

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดตั้งโต๊ะและชุดวิเคราะห์ธาตุแบบ EDS จำนวน 1 เครื่อง

คุณลักษณะทั่วไป

เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สามารถควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถใช้ในงานวิจัยทางด้านวัสดุศาสตร์และวิทยาศาสตร์ด้านชีวภาพ ต้องมีคุณลักษณะเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

คุณลักษณะเฉพาะของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพร้อมอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด จำนวน 1 เครื่อง

1.1 สมรรถนะหลักของเครื่อง

1.1.1 เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่มีระบบสุญญากาศ 3 ระบบ ดังนี้ คือ

- ระบบสุญญากาศสูง (High Vacuum หรือ HV)
- ระบบสุญญากาศต่ำ (Low Vacuum หรือ LV)
- ระบบสภาวะแวดล้อม (Environmental Scanning Electron Microscope หรือ ESEM)

1.1.2 ตัวตรวจรับสัญญาณ (Detector) ชนิด Secondary Electron มี 3 แบบ ชนิดละ 1 ตัว ประกอบด้วย

- แบบ Everhart-Thornley Detector (ETD) สำหรับระบบสุญญากาศสูง
- แบบ Large Field Detector (LFD) สำหรับระบบสุญญากาศต่ำ
- แบบ Gaseous Secondary Electron Detector (GSED) สำหรับระบบสภาวะแวดล้อม

1.1.3 ตัวตรวจรับสัญญาณ (Detector) ชนิด Ultra-sensitive Backscattered Electron เป็นแบบ Directional Back-scattered (DBS) detector ที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับได้ตั้งแต่ 500 โวลท์ และสามารถใช้ได้ทั้งระบบสุญญากาศสูง, ระบบสุญญากาศต่ำ และระบบสภาวะแวดล้อม จำนวน 1 ตัว

1.1.4 สามารถปรับกำลังขยายของภาพได้ตั้งแต่ 13 เท่าจนถึง 1,000,000 เท่า

1.1.5 สามารถแจกแจงรายละเอียดของภาพได้ถึงระดับนาโนเมตร ในภาวะสุญญากาศต่างๆ ดังนี้

1.1.5.1 ภาวะสุญญากาศสูง

- ทำได้ 3.0 นาโนเมตรหรือดีกว่า ที่ระดับ 30 กิโลโวลท์ สำหรับ Secondary Electron Detector
- ทำได้ 8.0 นาโนเมตรหรือดีกว่า ที่ระดับ 3 กิโลโวลท์ สำหรับ Secondary Electron Detector
- ทำได้ 4.0 นาโนเมตรหรือดีกว่า ที่ระดับ 30 กิโลโวลท์ สำหรับ Backscattered Electron Detector

1.1.5.2 ภาวะสูญญากาศต่ำ

- ทำได้ 3.0 นาโนเมตรหรือดีกว่า ที่ระดับ 30 กิโลโวลต์ สำหรับ Secondary Electron Detector
- ทำได้ 4.0 นาโนเมตรหรือดีกว่า ที่ระดับ 30 กิโลโวลต์ สำหรับ Backscattered Electron Detector
- ทำได้ 10.0 นาโนเมตรหรือดีกว่า ที่ระดับ 3 กิโลโวลต์ สำหรับ Secondary Electron Detector

1.1.5.3 ภาวะสภาวะแวดล้อม

- ทำได้ 3.0 นาโนเมตรหรือดีกว่า ที่ระดับ 30 กิโลโวลต์ สำหรับ Secondary Electron Detector

1.1.6 สามารถปรับตั้งค่า Accelerating Voltage ได้ตั้งแต่ 0.2 ถึง 30 กิโลโวลต์ และต่อเนื่องโดยไม่จำเป็นต้องปิดแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน

1.1.7 มีระบบทำให้เกิดภาวะสูญญากาศได้โดยไม่ใช้ระบบน้ำหล่อเย็น และสามารถใช้งาน SEM ได้ภายใน 3 นาทีหลังจากใส่ตัวอย่าง โดยมีปั๊มสูญญากาศ ดังนี้

- ชนิด Turbo Molecular Pump (TMP) จำนวน 1 ตัว
- ชนิด Rotary Pump (RP) จำนวน 1 ตัว

1.1.8 สามารถวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิววัสดุที่นำไฟฟ้าและไม่นำไฟฟ้า (Non-Conductive Materials) ได้โดยไม่ต้องเคลือบผิวตัวอย่างด้วยโลหะ/คาร์บอนก่อนการใช้งาน

1.2 มีระบบอิเล็กทรอนิกส์ออฟติกที่ติดตั้งแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนเป็นชนิดทังสเตน (Tungsten Filament)

1.3 ระบบแท่นวางตัวอย่าง (Specimen Stage) และห้องตัวอย่าง (Specimen Chamber)

1.3.1 แท่นวางตัวอย่าง (Specimen Holder) และฐานวางติดชิ้นงาน (sample stub) สำหรับตัวอย่างทั่วไปที่มีลักษณะแข็ง นำไฟฟ้าและไม่นำไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดชนิดของแท่นวางตัวอย่างและฐานวางติดชิ้นงานดังนี้

- ชนิด Single Holder ที่สามารถวางแท่นติดชิ้นงานได้ครั้งละ 1 อัน จำนวน 1 ชั้น
- ชนิด Multi Holder ที่สามารถวางแท่นติดชิ้นงานได้ครั้งละ 7 อัน จำนวน 1 ชั้น
- ฐานวางติดชิ้นงาน (sample stub) เป็นชนิดที่ทำมาจากอลูมิเนียมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร เป็นอย่างน้อย

1.3.2 สามารถปรับเลื่อนตำแหน่งของแท่นวางตัวอย่างได้โดยมอเตอร์ที่ควบคุมผ่านระบบคอมพิวเตอร์ โดยสามารถเลื่อนตำแหน่งได้ในช่วงที่กำหนดดังต่อไปนี้ หรือกว้างกว่า

- แนวระนาบแกน X ปรับระยะได้ในช่วง -25 ถึง +25 มิลลิเมตร
- แนวระนาบแกน Y ปรับระยะได้ในช่วง -25 ถึง +25 มิลลิเมตร
- แนวแกน Z ปรับระยะได้ในช่วง 50 มิลลิเมตร (25mm Motorized and 25 mm Manual)
- แนวแกน T ปรับเอียงได้ในช่วง -15 ถึง +75 องศา แบบ Manual

- แนวแกนหมุน สามารถปรับหมุนรอบได้ 360 องศาแบบต่อเนื่อง
- 1.3.3 สามารถบันทึกตำแหน่งของตัวอย่างในแนวแกน X และแนวแกน Y และมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 ไมโครเมตร เมื่อมีการเรียกกลับในตำแหน่งที่บันทึกไว้
- 1.4 ระบบตรวจวัดอิเล็กทรอนิกส์ มีรายละเอียด ดังนี้
- 1.4.1 ตัวตรวจวัด Secondary Electron สามารถแจกแจงความละเอียดของภาพได้ 3.0 นาโนเมตร หรือละเอียดกว่า เมื่อตั้งค่า Accelerating Voltage ที่ 30 กิโลโวลต์ ที่ภาวะสุญญากาศในช่วง 6×10^{-4} ถึง 2,600 ปาสคาล
- 1.4.2 ตัวตรวจวัด Backscattered Electron สามารถแจกแจงความละเอียดของภาพได้ 4.0 นาโนเมตร หรือละเอียดกว่า เมื่อตั้งค่า Accelerating Voltage ที่ 30 กิโลโวลต์
- 1.5 ระบบสแกนภาพและแสดงผลภาพ มีรายละเอียดดังนี้
- 1.5.1 มีจอแสดงผลเป็นชนิด LCD ขนาด 24 นิ้ว จากผู้ผลิตโดยตรง จำนวน 1 เครื่อง
- 1.5.2 สามารถแสดงภาพที่บันทึกได้โดยมีความละเอียด 14 ล้านพิกเซล
- 1.5.3 สามารถบันทึกข้อมูลภาพเคลื่อนไหว (.avi file) เป็นไฟล์แบบดิจิทัลและบันทึกข้อมูลภาพนิ่งเป็นไฟล์แบบดิจิทัลชนิด BMP, TIFF หรือ JPEG ได้ พร้อมข้อมูลการตั้งค่าต่างๆของกล้องในข้อมูลภาพที่บันทึกนั้นๆ เพื่อการทวนสอบข้อมูล
- 1.5.4 สามารถบันทึกข้อมูลภาพการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลภาพเคลื่อนไหว (.avi file) เป็นไฟล์แบบดิจิทัลในขณะที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงได้แบบไม่จำกัดเวลา และมีความละเอียดภาพไม่น้อยกว่า 1024 x 884 พิกเซล
- 1.5.5 สามารถบันทึกตำแหน่งของตัวอย่างในแนวแกน X และในแนวแกน Y ได้แบบไม่จำกัด
- 1.5.6 รองรับการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงได้ เพื่อให้ผู้ชำนาญการหรือวิศวกรสามารถทำตรวจสอบและแก้ไขปัญหาการทำงานของเครื่องเบื้องต้นโดยไม่ต้องเดินทางมายังสถานที่ที่ติดตั้งเครื่อง
- 1.5.7 มีระบบควบคุมการใช้งานที่ง่าย มีระบบ User Login เพื่อจัดเก็บค่าการทำงานของเครื่องที่เหมาะสมของผู้ใช้แต่ละคนมีค่าการทำงานของเครื่องมาตรฐานที่เหมาะสมกับชนิดตัวอย่างต่างๆ และสามารถเลือกแสดงปุ่มการทำงานเฉพาะที่ต้องการบนหน้าจอได้
- 1.5.8 มีระบบการทำงานในแบบการปรับอัตโนมัติได้ไม่น้อยกว่า 4 ระบบ ดังต่อไปนี้
- Automatic Filament + Alignment
 - Automatic Focusing
 - Automatic Astigmatism Correction
 - Automatic Contrast and Brightness
- 1.5.9 มีโปรแกรมการวัดโดยสามารถวัดได้ทั้งระยะห่าง วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลม วัดขนาดพื้นที่ วัดมุม และสามารถทำงานจากภาพที่บันทึกไว้ได้ โดยไม่ต้องเปิดลำแสงอิเล็กตรอนขณะใช้งานเครื่อง

- 1.5.10 โต๊ะสำหรับวางคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ SEM มีขนาด 750 (ก) x 1,200 (ย) x 800 (ส) มิลลิเมตร เป็นอย่างน้อยจากผู้ผลิต SEM จำนวน 1 ตัว
- 1.5.11 อุปกรณ์ประกอบการใช้งานเพื่อให้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
 - 1.5.11.1 มีกล้องอินฟราเรดแสดงภาพอุปกรณ์และตัวอย่างที่อยู่ภายในห้องตัวอย่างขณะใช้งาน โดยแสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เดียวกันกับกล้อง
 - 1.5.11.2 มีกล้องถ่ายภาพเพื่อแสดงตำแหน่งของตัวอย่างบนแท่นวางชิ้นตัวอย่างโดยมีความละเอียดภาพสีที่แสดงไม่น้อยกว่า 5 ล้านพิกเซล

1.6 ชุดวิเคราะห์ธาตุแบบแยกแยะพลังงาน (EDS)

- 1.6.1 ตัวตรวจจับสัญญาณเป็นชนิด silicon drift detector (SDD)
- 1.6.2 ทำความเย็นด้วยระบบThermoelectric (Peltier) ไม่ใช่ไนโตรเจนเหลว
- 1.6.3 มีขนาดพื้นที่รับสัญญาณไม่น้อยกว่า 30 mm²
- 1.6.4 หน้าต่าง X-ray ทำด้วยวัสดุ Silicon Nitride (Si₃N₄)
- 1.6.5 สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ตั้งแต่ Be (Beryllium) ถึง Am (Americium)
- 1.6.6 มีความสามารถในการแจกแจงรายละเอียด Mn K α เท่ากับ 129 eV หรือดีกว่า
- 1.6.7 ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ธาตุที่ติดตั้งมากับเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมใช้งานได้ทันที
- 1.6.8 สามารถแสดงสเปกตรัมสัญญาณEDS ได้
- 1.6.9 สามารถระบุธาตุได้อัตโนมัติ
- 1.6.10 สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุเชิงปริมาณได้
- 1.6.11 สามารถทำ mapping และ Point ID ได้

2. ระบบปฏิบัติการและคอมพิวเตอร์

ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของและประมวลผลข้อมูลของการทำงานของเครื่อง SEM จำนวน 1 ชุด ซึ่งมีส่วนประกอบหลักที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 2.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 4 แกนหลัก (4 core) หรือ 8 แกนเสมือน (8 Thread) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาพื้นฐานไม่น้อยกว่า 3.2 GHz จำนวน 1 หน่วย
- 2.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory ขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB
- 2.3 มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพ โดยมีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือดีกว่า ดังนี้
 - 1) เป็นแผงวงจรเพื่อแสดงภาพแยกจากแผงวงจรหลักที่มีหน่วยความจำขนาดไม่น้อยกว่า 1 GB หรือ
 - 2) มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพติดตั้งอยู่ภายในหน่วยประมวลผลกลาง แบบ Graphics Processing Unit ที่สามารถใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพ ขนาดไม่น้อยกว่า 1 GB หรือ

- 3) มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพติดตั้งอยู่บนแผงวงจรหลัก แบบ Onboard Graphics ที่มี
ความสามารถในการใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพขนาด ไม่น้อยกว่า 1 GB
- 2.4 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR3 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
- 2.5 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล (Hard Drive) ชนิด SATA หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 2 TB หรือชนิด
Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 240 GB จำนวน 1 หน่วย
- 2.6 มี DVD-RW หรือดีกว่า จำนวน 1 หน่วย
- 2.7 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่
น้อยกว่า 1 ช่อง
- 2.8 มีแป้นพิมพ์และเมาส์
- 2.9 มีจอภาพแบบ LCD หรือดีกว่า มี Contrast Ratio ไม่น้อยกว่า 600 : 1 และมีขนาดไม่น้อยกว่า 19 นิ้ว
จำนวน 1 หน่วย

3. เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) ขนาด 6 kVA จำนวน 1 เครื่อง

- 3.1 มีกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 6 kVA (4.8kW)
- 3.2 มีช่วงแรงดันไฟฟ้า Input (VAC) ไม่น้อยกว่า 220+/- 27%
- 3.3 มีช่วงแรงดันไฟฟ้า Output (VAC) ไม่มากกว่า 220+/-1%
- 3.4 สามารถสำรองไฟฟ้าที่ Full Load ได้ไม่น้อยกว่า 5 นาที

4. เงื่อนไขเฉพาะ

- 4.1 เครื่องสามารถใช้งานได้กับไฟฟ้าขนาด 220-240 Volt, 50 Hz ได้โดยตรง
- 4.2 ผู้ผลิตต้องได้รับการรับรองคุณภาพตามระบบมาตรฐานสากล
- 4.3 รับประกันกัลลิ่งจูลทรสร์นอีเลคตรอนและชุดวิเคราะห์ธาตุแบบแยกแยะพลังงาน 1 ปี
- 4.4 รับประกันครุภัณฑ์นอกเหนือจากข้อ 4.3 ไม่น้อยกว่า 1 ปี
- 4.5 กรณีฉุกเฉินสามารถเรียกใช้บริการช่างเทคนิคจากผู้ขายได้ไม่จำกัดจำนวนครั้งในระยะเวลา 1 ปีและ
ช่างเทคนิคสามารถให้บริการภายใน 48 ชั่วโมง หลังจากที่มีผู้ซื้อทำการติดต่อทางบริษัท
- 4.6 บริการตรวจสอบและบำรุงรักษากัลลิ่งจูลทรสร์นอีเลคตรอนหลังการส่งมอบ ทุก 6 เดือน เป็น
ระยะเวลา 1 ปีโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย
- 4.7 ผู้ขายต้องมีใบรับรองการเป็นผู้แทนจำหน่ายจากผู้ผลิตโดยตรง
- 4.8 ผู้ขายต้องตรวจสอบสถานที่สำหรับติดตั้งเครื่องพร้อมรายงานผลการตรวจสอบการรบกวนจากไฟฟ้า
กระแสสลับสนามแม่เหล็ก และการสั่นสะเทือน
- 4.9 ผู้ขายต้องสาธิตการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องโดยผู้ชำนาญเฉพาะทางหรือผู้เชี่ยวชาญจากผู้ผลิต
จนผู้ใช้สามารถใช้งานเครื่องได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และบำรุงรักษาเบื้องต้นได้เอง

4.10 ผู้ขายต้องจัดอบรมเชิงปฏิบัติการการใช้งานกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดอย่างน้อย 2 ครั้ง
ภายในระยะเวลารับประกัน โดยไม่มีค่าใช้จ่ายในการอบรม

4.11 ระยะเวลาส่งมอบงานภายใน 120 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

4.12 หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอใช้เกณฑ์ราคา

คณะกรรมการร่างขอบเขตของงาน และกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

1. นายอนิวรรต ทาสุข ประธานกรรมการ.....
2. นายรัฐพล สมณา กรรมการ.....
3. นายพีรวัส คงสง กรรมการและเลขานุการ.....

ลงชื่อ.....ผู้อนุมัติ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ ลิ้มไขแสง)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี