

RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL

Difracción de sonido por redes de hilos calientes

de

Mitko Ivanov Angelov

Doctor en Ciencias por el Departamento de Ingeniería Electrónica

Universitat Politècnica de València, Valencia, Noviembre 2015

El objetivo de este trabajo es demostrar teóricamente y experimentalmente como la propagación de ondas acústicas puede ser controlada por gradientes de temperatura. Empezando con el caso más simple de dos hilos calientes en aire, el estudio se extiende sobre estructuras periódicas conocidas como cristales sónicos (CS). Se ha utilizado el Método de Elementos Finitos (FEM) para realizar simulaciones numéricas con el objetivo de demostrar la colimación y focalización de ondas acústicas en CS bidimensionales (2D) cuya fracción de llenado es ajustable mediante gradientes de temperatura.

Como parte de la investigación se ha analizado la reflexión de Bragg y el efecto de tipo Fabry-Perot asociados con los CSs estudiados. Entre los ejemplos tratados figuran un CS con una transmitancia ajustable a voluntad, dentro de ciertos límites. También se han estudiado lentes acústicas bidimensionales de gradiente de índice, basadas en gradiente de temperatura. Utilizando cortinas paralelas de hilos calientes cuya temperatura varía según una ley dada se puede diseñar una lente GRIN con propiedades determinadas. Por otra parte, cambiando la temperatura de los hilos se puede lograr un cambio en la fracción de llenado dentro del GRIN CS. Así, el índice de refracción local, que está directamente relacionado con la fracción de llenado, se cambia también y se obtiene una variación de gradiente de índice dentro del GRIN CS. Este GRIN CS es una analogía directa de medios con gradiente, observados en la naturaleza. Como sus analogías ópticas, las lentes, estudiadas en este trabajo, tienen las superficies planas y son más fáciles de fabricar que las lentes curvadas. La deflexión de las ondas acústicas obtenida mediante una lente de gradiente GRIN se puede utilizar para focalizar o colimar haces de sonido.

Otro aspecto de este trabajo trata sobre el ajuste de algunas propiedades de un SC como el índice de refracción efectivo o la densidad efectiva con el objetivo de obtener unas propiedades deseadas del cristal. Como el ajuste activo de los bandgaps fonónicos es ciertamente deseado para futuras aplicaciones con funcionalidades mejoradas, hasta ahora se han hecho varios intentos de desarrollar CSs de características ajustables. Hay una gran necesidad de un método más práctico desarrollado para un ajuste activo de las propiedades de CSs. Controlando el ángulo de incidencia o la frecuencia de funcionamiento, un GRIN CS puede ajustar dinámicamente la curvatura de la trayectoria de propagación dentro de la estructura CS para demostrar el efecto "espejismo acústico" en la escala de longitud de onda pero es muy difícil modificar la fracción de llenado. Entre los últimos estudios de CSs las fracciones de llenado se ajustaron mediante una deformación física directa de la estructura o mediante estímulos externos (por ejemplo campos eléctricos o magnéticos). El primero es poco práctico para una gran parte de las aplicaciones y el segundo a menudo requiere estímulos muy fuertes para ajustes modestos. En este trabajo se propone otra forma de ajustar las propiedades de un CS. Las propiedades acústicas del medio de propagación (densidad, índice de refracción) dependen de la temperatura, por tanto, introduciendo gradientes de temperatura dentro de dicho medio pueden ajustarse a voluntad las propiedades del CS dentro de ciertos límites. La manera de

obtener gradientes de temperatura dentro del CS, propuesta en este estudio, es mediante hilos de Nicrom calentados con corrientes eléctricas. Hay algunas ventajas importantes de este método. En primer lugar, cambiando la intensidad de corriente eléctrica que circula por los hilos se puede conseguir cambiar dinámicamente las propiedades del CS. En segundo lugar, es relativamente más fácil de cambiar la fracción de llenado simplemente ajustando la intensidad de la corriente eléctrica que modificar físicamente la estructura o aplicar fuertes campos eléctricos o magnéticos.

En conclusión, este trabajo presenta un estudio razonado de cómo las propiedades acústicas de un CS bidimensional, compuesto por finos hilos calientes, se pueden ajustar dinámicamente simplemente por gradientes de temperatura. La metodología presentada aquí permite una forma alternativa de controlar las propiedades de metamateriales acústicos que pueden tener aplicación potencial en la obtención de imágenes de ultrasonidos, terapia de acústica y ensayo no destructivo de materiales.