

---

# 基于主动相位稳定光谱拼接的光学任意波形生成（OAWG）

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37497.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！*

基于主动相位稳定光谱拼接的光学任意波形生成（OAWG）。导读

在高速光通信与超宽带光电子领域，光学任意波形生成（OAWG）是突破电子器件带宽瓶颈的关键技术。德国卡尔斯鲁厄理工学院Christian Koos与瑞士洛桑联邦理工学院联合团队，提出主动相位稳定光谱拼接OAWG方案，通过闭环控制解决多光谱切片间相位漂移问题，实现325 GHz带宽光学波形生成，为超高速光信号传输与宽频测试仪器研发提供核心支撑。

当前商用数字—模拟转换器、同相正交调制器等电子器件带宽多低于100 GHz，难以满足200 GBd以上光通信需求；传统OAWG虽能拓展带宽，却因相位失准导致信号质量劣化。该研究通过设计信号合成树+相位稳定单元架构，利用光学混频器提取相位误差并实时补偿，首次实现无失真光谱切片拼接，推动OAWG从原理验证迈向实用化。

该研究成果近日发表于国际顶级学术期刊《Light: Science Applications》，题为Optical Arbitrary Waveform Generation (OAWG) Using Actively Phase-Stabilized Spectral Stitching，本研究共同第一作者为 Daniel Drayss、Dengyang Fang、Alban Sherifaj，此外Daniel Drayss还与Christian Koos为论文共同通讯作者。

## 研究背景

高速光通信等领域对超宽带光学波形需求迫切，传统同相正交调制受电子器件带宽限制，无法满足200 GBd以上信号传输需求；光学任意波形生成虽能通过多通道光谱切片突破带宽瓶颈，且光频梳为多波长载波提供相位锁定基础，但其在超高速信号合成中的应用仍需突破关键限制。

当前光谱切片OAWG存在未解决问题：一是多切片间相位易漂移，受振动、热扰动影响，相邻切片相位随机偏移，导致光谱重叠区域干涉凹陷，劣化信号质量；二是相位补偿手段低效，现有方案依赖偶然相位匹配或非标准接收端处理，无法实现靶向波形合成；三是系统实用性不足，缺乏标准化相位稳定架构，难以适配高保真实时场景，制约技术落地。

## 创新研究

研究团队创新性设计主动相位稳定光谱拼接架构（如图1信号合成树示意），通过构建含3个相位稳定单元的二进制信号合成树，利用光学混频器提取相邻光谱切片重叠区域的干涉误差信号，结

---

合闭环控制实时补偿相位漂移，首次实现无光谱凹陷的4路切片拼接，突破传统OAWG相位失准致信号劣化的核心局限，可生成325 GHz带宽的真正任意光学波形。

图1. 包含4个通道且具备主动相位稳定功能的光谱切片式光学任意波形生成（OAWG）系统简化示意图，该系统可生成时间尺度为几皮秒的光学任意波形。

团队提出系统建模+预失真校准协同方案（如图2 数字—模拟转换器驱动信号设计流程），基于线性系统模型推导各同相正交调制器的等效基带传输函数，通过预失真补偿数字—模拟转换器、同相正交调制器及光放大器的频率响应；同时将驱动信号峰均比控制在 10 dB，降低数字—模拟转换器量化噪声影响，使320 GBd 16QAM信号的光谱平坦度误差小于0.5 dB，解决传统OAWG器件非理想特性致波形失真的问题。

研究人员整合相位稳定OAWG +非切片 OAWM系统（如图2传输实验架构），发射端通过主动相位稳定实现超宽带信号生成，接收端利用耗散克尔孤子梳作为多波长本振，结合双通道同相正交接收与数字信号处理完成波形无失真重建；实测320 GBd 32QAM信号经87 km单模光纤传输后，星座信噪比仅下降0.5 dB，单偏振64QAM信号可实现1.8 Tbit/s信息速率，填补超高速光信号生成-传输-接收全链路技术空白。

---

图2. OAWG传输实验的实验装置及在各测点的典型测量结果。

## 总结与展望

该研究提出主动相位稳定光谱拼接OAWG方案，以光频梳为载波，通过4路切片独立同相正交调制与含相位稳定单元的信号合成补偿相位漂移，生成325 GHz带宽波形；实验实现320 GBd 16QAM/32QAM/64QAM 信号，经87 km光纤传输后信噪比仅降0.5 dB，单偏振64QAM达1.8 Tbit/s，突破电子带宽限制。

后续需集成硅光子相位稳定单元降低插损，结合概率星座塑形提升可达信息速率，同时拓展至超宽带测试测量与太赫兹领域，突破商用任意波形发生器的带宽局限，并探索软件定义光谱功能，推动全集成引擎产业化。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-01937-4>

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：Daniel Drayss 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