偏振控制手性传输

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/33495.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

手性传输不仅在基础研究中具有重要意义，而且在光通信和传感等领域也具有广阔前景。然而，目前的片上手性传输器件是静态不可调的，这限制了它们的实际应用。为了克服这一限制，华中科技大学王健教授/陈林教授团队提出一种偏振控制手性传输的方法，实验证明了不同的偏振可以产生可控的模式输出。该成果发表在国际顶尖光学期刊《Light: Science Applications》，题为Polarization-Controlled Chiral Transport。硕士生朱航为论文第一作者，陈林教授为论文的通讯作者。

研究背景

在遵循宇称-时间对称的非厄米系统中，本征值与本征态在奇异点（Exceptional Points，EPs）处同时简并。当在哈密顿参数空间中本征值构成的黎曼面上动态环绕EP时，由于黎曼面的特殊拓扑性质，系统的输出状态只取决于环绕方向，而与输入状态无关，这一现象即为手性传输。将哈密顿量参数映射到光学结构（如光波导）参数中，可在光学平台中观察到手性传输现象。该现象在光通信和传感等领域有很大的应用前景，比如量子计算、非对称光开关、偏振控制器、光隔离器等。然而，此前报道的手性传输器件是静态不可调的，每个输出端口都将锁定为特定模式，而与输入光的模式和偏振无关，这限制了器件的可重构能力和传输容量。

创新研究

该研究通过分析L型波导中TE和TM偏振的折射率变化，发现不同偏振的折射率对L型波导顶部和底部宽度变化的敏感性不同：当顶部宽度（Wa）变化时，TM偏振折射率变化更加敏感；当底部宽度（Wb）变化时，TE偏振折射率变化更加敏感。因此，通过改变顶部和底部宽度，可以使TE和TM偏振的有效折射率呈现相反方向变化。在这种情况下，将L形波导和宽度不变的矩形波导组合形成双耦合波导，可以使TE和TM偏振的失谐（两个波导的传播常数之差）沿相反方向变化，从而产生偏振控制的手性传输（图1）。

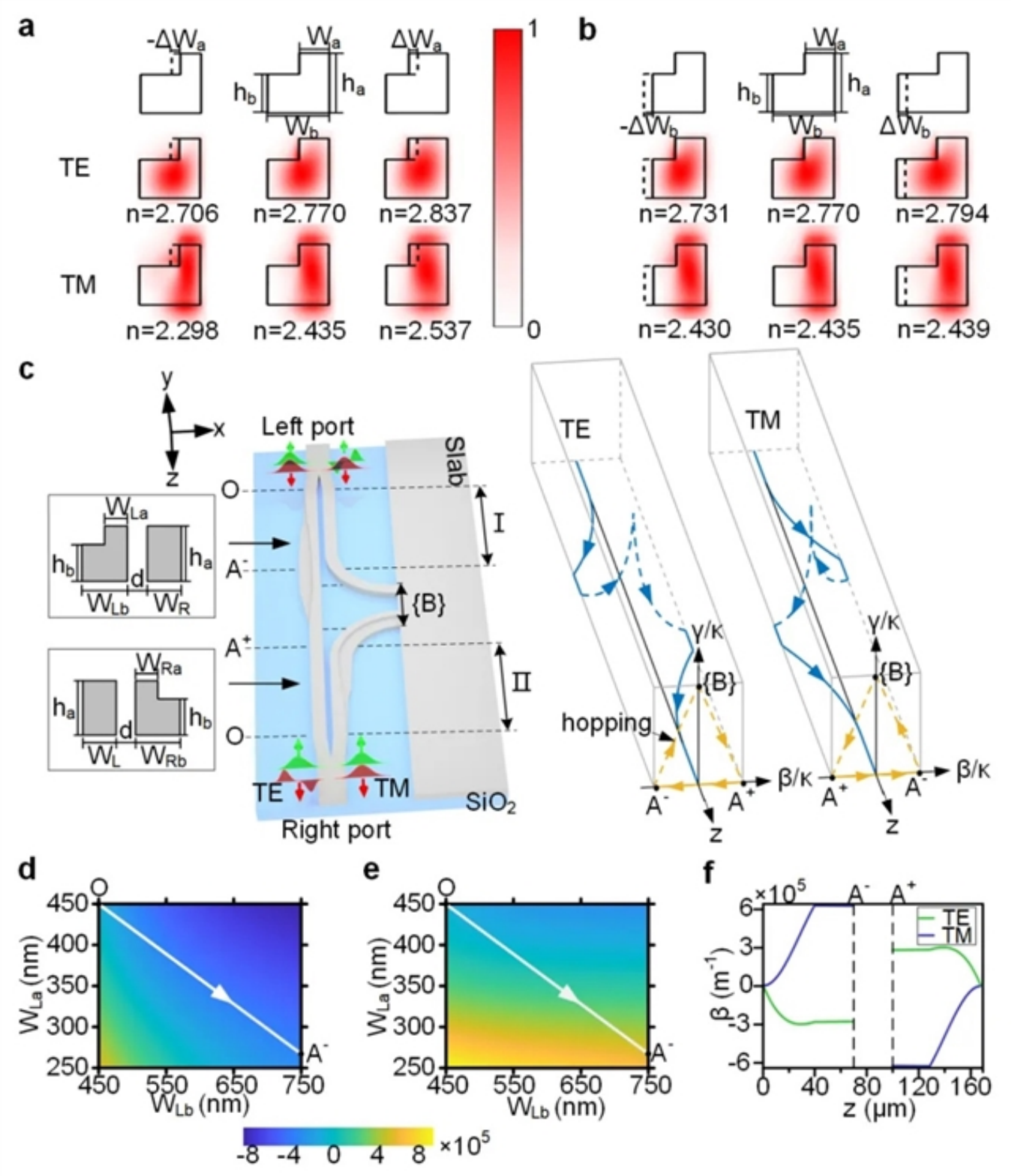


图1. 实现偏振控制手性传输的双耦合波导。（a, b）L型波导中TE和TM偏振的模场和折射率变化；（c）用于演示偏振控制手性输运的双耦合波导；（d-e）TE（d）和TM（e）的失谐与L型波导宽度变化的关系；（f）失谐与传播距离z的关系。

将双耦合波导系统的结构参数与哈密顿参数相对应，可以构建出系统对应的黎曼面以及不同偏振

在黎曼面上的参数演化轨迹（图2）。当光从左往右（从右往左）传输时，TE偏振的参数将在黎曼面上沿顺时针（逆时针）方向演化，而TM偏振的参数将在黎曼面上沿逆时针（顺时针）方向演化。这一结果表明输出不仅取决于光的传输方向，还与输入光的偏振有关。

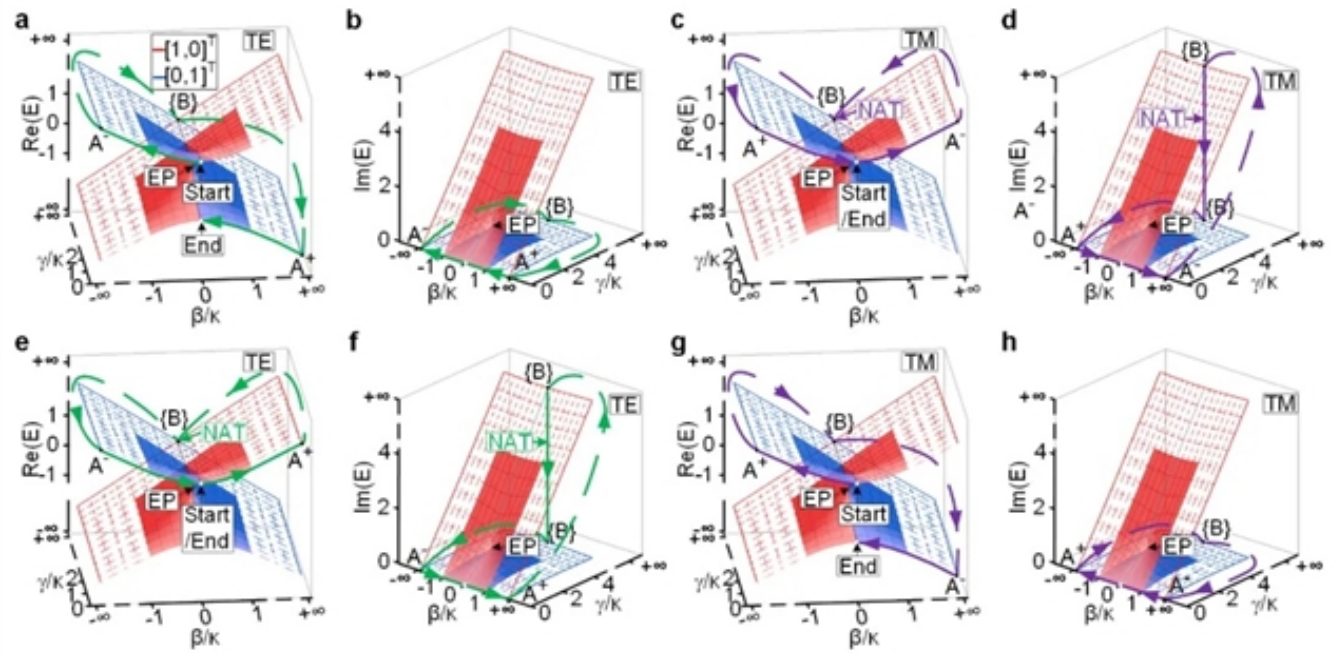


图2. 黎曼面上的状态演化。（a-d）对称模式从左端输入；（e-h）对称模式从右端输入。

除了利用理论解释偏振控制手性传输现象外，还通过仿真和实验进行证明。将构建的双耦合波导结构在硅基芯片上进行制造加工，并对其进行表征和实验测试，得到TE和TM偏振的透过率曲线图（图3）。仿真和实验结果均表明器件在一定的带宽范围内具有良好的工作效果，并证明了偏振控制手性传输这一现象。

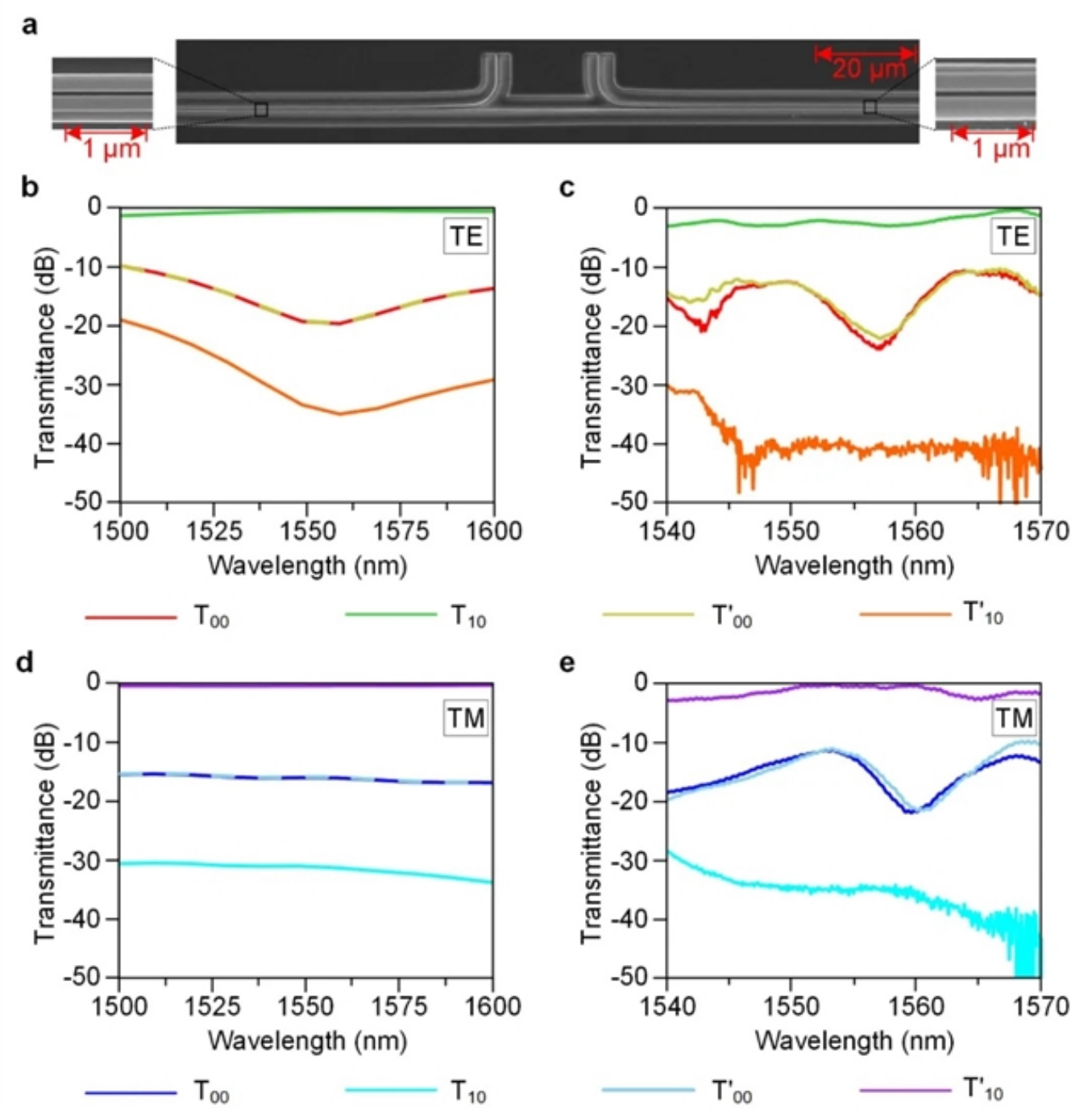


图3. 实验证实。（a）手性传输器件的SEM图；（b, c）TE0输入时的仿真（b）和实验（c）的透过率结果；（d, e）TM0输入时的仿真（d）和实验（e）的透过率结果。

总结与展望

本研究通过控制TE和TM偏振的哈密顿量参数在EP周围沿相反方向演化，可以实现偏振控制的手性传输。与此前静态不可调的手性传输器件相比，本研究报道的器件具有偏振可重构功能。从应用角度来看，这种新型器件可以作为高性能光通信和光计算网络的路由单元，有效提高光信息传输容量并提供一种可重构的片上传输方案。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-025-01762-9

作者：陈林等 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