Abstract

Project Code : TRG5680047

Project Title : Synthesis, Characterization, Dielectric Properties, and Electrical Response in $(Na_{1/3}Ca_{1/3}Ln_{1/3})Cu_3Ti_4O_{12}$ Ceramics: Ln = La^{3+}, Bi^{3+}, Sm^{3+}, Gd^{3+}, Y^{3+}, Yb^{3+}, Nd^{3+}, and Dy^{3+}

Investigator : Asst. Prof.Dr. Prasit Thongbai

E-mail Address : pthongbai@kku.ac.th; prasitphysics@hotmail.com

Project Period : 2 years

The aims of this research work are to seek a new giant dielectric material system of $(Na_{1/3}Ca_{1/3}\mathbf{Ln}_{1/3})Cu_3Ti_4O_{12}$ (**Ln**=La^{3+}, Bi^{3+}, Sm^{3+}, Y^{3+}, and Yb^{3+} ions) and to improve the dielectric properties of $CaCu_3Ti_4O_{12}$-based ceramics. Ceramic samples were prepared by solid state reaction method and combustion route. Phase composition and crystal structure were characterized by X-ray diffraction (XRD) technique. Scanning electron microscope (SEM) coupled with an energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) was used to characterize the ceramic microstructure. The dielectric properties were investigated as functions of frequency and temperature. $(Na_{1/3}Ca_{1/3}\mathbf{Ln}_{1/3})Cu_3Ti_4O_{12}$ ceramics with **Ln** = Bi^{3+}, Y^{3+}, and Yb^{3+} exhibited high dielectric permittivity (ε') and low loss tangent ($\tan\delta$). Interestingly, $Na_{1/3}Ca_{1/3}Bi_{1/3}Cu_3Ti_4O_{12}$ exhibited a low $\tan\delta$~0.038 and high ε'~2.5×10^4 with good temperature stability. For $CaCu_3Ti_4O_{12}$-based ceramics, a novel strategy to improve the dielectric and non-Ohmic properties that deliberately created composite systems of $CaCu_{3-x}\mathbf{A}_xTi_4O_{12}/CaTiO_3$ and $CaCu_3Ti_{4-x}\mathbf{B}_xO_{12}/CaTiO_3$ (**A** = Mg, Zn and **B** = Sn, Zr) was carried out. These ceramics were prepared by using starting nominal formulas of $Ca_2Cu_{2-x}\mathbf{A}_xTi_4O_{12}$ and $Ca_2Cu_2Ti_{4-x}\mathbf{B}_xO_{12}$, respectively. The greatly reduced $\tan\delta$ and improved non-Ohmic properties were successfully accomplished, which were attributed to the improved electrical properties of the grain boundaries. Investigation to further extremely enhance ε' is important for fabricating ultra-small size capacitors with very high performance.

Keywords : Dielectric properties; Capacitor; Impedance spectroscopy.

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: TRG5680047

ชื่อโครงการ: การสังเคราะห์และการศึกษาคุณลักษณะ สมบัติทางไดอิเล็กตริก และการตอบสนองทางไฟฟ้าในวัสดุเซรามิก $(Na_{1/3}Ca_{1/3}Ln_{1/3})Cu_3Ti_4O_{12}$: Ln = La^{3+}, Bi^{3+}, Sm^{3+}, Gd^{3+}, Y^{3+}, Yb^{3+}, Nd^{3+}, และ Dy^{3+}

ชื่อนักวิจัย : ผศ.ดร.ประสิทธิ์ ทองใบ
สถาบัน : มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail Address: pthongbai@kku.ac.th; prasitphysics@hotmail.com

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี

งานวิจัยนี้ ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยใน 2 แนวทางหลัก คือ การสังเคราะห์และศึกษาค้นคว้าวัสดุไจแอนต์ไดอิเล็กตริกกลุ่มใหม่ตามสูตรเคมี $(Na_{1/3}Ca_{1/3}\mathbf{Ln}_{1/3})Cu_3Ti_4O_{12}$ (**Ln**=La^{3+}, Bi^{3+}, Sm^{3+}, Y^{3+}, and Yb^{3+} ions) และการศึกษาวิธีการปรับปรุงสมบัติทางไดอิเล็กตริกของวัสดุเซรามิกกลุ่ม $CaCu_3Ti_4O_{12}$ โดยสังเคราะห์วัสดุเซรามิกด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง องค์ประกอบเฟสและโครงสร้างผลึกของวัสดุได้ศึกษาโดยใช้เทคนิค XRD และใช้เทคนิค SEM-EDS สำหรับศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุเซรามิก ในขณะที่สมบัติทางไดอิเล็กตริกได้ศึกษาในช่วงอุณหภูมิและความถี่ต่างๆ ผลการวิจัยพบว่าวัสดุเซรามิก $(Na_{1/3}Ca_{1/3}\mathbf{Ln}_{1/3})Cu_3Ti_4O_{12}$ (**Ln** = Bi^{3+}, Y^{3+} และ Yb^{3+}) สามารถแสดงค่า ε' ที่สูงมาก ($\varepsilon' \approx 10^4$) อีกทั้งยังมีค่า tanδ ต่ำอีกด้วย โดยที่ 20 °C และที่ความถี่ 1 kHz วัสดุเซรามิก $Na_{1/3}Ca_{1/3}Bi_{1/3}Cu_3Ti_4O_{12}$ มีค่า tanδ~0.038 และมีค่า $\varepsilon' \sim 2.5\times10^4$ รวมทั้งมีความเสถียรกับอุณหภูมิในช่วงกว้างอีกด้วย ในงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาปรับปรุงวัสดุเซรามิกกลุ่ม $CaCu_3Ti_4O_{12}$ ด้วยแนวทางใหม่ โดยใช้วิธีการสังเคราะห์วัสดุคอมโพสิต $CaCu_{3-x}\mathbf{A}_xTi_4O_{12}/CaTiO_3$ และ $CaCu_3Ti_{4-x}\mathbf{B}_xO_{12}/CaTiO_3$ (**A** = Mg, Zn และ **B** = Sn, Zr) เพียงขั้นตอนเดียวจากสูตรเคมี $Ca_2Cu_{2-x}\mathbf{A}_xTi_4O_{12}$ และ $Ca_2Cu_2Ti_{4-x}\mathbf{B}_xO_{12}$ ตามลำดับ โดยสามารถลดค่า tanδ ได้อย่างมาก รวมทั้งยังสามารถเพิ่มคุณสมบัติทางด้านความไม่เป็นเชิงเส้นทางไฟฟ้าได้อีกด้วย ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้าที่ขอบเกรนที่ดีขึ้น การพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มค่า ε' ให้มีค่าสูงอย่างทวีคูณเป็นงานวิจัยที่สำคัญยิ่งในอนาคต สำหรับการพัฒนาตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาดจิ๋วที่เปี่ยมไปด้วยประสิทธิภาพสูง

คำหลัก : สมบัติทางไดอิเล็กตริก; ตัวเก็บประจุไฟฟ้า; อิมพีแดนซ์