

Tesista: Leandro Ramajo

Ingeniero en Materiales. Fac. Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)

Título al que aspira: Doctor en Ciencia de Materiales, UNMdP

Tema: “Procesamiento y propiedades de materiales compuestos epoxi/BaTiO₃, para su utilización en la fabricación de condensadores integrados”

Directora de Tesis: Dra. Dra. Miriam Castro
Co-directora de Tesis: Ms.Sc. María Marta Reboredo

Lugar de Trabajo: INTEMA, División Cerámicos, Facultad de Ingeniería, UNMdP

Fecha de Defensa: 10 de diciembre de 2007

Jurados: Dr. Carlos Julian Gonzalez Oliver (TEMADI, CAB -CNEA)
Dr. Oscar A. de Sanctis (IFIR, UNR - CONICET)
Dra. Analía Vázquez (INTEMA, UNMdP-CONICET)

Palabras Clave: BaTiO₃, Resina Epoxi, Materiales Compuestos

Keywords: BaTiO₃, Epoxy resin, Composite Materials

Resumen de Tesis:

El desarrollo de materiales capaces de satisfacer requerimientos eléctricos de confiabilidad y procesamiento, constituye uno de los mayores retos cuando se intenta incorporar condensadores sobre un circuito integrado. En este sentido, se estudiaron materiales compuestos de titanato de bario (BaTiO₃) dopado en una matriz polimérica termorrígida de origen comercial, a fin de obtener dispositivos con una alta constante dieléctrica que permita su aplicación en la industria electrónica.

En la primera parte del trabajo se exponen las técnicas de caracterización y conformado de los materiales compuestos. A continuación se presentan las propiedades de los materiales de partida utilizados (resina epoxi, partículas metálicas y BaTiO₃). Si bien algunos de estos materiales fueron de origen comercial, otros se sintetizaron en el laboratorio (BaTiO₃ por medio del método Pechini y nanopartículas de plata mediante reducción química de AgNO₃).

Todos los compuestos se conformaron empleando las técnicas de colada en moldes de vidrio e inmersión o “*dipping*”. Para facilitar el proceso de mezclado y conformado se utilizó tetrahidrofurano (THF) como solvente, dado que reduce la viscosidad de la matriz y permite introducir mayor concentración de carga. No obstante, como su incorporación

modifica los procesos de curado de la resina, fue necesario analizar su efecto sobre las propiedades de la epoxi y los diferentes compuestos. A partir de los resultados se pudieron determinar las ventajas y desventajas de cada técnica de procesamiento y la cantidad óptima de solvente.

A fin de analizar la influencia de la modificación superficial del BaTiO_3 para mejorar la adhesión interfacial, se evaluaron diferentes concentraciones de un agente de acople tipo silano. Los resultados demostraron que bajas concentraciones de agente de acople mejoraron la microestructura y las propiedades dieléctricas del compuesto. Aunque mayores concentraciones dificultaron los procesos de conformado.

También se estudió el efecto de la incorporación de partículas metálicas de escala micrométrica y nanométrica sobre las propiedades eléctricas de estos materiales. Los resultados demostraron que las partículas incrementan la permitividad del compuesto sin modificar las pérdidas del sistema.

Finalmente, se desarrollaron dos modelos utilizando elementos finitos. El primero con el objetivo de predecir la constante dieléctrica del material compuesto en función del porcentaje de partículas cerámicas, mientras que el segundo para determinar la capacidad de condensadores tipo peines enfrentados en función de las variables geométricas y las propiedades dieléctricas del compuesto. El primero fue contrastado con modelos teóricos y resultados experimentales, mientras que el segundo solo fue verificado con los resultados experimentales. En ambos casos se obtuvieron buenos parámetros de ajuste.

Abstract

The development of materials capable of satisfying electrical requirements is one of the greatest challenges when trying to incorporate capacitors in an integrated circuit. In this sense, composite materials of doped barium titanate (BaTiO_3) in a commercial thermosetting polymer were studied in order to obtain devices with high permittivity which allows their application in the electronic industry.

In the first part of this work, the techniques of characterization and processing of the composite materials are exposed. Secondly, the properties of the materials used (epoxy resin, metallic particles, and BaTiO_3) are presented. Although some of these materials had a commercial origin, others were synthesized in the laboratory (BaTiO_3 through Pechini method, and silver nanoparticles through chemical reduction of AgNO_3 .)

All the composites were obtained employing casting in glass molds and dipping techniques. To facilitate the mixing and the processing, tetrahydrofuran (THF) was used as solvent, since it reduces viscosity of the matrix and it allows to introduce higher filler amounts. Nevertheless, as its incorporation modifies the curing processes of the resin, it was necessary to analyze its effects on the epoxy properties and on the different composites. From the results, the advantages and disadvantages of each processing technique and the amount of solvent were able to be determined.

In order to analyze the influence of the surface modifications of BaTiO_3 , different concentrations of a silane coupling agent were evaluated. The results showed that low coupling agent concentrations improved the microstructure and the dielectric properties of the composite. However, higher concentrations led to worse composites.

The effect of the incorporation of metallic particles of micro and nanometric scale on the electric properties of these materials was also studied. The results showed that the particles enhanced the permittivity of the composite without modifying the losses of the system.

Finally, two models were developed using finite elements. The first one had the objective of predicting the permittivity of the composite material in relation to the percentage of ceramic particles. The second one aimed at determining the capacity of interdigitated capacitors in relation to the geometric variables and the dielectric properties of the composite. The first one was contrasted with theoretical models and experimental results, while the second one was only verified through the experimental results. In both cases, acceptable adjustment parameters were obtained.

