
跨尺度光纤-芯片：多维数据传输与处理

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41233.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！

跨尺度光纤-芯片：多维数据传输与处理。 导读

光通信作为高速通信系统的核心技术与信息高速路基石，近年来已从长距离光纤通信延渗透至超短距离芯片级数据传输，但跨越不同尺度（光纤，芯片）的大容量数据传输仍面临巨大挑战。除传输之外，数据处理对于光通信系统中灵活的数据管理同样至关重要。然而，光纤链路中的大容量数据传输与网络节点的低速数据处理之间存在数字鸿沟（容量差距），严重制约了光通信的进一步发展。

近日，华中科技大学王健教授领导的多维光子学实验室（MDPL）团队通过2D/3D异构多模耦合器，实现了少模光纤与硅基多模波导之间的跨尺度大容量桥接。在此基础上，该工作进一步结合包含超过2000个元器件的可重构光分插复用器（ROADM），构建了一个多维光纤-芯片系统，实现了192通道（3种模式、2种偏振态、32个波长）和20 Tbit/s的跨尺度多维数据传输与处理，为下一代光通信中的大容量数据传输与处理提供关键架构。

相关研究成果以 Harnessing diverse hybrid integration for bridging trans-scale multi-dimensional fiber-chip data transmission and processing 为题发表于Light: science applications。

大数据时代下，海量数据的传输与处理既是亟待应对的挑战，也是不容错过的机遇。其中，混合多维复用技术成为突破单模光纤容量危机的关键技术之一，支撑了长距离光纤通信容量的持续扩展。同时，片上多模波导在数据中心互连等超短距离传输中展现出巨大潜力。光通信系统中，光纤网络与多模波导节点工作于不同尺度。传统互连依赖多级中间环节与反复的光电转换，引入高延迟与高功耗。实现长距离光纤与超短距离芯片间的高容量无缝连接是未来光通信的重要愿景（图1a），可消除冗余光电接口，支撑高频交易、云计算等应用。然而，光纤-芯片跨尺度桥接面临重大挑战，主要源于缺乏可扩展的多维光纤-芯片接口，尤其是在空间模式维度上。

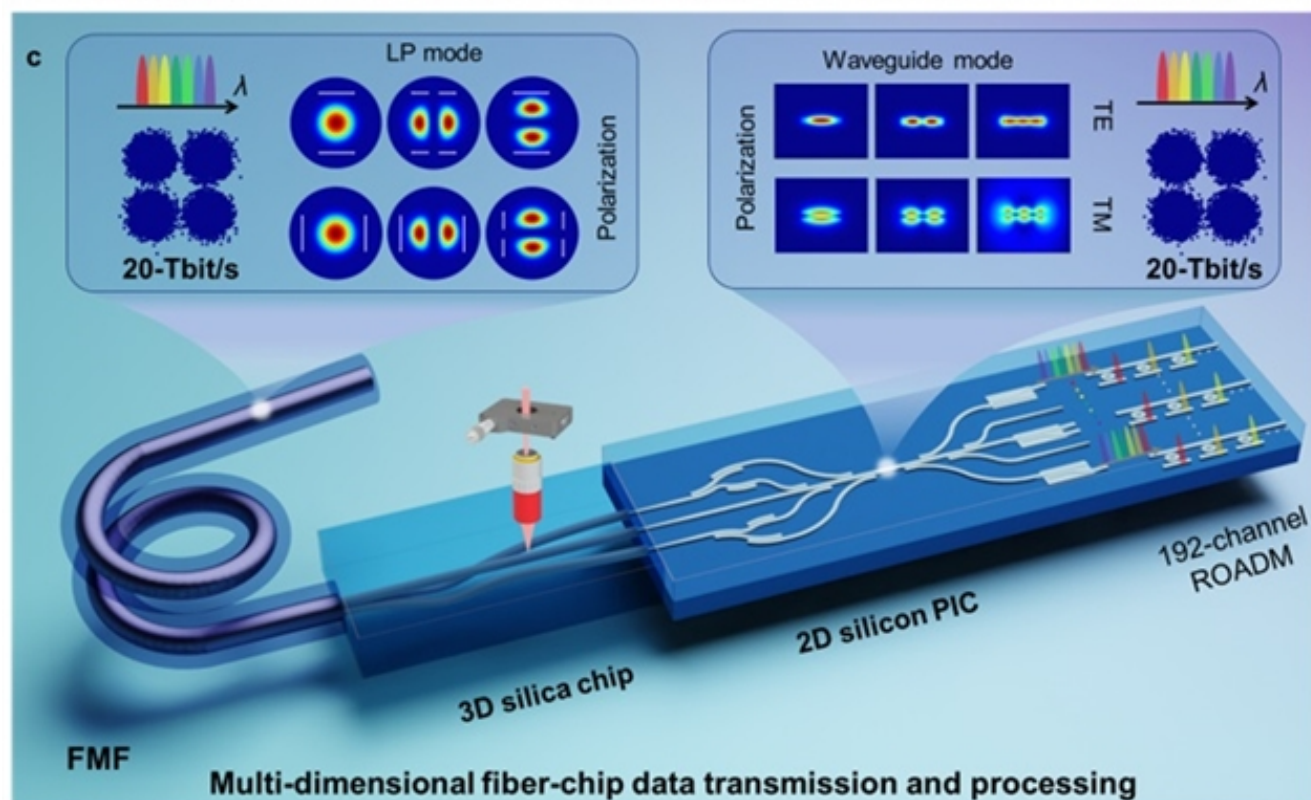
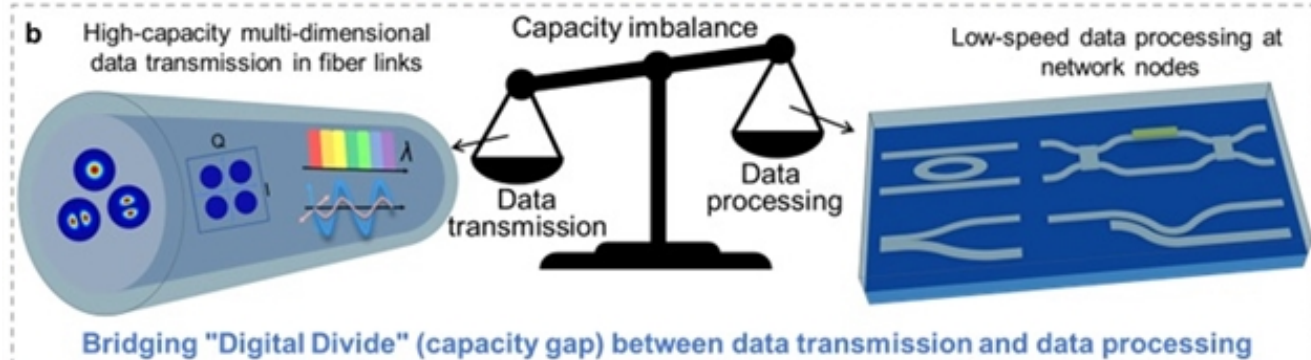
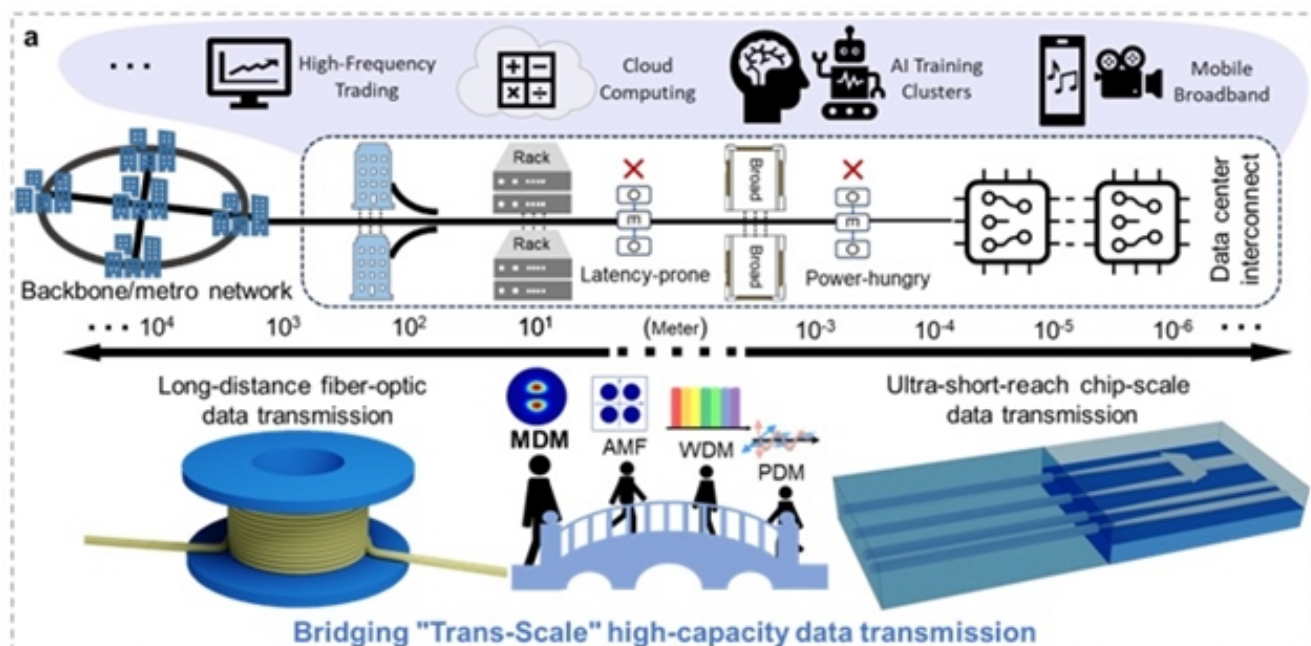


图1：跨尺度大容量数据传输桥接、数据传输和处理间数字鸿沟和多维光纤-芯片传输和处理系统示意图

数据处理同样关键。当前数据处理依赖分立器件，存在高复杂度、高成本等问题。硅基光子学凭借低功耗、高集成度等优势，成为芯片级处理的理想平台。然而，光纤链路的大容量传输与节点低速处理间存在数字鸿沟（图1b），同样缺乏可扩展的接口。传统硅基耦合器在多模匹配上存在性能瓶颈，限制了数据传输和处理系统的容量提升。

为了克服上述两个问题，研究团队采用了基于2D/3D异构集成的多模耦合器作为关键微纳器件。该器件能够实现少模光纤中多个线偏振模式与硅基多模波导中多个波导模式及偏振态的直接耦合与转换。该多模耦合器具备低于5 dB的低插入损耗和低于-16 dB的模式串扰，同时支持宽带操作，可容纳32个波长间隔为100G的通道并行工作（图2e）。此外，结合飞秒激光3D加工能力，该耦合器还可推广应用于多种类型光纤与硅基多模波导间的直接耦合。

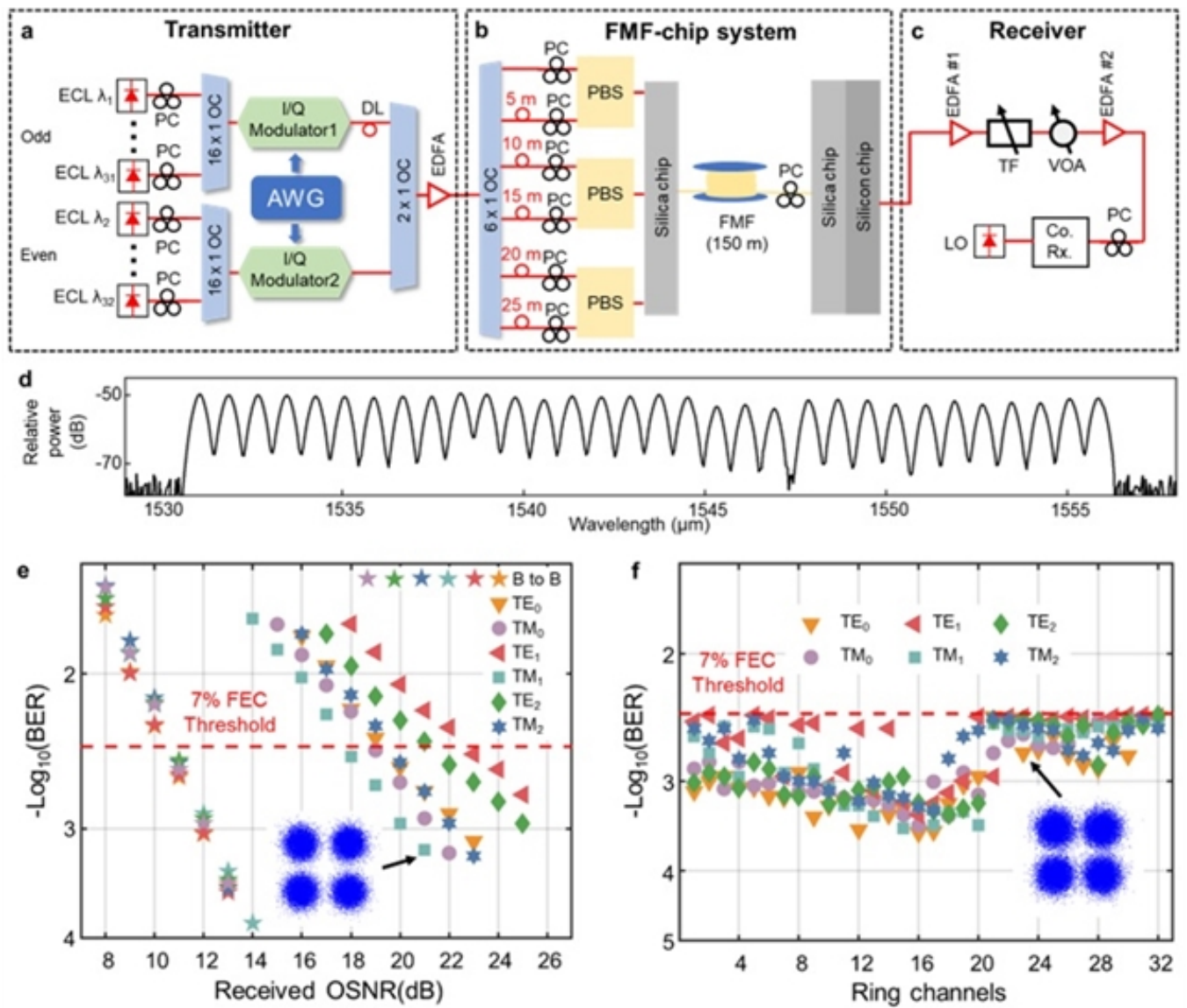


图2：多维光纤-芯片通信

进一步地，研究团队将该耦合器与超大规模硅基ROADM相结合，构建了一套多维光纤—芯片传输处理系统，系统架构如图2a–c所示。在加载56 GBaud QPSK信号条件下，该系统在192路模式\偏振\波长通道上的误码率均低于7%的前向纠错（FEC）阈值，系统总容量达到20 Tbit/s。

总结与展望

总之，该工作实现了两大关键环节的桥接：

一是长距离光纤与超短距离芯片之间的跨尺度大容量数据传输，

二是光纤链路大容量数据传输与网络节点低速数据处理之间存在的数字鸿沟。

其核心器件是2D/3D异构集成多模耦合器，该耦合器有效解决了少模光纤中线偏振模式与波导模式之间显著的模式失配问题，从而实现了少模光纤与硅基多模波导之间的跨尺度数据传输。在此基础上，研究团队结合大规模硅基可重构光分插复用器，构建了一套大容量多通道少模光纤芯片系统，旨在实现跨尺度、多维度的数据传输与处理。值得强调的是，该大规模硅基可重构光分插复用器集成了超过2000个元件，能够灵活处理192个通道的模式、偏振与波长信号。最终，该多维传输和处理系统实现了大于20 Tbit/s的系统容量，为下一代光通信中的大容量数据传输与处理系统提供了一种新型架构。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-026-02194-9>

作者：王健等 来源：《光：科学与应用》

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

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