HYDROGEN PRODUCTION FROM WATER SPLITTING UNDER VISIBLE LIGHT IRRADIATION USING SENSITIZED TiO_2-ZrO_2 MIXED OXIDE PHOTOCATALYSTS

Lawan Kokporka

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
2010

Thesis Title:	Hydrogen Production from Water Splitting under Visible Light Irradiation Using Sensitized TiO_2-ZrO_2 Mixed Oxide Photocatalysts
By:	Lawan Kokporka
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Thammanoon Sreethawong
	Assoc. 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

..... Dean
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

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

.....
(Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej)

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

.....
(Dr. Singto Sakulkhaemaruethai)

ABSTRACT

5171006063: Petrochemical Technology Program
Lawan Kokporka: Hydrogen Production from Water Splitting under Visible Light Irradiation Using Sensitized TiO_2-ZrO_2 Mixed Oxide Photocatalysts
Thesis Advisors: Asst. Prof. Thammanoon Sreethawong and Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej 101 pp.
Keywords: Photocatalysis/ Water Splitting/ Hydrogen Production/ Mesoporosity/ TiO_2-ZrO_2 Mixed Oxide/ Visible Light

Alternative energy resources, especially hydrogen, are now being considered as an ideal energy supplies. Photocatalytic water splitting is a promising process for producing hydrogen, by using solar light as an energy source and using water as a feedstock. This research was focused on the hydrogen production from the photocatalytic water splitting under visible light irradiation using Eosin Y-sensitized Pt-loaded mesoporous-assembled TiO_2-ZrO_2 mixed oxide photocatalysts, of which the mesoporous-assembled TiO_2-ZrO_2 with various Ti-to-Zr 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 conditions, phase composition, and amount and method of Pt loading, were studied. The experimental results showed that without Pt loading, the TiO_2-ZrO_2 photocatalyst with a Ti-to-Zr molar ratio of 95:5 calcined at 800°C provided the maximum photocatalytic hydrogen production activity. Moreover, the Pt loading by a photochemical deposition method (PCD) was found to greatly enhance photocatalytic activity of the TiO_2-ZrO_2 photocatalyst more than that by a single-step sol-gel method (SSSG).

บทคัดย่อ

ลาวัณย์ ก๊กพ่อค้า: การผลิตไฮโดรเจนจากการแตกโมเลกุลของน้ำภายใต้สภาวะที่มีแสงในช่วงตามองเห็นโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาออกไซด์ผสมระหว่างไททาเนียมออกไซด์และเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เกาะตัวกันจนมีรูพรุนขนาดเมโซพอร์ที่ถูกกระตุ้น (Hydrogen Production from Water Splitting under Visible Light Irradiation Using Sensitized TiO_2-ZrO_2 Mixed Oxide Photocatalysts) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. ธรรมนูญ ศรีทะวงศ์ และ รศ. ดร. สุเมธ ชวเดช 101 หน้า

ในปัจจุบันแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไฮโดรเจน ถูกพิจารณาว่าเป็นแหล่งพลังงานในอุดมคติ ปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลของน้ำโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมเป็นกระบวนการที่น่าสนใจในการผลิตไฮโดรเจน โดยการใช้แสงเป็นแหล่งพลังงานและใช้น้ำเป็นสารตั้งต้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการแตกโมเลกุลของน้ำด้วยปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมภายใต้สภาวะที่มีแสงในช่วงที่ตามองเห็น โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมชนิดออกไซด์ผสมระหว่างไททาเนียมออกไซด์และเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมแพลทินัมและมีการกระตุ้นด้วยสีย้อม โดยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมชนิดออกไซด์ผสมดังกล่าวที่มีอัตราส่วนโดยโมลของไททาเนียมออกไซด์ต่อเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่ค่าต่างๆนี้ได้ถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการโซลเจลควบคู่กับการใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นสารต้นแบบ โดยได้ศึกษาถึงตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงของตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ สภาวะในการแคลไซน์ องค์ประกอบเฟสของตัวเร่งปฏิกิริยาและปริมาณและวิธีการเติมแพลทินัม จากผลการทดลองพบว่าในกรณีที่ไม่มีการเติมแพลทินัม ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมที่มีค่าอัตราส่วนโดยโมลของไททาเนียมต่อเซอร์โคเนียม ที่ค่า 95 ต่อ 5 และแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสนั้น มีประสิทธิภาพในการผลิตไฮโดรเจนมากที่สุด นอกจากนี้การเติมแพลทินัมลงบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมด้วยวิธีการยึดเกาะด้วยกระบวนการเคมีโดยใช้แสงร่วม (Photochemical deposition method: PCD) ถูกพบว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฮโดรเจนของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมชนิดออกไซด์ผสมระหว่างไททาเนียมออกไซด์และเซอร์โคเนียมออกไซด์ได้มากกว่าการเติมแพลทินัมด้วยวิธีการโซลเจลแบบขั้นตอนเดียวกับการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาออกไซด์ผสม (Single-step sol-gel method: SSSG)

ACKNOWLEDGEMENTS

The author was grateful for the scholarship and funding of the thesis work provided by the Petroleum and Petrochemical College; 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 her sincere gratitude to Asst. Prof. Thammanoon Sreethawong and Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej for their invaluable guidance, understanding, and constant encouragement throughout the course of this research.

She would like to express special thanks to Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit and Dr. Singto Sakulkhaemaruethai 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**