

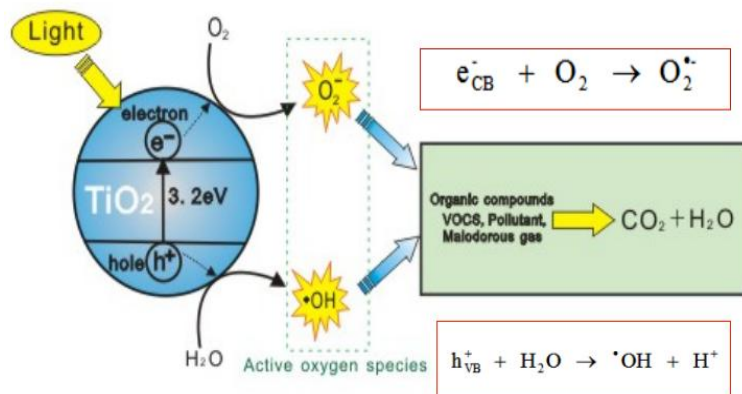
บทที่ 1

บทนำ

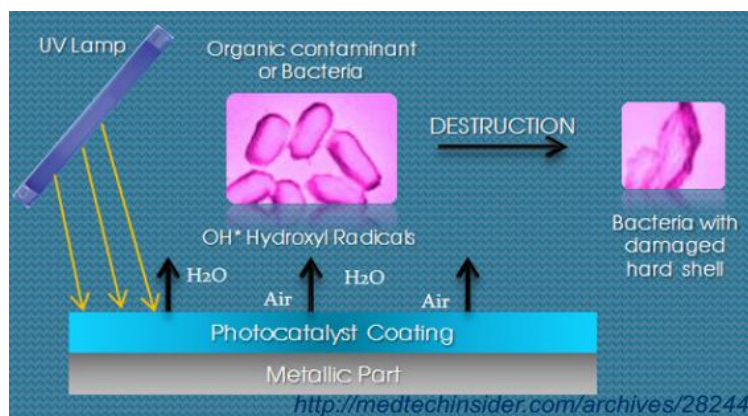
1.1ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสื่อสาร ทำให้ความต้องการโทรศัพท์ประเภท smart phone ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกสิ่งหนึ่งที่ขาดไม่ได้สำหรับอุปกรณ์โทรศัพท์ smart phone ที่มาคู่กันก็คือ ฟิล์มกันรอย (screen protector) ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันรอยขีดข่วนเนื่องจากการใช้งาน ฟิล์มกันรอยที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดมีหลายประเภทหลายราคา ขึ้นอยู่กับสมบัติของฟิล์มกันรอยและความสามารถในการป้องกันที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ฟิล์มที่มีราคาถูกจะไม่สามารถกันแสงยูวี ซึ่งส่งผลถึงดวงตาของผู้ใช้งานโทรศัพท์ อีกทั้งรอยนิ้วมือและคราบสกปรกต่าง ๆ เนื่องจากน้ำ ของเหลวต่าง ๆ ทำให้เกิดคราบหลงเหลืออยู่บนแผ่นฟิล์ม ซึ่งทำความสะอาดออกได้ยาก โดยต้องเช็ดออกด้วยผ้าไร้ขนและน้ำยาเช็ดแผ่นฟิล์มซึ่งมีราคาแพง ในงานวิจัยนี้ต้องการปรับปรุงสมบัติของฟิล์มกันรอยให้มีความสามารถในการป้องกันแสงยูวี ลดการสะสมของคราบสกปรก และทำความสะอาดตัวเองได้ โดยอาศัยกระบวนการเคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการเคลือบฟิล์มดังนี้

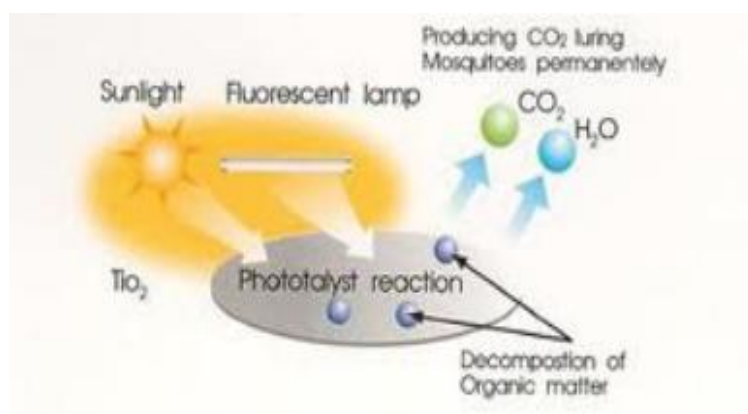
1. ดูดกลืนแสงคลื่นความถี่ยูวีได้ดี ทำให้ลดอันตรายตากับผู้ใช้โทรศัพท์ smart phone
2. ปฏิกริยาการกระตุ้นด้วยแสง(Photocatalyst)



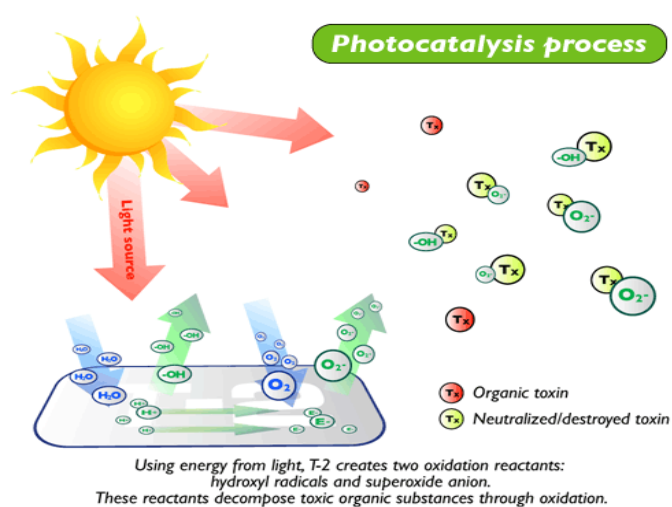
3. มีค่าดัชนีหักเหของแสงสูง
4. ความสามารถในการต้านทานแบคทีเรียเมื่อแบคทีเรียแพร่กระจายไปบนพื้นผิว สารพิษที่เกิดจากการตายของเซลล์จะถูกทำลายจากการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง



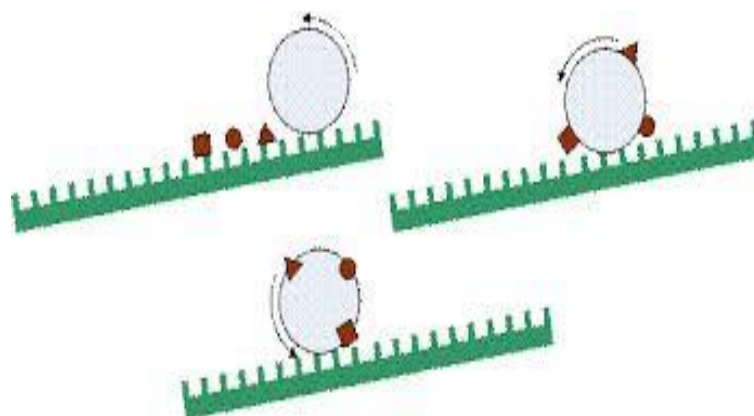
5. ความสามารถในการกำจัดกลิ่นอนุภาค OH^- สามารถกำจัดโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่ระเหยอยู่ในอากาศ อันเป็นสาเหตุของกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ โดยการทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของสาร



6. ความสามารถในการทำความสะอาดตัวเอง (Self Cleaning)



7. ความสามารถในการป้องกันการเกิดหยดน้ำ และคราบ (Lotus Effect)



1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 ศึกษาเงื่อนไขของกระบวนการเกิดท่อน TiO_2 โดยวิธีอะโนไดเซชัน

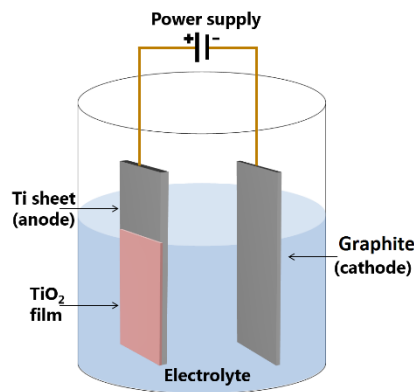
1.2.2 ทดสอบสมบัติการป้องกันหยดน้ำและสมบัติการทำความสะอาดตัวเองของฟิล์มบาง TiO_2

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการแอโนไดเซชัน (Anodization process)

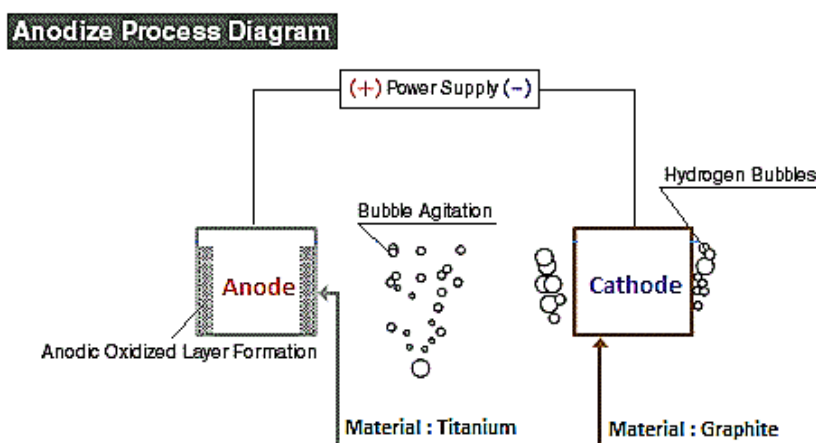
กระบวนการแอโนไดเซชัน (Anodization process) เป็นกระบวนการทางไฟฟ้าเคมีที่ใช้หลักการอิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis) โดยจะทำการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) จะทำให้เกิดการสังเคราะห์ฟิล์มออกไซด์ (Oxide film) ขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของโลหะเช่นไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เพื่อป้องกันการผุกร่อนและปรับสภาพผิวหน้าของโลหะโดยชั้นฟิล์มออกไซด์จะมีความหนาแน่นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปรของกระบวนการแอโนไดเซชันได้แก่ความต่างศักย์ไฟฟ้า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เวลาและอุณหภูมิ



รูปที่ 2.1 เซลล์ไฟฟ้าเคมี

เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้ในกระบวนการแอโนไดเซชันประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (dc power supply) โดยมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ได้แก่ ขั้วบวกเชื่อมกับโลหะไทเทเนียม (Ti) กระทำตัวเป็นขั้วแอโนด (Anode) ส่วนขั้วลบเชื่อมกับแกรไฟต์ (Graphite) กระทำตัวเป็นขั้วแคโทด (Cathode) ตามรูปประกอบที่ 2.1 โดยทั้ง 2 ขั้วแช่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีความต่างศักย์ที่เหมาะสมส่งผลให้เกิดสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นภายในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของไอออนบวกและไอออนลบ โดยที่ไอออนบวก (H^+) เคลื่อนที่จากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด และไอออนลบ (O^-) เคลื่อนที่ไปจากขั้วแคโทดไปยังขั้วแอโนด และที่ผิวโลหะจะพบว่ามีไอออนของออกซิเจน (O^-) ที่สูญเสียอิเล็กตรอนให้กับอะตอมโลหะ และส่งผลให้เกิดการสร้างพันธะกับโลหะกลายเป็นชั้นฟิล์มออกไซด์ อิเล็กตรอนที่สูญเสียไปจะเคลื่อนที่ผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงไปยังขั้วลบ และทำปฏิกิริยากับไอออนของไฮโดรเจน (H^+) ก่อให้เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจนบริเวณขั้วแคโทด ตามรูปประกอบ

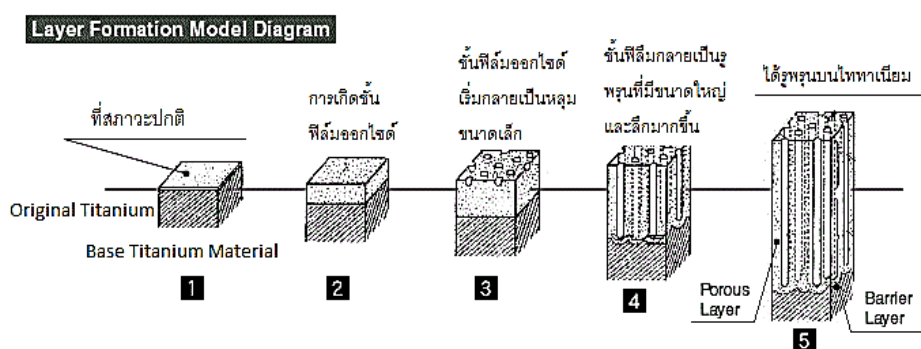
2.2



รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นในขั้วแอโนดและขั้วแคโทด

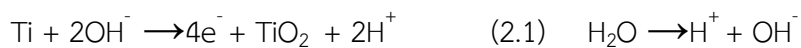
ลักษณะของฟิล์มออกไซด์ที่เกิดขึ้นอาจมีลักษณะเป็นรูพรุนหรือชั้นฟิล์มบาง (Barrier layer) เป็นผลมาจากองค์ประกอบของอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ในกระบวนการแอโนไดซ์ เซชันถ้าอิเล็กโทรไลต์มีสมบัติเป็นกลางชั้นฟิล์มออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้จะมีลักษณะเป็นชั้นฟิล์มบาง แต่ถ้าใช้อิเล็กโทรไลต์ที่มีความเป็นกรดฟิล์มออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้จะมีลักษณะเป็นรูพรุนหรือท่อนาโนโดยเฉพาะอิเล็กโทรไลต์ที่ประกอบด้วยไอออนของฟลูออไรด์ (F^-) หรือคลอไรด์ (Cl^-) โดยไอออนเหล่านี้ส่งผลให้ชั้นฟิล์มออกไซด์เกิดเป็นโครงสร้างของท่อนาโนที่จัดเรียงเป็นแถว

2.2 กลไกการเกิดท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 Nanotube))



รูปที่ 2.3 กลไกการเกิดท่อไทเทเนียมไดออกไซด์

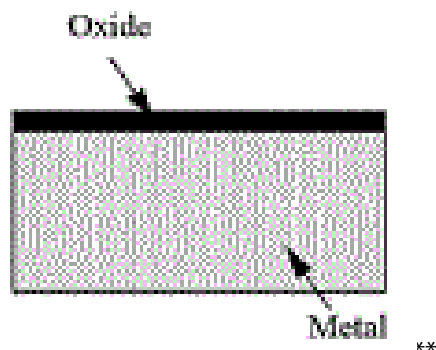
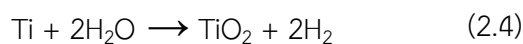
2.2.1 การโตของชั้นฟิล์มออกไซด์ที่พื้นผิวโลหะเนื่องจากโลหะทำปฏิกิริยากับไอออนของออกซิเจน (O^{2-}) หลังจากชั้นฟิล์มออกไซด์ชั้นแรกก่อตัวขึ้นไอออนเหล่านี้จะเคลื่อนจากชั้นออกไซด์ไปยังรอยต่อระหว่างโลหะกับออกไซด์เพื่อที่จะทำปฏิกิริยากับโลหะชั้นตอนของการเกิดชั้นฟิล์มออกไซด์ที่มีลักษณะเป็นฟิล์มติดแน่นบนผิว (Compact film) เป็นไปตามรูปประกอบที่ 2.4 และเป็นไปตามสมการต่อไปนี้



(2.2)

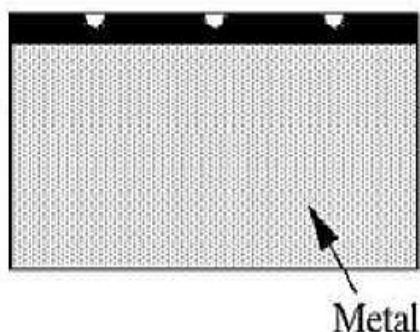
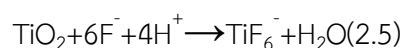


ดังนั้นปฏิกิริยาทั้งหมดที่ก่อตัวเป็นฟิล์มออกไซด์ตามสมการ



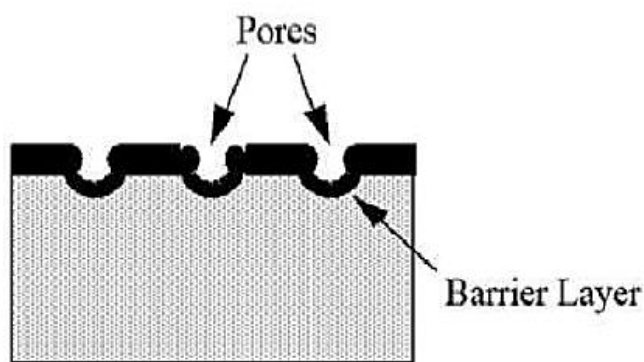
รูปที่ 2.4 การก่อตัวของชั้นฟิล์มออกไซด์

2.2.2 ภายใต้สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในชั้นฟิล์มออกไซด์ไอออนของฟลูออไรด์ (F^-) เริ่มมีการเคลื่อนที่ภายในชั้นฟิล์มออกไซด์โดยไอออนของฟลูออไรด์จะทำปฏิกิริยากับไอออนของโลหะ (Ti^{4+}) ดังสมการที่ 5 ในขั้นตอนนี้การสลายตัวเนื่องจากสนามไฟฟ้าส่งผลต่อการสลายตัวของฟิล์มออกไซด์ หลังจากนั้นจะเริ่มมี หลุมขนาดเล็กก่อตัวขึ้นเนื่องจากการสลายตัวเฉพาะที่ของฟิล์มตาม รูป ประกอบที่ 2.5 และเป็นไปตามสมการต่อไปนี้



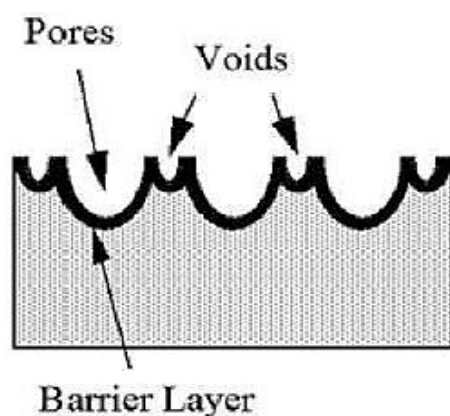
รูปที่ 2.5 เกิดหลุมขนาดเล็กบนชั้นฟิล์มออกไซด์

2.2.3 สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยให้เกิดการสลายตัวของออกไซด์ที่รอยต่อ ระหว่างออกไซด์กับอิเล็กโทรไลต์ในขณะเดียวกัน ไอออนของออกซิเจนอิสระ (O^{2-}) จะเคลื่อนที่ไปยังรอยต่อ ระหว่างโลหะกับออกไซด์เพื่อทำปฏิกิริยากับโลหะทำให้หลุมหนา ดเล็กเกิดการเพิ่มขนาดขึ้นกลายเป็นรูพรุนขนาดใหญ่และ ความหนาแน่นของรูพรุนเพิ่มขึ้นผลจากการที่มีสนามไฟฟ้าเคลื่อนที่บริเวณกันของรูพรุนนั้นทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มบางตามรูปประกอบที่2.6



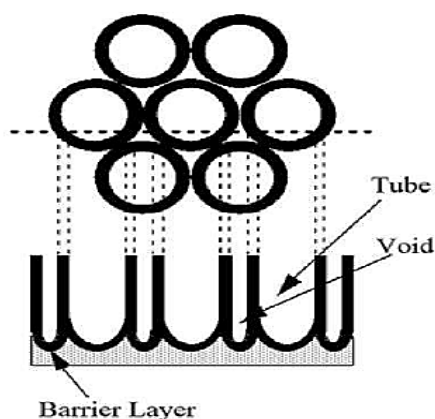
รูปที่ 2.6 การขยายตัวของรูพรุน

2.2.4 การสลายตัวทางเคมีของโลหะหรือออกไซด์โดยอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดซึ่งการสลายตัวทางเคมีของไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ในกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ส่งผลให้ฟิล์มออกไซด์เกิดเป็นท่อขนาดนาโนได้ดีกว่าการเกิดเป็นโครงสร้างรูพรุนขนาดนาโน และ เมื่ออัตราการโตของออกไซด์ที่รอยต่อระหว่างโลหะกับออกไซด์ และอัตราการสลายตัวของออกไซด์ที่รอยต่อบริเวณกันของรูพรุนกับอิเล็กโทรไลต์ที่อัตราที่เท่ากัน ภายหลังจากนั้นความหนาของชั้นฟิล์มบางจะไม่มีเปลี่ยนแปลงใดๆเกิดขึ้นถึงแม้ว่าไอออนอิสระจะเคลื่อนที่ไปยังโลหะทำให้ความลึกของรูพรุนเพิ่มขึ้นก็ตาม บริเวณโลหะที่นูนออกมานั้นจะมีสนามไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้การสลายตัวของออกไซด์ และการโตของออกไซด์เพิ่มขึ้นในเวลาเดียวกันบริเวณรอบๆรูพรุนจะเกิดช่องว่างขึ้นมาตามรูปประกอบที่2.7



รูปที่ 2.7 การเกิดช่องระหว่างรูพรุน

2.2.5 ภายหลังจากนั้นเมื่อช่องว่างและท่อเกิดขึ้นอย่างสมดุลจนกลายเป็นโครงสร้างท่อขนาดนาโนความยาวของท่อจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอัตราของการกัดกร่อนทางเคมีไฟฟ้ามีค่าเท่ากับอัตราการสลายตัวของเคมีตามรูปประกอบที่ 2.8[1]



รูปที่ 2.8 การเกิดเป็นท่ออย่างสมบูรณ์

2.3 คุณสมบัติของไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide Property)

ไทเทเนียม ไดออกไซด์ (Titanium dioxide: TiO_2) เป็นสารประกอบออกไซด์ของโลหะไทเทเนียม ที่ถูกนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เนื่องจากมีความเสถียรสูง ไม่เป็นพิษ และราคาถูก มีชื่อทางการค้า คือ ไทเทเนียม ไดออกไซด์ (Titaniumdioxide) ไททานิกแอนไฮไดร (Titanic anhydride) และไททานีย (Titania) ไทเทเนียมเป็นแร่ที่ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1791 ในเหมืองแร่เหมืองคอร์นวอลล์ ประเทศอังกฤษ โดยนักธรณีวิทยาชื่อ William Gregor ใช้สัญลักษณ์แทนคือ Ti มีเลขอะตอม 22 มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนต่อสภาพกัดกร่อนของคลอรีน น้ำทะเล และกรดต่าง ได้ดี ไทเทเนียม ไดออกไซด์โดยธรรมชาติจะพบน้อยมาก ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแร่ิลเมไนต์ (ilmenite) หรือ ลิวโซซีน (leucocene) โดยทำให้บริสุทธิ์ได้โดยวิธี rutile beach sand

2.3.1 คุณสมบัติเฉพาะ

- มวลโมเลกุล 79.9 กรัม/โมล
- ความหนาแน่น 3.84-4.26 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
- จุดเดือด 2,500 องศาเซลเซียส
- จุดหลอมเหลว 1,850 องศาเซลเซียส
- ไม่ละลายน้ำ

2.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกล

- สถานะภาพเป็นของแข็งสีขาว
- พื้นที่ผิว 50 ตารางเมตร/กรัม
- ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 20 นาโนเมตร
- ความหนาแน่น 130 กรัม/ลิตร
- ความถ่วงจำเพาะ 0.7 กรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร
- กำลังแรงกด 680 MPa
- Poisson's Ratio 0.27
- Shear Modulus 90 GPa

2.3.3 ด้านความปลอดภัย

- การกินจากอุบัติเหตุ (Ingestion) มีความเป็นอันตรายต่ำ
- การสูดดม (Inhalation) ทำให้เกิดอาการคัน และอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจหายใจ
- การสัมผัสผิวหนัง (Skin) มีความเป็นอันตรายต่ำ สามารถล้างออกได้
- การสัมผัสสายตา (Eyes) มีความเป็นอันตรายต่ำ มีอาการแสบ คันเล็กน้อย สามารถล้างออกได้

2.3.4 ประโยชน์ไทเทเนียมไดออกไซด์

ปัจจุบันไทเทเนียม ไดออกไซด์ที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์มาก มักใช้ในรูปของผลึกแบบรูไทล์ (rutile) ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมในด้านต่างๆ ซึ่งพบมากในธรรมชาติ ส่วนชนิดอนาเทส (anatase) นิยมใช้ในกระบวนการใช้แสงขึ้นสูงการนำมาใช้ประโยชน์เกี่ยวข้องกับด้านต่างๆได้แก่

2.3.4.1. ใช้สำหรับสารให้สี

อุตสาหกรรมสีที่เกี่ยวข้อง มักใช้ ไทเทเนียม ไดออกไซด์เป็นส่วนผสมของสีทาบ้าน ด้วยคุณสมบัติให้สารสีขาว สามารถดูดกลืน และหักเหช่วงแสงที่ตามนุษย์มองเห็น ได้สูง ขนาดอนุภาคเล็ก มีความยืดหยุ่นสูงทำให้ปกปิดรอยร้าว รอยตำหนิได้ดี และทนต่อสภาพความเป็นกรด- ด่าง ทนต่อแสงและความร้อน รวมถึงใช้ เป็นส่วนผสมของสีสำหรับงานพิมพ์งานศิลปะ เนื่องจากมีคุณสมบัติให้สีขาวสว่าง

2.3.4.2. ใช้เป็นสารเคลือบผลิตภัณฑ์

มักใช้เป็นสาร เคลือบในอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิ อุตสาหกรรมพลาสติกอุตสาหกรรมแก้ว กระจก และอุตสาหกรรมผลิตกระเบื้อง การผลิตสุขภัณฑ์ การผลิตเซรามิค อุตสาหกรรมโลหะสำหรับการเคลือบผิวโลหะ อุตสาหกรรมกระดาษสำหรับการเคลือบกระดาษเพื่อลดการทะลุผ่านของแสง ด้วยคุณสมบัติที่สามารถ ถักยัดเกาะ และเคลือบติดผิวได้ง่าย มีความทนทานต่อการกัดกร่อน รวมถึงคุณสมบัติที่กล่าวในข้างต้น นอกจากนี้ การใช้ ไทเทเนียม ไดออกไซด์สำหรับเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตและลดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ได้

2.3.4.3. เป็นสารกึ่งตัวนำผลิตกระแสไฟฟ้า

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์นิยมใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบ เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดไวสีย้อม (Dye sensitive solar cell)

2.3.4.4. ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้ามัก จะใช้ไทเทเนียม ไดออกไซด์ เพื่อทำเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าด้วยคุณสมบัติที่มีค่าคงที่ทางไฟฟ้าและค่าความต้านทานไฟฟ้าที่สูง

2.3.4.5. ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง

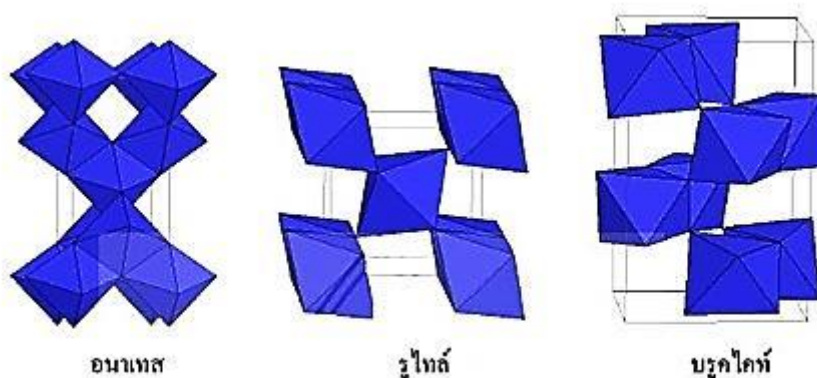
เครื่องสำอางบางยี่ห้อมีการใช้ ไทเทเนียม ไดออกไซด์เป็นส่วนผสมสำหรับทำหน้าที่ให้ผิกละเอียดสีขาว มีคุณสมบัติทึบแสง สามารถสะท้อน และหักเหแสงได้สูง และสะท้อนรังสียูวีได้ดี ไม่เป็นอันตรายต่อผิว ผลิตภัณฑ์ที่พบใช้เป็นส่วนผสมมาก ได้แก่ ครีมบำรุงผิว ครีมกันแดด แป้งรองพื้น และทาตัม เป็นต้น

2.3.4.6 ใช้ในการบำบัดมลพิษ

- ใช้เป็นสารดูดซับ โดยใช้งานในด้านการบำบัดมลพิษทางอากาศ และมลพิษทางน้ำ ทำหน้าที่เป็นสารตัวดูดซับมลพิษ
- ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงไทเทเนียมไดออกไซด์เมื่อได้รับแสง และความร้อน จะแตกตัวให้สาร และรังสีที่มีคุณสมบัติหลาย ประการที่สามารถกำจัดของเสียหรือมลพิษในน้ำ และอากาศ รวมถึงการกำจัดและต้านเชื้อจุลินทรีย์

2.3.5 ชนิดไทเทเนียมไดออกไซด์แบ่งตามโครงสร้างของผลึกได้แก่

1. รูไทล์ (rutile) มีโครงสร้างผลึกแบบเทตระโกนัล (tetragonal) ซึ่งเป็นชนิดที่พบมากที่สุด ในธรรมชาติมีความคงทนและเสถียรต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิที่สูง
2. อนาเทส (anatase) โครงสร้างแบบเทตระโกนัล (tetragonal) เป็นชนิดที่พบในธรรมชาติปานกลาง ที่ความร้อนสูงกว่า 915 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแบบรูไทล์
3. บรูกไคท์ (brookite) มีโครงสร้างผลึกแบบออร์โธโรมบิก (orthorhombic) เป็นชนิดที่พบน้อยในธรรมชาติ มีความเสถียรต่ออุณหภูมิต่ำ หากได้รับความร้อนมากกว่า 750 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแบบรูไทล์ตามรูปประกอบที่ 2.9[2]



รูปที่ 2.9 ชนิดของไทเทเนียม

2.4.เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ผล

2.4.1 Scanning Electron Microscope (กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนเป็นเครื่องมือวิทยาศาสตร์ช่วยขยายตาประเทกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ลำแสงอิเล็กตรอน ฉายหรือส่องกราดไปบนผิวของตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบให้ได้ข้อมูลของลักษณะพื้นผิวปรากฏเป็นภาพขยายที่สามารถมองเห็น ได้ด้วยตาเปล่าหรืออาจบันทึกภาพที่บนแผ่นฟิล์มได้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนมีชื่อ "ภาษาอังกฤษ" คำเต็มว่า SCANNING ELECTRON MICROSCOPE และโดยทั่วไปแล้วผู้ที่คุ้นเคยกับอุปกรณ์ชนิดนี้มักจะเรียกชื่อย่อเป็น "ภาษาอังกฤษว่า"SEM"(ออกเสียงว่าเอสอีเอ็ม)

2.4.1.1 ส่วนประกอบพื้นฐาน

- Electron gun (แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน) อยู่ด้านปลายบนสุดของ Column ซึ่งต่อกับสายไฟฟ้าแรงสูงที่ต่อจากถังแปลงไฟฟ้าแรงสูงซึ่งแปลงจาก 110 volts หรือ 220 volts เป็นไฟฟ้าที่มีความดันไฟฟ้าสูงคือระหว่าง 1-30 KV ซึ่งเพียงพอสำหรับ SEM

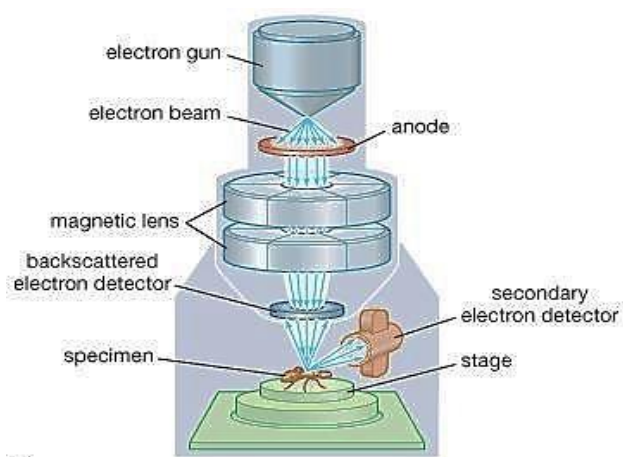
- Electromagnetic lens (เลนส์ควบคุมลำแสงอิเล็กตรอน) ใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

- Scan coil (ขดลวดควบคุมการเคลื่อนที่ของลำแสงอิเล็กตรอน) เป็นชุดอุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกันทำหน้าที่รวบรวมอิเล็กตรอนปฐมภูมิให้เป็นลำแสงรูปกรวยที่เล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ลำแสงดังกล่าวไปตกกระทบ บนผิวตัวอย่างและจะใช้สนามแม่เหล็กขับหรือผลักให้ลำแสงอิเล็กตรอนปฐมภูมิเคลื่อนไปบนผิวตัวอย่างในแนวที่ต้องการ

- Specimen Chamber (ช่องใส่ตัวอย่าง) เป็นช่องว่างใต้เลนส์สุดท้ายส่วนที่สำคัญของช่องใส่ตัวอย่างคือฐานวางตัวอย่างและปุ่มควบคุมโดยใช้เฟืองขนาดต่างๆ เพื่อเลื่อนฐานนี้ให้เลื่อนไปมาภายในช่องตัวอย่างได้อย่างน้อย 6 ทิศทางฐานวางตัวอย่าง ที่มีส่วนประกอบและคุณสมบัติเหล่านี้เรียกว่า goniometer stage

- Collector & scintillator (อุปกรณ์รวบรวม รวบรวมสัญญาณ) เป็นแท่งแก้วใสมีปลายมน ทำด้วยพลาสติกฉาบผิวด้วยอลูมิเนียมและส่วนปลายของแท่งนี้ล้อมด้วยตาข่ายโลหะที่ต่อกับ วงจรไฟฟ้าประจุ + ขนาด 30-250 โวลต์ เพื่อดึงดูดประจุอิเล็กตรอนทุติยภูมิอันเกิดจากปฏิกิริยา ระหว่างประจุอิเล็กตรอนปฐมภูมิกระทบกับผิวของตัวอย่าง

- Imaging photographic devices (อุปกรณ์สร้างภาพและถ่ายภาพ) ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณที่ได้รับเป็นภาพและ ภาพที่ปรากฏบนจอ CRT ก็พร้อมที่จะทำการบันทึกอุปกรณ์สร้างภาพประกอบด้วยท่อ นำแสงและเครื่องขยายและเปลี่ยนสัญญาณอิเล็กตรอน ให้เป็นแสงไฟฟ้าการสร้างภาพเริ่มจากประจุอิเล็กตรอนทุติยภูมิซึ่งประจุอิเล็กตรอนชุดนี้จะถูกจับและรวบรวมไว้แล้วนำสู่แท่งแก้วใสประเภท ท่อ นำแสงในลักษณะของแสงแสงที่ผ่านท่อแท่งแก้วนี้จะ เคลื่อนไปสู่เครื่องขยายแสง (photomultiplier) ซึ่งจะเปลี่ยนแสงชนิด photons นี้ไป อิเล็กตรอนอีกครั้งหนึ่งอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะผ่านเครื่องขยาย ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าให้ปรากฏในจอภาพ (CRT) ที่ติดตั้งไว้บน console unit ตามรูปประกอบที่ 2.10



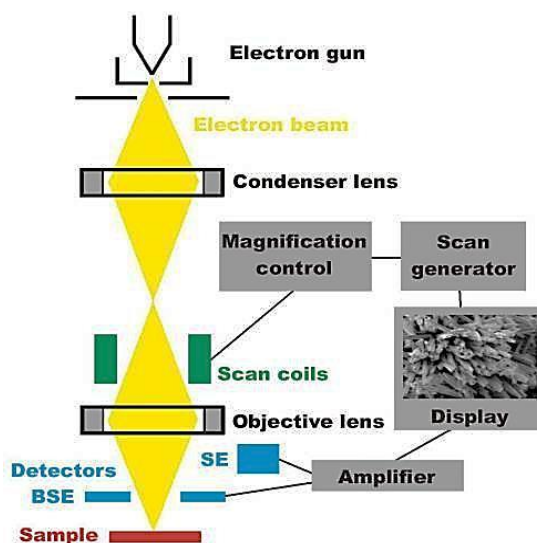
รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบของเครื่อง SEM

2.4.1.2 หลักการทำงาน

ลำอิเล็กตรอนจากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งให้เคลื่อนที่ลงมาตามคอลัมน์ซึ่งมีสภาพเป็นสุญญากาศ โดยทิศทางการเคลื่อนที่จะถูกควบคุมด้วยเลนส์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic lens) 2 ชุดหรือมากกว่าและปริมาณของอิเล็กตรอนจะถูกควบคุมด้วยแอมเพอร์เจอร์หรือช่องเปิดซึ่งมีขนาดต่าง ๆ กันตามลักษณะการใช้งาน โดยเลนส์แม่เหล็กไฟฟ้าชุดแรกเรียกว่า เลนส์คอนเดนเซอร์ (Condenser lens) จะทำหน้าที่บีบอิเล็กตรอนที่วิ่งลงมาจากแหล่งกำเนิดให้เป็นลำที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเล็กลงส่วนเลนส์วัตถุ (Objective lens) ซึ่งเป็นเลนส์สุดท้ายจะทำหน้าที่โฟกัสลำอิเล็กตรอน (Electron beam) ให้ไปตกบนผิวของตัวอย่าง โดยมีสแกนคอยล์ (Scan coil) ทำหน้าที่กวาดอิเล็กตรอนให้ไปบนผิวของตัวอย่างภายในกรอบพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆซึ่งพื้นผิวของตัวอย่างที่ถูกยิงด้วยลำอิเล็กตรอนนี้ จะเกิดสัญญาณต่าง ๆ ขึ้นหลายชนิดในเวลาเดียวกัน และ SEM จะมีอุปกรณ์สำหรับตรวจจับสัญญาณ (Detector) ชนิดต่างๆเหล่านั้น แล้วส่งไปประมวลผลเป็นภาพบนจอภาพต่อไป ตัวอย่างสัญญาณที่เกิดขึ้นได้แก่

- สัญญาณภาพจากอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary Electron Image: SEI) เป็นกลุ่มอิเล็กตรอนที่มีระดับพลังงานต่ำ 3 ถึง 5 อิเล็กตรอนโวลต์เกิดที่พื้นผิวระดับไม่ลึกไม่เกิน 10 นาโนเมตรโดยเกิดกับธาตุที่มีแรงยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนที่ผิวต่ำ

- สัญญาณภาพจากอิเล็กตรอนที่กระเจิงกลับ (Backscattered Electron Image: BEI) หรือกลุ่มอิเล็กตรอนที่สูญเสียพลังงานให้อะตอมในชิ้นงานเพียงบางส่วนและการกระเจิงกลับ ซึ่งมีพลังงานสูงกว่าอิเล็กตรอนทุติยภูมิเกิดที่พื้นผิวระดับลึกกว่า 10 นาโนเมตรโดยเกิดกับธาตุที่มีเลขอะตอมสูง ตามรูปประกอบที่ 2.11[3]



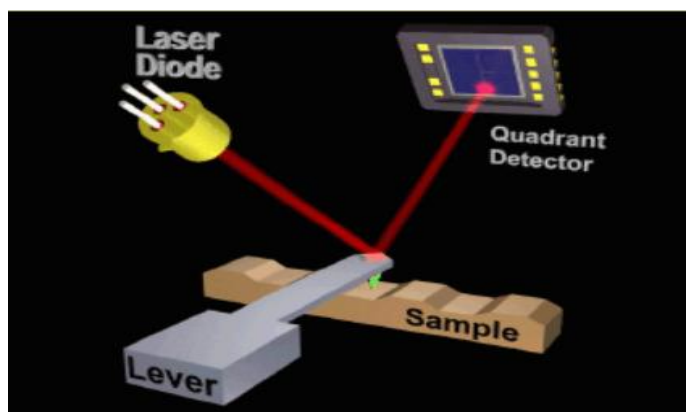
รูปที่ 2.11การทำงานของเครื่อง SEM

2.4.2 Atomic Force Microscope (กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม)

กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม เป็นกล้องจุลทรรศน์แบบหัวสแกน หรือ SPM ประเภทหนึ่งที่สามารถใช้ในการถ่ายภาพวัตถุที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร หรือถ่ายภาพอะตอมของสสารได้ โดยที่กล้อง AFM จะมีลักษณะการทำงานที่พิเศษเฉพาะตัวคือจะใช้หัววัดขนาดเล็กกวัดแรงผลักและแรงดูดที่เกิดขึ้นระหว่างหัวเข็มกับพื้นผิววัตถุ เพื่อมาสร้างเป็นภาพของพื้นผิวของวัตถุนั้นได้ โดยที่กล้อง AFM สามารถนำมาใช้ในการถ่ายภาพขยายในระดับนาโนเมตรของวัตถุที่นำไฟฟ้าและวัตถุที่ไม่นำไฟฟ้า ลักษณะชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ แผ่นฟิล์มบางคอลลอยด์ อนุภาคนาโนในเครื่องสำอาง เซลล์แบคทีเรีย ชิ้นงานที่เป็นผงระดับนาโนในเครื่องสำอาง เซลล์แบคทีเรีย ชิ้นงานที่เป็นผงระดับนาโนโดยสามารถบอกความสูง-ต่ำของพื้นผิวในรูปแบบ 2 มิติหรือ 3 มิติ

2.4.2.1 หลักการทำงาน

การผ่านแสงเลเซอร์ไปให้กับส่วนปลายแหลม (tip) ของคานยึ่นที่มีขนาดระดับอะตอมในระยะใกล้ ซึ่งส่วนปลายแหลมของคานนั้นจะไปสัมผัสแบบกระดกในทิศทางขึ้นและลงกับพื้นผิวของวัตถุ และเมื่อเครื่อง AFM ลากส่วนปลายแหลมผ่านโครงสร้างระดับนาโน แรงปฏิกิริยาที่กระทำในแนวตั้งฉากที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของพื้นผิวกับปลายแหลมจะดึงคาน ทำให้คานโก่งงอตัว ทำให้สามารถตรวจวัดขนาดของแรงเชิงปฏิสัมพันธ์ ระหว่างความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งของส่วนปลายแหลมและพื้นผิวของวัตถุ (ทำให้สามารถทราบถึงระดับพลังงานที่เกิดขึ้นได้) ซึ่งจะถูกนำมาแปรสัญญาณร่วมกันเพื่อนำมาสร้างเป็นภาพพื้นผิวที่เป็นลักษณะเชิงโครงสร้างระดับอะตอม ที่มีกำลังการขยายสูงไปแสดงบนจอภาพที่เป็นมอนิเตอร์เช่นเดียวกับกับเครื่อง STM (และโดยหลักการเดียวกันนี้ก็สามารถที่ใช้ปลายแหลมของคานนี้ในการสร้างแรงผลัก เพื่อเคลื่อนย้ายอะตอมแต่ละตัวของโครงสร้างวัสดุได้เช่นเดียวกันอีกด้วย)ตามรูปประกอบที่2.12



รูปที่ 2.12การทำงานของเครื่อง AFM

2.4.2.2การประยุกต์ใช้

วิธีการทำงานของเครื่อง AFM ที่นำมาใช้งานทางด้านวิทยาศาสตร์ระดับนาโนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่

- การสัมผัสแบบต่อเนื่อง เป็นการสัมผัสพื้นผิวพร้อมกับการลากปลายแหลมไปบนพื้นผิวนั้นๆ ตลอดเวลา ข้อเสียของวิธีนี้คือ จะทำให้เกิดแรงต้านในแนวของการเคลื่อนที่ซึ่งขนานกับพื้นผิวขึ้น อันอาจทำให้คานของโพรบที่ใช้วัดเกิดการโก่งงอตัวหรือเกิดบิดเบี้ยวไป โดยที่มีได้เกิดจากแรงดึงดูดที่ปลายเนื่องจากแรงในแนวตั้งฉากเพียงอย่างเดียว จึงทำให้ข้อมูลความสูงของพื้นผิวที่วัดได้นั้นอาจผิดไปจากความจริง

- การสัมผัสแบบไม่ต่อเนื่อง เป็นการสัมผัสพื้นผิวโดยให้ปลายแหลมสัมผัสกับพื้นผิวเป็นระยะเวลานั้นๆ ในแนวตั้งฉากกับพื้นผิว (คล้ายกับการใช้ปลายนิ้วเคาะโต๊ะเป็นจังหวะๆ นั่นเอง) ด้วยลักษณะการสัมผัสแบบนี้แรงต้านในแนวตั้งฉากจะไม่เกิดขึ้น แต่เนื่องจากปลายแหลมสัมผัสพื้นผิวเป็นระยะสั้นๆ จึงทำให้เกิดการสั่นของคาน ซึ่งจะส่งผลให้ค่าสัญญาณที่ตรวจวัดได้นั้นไม่คงที่หรือไม่น่าเชื่อถือ[4]

2.4.3การทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction:XRD)

เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction; XRD) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างผลึกที่ไม่ทำลายชิ้นงานตัวอย่าง ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานด้านเคมีและเคมีชีวภาพ โดยใช้ในการตรวจวัดโครงสร้างของโมเลกุลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสารประกอบอินทรีย์ ดีเอ็นเอ โปรตีนที่มีอยู่ตามธรรมชาติ รวมถึงวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้น ผู้ผลิตได้พัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในเทคนิคนี้ให้มีความสามารถ มากยิ่งขึ้นและใช้งานได้ง่ายขึ้น ทำให้เอื้อประโยชน์สำหรับนักวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปใช้ปรับปรุง พัฒนา หรือยกระดับการวิเคราะห์ วิจัย หรือตรวจสอบในระดับสูงขึ้น

2.4.3.1หลักการพื้นฐาน

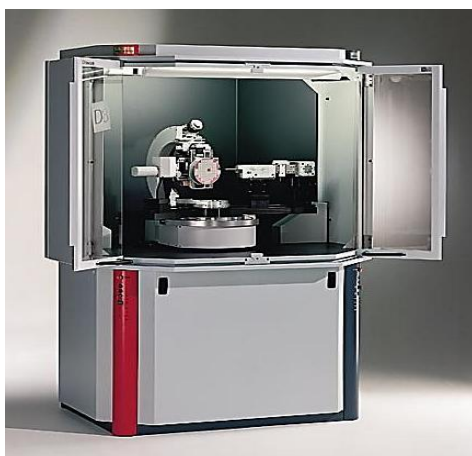
การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD นั้นจะใช้คุณสมบัติการเลี้ยวเบนรังสีของโครงสร้างผลึกซึ่ง

เป็นไปตามสมการของ Bragg

$$n\lambda = 2d\sin \varnothing \quad (2.6)$$

โดยที่ $n = 1, 2, 3, \dots$, λ คือค่าความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์, d คือ ระยะห่างระหว่างระนาบผลึก และ $\varnothing$ คือ มุมตกกระทบของรังสีเอ็กซ์กับระนาบผลึก

ในขั้นตอนแรกนั้นต้องทำการปลูกผลึกที่สนใจแล้วนำผลึกที่ได้ไปแช่ในโตรเจนเหลวผลึกที่แช่แข็งนี้จะไปลด radiation damage ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูลและลดการเคลื่อนไหวของอุณหภูมิภายในผลึกผลึกจะถูกวางในเครื่อง diffractometer แล้วฉายด้วยรังสีเอ็กซ์รังสี ที่เกิดการเลี้ยวเบนจะถูกบันทึกลงบนแผ่นฟิล์มหรือคอมพิวเตอร์ข้อมูลที่ได้จะถูกรวบรวมแล้วนำมาสร้างเป็นแผนผังของความหนาแน่นอิเล็กตรอนของโมเลกุลหลังจากนั้นอะตอมจะถูกปรับค่าตัวแปรต่างๆ เช่น ตำแหน่งเทียบกับผังความหนาแน่นเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด ค่าความเข้มที่ มุมต่างๆจะถูกนำมาพล็อตจนได้กราฟที่เรียกว่า diffractogram ซึ่งแต่ละพีคที่เกิดขึ้นจะเป็นลักษณะเฉพาะของธาตุแต่ละชนิดด้วยหลักการการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ทำให้เราได้ทราบถึงข้อมูลของวัสดุที่ต้องการศึกษาทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและคุณสมบัติเชิงกลอย่างมากมาย



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างเครื่องที่ใช้หลักการของ XRD

2.4.3.2 เทคนิค

เทคนิคที่ใช้หลักการการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์นี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 เทคนิคได้แก่

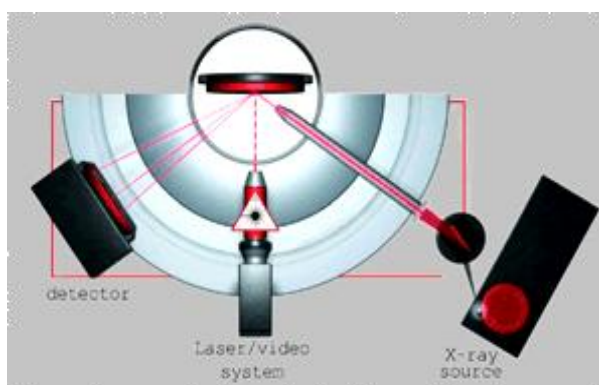
-Single-Crystal Methods

โดยหลักแล้วเทคนิคนี้ใช้ในการตรวจวัดโครงสร้างอะตอม (ความสมมาตร ตำแหน่ง ช่องว่าง เป็นต้น) ซึ่งวิธีการดั้งเดิมนั้น (Laue method) จะใช้ผลึกติดอยู่กับที่และทำการเปลี่ยนแปลงค่าความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์เมื่อฉายลำรังสีให้ตกบนผลึกเดี่ยว จะทำการบันทึกผลการเลี้ยว เบนลงบนแผ่น Photographic plate ซึ่งใช้ในการบันทึกค่าความเข้มและตำแหน่งของรังสีที่เกิดการเลี้ยวเบนแต่ในปัจจุบันนั้นจะทำให้ผลึกเกิดการหมุนและอาศัยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีของกล้องก้าวข้ามขีดจำกัดของการตรวจวัดปริมาณของรังสีที่เลี้ยวเบนจากวิธีการดั้งเดิมวิธีการ นี้จะใช้รังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นค่าเดียวแต่อาศัยการเปลี่ยนมุม $\varnothing$ โดยการเคลื่อนที่ของผลึกซึ่งอยู่บนแท่นหมุน แล้ว

ใช้ diffractometer และคอมพิวเตอร์ในการเก็บรวบรวมและจัดการข้อมูลซึ่งจะให้ผลที่มีความแม่นยำมากกว่า

- Powder Methods

เบื้องต้นแล้ว วิธีการนี้จะใช้ในการระบุแร่ธาตุโดยจะใช้บอกร่องประกอบและตรวจวัดความสัมพันธ์ของธาตุที่มีอยู่ในสารผสม เช่นเดียวกับ Single-Crystal Methods คือแต่เดิมนั้นจะใช้เทคนิคของการถ่ายภาพในการบันทึกข้อมูลการเลี้ยวเบนแต่ในปัจจุบันจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า X-ray Powder Diffractometer และยังสามารถช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเตรียมตัวอย่างผลึกแล้วไม่สามารถใช้วิธีการแรกในการตรวจวัดได้[5]



รูปที่ 2.14การทำงานของ XRD

2.4.4 Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM)

Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการศึกษาโครงสร้างขนาดเล็กระดับจุลภาคและเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในการวิจัยและการผลิตภาคอุตสาหกรรม FESEM เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายสูงถึงระดับ 1,000,000 เท่าทำให้สามารถศึกษาโครงสร้างขนาดเล็กระดับไมโครหรือนาโนได้ FESEM ยังสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer ; EDS) ซึ่งช่วยในการศึกษาชนิดปริมาณและการกระจายขององค์ประกอบธาตุของวัสดุที่ศึกษาได้อีกทั้ง FESEM ยังสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หรือหัววัดอื่นๆเพื่อใช้ศึกษาวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ที่ต่างกันออกไปเช่นเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วิเคราะห์การเรียงตัวของผลึกโดยใช้สัญญาณจากการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ (Electron Backscatter Diffraction; EBSD) นอกจากนี้ FESEM ยังสามารถประยุกต์โดยเชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์ควบคุมลำอิเล็กตรอนเพื่อใช้เขียนลวดลายขนาดเล็กลงบนชิ้นงาน (Electron Beam Lithography) จะเห็นได้ว่า FESEM เป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นต่อการศึกษาวิจัยด้วยกำลังขยายที่สูงและสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายและครอบคลุมการศึกษาวิจัยในระดับจุลภาค

2.4.4.1 คุณสมบัติ

Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนแบบ Schottky type field-emission (T-FE)

มี resolution สูงถึง 1.2 nm ที่ 30 kV เหมาะสำหรับงานทางวิทยาศาสตร์กายภาพ ศักย์เร่งอิเล็กตรอนปรับเปลี่ยนได้ในช่วง 0.5-30 kV ง่ายต่อการใช้งานเพราะควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ระบบสุญญากาศในระบบลำ อิเล็กตรอนใช้ sputter-ion pump ส่วนห้องชิ้นงาน (sample chamber) ใช้ diffusion pump หัววัดหลักสำหรับการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายของระบบ ซึ่งประกอบด้วย 3 หัววัด

2.4.4.2 ประเภทของหัววัด

สัญญาณ

ภาพที่ได้จากFESEMแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะของภาพที่ได้จากหัววัดที่ต่างกัน ได้แก่

Secondary Electron Image(SEI)

-

Backscattered Electron Image (BEI)

-

Transmission Electron Image (TEI)

-

Secondary Electron Image (SEI)

เป็น

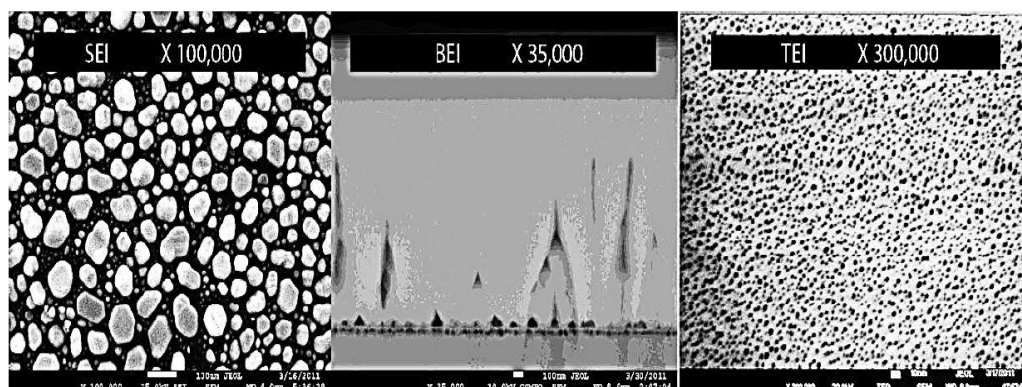
สัญญาณภาพที่ได้จาก Secondary Electron Detector (SED) ที่รับเอาพลังงานจาก secondary electron ที่หลุดออกมาจากพื้นผิวของชิ้นงานเมื่อถูกลำ อิเล็กตรอนชนมาประมวลผลภาพที่ได้แสดงให้เห็นลักษณะของพื้นผิวของตำแหน่งที่สนใจบนชิ้นงาน (Morphology) ศักย์เร่งอิเล็กตรอนปรับเปลี่ยนได้ในช่วง 0.5-30 kV ตามประเภทของชิ้นงานสามารถเพิ่มกำลังขยายได้สูงถึงประมาณ 1,000,000 เท่าภายใต้สภาวะการใช้งานที่เหมาะสมโดยทั่วไปการใช้งานปกติมักจะได้กำลังขยายถึงประมาณ 300,000 เท่าและยังสามารถเลือกโหมดป้องกันการสะสมของประจุบนชิ้นงานโดยใส่ความต่างศักย์ไปยังชิ้นงานเพื่อไล่ประจุสะสม

-

Backscattered Electron Image (BEI)เป็นสัญญาณภาพที่ได้จาก Backscattered Electron Detector (BED) ที่รับเอาพลังงานจาก Backscattered Electron ที่สะท้อนจากพื้นผิวของชิ้นงานมาประมวลผลโดยสัญญาณที่ได้ในแต่ละบริเวณจะแปรตามเลขอะตอม (atomic number, Z) ในเนื้อสารบริเวณนั้นๆภาพที่ได้จึงมีความสว่างเข้มหรืออ่อนตามเลขอะตอมของธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อสาร (atomic contrast) BEI จึงสามารถแสดงภาพที่แยกแยะความแตกต่างของแต่ละบริเวณที่มีธาตุหรือสารประกอบต่างชนิดกันได้หัววัด BED เป็นแบบ retractable สั่งการให้เลื่อนเข้าไปยังตำแหน่งเหนือชิ้นงานในระหว่างใช้งานและเลื่อนออกเมื่อไม่ได้ใช้งานได้เพื่อความปลอดภัยของหัววัด

-

Transmission Electron Image (TEI)เป็นสัญญาณภาพที่ได้จาก Transmission Electron Detector (TED) อาศัยหลักการของ Transmission Electron Microscope (TEM) ประยุกต์ติดตั้งในระบบของ FESEM โดย TED จะอยู่ในตำแหน่งใต้ชิ้นงานเพื่อรับพลังงานจาก transmission electron ที่ทะลุผ่านชิ้นงานศักย์เร่งอิเล็กตรอนที่ตั้งไว้สำหรับระบบนี้เป็นค่าสูงสุดคือ 30 kV และชิ้นงานจะต้องเตรียมด้วยเครื่องมือเฉพาะเพื่อให้ชิ้นงานมีขนาน ดบางเพื่อให้อิเล็กตรอนสามารถทะลุผ่านไปยัง TED ได้ภาพที่ได้จะแสดงถึงรูปร่างโครงสร้างภายในของชิ้นงานสามารถเพิ่มกำลังขยายได้ถึงประมาณ 300,000 เท่า[6]



รูปที่ 2.15 ภาพที่ได้จากหัววัดแบบต่างๆ

2.5 โปรแกรม Labview

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ LABVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument หรือจะเรียกย่อๆว่า VI ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัดเสมือนดังตัวอย่างจากรูปนี้เป็น Oscilloscope ที่ได้ทำการสร้างขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่า เป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัดอย่างมีประสิทธิภาพและในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ใช้ช่วยในการวัดมากมายและแน่นอนที่สุดโปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่างๆ

2.5.1 ข้อดี

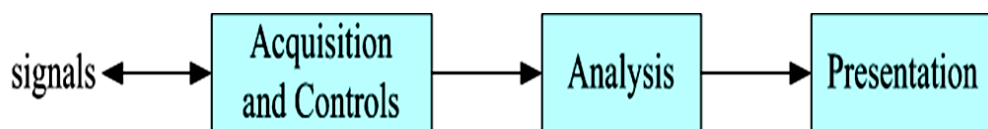
1. โปรแกรม LabVIEW นี้เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์นั่นคือไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือคำสั่งใดๆทั้งสิ้นและที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เราจะเรียกว่าเป็นภาษารูปภาพหรือเรียกอีกอย่างว่าภาษา G (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดอย่างที่เราคุ้นเคยกับภาษาพื้นฐานเช่น C, BASIC หรือ FORTRAN ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมดซึ่งแม้ว่าในเบื้องต้นอาจจะสับสนอยู่บ้างแต่เมื่อคุ้นเคยกับการใช้โปรแกรมนี้แล้วเราจะพบว่า LabVIEW นี้มีความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงไปได้มากโดยเฉพาะในงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อใช้ในการวัดและการควบคุม

2. ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ของเราเมื่อรวมกับ LabVIEW และอุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อการเก็บข้อมูล (Data Acquisition Card) แล้วสามารถเปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเราให้กลายเป็นเครื่องมือวัดในหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็น Oscilloscope, Multi-meter, Function Generator, Strain meter Thermometer หรือเครื่องมือวัดอื่นๆตามที่เรากำลังต้องการทำให้สามารถใช้

คอมพิวเตอร์ในการทำการวัดและเครื่องมือวัดได้อย่างกว้างขวางซึ่งจุดนี้เองที่เป็นที่มาของชื่อเครื่องมือวัดเสมือนจริง (Virtual Instrument)

2.5.2 หลักการเขียนแบบ DATA FLOW

เนื่องจาก LabVIEW ใช้ลักษณะการเขียนแบบ Block Diagram ซึ่งวิศวกรส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยอยู่แล้วจึงเป็นการง่ายที่จะทำความเข้าใจและนำไปพัฒนาใช้ต่อไปได้และถ้าหากเราจำได้ถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมว่าก่อนที่จะเขียนโปรแกรมจะต้องเขียน Flow Chart ให้เสร็จสิ้นก่อน หลังจากตรวจสอบ Flow Chart เรียบร้อยแล้วเราจึงนำไปเขียนโปรแกรมซึ่งจะมีความสะดวกมากขึ้น LabVIEW อาศัยหลักการการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุมทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบตามที่ใช้ต้องการหลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆคือ



รูปที่ 2.16 Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW

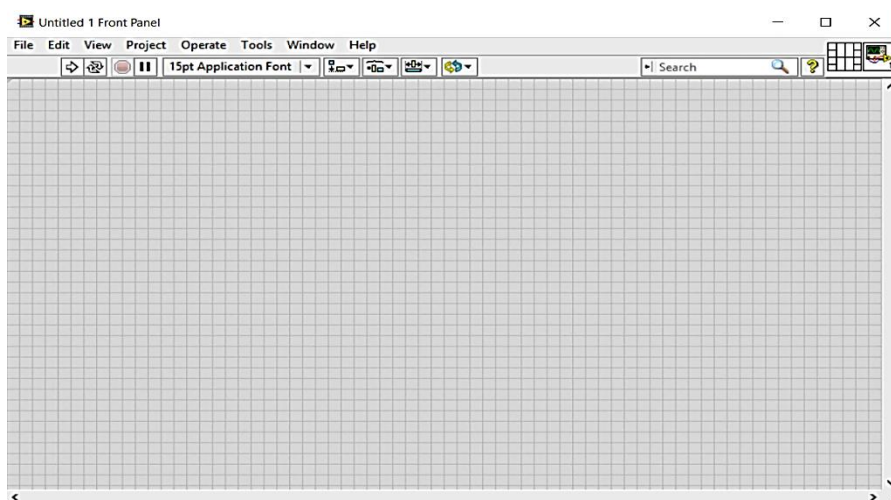
- 1.Acquisition ซึ่งเป็นส่วนรับข้อมูล (Input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบอาจมาจากการวัด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า)
2. Analysis หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้ว จะผ่านฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงผลในรูปแบบที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสิ่งที่วัดได้และใช้งานได้
3. Presentation คือการแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานโดยอาจแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เช่น DMM (Digital Multimeter) แสดงผลเฉพาะที่วัดได้โดยไม่จำเป็นต้องรู้ความสัมพันธ์กับเวลาหรือ Spectrum Analysis จะแสดงสัญญาณในรูปความถี่หรือการพิมพ์ออกมาเป็นรายงานหรือเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

2.5.3 ส่วนประกอบต่างๆใน LabVIEW

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดย LabVIEW เราจะเรียกว่า Virtual Instrument (VI) เพราะลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรมในขณะเดียวกันหลังฉากของอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นจะเป็นการทำงานของฟังก์ชัน , Subroutines และโปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไปสำหรับ VI หนึ่งๆจะประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ FrontPanelและ Block Diagramทั้งสองส่วนนี้จะประกอบกันขึ้นมาเป็นอุปกรณ์เสมือนจริงลักษณะ และหน้าที่ของส่วนประกอบทั้งสองมีดังต่อไปนี้

1. Front Panelหรือหน้าปัทม์จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่นิยมเรียก User Interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัทม์ของของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดต่างๆไปโดยทั่วไปจะประกอบด้วยสวิตช์ปิดเปิด , ปุ่มบิด, ปุ่มกดจอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่

ผู้ใช้สามารถกำหนดสำหรับผู้ที่คุ้นเคยกับการเขียนโปรแกรมประเภท Visual ทั้งหลายคงจะเข้าใจกันดีว่า Front Panel นี้จะเปรียบเสมือนเป็น GUI ของโปรแกรมหรือ VI นั้นเองตามรูปประกอบที่ 2.17



รูปที่ 2.17 Front Panel ของ Labview

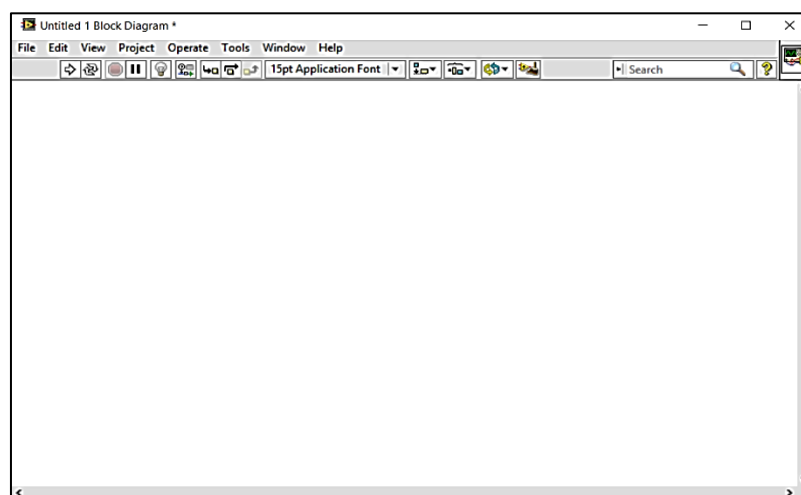
Object ที่อยู่บน Front Panel จะมีอยู่สามประเภทคือ

- Control คือประเภทที่รับค่าจากผู้ใช้ (Input) ซึ่งผู้ใช้สามารถพิมพ์ค่าลงไปหรือใช้เมาส์คลิกเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าได้เช่นปุ่มหมุนปุ่มเลื่อนสวิตช์ เป็นต้น

- Indicators คือประเภทที่ใช้แสดงค่าต่างๆเท่านั้น (Output) ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขได้เช่นกราฟมิเตอร์ LED

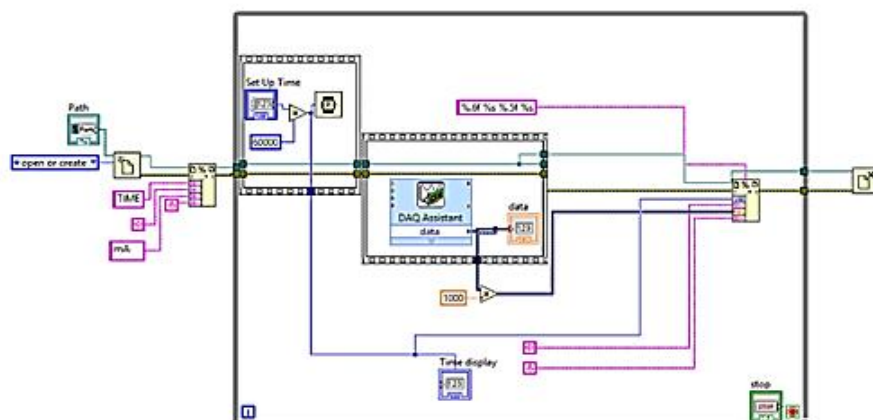
- Decorations เป็น Object ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมและ code บน Block Diagram เลย แต่มีไว้เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบของ Front panel เท่านั้นนั่นเองลักษณะของ Front Panel แสดงดังรูปต่อไปนี้

2. Block Diagram เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้นเราอาจมอง Block Diagram นี้เป็นเหมือนกับ Source Code หรือโปรแกรมของ LabVIEW ซึ่งปรากฏว่าอยู่ในรูปของภาษา G ซึ่ง Block Diagram นี้ถือว่าเป็น Executable Program คือสามารถที่จะทำงานได้ทันทีและข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ LabVIEW จะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลาทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้นโดยผู้ใช้สามารถที่จะดูรายละเอียดของความผิดพลาดแสดงให้เห็นได้ตลอดเวลาทำให้การเขียนโปรแกรมนั้นง่ายขึ้นมากตามรูปประกอบที่ 2.18



รูปที่ 2.18 Block Diagram ของ Labview

ส่วนประกอบภายใน Block Diagram นี้จะประกอบด้วยฟังก์ชันค่าคงที่โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้างจากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ซึ่งจะปรากฏในรูปของ Block เราจะได้รับ การต่อสาย (Wire) สำหรับ Block ที่เหมาะสมเข้าด้วยกันเพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลระหว่าง Block เหล่านั้นทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการและแสดงผลออกมาให้แก่ผู้ใช้ต่อไป



รูปที่ 2.19 Block Diagram ของ Labview ที่มีการทำงานจริง Block Diagram Node

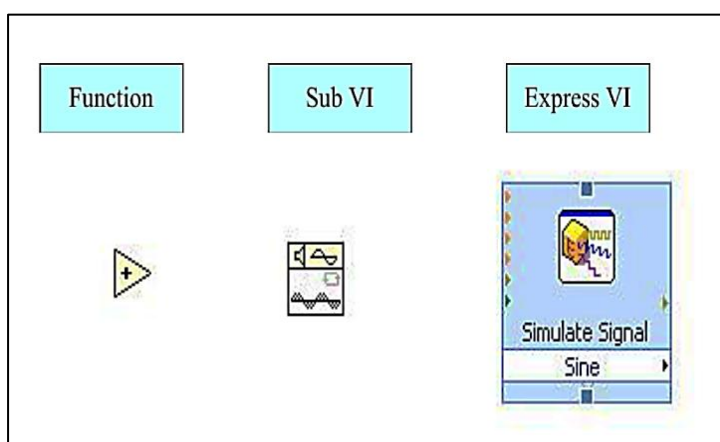
- Node คือรูป Icon ที่อยู่บน Block Diagram ซึ่งมี Input และ/หรือ Output และจะทำงานตามหน้าที่เมื่อมีการรันโปรแกรมโดนแบ่งเป็นสามชนิดหลัก
- Function คือ Node ที่มีหน้าที่พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ซึ่งเราไม่สามารถที่จะเจาะเข้าไปดู

รายละเอียดภายในได้อีกเช่นการบวกการคูณ

- SubVIs หรือในภาษาทางซอฟต์แวร์อาจจะเรียกว่า Subroutine หรือ Subprogram คือ โปรแกรมย่อยที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อถูกนำมาเรียกใช้ในอีกโปรแกรมหนึ่งเราสามารถเปิดเข้าไปดู front panel และ block diagram ได้เมื่อ double click ที่ Icon ของมัน

- Express VIs เป็น subVIs ประเภทพิเศษคือเมื่อเราเลือก Express VI มาวางบน Block Diagram มันจะปรากฏหน้าต่าง Configuration ขึ้นมาเพื่อให้เราเข้าไปป้อนค่า Parameters ต่างตามต้องการและเมื่อเราป้อนค่าเสร็จมันก็จะสร้างโค้ดไว้ภายในอัตโนมัติตามที่เรได้ตั้งค่าไว้ซึ่ง

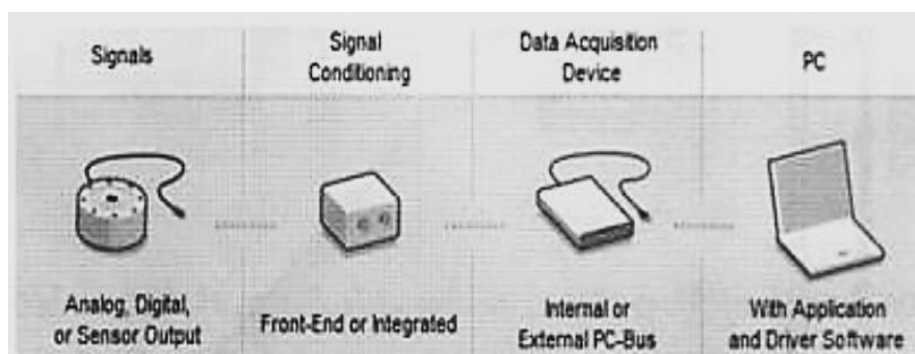
ความสามารถของ Express VI นี้ทำให้เราแทบไม่จำเป็นต้องต่อสาย Input เลยเพราะ Parameter ทั้งหมดได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้วถูกเก็บไว้ในรีบรารีแล้วจึงทำให้การเขียน LabVIEW ง่ายและเร็วขึ้นมากสังเกตง่ายๆ Express VI จะมี Icon ขนาดใหญ่ที่มีพื้นหลังเป็นสีฟ้าตามรูปประกอบที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ตัวอย่าง Block Diagram Node

2.5.4 ระบบ DAQ บน PC

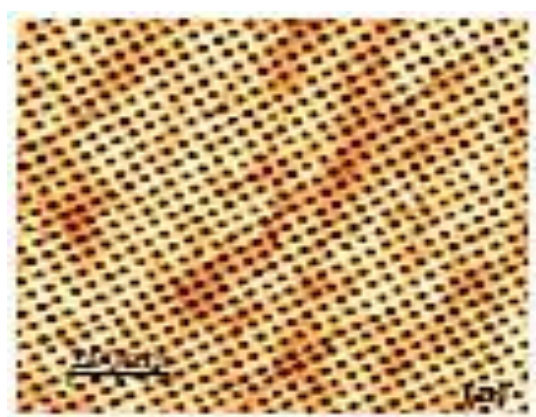
ระบบ DAQ บน PC คือกระบวนการในการอ่านค่าสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำบน PC เพื่อการวิเคราะห์ห้จัดเก็บหรือแสดงผลต่อไปขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการสร้าง VI ของแต่ละแอปพลิเคชันซึ่งระบบ PC จะมีส่วนประกอบอยู่ 4 ส่วนด้วยกันคือส่วนของแหล่งสัญญาณส่วนฮาร์ดแวร์, Signal, Conditioning ส่วนอุปกรณ์ของซอฟต์แวร์ PCตามรูปประกอบที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบของระบบ DAQ

สัญญาณที่เราจะวัดอาจเป็นสัญญาณอนาล็อก (+หรือ-10V หรือ 4-20 mA.) หรือสัญญาณดิจิตอลหรืออาจมาจากเซ็นเซอร์ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะถูกต่อสายเข้าไปในส่วนฮาร์ดแวร์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า Signal conditioning ซึ่งจะทำหน้าที่ในการปรับปรุงสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะวัดด้วยฮาร์ดแวร์DAQ ต่อไปเช่นถ้ามีสัญญาณมีขนาดเล็กเกินไปก็ต้องขยายให้ใหญ่ขึ้นหรือสัญญาณเข้ามาใหญ่เกินไปก็ต้องลดทอนสัญญาณให้เล็กลงเป็นต้น(ถ้าสัญญาณมีลักษณะเหมาะสมแล้วเราก็ไม่จำเป็นต้องนำ Signal conditioning มาใช้ทุกครั้งเสมอไป) สำหรับฮาร์ดแวร์DAQ แบบพื้นฐานจะสามารถวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง +หรือ-10V เท่านั้นซึ่งฮาร์ดแวร์นี้จะถูกติดตั้งบน PC ที่มีไดรฟ์เวอร์และมีแอปพลิเคชันที่เขียนด้วยซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาระบบเช่นLABVIEW[7]

2.6 Hole บนแผ่น Platter media



รูปที่ 2.22 แสดงอัตราส่วนระยะห่างระหว่างท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ 899

จากภาพที่ 2.22 แสดงอัตราส่วนของ hole บนแผ่น platter จากอัตราส่วนตามรูปภาพที่ขนาดพื้นที่ 200 nm จะมี hole อยู่จำนวน 5 hole ซึ่งจากข้อมูลนี้สามารถนำมาหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของ hole แต่ละจุดได้ ซึ่งจะทำให้เราสามารถนำค่าที่ได้มาประมาณค่าของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ ชักกับฮาร์ดดิสก์ได้ โดยเราสามารถหาค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้จากการเทียบสัดส่วนจากสเกลตามรูปภาพ โดยจากรูปภาพ ที่ขนาดความยาว 200 nm มี hole เกิดขึ้นจำนวน 5 hole เมื่อเราทำการวิเคราะห์ค่าตามสเกลโดยอาศัยการประมาณค่า จะได้ค่าของช่องว่างระหว่าง hole แต่ละ hole เท่ากับ 40 nm จากข้อมูลเบื้องต้นเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการประมาณขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางตามสเกลที่ได้จากรูปจะสามารถบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยประมาณที่เหมาะสมกับการนำมาใช้อ้างอิงการศึกษาการสังเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นำมา ใช้เป็นบิตแม่แบบในฮาร์ดดิสก์ได้ เพื่อให้มีขนาดที่ใกล้เคียงกับการนำมาประยุกต์ใช้งานจริงมากที่สุด [8]

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์ท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ โดยวิธีการไฮโดรเทอร์มอล สำหรับใช้เป็นขั้วไฟฟ้าแบบจุ่ม เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะสัญญาณของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)

3.1 กำหนดการและระยะเวลาในการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 แสดงกำหนดการและระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยทั้งหมดจนแล้วเสร็จ

3.2 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการพิเศษ

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการออกแบบ และ ส่วนของการทดลอง

3.2.1 ส่วนของการออกแบบ

1. ส่วน Hardware จะออกแบบเพื่อความเสถียรและความสะดวกในการทดลอง โดยทำฝาครอบปิกเกอร์เพื่อให้ปิกเกอร์เป็นระบบปิดและมีแท่งของปากจระเข้ 2 แท่งเพื่อความสะดวกในการหนีบชิ้นงานและกำหนดระยะห่างระหว่างกันไว้คงที่ เพื่อให้การแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองมีความเสถียร

2. ส่วนของ Software เลือกใช้โปรแกรม Labview ในการรับค่าจากกระแสจากเครื่อง Daq Multimeter และบันทึกค่ากระแสจากการทดลอง ในเวลาต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ แทนการนั่งจดบันทึกค่าเอง

3.2.2 ส่วนของการทดลอง

การเพิ่มความจุของ Hard Disk Drive โดยสร้าง pattern ให้กับตัวจานแม่เหล็ก ซึ่ง Bit ปกติจะเรียงต่อกันอย่างไม่เป็นระเบียบ ซึ่งทำให้ใช้พื้นที่เยอะ จึงทำให้ความจุน้อย เราจึงทำการสร้าง Template เพื่อใช้สำหรับกำหนดรูปร่างของสารที่ใช้เคลือบให้เป็นระเบียบเพื่อลดพื้นที่ในการเรียงตัวลง ซึ่งจะทำให้ Hard Disk Drive มีความจุเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

3.3 เครื่องมือ/เทคโนโลยีที่ใช้ในการทำวิจัย

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1. ปิกเกอร์ขนาด 250 ml
2. ปิกเกอร์ขนาด 50 ml
3. ขวดแก้วรูปชมพูนขนาด
4. กระบอกตวง 10 ml
5. กระบอกตวง 100 ml
6. ขวดบีบน้ำ 2 ขวด

7. แท่งแก้วคนสาร
8. ซ้อนตักสาร
9. Power supply
10. ปากจระเข้
11. แท่งแกรไฟต์
12. แผ่นไทเทเนียม



รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. Ethylene glycol
2. Acetone
3. Ammonium Fluoride
4. De-ionized Water



รูปที่ 3.2แสดงสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.3 เทคโนโลยีที่ใช้ในการทำวิจัย

1. DAQ Multimeter
2. โปรแกรม Labview
3. โปรแกรม Solidwork



รูปที่ 3.3เทคโนโลยีที่ใช้ในการทำวิจัย

3.3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัย

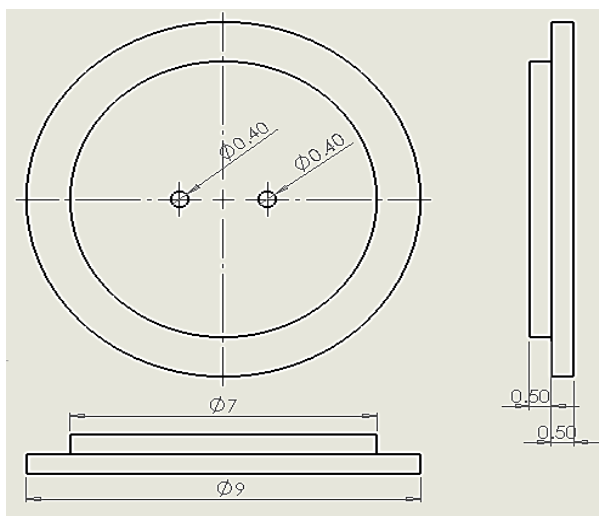
1. Scanning Electron Microscope(กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน)
2. Atomic Force Microscope(กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม)

3.4 หลักการและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ทำการออกแบบฝาครอบปีกเกอร์

1. ทำการวัดขนาดของปีกเกอร์ เพื่อทำการกำหนดขนาดต่างๆ
2. ทำการออกแบบและจำลองภาพชิ้นงานในรูปแบบ 3 มิติ จากขนาดที่วัดจริงโดยใช้

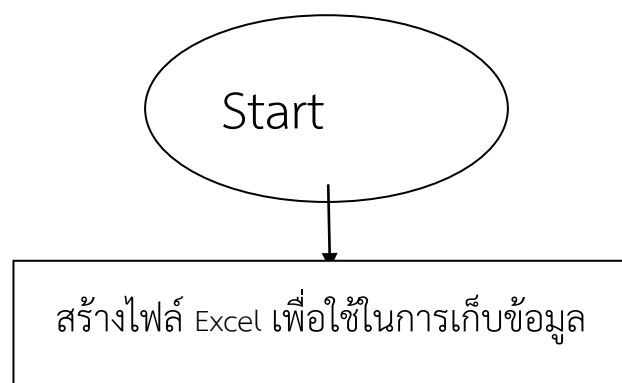
โปรแกรม Solidwork

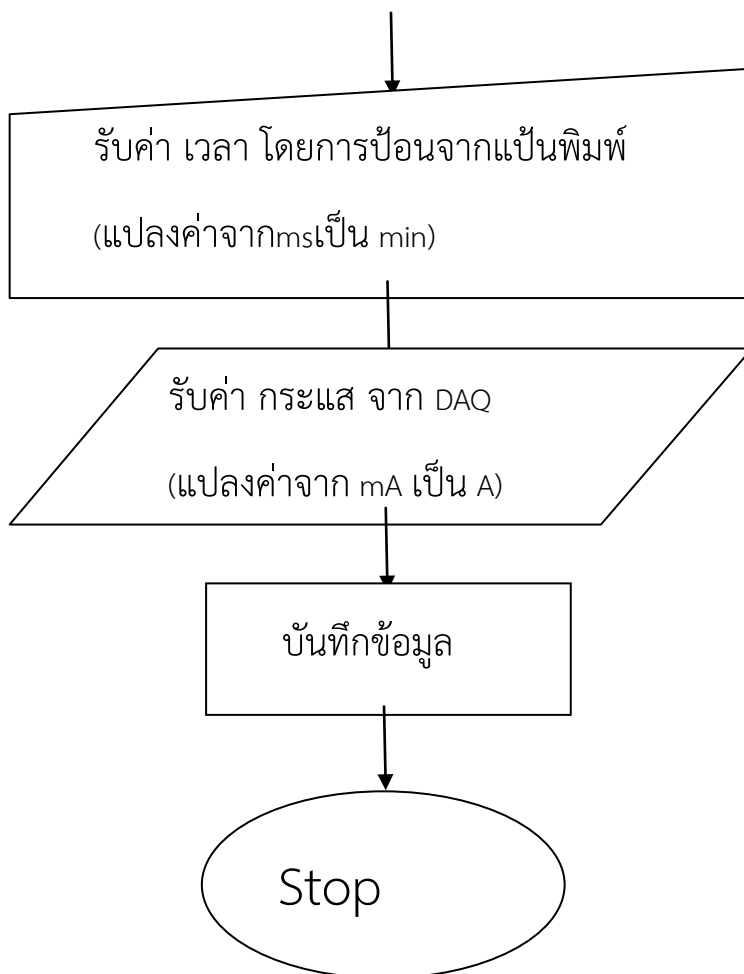


รูปที่ 3.4แบบร่างหน้าตาของฝาครอบปีกเกอร์

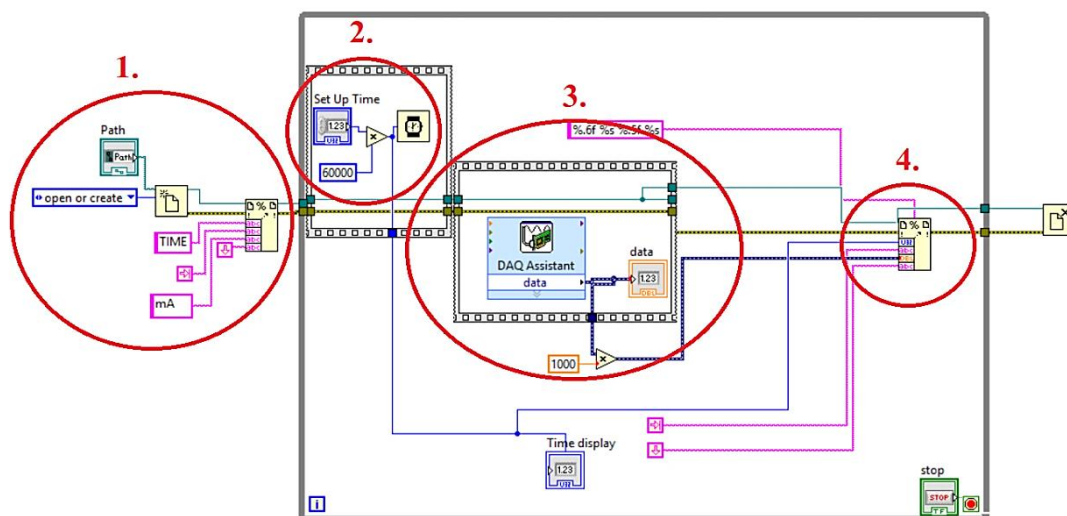
3.4.2 ทำการออกแบบและสร้างโปรแกรมสำหรับอ่านและบันทึกค่ากระแส

1. ออกแบบแผนผังความคิด (flow chart)





รูปที่3.5แสดงแผนผังความคิด (flow chart) การออกแบบและสร้างโปรแกรม



รูปที่3.6หลักการทำงานของโปรแกรม

2 เขียนโปรแกรมบันทึกค่ากระแสโดยใช้โปรแกรม Labview

หลักการทำงานของโปรแกรมในรูปที่ 3.6เป็นดังนี้

วงกลมที่ 1. ส่วนของการเลือกโพลเดอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล /สร้างไฟล์เพื่อเก็บข้อมูล ในส่วนของ TIME จะเป็นการกำหนดว่าจะเป็นช่องที่ใช้บันทึก เวลาในส่วนของ mA จะเป็นการกำหนดว่าจะเป็นช่องที่ใช้บันทึกค่ากระแส

ส่วนของการกำหนดค่า เวลา จากแป้นพิมพ์ซึ่งเวลาในที่นี้จะบ่งบอกถึงระยะห่างระหว่างการบันทึกค่าในแต่ละครั้ง โดยในการบันทึกค่าเราจะทำการแปลงหน่วยจาก มิลลิวินาที เป็น นาที่

วงกลมที่ 3. ส่วนของการรับค่ากระแสที่วัดได้ จากเครื่อง DAQMultimeterเราจะทำการดึงเอาข้อมูลของกระแส ไฟฟ้าที่วัดได้ในแต่ละเวลามาแสดงค่าและเตรียมทำการบันทึกต่อไป โดยเราจะต้องทำการแปลงหน่วยของกระแส

จาก แอมป์ เป็น มิลลิแอมป์

วงกลมที่ 4. ส่วนของการบันทึกค่าเราจะทำการนำข้อมูลที่รับจากเครื่อง DAQ Multimeter มาทำการบันทึกลงในไฟล์และโพลเดอร์ ตามที่ถูกระบุไว้ในวงกลมที่ 1 และเราสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ต่อไปได้

3.4.3. สร้างฝาครอบบีกเกอร์ตามแบบที่ทำการออกแบบไว้

1. สร้างส่วนของฝาครอบบีกเกอร์และทำการเจาะรู



รูปที่3.7ฝาครอบ

2. สร้างส่วนของด้ามจับขึ้นงานจากน็อตตัวผู้ขนาด4มิลลิเมตร



รูปที่3.8ด้ามจับขึ้นงาน

3. นำด้ามจับชิ้นงานมาประกอบเข้ากับฝาครอบจะได้ฝาครอบปีกเกียร์ออกมา



รูปที่ 3.9 ชิ้นงานหลังประกอบเสร็จ

3.4.4 วิธีการสังเคราะห์ท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์โดยวิธีการอโนไดเซชัน

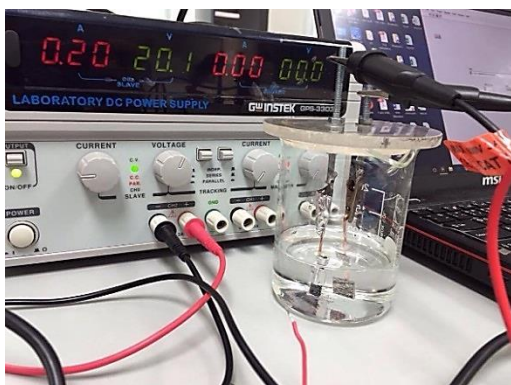
การสังเคราะห์ท่อนาโน ไทเทเนียมไดออกไซด์โดยวิธีการอโนไดเซชัน ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 20, 25 และ 30 โวลต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 45 นาที โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยอะซิโตน แล้วล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนเพื่อกำจัดชั้นออกไซด์ที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ จากนั้นทำการเป่าให้แห้ง



รูปที่ 3.10 ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยอะซิโตน

2. ทำการแอโนไดซ์ชิ้นงานโดยให้ไทเทเนียมต่อเข้ากับขั้วบวก (Anode) และต่อแกรไฟต์เข้ากับขั้วลบ (Cathode) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 20, 25 และ 30 โวลต์ ตามลำดับ แล้วแช่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีอัตราส่วนต่างๆกัน



รูปที่ 3.11 การต่อวงจรเพื่อทำอนไดซ์ขึ้นงาน

3. นำชิ้นงานออกจากปิกเกอร์ แล้วทำความสะอาดด้วยน้ำปราศจากไอออนฟ แล้วทำการเป่าให้แห้ง



รูปที่ 3.12 ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำเปล่า

3.4.5 นำชิ้นงานไปตรวจสอบการเกิดท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์

โดย

เครื่องมือที่ใช้ทำการตรวจสอบมี 2 ประเภทดังนี้

1. Scanning

Electron Microscopy (กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน)

2. Atomic Force

Microscope (กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม)

3. Field Emission Scanning

Electron Microscope

3.4.6 สรุปผลการทดลอง

บทที่4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

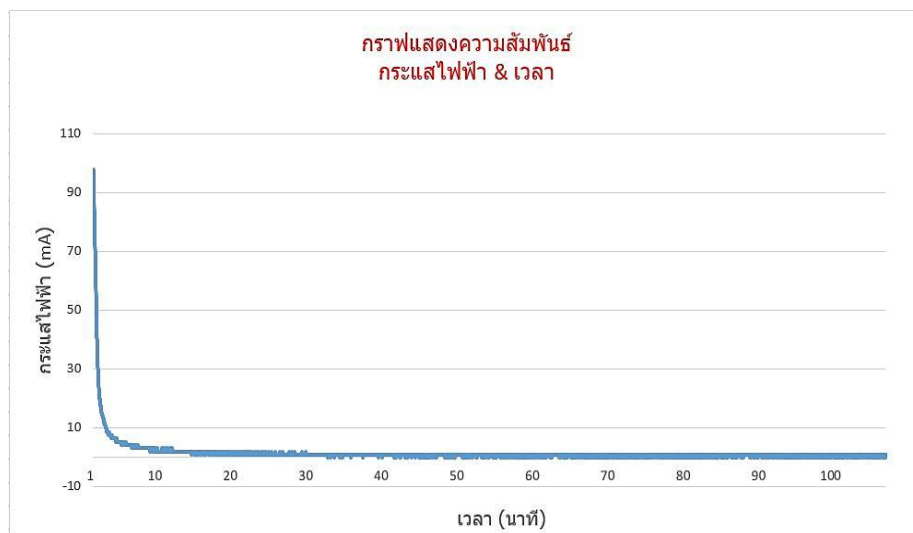
จากการศึกษาและวิจัยการสังเคราะห์ท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ โดยวิธีการอโนไดซ์เซชัน สำหรับใช้เป็นขั้วแอโนดแบบเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะสัณฐานของท่อนาโน ไทเทเนียม ไดออกไซด์ (TiO₂) ที่เกิดขึ้น ซึ่งได้ทำการเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการทดลอง

4.1 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองโดยใช้เวลา 105 นาที

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่ากระแสไฟฟ้า ที่ได้จากการทำอโนไดซ์เซชัน โดยการจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่กำลังไฟฟ้า 20, 25 และ 30 โวลต์ ให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยชิ้นงานคือแผ่นไทเทเนียม อยู่ที่ขั้วบวกกระทำตัวเป็นขั้วแอโนด และ แท่งแกรไฟต์อยู่ที่ขั้วลบกระทำตัวเป็นขั้วแคโทด

4.1.1 ค่าความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่ค่าความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์

จากกราฟรูปที่ 4.1 จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่เวลาเริ่มต้น มีค่าเท่ากับ 97.83 mA และ ค่ากระแสไฟฟ้าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ -0.37929 mA ที่เวลา 32 นาที

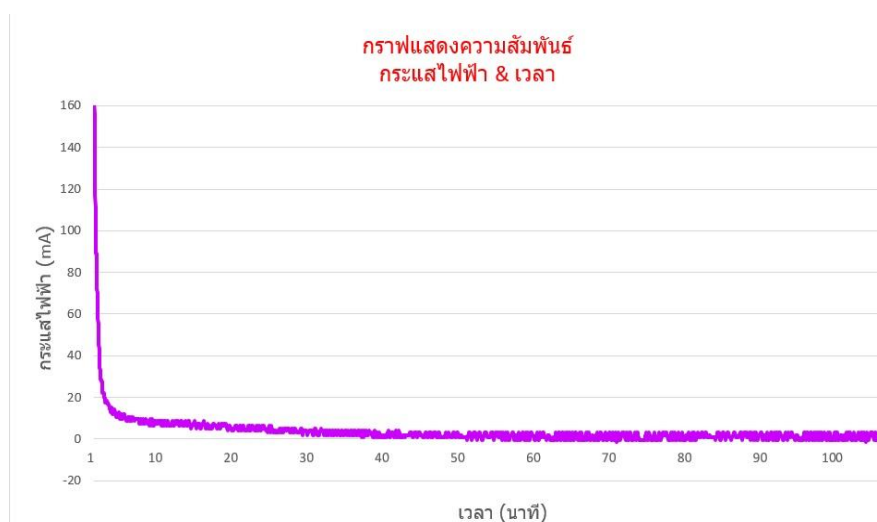
4.1.2 ค่าความต่างศักย์ที่ 25 โวลต์



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่ค่าความต่างศักย์ที่ 25 โวลต์

จากกราฟรูปที่ 4.2 จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่เวลาเริ่มต้น มีค่าเท่ากับ 122.38 mA และค่ากระแสไฟฟ้าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ -0.37929 mA ที่เวลา 43 นาฬิกา

4.1.3 ค่าความต่างศักย์ที่ 30 โวลต์



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่ค่าความต่างศักย์ที่ 30 โวลต์

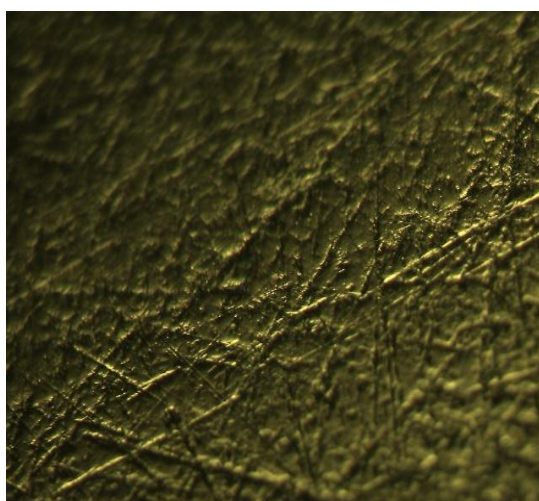
จากกราฟรูปที่ 4.3 จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่เวลาเริ่มต้น มีค่าเท่ากับ 184.88 mA และค่ากระแสไฟฟ้าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ -0.37929 mA ที่เวลา 50 นาฬิกาจากการทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเทียบกับเวลาในการทำการอินโดซ์เซชันแล้วจะพบว่าที่วินาทีแรกของการทำงานกระแสไฟฟ้าที่ชิ้นงานได้รับจากแหล่งจ่ายนั้นจะมีค่าสูงมาก คือ 97.83 mA , 122.38 mA และ 184.88 mA ตามลำดับ และหลังจากเวลาผ่านไปเพียงไม่กี่นาทีที่ค่ากระแสนั้นก็ลดลงอย่างรวดเร็ว

และต่อเนื่องจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่กระแสไฟฟ้านั้นมีการขยับเพิ่มสูงขึ้นและลดลงสลับกันไปเป็นคลื่นเราจะสามารถบอกได้ว่าที่จุด ที่กระแสไฟฟ้าลดลงและขยับเพิ่มขึ้นนี้เองจะเป็นจุดที่มีโอกาสที่จะเกิดท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ขึ้นบนพื้นผิวของชิ้นงาน

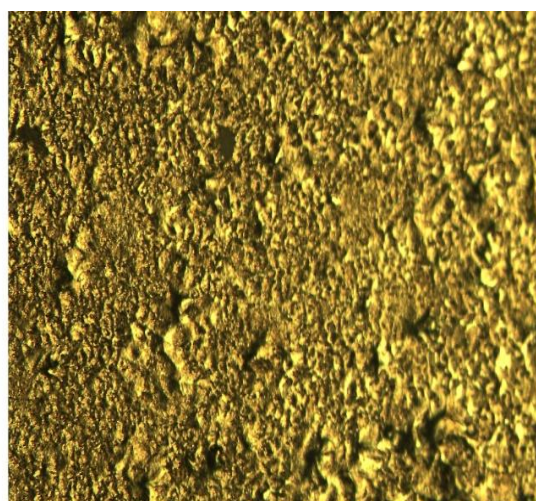
4.2พื้นผิวของชิ้นงานก่อนและหลังอโนไดซ์ด้วยกล้องไมโครสโคป

เนื่องจากพื้นผิวดั้งเดิมของ แผ่นไทเทเนียมที่จะใช้ในการอโนไดซ์ที่ ค่าความต่างศักย์ 20, 25 และ 30 โวลต์ที่มีผลต่อลักษณะการเกิดท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) จึงนำชิ้นงานมาส่องเพื่อดูลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องไมโครสโคปที่กำลังขยาย 100 เท่า ก่อนการ ทำอโนไดซ์เพื่อทำการตรวจสอบความเรียบบนผิวชิ้นงานและตรวจสอบพื้นผิวของชิ้นงานหลัง การทำอโนไดซ์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวชิ้นงานก่อนและหลังการทำอโนไดซ์

4.2.1ค่าความต่างศักย์ที่ 20โวลต์



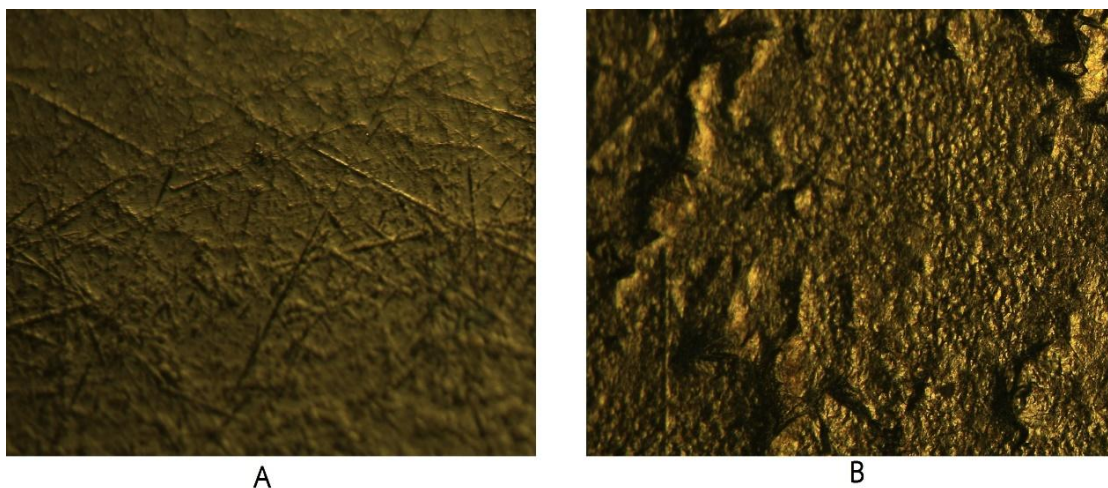
A



B

รูปที่ 4.4 พื้นผิวของชิ้นงานก่อนและหลังอโนไดซ์ของชิ้นงานที่ค่าความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์

4.2.2ค่าความต่างศักย์ที่25โวลต์

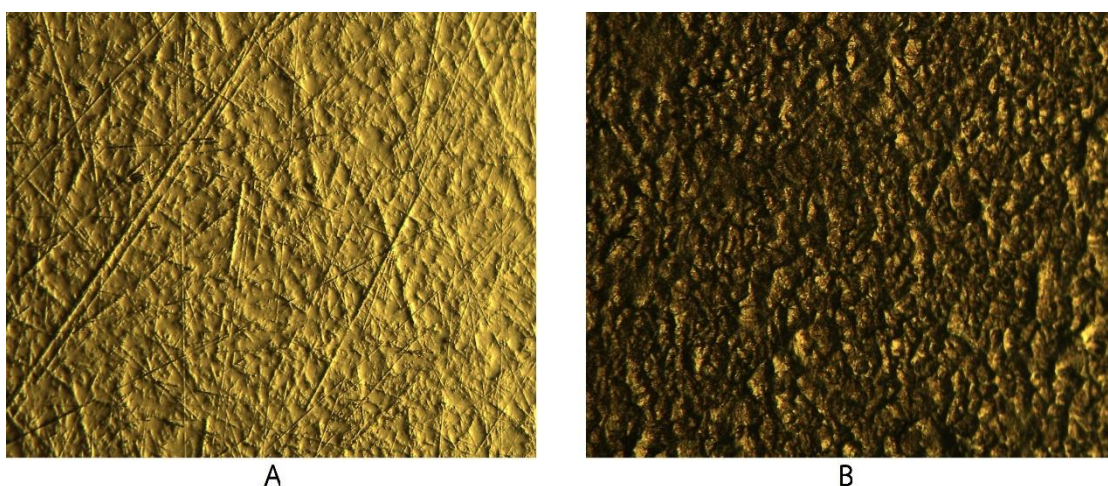


A

B

รูปที่ 4.5 พื้นผิวของชิ้นงานก่อนและหลังอโนไดซ์ของชิ้นงานที่ค่าความต่างศักย์ที่ 25 โวลต์

4.2.3 ค่าความต่างศักย์ที่ 130 โวลต์



A

B

รูปที่ 4.6 พื้นผิวของชิ้นงานก่อนและหลังอโนไดซ์ของชิ้นงานที่ ค่าความต่างศักย์ที่ 30 โวลต์

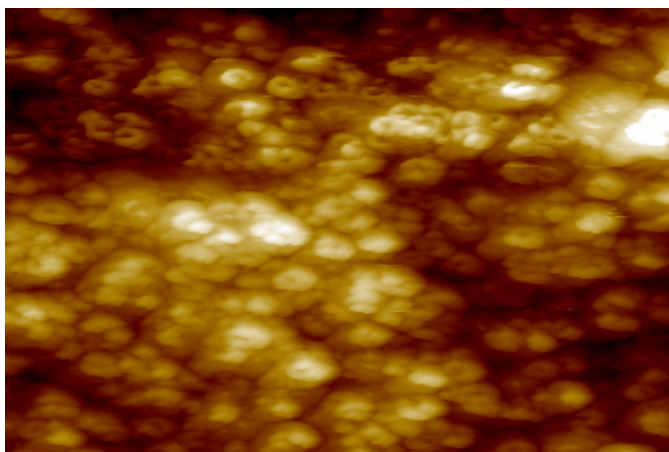
จากการนำชิ้นงานไปส่องด้วยกล้องไมโครสโคป จะเห็นได้ว่าลักษณะของพื้นผิวของ แผ่นไทเทเนียมมีการเปลี่ยนแปลงไปหลังการทำอโนไดซ์ โดยแผ่นไทเทเนียมก่อนการทำอโนไดซ์จะมีลักษณะพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบและไม่ขรุขระ แต่เมื่อนำแผ่นไทเทเนียมไปทำการอโนไดซ์จะพบว่าแผ่นไทเทเนียมมีพื้นผิวที่ขรุขระ มากขึ้นและพื้นผิวมีความหยาบ ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจจะเกิดมาจากการทำปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองซึ่งส่งผลให้พื้นผิวของชิ้นงานนั้นแตกต่างไปจากเดิม ซึ่งก็หมายความว่าในขั้นตอนของการเตรียมพื้นผิวของชิ้นงานก่อนทำการทดลอง นั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสังเคราะห์ท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์เนื่องจากถ้าพื้นผิวของชิ้นงานตั้งต้นมีความเรียบมากและไม่ขรุขระเมื่อนำชิ้นงานไปทำการอโนไดซ์แล้วชิ้นงานภายหลังการทำอโนไดซ์นั้นจะยังคงมีความเรียบมากพอที่จะทำให้การจัดเรียงตัวของ ท่ออยู่ในระดับที่น่าพอใจ ในทางตรงกันข้ามถ้าชิ้นงานตั้งต้นมี

พื้นผิวที่ไม่เรียบและขรุขระมาก ภายหลังจากการทำการไอโดซ์ชิ้นงานจะยังมีความขรุขระมากยิ่งขึ้น และจะทำให้การจัดเรียงตัวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์เกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์และไม่เป็นระเบียบเท่าที่ควร

4.3 ภาพแสดงลักษณะการเกิดท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวด้วยเครื่อง AFM

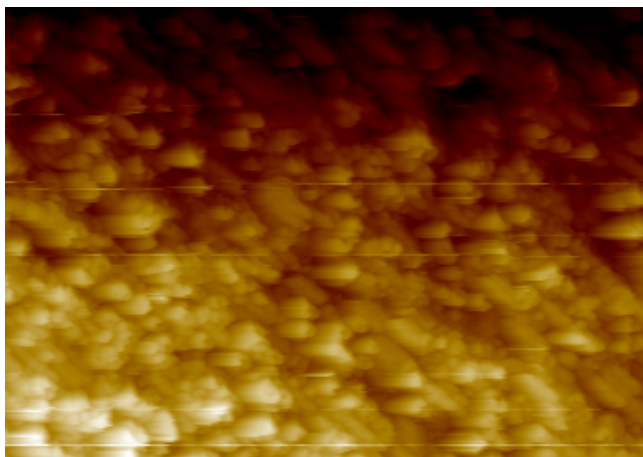
เนื่องจากท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ได้จากการสังเคราะห์นั้นมีระดับที่เล็กมากและไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นในการตรวจสอบผลของ การสังเคราะห์ท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์นั้นจึงต้องใช้กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) ในการตรวจสอบลักษณะการเกิดของชิ้นงาน ที่ความต่างศักย์ 20 โวลต์, 25 โวลต์ และ 30 โวลต์

4.3.1 ค่าความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์



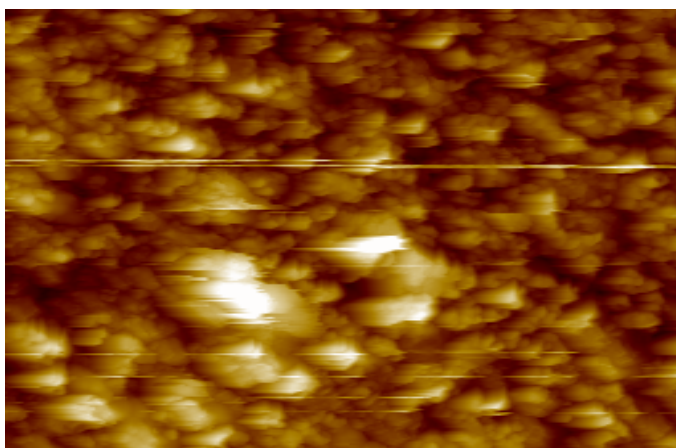
รูปที่ 4.7 ลักษณะการเกิดท่อนาโน TiO_2 บนพื้นผิวด้วยเครื่อง AFM ที่ความต่างศักย์ 20 โวลต์

4.3.2 ค่าความต่างศักย์ที่ 25 โวลต์



รูปที่4.8ลักษณะการเกิดท่อนาโนTiO₂บนพื้นผิวด้วยเครื่องAFMที่ความต่างศักย์25โวลต์

4.3.3ค่าความต่างศักย์ที่30โวลต์



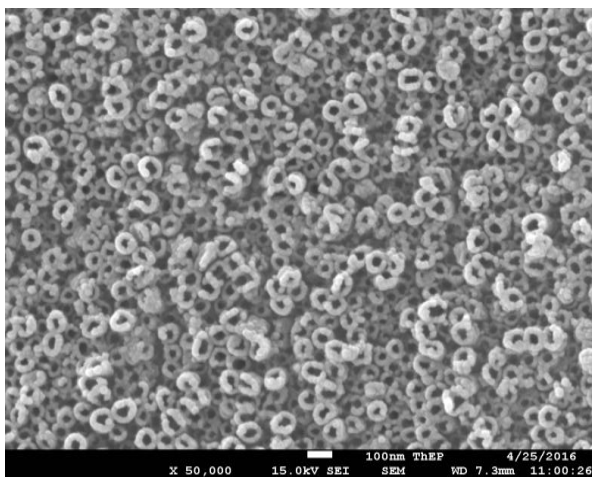
รูปที่ 4.9ลักษณะการเกิดท่อนาโน TiO₂บนพื้นผิวด้วยเครื่อง AFMที่ความต่างศักย์ 30โวลต์

จากการนำชิ้นงานไปส่องดู ลักษณะ การเกิดของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM)จากภาพ จะเห็นได้ว่ามี ส่วนที่มี ลักษณะ คล้าย ท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์เกิดขึ้นบนชิ้นงานที่ค่าความต่างศักย์20 โวลต์25 โวลต์และ 30 โวลต์แสดงว่าชิ้นงานมีการเกิดท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์เกิดขึ้น แต่การส่องด้วยกล้อง จุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM)จะเป็นการส่องบนพื้นผิวของชิ้นงาน แบบเบี่ยงต้น เพื่อจะตรวจสอบว่าชิ้นงาน นั้นมีการเกิดขึ้นของท่อนาโนไทเทเนียม ได-ออกไซด์ ขึ้นจริงก่อนที่จะนำชิ้นงานไปส่องด้วยกล้อง Field Emission Scanning Electron Microscope(FESEM)อีกครั้งหนึ่ง เพื่อวัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของ ท่อนาโนไทเทเนียมที่เกิดขึ้นและวัดขนาดความยาวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยกล้อง ScanningElectronMicroscope(SEM)ต่อไป

4.4แสดงภาพการเกิดท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวชิ้นงาน ด้วยเครื่อง FESEM

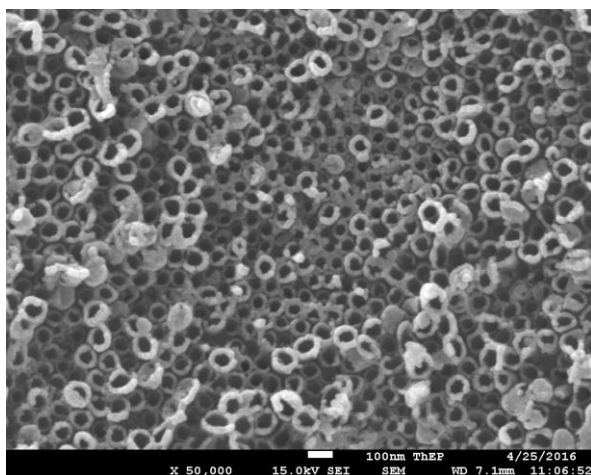
จากการนำชิ้นงานมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) เพื่อเป็นตรวจสอบเบื้องต้นว่าชิ้นงานเกิดท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์หรือไม่ จากภาพที่ส่องด้วย กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) จะเห็นได้ว่าการเกิดของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ เราจึงนำชิ้นงานมาส่องแบบละเอียดอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้เห็น ภาพรวม ของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ชัดเจนขึ้นด้วย กล้อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) ที่กำลังขยาย 50000 เท่า

4.4.1ค่าความต่างศักย์ที่20โวลต์



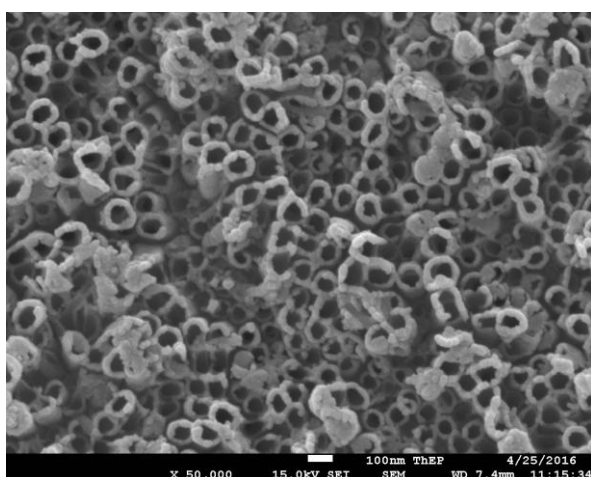
รูปที่4.10ลักษณะการเกิดท่อไทเทเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวชิ้นงานด้วย กล้องFESEMของชิ้นงานที่ค่าความต่างศักย์20โวลต์

4.4.2ค่าความต่างศักย์ที่25โวลต์



รูปที่ 4.11 ลักษณะการเกิดท่อไทเทเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวด้วย กล้อง FESEM ของชิ้นงานที่ค่าความต่างศักย์ 25 โวลต์

4.4.3 ค่าความต่างศักย์ที่ 30 โวลต์



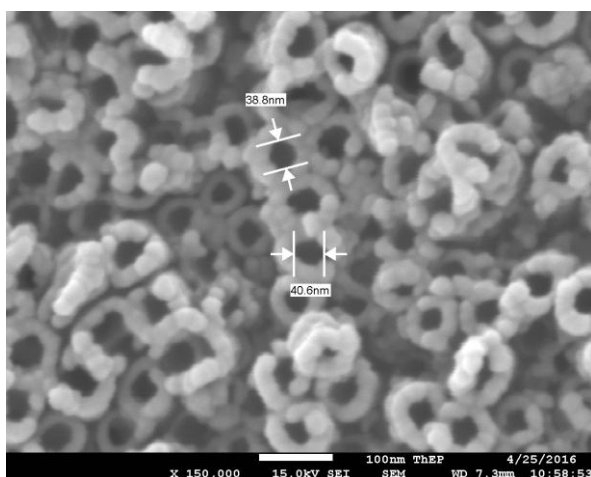
รูปที่ 4.12 ลักษณะการเกิดท่อไทเทเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวด้วยกล้อง FESEM ของชิ้นงานที่ค่าความต่างศักย์ 30 โวลต์

จากการนำชิ้นงานไปส่องด้วยกล้อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) ที่กำลังขยาย 50000 เท่า จะพบว่าภาพโดยรวมของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ได้มีความชัดเจนและสามารถมองเห็นลักษณะสัณฐานและการจัดเรียงตัวของท่อนาโนไทเทเนียมได้ชัดเจนกว่าการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM)

4.5 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไทเท เนียมไดออกไซด์ของชิ้นงานจากเครื่อง FESEM

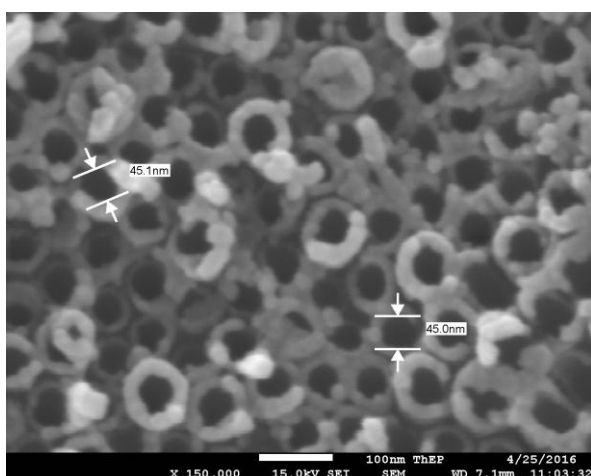
เมื่อเรานำชิ้นงานที่ได้ไปส่องด้วยกล้องกล้อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) ที่กำลังขยาย 50000 เท่า ภาพที่ได้มีความชัดเจนมากและสามารถนำมาวิเคราะห์หาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของท่อที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานที่ค่าความต่างศักย์ 20 โวลต์, 25 โวลต์ และ 30 โวลต์

4.5.1 ค่าความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์



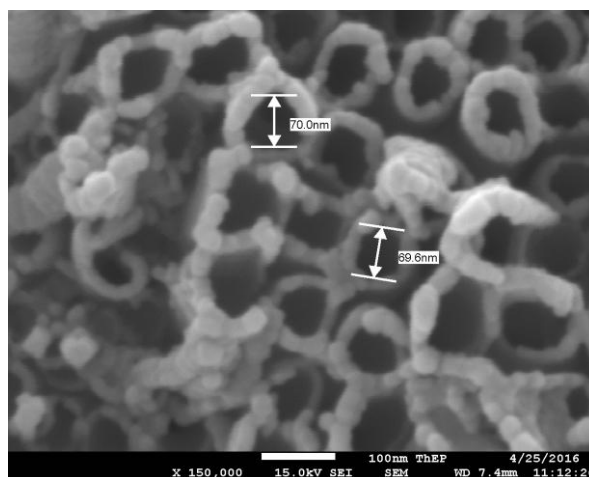
รูปที่ 4.13 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่เกิดขึ้นซึ่งค่าที่ได้อยู่ระหว่าง 30 nm – 40 nm

4.5.2 ค่าความต่างศักย์ที่ 25 โวลต์



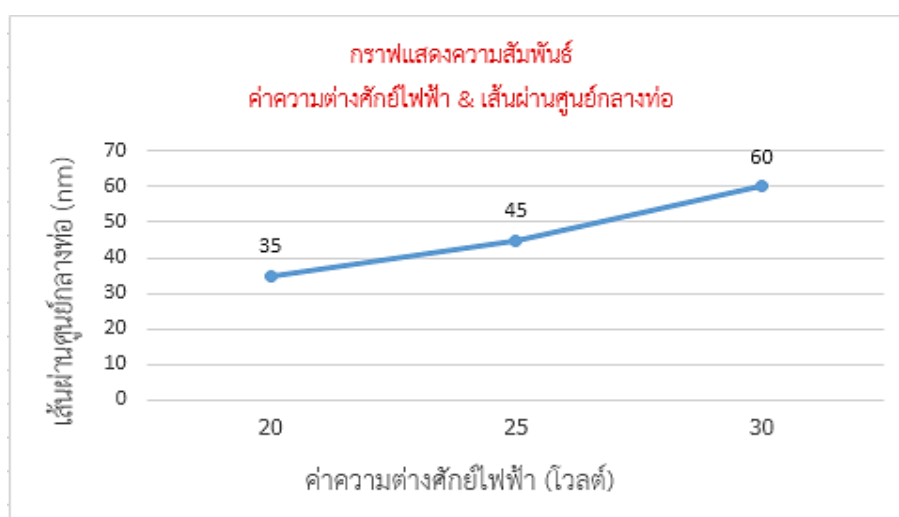
รูปที่ 4.14 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่เกิดขึ้นซึ่งค่าที่ได้อยู่ระหว่าง 40nm–50nm

4.5.3 ค่าความต่างศักย์ที่ 30 โวลต์



รูปที่ 4.15 เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของท่อที่เกิดขึ้นซึ่งค่าที่ได้อยู่ระหว่าง 50nm – 70nm

4.5.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและเส้นผ่านศูนย์กลาง



รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและเส้นผ่านศูนย์กลาง

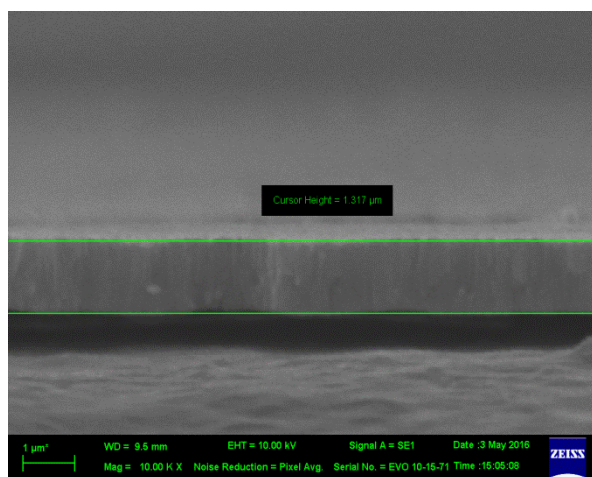
จากการทำโนโดซ์โดยใช้ความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์, 25 โวลต์ และ 30 โวลต์ ผลที่ได้คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์นั้นมีขนาดเฉลี่ยคือ 35 nm, 45 nm และ 60 nm ตามลำดับโดยจากผลที่ได้นี้จะเป็นตัวบ่งบอกว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายในของ

ท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ และความหนาของผนัง ท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ นั้นจะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับค่าความต่างศักย์ที่ใช้ในการทำโนโดซ์ ซึ่งถ้าเราต้องการให้ท่อนาโนไทเทเนียมมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในหรือผนังที่กว้างขึ้นก็ต้องใช้ค่าความต่างศักย์ที่มากขึ้นตามไปด้วย

4.6 แสดงความยาวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์จากเครื่อง SEM

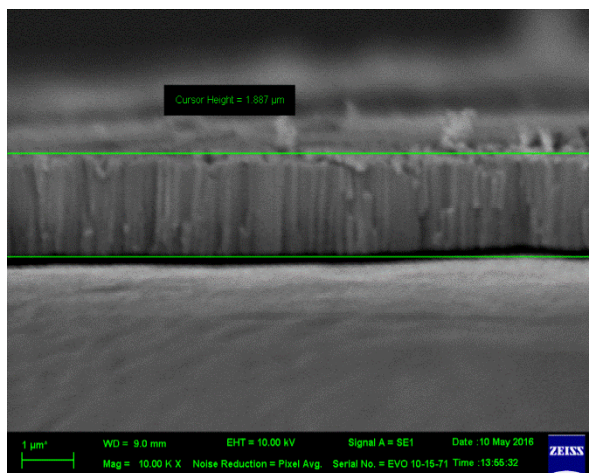
เมื่อเราทราบว่าชิ้นงาน มีการเกิดท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ขึ้นจริง เราจะสามารถวัดหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ ได้ดังนั้นเราจึงสามารถระบุความยาวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ได้ ด้วยเช่นกัน โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ในการวัดหาค่าความยาวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์

4.6.1 ค่าความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์



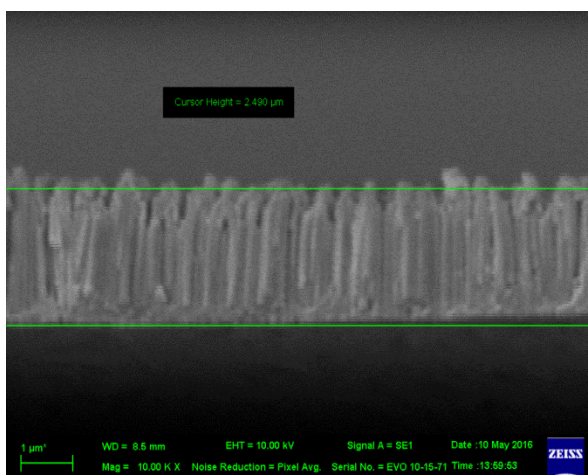
รูปที่ 4.17 ความยาวของท่อที่เกิดขึ้นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง $1.1\mu m - 1.4\mu m$ ด้วยเครื่อง SEM

4.6.2 ค่าความต่างศักย์ที่ 25 โวลต์



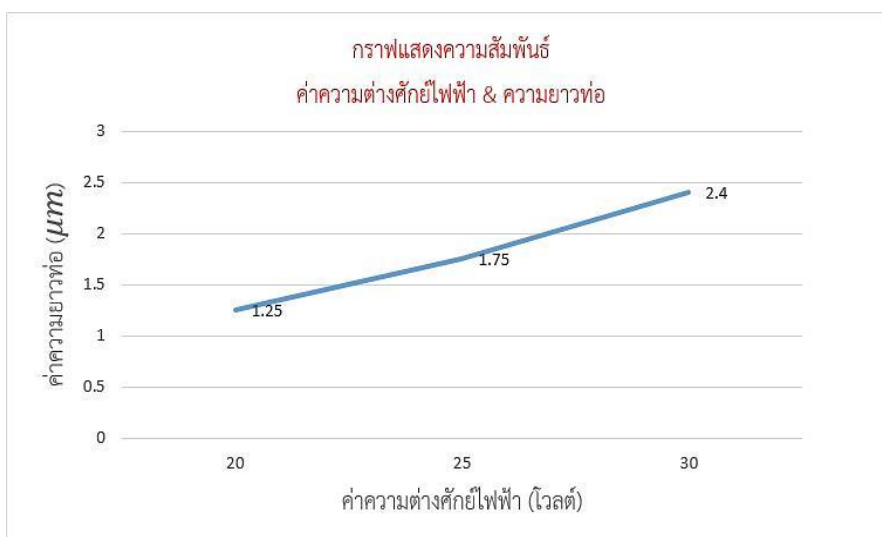
รูปที่ 4.18 ความยาวของท่อที่เกิดขึ้นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง $1.7\mu m$ – $1.8\mu m$ ด้วยเครื่อง SEM

4.6.3 ค่าความต่างศักย์ที่ 30 โวลต์



รูปที่ 4.19 ความยาวของท่อที่เกิดขึ้นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง $2.3\mu m$ – $2.5\mu m$ ด้วยเครื่อง SEM

4.6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความยาวของท่อ TiO_2



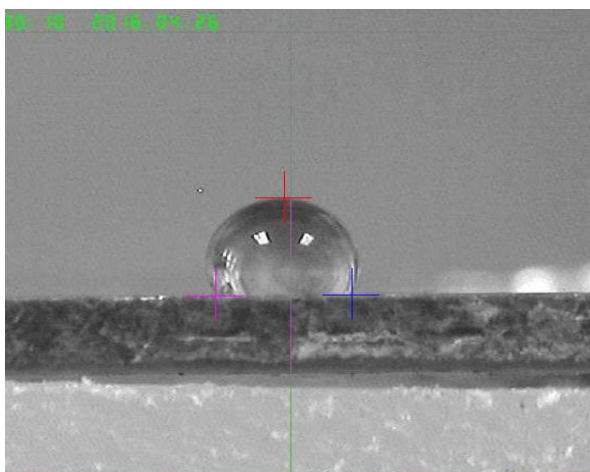
รูปที่ 4.20 กราฟ ความสัมพันธ์ของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและ ความยาวของท่อ TiO_2

จากการใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ส่องหาความยาวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์จะพบว่าเมื่อเพิ่มค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าโดยใช้ความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์, 25 โวลต์ และ 30 โวลต์ ผลที่ได้คือ ความยาวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์นั้นมีขนาดเฉลี่ยคือ $1.75\mu\text{m}$, $2.05\mu\text{m}$ และ $2.25\mu\text{m}$ ตามลำดับโดยจากผลที่ได้นี้จะเป็นตัวบ่งบอกความยาวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับค่าความต่างศักย์ที่ใช้ในการทำโนโดซ์ โดยยิ่งความต่างศักย์ที่ใช้ในการทดลองเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การเกิดปฏิกิริยาและการเคลื่อนที่ของไอออนอิสระไปยังชั้นงานได้ดีขึ้นซึ่ง จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของชั้นงานมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น ถ้าเราต้องการให้ท่อนาโนไทเทเนียมมีความยาวที่เพิ่มมากขึ้นจึงต้องใช้ค่าความต่างศักย์ที่มากขึ้นตามไปด้วย

4.7 แสดงมุมของน้ำบนพื้นผิวชั้นงานเพื่อทดสอบคุณสมบัติความเป็นไฮโดรโฟบิก

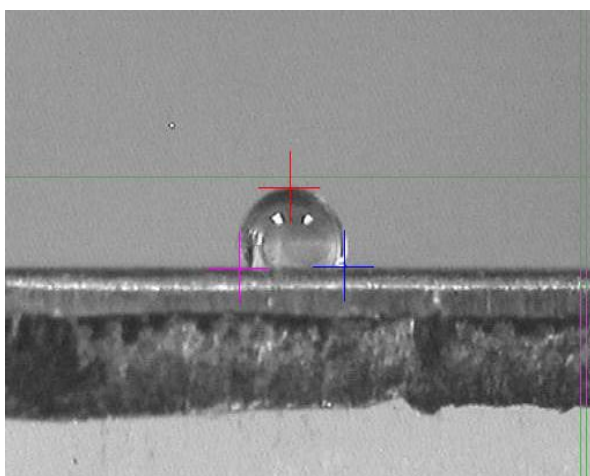
คุณสมบัติหนึ่งของนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ คือคุณสมบัติไฮโดรโฟบิก เป็นคุณสมบัติของพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำ สามารถวัดความเป็นไฮโดรโฟบิกได้จากการวัดมุมของน้ำบนพื้นผิวชั้นงาน ดังนั้น เราจึงสนใจที่จะทดสอบคุณสมบัตินี้ของชั้นงานที่ทำกรอโนโดซ์ด้วยค่าความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์, 25 โวลต์ และ 30 โวลต์

4.7.1 ค่าความต่างศักย์ที่ 20 โวลต์



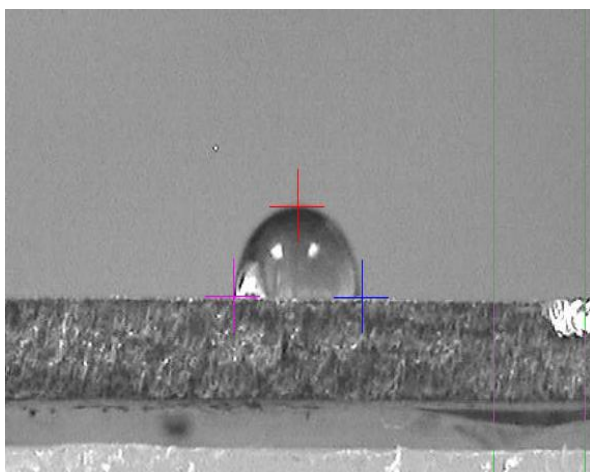
รูปที่ 4.21มุมของน้ำบนพื้นผิวชิ้นงานเพื่อทดสอบคุณสมบัติความเป็นไฮโดรโฟบิก ได้ค่าเฉลี่ยมุม คือ 116 องศา

4.7.2ค่าความต่างศักย์ที่25โวลต์



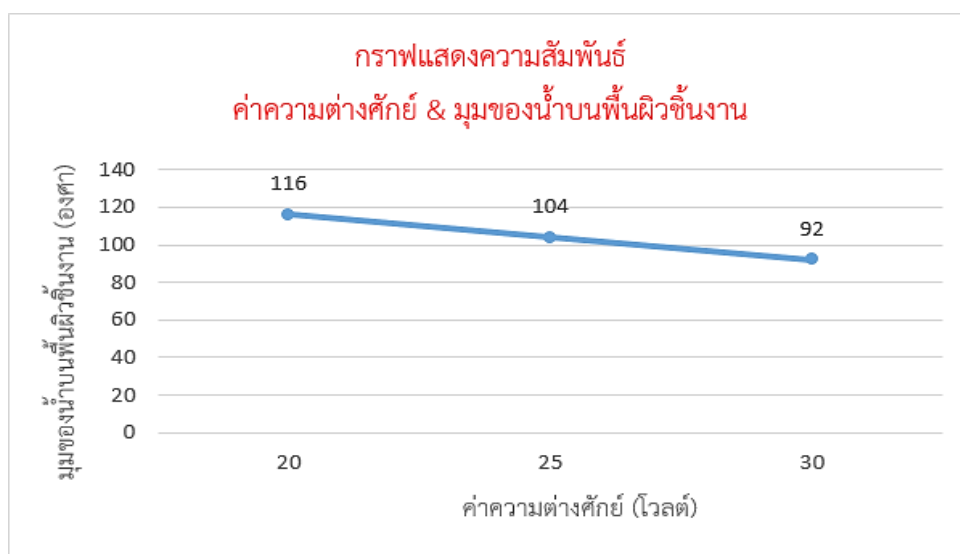
รูปที่ 4.22มุมของน้ำบนพื้นผิวชิ้นงานเพื่อทดสอบคุณสมบัติความเป็นไฮโดรโฟบิกได้ค่าเฉลี่ยมุม คือ 104องศา

4.7.3ค่าความต่างศักย์ที่30โวลต์



รูปที่ 4.23 มุมของน้ำบนพื้นผิวชิ้นงานเพื่อทดสอบคุณสมบัติความเป็นไฮโดรโฟบิกได้ค่าเฉลี่ยมุม คือ 92 องศา

4.7.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าความต่างศักย์ ไฟฟ้าและมุมของน้ำบนพื้นผิวชิ้นงาน



รูปที่ 4.24 กราฟ ความสัมพันธ์ค่าความต่างศักย์ ไฟฟ้าและ มุมของน้ำบนพื้นผิวชิ้นงาน

จากการทดสอบความเป็น ไฮโดรโฟบิก โดยการวัดค่ามุมของน้ำบนพื้นผิวของชิ้นงานที่ความต่างศักย์ 20 โวลต์, 25 โวลต์ และ 30 โวลต์ พบว่าชิ้นงานที่มีความต่างศักย์น้อยจะมีความเป็น

ไฮโดรโฟบิกมากกว่าชั้นงานที่มีค่าความต่างศักย์สูงซึ่งค่าความเป็นไฮโดรโฟบิกนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆได้เช่น สีทาบ้านครีมกันแดด และ เซนเซอร์ต่างๆ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง

ผลการทดลอง ความต่างศักย์	ช่วงของเส้นผ่าน ศูนย์กลางของท่อ (nm)	ช่วงของความยาวท่อ (μm)	มุมของน้ำบนพื้นชั้นงาน (องศา)			
			ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
20 V	30 -40	1.1 – 1.4	114.54	114.01	118.06	116
25 V	40 – 50	1.7 – 1.8	105.61	101.39	104.28	104
30 V	50 - 70	2.3 – 2.5	93.37	85.23	94.88	92

ตารางแสดงผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ค่าความต่างศักย์ 20 โวลต์, 25 โวลต์และ 30 โวลต์ จากตารางที่ 4.1 คือตารางแสดงค่าทั้งหมด ที่ได้จากการทดลองกล่าวคือ การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์, การหาความยาวของท่อไทเทเนียมไดออกไซด์ และ การหาค่าเฉลี่ยมุมของน้ำบนพื้นผิวชั้นงาน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์โดยใช้กระบวนการทางไฟฟ้าเคมี คือ วิธีการโนโดเซชัน โดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไปยังขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วได้แก่ ขั้วบวกเชื่อมกับโลหะไทเทเนียม กระทำตัวเป็นแอโนด ขั้วลบเชื่อมกับแท่งแกรไฟต์กระทำตัวเป็นขั้วแคโทด โดยทั้ง 2 ขั้วแช่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จากการศึกษาและการทดลองพบว่าการจัดเรียงตัวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์จะเริ่มมีการจัดเรียงตัวเป็นรูปร่างของท่อและจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบที่ความต่างศักย์ตั้งแต่ 10 โวลต์ขึ้นไปและจะเป็นระเบียบมากขึ้นตามค่าความต่างศักย์ที่เพิ่มขึ้นเราจึงสนใจที่จะทำการทดลองที่ค่าความต่างศักย์ 10 โวลต์ และ 15 โวลต์ และนำมาตรวจสอบผลที่ได้คือ ไม่พบโครงสร้างลักษณะคล้ายท่อบนพื้นผิวของชิ้นงานจึงสามารถสรุปได้ว่าที่ความต่างศักย์นี้ไม่ส่งผลให้เกิดท่อนาโนไทเทเนียม ดังนั้นจึงเลือกที่จะใช้งานที่ ความต่างศักย์ที่มากขึ้นก็คือ 20 โวลต์ , 25 โวลต์ และ 30 โวลต์จากการจ่ายค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะ ส่งผลให้เกิดสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นภายในสารละลายอิเล็กโทรไลต์จึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ผลที่ได้คือ อาจเกิดขึ้นฟิล์มออกไซด์ที่มีลักษณะเป็นรูพรุน หรือ ท่อขนาดนาโน โดยจากการศึกษาข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งต่างๆสรุปได้ว่าขนาด ท่อนาโนซึ่งเราสนใจ อยากได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 27 – 30 nm และปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ คือ ค่าความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าจากการศึกษางานวิจัย พบว่าค่าความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ คณะผู้จัดทำจึงสนใจที่จะทดลองและศึกษาตัวแปรดังกล่าว เพื่อให้ได้ขนาดของ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเท เนียมไดออกไซด์ตามที่ต้องการจากการทดลองเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ 3 ค่า คือ 20, 25 และ 30 โวลต์ พบว่าที่ค่าความต่างศักย์ 20 โวลต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเท เนียมไดออกไซด์อยู่ในช่วง 30 – 40 nm ที่ค่าความต่างศักย์ 25 โวลต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเท เนียมไดออกไซด์อยู่ในช่วง 40 – 50 nm และค่าความต่างศักย์ 30 โวลต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์อยู่ในช่วง 50 – 70 nm จะเห็นได้ว่าที่ค่าความต่างศักย์ 20 โวลต์ ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ได้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกับช่วงที่ต้องการมากที่สุด จึงสรุปได้ว่าค่าความต่างศักย์ 20 โวลต์ มีความเหมาะสมต่อการสังเคราะห์ท่อนาโนไทเท เนียมไดออกไซด์ในช่วง 27–30 nm แต่อย่างไรก็ตามการที่จะนำชิ้นงานที่ได้จากการทดลองนี้มาประยุกต์ใช้ในการจัดระเบียบการเรียงตัวของ grain บนแผ่น platter นั้นยังไม่สามารถทำได้เนื่องจากลักษณะของท่อที่ได้นี้ การจัดเรียงตัวของท่อยังไม่เป็นระเบียบมากพอและยังขาดความสม่ำเสมอทั้งของพื้นผิวและของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ดังนั้นจึงควรต้องได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติมในส่วนของพื้นผิวชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานที่ได้ ออกมา มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในแผ่น platter ได้จริงตามที่คาดหวังในอนาคตต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ปัญหาเรื่องความไม่เป็นระเบียบของการจัดเรียงตัวของท่อนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อาจมีสาเหตุมาจากความบริสุทธิ์ของชิ้นงานตั้งต้นที่นำมาใช้ในการทดลองและความเรียบของชิ้นงานที่นำมาทำการอินโดซ์ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงาน

2. การจัดวางชิ้นงานระหว่างแท่งอิเล็กโทรดกับชิ้นงานในขั้นตอนการทำอินโดซ์ ควรจัดวางให้ทั้งสองส่วนนี้ขนานกันในแนวตั้งเพื่อให้การไหลของประจุลบเป็นไปอย่างเป็นระเบียบและสม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรมน แห่เหล้า . 2559 กลไกการเกิดท่อ .กรุงเทพมหานคร . เอกสารอัดสำเนา
- [2] SATAPORN . 2559 . “แนะนำสารไทเทเนียมไดออกไซด์ ” กรุงเทพมหานคร .เอกสารอัดสำเนา
- [3] สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัย มหิดล .2559 . Scanning Electron Microscope (SEM) . [Online].Available :<http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/nano/Page/Unit4-5.html>
- [4] สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัย มหิดล .2559 . Atomic Force Microscope (กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม) [Online].Available :<http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/nano/Page/Unit4-5.html>
- [5] คอสิยะะ บาเหะ . 2559 .ปฏิบัติการ เทคนิค ยะลา . เอกสารอัดสำเนา
- [6] Anonymous . 2559 Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) . [Online] Available :<http://thep-center.org/src2/files/eq/fesem.pdf>
- [7] บัณฑิตมหาวิทยาลัย สยาม . 2559. โปรแกรม Labview. [Online].Available : http://www.researchsystem.siam.edu/image/coop/DESIGN_AND_CONSTRUCTION_OF_ELECTRICAL_MEASUREMENT_USING_LABVIEW_PROGRAM/ch2.pdf
- [8] ELIZABETH A.DOBISZ , ZVONOMIR Z.BANDIC , TSAI – WEI WU , AND THOMAS ALBRECHT . 2559 Patterned Media : Nanofabrication Challenges of Future Disk Drives . [Online].Available .http://ieeexplore.ieee.org/ieee_pilot/articles/96jproc-11/jproc-EDobisz-2007600/article.html
- [9] ดนัย กิจชัยนุกูล . 2559.เรื่อนำรู้ของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด . [Online]. Available :<http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/192/SEM.pdf>
- [10] ทรงวุฒิ หล้าขอด และ พิพัฒน์ แซ่ไคว . 2557. “เครื่องวัดพลังงานโดย DAQ ทำงานร่วมกับ Labview.” ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- [11] ชาคกริต พันธุ์นิกุล และ วชิรวิทย์ ภักดียิ่ง . 2553 . “การศึกษากระบวนการอะโนไดเซชันเพื่อผลิตแม่พิมพ์นาโนอลูมิเนียมออกไซด์.”ขอนแก่น. เอกสารอัดสำเนา.
- [12] กนกวรรณ แก้วคุณ ,อภิพงษ์ พุฒคำ และ อัจฉรา อิมคำ . 2559. “การสังเคราะห์และตรวจสอบเอกลักษณ์ของวัสดุผสมแอโรเจล -โครงข่ายโลหะอินทรีย์ที่มีความพรุนระดับนาโนเมตร .” เอกสารอัดสำเนา.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [13] ยุพดี เฝ้าพันธุ์ .2559 . “กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน.” กรุงเทพมหานคร. เอกสารอัดสำเนา.
- [14] นิรนาม .2559 . “นาโนพอร์สซิลิคอน.” เอกสารอัดสำเนา.
- [15] Craig A. Grimes and Gopal K. Mor . 2009. TiO₂ Nanotube Array. [Online]. Available: www.springer.com.