

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาลักษณะเฉพาะของซิงก์ออกไซด์-โกลด์ นาโนคอมโพสิต สังเคราะห์โดยเทคนิคโฟโตโอดีชัน สำหรับการประยุกต์เป็นอุปกรณ์นาโน	
ผู้เขียน	นายพิชิตชัย ปิมแปง	
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
คณะกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาพ ชูพันธ์	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
	Prof. Dr. Kourosh Kalantar-zadeh	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
	ดร. อัจฉราวรรณ กาศเจริญ	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงมณี ว่องรัตนะไพศาล	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ อนุภาคนาโนโกลด์ถูกประกอบของลงบนโครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์ผ่านทางกลไกโฟโต-อินดิวิสต์ แอสเซมบลี สมบัติของซิงก์ออกไซด์มีความสำคัญที่จะทำนากลไกนี้ ก่อนอื่นฟิล์มบางโครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์ถูกสังเคราะห์โดยการออกซิเดชันทางความร้อนของฟิล์มบางซิงก์ที่อุณหภูมิออกซิเดชันแตกต่างกันคือ 400, 450, 500 และ 550 องศาเซลเซียส จากนั้น อนุภาคนาโนโกลด์ถูกสร้างลงบนฟิล์มซิงก์ออกไซด์เหล่านั้นโดยโฟโตรีดักชันของสารละลายกรดคลอโรอริกภายใต้การฉายแสงยูวีเอ ลักษณะเฉพาะของโครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์และซิงก์ออกไซด์-โกลด์นาโนคอมโพสิตหาได้โดยใช้ FE-SEM, XRD, XPS, AFM adhesion mapping และ UV-vis spectroscopy

ลักษณะของโครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์ประกอบด้วยแท่งสั้นๆ ที่แยกจากฐานของซิงก์ออกไซด์นาโนคลัสเตอร์ในทุกเงื่อนไข ผลรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์มีทิศทางการวางตัวทิศทางที่ชอบในแนว (002) และมีสัมประสิทธิ์โครงสร้างสูงในระนาบ (002) สิ่งนี้บ่งชี้ถึงความเป็นผลึกเดี่ยวและโครงสร้างนาโนที่มีแนวการโตตามแกนซี ยอดสเปกตรัมเอ็กซ์เรย์โฟโตอิเล็กตรอนที่ 531.6 อิเล็กตรอนโวลต์ สามารถบ่งชี้ความบกพร่องของออกซิเจนในซิงก์ออกไซด์ได้เช่นกัน นอกจากนี้แผนภาพแรงแอตทราชันจากจุลทรรศน์ศาสตร์แบบใช้แรงของอะตอมได้นำมาประเมินสมบัติแอตทราชันของซิงก์ออกไซด์ ซึ่งพบว่าซิงก์ออกไซด์ออกไซด์ที่ 450 องศาเซลเซียส มีความเข้มสูงสุดของทิศทางการวางตัวทิศทางที่ชอบในแนว (002)

และสัมประสิทธิ์โครงสร้างมากที่สุดในระดับ (002) มีการลดความบกพร่องของออกซิเจนสูงสุด และมีความเข้มแอดฮ์ชันมากที่สุดซึ่งมีผลต่อการมีข้อผิดพลาดที่แข็งแกร่งที่สุด

สัณฐานของซิงก์ออกไซด์-โกลด์ นาโนคอมโพสิตประกอบไปด้วยอนุภาคนาโนโกลด์จำนวนมากโดยปกคลุมยอดของแท่งโครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์ซึ่งมีแอดฮ์ชันแรงที่สุดและพลังงานพื้นผิวต่ำสุด เห็นได้ชัดแล้วว่าอนุภาคนาโนโกลด์มีจำนวนการประกอบกันมากที่สุดจากการใช้ซิงก์ออกไซด์ออกซิไดซ์ที่ 450 องศาเซลเซียส ดังนั้นกลไกโฟโต-อินดิวิส แอสเซมบลีสามารถอธิบายได้อย่างง่ายดายในเทอมของความเป็นข้อผิดพลาดและพลังงานพื้นผิว

สุดท้าย ซิงก์ออกไซด์-โกลด์ นาโนคอมโพสิตได้ถูกประยุกต์เป็นตัวตรวจจับไฮโดรเจน ดังนั้นสมบัติการตรวจจับไฮโดรเจนของซิงก์ออกไซด์-โกลด์ นาโนคอมโพสิต ได้ถูกสำรวจและนำไปเปรียบเทียบกับโครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์ในช่วงอุณหภูมิดำเนินการ 150-450 องศาเซลเซียส สังเกตได้อย่างชัดเจนว่าไฮโดรเจนเซ็นเซอร์ที่ใช้ซิงก์ออกไซด์-โกลด์ นาโนคอมโพสิตเป็นฐานได้แสดงอุณหภูมิดำเนินการที่เหมาะสมอยู่ที่ 200 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าไฮโดรเจนเซ็นเซอร์ที่ใช้โครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์เป็นฐานที่ 350-400 องศาเซลเซียส ซึ่งบ่งชี้ถึงผลของการประกอบกันของอนุภาคนาโนโกลด์ที่ลดอุณหภูมิดำเนินการที่เหมาะสม นอกจากนี้ ไฮโดรเจนเซ็นเซอร์ที่ใช้ซิงก์ออกไซด์-โกลด์ นาโนคอมโพสิตเป็นฐานมีสภาพไวสูงกว่าไฮโดรเจนเซ็นเซอร์ที่ใช้โครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์เป็นฐาน ดังนั้นการเพิ่มสภาพไวสามารถอธิบายในเทอมของค่าคงที่อัตราปฏิกิริยา ( $k_{Oxy}$ ) โดยพิจารณาผลของตัวเร่งของโกลด์ นอกจากนี้ไฮโดรเจนเซ็นเซอร์ที่ใช้ซิงก์ออกไซด์-โกลด์ นาโนคอมโพสิตเป็นฐานที่ดำเนินการที่ 150 องศาเซลเซียส ยังมีศักยภาพการประยุกต์ใช้ในหน่วยเซลล์เชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

<b>Thesis Title</b>	Characterization of Zinc Oxide–Gold Nanocomposites Synthesized by Photodeposition Technique for Nanodevice Applications	
<b>Author</b>	Mr. Pichitchai Pimpang	
<b>Degree</b>	Doctor of Philosophy (Applied Physics)	
<b>Advisory Committee</b>	Asst. Prof. Dr. Supab Choopun	Advisor
	Prof. Dr. Kourosh Kalantar-zadeh	Co-advisor
	Dr. Atcharawon Gardchareon	Co-advisor
	Asst. Prof. Dr. Duangmanee Wongratanaphisan	Co-advisor

## ABSTRACT

In this work, gold nanoparticles (Au NPs) were assembled onto zinc oxide (ZnO) nanostructures through photo-induced assembly mechanism. The properties of ZnO were necessary to predict this mechanism. Firstly, ZnO nanostructured thin films were synthesized by thermal oxidation of zinc (Zn) thin films at different oxidation temperatures of 400, 450, 500, and 550°C. Then, Au NPs were formed onto those ZnO films by photoreduction of HAuCl<sub>4</sub> aqueous solution under UVA light irradiation. The characteristics of ZnO nanostructures and zinc oxide–gold (ZnO–Au) nanocomposites were characterized by FE–SEM, XRD, XPS, AFM adhesion mapping, and UV-vis spectroscopy.

Morphologies of ZnO nanostructures were comprised of short rods branched into their ZnO nanocluster base for all cases. XRD results showed that ZnO nanostructures were highly oriented to the preferred orientation of (002) and the highly texture coefficient of (002) plane. This suggested single crystallinity and that the majority of nanostructures prefer to grow along the *c*-axis. XPS spectra peak of 531.6 eV can be indirectly indicated by the oxygen vacancy in ZnO. In addition, AFM adhesion mapping was used to assess the adhesion property of ZnO. It was found that the ZnO oxidizing at

450°C had the maximum intensity of the preferred (002) orientation and texture coefficient of (002) plane, the highest reduction of oxygen vacancy, and the maximum adhesion intensity, which resulted in the strongest surface polarity.

Morphologies of ZnO–Au nanocomposites were comprised of several Au NPs growth to encapsulate the end of rod-like ZnO nanostructures which had the strongest adhesion and the lowest surface energy on its site. It was clearly observed that the maximum amount of Au NPs assembly was obtained for ZnO films oxidized at 450 °C. Therefore, the photo-induced assembly mechanism can be simply explained in terms of surface polarity and surface energy.

Finally, ZnO–Au nanocomposites were applied as H<sub>2</sub> sensors. Therefore, the H<sub>2</sub> gas sensing properties of ZnO–Au nanocomposites were investigated and compared with ZnO nanostructures at operating temperatures in the range of 150–450°C. It was clearly observed that H<sub>2</sub> sensor based on ZnO–Au nanocomposites exhibited the optimum operating temperatures at 200°C, lower than the 350–400°C of the sensors based on ZnO nanostructures. This indicated the effect of Au NPs assembly that reduced the optimum operating temperature. In addition, H<sub>2</sub> sensor based on ZnO–Au nanocomposites had a higher sensor response than those sensors based on ZnO nanostructures. The enhancement of sensor response can be explained in terms of the reaction rate constant ( $k_{Oxy}$ ) by considering the catalytic effect of Au. Moreover, ZnO–Au nanocomposites H<sub>2</sub> sensor operating at 150°C had potential application in fuel cell units.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved