
科学家在可设计的空间相干光方面取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18821.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！

自1960年第一台红宝石激光器问世以来，激光器的种类越来越多，主要有固体激光器、气体激光器、半导体激光器、染料激光器以及自由电子激光器等。激光又名受激辐射光放大，产生的三要素是：激光增益介质、泵浦源和谐振腔。

绝大多数激光器的输出频率是固定的或在很小的范围内变化，有些频率的激光还难以使用普通方法产生出来，在一些实际应用中需要与光学频率变换技术相结合以获得各种波长的相干辐射源。激光的本质是物质与光的相互作用，自然界中缤纷多姿的色彩也体现了各种物质对不同频率光的响应特性，因此光学频率变换技术一直是光学研究的热点之一。

光学频率变换技术是指不经过光电处理，直接在光域内将某一波长（频率）的光信号直接变换到另外的一个波长（频率）上。从设计特定的能级实现可调波段的荧光、到倍频与光学参量调制等非线性光学，各种不同的频率变换技术逐渐被人们所认识。如何在频率调制的同时实现光束的空间相干性，是该领域面临的最为关键的挑战之一。

过去的研究认为，只有当激发中心具备三能级、四能级或准四能级的宽带二能级系统的电子结构时，该激发中心才有可能在泵浦下实现粒子数反转，并通过受激辐射过程形成具备时间-空间相干性的激光模式。如该光束通过非线性过程获得了展宽，则可以得到相对宽谱段的空间相干光或称之为部分相干光，即超连续谱。如果激发中心的电子结构不具备这样的电子结构，仅能体现简单的吸收谱特征，但又与晶格基质间形成了较强的耦合关系时，是否能够获得具备可调致特性的空间相干光出射呢？

近日，中国科学院半导体研究所张麟德特聘研究员和林学春研究员为首的研究团队受高熵合金的设计思路的启发，通过低熔点熔盐策略构建了高熵玻璃体系（HEGS），并基于该体系的展宽声子与吸收模式协同作用实现了可设计的空间相干频率变换的辐射过程。使用520 nm绿光泵浦样品，会形成具有空间相干性的红光、黄光、蓝光等一系列频率的出射光（图1）。

该成果以Design of coherent wideband radiation process in a Nd^{3+} -doped high entropy glass system为题发表在Light:ScienceApplications。

本文中，研究团队基于高熵策略设计的HEGS表现出宽谱段的红外吸收特性，形成了对应的高频光学支声子或许可的多声子过程。以HEGS中掺杂的钕离子作为发光中心，在其吸收泵浦光后，通过高频光学支声子或许可的多声子过程产生宽谱段辐射过程，即展宽的声子辅助宽谱段辐射（BPAWR）。无吸收谱段上的辐射过程不断进行受激辐射，而吸收谱段上的辐射过程转变为消耗引导体系内的模式竞争，最终使出射光产生强的空间相干性，也即自吸收相干调制（SACM）过

程。

BPAWR-SACM过程的泵浦与频移间的频率差，信号与泵浦光间的时延，红移/蓝移部分的强度比，以及该过程的产生阈值与传统的光学过程（如荧光、磷光、拉曼和倍频）存在着较大差异。这些现象证实了无需非线性过程即可获得特定频率范围的空间相干辐射。此外，由于HEGS内蕴复杂的声子模式及其和/差频，一个波长的信号光可以通过多个波长的泵浦光同时放大，因此可以通过BPAWR-SACM过程对材料中无吸收频段的信号进行放大，在光通讯、超连续光谱、激光放大等方面有潜在应用。

综上所述，基于稀土离子掺杂的HEGS，通过吸收谱的线型设计，与特定的泵浦光匹配，不用借助谐振腔，即可获得任意波长的空间相干光出射。BPAWR-SACM具有很小的空间发射角，能够实现任意波长/谱段的部分/时空相干光的输出，理论上可以基于该过程设计任意波长的激光器、激光放大器和多波长激光器。也可以通过BPAWR-SACM对超短脉冲过程进行能量转移与放大，结合CPA技术可以进一步放大单脉冲的能量。此外，可以在可见光波段提供一系列的频率调制能力，从而实现在可见光波段的波分复用通讯技术。

论文信息：

该研究成果以Design of coherent wideband radiation process in a Nd^{3+} -doped high entropy glass system为题在线发表在Light: Science Applications。

中国科学院半导体研究所的张麟德特聘研究员为第一作者，林学春研究员为通讯作者。其它作者来自中国科学院半导体研究所、联光元和（上海）企业发展有限公司、时波空光学技术（孝感）有限公司和高维等离子体源科技（孝感）有限公司。

Zhang LD., Zhang JY., Wang X., et al. Design of coherent wideband radiation process in a Nd^{3+} -doped high entropy glass system. Light Sci Appl 11, 181(2022).

[论文链接](#)

图2.BPAWR-SACM过程的机理

图3.不同激发波长下的频移（左）和信号与泵浦光间的时延（右）

研究团队单位：半导体研究所

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