

นายปิยพร ทางดี : การศึกษาสมบัติอิเล็กทรอนิกส์ของฟิล์มบางวานาเดียมเพนตออกไซด์ และทังสเตนไดรอกไซด์ที่เตรียมโดยวิธีอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอร์ริง (A STUDY OF V_2O_5 AND WO_3 ELECTROCHROMIC THIN FILMS PREPARED BY RADIO FREQUENCY MAGNETRON SPUTTERING). อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ แม่นยำ, 153 หน้า.

คำสำคัญ: สปัตเตอร์ริง, วานาเดียมเพนตออกไซด์

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นศึกษา การเตรียมฟิล์มบางวานาเดียมเพนตออกไซด์ด้วยวิธีอาร์เอฟแมกนีตรอนสปัตเตอร์ริงจากเป้าโลหะวานาเดียม โดยศึกษาผลของการแปรค่าอัตราส่วนของปริมาณก๊าซ O_2/Ar ที่ให้ในระหว่างการสปัตเตอร์ต่อการเกิดฟิล์มบางวานาเดียมเพนตออกไซด์ซึ่งกำหนดให้ค่ากำลังและเวลาในการสปัตเตอร์เท่ากับ 200 วัตต์ และ 80 นาทีตามลำดับมีค่าคงที่ จากนั้นนำฟิล์มบางวานาเดียมเพนตออกไซด์ไปศึกษาลักษณะด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) และยูวีวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-Vis) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวและความหนา โครงสร้างผลึก และคุณสมบัติทางแสงของฟิล์มบางวานาเดียมเพนตออกไซด์ตามลำดับ และสุดท้ายคือศึกษาผลกระทบของการแปรค่าอัตราส่วนของปริมาณก๊าซ O_2/Ar ต่อโครงสร้างลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางวานาเดียมเพนตออกไซด์โดยเทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์ (XAS)

ผลปรากฏว่าสเปกตรัม XANES ที่ขอบการดูดกลืน V K-edge พบเลขออกซิเดชันของฟิล์มบางวานาเดียมเพนตออกไซด์ที่เงื่อนไข $O_2/Ar = 1/20$ (ในหน่วย sccm) มีการรวมกันของเลขออกซิเดชันของ V ที่ V^{3+} , V^{4+} และ V^{5+} ในขณะที่เงื่อนไขอื่น ๆ มี V^{5+} เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการแปรค่าอัตราส่วนของปริมาณก๊าซ O_2/Ar ที่มากขึ้นทำให้ความเข้มของระดับพลังงานที่สถานะ $1S \rightarrow 3d$ มีค่ามากขึ้น จากผลที่ได้นี้ทำให้ฟิล์มบางที่สังเคราะห์นั้นมีโครงสร้างของ V_2O_5 อย่างที่ต้องการ และเพื่อเป็นการยืนยันสเปกตรัมของ XANES เราจึงใช้สเปกตรัมของการวัดแบบ EXAFS เพื่อแสดงให้เห็นว่าลักษณะเฉพาะเชิงโครงสร้างโดยรอบของอะตอม V นั้นสรุปได้ว่าการแปรค่าอัตราส่วนของปริมาณก๊าซ O_2/Ar มีผลทำให้เกิดฟิล์มบาง V_2O_5 ที่มีโครงสร้างแบบออร์โธโรมบิก

การประยุกต์จึงนำไปใช้กับอุปกรณ์ที่เคลือบด้วยวัสดุที่มีสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นวัสดุที่นำไปใช้ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และวัสดุโลหะออกไซด์ที่มีสมบัติอิเล็กทรอนิกส์ก็เป็นอีกตัวหนึ่งที่น่าสนใจ โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอฟิล์มบางวานาเดียมเพนตออกไซด์ซึ่งเป็นสารประกอบที่หาง่าย ราคาไม่แพง และมีสมบัติการเป็นสารอิเล็กทรอนิกส์ ผลการทดลองที่ได้จาก

การวัดด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XAS) พบว่าเมื่อให้ความต่างศักย์แก่ฟิล์มบาง V_2O_5 ที่ +1.8 V และ -1.8 V ทำให้ฟิล์มมีเลขออกซิเดชันที่ V^{5+} (สถานะจางสี) และ V^{3+} และ V^{4+} (สถานะเปลี่ยนสี) ตามลำดับ สรุปได้ว่าการแทรกตัวของไอออนของ Na (NaCl) ในฟิล์มจึงทำให้เลขออกซิเดชันเปลี่ยนไป และเมื่อวัดประสิทธิภาพของสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เงื่อนไข $O_2/Ar = 3/20$ (ในหน่วย sccm) มีค่า $\Delta\%T$ มากที่สุดที่ 22.17%

และมีการศึกษาเพิ่มเติมกับฟิล์มบาง WO_3 ที่เตรียมโดยวิธีดีซีแมกนีตรอสปีดเตอร์ริง ซึ่งสามารถตัวอย่างได้ศึกษาจาก เครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) และยูวีวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-Vis) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างผลึก และคุณสมบัติทางแสง ตามลำดับ อีกทั้งยังนำเทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์มาใช้เพื่อดูโครงสร้างโดยรอบของอะตอม W ในฟิล์มบาง WO_3 ในสถานะจางสีและเปลี่ยนสี พบว่าการแทรกตัวของไอออนของโพแทสเซียม (K) ทำให้ระยะห่างระหว่างอะตอมของ W กับอะตอมข้างเคียงมีค่าเพิ่มขึ้น และจากสเปกตรัมของ XANES และ EXAFS ยืนยันว่ามีเกิดเลขออกซิเดชันที่ W^{5+} ในสถานะจางสีและที่สถานะนี้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างของตัว WO_3 เนื่องจากมีการแทรกตัวของไอออนของโพแทสเซียม



สาขาวิชาฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษา จิระพร ทงส์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผอ. -

PIYAPORN THANGDEE : A STUDY OF V_2O_5 AND WO_3 ELECTROCHROMIC THIN FILMS PREPARED BY RADIO FREQUENCY MAGNETRON SPUTTERING. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PRAPUN MANYUM, Ph.D. 153 PP.

Keyword: Sputtering, V_2O_5

In this work, RF reactive magnetron sputtering with a vanadium metal target produced vanadium oxide thin films. The influence of O_2/Ar flow rate on vanadium oxide thin films was studied by varying gas flow rate and fixed RF power at 200 W and sputtering duration to 80 minutes. SEM, AFM, X-Ray Diffractometer, and UV-Visible spectroscopy were used to analyze the surface morphology, crystal structure, and optical properties of V_2O_5 thin films. The effect of the O_2/Ar ratio on the local structure of vanadium oxide thin films was investigated using XAS at Synchrotron. The x-ray absorption near-edge structure (XANES) assessed the oxidation states of vanadium oxide thin films. It was found that the films made with O_2/Ar flow rate at 1/20 sccm included vanadium in V^{3+} , V^{4+} , and V^{5+} oxidation states, whereas the others contained mostly V^{5+} . The greater O_2/Ar flow rate may generate an increase in energy flux at the substrate and the intensity of the $1s \rightarrow 3d$ transition peak, resulting in a faster deposition rate. The gas flow rate might be modified to get the required V_2O_5 structure. The extended x-ray absorption fine structure (EXAFS) confirmed the XANES findings, demonstrating that the structural environment surrounding V atoms is in excellent accord with the V_2O_5 orthorhombic structure. Finally, XANES and EXAFS fitting findings showed that O_2 flow rate influenced the local structure of vanadium oxide thin films.

Electrochromic switching devices have a lot of attention since these thin films are promising materials for energy saving applications. The vanadium oxide technique is simple and affordable since only one layer of material is needed to color.

Electrochemical XAS measurements revealed that electrodeposition of V_2O_5 thin films at 1.8 V produced films with varied local electronic structures and gas flow rates. V_2O_5 thin films have oxidation states ranging from V^{5+} (bleached) through V^{3+} and V^{4+} (colored). This work employed XAS to assess the effects of Na insertion/extraction on vanadium oxidation states. Injection of sodium causes color shift. With $O_2/Ar = 3/20$ (in sccm unit), the electrochromic device with V_2O_5 thin film coating showed a better optical contrast ($\Delta \%T$, good electrochromic properties) of 22.17%. So, the electrochromic device works nicely at $O_2/Ar = 3/20$ (sccm) (compared with other conditions).

WO_3 thin films produced by DC reactive magnetron sputtering were also used in the collaborative samples. X-Ray Diffractometer (XRD) and UV-visible spectroscopy (UV-Vis) were used to analyze the crystal structure and optical characteristics of WO_3 thin films, respectively. X-ray absorption spectroscopy was used to investigate the local structure surrounding tungsten ions in clear and colored WO_3 thin films. The potassium insertion/extraction of the development of small-radius under thin-film coloring is confirmed by the examination of the XANES and EXAFS components of the experimental spectra. With the creation of W^{5+} ions, this process is followed by a substantial lattice deformation surrounding the tungsten ions with trapped electrons, as well as a rearrangement of their electronic structure.

School of Physics
Academic Year 2021

Student's Signature Stens meel
Advisor's Signature P. Mayun