

TRANSDUCTOR PIEZOELÉCTRICO PULSADO DE PELÍCULA GRUESA

S. Gwirc, M.F. García Morillo, D. Brengi

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).
Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones, electrónica e Informática (CITEI).
Unidad Técnica de Instrumentación y Control Electrónico (UTIC).

1. INTRODUCCIÓN

Los transductores piezoeléctricos aprovechan la propiedad de conversión electromecánica dada por la piezoelectricidad para generar pequeños desplazamientos que se transmiten al medio que lo rodea con mayor eficacia cuanto más parecidas sean la densidad y velocidad de propagación entre el medio y el transductor. Son muy eficientes en la generación de ondas de ultrasonido, especialmente a altas frecuencias, donde el piezoeléctrico tiene su frecuencia de resonancia natural.

Los elementos piezoeléctricos cerámicos basados en Titanato Zirconato de Plomo (PZT) son los de uso más difundido debido a la variedad de características que se pueden obtener con pequeñas diferencias en su composición, y su capacidad de transmitir potencia en US con baja potencia eléctrica. Teniendo esto en mente, una aplicación importante es la emisión y recepción de US en un medio sólido, ya sea para la medición de espesores o la detección de defectos internos en distintos tipos de materiales.

Los transductores piezoeléctricos de película gruesa [7, 8], que se realizan mediante un proceso serigráfico de alta resolución, tienen un comportamiento similar a los tradicionales pero con una mayor capacidad de suministrar energía al medio y por supuesto la posibilidad de fabricación seriada de gran versatilidad y mucha precisión.

En este trabajo se analiza el funcionamiento de los transductores de película gruesa en modo pulsado y sus posibilidades de generar ondas en distintos materiales sólidos utilizando para la medición de distancias el método de tiempo de vuelo.

2. TRANSDUCTOR

Los transductores de película gruesa se realizan imprimiendo los elementos cerámicos mediante serigrafía,

usando una malla tensada y fina de acero inoxidable recubierta de una emulsión sensible al UV, sobre la cual se forma el dibujo [1]. La pintura se coloca sobre la malla y una espátula la atraviesa bajo presión, forzando el pasaje de la pintura por las zonas abiertas de la malla e imprimiendo sobre el sustrato. Antes de aplicar la pintura de PZT, se imprime sobre el sustrato un electrodo inferior de oro y después del PZT se coloca el electrodo superior [3]. De esta manera se obtiene un elemento bicapa que forma el transductor propiamente dicho y que más tarde es polarizado para lograr su funcionamiento como piezoeléctrico.

El transductor piezoeléctrico en la vecindad de su frecuencia de resonancia tiene un comportamiento eléctrico equivalente a un circuito oscilante RLC en serie, con una capacidad estática C_e conectada en paralelo. La capacidad estática representa una capacitancia que depende del espesor del transductor, de la permitividad, del tipo de material PZT, y del área de los electrodos. El circuito RLC serie representa la parte móvil del transductor. Esto hace que la impedancia eléctrica en la resonancia varíe con todas estas características. Sumado a esto, el hecho de tener un sustrato hace que aparezca una segunda frecuencia de resonancia en la que ambas capas vibran en conjunto.

Se prepararon dos tipos de transductores, ambos sobre sustratos de 0,6 y 0,1 mm de espesor, con diámetros de 8 y 4 mm. Se hallaron las frecuencias de resonancia de estos transductores en 3,4 y 7,5 MHz aproximadamente. Las mediciones fueron comparadas con las de un transductor comercial con frecuencia de resonancia de 4 MHz.

3. SISTEMA DE MEDICIÓN

Debido a las pérdidas por onda reflejada que significa la falta de adaptación de impedancia eléctrica y el cambio de impedancia acústica entre medios, es necesario excitar al transductor con un pulso de tensión elevada para obtener un eco de amplitud razonable para la medición.

En los transductores de 8mm se utilizó el esquema de la figura 1 para capturar los pulsos de excitación y retorno.

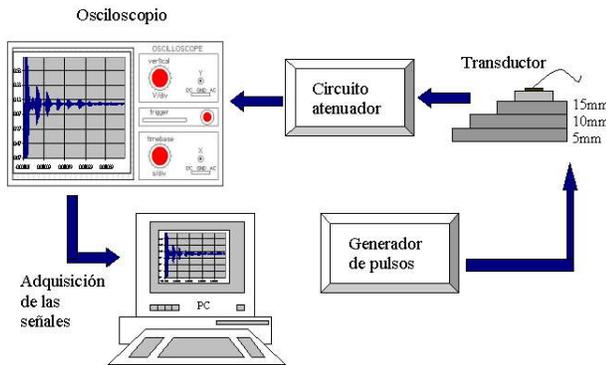


Figura 1. Esquema para la captura de pulso de excitación y retorno.

La excitación de los transductores se realizó con un generador de pulsos Agilent 8114A con impedancia de salida ajustable. Se utilizaron pulsos con amplitud de 25 a 80 Volt, de 100 ns de ancho y un período de 100 μ s, tiempo suficiente para que la excitación y los ecos se atenúen completamente.

La señal fue adquirida mediante un osciloscopio con memoria Agilent 56422D. Debido a su menor área las muestras de 4 mm de diámetro necesitan de una mayor energía de excitación. Para esto se utilizó un equipo comercial marca Krautkrämer modelo USIP 11, que produce pulsos entre 50 y 500 V.

4. RESULTADOS

La medición de los pulsos se realizó sobre dos tipos de muestras. La primera es un patrón de medición de espesores de acero en el que la velocidad de propagación de ondas longitudinales es de unos 5000 m/s. La segunda son placas de lucite, en las que la velocidad de propagación del sonido es mucho más baja que en acero, 2700 m/s.

Una característica importante es el tamaño de la zona muerta, es decir el tiempo que se mantienen las oscilaciones propias del transductor limitando el tiempo mínimo para recibir un eco y que no se superpongan.

Se observa de las figuras 2 y 3 que el transductor comercial tiene una zona muerta menor a la mitad del nuestro y esto es debido a la amortiguación mecánica y adaptación de impedancia eléctrica.

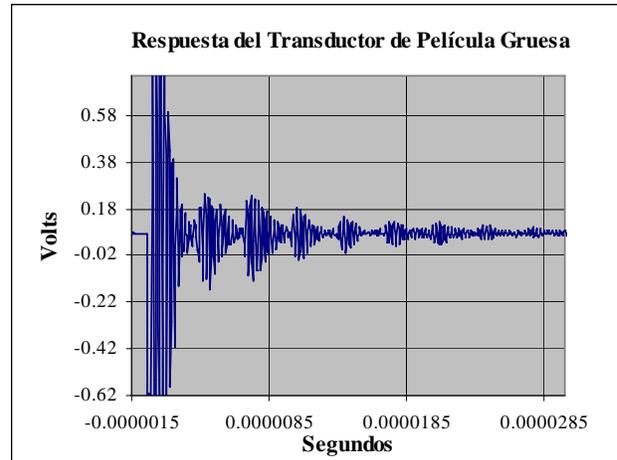


Figura 2. Respuesta del transductor de película gruesa en acero de 10mm de espesor.

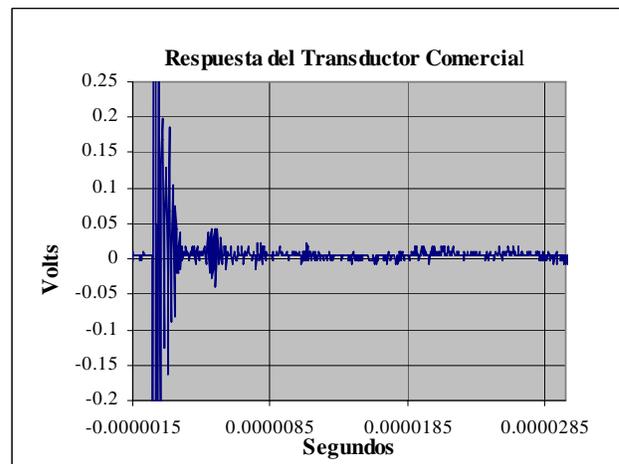


Figura 3. Respuesta del transductor comercial en acero de 10mm de espesor.

Por otra parte la señal obtenida en las mismas condiciones es mucho más intensa en el transductor de película gruesa que en el comercial. Es también bastante nítida y con poco ruido pudiendo determinarse la frecuencia de resonancia en la que está emitiendo el cerámico piezoeléctrico.

En la figura 4 se puede ver la respuesta del transductor de película gruesa sobre una placa de lucite cuyo coeficiente de atenuación es mucho mayor al del acero, de modo que sólo entra en pantalla un sólo eco de baja amplitud.

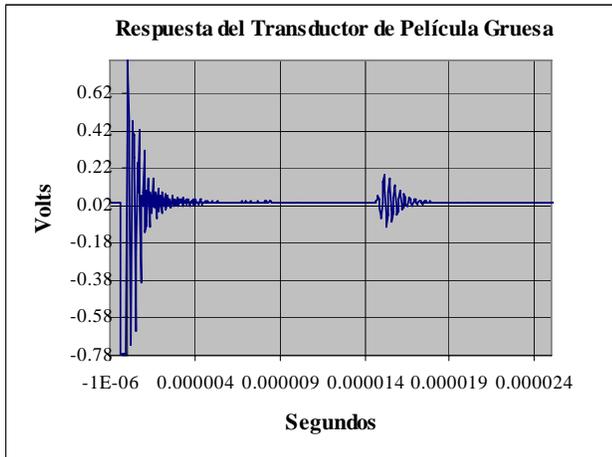


Figura 4. Respuesta del transductor de película gruesa en lucite de 9.4mm de espesor.

5. CONCLUSIONES

Los transductores piezoeléctricos de película gruesa tienen un excelente comportamiento en modo pulsado y soportan picos de tensión elevados. Tienen una zona muerta algo elevada pero puede reducirse mediante el amortiguamiento mecánico del transductor y adaptando la impedancia en la frecuencia de resonancia.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores estamos agradecidos a W. Crease de CEMEC del INTI por su ayuda y apoyo en las mediciones con el equipo USIP 11.

7. REFERENCIAS

- [1] Ed. M. Prudenziati, *Handbook of sensors and Actuators/Thick Film Sensors*, vol. 1, Elsevier, NH, 1994.
- [2] M. Prudenziati and R. dell'Acqua, *Thick film Sensors*, 1994, 85- 97
- [3] S. Gwirc., H. Gómez, C. Negreira, L. Malatto, "Ultrasonic PZT Gas Sensor Using Thick Film Technology", in *Proceedings of the "IEEE International Ultrasonics Symposium"*, 1997, pp. 427 - 431.
- [4] G. S. Kino, "Acoustic Waves", Egewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc., 1987.
- [5] P.G. Dargie, N.R. Harris, N.M. White, J.K. Atkinson and R.P. Sion, "Sensors and their Applications VIII", Glasgow, Sept. 1997.
- [6] F. Craciun, G. Guidarelli, C. Galassi, E. Roncari, "Critical Behavior of Ultrasonic Wave Velocities in Porous Piezoelectric Ceramics", in *Proceedings of the "IEEE International Ultrasonics Symposium"*, 1997, pp. 573-576.
- [7] S. Gwirc, S. Tropea, C. Negreira, N. Perez, "Fabrication and Characterization of Piezoelectric Thick Film Elements and Arrays", *Proceedings of the "IEEE International Ultrasonics Symposium"*, 2000.
- [8] S. Gwirc, S. Tropea, M. F. García Morrillo y C. Negreira, "Emisores de Ultrasonido de Película Gruesa Pintados sobre Alúmina y Silicio", VII Workshop IBERCHIP, Montevideo, Uruguay. 21-23 marzo de 2001.