สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบาญตาราง	ฎ
สารบาญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 ความเป็นเพียโซอิเลกตริก	3
2.2 ผลของทิศทางที่มีต่อสมบัติเพียโซอิเลกตริก	5
2.3 โครงสร้างสารของเลดเซอร์โคเนตติตาเนต	6
2.4 สัมประสิทธิ์เพียโซอิเลกตริก	9
2.5 Poling	10
2.6 Electromechanical Coupling Factor ของสารเพียโซอิเลกตริก	11
2.7 สมบัติไดอิเล็กตริก	14
2.8 การเตรียมสารเซรามิกส์เลดเซอร์โคเนตติตาเนต (เซรามิกส์พีแซดที)	17
2.8.1 การเตรียมผง	18
2.8.2 การขึ้นรูป	18
2.8.3 การเผาซินเตอร์	18
2.9 โครงสร้างระดับจุลภาค	20
2.10 ความรู้พื้นฐานในการประยุกต์เพียโซอิเลกตริกในหม้อแปลง	21
2.10.1 การต่อขั้วสารเพียโซอิเลกตริกเพื่อประยุกต์ใช้ทำเป็นหม้อแปลง	21
2.10.2 รูปแบบโครงสร้างพื้นฐานของเพียโซอิเลกตริกทรานสฟอร์มเมอร์	22
2.10.2.1 เรโซแนนซ์โหมด (Resonance mode)	23
2.10.2.2 แอนติเรโซแนนซ์โหมด (Antiresonance mode)	24
2.11 วิธีการหาค่าสมบัติชนิดต่างๆ ของสาร ที่ใช้ในงานวิจัยนี้	26

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

หน้า

2.11.1 วิธีการวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยวิธี X- ray Diffraction 26
2.11.2 วิธีการหาค่าความหนาแน่น 26
2.11.3 วิธีการหาค่าความหดตัว (Shrinkage) ของชิ้นงาน 27
2.11.4 วิธีการหาค่าความพรุน (Porosity) 28
2.11.5 วิธีการหาค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ (Relative Permittivity) 28
2.11.6 วิธีการหาค่า Resonance frequency (f_r) และ Antiresonance frequency (f_a) 29
2.11.7 วิธีการหาค่า Dielectric Strength 29
2.11.8 วิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธ์คู่ควบแนวระนาบ (k_p) 30
บทที่ 3 วิธีการทดลอง 31
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 31
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 31
3.3 วิธีการทดลอง 33
3.3.1. ศึกษาสมบัติพื้นฐานของผงสารสำเร็จ ACL 4030 และ ACL 4040 33
3.3.2. เตรียมสารตัวอย่างเพื่อประยุกต์ใช้ทำเป็นหม้อแปลง 34
3.3.2.1. การเตรียมสารตัวอย่างโดยวิธี Tape Casting 34
3.3.2.2 การเตรียมโดยวิธี Disc ชนิด A 35
3.3.2.3 การเตรียมสารตัวอย่างโดยวิธี Disc ชนิด B 35
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 37
4.1 การศึกษาสมบัติต่างๆ ของสารตัวอย่างของ ACL 4030 และ ACL 4040 37
4.1.1. ผลจากการวิเคราะห์สารตัวอย่างโดย X-ray Diffraction 37
4.1.2 ผลการทดลองเพื่อหาช่วงอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงของ ACL 4030 และ ACL 4040 โดยใช้เครื่อง DTA 41
4.1.3 ผลการทดลองหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาซินเตอร์ 43
4.1.4 ผลที่ได้จากการศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของสารผงสำเร็จ 44
4.1.5 ผลการหาค่า f_r และ f_a ของสารตัวอย่าง 45
4.1.6 ผลการวัดค่าสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางไฟฟ้าของสารเซรามิกส์ 46
4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการออกแบบเพียโซอิเลกตริกทรานสฟอร์มเมอร์ 47
4.2.1 ผลจากการเตรียมโดยวิธี Tape Casting 47

หน้า

4.2.2 ผลจากการเตรียมโดยวิธี Disc ชนิด A 48

4.2.3 ผลจากการเตรียมสารโดยวิธี Disc ชนิด B 49

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 51

5.1 สรุปผลการทดลอง 51

5.1.1 การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของสารผงสำเร็จ 51

5.1.2 การออกแบบสารตัวอย่าง เพียโซอิเลกตริกทรานสฟอร์มเมอร์ 52

5.2 วิจารณ์ผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 53

เอกสารอ้างอิง 54

ภาคผนวก 56

ประวัติผู้เขียน 62

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาซินเตอร์	19
4.1	แสดงค่า d – spacing ของผง ACL 4030 เปรียบเทียบกับข้อมูลจากตาราง JCPDS	39
4.2	แสดงค่า d – spacing ของผง ACL 4040 เปรียบเทียบกับข้อมูลจากตาราง JCPDS	40
5.1	สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติของสารตัวอย่าง ACL 4030 และ ACL 4040	52

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบาญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงปรากฏการณ์เพียโซอิเลกตริกแบบ direct (ก) และแบบ converse (ข)	3
2.2	แสดงโครงสร้างผลึกของ PZT ที่เป็นแบบ perovskite	7
2.3	เฟสไดอะแกรมระบบ $PbTiO_3$ - $PbZrO_3$	8
2.4	แผนภาพสองมิติของโครงสร้างแบบ perovskite ของ $BaTiO_3$ แสดงการเลื่อนตำแหน่งของอิออนติตาเนต ในทิศทาง 3	9
2.5	แสดงผลการ poling และทิศทางของไดโพลและขนาดของสารที่เปลี่ยนไป	10
2.6	แสดงเครื่องหมายของแกนอ้างอิงของสารเพียโซอิเลกตริก	10
2.7	แสดงวงจรเทียบเท่าสำหรับการวัด resonance ของชิ้นสารเพียโซอิเลกตริก	12
2.8	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง impedance กับความถี่	12
2.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า k_p กับ $\frac{f_a - f_r}{f_r}$ ของสารที่เป็นแผ่นจานกลม	13
2.10	แสดงสนามไฟฟ้าที่ทำให้วัตถุเกิดมีโพลาไรเซชัน	14
2.11	แสดงภาพแผ่นวัตถุที่ถูกโพลาไรซ์แล้ว	15
2.12	แสดงไดอิเล็กตริกที่ถูกวางไว้ระหว่างแผ่นขนานที่มีประจุชนิดตรงกันข้าม	16
2.13	แสดงการเกิดคอ (neck)	19
2.14	แสดง normal sintering cycle	20
2.15	แสดงลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของเกรน	21
2.16	แสดงการต่อขั้วของสารเพียโซอิเลกตริกทรานสฟอร์มเมอร์	21
2.17	แสดงรูปแบบอย่างง่ายของตัวเพียโซอิเลกตริกทรานสฟอร์มเมอร์	22
2.18	แสดงวงจรสมมูลของเรโซแนนซ์โหมด	24
2.19	แสดงวงจรสมมูลของแอนติเรโซแนนซ์โหมด	25
3.1	แสดงพื้นที่ทากาวเงินของสารตัวอย่างแบบ disc ชนิด B	36
3.2	แสดงการต่อขั้วทางไฟฟ้าด้าน input และ output กับสารตัวอย่างที่เตรียมขึ้นได้	36
4.1	ข้อมูล X rays diffraction pattern ของสารผงสำเร็จ ACL 4030	37
4.2	แสดงข้อมูล X rays diffraction pattern ของสารผงสำเร็จ ACL 4040	38
4.3	กราฟ DTA ของสารตัวอย่าง ACL 4030	41

รูปที่		หน้า
4.4	กราฟ DTA ของสารตัวอย่าง ACL 4040	42
4.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิซินเตอร์ (t) และค่าความหนาแน่น (ρ) ของสาร ACL 4030	43
4.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิซินเตอร์ (t) และค่าความหนาแน่น (ρ) ของสาร ACL 4040	43
4.7	แสดงภาพถ่าย SEM ของสาร ACL 4030	44
4.8	แสดงภาพถ่าย SEM ของสาร ACL 4040	44
4.9	กราฟแสดงค่า f_r และ f_a ของสารตัวอย่าง ACL 4030	45
4.10	กราฟแสดงค่า f_r และ f_a ของสารตัวอย่าง ACL 4040	45
4.11	แสดงลักษณะเม็ดสารที่ผ่านกระบวนการเผาซินเตอร์ เตรียมโดยวิธี Tape Casting	47
4.12	แสดงลักษณะเม็ดสารที่ได้จากการเผาซินเตอร์โดยวิธีการเตรียมชนิด A	48
4.13	แสดงสารตัวอย่างชนิด ACL 4030 ที่เตรียมได้โดยวิธีชนิด B	49
4.14	แสดงสารตัวอย่างชนิด ACL 4040 ที่เตรียมได้โดยวิธีชนิด B	50

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University