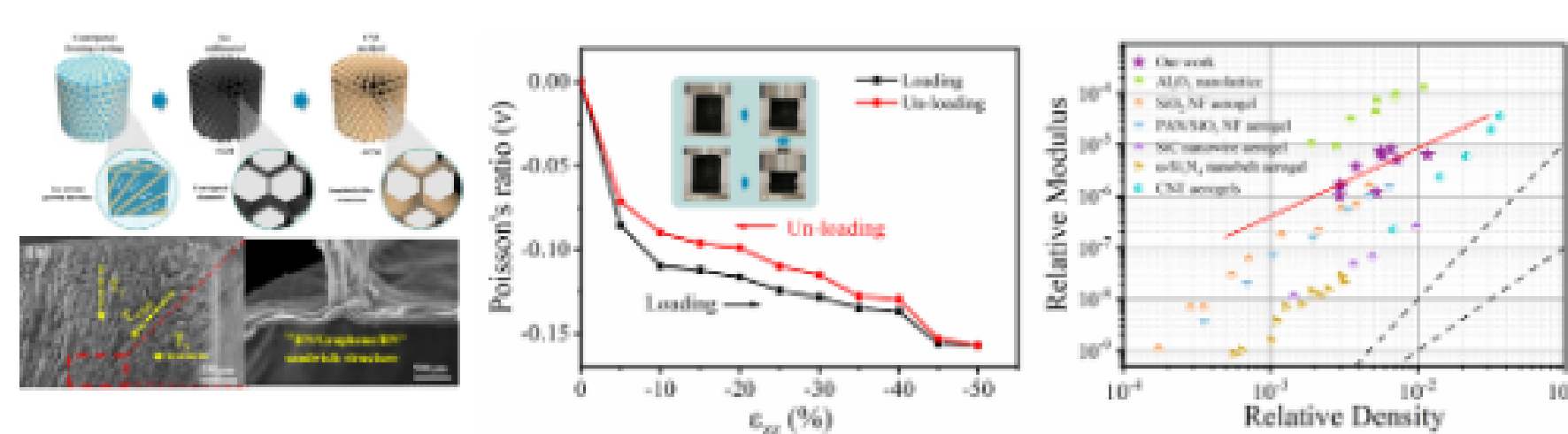
前期,团队利用向心冷冻铸造技术,设计相互垂直的温度梯度以改变冰晶的生长方向,最终形成内凹向心结构,实现了负泊松比效应和优异弹性。该成果以“Tailoring centripetal metamaterial with superelasticity and negative Poisson's ratio for organic solvents adsorption”为题发表在*Science Advances* (DOI: 10.1126/sciadv.abo1014)。上海硅酸盐所2019级博士研究生田力为第一作者,董绍明研究员和杨金山研究员为论文通讯作者。

在此基础上,团队结合向心冷冻铸造及化学气相沉积技术,形成内凹取向结构和“BN/石墨烯/BN”三明治片层,获得具有层次结构的陶瓷基复合材料,实现优异的抗压缩性能,具有负泊松比和高比强双重超材料属性。依赖于陶瓷组分的保护作用,该材料具有高效的隔热性能,高温下具有良好的电磁干扰屏蔽性能。在700°C时,比屏蔽效率(SSE/t)可达9416 dB·cm²·g⁻¹。

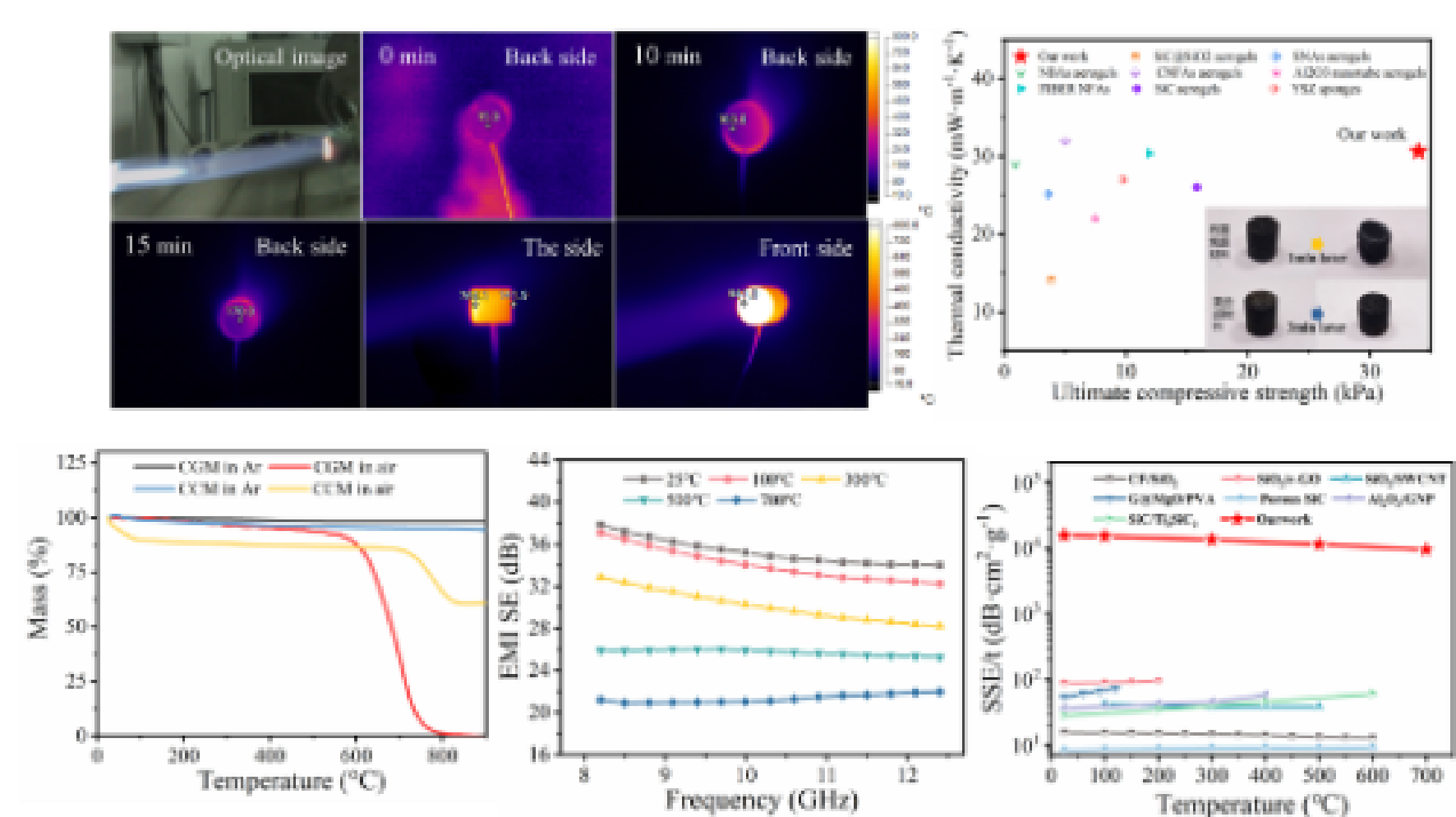
基于负泊松比效应定制层次结构是实现结构稳定性和多功能应用的关键。所设计的分层结构和超材料特性为实现陶瓷基复合材料结构功能一体化设计提供了一种新的方案。该成果以“Multifunctional Hierarchical Metamaterial for Thermal Insulation and Electromagnetic Interference Shielding at Elevated Temperatures”为题发表在*ACS Nano* (DOI: 10.1021/acsnano.3c03332)。田力为第一作者,董绍明研究员和杨金山研究员为论文通讯作者。



向心冷冻制备向心石墨烯气凝胶示意图



陶瓷基复合材料的制备、结构及超材料属性



陶瓷基复合材料的高温隔热及高温电磁屏蔽性能