

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
ABSTRACT	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
รายการอักษรย่อและสัญลักษณ์	ฐ
 บทที่ 1 บทนำ	 1
1.1 ประวัติความเป็นมา/เหตุปัจจัย	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลดมลพิษทั้งในอากาศด้วยกระบวนการโฟโตแคทาลิซิส	3
1.2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ (Passive Sampling) ในการหาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์	6
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับการศึกษา	7
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	7
 บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	 9
2.1 ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	9
2.1.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	9
2.2 โพลีคาร์บอนเนต (PC)	11
2.2.1 คุณสมบัติที่สำคัญ	12
2.3 กระบวนการโฟโตแคทาลิซิส (Photocatalysis Process)	13
2.3.1 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)	15

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4	ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการโฟโตแคทาลิซิส	17
2.4.1	ความเข้มข้นของแสง (Light Intensity)	17
2.4.2	ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst Dosage)	17
2.4.3	ความเข้มข้นสารมลพิษเริ่มต้น (Initial Pollution Concentration)	18
2.5	กลไกการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคทาลิซิส (Mechanisms of Photocatalysis Reaction)	18
2.5.1	ออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogen Oxides หรือ NO_x)	21
2.5.2	ปฏิกิริยาการเกิดโฟโตแคทาลิซิสของ NO_x บน TiO_2	22
2.6	จลนพลศาสตร์ของโฟโตแคทาลิซิส (Kinetics of Photocatalysis)	23
2.6.1	กระบวนการดูดติด (Adsorption)	23
2.6.2	กระบวนการสลายตัว (Degradation)	24
2.7	การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ (Passive Sampling)	26
2.7.1	ทฤษฎีการแพร่	27
2.7.2	การวิเคราะห์หาปริมาณแก๊ส NO_2 จากหลอดเก็บตัวอย่าง	28
2.8	การประเมินศักยภาพในการลดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)	29
บทที่ 3	อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย	31
3.1	อุปกรณ์เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	31
3.1.1	อุปกรณ์และเครื่องมือในชุดทดสอบ	31
3.1.2	อุปกรณ์ในส่วนของการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ	34
3.2	ขั้นตอนการเตรียมสารเคมีเพื่อใช้ในการทดลอง	35
3.2.1	สารละลายไตรเอทาโนลามีน (TEA) 20% โดยปริมาตร	35
3.2.2	เตรียมสารละลายซอลท์มันน์	35
3.2.3	สารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์เข้มข้น 1000 mg/L	36

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 วิธีการดำเนินงาน	36
3.3.1 ศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการลดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x) ในแก๊สไอเสียด้วยกระบวนการโฟโตแคทาไลซิส	36
3.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธี การเก็บตัวอย่างแบบแฟลชชีฟ	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	42
4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO _x) โดยวิธีการเก็บตัวอย่าง แบบแฟลชชีฟ	42
4.1.1 กราฟอ้างอิงของไนโตรเจนไดออกไซด์	43
4.2 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการลดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x) ในแก๊สไอเสียด้วยกระบวนการโฟโตแคทาไลซิส	44
4.2.1 การศึกษาผลความเข้มข้นของไนโตรเจนออกไซด์เริ่มต้น ที่มีผลต่อศักยภาพการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน	44
4.2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้อบแผ่นโพลีคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วย TiO ₂ ต่อศักยภาพการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน	48
4.2.3 การศึกษาจำนวนรอบในการเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ ที่มีผลต่อศักยภาพการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน	50
4.3 ค่าจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาโฟโตแคทาไลซิสเพื่อลดออกไซด์ของไนโตรเจน ด้วยสมการแลงเมียร์-ฮิลเชลวูด	53
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	58
5.1 สรุปผลการศึกษา	58
5.1.1 สรุปผลการศึกษาผลกระทบของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพ การลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน	58

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.1.2 สรุปผลค่าจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาโฟโตแคทาลิซิสเพื่อ ลดออกไซด์ของไนโตรเจนด้วยสมการแลงเมียร์-ฮิลเชลวูด	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	60
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก	68
ภาคผนวก ก การคำนวณในงานวิจัย	66
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูล	76
ประวัติผู้เขียน	82

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการโฟโตแคทาไลซิส	5
ตารางที่ 2.1 สมบัติของไททาเนียมไดออกไซด์ขนาดนาโนเมตร	11
ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบวัสดุหลังคาและกันสาดชนิดต่างๆ	12
ตารางที่ 2.3 ช่วงคลื่นของพลังงานแสงที่ต้องการได้รับการกระตุ้นของสารกึ่งตัวนำนั้นๆ	16
ตารางที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายโซเดียมไนไตรต์	43
ตารางที่ 4.2 ค่าจลนพลศาสตร์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน	54
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าจลนพลศาสตร์ที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่นๆ	56

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน(NO_x) ที่ปล่อยสู่บรรยากาศ	2
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างผลึกของ TiO_2 (ก) อะนาเทส (ข) รูไทล์ และ (ค) บรูไนต์	11
ภาพที่ 2.2 สเปกตรัมของรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	14
ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบหลักของรังสียูวี	14
ภาพที่ 2.4 กระบวนการโฟโตแคทาลิซิสเมื่อมีการฉายแสงลงบนอนุภาคตัวกลาง	20
ภาพที่ 2.5 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศแบบเพสซิฟ	26
ภาพที่ 2.6 ปฏิกิริยาการสร้างสีของ NO_2^-	29
ภาพที่ 3.1 ชุดทดสอบการลดออกไซด์ของไนโตรเจนในแก๊สไอเสียโดยใช้กระบวนการโฟโตแคทาลิซิส	32
ภาพที่ 3.2 หลอดยูวีหยู้อ NARWAR	32
ภาพที่ 3.3 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส ยี่ห้อ TESTO รุ่น testo 340	33
ภาพที่ 3.4 เครื่องเคลือบโลหะออกไซด์โดยกระบวนการสปาร์ก	33
ภาพที่ 3.5 เครื่องวัดความเข้มแสงยูวี รุ่น SP-82UV	34
ภาพที่ 3.6 UV/Vis Spectrophotometers รุ่น T80	34
ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้อบแผ่นโพลีคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วย TiO_2 ที่มีผลต่อศักยภาพการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน	37
ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการศึกษาผลความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เริ่มต้นที่มีผลต่อศักยภาพการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน	38
ภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการศึกษาปริมาณไททานเนียมไดออกไซด์ที่มีผลต่อศักยภาพการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน	39
ภาพที่ 4.1 กราฟอ้างอิงในการวิเคราะห์ความเข้มข้นไนไตรท์ (NO_2^-)	43
ภาพที่ 4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NO_2 ต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ณ ความเข้มข้นของ NO_2 เริ่มต้นอยู่ที่ 13 ppm	45

ภาพที่ 4.3	ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NO_2 ต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ณ ความเข้มข้นของ NO_2 เริ่มต้นอยู่ที่ 37 ppm	45
ภาพที่ 4.4	ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NO_2 ต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ณ ความเข้มข้นของ NO_2 เริ่มต้นอยู่ที่ 75 ppm	46
ภาพที่ 4.5	ผลของศักยภาพการลดปริมาณ NO กับเวลาที่ความเข้มข้นของ NO_2 เริ่มต้นต่างๆ	46
ภาพที่ 4.6	ผลของศักยภาพการลดปริมาณการลดปริมาณ NO_x กับเวลาในแต่ละความเข้มข้น ของ NO_2 เริ่มต้น เมื่อมีการใช้แผ่นโพลีคาร์บอนเนตที่เคลือบด้วย TiO_2 ชั่ว	47
ภาพที่ 4.7	ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NO_2 ต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ณ การอบชิ้นงานที่ 34°C	48
ภาพที่ 4.8	ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NO_2 ต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ณ การอบชิ้นงานที่ 60°C	49
ภาพที่ 4.9	ผลของการอบชิ้นงานที่มีผลต่อศักยภาพการลดออกไซด์ของไนโตรเจน	49
ภาพที่ 4.10	ภาพถ่าย FESEM ของ TiO_2 ที่เคลือบบนแผ่นโพลีคาร์บอนเนต (ก) อบที่อุณหภูมิ 34°C (ข) อบที่อุณหภูมิ 60°C	50
ภาพที่ 4.11	ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NO_2 ต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา เมื่อเคลือบด้วย TiO_2 จำนวน 5 รอบ	51
ภาพที่ 4.12	ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NO_2 ต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา เมื่อเคลือบด้วย TiO_2 จำนวน 10 รอบ	51
ภาพที่ 4.13	ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NO_2 ต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา เมื่อเคลือบด้วย TiO_2 จำนวน 20 รอบ	52
ภาพที่ 4.14	ศักยภาพการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนต่อเวลา เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง จำนวนรอบในการเคลือบ TiO_2	52
ภาพที่ 4.15	ภาพถ่าย FESEM ของ TiO_2 ที่เคลือบบนแผ่นโพลีคาร์บอนเนต (ก) 5 รอบ (ข) 10 รอบ (ค) 5 รอบ	53
ภาพที่ 4.16	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{r_0}$ กับ $\frac{1}{[\text{NO}]_0}$ เมื่อเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเริ่มต้น	55

รายการอักษรย่อ

BaTiO ₃	แบเรียมไททาเนต
CdSe	แคดเมียมซีลีไนด์
CdS	แคดเมียมซัลไฟด์
CO	คาร์บอนมอนนอกไซด์
Fe ₂ O ₃	เหล็กออกไซด์
GaAs	แกลเลียมอาซีนีไนด์
GaP	แกลเลียมฟอสไฟด์
HNO ₃	กรดไนตริก
H ₂ O ₂	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
H ₂ O	น้ำ
NO _x	ออกไซด์ของไนโตรเจน
NO ₂	ไนโตรเจนไดออกไซด์
NO	ไนโตรเจนออกไซด์
NO ₂ ⁻	ไนไตรท์ไอออน
NO ₃ ⁻	ไนเตรทไอออน
NEDA	N-1-naphthyl-ethylenediamine-dihydrochloride
O ₂ ⁻	ซูเปอร์ออกไซด์ไอออน
OH ⁻	ไฮดรอกไซด์เรดิคัล
O ₂	ออกซิเจน
PC	โพลีคาร์บอนเนต
SnO ₂	ดีบุกออกไซด์
SrTiO ₂	สตรอนเทียมไททาเนต
TEA	ไตรเอทาโนลามีน
TiO ₂	ไททานเนียมไดออกไซด์
TPFE	Polytetrafluoroethylene
UV	รังสีอัลตราไวโอเลต

VOCs	สารประกอบอินทรีย์ระเหย
WO ₃	ทังสเตนไตรออกไซด์
ZnO	สังกะสีออกไซด์
ZnS	สังกะสีซัลไฟด์



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved