HYDROGEN PRODUCTION FROM WATER SPLITTING UNDER VISIBLE LIGHT IRRADIATION OVER MESOPOROUS-ASSEMBLED TiO_2-SiO_2, TiO_2-ZrO_2, AND $SrTi_XZr_{1-X}O_3$ NANOCRYSTAL PHOTOCATALYSTS WITH BIMETALLIC Pt-Ag LOADING

Nicharee Chaona

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 Visible Light Irradiation over Mesoporous-Assembled TiO_2-SiO_2, TiO_2-ZrO_2, and $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ Nanocrystal Photocatalysts with Bimetallic Pt-Ag Loading
By:	Nicharee Chaona
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

5371012063: Petrochemical Technology Program
Nicharee Chaona: Hydrogen Production from Water Splitting under Visible Light Irradiation over Mesoporous-Assembled TiO_2-SiO_2, TiO_2-ZrO_2, and $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ Nanocrystal Photocatalysts with Bimetallic Pt-Ag Loading
Thesis Advisors: Prof. Sumaeth Chavadej and Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit 110 pp.
Keywords: Photocatalysis/ Water splitting/ Hydrogen production/ Mesoporosity/ Bimetallic/ Visible light/

Hydrogen is an ideal energy source for the future due to its versatile application and environmentally friendly properties. Photocatalytic water splitting is a chemical reaction for producing hydrogen by using water and solar energy. This work focused on hydrogen production from photocatalytic water splitting under visible light irradiation using Eosin Y-sensitized mesoporous-assembled TiO_2-SiO_2, TiO_2-ZrO_2, and $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ photocatalysts with bimetallic Pt-Ag loading were synthesized by the sol-gel process with the aid of a structure-directing surfactant at the Ti-to-Si molar ratio of 97:3 calcined at 500 °C, Ti-to-Zr molar ratio of 93:7 calcined at 500 °C, and $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ with Ti-to-Zr molar ratio of 93:7 calcined at 700 °C. The photocatalytic activity, including phase composition, and Pt and Ag loadings, were investigated. The experimental results showed that the bimetallic Pt-Ag loadings with suitable contents by the photochemical deposition method were found to greatly enhance the photocatalytic activity of the assembled $0.97TiO_2$-$0.03SiO_2$, $0.93TiO_2$-$0.07ZrO_2$, and $SrTi_{0.93}Zr_{0.07}O_3$ photocatalyst.

บทคัดย่อ

ณิชารีย์ ชาวนา: การผลิตไฮโดรเจนจากการแตกโมเลกุลของน้ำภายใต้สภาวะที่มีแสงในช่วงตามองเห็นโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์-ซิลิคอนไดออกไซด์, ไททาเนียมไดออกไซด์-เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ และ สตรอนเทียมไททาเนียมเซอร์โคเนตที่เกาะตัวกันจนมีรูพรุนขนาดเมโซพอร์ที่ถูกกระตุ้นด้วยโลหะแบบผสมของแพลทินัมและซิลเวอร์ (Hydrogen Production from Water Splitting under Visible Light Irradiation over Mesoporous-Assembled TiO_2-SiO_2 TiO2-ZrO2, and $SrTi_xZr_{1-x}O_3$ Nanocrystal Photocatalysts with Bimetallic Pt-Ag Loading) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. สุเมธ ชวเดช และ รศ. ดร. ปราโมช รังสรรค์วิจิตร 110 หน้า

ไฮโดรเจน เป็นแหล่งพลังงานในอุดมคติในอนาคต เนื่องจาก ไฮโดรเจนมีประโยชน์หลายอย่างและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลของน้ำโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมเป็นกระบวนการในอุดมคติในการผลิตไฮโดรเจน โดยการใช้น้ำและพลังงานแสง งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการแตกโมเลกุลของน้ำด้วยปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมภายใต้สภาวะที่มีแสงในช่วงที่ตามองเห็น โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมไททาเนียมไดออกไซด์-ซิลิคอนไดออกไซด์, ไททาเนียมไดออกไซด์-เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ และ สตรอนเทียมไททาเนียมเซอร์โคเนต ที่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมโลหะแบบผสมของแพลทินัมและเงิน โดยมีการกระตุ้นด้วยสีย้อม โดยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมดังกล่าวถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการโซลเจลควบคู่กับการใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นสารต้นแบบ ที่มีอัตราส่วนโดยโมลของไททาเนียมไดออกไซด์ต่อซิลิคอนไดออกไซด์ที่ค่า 97 ต่อ 3 แคลไซน์ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส, ไททาเนียมไดออกไซด์ต่อเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ค่า 93 ต่อ 7 แคลไซน์ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส และสตรอนเทียมไททาเนียมเซอร์โคเนตที่มีอัตราส่วนโดยโมลของไททาเนียมไดออกไซด์ต่อเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ค่า 93 ต่อ 7 แคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส โดยได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยการเติมแพลทินัมและเงิน จากผลการทดลองพบว่าโลหะแบบผสมของแพลทินัมและเงิน ในปริมาณที่เหมาะสมบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมด้วยวิธีการยึดเกาะด้วยกระบวนการเคมีโดยใช้แสงร่วม ถูกพบว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฮโดรเจนของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมไททาเนียมไดออกไซด์-ซิลิคอนออกไซด์, ไททาเนียมไดออกไซด์-เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ และ สตรอนเทียมไททาเนียมเซอร์โคเนต อย่างมาก

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 Rungsunvigit 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 Luengnaruemitchai 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

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**