
高效、低损耗的等离子体波导调制技术

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25890.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！

高效、低损耗的等离子体波导调制技术。在等离子体电子学领域，通过设计巧妙的局域等离子共振等模式，充分利用光的极端约束，能够实现在几微米尺度上高效的振幅和相位调制。与微纳尺度电极的高效集成不仅为器件微型化提供更多机会，还进一步提升了能量利用效率。

然而，通常情况下，快速但小尺度的等离子体调制器在工作状态下存在较大的损耗，达到1 dB/ μm 量级。由于与期望的等离子体模式的耦合效率较低，调制器插入损耗（IL）水平可高达10 dB。

最近，基于透明导电氧化物（ITO）等材料的等离子体调制器引起了研究人员的广泛关注。在假设均匀载流子积聚的情况下，ITO薄膜在栅极偏压下观察到折射率的均匀变化，从而有望减小调制器的尺寸。然而，目前的研究中其折射率变化只能发生在几纳米厚的局部诱导积聚层内。积聚层与等离子体模式横截面之间微小的重叠需要延长器件长度以获得合理的消光比（ER）水平，这不可避免地导致显著的IL。

因此，仍然需要一种紧凑、低功耗的调制器设计，能够避免严格的ER-IL权衡，更好地利用ITO等薄膜光学材料的可调特性，并支持不同的调制类型。

为解决这一问题，多伦多大学研究者成功设计了一种创新的等离子体电子学调制器，为光通信领域带来了新的可能性。这项研究突破了传统等离子体调制器的限制，通过巧妙地整合SiO₂/ITO异质界面到金属-绝缘体-半导体（MIS）电光结构中，实现了更小巧、更高效的调制器。

该工作以题为Facile integration of electro-optic SiO₂/ITO heterointerfaces in MIS structures for CMOS-compatible plasmonic waveguide modulation于近期发表在Light: Advanced Manufacturing。

如图1a所示，该研究采用了完全兼容互补金属-氧化物-半导体（CMOS）前端线（FEOL）要求的工艺，制备了一种Si集成的MIS器件。这种器件利用SiO₂/ITO异质界面和聚晶钛氮化物（聚TiN）导电模板，通过金属-绝缘体-半导体-金属（MISM）异质结电容器的形式，成功实现了电光调制功能。聚TiN模板作为底部电极，不仅具有导电性能，还具备防扩散和耐高温的金属特性。这种设计不仅为调制器的紧凑设计提供了可能性，还克服了以往由于等离子体模式匹配问题导致的高损耗。

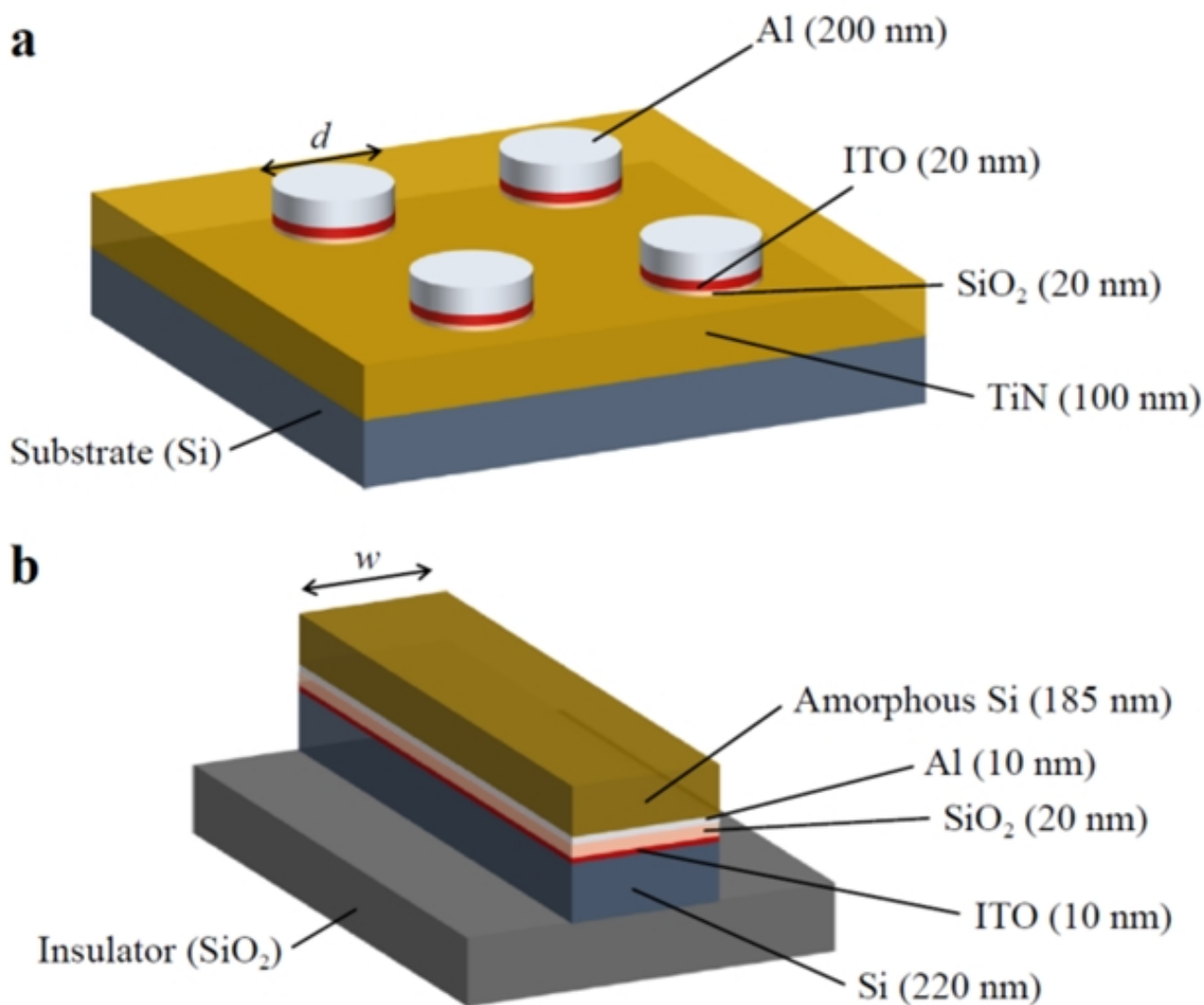


图1：a. 硅基的金属-绝缘体-半导体-金属结构。b. 基于SiO₂/ITO的多层结构的混合等离子体波导。

此外，研究团队还演示了另一种MIS器件（图1b），该器件包括一个半导体ITO层和SiO₂介电质隔层，形成了一个耦合混合等离子体波导（CHPW）调制器。通过使用梯度折射率层（GIL）模型进行实验验证，研究人员成功预测了ITO薄膜在偏置条件下的累积层宽度。这一设计实现了振幅、相位或4象限振幅调制的动态重配置，并在10微米长的CHPW调制器中展现出了惊人的性能，包括约1 dB/ μ m的消光比和0.128 dB/ μ m的插入损耗（图2）。图3和图4展示了这两种器件的制备工艺流程。详细可见原文补充材料。

图2：耦合的混合等离子体波导的插入损耗和耦合效率随波长的关系。

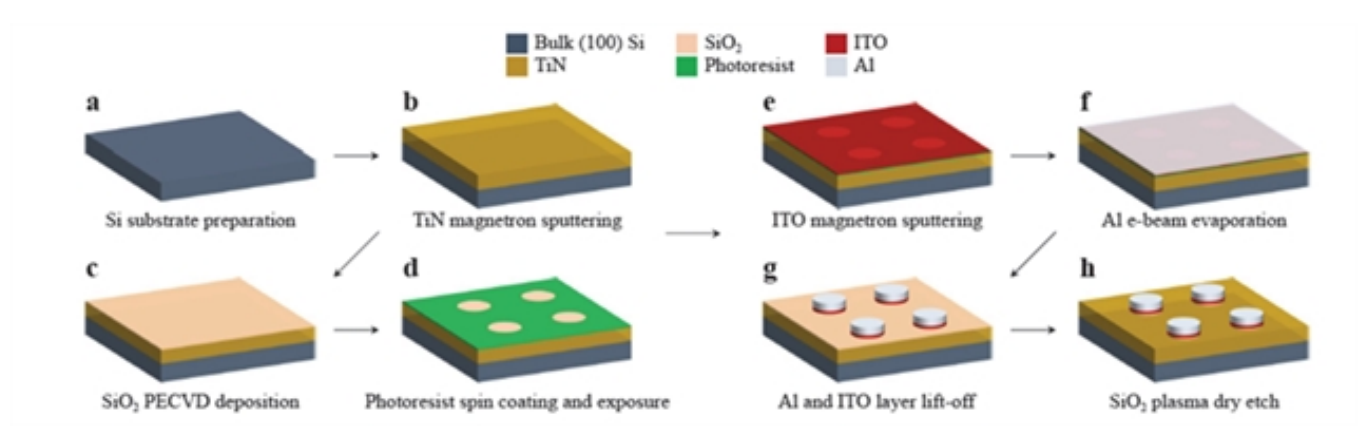


图3：硅基的金属-绝缘体-半导体-金属结构的制备流程示意图。

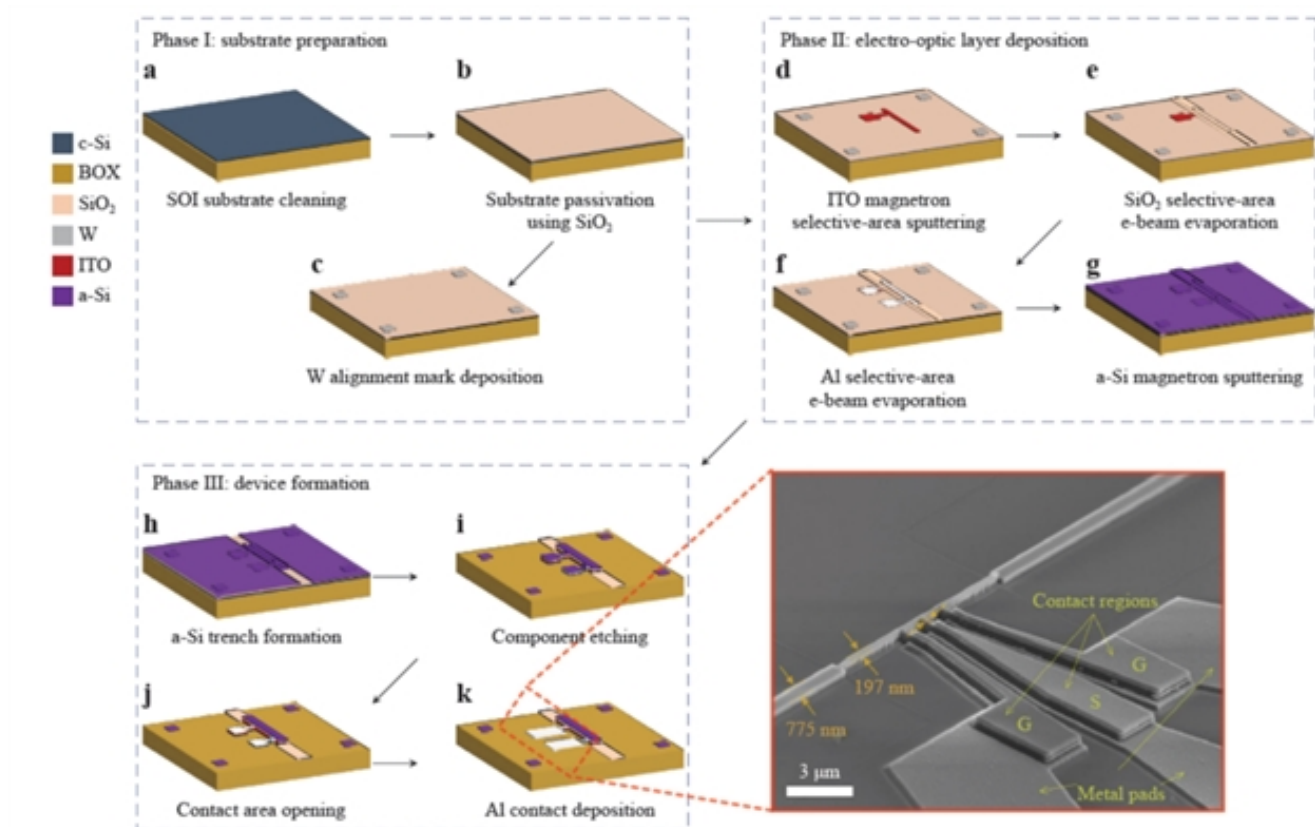


图4. 基于SiO₂/ITO的多层结构的混合等离子体波导的流程图和电镜图。

总体而言，这项创新的研究通过采用优化的金属接触层设计，最小化了电学损失，为光通信领域提供了一种既紧凑又低功耗的调制器设计。该研究团队克服了ER（消光比）和IL（插入损耗）之间的传统权衡，将为光通信设备的精简和高效提供了新的思路，将有望在振幅、相位或四象限振幅调制等得到广泛应用。

该研究的联合作者Sherif Nasif评论说：我们对该技术的潜在应用感到非常兴奋。我们设想未来等离子体波导在诸如电信、医疗保健和制造等广泛行业中发挥关键作用。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2023.038>

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：Sherif Nasif 来源：《光：先进制造》

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

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