
液态硫系玻璃突破中红外光学互连瓶颈

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41232.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！

液态硫系玻璃突破中红外光学互连瓶颈。 导读

高功率中红外激光在医疗诊疗、工业加工与红外成像等诸多领域展现出广阔的应用前景，然而，其在实际光学系统中实现高效率传输与稳定互连仍面临长期技术瓶颈。传统聚合物光学胶受限于中红外波段的强吸收、低折射率及热稳定性差等固有缺陷，难以满足高功率、高折射率光学器件的封装需求。宁波大学红外材料及器件实验室长期致力于硫系玻璃材料与中红外光子器件的研究，近年来持续探索硫系玻璃在新型红外光子集成与高性能互连技术中的创新应用。

近日，宁波大学戴世勋、王训四团队联合中国人民大学、南安普顿大学及澳大利亚国立大学等科研单位，提出了一种基于液态硫系玻璃的新型无机光学粘接技术。该技术通过低温加热键合方式，实现了异质中红外光学元件的高效粘接与强力互连。实验表明，液态硫系玻璃可显著降低界面反射损耗，提升系统整体传输效率，并具备承载高功率激光传输的优异性能。该研究不仅为中红外光学系统的低损耗互连与高功率传输提供了全新解决方案，也进一步拓展了硫系玻璃在集成光子器件领域的应用维度，为红外光子技术的集成化发展开辟了新路径。

相关研究成果以题为Breaking the Mid-Infrared Interconnection Barrier: A Robust Bonding for High-Power Optics Based on Liquid-like Chalcogenide Glass的论文发表在《Light: Science Applications》上。论文通讯作者为王训四研究员、王荣平研究员，王弦歌、肖峰为第一作者。

研究背景

中红外波段（2–20 μm ）作为分子指纹区，在光谱探测、生物医学诊断及红外通信等领域具有关键应用价值。随着高功率中红外激光器与集成光子芯片的迅速发展，光学系统对高效率、低损耗器件互连技术提出了更高要求。然而，现有中红外光学材料（如Ge、ZnSe及硫系玻璃等）普遍具有高折射率（ $n > 2$ ），导致界面反射损耗高达20%–40%，严重制约系统性能。传统增透膜与仿生微结构在高功率辐照下易发生烧蚀或机械损伤，而常规聚合物光学胶则因强红外吸收与热稳定性不足难以胜任高功率场景。因此，发展兼具中红外宽谱透射、高折射率匹配与优异热稳定性的新型粘接材料，已成为推动中红外光学系统性能突破的迫切需求。

研究亮点

本研究基于As-S(Se)-I体系设计并制备出具有独特液态—固态双态特性的液态硫系玻璃。该材料在宽谱范围内（0.7–10 μm ）表现出高透过率与折射率匹配性（ $n \approx 2.1$ ），其玻璃化转变温度仅为约8.85 $^{\circ}\text{C}$ ，可在低温加热条件下实现良好流动与界面浸润，冷却

后迅速转化为稳定的无机玻璃态，形成致密、牢固的光学连接层。研究系统揭示了该材料在高功率中红外激光传输中的低损耗特性与优异热稳定性，验证了其在高折射率异质光学元件低温键合方面的可行性与可靠性。该材料不仅融合了液体的加工柔性与固体的结构稳定，也为中红外光学系统的高效率互连与高性能集成提供了全新的材料平台与技术路径。

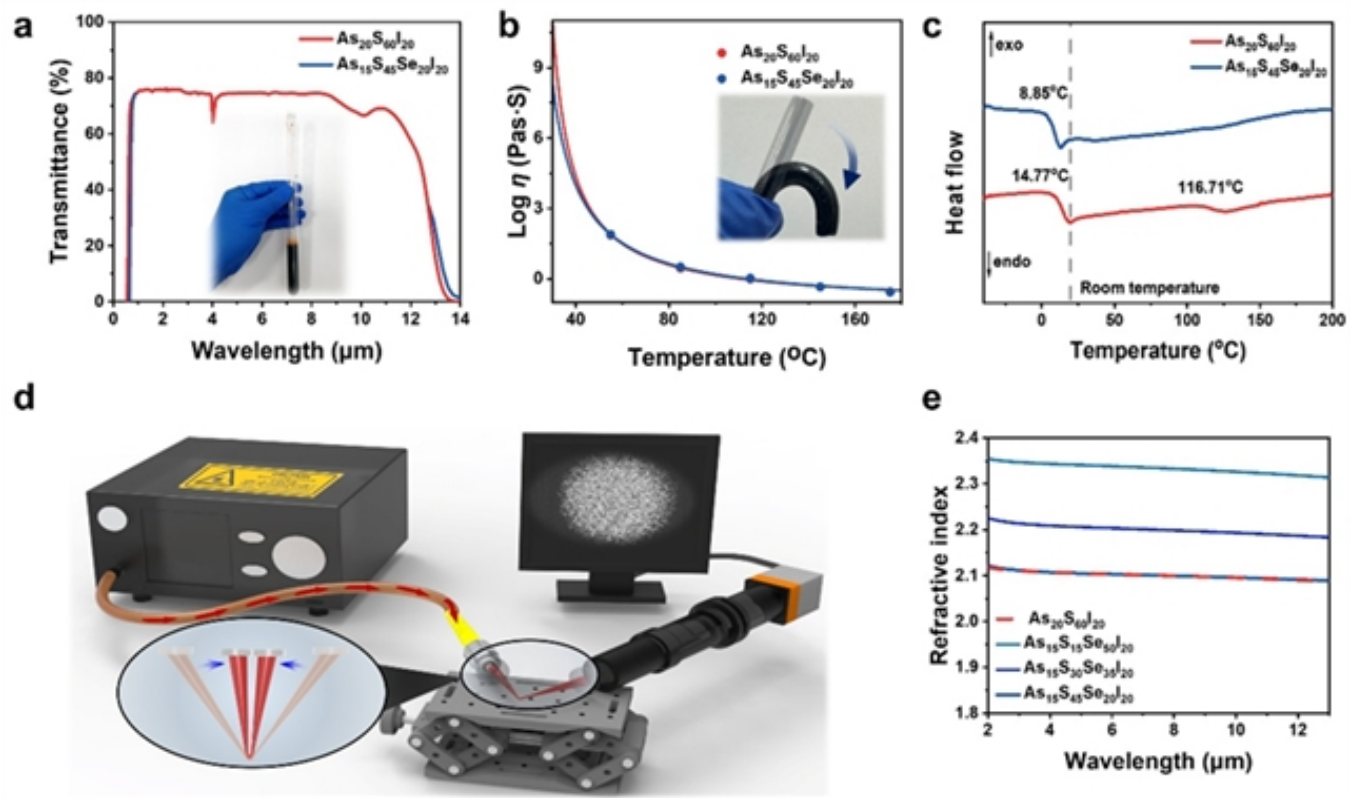


图1：液态硫系玻璃的特性

在粘接稳定性研究中，加热后的液态硫系玻璃可均匀铺展于多种基底表面，并在轻微压力作用下实现充分界面接触，形成平整、低缺陷的牢固结合层。该材料不仅可实现硫系玻璃、氟化物晶体等高折射率红外光学元件的高强度键合，还能在金属等异质基底表面形成稳定可靠的连接。力学与耐久性测试表明，所制备的粘接层具备优异的机械强度与结构致密性，在长期存放及多种环境应力作用下仍能保持界面完整与性能稳定，展现出卓越的结构可靠性与环境耐受能力，为中红外高功率光学器件的稳健封装提供了关键材料支撑。

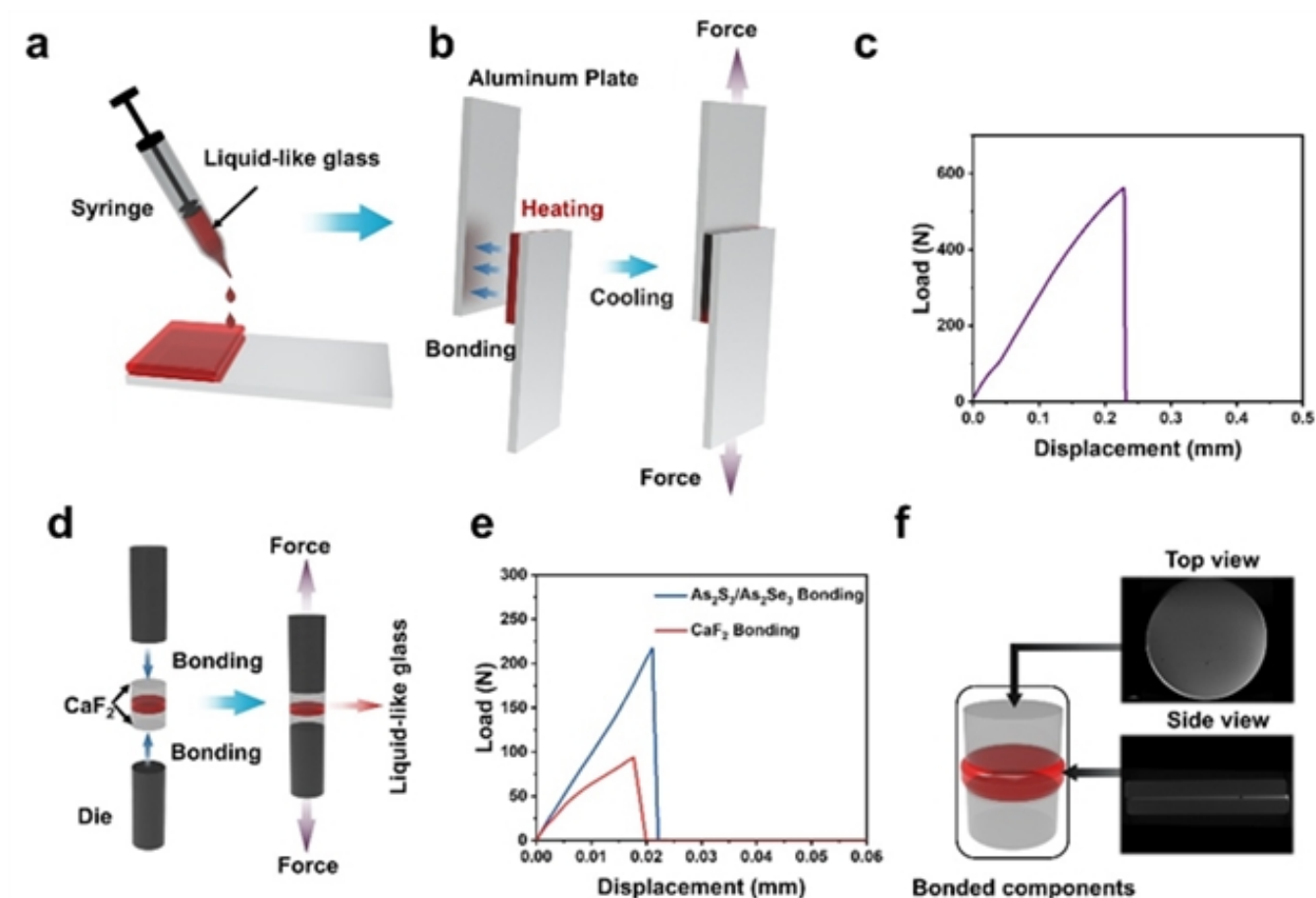


图2：液态玻璃的粘合机械性能

进一步研究表明，该液态硫系玻璃粘接材料可显著提升中红外光学异质器件组的整体透过性能，有效抑制结构缺陷、界面反射并降低能量损耗。凭借其高折射率匹配特性与极低的背景吸收，系统在宽谱中红外范围内的光学效率获得显著提升，最高可达91%。与传统有机光学胶相比，该材料不仅在中红外波段展现出更优的透光性与环境稳定性，还实现了更为可靠的光学响应性能，为中红外光学系统的高性能、低损耗互连提供了全新的技术路径。

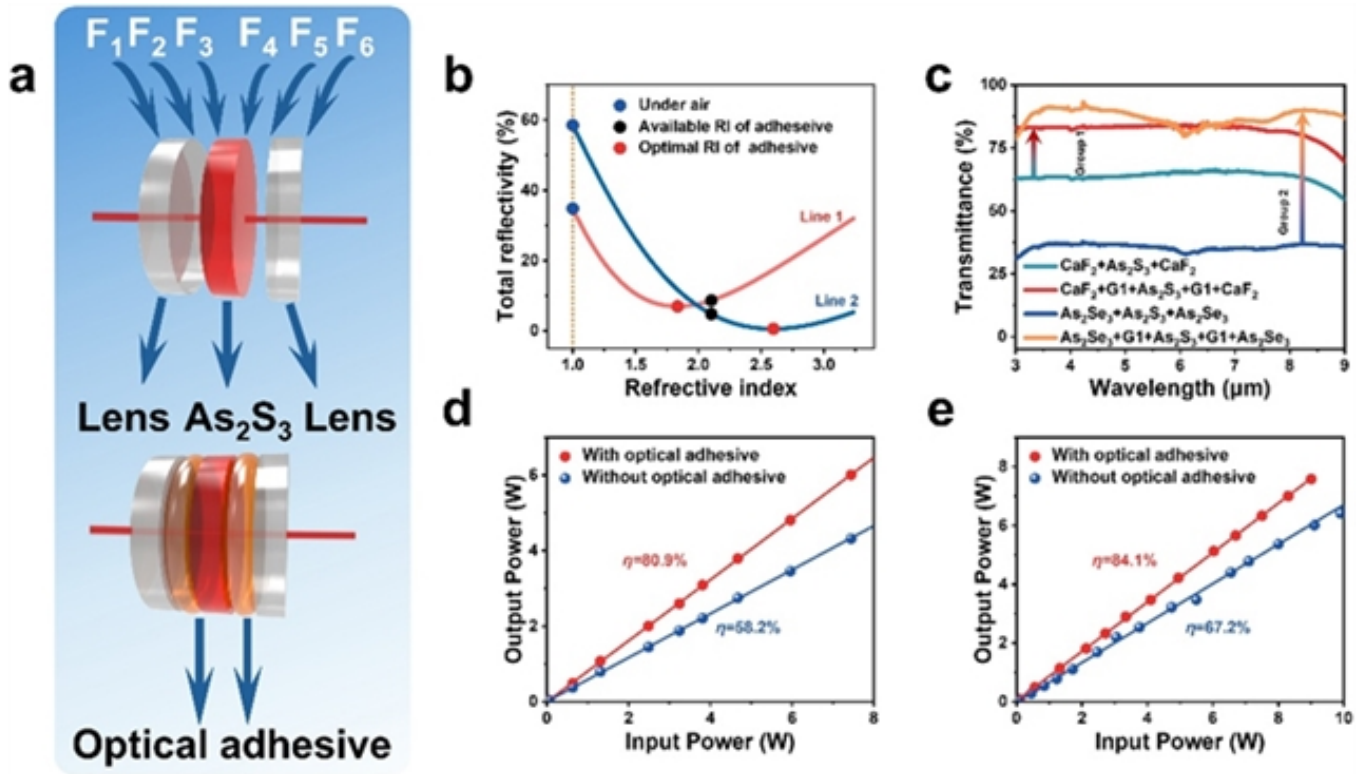


图3：液态玻璃粘合红外镜片的光学性能

在高功率中红外激光传输应用中，该液态硫系玻璃粘接方案展现出优异的光学性能与热稳定性。研究团队在粘接结构的光纤端帽系统中进行了系统性验证，成功实现了4.7 μm 激光下11.7 W的稳定输出，传输效率达到80.1%，其承载功率能力显著超越传统镀膜光纤的已有报道水平。经多次热循环测试后，粘接界面仍保持完整，光学性能未发生显著衰减，展现出卓越的工程可靠性及长期运行潜力，为高功率中红外激光系统的稳定互连提供了关键材料支撑。

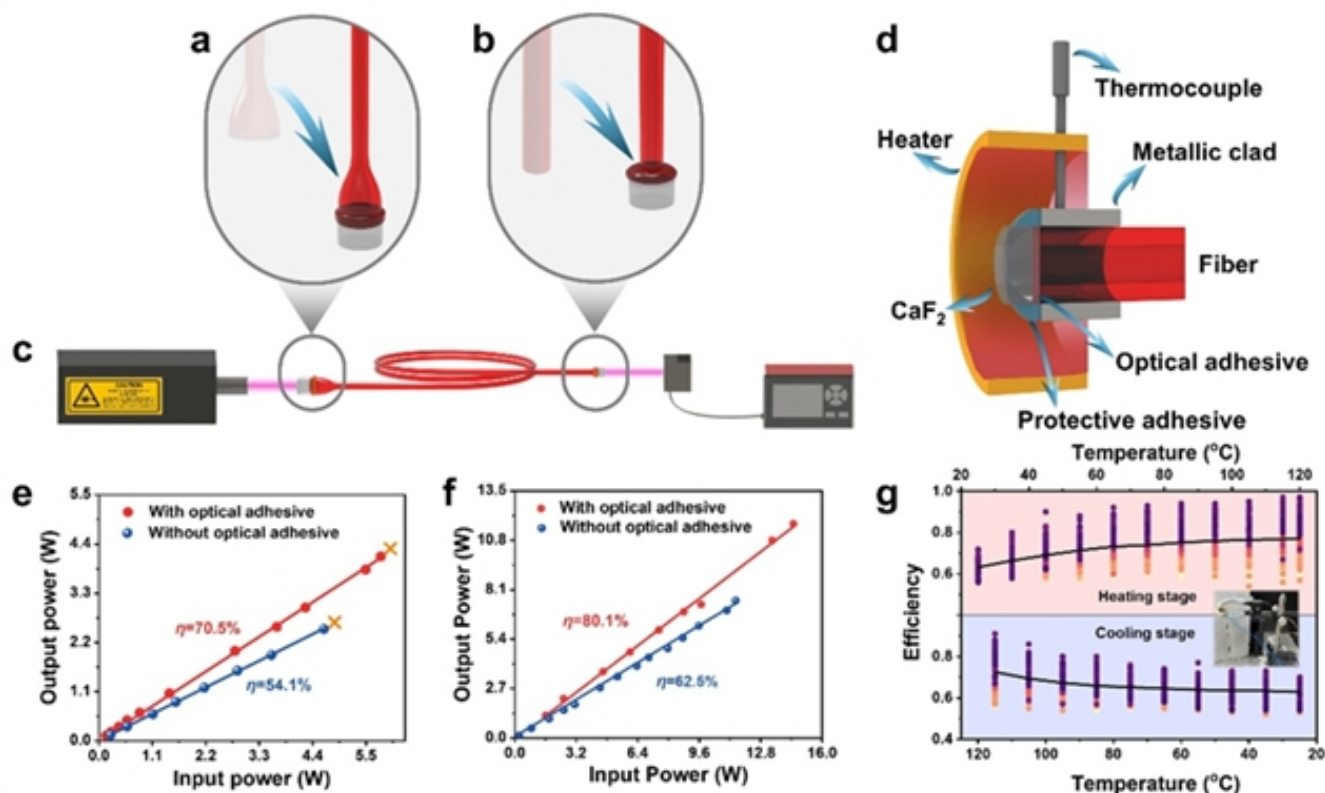


图4：中红外光纤粘合组件的高功率激光传输性能

总结与展望

本研究提出了一种基于液态硫系玻璃的新型无机光学粘接技术，成功突破了高折射率中红外光学元件在高功率条件下的互连瓶颈，为中红外激光传输系统与集成光子器件的封装提供了兼具高效率与高稳定性的解决方案。该技术不仅在宽谱透射、折射率匹配和热机械稳定性方面表现优异，还具备良好的工艺兼容性与工程适用性，能够满足下一代中红外光子系统对低损耗、高功率承载能力的严苛需求。展望未来，这一粘接技术有望在国防安全、医疗诊疗、环境监测等关键领域推动红外光子器件的集成化与实用化进程，为高性能红外光子系统的快速发展提供重要支撑。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-02098-0>

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事宜，请与我们联系。

作者：戴世勋等 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发