ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246168

MRG4980132 ผศ.ดร. ไพลิน เงาตระการวิวัฒน์

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานของระบบตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แสงที่สามารถเก็บพลังงานได้ที่มีขนาดนาโน

โดย
ผศ.ดร.ไพลิน เงาตระการวิวัฒน์

๓๑ สิงหาคม ๒๕๕๓

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246168
b00251694
สัญญาเลขที่ [illegible]

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาประสิทธิภาพในการเก็บพลังงาน ของระบบตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แสงที่สามารถเก็บพลังงานได้ ที่มีขนาดนาโน

ผศ.ดร.ไพลิน เงาตระการวิวัฒน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

Project Code : MGR4980132

Project Title : การพัฒนาประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานของระบบตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แสงที่สามารถเก็บพลังงานได้ที่มีขนาดนาโน

Investigator : ผศ.ดร.ไพลิน เงาตระการวิวัฒน์
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

E-mail Address : pailin@buu.ac.th

Project Period : 1กรกฎาคม 2549 – 30 มิถุนายน 2551

246168

การพัฒนาตัวเก็บพลังงานชนิดใหม่ในระบบตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสง เพื่อใช้ในการป้องกันการกัดกร่อนแบบคาโธดิค โดยการนำโซลของไททาเนียมไดออกไซด์มาผสมกับวานาเดียมเพนทอกไซด์ ที่อัตราส่วนโดยโมล $TiO_{2(syn)}$:V_2O_5 เท่ากับ 10:0.1 และอุณหภูมิในการเผา 550°C ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดตัวเก็บพลังงานชนิดใหม่ จากข้อมูลการวิเคราะห์โครงสร้าง ขนาดอนุภาค และสัดส่วนโดยมวลของโครงสร้าง อนาเทส: รูไทล์: บรูคไคท์ ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD อีกทั้งรูปแบบการเกิด diffraction จากการวิเคราะห์ด้วย TEM ชี้ให้เห็นว่าน่าจะเกิดสารประกอบระหว่าง $TiO_{2(syn)}$:V_2O_5 ขึ้น โดยสารประกอบนี้มีความสามารถในการเก็บประจุ ในแง่ของอัตราเร็วในการเก็บประจุสูงสุด 21.3 C/mol.hr และมีค่าความจุของฟิล์มสูงสุด 33.0 C/mol แม้ว่า สารประกอบดังกล่าวจะมีค่าความจุของฟิล์มเพียง 67% ของค่าความจุของทังสเตนไตรออกไซด์ อย่างไรก็ตาม อัตราเร็วในการเก็บประจุเร็วกว่าทังสเตนไตรออกไซด์ถึง 35% ดังนั้น การประยุกต์ใช้สารประกอบ $TiO_{2(syn)}$:V_2O_5 จะมีประสิทธิภาพดีในแง่ที่ต้องการเก็บประจุอย่างรวดเร็วในที่ที่มีแสงในระยะสั้น และอาจใช้สารประกอบดังกล่าวควบคู่กับทังสเตนไตรออกไซด์ เพื่อปรับปรุงอัตราเร็วในการเก็บประจุของทังสเตนไตรออกไซด์ให้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ไททาเนียมไดออกไซด์, วานาเดียมเพนทอกไซด์, ระบบตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แสง

Abstract

Project Code : MGR4980132

Project Title : Enhancement of Energy Storage Efficiency of Nano-scale Energy Storage Photocatalysts

Investigator : Asst. Prof. Pailin Ngaotrakanwiwat
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,
Burapha University

E-mail Address: pailin@buu.ac.th

Project Period: 1 July 2006 – 30 June 2008

246168

This research is to synthesize the energy storage substance which is compatible with TiO_2 photocatalyst for cathodic protection against corrosion. The results exhibited that the compound of $TiO_{2(syn)}$-V_2O_5, which is prepared by mixing of sol-titanium and vanadium pentoxide at the mole ratio of $TiO_{2(syn)}$:V_2O_5 equal to 10:0.1 and annealed at 550°C, could be used as an energy storage substance. Moreover, the $TiO_{2(syn)}$-V_2O_5 compounds were characterized by XRD and TEM experiments. Regarding to the phase of particle, the particle size, the ratio of anatase: rutile: brookite and diffraction patterns measured by TEM confirmed the appearance of TiO_2-V_2O_5 solid solution. Finally, the energy storage ability was studied in terms of the initial charging rate and film capacity. The $TiO_{2(syn)}$:V_2O_5 film has the film capacity of 33 C/mol, which is 67% of WO_3 capacity. However, the initial charging rate of the former (21.3 C/mol.h) faster than the later 35%. By this reason, the advantage should be noted that TiO_2-V_2O_5 compound is capable of harvesting light at limited period.

Keywords: Titanium Dioxide, Vanadium Pentoxide, Photocatalyst

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำงานวิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ให้ความอนุเคราะห์แหล่งเงินทุนสำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้ (สัญญาเลขที่ MGR4980132) และ ขอขอบพระคุณ Prof. Tetsu Tatsuma, รศ.ดร. วิษณุ มีอยู่, ผศ. ดร. วิโรจน์ เรืองประเทืองสุข ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาสั่งสอนความรู้ ขอขอบคุณดร.สร้อยพัทธา สร้อยสุวรรณ และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอ ตลอดจนนิสิตที่มีความขยันขันแข็งในการร่วมทำงานวิจัยครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... ii
Abstract..... iii
กิตติกรรมประกาศ..... iv
สารบัญ v
สารบัญรูป vii
สารบัญตาราง xi

บทที่ 1 ความสำคัญของปัญหาและที่มาของงานวิจัย..... 1
1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3
1.3 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
1.3.1 ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)..... 4
1.3.2 ระบบตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แสงที่สมารถเก็บพลังงานได้..... 12
1.3.3 ทังสเตนไตรออกไซด์ (WO_3)..... 16
1.3.4 วานาเดียมเพนทอกไซด์ (V_2O_5)..... 17
1.3.5 กระบวนการโซล-เจล (Sol-gel technique)..... 18

บทที่ 2 การเลือกตัวเก็บพลังงานชนิดใหม่..... 21
2.1 วิธีการทดลอง..... 21
2.2 ผลการทดลอง..... 24
2.3 สรุปผลการทดลอง..... 31

บทที่ 3 การทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวเก็บพลังงานร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์..... 32
3.1 วิธีการทดลอง..... 32
3.2 ผลการทดลอง..... 33
3.3 สรุปผลการทดลอง..... 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของตัวเก็บพลังงานที่อยู่ร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ 39

4.1 วิธีการทดลอง..... 39

4.2 ผลการทดลอง..... 40

4.3 สรุปผลการทดลอง..... 45

ภาคผนวก ก..... 46

บทที่ 5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวเก็บพลังงานชนิดใหม่กับทังสเตนไตรออกไซด์.... 51

5.1 วิธีการทดลอง..... 51

5.2 ผลการทดลอง..... 52

5.3 สรุปผลการทดลอง..... 58

ภาคผนวก ข..... 59

เอกสารอ้างอิง..... 63

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	โครงสร้างผลึกของไททาเนียมไดออกไซด์: (a) อนาเทส (b) รูไทล์ และ (c) บรูคไคท์	4
1.2	การเปรียบเทียบโครงสร้างผลึกอนาเทสและรูไทล์	5
1.3	การเกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮลในไททาเนียมไดออกไซด์ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง	6
1.4	ความสามารถในการออกซิไดซ์ของไททาเนียมไดออกไซด์	7
1.5	การแยกประจุของอิเล็กตรอนและโฮลในดีพลีทชันเลเยอร์	8
1.6	อิเล็กตรอนที่ถูกจับโดยโลหะที่เติมในไททาเนียมไดออกไซด์	9
1.7	แผนภาพแสดงเส้นทางเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮล	11
1.8	การแยกอิเล็กตรอนและโฮลโดยการใช้สารกึ่งตัวนำ 2 ชนิดควบคู่กัน	11
1.9	ระบบตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้แสงที่สามารถเก็บพลังงานได้	12
1.10	กลไกการเก็บพลังงานของฟิล์ม TiO_2 - WO_3 ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์	15
1.11	โครงสร้างผลึกของทังสเตนออกไซด์	16
1.12	โครงสร้างวานาเดียมเพนทอกไซด์ (V_2O_5)	17
1.13	ค่าแถบพลังงานที่ขอบบน - ล่างของ TiO_2-V_2O_5	18
2.1	การวิเคราะห์ไฟฟ้าเคมี	22
2.2	CV ของฟิล์ม a) WO_3, b) binder, c) V_2O_5 และ d) CeO_2 ที่ scan rate 10 mV/s	24
2.3	Cyclic voltammograms ที่ Scan rate 100 mV/s ของฟิล์ม (a) TiO_2-V_2O_5, (b) TiO_2-CeO_2 และ (c) TiO_2-WO_3 ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ	26
2.4	การเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของฟิล์มตัวเก็บพลังงาน	27
2.5	การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าของฟิล์ม TiO_2-WO_3 เผาที่อุณหภูมิ 400 °C ภายหลังจากการอัดประจุ -0.4 V vs. Ag/AgCl เป็นเวลา 10 นาที	28
2.6	XRD pattern และ TEM image ของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้	30
3.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมภายในฟิล์มที่เวลาในการอัดประจุต่างๆ	33
3.2	ปริมาณอิเล็กตรอนสะสมภายในฟิล์มของ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 เตรียมที่อุณหภูมิ 350°C	33
3.3	ปริมาณอิเล็กตรอนสะสมภายในฟิล์มของ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 เตรียมที่อุณหภูมิ 450°C	34
3.4	ปริมาณอิเล็กตรอนสะสมภายในฟิล์มของ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 เตรียมที่อุณหภูมิ 550°C	34
3.5	ปริมาณอิเล็กตรอนสะสมภายในฟิล์มของ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 เตรียมที่อุณหภูมิ 600°C	35
3.6	ปริมาณอิเล็กตรอนสะสมภายในฟิล์มของ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 เตรียมที่อุณหภูมิ 650°C	35
3.7	ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณอิเล็กตรอนสะสมภายในฟิล์มของ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 ที่อัตราส่วนต่างๆ	36
4.1	XRD patterns ของฟิล์ม TiO_2 ที่เตรียมจากอุณหภูมิต่างๆ	41
4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F(R) และ ความยาวคลื่น (Wavelength) ของไททาเนียมไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 300 °C	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ก.1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F(R) และ ความยาวคลื่น	47
ก.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F(R) และ ความยาวคลื่นเพื่อการคำนวณ	47
ก.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F(R) และ ความยาวคลื่น ของ TiO_2ที่สภาวะต่างๆ	48
ก.4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F(R) และ ความยาวคลื่นของ V_2O_5ที่สภาวะต่างๆ	49
ก.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F(R) และ ความยาวคลื่นของ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 ที่สภาวะต่างๆ	50
5.1	ปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมภายในตัวเก็บพลังงานที่มีตัวประสานในอัตราส่วนต่างๆ	52
5.2	โครงสร้างของสารประกอบ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 และ TiO_2 ที่อุณหภูมิต่างๆ	55
5.3	รูปร่างและขนาดอนุภาคของสารจากเครื่อง TEM (A), (B), (C) แสดง ขนาดอนุภาคของ TiO_2, V_2O_5 และ TiO_2-V_2O_5 ตามลำดับ (a), (b), (c) แสดง Diffraction Patterns ของ TiO_2, V_2O_5 และ TiO_2-V_2O_5 ตามลำดับ	57
5.4	ความสามารถในการเก็บประจุของตัวเก็บพลังงานชนิดต่างๆ	58
ข.1	โครงสร้างของสารประกอบ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 ที่อัตราส่วนโดยโมล (10:0.1) เผาที่อุณหภูมิต่างๆ	59

สารบัญตาราง

รูปที่		หน้า
1.1	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของรูไทล์และอนาเทส	5
1.2	แถบพลังงานและช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการกระตุ้นให้เกิด e^- และ hole ของสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ	13
1.3	การเปลี่ยนโครงสร้างผลึกของทังสเตนออกไซด์ที่อุณหภูมิต่างๆ	16
2.1	ปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมอยู่ในคอมโพสิทฟิล์ม ภายหลังจากการอัดประจุ 10 นาที	28
2.2	อัตราการปลดปล่อยอิเล็กตรอน ภายหลังจากการอัดประจุเป็นเวลา 10 นาที	29
2.3	ปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมอยู่ในคอมโพสิทฟิล์ม ภายหลังจากการอัดประจุ 10 นาที	30
2.4	อัตราการปลดปล่อยอิเล็กตรอน ภายหลังจากการอัดประจุเป็นเวลา 10 นาที	31
3.1	ความสามารถในการเก็บประจุของฟิล์ม $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 ที่เตรียมจากสภาวะต่างๆ	37
3.2	ศักย์ไฟฟ้าภายใต้สภาวะที่มีแสงอัลตราไวโอเลต $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 ที่เตรียมจากสภาวะต่างๆ	37
4.1	ศักย์ไฟฟ้าภายใต้สภาวะที่มีแสงอัลตราไวโอเลต (Photopotential) ของฟิล์ม TiO_2 ที่เตรียมจากอุณหภูมิต่างๆ	40
4.2	เปอร์เซ็นต์โดยมวลของโครงสร้าง อนาเทส: รูไทล์: บรูคไคท์ (A: R: B) ที่พบในอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เตรียมได้จากกรดไนตริกในสภาวะการเตรียมต่าง ๆ	42
4.3	ศักย์ไฟฟ้าภายใต้สภาวะที่มีแสงอัลตราไวโอเลต (Photopotential) ของ $TiO_{2(syn)}$-V_2O_5 ที่อัตราส่วนเชิงโมลและอุณหภูมิต่างๆ	43
4.4	พลังงานแบนด์แกปของฟิล์มที่อุณหภูมิต่างๆ	44
ก.1	ค่าความยาวคลื่นและ F(R)	46
5.1	ความสามารถในการเก็บอิเล็กตรอนของสารประกอบ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 เตรียมที่อัตราส่วนโดยโมลต่างๆ โดยเผาฟิล์มที่ 450°C	53
5.2	ความสามารถในการเก็บอิเล็กตรอนของสารประกอบ $TiO_{2(syn)}$- V_2O_5 เตรียมที่อัตราส่วนโดยโมล 10:0.1 มีอุณหภูมิในการเผาต่างๆ	54
5.3	เปอร์เซ็นต์โดยมวลของโครงสร้างอนาเทส : รูไทล์ : บรูคไคท์ (A:R:B)	55
5.4	ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อขนาดอนุภาคของแต่ละโครงสร้าง TiO_2 ชนิดต่างๆ	56
ข.1	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD	60