บทคัดย่อภาษาไทย

ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เป็นหนึ่งในสารที่ใช้ศึกษาปรากฏการณ์การเปลี่ยนกลับค่าความต้านทาน (resistive switching phenomena) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สารสามารถเปลี่ยนสถานะความต้านทานกลับไปกลับมาระหว่างสถานะที่มีความต้านทานสูงและความต้านทานต่ำโดยใช้สนามไฟฟ้า ความรู้เรื่องปรากฏการณ์การเปลี่ยนกลับค่าความต้านทานนั้นจำเป็นต่อการพัฒนาหน่วยความจำประเภท resistive random access memory. ปรากฏการณ์การเปลี่ยนกลับค่าความต้านทานในฟิล์มซิงค์ออกไซด์ชนิด unipolar ซึ่งการสลับสถานะความต้านทานในฟิล์มซิงค์ออกไซด์เกิดจากการเกิดใยนำไฟฟ้า (conductive filament) ที่อยู่ภายในฟิล์ม แต่ปรากฏการณ์การเปลี่ยนกลับค่าความต้านทานในเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์นั้นมีลักษณะที่ต่างไป ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของลวดและความยาว การศึกษาปรากฏการณ์การเปลี่ยนกลับค่าความต้านทานนั้น ใช้โครงสร้างที่มีสารอยู่ตรงกลางระหว่างขั้วสองขั้ว โดยขั้วนั้นทำหน้าที่ใส่ศักย์ไฟฟ้าและวัดความต้านทาน งานวิจัยฉบับนี้ศึกษา ปรากฏการณ์การเปลี่ยนกลับค่าความต้านทานในเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม ชนิดวัดการนำไฟฟ้า (conductive atomic force microscopy ย่อว่า C-AFM) เส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ปลูกด้วยวิธี hydrothermal ในแนวตั้งบนแผ่นกระจกที่เคลือบด้วยเงิน ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วล่าง ส่วนเข็มวัด C-AFM ที่ทำจากแพลทินัมทำหน้าที่เป็นขั้วบน การทำการทดลองบนระบบ C-AFM ทำให้สามารถวัดกราฟ I-V (I-V characteristics) ของเส้นลวดนาโนแต่ละเส้นได้โดยตรง ผลการทดลองพบว่าปรากฏการณ์การเปลี่ยนกลับค่าความต้านทานเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์นั้นเป็นแบบ unipolar เหมือนกับฟิล์มซิงค์ออกไซด์ที่ปลูกด้วยวิธีเดียวกัน เมื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้สลับสถานะ (V_{set} และ V_{reset}) หลาย ๆ รอบ พบว่าค่าต่างไปในแต่ละรอบ และบางค่าจะคาบเกี่ยวกัน ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้สลับสถานะจากเส้นลวดนาโนแต่ละเส้นยังต่างกัน เมื่อเทียบค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้สลับสถานะกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด พบว่าไม่มีความเกี่ยวโยงกัน ทำให้สรุปได้ว่าปรากฏการณ์นั้นเกิดจากใยนำไฟฟ้า กราฟ I-V ของเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์แสดงให้เห็นว่าสถานะที่มีความต้านทานต่ำมีการนำไฟฟ้าแบบ charge-limited current สถานะที่มีความต้านทานสูงมีการนำไฟฟ้าแบบ Ohmic ในขณะที่ฟิล์มซิงค์ออกไซด์จะมีกระแสที่สูงกว่า และมีศักย์ไฟฟ้าสลับสถานะที่ต่ำกว่า และมีลักษณะการนำไฟฟ้าแบบ space-charge

limited current สำหรับทั้งสองสถานะความต้านทาน การที่ฟิล์มซิงค์ออกไซด์มีศักย์ไฟฟ้าที่ใช้สลับสถานะที่ต่ำกว่านั้น เนื่องจากมีจำนวนใยนำไฟฟ้ามากกว่า ลักษณะกราฟ I-V ที่ต่างกันระหว่างเส้นลวดนาโนและฟิล์มซิงค์ออกไซด์นั้นบ่งบอกถึงกลไกการนำไฟฟ้าที่ต่างกันซึ่งน่าจะเกิดจากพื้นที่ผิวของเส้นลวดนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มากกว่า

คำสำคัญ (Keywords): Nanoscale science (วิทยาศาสตร์นาโน), Scanning probe microscopy (กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด), Scaning spreading resistance microscopy (กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดเพื่อวัดความต้านทานไฟฟ้า), Resistive Switching

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

Zinc oxide (ZnO) is one of the model materials for studying resistive switching phenomena, which means that a material can switch between two resistance states, high resistance and low resistance states, by applying electric field. Understanding resistive switching phenomena is important for development of resistive random access memory. Resistive switching phenomena in ZnO film is a unipolar type and occur due to formation of filament conductive paths; however the behavior in ZnO nanowires differ depending on surface areas and lengths. Studying resistive switching phenomena requires sandwich structure, in which the material sits between two electrodes, for applying voltage and measuring current. In this work, we study ZnO nanowire using conductive atomic force microscopy (C-AFM). The ZnO nanowires were vertically growth on an Ag/glass substrate using a hydrothermal method, which serves as a bottom electrode. A conductive Pt tip serves as a top electrode. By conducting experiments on a C-AFM platform, I-V characteristics of individual nanowires can be obtained. We found that ZnO nanowires exhibit unipolar switching behavior, the same ZnO film growth by the same method. The V_{set} and V_{reset} values of a nanowire over many cycles varies with some overlapped values. The switching voltages from different nanowires also varies. When consider dependence on the nanowire cross-section area, we found no correlation with the switching voltage values. This suggests that the resistive switching phenomena here is caused by a conductive filament. The I-V characteristics of ZnO shows charge-limited current behavior in the low resistance state, and Ohmic behavior for the high resistance state. The ZnO film has higher current and lower switching voltages with space-charge limited current for both high and low resistance states. The lower switching voltages in ZnO film is likely due to more conductive filaments. Different I-V characteristics between the nanowires and the film suggest different conduction mechanism due to more surface area of the nanowires.