

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Term of Reference)

เครื่องตรวจวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค ICP-MS พร้อม Microwave digestion system จำนวน 1 ชุด พร้อมติดตั้ง

1. รายละเอียดทั่วไปของเครื่อง

เครื่องตรวจวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค ICP-MS ซึ่งมีความละเอียดสูงเป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ชนิด ปริมาณธาตุ และไอโซโทปของธาตุที่มีปริมาณน้อยในระดับ ppt และสามารถทำงานในโหมด Single particle เพื่อแยกสัญญาณที่เกิดจากธาตุในรูปแบบไอออนเดี่ยว และไอออนที่เกิดจากอนุภาคได้ วิเคราะห์ตัวอย่างที่มีองค์ประกอบซับซ้อนได้ด้วยความสามารถในการกำจัดสัญญาณรบกวนประสิทธิภาพสูง

2. ข้อกำหนดทั่วไป

- 2.1 เครื่องมือ สินค้า และระบบที่นำเสนอทั้งหมด ต้องเป็นของใหม่ไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน
- 2.2 ผู้ขายจะต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิต
- 2.3 ผู้จำหน่ายเครื่องมือมีวิศวกรที่สามารถสาธิตการใช้งาน/บำรุงรักษาเครื่องและกรณีที่เครื่องมือมีปัญหาเกิดขึ้น สามารถส่งเจ้าหน้าที่เทคนิคเข้ามาแก้ไขปัญหาได้ภายในเวลา 1 วันทำการหลังจากแจ้งเรื่อง
- 2.4 ผู้จำหน่ายเครื่องมือต้องมีการสำรวจพื้นที่ก่อนติดตั้งเครื่องมือ เพื่อประเมินผลกระทบของสภาวะแวดล้อมต่อการติดตั้งและการทำงานของเครื่องมือ อาทิ พื้นที่ติดตั้ง กำลังไฟที่ใช้กับเครื่อง น้ำหนักเครื่อง อุณหภูมิ การสั่นสะเทือนและการกระแทก เป็นต้น รวมทั้งค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นจากการติดตั้งเครื่องมือให้พร้อมต่อการใช้งานทั้งปวง เช่น การเดินท่อแก๊ส การเดินสายไฟ เบรกเกอร์ การติดตั้งระบบระบายอากาศเสีย ฯลฯ
- 2.5 ผู้จำหน่ายเครื่องมือต้องติดตั้ง Installation Qualification และทดสอบเครื่องจนกระทั่งเครื่องสามารถทำงานได้อย่างดี
- 2.6 ค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการสำรวจสถานที่ติดตั้ง การอบรม สอนการใช้งาน หรืออื่นใดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือเป็นของผู้จำหน่ายทั้งสิ้น
- 2.7 เครื่องมือได้รับการรับรองมาตรฐานสากล ISO 9001 หรือมาตรฐานเทียบเท่า
- 2.8 เครื่องและระบบต้องสามารถใช้ได้กับไฟฟ้า 220-230 Volts และ 50/60 Hz
- 2.9 ฝึกอบรม และสอนการใช้งานเครื่องโดยผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศการตรวจวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค ICP-MS จำนวนอย่างน้อย 1 man-day และการประยุกต์ใช้งานในโหมด Single particle โดยผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ สำหรับงานด้านนาโนเทคโนโลยีจนผู้ใช้งานสามารถปฏิบัติงานได้ จำนวนอย่างน้อย 1 man-day ภายในระยะเวลาส่งมอบ
- 2.10 ฝึกอบรมการใช้งานเครื่องมือด้านการตรวจวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค ICP-MS จำนวนอย่างน้อย 1 ครั้ง/ปี เป็นระยะเวลา 2 ปี
- 2.11 กำหนดส่งมอบเครื่องมือพร้อมติดตั้ง ฝึกอบรม สอนการใช้งาน ให้เสร็จสิ้น ภายใน 150 วัน
- 2.12 มีคู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาเป็นภาษาอังกฤษและภาษาไทย อย่างน้อยอย่างละ 1 ชุด
- 2.13 มีการรับประกันเครื่อง ICP-MS ซึ่งเป็นไปตามคุณลักษณะข้อ 3.1 และ 3.2 ไม่น้อยกว่า 2 ปีนับจากวันส่งมอบ
- 2.14 มีบริการบำรุงรักษา ICP-MS ซึ่งเป็นไปตามคุณลักษณะข้อ 3.1 และ 3.2 จำนวน 2 ครั้ง (สิ้นปีที่ 1 และ 2) ในระยะเวลารับประกัน
- 2.15 มีการรับประกัน ไม่น้อยกว่า 1 ปี นับจากวันส่งมอบ สำหรับข้อ 3.3 ข้อ 3.4 และข้อ 4

1. ภัทรเดช อดิษฐ์พงษ์

2. นริศรา ใจ.

3. อรุณศักดิ์.

3. คุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง

3.1 เครื่องตรวจวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค ICP-MS จำนวน 1 เครื่อง

3.1.1 ระบบป้อนสารตัวอย่าง

- 3.1.1.1 Peristaltic Pump เป็นแบบ 3 Channel เป็นอย่างน้อยสำหรับ Sample, Internal standard และ Drain
- 3.1.1.2 Peristaltic Pump เป็นแบบ Low pulsation หรือระบบที่ดีกว่า และให้ค่าความแม่นยำสูง
- 3.1.1.3 มีส่วนที่ทำให้สารตัวอย่างเป็นละออง (Nebulizer) ซึ่งทำจากแก้ว หรือวัสดุที่ดีกว่า
- 3.1.1.4 มีส่วนของ Spray chamber ที่ทำจาก Quartz หรือวัสดุที่ดีกว่า
- 3.1.1.5 มีส่วนควบคุมอุณหภูมิของ Spray chamber ด้วยระบบ Peltier ซึ่งสามารถปรับอุณหภูมิได้ในช่วงตั้งแต่ -5 องศาเซลเซียส ถึง 20 องศาเซลเซียส หรือกว้างกว่า

3.1.2 ส่วนแหล่งกำเนิดไอออนด้วยพลาสมา

- 3.1.2.1 คบพลาสมา (Torch)ทำจาก Quartzหรือวัสดุที่ดีกว่า
- 3.1.2.2 มีแหล่งกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ(RF generator) ความถี่ไม่น้อยกว่า 27 MHz
- 3.1.2.3 สามารถปรับพลังงานของความถี่วิทยุ (RF power)ได้ในช่วง 500 – 1600 Wattsหรือกว้างกว่า
- 3.1.2.4 สามารถปรับตำแหน่งของคบพลาสมาได้ 3 แนวแกนแบบอัตโนมัติ

3.1.3 ส่วนเชื่อมต่อระหว่าง ICP และ MS

- 3.1.3.1 มี Sampling Cone และ Skimmer cone เป็นองค์ประกอบชิ้นต่ำ และทำจาก Nickel หรือวัสดุที่ดีกว่า
- 3.1.3.2 มีเทคโนโลยีที่สามารถกำจัด หรือลด background noise ได้

3.1.4 ส่วนเลือกไอออน

- 3.1.4.1 มีส่วนของ Collision/reaction cell ซึ่งทำหน้าที่กำจัดไอออนรบกวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 3.1.4.2 มี Plasma Mass Flow Controller จำนวนอย่างน้อย 4 ชุด
- 3.1.4.3 มี Cell gas line สำหรับ He
- 3.1.4.4 มี Cell gas line สำหรับ H₂
- 3.1.4.5 สามารถทำงานใน Standard mode ซึ่งไม่ใช่แก๊สได้
- 3.1.4.6 มีส่วนของ quadrupole ซึ่งทำให้ค่า Abundance sensitivity ของ Low mass ion มีค่าเท่ากับ 5×10^{-7} หรือดีกว่า และค่า Abundance sensitivity ของ High mass ion มีค่าเท่ากับ 5×10^{-7} หรือดีกว่า
- 3.1.4.7 สามารถสแกนมวลสารได้ครอบคลุมช่วง 2-260 amuหรือกว้างกว่า
- 3.1.4.8 ความเร็วในการสแกน (Scan speed) ของ quadrupole ไม่น้อยกว่า 2800 amu/sec

3.1.5 ส่วนตรวจวัดไอออน

- 3.1.5.1 ตัวตรวจวัด มีช่วง linear dynamic range ครอบคลุม 11 orders หรือสูงกว่า
- 3.1.5.2 มีค่า Oxide ratio ของ CeO/Ce น้อยกว่า 1.5% หรือดีกว่า
- 3.1.5.3 สามารถทำการวิเคราะห์ธาตุต่างๆโดยให้Sensitivity ในหน่วย Mcps/ppm ดังนี้
 - (1) Low Mass (m/z <10) มากกว่าหรือเท่ากับ 50 Mcps/ppm
 - (2) Middle Mass (m/z 80-120) มากกว่าหรือเท่ากับ 160 Mcps/ppm
 - (3) High Mass (m/z >200) มากกว่าหรือเท่ากับ 80 Mcps/ppm
- 3.1.5.4 มีค่า % Doubly-charged ratio ของ Ce²⁺/Ce ไม่เกิน 3%
- 3.1.5.5 มีค่าความแม่นยำของ Isotope ratio ของ ¹⁰⁷Ag/¹⁰⁹Ag น้อยกว่า 0.1 %RSD

1. วิศวกรของพีแอลบี

2. วิศวกร

3.

๑๓/๑๒

- 3.1.5.6. มีค่า Background ของ Mass ที่ 9 amu ใน Standard mode น้อยกว่า 1 cps
- 3.1.6 ส่วนสูญญากาศ
ประกอบด้วย Turbo Molecular pump และ rotary pump สำหรับการทำให้สถานะสูญญากาศ
- 3.1.7 เครื่องทำน้ำหล่อเย็น(Chiller) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มาจากประเทศ อเมริกาหรือยุโรป สามารถทำอุณหภูมิได้ในช่วง -10 ถึง 40 องศาเซลเซียส และเหมาะสมกับเครื่องมือ
- 3.1.8 ระบบควบคุมการทำงานและประมวผล
3.1.8.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง ICP-MS มีรายละเอียดดังนี้
(1) ระบบปฏิบัติการขั้นต่ำ Windows 7 พร้อมลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมาย
(2) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ความเร็ว ไม่น้อยกว่า 3.0 GHz
(3) หน่วยความจำ (RAM) ขนาดไม่น้อยกว่า 4 GB
(4) Hard Disk ขนาดไม่น้อยกว่า 5000 GB
(5) DVD-RW
(6) จอภาพสี ขนาดไม่น้อยกว่า 19 นิ้ว แบบ LCD หรือดีกว่า
(7) Mouse และ Keyboard
(8) เครื่องพิมพ์สี ชนิด Laser หรือดีกว่า จำนวน 1 ชุด
- 3.1.8.2 ซอฟต์แวร์เป็นแบบ GRAPHICAL DISPLAY สามารถควบคุมและประมวผลได้บนซอฟต์แวร์ชุดเดียวกัน
- 3.1.8.3 สามารถแสดงสถานะระบบ เช่น vacuum system, cooling system, plasma system และ gas system ได้
- 3.1.8.4 สามารถปรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทำงานเช่น nebulizer, gas flow, RF power, detector voltage ได้โดยมีขั้นตอนในการปรับแต่งโดยอัตโนมัติ
- 3.1.8.5 มีระบบ Auto-tune , Automatic torch alignment, System diagnostic, Performance report พร้อมระบบการบำรุงรักษา (Early maintenance feedback)
- 3.1.8.6 ซอฟต์แวร์สามารถแสดงข้อมูลของ Time Scan, Signal Distribution และ Particle Size Distribution สำหรับการวิเคราะห์ทางด้าน Nano Particle ได้
- 3.2 อุปกรณ์ป้อนสารตัวอย่างอัตโนมัติสำหรับ ICP-MS จำนวน 1 ชุด
เป็นเครื่องป้อนสารตัวอย่างอัตโนมัติ ที่ใช้ต่อเข้ากับเครื่อง ICP-MS ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีรายละเอียดของส่วนต่างๆดังต่อไปนี้
- 3.2.1 มีแขนกลที่สามารถเคลื่อนที่ได้แบบอัตโนมัติ
- 3.2.2 มีถาดภาชนะบรรจุตัวอย่างซึ่งสามารถบรรจุสารตัวอย่างได้ ไม่น้อยกว่า 70 หลอด
- 3.2.3 มีระบบ continuously flowing rinse port ซึ่งควบคุมการทำงานโดย peristaltic pump สำหรับการล้าง probe
- 3.2.4 สามารถควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์
- 3.3 ชุดย่อยสลายสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ จำนวน 1 ชุด
เป็นชุดย่อยสลายสารตัวอย่างด้วยคลื่นไมโครเวฟในระบบปิดภายใต้สถานะอุณหภูมิและความดันสูงใช้สำหรับเตรียมตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-MS
- 3.3.1. สามารถรองรับการย่อยตัวอย่างที่หลากหลายในรูปแบบของแข็ง และของเหลว เช่น อาหาร เครื่องสำอาง โลหะ เซรามิก ตัวทำละลายอินทรีย์ สี ดิน พลาสติก เป็นต้น

- 3.3.2. มีแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ (Magnetron) จำนวน 2 ตัว ที่มีความถี่ไม่น้อยกว่า 2,450 MHz และให้พลังงานได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 1,800 Watts
- 3.3.3. ควบคุมพลังงานที่ส่งออกมา (Microwave Power Control) เป็นแบบ Continuous (ให้กำลังแบบต่อเนื่อง)
- 3.3.4. ตัวตู้ย่อยสลายผลิตจาก Stainless steel grade 316 ซึ่งมีความแข็งแรงและเคลือบด้วยสาร PFA หรือ fluoropolymer หรือวัสดุที่ดีกว่า
- 3.3.5. มีระบบควบคุมอุณหภูมิภายในหลอดตัวอย่างด้วยระบบ Direct fiber optic temperature sensor ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิของตัวอย่างจริงภายใน Vessel ได้ไม่ต่ำกว่า 220 °C
- 3.3.6. มีระบบควบคุมความดัน Single vessel reference pressure sensor ซึ่งสามารถวัดความดันที่มีค่าได้ไม่น้อยกว่า 100 Bar
- 3.3.7. มีการออกแบบ vessel ให้เย็นตัวได้รวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้ระบบหล่อเย็น
- 3.3.8. Vessel มีการออกแบบและพัฒนาให้มีเทคโนโลยีในการระบายความดัน โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในค่าบำรุงรักษาของ membranes และ springs
- 3.3.9. สามารถตั้งโปรแกรมการย่อยได้ไม่น้อยกว่า 5 ขั้นตอนการทำงาน โดยในแต่ละโปรแกรม ประกอบด้วยการตั้งค่าอุณหภูมิ ความดัน เวลา ช่วงเวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ และระดับพลังงาน เป็นอย่างน้อย
- 3.3.10. ใช้ระบบปฏิบัติการแบบ Linux เพื่อสามารถควบคุมรวมทั้ง ตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องได้ โดยบรรจุข้อมูลพื้นฐานของการย่อยสลายสารต่างๆ ซึ่งช่วยในการแนะนำแนวทางสำหรับการเตรียมตัวอย่างได้
- 3.3.11. หน้าจอแสดงผล Full Color แบบ Touchscreen ติดตั้งบนด้านหน้าตัวเครื่อง
- 3.3.12. มีเครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับชุดย่อยสลายสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ

3.4 ชุด Vessel บรรจุตัวอย่างสำหรับการย่อย จำนวน 1 ชุด

- 3.4.1. รองรับระบบการควบคุมอุณหภูมิแบบหลอดต่อหลอดได้
- 3.4.2. มีหลอดย่อย (Vessel) ขนาด 100 ml จำนวน 8 หลอด หรือมากกว่า
- 3.4.3. พื้นผิวที่สัมผัสภายในของหลอดย่อยที่สัมผัสกับตัวอย่างระหว่างการย่อย ทำจากวัสดุ TFM ซึ่งทนต่อ Hydrofluoric acid หรือดีกว่าเพื่อประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิที่ดีขึ้น
- 3.4.4. หลอดย่อยสามารถรองรับการย่อยตัวอย่างที่หลากหลายในรูปแบบของแข็ง และของเหลว เช่น อาหาร เครื่องสำอาง โลหะ เซรามิก ตัวทำละลายอินทรีย์ สี ดิน พลาสติก เป็นต้น
- 3.4.5. หลอดย่อยสามารถทนความดันได้ไม่น้อยกว่า 100 Bars และทนอุณหภูมิได้ไม่น้อยกว่า 250 °C
- 3.4.6. มีอุปกรณ์เพื่อป้องกันอันตรายจากความดันเกินจากหลอดย่อย

3.5 อุปกรณ์ประกอบ

- 3.5.1. โต๊ะสำหรับวางเครื่อง ICP-MS และ Microwave Digestion พร้อมชุดคอมพิวเตอร์ จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด และเก้าอี้ อย่างน้อย 1 ตัว
- 3.5.2. เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) ขนาด 10 KVA หรือมากกว่าเพื่อรองรับการใช้งานของเครื่อง จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด
- 3.5.3. ระบบระบายอากาศเสีย (Exhaust Hood System) พร้อมติดตั้ง จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด
- 3.5.4. Regulator ชนิด Single State Stainless steel จำนวนอย่างน้อย 3 ชุด
- 3.5.5. Nebulizer สำรอง จำนวนอย่างน้อย 1 ชิ้น
- 3.5.6. Sampling Cone และ Skimmer Cone สำรอง ทำจาก Platinum จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด

1. วิศวกร, ชุดป้องกันห้อง 2. วิศวกร 3. วิศวกร

- 3.5.7. หลอดใส่สารตัวอย่างขนาด 6 ml อย่างน้อย 200 ชิ้น
- 3.5.8. หลอดใส่สารตัวอย่างขนาด 18 ml อย่างน้อย 55 ชิ้น
- 3.5.9. สารละลายสำหรับติดตั้งเครื่อง จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด
- 3.5.10. สารละลายสำหรับ Tuning (Tuning Solution) ขนาด 100 ml จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด
- 3.5.11. สารละลาย Internal standard mix ขนาด 100 ml จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด
- 3.5.12. สารละลาย Calibration standard ซึ่งประกอบด้วยธาตุไม่น้อยกว่า 20 ธาตุ ขนาด 100 ml จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด
- 3.5.13. สารมาตรฐานอนุภาคนาโนเงิน และทอง อย่างน้อย 1 ชุด
- 3.5.14. ชุดอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์สารตัวอย่างอินทรีย์ ซึ่งประกอบด้วย จำนวนอย่างน้อย 1 ชุด
- (1) Torch พร้อม 1.5 mm injector อย่างน้อย 1 ชิ้น
 - (2) Sample Tubing with guide , id 0.15 และ 0.2 mm ความยาวไม่น้อยกว่า 60 cm. จำนวนอย่างน้อย 10 ชิ้น
 - (3) Sample Tubing, id ขนาด 0.3 mm, ความยาวไม่น้อยกว่า 3 m. จำนวนอย่างน้อย 1 ชิ้น
 - (4) Peristaltic pump tubing สำหรับ drain จำนวนอย่างน้อย 30 ชิ้น
- 3.5.15. ชุดอุปกรณ์สิ้นเปลืองจำนวนอย่างน้อย 1 ชุด ประกอบด้วย
- (1) Torch quartz ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.5 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
 - (2) Peristaltic pump tubing สำหรับ sample, drain และ ISTD จำนวนอย่างละ 12 ชิ้น
 - (3) sample tubing ความยาว 5 เมตร จำนวน 1 ชุด
 - (4) graphite gasket สำหรับ sampling cone จำนวน 3 ชิ้น
 - (5) rotary pump oil จำนวน 1 ลิตร

1. พิภพ อธิพงษ์

2. วชิระ หจ.

3. อติพร