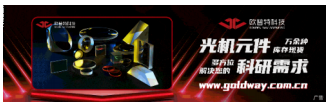
OEA丨给芯片上的光“疏堵分流”：人工规范场实现宽带精准耦合调控

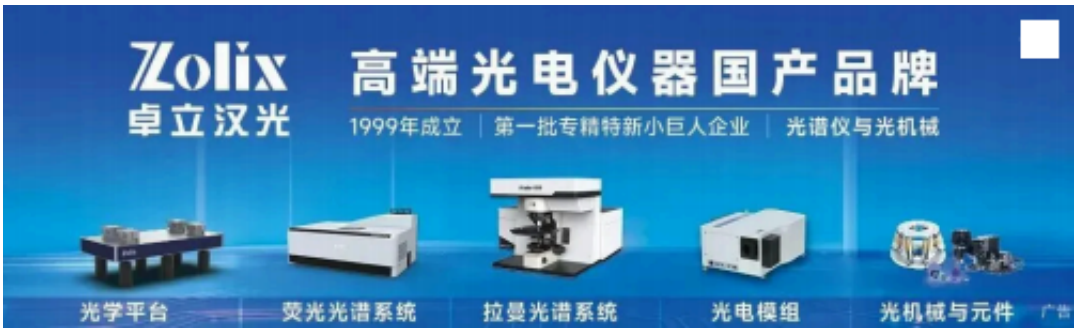
作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43168.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！

OEA丨给芯片上的光“疏堵分流”：人工规范场实现宽带精准耦合调控。





Opto-Electronic Advances论文推荐上海科技大学信息科学与技术学院邹毅教授团队联合哈尔滨工业大学（深圳）的徐小川教授团队和南京大学现代工程与应用学院的徐挺教授团队共同提出一种基于人工规范场（artificial gauge field, AGF） 的片上耦合调控方法，实现了宽带、低串扰的超密集波导阵列以及无色散、任意比例的片上功率分束器。

爱科学
iikx.com

OEA | Opto-Electronic Advances

Article

October 2026, Vol. 9, No. 10

Open Access

Dispersionless coupling control enabled by artificial gauge fields for dense waveguide arrays and arbitrary-ratio power splitters

Ting Li[1], Hong Zhang[1], Yuhan Sun[1], Xiaochuan Xu[2]*, Ting Xu[3]* and Yi Zou[1]*

Abstract: Evanescent coupling is central to integrated photonics, enabling essential functions such as power splitting, routing, and beamforming, yet it also fundamentally limits photonic integration density through crosstalk and strong wavelength dispersion. Achieving broadband suppression and control of coupling in densely packed waveguide arrays remains a long-standing challenge. Here, we present an artificial gauge field (AGF)-based strategy that enables both wavelength-insensitive coupling suppression and dispersionless, arbitrary-ratio power splitting on a silicon-on-insulator platform. By jointly engineering waveguide trajectory modulation and propagation-constant mismatches introduced through non-uniform waveguide widths, we realize a half-wavelength-pitched dense waveguide array with a center-to-center spacing of 750 nm, far below conventional coupling-limited separations. The resulting array exhibits broadband crosstalk suppression below −20 dB over a 100-nm wavelength range (1500–1600 nm) with negligible excess loss. In parallel, we demonstrate AGF-enabled directional couplers with colorless and programmable splitting ratios, achieving wavelength-independent power division across the same bandwidth. Leveraging these near-dispersionless couplers, we construct a broadband Gaussian-weighted waveguide array and experimentally realize a two-dimensional optical phased array with a field of view of 120° × 14.5° and sidelobe levels below −17 dB. Our work establishes a scalable framework for broadband coupling control in ultra-dense photonic circuits, opening new opportunities for compact optical phased arrays, photonic delay lines, and high-capacity space-division multiplexing systems.

Keywords: artificial gauge fields; waveguide; integrated photonics

DOI: 10.29026/oea.2026.260026 | CSTR: 32247.14.oea.2026.260026

Citation: Li T, Zhang H, Sun YH et al. Dispersionless coupling control enabled by artificial gauge fields for dense waveguide arrays and arbitrary-ratio power splitters. *Opto-Electron Adv* **9**, 260026 (2026).

[1]School of Information Science and Technology, ShanghaiTech University, Shanghai 201210, China; [2]State Key Laboratory on Tunable Laser Technology, Harbin Institute of Technology, Xili University Town, Harbin Institute of Technology campus, Shenzhen 518055, China; [3]National Laboratory of Solid-State Microstructures, College of Engineering and Applied Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China.

*Correspondence: XC Xu, E-mail: xuxiaochuan@hit.edu.cn; T Xu, E-mail: xuting@nju.edu.cn;
Y Zou, E-mail: zouyi@shanghaitech.edu.cn

文章 Li T, Zhang H, Sun YH et al. Dispersionless coupling control enabled by artificial gauge fields for dense waveguide arrays and arbitrary-ratio power splitters. Opto-Electron A dv 9, 260026 (2026).

作者：李挺，张洪，孙雨汉，徐小川*，徐挺*，邹毅*

*通信作者

研究背景

集成光子芯片通过在微纳尺度上操控光的传播、耦合与干涉，可实现高速通信、光束扫描、光计算、传感探测等多种功能，是下一代信息技术的重要硬件基础。其中，波导之间的倏逝场耦合是片上分束、路由和相控阵波束控制等功能的核心机制。然而，在高密度光子集成中，波导间距减

小时会产生显著串扰；同时，传统倏逝耦合还具有较强的波长色散，导致器件工作带宽受限。这些问题长期制约着超密集光子芯片、宽带光束扫描器件和高容量空间复用系统的发展。

本文亮点

针对这一问题， 上海科技大学信息科学与技术学院邹毅教授团队联合哈尔滨工业大学（深圳）的徐小川教授团队和南京大学现代工程与应用学院的徐挺教授团队共同提出一种基于人工规范场（artificial gauge field, AGF） 的片上耦合调控方法
，实现了宽带、低串扰的超密集波导阵列以及无色散 、 任意比例的片上功率分束器 。
相关研究成果以Dispersionless coupling control enabled by artificial gauge fields for dense waveguide arrays and arbitrary-ratio power splitters 为 题 发 表 于 Opto - Electronic Advances 2026 年第 10 期。

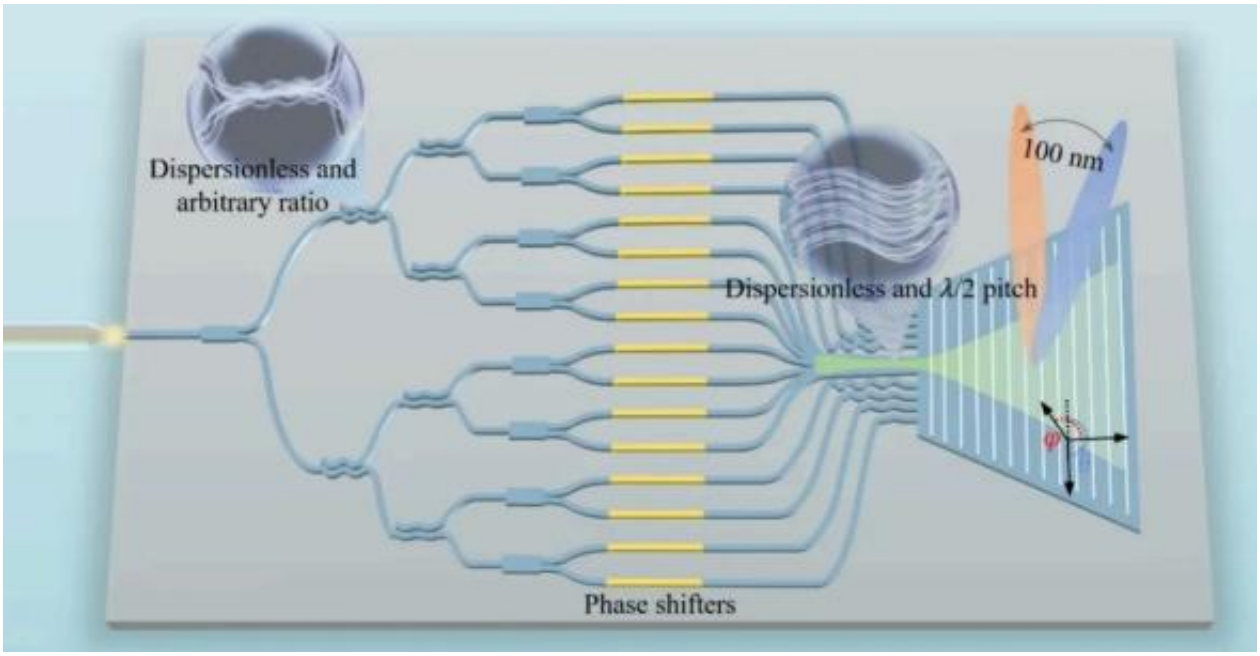


图1基于人工规范场赋能宽带超密集波导阵列与任意分光比功率分束器的大视场、高旁瓣抑制比光学相控阵示意图

在这项研究中， 团队在硅基绝缘体平台上设计并制备了中心间距仅为 750 nm
的超密集波导阵列。该间距约为通信波段光波长的一半
，远小于传统波导阵列中受串扰限制的典型间距 。实验结果表明， 该波导阵列在 1500 ~ 1600 nm 的 100 nm 宽带范围内均可实现低于 – 20 dB 的串扰抑制， 同时几乎不引入额外传输损耗
，为高密度片上光互连、紧凑延迟线和宽视场光学相控阵提供了新的设计思路。

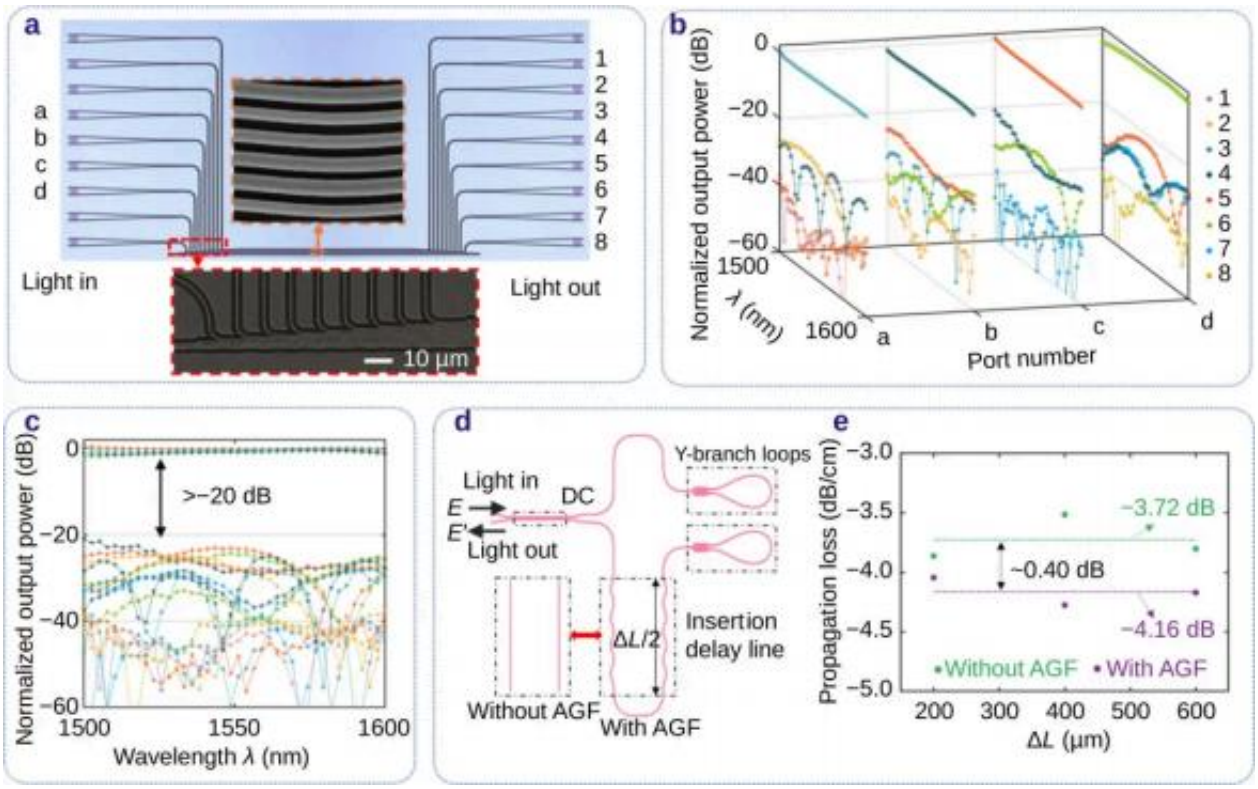


图2半波长间距超密集波导阵列及其宽带串扰抑制结果

除抑制非期望耦合外，研究团队还进一步利用人工规范场实现对片上耦合的主动设计。通过调节波导轨迹调制幅度和耦合长度，团队构建了近无色散的定向耦合器，可在宽波段范围内保持稳定的功率分束比例。实验中，研究人员实现了 60:40 和 70:30 等任意比例分束器，并在1500 ~ 1600 nm 范围内验证了其良好的波长无关性。该结果表明，人工规范场不仅可以用于抑制耦合，还可以用于精确设计和补偿传统耦合器的色散特性，使宽带光信号在芯片上按照设计好的方式进行分配和传输。

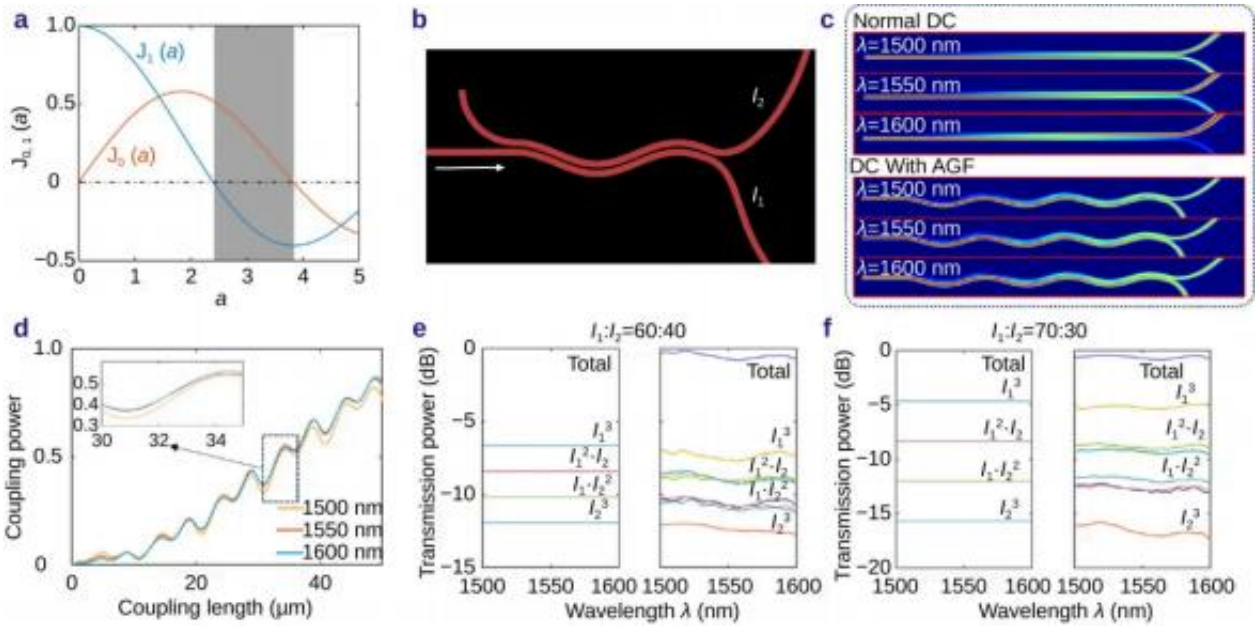


图3人工规范场辅助的无色散任意比例功率分束器

基于上述技术，团队进一步展示了其在二维光学相控阵中的应用。光学相控阵可以通过芯片控制光束方向，类似于一个没有机械转动部件的光束扫描器，在激光雷达、三维成像、自动驾驶和空间通信等领域具有重要应用前景。通过级联近无色散分束器，研究

人员在 32 通道阵列中实现了宽带高斯加权光强分布，从而有效降低远场旁瓣。实验结果显示，该二维光学相控阵实现了120 ° × 14.5 ° 的视场范围，并在主波束方向附近获得低于 – 17 dB 的旁瓣水平。该结果验证了人工规范场耦合调控方法在宽视场、低旁瓣片上光束扫描中的应用潜力。

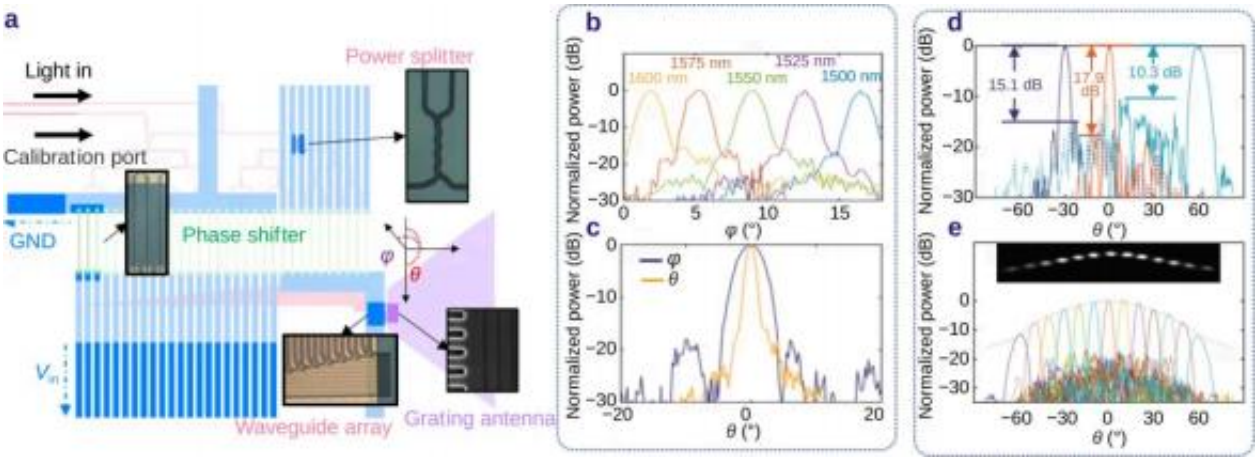


图4基于超密集波导阵列和无色散分束网络的二维光学相控阵

该研究提出了一种面向高密度光子芯片的新型耦合调控方案。通过人工规范场和波导结构的联合设计，可以同时实现低串扰、高密度集成、宽带工作和灵活分光，为未来更小型、更高性能的光子芯片提供了新的技术路径。

上海科技大学是该工作的第一完成单位。信息科学与技术学院博士生李挺为论文第一作者。上海科技大学信息学院邹毅教授、哈尔滨工业大学徐小川教授和南京大学徐挺教授为论文共同通讯作者。该研究得到了上海科技大学材料器件中心、电子学科平台以及相关科研项目的支持。

研究团队简介

上海科技大学信息学院邹毅教授团队（光电芯片实验室）面向高性能、低功耗、高集成度光电融合信息系统，主要开展集成光子芯片与光子集成回路研究，重点方向包括高密度片上光互连、可编程与拓扑光子集成回路、光计算与光谱分析、光传感，以及低温电光/声光器件等，形成了从新物理机制—新型结构—高性能器件—系统验证—应用拓展的完整研究体系。近年来在 Nature Communications、Opto-Electronic Advances、Physical Review Letters、Laser Photonics Reviews、Applied Physics Reviews、Nano Letters、Advanced Functional Materials 等国际期刊发表论文 90 余篇、国际会议论文 60 余篇。团队承担基金委、上海市重大专项、中国科学院先导专项及省部级重点研发项目，并与国内外高校、科研院所开展广泛合作。



长按识别此二维码，直达全文
来源：光电期刊

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转发