

Abstract

Project Code : RSA5880012

Project Title : Systematically improved giant-dielectric properties of novel high-performance ceramic materials for applications in ceramic-capacitors and high-dielectric polymer-ceramic composites

Investigator : Asst.Prof.Dr. Prasit Thongbai

E-mail Address : pthongbai@kku.ac.th

Project Period : 3 years

In this research project, micro and nano-size ceramic powders of $ACu_3Ti_4O_{12}$ -based (A = divalent cations or average divalent cations) and TiO_2 -based compounds as well as $La_{2-x}Sr_xNiO_4$ ceramic materials were prepared using a standard solid state reaction method and wet chemical methods, respectively. Phase composition and crystal structure were systematically characterized using an X-ray diffraction (XRD) technique. Microstructure analyses were done using scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM). Valence states of any metal ions were measured by using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Giant dielectric properties of sintered ceramics were systematically investigated as functions of temperature, frequency, and DC voltage bias. The effects of outer surface layers, electrode materials, and annealing in different atmospheres upon the dielectric and electrical properties of these materials were also be investigated. All important parameters required for the use of ceramics in capacitor applications were measured and further improved to achieve high-performance dielectric materials. It was found that the giant dielectric properties of $ACu_3Ti_4O_{12}$ -based ceramics have successfully been improved by several methods such as doping with suitable single-metal ions (i.e., Mg, Zn, Ge, Sn) and co-doping with metal ions (i.e., Y+Mg, Y+Zn, SM+Zn, Yb+Mg, and Al+Nb). Very high dielectric permittivity of 10^3 - 10^5 with low dielectric loss tangent ($\tan\delta < 0.05$) were accomplished. Interestingly, excellent giant dielectric properties with very low loss tangent ($\tan\delta < 0.02$) and high dielectric permittivity ($\epsilon' \approx 10^3$ - 10^5) with independent of temperature over a wide range can be obtained in co-doped TiO_2 ceramics (i.e., In+Nb, Y+Nb, Ga+Ta, Zn+Nb, and Sc+Nb).

Finally, high-performance dielectric ceramics were used as fillers to enhance the dielectric constant of polymer matrix composites for development

of new generation flexible dielectric materials. The dielectric properties PVDF polymer can be significantly improved by incorporating with giant dielectric ceramic particles that were synthesized in this research project. Greatly enhanced dielectric permittivity of about 10^3 can be obtained in PVDF polymer matrix composites.

Keywords: Dielectric properties, Electrical properties, Ceramics, Composites

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: RSA5880012

ชื่อโครงการ: การปรับปรุงสมบัติทางใจแอนต์ไดอิเล็กตริกของวัสดุเซรามิกประสิทธิภาพสูงสำหรับการประยุกต์ใช้งานเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดเซรามิกและในด้านวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตค่าคงที่ ไดอิเล็กตริกสูง

ชื่อนักวิจัย : ผศ.ดร.ประสิทธิ์ ทองใบ

สถาบัน : มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail Address: pthongbai@kku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 3 ปี

งานวิจัยนี้ได้สังเคราะห์อนุภาคผงเซรามิกที่มีขนาดในระดับไมโครเมตรและนาโนเมตร โดยมุ่งเน้นสังเคราะห์อนุภาคผงเซรามิก 3 กลุ่ม คือ $ACu_3Ti_4O_{12}$ (A คือ ไอออนบวกที่มีประจุไฟฟ้า +2 หรือกลุ่มไอออนต่างๆ ที่มีประจุไฟฟ้าเฉลี่ย +2) TiO_2 และ $La_{2-x}Sr_xNiO_4$ โดยเตรียมด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็งและวิธีการทางเคมีแบบเปียก องค์ประกอบเฟสและโครงสร้างผลึกของวัสดุผงและชิ้นงานเซรามิกได้ศึกษาโดยใช้เทคนิค XRD และโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุเซรามิกได้ศึกษาโดยใช้เทคนิค SEM และ TEM สถานะอิเล็กทรอนิกส์ขั้นนอกสุดของแต่ละไอออนในวัสดุเซรามิกที่สังเคราะห์ได้ถูกศึกษาโดยเทคนิค XPS ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติทางใจแอนต์ไดอิเล็กตริกที่แปรตามอุณหภูมิ ความถี่ และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง นอกจากนี้แล้วยังได้ศึกษาอิทธิพลของผิวชั้นนอกสุดของวัสดุเซรามิก ชนิดของขั้วไฟฟ้า และการออบนภายใต้บรรยากาศต่างๆ เช่น Ar หรือ O_2 ที่มีต่อสมบัติทางไดอิเล็กตริกของวัสดุเซรามิกที่สังเคราะห์ได้ และได้ทดสอบค่าพารามิเตอร์พื้นฐานต่างๆ ของวัสดุไดอิเล็กตริกที่มีความสำคัญต่อการประยุกต์ใช้งานเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า รวมทั้งได้มีการพัฒนาปรับปรุงค่าเหล่านี้เพื่อให้ได้วัสดุไดอิเล็กตริกที่มีประสิทธิภาพสูง ผลการศึกษาวิจัยพบว่า สมบัติทางไดอิเล็กตริกของวัสดุเซรามิกกลุ่ม $ACu_3Ti_4O_{12}$ สามารถปรับปรุงได้อย่างเป็นระบบด้วยหลายวิธีด้วยกัน เช่น การเจือด้วยไอออนเดี่ยว (เช่น Mg Zn Ge และ Sn) และการเจือด้วยคู่อิออนต่างชนิด (เช่น Y+Mg Y+Zn SM+Zn Yb+Mg และ Al+Nb) วัสดุเซรามิกกลุ่มดังกล่าวนี้มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกได้สูงถึง 10^3 - 10^5 และยังมีค่าแทนเจนต์ของการสูญเสียทางไดอิเล็กตริกที่ต่ำอีกด้วย ($\tan\delta < 0.05$) จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ยังพบว่า วัสดุเซรามิก TiO_2 สามารถปรับปรุงให้สามารถแสดงสมบัติทางไดอิเล็กตริกที่เป็นเลิศได้โดยการเจือด้วยคู่อิออน In+Nb Y+Nb Ga+Ta

Zn+Nb และ Sc+Nb โดยวัสดุเซรามิกที่สังเคราะห์ได้มีค่าแทนเจนต์ของการสูญเสียทางไดอิเล็กตริกที่ต่ำมาก ($\tan\delta < 0.02$) และมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่สูงมากในระดับ 10^3 - 10^5 พร้อมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

งานวิจัยในส่วนสุดท้ายของโครงการได้นำวัสดุเซรามิกไอออนต์ไดอิเล็กตริกที่มีสมบัติทางไดอิเล็กตริกที่เป็นเลิศมาใช้ในการปรับปรุงเพิ่มค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของพอลิเมอร์ PVDF เพื่อประดิษฐ์เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่น จากการศึกษาวิจัยพบว่าสมบัติทางไดอิเล็กตริกของวัสดุพอลิเมอร์ PVDF สามารถปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการผสมด้วยอนุภาคเซรามิกไอออนต์ไดอิเล็กตริก $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiO}_4$ ทำให้วัสดุผสมพอลิเมอร์ PVDF มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเพิ่มเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 10^3

คำหลัก : สมบัติทางไดอิเล็กตริก; ตัวเก็บประจุไฟฟ้า; อิมพีแดนซ์