

ในงานวิจัยนี้ได้เตรียมวัสดุเซรามิกคอมโพสิต $(1-x)\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12} + (x)\text{Li}_{0.3}\text{Ti}_{0.02}\text{Ni}_{0.68}\text{O}$ (CCTO/LTNO) เมื่อ $x = 0, 0.10, 0.25$ และ 0.50 ด้วยวิธีการผสมออกไซด์แบบดั้งเดิม โดยใช้วัสดุผง CCTO และวัสดุผง LTNO วัสดุผง CCTO ที่มีโครงสร้างแบบเพอรอฟสไกต์ถูกสังเคราะห์โดยวิธีปฏิกิริยาแบบสถานะของแข็ง วัสดุผงโครงสร้างระดับนาโนเมตรของ LTNO ถูกสังเคราะห์โดยวิธีพอลิเมอร์เชิงซ้อน เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) ยืนยันการเกิดเฟส NiO ที่มีโครงสร้างแบบลูกบาศก์ในวัสดุ LTNO โดยวัสดุผง LTNO ที่สังเคราะห์ได้มีขนาดอนุภาคที่คำนวณโดยใช้เทคนิค XRD line broadening อยู่ในช่วง 39–72 นาโนเมตร ลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุผง LTNO ได้ถูกศึกษาโดยเทคนิค SEM พบว่ามีลักษณะอนุภาคเป็นทรงกลมและมีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 500 nm การเพิ่มอุณหภูมิแคลไซน์ส่งผลให้ขนาดของอนุภาคเพิ่มขึ้น วัสดุเซรามิก LTNO ถูกเตรียมโดยการเผาผนึกสาร LTNO อัดเม็ดที่อุณหภูมิ $1,280^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พฤติกรรมการเกิดเฟสและโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุเซรามิก LTNO ถูกศึกษาด้วยเทคนิค XRD และด้วยเทคนิค SEM ตามลำดับ สมบัติทางไดอิเล็กตริกได้ศึกษาในช่วงอุณหภูมิ -50 ถึง 160°C และในช่วงความถี่ 100 Hz ถึง 1 MHz พบว่าวัสดุเซรามิก LTNO มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่สูงมาก $\epsilon_r \sim 10^5$ (ที่อุณหภูมิห้องและความถี่ต่ำ) อย่างไรก็ตามค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิเป็นอย่างมาก พฤติกรรมทางไดอิเล็กตริกสามารถอธิบายได้โดยใช้แบบจำลองการมีโครงสร้างแบบตัวเก็บประจุแบบชั้นขวางกัน (IBLC) และแบบจำลองการรีแลกเซชันแบบ Maxwell–Wagner การสูญเสียทางไดอิเล็กตริกของวัสดุเซรามิก LTNO มีค่าที่สูงมากเนื่องจากผลของการนำไฟฟ้ากระแสตรง และสามารถคำนวณได้โดยอาศัยแบบจำลองของ Debye-like relaxation และ Cole–Cole รวมกับแบบจำลองการนำไฟฟ้ากระแสตรง ค่าพลังงานกระตุ้นการนำไฟฟ้าภายในเกรนคำนวณจาก Arrhenius plots ของค่าการนำไฟฟ้าภายในเกรนมีค่าในช่วง 0.256–0.480 eV

วัสดุเซรามิก CCTO และวัสดุเซรามิกคอมโพสิต CCTO/LTNO ถูกเผาผนึกที่อุณหภูมิ $1,110^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 6 และ 16 ชั่วโมง โดยได้ทำการตรวจสอบพฤติกรรมการเกิดเฟสโดยเทคนิค XRD และศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคโดยเทคนิค SEM พบว่าการเพิ่มเวลาของการเผาผนึกและการเสริม LTNO ในปริมาณที่มากขึ้นได้ส่งผลให้เกรนมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น สมบัติทางไดอิเล็กตริกได้ศึกษาในช่วงอุณหภูมิ -50 ถึง 200°C ในช่วงความถี่ 100 Hz ถึง 1 MHz พบว่าวัสดุเซรามิก CCTO มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่สูงมาก ($\epsilon_r \sim 10^4$) และมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิน้อยมากตลอดช่วงอุณหภูมิของการวัด การเสริมวัสดุ LTNO ส่งผลให้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของ CCTO เพิ่มขึ้นถึง $\epsilon_r \sim 10^5$ (ที่อุณหภูมิห้องและความถี่ต่ำ) แต่มีผลทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นและทำให้เวลาของการรีแลกเซชันยาวนานขึ้น พฤติกรรมทางไดอิเล็กตริกสามารถอธิบายได้โดยใช้แบบจำลองการมีโครงสร้างแบบ IBLC และแบบจำลองการรีแลกเซชันแบบ Maxwell–Wagner สามารถบ่งชี้ได้ว่าค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและเวลาของการรีแลกเซชันขึ้นอยู่กับขนาดของเกรน ทุกวัสดุตัวอย่างแสดงพฤติกรรมการรีแลกเซชันคล้ายกับการรีแลกเซชันแบบเดบาย และสามารถอธิบายได้โดยใช้แบบจำลองของ Cole–Cole การให้ความร้อนภายใต้บรรยากาศอาร์กอนมีผลน้อยมากต่อค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ผลการศึกษาดัชนีพหุคูณของความเค้นแบบแกนเดียวต่อสมบัติทางไดอิเล็กตริกของวัสดุเซรามิก CCTO และวัสดุเซรามิกคอมโพสิต CCTO/LTNO พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้อยมากของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกและค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กตริก กับความเค้น ยกเว้นวัสดุคอมโพสิตที่เสริม LTNO ในปริมาณ 10% โดยโมล ซึ่งค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเปลี่ยนแปลงกับความเค้นเป็นอย่างมาก โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเค้นเพิ่มมากขึ้น

In this study, the $(1-x)\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}-(x)\text{Li}_{0.3}\text{Ti}_{0.02}\text{Ni}_{0.68}\text{O}$ (CCTO/LTNO) (when $x = 0, 0.10, 0.25$ and 0.50) ceramic composites are prepared from CCTO and LTNO powders by a conventional mixed-oxide method. The CCTO powders with perovskite structure were synthesized by solid state reaction method. The nanocrystalline powders of LTNO were synthesized by a polymerized complex route. The XRD results confirmed the formation of NiO phase with the cubic structure in LTNO. The particle sizes of the LTNO powders were in the range of 39–72 nm, determined by X-ray line broadening method. The morphology of the powders was spherical having particle sizes of less than 500 nm, as revealed by SEM. With increasing the calcination temperature, the particle sizes were increased. The LTNO ceramics were fabricated by sintering the compacted LTNO powder samples at 1,280°C for 4 h. Phase formation behavior and microstructural features of the sintered ceramics were studied by XRD and SEM, respectively. Dielectric properties of the LTNO samples were measured in the temperature range of -50 - 160°C within the frequency range of 100 Hz - 1 MHz. All the LTNO samples showed a low-frequency high-dielectric constant, $\epsilon_r \sim 10^5$ at room temperature. However, the dielectric constant of these LTNO ceramics varied with temperature. The dielectric behavior of these LTNO ceramics can be explained by the internal barrier layer capacitor (IBLC) and the Maxwell-Wagner relaxation model. The high dielectric loss obtained in these ceramics resulted from the dc conductivity, which can be estimated by using Cole-Cole model combined with the DC conduction mechanism model. The activation energies of the conductivity in the grain interiors of the LTNO ceramic specimens, obtained from the Arrhenius plots were in a range of 0.256 - 0.480 eV.

The CCTO ceramics and the CCTO/LTNO composites were sintered at 1,100°C in air, for 6 and 16h. The phase formation behavior and microstructural features of these sintered ceramics were studied by XRD and SEM, respectively. It has been found that the grain size of CCTO/LTNO ceramics increased with increasing the sintering time and concentration of LTNO. The dielectric properties of the materials were investigated in the temperature range of -50 - 200°C within the frequency range of 100 Hz - 1 MHz. The CCTO ceramics exhibited a large dielectric constant with weakly varying in the measured temperature range. The addition of LTNO resulted in the improvement in dielectric constant as high as $\epsilon_r \sim 10^5$, but varying with temperature. LTNO also caused the increase in the relaxation time of the CCTO/LTNO composites. The dielectric behavior of all these ceramics can be explained by using the internal barrier layer capacitor (IBLC) and the Maxwell-Wagner relaxation model, showing the dielectric constant and relaxation time dependence with grain size. All the specimens investigated exhibited similar dielectric response and Debye-like relaxation behavior which can be explained by Cole-Cole relaxation model. The argon annealing has weakly effect to the dielectric constant of all the materials investigated. There was also no significant change in the dielectric constant and dielectric loss tangent measured under uniaxial stress in the CCTO ceramics and CCTO/LTNO ceramics composites, except the dielectric constant of CCTO/LTNO (10%mol.) ceramics composites which was found to increase with increasing stress.