

超宽谱段电磁波动态调控技术

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/28353.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！

超宽谱段电磁波动态调控技术。近日，哈尔滨工业大学李焱教授联合新加坡国立大学仇成伟教授研究团队提出了一种基于热致变色材料VO₂的多谱段电磁波动态调控技术，通过改进并级联基于VO₂的智能可调光学腔结构，克服了VO₂的波长依赖性，实现在横跨可见-微波波段的超宽谱段内，对电磁波振幅的动态可逆调控。

该研究成果以Tunable VO₂ Cavity Enables Multispectral Manipulation from Visible to Microwave Frequencies为题发表于Light: Science Applications。

电磁波动态调控材料可以在外界环境变化时动态调整自身电磁波响应特征（振幅、相位、偏振等），相比电磁波响应特征固定不可变化的传统材料，其可以满足多应用场景下的不同电磁波调控功能需求，应用前景巨大。

此外，相比大多数在单个电磁谱段内设计材料响应特征的电磁波调控技术，多谱段电磁波调控技术可以针对特定的目标需求，在多个电磁谱段内综合设计材料的电磁波响应特征，通过各波段内的电磁波调控性能耦合，大幅提升材料在特定应用需求下的关键性能，是电磁波调控领域的前沿技术和重要发展方向。

然而，对于电磁波动态调控材料，其普遍存在的波长依赖性会将其电磁波动态调控波段局域在单、窄谱段内；而通过构建超表面、光学腔等结构以增强其电磁波动态调控幅度的手段会使其电磁波动态调控谱段加剧窄化，严重遏制了电磁波动态调控材料的多、宽谱段电磁波动态调控技术的发展。

级联光学腔实现超宽谱段电磁波动态调控

通过光学腔或超表面结构可以放大电磁波动态调控材料在特定波段的电磁波动态调控幅度，通过级联不同电磁波段的可调光学腔，似乎可以实现超宽谱段电磁波动态调控。然而，在光学腔中，被广泛使用的金属基层会反射可见-微波的全谱段电磁波，简单地级联无法实现多、宽谱段的电磁波动态调控。

对此，研究团队改进并级联了两个基于热致相变材料VO₂的可调Fabry-Pérot腔（F-P腔），实现了对超宽谱段电磁波的动态调控。

首先，为克服金属层对电磁波的反射作用，在顶层F-P腔中，使用Si层作为基底（可见波段反射/吸收、红外-微波波段透明），在放大器件的可见波段动态响应时，允许透过红外-微波谱段电磁

波，进而激活了底层F-P光学腔（如图1所示）；此外，VO₂薄膜的可见波段电磁波动态响应弱，通过传统三层F-P结构无法实现对其颜色的有效动态调控，研究团队在此提出了VO₂/HfO₂/VO₂/Si的四层结构，将VO₂作为介质层和表层反射层，其协同作用显著放大了VO₂相变时的微小光学常数变化，在相变前后，结构的可见反射峰峰位可蓝移60 nm。

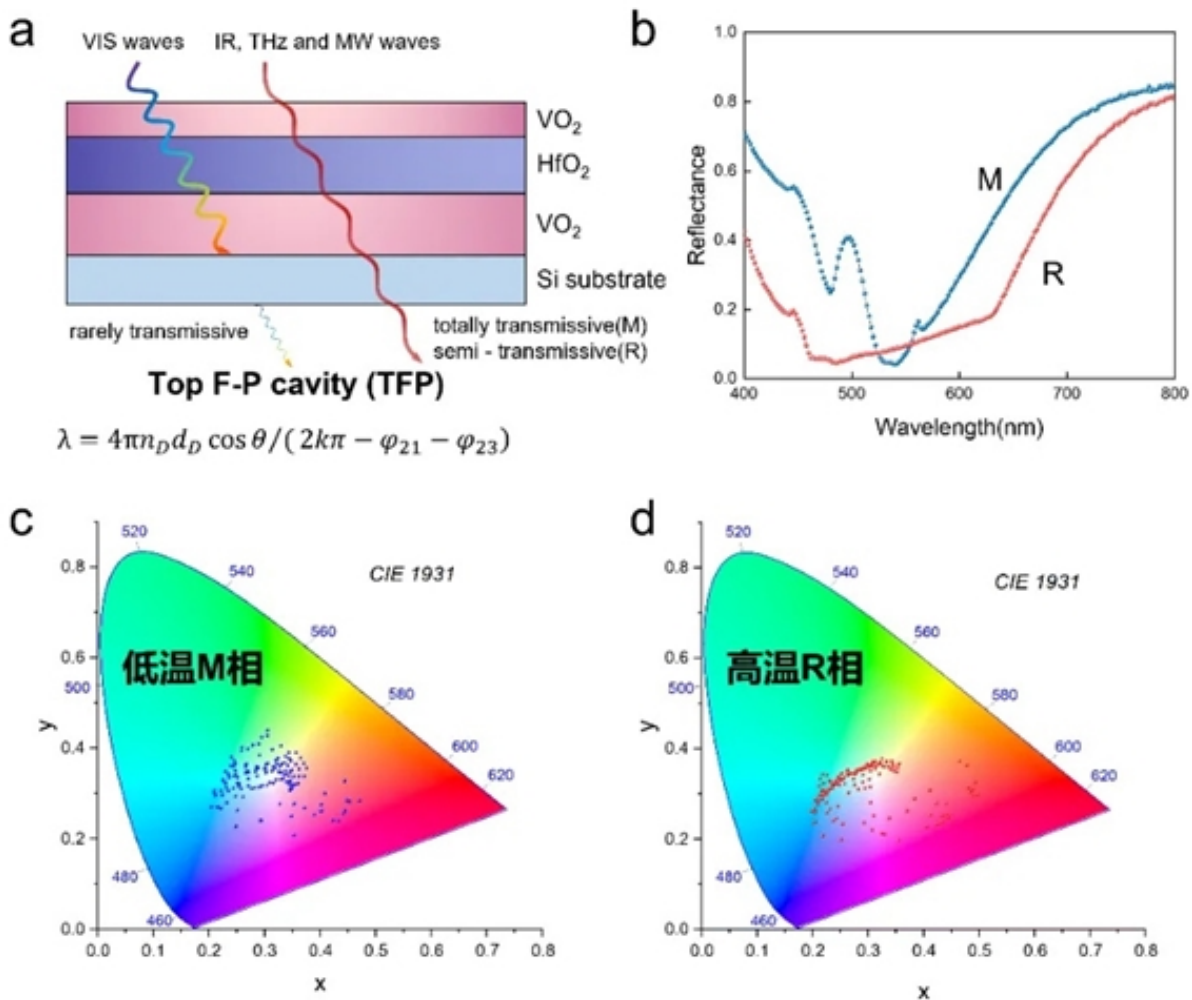


图1 顶层F-P腔结构示意图及相变前后的可见颜色变化

底层F-P腔中，使用VO₂作为底层反射层，仅高温下的金属态VO₂（R）表现出反射特性，常温下绝缘相VO₂（M）表现出对红外-微波波段电磁波的高透过特性，通过选择基底的红外-微波的电磁波响应特性，器件在红外-微波波段可展现出透过-反射、透过-吸收和反射-吸收三种不同的动态调控方式。值得一提的是，在定制器件的红外-微波光谱特征时，由于波长依赖性的存在，顶层F-P腔可被视为单层VO₂薄膜，进而保证了器件可见和红外-微波电磁波动态调控特征的解耦设计，大幅降低了超宽谱段器件的设计难度，为超宽谱段电磁波动态调控器件的设计提供了通用的方法。（如图2所示）

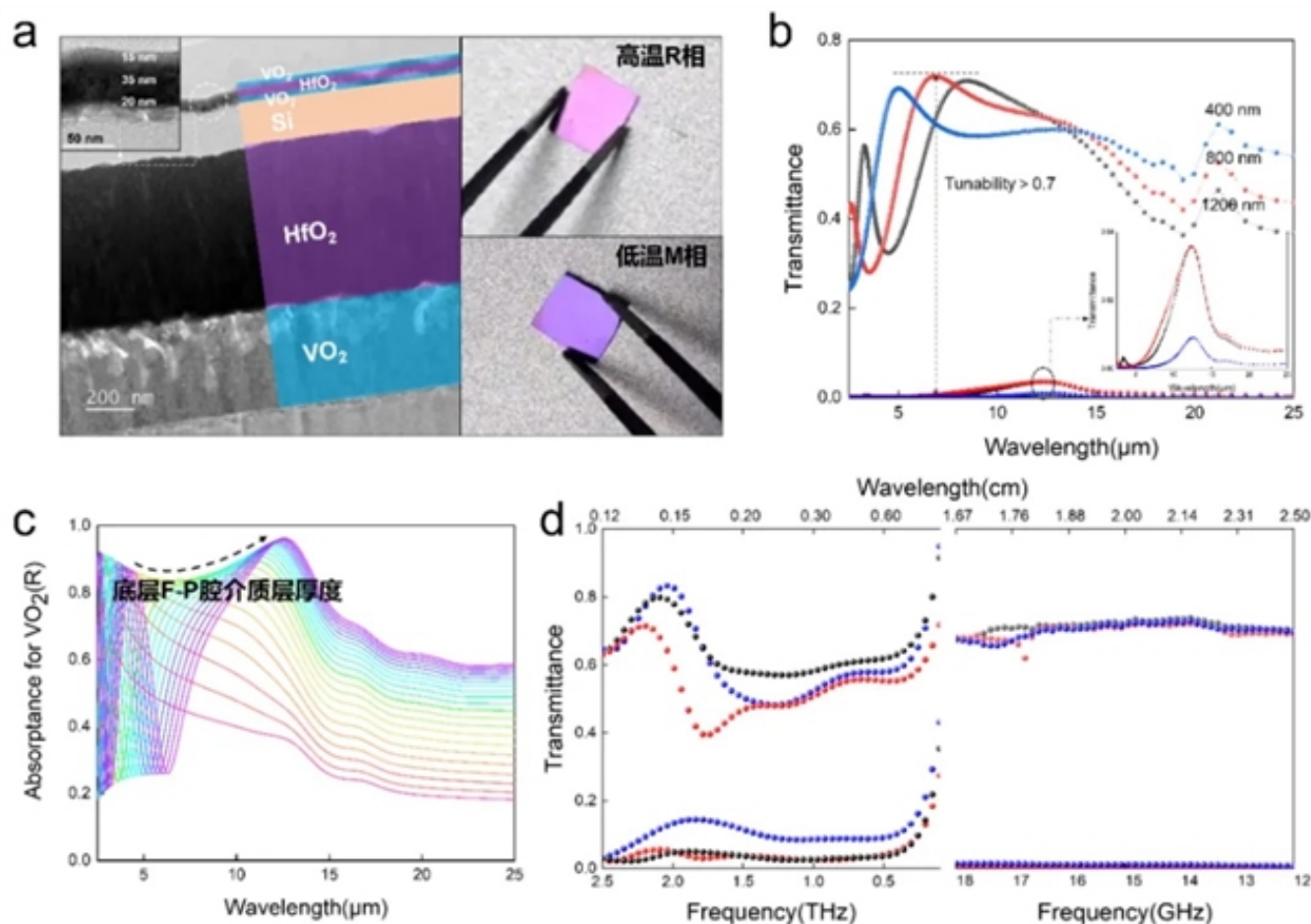


图2 器件结构SEM图谱及其可见-微波的变温光谱表征

总结和展望

本文提出了一种通用的级联新型可调光学腔的设计方法，实现在可见-微波的超宽谱段内对电磁波振幅的动态调控，代表了多光谱和自适应光学领域的一项重要突破，在多谱段自适应伪装、个人智能热管理等领域具有广泛应用前景。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01400-w>

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：李焱等 来源：《光：科学与应用》

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

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