

# **IMPLEMENTACIÓN DE UN SENSOR DE CAMPO ELÉCTRICO SOBRE LTCC Y TFT**

*Roberti M., Milano O., Fraigi L., Perri P.*

Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones, Electrónica e Informática – CITEI  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI  
CC 157, (1650) San Martín, Pcia de Buenos Aires, Argentina  
mariano@inti.gov.ar

## **ABSTRACT**

The document should have a cover page (like this page) that should include the document title, authors' identification and affiliation (including e-mail address) and a copy of the abstract in one column, centered horizontally in the page. This will be the only page printed in the Workshop Proceedings. The remaining of the text will only be published in the Workshop CD-ROM.

The abstract in the body of the document (next page) should appear at the top of the left-hand column of text, about 0.5 inch (12 mm) below the title area and no more than 3.125 inches (80 mm) in length. The abstract should contain about 100 to 150 words.

In the case of POSTERS, only this cover page should be submitted. The length of the abstract can be up to 1000 words, always making sure that all text, including the title area, fits in the area indicated in Section 2 of this document (175 x 226 mm).

The cover page will have at least one version of the abstract in English, and optionally another one in either Spanish or Portuguese.

## **RESUMEN**

Para la implementación del sensor, filtro y línea de transmisión se utilizó como sustrato LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic) y TFT (Thick Film Technology) conformando una muy buena compatibilidad entre materiales y tecnologías, dándole las geometrías necesarias a la cerámica en estado verde (llamada así antes de su sinterización) para obtener una buena respuesta ante las variaciones de campo eléctrico.

# IMPLEMENTACIÓN DE UN SENSOR DE CAMPO ELÉCTRICO SOBRE LTCC Y TFT

*Roberti M., Milano O., Fraigi L., Perri P.*

Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones, Electrónica e Informática – CITEI  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI  
CC 157, (1650) San Martín, Pcia. de Buenos Aires, Argentina  
mariano@inti.gov.ar

## ABSTRACT

Para la implementación del sensor, filtro y línea de transmisión se utilizó como sustrato LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic) y TFT (Thick Film Technology) conformando una muy buena compatibilidad entre materiales y tecnologías, dándole las geometrías necesarias a la cerámica en estado verde (llamada así antes de su sinterización) para obtener una buena respuesta ante las variaciones de campo eléctrico.

## 1. INTRODUCCIÓN

Disponer de sensores de campo eléctrico de Radio Frecuencia (RF) con adecuada respuesta en banda ancha (1M a 1 GHz), buena linealidad, estable y con baja incertidumbre son esenciales para la medición de campo eléctrico generado por equipos eléctricos/electrónicos.

Sin embargo, tanto los medidores comerciales de campo eléctrico como las celdas de calibración de modos electromagnéticos transversos de RF utilizados para dichos sensores (Gigahertz Transverse Electromagnetic- GTEM) presentan incertidumbre del orden del 10%.

El reciente desarrollo de una celda miniatura de calibración  $\mu$ TEM que genera un campo eléctrico patrón[1], permitió alcanzar sustanciales mejoras en la incertidumbre de la medición. Este tipo de celda requiere de un sensor de tamaño reducido respecto de los comerciales.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sensor miniatura de campo eléctrico de radio frecuencia realizado con Tecnología Microelectrónica de Película Gruesa utilizando como material base cerámicas de baja temperatura de sinterizado (Low Temperature Cofired Ceramic - LTCC). Dicho sensor consta de un capacitor de placas paralelas, un diodo Schottky, conectado a las placas, un filtro pasa bajo y una línea de transmisión de alta resistencia.

## 2. ETAPAS DE DISEÑO

Con el fin de que pudiera ser calibrada en una celda  $\mu$ TEM (pequeña celda patrón de transversal electromagnético), la cual tiene una abertura pequeña para introducir el sensor, el diseño debió estar acotado a un ancho menor que 10 mm y un alto menor a 1,5 mm, esta última permite disminuir el error al centrarlo entre las placas de calibración. Se diseñó en CAD el disco para formar el capacitor con un diámetro de 10 mm, con un pad en serie para montar el filtro pasa bajo y otro pad para acoplar a la línea de transmisión de alta resistencia. Dicho diseño se transfirió por fotolitografía a una malla de metal de 200 hilos/pulgadas (ver Fig. 1).

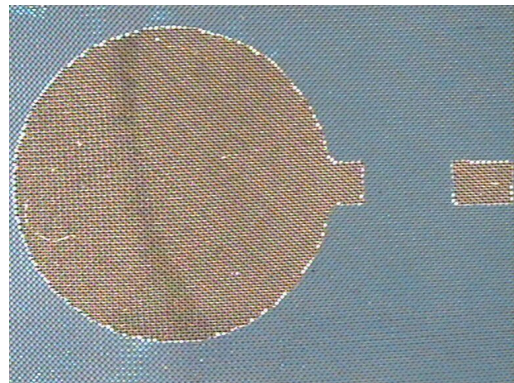


Fig. 1. Inspección de la máscara realizada.

Se cortaron 16 rectángulos de LTCC de 33x11,4 mm y de un espesor 114  $\mu$ m en estado verde para realizar dos tipos de capacitores, un primer prototipo de los cuales 8 se laminaron enteros, con una vía para conectar el diodo, quedando como dieléctrico solamente LTCC. Un segundo prototipo se realizó con una cavidad entre las placas con el fin de disminuir la capacidad o la permitividad relativa. Para ello a 6 de las capas se las perforó con un cúter realizando una cavidad de 6 mm de diámetro, y las otras dos capas restantes se usaron como soporte para las placas conductoras, quedando como dieléctrico una fina capa de LTCC, aire y otra fina capa de LTCC. Por cada mitad se laminaron por separado, primero una tapa, luego las tres

con cavidad que se apilaron sobre la tapa, se sinterizaron las dos mitades con la capa llena apoyada sobre acero inoxidable para evitar hundimiento por la cavidad.

Para el sinterizado se utilizó una pendiente de 10°C/minuto, una primera meseta de 350 °C durante 45 minutos y una segunda meseta de 850 °C durante 30 minutos<sup>[2]</sup>. La Fig. 2 muestra el valor fijado y real de las temperaturas de la curva utilizada.

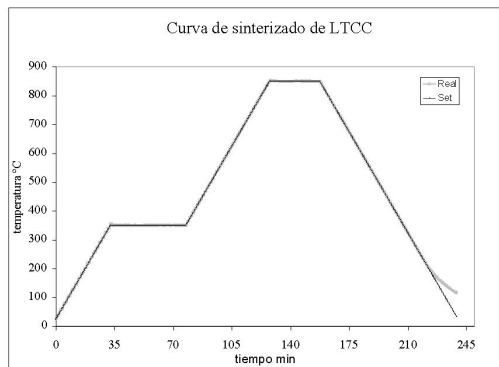


Fig. 2. Curva de sinterizado

Se obtuvo una reducción del 14 %, lo que indica un correcto sinterizado, permitiendo evitar deformaciones ante los futuros recocidos. Los prototipos quedaron de 28,4 x 10 mm y 800 µm de espesor para el caso de capas completas y de 420 µm de espesor cada mitad de los que contienen cavidades.

Se depositó una pasta comercial conductora de oro marca Heraeus C5789 mediante impresión serigráfica con la máscara antes descrita sobre la cerámica ya sinterizada, en uno de los lados del prototipo macizo y en las dos mitades, quedando un espesor de la película de 14 µm después del secado y sinterizado. Se repitió este último proceso para el otro lado del prototipo macizo.

Para formar el filtro pasa bajo se depositó sobre los pads de oro una pasta resistiva de 10KΩ/cuadrado de 3 x 1 mm y un espesor menor a 5 µm después del secado y sinterizado.

La Fig. 3 contiene una foto del prototipo con la cavidad de aire separada en dos mitades, en la parte superior se ve la mitad del prototipo con una lámina de oro (una de las placas del capacitor) y sus resistencias para formar el filtro, también se montó sobre esta misma cara el diodo que se conecta al disco superior de oro y por medio de una vía se conecta al disco inferior de oro que se encuentra en la mitad de abajo que se muestra en la foto en la parte inferior y se observa del lado de la cavidad. Para juntar las dos mitades se le aplicó pegamento instantáneo, el cual se reemplazará por una película de vidrio que sellará y formará un solo sustrato después del sinterizado a baja temperatura (unos 500°C). Se le soldó un diodo BAT-62 entre las placas para realizar las primeras mediciones.

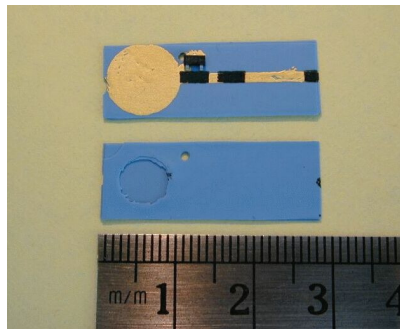


Fig. 3. Prototipo en LTCC con cavidad de aire.

La capacidad entre placas responde a la ecuación que se muestra en la Fig. 4.

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

Fig. 4. Ecuación de la capacidad para placas paralelas.

En donde C es la capacidad,  $\epsilon_0$  es la permitividad del vacío,  $\epsilon_r$  la permitividad relativa, A el área y d la distancia entre placas. En nuestro caso para el prototipo sin cavidad de aire, la permitividad del vacío  $8,85 \times 10^{-12}$  F/m, la permitividad relativa es 7,8, el área es de  $78,5 \times 10^{-6}$  m, y la distancia 0,0008 m, dando una capacidad aproximada de 6,7 pF, muy similar a la medida a 100KHz, 4 hilos con un RCL meter marca PHILIPS que da 7,8 pF.

### 3. RESULTADOS

Se evaluaron los dos prototipos en una celda G-TEM utilizando una línea de transmisión de alta resistencia, midiendo en los extremos los delta de tensión con un multímetro marca Fluke mod. 8840A. En estos primeros prototipos por variaciones de las resistencias depositadas, quedaron desbalanceadas las líneas de transmisión, con una diferencia de 200 kΩ para el prototipo sin aire y 100 KΩ para el prototipo con aire.

La Tabla 1 presenta los valores obtenidos, al aplicarle un campo de 20 V/m a distintas frecuencias.

F [MHz]	$\Delta V$ [ $\mu V$ ](sin aire)	$\Delta V$ [ $\mu V$ ](con aire)
10	1960	20
50	261	30
100	300	30
500	312	37
1000	400	30

Tabla 1. Valores generados con una celda G-TEM.

### 4. CONCLUSIONES

[1] P.A. Perri, "Diseño de un sensor de transferencia de campo eléctrico", Iberchip2

## 10. REFERENCIAS

[1] K. Münter, R. Pape, and J. Glimm, "Portable E-field strength meter and its traceable calibration up to 1 GHz using  $\mu$ TEM cell", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 46, pp. 549-550, Apr. 1997.

[2] P.A. Perri, "Diseño de un sensor de transferencia de campo eléctrico", Iberchip2003, 2003.

[3] M.R. Gongora-Rubio, P. Espinoza-Vallejos, L. Sola-Laguna, J.J. Santiago-Avilés, "Overview of low temperature co-fired ceramics tape technology for meso-system technology (MsST), Sensor and Actuators A 89, pp. 222-241, 2001.