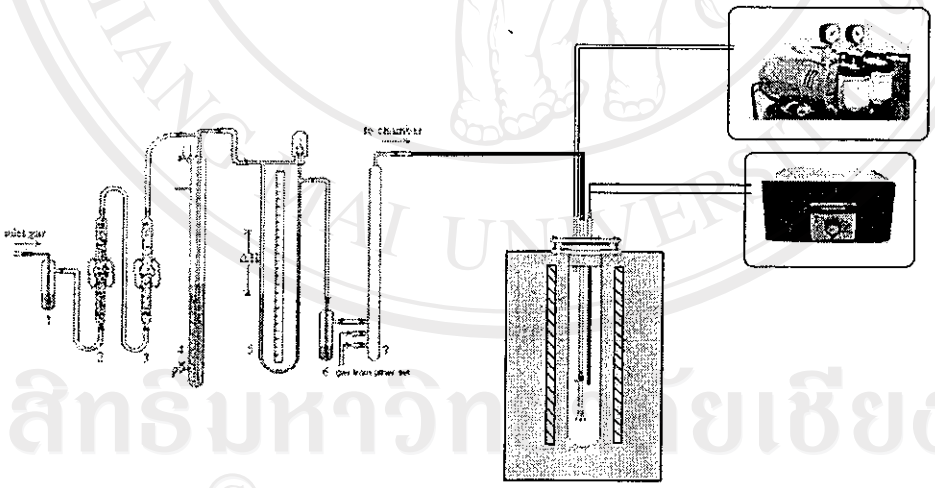
บทที่3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการทดลองท่อนาโนคาร์บอน โดยเทคนิคการตกสะสมไอเคมี (CVD) เป็นวิธีที่ใช้อุปกรณ์และต้นทุนที่ต่ำในการทดลอง โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งวัสดุและอุปกรณ์ทั้งหมดที่นำมาใช้ในการสังเคราะห์สามารถหาซื้อได้ในประเทศ โดยมีต้นทุนต่ำ และเทคนิคนี้มีแนวโน้มที่จะให้ปริมาณของท่อนาโนคาร์บอนสูง สามารถนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

3.1 การปลูกท่อนาโนคาร์บอนโดยใช้วิธีการตกสะสมไอเคมี (CVD) ลงบนลวดทังสเตน

มีชุดอุปกรณ์ต่างๆดังนี้



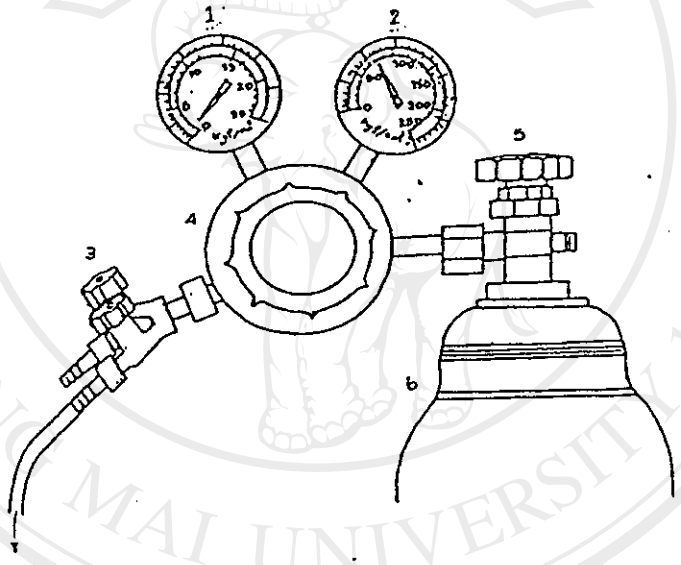
รูป 3.1 แสดงแผนผังของชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน โดยเทคนิคการตกสะสมไอเคมี (CVD)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.1 ชุดอุปกรณ์ การหาอัตราการไหลของก๊าซ

การปลูกท่อนาโนคาร์บอนบนลวดทังสเตน ต้องใช้ก๊าซ 2 ชนิดได้ แก่ ก๊าซอะเซทิลีนและก๊าซอาร์กอน ดังนั้น จึงต้องหาอัตราการไหลของก๊าซเพื่อให้ก๊าซทั้งสองผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม จึงจะเกิดท่อนาโนคาร์บอนขึ้นวัสดุและอุปกรณ์ มีดังนี้

1. ก๊าซอะเซทิลีนคอมเมอร์เชียลเกรดในถังบรรจุขนาด 20 กก.
2 .ก๊าซอาร์กอนคอมเมอร์เชียลเกรดในถังบรรจุขนาด 20 กก.
3. อุปกรณ์ควบคุมความดันที่ถังก๊าซ (gas regulator)



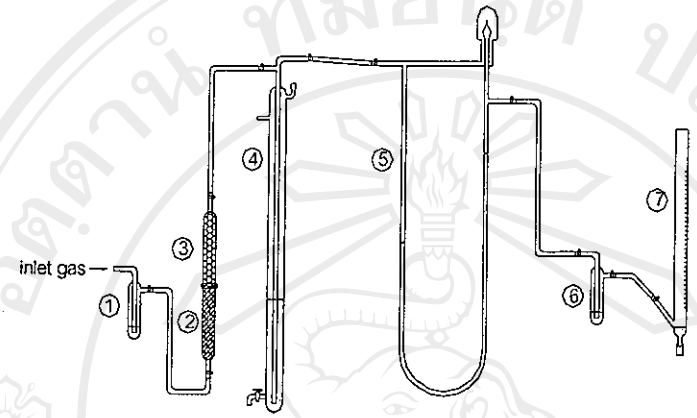
รูป 3.2 แสดงอุปกรณ์ควบคุมควบคุมความดันที่ถังก๊าซ (gas regulator)

ประกอบด้วย

1) มาตรวัดความดันก๊าซออก
2) มาตรวัดความดันก๊าซในถัง
3) วาล์วเปิดปิดก๊าซ
4) วาล์วควบคุมการไหลของก๊าซ
5) วาล์วควบคุมก๊าซออก
6) ถังบรรจุก๊าซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ชุดอุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ มีส่วนประกอบต่างๆดังแสดงในรูป 3.3 โดยประกอบด้วย



รูป 3.3 ชุดอุปกรณ์หาอัตราการไหลและควบคุมก๊าซ

1) หลอดตรวจสอบก๊าซเข้า ภายในบรรจุสารละลาย Dibutyl phthalate ซึ่งเมื่อมีก๊าซไหลเข้าไปจะเกิดฟองของก๊าซ

2) หลอดบรรจุสาร Drierite ทำหน้าที่ดูดความชื้นของก๊าซที่ไหลผ่าน

3) หลอดบรรจุสาร Sodium hydroxide ทำหน้าที่ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับชุดหาอัตราการไหลก๊าซอะเซทิลีนจะบรรจุ Drierite แทนเพราะ Sodium hydroxide จะดูดซับคาร์บอนไว้

4) หลอดควบคุมความดันก๊าซ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 ซม. ยาว 90 ซม. ภายในบรรจุสารละลาย Dibutyl phthalate เมื่อปรับเปลี่ยนระดับสารละลายจะทำให้ระดับความแตกต่างของสารละลายในหลอกรูปตัวยูเปลี่ยนแปลง

5) เวนทูริมิเตอร์ (Venturi meter) ประกอบด้วยหลอดรูปตัวยูซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 ซม. ยาว 88.0 ซม. ภายในบรรจุสารละลาย Dibutyl phthalate โดยระดับความแตกต่างของสารละลายจะเป็นตัวบ่งบอกปริมาณก๊าซที่ไหลผ่านออกไป ส่วนบนจะเป็นหลอดคาปิลารี (capillary tube) ครอบด้วยหลอดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 ซม. ยาว 14.0 ซม.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6) หลอดตรวจสอบก๊าซออก ภายในบรรจุสารละลาย Dibutyl phthalate เมื่อมีก๊าซออกจะเกิดฟองก๊าซขึ้น

7) หลอดวัดปริมาณการไหลของก๊าซ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 ซม. ยาว 51.0 ซม. ส่วนปลายหลอดด้านล่างปิดด้วยจุกยางและบรรจุสารซักล้างเพื่อให้เกิดฟอง

3.1.2 วิธีการทดลองหาอัตราการไหลของก๊าซ

1). เปิดแก๊สจากถังผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดัน ปรับวาล์วควบคุมการไหลของแก๊สผ่านเข้าชุดอุปกรณ์ทดลองทางหลอดตรวจสอบก๊าซเข้า

2). ปรับระดับสารละลายในหลอดควบคุมความดันก๊าซ ให้ระดับความแตกต่างของสารละลายในหลอดรูปตัวยูΔH(ซม.)มีค่ามากที่สุดพร้อมทั้งบันทึกค่าระดับความแตกต่างนั้น

3). บีบจุกยางที่ปลายหลอดวัดปริมารการไหลของก๊าซเพื่อให้เกิดฟองของสารซักล้างโดยฟองของสารซักล้างโดยฟองดังกล่าวควรจะมีลักษณะเป็นฟิล์มชั้นเดียว

4). บันทึกเวลา (วินาที) ที่ฟิล์มดังกล่าวใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านปริมาตร 50 มล. ในหลอดวัดปริมาณการไหลของก๊าซทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง นำมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ย

5). คำนวณหาอัตราการไหลของก๊าซ (Q,มล.ต่อวินาที) จากเวลาเฉลี่ยที่ได้

6). ปรับระดับสารระลายในหลอดควบคุมความดันก๊าซให้ระดับ ΔH (ซม.) เปลี่ยนแปลงไปอย่างน้อย 10 ค่า พร้อมทั้งบันทึกค่า ΔH ในแต่ละครั้ง ทำการทดลองซ้ำ ข้อที่ 3. ถึง ข้อที่ 5.

7). สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า log (Q,มล.ต่อวินาที) และ log (ΔH,ซม.) ซึ่งกราฟที่ได้จะเป็นกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยจะอยู่ในรูปสมการ 3.1

$$\log Q = s \log \Delta H + c$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลของก๊าซ (มล.ต่อวินาที)

ΔH คือ ระดับความแตกต่างของสารละลายในหลอดรูปตัวยู (ซม.)

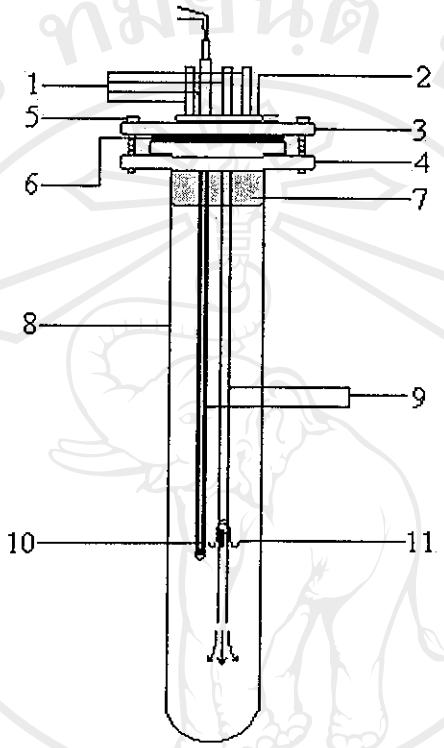
s คือ ความชันของกราฟ

c คือ ค่าคงที่

8). อัตราการไหลของก๊าซอะเซทิลีน และก๊าซอาร์กอนที่ต้องการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.3 ชุดอุปกรณ์ห้องเผา



รูป 3.4 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดห้องเผา

1. ท่อทองแดง
2. ขดท่อทองแดงระบายความร้อน
3. ฝาปิดห้องเผา
4. ที่ยึดฝาปิด
5. นอตยึดฝาปิด
6. แหวนยางรอง
7. อิฐฉนวนความร้อน
8. ห้องเผา
9. ท่อเซรามิก
10. เทอร์โมคัปเปิล
11. ลวดแขวนสารตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากภาพแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดห้องเผา มีรายละเอียดดังนี้

1) ท่อทองแดง จะเชื่อมติดกับฝาปิด ใช้สำหรับสอดท่อเซรามิกเข้าสู่ห้องเผา โดยจะประกอบด้วย 3 ท่อ คือ ท่อนำก๊าซจากชุดควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ เข้าสู่ห้องเผา ท่อระบายก๊าซออก และท่อสำหรับสอดเทอร์โมคับเปิล ขดท่อทองแดง

2) ท่อทองแดงระบายความร้อน ถูกเชื่อมติดกับฝาท่อโดยขดเป็นวงกลมล้อมรอบท่อทองแดงทั้งสามท่อ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. ปลายท่อด้านหนึ่งสำหรับน้ำเข้า อีกด้านหนึ่งสำหรับน้ำออก

3) ฝาปิด ทำจากทองแดง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 ซม. หนา 0.95 ซม. ที่ขอบเจาะรูสำหรับยึดนอต

4) แผ่นยึดฝาปิด สำหรับยึดฝาปิดให้ติดสนิทกับขอบปากห้องเผา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก มีขนาดเท่ากับขอบปากห้องเผา เส้นผ่านศูนย์กลางภายในมีขนาดเท่ากับ เส้นผ่านศูนย์กลางของห้องเผา

5) นอตยึด สำหรับยึดฝาปิดให้แน่น

6) แหวนยางรองกันซึม สำหรับป้องกันอากาศรั่วเข้ามาในห้องเผา มีลักษณะเป็นวงแหวน เส้นผ่าศูนย์กลางภายในมีขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องเผา

7) อิฐฉนวนความร้อน เป็นอิฐทนไฟ สามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุด 1300 องศาเซลเซียส มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 ซม. สูง 8.0 ซม. เจาะรูสำหรับสอดท่อเซรามิก 3 รู

8) ห้องเผา เป็นเซรามิกที่ทำจากดินผสม (compound clay) กับอะลูมินา มีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5.8 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6.5 ซม. ยาว 61.5 ซม. ปากกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.0 ซม. หนา 0.8 ซม.

9) ท่อเซรามิก มีจำนวนสองท่ออันหนึ่งสำหรับสอดเทอร์โมคัปเปิล อีกอันเป็นท่อแก๊สเข้ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. ทนอุณหภูมิได้ 1300 องศาเซลเซียส

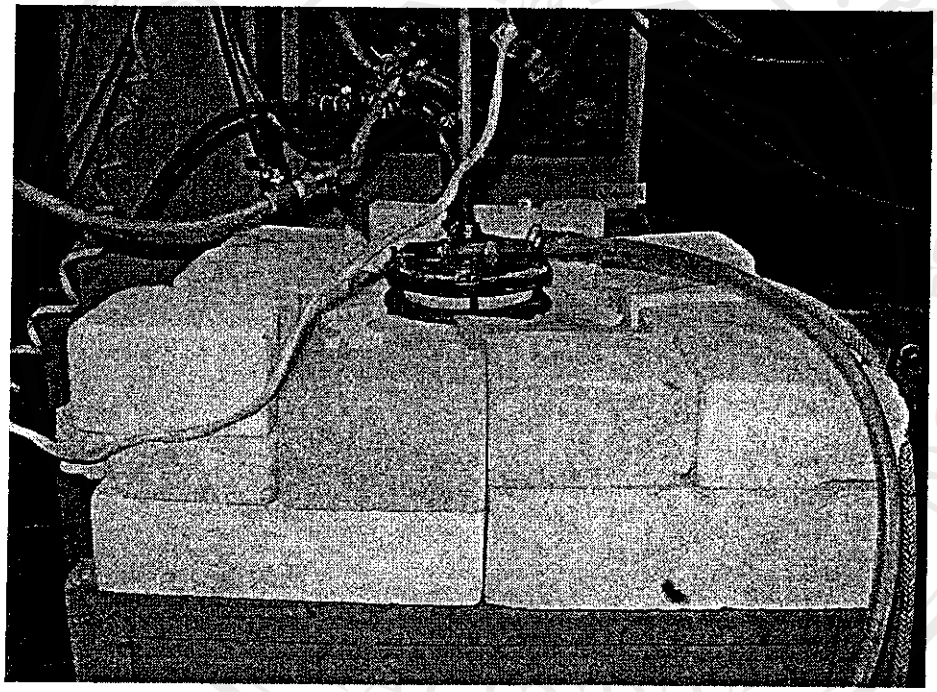
10) เทอร์โมคัปเปิล เป็นชนิดโครเมล – อะลูเมล แบบเค (Cromel – Alumel, Type K) สามารถวัดอุณหภูมิได้ดีในช่วง 0 ถึง 1260 องศาเซลเซียส[47] ในการวัดจะเชื่อมเข้ากับมัลติมิเตอร์เพื่ออ่านค่าความต่างศักย์

11) ลวดสำหรับแขวนสารตัวอย่าง เป็นลวดทนความร้อนทำเป็นขอเกี่ยวแล้วผูกติดกับท่อเซรามิกที่ผ่านแก๊สเข้าสู่ห้องเผา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.4 ชุดอุปกรณ์เตาเผา

เตาเผา (furnace) สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส ผนังเตาภายนอกทำจากเหล็กมีขนาดกว้าง 48.0 ซม. ยาว 50.0 ซม. สูง 70.0 ซม. ภายในมีส่วนประกอบต่างๆดังนี้



รูป 3.5 ชุดอุปกรณ์เตาเผา

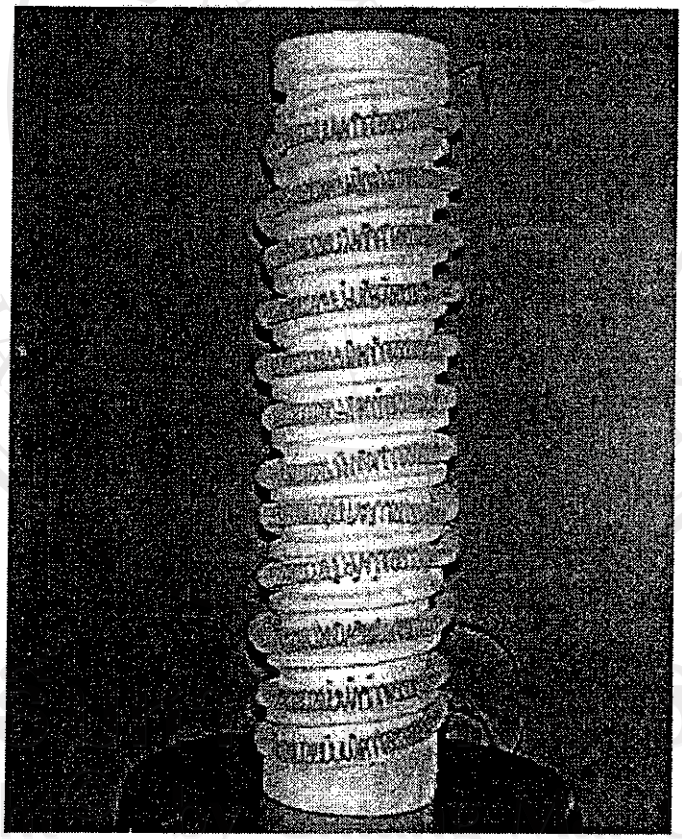
1) ท่อเกลียวเซรามิกทำจากดินที่ผสมอะลูมินาสูง ทนอุณหภูมิได้ 1300 องศาเซลเซียส มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 12.0 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 8.0 ซม. สูง 51.0 ซม. มีเกลียวขนาด 1.0 ซม.โดยรอบสำหรับยึดลวดความร้อน มีระยะห่างระหว่างเกลียว 2.5 ซม. ผนังท่อมีรูพรุนสำหรับถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายใน โดยจะวางท่อเกลียวเซรามิกที่พันลวดความร้อนแล้วไว้ในแนวดิ่งที่กึ่งกลางเตา

2) ลวดความร้อน [31] เป็นโลหะผสม Khantal ซึ่งมีจุดหลอมเหลวสูง มีค่าความต้านทานไฟฟ้า 0.4616 โอห์มต่อเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 มม. ความยาวของลวดที่ใช้ 29.5 ม. สามารถให้กำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0 – 3558.8 วัตต์ ตามค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ให้ 0 – 220 โวลต์ นำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลวดความร้อนดังกล่าวมาขดให้มีลักษณะเป็นสปริง โดยแต่ละขดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. แล้วนำไปพันรอบท่อเกลียวเซรามิก ดังรูป 3.6 ปลายทั้งสองของขดลวดจะเชื่อมต่อกับชุดตัดต่อหรือหรี่ไฟฟ้า

3) อิฐฉนวนความร้อน เป็นอิฐทนไฟของบริษัท Asia Refractory Industry Co., Ltd. รุ่น ARI C-1 ซึ่งทนอุณหภูมิได้สูงสุด 1100 องศาเซลเซียส และรุ่น ARI C-2 ซึ่งทนอุณหภูมิได้สูงสุด 1300 องศาเซลเซียส โดยจะวางอิฐรุ่น ARI C-2 ไว้ชั้นในติดกับท่อเกลียวเซรามิกและวางอิฐรุ่น ARI C-1 ไว้ชั้นนอกติดกับกระเบื้องฉนวนกันความร้อนที่ผนังเตา



รูป 3.6 ท่อเกลียวเซรามิกพันด้วยเกลียวขดลวดความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.5 ชุดอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของเตา มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1) เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิสำเร็จรูปของบริษัท Shinko Electric Instrument Co., Ltd. รุ่น AF--720--R/F ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ให้กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ หรือมีกำลังไฟฟ้า 1100 วัตต์

2) ชุดตัดต่อหรือหรี่ไฟฟ้า เป็นวงจรที่เชื่อมเข้ากับเอาท์พุต (output) ของเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิแทนรีเลย์คอนแทค (relay contact) ทำหน้าที่ปรับอุณหภูมิของเตาโดยการปรับค่าต่างศักย์ที่ให้กับลวดความร้อน

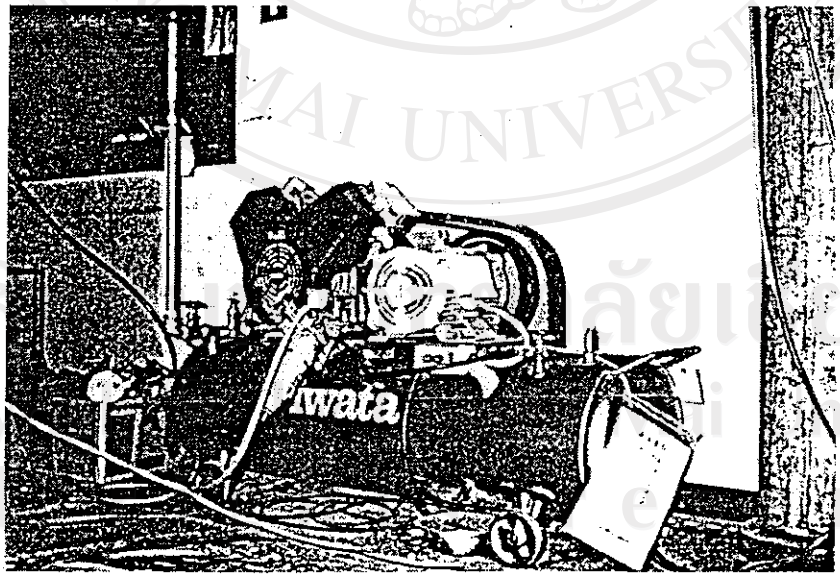
รูป 3.7 แสดงอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเตา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.6 ปั๊มสุญญากาศ (Rotary pump) สำหรับดูดอากาศออกจากห้องเผาเพื่อให้ภายในห้องเผามีสภาพเป็นสุญญากาศ สามารถดูดอากาศให้มีความดันได้ประมาณ 670 มม.ปรอท แสดงไว้ในรูป 3.7

รูป 3.8 แสดงปั๊มสุญญากาศ

3.1.7 เครื่องปั๊มอากาศ เป็นเครื่องที่ใช้ปั๊มอากาศ เพื่อนำอากาศไปทำความสะอาดห้องเผา



รูป 3.9 แสดงปั๊มอากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.8 นาฬิกาจับเวลา

รูป 3.10 นาฬิกาจับเวลา

3.1.9 การเตรียมลวดทังสเตน

1). นำหลอดไฟชนิดมี ทังสเตนเป็นไส้หลอดไฟ มาทำให้แตกโดยใช้คีมคีบหลอดแก้วให้แตก โดยระวังอย่าให้ลวดทังสเตนขาด

2). ลวดทังสเตนที่ได้นำมาจุ่มในกรด ไฮโดรฟลูออริก ที่มีความเข้มข้น 48% เป็นเวลา 5 วินาที ซึ่งเป็นการทำความสะอาดพื้นผิวและให้เกิดความขรุขระของพื้นผิว เพื่อให้เกิดการสร้างตัวของท่อนาโนคาร์บอนได้ดียิ่งขึ้น

3). ล้างกรดออก โดยจุ่มลวดทังสเตนลงในน้ำบริสุทธิ์ ที่ปราศจากไอออน (D-ionization)

4). เตรียมลวดทังสเตนไว้เพื่อทำขั้นตอนต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.10 การเตรียมห้องเผา

ก่อนทำการทดลองทุกครั้ง ต้องทำความสะอาดห้องเผาก่อนทุกครั้ง โดยนำห้องเผาไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ในเตาเผาเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง และใช้ปั๊มอากาศปั๊มลมเข้าไปในห้องเผา เพื่อไล่คาร์บอนที่ค้างในห้องเผา

3.2 วิธีการทดลองการปลูกท่อนาโนคาร์บอนบนลวดทังสเตน

. 1. นำลวดตัวอย่าง แขวนเข้ากับลวดสำหรับแขวนสารตัวอย่าง โดยให้ลวดตัวอย่างทดสอบอยู่ใกล้กับปลายเทอร์โมคัปเปิล

2. ปล่อยก๊าซอาร์กอนเข้าสู่ห้องเผา ทิ้งไว้ประมาณ10 นาที เพื่อให้มีอากาศเหลืออยู่ในห้องเผาน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการออกซิเดชันของลวดตัวอย่าง แล้วเปิดชุดควบคุมอุณหภูมิเตาเผาเพื่อให้ขดลวดความร้อนร้อนขึ้น

3. เปิดน้ำระบายความร้อนและยกห้องเผาใส่ในเตาเผา

4. เชื่อมเทอร์โมคัปเปิลที่อยู่ในห้องเผาเข้ากับมัลติมิเตอร์และชุดควบคุมอุณหภูมิเตา

5. เมื่อถึง อุณหภูมิที่ต้องการ (700 เคลวิน, 800 เคลวิน และ 900 เคลวิน) ตามลำดับ ทำการเปิดก๊าซอะเซทิลีนผสมกับก๊าซอาร์กอนมีอัตราการไหลเท่ากับ 0.2 และ 10 มล. ต่อวินาที ตามลำดับ เป็นเวลา 5 นาทีเมื่อครบกำหนดปิดชุดควบคุมเตาพร้อมกับปิดก๊าซอะเซทิลีนแต่ยังคงเปิดก๊าซอาร์กอนเข้าสู่ห้องเผาเพื่อป้องกันการออกซิเดชันของสารตัวอย่าง จนกระทั่งห้องเผามีอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จึงทำการยกห้องเผาออกจากเตาเผา

6. เมื่อห้องเผามีอุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้องจึงปิดก๊าซอาร์กอนและปิดน้ำระบายความร้อน แล้วนำลวดตัวอย่างออกมา

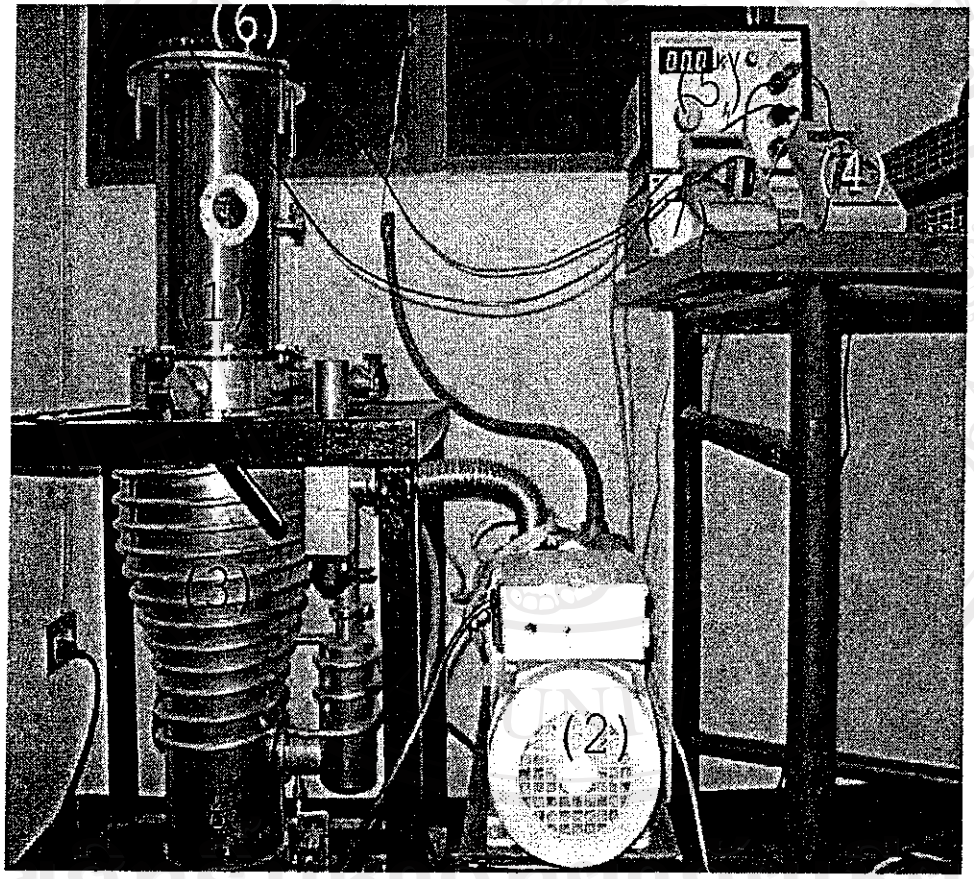
7. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-6 โดยเปลี่ยนอัตราการไหลก๊าซอะเซทิลีนผสมกับก๊าซอาร์กอนเท่ากับ 0.1และ 10 มล.ต่อวินาที ตามลำดับ

8. เตรียมนำลวดตัวอย่างที่ทำการทดลองแล้ว ไปวิเคราะห์ SEM, EDX และ TEM และทดสอบการปลดปล่อยอิเล็กตรอนต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 การทดสอบการปลดปล่อยอิเล็กตรอน แบบฟิลด์อิมิสชัน (Field emission)

ในการทดสอบการปลดปล่อยอิเล็กตรอนแบบฟิลด์อิมิสชัน (Field emission) จะประกอบด้วยอุปกรณ์ดังรูป 3.11



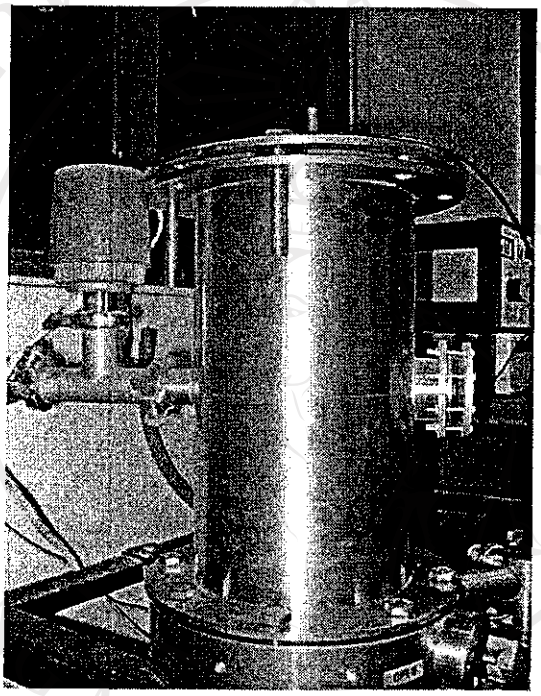
รูป 3.11 แสดงอุปกรณ์การทดสอบการปลดปล่อยอิเล็กตรอนแบบฟิลด์อิมิสชัน (Field emission)

1. ห้องสุญญากาศ
2. rotary pump
3. diffusion pump
4. multimeter
5. high voltage
6. ขั้ว Cathode และขั้ว Anode
7. เกจวัดความดัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยชุดอุปกรณ์การทดสอบการปลดปล่อยอิเล็กตรอน ในห้องสุญญากาศ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1) ห้องสุญญากาศ มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ทำจากโลหะสเตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม.ยาว 29 ซม. ดังรูป



รูป 3.12 ห้องสุญญากาศ

2) ขั้วไฟฟ้า มีสองส่วนคือ
ด้านนอกห้องสุญญากาศ

เป็นขั้วไฟฟ้าที่ติดกับฝาห้องสุญญากาศด้านนอกสร้างจากแท่งทองเหลือง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. และ ยาว 5 ซม.มีจำนวน 2 ขั้ว เพื่อนำไฟฟ้าไปต่อกับขั้วแอโนดและขั้วแคโทดด้านใน โดย

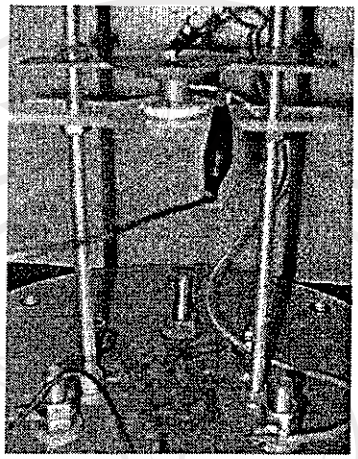
ขั้วแคโทด เป็นลวดทังสเตน

ขั้วแอโนด เป็นแผ่นทองแดงแบบแผ่น

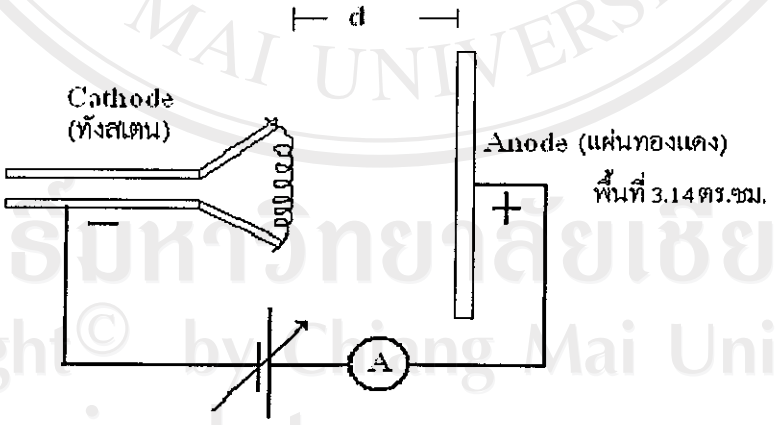
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) ขายึดอุปกรณ์ในห้องสุญญากาศ

เป็นโลหะสเตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. ยาว 25 ซม. โดยจะยึดติดกับฝาด้านในของห้องสุญญากาศ เพื่อจะติดตั้งขั้วขั้วแอโนดและขั้วแคโทด ดังรูป



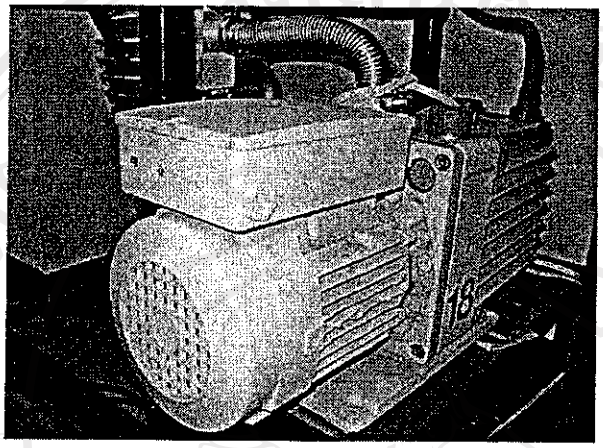
รูป 3.13 แสดงขายึดอุปกรณ์และขั้วไฟฟ้าในห้องสุญญากาศ



รูป 3.14 แผนภาพแสดงวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดปริมาณอิเล็กตรอน

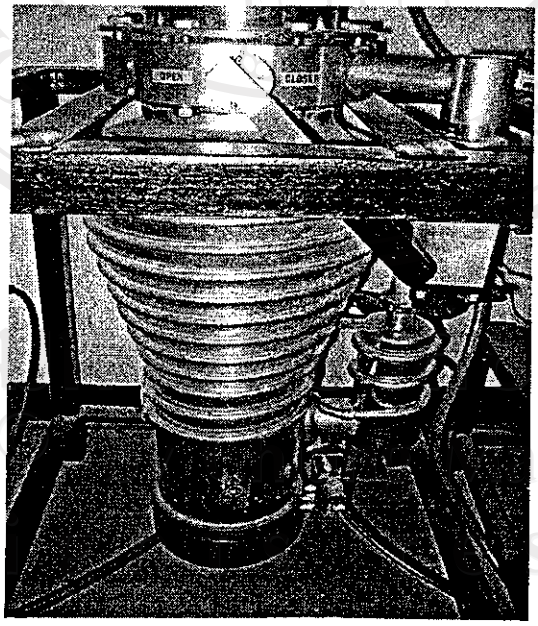
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4) ปั๊มกลสุญญากาศ (Rotary pump) เป็น ปั๊มยี่ห้อ EDWARDS E2M 18 CODE No A 363-15-912 SERIAL No 006423419 สามารถทำความดันต่ำประมาณ 10^{-3} มล.ปรอทดังแสดงในรูป 3.15



รูป 3.15 แสดงปั๊มกลสุญญากาศ

5) ปั๊มไอน้ำมันสุญญากาศ (Diffusion pump) เป็นปั๊มความดันต่ำ ซึ่งสามารถปั๊มได้ประมาณ10^{-6}มล.ปรอท



รูป 3.16 แสดงปั๊มไอน้ำมันสุญญากาศ (Diffusion pump)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการทดสอบการปลดปล่อยอิเล็กตรอน ในห้องสุญญากาศ

1). นำขั้วแคโทดและขั้วแอโนด มาติดตั้งในห้องสุญญากาศ และต่อขั้วไฟฟ้าให้เรียบร้อย

2). ติดฝาห้องสุญญากาศ โดยระหว่างฝากับห้องสุญญากาศวาง โอริงเพื่อมันอากาศรั่วเข้ามาในห้องห้องสุญญากาศ

3). ตรวจสอบว่า วาล์วที่ฐานอยู่ที่ตำแหน่งเปิดห้องสุญญากาศ และปิดรอยต่อระหว่างห้องสุญญากาศ กับปั๊มไอน้ำมันสุญญากาศ อยู่ตำแหน่ง(CLOSE) จึงเปิดปั๊มกล (Rotary pump) เพื่อดูดอากาศออกจากห้องสุญญากาศ จนความดันภายในห้องสุญญากาศ มีความดัน 10^{-3} มล.ปรอท จึงปรับตำแหน่งวาล์ว มีที่ตำแหน่ง(BACKING) ดูดอากาศออกจาก ปั๊มไอน้ำมันสุญญากาศ จนกระทั้งปั๊มไอน้ำมีความดัน 10^{-3} มล.ปรอท

4). เปิดน้ำหล่อเย็นให้กับปั๊มไอน้ำมันสุญญากาศ แล้วจึงจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับปั๊มไอน้ำมันสุญญากาศ เพื่อให้ไอน้ำน้ำปั๊มร้อนขึ้น รอประมาณ1 ชั่วโมง ความดันของไอน้ำมันก็จะสูงขึ้น จึงเปิดรอยต่อระหว่างห้องสุญญากาศ กับปั๊มไอน้ำมันสุญญากาศ อยู่ตำแหน่ง(OPEN) เพื่อให้ความไอน้ำมันไปดึงโมเลกุลของอากาศตกลงมา ทำให้ความดันภายในห้องสุญญากาศต่ำลงอีก ความดัน 10^{-6} มล.ปรอท จึงเริ่มทดสอบปลดปล่อยอิเล็กตรอน

5). ต่อวงจรไฟฟ้าดังรูป เปิด power supply ให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว แคโทดกับอาโนด แล้วบันทึกค่ากระแสอิเล็กตรอนที่กระทบขั้ว แอโนด ที่ได้จาก multimeter จากนั้นนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ที่ได้ระหว่างความต่างศักย์ที่ให้กับกระแสอิเล็กตรอนที่ให้ออกมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved