

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG5580158
 ชื่อโครงการ : การพัฒนาเซรามิกฟิโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่วสำหรับการประยุกต์ใช้งานเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์
 ชื่อนักวิจัย และสถาบัน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกুম อิศรัมย์
 ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 E-mail Address : sukum99@yahoo.com
 ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี

บทคัดย่อ:

การศึกษาวัดฟิโซอิเล็กทริกเพื่อประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเป็นไปอย่างแพร่หลาย สารเลดเซอร์โคเนตไททาเนต (PZT) เป็นอีกหนึ่งวัสดุที่สำคัญในกลุ่มฟิโซอิเล็กทริกที่ได้รับความสนใจและได้มีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากว่าสาร PZT แสดงสมบัติด้านฟิโซอิเล็กทริกที่โดดเด่น แต่อย่างไรก็ตามสารกลุ่มนี้ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการระเหยของไอตะกั่ว (PbO) ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเผาผลาญ ที่อุณหภูมิสูง เมื่อเร็ว ๆ นี้จึงเห็นได้ว่าสารกลุ่มไร้สารตะกั่วได้ถูกนำมาศึกษา ซึ่งเซรามิกในกลุ่ม BaTiO_3 (BT) เป็นวัสดุฟิโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่วที่สำคัญและได้ถูกนำมาศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้งานอย่างมาก ด้วยการใช้สาร BT เป็นสารองค์ประกอบหลัก หรือทำการดัดแปลงสาร BT โดยการเจือด้วยเซอร์โคเนียม (Zr) และแคลเซียม (Ca) ในโครงสร้างหลักของ BT (BCT-BZT) จากงานวิจัยจำนวนมากพบว่าสาร BCT-BZT แสดงสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีและเหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ฟิโซอิเล็กทริกต่างๆ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสารในกลุ่มไร้สารตะกั่วระบบ $\text{Ba}_{(1-x)}\text{Ca}_x\text{Zr}_{0.1}\text{Ti}_{0.9}\text{O}_3$ เป็นองค์ประกอบหลัก ระบบแรกศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกกลุ่มไร้สารตะกั่วในระบบ $(1-x)\text{BCZT}-x\text{BZT}$ ระบบที่สอง ศึกษาผลของสารเจือ SrCO_3 และ MnO_2 ต่อสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกไร้สารตะกั่วระบบ $0.92[\text{Ba}_{0.80}\text{Ca}_{0.10}\text{Zr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}]-0.08[\text{BiZn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}]$ (BCZT-BZT) ระบบที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนเฟส สมบัติไดอิเล็กทริก และสมบัติเพียโรอิเล็กทริกของเซรามิกระบบ BCZT เจือด้วย แมงกานีส (Mn) อะลูมิเนียม (Al) โดยวิธีการหลอมเหลวเกลือ ระบบที่ 4 ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกระบบ BCZT ที่เตรียมโดยวิธีการเหนี่ยวนำด้วยผลึก (seed induced method) ระบบที่ 5 ศึกษาการปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติฟิโซอิเล็กทริกของเซรามิก $\text{Ba}_{0.90}\text{Ca}_{0.10}\text{Zr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$ โดยการเหนี่ยวนำด้วยผลึก (seed) ในระบบสารเดียวกัน ระบบที่ 6 ศึกษาผลของการเติมแอนติโมนี (Sb_2O_3) ต่อสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิก

(0.99)[Ba_{0.90} Ca_{0.10} Zr_{0.9}Ti_{0.9}O₃]-0.01BCZT และระบบสุดท้าย ศึกษาผลของตัวเจือร่วม Zn²⁺ และ Nb⁵⁺ ต่อสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิก BCZT โดยวิธีการเหนี่ยวนำด้วยผลึก (seed induces method)

จากผลการศึกษาพบว่าทุกระบบเซรามิก แสดงโครงสร้างเฟสแบบเพอร์อฟสไกต์ และไม่มีเฟสแปลกปลอม การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าพบว่า ในระบบที่ 1 สาร BZT ไปลดค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกของเซรามิก BCZT ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 (ที่ความถี่ 1 kHz) และเซรามิกแสดงพฤติกรรมเฟอร์โรอิเล็กทริกแบบรีแลกเซอร์เมื่อปริมาณ BZT เพิ่มขึ้น ในระบบที่ 2 พบว่าค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกมีค่าลดลงเมื่อเติมสารเจือทั้ง Mn และ Sr เพิ่มมากขึ้นโดยมีค่าต่ำกว่า 0.003 ทุกเงื่อนไขเซรามิกเมื่อทำการวัดที่ความถี่ 1 kHz ในระบบที่ 3 พบว่า การเจือด้วย Mn และ Al สามารถลดค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกของเซรามิก BCZT ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.02 ในทุกชั้นงานทั้งทำการตรวจสอบที่อุณหภูมิห้อง อีกทั้งค่าสนามไฟฟ้าหักล้าง (E_c) ของเซรามิก BCZT ลดลงเมื่อทำการเจือด้วย Mn และ Al ในปริมาณมากขึ้น ในระบบที่ 4 สัมประสิทธิ์พิโซอิเล็กทริก (d_{33}) เท่ากับ 520 pC/N สัมประสิทธิ์คู่วบไฟฟ้าเชิงกล (k_p) เท่ากับ 55% อุณหภูมิการเปลี่ยนเฟสมีค่าประมาณ 93 องศาเซลเซียส พบในชั้นงานที่เติม seed เท่ากับ 3.0 mol% นอกจากนี้พบว่าเซรามิกในระบบนี้แสดงค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริก ($\tan \delta$) ต่ำกว่า 0.015 เมื่อวัดที่อุณหภูมิห้อง และ วัดที่ 1 KHZ ระบบที่ 5 พบว่าชั้นงานเซรามิกเงื่อนไข seed = 2.0 mol% แสดงค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2293 มีค่า $d_{33} \sim 403$ pC/N ค่า $k_p \sim 0.52$ และ ค่า $P_r \sim 9.35$ $\mu\text{C}/\text{cm}^3$ นอกจากนี้ยังพบว่าในชั้นงานเดียวกันแสดงค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกค่อนข้างต่ำประมาณ 0.012 และมีค่าสนามไฟฟ้าหักล้างที่ต่ำเท่ากับ 1.61 kV/cm ระบบที่ 6 พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงสุดที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 4086 ค่าสูงสุดของพารามิเตอร์ $P_r \sim 6.3$ $\mu\text{C}/\text{cm}^3$ $d_{33} \sim 346$ pC/N $k_p \sim 45\%$ และ $k_t \sim 41\%$ และระบบสุดท้าย พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิการเปลี่ยนเฟสมีค่าเท่ากับ 40893 พบที่เงื่อนไขเซรามิก $x=0.8$ mol% ค่าสูงสุดของ $P_r \sim 5.85$ $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ค่า $d_{33} \sim 318$ pC/N และค่า $k_p \sim 38\%$ พบในเซรามิกเงื่อนไข $x=0.4$ mol% ZN จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าสารเซรามิกที่ทำการวิจัยมีสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

คำหลัก: สมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริก, เซรามิกไร้สารตะกั่ว, เซรามิกพิโซอิเล็กทริก

Abstract

Project Code : MRG5580158

Project Title : The development of lead-free piezoelectric ceramics for sensor and transducer applications

Investigator : Asst.Prof.Dr.Sukum Eitssayeam
Department of Physics and Materials Science,
Faculty of Science, Chiang Mai University

E-mail Address : sukum99@yahoo.com

Project Period : 2 years

Abstract:

Piezoelectric materials have been widely studied for various electronic device applications. Lead Zirconate Titanate (PZT) is one of the important piezoelectric materials which has attracted great attention and extensively used because of its excellent electrical properties. However, PZT ceramics are not environmental friendly because of the toxicity of lead oxide and especially its high vapor during the sintering process at high temperature. Recently, lead free materials have been widely reported. BaTiO₃ (BT) ceramics are the important lead free materials and has been investigated for applications by the using of BT which is based ceramics and modifying of BT such as the doping of calcium (Ca) into barium (Ba) site or zirconium (Zr) into titanium (Ti) site (BCT-BZT). Many researches reported that BCT-BZT ceramics showed good properties and are suitable for applications in various piezoelectric devices. In this research project, different of Ba_(1-x)Ca_xZr_{0.1}Ti_{0.9}O₃ lead free based ceramic systems have been investigated. The listed of the relevant topics are as follows: 1. electrical properties of (1-x)BCZT-xBZT lead free ceramics; 2. Effect of Mn and Sr doping on the electrical properties of lead-free 0.92BCZT-0.08BZT ceramics, 3. Phase formation, dielectric and ferroelectric properties of Mn, Al Doped BCZT ceramics by molten salt method; 4. The studying of electrical properties of BCZT ceramic by seed induced method; 5. Improvement of electrical and piezoelectric properties of Ba_{0.9}Ca_{0.1}Zr_{0.1}Ti_{0.9}O₃ by self seed induced; 6. Effect of antimony (Sb₂O₃) on electrical properties of (0.99)[Ba_{0.9}Ca_{0.1}Zr_{0.1}Ti_{0.9}O₃-0.01BCZT seed and 7. Effect of Zn²⁺ and

Nb^{5+} co-doping on electrical properties of BCZT ceramics by the seed-induced method were investigated.

Results indicated that all systems exhibited pure perovskite phase and no impurity phase. For electrical properties; it was found that the BZT (topic 1) content lead to the improvment of the dielectric properties of ceramic samples. The dielectric loss values were lower than 0.01 (at 1 kHz) for all samples. The BZT samples show higher degree of the relaxor like behavior with higher BZT content. For BCZT-BZT systems (topic 2), the dopants of Mn and Sr lead to a decrease of dielectric loss, lower than 0.003 for all samples (at 1 kHz). In topic 3, the dielectric loss decreased with increasing dopant concentration and at 1 kHz was lower than 0.02 for all samples in the range of room temperature to 250 °C. The P_r and E_c decrease as Mn and Al content increases ($P_r = 2.26\text{--}1.25 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ and $E_c = 4.25\text{--}3.10 \text{ kV}/\text{cm}$) and Mn doped BCZT has higher P_r and E_c values than the Al doped BCZT for all conditions. In topic 4, piezoelectric coefficient (d_{33}), planar electromechanical coupling coefficient (k_p) and phase transition temperature (T_c) were 520 pC/N, 55% and 93 °C, respectively. Moreover, dielectric loss ($\tan\delta$) at room temperature was lower than 0.015 for all conditions (at 1 kHz). In topic 5, good electrical properties at room temperature were obtained for sample with $x=2.0$ of $\epsilon_r \sim 2293$ (1 kHz), $d_{33} \sim 403 \text{ pC}/\text{N}$, $k_p \sim 0.52$ and $P_r \sim 9.38 \mu\text{C}/\text{cm}^2$. Moreover, the same sample shows low E_c and $\tan\delta$ values of 1.61 kV/cm and 0.012, respectively. In topic 6, the highest ϵ_r at room temperature was 4086 and $\tan\delta$ value was lower than 0.04. The highest values of $P_r \sim 6.3 \mu\text{C}/\text{cm}^2$, $d_{33} \sim 346 \text{ pC}/\text{N}$, $g_{33} \sim 16.5 \times 10^{-3} \text{ Vm}/\text{N}$, $k_p \sim 45$ and 41 %, respectively were also obtained. The final topic 6, the maximum dielectric constant was 40893 for 0.8 mol% ZN. The highest values of $P_r \sim 5.85 \mu\text{C}/\text{cm}^2$, $d_{33} \sim 381 \text{ pC}/\text{N}$ and $k_p \sim 38\%$ were obtained for the sample of 0.4 mol% ZN. The above results, can suggests that all ceramic systems indicated good electrical properties which potential for applications in piezoelectric sensor and transducer devices.

Keywords : Ferroelectric properties, Lead-free ceramics, Piezoelectric ceramics