HYDROGEN PRODUCTION FROM WATER SPLITTING UNDER UV LIGHT IRRADIATION OVER Cu-LOADED MESOPOROUS-ASSEMBLED $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ AND $SrTi_xSi_{1-x}O_3$ NANOCRYSTAL PHOTOCATALYSTS

Pusratha Wongchanapai

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University, and Institut Français du Pétrole
2012

Thesis Title:	Hydrogen Production from Water Splitting under UV Light Irradiation over Cu-Loaded Mesoporous-Assembled $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ and $SrTi_xSi_{1-x}O_3$ Nanocrystal Photocatalysts
By:	Pusratha Wongchanapai
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Prof. Sumaeth Chavadej
	Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit

Accepted by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... College Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

.....

(Prof. Sumaeth Chavadej)

.....

(Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

.....

(Assoc. Prof. Apanee Leungnaruemitchai)

.....

(Dr. Tarawipa Puangpetch)

ABSTRACT

5371035063: Petrochemical Technology Program

Pusratha Wongchanapai: Hydrogen Production from Water Splitting under UV Light Irradiation over Cu-Loaded Mesoporous-Assembled $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ and $SrTi_xSi_{1-x}O_3$ Nanocrystal Photocatalysts
Thesis Advisors: Prof. Sumaeth Chavadej, and Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit 85 pp.

Keywords: Hydrogen production/ Mesoporous material / Perovskite/ Photocatalysis/ Water splitting

Nowadays, the global demand for energy is expected to increase, and the primary source of currently consumed energy is fossil fuels, e.g. petroleum oils, which cause global warming because fossil fuels produce a large amount of CO_2. So, renewable and environmentally friendly energy resources are desirable and have tendency to increase in the future. Hydrogen has received great attention for use as an alternative and renewable energy source for internal-combustion engines and fuel cells. Photocatalytic water splitting can produce hydrogen by using solar light as an energy source and water as a feedstock. $SrTiO_3$ is one of the interesting photocatalysts due to its superior physicochemical properties, such as its excellent thermal stability, photocorrosion resistibility, and good structure stability as the host for metal ion doping. The purpose of this work was to optimize the composition of mesoporous-assembled $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ and $SrTi_xSi_{1-x}O_3$ nanocrystals, which were synthesized by a sol-gel process with the aid of a structure-directing surfactant for achieving the highest photocatalytic activity for hydrogen production from water splitting under UV light irradiation with methanol as a hole scavenger. The mesoporous-assembled $SrTi_{0.93}Zr_{0.07}O_3$ and $SrTi_{0.95}Si_{0.05}O_3$ photocatalysts calcined at 700 °C were found to show the better the photocatalytic hydrogen production activity than the other $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ and $SrTi_xSi_{1-x}O_3$ photocatalysts. Moreover, the Cu loadings by photochemical deposition method were found to greatly enhance the photocatalytic activity of the $SrTi_{0.93}Zr_{0.07}O_3$ and $SrTi_{0.95}Si_{0.05}O_3$ photocatalysts.

บทคัดย่อ

ภัสส์รฐา วงศ์ชนะภัย: การผลิตไฮโดรเจนจากโมเลกุลของน้ำภายใต้สภาวะที่มีแสงโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาสทอนเทียมไททาเนียมเซอร์โคเนตและสทอนเทียมไททาเนียมซิลิเกตที่มีขนาดอนุภาคผลึกและรูพรุนในระดับนาโนเมตรซึ่งถูกกระตุ้นด้วยคอปเปอร์ (Hydrogen Production from Water Splitting under UV Light Irradiation over Cu-Loaded Mesoporous-Assembled $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ and $SrTi_xSi_{1-x}O_3$ Nanocrystal Photocatalysts) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. สุเมธ ชวเดช และ รศ. ดร. ปราโมช รังสรรค์วิจิตร 85 หน้า

ในปัจจุบันความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น และพลังงานที่สำคัญ คือ เชื้อเพลิงธรรมชาติ ได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียมและถ่านหิน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เพราะเชื้อเพลิงธรรมชาติทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวนมาก ไฮโดรเจนได้รับความสนใจอย่างมากเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือกใหม่และพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์และเซลล์เชื้อเพลิง ไฮโดรเจนสามารถถูกผลิตได้จากแหล่งพลังงานที่สามารถหาได้อย่างไม่จำกัดได้แก่ น้ำและแสงอาทิตย์ พร้อมกับตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมที่เหมาะสมเป็นตัวช่วยให้เกิดปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิริยาสทอนเทียมไททาเนตได้รับความสนใจเนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสม เช่น มีความเสถียรต่ออุณหภูมิ, มีด้านทานต่อการกัดกร่อน และมีโครงสร้างที่เสถียร สามารถโด๊ปโลหะอื่นๆ ลงไปได้ ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการปรับปรุงและพัฒนาความสามารถในการผลิตไฮโดรเจนของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมสตรอนเทียมไททาเนียมเซอร์โคเนตและสตรอนเทียมไททาเนียมซิลิเกตที่มีขนาดอนุภาคผลึกและรูพรุนในระดับนาโนเมตร ในการทดลองนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการโซล-เจลร่วมกับการใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นตัวกำหนดโครงสร้าง จากผลการทดลองพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมสตรอนเทียมไททาเนียมเซอร์โคเนตและสทอนเทียมไททาเนียมซิลิเกต ที่ประกอบด้วยอัตราส่วนของไททาเนียมและเซอร์โคเนียมเท่ากับ 0.93:0.0.7 และอัตราส่วนของไททาเนียมและซิลิกอนเท่ากับ 0.95:0.05 ตามลำดับ ซึ่งถูกเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ให้ผลในการผลิตไฮโดรเจนดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาสตรอนเทียมไททาเนียมเซอร์โคเนตและและสทอนเทียมไททาเนียมซิลิเกตตัวอื่น การใส่คอปเปอร์แบบใช้แสงร่วมด้วยวิธีการยึดเกาะด้วยกระบวนการเคมีในปริมาณที่เหมาะสมบนตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวพบว่า อัตราการการเกิดไฮโดรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis work is funded by the Petroleum and Petrochemical College, and by the Center of Excellence on Petrochemical and Materials Technology, Thailand.

The author would like to express her sincere gratitude to Prof. Sumaeth Chavadej and Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit for their invaluable guidance, understanding, and constant encouragement throughout the course of this research.

She would like to express special thanks to Assoc. Prof. Apanee Leungnaruemitchai and Dr. Tarawipa Puangpetch for kindly serving on her thesis committee. Their sincere suggestions are definitely imperative for accomplishing her thesis.

Her gratitude is absolutely extended to all staffs of the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, for all their kind assistance and cooperation.

Furthermore, she would like to take this important opportunity to thank all of her graduate friends for their unforgettable friendship.

Finally, she really would like to express her sincere gratitude to her parents and family for the love, understanding, and cheering.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**