

บทที่ 5

สรุปผล และ ข้อเสนอแนะ

จากการสังเคราะห์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์ และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยแมงกานีสในปริมาณ 0.1-1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยโมลิบดีนัมในปริมาณ 0.1-2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อนำไปทำเป็นฟิล์มหนาด้วยกระบวนการเคลือบแบบหมุนเหวี่ยงกระจาย จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และนำไปตรวจวัดแก๊สสถานะแวดล้อมต่างๆ อาทิเช่น อะซีโตน เอทานอล แอมโมเนีย ไฮโดรเจน และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น โดยการทดลองนี้ได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของฟิล์มหนาอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์ และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยแมงกานีสในปริมาณ 0.1-1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยโมลิบดีนัมในปริมาณ 0.1-2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยใช้เครื่องสเปกโตรสโกปีของอนุภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์, และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด, พร้อมทั้งเทคนิคการกระจายตัวของรังสีเอกซ์, วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์ และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยแมงกานีสในปริมาณ 0.1-1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยโมลิบดีนัมในปริมาณ 0.1-2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้เครื่องสเปกโตรสโกปีของอนุภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์, เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสี, การวัดพื้นที่ผิว และ ขนาดอนุภาคนาโนโดยวิธีบีอีที, กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด, พร้อมทั้งเทคนิคการกระจายตัวของรังสีเอกซ์ และการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน และผลจากการนำฟิล์มหนาอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์ และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยแมงกานีสในปริมาณ 0.1-1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยโมลิบดีนัมในปริมาณ 0.1-2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มาประยุกต์เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแก๊สสถานะแวดล้อมต่างๆ อาทิเช่น อะซีโตน เอทานอล แอมโมเนีย ไฮโดรเจน และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ภายใต้อุณหภูมิทดสอบระหว่าง 150-350 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นแก๊สต่างๆที่เหมาะสม ซึ่งทำการสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

5.1 การสังเคราะห์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์และที่เจือด้วยโลหะแทรนซิชัน แมงกานีสและโมลิบดีนัม

ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์และที่เจือด้วยโลหะแทรนซิชันแมงกานีสและโมลิบดีนัมนั้นพบว่าปริมาณการสังเคราะห์ที่ได้อยู่ในค่าเฉลี่ยที่ประมาณ 0.8-1.2 กรัม ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยปกติของการสังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิสที่ทำการคำนวณจากผลต่างของน้ำหนักกระดาศกรองใยแก้วก่อนทำการสังเคราะห์ และ หลังทำการสังเคราะห์โดยลักษณะเปลวไฟมีลักษณะที่ตรง ความสูงของเปลวไฟโดยประมาณอยู่ที่ 10-14 เซนติเมตร

5.2 การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์และที่เจือด้วย โลหะแทรนซิชันแมงกานีสและโมลิบดีนัม

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะนั้นมีการยืนยันเอกลักษณ์เฉพาะของสารได้อย่างชัดเจนไม่ว่าจะเป็นการใช้เทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่ยืนยันว่าอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์นั้นมีการเกาะติดของอนุภาคสารเจือไม่ว่าจะเป็นในส่วนของโมลิบดีนัมและแมงกานีสโดยสามารถยืนยันได้จากเทคนิคการกระจายตัวของรังสีเอกซ์แบบจุด โดยมีปริมาณของจุดที่แสดงถึงปริมาณของธาตุที่ทำการเจือลงไปรวมอยู่ด้วย หรืออีกส่วนหนึ่งคือการใช้เทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน โดยสามารถยืนยันเอกลักษณ์ของสารได้จากการรูปแบบการเลี้ยวเบนของผลึก และที่ปริมาณความเข้มข้นสูงสุดของการเจือโมลิบดีนัมที่ประมาณ 2 ร้อยละโดยน้ำหนักมีการพบว่าอนุภาคของโมลิบดีนัมไปเกาะบนผิวของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคนาโนด้วยวิธีบีอีที อีกด้วยโดยผลออกมาเป็นไปตามทฤษฎีคือ ขนาดของอนุภาคนาโนยังมีขนาดเล็ก พื้นที่ผิวจำเพาะในการดูดซับแก๊สไฮโดรเจนย่อมมีมากขึ้นดูได้จากกราฟในบทที่ 4 ในส่วนของการวิเคราะห์โดยเครื่องสเปกโทรสโกปีของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์นั้น ก็สามารถยืนยันได้เช่นเดียวกันว่าสารที่เราทำการเจือนั้นมีการเปลี่ยนออกซิเดชันสเตทของสาร เนื่องจากความร้อนจากการสังเคราะห์และจากการทดสอบของเซนเซอร์ และสุดท้ายในส่วน of เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์นั้น ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่ามีอนุภาคของสารเจืออยู่ในอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ เนื่องจากมีปริมาณการเจือที่น้อยมากคือไม่เกิน 2 ร้อยละโดยน้ำหนัก แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของธาตุส่วนอื่นยังสามารถยืนยันได้ว่าสารที่ทำการสังเคราะห์นั้นมีธาตุที่เจือลงไปอยู่จริง

5.3 การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของเซนเซอร์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์และที่เจือด้วยโลหะแทรนซิชันแมงกานีสและโมลิบดีนัม

ในการวิเคราะห์ส่วนของเซนเซอร์ได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อวัดความหนาของฟิล์มจากการสังเคราะห์โดยวิธีการกระจายแบบหมุนเหวี่ยง โดยความหนาที่ได้นั้นประมาณ 5-10 ไมโครเมตร และได้ทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ของธาตุด้วยเทคนิคการกระจายตัวของรังสีเอกซ์แบบเส้น โดยพบว่ามีธาตุของสารเจืออยู่จริง หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องสเปกโทรสโกปีของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์นั้น ก็สามารถยืนยันได้เช่นเดียวกันว่าสารที่เราทำการเจือนั้นมีการเปลี่ยนออกซิเดชันสเตทของสารเนื่องจากความร้อนจากการสังเคราะห์และจากการทดสอบของเซนเซอร์และในส่วนสุดท้ายได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ โดยพบว่าไม่มีการแสดงเอกลักษณ์ของธาตุที่เจือลงไป เนื่องจากปริมาณการเจือน้อยมากคือไม่เกิน 2 ร้อยละโดยน้ำหนัก แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของธาตุส่วนอื่นยังสามารถยืนยันได้ว่าสารที่ทำการสังเคราะห์นั้นมีธาตุที่เจือลงไปอยู่จริง และมีการก่อตัวของฟิล์มบางเกิดขึ้นจริง

5.4 การประยุกต์เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแก๊สของเซนเซอร์

ในส่วนของการประยุกต์เป็นตัวตรวจวัดแก๊สของเซนเซอร์นั้นในส่วนของเซนเซอร์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่ทำการเจือด้วยแมงกานีสจะตอบสนองดีที่สุดต่อแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นแก๊สในกลุ่มแก๊สพิษ โดยค่าการตอบสนองจะมากที่สุดอยู่ที่ประมาณ 55 และใช้เวลาในการตอบสนองเพียงเสี้ยววินาที และในส่วนของเซนเซอร์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่ทำการเจือด้วยโมลิบดีนัมจะตอบสนองดีที่สุดต่อแก๊สอะซิโตนซึ่งเป็นแก๊สในกลุ่มของสารอินทรีย์ที่สามารถระเหยได้ โดยค่าการตอบสนองอยู่ที่ประมาณ 53 และใช้เวลาในการตอบสนองเพียงเสี้ยววินาทีโดยสารเจือทั้งสองตัวนั้นที่ปริมาณการเจือที่น้อยที่สุดคือ 0.1 ร้อยละโดยน้ำหนักจะมีการพัฒนาของตัวสารทินไดออกไซด์ที่จะทำการประยุกต์ใช้ทำเป็นแก๊สเซนเซอร์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จากการประยุกต์ใช้สรุปได้ว่า เซนเซอร์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่ทำการเจือด้วยแมงกานีสจะดีต่อแก๊สในกลุ่มแก๊สพิษจากการทดสอบในแก๊สสถานะแวดล้อมทั้งหมด 3 กลุ่มไม่ว่าจะเป็น แก๊สในกลุ่มที่ติดไฟได้ แก๊สในกลุ่มสารอินทรีย์ที่สามารถระเหยได้ และ แก๊สในกลุ่มแก๊สพิษ และในส่วนของอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่ทำการเจือด้วยโมลิบดีนัมจะดีต่อแก๊สในกลุ่มแก๊สสารอินทรีย์ที่สามารถระเหยได้ จากการทดสอบในแก๊สสถานะแวดล้อมทั้งหมด 3 กลุ่มไม่ว่าจะเป็น แก๊สในกลุ่มที่ติดไฟได้ แก๊สในกลุ่ม

สารอินทรีย์ที่สามารถระเหยได้ และ แก๊สในกลุ่มแก๊สพิษ โดยสามารถยืนยันได้อีกจากการตอบสนองต่อแก๊สเอทานอลที่มีค่าการตอบสนองสูงรองลงมาจากอะซิโตน

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการศึกษาต่อ

1. การเปลี่ยนตัวเจือรวมไปถึงแก๊สที่ใช้ทดสอบให้มีการทดสอบแก๊สที่หลากหลายมากขึ้น
2. ปรับเปลี่ยนพิสัยของช่วงอุณหภูมิในการทดสอบให้ต่ำลงเพื่อใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรม
3. ลดความเข้มข้นของแก๊สที่ใช้ทดสอบให้ต่ำลงเพราะจะได้สู่ถึงการตอบสนองที่ความเข้มข้นต่ำที่สุด
4. อาจจะมีการเจือกราฟีนลงไปเป็นตัวกระตุ้นเพื่อ ผลการตอบสนองที่ดีขึ้น