紫外-可见-红外全谱段白光飞秒激光

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/25005.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！

近日，华南理工大学李志远教授团队与中国科学院上海光机所李儒新院士团队合作，在国际顶尖学术期刊Light: Science Applications上发表了题为Intense ultraviolet-visible-infrared full-spectrum laser的高水平文章。研究团队提出三阶非线性自相位调制展宽效应协同二阶非线性2-10次高次谐波同时产生方案，利用3.3 mJ脉冲能量的中红外飞秒激光泵浦惰性气体空心光纤-纯铌酸锂块材材料-超宽带白光非线性晶体级联系统，成功实现了300-5000 nm紫外-可见-
红外全谱段白光飞秒激光的产生，单脉冲能量达到0.54 mJ。华南理工大学博士研究生洪丽红为本文的第一作者，华南理工大学李志远教授、中国科学院上海光机所李儒新院士为本文的共同通讯作者。

研究背景

理想的高性能白光激光具有超大带宽、高峰值功率、高脉冲能量、高时空相干性等优越性能，是一种崭新的激光器，在现代科学的各个领域均有重要的应用前景。过去60年来，激光技术和非线性光学的有机结合，有效地推动激光频谱范围的拓宽，达到了很高的水平。然而，常用的二阶非线性或者三阶非线性方案均存在着输出光谱性能不佳的限制(如光谱带宽有限、光谱分布不均匀、光谱平坦度低、光谱亮度低等缺陷)。如何构建一台高性能的全谱段白光激光器，输出能与我们日常的太阳光相媲美的覆盖极宽光谱带宽的白光激光光束，同时具有大脉冲能量、高峰值功率以及高时空相干性，仍然是一个宏大的挑战和伟大的目标。

创新研究

全谱段白光飞秒激光的产生需要达到两个先决条件：带宽超过一个光学倍频程的强的泵浦飞秒激光光源和具有极大非线性频率上转换带宽的非线性晶体。在实践中想要同时满足这两个条件并不是一件容易的事情。研究团队利用强中红外飞秒激光泵浦由充气空心光纤(HCF)、纯铌酸锂晶体材料(LN)和特殊设计的啁啾极化铌酸锂晶体(CPPLN)组成的非线性级联装置，基于高效的二阶和三阶非线性协同相互作用，成功构建了一个前所未有的明亮、光滑、平坦的300-5000 nm紫外-可见-红外全光谱白光飞秒激光光源，具体工作原理如图1(a)所示。此工作主要具备以下两个技术突破和创新点：

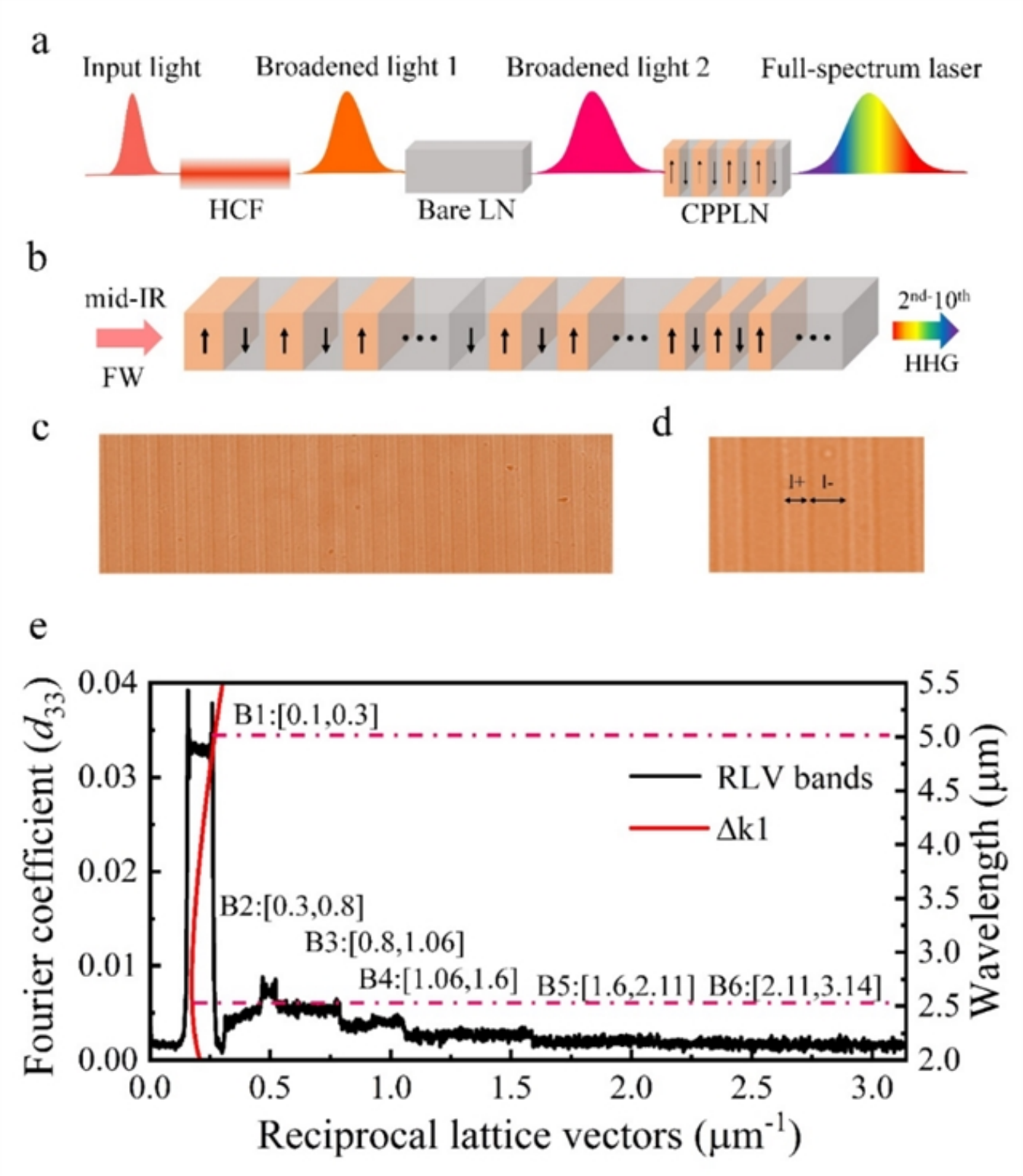


图1. (a) HCF-LN-CPPLN级联模块通过二阶和三阶非线性协同作用产生全谱段白光激光的原理图；(b) 适用于大带宽范围的泵浦激光2-10次谐波同时产生的啁啾结构铌酸锂晶体的构造示意图；(c-d)实验制备的啁啾结构铌酸锂晶体样品的周期结构显微图像；(e) 超宽带白光非线性晶体的有效非线性系数谱。

(1) 2-10次高次谐波同时产生的超宽带白光非线性晶体

研究团队利用其创建的用于设计和评估啁啾结构非线性晶体材料准相位匹配能力的有效非线性系数模型，通过晶体周期、啁啾度、占空比等多个自由度的巧妙调制，设计并制造了能够满足泵浦带宽覆盖一个光学倍频程的2-10次谐波同时产生的超宽带白光非线性晶体，确保了超连续白光激光产生的必要条件之一：工作带宽尽可能宽的非线性晶体材料。如图1(b-e)所示，该CPPLN晶体的极化周期沿着光传输方向不断变化，能够提供6个足够宽带且具有较大有效非线性系数的倒格矢带，可以很好地补偿高功率、宽带泵浦条件下整个非线性频率上转换过程的各个相位失配量，通过一系列级联的三波混频过程(倍频和和频过程)实现多阶高次谐波的同时产生，从而最终输出高效的极宽带、超连续白光激光信号。

(2) OPCPA-HCF-LN-CPPLN二阶和三阶协同作用的非线性级联系统

研究团队所提出的全谱段、强脉冲白光飞秒激光产生方案，是一种基于充惰性气体空心光纤(HCF)-纯铌酸锂块材材料(LN)-超宽带白光非线性晶体(CPPLN)级联系统的二阶高次谐波产生和三阶自相位调制展宽效应的创新协同机制。如图2(a)所示，研究团队采用自主研发的光学参量啁啾脉冲放大(OPCPA)系统作为泵浦激光光源，在单脉冲能量为3.3 mJ 的3.9 mm中红外飞秒脉冲激光的泵浦下，利用HCF-LN系统可以产生一个很强的一个倍频程带宽的中红外激光脉冲；将其作为二级泵浦光源输入到自己独特设计的CPPLN晶体中，此CPPLN晶体包含的一系列高性能的准相位匹配带可以支持高效的宽带2-10次高次谐波产生过程，使得输出光谱带宽大大扩展到紫外-可见-近红外波段。此外，各级谐波自身对CPPLN晶体材料的三阶非线性频谱展宽效应进一步将基波和各级谐波的频谱无缝衔接，最终实现了如图2(b-d)所示的单脉冲能量达0.54 mJ，25 dB带宽覆盖300-5000 nm(4个光学倍频程)的紫外-可见-红外全谱段白光激光的产生。很显然，二阶和三阶非线性效应的高效协同作用是成功创造如此平坦、平滑和高光谱强度的紫外-可见光-红外全谱段白光飞秒激光的秘密。

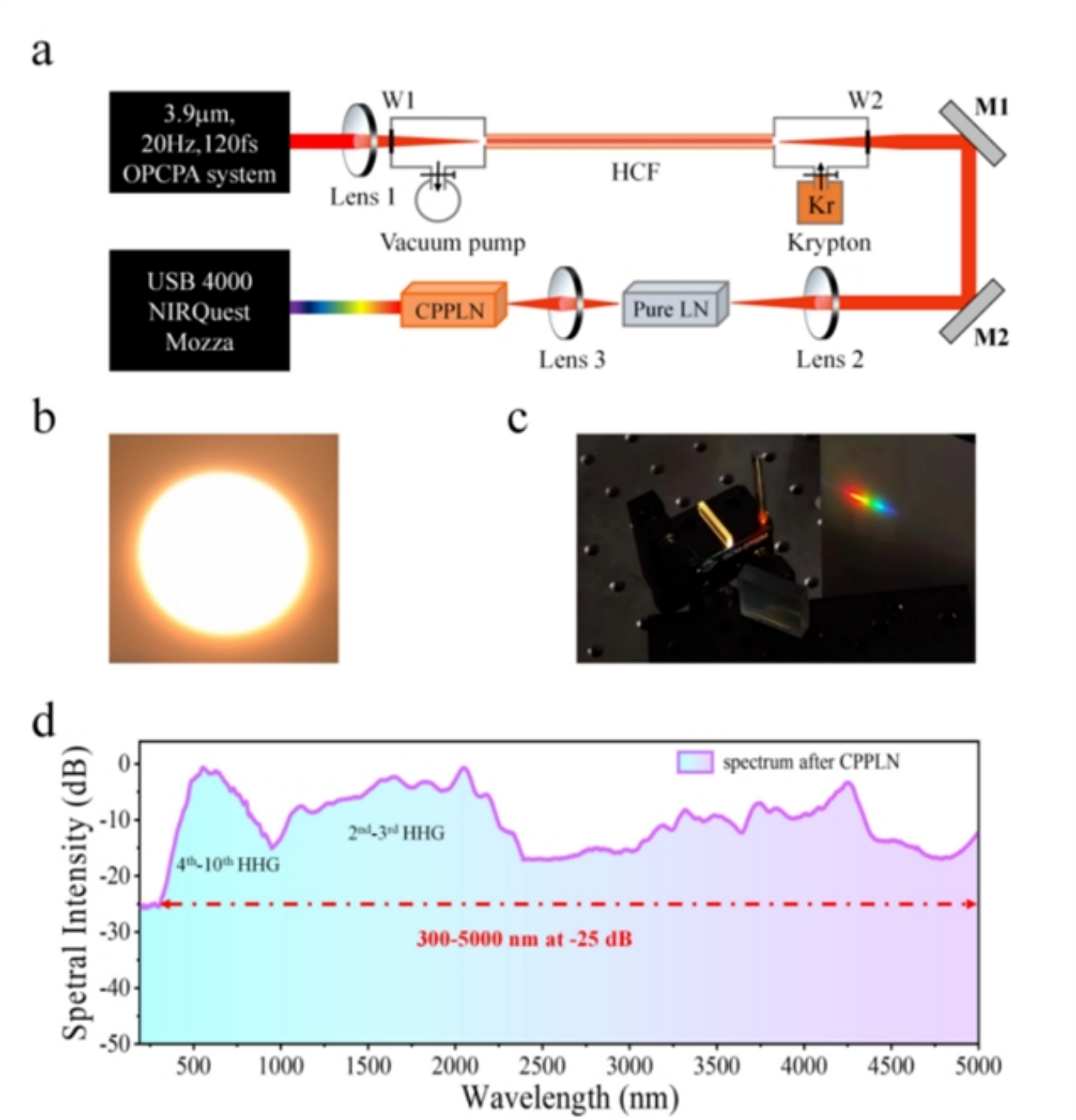


图2. 在OPCPA系统输出的强中红外飞秒脉冲激光的驱动下，HCF-LN-CPPLN非线性级联模块产生紫外-可见-红外全谱段白光飞秒激光的实验结果。(a) 实验装置图；(b) CPPLN样品出射端观察到的明亮白光圆形斑点；(c) 经过光栅分光后的一阶衍射光束，呈现出从紫色到红色的彩虹图案；(d) HCF-LN-CPPLN模块通过二阶和三阶非线性协同作用产生的紫外-可见-红外全谱段白光激光信号的输出光谱。

总结与展望

该文所提出的利用二阶非线性高次谐波产生和三阶非线性自相位调制展宽效应协同作用的创新方案，同时解决了超宽带白光飞秒激光产生中尽可能大的泵浦带宽和尽可能大的准相位匹配带宽两

大需求，为构建更大带宽、更大能量、更高光谱亮度和更平坦光谱轮廓的超连续光谱白光激光光源迈出了一大步。我们有理由相信并期待，这样一个全谱段强白光激光器能够为光谱学提供一个革命性的工具，并在物理学、化学、生物学、材料科学、信息技术、工业加工和环境监测等方面找到潜在的应用。

该研究成果以Intense ultraviolet-visible-infrared full-spectrum laser为题在线发表在Light: Science Applications。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41377-023-01256-6

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：李儒新等 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转发