

**รายละเอียดครุภัณฑ์**  
**เครื่องวิเคราะห์ด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffractometer, XRD)**  
**จำนวน 1 เครื่อง**

**1. คุณสมบัติทั่วไป (General Properties)**

เป็นเครื่องมือที่มีสมรรถนะสูงสำหรับการวิเคราะห์สารหรือวัสดุโดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ หางค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ วิเคราะห์เฟสและผลึกของสารทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ทั้งที่เป็นผง (Powder) และเป็นฟิล์มบาง (Thin film) ทั้งในสถานะของแข็งและของเหลว เป็นเครื่องมือที่มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ใช้งานง่ายและรวดเร็ว ใช้พื้นที่ติดตั้งไม่มาก และไม่จำเป็นต้องบำรุงรักษาเป็นพิเศษ สามารถใช้งานได้กว้างขวางทั้งในแบบ 0D, 1D และ 2D สัญญาณที่ได้มีความคมชัดและถูกต้องสูง สามารถทำงานในโหมดการวัดด้วยลำแสงขนาน (Parallel beam) ได้ ข้อมูลที่ได้หรือสัญญาณที่ได้จากการวัดจะถูกประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีความเสถียร และมีสมรรถนะสูงที่มาพร้อมโปรแกรมวิเคราะห์ที่สามารถใช้งานได้ง่ายแต่มีประสิทธิภาพ โดยคอมพิวเตอร์ติดตั้งอยู่กับตัวเครื่อง XRD ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลและควบคุมการทำงานของเครื่อง นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องที่สามารถเชื่อมโยงการทำงานกับคอมพิวเตอร์อื่นได้อย่างลงตัว เครื่องวิเคราะห์ด้วยหลักการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์นี้เป็นเครื่องมือที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีปัญหาการสะสมของความร้อนภายในห้องเครื่องหรือมีความสามารถระบายความร้อนได้เป็นอย่างดี เป็นเครื่องที่สามารถเพิ่มเติมอุปกรณ์อื่นหรืออัปเดตเพื่อขยายขอบเขตการวิเคราะห์ของระบบได้ในอนาคต

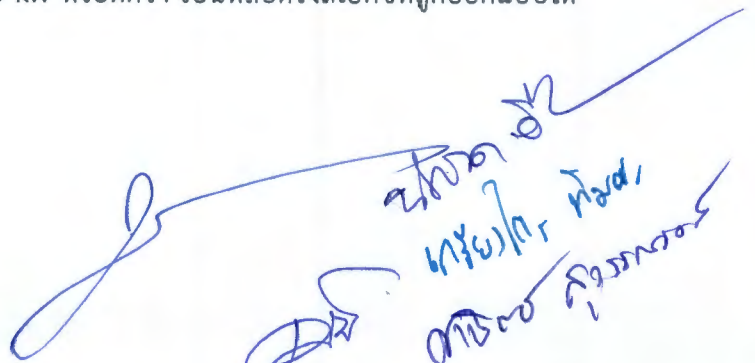
**2. คุณลักษณะเฉพาะ (Characteristics)**

**2.1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงและกำลังไฟฟ้าของเครื่อง**

- 2.1.1) กำลังสูงสุดของเครื่อง 300 W หรือสูงกว่า
- 2.1.2) สามารถปรับแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 40 kV หรือสูงกว่า
- 2.1.3) สามารถปรับค่ากระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 7.5 mA หรือสูงกว่า
- 2.1.4) มีระบบวินิจฉัยการทำงานที่สามารถแจ้งความผิดพลาดในการทำงานได้

**2.2) ระบบความปลอดภัยและหลอดรังสีเอกซ์**

- 2.2.1) มีระบบสัญญาณเตือนภัยทางรังสีที่สามารถเข้าใจได้และมองเห็นได้โดยง่าย
- 2.2.2) มีระบบความปลอดภัยที่ได้มาตรฐานสากลโดยมีระดับของการแผ่รังสีไม่เกิน 1 ไมโครซีฟเวิร์ตต่อชั่วโมง ( $\mu\text{Sv/h}$ )
- 2.2.3) มีระบบป้องกันการรั่วไหลของรังสีเอกซ์ ตามมาตรฐานความปลอดภัยทางรังสี
- 2.2.3) หลอดรังสีเอกซ์เป็นชนิดสมรรถนะสูงที่ โดยเป่าทำจากทองแดง (Cu) หุ้มด้วยเซรามิก (Ceramic insulation) เป็นหลอดขนาดไม่น้อยกว่า 2.5 KW หรือดีกว่า เป็นหลอดรังสีเอกซ์ที่ถูกออกแบบให้

  
ชัชวาลย์  
นาย/ดร. ชัชวาลย์  
ดร. ชัชวาลย์

ด้านทานการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี สามารถสวิตช์ระหว่าง point focus และ line focus ได้ง่ายและรวดเร็ว และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.2.4) เป็นชนิด Long fine focus ที่ผ่านการปรับแก้ไขเกี่ยวกับความเข้ม (Intensity) และความละเอียด (Resolution) เป็นอย่างสมดุลแล้ว

### 2.3) ชุดควบคุมการเปลี่ยนมุมหรือตำแหน่งในการวิเคราะห์ (Goniometer)

2.3.1) เป็นระบบที่ทำงานในแนวตั้ง (Vertical Goniometer) แบบ theta/theta หรือดีกว่า

2.3.2) สามารถกำหนดมุมในการวิเคราะห์ได้ในช่วง -3 ถึง 140 องศา (2 Theta) หรือกว้างกว่า

2.3.3) สามารถทำงานในรูปแบบ (Geometry) แบบ Bragg-Brentano, Transmission และ Grazing Incidence ได้อย่างแท้จริง

2.3.4) มีค่าความละเอียดในการแยกสัญญาณ (Resolution) หรือ Minimum peak width (FWHM) น้อยกว่า 0.04 องศา เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างมาตรฐาน LaB<sub>6</sub> หรือดีกว่า

2.3.5) ให้ค่าความถูกต้องหรือความแม่นยำของตำแหน่งที่น้อยกว่า  $\pm 0.02$  องศา หรือดีกว่า

2.3.6) ค่าความละเอียดในการเคลื่อนที่ (Smallest addressable increment หรือ Minimum step size) เท่ากับ 0.001 องศา หรือดีกว่า

### 2.4) ชุดหัววัดรังสีเอกซ์ (X-ray Detector)

2.4.1) หัววัดรังสีแบบ Solid state ความเร็วสูง ที่มีความสามารถทำการวัดในแบบ 0D, 1D และ 2D ได้ หรือดีกว่า

2.4.2) หัววัดรังสีมีจำนวนช่องรับสัญญาณที่สามารถทำงานได้ (No dead channels) จำนวนไม่น้อยกว่า 256 ช่อง

2.4.3) ช่องรับสัญญาณแต่ละช่องมีขนาดไม่มากกว่า 55 ไมครอน หรือดีกว่า

2.4.4) มีอัตราการนับสัญญาณสูงสุดไม่น้อยกว่า  $30 \times 10^9$  cps

2.4.5) ขนาดวินโดว์ (Window size)  $14 \times 14$  mm<sup>2</sup> หรือดีกว่า

2.4.6) สัญญาณภูมิหลังรวม (Overall Maximum Background) ไม่มากกว่า 0.5 cps หรือดีกว่า

2.4.7) เป็นหัววัดที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขค่าความละเอียดพลังงาน (Energy resolution) แล้ว

### 2.5) แท่นวางตัวอย่าง ที่ใส่ตัวอย่าง (Sample Stage and Sample Holder) และระบบการป้อนตัวอย่าง (Sample handing)

2.5.1) มีแท่นวางสำหรับเตรียมตัวอย่างไม่น้อยกว่า 1 ชิ้น

2.5.2) สามารถป้อนตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างได้จากภายนอก โดยไม่มีการเปิดฝาครอบเครื่อง

2.5.3) แท่นวางตัวอย่างสามารถวางที่ใส่ตัวอย่างขนาด 51.0 มิลลิเมตรหรือดีกว่า และสามารถหมุนตัวอย่างขณะทำการวิเคราะห์ได้

2.5.4) สามารถหมุนตัวอย่างได้ขณะทำการวัด โดยที่ใส่ตัวอย่างมีขนาด 51.0 มิลลิเมตรหรือดีกว่า

วิภาดา อธิ  
เกษิภส วิมล  
ตนิษฐ์ รุณภรณ์



- 2.5.5) รองรับการเพิ่มเติมฐานตัวอย่างที่สามารถวัดที่อุณหภูมิสูงสุด 500 องศาเซลเซียส หรือหรือสูงกว่าได้
- 2.5.6) มีระบบการจัดการลำแสงที่สามารถวิเคราะห์ฟิล์มบาง (Thin film) ในแบบ Grazing Incidence และ Transmission ได้
- 2.5.7) ที่ใส่ตัวอย่างผง (Powder samples) ทำจากโลหะไร้สนิมแบบวงกลม จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชิ้น
- 2.5.8) ที่ใส่ตัวอย่างสำหรับตัวอย่างที่มีลักษณะอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ผง ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชิ้น
- 2.5.9) ที่ใส่ตัวอย่างปริมาณน้อย แบบไม่มีสัญญาณรบกวน (Zero background holder) ที่ทำจากซิลิกอน (Silicon) จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชิ้น
- 2.5.10) ที่ใส่ตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ของเหลว จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชิ้น
- 2.5.11) ที่ใส่ตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์แบบ Transmission จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชิ้น
- 2.5.12) ตัวอย่างมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบมุมการวิเคราะห์จำนวน 1 ตัวอย่างหรือมากกว่า
- 2.5.13) อุปกรณ์รองรับรังสี ทำจากนิกเกิล จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชิ้น
- 2.5.14) Beam mark จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ขนาด
- 2.5.15) Divergence จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ขนาด
- 2.5.16) Soller slits จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ขนาด
- 2.5.17) Beam knife จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชิ้น ซึ่งครอบคลุมการใช้งานที่มุมต่ำและมุมสูง
- 2.5.18) มี Parallel plate collimator 0.28 องศา หรือดีกว่า
- 2.5.19) มีกล่องสำหรับเก็บ Optic parts จำนวน 1 ใบ หรือมากกว่า

## 2.6) ระบบระบายความร้อน (Cooling System)

- 2.6.1) ไม่มีการใช้ระบบระบายความร้อนที่ติดตั้งภายนอก (External cooling system)
- 2.6.2) สารระบายความร้อนสามารถใช้น้ำกลั่น (Distilled water) หรือน้ำปราศจากไอออน (DI-Water) ได้
- 2.6.3) ระบบระบายความร้อนมีความสามารถระบายความร้อนในระบบของเครื่อง XRD ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2.7) มีช่องสำหรับเชื่อมต่อกับ LAN, USB 3.0, และ HDMI ได้ หรือดีกว่า

## 2.8) ฐานข้อมูลอ้างอิงในการวิเคราะห์ผล

มีฐานข้อมูล COD รุ่นใหม่ล่าสุด หรือดีกว่า

## 2.9) โปรแกรมวิเคราะห์ผล

- 2.8.1) สามารถวิเคราะห์โครงสร้างผลึก (Phase identification) ในเชิงคุณภาพ เช่น การค้นหา (Search-Match) โดยการเปรียบเทียบผลกับฐานข้อมูล (Reference database)
- 2.8.2) สามารถวิเคราะห์ขนาดของผลึก (Crystal size) ได้

จันทรา อ.  
หัวหน้าทีม  
ศูนย์วิจัย  
วิจัยและพัฒนา

- 2.8.3) สามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณ ได้แก่ RIR, DDM และ Rietveld ได้ในโปรแกรมเดียว
- 2.8.4) สามารถวิเคราะห์ผลแบบกลุ่มตัวอย่างได้ (Cluster analysis)
- 2.8.5) สามารถวิเคราะห์ผลจากภาพถ่ายได้ (Bitmap converter)
- 2.8.6) รองรับการวิเคราะห์ผลข้อมูลที่มีนามสกุล XRDML, CIF, RAS และ RAW ได้เป็นอย่างดีน้อย
- 2.8.7) โปรแกรมสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องมือทั้งระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้อง

### 3. อุปกรณ์ประกอบ

- 3.1) ชุดคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลและควบคุมการทำงานของเครื่องจำนวน 1 ชุด หรือมากกว่า
  - 3.1.1) มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ชนิด Intel Core i7 Gen10+ ที่มีความเร็วฐาน 3.5 GHz หรือดีกว่า
  - 3.1.2) มีหน่วยความจำ (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า ที่มีขนาดความจุไม่น้อยกว่า 8 GB
  - 3.1.3) มีหน่วยจัดเก็บข้อมูลทั้งชนิด HDD SATA ที่มีความจุไม่น้อยกว่า 1 TB หรือดีกว่า และ SSD PCIE M.2 หรือดีกว่า ที่มีความสามารถในการอ่านและเขียนได้ไม่ช้ากว่า 3500 และ 2500 MB/s ตามลำดับ หรือดีกว่า ความจุไม่น้อยกว่า 500 GB หรือมากกว่า
  - 3.1.4) สายสำหรับเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างเครื่องวิเคราะห์ฯ กับเครื่องประมวลผล
  - 3.1.5) ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 64 Bit หรือดีกว่า ที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้อง
  - 3.1.6) ชุดแป้นพิมพ์และเมาส์ชนิดไร้สายจำนวน 1 ชุด
  - 3.1.7) จอภาพแสดงผล LED ชนิด IPS, HDMI ขนาดไม่น้อยกว่า 23.0 นิ้ว ที่มีความละเอียดและอัตราการรีเฟรชไม่น้อยกว่า 1920 x 1080 และ 75 Hz หรือดีกว่า จำนวน 1 จอ พร้อมสาย HDMI แบบอ่อนที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 10 เมตร จำนวน 1 เส้น
  - 3.1.8) มีชิปประมวลผลภาพที่มีสมรรถนะสูงแบบติดตั้งภายในหรือภายนอกแยกจากแผงวงจรหลักที่มีหน่วยความจำ ชนิด GDDR5 ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 4 GB หรือดีกว่า
  - 3.1.9) เป็นชุดคอมพิวเตอร์ที่มีความเสถียรในการทำงานสูง
  - 3.1.10) เป็นชุดคอมพิวเตอร์ที่มีเครื่องอ่านและเขียนแผ่นซีดีและดีวีดีได้
- 3.2) เครื่องสำรองไฟฟ้าชนิด True online UPS ขนาด 3 kVA หรือดีกว่า สำหรับเครื่อง XRD จำนวน 1 เครื่อง หรือมากกว่า (เครื่องสำรองไฟต้องสามารถสำรองไฟได้ทั้งเครื่อง XRD และชุดคอมพิวเตอร์)
- 3.3) โต๊ะสำหรับวางเครื่อง XRD จำนวน 1 ชุด หรือมากกว่า
- 3.4) โต๊ะสำหรับวางเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ชุด หรือมากกว่า
- 3.5) เก้าอี้สำนักงานที่มีความแข็งแรง ทนทานและสามารถปรับระดับได้ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ตัว
- 3.6) เครื่องพิมพ์สีที่มีความละเอียดในการพิมพ์ไม่น้อยกว่า 600 dpi สามารถเชื่อมต่อแบบไร้สายได้และเป็นเครื่องที่มีระบบหมึกแห้งค์แบบภายใน จำนวน 1 เครื่อง พร้อมหมึก

Handwritten signatures and text in blue ink, including the name "ดร.วิมล วัฒนศิริ" and other illegible signatures.



#### 4. เงื่อนไขเฉพาะในการส่งมอบ การบำรุงรักษาและการบริการหลังการขาย

- 4.1) บริษัทผู้จัดจำหน่ายต้องทำการปรับปรุงห้องหรือสถานที่ให้มีความเหมาะสมในการติดตั้งเครื่องมือ และต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่มีขนาด 18,000 บีทียูหรือดีกว่า จำนวนอย่างน้อย 1 เครื่อง พร้อมทั้งติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และเดินระบบไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมและมีความปลอดภัย
- 4.2) ต้องส่งมอบเครื่องใหม่ที่มาจากรองานผู้ผลิตโดยตรงและต้องไม่มีการดัดแปลงสภาพที่ผิดไปจากข้อกำหนดของโรงงานผู้ผลิต เป็นเครื่องที่ไม่เคยผ่านการใช้งานหรือใช้สำหรับการสาธิตมาก่อน
- 4.3) เป็นเครื่องที่ผลิตจากบริษัทที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 9001 โดยต้องแสดงใบรับรอง Certificated ในการส่งมอบด้วย
- 4.4) เป็นเครื่องที่ได้รับการรับรองมาตรฐานความปลอดภัย EC หรือ US (Type approved in EC or US) โดยต้องแสดงใบรับรอง Certificated ในการส่งมอบด้วย
- 4.5) รับประกันตัวเครื่องและหลอดรังสีเอกซ์ทั้งอะไหล่และบริการภายใต้การทำงานปกติไม่น้อยกว่า 1 ปี
- 4.6) บริษัทผู้จัดจำหน่าย/ผู้ผลิต ต้องส่งผู้เชี่ยวชาญทางเทคนิคและการใช้งานมาตรวจเช็คเครื่องจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ครั้งต่อปี เป็นระยะเวลา 2 ปี รวมจำนวนไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม
- 4.7) บริษัทผู้จัดจำหน่าย ต้องรับผิดชอบดูแลลิขสิทธิ์ ทั้งโปรแกรมในการวิเคราะห์ผลและฐานข้อมูล ให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลาประกัน โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม
- 4.8) บริษัทผู้จัดจำหน่าย จะต้องติดตั้งและประกอบเครื่องมือพร้อมอุปกรณ์ทั้งหมดให้สามารถใช้งานได้ และจัดให้มีการฝึกอบรมสอนการใช้งานเครื่อง การใช้งานโปรแกรมต่าง ๆ และซอฟต์แวร์ (Operating manual) รวมทั้งการดูแลรักษาเครื่อง ความปลอดภัยในการใช้เครื่องฯ ข้อควรระวัง อย่างครบถ้วน แก่ผู้ปฏิบัติงานจนสามารถปฏิบัติงานใช้เครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้ โดยไม่จำกัดเวลาในการฝึกอบรม ตลอดระยะเวลาประกัน และไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมใด ๆ ทั้งสิ้น
- 4.9) มีคู่มือการใช้งานเครื่อง คู่มือการใช้งานโปรแกรมการวิเคราะห์ผลอย่างละเอียด รวมทั้งคู่มือการดูแลรักษาเชิงป้องกันของเครื่อง และของอุปกรณ์ประกอบทั้งหมด ทั้งฉบับภาษาอังกฤษและภาษาไทย จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลคู่มือดังกล่าวในรูปแบบ Digital file ลงใน Flash drive จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด
- 4.10) กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ได้ภายใน 90 วัน

#### 5. อื่น ๆ

- 5.1) เครื่อง XRD รองรับเพิ่มเติมอุปกรณ์การวัดได้ เช่น การวัดที่อุณหภูมิสูงเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของวัสดุ การเพิ่มเติมชนิดหลอดรังสีเอกซ์
- 5.2) เครื่องที่ส่งมอบต้องมีคุณสมบัติและความสามารถตรงตามที่กำหนดในรายละเอียดทุกประการและผู้จัดจำหน่ายมีหน้าที่ในการสาธิตการใช้งานเพื่อแสดงให้เห็นสมรรถนะของเครื่อง

ช.น.น.ค.  
เครือวงโคก ศึกษาดู  
ตามนี้ กรุณา

