

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูปภาพ	ญ
รายการอักษรย่อ	ฎ
รายการสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	4
2.1.1 กระบวนการโฟโตคะตะลิส	4
2.1.2 พลังงานแสง	7
2.1.3 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	9
2.2 การสังเคราะห์สาร โดยวิธีไมโครเวฟไฮโดรเทอร์มอล	10
2.2.1 กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล	10
2.2.2 คลื่นไมโครเวฟ	12
2.2.3 เตาอบไมโครเวฟ	13

2.2.4 ไมโครเวฟไฮโครเทอร์มอล/ โซโวลเทอร์มอล	15
2.3 สารประกอบซีเรียมโมลิบเดต	16
2.3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารซีเรียมโมลิบเดต	16
2.3.2 องค์ประกอบของสารซีเรียมโมลิบเดต	16
2.3.3 ตัวอย่างการสังเคราะห์สารซีเรียมโมลิบเดต	17
2.4 สารอินทรีย์และสีย้อม	18
2.4.1 เมทิลีนบลู	19
2.4.2 เมทิลออเรนจ์	19
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	20
3.1 สารเคมี อุปกรณ์และวิธีการสังเคราะห์ซีเรียม โมลิบเดตโดยวิธีไมโครเวฟไฮโครเทอร์มอล	20
3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์ซีเรียม โมลิบเดต	20
3.1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ซีเรียม โมลิบเดต	20
3.1.3 วิธีการสังเคราะห์สารซีเรียม โมลิบเดต	21
3.2 การทดสอบคุณลักษณะเฉพาะของสารซีเรียม โมลิบเดตที่สังเคราะห์ได้	23
3.2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์	23
3.2.2 การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของสารซีเรียม โมลิบเดตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	26
3.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของสารซีเรียม โมลิบเดตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน	27
3.2.4 การวิเคราะห์ลักษณะทางแสงด้วยอัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี	29
3.2.5 การวิเคราะห์ลักษณะการดูดกลืนรังสีในช่วงอินฟราเรด	30
3.2.6 การวิเคราะห์การสั่นของโมเลกุลด้วยเทคนิครามานสเปกโทรสโกปี	31
3.2.7 การวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเปล่งแสงโฟโตลูมิเนสเซนส์	32
3.3 การนำซีเรียม โมลิบเดตไปประยุกต์ใช้งานทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	34
3.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการนำซีเรียม โมลิบเดตไปการประยุกต์ใช้งานในด้านตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	34
3.3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการนำซีเรียม โมลิบเดตไปการประยุกต์ใช้งานในด้านตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	34
3.3.3 วิธีการนำซีเรียม โมลิบเดตไปประยุกต์ใช้งานประยุกต์ใช้งานในด้านตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	35

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	36
4.1 ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์	36
4.2 ผลตรวจสอบและวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของซีเรียม โมลิบเดต	41
4.3 ผลการตรวจสอบลักษณะผลึกและระนาบแลตทิซของซีเรียม โมลิบเดตด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน	43
4.4 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารซีเรียม โมลิบเดตที่อยู่ใน ช่วงอินฟราเรด	46
4.5 การตรวจสอบองค์ประกอบของซีเรียม โมลิบเดตด้วยเทคนิครามานสเปก โทรสโกปี	47
4.6 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางแสงโดยใช้เครื่องมืออัลตราไวโอเลตวิสิเบิล สเปกโทรสโกปี	48
4.7 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์พฤติกรรมการเปล่งแสงด้วยเครื่องมือลูมิเนส เซนส์สเปกโทรสโกปี	50
4.8 ผลของการนำซีเรียม โมลิบเดตไปประยุกต์ใช้งานทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	51
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	56
เอกสารอ้างอิง	57
รายการสิ่งตีพิมพ์	63
ภาคผนวก	64
ประวัติผู้เขียน	69

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 คุณสมบัติบางชนิดของซีเรียม โมลิบเดต	17
ตารางที่ 2 แสดงตัวทำละลาย ค่าพีเอช และรหัสตัวอย่างสารในการทดลอง	23
ตารางที่ 3 ความยาวของระนาบแลตทิซ d-spacing ของซีเรียม โมลิบเดตที่สังเคราะห์ โดยวิธีไมโครเวฟไฮโดรเทอร์มอลที่มีการปรับค่า pH เท่ากับ 7.0 ในตัวทำละลาย ที่แตกต่างกันและความยาวของระนาบแลตทิซ d-spacing ของซีเรียม โมลิบเดต จากไฟล์ JCPDS no. 30-0303	45
ตารางที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสง และค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ในการย่อยสลาย เมทิลีนบลูด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

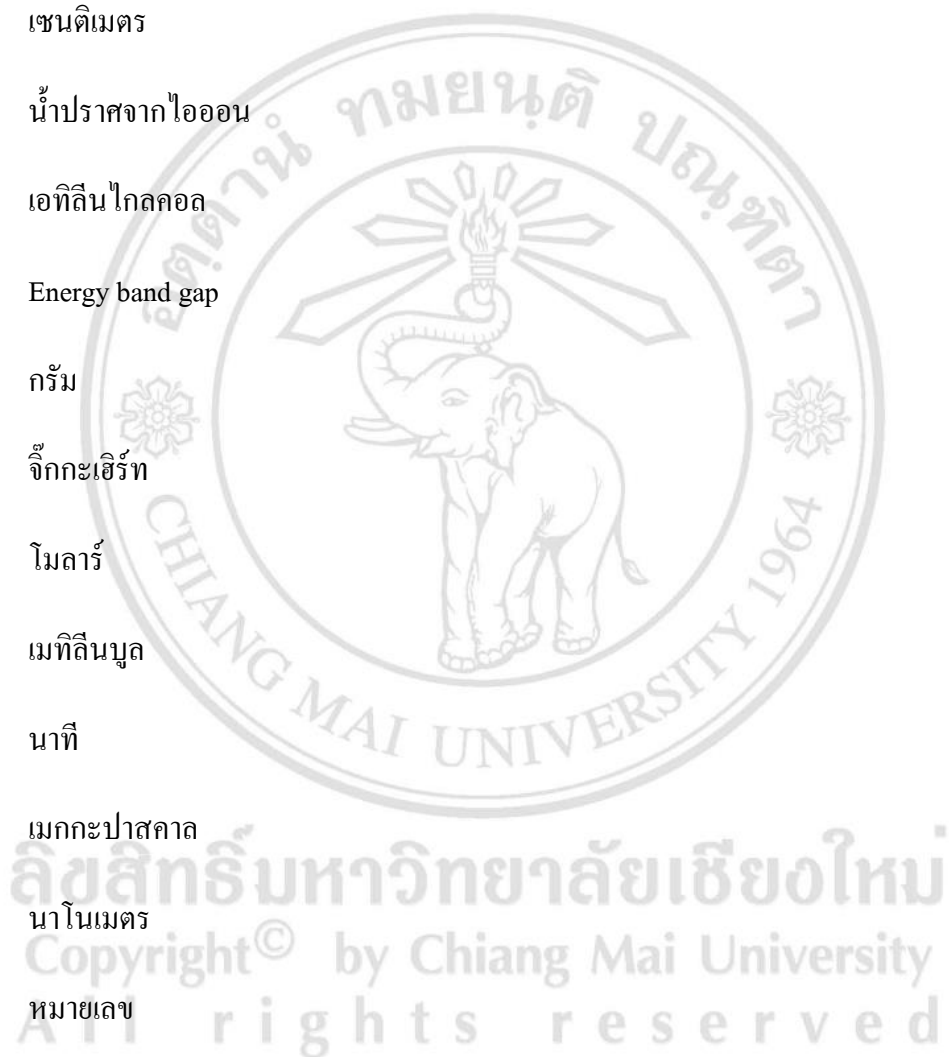
สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.2 สเปกตรัมของรังสียูวี	8
รูปที่ 2.3 บอมบ์หรือออโตเคลฟใต้สารในการสังเคราะห์วิธีไฮโครเทอร์มอล	11
รูปที่ 2.4 คลื่นไมโครเวฟในสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	12
รูปที่ 2.5 แบบจำลองการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟแล้วเกิดเป็นความร้อนขึ้นของวัสดุไดอิเล็กทริก	13
รูปที่ 2.6 เตาอบไมโครเวฟ	14
รูปที่ 2.7 แมกนีตรอน และส่วนประกอบของแมกนีตรอน	14
รูปที่ 2.8 ภาพจำลองเครื่องมือไมโครเวฟไฮโครเทอร์มอล	15
รูปที่ 2.9 ผงซีเรียมโมลิบเดต	16
รูปที่ 2.10 โครงสร้างทางเคมีของเมทิลินบลู	19
รูปที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของเมทิลออเรนจ์	19
รูปที่ 3.1 เครื่องไมโครเวฟไฮโครเทอร์มอล	21
รูปที่ 3.2 แผนภาพวิธีการสังเคราะห์ซีเรียมโมลิบเดต	22
รูปที่ 3.3 การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ด้วยผลึก	24
รูปที่ 3.4 เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์	25
รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ใต้สารตัวอย่างเพื่อไปทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์	25
รูปที่ 3.6 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JEOL JSM- 6335F	26
รูปที่ 3.7 คอปเปอร์เทปที่มีการหยดสารบนผิวหน้าและติดบนลงสตัปชิ้นงานเรียบร้อย	27
รูปที่ 3.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน	28
รูปที่ 3.9 คอปเปอร์กริดกับตัลลัมใส่	29
รูปที่ 3.10 เครื่องวิเคราะห์ลักษณะทางแสงอัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโกปีหือ Perkin Elmer	29
รูปที่ 3.11 คิวเวท	30
รูปที่ 3.12 เครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ยี่ห้อ BRUKER รุ่น TENSOR 27	31
รูปที่ 3.13 อุปกรณ์การอัดขึ้นรูป	31
รูปที่ 3.14 เครื่องวิเคราะห์เทคนิครามานสเปกโทรสโกปี	32
รูปที่ 3.15 เครื่องมือโฟโตลูมิเนสเซนซ์	34

รูปที่ 3.16	ตู้ทึบแสงสำหรับการวิเคราะห์โฟโตคะตะลิส	35
รูปที่ 4.1	ผลการวิเคราะห์ XRD ของซีเรียมโมลิบเดตในตัวทำละลายแตกต่างกัน ที่ไม่ได้ปรับค่า pH และ ปรับค่า pH ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์	37
รูปที่ 4.2	ผล XRD ของซีเรียมโมลิบเดตในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน โดยไม่ได้ปรับค่า pH	38
รูปที่ 4.3	ผล XRD ของซีเรียมโมลิบเดตในตัวทำละลายที่แตกต่างกันและปรับค่า pH เท่ากับ 7.0	39
รูปที่ 4.4	ผล XRD ของซีเรียมโมลิบเดตในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน และปรับค่า pH เท่ากับ 10.0	40
รูปที่ 4.5	ภาพถ่าย SEM ของ Ce-DI pH 3.5, Ce-PEG pH 3.6 และ Ce-EG pH 4.2	41
รูปที่ 4.6	ภาพถ่าย SEM ของ Ce-DI pH 7.0, Ce-PEG pH 7.0 และ Ce-EG pH 7.0	42
รูปที่ 4.7	ภาพถ่าย SEM ของ Ce-DI pH 10.0, Ce-PEG pH 10.0 และ Ce-EG pH 10.0	43
รูปที่ 4.8	ภาพถ่าย TEM และ SAED ของซีเรียมโมลิบเดตที่สังเคราะห์โดยวิธีไมโครเวฟ ไฮโดรเทอร์มอล Ce-DI pH 7.0 ,Ce-PEG pH 7.0 และ Ce-EG pH 7.0	44
รูปที่ 4.9	อินฟราเรดสเปกตรัมของซีเรียมโมลิบเดตที่สังเคราะห์โดยวิธีไมโครเวฟ ไฮโดรเทอร์มอลที่ pH เท่ากับ 7.0 ในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	46
รูปที่ 4.10	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์จากเทคนิครามานสเปกโทรสโกปีของซีเรียมโมลิบเดต ที่สังเคราะห์โดยวิธีไมโครเวฟไฮโดรเทอร์มอลที่ pH เท่ากับ 7.0 ในตัวทำละลายที่ แตกต่างกัน	47
รูปที่ 4.11	กราฟยูวีวิสิเบิล สเปกตรัมและค่าแถบพลังงานของซีเรียมโมลิบเดตที่สังเคราะห์ โดยวิธีไมโครเวฟไฮโดรเทอร์มอลที่ pH เท่ากับ 7.0 ในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	49
รูปที่ 4.12	โฟโตลูมิเนสเซนซ์ สเปกตรัมของซีเรียมโมลิบเดตที่สังเคราะห์โดยวิธีไมโครเวฟ ไฮโดรเทอร์มอลที่ pH เท่ากับ 7.0 ในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	51
รูปที่ 4.13	กราฟยูวีวิสิเบิล สเปกตรัมในการย่อยสลายด้วยแสงของเมทิลีนบลูที่ถูกทำให้ สลายตัวโดยใช้สาร Ce-DI 7.0 และ Ce-PEG 7.0 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้การ กระทำด้วยแสงวิสิเบิล	52
รูปที่ 4.14	กราฟการย่อยสลายเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ ภายใต้แสงวิสิเบิล เป็น ระยะเวลา 360 นาที	54
รูปที่ 4.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(C_0/C_t)$ กับเวลา ในการย่อยสลายเมทิลีนบลู ภายใต้แสงวิสิเบิล เป็นระยะเวลา 30 นาที	54

รายการตัวย่อ

Atm	บรรยากาศ
CB	Conduction band; แถบนำไฟฟ้า
cm	เซนติเมตร
DI	น้ำปราศจากไอออน
EG	เอทิลีนไกลคอล
Eg	Energy band gap
g	กรัม
GHz	จิกกะเฮิรต์
M	โมลาร์
MB	เมทิลีนบลู
min	นาที
MPa	เมกะปาสคาล
nm	นาโนเมตร
No.	หมายเลข
PEG	พอลิเอทิลีนไกลคอล
pH	ค่าสภาพความเป็นกรด-เบส
T	อุณหภูมิ
UV	อุลตราไวโอเลต
VB	Valance band; แถบวาเลนซ์



รายการสัญลักษณ์

λ	Lamda; ความยาวคลื่น
θ	Theta; องศา
ν	Nu; ความถี่
α	Alpha, สัมประสิทธิ์การดูดกลืน
%	Percent; เปอร์เซ็นต์, ร้อยละ
$^{\circ}\text{C}$	Degree Celsius; องศาเซลเซียส
σ	Electrical conductivity; สภาพการนำไฟฟ้า
e-	Electron; อิเล็กตรอน



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved