

CARACTERIZACION DE UN ARRAY ULTRASÓNICO DE ANILLOS SEGMENTADOS

PACS:43.38P, 43.35 C

M. Akhnak, O. Martínez*, L.Gómez-Ullate*, F. Montero de Espinosa
Instituto de Acústica CSIC, Serrano 144, 28006 Madrid, España
Instituto de Automática Industrial CSIC, Arganda del Rey, Madrid, España
Tel: 91 5618806
Fax: 91 4117651
e-mail: pmontero@ia.cetef.csic.es

ABSTRACT

3D imaging in the area of Non Destructing Testing by ultrasound needs of the development of 2D transducers. The imaging devices developed at the present make use of array rectangular arrangements of transducers. In this work the authors propose a new design of sectorial array transducers which goal is the reduction of the number of transducer elements maintaining a good image resolution. The design of the sectorial arrays has been made with transduction and acoustic field models implemented as computer programs. In the paper the construction and transduction and acoustic field characterisation of a 32 elements sectorial array is described.

RESUMEN

La obtención de imagen tridimensional en aplicaciones de END por ultrasonidos requiere el desarrollo de transductores tipo array de geometría bidimensional. Hasta el presente los dispositivos desarrollados usan transductores array rectangulares de tipo $m \times n$. En este trabajo se propone un nuevo diseño de array de tipo sectorial cuyo objetivo es la reducción drástica del número de elementos del array sin que ello afecte a la resolución de la imagen. Para diseñar el transductor se han utilizado modelos tanto de transducción piezoeléctrica como de campo acústico impulsional. En el trabajo se describe la realización y caracterización de un prototipo de 32 elementos.

INTRODUCCIÓN

La generación de imagen acústica por ultrasonidos es uno de los métodos más usados tanto en diagnóstico médico (ecografía médica) como en Ensayos No Destructivos. Hasta el presente, el tipo de representación a nivel comercial de la imagen es de tipo bidimensional. La inspección volumétrica (3D) ha empezado a desarrollarse hace escasamente una década a nivel de laboratorios de I+D existiendo algunos equipos comerciales en experimentación en el área médica. Los transductores utilizados han sido normalmente de tipo rectangular $m \times n$ sobre soporte monolítico. En la práctica el problema que presenta este tipo de arrays es el número elevado de los elementos que lo componen para generar imágenes de suficiente resolución. La complejidad y el costo de estos sistemas ha hecho que se haya incidido primordialmente en la disminución del número de elementos, normalmente siguiendo técnicas de distribución azarosa de los elementos activos en el array [1-4]

Se han llevado a cabo varios estudios sobre otros tipos de geometrías como los arrays segmentados de anillos. El diseño y la fabricación de este tipo de arrays, no es tecnológicamente sencillo debido a su

geometría. Normalmente se ha usado como soporte material piezoeléctrico mololítico lo que implica unas características finales de transducción de calidad baja. El problema radica en la dispersión de velocidad en función de la geometría – dimensiones- de cada monoelemento y en la consiguiente inhomogeneidad en amplitud y espectro. En este trabajo se propone una técnica novedosa de fabricación de arrays segmentados con gran flexibilidad basada en el uso de materiales piezocompuestos.

TÉCNICA DE FABRICACIÓN

En la figura 1 se muestra un esquema de la fabricación y montaje de un array segmentado. El acoplamiento y la homogeneidad de transducción entre los elementos del array es un factor clave de diseño. Para la geometría estudiada, es necesario utilizar un material piezoeléctrico de muy bajo acoplamiento planar, pero alta eficiencia electromecánica. La solución es el uso de piezocompuestos. Las aperturas de vibración de los elementos del array se definen con un circuito flexible de espesor muy delgado que se adhiere a la superficie trasera del composite. A continuación se sintetiza una sección de contramasa – backing- y otra de adaptación de impedancias $\lambda/4$ –ver figura 1-.

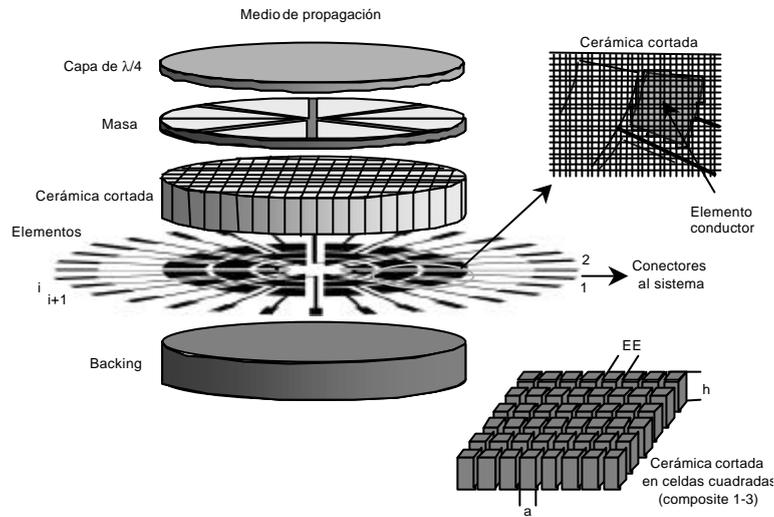


Figura 1.- Esquema de fabricación del array segmentado.

SIMULACION Y CARACTERIZACIÓN DEL ARRAY

Para la caracterización del array, se han utilizado modelos tanto de transducción piezoeléctrica como de campo acústico. El modelo de transducción es muy común y se basa en el esquema de líneas de transmisión representado en la figura 2 [5]. En la figura 3, se muestra el resultado de la comparación teórico-experimental de la impedancia eléctrica de entrada de uno de los elementos del array. Los parámetros del material piezocompuesto fueron calculados con modelos ya conocidos [6]. Los parámetros del composite se muestran en la tabla. Las pérdidas eléctricas, mecánicas y acústicas fueron introducidas en los cálculos de simulación para cada componente del transductor.

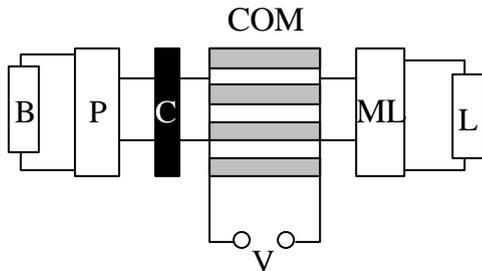


Figura 2.- Esquema del modelo de transducción de cada elemento del array. B, backing; P, polímero; C, cobre; COM, composite; ML capa de adaptación; L medio de emisión.

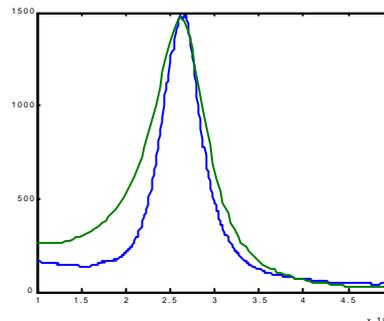


Figura 3.- Comparación teórico-experimental de la impedancia eléctrica de entrada de un elemento del array.

Tabla I

Parámetros característicos del material piezocompuesto

Parámetro	Valor
espesor (mm)	0.68
ϵ_{33}^s (relativo)	421
K_t	0.67
($Kgrm^{-3}$)	4327
V^D (ms^{-1})	3570

La caracterización de campo acústico ha sido realizada siguiendo el esquema de la figura 4. En primer lugar se midió la repuesta temporal de los distintos elementos del array. La figura 5 muestra la respuesta temporal en emisión junto con su espectro frecuencial y la figura 6 es un mapa de vibración de un segmento entero del array en el que se comprueba la homogeneidad de la vibración y el desacoplamiento geométrico de los elementos del array ya que la superficie de vibración coincide con la de excitación eléctrica.

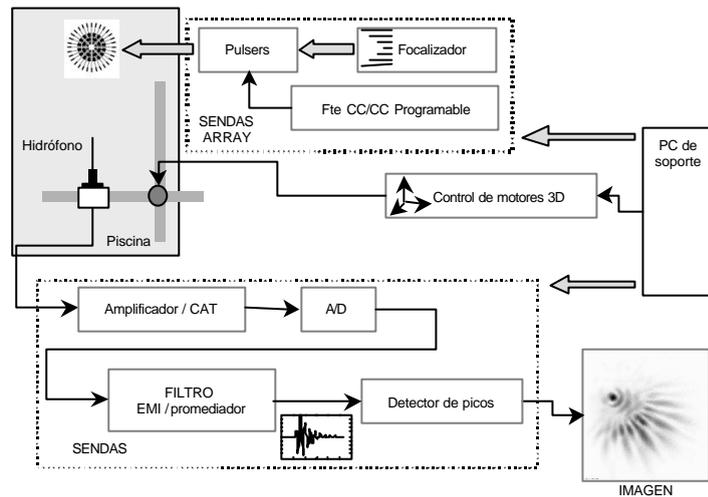
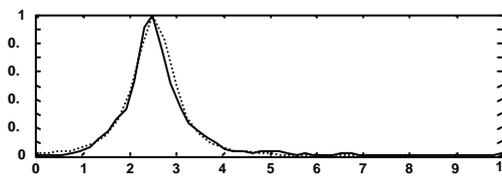
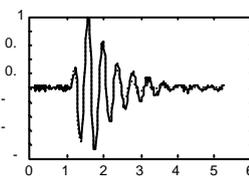


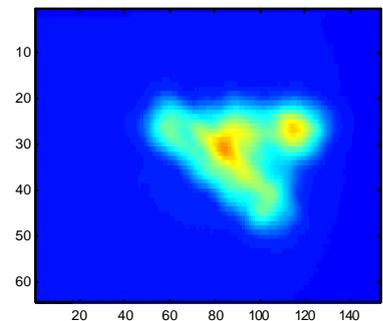
Figura 4.- Esquema de bloques del dispositivo utilizado para la caracterización vibracional y de campo acústico del array



b)



a)



c)

Figura 5.- Respuesta temporal b) y su correspondiente espectro frecuencial a) de un elemento característico del array. Mapa de vibración de un segmento del array c)

Antes de realizar una medida de campo acústico, se hizo una medida de la amplitud de vibración de todos los elementos del array para realizar una compensación en cada canal de excitación. Como ejemplo, en la figura 6 se muestra una caracterización de homogeneidad de una corona del array dividida en dos arcos y la escala de amplitud que se debe utilizar para la compensación en emisión.

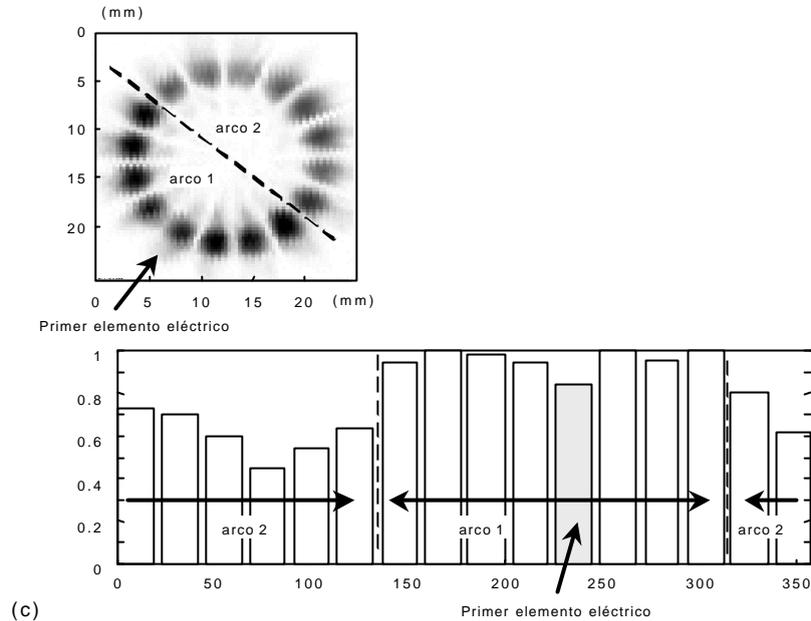


Figura 6.- Caracterización de las amplitudes de vibración del anillo exterior del array.

Finalmente, en la figura 7, se muestra la comparación entre el campo acústico calculado y la medida realizada siguiendo el esquema de la figura 4 para un caso específico de deflexión - 10 grados-. En la figura se aprecia la buena concordancia entre la predicción y la medida. El campo acústico ha sido calculado utilizando un nuevo algoritmo para esta geometría [7].

CONCLUSIONES

En el trabajo se muestra la realización y caracterización de un nuevo diseño de array ultrasónico de tipo sectorial de 32 elementos. El objetivo central del trabajo es fundamentalmente la contrastación de los modelos predictivos de transducción y campo acústico con sus respectivas medidas y no la optimización del diseño de la geometría y número de elementos. Tomada como buena dicha contrastación, en los próximos trabajos se realizará ya un array cuya geometría y parámetros del transducción hayan sido optimizados previamente para la consecución de una buena calidad de imagen.

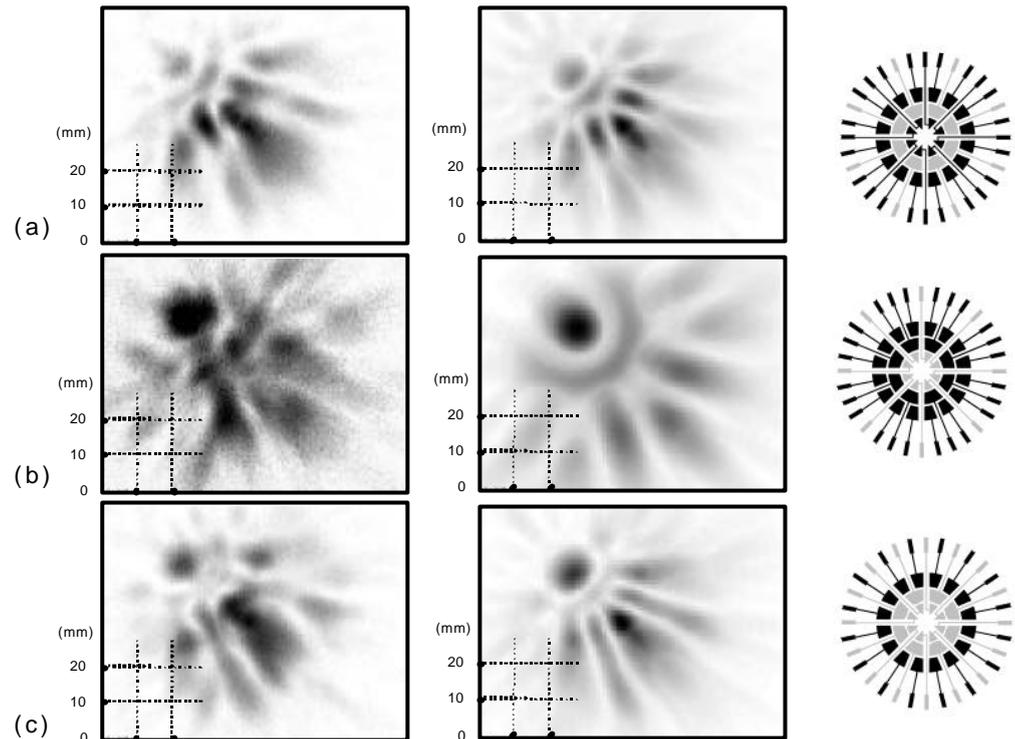


Figura 7.- Medida experimental del campo acústico del array segmentado para tres configuraciones distintas- a) anillo exterior e interior, b) anillo exterior e intermedio y c) anillo exterior-. Deflexión de 10 grados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro de los proyectos Feder 2F97-2290 financiado por el MEC y CE, y CICYTTAP99-0945 TAP98-0911-C03-01 .

BIBLIOGRAFÍA

- [1]
- [2] 1.- B.D. Steinberg, J.L.Schwartz, Ultrasparse, Ultrawideband Arrays, IEEE Trans. on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, vol 45, nº 2, (1998),pp. 376-393.
- [3] 2.- E.D. Light, R.E. Davidsen, J.O. Fiering, T.A. Hruschka y S.W. Smith, Progress in Two-Dimensional Arrays for Real-Time Volumetric Imaging, Ultrasonic Imaging, 20, (1998), pp. 1-15.
- [4] 3.- J. Lardiesm, An optimal Broadband Constant Beamwidth Concentric Ring Array. Acoustics Letters Vol 11, nº 1, 1987, pp 5-8.
- 4.- D. reilly y G. hayward, a model to predict the transient radiation from segmented annular apertures radiating in to solid media, Trans. on UFFC, vol 43 nº 2, (1996), pp. 263-269
- [5] 5.- N. Lamberti, P. Giua, M. Pappalardo, Modello matriciale e suo impiego nell'ottimizzazione della risposta impulsiva del trasduttore multielemento, Rapp. Scien 61, CNR, 1987
- [6] 6.- W. Smith, Shaulov. Tailoring the properties of 1-3 piezoelectric composites, Proc 1985 IEEE Ultrasonic Symposium.(1985),pp 642-647
- 7.- O. Martínez, F. Montero de Espinosa, L.G. Ullate "Fields Radiated by annular-sector ultrasonic arrays" Bolletino di Geofisica, Vol 40, N 1, 78-