สุทธินาถ หนูทองแก้ว : การศึกษาซิงค์ออกไซด์ที่เกิดจากวิธีเทอร์มอลออกซิเดชันโดยใช้โฟโตอิมิสชันแบบอินซิทู (*IN-SITU* PHOTOEMISSION STUDY OF ZnO FORMED BY THERMAL OXIDATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ประยูร ส่งสิริฤทธิกุล, 168 หน้า.

งานวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์โฟโตอิมิชสเปกโทรสโกปีจากแสงซินโครตรอน เทคนิคการเตรียมชั้นของซิงค์ออกไซด์ในงานนี้ได้แก่นำผิวหน้าสังกะสีที่สะอาดไปให้สัมผัสกับออกซิเจนในสภาวะ UHV ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 110 องศาเซลเซียสในบรรยากาศของออกซิเจนที่ความดันต่ำ และการเตรียมโดยอาศัยการลำไอออนพลังงานต่ำ ทั้งนี้ได้เน้นการศึกษาซิงค์ออกไซด์ที่เตรียมโดยการอบแผ่นสังกะสีบริสุทธิ์ในบรรยากาศของออกซิเจนที่ความดันต่ำอย่างเป็นระบบ และการตรวจวิเคราะห์ทั้งเทคนิคโฟโตอิมิชชัน และออเจย์สเปกโทรสโกปีเป็นแบบอินซิทู เพื่อเลี่ยงปัญหาเกี่ยวกับการปนเปื้อนบริเวณผิวที่ข้อจำกัดของการศึกษาช่วงเริ่มต้นของการเกิดซิงค์ออกไซด์ สารตัวอย่างที่เตรียมในบรรยากาศของออกซิเจนที่ความดันต่ำถูกเตรียมในระบบโฟโตอิมิชชันสเปกโทรสโกปีที่มีระดับสุญญากาศ 2×10^{-10} ทอรร์ โดยจะมีการทำความสะอาดแผ่นสังกะสีบางทางเคมีภายนอกระบบวัด และถูกทำความสะอาดในระบบวัดโดยวิธีการที่อาศัยลำไอออนของอาร์กอนพลังงานต่ำ แผ่นบางสังกะสีที่สะอาดถูกสัมผัสกับออกซิเจนที่ถูกปล่อยเข้าไปในระบบวัดจนระดับสุญญากาศอยู่ที่ 5×10^{-7} ทอรร์ อุณหภูมิของแผ่นบางขณะการเกิดซิงค์ออกไซด์ถูกควบคุมให้อยู่ที่อุณหภูมิห้อง 50 70 90 หรือ 110 องศาเซลเซียส

การศึกษาการเตรียมซิงค์ออกไซด์ ณ อุณหภูมิห้อง โดยให้ผิวที่สะอาดของสังกะสีสัมผัสกับแกสออกซิเจนที่ระดับความดันมีค่า 5×10^{-7} ทอรร์ เป็นช่วงเวลาที่แตกต่างกันนั้น ซิงค์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นศึกษาโดยใช้แสงซินโครตรอน และทำการวัดแบบโฟโตอิมิสชันโดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัมของสังกะสีที่อยู่ในบรรยากาศของออกซิเจนในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน พบว่ากระบวนการเกิดออกซิเดชันจะค่อยๆ เพิ่มอัตราการเกิดออกไซด์อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเข้าสู่ค่าระดับความหนาค่าหนึ่ง หลังจากนั้นการเกิดออกไซด์จะคงที่หรืออัตราการเกิดออกไซด์ลดลงเข้าสู่ศูนย์ ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัมที่เกิดขึ้นสามารถนำมาคำนวณระดับความหนาของฟิล์มบางซิงค์ออกไซด์ได้ ซึ่งพบว่ามีความหนาสูงสุดประมาณ 2 ชั้นอะตอม หรือ 5 อังสตรอม

การศึกษาการเตรียมซิงค์ออกไซด์ ณ อุณหภูมิห้อง 50 70 90 และ 110 องศาเซลเซียส โดยให้ผิวที่สะอาดของสังกะสีสัมผัสกับแกสออกซิเจนที่ระดับความดันมีค่า 5×10^{-7} ทอรร์ พบว่าอัตราการเกิดออกซิเดชันบริเวณนี้เกิดขึ้นกำหนดโดยสมการลอกาลิธึมแบบสองขั้น และหลังจากนั้นอัตราการเกิดออกซิเดชันจะเข้าสู่ค่าเป็นศูนย์ที่ระดับความหนาค่าหนึ่ง ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิของการเกิดออกซิเดชัน และพบว่าการเกิดออกซิเดชันมีค่าพลังงานกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเท่ากับ 0.05

อิเล็กตรอนโวลต์ต่อโมล สำหรับขั้นแรกของการเกิดออกซิเดชัน และเท่ากับ 0.081 อิเล็กตรอนโวลต์ต่อโมล สำหรับขั้นที่สอง

นอกจากนี้ได้มีการค้นพบว่า ฟิล์มบางซิงค์ออกไซด์สามารถถูกสังเคราะห์ได้โดยการเหนี่ยวนำด้วยลำไอออนพลังงานต่ำที่ระดมยิงลงบนแผ่นบางสังกะสีที่สะอาด ในบรรยากาศของออกซิเจนที่ความดันที่ 5×10^{-7} ทอรร์ หรือที่ระดับต่ำกว่า และพบว่าอัตราการเกิดซิงค์ออกไซด์จะมีค่าเพิ่มขึ้นหากไอออนที่ใช้เป็นไอออนของออกซิเจน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

SUTTINART NOOTHONGKAEW : *IN-SITU* PHOTOEMISSION STUDY OF ZnO FORMED BY THERMAL OXIDATION. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PRAYOON SONGSIRIRITTHIGUL, Ph.D. 168 PP.

ZINC OXIDE / PHOTOEMISSION SPECTROSCOPY / OXIDATION OF ZINC / SYNCHROTRON RADIATION

The systematic study of the oxidation of zinc has been performed by using *in situ* synchrotron photoemission spectroscopy. This work focuses on the oxide layers formed by exposing clean Zn surface to oxygen in a UHV condition and at temperatures below 110 °C. Polycrystalline Zn foils were used as the substrates. The foils were chemically clean and brought into the preparation of the photoemission spectroscopy. Ar^+ ion sputtering technique was used to remove surface contaminations before exposing the clean Zn to O_2 at pressure of 5×10^{-7} Torr. PES spectra show that the density of state of the valence band of the Zn foils progressively changes with the oxygen exposure time. The analysis of the spectra allows the determination of ZnO formation. It was found that the oxidation process takes place until reaching the critical thickness, at which the oxidation rate reduces greatly to nearly zero. At the initial oxidation, the oxidation rate follows a two-stage logarithmic equation and later trends to saturate at a certain thickness depending on oxidation temperature. The saturated thickness was determined to be about 2 monolayers or 5 Å for oxidation at room temperature. The saturated thickness was found to increase with oxidation temperature. The two-stage oxidation process may be governed by two kinds of space charge presumably formed in the thin oxide overlayer. At low temperature ranging from room

temperature to 110 °C the activation energies for first and second stage oxidation are 0.05 and 0.081 eV/mol.

The formations of ZnO by ion beam sputtering were studied. It was found that ion bombardment of clean Zn surface with low energy (<3 keV) Ar^+ ions in the presence of O_2 (at pressure of about 5×10^{-7} Torr) results in the formation a thin ZnO overlayer. Thus in the cleaning process by Ar^+ ion sputtering to obtain clean Zn surface, one must be aware of residual O_2 in the preparation system.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics Student's Signature_____

Academic Year 2010 Advisor's Signature_____