

รายละเอียดครุภัณฑ์การศึกษา

ประจำปีงบประมาณ 2570

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายการครุภัณฑ์ เครื่องเตรียมชิ้นงานโลหะและวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ความละเอียดสูง จำนวน 1 เครื่อง
มีรายละเอียดขั้นต่ำ ดังนี้

1. รายละเอียดทั่วไป

เครื่องเตรียมชิ้นงานโลหะและวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ความละเอียดสูง

2. รายละเอียดเฉพาะ

เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการเตรียมพื้นผิวตัวอย่างสำหรับงานเคมีคอนดักเตอร์ ประกอบด้วย อุปกรณ์ทดสอบทางเคมีไฟฟ้า (Potentiostat) สำหรับทดสอบและวัดศักย์ไฟฟ้าพื้นผิววัสดุ และ อุปกรณ์วิเคราะห์มุมสัมผัส (Contact Angle Meter) สำหรับทดสอบความสะอาดของพื้นผิววัสดุ เหมาะสำหรับงานวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ วิศวกรรมพื้นผิว การเตรียมและประเมินสภาพพื้นผิววัสดุ งานเคลือบผิว งานด้านเคมีคอนดักเตอร์ และการวิเคราะห์คุณสมบัติของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Characterization) โดยสามารถควบคุมการทำงานและวิเคราะห์ผลผ่านซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ได้อย่างครบวงจร ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. อุปกรณ์ทดสอบทางเคมีไฟฟ้า (Potentiostat) จำนวน 1 ตัว ที่มีคุณสมบัติอย่างน้อยดังนี้

- 1.1 สามารถวิเคราะห์เคมีไฟฟ้าระบบ Potentiostat/ Galvanostat/ ZRA (Zero Resistance Ammeter) และการวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ (EIS) ได้
- 1.2 ออกแบบให้มีสัญญาณรบกวนต่ำ (low-noise) และรองรับการต่อเซลล์แบบ floating เพื่อวัดเซลล์ที่ต่อกราวด์หรือขั้วทำงานหลายขั้วในอิเล็กโทรไลต์เดียวกันได้
- 1.3 รองรับการต่อเซลล์แบบ 2 / 3 / 4 ขั้วไฟฟ้า
- 1.4 ตัวเครื่องกะทัดรัด น้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม เชื่อมต่อผ่าน USB และรองรับการต่อขยายแบบหลายช่อง (multichannel) โดยแต่ละช่องแยกอิสระต่อกัน
- 1.5 มีค่า Maximum current ที่ ± 1 แอมแปร์
- 1.6 มีค่า Current range ได้ 9 ช่วง อยู่ในช่วงระหว่าง ± 10 นาโนแอมแปร์ ถึง ± 1 แอมแปร์
- 1.7 มีค่า Minimum current resolution ไม่เกิน 3.3 เฟมโตแอมแปร์
- 1.8 มีค่า Maximum applied potential ไม่น้อยกว่า ± 12 โวลต์
- 1.9 มีความละเอียดของศักย์ไฟฟ้า (voltage resolution)ละเอียดถึง 1 ไมโครโวลต์

- 1.10 มีค่า Applied potential accuracy ไม่เกิน ± 1 มิลลิโวลต์ $\pm 0.2\%$ ของค่าที่ตั้งไว้
- 1.11 มีค่า Measured potential accuracy ไม่เกิน ± 1 มิลลิโวลต์ $\pm 0.3\%$ ของค่าที่ตั้งไว้
- 1.12 มีค่า Applied current ที่มีรายละเอียดดังนี้
 - 1.12.1 Accuracy ไม่เกิน ± 5 พิโคแอมแปร์ $\pm 0.3\%$ ของค่าที่ตั้งไว้
 - 1.12.2 Resolution ไม่เกิน 0.0033% full-scale/bit
- 1.13 มีค่า Measured current ที่มีรายละเอียดดังนี้
 - 1.13.1 Accuracy ไม่เกิน ± 5 พิโคแอมแปร์ $\pm 0.3\%$ ของค่าที่ตั้งไว้
 - 1.13.2 Resolution ไม่เกิน 0.0033% full-scale/bit
- 1.14 มีสัญญาณรบกวน (Noise and ripple) ไม่เกิน 20 ไมโครโวลต์ (rms)
- 1.15 สามารถวิเคราะห์ EIS ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 1.15.1 มีค่า Frequency range อยู่ในช่วง 10 ไมโครเฮิร์ตซ์ ถึง 2 เมกะเฮิร์ตซ์
 - 1.15.2 มีค่า Maximum AC amplitude ไม่น้อยกว่า 2.33 โวลต์ (rms)
 - 1.15.3 ช่วงการวัดอิมพีแดนซ์ตั้งแต่ 10^{10} โอห์ม ลงมาถึง 0.001 โอห์ม
- 1.16 มี Control amplifier ที่มีรายละเอียดดังนี้
 - 1.16.1 มีค่า Compliance Voltage ไม่น้อยกว่า ± 20 โวลต์
 - 1.16.2 ปรับความเร็วได้ 3 ระดับ
 - 1.16.3 มีค่า Unity gain bandwidth ที่ 980, 260, 40, 4, 0.4 กิโลเฮิร์ตซ์
- 1.17 มี Electrometer ที่มีรายละเอียดดังนี้
 - 1.17.1 มีค่า Input Impedance ไม่น้อยกว่า 10^{12} โอห์ม
 - 1.17.2 มีค่า Input current ไม่เกิน 20 พิโคแอมแปร์
 - 1.17.3 มีค่า Bandwidth (-3 เดซิเบล) ไม่น้อยกว่า 15 เมกะเฮิร์ตซ์
 - 1.17.4 อัตราส่วนการกำจัดสัญญาณร่วม (Common Mode Rejection Ratio) มากกว่า 80 dB ที่ 10 kHz และมากกว่า 60 dB ที่ 1 MHz
- 1.18 รองรับเทคนิคมาตรฐานทางเคมีไฟฟ้า: Cyclic voltammetry, Linear sweep voltammetry, Square-wave และ Differential-pulse voltammetry, Chronoamperometry / Chronocoulometry / Chronopotentiometry, Open circuit potentiometry และ Impedance spectroscopy (potentiostatic / galvanostatic / hybrid / Mott-Schottky)
- 1.19 รองรับงานกัดกร่อน (DC Corrosion) ไม่น้อยกว่า 14 การทดลอง, Electrochemical Noise และ Electrochemical Frequency Modulation

1.20 มีคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) สำหรับควบคุมการทำงานและประมวลผล จำนวน 1 เครื่อง ที่มีคุณสมบัติอย่างน้อยดังนี้

1.20.1 มีหน่วยประมวลผลแบบ Intel Core i7 หรือดีกว่า

1.20.2 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ไม่ต่ำกว่า 16 GB

1.20.3 มีหน่วยเก็บข้อมูล (SSD Storage) ความจุไม่ต่ำกว่า 1 TB

1.20.4 มีหน้าจอแสดงผล ขนาดไม่น้อยกว่า 17 นิ้ว

1.20.5 มีเมาส์ จำนวน 1 ชุด

1.21 มีชุดยึดจับตัวอย่างสำหรับตัวอย่างชนิดแผ่นเรียบ จำนวน 1 ชุด

1.22 มีชุดขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference Electrode) จำนวน 1 ชุด

1.23 มีชุดขั้วไฟฟ้าทำงาน (Working Electrode) จำนวน 1 ชุด

1.24 มีชุดขั้วไฟฟ้าช่วย (Counter Electrode) จำนวน 1 ชุด

2. อุปกรณ์วิเคราะห์มุมสัมผัส (Contact Angle Meter) จำนวน 1 ตัวที่มีคุณสมบัติอย่างน้อยดังนี้

2.1 แท่นวางตัวอย่าง (Sample stage) มีขนาด 120 มิลลิเมตร x 120 มิลลิเมตร ติดตั้งอยู่ภายในช่องว่างระหว่างช่องทางเดินแสงและกล้องบันทึกภาพ

2.2 สามารถปรับระดับของเครื่อง (Instrument leveling control) ได้ 3 จุด ได้แก่ แท่นวางตัวอย่าง (Sample stage) ชุดเลนส์ (Lens system) และโครงเครื่องสี่ขา (Integrated 4-leg frame) ได้

2.3 สามารถวัดค่ามุมสัมผัสแบบสถิตย์ (Static Contact Angle) ค่ามุมสัมผัสแบบจลน์ (Dynamic Contact Angle) และสามารถคำนวณหาค่าพลังงานผิวหน้าของชิ้นงาน (Surface Free Energy) ด้วยโปรแกรมคำนวณ

2.4 สามารถวัดค่าแรงตึงผิว (Surface and Interfacial tension) ของของเหลวโดยวิธี Pendant Drop Method ได้

2.5 มีหลอดไฟ LED ชนิด Blue cold light source ที่สามารถปรับความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง เพื่อช่วยให้มองเห็นขั้นตอนการวัดได้อย่างชัดเจน

2.6 กล้องบันทึกภาพ (Camera) ที่มีคุณสมบัติดังนี้

2.6.1 เป็นกล้องถ่ายภาพชนิด Monochrome camera ความเร็วสูง ที่มี ความละเอียดสูงสุด 3 เมกะพิกเซล

2.6.2 มีความละเอียดของภาพสูงสุด 2048 x 1536 พิกเซล

2.6.3 มีความเร็วในการจับภาพสูงสุด 5,200 เฟรมต่อวินาที

2.6.4 รองรับการจับภาพต่อเนื่อง (continuous capture) 20 – 3,000 เฟรมต่อวินาที และบันทึกวิดีโอในรูปแบบ AVI

- 2.7 มีชุดเลนส์สำหรับขยายภาพ (Zoom lens) ที่มีกำลังขยาย (Optical magnification) 0.4 ถึง 8 เท่า และมีค่า TV distortion curvature ได้ไม่เกิน 0.035% และมีมุมมองภาพ (Field of View) อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2×2 มิลลิเมตร ถึง 60×60 มิลลิเมตร
- 2.8 แท่นวางตัวอย่างสามารถปรับการเคลื่อนที่ในแนวแกน XY ได้ 120 มิลลิเมตร และมีค่าความแม่นยำ 0.1 มิลลิเมตร และแนวแกน Z ได้ 70 มิลลิเมตร และมีค่าความแม่นยำ 0.1 มิลลิเมตร
- 2.9 แท่นวางตัวอย่างสามารถปรับระดับแนวนอน (Horizontal adjustment) โดยควบคุมผ่าน Micrometer head สามารถปรับระดับได้ 2 มม. ที่ระยะการเคลื่อนที่ (Travel range) 6.5 มิลลิเมตร และมีค่าความแม่นยำ 0.01 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับตัวอย่างที่พื้นผิวไม่เรียบ
- 2.10 มีระบบหมุนตัวอย่าง (Rotation) สามารถหมุนตัวอย่างในแนวราบได้ 0 ถึง 360 องศา
- 2.11 มีระบบจ่ายของเหลว (Liquid injection system) ที่มีคุณสมบัติดังนี้
 - 2.11.1 สามารถจ่ายของเหลวได้ทั้งแบบอัตโนมัติ (Automated injection) และแบบฉีดด้วยมือ (Manual injection) ด้วย Physical dial เมื่อปิดเครื่อง
 - 2.11.2 สามารถสั่งงานสำหรับการเคลื่อนที่ของหัวดูดจ่ายของเหลวผ่านซอฟต์แวร์
 - 2.11.3 สามารถสั่งงานสำหรับการดูดและจ่ายของหัวดูดจ่ายของเหลวผ่านซอฟต์แวร์
 - 2.11.4 มีระบบจ่ายของเหลวด้วย Lead screw ขนาด 1 มิลลิเมตร ที่มี Injection stroke ที่ 60 มิลลิเมตร
 - 2.11.5 สามารถควบคุมโหมดการจ่ายของเหลว (Injection mode) และปริมาตรของหยดของเหลว (Droplet volume) ผ่านโปรแกรม โดยโปรแกรมสามารถคำนวณปริมาตรของหยดของเหลวได้แบบอัตโนมัติ โดยการใช้ ADSA algorithm ที่มีค่าความแม่นยำ (Precision) 0.001 ไมโครลิตร
 - 2.11.6 สามารถปรับความเร็วของการจ่ายของเหลว (Adjustable injection speed) ตั้งแต่ 0.225 ไมโครลิตรต่อวินาที สำหรับของเหลว 5 ไมโครลิตร ถึง 3000 ไมโครลิตรต่อวินาที สำหรับของเหลว 5000 ไมโครลิตร
 - 2.11.7 รองรับการใช้งานทั้ง Pipette tip และ Standard needle และ ทิปแบบเทฟลอน (Teflon tips) โดยหัวเข็ม pipette รองรับหยดของเหลวได้ไม่น้อยกว่า 200 ไมโครลิตร
 - 2.11.8 ระบบควบคุมแกน Z ของหัวจ่าย ระยะ 120 มิลลิเมตร ความแม่นยำ 0.01 มิลลิเมตร
- 2.12 สามารถต่อกับระบบวัดแรงตึงผิวด้วยวิธี Wilhelmy plate เพิ่มเติมได้ในอนาคต
- 2.13 ส่วนควบคุมการทำงานและประมวลผล (Software) ที่มีคุณสมบัติดังนี้
 - 2.13.1 มีโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถควบคุมการทำงานและประมวลผลการวัด โดยการทำงานบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows

- 2.13.2 สามารถวิเคราะห์ค่ามุมสัมผัส (Contact angle measurement range) ในช่วง 0 ถึง 180 องศา และมีค่าความละเอียดในการวัด (Contact angle resolution) ไม่เกิน 0.001 องศา ค่าความถูกต้องของมุมสัมผัส (accuracy) 0.1 องศา (วิธี ADSA)
- 2.13.3 โปรแกรมจะแสดงผลเป็นตัวเลขและแสดง live result ในรูปแบบกราฟ
- 2.13.4 รายงานจะแสดงผลเป็นเวลาและค่ามุมสัมผัส ปริมาตรของตัวอย่าง และรูปภาพ
- 2.13.5 สามารถคำนวณค่ามุมสัมผัสได้หลายวิธี ได้แก่ $\theta/2$ method, Circle fitting, Ellipse fitting, ADSA RealDrop, Tangent method, Spline interpolation curve fitting และ Young-Laplace equation fitting และสามารถวิเคราะห์แบบ 3D (3D Contact angle) ได้
- 2.13.6 สามารถคำนวณค่าพลังงานพื้นผิวอิสระ (Surface Free Energy) ได้ไม่น้อยกว่า 12 โมเดล: Equation of State (Neumann), Good-Girifalco, WORK, Simple Fowkes, Extended Fowkes, Wu (1,2), Schultz (1,2), Acid-Base (OSS & Good), SLL และ Zisman critical surface tension
- 2.13.7 สามารถวิเคราะห์ค่าแรงตึงผิว (Interfacial tension measurement range) ในช่วง 0.001 ถึง 2000 mN/m และมีค่าความละเอียด (Interfacial tension resolution) ไม่เกิน 0.001 mN/m
- 2.13.8 โปรแกรมจะแสดงผลเป็นตัวเลขและแสดง live result ในรูปแบบกราฟ
- 2.13.9 รายงานจะแสดงผลเป็นเวลา ค่าแรงตึงผิว ปริมาตรของตัวอย่าง และรูปภาพ
- 2.13.10 มีฐานข้อมูลของของเหลว (Liquid Database) 700 ชนิด และสามารถเพิ่มเติมฐานข้อมูลของของเหลวได้เอง
- 2.14 คอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ชุด ที่มีคุณสมบัติดังนี้
 - 2.14.1 มีหน่วยประมวลผล (CPU) แบบ Intel Core i7 หรือดีกว่า
 - 2.14.2 หน่วยความจำหลัก (RAM) ไม่ต่ำกว่า 16 GB
 - 2.14.3 มีหน่วยเก็บข้อมูล (Hard disk) ความจุไม่ต่ำกว่า 1 Tb
 - 2.14.4 มีหน้าจอแสดงผล ขนาดไม่น้อยกว่า 23 นิ้ว จำนวน 1 ชุด
 - 2.14.5 มีแป้นพิมพ์และเมาส์ จำนวน 1 ชุด
- 2.15 อุปกรณ์ประกอบการใช้งาน ดังนี้
 - 2.15.1 หลอดฉีดยาชนิดแก้ว (Glass Syringe) ขนาด 1000 ไมโครลิตร จำนวน 2 ชิ้น
 - 2.15.2 หลอดฉีดยาชนิดพลาสติก (Plastic Syringe) จำนวน 50 ชิ้น
 - 2.15.3 เข็มชนิดสแตนเลสสตีล (Stainless Steel Needle) จำนวน 5 ชิ้น

2.15.4 เข็มชนิดเทฟลอน (Teflon Needle) จำนวน 2 ชิ้น

1. เงื่อนไขอื่นๆ

- 3.1 รับประกันคุณภาพเป็นระยะเวลา 1 ปี
- 3.2 มีบริการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องเป็นเวลา 1 ครั้งต่อปี ในช่วงระยะเวลาประกัน
- 3.3 มีการสาธิตการใช้งาน พร้อมอบรมเจ้าหน้าที่ให้สามารถใช้งาน และดูแลรักษาเครื่องเบื้องต้นได้
- 3.4 ผู้ได้รับคัดเลือกต้องเป็นผู้ดำเนินการตีหมายเลขทะเบียนครุภัณฑ์ และถ่ายรูปภาพครุภัณฑ์ตามที่สถาบันกำหนดหลังจากคณะกรรมการตรวจรับพัสดุได้ทำการตรวจรับพัสดุเรียบร้อยแล้ว และจัดส่งให้งานพัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ด้วย
- 3.5 การจัดซื้อจัดจ้างครั้งนี้จะมีการลงนามในสัญญาหรือข้อตกลงเป็นหนังสือได้ต่อเมื่อพระราชบัญญัติงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570 มีผลใช้บังคับและได้รับจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570 จากสำนักงานงบประมาณแล้ว และกรณีที่หน่วยงานของรัฐไม่ได้รับจัดสรรงบประมาณเพื่อการจัดซื้อจัดจ้างในครั้งดังกล่าว หน่วยงานของรัฐสามารถยกเลิกการจัดซื้อจัดจ้างได้
- 3.6 วงเงินงบประมาณในการจัดซื้อ 1,480,000.00 บาท (หนึ่งล้านสี่แสนแปดหมื่นบาทถ้วน)



(รศ.ดร.สุวารี ชาญกิจมั่นคง)

ผู้ออกรายละเอียด



(ดร.พลชัย โชติปรายนกุล)

ผู้ออกรายละเอียด



(ผศ.ดร.พชรพล ตันทวิรุฬห์)

ผู้ออกรายละเอียด /