บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทำวิจัยเรื่องอิทธิพลของโครงสร้างสัณฐานวิทยา นาโนทินไดออกไซด์ที่มีต่อคุณสมบัติการตอบสนองของแก๊สสภาวะแวดล้อมนั้น จากการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการศึกษาวิธีการสังเคราะห์ลวดนาโนทินออกไซด์ด้วยวิธีเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าและการศึกษากระบวนการ การสังเคราะห์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซีส

การสังเคราะห์เส้นใยนาโนโดยวิธีใช้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้านั้นเป็นเทคนิคที่สังเคราะห์เส้นใยยาวและมีผิวเรียบแต่มีขนาดที่แตกต่างกัน โดยเงื่อนไขที่กำหนดลักษณะของเส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ได้นั้น คือส่วนผสมของแท่งสาร อีกทั้งยังมีตัวแปรสำคัญในระหว่างการสังเคราะห์นั่นคือ ความต่างศักย์ ค่ากระแสไฟฟ้า และเวลา เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์คืออัตราส่วนของผงทินไดออกไซด์ต่อปริมาณผงแกร์ไฟต์ (SnO_2 :C)โดยอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 30 : 70 (หรือ 0.9 : 2.1 กรัม)อบที่ 250 °C นาน 3 ชั่วโมงเนื่องจากมีปริมาณเส้นใยฟูเกิดมากที่สุดและมีระยะเวลาการอบที่น้อยที่สุดเพื่อลดการเสียพลังงานในการอบไล่ความชื้นในแท่งแกร์ไฟต์ และพบว่าการเติบโตของลวดนาโนทินไดออกไซด์มีลักษณะเป็นเส้นใยฟู ตกสะสมบริเวณพื้นผิวของแท่งแกรไฟต์ ซึ่งแยกออกจากแกนกลางภายในอย่างเห็นได้ชัด

ส่วนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซีสนั้นเริ่มจากการก่อตัวเป็นอนุภาค จะเริ่มจากการสังเคราะห์วัสดุหลักก่อนเพื่อให้เกิดการเป็นโลหะออกไซด์ที่สมบูรณ์ ในการสังเกตลักษณะเปลวไฟที่เกิดขึ้น พบว่า เมื่อทำการฉีดสารละลายตั้งต้น ภายใต้การเผาไหม้ความร้อนสูง เปลวไฟมีลักษณะที่ค่อนข้างเสถียร และสีที่สังเกตได้คือสีส้ม ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์ ความสูงของเปลวไฟที่วัดได้มีค่าเป็น 10-12 เซนติเมตร โดยมีเงื่อนไขที่ใช้ในการสังเคราะห์คือ 5/5 (อัตราเร็วในการฉีดสารละลายตั้งต้นเข้าไปในระบบ (liquid precursor feed rate) หน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อนาที/อัตราเร็วในการพาแก๊ส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกซิเจนซึ่งใช้ในการกระจายสารละลายตัวอย่าง(oxygen dispersion feed rate) หน่วยเป็นลิตรต่อนาที)

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของลวดนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูง,อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ด้วยเทคนิคเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิสและอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657

เมื่อนำลวดนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูง, อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ด้วยเทคนิคเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิสและอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 ไปศึกษาโครงสร้างทางเคมีจากการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จะพบพบว่าตรงกับ JCPDS file NO. 41-1445 จากนั้นนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคของเส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ได้ด้วย SEM พบว่า ลักษณะของสัณฐานวิทยาของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ด้วยเทคนิคเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิส อนุภาคนาโนที่ได้มีลักษณะเป็นทรงกลม อยู่ชิดติดกันโดยมีขนาดอนุภาคสม่ำเสมอ ส่วนอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 นั้นก็มีลักษณะคล้ายกันแต่จะมีขนาดเม็ดอนุภาคใหญ่กว่า และอยู่แบบเกาะกลุ่มกันหนาแน่นมากกว่า สำหรับเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูงนั้น มีลักษณะเป็นเส้นตรงยาว ผิวเรียบ และ มีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง จากนั้นนำสารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดไปวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์(EDS)พบว่า สารทั้ง 3 ชนิดนั้นมีองค์ประกอบของธาตุออกซิเจนกับดีบุกหรือทินเหมือนกัน แต่มีปริมาณของธาตุในสารนั้นๆแตกต่างกัน แล้วนำไปศึกษาด้วยเครื่องสเปกโตรสโคปีของอิเล็กตรอนที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์ ธาตุแต่ละธาตุมีลักษณะเฉพาะของพลังงานยึดเหนี่ยวที่เกี่ยวข้องกับแต่ละออร์บิทัลแกนของอะตอม ดังนั้นจะพบว่า ในสารทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ทั้ง 3วิธีนั้นประกอบด้วยธาตุชนิดเดียวกันคือ ธาตุดีบุกหรือทินและ ออกซิเจน ที่อยู่ในเลขออกซิเดชัน Sn^{4+}, O^{2-} เหมือนกันแต่มีค่าความเข้มของพีกหรือพลังงานยึดเหนี่ยวที่แตกต่างกัน

จากนั้นศึกษาสัณฐานวิทยาแบบละเอียดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านเพื่อศึกษาลักษณะภายในและลักษณะการจัดเรียงตัวกันของระนาบ พบว่าอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ด้วยเทคนิคเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิส อนุภาคนาโนที่ได้มีลักษณะเป็นทรงกลม อนุภาคนาโนค่อนข้างเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน แต่อนุภาคนาโนค่อนข้างเล็ก มีขนาดสม่ำเสมอ ขนาดอนุภาคนาโนอยู่ในช่วง 5-20 นาโนเมตร และมีลักษณะการจัดเรียงตัวกันในระนาบ (110), (101), (111), (211), (301) ตามลำดับ เส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยการให้ความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูง พบว่าลักษณะของเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรงยาว ผิวเรียบ และมีลักษณะการจัดเรียงตัวกันเป็นแบบผลึกเดี่ยว ในระนาบ (111) , (112) , (200), (321), (330) , (402) , (421) เป็นต้น ขนาดของเส้นใยสามารถเห็นได้อย่างชัดเจน รูปร่างของเส้นใยเป็นลักษณะของโครงสร้างเตตระโกนอลที่ชัดเจน ขนาดของเส้นใยที่สังเคราะห์ได้ค่อนข้างเล็กโดยมีขนาดอยู่ในช่วง 25-100 นาโนเมตร และมีความยาวตั้งแต่ 10-100 μm ถือว่าเป็นขนาดที่แท้จริงของเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 ไปศึกษาพบว่าอนุภาคนาโนที่ได้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ประมาณ 60 นาโนเมตร และเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน ไม่กระจายตัว มีลักษณะการจัดเรียงตัวกันในระนาบ (110), (101), (211), (200), (221) เป็นต้น จากนั้นได้ศึกษาขนาดและรูปร่างของสารทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์แตกต่างกันทั้ง 3 วิธีด้วยกล้องจุลทรรศนแรงอะตอม นำอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิส, เส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูงและอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 ไปหาค่าความขรุขระของพื้นผิวโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 116.17 , 298.01, 161.21 นาโนเมตร ตามลำดับ

นอกจากนั้นยังได้ศึกษาสมบัติเชิงแสงของสารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดโดยเครื่องมือชนิดรามาน สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่า องค์ประกอบเอกลักษณ์เฉพาะทางเคมีของเฟสทินไดออกไซด์ถูกยืนยันอย่างชัดเจนโดยค่าความเข้มของพีกซึ่งสอดคล้องกับลำดับการกระเจิงของรามาน และศึกษาสมบัติทางแสงของสารทินไดออกไซด์โดยอาศัยหลักการการดูดกลืนของแสงที่อยู่ในช่วง UV และ Visible light ด้วยเครื่อง UV-Visible spectroscopy พบว่าสารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดมีค่าความยาวคลื่นและพลังงานในการดูดกลืนรังสี ที่ต่างกัน โดยอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 มีค่าพลังงานสูงที่สุดจึงมีสมบัติเชิงแสงดีที่สุด

สุดท้าย ผลจากการศึกษาพื้นที่ผิวจำเพาะของลวดนาโนถูกวัดค่าโดยการดูดซับของแก๊สไนโตรเจน (การวิเคราะห์ บีอีที) สามารถคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิสสารซึ่งมีค่า 141.6 m^2/g ส่วนผลการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้โดยการตกสะสมแบบให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูง มีค่าเท่ากับ 66.8 m^2/g และผลการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 มีค่าเท่ากับ 32.58 m^2/g ตามลำดับ แต่ที่สำคัญสารตัวอย่างที่เตรียมได้ในครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นี้จะนำไปทำการศึกษาและนำไป ประยุกต์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้เป็นตัวตรวจวัดแก๊สต่อไป ซึ่งกำลังเป็นที่สนใจมากในปัจจุบัน

5.1.3 สรุปคุณสมบัติการตอบสนองต่อแก๊สสภาวะแวดล้อมแต่ละประเภท

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้มุ่งเน้นถึงการทดสอบคุณสมบัติการตอบสนองของเซนเซอร์ต่อแก๊สสภาวะแวดล้อม โดยได้ทำการเตรียมเซนเซอร์ภายหลังจากการวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะของสารตัวอย่างทั้งสามชนิด วัสดุที่เตรียมได้ถูกใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการเตรียมเซนเซอร์เพื่อใช้ในการตรวจวัดแก๊ส ก่อนการทดสอบได้เตรียมเซนเซอร์โดยวิธีสปินโคตรติง โดยใช้สารตัวอย่างในแต่ละชนิดไปผสมกับสารผสมสารยึดเหนี่ยวชนิดเอทิลเซลลูโลสและตัวทำละลายชนิดแอลฟาเทอร์ไพนีออลในปริมาณที่พอเหมาะ ทำการผสมสารดังกล่าวเป็นเวลา 30 นาทีต่อหนึ่งตัวอย่าง จะได้สารผสมลักษณะหนืดเพื่อง่ายต่อการขึ้นรูปฟิลม์ตอบสนองบนซับสเตรทชนิดอะลูมินาถกฉาบด้วยอิเล็กโทรดชนิดทอง โดยวิธีสปินโคตรติง จากนั้นนำไปเผาเพื่อกำจัดสารยึดเหนี่ยว หลังจากเตรียมเซนเซอร์แล้วได้นำเซนเซอร์ไปทดสอบสภาวะการตอบสนองต่อแก๊สสภาวะแวดล้อมทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์(50-2000 ppm), ไนโตรเจนไดออกไซด์(0.1-3 ppm), ไฮโดรเจนซัลไฟด์(0.2-10 ppm), ไฮโดรเจน(0.1-3 vol%), เอทานอล(50-2000 ppm) ภายใต้สภาวะอากาศที่อุณหภูมิ 150-350 องศาเซลเซียส โดยได้ทำการเปรียบเทียบเซนเซอร์ของเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้โดยการตกสะสมแบบให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูง(แทนด้วยสัญลักษณ์ S2)กับ เซนเซอร์ของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิส (แทนด้วยสัญลักษณ์ S1)และเซนเซอร์ของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 (แทนด้วยสัญลักษณ์ S3) โดยเปรียบเทียบเพื่อศึกษาดูการแตกต่างทางขนาดและรูปร่างของทินไดออกไซด์ จากการทดสอบพบว่า การทดสอบการตอบสนองของเซนเซอร์ทินไดออกไซด์ต่อแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่อุณหภูมิทดสอบ 150 ถึง350 องศาเซลเซียส ในช่วงความเข้มข้น 50-2000 ppm นั้น เซนเซอร์ของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ ที่สังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิสมีการตอบสนองดีที่สุดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส, การทดสอบการตอบสนองของเซนเซอร์ทินไดออกไซด์ต่อแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิทดสอบ 150 ถึง350 องศาเซลเซียส ในช่วงความเข้มข้น 0.1-3 ppm นั้น เซนเซอร์ของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 มีการตอบสนองดีที่สุดที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส, การทดสอบการตอบสนองของเซนเซอร์ทินไดออกไซด์ต่อแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่อุณหภูมิทดสอบ 150 ถึง350 องศาเซลเซียส ในช่วงความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เข้มข้น 0.2-10 ppm นั้น เซนเซอร์ของเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้โดยการตกสะสมแบบให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูง มีการตอบสนองดีที่สุดที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส , การทดสอบการตอบสนองของเซนเซอร์ทินไดออกไซด์ต่อแก๊สไฮโดรเจนที่อุณหภูมิทดสอบ 150 ถึง350 องศาเซลเซียส ในช่วงความเข้มข้น 0.1-3 vol% นั้น เซนเซอร์ของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 มีการตอบสนองดีที่สุดที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส และในการทดสอบการตอบสนองของเซนเซอร์ทินไดออกไซด์ต่อแก๊สเอทานอลที่อุณหภูมิทดสอบ 150 ถึง350 องศาเซลเซียส ในช่วงความเข้มข้น 50-2000 ppm นั้น เซนเซอร์ของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 มีการตอบสนองดีที่สุดที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ดังนั้น การศึกษาในส่วนของประสิทธิภาพของเซนเซอร์ต่อการตอบสนองต่อแก๊สสภาวะแวดล้อมนั้นความเหมาะสมต่อการนำไปตรวจจับหรือการประยุกต์ใช้ อาจขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของสารที่จะนำไปเตรียมเซนเซอร์ การวิจัยในส่วนนี้จึงมีประโยชน์อย่างมากในการคัดสรรจำเพาะเซนเซอร์ เพื่อใช้ในการตรวจจับเฉพาะแก๊สได้เป็นอย่างดี และมีประสิทธิภาพสูงในการประยุกต์ในระบบอุตสาหกรรมต่อไป

5.14 ผลการเปรียบเทียบการแตกต่างทางขนาดและรูปร่างของทินไดออกไซด์ที่มีผลต่อการตอบสนองของเซนเซอร์สภาวะแวดล้อมทั้ง 5 ชนิด

จากการศึกษาการเปรียบเทียบของเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้โดยการตกสะสมแบบให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูงกับ อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์พบว่าที่สังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิส และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 ทำให้ทราบว่า นอกจากอุณหภูมิแล้ว ขนาดและรูปร่างของสารก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตอบสนองของเซนเซอร์ โครงสร้างสัณฐานระดับนาโน มีบทบาทสำคัญในการตอบสนองของแก๊ส โครงสร้างของสารที่มีขนาดเล็กจะมีความสามารถในการถ่ายเทพลังงานระหว่างอิเล็กตรอนได้สูง จึงส่งผลให้การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้รูปแบบของการตอบสนองทางความต้านทานไฟฟ้าในช่วงดูดซับแก๊สแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างสัณฐาน รวมทั้งขนาดด้วย เนื่องจากโครงสร้างขนาดนาโนนั้นมีโครงสร้างที่มีพื้นที่ผิวที่มีความจำเพาะสูง หรือมีพื้นผิวที่ทำปฏิกิริยากับหมู่ฟังก์ชันต่างๆ ได้เป็นอย่างดี โดยมากจึงถูกสังเคราะห์ขึ้นมา เพื่อนำมาใช้ในการผลิตและสร้างอุปกรณ์ระดับนาโนทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ด้วยคุณสมบัติพิเศษทางด้านการนำไฟฟ้า และคุณสมบัติเชิงกลที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เด่นชัด จากการทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องนี้ทำให้ทราบได้ว่า เพราะเหตุใดการนำไฟฟ้าของเส้นลวดนาโน ขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของอะตอมที่บริเวณพื้นผิวของเส้นลวดการตอบสนองต่อแก๊สสภาวะแวดล้อมของเซนเซอร์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิส, เซนเซอร์ของเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้โดยการตกสะสมแบบให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูง และเซนเซอร์ของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 นั้นจึงมีผลการตอบสนองที่แตกต่างกันทั้งอุณหภูมิและ ชนิดของแก๊สทดสอบที่ต่างกัน เนื่องจากขนาดและรูปร่างสารตัวอย่าง อยู่ในระดับโครงสร้างนาโนซึ่งมีลักษณะเด่นในเรื่องของพื้นที่ผิว การศึกษาพื้นที่ผิวจำเพาะของลวดนาโนถูกวัดค่าโดยการดูดซับของแก๊สไนโตรเจน (การวิเคราะห์ บีอีที) สามารถคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิสสารซึ่งมีค่า 141.6 m^2/g ส่วนผลการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้โดยการตกสะสมแบบให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูง มีค่าเท่ากับ 66.8 m^2/g และผลการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 มีค่าเท่ากับ 32.58 m^2/g ตามลำดับ ทำให้อนุภาคนาโนมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง แต่ในขณะเดียวกันอนุภาคที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงก็จะมีพื้นที่ผิวในการสัมผัสสูงตามไปด้วย นั้นอนุภาคนาโนจึงเกิดการเกาะกลุ่มกันเกิดขึ้น แล้วถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะทำให้บริเวณที่มีการสัมผัสกันของอนุภาค เกิดการหลอมรวมกันมากยิ่งขึ้นจนทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นตามมา ทำให้บริเวณพื้นผิวที่ใช้ในการดูดซับแก๊สมีพื้นที่ลดลง จึงดูดซับแก๊สได้ไม่ดีเท่าที่ควร แต่ในกรณีของโครงสร้างของเส้นใยนาโนนั้นมีจุดที่สัมผัสกันน้อยกว่าโครงสร้างที่เป็นแบบอนุภาค จึงทำให้เกิดการหลอมรวมกันได้ยาก ส่งผลให้มีการดูดซับแก๊สได้ดีกว่า และเส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกนั้นจะมีความยาวที่ยาวมากกว่าทรงกลม ซึ่งเป็นลักษณะของอนุภาค ด้วยขนาดเล็กระดับนาโนเมตรและมีรูปร่างโครงสร้างใน 1 มิติของเส้นลวดนี้ ทำให้โครงสร้างนาโนนี้เกิดปรากฏการณ์ทางควอนตัมกับความยาวของเส้นลวดโน เพราะว่าทำให้อิเล็กตรอนสามารถที่จะเคลื่อนที่ไปได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น เส้นลวดนาโนสามารถแสดงคุณสมบัติพิเศษเฉพาะทางไฟฟ้าได้ เนื่องด้วยขนาดที่เล็กมากของมันเอง และคุณลักษณะ นาโน ถ้าเส้นลวด นาโนยิ่งมีขนาดที่เล็กลงไปเท่าไหร่ จำนวนอะตอมที่จัดเรียงตัวอยู่ที่บริเวณพื้นผิวก็จะยิ่งมีจำนวนมากยิ่งขึ้น เมื่อเทียบกับจำนวนอะตอมที่อยู่ภายในเส้นลวดนาโน ก็จะยิ่งทำให้เส้นลวดนาโนสามารถที่จะนำไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นจึงมีการนำเส้นลวดนาโนมาใช้ในการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้าต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1.5 ผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของเซนเซอร์ภายหลังการทดสอบ

โครงสร้างภายหลังการทดสอบเซนเซอร์นั้นสามารถวิเคราะห์หาองค์ประกอบของเซนเซอร์โดยอาศัยการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ส่วนการศึกษาความหนาของฟิลม์สามารถศึกษาได้ด้วยกล้องจุลทรรศนอิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยการภาพถ่ายภาคตัดขวางของเซนเซอร์เส้นใยนาโนทินไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้โดยการตกสะสมแบบให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูงกับเซนเซอร์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์พบว่าที่สังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิส และเซนเซอร์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่มีการจำหน่ายทางการค้าของบริษัท Aldrich หมายเลข 549657 ภายหลังการทดสอบการตอบสนองต่อแก๊สพบว่า มีโครงสร้างอนุภาคและเส้นใยทินไดออกไซด์แน่นตัวระดับไมโครเมตร บนซับสเตรทชนิดอะลูมินาที่ทำการพิมพ์ลายตัวนำไฟฟ้าชนิดทอง อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงความหนาของฟิล์มที่เตรียมได้ สามารถวิเคราะห์ความหนาของฟิลม์ได้ประมาณ 3 ไมโครเมตร ซึ่งมีลักษณะที่ค่อนข้างแน่นตัวและมีรูพรุน และยังได้วิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุทั้งหมดในการเตรียมเซนเซอร์โดยการกระจายตัวของรังสีชนิดแบบเส้น ทั้งธาตุที่เป็นองค์ประกอบของซับสเตรทที่ใช้ และองค์ประกอบของเซนเซอร์โดยอาศัยการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่าธาตุของเซนเซอร์นาโนทินไดออกไซด์ทั้งสามชนิดประกอบไปด้วยอะลูมินา (Al_2O_3) ที่มีโครงสร้างแบบรอมโบฮีดรอล, ทอง (Au) มีโครงสร้างเป็นคิวบิกแบบ FCC และรูปแบบการเลี้ยวเบนแสดงถึงทินไดออกไซด์(SnO_2) ที่มีโครงสร้างเป็นรูไทล์ ซึ่งสามารถยืนยันได้จากการเปรียบเทียบกับเส้นสเปกตรัมมาตรฐานใน JCPDS หมายเลข 46-1212, 04-0784 และ 41-1445 ตามลำดับ จึงสามารถยืนยันได้ว่ามีฟิล์มทินไดออกไซด์(SnO_2) เคลือบบนซับสเตรทอยู่จริง ธาตุของทินไดออกไซด์ได้ โดยเซนเซอร์ทั้ง 3 มีองค์ประกอบของธาตุที่พบเหมือนกัน คือ คาร์บอน, อะลูมิเนียม, ดีบุกหรือทิน, ออกซิเจนและทอง ในปริมาณที่ต่างกันในแต่ละเซนเซอร์

5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาการสังเคราะห์เส้นใยนาโนเทคนิคการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าให้ปริมาณการสังเคราะห์ต่อครั้งที่เพิ่มขึ้นเป็นสิ่งที่ควรศึกษาและพัฒนาต่อโดยการขยายขนาดของระบบ เช่น DC POWER SUPPLY ที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ได้สูงขึ้น เพื่อที่จะได้มีช่วงของกำลังไฟฟ้าที่กว้าง ซึ่งเมื่อแท่งสารตัวอย่างมีค่าความต้านทานต่ำ จะต้องใช้กระแสไฟฟ้าสูงในการสังเคราะห์เส้นใยนาโน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved