
新型“光学分子”片上光谱仪

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23062.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！

新型“光学分子”片上光谱仪。光谱仪用于分解和测量电磁波的谱信息，广泛应用于材料分析、天文观测以及生物医学成像等领域。

传统台式光谱仪基于棱镜或光栅等空间色散元件，导致其结构尺寸较大，并对机械振动敏感，通常只能用于实验室环境。

新型片上光谱仪有望克服这些缺陷。这类光谱仪基于集成光子回路，其中各类光学器件均由固态平面波导构成，因此可以实现芯片尺度的密集集成，并可以消除环境扰动的影响。片上光谱仪在智慧医疗、地质勘探以及片上实验室(Lab-on-a-chip)等领域具有应用价值，特别对于实现小型化、便携式，甚至可穿戴的智能传感设备具有重要使能意义。

然而，目前已报道的片上光谱仪大多存在分辨率-带宽限制这一共性缺陷。具体来说，对于片上光谱仪，实现较高的分辨率需要较长的波导光程，而这往往会降低输出响应的自由光谱范围，进而影响工作带宽。虽然可以通过采用光子晶体微腔等特殊结构，在一定程度上扩展自由光谱范围，但是这类结构加工较为困难，并且调谐效率较低。目前尚无突破这一限制的通用解决方案。

鉴于此，近日，香港中文大学电子工程学系曾汉奇研究小组，通过采用一种新颖的光学分子结构，结合计算重建方法，实现了一种同时具有高分辨率与大带宽的新型片上光谱仪。

该成果以Breaking the resolution-bandwidth limit of chip-scale spectrometry by harnessing a dispersion-engineered photonic molecule为题发表于Light: Science Applications。Hongnan Xu为本文的第一作者和通讯作者，Hon Ki Tsang为本文的共同通讯作者。

这一结构的基本组成是一对相同的可调谐微环谐振腔(图1a)。

在热光调谐过程中，输入光谱被滤波采样，进而在输出端口生成包含谱信息的信号，最终通过计算重建方法将输入光谱还原(图1b)。

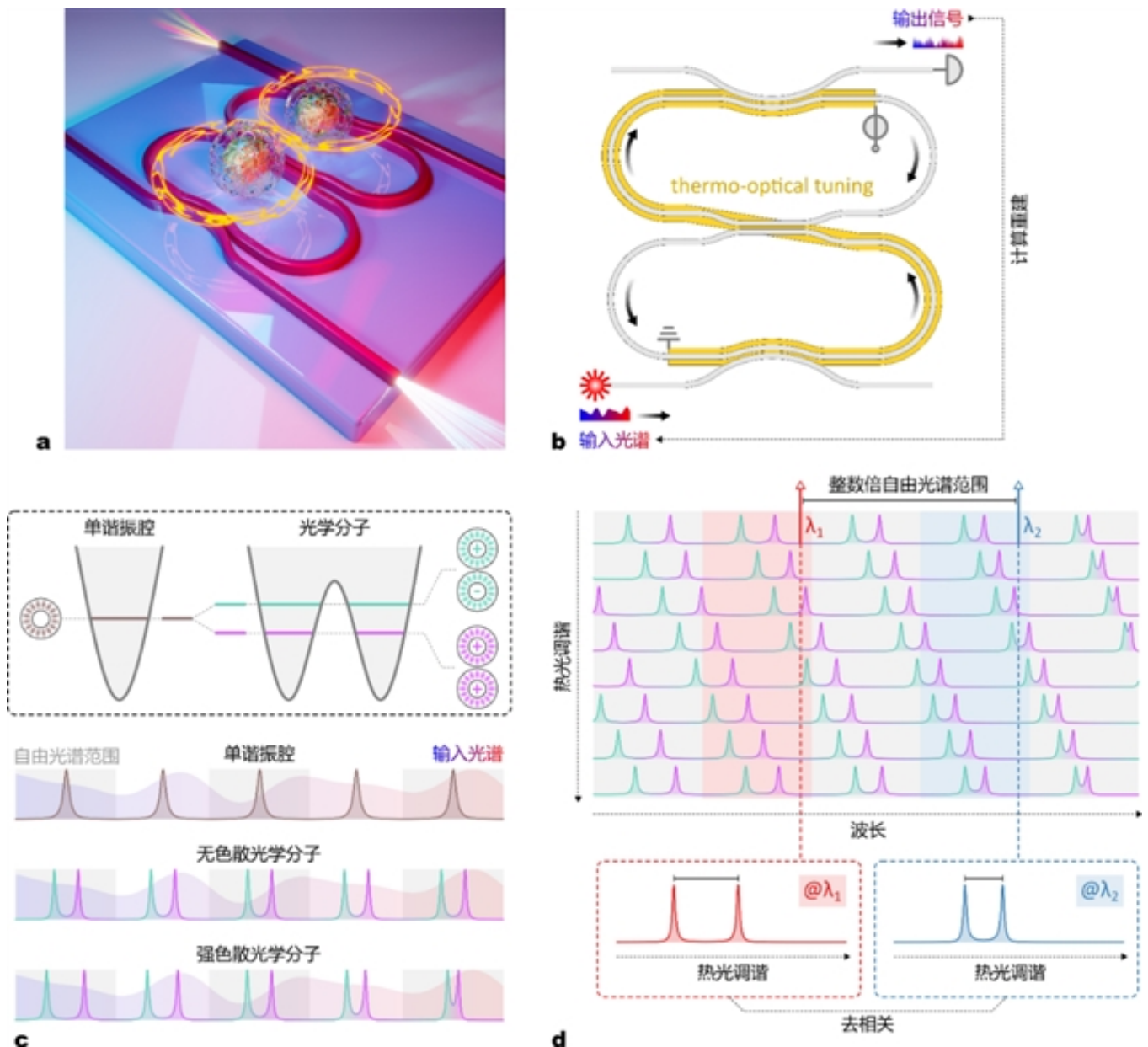


图1.光学分子片上光谱仪的工作原理

此过程中，需要解决的核心问题是，如何分辨相隔自由光谱范围整数倍的波长通道。对于单谐振腔而言，各个自由光谱范围之内仅包含一个谐振模式，因此无法实现宽带谱重建。当一对谐振腔发生强耦合，各个谐振模式将劈裂为一个对称模式与一个反对称模式(图1c)。这一现象类似于双原子分子中存在的能级劈裂。

值得注意的是，谐振模式的劈裂强度正比于谐振腔之间的耦合强度。因此，可以通过增强耦合强度的色散，使得光学分子谱线的劈裂强度随波长变化，并基于这一特征，识别位于不同自由光谱范围的波长通道。具体来说，当热光调谐经过一个自由光谱范围，各个波长通道对应的输出信号均包含一对尖峰;此时，即便对于相隔自由光谱范围整数倍的波长通道，其尖峰之间的间距仍然不同，因此不同波长通道得以去相关(图1d)。

总结与展望

在该工作中，作者实验证实了40pm的谱线分辨率与100nm的工作带宽。同时利用单片集成滤波器生成测试光谱，实验验证了各类特征光谱的高精度重建。

该工作的创新与亮点可以总结为：

1. 作者提出了一种完全区别于传统方案的片上光谱仪。不同于可调谐滤波器方案，这一设计不受自由光谱范围限制，因此得以保持高分辨率的同时，极大地扩展工作带宽。不同于计算光斑光谱仪，这一设计不依赖于复杂拓扑结构，具有结构简单、尺寸紧凑等优势。
2. 设计思路具有可扩展性。在满足特定条件情况下，可以进一步增加待分辨的自由光谱范围数目，进一步扩展工作带宽与通道容量，同时保证较低的功耗。
3. 该工作涉及的概念源于高品质微腔中一种极为常见的现象——模式劈裂。同时，结构完全基于集成光子回路中极为常见的单元器件——微环谐振腔。这使得这一方案具有加工简便、通用性强等优势。

这一工作为新型片上光谱仪的研发提供了一种全新思路，同时对计算光谱学等研究方向具有启发意义，并可能用于单片集成的光谱传感系统。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-023-01102-9>

(来源：LightScienceApplications微信公众号)

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：曾汉奇等 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