

Abstract

In this work, the ZnO nanostructures and thin film were successfully synthesized onto the variety substrates. ZnO on p-type silicon substrates were utilized to make as the electron conductive channel for FET device based ethanol gas sensor. ZnO on FTO glass substrates were used to fabricate as the electron transport layer in polymer solar cells. While the ZnO on alumina substrates were applied to systematically make as the resistive gas sensor. In FET ethanol sensor application, the sensitivity of FET sensor devices based on ZnO nanostructures is about 6 whereas thin film structure is about 3 at 100 ppm concentration. This suggests the sensitivity improvement of FET sensors at the room temperature due to surface to volume ratio effect of nanostructures formation. In metal nanoparticles synthesis, Au, Ag and Cu nanoparticles (AuNPs, AgNPs and CuNPs) were synthesized by DC arc-discharge technique with the electrical DC voltage of 75, 125, 175, 225 and 275 V. The maximum resonance peaks were obtained from applied electrical DC voltages of 225 V, 125 V and 275 V for AuNPs, AgNPs and CuNPs, respectively. The surface plasmon resonance peaks were analyzed via UV-Visible spectroscopy and reached at around wavelength of 578 nm, 441 nm and 526 nm for AuNPs, AgNPs and CuNPs, respectively. The size distribution calculated from TEM images illustrate the mean particle size with 31 nm, 73 nm and 99 nm for AuNPs, AgNPs and CuNPs, respectively. In metal nanoparticles application, these metals were utilized to improve the solar cells and gas sensor performance. For solar cells application, the nanoparticles (NPs) introduced in ZnO electron transport layer and P3HT:PCBM active layer can improve the PCE of the devices with a significant increasing of short-circuit current density (J_{sc}). The PCE enhancement of polymer solar cells with NPs incorporation may be come from the localized surface plasmon effect leading to light harvesting enhancement owing to light absorption and light scattering mechanism. Finally, in gas sensor application, the metal nanoparticles:ZnO (ZnO:Pt and ZnO:Nb) were prepared via DC sputtering technique. The maximum sensor response of sensors based on ZnO:Pt and ZnO:Nb were found upon exposure toward acetone vapor at 1000 ppm concentration with the value of 188.0 and 224.0, respectively. The observed sensor response enhancement in ZnO:Pt sensor is clearly explained by the catalytic effect in the oxygen and acetone adsorption reaction, while the sensor response enhancement in ZnO:Nb sensor is clarified by an adjustment of the depletion layer width to larger at the n-n nanoheterojunction of two semiconductors (ZnO:Nb₂O₅) leading to the sensor response enhancement with a higher resistance in air.

Keywords: ZnO; Nanoparticles; Solar cells; Gas sensor; FET

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ โครงสร้างนาโนและฟิล์มบางของซิงก์ออกไซด์ถูกสังเคราะห์ลงบนแผ่นรองรับแบบต่าง ๆ ซิงก์ออกไซด์บนแผ่นรองรับซิลิกอนชนิดพีถูกประยุกต์เป็นช่องนำอิเล็กตรอนในหัวตรวจจับก๊าซเอทานอลแบบทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า ซิงก์ออกไซด์บนแผ่นรองรับกระจกนำไฟฟ้าถูกใช้เพื่อสร้างเป็นชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอินทรีย์ ขณะที่ซิงก์ออกไซด์บนแผ่นรองรับอะลูมินาถูกประยุกต์เป็นหัวตรวจจับก๊าซแบบวัดความต้านทาน การประยุกต์เป็นหัวตรวจจับก๊าซแบบทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า สภาพไวของเซนเซอร์ที่มีฐานเป็นโครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์มีค่าเป็น 6 เท่า ขณะที่ฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์มีค่าสภาพไวเป็น 3 เท่า ที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงสภาพไวอันเนื่องมาจากผลของพื้นผิวต่อปริมาตรของการเกิดโครงสร้างนาโน ส่วนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนโลหะอนุภาคนาโนทั้งทองคำ เงิน และทองแดง ถูกสังเคราะห์โดยกระบวนการอาร์คดิสชาร์จแบบกระแสตรงที่ความต่างศักย์ 75, 125, 175, 225 และ 275 โวลต์ พิกัดการเกิดเรโซแนนซ์ที่สูงที่สุดมาจากความต่างศักย์ 225, 125 และ 275 โวลต์ โดยมีตำแหน่งความยาวคลื่น 526, 441 และ 578 นาโนเมตร สำหรับการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของทองคำ เงิน และทองแดง ตามลำดับ ขนาดของอนุภาคถูกคำนวณจากเทคนิค TEM ซึ่งแสดงขนาดอนุภาคเฉลี่ยเป็น 31, 73 และ 99 นาโนเมตร สำหรับอนุภาคนาโนทองคำ เงิน และทองแดง ตามลำดับ สำหรับการประยุกต์อนุภาคนาโนโลหะ อนุภาคนาโนโลหะเหล่านี้ถูกประยุกต์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์และหัวตรวจจับก๊าซ การประยุกต์ในเซลล์แสงอาทิตย์ อนุภาคนาโนที่ถูกเติมลงไปในพื้นที่ซิงก์ออกไซด์และชั้น P3HT:PCBM สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์ได้โดยเพิ่มกระแสลัดวงจรของเซลล์ กลไกการปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์อธิบายจากผลของเซอรัฟเฟสพลาสมอนบนพื้นผิวที่นำไปสู่การเพิ่มการเก็บเกี่ยวแสงจากปรากฏการณ์การดูดซับแสงและการกระเจิงของแสง สุดท้ายการประยุกต์ในหัวตรวจจับก๊าซ อนุภาคนาโนโลหะบนซิงก์ออกไซด์ (ซิงก์ออกไซด์:แพลททินัมและซิงก์ออกไซด์:ไนโอเบียม) ถูกเตรียมโดยเทคนิคสปีดเทอริงแบบกระแสตรง ค่าการตอบสนองของเซนเซอร์ซิงก์ออกไซด์ที่เติมด้วยแพลททินัมและไนโอเบียมมีค่าสูงสุดเมื่อตอบสนองต่อก๊าซอะซิโตนความเข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม ด้วยค่าการตอบสนองเป็น 188.0 และ 224.0 เท่า ตามลำดับ การเพิ่มค่าการตอบสนองของเซนเซอร์ซิงก์ออกไซด์ที่เติมด้วยแพลททินัมถูกอธิบายจากผลของการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาการดูดซับออกซิเจนและดูดซับอะซิโตน ขณะที่การเพิ่มการตอบสนองในเซนเซอร์ซิงก์ออกไซด์ที่เติมด้วยไนโอเบียมถูกอธิบายจากการปรับความหนาของเขตปลอดพาหะให้หนาขึ้นตรงบริเวณรอยต่อของสองสารกึ่งตัวนำสองชนิด (ซิงก์ออกไซด์:ไนโอเบียมออกไซด์) ทำให้เกิดการปรับปรุงการตอบสนองต่อก๊าซที่มีความต้านทานในอากาศที่สูงกว่าปกติ

คำสำคัญ: ซิงก์ออกไซด์; อนุภาคนาโน; เซลล์แสงอาทิตย์; หัวตรวจจับก๊าซ; ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า