เครื่องเอ็น เอ็ม อาร์ความถี่ 500 เมกะเฮิรตซ์

(NMR Spectrometer 500 MHz) แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร

จำนวน 1 เครื่อง

หน่วยงาน ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer) เป็นเครื่องวิเคราะห์โครงสร้างสารด้วยสนามแม่เหล็กความถี่คลื่นวิทยุ เครื่องประกอบด้วยชุดแม่เหล็กแบบตัวนำยิ่งยวด (superconducting magnet) ชุดระบบสเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer) ตัวเครื่องควบคุมการทำงานเก็บข้อมูล การประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสำหรับการควบคุม เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

1. ระบบแม่เหล็กแบบตัวนำยิ่งยวด (Superconducting Magnet) มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1.1 เป็นแบบตัวนำยิ่งยวดมีขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 11.74 เทสลา สำหรับ NMR 500 เมกะเฮิรตซ์

1.2 มีอัตราการลดของสนามแม่เหล็ก (field drift rate) น้อยกว่า 5 เฮิรตซ์/ชั่วโมง

1.3 ระบบแม่เหล็กสามารถเก็บสารฮีเลียมเหลวได้นานอย่างน้อย 150 วันและเติมสารฮีเลียมเหลวไม่เกิน 4 ครั้งต่อปี (Helium Hold time > 150 วัน)

1.4 มีการออกแบบที่ดีเพื่อลดสนามแม่เหล็กที่หลงเหลือออกมาภายนอก โดยที่เส้นความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ 5 gauss (5G หรือ 0.5mT) จะอยู่ภายในบริเวณวัดจากกึ่งกลางของ Magnet ตามแนวนอนต้องไม่เกิน 0.6 เมตร และแนวตั้งไม่เกิน 1.2 เมตร

1.5 มี Superconducting Shims อยู่ภายใน ได้แก่ X, Y, Z, Z^2, Z^3, XZ, YZ, XY, X^2-Y^2

1.6 มีระบบลดทอนการรบกวนจากภายนอกแบบ Electromagnetic Disturbance Suppression (EDS) ที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนภายนอก ได้ดีอย่างน้อย 98% ขึ้นไป

1.7 มีระบบวัดระดับปริมาณของฮีเลียมเหลว และไนโตรเจนเหลว

2. ระบบสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer)

2.1 เครื่องสามารถทำการวิเคราะห์ทดลองได้ทั้งแบบ 1D NMR และ 2D NMR ทั้งในลักษณะของการวิเคราะห์ของนิวเคลียสเดี่ยว และนิวเคลียสผสม เช่น การทดลองแบบเทคนิคของ 1H, DEPT, COSY, HSQC-เป็นต้น การวิเคราะห์ค่า relaxation (T1/T2) ของนิวเคลียสไฮโดรเจน (^{1}H) คาร์บอน (^{13}C) และนิวเคลียสอื่น ๆ เช่น นิวเคลียสไนโตรเจน (^{15}N) นิวเคลียสฟอสฟอรัส (^{31}P) และนิวเคลียสฟลูออรีน (^{19}F)

2.2 เครื่อง NMR มีความถี่ในการทำงานที่ขนาด 500 MHz

2.3 ระบบควบคุมความถี่อย่างน้อยสองช่องสัญญาณ มีความถี่ในการทำงานช่วงกว้างอย่างน้อยในช่วง 5-535 MHz ต่อช่องสัญญาณ หรือมากกว่า โดยแต่ละช่องสัญญาณเป็นอิสระจากกันโดยสมบูรณ์ ทั้งการโปรแกรมพัลซ์ (pulse programmer), ภาคส่ง (transmitter) และ ภาครับ (receiver) มีการออกแบบให้รวมอยู่ในชุดเดียวกัน (highly integrated) และต้องมีความสามารถในการทำงานแบบ Multi-Receive capability หรือ เป็นระบบที่มีความถี่ในการ

ทำงานช่วงกว้างอย่างน้อยในช่วง 5-535 MHz หรือมากกว่า โดยมีฟังก์ชันการทำงานเป็นแบบ Multi-Sequencer ควบคุมการทำงานของความถี่ (RF), Lock และ Pulsed Field Gradient (PFG) ทำงานร่วมกับ Smart Transceiver System (STS) เพื่อแปรผลสัญญาณทั้ง RF Sequencer, Direct Digital Synthesizer, Frequency Synthesizer, Transmitter, Receiver และ Acquisition ผ่านทาง Single Transceiver เพื่อให้ได้ผลที่มีการรบกวนสัญญาณน้อยที่สุด

2.4 ภาครับสัญญาณเป็นแบบดิจิตอลทั้งหมด (digital Up/digital Down converter) ที่มีส่วนสร้างสัญญาณ (NMR Signal Generation) ที่ 800 MSPS (Mega Sample points per second) หรือมากกว่า และส่วนรับสัญญาณ (NMR signal Detection) ที่ 100 MSPS หรือมากกว่า

2.5 ระบบควบคุมความถี่วิทยุ (RF Channel) มีค่าเวลาที่ใช้ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์สามค่า ได้แก่ ค่าความถี่ เฟส และขนาด (frequency, phase, amplitude) แบบพร้อมเพรียงกันทั้งสามค่าดังกล่าวทันทีทันใด (Simultaneous setting) ไม่เกิน 12.5 ns หรือต่ำกว่า (โดยต้องไม่ใช่เป็นค่าเวลาที่กำหนดแบบทีละค่าพารามิเตอร์ (sequential setting))

2.6 ระบบการควบคุมส่วน tuning และ matching แบบอัตโนมัติ

2.7 เครื่องมีความสามารถในการทำงานควบคุมอุณหภูมิผ่านซอฟท์แวร์

2.8 มีระบบ 2-Channel Amplifier สำหรับการวิเคราะห์ มีระบบ 2-Channel Amplifier สำหรับการวิเคราะห์ หรือทำ Decoupling โดยประกอบไปด้วย:

- High-frequency-band power amplifier (HF) ที่สามารถใช้ได้ในช่วงความถี่ Resonance 455-535 MHz และมี Output ได้สูงสุดถึง 100 W
- Low-frequency-band power amplifier (LF) ที่สามารถใช้ได้ในช่วงความถี่ Resonance 15 - 210 MHz และมี Output ได้สูงสุดถึง 300 W

2.9 ระบบขยายสัญญาณภาครับ (Preamplifier) ที่ใช้เทคโนโลยีแบบ GaAs Transistor

2.10 สามารถใช้กับหลอดสารตัวอย่างขนาด 5 มิลลิเมตร โดยที่มีการออกแบบให้ขดลวดมีความไวต่อสัญญาณในการวัดนิวเคลียสแบบเป็นช่วงกว้างตั้งแต่ ^{15}N ถึง ^{31}P และสามารถวัดนิวเคลียส ^{1}H และ ^{19}F ได้

2.11 ความไวต่อสัญญาณ (Signal/Noise) ดังต่อไปนี้

^{1}H sensitivity ไม่น้อยกว่า 800:1 (0.1% Ethylbenzene)

^{19}F sensitivity ไม่น้อยกว่า 520:1 (0.05% TFT sample)

^{31}P sensitivity ไม่น้อยกว่า 135:1 (0.0485M TPP in Acetone-D_6)

^{13}C sensitivity ไม่น้อยกว่า 310:1 (ASTM, 40% *p*-Dioxane, 60% C_6D_6 หรือ 10% Ethylbenzene)

^{15}N sensitivity ไม่น้อยกว่า 35:1 (90% Formamide in DMSO-D_6)

2.12 มีระบบขดลวดที่ใช้ในการทำงานแบบเกรเดียนท์ในแนวแกน Z และมีค่าความเข้มสนามเกรเดียนท์ (Gradient Strength) ที่ไม่น้อยกว่า 30G/cm (หรือ 0.3 T/m) และมีค่าการกลับมาของเกรเดียนท์ (Gradient recovery time at 90%) ไม่เกิน 150 ไมโครวินาที

2.13 มีระบบการปรับ tuning และ matching แบบอัตโนมัติ (Automatic tuning and matching) โดยชิ้นส่วนรวม

ติดตั้งประกอบอยู่กับส่วนหัววัดสัญญาณใต้ระบบแม่เหล็ก

3. การควบคุมการทำงาน เก็บข้อมูล การประมวลผลต่างๆ (NMR Experimentations, Software and Data System)

3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ NMR Workstation จำนวน 2 ชุด ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์แบบ Microsoft Windows operation system พร้อมลิขสิทธิ์ถูกต้อง (license) มีโปรเซสเซอร์ไม่ต่ำกว่า Intel Xeon Quad Core, 3.4 GHz มีหน่วยความจำ RAM ไม่น้อยกว่า 16 GB และขนาดฮาร์ดดิสค์มีความจุไม่น้อยกว่า 1TB, มี keyboard และ mouse พร้อมด้วย DVD+/-RW drive; Ethernet adapters และ wifi adapters ซึ่งเชื่อมต่อและควบคุมการทำงานของระบบ Spectrometer

3.2 จอคอมพิวเตอร์เป็นแบบ LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 24 นิ้ว พร้อมด้วยพรินเตอร์สีแบบ Laser printer สำหรับกระดาษขนาด A4 จำนวนอย่างละ 2 ชุด

3.3 ชุดซอฟท์แวร์ต่างๆ มาจากที่เดียวกับยี่ห้อของ NMR Spectrometer เพื่อการทำงานร่วมกันเพียงระบบเดียว (seamless integration) และมีการทำงานร่วมกับ NMR Spectrometer ได้อย่างสมบูรณ์ พร้อมกับง่ายต่อการใช้งานและบริการด้วยรูปแบบ platform เดียว

3.4 ชุดซอฟท์แวร์หลักสำหรับควบคุมการทำงานของ NMR ทั้งในการควบคุมการทำงานของ สเปกโตรมิเตอร์ acquisition, processing, analyzing โดยมี function การทำงานต่างๆ ครบถ้วน มี License software ไม่จำกัดจำนวนการใช้งาน และไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม มีการทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows® ด้วยรูปแบบของซอฟท์แวร์ที่มีการออกแบบให้ใช้งานง่ายแบบ Flow user interface หรือแบบ Graphical user interface ที่ใช้ในการทำงานแบบอัตโนมัติทั้งส่วนการทดลองและเปลี่ยนผลการทดลองเป็นสเปคตรัม (fully automated acquisition and processing) มีชุด software ช่วยแนะนำสำหรับการทำงานกับ Biomolecule โดยจะติดตั้งที่เครื่องคอมพิวเตอร์หลักชุดที่หนึ่งสำหรับควบคุมสเปกโตรมิเตอร์ และชุดที่สองสำหรับงานวิเคราะห์ผล (processing) มีคุณสมบัติดังนี้

3.4.1 การทำงานแบบอัตโนมัติอย่างสมบูรณ์ทั้ง acquisition และ processing

- สร้างทำงานแบบซ้ำๆ ได้ Experiment duplication, iteration
- ระบบ Lock, shim, tuning/matching control แบบอัตโนมัติ
- ระบบควบคุมอุณหภูมิได้จาก software
- สามารถกำหนดการเข้าถึงข้อมูลและการตั้งค่าของผู้ใช้งานได้หลายระดับ

3.4.2 NMR data evaluation มีความสามารถรองรับการทำงานต่างๆ เช่น

- การแปลงฟูเรียร์ (Fourier transform), การปรับเฟส ปรับความถูกต้องของเส้นฐานของสเปกตรัม (phase correction, baseline correction) การแปลงแบบฮิลเบิร์ท (Hilbert transform)
- การอ่านค่าความถี่ของแต่ละสเปกตรัมทั้งแบบอัตโนมัติและการทำงานอินเตอร์แอกทีฟ (Interactive and automatic peak picking and integration) สามารถส่งออกข้อมูลเป็นรูปภาพ ในรูปแบบ เช่น .png, jpg หรือ pdf ได้

- สามารถแสดงข้อมูลแบบ multiple data/window ได้แบบไม่จำกัด
- ทำงานแปลงผลการทดลองของ Dosy diffusion ได้

3.4.3 Structure analysis เช่น

- การวิเคราะห์ค่า relaxation (T1/T2) โดยมี work-flow ช่วยในการวิเคราะห์
- การทำดีคอนโวลูชั่น เช่น แบบ Gaussian, Lorentzian
- การอ่านค่ามัลติเพลตของสเปกตรัมทั้งแบบอัตโนมัติและการทำงานอินเตอร์แอกทีฟ (Interactive and automatic multiplet analysis)

3.4.4 มีชุดซอฟท์แวร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาด้านไดนามิกส์ เช่น Kinetics, diffusion, relaxation เป็นต้น โดยมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล fit curve ที่คำนวณและสร้างให้อัตโนมัติตามสมการที่ต้องการ มีการทำงานแบบ Non-Uniform Sampling (NUS) ได้ โดยจะเพิ่มความสามารถในการแยกแยะ

4. อุปกรณ์และส่วนประกอบอื่นๆ

4.1 มีระบบควบคุมอุณหภูมิ โดยทำงานควบคุมเหนืออุณหภูมิห้อง โดยรวมถึงชุดอุปกรณ์ประกอบในการทำงาน มีการควบคุมความเสถียรได้ดี ที่ไม่เกิน 0.1 เคลวิน หรือ 0.1 เซลเซียส ผ่านซอฟท์แวร์ควบคุม หรือเทียบเท่า

4.2 ชุดเครื่องสร้างลมอากาศอัดแรงดัน แบบไม่ใช้น้ำมัน โดยมีระบบทำให้อากาศแห้งติดตั้งประกอบ รวมทั้งมีการออกแบบให้มีระบบเก็บเสียง แรงดันลมทำงานได้ที่ 7 บาร์ (bar) และสร้างลมได้ ไม่น้อยกว่า 240 ลิตรต่อนาที (หรือ 4 ลิตรต่อวินาที) จำนวน 1 เครื่อง

4.3 อุปกรณ์ส่งสารตัวอย่างอัตโนมัติ (Sample automation) จำนวน 1 ชุด โดยมีความสะดวกและง่ายในการวางหลอดสารตัวอย่างในระดับความสูงของผู้ใช้งาน (ติดตั้งที่ขอบฐานของแม่เหล็ก) ทำให้ปลอดภัย (ไม่ต้องใช้บันไดในการวางสารตัวอย่าง) มีตำแหน่งวางสารตัวอย่างได้อย่างน้อย 24 หลอดสารตัวอย่าง มีการออกแบบให้ทำงานแบบสุ่ม (Random access) พร้อมชุดที่ใส่หลอดสารตัวอย่าง (spinner) จำนวน 24 ชิ้น หรือมากกว่า และมีระบบส่งสารตัวอย่างแบบ manual

4.4 สายถ่ายไนโตรเจนเหลว 1 ชุด และท่อถ่ายฮีเลียมเหลว 1 ชุด

4.5 ถังบรรจุไนโตรเจนเหลวพร้อมล้อเคลื่อนย้ายขนาดไม่น้อยกว่า 99 ลิตร พร้อมหัวจ่าย จำนวน 1 ถัง

4.6 ชุดเครื่องสำรองไฟ แบบ online UPS ขนาดไม่น้อยกว่า 6kVA, 230V, 50Hz จำนวน 1 ชุด

5. รายการปรับปรุงพื้นที่เพื่อรองรับการติดตั้งเครื่อง NMR มีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

5.1 ห้องปฏิบัติการ NMR

- รื้อประตูและผนังกระจกเดิมของทางเข้าห้อง NMR เดิมออกเพื่อขยายห้องให้มีพื้นที่ทำงานเพิ่มขึ้น
- รื้อประตูทางเดินออกและติดตั้งประตูใหม่เป็นอลูมิเนียมและกระจกขนาดไม่น้อยกว่า (กว้าง x สูง) 170 x 220 เซนติเมตร
- ติดตั้งประตูใหม่เป็นอลูมิเนียมและกระจกขนาดไม่น้อยกว่า (กว้าง x สูง) 170 x 220 เซนติเมตร

- รื้อฝ้าเพดานเดิมออกและปรับปรุงใหม่ให้สวยงามและปลอดภัยเพื่อให้มีความสูงเพียงพอที่จะติดตั้งเครื่อง NMR
- ขัด ฉาบผนังพร้อมทาสี
- รื้อพื้นกระเบื้องยางเดิมออกและทำพื้น Self Levelling Epoxy หนาไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร
- ติดตั้งโคมไฟส่องสว่างจำนวน 6 จุด
- ติดตั้งปลั๊กจำนวน 4 จุด
- ติดตั้งไฟ 1 เฟส 32 แอมป์จำนวน 1 จุด
- รื้อแอร์เดิมออกและติดตั้งแอร์ใหม่ยี่ห้อ Mitsubishi ขนาดไม่น้อยกว่า 18,000 BTU จำนวน 2 เครื่อง โดยมีการติดตั้งระบบการสลับการทำงาน

5.2 ห้องปั๊มลม

- รื้อฝ้าเพดานเดิมออกและติดตั้งฝ้าใหม่เป็นฝ้าฉาบเรียบพร้อมทาสี
- รื้อกระเบื้องผนังและพื้นเดิมพร้อมสุขภัณฑ์ออก
- ทาสีประตูใหม่และฉาบผนัง
- ปูกระเบื้องขนาด 60 x 60 เซนติเมตร
- ติดตั้งไฟ 3 เฟส 32 แอมป์จำนวน 1 จุด รองรับปั๊มลม
- ติดตั้งโคมไฟส่องสว่างจำนวน 2 จุด

5.3 โถงทางเดิน

- รื้อกระเบื้องยางเดิมออกและปูกระเบื้องขนาด 60 x 60 เซนติเมตร
- ติดตั้งโคมไฟส่องสว่างจำนวน 1 จุด
- รื้อประตูทางเข้าตรงพื้นเอียงออกและติดตั้งประตูใหม่เป็นอลูมิเนียมและกระจกขนาดไม่น้อยกว่า (กว้าง x สูง) 165 x 220 เซนติเมตร
- ทาสีผนัง

5.4 พื้นเอียง

- ปรับพื้นเอียงตามแบบโดยใช้วัสดุคอนกรีต
- ทำราวกันตกโดยเป็นเหล็กทาสีกันสนิมพร้อมทำสี โดยมีส่วนที่พักเป็นราวที่เปิดได้เพื่อใช้สำหรับขนถ่ายถังไนโตรเจนเหลว

5.5 เฟอร์นิเจอร์

- โต๊ะสำหรับวางคอมพิวเตอร์มีขนาดไม่น้อยกว่า (กว้าง x ลึก x สูง) 150 x 80 x 75 เซนติเมตร โดยพื้นโต๊ะทำจากไม้ปาทิเคิ้ลบอร์ด หนาไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร ขาโต๊ะทำจากเหล็กกล่องพร้อมทำสี จำนวน 2 ตัว
- เก้าอี้สำนักงาน จำนวน 2 ตัว

6. **ผู้ขายดำเนินการติดตั้งเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตมิเตอร์ทั้งระบบให้ใช้งานได้มีประสิทธิภาพ** ไม่น้อยกว่าตามที่ระบุในรายละเอียดลักษณะเฉพาะของเครื่อง รวมถึงสารไนโตรเจนเหลว และฮีเลียมเหลวที่ต้องใช้ในการติดตั้งเครื่อง NMR 500 MHz

7. **การฝึกอบรม ณ สถานที่ที่ติดตั้งเครื่องมือ** ได้แก่ แนะนำการใช้งานเครื่องมือ, การทำงานของเครื่องทั้งส่วนของ hardware และ software, การอธิบายถึงทฤษฎีของ NMR การทดลอง NMR ในรูปแบบต่างๆ ทั้ง 1D-NMR และ 2D-NMR การอธิบายถึงค่าต่างๆ ที่ใช้ในแต่ละการทดลอง NMR experiments ระยะเวลา 3 วัน และให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยไม่มีค่าใช้จ่ายตลอดระยะเวลาการรับประกัน

8. **การรับประกันเป็นเวลา 3 ปี** ไม่รวมถึงอุปกรณ์สิ้นเปลือง หากมีชิ้นส่วนใดของเครื่องมีการชำรุด บกพร่องเสียหายในช่วงการรับประกัน ผู้ขายยินดีที่จะเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ให้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม นับจากการติดตั้งสมบูรณ์และผ่านการตรวจรับเรียบร้อยแล้ว รวมถึงมีการตรวจเชคอย่างต่อเนื่องทุก 1 ปี (Preventive Maintenance)

9. **มีช่างบุคลากรผู้เชี่ยวชาญ**ประจำถาวรภายในประเทศไทยจำนวน 1 คน หรือมากกว่า ที่สามารถระบุรายชื่อได้และสามารถยืนยันได้ว่ามีความเชี่ยวชาญเครื่อง NMR โดยเฉพาะ (ชุดกรรมการ สามารถเรียกมาเพื่อทดสอบได้ตลอดเวลา)

.....

(นายประเสริฐ พัฒนาประทีป)

ผู้จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

.....

(นางสิริธร สโมสร)

ผู้จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

.....

(นางรัชนก ทองนำ)

ผู้จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ