

Título de la tesis (original):

Accurate predictive model for twisted nematic liquid crystal devices. Application for generating programmable apodizers and Fresnel lenses

Resumen (en el idioma en que se ha redactado la tesis):

We develop two main subjects in this Ph.D. thesis. In the first subject, we concentrate on the study of the twisted nematic liquid crystal devices. These are the devices used as displays in the electronics industry. Our goal is to calculate and predict with a high degree of accuracy the complex amplitude transmittance provided by these devices, in order to be used as spatial light modulators in optical processing, diffractive optics, adaptive optics, in which phase-only or amplitude-only modulations are required. We have proposed a simplified model to describe the performance of the devices based on a reverse-engineering procedure. We consider the device divided in three regions: two side layers or edges, and a central region, whose widths vary with the applied voltage. By means of this model we are able to predict with a high degree of accuracy the complex amplitude modulation provided by the device. This prediction capability enables to program digital searches for phase-only or amplitude-only configurations. The results achieved are close to the ideal modulations. We have to use short wavelengths and configurations with polarizers and wave plates.

In the second subject, we use the liquid crystal devices to generate diffractive optical elements for image formation systems. On one hand, we have produced apodizers, which allow to change the impulse response of the optical system (focusing depth, resolution). We have successfully verified the generation of apodizers using the liquid crystal devices in the amplitude-only regime: these programmable apodizers can be dynamically changed and they have the flexibility provided by the control by means of a computer. On the other hand, we have combined an apodizer and a lens in a single diffractive optical element using the liquid crystal device in the phase-only mode. This new element, the focusing programmable apodizer, allow to modify the impulse response and the focal length dynamically and simultaneously. In order to generate this new element, we have proposed a new technique to codify complex amplitude information on a quadratic phase-only function. Moreover, we take into account different phenomena due to pixelated structure of the liquid crystal device, such as the inherent apodizing effect.

Título de la tesis (traducido al castellano):

Modelo con una precisa capacidad de predicción para dispositivos de cristal líquido nemático helicoidal. Aplicación para generar apodizadores programables y lentes de Fresnel

Resumen (traducido al castellano):

En esta tesis se desarrollan dos temas principales. En el primer tema, nos hemos centrado en el estudio de las pantallas de cristal líquido nemático helicoidal. Éstas son las pantallas usadas como visualizadores (displays) en la electrónica de consumo. Nos interesa ser capaces de calcular y de predecir con elevada precisión la transmitancia en amplitud compleja que proporcionan estas pantallas, para su uso como moduladores espaciales de luz en procesado óptico, óptica difractiva, óptica adaptativa, donde generalmente se requieren modulaciones de sólo fase o de sólo amplitud. Hemos propuesto un modelo simplificado para el funcionamiento de las pantallas basado en un procedimiento de ingeniería inversa. Consideramos el dispositivo dividido en tres regiones: dos capas laterales o bordes, y una región central, cuyas anchuras varían con el voltaje aplicado. Mediante este modelo somos capaces de predecir con elevada precisión la modulación de amplitud compleja proporcionada por el dispositivo. Esta capacidad de predicción nos ha llevado a realizar búsquedas digitales de configuraciones de sólo fase o de sólo amplitud, obteniendo unos resultados cercanos a las modulaciones ideales. Para ello hemos de usar longitudes de onda cortas y configuraciones con polarizadores y láminas desfasadoras.

En el segundo tema, usamos las pantallas de cristal líquido para generar elementos ópticos difractivos interesantes en sistemas de formación de imagen. Por un lado, hemos generado apodizadores, que permiten cambiar la respuesta impulsional del sistema óptico (profundidad de enfoque, resolución). Hemos demostrado con éxito la generación de apodizadores sobre las pantallas de cristal líquido en configuración de sólo amplitud: se trata de los apodizadores programables cuya función se puede cambiar dinámicamente y con la flexibilidad de ser controlables desde un ordenador. Por otro lado, hemos combinado un apodizador y una lente en un solo elemento óptico difractivo sobre la pantalla de cristal líquido en modo de sólo fase. Este nuevo elemento, apodizador focalizador programable, permite modificar la respuesta impulsional y la distancia focal dinámica y simultáneamente. Para generarlo hemos propuesto una técnica de codificación de información de amplitud compleja sobre una función de sólo fase cuadrática. Además, debemos tener en cuenta ciertos fenómenos, como el efecto apodizante inherente, producidos por la estructurada pixelada del dispositivo de cristal líquido.