ร่างขอบเขตของงาน

สำหรับการจัดซื้อครุภัณฑ์ กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดชนิดตั้งโต๊ะและชุดวิเคราะห์ธาตุแบบ EDS

ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 1 เครื่อง

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

1. ความเป็นมา

ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก โดยมีการสังเคราะห์สารให้มีโครงสร้างในระดับนาโน เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆให้มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร หรือเรียกว่า Nano devices ในทางทฤษฎีเมื่อขนาดของสารมีขนาดที่เล็กลง จะทำให้ความหนาแน่นสถานะ (Density of State) เปลี่ยนแปลงไป ความหนาแน่นสถานะจะมีบางค่าเท่านั้นซึ่งสัมพันธ์กับทฤษฎีทางกลศาสตร์ควอนตัม (Quantum mechanics) และการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นสถานะนี้จะทำให้สมบัติบางอย่างของสารเปลี่ยนแปลงไป เช่น จุดเดือด ความนำไฟฟ้า เป็นต้น โดยที่สมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเป็นอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์ทางแสง (optical devices) อุปกรณ์เซนเซอร์ (sensor devices) เป็นต้น จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญที่จะศึกษาการสังเคราะห์เส้นนาโนของสารต่างๆ เช่น nanorod, nanowires, Nano belt, Nano disk เป็นต้น โดยงานวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีนั้นมีอยู่ 3 มุมมองหลักด้วยกัน คือ

1. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในระดับอะตอม โมเลกุล หรือโมเลกุลมหภาค (macromolecule) ที่มีขนาดเล็กในช่วง 1 ถึง 100 นาโนเมตร

2. การสร้างและการใช้ประโยชน์จากโครงสร้าง อุปกรณ์ หรือระบบต่างๆ ที่มีสมบัติและหน้าที่ใหม่ๆเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากความเล็กในระดับนาโน (nanoscale) ของสิ่งนั้นๆ

3. ความสามารถในการควบคุมและจัดการได้อย่างถูกต้องและแม่นยำในระดับอะตอม ดังนั้นความหมายโดยรวมของนาโนเทคโนโลยี ก็คือ

"การจัดการ การสร้าง การสังเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์และระบบต่างๆ ที่มีขนาดเล็กอยู่ในช่วง 1 ถึง 100 นาโนเมตร ด้วยความถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งจะส่งผลให้วัสดุหรืออุปกรณ์ต่างๆ มีสมบัติที่พิเศษขึ้น ทำให้เกิดประโยชน์ ต่อผู้ใช้สอยและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้"

นอกจากนี้เรายังสามารถแบ่งสาขาของการวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีแบ่งออกเป็น 3 สาขา คือ

1. นาโนเทคโนโลยีชีวภาพ (Nanobiotechnology)

2. นาโนอิเล็กทรอนิกส์ (Nanoelectronics)

3. วัสดุนาโน (Nanomaterials)

นาโนเทคโนโลยีชีวภาพ (Nanobiotechnology)

เป็นการประยุกต์วิทยาการด้านนาโนเทคโนโลยี เช่น การพัฒนาไบโอเซนเซอร์ หรือหัวตรวจชีวภาพ และสารที่ใช้ในการวินิจฉัยโรค โดยใช้วัสดุชีวโมเลกุล การปรับโครงสร้างระดับโมเลกุลของยาที่สามารถหวังผลการมุ่งทำลายชีวโมเลกุลที่เป็นเป้าหมายเฉพาะเจาะจง เช่น เซลล์มะเร็ง การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ในการส่งผ่านสาร

ำรุงเข้าใต้ชั้นผิวหนังได้ดียิ่งขึ้น ทางด้านอุตสาหกรรมการแพทย์และสาธารณสุข รวมถึงการผลิตยาต่างๆ ก็ใช้ความรู้ทางนาโนไบโอเทคโนโลยี ในการผลิตยา ให้สามารถนำไปใช้เฉพาะที่ เฉพาะจุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น ทางด้านเกษตรกรรมก็ได้นำหัวตรวจวัดชีวภาพมาใช้เพื่อศึกษาสภาวะต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้นตัวอย่างงานเทคโนโลยีชีวภาพ คือ ฟองนาโนของก๊าซโอโซน การผลิตฟองขนาดนาโนของออกซิเจนที่คงทนอยู่ในน้ำได้อย่างยาวนานโดยไม่สลายตัว ทำให้สามารถเลี้ยงปลาน้ำจืดร่วมกับปลาน้ำเค็มในตู้เลี้ยงปลาตู้เดียวกันได้ในเชิงปฏิบัติเป็นครั้งแรก ส่วนน้ำที่มีฟองนาโนของออกซิเจนจะช่วยทำให้สิ่งมีชีวิตมีชีวิตยืนยาวมากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถนำฟองนาโนมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ อาหาร และการประมง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นาโนอิเล็กทรอนิกส์ (Nanoelectronics)

การประยุกต์วิทยาการด้านนาโนอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ และทำงานด้วยประสิทธิภาพสูง ตัวอย่างเช่น การพัฒนาระบบไฟฟ้าเครื่องกล ซูเปอร์จิ๋ว การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ และเซลล์เชื้อเพลิง การพัฒนา High-density probe storage device, ไมโครชิพของคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันนี้จะใช้เทคโนโลยีพวกไมโครชิพ แต่ในโลกของอนาคตอันใกล้นี้จะเข้าสู่ของเทคโนโลยีนาโนชิพแล้ว โดยการนำท่อคาร์บอนซึ่งมีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าและปลดปล่อยอิเล็กตรอนดีเยี่ยมมาประยุกต์ใช้ในการสร้างไมโครชิพที่มีความเร็วสูงกว่าปัจจุบันหลายเท่าตัว ซึ่งจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคอมพิวเตอร์ให้เร็วยิ่งขึ้น และมีประสิทธิภาพขึ้นสูง กินพลังงานน้อย ขนาดของเครื่องจะเล็กลงสะดวกในการพกพา หรือการใช้แผ่นฟิล์มบางในระดับนาโนของสารอินทรีย์มาใช้เป็นส่วนประกอบในเซลล์แสงอาทิตย์ ช่วยในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าหรืออุปกรณ์แสดงผลฟิล์มบางเปล่งแสงสารอินทรีย์ (organic light emitting diode: OLED) เพื่อใช้เป็นจอภาพกล้องถ่ายรูปดิจิตอล หรือโทรทัศน์จอพลาสมา เป็นต้น

ตัวอย่างงานนาโนอิเล็กทรอนิกส์ การประดิษฐ์คอมพิวเตอร์พลังสูงที่ขับเคลื่อนมาจากพลังงานในระดับอะตอม ของหน่วยประมวลผลกลาง (ซีพียู) ที่ใช้กระบวนการด้านนาโนเทคโนโลยีผลิต หรือเรียกกันว่า ควอนตั้มคอมพิวติ้ง (Quantum Computing) ซึ่งจะเก็บข้อมูลและประมวลผลกันในระดับอะตอม อันจะทำให้มีความเร็วและประสิทธิภาพมากกว่า คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันประมาณ 50-100 เท่า

วัสดุนาโน (Nanomaterials)

วัสดุนาโนเป็นวัสดุที่สามารถเป็นได้ทั้ง โลหะ เซรามิก พอลิเมอร์และคอมโพสิท ซึ่งถูกสังเคราะห์ขึ้นมาโดยการดัดแปลงการจัดเรียงตัวของอะตอม หรือโมเลกุลให้มีช่วงขนาด 1-100 นาโนเมตร ซึ่งเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นผม ประมาณ 1 แสนเท่า สมบัติและพฤติกรรมต่างๆ ของวัสดุขนาดจิ๋วเหล่านี้ เช่น สมบัติการนำไฟฟ้า สมบัติเชิงกล และสมบัติทางแม่เหล็ก มีความแตกต่างจากวัสดุชนิดเดียวกันที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในระดับที่เราคุ้นเคย วัสดุนาโนสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นหลายกลุ่มตามการประยุกต์ใช้สอยที่สำคัญและอยู่ในความนิยมประกอบด้วย

1. หมุดควอนตัม (Quantum Dots)
2. อนุภาคนาโน (Nanoparticles)

3. ลวดนาโน (Nanowires)

4. ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon Nanotubes)

5. ฟิล์มบางนาโน (Nanothinfilms)

6. สารเคลือบนาโน (Nanocoating)

7. ตัวเร่งปฏิกิริยาขนาดนาโน (Nanocatalysts)

8. นาโนคอมโพสิท (Nanocomposites)

การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีศาสตร์ด้านนาโนวัสดุ เช่น การเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมการพัฒนาฟิล์มพลาสติกนาโนคอมโพสิท ที่มีความสามารถในการสกัดกั้นการผ่านของก๊าซบางชนิดและไอน้ำ เพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุความสดของผัก และผลไม้ และเพิ่มมูลค่าการส่งออก การผลิตผลอนุภาคนาโนมาใช้ฆ่าเชื้อแบคทีเรียและไวรัสหรือ ทำให้ไม่เปียกน้ำ การใช้ท่อนาโนคาร์บอน เพื่อเป็นส่วนผสมของวัสดุต่างๆ ทำให้วัสดุ แข็งแกร่ง ทนทาน และน้ำหนักเบาขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ตัวถังรถ เป็นต้น ทำให้ประหยัดพลังงาน ในด้านของการกีฬา เช่น ไม้เทนนิส ไม้แบดมินตัน หรือว่าในการใช้ผลิตภัณฑ์บางอย่างที่ทำให้เสื้อผ้าสามารถกันน้ำ กันเปื้อน ดับกลิ่น เป็นต้น

เนื่องจากงานศึกษาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในระดับนาโนเมตรนั้น มีความหลากหลาย อีกทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยพัฒนา และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ชั้นสูง จึงจำเป็นจะต้องใช้บุคลากรที่มีความสามารถมาควบคุมดูแลและบำรุงรักษา การจัดตั้งศูนย์วิจัยเฉพาะทางวัสดุศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานนี้ จะทำให้การจัดการบริการเป็นไปอย่างมีระบบ ซึ่งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพกับการจัดการศึกษางานวิจัยและพัฒนา ตลอดจนงานด้านการบริการชุมชนและอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตระหนักถึงความสำคัญของนาโนเทคโนโลยีและการพัฒนาองค์ความรู้ เผยแพร่องค์ความรู้สู่ชุมชน อันจะส่งผลให้คุณภาพชีวิตของประชาชนดีขึ้น โดยเน้นไปทางด้านนาโนวัสดุและนาโนอิเล็กทรอนิกส์ อันเป็นสาขาวิชาที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ได้จัดการเรียนการสอนอยู่เป็นหลัก นอกจากนี้การจัดตั้งศูนย์วิจัยเฉพาะทางวัสดุศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานนี้จะเป็นส่วนสำคัญในการสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นที่สูงขึ้นไปกว่าปริญญาตรี ที่มหาวิทยาลัยฯ จะได้จัดการเปิดการเรียนการสอนขึ้นในอนาคต นอกจากนั้นกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดชนิดตั้งโต๊ะและชุดวิเคราะห์ธาตุแบบ EDS ยังเป็นเครื่องมือที่จะมาใช้ในการสนับสนุนงานวิจัยอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อจัดซื้อครุภัณฑ์กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดชนิดตั้งโต๊ะและชุดวิเคราะห์ธาตุแบบ EDS จำนวน 1 เครื่อง ด้วยวิธีประกาศเชิญชวนทั่วไป

2.2 เพื่อให้อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ได้ใช้เครื่องมือเพื่อพัฒนาความสามารถและเพิ่มทักษะในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. คุณสมบัติผู้เสนอราคา

3.1 ผู้เสนอราคาต้องมีอาชีพขายพัสดุที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว

3.2 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ที่ถูกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทิ้งงานของทางราชการและได้แจ้งเวียนชื่อแล้ว หรือไม่เป็นผู้ที่ได้รับผลของการสั่งให้นิติบุคคลหรือบุคคลอื่นเป็นผู้ทิ้งงานตามระเบียบของทางราชการ

3.3 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้เสนอราคาอื่น ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันราคาอย่างเป็นธรรม

3.4 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมรับขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้เสนอราคาได้มีคำสั่งให้สละสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นว่านั้น

3.5 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ที่ถูกประเมินสิทธิ์ในสถานะที่ห้ามเข้าเสนอราคาและห้ามทำสัญญาตามที่ กวพ. กำหนด

3.6 บุคคลหรือนิติบุคคลที่จะเข้าเป็นคู่สัญญาต้องไม่อยู่ในฐานะเป็นผู้ไม่แสดงบัญชีรายรับรายจ่ายหรือแสดงบัญชีรายรับรายจ่ายไม่ถูกต้องครบถ้วนในสาระสำคัญ

3.7 บุคคลหรือนิติบุคคลที่จะเข้าเป็นคู่สัญญากับหน่วยงานภาครัฐซึ่งได้ดำเนินการจัดซื้อจัดจ้าง ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Government Procurement : e-GP) ต้องลงทะเบียนในระบบอิเล็กทรอนิกส์ ของกรมบัญชีกลาง ที่เว็บไซต์ศูนย์ข้อมูลจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ

3.8 คู่สัญญาต้องรับและจ่ายเงินผ่านบัญชีธนาคาร เว้นแต่การจ่ายเงินแต่ละครั้งซึ่งมีมูลค่า ไม่เกินสามหมื่นบาท คู่สัญญาอาจจ่ายเป็นเงินสดก็ได้

4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

ตามเอกสารแนบ

5. ระยะเวลาดำเนินการ

120 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

6. วงเงินในการจัดหา

วงเงินเงิน 6,000,000 บาท (หกล้านบาทถ้วน) จากงบประมาณรายจ่าย ลงทุน ประจำปีงบประมาณ 2561

คณะกรรมการกำหนดร่างขอบเขตของงานและกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

1. นายอนิวรรต หาสุข ประธานกรรมการ .....
2. นายรัฐพล สมนา กรรมการ .....
3. นายพีรวัส คงสง กรรมการและเลขานุการ .....

ลงชื่อ.....ผู้อนุมัติ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ ลิ้มไขแสง)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดชนิดตั้งโต๊ะและชุดวิเคราะห์ธาตุแบบ EDS จำนวน 1 เครื่อง

คุณลักษณะทั่วไป

เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด ที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สามารถควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถใช้ในงานวิจัยทางด้านวัสดุศาสตร์และวิทยาศาสตร์ด้านชีวภาพ ต้องมีคุณลักษณะเทียบเท่าหรือดีกว่า ดังนี้

คุณลักษณะเฉพาะของกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดพร้อมอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

1. กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด จำนวน 1 เครื่อง

1.1 สมรรถนะหลักของเครื่อง

1.1.1 เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด 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 ภาวะสุญญากาศต่ำ

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

1.1.5.3 ภาวะสภาวะแวดล้อม

- ทำได้ 3.0 นาโนเมตรหรือดีกว่า ที่ระดับ 30 กิโลโวลท์ สำหรับ Secondary Electron Detector

1.1.6 สามารถปรับตั้งค่า Accelerating Voltage ได้ตั้งแต่ 0.2 ถึง 30 กิโลโวลท์ และต่อเนื่องโดยไม่จำเป็นต้องปิดแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน

1.1.7 มีระบบทำให้เกิดสภาวะสุญญากาศได้โดยไม่ใช้ระบบน้ำหล่อเย็น และสามารถใช้งาน SEM ได้ภายใน 3 นาทีหลังจากใส่ตัวอย่าง โดยมีปั๊มสุญญากาศ 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 มีระบบอิเลคตรอนออฟติกที่ติดตั้งแหล่งกำเนิดอิเลคตรอนเป็นชนิดทังสเตน (Tungsten Filament)

1.3 ระบบแท่นวางตัวอย่าง (Specimen Stage) และห้องตัวอย่าง (Specimen Chamber)

1.3.1 แท่นวางตัวอย่าง (Specimen Holder) และฐานวางติดชิ้นงาน (sample stub) สำหรับตัวอย่างทั่วไปที่มีลักษณะแห้ง แข็ง นำไฟฟ้าและไม่นำไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดชนิดของแท่นวางตัวอย่างและฐานวางติดชิ้นงานดังนี้

- ชนิด Single Holder ที่สามารถวางแท่นติดชิ้นงานได้ครั้งละ 1 อัน จำนวน 1 ชิ้น
- ชนิด Multi Holder ที่สามารถวางแท่นติดชิ้นงานได้ครั้งละ 7 อัน จำนวน 1 ชิ้น
- 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 ระบบตรวจวัดอิเลคตรอน 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) เป็นไฟล์แบบดิจิตอลและบันทึกข้อมูลภาพนิ่งเป็นไฟล์แบบดิจิตอลชนิด BMP, TIFF หรือ JPEG ได้ พร้อมข้อมูลการตั้งค่าต่างๆของกล้องในข้อมูลภาพที่บันทึกนั้นๆ เพื่อการทวนสอบข้อมูล

1.5.4 สามารถบันทึกข้อมูลภาพการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลภาพเคลื่อนไหว (.avi file) เป็นไฟล์แบบดิจิตอลในขณะที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงได้แบบไม่จำกัดเวลา และมีความละเอียดภาพไม่น้อยกว่า 1024 x 884 พิกเซล

1.5.5 สามารถบันทึกตำแหน่งของตัวอย่างในแนวแกน X และในแนวแกน Y ได้แบบไม่จำกัด

1.5.6 รองรับการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงได้ เพื่อให้ผู้ชำนาญการหรือวิศวกรสามารถทำตรวจสอบและแก้ไขปัญหาการทำงานของเครื่องเบื้องต้นโดยไม่ต้องเดินทางมายังสถานที่ที่ติดตั้งเครื่อง

1.5.7 มีระบบควบคุมการใช้งานที่ง่าย มีระบบ User Login เพื่อจัดเก็บค่าการทำงานของเครื่องที่เหมาะสมของผู้ใช้แต่ละคนมีค่าการทำงานของเครื่องมาตรฐานที่เหมาะกับชนิดตัวอย่างต่างๆ 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 อุปกรณ์ประกอบการใช้งานเพื่อให้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.11.1 มีกล้องอินฟาเรดแสดงภาพอุปกรณ์และตัวอย่างที่อยู่ภายในห้องตัวอย่างขณะใช้งาน โดยแสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เดียวกันกับกล้อง

1.5.11.2 มีกล้องถ่ายถาพเพื่อแสดงตำแหน่งของตัวอย่างบนแท่นวางชิ้นตัวอย่างโดยมีความละเอียดภาพสีที่แสดงไม่น้อยกว่า 5 ล้านพิกเซล

1.6 **ชุดวิเคราะห์ธาตุแบบแยกแยะพลังงาน (EDS)**

1.6.1 ตัวตรวจจับสัญญาณเป็นชนิด silicon drift detector (SDD)

1.6.2 ทำความเย็นด้วยระบบThermoelectric (Peltier) ไม่ใช้ไนโตรเจนเหลว

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 Kα เท่ากับ 129 eV หรือดีกว่า

1.6.7 ซอฟท์แวร์สำหรับวิเคราะห์ธาตุที่ติดตั้งมากับเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมใช้งานได้ทันที

1.6.8 สามารถแสดงสเปกตรัมสัญญาณEDS ได้

1.6.9 สามารถระบุธาตุได้อัตโนมัติ

1.6.10 สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุเชิงปริมาณได้

1.6.11 สามารถทำ mapping และ Poin&ID ได้

2. ระบบปฏิบัติการและคอมพิวเตอร์

ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลของการทำงานของเครื่อง 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 ที่มีความสามารถในการใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพขนาด 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 จำนวนไม่น้อยกว่า 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 รับประกันกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนและชุดวิเคราะห์ธาตุแบบแยกแยะพลังงาน 1 ปี

4.4 รับประกันครุภัณฑ์นอกเหนือจากข้อ 4.3 ไม่น้อยกว่า 1 ปี

4.5 กรณีฉุกเฉินสามารถเรียกใช้บริการช่างเทคนิคจากผู้ขายได้ไม่จำกัดจำนวนครั้งในระยะเวลา 1 ปีและช่างเทคนิคสามารให้บริการภายใน 48 ชั่วโมง หลังจากที่ผู้ซื้อทำการติดต่อทางบริษัท

4.6 บริการตรวจสอบและบำรุงรักษากล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนหลังการส่งมอบ ทุก 6 เดือน เป็นระยะเวลา 1 ปีโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

4.7 ผู้ขายต้องมีใบรับรองการเป็นผู้แทนจำหน่ายจากผู้ผลิตโดยตรง

4.8 ผู้ชายต้องตรวจสอบสถานที่สำหรับติดตั้งเครื่องพร้อมรายงานผลการตรวจสอบการรบกวนจากไฟฟ้า กระแสสลับสนามแม่เหล็ก และการสั่นสะเทือน

4.9 ผู้ขายต้องสาธิตการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องโดยผู้ชำนาญเฉพาะทางหรือผู้เชี่ยวชาญจากผู้ผลิต จนผู้ใช้สามารถใช้งานเครื่องได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และบำรุงรักษาเบื้องต้นได้เอง

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด

(นายอนิวรรต หาสุข)

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด

(นายรัฐพล สมนา)

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด

(นายพีรวัส คงสง)

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรรีย์ วงศ์ไตรรัตน์)

ลงชื่อ.....ผู้อนุมัติ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ ลิ้มไขแสง)