ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การเตรียมและการหาลักษณะเฉพาะของ
ซิงก์ออกไซด์วิสเกอร์สำหรับเอทานอลเซนเซอร์

ผู้เขียน นายเกียรติภูมิ กองจาย

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.อัจฉราวรรณ กาศเจริญ

บทคัดย่อ

ซิงก์ออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ประโยชน์กัน ซึ่งได้รับความสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ทางด้านออปโตอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ ก๊าซเซนเซอร์ชนิดฟิล์มบาง และทรานซิสเตอร์สนาม เป็นต้น ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากที่นำเสนอเทคนิควิธีต่างๆ ในการสังเคราะห์รูปแบบต่างๆ ของโครงสร้างซิงก์ออกไซด์ แต่การศึกษาวิจัยในวัสดุกลุ่มนี้ยังคงเปิดกว้างอยู่

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์โครงสร้างซิงก์ออกไซด์วิสเกอร์ (*W*-ZnO และ *T*-ZnO) ภายในท่อควอตซ์โดยใช้วิธีการเกิดปฏิกิริยาเทอร์มอลออกซิเดชันภายใต้บรรยากาศปกติ โดยการเผาผงซิงก์ภายในท่อคอวตซ์ในเตาที่อุณหภูมิ $700^{O}C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ขึ้น 3 ชนิด ชนิดที่ 1 จะมีลักษณะเป็นวิสเกอร์ใสๆ เกิดขึ้นที่ก้นของท่อควอตซ์ ส่วนที่ 2 ถัดมามีลักษณะเป็นก้อนสีขาวๆ และส่วนที่เหลือจะมีลักษณะคล้ายปุยนิ่มสีขาว ผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เอ็กซ์เรย์แบบกระจายพลังงาน และการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นประกอบไปด้วยวิสเกอร์(*W*-ZnO) และเตตระพอดวิสเกอร์ (*T*-ZnO) ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของ *W*-ZnO อยู่ในช่วง 10-240 ไมโครเมตร และ 0.20 - 4.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ร้อยละโดยน้ำหนักของผลิตผลที่ได้สูงที่สุดประมาณ 20% โดยน้ำหนัก สำหรับความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของ *T*-ZnO อยู่ในช่วง 3.6-11.7 ไมโครเมตร และ 0.1- 2.6 ไมโครเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ร้อยละโดยน้ำหนักของผลิตผลที่ได้สูงที่สุดประมาณ 68% โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองที่ได้พบว่ารูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นขึ้นอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กับอัตราการอิ่มตัวของซิงก์ออกไซด์ในสถานะก๊าซที่บริเวณต่างๆ ในท่อควอตซ์ ซึ่งอัตราการอิ่มตัวที่ต่ำๆ จะทำให้เกิดโครงสร้างแบบ *W*-ZnO ในทางตรงกันข้ามอัตราการอิ่มตัวที่สูงๆ จะทำให้เกิดโครงสร้างแบบ *T*-ZnO

เอทานอลเอทานอลเซนเซอร์ที่ทำจาก *W*-ZnO และ *W*-ZnO ที่เจือด้วยอนุภาคนาโนของทองคำ 0.1% โมล (0.25% น้ำหนัก) และทดสอบการตรวจจับไอเอทานอล พบว่า เอทานอลเซนเซอร์ที่ทำจากซิงก์ออกไซด์เตตระพอดเจือด้วยอนุภาคนาโนของทองคำ มีค่าความไวในการตอบสนองต่อไอเอทานอลลดลงเล็กน้อย เมื่อเทียบเอทานอลเซนเซอร์ที่ไม่ได้เจือด้วยอนุภาคนาโนของทองคำทุกค่าความเข้มข้นของเอทานอลที่ทดสอบ ด้วยอุณหภูมิทดสอบที่ดีที่สุดอยู่ที่ 340ºC การตอบสนองต่อไอเอทานอลที่สูงนี้อธิบายได้ด้วยความหนาแน่นอิเล็กตรอนในอากาศ (n_0) และค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k_{Eth}) ระหว่างชนิดของออกซิเจนที่ถูกยึดจับกับไอเอทานอลที่บริเวณผิวของเอทานอลเซนเซอร์ โดยอนุภาคนาโนของทองคำซึ่งปกติเป็นตัวกระตุ้นหรือเร่งปฏิกิริยาที่ดี แต่เนื่องจากการที่อนุภาคนาโนของทองคำไปเกาะบนเซนเซอร์ทำให้พื้นที่ที่จะทำปฏิกิริยาลดลง นอกจากนี้แล้วความต้านทานของเซนเซอร์ในอากาศนั้นมีค่าที่ต่ำมากๆ ด้วย แต่อย่างไรก็ตาม เอทานอลเซนเซอร์ที่ทำจาก *W*-ZnO เจือด้วยอนุภาคนาโนของทองคำ 0.1% โมล สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเอทานอลเซนเซอร์ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Preparation and Characterization of Zinc Oxide Whiskers for Ethanol Sensors

Author Mr. Kiattipoom Kongjai

Degree Master of Science (Applied Physics)

Thesis Advisor Dr. Atchrawon Gardchareon

ABSTRACT

Zinc oxide (ZnO) is a versatile semiconductor material, which has attracted attention for usage in optoelectronic devices, like solar cells, thin-film gas sensors, field-effect transistors, etc. Despite significant research efforts, methods or techniques to synthesize various morphologies of ZnO structures, still open for challenge.

In this work, zinc oxide whiskers (*W*-ZnO and *T*-ZnO) were synthesized in quartz tube by using thermal oxidation technique. It starts with Zn powders were heated in a horizontal quartz tube with a furnace at a temperature of 700 ^{O}C for 2 hr, under normal atmosphere. Three different kinds of the products can be obtained after the oxidation process. One is transparent whiskers located at the bottom of the quartz tube. Next is cotton-like bulk and the other is white, fluffy product. The products were characterized by field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), energy dispersive spectroscopy (EDS) and x-ray diffraction (XRD). It was found that the products composed of *W*-ZnO and *T*-ZnO. The lengths and the diameter of whiskers were in the range of 10-240 μm and 0.20 - 4.60 mm, respectively while the percent of yield was up to 20% by weight. The lengths and the diameter of tetrapod whiskers were in the range of 3.6-11.7 μm and 0.1- 2.6 μm while the percent of yield was up to 68% by weight. This result suggested that the shape of products depend on the supersaturation ratio of ZnO vapor's zone in the quartz tube.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Smaller supersaturation ratio promotes the growth of *W*-ZnO. In contrast, larger supersaturation ratio promotes the growth of *T*-ZnO.

The ethanol sensors, based on the *W*-ZnO and the *W*-ZnO doped with gold nanoparticles of 0.1 %mol (0.25%wt), were fabricated and investigated for the ethanol sensing properties. The results showed that the sensitivity of *W*-ZnO doped with gold sensors dropped little than that of the pure *W*-ZnO sensors for entire ethanol concentration with optimum temperature of 340ºC. This enhancement can be explained in terms of the electron concentration of sensor in air, n_0 and the reaction rate constant, k_{Eth} between the adsorbed oxygen species and the ethanol vapor. With an excellent catalytic ability, the Au doping should result in the higher reaction rate constant in contrast, it decreases the effective surface for adsorption of ethanol on the surface moreover, their extremely low resistivity in air. However, the *W*-ZnO doped with gold nanoparticles of 0.1% mol, has a potential application as an ethanol sensor.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved