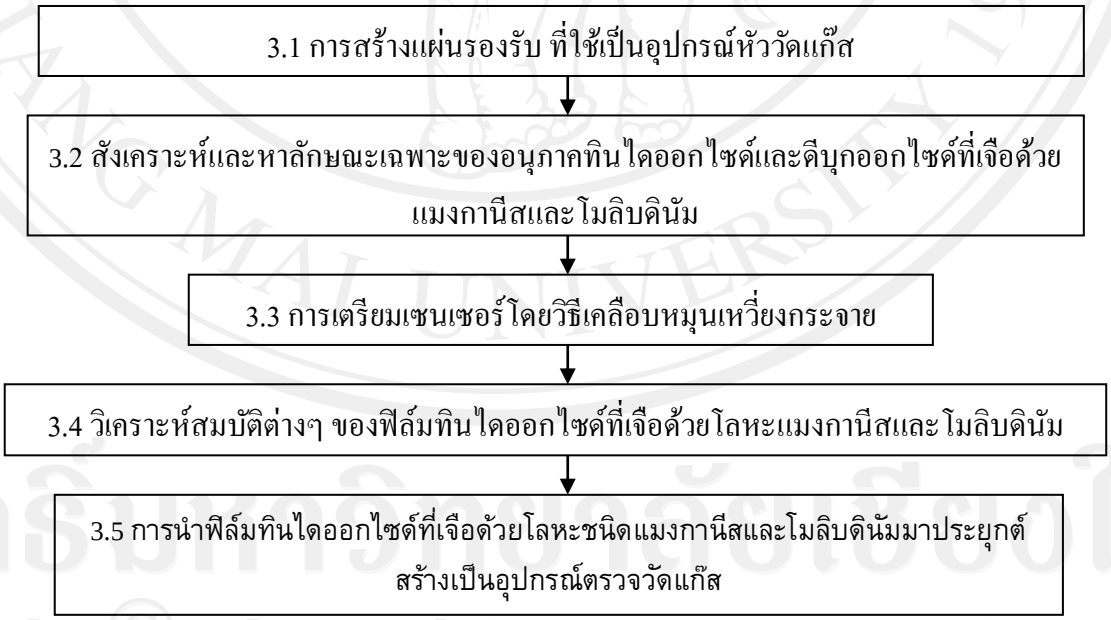
บทที่ 3
วิธีการทดลอง

ในส่วนบทที่ 3 จะกล่าวถึงขั้นตอนของงานวิจัยซึ่งจะแสดงขั้นตอนตามไดอะแกรมในรูป 3.1 โดยขั้นแรกจะเป็นการศึกษากระบวนการการสังเคราะห์อนุภาคขนาดนาโนโดยวิธีเฟลมสเปรย์ไพโลลิซิส ซึ่งเป็นเทคนิคที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสูง โดยอาศัยหลักการการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของทินไดออกไซด์ และทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยโลหะในกลุ่มแทรนซิชันคือโมลิบดินัมและแมงกานีส จากที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 เมื่อได้อนุภาคของทินไดออกไซด์และทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยโลหะในกลุ่มแทรนซิชันคือโมลิบดินัมและแมงกานีส แล้วนำมาทำเป็นเซนเซอร์โดยวิธีเคลือบหมุนเหวี่ยงกระจาย ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแก๊ส ศึกษาและวิเคราะห์สมบัติต่างๆของฟิล์มทินไดออกไซด์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ชนิดเทคนิคการกระจายตัวของรังสีเอกซ์ และใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน และ ใช้การวิเคราะห์โดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์ และในขั้นตอนสุดท้ายจึงนำไปประยุกต์สร้างเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแก๊สโดยรายละเอียดวิธีการทั้งหมด จะกล่าวในบทนี้

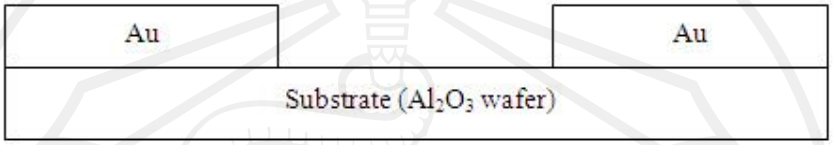


รูป 3.1 ไดอะแกรมขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1 การสร้างแผ่นรองรับที่ใช้เป็นอุปกรณ์หัววัดแก๊ส [37]

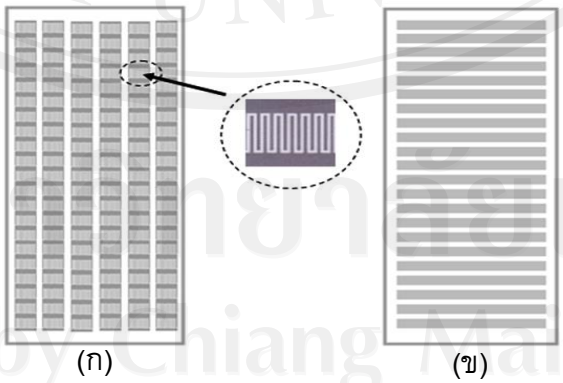
สำหรับงานวิจัยนี้ได้เริ่มต้นจากการสร้างหน้ากาก สำหรับออกแบบลวดลายของขั้วไฟฟ้าบนแผ่นรองรับ โดยใช้วิธีชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า จากนั้นนำไปเคลือบด้วยฟิล์มทอง สำหรับเป็นขั้วไฟฟ้า โดยใช้วิธีสปัตเตอริงบนแผ่นอะลูมินา



รูป 3.2 แสดงรูปแบบชั้นการเคลือบของแผ่นรองรับ

3.1.1 การสร้างหน้ากากโดยวิธีการชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า

การสร้างหน้ากากโดยวิธีชุบเคลือบด้วยไฟฟ้านั้นเริ่มจากการออกแบบลวดลายขั้วไฟฟ้าก่อน จากนั้นติดฟิล์ม และฉายแสงอุลตราไวโอเลต แล้วนำไปผ่านกระบวนการชุบเคลือบทางไฟฟ้า โดยใช้โลหะนิกเกิลเป็นตัวเคลือบ โดยเครื่องมือ, อุปกรณ์และสารเคมีได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการวิจัยนาโนอิเล็กทรอนิกส์ และกลจุลภาค ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ และงานวิจัยใช้ลวดลายหน้ากากที่ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการเครื่องกลอนุภาควัสดุระดับนาโน ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่ได้ออกแบบลวดลายไว้แล้ว ดังรูป 3.3



รูป 3.3 ตัวอย่างลวดลายหน้ากากสำหรับใช้สร้างหัววัดแก๊ส (ก) หน้ากากสำหรับสร้างขั้วไฟฟ้า และ (ข) หน้ากากสำหรับปิดขั้วไฟฟ้าขณะเคลือบฟิล์ม [47]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการสร้างหน้ากาก

อุปกรณ์

1) แผ่นสแตนเลส กว้าง 10 ซม. ยาว 10 ซม. หนา 0.2 ซม.
2) แผ่นฟิล์มไวแสงชนิด negative
3) เครื่องติดฟิล์ม
4) เครื่องฉายแสงอุลตราไวโอเลต
5) ตู้ชุบเคลือบที่ทำจากวัสดุอะคลิลิก
6) ตัวจับชิ้นงานทำจากสแตนเลส
7) แผ่นนิกเกิล
8) เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง
9) ถังก๊าซไนโตรเจน
10) อุปกรณ์อื่นๆ เช่น สายไฟฟ้า, กระดาษทราย, ถาดรอง, คีมจับ, ถุงมือยาง,ปั๊มลมขนาด 3.5 วัตต์

สารเคมี

1) น้ำยาทำความสะอาดภาชนะ
2) น้ำปราศจากไอออน
3) น้ำยา developer dry film
4) สารละลายโพแทสเซียมไดคลอเมต
5) สารละลายนิกเกิลซัลเฟต
6) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีการสร้างหน้ากาก

1) นำแผ่นสแตนเลสมาขัดด้วยกระดาษทราย แล้วทำความสะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาดภาชนะ ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนเป่าลมให้แห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน
2) ตัดแผ่นฟิล์มไวแสง ชนิด negative ให้พอดีกับแผ่นสแตนเลส แล้วติดฟิล์มโดยใช้เครื่องติดฟิล์มที่อุณหภูมิ 110°C (ขั้นตอนการติดฟิล์มไวแสงควรทำในที่ไม่มีแสงอุลตราไวโอเลต)
3) นำแผ่นฟิล์มลวดลายขั้วไฟฟ้าต้นแบบไปติดที่แผ่นสแตนเลสที่ติดฟิล์มไวแสงเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำเข้าเครื่องฉายแสงอุลตราไวโอเลตเป็นเวลา 15 วินาที
4) เมื่อฉายแสงเสร็จนำแผ่นสแตนเลสไปล้างด้วยน้ำยา developer dry film สลับกับน้ำปราศจากไอออนทำสลับกันไปมาจนกว่าฟิล์มไวแสงจะหลุดออก จนเหลือแต่เนื้อแผ่นสแตนเลส และพร้อมที่จะนำไปผ่านกระบวนการชุบเคลือบทางไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

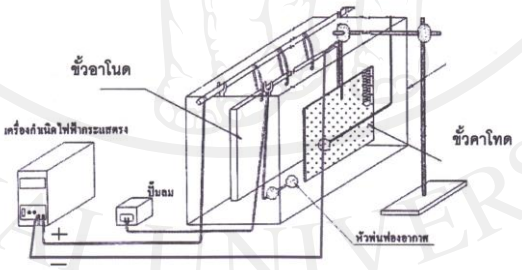
5) ก่อนที่นำไปทำการชุบเคลือบ จะต้องแช่สารละลายโพแทสเซียมไดคลอเมต ก่อนเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ง่ายต่อการแกะมาร์กออกจากแผ่นสแตนเลส

6) ขั้นตอนการชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า จะติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป 3.4 จากนั้นนำแผ่นสแตนเลสไปใส่ไว้ในตัวจับชิ้นงานใส่แผ่นนิกเกิลและเติมสารละลายนิกเกิลซัลเฟต ในตู้ชุบเคลือบเปิดเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง และเปิดปั๊มลมเพื่อกวนสารสารละลายนิกเกิลซัลเฟต

จากนั้นเริ่มมีการปรับกระแสไฟฟ้าโดยมีการปรับทั้งหมด 4 ครั้ง รวมเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง

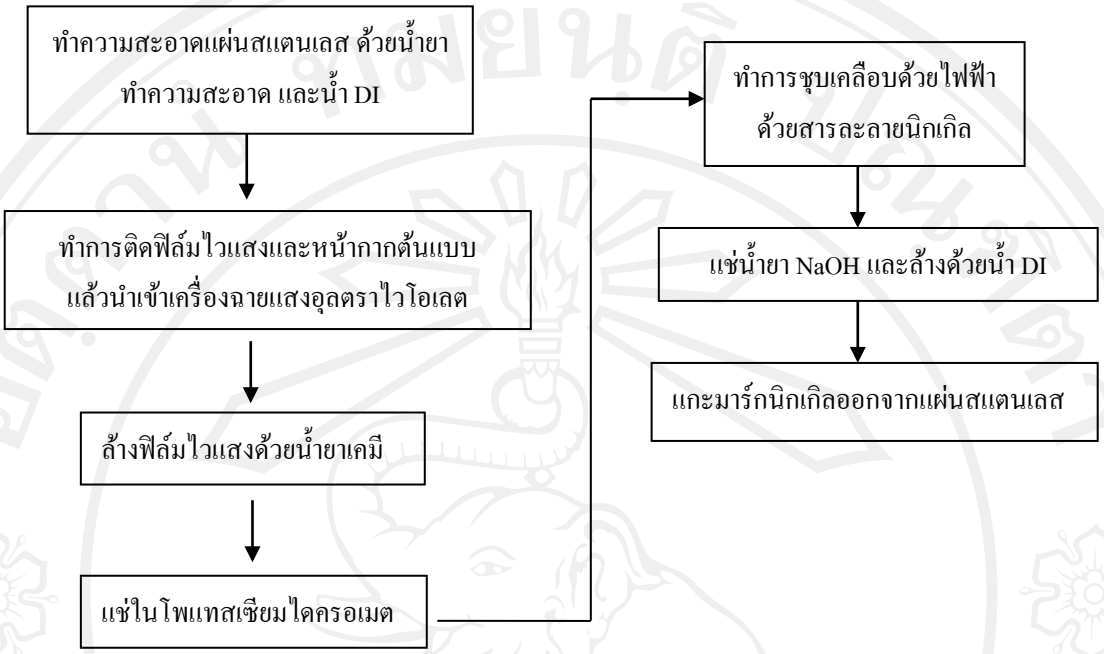
1. ปรับค่ากระแสไฟฟ้า เป็น 0.3 แอมแปร์ เป็นเวลา 30 นาที
2. ปรับค่ากระแสไฟฟ้า เป็น 0.6 แอมแปร์ เป็นเวลา 30 นาที
3. ปรับค่ากระแสไฟฟ้า เป็น 0.9 แอมแปร์ เป็นเวลา 1ชั่วโมง
4. ปรับค่ากระแสไฟฟ้า เป็น 1.2 แอมแปร์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

7) เมื่อเสร็จขั้นตอนการชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า นำแผ่นสแตนเลสออกจากตัวจับชิ้นงาน นำไปล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อล้างฟิล์มที่ติดอยู่ออกให้หมด ประมาณ 5นาที แล้วนำไปล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนอีกครั้ง สุดท้ายทำการแกะมาร์กซึ่งเป็นโลหะนิกเกิลออกจะแผ่นสแตนเลส จะได้แผ่นมาร์กที่มีลวดลายซึ่งจะนำไปใช้ในการสร้างขั้วไฟฟ้าโดยใช้วิธีสปัตเตอริงที่จะกล่าวต่อไป



รูป 3.4 แสดงรูปแผนผังอุปกรณ์การชุบเคลือบทางไฟฟ้า [47]

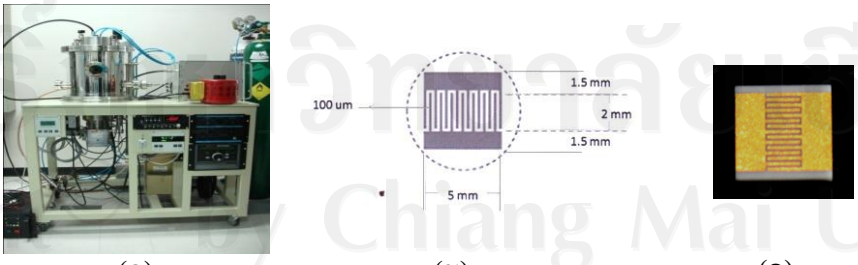
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.5 แผนภาพไดอะแกรมขั้นตอนการสร้างหน้ากาก เพื่อประดิษฐ์หัววัดแก๊ส

3.1.2 การทำขั้วไฟฟ้าโดยวิธีสปัตเตอริง (Sputtering)

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการสปัตเตอริง ในการเคลือบฟิล์มโลหะสำหรับทำขั้วไฟฟ้าโดยใช้โลหะทองในการเคลือบเนื่องจากโลหะทองนำไฟฟ้าได้ดีและทำปฏิกิริยากับแก๊สอื่นได้น้อย ซึ่งเครื่องเคลือบฟิล์มสปัตเตอริงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้แบบระบบ ดีซี-แมกนีตรอน ที่ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นโดยกลุ่มนักวิจัยที่ห้องปฏิบัติการฟิล์มบาง และห้องปฏิบัติการนาโนอิเล็กทรอนิกส์และกลจุลภาค ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (รายละเอียดหลักการการสปัตเตอริง อยู่ในบทที่ 2)



(ก) (ข) (ค)

รูป 3.6 (ก) เครื่องสปัตเตอริง (ข) แผ่นรองรับหลังการสปัตเตอริงด้วยทอง [47]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 การสังเคราะห์อนุภาคทินไดออกไซด์บริสุทธิ์และอนุภาคทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยโลหะแทรนซิชแมงกานีสและโมลิบดินัมชนิดขนาดนาโน โดยวิธีเฟรมสเปรย์ไพโรลิซิส

3.2.1 สารเคมีและวัสดุ

1) ทินทูเอทิลเอกซะโนเอท (Tin (II) 2-ethylhwxanoade) CAS No.301-10-0 ความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 ผลิตโดยบริษัท SIGMA ALDRICH ประเทศสหรัฐอเมริกา

2) แมงกานีสอะซิทิลอะซิโทเนต (Manganese acetylacetonate) และ โมลิบดินัมอะซิทิลอะซิโทเนต (Molybdemu, acetylacetonate) ผลิตโดยบริษัท SIGMA ALDRICH ประเทศสหรัฐอเมริกา

3) สารยึดเหนี่ยวชนิดเอทิลเซลลูโลส ความละเอียด 30-70 MPa.s, ผลิตโดย บริษัท Fluka ประเทศเยอรมันนี

4) สารยึดเหนี่ยวชนิดแอลฟา-เทอร์ไพนีนอล ความบริสุทธิ์ร้อยละ 90 ผลิตโดยบริษัท SIGMA ALDRICH ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ [47]

1) เครื่องเอฟเอสพีรีเอกเตอร์

2) บีกเกอร์ชนิด Schott Duran ผลิตโดยประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน ขนาด 100 และ 600 มิลลิลิตร และกระบอกตวงขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร

3) ขวดเตรียมสารละลายตั้งต้น ชนิด Schott Duran ผลิตโดยประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน ขนาด 100 มิลลิลิตร

4) กระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.7 เซนติเมตร CAT No.1823-257 ผลิตโดย Whatman ประเทศอังกฤษ

5) ช้อนตักสาร

6) ขวดแก้วหรือหลอกแก้วเพื่อบรรจุผงละเอียด

7) โถดูดความชื้น และตู้ดูดควันและกลิ่น

8) เตาอบรุ่น W 8540 Schwabach ผลิตโดยบริษัท Memmert ผลิตโดยประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน

9) เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

10) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

11) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

12 เครื่องการวิเคราะห์โดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ถูก ปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์

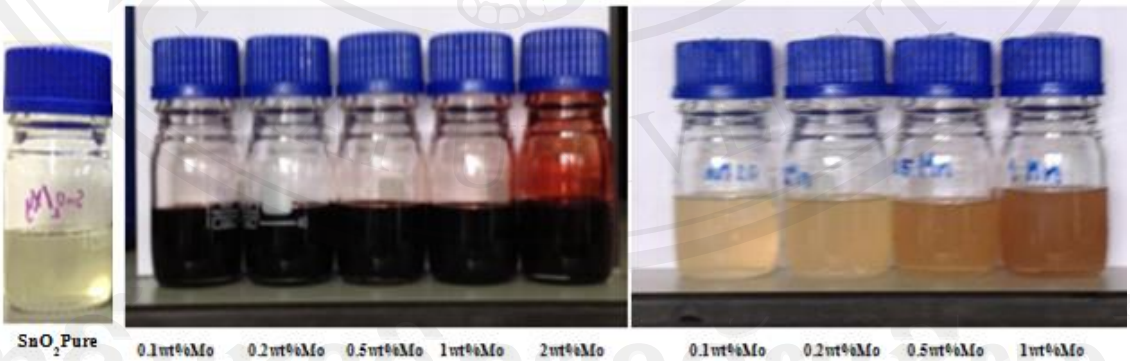
13) เครื่องทดสอบการตอบสนองแก๊ส

14) แก๊สที่ใช้ทดสอบแก๊สไฮโดรเจน, แก๊สอะซีโตน, แก๊สแอทานอล, แก๊สแอมโมเนีย, แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

3.2.3 วิธีการเตรียมสารละลายตั้งต้น

1) วัดปริมาตรของสารตั้งต้น ทินทูเอทิลเอกซะโนเอท และปริมาณการเจือของโลหะโมลิบดินัมในช่วงความเข้มข้น 0.1-2 wt%รวมไปถึงแมงกานีส ในช่วงความเข้มข้น 0.1-1 wt% ในปริมาณที่ทำการคำนวณไว้แล้ว แล้วนำไปบรรจุในขวด ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่ผ่านการล้างและอบให้แห้งโดยปราศจากความชื้นแล้ว หรือของเหลวใดๆ

2) ตวงปริมาณของตัวทำละลายทั้ง 1 และ 2 ชนิด ที่คำนวณไว้แล้วด้วยกระบอกตวง แล้วเทลงในขวดในข้อ 1 ให้เกิดการผสมกับสารตั้งต้น ให้เป็นเนื้อเดียวกันปราศจากตะกอนในตู้ควัน



รูป 3.7 สารละลายที่ได้จากการเตรียมอนุภาคนาโนทินไดออกไซด์ที่ทำการเจือด้วยโมลิบดินัมและแมงกานีส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.4 กระบวนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนทินไดออกไซด์โดยวิธีเฟรมสเปรย์ไพโรลิซิส [47]

วิธีการสังเคราะห์สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) บรรจุสารผสมตั้งต้นปริมาตร 50 มิลลิลิตร เข้าไปในไซรินจ์แก้วในตู้ควัน

2) ทำการประกอบส่วนของหัวเผาโดยหมุนหลอดแคพพิลลารีเข้าไปในนอซเซิล จนความสูงของแคพพิลลารีอยู่เหนือนอซเซิลประมาณ 1 มิลลิลิตร ต่อกับวาล์วตัวที่ 1 ให้อยู่ใต้นอซเซิล และทำการต่อวาล์วตัวที่ 2 กับวาล์วตัวที่ 1

3) วางไซรินจ์แก้วบนแท่งของปั๊มไซรินจ์ ซึ่งไซรินจ์แก้วจะมีท่อยางต่อกับวาล์วตัวที่ 2 และต่อไซรินจ์แก้วที่บรรจุตัวทำละลายเข้าอีกที่อีกด้านหนึ่งของวาล์วตัวที่ 1

4) วางกระดาษกรองที่ชั่งแล้วบนภาชนะเก็บอนุภาคของเครื่องเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิสรีแอคเตอร์

5) เปิดระบบเครื่องน้ำเย็นเฟลมเปรย์ไพโรลิซิสรีแอคเตอร์ โดยการหมุนครึ่งรอบที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหนึ่งรอบ ที่ระบบทำความเย็นของนอซเซิล และแคพพิลลารี โดยตรวจดูที่เกจบอกระดับของระบบทำความเย็น ของนอซเซิลให้เป็น 20 และของแคพพิลลารีให้อยู่ต่ำกว่า 5

6) ตรวจการรั่วไหลของระบบทำความเย็นทุกระบบ นอซเซิลและไซรินจ์บรรจุตัวทำละลายให้ตัวทำละลายไหลผ่านไปยังขวดเก็บสารเหลือทิ้ง

7) เปิดวาล์วของถังแก๊สออกซิเจนที่เป็นตัวออกซิแดนซ์ เท่ากับ 2.46 ลิตรต่อนาที และแก๊สมีเทนเท่ากับ 1.19 ลิตรต่อนาที เพื่อทำการจุดเปลวไปซับพอร์ท

8) เปิดวาล์วของถังแก๊สออกซิเจนที่เป็นแก๊สดิสเพอร์ชันเท่ากับ 4.30 ลิตรต่อนาที และแก๊สออกซิเจนในวงนอกเท่ากับ 3.92 ลิตรต่อนาที

9) หมุนวาล์วตัวที่ 1 ให้อยู่ในตำแหน่งที่ตัวทำละลายผ่านไปยังขวดเก็บสารละลายเหลือทิ้ง และหมุนวาล์วตัวที่ 1 ให้ตัวทำละลายผ่านมายังหัวเผา สังเกตสีเปลวไปของตัวทำละลาย หมุนวาล์วตัวที่ 2 ให้อยู่ในตำแหน่งที่สารละลายผสมผ่านมายังหัวเผา

10) ทำการปรับระดับช่องว่างของนอซเซิลให้ความดันเป็น 1.5 บาร์ ที่ปลายนอซเซิลซึ่งต้องการปรับให้คงที่ตลอดการทดลอง

11) เปิดปั๊มไซรินจ์ให้อัตราการไหลของสารละลายผสมเป็น 5 มิลลิลิตรต่อนาที และรอจนกระทั่งเปลวไฟเสถียรจึงเปิดปั๊มสุญญากาศเริ่มจับเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

12) วัดความสูงของเปลวไฟและบันทึกลักษณะของเปลวไฟ

13) รักษาอุณหภูมิของแก๊สร้อนที่ผ่านกระดาษกรองให้เป็น 110°C เพื่อป้องกันการควบแน่นของไอน้ำหรือกระดาษกรองเกิดไหม้ โดยการควบคุมอัตราการไหลระบบทำความเย็นของภาชนะเก็บอนุภาค บันทึกอุณหภูมิสูงสุด

14) ปิดตู้ควันโดยต้องสวมแว่นตาป้องกันเมื่ออยู่ในบริเวณของตู้ควันขณะทำการทดลอง

15) ตรวจดูระดับของสารละลายตั้งต้นตลอดทำการทดลอง ทำการเปิดปั๊มไซรินจ์และปั๊มสุญญากาศก่อนที่สารละลายตั้งต้นจะหมด หรือสังเกตระดับเปลวไฟที่ลดลงทันที กดนาฬิกาจับเวลา บันทึกเวลาของการทดลอง

16) หมุนวาล์วตัวที่ 2 ให้อยู่ในตำแหน่งที่ปิด ให้ตัวทำละลายมายังหัวเผา และทำความสะอาดหัวเผา แล้วหมุนวาล์วตัวที่ 1 ให้อยู่ในตำแหน่งที่ตัวทำละลายทำความสะอาดบริเวณทั้งหมดโดยตัวทำละลายผ่านไปยังขวดเก็บสารละลายเหลือทิ้ง

17) ปิดวาล์วของแก๊สมีเทน ใช้ลวดเล็กๆแยงหลอดแคพพิลลารี ทำความสะอาดไม่ให้มีอนุภาคใดๆติดค้างอยู่ภายใน ใช้กระดาษชุบเอทธิลแอลกอฮอล์ทำความสะอาดรอบๆหลอดแคพพิลลารี

18) ขณะที่สวมแว่นตาป้องกัน ปิดระบบแก๊สและระบบน้ำเย็นทั้งหมดควรระวังความร้อนที่ผิวของภาชนะเก็บอนุภาค (ในกรณีที่เป็นแบบชั้นเดียวไม่ใช่สองชั้นที่มีระบบน้ำเย็นไหลเวียน)

19) หมุนสกูของคอลเลคเตอร์ และยกฝาขึ้นเพื่อนนำกระดาษกรองออก

20) ทำการถอดส่วนต่างๆออก และทำความสะอาดผนังของคอลเลคเตอร์ฟิลเตอร์ โดยสวมแว่นป้องกัน และถุงมือยาง

21) ปิดวาล์วหลักของถังแก๊ส และปิดวาล์วเล็กให้แก๊สต่างๆออกให้หมด แล้วปิดวาล์วเล็ก

22) ชั่งกระดาษกรองที่มีอนุภาคนาโนเกาะอยู่

23) ทำการกวาดอนุภาคนาโนออกจากกระดาษกรองด้วยสเปตทูลา และเก็บอนุภาคนาโนในตู้ดูดควันหรือตู้ที่มีการถ่ายเทอากาศได้ดี โดยปิดจมูกด้วยที่กรองอากาศ เก็บอนุภาคนาโนที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้วในขวดที่ชั่งไว้ก่อน และทำการชั่งอีกครั้งหนึ่ง บันทึกน้ำหนักของอนุภาคนาโน

3.2.5 ขั้นตอนการปิดเครื่องเฟลมสเปรย์ไพโรลิซิสแบบฉุกเฉิน [47]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น เกิดเขม่าควันระหว่างการเผาไหม้ เกิดการอุดตันที่ปลายแคพิลลารี เปลวไฟติดๆดับ หรือเกิดการรั่วจุดใดจุดหนึ่ง ให้ทำการปิดปั๊มไซรินจ์ และปั๊มสุญญากาศโดยทันที

2) ปิดระบบการปล่อยแก๊สจากแมสโฟลคอนโทรลเลอร์ โดยทำการปิดแก๊สมีเทนและออกซิเจนซัพพอร์ต เป็นอันดับแรก ต่อจากนั้นจึงทำการปิดแก๊สออกซิเจนดิสเพอร์ชันและออกซิเจนวงนอกตามลำดับ

3) ถ้าเกิดเหตุการณ์ที่รุนแรงและไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยตนเองได้ ต้องทำการแจ้งผู้ดูแลหรือรับผิดชอบต่อเครื่องมือนี้โดยตรง

4) ในกรณีเกิดเพลิงไหม้และไม่สามารถควบคลุมได้ ให้ทำการเททรายกลบแหล่งการลุกไหม้ของไฟ ใช้ถังดับเพลิงเมื่อมีความจำเป็น และโทรแจ้งเบอร์ฉุกเฉิน 191

5) ถ้าไฟเกิดการลุกไหม้ติดเสื้อผ้าผู้ทำการทดลองให้ใช้น้ำดับ

6) ทำการแจ้งให้ผู้ปฏิบัติงาน หรือบุคคลรอบข้างออกจากบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้โดยทันที

3.3 การเตรียมเซนเซอร์โดยวิธีเคลือบหมุนเหวี่ยงกระจาย [47]

ในการเตรียมเซนเซอร์จะเตรียมในห้องควบคุมที่สะอาด โดยมีวิธีการเตรียมดังนี้

1) ชั่งผงละเอียดนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์และทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยโลหะชนิดแมงกานีสและโมลิบดินัม จำนวน 50 มิลลิกรัม และวัดสารละลายหนืดที่เตรียมได้จากการผสมสารยึดเหนี่ยวชนิดเอทิลเซลลูโลส กับตัวทำละลายสารยึดเหนี่ยวชนิดแอลฟา-เทอร์ไพนีออลเป็นปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร

2) ทำการผสมผงละเอียดนาโนทินไดออกไซด์บริสุทธิ์และทินไดออกไซด์ที่เจือด้วยโลหะชนิดแมงกานีสและโมลิบดินัม ที่เตรียมโดยวิธีเฟลมสเปรย์โรลิซิส กับสารละลายหนืดที่เตรียมได้จากการผสมสารยึดเหนี่ยวชนิดเอทิลเซลลูโลส กับตัวทำละลายสารยึดเหนี่ยวชนิดแอลฟา-เทอร์ไพนีออล ในอัตราส่วนที่พอเหมาะ เป็นเวลา 30 นาที

3) ทำการหยดสารผสมหนืดลงบนซับสเตรทอะลูมินาพิมพ์ลายด้วยทองบริสุทธิ์ แล้วทำการเหวี่ยงกระจายด้วยเครื่องเหวี่ยงกระจายโดยเทคนิค เคลือบหมุนเหวี่ยงกระจาย โดยจะใช้ความเร็วเหวี่ยงกระจายรอบที่หนึ่งคือ 700 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นทำการเหวี่ยงกระจายซ้ำ โดยใช้ความเร็วรอบที่สองคือ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที

4) ทำการอบแห้งแผ่นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

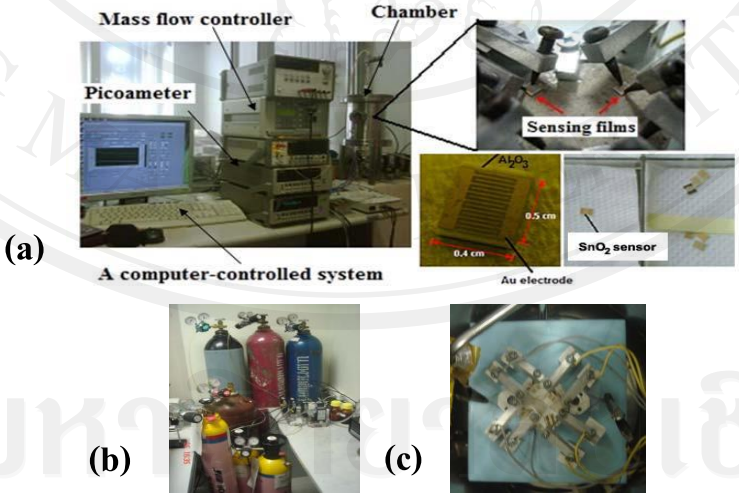
5) ทำการหยดสารผสมหนืดและเหวี่ยงกระจายซ้ำอีกครั้ง ครั้งแรกที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที และครั้งที่สองด้วยความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที

6) เผาเพื่อให้เกิดความแน่นตัว ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อัตราการเผาที่ 1 องศาเซลเซียสต่อนาที ในเตาเผาปรับอุณหภูมิได้ชนิดท่อยาว

7) เผาเพื่อกำจัดสารยึดเหนี่ยวออกไป ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ที่อัตราการเผาที่ 1 องศาเซลเซียสต่อนาที ในเตาเผาปรับอุณหภูมิได้ชนิดท่อยาว

3.4 เงื่อนไขการทดสอบการตอบสนองของแก๊สเซนเซอร์ต่อสภาวะแวดล้อม [43]

ในการทดสอบการตอบสนองของแก๊สเซนเซอร์ชนิดต่างๆนั้น จะทำการทดสอบภายในระบบการควบคุมด้วยแซมเบอร์ ดังรูป 3.7(c) ที่ความเข้มข้นของแก๊สทดสอบ สูง และ ต่ำ แตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของถังแก๊สทดสอบ ดังรูป 3.7(b) ภายใต้สภาวะบรรยากาศที่ค่าคงที่ในการไหลของฟลักซ์ส่วนผสมของอากาศ ซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน และออกซิเจนในอัตราส่วนที่พอเหมาะในอัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที ภายใต้การควบคุมของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ในการทดสอบจะเริ่มต้นจากการปรับค่าความต้านทานให้เสถียรที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ภายใต้การควบคุมความชื้น โดยใช้การควบคุมระบบคอมพิวเตอร์



รูป 3.8 (a) ห้องปฏิบัติการทดสอบเซนเซอร์ เครื่องมือ อุปกรณ์ทดสอบแก๊สเซนเซอร์ภายใต้สภาวะบรรยากาศ (b) ถังแก๊สทดสอบ (c) ฐานวางเซนเซอร์เพื่อทดสอบ [43]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในส่วนของการทดสอบจะสามารถทดสอบเซนเซอร์ได้ครั้งละ 4 ตัวอย่างพร้อมกัน ดังรูป3.7 (a) ภายในจะมีการติดตั้งด้วยลวดนิดเกิล-โครเมียม เพื่อให้ความร้อนกระแสตรงในการปรับค่าอุณหภูมิในการทดสอบที่แตกต่างกัน ในการทดสอบการตอบสนองต่อแก๊สจะทดสอบภายใต้อุณหภูมิช่วง 200-350 องศาเซลเซียส โดยแก๊สที่ใช้ในการทดสอบได้แก่กลุ่มของแก๊สที่ช่วยในการติดไฟ คือ แก๊สไฮโดรเจน ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงต้านทานซึ่งจะแปรผกผันกับสภาพการนำของไฟฟ้า รวมไปถึงแก๊สจำพวกกลุ่มสารอินทรีย์ที่สามารถระเหยได้ และแก๊สพิษ โดยในขณะการทดสอบจะมีการปรับค่าความต่างศักย์รวมของวงจรเท่ากับ 10 โวลต์ และในการทดสอบจะมีการตั้งช่วงของเวลาในการตอบสนองต่อแก๊ส การปรับค่าคงตัวของความต้านทานในสภาวะที่มีแก๊สเข้ามาทำปฏิกิริยา รวม 5 นาที และสภาวะในการกลับสู่ความต้านทานเริ่มต้นรวม 10 นาที โดยจะมีการใช้โปรแกรมในการปรับเวลาดังกล่าวโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ในการคำนวณสภาพความไวในการตอบสนองสามารถคำนวณโดยใช้สมการกังกล่าวมาขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งเวลาในการตอบสนองนั้นจะคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานที่ 90 เปอร์เซ็นต์ จากค่าความต้านทานคงตัวเริ่มต้น และเวลาในการกลับคืนสู่สภาพเดิมนั้นก็สามารถคำนวณได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานที่ 90 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved