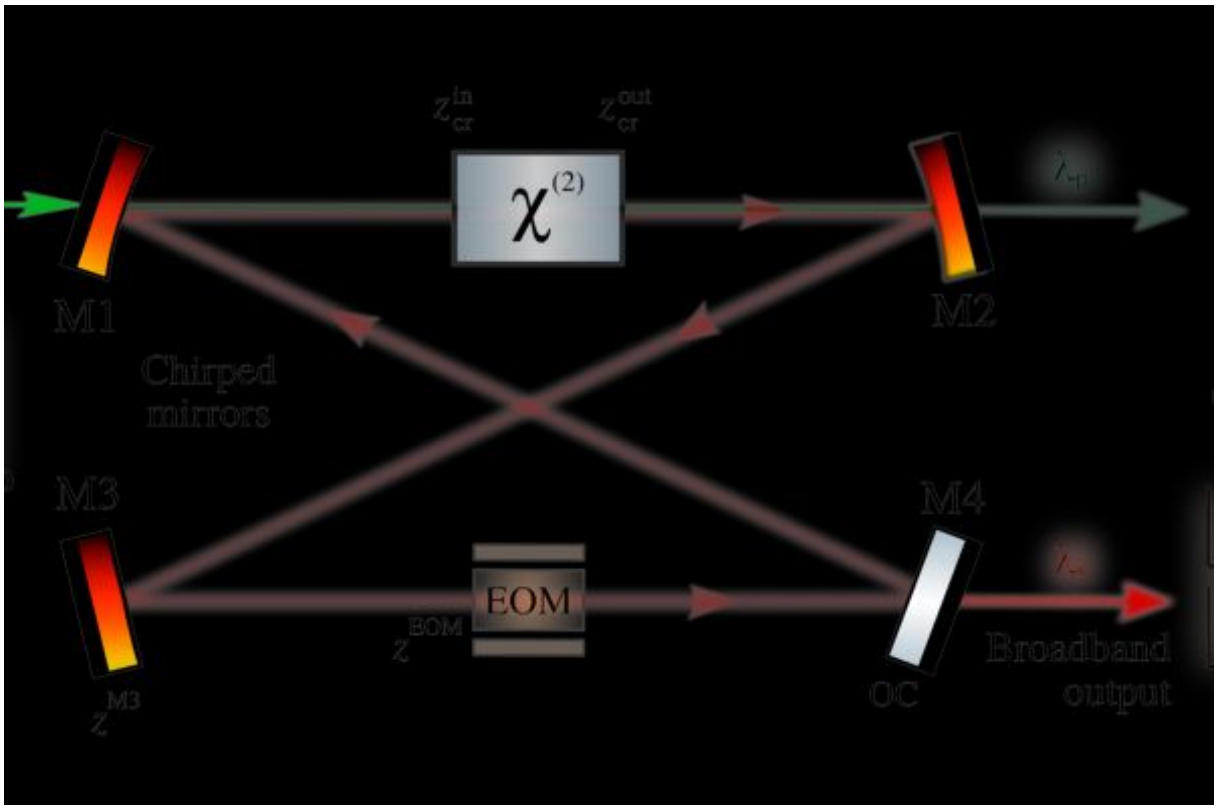


Un enfoque novedoso para la generacion de peines de frecuencia promete simplicidad y precision

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.

Ademas, al analizar la evolucion temporal de las senales, los investigadores observan solitones cuadraticos de femtosegundo -formas de onda extremadamente breves (en la escala de femtosegundos) que viajan sin cambiar su forma (solitones), siguiendo una relacion matematica cuadratica especifica. Comprender y controlar estos solitones permite disenar dispositivos opticos avanzados para transmision de datos a alta velocidad, mediciones de precision y procesamiento de informacion, entre otros.

El enfoque propuesto consiste en irradiar con un laser de onda continua un oscilador optico parametrico (OPO, por sus siglas en ingles), un dispositivo optico no lineal que convierte un solo foton entrante en dos fotones de menor energia. Pero, segun el Profesor ICREA Majid Ebrahim-Zadeh, i¿½la clave para el funcionamiento exitoso de esta fuente tan excepcional s el control de la dispersion de velocidad de grupo, un concepto nuevo explorado por prime a vez en OPOs de onda continuai¿½. La dispersion de velocidad de grupo provoca que diferentes componentes de frecuencia dentro de un pulso de luz viajen a disti tas velocidades a traves de un medio. Sin un control adecuado, esta dispersion p ede distorsionar el resultado final, comprometiendo la coherencia y estabilidad de los peine de frecuencia generados y, por lo tanto, degradando su calidad. La tecnica propuesta po el equipo ha demostrado ser eficaz para contrarrestar los efectos de la dispersion de veloc dad de grupo, lo que resulta esencial para la generacion de un espectro coherente, de b nda 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 podria permitir disenos mas compactos, simplificados y rentables. Esto, a su vez, podria rebajar las barreras de entrada para

laboratorios e industrias que buscan implementar este tipo de tecnologia.

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 Innovacion (MCIN) and the State Research Agency (AEI), Spain (Project Nutech PID2020-112700RB-I00); Project Ultrawave EUR2022-134051 funded by MCIN/AEI and by the i¿½European Uni n NextGenerationEU/PRTR; Severo Ochoa Programme for Centres of Excellence in R D (CEX2019-000910-S); Generalitat de Catalunya (CERCA); Fundacion Cellex; Fundac o Mir-Puig. S. Chaitanya Kumar acknowledges support of the Department of Atomic Energ , Government of India, under Project Identification No. RTI 4007.

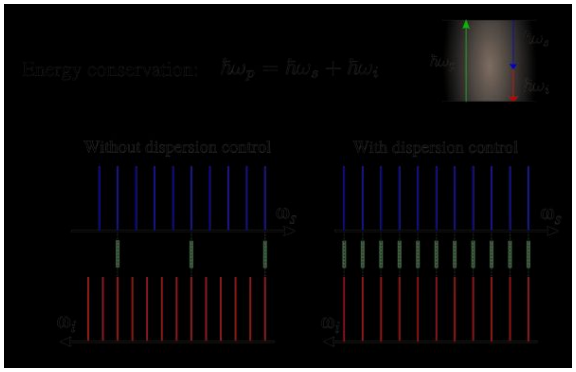


Diagrama de energia del proceso y los modos de la cavidad sin (izquierda) y con (derecha) compensacion de dispersion. Fuente: Physical Review Research.