

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำและทฤษฎี	1
1.1 ข้อมูลพื้นฐานของสารแบเรียมดีทานเนต	3
1.1.1 สมบัติทางกายภาพทั่วไป	3
1.1.2 โครงสร้างผลึก	3
1.2 ประเภทและการนำไปใช้งาน	6
1.3 สมบัติเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric property)	7
1.4 ลักษณะเฉพาะของสารไดอิเล็กทริก	8
1.5 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)	10
1.6 วิธีการเตรียมสารแบเรียมดีทานเนตแบบต่างๆ	11
1.7 หลักการเตรียมผงละเอียดแบเรียมดีทานเนต โดยวิธีออกซาเลต	14
1.8 การเติมสารเจือ (Doping)	15
1.9 กระบวนการ Heat Treatment	17
1.10 การวิเคราะห์สารด้วยวิธีเอกซเรย์ดิฟแฟรคชัน (X-ray diffraction)	17
1.11 การวิเคราะห์สารด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียลเทอร์มอล อนาไลซิส (Differential Thermal analysis , DTA)	19
1.12 การวิเคราะห์สาร โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)	21
1.13 การวิเคราะห์สารด้วยวิธี Particle size analyzer	22
1.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
1.15 วัตถุประสงค์	25

	หน้า
บทที่ 2 การทดลอง	26
2.1 สารเคมี	26
2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	27
2.3 วิธีการทดลอง	28
2.3.1 การเตรียมสารละลายของแบเรียมคลอไรด์	28
2.3.2 การหาปริมาณตะกอนในสารละลายข้อ 2.3.1	28
2.3.3 การเตรียมสารละลายแบเรียมคลอไรด์	29
2.3.4 การตกตะกอนร่วมของดีทานิลออกไซด์และโครเมียมไฮดรอกไซด์	29
2.3.5 การเตรียมผงละเอียดของแบเรียมคลอไรด์	31
2.3.6 วิธีการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray diffraction	31
2.3.7 การวิเคราะห์สารด้วยวิธีดีพีเอเร็นเชียลเทอร์มอลอนาไลซิส (Differential Thermal Analysis)	31
2.3.8 การวิเคราะห์สารโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)	31
บทที่ 3 ผลการทดลอง	
3.1 ผลการเตรียมผงแบเรียมคลอไรด์	33
3.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ผงละเอียดด้วยการสลายตัวทางความร้อน	34
3.3 ผลการวิเคราะห์ผงละเอียดด้วยวิธีเอกซเรย์ดิฟแฟรคชัน (X-ray diffraction)	36
3.4 ผลการวิเคราะห์ผงละเอียดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)	50
3.5 ผลการตรวจสอบการกระจายตัวของอนุภาคแบเรียมคลอไรด์ผงละเอียด	59
3.6 ผลการเตรียมผงแบเรียมคลอไรด์เมื่อทำการโคปด้วยแมงกานีส- อะซิเตรทโครเมียมไฮดรอกไซด์	59
3.7 ผลการวิเคราะห์ผงละเอียดของแบเรียมคลอไรด์ด้วยวิธี เอกซเรย์ดิฟแฟรคชัน (X-ray diffraction)	60
3.8 ผลการวิเคราะห์ผงละเอียดของแบเรียมคลอไรด์ด้วยกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)	63

	หน้า
บทที่ 4 วิจัยและสรุปผลการทดลอง	67
4.1 วิจัยผลการทดลอง	67
4.2 สรุปผลการทดลอง	72
เอกสารอ้างอิง	75
ประวัติผู้เขียน	77

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 (ก) unit cell ของ โครงสร้างผลึกของแบเรียมติตาเนต	4
(ข) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแบเรียมติตาเนตที่อุณหภูมิต่างๆ	4
1.2 unit cell ของ โครงสร้างผลึกของแบเรียมติตาเนต ในกรณี	
(ก) ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิคูรี โครงสร้างผลึกจะเป็นแบบ cubic	5
(ข) ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิคูรี โครงสร้างผลึกจะเป็นแบบ tetragonal	5
1.3 ตัวเก็บประจุอย่างง่าย	10
1.4 Donor Doped และ Acceptor Doped	16
1.5 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องเอกซเรย์คิฟแฟรคโทรมิเตอร์ (X-ray diffractometer)	18
1.6 การวิเคราะห์สารด้วยวิธีคิฟเฟอเรนเชียลเทอร์มอล อนาไลซิส (Differential Thermol analysis , DTA)	20
1.7 การวิเคราะห์สาร โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy,SEM)	21
1.8 เครื่องมือ particle size analyser	22
2.1 อุปกรณ์ในการเตรียมสารละลายแบเรียมติตาเนตคลอไรด์	28
2.2 การเตรียมผงแบเรียมติตาเนตโดยวิธีออกซาเลต	30
3.1 DTA เทอร์โมแกรม	35
3.2 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังเผาแคลไซน์ที่ 600 °ซ นาน 3 ชั่วโมง (+ แทน BaCO ₃ และ * แทน BaTi ₂ O ₅)	37
3.3 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังเผาแคลไซน์ที่ 700 °ซ นาน 3 ชั่วโมง (* แทน BaTi ₂ O ₅)	38
3.4 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังเผาแคลไซน์ที่ 800 °ซ นาน 3 ชั่วโมง (* แทน BaTi ₂ O ₅)	39

รูปที่	หน้า
3.5 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 900 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	40
3.6 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 1000 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	41
3.7 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 1100 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	42
3.8 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1.05 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 500 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	43
3.9 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1.05 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 600 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	44
3.10 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1.05 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 700 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	45
3.11 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1.05 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 800 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	46
3.12 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1.05 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 900 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	47
3.13 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1.05 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 1000 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	48
3.14 XRD pattern ของผงละเอียด BaTiO ₃ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1.05 หลังเผาเคลวไนน์ที่ 1100 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	49
3.15 ภาพถ่าย SEM ของผงละเอียดที่เตรียมได้โดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังการเผาเคลวไนน์ที่ 500 °ซ	50
3.16 ภาพถ่าย SEM ของผงละเอียดที่เตรียมได้โดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังการเผาเคลวไนน์ที่ 600 °ซ	51
3.17 ภาพถ่าย SEM ของผงละเอียดที่เตรียมได้โดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังการเผาเคลวไนน์ที่ 700 °ซ	52

รูปที่	หน้า
3.18	53
ภาพถ่าย SEM ของผงละเอียดที่เตรียมได้โดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังการเผาเคลวไนซ์ที่ 800 °ซ	
3.19	54
ภาพถ่าย SEM ของผงละเอียดที่เตรียมได้โดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังการเผาเคลวไนซ์ที่ 900 °ซ	
3.20	55
ภาพถ่าย SEM ของผงละเอียดที่เตรียมได้โดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังการเผาเคลวไนซ์ที่ 1000 °ซ	
3.21	56
ภาพถ่าย SEM ของผงละเอียดที่เตรียมได้โดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังการเผาเคลวไนซ์ที่ 1100 °ซ	
3.22	57
ภาพถ่าย SEM ของผงละเอียดที่เตรียมได้โดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังการเผาเคลวไนซ์ที่ 1200 °ซ	
3.23	58
ภาพถ่าย SEM ของผงละเอียดที่เตรียมได้โดยใช้อัตราส่วน Ba:Ti เป็น 1:1 หลังการเผาเคลวไนซ์ที่ 1300 °ซ	
3.24	60
XRD pattern ของผงแบเรียมดีคานเนคต์คัปเปลงที่มีปริมาณของ แมงกานีสอะซิเตทเตรไฮเดรตอยู่ร้อยละ 2.5 โดยโมล หลังการเผาเคลวไนซ์ ที่ 900 °ซ นาน 3 ชั่วโมง (* แทน BaTi ₂ O ₅)	
3.25	61
XRD pattern ของผงแบเรียมดีคานเนคต์คัปเปลงที่มีปริมาณของ แมงกานีสอะซิเตทเตรไฮเดรตอยู่ร้อยละ 5.0 โดยโมล หลังการเผาเคลวไนซ์ ที่ 900 °ซ นาน 3 ชั่วโมง (* แทน BaTi ₂ O ₅)	
3.26	62
XRD pattern ของผงแบเรียมดีคานเนคต์คัปเปลงที่มีปริมาณของ แมงกานีสอะซิเตทเตรไฮเดรตอยู่ร้อยละ 7.5 โดยโมล หลังการเผาเคลวไนซ์ ที่ 900 °ซ นาน 3 ชั่วโมง (* แทน BaTi ₂ O ₅)	
3.27	63
ภาพถ่าย SEM ของผงแบเรียมดีคานเนคต์คัปเปลงที่มีปริมาณของ แมงกานีสอะซิเตทเตรไฮเดรตอยู่ร้อยละ 2.5 โดยโมล หลังการเผาเคลวไนซ์ ที่ 900 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	
3.28	64
ภาพถ่าย SEM ของผงแบเรียมดีคานเนคต์คัปเปลงที่มีปริมาณของ แมงกานีสอะซิเตทเตรไฮเดรตอยู่ร้อยละ 2.5 โดยโมล หลังการเผาเคลวไนซ์ ที่ 900 °ซ นาน 3 ชั่วโมง	

รูปที่	หน้า
3.29	65

ภาพถ่าย SEM ของผงแบเรียมดีทานเนตคั้แปลงที่มีปริมาณของ
แมงกานีสอะซิเตทเตตระไฮเดรตอยู่ร้อยละ 2.5 โคบายโมล หลังการเผาเคล้ไซน์
ที่ 900 °ซ นาน 3 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 โครงสร้างผลึกของแบเรียมิตานเนตในช่วงอุณหภูมิต่างๆ	5
1.2 ชนิดและการนำไปประยุกต์ใช้งานของสารเฟอร์โรอิเล็กทริกประเภทต่างๆ	6
3.1 ปริมาณสารตั้งต้นที่ใช้ในการเตรียม $\text{BaTi}(\text{C}_2\text{O}_4)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ในอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Ba}:\text{Ti} = 1:1$	33
3.2 ปริมาณสารตั้งต้นที่ใช้ในการเตรียม $\text{BaTi}(\text{C}_2\text{O}_4)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ในอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Ba}:\text{Ti} = 1:1.05$	33
3.3 ผลของอุณหภูมิแคลไซน์ที่มีต่อขนาดอนุภาคผงละเอียด BaTiO_3	59
3.4 ปริมาณสารตั้งต้นที่ใช้ในการเตรียมผงแบเรียมิตานเนตคัดแปลง	59
3.5 ผลร้อยละโดยโมลของสารเจือที่มีต่อขนาดอนุภาคผงละเอียด BaTiO_3	66