Diseño y caracterización de nuevas estructuras difractivas aperiódicas: Cantor Dust, Fibonacci y Thue-Morse.

DiOG Diffractive Optics Group
http://diog.webs.upv.es

Autor: Vicente Ferrando Martín
Directores: Juan A. Monsoriu
Walter D. Furlan

Programa: Diseño, fabricación y gestión de proyectos inductriales

Objetivos

Los objetivos de este trabajo son el diseño y estudio de las propiedades ópticas de estructuras difractivas basadas en secuencias aperiódicas. En particular, se diseñan dos placas zonales basadas en el conjunto fractal de Cantor y la secuencia de Thue-Morse y una lente generadora de vórtices ópticos basada en la secuencia de Fibonacci. En todos los casos estudiamos las propiedades de focalización tanto de forma teórica como experimentalmente y, en el caso de la plaza zonal de Thue-Morse analizaremos la calidad de imágenes formadas con este elemento.

Etapas principales de la investigación

Diseño

En primer lugar, se genera la distribución de fase del elemento a estudiar basandose en las diferentes secuencias aperiodicas.

Propiedades de focalización

Se realiza un análisis teórico de la irradiandia producida por del elemento difractivo a estudiar.

Simulación experimental

En el laboratorio se simula la distribucion de fase a estudiar en un display de cristal liquido y se analizan sus irradiancias.

Formación de imágenes

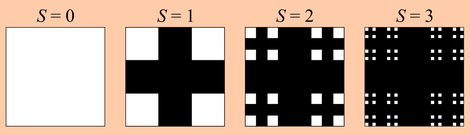
Si el elemento tiene la capacidad de generar imagenes estas son simuladas para comprobar la calidad de imagen.

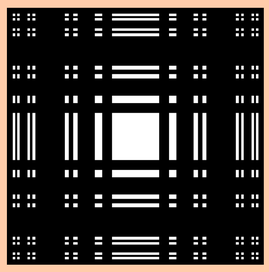
Posibles aplicaciones

Finalmente se lista la posible aplicabilidad del elemento y en que campos puede llegar a mejorar las técnicas actuales.

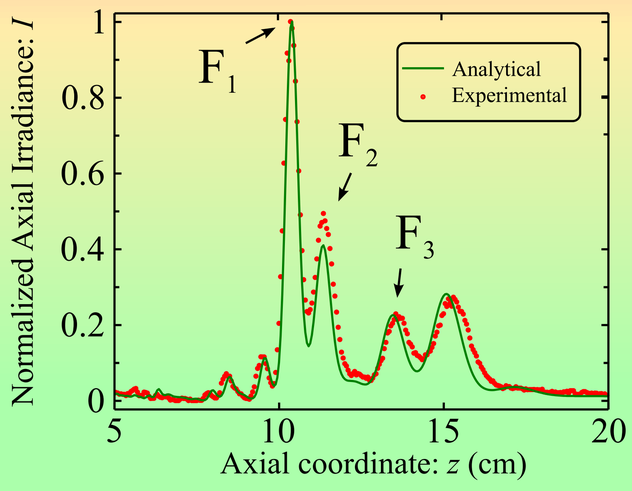
Resultados de la investigación

Cantor Dust Zone Plate

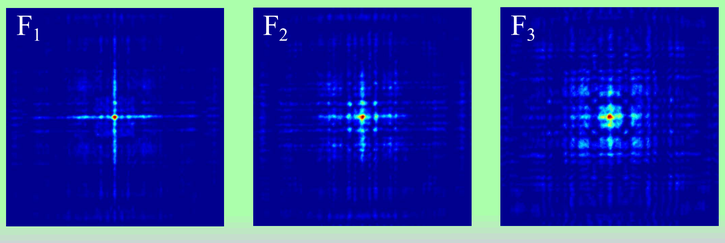




Construcción geométrica del polvo fractal de Cantor hasta orden S_3 y distribución de la transmitancia del colador de fotones fractal correspondiente.



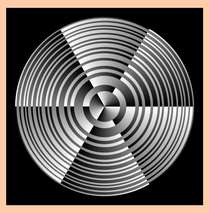
Irradiancia axial teórica y experimental producida por el CDZP. Podemos observar una extensión de la profundidad de foco producida por la distribución fractal.



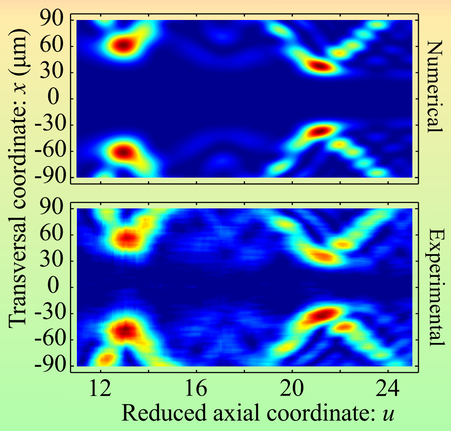
Una de las potenciales aplicaciones de este elemento es la generación de un patrón que sirva como referencia en el calibrado y alineado de sistemas ópticos 3D aprovechando la profundidad de foco extendida y su focalización en forma de cruz.

Fibonacci Vortex Lens

S_0 B
S_1 A
S_2 A B
S_3 A B A
S_4 A B A A B
S_5 A B A A B A B A
S_6 A B A A B A B A A B A A B

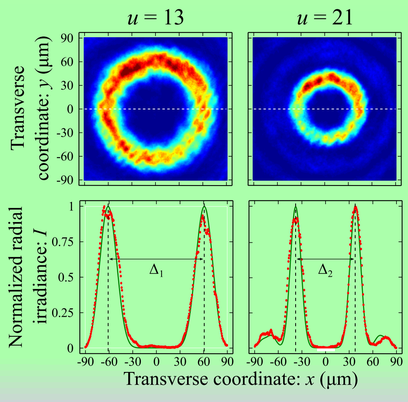


Construcción geométrica de la sequencia de Fibonacci hasta orden S_6 y distribución de fase para la FVL correspondiente FVL con vorticidad de orden 3.



Irradiancia teórica y experimental de la FVL de orden 6 con vorticidad de orden 3. Esta lente tiene sus focos (vórtices) en las posiciones axiales reducidas u=13 y u=21, es decir, los números de Fibonacci F7 y F8.

Vórtices generados en los planos u=13 y u=21. Como puede observarse, tanto las posiciones como el diametro relativo entre ambos vortices mantienen la proporción aurea.

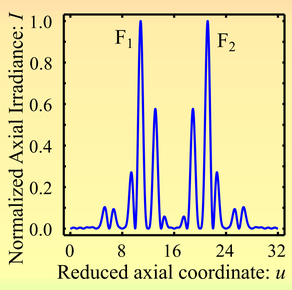


Los vórtices ópticos se utilizan como pinzas ópticas por su capacidad para atrapar partículas e inducirles a estas diferentes estados de rotación debido a su momento angular inherente. La generación de un par de vortices axiales permite atrapar particulas alargadas y mantenerlas en orientación axial.

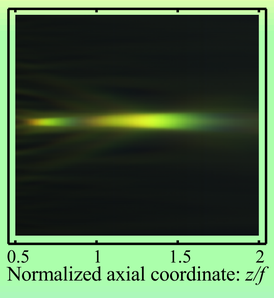
Thue-Morse Zone Plate

S=0 A
S=1 A B
S=2 A B B A
S=3 A B B A B A A B
S=4 A B B A B A A B B A A B A B B A

Construcción geométrica de la sequencia de Thue-Morse hasta orden S_4 y distribución de la transmitáncia para la TMZP correspondiente.



Irradiancia axial teórica producida por la placa zonal de Thue-Morse de orden 7. Puede observarde como el foco principal se desdobla y se generan un conjunto de focos secundarios alrededor de cada uno, aumentando considerablemente la profundidad de foco.



Irradiancia experimental producida bajo iluminación policromatica por una placa zonal de Thue-Morse de orden 7. Se puede observar el aumento en la profundidad de foco.

Imagenes obtenidas por una placa zonal de Thue-Morse de orden 7 bajo iluminación policromática. Se puede observar una baja aberración cromatica, sobretodo para el foco F_1.

Por el aumento de la extensión de foco y la reducción de la aberración cromatica que aportan las placas zonales de Thue-Morse, su aplicabilidad se puede extender a un amplio rango de aplicaciones en las que las placas zonales convencionales encuentran su limite debido a la fuerte aberración cromática inherente.