บทที่ 1
หลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย

1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากว่าแก๊สอันตรายต่างๆ เช่น แก๊ส NO_2, H_2S, CO, NH_3, SO_2 และCO_2 เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา และเป็นอันตรายต่อระบบการหายใจ และการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดั้งนั้นจึงได้มีการคิดค้น วิจัย และพัฒนาเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊ส (Gas sensor) ที่มีความสามารถในการตรวจจับแก๊สอันตรายต่างๆ เหล่านี้ที่ความเข้มข้นต่ำๆ โดยเฉพาะเซ็นเซอร์แก๊สโลหะกึ่งตัวนำ (SnO_2, WO_3, TiO_2, ZnO) เข้ามามีบทบาทมากขึ้น และได้รับความสนใจจากนักวิจัยเพิ่มขึ้นในการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากสารกึ่งตัวนำเหล่านี้ มีความไวสูงในการตรวจจับแก๊ส เสถียร และสะดวกในการใช้งาน ล่าสุดได้มีการศึกษาโครงสร้างนาโนของโลหะตัวนำเหล่านี้ในรูปแบบ เส้นลวดนาโน (Nanowire) อนุภาคนาโน (Nanoparticles) เส้นเข็มขัดนาโน (Nanobelts) และอื่นๆ ซึ่งมีความไวต่อแก๊สที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัส แต่ในการใช้งานสารกึ่งตัวนำเหล่านี้ก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานสำหรับทำเป็นเซ็นเซอร์แก๊ส เนื่องจากการทำงานจะทำได้ที่อุณหภูมิสูง และขาดความจำเพาะเจาะจงต่อแก๊สชนิดใดชนิดหนึ่ง จึงได้มีการนำเอาพอลิเมอร์นำไฟฟ้า เช่น Polymethyl methacrylate (PMMA), Polyhexylthiophene (PHTh) และ Poly(3-hexylthiophene) (P3HT) เป็นต้น มาประยุกต์ใช้กับงานเซ็นเซอร์ เนื่องจากมีข้อดีที่แตกต่างออกไปหลายประการ เช่น มีกระบวนการผลิตที่ง่าย ราคาถูก และสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิห้อง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดของพอลิเมอร์ในการนำมาทำเซ็นเซอร์แก๊ส เช่น มีการตอบสนองที่ช้า จึงทำให้มีแนวคิดในการนำเอาพอลิเมอร์นำไฟฟ้า Poly (3-hexyltiophene) (P3HT) มาผสมกับสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ที่เจือด้วยโลหะ Au และ Nb (Au-loaded ZnO; Au/ZnO, Nb-loaded ZnO; Nb/ZnO) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานของเซ็นเซอร์แก๊ส

เนื่องจากซิงก์ออกไซด์ (ZnO) มีสมบัติที่ดีหลายประการ ปัจจุบันซิงก์ออกไซด์จึงมีบทบาทอย่างมากในการพัฒนาอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งอุตสาหกรรมอุปโภค หรือแม้แต่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการผลิตชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะทางด้านเซ็นเซอร์ ซึ่งนับว่ามีบทบาทที่สำคัญมากในปัจจุบัน เนื่องจากว่าแก๊สอันตรายต่างๆ เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา และเป็นอันตรายต่อระบบการหายใจ และการดำรงชีวิตของมนุษย์ เซ็นเซอร์แก๊สที่ประดิษฐ์จากซิงก์ออกไซด์ได้รับความนิยมค่อนข้างมาก เนื่องจากมีความไวในการวัด การตรวจจับสัญญาณที่ดี ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ ทำได้ง่าย มีการตอบสนองที่รวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามในช่วงระยะเวลาหลัง จะพบว่าปริมาณงานวิจัยเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊สที่ประดิษฐ์จากซิงก์ออกไซด์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ซึ่ง

สามารถยืนยันให้เห็นว่าซิงก์ออกไซด์เป็นวัสดุที่มีสมบัติที่ดีและเป็นวัสดุอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการใช้ประดิษฐ์เซ็นเซอร์แก๊ส การพัฒนาและปรับปรุงความสามารถ และประสิทธิภาพที่สูงขึ้นของเซ็นเซอร์แก๊ส ที่เตรียมได้จากอนุภาคนาโนซิงก์ออกไซด์ สามารถทำได้โดยการเจือสารตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปในปริมาณต่างๆ การเติมสารเจือที่เป็นโลหะ เช่น ทอง (Au), ไนโอเบียม (Nb), เพตทินัม (Pt) หรือ พาลาเดียม (Pd) และอื่นๆ ลงในสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ จะเข้าไปทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาที่ผิวของสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ซึ่งมีผลต่อการตรวจจับแก๊ส หลายๆงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพของความไวในการตรวจจับและเพิ่มความเสถียรของเซ็นเซอร์โดยใช้การเจือด้วยโลหะตัวเร่ง (Metal catalysts) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเซ็นเซอร์เพื่อใช้ในการตรวจจับแก๊สที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ที่มีความแม่นยำจำเป็นต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบและวิจัย เพื่อให้ผลการตรวจจับมีความแม่นยำ 100% การตรวจจับสารอันตรายจะผิดไม่ได้แม้แต่ 1 ppm เพราะอาจก่อให้เกิดการตายได้ ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยจำเป็นต้องมีความมั่นใจและสมบูรณ์ ไม่คลาดเคลื่อนแม้แต่นิดเดียว ดังนั้นการพัฒนาเซ็นเซอร์ตรวจจับสารอันตรายเพื่อนำไปใช้จริง ต้องใช้เวลาพอสมควร

โดยในงานวิจัยนี้เราให้ความสนใจที่จะศึกษา ซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทอง และซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียม เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา ทำให้เราทราบว่า ซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทองตอบสนองได้ดีต่อเอทานอล ซึ่งในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาให้เซ็นเซอร์แก๊สดังกล่าวมีค่าการตอบสนอง (Response) ที่สูงขึ้น เนื่องจากเราเลือกที่จะสังเคราะห์โดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโรลิซีส ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถสังเคราะห์อนุภาคที่มีความบริสุทธิ์สูง และขนาดเล็กในระดับนาโน (8-12 nm) ซึ่งจะสามารถสัมผัสกับแก๊สที่เข้ามาทำปฏิกิริยาได้มากขึ้น ซึ่งทองที่เกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของซิงก์ออกไซด์จะเป็นตัวช่วยกระตุ้นให้แก๊สที่เข้ามาทำปฏิกิริยารวมตัวกับออกซิเจนอิออนบริเวณพื้นผิวของซิงก์ออกไซด์ซึ่งถือว่าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดี นอกจากนี้เรายังมุ่งเน้นที่จะพัฒนาเซ็นเซอร์ที่มีความเฉพาะเจาะจง เช่นจากงานวิจัยที่ผ่านมาทราบว่า เซ็นเซอร์แก๊สจากฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียมมีความเฉพาะเจาะจงต่อแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และเพื่อให้เซ็นเซอร์แก๊สสามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ และยังมีความเฉพาะเจาะจงที่สูง หรือสูงมากขึ้น จึงได้มีแนวคิดที่จะใช้พอลิเมอร์นำไฟฟ้า Poly (3-hexyltiophene) (P3HT) มาผสมกับซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียมและซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทอง มาประยุกต์ใช้เป็นเซ็นเซอร์แก๊สที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น ทั้งยังมีงานวิจัยในเรื่องนี้ที่รายงานมาก่อนค่อนข้างน้อย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสังเคราะห์ และหาลักษณะเฉพาะของอนุภาคนาโนซิงก์ออกไซด์บริสุทธิ์ อนุภาคนาโนซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทอง และอนุภาคนาโนซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียม สำหรับการประยุกต์ใช้เป็นเซ็นเซอร์แก๊สที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมโดยวิธีเฟรมสเปรย์ไพโรลิซีส
2. เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารเจือ (ทอง, ไนโอเบียม) ที่มีต่อสมบัติของการเป็นเซ็นเซอร์แก๊สของซิงก์ออกไซด์
3. เพื่อศึกษากลไกการทำงานในการตรวจจับแก๊สของเซ็นเซอร์แก๊สที่เตรียมได้จากการใช้โลหะตัวเติม
4. เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารเจือ (ทอง, ไนโอเบียม) ที่มีต่อสมบัติของการเป็นตัวตรวจจับแก๊สของฟิล์มบางผสมระหว่างพอลิเมอร์นำไฟฟ้า:ซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทอง และฟิล์มบางผสมระหว่างพอลิเมอร์นำไฟฟ้า:ซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียม
5. เพื่อศึกษากลไกการทำงานของเซ็นเซอร์แก๊สฟิล์มบางผสมระหว่างพอลิเมอร์นำไฟฟ้า:ซิงก์ออกไซด์, พอลิเมอร์ นำไฟฟ้า:ซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทอง และพอลิเมอร์นำไฟฟ้า:ซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียม
6. เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาคนาโนที่เตรียมได้ และฟิล์มเซ็นเซอร์ภายหลังจากการทดสอบ
7. เพื่อปรับปรุงสมบัติในการตรวจจับแก๊ส
8. เพื่อปรับปรุงความเฉพาะเจาะจงของฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทอง และฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียม โดยใช้พอลิเมอร์นำไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ค้นคว้าหาเอกสาร และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม
2. ทำการสังเคราะห์ผงซิงก์ออกไซด์บริสุทธิ์ ผงซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทอง และผงซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 2.00 และ 3.00 mol% ที่มีขนาดเล็กในระดับนาโน โดยวิธีเฟลมสเปรไพโรลิซีส
3. ศึกษาลักษณะเฉพาะของซิงก์ออกไซด์ที่เตรียมได้ จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคต่างๆ ดังนี้ คือ

   3.1 เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD)

3.2 เทคนิคพื้นที่ผิวจำเพาะ (SSA_{BET})

3.3 เทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

3.4 เทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)

3.5 เทคนิคการกระจายตัวของพลังงานรังสีเอ็กซ์ (EDX),

3.6 เทคนิคสเปกโทรสโคปี (UV-vis)

3.7 ทำการประดิษฐ์ฟิล์มบางของผงซิงก์ออกไซด์บริสุทธิ์ ผงซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทอง และผงซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียม ที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อใช้เป็นเซ็นเซอร์แก๊สที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม (NO_2, H_2S, CO, NH_3, SO_2, CO_2 และอื่นๆ) โดยใช้เทคนิคการหมุนเหวี่ยง (Spin Coat) บนอิเล็กโทรดที่เป็นผิวทองเคลือบบนแผ่นอะลูมินา

4. ทดสอบผลของความเข้มข้นของสารเจือ (ทอง) ที่ความเข้มข้นต่างๆ (0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 2.00 และ 3.00 mol%) ที่มีต่อสมบัติของการเป็นตัวตรวจจับแก๊สที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม (NO_2, H_2S, CO, NH_3, SO_2, CO_2 และ อื่นๆของซิงก์ออกไซด์

5.1 ทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลง (vary) ความเข้มข้นของแก๊ส (ระดับ ppm)

5.2 ทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลง (vary) อุณหภูมิในการทำงานของเซ็นเซอร์

5. ทำการประดิษฐ์ฟิล์มผสมของพอลิเมอร์นำไฟฟ้า:ผงซิงก์ออกไซด์บริสุทธิ์ พอลิเมอร์นำไฟฟ้า:ผงซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยทอง และพอลิเมอร์นำไฟฟ้า:ผงซิงก์ออกไซด์ที่เจือด้วยไนโอเบียม ที่อัตราส่วนต่างๆ เพื่อใช้เป็นตัวตรวจจับแก๊สที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม (NO_2, H_2S, CO, NH_3, SO_2, CO_2 และ อื่นๆ) โดยใช้เทคนิคการหยด (Drop casting) บนอิเล็กโทรดที่เป็นผิวทองเคลือบบนแผ่นอะลูมินา

6. ทดสอบผลของความเข้มข้นของสารเจือ (ไนโอเบียม, ทอง) ที่ความเข้มข้นต่างๆ (0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 2.00 และ 3.00 mol%) ที่มีต่อสมบัติของการเป็นตัวตรวจจับแก๊สของฟิล์มผสมพอลิเมอร์นำไฟฟ้า:ซิงก์ออกไซด์

7.1 ทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลง (vary) ความเข้มข้นของแก๊ส (ระดับ ppm)

7.2 ทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลง (vary) อุณหภูมิในการทำงานของเซ็นเซอร์

7. สำรวจสมบัติของแก๊สเซ็นเซอร์ ในด้านความจำเพาะเจาะจง (Selectivity), ความไวในการตรวจจับ (Sensitivity), เวลาการตอบสนอง (Response times) และเวลาการคืนกลับสู่สภาพเดิม (Recovery times)

8. ภายหลังจากการทดสอบการตรวจจับแก๊ส ทำการศึกษาพื้นที่ผิวและความหนาของชั้นฟิล์มที่เตรียมได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM : line scan mode)
9. เปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้กับงานวิจัยอื่นๆ ที่ผ่านมา วิเคราะห์ผลถึงข้อดีข้อเสีย ตลอดจนเขียนผลงานเพื่อนำเสนอตีพิมพ์
10. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยทั้งหมด
11. นำเสนอผลงานวิจัยในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ หรือระดับนานาชาติ
12. เขียนรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์