# การพัฒนาฟิล์มบางทังสเตนออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียมสำหรับประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจวัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมลำไยอบแห้ง

# The Development of Niobium Doped Tungsten Oxide Thin Film for Application in Sulfer Dioxide Gas Sensor with Dried Longan Industry

**วิรันธชา เครือฟู [1] และภูสิต ปุกมณี [2]**

**Viruntachar Kruefu [1] and Pusit Pookmanee [2]**

[1]สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

---

## บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้ทำการเตรียมอนุภาคนาโนทังสเตนออกไซด์บริสุทธิ์ และอนุภาคนาโนทังสเตนออกไซด์ ที่เจือด้วยไนโอเบียม ที่เตรียมด้วยวิธีไฮโดรเทอร์มอล เพื่อนำไปประยุกต์เป็นตัวตรวจจับแก๊ส โดยการเจือไนโอเบียมที่ความเข้มข้น 0.25, 0.50 และ 1.00 wt.% โดยทังสเตนออกไซด์ ถูกเตรียม ด้วยเทคนิคไฮโดรเทอร์มอล ที่ใช้สารละลายตั้งต้นโซเดียมทังสเตน และโซเดียมคลอไรด์ เตรียมฟิล์มเซ็นเซอร์โดยวิธีการหมุนเหวี่ยงสารบนอลูมินาซับสเตรท ที่ทำขั้วไฟฟ้าด้วยทอง หาลักษณะเฉพาะด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พื้นที่ผิวการดูดซับแก๊สไนโตรเจน การวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ เทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน และศึกษาผลของการเจือด้วยไนโอเบียมที่มีต่อความสามารถในการตรวจจับต่อแก๊สซันเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ไอของเอทานอล แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สแอมโมเนีย ที่อุณหภูมิการทำงานของตัวตรวจจับแก๊ส 250–350°C ในสภาวะอากาศปกติ จากการทดลองพบว่าผลของการค่าการสอบสนองต่อแก๊สต่างๆ ขึ้นกับความเข้มข้นของไนโอเบียมที่เจือลงไป การตอบสนองต่อแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไอของเอทานอล มีการตอบสนองได้ดีที่ความเข้มข้นของไนโอเบียม 0.25 wt.% ในขณะที่ การตอบสนองต่อแก๊สไฮโดรเจน และแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ มีการตอบสนองได้ดีที่ความเข้มข้นของไนโอเบียม 0.50 wt.% และแก๊สแอมโมเนีย มีการตอบสนองได้ดีที่ความเข้มของไนโอเบียม 1.00 wt.% ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการเจือไนโอเบียมสามารถมาประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจจับแก๊สได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ทังสเตนออกไซด์ ไนโอเบียม ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เซ็นเซอร์แก๊ส ไฮโดรเทอร์มอล เฟลมสเปรย์ไพโร-ลิซีส

## ABSTRACT

In this work, the effect of Niobium (Nb) loading on the gas sensing performances of $WO_3$ nanostructures prepared by hydrothermal synthesis is studied. Unloaded $WO_3$ and 0.25-1.00 wt% Nb-loaded $WO_3$ nanostructures were synthesized by hydrothermal synthesis using sodium tungsten dihydrate and sodium chloride as precursors under an acidic condition. Unloaded $WO_3$ and Nb-loaded $WO_3$ nanostructures were characterized by Brunauer-Emmett-Teller (BET analysis), X-ray diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) and Transmission Electron Microscopy (TEM). Nb-loaded $WO_3$ nanostructures were deposited on $Al_2O_3$ substrate interdigitated with Au electrodes by spin-coating technique. Next, the $WO_3$-based gas sensors were characterized for gas-sensing towards $H_2S$, $NO_2$, $C_2H_5OH$, $H_2$ and $NH_3$ at operating temperature ranging from 250-350°C. The results showed that the effects of Nb loading on responses towards different gases depend considerably on the loading concentration. The response to $H_2S$ and $C_2H_5OH$, are responding well to the intensity of Nb concentration of 0.25 wt.% while the response to $H_2$ and $NO_2$, are responding well to the intensity of Nb concentration of 0.50 wt.% and $NH_3$, are responding well to the intensity of Nb concentration of 1.00 wt.% Therefore, Nb loading concentration can be used to effectively tailor the gas-sensing performance of hydrothermally prepared $WO_3$-based gas sensors.

Hexagonal $WO_3$ and Nb-loaded $WO_3$ (Nb/$WO_3$) nanorods were successfully synthesized by a simple hydrothermal process using sodium tungstate dihydrate ($Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$) and sodium chloride (NaCl) as initial precursors and further by the impregnation method using niobium (V) ethoxide. Phase, morphologies and particles size of the products were characterized by X-ray diffraction (XRD), High-resolution transmission electron microscopy (HRTEM) and Brunauer-Emmett-Teller (BET analysis). $WO_3$ and Nb/$WO_3$ films have been produced using spin-coating technique. The films were subsequently annealed at 450°C for 3 h in air. The response of $WO_3$ and Nb/$WO_3$ sensors towards 20–500 ppm of $SO_2$ in air was tested at the operating temperature ranging from 200-350°C. It was found that 0.50 wt%Nb/$WO_3$ sensing film showed higher response at 500 ppm $SO_2$ (250°C) than unloaded sample. Therefore, Nb loading concentration can be used to effectively tailor the gas-sensing performance of hydrothermally prepared $WO_3$-based $SO_2$ gas sensors.

Key words: $WO_3$, niobium, sulfur dioxide, gas sensor, hydrothermal