

Image not found

Un enfoque novedoso para la generacion de peines de frecuencia promete simplicidad y precision

Presentan un enfoque innovador para la generacion de peines de frecuencia con excelentes propiedades temporales y espectrales, basado en diferentes materiales no lineales y fuentes laser de bombeo. Este avance abre la puerta a la realizacion de peines de frecuencia compactos, simplificados y rentables.

May 15, 2025

Los atomos, moleculas y otras especies interactuan con la luz emitiendo y absorbiendo frecuencias especificas, que en conjunto constituyen sus espectros. Una linea espectral es una banda mas brillante u oscura dentro de un espectro que, de otro modo, seria uniforme y continuo. Cuando un sistema laser exhibe una serie de lineas espectrales espaciadas uniformemente, se lo denomina, en una clara analogia, peine de frecuencia.

Los peines de frecuencia se han convertido en herramientas esenciales en numerosos campos, incluyendo la espectroscopia, la metrologia de frecuencia y las comunicaciones opticas. A pesar del gran exito de los peines de frecuencia generados por metodos tradicionales, estos aun enfrentan desafios en cuanto a complejidad, costo, flexibilidad operativa y accesibilidad generalizada. Desarrollar peines de frecuencia de alta calidad que cumplan con estos requisitos tendria, con alta probabilidad, un impacto significativo en todas estas aplicaciones.

En un articulo publicado en *Physical Review Research*, el **Dr. Alfredo Sanchez**, investigador del ICFO, junto con el Dr. Chaitanya Kumar Suddapalli, del Tata Institute of Fundamental Research Hyderabad, dirigidos por el **Prof. ICREA del ICFO**, el **Dr. Majid Ebrahim-Zadeh**, proponen teoricamente un nuevo enfoque para la generacion de peines de frecuencia con excelentes caracteristicas temporales y espectrales.

En particular, los peines simulados exhiben un espectro de banda ancha con bloqueo de fase, lo que significa que cubren un amplio rango de frecuencias y que las fases de las ondas correspondientes a diferentes componentes de frecuencia permanecen fijas entre si. Asi, el bloqueo de fase garantiza que las lineas de frecuencia se mantengan uniformemente espaciadas y coherentes en el tiempo. Esto es crucial para varias aplicaciones que requieren mediciones de alta resolucion y sin interferencias de senal, como la metrologia, la espectroscopia o las tecnologias de comunicacion.

Además, al analizar la evolución temporal de las señales, los investigadores observan solitones cuadráticos de femtosegundo -formas de onda extremadamente breves (en la escala de femtosegundos) que viajan sin cambiar su forma (solitones), siguiendo una relación matemática cuadrática específica. Comprender y controlar estos solitones permite diseñar dispositivos ópticos avanzados para transmisión de datos a alta velocidad, mediciones de precisión y procesamiento de información, entre otros.

El enfoque propuesto consiste en irradiar con un láser de onda continua un oscilador óptico paramétrico (OPO, por sus siglas en inglés), un dispositivo óptico no lineal que convierte un solo fotón entrante en dos fotones de menor energía. Pero, según el Profesor ICREA Majid Ebrahim-Zadeh, *¿la clave para el funcionamiento exitoso de esta fuente tan excepcional es el control de la dispersión de velocidad de grupo, un concepto nuevo explorado por primera vez en OPOs de onda continua?* La dispersión de velocidad de grupo provoca que diferentes componentes de frecuencia dentro de un pulso de luz viajen a distintas velocidades a través de un medio. Sin un control adecuado, esta dispersión puede distorsionar el resultado final, comprometiendo la coherencia y estabilidad de los peines de frecuencia generados y, por lo tanto, degradando su calidad. La técnica propuesta por el equipo ha demostrado ser eficaz para contrarrestar los efectos de la dispersión de velocidad de grupo, lo que resulta esencial para la generación de un espectro coherente, de banda ancha y con bloqueo de f

En conjunto, los resultados del estudio allanan el camino hacia una nueva clase de fuentes de peines de frecuencia de alta calidad, lo que podría permitir diseños más compactos, simplificados y rentables. Esto, a su vez, podría rebajar las barreras de entrada para laboratorios e industrias que buscan implementar este tipo de tecnología.

Referencia:

A. D. Sanchez, S. Chaitanya Kumar, M. Ebrahim-Zadeh, Quadratic frequency comb based on phase-modulated cw-driven optical parametric oscillator with intracavity dispersion control, Phys. Rev. Research 7, 023110 (2025).

Agradecimientos:

We gratefully acknowledge funding from the Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN) and the State Research Agency (AEI), Spain (Project Nutech PID2020-112700RB-I00); Project Ultrawave EUR2022-134051 funded by MCIN/AEI and by the *¿European Union NextGenerationEU/PRTR*; Severo Ochoa Programme for Centres of Excellence in R D (CEX2019-000910-S); Generalitat de Catalunya (CERCA); Fundacion Cellex; Fundacion Mir-Puig. S. Chaitanya Kumar acknowledges support of the Department of Atomic Energy, Government of India, under Project Identification No. RTI 4007.

Image not found

Diagrama de energía del proceso y los modos de la cavidad sin (izquierda) y con (derecha) compensación de dispersión. Fuente: Physical Review Research.