

# Composites piezoeléctricos. Diseño, modelos, caracterización, fabricación y transductores

Coordinado por F. Montero de Espinosa  
Instituto de Acústica CSIC, Serrano 144, 28006 Madrid, España  
Tel: 91 5618806  
Fax: 91 4117651  
e-mail: pmontero@ia.cetef.csic.es

PACS:43.38.-p, 43.35.-c

## Resumen

**En esta contribución se hace una somera descripción de la actividad desarrollada en el Instituto de Acústica sobre composites piezoeléctricos.**

## Abstract

**A short summary of the activity developed about piezoelectric composites in the Instituto de Acústica is presented.**

---

## Reseña histórica

Nuestra historia comienza con una idea genial de M. Papalardo estando con él durante una de las estancias en su departamento. No teníamos máquinas de corte preciso como para realizar los composites y... ¿por qué no romper por aplastamiento en lugar de cortar? Puro Leonardo. Efectivamente rompimos muchos trozos de cerámica antes de dar con una buena técnica que causó impacto - véase el libro " Ultrasonic measurements for process control" del gran Lynnworth- En este tema hemos sido de los grupos más activos de Europa. Hemos estudiado modelos monodimensionales, y bidimensionales, hemos introducido diseños nuevos, hemos fabricado transductores de altas prestaciones y por ello gozamos de gran prestigio en la comunidad internacional.

Por orden cronológico, junto con quien esto escribe, han trabajado en esta temática, J. Gallego, E. Andrés, S. Sánchez, J.L. San Emeterio, E. Riera, A. Ramos, P.T Sanz, MA García Olías, JM Torregrosa, T Gómez.

Como resumen de resultados, se ha publicado en las mejores revistas del área y con continuidad en los principales congresos. Hay muchas referencias a nuestros trabajos. Se han realizado específicamente siete proyectos nacionales y siete internacionales, se ha presentado una patente nacional. Hemos sido invitados por la Oficina Naval de Investigación de USA a dos workshop temáticos.

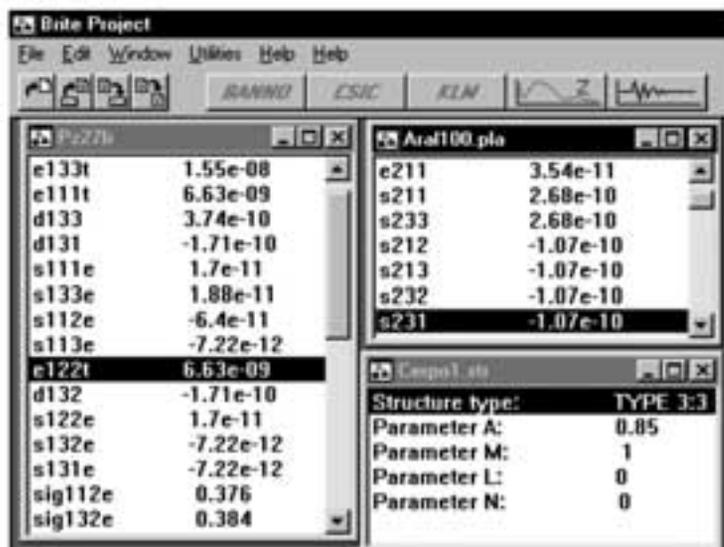
El anecdótico en este caso es muy extenso. Creo que fue un tema en el que casi todo el departamento de Ultrasonidos estuvo involucrado en algún momento de una forma o de otra. Bueno excepto Germán que siempre ha sabido lo que quería hacer y lo ha hecho muy bien. Recuerdo un viaje muy agradable con Juan al congreso de Williamsburg. Después de leer mi ponencia me dijo "Paco siempre haces todo muy deprisa"... Mari Sol - Soledad- trabajó mucho en este tema. Fue su tesis. Buenos tiempos. También estuvimos Enrique y yo en Urbana presentando cosas de composites. Me di un batacazo en un aeropuerto para coger un avión. Cuando llegamos, yo destrozado, estaban cerrando la puerta del avión. Tres días en NY con heridas e piernas y manos. Comida con palillos en restaurante chino. Enrique los maneja bien. Proyecto europeo -ECITA- horroroso. Persona femenina a no recordar. Los únicos que trabajamos fuimos nosotros y el pobre Levassort. Tomás hizo un trabajo de modelado de materiales inhomogéneos piezoeléctricos ex-

celente. Otros tampoco estuvieron mal en ese proyecto. Este tema ha sido el motivo del enlace continuo con Pappalardo, Nicola, Iula. Buenos amigos y colegas por siempre.

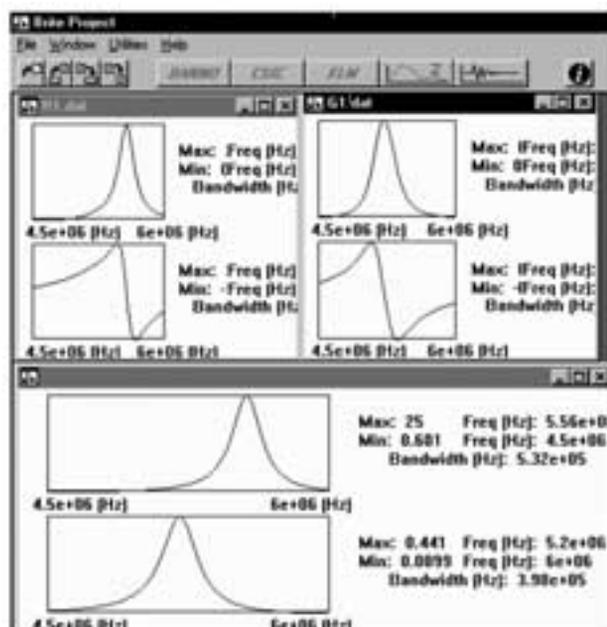
Actualmente casi todos los transductores que hacemos en el Instituto para visualización son de material composite. Ni que decir tiene los de tipo array tanto lineal como bidimen-

sional. La fase de investigación está en decadencia mientras que la tecnológica goza de salud presente y futura. Somos pocos los que hacemos transductores con material piezo-compuesto y no lo hacemos mal.

Se puede encontrar bibliografía sobre el tema en la página <http://www.ia.csic.es>



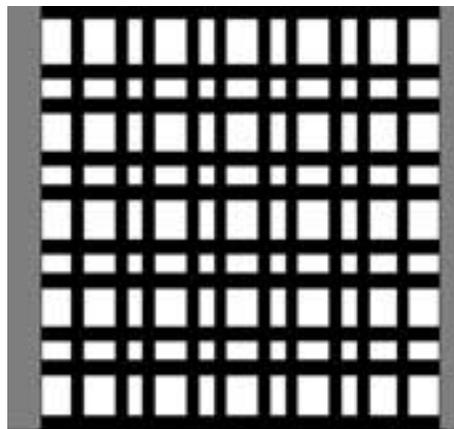
Ventana del modelo para el cálculo de los parámetros elásticos dieléctricos y piezoeléctricos de cualquier estructura composite. Modelo y software realizado por el Instituto.



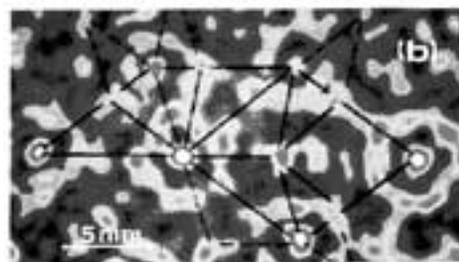
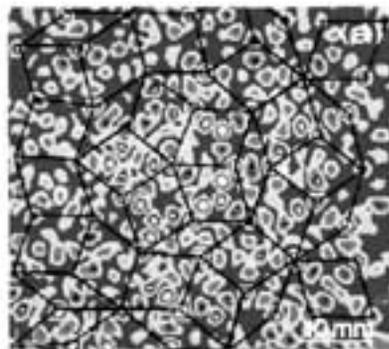
Ventana del mismo software con resultados de caracterización piezoeléctrica.

$$\begin{aligned}
 {}^2S_{ij} &= {}^2s_{ijkl} {}^1T_{kl} + m_{ijkl} {}^1T_{kl} + {}^2d_{nij} {}^2E_n + \delta_{nij} {}^2E_n + \delta_{nij} {}^1E_n \\
 {}^1S_{ij} &= m_{ijkl} {}^2T_{kl} + {}^1s_{ijkl} {}^1T_{kl} + \tilde{\delta}_{nij} {}^2E_n + {}^1d_{nij} {}^2E_n + {}^1d_{nij} {}^1E_n \\
 {}^2D_i &= {}^2d_{ikl} {}^1T_{kl} + \tilde{\delta}_{ikl} {}^1T_{kl} + {}^2\varepsilon_{il} {}^2E_l + A_{il} {}^1T_{kl} + A_{il} {}^1E_l \\
 {}^1D_i &= \delta_{ikl} {}^2T_{kl} + {}^1d_{ikl} {}^2E_n + A_{il} {}^1T_{kl} + A_{il} {}^2E_n + \varepsilon_{il} {}^1E_l
 \end{aligned}$$

Ecuaciones constitutivas para el caso de materiales piezoeléctricos bifásicos inhomogéneos. Casi indescifrable. Made in Tomás.



Diseño ya histórico de composite multifrecuencia.



Mapa de vibración de composites con geometría pentámera tipo "Mosaico de Penrose". También lo inútil (¿?) tiene éxito. Manuel Torres y sus excelentes ideas.