

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปประกอบ	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่จะได้รับ	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
วัสดุแม่เหล็ก	4
สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุ.....	4
เฟอร์โรแมกเนติกส์	5
หน่วยพื้นฐานต่าง ๆ ของแม่เหล็ก	6
สนามแม่เหล็ก (Magnetic field)	6
การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (Magnetic induction).....	7
สภาพให้ซึมผ่านได้แม่เหล็ก (Magnetic permeability)	8
สภาพรับไว้ได้แม่เหล็ก (Magnetic susceptibility).....	10
ชนิดของสภาวะแม่เหล็ก	11
ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติแม่เหล็กแบบ Ferromagnetism	15
Ferromagnetic domains	15
ประเภทต่าง ๆ ของพลังงานที่เป็นตัวกำหนดโครงสร้างของ	
Ferromagnetic domains	17
พลังงานแลกเปลี่ยน (Exchange energy).....	18
พลังงาน Magnetostatic.....	18

บทที่	หน้า
พลังงาน Magnetocrystalline anisotropy	18
พลังงาน โดเมน	20
พลังงาน Magnetostrictive	21
การทำให้โลหะจำพวกเฟอร์โรแมกเนติกส์เกิดสถานะแม่เหล็ก	
และหมดสถานะแม่เหล็ก	23
วัสดุแม่เหล็กแบบ Soft	25
วัสดุแม่เหล็กแบบ Hard	26
เฟอร์ไรต์	30
วัสดุเฟอร์ไรต์ แบบ Soft	31
องค์ประกอบของโครงสร้างของวัสดุเฟอร์ไรต์แบบ Soft	31
วัสดุเฟอร์ไรต์แบบ Hard	34
แบเรียมเฟอร์ไรต์ (Barium ferrite ; $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$)	34
Oxide one pot synthesis	35
กระบวนการ โซล-เจล (Sol-gel process)	35
ตัวอย่างงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ	39
3 วิธีการทดลอง	45
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	45
สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	45
วิธีการ	46
การสังเคราะห์ไกลโคลาโตเฟอร์เรท (Glycolato ferrate)	
ด้วยกระบวนการขั้นตอนเดียว (One-pot process)	46
การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารไกลโคลาโตเฟอร์เรทที่	
เตรียมโดยกระบวนการขั้นตอนเดียว (One-pot process)	47
การสังเคราะห์ไกลโคลาโตเฟอร์เรท (Glycolato ferrate)	
ด้วยกระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS)	47
การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารไกลโคลาโตเฟอร์เรทที่เตรียม	
โดยกระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS)	48

บทที่	หน้า
การสังเคราะห์เฟอร์ราเทรน (Ferratrane) ด้วยกระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS).....	48
การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารเฟอร์ราเทรนที่เตรียมด้วย กระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS)	49
การเตรียมเหล็กออกไซด์จากสารเฟอร์ราเทรนที่ สังเคราะห์ได้ด้วยกระบวนการ โซล-เจล	49
การเตรียมวัสดุแบเรียมเฟอร์ไรต์โดยกระบวนการ โซล-เจล	50
การวิเคราะห์สมบัติของแบเรียมเฟอร์ไรต์ที่เตรียมได้จาก สารเฟอร์ราเทรนด้วยกระบวนการ โซล-เจล	52
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	53
ผลการวิเคราะห์สารโกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้ โดยใช้กระบวนการขั้นตอนเดียว (One-pot process)	54
การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันโดยใช้เทคนิคฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม- อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	54
การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ เทอร์โมกราวิเมตริก	56
การวิเคราะห์สารโกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ เทคนิค $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$	58
การวิเคราะห์สารโกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ เทคนิคแมสสเปกโทรสโกปี	60
ผลการวิเคราะห์สารโกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ กระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS)	61
การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันโดยใช้เทคนิคฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม- อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	62
การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ เทอร์โมกราวิเมตริก	64
การวิเคราะห์สารโกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ เทคนิค $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$	66

บทที่	หน้า
การวิเคราะห์สารไกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ เทคนิคแมสสเปกโตรสโกปี	68
ผลการวิเคราะห์สารเฟอร์ราเทรน (Ferratrane) ที่สังเคราะห์ ได้โดยใช้กระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS)	68
การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันโดยใช้เทคนิคฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี	69
การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ เทอร์โมกราวิเมตริก	71
การวิเคราะห์สารเฟอร์ราเทรนที่สังเคราะห์ได้โดยใช้เทคนิค ¹ H-NMR และ ¹³ C-NMR	73
การวิเคราะห์สารเฟอร์ราเทรนที่สังเคราะห์ได้โดยใช้เทคนิค แมสสเปกโตรสโกปี	75
ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จากสารเฟอร์ราเทรนที่ สังเคราะห์ได้ด้วยกระบวนการโซล-เจล	75
การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จากสารเฟอร์ราเทรนโดยการศึกษา สมบัติทางโครงสร้างจุลภาคด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์	75
ผลการวิเคราะห์สมบัติทางสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิคจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	76
ผลการวิเคราะห์สมบัติการนำไฟฟ้าด้วยเทคนิค Four point probe	78
ผลการวิเคราะห์ของแบเรียมฟอร์ไรต์ที่สังเคราะห์ขึ้นจาก สารเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ผ่านกระบวนการโซล-เจล	78
การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันโดยใช้เทคนิคฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี	79
การวิเคราะห์สมบัติทางสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิคจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	80
การวิเคราะห์ปริมาณธาตุในสารละลายตัวอย่างด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Spectroscopy	82

บทที่	หน้า
ผลการวิเคราะห์แบเรียมเฟอร์ไรต์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเฟอร์ราเทรน ที่เป็น Purified product ผ่านกระบวนการโซล-เจล	82
การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันโดยใช้เทคนิคฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	82
การวิเคราะห์สมบัติทางสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิคจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	83
การวิเคราะห์ปริมาณธาตุในสารละลายตัวอย่างด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Spectroscopy	85
ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิในการเผาที่มีต่อสมบัติของแบเรียม เฟอร์ไรต์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ผ่าน กระบวนการโซล-เจล	85
การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันโดยใช้เทคนิคฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี.....	85
การวิเคราะห์แบเรียมเฟอร์ไรต์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเฟอร์ราเทรน ที่เป็น Crude product โดยใช้สมบัติทางโครงสร้างจุลภาคด้วยเทคนิค การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์	86
การวิเคราะห์สมบัติทางสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิคจุลทรรศน์ แบบส่องกราด	87
5 สรุปผลการทดลอง	89
บรรณานุกรม	91
ภาคผนวก	95
ภาคผนวก ก ตารางรวบรวมหน่วยที่ใช้เกี่ยวกับแม่เหล็ก	95
ภาคผนวก ข การคำนวณปริมาณแบเรียมไนเตรดที่ใช้ผสมกับ เฟอร์ราเทรนที่อัตราส่วนของแบเรียมต่อเหล็กเป็น 1 ต่อ 12.....	97
ภาคผนวก ค ลักษณะสัณฐานวิทยาโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด	99
ภาคผนวก ง ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์จากงานวิจัยฉบับนี้	112
ประวัติผู้วิจัย	115

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของสารตั้งต้นและสารไกลโคไลโดเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้	56
4.2 การละลายของสารไกลโคไลโดเฟอร์เรทที่สังเคราะห์โดยใช้กระบวนการขั้นตอนเดียว (One-pot process)	58
4.3 ตำแหน่งของ Chemical shift ของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ที่ได้	60
4.4 รูปแบบของ Fragmentation ของสารผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้	60
4.5 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของสารตั้งต้นและสารไกลโคไลโดเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้	64
4.6 การละลายของสารไกลโคไลโดเฟอร์เรทที่สังเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS)	66
4.7 ตำแหน่งของ Chemical shift ของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ที่ได้	67
4.8 รูปแบบของ Fragmentation ของสารผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้	68
4.9 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของสารตั้งต้นและสารเฟอร์ราเทรนที่สังเคราะห์ได้	71
4.10 การละลายของสารเฟอร์ราเทรนที่สังเคราะห์ได้โดยใช้กระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS)	73
4.11 ตำแหน่งของ Chemical shift ของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ที่ได้	74
4.12 รูปแบบของ Fragmentation ของสารผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้	75
ก.1 ตารางรวบรวมหน่วยที่ใช้เกี่ยวกับแม่เหล็ก	96

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ แท่งแม่เหล็ก	6
2.2	สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ขดลวดโซเลนอยด์ เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวด	7
2.3	เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างการเหนี่ยวนำแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็ก (B-H curve) ของวัสดุจำพวกเฟอร์โรแมกเนติกส์	10
2.4	ภาพจำลองของการหมุนอิเล็กตรอนรอบตัวเองและรอบนิวเคลียส	11
2.5	การจัดเรียงอิเล็กตรอนใน 3d-ออร์บิทัลของธาตุแทรนซิชัน	13
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแลกเปลี่ยนกับค่าอัตราส่วนระหว่างระยะห่างของ อะตอมและเส้นผ่านศูนย์กลางของ 3d-ออร์บิทัล (a/d) ของธาตุแทรนซิชัน บางชนิด	13
2.7	การจัดเรียงตัวของ Magnetic dipoles ของ (ก) Ferromagnetism (ข) Antiferromagnetism (ค) Ferrimagnetism	14
2.8	Magnetic domains ในวัสดุแม่เหล็กจำพวกเฟอร์โรแมกเนติกส์	16
2.9	การเจริญเติบโตและการหมุนของ Magnetic domain เมื่อวัสดุแม่เหล็กจำพวก เฟอร์โรแมกเนติกส์ถูกทำให้เป็นแม่เหล็ก	16
2.10	การเคลื่อนที่ของขอบเขตของโดเมนภายในโครงผลึกของเหล็กที่เกิดขึ้นเนื่องจาก การป้อนสนามแม่เหล็กเข้าไป จะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อสนามแม่เหล็กที่ป้อน เข้าไปมีความเข้มเพิ่มมากขึ้น โดเมนพร้อมด้วยขั้วไดโพลที่เรียงตัวในทิศทาง เดียวกับสนามแม่เหล็กจะใหญ่ขึ้นในขณะที่โดเมนที่มีขั้วไดโพลตรงข้ามจะ มีขนาดเล็กลง	17
2.11	การลดลงของพลังงาน Magnetostatic energy เมื่อขนาดของโดเมนเพิ่มขึ้นเป็น (ก) 1 โดเมน (ข) 2 โดเมน และ (ค) 4 โดเมน	19
2.12	พลังงาน Magnetocrystalline anisotropy ในเหล็กที่มีโครงสร้างแบบ BCC	20
2.13	(ก) การจัดเรียงตัวของขั้วแม่เหล็ก (Magnetic dipole) ที่บริเวณผนัง และ (ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแลกเปลี่ยน พลังงาน Magnetocrystalline anisotropy และความกว้างของผนัง	21
2.14	ปรากฏการณ์ Magnetostrictive ของธาตุจำพวกเฟอร์โรแมกเนติกส์ เหล็ก โคบอลต์ และ นิกเกิลค่า Magnetostriction คือค่าแสดงสัดส่วนการยืดตัว (หรือหดตัว) ซึ่งแสดงในหน่วยของไมโครเมตรต่อเมตร	22

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.15	การเกิด Magnetostriction ในวัสดุแม่เหล็กที่มีโครงสร้างลูกบาศก์โดยแสดง (ก) Magnetostriction เชิงลบ (Negative magnetostriction) (ข) Magnetostriction เชิงบวก (Positive magnetostriction) และ (ค) การลดความเค้น Magnetostrictive โดยการทำให้ขนาดของโครงสร้าง โดเมนมีขนาดเล็กลง.....	23
2.16	ลูปฮิสเทรีซิส (Hysteresis loop) ของวัสดุจำพวกเฟอร์โรแมกเนติกส์	24
2.17	ลูปฮิสเทรีซิส (Hysteresis loop) ของ (ก) วัสดุแม่เหล็กแบบ Soft (ข) วัสดุแม่เหล็กแบบ Hard.....	25
2.18	ผลของการทำอบอ่อนภายใต้สภาวะที่มีสนามแม่เหล็กที่มีต่อลักษณะของ ลูปฮิสเทรีซิส (Hysteresis loop) ของโลหะผสมที่ประกอบด้วยนิกเกิล 65 เปอร์เซ็นต์ กับ เหล็ก 35 เปอร์เซ็นต์ (ก) 65 Permalloy ที่ถูกอบอ่อน ภายใต้สภาวะที่มีสนามแม่เหล็ก (ข) 65 Permalloy ที่ถูกอบอ่อน โดยไม่มีสนามแม่เหล็ก	28
2.19	เส้นโค้ง Demagnetization ของวัสดุแม่เหล็กแบบ Hard ชนิดต่าง ๆ 1 : Sm(Co, Cu) _{7,4} ; 2 : SmCo ₅ ; 3 : Bonded SmCo ₅ ; 4 : Alnico 5 ; 5 : Mn-Al-C ; 6 : Alnico 8 ; 7 : Cr-Co-Fe ; 8 : Ferrite; และ 9 : Bonded ferrite	29
2.20	แผนภาพของเส้นโค้ง Energy product (B และ BH) ของวัสดุแม่เหล็กแบบ Hard เช่น โลหะผสมแอลนิโก (Alnico) ถูกแสดงเส้นประทางด้านขวาของแกน การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (B).....	30
2.21	ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ทำจากวัสดุจำพวกเฟอร์ไรต์แบบ Soft ซึ่งถูกนำไปใช้ใน อุตสาหกรรมทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	31
2.22	(ก) หน่วยเซลล์ของวัสดุเฟอร์ไรต์ แบบ Soft (MO·Fe ₂ O ₃) (b) ชั้นเซลล์ของ FeO·Fe ₂ O ₃ Ferrite.....	32
2.23	การจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนและค่า Ionic magnetic moments ของไอออนธาตุ 3d-แทรนซิชันบางชนิด	33
2.24	การเปลี่ยนสถานะจากโซลเป็นเจล	36
2.25	เทคโนโลยีโซล-เจลและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเทคโนโลยีโซล-เจล	38

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.26	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แก้วจากกระบวนการโซลเจล	39
3.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมวัสดุแบบรีมเฟอร์ไรต์.....	51
4.1	ฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของ (ก) เอทิลีนไกลคอล, (ข) ไตรเอทิลีนเทตระเอมีน, (ค) เหล็กอะซีทิลอะซีโทเนต, (ง) สารไกลโคลาโตเฟอร์เรทที่ได้จากกระบวนการขั้นตอนเดียว (One-pot process).....	55
4.2	TG-DTG เทอร์โมแกรมของสารตั้งต้นเหล็กอะซีทิลอะซีโทเนต	57
4.3	TG-DTG เทอร์โมแกรมของสารไกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ กระบวนการขั้นตอนเดียว (One-pot process).....	57
4.4	โครงสร้างของสารไกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้โดยใช้กระบวนการ ขั้นตอนเดียว (One-pot process)	59
4.5	ฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของ (ก) เอทิลีนไกลคอล, (ข) ไตรเอทิลีนเทตระเอมีน, (ค) เหล็กไฮดรอกไซด์, (ง) สารไกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้จากกระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS)	63
4.6	TG-DTG เทอร์โมแกรมของสารตั้งต้นเหล็กไฮดรอกไซด์	65
4.7	TG-DTG เทอร์โมแกรมของสารไกลโคลาโตเฟอร์เรทที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ กระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS).....	65
4.8	โครงสร้างของสารไกลโคลาโตเฟอร์เรท	67
4.9	ฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของ (ก) เอทิลีนไกลคอล, (ข) ไตรเอทิลีนเทตระเอมีน, (ค) ไตรเอทานอลเอมีน, (ง) เหล็กไฮดรอกไซด์, (จ) สารเฟอร์ราเทรน (Ferratrane) ที่สังเคราะห์ได้ โดยใช้กระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS).....	70
4.10	TG-DTG เทอร์โมแกรมของสารตั้งต้นเหล็กไฮดรอกไซด์	72
4.11	TG-DTG เทอร์โมแกรมของสารเฟอร์ราเทรนที่สังเคราะห์ได้โดยใช้กระบวนการ Oxide one pot synthesis (OOPS)	72
4.12	โครงสร้างของสารเฟอร์ราเทรน	74

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
4.13	รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเหล็กออกไซด์ที่เตรียมได้จากสาร เฟอร์ราเทรน ณ อุณหภูมิหลังเผา ที่อุณหภูมิ (ก) 600 องศาเซลเซียส, (ข) 800 องศาเซลเซียส, (ค) 1,000 องศาเซลเซียส.....	76
4.14	ลักษณะสัณฐานวิทยาของเหล็กออกไซด์ที่เตรียมได้จากสารเฟอร์ราเทรนที่ได้ จากเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ณ อุณหภูมิหลังเผา (ก) 600 องศาเซลเซียส, (ข) 800 องศาเซลเซียส, (ค) 1,000 องศาเซลเซียส.....	77
4.15	สมบัติการนำไฟฟ้าของเหล็กออกไซด์ที่เตรียมได้จากสารเฟอร์ราเทรน โดยผ่านกระบวนการโซล-เจล ณ อุณหภูมิหลังเผา 600 องศาเซลเซียส, 800 องศาเซลเซียส และ 1,000 องศาเซลเซียส.....	78
4.16	ฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของแบเรียมเฟอร์ไรต์ที่ได้จากสาร เฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสที่ อัตราส่วนไฮโดรไลซิส (ก) 1 ต่อ 12, (ข) 1 ต่อ 18, (ค) 1 ต่อ 24.....	80
4.17	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมเฟอร์ไรต์ที่ได้จากสารเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วน ไฮโดรไลซิส (ก) 1 ต่อ 12, (ข) 1 ต่อ 18, (ค) 1 ต่อ 24.....	81
4.18	ฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของแบเรียมเฟอร์ไรต์ที่ได้จากสาร เฟอร์ราเทรนที่เป็น Purified product ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสที่ อัตราส่วนไฮโดรไลซิส (ก) 1 ต่อ 12, (ข) 1 ต่อ 18, (ค) 1 ต่อ 24.....	83
4.19	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมเฟอร์ไรต์ที่ได้จากสารเฟอร์ราเทรนที่เป็น Purified product ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิส (ก) 1 ต่อ 12, (ข) 1 ต่อ 18, (ค) 1 ต่อ 24.....	84
4.20	ฟูเรียร์แทรนส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรัมของแบเรียมเฟอร์ไรต์ที่ได้จากสาร เฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ที่ อัตราส่วนไฮโดรไลซิส เป็น 1 ต่อ 24 ณ อุณหภูมิในการเผา (ก) 600 องศาเซลเซียส, (ข) 800 องศาเซลเซียส, (ค) 1,000 องศาเซลเซียส	86

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
4.21	รูปแบบการเลียนแบบรังสีเอกซ์ของแบเรียมฟอร์ไรต์ที่สังเคราะห์ขึ้นจาก สารเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ที่ อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเป็น 1 ต่อ 24 ณ อุณหภูมิในการเผา (ก) 600 องศาเซลเซียส, (ข) 800 องศาเซลเซียส, (ค) 1,000 องศาเซลเซียส.....	87
4.22	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมฟอร์ไรต์ที่ได้จากสารเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิส 1 ต่อ 24 ณ อุณหภูมิ (ก) 600 องศาเซลเซียส, (ข) 800 องศาเซลเซียส, (ค) 1,000 องศาเซลเซียส	88
ค.1	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมฟอร์ไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 12 ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า.....	100
ค.2	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมฟอร์ไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 12 ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า.....	100
ค.3	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมฟอร์ไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 12 ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า.....	101
ค.4	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมฟอร์ไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 12 ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า.....	101
ค.5	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมฟอร์ไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอร์ราเทรนที่เป็น Crude product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 18 ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า.....	102

[illegible][illegible]

ការប័ណ្ណរូបប្រកប

[illegible]

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
ค.20	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมเฟอโรไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอรร่าเทรนที่เป็น Purified product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 18 ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า.....	109
ค.21	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมเฟอโรไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอรร่าเทรนที่เป็น Purified product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 24 ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า.....	110
ค.22	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมเฟอโรไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอรร่าเทรนที่เป็น Purified product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 24 ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า.....	110
ค.23	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมเฟอโรไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอรร่าเทรนที่เป็น Purified product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 24 ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า.....	111
ค.24	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบเรียมเฟอโรไรต์ที่ได้จากการผสมแบเรียมไนเตรด กับเฟอรร่าเทรนที่เป็น Purified product ที่อัตราส่วนระหว่างแบเรียมต่อเหล็ก เป็น 1 ต่อ 12 ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ที่อัตราส่วนไฮโดรไลซิสเท่ากับ 24 ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า.....	111