

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันมีการค้นคว้าและวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อศึกษาอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการรับรู้แทนประสาทสัมผัสต่างๆ ของมนุษย์ เพื่อใช้ป้องกันอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับชีวิตและร่างกาย ในโรงงานอุตสาหกรรมและห้องปฏิบัติการวิจัย ความสามารถในการตรวจวัดปริมาณสารและความแม่นยำในการตรวจวัดต่อชนิดของสาร เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากต่อกระบวนการผลิตและความปลอดภัยในการทำงาน ในด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพื่อตรวจวัดปริมาณก๊าซพิษและสารเคมีต่างๆ ที่เป็นอันตรายในบริเวณแหล่งชุมชนและที่อยู่อาศัย ซึ่งอุปกรณ์หัวตรวจวัดต่างๆ สามารถจำแนกตามความสามารถในการวัดได้เป็น การวัดทางด้านกายภาพและการวัดทางด้านเคมี

การวัดทางด้านกายภาพ ได้แก่ การวัดปริมาตร, มวล, อัตราการไหล, อุณหภูมิ, และความดัน เป็นต้น ส่วนการวัดทางด้านเคมี ได้แก่ การวัดค่าพีเอช, ความชื้น, ปริมาณความเข้มข้นและชนิดของก๊าซ เป็นต้น เมื่อพิจารณาถึงการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นและชนิดของก๊าซ ปัจจุบันนิยมนำวัสดุจำพวกโลหะออกไซด์มาเป็นตัววิเคราะห์และตรวจจับก๊าซ อาศัยการดูดซับทางเคมี (Chemical absorption) และการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นฟิล์มบาง เรียกอุปกรณ์นี้ว่า “อุปกรณ์หัวตรวจวัดทางเคมี (Chemical sensor) หรืออุปกรณ์หัวตรวจวัดก๊าซ (Gas sensor)”

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

ในระยะเริ่มแรกของการพัฒนาการสร้างหัวตรวจวัดก๊าซ ทำการสร้างบนวัสดุฐานรองจำพวก แก้ว, เซรามิก, และโพลิเมอร์ เป็นต้น โดยทำการอัดขึ้นรูปและเชื่อมต่อสายสัญญาณภายในส่งผลให้โครงสร้างของหัวตรวจวัดมีขนาดใหญ่ และสามารถผลิตได้เป็นจำนวนน้อยในแต่ละครั้ง การผลิต ทำให้มีราคาต่ออุปกรณ์ค่อนข้างสูง ด้วยความต้องการให้ขนาดของหัวตรวจวัดก๊าซมีขนาดเล็กลง และราคาต่ออุปกรณ์ที่ลดต่ำลงนั้น เทคโนโลยีซิลิคอนจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาให้อุปกรณ์มีขนาดเล็กลง และสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากในแต่ละครั้งการผลิต ทำให้มีราคาลดลง อีกทั้งยังสามารถออกแบบสร้างเป็นวงจรใช้งานเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้อีก เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์, แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า, อุปกรณ์แปลงสัญญาณ, และอุปกรณ์ขยายสัญญาณ เป็นต้น

หัวตรวจวัดก๊าซที่สร้างจากวัสดุจำพวกโลหะออกไซด์ประกอบด้วยชั้นฟิล์มโลหะออกไซด์ เช่น เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3), ทินออกไซด์ (SnO_2), ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), และอินเดียมออกไซด์ (In_2O_3) เป็นต้น เมื่อถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 200 ถึง 400 องศาเซลเซียส การเกิดปฏิกิริยาของก๊าซที่อยู่ล้อมรอบและออกซิเจนที่อยู่บริเวณผิวของฟิล์มโลหะออกไซด์ ส่งผลให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงของค่าสภาพต้านทานของฟิล์ม ดังนั้นฟิล์มโลหะออกไซด์ที่เคลือบลงบนฐานรอง จำเป็นต้องเป็นฟิล์มที่มีความบริสุทธิ์สูง ปรากฏจากการปนเปื้อน ขั้นตอนการเตรียมฟิล์มจึงเป็นสิ่งสำคัญ ระบบการสปัตเตอร์ริงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเนื่องจากข้อได้เปรียบหลายประการ คือ สามารถควบคุมความหนาฟิล์มได้, มีการปนเปื้อนน้อย, ผลิตได้เป็นจำนวนมากต่อครั้ง, และใช้ได้กับเทคโนโลยีซิลิคอน

ฟิล์มบางอินเดียมออกไซด์ถูกนำมาใช้ในการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซน (O_3) เนื่องจากก๊าซโอโซนเป็นรูปแบบพิเศษของออกซิเจนที่สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ที่บริเวณชั้นบรรยากาศด้านบน หรืออาจถูกสร้างขึ้นโดยมนุษย์ ก๊าซโอโซนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อโลกเมื่ออยู่ห่างจากผิวโลกประมาณ 20 ไมล์ หรืออยู่ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ทำหน้าที่ช่วยป้องกันรังสีอุลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านมายังโลก ส่วนก๊าซโอโซนที่มนุษย์สร้างขึ้นนั้นได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการฟอกอากาศให้บริสุทธิ์ และกำจัดเชื้อโรคต่างๆ ก๊าซโอโซนถูกจัดเป็นก๊าซพิษชนิดหนึ่ง เมื่อมนุษย์ได้รับก๊าซโอโซนในปริมาณสูงก็จะทำให้เกิดโทษต่างๆ ตามมา เช่น เกิดการระคายเคืองตามผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ ถ้าได้รับเป็นเวลานานอาจทำให้เสียชีวิตได้ ปัจจุบันก๊าซโอโซนอยู่ใกล้กับชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในโรงงานอุตสาหกรรมและบ้านเรือนที่อยู่อาศัย การตรวจวัดปริมาณก๊าซโอโซนจึงมีความสำคัญ จึงได้ทำการสร้างหัวตรวจวัดก๊าซโอโซนโดยใช้ฟิล์มบางอินเดียมออกไซด์เป็นชั้นตอบสนองต่อก๊าซโอโซน

1.2 อินเดียมออกไซด์ (In_2O_3)

ชั้นฟิล์มบางของโลหะออกไซด์ที่ถูกนำมาใช้สร้างเป็นหัวตรวจวัดก๊าซ คือ ชั้นฟิล์มบางของอินเดียมออกไซด์ อินเดียมออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น มีความกว้างของแถบพลังงาน (E_g) ประมาณ 3.7 อิเล็กตรอน-โวลต์ (eV) มีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบโพลิคริสตอล ลักษณะแลตทิซลูกบาศก์แบบบอดีเซ็นเตอร์ (body-centered cubic: bcc) และมีค่าดัชนีหักเหแสงประมาณ 1.75

อินเดียมออกไซด์ถูกเคลือบลงบนฐานรองซิลิคอน โดยทำการเตรียมฟิล์มบางอินเดียมออกไซด์ด้วยเทคนิคสปัตเตอร์ริงแบบอาร์เอฟ สปัตเตอร์ริง (RF sputtering) สามารถทำการปรับปรุงโครงสร้างฟิล์มได้ด้วยกระบวนการแอนนัล (Annealing) ที่อุณหภูมิสูง เพื่อทำให้เกิดโครงสร้างโพลิคริสตัล และสามารถนำไปประยุกต์สร้างเป็นหัวตรวจวัดก๊าซโอโซน

1.2.1 ข้อดีของหัวตรวจวัดก๊าซแบบฟิล์มบางอินเดียมออกไซด์

1. มีอายุการใช้งานยาวนาน
2. มีขนาดเล็ก
3. มีความแม่นยำสูง

4. ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ
5. การแยกชนิดก๊าซได้ดี

1.2.2 ข้อเสียของหัวตรวจวัดก๊าซแบบฟิล์มบางอินทรีย์ออกไซด์

1. มีการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิและความชื้นภายนอก

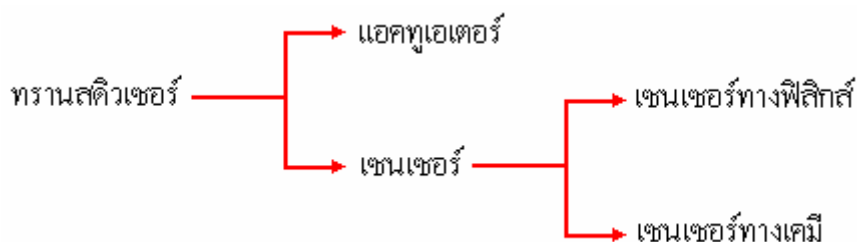
1.3 นิยามของเซนเซอร์

เนื่องจากความต้องการอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการตรวจสอบ แทนการตอบสนองทางประสาทสัมผัสของมนุษย์ เช่น การมองเห็น, การสัมผัส, การได้ยิน, การดมกลิ่น, และการลิ้มรส จึงได้มีการสร้างและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์เพื่อใช้ในการตรวจวัด และแสดงผลออกมาในรูปของสัญญาณหรือพลังงานในรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเราสามารถแยกชนิดของเซนเซอร์และอุปกรณ์ตรวจวัดได้ออกเป็น อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ (Transducers), แอคทูเอเตอร์ (Actuators), และเซนเซอร์ (Sensors)

ทรานสดิวเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณพลังงานจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง รูปแบบพลังงาน เช่น พลังงานทางกลศาสตร์, ทางความร้อน, ทางแสง, และทางไฟฟ้า

แอกทูเอเตอร์ คืออุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณหรือพลังงานในรูปแบบอื่นๆ เช่น เปียโซอิเล็กทริก

เซนเซอร์ คืออุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณพลังงานในรูปแบบต่างๆ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์หัวตรวจวัดความดัน, โฟโอดีทรานซิสเตอร์, และอุปกรณ์หัวตรวจวัดก๊าซ เป็นต้น



รูปที่ 1.1 การจัดกลุ่มอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์

1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเตรียมฟิล์มบางอินเดียมออกไซด์ และคุณลักษณะของฟิล์ม
2. เพื่อศึกษาการตอบสนองของฟิล์มบางอินเดียมออกไซด์ที่มีต่อก๊าซโอโซน
3. เพื่อพัฒนาหัวตรวจวัดก๊าซให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของระบบการสปัตเตอร์ริง แบบอาร์เอฟ สปัตเตอร์ริง (RF sputtering)
2. การเตรียมฟิล์มบางอินเดียมออกไซด์
3. วัดและวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ของฟิล์ม
4. สรุปผลการทดลอง

1.6 การประยุกต์ใช้งาน

ปัจจุบันหัวตรวจวัดก๊าซที่สร้างจากวัสดุจำพวกโลหะออกไซด์ เช่น เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3), ทินออกไซด์ (SnO_2), สังกะสีออกไซด์ (ZnO), และอินเดียมออกไซด์ (In_2O_3) ถูกนำมาใช้ผลิตเป็นอุปกรณ์หัวตรวจวัดก๊าซที่ทำงานด้วยการอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นบริเวณผิวฟิล์ม ในที่นี้มุ่งเน้นการพัฒนาฟิล์มบางของอินเดียมออกไซด์ เพื่อนำมาประยุกต์สร้างเป็นอุปกรณ์หัวตรวจวัดก๊าซโอโซน และการพัฒนาหัวตรวจวัดก๊าซโอโซนให้มีความไวการตอบสนองต่อชนิดของก๊าซ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับก๊าซ ซึ่งทำให้สามารถตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ โดยเฉพาะก๊าซโอโซน ได้ในสถานที่ต่างๆ ตามความต้องการ

ความต้องการหัวตรวจวัดก๊าซที่มีความแม่นยำและมีราคาถูกมาใช้งานตามสถานที่ต่างๆ เช่น ในโรงงานด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ, ห้องปฏิบัติการวิจัย, สถานที่เก็บสารเคมี, โรงพยาบาล, และบ้านเรือนที่อยู่อาศัย จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจจับทางเคมี เพื่อใช้ตรวจสอบและวัดค่าระดับที่อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เป็นการป้องกันอันตรายที่สามารถเกิดขึ้นได้กับสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น ใช้เป็นอุปกรณ์ในการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซพิษ เพื่อป้องกันการรั่วซึมของก๊าซพิษ และการควบคุมปริมาณก๊าซเพื่อการใช้งานได้ในปริมาณที่เหมาะสม เป็นต้น