

中红外光纤泵浦合束器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/30961.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！

导读

在过去二十年里，环境监测、医疗诊断和全球定位等应用的快速发展加强了对新型中红外光源的研发需求。作为在 $2.5\ \mu\text{m}$ 以上波长运行的高亮度光源，基于光纤的中红外激光器展现出极具前景的发展潜力。然而，将激光产生延伸到中红外波长范围面临重大挑战，主要是由于玻璃基质的高声子能量导致石英光纤中的极高吸收。

为克服这一问题，研究人员不得不转向软玻璃光纤。但由于软玻璃光纤具有高热膨胀系数、低熔点和易碎性，难以采用传统的光纤器件制备工艺。目前，大多数中红外光纤激光器系统仍主要采用体块元件结构，仅将软玻璃光纤作为增益介质使用。

德国莱布尼茨光子技术研究所Maria Chernysheva博士团队最近在在Light: Advanced Manufacturing发表了题为Side-polished silica-fluoride multimode fibre pump combiner for Mid-IR fibre lasers and amplifiers的研究论文。为该领域的一个关键挑战提供了创新解决方案。研究人员开发了一种用于全光纤激光系统的新型混合光纤泵浦合束器概念。

研究人员提出了一种基于侧抛光光纤的无熔接光纤泵浦合束器，在980 nm波长下实现了超过80%的稳定耦合效率。该合束器由多模石英和双包层氟化物基纤维组成，提供了一种简单、可重复且可再现的泵浦合束器设计，为在软玻璃基体和其他具有独特成分的新型光纤中开发光纤组件提供了新的可能性。

泵浦组合器的方案设计

如图1a所示，该泵浦合束器是通过对石英光纤和掺铒ZBLAN ($\text{ZrF}_4\text{-BaF}_2\text{-LaF}_3\text{-AlF}_3\text{-NaF}$) 光纤进行侧面抛光而开发的。

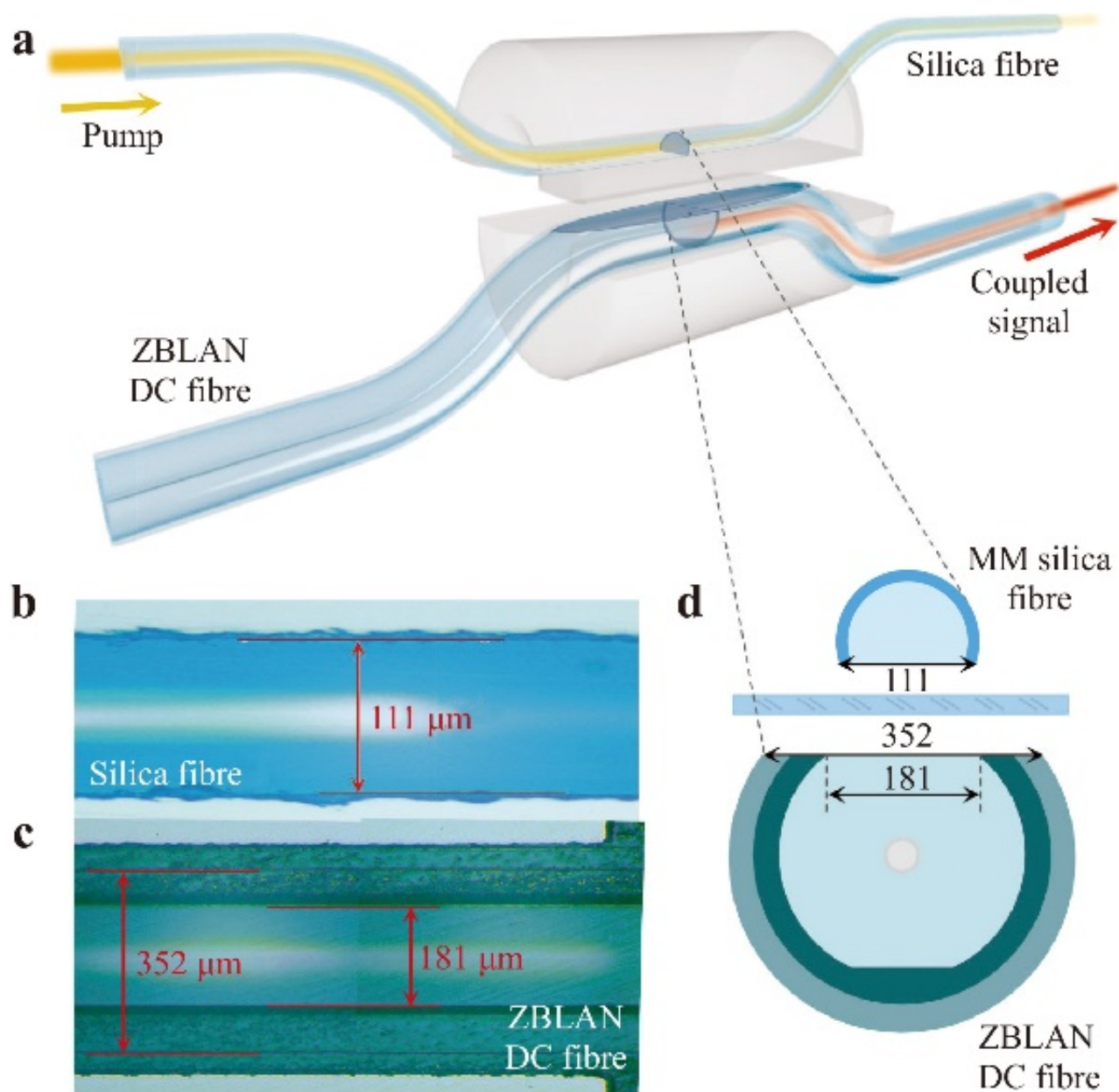


图1：中红外光纤泵浦合束器的方案设计

实验结果表明，表面质量是影响合束效率的决定性因素。在逐步抛光的实验测试过程中，通过对泵浦功率的监测，石英光纤和氟化物光纤的抛光表面宽度分别在 $111\ \mu\text{m}$ 和 $352\ \mu\text{m}$ 时达到最佳条件。图1b和图1c展示了石英光纤和氟化物光纤抛光表面的显微镜图像。如图1d所示，为填补石英光纤与氟化物光纤之间的间隙，通过添加少量的折射率匹配油，恢复氟化物光纤的第二包层，提高从石英光纤到氟化物光纤的泵浦光耦合效率。

泵浦组合器的性能测试

为测试耦合效率，研究人员将 $980\ \text{nm}$ 下最大功率为 $12\ \text{W}$ 的多模激光二极管发出的光射入石英光纤，并在三个光纤输出臂上同时监测输出功率，分别为直通端口（通过石英光纤传输）、交叉端口（耦合到掺铒ZBLAN光纤）和隔离端口（氟化物光纤的后端）。如图2所示为泵浦合适器在不同发射功率下的瞬时耦合效率。在激光二极管稳定运行的可用功率范围内，合束器的耦合效率几乎

恒定为75%。

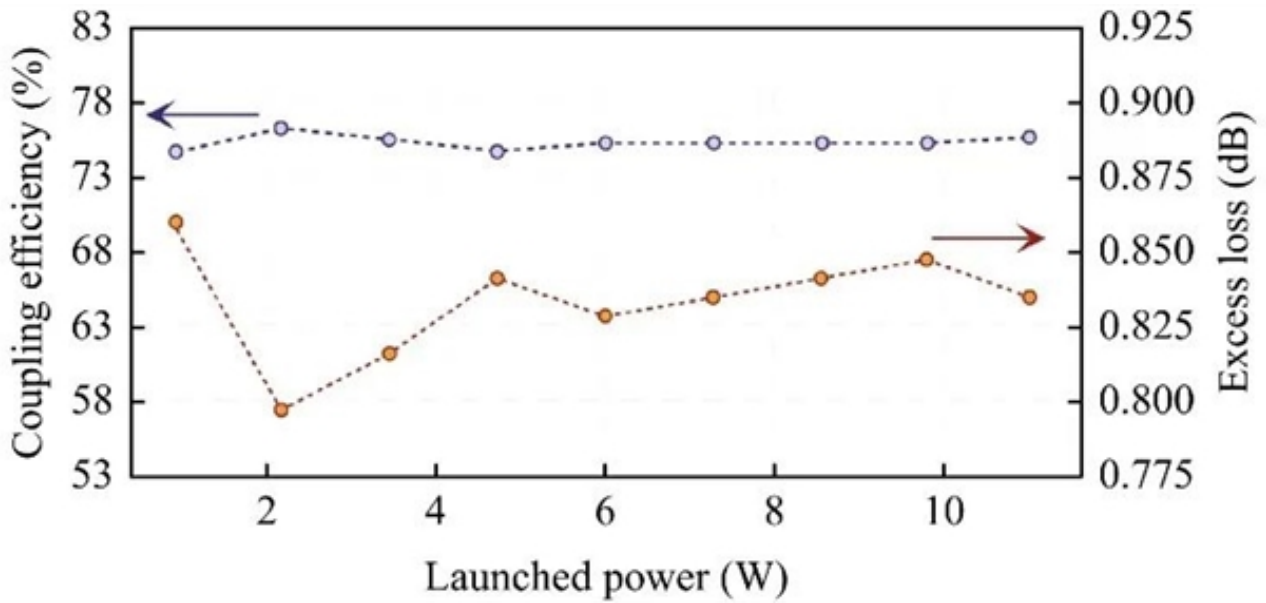


图2：不同功率下光束耦合效率和过量损耗

进一步地，研究人员测试了该泵浦合束器在激光腔中的工作性能。如图3a所示，合束器交叉端口连接到掺铒ZBLAN光纤的一端，有源光纤的另一端与单模阶跃折射率无源ZBLAN光纤连接。激光腔由金反射镜形成，通过FC/PC光纤适配器连接到合束器后部的ZBLAN端口和光纤布拉格光栅（FBG）。如图3b所示，当泵浦功率设定为约2.9 W时，在2.73 μm 波长处的最大输出功率达到100 mW（标记为红色区域），但激光效率仅为3.6%。随着泵浦功率的增加，发射光谱向更长波长偏移。随着泵浦功率增加至近6.5 W，在2.78 μm 波长处的输出功率达到870 mW（标记为绿色区域），相应的效率为15.5%。图3c展示了近红外激光的输出光谱和光纤光栅的透射光谱。

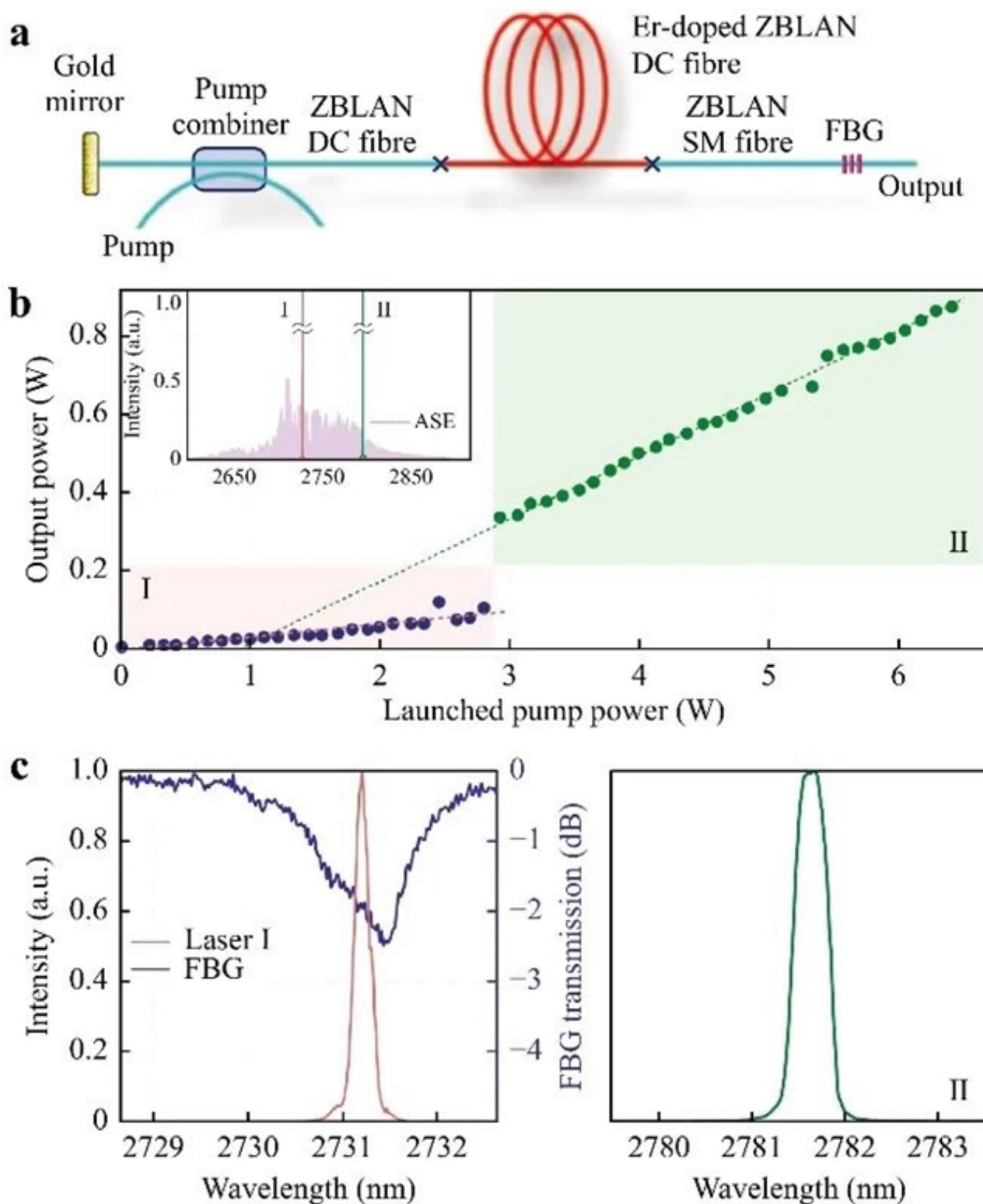


图3：激光系统中的泵浦合束器性能测试

总结与展望

综上所述，研究人员设计了一种新型中红外光纤泵浦合束器，采用一对侧面抛光的D形光纤，在980 nm波长下实现了近80%的耦合效率，总体损耗低于0.65 dB。此外，研究人员还展示了基于该方案的掺铒光纤激光器在约2.8 μm 波长下的性能，其在连续波操作中的平均功率达到870 mW，效率为15.5%。实验结果表明，该泵浦合束器的概念能够成功集成到多种腔体配置中，从而形成全光纤激光器。

值得注意的是，该泵浦合束器仅基于倏逝场耦合原理，相比波分复用器并不受光谱限制。因此，侧面抛光的光纤泵浦合束器可以应用于特定泵浦波长或多个波长的组合。尽管该泵浦合束器在多个泵浦端口的集成能力上存在一定限制，但它有效地解决了兼容石英和氟化物基光纤的主要挑战，有望成为开发低损耗可调氟化物基光学耦合器的重要基础。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2024.039>

作者：Maria Chernysheva 来源：《光：先进制造》

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