

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประดิษฐ์ฟิล์มคอมโพสิตของกราฟีนและดีบุกออกไซด์ที่
เจือด้วยอินเดียมเพื่อใช้เป็นตัวรับรู้แก๊ส

ผู้เขียน

นางสาว ขนิษฐา อินยาลิเศ

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชัยกานต์ เลี้ยวหิรัญ

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้อุณหภูมิของนาโนทิวไดออกไซด์ที่เจือด้วยอินเดียมร้อยละ 0.2–1 โดยน้ำหนัก และ
โหลดด้วยกราฟีนที่เตรียมโดยวิธีการลอกผิวด้วยไฟฟ้าเคมีร้อยละ 0.1–5 โดยน้ำหนัก มีการตรวจสอบ
อย่างเป็นระบบสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ตรวจวัดไอเอทานอลฟิล์มตอบสนอง (หนาประมาณ 10
ถึง 30 ไมโครเมตร) ถูกจัดเตรียมโดยใช้เทคนิคการเคลือบแบบหมุนเหวี่ยงกระจายบนแผ่น
รองรับอะลูมินาฟิล์มฟอสฟอไรซ์ด้วยทองและถูกทดสอบประสิทธิภาพการตอบสนองต่อไอเอทา
นอล ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และมีเทนที่อุณหภูมิในการทดสอบตั้งแต่ 150 ถึง 350 องศาเซลเซียสภายใต้
สภาวะอากาศปราศจากความชื้นทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะโดยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์
สเปกโทรสโกปีของอนุภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ
ส่องกราด กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านและการกระเจิงแบบรามาน ผลการทดลองแสดง
ให้เห็นว่าโครงสร้างนาโนทิวไดออกไซด์ที่เจือด้วยอินเดียมมีโครงสร้างพื้นฐานวิทยาแบบทรงกลม มี
ความเป็นพหุผลึก พบเฟสเตตระโกนอลและอินเดียมซึ่งถูกยืนยันในรูปแบบของสารละลายของแข็ง
ภายในโครงผลึกนาโนทิวไดออกไซด์ ในขณะที่ฟิล์มตอบสนองที่มีการโหลดด้วยกราฟีนหลังจากผ่านการ
อบอ่อนเพื่อเผาไล่สารยึดเหนี่ยวและหลังการทดสอบแก๊ส พบว่ายังคงมีโครงสร้างหลายชั้นที่มี
คุณภาพสูง มีปริมาณออกซิเจนต่ำ การตรวจวัดไอเอทานอลแสดงให้เห็นว่า ฟิล์มตอบสนองนาโน
ทิวไดออกไซด์ที่มีการเจือด้วยอินเดียมในปริมาณที่เหมาะสมที่สุดคือร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก แสดงการ
ตอบสนองดีที่สุดคือ 110 และระยะเวลาการตอบสนองที่สั้น คือ 2 วินาทีสำหรับความเข้มข้น 1,000
หน่วยในหนึ่งล้านส่วนของไอเอทานอลที่อุณหภูมิในการทำงานที่ดีที่สุดคือ 300 องศาเซลเซียส การ
โหลดกราฟีนร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ลงในนาโนทิวไดออกไซด์ที่เจือด้วยอินเดียมร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก

นำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการตอบสนองที่สูงมากคือ 965 ด้วยเวลาตอบสนองที่เร็วขึ้นคือ 1.8 วินาที อีกทั้งยังรักษาความเสถียรภาพของการคืนตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิในการทำงานสูงสุดคือ 350 องศาเซลเซียสในส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ได้ออกไซด์ที่เจือด้วยอินเดียมในปริมาณร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก มีค่าการตอบสนองดีที่สุดประมาณ 92 ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส การโหลดกราฟีนร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ลงในทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยอินเดียมร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก มีค่าการตอบสนองคือ 87.39 ด้วยเวลาตอบสนองที่เร็วขึ้นคือ 1.84 วินาที ที่อุณหภูมิในการทำงาน 300 องศาเซลเซียส ส่วนแก๊สมีเทนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยอินเดียมในปริมาณร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก มีค่าการตอบสนอง 30.58 ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส มีเวลาการตอบสนองประมาณ 40 วินาที เวลาในการคืนกลับสู่สภาพเดิมค่อนข้างนานประมาณ 7 นาทีการโหลดกราฟีนในปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก มีค่าความไวในการตอบสนอง 46.47 ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส มีเวลาในการตอบสนอง 12 วินาที และมีเวลาการคืนตัวประมาณ 12–60 วินาทีมากกว่านั้นประสิทธิภาพการตรวจวัดแก๊สของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยอินเดียมโหลดด้วยกราฟีนอาจจะเกิดจากพื้นที่ผิวจำเพาะที่สูงขึ้นเมื่อมีการโหลดด้วยกราฟีน ความหนาแน่นของตำแหน่งอันตรกิริยามีความเป็นรูพรุนสูง ส่งผลให้โครงสร้างอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์กับกราฟีนไม่เกาะกันเป็นกลุ่มก้อนซึ่งแสดงค่าการนำไฟฟ้าที่สูงขึ้นของกราฟีนส่งผลโดยตรงต่อค่าการตอบสนองแก๊สและการคืนตัวสภาพเดิมของเซนเซอร์อย่างรวดเร็ว ดังนั้น เซนเซอร์ฐานของทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยอินเดียมและโหลดด้วยกราฟีนเป็นตัวเลือกที่มีแนวโน้มใช้สำหรับการตรวจจับแก๊สได้อย่างรวดเร็ว มีความไวและการคัดสรรจำเพาะต่อการตรวจจับไอเอทานอลได้เร็วเป็นพิเศษ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title	Fabrication of Graphene/In-doped SnO ₂ Composite Films for Use as Gas Sensors
Author	Ms. Kanittha Inyawilert
Degree	Master of Science (Materials Science)
Advisor	Asst. Prof. Dr. Chaikarn Liewhiran

ABSTRACT

In this research, flame-made SnO₂ nanoparticles doped with 0.2–1 wt% indium and loaded with 0.1–5 wt% electrolytically-exfoliated graphene are systematically investigated for ethanol, hydrogen sulfide and methane sensing applications. The sensing films (~10–30 μm in thickness) were prepared by spin coating technique on Au/Al₂O₃ substrates and evaluated for ethanol, hydrogen sulfide and methane sensing performances at operating temperatures ranging from 150 to 350°C in dry air. Characterizations by XRD, XPS, SEM, TEM and Raman spectroscopy demonstrated that In-doped SnO₂ nanostructures had spheroid morphology with polycrystalline tetragonal SnO₂ phase and indium was confirmed to form solid solution with SnO₂ lattice while graphene in the sensing film after annealing and testing still retained high-quality multilayer structure with low oxygen content. Gas-sensing measurement showed that SnO₂ sensing film with 0.5 wt% In-doping concentration exhibited an optimal response of 110 and short response time of 2 s towards 1,000 ppm C₂H₅OH at an optimal operating temperature of 300°C. The additional loading of graphene at 5 wt% into 0.5 wt% In-doped SnO₂ led to a drastic response enhancement to 965 with very short response time of 1.8 s and fast recovery stabilization at optimal operating temperature of 350°C. Hydrogen sulfide, SnO₂ sensing film with 0.2 wt% In exhibited response of 92 at temperature 200°C. The additional loading of graphene at 0.1 wt% into 0.2 wt% In-doped SnO₂ has response to 87.39 with very short response time of 1.84 s and fast recovery stabilization

at optimal operating temperature of 300°C. Methane gas, SnO₂ sensing film with 0.2 wt% In-doping concentration exhibited response of 30.58 at temperature 350°C has response time of 40 s and long recovery stabilization of 7 min. The additional loading of graphene at 2 wt% has response to 46.47 at optimal operating temperature of 350°C. with response time of 12s and recovery time to 12–60 s. The superior gas sensing performances of In-doped SnO₂ nanoparticles loaded with graphene may be attributed to large specific surface area of graphene, high density of reactive sites of highly porous non-agglomerated graphene-SnO₂ nanoparticle structure and high electronic conductivity of graphene, which allowed fast gas response and recovery. Therefore, the graphene loaded In-doped SnO₂ sensor is a promising candidate for fast, sensitive and selective detection of ethanol.