

Thesis Title	Effects of Oxide Additions on Mechanical and Electrical Properties of Lead Magnesium Niobate-Lead Titanate Ceramics
Author	Mr. Methee Promsawat
Degree	Doctor of Philosophy (Materials Science)
Thesis Advisory Committee	
	Assoc. Prof. Dr. Sukanda Jiansirisomboon Advisor
	Asst. Prof. Dr. Anucha Watcharapasorn Co-advisor
	Dr. Manoch Naksata Co-advisor

ABSTRACT

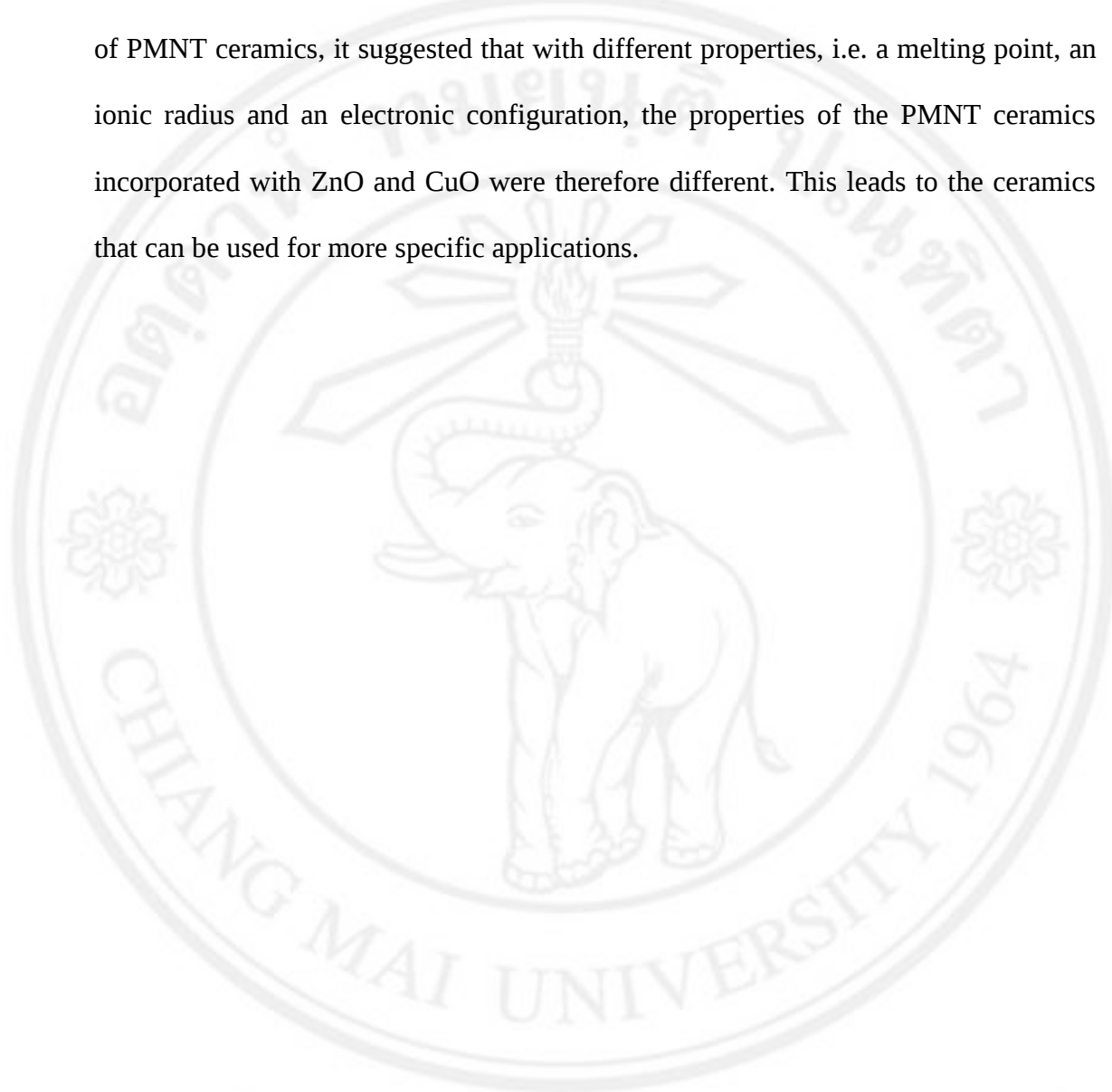
This research was conducted to investigate effects of oxide additions on properties of $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_{0.9}\text{Ti}_{0.1}\text{O}_3$ or PMNT ceramics. Different amounts of ZnO (0.4, 2.0, 4.0 and 11.0 mol%) and CuO (0.2, 0.4, 2.0 and 4.0 mol%) nanoparticles were added into PMNT ceramics to prepare PMNT/ZnO and PMNT/CuO ceramics, respectively. The ceramics were characterized in terms density, phase, microstructure, dielectric, ferroelectric, electrostrictive and mechanical properties.

From the characterization results, ZnO addition could enhance densities of the ceramics sintered at low temperatures ($\leq 1050^\circ\text{C}$). The distortion of a unit cell, i.e. an increase in lattice parameters, an increase in a unit cell volume and a change of angle between lattice parameters, of the ceramics was occurred with ZnO addition. An addition of ZnO also resulted in an enhancement of grain growth of PMNT ceramics. Increasing the ZnO content caused changes of dielectric constant and dielectric loss of

the ceramics. With increasing ZnO content, a temperature of maximum dielectric constant (T_{max}), a freezing temperature (T_f), a depolarization temperature (T_d) and a polar-ordering temperature (T_p) tended to increase while a diffuseness parameter (δ) decrease. Ferroelectric and electrostrictive results suggested that an electrostrictive response, i.e. a linear relation of polarization-electric field (P - E) curve and a parabolic relation of strain-electric field (S - E) curve, was observed in pure PMNT ceramic and the ceramics incorporated with ZnO content ≤ 4.0 mol%. A piezoelectric response, i.e. a hysteresis loop of P - E curve and a butterfly-like S - E curve, was observed in the ceramic with ZnO content of 11.0 mol%. Maximum induced strain (at $E = 10$ kV/cm) and electrostrictive coefficients tended to increase with increasing ZnO content and reached maximum values with ZnO content of 4.0 mol%. Hardness of the PMNT ceramics was enhanced with small amount (≤ 0.4 mol%) of ZnO addition while fracture toughness with larger amount (11.0 mol%).

For the ceramics incorporated with CuO, an addition of CuO enhanced densification process and grain growth of the PMNT ceramics. A unit cell of the PMNT ceramic was distorted with an incorporation of CuO. Increasing the CuO content caused a change of dielectric constant and dielectric loss of the PMNT ceramics. With increasing CuO content, the values of T_{max} , T_f and T_d tended to increase while δ decreased. A remanent polarization of PMNT ceramic was increased with CuO addition while coercive field tended to decrease with increasing CuO content. Electrostrictive properties of the PMNT ceramic could be enhanced with CuO incorporation. Hardness of the PMNT ceramics was enhanced with small amount (≤ 0.4 mol%) of CuO addition while fracture toughness was enhanced with larger amount (≥ 2.0 mol%).

From comparison of the effects of ZnO and CuO modifications on properties of PMNT ceramics, it suggested that with different properties, i.e. a melting point, an ionic radius and an electronic configuration, the properties of the PMNT ceramics incorporated with ZnO and CuO were therefore different. This leads to the ceramics that can be used for more specific applications.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	ผลของการเติมออกไซด์ต่อสมบัติเชิงกลและไฟฟ้าของ เซรามิกเลดแมกนีเซียมไนโอเบต-เลดไทเทเนต	
ผู้เขียน	นายเมธี พรหมสวัสดิ์	
ปริญญา	วิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)	
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. สุกานดา เกียรติศรีสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผศ.ดร. อนุชา วัชรภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. มาโนช นาคสาทา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของการเติมออกไซด์ต่อสมบัติของเซรามิกเลดแมกนีเซียมไนโอเบต-เลดไทเทเนต ($\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_{0.9}\text{Ti}_{0.1}\text{O}_3$ หรือ PMNT) อนุภาคนาโน ZnO (ในปริมาณ 0.4, 2.0, 4.0 และ 11.0 ร้อยละโดยโมล) และ CuO (ในปริมาณ 0.2, 0.4, 2.0 และ 4.0 ร้อยละโดยโมล) ถูกเติมลงในเซรามิก PMNT เพื่อเตรียมเซรามิก PMNT/ZnO และ PMNT/CuO ตามลำดับ เซรามิกที่เตรียมได้ถูกนำไปตรวจสอบความหนาแน่น เฟส โครงสร้างจุลภาค สมบัติไดอิเล็กทริก สมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริก สมบัติอิเล็กทรอนิกส์ทรานซิสตริกทีฟ และสมบัติเชิงกล

จากผลการทดลอง พบว่า การเติมอนุภาค ZnO สามารถเพิ่มความหนาแน่นของเซรามิกที่เผาซินเทอร์ที่อุณหภูมิต่ำ (≤ 1050 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้ยังพบว่า การเติม ZnO ทำให้เกิดการบิดเบี้ยวของหน่วยเซลล์ เช่น การเพิ่มขึ้นของเลดทิซพารามิเตอร์ การเพิ่มขึ้นของปริมาตรหน่วยเซลล์ และการเปลี่ยนแปลงของมุมระหว่างเลดทิซพารามิเตอร์ การเติม ZnO ยังส่งผลให้การเติบโตของเกรนของเซรามิก PMNT เพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณการเติม ZnO ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริก นอกจากนี้ อุณหภูมิของค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงสุด (T_{max}) อุณหภูมิโพลาริเซชัน (T_d) อุณหภูมิแช่แข็ง (T_f) และอุณหภูมิที่ขั้วทางไฟฟ้าเป็นระเบียบ (T_p) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่พารามิเตอร์การแพร่ (δ) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการเติม ZnO ผลการศึกษาสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกและอิเล็กทรอนิกส์ทรานซิสตริกทีฟชี้ให้เห็นว่า การตอบสนองแบบอิเล็กทรอนิกส์ทรานซิสตริกทีฟ เช่น ความสัมพันธ์เชิงเส้นของโพลาริเซชันและสนามไฟฟ้า และความสัมพันธ์เชิงพาราโบลาของสเตรนและสนามไฟฟ้า ถูกพบในเซรามิก PMNT บริสุทธิ์และเซรามิกที่เติมด้วย ZnO ในปริมาณ 0.4–4.0 ร้อยละโดยโมล ในขณะที่การตอบสนองแบบพิโซอิเล็กทริก เช่น วงวนฮีสเทรีซิสและความสัมพันธ์ของสเตรนและสนามไฟฟ้าที่มีลักษณะคล้ายรูปผีเสื้อ ถูกพบในเซรามิกที่เติมด้วย ZnO ในปริมาณ 11.0 ร้อยละโดยโมล

นอกจากนี้ ค่าสเตรนสูงสุด (ณ สนามไฟฟ้าเท่ากับ 10 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร) และสัมประสิทธิ์อเล็กโตรสตริกทีฟมีค่าสูงสุดที่ปริมาณการเติม ZnO เท่ากับ 4.0 ร้อยละโดยโมล จากการตรวจสอบสมบัติเชิงกล พบว่า ความแข็งของเซรามิก PMNT ถูกปรับปรุงด้วยการเติม ZnO ในปริมาณ ≤ 0.4 ร้อยละโดยโมล ในขณะที่ความต้านต่อการแตกหักถูกปรับปรุงด้วยการเติม ZnO ในปริมาณ 11.0 ร้อยละโดยโมล

จากผลการตรวจสอบสมบัติของเซรามิกที่มีการเติม CuO พบว่า การเติม CuO สามารถทำให้กระบวนการแน่นตัวและการเติบโตของเกรนของเซรามิก PMNT เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การเติม CuO ยังทำให้หน่วยเซลล์ของเซรามิก PMNT เกิดการบิดเบี้ยว การเพิ่มปริมาณการเติม CuO ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริก นอกจากนี้ ด้วยปริมาณการเติม CuO ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าอุณหภูมิ T_{max} , T_d และ T_f มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ δ มีแนวโน้มลดลง จากการตรวจสอบสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริก พบว่า ค่าโพลาไรเซชันคงค้างของเซรามิก PMNT เพิ่มขึ้นด้วยการเติม CuO ในขณะที่ค่าสนามไฟฟ้าลบล้างมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ CuO เพิ่มขึ้น สมบัติอเล็กโตรสตริกทีฟของเซรามิก PMNT ถูกทำให้เพิ่มขึ้นโดยการเติม CuO จากการตรวจสอบสมบัติเชิงกล พบว่า ความแข็งของเซรามิก PMNT ถูกปรับปรุงด้วยการเติม CuO ในปริมาณ ≤ 0.4 ร้อยละโดยโมล ในขณะที่ความต้านทานต่อการแตกหักถูกปรับปรุงด้วยการเติม CuO ในปริมาณ ≥ 2.0 ร้อยละโดยโมล

จากการเปรียบเทียบผลของการเติม ZnO และ CuO ต่อสมบัติของเซรามิก PMNT พบว่า ด้วยสมบัติที่แตกต่างกันของ ZnO และ CuO เช่น จุดหลอมเหลว รัศมีไอออน และการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนภายในไอออน ทำให้สมบัติของเซรามิก PMNT/ZnO และ PMNT/CuO มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจนำไปสู่เซรามิกที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเฉพาะด้านมากยิ่งขึ้นได้