Thesis Title Synthesis of Copper Oxide Nanostructures for Applications in Ethanol Sensors and Dye-Sensitized Solar Cells

Author Mr. Phathaitep Raksa

Degree Doctor of Philosophy (Materials Science)

Thesis Advisory Committee

Asst. Prof. Dr. Supab Choopun	Chairperson
Dr. Atcharawon Gardchareon	Member
Asst. Prof. Dr. Duangmanee Wongratanaphisan	Member

ABSTRACT

In this work, CuO nanostructures were synthesized by thermal oxidation reaction techniques for using as gas sensors and dye-sensitized solar cells. First, different CuO nanostructures such as nanowires and thin films were obtained depending on the growth conditions; temperature. For ethanol sensor application, the sensors based on CuO nanowires were fabricated and investigated for its ethanol sensing properties. It was found that the sensitivity, the response and the recovery time depended on the working temperatures and also ethanol concentration. The sensor exhibited the optimum sensitivity of 1.5 to ethanol vapor concentration of 1000 ppm at the working temperature of 240^{o}C with a response and recovery time of 110

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

and 120 s, respectively. Thus, the CuO nanowires can be explored for gas sensor application.

For dye-sensitized solar cell (DSSC) application, the structures of DSSCs based on ZnO as a photoelectrode, Eosin-Y as a dye sensitizer, iodine/iodide solution as an electrolyte and Pt/TCO as a counterelectrode. It was found that ZnO DSSCs with CuO thin film exhibited the higher current density and the higher power conversion efficiency than those without CuO thin films. The enhancement of the power conversion efficiency can be explained in terms of the retardation of the interfacial recombination dynamics of CuO blocking layer. However, DSSCs with CuO powder and nanowire exhibited lower efficiency than that of with CuO thin films without CuO layer. This suggests that thicker layer of CuO powder and nanowire has almost no effect on DSSC performance. To enhance overall power conversion efficiencies, passivating layers as a photoelectrode were studied. It was found that types of passivating layers had effect on the J-V characteristics of DSSC. The DSSCs based on ZnO and CuO blocking layer with ZnO passivating layer (sputtering time of 5 min) exhibited the best performance with power conversion efficiency of 1.11%. The DSSCs with passivating layer exhibited better power conversion performance than DSSCs without a passivating layer due to the improvement of interface between ZnO and FTO. Finally, the obtained photoelectrochemical results will be discussed in terms of energy band diagram and the equivalent circuit model.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การสังเคราะห์โครงสร้างนาโนทองแดงออกไซด์เพื่อประยุกต์ใช้ในเอทานอลเซนเซอร์และเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

ผู้เขียน นายผไทเทพ รักษา

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพ ชูพันธ์	ประธานกรรมการ
อาจารย์ ดร. อัจฉราวรรณ กาศเจริญ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงมณี วงศ์รัตนไพศาล	กรรมการ

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ โครงสร้างนาโนทองแดงออกไซด์ถูกสังเคราะห์ขึ้นด้วยวิธีการปฏิกิริยาออก-ซิเดชันสำหรับประยุกต์ใช้เป็นเอทานอลเซนเซอร์และเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโครงสร้างนาโนทองแดงออกไซด์แบบต่างๆ เช่น เส้นลวดนาโน และ ฟิล์มบาง ซึ่งมีเงื่อนไขการทดลองคือการควบคุมอุณหภูมิ โดยในการประยุกต์ใช้เป็นเอทานอลเซนเซอร์นั้น หัวเซนเซอร์ได้ถูกสร้างจากเส้นลวดนาโนของทองแดงออกไซด์ที่ผ่านการเตรียมและวิเคราะห์ เพื่อศึกษาสมบัติการตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซ พบว่าค่าความไวในการตอบสนองต่อก๊าซเอทานอลขึ้นอยู่อุณหภูมิในการทำงานของหัวเซนเซอร์ และความเข้มข้นของเอทานอล ซึ่งสมบัติการตอบสนองที่ความไวเท่ากับ 1.5 ภายใต้บรรยากาศของเอทานอลที่มีความเข้มข้น 1000 ppm ที่อุณหภูมิทำงาน 240 องศาเซลเซียส โดยที่มีเวลาตอบสนองเท่ากับ 110 วินาที และเวลาในการคืนตัวเท่ากับ 120 วินาที ซึ่งยืนยันได้ว่าเส้นลวดนาโนของทองแดงออกไซด์สามารถประยุกต์ใช้เป็นหัวเอทานอลเซนเซอร์ได้

สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานด้านเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โครงสร้างของเซลล์สีย้อมไวแสงมีส่วนประกอบดังนี้คือ ซิงค์ออกไซด์เป็นฐานในขั้วโฟโตอิเล็กโทรด Eosin-Y ถูกใช้เป็นสีย้อมไวแสง สารละลายไอโอดีน/ไอโอไดด์ เป็นอิเล็กโทรไลต์ และแพลทินัมบนกระจกนำไฟฟ้าเป็นขั้วไฟฟ้าเคาน์เตอร์ จากการศึกษาพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้ซิงค์ออกไซด์ร่วมกับฟิล์มบางของทองแดงออกไซด์ ให้ค่าความเข้มกระแสไฟฟ้าสูงสุดและค่าประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูงสุด มากกว่าในเซลล์ที่ไม่มีฟิล์มบางของทองแดงออกไซด์ ซึ่งประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นนี้สามารถอธิบายได้โดยผลของผิวสัมผัสของทองแดงออกไซด์นั้นเป็นชั้นที่เป็นกำแพงกั้น เพื่อไม่ให้เกิดการรีคอมมิเนชั่นของอิเล็กตรอน อย่างไรก็ตามเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ประกอบโดยใช้ผงทองแดงออกไซด์และเส้นลวดทองแดงออกไซด์ กลับให้ค่าประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับฟิล์มบางของทองแดงออกไซด์และแบบที่ไม่มีชั้นของทองแดงออกไซด์ ซึ่งเป็นผลความหนาของชั้นผงทองแดงออกไซด์และเส้นลวดนาโนของทองแดงออกไซด์ แสดงให้ทราบว่าชั้นของทองแดงออกไซด์ที่หนาไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จึงเพิ่มชั้นกันชนในขั้วโฟโตอิเล็กโทรด ซึ่งพบว่าชั้นกันชนมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระแสและความต่างศักย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เซลล์ที่ประกอบขึ้นจากขั้วโฟโตอิเล็กโทรดที่มีทั้งชั้นกันชนของซิงค์ออกไซด์ที่ใช้เวลาในการสปัตเตอริงซิงค์ออกไซด์ 5 นาทีกับชั้นกำแพงกั้นที่เป็นฟิล์มบางของทองแดงออกไซด์ ให้ค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สูงสุด คือ 1.11% เป็นผลของชั้นกันชนที่มีผลทำให้ผิวสัมผัสระหว่าง ซิงค์ออกไซด์กับกระจกนำไฟฟ้ามีความเรียบของรอยต่อสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งเห็นได้จากผลของโฟโตอิเล็กโทรเคมีซึ่งอธิบายในรูปของแถบพลังงานและวงจรเปรียบเทียบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved