

光纤端面集成超构表面电光调制器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25004.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！

光纤端面集成超构表面电光调制器。电光调制器是光通信领域的核心器件之一。通过施加外部电信号，改变光波的振幅、相位、偏振乃至频率，从而将外部调制信号加载到光波上，实现电光信号的转换。传统片上集成的电光调制器在接入光通信网络或者在光通信网络协同工作时，往往因为片上光波导与光纤的模场匹配较难，而存在较大的耦合损耗。尽管通过较为先进的耦合工艺，例如端面耦合以及光栅耦合能够降低耦合损耗，但仍存在集成率低和工作带宽窄的局限。此外，现有的耦合方式还需要极其精准的对准操作和封装工艺，极大地增加了片上电光调制器的成本。

为了规避额外的耦合要求，降低耦合带来的损耗，同时拓宽超构光纤（名词解释>>>）在电光器件领域的应用，西湖大学仇旻科研团队联合杭州电子科技大学王纪永科研团队，开发了一种直接在商用单模光纤跳线（名词解释>>>）端面上集成电光调制器的加工方法（图1）。该超构光纤电光调制器能够稳定地工作在O、S两个波段，并且最高调制速率达到1 GHz，相关研究成果以Plasmonic metafibers electro-optic modulators为题发表在《Light: Science Applications》。

研究亮点

如图1所示，合作团队开发了在单模光纤跳线端面集成微纳功能结构的加工工艺：聚焦离子束刻蚀（FIB），旋涂、物理蒸镀等。利用这套工艺，能够以较高的稳定性和精确度实现超表面和电光聚合物的精准集成。与仅包含纤芯和包层的裸光纤（直径仅为125 um）相比，光纤跳线提供了更大的操作平面（直径约为1800 um），使得多层、多材料的微纳集成更易实现。

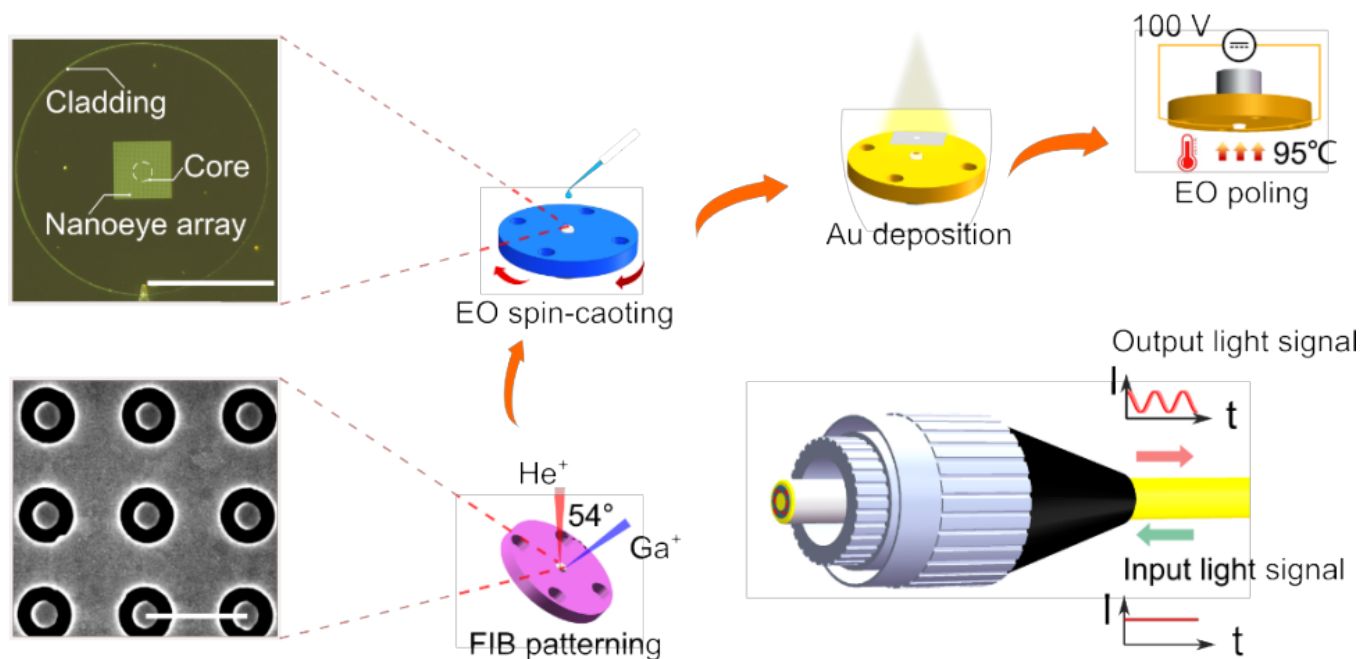


图1. 使用标准微纳加工工艺在光纤端面集成电光调制器的加工流程图。左上方的插图是光纤端面旋涂电光聚合物之后的光学显微图像，左下方的插图是利用聚焦离子束刻蚀在光纤端面加工的等离激元超表面，比例尺分别为 $62.5 \mu\text{m}$ 和 825 nm 。

此外，研究者对超表面-电光聚合物复合结构的谐振模式进行了理论设计和系统分析，如图2所示。在第一个阶段时（仅有底层超表面），反射光谱中只存在光学模式1和2，它们源自纳米圆盘和纳米孔各自偶极子模式的成键和反成键杂化。在旋涂电光聚合物后（第二阶段），在短波长方向出现了一个新的光学模式3：共振导波模式。当进入到第三加工阶段时（蒸镀上层金膜），又出现了一个新的光学模式4：法布里-珀罗谐振腔模式，如图2(a, b, c)所示。此外，他们发现，通过合理的设计超表面的周期和电光聚合物的厚度，能够在O波段和S波段激发两个谐振峰，并且具有较高的可重复性。这两个谐振峰的激发为可调双波段调制提供了设计思路。

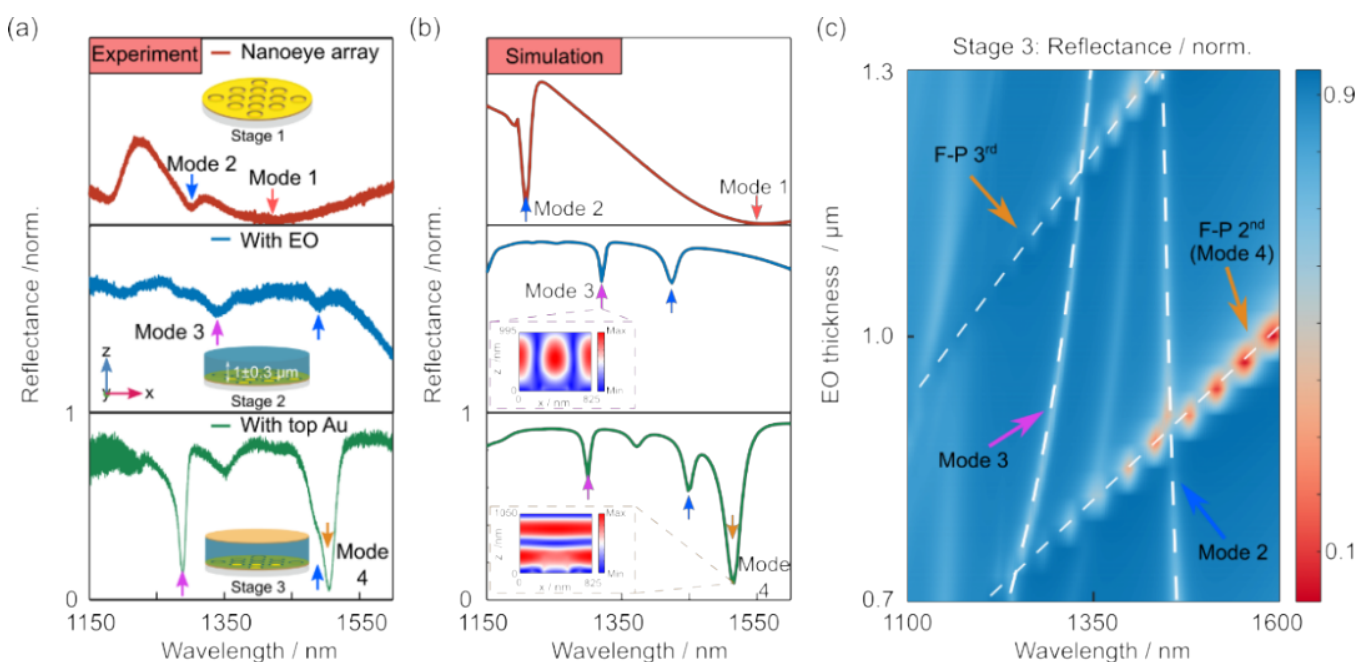


图2. 等离子激元超构光纤的光学模式分析。(a-b)

光学模式在各加工阶段发生的演化，其中(a)是实验结果，(b)是仿真结果。(c) 在第三个加工阶段，模式2、3以及法布里-珀罗模式随着电光聚合物厚度的改变而产生的模式演变。

进而，研究者们针对等离子激元超构光纤的调制特性做了系统表征，如图3所示。测试结果表明，当施加 ± 100 V直流偏压时，器件呈现出3 nm的光谱偏移和11 %的调制深度，并且当 V_{pp} 为18 V时，调制速率能够达到1 GHz，是目前已知集总电极式光纤电光调制器的最高调制速率。该结果为研究人员在设计和制备超紧凑、高性能、全光纤电光调制器件提供了新思路。

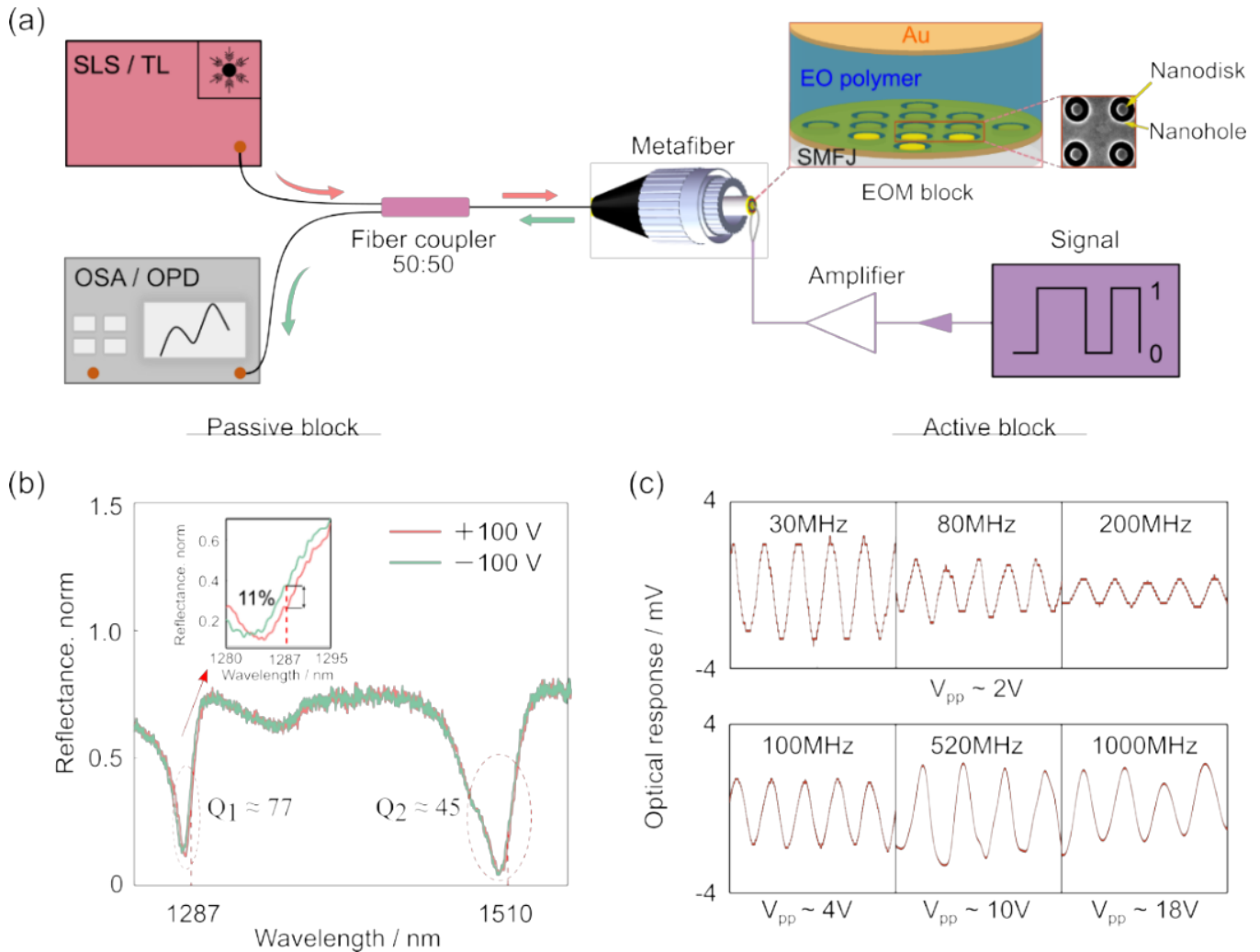


图3. 等离子激元超构光纤的电光调制性能。(a) 用于表征直流和交流电源调制特性的实验装置；

(b) 直流调制测试结果。当直流偏压从-100 V变化到+100 V时，光谱经历了约3 nm的红移。插图反应了在其中一个调制波长(1287 nm)处，调制深度为11 %。(c)

不同频率下交流偏压调制测试结果。上栏是 V_{pp} 为2

V时调制振幅随调制频率的变化；下栏是保持相同调制振幅 V_{pp} 随调制频率的变化。

总结展望

这项工作首次实现在单模光纤跳线端面集成电光调制器。利用光纤跳线通用的连接端口，用单模态光纤-光纤光场耦合替代现有的光纤-波导耦合，无须模场匹配即可实现即插即用、近零耦合损

耗的光互联与光调控，为空间光学器件寻找替代、全光纤光学系统研发等先端技术提供了核心解决方案。

该研究成果以Plasmonic metafibers electro-optic modulators为题在线发表在Light: Science Applications上。

本研究受国家自然科学基金委员会、中德科学中心项目的资助与支持。感谢西湖大学工学院严巍副研究员对本工作理论仿真方面提供的指导，感谢西湖大学先进微纳加工平台提供的仪器和技术支持。西湖大学工学院博士生研究生张磊与孙歆语为共同第一作者，杭州电子科技大学王纪永教授、西湖大学仇旻教授为共同通讯作者。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01255-7>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：仇旻等 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