超表面赋能锶原子钟集成光学架构

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/23300.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！

超表面赋能锶原子钟集成光学架构。近日，美国国家标准与技术研究院的Vladimir Aksyuk等研究人员使用倒装芯片键合技术将集成光子学技术和超表面光学技术结合，展示了一种用于实现紧凑型锶原子钟的集成光学架构。通过实验设计，研究人员证明了该集成光子平台可以扩展到任意数量的光束，每个光束都有不同的波长、几何形状和偏振。

背景介绍

光学系统是原子蒸汽、离子阱和中性原子技术的重要部分。为了解决原子系统中的光学转换问题，需要对相干自由空间光的波长、功率和偏振进行精确的控制。这种控制在实验室规模的设置中很容易实现，但是随着光学系统规模的缩小和商业化，这种控制变得更加具有挑战性。小型化的光学系统可以使用紧凑的块状或平面光学的组合来构建，而光子集成电路(PIC)可以提供一个可扩展的方法来制造原子技术。

光子集成电路可以实现光学元件的生产规模集成，其范围可以从激光源和调制器扩展到片上探测器。衍射光栅可以集成在芯片上，从导引模式产生自由空间光束，并用于处理平面外的原子系统。多年来，光栅技术已经发展到可以对光进行多波长控制、偏振控制、以及产生具有大数值孔径和大模式扩张的光束。然而，将这些不同的能力集合在一个平台上，实现高效的任意光束控制，仍面临挑战。

例如，光学晶格钟实现了最先进的频率不稳定性和超高的精度，但需要复杂的体外光学组合来产生许多激光束和波长，以用于时钟参考的原子样品。

美国国家标准与技术研究院的Vladimir Aksyuk等人设计和制造了一个集成的光子学封装，用于锶原子钟的小型化。基于一个粘合的平面平台，将光学超表面与光栅输出器结合起来，产生具有高数值孔径、任意倾斜角度、规定极化和平行传播的光束。该平面平台为片上光束的生成提供了新的思路，并代表着向实现可制造的光子集成电路的原子技术迈出重要一步。研究人员证明了该设备具有同时产生各种尺寸、偏振和波长的光束的能力，为缩小原子技术的尺寸开辟了一条全新的道路。

创新研究

研究人员展示了一个紧凑的光子芯片系统，产生了12个直径为10毫米的圆偏振光束，这些光束被设计在一个容纳锶蒸汽的真空室的小体积内形成磁光阱。此外，研究人员还展示了两个单独的波导光束的碰撞组合，以产生一个与时钟转换的探测光束对齐的光学晶格。合并后的晶格和时钟光

束在0.1 ° 范围内垂直指向。图1a是磁光阱的装置示意图，使用了一种非常规的光束排列，在一个紧凑的平面几何中获得三维冷却和捕集。图1b显示了为形成磁光阱装置而产生的所有12个光束叠加在光子集成电路芯片图片上，每个光束有一个光纤和波导，因此每个光束的功率可以被独立调谐。图1c显示了使用紧凑型发射器将测得的晶格(绿色)和时钟(红色)光束结合在一起，这两个光束是在光子集成电路表面分别产生的，并在MS位置重叠。

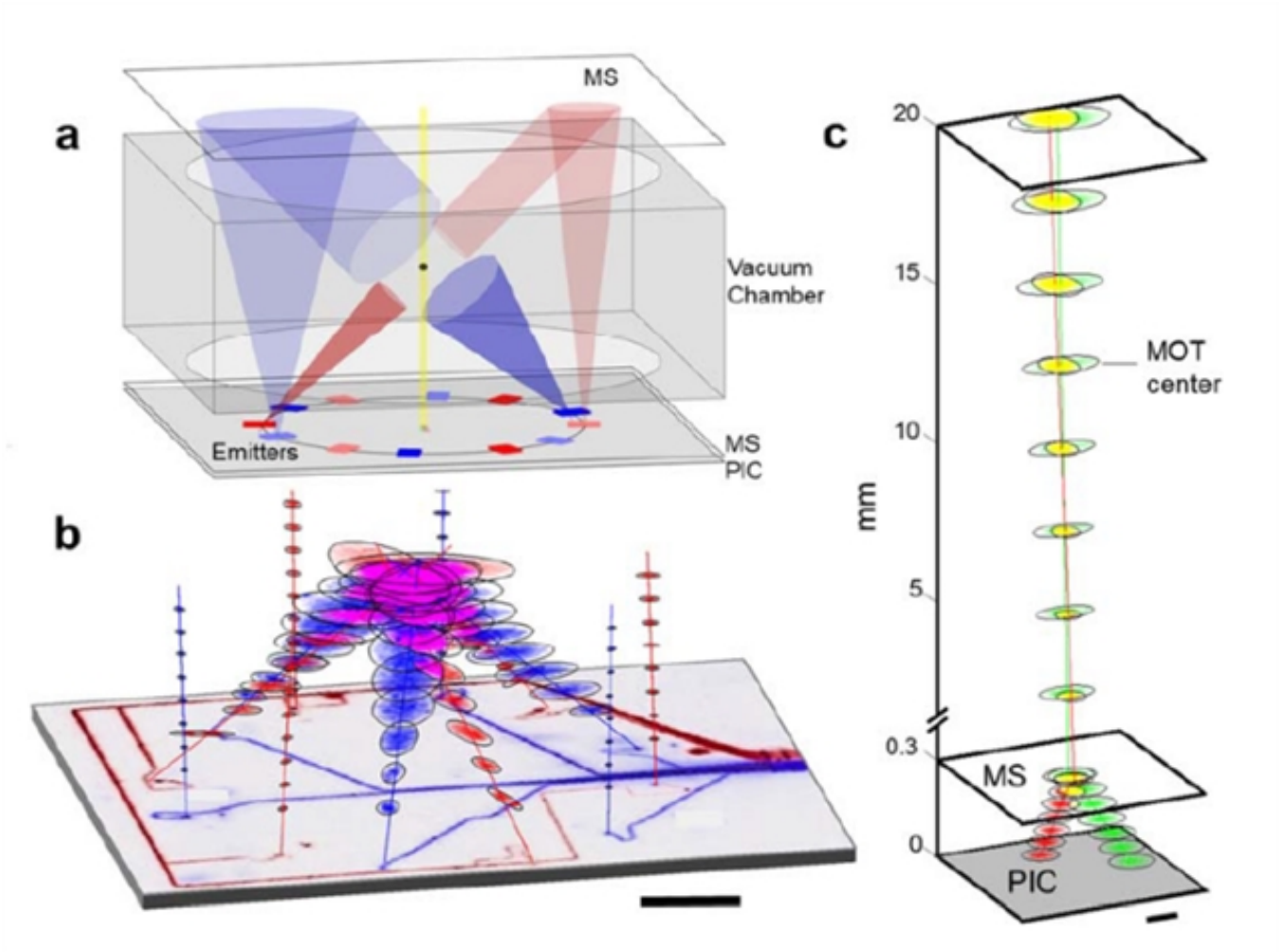


图1 磁光阱装置示意图及产生的光束

图2显示了蓝光和红光磁光阱光束性能的总结。图2a是蓝色光束的图像，图2b是红色光束的图像，展示了沿水平和垂直方向投影的综合功率曲线以及高斯拟合。粘合MS芯片后的光束性能特征在图2c-2f中显示，图2c是在不同高度拍摄的一个红色和一个蓝色光束的图像，红光有三个可见的衍射阶数。图2d是在MS上方测量的12个光束的地图，每个光束上覆盖的是在光束传播方向上测得的光场偏振。图2e描述了不同高度的红色和蓝色光束的平均径向位置，图2f是红色和蓝色光束的测量截面。

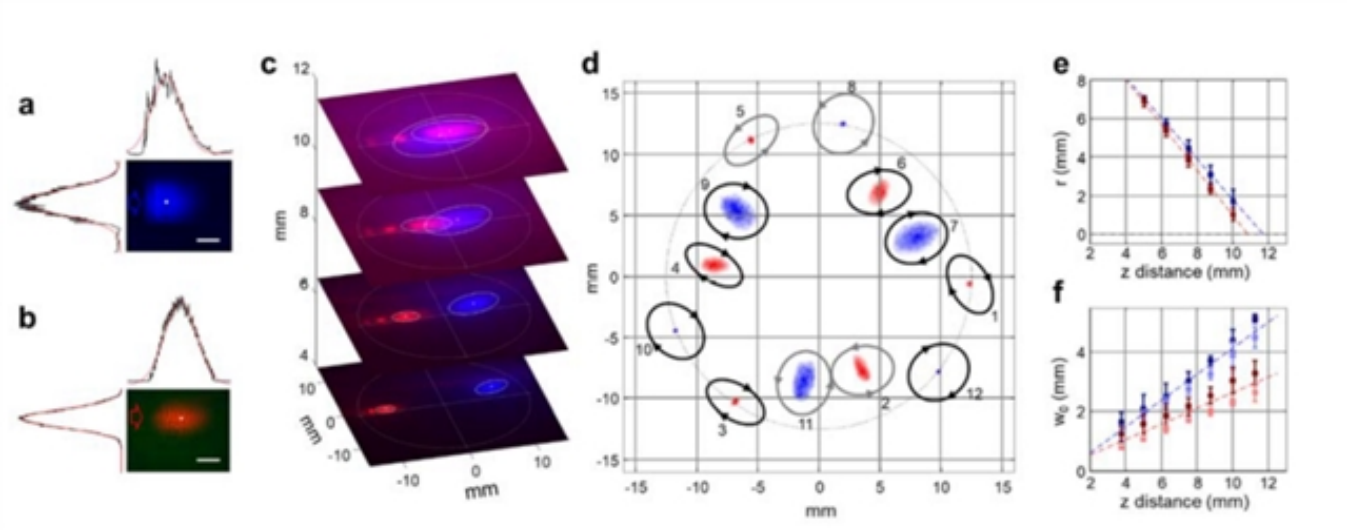


图2 蓝光和红光磁光阱光束性能总结

本工作采用了一种可扩展的方式来制造微型锶原子钟的光子学技术。这种集成设计提供了一种实现越来越复杂的光学系统的方法。未来的工作重点是将光子学封装与物理学实验的真空室结合起来，使光子集成电路设计与铸造厂规模的光刻技术兼容。

该文章被发表在《Light: Science Applications》期刊上，题为Integrating planar photonics for multi-beam generation and atomic clock packaging on chip，Chad Ropp是文章的第一作者，Vladimir Aksyuk是文章的通讯作者。(来源：LightScienceApplications微信公众号)

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41377-023-01081-x

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等事宜，请与我们接洽。

作者：Vladimir Aksyuk 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