งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมและสมบัติของเซรามิกคอมโพสิต ซึ่งมีสูตรทั่วไปเป็น $(1-x)Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3 - x(Bi_{3.25}La_{0.75})Ti_3O_{12}$ เมื่อ x มีค่าเท่ากับ 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 และ 1.0 เศษส่วนโดยน้ำหนัก ที่เตรียมโดยวิธีผสมออกไซด์ และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิระหว่าง 950-1200 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น/ลงของอุณหภูมิ 5 °C/min พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเซรามิกในระบบนี้ คือ 1150 °C ซึ่งทำให้เม็ดเซรามิกทุกอัตราส่วนมีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกันที่ความหนาแน่นสัมพัทธ์มากกว่า 95% จากนั้นนำเซรามิกที่เผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150 °C ไปทำการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างทางจุลภาค สมบัติทางกายภาพ ทางไฟฟ้า และเชิงกล

จากการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเซรามิกมีปริมาณ BLT ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักขึ้นไปจะปรากฏพีคของ BLT เด่นชัด และเมื่อมีปริมาณ BLT ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักขึ้นไปจะปรากฏพีคของ PZT เด่นชัด ผลการตรวจสอบพื้นผิวเซรามิกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เซรามิกที่อัตราส่วน 0.3-1.0BLT จะมีเกรนที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ในขณะที่เซรามิกที่มีปริมาณ PZT มาก คือ เซรามิกอัตราส่วน 0.9PZT-0.1BLT และ 1.0PZT เกรนมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมหลายมุม เมื่อพิจารณาขนาดเกรนของ PZT และ BLT บริสุทธิ์ พบว่า ขนาดเกรนจะลดลงเมื่อมีการเติมปริมาณสารประกอบอีกตัวเข้าไปในระบบมากขึ้น เมื่อตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิก พบว่า เซรามิกที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงที่สุด คือ เซรามิก 0.9PZT-0.1BLT มีค่าเท่ากับ 1375 แต่จะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณ BLT เพิ่มขึ้น และมีค่าต่ำที่สุดในเซรามิก BLT บริสุทธิ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 158 สำหรับค่าทางเฟร์โรอิเล็กทริก พบว่า การเพิ่มปริมาณ BLT เข้าไปใน PZT เพียงเล็กน้อย มีผลให้ค่าสนามลบล้างแม่เหล็ก ค่าสภาพคงเหลือของโพลาไรเซชันมีค่าเพิ่มขึ้น คือ มีค่าประมาณ 18 kV/cm และ 12.5 $\mu C/cm^2$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณ BLT เพิ่มขึ้นอีกจะทำให้สมบัติทางเฟร์โรอิเล็กทริกของเซรามิกลดลง ซึ่งจากลักษณะที่กล่าวมานี้สอดคล้องกับผลของโครงสร้างจุลภาคและสมบัติไดอิเล็กทริก

เมื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของเซรามิกด้วยเทคนิคการกดแบบวิกเกอร์และนูป พบว่า ค่าความแข็งที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่ามอดูลัสของยัง โดยเซรามิก PZT บริสุทธิ์จะมีค่าความแข็งในหน่วยวิกเกอร์และนูปน้อยที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 2.48 และ 2.08 GPa ตามลำดับ แต่เมื่อเติมปริมาณ BLT ลงไปใน PZT (หรือในทางกลับกัน) เพียงเล็กน้อย คือ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จะส่งผลให้ค่าความแข็งและค่ามอดูลัสของยังของเซรามิกเพิ่มขึ้นทันที ส่วนเซรามิกที่มีค่าความแข็งมากที่สุด คือ อัตราส่วน 0.1PZT-0.9BLT โดยมีค่าเท่ากับ 6.54 และ 5.51 GPa สำหรับการกดแบบวิกเกอร์และนูปตามลำดับ สำหรับค่าความต้านทานต่อรอยแยกของเซรามิก PZT บริสุทธิ์จะมีค่าน้อยที่สุด คือ ประมาณ 0.96 $MPa.m^{1/2}$ ในขณะที่เซรามิกที่อัตราส่วน 0.5PZT-0.5 BLT มีค่ามากที่สุด คือ ประมาณ 3.37 $MPa.m^{1/2}$ จากงานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถผลิตเซรามิกคอมโพสิต PZT-BLT ที่มีความโดดเด่นทางด้านไฟฟ้าและเชิงกลได้ โดยปัจจัยสำคัญที่กำหนดสมบัติดังกล่าว คือ อัตราส่วน PZT และ BLT เช่น เซรามิกอัตราส่วน 0.9PZT-0.1BLT จะให้ค่าทางไฟฟ้าที่ดี ในขณะที่เซรามิก 0.1PZT-0.9BLT จะมีสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมจะนำใช้ประโยชน์ต่อไป

Abstract 200410

This research studied fabrication and properties of composite ceramics with formula $(1-x)Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3 - x(Bi_{3.25}La_{0.75})Ti_3O_{12}$ (when x = 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0 weight fraction). The ceramics were prepared by a solid-state mixed-oxide method and sintered at temperatures between 950-1250 °C for 4 h with a heating/cooling rate of 5 °C/min. It was found that the optimum sintering temperature was 1150 °C at which all samples had densities at least 95% of theoretical values. Chemical composition, microstructures, physical, electrical and mechanical properties were also investigated.

Chemical composition was examined using an X-ray diffraction technique. It seemed that a rather large solubility limit (~ 50 wt% PZT in BLT) was observed for BLT-rich phase and a somewhat smaller solubility limit (~ 10 wt% BLT in PZT) was observed for PZT-rich phase. Scanning electron micrographs of ceramic surfaces showed a plate-like structure in BLT-rich phase (0.3-1.0BLT) while an equiaxed grain structure was observed for PZT-rich phase (0.9PZT-0.1BLT and 1.0PZT). The grain sizes of both pure BLT and PZT ceramics were found to decrease as the relative amount of the other phase increased. For electrical properties measurement, the maximum value of dielectric constant was found in 0.9PZT-0.1BLT ceramic (ε_r = 1375). The dielectric constant decreased with further increasing the amount of BLT and the minimum value was found in BLT ceramic (ε_r = 158). Ferroelectric measurements of these samples showed that addition of small amount of BLT into PZT increased coercive field and remanent polarization to ~ 18 kV/cm and ~ 12.5 $\mu C/cm^2$, respectively. Further increasing the amount of BLT in PZT degraded the ferroelectric properties of the ceramics. This behavior was in agreement with their microstructures and dielectric properties.

Mechanical properties of the ceramics were determined using Vickers and Knoop indentation methods. The results showed that hardness values measured by these two methods were similar and tended to follow Young's modulus values. The minimum hardness was found in monolithic PZT ceramic (i.e. Vickers hardness = 2.48 GPa and Knoop hardness = 2.08 GPa). The small addition of BLT into PZT (10wt%), or vice versa, significantly increased the hardness and Young's modulus. The maximum hardness was found in 0.1PZT-0.9BLT (i.e. Vickers hardness = 6.54 GPa and Knoop hardness = 5.51 GPa). Fracture toughness was found to be minimum in monolithic PZT (0.96 $MPa.m^{1/2}$) while the maximum value was achieved at the composition of 0.5PZT-0.5BLT (3.37 $MPa.m^{1/2}$). It can be concluded from this research that the PZT-BLT composite ceramics with good electrical and mechanical properties could be successfully fabricated. The most important factor controlling these properties was the concentration of PZT and BLT. The best electrical and mechanical properties could be achieved at the compositions of 0.9PZT-0.1BLT and 0.1PZT-0.9BLT, respectively.