

---

# 通过载波包络相位定制对亚周期涡旋脉冲进行波前控制

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25877.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！*

通过载波包络相位定制对亚周期涡旋脉冲进行波前控制。近日，科学家们Yu-Chieh Lin, Katsumi Midorikawa等人发表了题为 Wavefront control of subcycle vortex pulses via carrier-envelope-phase tailoring的科技文章。

当脉冲持续时间变短并达到亚周期状态时，超短激光脉冲的载波包络相位(CEP)对于指定脉冲电场的特性变得越来越重要。当该亚周期脉冲涉及到光学涡旋(OV)脉冲中所包含的结构化波前时，由于结构化光学脉冲中的时空耦合，载波包络相位不仅应该对时间特性产生影响，而且还应该对空间特性产生影响。然而，到目前为止，载波包络相位控制对空间效应的直接观察尚未得到证实。

这篇文章提出了一种通过调整载波包络相位来测量和控制亚周期光学涡旋脉冲的空间波前的方法。为了生成亚周期光学涡旋脉冲，作者集成了提供亚周期高斯脉冲的光学参量放大器和具有光谱适应性的Sagnac干涉仪的模式转换器。由此生成的光学涡旋脉冲的脉冲持续时间为 4.7

fs，载波波长为 1.54

$\mu\text{m}$ 。为了进一步确认波前控制与载波包络相位的变化，作者进一步开发了一种新型 f-2f 干涉仪，它可以显示源自亚周期光学涡旋脉冲和以抛物线波前作为参考的亚周期高斯脉冲的二次谐波间空间干涉的螺旋条纹。该文章已发表在Light: Science Applications 期刊上。

## 研究背景

在各种时空光束中，光学涡旋光束由于其携带光学轨道角动量的有趣特征而在过去几十年中特别受到关注。然而，对于时空光学涡旋光束来说，它伴随着宽光谱带宽，并且在时间上被限制在超短脉冲持续时间内，因此生成技术受到与色度相关的挑战。直到最近，这种超短脉冲光学涡旋光束的开发取得了重大进展。超快放大器技术与各种消色差方法的结合显示了产生超短持续时间和高输出能量的光学涡旋脉冲的可能性，然而之前报道中的脉冲持续时间仅限于多个光学周期；迄今为止最短的记录是近红外区域的 2.3 个周期。随着脉冲持续时间变得比单周期更短或与亚周期相等，完全控制光学涡旋脉冲电场的时空演变对于研究直接取决于电场而非脉冲强度包络的物理现象至关重要。在这种控制中，载波包络相位是确定亚周期光学涡旋脉冲时空特性的重要参数之一。然而，目前还没有利用载波包络相位对亚周期光学涡旋脉冲进行时空控制的实验证明。由此作者演示了亚周期光学涡旋脉冲的生成以及通过操纵载波包络相位对其空间波前的控制。

## 研究创新

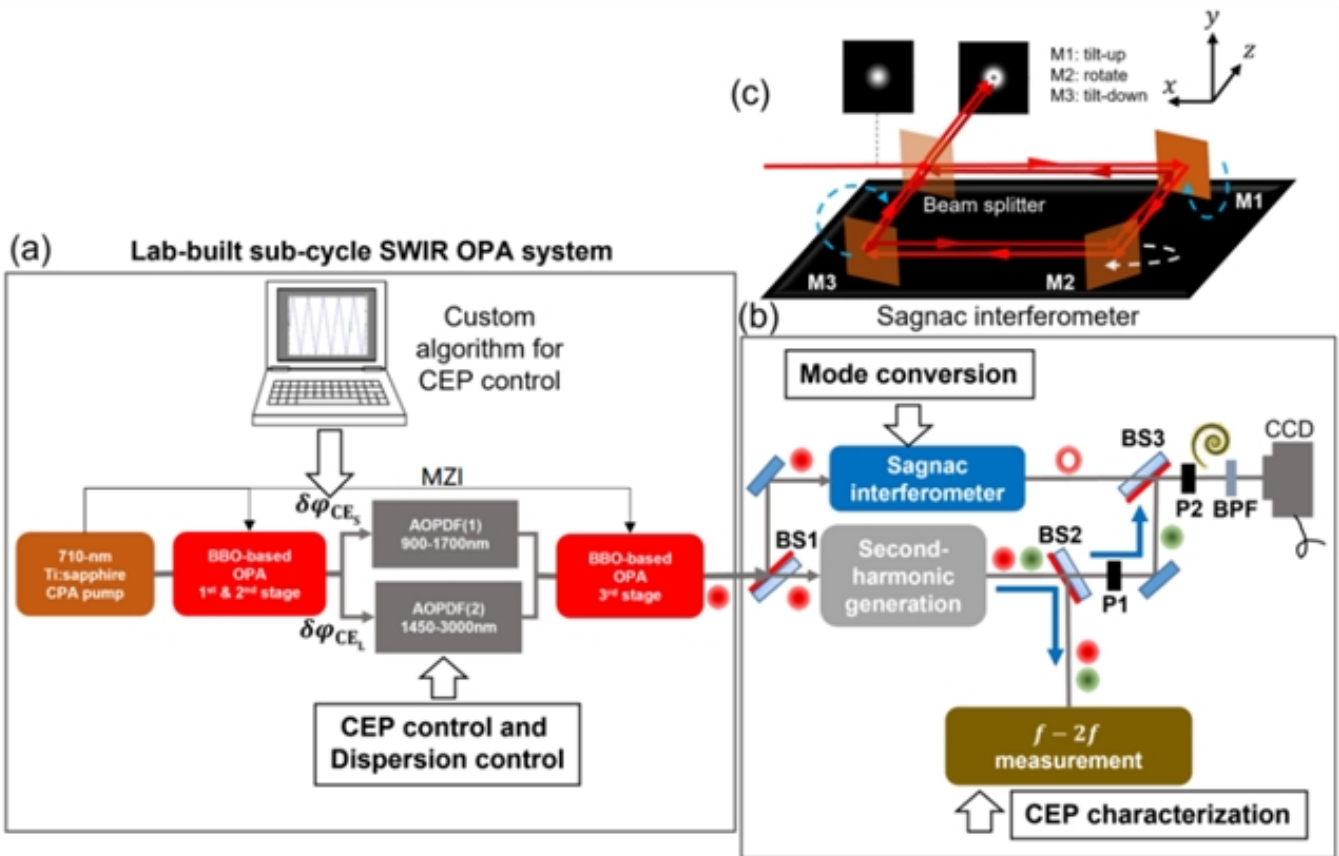


图1 亚周期光学涡旋脉冲产生与表征实验装置示意图。

为了生成和分析亚周期涡旋脉冲，文章按照三个程序步骤：[1] 图1(a) 生成具有 TEM<sub>00</sub>高斯模式的亚周期脉冲，其必要条件是包含超过一个倍频程的频谱分量。该亚周期脉冲生成系统是由三级光参量放大器系统组成，其中采用了 -硼酸钡（BBO）晶体作为非线性增益介质。[2] 图1(c) 通过模式转换器将亚周期脉冲从高斯模式转换为拉盖尔高斯模式，形成亚周期涡旋脉冲。其中利用图1(c)中Sagnac干涉仪(SI)作为模式转换器并且SI具有可接受的大谱宽。[3] 图1(b) 为表征转换后涡旋脉冲的时间轮廓和螺旋空间波面，构建了一个Mach-Zehnder干涉仪(MZI)，用于测量亚周期光学涡旋脉冲与高斯模式二次谐波亚周期脉冲之间的螺旋干涉条纹，以显示波面的载波包络相位控制。。这将用于表征电场载波包络相位的传统一维  $f-2f$  干涉仪扩展到用于表征载波包络相位依赖性空间波前的二维  $f-2f$  干涉仪。

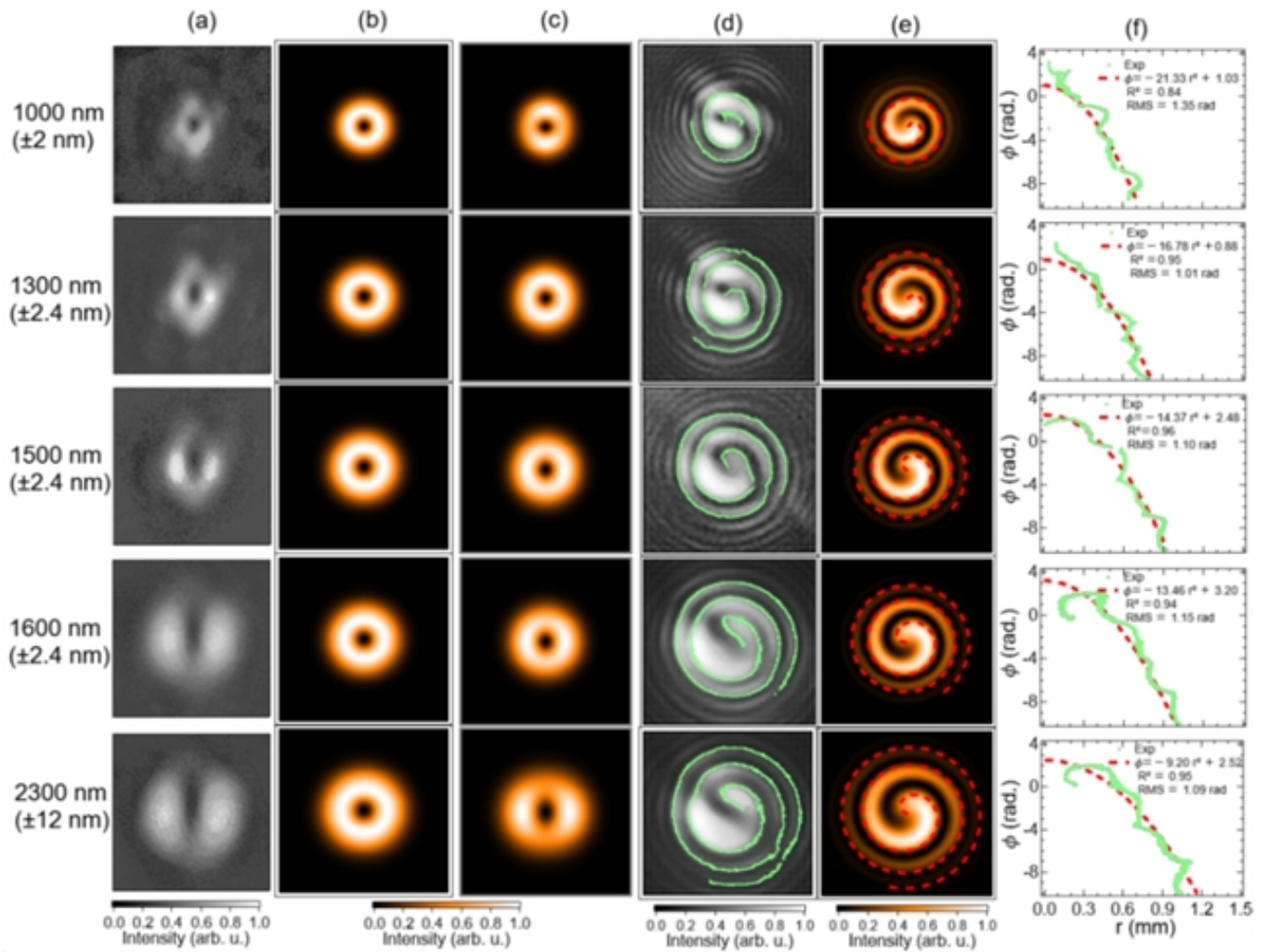


图2 光束轮廓和波前表征。(a)

由关闭SI中参考脉冲的光束路径，获得的亚周期光学涡旋脉冲的光束轮廓图像。(b)

理论计算结果（不包含色差）。(c) 理论计算结果（包含SI中色差）。(d) 通过 f-f

干涉测量实验获得的光束轮廓，其中 SI 的输出脉冲与高斯模式的基本参考脉冲叠加。(e)

理论计算结果。(f) 柱坐标系平面上图2(d)各图和图2(e)的曲线轮廓。

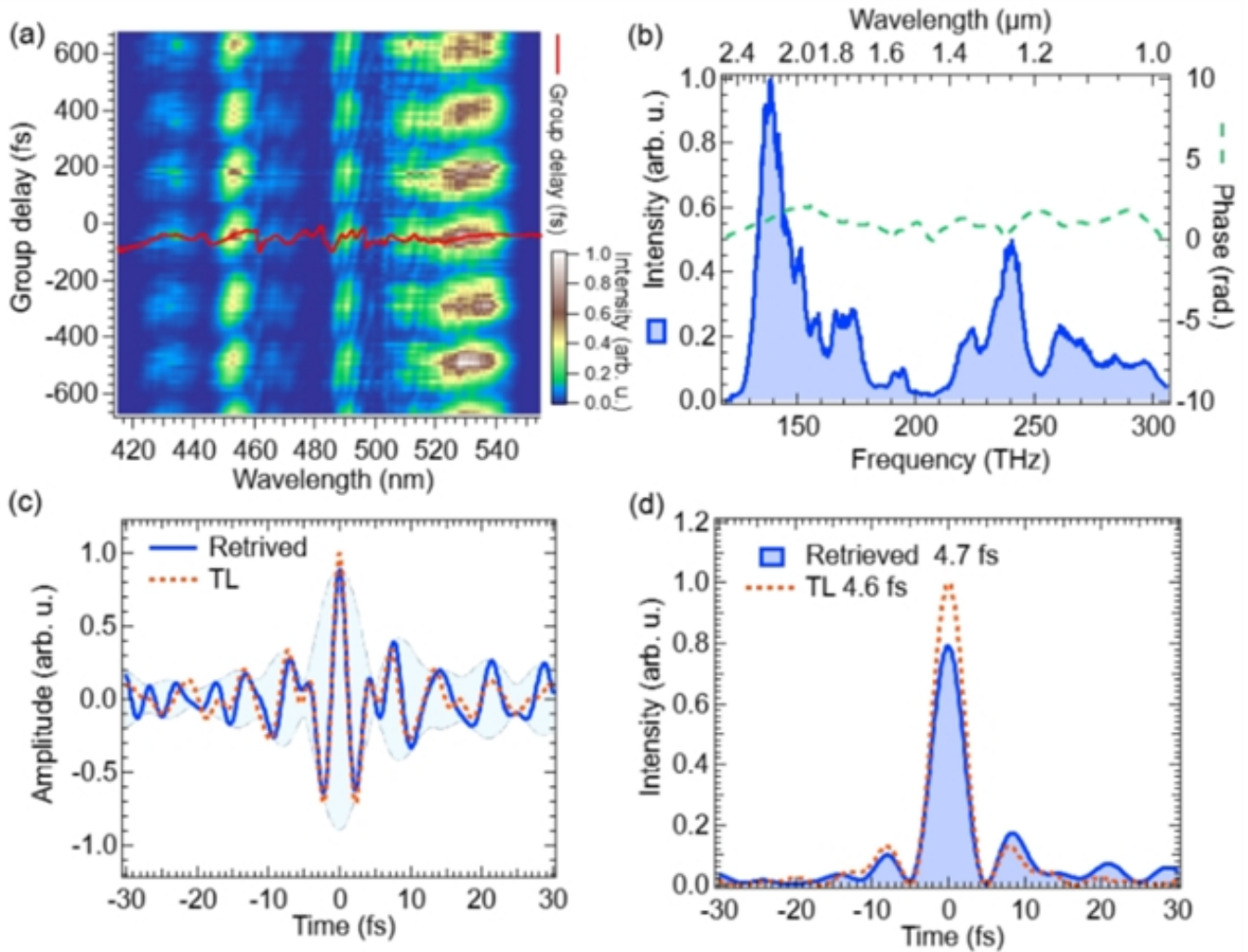
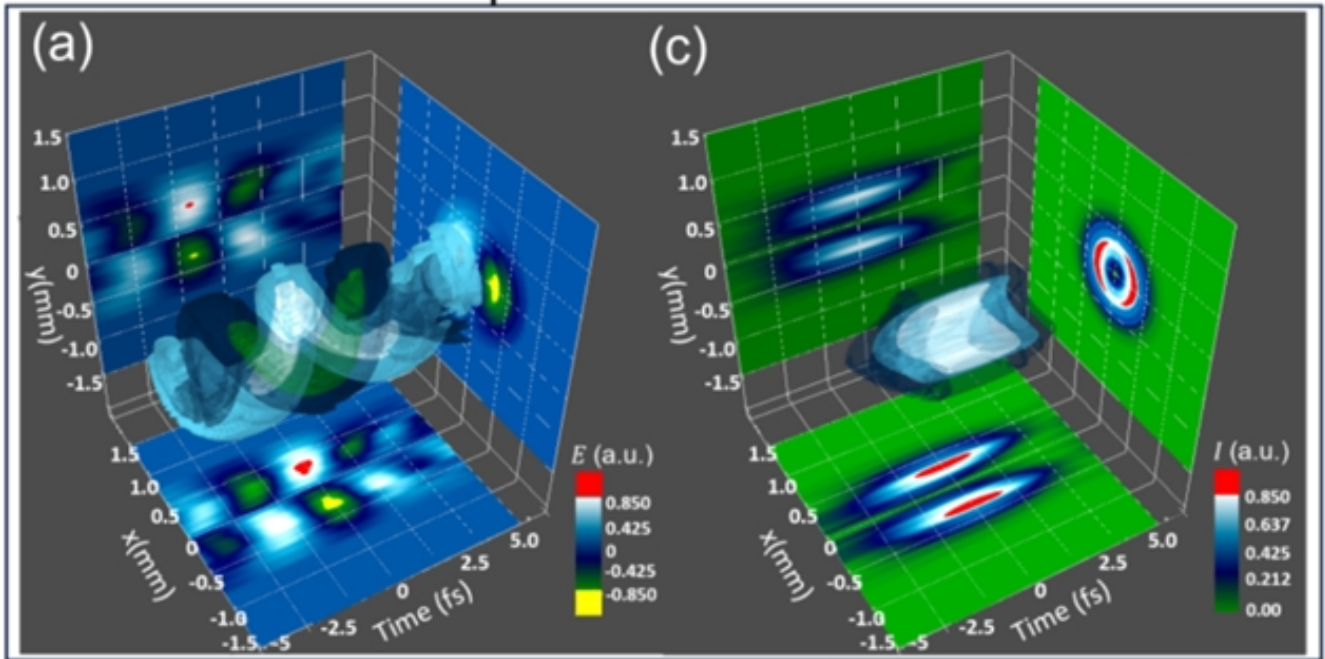


图3 通过2DSI表征时间剖面。(a) 光学涡旋脉冲的二维 SI 频谱图。实线是从谱图中获得的群延迟。(b) 光学涡旋脉冲的测量光谱 (阴影区域) 和从 (a) 中测量的群延迟检索的光谱相位 (虚线)。(c) 根据测量的光谱和检索的相位计算的电场 (实线)。阴影区域是电场的包络线。虚线是变换极限(TL)脉冲的电场。这里假定载波包络相位为 0 以恢复电场。(d) 与TL脉冲 (虚线) 相比, 根据测量的光谱和检索的相位计算出的时间轮廓 (强度) (阴影区域)。

## Experimental result



## Theoretical result

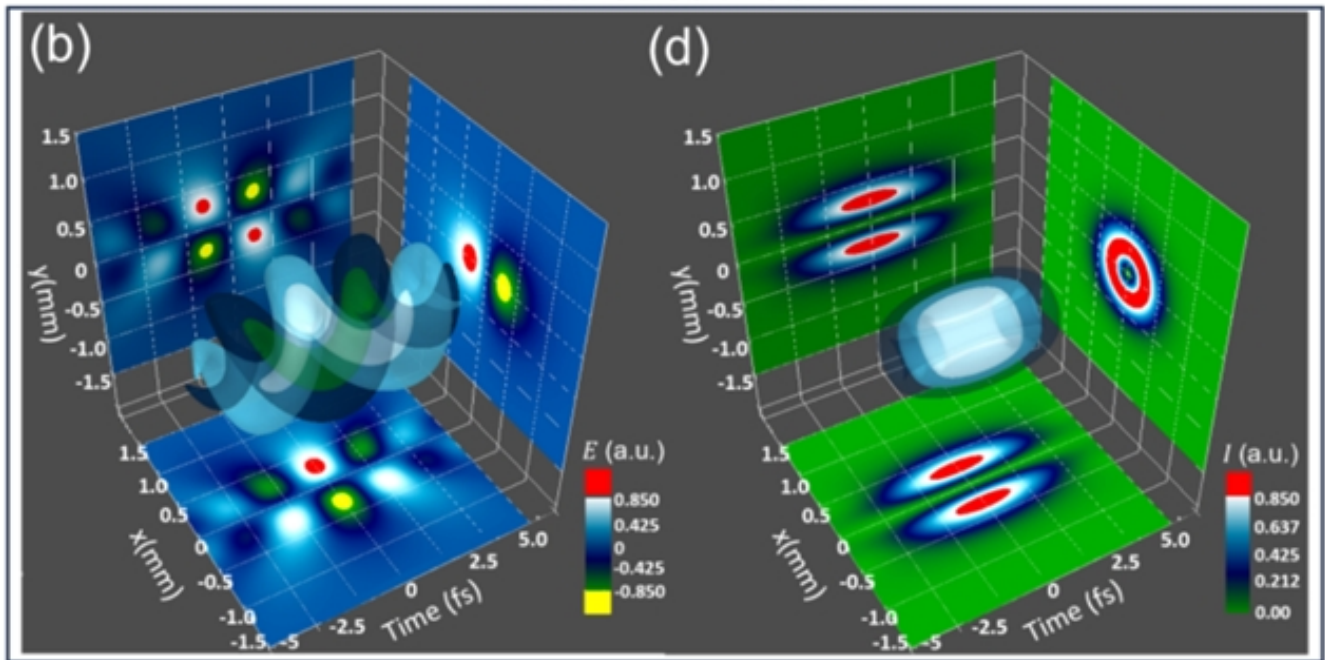


图4 实验和理论OV脉冲的3D等值面。(a)根据测量数据重建的亚周期光学涡旋脉冲电场的3D等值面。(b)根据方程计算的亚周期光学涡旋脉冲电场的3D等值面。(c)为(a)中所示的亚周期光学涡旋的强度分布的3D等值面。(b)理论计算的强度分布的3D等值面。

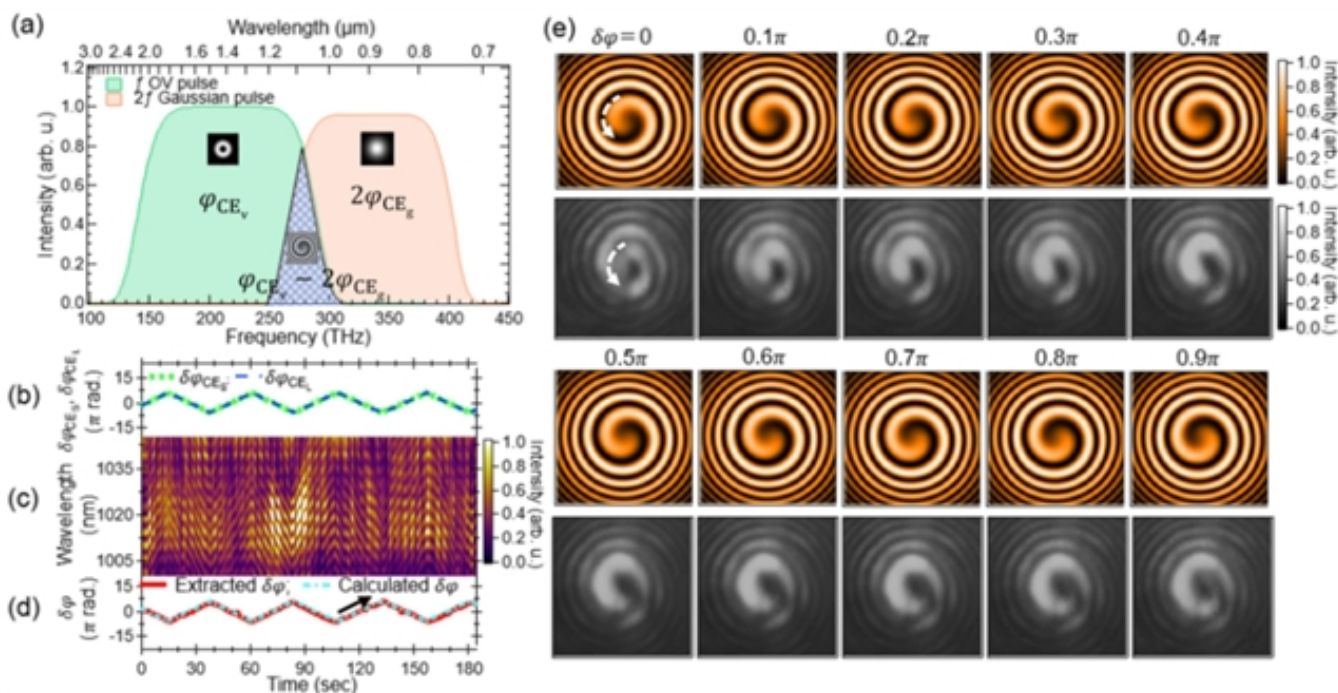


图5 通过CEP裁剪控制螺旋波前。(a) 具有  $\varphi_{CE_v}$  的CEP的基波 (f) 光学涡旋脉冲与具有高斯模式和  $2\varphi_{CE_g}$  的CEP的参考二次谐波 (2f) 脉冲之间的光谱干涉示意图。重叠区域为干涉，在光束轮廓中产生螺旋条纹，其方位角偏移包括  $\varphi_{CE_v} - 2\varphi_{CE_g}$  项。(b) 应用于两个声光可编程色散滤波器的CEP偏移  $\varphi_{CE_s}$  和  $\varphi_{CE_L}$  的演变。(c) 使用参考基波和高斯模式SH脉冲测量的f-2f频谱图。(d) 从(c)中测量的光谱图中提取的干涉条纹的相移(实线)和从  $\varphi_{CE_s} - 2\varphi_{CE_L}$  计算出的CEP位移。(e) 螺旋干涉条纹随着  $\delta\varphi$  的增加而演化。上排为理论计算结果，下排为实验结果。

该文章近日发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》，题为Wavefront control of subcycle vortex pulses via carrier-envelope-phase tailoring。(来源：LightScienceApplications微信公众号)

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01328-7>

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：Katsumi Midorikawa 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