X切薄膜铌酸锂光集成平台上的无各向异性阵列波导光栅（AWG）

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/29100.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！

X切薄膜铌酸锂光集成平台上的无各向异性阵列波导光栅（AWG）。 研究背景

近几年来，X切薄膜铌酸锂（X-cut TFLN）光子集成平台，引起了工业界和学术界的广泛关注。它综合了铌酸锂材料的高速、高效电光响应，高非线性光学系数以及高折射率差的波导结构，能够大幅提升光与铌酸锂材料的相互作用效应，可实现具有超高带宽、超小尺寸、超高效率的电光调制器和非线性光学器件。进一步地，通过集成各种无源器件可构建高性能多功能光电芯片。

然而，与其他常见的光子集成平台（硅、氮化硅等）不同的是，铌酸锂材料本身具有明显的各项异性光学性质，导致X切薄膜铌酸锂平台的无源光子器件设计极具挑战。即使是单条直波导，其模场传输特性都与传统材料波导存在很大差异。如何在X切薄膜铌酸锂平台上，实现高性能无源光子器件尚未引起普遍关注，但一直是个难以解决的难题。

阵列波导光栅（AWG）是一个具有滤波功能的极具代表性的无源器件，具有多通道及可扩展性等特点，被广泛应用于波分复用系统、光谱传感等领域。同时，它也是结构最复杂、设计难度最大的一种单元光无源器件。阵列波导光栅器件的性能，依赖于其阵列波导的相位、耦合等的精确设计和误差控制。目前，尚未有在X切薄膜铌酸锂平台上的高性能阵列波导光栅实验报道。浙江大学光电学院刘柳副教授课题组联合华南师范大学和香港理工大学团队以"Anisotropy-free arrayed waveguide gratings on X-cut thin film lithium niobate platform of in-plane anisotropy"为题发表在期刊《Light: Science Applications》。

创新研究

鉴于此，研究人员采用了一种巧妙的设计方法，规避了各向异性的影响。其设计阵列波导光栅的基本结构如图1(a)所示，由两个星型耦合器和不同长度的波导阵列组成，位于铌酸锂Z晶轴和Y晶轴构成的平面上（X切）。研究者针对该平面上波导模式折射率进行了分析，发现他们虽然具有较为明显的各向异性，但模式折射率与波导方向能较好的满足平方三角函数关系。在此基础上，研究者将阵列波导光栅以45°轴线为对称轴进行放置，如图1(c)所示。通过对阵列波导相位进行曲线积分，可以发现对称轴两边中的方向项相互抵消。即在这种特殊的放置方式下，各向异性的X-cut薄膜铌酸锂平台上能实现无各向异性的阵列波导光栅设计。并且，该设计方法不仅仅可以应用于阵列波导光栅，还可以应用于其他干涉型器件，来消除各向异性的影响，具有一定的通用性。

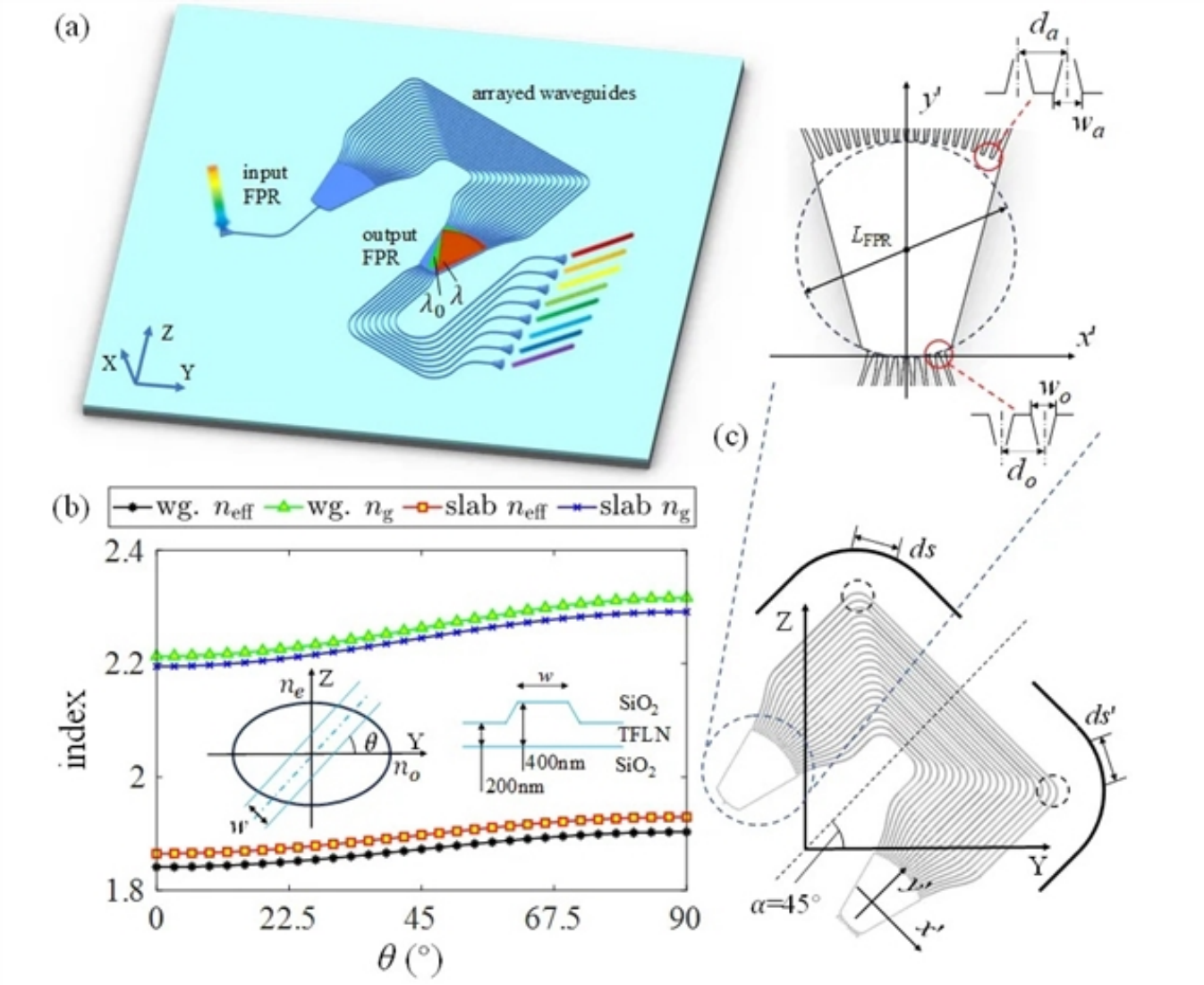


图1、（a）阵列波导光栅示意图。（b）X切薄膜铌酸锂平台上不同方向下的脊形（平板）波导的有效（群）折射率。（c）沿45°轴对称的阵列波导光栅。

图2展示了研究者基于此方法制备的阵列波导光栅的实验结果。图2(a)为制备的4×400GHz阵列波导光栅显微镜图以及部分结构的SEM图。图2(b)为图2(a)对应的四通道光谱响应，其最小插损为2.4dB，最佳串扰为-24.1dB。图2(c)为制备的另一款8×200GHz的八通道光谱响应，其最小插损为4.8dB，最佳串扰为-22.8dB。

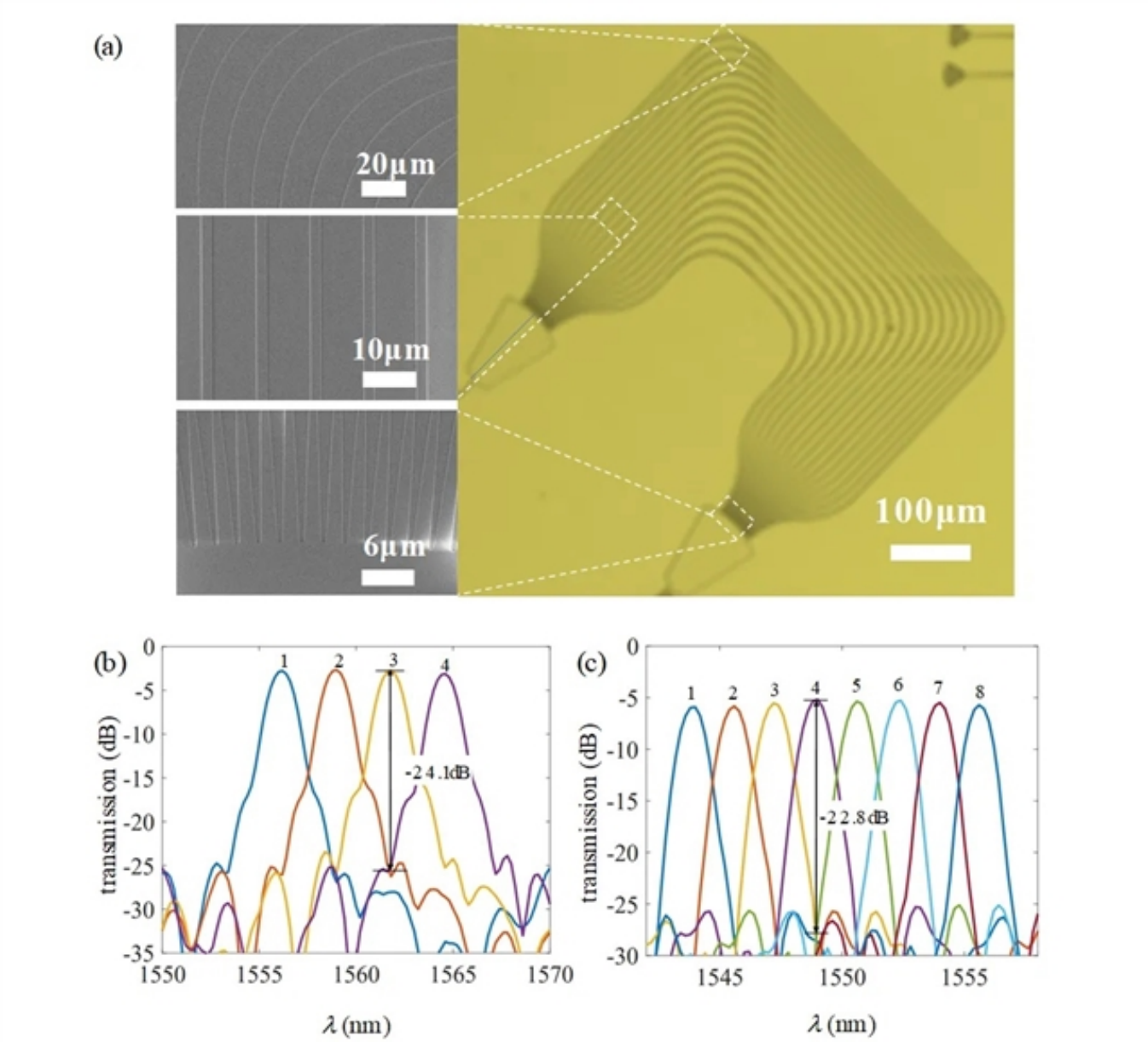


图2、（a）4×400GHz阵列波导光栅显微镜图以及部分结构扫描电镜图。（b）对应的四通道光谱响应。（c）8×200GHz阵列波导光栅的八通道光谱响应。

除此之外，为了进一步验证8×200GHz阵列波导光栅的实际应用，研究者还搭建了基于薄膜铌酸锂调制器和阵列波导光栅组成的波分复用光互连系统，如图3(a)所示。测试中间通道传输和三路复用中间通道传输时的眼图如图3(b)，以及这两种情况下的不同接受光功率时的误码率以及信噪比如图3(c)以及(d)。在3.8×10-3误码率下的功率代价约为0.8dB。

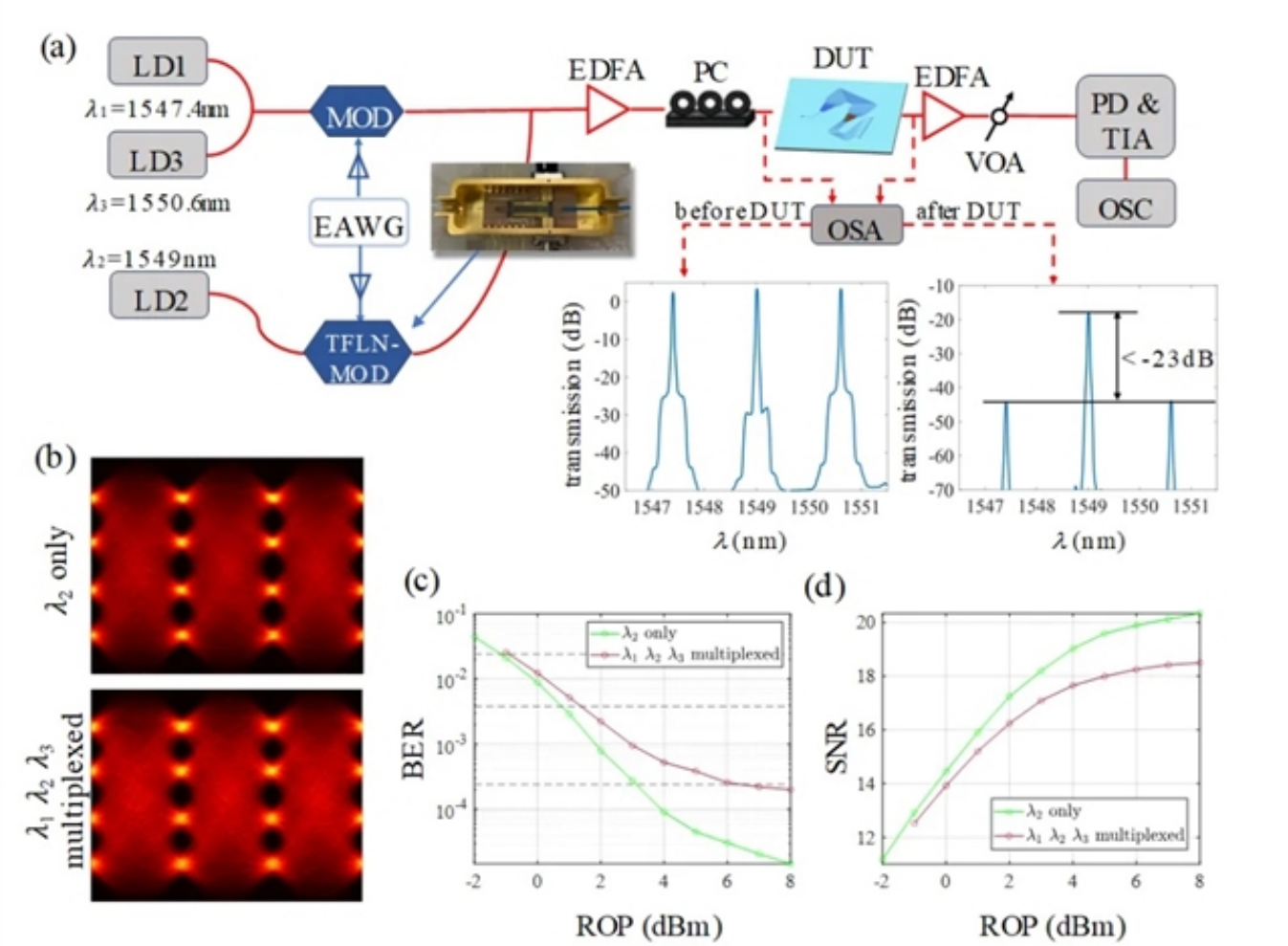


图3、（a）薄膜铌酸锂调制器和阵列波导光栅组成的波分复用光互连系统。在开启或关闭左右两相邻通道情况下中间通道的（b）眼图，以及在不同接收光功率下的（c）误码率以及（d）信噪比。

总结与展望

该研究开发的基于X-cut薄膜铌酸锂阵列波导弥补了这一领域的空白，并且在插损和串扰等性能实现了很大突破，在波分复用系统中的应用展现了独特的优势和潜力。在未来的工作中，研究团队将围绕器件的无源性能展开更多的优化工作，譬如增多通道数量，减小通道间隔等等。同时结合铌酸锂优异的电光性能，展开更多有源应用，进一步推动铌酸锂光子集成器件商用化。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01506-1

作者：刘柳等 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转发