自组装脉冲的相位定制与编码

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/23821.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！

自组装脉冲的相位定制与编码。

导读

近日，华中科技大学光学与电子信息学院孙琪真教授课题组、唐霞辉教授课题组与重庆大学光电工程学院罗亦杨副教授课题组及南方科技大学沈平教授课题组合作，报道了可编程增益控制的自组装脉冲相位演化，并定义了四个相位演化区间，由此构建了一种基于自组装脉冲相位定制的四进制编码格式。论文通过仿真与实验验证了相位定制方法的有效性。

研究背景

近年来，超快光纤激光器中产生的超短脉冲激发了超快科学和信息技术领域的潜在应用。这种超短脉冲在激光器内部传输时会受到增益与损耗、色散与非线性的复合平衡作用。类比物质粒子，超短脉冲相互间的纠缠作用引入了丰富的多脉冲动力学过程。增益动力学、非线性效应、色散及光声效应等参量的作用使得不同数量的超短脉冲能够以不同的排列方式自发地进行组装。而对这些自组装脉冲的时域排布和瞬态动力学的研究也指引了自组装脉冲人工操控的深入探索。

同时，超快光学的前沿研究及多样化的应用需求也推动了超短脉冲操控机理的纵深探索，进而驱动着超快激光精密控制技术的持续发展。通过主动控制或被动反馈控制来改变激光器腔内增益、能量、滤波效应、偏振态等参数，可以实现对自组装脉冲振幅、波长、脉宽、波形、光谱等特性的调控。对这些脉冲特性的精准人工操控也为超快激光测量、光存储、光计算等应用场景提供新的思路。因此，如何实现自组装脉冲相位特征的精准切换以及按需重构，成为了智能控制超快激光的关键难点。

创新研究

在本工作中，研究人员通过精细地调控超快光纤激光器的腔内增益，对自组装脉冲的内部相位演化进行了人工操控与分类研究，揭示了增益对自组装脉冲瞬态演化的影响。根据相位演化特征的不同，定义了四个自组装脉冲相位演化区间，分别表现为无相位，负向相位，稳定相位和正向相位(图1a)。对应的四种自组装脉冲相位演化示例如图1b所示，相位向不同的方向演化，具有很高的可识别度。

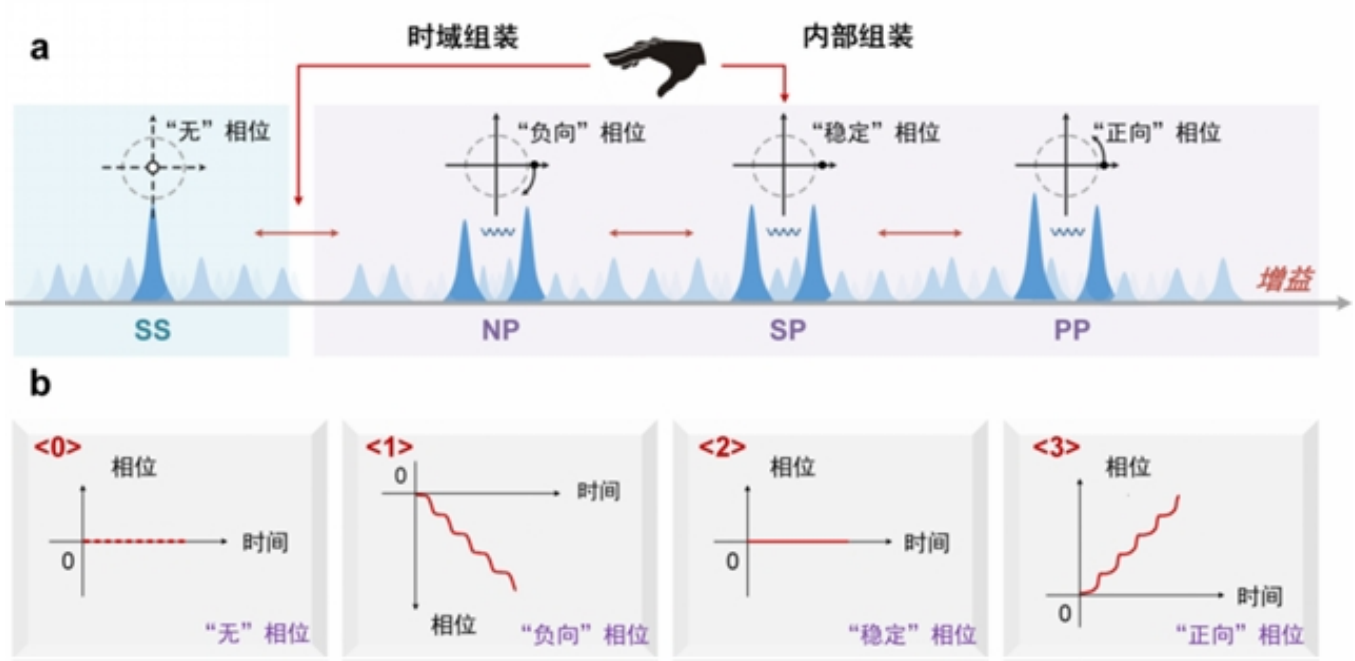


图1 (a)增益控制的自组装脉冲相位演化。(b)四个区间的相位演化示例。

此外，研究人员通过对激光器泵浦进行周期性的电调制，使得腔内增益快速变化，进而驱动自组装脉冲进行确定性的组装或解离，对应的实时光谱演化如图2a所示。结合实时光谱干涉法，对自组装脉冲的相位演化进行解析，揭示了脉冲切换的具体过程及其操控机制(图2b)。这种对激光器增益的精准调制为实现自组装脉冲的快速人工操控提供了一种高效的方法。

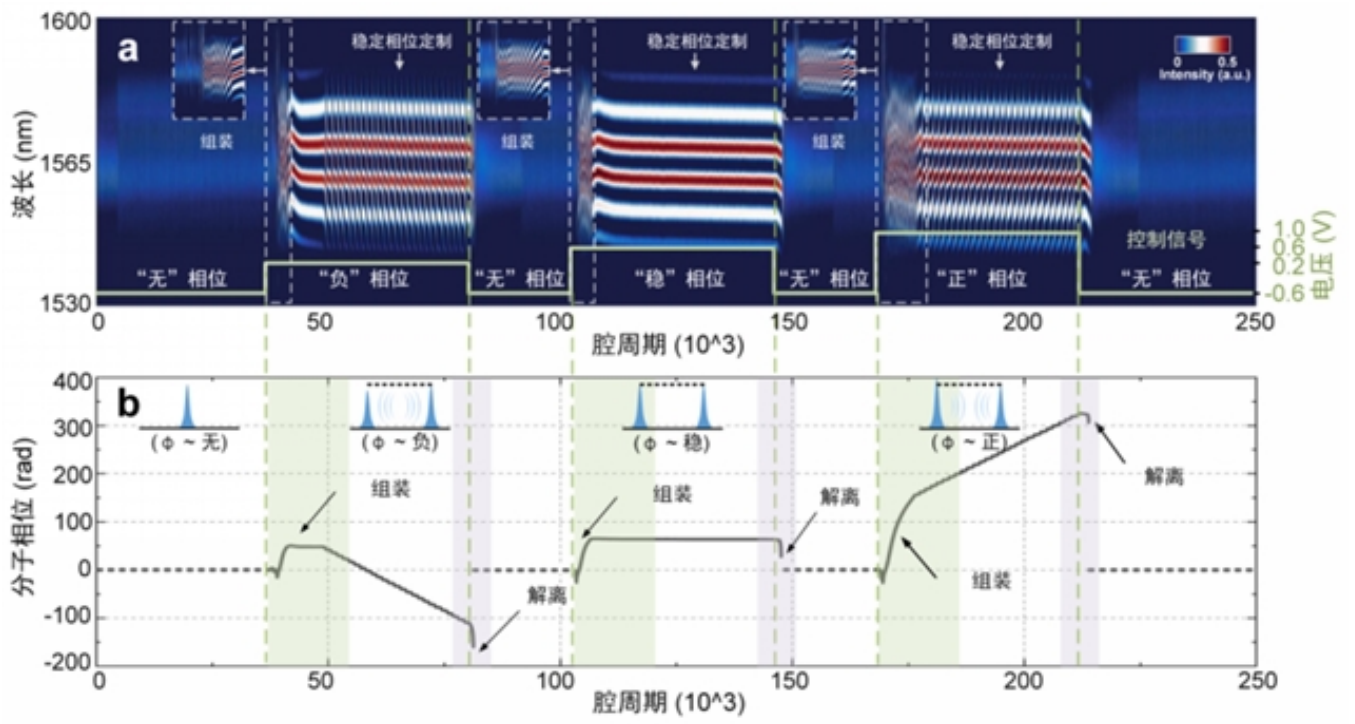


图2 四个相位区间之间的全光切换。(a)实时光谱演化图。(b)自组装脉冲相位演化。

由于这四个区间的相位符号具有很高的可识别度，因此被用于构建一种新的基于相位定制的四进制编码格式。一个bit的时间长度设置为200微秒。通过设定合适的相位阈值来判定自组装脉冲的相位演化类别，进而识别每一个bit内存储的相位信息。这种对激光器增益的精细电调制实现了具有高保真度的相位定制编码。此外，对自组装脉冲相位演化的解算较为简单，这也确保了对相位信息的快速解码。为了验证该相位定制编码的可用性，研究人员将一个单词fiber编入到了脉冲流中，并对其进行了相位解码，如图3所示。在此基础上，若将相位演化速度或其他自组装脉冲瞬态演化加入到编码格式中，可更进一步的提升多重编码和全光存储容量。

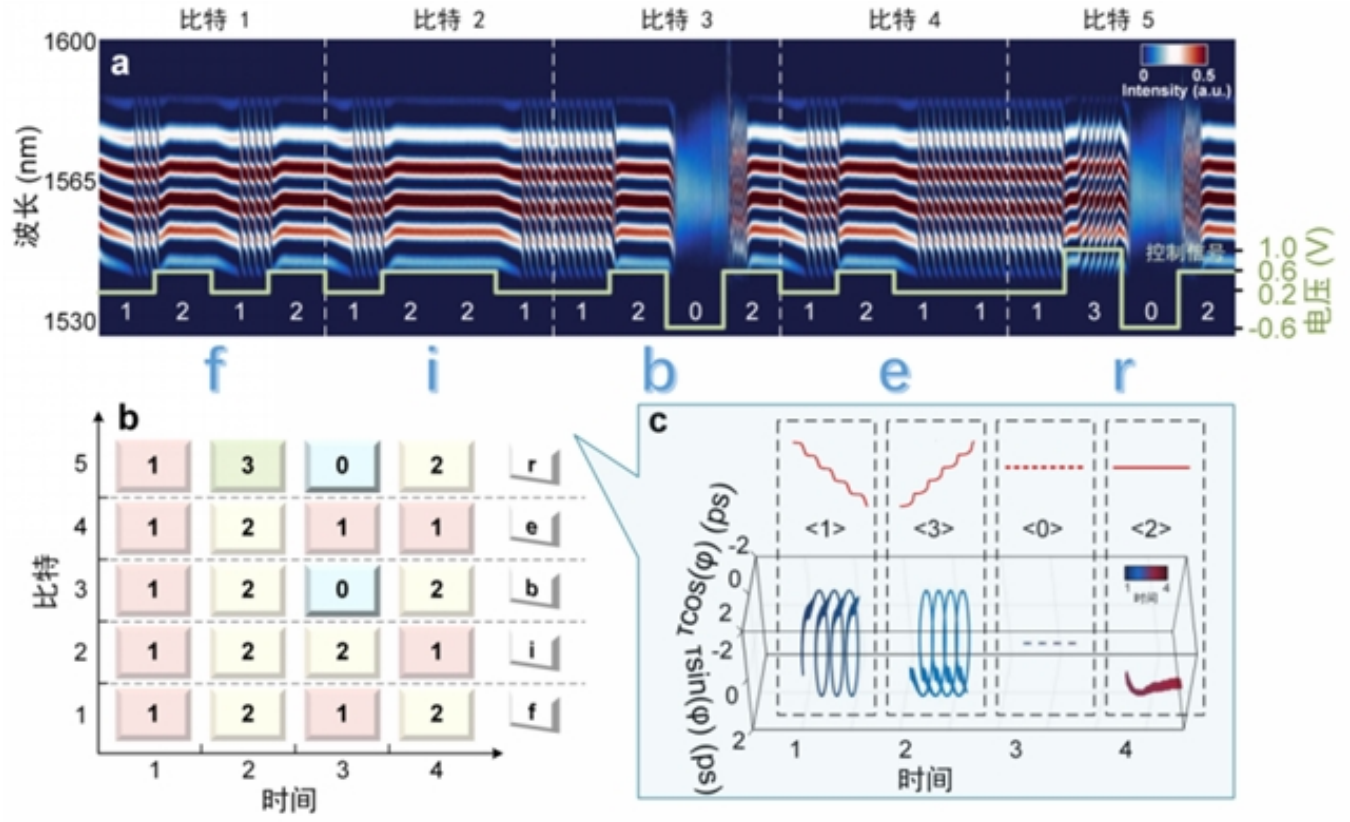


图3 相位定制四进制编码示例fiber。(a)编码数据流。(b)每个字母的四进制表征。(c)r的相位演化轨迹。

总结与展望

本文报道了可编程增益控制的自组装脉冲相位演化，并由此构建了一种新的相位定制四进制编码格式。这种基于增益控制的相位定制方法为自组装脉冲的人工操控提供了一种新的思路，有望进一步拓展如光测量、光存储、光计算等诸多新兴应用场景，为超快光学的研究开辟新的道路。

该研究成果近日发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》，题为Phase-tailored assembly and encoding of dissipative soliton molecules。

华中科技大学与重庆大学联合培养博士生刘雨松为论文的第一作者，重庆大学罗亦杨副教授和华中科技大学孙琪真教授为论文的共同通讯作者。(来源：LightScienceApplications微信公众号)

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41377-023-01170-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：孙琪真等 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