HYDROGEN PRODUCTION FROM WATER SPLITTING UNDER VISIBLE LIGHT IRRADIATION USING SENSITIZED MESOPOROUS-ASSEMBLED TiO_2-SiO_2 MIXED OXIDE PHOTOCATALYSTS

Natee Rungjaroentawon

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
2011

Thesis Title:	Hydrogen Production from Water Splitting under Visible Light Irradiation Using Sensitized Mesoporous-Assembled TiO_2-SiO_2 Mixed Oxide Photocatalysts
By:	Natee Rungjaroentawon
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Thammanoon Sreethawong
	Prof. Sumaeth Chavadej

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:

.....
(Asst. Prof. Thammanoon Sreethawong)

.....
(Prof. Sumaeth Chavadej)

.....
(Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

.....
(Dr. Singto Sakulkhaemaruethai)

บทคัดย่อ

นที รุ่งเจริญถาวร: การผลิตไฮโดรเจนจากการแตกโมเลกุลของน้ำภายใต้สภาวะที่มีแสงในช่วงตามองเห็นโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาออกไซด์ผสมระหว่างไททาเนียมไดออกไซด์และซิลิคอนไดออกไซด์ที่เกาะตัวกันจนมีรูพรุนขนาดเมโซพอร์ที่ถูกกระตุ้น (Hydrogen Production from Water Splitting under Visible Light Irradiation Using Sensitized Mesoporous-Assembled TiO_2-SiO_2 Mixed Oxide Photocatalysts) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. ธรรมนูญ ศรีทะวงศ์ และ ศ. ดร. สุเมธ ชวเดช 94 หน้า

ในปัจจุบันแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไฮโดรเจน ถูกพิจารณาว่าเป็นแหล่งพลังงานในอุดมคติในอนาคต ปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลของน้ำโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมเป็นกระบวนการในอุดมคติในการผลิตไฮโดรเจน โดยการใช้แสงเป็นแหล่งพลังงานและใช้น้ำเป็นสารตั้งต้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการแตกโมเลกุลของน้ำด้วยปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมภายใต้สภาวะที่มีแสงในช่วงที่ตามองเห็น โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมชนิดออกไซด์ผสมระหว่างไททาเนียมไดออกไซด์และซิลิคอนไดออกไซด์ที่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมโลหะแบบเดี่ยวของแพลทินัม และโลหะแบบผสมของแพลทินัมและทอง โดยมีการกระตุ้นด้วยสีย้อม โดยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมชนิดออกไซด์ผสมดังกล่าวที่มีอัตราส่วนโดยโมลของไททาเนียมไดออกไซด์ต่อซิลิคอนไดออกไซด์ที่ค่าต่างๆนี้ถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการโซลเจลควบคู่กับการใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นสารต้นแบบ โดยได้ศึกษาถึงตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมของตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ อุณหภูมิในการแคลไซน์ องค์ประกอบเฟสของตัวเร่งปฏิกิริยา และการเติมแพลทินัมและทอง จากผลการทดลองพบว่าในกรณีที่ไม่มีการเติมโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วม ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมที่มีค่าอัตราส่วนโดยโมลของไททาเนียมไดออกไซด์ต่อซิลิคอนไดออกไซด์ ที่ค่า 97 ต่อ 3 และแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการผลิตไฮโดรเจนมากที่สุด นอกจากนี้การเติมโลหะแบบเดี่ยวของแพลทินัม และโลหะแบบผสมของแพลทินัมและทอง ในปริมาณที่เหมาะสมลงบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมด้วยวิธีการยึดเกาะด้วยกระบวนการเคมีโดยใช้แสงร่วม ถูกพบว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฮโดรเจนของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมชนิดออกไซด์ผสมระหว่างไททาเนียมไดออกไซด์และซิลิคอนออกไซด์อย่างมาก

ABSTRACT

5271019063: Petrochemical Technology Program
Natee Rungjaroentawon: Hydrogen Production from Water Splitting under Visible Light Irradiation Using Sensitized Mesoporous-Assembled TiO_2-SiO_2 Mixed Oxide Photocatalysts
Thesis Advisors: Asst. Prof. Thammanoon Sreethawong and Prof. Sumaeth Chavadej 94 pp.
Keywords: Photocatalysis/ Water Splitting/ Hydrogen Production/ Mesoporosity/ TiO_2-SiO_2 Mixed Oxide/ Visible Light

Alternative energy resources, especially hydrogen, are now being recognized as an ideal energy source for the future. The photocatalytic water splitting is an ideal method for producing hydrogen by using solar light as the energy source and water as the feedstock. This work focused on hydrogen production from photocatalytic water splitting under visible light irradiation using Eosin Y-sensitized mesoporous-assembled TiO_2-SiO_2 mixed oxide photocatalysts loaded with monometallic and bimetallic Pt-Au cocatalysts, of which the mesoporous-assembled TiO_2-SiO_2 mixed oxide photocatalyst with various TiO_2-to-SiO_2 molar ratios were synthesized by a sol-gel process with the aid of a structure-directing surfactant. Various parameters affecting the photocatalytic activity, including calcination temperature, phase composition, and Pt and Au loadings, were investigated. The experimental results showed that without metal loading, the TiO_2-SiO_2 photocatalyst with a TiO_2-to-SiO_2 molar ratio of 97:3 calcined at 500 °C provided the maximum photocatalytic hydrogen production activity. Moreover, the monometallic and bimetallic Pt-Au loadings with suitable contents by the photochemical deposition method were found to greatly enhance the photocatalytic activity of the TiO_2-SiO_2 photocatalyst.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author was grateful for the scholarship and funding of the thesis work provided by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, Thailand; by the Center for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials, Chulalongkorn University, Thailand; and by the Thailand Research Fund (TRF) and the Commission on Higher Education.

The author would like to express his sincere gratitude to Asst. Prof. Thammanoon Sreethawong and Prof. Sumaeth Chavadej for their invaluable guidance, understanding, and constant encouragement throughout the course of this research.

He would like to express special thanks to Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit and Dr. Singto Sakulkhaemaruethai for kindly serving on his thesis committee. Their sincere suggestions are definitely imperative for accomplishing his thesis.

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

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

Finally, he really would like to express his sincere gratitude to his 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**